



LED belichting en Het Nieuwe Telen bij tomaat

Proof of Principle

Tom Dueck¹, Sjoerd Nieboer², Jan Janse¹, Willem Valstar², Barbara Eveleens¹
& Marc Grootcholten²

¹ Wageningen UR Glastuinbouw, ² GreenQ Improvement Centre



Referaat

In dit Proof of Principle project is een belichte tomatenteelt geteeld met als doel 30% energiebesparing bij een gelijke productie. Tomaten van het ras Komeett werden belicht met $110 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ SON-T belichting boven het gewas en $85 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ LED-tussen. De LEDs hingen in 2 rijen: op ca. 40 cm boven de onderste bladeren en de tweede streng op 40 of op 70 cm hoogte daarboven. Er werden twee typen LEDs gebruikt: productie LEDs (lichtefficiëntie $1.6 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; 13% blauw/87% rood) en interlighting LEDs (lichtefficiëntie $1.9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; 5% blauw/95% rood), met dezelfde lichtintensiteit. Bij de start van de teelt is zoveel licht gebruikt als het gewas aankon, en omdat het gewas zich goed ontwikkelde, is er al relatief vroeg besloten tot het verhogen van de stengeldichtheid. Dit heeft geleid tot een té hoge plantbelasting relatief vroeg in de teelt, terwijl er eigenlijk onvoldoende licht beschikbaar was om het aan te kunnen in de winter met weinig zonlicht. In het 192 cm rijafstanden systeem zijn de planten té dicht bij elkaar komen te staan. Een aantal problemen hebben zich daarbij voorgedaan met spoorelementen, een mindere bevinging door de hommels, en het vochtige kasklimaat waardoor het gewas verzwakte in de winter. Hierdoor kon Botrytis op blad en stengel optreden. Het gewas heeft tot in het vroege voorjaar met een toename van de lichthoeveelheid moeite gehad met herstel. In vergelijking met een referentieteelt met 79 kg m^{-2} tomaten, is er onder productie LEDs 75 kg m^{-2} tomaten geproduceerd, en 80 kg m^{-2} bij de interlighting LEDs, vnl. omdat laatst genoemde LEDs langer brande in de zomer. Op de ontvochtiging en warmte is 30% energie bespaard en op de elektra 27% t.o.v. de referentieteelt. Het blijkt dus goed mogelijk 30% energie te besparen met nagenoeg gelijke productie.

Abstract

In this Proof of Principle project a tomato crop was grown under artificial lighting with the aim of 30% energy saving at the same level of production. Tomatoes (cultivar Komeett) were illuminated with $110 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ HPS above the crop and $85 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ LED interlighting. The LEDs hung in 2 rows, approximately 40 cm above the lower leaves and the second strand at 40 or 70 cm above that. There were two types of LEDs used: production LEDs (light efficiency $1.6 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 87% red/13% blue) and inter-lighting LEDs (light efficiency $1.9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 95% red/5% blue), with the same light intensity. At the start, the crop was given as much light as it could handle, and because the crop developed so well, the stem density was increased relatively early. This resulted in high fruit load, while insufficient light was available to compensate for the low levels of sunlight in the winter. In the 192 cm row spacing system the plants were too close to each other. Additional problems occurred with trace elements, lesser bumble bee activity, and a moist greenhouse climate which weakened the crop in the winter. Thus Botrytis occurred on the leaves and stems. The crop struggled with its recovery until early spring with more sunlight. Compared to a reference crop with 79 kg m^{-2} tomatoes, 75 kg m^{-2} were produced under-production LEDs, and 80 kg m^{-2} under the interlighting LEDs, mainly because latter LEDs were used longer during the summer. 30% of the energy for dehumidification and heat energy, and 27% of the electricity was saved, relative to the reference crop. Thus it appears possible to save 30% energy with a near identical production.

© 2012 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO).

Wageningen UR Glastuinbouw

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

Inhoudsopgave

	Voorwoord	5
	Samenvatting	7
	Inleiding	9
1	Materialen & Methoden	11
	1.1 Referentieteelt	11
	1.2 Theoretische besparing	11
	1.3 Teelt & Behandelingen	12
	1.3.1 Teeltcondities	12
	1.3.2 Behandelingen	12
	1.4 Metingen	13
	1.4.1 Kasklimaatregistratie	13
	1.4.2 Lichtmetingen	13
	1.4.2.1 Lichtverdeling en –intensiteit SON-T belichting	13
	1.4.2.2 Metingen van de LED-belichting in het gewas	14
	1.4.2.3 Lichtonderschepping	14
	1.4.3 Waterverbruik	15
	1.4.4 Plantregistraties en destructieve oogst	15
	1.4.4.1 Plantwaarnemingen	15
	1.4.4.2 Waarnemingen Botrytis aantasting	15
	1.4.4.3 Bladmorfologie	15
	1.4.4.4 Productie	15
	1.4.5 Energieverbruik	16
2	Resultaten & Discussie	17
	2.1 Verloop van de teelt	17
	2.2 Klimaatregistratie	19
	2.3 Lichtmetingen	20
	2.4 Waterverbruik	23
	2.5 Plantregistraties en destructieve oogst	23
	2.6 Meting bladstand	25
	2.7 Botrytis aantasting	26
	2.8 Productie	27
	2.9 Energieverbruik	29
3	Conclusies en Leerpunten	33
	3.1 Teelt	33
	3.2 Klimaat	33
	3.3 Belichting	33
	3.4 Energie	34
	3.5 Het Proces	34
	3.6 Aanbevelingen voor een vervolg	34
4	Referenties	37

Bijlage I	Stuurgroep/maandelijke BCO	39
Bijlage II	Buitentemperatuur	43
Bijlage III	Verticale temperatuur en VD gradiënt in het gewas in januari en maart	45
Bijlage IV	Mineralen analyses van het gewas	47

Voorwoord

Na het onderzoek in de afgelopen jaren naar de efficiëntie en het gebruik van LED-belichtingssystemen enerzijds en de voordelen van het nieuwe telen anderzijds, is men tot de conclusie gekomen dat het nieuwe telen een toegevoegde waarde heeft voor de belichte teelt. Er is op beide fronten voldoende progressie gemaakt, zodat het toepassen van een hybride belichtingssysteem in combinatie met het nieuwe telen op semi-praktijk schaal tot een mogelijk aanzienlijke energiebesparing zou leiden.

In het kader van het innovatieprogramma Kas als Energiebron is in opdracht van het Ministerie EL&I en het Productschap Tuinbouw is een Proof of Principle-project uitgevoerd om flinke energiebesparing in een belichte tomatenteelt te realiseren. Het onderzoek werd uitgevoerd op het GreenQ-Improvement Centre met Wageningen UR Glastuinbouw en Plant Dynamics. In het onderzoek werd gezocht naar het optimaal sturen van het gewas, waarbij zo zuinig mogelijk zou worden omgegaan met het inzetten van elektrische en thermische energie in de kas.

Het project werd medegefinancierd en ondersteund door Greenport Campus (Samenwerken aan Vaardigheden) en Philips Lighting, die tevens het LED-belichtingssysteem leverde.

Het experiment is intensief begeleid door een BCO bestaande uit Jan Mulder, Nic van Roosmalen, Erik van Nieuwkerk, Sebastiaan Vermeulen en Pieter van Staalduinen, die de proef tijdens de belichtingsperiode wekelijks hebben bezocht. Een overzicht van de discussies is weergegeven in Bijlage I.

Speciale dank gaat uit naar Piet Hein Baar die de teelt heeft verzorgd.

De auteurs
Wageningen UR Glastuinbouw
februari 2012

Kennisoverdracht

Publicaties:

VPRO TV, Uitzending van het wetenschapsprogramma Labyrinth "De kracht van Licht", 14-12-2010, met interviews met o.a. Udo van Slooten en Tom Dueck

Van Staalduinen J & Dueck T. 2010. Telen onder groeilicht is een leerproces, ongeacht het systeem. Onderglas 4:8-9.

Dueck, T., 2010. Led moet zich nu gaan bewijzen. Energiek2020, 30 november 2010.

Bouwman, P & Dueck T. 2011. Dit zou de proef kunnen zijn waar alles bij elkaar komt. Onderglas 8: 55.

Bouwman, P & Valstar W. 2011. Iets te snel van stapel gelopen in het begin. Onderglas 6/7: 65.

Lezingen:

10 februari 2011 LED-belichting en HNT. Presentatie voor tomatentelers, Bleiswijk.

17 maart 2011 Belichting in de Glastuinbouw. Voordracht Energiek2020, Bleiswijk.

19 mei 2011 Tussenevaluatie LED-HNT. Lichtplatform, Zoetermeer.

16 juni 2011 Hybrid interlighting with less energy. Lezing voor Noorse onderzoekers, Bleiswijk.

7 juli 2011 LED belichting en HNT bij tomaat. Lezing Lichtplatform, PT, Zoetermeer.

Samenvatting

De toepassing van LED-belichting in de Nederlandse glastuinbouw wordt intensief onderzocht. Zowel op fundamenteel niveau als in de praktijk wordt LED-belichting getest om meer inzicht te verkrijgen in de energie-efficiëntie van de lampen, van het belichtingssysteem en op welke wijze LED's in te passen zijn in het teeltsysteem.

Inmiddels leeft de gedachte dat er voldoende kennis is verkregen om in een belichte teelt met een hybride belichtingssysteem met SON-T en LED-tussenlicht gecombineerd met ontvochtigen en gebruik van een dubbel scherm, een aanzienlijke energiebesparing te realiseren. In dit Proof of Principle-project is een tomatenteelt met Komeett uitgevoerd met als doel 30% energiebesparing bij een gelijke productie te realiseren. Het project is gefinancierd door het Ministerie EL&I en het Productschap Tuinbouw en medegefinancierd en ondersteund door Greenport Campus (Samenwerken aan Vaardigheden) en door Philips Lighting die tevens het LED-belichtingssysteem leverde.

De tomaten van het ras Komeett werden belicht met een hybride belichtingssysteem, $110 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ SON-T belichting boven het gewas en $85 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ LED-tussenbelichting. De onderste streng van de LED-tussenbelichting hing ca. 40 cm boven de onderste bladeren van het gewas. De tweede streng van de LED-tussenbelichting hing op 40 of op 70 cm hoogte boven de onderste streng. Er werden twee typen LED's gebruikt: productie-LED's (lichtefficiëntie $1.6 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; 13% blauw/87% rood) en interlighting LED's (lichtefficiëntie $1.9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; 5% blauw/95% rood) met dezelfde lichtintensiteit. Bij de start van de teelt is het gewas zich snel en generatief gaan ontwikkelen. Er is zoveel licht gebruikt als het gewas aankon en omdat het gewas zich goed ontwikkelde, is er al relatief vroeg besloten tot het verhogen van de stengeldichtheid. Dit heeft geleid tot een hoge plantbelasting vrij vroeg in de teelt, terwijl er eigenlijk onvoldoende licht beschikbaar was voor de planten om deze plantbelasting in de winter met weinig zonlicht aan te kunnen. In het 192 cm rijafstandensysteem zijn de planten in de rij hoogstwaarschijnlijk té dicht bij elkaar komen te staan. Samen met de hoge plantbelasting en weinig licht in de winter, hebben zich tevens een aantal problemen voorgedaan: te weinig sporelementen in november, een tijdelijk mindere bevoeding door de hommels en het vochtige kasklimaat, dat er ervoor heeft gezorgd dat het gewas in de winter verzwakte. Hierdoor kon op blad en stengel Botrytis optreden. Het gewas heeft tot in het vroege voorjaar met een toename van de lichtebehoefte moeite met herstel gehad. Aanbevolen wordt om vooraf een belichtingsstrategie te maken, waarbij uitgegaan wordt van de plantbelasting én hoeveelheid beschikbaar licht en belichting in de donkerste maanden (december, januari) van de teelt. Dat moet resulteren in een teelt (sink) die afgestemd is op de beschikbare belichting (source) in de weken dat de teelt het moeilijkste heeft. Het afstemmen van teeltmaatregelen op de belichting en het gewas in een systeem met een rijafstand van 160 cm ligt tomatentelers beter dan met een rijafstand van 192 cm.

Er is uitgegaan van een referentieteelt die 79 kg m^{-2} tomaten produceert. In de vakken met productie-LED's is er 75 kg m^{-2} tomaten geproduceerd, en 80 kg m^{-2} bij de interlighting LED's, waarschijnlijk omdat laatst genoemde LED's langer bleven branden in de zomer. Terwijl er veel kennis werd opgedaan over de te volgen teeltstrategie in een belichte teelt met de nodige fouten daarin, is de geplande 30% energiebesparing bijna gerealiseerd. Op de ontvochtiging en warmte is 30% energie bespaard en op de elektra 27% t.o.v. de referentieteelt. Mits er goed met het gewas wordt omgegaan (niet te snel van start gaan, voldoende en tijdig ontvochtigen) is het goed mogelijk 30% energie te besparen met nagenoeg gelijke productie. Energiebesparing wordt vooral gerealiseerd door het goed benutten van de beschikbare middelen, belichting en enkele aspecten van Het Nieuwe Telen – het Nieuwe Belichten.

De combinatie $110 \mu\text{mol}$ SON-T met $80 \mu\text{mol}$ LED blijkt goed te kunnen werken in een hybride belichtingssysteem. Het lijkt erop dat tenminste $110 \mu\text{mol}$ SON-T nodig is voor een goede gewasontwikkeling, ook in het licht van de resultaten in een eerdere proef bij Wageningen UR Glastuinbouw (Dueck et al., 2010) waar $80 \mu\text{mol}$ SON-T iets te weinig bleek te zijn. Er zijn voor wat betreft de productie, geen duidelijke conclusies te trekken over het verschil in invloed van productie-LED's t.o.v. interlighting-LED's. Het kleine verschil in spectrum (12% blauw licht bij productie-LED's t.o.v. 5% blauw bij interlighting-LED's) heeft niet geleid tot grote verschillen in productie. Wel is het zo dat de interlighting-LED's gedurende de zomer gebrand hebben, waardoor de productie bij de interlighting LED's ML (laag gehangen LED's) hoger was dan bij de overige behandelingen. Er zijn ook geen duidelijke conclusies te trekken over de beste positie van de LED-strengen t.o.v. elkaar. Onder de productie LED's was er nagenoeg geen verschil in productie tussen de HL en ML configuraties en bij de

interlighting LED's was dat wel het geval, maar daar speelde de factor zonlicht een rol vanwege de verduisteringsdoek in het ernaast gelegen compartiment. Over het algemeen wordt deze verdeling van de lichtintensiteit door de begeleidende telers als goed ervaren en wordt de voorkeur gegeven aan de lager gehangen LED-strengen vanwege de lichtbehoefte onderin het gewas.

Inleiding

In het transitiepad Licht van het programma Kas als Energiebron wordt de toepassing van LED-belichting intensief onderzocht. Zowel op fundamenteel niveau als in de praktijk wordt LED-belichting getest om meer inzicht te krijgen in de energie-efficiëntie van de lampen, van het belichtingssysteem en op welke wijze LED's in te passen zijn in het teeltsysteem. Voor wat betreft de energie-efficiëntie van de belichtingsystemen is de huidige mening dat LED's anno 2011 op het niveau van SON-T belichting is (ca. $1.6 \mu\text{mol W}^{-1}$), in 2012 wordt dat $1.9 \mu\text{mol W}^{-1}$ en dit kan binnen enkele jaren 20-50% efficiënter worden (50% efficiënter betekent $2.4 \mu\text{mol W}^{-1}$). Dat wil zeggen dat er met dezelfde hoeveelheid belichting (en elektrische input) minder energie wordt verbruikt. Dat LED's snel efficiënter zullen worden wordt langer beweerd en zal nog moeten blijken.

In enkele (semi-)praktijk onderzoeken (Improvement Centre tomaten, 2010; Dekker tomaten 2010) waarbij 2/3 bovenbelichting werd gecombineerd met 1/3 tussenbelichting werden productieverhogingen van ongeveer 10-20% gemeld (Nieboer et al. 2011; Pot et al. 2010). Met een optimale verhouding boven- en tussenbelichting, en het toepassen van Het Nieuwe Telen (HNT), zou nog meer productie kunnen worden gerealiseerd. Omdat bovenbelichting (met warmtevernietiging) energetisch gezien duurder blijkt te zijn (Dueck et al., 2010), wordt er voorlopig ingezet op tussenbelichting. Wanneer daarnaast ontvochtiging van de kaslucht wordt toegepast in combinatie met twee schermen die onafhankelijk of samen gebruikt kunnen worden, moet het mogelijk zijn om nog meer energie te besparen.

In de voorgaande en huidige onderzoeksprojecten met LED-belichting kwamen twee belangrijke problemen naar voren, namelijk wat de optimale verdelingen van licht en temperatuur in het gewas zijn. Beide factoren lijken het verschil tussen LED en SON-T belichting te bepalen en beide worden tegelijk beïnvloed door het type belichting. Zo geeft SON-T belichting ook warmtestraling, terwijl LED-tussenbelichting als een soort groeibuis werkt, waardoor de gevolgen van licht- en temperatuurverdeling lastig te scheiden zijn.

Het benutten van licht en (tussen)belichting hangt voor een niet onbelangrijk deel af van een aantal teeltmaatregelen. Wanneer de kas ingericht wordt met een grotere rijafstand (192 cm) dan gebruikelijk, kunnen de voordelen van tussenbelichting nog groter worden. Met meer ruimte tussen belichtingsarmaturen en gewas kan er, naast meer doordringing van bovenlicht in het gewas, een grotere belichtingshoek ontstaan waardoor een groter bladoppervlak gelijkmatiger belicht kan worden.

In het hieronder beschreven Proof of Principle-project, is de doelstelling 30% energie te besparen t.o.v. een teelt die 18 uur per dag wordt belicht met $215 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ SON-T, en met de gebruikelijke teeltmaatregelen, zo mogelijk met behoud van productie. Energiebesparing wordt gerealiseerd door gebruik te maken van de optimale combinatie van SON-T en LED belichting boven en tussen het gewas, welke uitgeschakeld wordt op momenten dat het licht minder efficiënt benut kan worden met daarnaast een grotere rijafstand en een aantal maatregelen vanuit HNT.

1 Materialen & Methoden

1.1 Referentieteelt

Er is een referentieteelt voor het ras Komeett gedefinieerd, met een rijafstand van 160 cm. De gebruikelijke teeltmaatregelen worden toegepast. Het gewas in de referentieteelt is geplant in week 38 en de eerste tros bloeit in week 40. De plant wordt gekopt in week 28 en in week 29 is de laatste bloei en de laatste oogst valt in week 37. Het gewas wordt belicht met SON-T belichting ($215 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) en een daglengte van 18 uur. Daarbij branden de lampen 2770 uren en wordt er 79 kg tomaten geproduceerd. De daarbij benodigde hoeveelheid thermische energie is gemiddeld $0.7\text{-}0.8 \text{ m}^3$ gas per week. Op het Improvement Centre is deze teelt en teeltwijze al eens toegepast, en daarbij was het energieverbruik op jaarbasis 320 kWh elektrisch en 34 a.e. thermisch. Deze metingen/berekeningen door het IC en GreenQ (GreenScheduler) zijn door Plant Dynamics bij de berekeningen ook als controle gebruikt.

1.2 Theoretische besparing

Vanuit het programma Kas als Energiebron is er gevraagd of 30% besparing t.o.v. een traditionele tomatenteelt haalbaar is. Schatting van de benodigde hoeveelheid elektrische energie voor een traditionele tomatenteelt en rekening houdend met efficiëntere LED's, minder branduren én een lagere lichtintensiteit, geven aan dat ca. 25% besparing op elektrische energie mogelijk moet zijn. Middels temperatuurintegratie in combinatie met enkele maatregelen van het Nieuwe Telen, werd ingezet op een geschatte besparing op de thermische energie van 35%.

De inzet is dus om op het totaal van elektrische en thermische energie, 30% te besparen. Daarbij wordt uitgegaan van een teelt met SON-T bovenbelichting en LED tussenbelichting.

Er is uitgegaan van een lichtintensiteit van $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ SON-T bovenbelichting en $80 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ LED tussenbelichting omdat in het experiment bij Wageningen UR Glastuinbouw (Dueck et al., 2010) gebleken is dat een hogere hoeveelheid bovenlicht met SON-T nodig is. De lampen branden minder uren per dag (max. 16 uur per dag), maar er wordt in het voorjaar mogelijk langer belicht met LED's. Op jaarbasis worden er minder branduren gemaakt.

De rijafstand is 192 i.p.v. 160 cm om een betere lichtdoordringing in het gewas te realiseren. Er wordt met 2 schermen gewerkt, een verduisteringsscherm (XLS SL 99 Revolux W/W) en een XLS10 Ultra Revolux H2no energiescherm. Er wordt met buitenluchtaanzuiging (die voorverwarmd wordt) ontvochtigd met een capaciteit van $10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ uur}^{-1}$.

Hieruit kan theoretisch de volgende energiebesparing (elektrisch) gehaald worden:

- 8% : nieuwe LED's zijn efficiënter (waren $1.6 \mu\text{mol W}^{-1}$, nu $1.82 \mu\text{mol W}^{-1}$ volgens Philips), met een aandeel van 56% voor de LED's
- 10% : gebruik van een lagere lichtintensiteit (180 i.p.v. $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
- 7% : 5-10% minder branduren
- 25% : in totaal elektrisch (verbetering op lichtefficiëntie)

Vervolgens worden elementen van HNT ingezet om het thermische energieverbruik te verminderen o.a. schermgebruik en de wijze van vochtafvoer uit de kas.

De twee energieschermen kunnen indien nodig apart gebruikt worden; bij koud weer levert het 2^e scherm meer energiebesparing op. Er kan ook meer buitenlicht toegelaten worden wanneer beide schermen open zijn (minder lichtverlies door scherm pakketten).

Als gevolg van de belichting verdampt het gewas. Door het toepassen van temperatuurintegratie kan de etmaaltemperatuur gelijkmatiger gehouden worden, wat mogelijk van invloed is op de verdamping. In het voorjaar bij toenemend zonlicht, kan de etmaaltemperatuur geleidelijk worden verhoogd.

Theoretisch kan nu de volgende energiebesparing (thermisch) gehaald worden:

- 10% : door temperatuurintegratie (tellen met de buitentemperatuur mee)
- 25% : door combinatie van ontvochtiging en gebruik van een tweede scherm
- 35% : in totaal thermisch

1.3 Teelt & Behandelingen

1.3.1 Teeltcondities

Proefplaats:	GreenQ Improvement Centre in Bleiswijk
Kasafdelingen:	Kasnummer 5, 35 m lang en 3 x 9.60 m breed (bruto 1008 m ²), kolomhoogte 6.70 m.
Ras:	Komeett (De Ruiters Seeds), een grove tomatomaat, 1 op 1 geënt op Maxifort.
Hoogte gewasdraad:	4.60 m
Zaaidatum:	24-08-2010
Plantdatum:	7-10-2010
Stengeldichtheid:	2.5 pl/m ² , op 10-01-2011 naar 4.1 st/m ²
Substraatmat:	Excellent 120*20*7.5, 9 l/m ² en 1 goot Optimax 120*20*10, 12 l/m ²
Schermb:	Energiescherm (LS10 ultra plus H2no) Verduisteringsscherm 99%
Buitenlucht aanzuiging:	9.5 m ³ /m ²
Belichting:	110 μmol/m ² Son-T; 85 μmol/m ² LED
Verwarming:	<ul style="list-style-type: none">• Groeibuis (28 mm)• Buisrailnet (51 mm)
CO ₂ -dosering:	Dosering tot ongeveer 1000 ppm met OCAP-CO ₂ , doseercapaciteit maximaal 200 kg/ha/uur
Duur proef:	Tot 23-09-2011
Toppen	Planten zijn getopt in week 30
Trossnoei:	Trossen snoeien op 4 vruchten (tot week 47 op 5 vruchten)

1.3.2 Behandelingen

De in 2.2 genoemde manieren van energiebesparing werden toegepast in een tomatenteelt met het ras Komeett in een kas van 1000 m². De teelt is op 7 oktober 2010 gestart en eindigde medio september (week 38) 2011. De teeltstrategie werd afgestemd op de hoeveelheid licht en warmte van de SON-T lampen boven het gewas en de LED-strengen tussen het gewas. De plantbalans werd afgestemd op het lichtaanbod d.m.v. trossnoei, stengeldichtheid en LAI (bladplukken). Sturing van de plantbalans werd bepaald door de teelttechnische begeleidingscommissie.

Om het kasklimaat te sturen werd gebruik gemaakt van ontvochtiging en een dubbel scherm (verduisteringsdoek, en energiescherm). Een grotere rijafstand (192 cm) diende om meer (boven)licht dieper in het gewas te brengen en daarnaast om meer afstand tussen het gewas en de LED-strengen te realiseren met als gevolg een homogenere lichtverdeling.

Er zijn twee typen LED's gebruikt, de zgn. LED production modules zoals ingezet in 2009/2010 met een door Philips aangegeven lichtoutput van 1.6 μmol W⁻¹, en de nieuwere zgn. LED interlighting modules met een aangegeven lichtoutput van 1.93 μmol W⁻¹ (zie Fig 1). Deze productie LED's and interlighting LED's worden in de figuren aangeduid als prod-LED's en inter-LED's.

Prod-LED's HL Rijen 1-3	Inter-LED's HL Rijen 4-5	Prod-LED's HL Rijen 6-8	Prod-LED's ML Rijen 9-11	Inter-LED's ML Rijen 12-13	Prod-LED's ML Rijen 14-15
corridor					
Deur					

Figuur 1. Indeling met LED configuratie in de kas.

De LED-tussenbelichting werd in 2 strengen boven elkaar opgehangen. Per helft van de kas werden de strengen op 2 manieren opgehangen. De onderste streng van $40 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ kwam laag in de buik van het gewas te hangen. De tweede streng werd middenin (ongeveer 40 cm boven de onderste streng) óf hoog in het gewas gehangen (ongeveer 70 cm boven de onderste streng). Waar nodig worden deze manieren van ophangen aangeduid als resp. midden-laag (ML) en hoog-laag (HL). De bovenste strengen waren nodig om voldoende licht in de kop van het gewas te verkrijgen, waarbij geen lichtverlies boven het gewas op mocht treden.

1.4 Metingen

1.4.1 Kasklimaatregistratie

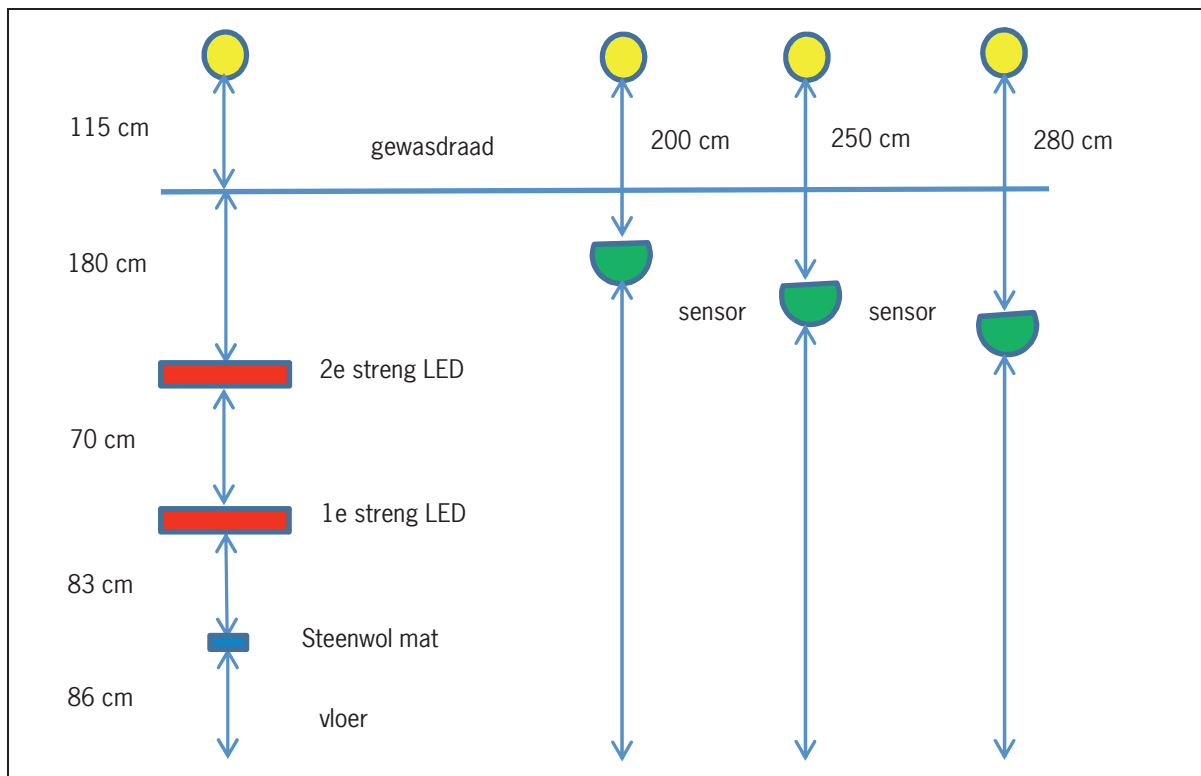
De setpoints en het gerealiseerde klimaat in de kassen werden elke 5 minuten geregistreerd met de Priva-klimaatcomputer. Daarbij werden de kasluchttemperatuur, relatieve luchtvochtigheid, het vochtdeficiet, de CO_2 -concentratie, raamstand en globale straling buiten de kas gemeten en opgeslagen.

Het microklimaat in het gewas werd vanaf december t/m eind april gemeten door draadloze sensoren (Wysensis), die in de derde rij op 3 plaatsen en op 3 hoogtes tussen de tomatenplanten kwamen te hangen; in totaal dus 9 sensoren. De laagste sensor hing op 1 m van de mat, de middelste op halve planthoogte en de hoogste sensor op 0.5 m onder de kop van de plant. Meetwaarden werden elke 5 minuten geregistreerd en gemiddeld per hoogte in de kas.

1.4.2 Lichtmetingen

1.4.2.1 Lichtverdeling en –intensiteit SON-T belichting

Bij het volgroeide gewas werden metingen uitgevoerd aan de lichtintensiteit en –verdeling boven, onder en in het gewas volgens een erkend protocol (Dueck & Pot, 2010). Lichtmetingen in de kas zijn uitgevoerd met een LiCor Line quantum sensor (LI-191) met een lengte van 100 cm. Er is ook incidenteel gemeten met een Licor quantum sensor (LI-190) voor puntmetingen.



Figuur 2. Schematisch tekening van de beoogde afstanden van de SON-T lampen tot de PAR sensor op 2 en 24 november 2010 bij de grootste afstand tussen de LED-strengen.

Lichtmetingen werden uitgevoerd na zonsondergang. Gemeten werd op gewashoogte, d.w.z. daar waar de kop van het gewas werd verwacht (zie Figuur 2.). Binnen een opgezet meetveld (waarbinnen de metingen worden gedaan) werd een meetraster gekozen (punten waar de metingen worden gedaan). Er werd gemeten op 210 meetplaatsen, op 15 plaatsen boven iedere gewasrij en elk pad, met een tussenruimte van 1 meter. Bij het berekenen van de lichtverdeling en -intensiteit zijn de metingen boven het betonpad voorin de kas buiten beschouwing gelaten.

1.4.2.2 Metingen van de LED-belichting in het gewas

Lichtmetingen bij de LED-tussenbelichting zijn uitgevoerd om een indicatie te krijgen van de hoeveelheid tussenlicht die er op het bladpakket kwam. Daartoe werd langs het gewas (tussen LED-strengen en gewas) gemeten van boven naar beneden, met de lichtsensor naar boven gericht, of naar binnen gericht (naar de LED's toe). De metingen zijn uitgevoerd nadat de SON-T belichting was uitgezet.

1.4.2.3 Lichtonderschepping

Om de lichtverdeling in het gewas onder invloed van lamplicht te analyseren werden op verschillende hoogtes metingen van de lichtintensiteit van de kop van het gewas tot de teeltgoot uitgevoerd. Metingen werden uitgevoerd op 2 februari, 's avonds als het donker was met behulp van een Sunscan Canopy analysis systeem (Delta-T Ltd, UK). De Sunscan met een lengte van 75 cm werd elke 25 cm tussen de kop van het gewas en de mat dwars in de rij gestoken. Tegelijkertijd werd er een referentiemeting uitgevoerd boven het gewas om de relatieve lichtintensiteit te bepalen. Deze geeft de mate van lichtonderschepping aan.

1.4.3 Waterverbruik

De watergift en drain werd gemeten om de hoeveelheid water voor de groei en verdamping in te kunnen schatten. De watergift per kas werd berekend aan de hand van de gift per minuut van de druppelaars vermenigvuldigd met de druppeltijd. De drain werd van de hele kasafdeling gemeten en geregistreerd via de klimaatcomputer.

1.4.4 Plantregistraties en destructieve oogst

1.4.4.1 Plantwaarnemingen

De gewasgroei werd wekelijks gemonitord door aan 10 stengels per proefvak de volgende parameters te registreren:

- lengtegroei
- kopdikte (ter hoogte van de top van de plant in de voorgaande week)
- bladlengte (eerste blad onder de bloeiende tros)
- bloeiende tros
- afgeronde tros
- gezette tros
- aantal gezette vruchten
- plantbelasting
- geoogste tros

1.4.4.2 Waarnemingen Botrytis aantasting

Per week werd het aantal planten aangetast met Botrytis en het aantal dode planten in elke rij geteld. Deze registratie is wekelijks uitgevoerd van week 51 (2010) tot en met week 32 (2011).

1.4.4.3 Bladmorfologie

Maandelijks werden bladeren destructief geoogst bij de rijen belicht met groei-LED's, bovenin en onderin het gewas. Bij deze bepalingen werden 10 volgroeide bladeren respectievelijk hoog en laag in het gewas geplukt en geanalyseerd. De volgende parameters werden bij de destructieve bepalingen gemeten:

- Versgewicht bladeren en stengel apart per plant [g]
- Drooggewicht bladeren en stengel per plant [g]
- Bladoppervlak [m²]
- SLA per plant (specific leaf area) [cm² g⁻¹]

1.4.4.4 Productie

Per pad uit elk van de vier typen tussenlichtbehandelingen werden de volgende oogstwaarnemingen uitgevoerd:

- totaal gewicht klasse I geoogste trossen
- gemiddelde vruchtgewicht van een monster
- gewicht gescheurde vruchten

Oogstrijpe trossen werden in het begin wekelijks, en later 2 keer per week geoogst. Voor de productiewaarnemingen zijn steeds de vruchten van de gehele afdeling genomen, onderverdeeld in proefvakken.

Per goot werden de volgende oogstwaarnemingen uitgevoerd:

- bruto gewicht geoogste trossen (klasse I)
- gemiddeld vruchtgewicht

Het gemiddelde vruchtgewicht werd berekend op basis van het gewicht en aantal vruchten van een monster van ongeveer 30 vruchten en later van ongeveer 90 vruchten.

Bladhoekmetingen

De morfologische eigenschappen van de bladeren werden geanalyseerd door de lengte, breedte, oriëntatie (=windrichting) en bladhoek t.o.v. de stengel handmatig te meten. De metingen zijn uitgevoerd bij 2 blokken van 3 planten in het midden van elke kas. De metingen zijn apart uitgevoerd in februari 2011 en zijn per meetplant gedaan op alle bladeren van boven naar beneden toe. De verschillen tussen de blokken zijn statistisch getoetst. De hoekmeting is uitgevoerd m.b.v. een gradenboog die waterpas werd gehouden, met een betrouwbaarheid van ± 5 graden.

1.4.5 Energieverbruik

De branduren van de lampen werden geregistreerd en de elektriciteit van de SON-T en LED-belichting in de afdeling werd gemeten. Daarmee werden de energiekosten berekend voor het geval dat alle LED's uit interlighting LED's bestond. Vanwege de hogere efficiëntie van interlighting LED's is een correctiefactor toegepast van 0.82. De voor de buitenlucht aanzuiging benodigde elektrische energie werd apart gemeten. De stroomverbruik in de kas was dus afkomstig van de elektriciteit nodig voor de belichting en ontvochtiging. De thermische energie werd ook gemeten om samen met de elektrische energie tot het totale energieverbruik te komen.

2 Resultaten & Discussie

2.1 Verloop van de teelt

Gewasomschrijving

De plant is mooi snel en generatief weggegroeid. Dit resulteerde in een hoge vruchtaanmaak per m² (in de eerste weken gemiddeld 12 vruchten per m²). Deze hoge aanmaak werd een probleem vanaf half november toen deze vruchten allemaal flink begonnen te zwellen en grover werden dan was gepland. In plaats van 150 gram werden deze vruchten ruim 165 gram wat een hoge plantbelasting gaf. Als reactie hierop is de plant in de kop zwakker gaan staan waarbij de plant bladranden ging vertonen. In de tweede helft van november zijn er problemen geweest met de toediening van spoorelementen, waardoor er hoogstwaarschijnlijk tijdelijk een tekort aan o.a. Cu, Zn en Mn in de planten is ontstaan. Hierdoor ontstonden ondermeer slappe, donkere blaadjes in de kop. Dit heeft waarschijnlijk later het ontstaan van bladrandjes bevorderd. Een overzicht van de mineralenanalyses is weergegeven in Bijlage IV.

Toen in de koude maand december veel geschermd moest worden, ontstond er een vaak een te vochtig en doodsklimaat in de kas en zijn de bladranden geïnfecteerd door botrytis. Dit heeft gedurende de winter en het voorjaar in de teelt veel problemen met botrytis op blad en stengel opgeleverd. De botrytisdruk was daarom tot aan de zomer erg hoog en heeft ook veel uitval van planten gegeven.

In de winter is geprobeerd rustig te telen om de kop van de plant voldoende sterk te laten worden, zodat deze een sterke tros en minder problemen met bladranden zou geven. Het uitgangspunt van 30% energiebesparing en de hoge plantbelasting waren hierbij wel handicaps. Hierdoor moest veel geschermd worden waardoor de luchtvochtigheid moeilijk was te sturen.

Toen in januari de extra stengels werden bijgehouden, kwamen de koppen op de rij erg dicht op elkaar te staan. Dit gaf tussen de planten vrij snel ongelijkheid in kracht, omdat sommige planten elkaar overschaduwden waardoor de ongelijkheid toenam. Deze ongelijkheid heeft er tot het einde van de teelt in gezeten en heeft productie gekost, omdat de zwakke planten onvoldoende grofheid gaven.

Er is gekozen om als zomerplantdichtheid te kiezen voor een hogere dichtheid dan normaal in een belichte teelt om de trossen op 4 (i.p.v. 5) te kunnen snoeien. Dit was als uitgangspunt genomen om de troskwaliteit te verbeteren en gescheurde vruchten te voorkomen. Dit laatste is prima gelukt omdat er weinig tot geen gescheurde tomaten werden waargenomen tijdens de teelt. De hogere stengeldichtheid is echter wel nadelig in combinatie met een breed teeltsysteem door bovenbeschreven problemen met plantongelijkheid.

Temperatuursstrategie

Er is gekozen om te starten met hoge etmaaltemperaturen van 21 °C om snelheid in het gewas te brengen zodat de plantbelasting niet te hoog op zou lopen. In de winter zijn de etmaaltemperaturen verlaagd naar 19 °C om de plant niet te zwak te stoken en voldoende kracht op het gewas te houden. Daarnaast is er gewerkt met een koele voornacht van 15 °C om het gewas generatief te krijgen. Toen de plant in balans stond is de voornacht wat verhoogd naar 16 °C om minder generatief te sturen en de vruchten sneller van de plant af te krijgen. In het voorjaar is geprobeerd zo lang mogelijk koel te telen om de plant krachtig te houden.

Er is continu geteeld met een koele ochtendtemperatuur van 18 °C om de plant niet te veel te laten strekken.

Belichtingsstrategie

De belichtingsduur is vrij snel opgebouwd in de start van de teelt om de teeltsnelheid hoog te houden en de eerste tomaten snel te kunnen oogsten zodat de plantbelasting in december niet te hoog op zou lopen en we gemakkelijker hergroei zouden krijgen,

Er is gestart met belichten met de bovenbelichting (SON-T), omdat de eerste weken van de teelt de planten nog niet voorbij de tussenbelichting (LED) waren gegroeid, waardoor het tussenlicht niet goed door de planten zou kunnen worden opgevangen. Het gewas bereikte de onderste streng in beide LED configuraties (ML en HL), maar het duurde ongeveer 2 weken langer om de bovenste LED-streng te bereiken in HL dan in ML (verschil van ca. 40 cm hoogte). Nadat de planten voorbij de LED-strengen waren gegroeid is het accent komen te liggen op het belichten met de LED's, omdat dit licht mogelijk efficiënter werkt op het gewas en energie bespaard kan worden.

Een ander argument om vooral in de nacht onder een gesloten schermdoek met de tussenbelichting te werken was dat er door de LED's minder warmte wordt geproduceerd en deze warmte op een meer gewenste plek dichtbij de planten terecht komt.

Eind november waren beide belichtingssystemen voor 16 uur per etmaal in gebruik, wat tevens de maximale belichtingsduur was.

Toen beide systemen werden gebruikt, was er voldoende input van warmte zodat er zonder buiswarmte geteeld kon worden.

Ontvochtgingsstrategie

Om het vocht uit de kaslucht te verdrijven is primair gebruikt gemaakt van de ontvochtgingsinstallatie. Deze keuze was gebaseerd op het feit dat met dit systeem primair kan worden gestuurd op ontvochtigen van de kaslucht zonder dat daarbij verder ongecontroleerd onnodig energie verloren gaat door de schermkier of raamopening.

Het ontvochtigen van de kaslucht met koude buitenlucht kost ook energie, omdat deze koude lucht moet worden opgewarmd. Omdat de buitenlucht echter vrij droog is kost dit vrij weinig energie.

Er is een ontvochtgingsstrategie ingezet op basis van vochtdeficiet (VD). Het gewenste VD in de nacht lag op 1.5-2 g/m³ en overdag op 3-4 g/m³. In de eerste weken van de teelt functioneerden de binnenluchtkleppen onvoldoende, waardoor deze wat open stonden en vochtige kaslucht meegezogen werd. Het gevolg hiervan was dat het gewenste VD niet gerealiseerd kon worden. Nadat de kleppen voor de binnenluchtaanzuiging waren dichtgezet kon het gewenste VD wel gerealiseerd worden.

De ontvochtgingsinstallatie werd modulair opgetoerd, maar moest in een klein traject optoeren naar 100% waardoor het er in de praktijk op neer kwam dat de installatie vaak op 100% draaide, vooral in de nacht. Veel later is gebleken dat de ontvochtgingsinstallatie niet goed was geïnstalleerd waardoor deze niet goed werkte en daardoor veel elektrische energie heeft gekost.

Met een gesloten scherm was het niet gemakkelijk om de kaslucht te ontvochtigen. Daarom is besloten een vochtkier op het schermdoek in te stellen, zodat het vocht in de kaslucht gemakkelijk tegen het koude kasdek kon condenseren. Toen dit nog niet toereikend was is er als 3^e stap een minimumraamstand ingesteld aan de luwe zijde zodat de vochtige lucht via de ramen kon ontsnappen.

Naar de zomer toe is de ontvochtgingsinstallatie nog wel weer gebruikt, maar met beperkt resultaat, en is er dan ook meer gebruik gemaakt van een minimum buis in combinatie met een minimum raamstand om het vocht de kas uit te krijgen.

Scherfstrategie

Gedurende de periode tussen zon onder en zon op is het donkerscherm als primair energiescherm gebruikt. In een situatie van warmteoverschot onder het doek, is met dit scherm gekierd om de overtollige warmte kwijt te raken.

Als het donkerscherm in de nacht dicht lag, en de buis ging bij warmtevraag naar een waarde van 45 °C, werd het energiescherm als 2^e scherm gesloten. Voordat de lampen aan gingen, werd dit energiescherm weer geopend om te voorkomen dat er te veel warmteophoping onder het doek ontstond. Ook bij alleen gebruik van de tussenbelichting (LED) onder het gesloten donkerscherm, waren er wel eens situaties van warmteoverschot bij hoge buitentemperaturen.

Rond zonop werd het donkerscherm geopend en nam onder bepaalde buitentemperaturen het energiedoek de schermfunctie over. Bij zeer lage buitentemperaturen in december is er op sommige dagen met beide transparante energieschermen gewerkt. Opvallend was wel dat de horizontale en verticale temperatuursongelijkheid toenam bij gebruik van 1 of 2 doeken overdag.

Watergift

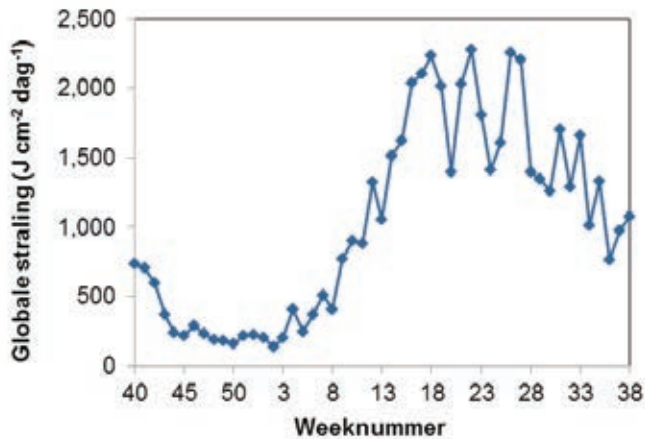
Er is gedurende de winterperiode gewerkt met een hogere mat-EC van 5.5 mS/cm om de wateropname te beperken. De wateropname moest beperkt worden omdat er minder energie-input in deze teelt was, waardoor de plant minder kon verdampen. Dit was ook te zien aan de wateropname die 15% lager was dan in een traditionele belichte teelt.

Er is gewerkt met grote beurten (500 cc/m²) om de matten niet te nat te laten worden. In sommige perioden is er gewerkt met een nachtbeurt in de donkerperiode om de mat aan te vullen en niet te ver te laten interen. Dit gebeurde in de nacht omdat de plant dan weinig verdampt en water opneemt.

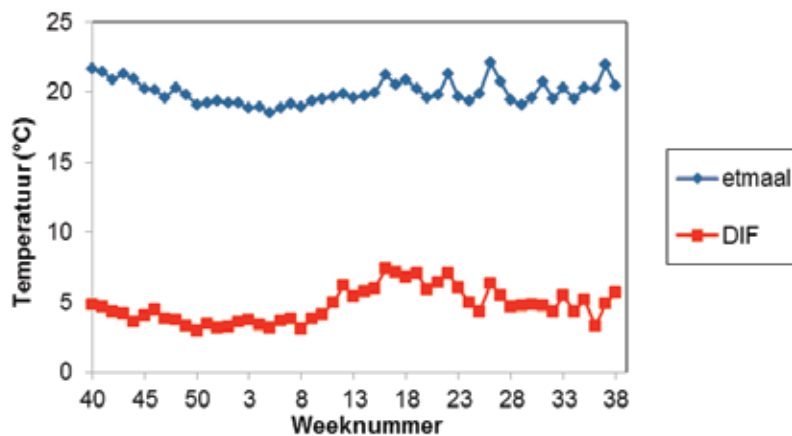
2.2 Klimaatregistratie

De globale straling volgde een gemiddeld jaarlijks patroon, en nam sterk toe vanaf week 9 tot uiteindelijk ca. $2400 \text{ J cm}^{-2} \text{ dag}^{-1}$ in week 18 (Figuur 3.).

Tot eind juni zijn er per week enkele grote schommelingen in lichtintensiteit, waarna de globale straling bij een niveau van $1000\text{-}1500 \text{ J cm}^{-2} \text{ dag}^{-1}$ is gebleven tot het eind van de proef. December was een relatief koude maand met temperatuur dips in week 4 en 9 van 2011 (zie ook Bijlage II).



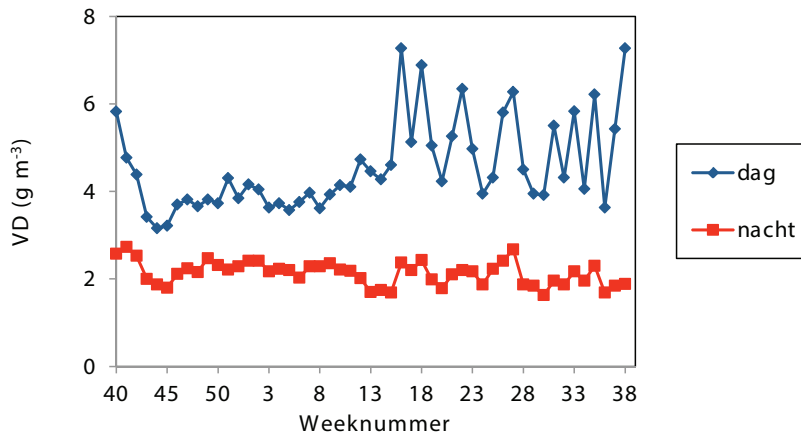
Figuur 3. Globale straling ($\text{J cm}^{-2} \text{ dag}^{-1}$) buiten de kas.



Figuur 4. Gemiddelde etmaaltemperatuur en DIF ($^{\circ}\text{C}$) in de kas.

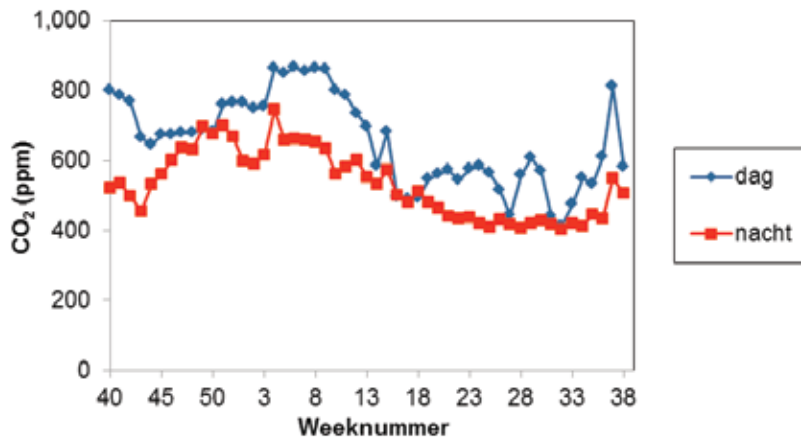
De temperatuur en DIF in de kas werd goed constant gehouden, met een zeer constante etmaal temperatuur rond 20°C en met enkele uitschieters in weken 22, 27 en 37 (Figuur 4.). In de weken 22 en 27 was er een hoge instraling. In week 37 is een hoge temperatuur aangehouden om de rijping van de laatste vruchten te stimuleren.

De DIF bleef op ongeveer 5°C tot week 9, waarna deze tot ongeveer juli licht steeg tot 8°C .



Figuur 5. Gemiddeld vochtdeficiet (g m^{-3}) overdag en 's nachts.

Het gemiddelde vochtdeficiet (Figuur 5.) was 's nachts constant met circa 2 g m^{-3} en overdag tussen de 4 en 5 g m^{-3} tot week 14 waarna het schommelde tussen 4 en 7 g m^{-3} . De variatie in VD na week 14 was waarschijnlijk het gevolg van wisselende weersomstandigheden en het bijbehorend gebruik van ventilatie. Een voorbeeld van de verticale verdeling van de temperatuur en het vochtdeficiet gedurende 2 perioden (10-24 januari) en (17-31 maart) is weergegeven in Bijlage III.



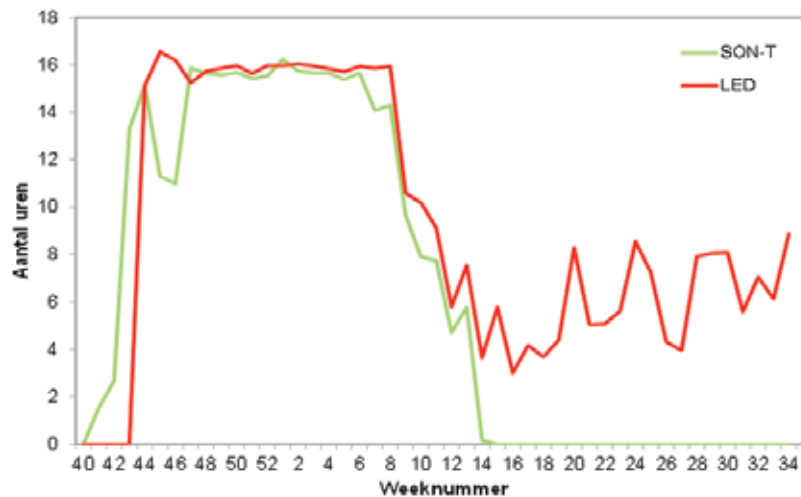
Figuur 6. Gemiddelde CO_2 -concentratie (ppm) in de kaslucht overdag en 's nachts.

De CO_2 -concentratie in de kas varieerde van 400 ppm (zomermaanden) tot 600 ppm (wintermaanden) in de nacht. Het CO_2 -gehalte overdag was 700 - 800 ppm tot week 12 (Figuur 6.), waarna het daalde tot een niveau van ca. 600 ppm. In deze periode na vol belichten werd er echter meer geventileerd.

Op verzoek van de BCO is tussen 17 en 21 november oriënterend de luchtsnelheid gemeten op 3 plaatsen met een aerometer. De luchtsnelheid varieerde in de tijd tussen de 0.03 en 0.25 m s^{-1} . Dit werd als goed beoordeeld.

2.3 Lichtmetingen

Zoals in Materialen & Methoden is beschreven, zijn er 2 typen LED's gebruikt, namelijk productie LED's met een efficiëntie van $1.6 \mu\text{mol/W}$ elektrisch en interlighting LED's met een efficiëntie van $1.9 \mu\text{mol/W}$ elektrisch. Er is gekozen om de productie te relateren aan de interlighting LED's en daarom is de totale elektrisch energie in de kas voor de LED-belichting met een factor 0.82 vermenigvuldigd.



Figuur 7. Aantal belichtings uren met SON-T en/of LED belichting.

De beoogde hoogte van eerste LED-streng was ca. 40 cm boven de onderste bladeren en van de 2^e streng 40 cm of 70 cm daarboven. Omdat het gewas sneller de laagste 2^e streng bereikte dan de hoogste 2^e streng, zijn de LED-strengen verhangen tijdens de eerste weken van de teelt om het gewas in beide behandelingen zoveel mogelijk evenveel licht te geven. Onderstaande metingen van de lichtintensiteit (hieronder) hebben daarvan geen last gehad, omdat de metingen pas in januari zijn uitgevoerd.

Eén van de maatregelen waarmee energie zou kunnen worden bespaard, was het verminderen van de branduren t.o.v. wat in de praktijk gebruikelijk is. Het aantal belichtingsuren per dag bleef op 16 uur gemiddeld per week totdat de invloed van zonlicht groter werd (ca. week 9). Daarna is het aantal belichtingsuren van SON-T sterk gedaald tot de SON-T lampen in week 14 werden uitgezet (Figuur 7.). De interlighting LED-strengen zijn langer blijven branden (onder een globale straling van 400 W m²), ongeveer 6-8 uur per week tot aan het einde van de teelt. Dit werd besloten om het licht van de LED's langer te kunnen benutten zonder de extra warmte die SON-T belichting zou geven.

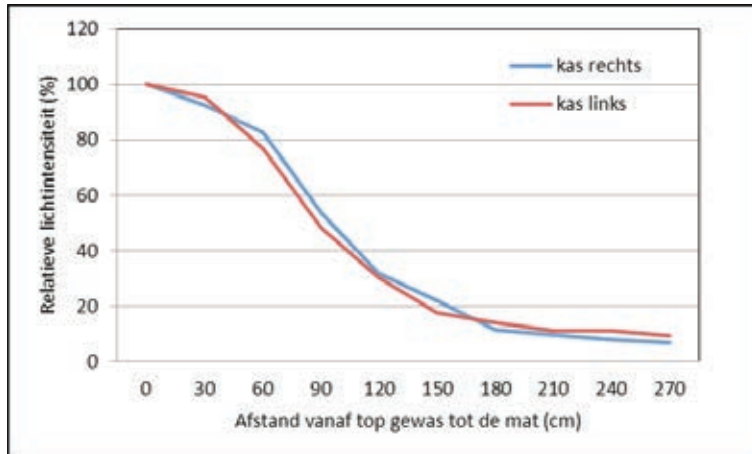
De intensiteit van de SON-T belichting is gemeten tussen pad 6 en 10, midden in de kas van tralie 4 tot 6 (zie ook Figuur 1. en 2.).

Tabel 1. Lichtverdeling onder SON-T lampen ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) op 2 en 24 november 2010, gemeten met schermen open of dicht en op verschillende afstanden tot de lampen.

Datum	Schermen	Lampen (aan/uit)	Afstand tot lampen (cm)	Lichtintensiteit ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
2 nov	Open	Aan	200	169
	Open	Aan	250	174
	Open	Uit	200	84
24 nov	Dicht	Aan	200	112
	Dicht	Aan	250	111
	Dicht	Aan	280	110

De afstand van de lampen tot de draad bedroeg 115 cm. Omdat er geen zekerheid was over de hoogte van het gewas (was nog niet volgroeid) en over de relatie lichtintensiteit en afstand tot de lampen, is er op verschillende afstanden van de lampen gemeten.

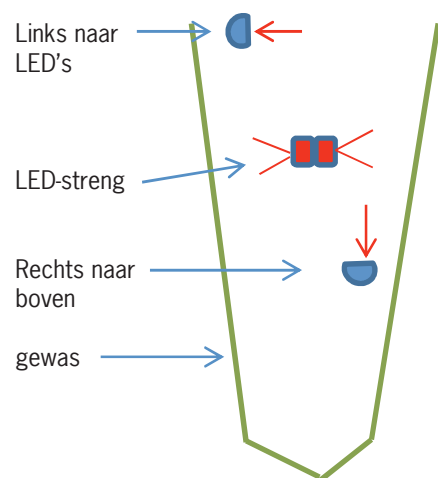
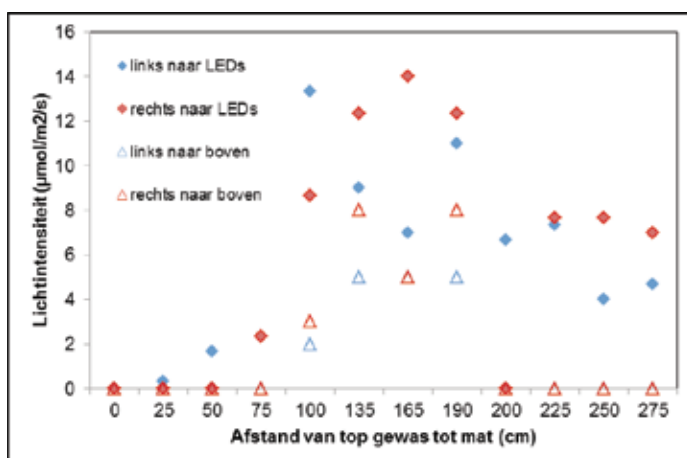
De beoogde lichtintensiteit was $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ SON-T belichting en van de LED's $80 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Bij de metingen is gebleken dat de lichtintensiteit van de SON-T op gewashoogte $110 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ bedroeg, en van de LED's $85 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, met name door de verhoogde efficiëntie van de LED's. De totale lichtintensiteit was $195 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Naar aanleiding van deze metingen is er in de verdere teelt vanuit gegaan van een effectieve lichtintensiteit van SON-T $110 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ was voor het gewas.



Figuur 8. Lichtonderschepping in het gewas in de linker en rechter helft van de kas.

De lichtonderschepping werd gemeten door de lichtintensiteit in het gewas op verschillende hoogtes te bepalen. Er is gemeten op een bewolkte dag zonder dat de lampen aan waren (Figuur 8.). De verschillen tussen de locaties in de kas zijn minimaal en het resultaat is een 'normaal' beeld van lichtonderschepping in relatie tot de hoogte in het gewas.

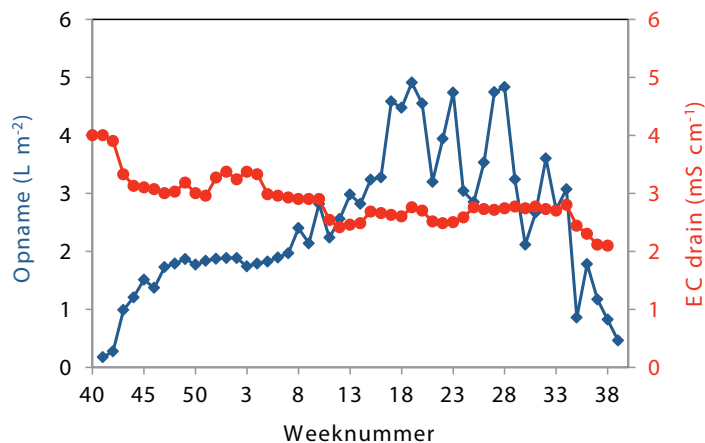
Om een indruk te krijgen van het effect van de tussenbelichting, zijn er metingen van de lichtintensiteit uitgevoerd tussen de LED-strengen en het gewas aan beide kanten van de LED-strengen met de Licor lichtsensor gericht òf naar boven (verticaal) òf naar de LED-strengen (horizontaal, zie illustratie naast Figuur 9.). Het licht dat gemeten is met de sensor naar boven gericht (verticaal) op een positie ongeveer middenin het gewas (omgeving van de LED's), was ca. $5-8 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ en wanneer het licht werd gemeten naar de LED's toe (horizontaal), was het maximaal $14 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Dit suggereert dat het licht uit een LED-streng een vrij brede stralingshoek heeft en niet alleen op de bladeren tegenover de LED-streng is gericht. De hoeveelheid licht welke het bladpakket bereikt, lijkt hierdoor niet erg veel te zijn, maar door de lichtverspreiding uit de LED-armatuur wordt een groter bladoppervlak belicht en dit heeft kennelijk een groter effect op de fotosynthese en groei dan de lichtintensiteit op die plaats suggereert.



Figuur 9. Lichtintensiteit met alleen LED's (gericht naar LED's of gericht naar boven).

Door een verschil in productie tijdens de teelt tussen de interlighting LED's behandelingen (HL en ML), is het vermoeden ontstaan dat het gewas in de interlighting LED's HL behandeling minder daglicht kreeg. Naast deze kas en naast de interlighting LED's HL behandeling werden namelijk gerbera's geteeld waarin gebruik werd gemaakt van een verduisteringsdoek, waardoor een deel van de daglicht weggeschermd werd. Vervolgens werden er in augustus extra lichtmetingen van de hoeveelheid zonlicht in het gewas uitgevoerd, die aangaven dat er in de rijen waarin de interlighting LED's HL hing (naast gerberakas), er op dagbasis ongeveer 8% minder licht het gewas bereikte. Dit zal waarschijnlijk consequenties hebben gehad voor de productie in dit behandeling.

2.4 Waterverbruik



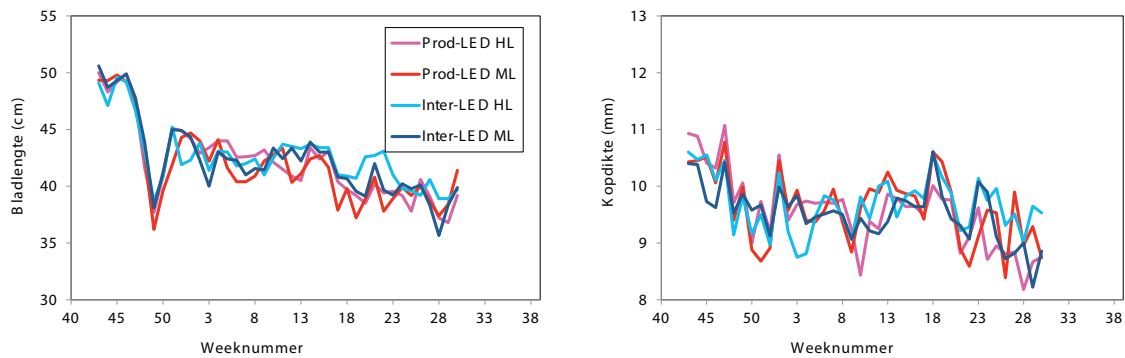
Figuur 10. Water opname en EC in de drain.

De wateropname (gift – drain) neemt toe met de groei en volume van het gewas en vertoont een aantal sterke fluctuaties (Figuur 10.). Deze komen ongeveer overeen met het verloop van de globale straling. De EC in de drain vertoont een dalende tendens in de loop van de teelt. Met name in de laatste weken daalt deze sterk, waardoor de tomaten nog grover konden worden.

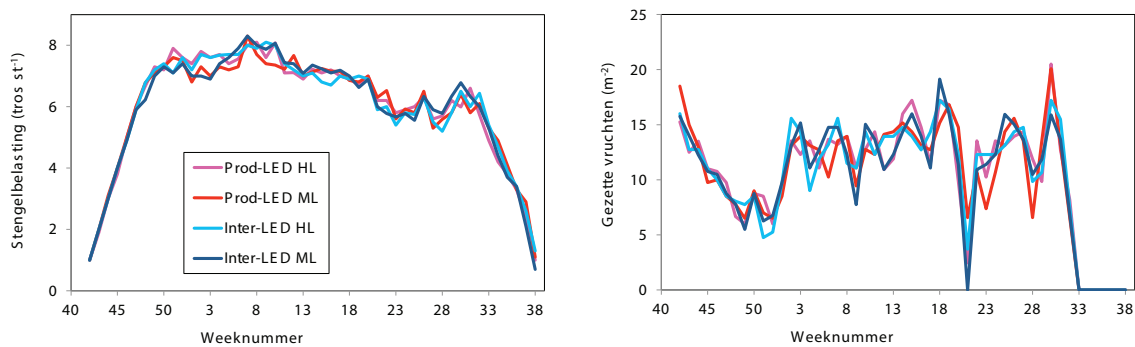
2.5 Plantregistraties en destructieve oogst

Na week 18 lijkt de bladlengte groter te zijn bij de behandeling Inter-LED's (HL). Mogelijk heeft dit te maken met het continueren van de belichting met de LED's in de meetvelden, terwijl de belichting met SON-T vanaf week 14 is gestopt. Mogelijk heeft de extra warmte van de LED-strengen (microklimaat) een invloed op de bladlengte gehad. Vanaf week 52 wordt de bladlengte geleidelijk kleiner: van 45 cm naar 40 cm in week 30. Opvallend is ook de plotseling sterke afname in bladlengte rond week 48.

De kopdikte schommelde meestal tussen de 9-10 mm. Globaal genomen is er een dalende tendens in kopdikte in de tijd waar te nemen. Dit is een te verwachten verschijnsel naarmate het gewas ouder wordt met de hoge plantbelasting in de zomer. Gemiddeld genomen zijn de verschillen tussen de behandelingen gering.



Figuur 11. Bladlengte (cm) en kopdikte (mm) wekelijks gemeten bij de hybride belichting met productie LED's en interlichting LED's, 70 cm uit elkaar (hoog), 40 cm uit elkaar (midden).



Figuur 12. Stengelbelasting (aantal trossen stengel⁻¹) en gezette vruchten (aantal m⁻²) wekelijks gemeten bij de hybride belichting met productie LED's en interlichting LED's, 70 cm uit elkaar (hoog), 40 cm uit elkaar (midden).

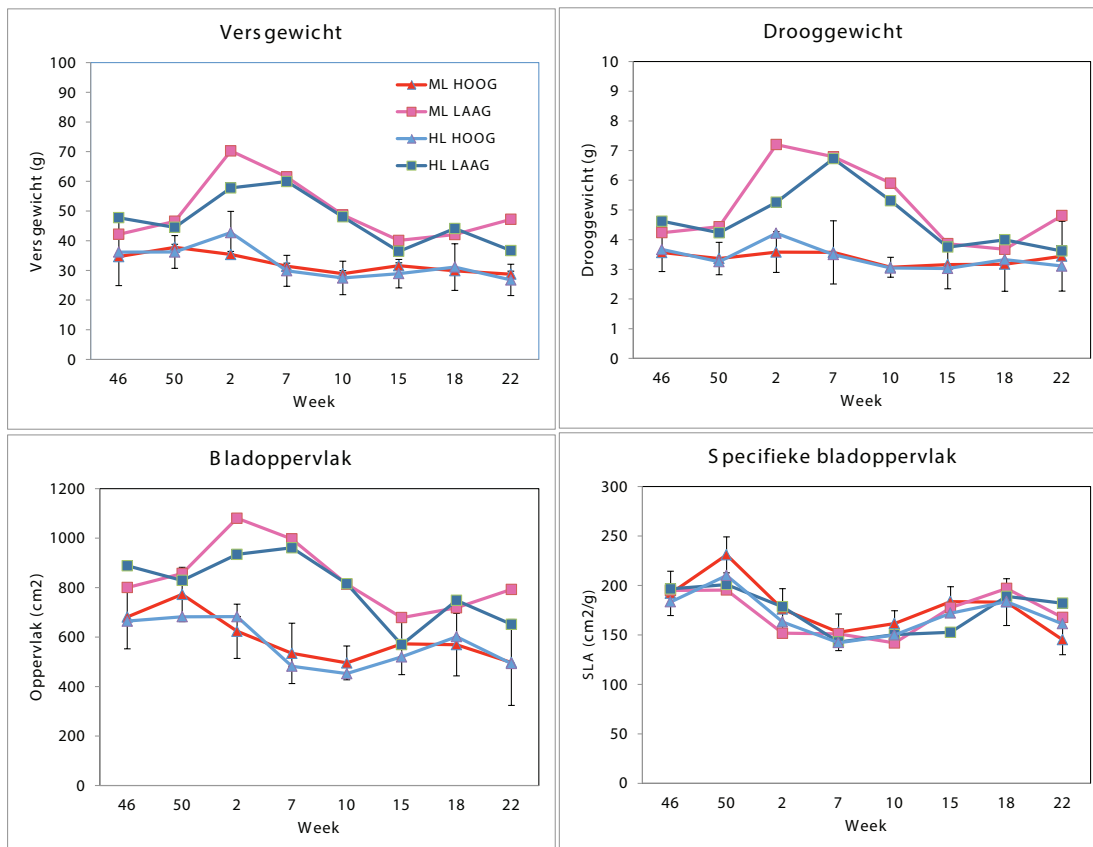
Er waren gedurende de hele teelt weinig verschillen in stengelbelasting tussen de behandelingen (Figuur 12.). Vanaf week 50 tot week 12 bleef het bij ongeveer 8 trossen per stengel en daalde het daarna tot ongeveer 6 trossen per stengel in juli. Rond week 50 is het aantal gezette vruchten laag, mede als gevolg van de problemen met de spoorelementen, slechte bevoeding van de hommels en het op dat moment onvoldoende functioneren van de ontvochtiging. In week 21 was er in één telvak helemaal geen zetting en ook in de andere telvakken was er weinig zetting. Dit had te maken met het verwijderen van trossen bij de zwakke planten, zodat ze konden herstellen.

Gewasmorfologie

Het beeld van de vers- en drooggewichten was ongeveer gelijk, wat aangeeft dat er weinig invloed was van de verschillende behandelingen op het drogestofgehalte van de bladeren. Er was een toename in het gewicht van de bladeren bij de LED's onderin het gewas t.o.v. bladeren bovenin het gewas in week 1-10, onafhankelijk van het type LED's (productie of interlichting). Er is derhalve geen effect te zien van de plaatsing van de bovenste streng t.o.v. de onderste streng.

Het beeld van het bladoppervlak bevestigt dat van de vers- en drooggewichten, waaruit geconcludeerd kan worden dat de toename in gewicht van de onderste bladeren, zowel bij de hogere als lager gehangen LED-strengen, in de winterweken vooral een gevolg moet zijn van een vergroting van het bladoppervlak. Het specifiek bladoppervlak (SLA) vertoonde een vlak beeld en bevestigt dat het verschil in gewicht is toe te schrijven aan een groter bladoppervlak in de weken 1-10 ofwel, dat de verhouding tussen bladoppervlak en biomassa gelijke tred heeft gehouden in de winter.

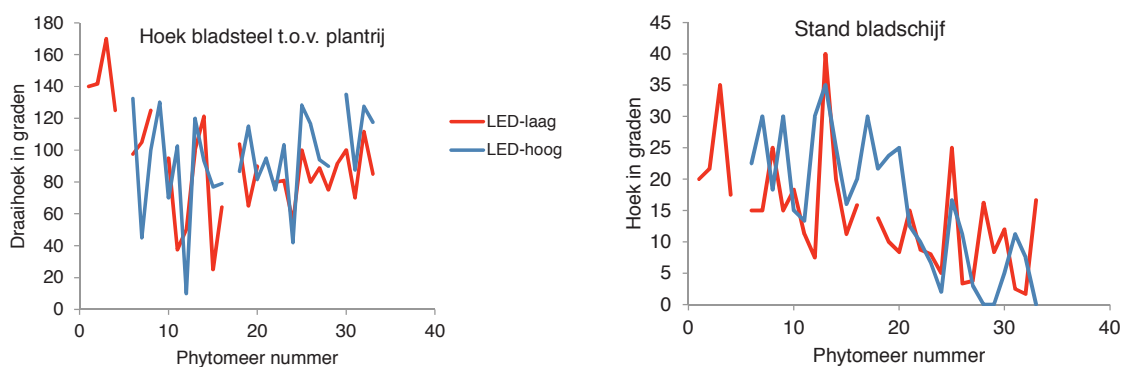
Op 21 oktober en 4 november, 2 en 4 weken na planten, is het bladoppervlak van hele planten gemeten. De LAI was toen respectievelijk 1.1 en 2.4 m²/m² wat verwacht mag worden bij een jong gewas in de groei.



Figuur 13. Vers- en drooggewicht (g), bladoppervlakte (cm²) en specifiek bladoppervlak (SLA, cm² g⁻¹) van volgroeide bladeren bovenin (HOOG) en onderin (LAAG) het gewas bij productie LED's, met de bovenste streng midden (ML) of hoog (HL) geplaatst.

2.6 Meting bladstand

Bij het meten van de bladstand wordt de term phytomeer gebruikt, dat is een orgaan dat afgespitst wordt van de plantstengel (b.v. blad of tros). De rijen op het Improvement Centre staan in noord-zuid richting. Dat betekent dat wanneer er over de hoek van de bladsteel wordt gesproken, een hoek van 90° betekent dat het blad of de tros (beide phytomeer) parallel aan de rij gericht zijn en 0° of 180° loodrecht op de rij gericht zijn. In Figuur 14. (links) is te zien dat vooral phytomeren onderin het gewas (een laag phytomeernummer) relatief meer loodrecht op de rij staan, en phytomeren hoger in het gewas meer parallel aan de rij staan.



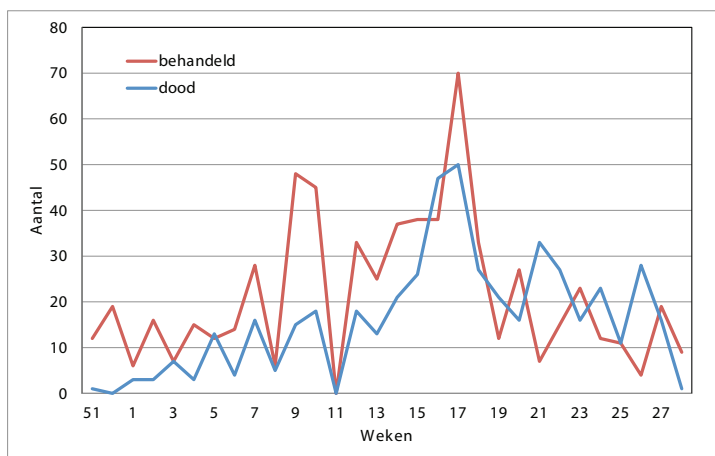
Figuur 14. Hoek van de bladsteel (links) en stand van de bladschijf (rechts) van bladeren en trossen (phytomeer) van planten met LED-tussenbelichting. LED-laag zijn rijen met de LED-strengen dicht bij elkaar, en LED-hoog de rijen met LED-strengen wat verder uit elkaar.

De stand van de bladschijf (Figuur 14. rechts) zegt iets over de helling van de blad t.o.v. het horizontale vlak. De tendens die wij hier zien is dat bladeren onderin het gewas (lage phytomeer nummers) op een hoek van ca. 25 graden staan t.o.v. de stengel, en dat bladeren bovenin het gewas (hoge phytomeer nummers) op een hoek van ca. 5 graden staan t.o.v. de stengel. Hier is te zien dat bladeren onderin het gewas (phytomeeren 10-15) hoger staan wanneer de tweede LED-streng hoog in het gewas hangt. De bladeren staan dan dus wat steiler t.o.v. een horizontaal vlak. Bladeren bovenin het gewas (phytomeeren 25-35) staan meer horizontaal met LED's hoger in het gewas dan met LED's laag in het gewas. Echter, gezien de variatie is dit niet significant, al kwam dit bij verschillende metingen wel vaker voor. Dit werd ook gezien in januari (minder licht), maar in maart niet meer.

2.7 Botrytis aantasting

Met het verhogen van de stengeldichtheid in de 192 rijafstand systeem, zijn de planten wat dichterbij elkaar gekomen. Hierdoor werd de vruchtaanmaak hoger in een periode met té weinig licht boven het gewas. Nadat er in december veel geschermd moest worden, ontstond er een vochtig klimaat in de kas, welke ook nog ongelijk was in een verticaal traject. In combinatie met de lage VD (hoge luchtvochtigheid van ca. 90%) en ongelijke temperatuur in het verticale vlak (zie blijlage II), is het gewas gevoelig geworden voor Botrytis en zijn bladranden geïnfecteerd.

Dit betekent dat het gewas dat al uit balans en daardoor verzwakt was, in de winter/voorjaar deze Botrytis-aantasting opliep. Dit heeft geleid tot problemen met Botrytis op blad en stengel. Wanneer bladrandjes voorkwamen werd er nagegaan of er tekenen van Botrytis zichtbaar waren op het blad of stengel. In die gevallen zijn de bladeren en stengels behandeld, en het aantal behandelde planten werd bijgehouden. Ook het aantal planten die het niet overleefde werd bijgehouden, en deze beelden zijn weergegeven in Figuur 15. Een groot aantal planten zijn behandeld in week 8 tot 10, maar de meeste planten hebben het overleefd. Vanaf week 13 tot week 17 is het aantal behandelde en ook het aantal dode planten sterk toegenomen en daarna weer afgenomen. In deze tijd (april/mei) is een groot deel van de belichting uitgegaan, en het gewas moest zich aan deze omstandigheden aanpassen. Deze Botrytis-aantasting heeft ongetwijfeld bijgedragen aan een verminderde productie.



Figuur 15. Het aantal voor Botrytis behandelde en dode planten per week in de gehele teelt.

In 2011 werden op diverse locaties bij Wageningen UR Glastuinbouw en Improvement Centre kasproeven uitgevoerd met hetzelfde meeldauwgevoelige tomatenras (Komeett) waarin diffuus licht, bijbelichting met rood en blauw LED-licht, en verhoogde CO₂-concentraties getest werden. Nagegaan werd wat het effect van deze teeltcondities was op de expressie van *pathogenesis related proteins* (PR-eiwitten), die in verband worden gebracht met systemische plantweerbaarheid. Op iedere locatie werden (in randrijen) controleplanten bemonsterd die van tevoren waren behandeld met de chemische weerbaarheidsinducer INA (1,4-dihydroisonicotinic acid), ter bevestiging van een positieve enzymreactie. Bij selectie van de overige planten, zonder voorbehandeling met INA, werd er op gelet dat deze geen zichtbare ziektesymptomen van bijv. Botrytis vertoonden. PR-2 expressie (-1,3-glucanase activiteit) onder rode en blauwe LED-bijbelichting in de INA-behandelde en onbehandelde planten was veel hoger dan in de planten die onder andere condities waren opgekweekt (zie Figuur PR-2). Een ander opvallend verschil was dat glucanase-activiteit onder deze LED-bijbelichting in de behandelde

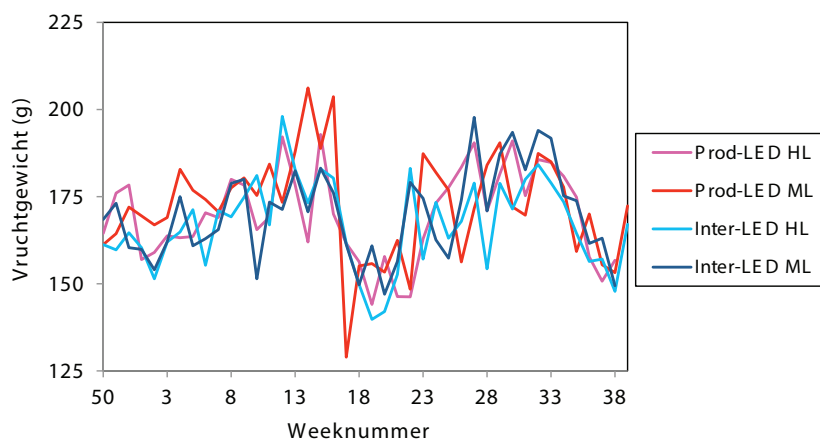
en onbehandelde planten min of meer gelijk waren. Additionele bepalingen aan twee andere weerbaarheidsgerelateerde enzymen (endo- en exochitinase) lieten hetzelfde beeld zien. Wanneer we het niveau van PR-expressie na INA-behandeling beschouwen als een soort van potentieel maximum, dan lijken de planten onder het toegepaste LED-belichtingsregime dit maximale potentieel permanent aan te spreken. INA induceert de plant tot een grotere alertheid tegen meeldauw; of deze LED-bijbelichting dat ook doet moet vervolgonderzoek uitwijzen.

Figuur PR-2. Gemiddelde β -1,3-Glucanase activiteit gemeten in april 2011 in verschillende kasproeven met een meeldauwgevoelig tomatenras (Komeett). De waarnemingen aan planten uit deze LED proef zijn aangeduid met de nummers 11-13, de behandelingen met productie LEDs. De andere objecten waren: standaard glas (1&2); diffuus licht (3 t/m 10) en verhoogd CO₂ (14 t/m 17). De planten waren drie dagen tevoren behandeld met INA (groene staafkolommen) of onbehandeld (oranje staafkolommen). De staafbalken op de kolommen zijn een maat voor de standaardfout.

2.8 Productie

Het individuele vruchtgewicht was ongeveer 165 g vanaf week 50 tot week 12, waarna het hoger werd tot rond 180 g in week 16. Daarna is het vruchtgewicht sterk afgenomen tot 150 g in mei (week 17-20), wat weer samenviel met het minder of niet gebruik maken van SON-T belichting. Mogelijk komt deze sterke daling in vruchtgewicht ook doordat er in de zettingsperiode een zwak gewas ontstond met vrij dunne koppen. De dunne koppen in weken 8 en 9 (Figuur 11.) komen dan tot uiting in de lage vruchtgewichten in weken 17-22 (Figuur 16.) en daardoor is er in mei een lagere productie gerealiseerd (Tabel 2.). Het vruchtgewicht herstelde zich met een gewicht van ongeveer 175 g in juni/juli. Na het koppen van het gewas daalde het vruchtgewicht weer. Gedurende de teelt is regelmatig de kwaliteit van de vrucht beoordeeld. De productkwaliteit was voor Komeett goed te noemen en vergelijkbaar met die in de praktijk.

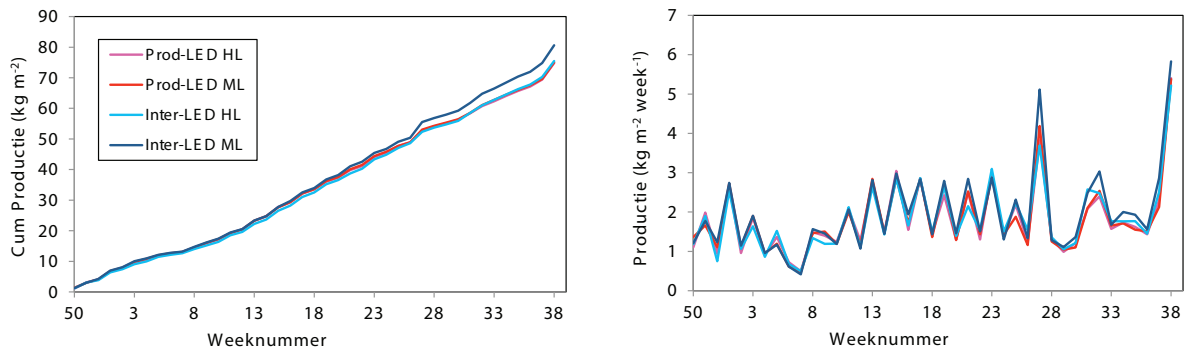
Over de hele teelt was het gemiddeld vruchtgewicht 169.8 g (productie LED's HL), 167.0 g (interlighting LED's HL), 172.4 g (productie LED's ML) en 170.1 g (interlighting LED's ML). Hoewel het niet mogelijk is om deze verschillen statistisch te toetsen, lijkt het erop dat wanneer de LED-strengen lager in het gewas zijn geplaatst, de individuele vruchtgewichten iets hoger worden. Dat kan een gevolg zijn van het feit dat fotosynthese ook in de vruchten plaats vindt en dat de grotere vruchten onderin het gewas meer assimilaten kunnen maken en daardoor iets groter kunnen worden.



Figuur 16. Wekelijks gemeten vruchtgewicht (g) bij de hybride belichting met productie en interlighting LED's, 70 cm (hoog) en 40 cm uit elkaar (midden).

De wekelijkse productie schommelt volgens verwachting (per week wordt er één of twee keer geoogst), gemiddeld rond de 1.5 kg per week in de winter en 2 kg per week in de zomer. Tabel 2. geeft aan dat er in de behandelingen met de LED-strengen ca. 80 cm uit elkaar, in december en januari net iets minder geproduceerd werd. Mogelijk komt dat doordat het gewas ca. 2 weken later de bovenste streng bereikte en daardoor van wat minder licht heeft kunnen profiteren. Er treedt twee keer een dip in de weekproductie op, namelijk in week 6 en 7. Dit is waarschijnlijk een gevolg van een aantasting met Botrytis en mogelijk ook nog door het probleem met sporelementen in november (zie sectie

3.1.3 en Bijlage IV). In het begin van de teelt stonden de hommelmastjes onder de goot bij de CO₂-slurven waar er continu luchtbeweging was. Mogelijk heeft dat een negatief effect gehad op de hommelmkwaliteit, de zetting en vervolgens op de productie. De hommels zijn daarom verplaatst en bijgevoerd, waardoor de kwaliteit van de hommels sterk verbeterde. In de weken 29 en 30 is er ook een dip in de productie zichtbaar (Fig 17, rechts), waarschijnlijk door de piek in productie (4-5 kg m⁻² geogoste vruchten) in de week daarvoor.



Figuur 17. Cumulatieve en wekelijkse productie (kg m⁻²) bij de hybride belichting met productie en interlighting LED's, 70 cm (hoog) en 40 cm uit elkaar (midden).

De cumulatieve productie in Figuur 17. en Tabel 2. laat zien dat er een verschil in productie na het belichtingseizoen tot stand lijkt te komen. Op het einde van de teelt werd er in de interlighting LED's ML ruim 5 kg meer tomaten geogost dan in de overige behandelingen. Dat er een verschil tussen de interlighting LED's en productie LED's is geweest, komt voornamelijk doordat er met de interlighting LED's langer is belicht, tot het eind van de teelt bij een globale instraling onder 400 W namelijk ongeveer 6-8 uren per week. Dat is te zien als de cumulatieve producties bij de productie LED's wordt vergeleken met die van de interlighting LED's ML. Tot en met april, toen met de rest van de belichting werd gestopt, is het verschil in productie bij de interlighting LED's ML en de productie LED's maximaal 0.5 kg m⁻². Daarna is het verschil in productie in mei opgelopen tot 1.2 kg m⁻² en vervolgens met ca. 1.5 kg per maand toenam totdat uiteindelijk een verschil in productie ontstond van ruim 5 kg m⁻².

Er werd echter niet verwacht dat de jaarproductie bij de interlighting LED's HL op hetzelfde niveau bleef als de productie LED's. Het vermoeden dat er minder daglicht in de interlighting LED's HL behandeling was, werd vervolgens getest in augustus (zie 2.1.3). In de kasafdeling naast de interlighting LED's HL behandeling werden namelijk gerbera's geteeld, waarbij een verduisteringsdoek werd gebruikt dat een deel van het daglicht bij de behandeling met interlighting LED's HL wegschermde. Metingen van de hoeveelheid zonlicht wees uit dat in deze behandeling op dagbasis ongeveer 8% minder licht het gewas bereikte. Dit lichtverlies heeft vermoedelijk tot een vermindering van de productie geleid. Over de verschillen in kilo-opbrengst tussen productie LED's en interlighting LED's is daarom geen duidelijke conclusie mogelijk. Doordat er geen verschil in productie was tussen productie LED's HL en productie LED's ML en omdat de productie bij de interlighting LED's HL behandeling werd beïnvloed door het verduisteringsdoek, is er geen duidelijke conclusie te trekken over de beste positie van de LED-strengen t.o.v. elkaar.

Tabel 2. Gemiddelde maandelijkse productie (kg/m²) in de behandelingen met verschillende typen en plaatsing van LED-tussenbelichting.

	Interlighting LED's HL	Productie LED's HL	Productie LED's ML	Interlighting LED's ML
Dec	3.8	4.0	4.1	4.2
Jan	6.1	6.4	6.7	6.8
Febr	4.0	4.1	3.7	3.8
Mrt	8.3	8.7	8.7	8.6
April	8.8	8.9	8.9	9.2
Mei	7.7	7.7	7.9	8.5
Juni	9.9	9.1	8.8	9.3
Juli	7.3	7.3	7.6	8.9
Aug	8.6	7.8	8.0	9.2
Sept	10.9	10.8	10.6	12.2
totaal	75.4	74.8	75.0	80.7

2.9 Energieverbruik

Vooraf aan de teelt is het energiegebruik voor zowel warmte als voor belichting ingeschat zoals aangegeven in secties 1.1 en 1.2. Het energieverbruik voor de belichting is geschat op 320 kWh m² aan de hand van de lichtintensiteit en het aantal branduren voor de referentieteelt. Het energieverbruik voor de warmte is vervolgens geschat aan de hand van de vuistregel van gemiddeld 1 m³ gas per week min 30%, waarmee uitgekomen wordt op ca. 34 m³ aardgas.

Gerekend vanaf week 40, 2010 tot week 38, 2011 is de prognose en realisatie voor de teelt van Komeet samengevat in Tabel 3, en uitgesplitst in Tabel 4. Tabel 3. geeft de doelstelling van 30% energiebesparing aan t.o.v. de referentieteelt en laat zien dat 30% energie is bespaard voor de warmte en ontvochtiging en 27% voor de belichting. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de doelstelling voor de productie (gelijke productie) niet is gehaald. Voor deze realisatiepost is gebruik gemaakt van de productie onder de productie LED's, omdat die alleen hebben gebrand gedurende het belichtingsseizoen. Dit in tegenstelling tot de interlighting LED's, die ook in de zomermaanden 6-8 uur per week aan zijn geweest.

Tabel 3. Samenvatting van de productie en het energieverbruik bij de referentieteelt en bij de teelt met doelstelling 30% energiebesparing.

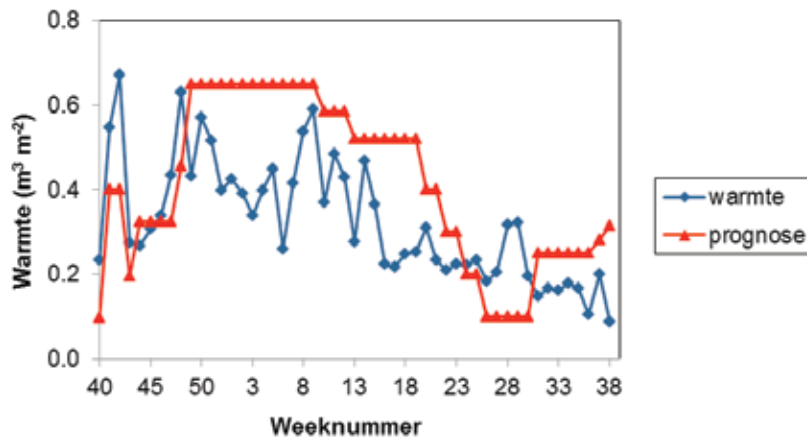
	Referentieteelt	Besparing	Doelstelling	Realisatie
Productie	79 kg m ²	0%	79 kg m ²	75 kg m ²
Warmte	34 m ³ m ²	30%*	23.8 m ³ m ²	24 m ³ m ²
Belichting	320 kWh m ²	30%*	224 kWh m ²	234 kWh m ²

*30% is een gemiddelde van het totaal aan energiebesparing voor warmte en belichting

In Tabel 4. is het totale energieverbruik verder onderverdeeld in warmte en ontvochtiging als 'totale warmte', LED's en SON-T als 'belichting'. Er is minder aardgas verbruikt voor de verwarming dan geprognostiseerd, maar deze winst is 'gecompenseerd' door het energieverbruik van de ontvochtigingsinstallatie. Het energieverbruik van de LED's volgt de prognose, terwijl het energieverbruik van SON-T iets lager was.

Tabel 4. Prognose en realisatie van de productie en het energieverbruik bij een beoogde energiebesparing van 30% gedurende de teelt van Komeett.

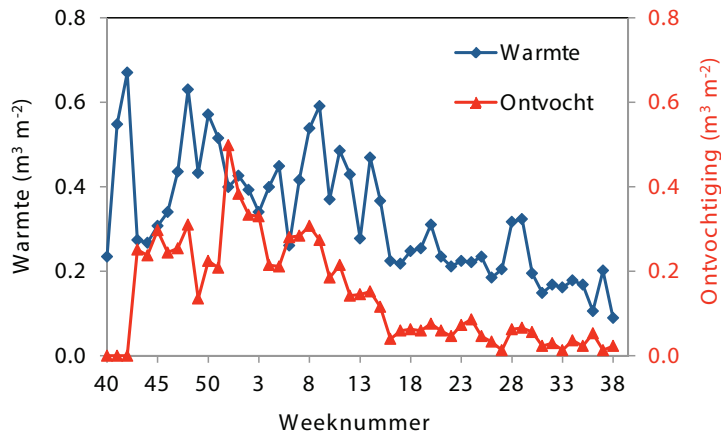
	Prognose	Eenheid	Realisatie
Productie	79	kg m ²	75
Warmte	21.1	m ³ m ²	16.7
Ontvochtiging	-	m ³ m ²	7.3
LED's	86.1	kWh m ²	87.1
SON-T	166.2	kWh m ²	146.6
Belichting totaal	252.3	kWh m ²	233.7



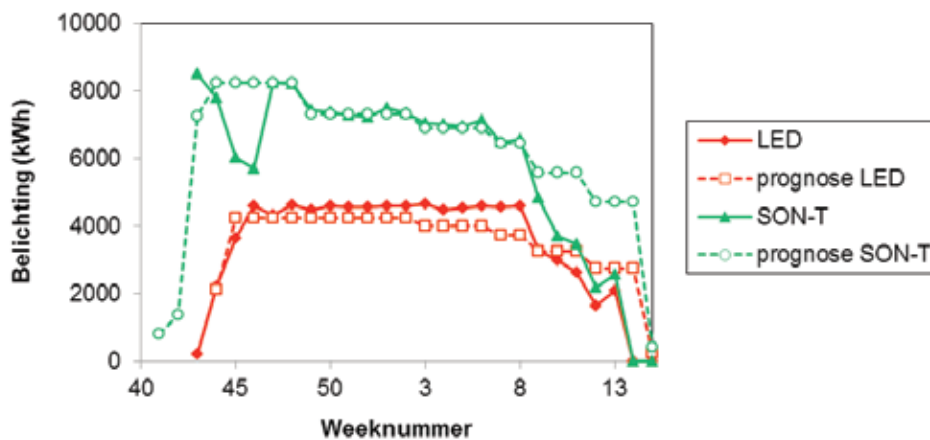
Figuur 18. Het geschatte en gerealiseerde thermisch energieverbruik (m³ m²) per week tijdens de teelt (okt 2010 – sept 2011).

Het verloop van zowel het geschatte als gerealiseerde energieverbruik voor warmte zijn weergegeven in Figuur18. Op twee momenten, gelijk in het begin van de teelt en ook rond weken 27-29, werd meer energie voor warmte gebruikt dan aangegeven in de prognose. Dat komt vooral doordat het in november/december kouder was dan gemiddeld, en begin juli wat kouder dan verwacht, waardoor de groeibuis werd ingezet. Over de gehele teelt is er minder energie voor de warmtevraag gebruikt dan ingeschat.

Met deze prognose is er geen rekening gehouden met het gebruik van de ontvochtiging. Er was vanuit gegaan dat dit weinig energie zou kosten, maar dat bleek een misvatting te zijn. Er bleek ruim 30% van de warmtegebruik voor ontvochtiging gebruikt te zijn (Figuur 19.). Met name vanaf de start van de teelt tot ongeveer week 8 werd er behoorlijk veel energie gebruikt voor de ontvochtiging. Daarna is pas het besef gekomen dat ontvochtiging bij een belicht en volgroeid tomatengewas in de winter téveel energie kost. Mede hierdoor, en het feit dat de ontvochtiging niet goed werkte, is er in het vervolg minder gebruik gemaakt van de ontvochtiging en is meer gebruik gemaakt van de buis. Achteraf, nadat de teelt was geruimd, is men erachter gekomen dat de ontvochtigingsinstallatie op een verkeerde wijze was geïnstalleerd en dat dit de reden was dat de ontvochtiging niet goed heeft gewerkt. De opening waardoor de buitenlucht in de kas ingeblazen wordt, was te klein, waardoor er veel energie gebruikt werd om het lucht door het (te kleine) gat te persen. Het energieverbruik voor de ontvochtiging moet dus gezien worden als een overschatting. Hoeveel energie het zou moeten kosten is nu niet te zeggen. Een conclusie die hieruit getrokken kan worden is dat de installatie en inzet van een ontvochtigingsinstallatie met veel zorg moet gebeuren.



Figuur 19. Het gerealiseerde energieverbruik ($\text{m}^3 \text{m}^{-2}$) voor de warmte en ontvochtiging per week tijdens de teelt (okt 2010 – sept 2011).



Figuur 20. Het geschatte en gerealiseerde elektrisch energieverbruik (kWh) per week voor de LED en SON-T belichting tijdens de teelt (okt 2010 – sept 2011).

Voor wat betreft de SON-T belichting heeft de gerealiseerde hoeveelheid energie heel goed de prognose gevolgd, met een kleine uitzondering in het begin van de teelt en in maart/april wanneer er veel meer globale straling voorkwam dan geprognostiseerd. Over het geheel genomen werd er dus iets minder energie gebruikt voor SON-T dan geschat.

Voor de LED-belichting was de realisatie tot week 8 iets boven de prognose en dook er daarna onder. Ook deze prognose was goed, al werd er iets meer energie gebruikt in de belichtingsperiode dan geschat. In het late voorjaar en de zomer (met relatief weinig licht) hebben de interlighting LED's ook gebrand tot aan het einde van de teelt (bij minder dan 400 W globale straling). Dit is in het energieverbruik niet meegenomen, maar heeft wel wat extra warmte opgeleverd.

Voor het energiegebruik voor warmte, belichting en ook voor de ontvochtiging, is er t.o.v. de referentieteelt (rijafstand 160, 215 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ SON-T belichting) aan de doelstelling van 30% energiebesparing nagenoeg voldaan, met een kleine overschrijding van 3% voor de elektra (belichting).

3 Conclusies en Leerpunten

3.1 Teelt

De teelt is té hard van start gegaan met veel licht waardoor er in de wintermaanden problemen met het gewas ontstonden (té hoge plantbelasting en ongelijkheid in de teelt, zettingsproblemen, bladranden, Botrytis). Daarbij kan de stengeldichtheid maar in zeer beperkte mate opgevoerd worden als er in het najaar tot aan de kortste dag van het licht wordt afgegaan. Als dat toch wordt gedaan, wordt té snel een té zware plantbelasting gerealiseerd en dit gaat zich later wreken in het gewas met een te hoge plantbelasting waardoor het gewas verzwakt.

Een goede sturing van de LAI door het verhogen van de stengeldichtheid bij een 192 systeem is in deze teelt niet goed gelukt; er is te weinig kennis over het omgaan met een rijafstand van 192 cm t.o.v. 160 cm systeem.

Leerpunt: Er moet vooraf een belichtingsstrategie gemaakt worden waarbij uitgegaan wordt van de plantbelasting én de hoeveelheid beschikbaar licht en belichting in de donkerste maanden (december, januari) van de teelt. Dat moet resulteren in een teelt (sink) die afgestemd is op de beschikbare belichting (source) in de weken dat de teelt het het moeilijkste heeft. Het afstemmen van teeltmaatregelen op de belichting en het gewas in een 160 cm systeem ligt tomatentelers beter dan het 192 cm systeem.

3.2 Klimaat

De teelt is té hard gestart met achteraf té weinig kennis over het omgaan met een vochtig klimaat (door verdamping) in een belichte teelt, mede waardoor gewasproblemen ontstonden (té hoge plantbelasting en ongelijkheid in de teelt, zettingsproblemen, bladranden, Botrytis). Een volgroeid belicht gewas produceert veel meer vocht dan in een onbelichte teelt. Een ontvochtigingsstrategie, die wel werkte in een onbelichte teelt, is in een belichte teelt onvoldoende. Teveel vocht in de kas moet snel worden afgevoerd.

Er is gebruik gemaakt van ontvochtiging met buitenlucht, maar omdat dit veel energie ging kosten is men er vanaf gestapt. Later bleek dat de ontvochtiging niet goed is geïnstalleerd, waardoor het niet goed heeft gewerkt en téveel energie heeft gekost.

Leerpunt: Wanneer men gebruik wil maken van ontvochtiging met buitenlucht, moet de ontvochtigingssinstallatie goed zijn geïnstalleerd. Wanneer de ontvochtigingssinstallatie onvoldoende werkt (vocht wordt niet snel genoeg afgevoerd) zet dan gelijk andere maatregelen in, zoals een groeibuis al dan niet in combinatie met een ventilatiekier, totdat het vochtdeficiet voldoende hoog is.

3.3 Belichting

De combinatie 110 μmol SON-T met 80 μmol LED bleek goed te kunnen werken. Het lijkt erop dat tenminste 100 μmol SON-T nodig is voor gewasontwikkeling, ook in het licht van de resultaten in een eerdere proef bij Wageningen UR Glastuinbouw (Dueck et al., 2010), waar 80 μmol SON-T iets te weinig bleek te zijn.

Voor wat betreft de productie zijn er geen duidelijke conclusies te trekken over het verschil in effect van productie LED's t.o.v. interlighting LED's. Het kleine verschil in spectrum (12% blauw licht bij productie LED's t.o.v. 5% blauw bij interlighting LED's) heeft niet geleid tot grote verschillen in productie. Wel is het zo dat de interlighting LED's gedurende de zomer hebben gebrand, waardoor de productie bij de interlighting LED's ML (laag gehangen LED's) hoger was dan bij de overige behandelingen.

Er zijn ook geen duidelijke conclusies te trekken over de beste positie van de LED-strengen t.o.v. elkaar. Onder de productie LED's was er nagenoeg geen verschil in productie tussen de HL en ML configuraties. Bij de interlichting LED's was dit wel het geval, maar daar speelde de factor licht (vanwege de verduisteringsdoek in de naast gelegen compartiment) een rol.

Leerpunt: Bij een hybride belichtingssysteem is meer dan 100 μmol SON-T belichting wenselijk voor de gewasontwikkeling (warmte in de kop van de plant). Er is geen duidelijk effect van de positionering van de LED's aangetoond, maar de lager gelegen LED-strengen hebben vooral in het begin van de teelt, de voorkeur.

3.4 Energie

Doel van het project: 30% energie besparen t.o.v. een referentieteelt, te realiseren door:

- lagere lichtintensiteit (195 vs 215 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
- minder belichten (16 uur vs 18 uur)
- efficiëntere LED's (1.93 $\mu\text{mol/W}$ vs 1.6 $\mu\text{mol W}^{-1}$)
- dubbel scherm (HNT strategie)
- ontvochtigen (HNT strategie)
- rijafstand (192cm vs 160cm)

Terwijl er veel kennis werd opgedaan over de te volgen teeltstrategie in een belichte teelt met ontvochtigen en gebruik van een extra scherm met de nodige fouten daarin, is er veel energie bespaard. Op de ontvochtiging en warmte is er 30% energie bespaard en op elektra 27%. Eenzelfde productie als de referentie is niet gehaald. De beste manier van inzetten van een dubbel scherm is op basis van dit onderzoek niet goed aan te geven.

Leerpunt: Mits er goed met het gewas wordt omgegaan (niet te snel van start gaan, voldoende en tijdig ontvochtigen) is het goed mogelijk 30% energie te besparen met nagenoeg een gelijke productie. Het gaat niet zozeer over de beschikbare middelen hiervoor, maar hoe men die leert te gebruiken – het Nieuwe Belichten.

3.5 Het Proces

Een té grote BCO bemoeilijkt de besluitvorming én de communicatie naar de teeltmanager. Voorbeeld: in het gewas was er een ongelijkheid geconstateerd, dat verminderd kon worden door een tros weg te halen, maar door verschillen van mening binnen de BCO heeft het te lang geduurd voordat maatregelen zijn genomen.

Leerpunt: Zorg voor een kleinere BCO, met niet meer dan 2 telers die op dezelfde teeltlijn zitten.

3.6 Aanbevelingen voor een vervolg

Dit project heeft een aantal belangrijke leerpunten voor een vervolg opgeleverd. Het is duidelijk geworden waaruit lering getrokken moet worden en welke verbeteringen gewenst zijn. De belangrijkste richtlijnen voor een vervolgstudie zijn:

- Let zeker in het begin van de teelt meer op een te hoge plantbelasting, waardoor het gewas minder slijt. Een hoge plantbelasting resulteert in een zwakke vegetatieve groei en in combinatie met een relatief lage VPD geeft dat extra risico op Botrytis. Om de plantbelasting niet te hoog te laten worden in relatie tot de beschikbare hoeveelheid licht in de winter, moet er een belichtingsstrategie vooraf aan start van de teelt worden gemaakt. Daarmee komt de lichtbehoefte van het gewas ook in de wintermaanden niet in gedrang.
- Breng de rijafstand van de teelt terug naar 160 cm. Het risico voor een Botrytis-infectie werd versterkt door de dicht op elkaar staande planten (binnen een rij) bij een 192 cm rijafstand. Het afstemmen van teeltmaatregelen op de belichting en het gewas in een 160 cm systeem ligt bij tomatentelers beter dan het 192 cm systeem.

- Stel kritische grenzen voor het gebruik van buitenluchtontvochtiging en het gebruik van ventilatie (in combinatie met kieren). De ongelijkmatigheid in luchtvochtigheid en temperatuur moet beter geregistreerd worden. Let daarbij goed op of de ontvochtigingsinstallatie goed werkt, d.w.z. dat vocht in de kaslucht snel genoeg wordt afgevoerd. Mocht dat niet het geval zijn, ga dan over tot het regelmatig zetten van een kleine kier. Daarmee gaat een beetje energie met het vocht verloren, maar vermoedelijk veel minder dan wanneer er zeer weinig in plaats van veel wordt geventileerd.
- Houd het belichtingssysteem in stand. De verhouding ca. 110 μmol boven met SON-T in combinatie met ca. 80 μmol tussen met LED's. Omdat er geen duidelijk verschil in productie was tussen de lager gehangen LED-strengen en de hoger gehangen strengen wordt de voorkeur gegeven aan de lager gehangen strengen.
- Volg een robuustere teeltstrategie. Ga niet teveel aan de setpoints veranderen, dus zet in op vlak telen. Er zijn goede mogelijkheden om energie te besparen in een belichte teelt, maar de wijze waarop men met teeltmaatregelen in het Nieuwe Belichten omgaat moet geleidelijk gebeuren.
- Een BCO met niet meer dan 2 telers die op dezelfde teeltlijn zitten is het beste om een teelt zoals deze uit te voeren. Telers dienen een goed teeltinzicht en de mogelijkheden te hebben om de teelt continu (ook direct via de klimaatcomputer) te volgen.

4 Referenties

- Dueck TA, Janse J, Schapendonk AHCM, Kempkes FLK, Eveleens-Clark BA, Scheffers CP, Pot S, Trouwborst G, Nederhoff EM & Marcelis LFM. 2010. Lichtbenutting van tomaat onder LED en SON-T belichting. Rapport GTB-1040, Wageningen UR Glastuinbouw/Plant Dynamics BV. 92p.
- Pot, CS, Trouwborst, G & Schapendonk, AHCM. 2010. LED tussenbelichting in tomatenteelt. Praktijkonderzoek bij Dekker Glascultures. Plant Dynamics BV, Wageningen. 32p.
- Nieboer S et al. 2011. Tussenbelichting met LED's in tomaat. Rapport GreenQ-Improvement Centre.

Bijlage I Stuurgroep/maandelijkse BCO

In deze Bijlage worden de leden genoemd die deelnamen aan de bijeenkomsten. Daarna volgt een korte weergave van de discussie van elke vergadering zoals door LTO Groeiservice werd gemaakt.

Leden

GreenQ/Improvement Centre: Sjoerd Nieboer, Peter Klapwijk, Marc Grootcholten, Hanjo Lekkerkerk, Piet Hein Baar, Elianne van Vliet, Willem Valstar, A. Zwinkels

Wageningen UR: Tom Dueck, Jan Janse, Sander Hogewoning, Wim van Ieperen, Jan Snel

Plant Dynamics: Ad Schapendonk

LTO Groeiservice: Jan Varekamp, Matthijs Beelen, Joke Vreugdenhil

EL&I: Leo Oprel

PT: Dennis Medema

Philips: Esther van Echtelt, D. van Tuijl, Koos de Wit

BCO Tomaat: Jan Mulder

Agro Care: Nic van Roosmalen

Van Marrewijk: Pieter van Staaldunin

Looije: Sebastiaan Vermeulen

Kesgro BV: Erik van Nieuwkoop, Martin van der Hout

Gebr. Zwinkels: Robert Zwinkels

Zwinkels en Zonen: Hans Zwinkels

Van der Lans: Vincent van der Lans

Inno-Agro: Stefan Persoon

Demokwekerij: Arie de Jong, Ronald Duyvesteijn, Peet van Adrichem

Proeftuin Zwaagdijk: Jeroen Sanders

Lemnis Lighting: Jeroen van Velzen, Jan Peter Hock

TICE: Thijs Peekstok

Kwekerij Varekamp: Teun Varekamp

VOF Dingemans: Rop Petit

Prominent: Geert Zwinkels

Van de Kaaij: Jan Baremans

Monsanto: Arjan Bimmel

Mts de Jong Franke: John de Jong

CombiVliet: Patrick Baas

Kwekerij 't Woudt: John van Mil

Saint Gobain Cultilène: Remi Maat

Ecocurves: Kees Rappoldt

Doel en frequentie van de bijeenkomsten

Het was de bedoeling om maandelijks bij elkaar te komen. De gehele groep bracht een kort bezoek aan de proeven (bij het IC en de Demokwekerij) met als doel een beeld te vormen van de gewasstand. Een presentatie van de resultaten van beide proeven werd gegeven, gevolgd door discussie en eventuele toelichting tijdens de vergadering.

Onderwerp/presentatie/discussie van de bijeenkomsten

13 september 2010

Deze eerste bijeenkomst ging vooraf aan de start van de proef. Het onderzoek wordt uitgevoerd in het programma "Proof of principle". De toepassingsrichting van LED's is hier als tussenbelichting.

Doelen van het project zijn:

- optimalisatie van licht en verdeling daarvan
- energiebesparing van 30% bij gelijke productie
- productieverhoging

Uitgangspunten:

Ras wordt Komeett, 5 oktober planten, rijafstand 192 centimeter. Totaal 180 μmol belichting, waarvan 100 μmol SON-T boven en 80 μmol LED tussen (met twee strengen). LED modules van Philips, van vorig jaar met 12% blauw en een paar rijen nieuwe met 6% blauw. Doeken: 99% dicht doek voor verduisteren en een extra SLS doek.

Discussiepunten:

- De telers zijn verdeeld over de breedtemaat van 192 centimeter. Hierdoor staan de stengels in de rij erg nauw, dit maakt het werk lastiger. Mogelijk wordt het gewas te generatief waardoor het in de zomer kan afbranden. Andere telers zijn minder bang voor deze problemen, dit kan ook per ras verschillen.
- De groeibuis wordt bij Het Nieuwe Telen actief gebruikt, ook als primair net. De groeibuis komt ongeveer 30 centimeter boven de mat te hangen.
- Er wordt kritisch gekeken naar het toepassen van schermen (meer dan de wettelijke normen), hier zal niet breed over worden gecommuniceerd. Het is echter een demoproject en hierin worden de grenzen opgezocht.

28 oktober 2010

Opmerkingen tijdens het bezoek aan de afdeling:

- Kopblad staat wat getrokken door een tekort aan water. Er zijn wat plantverschillen met zetting. Er is bewust een keuze gemaakt om sneller in te teren, zijn iets over de grens gegaan.
- Wat is het snoeibeleid voor december/januari?
- Er wordt gestart op 5 vruchten per tros en later terug naar 4. Wanneer is nog niet precies bekend.
- Wanneer komt er een kop bij? Er is gestart op 2,5 stengels per m^2 . Eind december/begin januari wordt er een kop extra aangehouden.

Discussie:

- Presentatie: De proef heeft een duidelijk energiebesparingsdoel, 30% energiebesparing. Dit mag niet ten koste gaan van kwaliteit en productie. Dit houdt in dat er wel bepaalde keuzes gemaakt moeten worden gedurende het teeltseizoen.
- Er worden kritische opmerkingen gemaakt naar aanleiding van de TV opnames van de VPRO (Labyrinth) bij het IC. Telers zijn bang voor een negatieve weergave. Marc Grootsholten heeft hier de coördinatie in en waakt ervoor dat dit goed zal verlopen. Het programma is een populair wetenschappelijk programma, bedoeld om jongeren geïnteresseerd te krijgen in de wetenschap.
- De loopfrequentie van de maandelijkse groep wordt aan de orde gesteld. Het is voldoende als de groep 1 maal in de twee maanden bijeen komt. De groep is te groot voor interactie tussen de intensieve begeleiders.
- Jan Mulder loopt bij beide proeven in de intensieve begeleiding mee. Dit zorgt voor goede interactie.
- Hoe gaat voor de rest de communicatie van de proeven lopen? Bij beide proeven (IC en Demokwekerij) zal er een contactpersoon worden aangesteld zodat het duidelijk is met wie er contact opgenomen moet worden. Contactpersoon voor IC/WUR is Marc Grootsholten en bij de Demokwekerij is dat Stefan Persoon. Informatie over de proeven zal via Groeiservice naar de maandelijkse groep worden verspreid. De bedoeling is dat van beide proeven wekelijks een verslag zal worden gemaakt en verstuurd wordt naar de groep.
- Er wordt veel onderzoek gedaan in Wageningen, wat is hierover bekend? Het is jammer als deze informatie pas gebruikt kan worden als hier rapporten van zijn b.v. het onderzoek van Wim van Iperen met de plasmalamp. Veel van

de informatie die in Wageningen bekend is, is fundamenteel wetenschappelijk onderzoek en lastig leesbaar. Het is wel goed om deze informatie beschikbaar te stellen, maar goed om dit ook met een presentatie te ondersteunen (bij de volgende bijeenkomst door Sander Hoogewoning of Govert Trouwborst?). Er is veel informatie te vinden in rapporten op www.energiek2020.nu.

16 december 2010

Opmerkingen tijdens het bezoek aan de afdeling:

- Moeilijk stuk in de kop. Er is mindere zetting door een hoge aanmaak in het begin, veel schermen, slechte hommelpactiviteit en neerslag in het sporenvat.
- Beide groeibuizen hangen nu boven de mat bij de te oogsten vruchten. Geen effect op de mattemperatuur, wel +1°C vruchttemperatuur.
- Gevoel is dat tussenbelichting een extra generatieve actie is.
- Deze week is de eerste oogst.
- Belichten maximaal 16 uur.

Discussie:

- Presentatie: Energieverbruik ligt iets boven prognose.
- Binnen de groep is er discussie over wat leidend moet zijn voor de proef, het gewas of de doelstelling van energiebesparing. Doelstelling moet behaald worden met behoud van kwaliteit en productie, gewas is leidend. Bij de keuzes die gemaakt moeten worden, moet er wel gekeken worden naar de randvoorwaarden. De vraag aan Plant Dynamics is om dit door te rekenen, door middel van modelberekeningen. Er moet dan gekeken worden naar de leermomenten en gevolgen van de keuzes. De proef moet wel gelegenheid geven om de grenzen op te zoeken.
- De ervaringen bij HNT zonder belichting corresponderen met de beelden van HNT met belichting. Ook hier mis je voor een deel het effect van een buis.
- De ontvochtigingscapaciteit klopt en is goed regelbaar.
- Door te ontvochtigen met drogere buitenlucht van kastemperatuur onttrek je energie. Het ontvochtigen met een buis voegt juist energie toe. Het is goed om dit naast elkaar te leggen en door te rekenen wat het verschil is. Het berekenen van de hoeveelheid vocht dat je onttrekt is moeilijk. Het is wel mogelijk om dit te benaderen.

10 februari

Opmerkingen tijdens het bezoek aan de afdeling:

- Productie ligt op het moment nog iets boven begroting
- Huidige tros om te oogsten is van matige kwaliteit, door een matige zetting.
- Energie verbruik ligt 12 % boven begroting. Begroting betekent 30% besparing ten opzichte van standaard.
- Er moet opgelet worden voor Botrytis op de bladpunten.

Discussie:

- Tom Dueck presenteert de resultaten tot nu toe.
- Meer licht dieper in het gewas lijkt op het moment meer voordelen te geven. Geeft een iets hogere productie tot nu toe.
- Tot nu toe rond de 20% energiebesparing ten opzichte van standaard.
- Productie loopt volgens schema. Volgens de berekeningen van Ad Schapendonk had er iets meer ingezeten, dit is er niet uitgekomen door kleine problemen.
- Het Nieuwe Telen toepassen in de winter staat niet gelijk aan de ervaringen van de proeven met Het Nieuwe Telen in de zomer in tegenstelling tot wat vorig vergadering werd gedacht.
- Kan je met de energie die in de LBK's is gegaan niet meer doen als je deze energie in de buizen zou stoppen? Het gewas toont inactief. Om het zelfde effect te krijgen kost het meer energie bij de buizen. Het gewas heeft nooit sterk gestaan, meer buis had niet geholpen, de ingestelde waarde voor de V_d had hoger mogen liggen. Er is nu 4 m³ aardgas equivalente bespaard met schermen, met de inzet van 3,6 m³ aardgas equivalente voor ontvochtiging. Actief ontvochtigen kost geld, maar heeft ook bijkomende voordelen, zoals kleiner temperatuurverschil in de kas en minder kans op Botrytis.

- Er is 10-15% minder wateropname dan in de praktijk.
- De ervaring is dat meer bovenlicht 110 μ mol makkelijker teelt dan 80 μ mol. (in vergelijking met de proef van vorig jaar bij de WUR).

31 maart 2011

Discussie:

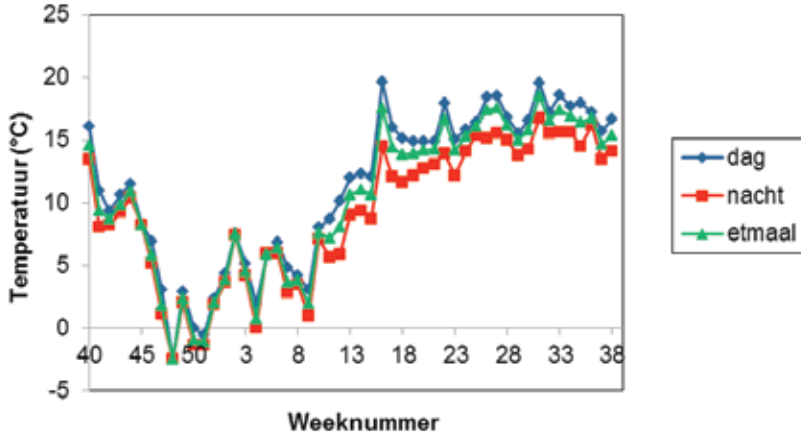
- Tom presenteert resultaten tot nu toe. Opmerking naar aanleiding van de presentatie: de in de presentatie genoemde productie LED's zijn die van vorig jaar (88 μ mol). De Interlighting85LED's zijn de LED's van dit jaar (85 μ mol). De productie modules moeten dus 3 μ mol meer licht geven. De dip in week 4 -6 is het gevolg van algemene stand van zaken. Het gewas stond door meerdere oorzaken zwak. Minder belichten in week 8/9 is voor een deel gecompenseerd door meer warmte input.
- Wat is nu de goedkoopste manier van ontvochtigen? Is door ontvochtiging via buitenlucht aanzuiging of via een combinatie van buis en luchtramen. Ad Schapendonk geeft aan dat dit afhankelijk is van de omstandigheden. Dit wordt nog beter doorgerekend met alternatieven, en in een volgende keer gepresenteerd. Buitenlucht aanzuiging heeft andere voordelen, als het evenveel zou kosten. De grenzen zijn bij deze proef, met het systeem, niet opgezocht. De meningen van de telers verschillen over nut en noodzaak van ontvochtiging; het is vooral nodig bij de opstook fase. Deze manier van telen met dit systeem is niet te vergelijken met de praktijk. Verdamping en opname van water is gelijk aan de praktijk.
- Men is niet enthousiast over de rijbreedte en bovenlicht, liever een goot extra met meer bovenlicht. Smallere rijen geven weer problemen met tussenbelichting. Er is nog veel te leren met dit systeem.
- Gewas staat op het moment chlorotisch.

19 mei 2011

Discussie:

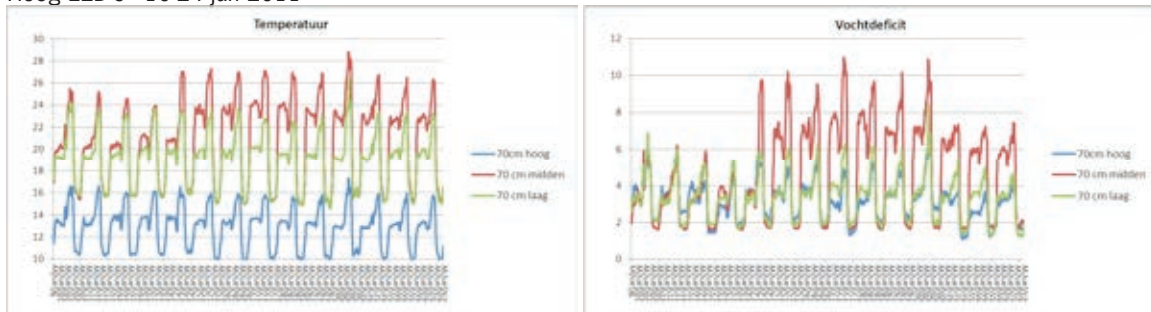
- Tom geeft presentatie van de tussenevaluatie van de proef, met de leerpunten. Presentatie wordt meegestuurd. De conclusies moeten nog concreter worden gemaakt.
- Plantgezondheid heeft een rol gespeeld in de praktijk ten opzichte van een modelmatige doorrekening.
- Wat is de rol van het probleem met de sporenelementen m.b.t. de productie? Dit heeft een rol gespeeld, het is niet duidelijk hoe groot.
- Hoe zit het met de besparing van 30% is ten opzichte van een eerdere teelt bij het IC? Deze vraag wordt doorgestuurd naar Ad.

Bijlage II Buitentemperatuur

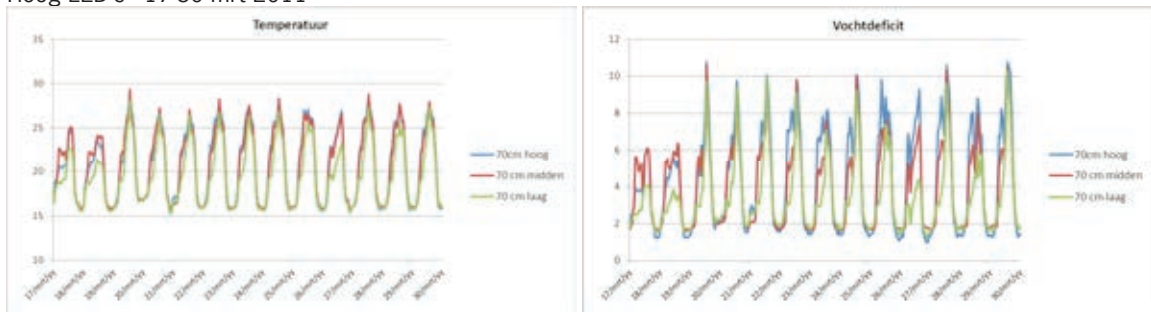


Bijlage III Verticale temperatuur en VD gradiënt in het gewas in januari en maart

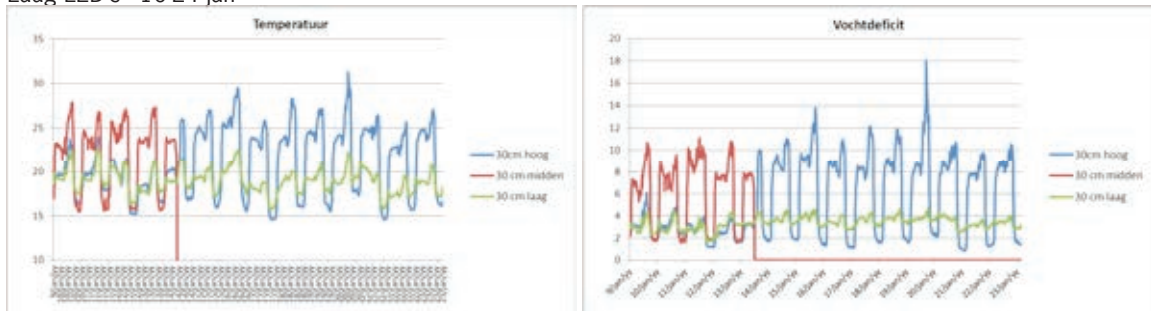
Hoog LED's - 10-24 jan 2011



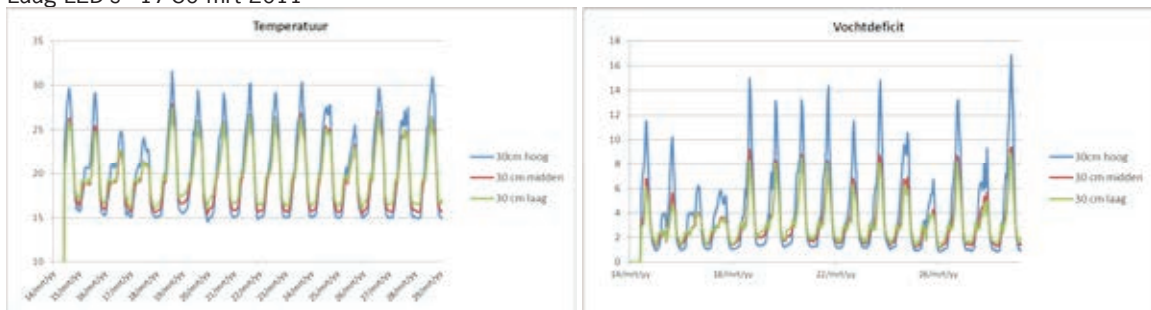
Hoog LED's - 17-30 mrt 2011



Laag LED's - 10-24 jan



Laag LED's - 17-30 mrt 2011



Bijlage IV Mineralen analyses van het gewas

Groen Agro Control
Distributieweg 1
2645 EG Delfgauw
Tel: 015 - 2572511 Fax: 015 - 2572522

Implement Centre Afd. 5
t.a.v. P. H. van Baar
Viollerenweg 3
2665 MV Bleiswijk

pag 1/1
o

Overzicht gecorrigeerde analyses op basis van EC = 3.0

Datum	Omschrijving	Monsternr	EC EC(c)		pH	mmol/l																
			mS/cm			NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Si	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ^{-*}	P _{tot}	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
19-10-2010	Mat	1319424	7.1	3.0	6.8	<0.1	3.0	4.1	15.3	8.2	0.58	19.7	17.6	8.2	0.9	0.32	50.2	6.2	11.8	34	0.61	0.7
03-11-2010	Mat	1322062	7.8	3.0	6.8	<0.1	1.4	3.9	15.6	10.2	0.48	21.5	19.3	9.1	1.1	0.24	63.9	3.0	5.4	38	0.27	0.6
16-11-2010	Mat	1324137	5.3	3.0	6.5	0.2	4.0	2.2	10.8	5.5	0.26	26.2	6.5	3.6	0.3	0.17	78.5	3.3	1.1	51	0.25	0.5
30-11-2010	Mat	1326333	4.7	3.0	5.9	<0.1	6.5	1.4	8.8	3.5	0.22	23.9	3.8	1.9	<0.1	0.09	61.5	1.3	0.5	39	<0.10	0.2
06-12-2010	Mat	1327368	4.9	3.0	5.7	0.1	7.5	1.3	8.8	3.3	0.23	23.5	3.7	1.9	<0.1	0.17	50.0	6.0	3.5	91	0.38	<0.1
14-12-2010	Mat	1329010	4.8	3.0	6.5	<0.1	7.1	1.3	9.4	4.2	0.17	22.9	6.0	4.7	0.2	0.10	44.4	4.1	12.8	155	0.56	0.3
Streefwaarden Tomaat, IKC			3.7	3.0	5.5	0.5	6.5		8.1	3.6		18.6		5.5		0.81	20.3	5.7	5.7	41	0.57	

Analysrapport : C468103
 monsternummer : 1329010
 monstername : niet door GAC
 datum/tijd monstername : 14-12-2010
 datum ontvangst : 14-12-2010
 onderzoekspakket : H&S 2
 locatie : Viollerenweg 3
 klantnummer : 3435
 kopie naar :

Ongecorrigeerde analyse

Datum	Omschrijving	Monsternr	EC		pH	mmol/l																
			mS/cm			NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Si	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ^{-*}	P _{tot}	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
14-12-2010	Mat	1329010	4.8	3.0	6.5	<0.1	10.0	1.3	13.3	5.9	0.17	32.3	6.0	6.6	0.2	0.14	62.7	4.1	18.1	219	0.79	0.4

Mogelijk is de betrouwbaarheid van de analyseresultaten beïnvloed. De monsternamdatum of -tijd is onbekend.

De resultaten hebben alleen betrekking op het monster, zoals die door u ter analyse werd aangeboden.
 * Zuurvatheid wordt uitgedrukt in mmol equivalenten HCO₃⁻
 Eigen methode: A038, T002, A034, A035 en A036

De in dit analyse rapport vermelde resultaten zijn uitgewerkt onder RvA accreditatie (L335).
 Onderzoek wordt verricht en adviezen worden uitgebracht alleen onder onze leveringsvoorwaarden zoals gespecificeerd bij de

(namens) Dr. J.B.A. van Tol
 directeur



Greco Agro Control
 Distributieweg 1
 2645 EG Delfgauw
 Tel: 015 - 2572511 Fax: 015 - 2572522

Improvement Centre Afd. 5
 t.a.v. P. H. van Baar
 Vlietweg 3
 2665 MV Bleiswijk

Overzicht gecorrigeerde analyses op basis van EC = 3.0

Datum	Omschrijving	Monsternr	EC		pH	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Si	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	P _{tot}	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
			mS/cm	µmoli/l																		
06-12-2010	Mat	1327358	4.9	3.0	5.7	0.1	7.5	1.3	8.8	3.3	0.23	23.5	3.7	1.9	<0.1	0.17	50.0	6.0	3.5	91	0.38	<0.1
14-12-2010	Mat	1328010	4.8	3.0	6.5	<0.1	7.1	1.3	9.4	4.2	0.17	22.9	6.0	4.7	0.2	0.10	44.4	4.1	12.8	155	0.56	0.3
28-12-2010	Mat	1331280	4.9	3.0	7.1	<0.1	12.4	1.5	7.1	3.8	0.25	19.3	7.9	2.6	1.5	0.15	42.6	6.9	18.1	147	0.57	0.7
05-01-2011	Mat	1332507	5.0	3.0	5.9	0.3	9.3	1.0	9.2	3.4	0.12	21.5	6.9	2.7	0.3	0.73	25.1	8.2	12.5	82	0.96	1.0
11-01-2011	Mat	1333648	5.1	3.0	5.9	0.3	8.6	1.1	10.0	3.9	0.20	24.4	6.9	2.7	0.1	0.61	31.9	8.1	12.4	76	1.04	1.2
25-01-2011	Mat	1336206	6.1	3.0	5.8	0.1	7.3	1.5	9.9	3.7	0.30	23.8	7.2	2.3	<0.1	0.32	29.7	4.0	10.6	58	0.88	1.1
08-02-2011	Mat	1338940	4.9	3.0	5.9	0.2	7.6	1.1	10.1	3.7	0.27	25.0	5.7	2.5	<0.1	0.42	37.8	3.7	9.7	42	1.08	1.4
22-02-2011	Mat	1341923	3.8	3.0	5.8	<0.1	6.3	0.7	9.6	3.7	0.20	21.0	3.8	3.3	<0.1	0.99	37.7	5.1	11.7	71	2.00	0.9
Streefwaarden	Tomat, IKC		3.7	3.0	5.5	0.5	6.5		8.1	3.6		18.6		5.5		0.81	20.3	5.7	5.7	41	0.57	

Analysrapport : C481016 monsternummer : 1341923 onderzoeks pakket : H&S 2 locatie : Vlietweg 3
 datum rapport : 23-02-2011 monsternamen : niet door GAC klantnummer : 3435
 datum/tijd monsternamen : 22-02-2011 type monster : water kopie naar :
 datum ontvangst : 22-02-2011 extractie :

Ongecorrigeerde analyse

Datum	Omschrijving	Monsternr	EC	pH	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Si	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	P _{tot}	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
			mS/cm							mmoli/l					µmoli/l						
22-02-2011	Mat	1341923	3.8	5.8	<0.1	7.3	0.7	11.0	4.2	0.20	24.1	3.8	3.8	<0.1	1.14	43.4	5.1	13.5	82	2.30	1.0

Mogelijk is de betrouwbaarheid van de analyseresultaten beperkt. De monsterhoeveelheid is niet volledig afgevuurd. De monstername/datum of tijd is onbekend.

De resultaten hebben alleen betrekking op het monster, zoals de door u ter analyse werd aangegeven.
 Zwaarmetaal wordt geanalyseerd op basis van de volgende methoden:
 Eigen methoden: A031, T032, A034, A035 en A036
 De in dit analysepunt vermelde resultaten zijn uitgedrukt onder RVA accreditatie (L0303).
 Onderzoek wordt verricht en afgevoerd worden uitgedrukt onder RVA accreditatie (L0303).
 Klant van koopverplichtingen onder nummer 1303. Op verzoek worden wij u een kopie van de voorafzenden resultaten toe.

(naams) Dr. J.B.A. van Tol
 directeur:



Groen Agro Control
Distributieweg 1
2645 EG Delfgauw

Tel: 015 - 2572511 Fax: 015 - 2572522

Overzicht gecorrigeerde analyses op basis van EC = 3.0

Improvement Centre Afd. 5

t.a.v. P. H. van Baar

Violierenweg 3

2665 MV Bleiswijk

pag 1/1

C

Datum	Omschrijving	Monsternr	EC	EC(c)	pH	mmol/l										µmol/l						
						NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Si	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ^{-*}	P _{tot}	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
22-02-2011	Mat	1341923	3.8	3.0	5.8	<0.1	6.3	0.7	9.6	3.7	0.20	21.0	3.8	3.3	<0.1	0.99	37.7	5.1	11.7	71	2.00	0.9
08-03-2011	Mat	1344809	5.0	3.0	5.1	0.1	7.3	0.9	9.5	3.5	0.21	22.1	3.8	2.9	<0.1	0.95	18.1	22.3	29.2	206	1.73	0.6
16-03-2011	Mat	1346535	4.8	3.0	5.4	<0.1	5.4	1.1	10.3	3.9	0.28	20.5	4.9	3.9	<0.1	1.12	37.6	6.4	20.5	92	2.40	0.6
22-03-2011	Mat	1347701	4.0	3.0	6.1	<0.1	5.3	1.3	10.7	3.8	0.32	18.4	3.5	5.0	0.3	1.06	59.0	3.2	20.3	79	2.60	2.2
05-04-2011	Mat	1350759	4.2	3.0	6.1	<0.1	3.7	1.7	12.1	4.8	0.32	21.4	6.8	4.0	0.3	0.84	51.5	4.2	27.8	122	2.49	1.6
19-04-2011	Mat	1354044	4.7	3.0	5.6	<0.1	7.3	1.5	9.7	3.5	0.27	20.6	7.1	4.2	<0.1	1.42	46.8	7.0	22.4	183	3.49	0.9
03-05-2011	Mat	1357328	4.7	3.0	5.4	0.2	7.6	1.6	10.7	3.3	0.29	19.4	8.0	3.9	<0.1	1.51	50.3	5.2	18.4	94	2.77	0.9
17-05-2011	Mat	1360603	4.1	3.0	5.8	<0.1	7.4	1.2	10.8	3.7	0.23	19.0	7.7	3.9	0.2	2.02	49.4	12.7	17.1	135	3.22	1.6
Streefwaarden		Tomaat, IKC	3.7	3.0	5.5	0.5	6.5	8.1	3.6	18.6	5.5	0.81	20.3	5.7	4.1	0.57						

Analysrapport : C4947955 monsternummer : 1360603 onderzoekspakket : H&S 2 locatie : Violierenweg 3
 datum rapport : 18-05-2011 monstername : niet door GAC klanummer : 3435
 datum/tijd monstername : 17-05-2011 type monster : water kopie naar :
 datum ontvangst : 17-05-2011 extractie :

Ongecorrigeerde analyse

Datum	Omschrijving	Monsternr	EC	pH	mmol/l										µmol/l						
					NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Si	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ^{-*}	P _{tot}	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
17-05-2011	Mat	1360603	4.1	5.8	<0.1	8.1	1.2	11.8	4.1	0.23	20.8	7.7	4.3	0.2	2.21	54.2	12.7	18.7	148	3.53	1.8

Mogelijk is de betrouwbaarheid van de analyseresultaten beïnvloed. De monsternamdatum of -tijd is onbekend.

De resultaten hebben alleen betrekking op het monster, zoals die door u ter analyse werd aangeboden.
 De analyse is uitgevoerd volgens de methoden NEN 4500 en NEN 4501.
 Eigen methoden: A038, I002, A034, A035 en A036

De in dit analyse rapport vermelde resultaten zijn uitgeroend onder RvA accreditatie (L335).
 Onderzoek voor en advieswerkzaamheden uitgevoerd onder RvA accreditatie (L335).
 Het is niet mogelijk om te garanderen dat de analyseresultaten overeenstemmen met de werkelijke situatie van de voedselbronnen.

(namens) Dr. J.B.A. van Tol
 directeur

