Aardbei fossielvrij jaarrond: effecten van dagverlenging met rood licht en temperatuur op dormancy en trosinductie

Juli 2024

D.I. Ruiter en G. Trouwborst

Aardbei fossielvrij jaarrond: effecten van dagverlenging met rood licht en temperatuur op dormancy en trosinductie

Juli 2024

D.I. Ruiter en G. Trouwborst

Plant Lighting B.V.
Doordraai 1
3981 PE Bunnik
info@plantlighting.nl
www.plantlighting.nl

REFERAAT

D.I. Ruiter, G. Trouwborst. 2024. Aardbei fossielvrij jaarrond: effecten van dagverlenging met rood licht en temperatuur op dormancy en trosinductie. Plant Lighting B.V. Bunnik. 68p.

© 2024 Plant Lighting B.V.

Dit rapport is tot stand gekomen in samenwerking met het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Glastuinbouw Nederland in het kader van het programma Kas als Energiebron, ter stimulering van energiebesparende maatregelen in de tuinbouw. Het onderzoek is mede te danken aan de Stichting Kennis in je Kas en is mede mogelijk gemaakt door bijdragen vanuit Stichting Aardbei Onderzoek, Plant Sciences en Fresh Forward. De resultaten mogen vrij gebruikt worden, mits de bronnen worden vermeld.

Plant Lighting B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen als gevolg van gebruik van gegevens uit dit rapport.

Inhoudsopgave

SAMENVATTING 5

DANKWOORD 7

1 INLEIDING 8
1.1 Denkkader Fossielvrije jaarrondteelt aardbei 8
1.2 Probleemstelling onderzoek 9
1.3 Doelen en leeswijzer 10

2 MATERIAAL EN METHODEN 11
2.1 Plantmateriaal 11
2.2 Tijdlijn 13
2.3 Behandelingen 13
2.4 Klimaat 16
2.5 Gewasverzorging 18
2.6 Metingen 19

3 RESULTATEN SONSATION 21
3.1 Plantopbouw 21
3.2 Bloemonderzoek 24
3.3 Conclusies Sonsation 26

4 RESULTATEN FANDANGO 27
4.1 Plantopbouw (vegetatief) 27
4.2 Trosinductie, plantbelasting en oogst 32
4.3 Eindoogst 35
4.4 Conclusies Fandango 37

5 RESULTATEN INSPIRE 39
5.1 Plantopbouw (vegetatief) 39
5.2 Trosinductie, plantbelasting en oogst 44
5.3 Eindoogst 46
5.4 Bloemonderzoek 49
5.5 Conclusies Inspire 52

6 ALGEMENE CONCLUSIES EN DISCUSSIE 54
6.1 Conclusies 54
6.2 Algemene discussie 55
6.3 Slotbeschouwing 60

REFERENTIES 62

BIJLAGEN 63

Samenvatting

Omdat aardbei een relatief koele teelt is, is het een kansrijk gewas om op termijn jaarrond fossielvrij in Nederland geteeld te kunnen worden. Hiervoor zal de elektra voor belichting zo efficiënt mogelijk moeten worden benut voor productie en de energie voor warmte moeten worden geminimaliseerd. Belichtende telers werken vaak met drie tot vier opvolgende plantingen per jaar, waarbij gedurende meerdere startperiodes van vegetatieve groei warmte en belichting niet optimaal wordt benut. Ook wordt er zo koel mogelijk geteeld om oogstpieken zo veel mogelijk te spreiden. Etmalen van 13°C zijn dan niet ongewoon. Nachtelijk energieverlies is binnen deze teeltwijze dus zelfs gewenst. Kortom een logische teeltwijze vanuit het huidige perspectief van een teler, maar wel één die haaks staat op de centrale gedachte van Het Nieuwe Telen om zo min mogelijk energie te verliezen. Het benutten van alle energie voor productie zou beter aansluiten bij de energietransitie van de glastuinbouw.

Een jaarrond teelt met maar één planting per jaar zou betekenen dat slechts gedurende één periode per jaar een vegetatief gewas belicht en verwarmd hoeft worden. Om dit doel te bereiken en een continue oogst te realiseren, is een overgang naar inducerend telen noodzakelijk. De uitdagingen van een inducerende teelt bij aardbei zijn het goed kunnen controleren van strekking van bladeren, doorlopende aanleg van trossen, controle over het aantal trossen, en het voorkomen van dormancy (winterrust). Voor doorlopende trosinductie is voor junidragers een korte daglengte vereist, terwijl een lange dag nodig is om (diepe) dormancy te vermijden. Daarnaast speelt ook temperatuur een rol bij het reguleren van dormancy. Het hoofddoel van dit project was het onderzoeken van het effect van dagverlenging met rood licht bij twee planttemperaturen op het voorkomen van dormancy terwijl trosinductie behouden blijft.

De proef werd uitgevoerd met de verse low chill junidragers Inspire en Fandango en duurde in totaal 25 weken. De eerste 3 weken bestonden uit een trayveldsimulatie (inductiefase). De eerste 11 weken stond ook nog de high chill junidrager Sonsation in de proef. Er werden zes behandelingen toegepast waarbij verschillende methoden van dagverlenging en planttemperaturen werden gevarieerd, waaronder dagverlenging met rood stuurlicht, rood assimilatielicht of cyclische belichting, en planttemperaturen van 15°C of 18°C. De standaarddaglengte bedroeg 13 uur licht per dag, maar werd bij bepaalde behandelingen verlengd met rood licht tot 18 uur licht per dag. Het effect van deze behandelingen werd geanalyseerd door middel van voortdurende metingen aan strekking, trosinductie, plantbelasting en oogst.

De drie getoetste junidragers reageerden verschillend op de behandelingen, waardoor in dit rapport de resultaten en conclusies afzonderlijk per soort zijn behandeld. Voor Sonsation, die na de drie weken inductie nog 8 weken behandeling meekreeg, werden er visueel nog geen trossen waargenomen. Daarom is het stadium van inductie via bloemonderzoek achterhaald. Opvallend was dat waar in eerdere proeven bij Plant Lighting dagverlenging met rood licht

succesvol was in het vermijden van dormancy-kenmerken en behoud van trosinductie, bleek dat dagverlenging rood licht in dit geval wel degelijk de inductie had verstoord. Er bestaat dus een mogelijke interactie met het effect van dagverlenging rood licht op de uitgangspositie van het startmateriaal.

Voor Fandango bleek dat dagverlenging met rood stuurlicht bij een basis daglengte van 13 uur essentieel was voor strekking en vermijden van dormancy. Bovendien was de gewasgroei, ontwikkeling en productie beter bij een planttemperatuur van 18°C vergeleken met 15°C. Echter, de vruchtproductie bleef over het algemeen erg laag. Bij Inspire werden onder alle proefomstandigheden verbazingwekkend genoeg geen dormancy-verschijnselen waargenomen. Het behouden van trosinductie bleek wel een uitdaging, waarbij een lagere planttemperatuur en de afwezigheid van dagverlenging met rood licht succesvoller waren.

Na meerdere jaren van onderzoek door Delphy ISFC en Plant Lighting lijkt de voorgestelde jaarrond teeltwijze tot op heden nog niet succesvol genoeg voor risicovrije implementatie door telers. Toch krijgen we een steeds beter begrip van de processen die trosinductie en dormancy van aardbei reguleren. Dit onderzoek heeft ook geleid tot nieuwe hypothesen, waaronder vermoedelijke interacties tussen de mate van generativiteit van het startmateriaal en dagverlenging met rood licht. Gezien de potentie van een succesvolle inducerende teelt voor aanzienlijke energiebesparingen, moet naast plantfysiologisch onderzoek ook ingezet worden op veredeling van rassen waar dormancy en trosinductie beter in stuurbaar zijn.

Dankwoord

Dit onderzoeksproject staat in een onderzoekslijn van Delphy ISFC en Plant Lighting waarin stapsgewijs gewerkt wordt aan een fossielvrije jaarrondteelt aardbei met één planting. Dit project is ondersteund door het programma 'Kas als Energiebron', gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Glastuinbouw Nederland en mede gefinancierd door Stichting Aardbei Onderzoek, Plant Sciences en Fresh Forward.

We willen de volgende personen/organisaties hartelijk bedanken voor hun bijdrage:

- Alle financiers voor hun financiële bijdrage.
- Van der Avoird Trayplant voor het geleverde plantgoed.
- De BCO "aardbei stuurlicht" dank voor de bijdrage in de BCO: Peter van de Eertwegh (Brookberries), Peer Hermans en Erik Stappers (Signify), Robin Stolk (Van der Avoird Trayplant), Rob van Enckevoort (Peelkroon), Rob van Leijsen en Rob van der Wouw (Jong Fruit), Timothy Mies, Martijn van Oers en Peter Herijgers (van Oers Fruit), Boudewijn van der Wal (Dutch Berries), Robert van Meer (De Ruwenberg), Jan van Genderen en Eric Gerichhausen (Royal Berry), Wil Beekers (Berryworld), Arno Loos (kwekerij Loos), Adrie Biemans (Genson), Guus Cox (Cox aardbeien), Klaas de Jager (The Greenery), Lilian van Rijn (kwekerij Rijnland), Jan Robben (Flevoberry), Ruud Venner en Thijs van Dijk (Fresh-forward) Juul Franssen (Plant Sciences) en Vera Theelen (Delphy ISFC).
- De teeltadviseurs Bart Jongenelen en Remco van Endschot van Delphy voor jullie rol bij de teeltbegeleiding en het bloemonderzoek bij start van de proef.
- Toon Melis hartelijk dank voor het uitgevoerde bloemonderzoek bij de beëindiging van het onderzoek.
- Wilmar Kunz (Plant Lighting) voor het uitvoeren van de teelt.
- Henny van Gurp danken we voor het coördineren van de BCO's.
- Als laatste willen we de onderzoekscoördinatoren Robert Solleveld, Dennis Medema (Glastuinbouw Nederland) en Marjolijn Valkenhoef (LNV) van het programma Kas als Energiebron bedanken voor hun steun bij de totstandkoming en de uitvoering van dit project.

Juli 2024,

Sander Hogewoning

1 Inleiding

1.1 Denkkader Fossielvrije jaarrondteelt aardbei

Aardbei is een belangrijk tuinbouwgewas. Vroeger was er vooral seizoensteelt, maar de vraag naar jaarrond goede kwaliteit aardbeien groeit sterk. In 10 jaar tijd is het areaal onder glas verdubbeld. Het areaal is in 2020 op 450 hectare onder glas geschat en de verwachting is dat het in 2030 zelfs rond de 800 hectare zal liggen. Kwantitatief gezien is aardbei dus een productgroep van formaat.

In het grootste deel van het areaal onder glas vindt nu nog onbelichte doorteelt plaats. Dat wil zeggen, planting van een gekoelde junidrager aan het eind van de zomer, vervolgens een productiepiek in het najaar, daarna een 'koude' kas in de winter, en in het voorjaar een tweede productiegolf. Hierna is er nog ruimte voor een korte zomerteelt met een doordrager. De onbelichte doorteelt produceert dus niet jaarrond. Vanwege jaarrond vraag uit de markt is het areaal belichte winterteelt groeiende. Belichtende telers werken vaak met 3 tot 4 opvolgende plantingen per jaar. In beide gevallen (belicht en onbelicht) kenmerkt de teelt van de gekoelde junidrager zich door eerst een relatief lange periode van vegetatieve ontwikkeling en vervolgens vruchtdracht. Een oogstpiek is hierbij onvermijdelijk. Om de oogstpiek nog zoveel mogelijk te spreiden, wordt zo koel mogelijk geteeld. Etmalen van 13°C zijn niet ongewoon. Nachtelijk energieverlies is binnen deze teeltwijze dus zelfs gewenst. Kortom een logische teeltwijze vanuit het huidige perspectief van een teler, maar wel één die haaks staat op de centrale gedachte van Het Nieuwe Telen (HNT). Het benutten van alle energie voor productie zou beter aansluiten bij de energietransitie van de glastuinbouw.

Omdat aardbei een relatief koele teelt is, is het een kansrijk gewas om op termijn fossielvrij in Nederland geteeld te kunnen worden. Voor een rendabele jaarrond teelt moet elektra voor belichting wel worden geminimaliseerd en zo efficiënt mogelijk worden benut voor productie. Doortelen met maar één planting per jaar waarbij vegetatieve en generatieve ontwikkeling in balans is—net zoals bij tomaat—zou een belangrijke stap vooruit zijn voor de belichte jaarrondteelt. Dan hoeft er maar één periode per jaar een vegetatief gewas te worden belicht en verwarmd. Hierdoor gaat minder kostbaar licht verloren vanwege de lagere lichtonderschepping tijdens de gewasopbouwfase. De jaarrond hogere lichtonderschepping verhoogt de potentiële productie aanzienlijk. Bovendien kent de hier voorgestelde teeltwijze met productie in balans niet meer de noodzaak om de kas zo snel mogelijk te koelen in de nacht. Er kan daardoor geteeld worden volgens de principes van HNT met maximale benutting van de zonnewarmte en minimalisatie van het nachtelijke energieverlies door isolatie met schermen. Dit verlaagt de carbon-footprint van de in de winter geproduceerde aardbei.

Om dit doel te bereiken en continu te kunnen blijven oogsten, zal men naar 'inducerend telen' toe moeten, waardoor een plant net als in de tomatenteelt een continue vruchtdracht heeft. Deze strategie wordt nog niet in de praktijk toegepast en is in ontwikkeling met steun van Kas als Energiebron en telers. Na een aantal jaren onderzoek hiernaar door Plant Lighting en Delphy ISFC zijn er inmiddels belangrijke stappen gezet. Onderstaand wordt dit verder toegelicht en aangegeven waar nog belemmeringen liggen.

1.2 Probleemstelling onderzoek

Een jaarrond teelt met hoge lichtonderschepping en een continue productie is mogelijk als de strekking van bladeren, de aanleg van trossen, en het voorkomen van winterrust (dormancy) goed gecontroleerd kunnen worden. Eerder onderzoek bij Plant Lighting en Delphy heeft de beste resultaten laten zien met junidragers. Het blijkt dat er voor tros-inducerend telen met een verse junidrager in eerste instantie tussen twee klippen door gezeild moet worden:
(1) Voldoende korte daglengte om trosinductie te verkrijgen.
(2) Voldoende lange daglengte en temperatuur om (beginnende) dormancy te vermijden.

Resultaten uit de proeven van Plant Lighting en Delphy suggereren dat bij een daglengte van 14 uur, waarbij nog wel trosinductie kan plaatsvinden, al beginnende dormancy op kan treden (o.a. achterblijvende gewasstrekking). Waarschijnlijk heeft dit ook te maken met het stekmateriaal dat buiten op het trayveld geteeld wordt. Door de afnemende natuurlijke daglengte en temperatuur in september kan er mogelijk al dormancy-inductie plaats vinden. Als dormancy dan doorzet, is de jaarrondteelt bedorven. Proeven in klimaatcellen (Trouwborst *et al.* 2023) hebben laten zien dat door op de juiste momenten van de dag te sturen met het juiste lichtspectrum, het kan lukken om een junidrager goed te laten strekken en trosinductie te behouden bij een lange-dag (18 uur). De achterblijvende strekking onder kortere dagen was waarschijnlijk een symptoom van dormancy. Door gedurende de dag van lichtspectrum te veranderen wordt het gewas als het ware misleid, waardoor de trosaanleg ook bij lange dag doorgaat (dus tros-inducerend telen). Dat is heel hoopgevend.

Als de eerste twee klippen zijn ontweken, doemt er een derde klip op: de assimilatenbalans. Als er een lichtoverschot is (overschot aan source) in de vegetatieve beginfase, gaan planten gemakkelijk uitstoelen (ontwikkeling zijneuzen). Iets later geeft dit gelijktijdige trosuitloop van al die 'zijneuzen' waardoor de sinksterkte te hoog oploopt en een productiepiek ontstaat. Hierdoor komt de plant tot stilstand en volgt een productiedal. Zo blijven pieken en dalen elkaar opvolgen en blijft het gewas uit balans. Overigens heeft iedere klip rasafhankelijke grenzen.

In het hier beschreven onderzoek hebben we getoetst of we de 2^{e} en 3^{e} klip kunnen omzeilen, door middel van temperatuur en dagverlenging met rood licht en daardoor jaarrond, tros-inducerend en in balans aardbei kunnen telen. Dit is een belangrijke hindernis die genomen moet worden om deze nieuwe benadering voor een veel efficiëntere jaarrond belichte aardbeienteelt mogelijk te maken. Ook voor onbelichte teelten is het van belang om te kunnen

sturen op het verhinderen of uitstellen van dormancy. Door bloei, strekking (lichtonderschepping) en dormancy goed onder controle te krijgen, kunnen warmte en licht veel efficiënter benut worden, wat bijdraagt aan een duurzamere aardbeienteelt onder glas.

1.3 Doelen en leeswijzer

Het hoofddoel van deze lijn van onderzoek is: een succesvolle jaarrond-teelt van aardbei mogelijk maken met slechts 1 planting per jaar. Dit leidt tot een veel energie-efficiëntere teelt dan de huidige jaarrond belichte kasteelt. Deze aanpak past in de ontwikkeling richting een jaarrond fossielvrije aardbeienteelt. Omdat aardbei een relatief koele teelt is, is het uiteindelijke fossielvrije doel binnen handbereik als het lukt dormancy te vermijden en in balans te telen. Door in de winter met een lange daglengte (18 uur) en een beperkte intensiteit full-LED te belichten, blijft de elektravraag acceptabel (lager dan 100kWh/m²) en de aanvullende warmtevraag zal dalen van rond de 15m³/m² gas in de huidige teeltwijze naar (ruim) onder de 10 m³/m² gas (>30% besparing; Trouwborst *et al.* 2024).

Om het bovenstaand energiedoel te verwezenlijken willen we met proeven aantonen dat trosinductie (klip 1) succesvol van dormancy (klip 2) gescheiden kan worden, en in balans geteeld kan worden (klip 3). Het doel van dit deel-onderzoek is om de benodigde kennis te leveren om de belemmering voor een energiezuinigere jaarrondteelt van aardbei weg te nemen. De inzichten uit dit onderzoek zijn niet alleen voor de belichte teelt van belang, maar ook voor de onbelichte doorteelt onder glas, waar het voorkomen of uitstellen van dormancy erg belangrijk is. Het areaal onbelichte doorteelt is (nu nog) veel groter dan het areaal belichte aardbeienteelt.

Leeswijzer:
Hoofdstuk 2 bevat de materiaal en methoden van deze proef. Hoofdstuk 3, 4 en 5 bevat respectievelijk de resultaten van de rassen Sonsation, Fandango en Inspire. Hoofdstuk 6 bevat de algemene conclusie, discussie en de slotbeschouwing.

2 Materiaal en methoden

2.1 Plantmateriaal

Het plantmateriaal van Sonsation, Fandango en Inspire werd opgekweekt bij Van der Avoird Trayplant in week 23-28, 2023. De onbewortelde stekken zijn maandag 5 juni (week 23) geplant in de kas onder natuurlijke daglengte en de eerste 5-10 dagen frequent beregend om de beworteling te bespoedigen. De planten werden opgekweekt in minitrays (tray van 20 bij 60cm; 16 gaats; 135cc). Tabel 1 geeft een samenvatting van de etmaaltemperaturen gedurende de 5 weken opkweek.

Tabel 1. Etmaalgemiddelde van de temperatuur per week en aangetikte minimale en maximale temperaturen.

Week	Etmaaltemperatuur (°C)	Minimumtemperatuur (°C)	Maximumtemperatuur (°C)
23	24.0	11.2	36.7
24	24.8	13.4	37.4
25	24.7	14.1	37.4
26	22.0	11.6	36.2
27	22.8	11.6	39.1
28	22.4	13.5	35.3

Op 12 juli (week 28) zijn de planten opgehaald bij Van der Avoird en is de inductiefase gestart bij Plant Lighting. Bij aankomst zijn de planten 'opgeschoond': dood blad en ranken verwijderd. Het startmateriaal bevatte veel ranken: respectievelijk 2-3 bij Sonsation, 1-2 bij Fandango en rond de 2 per plant bij Inspire (Foto 1). De inductiefase duurde 3 weken met een daglengte van 10 uur (7:00-17:00 uur; Foto 2). Volgens Toon Melis zou rond september 9 dagen verduistering in principe voldoende moeten zijn (Pers med). De etmaaltemperatuur was 19.1°C (23°C/17°C dag/nacht). Gedurende die drie weken zijn er nog volop ranken verwijderd. Er is dus geteeld met vers plantmateriaal (geen toepassing koelfase).

Foto 1. Plantmateriaal bij aankomst, afhankelijk van het ras 1-3 ranken per plant. Op de foto staat Sonsation.

Foto 2. Planten ingezet in de inductiefase gedurende week 28-31 bij Plant Lighting te Bunnik. De daglengte liep van 7:00-17:00 bij een etmaaltemperatuur van 19.1°C. Uiterst links en rechts staat Sonsation. In het midden staat Inspire. Een tweede klimaatcabine had dezelfde opstelling met Fandango in het midden.

Op 2 augustus 2023 (week 31) ging de proef van start. Per ras zijn er 70 uit ~130 zo uniform mogelijke planten geselecteerd op grootte en zo uniform mogelijk aantal bladeren. Hiervan werden 60 planten uitgeplant in standaard 18L containers van 1m lengte (10 planten per strekkende meter). (Foto 3; NB strekkende meter is ook vierkante meter omdat de klimaatcabines 2m^2 groot zijn: 1.6m*1.2m). Het substraat was een standaard doorteeltmix zonder perliet. De proef werd beëindigd op 4 januari 2024. De overige 10 planten van de selectie bij start van de proef zijn onderzocht op de aanwezigheid van trossen door middel van bloemonderzoek (Bijlage 2).

Foto 3. Stekken van Fandango (links), Sonsation (midden) en Inspire (rechts) zoals geplant in de zes klimaatcabines (2m^2) bij de start van de proef. Per behandeling waren er van alle drie de rassen per strekkende meter 10 stekken geplant.

2.2 Tijdlijn

Het plantmateriaal voor de proef werd in week 23 gestekt. De klimaatcel-proef liep van week 28 2023 tot week 1 2024 (Tabel 2) bij Plant Lighting. De eerste drie weken dat de planten in de klimaatcel stonden werd een trayveldsimulatie met verduistering naar 10 uur daglengte gegeven waarbij de gemiddelde buitentemperatuur van week 33-35 is gesimuleerd. Daarna gingen de verschillende behandelingen van start. Tijdens de proef werden de natuurlijke zonlicht uren van de kalenderweken 36-51 gesimuleerd, om zo het verloop van het najaar na te bootsen. In het verdere rapport worden alleen de gesimuleerde weeknummers gehanteerd.

Tabel 2. Tijdlijn proef met daarin de belangrijkste acties. NB in het verdere rapport worden alleen de gesimuleerde weeknummers gehanteerd.

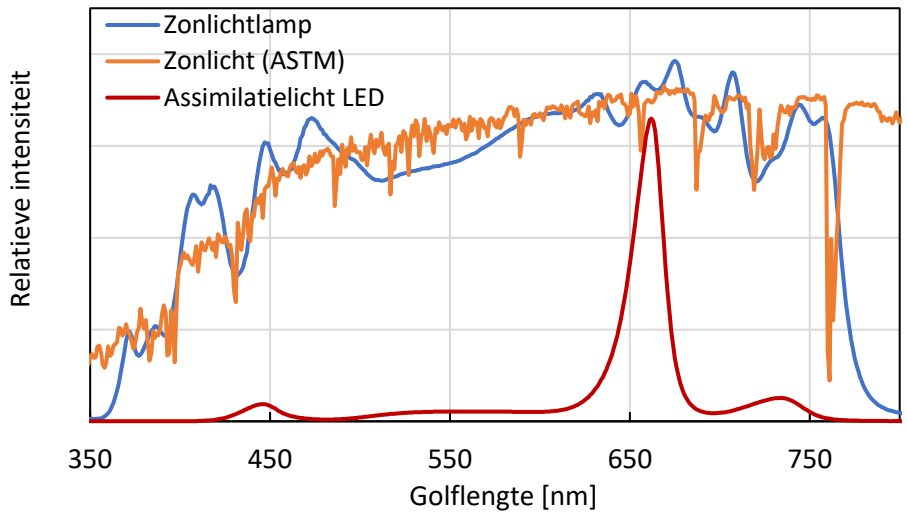
Week nr.	Gesimuleerde week	Actie
23		Stekken geplant bij Van den Avoird
28	33	Start trayveld simulatie bij Plant Lighting
31	36	Start licht-behandelingen
33	38	Start temperatuur-behandelingen
39-44	44-51	Opschakeling assimilatielicht in stapjes (Tabel 3)
1	6	Eindoogst proef

2.3 Behandelingen

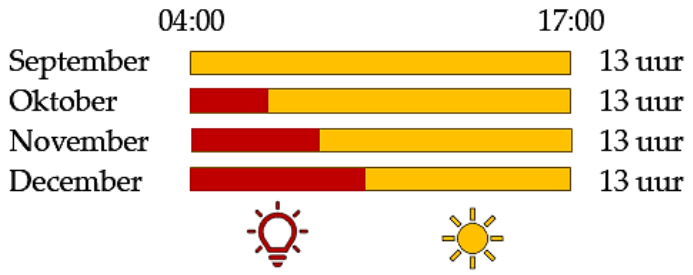
De proef is uitgevoerd in een klimaatcel waarin zes afzonderlijke klimaatcabines (2m^2) staan die het mogelijk maken om 6 verschillende behandelingen te realiseren waarbij de overige klimaatcondities gelijk blijven.

Behandelingen basis

De zes behandelingen in deze proef bestonden in de basis allemaal uit eenzelfde standaard daglengte van 13 uur licht per dag. Die 13 uur bestond uit een combinatie van kunstmatig zonlicht (Artificial Sunlight Research Module, Speciality Lighting Holland, Breda, The Netherlands; voor intensiteiten zie Bijlage 3) en aanvullend assimilatielicht LED (spectrum in % van PAR: B5.8%/G9.6%/R84.6/FR10.1% en in % van PFD: B5.3%/G8.7%/R76.9/FR9.2% met een intensiteit van 75 of 250 µmol/m^2/s; Figuur 1 en Bijlage 3). Om de afnemende daglengte en lichtsommen van het najaar te simuleren werd gedurende de proef van de 13 uur daglengte het aandeel kunstmatig zonlicht verkort en verlaagd en het aandeel assimilatie belichting verlengd en verhoogd (Figuur 2). Dit resulteerde in acht lichtstappen met een verschillend aandeel zonlicht en assimilatielicht, waarbij soms ook overlap was om binnen de gewenste daglengte van 13 uur te blijven en de gewenste lichtsom te behalen (Tabel 3). Het aantal uren zonlicht en de lichtsom per lichtstap werd bepaald aan de hand van de natuurlijke daglengte behorend bij de gesimuleerde kalenderweek aan de hand van een 10-jarig gemiddelde van het KNMI (Bijlage 3). De totale lichtsom werd gedurende de proef geleidelijk verhoogd door de lichtintensiteit van het assimilatielicht te verhogen naarmate het gewas zich verder ontwikkelde (Tabel 3; Figuur 4).



Figuur 1. Spectrale samenstelling in µmol van het kunstzonlicht (Artificial Sunlight Research Module, Speciality Lighting Holland, Breda, The Netherlands) ten opzichte van het standaard zonnespectrum zoals gemeten door de American Society for Testing and Materials (ASTM, 2003) en Assimilatielicht LED (spectrum in % van PAR: B5.8%/G9.6%/R84.6/FR10.1% en in % van PFD: B5.3%/G8.7%/R76.9/FR9.2%).



Figuur 2. Schematische weergave van de afbouw van zonlicht en opbouw assimilatielicht met betrekking tot natuurlijke daglengte. NB in november/december was er ook overlap in zonlicht/assimilatielicht.

Tabel 3. De 8 lichtstappen om het najaar met aflopend aantal zonuren en dagsom zonlicht te simuleren. Daglengte was altijd 13 uur, vanaf de 5e lichtstap overlapten zon- en assimilatielicht elkaar. Na de 8e stap zijn er geen veranderingen meer doorgevoerd. Er is dus geen toenemend zonlicht in januari gesimuleerd. NB in Bijlage 3 staan deze stappen in detail weergegeven.

Licht stap	Gesimuleerde week	Natuurlijke daglengte (uur)	Uren zonlicht	Uren assimilatielicht	Lichtsom (mol/m²/dag) Zon / LED / Totaal
1	36 – 37	13:13	13	0	8.3 / 0.0 / 8.3
2	38 – 39	12:17	12	1	8.0 / 0.2 / 8.2
3	40 – 41	11:22	11	2	7.7 / 0.5 / 8.2
4	42 – 43	10:27	10	3	7.4 / 0.7 / 8.1
5	44 – 45	09:34	9.5	5.5	5.3 / 4.7 / 10
6	46 – 47	08:47	8.5	9	3.6 / 7.9 / 11.5
7	48 – 49	08:10	8	11	2.5 / 9.5 / 12
8	50 – 51	07:48	8	13	2.5 / 11.3 / 13.8

Behandelingen verschillen

Verschillen tussen de zes behandelingen bestonden uit variaties in verschillende manieren van dagverlenging (geen dagverlenging, rood stuurlicht, rood assimilatielicht of cyclische belichting) en planttemperatuur (15°C of 18°C). De behandelingen staan weergegeven in Tabel 4 en de bijbehorende spectra in Figuur 3. De behandelingen zijn zo samengesteld dat elke behandeling in trosinductie zou moeten blijven, terwijl het optreden van dormancy kon variëren tussen behandelingen. Zo kon in eerste instantie vergeleken worden met welke manier van dagverlenging en planttemperatuur dormancy vermeden kan worden (klip 2; zie introductie), waarbij aan de voorwaarde zou moeten voldaan zijn dat de planten in trosinductie blijven (klip 1). Daarnaast kon tussen de behandelingen waarbij dormancy succesvol zou worden vermeden een vergelijking gemaakt worden welke planten het best in balans waren geteeld (klip 3).

- **KD Controle 15°C:** Deze behandeling omvatte een daglengte van 13 uur zonder enige vorm van dagverlenging bij een planttemperatuur van 15°C. Het fungeerde als negatieve controle, aangezien deze conditie theoretisch als eerste in dormancy zou kunnen gaan.
- **KD Controle 18°C:** Deze behandeling bestond uit een daglengte van 13 uur zonder dagverlenging bij een planttemperatuur van 18°C. Het doel was om te onderzoeken of dormancy vermeden kon worden door enkel een hogere etmaaltemperatuur te hanteren.

- **KD Cyclisch 15°C:** Bij deze behandeling werd cyclische belichting (3 µmol/m²/s PFD; flowering bulb) toegepast gedurende maximaal 3 opeenvolgende etmalen (1e keer 5 etmalen) bij een daglengte van 13 uur en een planttemperatuur van 15°C. Het doel was om te onderzoeken of dormancy vermeden kon worden door cyclische belichting toe te passen bij afnemende strekking van jonge bladeren, zoals in praktijk in het vroege voorjaar wordt toegepast. In totaal werd cyclische belichting 5 keer ingezet in de gesimuleerde weken 37, 46, 50, 51 en 52.

- **LD R stuur 15°C:** Deze behandeling bestond uit een daglengte van 13 uur met dagverlenging door alleen rood stuurlicht (10µmol/m²/s) bij een planttemperatuur van 15°C. Het hoofddoel was om te onderzoeken of dormancy vermeden kon worden door de dag te verlengen met puur rood licht. Door een lage intensiteit rood licht te gebruiken en daardoor de PAR som niet aanzienlijk te verhogen werd geprobeerd overmatige zijneusvorming te vermijden om een oogstpiek te voorkomen.

- **LD R stuur 18°C:** Deze behandeling omvatte een daglengte van 13 uur met dagverlenging door alleen rood stuurlicht (10µmol/m²/s) bij een planttemperatuur van 18°C. Het hoofddoel was om te onderzoeken of dormancy vermeden kon worden door de dag te verlengen met puur rood licht bij een hogere etmaaltemperatuur. Door een lage intensiteit rood licht te gebruiken en daardoor de PAR som niet aanzienlijk te verhogen, werd geprobeerd overmatige zijneusvorming te vermijden om een oogstpiek te voorkomen.

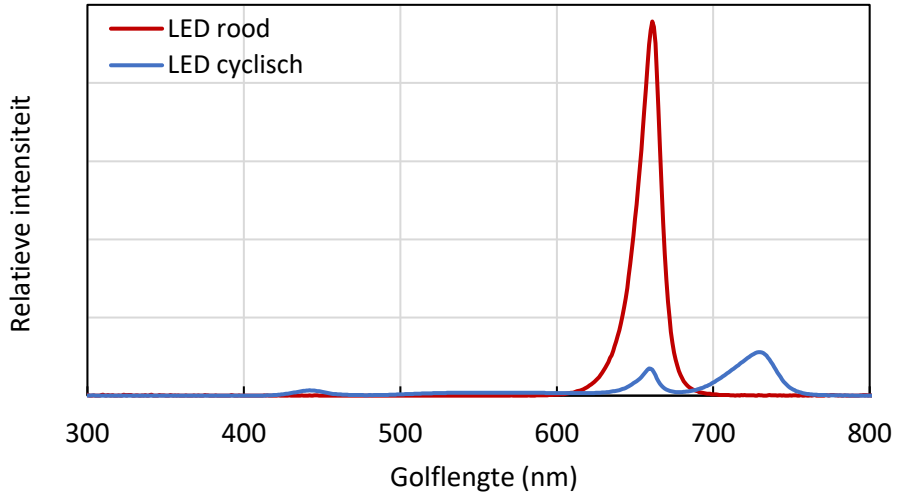
- **LD R assim 18°C:** Deze behandeling omvatte een daglengte van 13 uur met dagverlenging door alleen rood assimilatielicht (75µmol/m²/s) bij een planttemperatuur van 18°C. Het doel

was om te onderzoeken of dagverlenging met rood assimilatielicht een ander effect heeft op trosinductie en dormancy dan dagverlenging met rood stuurlicht (andere licht/temperatuur balans). Tegelijkertijd diende deze behandeling als positieve controle omdat met deze behandeling in eerder onderzoek succesvol dormancy werd vermeden (Trouwborst *et al.* 2023).

Tabel 4. Overzicht van de zes verschillende behandelingen. Behandelingen varieerden in dagverlenging (belichting bovenop standaard 13 uur daglengte) en planttemperatuur.

Behandeling	Daglengte	Planttemperatuur
KD Controle 15°C	13 uur	15°C
KD Controle 18°C	13 uur	18°C
KD Cyclisch 15°C	13 uur + cyclische belichting*	15°C
LD R stuur 15°C	13 uur + 5 uur rood stuurlicht	15°C
LD R stuur 18°C	13 + 5 uur rood stuurlicht	18°C
LD R assim 18°C	13 uur + 5 uur rood assimilatielicht	18°C

**Cyclische belichting werd alleen ingezet wanneer gewenst vanwege een te lage strekking (<1cm/dag). In totaal is de cyclische belichting 5 keer ingezet in de gesimuleerde weken 37, 46, 50, 51 en 52. Bij inzetten van de cyclische belichting stond deze 3 etmalen op rij de hele nacht aan (1e keer 5 etmalen).*

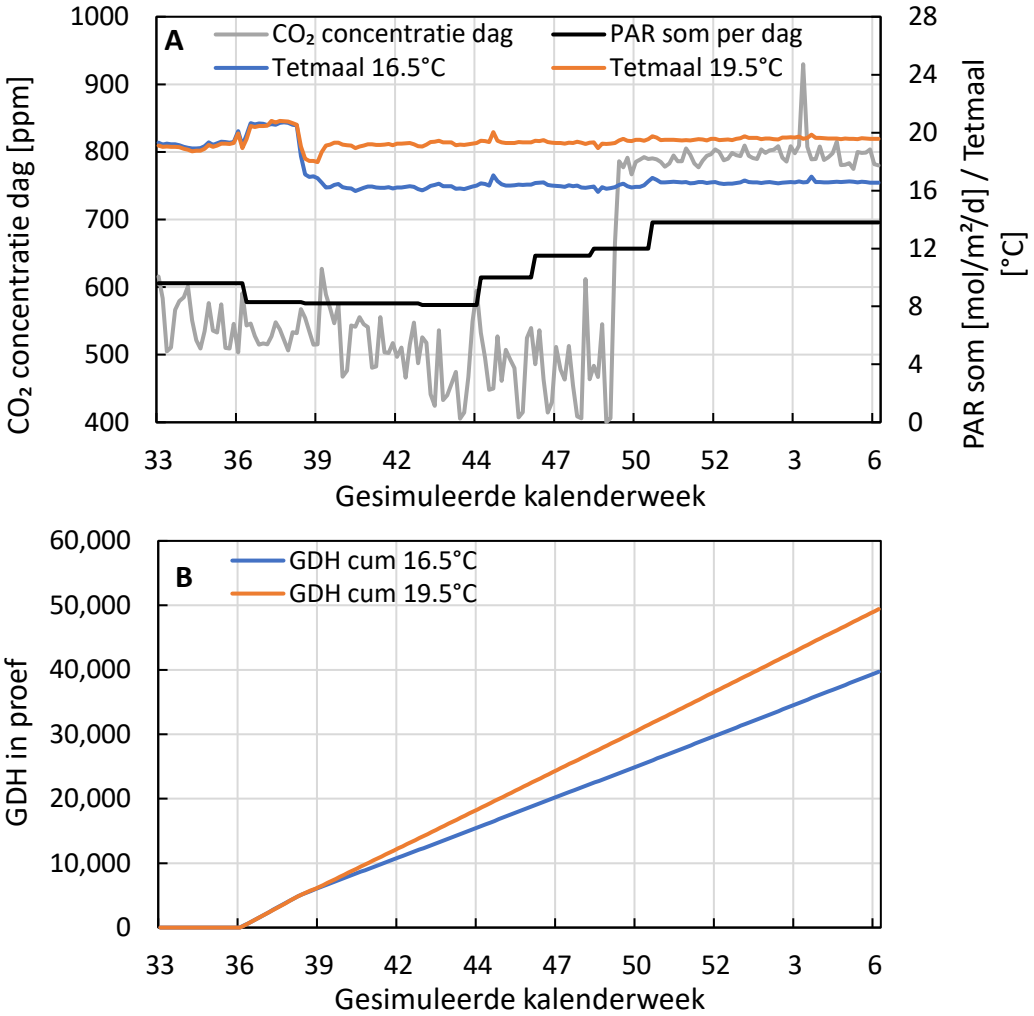


Figuur 3. Lichtspectrum dagverlenging rood licht en cyclische belichting. NB LED R assim of stuur stonden dagelijks 5 uur aan met een respectievelijke intensiteit van 75 en 10 µmol/m²/s. LED cyclisch met een intensiteit van 3 µmol/m²/s PFD (50% PAR en 50% verrood) stond alleen aan als dit nodig was vanwege achterblijvende strekking. In totaal is de cyclische belichting 5 keer ingezet.

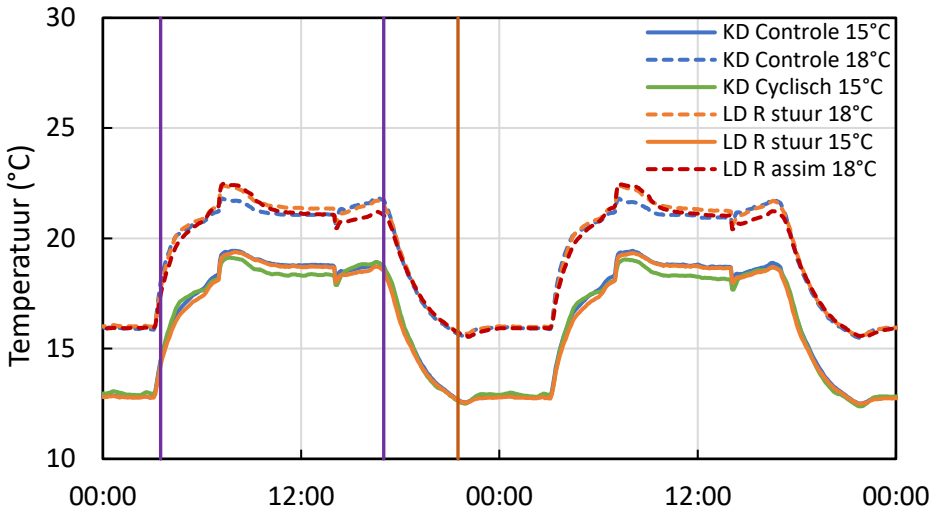
2.4 Klimaat

Het klimaat wordt weergegeven in Figuur 4**Error! Reference source not found.**. Steekproefsgewijze metingen lieten zien dat in de klimaatcel de luchttemperatuur gemiddeld 1.5°C hoger was dan de planttemperatuur. Daarom werd de luchttemperatuur gestuurd op een etmaal van 16.5°C en 19.5°C. In week 38, 2 weken na start van de proef, zijn de verschillen in etmaaltemperatuur gestart. De groeigraaduren zijn berekend op grond van de planttemperatuur. Bij 15°C etmaal werden er ~1750GDH/week gemaakt en bij 18°C etmaal

~2250GDH/week. Hierdoor liepen de 18°C-behandelingen vier weken voor in groeigraaduren bij het einde van de proef. Er werd een maximale DIF van 6°C aangehouden (Figuur 5). De RV was overdag tussen de 60-70% en in de nacht rond de 65%. De cyclische belichting is ingezet in 'week 37', 'week46', 'week 50', 'week 51' en 'week 52'.



Figuur 4. De totale lichtsom per dag en de dagelijkse CO_2 concentratie (A) werden geleidelijk verhoogd gedurende de proef op basis van een ingeschatte assimilatenbehoefte van de planten. Van week 33 tot 35 vond de trayveldsimulatie plaats. De proef startte in week 36 en vanaf week 38 werden de verschillen in etmaaltemperatuur ingezet. Voor details van de verhoging van het assimilatielicht zie Bijlage 3. De cyclische belichting stond aan in week 'week 37', 'week 46', 'week 50', 'week 51' en 'week 52'. Aan het einde van de proef liepen de behandelingen met 18°C planttemperatuur 4 weken voor in groeigraaduren (B).



Figuur 5. Verloop van de etmaaltemperatuur voor de 15°C en de 18°C behandelingen. Luchttemperatuur lag ongeveer 1.5°C hoger dan de planttemperatuur. Per temperatuursbehandeling werd er maximaal 0.3°C/etmaal afwijking geaccepteerd of anders bijgestuurd. De verticale lijnen geven respectievelijk het moment van start en eind van de 13-urige dag aan (paars) en eind van de 5 uur dagverlenging (oranje).

2.5 Gewasverzorging

Verschillende gewaswerkzaamheden vonden plaats gedurende de proef. Dagelijks werden bloemen bestoven door trossen te trillen met behulp van een elektrische tandenborstel. Oude en beschadigde bladeren werden verwijderd om het gewas luchtig te houden.

De watergift werd uitgevoerd door middel van druppelslangen met een druppelaar per plant. Tussen de verschillende cultivars en behandelingen zat een groot verschil in waterbehoefte. Alle behandelingen en cultivars hadden daarom hun eigen watergift-systeem en konden apart worden aangestuurd. Op het moment dat de planten volgroeid waren, varieerde de watergift van 1.2 tot 3.5 liter per strekkende meter. Er werd gestreefd naar een drainpercentage van 20-30% van de dagelijkse watergift. Gedurende de teelt werden er twee nutriëntenschema's gehanteerd voor de periode zonder vruchtdracht en voor de periode met vruchtdracht (Bijlage 1). De EC van de voedingsoplossing was 1.1-1.5, afhankelijk van de drain EC (vuistregel: som van gift+drain EC van 2.8-3.0). De pH was 5.5-5.8.

Wekelijks werd er gespoten tegen meeldauw met onder andere Karma®, Serenade®, Bifasto® of Abir®. Daarnaast werd wanneer nodig (biologische) bestrijding ingezet tegen andere ziekten of plagen.

2.6 Metingen

Tijdens de proef zijn er verschillende metingen en tellingen op de planten uitgevoerd. Deze metingen hadden betrekking op de gewasopbouw, trosinductie & plantbelasting, en oogst. Aan het einde van de proef heeft er nog een destructieve eindoogst plaatsgevonden.

Gewasopbouw

Elke twee weken is de hoogte en breedte van het bladerdek per twee planten gemeten (5 herhalingen per teeltcontainter). De hoogte is gemeten vanaf de bovenkant van de substraatbak tot aan het hoogste punt van de plant. De breedte is gemeten als de maximale breedte die de bladeren beslaan gezien vanaf bovenaf. Strekking werd gemeten door gedurende een aantal dagen de groei van een jong blad bij te houden aan de hand van markeringen op houten prikkers. Als laatst werd het aantal bladeren geteld met een interval van vier weken.

Trosinductie & plantbelasting

Wekelijks werd per plant het aantal trossen, het aantal open bloemen en het aantal gezette vruchten geteld. Een tros werd meegeteld als de eerste bloem was geopend. Een bloem werd gezien als open wanneer de stampers en meeldraden zichtbaar waren. Wanneer de witte kroonbladeren eraf begonnen te vallen, werd het als een gezette vrucht geteld. Het aantal open bloemen en gezette vruchten vormde samen de plantbelasting.

Oogst

Wanneer de vruchten compleet rood waren gekleurd, werden ze geoogst. Twee keer per week werden de vruchten geoogst per plant. Van elke vrucht werd het versgewicht bepaald. Ook werd er genoteerd of de zetting goed, slecht of zeer slecht was (Foto 4**Error! Reference source not found.**). Bij een goede zetting waren er geen tekenen van slechte bestuiving zichtbaar. Bij één duidelijke plek van een slechte bestuiving werd de zetting als slecht gescoord. Bij meerdere plekken van een slechte bestuiving werd de vrucht als zeer slecht gescoord. Vruchten die als zeer slecht waren gescoord, werden als afval beschouwd en zijn niet meegenomen in de oogstdata. NB doordat er handmatig werd bestoven (getrild met elektrische tandenborstel), kan het zijn dat er relatief meer vruchten met een slechte zetting ontstaan dan bij bestuiving met hommels of bijen.

Als een tros volledig was leeg geoogst, werd deze verwijderd van de plant. De troslengte werd vervolgens bepaald. Die was gedefinieerd als de volledige lengte van de aanhechting aan het rizoom tot waar de eerste bloem zich bevond. Ook werd het aantal vruchten geteld.

Foto 4. Voorbeelden van de score van de zetting als goed/slecht/zeer slecht. Zeer slechte vruchten werden als afval beschouwd.

Eindoogst:

Aan het einde van de proef vond er een eindoogst plaats waarbij extra plantmetingen gedaan konden worden. Het aantal neuzen, het aantal bladeren, het versgewicht van de bladeren en het aantal zichtbare nieuwe trossen zonder bloem werd bepaald (≥20mm, stadium 9—compleet gevormd cluster—ligt bij ongeveer 12 mm). Bovendien is er bij Inspire bij 4 behandelingen een bloemonderzoek uitgevoerd op de hoofdneus van 7 planten per behandeling. Tijdens dat bloemonderzoek kon worden bepaald of er diep in de plant nog trossen waren aangelegd (<15mm, dus bloemstadia ≤9). Daarnaast werd per behandeling het bladgewicht per bladoppervlakte (Engels: Leaf Mass per Area = LMA) bepaald voor volgroeide maar niet verouderde bladeren. Het oppervlak en het drooggewicht van deze bladeren werden gemeten om de LMA te berekenen.

3 Resultaten Sonsation

Sonsation heeft 8 weken in de proef gestaan en diende als 'kanarie in de kolenmijn'. De verwachting was dat visuele kenmerken van (beginnende) dormancy bij dit ras het snelst zouden optreden. Bij start van de proef wees bloemonderzoek uit dat de drie weken inductie te kort waren: de toptrossen van de planten waren gemiddeld in stadium 1.9 (Bijlage 2). Stadium 3 is overtuigend generatief.

3.1 Plantopbouw

Na 8 weken proef werd de ruimte te beperkt om Sonsation nog te laten staan. Wel waren er op dat moment al grote visuele verschillen in plantvorm tussen de behandelingen (Foto 5 en Figuur 6). De behandeling zonder dagverlenging bij 15°C (KD Controle 15°C) toonde veruit het kleinst. Visueel ging dit gewas richting dormancy. De andere behandelingen zonder dagverlenging (KD Controle 18°C en KD Cyclisch 15°C) waren visueel groter dan KD Controle 15°C, maar kleiner dan de behandelingen onder de varianten rood dagverlenging. Onder 18°C stond het gewas er visueel mooier bij dan onder 15°C.

Geen enkele behandeling liet nog trossen zien, terwijl er na 8 weken respectievelijk 14000/18000 GDH in proef voor de lage en hoge temperatuur waren bereikt. Deze hadden dus wel aanwezig moeten zijn in een stadium net voor de bloei die rond de 20.000GHD plaats gevonden zou moeten hebben. Deze vertraging kan mogelijk veroorzaakt zijn doordat de planten meer op de neusvorming hebben gewerkt dan op de trosvorming (pers. med. Remco van Endschot).

Het cumulatief aantal bladeren per plant verschilde na 8 weken proef nauwelijks, wel lag het aantal bladeren gemiddeld 1.2 blad/ plant lager voor de 15°C behandelingen ten opzichte van de 18°C behandelingen (Tabel 5). Het ligt voor de hand dat dit komt door het achterlopen van 2732 groeigraaduren bij eindoogst. Het bladgewicht daarentegen verschilde fors. Vooral het bladgewicht bij de behandelingen onder 18°C met dagverlenging lag aanzienlijk hoger. Dit geeft aan dat bij de behandeling 15°C zonder dagverlenging de gemiddelde bladgrootte veel kleiner was. Dit kan een aanwijzing zijn voor beginnende dormancy.

KD Controle 15°C

KD Controle 18°C

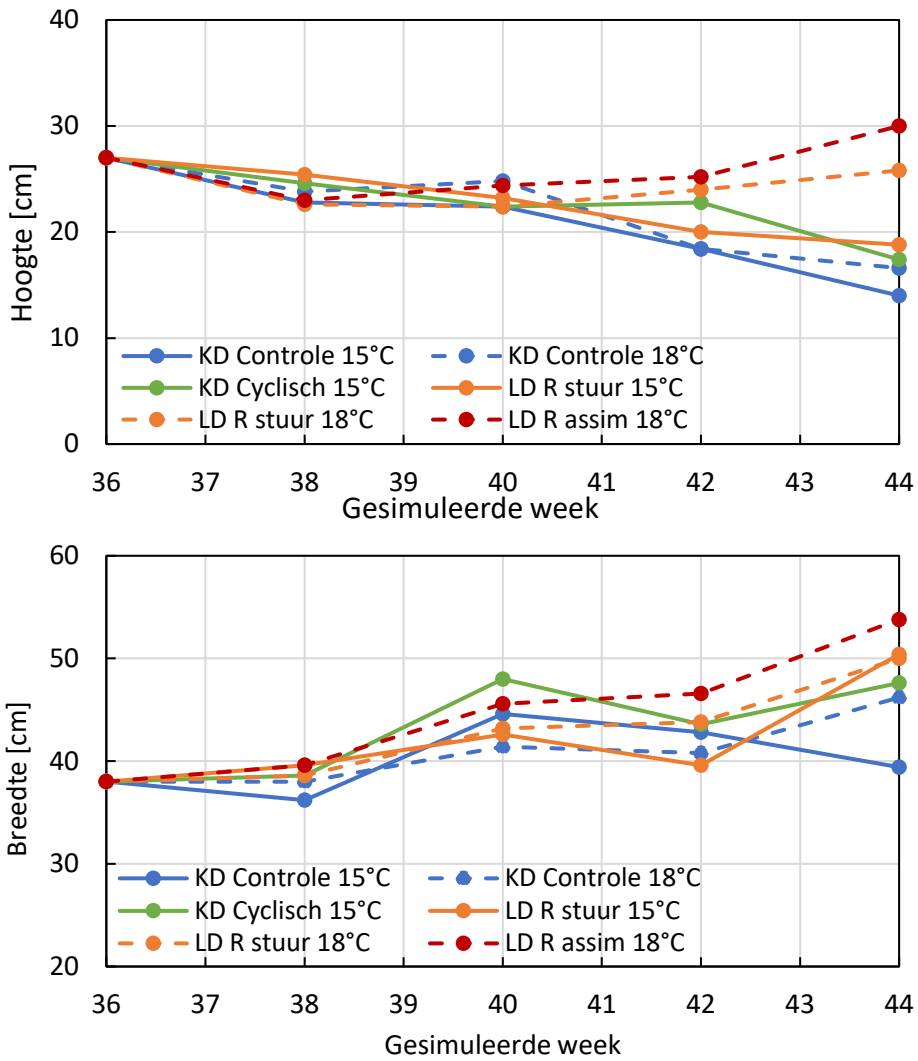
KD Cyclisch 15°C

LD R stuur 15°C

LD R stuur 18°C

LD R assim 18°C

Foto 5. Sonsation bij eindoogst na 8 weken in de proef te hebben gestaan. Behandelingen zijn van links naar rechts, van boven naar beneden: KD Controle 15°C, KD Controle 18°C, KD Cyclisch 15°C, LD R stuur 15°C, LD R stuur 18°C en LD R assim 18°C.



Figuur 6. Hoogte en breedte Sonsation. Aangezien er geen gewasdraden aanwezig waren bij Sonsation is er een daling in de hoogte gemeten zonder dat er blad geplukt is geweest. Ieder meetpunt is het gemiddelde van 5 metingen. De SD wordt niet weergegeven vanwege het onleesbaar worden van de figuren en lag in de orde-grootte van 2.7 bij gewashoogte en 3.4 bij gewasbreedte.

Tabel 5. Cumulatief aantal bladeren en bladgewicht per plant (g) bij eindoogst Sonsation na 8 weken teelt (n=10).

Behandeling	Aantal bladeren/plant (SD)	Versgewicht bladeren (SD)
KD Controle 15°C	10.1 (1.2)	30.8 (4.8)
KD Controle 18°C	11.0 (0.9)	39.3 (5.1)
KD Cyclisch 15°C	10.3 (1.3)	40.3 (6.4)
LD R stuur 15°C	10.0 (1.2)	41.9 (6.1)
LD R stuur 18°C	11.3 (0.8)	54.0 (6.0)
LD R assim 18°C	11.8 (1.5)	68.9 (6.4)

3.2 Bloemonderzoek

Remco van Endschot heeft bij eindoogst van Sonsation bloemonderzoek uitgevoerd op de toptros van 8 planten per behandeling en detailonderzoek naar de trosinitiatie op de okselknoppen bij 3 planten per behandeling. Tabel 6 geeft de resultaten weer:

- De toptros zat gemiddeld op dezelfde positie: na 7e blad, dit duidt op een gelijke start.
- De beide dagverlengingsbehandelingen met rood stuurlicht lopen iets voor ten opzichte van beide controlebehandelingen: gemiddeld stadium 7.7 ten opzichte van 6.2 en een gemiddelde troslengte van 1.07cm ten opzichte van 0.55cm.
- De 18°C behandelingen (KD Controle 18°C en LD R stuur 18°C) lopen niet voor op de beide 15°C-behandelingen: gemiddeld stadium 7.0 ten opzichte van 6.9 en een gemiddelde troslengte van 0.88 ten opzichte van 0.75.

Per plant waren er zo'n 4-5 okselknoppen al uitgelopen (>1cm; Foto 6). Dit bevestigt de mogelijke verklaring dat de uitloop van zijneuzen vertragend werkt op de toptros. Deze uitloop van zijneuzen kan voor een latere ongewenste oogstpiek zorgen. De vraag waarom het proces van zijneusvorming voorrang heeft verkregen boven de trosuitgroei kan helaas niet beantwoord worden. Mogelijk is 8 mol/m²/dag PAR nog steeds te veel gecombineerd met de 18° of 15°C planttemperatuur. Een overschot aan assimilaten kan zijneusvorming in de hand werken.

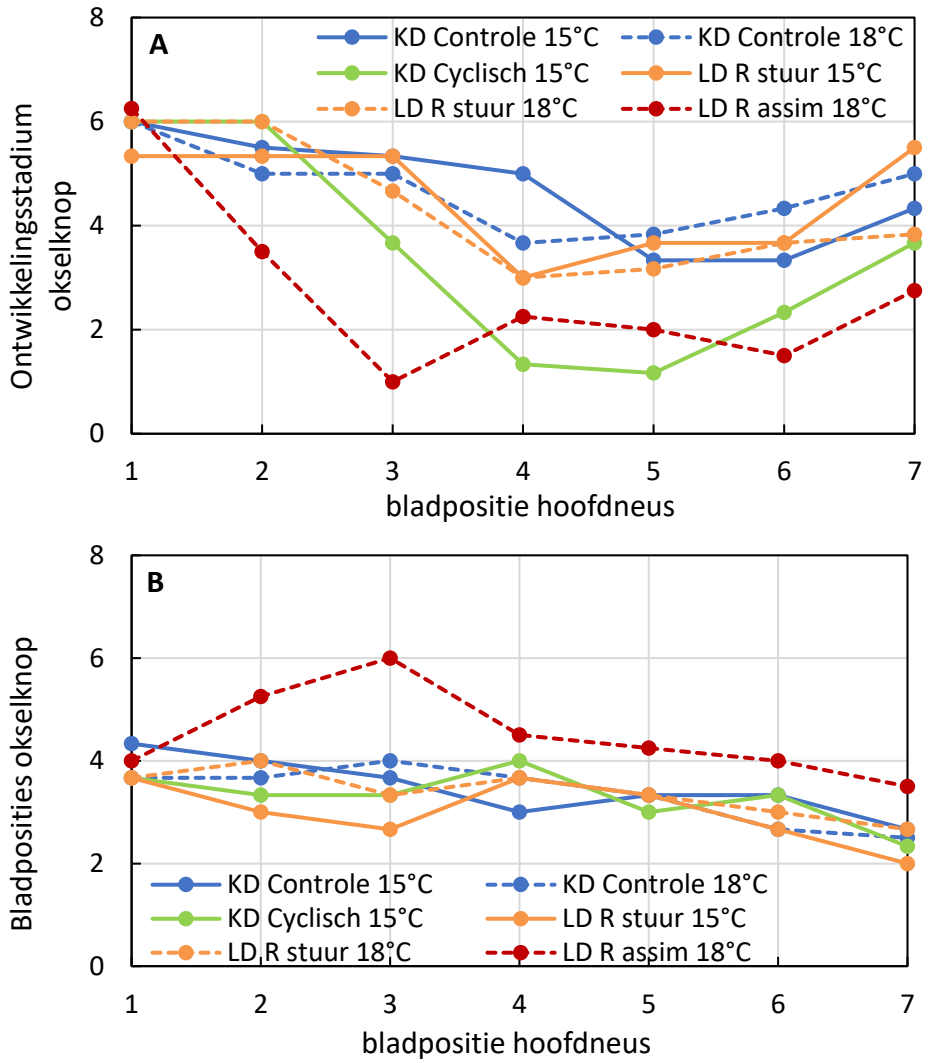
Tabel 6. Bloemonderzoek ontwikkelingsstadium en troslengte toptros Sonsation na 8 weken in de proef. De toptros zat bij alle behandelingen na het 7e blad, wat duidt op een gelijke start (n=8).

Behandeling	Stadium	Troslengte (cm)
KD Controle 15°C	6.0	0.54
KD Controle 18°C	6.4	0.56
KD Cyclisch 15°C	6.0	0.50
LD R stuur 15°C	7.8	0.95
LD R stuur 18°C	7.6	1.19
LD R assim 18°C	8.0	2.13

Tabel 7 geeft een samenvatting van het bloemonderzoek aan de okselknoppen. Gemiddeld verschilden dagverlenging rood stuurlicht en temperatuur niet of nauwelijks van de beide controlebehandelingen. Twee behandelingen lieten een laag gemiddelde van het trosstadium zien: KD Cyclisch 15°C en LD R assim 18°C. Deze twee behandelingen zijn dus minder generatief dan de rest van de behandelingen. Figuur 7 laat zien door welke oksels dit verklaard kan worden. Dit blijkt voor LD R assim 18°C oksel 2-7 te zijn en voor KD Cyclisch 15°C oksel 3-6. Met betrekking tot het aantal bladeren per okselknop ligt alleen rood assimilatielicht boven alle behandelingen. De preventieve behandeling met de cyclische belichting heeft dus voor enige vertraging van de trosinductie op de okselknoppen gezorgd. Maar dagverlenging met rood assimilatielicht gaf naast vertraging van de inductie ook meer bladeren per tros. Dagverlenging met rood assimilatielicht resulteerde voor Sonsation in een 'dubbele' vegetatieve actie.

Tabel 7. Bloemonderzoek gemiddeld stadium en troslengte van de zijtrossen bij Sonsation. De gemiddelde inductie van de okselknoppen is het laagst bij de behandeling met de preventieve cyclische belichting en dagverlenging rood assimilatielicht.

Behandeling	Stadium	Troslengte (cm)
KD Controle 15°C	4.6	0.13
KD Controle 18°C	4.7	0.13
KD Cyclisch 15°C	3.4	0.16
LD R stuur 15°C	4.5	0.15
LD R stuur 18°C	4.3	0.16
LD R assim 18°C	2.7	0.24



Figuur 7. Plantopbouw ontwikkelingsstadium (A) en bladposities per okselknop (B) van Sonsation na 8 weken proef. De bladpositie van de hoofdneus is geteld vanaf onder, dus de toptros kwam na het 7e blad. De eerste 4-5 okselknoppen waren al uitgelopen, zie Foto 6.

Foto 6. Impressie plantopbouw bij LD Controle 18°C. Te zien is dat de eerste 4-5 okselknoppen al zijn uitgelopen (>1cm).

3.3 Conclusies Sonsation

Sonsation is gestekt in kalenderweek 23, 5 weken opgegroeid in de kas en 3 weken geïnduceerd bij 10 uur daglengte. Gegeven het trosstadium van 1.9 (Bijlage 2) kan worden geconcludeerd dat de inductieperiode van drie weken tekort was. Voordat de inductieperiode startte, hadden de planten veel ranken (Foto 1). Mogelijk heeft zo'n type plant sowieso een langere inductietijd nodig. Om in de kas tijdig in productie te zijn is het nuttig om een langere inductietijd aan te houden. Wel moeten de planten voldoende bladoppervlak (LAI) kunnen maken om de eerste tros(sen) te kunnen dragen.

Bij start van de proef vertoonden de planten een gezonde groei. Nieuwe bladeren waren groot. Het is bekend dat een overschot aan assimilaten de kans op uitloop van de zijneuzen verhoogt. De resultaten suggereren dat bij goed strekkende bladeren 8 mol/m^2/dag PAR te veel was bij de 15°C en 18°C etmaal omdat er veel zijneuzen werden gemaakt. Er liepen zo'n 4 okselknoppen per plant uit en de toptros ontwikkelde vertraagd.

Bij deze kort geïnduceerde planten had een preventief toegepaste cyclische belichting een vertragend effect op de inductie van de dieperliggende okselknoppen. Dagverlenging met rood assimilatielicht gaf nog een grotere vegetatieve actie op de dieperliggende okselknoppen. Dit kan een nadeel zijn.

In het bloemonderzoek bleek verrassend weinig effect van 3°C temperatuursverschil. De trosstadia van de toptros en onderliggende okselknoppen waren nauwelijks verder bij 18°C ten opzichte van 15°C. Visueel vertoonde de KD Controle 15°C het meest (beginnende) dormancy, gevolgd door KD Cyclisch 15°C en KD Controle 18°C. Visueel zaten beide LD 18°C dagverlenging rood (hoge en lage intensiteit) het verst van dormancy vandaan.

4 Resultaten Fandango

Fandango heeft 22 weken in de proef gestaan, waarbij de behandelingen begonnen na 3 weken trayveld simulatie. Vanaf dat moment werden doorlopende metingen uitgevoerd, en de eindoogst metingen op de laatste proefdag. Bij aanvang van de proef toonde bloemonderzoek aan dat de drie weken inductie te kort waren: gemiddeld waren de toptrossen van de planten in stadium 0.7 (Bijlage 2). Stadium 3 is overtuigend generatief.

4.1 Plantopbouw (vegetatief)

Fandango liet in gewasvorm grote visuele verschillen zien tussen de behandelingen (Foto 7 en 8). Planten die dagverlenging rood licht kregen (LD R stuur 15°C, LD R stuur 18°C en LD R assim 18°C) waren hoger, breder en hadden grotere bladeren dan de planten die geen dagverlenging met rood licht kregen (KD Controle 15°C, KD Controle 18°C en KD Cyclisch 15°C). Dit werd bevestigd door de tweewekelijkse hoogte en breedte metingen (Figuur 8).

Ook was de strekking van jonge bladeren groter bij alle behandelingen met dagverlenging rood licht (Figuur 9A). De behandelingen met dagverlenging rood licht bleven gedurende de hele proef boven de kritieke grens van 1 centimeter strekking per dag. Planten die bij 18°C geteeld werden hadden meer strekking dan planten die bij 15°C geteeld werden. Desondanks ging 18°C zonder dagverlenging (KD Controle 18°C) de laatste vier weken van de proef ook richting de gevarenzone van minder dan een centimeter strekking per dag. Bij de behandeling met cyclische belichting werd de cyclische belichting aangezet op het moment dat de strekking van jonge bladeren onder de 1cm per dag zakte. Elke keer dat cyclische belichting aangezet werd nam de strekking vervolgens weer toe (Figuur 9B).

Bij alle behandelingen bleven de planten gedurende de hele proef bladeren vormen (Figuur 10). Er was dus een doorgaande bladontwikkeling. Alleen tussen week 44 en 48 hadden de planten met dagverlenging rood assimilatielicht bij 18°C (LD R assim 18°C) een verminderde toename van bladeren dan tijdens de rest van de proef. Een verminderde toename van bladeren kan duiden op stilstand van het groeipunt, ook wel aangeduid met interne cilinder. Als het groeipunt stilstaat zal er ook een inductiepauze en op den duur een productiepauze ontstaan.

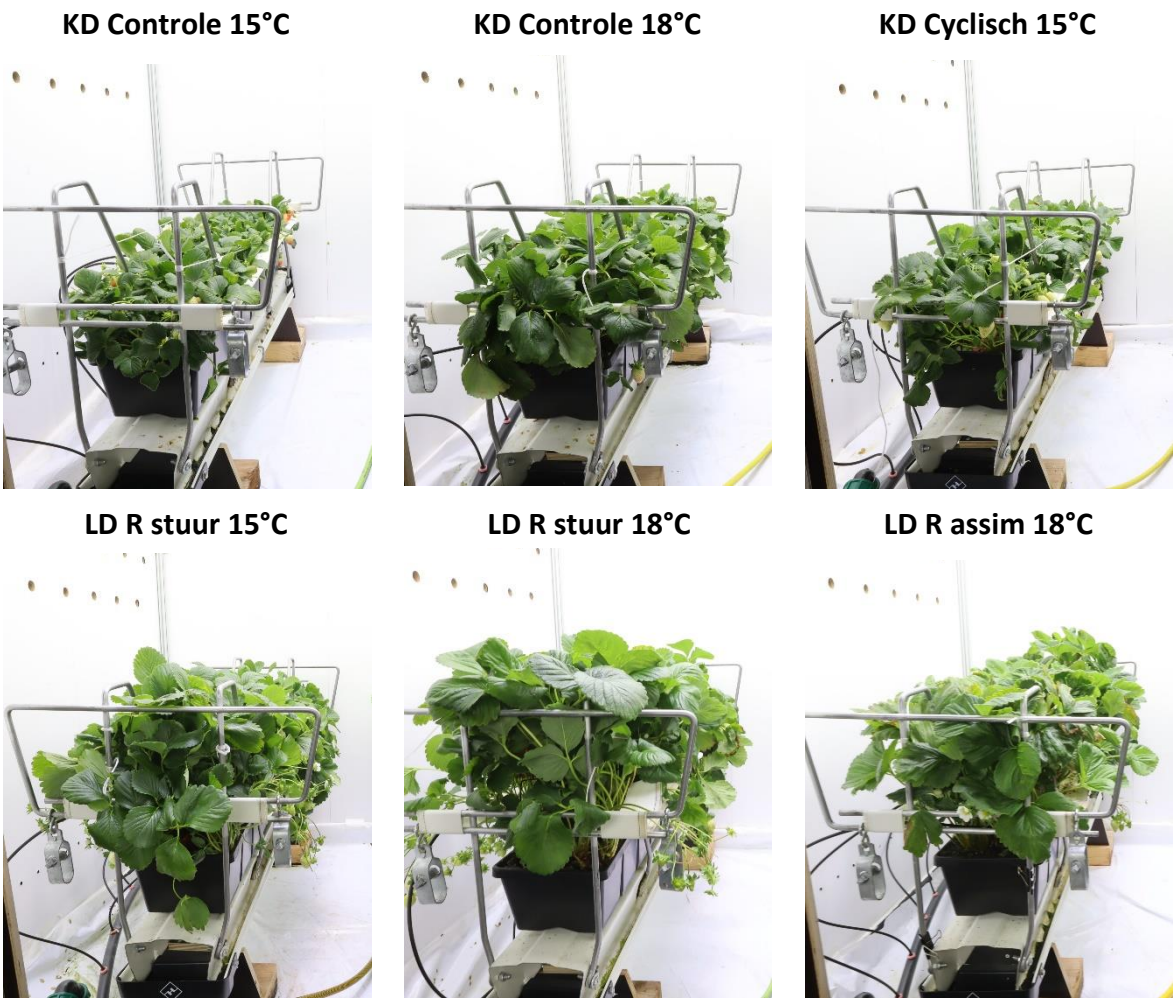


Foto 7. Fandango vooraanzicht bij proefbeëindiging in gesimuleerde week 6. Behandelingen zijn van links naar rechts, van boven naar beneden: KD Controle 15°C, KD Controle 18°C, KD Cyclisch 15°C, LD R stuur 15°C, LD R stuur 18°C en LD R assim 18°C.

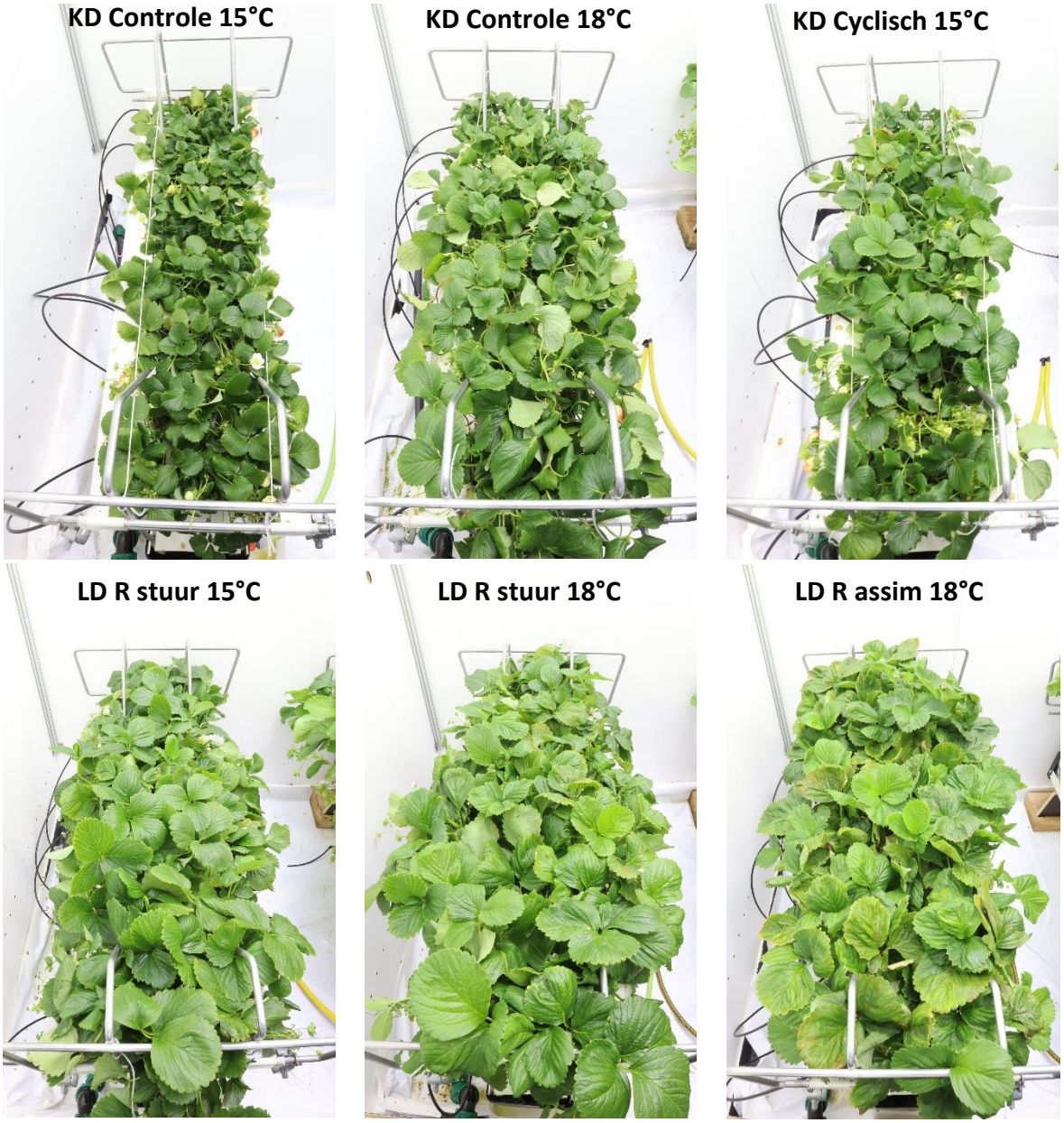
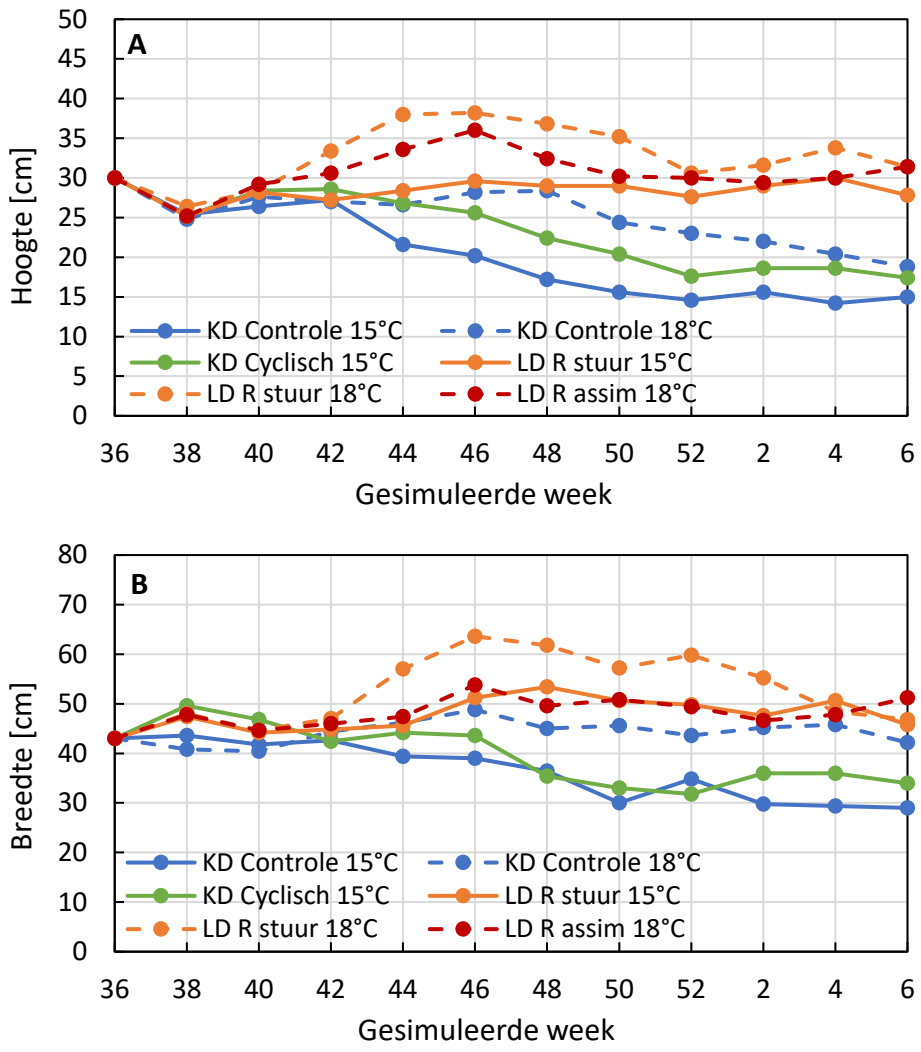
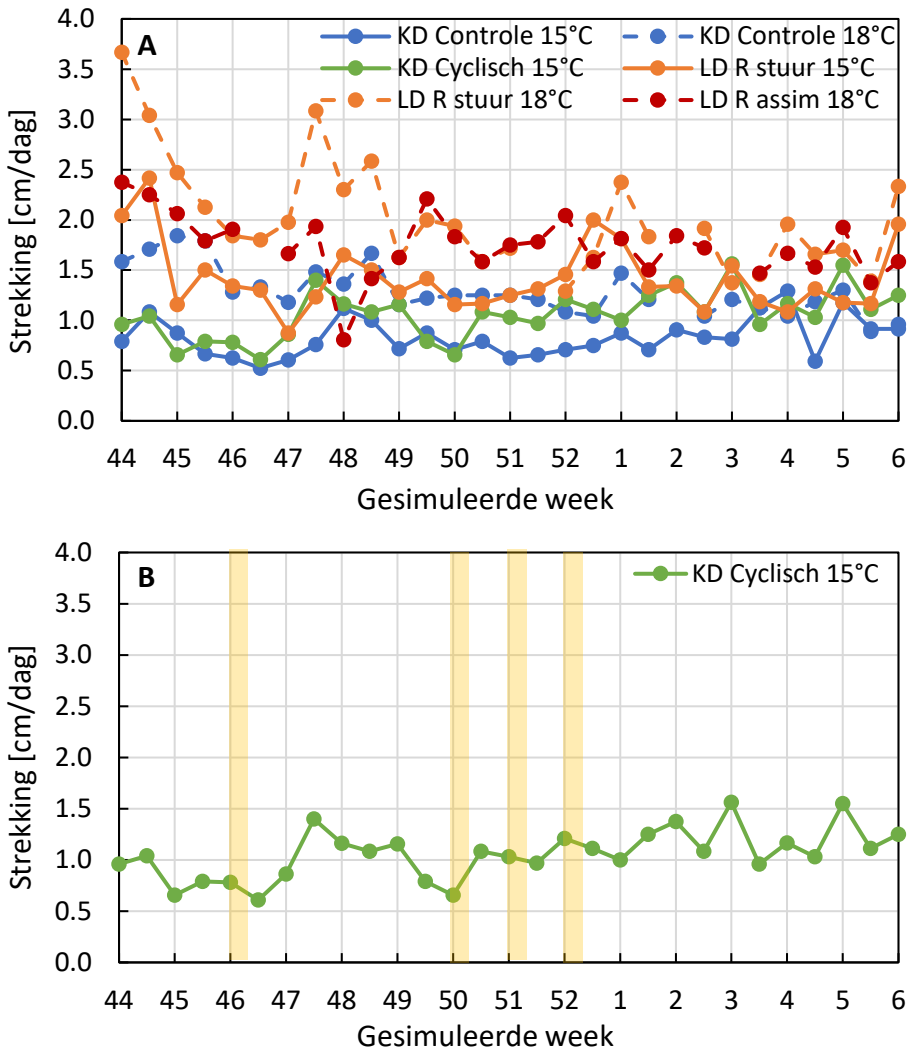


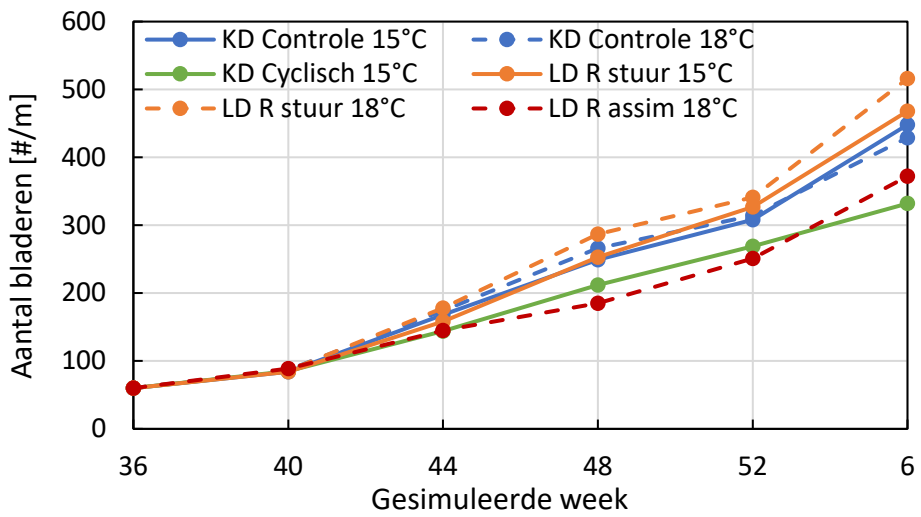
Foto 8. Fandango bovenaanzicht bij proefbeëindiging in gesimuleerde week 6. Behandelingen zijn van links naar rechts, van boven naar beneden: KD Controle 15°C, KD Controle 18°C, KD Cyclisch 15°C, LD R stuur 15°C, LD R stuur 18°C en LD R assim 18°C.



Figuur 8. Gewashoogte (A) en gewasbreedte (B) gemeten bij Fandango. Waarden zijn het gemiddelde van 5 metingen. De SD staat niet weergegeven maar lag in orde/grootte van 2.5 bij gewashoogte en 4.5 bij gewasbreedte.



Figuur 9. Strekking jonge bladeren Fandango van alle behandelingen (A) en alleen de behandeling met cyclische belichting (B). In figuur B is met gele vlakken aangegeven wanneer de cyclische belichting aanstond voor 3 achtereenvolgende etmalen. In week 37 is de cyclische belichting eenmalig preventief aangezet voor 5 achtereenvolgende etmalen.



Figuur 10. Cumulatief aantal bladeren van Fandango gedurende het verloop van de teelt. Waarden per strekkende meter zijn de som van 10 planten per behandeling.

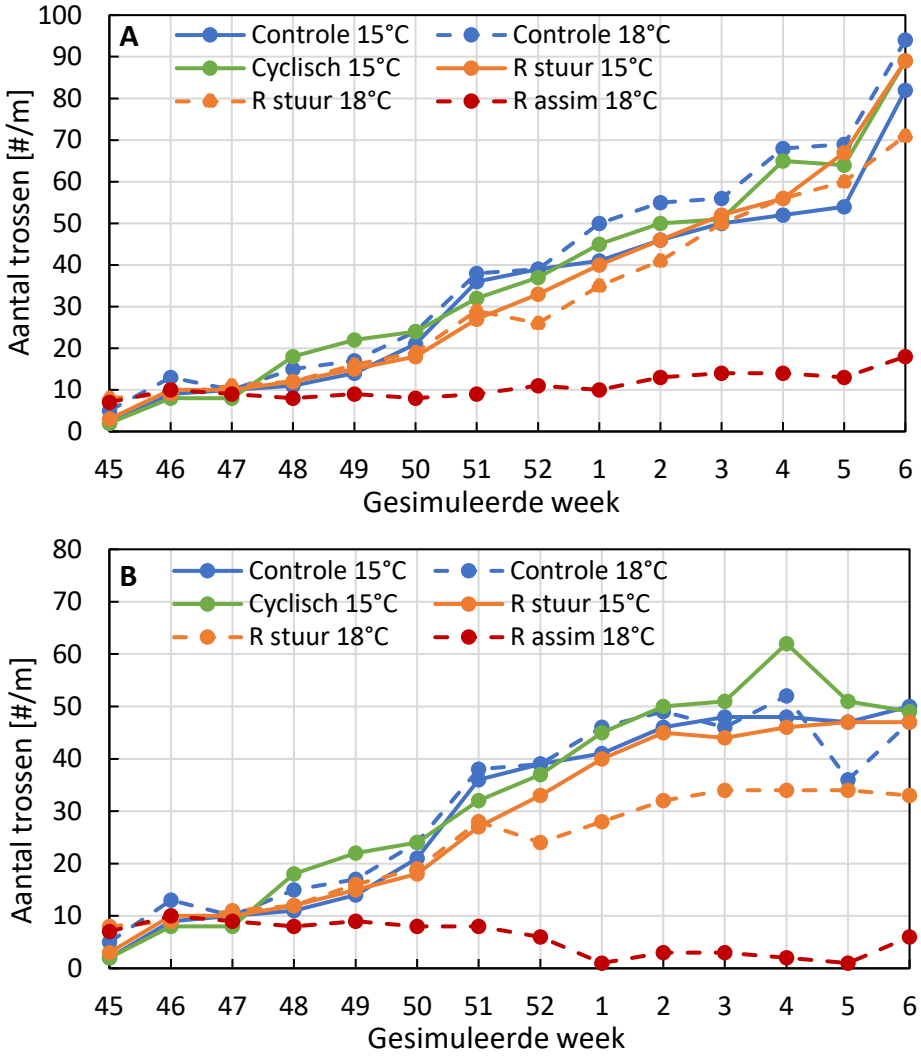
4.2 Trosinductie, plantbelasting en oogst

Negen weken na start van de proef ontwikkelden de planten hun eerste trossen. De randvoorwaarde van dit onderzoek was dat de planten in trosinductie moesten blijven terwijl geprobeerd werd om dormancy te vermijden. Bij Fandango bleven alle planten in trosinductie, behalve de behandeling met dagverlenging rood assimilatielicht (LD R assim 18°C, Figuur 11). LD R assim 18°C is mogelijk uit trosinductie geraakt door erg vegetatief startmateriaal en een te korte inductie van drie weken in combinatie met een relatief hoge intensiteit rood licht dagverlenging (paragraaf 6.2.2.). De planten die rood stuurlicht als dagverlenging kregen (lagere intensiteit dan rood assimilatielicht) bleven dus wel in trosinductie, en deze planten gaven zelfs werkbaardere langere trossen dan de behandelingen zonder dagverlenging. Zonder dagverlenging waren de trossen bij Fandango erg kort (Tabel 8).

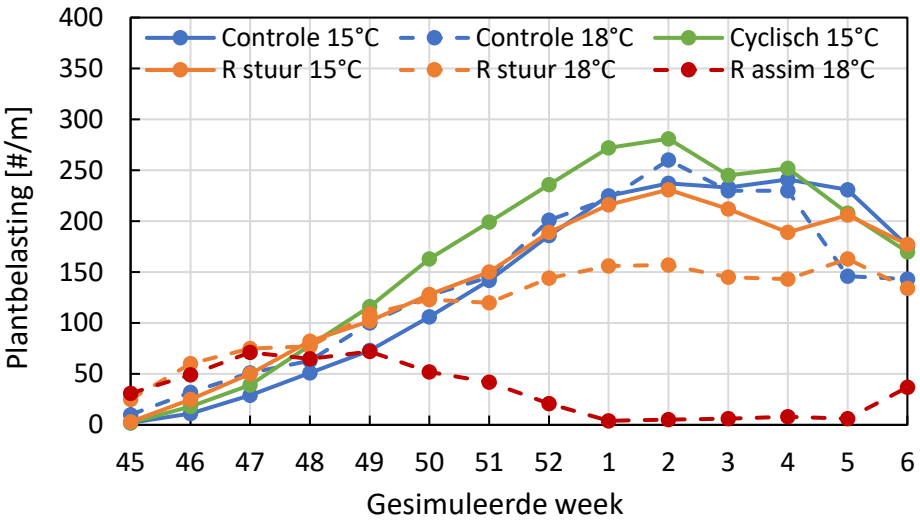
Wat betreft plantbelasting kwamen de planten onder 18°C met dagverlenging rood stuur- of rood assimilatielicht (LD R assim 18°C & LD R stuur 18°C) het snelst op gang (Figuur 12). Vervolgens rond week 50 daalde de plantbelasting van LD R assim 18°C naar 0 aangezien ook de trosinductie gestopt was. Behandeling LD R stuur 18°C bleef vanaf week 50 het best in balans van alle behandelingen. De planten de bij 15°C groeiden kwamen het traagst op gang in plantbelasting maar gaven uiteindelijk een grote piek rond week 2 (NB. versteende vruchten zijn meegeteld). Zeker het gewas bij 15°C zonder dagverlenging en 15°C met cyclische belichting (KD Controle 15°C & KD Cyclisch 15°C) waren een te klein en smal om deze hoge plantbelasting te kunnen dragen. De behandelingen KD Cyclisch 15°C en KD Controle 15°C waren dus niet in balans. Dit verschil in balans was ook te zien aan het aantal aanwezige trossen per week (Figuur 11B). Vanaf week 51 hadden de planten onder rood stuurlicht bij 18°C ±3 trossen per plant, terwijl het aantal trossen bij de andere behandelingen

(behalve LD R assim 18°C) nog doorsteeg naar ±5 trossen per plant met als gevolg dat de plantbelasting van deze behandelingen bleef stijgen per week.

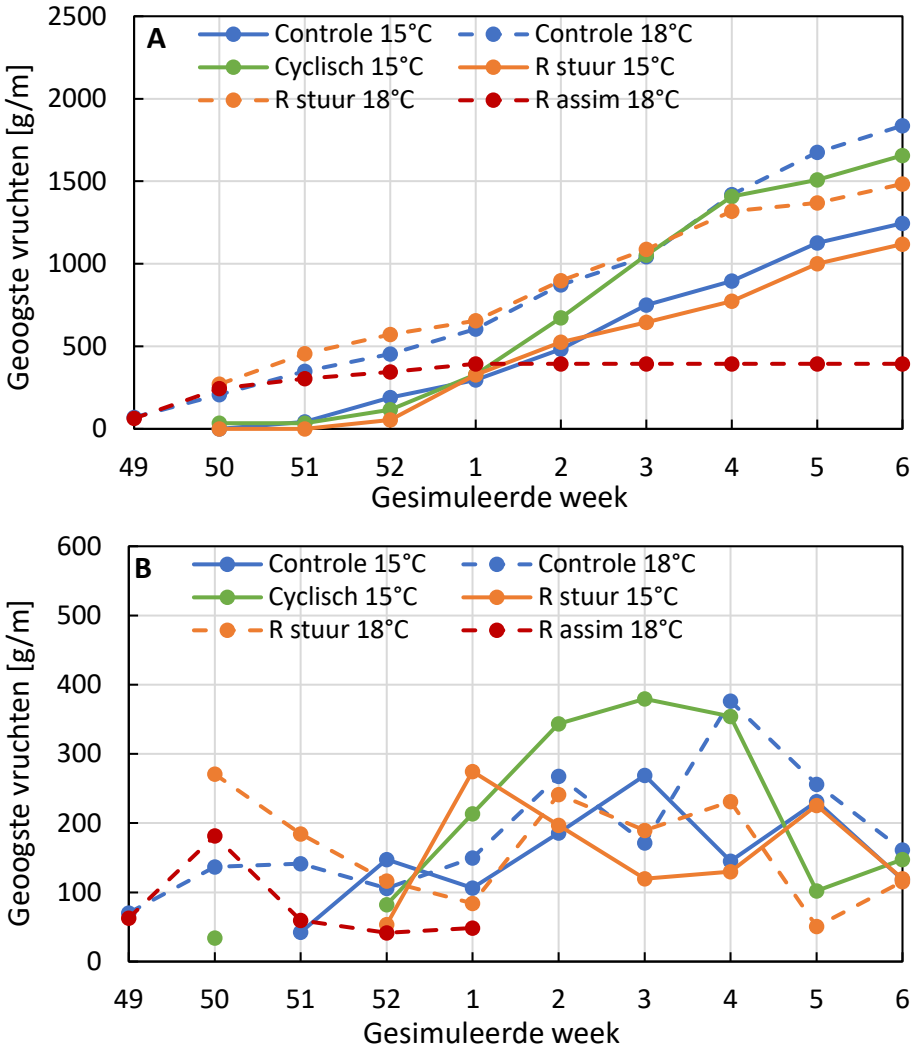
Alle 18°C behandelingen kwamen ongeveer drie weken eerder in oogststadium, omdat deze planten meer GDH hadden gekregen (Figuur 13). Hoewel het doel van deze proef niet was om een hoge vruchtproductie te behalen was de totaalopbrengst bij alle behandelingen opvallend laag. De planten die cyclische belichting kregen hebben in verhouding het meest geproduceerd, omdat deze behandeling een productie in dezelfde orde van grootte had als de 18°C behandelingen, terwijl KD cyclisch 15°C minder GHD heeft gekregen. De reden hiervoor is niet duidelijk.



Figuur 11. Aantal trossen cumulatief (A) en aantal aanwezige trossen per week (B) van Fandango. Trossen zijn geteld vanaf het moment dat de eerste bloem open was. Aantallen per strekkende meter zijn de som van 10 planten per behandeling.



Figuur 12. Plantbelasting van Fandango bestaande uit het aantal open bloemen en gezette vruchten. Aantallen per strekkende meter zijn de som van 10 planten.



Figuur 13. Cumulatieve oogst van Fandango (A) en oogst per week (B). Waarden per strekkende meter zijn de som van 10 planten. Vruchten met een zeer slechte zetting (afval) zijn niet meegeteld. In gesimuleerde week 6 is één keer geoogst in plaats van twee keer.

4.3 Eindoogst

Aan het einde van de proef vond een eindoogst plaats (Tabel 8). Een aantal resultaten worden in dit hoofdstuk besproken. Bij Fandango was bij het einde van de proef de behandeling zonder dagverlenging bij 15°C (KD Controle 15°C) in dormancy. De planten zonder dagverlenging bij 18°C en met cyclische belichting (KD Controle 18°C & KD Cyclisch 15°C) gingen visueel ook richting dormancy. De dormancy kenmerken bij Fandango waren:

- Korte bladsteel
- Klein blad
- Dik blad, hoge leaf mass area (LMA)
- Verminderde strekkingssnelheid bladeren
- Korte trossen
- 'Winter'-trosjes: geen trossteelstrekking, enkele vruchtjes per tros met slechte bloemkwaliteit: 'groene' bloembodem met onderontwikkelde stampers en meeldraden, slechte zetting, misvormde vruchtjes/verstening

Over het algemeen vertonen planten die in dormancy zijn een hogere LMA in combinatie met kleiner blad dan planten die niet in dormancy zijn. In deze proef vertoonden KD Controle 15°C en in mindere mate KD Controle 18°C bij eindoogst ook een iets hogere LMA. De behandeling met cyclische belichting ging visueel ook richting dormancy, maar omdat de LMA alleen aan het einde van de proef werd gemeten aan gezonde bladeren, was deze waarschijnlijk lager als gevolg van het herstel van het gewas na drie periodes van cyclische belichting. Opmerkelijk was dat de LMA van de behandeling met dagverlenging rood assimilatielicht (LD R assim 18°C) het hoogst was. Deze behandeling zat ver van dormancy vandaan, maar had waarschijnlijk een overschot aan assimilaten door een combinatie van een relatief hoge lichtintensiteit zonder plantbelasting, wat resulteerde in een hoge LMA. Grote bladeren met een hoge LMA geven waarschijnlijk een overschot aan assimilaten aan, terwijl kleine bladeren met een hoge LMA een teken van dormancy kunnen zijn.

Behandelingen met dagverlenging rood stuurlicht bij 15°C en 18°C hadden bij de eindoogst driemaal zoveel jonge trossen (trossen zonder open bloem) in vergelijking met behandelingen zonder dagverlenging. Dit suggereert dat de planten zonder dagverlenging mogelijk een afnemende trosinductie zouden hebben gehad als de proef niet was beëindigd, terwijl de planten onder dagverlenging met rood stuurlicht waarschijnlijk nog steeds een voortdurende inductie van trossen zouden hebben gehad. Het optreden van pieken en dalen in inductie is typerend voor een gewas dat niet in balans is. Omdat de proef werd beëindigd in de periode van afname van de plantbelasting, hebben we niet zuiver kunnen vaststellen of en welke behandelingen daadwerkelijk een afname in inductie zouden hebben laten zien.

Het aantal bladeren per tros is een indicatie van de mate van generativiteit van een plant. Een hoger aantal bladeren per tros duidt op een vegetatievere plant. Uit het aantal bladeren per tros is in dit onderzoek geen consistent verband te zien van het effect van temperatuur of dagverlenging met rood stuurlicht op de mate van generativiteit. Onder dagverlenging met

rood assimilatielicht waren de planten het meest vegetatief. De planten die cyclische belichting kregen waren het meest generatief.

Tabel 8. Eindoogst van alle Fandango planten. Waarden zijn gemiddelden met tussen haakjes de standaarddeviatie (n=10). Waarden per strekkende meter zijn de som van 10 planten. Extra data gebaseerd op de gehele proef zijn onderaan in deze tabel weergeven.

	Eindoogst Fandango					
	KD Controle 15°C	*KD Controle 18°C*	*KD Cyclisch 15°C*	*LD R stuur 15°C*	*LD R stuur 18°C*	*LD R assim 18°C*
Bladeren versgewicht [g/plant]	71 (11)	97 (41)	69 (17)	147 (47)	171 (31)	145 (44)
Aantal bladeren [#/plant]	35 (6)	33 (10)	25 (5)	35 (9)	35 (8)	24 (7)
Individueel bladoppervlak [cm^2]*	40	61	54	125	121	134
LMA [g/m^2] *	77	72	69	69	64	82
Aantal neuzen [#/plant]	5.2 (0.9)	4.7 (0.9)	4.1 (0.3)	5.9 (1.7)	5.9 (1.4)	4.7 (1.2)
Trossen zonder open bloem (>1cm) [#/m]	8	6	5	23	19	6
	Waarden gebaseerd op de gehele proef					
Cumulatief aantal bladeren [#/m]	448	429	332	468	516	372
Cumulatief aantal trossen [#/m]	82	94	89	89	71	18
Cumulatief geoogste vruchten [#/m]**	98	184	141	102	150	38
Bladeren per tros ***	5.0	4.3	3.5	4.2	5.7	15.5
Vruchten per tros	5.5 (3.2)	6.3 (1.9)	5.9 (2.6)	6.9 (3.0)	7.6 (2.0)	8.3 (1.8)
Troslengte tot 1e bloem [cm]	16.0 (3.9)	19.0 (4.3)	17.6 (4.5)	25.4 (6.4)	32.7 (6.2)	32.0 (9.2)
Bladschijf lengte [cm]****	4.6 (0.7)	6.0 (0.9)	6.0 (0.8)	8.0 (1.1)	7.9 (1.2)	7.9 (1.3)

* Exclusief bladsteel, 10 bladeren/behandeling
** Vruchten met een zeer slechte zetting (afval) zijn niet meegeteld
*** Cumulatief aantal trossen + trossen zonder open bloem
**** Viermaal gemeten in de acht laatste weken voor oogst

4.4 Conclusies Fandango

In deze proef is getoetst of dormancy vermeden kon worden (terwijl inductie behouden bleef) door het inzetten van verschillende manieren van dagverlenging en/of het telen bij een hogere temperatuur.

- De behandeling van 13 uur daglengte zonder dagverlenging bij een planttemperatuur van 15°C (KD Controle 15°C) was de negatieve controle omdat verwacht werd dat het gewas bij deze behandeling in dormancy zou gaan. KD Controle 15°C ging zoals verwacht in dormancy, maar zonder verlies van inductie. Er leek zelfs sprake van overinductie. De combinatie van dormancy en overinductie resulteerde in een fysiek onwerkbaar gewas en een matige vruchtopbrengst. Hieruit kan worden geconcludeerd dat Fandango niet inducerend geteeld kan worden bij een daglengte van 13 uur en een planttemperatuur van 15°C etmaal.

- Enkel het verhogen van de etmaal temperatuur was niet voldoende om dormancy te vermijden en inducerend te telen. Hoewel de behandeling zonder dagverlenging bij 18°C (Controle 18°) beter was dan KD Controle 15°C ging het gewas tegen het eind van de proef ook visueel richting dormancy. Daarnaast was tegen het eind van de proef ook de strekking van jonge bladeren onvoldoende. Net als bij KD Controle 15°C was er ook bij KD Controle 18°C sprake van een grote piek in plantbelasting, maar kwalitatief slechte trossen en veel versteende vruchten.

- Het toepassen van cyclische belichting bij afnemende strekking van jonge bladeren was ook niet voldoende om dormancy te vermijden in deze proef. Hoewel de cyclische belichting resulteerde in verbeterde strekking, vertoonde het gewas nog steeds, net als bij KD Controle 15°C, korte en onhandelbare trossen, evenals veel misvormde vruchten en overinductie. Alleen het monitoren van strekking van jonge bladeren lijkt dus niet voldoende om vast te stellen of het gewas in dormancy gaat.

- Beide behandelingen waarbij de basis daglengte van 13 uur werd verlengd met rood stuurlicht bleven gedurende de hele proef in trosinductie en gingen niet in dormancy. In vergelijking met de controleplanten hadden de planten onder deze behandeling langere en werkbaardere trossen. Ook hadden de rood stuurlicht behandelingen bij eindoogst aanzienlijk meer jonge trossen dan de behandelingen zonder dagverlenging. Dagverlenging met rood stuurlicht werd getoetst bij 15°C en 18°C. De plantbelasting was bij 18°C beter in balans dan bij 15°C. Daarnaast naderde de strekking van jonge bladeren bij LD R stuur 15°C in de laatste weken van de proef de kritieke grens van minder dan 1cm per dag. Dit is een mogelijke indicatie van beginnende dormancy. Daarentegen was de strekking bij 18°C de gehele proef ruim voldoende.

- Dagverlenging met rood assimilatielicht bij 18°C diende als positieve controle, gebaseerd op eerdere proeven waarin deze behandeling in trosinductie bleef en geen dormancy vertoonde bij de high chill junidragers Elsanta en Sonsation (Trouwborst *et al.* 2023). In

de huidige proef echter bleven de planten niet in trosinductie. Bij eindoogst waren er wel enkele jonge trossen zonder open bloem. Maar dit was vrij marginaal en zo'n grote onderbreking in inductie is onaanvaardbaar in de praktijk. Aangezien het behoud van trosinductie een essentiële voorwaarde was voor een succesvolle behandeling, kan geconcludeerd worden dat dagverlenging met rood assimilatielicht in dit onderzoek voor Fandango geen geschikte methode bleek voor inducerend telen. Omdat de planten bij dagverlenging met rood stuurlicht wel in trosinductie bleven lijkt de intensiteit van het rode licht belangrijk of het licht wordt waargenomen als daglengte.

Samengevat blijkt uit deze proef voor Fandango dat voor het behouden van inductie en het vermijden van dormancy een planttemperatuur van 18°C beter is dan 15°C. Daarnaast is bij een basisdaglengte van 13 uur dagverlenging met rood licht noodzakelijk voor het vermijden van dormancy. De intensiteit van het rode licht bij dagverlenging mag echter niet te hoog zijn, omdat het anders nog steeds wordt waargenomen als daglengte. Hoe hoog de intensiteit rood licht mag zijn lijkt samen te hangen met andere factoren. Een vermoeden is dat de mate van vegetativiteit van het startmateriaal hierin een rol speelt (paragraaf 6.2.2). Hiernaast geldt nog dat, hoewel de grootte van de proefopzet zich niet leent voor een kwantitatieve oogstproef, de hoogst behaalde productie van op z'n best een kleine twee kilogram/m^2 laag is voor 9 oogstweken en 22 weken teelt.

5 Resultaten Inspire

Inspire heeft 22 weken in de proef gestaan, waarbij de behandelingen begonnen na 3 weken trayveld simulatie. Vanaf dat moment werden doorlopende metingen uitgevoerd, en de eindoogst metingen op de laatste proefdag. Bij start van de proef is een volledig bloemonderzoek gedaan waaruit bleek dat drie weken inductie te kort waren. Gemiddeld waren de toptrossen van de planten in stadium 1.25 (Bijlage 2). Stadium 3 is overtuigend generatief. Voor Inspire is bij eindoogst ook een kwalitatief bloemonderzoek uitgevoerd op alleen de hoofdrhizoom van enkele behandelingen.

5.1 Plantopbouw (vegetatief)

De gewasvorm van Inspire was zeer vergelijkbaar bij elke behandeling (Foto 9 en 10). De planten die dagverlenging met rood licht kregen (R stuur 15°, LD R stuur 18°C en LD R assim 18°C waren iets hoger en breder dan de planten zonder dagverlenging (Figuur 14). Onder geen van de behandelingen vertoonden de planten visuele kenmerken van dormancy.

De strekking van jonge bladeren was aanvankelijk hoger bij de 18°C behandelingen dan bij de 15°C behandelingen (Figuur 15). Vanaf week 52 werd dit verschil kleiner en was de strekking voor elke behandeling meestal boven de kritische grens van 1cm per dag. Ondanks dat cyclische belichting werd aangezet aan de hand van de strekking van Fandango, werd ook bij Inspire waargenomen dat na het aanzetten van de cyclische belichting de strekking van jonge bladeren toenam (Figuur 15B).

Gedurende de hele proef bleven de planten bij elke behandeling nieuwe bladeren vormen (Figuur 16). Er was dus een doorgaande bladontwikkeling. Alleen tussen week 44-48 en week 48-52 was er een kleinere toename in bladafsplitsing bij de planten met respectievelijk dagverlenging rood stuurlicht bij 15°C (LD R stuur 15°C) en 18°C (LD R stuur 18°C). In die vier weken werd gemiddeld maar 1.2 en 1 blad per week afgesplitst. Een verminderde toename van bladeren kan duiden op stilstand van het groeipunt, ook wel aangeduid met interne cilinder. Als het groeipunt stilstaat zal er ook een inductiepauze en op den duur een productiepauze ontstaan.

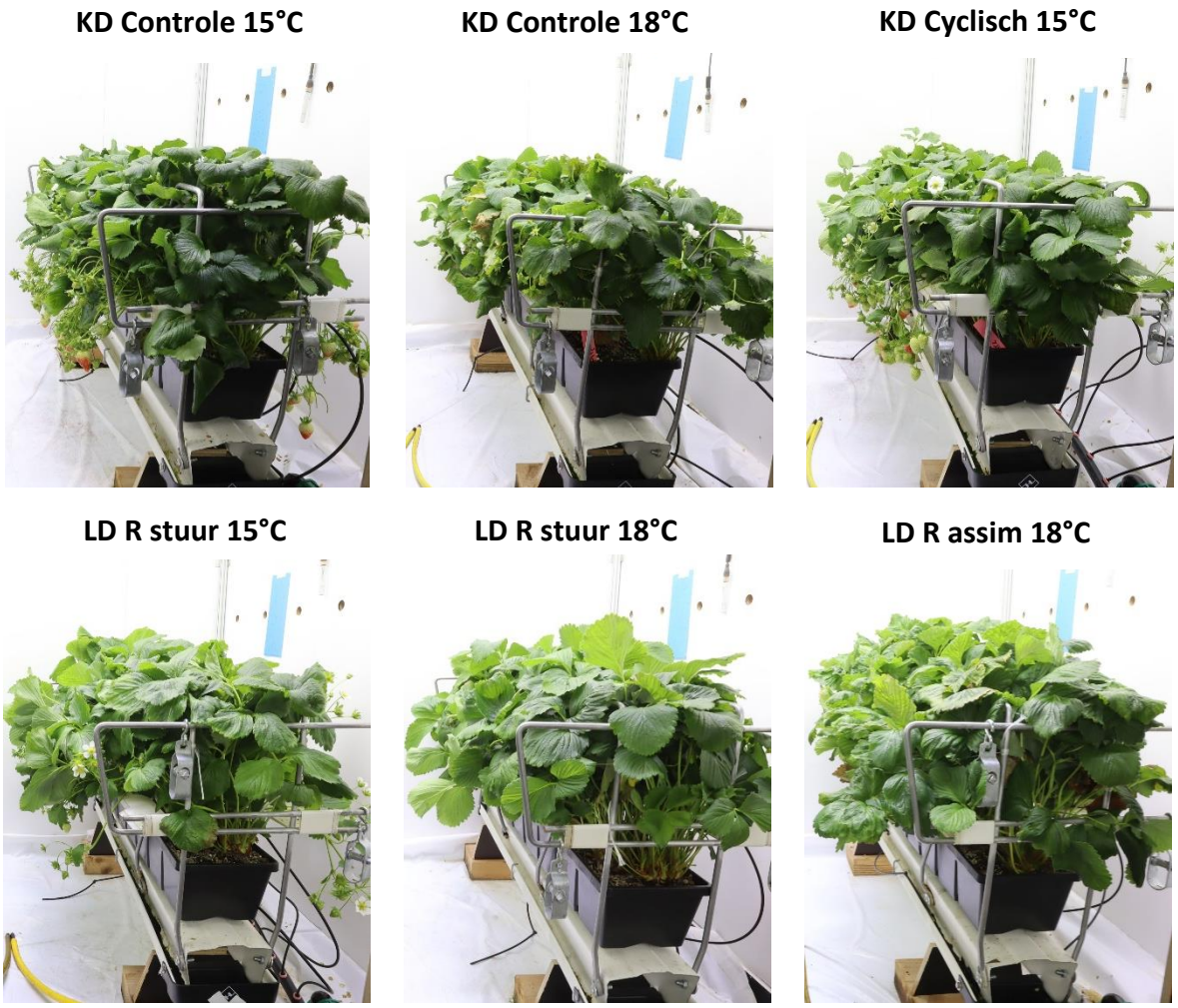


Foto 9. Inspire vooraanzicht bij proefbeëindiging in gesimuleerde week 6. Behandelingen zijn van links naar rechts, van boven naar beneden: KD Controle 15°C, KD Controle 18°C, KD Cyclisch 15°C, LD R stuur 15°C, LD R stuur 18°C en LD R assim 18°C.

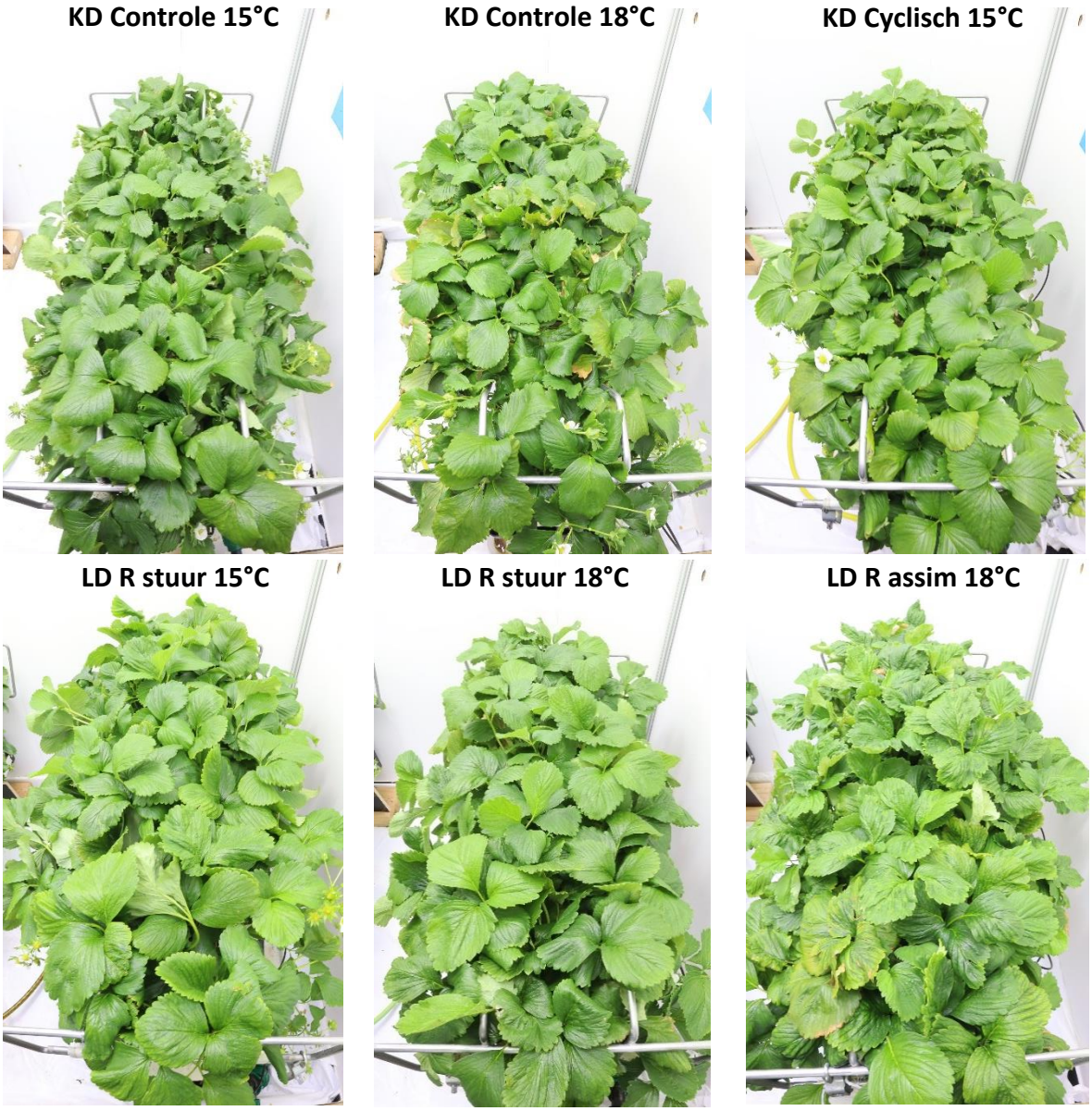
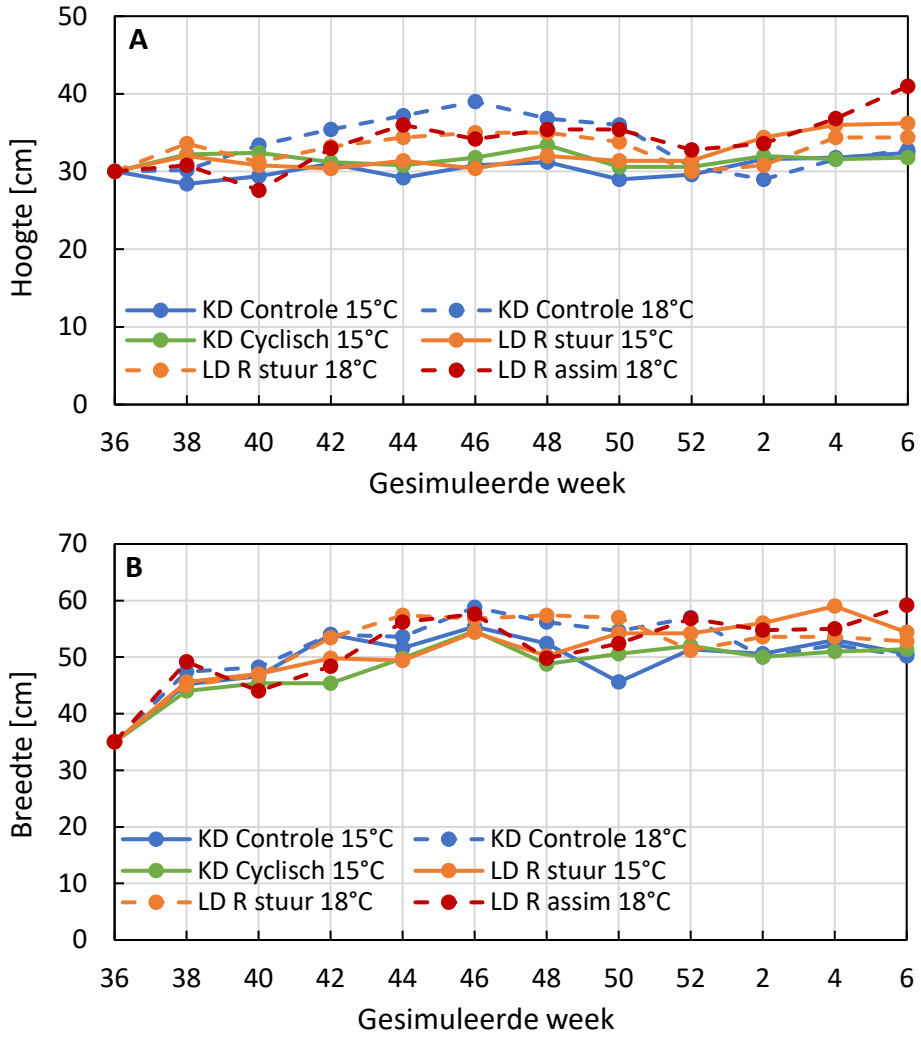
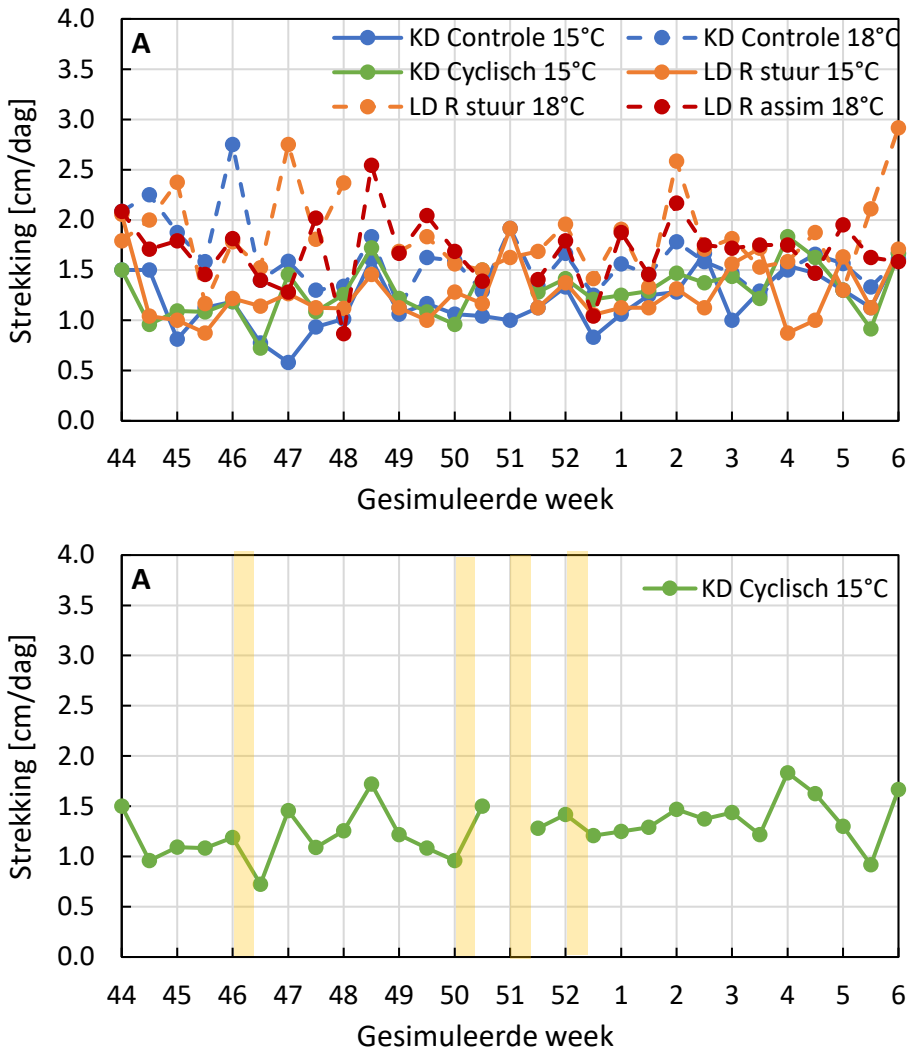


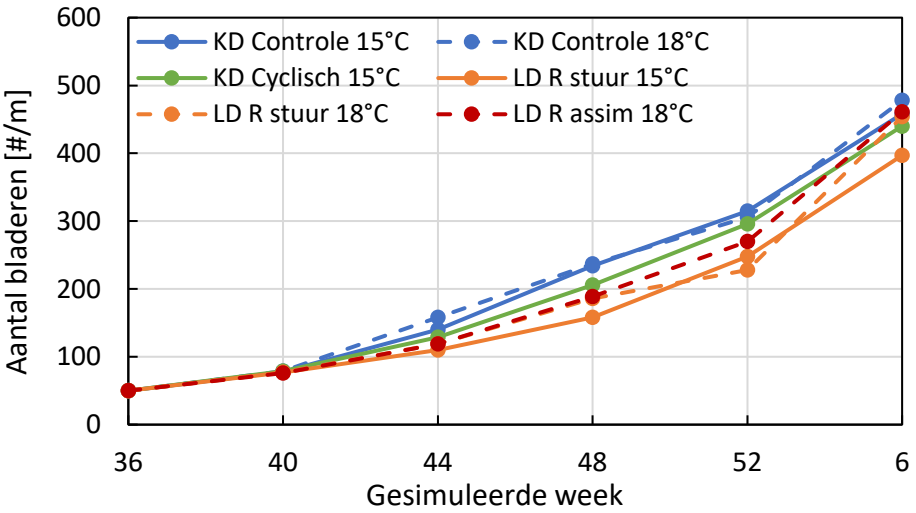
Foto 10. Inspire bovenaanzicht bij proefbeëindiging in gesimuleerde week 6. Behandelingen zijn van links naar rechts, van boven naar beneden: KD Controle 15°C, KD Controle 18°C, KD Cyclisch 15°C, LD R stuur 15°C, LD R stuur 18°C en LD R assim 18°C.



Figuur 14. Gewashoogte (A) en gewasbreedte (B) gemeten bij Inspire. Waarden zijn het gemiddelde van 5 metingen. De SD staat niet weergegeven maar lag in orde/grootte van 2.0 bij gewashoogte en 5.5 bij gewasbreedte.



Figuur 15. Strekking jonge bladeren Inspire van alle behandelingen (A) en alleen de behandeling met cyclische belichting (B). In figuur B is met gele vlakken aangegeven wanneer de cyclische belichting aanstond voor 3 etmalen. In week 37 is de cyclische belichting eenmalig preventief aangezet voor 5 etmalen.



Figuur 16. Cumulatief aantal bladeren van Inspire gedurende het verloop van de teelt. Waarden per strekkende meter zijn de som van 10 planten per behandeling.

5.2 Trosinductie, plantbelasting en oogst

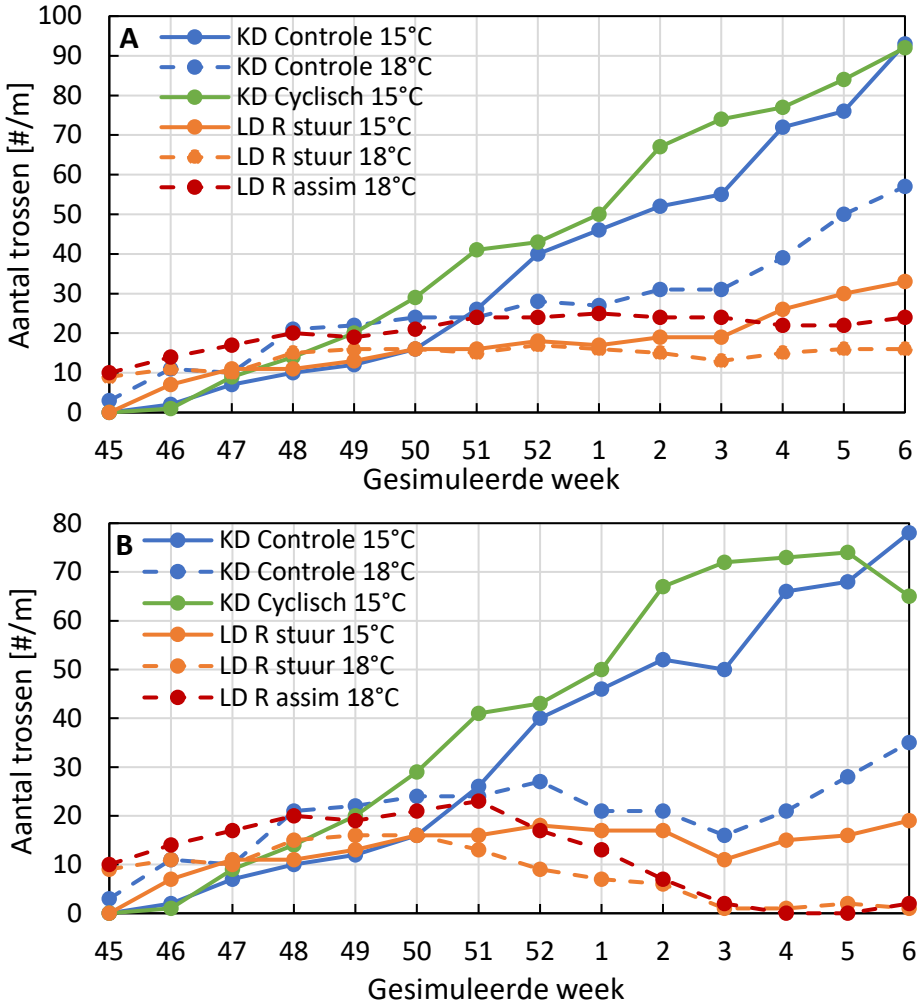
Negen weken na start van de proef ontwikkelden de planten hun eerste trossen. De randvoorwaarde was dat de planten in trosinductie moesten blijven terwijl tegelijkertijd geprobeerd werd om dormancy te vermijden. Bij Inspire hadden de 15°C behandelingen zonder dagverlenging rood licht (KD Controle 15°C en KD Cyclisch 15°C) een duidelijke doorgaande trosinductie (Figuur 17). Alle behandelingen met dagverlenging rood licht raakten bij Inspire (tijdelijk) uit trosinductie. Dagverlenging met rood licht had dus een negatief effect op trosinductie. In week 4 begon LD R stuur 15°C opnieuw met induceren, wat aantoont dat onder dagverlenging met rood licht trosinductie wel mogelijk is. Een hogere planttemperatuur had ook een negatief effect op trosinductie. De behandeling zonder dagverlenging bij 18°C (KD Controle 18°C) had een forse onderbreking in trosinductie, maar kwam ook in week 4 weer op gang. Alleen de behandelingen met zowel dagverlenging rood licht als een planttemperatuur van 18°C zijn volledig uit trosinductie geraakt (LD R stuur 18°C en LD R assim 18°C).

Deze verschillen in trosinductie tussen de behandelingen werden pas zichtbaar vanaf week 48-49. In de weken daarvoor was het aantal trossen bij elke behandeling relatief laag. Een stokkend aantal trossen in week 48-49 zou door een probleem rond week 38 veroorzaakt kunnen zijn (telling bij 1^{e} open bloem die ongeveer 20.000GDH ≈9-11 weken bij respectievelijk 15°C en 18°C. Halverwege week 38 zijn de temperatuursbehandelingen ingezet en voor dat moment was de temperatuur bij elke behandeling nog 18°C. Een planttemperatuur van 18°C lijkt een negatief effect te hebben op trosinductie. Mogelijk is de etmaaltemperatuur bij start van de proef al erg belangrijk voor de latere trosinductie.

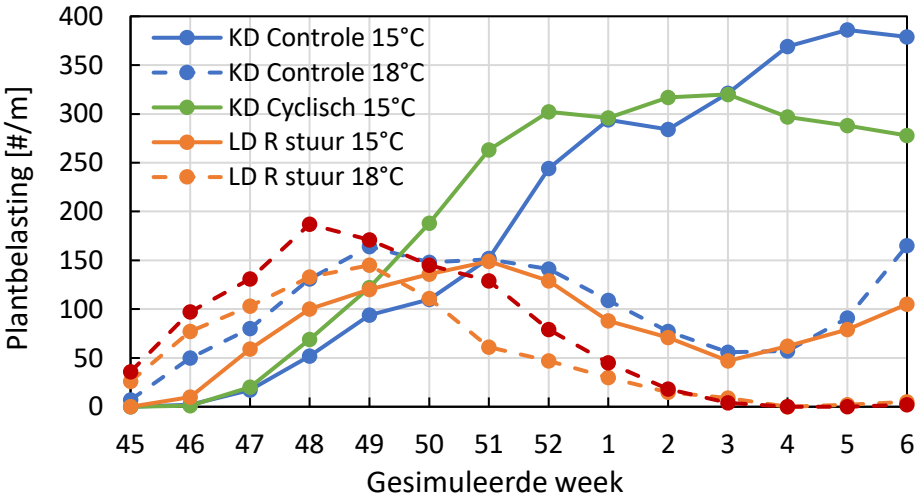
De 18°C behandelingen met dagverlenging rood stuur- en assimilatielicht begonnen met een sterke toename in plantbelasting (Figuur 18), maar raakten vervolgens uit trosinductie. De behandelingen zonder dagverlenging bij 15°C (KD Controle 15°C en KD Cyclisch 15°C) hadden een (te) grote piek in plantbelasting (NB. versteende vruchten zijn meegeteld). Toch waren de planten visueel wel in balans, geen tekenen van dormancy en alle ontwikkelingsstadia van trossen waren aanwezig. Dat wil zeggen dat er jonge trossen, trossen met open bloemen en trossen met vruchten aanwezig waren op hetzelfde moment. De plantbelasting van LD R stuur 15°C en KD Controle 18°C herstelde ook in week 4, toen bij die behandelingen ook de trosinductie weer op gang kwam.

De behandelingen bij 18°C kwamen ongeveer drie weken eerder in oogststadium, omdat deze planten meer GDH hadden gekregen (Figuur 19). Alle planten bij 18°C hadden een aflopende vruchtproductie gedurende de hele proef. KD Controle 18°C zou mogelijk wel weer vruchtproductie hebben gehad als de proef niet was beëindigd, aangezien bij deze behandeling pas in week 3 de trosinductie weer op gang kwam. De behandelingen bij 15°C vertoonden een doorlopende vruchtproductie en toonden tegen het einde van de proef voldoende potentie om de gesimuleerde winter door te komen (NB. in week 6 is één keer

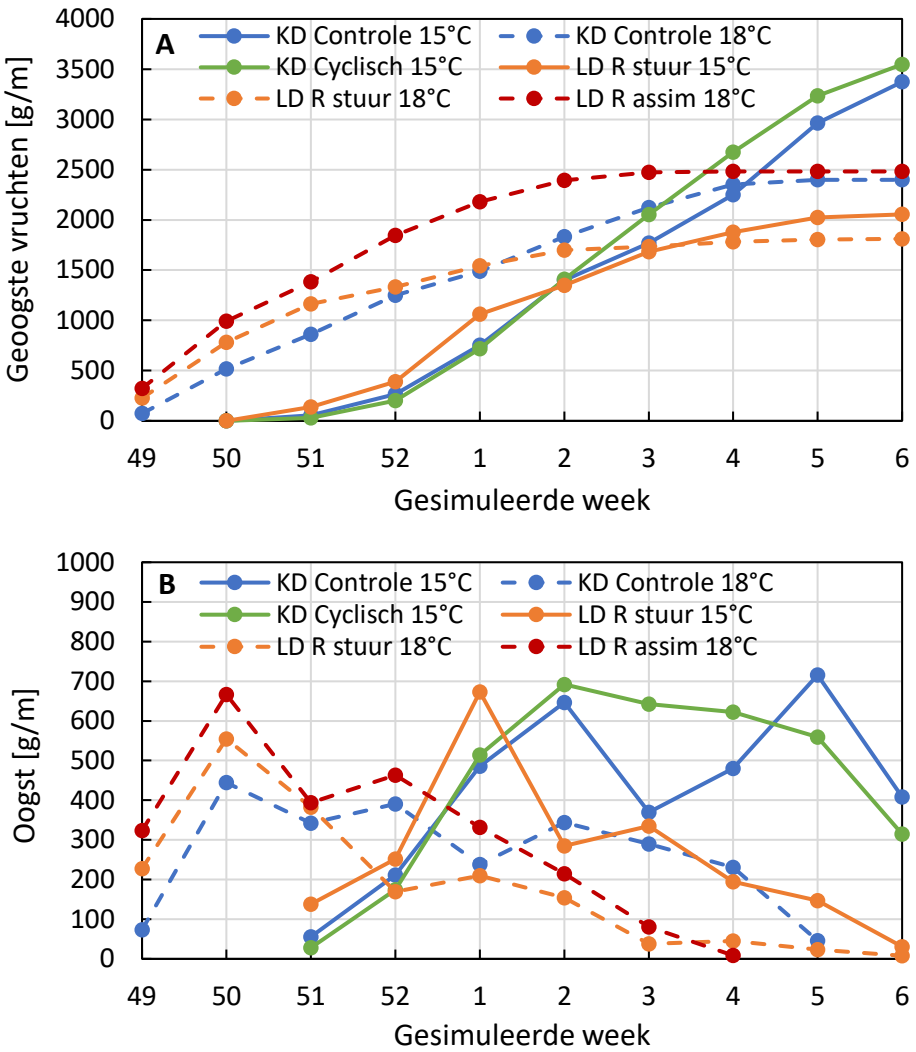
vruchten geoogst in plaats van twee keer). Hoewel het doel van deze proef niet was om een hoge vruchtproductie te behalen was de totaalopbrengst redelijk, ruim 3000g in 6 weken.



Figuur 17. Aantal trossen cumulatief (A) en aantal aanwezige trossen per week (B) van Inspire. Trossen zijn geteld vanaf het moment dat de eerste bloem open was. Aantallen per strekkende meter zijn de som van 10 planten.



Figuur 18. Plantbelasting van Inspire bestaande uit het aantal open bloemen en gezette vruchten. Aantallen per strekkende meter zijn de som van 10 planten.



Figuur 19. Cumulatieve oogst van Inspire (A) en oogst per week (B). Waarden per strekkende meter zijn de som van 10 planten. Vruchten met een zeer slechte zetting (afval) zijn niet meegeteld. In gesimuleerde week 6 is één keer geoogst in plaats van twee keer.

5.3 Eindoogst

Aan het einde van de proef vond een eindoogst plaats (Tabel 9). Een aantal resultaten worden in dit hoofdstuk besproken.

Bij geen van de behandelingen vertoonde Inspire tekenen van dormancy. Visueel leek het gewas bij elke behandeling op elkaar (Foto 9 en 10) en het aantal bladeren en neuzen per plant was ook erg vergelijkbaar tot en met het einde van de proef. In het aantal trossen per behandeling zat echter een groot verschil. Behandelingen met dagverlenging rood licht zijn tijdens deze proef uit trosinductie geraakt en hadden ook beduidend minder trossen dan de behandelingen zonder dagverlenging rood licht. Bij een plantemperatuur van 18°C hadden zowel de behandelingen met dagverlenging als die zonder dagverlenging minder trossen dan bij 15°C. De behandeling zonder dagverlenging bij 18°C is in deze proef ook uit trosinductie geweest. Bij de behandelingen LD R stuur 15°C en KD Controle 18°C kwamen de trosinductie

weer op gang en hadden dus meer trossen dan de behandelingen die helemaal uit trosinductie geraakt zijn: de behandelingen met dagverlenging rood licht bij 18°C. Maar LD R stuur 15°C en KD Controle 18°C hadden minder trossen dan de behandelingen die de gehele proef trosinductie hadden: de behandelingen zonder dagverlenging bij 15°C.

Opvallend is dat de behandeling met dagverlenging rood stuurlicht bij 18°C gedurende de proef uit trosinductie is gegaan, maar toch het hoogste aantal jonge trossen had bij eindoogst (trossen zonder open bloem). Dit laat zien dat er bij dagverlenging met rood licht toch trosinductie kan plaats vinden. Ook dagverlenging met rood assimilatielicht had bij eindoogst weer een aantal jonge trossen, maar in mindere mate dan bij het rode stuurlicht. De 18°C behandeling zonder dagverlenging produceerde vanaf week 4 met een stijgende lijn nieuwe trossen. Ook had KD Controle 18°C veel jonge trossen bij eindoogst in vergelijking met de andere behandelingen. Mogelijk zou deze behandeling weer voldoende trosinductie, plantbelasting en oogst hebben vertoond als de proef was voortgezet, echter de kans is klein dat de plant in balans zou blijven.

Het aantal bladeren per tros is een indicatie van de mate van generativiteit van een plant. Een hoger aantal bladeren per tros duidt op een vegetatievere plant. Alle drie de behandelingen met dagverlenging rood licht hadden fors meer bladeren per tros dan de behandelingen zonder dagverlenging. Inspire had dus onder dagverlenging rood licht meer moeite om generatief te worden. De planten met dagverlenging met rood assimilatielicht bij 18°C waren het meest vegetatief. De behandelingen met cyclische belichting bij 15°C waren het meest generatief.

Tabel 9. Eindoogst van alle Inspire planten. Waarden zijn gemiddelden met tussen haakjes de standaarddeviatie (n=10). Waarden per strekkende meter zijn de som van 10 planten. Extra data gebaseerd op de gehele proef zijn onderaan in deze tabel weergeven.

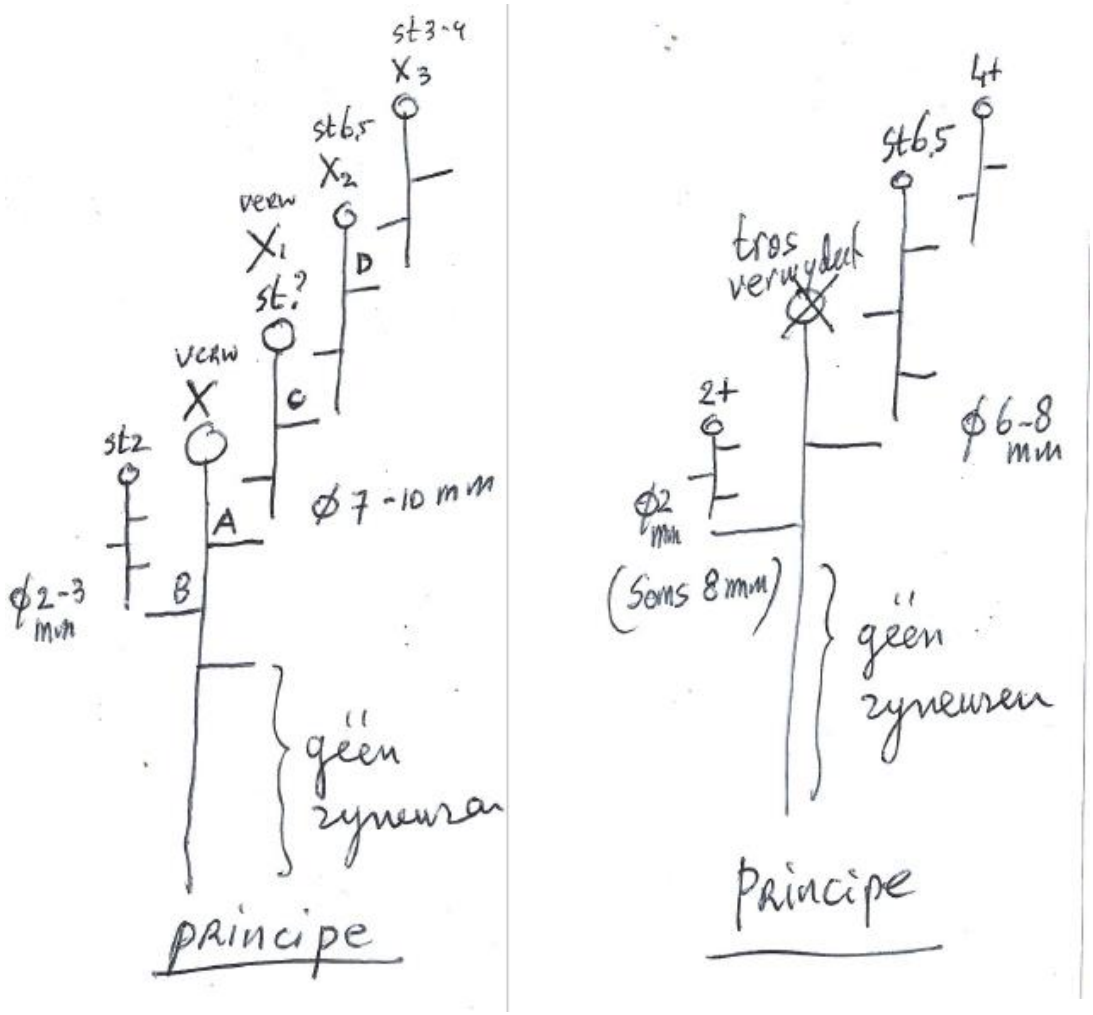
	Eindoogst Inspire					
	KD Controle 15°C	*KD Controle 18°C*	*KD Cyclisch 15°C*	*LD R stuur 15°C*	*LD R stuur 18°C*	*LD R assim 18°C*
Bladeren versgewicht [g/plant]	189 (54)	168 (49)	145 (52)	216 (41)	179 (76)	233 (101)
Aantal bladeren [#/plant]	36 (8)	34 (8)	35 (6)	31 (5)	35 (8)	35 (14)
Individueel bladoppervlak [cm^2]*	111	122	116	154	154	131
LMA [g/m^2] *	75	64	62	67	67	67
Aantal neuzen [#/plant]	5.7 (1.3)	5.8 (2.0)	5.5 (1.2)	5.3 (0.9)	6.4 (1.7)	6.1 (2.4)
Trossen zonder open bloem (>1cm) [#/m]	19	32	19	9	36	10
	Waarden gebaseerd op de gehele proef					
Cumulatief aantal bladeren [#/m]	458	478	440	397	454	461
Cumulatief aantal trossen [#/m]	93	57	92	33	16	24
Cumulatief geoogste vruchten [#/m] **	204	227	254	129	156	204
Bladeren per tros ***	4.1	5.4	4.0	9.5	8.7	13.6
Vruchten per tros	9.6 (4.0)	8.9 (3.1)	6.3 (3.5)	10.6 (2.6)	9.9 (3.3)	10.1 (3.0)
Troslengte tot 1e bloem [cm]	25.8 (5.8)	29.4 (7.3)	27.9 (5.8)	27.6 (5.4)	28.2 (4.5)	30.0 (5.3)
Bladschijf lengte [cm]****	8.2 (1.3)	7.8 (1.1)	7.6 (1.6)	8.9 (1.5)	9.3 (1.5)	8.8 (1.4)

* sample van 10 bladeren, exclusief bladsteel
** Vruchten met een zeer slechte zetting (afval) zijn niet meegeteld
*** Cumulatief aantal trossen + trossen zonder open bloem
**** Viermaal gemeten in de acht laatste weken voor oogst

5.4 Bloemonderzoek

Voor Inspire is bij eindoogst bloemonderzoek uitgevoerd door Toon Melis op 4 behandelingen: alleen de beide controles en stuurlichtbehandelingen. Van deze behandelingen zijn er 4-7 (hoofd)rhizomen geteld per behandeling. Bij eindoogst waren er meestal 5-6 neuzen per plant. Het bloemonderzoek geeft dus een kwalitatieve indruk en moet niet kwantitatief worden opgevat. Op grond van de 4-7 planten is er een 'principe'-tekening gemaakt die het gemiddelde weergeeft van de onderzochte behandeling (Figuur 20 en 21).

KD Controle 15°C **KD Controle 18°C**



Figuur 20. Werktekeningen bloemonderzoek van beide controlebehandelingen. Er zijn 4-7 (hoofd)rhizomen geteld per behandeling. Bij eindoogst waren er meestal 5-6 neuzen per plant. Het bloemonderzoek geeft dus een kwalitatieve indruk en moet niet kwantitatief worden opgevat. Verticale strepen geven opvolgende of zijneuzen weer. Horizontale streepjes zijn bladeren. Bolletjes zijn trossen. De hoofdas van de plant had meestal 7 bladeren uitmondend in een (al verwijderde) tros: op de hoofdas zijn niet alle bladeren weergegeven.

Figuur 20 geeft de principe-tekening weer van beide controle-behandelingen. Hierbij valt op dat op de hoofdas, na de eerste tros, er 3 voortzettende kronen (gestapelde neuzen) zijn gevormd die ieder twee bladeren hadden. Daarnaast is er een zijkroon (zijneus) gevormd. Bij 18°C zien we in de basis dezelfde plantstructuur, echter naast de ene zijkroon zijn er maar twee voortzettende kronen gevormd waarbij er ook een derde blad aanwezig was. Dit suggereert dat er bij hogere temperatuur minder inductie plaats vindt. Dit wordt bevestigd door het cumulatief aantal ontwikkelde trossen (>1cm). Respectievelijk waren dat er 11.2 en 8.9 per plant onder 15°C en 18°C (Tabel 9; cumulatieve trossen en trossen zonder open bloem) waarbij er onder 18°C 1.3 blad meer per tros is gevormd (respectievelijk 4.1 en 5.4 blad/tros onder 15°C en 18°C). Hieruit kan dus worden vastgesteld dat er minder trosinductie bij hogere temperatuur plaats vindt terwijl de 18°C behandelingen bij proefbeëindiging zo'n 4 weken voorliep in groeigraaduren.

Onder 18°C met dagverlenging rood stuurlicht vertoonden de kronen nog minder inductie. Er was slechts 1 voortzettende kroon aanwezig die ook nog eens veel bladeren bevatte (Figuur 21). Bij deze behandeling hadden de planten slechts enkele zijneuzen (niet getekend op de principetekening). Op grond van de onderzochte rhizomen trok Toon Melis de volgende conclusies:

- De planten zijn erg lang vegetatief geweest nadat ze bloemen hadden ontwikkeld op de hoofdtros.
- Op moment van oogst waren de planten net wel/niet bezig met bloemaanleg.

Bij de eindoogst waren er echter wel 3.6 jonge trosjes per plant (trossen zonder open bloem; Tabel 9), wat duidelijk aantoont dat er volop trosinductie heeft plaatsgevonden. Deze trosjes moeten dus wel allemaal van zijkronen zijn en dus vindt er (uiteindelijk) wel degelijk inductie plaats onder dagverlenging met rood stuurlicht. Echter, de vertraging is onaanvaardbaar voor de praktijk. Inclusief de jonge trosjes lag de totale blad/trosverhouding op 8.7 blad/tros wat erg hoog is (Tabel 9).

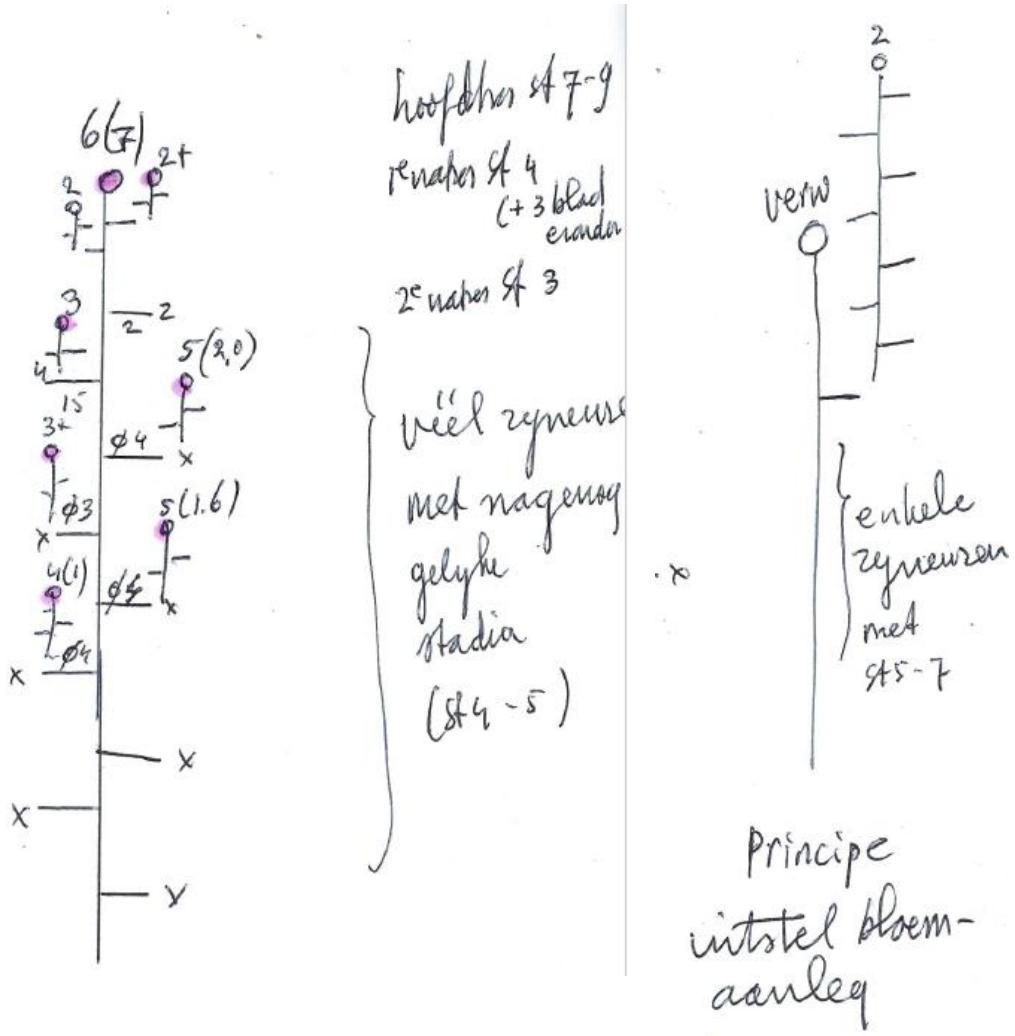
Onder 15°C met dagverlenging rood stuurlicht constateerde Toon Melis dat ook hier een forse vertraging is geweest ten opzichte van beide controles. Daarnaast hadden de planten erg veel zijneuzen gemaakt die allemaal (netaan) geïnduceerd waren. Er zat dus een productiegolf aan te komen. Bij de eindoogst werden hier 0.9 jonge trosjes/plant geteld en kwam de blad/trosverhouding op 9.5 blad/tros (Tabel 9). In eerste instantie leek het alsof de behandeling met dagverlenging rood stuurlicht bij 15°C achterliep op dagverlenging rood stuurlicht 18°C vanwege het lagere aantal jonge trosjes bij eindoogst. Echter, gezien het aantal nog niet visueel zichtbare trosjes zou de 15°C behandeling de 18°C behandeling overtroffen hebben wat betreft inductie bij dagverlenging met rood stuurlicht. (Semi kwantitatief benaderd: er waren 3.6 jonge trossen/plant bij eindoogst en 2 trossen op het hoofdrhizoom, wat resulteert in tenminste 5.6 jonge trossen/plant voor 18°C. 15°C had 0.9 jonge trossen/plant bij eindoogst en 5.1 jonge trossen op het hoofdrhizoom, wat resulteert in tenminste 6 jonge trossen/plant bij ~4 weken minder groeigraaduren. Zoals gezegd heeft er geen bloemonderzoek plaatsgevonden

op de zijneuzen waardoor het verschil nog veel groter zou kunnen zijn). Er vindt dus wel degelijk trosinductie plaats onder dagverlenging met rood stuurlicht, maar vanwege de pauze in de trosinductie is dit vooral vanwege de uitloop van zijneuzen wat onvermijdelijk zou leiden tot een oogstpiek.

Uit dit bloemonderzoek en de aanvullende data van de eindoogst kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Er vindt minder trosinductie plaats bij hogere planttemperatuur.
- Dagverlenging met rood stuurlicht heeft een negatief effect gehad op Inspire.
    - Pauze in inductie, gevolgd door alsnog (forse) trosinductie met als gevolg een ongewenste plantopbouw met verlies van balans.
- Onder dagverlenging met rood stuurlicht kan dus wel trosinductie plaats vinden, maar voor Inspire is voldoende lage temperatuur belangrijker dan daglengte.

LD R stuur 15°C **LD R stuur 18°C**



Figuur 21. Werktekeningen bloemonderzoek van beide rood stuurlichtbehandelingen. Er zijn 4-7 (hoofd)rhizomen geteld per behandeling. Bij eindoogst waren er meestal 5-6 neuzen per plant. Het bloemonderzoek geeft dus een kwalitatieve indruk en moet niet kwantitatief worden opgevat. Verticale strepen geven opvolgende of zijneuzen weer. Horizontale streepjes zijn bladeren. Bolletjes zijn trossen.

5.5 Conclusies Inspire

In deze proef is getoetst of dormancy vermeden kon worden (terwijl inductie behouden bleef) door het inzetten van verschillende manieren van dagverlenging en/of het telen bij een hogere temperatuur. Bij geen van de behandelingen is Inspire in dormancy gegaan tijdens deze proef. Toch was niet elke behandeling succesvol.

- De behandeling van 13 uur daglengte zonder dagverlenging bij een planttemperatuur van 15°C (KD Controle 15°C) was de negatieve controle omdat verwacht werd dat het gewas bij deze behandeling in dormancy zou gaan. Tegen verwachting in gebeurde dit niet. Inspire ontwikkelde zelfs het best bij deze behandeling. Er was doorgaande trosinductie en hoewel er een forse piek in plantbelasting was, leken de planten visueel in balans te zijn (alle trosstadia aanwezig). Het bloemonderzoek bij eindoogst bevestigde ook dat KD Controle 15°C de beste trosinductie had. De productie toonde genoeg potentie om de winter door te komen en dus lijkt een planttemperatuur van 15°C zonder dagverlenging met rood licht de beste strategie om Inspire inducerend te telen.
- Het inzetten van cyclische belichting had bij Inspire geen toegevoegde waarde, aangezien dormancy ook niet voorgekomen is bij Inspire in deze proef. Het gewas had ook geen last van de cyclische belichting want deze behandeling was nagenoeg hetzelfde als de controle zonder dagverlenging en 15°C.
- Het verhogen van de etmaaltemperatuur resulteerde bij Inspire in een aanzienlijk lagere trosinductie. Alle behandelingen bij 18°C zijn in deze proef uit trosinductie geraakt of hadden een onderbreking in trosinductie. Ook het bloemonderzoek bij eindoogst bevestigde dat er minder inductie plaats vindt bij een hogere temperatuur. Trosinductie bij de behandeling zonder dagverlenging bij 18°C kwam later in de proef weer op gang en deze behandeling had aan het eind van de proef nog veel jonge trossen. Echter is de vertraging in inductie en vruchtproductie onaanvaardbaar voor de praktijk.
- Dagverlenging met rood stuurlicht had ook een negatief effect op trosinductie. Zowel bij 15°C als 18°C waren er onder dagverlenging met rood stuurlicht duidelijk minder trossen dan zonder dagverlenging met rood stuurlicht. Trosinductie van rood stuurlicht bij 15°C kwam later in de proef weer op gang en ook het bloemonderzoek wees uit dat bij 15°C, maar ook bij 18°C trosinductie uiteindelijk wél plaats vond onder dagverlenging met rood stuurlicht. Deze inductie kwam pas laat in de proef opgang vanwege uitloop van de veel gevormde zijneuzen, wat zou resulteren in een oogstpiek. Planten bij dagverlenging rood stuurlicht waren dus niet in balans. Bovendien bleek uit het bloemonderzoek dat hoewel er bij 18°C meer jonge trossen waren bij de eindoogst, het aantal nog niet zichtbare trossen bij 15°C een hogere inductie vertoonde bij de behandelingen met dagverlenging rood stuurlicht. Dit betekent dat ook onder dagverlenging met rood stuurlicht 15°C gunstiger was voor Inspire dan 18°C.

- Dagverlenging met rood assimilatie bij 18°C was gekozen als positieve controle behandeling omdat deze behandeling in eerdere proeven in trosinductie bleef en niet in dormancy ging (Trouwborst *et al.* 2023). In deze proef bleven de planten echter niet in trosinductie. Gedurende de proef is de trosinductie ook niet meer op gang gekomen en bij eindoogst waren er weinig jonge trossen. Bij deze behandeling is geen bloemonderzoek uitgevoerd bij eindoogst, maar dagverlenging met rood licht en een etmaaltemperatuur van 18°C wees bij de andere behandelingen al uit dat dit een negatief effect heeft op trosinductie van Inspire.

Samengevat geldt voor Inspire aan de hand van deze proef dat voor het behouden van inductie en het vermijden van dormancy een planttemperatuur van 15°C beter is dan 18°C. Een etmaaltemperatuur van 18°C had een negatief effect op trosinductie. Mogelijk is de etmaaltemperatuur vanaf start teelt al belangrijk voor de later volgende trosinductie. Dagverlenging met rood licht had ook een negatief effect op trosinductie. Een combinatie van een hogere etmaal temperatuur en dagverlenging met rood licht werkte extra belemmerend op trosinductie. Er lijkt ook interactie te zijn tussen inductie bij dagverlenging met rood licht en de mate van vegetativiteit van het startmateriaal (paragraaf 6.2.2).

6 Algemene conclusies en discussie

Dit onderzoek was gericht op kennisontwikkeling om de belemmeringen weg te nemen voor een succesvolle jaarrond-teelt van aardbeien met slechts één planting per jaar. Het vermijden van dormancy en het behouden van trosinductie zijn hierbij noodzakelijk voor een energie-efficiënte teelt. Om dit doel te verwezenlijken willen we met proeven aantonen dat trosinductie succesvol van dormancy gescheiden kan worden, en in balans geteeld kan worden. In dit onderzoek werd het effect van plattemperatuur en verschillende manieren van dagverlenging getoetst op trosinductie en het vermijden van dormancy bij verschillende soorten junidragers; Sonsation (kort getoetst), Fandango en Inspire.

6.1 Conclusies

De verschillende soorten junidragers reageerden anders op de behandelingen in deze proef en kunnen idealiter niet samen geteeld worden. De soorten zijn daarom in dit rapport apart geanalyseerd. Uitgebreide conclusies over Sonsation, Fandango en Inspire zijn respectievelijk te vinden in hoofdstuk 3.3, 4.4 en 5.5.

Kort samengevat gold voor Sonsation:

- Een lichtsom van 8 mol/m²/dag PAR bij zowel 15°C als 18°C was te hoog voor een nog vegetatief gewas met goed strekkende bladeren en resulteert in veel zijneuzen.
- Preventief toegepaste cyclische belichting had een vertragend effect op de inductie van de dieperliggende okselknoppen bij kort geïnduceerde planten.
- Dagverlenging met rood assimilatielicht gaf een nog grotere vegetatieve impuls op de dieperliggende okselknoppen.
- Uit het bloemonderzoek bleek weinig effect van een verschil in 3°C planttemperatuur. De trosstadia van de toptros en onderliggende okselknoppen waren nauwelijks verder bij 18°C ten opzichte van 15°C.
- Visueel leek de behandeling zonder dagverlenging bij 15°C (KD Controle 15°C) het meest in (beginnende) dormancy, gevolgd door KD Cyclisch 15°C en KD Controle 18°C. Beide behandelingen met 18°C en dagverlenging rood (hoge en lage intensiteit) leken visueel het verst van dormancy vandaan.

Voor Fandango gold:

- Voor het behouden van een doorgaande trosinductie en het vermijden van dormancy is dagverlenging met rood stuurlicht noodzakelijk (bij een basis daglengte van 13 uur).
- Dagverlenging met rood stuurlicht is essentieel voor strekking (in een op hetzelfde moment lopende kasproef was de daglengte 13.5 uur en daarmee de onvoldoende strekking niet voorkomen!)
- Zonder dagverlenging bij een basis daglengte van 13 uur worden de trossen te klein en onwerkbaar.

- Gewas groei, ontwikkeling en productie was een stuk beter bij 18°C dan bij 15°C planttemperatuur.
- Cyclische belichting leek dormancy een klein beetje te kunnen uitstellen, maar niet te voorkomen. Vruchtopbrengst was bij deze behandeling wel het hoogst, maar het gewas was niet in balans.
- In deze proef was dus de behandeling met dagverlenging rood stuurlicht bij een planttemperatuur van 18°C het gunstigst om Fandango inducerend te telen. Het gewas ging niet in dormancy, er was doorgaande trosinductie en deze planten waren het best in balans. Echter was deze behandeling nog verre van optimaal, omdat de vruchtproductie erg laag was.

Voor Inspire gold:

- De getoetste temperatuurs- en dagverlegingsbehandelingen hadden geen effect op het optreden van dormancy.
- Voor doorgaande trosinductie is dagverlenging met rood (stuur) licht ongunstig. Bij rood stuurlicht vond uiteindelijk wel trosinductie plaats, maar er was een flinke vertraging.
- Gewasontwikkeling en productie was een stuk beter bij 15°C dan bij 18°C planttemperatuur.
- Cyclische belichting voegde niets toe ten opzichte van de controle aangezien dormancy ook niet tijdens de proef is voorgekomen, maar het had ook geen negatief effect.
- In deze proef was dus de behandeling zonder dagverlenging bij 15°C het gunstigst om Inspire inducerend te telen. Het gewas ging niet in dormancy en er was doorgaande trosinductie. Ondanks de hoge plantbelasting leek het gewas visueel wel in balans vanwege de gelijktijdige aanwezigheid van verschillende trosstadia.

Voor alle drie de soorten bleek dat een inductie fase van 3 weken met een daglengte van 10 uur (7:00-17:00 uur) te kort was in deze proef. Bij start van de behandelingen waren de planten van alle drie de soorten net aan geïnduceerd.

6.2 Algemene discussie

Delphy ISFC en Plant Lighting doen al enige jaren onderzoek naar een strategie om aardbeien jaarrond en fossielvrij te kunnen telen. Het streven hierbij is om met een verse (niet gekoelde) plant zoveel mogelijk in balans te telen, waarbij een opbrengst van gemiddeld 500-600g/m² mogelijk zou moeten zijn bij 12 mol belichting (en een standaard teeltsysteem met rijbreedte rond 1.1m). Deze teeltwijze sluit aan bij de principes van HNT, waarbij maximale isolatie door scherming (vocht als randvoorwaarde), en geen warmte afluchten centraal staan. Doordat piekbelasting wordt vermeden, hoeft niet 'maximaal' gekoeld te worden.

Deze teeltwijze is in principe toepasbaar voor zowel junidragers als doordragers. Voor junidragers is het cruciaal om een daglengte te handhaven die kort genoeg is voor doorgaande

trosinductie (kwantitatieve kortedag plant), terwijl bij doordragers de daglengte langer kan zijn, maar overmatige blootstelling aan lange dagen kan leiden tot overinductie (kwantitatieve langedag plant). Beide categorieën planten kunnen echter in dormancy gaan, wat een uitdaging vormt voor jaarrondteelt. Verder kan de categorie junidragers nog onderverdeeld worden op basis van koudebehoefte:

- High Chill zoals Elsanta, Sonsation, Sonata ('Nederlandse' genetica)
- Low Chill zoals Fandango en Inspire ('Spaanse' genetica). NB Fandango wordt ook wel als medium chill benoemd (pers. med Thijs van Dijk) en Inspire als (bijna) no chill (pers. med. Bart Jongenelen).

De reden dat de in deze proef getoetste soorten verschillend reageerden op de behandelingen heeft waarschijnlijk mede te maken met het feit dat we binnen de junidragers 3 soorten met een verschillende koudebehoefte hebben getoetst. De mate van koudebehoefte om door de dormancy heen te komen, bepaalt ook het gemak waarmee een plant uit dormancy te trekken is met cyclische belichting.

6.2.1 Effecten van dagverlenging met rood (stuur)licht

Vanuit de theorie van plantenfysiologie biedt dagverlenging met rood (stuur)licht een mogelijkheid om met een lange dag te belichten terwijl een junidrager, met betrekking tot trosinductie, toch een korte dag ervaart en dus doorgaat met het induceren van trossen. Voor een uitgebreide beschrijving van de external coincidencetheorie, de rol van fytochroom A en het effect van puur rood licht hierop, zie de Bijlage in Trouwborst *et al.* 2023). In eerdere proeven in klimaatcellen is dit concept van rood nabelichting succesvol gebleken bij de junidragers Elsanta en Sonsation (Trouwborst *et al*. 2023). Vervolgens zijn er kasproeven bij Delphy ISFC opgezet om deze teeltmethode verder te onderzoeken en op te schalen (kasproef winter '21/'22 (privaat); winter '22/'23 (KaE); winter '23/'24 (KaE). Enkele leerpunten uit deze proeven waren:

- Klimaatcelproef 2023: Onder dagverlenging met rood licht (basisdaglengte van 12-14 uur) was er doorgaande inductie en (veel) betere strekking. Dit suggereert dat het rode licht niet wordt waargenomen als daglengte, maar wel voor strekking wordt waargenomen. Mogelijk werkt dat via fytochroom B. De behandelingen zonder dagverlenging hadden ook doorgaande inductie, maar deze planten vertoonden dormancy kenmerken: klein, kort dik blad, smal gewas, onwerkbaar korte bloemstelen.

- Kasproef winter '21/'22: In deze proef was de basisdaglengte 13.5 uur en werd de dag verlengt met rood assimilatielicht. Fandango (Zadira) was tijdens deze teelt mooi in balans, Sonsation was volledig in dormancy en bij Inspire vond een overstrekkingsreactie plaats vanwege de inzet van cyclische belichting om Sonsation uit dormancy te trekken. Mogelijk had Inspire hierdoor ook een veel te lage inductie. Een groot leerpunt was dat de High Chill Sonsation een groot risico heeft op een

volledig mislukte teelt, terwijl bij de Low Chill Fandango en Inspire een beperkte strekking geen enkel probleem was.

- Kasproef winter '22/'23: In deze proef was de basisdaglengte 12 uur en werd de dag ten hoogste verlengt met 6 uur rood assimilatielicht. Energietechnisch was deze proef geslaagd. Er werd een halvering van de input elektra en m^3 gas gerealiseerd. Teeltkundig was er een groot probleem omdat dormancy niet werd vermeden en midden in de winter was er een onderbreking in inductie van zowel Fandango als Inspire. Dormancy was voor Fandango een veel groter probleem dan voor Inspire. Een groot leerpunt was dat voor Fandango dormancy veel scherper verbonden is aan daglengte dan voor Inspire. Echter werd in deze proef de dagverlenging aangezet vanaf week 47, waardoor mogelijk dormancy al geïnduceerd was. Dagverlenging met rood licht bleek duidelijk niet effectief om planten uit dormancy te trekken, maar kan mogelijk wel ingezet worden om dormancy te voorkomen.
- Kasproef winter '23/'24 (lopende proef tijdens het schrijven van dit rapport): In deze proef werd bij een deel van de planten de basisdaglengte van 13.5 uur direct bij start van de proef verlengt met tot 15 uur/dag rood stuurlicht. Bij visuele observatie van dormancy-kenmerken werd de dag met rood stuurlicht verlengd naar 18 uur/dag. Opnieuw bleek uit deze proef dat rood licht niet effectief is om planten uit dormancy te trekken, terwijl cyclische belichting dit wel doet. Ondanks dat dagverlenging met rood licht direct bij start van de proef werd toegepast mislukte de winterproductie van Fandango vanwege dormancy. Ook werden bij Inspire rond week 50 visuele kenmerken van dormancy waargenomen, maar dit kon verholpen worden met cyclische belichting. Het lijkt er dus op dat dagverlenging met rood licht tot een daglengte van 15 uur/dag (langere dag dan de maximale daglengte in Spanje) ook dormancy niet kan voorkomen.
- Verassend genoeg had Inspire in de in dit rapport beschreven klimaatcelproef geen kenmerken van dormancy, maar dit gold ook voor de behandelingen zonder dagverlenging met rood licht. Vermoedelijk spelen er interacties tussen teelttemperatuur, lengte van inductiefase en/of de herkomst van het startmateriaal die het effect van dagverlenging met rood (stuur)licht beïnvloeden. Dit wordt in onderstaande paragraaf uitgewerkt.

6.2.2 Mogelijke interactie dagverlenging rood licht met plantmateriaal?

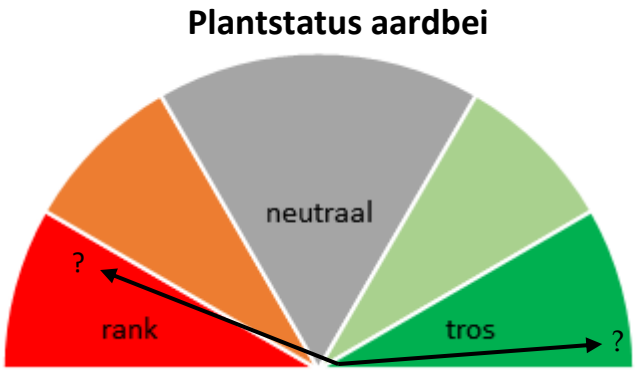
Gezien voorgaande resultaten was het een verrassend resultaat dat dagverlenging rood licht voor Inspire en Sonsation en deels ook voor Fandango remmend heeft gewerkt op trosinductie. Dit staat haaks op het doel van doorgaande inductie. Mogelijk is er een interactie met de mate van generativiteit in het plantmateriaal bij start van de proef aanwezig.

Het is bekend in de praktijk dat om een plant van tros-inducerende modus naar rank-inducerende modus te brengen hier relatief veel moeite voor gedaan moet worden. Om

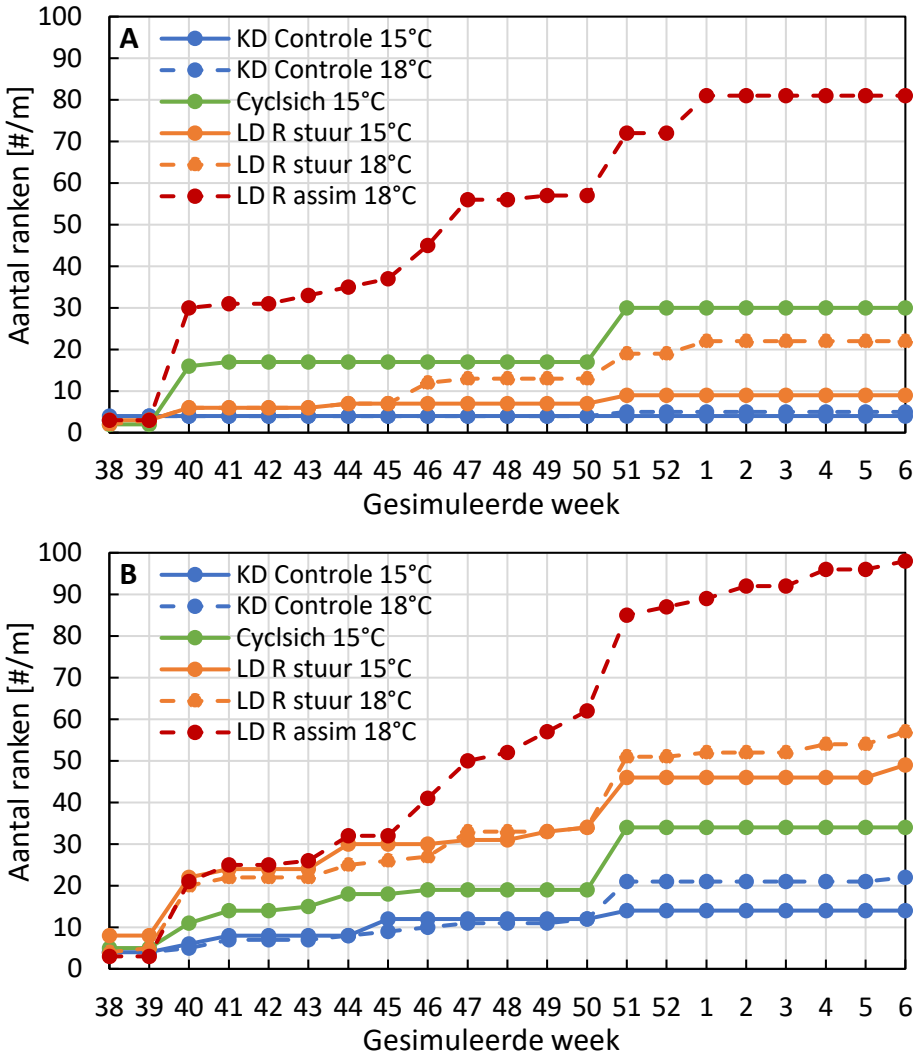
bijvoorbeeld in het voorjaar zo effectief mogelijk ranken te produceren moeten langdurig de trossen worden verwijderd. Dit wordt grafisch weergegeven in Figuur 22. Om van de rank-inducerende modus naar de generatieve modus te gaan kost ook veel 'inspanning'. Terwijl dit veel minder moeite zou moeten kosten als het startmateriaal in 'de neutrale stand' staat. Zo zou rond september ±9 dagen verduisteren al genoeg moeten zijn om trosinductie te bereiken (pers. med. Toon Melis). Andersom is een goed generatieve plant in het voorjaar niet zomaar uit trosinductie te krijgen door inzet van de cyclische belichting. Door cyclische belichting in te zetten in blokken van 3-5 dagen en vervolgens weer korte dag te geven, blijft de inductie behouden. Daarnaast zijn er doorteelten bekend die tot ver in juli nog productie geven (pers med. Rob van Enkevort).

Het startmateriaal bevatte 2-3 ranken per plant (Foto 1). De drie weken inductie, die ruim voldoende zouden moeten zijn geweest, bleek achteraf te kort. Het bloemonderzoek liet net aan trosinductie zien. Tijdens en na de drie weken inductie zijn er ranken geplukt. Vanaf 2 weken na start van de behandelingen zijn de ranken per behandeling geteld (Figuur 23). Het is aannemelijk dat het startmateriaal in de rankvormige modus zat. De resultaten van deze proef wekken de suggestie dat dagverlenging met rood licht in dit geval een 'bevestiging' van de lange dag is en daardoor in de rankvormende modus blijven. In voorgaande proeven bij Plan Lighting in Bunnik en Delphy ISFC in Horst waren de planten bij start van de proef of 'neutraal' of voldoende generatief (Horst) en lieten de resultaten zien dat er onder dagverlenging rood licht wel doorgaande inductie plaats vindt. Daarom is de hypothese dat bij planten in de 'tros-inducerende modus' de dagverlenging met rood licht niet wordt waargenomen voor trosinductie (past in denkmodel fytochroom A), maar wel voor strekking (past in denkmodel fytochroom B).

Gezien de hoge golflengte van het rode licht (660nm) is er altijd enig verrood licht (>700 nm aanwezig. Dus waarschijnlijk is er wel altijd in geringe mate fytochroom A actief. Mogelijk is dit voldoende voor het 'waarnemen' van een lange dag in de rank-producerende modus maar onvoldoende om de plant uit trosinductie te duwen in de tros-inducerende modus.



Figuur 22. 'Denkmodel' plantstatus aardbei. Een plant kan in een rank-inducerende modus zitten, in een tros-inducerende modus of daartussenin. Mogelijk heeft dagverlenging met rood licht afhankelijk van de modus waarin de plant zit een ander effect.



Figuur 23. Cumulatief aantal verwijderde ranken per behandelingen van Fandango (A) en Inspire (B). Ranken zijn geteld vanaf 2 weken na start behandelingen. Aantallen per strekkende meter zijn de som van 10 planten per behandeling.

6.2.3 Mogelijke interactie dagverlenging rood licht met koudebehoefte?

De behaalde resultaten tot nu suggereren ook dat er een interactie bestaat tussen de noodzaak van dagverlenging met rood licht en de koudebehoefte van een soort:

- High Chill (Elsanta, Sonsation): Dagverlenging met rood licht lijkt noodzakelijk voor zowel het bevorderen van een doorgaande inductie als het voorkomen van dormancy. Dagverlenging met rood licht voorkomt in dit geval dormancy doordat het gewas blijft strekken. De dagverlenging moet ingezet worden voordat het gewas in dormancy gaat, want het voldoet niet om het gewas achteraf uit dormancy te trekken (leerpunt kasproef '22/'23). In voorgaande klimaatcelproef bij Plant Lighting werkte dit succesvol toen dagverlenging rood licht direct aangezet werd (daglengte 18 uur; Trouwborst *et al.* 2023). Uit de huidige beschreven proef hebben we echter geleerd dat dagverlenging met rood licht ook te vroeg aangezet kan worden en dan een vegetatieve prikkel geeft. Mogelijk omdat het plantmateriaal nog in een te vegetatieve modus zit. Het is dus belangrijk om

het startmateriaal een voldoende lange inductiefase te geven zodat de planten in een tros-inducerende modus zitten wanneer de teelt start.

- Low Chill/ Medium Chill (Fandango): Dagverlenging met rood licht helpt voor voldoende strekking. Ook bij Low Chill geldt dat dagverlenging met rood licht niet voldoende is om planten van dormancy te laten herstellen, dus het moet tijdig toegepast worden. In de kasproef '22/'23 ging Fandango in dormancy en was cyclische belichting nodig om het gewas weer uit dormancy te trekken. Het jaar daarop (kasproef '23/'24) is dagverlenging met rood licht (van 15 naar 18 uur/dag) toegepast op het moment dat het gewas visueel richting dormancy ging. Dit werkte niet om dormancy te voorkomen. De vraag is hierbij of er te laat is doorgeschakeld naar 18 uur of dat dagverlenging met rood licht sowieso niet afdoende was om dormancy te voorkomen bij Fandango. Mogelijk gaat de plantfysiologisch al eerder in dormancy dan dat het visueel zichtbaar is.
- No Chill / Low Chill (Inspire): Dagverlenging met rood licht lijkt niet noodzakelijk voor voldoende strekking van het gewas. Uit de huidige klimaatcelproef bleek ook dat het niet noodzakelijk was voor een doorgaande trosinductie en ook niet voor het voorkomen van dormancy. Het direct inzetten van dagverlenging met rood licht in combinatie met een hoge teelt temperatuur had in deze proef zelf een negatief effect op trosinductie.

6.3 Slotbeschouwing

Doorgaand induceren is een kans voor een energiezuinige aardbeiteelt en verhoogde vruchtproductie op jaarbasis. Tot op heden is deze nieuwe manier van telen echter nog niet succesvol genoeg en daarom een te groot risico voor de tuinders om toe te passen in praktijk. Voordat in praktijk inducerend geteeld kan worden moeten er aan drie basisvoorwaarden worden voldaan:

- Doorgaande trosinductie
- Vermijden van dormancy
- Het realiseren van een min of meer gebalanceerde teelt zodat vruchtproductie voorspelbaar en in te plannen is

Na meerdere jaren onderzoek begint zich een patroon af te tekenen waarbij High Chill en Medium Chill soorten sowieso een te hoog risico lijken te vormen voor een mislukte teelt, omdat deze soorten niet consistent en voorspelbaar reageren op behandelingen. Helaas hangt het mislukken van een teelt nog steeds samen met dormancy en weten we nog niet goed hoe we dit met zekerheid kunnen vermijden.

Dat er tijdens deze klimaatcelproef geen dormancy optrad bij Inspire en wel in de kasproef doet vermoeden dat de herkomst van het startmateriaal invloed kan hebben op de proef. Het startmateriaal van deze proef is in de kas bij van den Avoird opgekweekt (week 23-28) en heeft dus nooit kou gehad. Terwijl het materiaal voor de kasproef '23/'24 in Horst opgekweekt is op het trayveld waardoor de planten wel blootgesteld zijn aan veel koudere nachten. Gezien het significante effect van dormancy is het waardevol om te achterhalen of een opkweek in de

kas of op het trayveld een wezenlijk effect heeft op het voorkomen van dormancy. Een verse (niet gekoelde teelt) moet of zo ver mogelijk weggehouden worden van dormancy of—wat nog niet geheel uit te sluiten valt—het dormancy-proces al min of meer achter de rug hebben door de planten een bepaald aantal koude-uren mee te geven bij start van de proef. Dit wordt bij Fandango gedaan bij een vroege voorjaarsteelt. Een teveel aan koude uren maakt er overigens weer een gekoelde junidragersteelt van.

Het derde aandachtspunt is het behouden van balans in de teelt, wat bij aardbei sowieso al een uitdaging is vanwege moeilijk beheersbare factoren zoals neusaantal, blad-tros verhouding en het aantal vruchten per tros. Een doorgaande trosinductie is essentieel. Het is opgevallen dat in deze proef en in de parallelle kasproef te Horst de tijdens de verduisteringsperiode geïnduceerde trossen goed tot ontwikkeling komen. De trossen die kort na het planten geïnduceerd hadden moeten zijn, komen echter vertraagd tot ontwikkeling, wat resulteert in een productiepauze midden in de winter (rond week 50). Een dergelijke onderbreking in productie leidt tot pieken en dalen, wat vermeden moet worden.

Als een voorlopige evaluatie kan gesteld worden dat er met de voorgestelde teeltwijze forse energiebesparing mogelijk is. Echter, tot op heden blijkt de teeltmethode nog onvoldoende succesvol, wat een aanzienlijk risico met zich meedraagt voor telers. Gerichte veredeling op rassen waarbij dormancy vrij makkelijk vermeden kan worden, er doorgaande trosinductie is en balansteelt mogelijk is, lijkt noodzakelijk om de voorgestelde teeltstrategie van de grond te krijgen.

Referenties

Trouwborst G, Noordhoek EP, de Jager D, van Endschot R, Jongenelen B, Hogewoning SW. 2023. Aardbei: effecten van fotoperiode en lichtspectrum op trosinductie en strekking. Deelrapport V in project "Fundamentele kennisontwikkeling LED-belichting voor praktische toepassing in de kas I & II". Plant Lighting B.V., Bunnik, 119p.

Trouwborst G, Theelen V, Jongenelen B, Wiekens M, Van Endschot R. 2024. Aardbei onder controle I: naar een fossielvrije jaarrondteelt. Plant Lighting B.V., Bunnik, 83p.

Bijlagen

1. Nutriëntenschema's

Tabel 10. Nutriëntenschema gebruikt wanneer de planten nog geen vruchtdracht hebben.

Nutrient	NO_3^-	$H_2PO_4^-$	SO_4^{2-}	NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
mmol/L	9.48	1.05	1.24	0.50	3.00	3.50	1.19
Nutrient	Cl^-	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
mmol/L	0.10	0.055	0.030	0.010	0.015	0.001	0.001

Tabel 11. Nutriënten schema gebruikt tijdens de vruchtdracht van de planten.

Nutrient	NO_3^-	$H_2PO_4^-$	SO_4^{2-}	NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
mmol/L	11.5	1.0	1.5	0.0	5.0	4.0	1.2
Nutrient	Cl^-	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
mmol/L	0.0	0.055	0.020	0.010	0.015	0.001	0.001

2. Bloemonderzoek bij start proef

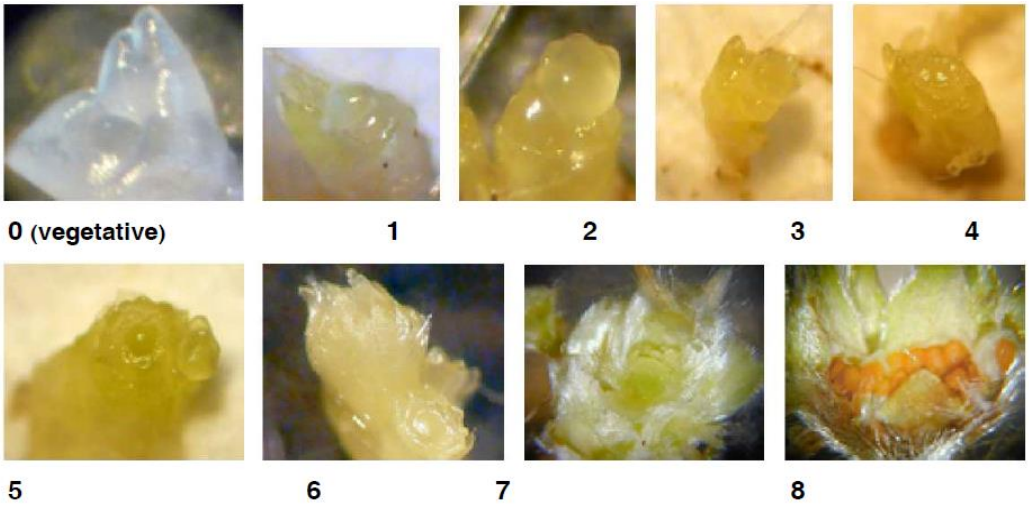
Tabel 12. Bloemonderzoek bij start van de proef na 3 weken trayveldsimulatie is uitgevoerd door Remco van Endschot. Het gemiddelde stadium ligt onder de 2, dit is te laag.

Bloemknoponderzoek Delphy

Naam BKO: Remco van Endschot

Sample Date	Grower	Sample Code	Plant type	Grading	Plantnr	Position	Apex development stage	Truss length (cm)
3-8-2023	Plant Lighting	Inspire	mini tray		1	first truss	1	-
3-8-2023	Plant Lighting	Inspire	mini tray		2	first truss	2.5	0.02
3-8-2023	Plant Lighting	Inspire	mini tray		3	first truss	0	-
3-8-2023	Plant Lighting	Inspire	mini tray		4	first truss	1	-
3-8-2023	Plant Lighting	Inspire	mini tray		5	first truss	0	-
3-8-2023	Plant Lighting	Inspire	mini tray		6	first truss	1	-
3-8-2023	Plant Lighting	Inspire	mini tray		7	first truss	2	0.01
3-8-2023	Plant Lighting	Inspire	mini tray		8	first truss	1	-
3-8-2023	Plant Lighting	Inspire	mini tray		9	first truss	2	0.01
3-8-2023	Plant Lighting	Fandango	mini tray		10	first truss	2	0.01
		Gemiddeld					1.25	
3-8-2023	Plant Lighting	Fandango	mini tray		1	first truss	1	
3-8-2023	Plant Lighting	Fandango	mini tray		2	first truss	0	
3-8-2023	Plant Lighting	Fandango	mini tray		3	first truss	0	
3-8-2023	Plant Lighting	Fandango	mini tray		4	first truss	2.5	0.03
3-8-2023	Plant Lighting	Fandango	mini tray		5	first truss	2.5	0.02
3-8-2023	Plant Lighting	Fandango	mini tray		6	first truss	0	
3-8-2023	Plant Lighting	Fandango	mini tray		7	first truss	0	
3-8-2023	Plant Lighting	Fandango	mini tray		8	first truss	1	
3-8-2023	Plant Lighting	Fandango	mini tray		9	first truss	0	
3-8-2023	Plant Lighting	Fandango	mini tray		10	first truss	0	
		Gemiddeld					0.7	
3-8-2023	Plant Lighting	Sonsation	mini tray		1	first truss	2	0.02
3-8-2023	Plant Lighting	Sonsation	mini tray		2	first truss	2.5	0.02
3-8-2023	Plant Lighting	Sonsation	mini tray		3	first truss	1	
3-8-2023	Plant Lighting	Sonsation	mini tray		4	first truss	1	
3-8-2023	Plant Lighting	Sonsation	mini tray		5	first truss	2.5	0.02
3-8-2023	Plant Lighting	Sonsation	mini tray		6	first truss	2	0.01
3-8-2023	Plant Lighting	Sonsation	mini tray		7	first truss	1	
3-8-2023	Plant Lighting	Sonsation	mini tray		8	first truss	2	0.01
3-8-2023	Plant Lighting	Sonsation	mini tray		9	first truss	2.5	0.02
3-8-2023	Plant Lighting	Sonsation	mini tray		10	first truss	2.5	0.02

Gemiddeld 1.9



Legenda flower mapping stage

1-0 = undifferentiated

2 = undifferentiated-inflorescence

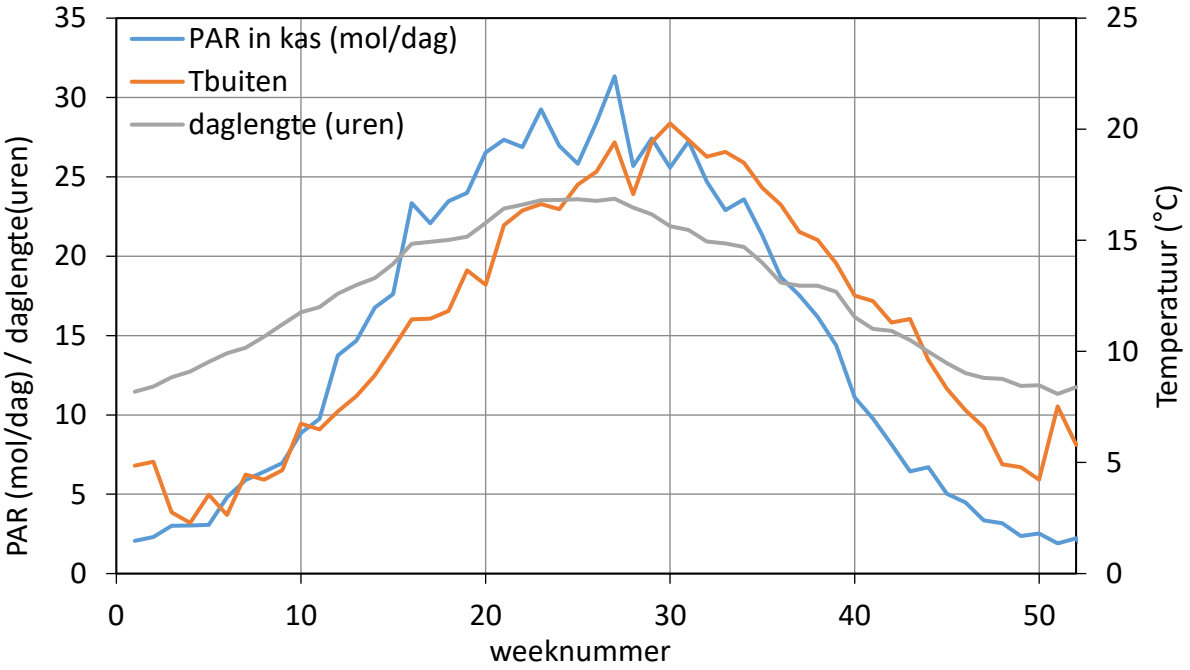
≥ 3 = inflorescence generative

≥ 9 = fully developed cluster

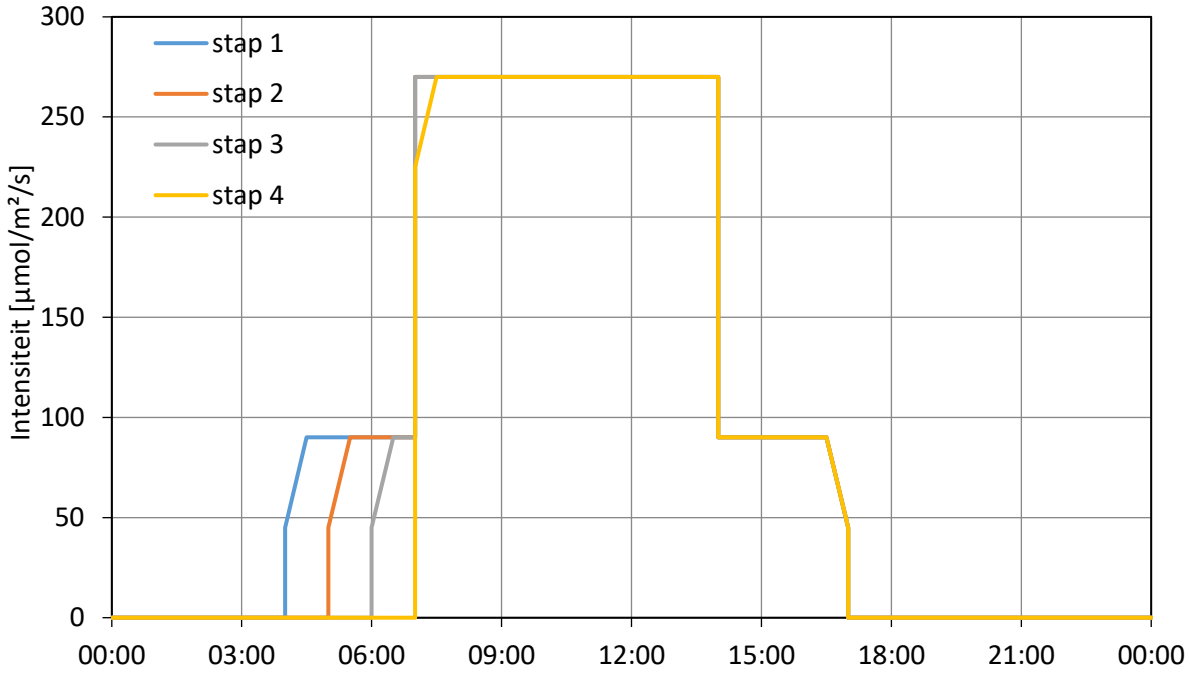
3. Details lichtstappen

Tabel 13. Zelfde tabel als Tabel 3: De 8 stappen om het najaar met aflopend aantal uren en dagsom zonlicht te simuleren. Daglengte was altijd 13 uur, vanaf de 5e lichtstap overlapten zon- en assimilatielicht elkaar. Na de 8e stap zijn er geen veranderingen meer doorgevoerd. Er is dus geen toenemend zonlicht in januari gesimuleerd.

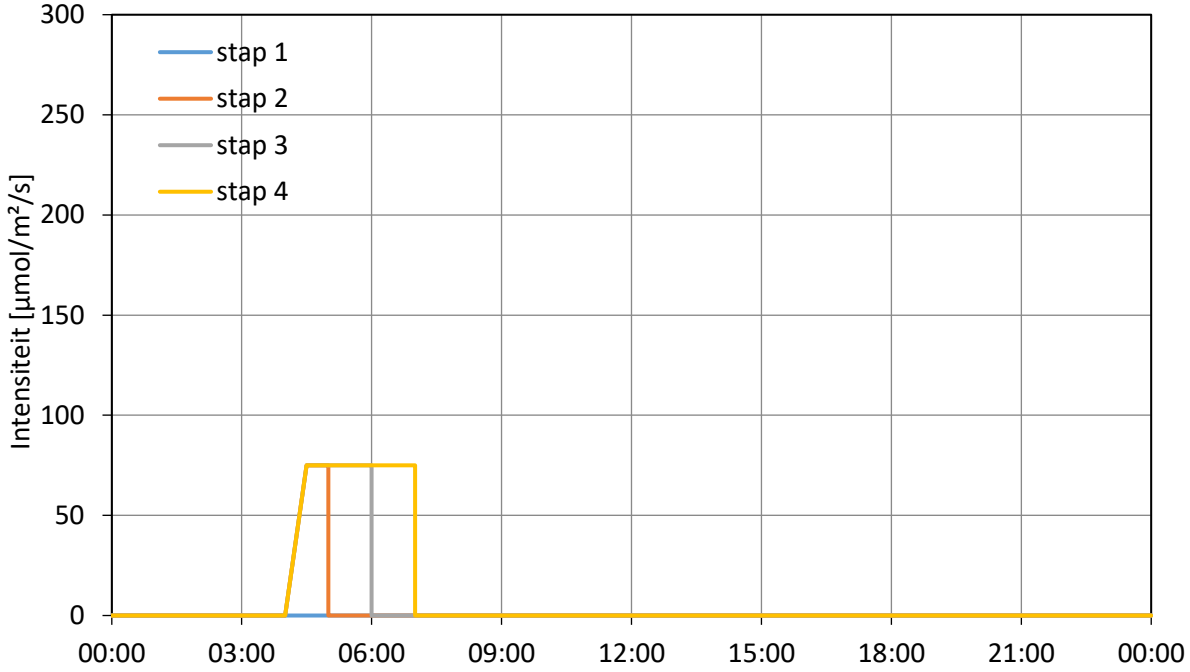
Licht stap	Gesimuleerde week	Natuurlijke daglengte (uur)	Uren zonlicht	Uren assimilatielicht	Lichtsom (mol/m²/dag) Zon / LED / Totaal
1	36 – 37	13:13	13	0	8.3 / 0.0 / 8.3
2	38 – 39	12:17	12	1	8.0 / 0.2 / 8.2
3	40 – 41	11:22	11	2	7.7 / 0.5 / 8.2
4	42 – 43	10:27	10	3	7.4 / 0.7 / 8.1
5	44 – 45	09:34	9.5	5.5	5.3 / 4.7 / 10
6	46 – 47	08:47	8.5	9	3.6 / 7.9 / 11.5
7	48 – 49	08:10	8	11	2.5 / 9.5 / 12
8	50 – 51	07:48	8	13	2.5 / 11.3 / 13.8



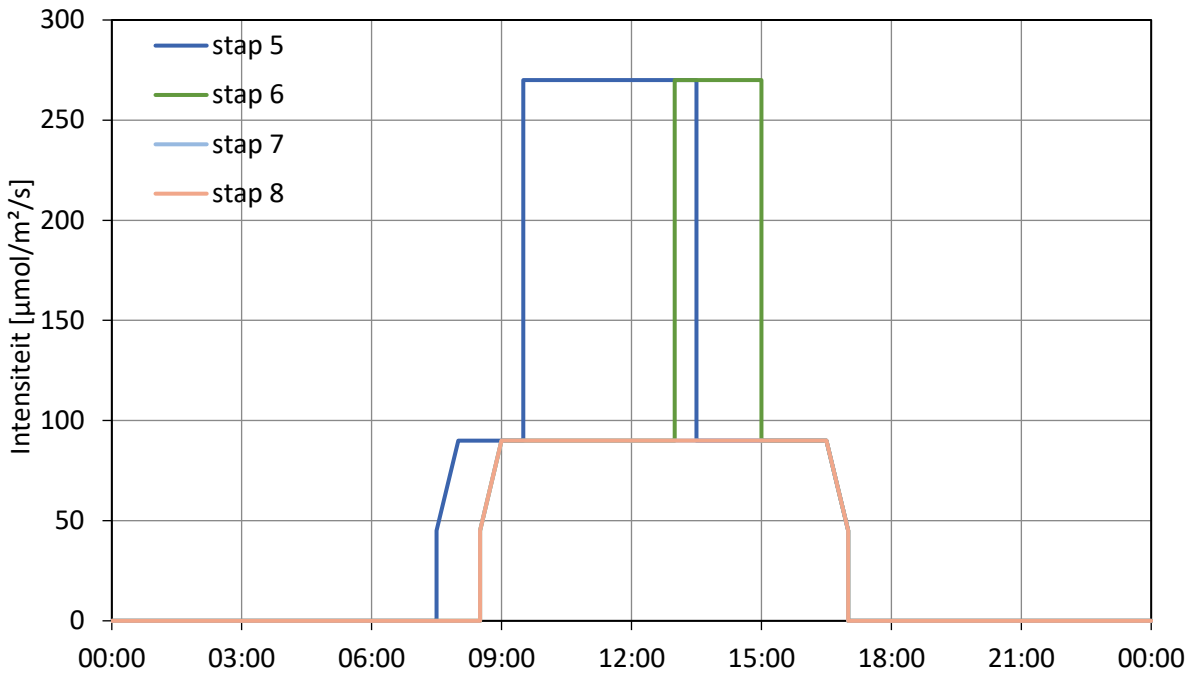
Figuur 24. 10-jarig gemiddelde van de daglengte, buitentemperatuur en schatting van de PAR som in de kas van de jaren 2011-2020. Bron uurgegevens KNMI van Maastricht.



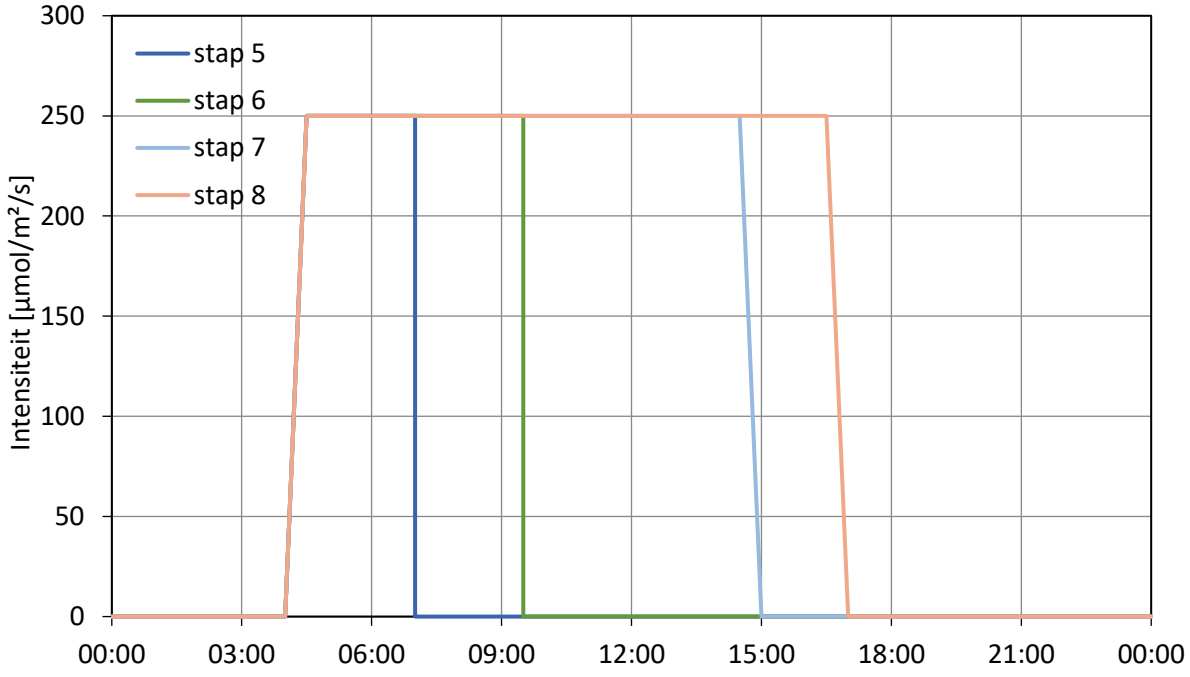
Figuur 25. De eerste 4 lichtstappen met zonlicht. De lichtintensiteit startte op 45µmol/m²/s en liep in een half uur naar 90µmol/m²/s. Aan het einde van de dag werd op dezelfde manier afgeschakeld. Vervolgens werd er tussen 7:00-14:00 nog 180µmol/m²/s extra gegeven zodat de maximale intensiteit zonlicht op 270µmol/m²/s uitkwam.



Figuur 26. De eerste 4 lichtstappen met assimilatielicht. Bij de eerste lichtstap is geen assimilatielicht toegevoegd. Bij lichtstap 2-4 is 75µmol/m²/s gebruikt. Het eerste haf uur werd geleidelijk opgeschakeld naar de 75µmol/m²/s.



Figuur 27. De lichtstappen 5-8 met zonlicht. De lichtintensiteit startte op 45µmol/m²/s en liep in een half uur naar 90µmol/m²/s. Aan het einde van de dag werd op dezelfde manier afgeschakeld. Vervolgens werd er voor stap 5 tussen 7:00-13:30 en voor stap 6 tussen 13:00-15:00 nog 180µmol/m²/s extra gegeven zodat de maximale intensiteit zonlicht op 270µmol/m²/s uitkwam.



Figuur 28. De lichtstappen 5-8 met assimilatielicht. Bij lichtstap 5-8 is 250 µmol/m²/s assimilatielicht gebruikt. Het eerste haf uur werd geleidelijk opgeschakeld naar volle intensiteit en voor stap 7 en 8 is ook geleidelijk afgeschakeld. Voor stap 5 en 6 was dit niet nodig omdat de eindtijd samenviel met de opschakeling van het zonlicht.