



Elektrische substraatverwarming van Warmgras B.V. bij aardbei

Onderzoek uitgevoerd in opdracht van Warmgras B.V.

Jan Janse, Frank Kempkes en Ben Kaashoek

Rapport GTB-5127

Referaat

In opdracht van Warmgras B.V. heeft Wageningen UR Glastuinbouw in de eerste helft van 2016 bij aardbeien het effect van elektrische substraatverwarming van op de groei, productie en kwaliteit onderzocht. Naast de onverwarmde controle, waren er in de proef met een doordragend ras twee verwarmingsniveaus opgenomen. De gemiddeld gerealiseerde substraattemperatuur was respectievelijk circa 1.5 en 3.0°C hoger dan in de controlebehandeling. Vanaf eind april t/m half juni nam het aantal vruchten bij substraatverwarming betrouwbaar toe. Er was een tendens dat de productie in deze periode als gevolg van substraatverwarming eveneens toenam, namelijk met respectievelijk 7 en 14%.

Abstract

In the first half of 2016, Wageningen UR Greenhouse Horticulture investigated the effect of electric root zone heating on growth, production and quality of strawberries. The experiment was commissioned by Warmgras B.V.. There were two levels of substrate heating. The average substrate temperature increased by 1.5 and 3.0 °C respectively in comparison with the unheated control treatment. From the end of April to mid-June, the number of fruits increased significantly with substrate heating. In this period the total production seemed also to increase in the tested everbearer by substrate heating with 7 and 14%, respectively.

Rapportgegevens

Rapport GTB-5127

Projectnummer: 3742224000

DOI nummer: doi.org/10.18174/420243

Disclaimer

© 2016 Wageningen UR Glastuinbouw (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, T 0317 48 56 06, F 010 522 51 93, E glastuinbouw@wur.nl, www.wageningenUR.nl/glastuinbouw. Wageningen UR Glastuinbouw.

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

Adresgegevens

Wageningen UR 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

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
2	Materiaal en methoden	9
3	Resultaten en discussie	11
	3.1 Klimaat	11
	3.2 Productie en kwaliteit	11
4	Conclusies	17
	Literatuur	19

Samenvatting

In een onderzoek met aardbeien is het effect van elektrische verwarming op de groei, productie en kwaliteit onderzocht. Het onderzoek is uitgevoerd door Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk en vond plaats bij een doordrager in een belichte januariplanting. De proef is gedaan in opdracht van Warmgras B.V. en had drie behandelingen. De streeftemperatuur van het substraat in de behandelingen met elektrische verwarming was respectievelijk 2 en 4°C boven de temperatuur in de onverwarmde controlebehandeling.

Gedurende de proefperiode was de gemiddeld gerealiseerde substraattemperatuur respectievelijk ongeveer 1.5 en 3.0°C hoger dan in de controle. Omdat de elektrische verwarming niet altijd optimaal functioneerde, ontstond er een verschil in theoretisch en werkelijk elektriciteitsverbruik van bijna 50%. Het werkelijke verbruik bij de +4°C-behandeling was 19.3 kWh/m².

Over de gehele oogstperiode gezien is er een tendens dat wortelverwarming het aantal vruchten positief beïnvloedt. Ten opzichte van de onverwarmde controle, neemt het aantal vruchten bij meer verwarming toe met respectievelijk 5 en 15%. Bij de hoogste substraattemperatuur lijkt dit wel ten koste van het vruchtgewicht te gaan. Vanaf eind april t/m half juni heeft substraatverwarming een betrouwbaar positief effect op het aantal geoogste vruchten en is er een tendens dat het totaalgewicht eveneens toeneemt. Substraatverwarming beïnvloedt de in- en uitwendige vruchtkwaliteit niet negatief.

1 Inleiding

De laatste jaren is de aardbeiteelt onder glas in Nederland sterk toegenomen. De bedekte teelt beslaat momenteel een oppervlakte ongeveer 350 ha. Substraatverwarming wordt tot nog toe niet of nauwelijks toegepast. Wel wordt soms een minimumbuis dichtbij de plantbakken of -emmers gebruikt, zodat de temperatuur van het substraat (kokos en/of veenproduct) ook wat verhoogd kan worden.

In de literatuur zijn de resultaten van substraatverwarming bij aardbei niet eensluidend. In Grieks onderzoek in een onverwarmde kas had een 20 en 25°C watertemperatuur in NFT t.o.v. de onverwarmde controle een positief effect op de vroegheid en totale productie door de oogst van meer vruchten (Economakis en Krulj, 2001). Kim *et al.* (2009) vonden dat substraatverwarming de bloemtak- en bloemvorming in de koudere periode van het jaar versnelde en eveneens leidde tot een hogere kilo-opbrengst. Bij teelt op water verkortte een watertemperatuur van 20°C i.p.v. 10°C de uitgroeiduur, maar gaf eerder een lagere dan een hogere productie en refractie. Bij 30°C gingen veel planten dood (Sakamoto *et al.* 2016).

De vraag is of substraatverwarming onder Nederlandse omstandigheden effectief is. Daarom heeft Wageningen UR Glastuinbouw in opdracht van Warmgras B.V. een onderzoek uitgevoerd met elektrische substraatverwarming in een voorjaarsteelt. Het doel van het onderzoek was om na te gaan of elektrische substraatverwarming de groei, productie en/of kwaliteit van aardbeien positief beïnvloedt. In dit rapport wordt hiervan verslag gedaan.

2 Materiaal en methoden

In het onderzoek waren de volgende behandelingen opgenomen:

- Controle (geen substraatverwarming)
- +2°C: streeftemperatuur substraat ca. 2°C hoger dan controle
- +4°C: streeftemperatuur substraat ca. 4°C hoger dan controle

De proef is in drievoud met 8 plantcontainers achter elkaar per veldje (veldgrootte 4.6 m²) aangelegd.

Om de nagestreefde substraattemperaturen van ca. +2 en +4°C te realiseren, was de apparatuur zodanig ingesteld dat er in beide behandelingen resp. 180 en 206 W aan elektrisch vermogen werd opgenomen. Bij de +2°C-behandeling werd half zolang verwarmd als in de +4°C-behandeling. De iets verhoogde instelling van de +4°C behandeling was om het extra warmteverlies door de hogere temperatuur te compenseren zodat met de halve verwarmingstijd in de +2°C zoveel mogelijk ook 2°C temperatuurverschil werd gecreëerd. Door de eenvoudige regelaar die gebruikt moest worden voor de temperatuurregeling van het substraat, zijn setpoint wijzigingen ca. 1 maal per maand handmatig doorgevoerd. Het elektriciteitsverbruik en de ingeschakelde tijd zijn steeds gelogd.

De substraattemperatuur werd in eerste instantie gemeten via thermokoppels. Omdat dit onvoldoende functioneerde door mogelijke zwerfspanningen die de metingen beïnvloedden, is vanaf 23 februari overgeschakeld op Pt100-temperatuursensoren.

Verdere proefgegevens:

Uitvoering onderzoek	: Wageningen UR Glastuinbouw.
Proefplaats	: Bleiswijk, kas 601.
Ras	: Doordragend ras van ABZ Seeds.
Zaai- en plantdatum	: Resp. 25 september 2015 en 12 januari 2016 (week 2).
Plantdichtheid	: 5 planten/m ² .
Substraatbakken	: Bato aardbeienbak met lengte 0.5 m, kleur wit.
Substraatverwarming	: Elektrische verwarming via matje van Warmgras B.V. aan de onderkant en zijkanten van een plantbak. Isolatie m.b.v. kunstgras. Per veld waren er 2 verwarmingssegmenten.
Start verwarming	: week 3
Lichtintensiteit lampen	: Leds (vanaf week 2) en vanaf week 9 aangevuld met SON-T met een lichtintensiteit van resp. 90 en 70 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, dus uiteindelijk in totaal 160 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$.
Luchtbevochtiging	: Indien nodig is er verneveling toegepast om de luchttemperatuur te drukken en RV te verhogen.
Waarnemingen	: Aantal en totaal gewicht van klasse 1 en 2 vruchten.
Inwendige kwaliteit	: Tweewekelijks meting refractie per herhaling.
Substraattemperatuur	: Naast continue meting is regelmatig de substraattemperatuur handmatig gemeten.
Registratie	: Registratie kasklimaat per 5 min., substraattemperatuur elke 15 min.
Eerste en laatste oogst	: Resp. 4 maart (week 9) en 16 juni 2016 (week 24).
Statistische berekening	: Variantieanalyse m.b.v. het programma Genstat.



Figuur 1 Plantbakken met elektrische verwarming en kunstgras als isolatie. Foto genomen 2 weken na het planten van de aardbeiplanten.

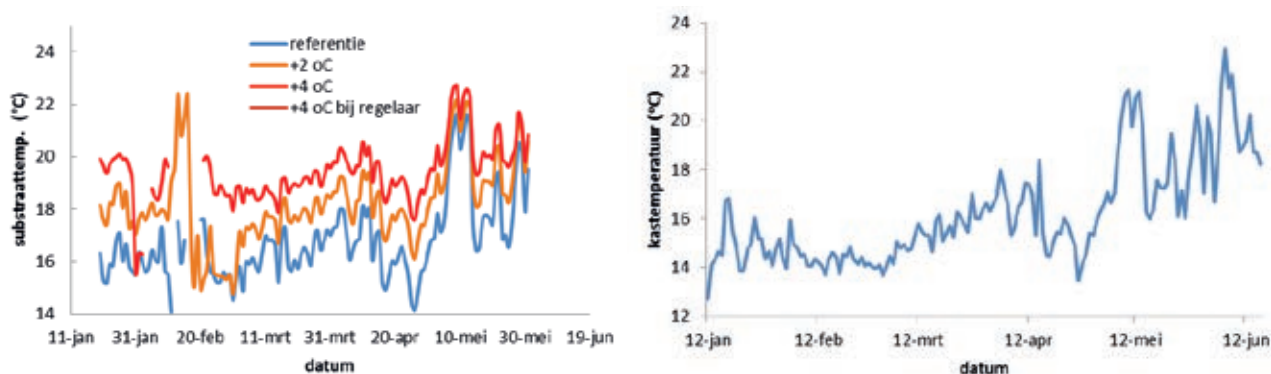


Figuur 2 Overzicht van de proefkas met aardbeien (foto genomen op 9 februari).

3 Resultaten en discussie

3.1 Klimaat

In Figuur 3 en 4 is respectievelijk de gemiddelde substraattemperatuur en kasttemperatuur per dag bij weergegeven.



Figuur 3 en 4 Gemiddelde substraattemperatuur per dag bij de 3 behandelingen en het verloop van de gemiddelde kasttemperatuur per dag.

De gemiddelde kasttemperatuur over de gehele periode was 15.8°C. De gemiddeld gemeten substraattemperatuur bij de onverwarmde behandeling (controle), de +2- en +4°C behandeling was van 20 januari t/m 31 mei resp. 16.8, 18.2 en 19.6°C, dus gemiddeld ca. 1.5 en 3°C verschil met de controle. Rondom 20 februari ontbreken er gegevens omdat er problemen waren met de temperatuurmeting en de substraatverwarming.

Bij zeer hoge kasttemperaturen, bijv. een aantal dagen rondom 12 mei, was het moeilijk om duidelijke verschillen tussen de behandelingen te realiseren doordat het setpoint verwarmen van de mat in de +4°C op die dagen niet goed aansloot bij de hoge gemiddelde substraattemperatuur van de controle. Uit praktijkervaringen komt echter naar voren dat erg hoge kas- (en daarmee wortel)temperaturen, ongewenst zijn bij aardbei.

Als de verwarming goed functioneert, ofwel als alle matten het doen, neemt de +2- en +4-behandeling resp. 180 en 206 W aan elektrisch vermogen op. In de gehele periode is er bij de +4°C-behandeling 2448 uur verwarmd. Dit betekent dat er bij deze behandeling in totaal 504 kWh verbruikt zou moeten zijn. Op de meter stond echter 266 kWh aan verbruik geregistreerd. Dit betekent dat het verbruik maar 53% was van wat deze eigenlijk had moeten zijn. Als dit omgerekend wordt per m², komt dit uit op een berekend en werkelijk verbruik bij deze +4°C-behandeling van resp. 36.5 en 19.3 kWh/m². Bij de +2°C-behandeling zou dit ongeveer de helft hiervan zijn. Dit betekent dat de verwarming tijdens de proefperiode helaas maar deels heeft gefunctioneerd. Dit blijkt ook uit de handmatige temperatuurmetingen die vooral in de eerste maanden frequent zijn verricht. Af en toe zijn er door Warmgras ook reparaties aan de verwarming uitgevoerd.

3.2 Productie en kwaliteit

Tijdens de teelt zijn er qua gewasgroei geen duidelijke verschillen tussen de behandelingen geconstateerd. In Tabel 1 staan een aantal gegevens over de gerealiseerde productie en kwaliteit over de gehele productieperiode vermeld.

Tabel 1

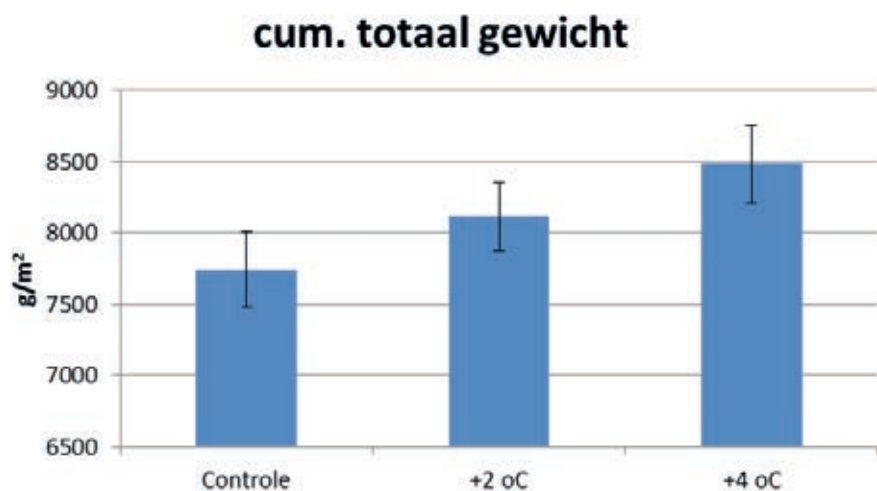
Productie en kwaliteit bij de drie behandelingen over de gehele productieperiode met daarachter de p-waarde^{*)}.

Parameter\behandeling	Controle	+2°C	+ 4°C	p-waarde
Totaal gewicht (kg/m ²)	7.743	8.116	8.481	NS
Totaal aantal vruchten (#/m ²)	424	444	486	0.07
Gemiddeld vruchtgewicht (g)	18.3	18.3	17.5	0.08
Gewichtspercentage klasse 2 (%)	17.2	15.2	16.4	NS
Refractie (°Brix)	9.7	9.8	10.0	0.20

*) de p-waarde is een maat voor de betrouwbaarheid ofwel significantie. Als de p-waarde kleiner of gelijk is aan 0.05, spreekt men over een betrouwbaar verschil tussen de behandelingen. Als $0.05 < p < 0.01$ is er sprake van een tendens.

Over de gehele periode gezien is er geen betrouwbaar effect op de productie en kwaliteit gevonden. Dit wordt vooral veroorzaakt door relatief grote verschillen tussen de herhalingen (zie ook Figuur 5). Dit kan te maken hebben met het (tijdelijk) niet of deels functioneren van de verwarming in sommige veldjes.

Er is wel een tendens dat het aantal vruchten toeneemt naarmate de substraattemperatuur stijgt. Ook lijkt er een tendens te zijn dat het gemiddeld vruchtgewicht bij de +4°C-behandeling wat lager is dan bij de andere behandelingen. Kleinere vruchten zijn voor telers vaak niet gewenst, omdat dit meer oogstarbeid betekent en de kleinere sorteringen minder opbrengen. Een hogere substraattemperatuur gaat niet ten koste van de refractie, waardoor de smaak bij verwarming zeker niet minder hoeft te zijn.



Figuur 5 Cumulatief totaalgewicht bij de drie behandelingen, waarbij de standaardfout als foutbalk is weergegeven.

Er is dus een tendens dat er meer vruchten worden geoogst als de substraattemperatuur stijgt. Het zou goed kunnen dat de bloemvorming in het groeipunt bij deze doordrager door een hogere substraattemperatuur wordt gestimuleerd. Omdat het afhankelijk van de omstandigheden ongeveer 6 à 8 weken duurt van bloeminitiatie tot bloei en daarna nog eens 5 à 6 weken tot de oogst, betekent dit dat de totale periode van bloemvorming tot oogstbaar product ongeveer 13 à 14 weken zou zijn. In week 3 is er met de verwarming gestart. Als substraatverwarming de bloemvorming inderdaad stimuleert, zou dit rond de 14 weken later te zien moeten zijn in het aantal geoogste vruchten. Daarom zijn ook statistische analyses uitgevoerd van de productie in de periode week 17 tot en met einde van de teelt (Tabel 2).

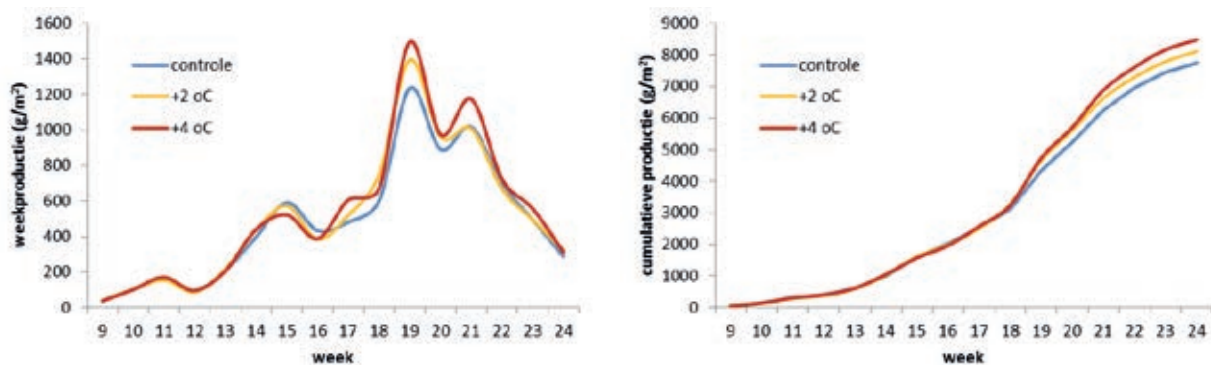
Tabel 2

Productie bij de drie behandelingen van week 17 t/m 24 met daarachter de p-waarde.

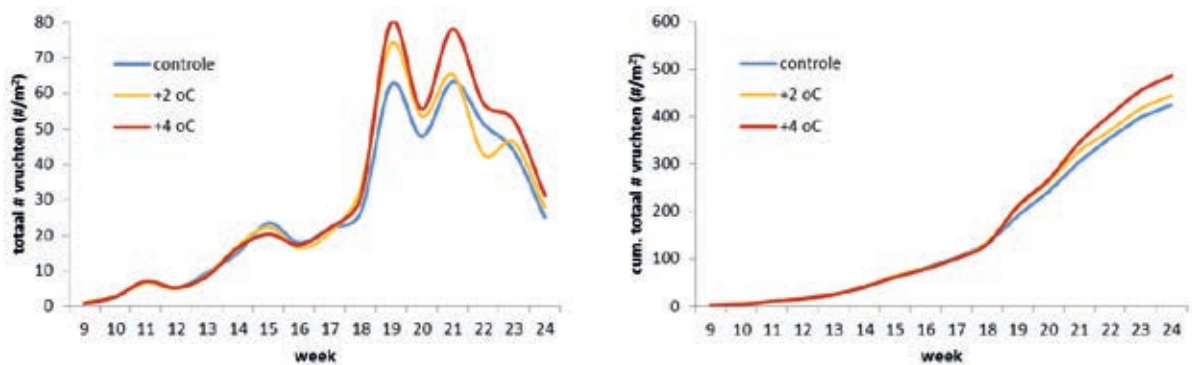
Parameter\behandeling	Controle	+2°C	+4°C	p-waarde
Totaal gewicht (kg/m ²)	5.711	6.119	6.516	0.06
Totaal aantal vruchten (#/m ²)	343	364	407	0.04
Gemiddeld vruchtgewicht (g)	16.7	16.8	16.0	0.13

Het aantal (klasse 1 en 2) vruchten dat is geoogst in de periode 17 t/m week 24, neemt betrouwbaar toe naarmate de substraattemperatuur hoger is. Er is een tendens dat het totaalgewicht van de geoogste vruchten in deze periode toeneemt bij meer verwarming van het substraat. In Figuur 6 t/m 9 is te zien dat vanaf week 17 à 18 het aantal vruchten en het oogstgewicht inderdaad lijkt toe te nemen naarmate het substraat meer wordt verwarmd.

De kans is groot dat bij beter functioneren van de elektrische verwarming, het effect groter en meer significant zou zijn geweest. Er waren nu soms te grote verschillen tussen de drie herhalingen, waardoor er ondanks dat de gemiddelden verschillend leken, er statistisch geen significant effect kon worden aangetoond.

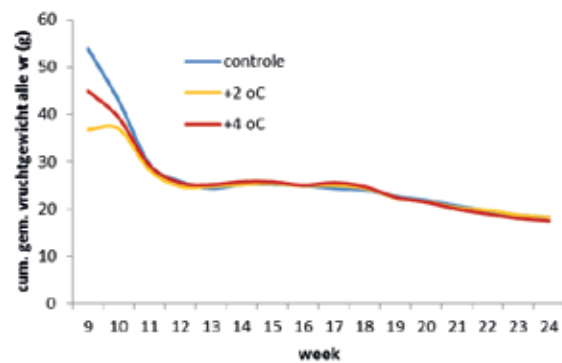
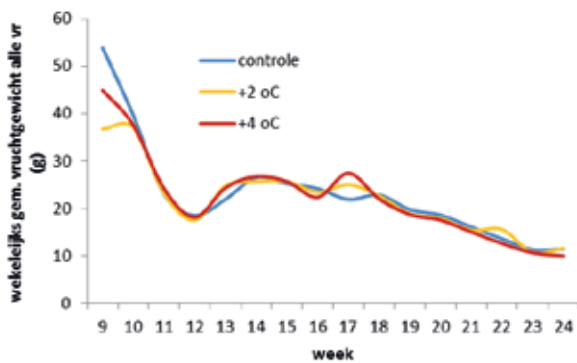


Figuur 6 en 7 Totale productie per week en cumulatief over de gehele oogstperiode bij de 3 behandelingen.



Figuur 8 en 9 Totaal aantal vruchten per week en cumulatief vanaf de start tot en met einde oogst bij de 3 behandelingen.

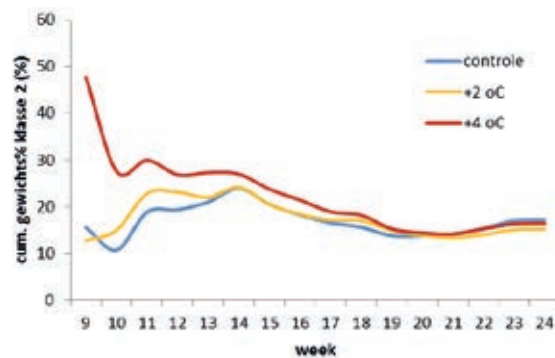
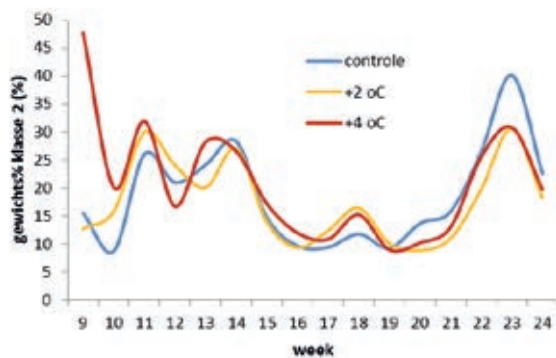
Het gemiddeld vruchtgewicht per week en cumulatief staat in respectievelijk Figuur 10 en 11.



Figuur 10 en 11 Gemiddeld vruchtgewicht per week en cumulatief van alle geoogste vruchten bij de 3 behandelingen.

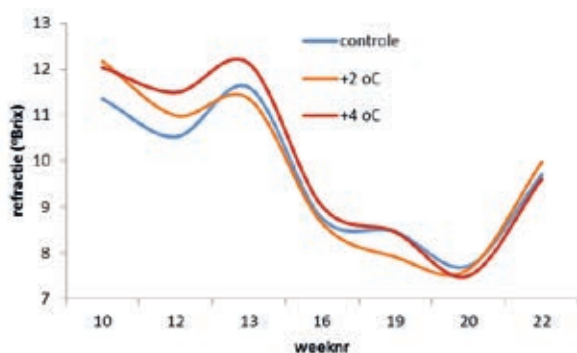
In het begin van de oogst waren de vruchten erg groot. De verschillen tussen de behandelingen in vruchtgewicht lijken gering te zijn. In Figuur 8 is te zien dat het vruchtgewicht van de +4°C-behandeling vanaf week 18 steeds een fractie lager lijkt te zijn dan bij de andere behandelingen. Waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt door het grotere aantal geoogste vruchten in deze periode.

In Figuur 12 en 13 staat het percentage klasse 2-vruchten per week en cumulatief.



Figuur 12 en 13 Percentage klasse 2 op basis van het gewicht per week en cumulatief weergegeven.

In het begin lijkt het percentage vruchten bij de +4°C-behandeling fors hoger, maar dit berust waarschijnlijk op toeval. In het begin worden er immers nog weinig vruchten geoogst. Procentueel gezien hebben enkele afwijkende vruchten dan een groot effect. In de laatste oogstweken lijkt de controlebehandeling juist iets meer klasse 2 vruchten te geven.



Figuur 14 Verloop van de refractie in de tijd bij de 3 behandelingen.

In Figuur 14 staat het verloop van de refractie. De refractie, welke grotendeels bestaat uit suikers, is belangrijk voor de smaak.

In de eerste weken van de oogst is de refractie met 11 à 12 °Brix bij alle behandelingen hoog. Daarna daalt deze tot een minimum van ca. 8 °Brix in week 22, om daarna weer te stijgen. Deze fluctuatie in refractie heeft grotendeels te maken met verschillen in plantbelasting. Alleen in de eerste oogstweken lijken er tussen de behandelingen enige verschillen in refractie te zijn. Gemiddeld over de gehele periode is er echter geen betrouwbaar effect van de substraatverwarming (Tabel 1).



Figuur 15 Foto van het kasgedeelte met substraatgedeelte genomen op 25 maart 2016.



Figuur 16 Foto van de aardbeien genomen op 26 april 2016.



Figuur 17 Half mei hangt er een grote oogst klaar om geplukt te worden.

4 Conclusies

Ondanks dat de substraatverwarming niet helemaal naar behoren heeft gefunctioneerd, kunnen de volgende conclusies uit het onderzoek met de elektrische verwarming van Warmgras worden getrokken:

- Uit de registratie blijkt dat de substraattemperatuur bij de voelers in de +2°C- en +4°C-behandeling over de gehele proefperiode gemiddeld ongeveer 1.5 en 3°C hoger lag dan bij de controle.
- Bij de +2°C- en +4°C-behandeling is er resp. zo'n 1215 en 2430 uur verwarmd.
- De substraatverwarming heeft niet altijd optimaal gefunctioneerd. Hierdoor was er verschil in theoretisch en werkelijk elektriciteitsverbruik. Bij de +4°C-behandeling was dit resp. 36.5 en 19.3 kWh/m².
- Over de gehele oogstperiode gezien is er een tendens dat het aantal vruchten positief wordt beïnvloed door het toepassen van wortelverwarming. Het aantal vruchten neemt bij de twee behandelingen met substraatverwarming toe met respectievelijk 5 en 10%.
- Bij de hoogste substraattemperatuur lijkt dit ten koste van het vruchtgewicht te gaan.
- In de periode van week 17 t/m week 24 heeft substraatverwarming een betrouwbaar positief effect op het aantal geoogste vruchten en is er een tendens dat het totaalgewicht eveneens toeneemt.
- De uitwendige en inwendige vruchtkwaliteit worden niet negatief door wortelverwarming beïnvloed.

Literatuur

Economakis, C.D. en L. Krulj., 2001.

Effect of root-zone warming on strawberry plants grown with nutrient film technique (NFT). Acta. Hort. 548: 189-195.

Kim, Y.S., M. Endo, Y. Kiriwa, L. Chen en A. Nukaya, 2009.

Effects of root zone heating during daytime at different growth stages on the flowering, growth and yield of strawberry 'Akihime' grown in substrate culture. Hort. Res. (Japan), 8(3): 315-320.

Skamoto, M., M. Uenishi, K. Miyamoto en T. Suzuli, 2016.

Effect of root-zone temperature on the growth and fruit quality of hydroponically grown strawberry plants. J. Agr. Sci. 8(5): 122-131.

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



Wageningen UR 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.wageningenur.nl/glastuinbouw

Glastuinbouw Rapport GTB-5127

Wageningen UR Glastuinbouw initieert en stimuleert de ontwikkeling van innovaties gericht op een duurzame glastuinbouw en de kwaliteit van leven. Dat doen wij door toepassingsgericht onderzoek, samen met partners uit de glastuinbouw, toeleverende industrie, veredeling, wetenschap en de overheid.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR 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.