



LED in rozen het moet beter!

Arie de Gelder¹, Rick van der Burg² en Ben Hartog³

Rapport WPR-819

1. Wageningen University & Research Glastuinbouw, 2. Delphy - Improvement Centre, 3. Delphy - Consultant Roos

Referaat

Na de eerste teelt van roos Red Naomi! onder LED-belichting en koeling in 2016 is in de zomer van 2017 op vergelijkbare wijze geteeld met goede resultaten. Eind oktober 2017 zijn in één tralie LEDs met een aangepast spectrum opgehangen. Het kwaliteit probleem trad onder het rood/blauwe spectrum opnieuw op, wel in minder sterke mate. Maatregelen zoals een gelijke inbreng van warmte via de OPAC's en de buizen had een gunstig effect op de temperatuur verdeling in het gewas en daarmee op de ontwikkeling van de takken. Ook de gewashandelingen zoals knipstrategie, onderdoor of bovendoor knippen, en inbuigen hebben bijgedragen aan een betere kwaliteit. Het aangepaste spectrum gaf iets grotere knoppen, grotere bladeren en minder bedoorning. Dat het "syndroom" duidelijk minder aanwezig was onder het aangepaste spectrum is door metingen van takeigenschappen, als knopgrootte, bladgrootte en bedoorning bevestigd. Om voldoende dynamiek in luchtvochtigheid binnen een etmaal te bereiken kon het lichthinder scherm niet volledig gesloten worden.

De energiedoelstelling van 25% besparing is gerealiseerd als vergeleken wordt met een situatie waarbij de SON-T gedurende een gelijk aantal uren zou worden gebruikt als de LED. Alle warmte die voor de teelt nodig is, ook bij gebruik van LED belichting, kan in de zomer middels koeling van de kas worden verzameld en opgeslagen in een aquifer.

De houdbaarheid van de onder LED geteelde rozen was vergelijkbaar met die van een praktijk bedrijf. Het project is uitgevoerd door Wageningen University & Research en Delphy in het kader van Kas als Energiebron.

Abstract

Red Naomi! roses were grown under full LED and cooling in the summer of 2017 in a similar way as in 2016 with good results. At the end of October 2017, LEDs with an adapted spectrum were placed in 1/3 of the compartment. The quality problem again occurred under the red /blue spectrum, but in a lesser degree. Equal input of heat via the OPACs and pipe rail system had a favourable effect on the temperature distribution in the crop and thus on the development of the stems. Also crop treatments such as cutting strategy and bending have contributed to a better quality.

The adjusted spectrum gave slightly larger buds, larger leaves and less thorns. That the "syndrome" was clearly less present under the adjusted spectrum has been confirmed by measures of flower properties, such as bud size, leaf size and number of thorns. In order to achieve sufficient dynamics in air humidity within a 24-hour period, the light-emission screen could not be completely closed.

The energy target of 25% savings is realized when compared to a situation where the SON-T would be used as the LED for an equal number of hours. All the heat needed for cultivation, even when using LED lighting, can be collected in the summer by cooling the greenhouse and storage in an aquifer.

The shelf life of roses grown under LED was comparable to that of a practical company.

The research was conducted by Wageningen University & Research and Delphy in the context of Kas als Energiebron.

Rapportgegevens

Rapport WPR-819

Projectnummer: 3742245600

DOI nummer: 10.18174/460963

Thema: Energie en Klimaat



Dit onderzoek is mede tot stand gekomen door de bijdragen van Kas als Energiebron, het innovatie programma van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en LTO Glaskracht Nederland, de gewascoöperatie roos en Philips Lighting N.V. (sinds mei 2018 genaamd Signify N.V.)

Disclaimer

© 2018 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw, Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk T 0317 48 56 06, www.wur.nl/plant-research.

Kamer van Koophandel nr.: 09098104

BTW nr.: NL 8113.83.696.B07

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

Stichting Wageningen Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Adresgegevens

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding en doelstelling	7
1.1	Doelstelling	8
1.1.1	Energiedoelstellingen	8
1.1.2	Plantfysiologische doelstelling	8
1.1.3	Nevendoelstellingen	8
2	Opzet en werkwijze	9
2.1	Waarnemingen	10
3	Verloop van de teelt en de begeleiding	11
3.1	Bemesting en watergift	11
3.2	Karakterisering van de teelt	12
4	Resultaten	13
4.1	Klimaat buiten	13
4.2	Productie	14
4.3	Energie	17
4.4	CO ₂	20
4.5	Kasklimaat	21
4.5.1	Lichtbenuttingsefficiëntie	22
4.5.2	Schermen en lichtemissie	23
4.5.3	Gewastemperatuur	24
4.5.4	Houdbaarheid	25
4.6	Gewasmetingen	26
4.6.1	Destructieve metingen bloemtakken	26
4.6.2	Vers en drooggewichten tijdens de teelt	26
4.6.3	Uitloopsnelheid en uitgroeiduur	27
4.7	Gewasbescherming	28
5	Leerpunten en Conclusies	29
6	Literatuur	31
	Bijlage 1 Productie getallen per periode van 4 weken voor de drie tralies.	33

Samenvatting

Na de eerste teelt van Red Naomi! onder Full LED in 2016/2017 is het onderzoek in 2017/2018 gecontinueerd. In de zomer van 2017 is op vergelijkbare wijze als in 2016 geteeld met goede resultaten. Eind oktober 2017 zijn in één tralie LEDs met een aangepast spectrum opgehangen.

Het doel was om te onderzoeken of het kwaliteitsprobleem dat in 2016/2017 werd gesignaleerd opnieuw zou optreden en of dit door aanpassing van het lightspectrum zou verminderen.

Het kwaliteit probleem trad onder het rood/blauwe (94%/6%) spectrum opnieuw op, wel in minder sterke mate. Maatregelen zoals een gelijke inbreng van warmte via de OPAC's en de buizen had een gunstig effect op de temperatuur verdeling in het gewas en daarmee op de ontwikkeling van de takken. Ook de gewashandelingen zoals knipstrategie, onderdoor of bovendoor knippen, en in buigen hebben bijgedragen aan een betere kwaliteit.

Het aangepaste spectrum gaf iets grotere knoppen, grotere bladeren en minder bedoorning. Ook om in te werken was dit spectrum beter omdat er een meer natuurlijke kleur van het gewas wordt gezien.

Dat het "syndroom" duidelijk minder aanwezig was onder het aangepaste spectrum is door metingen van takeigenschappen, als knopgrootte, bladgrootte en bedoorning bevestigd. Deze metingen geven geen verklaring voor de effecten van lichtkleur op de ontwikkelingsprocessen. De achtergrond van het effect van lichtkleur op fysiologische processen is niet verder onderzocht.

Om voldoende dynamiek, wisseling tussen hoge en lage luchtvochtigheid, binnen een etmaal te bereiken kon het lichthinder scherm niet volledig gesloten worden. Er is steeds een kier van 10% gehandhaafd. Het probleem van schermen was niet een te hoge temperatuur maar een te hoge luchtvochtigheid.

De energiedoelstelling van 25% besparing is gerealiseerd als vergeleken wordt met een situatie waarbij de SON-T gedurende een gelijk aantal uren zou worden gebruikt als de LED. In de zomer wordt een LED installatie echter gemakkelijk intensiever gebruikt dan SON-T omdat er minder warmte overschot is en de LED snel schakelbaar is.

Alle warmte die voor de teelt nodig is, ook bij gebruik van LED belichting, kan in de zomer middels koeling van de kas worden verzameld en opgeslagen in een aquifer. Een situatie van een bedrijf dat alle energie via elektriciteit krijgt is dus goed mogelijk.

De gewasbescherming, watergift en bemesting zijn in dit experiment praktisch conform uitgevoerd. Tijdens de wekelijkse teeltbegeleidingsbijeenkomsten is dit een vast aandachtspunt. Meeldauw blijft het lastigste om in deze teelt met koeling onder controle te houden.

De houdbaarheid van de onder LED geteelde rozen was vergelijkbaar met die van een praktijk bedrijf.

1 Inleiding en doelstelling

Het project "Led: sleutel naar energiezuinig en kwaliteit bij roos", liet zien dat in de zomer de kwaliteit in de combinatie van LED en koeling uitstekend is (De Gelder en van der Burg, 2017). In de nacht leidt het gebruik van schermen in combinatie met LED tot een lagere lichtuitstoot omdat de schermen meer gesloten kunnen blijven, zonder te hoge temperaturen.

De bladeren zijn wel relatief donker en de takken hebben meer doorns dan onder SON-T, maar de knopgrootte en steellengte aan het eind van de zomer is beter dan de normale, niet gekoelde praktijk.

Bij de overgang van zomer naar winter en gedurende wintermaanden ontstond onder het rood/blauwe lichtspectrum in de rozen een beeld dat kort samengevat een syndroom is genoemd. De rozen hebben een opmerkelijke takopbouw, met meer zevenblad onderin, weinig vijfbladeren, meerdere driebladeren bovenin, de bladgrootte bleef klein. Daarnaast was er een relatief kleine knop op een stevige steel, de uitloop van nieuwe scheuten was voldoende. De winterkwaliteit was onvoldoende, terwijl de kwaliteit in de winter belangrijk is voor de afzet rond kerst en Valentijnsdag. De takken waren meer bedoornd, wat lastig is bij de oogst en verwerking.

De oorzaken van deze afwijkingen waren niet opgehelderd. Meerdere discussies tijdens BCO's (begeleidings commissie onderzoek) en een uitgebreide brainstormsessie hebben geleidt tot drie denkrichtingen.

De eerste is dat de samenstelling van het spectrum rood/blauw van de LED een belangrijke invloed heeft. Philips (Signify¹) heeft aan Wageningen UR opdracht gegeven voor een onderzoek daarnaar. Dit onderzoek moest de basis zijn voor een eventuele aanpassing in de samenstelling van het spectrum.

De tweede is dat de stook- en verwarmingsstrategie met de OPAC in plaats van met buizen niet goed is geweest. Daarbij is de overgang van koeling naar verwarming in 2016 zeer snel geweest. De OPAC als luchtbehandelingsunit heeft voor verwarmen minder luchtdebiet nodig, dan voor koelen, maar veroorzaakt nog altijd veel meer luchtbeweging dan bij gebruik van de buisrail verwarming. Deze strategie is later aangepast, zodat er minder luchtbeweging ontstond. Veel luchtbeweging kan via toegenomen verdamping leiden tot een lagere gewastemperatuur. Bij LED moet daarbij worden opgelet dat als de LED aanstaat de gewastemperatuur niet wordt verhoogd door warmte van de LED maar via de kastemperatuur moet worden verhoogd. Een hogere temperatuur dan 16°C is nodig om de fotosynthese niet inefficiënt te laten worden. Bij SON-T warmt de lamp het gewas op. Bij LED moet de kas en het gewas via stoken op temperatuur worden gehouden.

De derde is dat er te weinig ingebogen blad aanwezig is, zodat de plant als er takken vanaf worden geknipt teruggaat naar een vorm van juveniele ontwikkeling (jeugdigheid) waarbij een andere tak opbouw kan ontstaan. Als de plant meer ingebogen blad heeft zijn er meer suikers en zetmeel buffers aanwezig zodat de plant niet teruggaat naar juveniele ontwikkeling. Dit is althans een hypothese hiervoor.

In het onderzoek naar energiezuinige rozenteelt om een perfecte roos te produceren is steeds weer gebleken hoe complex deze teelt is. De combinatie van gewasstadia, gewashandelingen, voeding, watergift, gewasgezondheid en klimaatfactoren vormen een voortdurende uitdaging. Daardoor is het oplossen van het kwaliteitsprobleem van rozen onder full-led relevant voor de toepassing van deze nieuwe belichtingstechniek bij andere gewassen. Een oplossing bij rozen zal zeker kennis leveren voor de toepassing van LED techniek bij andere gewassen.

Voor de kwaliteit is uit ander onderzoek bekend dat de luchtvochtigheid een zekere dynamiek met daarin droge momenten moet kennen. Dat is in de winter lastig te realiseren. De enige effectieve manier is door droogstoken. Bij SON-T is er vaak een warmte overschot, waardoor droogstoken makkelijk is te realiseren. Bij LED moet dit specifiek aandacht hebben.

De bovenstaande aandachtspunten zijn in een voortzetting van het LED experiment in roos bij het Delphy-Improvement Centre getest.

¹ In 2018 heeft Philips Lighting de naam van de onderneming gewijzigd in Signify. In dit verslag wordt verder steeds de naam Philips gebruikt, omdat die geldig was ten tijde van het onderzoek en deze naam verbonden blijft aan de producten.

1.1 Doelstelling

Het onderzoek kent een aantal doelstellingen die als volgt zijn omschreven.

1.1.1 Energiedoelstellingen

- Als assimilatie belichting in rozenteelt wordt vervangen door LED dan levert dit bij de huidige efficiëntie van de lampen een besparing op van 25% op elektriciteit. Het elektriciteit gebruik voor belichting daalt van 575 naar 400 kWh.m⁻².jaar⁻¹ bij een gelijke lichtintensiteit.
- De warmte wordt geleverd door de koeling in de zomer.
In de proeven van 2014 en 2015 was warmte verzameld middels koeling voldoende om aan de totale warmtevraag te voldoen. Voor deze energie verzameling is wel een elektrische warmtepomp (WP) nodig, die ca 20% van de verzamelde energie nodig heeft als aandrijfenergie. Dit is ca 50 kWh.m⁻².jaar⁻¹.
Als hierdoor de WKK vervangen wordt door inkoop van elektriciteit wordt geen warmte overschot gecreëerd. De kas is dan in principe een 'all-electric' gerunde teelt. Dit levert een bijdrage aan de vermindering van uitstoot van CO₂.

1.1.2 Plantfysiologische doelstelling

- Het doel is een kwaliteitsverbetering in bloemgrootte en steelgewicht ten opzichte van de prestaties in het lopende onderzoek, waarbij in herfst en winter het syndroom wordt voorkomen. Alle mogelijke instrumenten – gewasverzorging, verwarmingsstrategie, belichtingsstrategie - worden hiervoor ingezet.
- Middels intensief meten aan het gewas meer inzicht verkrijgen in de fysiologische achtergrond van het syndroom. Nieuwe inzichten over de reactie van het gewas kunnen mogelijk ook in andere gewassen van toepassing zijn om tot productie en kwaliteitsverbeteringen te komen.

1.1.3 Nevendoelstellingen

- Lage lichtemissie zodat geen maatwerk regels meer nodig zijn voor de rozenteelt.

Voor het onderzoek hebben we gebruik gemaakt het rozen gewas Red Naomi!® dat bij Delphy-Improvement Centre in afdeling 4 staat. In deze afdeling is LED installatie aanwezig.

Op basis van de uitkomst van uitgevoerd onderzoek naar het effect van het lightspectrum op de ontwikkeling van roos, is de belichtingsinstallatie deels aangepast. Dit is gedaan in overleg met Philips, de leverancier van de LED installatie.

2 Opzet en werkwijze

Voor de uitvoering van dit onderzoek is gestart met het rozen gewas van Red Naomi! zoals dat is geteeld in de projecten Een Perfecte Roos- Energiezuinig geteeld en Duurzaamheid als leidraad voor roos en Led: sleutel naar energiezuinig en kwaliteit bij roos (De Gelder et al., 2015, 2016, De Gelder en van der Burg, 2017).

De kasuitrusting is:

Afdeling op het IC	Afdeling 4
Afdelingsgrootte	1008 m ² , waarvan 3.5 m aan de voorzijde als werkpad en 1 m aan achterzijde voor technische installaties niet benut worden. Aan de beide zijgevels een breed pad van ca 1 meter omdat dit beter uitkomt met de inrichting van het teeltsysteem. De achtergevel is de zuidgevel van de kas.
Kasdek type:	Venlo dek - tralie ligger met 2 kappen per tralie.
Glastype	Diffuus glas: Prismatic met een loodrechte lichtdoorlatendheid van 92.2%, een hemisferische lichtdoorlatendheid van 82.6% en een haze van 70%.
Dakhelling:	22° helling.
Traliebreedte:	9.60 meter.
Poothoogte:	6.68 meter.
Luchting:	2 halve ramen per 5 meter aan weerszijden van elke kap
Verwarming:	Buisrail - per tralie 5 x 2 buizen van 51 mm Ø. Gewasverwarming – per tralie 5 x 2 buizen van 28 mm Ø onder de teeltgoten. Gevelverwarming gekoppeld aan buisrail.
CO ₂ dosering:	OCAP, overschakelbaar op zuiver CO ₂ . Doseercapaciteit maximaal 250 kg/(ha/uur).
Klimaatcomputer:	Priva, met alle nodige sensoren voor temperatuur, luchtvochtigheid, buistemperaturen, doekstanden, watergift en drainmeting, meteo station etc.

De scherminstallatie bestaat uit drie schermen:

Boven (op zelfde dradenbed):	XLS SL 99 = OBSCURA 9950 FR W (Lichtuitstoot doek 99%) en Harmony 25 = HARMONY 2515 O FR(zonnescherm)
Onder:	XLS10 = LUXOUS1547 D FR (energiescherm). Alle schermen afkomstig van LS.
In de gevel zitten rolschermen die afzonderlijk stuurbaar zijn.	

Teeltsysteem:	4 rijen planten op een bed met een breedte van 1.2 meter. De afstand tussen de bedden, hart op hart, is 1.92 m.
Plantdichtheid:	7.5 planten per netto m ² .
Planthoogte:	De teeltmat ligt op 60 cm hoogte.
Substraat:	Cultilene FloramaxX.
Watergift:	1 druppelaar per plant met een afgifte capaciteit van 1.6 liter/uur. De middelste rijen planten apart stuurbaar van de buiten rijen.

Assimilatiebelichting:	Twee tralies uitgerust met Philips LED Dieprood/Blauw tot en met 30 oktober. Daarna is één tralie uitgerust met aangepast spectrum dieprood/wit/blauw/verrood. Eén tralie met Philips LED Dieprood/Wit (Tabel 1).
Koeling en Verwarming	12 OPAC 106 systemen aangesloten op het koud en warmwater leidingsysteem van de kas. Setpoint sturing vanuit de PRIVA computer, operationele regeling door regelsysteem van Lek Habo
Geforceerde ventilatie	Per OPAC een systeem met aanzuiging van lucht boven het scherm.
Energiemeting	kWh meters voor elektriciteit. Warmtemeters op verwarming en koelingsnetten.
Lichtmeting in de afdeling	2 LICOR 190 PAR sensoren op 2 meter boven de teeltgoot. 1 LICOR 191 line sensor op 3 meter boven de teeltgoot.
Planttemperatuur	IR-camera Thermoview 48 camera aangesloten op Lets Grow.

Verdamping

Priva Growscale met 2 matten planten uit het midden van een teeltbed. Growscale met matten staat op de grens tussen tralie 1 en tralie 2, vanwege het aanpassen van het spectrum in tralie 1 zijn de gegevens van de growscale een gemiddeld effect van twee licht behandelingen. De gegevens worden in dit verslag verder niet gebruikt.

Tabel 1

De verdeling van het spectrum over blauw, groen/geel en rood licht, met de piek golflengten van de bestaande installatie.

Kleur	Blauw	Groen/ Geel	Rood	Verrood	Som [$\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$]	Piek golflengte [nm]		
Golflengte-gebied	401-500 nm	501-600 nm	601-700 nm	701-800 nm	PAR	Totaal	Blauw	Rood
DR/B [$\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$]	11.2	0.8	182.5	0.8	194	195	453	662
% PAR	5.8	0.4	93.8					
DR/W [$\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$]	16.3	9.1	169.7	1.4	195	196	450	663
% PAR	8.3	4.7	87.0					
DR/W/B/FR	Aangepast spectrum, waarvan de gegevens pas na verschijnen van dit rapport bekend worden.							

In dit experiment ligt het accent op de assimilatiebelichting. Vanaf 1 april tot en met 30 oktober zijn twee tralies (genummerd 1 en 2) uitgerust met Philips LED Dieprood/Blauw en één tralie (genummerd 3) met Philips LED Dieprood/Wit. Na 1 november 2017 is één tralie (genummerd 1) uitgerust met aangepast spectrum dieprood/wit/blauw/verrood (Tabel 1). De gegevens daarvan komen pas in een later stadium openbaar.

Hoewel de hoeveelheid geïnstalleerd wit licht in DR/W tussen 500 en 600 nm laag (4.7%) is geeft dit bij het werken in het gewas een duidelijk ander beeld dan bij alleen DR/B licht. De ooggevoeligheid is juist hoog voor licht bij 500 tot 600 nm en daardoor wordt het gewas meer als een normaal kleurend gewas gezien. In het aangepaste spectrum is ook een deel van het licht afkomstig van witte LED zodat ook dit een betere werkomstandigheid creëert.

2.1 Waarnemingen

Dagelijks is er twee keer geoogst en is de productie in stuks en gewicht per bed geregistreerd. Om de productie per teelt vak te kennen is de productie van twee midden in de tralie gelegen bedden gebruikt. De totale productie is drie keer per week opgehaald en centraal verwerkt bij Flora Holland. Bij de verwerking van de bloemen die dan al een nacht over op water hebben gestaan wordt per lengte klasse het gewicht en de knophoogte gemeten voor de takken. Voor de sortering van A1, A2 of B kwaliteit is op het Delphy-Improvement Centre wekelijks van ruim 100 takken de kwaliteitssortering bepaald. Al deze gegevens samen met klimaatdata worden weergegeven in week rapporten. Omdat alle tralies bij het Delphy-Improvement Centre zijn uitgerust met een andere type LED wordt in het weekrapport de productie voor de 3 tralies apart weergegeven.

Voor de houdbaarheid zijn om de twee weken op maandag 20 takken van het Delphy-Improvement Centre en 20 takken afkomstig van Marjoland voor 4 dagen in een koelcel geplaatst. Dit waren ook Red Naomi takken van lengte 70 en één keer 60 cm in veilingrijp stadium. Op vrijdag werden de takken in de uitbloeiruimte individueel op de vaas gezet. Na zeven dagen is de mate van openkomen beoordeeld en dagelijks zijn de bloemen beoordeeld op duur van het vaasleven.

In januari, februari en maart zijn per tralie 30 stelen destructief bekeken om te zien of er verschil zit tussen takken geteeld bij de drie spectra. De verdere beschrijving van de waarnemingen en resultaten hiervan staan in paragraaf 4.6.

3 Verloop van de teelt en de begeleiding

De teelt is begeleid door een groep telers, voorlichters en onderzoekers en participanten, die wekelijks op vrijdagmiddag de proef bezochten. De samenstelling van deze groep is wisselend geweest.

In de wekelijkse bijeenkomsten van de begeleidingsgroep, die wordt voorgezeten door Arie de Gelder, is de ontwikkeling van het gewas een vast onderdeel, vervolgens wordt stilgestaan bij de klimaatregeling en zo nodig de aanpassingen daarin, de watergift en bemesting en de gewasbescherming.

Uit de verslagen van de wekelijkse bijeenkomsten is een beeld te vormen van het verloop van de teelt in hoofdlijnen. In april is meer gelet op het inbuigen van extra takken, elke plant minstens één tak, om een goede uitgangspositie te krijgen. Eind april staat het gewas er weer goed voor. In mei neemt het bladpakket onderin het gewas flink toe, maar mag nog meer worden. De kleur van het gewas is niet uniform. De knophoogte blijft nog wat achter in juni en ook de kleur en het model is nog niet goed. Wel zijn de takken en het bladpakket zwaarder geworden. In juli in het gewas meer in balans, de bladkleur is beter en de knoppen zijn beter van model en hoger. Ook de uitloop van het gewas is beter en toont voller. De kleur van het gewas is in augustus verder verbeterd, het blad is volgroeid en dikker; het gewas staat er goed voor. In september is de knophoogte netjes, en er worden veel rozen geoogst. Eind september mag er wat meer bovendoor geknipt worden. Begin oktober tonen de bladeren wat klein. Terwijl eind oktober het gewas iets dunner is geworden, advies is dan meer onderdoor knippen, verder staat het gewas er goed voor ook de knopmaat is goed. In de houdbaarheidsproef is er echter wel een toename te zien van botrytis. Na begin november neemt de aantasting botrytis bij de uitbloeioproef weer af naar lage, normale waarden.

Eind oktober is in tralie 1 het aangepaste spectrum opgehangen. In november staat het gewas goed te groeien en toont de knop goed, er worden veel takken geoogst met een gemiddeld lager takgewicht. Eind november is de uitloop weer zwaarder toch toont het blad klein.

De verschillen tussen de twee spectra worden meer duidelijk in december. De rozen in het nieuwe spectrum, tonen minder doorns en het gewas is groener. Ook toont het gewas sterker en staat het minder vol. In januari zijn de algemene bevindingen dat het nieuwe spectrum betere takken geeft, maar de takkwaliteit nog niet voldoet. Vooral de bladgrootte (klein), de bladkleur en de knophoogte kunnen beter. Het nieuwe spectrum toont in februari duidelijk beter, ook de knopen zijn beter. De gewaskleur is onder het nieuwe spectrum stabiel. Het blijft lastig om voldoende blad onderin het gewas te krijgen, omdat alle takken een bloem geven. Eind van de maand februari is de gewasstand prima, vergelijkbaar met SON-T telers.

In maart toont het gewas onder nieuwe spectrum een mooie steel en groot blad en ook de knop is mooi. Er wordt een enkel brandblaadje waargenomen. De houdbaarheid is in die periode goed.

3.1 Bemesting en watergift

Vanaf de start is eerst gestreefd om de bemestingscijfers goed te krijgen, daarbij is ervoor gekozen om niet te recirculeren. In week 22 is weer gestart met recirculatie. In week 36 begonnen de bemesting cijfers wat uit elkaar te lopen en is besloten de silo leeg te halen. Er is toen met een nieuw recept gestart en weer omgeschakeld naar niet recirculeren. In week 37 is weer overgeschakeld op recirculatie. Er is in de praktijk al voldoende ervaring met wel of niet recirculeren, zodat dit geen onderzoeksvraag meer is, maar er pragmatisch wordt gekeken wat in de situatie bij het Delphy-Improvement Centre mogelijk is. Uitgangspunt is zoveel mogelijk recirculeren, maar als dat niet kan omschakelen naar watergift met nieuw aangemaakte voedingsoplossing. Het Delphy-Improvement Centre is onderdeel van een cluster bedrijven die in AquaRe-Use alle drainwater na filtratie weer hergebruiken. Dit water is niet constant van samenstelling. Net als in eerdere jaren was de watergift in deze proef relatief groot.

3.2 Karakterisering van de teelt

Samengevat is de teelt in de zomer van 2017 goed verlopen en in de winter van 2017-2018 schoot de takkwaliteit nog te kort, zeker in het rood/blauwe spectrum dat vergelijkbare symptomen gaf als het jaar er voor. Wel minder sterk maar toch duidelijk aanwezig waren de kleinere bladeren, de zware bedoorning en de donkere bladkleur.

Vanaf 4 weken na het installeren van het nieuwe LED spectrum zijn er verbeteringen geconstateerd op de bladgrootte en bedoorning. Het nieuwe spectrum toont een positief effect op de steeldikte en de steellengte ook toont het blad meer groen en daardoor lichter van kleur. Opgemerkt werd dat de stengels bij het uitlopen niet dik lijken, maar aan het eind voor de oogst in dikte toenemen om een normale steeldikte te geven.

Effecten van het nieuwe spectrum komen ook tot uiting in de metingen (nieuw spectrum t.o.v. rood/blauw:

- Stengels zijn zwaarder.
- Knop is iets groter.
- Minder bladeren, maar bladeren zijn groter.
- Bedoorning minder.
- Uitgroeiduur is korter.

Discussie punten in de begeleidingscommissie zijn onder andere het aantal takken per m² in verhouding tot de lichtsom. Dit aantal is net als in 2016/2017 relatief hoog.

Een ander discussie punt is het ontbreken van de warmtestraling van de SON-T. Welk effect heeft dit op de gewasontwikkeling. Zou een door stralingswarmte opgewarmde knop groter worden dan een knop die door convectieve warmteoverdracht op temperatuur wordt gehouden? Dit zou pleiten voor de combinatie van SON-T met LED een situatie die in de praktijk wordt getest, maar waar in de vorige winter vergelijkbare problemen met kwaliteit voorkwamen.

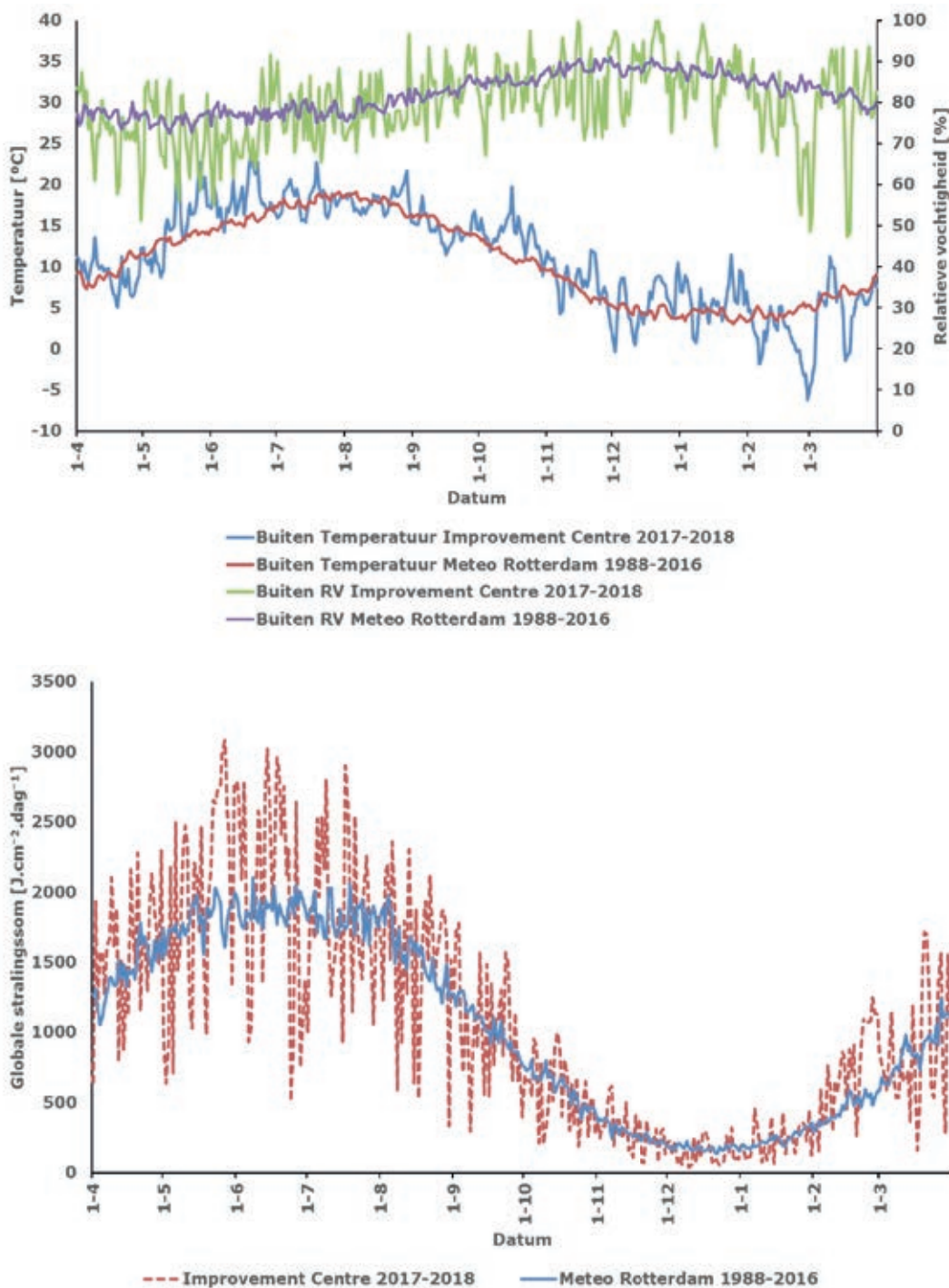
Voor het klimaat is gestreefd naar meer dynamiek in de luchtvochtigheid en meer vochtafvoer. Daarvoor is een minimumraamstand gehanteerd en mocht de verwarming via buizen inkomen als er een VD gemeten werd dat onder de 1.8 g.m⁻³ kwam.

De effecten die we in de spectrumproef zagen en waarvan we hadden gehoopt dat deze tot uiting zouden komen in de proef zien we terug. De kwantitatieve gegevens over productie en steelkwaliteit worden behandeld in paragraaf 4.2.

4 Resultaten

4.1 Klimaat buiten

De klimaatregeling voor temperatuur, licht en vochtigheid in de kas bij het IC is dankzij de belichting en koeling beter te sturen dan in normale kassen. Toch zijn de buitenomstandigheden wel belangrijk. In mei en juni 2017 was het warm vergeleken met andere jaren (Figuur 1). In juni 2017 ging de warmte gepaard met een hogere stralingssom, zodat de verhouding lichtsom en etmaaltemperatuur beter te handhaven was.



Figuur 1 Buitentemperatuur, relatieve luchtvochtigheid (bovenste Figuur) en lichtsom per dag (onderste Figuur) gedurende de proef gemeten op het Delphy-Improvement Centre en het langjarige [1988-2016] gemiddelde van het meteo station Rotterdam. [bron: Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI)].

4.2 Productie

Voor de productie moet onderscheid gemaakt worden in twee periodes en drie teeltvakken, omdat de aanvullende assimilatie belichting verschillend is (Tabel 2). Van 1 april 2017 tot en met oktober 2017 was het belichtingssysteem gelijk aan de belichting in die periode in 2016. Na 1 november 2017 is in tralie 1 de belichting aangepast naar een nieuw spectrum en daarmee is ook de productie mogelijk gewijzigd. In het overzicht wordt de productie daarom gesplitst in de twee periodes en per tralie.

Tabel 2

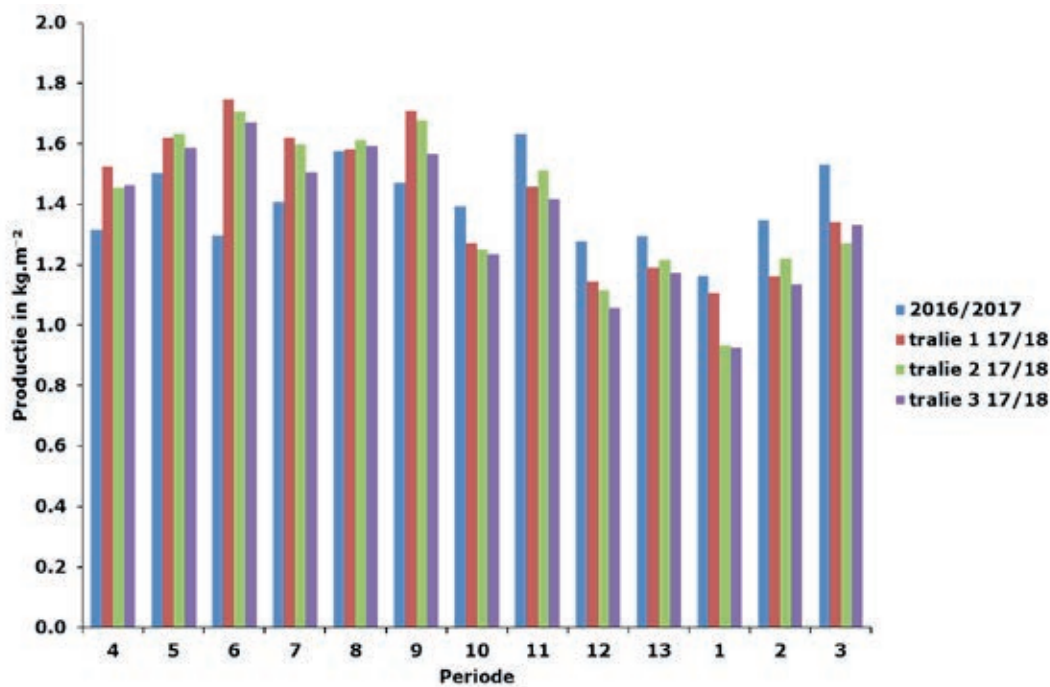
Productie voor twee periodes en drie teeltvakken (tralies) afhankelijk van het gebruikte type assimilatie belichting. De productie is geteld op de middelste bedden in een tralie.

Periode	Tralie 1	Tralie 2	Tralie 3
Assimilatiebelichting			
1-4-2017 tot 1-11-2017	DR/B	DR/B	DR/W/B
1-11-2017 tot 1-4-2018	Aangepast spectrum	DR/B	DR/W/B
Productie [kg.m ⁻²]			
1-4-2017 tot 1-11-2017	12.1	12.0	11.6
1-11-2017 tot 1-4-2018	6.3	6.1	5.8
Totaal	18.4	18.1	17.4
Productie [# .m ⁻²]			
1-4-2017 tot 1-11-2017	219	217	211
1-11-2017 tot 1-4-2018	132	134	128
Totaal	350	351	340
Takgewicht [gram]			
1-4-2017 tot 1-11-2017	55.3	55.3	54.8
1-11-2017 tot 1-4-2018	47.9	45.4	45.3
Totaal	52.5	51.5	51.2

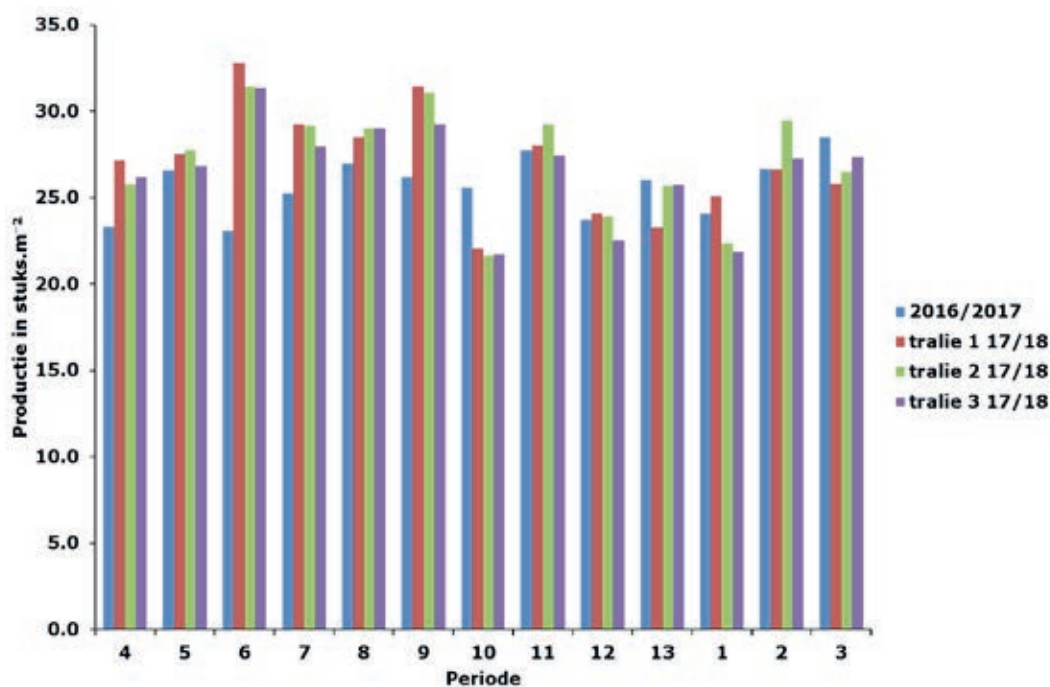
In de zomer (april tot en met oktober) is de productie in de 1^e en 2^e tralie vrijwel gelijk (12 kg.m⁻²) met een gelijk gemiddeld takgewicht. In 2016 was dit ook het geval, maar met een lagere productie van 11.2 kg.m⁻². In de periode van 1 november 2017 tot en met 1 april 2018 is de productie in stuks.m⁻² voor tralie 1 en 2 vrijwel gelijk, maar is het takgewicht gemiddeld 2.5 gram hoger in tralie 1. In dezelfde periode (november- maart) een jaar eerder was de productie in tralie 1 en 2 gelijk, maar wel bijna 1 kg.m⁻² hoger dan in 2017/2018. Dit kwam vooral door een hoger takgewicht, terwijl in dat jaar de symptomen van klein blad sterker waren dan in dit proefjaar. Tralie 3 vertoont een vergelijkbaar verschil in 2017/2018 als in 2016/2017, minder takken in de zomer en lichtere takken in de winter. In bijlage 1 staan de productie cijfers per periode van 4 weken. In Figuur 2 en Figuur 3 worden de geproduceerde kg en stuks per m² per periode van 4 weken getoond. In de zomer is de productie hoger dan een jaar daarvoor, maar in de winter juist lager en dan vooral in de eerste periode van het jaar.

Er is handmatig gekeken naar kwaliteit A1, A2 en B, door wekelijks 100 takken te beoordelen.

In de zomer (week 27-44) werd 90% ingedeeld bij klasse A1 in de winter (week 45-13) was dit 95%. B kwaliteit kwam niet voor. Het verschil in % A1 is vooral het gevolg van aantasting door meeldauw en door kromme takken. In deze kwaliteitssortering is niet gekeken naar het fenomeen draaihart en bolletje, daarvoor zijn de takken vaak nog te weinig ontwikkeld om goed te beoordelen.



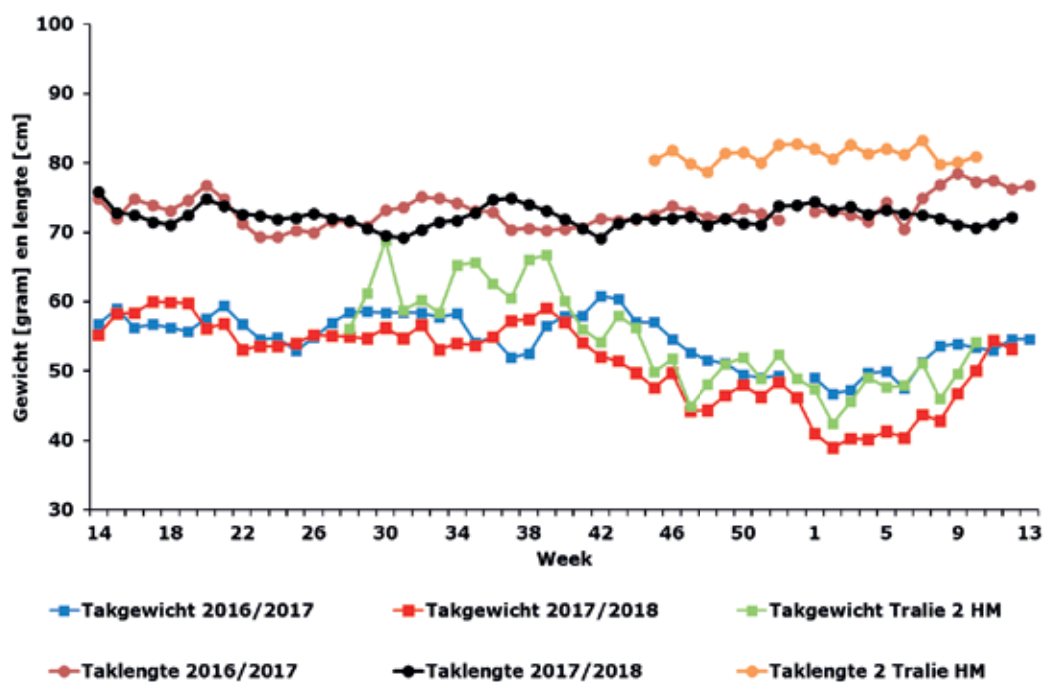
Figuur 2 Productie in kilo per m² per periode van 4 weken.



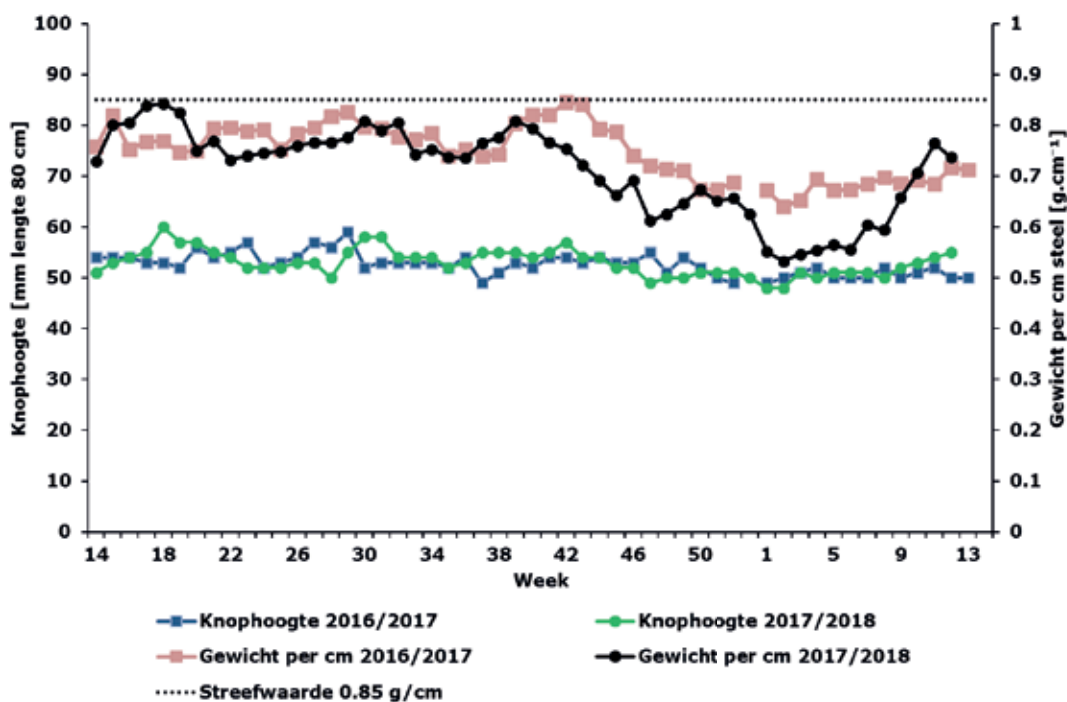
Figuur 3 Productie in stuks per m² per periode van 4 weken.

Opvallend in het takgewicht (Figuur 4), zoals gemeten in de kas direct na het oogsten, is dat dit in de zomer van 2017 tot en met week 38 hoog bleef met ongeveer 59 gram en een taklengte van iets boven de 75 cm. Na week 38 nam het takgewicht wekelijks af tot onder de 40 gram in week 3 van 2018. Dat is een daling van ruim 19 gram in 15 weken.

De metingen van een steekproef vanaf week 29 in 2017 (HM in Figuur 4) van tralie 2 laten een 6 tot 15% hoger takgewicht (vanaf week 45) zien en een 10% hogere taklengte. Dit komt vooral doordat voor de steekproef er gemiddeld takken van ca 80 cm zijn gebruikt. Deze zullen gemiddeld langer en zwaarder zijn dan het gemiddelde van alle takken. Wel is te zien dat het takgewicht ook van deze takken in de winter lager is dan in de herfst. In diezelfde periode daalde ook het gewicht per cm van 0.85 naar 0.53 gram.cm⁻¹ in week 3 2018 en de knophoogte van 57 naar 48 mm (Figuur 5). Tot week 38 is de productie en kwaliteit van de rozen prima en was het een goed gewas, zoals ook uit de beschrijving van het verloop van de teelt blijkt. Na het dieptepunt in januari knapt het gewas geleidelijk weer op. In het voorjaar van 2018 (april) is het gewicht per cm weer 0.85 gram.cm⁻¹ en de knophoogte boven de 50 mm.



Figuur 4 Takgewicht en taklengte gemiddeld over alle geoogste takken per week. Takgewicht is direct na de oogst gemeten en taklengte bepaald op basis van sorteerrapport. Tevens takgewicht en taklengte van een steekproef van 20 takken per week na een dag voorwateren (HM).



Figuur 5 Knophoogte bij een taklengte van 80 cm en het gewicht per cm steel.



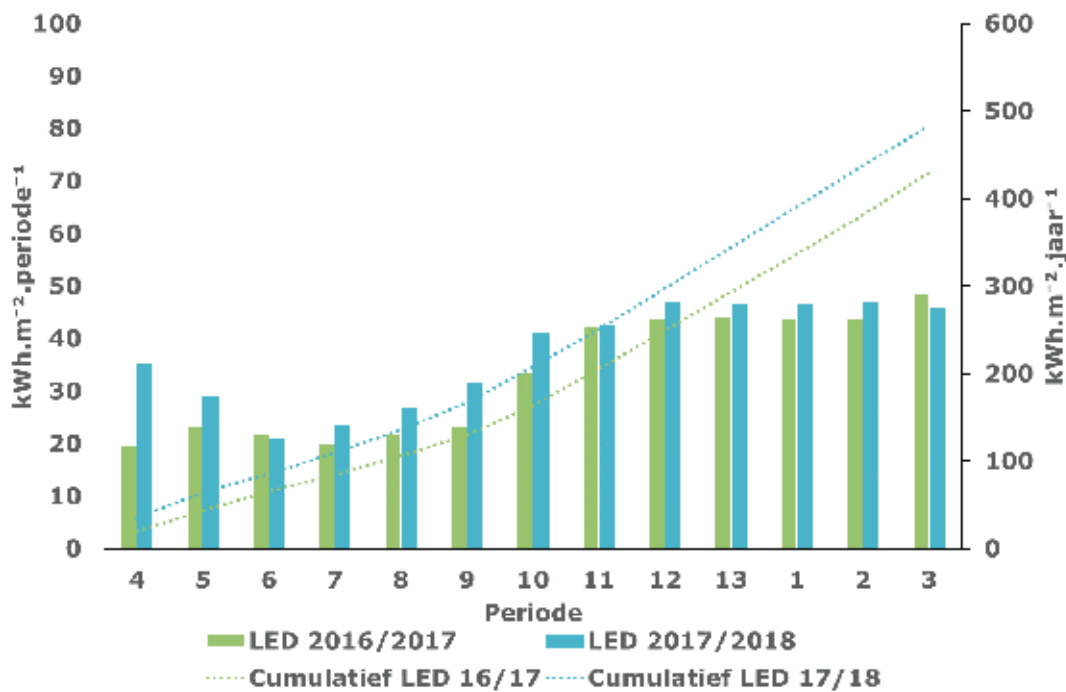
Figuur 6 Verloop van het takgewicht gemeten direct bij de oogst per tralie. In 2017 week 44 is het spectrum in 1 tralie aangepast van DR/B naar een aangepast spectrum met DR/W/B/Verrood.

Uit het verloop van het takgewicht per tralie in de tijd (Figuur 6) is te zien dat na het aanpassen van het spectrum in die tralie het gemiddeld takgewicht structureel hoger was. Het is niet veel (5.5%), maar structureel aanwezig.

4.3 Energie

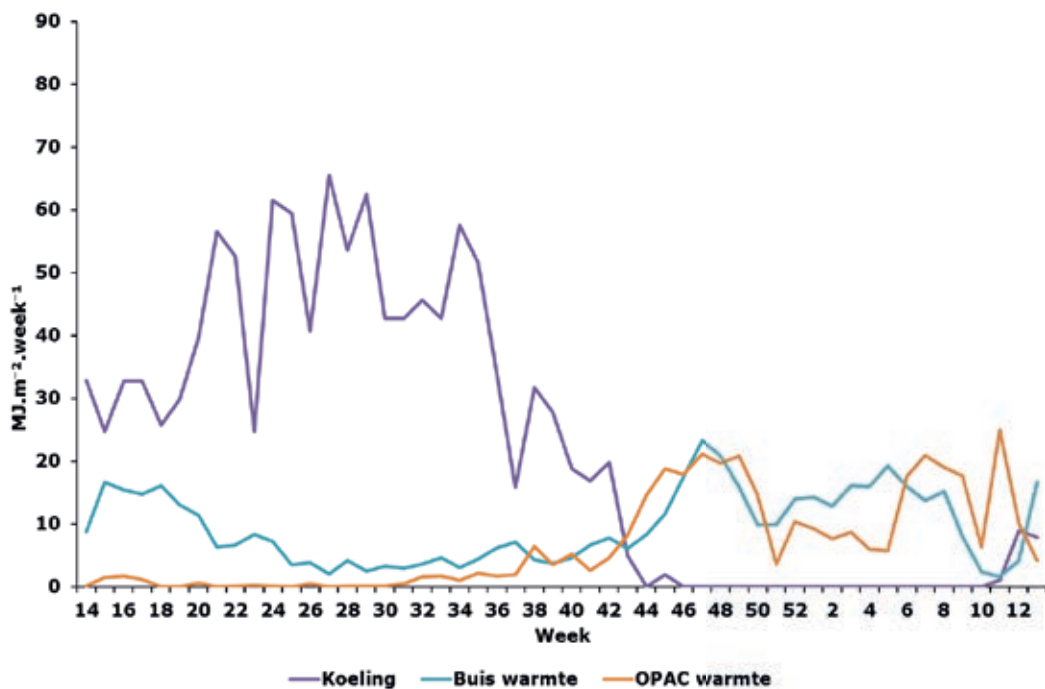
Voor de toepassing van de LED verlichting was in het experiment 2016/2017 78.4 W.m^{-2} vermogen geïnstalleerd. Na het vervangen van het spectrum in tralie 1 door een andere module, waarbij ook meer lampen zijn gebruikt om het niveau in PAR van $200 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ te bereiken, was dit voor de hele afdeling toegenomen tot 83.7 W.m^{-2} . Uitgaande van 1/3 van het aantal lampen dat is vervangen komt dit voor tralie 1 neer op een geïnstalleerd vermogen van 94.3 W.m^{-2} . Voor SON-T was in de periode voor 2016 120 W.m^{-2} geïnstalleerd om een vergelijkbaar lichtniveau van $200 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ te halen. De LED verlichting in tralie 1 gebruikt dus 77% van de energie van SON-T en is daarmee 23% zuiniger dan SON-T. Voor de efficiëntie van de lampen moet hierbij worden aangetekend dat gebruik is gemaakt van een type armatuur dat een lagere efficiëntie (ca $2.3 \mu\text{mol/J}$) heeft dan de modules die eind 2018 beschikbaar komen bij Philips.

Het energiegebruik voor de teelt hangt naast het geïnstalleerde vermogen vooral af van het gebruik van de lampen. Vooral in april en mei is in 2017-2018 meer energie gebruikt voor belichting (Figuur 7). De LED lampen zijn in de zomer, net als in 2016 intensiever gebruikt dan SON-T lampen, vooral in de morgen en op donkere dagen. Het cumulatieve energie verbruik voor verlichting komt door het intensiever gebruik van de lampen met 500 kWh.m^{-2} op het niveau dat voor SON-T in 2013 als referentie-niveau was gedefinieerd. Hierbij moet worden opgemerkt dat in de praktijk de SON-T lampen ook intensiever worden gebruikt en het geïnstalleerde vermogen hoger is geworden ca 175 W.m^{-2} , zodat in de praktijk het verbruik ook is toegenomen tot boven de 600 kWh.m^{-2} .



Figuur 7 Energie voor belichting per m² 2016-2017 en 2017-2018 zowel per periode van 4 weken als cumulatief.

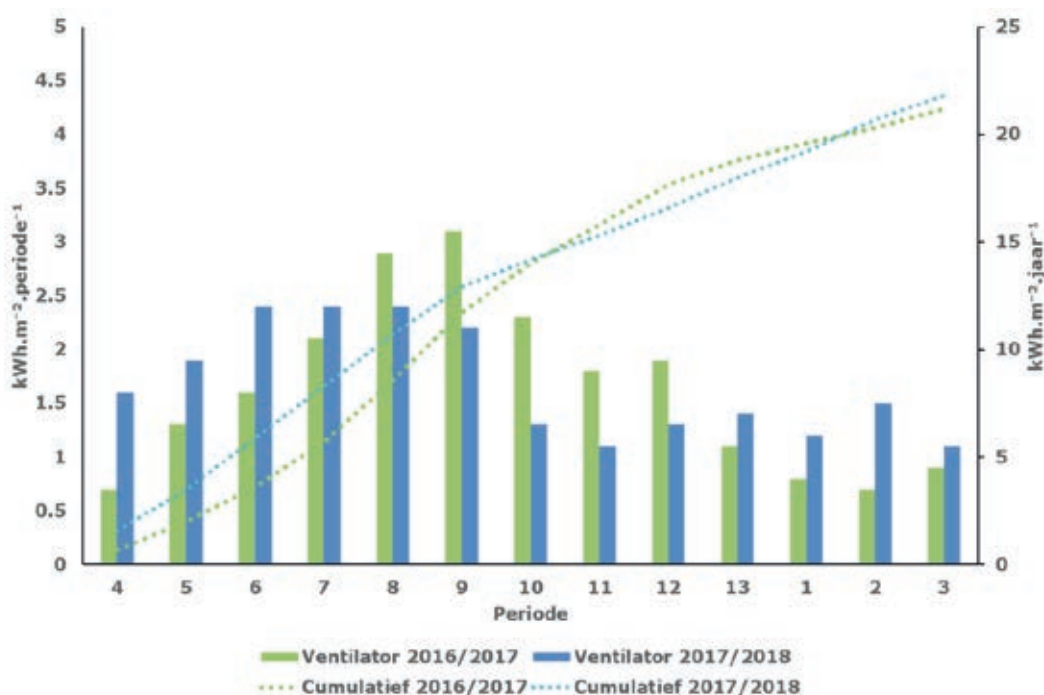
Naast elektriciteit voor de lampen wordt in de kas elektriciteit gebruikt voor de ventilatoren van de OPACs. Dat is in verhouding tot belichting maar een klein deel van het elektriciteits gebruik. De ventilatoren worden het meeste gebruikt als de OPAC in koel modus draait, dat was in periode 8, 9, en 10 (Figuur 9 en Figuur 11). Het verbruik over de gehele periode is met 21.8 kWh.m⁻² ongeveer gelijk aan dat van de vorige periode 2016-2017.



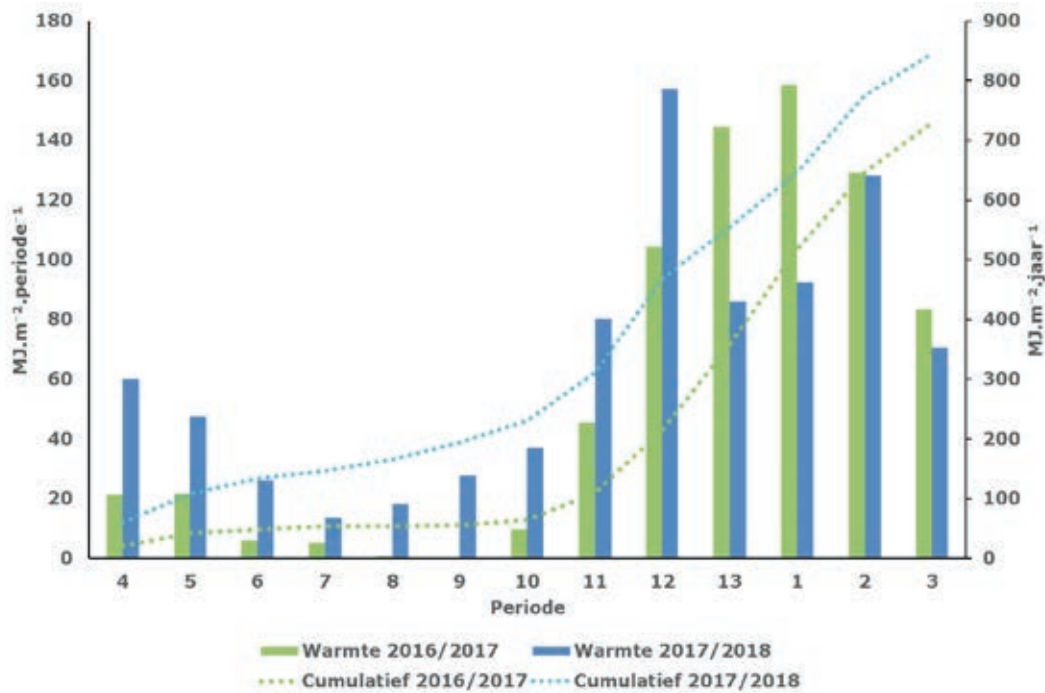
Figuur 8 Energie oogst (koeling) en input (warmte) per week via de buizen en OPAC.

Ook het gebruik van de warmte (845 MJ.m^{-2}) in de periode 2017-2018 is hoger dan in de periode van 2016-2017 (Figuur 10), maar nog steeds lager dan de energie die is geoogst bij de koeling (1167 MJ.m^{-2}). Dit komt door meer warmte gebruik in 2017 zowel in het voorjaar als in de herfst. Bewust is in het voorjaar gebruik gemaakt van het ondernet dat in april op 35°C is gehouden. Ook in november en december 2017 is het ondernet meer gebruikt om er voor te zorgen dat onderin het gewas geen te lage temperatuur zou komen voor gewasgroei. Het gebruik van het ondernet is gehandhaafd tot begin maart 2018. Er is in januari en februari minder warmte via de OPAC's in de kas gebracht dan in het voorgaande jaar. Er is in meer naar evenwicht tussen warmte via de OPAC en warmte via de buizen gestreefd (Figuur 8) . De theorie is dat hierdoor er een betere balans in temperatuur onderin het gewas en bij de groeiende knoppen wordt bereikt.

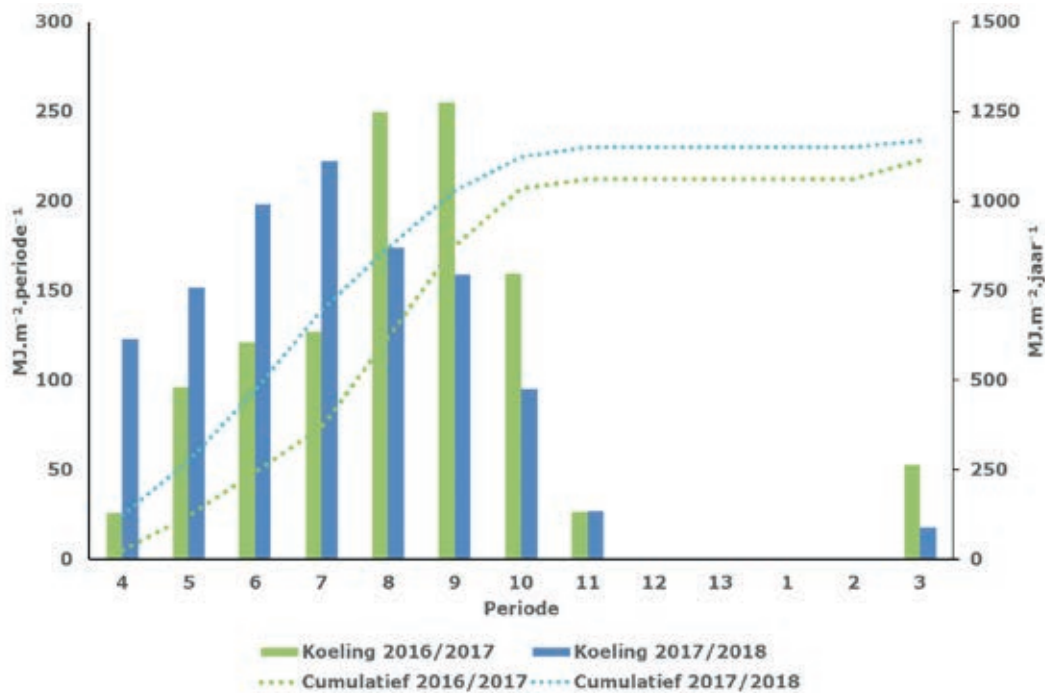
Voor de bijna 1200 MJ.m^{-2} geoogste warmte is voor een warmtepomp met een COP van 4 ca 85 kWh.m^{-2} aan elektriciteit nodig om de warmtepomp te laten functioneren. De energie voor de ventilatoren (21.8 kWh.m^{-2}) is in verhouding tot deze energievraag wel substantieel. De momenten van functioneren van de warmtepomp en de gevolgen daarvan voor de afname van elektriciteit is geen onderdeel van dit onderzoek, maar als de warmtepomp kan worden gebruikt als de lampen niet aanstaan is dat voor de afname van elektriciteit een gunstig situatie.



Figuur 9 Gebruik van elektriciteit voor de ventilatoren in 2016-2017 en 2017-2018.



Figuur 10 Warmte gebruik per periode in 2016-2017 en 2017-2018.



Figuur 11 Energie verzameld via de koeling in 2016-2017 en 2017-2018.

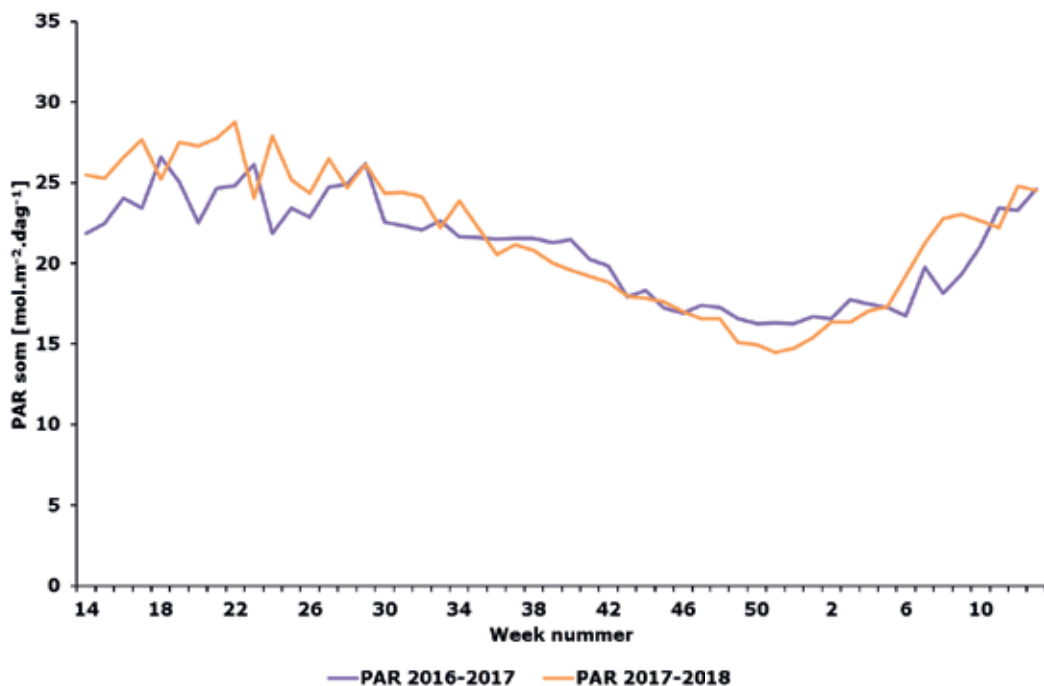
4.4 CO₂

In de teelt wordt gedurende de belichting en tijdens de dag gestreefd naar een CO₂ concentratie van 1000 ppm. Hiervoor is tussen de 2 en 10 kg.m⁻² CO₂ per periode van 4 weken nodig. De hoeveelheid is afhankelijk van de mate van ventilatie. In december en januari is ca 2 kg.m⁻² in 4 weken voldoende en in juni en juli is de hoeveelheid van 10 kg.m⁻² nodig.

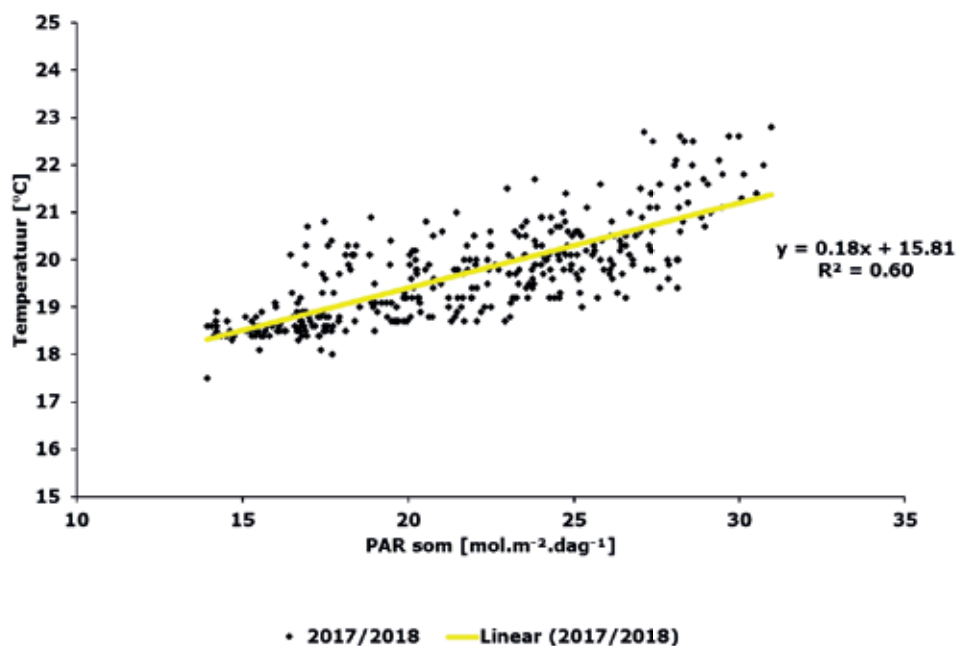
Vanaf 6 februari 2018 is de gewenste concentratie verhoogd naar 1100 ppm. Dit is gedaan omdat in de praktijk de ervaring is dat dit leidt tot een iets zwaardere takken, met grotere en dikkere bladeren. Totaal werd in een jaar ongeveer 79 kg CO₂ per m² gebruikt. Dit is een hoeveelheid die alleen maar door aankoop uit een externe bron kan worden gerealiseerd. Als het via verbranding van gas moet worden ingevuld is er 43 m³ aardgas nodig, wat warmte geeft die niet nuttig kan worden benut.

4.5 Kasklimaat

Eén van de belangrijkste factoren voor de productie van roos is de lichtsom op het gewas. In de periode 2017-2018 is tot week 38 meer belicht dan in het vorige jaar. Over een jaar gemeten was de lichtsom in de LED proef 7830 mol.m⁻². Ook het begin van 2018 had hogere lichtsommen dan 2017.



Figuur 12 De lichtsom per week voor 2016-2017 en 2017-2018.

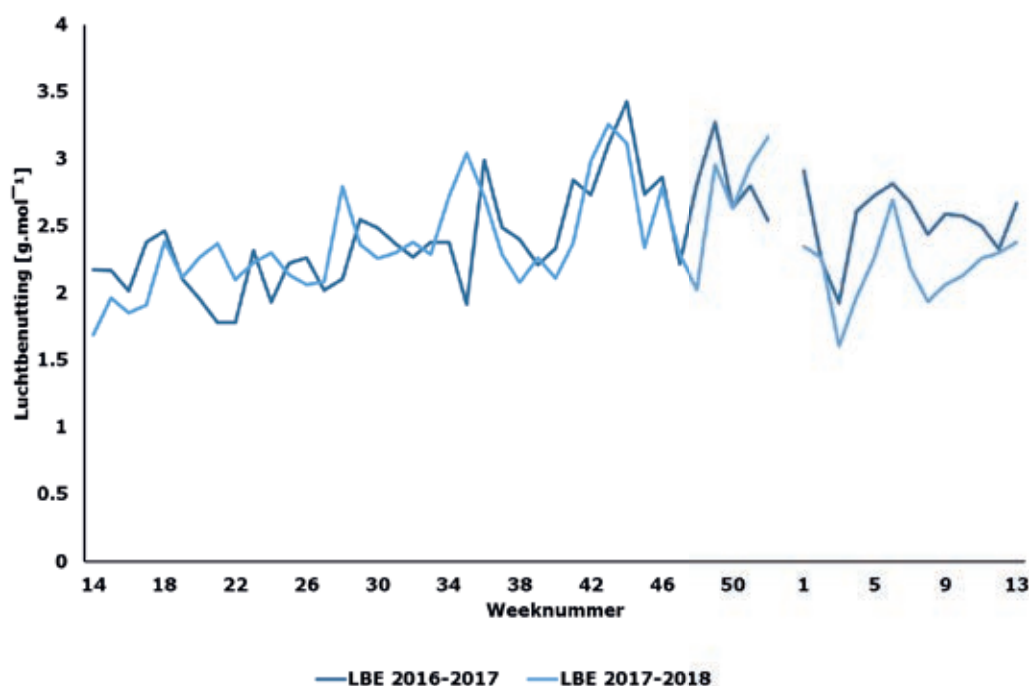


Figuur 13 Verhouding van de etmaaltemperatuur met de lichtsom per dag.

De verhouding tussen de lichtsom en de etmaaltemperatuur is vergelijkbaar met die in 2016/2017. Wel is de temperatuur bij lage lichtsommen gemiddeld iets hoger (Figuur 13).

4.5.1 Lichtbenuttingsefficiëntie

Gemiddeld over een jaar was de lichtbenutting in 2015/2016 en 2016/2017 $2.43 \text{ gram.mol}^{-1}$ in beide jaren. In het jaar 2017/2018 was deze $2.36 \text{ gram.mol}^{-1}$, dit wordt vooral veroorzaakt doordat in de weken van 2018 de LBE lager was dan in voorgaande jaren (Figuur 14). Dit komt overeen met de lagere tagewichten en producties in die periode.



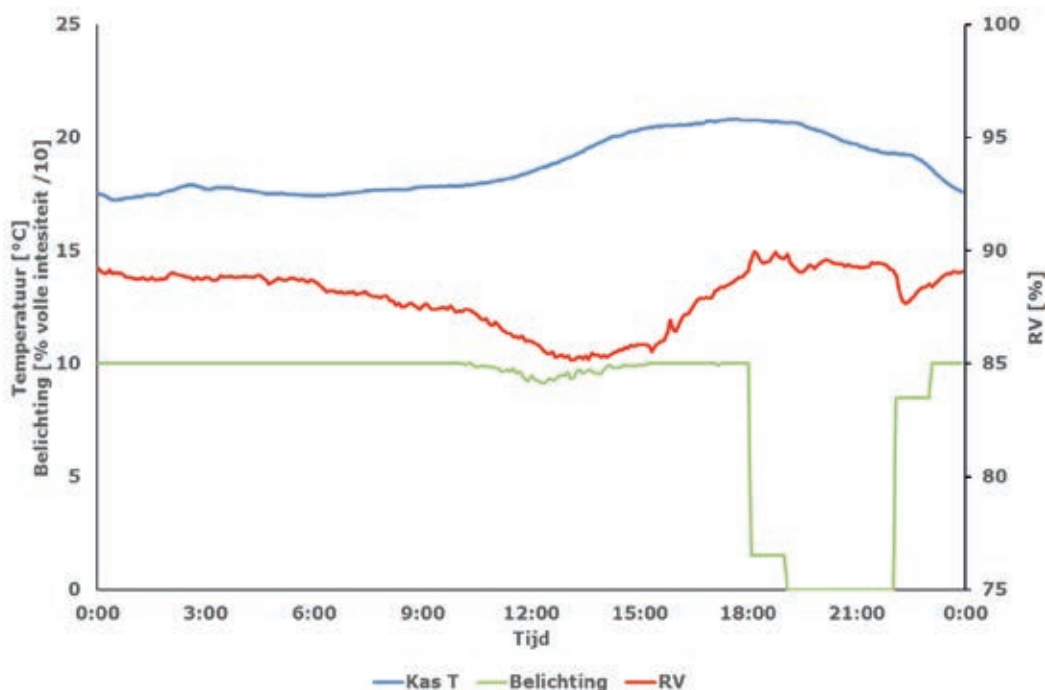
Figuur 14 Lichtbenuttingsefficiëntie in gram.mol^{-1} per week.

4.5.2 Schermen en lichtemissie

Een voordeel van toepassing van LED belichting zou moeten zijn dat er minder warmte ophoping onder de schermen is en dat het scherm daarom langer gesloten kan blijven. Het lichtemissiescherm is een groot deel van de belichte periode op 90% gesloten gebruikt (Figuur 16). Dit is meer dan praktijktelers met SON-T kunnen handhaven, maar niet volledig gesloten. De lichtemissie is door de 90% sluiting van het scherm duidelijk minder. Helemaal gesloten kan het scherm moeilijk omdat de luchtvochtigheid boven de 85% blijft ondanks de geforceerde ventilatie met lucht van boven het doek via de aanzuiging op de OPAC. Het probleem in de combinatie van LED, schermen en zo nodig koeling is niet de hoge temperatuur, maar de hoge luchtvochtigheid (Figuur 15). Hoge luchtvochtigheid is nadelig voor kwaliteit omdat het de kans op botrytis in de bloem vergroot en de huidmondjes niet geprikkeld worden te sluiten, wat leidt tot een kortere houdbaarheid. Hoge luchtvochtigheid vergroot de kans op aantasting door meeldauw. Meeldauw is in de teelt van Red Naomi! de belangrijkste reden dat er veel gespoten moet worden met bestrijdingsmiddelen.

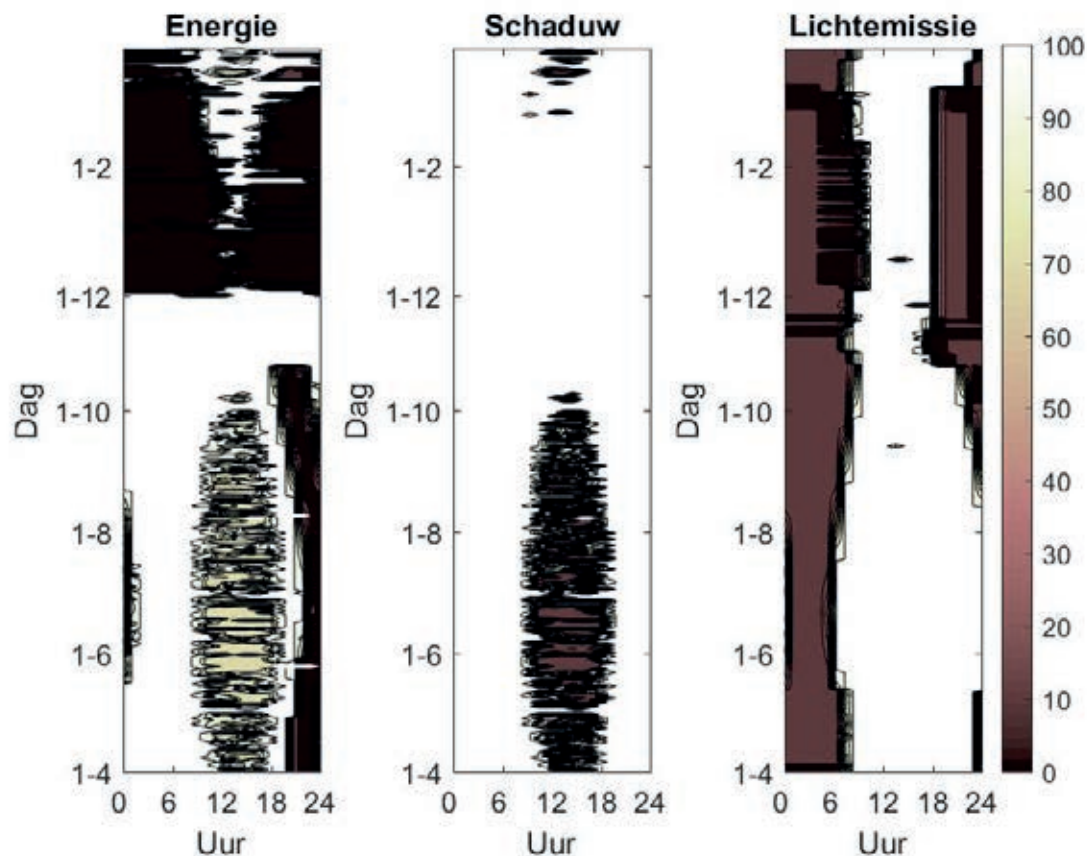
Het schaduwdoek is in de zomer bij een lichtintensiteit boven de 600 W.m^{-2} gebruikt in combinatie met het energiescherm. Het schaduwdoek wordt dan voor 90% gesloten en het energiedoek 20% zodat het gehele gewas in de schaduw van doek staat. Dit is nodig ondanks het diffuse kasdek, om verbranding van de randjes van de kroonbladeren te voorkomen.

In november is het energiedoek niet gebruikt. Toen was er meer energie nodig om de gewenste kastemperatuur te realiseren. Het niet gebruiken van het energiescherm leidde niet tot een betere knopontwikkeling of andere voordelen. Daarom is begin december, in de koude periode die toen optrad, het energiescherm weer maximaal benut. Ook begin maart is het energiescherm nogmaals intensief benut gedurende een koude periode.



Figuur 15 Cyclisch verloop van de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid over een etmaal voor de periode 1 november 2017 tot en met 31 januari 2018 en de gemiddelde belichting in een etmaal als deel van de maximale aanvullende belichting.

Sluiten van een of meerdere doeken in de natuurlijke nacht gaat als neveneffect uitstraling van het gewas naar een koud kasdek tegen. Dit is bij het bepalen van de schermstrategie niet leidend geweest, maar wel als aanvullend gegeven meegenomen in de overwegingen bij het schermgebruik.



Figuur 16 Standen van de drie schermdoeken per uur per dag in % open. (100= volledig open, 0 = volledig gesloten).

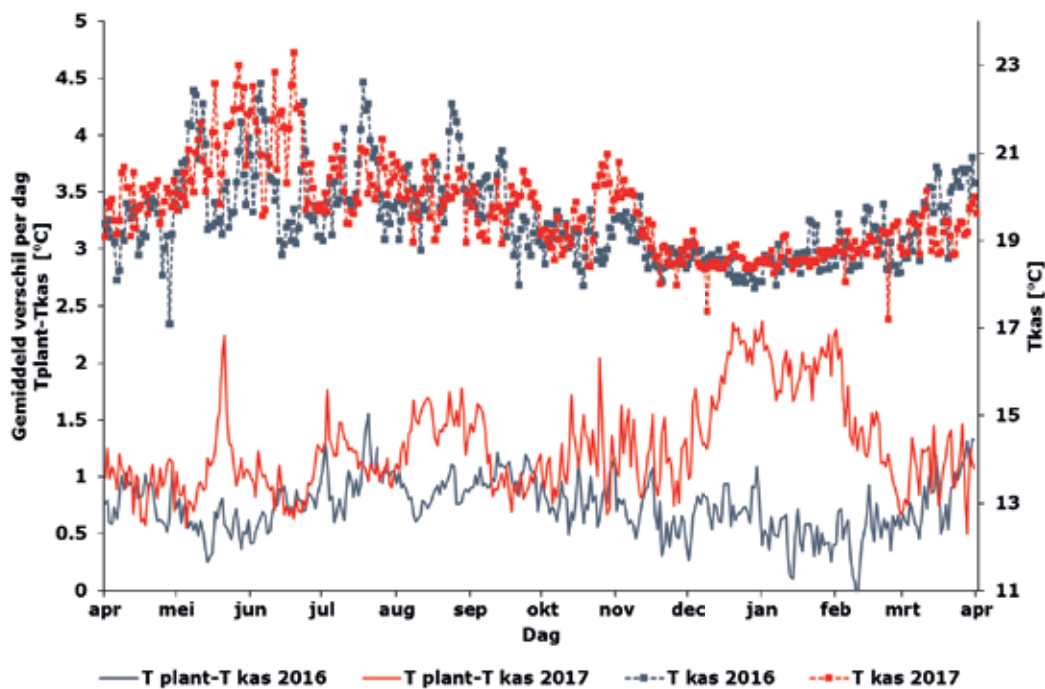
4.5.3 Gewastemperatuur

Vanaf het begin van het onderzoek "LED in rozen het moet beter" is voor meting van de gewastemperatuur een IR-camera gebruikt die een gemiddelde temperatuur van de bovenkant van het gewas laat zien.

De kasttemperatuur in het jaar 2017-2018 is door het jaar heen vergelijkbaar met die van 2016-2017 .

Opvallend is dat het verschil tussen planttemperatuur en kasttemperatuur in het seizoen 2017-2018 groter is dan in 2016-2017 (Figuur 17). Vooral in de maanden december tot en met februari is een duidelijk hogere gewastemperatuur gemeten. Dit is niet goed verklaarbaar uit de klimaatinstellingen.

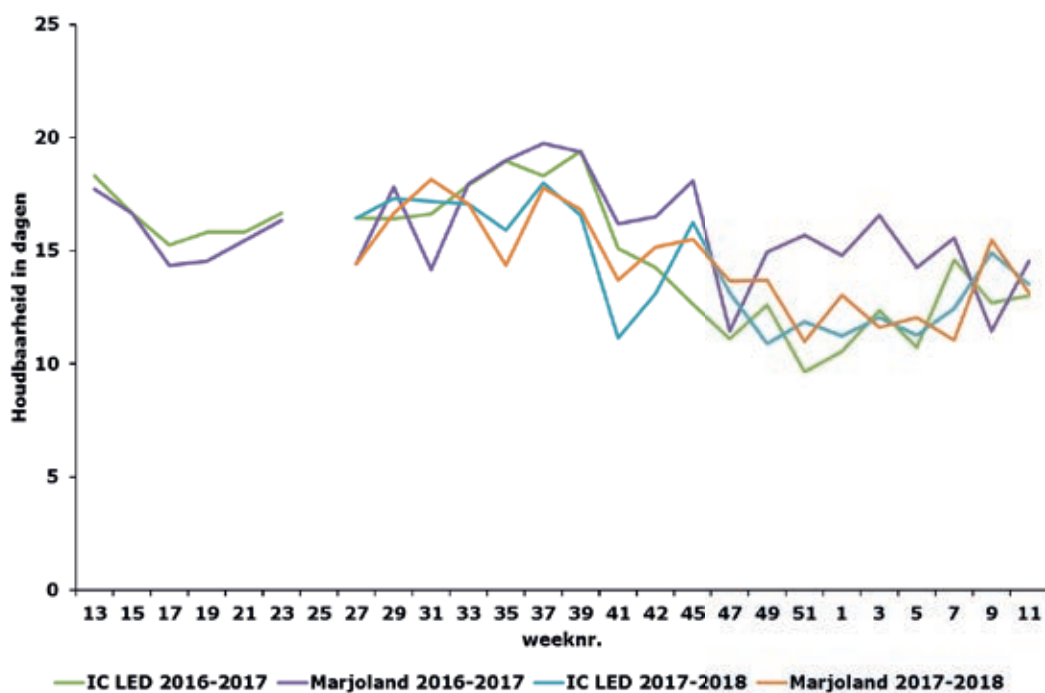
In de afdeling is naast de IR-Camera ook een Thermoview camera aanwezig die IR-opnames maakt van het gewas en van 6 punten de gewastemperatuur meet. Helaas is deze camera geregeld offline zodat geen data worden verzameld. De gegevens die over de periode januari-maart 2018 wel zijn opgeslagen bevestigen het gegeven dat in januari en begin februari 2018 de gewastemperatuur tot 2°C gemiddeld per dag hoger was dan de kasttemperatuur.



Figuur 17 Kas temperatuur en verschil van de planttemperatuur met de kastemperatuur voor 2016/2017 en 2017/2018.

4.5.4 Houdbaarheid

De houdbaarheid loopt gedurende de hele proef gelijk aan de praktijk, met uitzondering van week 41 waar de houdbaarheid 2.5 dag korter is dan in de praktijk (Figuur 18). In de zomer is de gemiddelde houdbaarheid langer (ca 4 dagen) dan in de winter. In de houdbaarheid of vaasleven is verder geen bijzonder verschil te constateren. Dat geldt ook voor kwaliteitsaspecten als draaihart, bolletje, botrytis en openkomen van de bloem, daarin zijn geen systematische verschillen tussen de proefkas en een praktijkbedrijf.



Figuur 18 Houdbaarheid in dagen voor de rozen van het IC vergeleken met die van een praktijkbedrijf voor 2016/2017 en 2017/2018.

4.6 Gewasmetingen

4.6.1 Destructieve metingen bloemtakken

In januari, februari en maart zijn per tralie 30 stelen destructief bekeken om te zien of er verschil zit tussen takken geteeld bij de drie spectra. Tralie 1 had het aangepast spectrum, tralie 2 het standaard spectrum en tralie 3 wit spectrum. Van de takken werd de lengte, het vers gewicht per tak, bladoppervlak tak en per blad bepaald, daarna het vers gewicht blad per tak en vers gewicht van de kale tak werden gemeten. Daarnaast werd de bloem van de tak gescheiden, gewogen waarna het aantal bloemblaadjes werd geteld. Van de taken werd nog over een lengte van 20 cm het aantal doorns geteld. Alle onderdelen werden gedroogd voor het drooggewicht meting.

Het takgewicht is steeds het zwaarst in tralie 1, maar ook de knophoogte, blad vers gewicht, aantal bloemblaadjes en het bloemgewicht is hoger in tralie 1 (Tabel 3). Daarnaast is het aantal doorns lager in tralie 1. Ook de gemiddelde bladgrootte is onder tralie 1 het hoogst. Voor de drooggewichten geldt hetzelfde. Dit wijst allemaal op een positief effect op takkwaliteit van het aangepaste spectrum.

Tabel 3

De gegevens van tak metingen in januari, februari en maart 2018.

Tralie	4 t/m 9 januari			6 t/m 15 februari			23 t/m 29 maart		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Takgewicht [g]	47.3	45.8	44.8	48.7	44.4	46.2	59.1	57.1	53.7
Taklengte [cm]	80.2	82.2	83.2	83.2	80.0	80.3	78.2	78.8	77.4
Doorns [#]	13.7	17.4	17.6	13.6	24.2	23.9	15.1	19.0	20.9
Gewicht per cm [g.cm ⁻¹]	0.59	0.56	0.54	0.59	0.56	0.58	0.76	0.72	0.69
Blad versgewicht [g]	12.5	11.9	11.4	12.1	11.7	12.2	15.6	15.6	14.0
Knophoogte [cm]	6.0	5.8	5.7	5.3	5.1	5.2	5.7	5.5	5.6
Bloemblaadjes [#]	60.9	55.6	55.8	58.3	55.2	54.7	70.3	67.0	64.2
Bloem versgewicht [g]	18.8	17.2	17.7	19.6	17.4	18.5	24.5	23.1	22.3
Steel versgewicht [g]	15.1	15.8	15.0	16.6	14.6	15.0	18.5	17.8	16.3
Bladeren [#]	10.3	11.5	12.8	10.8	12.8	13.1	9.8	11.3	11.5
Bladoppervlak [cm ²]	726	692	689	657	654	667	806	794	756
Gemiddelde bladgrootte [cm ²]	70.3	60.2	53.9	60.7	51.2	51.1	82.6	70.3	65.6
Blad drooggewicht [g]	4.0	3.7	3.5	3.9	3.7	3.8	5.0	4.7	4.3
Bloem drooggewicht [g]	3.2	3.0	3.1	3.4	3.1	3.3	4.1	3.8	3.8
Steel drooggewicht [g]	4.9	5.0	4.7	5.3	4.6	4.8	6.0	5.6	5.2
Drogestof gehalte blad [%]	31.7	30.9	30.4	32.2	31.1	31.4	31.8	30.0	30.7
Drogestof gehalte bloem [%]	17.1	17.5	17.4	17.5	17.8	18.2	16.7	16.7	17.0
Drogestof gehalte steel [%]	32.1	31.5	31.5	32.1	31.3	32.1	32.2	31.8	32.0

4.6.2 Vers en drooggewichten tijdens de teelt

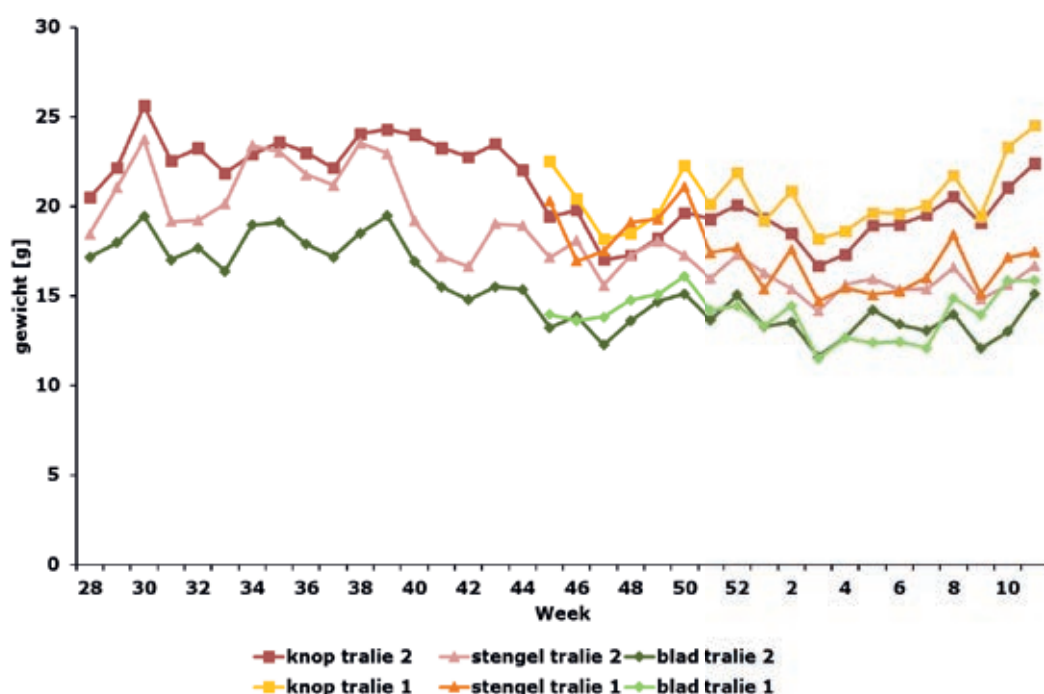
Tijdens de teelt zijn ook wekelijks de vers en drooggewichten van tak, knop en blad bepaald van 20 takken van lengte 80 cm op het Delphy-Improvement Centre (Tabel 4 en Figuur 19). Hier is duidelijk te zien dat de knop zwaarder is in tralie 1. Een zwaardere knop betekent ook een iets grotere knop.

De gewichtsverdeling over knop, stengel en blad is ook gevolgd. In Tabel 4 staat de vergelijking tussen tralie 1 en tralie 2. Opvallend is dat met name het knopgewicht in tralie 1 1.5 gram (0.6% van totaal gewicht) hoger ligt dan in tralie 2.

Tabel 4

De gewichtsverdeling over knop, stengel en blad gedurende de periode 12 augustus 2017 tot en met maart 2018.

	Knop	Stengel	Blad	Totaal
Tralie 1 [g]	20.4	17.1	14.0	51.5
Relatief [%]	39.6	33.3	27.1	
Tralie 2 [g]	19.1	16.2	13.6	48.9
Relatief [%]	39.0	33.2	27.7	



Figuur 19 Drooggewicht knop, blad en steel voor tralie 1 en tralie 2 gedurende de teelt.

4.6.3 Uitloopsnelheid en uitgroeiduur

In de kas zijn na 1 januari wekelijks enkele scheuten bij het oogsten gelabeld zodat de uitloopduur van nieuwe scheuten gemeten kon worden. De uitloopduur is het aantal dagen dat na knippen van een tak het duurt tot een nieuwe scheut van minstens 2 cm lengte is gevormd. Gemiddeld was de uitloopduur voor de rozen in tralie 1 (aangepast spectrum) 13.8 dagen en voor het standaard spectrum 13.6 dagen. De uitgroeiduur tot oogstbare tak was daarna nog respectievelijk 40 en 44 dagen. De uitgroeiduur onder het aangepaste spectrum is daarmee korter dan bij het rood/blauwe spectrum.

4.7 Gewasbescherming

De gewasbescherming is een geïntegreerde aanpak om problemen met meeldauw, spint, trips, luis en witte vlieg te voorkomen of te beheersen. De advisering en scouting hiervoor is gedaan door Floris van der Helm van Koppert. Voor meeldauw is gewerkt met Meltatox gecombineerd met Hicure, Serenade of Collis. Voor de frequentie van bespuiting en de hoeveelheid middel is steeds gekeken naar de mate van aantasting. Gemiddeld is er om de vijf en halve dag gespoten. Dit is met een korter interval dan het wettelijk gebruiksvoorschrift (7 dagen), maar als aan het voorschrift werd gehouden nam de aantasting met meeldauw sterk toe. In de gehele teeltperiode is de meeldauw aantasting niet onbeheersbaar hoog geweest.

Boterbloemluis was een terugkerende plaag die, als de biologische bestrijders de plaag niet meer in bedwang hielden, bestreden is met Teppeki, Plenum of Match. Trips en spint is biologisch bestreden, maar ook voor trips is als de plaagdruk toenam chemisch gecorrigeerd. Met name in het najaar is daarvoor Vertimec toegepast, dit is nadelig voor biologische bestrijders. Deze moeten na de toepassing weer extra worden geïntroduceerd.

Het algemene beeld is dat voor de gewasbescherming deze teelt geen ander beeld laat zien dan bij telers gebruikelijk is. Om ziekten en plagen te beheersen moet veel aandacht worden besteed aan de geïntegreerde aanpak.

5 Leerpunten en Conclusies

In het tweede jaar van de teelt van Red Naomi! onder full-LED assimilatie belichting in combinatie met koeling is in de zomer een goed product geteeld. De kwaliteit sprong minder naar voren in vergelijking met de praktijk dan in de eerste zomer, maar was goed.

Belangrijkste aandachtspunt was de teelt van de LED onder een aangepast spectrum.

Het beeld dat in 2016/2017 sterk naar voren kwam als een syndroom kwam ook in 2017/2018 onder het standaard spectrum naar voren, maar wel minder sterk. Bedoorning en kleinere knop en blad traden opnieuw op.

In de teelt is met klimaat en gewashandelingen gewerkt aan het voorkomen van te kleine knoppen en bladeren. Voor het klimaat is dit gedaan door de warmte inbreng van boven via de OPAC en van onder via de buizen zo te sturen dat er zowel van boven als van onder warmte in de kas werd gebracht met als doel een homogener klimaat. Dit gaf wel een betere ontwikkeling, maar het probleem van een kleinere knop en kleiner blad werd niet opgelost.

Omdat vrijwel elke tak een bloemknop vormt –weinig of geen loze takken- zijn er weinig takken die vanwege loosvorming worden ingebogen. Er zijn geregeld bewust knoppen uit de lichtere takken gebroken, om deze na enige ontwikkeling van zijscheuten met blad te kunnen inbuigen. Hierdoor is gewerkt naar een groter aanwezig bladpakket, maar dit heeft niet geleid tot grotere knoppen en grotere bladeren. Het “voldoende” inbuigen van takken blijft een aandachtspunt.

Onder een aangepast LED spectrum waren de knoppen groter en was er minder bedoorning. De vraag is wel hoe dit zou zijn bij een teelt waar de belichting al over langere tijd een aangepast spectrum heeft. In dit experiment is 1 tot 2 keer per knippunt een tak geoogst die grotendeels onder het aangepaste spectrum kon ontwikkelen. Dit had te maken met het moment (eind oktober 2017) waarop het spectrum van de LED kon worden aangepast. De uitgroeiduur van de takken onder het aangepaste spectrum was korter dan bij het Rood/Blauwe spectrum, respectievelijk 40 en 44 dagen.

De sturing van de warmte via de warmtewisselaar van de OPAC en de buizen is een voortdurend aandachtspunt. Het lijkt bij LED belichting en warmte vraag gunstig om via beide verwarmingssystemen warmte in de kas te brengen. Daarbij hoeft de ventilator van de OPAC slechts op een minimum stand te draaien wat de luchtbeweging minder stimuleert. In koelingsmodus moet de luchtsnelheid ook beperkt blijven door de capaciteit van de ventilator van de OPAC te begrenzen, maar wel voldoende zijn om de gekoelde lucht goed door de kas te verdelen. In de instellingen van de OPAC vroeg dit dagelijks aandacht voor de maximale ventilator stand.

Bij gebruik van LED kan meer geschermd worden om lichthinder te beperken, maar volledig sluiten is niet of maar beperkt mogelijk omdat de luchtvochtigheid dan te hoog wordt met te weinig dynamiek binnen een etmaal. Een constante hoge luchtvochtigheid is nadelig voor de kwaliteit van de rozen.

Na de winter herstelde de kwaliteit in het voorjaar van 2018 weer naar een goed niveau.

De energie doelstelling van het project is een besparing van 25% op elektriciteit. De vraag of dat gerealiseerd is moet bekeken door te bepalen wat de basis van de vergelijking is. Als vergeleken wordt op basis van een gelijk aantal uren SON-T als LED belichting wordt de energiebesparing gerealiseerd. Als gekeken wordt naar de wijze van gebruik dan wordt de LED in de zomer meer gebruikt dan SON-T. In die periode wordt dan meer energie gebruikt. Op jaarbasis wordt de elektriciteit vraag wel vlakker, maar is de energie besparing minder. Als gekeken wordt naar lichtbenutting dan is LED plantkundig vergelijkbaar met SON-T. Omdat LED echter efficiënter is omzetting van elektriciteit in licht, is er sprake van energiebesparing.

Bij gebruik van LED belichting is meer warmte input nodig om de gewenste groei van het gewas te realiseren. Het warmte gebruik kon echter nog steeds door de geoogste energie via de koeling in de zomer worden gecompenseerd. Het hogere warmte gebruik is positief voor de energiebalans van de aquifer die voor seizoen opslag van koude en warmte nodig is.

De gewasbescherming was door intensief scouten en goede geïntegreerde aanpak goed te doen. Wel is de aantasting door meeldauw hardnekkig en mogelijk gestimuleerd door luchtbeweging in combinatie met koeling. Meeldauw beheersing moet in vervolg onderzoek meer aandacht krijgen.

De houdbaarheid in de zomer was licht beter dan een jaar eerder en gelijk aan de praktijk, in de winter was de houdbaarheid gelijk aan de praktijk.

Volledig recirculeren is vanwege onbalans in de voeding niet gerealiseerd, wel is langdurig gerecirculeerd. In 2017 is echter om de balans te herstellen een aantal weken het drainwater niet hergebruikt. Voor volledig recirculeren is goed sturen en monitoren van de bemesting in gift, mat en drain essentieel.

6 Literatuur

- Gelder, A. de; Warmenhoven, M.G. ; Knaap, E. van der; Baar, P.H. van; Grootcholten, M. ; Aelst, N. (2015)
Een perfecte roos energiezuinig geteeld. Bleiswijk : Wageningen UR Glastuinbouw,
(Rapport GTB 1369) - 96 p
- Gelder, Arie de; Warmenhoven, Mary ; Knaap, Edwin van der; Burg, Rick van der (2016)
Duurzaamheid als leidraad voor roos : vervolg onderzoek Perfecte Roos: energiezuinig geteeld. Bleiswijk :
Wageningen UR Glastuinbouw, (Rapport GTB 1412) - 50 p.
- Gelder Arie de en Burg Rick van der, (2017).
LED en energiezuinigheid en kwaliteit bij Red Naomi! Bleiswijk : Wageningen UR Glastuinbouw, (Rapport
WPR-708) - 66 p.

Bijlage 1 Productie getallen per periode van 4 weken voor de drie tralies.

Periode	Tralie 1			Tralie 2			Tralie 3		
	Gewicht	Aantal	Takgewicht	Gewicht	Aantal	Takgewicht	Gewicht	Aantal	Takgewicht
	[kg/m ²]	[#/m ²]	[gram]	[kg/m ²]	[#/m ²]	[gram]	[kg/m ²]	[#/m ²]	[gram]
4	1.53	27.2	56.1	1.46	25.8	56.5	1.46	26.2	55.9
5	1.62	27.5	58.9	1.63	27.7	58.9	1.59	26.8	59.2
6	1.75	32.8	53.3	1.71	31.4	54.3	1.67	31.3	53.3
7	1.62	29.2	55.4	1.60	29.2	54.8	1.50	28.0	53.8
8	1.58	28.5	55.5	1.61	29.0	55.5	1.59	29.0	54.9
9	1.71	31.4	54.4	1.68	31.1	53.9	1.57	29.2	53.6
10	1.27	22.1	57.6	1.25	21.7	57.7	1.23	21.7	56.8
11	1.46	28.0	52.1	1.51	29.2	51.7	1.42	27.5	51.6
12	1.14	24.1	47.5	1.12	23.9	46.6	1.06	22.5	46.8
13	1.19	23.3	51.2	1.21	25.7	47.3	1.17	25.7	45.6
1	1.11	25.0	44.1	0.93	22.4	41.7	0.93	21.8	42.4
2	1.16	26.6	43.6	1.22	29.5	41.4	1.13	27.3	41.6
3	1.34	25.8	52.0	1.27	26.5	48.0	1.33	27.4	48.7

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



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

Rapport WPR-819

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.