



Licht: Genoeg is meer dan veel

Leo Marcelis, Esther Meinen, Feije de Zwart, Arie de Gelder, Anne Elings



Referaat

In de teelt van glasgroenten wordt sterk de nadruk gelegd op de bouw van kassen met een maximale lichttransmissie om gedurende de donkere maanden van het jaar zoveel mogelijk gebruik te kunnen maken van natuurlijk licht. Tijdens lichtrijke zomerse dagen loopt de stralingsbelasting op de plant hierdoor echter op tot zeer hoge waarden. In deze studie is verkend of deze pieken in licht de plant negatief beïnvloeden en of het wegschermen van de lichtpieken tot een productie- en kwaliteitsverbetering kan leiden. Mogelijk vormt dit een nieuwe stap binnen het concept van Het Nieuwe Telen. Modelberekeningen geven aan dat het gebruik van buitenschermen resulteert in een gunstiger kasklimaat dan het gebruik van binnenschermen. Het productie verlies bij wegschermen van lichtpieken relatief lijkt relatief beperkt te zijn. Er kunnen mogelijk ook een aantal positieve effecten op het gewas optreden, zoals het voorkomen van foto-inhibitie en waterstress in de plant. Het toepassen van een buitenscherm bij groenten om lichtpieken weg te vangen is een sfeerbeeld, dat het waard is om verder geanalyseerd te worden.

Abstract

In the cultivation of vegetables a high light transmission of the greenhouse is emphasised in order to utilise the sunlight efficiently in the dark winter period. During sunny periods on summer days, the plants might be exposed to too high irradiance levels. In this study it was investigated whether these peaks in irradiance can affect the plant negatively and whether removal of these irradiance peaks by screens can lead to improvement of production and product quality. Possibly, this is a new step in the concept of the next generation cultivation.

Model calculations show that the use of a screen outside the greenhouse results in a better greenhouse climate than the use of a screen inside. The loss of production due to screening seems relatively small. There might be some advantages as well, such as preventing photo-inhibition and water stress in the plant. The application of a screen outside the greenhouse to reduce irradiance peaks in greenhouse vegetables, is a new concept that deserves a further analysis.

© 2012 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw.

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
Internet: www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
2	Opzet van de modelberekeningen	9
	2.1 Teeltbeschrijving	9
	2.2 Scenario berekeningen	11
3	Resultaten van de modelberekeningen	13
	3.1 Klimaat	13
	3.2 Gewas	17
4	Reactie van een gewas op lichtpieken	25
5	Discussie van de resultaten in een workshop	27
6	Conclusies	29
Bijlage I	Discussiebijeenkomst negatieve effecten van lichtpieken op het gewas	31
Bijlage II	Diffuse kasdekmaterialen (Presentatie Gert-Jan Swinkels)	33
Bijlage III	Effecten van diffuus licht op het gewas (Presentatie Tom Dueck)	39
Bijlage IV	Kennishiaten met betrekking tot diffuus licht	43
Bijlage V	Genoeg licht is meer dan veel (Presentatie Arie de Gelder)	45
Bijlage VI	Meningen m.b.t. buitenscherm bij tomaat	49

Samenvatting

In de teelt van glasgroenten wordt sterk de nadruk gelegd op de bouw van kassen met een maximale lichttransmissie om gedurende de donkere maanden van het jaar zoveel mogelijk gebruik te kunnen maken van natuurlijk licht. Tijdens lichtrijke zomerse dagen loopt de stralingsbelasting op de plant hierdoor echter op tot zeer hoge waarden (tot 600 W/m²). De vraag dient zich aan of deze pieken in licht de plant negatief beïnvloeden en of het wegschermen van de lichtpieken tot een productie- en kwaliteitsverbetering kan leiden. Mogelijk vormt dit een nieuwe stap binnen het concept van Het Nieuwe Telen.

Voor dit rapport is eerst aan de hand van een gemiddeld Nederlands jaar nagegaan hoeveel uren er lichtpieken voorkomen. Met een kasklimaatmodel is geanalyseerd wat de consequenties van die lichtpieken zijn voor het kasklimaat. Vervolgens wordt ingegaan op de mogelijkheden om die lichtpieken af te vlakken. Met een gewasgroeimodel is berekend wat dit voor een tomatengewas betekent. Het gebruik van buitenschermen resulteert in een gunstiger kasklimaat dan het gebruik van binnenschermen. Gebruik van schermen leidt tot: lichtverlies in de kas, hogere CO₂ concentratie, een hogere relatieve luchtvochtigheid, een geringere verdampingssnelheid en een lagere temperatuur in de top van het gewas. Ondanks een hogere CO₂ concentratie is de bruto fotosynthese lager bij gebruik van schermen door de afname van de lichtintensiteit in de kas.

Toch blijkt het productie verlies bij wegschermen van lichtpieken relatief beperkt. Al deze berekeningen zijn gedaan voor een kas met diffuus dek. Het gebruikte plantmodel houdt geen rekening met stress van de plant.

Vervolgens is met een groep gewasfysiologen bediscussieerd of het weghalen van lichtpieken een positief effect kan hebben op groentegewassen. Er kunnen mogelijk een aantal positieve effecten op het gewas optreden, zoals het voorkomen van foto-inhibitie en waterstress in de plant. Er is bij het gebruik van een scherm een aantal aspecten waarop we onvoldoende antwoord kunnen geven. We weten niet hoe de verhouding is tussen het gunstige effect van beperken van schade en stress voor delen van de plant en het ongunstige effect als lager gelegen bladeren minder licht ontvangen.

In een workshop met onderzoekers, adviseurs en toeleveranciers, waarin de bevindingen van de eerste twee delen van het onderzoek zijn gepresenteerd, was het algehele beeld dat men sterk twijfelt over het effect van lichtverlies en dat men verwacht dat de kosten van een buitenscherm niet worden goed gemaakt door productie. De kosten van een buitenscherm moeten worden terugverdiend doordat de warmte die in de kas komt op een andere wijze wordt verzameld en nuttig wordt gebruikt. De ontwikkelingen in diffuus materiaal gaan snel en het gecombineerde "gunstige" effect van diffuus glas en buitenscherm op het kasklimaat is kleiner dan de afzonderlijke effecten vergeleken met helder glas. Een buitenscherm is dus alleen zinvol als er op een andere wijze een nuttige toepassing van de te oogsten energie kan worden gegeven om de kosten in de investering uit terug te verdienen. Als deze oplossing er is, moet duidelijk zijn dat er teeltkundig eerder voordelen dan nadelen zijn van het wegschermen van de pieken in de lichtintensiteit.

Het wegschermen van lichtpieken bij groenten kan een aantal nadelen en ook een aantal voordelen hebben. Hoe groot deze voordelen kunnen zijn is nog moeilijk in te schatten maar is zeker de moeite waard om goed te analyseren. Het productie verlies bij wegschermen van lichtpieken lijkt relatief beperkt. Dit is echter alleen acceptabel als er grotere voordelen tegen overstaan.

1 Inleiding

In de teelt van glasgroenten wordt sterk de nadruk gelegd op de bouw van kassen met een maximale lichttransmissie om gedurende de donkere maanden van het jaar zoveel mogelijk gebruik te kunnen maken van natuurlijk licht.

In de lichtrijke zomerse dagen loopt de stralingsbelasting op de plant hierdoor echter op tot zeer hoge waarden (tot 600 W/m²). Op die momenten zal de fotosynthese efficiëntie belangrijk zijn teruggelopen. Ook lopen het vochtdeficit en de temperatuur bij hoge stralingsintensiteiten in de kas op en daalt de CO₂ concentratie. Ook hierdoor kan er productiederving optreden. Zo is er in enkele proeven met tomaat gevonden dat op zonnige dagen midden op de dag foto-inhibitie kan optreden. Er zijn ook aanwijzingen dat de plant na zo'n periode met veel licht ook in de uren daarna, waar de intensiteit weer minder zal zijn, nog nadeel ondervindt van die hoge lichtintensiteiten op het midden van de dag.

Ook is het denkbaar dat door overmatige slijtage van de plant het effect van hoge lichtintensiteiten nog langer doorwerkt. Na de langste dag zien we immers vaak een terugval in productie die groter is dan je op basis van hoeveelheid licht zou verwachten. Mogelijk spelen hierbij de na-effecten van pieklicht in de zomer een rol.

In de diffuuslicht proef met tomaat werd afgelopen jaar gevonden dat de Redufuse coating ondanks lichtverlies, 5% meer productie gaf. Dit effect lijkt groter dan je zou verwachten op basis van diffusiteit; mogelijk is het weghalen van wat licht gunstig geweest voor het gewas.

Met name als er na-effecten zouden blijken te zijn van lichtpieken in de zomer op de latere productie, moeten we zorgen dat het plantklimaat in de zomer verbetert, door weghalen van lichtpieken.

Als het teveel aan straling buiten de kas gehouden wordt, treedt een verbetering op in temperatuur en vochtdeficit van kaslucht. Straling en daarmee het overschot aan zonne-energie buiten de kas houden kan het meest effectief door een buitenscherm, maar ook een deels reflecterend binnenscherm kan de belasting door overmatig zonlicht beperken.

Naast de mogelijk positieve gevolgen van weghalen van piekintensiteiten op het klimaat voor de plant, geeft het ook voor de werknemers een prettiger kasklimaat.

In dit rapport wordt aan de hand van een gemiddeld Nederlands jaar nagegaan hoeveel uren er lichtpieken voorkomen en wat de consequenties daarvan voor kasklimaat zijn. Vervolgens wordt ingegaan op de mogelijkheden om die lichtpieken af te vlakken.

In de huidige generatie fotosynthesemodellen leidt een vermindering van de lichtintensiteit tot enige productiedaling, maar zolang delichthoeveelheidrelatief hoog blijft, is deze daling beperkt door het afvallende karakter van de fotosyntheserespons. Bovendien wordt het verminderde licht enigszins gecompenseerd door een verhoogde CO₂-concentratie. Dit laatste is het gevolg van een lagere warmtebelasting op de kas en dus een verminderde ventilatiebehoefte.

Tenslotte is de waarde van het product in de periode dat de meeste lichtpieken voorkomen (de zomer) gemiddeld genomen laag, waardoor de financiële consequenties van een eventueel verlaagde productie klein zijn. Al deze directe en kwantificeerbare effecten worden in hoofdstukken 2 en 3 beschreven en toegelicht.

Daarnaast is er mogelijk nog de invloed van een milder klimaat op een verbeterde gewasconditie, in de zomer, maar vooral ook in het najaar. Deze effecten worden niet door de huidige modellen gekwantificeerd, maar ervaren gewasonderzoekers en fysiologen kunnen hier wellicht wel een inschatting voor geven. Deze inschattingen zijn gemaakt in een brainstorm-sessie, waarvan het verslag is opgenomen in hoofdstuk 4. Daarbij is ook ingegaan op mogelijke verschillen tussen komkommer, tomaat en paprika. Tenslotte zijn de resultaten in een workshop met onderzoekers, adviseurs en toeleveranciers bediscussieerd (Hoofdstuk 5).

2 Opzet van de modelberekeningen

2.1 Teeltbeschrijving

Alle berekeningen zijn gemaakt aan de hand van een tomatenteelt. Dit omdat dit een groot groentegewas is waar, anders dan bij komkommer en paprika, in de regel niet geschermd wordt. De instellingen zijn gekozen tegen de achtergrond van Het Nieuwe Telen.

Gewas

Berekeningen worden gedaan voor de grove tomatomaat 'Komeett'. Er wordt geplant op 15 december met een dichtheid van 2.5 planten m^2 . In de tweede week van maart wordt bij de helft van de planten een extra stengel aangehouden; de stengeldichtheid wordt dan 3.75 stengels m^2 . Twee maanden voor het einde van de teelt worden de planten getopt. Op 15 november wordt het gewas geruimd; daarmee komt de teeltperiode op 11 maanden.

Temperatuursetpoints

Qua temperatuurregeling wordt het typische klimaat voor een onbelichte tomaat gebruikt. Dit betekent een lage voornachttemperatuur (15 °C), een matige nachttemperatuur (17 °C) en een niet al te hoge dagtemperatuur (19 °C), die overigens op licht nog 2 °C omhoog mag. Hierdoor loopt de stooklijn over het stralingstraject van 100 tot 300 W/m^2 globale straling dus op van 19 tot 21 °C. Gedurende de eerste weken na het planten zijn al deze temperaturen een stukje hoger, maar in het kader van dit rapport is dit niet relevant.

De verschillende temperatuurniveaus gaan via rustig verlopende hellingen (1 °C per uur) in elkaar over. Om nog extra gebruik te maken van de zonnewarmte wordt naast de 2 °C lichtverhoging ook temperatuurintegratie toegepast, zei het met een vrij kleine bandbreedte (een 1 °C hogere ventilatielijn die bij temperatuur-opbouw gecompenseerd wordt met een 1 °C verlaagde stooklijn).

Ventilatietemperatuur

Tomatentelers hechten sterk aan het temperen van de etmaaltemperatuur en daarom staat de ventilatielijn dicht op de stooklijn; slechts 1 °C erboven. Ook dit is in het begin van de teelt overigens anders, daar worden de ramen pas bij een kasluchttemperatuur die 3 °C boven de stooklijn uitloopt geopend, maar ook hiervoor geldt dat dit in het kader van dit project geen rol speelt. Zoals gebruikelijk in de tuinbouw wordt de kas niet precies op de ventilatietemperatuur geregeld. De ventilatietemperatuur is namelijk de temperatuur waarboven de ramen proportioneel met de overschrijding worden geopend. Er wordt geregeld met 20% per graad overschrijding en vanaf 50% raamopening op de luwe zijde gaat ook de windzijde meelopen. Op een zonnige dag staan de ramen dus pas bij 28.5 °C volledig open (19 °C basis stooklijn + 2 °C lichtverhoging + 7.5 °C voor de proportionele band van de luwe + windzijde).

Minimumbuis

Er wordt in Het Nieuwe Telen heel spaarzaam gebruik gemaakt van een minimumbuis temperatuur. Alleen rond de opstookperiode, van twee uur voor tot 1 uur na zonsopkomst staat de minimumbuis op 40 °C. Hierdoor wordt het opwarmen van de kas en het gewas in de ochtend wat geholpen en treedt er 's ochtends geen natslag op, ondanks het hoog gekozen luchtvochtigheids criterium.

Luchtvochtigheid

De kas ventileert op vocht bij een luchtvochtigheid groter dan 87%. Boven die waarde wordt de buitenluchtaanzuiging ingeschakeld en opgetoerd om de luchtvochtigheid op dat niveau te houden. De buitenlucht wordt bij het inblazen opgewarmd naar kasluchttemperatuur. De buitenluchtaanzuiging heeft een maximale capaciteit van 5 m³ per m² per uur zodat op warme en vochtige herfst dagen de ramen ook ver open zullen lopen om vocht af te kunnen voeren. In koude perioden van het jaar zal de lucht die via het inblaasstelsel wordt ingebracht via kiertjes in het kasdek uitstromen. Overigens speelt ook de luchtvochtigheidsregeling in dit project nauwelijks een rol omdat de aandacht uitgaat naar perioden met veel licht en dat zijn perioden waarin normaliter de RV juist onderuit zakt.

Schermen

Zoals gebruikelijk in Het Nieuwe Telen is de kas uitgerust met twee schermen die veel uren per jaar gebruikt worden. Het eerste scherm is een beweegbaar transparant scherm (LS10-ultra-plus). Dit wordt 's nachts gesloten als het buiten kouder is dan 12 °C. Zolang het warmer is dan 5 °C wordt het scherm geopend bij een buitenstraling van meer dan 50 W/m². Wanneer het kouder is dan -10 °C wordt het scherm pas geopend als er meer dan 250 W/m² globale straling is. Bij tussenliggende temperaturen wordt het stralingscriterium waarboven het scherm wordt geopend lineair aangepast. Er wordt een vochtkier in het scherm getrokken (max. 4% open) als de luchtvochtigheid boven de 85% RV komt.

Daarnaast heeft de kas nog een tweede scherm dat ofwel een binnenscherm is ofwel een buitenscherm. In beide gevallen is het een scherm met afwisselend aluminium en transparante bandjes. Het scherm kan overdag dichtlopen om de lichtintensiteit te temperen, maar kan ook 's nachts als tweede scherm worden gebruikt. Dit gebeurt als het buiten kouder is dan 8 °C. Omdat het een schaduwgevend doek is wordt het echter bij het eerste ochtendlicht opengetrokken. Zo'n tweede scherm kan binnen in de kas, of buiten worden geplaatst. Voor de schaduwgevende werking maakt dit geen verschil, maar doordat een buitenscherm een beduidend zwaardere constructie behoeft dan een binnenscherm en ook omdat een buitenscherm een dikker pakket geeft als het opgevouwen is wordt gerekend met een 3% extra permanente lichtonderschepping van een buitenscherm ten opzichte van een tweede binnenscherm.

In de berekeningen is uitgegaan van een traploze regeling van de schaduwfractie. Dit betekent praktisch gesproken dat het scherm steeds verder dichtgetrokken wordt, naarmate er meer schaduw nodig is om een bepaalde maximale intensiteit binnen in de kas te handhaven. De lichtdoorlatendheid van het doek is zodanig gekozen dat op de lichtrijkste dagen het doek voor 80% gesloten moet zijn om de gewenste lichtreductie te realiseren. Hierdoor blijft er dus altijd een voldoende opening over voor de ventilatie van de kas.

Kasdek

Er wordt in de berekeningen uitgegaan van een Venlo kastype met enkel diffuus glas. Het glas heeft een hazefactor van 0.7, wat betekent dat het directe licht voor 70% in de vorm van diffuus licht wordt doorgelaten en slechts 30% eenduidig gericht binnenkomt. De totale lichtdoorlatendheid van de kas is gemiddeld 67% voor de kas waar het schaduw scherm als binnenscherm is aangebracht en 65% voor de kas waar het schaduw scherm buiten de kas is gemonteerd. Het diffuse glas zorgt er ook voor dat er geen duidelijke stroken in de kas voorkomen als het scherm deels is dicht getrokken om de lichtintensiteit te verminderen. Hierdoor kan in de berekeningen worden uitgegaan van een uniforme lichtverdeling over het gewas.

CO₂

In de kas wordt overdag zuivere CO₂ gedoseerd met een maximale capaciteit van 100 kg/(ha uur). Dit is een lage doseersnelheid, geheel in overeenstemming met de geringe beschikbaarheid van CO₂ bij gebruikmaking van Het Nieuwe Telen. Als de concentratie ondanks de geringe capaciteit boven de 900 ppm komt wordt de capaciteit verlaagd. Dit gebeurt alleen in perioden met een kleine raamopening. Op alle momenten waarop de in dit project van belang zijnde situaties spelen (dat zijn situaties met hogere lichtintensiteiten) zullen de ramen altijd zover open staan dat de maximale concentratie ook bij maximale doseercapaciteit lang niet gehaald wordt. Door de lage doseercapaciteit is de jaarlijkse CO₂ gift slechts 34 kg/m².

Energieverbruik

De zuinige kasklimaatinstellingen en het gebruik van dubbele schermen leiden tot een jaarlijks gasverbruik van 25 tot 26 m³ per m².

2.2 Scenario berekeningen

Er worden verschillende strategieën doorgerekend om lichtpieken weg te schermen met gebruik van een buitenscherm of alleen gebruik van binnenschermen (Tabel 1; 14 runs). Echter, niet alleen het licht in de kas verandert door het schermen; ook andere klimaatcondities (CO₂, temperatuur, RV) kunnen veranderen door het gebruik van schermen. Om effecten van licht en effecten van de andere klimaatcondities te onderzoeken zijn er 12 extra runs uitgevoerd. In deze runs is alleen de hoeveelheid licht in de kas is aangepast en de overige condities zijn gelijk aan een niet-geschermd teelt (referentie). In totaal zijn 26 modelberekeningen uitgevoerd.

Tabel 1. Modelberekeningen waarbij lichtpieken geschermd worden bij verschillende criteria.

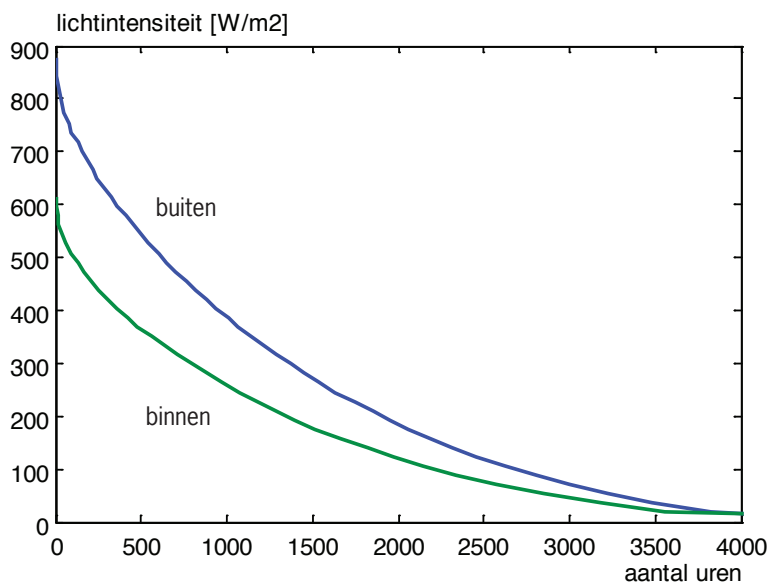
Schermd	Criterium (licht in de kas)
Geen = referentie	
Buiten	max 250 W/m ²
	max 300 W/m ²
	max 350 W/m ²
	max 400 W/m ²
	max 450 W/m ²
	max 500 W/m ²
	onbegrensd
Binnen	max 250 W/m ²
	max 300 W/m ²
	max 350 W/m ²
	max 400 W/m ²
	max 450 W/m ²
	max 500 W/m ²

3 Resultaten van de modelberekeningen

3.1 Klimaat

Om inzicht te krijgen in het effect van schaduwsschermen op het klimaat en de momentane productie is eerst een gemiddeld jaar samengesteld op basis van de afgelopen 10 jaar. Dit is gemaakt door de gemiddelde lichtsom voor elke maand van het jaar over de afgelopen 10 jaar te berekenen en vervolgens voor elke maand uit te zoeken welk jaar de meest representatieve weerdata voor zo'n maand kon leveren. Zo bleek het jaar 2011 qua licht de meest representatieve januarimaand te leveren, 2004 de meest representatieve februarimaand en bijvoorbeeld 2007 de meest representatieve data voor maart te hebben gehad, enzovoort.

Onderstaande jaarbelastingduurkromme toont de cumulatieve frequentie van de lichtintensiteiten buiten en de lichtintensiteiten binnen in de kas.

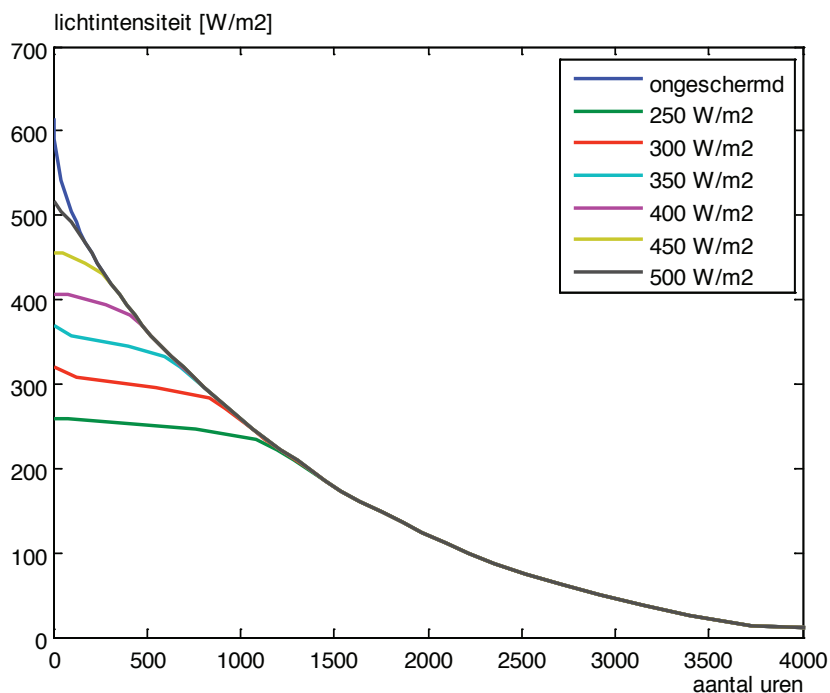


Figuur 1. Cumulatieve frequentie van de lichtintensiteiten buiten en de lichtintensiteiten binnen in de kas.

Een buitenlichtintensiteit groter dan $850 W/m^2$ komt in dit bestand (data van KNMI, de Bilt) niet voor. De verhouding van deze twee lijnen is in feite de lichttransmissie van de kas (67%).

Het is op basis van uurwaarden niet mogelijk om te kijken naar plotselinge overgangen in lichtintensiteit op half bewolkte dagen. Dit is voor het onderzoek ook niet relevant, want in de praktijk kan met de huidige generatie schermen niet op deze snelle overgangen worden gereageerd of geanticipeerd. Alleen het zogenaamde diafragma scherm biedt een stuur mogelijkheid vanaf een basis lichtonderschepping, die voor tomaat al hoog is.

Het effect van schaduwsschermen op de lichtintensiteit is berekend door maxima aan te houden voor het binnenlicht-niveau. Er is gekozen voor een zekere gradatie, oplopend van $250 W/m^2$ met stapjes van $50 W/m^2$ naar $500 W/m^2$. Onderstaande Figuur toont welk effect dit heeft op de jaarbelastingduurkromme voor de lichtintensiteiten in de kas.



Figuur 2. Jaarbelastingduurkromme van het gebruik van een binnenscherm.

De grafiek laat zien dat bij afnemend lichtcriterium er steeds meer uren zijn waarop het scherm in actie zal komen. Bij het scherpste criterium (250 W/m²) is het schaduwscherm iets meer dan 1000 uur per jaar in meer of mindere mate aan het schermen. Om een dergelijk lage lichtintensiteit bij een 80% gesloten scherm op de lichtrijkste dagen te kunnen realiseren is een XLS18 schaduwscherm toegepast.

De lijnen in de jaarbelastingduurkromme lopen niet helemaal horizontaal. Dit komt doordat het scherm in het model wordt bestuurd door een regelaar die de binnen-lichtintensiteit meet en aan de hand daarvan het scherm wat meer sluit of wat meer opent. Deze regeling maakt dat het scherm altijd een beetje achter de feiten aanloopt, waardoor de resulterende jaarbelastingduurkromme geen strakke horizontale lijn oplevert.

Als er in plaats van een binnenscherm een buitenscherm voor de schaduwwerking wordt gebruikt wordt een vrijwel identieke Figuur als Figuur 2. verkregen. Daarom is deze Figuur niet in het rapport opgenomen.

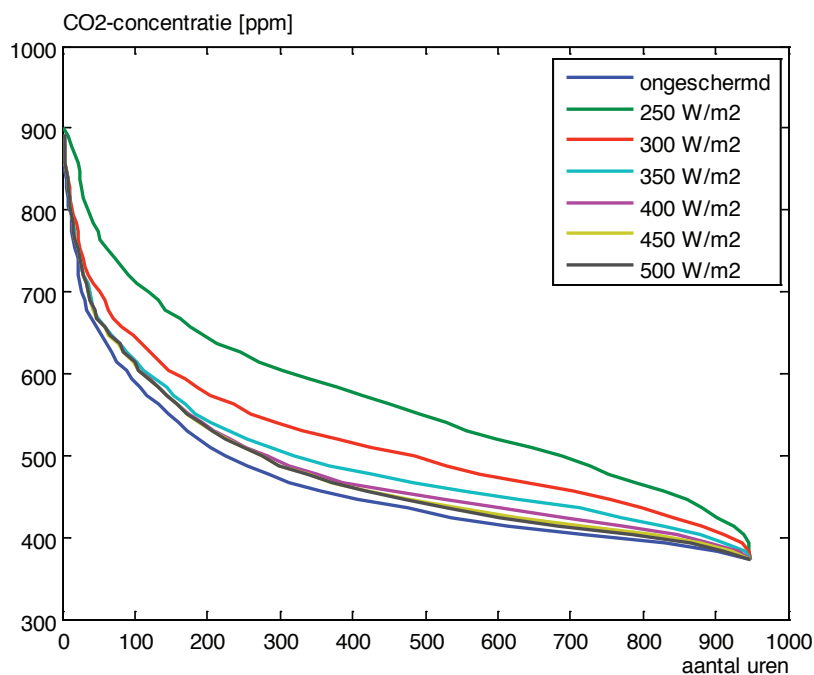
Bij gebruik van het striktste criterium (max 250 W/m²) is het scherm meer dan een kwart van de dagperiode in werking. Met die scherm-acties komt er op jaarbasis zo'n 23% minder licht in de kas (4970 mol/m² in plaats van 6440 mol/m²). Wanneer het bovenmatige licht met een buitenscherm wordt weggeschermd is de teruggang in de lichtsom wat groter omdat een kas met buitenscherm ook bij geopend scherm een lagere lichtdoorlatendheid heeft dan een kas waar het schaduwscherm als tweede binnenscherm is gemonteerd. In onderstaande tabel blijkt dat de lichtsom in dat geval 4960 mol/(m² jr) bedraagt.

Tabel 2. Jaarlijkse lichtsom, onderschept licht en productie in de kas bij verschillende criteria voor sluiten van binnen- of buitenscherm.

criterium	Binnenscherm			Buitenscherm		
	Lichtsom [mol/m ²]	Onderschept licht [MJ/m ²]	Productie (kg/m ² /j)	Lichtsom [mol/m ²]	Onderschept licht [MJ/m ²]	Productie (kg/m ² /j)
max 250 W/m ²	4970	630	55.1	4960	1030	56.2
max 300 W/m ²	5470	420	58.5	5420	750	59.2
max 350 W/m ²	5840	260	60.9	5780	540	61.1
max 400 W/m ²	6100	150	62.3	6030	380	62.4
max 450 W/m ²	6280	70	63.1	6190	280	63.0
max 500 W/m ²	6380	20	63.6	6280	220	63.4
onbegrensd	6440	0	63.8	6330	190	63.5

De toepassing van een scherm leidt tot een verminderde ventilatie. Enerzijds omdat de raamregeling proportioneel is met de temperatuur-overschrijding ten opzichte van het setpoint (en dus een koelere kas tot een kleinere raamopening leidt) en anderzijds doordat het scherm een obstructie vormt voor de lucht-uitwisseling tussen binnen en buiten.

De verminderde luchtuitwisseling levert bij gelijke dosering van CO₂ (die immers op momenten waarop het scherm gebruikt wordt meestal op maximaal staat) een hogere CO₂-concentratie. Het gebruik van een schaduw scherm heeft nagenoeg geen effect op de jaarlijkse CO₂-gift omdat de invloed van het scherm zich alleen laat gelden op momenten waarop de kas fors ventileert. Op die momenten staat de CO₂-dosering maximaal (100 kg/(ha uur))

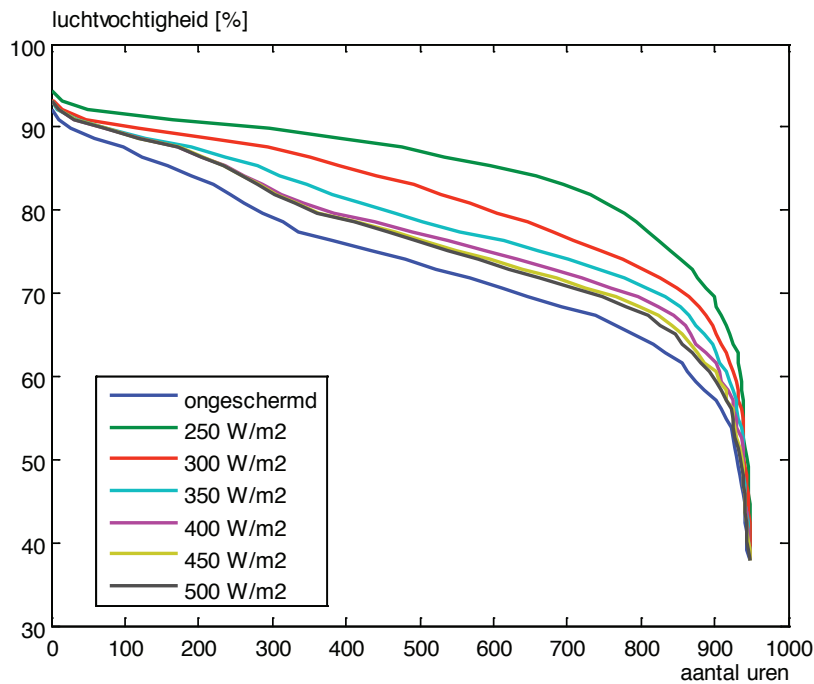


Figuur 4. CO₂ concentratie van de kaslucht voor de uren waarop er meer dan 400 W/m² globale straling is.

Ook in Figuur 4. blijkt dat bij gebruik van het hele strakke criterium er een groot effect op de CO₂-concentratie optreedt, maar dat bij iets minder strakke scherm-criteria de invloed op de CO₂-concentratie beperkt is. Dit komt natuurlijk ook doordat het scherm dan veel minder vaak in actie komt.

Een soortgelijk effect is te zien wanneer er wordt gekeken naar de RV in de kas gedurende die 1000 uur per jaar dat de zonnestraling meer dan 400 W/m² is. Bij het strakste criterium wordt er dan vaak (gedeeltelijk) geschermd, wat de ventilatie beperkt en de RV op laat lopen. Uiteindelijk worden de ramen natuurlijk altijd op vocht en/of temperatuur geopend, maar bij een lage stralingsbelasting en een hoog geaccepteerd vochtcriterium (87%) leidt dat vaak tot een hoge luchtvochtigheid.

Bij minder strakke stralingscriteria verdwijnt dit RV-verhogende effect van schermen grotendeels en blijft het beperkt tot een paar procent-punten.



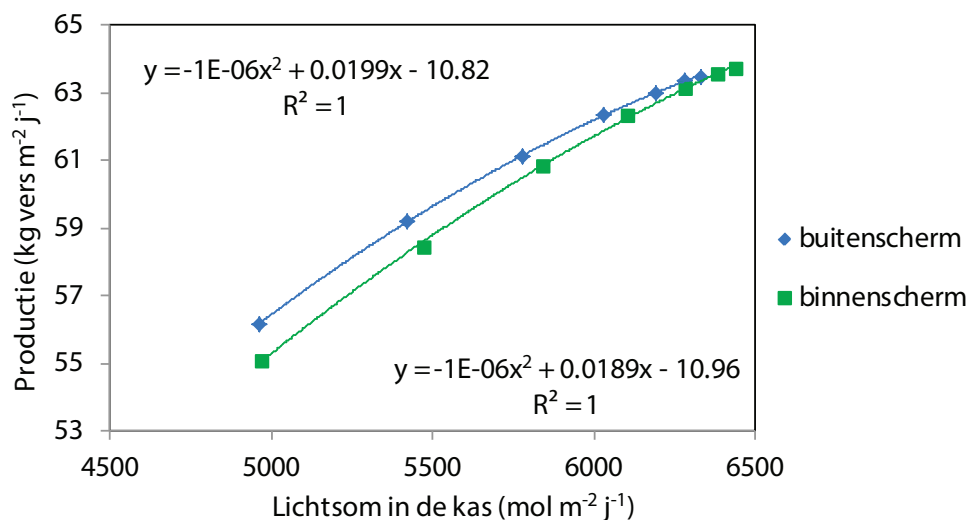
Figuur 5. Relatieve luchtvochtigheid van de lucht voor de uren waarop er meer dan 400 W/m² globale straling is.

Naast effecten van schermen op de plant zou het scherm ook gebruikt kunnen worden voor elektriciteitsproductie. Als het licht dat het scherm afvangt m.b.v. PVcellen met een rendement van 9% in elektriciteit zou kunnen worden omgezet zou er 17 kWh stroom per m² per jaar geproduceerd kunnen worden indien de stralingsintensiteit in de kas op de 250 W/m² wordt begrensd (bij 300 W/m² gaat het om 12 kWh/m²).

3.2 Gewas

Door te schermen neemt de hoeveelheid licht in de kas af. Modelberekeningen laten zien dat minder licht leidt tot een verminderde productie. De maximale berekende productie bedraagt 64 kg/m² per jaar die gerealiseerd wordt met de referentiekas zonder buitenscherm. Het grootste productieverlies treedt op bij gebruik van de laagste grenswaarde (250 W/m² straling in de kas) die met een donker binnenscherm (XLS18) wordt gerealiseerd en bedraagt 14% (55 kg/m²). In Figuur 6. is de productie weergegeven in relatie tot de lichtsom in de kas bij gebruik van buiten- of binnenscherm voor het aftoppen van de lichtintensiteit. In het gebied rond 6000 mol kan uit Tabel 2. worden opgemaakt dat bij gebruik van een buitenscherm de berekende productieverlaging 0.5% vermindert per 1% minder licht. Immers bij een verminderde lichtintensiteit van 6030 mol naar 5780 wordt een verlaging van de productie berekent van 62.4 kg naar 61.1 kg. het licht vermindert dus met 250/6030 = 4.2% en de productie met 1.3/62.4 = 2.1% en dus kan gesteld worden dat 1% lichtverlies door dit buitenscherm 0.5% productieverlies oplevert.

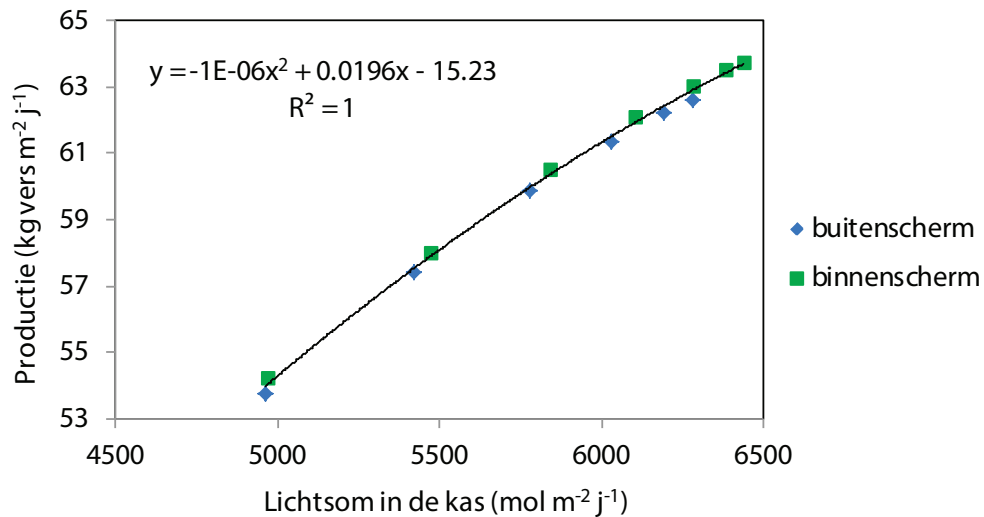
Bij gebruik van een binnenscherm zien we bij een lichtverlies van 6100 naar 5840 = 4.3% een productieafname van 62.3 naar 60.9 = 2.3%. Dit is een iets groter effect (0.53% productieverlies per procent lichtverlies). Blijkbaar leidt het gebruik van een buitenscherm tot een iets gunstiger klimaat voor productie dan het gebruik van alleen binnenschermen. Het verschil tussen het berekende effect voor een binnen- of een buitenscherm is echter klein.



Figuur 6. Productie (kg versgewicht m² j¹) uitgezet tegen de lichtsom (mol m² j¹) in de kas bij gebruik van een buitenscherm en van een binnenscherm.

Er is ook gerekend aan de situatie waar de lichtintensiteit is afgetopt volgens de genoemde niveaus, maar waarbij alle andere klimaatfactoren gelijk zijn gehouden aan het klimaat van de referentieteeft. Het effect van lichtverlies op productie is nu gelijk voor gebruik van een buitenscherm of van binnenscherm; de productie daalt met 0.59% bij 1% lichtverlies bij 6000 mol m² j¹ licht in de kas (Figuur 7.).

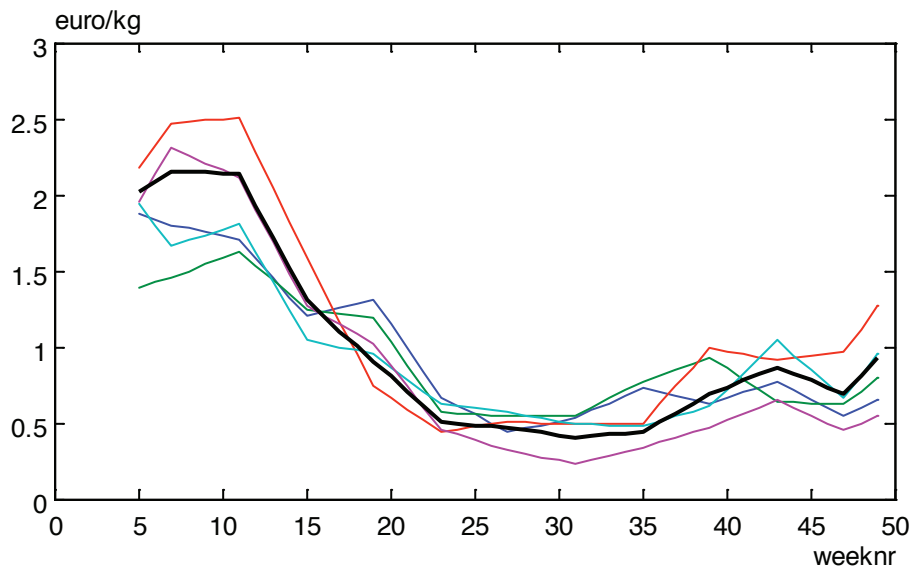
Uit het feit dat in dit laatste geval de relatie tussen lichtvermindering en productie-afname sterker is blijkt dat een scherm behalve de vermindering van de lichtsom ook een verbetering van het kasklimaat oplevert.



Figuur 7. Productie (kg versgewicht m² j¹) uitgezet tegen de lichtsom (mol m² j¹) in de kas bij gebruik van een buitenscherm of van een binnenscherm. Alleen de lichtintensiteit in de kas is aangepast voor gebruik van schermen; de andere klimaatfactoren zijn gelijk als voor de referentieteelt zonder schermen.

Het schaduw scherm wordt vooral in de zomer gebruikt, dus de vermindering van het aantal voortgebrachte kilo's treedt vooral in de zomer op. Omdat de prijs voor tomaten in de zomer relatief laag is zal de vermindering aan inkomsten kleiner zijn dan de vermindering in kilo's

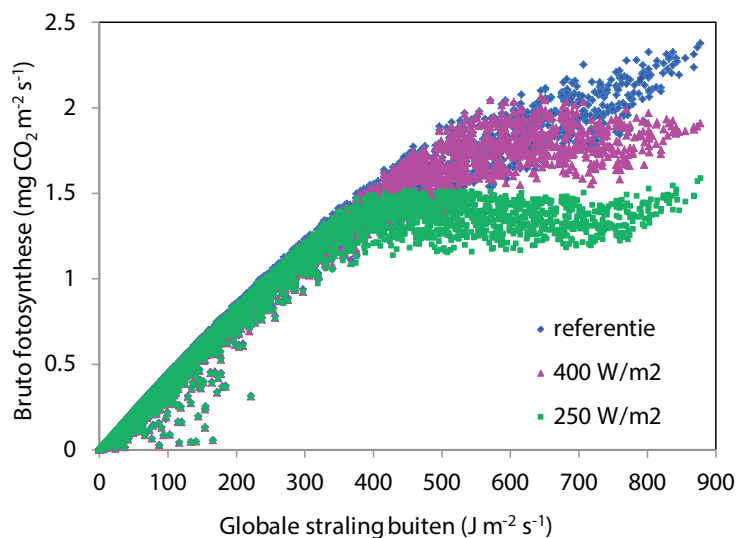
Onderstaande grafiek toont het gemiddelde prijsverloop van tomatomaat.



Figuur 8. Prijsverloop van tomatomaat over het jaar voor de jaren 2005 t/m 2009 (dunne lijnen) en het gemiddeld verloop over 2007 t/m 2009. Bron Kwantitatieve Informatie voor de Glastuinbouw 2010.

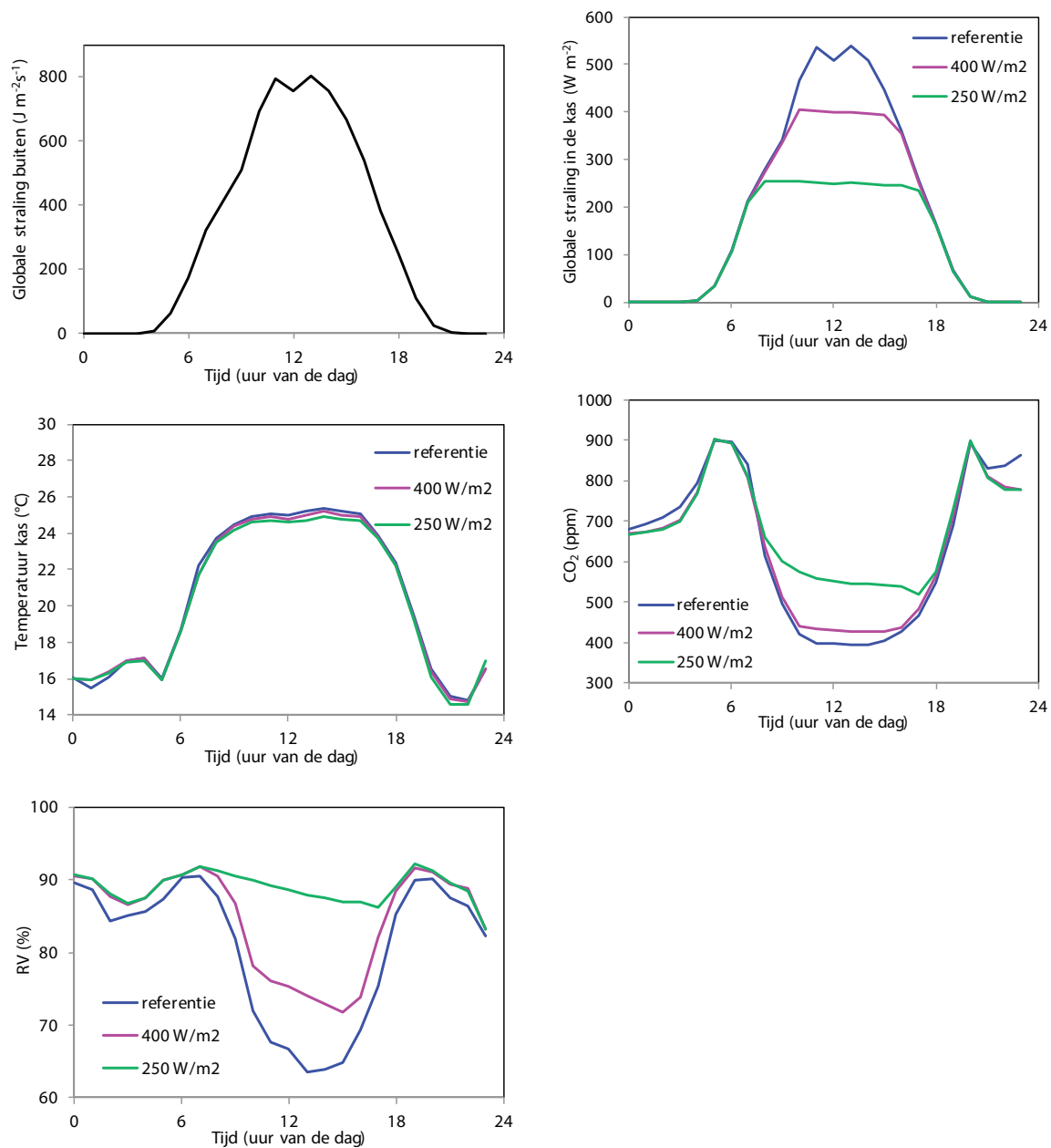
Wanneer de weekproducties van de verschillende cases worden vermenigvuldigd met de prijzen die in die week gelden blijkt dat de opbrengstvermindering in geld bij scherming met een binnenscherm inderdaad minder is dan de opbrengstvermindering in kilo's, namelijk 0.44% per procent in plaats van de eerder genoemde 0.53% per procent. Hierbij is de berekening weer gemaakt rond diezelfde lichtsom van 6000 mol per jaar. Bij gebruik van een buitenscherm is er geen verschil in het effect in kilo's ten opzichte van het effect in geld. Beide berekeningen geven voor een buitenscherm 0.5% minder productie of inkomen per procent licht dat door het vermijden van lichtpieken weggehouden wordt.

In Figuur 9. staat de bruto fotosynthese weergegeven als functie van de globale straling (buiten gemeten) bij 3 scenario's voor de hele teelt. Tot circa 300 W/m² is de bruto fotosynthese gelijk bij de 3 scherm strategieën. Zonder gebruik van schermen neemt de bruto fotosynthese toe bij toenemende straling. Bij de 2 scherm strategieën vlakt de curve meer af dan de referentie bij toenemende straling buiten door het wegschermen van licht.



Figuur 9. Bruto fotosynthese als functie van de globale straling (buiten gemeten) bij 3 scenario's (referentie zonder scherm, of schermen boven 250 of 400 W/m²) voor de hele teelt.

In Figuur 10. zijn uurwaarden gepresenteerd van verschillende parameters voor een zonnige dag (26 mei) bij 3 scenario's: een referentieteelt zonder scherm, schermen met een buitenscherm bij 400 W/m² straling in de kas en schermen met een buitenscherm bij 250 W/m² straling in de kas. De globale straling buiten neemt op 26 mei toe tot 750 W/m², waardoor in 2 scenario's de buitenschermen een gedeelte van de dag gesloten worden. Dit resulteert in minder licht in de kas. Het gebruik van buitenschermen heeft een groot effect op de CO₂ concentratie in de kas. Om 12 uur is de CO₂ concentratie in de referentieteelt gezakt naar 400 ppm door ventilatie. Bij schermen bij 400 W/m² hoeft er nét iets minder geventileerd te worden en is de CO₂ concentratie in de kas 430 ppm. Bij schermen bij 250 W/m² loopt de kastemperatuur minder op en hoeft er minder geventileerd te worden en is daardoor de CO₂ concentratie in de kas met 550 ppm een stuk hoger. Daarnaast is de luchtuitwisseling geringer bij gebruik van schermen.



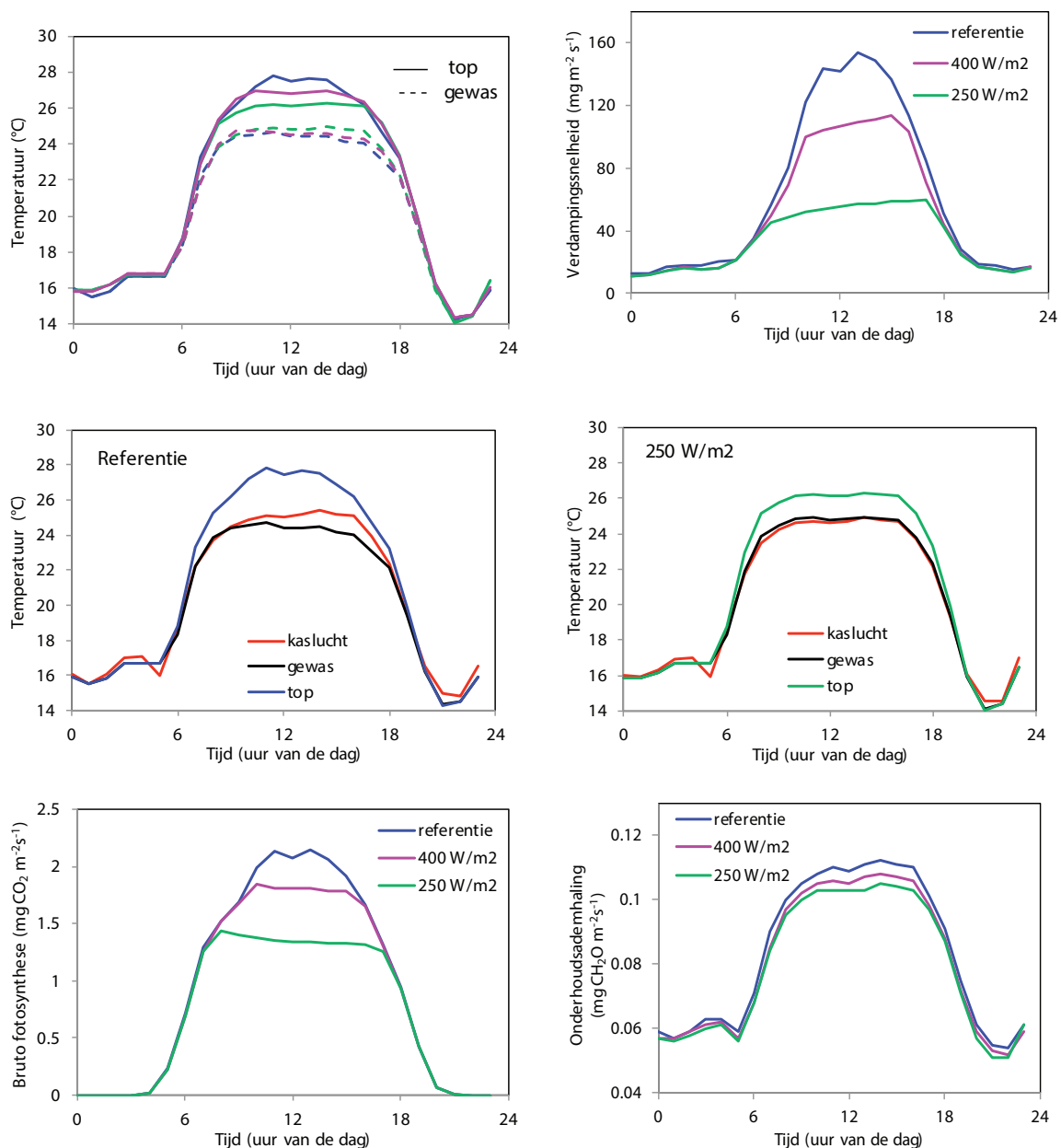
Figuur 10. Klimaat op een zonnige dag (26 mei) in een referentiekas zonder scherm en met gebruik van buitenscherm bij 400 en 250 W/m² licht in de kas.

De gemiddelde temperaturen in de kas verschillen maximaal 0.5 °C, waarbij de referentie kas warmer is dan de geschermd kassen (Figuur 10.). De gemiddelde gewastemperaturen (gemiddeld over alle bladlagen) verschillen ook hooguit 0.5 °C, maar de gemiddelde gewastemperatuur van de referentieteelt is hierbij het laagst (Figuur 11.). Een gewas koelt zich door te verdampen. Blijkbaar is de verdamping in de referentieteelt gemiddeld over het gewas groter, waardoor de gemiddelde gewastemperatuur net iets lager is dan in de geschermd kassen. In de top van het gewas is de temperatuur 0.9 tot 1.6 °C hoger in de referentieteelt vergeleken met de geschermd kassen. Dus ondanks de hogere verdampingsnelheid van het gewas in de referentieteelt is de temperatuur in de top van het gewas hoger dan in de geschermd teelten. De temperatuurverschillen tussen de top van het gewas en de kaslucht is kleiner als er geschermd wordt. Op bijvoorbeeld 26 mei is dit verschil 2.7 °C voor de referentie teelt en 1.5 °C voor de meest geschermd teelt.

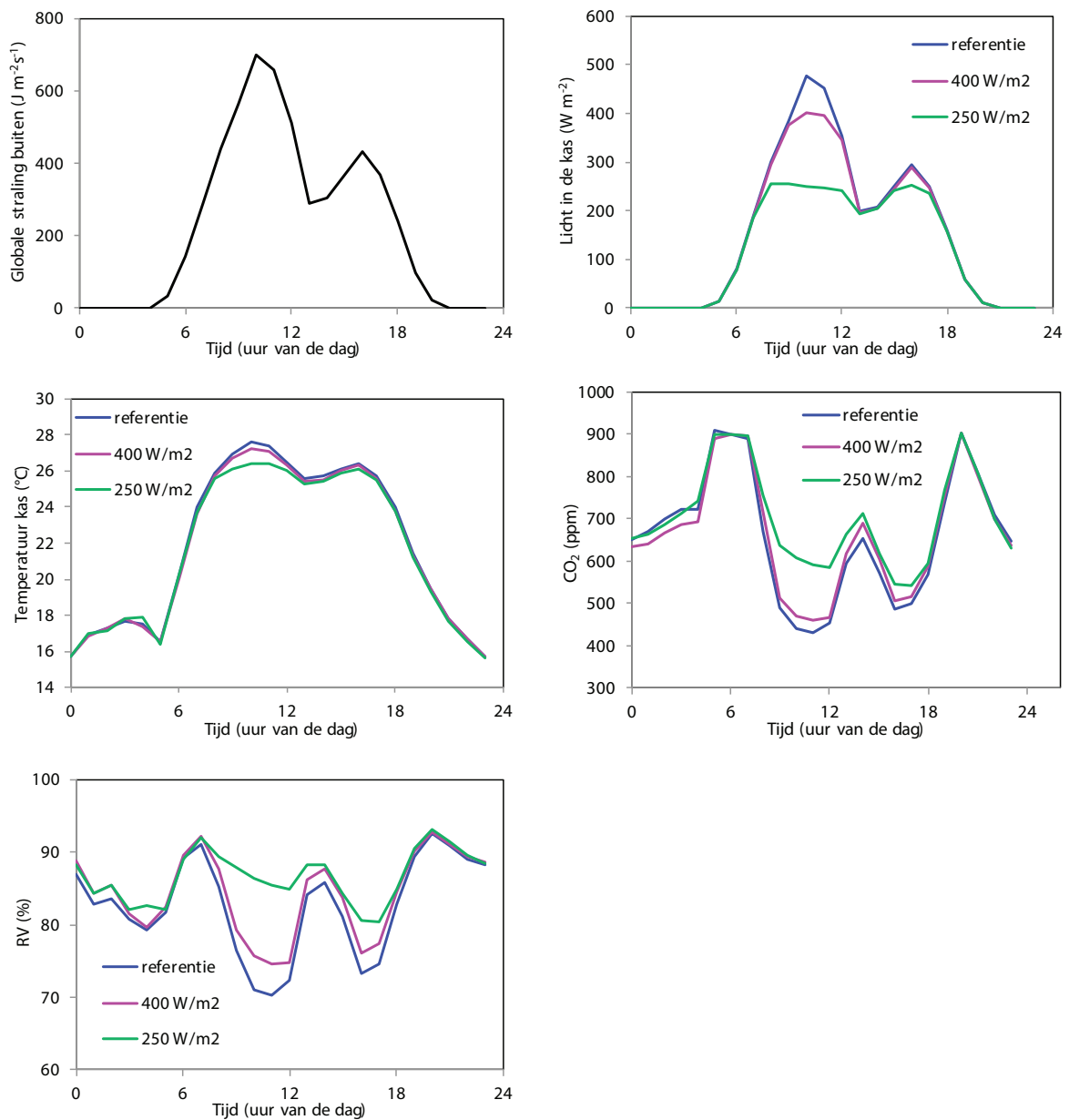
De bruto fotosynthese daalt bij het gebruik van schermen, omdat er minder licht in de kas is. De hogere CO₂ concentratie in de kas kan dus het lichtverlies door het gebruik van schermen niet compenseren. Tijdens de schermperiode daalt de bruto fotosynthese geleidelijk (Figuur 11.). Dit wordt veroorzaakt door ook een geleidelijke daling van de hoeveelheid licht in de kas tijdens de schermperiode. De onderhoudsademhaling is eveneens lager bij gebruik van schermen, omdat het totale gewas minder biomassa heeft.

Het effect van de max 0.5 °C temperatuurverschil op onderhoudsademhaling had slechts kleine bijdrage aan deze verlaging.

De verdampingssnelheid is midden op de dag het grootst in de referentieteelt (Figuur 11.). Bij de gebruik van schermen bij 250 W/m² is de verdampingssnelheid een factor 3 lager. De drijvende kracht voor verdamping is het dampdrukverschil tussen blad en lucht. Bij het gebruik van schermen is de luchtvochtigheid in de kas hoger dan bij de referentie bij een nagenoeg gelijke temperatuur en de temperatuur van met name de bovenste bladeren is wat lager dan in de referentiekas. Dit resulteert in een lager dampdrukverschil tussen blad en lucht in een geschermd kas en daarmee tot een geringere verdamping. De verdampingssnelheid bij het gebruik van schermen neemt geleidelijk toe midden op de dag. De temperatuur is midden op de dag stabiel, maar de relatieve luchtvochtigheid neemt geleidelijk af, waardoor het dampdrukdeficit van de lucht geleidelijk toeneemt.



Figuur 11. Temperatuur van de kaslucht, gemiddeld van het gewas en de top van het gewas, verdamping, bruto fotosynthese en onderhoudsademhaling op een zonnige dag (26 mei) in een referentiekas en met gebruik van buitenscherm bij 400 en 250 W/m² licht in de kas.



Figuur 12. Klimaat op een bewolkte dag (23 juli) in een referentiekas zonder scherm en met gebruik van buitenscherm bij 400 en 250 W/m^2 licht in de kas.

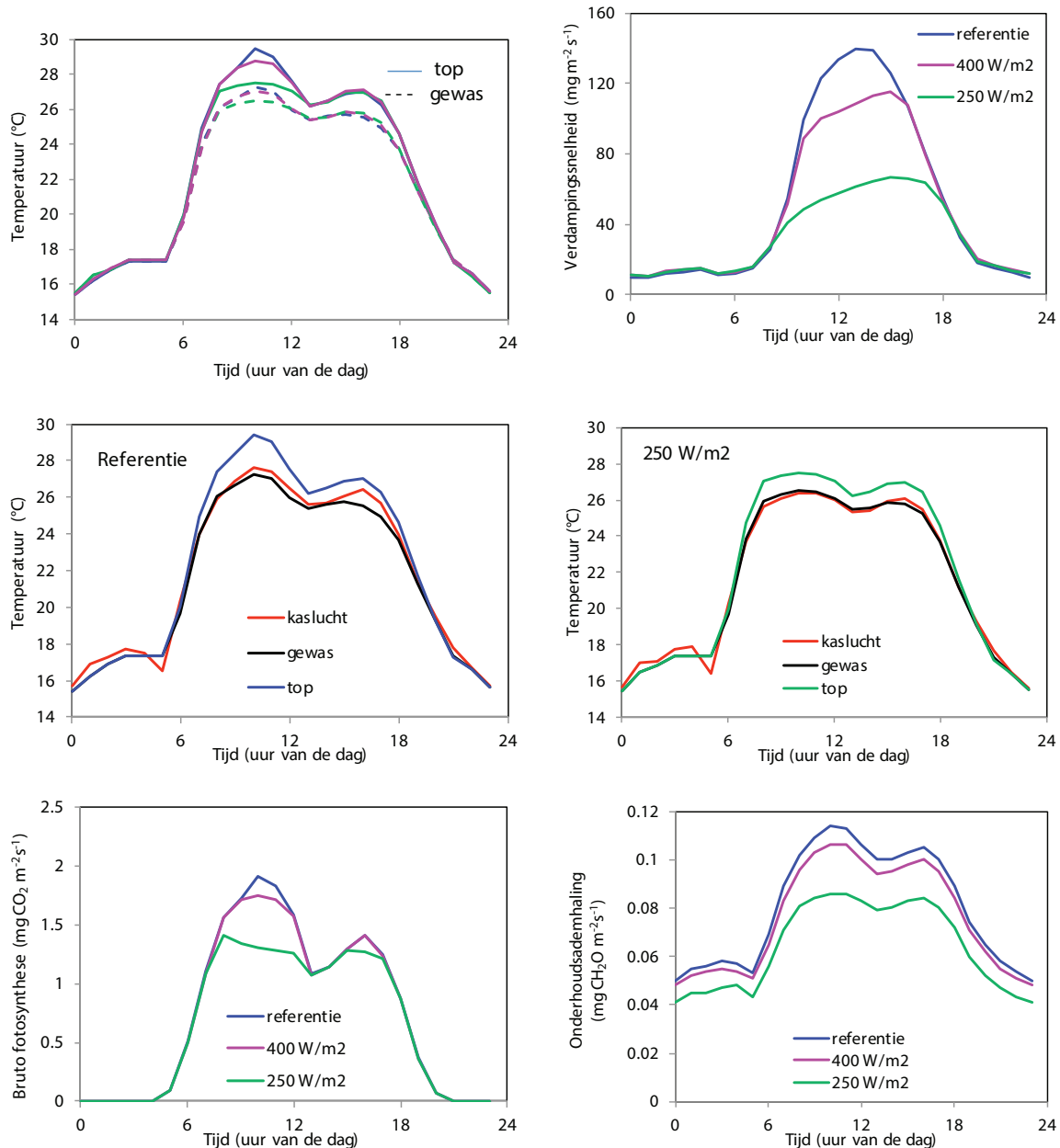
In figuren 12 en 13 zijn de klimaatdata van een dag met wisselend bewolkt weer (23 juli) gepresenteerd. Tussen 8 en 12 uur wordt geschermd met verschillende strategieën. Tussen 15 en 17 uur wordt alleen geschermd met de scherpste begrenzing van 250 W/m^2 licht in de kas. Ook hier is de CO₂ concentratie in de kas hoger bij het gebruik van schermen bij 250 W/m^2 en blijft de relatieve luchtvochtigheid in de kas hoger.

Op deze dag is de gemiddelde gewastemperatuur in de referentieteelt net iets hoger dan in de geschermden kassen in tegenstelling tot de zonnige dag 26 mei. De temperatuur in de top van het gewas is met 29.4 $^{\circ}C$ om 10 uur hoger dan bij 400 W/m^2 schermen (28.8 $^{\circ}C$) en bij 250 W/m^2 schermen (27.5 $^{\circ}C$).

Effecten van schermen op verdamping, bruto fotosynthese, onderhoudsademhaling zijn vergelijkbaar met de zonnige dag. Op bovenstaande voorbeelddagen met veel instraling worden schermen gebruikt om lichtpieken weg te halen. Gebruik van schermen leidt tot: lichtverlies in de kas, hogere CO₂ concentratie, een hogere relatieve luchtvochtigheid, een geringere verdampingssnelheid, een lagere temperatuur in de top van het gewas. De gewastemperatuur gemiddeld over alle bladlagen hoeft bij een geschermden teelt niet altijd lager uit te vallen dan in een referentieteelt. Dit is afhankelijk van het dampdrukverschil tussen gewas en kaslucht waardoor het gewas kan verdampen.

Bij een relatief laag dampdrukverschil in een geschermd kas is het mogelijk dat de verdamping gering is en de gemiddelde gewastemperatuur net iets hoger is dan in de referentie teelt. Ondanks een hogere CO₂ concentratie is de bruto fotosynthese lager bij gebruik van schermen door de afname van de lichtintensiteit in de kas.

Het is goed te realiseren dat alle berekeningen gedaan zijn voor een kas met diffuus dek en dat het hier gebruikte plantmodel geen rekening houdt met stress van de plant. Het model houdt bijvoorbeeld geen rekening met foto-inhibitie, eventuele optreden van botrytis en het model gaat er van uit dat de verdampingsvraag bijgehouden kan worden door wateraanvoer vanuit de wortel. Als dit niet het geval is zal een hoge verdampingsvraag leiden tot verlaging van de waterstatus van het blad. Dit kan leiden tot het sluiten van huidmondjes en tot het slap gaan hangen van blad. Sluiting van huidmondjes zal CO₂ opname negatief beïnvloeden en zal leiden tot een lage fotosynthesesnelheid.



Figuur 13. Temperatuur, verdamping, bruto fotosynthese en onderhoudsademhaling op een bewolkte dag (23 juli) in een referentiekas en met gebruik van buitenscherm bij 400 en 250 W/m² licht in de kas.

4 Reactie van een gewas op lichtpieken

Met een groep van enkele gewasfysiologische onderzoekers van WUR Glastuinbouw is een brainstormbijeenkomst gehouden over mogelijke negatieve effecten van lichtpieken op het gewas. In deze bijeenkomst is eerst door een ieder op Post-it briefjes geschreven waar we plantkundig/-fysiologisch of anderszins aan denken als we boven tomaat, paprika, komkommer of aubergine in de zomer licht gaan wegschermen. De afzonderlijke onderwerpen die op de briefjes zijn geschreven zijn opgenomen in Bijlage I. Vervolgens zijn de briefjes bediscussieerd. Het resultaat hiervan is in dit hoofdstuk samengevat.

Zoals al is beschreven bij de model berekeningen zorgt diffuus glas er voor dat er geen duidelijke stroken in de kas voorkomen als het scherm deels is dicht getrokken om de lichtintensiteit te verminderen. Diffuus glas vermindert de kans op een directe, lokaal hoge lichtintensiteit. Diffuus glas verlaagd echter niet de gemiddelde lichtintensiteit voor het gewas. Door het uniformer maken van de lichtverdeling over het gewas dempt diffuus glas mogelijke effecten van lichtpieken.

Fotoinhibitie en oxidatievestress.

Fotoinhibitie is onder andere gemeten in de diffuusglas proef van 2011 en in het project over schermen bij tomaat van Dieleman en Kempkes in 2004.

Het D1 eiwit in photosysteem II (PSII) is zeer gevoelig voor afbraak door licht omdat er zuurstofradicalen worden gevormd. De normale levensduur van het D1 eiwit is ongeveer 1.5 uur. Bij veel licht kan de levensduur korter zijn. Als door te veel afbraak de hoeveelheid PSII daalt en in een half uur donker niet hersteld is, spreek men van fotoinhibitie. Voor het herstel is (een klein beetje) energie nodig (ATP). Minder afbraak zou meer groei opleveren omdat minder energie nodig is voor herstel. Bij normaal licht niveau is het herstel voldoende snel om de afbraak te compenseren.

Voor herstel is N nodig. Tekort aan N verhoogt de kans op fotoinhibitie. Er is onduidelijkheid over de vraag of hoog CO₂ de kans op fotoinhibitie vergroot of verkleint. O.a. Tartachnyk & Blanke (2007) schrijven dat hogere CO₂ concentraties op een eerste zonnige dag na een donkere periode de gevoeligheid voor fotoinhibitie vergroot.

Er is verschil tussen de vaak gemeten NPQ en fotoinhibitie. NPQ geeft geen blijvende schade. Het is meer een proces waarmee de plant overtollige lichtenergie omzet in warmte. Dit is een snelle bescherming. Als het onvoldoende is komt op termijn de schade door fotoinhibitie. NPQ kan met de plantivity gemeten worden en als indicator dienen voor schatting kans op lichtschade.

Voor de opname van N is voldoende wortelactiviteit nodig.

Tussen soorten (rassen) bestaan (waarschijnlijk) verschillen in snelheid van herstel van de fotoinhibitie. Fotoinhibitie hoeft niet direct te betekenen dat de opname van CO₂ is beperkt. In principe heeft een plant voldoende reactie centra voor het vastleggen van de lichtenergie om CO₂ te kunnen binden.

Adaptatie en “geheugen” van de plant

In verschillende onderzoeken wordt gekeken of de morfologie van een blad te sturen is naar geschiktheid voor een zomerteelt. Ook zijn er onderzoeken die er op wijzen dat een plant stresseffecten kan stapelen zodat het steeds meer energie kost om normaal te groeien. De ademhaling van de plant gaat steeds meer energie kosten als de plant meerdere keren stress heeft ondervonden. Hierbij moet opgemerkt worden dat het niet altijd om dezelfde stress hoeft te gaan. Ziekte, temperatuur, droogte en (gebrek aan) voeding kunnen ieder waarschijnlijk bijdragen aan de stapeling.

De aanleg van bladeren en huidmondjes wordt in de loop van het seizoen anders. Verlaging van lichtintensiteit en vochtigheid kan hierop effect hebben.

Er is verschil tussen zomer en herfst blad. De vraag is hoe dat te sturen.

Blad en gewas reactie

Een niet optimale fotosynthese van het bovenste blad hoeft niet te betekenen dat het gehele gewas niet optimaal presteert. Door een overmaat aan licht kunnen mogelijk juist lager gelegen bladeren meer bijdragen aan de netto fotosynthese en daardoor de totale fotosynthese doen toenemen.

Klimaat

Onder een gesloten scherm - binnen of buiten- krijg je een ander klimaat met andere temperatuur, vochtigheid en CO₂. Dit heeft gevolgen voor de groei van de plant. Voor het klimaat maakt het uit of je een binnen of buitenscherm gebruikt. Een buitenscherm geeft minder warmte in de kas, zodat er minder gekoeld en geventileerd hoeft te worden, wat goed is voor het CO₂ gehalte en de opbrengst. Als er geen schade is door zuurstofradicalen kun je andere klimaat omstandigheden nastreven dan als PSII te veel wordt afgebroken.

Waterhuishouding

Naast effect van licht op de fotoinhibitie verwachten we vooral effect via de waterhuishouding van de plant. Huidmondjes worden anders aangelegd. Je kunt embolie van de xylemvaten krijgen, als de verdampingsvraag zeer hoog is en het gewas tekort schiet. Bijvoorbeeld komkommer is een gevoelig gewas, meer dan tomaat. Bij gebrek aan vocht neemt de kans op verbranding sterk toe.

Bladbeweging

De bladstand verandert onder invloed van licht. Oprullen en/of zijwaarts draaien geeft enerzijds bescherming van het blad zelf (minder lichtinvang) en zorgt er voor dat meer licht komt op lager gelegen bladeren.

Huidige schermen bij komkommer en paprika

Het huidige schermen bij komkommer en paprika is vooral ingegeven door kans op verbrandingen van blad respectievelijk vrucht.

Gewasbescherming

Als een plant last heeft van stress - door lichtpieken of andere factoren- kan de plantweerbaarheid afnemen en daarmee de gevoeligheid voor bijvoorbeeld botrytis toenemen.

Lokale verschillen

In het oosten van het land loopt de middag temperatuur gemiddeld veel sterker op dan in het westen. Hierdoor zijn er regionale verschillen in toepassing.

Uniformiteit in de kas

Gebruik van schermen vergroot de kans op verschillen in klimaat en ontwikkeling in de kas.

Algemene gedachte

Er is bij het gebruik van een scherm een aantal aspecten waarop we onvoldoende antwoord kunnen geven. We weten niet hoe de verhouding is tussen het gunstige effect van beperken van schade en stress voor delen van de plant en het ongunstige effect als lager gelegen bladeren minder licht ontvangen.

5 Discussie van de resultaten in een workshop

Er is een workshop gehouden over licht in de kas. Circa 20 onderzoekers, adviseurs, toeleveranciers en onderzoekscoördinatoren hebben hier aan deelgenomen. Op deze workshop zijn resultaten van onderzoek aan diffuus glas getoond; de twee presentaties over diffuus licht zijn opgenomen in Bijlage II en III en een samenvatting van de discussie is opgenomen in Bijlage IV.

Op deze workshop zijn ook de resultaten van dit rapport gepresenteerd (zie Bijlage V). Voordat deze presentatie gegeven werd, werd aan de deelnemers gevraagd om op papier te zetten waaraan ze denken als een buitenscherm gemonteerd zou worden op een tomatenkas. Een overzicht van deze reacties is opgenomen in Bijlage VI. Na afloop van de presentatie is met de deelnemers besproken wat ze op hadden geschreven en of hun mening veranderd was naar aanleiding van de presentatie. Hieronder volgt een samenvatting van deze discussie.

Uit de opgeschreven reacties blijkt dat een groot deel van de aanwezige personen lichtverlies en daardoor productie derving als belangrijkste hinderpaal zien. Door de presentatie werd dit beeld bij een aantal bijgesteld. Het ligt toch wel genuanceerder.

Als aandachtspunten werd in de discussie nog ingegaan op het effect van buitenscherm op de dektemperatuur en daarmee op de temperatuur van de bovenkant van het gewas (kop temperatuur), vooral ook in combinatie met gebruik van diffuus glas of coating wat de koptemperatuur al verlaagd. Heb je dan wel een buitenscherm nodig of is het additionele effect dan te gering?

Met welke type glas vergelijk je het effect van een buitenscherm? In feite geldt die discussie ook voor diffuus glas. Het huidige tuinbouwglas is de B-kwaliteit uit de glasoven. Voor diffuus glas wordt A kwaliteit met hogere transmissie gebruikt. Dit is daardoor duurder, maar ook voor normaal glas zou A-kwaliteit gebruikt kunnen worden. Dat heeft een hogere lichttransmissie.

De vraag werd ook gesteld of de positieve effecten op foto-inhibitie en gewastemperatuur niet te bereiken zijn door gebruik te maken van selectieve coatings. Bijvoorbeeld een andere UV transmissie?

Door de grotere hoogte boven een gewas van een buitenscherm wordt de lichtverdeling over het gewas in de kas beter. In de presentatie is vooral gekeken naar de totaal productie, maar geen aandacht besteed aan vroege productie. Die is nog steeds belangrijk en lichtverlies in de winter is daardoor zeer nadelig.

De effecten op lange termijn zoals terugval van de productie na de langste dag zijn onvoldoende bekend.

Als er minder verdamping is, is dit voor landen met water tekorten zeer gunstig. Voor onze omstandigheden is de vraag wat kunnen de vruchten doen als waterbuffer.

Het algehele beeld van de reacties op de workshop is dat men sterk twijfelt aan het effect van lichtverlies, dat de kosten niet worden goed gemaakt door productie. De kosten moeten dus worden terugverdiend doordat de warmte die in de kas komt op een andere wijze wordt verzameld en nuttig wordt gebruikt. De ontwikkelingen in diffuus materiaal gaan snel en het gecombineerde "gunstige" effect van diffuus glas en buitenscherm op het kasklimaat is kleiner dan de afzonderlijke effecten vergeleken met helder glas.

Een buitenscherm is dus alleen zinvol als er op een andere wijze een nuttige toepassing van de te oogsten energie kan worden gegeven om de kosten in de investering uit terug te verdienen. Als deze oplossing er is, moet duidelijk zijn dat er teeltkundig eerder voordelen dan nadelen zijn van het wegschermen van de pieken in de lichtintensiteit.

6 Conclusies

- Modelberekeningen met Intkam laten zien dat het wegschermen van licht leidt tot een productieverlies bij tomaat. Er is in deze modelberekeningen geen rekening gehouden met stress; aangenomen werd dat de verdampingsvraag bijgehouden kon worden door wateraanvoer vanuit de wortel.
- Gebruik van schermen leidt tot een hogere CO₂ concentratie en een hogere RV in de kas. De temperatuur in de top van het gewas is lager.
- Het gebruik van buitenschermen resulteert in een gunstiger kasklimaat dan het gebruik van binnenschermen.
- Het weghalen van lichtpieken zou een aantal positieve effecten op het gewas kunnen hebben, zoals voorkomen van foto-inhibitie en waterstress in de plant. Ook kan mogelijk de weerbaarheid van de plant tegen ziekten zoals botrytis beïnvloed worden.
- Er is bij het gebruik van een scherm een aantal aspecten waarop we onvoldoende antwoord kunnen geven. We weten niet hoe de verhouding is tussen het gunstige effect van beperken van schade en stress voor delen van de plant en het ongunstige effect als lager gelegen bladeren minder licht ontvangen.
- Tijdens de workshop bleek dat velen sterk twijfelen aan het effect van lichtverlies, dat de kosten niet worden goed gemaakt door productie. De kosten moeten dus worden terugverdiend doordat de warmte die in de kas komt op een andere wijze wordt verzameld en nuttig wordt gebruikt. De ontwikkelingen in diffuus materiaal gaan snel en het gecombineerde “gunstige” effect van diffuus glas en buitenscherm op het kasklimaat is kleiner dan de afzonderlijke effecten vergeleken met helder glas.
- Het toepassen van een buitenscherm bij groenten om lichtpieken weg te vangen is een sfeerbeeld, dat het waard is om goed geanalyseerd te worden. Voor de plantkundige aspecten lijkt er een gering effect op productie te zijn. Dit moet in onderzoek worden bevestigd. Het is echter niet aannemelijk dat de investering in een extra scherm op basis van plantkundige aspecten rendabel is. Een buitenscherm is dan alleen zinvol als er op een andere wijze een nuttige toepassing van de te oogsten energie kan worden gegeven om de kosten in de investering uit terug te verdienen. Met de huidige stand van de techniek voor energie oogst is een dergelijke oplossing niet op korte termijn te verwachten. Als deze oplossing er is, moet duidelijk zijn dat er teeltkundig eerder voordelen dan nadelen zijn van het wegschermen van de pieken in de lichtintensiteit.

Bijlage I Discussiebijeenkomst negatieve effecten van lichtpieken op het gewas

Met een groep van enkele gewasfysiologische onderzoekers van WUR Glastuinbouw (Tom Dueck, Wanne Kromdijk, Jan Snel, Arie de Gelder, Jan Janse, Leo Marcelis) is een brainstormbijeenkomst gehouden over mogelijke negatieve effecten van lichtpieken op het gewas. In deze bijeenkomst is eerst door een ieder op Post-it briefjes geschreven waar we plantkundig/fysiologisch of anderszins aan denken als we boven tomaat, paprika, komkommer of aubergine in de zomer licht gaan wegschermen. De afzonderlijke onderwerpen die op de briefjes zijn geschreven zijn opgenomen in deze bijlage.

De volgende zinnen zijn op de Post-it briefjes opgeschreven.

- Zijn er specifieke golflengte die schadelijk zijn?
- Door teveel licht- temperatuurstress investeert de plant teveel in herstel mechanismen → kost energie.
- Adaptatie of niet?
- Minder stress → minder ziekten?
- Door te veel licht implosies in xyleemvaten → afsluiten vaten → minder water transport
- Teveel verdamping → huidmondjes sluiting (en hydraulische geleidbaarheid in blad)
- 'Aangeleerd' huidmondjes gedrag → carry-over effect in de tijd.
- Slap blad (komkommer)
- Te grote overgangen licht- schaduw zijn lastig
- Schermen leidt tot andere verschillen in klimaat
- Beter (mildere) kasklimaat bij lichtwedschermen?
- Te veel licht is geen probleem, misschien wel hoge Tblad, hoge VPD, CO₂
- Vocht en CO₂ zijn minstens zo belangrijk als licht
- Warmte is probleem, licht niet.
- Noodzakelijk: Kwantificeren van photoinhibitie, schade en herstel als gevolg van lichtintensiteit
- Oververzadiging kan leiden tot photoinhibitie en oxidatieve stress
- Fotoinhibitie in relatie tot veel licht + veel CO₂?
- Mogelijke verklaring nadelig effect licht: oxidatieve stress beïnvloedt signaaltransductie in kopgewas → effect op bloemvorming
- Voorkomen van fotoinhibitie
- Komkommerblad is zeer UV gevoelig, misschien ook voor oxidatieve stress? Maar hoeft ook niet lang mee.
- Fotoinhibitie gedurende korte tijd en lokaal is geen probleem.
- Als herstel onvoldoende is, kan licht wegnemen een positief effect hebben
- Balans tussen schade en herstel bepaalt capaciteit op de lange termijn
- Mogelijk mechanisme: minder licht → vertraagde groei → beter opname transport in herfst
- Als plant minder (licht)stress ervaart in de zomer, hoe lang " onthoudt: het dat? Dwz. Heb je daar iets aan in najaar?
- Andere bladarchitectuur, licht onderschepping? Te vegetatief?
- Veel licht zorgt voor te dikke/groen bladeren → ongunstige lichtverdeling in gewas
- Bladoppervlak, hogere LAI? Grotere SLA bij schermen
- Hoge groeipunt T (vooral tomaat)
- Scherm heeft niet alleen effect op kop maar ook op rest
- Verdampingseffecten. Wortelgroei?
- Veel licht → ivm balans in groei en nutriënten opname → niet optimaal gewas door te " koude" wortel
- Gewas kan te vegetatief worden → ook lagere prod in najaar
- Komkommer en paprika worden bij hoge instraling nu al geschermd → zou minder negatief zijn dan tomaat
- Schade bij paraplu systeem komkommer in bovenste blad is blijvend effect
- Mogelijk kwaliteitsverbetering bijv brandplekken paprika, lagere vruchttemperatuur, langer houdbaar ook tomaat

- Verbranding
- Schade paprika vooral op vrucht -niet op blad
- Werkt buitenscherm tegen je op donkere dagen?
- Continu lichtverlies ook bij geopend scherm door constructie delen
- Tomaat altijd productie verlies
- Tomaat = source gelimiteerd
- Voor max Canopy fotosynthese moet bovenste laag oververzadigd zijn.
- Als er schade is in de kop wordt dit gecompenseerd door bladeren onderin
- Je kunt niet alleen bovenste bladeren beschermen
- Hebben we concrete aanwijzingen?

Bijlage II Diffuse kasdekmaterialen (Presentatie Gert-Jan Swinkels)

Diffuse kasdekmaterialen

Gert-Jan Swinkels
Wageningen UR Glastuinbouw



WAGENINGEN UR
GLASTUINBOUW

Achtergrond

Wat zijn diffuse materialen ?

- Materialen die het directe licht verstrooien
- Visueel verminderde doorkijk
- Lagere lichttransmissie dan helder



WAGENINGEN UR
GLASTUINBOUW

Diffuus licht = verstrooid licht

Globale straling buiten:

- Bewolking bepaalt hoeveelheid diffuus
- Winter: gemiddeld 80% diffuus
- Zomer: gemiddeld 60% diffuus



In de kas:

- Afhankelijk van bewolking
- Te beïnvloeden door diffuus kasdek of scherm



WAGENINGEN UR
GLASTUINBOUW

Voordelen van diffuus licht

- Diffuus licht beter benut door gewas
- Hogere fotosynthese onder diffuus licht
- Lagere blad / koepeltemperatuur
- Milder microklimaat op stralingsrijke dagen

Meerproductie

- Hogere opbrengst komkommer ca. 5-10%
- Hogere groeisnelheid potplanten ca. 5-25%



WAGENINGEN UR
GLASTUINBOUW

Nadelen

Diffuus licht

- Onbekend

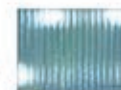
Diffuse materialen

- Lagere transmissie, vaak AR coating nodig ter compensatie
- Oppervlaktestructuren soms helder bij regen / condens
- Sterkte
- Vervuiling
- Prijs

WAGENINGEN UR
GLASTUINBOUW

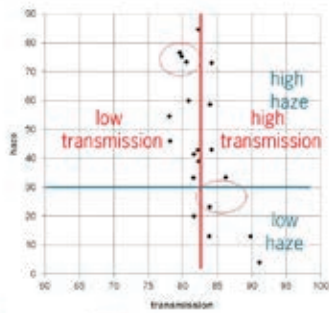
Typen materialen

- Helderere materialen
 - Doorgelaten straling behoudt richting van invallende straling
 - Voorbeelden: vlak onbehandeld glas ("standaard" tuinbouwglas), heldere folies
- Lichtverstrooiende materialen
 - Doorgelaten licht wordt in willekeurige richtingen verstrooid
 - Voorbeelden: pigmenten, stoten, krijten, diffuse folies
- Lichtbrekende materialen
 - Doorgelaten licht wordt in bepaalde richting verstrooid
 - Voorbeelden: oppervlaktestructuren (groeven, piramide)



WAGENINGEN UR
GLASTUINBOUW

Belangrijkste optische eigenschappen



Wat is beter?
Voor welk gewas?
Bij welk klimaat?
Prijs?



Voorbeelden van diffuse materialen



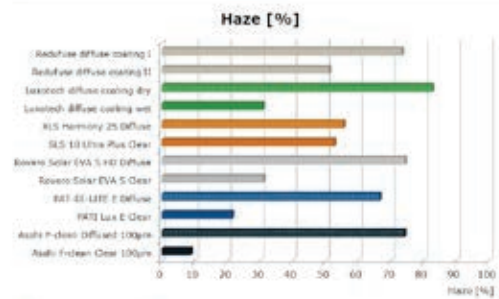
Voorbeelden van optische eigenschappen

Glass	Haze %	Hem. transmissie %
Control	0	82
ReduFuse 1:8	ca. 50	78
Velglas AR	45	82
Brisa AR	62	85
Prismatic AR	71	82

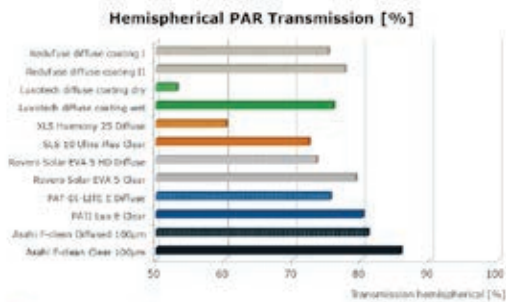
Quack et al. (2013)



Light Diffusing Covering Materials



Light Diffusing Covering Materials



Conclusies diffuse materialen

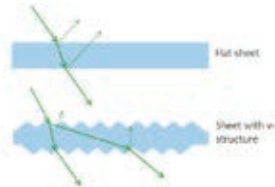
- Hemisferische transmissie & haze meten
- Bij beperkt lichtverlies verhoogt diffuus licht de productie
→ In donkere periode (winter) kan overall-effect negatief zijn
- Juiste materiaal voor gewas
- Keuze voor materiaaltype niet eenvoudig



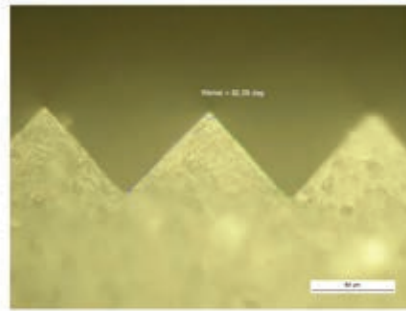
Lopend project: Micro-v

Projectdoelen:

- Combineren van hoge transmissie met hoge haze
- Naast v-structuur (bekend) ook andere structuren onderzoeken
- Micro / nano schaal

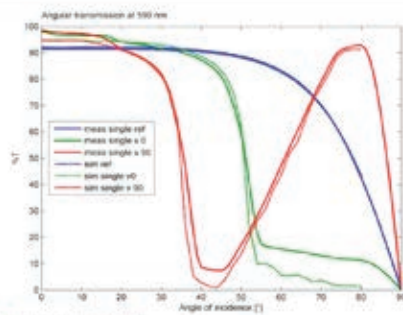


Micro-v SEM-picture



14

Validatie optische modellen



15

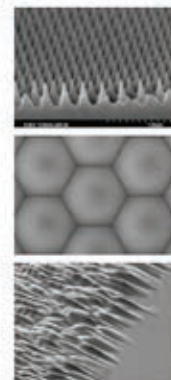
Andere micro/nanostructuren

Bekende structuren:

- Moth-eye
- Micro-lens
- Circular diffusor

Nieuwe experimenten:

- Diffuse combinaties van deze structuren



Nieuw project: 3D-haze

Huidige haze-meting:

- percentage licht dat meer dan 2.5° afwijkt van loodrecht
- Weinig informatie over spreiding over het gewas

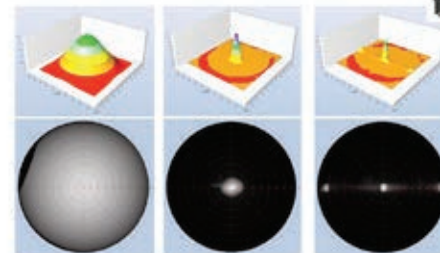
3D-haze:

- Metten van ruimtelijk verdeling
- Koppelen van meting aan lichtmodellen
- Nadere verklaring resultaten praktijkproeven



3D-haze

- IS-SA™
- BTDF (bidirectional transmittance distribution function)



Metten van diffuse materialen

Te meten grootheden

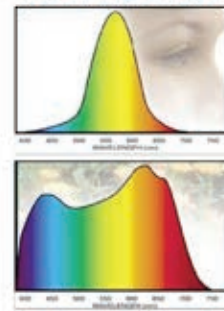
- Lichthoeveelheid op plantniveau (transmissie)
- Verhouding direct / diffuus (haze)

Hoe transmissie te kwantificeren?

- Mensen: waarneming menselijk oog (Lux)
- Energetisch: lichtenergie-stroom (Watt / m^2)
- Fotosynthese: fotonen-stroom ($\mu\text{mol} / \text{m}^2 / \text{s}$)



Verskil in gevoeligheid menselijk oog / plant



Oog
(lux) **Lux-transmissie zegt
weinig over
PAR-transmissie I**

Plant
PAR ($\mu\text{mol} / \text{m}^2 / \text{s}$)



Bron: KEMA

Nederlandse norm NEN 2675 **NEN**

NEN 2675 – bepaling lichttransmissie tuinbouwglas

- Ongecoat helder vlakglas
- Loodrechte inval
- Vaste correlatie met hemisferische transmissie
- Plantgevoeligheid (PAR)
- Relatief eenvoudige meting
- Bedoeld voor productvergelijking



Beperkingen NEN 2675

Niet geschikt voor nieuwe (diffuse) materialen

- Geen eenduidige relatie tussen hemisferische en loodrechte transmissie bij andere materialen dan helder vlakglas
- Onvoldoende inzicht in hemisferische transmissie

Nieuwe ontwikkelingen niet meegenomen

- Lichtverstrooiing (haze)
- NIR transmissie
- UV transmissie

Bovendien

- Standaard apparatuur vaak ongeschikt voor nieuwe materialen (meerlaags, diffuus, gecoat)



Nieuw meetprotocol

Ontwikkeld door

- TNO en WUR Glastuinbouw
- Gefinancierd door PT en LNV

Doelen

- Vastleggen eenduidig protocol voor bepaling van de lichtdoorlatendheid van kasdekmaterialen
- Duidelijkheid voor toeleverende industrie, adviessector en tuinders
- Materialen beter vergelijkbaar
- Protocol opnemen in GLK waardoor hoogtransparant kasdek wordt beloond met GLK punten



Meetapparatuur

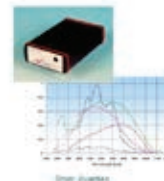
Integrerende bol

- Hoog-reflecterende binnenwand
- Integreert ruimtelijk verdeeld licht
- Fungeert als detector van doorgelaten licht
- Uitgangspunt NEN2675



Spectrometer

- Meet lichtintensiteit als functie van de golflengte
- Verschillende types:
 - Monochromator: alle golflengtes per scan
 - Array-spectrometer: geheel spectrum per scan
 - Single-beam
 - Double-beam



Protocol voor hemisferische transmissie

Hemisferisch licht

- Loodrecht invallend licht komt niet voor
- Globale straling in Nederland is 2/3 diffuus.
- Nauwe correlatie tussen lichtsom en hemisferische transmissie
- Hemisferische transmissie geeft goed beeld van de prestaties

3 meetprincipes

1. Op basis van loodrechte transmissie (alleen voor helder glas)
2. Op basis van hoekafhankelijke transmissie (o.a. voor diffuse materialen)
3. Op basis van een hemisferische lichtbron



Meetprincipe 1

Op basis van loodrechte transmissie

- Volgens NEN 2675
- Alleen mogelijk voor ongecoat helder glas
- Verhouding $T_{\text{hem}} = 0.9197 \times T_{\text{LD}}$
- 90.0% loodrecht = 82.8% hemisferisch



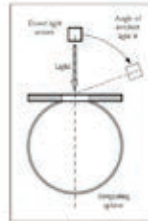
Meetprincipe 2

Op basis van hoekafhankelijke transmissie

- Directe transmissie onder hoeken en bij verschillende oriëntaties meten
- Hemisferische transmissie uit numerieke integratie

$$T_{\text{hem}} = \frac{\int_0^{\pi/2} \int_0^{2\pi} T(\theta, \phi) \sin^2 \theta \cos \theta \sin \theta \, d\theta \, d\phi}{\int_0^{\pi/2} \int_0^{2\pi} \sin^2 \theta \cos \theta \sin \theta \, d\theta \, d\phi}$$

Met θ horizontale breedtehoek (zenit)
 ϕ verticale breedtehoek
 $T(\theta, \phi)$ doorstraling



Meetprincipe 3

Op basis van een hemisferische lichtbron

- Geen hoekafhankelijke metingen nodig
- Geen metingen voor verschillende oriëntaties nodig
- sneller



Transmissie onder hoeken

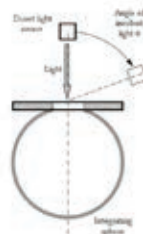
In principe volgens NEN 2675

Apparatuur

- Integreerend bol
- Parallele PAR lichtbron

Methode

- Intensiteit meten zonder en met monster
- Transmissie = met / zonder



Nauwkeurigheid

- $\pm 0,2 \%$ volgens NEN 2675
- Niet haalbaar voor hemisferische meting !!
- Niet haalbaar voor andere materialen dan helder glas !!!



Aandachtspunten hoekmetingen

- **Afmeting monster en monsterpoort**
 - Uitgangspunt: Al het doorgelaten (verstrooide) licht in de bet
 - monster altijd groter dan monsterpoort en veel kleiner dan de diameter monsterpoort.
 - Verhoudingen bepaald door mate van lichtverstrooiing door het materiaal
 - Geen eenvoudige regel mogelijk
- **Afmetingen lichtbundel**
 - bundel of groter of kleiner dan monsterpoort
 - voorkomen van lichtverlies door verstrooiing en infra reflectie bij (licht)divergerende bundel
- **Belichte oppervlak**
 - Meting onafhankelijk van welk deel van het materiaal belicht wordt.
 - Belichte oppervlak bevat minstens 10 herhalende patronen
 - OK, herhalende motieven van verschillende delen



Meetnauwkeurigheid

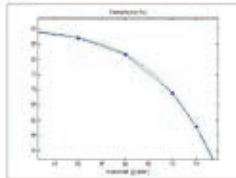
- Volgens NEN2675 bij helder vlakglas ($\pm 0,2\%$)
- Overige materialen $\pm 0,5\%$
- Bij complexe materialen (weefstructuren, elastisch, multilaags) de meetnauwkeurigheid zelf bepalen



Numerieke integratie van hoekmetingen

Aandachtspunten

- Aantal hoeken belangrijk voor nauwkeurigheid
- Meebinterval bij voorkeur 5° (18 hoeken).
- Extra meetnauwkeurigheid bij 5° interval $< 0,05\%$
- Aantal te meten hoeken beperken door polynoomfit

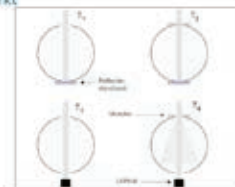


Protocol voor lichtverstrooiing (haze)

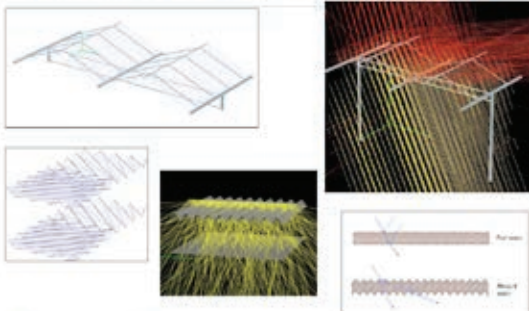
- Geen norm voor kasdekmaterialen beschikbaar
- ASTM D1003 (Standard Test Method for Haze and Luminous Transmittance of Transparent Plastics)
- Commerciële Haze-meters op de markt

Wageningen UR Glastuinbouw:

- ASTM D1003 als uitgangspunt
Grens bij $\pm 1,5^\circ$ in plaats van $2,5^\circ$
- Haze meestal iets hoger dan volgens
- ASTM D1003
- Spectraal



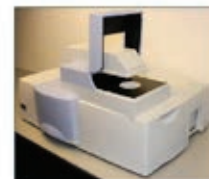
Berekening van lichttransmissie



Meetapparatuur Wageningen UR

PerkinElmer LAMBDA 950 UV/VIS/NIR Spectrophotometer met 270 mm Integrating Sphere Accessory (UL270)

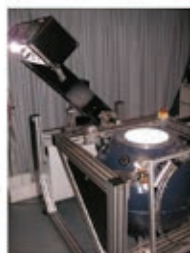
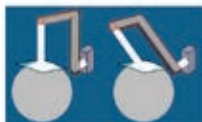
- Loodrechte transmissie en reflectie (300 - 2500 nm)
- Meting loodrechte transmissie van diffuse materialen mogelijk



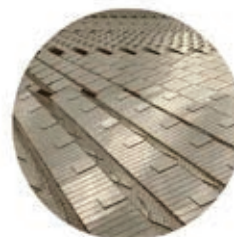
Meetapparatuur Wageningen UR

Transmissie

- 1 meter bol met 6 - 38 cm monsterpoort
- Bereik 350 - 1100 nm, binnenkort tot 2300 nm
- Meting dikke meertaags materialen mogelijk
- Meting van:
 - Hoekafhankelijke transmissie ($0 - 60^\circ$)
 - Hemisferische transmissie
 - Reflectie voor loodrecht en diffuus licht
 - Haze



Bedankt voor de aandacht !



Bijlage III Effecten van diffuus licht op het gewas (Presentatie Tom Dueck)

Effecten van diffuus licht op het gewas

Tomaat, roos, komkommer
20 april 2012, Tom Dueck, Nieves Garcia, Jan Janse

WAGENINGEN UR

Doelstellingen

- Effecten diffuus licht op plantprocessen
- Effecten diffuus licht op productie en kwaliteit
- Optimale combinatie van haze en transmissie
- Effecten diffuus licht in winter(teelt)

WAGENINGEN UR

Drie teeltexperimenten

	Tomaat	Roos	Komkommer
Behandelingen	Ref+4	Ref+1	Ref+1
Haze	45/50/62/71 %	73%	71%
Transmissie	83/78/85/83 %	83%	83%
Teelt	Onbelicht	Belicht	Onbelicht
Duur	Dec 2010 – Nov 2011	Sept 2010 – Aug 2011	Dec 2012 – April 2012

WAGENINGEN UR, Productieschap Tuinbouw, Wageningen UR, Wageningen UR

Invloeden van diffuus licht tijdens de teelt

Plantprocessen

- Planttemperatuur
- Fotoinhibitie
- Uitgroeiduur
- Productie
- Kwaliteit

Andere processen

- Ziektes
- Energie
- Condens

WAGENINGEN UR

Planttemperatuur tomaat/komkommer

- Boven in het gewas hoge bladtemperatuur onder helder glas
- Bladtemperatuur onder diffuus -1 tot +1°C t.o.v. kaslucht temp.
- Bladtemperatuur onder helder glas 0 tot +6°C t.o.v. kaslucht temp.

WAGENINGEN UR

Planttemperatuur komkommer (traditioneel systeem)

- 's Middags bovenin gewas 2 à 2.5 °C hogere planttemperatuur onder helder glas
- Kastemperatuur gelijk
- Gevolg: meer bladverbranding

WAGENINGEN UR

Knoptemperatuur roos

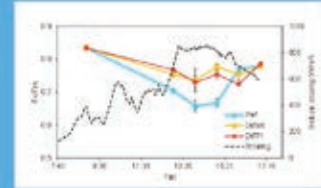


Schermen toch nodig om blauwverkleuring te voorkomen



Fotoinhibitie tomaat

- Fotoinhibitie treedt op bij straling >500 W/m²
- Involed VD, temperatuur?



Productie gewassen

- Uitgroei duur korter onder diffuus (tomaat en komk)
- Productie tomaat al in juni gerealiseerd
- Productie roos ~ 5.2% meer takken
- Winterproductie komk hoger (>10%), nu wat minder

	Haze	Tomaat	Roos	Komk
	45%	+8%	-	-
	62%	+9%	-	-
	71%	+11%	+6%	+8%

Kwaliteit roos

- Bij instraling >600 W/m² verbranding op jonge, rode bladeren
- Geen verschil in houdbaarheid
- Geen verschil in takkwaliteit (lengte, gewicht)



Kwaliteit komkommer en tomaat

Tomaat

- Geen verschil in houdbaarheid
- Geen verschil in % ds, refractie, smaak of vitamine C

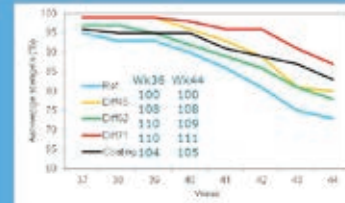
Komkommer

- Geen verschil in houdbaarheid
- Iets hoger % klasse 2 (+1.5%) bij diffuus



Aantasting door Botrytis bij tomaat

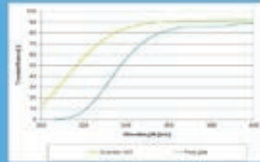
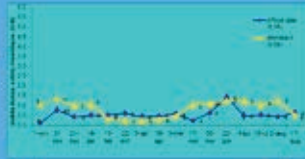
- Planten onder diffuus generatievler (harder, minder gevoelig)
- Onder diffuus hoger ds%



- Involed Botrytis geschat op enkele % productievermindering

Meeldauw en roos

- Op vroege voorjaar na (toen toch al veel diffuus licht) meer meeldauw onder helder glas
- Mogelijk effect van hogere transmissie van UV straling
- UVB – 280-315 nm
- UVA – 315-400 nm



Kasklimaat en energie

- Idee leeft in praktijk dat diffuus energie kost in de ochtend
- Lijkt gerelateerd te zijn aan verminderde lichttransmissie
- Bij gelijk (of meer) licht, heeft diffuus licht:
 - Weinig effect op kasklimaat bij tomaat
 - Geen effect op kasklimaat bij roos
 - Positief effect op lichtverdeling (gelijkmatiger zonder pieken) bij roos en tomaat

Energieverbruik

- Bij gelijke lichttransmissie, netto weinig verschil (foute marge)
- Klachten waarschijnlijk door glas met lagere transmissies

Haze	Tomaat	Roos	Komk
45%	+3%	-	-
62%	-2%	-	-
71%	-4%	-4%	+3%

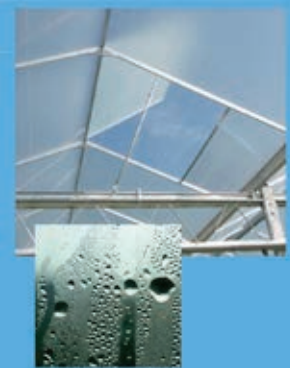
Condens

- Speelt condens rol bij diffuus glas? (Stanghellini et al. en tuinders)

- Nu: metingen in lab en kas

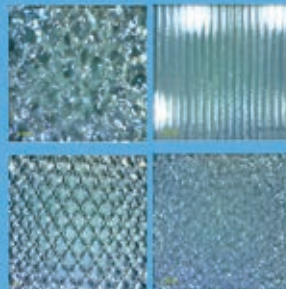
Voorlopig:

- Lichttransmissie hoger met condens
- Meer condens op diffuse zijde (prisma's)



Hiaten in kennis

- Hoe diffuus is haze? Hoge transmissie belangrijk, maar haze = haze??
- Haze = random afbuiging van licht >2.5%
- Met verschillen in glas en gegeven meetmethodiek is de haze bij glas1 = haze bij glas2?
- Nodig: verdeling van afbuiging van licht?



Hiaten in kennis

Hoeveel winst te behalen door teelt optimalisatie?

- Blijkt meer licht door te dringen dieper in het gewas
- Wordt het licht beter benut door plantdichtheid te verhogen?
- Plantbelasting af te stemmen op (diffuus) licht i.p.v. globale straling?

Hiaten in kennis

- Er zijn spectrale verschillen onder diffuus glas t.o.v. helder glas, b.v. meer UV straling
- Hoe groot is invloed UV voor:
 - Plant- en bloemkwaliteit
 - Afharding
 - Weerbaarheid

Hiaten in kennis

M.b.t. condens:

- Invloed type glas op hoeveelheid condens (diffuus/AR)
- Invloed type condens (druppels, film) op transmissie
- Hoeveelheid condens op kasdek i.r.t. gewas, kasklimaat en buitenklimaat
- Welk aandeel in productievoordeel van diffuus toe te schrijven aan condens?

Hiaten in kennis

Verklaring voordelen diffuus?

- Experimenten
 - optimale telen wordt toegepast
 - Gewas blijkt diffuus licht beter te gedragen
 - Later schermen (roos, komkommer)
 - Dus meer (diffuus) licht toegelaten in de teelt
- Effecten van diffuus licht aan de hand van lichthoeveelheid kunnen niet verklaard worden.
- Hoe dan wel? ...lichtverdeling, condens, spectrum.....

Diffuus licht: een helder verhaal

Wageningen UR
Glastuinbouw



Bijlage IV Kennishiaten met betrekking tot diffuus licht

Op 20 april 2012 hebben een groep van circa 20 onderzoekers, adviseurs, toeleveranciers en onderzoekscoördinatoren gediscussieerd over kennishiaten met betrekking tot diffuus licht. In deze Bijlage zijn de resultaten van deze discussie samengevat.

- Meer interesse bij tuinders naar specifieke kenmerken van glas, maar soms worden onzinnige (paar procent haze) of onmogelijke spectrale kenmerken gevraagd. Sommige combinaties van diffuse en spectrale kenmerken kunnen eenvoudig niet worden gemaakt, vanwege productieproces van diffuus glas.
- Lastig om de relatie te leggen tussen labmetingen waarbij alle condities gelijk gehouden zijn en metingen in de kas, waarbij een zuivere vergelijking vaak niet mogelijk is.
- Diffuus en helder glas hebben vaak ook verschillende spectrale kenmerken, waardoor het lastig te zeggen is welke effecten echt door de diffuusheid worden veroorzaakt (bv voorkomen van meeldauw/botrytis in relatie tot UV doorlatendheid). Spectrale verschillen zijn wel bekend, maar de effecten ervan worden te weinig meegenomen.
- Temperatuurverschillen van blad, knop, effect van infrarood instraling?
- Positieve effecten van glas op het tegengaan van Botrytis/meeldauw effecten: waardoor worden deze effecten verklaard (UV/klimaat)?
- Moeten de effecten van glassoort wel worden opgesplitst in factoren?
- Hoe moeten we anthocyaan vorming interpreteren?
- Getal uit haze meting kan misleidend zijn, vanwege arbitraire grens van 2.5cm afbuiging. Zegt niets over de spreiding van het licht. Bijvoorbeeld een methode uit VS hanteert andere afbuigingsgrenswaarde. Spreiding is niet duidelijk uit meting, maar wel belangrijk voor doordringing in het gewas. Welke hoek is beter?
- Hoe diffuus moet het licht zijn? In welke richting? Analogie met lamplicht wordt gemaakt: kan je beter diepstralers of breedstralers hebben?
- Belangrijk is om af te wegen wat de prijs van diffuus glas is t.o.v. de meerwaarde. Kan je misschien met een scherm minder? Hoe verhoudt een diffuus kasdek zich t.o.v. een coating?
- Opmerkelijk dat de diffuus meeropbrengst vooral in de winter valt. AR coating? Condensvorming?
- Moeten we misschien fractie diffuus licht variëren tijdens het seizoen? Hoe? Wanneer wel/niet diffuus? Vergelijkbaar aan discussie over vast folie. Grensdatum vaststellen o.b.v. langjarig gemiddelde en risico.
- Hoe moet je schermen (zonwering) onder een diffuus kasdek?
- Hoe wordt het koelend vermogen van het gewas beïnvloed onder diffuus kasdek? En de afrijpingssnelheid bij vruchtgroenten?

Samengevat lijken de belangrijkste kennishiaten te bestaan rondom condensatie op diffuus glas en effect daarvan op lichttransmissie, of de huidige hazemeting wel een goede maat is voor diffuusheid, hoe diffuus licht moet zijn voor optimaal effect op de plant, of spectrale verschuivingen een rol spelen bij diffuus glas en de effecten op temperatuur van de verschillende plantendelen behoeven meer aandacht.

Bijlage V Genoeg licht is meer dan veel (Presentatie Arie de Gelder)

Genoeg licht is meer dan veel.

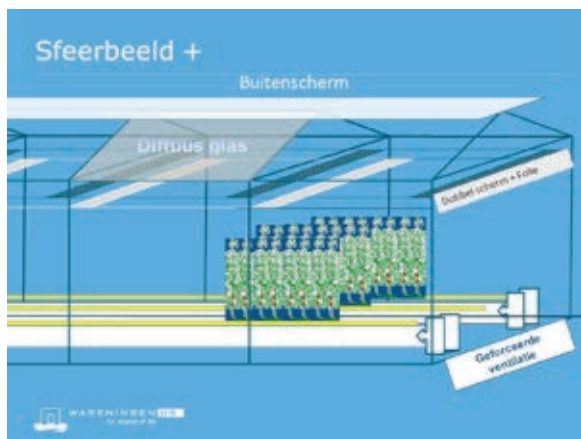
Workshop: **Diffuus licht een helder verhaal**
20-4-2012, Arie de Gelder

WARININGEN

Schermen buiten of binnen of niet?

Waarom denkt u, welke vraag komt bij u op, als we het buitenscherm van de potplanten kas (rechts) monteren op de tomaten kas (links).
Plantkundig, technisch...?

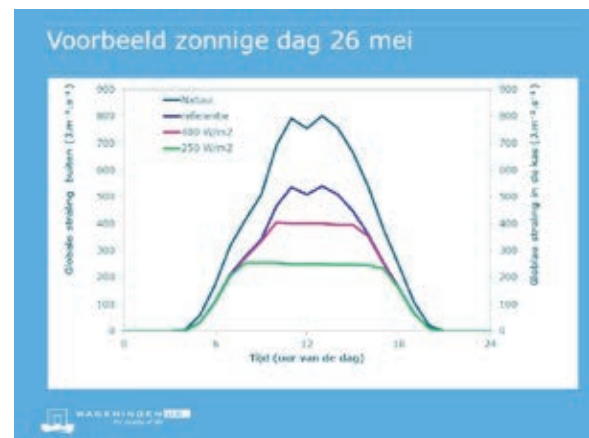
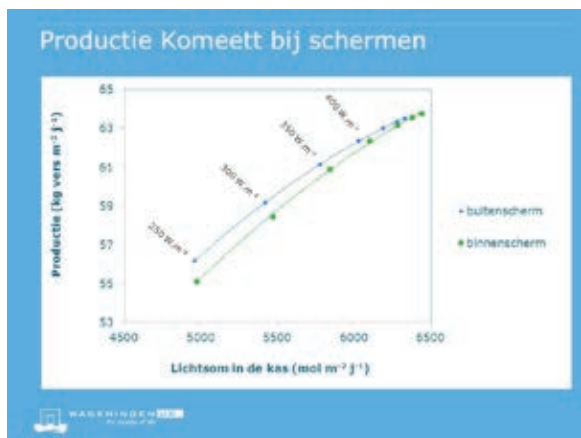
Graag uw reactie op papier zetten.



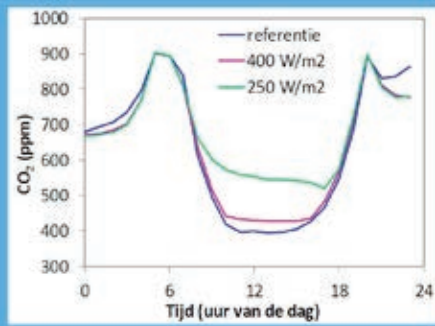
Opzet Inventariserende Studie

- Model berekening
 - Gewas
 - Klimaat
- Brainstorm
 - Plantfysiologische kansen
- Discussie
 - Vandaag

WARININGEN

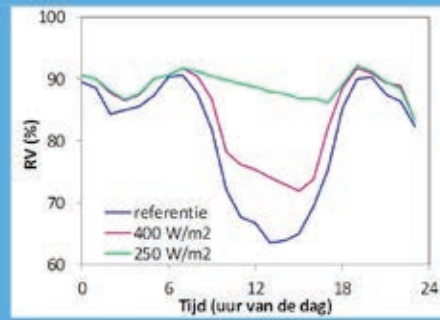


CO₂ in de kas



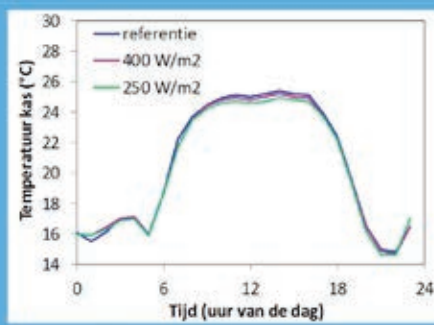
WAGENINGEN UR
PLANTEN FYSIOLOGIE

Relatieve luchtvochtigheid in de kas



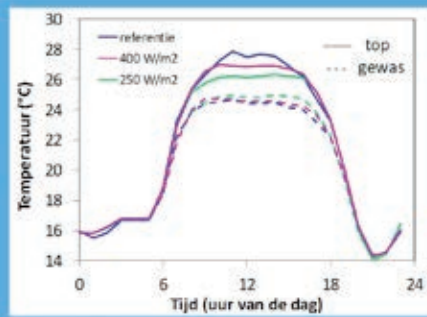
WAGENINGEN UR
PLANTEN FYSIOLOGIE

Temperatuur in de kas



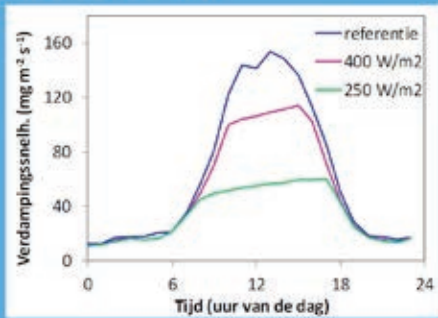
WAGENINGEN UR
PLANTEN FYSIOLOGIE

Temperatuur top gewas en gemiddeld gewas



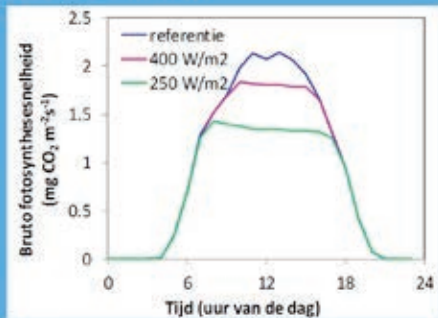
WAGENINGEN UR
PLANTEN FYSIOLOGIE

Verdampingssnelheid



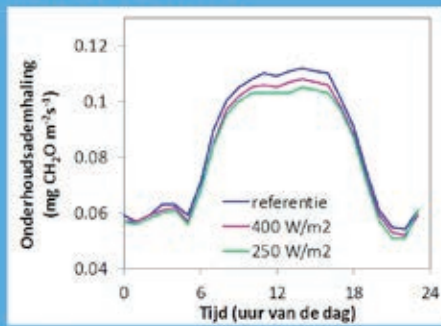
WAGENINGEN UR
PLANTEN FYSIOLOGIE

Fotosynthesesnelheid



WAGENINGEN UR
PLANTEN FYSIOLOGIE

Onderhoudsademhaling



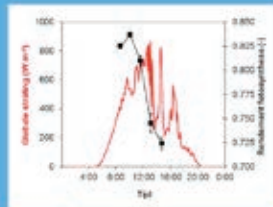
Plant fysiologisch

Kan een blad te veel licht krijgen? Ja!

- Foto inhibitie en oxidatieve stress
- Adaptatie en "geheugen"
- Bladbeweging
- Klimaat
- Waterhuishouding

Foto inhibitie

- Gemeten in proef
 - Diffuus glas (2011)
 - Gebruik van Schermen (2004)
- Effect kan na verloop van tijd opgeheven worden.



Bron: Dielsma en Komproe, 2003

Foto inhibitie - achtergrond

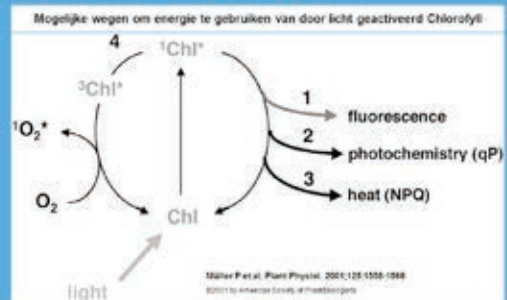


Foto inhibitie - achtergrond

- D1-eiwit in Fotosysteem II wordt afgebroken door O[•]
Levensduur 1.5 uur en bij veel licht korter.
- Aanmaak kost energie
- Voor aanmaak is N nodig
- Effect van hoog CO₂ op foto inhibitie is onduidelijkheid
- Duur van negatief effect is vooral afhankelijk van de mate van herstel.
- Tussen soorten verschil in gevoeligheid.

Adaptatie morfologie en "geheugen"

- Bladopbouw verschilt in de loop van een jaar.
 - Effect van vermindering lichtintensiteit is onbekend.
- Stress factoren als droogte, ziekte, voedings gebrek kunnen negatief werken door verhoogde onderhouds ademhaling als ze vaker voorkomen.
 - Stapeling van effect.
- Bladeren bewegen om minder/meer licht op te vangen.

Klimaat en waterhuishouding

Gesloten scherm

- CO₂ ↑
- Temperatuur ↓
- Luchtvochtigheid ↑

- Verdamping ↓
 - Voedingsopname ?*
 - Onderbreking waterstroom Xyleem ↓



Homogeniteit in de kas.



Overige aspecten

- Regionale verschillen – Limburg, Westland, Noord-Holland
- Botrytis als gevolg van bladschade mogelijk minder
- Effect op geïntegreerde bestrijding

-



Advies

- Productie verlies bij beperkt schermen volgens model gering
- Plant fysiologische gunstig effect door minder foto-inhibitie
- Aspecten waterhuishouding en voeding goed betrekken in onderzoek.
- Vergelijking tussen :
 - geen – wel buitenscherm wenselijk.Daarbij goed kijken naar de aspecten die effect van scherm kunnen verklaren.



Sfeerbeeld +

Een ambitie die het waard is om goed te analyseren



Bijlage VI Meningen m.b.t. buitenscherm bij tomaat

Op 20 april 2012 is aan een groep van circa 20 onderzoekers, adviseurs, toeleveranciers en onderzoekscoördinatoren bij aanvang de vraag gesteld waaraan ze denken bij de vraag: "Waarom denkt u, welke vraag komt bij u op, als we het buitenscherm van de potplanten kas (rechts) monteren op de tomaten kas (links). Plantkundig, technisch.?" Op Post-it zijn de volgende opmerkingen genoteerd.

Negatieve reacties

Verlies je geen productie hierdoor?

Minder productie.

Licht verlies bij lichtminnende tomaat.

buitenschermconstructie → neemt op zich veel licht weg → niet aangewezen bij tomaat

Lichtverlies?

Lichtverlies het hele jaar door.

Lichtverlies → Productie verlies

Lichtverlies constructie delen

Lichtverlies door constructie

Lichtverlies installatie

"Zonde" van gemist licht, tijdens scherm maar ook de structuur boven gewas.

Hoeveel licht wordt permanent onderschept door de constructie?

Lichtverlies door o.a. constructie.

Hoeveel uur buitenscherm jaarlijks nodig? → Weegt dit op tegen extra licht verlies door constructie?

M² prijs kasconstructie → Betaalbaar bij tomaat?

beter niet, maar als je dan schermt liever aan de buitenkant.

Kosten?

15 €/m²

Storm regeling?

Moeilijk voor de dekwasser

Schoonhouden kasdek

Energiekosten omhoog

Teeltechnisch en klimaat

Schokken door lichthoeveelheid bij openen en sluiten doek.

Verstoring Vegetatief → Generatief overgang.

Productie verhoging/verlaging

Milder klimaat maar geen toproductie.

Betere ventilatie → betere sturing kastemperatuur

Voordeel buitenscherm versus binnenscherm.

Zomer lagere warmte transmissie

Lagere glastemperatuur

Lagere kastemperatuur

Winter hogere glastemperatuur

Temperatuur glas - condensatiegedrag.

Schermen buiten: lagere kastemperatuur op zonnige dagen met gesloten doek

Schermen buiten: meer knippen van lichtramen

→ meer CO₂

→ hoger vochniveau

Warmte buiten houden/CO₂ binnen.

Energie (temperatuur) buiten de kas houden?

Overige reacties

Technisch geen probleem.

Effecten ten opzichte van coating/krijt?

Kan hetzelfde effect of een deel ervan ook bereikt worden met verneveling?

Kwaliteitsverbetering (o.a. Paprika) → lagere productie in lichtrijke periode

Minder optreden fotoinhibitie

Minder verdamping vanwege minder licht

Hoe kun je onderschepte licht benutten?

Bij welke hoeveelheid straling gebruik maken van scherm?

Effect van niet kunnen schermen op potplanten?

