

Eindverslag

“Next Step” HNT Aubergine

‘de teler aan zet voor’

HNT valorisatie



Ministerie van Economische Zaken

Stichting
Programmafonds
Glastuinbouw



TUINBOUWTECHNIEKONTWIKKELING

NEXT STEP HNT AUBERGINE

Titel project : 'Next step' HNT Aubergine
Financiering : Kas als Energiebron, MinEZ, St.Programmafonds Glastuinbouw en de Auberginesector
Looptijd project (van-tot) : maart 2015 – oktober 2015
Contactpersoon : Joel van Staalduinen | Inno-Agro ; namens telersvereniging TTO

Samenwerking/participanten:

LTO Glaskracht Nederland – Gewas coöperatie Aubergine
De NL en BE Auberginesector
Telersvereniging TTO
Kwekerij Greenbrothers (locatie onderzoek)
Kwekerij Van Onselen (locatie onderzoek)
LetsGrow.com
Hoogendoorn
Ludvig Svensson
Elektravon-Haket
Van der Ende groep
Technokas
RijkZwaan

Onderzoekers:

Naam	: ir. Peter Geelen
Functie	: Plantfysioloog en teeltadviseur HNT
LinkedIn	: http://linkd.in/1Ce09nK
Naam	: ir. J.F.H. Snel
Functie	: senior fotosynthese onderzoeker
LinkedIn	: http://linkd.in/1ypyZby
Site	: http://www.ifhsnel.nl/adviesbureau.html
Naam	: ing. Sander Pot
Functie	: senior fotosynthese specialist
Site	: http://www.plant-dynamics.nl/

Financiering:

Het project is mede gefinancierd door het programma 'de kas als energiebron' van LTO Glaskracht Nederland en het Ministerie van Economische Zaken en door een samenwerkingsverband van Nederlandse en Belgische auberginekwekers en participerende toeleveranciers.

Disclaimer:

© 2015 T.T.O. • Zwethlaan 52 • 2675 LB Honselersdijk • T. 0174-385600 • www.tto.nu
Telersvereniging T.T.O. aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van adviezen.

Samenvatting

In het onderzoek naar toepassing van Het Nieuwe Telen in aubergine is in 2015 de toepassing van Het Nieuwe Telen geïntensiveerd door de focus te verleggen naar de leerpunten van Het Nieuwe Telen. Hierbij staan de aansturing op basis van assimilatenbalans centraal. De leerpunten van Het Nieuwe Telen zijn:

- 1 : Temperatuur – Lichtsom realiseren op dagbasis
- 2 : Beheersing van de plantbelasting
- 3 : Telen bij hogere temperatuur
- 4 : Ventileren met de windzijde

In het onderzoek is aangetoond dat intensief schermen en stoken vervangen door luchtbeweging een gezond gewas en een gezonde productie van goede kwaliteit gerealiseerd kan worden. Dit niet hoeft te leiden tot een vegetatief gewas en kan goed samengaan met afvoeren van vocht. Ook is aangetoond dat telen met een constant T/L verhouding en de beheersing van plantbelasting handvaten biedt om te telen met een lage plantbelasting en hoge temperatuur. Het telen met een lage plantbelasting en hoge temperatuur gaat samen met een generatief gewas, grove vruchten, goede gewasgezondheid en efficiëntere lichtbenutting, maar vraag in de zomer om aanpassing van de werktijden. Daarnaast is geleerd dat ventileren met de windzijde leidt tot kleinere raamstanden, betere klimaatgelijkheid en geen extra vochtverlies veroorzaakt. Daarnaast is zichtbaar gemaakt dat praktisch al het licht (90%) in de bovenste meter van de plant wordt opgevangen.

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	3
1 Inleiding “Next step” HNT Aubergine	5
2 Onderzoek 2015.....	6
2.1 Hypothese: Sturen op assimilatenbalans	6
2.2 Toelichting assimilatenbalans.....	7
2.3 Onderzoeken en resultaten	7
2.3.1 Teeltstrategie Greenbrothers.....	7
2.3.2 Bladplukken bij Van Onselen.....	7
2.3.3 Lichtmeting over de hoogte van het gewas	8
2.3.4 Fotosynthesecapaciteit van het blad met een Licor 6400	8
2.3.5 Fluorescentiemetingen van het gewas	9
2.3.6 Vruchttemperatuur meting	9
2.3.7 Netto stralingsmeting	10
2.3.8 Energiebesparing t.o.v. collega kwekers	10
3 Koppeling onderzoek en teelt.....	12
3.1 Conclusies	22
4 Bijlagen: Detail omschrijving van de metingen en analyses	23
4.1 Algemeen:.....	23
4.2 Onderzoek locaties	24
4.3 Teelt en klimaat	26
4.4 Bladplukproef van Onselen 2015	30
4.5 Lichtmeting over de hoogte van het gewas	32
4.6 Fluorescentiemetingen van het gewas bij project HNT Aubergine	47
4.7 Fotosynthesemetingen aubergine	62
4.8 Vruchttemperatuurmeting	75
4.9 Meting netto straling	85

1 Inleiding “Next step” HNT Aubergine

Aanleiding

In het najaar van 2013 is het onderzoek naar Het Nieuwe Telen (HNT) in aubergine gestart. In een apart stuurbare afdeling van 3.600 m² bij Greenbrothers zijn de eerste stappen gezet met het toepassen van de principes van Het Nieuwe Telen in de aubergineteelt. De gehele auberginesector van NL en BE zijn bij het onderzoek betrokken. In teeltseizoen 2013-2014 is in de proefafdeling 24,6 m³/m² gas verbruikt, terwijl de kweker het jaar ervoor nog 39,5 m³/m² per jaar gebruikte (-37,7%). Zelfs als er gecorrigeerd wordt voor de warme winter (-3 m³/m²) en sommige collega kwekers die al lager zaten (-4 m³/m²) is de besparing nog steeds 30% per m². De kwekersgroep was voornemens om bij de basis van HNT te beginnen maar door de korte schakeltijd tussen kweker en onderzoeker/adviseur zijn er in zeer korte tijd forse stappen gezet. Deze stappen hebben zich eveneens direct vertaald in een forse energiebesparing in de referentiekas (20%).

In 2014 is de aandacht in het HNT Aubergineproject met name gericht geweest op vocht beheersen onder een gesloten scherm in combinatie met het verminderen van de inzet van de buistemperatuur. Hoewel er een forse stap is gezet, is er tevens sprake van een kleine opbrengstderving. Deze opbrengstderving is voornamelijk toe te rekenen geweest aan trips schade, maar wordt ook veroorzaakt doordat het op sommige cruciale momenten ontbreekt aan inzicht in de plant.

In de praktijk is het gebruikelijk om te sturen op waterbalans, waarbij de zogenaamde “ochtenddip”, de “lage voornacht” en “minimum buis” belangrijke stuurmiddelen zijn voor een generatieve gewasstand en het “oppompen” van de vruchten. Deze stuurmiddelen werken een hoog energieverbruik in de hand en zorgen in theorie voor kwaliteitsproblemen. De stuurmiddelen in de assimilatenbalans gaan uit van optimale assimilatenaanmaak en efficiënte inzet van die assimilaten voor vruchtproductie, waarbij in theorie een lagere energieverbruik en gezonder gewas samen komen.

Probleemstelling:

‘Is het met de compleet andere teeltwijze, welke gebaseerd is op de assimilatenbalans, praktisch mogelijk om een volgende stap in energiebesparing en een gezonde teelt te realiseren, boven op de reeds gerealiseerde resultaten met Het Nieuwe Telen’

Doelstelling:

De doelstelling van het kwekers gedreven project is om een volgende stap te zetten in energiebesparing en te werken aan kennisoverdracht zodat de gehele glasgroentesector, en in het bijzonder de auberginesector.

Beoogde resultaat na afloop van het project:

De absolute energiebesparing t.o.v. het gemiddelde van de collega bedrijven betreft 14m³/m² en de procentuele besparing is 37%.

Op het vlak van energiebesparing (uitgaande van een gemiddelde winter):

- 24 m³/m² a.e gas verbruik in de onderzoeksafdeling
- 29 m³/m² a.e. gas verbruik in de referentie afdeling

Op het vlak van productie:

- Tenminste eenzelfde productie als vergelijkbare (moderne) collega kwekers
- Gedurende het hele jaar hoge kwaliteit en de gewenste sortering

Beoogde resultaat op het vlak van kennisontwikkeling en kennisoverdracht:

- Aantonen in welke mate de uitgangspunten in de hypothesen (theoretische stellingen) in praktijk echt werken.
- Handvaten om telen volgens de uitgangspunten van de hypothesen in de hele glasgroentesector toepasbaar te maken.
- Helder inzichtelijk krijgen waar de grenzen liggen, wat de bandbreedte is en wat de optimum teeltlijn is voor de aubergineteelt.
- Kwantificeren van de samenhang en invloed van de verschillende factoren.

2 Onderzoek 2015

2.1 Hypothese: Sturen op assimilatenbalans

Vanuit het onderzoek en teeltadviseur Peter Geelen zijn er nieuwe inzichten om de teelt meer te gaan sturen o.b.v. assimilatenbalans. Hierbij is het uitgangspunt dat het gewas generatief/vegetatief gestuurd wordt op basis van assimilatenaanmaak, assimilatenverdeling en consumptie door verschillende plantdelen. Er wordt dus meer op een integrale wijze gekeken naar 'the next step' in HNT.

De aandachtspunten bij sturen op assimilatenbalans zijn:

- 1 : Maximale aanmaak van assimilaten door:
- 2 : Telen bij hoge temperatuur en lage plantbelasting
- 3 : Schermen voor uitstraling = gewasgezondheid
- 4 : Luchtbeweging in plaats van stoken

De algemene hypothese luidt:

"Het telen op basis van assimilatenbalans zorgt voor een gezonder en productiever gewas, in combinatie met verdere energiebesparing".

De onderliggende hypothesen:

Hypothese 1 : Optimale LAI voor aanmaak assimilaten

Een LAI van 3 is optimaal om het licht volledig te onderscheppen waardoor het licht dus maximaal benut wordt voor de aanmaak van assimilaten. Een lagere LAI gaat ten koste van maximale aanmaak van assimilaten. Een hogere LAI gaat ten koste van productie – kwaliteit

Hypothese 2 : lichtverdeling over hoogte van het gewas i.r.t. fotosynthesecapaciteit

Een betere lichtverdeling over de hoogte van het gewas verhoogt de fotosynthesecapaciteit van het blad lager in het gewas (door behoud van meer bladgroen) waardoor de aanmaak van assimilaten hoger wordt bij eenzelfde lichtniveau.

Hypothese 3 : Minder luchten zorgt voor een hogere aanmaak van assimilaten

Minder luchten zorgt voor een hogere aanmaak van assimilaten doordat de huidmondjes verder open staan bij een hogere RV waardoor meer CO₂ opgenomen kan worden, in combinatie met een grotere beschikbaarheid van CO₂ bij een kleinere raamstand.

Hypothese 4 : De optimale temperatuur voor groei is hoger

De optimale temperatuur voor groei (droge stof productie of netto assimilatie) is hoger bij:

- Een hogere aanmaak van assimilaten
- Een lagere sink grootte, met name gevormd door de plantbelasting (vruchten per m²)

Hypothese 5 : Plantbalans met lagere plantbelasting

Een plantbalans met een lagere plantbelasting kan gecreëerd worden:

- Door meer met de natuur mee te telen (temperatuur meer variëren afhankelijk van de hoeveelheid licht = telen met een hogere T/L verhouding).
- Door middel van het verticale temperatuurprofiel: een hogere temperatuur bij de rijpende vruchten door middel van de groeibuis, ten opzichte van de ontwikkelingstemperatuur van de kop van het gewas.

Hypothese 6 : Uitstraling voorkomen met scherm

Door (dubbele) schermen wordt uitstraling door het gewas verminderd of helemaal voorkomen.

Hypothese 7 : Lagere LAI is lager energieverbruik

Verlagen van de LAI zal in de nacht (de natte bol) verdamping verlagen waardoor het energieverbruik zal dalen.

2.2 Toelichting assimilatenbalans

De assimilatenbalans is het evenwicht tussen de aanmaak en het verbruik van assimilaten. Er zijn diverse factoren van invloed op deze balans. Op 19 november 2015 is het boekwerk "De basisprincipes van Het Nieuwe Telen" gepubliceerd. In dit uitgebreide handboek wordt in detail en met diepgang ingegaan op plantgedrag op basis van drie balansen: de waterbalans, de energiebalans en de assimilatenbalans. Met name hoofdstuk 2.1 t/m 2.6 hebben betrekking op de assimilatenbalans.

Via onderstaande link is het handboek te bestellen (pdf en drukwerk).

<https://www.kasalsenergiebron.nl/besparen/het-nieuwe-telen/nieuws/handboek-het-nieuwe-telen-gepresenteerd/>

2.3 Onderzoeken en resultaten

In onderstaande paragrafen worden de verschillende onderdelen van het onderzoek kort toegelicht en wordt een samenvatting van de resultaten gegeven. Gedetailleerde uitwerking van de onderdelen zijn in de bijlagen te vinden.

2.3.1 Teeltstrategie Greenbrothers

In afdeling 4 van Greenbrothers zijn in teeltjaar 2014-2015 leerpunten van Het Nieuwe Telen onderzocht waarbij de teeltstrategie gebaseerd is op de hiervoor genoemde hypothesen.

Voor een uitgebreide omschrijving van de teeltstrategie wordt verwezen naar hoofdstuk 3 van dit rapport.

2.3.2 Bladplukken bij Van Onselen

Omdat het gewas bij Greenbrothers niet geschikt was voor een bladplukproef (te weinig blad) is vrij laat in de teelt een bladplukproef gestart op het praktijkbedrijf: Fa. Gebr. Van Onselen. De vragen die de aanleiding waren om de proef op te starten zijn:

- Levert een 'open' gewas meer productie op?
- In hoeverre heeft een 'open' gewas invloed op de vruchttemperatuur?
- In hoeverre assimileert het blad midden en onderin de plant mee in een 'open of 'vol' gewas?

Resultaten:

In onderstaande tabel de resultaten van week 29 t/m week 40.

	Aantal x bladplukken	% Behandeld	Relatief weggehaald	Productie kg/m ²	Opmerking
Onbehandeld	0	0	0%	19,9	Minder productie in laatste weken. Vegetatiever
Normaal	4	60%	100%	20,4	
Extreem	6	80%	200%	20,3	Chlorose in de kop va. Wk 35

- Wat opviel is dat in het vak waar het meeste blad werd geplukt, er vanaf ca. week 35 steeds meer stengels met chlorose in de kop kwamen.
- De verschillen in 'openheid' van gewas tussen de 'normaal' en 'extreem' proef vielen tegen. Optisch zag je niet veel verschil.
- De proef 'onbehandeld' heeft duidelijk minder geproduceerd en vooral in de laatste weken waren verschillen merkbaar. Het gewas was daar ook duidelijk voller en vegetatiever.

Aanbevelingen:

- Let op dat er bij stengels met onvoldoende groeikracht geen kopblad weg wordt gehaald, dit kan contraproductief werken.
- Herhaling van een vergelijkbare proef zou wenselijk zijn. De proef zou dan bij een redelijk 'vegetatieve' teler moeten staan en vroeger in het jaar moeten starten.
- Binnen deze proef heeft het bladplukken voor productieverhoging gezorgd, te veel bladplukken zorgde echter voor gewasongelijkheid en wat groeiremming.

NEXT STEP HNT AUBERGINE

2.3.3 Lichtmeting over de hoogte van het gewas

In de periode van 28-5-2015 tot 30-9-2015 is door middel van lijn-quantum sensoren de lichtdoordringing van diverse gewasbehandelingen gemeten.

Het doel van deze metingen is:

- Bepalen van lichtonderschepping per gewas laag
- Bepalen op welke hoogte van het gewas het licht volledig is onderscheept
- Invloed van teeltstrategie en bladplukken op lichtverdeling
- Bepalen hoeveel licht op de grond van het pad valt en verloren gaat

Resultaten:

- 80% tot 90% van het licht wordt in de bovenste meter van het gewas onderscheept.
- Diffuus licht (bij bewolking) wordt gelijkmatiger verdeeld over de bovenste meter van het gewas, maar ook bij diffuus licht is veruit het meeste licht onderscheept op 1 meter onder de kop.
- De lichtdoordringing in afdeling 4 is hoger dan in afdeling 3. De "extremere" teeltstrategie heeft geleid tot een opener gewas.
- Bij een volgroeid gewas gaat erg weinig licht verloren op het pad. Bij zonnig weer met direct zonlicht is de lichtsom op de grond in het pad 5% van de lichtsom boven het gewas. Deze lichtsom wordt gerealiseerd in een zeer korte periode. Het blad onderaan de plant kan niet efficiënt met dit licht omgaan.

2.3.4 Fotosynthesecapaciteit van het blad met een Licor 6400

Plant Dynamics heeft met de Licor-6400 intensieve fotosynthesemetingen gedaan bij Greenbrothers en bij Van Onselen. Hierbij is gelijktijdig de CO₂ opname van het blad gemeten in combinatie met de fluorescentie (ETR) onder verschillende omstandigheden.

Het doel van deze metingen is:

- Bepalen van de fotosynthese-licht respons van bladeren, gemeten onder de teeltcondities van de proef
- Bepalen van de factor/formule (ijkfactor) voor de omrekening van de ETR naar fotosynthesewaarden.
- Bepalen of deze factor afhankelijk is van bladlaag op verschillende hoogte in het gewas (bladleeftijd)
- Inschatting maken van hoever je kunt gaan met (blad) temperatuur, zonder in te leveren op de (netto) fotosynthese (bepaling van optimum).

Resultaten :

Bij de interpretatie van de fotosynthesemetingen moet altijd bedacht worden dat de fotosynthesecapaciteit van gemeten blad afhangt van de klimaatomstandigheden tijdens de metingen en de klimaatomstandigheden in het verleden (bladopbouw en chlorofylinhoud). Voorzichtigheid is daarom geboden om de verschillen van de metingen van het gewas Rosheen en Beyonce ook 100 % toe te schrijven aan rasverschillen. De metingen hebben betrekking op de eigenschappen van het blad. Op gewasniveau wordt het evenwicht tussen aanmaak en verbruik van suikers ook bepaald door de sinkomvang (plantbelasting).

Op de twee meetbedrijven is geteeld met een beperkte raamstand waardoor vocht en CO₂ op een hoog niveau lagen. De metingen bevestigen dat dan de benutting van het licht hoog is. De metingen bevestigen ook de aanmaakbenadering van het nieuwe telen. Als de aanmaak verhoogd wordt door meer licht (1200 μmol PAR licht i.p.v. 400 μmol PAR licht), de temperatuur (verbruik) ook verhoogd moet worden (van 24 °C naar 28 en 32 °C) om de maximale groei (droge stofproductie) te bereiken. De optimum temperatuur zou nog hoger zijn als ook het CO₂ niveau verhoogd wordt. Dat is echter niet meegenomen in de metingen. CO₂ is op een vaste waarde van 600 ppm gehouden (hypothese 3 en 4 zijn hiermee deels bevestigd).

Onder de genoemde groeiomstandigheden, waarbij de huidmondjes niet limiterend zijn, kunnen de metingen van het elektronentransport (met de HEX-pam) vertaald worden naar droge stofproductie (fotosynthese – ademhaling).

2.3.5 Fluorescentiemetingen van het gewas

Voor het onderzoek HNT Aubergine is via plantmonitoring bepaald hoe de fotosynthese verloopt onder omstandigheden van meer schermen en andere vocht- en temperaturomstandigheden in de kas. De fotosynthese-expertise van Adviesbureau JFH Snel wordt in dit project ingezet om de fotosynthese te monitoren en het effect van de te onderzoeken teeltstrategieën op de assimilatenaanmaak te bepalen.

Hierbij is gebruik gemaakt van de Hex-PAM welke op basis van Chlorophyl fluorescentie meet hoeveel ETR (fotosynthetisch elektronen transport) er plaatsvindt, wat een goede indicatie is voor fotosynthese.

Resultaten:

De fluorescentiemetingen laten zien dat er een gradiënt is in het gewas voor fotosyntheseparameters. De bovenste bladeren (50cm onder de kop) hebben de hoogste fotosynthese-efficiëntie en de hoogste fotosynthesecapaciteit. De bladeren onderin (150cm onder de kop) hebben de laagste fotosynthese-efficiëntie en de laagste fotosynthesecapaciteit. Op een aantal karakteristieke dagen zijn de data in detail geanalyseerd.

- Bladeren uit middelste en onderste lagen gaan minder efficiënt om met hoge lichtintensiteiten.
- Ook bladeren uit middelste en onderste lagen kunnen tijdelijk aan hoog licht blootgesteld worden.
- Het gerealiseerde klimaat stelt het gewas in staat om op bewolkte dagen het licht zo efficiënt mogelijk te benutten.
- Na een donkere periode kan een lichte, warme dag tot een lagere lichtbenutting leiden.
- Ook bij erg warm weer blijft het klimaat goed voor de bladfotosynthese.
- Een schermstrategie die tot een lagere lichtsom in de kas leidt, heeft een evenredige verlaging van de ETRsom tot gevolg.
- De HNT behandeling leidt tot een hogere lichtbenutting onder in het gewas.

2.3.6 Vruchttemperatuur meting

Voor het onderzoek HNT Aubergine is met kunstvruchten continu gemeten hoe hoog de vruchttemperatuur is. In combinatie met planttemperatuur, kastemperatuur, instraling, groeibuis en lichtdoordringing worden verbanden gezocht welke inzicht kunnen geven over de sink werking van vruchten.

Temperatuur heeft grote invloed op de mate waarmee plantdelen suikers naar zich toe trekken. Ook het na-ijl effect in opwarming en afkoeling van de vruchten wordt hiermee inzichtelijk gemaakt.

Dit onderzoek moet inzicht geven op vragen:

- Hoe groot is de invloed van de groeibuis op opwarming van de vruchten?
- Wat is het effect van voornachtverlaging op de verhouding vrucht-/planttemperatuur?
- Worden vruchten te warm en heeft dit invloed op de kwaliteit?
- Komt de vruchttemperatuur bij te langzaam opwarmen onder de dauwpunttemperatuur?
- Wat is de invloed van bladplukken op vruchttemperatuur?

Resultaten:

- Direct zonlicht heeft grote invloed op de vruchttemperatuur. Een opener gewas zorgt overdag voor een gemiddeld hogere vruchttemperatuur, maar in de nacht voor een gemiddeld lagere vruchttemperatuur.
- De groeibuis creëert slechts kleine verschillen tussen vruchttemperatuur en kas/planttemperatuur, maar doet dit op een moment dat er ook weinig suikers zijn.
- Na zonsondergang zakt de vruchten temperatuur veel langzamer dan de planttemperatuur. De sinkwerking van de vruchten is in die periode relatief groot. De suikers die overdag zijn aangemaakt worden hiermee naar de vruchten getrokken, mits de suikers mobiel zijn.
- Het wegschermen van zonlicht heeft beperkt invloed op de vruchttemperatuur, maar sterke invloed op de planttemperatuur. De lagere planttemperatuur heeft een lagere sinkwerking van het blad tot gevolg en een lagere onderhoudsademhaling.

NEXT STEP HNT AUBERGINE

- Door het na-ijlen van de vruchttemperatuur bij opwarmen van de kas is het mogelijk dat vruchten nat slaan. Voor het openen van het schermdoek is deze kans het grootst.
- Bladplukken heeft invloed op de vruchttemperatuur. Bij direct zonlicht warmen vruchten sneller op, maar door uitstraling koelen de vruchten ook sneller af en tot een lagere temperatuur.
- Vruchten hoger in het gewas hebben op zonnige dagen een hogere temperatuur, maar zakken na zon-onder weg tot een lagere nachttemperatuur dan vruchten dieper in het gewas.

2.3.7 Netto stralingsmeting

Metingen in augustus en september laten zien dat zowel bij hoog zomers weer als in het najaar schermen tegen uitstraling zinvol is. De uitstraling kan dan al voor zon-onder hoger worden dan de instraling. Het energieverlies kan dan oplopen tot -15 Watt/m^2 waardoor de verdamping zo goed als stil valt omdat deze dan afneemt met $25 \text{ cc/m}^2 \cdot \text{uur}$.

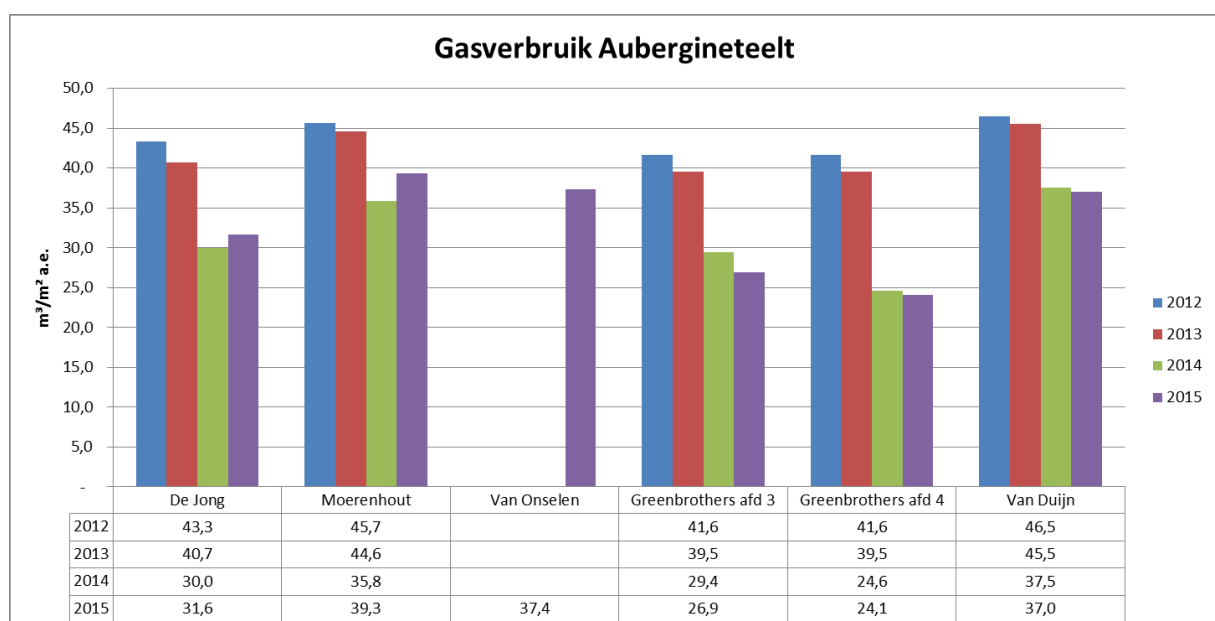
Een gewas gaat energie uitstralen als het kasdek kouder is dan de bovenkant van het gewas. Om dit te voorkomen of te verminderen kan het scherm gesloten worden om afkoeling van de bovenkant van het gewas te voorkomen door uitstraling. Dit bevordert de groei, de kwaliteit en gewasgezondheid. De warmere kop blijft suikers en calcium aantrekken waardoor jonge bladeren en vruchten sterkere cellen kunnen vormen die minder gevoelig zijn voor vochtschokken. Jonge vruchten bovenin het gewas, die niet afkoelen door uitstraling, zullen ook beter kunnen uitgroeien en dus grover worden. Doordat de verdamping op een zeer laag niveau blijft doorgaan zal er geen overmatige worteldruk optreden, waardoor cellen kunnen beschadigen. Vrij water in bloemen of op wonden wordt dan voorkomen. Tenslotte is het condensatierisico ook veel kleiner wanneer het gewas warmer blijft.

Resultaat:

- Door het "te vroeg" openen van het scherm wordt de verdamping van het gewas geremd. Dit kan ook bij 70 Watt instraling nog het geval zijn en zelfs op zomerse dagen
- Opstoken van de nachttemperatuur heeft invloed op de uitstraling van de kop van het gewas. Ook onder een gesloten schermdoek.

2.3.8 Energiebesparing t.o.v. collega kwekers

Aan de betrokken collega kwekers is gevraagd het energieverbruik van de afgelopen 4 jaar op te geven. De praktijk is nauw betrokken bij het onderzoek en doel is dat de ervaringen direct in de praktijk worden toegepast.



NEXT STEP HNT AUBERGINE

Alle collega bedrijven laten een dalende lijn zien gedurende de 2 jaar waarin het HNT Aubergineproject loopt. Hierbij moet worden aangemerkt dat 2014 een buitengewoon zachte winter kende. De dalende lijn wordt in 2015 doorgezet.

Auberginekwekerij De Jong heeft al enige jaren een dubbel energiescherm. Greenbrothers afdeling 4 heeft vanaf eind 2013 een dubbelscherm en buitenluchtinstallatie. Afdeling 3 van Greenbrothers heeft sinds eind 2014 een dubbelscherm.

Herhaling doelstelling:

Beoogde resultaat na afloop van het project:

De absolute energiebesparing t.o.v. het gemiddelde van de collega bedrijven betreft $14\text{m}^3/\text{m}^2$ en de procentuele besparing is 37%.

Op het vlak van energiebesparing (uitgaande van een gemiddelde winter):

- $24\text{ m}^3/\text{m}^2$ a.e gas verbruik in de onderzoeksafdeling
- $29\text{ m}^3/\text{m}^2$ a.e. gas verbruik in de referentie afdeling

Resultaat:

- $24,1\text{ m}^3/\text{m}^2$ gasverbruik in de onderzoeksafdeling = 35% t.o.v. gemiddelde Van Duijn, Moerenhout en Van Onselen (enkel scherm).
- $26,9\text{ m}^3/\text{m}^2$ gasverbruik in de referentie afdeling.

Analyse en conclusie:

Het vergelijken van Greenbrothers met collega kwekerijen is eigenlijk niet helemaal fair.

Greenbrothers start als enig bedrijf in november (vroeg teelt) terwijl de collega's rond kerst starten met de teelt. Het energieverbruik van Greenbrothers zou derhalve iets boven dat van collega's moeten liggen. Na het volgen van de cursus en begeleiding bij de proef zijn zij in staat forse energiebesparing te realiseren door toepassing van de principes van Het Nieuwe Telen.

De besparing van kwekerij De Jong laat zien wat de invloed van een tweede energiescherm kan zijn. Met $37 - 31,6 = 5,4\text{ m}^3\text{ a.e.}/\text{m}^2$ besparing en een gemiddelde gasprijs van €0,25 is de investering in een tweede scherminstallatie terugverdiend in ca. 3,5 jaar. Bovendien laat dit onderzoek zien wat het belang van schermen tegen uitstraling is. Met beide doeken op 50% is het veel eenvoudiger om vocht af te voeren en uitstraling (of instraling) te beperken.

In zowel de onderzoeksafdeling als in de referentiekas is bij Greenbrothers aangetoond dat met behulp van twee energieschermen en telen volgens de principes van Het Nieuwe Telen in de aubergineteelt veel energie bespaard kan worden.

3 Koppeling onderzoek en teelt

Dit onderzoek sluit aan bij het onderzoek "De teler aan zet voor HNT valorisatie", een praktijkgedreven onderzoek naar toepassing van Het Nieuwe Telen in de aubergineteelt. In 2014 is in dit onderzoek gefocust op de speerpunten van Het Nieuwe Telen. In het tweede jaar (2015) van het praktijkonderzoek is de toepassing van Het Nieuwe Telen geïntensiveerd door de focus te verleggen naar de leerpunten van Het Nieuwe Telen. Hierbij staan de aansturing van de plantbalans centraal. De leerpunten van Het Nieuwe Telen zijn:

- 1 : Temperatuur – Lichtsom realiseren op dag basis
- 2 : Beheersing van de plantbelasting
- 3 : Telen bij hogere temperatuur
- 4 : Ventileren met de windzijde

Schermen voor energiebesparing

Intensiever schermen vormt een onderdeel van Het Nieuwe Telen. In bijlage 4.3 is te zien dat zowel in kas 3 als in kas 4 jaarrond voor energie geschermd is. In kas 4 is zelfs de hele zomer door het dubbele scherm ingezet om energie te besparen. Dit heeft geleid tot een zeer hoog aantal schermuren.

Proefkas 4 :

- 5000 schermuren met het enkele scherm
- 4000 schermuren met het dubbele scherm.

Referentiekas 3 :

- 4000 schermuren met het enkele scherm
- 3000 schermuren met het dubbele scherm.

Schermen voor uitstraling jaarrond

Wanneer het scherm voor minder dan 95% gesloten is, wordt er geschermd om afkoeling van de bovenkant van het gewas te voorkomen door uitstraling. Dit bevordert de groei, de kwaliteit en gewasgezondheid. De warmere kop blijft suikers en calcium aantrekken waardoor jonge bladeren en vruchten sterkere cellen kunnen vormen die minder gevoelig zijn voor vochtschokken. Jonge vruchten bovenin het gewas, die niet afkoelen door uitstraling, zullen ook beter kunnen uitgroeien en dus grover worden. Doordat de verdamping op een zeer laag niveau blijft doorgaan zal er geen overmatige worteldruk optreden, waardoor cellen kunnen beschadigen. Vrij water in bloemen of op wonden wordt dan voorkomen. Tenslotte is het condensatierisico ook veel kleiner wanneer het gewas warmer blijft.



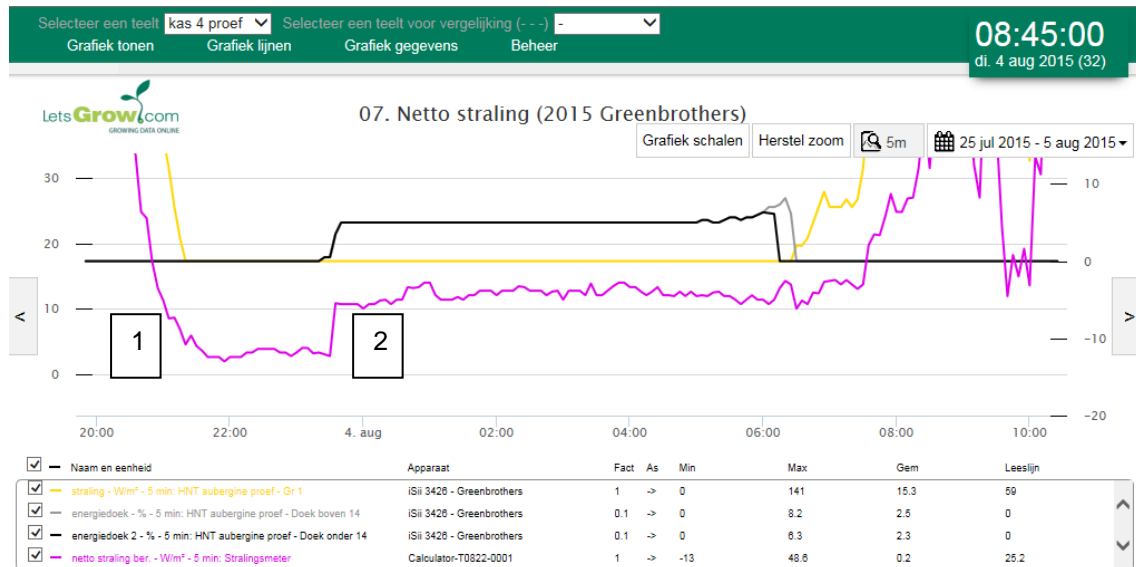
Netto stralingsmeter

In de kas is met een netto stralingsmeter in beeld gebracht hoe groot de netto straling is (instraling minus uitstraling) die het gewas ondervindt. Het gewas gaat energie uitstralen wanneer het kasdek bijvoorbeeld kouder is dan het gewas.

Uit deze metingen is gebleken dat zelfs tijdens de hittegolf in augustus het gewas ongeveer -15 Watt/m^2 kan uitstralen naar het koudere kasdek. Dit is genoeg om de verdamping te verlagen met $25 \text{ cc/m}^2 \cdot \text{uur}$. Dat betekent dat de verdamping dan zo goed als stil staat, waardoor er te weinig calcium getransporteerd kan worden naar de jonge cellen in de kop van het gewas.

NEXT STEP HNT AUBERGINE

(zie de figuur hieronder)



Uitstraling :

De gele lijn geeft de instraling aan die buiten gemeten wordt. De paarse lijn geeft de netto straling (instraling – uitstraling) aan die in de kas gemeten is ter hoogte van de kop van het gewas. In deze grafiek is te zien dat het gewas netto energie verliest (de netto straling wordt negatief) door uitstraling naar het koudere kasdek, voordat de zon helemaal onder is (zie 1). Op het moment dat beide schermen voor 50 % gesloten worden “ziet” het gewas het warmere schermdeek, waardoor de uitstraling afneemt (minder negatief wordt). De netto straling wordt niet helemaal nul omdat het schermdeek ook kouder is dan het gewas (zie 2).

Schermen: luchtbeweging in plaats van stoken

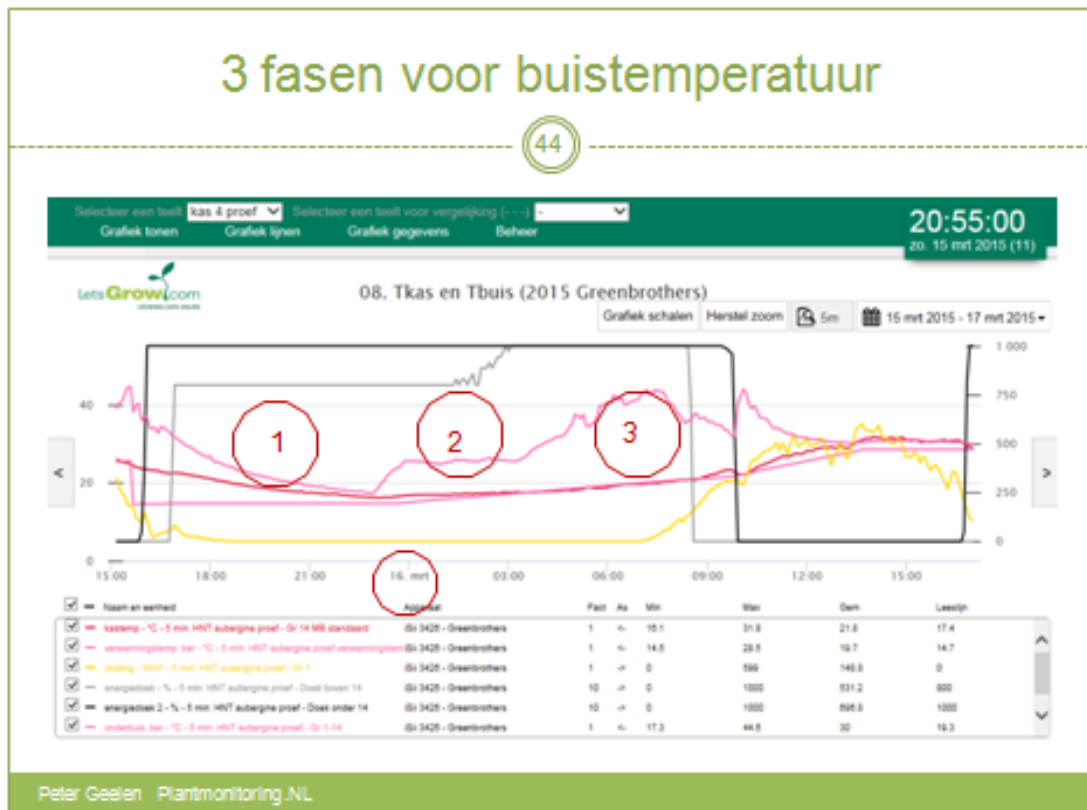
Tijdens de proef is de verwarming tijdens de nacht (onder de gesloten schermen) in 3 fasen aangestuurd :

Fase 1: rond zon-onder in het traject dat de temperatuur van de dag- naar de nachttemperatuur mag zakken wordt geen buis ingezet.

Fase 2: rond middernacht komt er een buis in om de verdamping minimaal te stimuleren. Dit om zo weinig mogelijk vocht in de kaslucht te brengen, en geen temperatuurverhoging te creëren. Om dit te bereiken wordt gewerkt met een vast verschil tussen de buistemperatuur en de kasluchttemperatuur. In de afdelingen met Verti-Fans mag dit verschil kleiner zijn omdat er meer luchtbeweging is (voorbeeld: 9°C bij een kasttemperatuur van 18°C is de buistemperatuur 27°C). In een afdeling zonder Verti-Fans is de stooktemperatuur bijvoorbeeld 12°C boven de kasluchttemperatuur.

De achtergrond om niet met een vaste buistemperatuur te werken is dat de warmteafgifte, en dus de hoogte van de verdamping, afhangt van het temperatuurverschil tussen de buis en de kaslucht. Hiermee wordt onnodig hoge verdamping en stijging van de kasluchttemperatuur voorkomen. (zie figuur op de volgende pagina)

Fase 3: buistemperatuur op basis van warmtevraag tijdens de periode dat van de nachttemperatuur naar de dagtemperatuur gestookt moet worden. Om natslag van de vruchten door condensatie rond zon-op te voorkomen dienen de vruchten (en het gewas) op temperatuur te zijn.



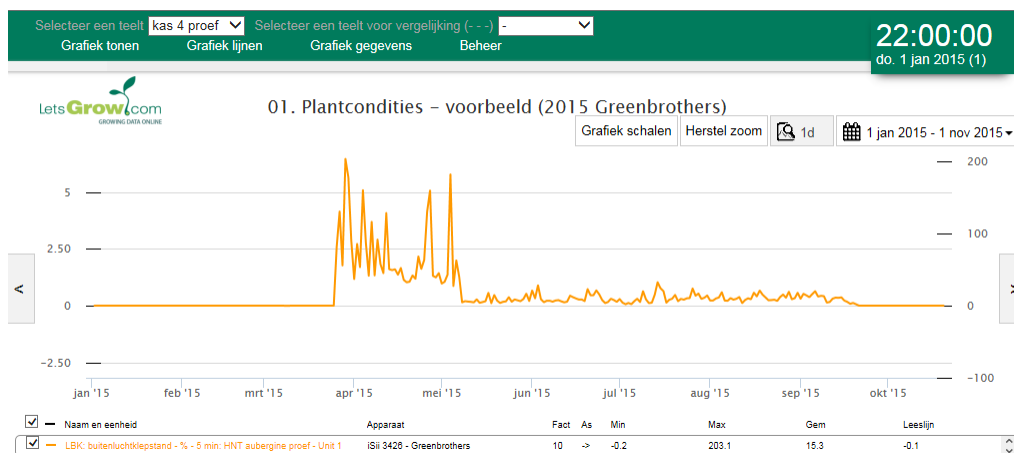
Verticale luchtbeweging door Verti-Fans

Verti-Fans brengen lucht van bovenin de kas naar beneden via slurven, waarna deze lucht zich verspreid. De Verti-Fans staan altijd aan behalve

- Rond zon-onder
- Als de raamstand groter is dan
- Als het vochtdeficiet hoger is dan ...
- Als buistemperatuur hoger is dan ...

Ontvochtigen met buitenlucht

De buitenluchtontvochtiging (met slurven boven het gewas) in de proefafdeling 4 is vanaf eind maart alleen ingezet in de ochtend rond zon-op. Hierdoor was het vocht na zon-op onder een gesloten scherm makkelijker te beheersen waardoor minder risico aanwezig was voor condensatie op de vruchten. Tussen eind maart en begin mei is er intensiever gebruik van gemaakt door meer buitenlucht bij te mengen. Daarna heeft de buitenluchtklep maar zeer beperkt open gestaan (zie figuur).

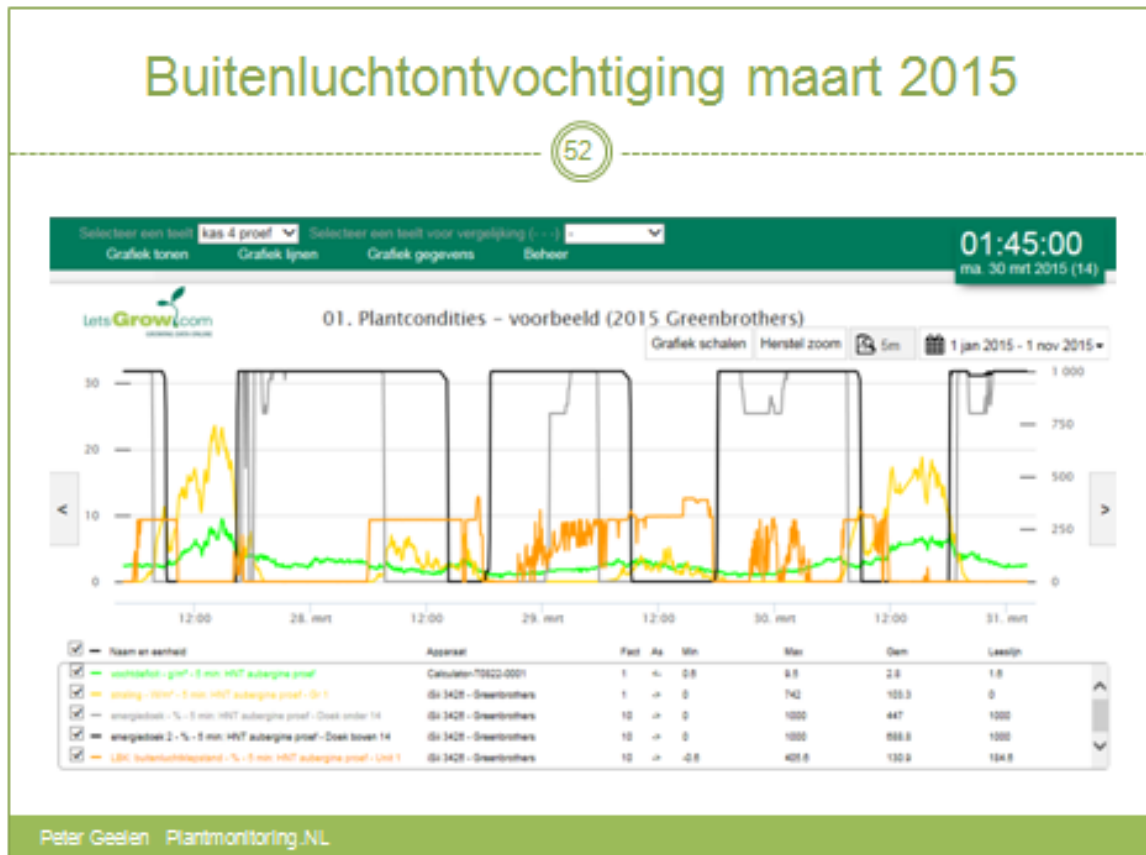


Buitenlucht ontvochtiging: stand klep om buitenlucht te mengen.

De ontvochtigingsinstallatie is aangestuurd op basis van gewenste hoeveelheid vocht ($\text{gr}/\text{m}^2 \cdot \text{uur}$) die afgevoerd moest worden. En deze hoeveelheid hing af van de gewenste minimale verdamping. Er is dus niet gestreefd om een verschil in de luchtvochtigheid te creëren met de referentiekas.

Buitenluchtontvochtiging:

De oranje lijn in onderstaand figuur geeft de klepstand aan (rechter as maal 10). Er is maximaal 40% buitenlucht gemengd met kaslucht. De buitenlucht is niet voorverwarmd. Opwarming vindt plaats door middel van menging met kaslucht. Vanwege risico op kouval kan niet met 100% buitenlucht gewerkt worden zonder voorverwarming.



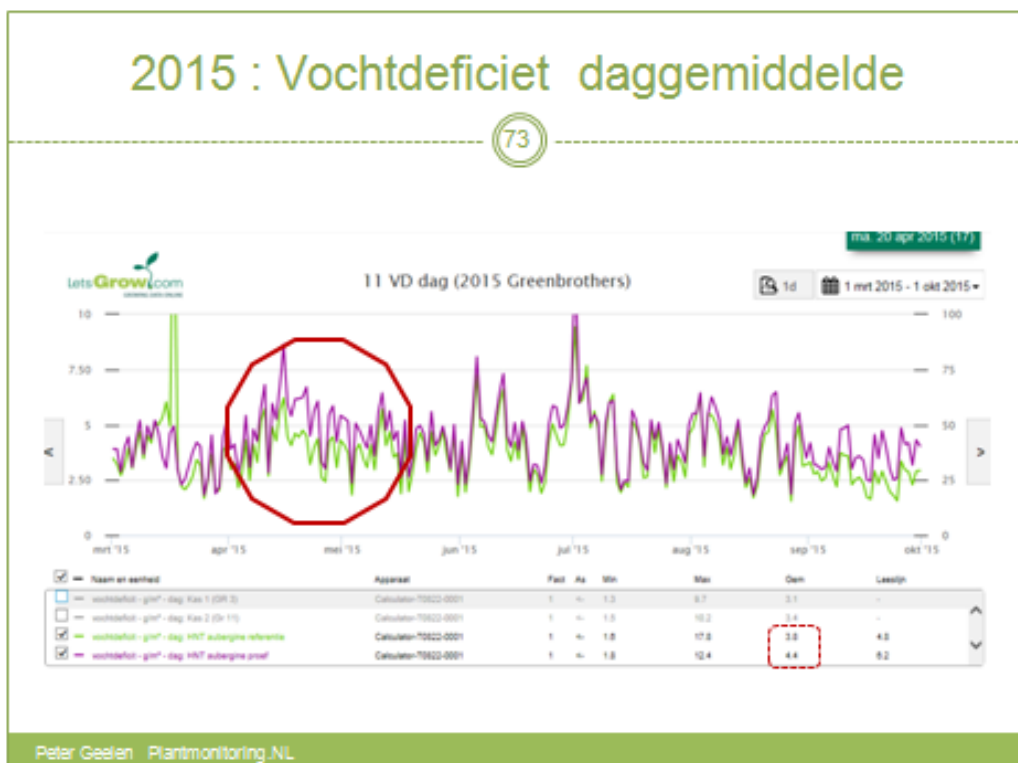
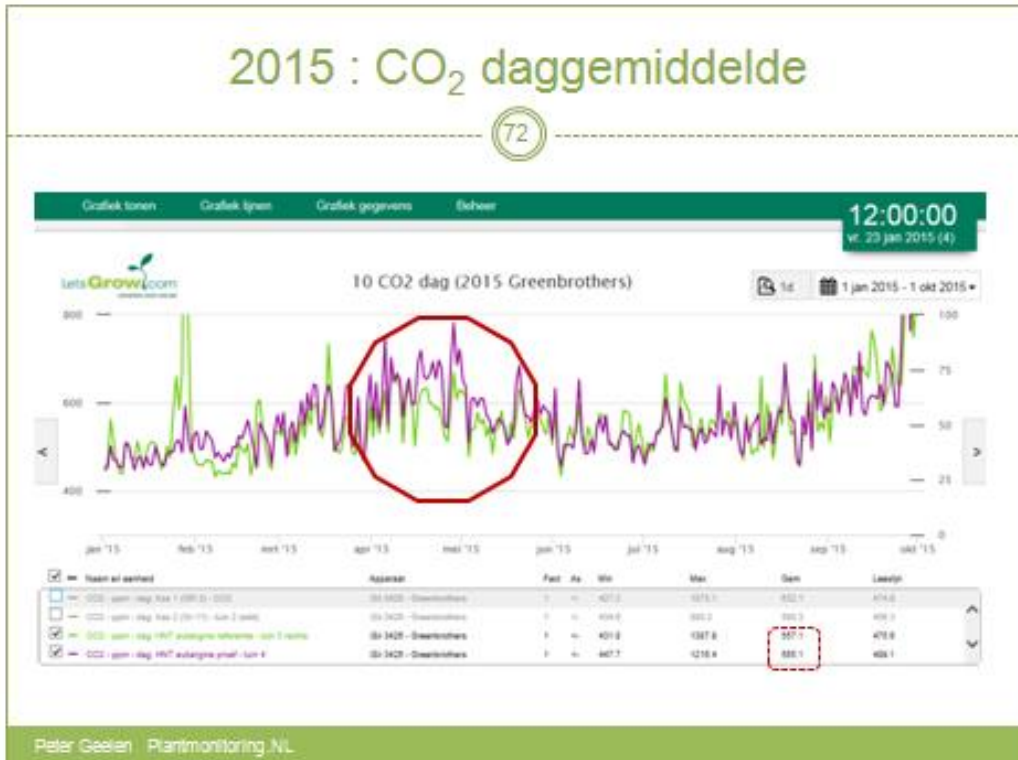
Plantbalans door een constante Temperatuur – Lichtverhouding

Vocht beheersen onder een gesloten scherm gaat makkelijker naarmate bij een hogere nachttemperatuur geteeld kan worden. Het scherm kan dan eerder dicht waardoor er minder verwarmd hoeft te worden. Hierdoor is de aanvoer van vocht lager. Door een hogere nachttemperatuur is het verschil van het absoluut vochtgehalte in de kas en de buitenlucht groter. Hierdoor is afvoeren van vocht via ventileren makkelijker. Met een gesloten schermdeuk is het kasdek kouder waardoor er ook meer vocht afgevoerd kan worden via condensatie.

Het beheersen van de vochtbalans van de kas begint dus bij de aansturing van de assimilatenbalans. (leerpunten van het nieuwe telen). Door overdag aanmaak van assimilaten te maximaliseren kan in de nacht een hogere temperatuur aangehouden worden. De aanmaakbenadering van het nieuwe telen begint door beperkter te luchten waardoor een stijging van licht samengaat met een hoog CO_2 niveau en een hoge luchtvochtigheid (waardoor de huidmondjes open blijven staan). Een hogere aanmaak door beperkter te luchten gaat ook weer makkelijker door te telen met een lage plantbelasting. Om het gewas continu in deze balans te houden kan dagelijks de aanmaak van assimilaten (lichtsom) in evenwicht gehouden worden met het verbruik van assimilaten (temperatuur). In de proefkas zijn de grenzen van beperkt luchten opgezocht door te telen bij een hogere temperatuur – lichtverhouding. Per seizoen zijn de streeflijnen aangepast (zie de bijlage 4.3).

NEXT STEP HNT AUBERGINE

In april en mei is in proefkas 4 een hoger CO₂ niveau en een lager vochtdeficiet aanwezig geweest (zie paarse lijnen). Gedurende de zomer bleek het niet mogelijk om dit te bereiken zonder dat de kastemperatuur onverantwoord hoog op liep. Een kleine kas met drie binnengevels blijkt dan toch beperkingen op te leveren. Bovendien is in de referentiekas ook gewerkt om de raamstand in grote mate te beperken en daarmee niet een echte referentie.

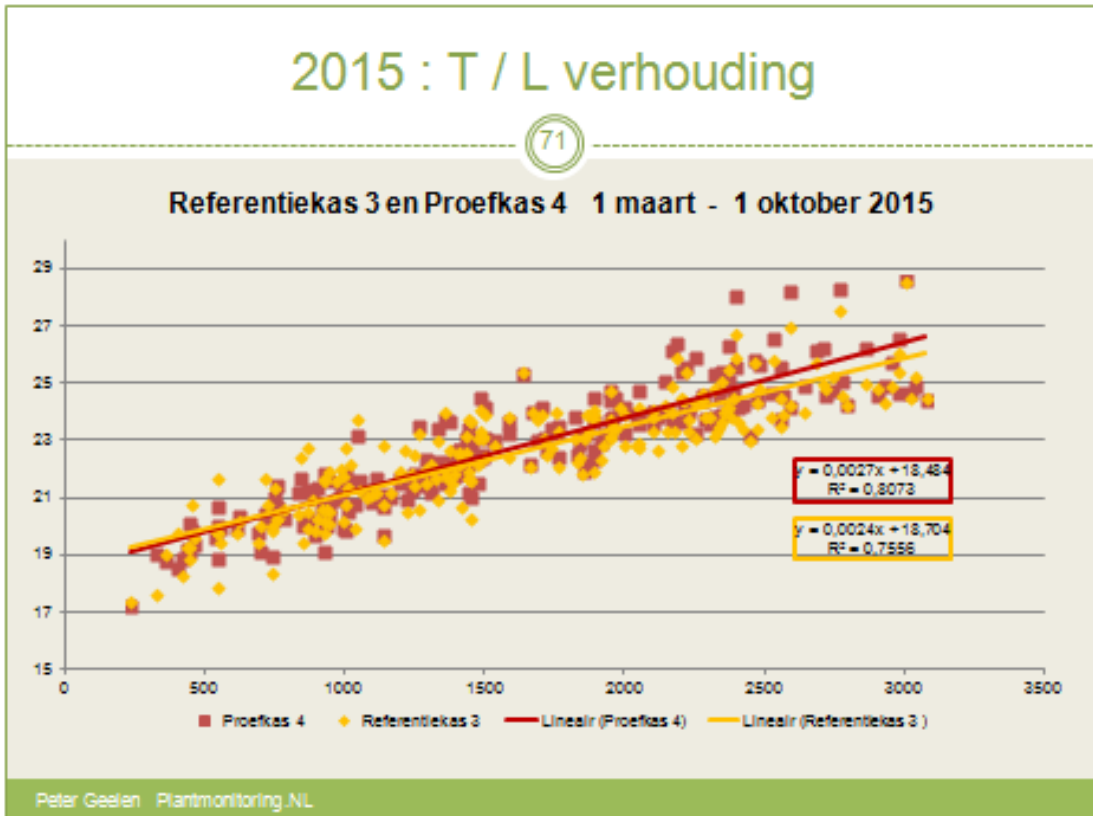


Temperatuur – licht verhouding:

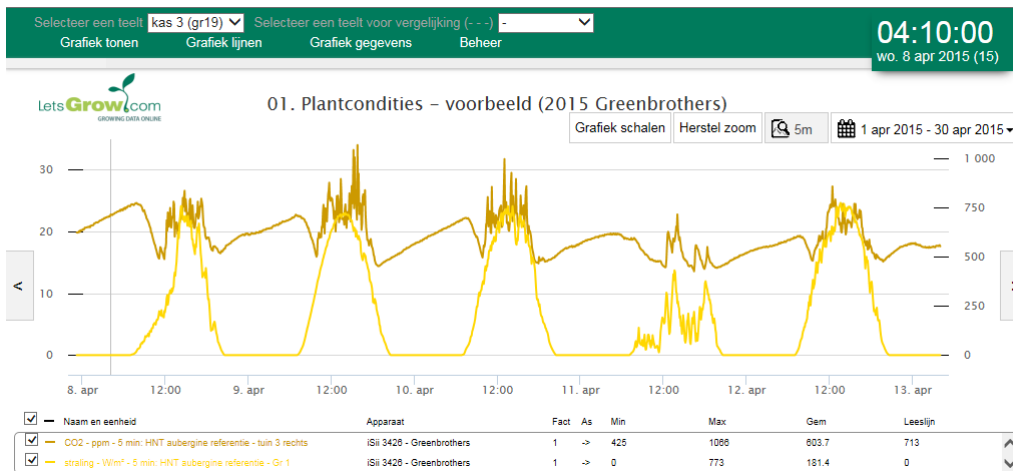
In onderstaand figuur staat op de x-as de lichtsom per dag in Joule/cm² en op de y-as de gerealiseerde etmaaltemperatuur. Elk punt vertegenwoordigt 1 dag.

De gerealiseerde T/L verhouding tussen 1 maart en 1 oktober is zeer constant geweest. Dat wil zeggen dat de spreiding van de punten rond de gemiddelde lijn gering is. In de proefkas is de R² 0,80 geweest en in de referentiekas 0,75.

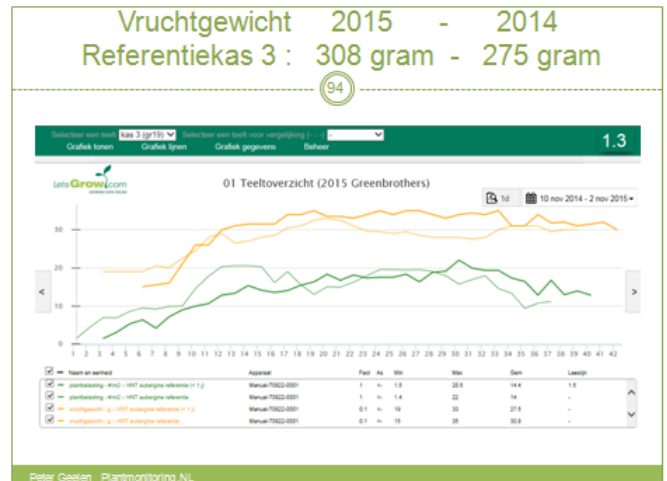
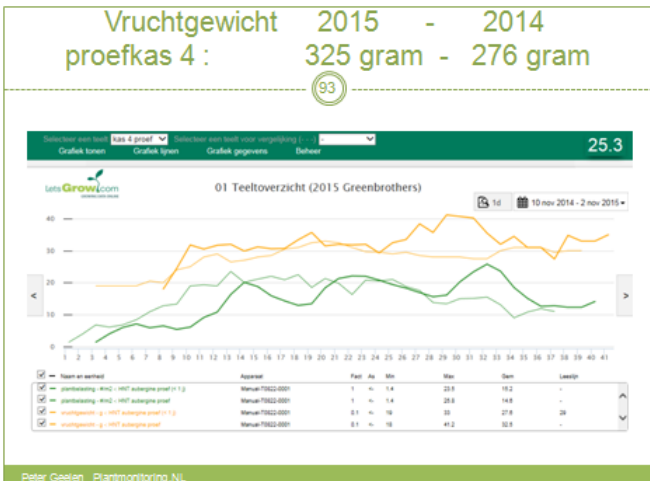
Gemiddeld is in de proefkas de etmaaltemperatuur per 1000 Joule 2,7 °C gevarieerd, en in de referentiekas 2,4 °C per 1000 Joule. Dit is minder dan de streeflijnen omdat met name op de donkere dagen een hogere etmaaltemperatuur is gerealiseerd ten opzichte van de streeflijn. Bij hoge instraling zijn wel de redelijk hoge etmaaltemperaturen gerealiseerd. Op die dagen is helaas het CO₂ niveau de beperkende factor geweest.



Lichtafhankelijk CO₂ doseren lukte goed in het voorjaar. Verder in de zomer is het niet gelukt om hoge instraling te combineren met hoge CO₂ niveaus in de kas.



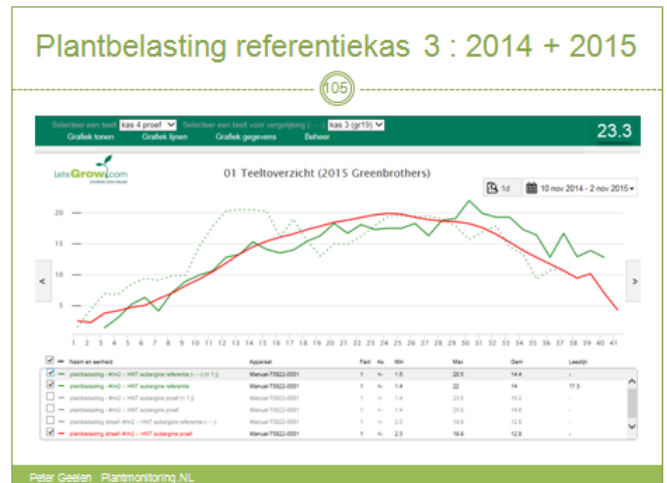
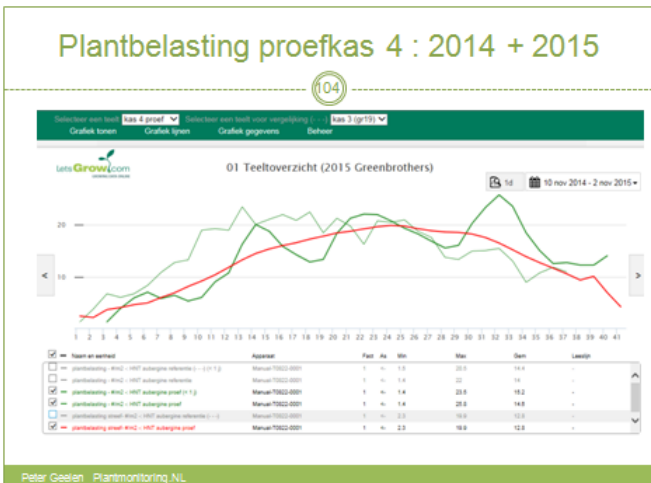
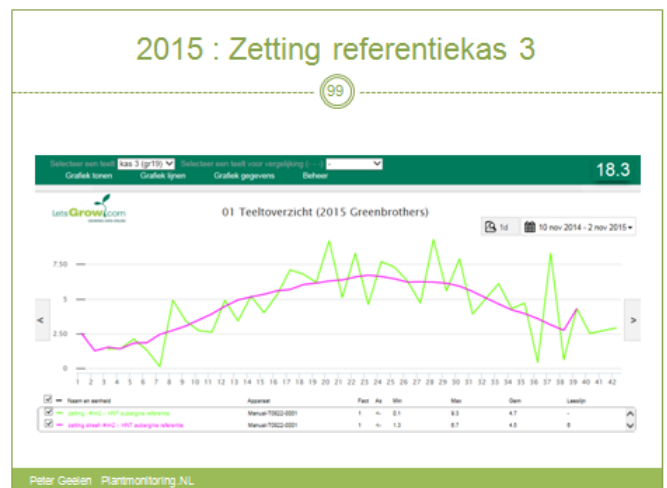
Plantbalans en Telen met een lage plantbelasting



Verloop van de plantbelasting (groene lijnen) en vruchtgewicht (oranje lijnen: y-as x 0,10)

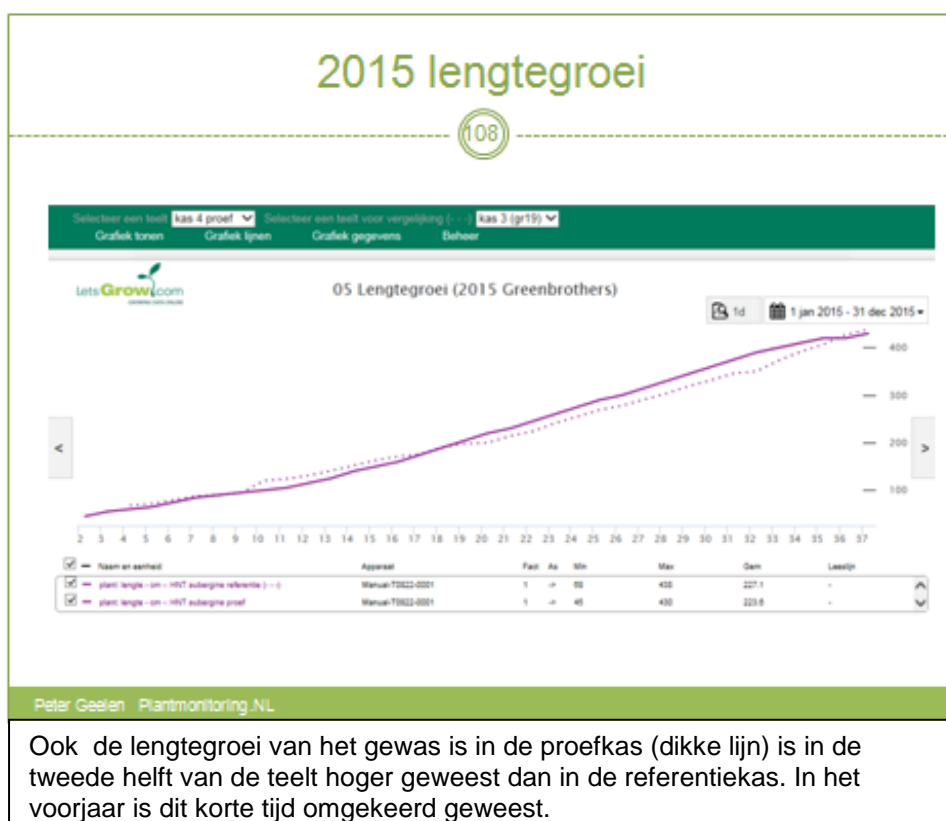
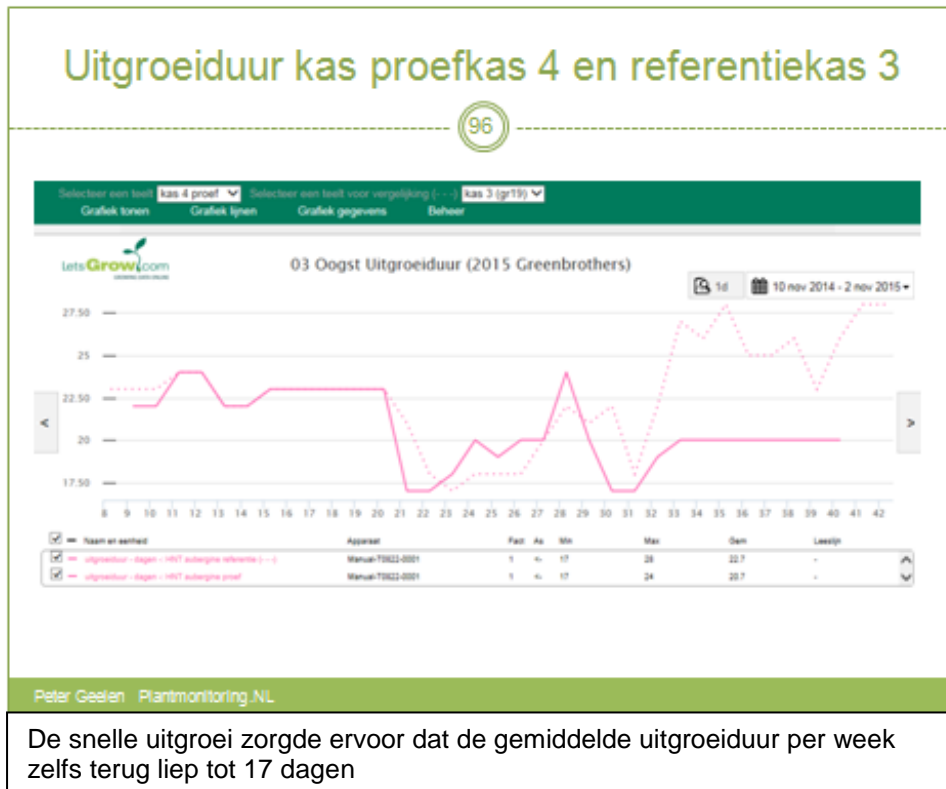
Ondanks dat geteeld is met hoge temperatuur is het vruchtgewicht (oranje lijnen) aanzienlijk toegenomen van 275 gram per vrucht in 2014 naar 308 – 325 gram per vrucht in 2015. Naast een ander ras is name het telen bij een lage plantbelasting (groene lijnen) door een hoge afrijpingsnelheid de achterliggende oorzaak. In het najaar is het niet gelukt om de lijn vast te houden doordat wachtkamer vruchten na de hittegolf te lang aan het gewas zijn blijven hangen.

In de proefkas is onregelmatigheid ontstaan doordat in het voorjaar grenzen overschreden zijn met beperkt luchten. De zetting en plantbelasting in de referentiekas zijn echter zeer regelmatig en volgens planning verlopen. De cumulatieve zetting is in beide kassen even hoog uitgekomen op 175 – 180 vruchten/m².



NEXT STEP HNT AUBERGINE

De kwaliteit van de zetting was niet altijd in orde waardoor vruchten onvoldoende uitgroeiden. Dit kan samenhangen met een te hoge temperatuur op donkere dagen die in 2015 regelmatig een aantal dagen achter elkaar voorkwamen. Vochtvoorziening in de kop van het gewas speelt mogelijk ook een rol. Rosheen verbruikt opvallend veel water, waardoor de watergift op perliet nog vraagtekens oplevert. Mogelijk blijft de worteltemperatuur op moment ook te veel achter door een lagere inzet van de buisrail verwarming in combinatie met de afstand tussen de mat en de buisrail (hangende goten). Matige bevlieging kan in met hete perioden, ook nog een rol gespeeld hebben.

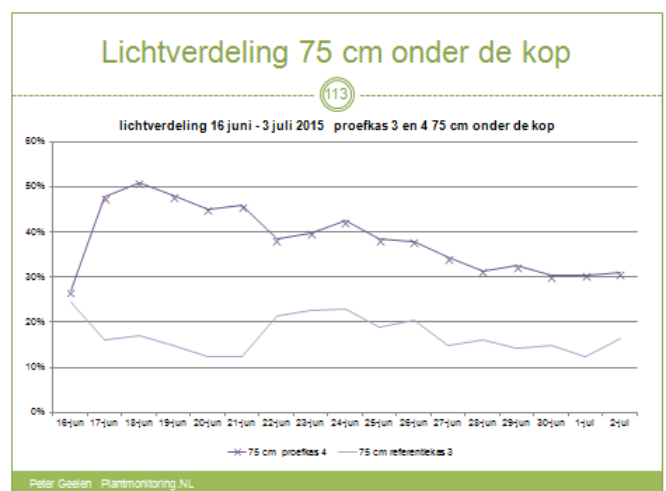
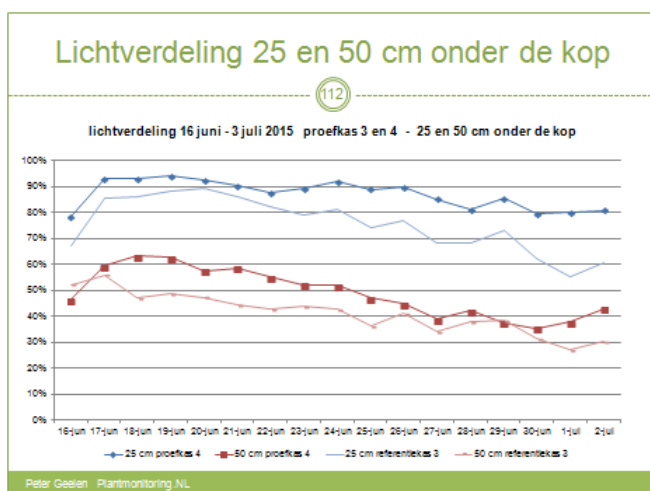


Generatief sturen op basis van de assimilatenbalans

In het nieuwe telen wordt gestuurd op beperking van de bladgroei (generatief sturen) door te werken via de assimilatenbalans in de voornacht. Schermen tegen uitstraling en een langzame daling in temperatuur zorgen voor een hoge sinkwerking van de vruchten. Hierdoor worden suikers aan het blad onttrokken waardoor de cel strekking beperkt wordt.

In de proefkas was het blad gedurende het hele jaar dunner in de ochtend. Dit wordt geïnterpreteerd (is niet gemeten) door de teler dat de assimilaten meer aan het blad onttrokken worden gedurende de nacht. Dit wordt in verband gebracht met een hogere bladtemperatuur in de kop van het gewas doordat dit blad minder afkoelt door meer op uitstraling te schermen.

Een ander verschil is dat in de proefkas de bladeren kleiner bleven. De LAI (m² blad per m² kasgrond) verliep in beide afdelingen echter ongeveer gelijk en bleef heel beperkt. Het totale bladoppervlakte is nauwelijks boven de 3 m²/m² kasoppervlak uitgekomen. Arbeid om een blaadje uit de kop te halen, toppen van zijscheuten en blad onderin het gewas verwijderen is achterwege kunnen blijven.



Lichtmetingen op verschillende hoogten in het gewas bevestigen dat de lichtdoordringing in het gewas in proefkas 4 beter is geweest. In bovenstaande figuren is het percentage licht dat in het gewas gemeten is op 25, 50 en 75 cm onder de kop ten opzichte van het licht dat bij de kop van het gewas gemeten is. De gemarkeerde lijnen van kas 4 laten zien dat op alle drie de hoogten procentueel meer licht gemeten is. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het licht dieper in het gewas doordringt.

Hieruit kan geconcludeerd worden dat “generatief” sturen op basis van de assimilatenbalans gelukt is (dat was overigens ook te zien bij het vegetatieve ras Beyonce wat op enkele goten in kas 4 er tussen staat). Daarnaast is ook aangetoond dat intensief schermen niet heeft geleid tot een vegetatief gewas met groot blad.

NEXT STEP HNT AUBERGINE

Een opvallend verschijnsel was dat in het najaar een omslag plaatsvond. In onderstaande tabel is te zien dat in week 27 het grootste bladoppervlak zat tussen 1 en 1,5 m onder de kop. In week 33 zat het meeste bladoppervlak juist bovenin het gewas.

Week:	25	27	29	31	33
GB Afdeling 4					
LAI gewaslaag 1 (kop - 0,5m)		0,6	0,92	0,95	1,16
LAI gewaslaag 2 (0,5m - 1,0m)		1,04	0,92	1,3	0,7
LAI gewaslaag 3 (1,0m - 1,5m)		1,35	0,75	1,1	0,79
LAI gewaslaag 4 (1,5m - goot)					
LAI totaal	0	2,99	2,59	3,35	2,65

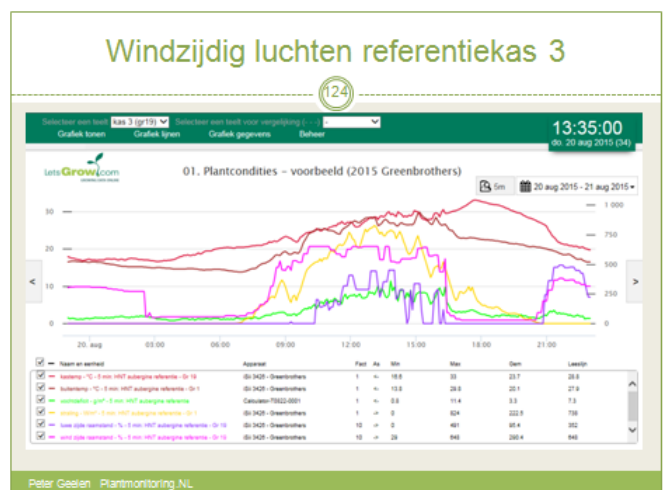
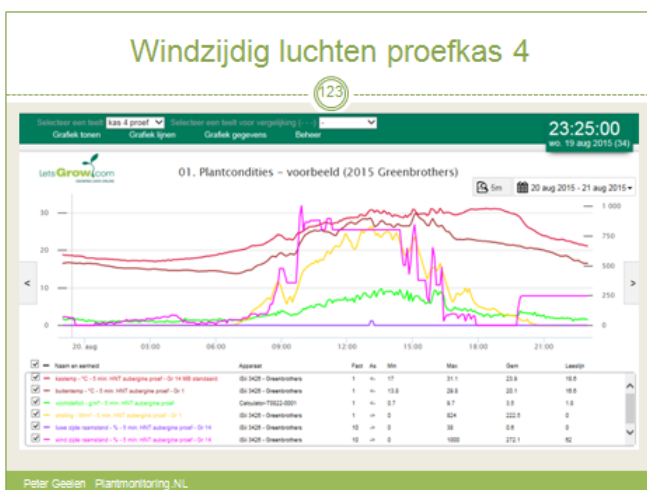
Gewasgezondheid

Intensief schermen wordt vaak geassocieerd met een hoge schimmeldruk. Het nieuwe telen zet juist het scherm in om onder andere de gewasgezondheid te bevorderen. Daarnaast is het creëren van plantbalans hiervoor ook een pijler. In de proef zijn ondanks het zeer hoge aantal uren dat het scherm volledig gesloten is geweest geen enkel probleem opgetreden met betrekking tot gewasgezondheid.

Mucor is in 2015 zo goed als niet aan de orde geweest. Naast de bovengenoemde factoren heeft het uitblijven van een trips invasie hier ook aan bijgedragen. Maar ook hiervoor ligt een regelmatige balans in het gewas ten grondslag. Dat geldt ook voor het verschijnselen van overmatige wortelgroei. Mede door de sturing van een hoge sinkwerking van de vruchten is overmatige wortelgroei ook beperkt gebleven.

Windzijdig luchten

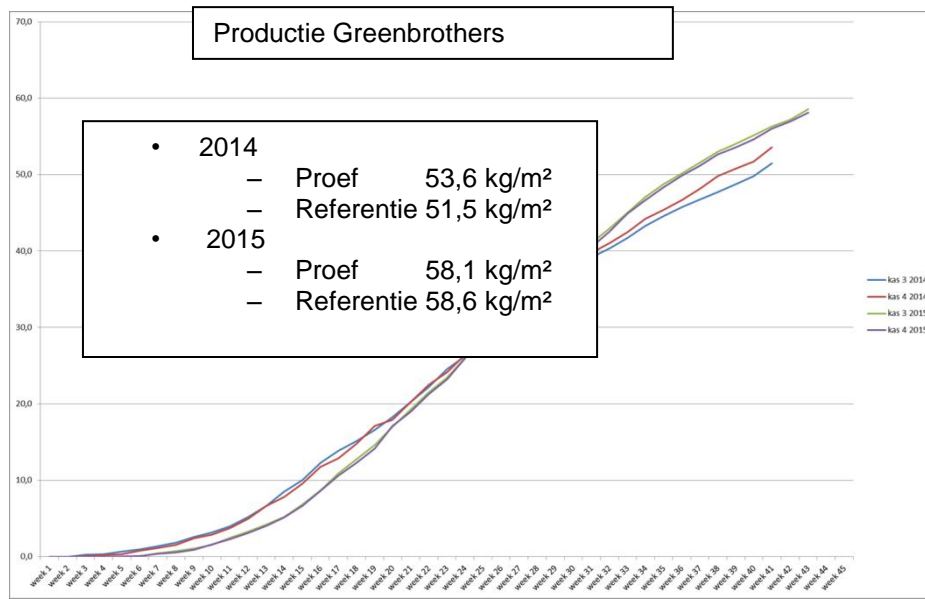
Bij windzijdig luchten wordt vaak gedacht aan vochtverlies en hogere infectiedruk. Doordat de buis veel lager ingezet is gaan worden, werd geconstateerd dat de temperatuurverschillen in de kas groter werden. Dit was aanleiding om eerst met de windzijde te gaan luchten. In het voorjaar is gestart door eerst in de ochtend met de windzijde te starten en later de luwe zijde het over te laten nemen. Dit beviel zo goed dat daarna het hele jaar grotendeels alleen windzijdig is gelucht. De temperatuurverschillen zijn hierdoor aanzienlijk terug gebracht. Dit komt omdat met een veel kleinere raamstand gewerkt kan worden waarbij de lucht de kas wordt ingeblazen. Voor het vocht en de CO₂ had dit zeker geen nadelige gevolgen.



Bovenstaande figuren hebben betrekking op een zomerdag in augustus. De buitentemperatuur (bruin) loopt in de middag op naar 28°C. Door alleen windzijdig te luchten in kas 4 links (roze lijn, maximum 80%) stijgt de kastemperatuur toch niet verder dan 30°C, met een vochtdeficiet dat onder de 10 gram blijft. In kas 3 wordt wel met de luwzijde gewerkt (paarse lijn, rechter y-as), waardoor de windzijde beperkter lucht maar wel blijft voor lopen. Voor het kasklimaat maakt dit echter weinig uit.

Productie

In het eerste jaar met HNT Aubergine is leergeld betaald door lage productie. In 2015 is wel goede productie gehaald. Bij de start van 2015 is achterstand opgelopen door een donkere december maand en een te traag gewas. De kweker is tevreden over 2015 en ziet ruimte voor productie groei.



3.1 Conclusies

In de proef van het nieuwe telen met aubergine zijn de basisprincipes van Het Nieuwe Telen intensief toegepast. De conclusies die hieruit getrokken kunnen worden, luiden als volgt :

Intensief schermen, zelfs met dubbele schermen, en stoken vervangen door luchtbeweging:

- Heeft geen negatieve gevolgen voor productie en kwaliteit;
- Gaat samen met een goede gewasgezondheid;
- Gaat samen met grove vruchten;
- Gaat samen met een generatief gewas;
- Draagt bij aan temperatuurgelijkheid;
- Gaat heel goed samen met afvoeren van vocht, ook zonder extra ontvochtigingsinstallaties.

Telen met een constante temperatuur / licht verhouding en beheersen van de plantbelasting:

- Levert plantbalans op;
- Vormt een handvat om te telen met een lage plantbelasting en hoge temperatuur.

Telen met een lage plantbelasting en hoge temperatuur:

- Gaat samen met een generatief gewas;
- Gaat samen met grove vruchten;
- Gaat samen met een goede gewasgezondheid;
- Biedt mogelijkheden voor efficiënter CO₂ gebruik en lichtbenutting;
- Vraagt in de zomer om aanpassing van werktijden.

Ventileren met de windzijde:

- Leidt tot kleinere raamstanden;
- Leidt tot minder klimaat schommelingen;
- Leidt tot kleinere temperatuurverschillen;
- Leidt niet tot extra vochtverlies;
- Leidt niet tot extra CO₂ verlies;
- Draagt bij aan temperatuurgelijkheid in de kas.

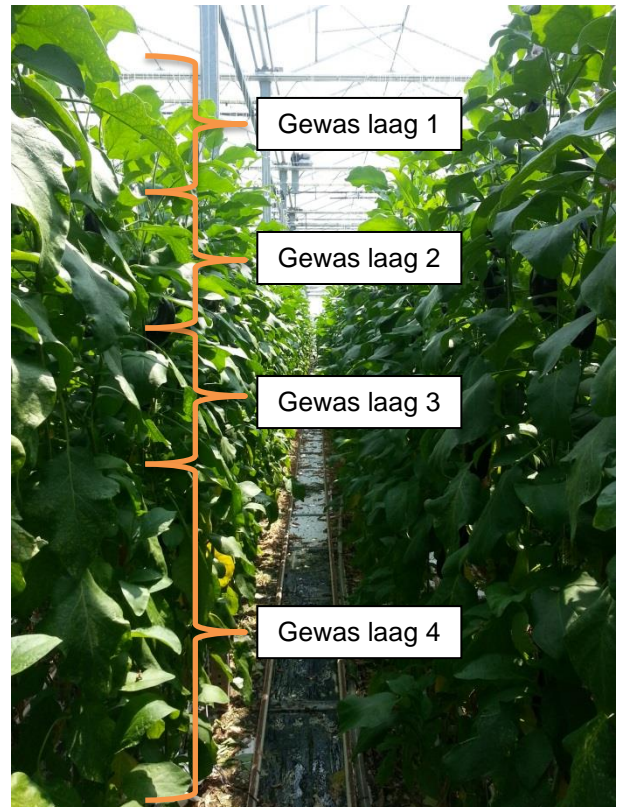
4 Bijlagen: Detail omschrijving van de metingen en analyses

4.1 Algemeen:

GEWAS NIVEAU'S

Bij assimilatenbalans wordt gekeken naar de processen die invloed hebben op enerzijds de aanmaak van suikers, en anderzijds de verdeling en het gebruik van suikers (source en sink). Het gewas wordt hierbij ingedeeld in 4 niveaus met daartussen 4 gewaslagen:

- Niveau 0: kop van het gewas } *Gewas laag 1*
- Niveau 1: 0,5m onder kop } *Gewas laag 2*
- Niveau 2: 1,0m onder kop } *Gewas laag 3*
- Niveau 3: 1,5m onder kop } *Gewas laag 4*



4.2 Onderzoek locaties

Het praktijkonderzoek met HNT Aubergine vindt plaats bij Greenbrothers te Zevenbergen. De bladplukproef, welke onderdeel is van het onderzoek, is uitgevoerd bij Van Onselen Aubergines te 's-Gravenzande.

Greenbrothers:

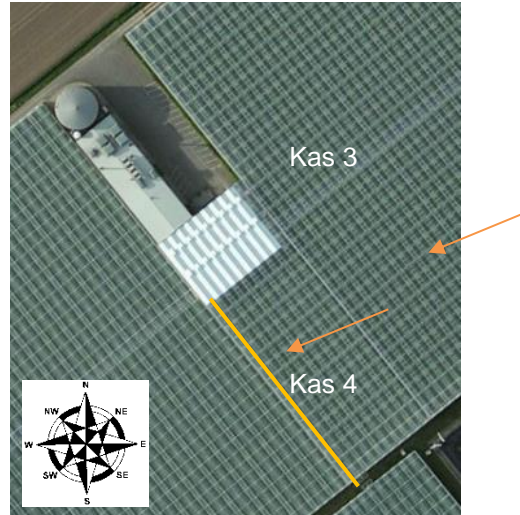
Hazeldonkse Zandweg 98, Zevenbergen

Kas 4: (Het Nieuwe Telen)

Oppervlakte: 0,36 ha.
Ras: Rosheen
Onderstam: Kaiser
Substraat: Perlite
Plantdatum: 20-11-2014
Gootrichting: NW - ZO

Kas 3: (Referentie)

Oppervlakte: 5 ha.
Ras: Rosheen
Onderstam: Kaiser
Substraat: Perlite
Plantdatum: 20-11-2014
Gootrichting: NW - ZO

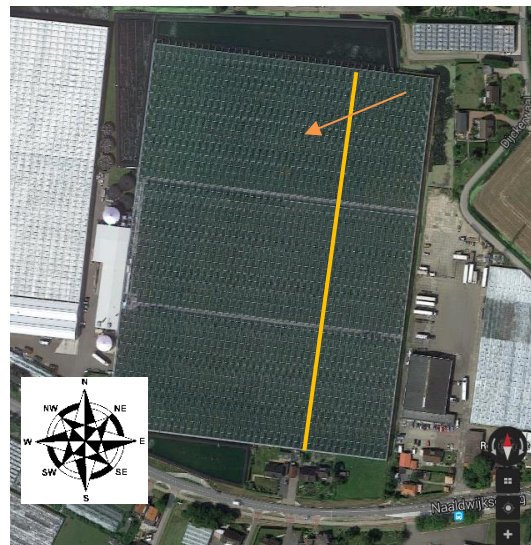


Van Onselen Aubergines:

Naaldwijkseweg 360, 's-Gravenzande

Kas: Praktijkbedrijf

Oppervlakte: ca. 8 ha.
Ras: Beyonce
Onderstam: Kaiser
Substraat: Steenwol
Plantdatum: 17-12-2014
Gootrichting: NW - ZO

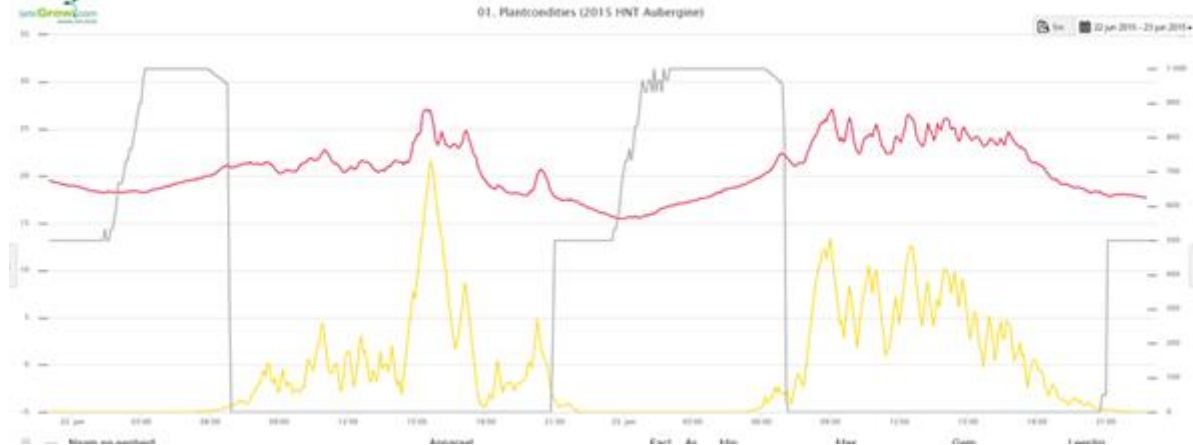


NEXT STEP HNT AUBERGINE

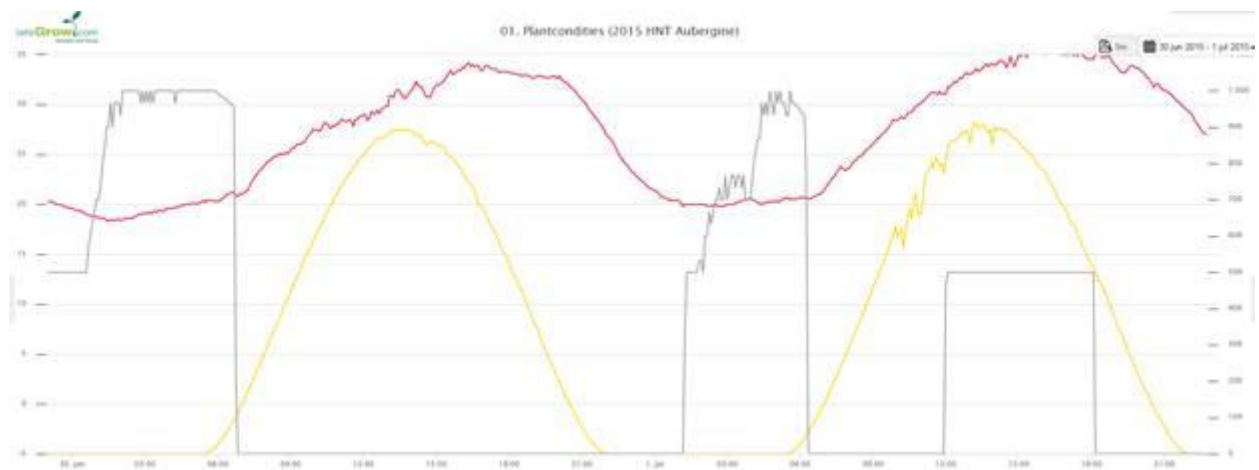
GEANALYSEERDE DAGEN

Er zijn een aantal dagen geselecteerd met uiteenlopende omstandigheden. De verschillen tussen de omstandigheden zijn in de diverse metingen geanalyseerd.

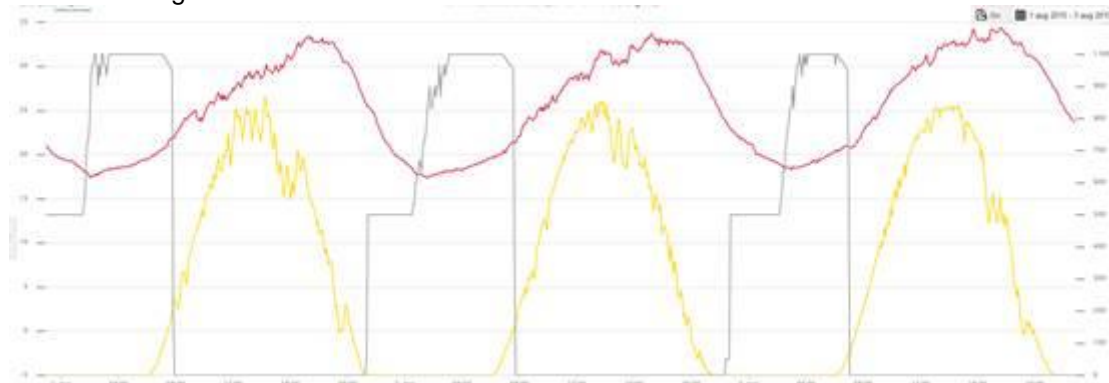
22-6 en 23-6 zijn beide dagen met veel bewolking. Op 22-6 breekt 's middags de zon even door.



30-6 en 1-7 zijn twee dagen achter elkaar met veel zonlicht, maar bij 1 van de twee is zonlicht weggeschermd.

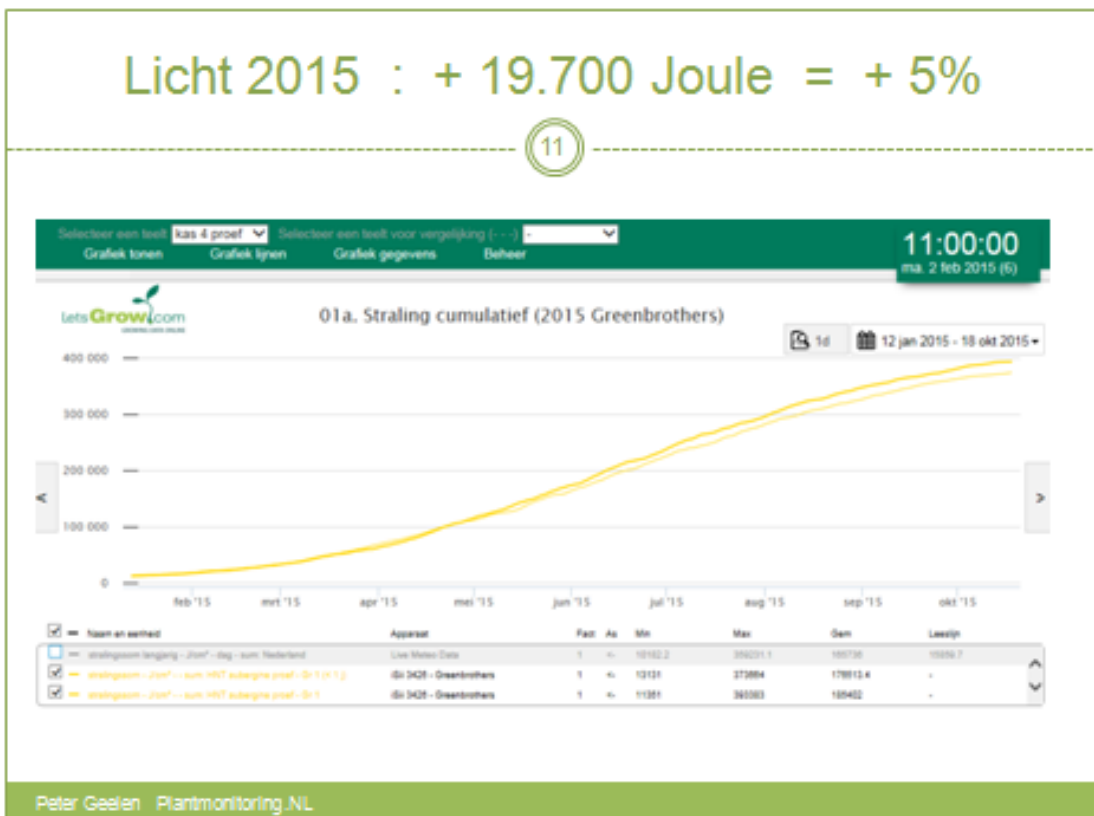
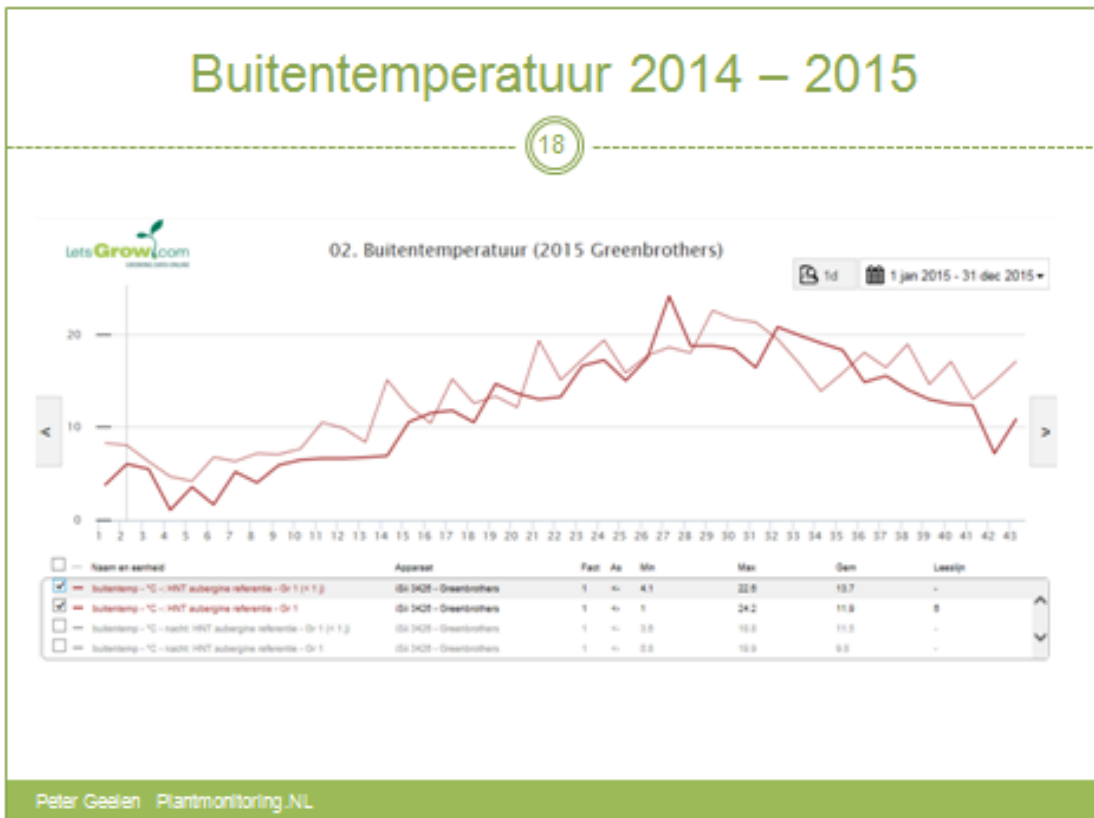


1 t/m 3 augustus. Drie zonnige dagen achter elkaar. In deze periode is zowel bij Greenbrothers als bij Van Onselen gemeten.

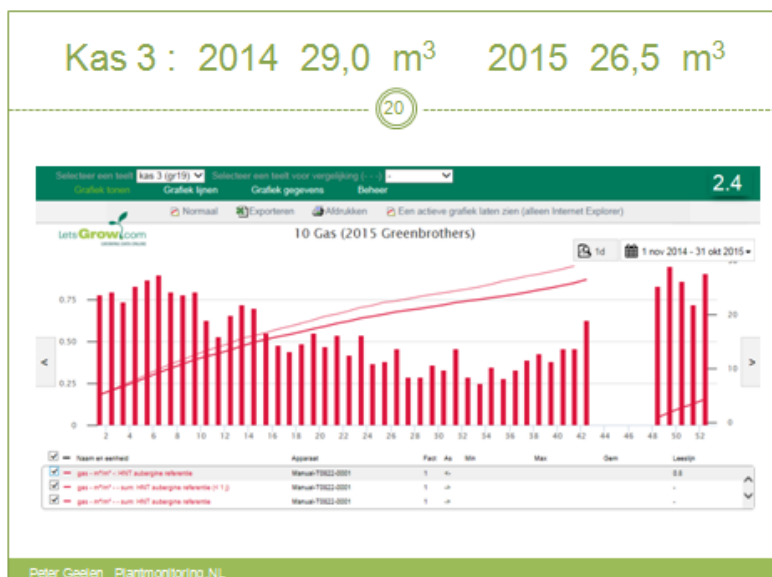
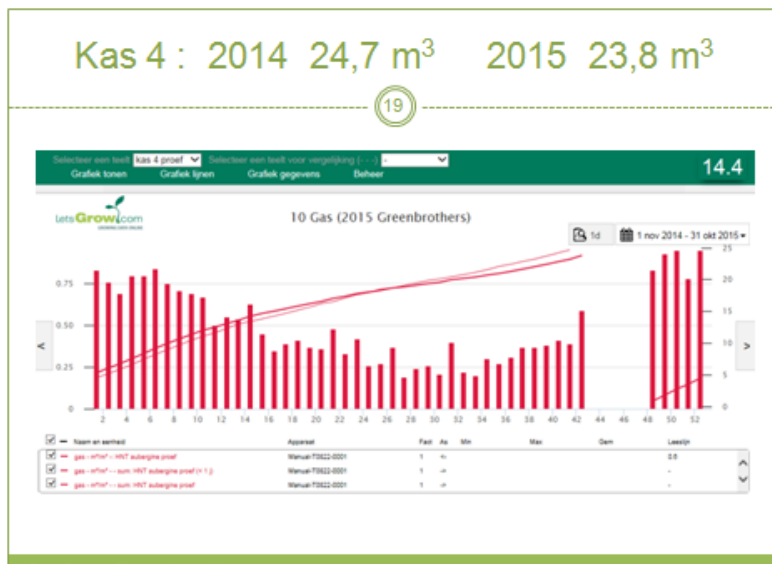
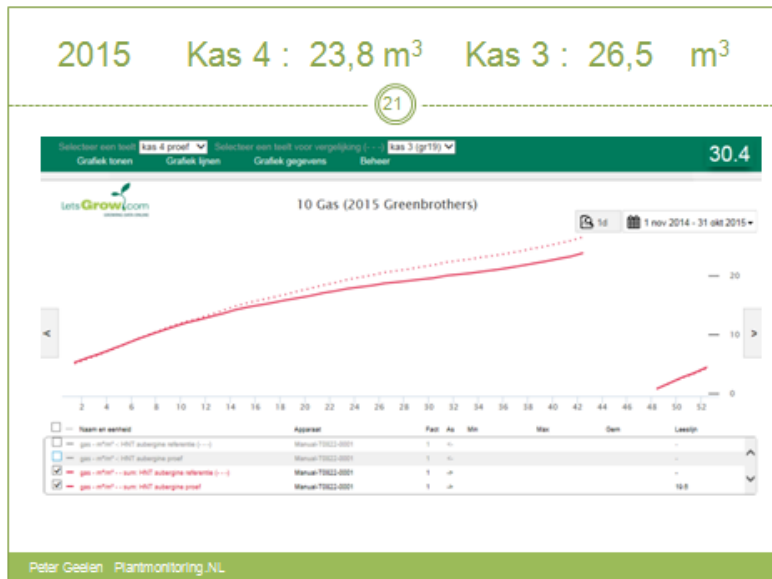


4.3 Teelt en Klimaat

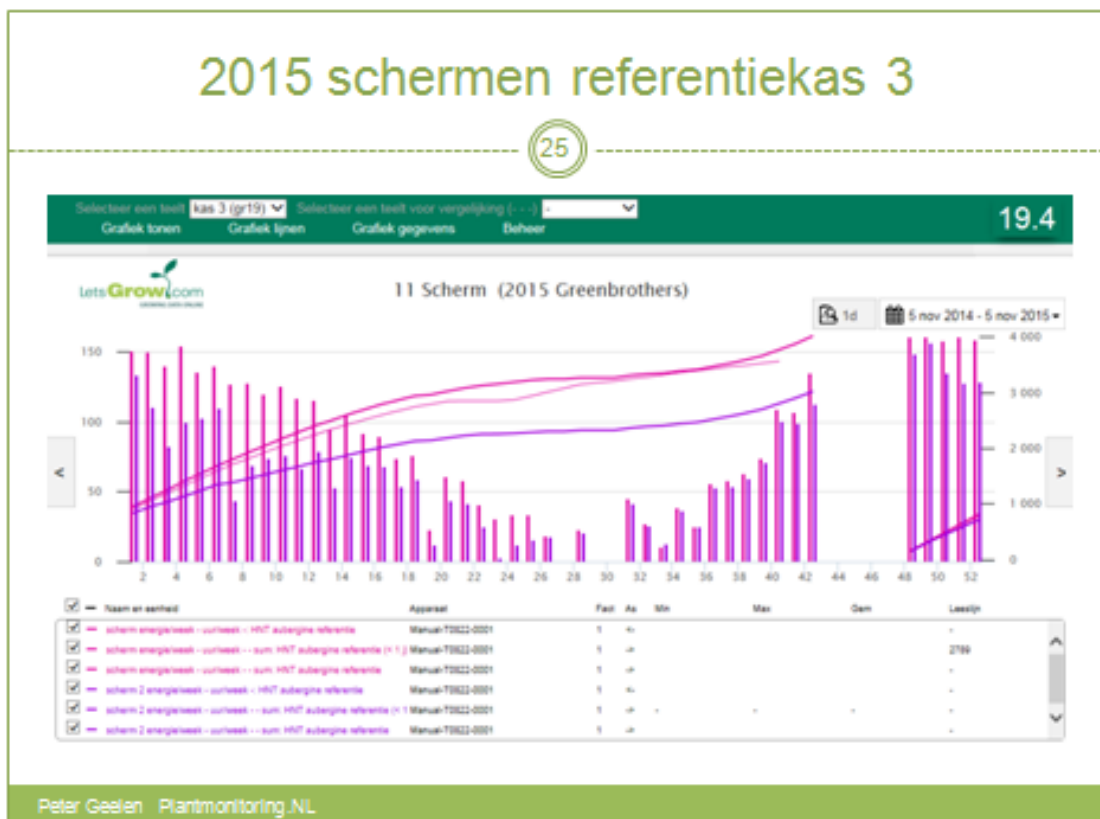
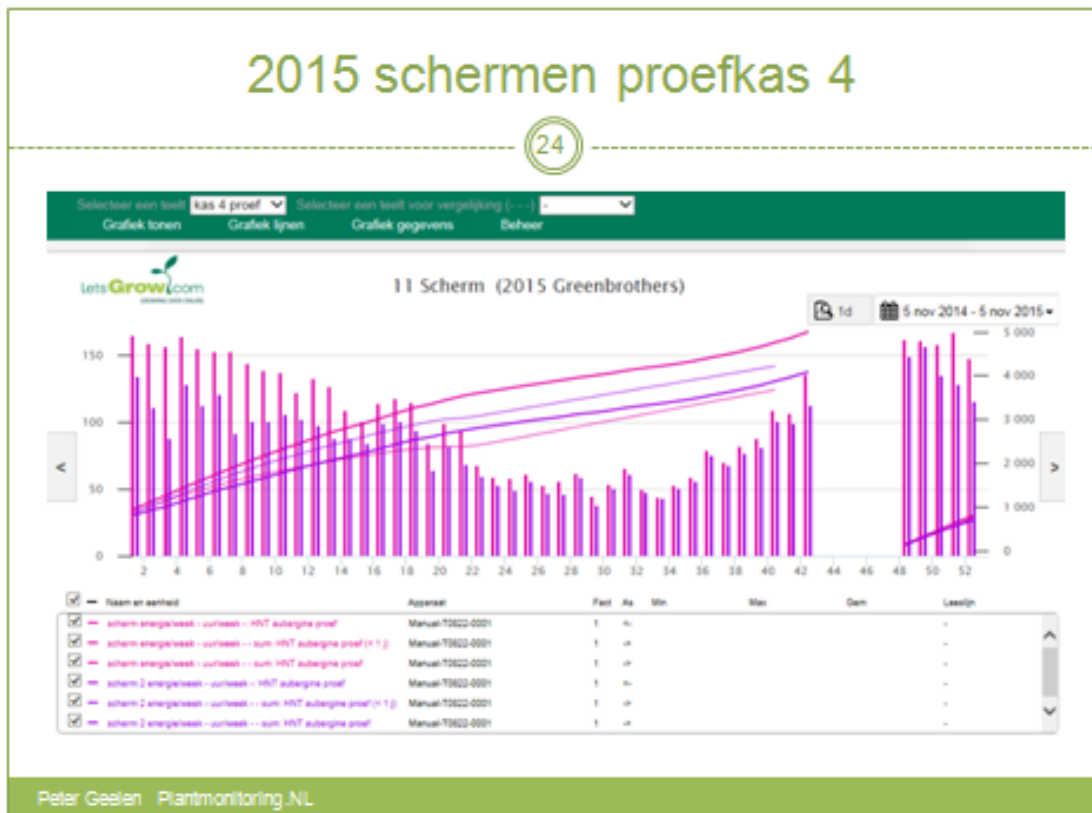
BUITENKLIMAAT



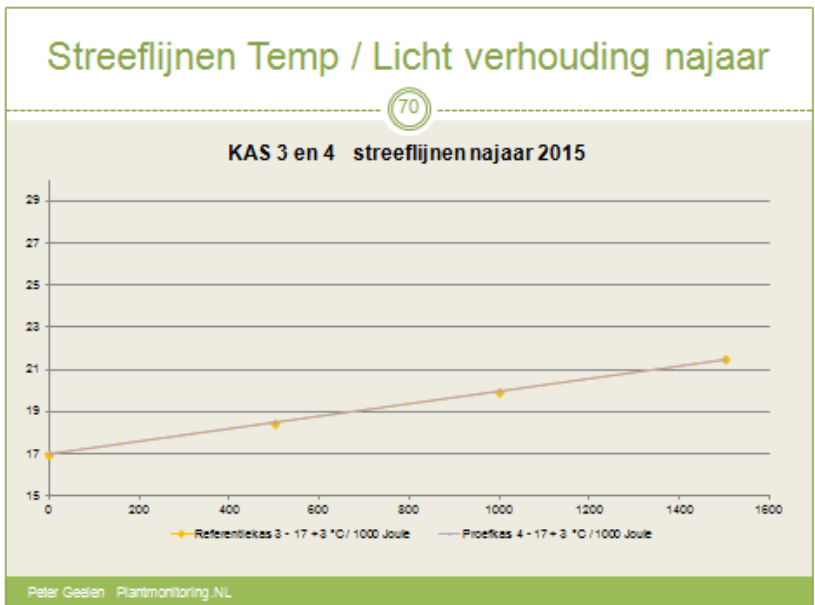
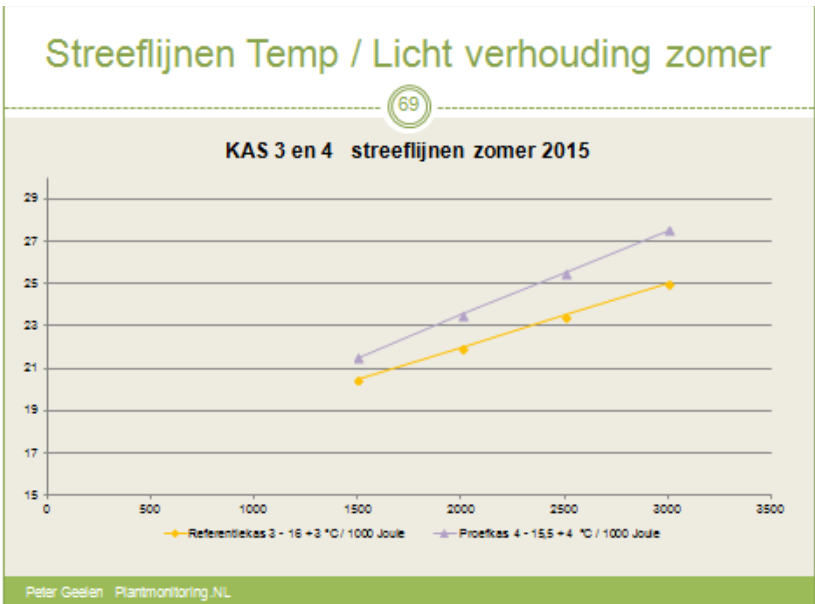
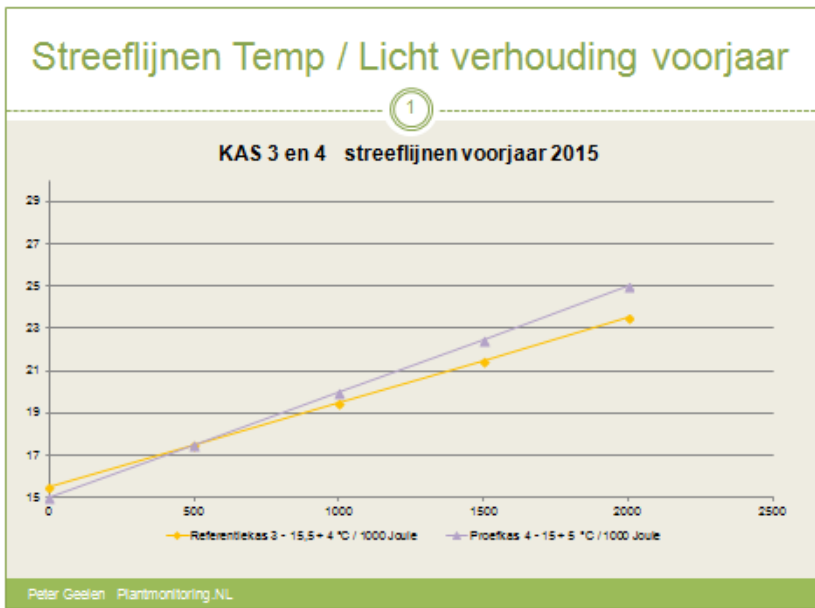
ENERGIEGEBRUIK



SCHERMEN



PLANTBALANS : STEEFLIJNEN TEMPERATUUR – LICHT VERHOUDING



4.4 Bladplukproef van Onselen 2015

Uitvoering: Fa. Gebr. Van Onselen te 's-Gravenzande



Opdracht:

Naar aanleiding van een aantal vragen die zijn voortgekomen uit het praktijkonderzoek: 'Het nieuwe telen in aubergines', is er een bladplukproef gestart op het praktijkbedrijf: Fa. Gebr. Van Onselen. De vragen die de aanleiding waren om de proef op te starten zijn:

- Levert een 'open' gewas meer productie op?
- In hoeverre heeft een 'open' gewas invloed op de vruchttemperatuur?
- In hoeverre assimileert het blad midden en onderin de plant mee in een 'open of 'vol' gewas?

Proefopzet:

De proef is als volgt opgebouwd. De proef bestaat uit drie vakken van ieder 912 m² (6 paden), het eerste vak is niet behandeld, het tweede vak is eenmaal in de drie weken behandeld en het derde vak is om de week behandeld.

Een behandeling bestaat uit het wegbreken van het bovenste kopblad (zie foto's onder), de grootte van dit kopblad varieert ongeveer tussen de 8 en 15 cm.



Foto 1: Kopblad wordt weggebroken



Foto 2: Kopblad is weggebroken

Uitvoering:

De proef is gestart in week 29 en de laatste behandeling heeft plaatsgevonden in week 39, één vak is in die periode niet behandeld, één vak is vier keer behandeld (week 29, 32, 35 en 38) en één vak is zes keer behandeld (week 29, 31, 33, 35, 37 en 39). Bij het vak dat vier keer behandeld is, is bij iedere behandeling bij ca. 60% van de stengels een kopblad weggehaald. Bij het vak dat zes keer behandeld is, is bij iedere behandeling bij ca. 80% van de stengels een kopblad weggehaald.

Resultaten:

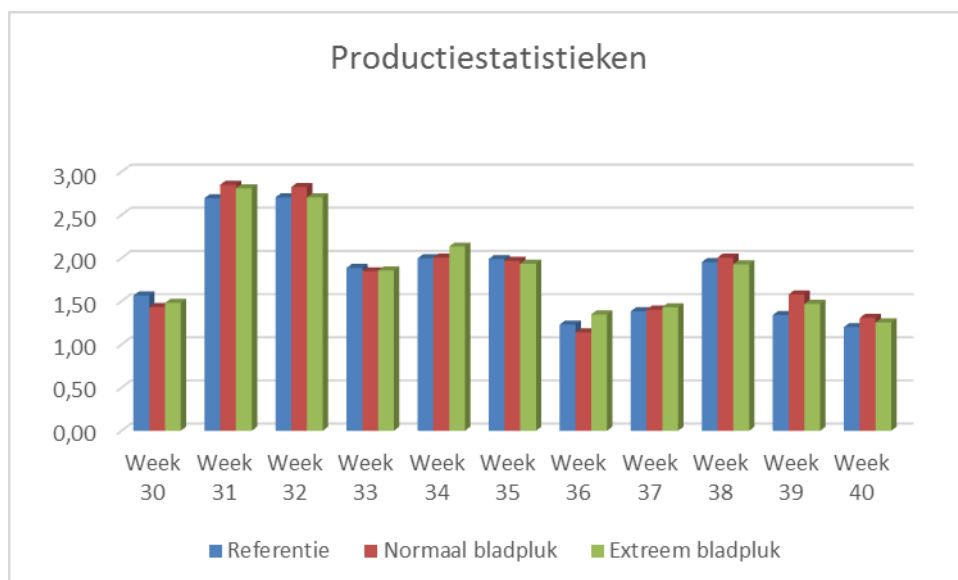
In onderstaande tabel de resultaten van week 29 t/m week 40.

	Aantal x bladplukken	% Behandeld	Relatief weggehaald	Productie kg/m ²	Opmerking
Onbehandeld	0	0	0%	19,9	Minder productie in laatste weken. Vegetatiever
Normaal	4	60%	100%	20,4	
Extreem	6	80%	200%	20,3	Chlorose in de kop va. Wk 35

- Wat opviel is dat in het vak waar het meeste blad werd geplukt, er vanaf ca. week 35 steeds meer stengels met chlorose in de kop kwamen.
- De verschillen in 'openheid' van gewas tussen de 'normaal' en 'extreem' proef vielen tegen. Optisch zag je niet veel verschil.
- De proef 'onbehandeld' heeft duidelijk minder geproduceerd en vooral in de laatste weken waren verschillen merkbaar. Het gewas was daar ook duidelijk voller en vegetatiever.

Conclusies:

- Let op dat er bij stengels met niet voldoende groeikracht geen kopblad weg wordt gehaald, dit kan contraproductief werken.
- Herhaling van een vergelijkbare proef zou wenselijk zijn. De proef zou dan bij een redelijk 'vegetatieve' teler moeten staan en vroeger in het jaar moeten starten.
- Binnen deze proef heeft het bladplukken voor productieverhoging gezorgd, te veel bladplukken zorgde echter voor gewasongelijkheid en wat groeiremming.



4.5 Lichtmeting over de hoogte van het gewas

Uitvoering: Inno-Agro



NEXT STEP HNT AUBERGINE

Opdracht:

Voor het onderzoek HNT Aubergine is met lijn quantum-sensoren bepaald hoeveel licht door een bepaalde gewas laag wordt opgevangen. In combinatie met de LAI van het bladpakket en de fluorescentie metingen met de "Hex-PAM" geeft dit informatie over het aandeel van de gewas laag in assimilatenaanmaak.

Een betere lichtverdeling over de hoogte van het gewas verhoogt de fotosynthesecapaciteit van het blad lager in het gewas (door behoud van meer bladgroen) waardoor de aanmaak van assimilaten hoger wordt bij eenzelfde lichtniveau.

Blad wat netto meer energie verbruikt dan dat het aanmaakt kan wellicht verwijderd worden.

Het effect van bladplukken (blaadje uit de kop weghalen) op de lichtdoordringing in het gewas wordt tevens onderzocht.

Werkwijze:

Met meerdere lijnsensoren op verschillende hoogtes in het gewas wordt continu de lichtdoordringing in het gewas gemeten. Omdat deze sensoren bijna continu meten kan ook de lichtsom en het verloop van het lichtniveau over dag heen, op verschillende hoogten in het gewas gemeten worden.

Plan van aanpak:

Er wordt met twee meetsets gemeten, waarbij de eerste meetset in de proefkas bij Greenbrothers hangt, en de tweede meetset eerst in de referentie kas bij Greenbrothers en vervolgens bij collega Auberginekwekerij Van Onselen wordt opgehangen. Bij Van Onselen (ras Beyonce) vindt tevens de bladplukproef plaats. In het gewas bij Greenbrothers met het ras Rosheen was bladplukken niet zinvol omdat de bladbedekking bovenin het gewas niet overmatig was.

De metingen worden uitgevoerd aan dezelfde gewassen waar de plantsensoren op basis van fluorescentie zijn gepositioneerd (Hex-Pam).

Resultaten:

Gedurende de vier zomermaanden is de lichtonderschepping van diverse behandelingen met auberginegewassen gemonitord.

- In de bovenste meter van het gewas wordt 80% tot 90% van het licht opgevangen. De bovenste bladeren zijn het belangrijkste voor fotosynthese.
- De oriëntatie van de kas ten opzicht van de zon heeft grote invloed op de verdeling van het zonlicht over de linker- en rechterkant van de plant.
- De schaduwrij van de plant vangt op een zonnige dag na 12:00 uur veel minder licht op, door de schaduwwerking van de zonrij. Bij het bouwen van een kas moet je rekening houden met de positionering van de paden t.o.v. de zon.
- Diffuus licht wordt gelijkmatiger verdeeld over de bovenste meter van het gewas. Ook bij diffuus licht is veruit het meeste licht onderschept op 1 meter onder de kop.
- De lichtdoordringingsmetingen laten niet zien dat bladplukken (een blaadje uit de kop) in deze periode van het jaar tot een betere lichtverdeling over het gewas leidt. Mogelijk is de periode van behandelen te kort en te laat in het jaar.
- Zowel in de referentie als in de bladplukbehandeling is het licht op 90 cm onder kop voor ca. 90% opgevangen.
- Het lichtniveau op het pad en op de onderste bladeren van de plant is het grootste deel van de dag zeer laag. In het pad valt gedurende een korte tijd licht met van een hoog lichtniveau. Uit de metingen van PlantDynamics blijkt dat oudere bladeren die zich lager in het gewas bevinden boven de $350 \text{ umol/m}^2 \cdot \text{s}$ niet meer efficiënt licht omzetten in assimilaten. Dit in combinatie met de korte duur van de lichtpiek leidt tot de conclusie dat ook de bladeren onderin het gewas, die zich in het pad bevinden, zeer weinig tot nihil bijdragen aan de fotosynthese van het gewas.

MEETOPSTELLING

In de periode van 28-5-2015 tot 30-9-2015 is door middel van lijn-quantum sensoren de lichtdoordringing van diverse gewasbehandelingen gemeten. Deze metingen zijn uitgevoerd met Apogee SQ-311 lijn quantum sensoren. De SQ-311 meet PAR licht met tien sensoren verdeeld over 70 cm, waarna intern het gemiddelde lichtniveau van de 10 puntmetingen wordt berekend. Boven het gewas wordt het lichtniveau in de kas gemeten. Dit is een gecombineerde meting van een Apogee SQ-311 lijn quantum sensor en een LI-COR LI-190SZ quantum sensor. Een klein deel van het PAR licht valt buiten het meetbereik van de SQ-311, waarmee de LI-190SZ als controle meting dient.



Foto 1: meting van het lichtniveau in de kas, enkele decimeters boven de kop van het gewas. Deze nulmeting is een gecombineerde meting van een Apogee SQ-311 en een LI-COR LI-190SZ. Het verschil tussen deze nulmeting en de lager gepositioneerde lichtmeters geeft de mate van lichtonderschepping



Foto 2: Meting lichtniveau tussen het gewas.

NEXT STEP HNT AUBERGINE

Het doel van deze metingen is:

- Bepalen van lichtonderschepping per gewas laag
- Bepalen op welke hoogte van het gewas het licht volledig is onderscheept
- Invloed van teeltstrategie en bladplukken op lichtverdeling
- Bepalen hoeveel licht op de grond van het pad valt en verloren gaat

Meetperiode:

Proefafdeling Greenbrothers:	van 28-5-2015 tot 3-9-2015
Referentieafdeling Greenbrothers:	van 28-5-2015 tot 3-7-2015
Referentieafdeling Van Onselen:	van 6-7-2015 tot 30-9-2015
Bladplukafdeling Van Onselen:	van 6-7-2015 tot 30-9-2015

Per meetset:

Tot 3-7-2015 bevatte de twee meetsets ieder 7 lijnsensoren welke 25cm boven elkaar gemonteerd waren.

Meetopstelling tot 3-7-2015:

Niveau 0:	boven kop gewas	Apogee SQ-311 + LI-COR LI-190SZ
	0,25m onder kop	Apogee SQ-311
Niveau 1:	0,5m onder kop	Apogee SQ-311
	0,75m onder kop	Apogee SQ-311
Niveau 2:	1,0m onder kop	Apogee SQ-311
	1,25m onder kop	Apogee SQ-311
Niveau 3:	1,5m onder kop	Apogee SQ-311

Vanaf 3-7-2015 zijn de sensoren opgesplitst in drie meetsets, waarbij twee meetsets bestaan uit vijf lijnsensoren en een meetset met vier lijnsensoren, welke telkens 30 cm boven elkaar gemonteerd waren. Één meetset bleef in afdeling vier bij Greenbrothers meten, de andere twee meetsets zijn bij Van Onselen gebruikt om het verschil tussen de bladplukbehandelingen te meten.

Meetopstelling vanaf 3-7-2015:

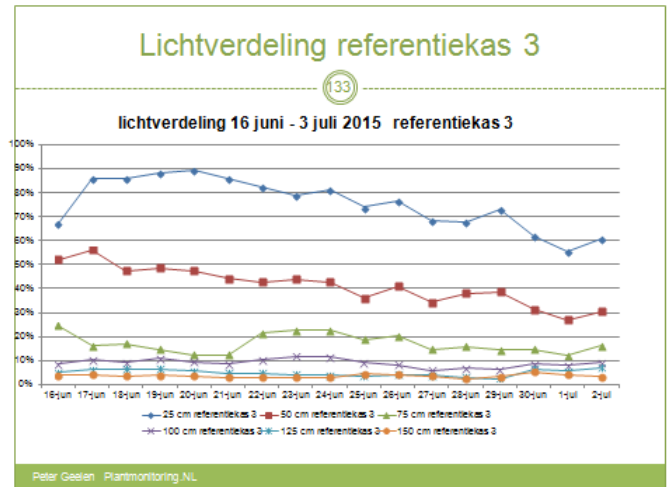
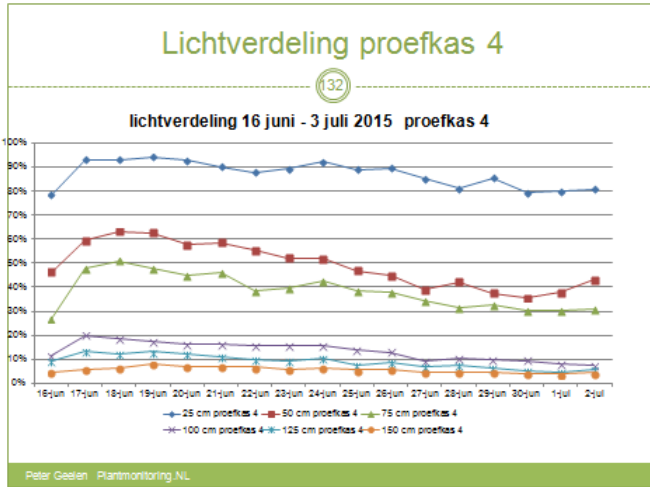
Niveau 0:	boven kop gewas	Apogee SQ-311 + LI-COR LI-190SZ
Niveau 1:	0,3m onder kop	Apogee SQ-311
Niveau 2:	0,6m onder kop	Apogee SQ-311
Niveau 3:	0,9m onder kop	Apogee SQ-311
Niveau 4:	1,2m onder kop	Apogee SQ-311

Meetinterval:

De data logger meet iedere tien seconden de actuele waarde en slaat iedere vijf minuten het gemiddelde van de meetwaarden over de voorgaande periode van vijf minuten op.

BEPALEN LICHTONDERSCHEPPIING PER GEWAS LAAG

GREENBROTHERS : lichtsommen per dag

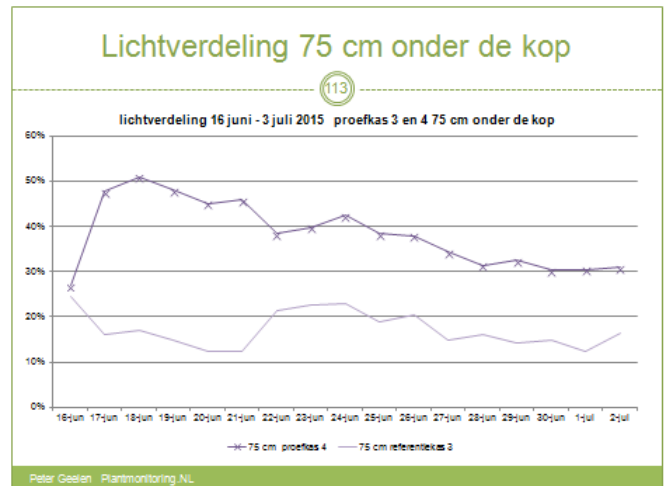
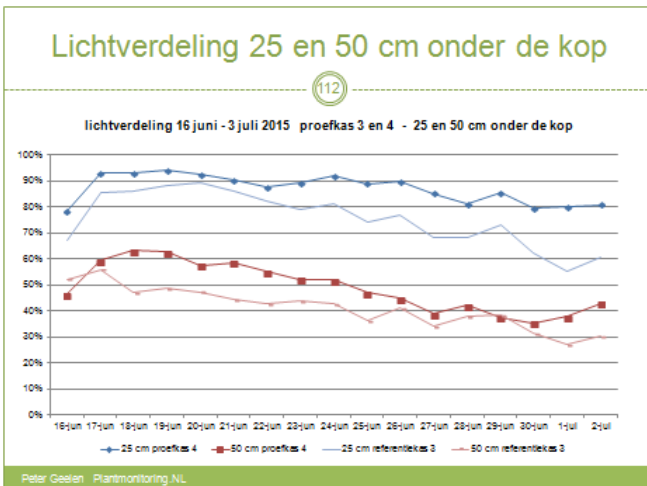


In bovenstaande grafieken is te zien dat zo goed als alle licht op 150 cm onder de kop is opgevangen. Dat wil zeggen dat alle blad daaronder niet meer bijdraagt aan de groei in de vorm van droge stof. Uit de metingen van het bladoppervlakte komt naar voren dat dit overeenkomst met een LAI (Leaf Area Index) van 2,5 – 3 m² bladoppervlakte / m² kasgrond.

Op de tweede plaats is te zien dat minimaal 50% van het licht in de eerste 75 cm van het gewas onder de kop wordt onderschept.

Ten derde is de lichtdoordringing in de proefkas 4 veel beter dan in de referentiekas. De schermstrategie en de meer “generatieve” aansturing via de assimilatenbalans zijn hiervan de achterliggende verklaringen (voor meer info zie hoofdstuk 3).

Onderstaande grafieken brengen dit nog beter in beeld. De gemarkeerde lijnen betreft proefkas 4 en de dunne ongemarkeerde lijnen de referentiekas 3.



NEXT STEP HNT AUBERGINE

GREENBROTHERS : momentane lichtmetingen

Analyse lichtmeting op een bewolkte dagen en zonnige dagen

22 juni was een bewolkte dag. In de middag breekt de zon korte tijd door.

23 juni was een bewolkte dag. Door het wolkendek is het buitenlicht continu diffuus.

30 juni was een zonnige dag. Direct zonlicht zorgt voor scherpe overgangen tussen licht en schaduw.

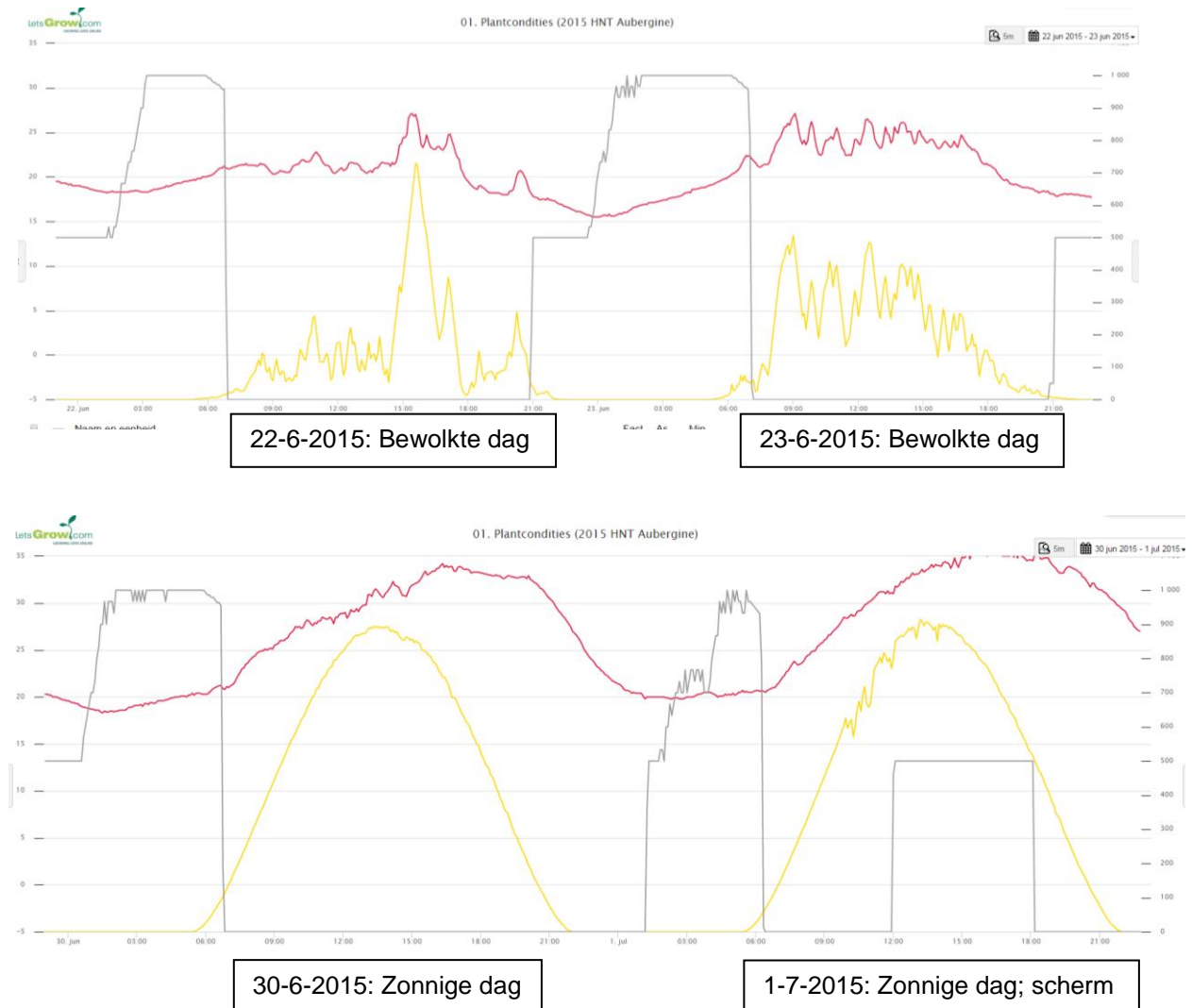
1 juli was een zonnige dag. Van 12.00 tot 18.00 is zonlicht weggeschermd.

Metingen klimaatcomputer in LetsGrow.com

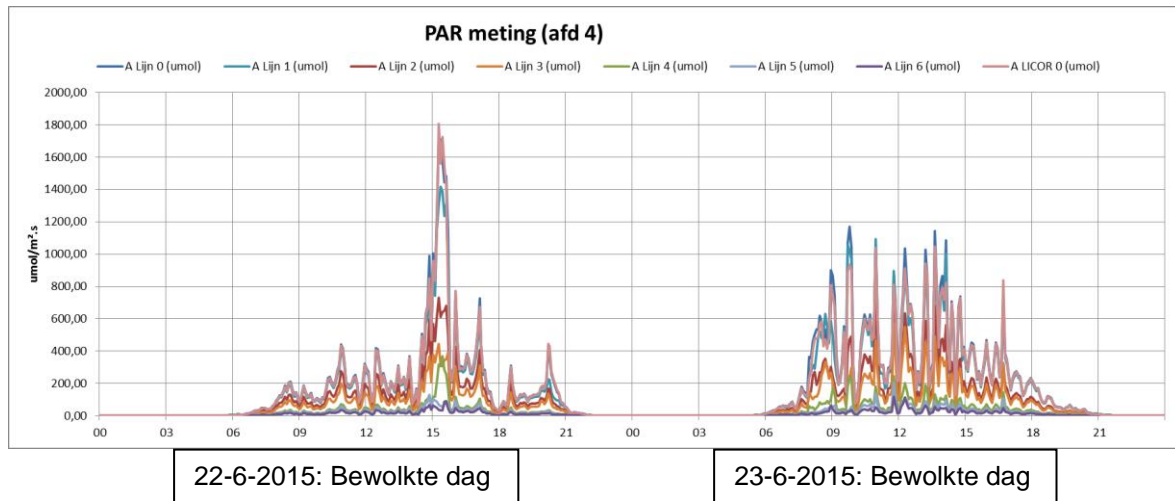
Rood = Kasttemperatuur (°C)

Geel = Straling buiten (W/m²)

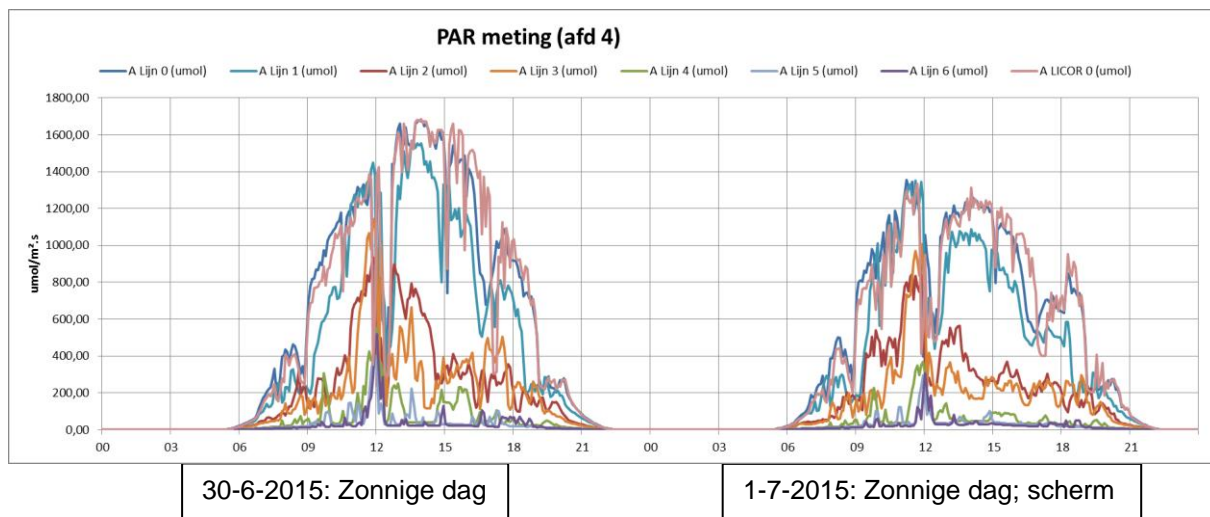
Grijs = Energiedoek (%)



Lichtdoordringingsmeting in het gewas



Op bewolkte dagen laten de lijnen van de PAR sensoren tussen het gewas eenzelfde beeld zien als de lichtmeter boven de kop. Door het diffuse licht zijn er geen harde schaduwlijnen die de meting beïnvloeden.



Op zonnige dagen is rond 12:00 uur een duidelijke dip in de lichtmeting te zien. Dit wordt veroorzaakt door schaduw van de goot. Ook om 15:00 uur en om 17:00 uur valt er schaduw op de lichtmeters.

Analyse zonnige dagen:

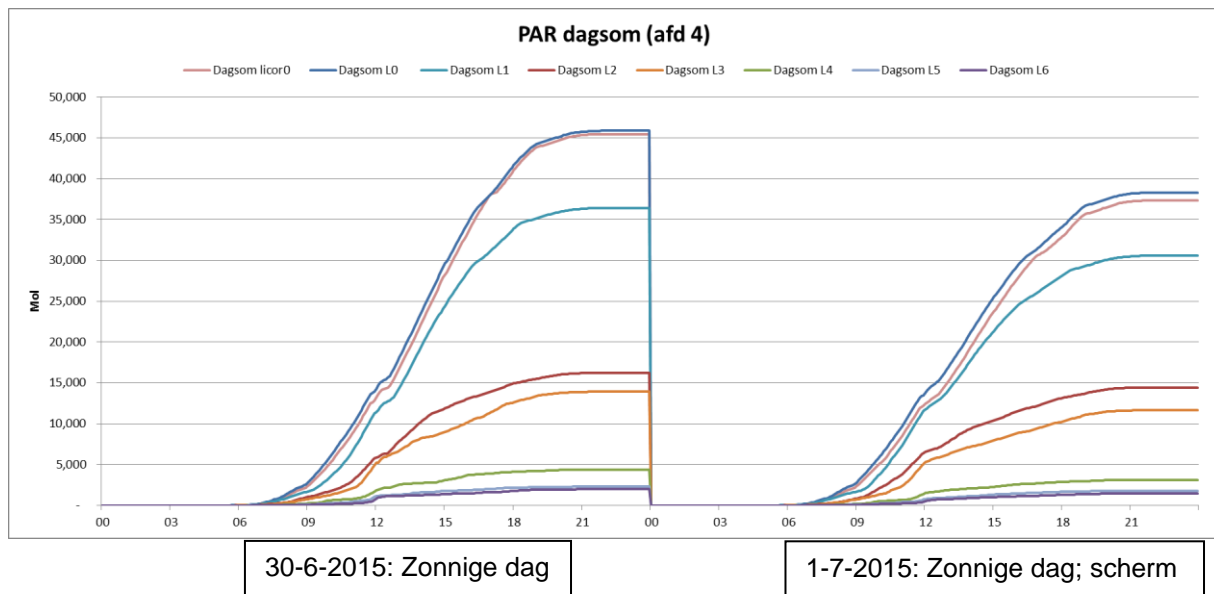
Opvallend is dat de lijnen van de meters tussen het gewas voor 12:00 uur parallel lopen aan de meters boven het gewas, maar na 12:00 relatief lager liggen. De stengels van aubergineplant maken een V, waar de lichtmeters tussen in hangen. Voor 12:00 uur schijnt de zon op de ene kant van de rij (de schaduw rij) en na 12:00 uur op de andere kant (de zonkant). In de grafieken is duidelijk te zien er per dag meer zonuren op de zonrij vallen dan op de schaduwrij. De lichtdoordringing in de schaduwrij is hoger, waaruit kan worden opgemaakt dat deze kant een meer open structuur heeft. De oriëntatie van de paden t.o.v. zon heeft dus grote invloed op de verdeling van het licht over het gewas.

Op 1-7-2015 zijn vanaf 12:00 uur beide schermdoeken voor 50% dichtgegaan (in tegengestelde richting). Hiermee is ca. 25% van het licht weggenomen. Het licht is door het scherm niet veel diffuser geworden.

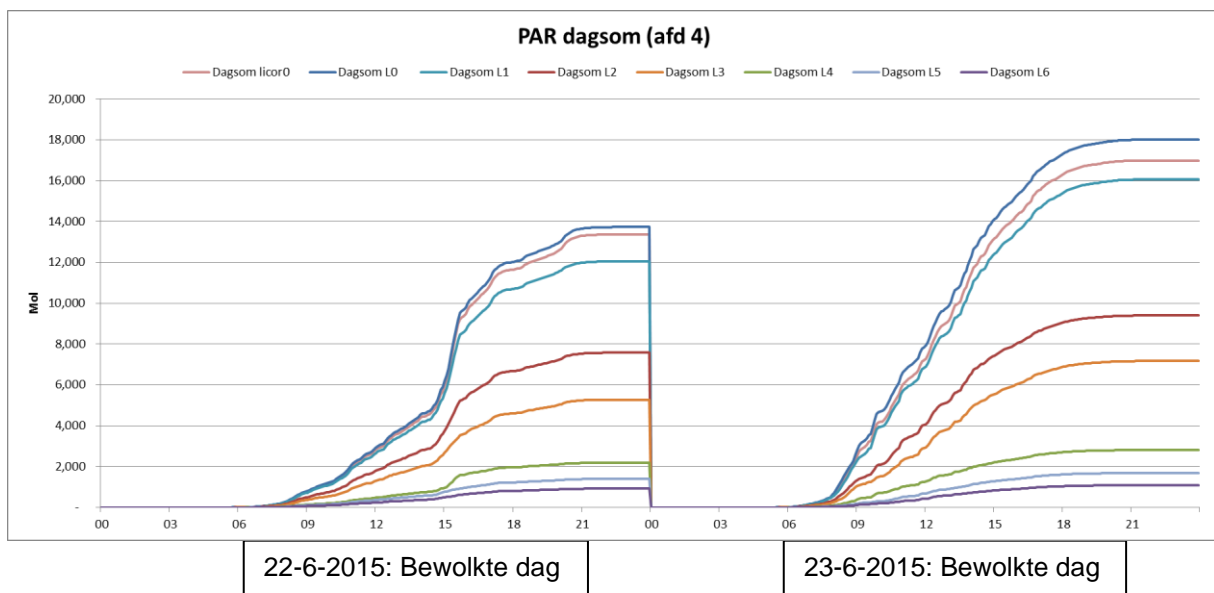
NEXT STEP HNT AUBERGINE

Dag sommen in het gewas:

In onderstaande grafieken wordt het verloop van de dagsom weergegeven.

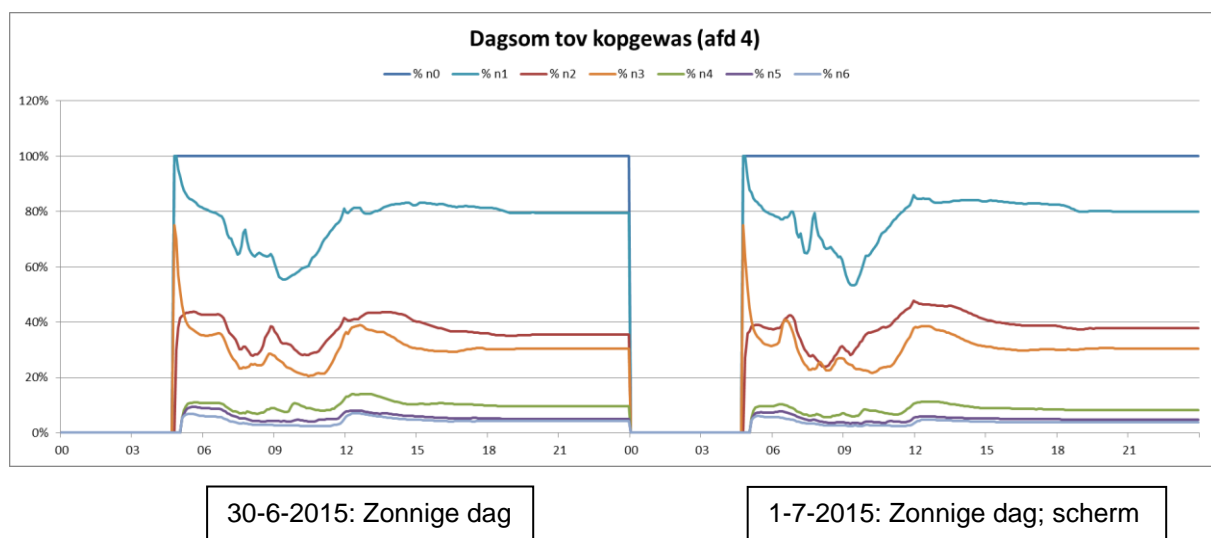
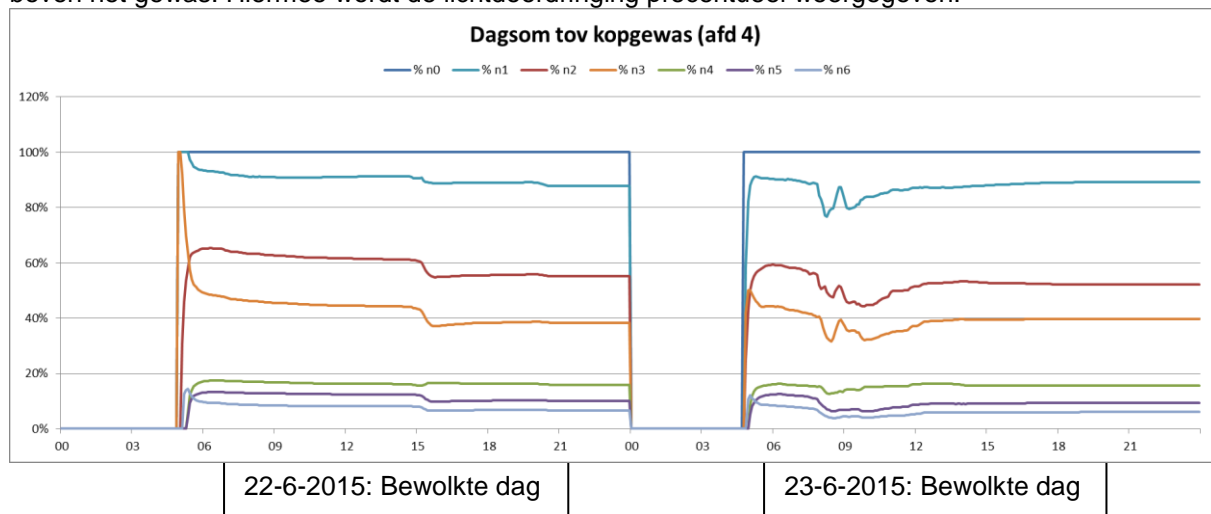


Wat opvalt is dat bijna al het licht in de bovenste meter wordt opgevangen. Op 1 meter onder de kop is nog maar weinig licht over. Ook is zichtbaar dat het licht op bewolkte dagen dieper in het gewas doordringt. Op bewolkte dagen is licht diffuser, waarmee uit deze metingen direct zichtbaar wordt dat diffuus licht dieper doordringt in het gewas.



Dagsommen in het gewas, uitgezet tegen de dagsom direct boven het gewas

In onderstaande grafieken is de dagsom van de metingen tussen het gewas gedeeld door de dagsom boven het gewas. Hiermee wordt de lichtdoordringing procentueel weergegeven.



Wanneer de dagsommen tussen het gewas worden uitgezet tegen het beschikbare licht boven het gewas wordt zichtbaar dat op 50cm onder de kop, op een bewolkte dag 50% van het aangeboden licht over is, terwijl op een zonnige dag nog maar 35% licht over is.

Tabel: Lichtdoordringing				
	22-jun	23-jun	30-jun	1-jul
	bewolkt	bewolkt	zonnig	zon weg geschermd
dagsom (mol)	13,7	18	45,5	38,3
0,0 m (kop)	100%	100%	100%	100%
- 0,25 m	88%	89%	79%	80%
- 0,50 m	55%	52%	35%	38%
- 0,75 m	38%	40%	30%	30%
- 1,00 m	16%	16%	10%	8%

NEXT STEP HNT AUBERGINE

Analyse:

- Bij diffuus licht (bewolkt) komt het licht relatief dieper in het gewas dan bij direct zonlicht.
- Zowel de buitenlichtmeting in LetsGrow.com als de binnenlichtmeting van de PAR-sensor boven de kop van het gewas laten op zonnige dagen een mooie boog zien, maar
- De lichtmetingen in de kas laten om 12:00 uur een dip zien. Dit wordt veroorzaakt door schaduw van de kasgoot. De zon staat dan in lijn met de goot.
- Het licht tussen het gewas loopt tot 12:00 uur parallel aan het licht boven het gewas, maar hierna is het lichtniveau relatief lager. Dit komt doordat de sensoren vanaf die tijd in de schaduw van de zon-rij komen.
- Bij zowel een zonnige dag als een bewolkte dag is op 1,5m onder de kop amper licht over in de V van het gewas.
- De oriëntatie van de kas ten opzicht van de zon heeft grote invloed op de verdeling van het zonlicht over de linker- en rechterkant van de plant. Bij gebruik van een V-systeem kan de zonkant meer licht krijgen dan de schaduwkant. De schaduwkant lijkt opener van structuur.

Conclusie:

- In de bovenste meter van het gewas wordt 80% tot 90% van het licht opgevangen. De bovenste bladeren van het gewas zijn derhalve het belangrijkste voor fotosynthese.
- De schaduwrij van de plant vangt op een zonnige dag na 12:00 uur veel minder licht op, door de schaduwwerking van de zonrij. Bij het bouwen van een kas moet je rekening houden met de positionering van de paden t.o.v. de zon.
- Diffuus licht wordt gelijkmatiger verdeeld over de bovenste meter van het gewas. Ook bij diffuus licht is veruit het meeste licht onderschept op 1 meter onder de kop.

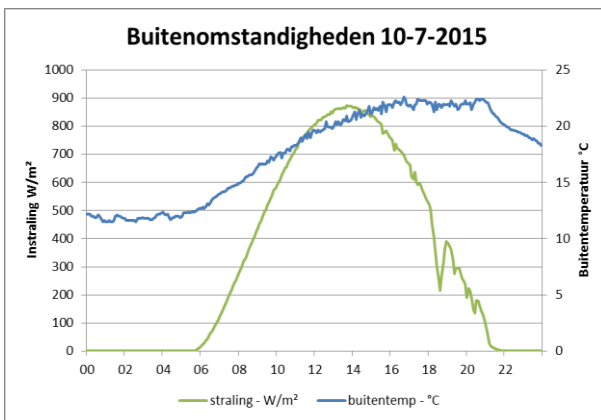
VAN ONSELEN : momentane lichtmetingen

Bij Van Onselen is in de periode van 6-7-2015 tot 30-9-2015 de lichtdoordringing in het gewas gemonitord in een referentie behandeling en in een bladplukproef. Doel van deze metingen is informatie verkrijgen of bladplukken (blaadje uit de kop verwijderen) leidt tot een opener gewas, betere lichtverdeling en hogere assimilatenaanmaak op gewasniveau. Omdat het effect van een blaadje in de kop verwijderen pas na een aantal keren bladplukken zichtbaar wordt, is een nulmeting geanalyseerd en zijn alleen in de laatste twee weken van de meetperiode de effecten van bladplukken op lichtdoordringing geanalyseerd.

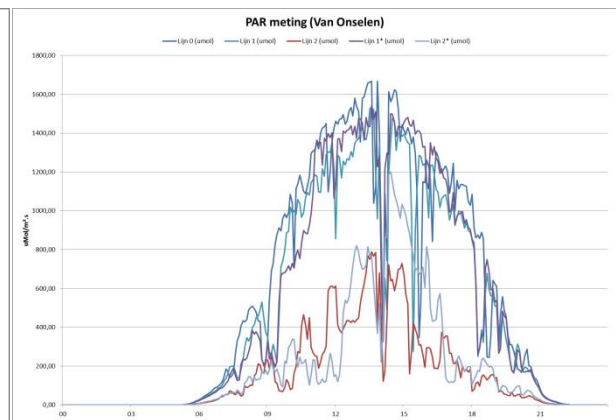
Lichtdoordringingsmeting in het gewas

Bij Van Onselen is geen mogelijkheid om klimaatgegevens in LetsGrow.com te tonen. Voor de buitenomstandigheden zijn de beschikbare data in LetsGrow.com gebruik voor Westland-De Lier, wat ca. 5 km verwijderd ligt van de kas.

Verschilanalyse nulmeting referentie en bladpluk
10 juli was een zonnige dag.



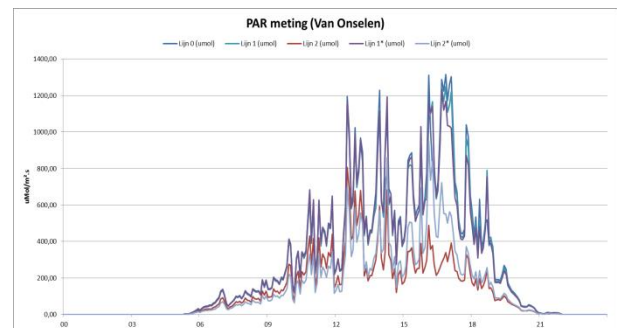
10-7-2015: Buitenomstandigheden



10-7-2015: Lichtdoordringing zonnige dag

Wat opvalt is dat ook bij Van Onselen een dip in de lichtmeting zit door schaduw van de goot. Verschil met Greenbrothers is dat de dip rond 14:00 uur plaatsvindt en de lichtsommen links en rechts van de dip ongeveer gelijk zijn. Bij Van Onselen is geen duidelijke zon- of schaduwrij. Fysiek zijn het referentie meetpunt en de bladplukproef 9,6 meter van elkaar verwijderd. Bij analyse van de lichtdoordringen bij aanvang van de proef valt op dat lijnsensor 2* (bladpluk), welke op 60cm onder de kop zit, voor de middag een lagere waarde geeft dan de referentie, maar na de middag een veel hogere waarde laat zien. Dit wordt veroorzaakt door beschaduwing in de ochtend en directe instraling na 14:00 uur. Hoger in het gewas is dit verschil niet zichtbaar.

Op 8 juli, een bewolkte dag, was het verschil ook zichtbaar. Het gewas bij de bladplukproef is bij aanvang iets opener aan de westkant van de V.



8-7-2015: Lichtdoordringing bewolkte dag

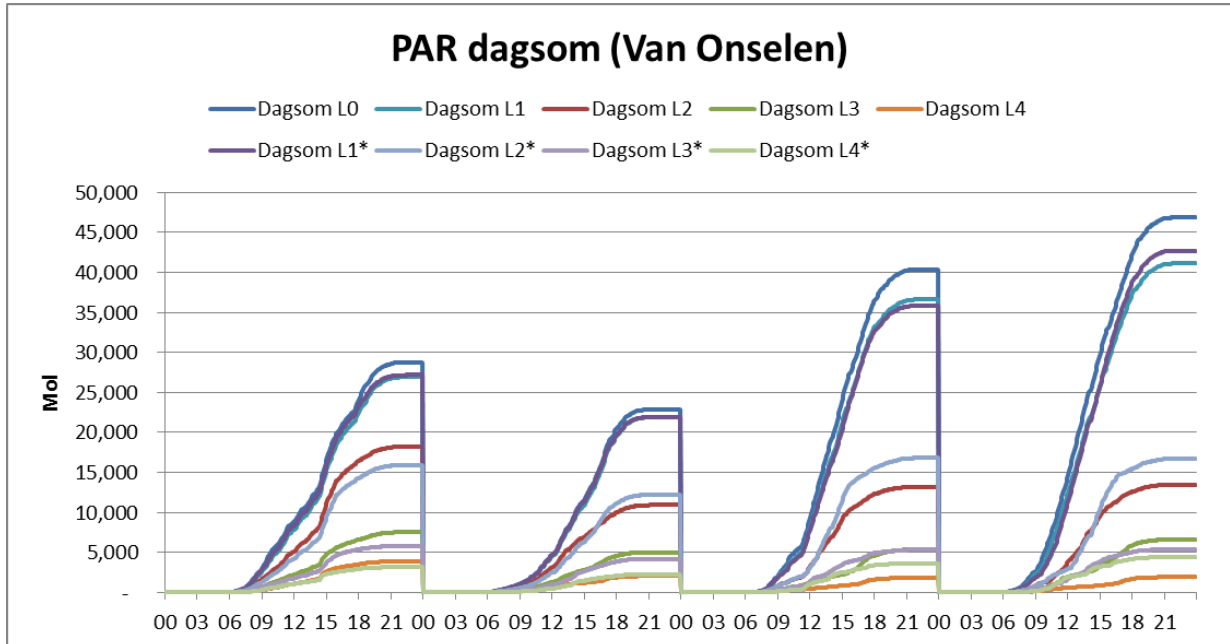
NEXT STEP HNT AUBERGINE

Een aantal dagen na elkaar

Onderstaande grafiek toont de dagsommen van 4 opeenvolgende dagen (7 t/m 10 juli 2015)

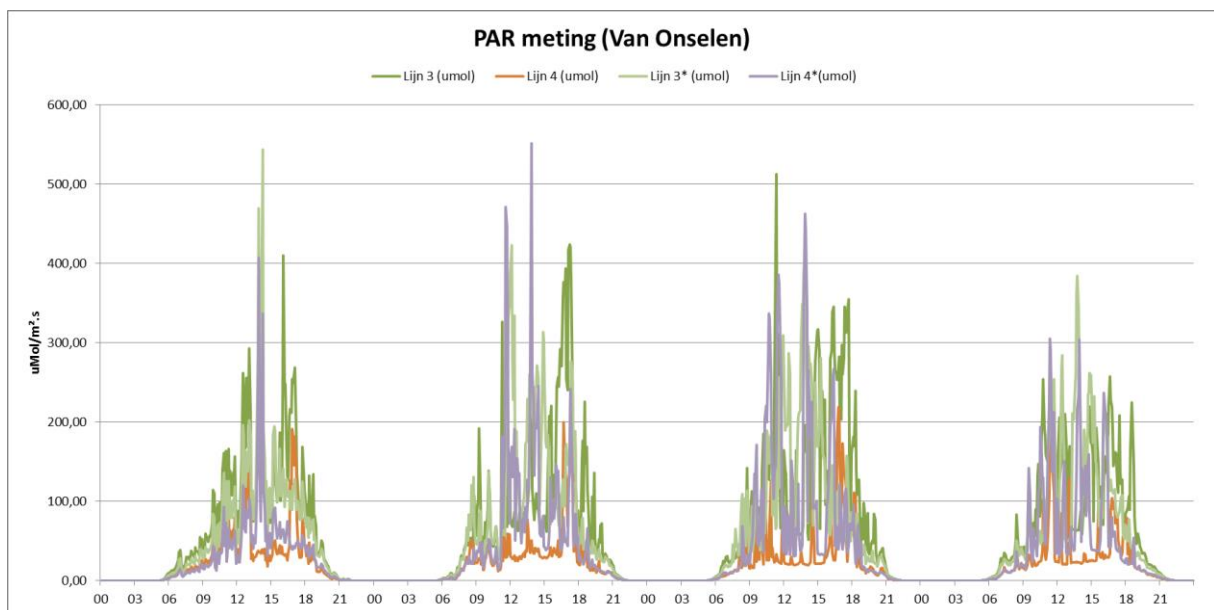
7 en 8 juli waren (licht)bewolkte dagen, 9 en 10 juli waren dagen met weinig bewolking.

Opvallend is dat in de kop van het gewas de verschillen in dagsom groot zijn, terwijl de verschillen op laag 2 (L2) al behoorlijk zijn uit gedempt. Vanaf 90 cm onder de kop merkt het gewas qua lichtsom nauwelijks een verschil tussen bewolkte dag en een zonnige dag.



Grafiek: dagsommen 4 opeenvolgende dagen bij Van

In onderstaande grafiek zijn alleen lijn sensor 3 en 4 weergegeven. Deze bevinden zich op respectievelijk 90cm en 120 onder de kop. Behalve dat de dagsommen amper verschillen, zijn ook over de dag heen geen grote verschillen te zien tussen een bewolkte dag en een zonnige dag. De lichtniveau's op 90cm onder de kop komen slechts sporadisch boven de 300 $\mu\text{Mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ en op 120 cm onder de kop schommelt het lichtniveau voornamelijk rond de 40 $\mu\text{Mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$.

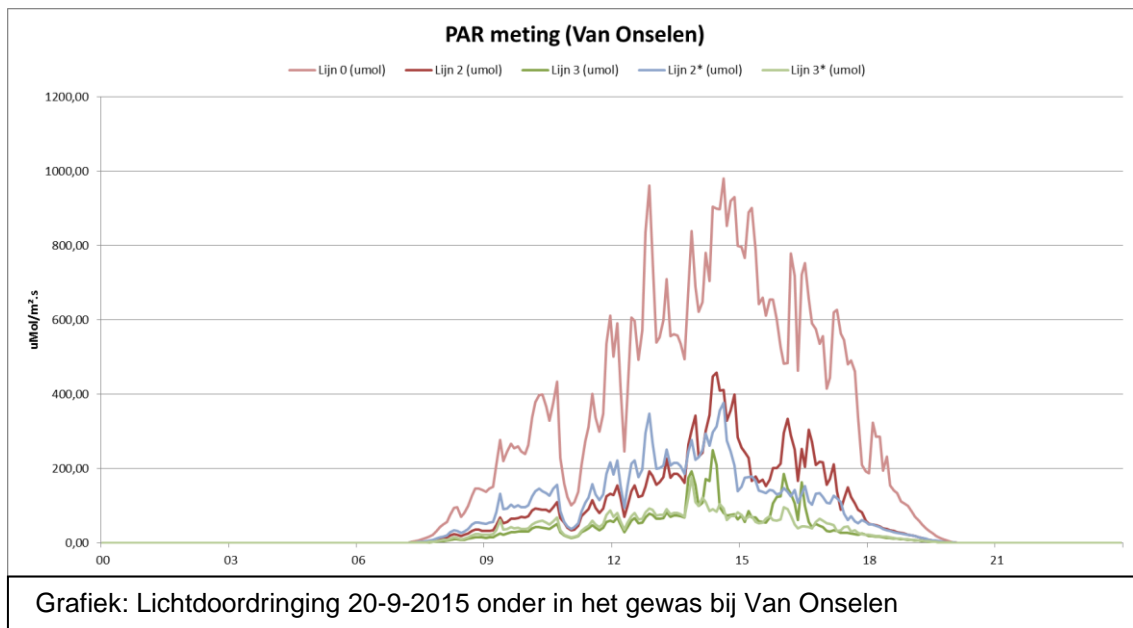


Grafiek: Lichtdoordringing onder in het gewas op 4 opeenvolgende dagen bij Van Onselen

NEXT STEP HNT AUBERGINE

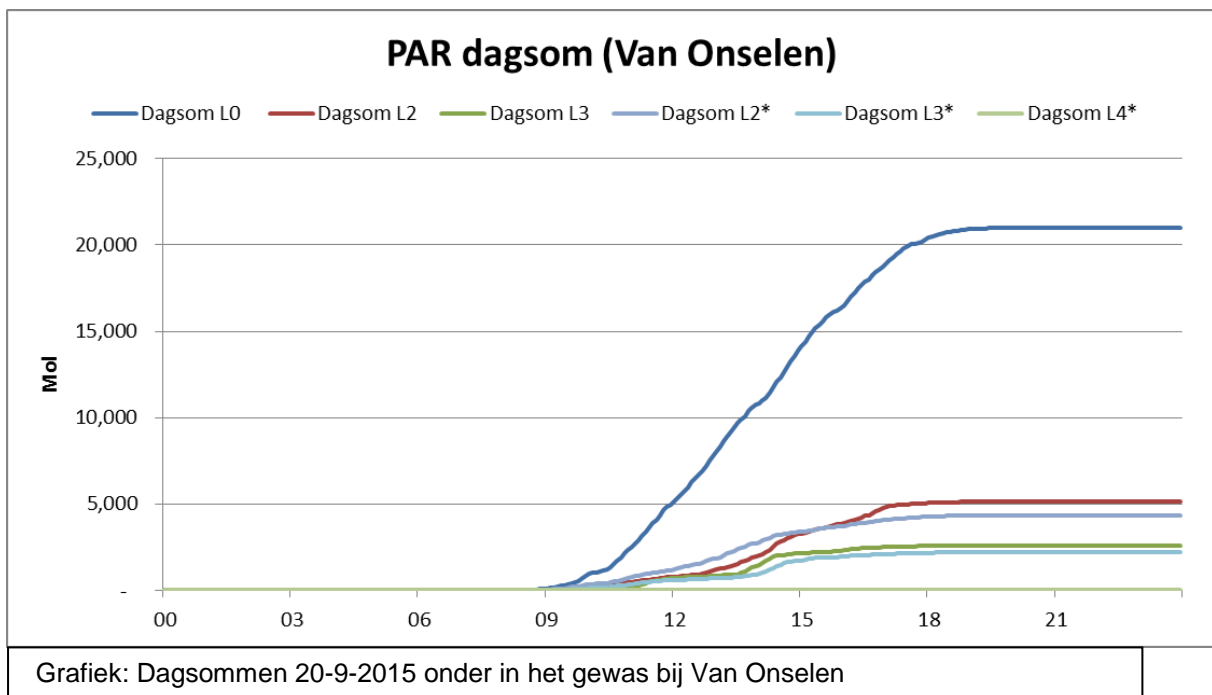
Lichtdoordringing bladplukken

Voor het effect van bladplukken (blaadje uit de kop halen) op lichtdoordringing wordt een dag aan het einde van de meetperiode bekeken. 20 september was een zonnige dag met af en toe een klein wolkje. Voor de lichtdoordringing wordt gekeken naar de sensor op 60 cm en 90 cm onder de kop.



In bovenstaande grafiek is het momentane lichtniveau over de dag weergegeven. Lijn 2 op 60cm onder de kop is voor de middag hoger in de bladplukproef, en na de middag hoger in de referentie. De verschillen zijn te klein om hier conclusies uit te trekken. Dit verschil zal eerder komen door een blad aan de oostkant van de sensor die toevallig licht afvangt, dan door een opener gewas aan de bovenkant.

Op 90 cm onder de kop zijn de verschillen nog kleiner. Het lichtniveau is hier heel de dag laag, behalve als rond 14:00 de zon in lijn met de V schijnt valt er licht dieper tussen het gewas.



Ook de dagsommen laten geen grote verschillen zien. De dagsom op 60cm onder de kop is ca. 23% en op 90cm onder de kop 10%.

NEXT STEP HNT AUBERGINE

Resultaten:

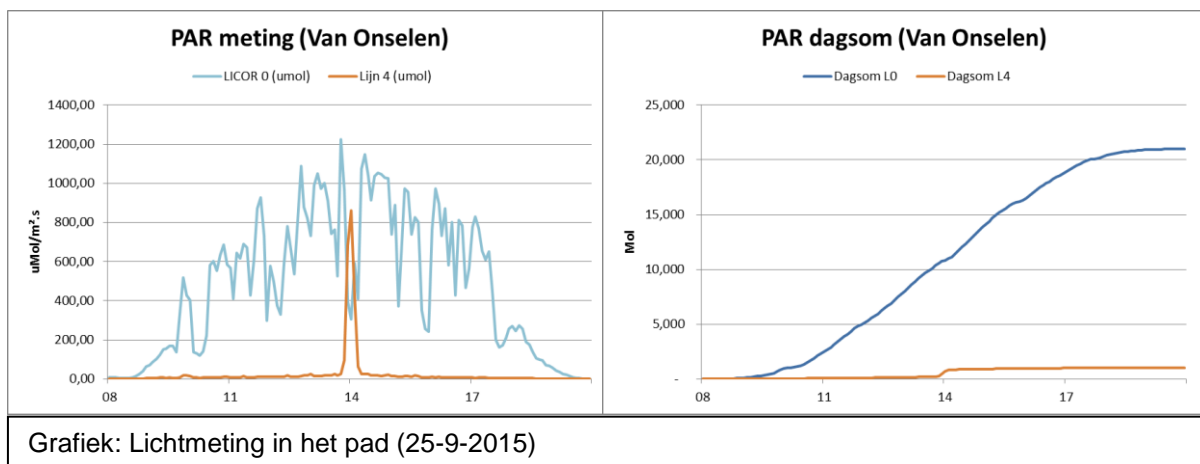
- De lichtdoordringingsmetingen laten niet zien dat bladplukken (een blaadje uit de kop) in deze periode van het jaar tot een betere lichtverdeling over het gewas leidt. Mogelijk is de periode van behandelen te kort en te laat in het jaar.
- Zowel in de referentie als in de bladplukbehandling is het licht op 90 cm onder kop voor ca. 90% opgevangen.

Hoeveel licht valt op het pad:

Aanleiding: kwekers “zien” dat het licht is onderin het gewas en vermoeden dat er veel kostbaar licht op het pad valt. De vraag is hoeveel licht er op het pad valt. Ook is de verwachting dat er onderin het gewas op de bladeren in het pad nog best veel licht valt en dat die bladeren nuttig zijn.

Tot nu toe heeft de lichtmeting in de V van het gewas plaatsgevonden en alleen in de bovenste 1,5m. Het vermoeden is dat de bladeren in het pad meer licht krijgen dan bladeren in de V.

Uitvoering: Van 25-9-2015 tot 30-9-2015 heeft lijnsensor 4 op de grond gelegen tussen de buisrail. In deze periode is het gewas volgroeid en ca. 4m hoog.



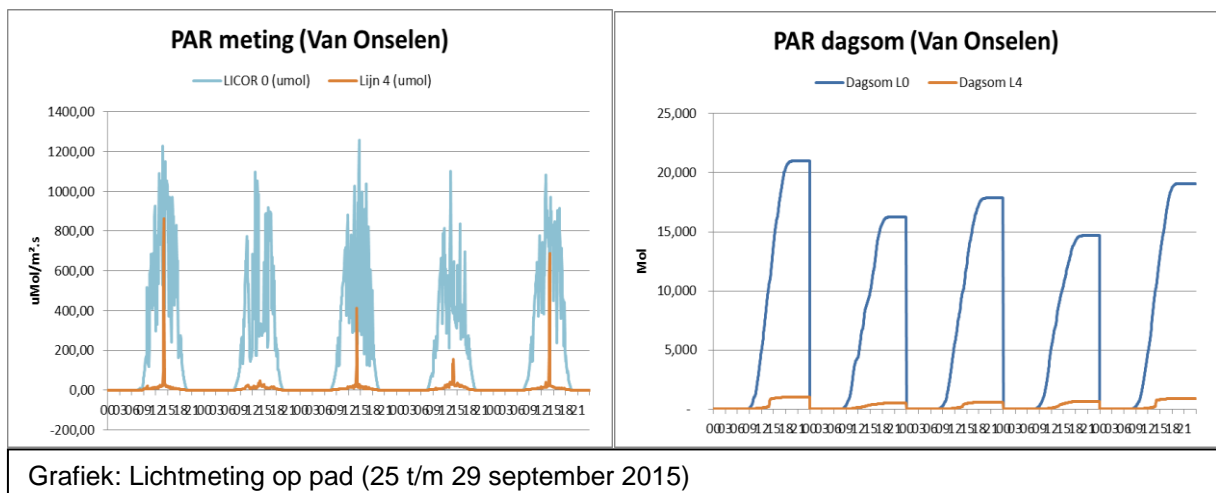
Grafiek: Lichtmeting in het pad (25-9-2015)

Analyse:

Het lichtniveau op de grond van het pad laat om 14.00 uur een piek zien. De paden bij Van Onselen zijn noord/zuid georiënteerd en om 14.00 uur schijnt de zon recht door het pad. Voor en na 14.00 uur dringt gemiddeld 3% van het licht door tot het pad.

Op 25-9 heeft de kop van het gewas 20,973 MOL licht gekregen, waarvan 1,027 MOL op het pad viel.

De andere dagen laten een zelfde beeld zien.



Grafiek: Lichtmeting op pad (25 t/m 29 september 2015)

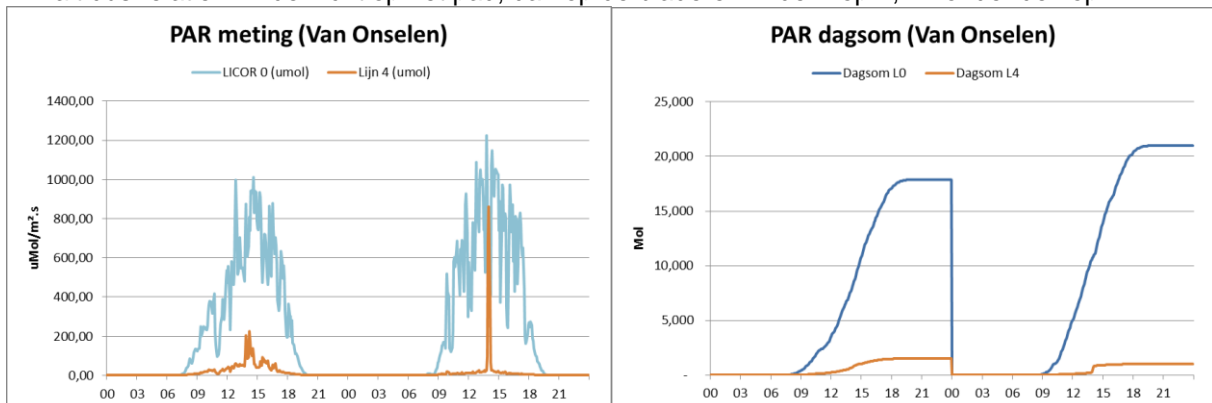
NEXT STEP HNT AUBERGINE

Vergelijking licht op pad vs licht op 1,2m onder de kop:

Ter illustratie het vergelijk tussen een dag waarbij de lijnsensor nog op 1,2 meter onder de kop hing (20 september). Op 1,2 meter onder de kop van het gewas en gemeten in de V van de plant, dringt gedurende de dag tussen de 8% en de 10% licht door. Als het licht in de kop van het gewas toeneemt, neemt ook het licht op 1,2 m eronder toe.

	20-sep	25-sep
Lichtsom kop	17,759	20,973
Lichtsom lijn-4	1,519	1,027
% doordringing	9%	5%

Er valt dus relatief minder licht op het pad, dan op de bladeren in de V op 1,2m onder de kop.



Grafiek: Licht op 1,2 m onder de kop (20-9-2015) versus licht in het pad (25-9-2015)

Conclusie:

Het lichtniveau op het pad en op de onderste bladeren van de plant is het grootste deel van de dag zeer laag. In het pad valt gedurende een korte tijd licht met van een hoog lichtniveau. Uit de metingen van PlantDynamics blijkt dat oudere bladeren die zich lager in het gewas bevinden boven de 350 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ niet meer efficiënt licht omzetten in assimilaten. Dit in combinatie met de korte duur van de lichtpiek leidt tot de conclusie dat ook de bladeren onderin het gewas, die zich in het pad bevinden zeer weinig tot nihil bijdragen aan de fotosynthese van het gewas.

4.6 Fluorescentiemetingen van het gewas bij project HNT Aubergine

Uitvoering: Adviesbureau J.F.H. Snel

Adviesbureau JFH Snel
Fotosynthesemonitoring voor de tuinbouw



Opdracht:

Voor het onderzoek HNT Aubergine is via plantmonitoring bepaald hoe de fotosynthese verloopt onder omstandigheden van meer schermen en andere vocht- en temperaturomstandigheden in de kas. De fotosynthese-expertise van Adviesbureau JFH Snel wordt in dit project ingezet om de fotosynthese te monitoren en het effect van de te onderzoeken teeltstrategieën op de assimilatenaanmaak te bepalen.

Hierbij is gebruik gemaakt van de Hex-PAM welke op basis van Chlorophyl fluorescentie meet hoeveel ETR (fotosynthetisch elektronen transport) er plaatsvindt, wat een goede indicatie is voor fotosynthese.

Werkwijze:

In het gewas van verschillende kassen met verschillende behandelingen zijn gedurende enkele maanden metingen uitgevoerd met de Hex-PAM. De Hex-PAM meet continu aan 6 bladeren wat de fluorescentie, PAR instraling, bladtemperatuur en RV is. Op basis van deze metingen kan de efficiëntie en effectiviteit van licht op verschillende hoogten in het gewas gemonitord worden en ontstaat een beeld van hoe de plant reageert op dagen met verschillende licht- en klimaatomstandigheden en ook wat de invloed is van een opener gewas en een andere schermstrategie.

Resultaat:

De fluorescentiemetingen laten zien dat er een gradiënt is in het gewas voor fotosyntheseparameters. De bovenste bladeren (50 cm onder de kop) hebben de hoogste fotosynthese-efficiëntie en de hoogste fotosynthesecapaciteit. De bladeren onderin (150 cm onder de kop) hebben de laagste fotosynthese-efficiëntie en de laagste fotosynthesecapaciteit. In de periode 23 mei – 12 juni is de ETRsom recht evenredig met de lichtsom. Op een aantal karakteristieke dagen zijn de data in detail geanalyseerd.

Dat leidt tot de volgende conclusies:

- Een schermstrategie die tot een lagere lichtsom in de kas leidt, heeft dus een evenredige verlaging van de ETRsom tot gevolg.
- Bladeren uit middelste en onderste lagen gaan minder efficiënt om met hoge lichtintensiteiten.
- Ook bladeren uit middelste en onderste lagen kunnen tijdelijk aan hoog licht blootgesteld worden.
- Het gerealiseerde klimaat stelt het gewas in staat om op bewolkte dagen het licht zo efficiënt mogelijk te benutten.
- Na een donkere periode kan een lichte, warme dag tot een lagere lichtbenutting leiden.
- Ook bij erg warm weer blijft het klimaat goed voor de bladfotosynthese.

Inleiding

Continue metingen van de fluorescentie van het gewas in kas 4 en kas 3 onder omstandigheden van hoge instraling kunnen een bevestiging vormen voor de aangepaste teeltstrategie in kas 4 waar gestreefd wordt om het licht efficiënter te benutten.

De metingen met de Licor-6400 zijn een momentopname. Door fluorescentie-metingen continu te loggen kunnen de potentiële en de gerealiseerde ETR (maat voor fotosynthese) berekend worden en op interessante momenten in de teelt onderzocht worden. Dit zijn met name:

- Momenten met een hoge T, RV en CO₂ bij hoge instraling.
- Het moment van openen van het scherm (Wat kost later openen van het scherm aan licht en had dit licht tot fotosynthese geleid? Deze meting dient in combinatie met continu meting van de huidmondjes geleiding (d.m.v. IR-kooptemperatuur meting)).
- Efficiëntie blad in situatie met of zonder bladplukken.

De fluorescentie metingen worden uitgevoerd met 2 Hex-PAM fluorimeters van Adviesbureau JFHSnel. Om de ETR metingen om te rekenen naar CO₂ assimilatie wordt gebruik gemaakt van gecombineerde CO₂-fluorescentiemetingen van Plant Dynamics met de Licor 6400.

Hex-PAM

De fotosynthese-expertise van Adviesbureau JFH Snel wordt in dit project ingezet om de fotosynthese te monitoren en het effect van de te onderzoeken teeltstrategieën op de assimilatieaanmaak te bepalen.

Hierbij is gebruik gemaakt van de Hex-PAM. Dit is een doorontwikkeling van de "Plantivity" en bestaat uit zes meetkoppen welke op verschillende hoogtes in het gewas PAR, CF, RV en bladtemperatuur meten. Tevens is in iedere meetkop een lichtbron aanwezig waarmee de potentiële ETR bij een bepaalde lichtintensiteit (meestal tot ca. 900 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) bepaald kan worden.



Figuur 4.7.1 van meetkop 1 van de Hex-PAM meter 2 in de referentie afdeling. Meetkop 1 was boven in het gewas gemonteerd.

Eigenschappen Hex-PAM:

- Continue metingen met zes meetkoppen (elke 15 min. gedurende lichtperiode). Per meetkop wordt gemeten: PAR bij het blad, de bladtemperatuur en de relatieve luchtvochtigheid bij het blad.
- Meetoppervlak CF sensor ca. 1 cm²
- Bepaling van de potentiële ETR: max haalbare ETR bij een gegeven lichtintensiteit
- ETR meting. Voor omrekening naar CO₂ opname is kalibratiemeting met fotosynthesemeter nodig
- Sensoren moeten wekelijks handmatig overgezet worden naar nieuw blad

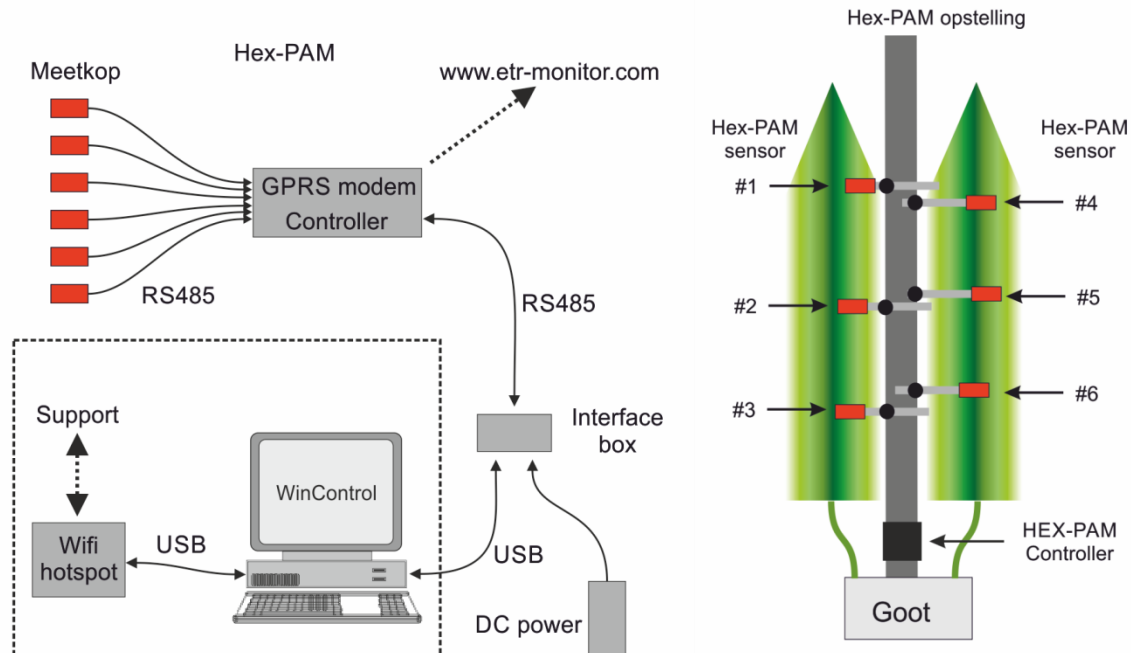
De meerwaarde van deze meting is er met name voor:

- Bladplukstrategie
- Bepaling lichtcompensatie punt
- Telen bij hoge T, RV en CO₂ als er veel licht is.
- Moment openen scherm
- Wisselvallig weer

Meet- en analysemethode

Meetopstelling

In figuur 4.7.2 staat de meetopstelling schematisch weergegeven. Om de effecten van de behandelingen goed te kunnen bepalen zijn 2 Hex-PAM meters ingezet.



Figuur 4.7.2.

Links: Schema van de Hex-PAM. De Hex-PAM bestaat uit een Controller die de 6 meetkoppen aanstuurt en de data via een modem naar de website www.etr-monitor.com stuurt. Via de interface box kan een PC worden aangesloten waarmee de Hex-PAM opgestart kan worden. Tijdens normaal gebruik is de PC niet nodig.

Rechts: Schema van de opstelling van de Hex-PAM in het gewas. De meetkoppen zijn in 3 lagen opgesteld: op 25cm, 75cm en 125cm van de kop. De meetkoppen zijn via een klem en een flexibele arm aan de dragende palen van de kasconstructie bevestigd.

Meetperiode 1 (22-5-2015 tot 3-7-2015):

Hex-PAM#1 in Afdeling 4 Greenbrothers

Hex-PAM#2 in Afdeling 3 Greenbrothers

Meetperiode 2 (6-7-2015 tot 21-9-2015):

Hex-PAM#1 in Afdeling 4 Greenbrothers

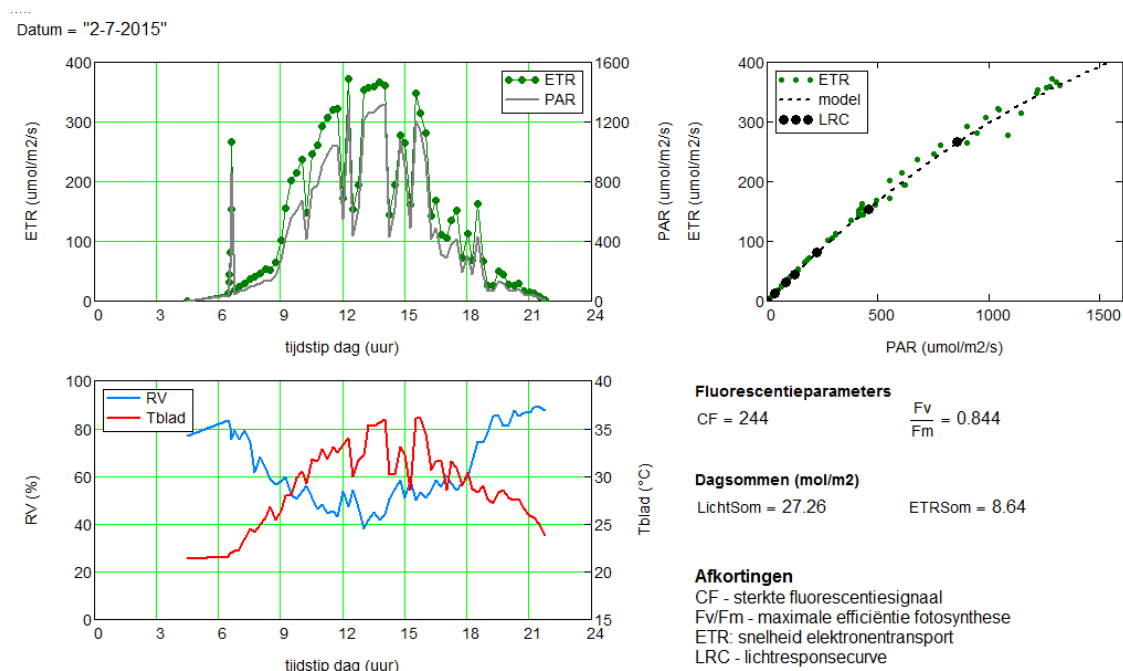
Hex-PAM#2 in bladplukproef van Onselen

- van 6-7-2015 tot 11-8-2015: referentieteelt
- van 12-7-2015 tot 21-9-2015: gematigde bladpluk

Meetprotocol

- Meetlicht Hex-PAM alleen aan tijdens de meting
- 1 uur voor zonsopgang wordt de Fv/Fm meting (in het donker) uitgevoerd
- 1 uur na zonsopgang wordt de lichtrespons gemeten
 - o Lichtstappen via interne witte LED: 0, 30, 75, 125, 220, 445 en 850 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
 - o Elke stap duurt 2 min.
- Tussen meting lichtrespons en zonsondergang
 - o Elke 15 min. meting als PAR van meetkop 1 groter is dan 2 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
- Na zonsondergang geen metingen
- Data real-time naar server www.etr-monitor.com
- Geselecteerde data real-time naar Letsgrow.com

NEXT STEP HNT AUBERGINE



Figuur 4.7.3. Links: Verloop van PAR en ETR (boven) en RV en bladtemperatuur (onder) van sensor 4 (boven in gewas) op een heldere dag (2 juli) in de referentiekas. Eén uur na zonsopkomst is een lichtresponscurve (LRC) bepaald om de potentiële ETR te berekenen. Rechtsboven: Resultaat van de LRC meting en de gedurende de dag gemeten ETR waarden uitgezet als functie van de lokale PAR.

Bepaling potentiële ETR

De snelheid van de fotosynthese wordt bepaald door een aantal factoren:

- Extern: PAR, temperatuur, VPD en CO₂
- Intern: geleidbaarheid huidmondjes, C₅-suikers waaraan de CO₂ moet binden, C₆-suikers die de binding van CO₂ kunnen remmen.

De potentiële ETR is de fotosynthese, gemeten als ETR, onder optimale condities voor fotosynthese. D.w.z.:

- Geen interne of externe belemmeringen voor de fotosynthese.
- Een gunstig moment is 1-3 uur na het begin van de lichtperiode. Dan zijn RV en CO₂ nog hoog, zijn de huidmondjes open, zijn er voldoende C₅-suikers en is er nog geen remming door opgehoopte C₆-suikers.

De meting wordt uitgevoerd door eerst de ETR te meten bij het aanwezige licht. Daarna wordt het stukje blad in de meetspot gedurende twee min. belicht met witte LED van de HEX-PAM. Aan het eind van de twee min. wordt de ETR gemeten bij die lichtintensiteit. Daarna wordt de lichtintensiteit van de LED verhoogd en na twee min. wordt opnieuw de ETR gemeten. Zo wordt uiteindelijk de ETR bij zes lichtstappen (bovenop aanwezige lichtniveau) gemeten: 0, 30, 75, 125, 220, 445 en 850 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Voor het bepalen van de potentiële ETR wordt door de gemeten (ETR, PAR) punten een model van de fotosynthese gefit (zie onder). Het gebruikte model is een niet-lineaire hyperbool met drie parameters:

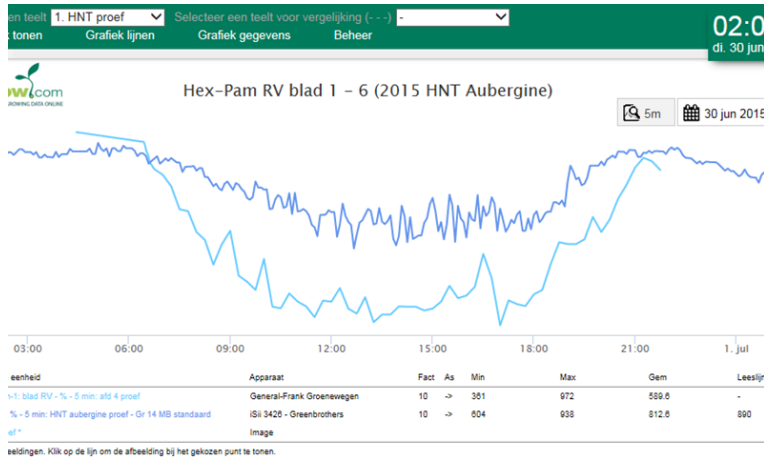
$$ETR(PAR) = \left[J_{max} + Q2 * PAR - \sqrt{(J_{max} + Q2 * PAR)^2 - 4 * J_{max} * Q2 * \theta2 * PAR} \right] / (2 * \theta2)$$

Met J_{max} = maximaal haalbare elektrontransportnelheid bij lichtverzadiging
 $Q2$ = initiële helling van de lichtresponscurve
 $\theta2$ = parameter die de curvatuur bepaalt.

In figuur 4.7.3 (grafiek rechtsboven) is goed te zien dat op 2 juli de overdag gemeten ETR waarden op of dicht in de buurt liggen van de potentiële ETR (onderbroken lijn). Hieruit mag geconcludeerd worden dat op 2 juli het klimaat boven in het gewas de hele dag gunstig was voor fotosynthese; zelfs

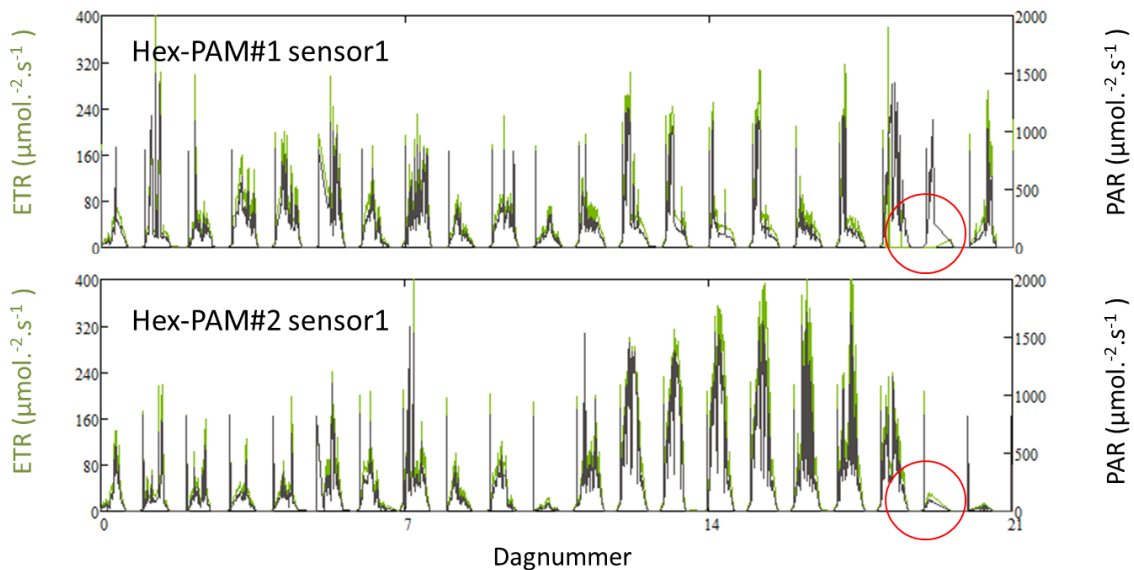
NEXT STEP HNT AUBERGINE

bij bladtemperaturen van 35°C en een RV van 40% (welke direct boven het blad gemeten is). De meetbox van de klimaatcomputer geeft op dat moment een RV tussen de 60% en 70%.



Resultaten

De monitoring is gestart met één Hex-PAM (#1) in de HNT kas en één (#2) in de referentiekas.



Figuur 4.7.4. Verloop van lokale PAR en ETR van sensor 1 (in de kop van het gewas) in de HNT proef (boven) en in de referentiekas (onder) In de periode 23 mei t/m 12 juni 2015. De rode cirkels markeren de tijdstippen waarop er geen blad in de sensor zat.

Verloop PAR en ETR

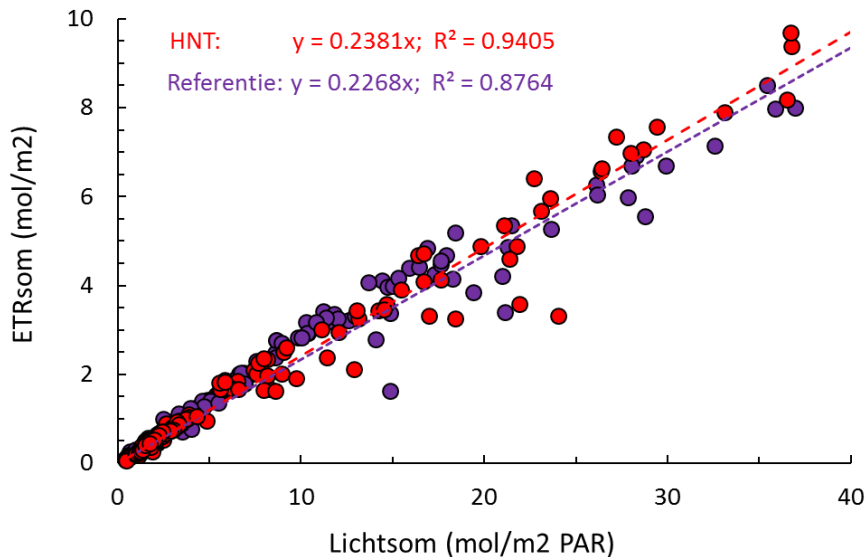
Figuur 4.7.4 boven geeft een indruk van het verloop van de PAR en de ETR van bladeren in de bovenste sensor (op ca. 50cm van de kop). Aan de rode cirkels is te zien dat op 10/11 juni in beide sensoren tijdelijk geen blad in de sensor zat. Er is wel PAR gemeten, maar de ETR lijn vertoont afwijkingen. Verder is te zien dat er nogal wat verschil is tussen de twee sensoren. Dat heeft niet zozeer met de behandeling te maken als wel met het microklimaat waar de sensor zich bevindt. In de HNT proef ziet het blad in sensor vooral 's morgens veel licht en het blad in de sensor in de referentiekas vooral 's middags.

Lineaire relatie tussen ETRsom en PARsom

Om na te gaan of er sprake is van lichtverzadiging op gewasniveau, is in Fig. 4.7.5 de ETRsom van elke sensor uitgezet tegen de PARsom van de desbetreffende sensor over de periode aangegeven in Figuur 4.7.4. Dat is voor beide afdelingen gedaan. Figuur 4.7.5 laat zien dat er een nagenoeg lineair verband is tussen de ETRsom en de PARsom en dat die relatie niet verschilt tussen de HNT en de referentie behandelingen. Dit resultaat betekent dat, in de gemeten periode, een grotere lichtsom tot een evenveel grotere ETRsom leidt.

Een schermstrategie die tot een lagere lichtsom in de kas leidt, heeft dus een evenredige verlaging van de ETRsom tot gevolg.

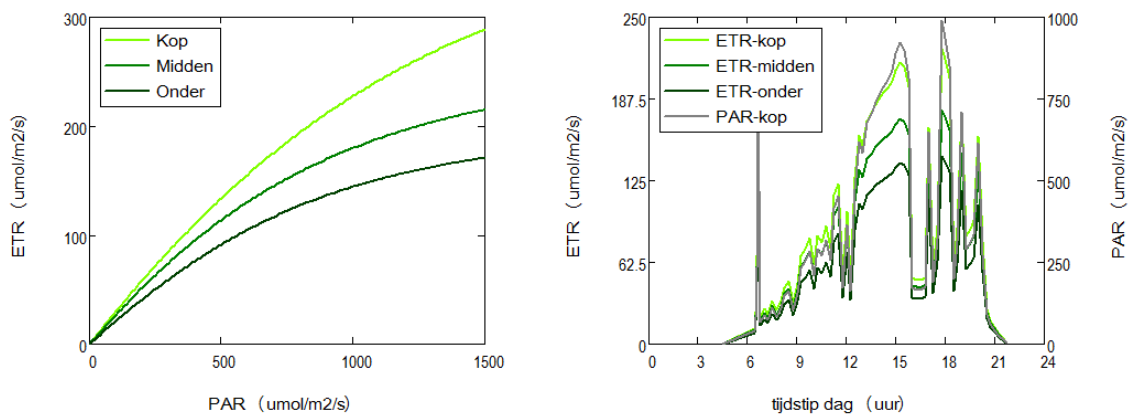
In deze periode lag de bladtemperatuur op maar 1 dag boven de 30°C. De CO₂ concentratie lag overwegend boven de 450ppm. De ETRsom is onder deze condities een goede maat voor de CO₂ assimilatie volgens de kalibratiemetingen van Plant Dynamics.



Figuur 4.7.5. Relatie tussen de ETRsom en de lichtsom in de proef (rode symbolen) en in de referentie (paarse symbolen). In de figuur zijn van alle sensoren per dag de lichtsom en de ETRsom berekend. Alle meetdata in de periode 23 mei – 12 juni zijn in de figuur geplot.

Verticale gradiënt in potentiële ETR

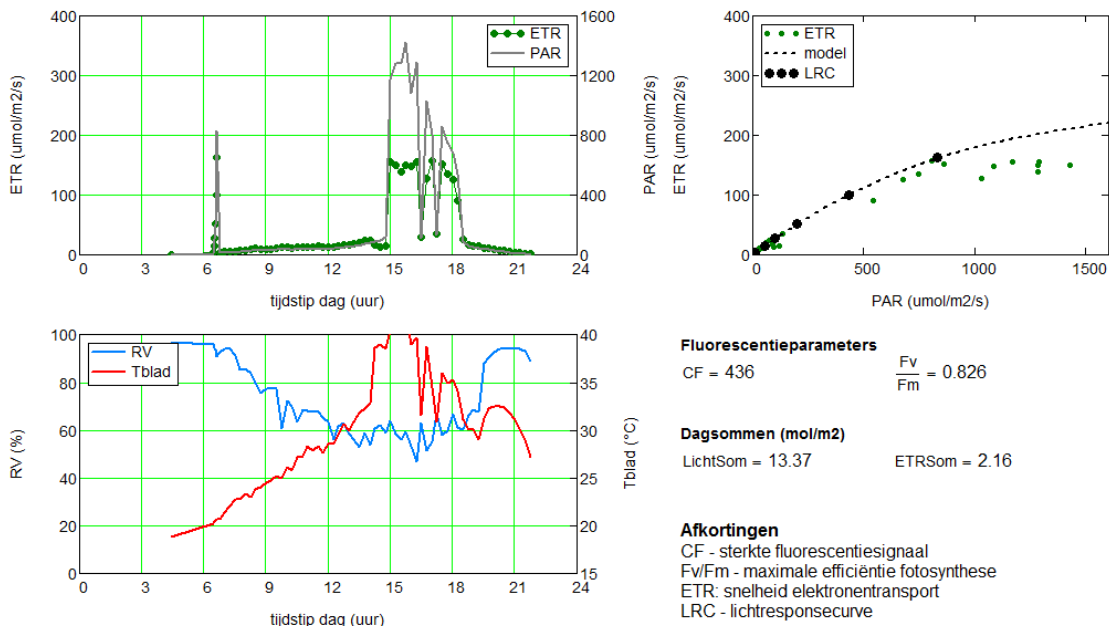
Uit de berekende potentiële ETR blijkt dat de bladeren boven in het gewas efficiënter omgaan met licht; vooral bij veel licht. Dat kan geïllustreerd worden door de bladeren in het midden en onderin het gewas in de computer “bloot te stellen” aan het gemeten licht in de kop van het gewas.



Figuur 4.7.6. Links: de potentiële ETR van bladeren in de kop, midden en onder, gemeten op een heldere dag (1 juli) in de referentiekas. Rechts: Verloop van de PAR en de ETR in de kop en de hypothetisch ETR als het blad in het midden en onderin aan de PAR in de kop zou zijn blootgesteld. Eén uur na zonsopkomst is een lichtresponscurve (LRC) bepaald waaruit de potentiële ETR is berekend.

Figuur 4.7.6 laat dat zien voor een zonnige dag. Links in de figuur is de potentiële ETR voor de 3 gewaslagen als functie van de PAR weergegeven. Rechts de PAR en de ETR in de kop, maar ook de gesimuleerde waarden als een blad uit de midden resp. onderin het gewas aan de PAR in de kop zou zijn blootgesteld. Uit de berekeningen blijkt dat de ETRsom van het blad uit het midden 16% lager zou zijn en bij het blad uit de onderste laag zou dat zelfs 33% minder zijn geweest.

Bladeren uit middelste en onderste lagen gaan minder efficiënt om met hoge lichtintensiteiten.



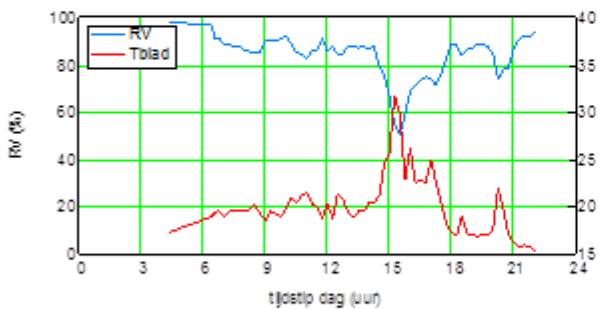
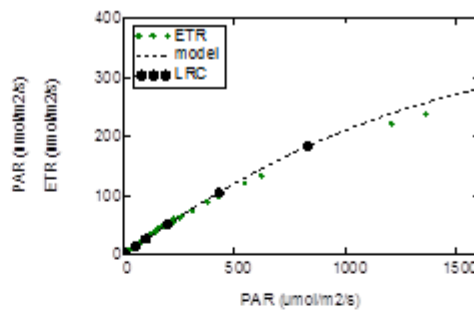
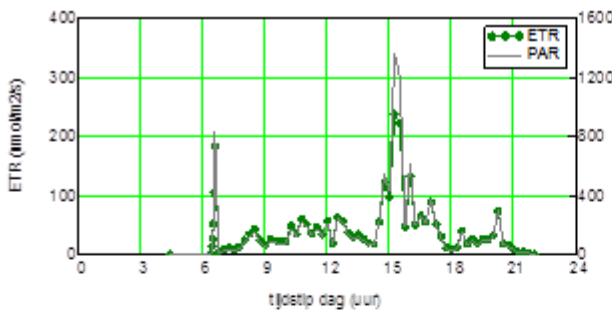
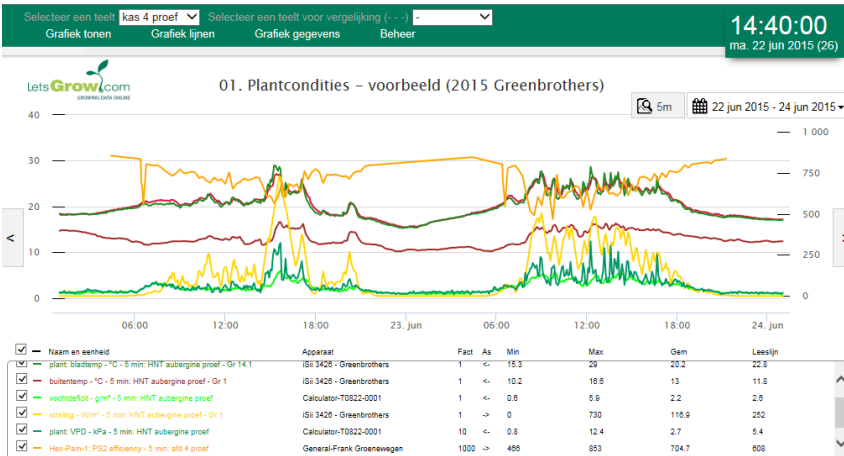
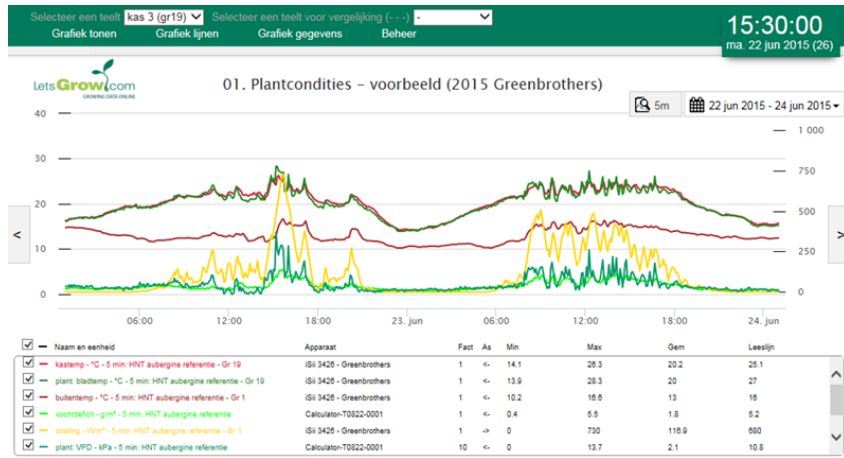
Figuur 4.7.7. Verloop van PAR en ETR (linksboven) en bladtemperatuur en RV (linksonder) van sensor 2 (midden in gewas) op 1 juli in kas 3 (Referentie). Rechtsboven de metingen van de lichtresponsecurve en de ETR uitgezet als functie van de PAR.

Figuur 4.7.7 laat de gemeten respons van het middelste blad zien. 's Morgens is er weinig licht, maar vanaf 15:00 uur staat het blad vol in de zon. Het blad heeft duidelijk moeite met het vele licht. De ETR is bij hoge PAR een stuk lager dan de potentiële ETR. Ook de bladtemperatuur loopt flink op. Toch loopt het fotosyntheseapparaat geen permanente schade op, want de volgende morgen is de Fv/Fm gewoon weer 0.825.

Ook bladeren uit middelste en onderste lagen kunnen tijdelijk aan hoog licht blootgesteld worden.

Fotosynthese op een aantal geselecteerde dagen

22/23 juni: dagen met veel bewolking



Fluorescentieparameters
 CF = 350 Fv/Fm = 0.838
 Dagsommen (mol/m²)
 LichtSom = 10.19 ETRSom = 2.45

Afkortingen
 CF - sterkte fluorescentiesignaal
 Fv/Fm - maximale efficiënte fotosynthese
 ETR: snelheid elektrontransport
 LRC - lichtresponscurve

Figuur 4.7.8. Verloop van PAR en ETR (linksboven) en bladtemperatuur en RV (linksonder) van sensor 1 (boven in gewas) op 23 juni in kas 4 (HNT). Rechtsboven de metingen van de lichtresponscurve en de ETR uitgezet als functie van de PAR. De potentiële ETR wordt uitgerkend met een model (onderbroken lijn) dat aan de metingen van de lichtrespons wordt gefit.

NEXT STEP HNT AUBERGINE

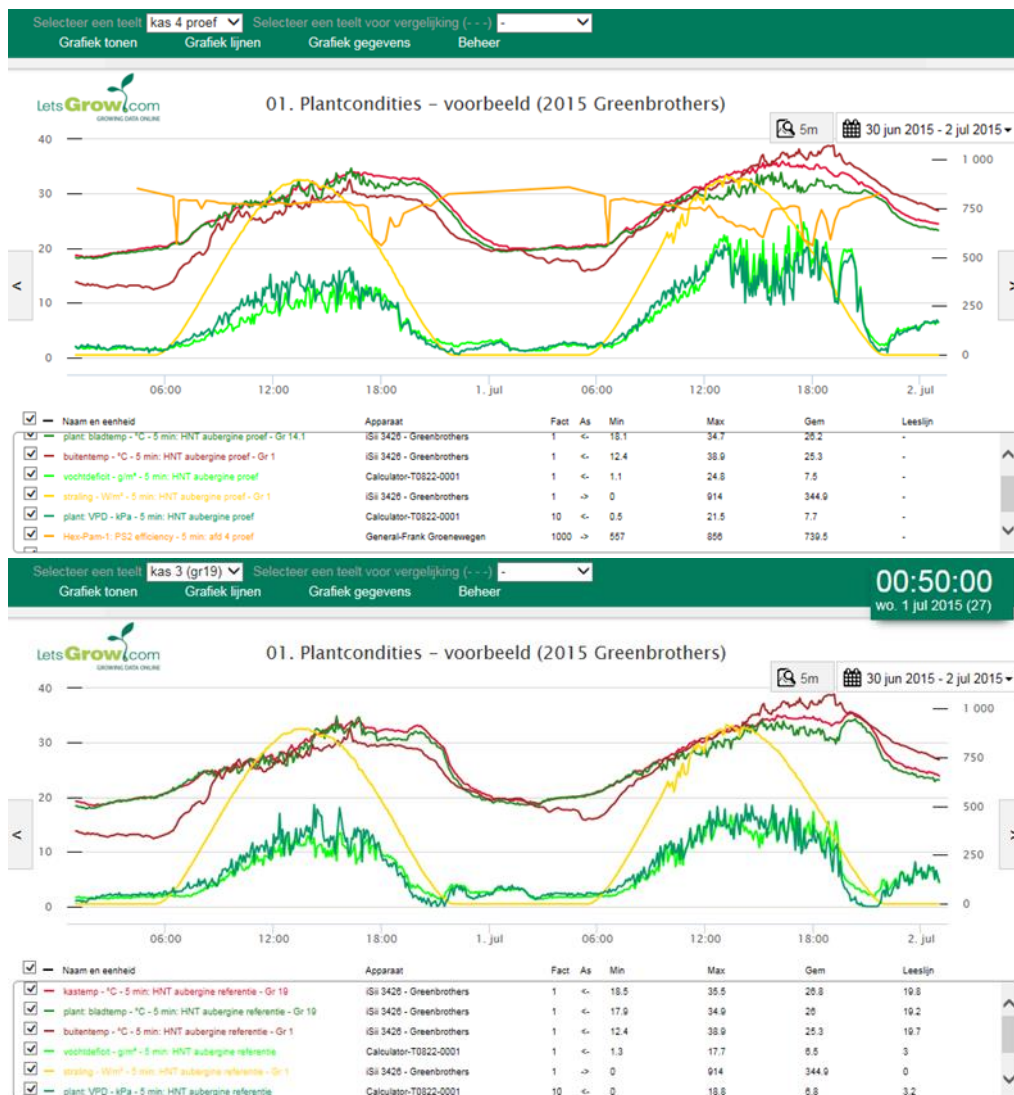
Op bewolkte dagen met een lage lichtsom zijn de gemeten ETR waarden de hele dag nagenoeg gelijk aan de potentiële ETR. Dit geldt ook voor de andere sensoren in de HNT kas en voor de bladeren in de referentiekas. Figuur 4.7.8 geeft als voorbeeld de resultaten van sensor 1 in de HNT behandeling op 23 juni. Alleen rond 15:00 uur breekt de zon even door en loopt de PAR snel op naar ca 1300 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. De ETR bij die lichtniveaus ligt dan even iets lager dan de potentiële ETR.

Het gerealiseerde klimaat stelt het gewas dus in staat om op deze dagen het licht zo efficiënt mogelijk te benutten.

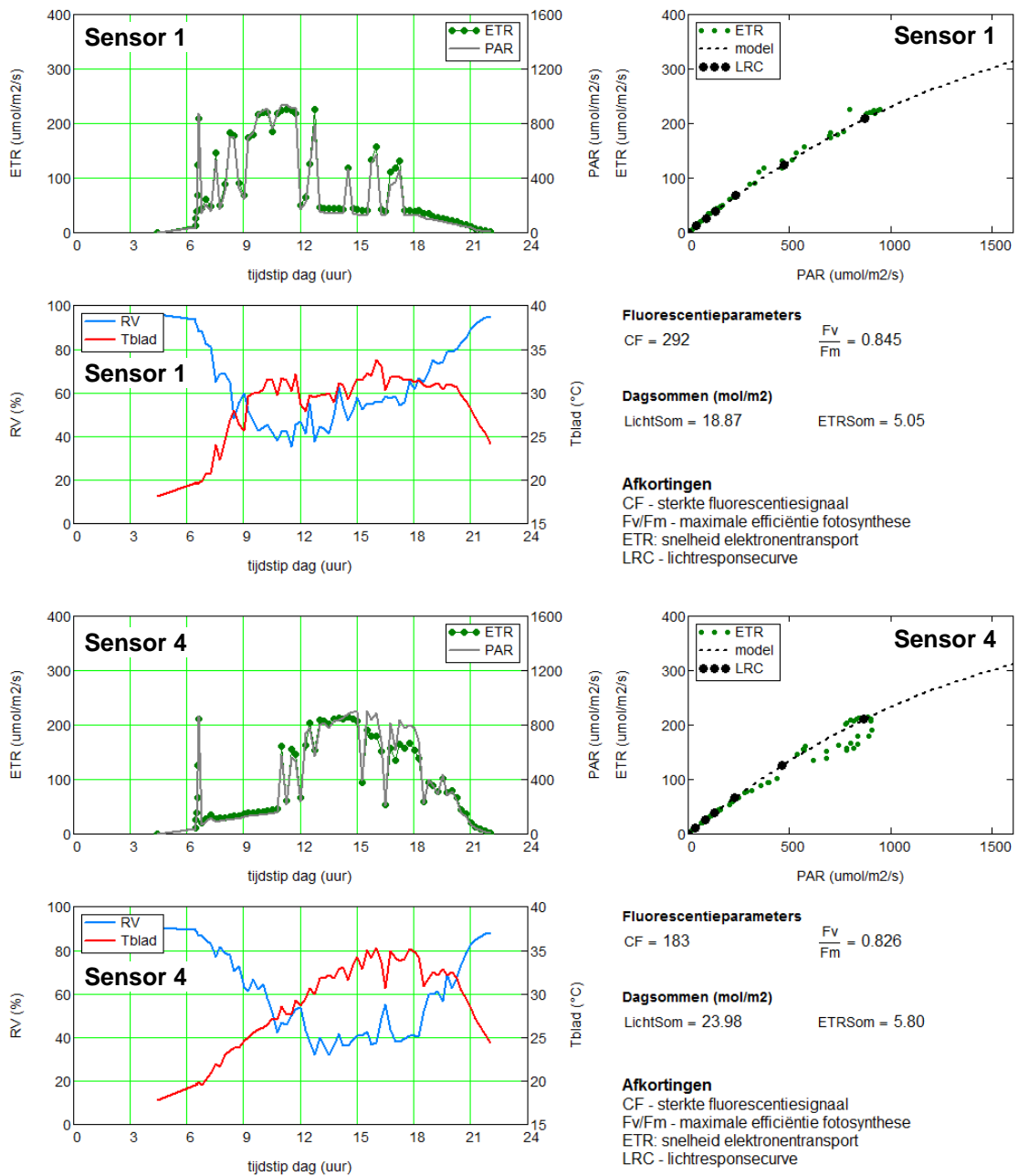
30 juni en 1 juli: veel zon na een donkere periode

Deze dagen met veel zon volgen op een periode met minder licht. Figuur 4.7.9 laat als voorbeeld de metingen van 30 juni van sensoren 1 en 4 in de HNT kas zien. De eerste helft van de dag levert geen problemen op. In de loop van de middag komt bij het blad in sensor 4 de ETR geleidelijk aan iets lager te liggen dan de potentiële ETR. Het blad in sensor 1 ligt 's middags in de schaduw en daar volgt de ETR keurig de potentiële ETR. Uit de metingen van het microklimaat blijkt dat de RV bij het blad in sensor 4 's middags wat lager ligt en dat de bladtemperatuur een paar graden hoger ligt. De ETRsom gedeeld door de Lichtsom is een maat voor de lichtbenutting van het blad. De lichtbenutting van het **blad** in sensor 1 is met 26.8% duidelijk hoger dan bij het **blad** in sensor 4 (24.2%). In de volgende dagen werd het effect wat kleiner en lag de ETR van sensor 4 dichterbij de potentiële ETR.

Na een donkere periode kan een lichte warme dag in de tweede helft van de dag tot een lagere lichtbenutting leiden.



NEXT STEP HNT AUBERGINE



Figuur 4.7.9. Links: verloop van PAR, ETR, bladtemperatuur en RV van sensor 1 (boven) en sensor 4 (onder) op 30 juni in kas 4 (HNT). Rechts: lichtresponsecurve en ETR uitgezet als functie van de PAR.

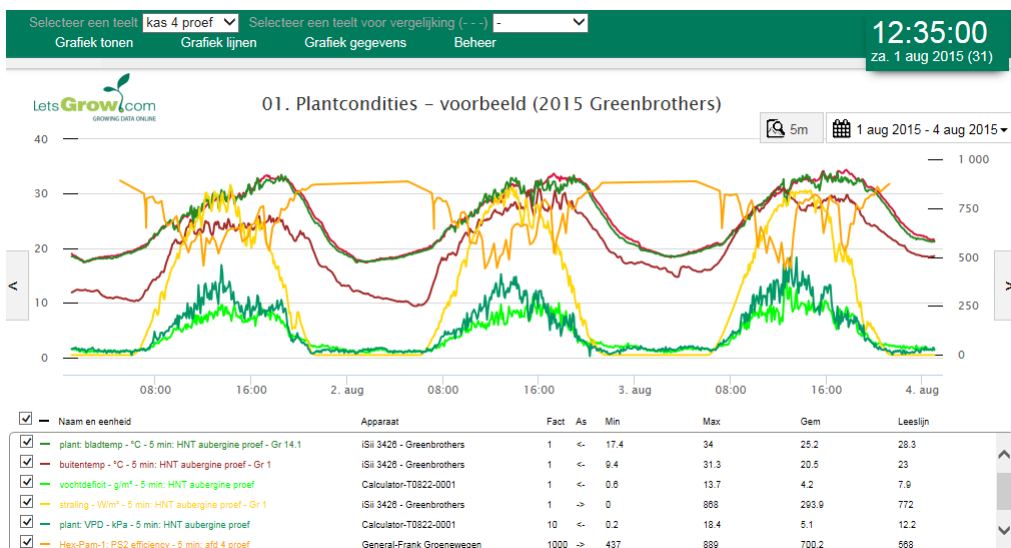
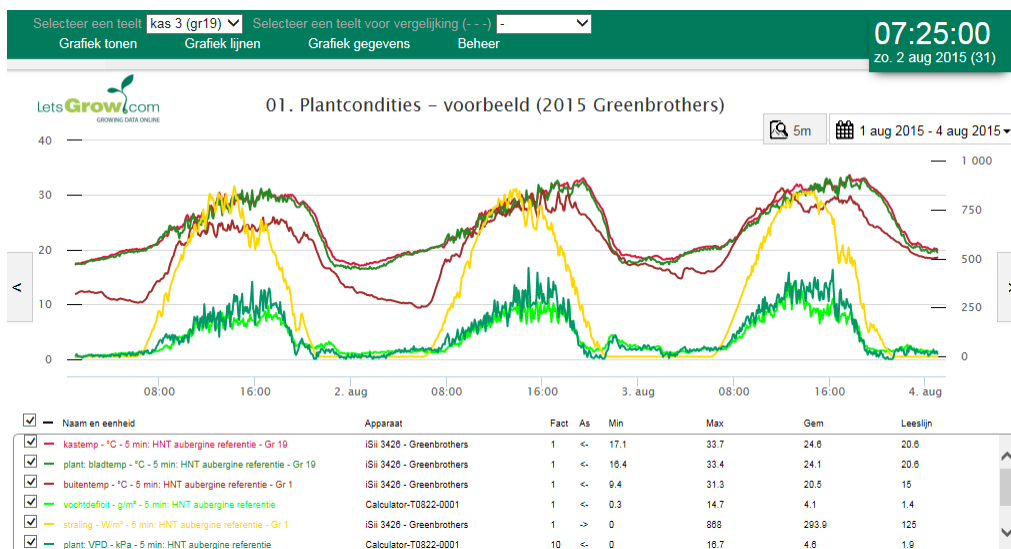
NEXT STEP HNT AUBERGINE

1-3 augustus: zonnig en erg warm

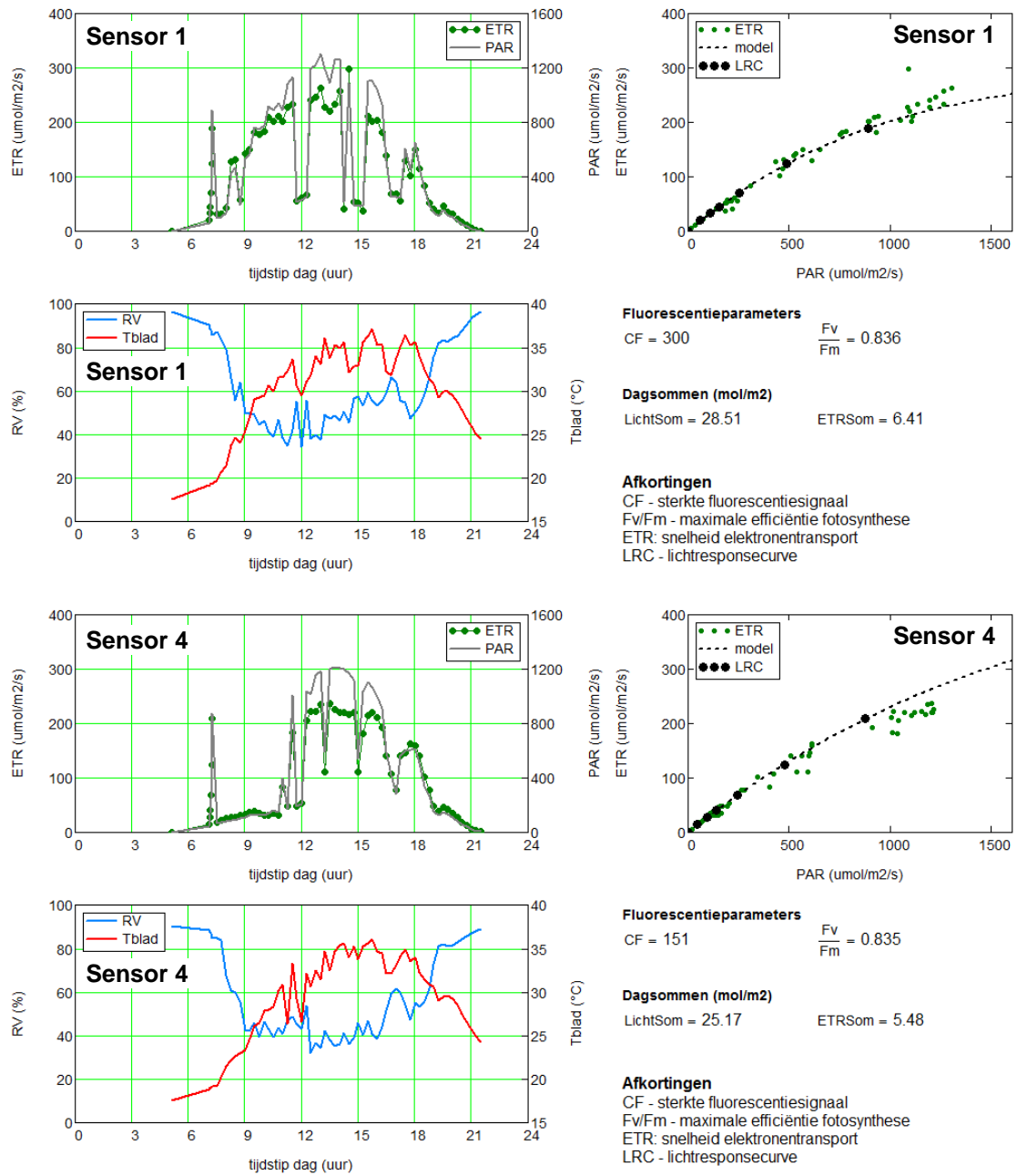
In deze periode was het erg warm en zonnig. De bladtemperatuur was een flink deel van de dag 35°C of zelfs nog hoger (Fig. 4.7.10). Ook de RV bij het blad lag weer in de buurt van de 40%. De ETR van het blad in sensor 1 volgt de potentiële ETR, maar de ETR van het blad in sensor 4 ligt weer iets lager dan de potentiële ETR. Ook hier zien we dat de RV bij het blad bij sensor 4 in de middag iets lager is dan de RV bij het blad in sensor 1. Gemiddeld zien we dat de ETR van het blad de potentiële ETR goed volgt onder deze condities. Wel blijkt uit de kalibratiemetingen van Plant Dynamics dat de ademhaling flink toeneemt boven 30°C en er iets minder CO₂ opgenomen wordt bij een bepaalde ETR.

Ook bij erg warm weer blijft het klimaat goed voor de fotosynthese.

De hoge temperatuur en de hoge lichtsom leidt ook niet tot beschadiging van het fotosynthesapparaat in de bladgroenkorrels. Dat blijkt uit de Fv/Fm waarden (Fig. 4.7.10). Zowel voor sensor 1 als voor sensor 4 liggen die boven de 0.83. Pas bij Fv/Fm waarden beneden 0.80 is er sprake van echte beschadiging van het fotosyntheseapparaat.



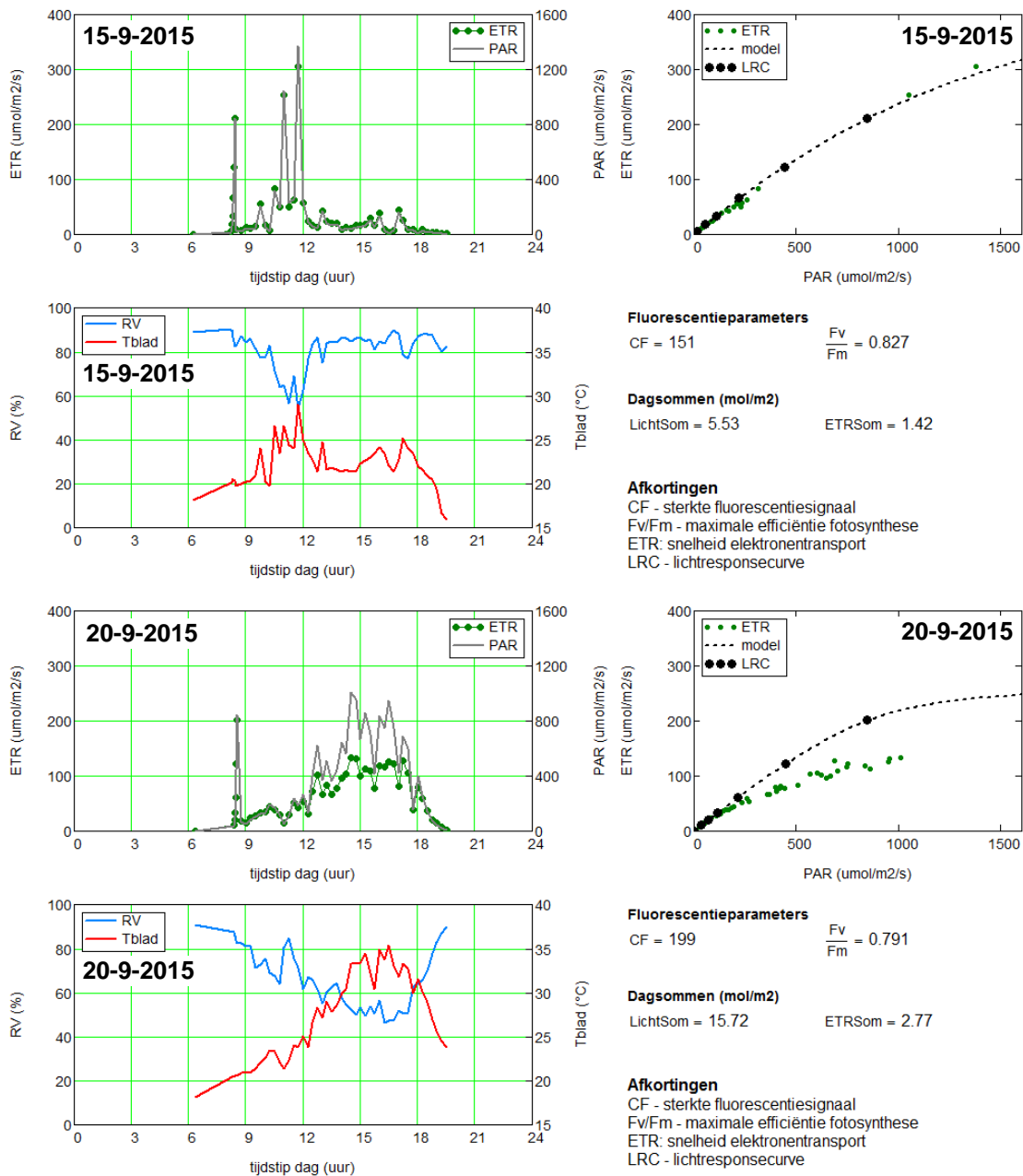
NEXT STEP HNT AUBERGINE



Figuur 4.7.10. Links: verloop van PAR, ETR, bladtemperatuur en RV van sensor 1 (boven) en sensor 4 (onder) op 3 augustus in kas 4 (HNT). Rechts: lichtresponscurve en ETR uitgezet als functie van de

15-20 september: bewolkte en zonnige dag

Aan het eind van de teelt bij Van Onselen kwamen in een korte periode zowel een bewolkte (15 september) als een zonnige dag (20 september) voor. Op 15 september volgt de ETR de potentiële ETR (Fig 4.7.11, boven). Op 20 september (Fig. 4.7.11, onder) is de ETR vanaf ca 12:00 uur een stuk lager dan de potentiële ETR. Waarschijnlijk heeft dat te maken met een schade of aantasting van het blad. De Fv/Fm van het blad ligt met 0.79 onder de drempelwaarde van 0.8 voor een gezond blad. Op 15 september was het blad nog wel gezond (Fv/Fm=0.83). Op basis van deze meting kunnen dus geen conclusies getrokken worden over de reactie van een gezond blad op deze zonnige en warme dag aan het eind van de teelt.

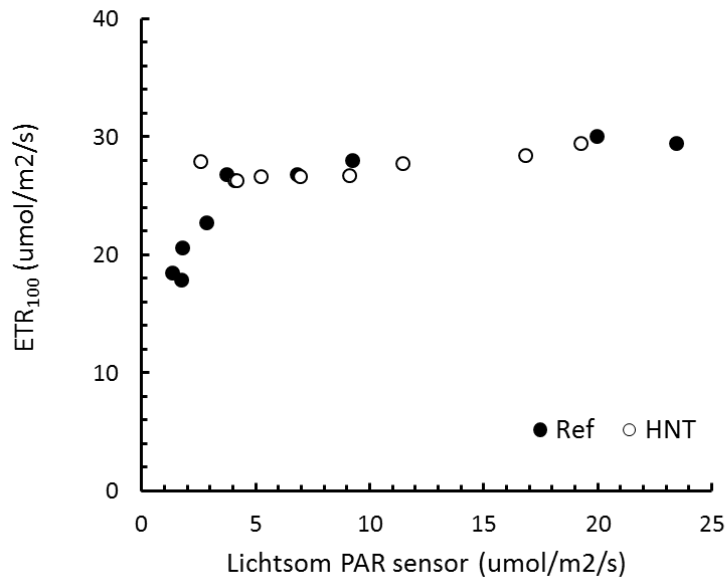


Figuur 4.7.11. Links: verloop van PAR, ETR, bladtemperatuur en RV van sensor 1 op 15 en 19 september in de bladplukproef bij Van Onselen. Rechts: lichtresponscurve en ETR uitgezet als functie van de PAR.

Invloed van HNT op de lichtbenutting van bladeren in verschillende bladlagen

In de periode juni/juli is gekeken naar mogelijke gradiënten in de potentiële ETR. In Figuur 4.7.12 is de ETR₁₀₀ (potentiële ETR bij 100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) van blad uit de verschillende gewaslagen uitgezet tegen de lichtsom van de betreffende gewaslaag. Omdat de HNT behandeling tot een betere lichtdoordringing onder in het gewas leidt (hogere lichtsommen), ontbreken in de HNT behandeling de lage ETR₁₀₀ waarden. Dit is een onderbouwing voor hypothese 2.

De HNT behandeling leidt tot een hogere lichtbenutting onder in het gewas.



Figuur 4.7.12. De ETR bij 100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ van de drie bladlagen op 23, 26 en 30 juni 2015. De ETR₁₀₀ is berekend als het gemiddelde van de potentiële ETR van de twee sensoren per gewaslaag.

4.7 Fotosynthesemetingen aubergine



Bepaling van de fotosynthese karakteristieken bij project HNT Aubergine

Uitvoering: Plant Dynamics B.V.



Opdracht:

Voor het onderzoek HNT Aubergine is via plantmonitoring bepaald hoe de fotosynthese (en plantbalans) verloopt onder omstandigheden van meer schermen en andere vocht en temperatuur omstandigheden in de kas. Hiervoor is o.a. de "Hex-Pam" ingezet die meet op basis van chlorophyl fluorescentie.

Het signaal van deze meters is gebaseerd op fluorescentie metingen (o.a. ETR). Voor de vertaling van dit signaal naar de fotosynthese is een omrekening nodig. Deze omrekening kan afhankelijk zijn van leeftijd van het blad/gewas en teeltomstandigheden. Via metingen met de Licor-6400 (welke de actuele CO₂-opname meet in combinatie met fluorescentie) is zo'n omrekening nauwkeurig te maken. Hiervoor zijn gedurende 4 meetdagen 'ijkmetingen' gedaan onder de omstandigheden die het meest kritisch zijn in de teelt.

Werkwijze:

Ter plekke (dus in het gewas aan intacte bladeren) worden gecombineerde CO₂ opname en fluorescentie metingen gedaan met de Licor-6400. Hierbij wordt rekening gehouden met de leeftijd van het blad/gewas en welke teeltomstandigheden het meest kritisch zijn (bijvoorbeeld hoog licht in combinatie met hoge temperatuur).

Plan van aanpak:

Metten van de fotosynthese response op licht bij een vaste CO₂ concentratie die in de buurt ligt van de CO₂ concentratie in de proefkas.

De metingen worden uitgevoerd aan hetzelfde gewas waar de plantsensoren op basis van fluorescentie zijn gepositioneerd.

Voor de metingen zijn 4 dagen gereserveerd; 2 dagen per locatie.

Resultaat:

Bij de meest kritische teeltomstandigheden een factor/formule (ijkfactor) voor de omrekening van de ETR naar fotosynthesewaarden, gemeten onder de teeltcondities van de proef.

Fotosynthese metingen (Plant Dynamics)

Op 28 & 29 mei zijn intensieve fotosynthese metingen gedaan bij Greenbrothers te Zevenbergen en op 5 & 6 augustus bij van Onselen te 's-Gravenzande. Deze metingen zijn uitgevoerd met de Licor-6400, waarbij gelijktijdig de CO₂-opname van het blad wordt gemeten in combinatie met de fluorescentie (ETR) onder verschillende omstandigheden. Het doel van deze metingen is:

- Bepalen van de fotosynthese-licht response van bladeren, gemeten onder de teeltcondities van de proef.
- Bepalen van de factor/formule (ijkfactor) voor de omrekening van de ETR naar fotosynthesewaarden.
- Bepalen of deze factor afhankelijk is van bladlaag op verschillende hoogte in het gewas (bladleeftijd)
- Bepalen of temperatuur van invloed is op deze omrekening
- Inschatting maken van hoever je kunt gaan met (blad) temperatuur, zonder in te leveren op de (netto) fotosynthese (bepalen van optimum).

Fotosynthese response op licht.

Voor meten van de licht response wordt met de Licor-6400 de CO₂ opname van het blad gemeten bij wisselend licht. Hiertoe wordt een blad 'ingeklemd' in een meetkamer, welke is voorzien van een lichtbron. In de meetkamer van deze apparatuur kunnen de lichtomstandigheden, de CO₂ concentratie, de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid gevarieerd worden. Hierdoor kan de korte termijn reactie van de fotosynthese op deze veranderingen bepaald worden.

Voor het bepalen van de fotosynthese capaciteit wordt een zogenaamde fotosynthese-licht response curve bepaald, waarbij alleen de lichtintensiteit wordt gevarieerd. De CO₂ concentratie, het vocht en de temperatuur worden bij deze meting zoveel mogelijk constant gehouden, rekening houdend met de klimaat condities in de kas. Simultaan met de meting van de CO₂ opname wordt de verdamping gemeten met de daarbij berekende huidmondjesgeleidbaarheid (Gs). De Gs is een maat voor de huidmondjesopening.

Werkwijze:

De licht respons werd gemeten bij de volgende lichtintensiteiten:
0-100-200-300-400-600-800-1000-1200-1500 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ PAR.

De CO₂ is bij alle metingen op 600 ppm gehouden. Tblad & RV wordt gelijk gehouden met de klimaat condities in de kas. Door het oplopende licht tijdens een meting loopt de bladtemperatuur maximaal 2-3 graden op. Over het algemeen lag 's middags de focus op metingen bij hoge temperatuur (alleen topbladeren). Om 'maximale' temperatuur waarden te krijgen werd bij deze metingen de bladkamer 'opgestookt' tot 40 graden!

Elke meting duurt circa 40 minuten. Van elke bladlaag zijn minimaal 6 metingen gedaan, verdeeld over 2 meetdagen. De metingen waren overdag tussen 07:00 en 17:00 uur. Als meetblad is steeds een volgroeid / onbeschaduwd (top) blad genomen (zie foto1). Voor metingen aan diepere bladlagen zie foto 2.

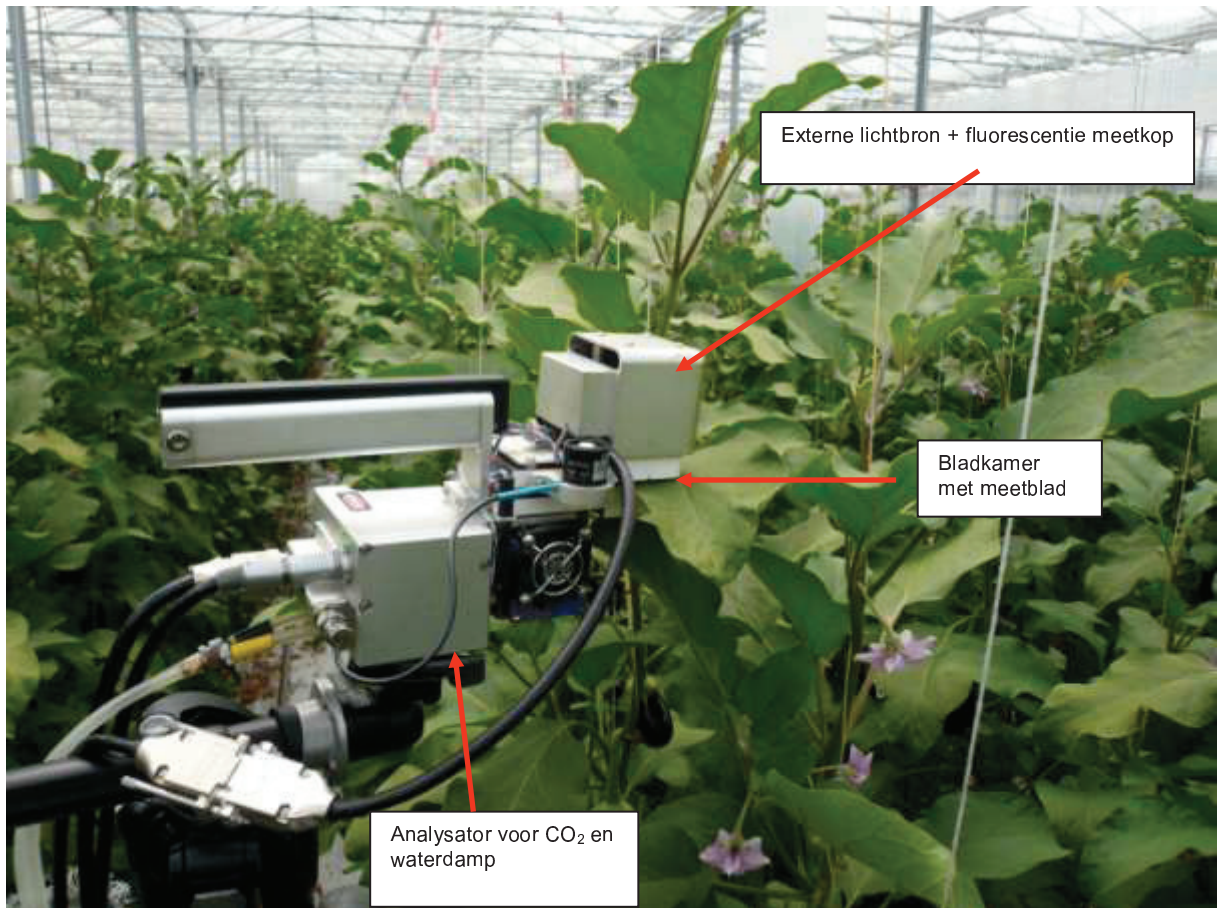


Foto1: meting van de fotosynthese met de Licor-6400 aan een topblad. Bij het meetblad kunnen de lichtomstandigheden, de CO₂ concentratie, de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid gevarieerd worden. Hierdoor kan de korte termijn reactie van de fotosynthese op deze veranderingen bepaald worden.



Foto 2: fotosynthese meting dieper in het gewas.

Klimaat:

N.a.v. mail Peter:

Beste mensen,

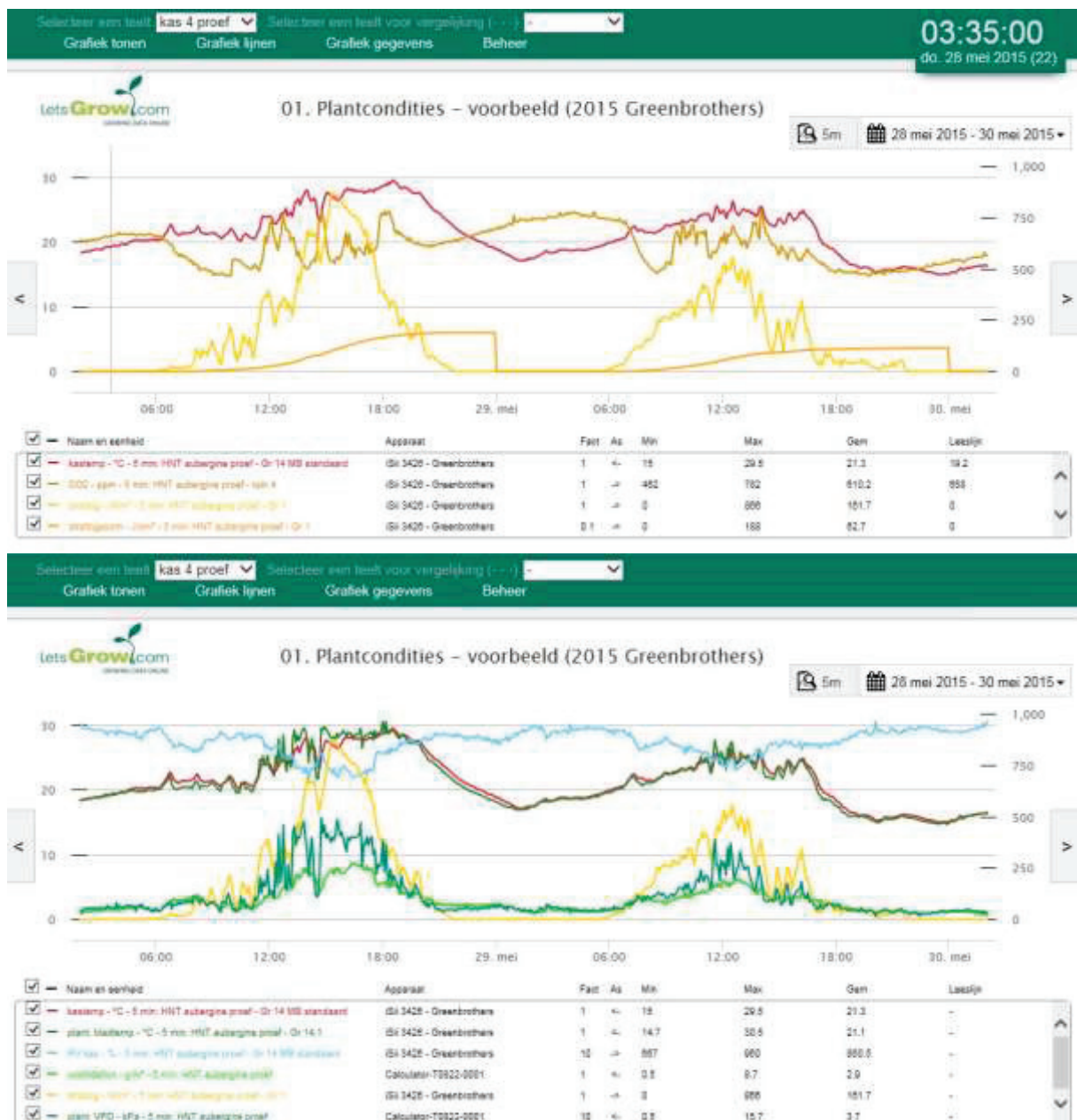
Ik heb de kasomstandigheden van afdeling 4 tijdens de meetdagen in een aantal grafieken gezet. Mijn vraag is of dit ook voor de afdeling van Martijn gedaan kan worden waarin gemeten is door Sander. Ook al is niet op 28 en 29 mei gemeten, dan maakt het toch duidelijk wat de teeltomstandigheden zijn geweest tijdens de meetdagen bij Greenbrothers, en dat de omstandigheden tijdens de meetdagen niet wezenlijk anders zijn geweest.

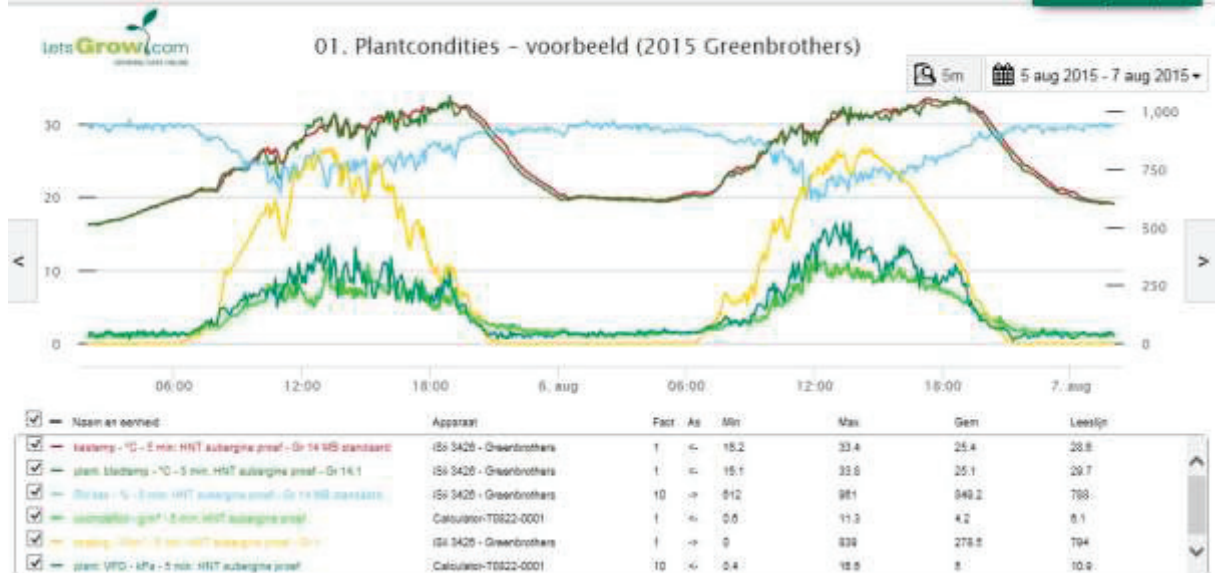
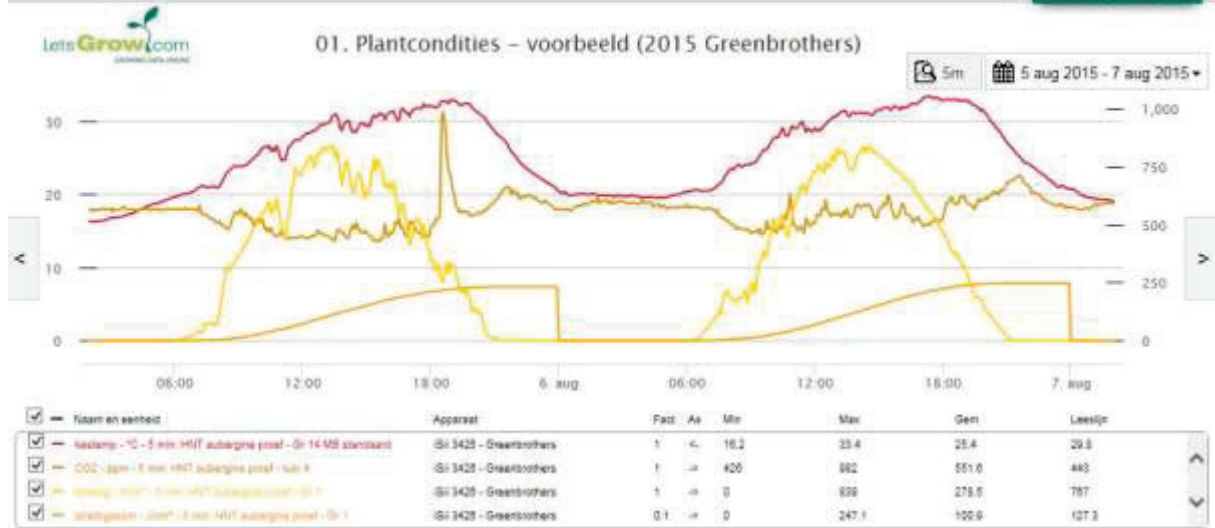
Aan Sander de vraag om deze zelfde plaatjes te maken voor de omstandigheden die in de meetkop aanwezig zijn geweest. Dan hebben we in 1 oogopslag in beeld onder welke omstandigheden gemeten is. Daarbij ook de vraag om ook een grafiek te maken van het verloop van de huidmondjesgeleiding.

Alvast bedankt.

Met vriendelijke groeten,

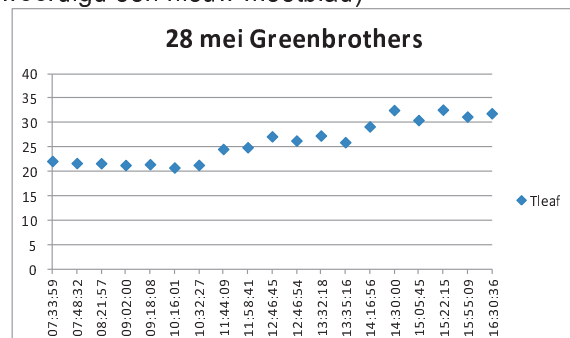
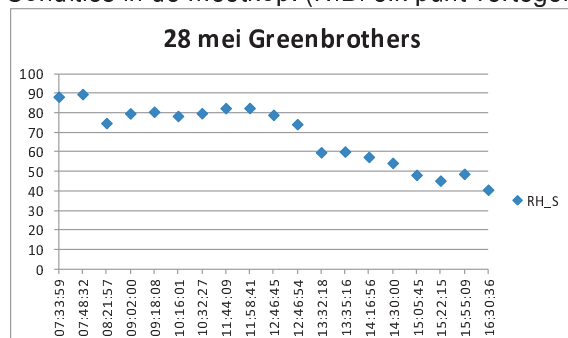
Ir. Peter Geelen

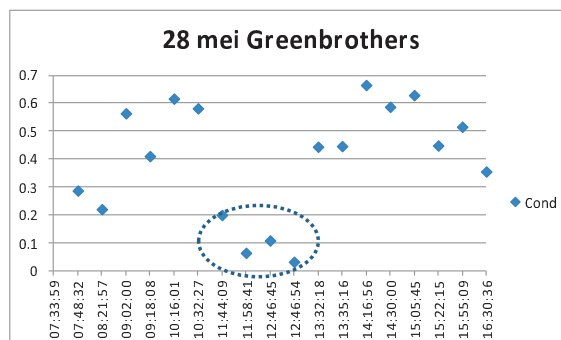
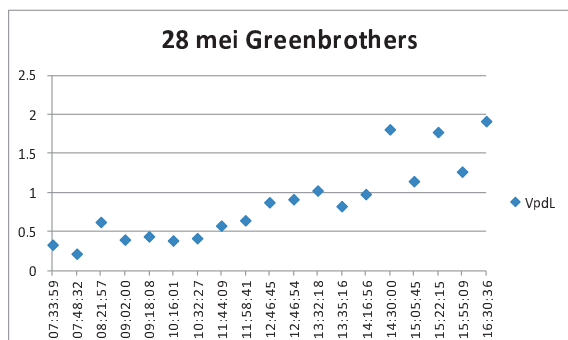




Om de klimaatcondities in de meetkop weer te geven is gekozen om van elk blad de meting bij 100 µmol te sorteren en de condities (VPD, RV, Tblad) weer te geven in de tijd. Om een beeld te geven van het huidmondjesgedrag is tevens de Gs (= een maat voor de huidmondjesopening van het blad) meegenomen.

Conditie in de meetkop: (N.B. elk punt vertegenwoordigt een nieuw meetblad)



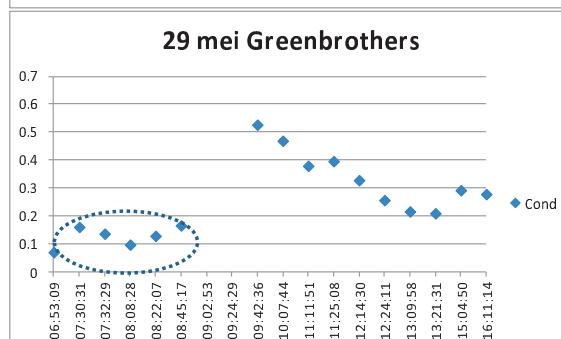
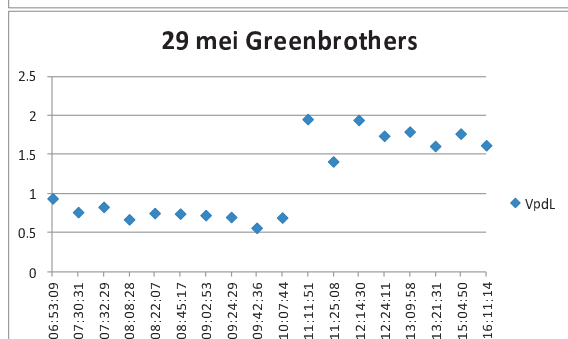
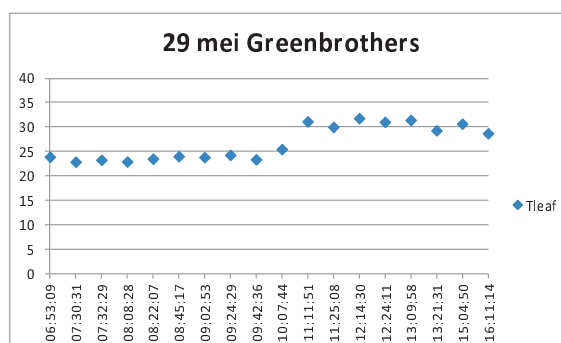
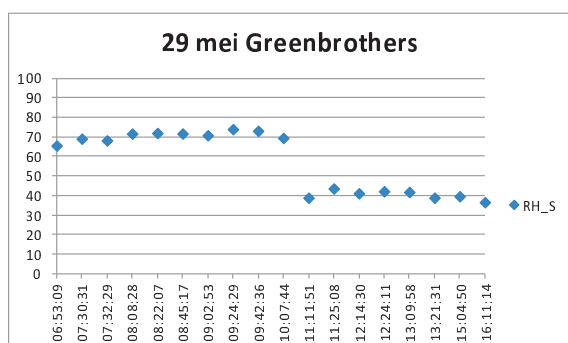


Figuur: verloop van RV (RH_S), Tblad (Tleaf), VPDblad (VpdL) en huidmondjesgeleidbaarheid (Cond) in de bladkamer van de Licor-6400 gedurende de metingen op 28 mei.

Tblad en VPDblad loopt gedurende de dag op, met de hoogste waarden in de middag.

De omcirkelde waarden van de huidmondjes geleidbaarheids metingen zijn van bladeren dieper in het gewas (100cm en 150cm onder de kop). De rest van de meetpunten zijn van topbladeren.

De geleidbaarheid is in de ochtend nog wat lager, om vervolgens toe te nemen gedurende de dag. Aan het eind van de dag (ondanks de zeer hoge T en VPD) is de Gs nog zeer hoog en loopt nauwelijks terug.

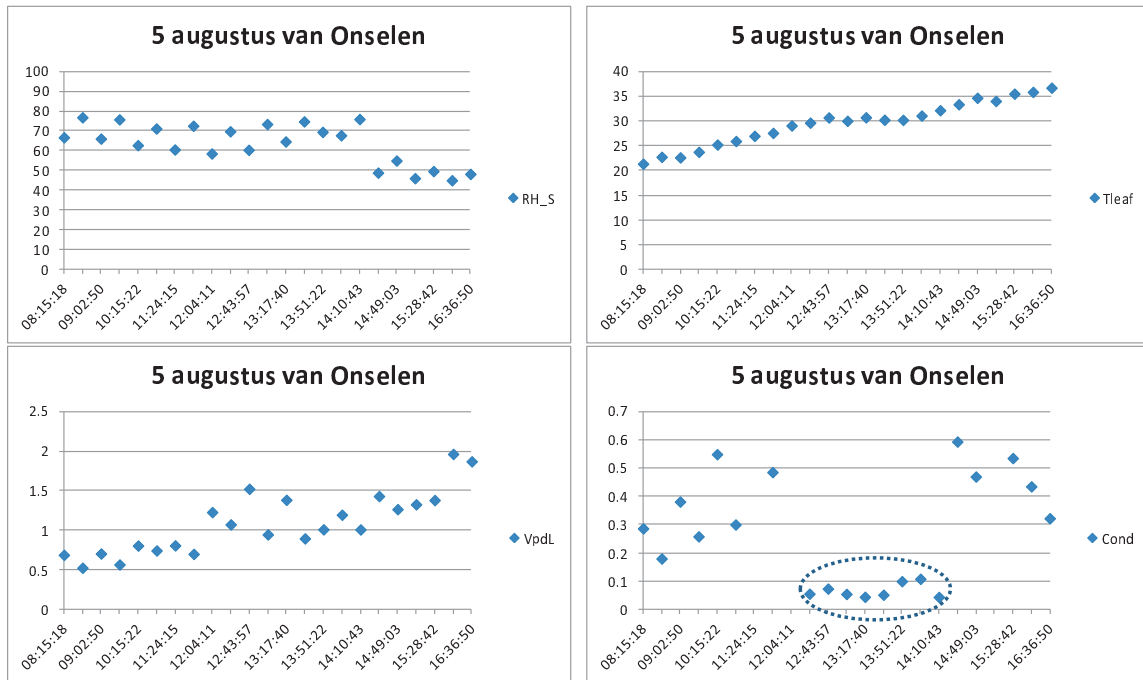


Figuur: verloop van RV (RH_S), Tblad (Tleaf), VPDblad (VpdL) en huidmondjesgeleidbaarheid (Cond) in de bladkamer van de Licor-6400 gedurende de metingen op 29 mei.

Tblad en VPDblad loopt gedurende de dag op, met de hoogste waarden in de middag.

De omcirkelde waarden van de huidmondjes geleidbaarheids metingen zijn van bladeren dieper in het gewas (100cm en 150cm onder de kop). De rest van de meetpunten zijn van topbladeren.

De Gs loopt 's middags wat verder terug, echter de waarden zijn nog vrij hoog en naar verwachting niet limiterend voor de fotosynthese.

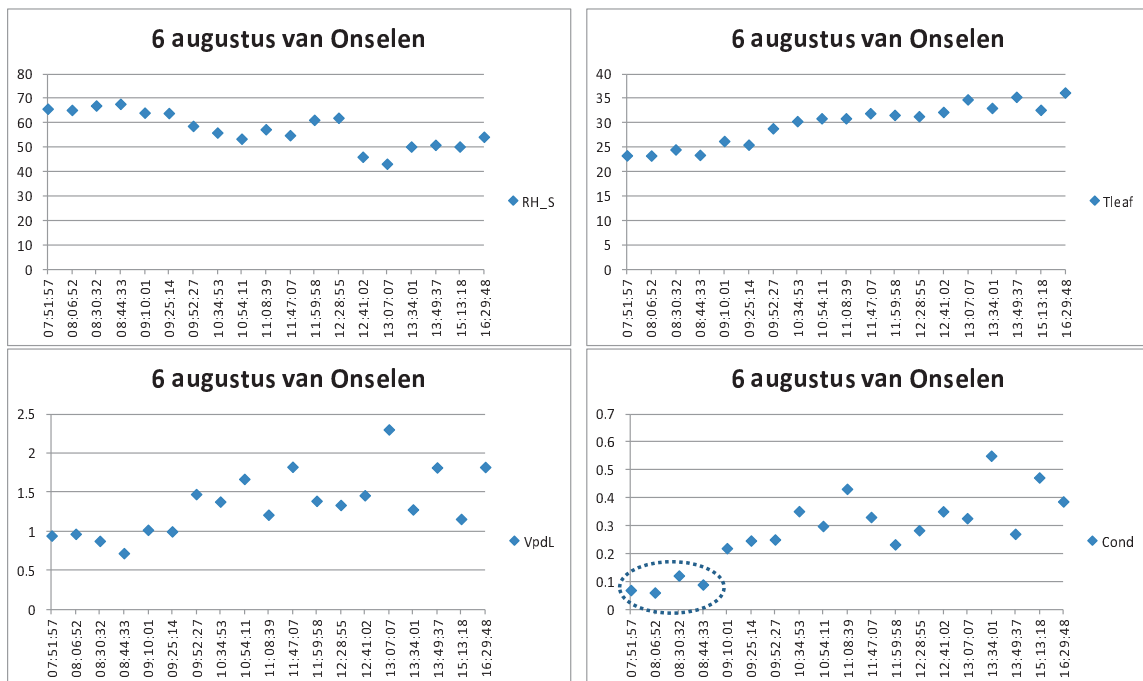


Figuur: verloop van RV (RH_S), Tblad (Tleaf), VPDblad (VpdL) en huidmondjesgeleidbaarheid (Cond) in de bladkamer van de Licor-6400 op 5 augustus.

Tblad en VPDblad loopt gedurende de dag op, met de hoogste waarden in de middag.

De omcirkelde waarden van de huidmondjes geleidbaarheids metingen zijn van bladeren dieper in het gewas (100cm en 150cm onder de kop). De rest van de meetpunten zijn van topbladeren.

De Gs loopt vroeg in de ochtend nog wat op en zijn aan het eind van de middag nog steeds hoog.



Figuur: verloop van RV (RH_S), Tblad (Tleaf), VPDblad (VpdL) en huidmondjesgeleidbaarheid (Cond) in de bladkamer van de Licor-6400 op 6 augustus.

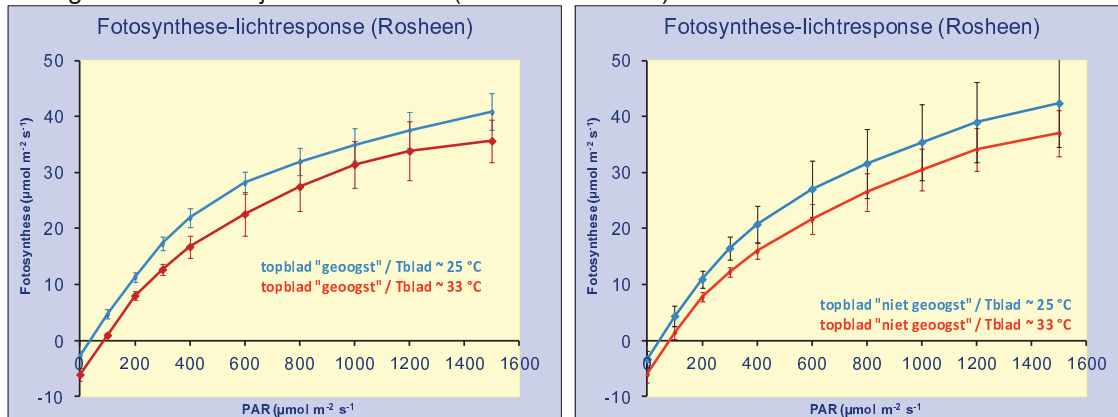
Tblad en VPDblad loopt gedurende de dag op, met de hoogste waarden in de middag.

De omcirkelde waarden van de huidmondjes geleidbaarheids metingen zijn van bladeren dieper in het gewas (100cm en 150cm onder de kop). De rest van de meetpunten zijn van topbladeren.

De Gs loopt gedurende de dag licht op.

Licht response:

Meting 28 & 29 mei bij Greenbrothers (cultivar Rosheen):



Figuur: Fotosynthese response van topbladeren net na knippen (links) en net voor knippen (rechts).

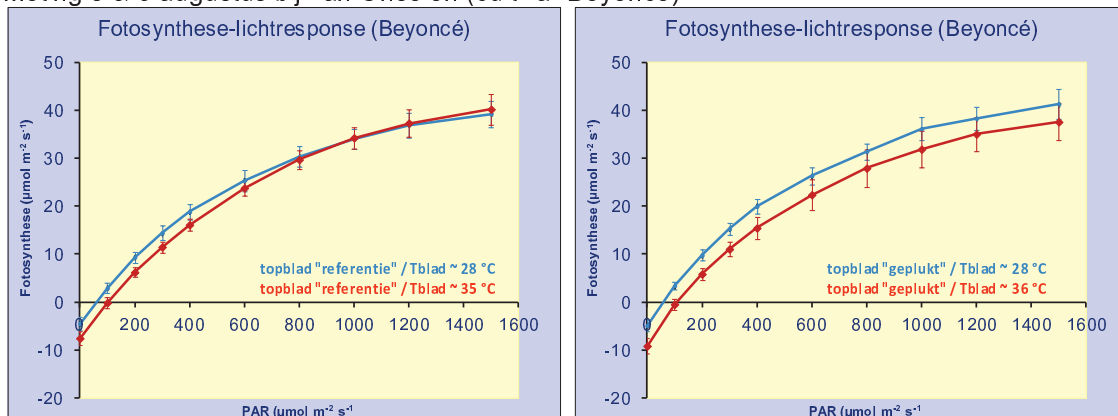
In het rood staan de metingen weergegeven bij hoge bladtemperatuur (33 graden) en in het blauw bij 'normale' temperaturen.

Bij alle behandelingen verloopt de curve volgens het 'klassieke' beeld van een lichtrespons curve: bij laag licht is de respons van de fotosynthese bij toenemend licht lineair. Vervolgens buigt de curve af om naar een verzadigingsniveau toe te lopen. Dit maximale niveau is de fotosynthese capaciteit. Wat opvalt is de zeer hoge fotosynthese waarden en dat het verzadigingsniveau bij 1500 μmol zelfs nog niet volledig is bereikt.

Het verloop van de (netto) fotosynthese bij olopemd licht is lager bij hoge temperatuur. Dit komt waarschijnlijk door de beduidend hogere ademhaling! De meting bij 0 PAR (= donker) is een indicatie van de ademhaling. Des te negatiever dit getal, des te groter de CO_2 afgifte van het blad, des te hoger de ademhaling. Over de ademhaling en welke temperatuur optimaal zou zijn voor de netto fotosynthese komen we later op terug.

Verschillen in behandeling door moment van oogsten lijken gering, maar had ook niet de focus om met deze metingen aan te tonen. Hiervoor moet gekeken worden naar de fluorescentie plantmonitoren (Hex-PAM).

Meting 5 & 6 augustus bij van Onselen (cultivar Beyoncé):



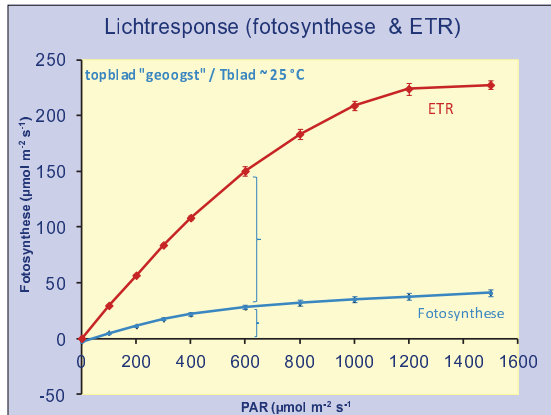
Figuur: Fotosynthese response van topbladeren referentie (links) en bij 70% bladpluk uit de kop (rechts).

Het verloop van de fotosynthese van Beyoncé is vergelijkbaar met Rosheen: de niveaus zijn weer zeer hoog en bij 1500 μmol PAR is de fotosynthese nog niet volledig verzadigd. Ook hier is de fotosynthese (over het algemeen) lager bij hoog T door een veel hogere ademhaling (Let op: de bladtemperatuur bij Beyoncé was hoger dan die van Rosheen, wat te maken had met externe factoren, zoals hoger olopemde temperatuur en/of meer straling in de kas).

Voor verschillen in behandeling door bladpluk moet gekeken worden naar de fluorescentie plantmonitoren (Hex-PAM), in combinatie met lichtprofiel in het gewas.

Omrekening ETR naar fotosynthese:

Fluorescentie metingen zijn robuuste metingen, maar meten slechts een 'deel' van de fotosynthese: namelijk het elektronen transport (ETR) in de lichtreactie. Voor de vertaling van dit signaal naar de werkelijke fotosynthese (CO_2 opname) is een omrekening nodig. Via metingen met de Licor-6400 (welke de actuele CO_2 -opname meet in combinatie met fluorescentie) is zo'n omrekening nauwkeurig te maken.



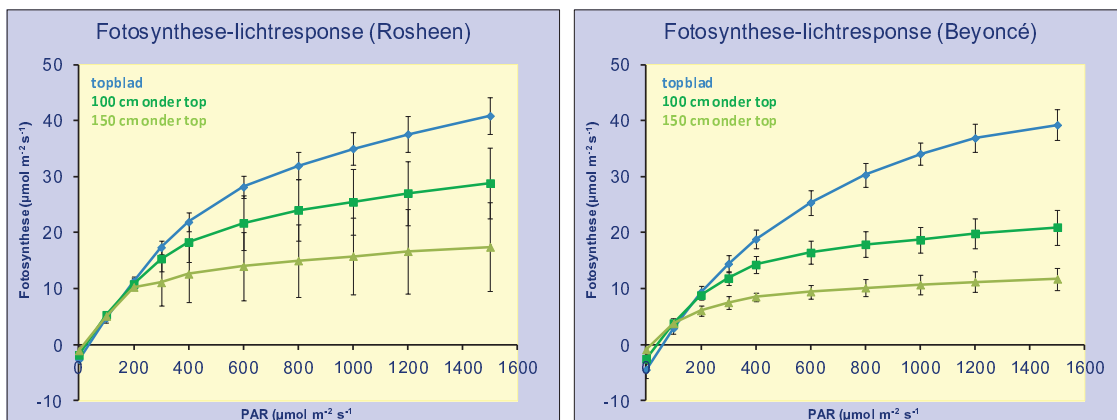
Figuur: verhouding tussen de fotosynthese en ETR (beide gemeten door Licor-6400).

Deze verhouding ligt 'normaal' rond de 0,2. Dit betekent dat voor het opnemen en vastleggen van 1 CO_2 molecuul tot suikers ongeveer 5 elektronen nodig zijn.

Deze omrekening is echter niet altijd constant en kan mogelijk variëren. In dit onderzoek is de relatie tussen fotosynthese en ETR bepaald in afhankelijkheid van:

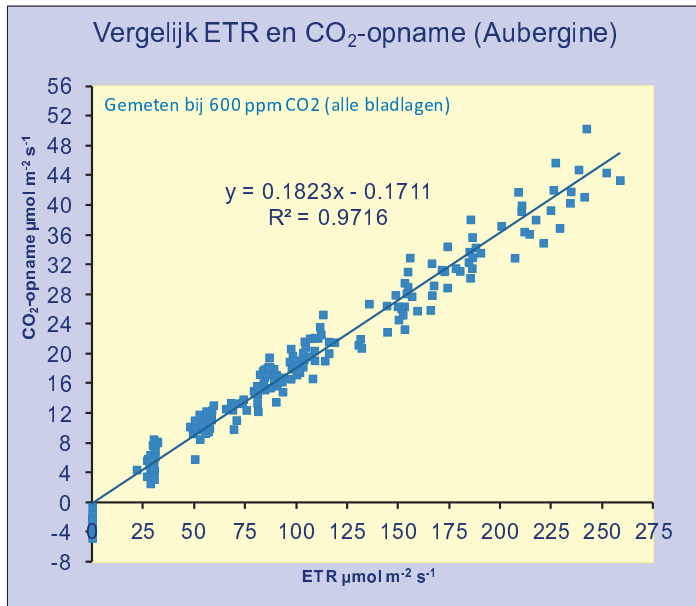
- bladlaag / bladleeftijd
- bladtemperatuur
- cultivar

Effect bladlaag / bladleeftijd.



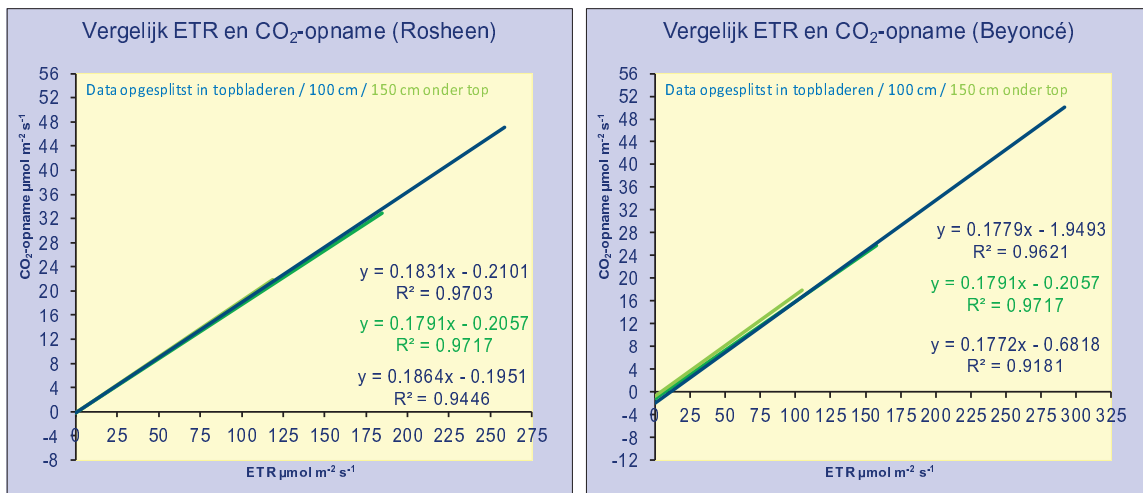
Figuur: fotosynthese response in afhankelijkheid van bladlaag.

Ondanks de spreiding is duidelijk een verschil te zien in de fotosynthese respons op licht tussen de verschillende bladlagen. Dit komt omdat de bladeren dieper in het gewas zich hebben aangepast aan de lagere lichtomstandigheden waarbij ze groeien (staan veelal in de schaduw). Om een beeld te krijgen of de ETR op dezelfde manier is aangepast kunnen we de fotosynthese (CO_2 -opname) tegen de ETR uitzetten in de volgende figuur:



Figuur: relatie CO₂-opname en ETR van alle meetdata.

In bovenstaande figuur is te zien dat de relatie mooi lineair is. Om in detail te bekijken of de relatie verschilt per bladlaag, zijn de data verder opgesplitst per bladlaag.



Figuur: relatie CO₂-opname en ETR per bladlaag.

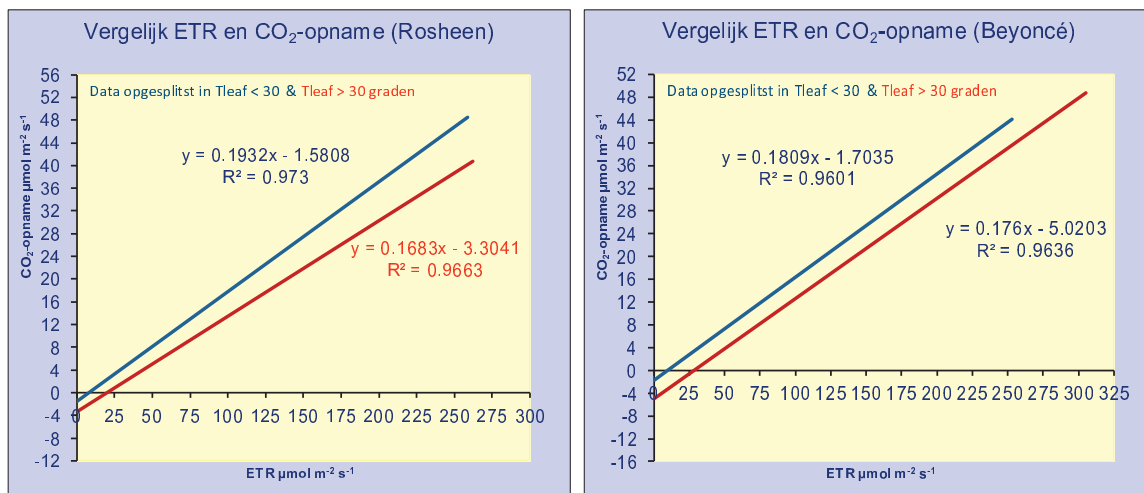
De lijnen liggen vrijwel over elkaar heen. Dit betekent dat ETR een goede voorspellende waarde heeft voor de werkelijke fotosynthese, onafhankelijk van bladlaag! De vergelijkingen om ETR om te rekenen naar fotosynthese staan wel weergegeven per bladlaag, maar de fout is zeer gering om hiervoor een gemiddelde te nemen:

Rosheen: $\text{CO}_2\text{-opname (y)} = (0,183 \times \text{ETR}) - 0,2$

Beyoncé: $\text{CO}_2\text{-opname (y)} = (0,178 \times \text{ETR}) - 0,9$

Effect bladtemperatuur.

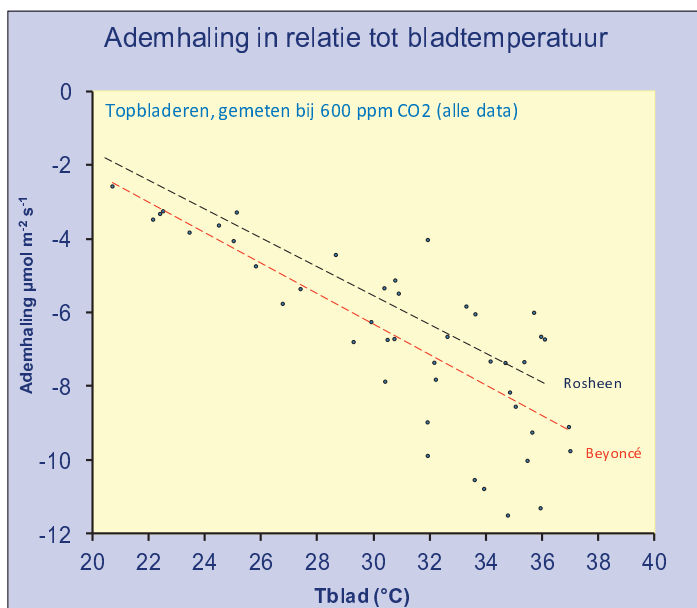
Temperatuur zal naar verwachting een grote rol kunnen spelen in de omrekening van ETR naar CO₂-opname, omdat bekend is dat ETR minder gevoelig is voor temperatuur dan het proces van CO₂ binding (Calvin cyclus). Om deze reden is een onderverdeling in de meetdata gemaakt in 2 categorieën: Tblad lager dan 30 graden & Tblad hoger dan 30 graden.



Figuur: relatie ETR en CO₂-opname in afhankelijkheid van bladtemperatuur.

Deze lijnen lopen duidelijk anders, wat betekent dat temperatuur van invloed is. Het advies is dan ook om bij de omrekening van ETR naar werkelijke fotosynthese hier rekening mee te houden.

Wat opvalt is dat de netto fotosynthese bij 'laag' T duidelijk hoger is dan bij 'hoog' T. Een belangrijke verklaring hiervoor is de ademhaling. Let ook op het nulpunt in de grafiek, waarbij de CO₂-opname bij 'hoog' T beduidend lager ligt (meer negatief is), wat betekent dat de ademhaling hoger is. Het patroon van de ademhaling in relatie tot bladtemperatuur, staat weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur: ademhaling in relatie tot bladtemperatuur.

Bladtemperatuur is van grote invloed op de ademhaling. Bij 20 graden is de ademhaling bij benadering 2 µmol/m²s. Bij 30 graden is dat al rond de 6 (dus 3x zo hoog), om vervolgens nog op te lopen tot 10 bij bladtemperaturen van 34 graden en hoger. Boven de 32 graden wordt de spreiding echter erg groot. De stippellijnen zijn getrokken om een trend te kunnen weergeven per cultivar.

Effect cultivar.

De response van de fotosynthese op licht is vergelijkbaar tussen de 2 cultivars Rosheen en Beyoncé. Beide hebben een gemeten fotosynthese snelheid van circa 40 µmol/m²s bij een lichtniveau van 1500 µmol PAR. Bij dit lichtniveau is de fotosynthese nog niet volledig verzadigd.

Ook de relatie tussen ETR en de CO₂-opname is vergelijkbaar, evenals het effect van de bladtemperatuur op deze relatie.

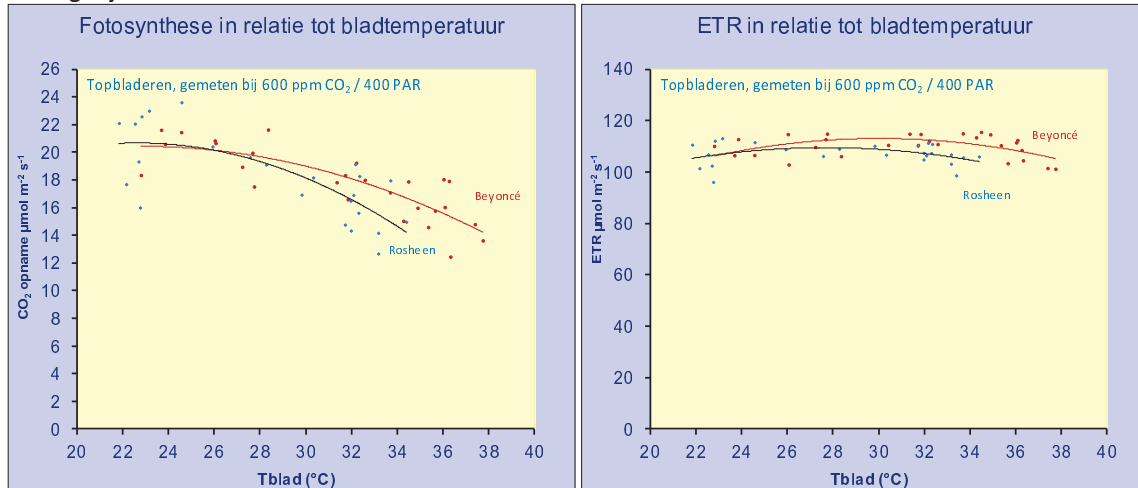
De ademhaling neemt bij oplopende bladtemperatuur volgens dezelfde trend toe. Bij Beyoncé is de ademhaling licht hoger (meer negatieve CO₂-opname) dan Rosheen.

Temperatuur response:

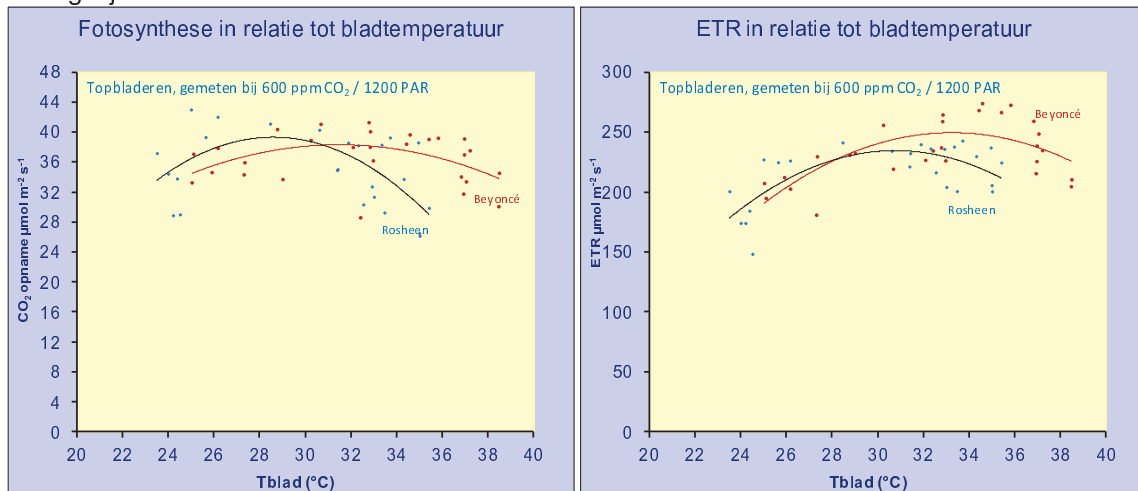
In dit onderzoek is aangetoond dat de bladtemperatuur van grote invloed is op de fotosynthese snelheid. Het is dan ook van belang om te weten waar het optimum ligt. Hoger dan het optimum wil men eigenlijk niet gaan, omdat dit waarschijnlijk productie kost.

Hogere bladtemperaturen betekent een hogere ademhaling. Deze ademhaling is nodig om alle processen te ondersteunen. Ademhaling gaat 24 uur per dag door, ook in het licht! Echter een hoge ademhaling gaat wel ten koste van de netto CO₂-opname overdag. Bij laag licht (en dus lage fotosynthese) zal het effect van een hoge ademhaling naar verwachting een grotere impact hebben op de netto CO₂-opname dan bij hoog licht. In hoeverre dit ook een rol speelt bij de ETR is onbekend. Om dit inzichtelijk te maken is het effect van bladtemperatuur gemeten op de netto fotosynthese én op de ETR, bij 2 lichtniveaus:

Meting bij 400 PAR:



Meting bij 1200 PAR:



Figuur: effect van oplopende bladtemperatuur op netto fotosynthese en ETR bij 2 lichtniveaus.

Wat opvalt in bovenstaande figuren is dat het optimum voor de netto fotosynthese anders is dan het optimum voor de ETR. Bij laag licht (400 PAR) ligt het optimum rond 22 graden voor de netto fotosynthese en rond 30 graden voor de ETR. Bij hoog licht (1200 PAR) is dit respectievelijk 28-32 graden en 30-34 graden. Dat het optimum van de ETR anders is, komt waarschijnlijk door het directe effect van de ademhaling op de netto fotosynthese. Plantmonitoring via uitsluitend fluorescentiemetingen (ETR) geeft dus een overschatting van het temperatuur optimum op de (netto) fotosynthese!

Wat verder opvalt is het verschil in T-optimum tussen 'laag' en 'hoog' licht. Bij lage lichtniveaus in de kas is de maximale efficiëntie van de fotosynthese rond 22 graden en bij hoge lichtniveaus rond 30 graden. Uit de data blijkt dat Beyoncé een vlakkere response heeft met een iets hoger optimum. Echter voor een spijkerharde uitspraak van dit cultivar effect zijn meer data nodig.

4.8 Vruchttemperatuurmeting

Uitvoering: Inno-Agro



NEXT STEP HNT AUBERGINE

Opdracht:

Voor het onderzoek HNT Aubergine is met kunstvruchten continu gemeten hoe hoog de vruchttemperatuur is. In combinatie met planttemperatuur, kasttemperatuur, instraling, groeibuis en lichtdoordringing worden verbanden gezocht welke inzicht kunnen geven over de sink werking van vruchten.

Temperatuur heeft grote invloed op de mate waarmee plantdelen suikers naar zich toe trekken. Ook het na-ijl effect in opwarming en afkoeling van de vruchten wordt hiermee inzichtelijk gemaakt.

Dit onderzoek moet inzicht geven op vragen:

- Hoe groot is de invloed van de groeibuis op opwarming van de vruchten?
- Wat is het effect van voornachtverlaging op de verhouding vrucht-/planttemperatuur?
- Worden vruchten te warm en heeft dit invloed op de kwaliteit?
- Komt de vruchttemperatuur bij te langzaam opwarmen onder de dauwpunttemperatuur?
- Wat is de invloed van bladplukken op vruchttemperatuur?

Werkwijze:

Met meerdere vruchtsensoren wordt op verschillende hoogtes in het gewas om de 5 minuten de vruchttemperatuur gemeten. Omdat deze sensoren bijna continu meten kan het verloop van de vruchttemperatuur overdag op verschillende hoogten in het gewas gemeten worden.

Plan van aanpak:

Deel 1: meting in de proefafdeling bij Greenbrothers

De invloed van groeibuis en direct zonlicht is met twee sensorvruchten gemeten.

Sensorvrucht A wordt in de kop van het gewas gepositioneerd, nabij de bovenste vruchten.

Sensorvrucht B wordt bij de groeibuis gepositioneerd, nabij de onderste vruchten.

Deel 2: meting bladplukproef bij Van Onselen

De invloed van lichtdoordringing is bij Van Onselen gemeten met 6 sensorvruchten.

Per sensorvrucht is 1 temperatuursensor aanwezig in het midden van de vrucht.

Sensorvruchten A1t/m3 zijn boven elkaar gepositioneerd in de referentie behandeling.

Sensorvruchten B1t/m3 zijn boven elkaar gepositioneerd in de bladpluk behandeling.

Resultaat:

- Direct zonlicht heeft grote invloed op de vruchttemperatuur. Een opener gewas zorgt overdag voor een gemiddeld hogere vruchttemperatuur, maar in de nacht voor een gemiddeld lagere vruchttemperatuur.
- De groeibuis creëert slechts kleine verschillen tussen vruchttemperatuur en kas/planttemperatuur, maar doet dit op een moment dat er ook weinig suikers zijn.
- Na zonsondergang zakt de vruchten temperatuur veel langzamer dan de planttemperatuur. De sinkwerking van de vruchten is in die periode relatief groot. De suikers die overdag zijn aangemaakt worden hiermee naar de vruchten getrokken, mits de suikers mobiel zijn.
- Het wegschermen van zonlicht heeft beperkt invloed op de vruchttemperatuur, maar sterke invloed op de planttemperatuur. De lagere planttemperatuur heeft een lagere sinkwerking van het blad tot gevolg en een lagere onderhoudsademhaling.
- Door het na-ijlen van de vruchttemperatuur bij opwarmen van de kas is het mogelijk dat vruchten nat slaan. Voor het openen van het schermdoek is deze kans het grootst.
- Bladplukken heeft invloed op de vruchttemperatuur. Bij direct zonlicht warmen vruchten sneller op, maar door uitstraling koelen de vruchten ook sneller af en tot een lagere temperatuur.
- Vruchten hoger in het gewas hebben op zonnige dagen een hogere temperatuur, maar zakken na zon-onder weg tot een lagere nachttemperatuur dan vruchten dieper in het gewas.

Vruchttemperatuur meting in Proefafdeling Greenbrothers

In de periode van 18 juni tot 14 augustus is in de proefafdeling bij Greenbrothers de vruchttemperatuur op 2 posities in het gewas gemonitord met sensorvruchten.

Per sensorvrucht zijn 3 temperatuur sensoren aanwezig:

- Sensor 1: Zon zijde
- Sensor 2: Kern
- Sensor 3: Schaduw zijde (tevens zijde groeibuis)

Vrucht A hangt hoog in het gewas en heeft weinig schaduw van blad (ca. 0,5 meter onder de kop).

Vrucht B hangt dieper in het gewas, nabij de groeibuis (ca. 1,5 meter onder de kop)



Vruchtsensor A



Vruchtsensor B

Het doel van deze meting:

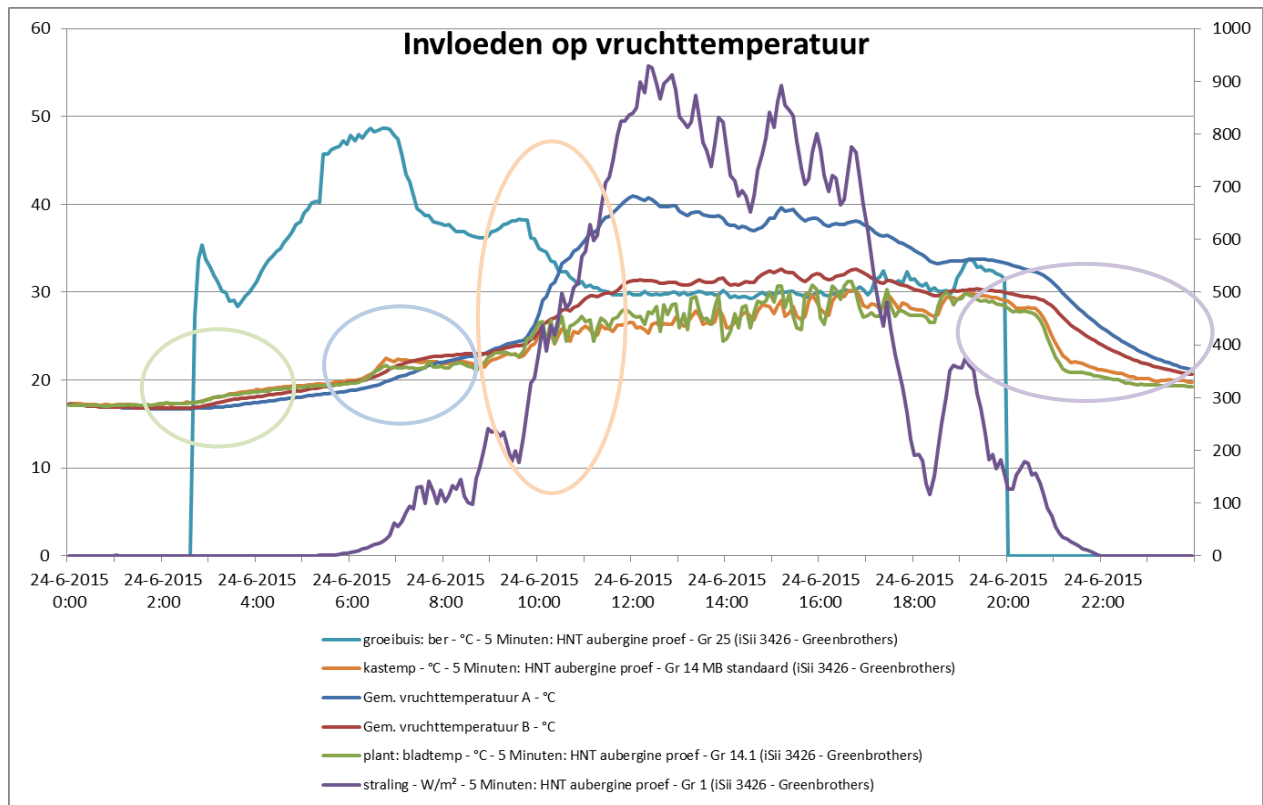
- Hoe groot is de invloed van de groeibuis op opwarming van de vruchten?
- Wat is het effect van voornachtverlaging op de verhouding vrucht-/planttemperatuur?
- Worden vruchten te warm en heeft dit invloed op de kwaliteit?
- Komt de vruchttemperatuur bij te langzaam opwarmen onder de dauwpunttemperatuur?

Onderliggend principe:

Warme plantdelen trekken harder aan de suikers dan koude plantdelen. Vruchten bevatten een grote waterbuffer en veranderen minder snel van temperatuur als dunne plantdelen zoals bladeren. Het na-ijl effect in de opwarming en afkoeling van de vruchten wordt met deze meting inzichtelijk gemaakt. Ook in de vrucht kunnen temperatuurverschillen bestaan. Aangezien temperatuur verandering van buitenaf komt zal de zijde waar energie wordt aangevoerd sneller opwarmen en andersom.

Analyse 24-6-2015

In grafiek is het temperatuurverloop en enkele klimaatomstandigheden op 24 juni 2015 weergegeven.



Vanaf 2:45 uur gaat de groeibuis aan en neemt de vruchttemperatuur van vrucht B ca. 1,2 °C meer toe dan vrucht A. Opvallend is dat de temperatuur van vrucht A onder de kasttemperatuur ligt. Ook lijkt het erop dat de vrucht B, bij de groeibuis, minder na-ijlt op de kasttemperatuur dan vrucht A. Hieruit blijkt dat in deze periode vrucht A vooral door de kasttemperatuur wordt opgewarmd terwijl vrucht B ook door stralingswarmte van de groeibuis wordt opgewarmd.

Om 6:45 uur gaat het schermdoek open en neemt instraling van de zon toe tot ca. 100 W/m². Opvallend is dat de kasttemperatuur vlak blijft, terwijl de vruchttemperaturen onder invloed van instraling en groeibuis blijven stijgen.

Vanaf 9:30 uur gaat de zon intenser schijnen en stijgen de vruchttemperaturen van zowel A als B ver boven de kasttemperatuur uit. Vrucht A hangt meer in direct zonlicht, wat tot een zeer hoge vruchttemperatuur leidt.

Rond 20:45 gaat de zon onder en wordt korte tijd met de windzijde gelucht, waardoor de kasttemperatuur snel afneemt. De vruchttemperaturen ijlen na, wat in deze periode zal leiden tot een hogere sinkwerking van de vruchten. De planttemperatuur ligt hier onder de kasttemperatuur.

Conclusie:

- Direct zonlicht heeft grote invloed op de vruchttemperatuur. Waarschijnlijk zorgt een opener gewas voor een gemiddeld hogere vruchttemperatuur.
- De groeibuis creëert weinig verschillen tussen vruchttemperatuur en kas/plant temperatuur, maar doet dit op een moment dat er ook weinig suikers zijn.
- Na zonsondergang zakt de vruchten temperatuur veel langzamer dan de planttemperatuur. De sinkwerking van de vruchten is in die periode relatief groot. De suikers die overdag zijn aangemaakt worden hiermee naar de vruchten getrokken.

Discussie:

- Hoe zinvol is opwarmen van vruchten in de nacht? Op dat moment is er geen fotosynthese en is de beschikbaarheid van assimilaten beperkt.
- Heeft het snel wegzakken van de planttemperatuur invloed op de mobiliteit van suikers in de plant? Is een overschot aan suikers nog in staat het blad te verlaten en naar de vrucht te trekken, of komen deze transporten stil te staan? Waar ligt de grens?
- Hoe snel mogen temperaturen zakken aan het eind van de dag? Wat is de relatie tussen planttemperatuur en mobiliteit van assimilaten?

Analyse 30-6 en 1-7: twee zonnige dagen, waarbij op 1-7 's middags zon weg is geschermd.

De overeenkomsten op beide dagen zijn groot.

Om 6:45 uur gaat het schermdoek open en neemt het zonlicht toe. De temperatuur van vrucht A reageert sterk. Pas om 9:00 uur komt ook de temperatuur van vrucht B boven de kasttemperatuur, waaruit kan worden opgemaakt dat de zon dan hoog genoeg is om de vruchten dieper in het gewas direct te raken.

Om 12:00 uur gaat op 1-7-2015 een van de twee energiedoeken voor 50% dicht om een deel van de instraling weg te schermen. Om 12:00 uur neemt ook de vruchttemperatuur van vrucht A plotseling sterk af, maar dit is beide dagen het geval. De oorzaak is waarschijnlijk dat vrucht A door het draaien van de zon in de schaduw van een blad komt te hangen. NB. Bij de lichtdoordringingsmetingen is na 12:00 uur ook een sterke daling van het licht waargenomen, wederom door schaduw van de zon-rij.

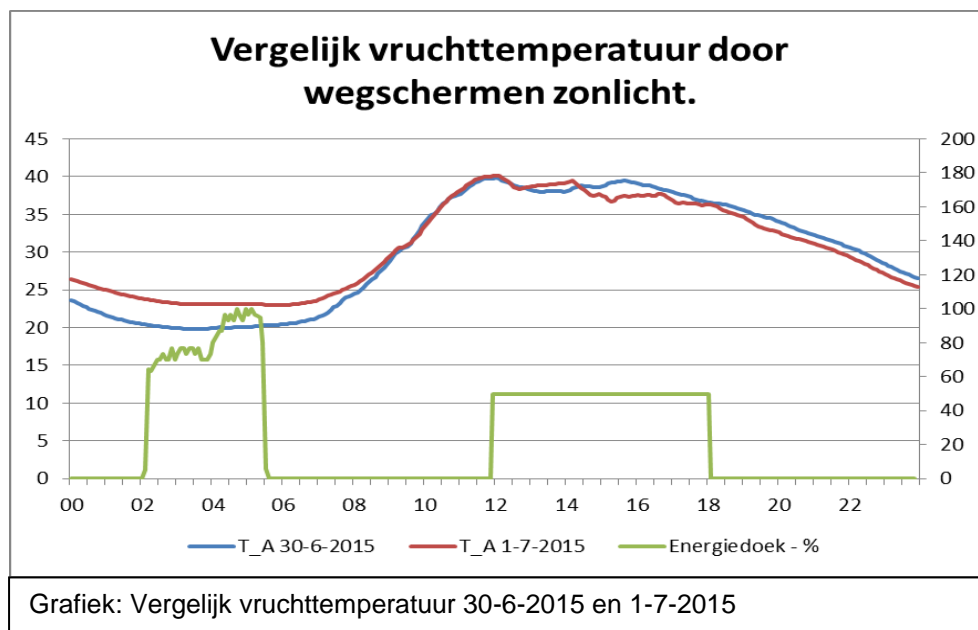
Wel opvallend is de daling van de planttemperatuur na het 50% sluiten van een energiedoek. De planttemperatuur ligt 3 a 4 °C lager dan de kasttemperatuur.

In de namiddag is de vruchttemperatuur op 30-6 wel ca. 5°C hoger dan op 1-7. Licht wegschermen heeft dus wel degelijk invloed op de vruchttemperatuur.

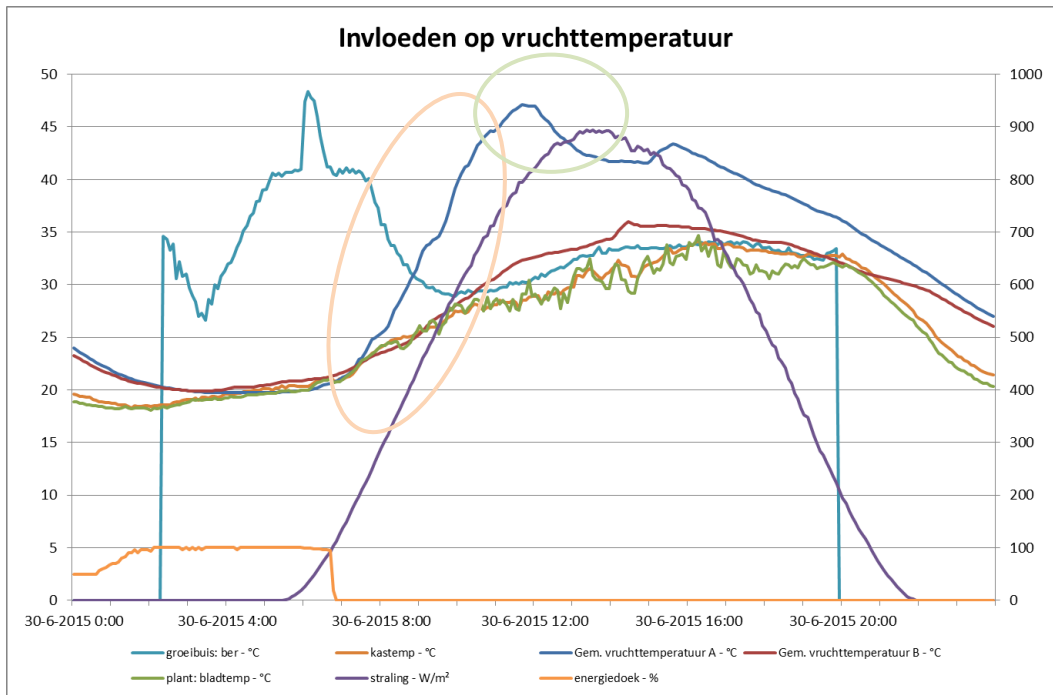
De invloed van licht wegschermen op de vruchttemperatuur is in onderstaande grafiek weergegeven door de gemiddelde temperatuur van vrucht A op 30-6 en op 1-7 in 1 grafiek weer te geven. De lijn van het energiedoek is alleen van 1-7 weergegeven.

Conclusies:

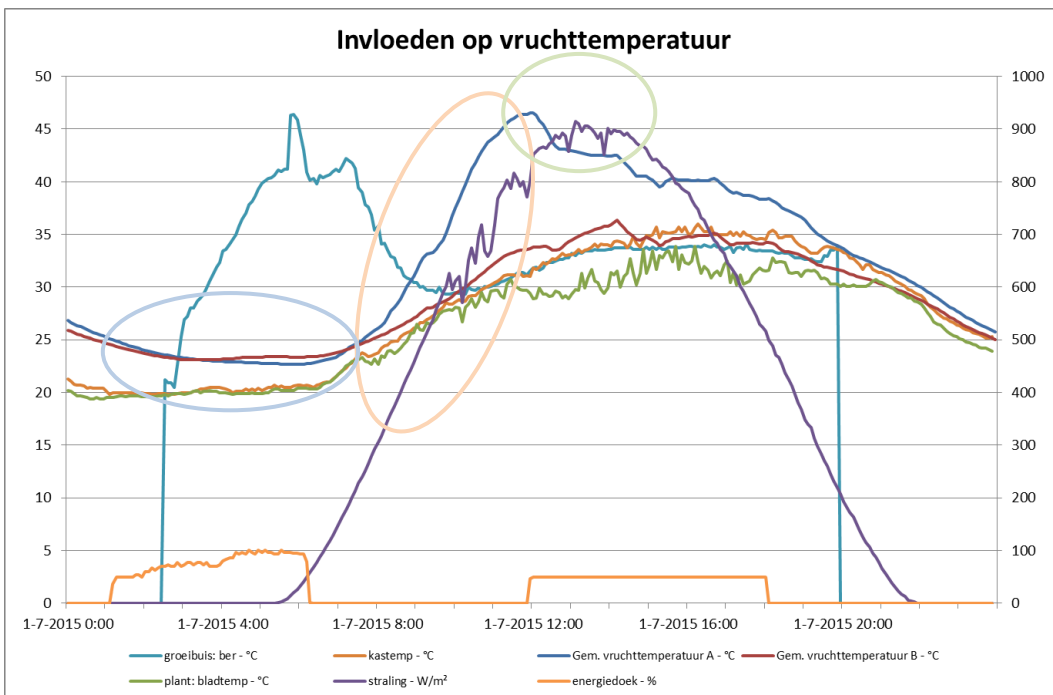
- Het wegschermen van zonlicht heeft beperkt invloed op de vruchttemperatuur, maar sterke invloed op de planttemperatuur.



NEXT STEP HNT AUBERGINE



Grafiek: Vruchttemperatuur 30-6-2015



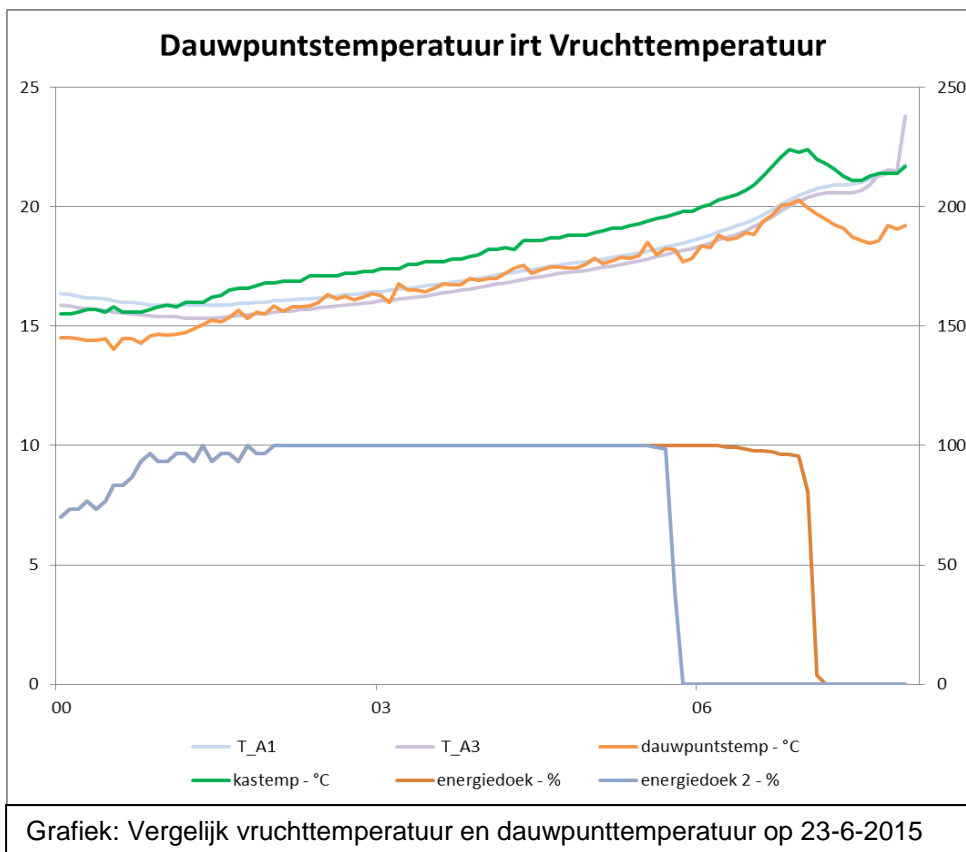
Grafiek: Vruchttemperatuur 1-7-2015

Analyse vruchttemperatuur in relatie tot dauwpuntstemperatuur:

In de ochtend wordt soms het nat slaan van vruchten gezien. Met behulp van de vruchttemperatuursensors kan eenvoudig gezien worden op welk moment de vruchttemperatuur onder de dauwpuntstemperatuur komt. Doordat bij opwarmen van de kas de vruchttemperatuur na-ijlt kan de vruchttemperatuur mogelijk onder de dauwpuntstemperatuur komen en condenseren. In onderstaande grafiek zijn de vruchttemperatuur, de kastemperatuur, de dauwpuntstemperatuur en de schermdoeken weergegeven op 23-6-2015. In de grafiek is direct zichtbaar dat gedurende de nacht de vruchttemperatuur van vrucht A op of rond het dauwpunt ligt. Na het openen van het schermdoek daalt de dauwpuntstemperatuur snel onder de vruchttemperatuur.

Conclusie:

- Door het na-ijlen van de vruchttemperatuur bij opwarmen van de kas is het mogelijk dat vruchten nat slaan. Voor het openen van het schermdoek is deze kans het grootst.



Vruchttemperatuurmeting bij Van Onselen in bladplukproef:

Bij Auberginekwekerij Van Onselen is de invloed van bladplukken (blaadje uit de kop) op vruchttemperatuur onderzocht. De verwachting is dat door bladplukken een opener gewas ontstaat en relatief meer licht direct op de vruchten valt, welke daardoor opwarmen.

De vruchttemperaturen op verschillende hoogten in het gewas is bij Van Onselen gemeten met zes sensorvruchten. Per sensorvrucht is één temperatuursensor aanwezig in het midden van de vrucht.

Sensorvruchten A1 t/m A3 zijn boven elkaar gepositioneerd in de referentie behandeling.

Sensorvruchten B1 t/m B3 zijn boven elkaar gepositioneerd in de bladpluk behandeling.

Op de foto hiernaast is de positie van sensorvrucht A1 en A2 getoond. A3 hangt onder A2. De vruchtsensoren in de bladpluk behandeling zijn op eenzelfde wijze gepositioneerd.

Doel van deze metingen:

- Bepalen wat de invloed is van bladplukken op vruchttemperatuur.
- Bepalen of vruchten te warm en of dit invloed heeft op de kwaliteit.

Vruchtkwaliteit:

Van Onselen heeft geen verschil in vruchtkwaliteit kunnen vinden tussen de referentie en de bladplukproef. Aangezien de maximale vruchttemperatuur in beide behandelingen rond de 44°C ligt is hierin geen verschil gemeten. Wel is de gemiddelde dagtemperatuur in de bladplukproef hoger.

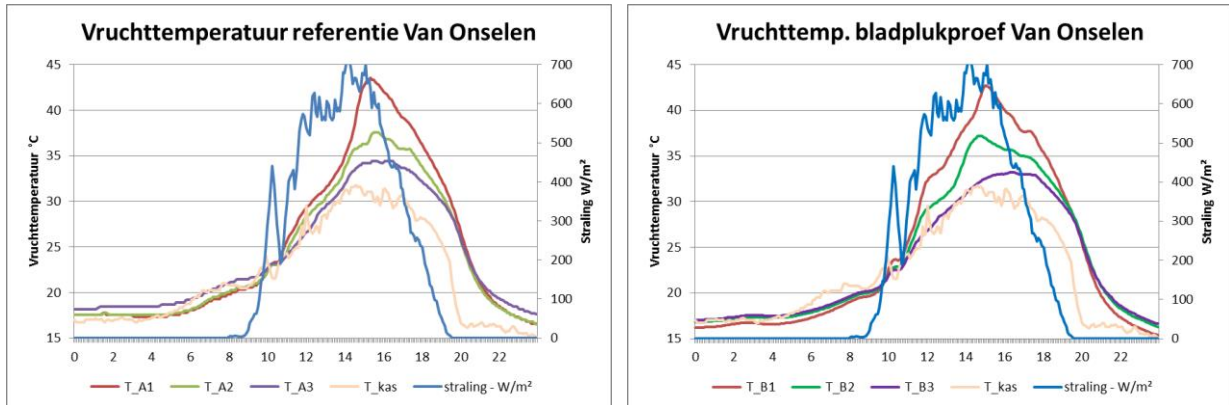


Foto: meetopstelling vruchttemperatuurmeting.

Analyse 25-9-2015: Zonnige dag

Een dag aan het einde van de behandeling is geanalyseerd om verschillen in vruchttemperatuur te zien. De instraling is afkomstig van de algemene LetsGrow.com meteo data uit De Lier, wat ca. 5 km van de kwekerij verwijderd ligt. De kasttemperatuur is gemeten op ca. 1 meter onder de kop bij de referentie vruchten.

In beide behandelingen nemen de vruchttemperaturen toe met instraling (en kasttemperatuur) en ijlt de daling van de vruchttemperaturen na op de daling van de kasttemperatuur.



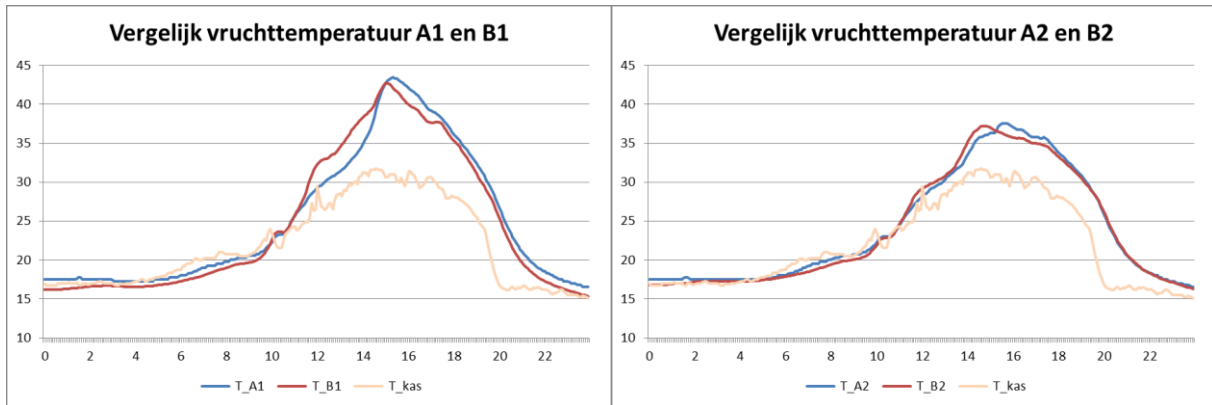
Opvallend is dat in beide behandelingen de vruchttemperatuur van de onderste vrucht (vrucht 3) in de nacht hoger is dan de vruchttemperatuur van hoger gepositioneerde vruchten. Dit is te verklaren door uitstraling van de hoger gelegen vruchten en een kortere afstand tot de buisrail en de groeibuis. Vrucht 3 volgt de kasttemperatuur, maar rond 14:00 uur neemt de vruchttemperatuur toe door directe instraling. De zon staat dan in lijn met de teeltgoot en schijnt in de V van het gewas, waardoor licht dieper doordringt en vruchten lager in het gewas raakt.

De verwachting is dat uitstraling van vruchten het grootst is in de behandeling met bladplukken. Om dit te onderzoeken zijn in de grafiek op de volgende pagina de vruchttemperaturen van vrucht A1 en B1 met elkaar vergeleken. Deze vruchten bevinden zich ca. 45 cm onder de kop van het gewas.

Gedurende de nacht ligt de vruchttemperatuur in de bladplukproef 1 tot 1,5 °C lager dan in de referentie afdeling. Vanaf ca. 5:00 uur stijgt de kasttemperatuur door stoken, de vruchttemperaturen stijgen veel minder hard. Bij toenemen van het zonlicht is opvallend dat de vruchttemperatuur sneller stijgt in de bladplukproef dan in de referentie. Dit kan de verwachting bevestigen dat een opener gewas een hogere vruchttemperatuur tot gevolg heeft. Ook in de lichtdoordringingsmeting is waargenomen dat de bladplukproef voor de middag meer lichtdoordringing heeft en de referentie na de middag. De relatie tussen lichtdoordringing en vruchttemperatuur is hiermee bevestigd. De maximumvruchttemperatuur wordt rond 14:00 uur gehaald, wanneer de zon recht in de V en op de sensorvruchten schijnt. De maximum temperatuur is in de referentie het hoogst, maar omdat deze om 14:00 uur gerealiseerd wordt, heeft dit niets met de openheid van het gewas te maken, maar alleen met direct instraling in de V.

Vruchttemperatuur A2 en B2 bevinden zich op ca. 75cm onder de kop van het gewas en laten een zelfde trend zien als de hoger gepositioneerde vruchten, maar dan iets minder extreem. De bladeren schermen zowel directe instraling als direct uitstraling af voor vruchten dieper in het gewas.

NEXT STEP HNT AUBERGINE



Conclusies:

- Bladplukken heeft invloed op de vruchttemperatuur. Bij direct zonlicht warmen vruchten sneller op, maar door uitstraling koelen de vruchten ook sneller af en tot een lagere temperatuur.
- Vruchten hoger in het gewas hebben op zonnige dagen een hogere temperatuur, maar zakken na zon-onder weg tot een lagere nachttemperatuur dan vruchten dieper in het gewas.

4.9 Meting netto straling

Uitvoering: Peter Geelen - Plantmonitoring.NL



Netto stralingsmeter

Opdracht:

Een gewas gaat energie uitstralen als het kasdek kouder is dan de bovenkant van het gewas. Om dit te voorkomen of te verminderen kan het scherm gesloten worden om afkoeling van de bovenkant van het gewas te voorkomen door uitstraling. Dit bevordert de groei, de kwaliteit en gewasgezondheid. De warmere kop blijft suikers en calcium aantrekken waardoor jonge bladeren en vruchten sterkere cellen kunnen vormen die minder gevoelig zijn voor vochtschokken. Jonge vruchten bovenin het gewas, die niet afkoelen door uitstraling, zullen ook beter kunnen uitgroeien en dus grover worden. Doordat de verdamping op een zeer laag niveau blijft doorgaan zal er geen overmatige worteldruk optreden, waardoor cellen kunnen beschadigen. Vrij water in bloemen of op wonden wordt dan voorkomen. Tenslotte is het condensatierisico ook veel kleiner wanneer het gewas warmer blijft.

Het moment van openen en sluiten van het onderste scherm is gebaseerd op een inschatting dat de instraling de uitstraling overtreft. Met een netto stralingsmeter kan in beeld gebracht of het gewas bij het openen en sluiten van het scherm netto meer uitstraling ondervindt dan instraling. Met andere woorden; het moment van openen en sluiten van het onderste scherm kan met deze meting beter onderbouwd worden.

Dit geldt ook voor het moment van openen en sluiten van het tweede scherm. Wanneer ondervindt het gewas netto uitstraling onder een enkel gesloten scherm?

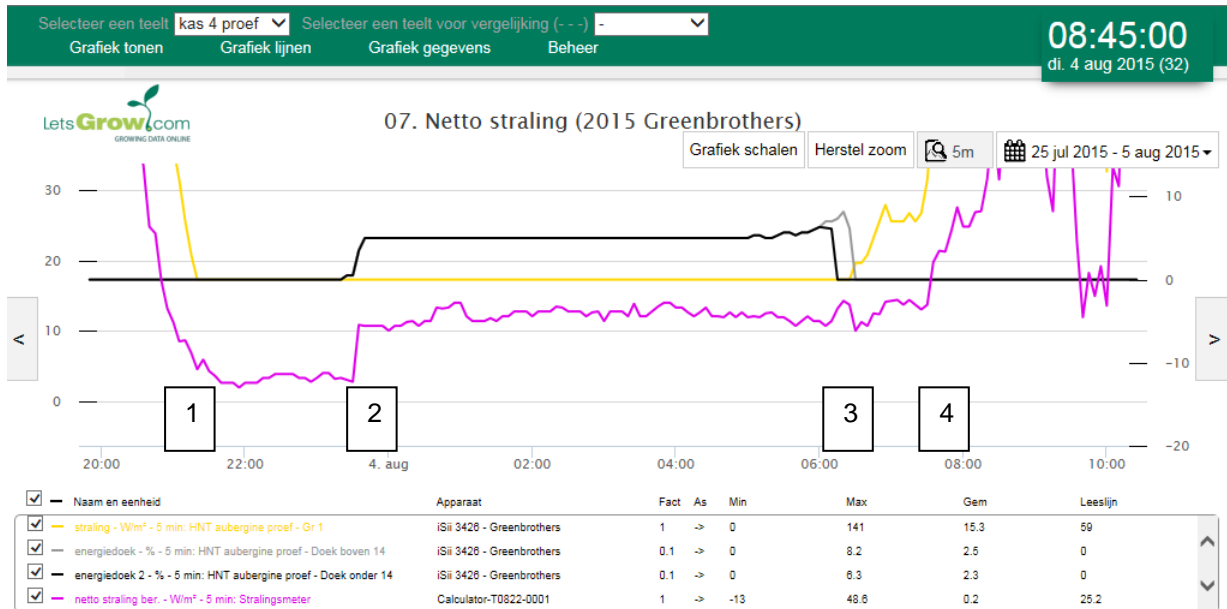
Werkwijze:

Tussen 3 juli 2015 en 13 oktober 2015 is een netto stralingsmeter (zie foto) in de proefkas 4 geïnstalleerd. Ondanks dat pas laat in het seizoen gemeten is, zijn de resultaten zeer de moeite waard. Dit heeft er zelfs toe geleid dat Greenbrothers een eigen netto stralingsmeter geïnstalleerd heeft om de schermstrategie nog verder te optimaliseren. De meetgegevens zijn in LetsGrow.com ontsloten om zo de relatie met de overige klimaatomstandigheden en scherminstellingen te kunnen leggen. De netto stralingsmeter brengt in beeld hoe groot de netto straling is (instraling minus uitstraling) die het gewas ondervindt.

Resultaat:

Uit deze metingen is gebleken dat zelfs tijdens de hittegolf in augustus het gewas ongeveer -15 Watt/m^2 kan uitstralen naar het koudere kasdek. Dat komt omdat het kasdek ongeveer $3 \text{ }^\circ\text{C}$ kouder is dan de bovenkant van het gewas. Dit is genoeg om de verdamping te verlagen met $25 \text{ cc/m}^2\cdot\text{uur}$. Dat betekent dat de verdamping dan zo goed als stil staat, waardoor er te weinig calcium getransporteerd kan worden naar de jonge cellen in de kop van het gewas.

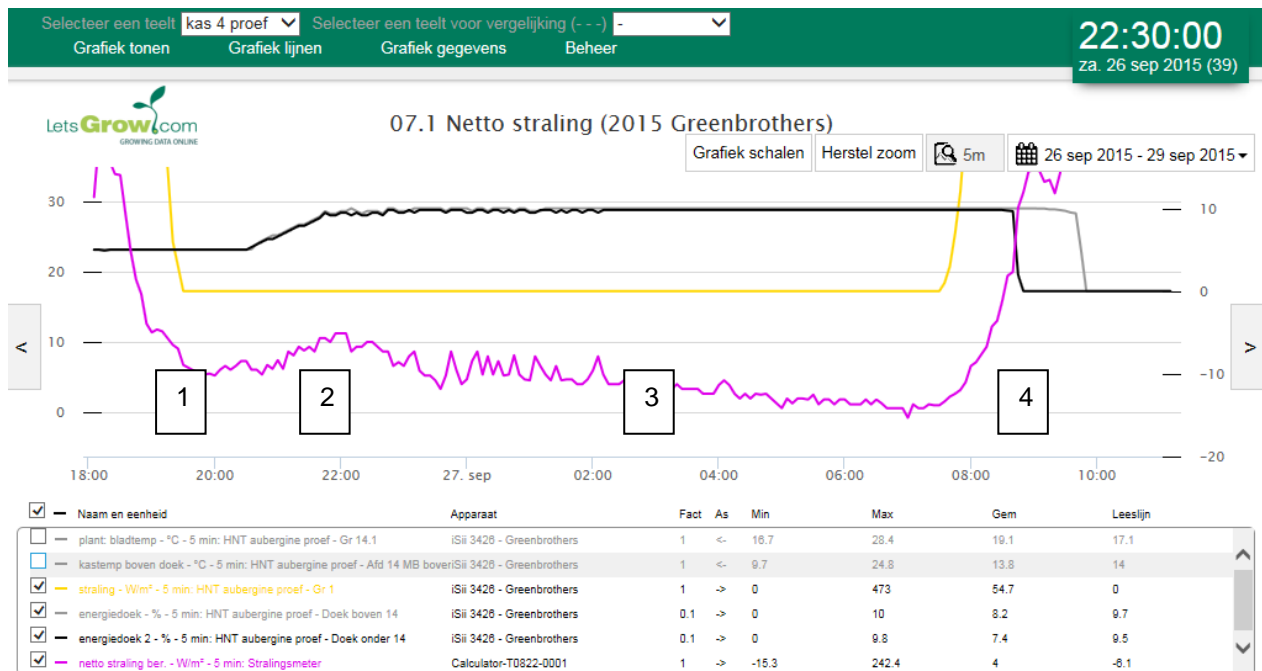
Uitstraling begin augustus 2015



3 augustus 2015:

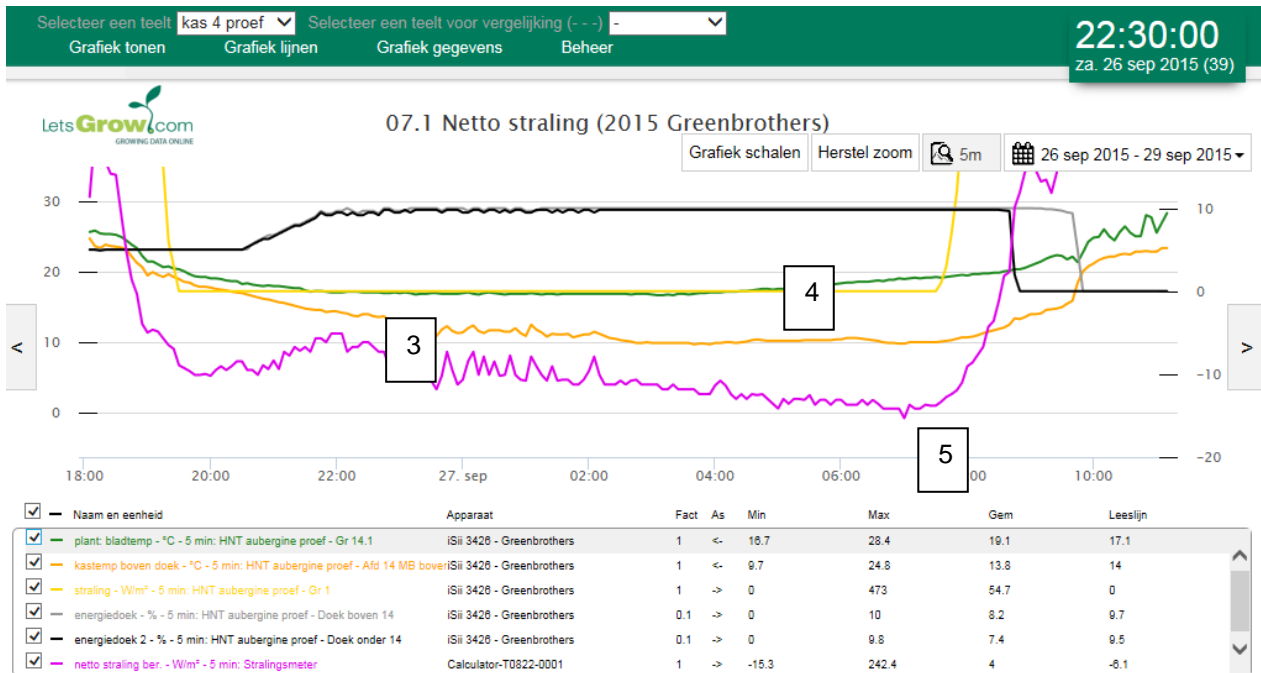
De gele lijn geeft de instraling aan die buiten gemeten wordt. De paarse lijn geeft de netto straling (instraling – uitstraling) aan die in de kas gemeten is ter hoogte van de kop van het gewas. In deze grafiek is te zien dat het gewas netto energie verliest (de netto straling wordt negatief) door uitstraling naar het koudere kasdek, voordat de zon helemaal onder is (zie 1). Op het moment dat beide schermen voor 50 % gesloten worden, “ziet” het gewas het warmere schermdeok, waardoor de uitstraling afneemt (minder negatief wordt). De netto straling wordt niet helemaal nul omdat het schermdeok ook kouder is dan het gewas (zie 2). Bij het openen van het scherm voor zonsopkomst neemt de uitstraling weer iets toe (zie 3). De netto straling wordt pas weer positief (de instraling is hoger dan de uitstraling) iets na zonsopkomst bij een instraling van ongeveer 10 Watt/m^2 . Dit betekent dat bij het openen van het scherm de verdamping is geremd.

Uitstraling eind september 2015



27 september 2015 :

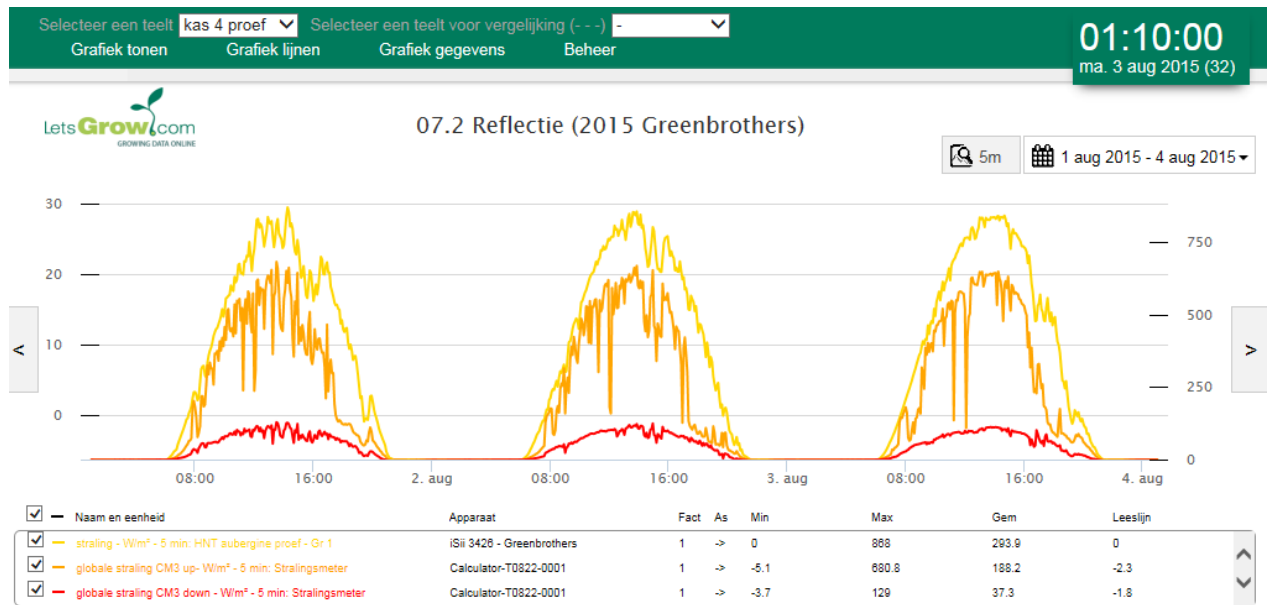
De gele lijn geeft de instraling aan die buiten gemeten wordt. De paarse lijn geeft de netto straling (instraling – uitstraling) aan die in de kas gemeten is ter hoogte van de kop van het gewas. Voor zonsondergang (zie 1) bij 100 Watt/m² sluiten twee schermen tegen elkaar voor 50%. Het gewas ondervindt dan toch afkoeling door uitstraling omdat de netto straling dan toch negatief wordt (ongeveer – 10 Watt/m²). Zonder schermen zou dit dus veel meer zijn geweest. Wanneer beide schermen 100% gaan sluiten (zie 2) neemt de uitstraling af. Toch neemt vervolgens bij 3 de uitstraling weer toe. De verklaring hiervoor is in de volgende figuur te zien. Het tweede scherm opent in de ochtend bij 100 Watt/m² instraling. Op dat moment is de netto straling ongeveer 0 Watt/m². Dat wil zeggen dat de instraling even hoog is als de uitstraling. Het eerste scherm gaat open bij 270 Watt/m². Op dat moment is de netto straling positief. Dat wil zeggen dat bij het openen van het scherm de uitstraling overtroffen wordt door de instraling. In dit geval neemt de verdamping in een vloeiende lijn toe met de netto straling.



27 september 2015 :

In bovenstaande figuur is te zien waarom bij 3 de uitstraling weer toeneemt ondanks dat twee schermen gesloten zijn (de netto straling wordt meer negatief). De oranje lijn geeft de temperatuur aan boven het scherm (linker as). De groene lijn geeft de bladtemperatuur aan. In eerste instantie (zie 3) koelen de schermen af waardoor het temperatuurverschil tussen het gewas en het onderste scherm toeneemt. Hierdoor neemt de uitstraling dus toe. Vervolgens neemt bij 4 de planttemperatuur toe omdat naar de dagtemperatuur gestookt wordt. Hierdoor neemt het verschil tussen de temperatuur van het gewas en het scherm toe, waardoor de uitstraling dus verder stijgt (meer negatief wordt). Dit proces draait om bij zonsopkomst (zie 5) omdat dan de uitstraling overtroffen gaat worden door de instraling.

Reflectie door het gewas



De gebruikte meter registreert apart de instraling die in de kas komt (oranje lijn) en de instraling die door het gewas gereflecteerd wordt (rode lijn) . De gele lijn is de instraling die buiten via de meteomast gemeten wordt. Uit bovenstaande grafiek is af te leiden dat 78% van de instraling door het kasdek doorgelaten wordt. Van deze straling wordt 18% weer door het bladpakket gereflecteerd. Dat wil zeggen dat van 1000 Watt/m² instraling buiten, 780 Watt/m² in de kas komt. Hiervan wordt 140 Watt/m² gereflecteerd. Dat betekent dat het gewas 780 – 140 = 640 Watt/m² moet verdampen om de energiebalans in evenwicht te houden. Deze gegevens gelden uiteraard voor het auberginegewas dat hier in de kas staat. Voor andere kassen kan de lichtdoorlatendheid anders zijn. En voor andere gewassen kan de reflectie anders zijn.