



Slateelt op water in plastic tunnels en onder glas met LED-licht

Teelt de Grond uit, onderzoek 2014 - 2017

Jan Janse, Kees Weerheim en Tycho Vermeulen

Rapport WPR-813

Referaat

Bij bladgewassen is er een verschuiving gaande van de vollegrondsteelt naar teelt in plastic tunnels en glazen kassen. In het kader van het vanuit Topsector T&U gefinancierde onderzoeksprogramma 'Teelt de Grond uit', heeft WUR Glastuinbouw onderzoek verricht naar optimalisering van de slateelt op water in een plastic cabriotunnelkas met LED-belichting. Er kon kwalitatief goede sla worden geteeld, maar vooral bij ijsbergsla was de teeltduur in de winter lang. De groei van sla werd gestimuleerd door een hogere lichtintensiteit van de LEDs, hogere ruimte- en watertemperaturen en toevoeging van een bio-stimulant. Een hogere plantdichtheid gaf kleinere kroppen, maar meer kilo's per oppervlakte-eenheid.

In vervolgonderzoek in een glazen kas zijn zeer snelle teelten gerealiseerd door het toepassen van veel LED-groeilicht, hoge temperaturen, luchtbevochtiging en een hoog CO₂-gehalte. De gemiddelde teeltduur van zaaien tot oogsten in de donkere maanden van het jaar bedroeg circa 40 dagen. Bij deze teeltwijze konden 3 maal zoveel slakroppen worden geoogst dan in een grondteelt van zware sla zonder belichting. Een probleem was nog het regelmatig optreden van rand. Tussen slatypen en rassen waren er hierin duidelijke verschillen. Een zeer hoge RV in de nacht voorkwam grotendeels het optreden van rand in de laatste fase van de teelt. De kostprijs van deze teeltmethode benadert die van de teelt van zware sla in de grond.

Abstract

A shift occurs in leaf crops from field cultivation to cultivation in plastic tunnels and glass greenhouses. As part of the research program 'Teelt de Grond uit', funded by Dutch Topsector Horticulture, WUR Greenhouse Horticulture conducted research into the optimization of lettuce cultivation on water in a plastic 'cabrio' tunnel greenhouse with LED lighting. High-quality lettuce could be grown, but especially in the case of iceberg lettuce, the growing season was too long in the winter season. The growth of lettuce was stimulated by a higher light intensity of the LEDs, higher room and water temperatures and the addition of a bio-stimulant. A higher plant density gave smaller heads, but more kilos per unit area.

In follow-up research in a glass greenhouse, very fast cultivation was realized by applying a lot of LED grow light, high temperatures, humidification and a high CO₂ content. The average cultivation time from sowing to harvesting in the dark months of the year was about 40 days. With this cultivation method, 3 times more lettuce heads could be harvested than in a cultivation of heavy lettuce without lighting. A problem was the regular occurrence of tipburn. There were clear differences between lettuce types and cultivars. A very high RH in the night largely prevented the occurrence of tipburn in the final phase of cultivation. The cost price of this cultivation method approaches that of the cultivation of heavy lettuce in the soil.

Rapportgegevens

Rapport WPR-813

Projectnummer: 3742209900

DOI nummer: 10.18174/457785

Thema: Kwaliteit & Productie

Dit onderzoek is gefinancierd door het Ministerie van LNV, uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), businessunit Glastuinbouw in samenwerking met diverse bedrijfslevenpartijen in het kader van de PPS Teelt de grond van de TKI Tuinbouw.

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 | 7 |
| 2 | Onderzoek in tunnelkas 2014 – 2016 | 9 |
| 2.1 | Proefopzet | 9 |
| 2.1.1 | Kassen en inrichting | 9 |
| 2.1.2 | Plantmateriaal | 10 |
| 2.1.3 | Voeding en zuurstof | 11 |
| 2.1.4 | Behandelingen | 11 |
| 2.1.4.1 | Jaarrondteelt van ijsbergsla | 11 |
| 2.1.4.2 | Extra groeilicht en temperatuur in winter | 12 |
| 2.1.4.3 | Temperatuurverhoging in zomer | 12 |
| 2.1.4.4 | Watertemperatuur/koelen | 12 |
| 2.1.4.5 | Plantdichtheid | 12 |
| 2.1.4.6 | Biostimulanten | 12 |
| 2.1.4.7 | Oud en nieuw water | 12 |
| 2.1.4.8 | Triosla in plastic plantpotjes | 13 |
| 2.1.4.9 | Substraat plantpot | 13 |
| 2.1.4.10 | Berekening of stenen | 13 |
| 2.1.4.11 | Slatypen | 13 |
| 2.1.5 | Oogstwaarnemingen | 13 |
| 2.2 | Resultaten en discussie | 14 |
| 2.2.1 | Jaarrond ijsbergsla | 14 |
| 2.2.2 | Groeilicht en temperatuur in de winter | 16 |
| 2.2.3 | Temperatuurverhoging in zomer | 17 |
| 2.2.4 | Lagere watertemperatuur | 17 |
| 2.2.5 | Plantdichtheid | 18 |
| 2.2.6 | Biostimulanten | 20 |
| 2.2.6.1 | Compete plus | 20 |
| 2.2.6.2 | Middelen van Biotamax | 21 |
| 2.2.7 | Oud en nieuw water | 21 |
| 2.2.8 | Triosla in plastic plantpotjes | 21 |
| 2.2.9 | Substraat plantpot | 22 |
| 2.2.10 | Berekening of stenen | 22 |
| 2.2.11 | Ervaringen met andere slatypen | 22 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 3 | Onderzoek in glazen kas 2016 - 2017 | 25 |
| 3.1 | Proefopzet | 25 |
| 3.1.1 | Kas en kasinrichting | 25 |
| 3.1.2 | Klimaat | 25 |
| 3.1.3 | Slatypen en rassen | 26 |
| 3.1.4 | Overige behandelingen | 27 |
| 3.1.4.1 | Verneveling | 27 |
| 3.1.4.2 | Water circuleren en beluchten | 27 |
| 3.1.4.3 | Oorzaak opsporen van optreden van vroeg rand | 27 |
| 3.1.4.4 | Plaats in kas van de opkweek | 27 |
| 3.1.4.5 | Verrood licht | 27 |
| 3.1.5 | Metingen en waarnemingen | 28 |
| 3.2 | Resultaten en discussie | 28 |
| 3.2.1 | Klimaat | 28 |
| 3.2.1.1 | Lichthoeveelheid | 28 |
| 3.2.1.2 | Kas-, plant- en watertemperatuur | 29 |
| 3.2.1.3 | CO ₂ | 30 |
| 3.2.1.4 | Luchtvochtigheid | 31 |
| 3.2.2 | Opkweekervaringen | 32 |
| 3.2.3 | Oogstwaarnemingen rassen per zaaidatum | 32 |
| 3.2.3.1 | Groeiduur | 32 |
| 3.2.4 | Extra circuleren en beluchten van het water | 35 |
| 3.2.5 | Ontstaan van rand in vroeg stadium | 36 |
| 3.2.6 | Ontstaan van rand in laat stadium | 37 |
| 3.2.7 | Verrood licht | 38 |
| 3.2.8 | Fotosynthesemetingen | 39 |
| 3.2.9 | Kostprijsberekening | 41 |
| 4 | Literatuur | 43 |

Samenvatting

In de praktijk vindt steeds meer omschakeling plaats van buitenteelt van sla- en bladgewassen in de vollegrond naar (jaarrond)teelt los van de grond in plastic tunnels of glazen kassen. Hierbij zijn er bij sla nog veel vragen m.b.t. de mogelijkheden van de jaarrondteelt van ijsbergsla en andere slatypen, het daarbij behorende klimaat, lichtintensiteit, watertemperatuur en -kwaliteit, plantdichtheid, rassen, e.d..

In een onderzoek bij Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw in Bleiswijk is eind 2014 gestart met een onderzoek in twee cabriotunnelkassen met verwarming en LED-lampen met een lichtintensiteit van 20 en 80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Er werd daarbij geteeld op het Dry Hydroponics systeem. In een vervolgonderzoek is in 2017 in een glazen kas getracht snelle teelten te realiseren door het aanhouden van hoge temperaturen en CO_2 -niveaus in combinatie met maximaal 17 uur LED-belichting met een lichtintensiteit van 135 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. De maximale lichtsom per dag van de LEDs bedroeg 8.3 mol/m^2 .

Het project heeft veel kennis opgeleverd over de mogelijkheden van een jaarrondteelt van verschillende slatypen in cabriotunnelkassen met beperkte belichting en verwarming en hoe dit is te optimaliseren. Een jaarrondteelt van ijsbergsla op water bleek goed mogelijk, maar de teeltduur was in de winter bij een lage lichtintensiteit erg lang, waardoor dit niet snel rendabel is te rekenen. Het hogere lichtniveau van de LEDs in combinatie met een hogere kastemperatuur gaf, evenals een hogere watertemperatuur, zwaardere kroppen. Een hogere plantdichtheid gaf minder zware kroppen, maar het gewicht per oppervlakte eenheid nam veelal toe. Toevoeging van bepaalde biostimulanten bevorderde de groei van de sla. Een cabriokas heeft bij veel wind wel zijn beperkingen.

In een glazen kas met een hoge lichtintensiteit van de LEDs en bij hoge etmaaltemperaturen van 21 tot 23°C, konden erg snelle teelten worden gerealiseerd. In de donkere maanden duurde het van zaai tot oogst ca. 40 dagen en van planten tot en met oogst ruim 3 weken. Mede door een betere ruimtebenutting zou het mogelijk moeten zijn om zo'n 15 rondjes sla per jaar te telen. Er zouden dan drie maal zoveel slakroppen per jaar geoogst kunnen worden dan bij een normale grondteelt van zware sla. De productkwaliteit was echter, mede afhankelijk van het type c.q. ras, nog niet altijd optimaal. Vooral met rand traden er nog te vaak problemen op. Een tijdelijk zeer hoge RV tijdens de nacht verminderde tegen de oogst de hoeveelheid rand. Toepassing van verrood licht gaf meer kropomvang, maar niet meer oogstgewicht. De lichtbenuttingsefficiëntie was gemiddeld over de vier onderzochte rassen in de (vroeg)voorjaarsperiode en in het najaar resp. zo'n 12 en 17 g/mol PAR-licht. Tijdens de loop van het onderzoek zijn hierin dus grote stappen gemaakt.

De kostprijs van deze teeltmethode blijkt die van de grondteelt in de kas te benaderen.

Telers, veredelaars en leveranciers van belichting en het teeltsysteem op water waren zeer betrokken bij dit onderzoek en hebben er veel van geleerd. Zij maken nu gebruik van de verkregen inzichten bij hun eigen teelt of bij advisering voor teelt los van de grond en met LED-groeilicht. De veredeling en selectie van geschikte rassen voor de waterteelt met LEDs heeft met dit onderzoek een duidelijke impuls gekregen.

1 Inleiding

In de praktijk is er de laatste jaren bij bladgewassen, waaronder sla, een duidelijke tendens zichtbaar naar omschakeling van buitenteelt in de vollegrond naar (jaarrond)teelt los van de grond in plastic tunnels of glazen kassen. De voordelen hiervan zijn o.a. betere klimaatbeheersing, verminderde gevoeligheid voor ziekten (o.a. *Fusarium* en *Microdochium panattonianum*) en plagen, een schoner product, minder residu van gewasbeschermingsmiddelen en betere teeltplanning. Er zijn echter nog veel vragen met betrekking tot de mogelijkheden van een jaarrondteelt van ijsbergsla en andere slatypen. Bij ijsbergsla bestond het idee om jaarrond een kwalitatief goed product met een minimum aan residu aan een groentesnijderij te kunnen leveren. Het was daarbij van het grootste belang om voldoende kennis te genereren over het juiste klimaat, lichtintensiteit, watertemperatuur en -kwaliteit, plantdichtheid, rassen, e.d.. Daarom is in de herfst van 2014 een onderzoek bij Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw in Bleiswijk in twee cabriotunnelkassen gestart waarbij verschillende slatypen op water werden geteeld. In eerste instantie is hierbij de nadruk gelegd op de teelt van ijsbergsla.

Om de teeltmethode verder te optimaliseren is het onderzoek in 2017 voortgezet met de teelt van een aantal slatypen op water in een glazen kas met belichting. De bedoeling van dit tweede onderzoek was om de teelten te versnellen en daarmee zoveel mogelijk teeltrondjes per jaar te realiseren, waardoor de hoge investeringskosten van een teelt op water eerder terugverdiend zouden kunnen worden.

In dit rapport wordt verslag gedaan van bovengenoemde onderzoeken bij de WUR Glastuinbouw.

Het onderzoek is uitgevoerd in het kader het programma Teelt de Grond uit en werd voor het allergrootste gedeelte gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

2 Onderzoek in tunnelkas 2014 – 2016

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op het onderzoek in de cabriotunnelkassen met sla geteeld op water in combinatie met LED-belichting.

2.1 Proefopzet

2.1.1 Kassen en inrichting

Op het terrein van WUR Glastuinbouw in Bleiswijk zijn in de tweede helft van 2014 twee Rovero cabriotunnelkassen gebouwd met afmetingen van 27.0 x 9.6 m per kas. De totale oppervlakte van de kassen was ruim 500 m. De kassen konden via de zijkanten worden geventileerd en indien gewenst kon tijdens warm weer het dek geheel geopend worden. Om stormschade te voorkomen moest het dek bij een windsnelheid van 7 m/s echter dicht blijven c.q. gesloten worden. Het was alleen mogelijk om het dek òf geheel te openen òf geheel te sluiten; een tussenstand was niet toegestaan i.v.m. mogelijke schade aan het systeem.

In kas 1 en 2 waren rood/blauwe LEDs (95/5%) van Philips geïnstalleerd met een lichtintensiteit van resp. 80 en 20 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Vanwege technische redenen was in de kassen geen lichtreductiescherm aanwezig. Hierdoor kon er vanwege regelgeving alleen gedurende de dagperiode ofwel van maximaal zon-op tot zon-onder belicht kon worden.

De gemeten lichttransmissie in kas 1 en 2 met de lampen was respectievelijk 56 en 58%. I.v.m. de aanwezigheid van meer LED-armaturen was de lichttransmissie in kas 1 iets lager dan in kas 2.

De kaslucht en het water konden indien gewenst worden verwarmd via respectievelijk verwarmingsbuizen en -slangen in het water. In de kassen waren er geen mogelijkheden voor CO₂-dosering. Het klimaat werd geregeld met een Hortimax-computer.

Er werd op water geteeld op het Dry Hydroponics systeem. In kas 1 en 2 waren resp. 8 en 4 bassins of vijvers aangebracht met afmetingen van 2.45 x 7.65 x 0.25 m per bassin. De zaai- of startdrijvers hadden afmetingen van 0.4 x 0.6 m en bevatten 24 gaten voor de plantpotten.



Figuur 1 Vooraanzicht van de 2 cabriokassen met LEDs en het Dry Hydroponics teeltsysteem met op de voorgrond de startdrijvers en daarachter de einddrijvers.

De einddrijvers hadden afmetingen van 0.4 x 1.2 m en bevatten 8, 10 of 12 uitsparingen waarin planthouders waren geklikt en waar de planten in gezet konden worden. Door verschillende combinaties te maken was het mogelijk om plantdichtheden te realiseren van 10.4, 12.5, 16.7, 20.8 en 25 planten/m². Het water werd meestal twee maal per uur gedurende 10 minuten gerecirculeerd m.b.v. een pomp via een pvc-buis met gaatjes in de lengte van het bassin. Dit recirculeren werd vooral gedaan om het zuurstofgehalte in het water niet te ver weg te laten zakken.

In kas 2 was ook een gotensysteem aangelegd met zijwaartse NFT. Het systeem bestond uit 2 units van 8 goten met een lengte van 8 m. Aan de zijkant in de goot lag een druppel slang met druppelaars op een onderlinge afstand van 20 cm.



Figuur 2 Gotensysteem met zijwaartse druppelbevloeiing.

2.1.2 Plantmateriaal

Op verzoek van WUR Glastuinbouw zaaide TopKrop in Schipluiden de sla in de plantblokken met speciaal veensubstraatmengsel in de start- of zaaidrijvers. Na 2 à 3 dagen kieming in een geïsoleerde ruimte werden de zaaidrijvers met kiemende zaden naar Bleiswijk getransporteerd en op water in de bassins gezet. Afhankelijk van de teeltperiode werden de planten na een aantal weken op de einddrijvers in de bassins overgezet. Bij de ijsbergsla zijn eveneens verschillende keren plantbare planten in perspotten verkregen via een deelnemer in het consortium, namelijk Dutchgrowers. Dit is in de onderzoeksperiode 6 maal gebeurd.



Figuur 3 De opweek gebeurde op de zaaidrijvers van Dry Hydroponics.

Het onderzoek was vooral gericht op het nagaan van de mogelijkheden van jaarrond telen van ijsbergsla, maar er zijn vrijwel steeds ook andere slatypen zoals botersla, triosla, lollo rosso, lollo bionda, bataviasla, e.d. in het onderzoek opgenomen geweest. Van deze typen zijn er gedurende het onderzoek ook diverse malen ook verschillende rassen beproefd.

2.1.3 Voeding en zuurstof

In het onderzoek werd er in het water gestreefd naar een EC van 1.6 à 1.8 mS/cm en een pH van 5.5 tot 6.0. Regelmatig (wekelijks) werden de EC en pH gemeten en eventueel gecorrigeerd. Ook zijn er regelmatig voedingsanalyses van het water in de verschillende bassins uitgevoerd.

Omdat het Fe-gehalte de neiging had om gemakkelijk te dalen, is om de 2 weken extra Fe in de vorm van Fe-chelaat toegediend. Meestal is 2 maal per week het O₂-gehalte in het water gemeten, waarbij tevens de watertemperatuur werd genoteerd. Het O₂-gehalte in het water bleek sterk afhankelijk van de vullingsgraad (het aantal planten) van het bassin met sla, de grootte van de slaplanten en ook de watertemperatuur. Het O₂-gehalte heeft in de onderzoeksperiode gevarieerd van ca. 1.5 tot 8 ppm.



Figuur 4 Frequent werd het zuurstofgehalte, watertemperatuur, EC en pH gemeten.

2.1.4 Behandelingen

In de proefperiode zijn er verschillende onderzoeken uitgevoerd. De belangrijkste worden in de volgende paragrafen beschreven.

2.1.4.1 Jaarrondeelt van ijsbergsla

In eerste instantie was het onderzoek vooral gericht op het nagaan van de mogelijkheden van het jaarrond telen van ijsbergsla op het hydroponics-systeem in een plastic tunnelkas. De achtergrond was jaarrondlevering van een betrouwbaar product aan een snijderij.

Tijdens de proefperiode is het standaardras Silvinas (Rijk Zwaan) op verschillende tijdstippen gezaaid en geplant. Vanaf 15 oktober 2014 t/m 25 maart 2016 (zaaidata) is het ras Silvinas in totaal 30 maal in verschillende perioden van het jaar beproefd.

Daarnaast is dit ras in totaal 14 maal vergeleken met het ras Nomugi (Rijk Zwaan) in de periode van 15 oktober 2014 t/m 24 oktober 2015 (zaaidata). Tevens is 3 maal (zaaidata 28 oktober 2014, 15 november 2014 en 26 februari 2015) het standaardras vergeleken met het ras Elsol (Nunhems).

2.1.4.2 Extra groeilicht en temperatuur in winter

In de donkere periode zijn in de twee verschillende kassen verschillen in lichtintensiteit van het groeilicht en (water)temperatuur aangebracht, namelijk:

- Kas 1: 80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ en een watertemperatuur van 17°C.
- Kas 2: 20 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ en een watertemperatuur van 15°C.

De stooktemperatuur was in kas 2 zodanig ingesteld dat de gerealiseerde kastemperatuur in deze kas in de donkere maanden van het jaar ongeveer 1°C lager was dan in kas 1. Vanaf eind februari stonden in beide kassen in het jaar 2015 de stook- en ventilatietemperaturen gelijk ingesteld. In de donkere maanden werd er maximaal belicht tussen zonop en zononder.

Om een goede vergelijking te kunnen maken werd de sla uit beide kassen steeds op dezelfde datum geoogst.

2.1.4.3 Temperatuurverhoging in zomer

In het teeltjaar 2016 is getracht na te gaan of een cabriokas extra voordeel bood t.o.v. een tunnelkas waarvan het dek niet open kan. Daarbij is in week 17 (eind april 2016) gestart met de volgende instellingen v.w.b. het openen en sluiten van het kasdek:

- Het kasdek in kas 1 en 2 mocht geheel **open** bij een buitentemperatuur van resp. > 10 en 20°C. Vanaf begin oktober was dit bij resp. > 17 en 25°C.
- Het kasdek in kas 1 en 2 moest geheel **dicht** bij een buitentemperatuur van resp. < 8 en 18°C. Vanaf begin oktober was dit bij resp. < 15 en 20°C. Het kasdek van beide kassen moest altijd dicht bij regen of een windsnelheid/windstoot van > 7 m/s en het dek ging pas na 40 minuten open bij een windsnelheid van < 6 m/s.

2.1.4.4 Watertemperatuur/koelen

De standaard minimumwatertemperatuur in kas 1 en 2 stond de gehele teeltperiode ingesteld op resp. 17 en 15°C (zie Paragraaf 2.1.4.2). Daarnaast was er in beide kassen vanaf eind januari 2016 in één bassin een behandeling opgenomen waarbij het water in de bassins niet werd verwarmd, dus de watertemperatuur in dit bassin volgde grotendeels de ruimtetemperatuur.

In zowel kas 1 als kas 2 is later in dezelfde bassins gewerkt met nieuw aangeschafte koelmachines om de watertemperatuur te verlagen. In kas 1 en 2 functioneerden deze koelmachines vanaf resp. 15 juli en 14 mei 2016. In de gekoelde bassins is gestreefd naar een circa 4°C lagere watertemperatuur dan bij de (on gekoelde) referentie. Dit werd meerdere malen per week gecontroleerd en de koeltemperatuur eventueel bijgesteld.

2.1.4.5 Plantdichtheid

In het onderzoek werden plantdichtheden aangelegd van 10.4, 12.5, 16.7, 20.8 en/of 25 planten/ m^2 . De behandelingen werden uitgevoerd vanaf eind 2014 tot begin 2016 bij verschillende typen en rassen. Per keer en per ras bestond de proef uit 2 tot 4 plantdichtheden. De keuze van de plantdichtheden was afhankelijk van het slatype, de teeltperiode in het jaar en de beschikbaarheid van voldoende plantmateriaal, voldoende eindhouders van een bepaald type en voldoende ruimte in de bassins.

2.1.4.6 Biostimulanten

Vanaf eind 2014 tot eind 2016 zijn in een aantal bassins middelen aan het water toegevoegd om het bioleven te stimuleren. Het onderzoek bestond uit:

- Toevoeging van Compete® Plus (Plant Health Cure) aan het water. Deze biostimulant bevat o.a. verschillende bacillus-soorten. De behandeling met Compete® Plus werd meestal in tweevoud uitgevoerd, namelijk één bassin met Compete® Plus in kas 1 en één in kas 2. In beide kassen was er daarnaast steeds een vergelijking met onbehandeld. Als startdosering is 0.2 g per m^2 teeltoppervlak gebruikt. De toevoeging van het middel aan het bassinwater werd maandelijks herhaald, maar dan met 0.1 g/ m^2 .
- Toevoeging van mix van middelen/probiotica (Biotamax, voorheen Biogro), namelijk:
 - Wortelstimulatoren + NPK-mix (bij start toevoeging van 4 ml/ m^3 en daarna wekelijks 2 ml/ m^3).
 - Bacillus-mix (bij start 4 ml/ m^3 en daarna wekelijks 2 ml/ m^3).
 - Melkzuurbacteriën (bij start 4 ml/ m^3 en daarna tweewekelijks 2 ml/ m^3).

2.1.4.7 Oud en nieuw water

Begin augustus 2016 is in één bassin in kas 1 het water vernieuwd om na te gaan wat het effect hiervan op de groei van de sla zou zijn. Deze behandeling werd vergeleken met sla gegroeid op water dat al vanaf de start in de bassins aanwezig was (ca. 20 maanden oud water). Uiteraard was dit water tussentijds wel regelmatig aangevuld met voedingsoplossing i.v.m. water- en voedingsopname van de sla.

2.1.4.8 Triosla in plastic plantpotjes

Op verzoek van plantenkweker Gipmans is 7 maal in de periode mei 2015 t/m augustus 2016 triosla op het systeem gezet. De slaplanten stonden in plastic potjes gevuld met organisch substraat. Deze planten waren opgekweekt door Gipmans en werden gebruikt op hun eigen teeltsysteem op water. Met name in de zomermaanden traden er op hun toenmalige systeem in Venlo regelmatig wortelproblemen op, wat resulteerde in een slechte groei van de sla.



Figuur 5 Plastic plantpotje van Gipmans met triosla.

2.1.4.9 Substraat plantpot

In 2015 is in totaal 6 maal een vergelijking gemaakt tussen plantpotten bestaande uit het normaal gebruikte organische materiaal en uit steenwol afkomstig van Benfried (Multigrow), Grodan en Cultilene.

2.1.4.10 Beregening of stenen

Een aantal malen is beregening/verneveling van de overgezette planten vergeleken met het tijdelijk plaatsen van bakstenen op de drijvers. Door de stenen kwamen de einddrijvers dieper in het water te liggen, waardoor de potjes net in het water stonden.

2.1.4.11 Slatypen

Zeer frequent zijn andere typen dan ijsbergsla beproefd, waaronder botersla, bataviasla, lollobionda, lollo rossa, eikenbladsla, romeinse sla, crispsla, multyleaf, salanova, enzovoorts. In de loop van het onderzoek passeerden daarbij verschillende rassen de revue.

2.1.5 Oogstwaarnemingen

Tijdens de oogst is altijd het nettogewicht gemeten, in de eerste paar maanden ook het wortelgewicht en is de kropkwaliteit beoordeeld (rand/rot). Bij ijsbergsla is bij de oogst in de zomermaanden ook de pitlengte gemeten. De waarnemingen werden gedaan aan 10 tot 40 kroppen per behandeling, waarbij de kroppen in de randrijen in de meeste gevallen niet werden meegenomen.

2.2 Resultaten en discussie

2.2.1 Jaarrond ijsbergsla

In de onderzoeksperiode is 30 maal het standaardras Silvinas beproefd. In Tabel 1 zijn de resultaten weergegeven van het ijsbergslaras Silvinas geteeld in kas 1 bij een plantdichtheid van 20.8 planten/m².

Tabel 1

De groeiduur en het bolgewicht bij verschillende zaai- en oogstdata gedurende de onderzoeksperiode van het ijsbergslaras Silvinas.

| Zaaidatum | Plantdatum*) | Oogstdatum | Groeiduur (dagen) | Bolgewicht (g) | Opmerkingen |
|------------------|--------------|-------------|-------------------|----------------|-------------------------------------|
| 15 okt 2014 | | 23 feb 2015 | 131 | 298 | |
| 28 okt 2014 | | 5 mrt 2015 | 128 | 279 | |
| 16 nov 2014 | | 7 apr 2015 | 142 | 282 | |
| 13 jan 2015 | | 8 apr 2015 | 85 | 215 | Eerder geoogst i.v.m. rot |
| 24 jan 2015 | | 17 apr 2015 | 83 | 278 | |
| | 6 mrt 2015 | 23 apr 2015 | | 251 | |
| 9 febr 2015 | | 30 apr 2015 | 80 | 328 | Ca. 7% van bollen met binnenrand |
| 26 febr 2015 | | 12 mei 2015 | 75 | 348 | |
| 7 mrt 2015 | | 21 mei 2015 | 75 | 307 | |
| 19 apr 2015 | | 22 jun 2015 | 64 | 411 | Vrij veel binnenrand (25%) |
| 23 mei 2015 | | 13 jul 2015 | 51 | 310 | |
| 10 jun 2015 | | 3 aug 2015 | 54 | 330 | Lange pitten, soms rotaantasting |
| 24 jun 2015 | | 14 aug 2015 | 51 | 325 | |
| 7 jul 2015 | | 3 sept 2015 | 58 | 410 | Aantasting meeldauw |
| 11 aug 2015 | | 29 okt 2015 | 79 | 335 | Soms rand op bol |
| | 3 sept 2015 | 29 okt 2015 | | 245 | |
| 9 sept 2015 | | 4 dec 2015 | 86 | 245 | Eerder geoogst i.v.m. rot onderkant |
| 19 mrt 2016 | | 18 mei 2016 | 60 | 435 | |
| gemiddeld | | | 81 | 313 | |

*) plantdata van planten in perspotten aangeleverd door Dutchgrowers.

In het algemeen is de teelt van ijsbergsla goed verlopen, maar in de donkere periode was de teeltduur wel erg lang. De teeltduur van zaaien tot oogsten was in de wintermaanden 130 à 140 dagen en nam naar de zomer toe af naar ruim 50 dagen. Gemiddeld over alle teelten was dit ca. 80 dagen. Het gemiddelde oogstgewicht was 313 g per bol. Het oogstgewicht lag in de wintermaanden vaak wat lager en in de zomer wat hoger dan gemiddeld.

Als aan de late kant werd geoogst, was de kans op inwendig rand aanwezig. Vooral bij de oogst in december trad er veel rot op, hoogstwaarschijnlijk mede veroorzaakt door vallende druppels van het plastic dek. Tijdens de gehele onderzoeksperiode is in de sla echter nooit een behandeling tegen rot uitgevoerd. In de zomer was de pitlengte soms aan de lange kant. Bij een pitlengte van > 8 cm wordt ijssla voor verwerking in de snijderij afgekeurd.



Figuur 6 Overzicht van de bassins met drijvers en LED-lampen in de plastic tunnelkas.



Figuur 7 Soms trad bij de ijsbergsla uitwendig en/of inwendig rand op.



Figuur 8 Van de onderzochte rassen voldeed het ijsbergslaras *Silvinas* het beste.

Tijdens de onderzoeksperiode is het standaardras *Silvinas* 14 maal vergeleken met het ras *Nomugi* (Rijk Zwaan) en 3 maal met *Elsol* (Nunhems). Gemiddeld hadden de bollen van *Nomugi* en *Elsol* een resp. 14 en 32% lager gewicht dan *Silvinas*. Van deze 3 rassen voldeed het standaardras *Silvinas* dus duidelijk het beste. Het ras *Silvinas* was eerder oogstrijp dan het ras *Nomugi*, maar de kans op een langere pit was in de zomermaanden wel aanwezig.

2.2.2 Groeilicht en temperatuur in de winter

Zoals in de proefopzet is aangegeven, waren er in de donkere maanden tussen beide kassen van het jaar verschillen in lichtintensiteit van het groeilicht en in kas- en watertemperatuur aangebracht. De gemiddeld gerealiseerde kastemperatuur in het seizoen 2014/2015 van week 51 t/m 9 was in kas 1 en 2 respectievelijk 10.1 en 8.6°C. De watertemperatuur kwam uit op resp. 17.0 en 14.9°C. In het seizoen 2015/2016 was de kastemperatuur van week 46 t/m 12 in kas 1 en 2 resp. 10.4 en 10.0°C. De watertemperatuur was resp. 17.1 en 15.6°C. De verschillen in kas- en watertemperatuur waren in het seizoen 2015/2016 dus kleiner dan in 2014/2015, maar de onderzoeksperiode was ook langer. Daardoor was er meer invloed van de hogere temperaturen in het late najaar.

In de wintermaanden van 2014/2015 kon 4 maal een vergelijking tussen beide kassen worden gemaakt. De slatypen waren botersla en salanova en de oogstdata vielen in de 2^e helft van februari. Gemiddeld was het oogstgewicht 28% lager in kas 2 dan in kas 1.

In het seizoen 2015/2016 is 8 maal een vergelijking gemaakt van de groei van sla tussen beide kassen. De zaaidata varieerden van 28 september tot 5 november en de oogstdata van 5 januari tot 24 maart. De onderzochte sla was van het type botersla, romeinse sla, salanova en triosla. Gemiddeld was het oogstgewicht 20% lager in kas 2 dan in kas 1.

Het lagere oogstgewicht in kas 2 ten opzichte van kas 1 was een resultante van de lagere lichtintensiteit van het groeilicht (20 i.p.v. 80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$), de lager gerealiseerde kastemperatuur (rond de 1°C lager) en de lagere watertemperatuur (zo'n 2°C lager). Als er minder licht gegeven kan worden, is het logisch dat er ook een minder hoge temperatuur kan worden aangehouden.

2.2.3 Temperatuurverhoging in zomer

Ondanks de ingestelde klimaatinstellingen in de zomer van 2016 (zie Paragraaf 2.1.4.3) vielen de verschillen in gerealiseerde etmaaltemperatuur tegen. Vanaf week 17 t/m week 42 was de gerealiseerde kasttemperatuur gemiddeld slechts 0.5°C hoger in kas 2 dan in kas 1. Bij de watertemperatuur was dit 0.7°C hoger. Vanaf 1 aug – 25 okt was de gemiddeld gerealiseerde kasttemperatuur in kas 1 en 2 resp. 16.4 en 16.8°C. De watertemperatuur was in deze periode resp. 19.9 en 21.1°C. De geringe verschillen in met name kasttemperatuur waren vooral het gevolg van het feit dat het dek in kas 1 bij relatief weinig wind uit veiligheidsoogpunt al gesloten moest worden.

Bij de oogst in september en oktober 2016 kon resp. 6 (boter-, batavia-, trio- en eikenbladsla) en 4 maal (boter-, batavia-, lollo bionda en eikenbladsla) een goede vergelijking tussen beide kassen worden gemaakt. Bij de septemberoogst waren de kroppen gemiddeld 9.4% hoger in gewicht als de sla bij wat hogere temperatuur was geteeld. Bij de oogsten in oktober was dit gemiddeld 4.1%. In oktober voelde het blad van de sla uit kas 2 wel iets slapper aan, wat waarschijnlijk niet positief is voor de houdbaarheid. In het onderzoek zijn er echter geen houdbaarheidsmetingen verricht.

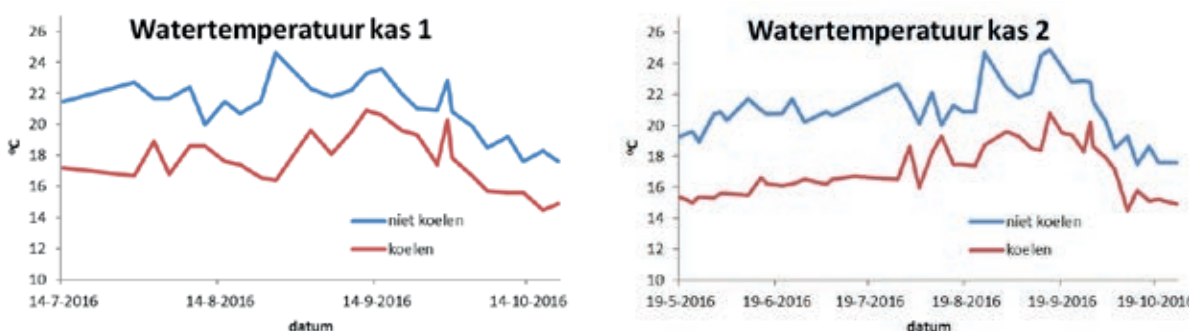
Een hogere temperatuur bij eenzelfde lighthoeveelheid en zonder extra CO₂ leidt dus tot een snellere groei, maar mag niet ten koste gaan van de kwaliteit en houdbaarheid van de kroppen.

2.2.4 Lagere watertemperatuur

Zoals eerder vermeld (zie Paragraaf 2.1.4.4.) was er in beide kassen vanaf eind januari 2016 in één bassin een behandeling opgenomen waarbij het water in de bassins niet werd verwarmd, dus globaal liep de watertemperatuur mee met de ruimtetemperatuur. Deze behandeling is vergeleken met de standaard minimumtemperatuurbehandeling in kas 1 en 2 van resp. 17 en 15°C.

De gerealiseerde temperatuur in het vroege voorjaar was in de onverwarmde bassins zo'n 3 à 3.5°C lager dan in de verwarmde bassins. Dit had invloed op de groeisnelheid. In de oogstperiode maart t/m mei kon in totaal 30 maal bij verschillende typen en rassen een vergelijking worden gemaakt tussen het product dat gegroeid was op onverwarmd en verwarmd water. Gemiddeld bleef het oogstgewicht bij de lagere watertemperatuur circa 10% achter bij de sla die gegroeid was in een bassin met verwarmd water.

In kas 1 en 2 is het water in de bassins gekoeld vanaf resp. 15 juli en 14 mei 2016. De gerealiseerde watertemperaturen in beide kassen zijn weergegeven in Figuur 9.



Figuur 9 Watertemperatuur in kas 1 en 2 bij wel en niet koelen van het water. In kas 1 is later met het koelen van het water begonnen.

De gemiddeld gerealiseerde watertemperatuur in kas 1 van 15 juli – 25 okt was bij niet en wel koelen resp. 20.7 en 17.7°C. In kas 2 was dit van 19 mei – 25 okt bij niet en wel koelen resp. 21.0 en 17.1°C. Door het water te koelen is er dus 3 à 4°C verschil in watertemperatuur gerealiseerd.

In onderstaande tabel zijn de resultaten weergegeven van de sla die geteeld was op niet en wel gekoeld water.

Tabel 2

Het gemiddelde gewicht van de op gekoeld water geteelde sla, weergegeven in gewichtspercentage van de sla die geteeld was op niet gekoeld water in de oogstmaanden juni t/m oktober. Het gewicht van de sla geteeld op het niet gekoelde water is hierbij op 100% gezet.

| Oogstmaand | Aantal waarnemingen | Gewichtspercentage t.o.v. ongekoeled |
|------------------|---------------------|--------------------------------------|
| juni | 5 | 73 |
| juli | 5 | 61 |
| augustus | 7 | 69 |
| september | 12 | 96 |
| oktober | 10 | 72 |
| gemiddeld | | 77 |

Gemiddeld over alle waarnemingen was het oogstgewicht van de gekoelde sla 23% lager dan bij niet gekoeld. Dit is erg veel. Het lijkt er echter veel op dat de drastische reductie in groei van de sla door het koelen mede is veroorzaakt door het vernieuwen van het water net voordat de koelmachines waren geïnstalleerd. Dit vernieuwen was noodzakelijk i.v.m. de kans op verstoppingen in de koelmachine door bijv. algen en eendenkroos.

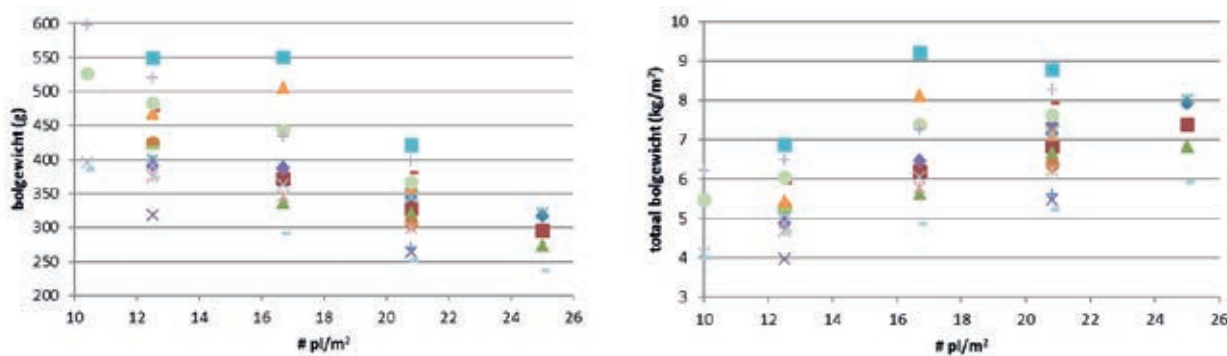
De precieze oorzaak van de sterke groeivermindering is nooit opgehelderd. De samenstelling van de voedingsoplossing bleek niet afwijkend te zijn. Mogelijk moet de oorzaak gezocht worden in een explosieve groei van een of andere bacterie of schimmel na het vernieuwen van het water, welke nadelig was voor de wortels van de slaplanten. Dus ontbrak het in het water waarschijnlijk aan een soort 'biologisch evenwicht'. De slaplanten hadden meestal weinig en ook korte wortels met vaak bruine wortelpunten.



Figuur 10 Opnamen van bataviasla op wel (links) en niet gekoeld water (rechts).

2.2.5 Plantdichtheid

In figuur 11 zijn de resultaten weergegeven van de oogstgewichten als gevolg van verschillende plantdichtheden op verschillende oogstdata.



Figuur 11 Het nettogewicht per bol en het totaal netto bolgewicht per m² van ijsbergsla bij 2 tot 5 plantdichtheden per keer op 17 verschillende oogstdata tussen 28 april en 28 oktober 2015.

Hoewel er per datum verschillen zijn te zien in de hoogte van het oogstgewicht, is er een duidelijke trend te zien dat bij een hogere plantdichtheid het gewicht per bol afneemt, maar dat het netto oogstgewicht per m² toeneemt. Een hogere plantdichtheid was echter vooral in de herfst niet altijd positief voor de kwaliteit. In de herfst had ijsbergsla namelijk de neiging om welig te groeien met eventueel rot alt gevolg.

In tabel 3 wordt het gewicht per bol en het totaalgewicht aan bollen per m² weergegeven als percentage van de meest gebruikte plantdichtheid in de proef, namelijk 20.8 planten/m².

Tabel 3

Het nettogewicht per bol en het totale netto oogstgewicht aan ijsbergslabollen/m² per plantdichtheid uitgedrukt in percentage van het oogstgewicht bij de standaardplantdichtheid van 20.8 planten/m² (=100%). De cijfers zijn een gemiddelde van 17 oogstdata.

| Plantdichtheid | Oogstgewicht per bol | Totaal oogstgewicht per m ² |
|----------------|----------------------|--|
| 10.4 | 139 | 70 |
| 12.5 | 124 | 76 |
| 16.7 | 117 | 93 |
| 20.8 | 100 | 100 |
| 25 | 90 | 107 |

Ook in deze tabel is te zien dat het oogstgewicht per bol bij ijsbergsla afnam, maar dat het totale gewicht per oppervlakte eenheid toenam naarmate de plantdichtheid hoger werd.

Bij botersla was hetzelfde effect te zien. Gemiddeld over 6 oogsten (met deels verschillende rassen) nam het oogstgewicht per krop af met 10%, maar per m² was het totale nettogewicht aan kroppen 9% hoger als de plantdichtheid toenam van 20.8 naar 25 planten/m².



Figuur 12 IJsbergsla met verschillende plantdichtheden.

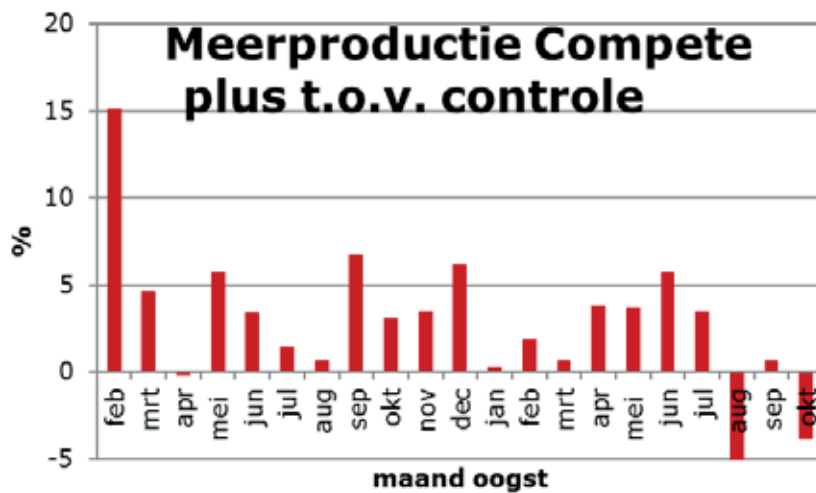
Voor de keuze van de juiste plantdichtheid zal men in de praktijk een afweging moeten maken tussen de kosten van plantmateriaal en arbeid, opbrengst en productkwaliteit.

2.2.6 Biostimulanten

2.2.6.1 Compete plus

In totaal is vanaf zaaidatum 28 oktober 2014 tot 27 september 2016, ofwel van oogstdata die lagen tussen 16 februari 2015 en 25 oktober 2016, 240 maal bij verschillende typen en rassen een vergelijking gemaakt tussen een behandeling met Compete® Plus en onbehandeld.

In Figuur 13 is een samenvatting van de resultaten weergegeven.



Figuur 13 Procentuele meerproductie bij de behandeling met Compete® Plus in vergelijking met de onbehandelde controle per oogstmaand weergegeven (februari 2015 – oktober 2016).

In zeer veel maanden was er een positieve invloed van Compete® Plus op het oogstgewicht te zien. Gemiddeld over de 240 waarnemingen bleek de meerproductie 3% te bedragen. Hoogstwaarschijnlijk hebben de ingrediënten van het middel, o.a. bacillus-soorten, een positieve invloed op het bioleven gehad, waardoor de sla wat gemakkelijker groeide of minder gevoelig werd voor schadelijke micro-organismen. Soms waren de wortels duidelijk beter en zwaarder. Vooral in de 1^e maand van het onderzoek had deze biostimulant een groot positief effect op het krop- of bolgewicht.

Er is geen effect van Compete® Plus op aantasting van rot of meeldauw van de kroppen of bollen waargenomen.

2.2.6.2 Middelen van Biotamax

In de periode met zaaidata tussen 10 juni 2015 en 20 augustus 2016 is er bij verschillende typen en rassen in totaal 85 maal een vergelijking gemaakt tussen een behandeling met Biotamax-middelen en onbehandeld.

Gemiddeld was er 2% meer productie bij toevoeging van de Biotamax middelen. Dit werd vooral veroorzaakt door een ca. 10% hogere productie van de sla geogst in augustus t/m oktober 2016 nadat het water was vernieuwd. Mogelijk heeft het toedienen van een combinatie van verschillende middelen van Biotamax het bioleven in het nieuwe water positief beïnvloed. Daarentegen was dit positieve effect in de maanden augustus en oktober 2016 bij Compete® Plus in het nieuwe water niet te zien: in deze maanden was het zelfs negatief (zie Figuur 13).

2.2.7 Oud en nieuw water

In totaal is 11 maal in de herfst van 2016 een vergelijking gemaakt tussen sla gegroeid in water dat al vanaf het begin in de bassins aanwezig was ('oud water') en in nieuw water. De oogstdata van de sla lagen tussen half september en half oktober (zaaidata tussen 30 juli en 20 augustus 2016).

De sla geteeld op nieuw water bleek veel slechter te groeien dan de sla geteeld op oud water. De reductie in opbrengst bedroeg zelfs 30%. De wortels oogden niet goed: weinig en korte wortels die vaak bruin waren. De oorzaak van de slechte wortels is nooit opgehelderd geworden. De samenstelling van de voedingsoplossing was in orde en het zuurstofgehalte was niet afwijkend van die in het bassin met oud water. Waarschijnlijk moet de oorzaak gezocht worden in het ontbreken van een 'biologisch evenwicht', waardoor bepaalde, vooralsnog onbekende ziekteverwekkers een kans kregen.

Bij vernieuwen van het water is het waarschijnlijk verstandig om niet al het water te vernieuwen, maar nog een gedeelte (bijv. 10%) van de oude voedingsoplossing in het bassin achter te laten. Hierdoor kan er sneller een evenwicht in het microbiom ontstaan.

2.2.8 Triosla in plastic plantpotjes

In de periode januari 2015 t/m augustus 2016 is in totaal 7 maal triosla opgekweekt door plantenkwekerij Gipmans, op het Dry Hydroponics-systeem in Bleiswijk gezet. Deze sla zat in speciale plastic potjes gevuld met organisch substraat (zie Paragraaf 2.1.4.8).

In Tabel BBB zijn de resultaten weergegeven.

Tabel 4

Het oogstgewicht van triosla opgekweekt in plastic potjes (Gipmans) per plant- c.q. oogstdatum weergegeven.

| Plantdatum | Oogstdatum | Oogstgewicht incl. potje en wortels (g) |
|------------------|--------------|---|
| 16 jan 2015 | 16 mrt 2015 | 248 |
| 12 mei 2015 | 11 jun 2015 | 316 |
| 16 juni 2015 | 13 jul 2015 | 340 |
| 24 jul 2015 | 24 aug 2015 | 332 |
| 1 sep 2015 | 5 okt 2015 | 254 |
| 3 jun 2016 | 7 jul 2016 | 318 |
| 25 aug 2016 | 23 sept 2016 | 287 |
| Gemiddeld | | 300 |

Het gemiddelde oogstgewicht was 300 g. Een potje inclusief substraat en wortels woog ca. 100 g, zodat het gemiddelde netto oogstgewicht uitkwam op zo'n 200 g. De periode tussen planten en oogst was afhankelijk van de periode in het jaar en varieerde van nog geen maand tot 2 maanden. In tegenstelling tot bij de leverancier van het plantmateriaal zijn er in bij WUR Glastuinbouw met deze triosla nooit wortel- en/of groeiproblemen opgetreden.

2.2.9 Substraat plantpot

In 2015 is in totaal 6 maal een vergelijking uitgevoerd tussen de opkweek in organisch veensubstraat en steenwol. De zaaidata lagen tussen 19 april en 3 september en de oogstdata tussen 11 juni en 23 oktober.

De groei van de sla op steenwol bleef sterk achter op die van de sla in organisch substraat. Gemiddeld over alle oogstdata was het verschil in oogstgewicht ruim 30%. Dit wordt hoogstwaarschijnlijk vooral veroorzaakt door het veel gemakkelijker uitdrogen van het steenwolpotje t.o.v. het veensubstraat. Mogelijk dat bepaalde organische stoffen in het veenmengsel ook een positief effect hebben op de groei van de sla.

2.2.10 Beregening of stenen

Mede afhankelijk van de weersomstandigheden was het gewenst om de potten na het overzetten van de zaaidrijvers naar de einddrijvers een aantal dagen vochtig te houden. Dit kon door de plantpotjes één of meer keren per dag vochtig te maken via verneveling of beregening òf de drijvers via stenen zodanig te verzwaren dat de potten met de onderkant net in het water hingen. Hierdoor werd de overgang van de planten van de zaaidrijvers naar de einddrijvers wat minder rigoureuus gemaakt en konden ze goede en voldoende wortels maken.

Een enkele keer is er een vergelijking gemaakt tussen met de hand beregenen en de drijvers met stenen verzwaren. In eerste instantie waren dit 2 stenen per drijver. Als er voldoende wortels waren gevormd werd één steen verwijderd en ca. een week daarna werd de laatste steen van de drijver afgehaald. Algauw bleek dat het werken met stenen in de onderzoekssituatie beter werkte dan natmaken via beregening/verneveling. Het oogstgewicht nam met ca. 20% toe als i.p.v. beregening/verneveling, stenen werden gebruikt. Op praktijkbedrijven is deze methode echter arbeidsintensief en lastiger toe te passen.



Figuur 14 *Drijvers die wel en niet met stenen waren verzwaard na het planten.*

2.2.11 Ervaringen met andere slatypen

Regelmatig zijn naast ijsbergsla, rassen van andere slatypen beproefd, zoals botersla, bataviasla, lollo bionda, lollo rossa, eikenbladsla, romeinse sla, crispsla, multileaf, salanova, triosla, enzovoorts.

Hieronder wordt als voorbeeld een overzicht gegeven van de groeiduur en het oogsgewicht van het bataviaslaras Othilie (Rijk Zwaan) bij verschillende zaai- en oogstdata.

Tabel 5

Groeiduur van zaai tot oogst en de productie op verschillende oogstdata van het ras Othilie (bataviatype, Rijk Zwaan).

| Zaaidatum | Oogstdatum | Groeiduur | Oogsgewicht (g) |
|------------------|--------------|-----------|-----------------|
| 23 mei 2015 | 9 jul 2015 | 47 | 331 |
| 24 jun 2015 | 7 aug 2015 | 44 | 248 |
| 7 jul 2015 | 28 aug 2015 | 52 | 236 |
| 11 aug 2015 | 19 okt 2015 | 69 | 348 |
| 13 feb 2016 | 28 apr 2016 | 75 | 426 |
| 23 apr 2016 | 16 jun 2016 | 53 | 349 |
| 22 mei 2016 | 19 jul 2016 | 58 | 366 |
| 18 jun 2016 | 15 aug 2016 | 58 | 319 |
| 30 jul 2016 | 23 sept 2016 | 55 | 370 |
| 20 aug 2016 | 18 okt 2016 | 59 | 302 |
| Gemiddeld | | 57 | 330 |

In het algemeen had het ras Othilie een goede kwaliteit en kon een prima oogsgewicht worden verkregen: gemiddeld was dit 330 g per krop.

Hierna volgen een aantal foto's van verschillende typen die in het onderzoek zijn beproefd.



Figuur 15 Het bataviaslaras Othilie (links) en het crispslaras Finstar (rechts).



Figuur 16 De kassen werden regelmatig bezocht door bezoekers.



Figuur 17 Diverse slatypen op zaaidrijvers (links) en eindrijvers (rechts).



Figuur 18 In het teeltsysteem zijn ook regelmatig botersla en diverse rode slatypen beproefd.

3 Onderzoek in glazen kas 2016 - 2017

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de proefopzet en resultaten van het onderzoek in een glazen kas, waarbij getracht werd snelle teelten te realiseren op een deep flow systeem.

3.1 Proefopzet

3.1.1 Kas en kasinrichting

Het onderzoek bij WUR Glastuinbouw in Bleiswijk werd uitgevoerd in een glazen kas die speciaal was ingericht voor de teelt op water. De kas had een bruto oppervlakte van 144 m² en bevatte 10 bassins. De drijvers waren van Dry Hydroponics. In één bassin konden maximaal 14 einddrijvers worden geplaatst met afmetingen van 0.4 x 1.2 m. De drijvers hadden 8 of 10 gaten bestemd voor de planten, waardoor een plantdichtheid van 16.7 of 20.8 planten/m² kon worden verkregen. Eén bassin werd steeds gebruikt voor de plantopkweek op zaaidrijvers (afmetingen 0.4 x 0.6 m met 24 planten per tray).

De LED-armaturen (Philips: R/B 95/5%) bovenin de kas hadden een lichtintensiteit van 135 µmol/m²/s. De lichttransmissie van de kas was met ca. 50% relatief laag. In de kas was er de mogelijkheid voor het toepassen van koeling via een warmtewisselaar, waarbij de koude lucht via een plastic slurf bovenin de kas werd geblazen. De luchtvochtigheid kon worden verhoogd via hogedrukverneveling. In de kas was een lichtreductiescherm tegen lichtuitstoot en een energiescherm (Luxous) aanwezig.

In het bassinwater werd maandelijks Compete Plus toegevoegd gezien de goede ervaringen hiermee in de cabriokas.



Figuur 19 De glazen kas kon via slurven worden gekoeld en de RV kon worden verhoogd via hogedrukverneveling. De belichting werd gedaan met LEDs.

3.1.2 Klimaat

Omdat het doel was een versnelling van de teelt op water te verkrijgen, maar wel kwalitatief goede sla te oogsten, zijn hoge temperaturen aangehouden in combinatie met lang belichten en een hoog CO₂-gehalte. Vanaf het begin is er maximaal 17 uur belicht van 18 uur tot 1 uur voor zononder. De sla ging dus op natuurlijke wijze de nacht in. De berekende lichtsom van de lampen was bij 17 uur belichten 8.3 mol/dag. De lampen gingen pas uit bij ca. 500 W/cm² of als de totale verwachte lichtsom meer dan 13 mol per dag bedroeg. Bij CO₂ is in de periode met zon- en of lamplicht, een concentratie van 1000 ppm aangehouden.

De instellingen van de stooktemperaturen zijn gedurende het onderzoek niet te vaak gewijzigd om de resultaten van achtereenvolgende teelten beter met elkaar te kunnen vergelijken. Gedurende het grootste gedeelte van de 1^e onderzoeksperiode is gestreefd naar een etmaaltemperatuur van 23°C en in de 2^e periode vanaf september naar ca. 21°C.

In Tabel 6 worden de belangrijkste klimaatinstellingen v.w.b. de temperatuur en RV weergegeven.

Tabel 6

Klimaatinstellingen en -wijzigingen per datum weergegeven.

| Datum wijziging klimaatinstellingen | Stooktemperatuur N/D (oC) | Koeltemperatuur N/D (oC) | Ventilatietemperatuur N/D (oC) | Rel. luchtvochtigheid N/D (%) |
|--|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 17 dec 2016 | 12/20 | 27/27 | 30/30 | 90/80 |
| 26 dec 2016 | 15/25 | 27/27 | 30/30 | 90/80 |
| 2 feb 2017 | 15/25 | 27/27 | 30/30 | 90/60 |
| 16 feb 2017 | 15/25 | 27/27 | 30/30 | 80/60 |
| 14 mrt 2017 | 15/25 | 27/27 | 30/30 | 90/60 |
| 4 apr 2017 | 12/22 | 25/25 | 27/27 | 80/60 |
| 5 sept 2017 | 12/22 | 25/25 | 27/27 | 80/60 |
| 15 sept 2017 | 15/20 | 23/23 | 25/25 | 80/60 |
| 23 okt 2017 | 15/20 | 23/23 | 27/27 | 95/60 |
| 3 nov 2017 | 15/20 | 27/27 | 30/30 | 95/60 |
| 23 nov 2017 | 16/23 | 27/27 | 30/30 | 97/60 |

Tussentijds zijn beperkt enkele veranderingen in de klimaatinstellingen uitgevoerd, mede omdat de etmaaltemperaturen bij veel zonlicht anders te hoog uit zouden komen.

Om zoveel mogelijk CO₂ binnen te houden werd pas bij een relatief hoge kasttemperatuur geventileerd en gekoeld. De koeltemperatuur stond enkele graden onder de ventilatietemperatuur.

3.1.3 Slatypen en rassen

In overleg met de Begeleidingscommissie onderzoek (BCO), waarin enkele telers (Dutch Growers, B4Agro en TopCrop), vertegenwoordigers van drie zaadbedrijven (Nunhems, Enza en Rijk Zwaan), de leverancier van het teeltsysteem op water (Cultivation Systems) en de fabrikant van de LEDs (Philips) waren vertegenwoordigd, is gekozen voor 4 verschillende slatypen en per type één ras, namelijk:

- Lollo bionda : Bartimer (Nunhems).
- Lollo rosso : Satine (Rijk Zwaan).
- Batavia : Othilie (Rijk Zwaan).
- Botersla : Fairly (Enza).

Deze rassen zijn de gehele periode in het onderzoek opgenomen geweest. In principe werd steeds om de 14 dagen gezaaid. Het onderzoek is in 2 periodes uitgevoerd, namelijk medio december 2016 – begin mei 2017 en vanaf begin september tot begin januari 2018. In de zomerperiode is er dus niet geteeld, omdat voor het onderzoek de lichtarmere periodes het interessantst waren en de teelten het meest konden worden versneld. In totaal is er in de 1^e en 2^e onderzoeksperiode op resp. 8 en 7 tijdstippen gezaaid.

De plantdichtheid bij alle rassen was 20.8 planten/m², met uitzondering van Fairly, dat in de 1^e drie zaairondes een plantdichtheid had van 16.7 planten/m². Omdat de kroppen van dit ras compact bleken te blijven, werd dit later ook 20.8 planten/m².

3.1.4 Overige behandelingen

Naast de steeds terugkerende behandelingen met de 4 slatypen c.q. rassen, zijn tijdens de loop van het onderzoek ook een aantal andere behandelingen uitgevoerd.

3.1.4.1 Verneveling

In het onderzoek is geconstateerd dat er verschil was in RV en vochtigheid van de sla die in het bassin onder de vernevelleiding stond en in de bassins ernaast. Daarom zijn hier apart oogstwaarnemingen aan verricht.

3.1.4.2 Water circuleren en beluchten

Om het effect op het O₂-gehalte (en watertemperatuur) na te gaan zijn op advies van de BCO in de eerste proefperiode vanaf 25 januari behandelingen aangelegd met het circuleren van het water in de bassins gedurende 5 minuten per uur of één maal 5 minuten per dag. De behandelingen waren gelijk verdeeld over de verschillende bassins.

In de 2^e proefperiode werd standaard 5 minuten per uur gecirculeerd. Half oktober is in één bassin gestart met het toedienen van extra O₂ door continu lucht in het water te blazen via kleine aquarium luchtpompjes. Dit werd vergeleken met een bassin waar niet werd belucht. Vanwege positieve resultaten van deze O₂-toediening, is dit vanaf 7 dec in alle bassins doorgevoerd door het plaatsen van 3 pompjes op een bassinoppervlakte van ruim 6.5 m².

3.1.4.3 Oorzaak opsporen van optreden van vroeg rand

Vier tot zeven dagen na het overplaatsten van de sla van de zaai- naar de eindrijver, waren er bij sommige rassen nogal eens randverschijnselen in het hart te zien. Dit heeft een negatieve invloed op de groei en op de randplekken kan gemakkelijk rot ontstaan. Deze afwijking is uiteraard ongewenst. Daarom is een proefje opgezet waarbij verschillen zijn gemaakt in beschikbaarheid van water voor de plantener al dan niet één keer per dag de planten besproeien met een fijne nevel met behulp van een spuitstok. Hierdoor kon de wateropname en/of verdamping van de planten worden beïnvloed.

Bij de planting van 7 dec 2017 (zaaidatum 18 nov) zijn de volgende behandelingen bij de 4 rassen en in 3 bassins uitgevoerd:

- 1 steen op drijver + 4 dagen 's morgens éénmaal sla besproeien.
- 2 stenen op drijver + 4 dagen 's morgens éénmaal sla besproeien.
- 2 stenen op drijver + sla niet besproeien.

3.1.4.4 Plaats in kas van de opkweek

De opkweek vond in de 1^e proefperiode standaard plaats langs de zuidgevel naast aircokasjes. Dit was een vrij donkere kant als gevolg van schaduwwerking van de ernaast liggende kleine kasjes. Daarom is de opkweek in de 2^e proefperiode verplaatst naar een bassin aan de noordgevel van de kas. Bij de 1^e twee zaaidata is een vergelijking gemaakt tussen opkweek in het bassin naast de zuid- en noordgevel.

3.1.4.5 Verrood licht

Omdat de sla op de drijvers in het algemeen vrij compact bleef, is in de laatste teeltcycli oriënterend gekeken naar het effect van verrood op de groei van de sla. Boven de sla in één bassin is vanaf plantdatum 7 december een rij verrood lampen opgehangen met een lichtintensiteit van 14 µmol/m²/s. Dit is ongeveer 10% extra licht, maar door constructiedelen van de LED-armaturen was er ook zo'n 10% minder PAR-licht, dus de hoeveelheid PAR-licht was ongeveer gelijk aan de rest van de kas.

3.1.5 Metingen en waarnemingen

In dit onderzoek werden de volgende metingen en waarnemingen verricht:

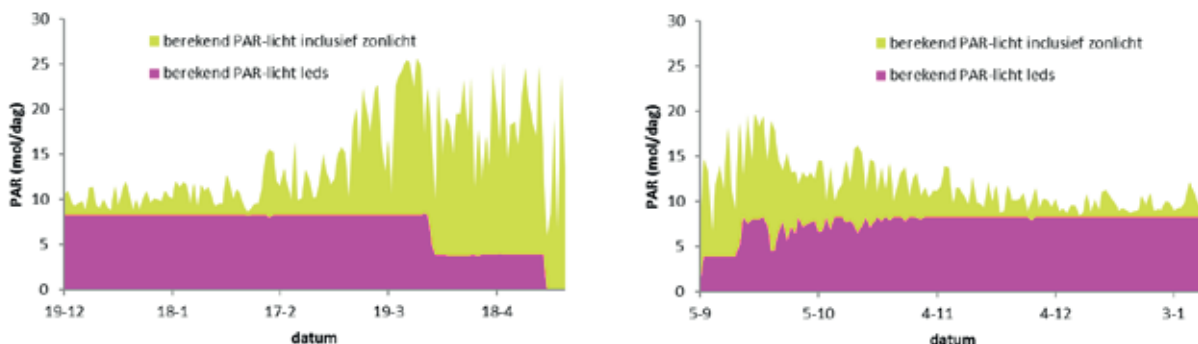
- Ca. 3 maal per week zijn de EC, pH en het O₂-gehalte in het water gemeten.
- Regelmatig is de voedingssamenstelling van het bassinwater geanalyseerd.
- Op 24 februari zijn in de middag fotosynthesemetingen bij de rassen Bartimer en Fairly met een Licor fotosynthesemeter uitgevoerd. De metingen werden verricht bij de volgende lichtstappen: 0, 50, 100, 150, 200, 350, 500, 750, 1000 en 1500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Door de fotosynthese bij toenemend licht te meten kon de fotosynthese-capaciteit worden bepaald.
- Om een indruk te verkrijgen van het microklimaat bij de kroppen zijn zowel in het voorjaar als het najaar tijdelijk digitale sensoren dicht tegenaan de kroppen geplaatst die de RV en temperatuur registreerden. De periode in het voorjaar was 13 maart t/m 19 maart en in het najaar 9 nov t/m 4 dec. In het najaar betrof dit de gehele periode van planten tot oogsten. De sensoren werden toen in drie naast elkaar liggende bassins geplaatst, waarvan het middelste bassin onder de leiding met hogedrukverneveling lag.
- Bij de oogst is altijd het gewicht van de kroppen gemeten. Verder zijn er rand- en rotwaarnemingen aan het geogoste product verricht.

3.2 Resultaten en discussie

3.2.1 Klimaat

3.2.1.1 Lichthoeveelheid

In Figuur 20 is de berekende PAR-lichtsom afkomstig van de lampen en de totale PAR-lichtsom (zonlicht + LED-licht) weergegeven.

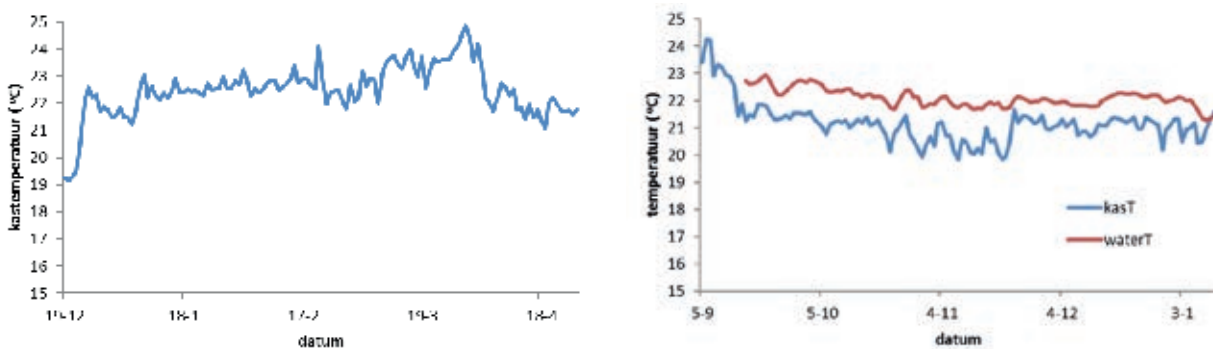


Figuur 20 De berekende PAR-lichtsom afkomstig van de lampen en totaal inclusief zonlicht weergegeven in de 1^e en 2^e proefperiode.

De gemiddelde PAR-lichtsom in de 1^e en 2^e proefperiode was resp. 13.2 en 11.5 mol/dag. Tijdens de groei van de sla in de 1^e proefperiode was in januari ca. 80% van het licht afkomstig van de LEDs en in april was dit ca. 20%. In de 2^e proefperiode bedroeg dit in september ongeveer 45% en in november en december lag dit rond de 85%. Gemiddeld over de gehele proefperiode was het aandeel van de LEDs in het PAR-licht zo'n 65%. Bedacht moet worden dat de lichttransmissie van deze kas met zo'n 50% relatief laag was. Dit werd mede veroorzaakt door de luchtslurf en LED-armaturen bovenin de kas.

3.2.1.2 Kas-, plant- en watertemperatuur

In Figuur 21 is voor beide periodes de gerealiseerde kasttemperatuur en in de 2^e periode ook de watertemperatuur weergegeven.



Figuur 21 De gerealiseerde kasttemperatuur en in de 2^e onderzoeksperiode zowel de kas- als watertemperatuur.

In Figuur 21 is goed te zien dat in de 2^e periode zowel de nagestreefde als de gerealiseerde kasttemperatuur lager waren dan in de 1^e periode. In de 1^e maanden van 2017 werd een gemiddelde etmaaltemperatuur nagestreefd van 23°C en in de laatste maanden van dat jaar was dit 21°C. De uiteindelijk gerealiseerde etmaaltemperatuur kwam in beide periodes uit op resp. 22.7 en 21.0°C.

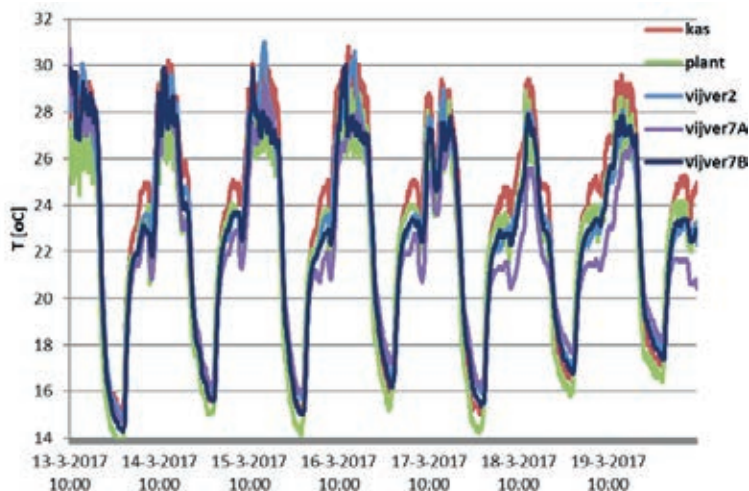
In de winter is in eerste instantie met een wat lagere temperatuur gestart. Omdat de slapplanten van met name het boterslaras Fairly toen bij de opkweek een sterke krulling van het blad vertoonden, was de gedachte dat de plant de geproduceerde assimilaten niet kon verwerken. Mede hierom zijn in overleg met de BCO eind december hogere temperaturen ingesteld.

Door meer invloed van de zon kwam de gerealiseerde temperatuur in de 2^e helft van maart tijdelijk wat hoger uit dan gewenst, waarna de klimaatinstellingen zijn gewijzigd. De watertemperatuur lag ruim 1°C boven de kasttemperatuur. Dit werd voornamelijk veroorzaakt door de warmte die door de recirculatiepomp werd geproduceerd.



Figuur 22 Vooral Fairly-planten vertoonden in de eerste zaaisels blad met omgekrulde randen.

In Figuur 23 zijn de resultaten van de temperatuurmetingen weergegeven van de kas en vlakbij de kroppen gedurende de periode van 13 maart tot en met 19 maart. De metingen vonden plaats in sla die gezaaid en geplant was op resp. 11 februari en 2 maart 2017.



Figuur 23 Het verloop van de kastemperatuur, de planttemperatuur gemeten met een infraroodmeter en de temperatuur gemeten met een digitale thermometer vlakbij 3 kroppen gedurende de periode van 13 maart tot en met 19 maart.

De temperaturen varieerden in deze periode van ongeveer 14 tot ca. 30°C. De planttemperatuur gemeten met de infraroodmeter was meestal wat lager dan de ruimtetemperatuur. Dit was het gevolg van de verdamping van het gewas en ook van de uitstraling. Met de digitale temperatuursensor werden vlakbij de kroppen eveneens lagere temperaturen gemeten. Opvallend is dat de temperatuur van meting 'vijver7A' tijdens de belichte periode wat lager was en gedurende de donkerperiode juist wat hoger dan de andere metingen. Dit kan niet goed worden verklaard.

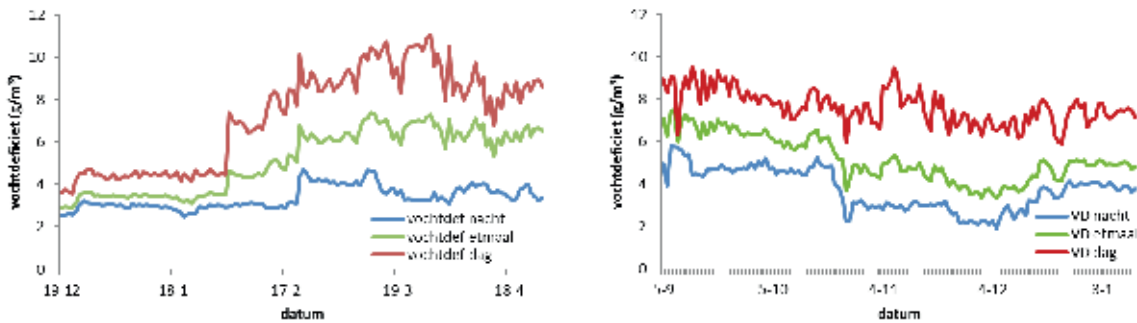
Tussen 9 november t/m 4 december zijn metingen verricht in de slakroppen die in het bassin direct onder de hogedruknevelleiding stonden en in de kroppen in de beide bassins aan weerszijden hiervan. In tegenstelling tot in maart bleek de kroptemperatuur juist gemiddeld 0.6 tot 0.8°C hoger te liggen dan de gemiddelde ruimtetemperatuur. Waarschijnlijk kan dit grotendeels verklaard worden uit een verschil in uitstraling in beide meetperiodes als gevolg van een verschil in schermuren.

3.2.1.3 CO₂

De gerealiseerde CO₂-concentratie kwam gedurende de dagperiode gemiddeld uit op zo'n 1100 ppm.

3.2.1.4 Luchtvochtigheid

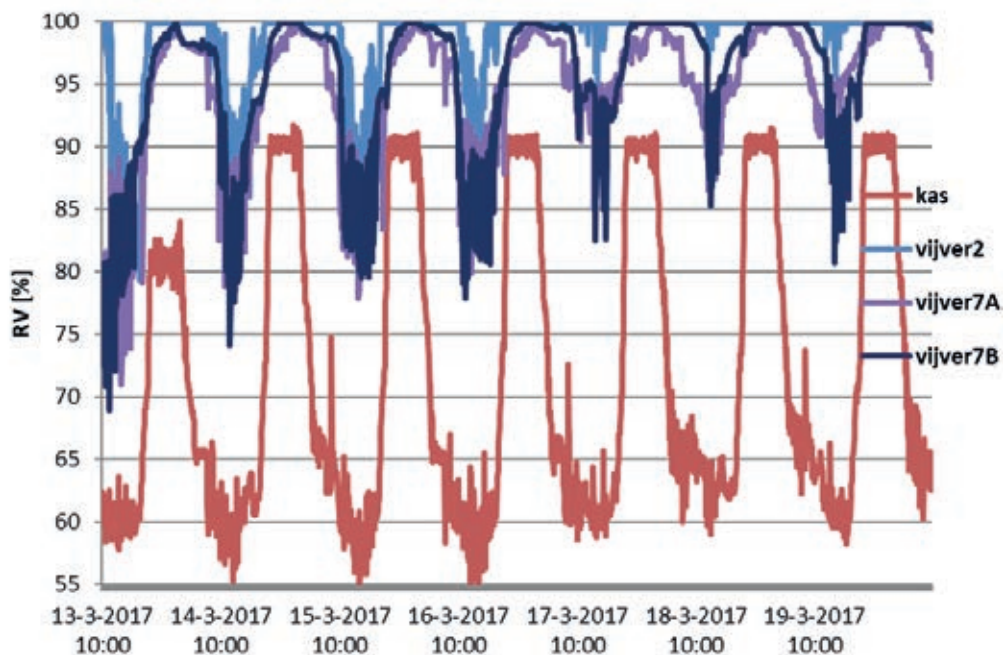
In Figuur 24 is het vochtdeficiet tijdens de dag, nacht en etmaal weergegeven.



Figuur 24 Het gerealiseerde vochtdeficiet in de eerste en 2^e periode per etmaal en tijdens de natuurlijke dag en nacht.

De streef-RV overdag was bij de start 80%, vanaf begin februari 60% en daarna is deze niet meer veranderd. De streef-RV in de donkerperiode is wel vaker gewijzigd (zie paragraaf 3.1.2), wat ook in de figuren is te zien. Vanaf 23 oktober is de RV verhoogd naar 95% en op 23 november zelfs naar 97%, omdat er t.a.v. rand positieve effecten waren te zien van een zeer vochtig klimaat (zie Paragraaf 3.2.6).

In Figuur 25 is de RV van de kas en vlakbij 3 slakroppen weergegeven.



Figuur 25 Het verloop van de RV van de kas en vlakbij 3 slakroppen gedurende de periode van 13 maart tot en met 19 maart. De metingen vonden plaats in sla gezaaid en geplant op resp. 11 februari en 2 maart.

Tussen de dag en de nacht zijn er in de grafiek duidelijke fluctuaties in RV zichtbaar. Op 14 maart is de RV in de nacht verhoogd van 80 naar 90%, wat goed in de meetresultaten van de kaslucht (en kroppen) is terug te zien. In de kroppen is er een duidelijke toename van de RV naarmate ze groter werden. De verschillen in RV tussen de dag en de nacht werden kleiner. De RV zit dan gedurende een langere periode tegenaan of op de 100%. De kroppen zaten aan het einde van de meetperiode dan ook in het oogstbare stadium. Er moet wel vermeld worden dat RV-metingen met een digitale sensor in het zeer hoge traject minder nauwkeurig zijn.

Zoals in Paragraaf 3.2.1.2 al is aangegeven, zijn er tussen 9 november t/m 4 december 2017 metingen verricht in de slakroppen die in het bassin direct onder de hogedruknevelleiding stonden en in de slakroppen in de bassins aan weerskanten van dit bassin. De RV bij de kroppen in het middelste bassin (onder de vernevelleiding) was gemiddeld 4 à 7% hoger dan in de kroppen in de beide ernaast liggende bassins. Dit geeft aan dat het vlakbij de kroppen onder de vernevelingsinstallatie duidelijk vochtiger is geweest.

3.2.2 Opkweekervaringen

In de eerste zaairondes zijn er wat problemen opgetreden met de wortelkwaliteit. De wortels waren niet altijd krachtig genoeg en aan de fijne kant. Soms ontbrak de hoofdwortel. De potten met planten werden in eerste instantie dagelijks besproeid met voedingsoplossing uit een bassin. Hierdoor bleven de substraatpotjes te vochtig en bleven de wortels teveel in het potje zitten. Later is het besproeien vervangen door de potjes frequent met een spuitstok met een fijne nevel te bevochtigen. Hierdoor werden de grondpotten minder vochtig en werden de planten gestimuleerd om een langere hoofdwortel te maken.

De pot leek uitdroogmomenten te moeten hebben, maar mocht daarbij niet geheel uitdrogen. De wortelvorming verbeterde in de volgende teeltrondes wel.

Het is aannemelijk dat de gehandhaafde hoge etmaaltemperatuur bij relatief weinig licht een wat negatieve invloed had op de sterkte en de lengte van de wortels. Vanaf maart was de wortelkwaliteit beter, maar dit had waarschijnlijk ook te maken met de toenemende lichtintensiteit.

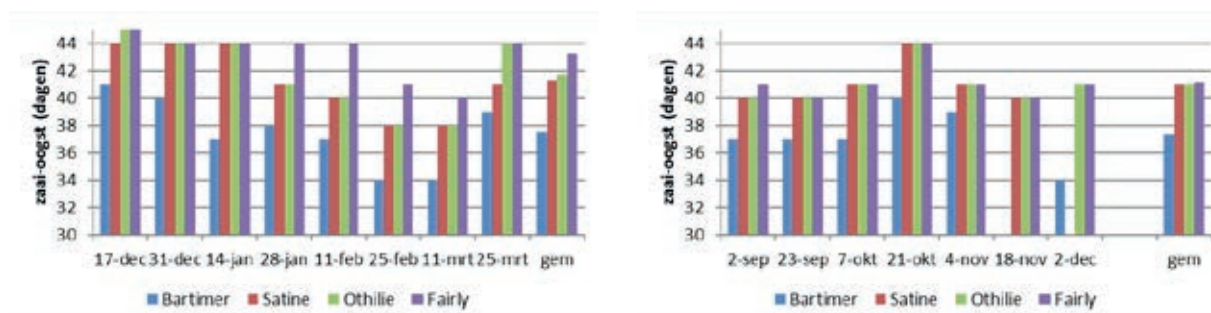
In de 2^e proefperiode was de wortelkwaliteit duidelijk beter dan in de eerste periode. Naast de verbeterde opkweek qua watergift heeft waarschijnlijk de gehandhaafde lagere etmaaltemperatuur (ca. 21 t.o.v. 23oC), hierop een positieve invloed gehad.

Tevens is de opkweek verplaatst van het bassin aan de zuidgevel naar het bassin aan de noordgevel met ca. 10% meer gemeten PAR-licht. In een proefje bleken de planten bij het overzetten inderdaad iets zwaarder te zijn, maar na overplaatsing op de einddrijvers had het geen duidelijk effect op het uiteindelijke oogstgewicht. Mogelijk speelden andere factoren een belangrijker rol bij de uitgroei van de sla op de einddrijvers.

3.2.3 Oogstwaarnemingen rassen per zaaidatum

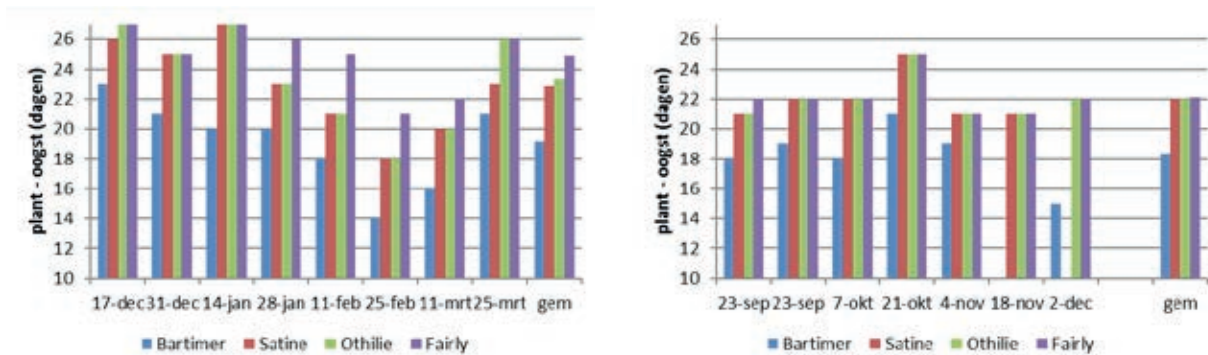
3.2.3.1 Groeiduur

In Figuur 26 en 27 is de groeiduur van de sla vanaf resp. zaai tot oogst en vanaf planten tot oogst weergegeven voor de verschillende zaaidata in de beide onderzoeksperioden.



Figuur 26 Totale groeiduur van zaaien tot oogsten van de 4 slarassen in de 1^e en 2^e onderzoeksperiode. De weergegeven data in de figuren zijn de zaaidata.

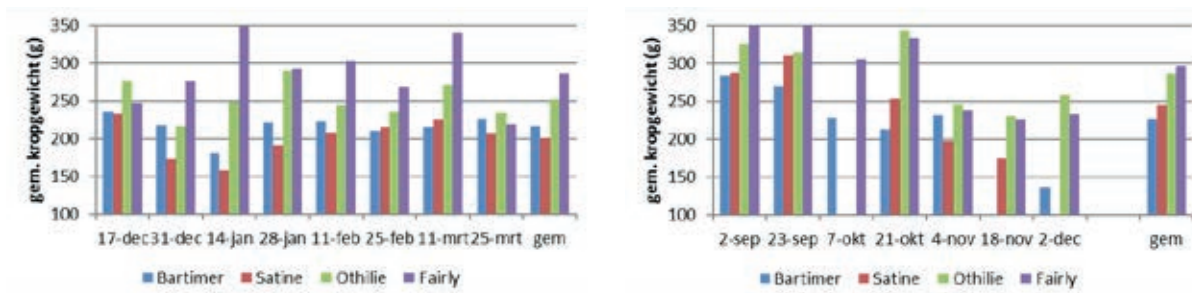
De gemiddelde periode van zaaien tot oogst was in de 1^e en 2^e periode resp. 41 en 40 dagen. Bartimer was met 37 à 38 dagen het snelst oogstbaar en bij Fairly duurde het met name in het voorjaar wat langer (43 dagen). Dat betekent dat er vanaf zaaien gerekend, de sla meestal al binnen de 6 weken kon worden geoogst!



Figuur 27 Groeiduur van planten tot oogst van de 4 slarassen in de 1^e en 2^e onderzoeksperiode. De weergegeven data in de figuren zijn de zaaidata.

De periode tussen planten en oogst was gemiddeld in de 1^e en 2^e onderzoeksperiode resp. 23 en 21 dagen. Wederom was de groeiperiode bij Bartimer het kortst, namelijk 18 à 19 dagen en bij Fairly in het voorjaar met 25 dagen het langst. De sla was dus ca. 3 weken na het planten oogstbaar en dat is in vergelijking met de gangbare praktijk in deze periodes zeer snel. Normaal wordt er in de wintermaanden zonder belichting al gauw gerekend met een teeltperiode van planten tot oogsten van 3 maanden.

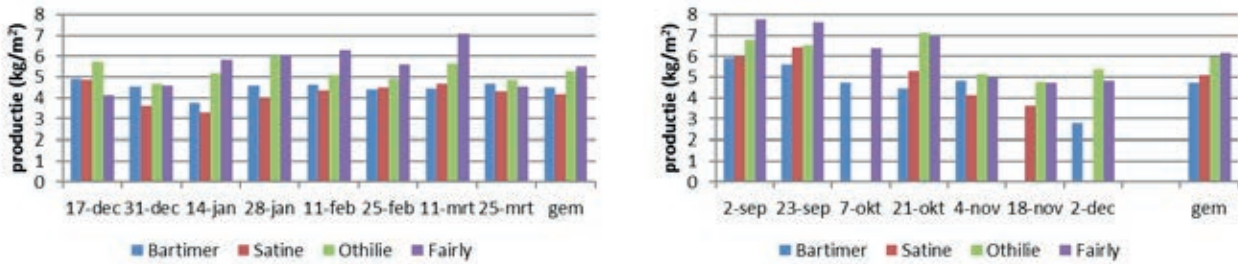
In Figuur 28 en 29 zijn resp. de kroggewichten en de producties per m² per ras weergegeven.



Figuur 28 Het gemiddelde kroggewicht in de 2 onderzoeksperiodes bij de 4 slarassen per zaaidatum weergegeven.

Het gemiddelde kroggewicht over alle rassen en zaaidata in de 1^e en 2^e periode van onderzoek was resp. 240 en 265 g per krop. Deze waren van Bartimer en Satine het laagst. Omdat het ras Bartimer het eerst oogstrijp was, is deze meestal ook het eerst geoogst. Satine is een rode sla en de groei verloopt bij rode rassen doorgaans trager dan van groene rassen door het lagere chlorofylgehalte. Ook was Satine nogal eens gevoelig voor het optreden van vroegtijdig rand, wat ook de groei ongetwijfeld heeft geremd. De kropen van het boterslaras Fairly waren veelal het zwaarst. Bij de zaaidata in september konden bij alle rassen zware kropen van prima kwaliteit worden geoogst.

N.B. Bij zaaidatum 7 oktober hadden Satine en Othilie een opvallend sterk achterblijvende groei, waarschijnlijk veroorzaakt door vrijkomende stoffen (weekmakers?) uit het vernieuwde folie in het betreffende bassin. Vanwege de sterk afwijkende waarden, zijn de kroggewichten van deze rassen uit de figuur gelaten. Bartimer en Fairly met dezelfde zaaidatum stonden in een ander bassin en vertoonden geen gereduceerde groei. Door de tijdelijk beperkte ruimte in de bassins moest de sla van resp. Bartimer en Satine van de laatste 2 zaaidata vroegtijdig worden geruimd en ontbreken deze cijfers in de figuur.

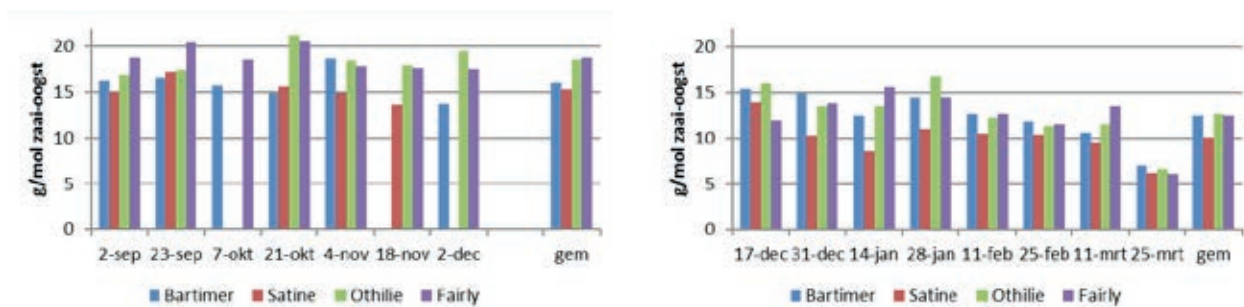


Figuur 29 Het totale oogstgewicht in kg/m² van de 4 rassen in beide onderzoeksperiodes per zaaidatum weergegeven.

Omdat de plantdichtheid tussen de rassen vrijwel steeds gelijk was, zijn dezelfde verschillen tussen de rassen te zien in het gemiddelde kroggewicht en het totale oogstgewicht per oppervlakte eenheid. Omdat Fairly op de 1^e 4 oogstdata iets ruimer was geplant, is het verschil in totaal gewicht per m² met Othilie wat kleiner dan bij het gewicht per krop. Gemiddeld was het geoogste gewicht per m² over de verschillende typen en zaaidata in de 1^e en 2^e periode resp. 4.9 en 5.5 kg/m².

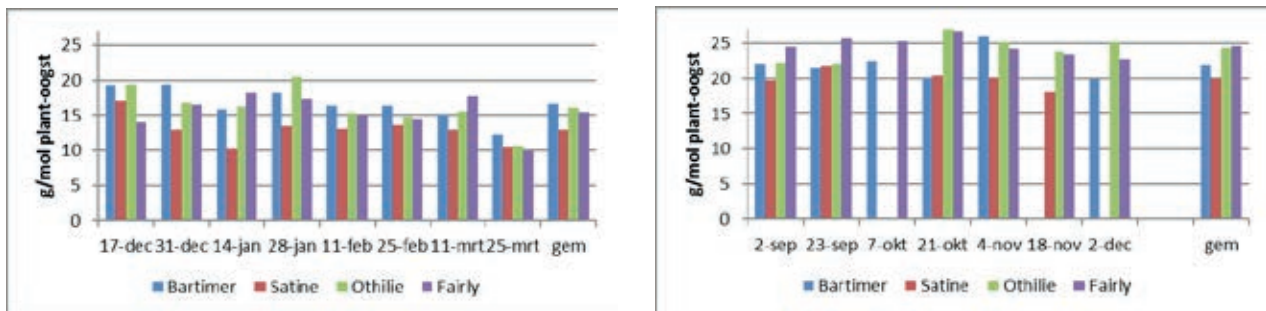
In het najaar was het oogstgewicht, ondanks de lagere hoeveelheid PAR-licht en lagere temperatuur tijdens de groei, dus hoger dan in het voorjaar. Dit betekent dat er duidelijke vooruitgang is geboekt in het optimaliseren van de teelt van de sla onder groeilicht bij hoge temperaturen. Wel traden er op verschillende data en rassen, met name bij Satine en Bartimer, enkele dagen na het overzetten van de zaai- naar de eindrijvers randproblemen op (zie ook Paragraaf 3.2.5).

In Figuur 30 en 31 is de berekende lichtbenuttingsefficiëntie ofwel de hoeveelheid groei per berekende mol PAR-licht resp. vanaf zaaien tot oogsten en vanaf planten tot oogsten weergegeven.



Figuur 30 De lichtbenuttingsefficiëntie vanaf zaaien tot oogsten in de twee onderzoeksperiodes, weergegeven per zaaidatum en ras.

De lichtbenuttingsefficiëntie was gemiddeld over alle typen/rassen en zaaidata in de 1^e en 2^e periode vanaf het zaaien tot de oogst resp. 11.9 en 17.1 g/mol. Dat betekent dat er hierin in de 2^e periode een duidelijke vooruitgang is geboekt. Mede door zijn rode pigmentkleur bleef het lollo rossatype Satine in beide periodes in efficiëntie wat achter. Dit ras was ook het meest gevoelig voor het ontstaan van rand na het overzetten van de planten. Het bataviaslatype Othilie en het boterslatype Fairly scoorden qua lichtbenuttingsefficiëntie in beide periodes ongeveer gelijk. De lichtbenuttingsefficiëntie van het lollo biondatype Bartimer was in de voorjaarsperiode gemiddeld wat beter en in de najaarsperiode wat minder dan van Othilie en Fairly.



Figuur 31 De berekende lichtbenuttingsefficiëntie vanaf planten tot oogsten in de twee onderzoeksperiodes, weergegeven per zaaidatum en ras.

De lichtbenuttingsefficiëntie gemiddeld over alle typen/rassen en zaaidata in de 1^e en 2^e onderzoeksperiode was vanaf het planten tot de oogst resp. 15.3 en 22.8 g/mol. Bij eenzelfde lichte-hoeveelheid was de groei van de slapplanten in de 2^e periode dus duidelijk beter dan in de 1^e periode.

Satine bleef in beide periodes wat achter in groei t.o.v. de andere slatypen. Othilie en Fairly hadden in beide periodes een ongeveer gelijke lichtbenuttingsefficiëntie.

3.2.4 Extra circuleren en beluchten van het water

In de eerste onderzoeksperiode is vanaf eind januari in de helft van de bassins het water 5 minuten per uur gerecirculeerd en in de andere helft van de bassins was dit slechts 5 minuten per dag. Door het water frequent te recirculeren, steeg het O₂-gehalte in het water met ca. 1.5 ppm en de watertemperatuur met ca. 0.5°C. Een duidelijk effect hiervan op het kropgewicht of kwaliteit kon echter niet worden waargenomen.

In de 2^e onderzoeksperiode (herfstperiode) is vanaf half oktober met aquariumpompjes lucht ingebracht en dit is vergeleken met een behandeling waarbij geen extra lucht aan het water werd toegediend. Met lucht inbrengen waren de wortels duidelijk langer en minder vertakt. Dit is mogelijk geen zuurstofeffect, maar komt waarschijnlijk door de continue beweging van het water. Er werden geen duidelijke verschillen in kleur van de wortels gezien.

Het effect van continu lucht inbrengen verhoogde het O₂-gehalte in het water met zo'n 2 ppm. Tegen de oogst kon het O₂-gehalte soms wel tot 1.5 à 2 ppm wegzakken. Het is bekend dat bij deze lage gehalten er een ander bacterieleven kan ontstaan.

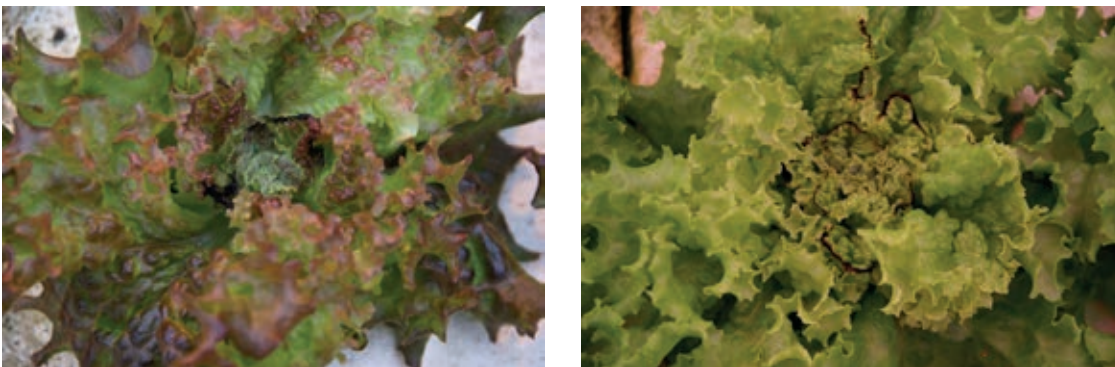
In de proeven bleek lucht toevoegen het kropgewicht te verhogen met 10 à 15%. In eerder onderzoek is echter geen effect gezien van lucht borrelen in het water op het kropgewicht of kleur van de wortels. Op het Dry Hydroponics systeem zullen wortels hoogstwaarschijnlijk niet zo snel zuurstofgebrek krijgen door de luchtkamers in de drijvers, maar als een soort verzekering is het aanbevelenswaardig om op de één of andere manier (circulatie of beluchten) wat lucht en dus zuurstof in het water te brengen.



Figuur 32 Met extra beluchten van het water werden de wortels langer.

3.2.5 Ontstaan van rand in vroeg stadium

Meerdere malen was het opgevallen dat er binnen een week na het overzetten van de planten van de zaai- naar de eindhijvers rand in de hartbladeren ontstond (zie Figuur 33). Dit was vooral bij Satine (lollo rosso) en in mindere mate bij Bartimer (lollo bionda) het geval. Dit is uiteraard ongewenst. Daarom is in de planting van 7 december een proefje uitgevoerd, waarbij één of twee stenen op de drijvers zijn gelegd en de sla wel of niet is bevochtigd. Hierdoor werden er verschillen gecreëerd in beschikbaarheid van vocht voor de plant.



Figuur 33 Vroeg ontstane rand in het hart van de planten, enkele dagen na overzetten van de planten op de eindhijvers bij resp. het ras Satine en Bartimer.

In Tabel 7 en 8 zijn de resultaten weergegeven van de verschillende behandelingen.

Tabel 7

Percentage slaplanten met rand bij de drie behandelingen, 4 en 6 dagen na het overzetten van de sla op 7 december van de zaai- naar de einddrijver, gemiddeld over 4 rassen.

| Behandeling | Na 4 dagen | Na 6 dagen |
|--|------------|------------|
| 1 steen op drijver + 4 dagen éénmaal per dag sla besproeien | 18 | 53 |
| 2 stenen op drijver + 4 dagen éénmaal per dag sla besproeien | 26 | 64 |
| 2 stenen op drijver + sla niet besproeien | 6 | 27 |

Uit de proef lijkt naar voren te komen dat een betere beschikbaarheid van water (2 stenen i.p.v. 1 steen) of reduceren van de verdamping (besproeien), het optreden van rand in een vroeg stadium bevordert. Bij alle rassen was min of meer dezelfde tendens te zien.

Op de zaaidrijvers staan de planten ongeveer 4 maal zo dicht op elkaar dan op de einddrijvers, waardoor er na het overzetten een vrij grote overgang is qua microklimaat. De binnenste bladeren zullen op de zaaidrijvers relatief weinig verdampt hebben, waardoor er in de bladcellen mogelijk te weinig calcium terecht is gekomen en zwakke cellen zijn ontstaan. Bij schokken in de vochttoestand van de plant, ofwel turgorschommelingen, kunnen er cellen van melksapvaten openbarsten. Hoogstwaarschijnlijk verliezen deze vaten, die voor afvoer van toxische stoffen zorgen, door het openbarsten hun functie en hopen er hierdoor giftige stoffen in de cellen op en sterven de cellen af (Vanhassel *et al.* 2014). Dat er meer schade optreedt als de potten meer contact maken met het water (2 stenen) en bij meer besproeien, lijkt erop te wijzen dat de (zwakke) cellen dan meer op spanning staan en daardoor eerder open kunnen barsten, er cellen sterven en rand ontstaat.

Tabel 8

Percentage slaplanten met rand bij 4 rassen, 4 en 6 dagen na het overzetten van de zaai- naar de einddrijver op 7 december, gemiddeld over de 'vocht'behandelingen.

| Ras | Na 4 dagen | Na 6 dagen |
|----------|------------|------------|
| Satine | 24 | 87 |
| Bartimer | 10 | 52 |
| Othilie | 3 | 16 |
| Fairly | 0 | 1 |

De aantasting was in de sla van deze plantdatum vooral bij Satine zeer ernstig en bij Fairly was deze verwaarloosbaar klein. Het type/ras heeft dus een grote invloed op het optreden van rand in dit vroege stadium.

Opvallend was dat in het bassin met verrode lampen erboven, er wat minder vroeg rand optrad dan in de ernaast liggende bassins zonder verrood licht. Wellicht heeft het verrode licht de verdamping extra gestimuleerd, waardoor de cellen van de melksapvaten van de hartblaadjes wat minder op spanning kwamen te staan en minder snel openbarstten.

3.2.6 Ontstaan van rand in laat stadium

Tijdens het onderzoek in de herfstperiode was het bij het boterslaras Fairly met zaaidatum 23 september (oogst begin november) opgevallen, dat de kroppen die direct onder de vernevelleiding groeiden, helemaal geen rand vertoonden. Dit in tegenstelling tot de kroppen in het bassin ernaast, die vrijwel allemaal randverschijnselen hadden. De rand was in een laat stadium in de kroppen gekomen. De slakroppen onder de vernevelleiding bleken bij de oogst duidelijk vochtiger te zijn. Mede omdat in de literatuur wordt vermeld dat rand verminderd kan worden door in de nacht een zeer hoge RV aan te houden (o.a. Vanhassel *et al.* 2014, 2015), is de streef-RV in de kas op 23 okt en 23 nov tussentijds verhoogd naar resp. 95 en 97% (zie ook Par. 3.2.1.4).

Met sla van zaaidatum 9 nov is nogmaals een proef opgezet, waarbij de vier slarassen die direct onder de verneveling stonden, zijn vergeleken met de sla op drijvers in het ernaast liggende bassin. Het bleek echter, dat bij oogst half december, er tussen de behandelingen weinig verschillen waren in het optreden van rand. Mogelijk is de sterke verhoging van de ingestelde RV tijdens de nacht van 80 naar 95% al voldoende geweest om rand in de laatste groeifase grotendeels te voorkomen.

Bij deze hoge RV's was er echter wel een grotere kans op het optreden van glazigheid, zeker bij de lage stralingsniveaus van de zon in deze periode. Zoals al eerder is vermeld, neemt bij de zeer hoge RV's van 95% en hoger, de meetnauwkeurigheid van de digitale RV-meting echter ook sterk af.



Figuur 34 Op een laat tijdstip ontstane randaantasting in botersla.

3.2.7 Verrood licht

Toepassing van verrood licht uitsluitend tijdens de opkweek bleek geen effect te hebben op de omvang van de jonge planten en er was ook geen na-effect te zien nadat de planten op de einddrijver waren gezet zonder verrood licht.

Als verrood licht werd gegeven in de fase na het planten was hiervan wel een duidelijke invloed zichtbaar. Met verrood hadden alle slatypen/rassen meer omvang (zie ook Figuur 36). Door meer kropomvang verbetert de vulling van de doos of het krat. De kropsla was bovenin minder gesloten, dus de kroppen waren meer open. Opvallend was dat ondanks de waarschijnlijk betere lichtopvang, het krogewicht met verrood bij alle slatypen gelijk was aan de behandeling zonder verrood. Dit komt overeen met de ervaringen van Philips. In de proef voelde het blad soms wel wat slapper aan, waardoor de houdbaarheid mogelijk zou kunnen worden verminderd. Er zijn echter geen houdbaarheidsproeven uitgevoerd. Het is bekend dat verrood zorgt voor meer celstrekking.



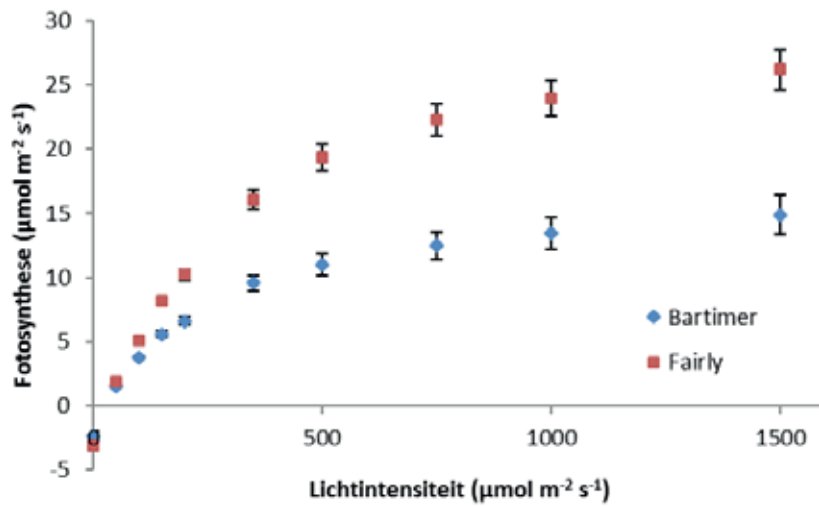
Figuur 35 Boven het rechtse bassin waren LED-armaturen met verrood geïnstalleerd. Deze waren aan één kant afgeschermd met zwart/wit folie om beïnvloeding van de sla in de andere bassins te voorkomen.



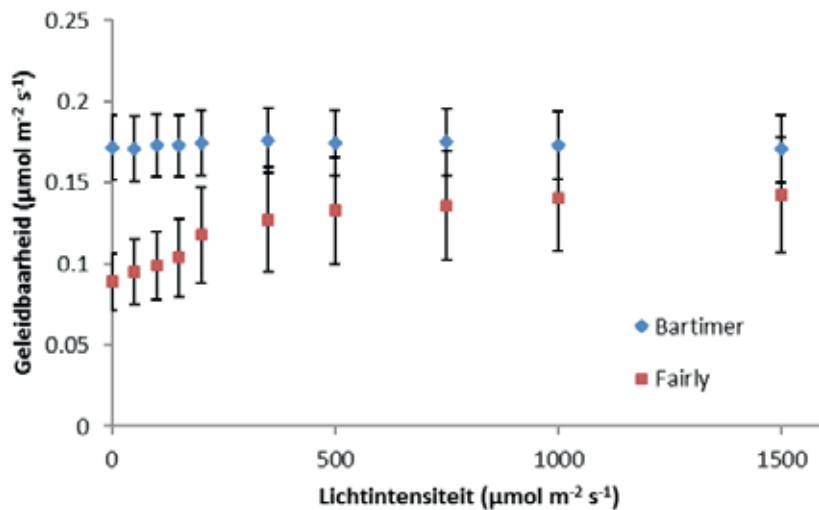
Figuur 36 Sla gegroeid zonder verrood in het linkse bassin en met verrood in het rechtse bassin. Met verrood licht hadden de kroppen meer omvang.

3.2.8 Fotosynthesemetingen

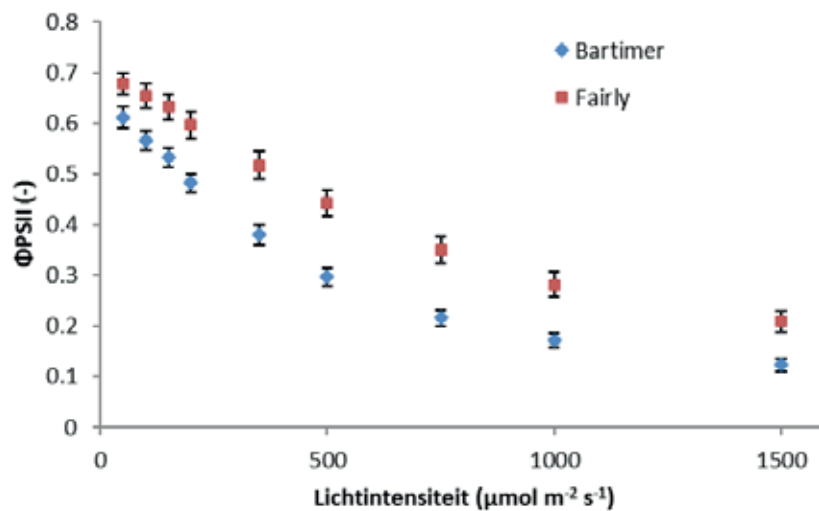
In Figuur 37 t/m 39 zijn de resultaten van de metingen van de fotosynthese en de huidmondjesgeleidbaarheid weergegeven.



Figuur 37 Fotosynthese bij de rassen Bartimer en Fairly gemeten bij verschillende lichtintensiteiten in februari. De CO_2 -concentratie was 1000 ppm.



Figuur 38 Gemeten geleidbaarheid van de huidmondjes bij de verschillende lichtintensiteiten.



Figuur 39 Efficiëntie van het fotosysteem 2 in het fotosyntheseapparaat bij verschillende lichtintensiteiten.

De fotosynthese van Fairly was 22-28% hoger dan van Bartimer, beginnend bij een intensiteit van 100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (zie Figuur 37). De oorzaak ligt niet in een lagere geleidbaarheid van de huidmondjes, want die is bij Bartimer minstens net zo hoog (zie Figuur 38). De lagere fotosynthese bij Bartimer wordt voornamelijk veroorzaakt door een lagere efficiëntie van fotosysteem 2 in het fotosyntheseapparaat (zie 39).

Bij de metingen leek het erop dat de fotosynthese aan het einde van de dag (later dan 16.00 uur) lager werd, maar er zijn te weinig metingen gedaan om dat goed te kunnen beoordelen.

3.2.9 Kostprijsberekening

Hieronder is een globale berekening van de kostprijs gemaakt voor sla geteeld op water in een glazenkas met LED-belichting, waarbij relatief hoge temperaturen en CO_2 -gehaltes worden aangehouden.

Op basis van het uitgevoerde onderzoek moet het mogelijk zijn om met deze teeltmethode 14.5 rondjes sla per jaar te telen. Bij 20.8 kroppen/ m^2 betekent dat er zo'n 300 kroppen per jaar kunnen worden geoogst. Hierbij is er rekening mee gehouden dat de planten op de zaaidrijvers dichter bij elkaar staan, waardoor de ruimtebenutting beter is. Volgens de KWIN van 2016-2017, kunnen er bij een grondteelt van zware sla per jaar 98 kroppen worden geoogst (Vermeulen, 2016). Dit betekent dat het aantal geoogste kroppen in de nieuwe teeltmethode 3 maal zo hoog ligt.

Tabel 9

Globale berekening van de jaarkosten in €/m² van een snelle slateelt op water met hoge temperaturen, hoge CO₂-gehaltes en LED-licht op basis van 14.5 rondjes sla per jaar.

| Kostenpost | Jaarkosten/m ² |
|--|---------------------------|
| Arbeid | 30.22 |
| Mest- en gewasbescherming | 11.07 |
| Fust en verpakking | 5.13 |
| Plantmateriaal | 9.59 |
| Algemene kosten | 2.00 |
| Belichting ¹⁾ | 6.00 |
| Duurzame productiemiddelen ²⁾ | 15.60 |
| Teeltsysteem ³⁾ | 10.00 |
| Warmte ⁴⁾ | 7.82 |
| Elektriciteit ⁵⁾ | 18.29 |
| Totaal | 115.71 |

¹⁾ 5% rente, onderhoud en afschrijving

²⁾ groentekas met recirculatie, 5% rente, onderhoud en afschrijving

³⁾ 5% rente, onderhoud en afschrijving

⁴⁾ 36 m³/m²

⁵⁾ zonder WKK

De berekende kostprijs per krop komt uit op 0.38 €ct. Volgens de KWIN (Vermeulen, 2016) komt de kostprijs voor zware sla geteeld in grond uit op 0.35 €ct. De kostprijs van een snelle teelt op water benadert dus die van de grondteelt in de kas.

Het probleem van rand in een vroeg en laat stadium moet dan echter worden opgelost. Gezien de gevonden rasverschillen in dit onderzoek, moeten er hierin via de veredeling grote stappen kunnen worden gezet.

4 Literatuur

Vanhassel, P., P. Bleyaert, J. Van Lommel, I. Vandevelde, S. Crappé, M.-C. Van Labeke, J. Hanssens en K. Steppe, 2014.

Droge lucht vermijden en klimaat stabiel houden zijn de belangrijkste maatregelen voor randpreventie in kropsla. Proeftuinnieuws, 4 april 2014, p. 30-33.

Vanhassel, P., P. Bleyaert, J. Van Lommel, I. Vandevelde, S. Crappé, N. Van Hese, J. Hanssens, K. Steppe en M.-C. Van Labeke, 2015.

Rise of nightly air humidity as a measure for tipburn prevention in hydroponic cultivation of butterhead lettuce. Acta Hort. 1107: 195-201.

Vermeulen, P., 2016.

Kwantitatieve informatie voor de glastuinbouw 2016-2017: kengetallen voor groenten, snijbloemen, pot- en perkplanten teelten. Wageningen UR Glastuinbouw, Rapport 5121, 330 p.

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-813

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.