

Gerbera: effecten van fotoperiode, lightspectrum, lichtintensiteit en temperatuur

Deelrapport IV in project “Fundamentele kennisontwikkeling LED-belichting voor
praktische toepassing in de kas”



Augustus 2022

M.W. Bongers, S.A.J. van den Boogaart, S.W. Hogewoning

Gerbera: effecten van fotoperiode, lichtspectrum, lichtintensiteit en temperatuur

Deelrapport IV in project “Fundamentele kennisontwikkeling LED-belichting voor
praktische toepassing in de kas”

Augustus 2022

M.W. Bongers, S.A.J. van den Boogaart, S.W. Hogewoning

Plant Lighting B.V.

Doordraai 1

3981 PE Bunnik

info@plantlighting.nl

www.plantlighting.nl

REFERAAT

M.W. Bongers, S.A.J. van den Boogaart en S.W. Hogewoning. 2022. Gerbera: effecten van fotoperiode, lichtspectrum, lichtintensiteit en temperatuur. Deelrapport IV in project “Fundamentele kennisontwikkeling LED-belichting voor praktische toepassing in de kas”. Plant Lighting B.V., Bunnik. 75p.



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit



Stichting
Kennis in je Kas



©signify

Gewascoöperatie Gerbera



© 2022 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 gefinancierd door Stichting Kennis in je Kas, de gewascoöperatie Gerbera en Signify. 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 Kader energiezuinige belichting gerbera	8
1.2 Theoretisch kader bloeiïnductie korte-dag planten.....	8
1.3 Morfologie van gerbera	10
1.4 Doelstellingen	11
2 PROEFRONDE 1: FOTOPERIODISCHE MISLEIDING.....	13
2.1 Materiaal en methoden proefronde 1	13
2.2 Resultaten proefronde 1	17
2.3 Discussie proefronde 1.....	23
3 PROEFRONDE 2: DAGLENGTE, LICHTSOM EN TEMPERATUUR.....	24
3.1 Materiaal en methoden proefronde 2	24
3.2 Resultaten proefronde 2	28
3.3 Discussie en conclusie proefronde 2.....	37
4 PROEFRONDE 3: FOTOPERIODISCHE MISLEIDING.....	40
4.1 Materiaal en methoden proefronde 3	40
4.2 Resultaten proefronde 3	43
4.3 Discussie en conclusie proefronde 3.....	49
5 PROEFRONDE 4: LENTE SIMULATIE.....	51
5.1 Materiaal en methoden proefronde 4.....	51
5.2 Resultaten proefronde 4	53
5.3 Discussie en conclusie proefronde 4.....	57
6 DISCUSSIE EN CONCLUSIE.....	58
6.1 Algemene discussie.....	58
6.2 Conclusie	63
REFERENTIES	64
7 BIJLAGE	65
7.1 Voedingsschema.....	65
7.2 Drooggewicht.....	65
7.3 Lichtbenuttingsefficiëntie.....	66
7.4 Bloemdiameter proefronde 1	67
7.5 Bloemtakgewicht proefronde 2	68
7.6 Productie per proefronde	69
7.7 Fotosynthese.....	71
7.8 Wortels.....	75

Samenvatting

Gerbera staat bekend als een kwantitatieve korte-dag plant. Dat wil zeggen dat een korte daglengte niet noodzakelijk is voor bloei, maar dat een kortere daglengte bloeiïnductie wel stimuleert. Dit heeft als gevolg dat het verlengen van de daglengte om de assimilatie te verhogen, de bloeiïnductie tegenwerkt.

Deze proef bestaat uit meerdere proefrondes om te bepalen hoe gerbera reageert op daglengte, lichtsom en temperatuur. De proeven zijn uitgevoerd in klimaatcellen van Plant Lighting, waarin het daglicht van een kas wordt gesimuleerd en op verschillende manieren kan worden bijbelicht. De hoofdassen waren Kimsey en Rich. In de eerste proefronde is uitgezocht of gerbera fotoperiodisch is te misleiden. Hierbij wordt een lange-dag belicht met aan het eind van de dag een ander lightspectrum. Hierdoor zou, op basis van de spectrale gevoeligheid van de fotoreceptoren, de lange-dag niet herkend kunnen worden voor bloeiïnductie. In de tweede proefronde zijn de effecten van daglengte, lichtsom en ook temperatuur uitgezocht. In de derde proefronde is met behulp van de inzichten uit de tweede proefronde opnieuw onderzocht of gerbera fotoperiodisch te misleiden is. In de vierde proefronde is het effect van daglengte bij een hogere lichtsom, zoals in het voorjaar, onderzocht.

In de eerste proefronde is onderzocht of gerbera fotoperiodisch kan worden misleid met belichting na zonsondergang met LED Rood, Rood/Blauw of Rood/Blauw/Verrood (daglengte 17.5 uur). Waarbij de hypothese was dat verrood en mogelijk ook blauw de bloeiïnductie verstoren, en alleen rood niet. De controlehandelingen waren een korte (11.5 uur) en lange dag (17.5 uur). Tijdens deze proefronde werd geen verschil in bloemtakproductie gevonden tussen de verschillende manieren waarop lange-dag was gerealiseerd. Daarnaast bleek dat onder lange-dag een gelijk of zelfs hoger aantal bloemtakken geproduceerd werd als onder korte-dag. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de lichtintensiteit gelijk was tussen korte en lange-dag, waardoor de lichtsom onder lange-dag hoger was.

In de tweede proefronde is basale kennis opgedaan over het effect van daglengte, lichtsom en temperatuur. Om de effecten van daglengte en lichtsom op bloemtakproductie te onderscheiden is een proef opgezet met een korte- en lange-dag (11.5 en 17.5 uur) bij een lage en hoge lichtsom (7 en 12 mol/m²/dag). Kimsey produceerde bij een gelijke lichtsom meer bloemtakken onder korte-dag. Een hogere lichtsom zorgde bij gelijke daglengte ook voor meer bloemtakproductie. Als er meer uren belicht wordt met dezelfde intensiteit, dan wordt de lichtsom hoger. Daardoor leverde een lange-dag met een hoge lichtsom meer productie op dan een korte-dag met een lage lichtsom. Kortom, als een teler over gaat van 12 uur belichten naar 18 uur belichten, dan levert dit meer productie op, maar is de lichtbenuttingsefficiëntie in stuks per mol licht wel lager. In tegenstelling tot Kimsey was er bij Rich geen effect van daglengte op bloemtakproductie. Een hogere lichtsom verhoogde de bloemtakproductie ongeacht de daglengte. Uitgebreide detailmetingen aan de plantopbouw gaven inzicht in de achterliggende mechanismen. Hieruit bleek dat ook Rich botanisch gezien wel degelijk als een korte-dag plant reageert. Echter, onder lange-dag werd er bij Rich meer geïnvesteerd in de bladeren. De bladeren worden langer en het bladoppervlak is groter. Dit levert een grotere

lichtonderschepping op. Waarschijnlijk is dit de reden dat er geen effect van daglengte op bloemtakproductie was bij Rich. De lichtsom verhogen door een langere daglengte aan te houden kan voor Rich in een wintersituatie dus meer productie opleveren met behoud van een goede lichtbenuttingsefficiëntie. Vooral als de mate van lichtonderschepping door het gewas niet volledig is. Een ander inzicht uit de detailmetingen is dat er onder lange-dag vegetatieve scheuten gevormd worden. Dit zijn scheuten die geen bloemen vormen. Dit lijkt een belangrijke factor te zijn in het verschil in bloemtakproductie tussen korte- en lange-dag. Er is een aanwijzing gevonden dat de snelheid waarmee voortzettingen elkaar opvolgen bij Kimsey en Suri hoger is onder korte-dag. Het aantal scheuten is een andere belangrijke factor voor bloemtakproductie. Bij een hogere lichtsom worden meer scheuten gevormd, wat resulteert in meer bloemtakken. Het effect van een hogere temperatuur (23°C vs. 20°C etmaal) is getoetst bij korte- en lange dag (12 mol/m²/dag). De temperatuurverhoging gaf een ±4 dagen snellere uitgroeiduur, maar niet meer bloemtakken en een lager takgewicht. Dus 20°C is gunstiger.

In de derde proefronde is nogmaals onderzocht of fotoperiodische misleiding mogelijk is met belichting na zonsondergang met LED Rood en Rood/Blauw (17.5 uur daglengte). Als controle was er een korte- en lange-dag behandeling (11.5 en 17.5 uur daglengte). Ditmaal hadden alle behandelingen een gelijke lichtsom (12 mol/m²/dag). Bij Kimsey werden er meer bloemtakken gevormd bij de lange-dag nabelichting dan de controle lange-dag. Dit zou betekenen dat er sprake is van fotoperiodische misleiding. Echter, het aantal scheuten was hoger onder lange-dag nabelichting dan bij de korte- en lange-dag controle. Dit kan de hogere productie ook verklaren. Daarnaast zijn er ook vegetatieve scheuten gevonden bij de behandelingen met nabelichting. Deze twee bevindingen pleiten tegen fotoperiodische misleiding. Samenvattend is er geen overtuigend bewijs gevonden dat fotoperiodische misleiding mogelijk is om de bloei van gerbera bij lange-dag te laten reageren zoals bij korte-dag.

In proefronde 4 is bepaald wat het effect is van daglengte bij een hogere lichtsom zoals in het voorjaar. In proefronde 2 reageerde de bloemtakproductie van Rich niet op daglengte. Mogelijk is bij een hogere lichtsom zoals het voorjaar lichtsom minder beperkend voor productie. Hierdoor zou er bij een hogere lichtsom eerder een daglengte-effect kunnen optreden. Bij een hogere lichtsom (20 mol/m²/dag daglichtspectrum) is inderdaad een klein effect gevonden van daglengte bij Rich. Er werden iets meer bloemen geproduceerd bij korte-dag. Bij Kimsey was het daglengte-effect groter.

Concluderend kan gesteld worden dat gerbera inderdaad een kwantitatieve korte-dag plant is. Bij Kimsey wordt de lichtbenuttingsefficiëntie voor bloemtakproductie lager bij lange-dag, bij Rich speelt dat veel minder doordat lange-dag lichtonderschepping stimuleert. Het is niet bewezen dat fotoperiodische misleiding van de bloei met een ander lichtspectrum werkt. Onder full-LED kan goed gerbera geteeld worden zonder bijzonder spectrale eisen. Lichtsom is sterk bepalend voor productie, temperatuur niet (20 vs. 23°C in een wintersituatie). Dit biedt kansen voor energiebesparing.

Dankwoord

Dit rapport is het resultaat van een twee jaar durend onderzoek waarbij de mogelijkheden zijn onderzocht om een korte dagperiode te verlengen met bepaalde lichtspectra zonder vermindering van bloei inductie. Effecten van daglengte, lichtspectrum, lichtintensiteit en temperatuur op de productie en ontwikkeling van gerbera zijn getoetst. Met als uiteindelijk doel om kennis te ontwikkelen om gerbera zo rendabel en zo energiezuinig mogelijk te kunnen telen.

Dit onderzoek is onderdeel van twee projecten, namelijk “Fundamentele kennisontwikkeling LED-belichting voor praktische toepassing in de kas” en “Fundamentele kennisontwikkeling LED-belichting voor praktische toepassing in de kas II”. In het kader van deze projecten is onderzoek gedaan aan meerdere gewassen. Ter bevordering van de leesbaarheid zijn de resultaten voor gerbera gecombineerd in één rapport. Dit onderzoek is ondersteund door het programma ‘Kas als Energiebron’ gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Glastuinbouw Nederland/Stichting Kennis in je Kas (Kijk), de gewas-coöperatie gerbera en Signify.

We willen een aantal mensen bedanken voor hun bijdrage aan dit onderzoek. Eugenie Dings (Floriconsult groep) voor de teeltbegeleiding en het aanleveren van de planten, Hans van Holstein (Holstein flowers), Berry den Houter (Den Houter Gerbera) en Leontiene van Genuchten (Signify) voor hun bijdrage aan de interessante discussies tijdens de BCO's. Mark Meijers (Glastuinbouw Nederland) wordt bedankt voor het coördineren van de BCO's. Als laatste willen we de onderzoekskoördinatoren Dennis Medema, Robert Solleveld en Leo Oprel van het programma Kas als Energiebron bedanken voor hun steun bij de totstandkoming en uitvoering van dit project.

Augustus 2022,

Sander Hogewoning

1 Inleiding

1.1 Kader energiezuinige belichting gerbera

Gerbera staat bekend als een kwantitatieve korte-dag plant. Dat wil zeggen dat een korte daglengte niet noodzakelijk is voor bloei, maar dat een kortere daglengte bloeiïnductie wel stimuleert. Dit heeft als gevolg dat het verlengen van de daglengte om de assimilatie te verhogen, de bloeiïnductie tegenwerkt (Leffring, 1981). Het resultaat is dat de bloemproductie niet toeneemt terwijl de lichtsom wel is toegenomen (Wessels *et al.*, 2005). Overgaan naar een duurzamere jaar-rond gerberateelt is ingewikkelder als een korte-dag wordt aangehouden. Er is een hogere lichtintensiteit benodigd om een gelijke lichtsom te behalen tijdens een korte-dag in vergelijking met een lange-dag. Dit vraagt een hogere investering in lampen en een zwaardere aansluiting op het elektriciteitsnet bij een korte-dag, in vergelijking tot een langere lichtperiode met een lagere lichtintensiteit om een gelijke lichtsom te halen. Daarnaast zijn de lampen ook een warmtebron. Daardoor is in de koude nachturen, waarin de lampen uit staan, een alternatieve warmtebron nodig. Hierdoor is de warmtevraag bij korte-dag lastiger duurzaam in te vullen dan bij een lange daglengte. Daarom zou het gunstig zijn om de gerbera aan te zetten tot voldoende bloeiïnductie, terwijl er wel een lange lichtperiode aangehouden kan worden. De vraag is of het mogelijk is om het lichtspectrum zo te gebruiken dat het gewas bij lange daglengte toch een korte-dag waarneemt, om zo de bloeiïnductie te bevorderen tijdens een lange lichtperiode (zie 1.2).

Deze proef bestaat uit meerdere proefrondes om te bepalen hoe gerbera reageert op daglengte. In deze proef wordt uitgezocht of gerbera fotoperiodisch is te misleiden. Hierbij wordt een lange-dag belicht met aan het eind van de dag een ander spectrum. Hierdoor zou de lange-dag niet herkend moeten worden voor bloeiïnductie. In de eerste proefronde is dit beproefd met verschillende spectra voor nabelichting. Hierbij reageerde gerbera niet op daglengte zoals verwacht. In de tweede proefronde zijn de effecten van daglengte, lichtsom en ook temperatuur uitgezocht. In de derde proefronde is met behulp van de inzichten uit de tweede proefronde opnieuw onderzocht of gerbera fotoperiodisch te misleiden is. In deze proef is ook verder gekeken naar het effect van daglengte bij een hogere lichtsom zoals in het voorjaar.

1.2 Theoretisch kader bloeiïnductie korte-dag planten

Bloeiïnductie door daglengte is uitgebreid bestudeerd in de bij lange-dag bloeiende modelplant *Arabidopsis thaliana*. In *A. Thaliana* wordt de daglengte-response gereguleerd door het eiwit Constans (CO). CO expressie wordt beïnvloed door de inwendige klok. De expressie van CO is maximaal rond 12 uur na zonsopkomst (Taiz and Zeiger, 2010). Onder invloed van licht wordt het CO eiwit gestabiliseerd door fytochroom A (phyA) en door cryptochroom. Deze reageren respectievelijk op rood en blauw licht (Valverde *et al.*, 2004). Tijdens een lange lichtperiode valt de piek van CO expressie binnen de lichtperiode waardoor het niveau van CO eiwit toeneemt. Het CO eiwit activeert dan bloei via florigen expressie. Tijdens een korte-

dag valt de piek van CO expressie buiten de lichtperiode. Hierdoor kan het CO niveau niet toenemen en is er geen bloei inductie (Lagercrantz, 2009; Taiz and Zeiger, 2010). Voor korte dag planten werkt dit systeem op een vergelijkbare manier, maar dan omgekeerd. In de kortedag plant rijst (*Oryza Sativa*) neemt een homoloog van CO, heading date 1 (Hd1), toe als de lichtperiode overlapt met Hd1 expressie aan het eind van de dag, vergelijkbaar met CO. Alleen in tegenstelling tot CO remt hd1 florigen, hierdoor wordt de bloei geremd bij een lange-dag. Bij een korte-dag neemt het niveau van hd1 eiwit niet toe waardoor florigen tot uitdrukking komt en de plant bloeit onder korte-dag (Lagercrantz, 2009; Taiz and Zeiger, 2010).

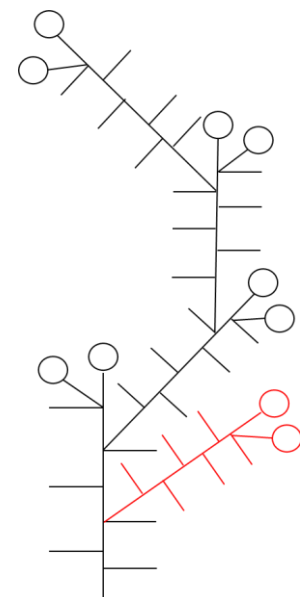
De fotoreceptoren fytochroom en cryptochroom reguleren de bloeireactie op daglengte. Cryptochroom reageert op blauw licht. Bij lange-dag planten stabiliseert cryptochroom CO (Valverde *et al.*, 2004). Bij de korte-dag bloeiende plant rijst en Sorghum zijn er aanwijzingen dat cryptochroom ook een rol speelt in bloeiïnductie (Hirose *et al.*, 2006; Bhosale *et al.*, 2012). Als dit ook geldt voor gerbera zou de bloeiïnductie verstoord worden door de aanwezigheid van blauw licht. Fytochroom reageert op rood en verrood licht. Fytochroom A (PhyA) en B (PhyB) zijn de belangrijkste fytochromen. Inactief fytochroom (Pr) kan geactiveerd worden door rood licht naar actief fytochroom (Pfr). Pfr wordt gedeactiveerd door het absorberen van verrood licht (Taiz and Zeiger, 2010). De signaaltransductie van phyA zorgt ervoor dat deze responses op verrood licht reguleert. PhyA wordt geactiveerd door rood licht. Daarna moet phyA getransporteerd worden naar de celkern. In de celkern moet phyA gedeactiveerd worden door absorptie van verrood licht om los te komen van het transporteiwit (Rausenberger *et al.*, 2011). De werking van phyA is dus afhankelijk van de aanwezigheid van zowel verrood als rood licht. Als alleen verrood beschikbaar is, kan phyA niet binden aan de transporter in het cytosol, terwijl in rood licht phyA zich niet los kan maken in de celkern. Deze signaaltransductie geeft mogelijkheden om de activiteit van phyA te manipuleren door alleen rood of alleen verrood licht aan te bieden.

Het mechanisme van bloeiïnductie onder invloed van daglengte, en het mechanisme waarmee phyA geactiveerd wordt, geeft mogelijkheden om de bloeiïnductie te sturen met licht. De hypothese is dat het mogelijk is om bloei van een kwantitatieve korte-dag plant (gerbera) te induceren onder een lange-dag, door tijdens de gevoelige periode alleen rood licht toe te dienen. Het rode licht zou phyA niet moeten activeren. Hierdoor wordt hd1 niet gestabiliseerd en detecteert de plant voor wat betreft de bloeieregulatie een korte lichtperiode, terwijl de fotosynthese wel een langer aantal uren per dag doorgaat. De aanwezigheid van blauw licht heeft geen invloed op de reactie van phyA. Alleen als cryptochroom wel een rol speelt werkt de misleiding niet met rood en blauw licht maar alleen met rood licht. Een indicatie dat de misleiding met het lichtspectrum zou kunnen werken is dat in *Arabidopsis* is gebleken dat CO niet toeneemt onder alleen rood licht (Valverde *et al.*, 2004). Toch is het niet helemaal zeker of het mechanisme van de lange-dag plant *Arabidopsis* ook omgekeerd werkt voor de kwantitatieve korte-dag plant Gerbera. Andere mechanismen zouden ook van toepassing kunnen zijn, zoals alternatieve regulatie-mechanismes parallel aan dit systeem. Een dergelijk mechanisme bestaat in rijst door een ander gen, early heading date 1 (Ehd1) wat weer gecontroleerd wordt door fytochroom B (Itoh *et al.*, 2010). Mocht de daglengte-perceptie van

gerbera misleids kunnen worden met rood licht, dan biedt dat grote mogelijkheden om gerbera rendabeler en energiezuiniger te kunnen telen.

1.3 Morfologie van gerbera

Het aantal geproduceerde bloemen wordt op verschillende manieren beïnvloed door de morfologie ('bouw') van een gerbera. Gerbera heeft een zogenaamde sympodiale groei. Net als een tomaat, maar door de gedrongen plantvorm is dat bij een gerbera niet eenvoudig met het blote oog waar te nemen. De plant bestaat uit meerdere scheuten die elk voortzettingen maken. Een voortzetting is een opvolging van een aantal bladeren die eindigt met een bloem (Figuur 1). In de oksel van het bovenste blad wordt bij gerbera een tweede bloem aangelegd en de oksel daaronder vormt een nieuwe voortzetting. In de andere oksels kunnen ook scheuten uitgroeien die zich weer voortzetten. Meer scheuten levert in potentie dan ook meer bloemen op. Als er minder bladeren gevormd worden per voortzetting, volgen de voortzettingen elkaar sneller op en kunnen er in een bepaalde tijd meer bloemen geproduceerd worden. Of aangelegde bloemen daadwerkelijk uitgroeien wordt bepaald door de source-sink verhouding. Er moeten immers voldoende assimilaten beschikbaar zijn voor een aangelegde bloem om tot een volwaardige bloemtak te kunnen uitgroeien. De bloemproductie wordt dus beïnvloed door het aantal scheuten, het aantal bladeren per voortzetting en de source-sink verhouding. Door naar deze aspecten te kijken is het mogelijk het effect van de proefbehandelingen op productie beter te verklaren.



Figuur 1 Schematische weergave van sympodiale groei. Zwart geeft de opstapeling weer van een scheut. Een gerbera maakt een aantal bladeren met een eindstandige bloem (cirkel). In de oksel van het bovenste blad wordt een tweede bloem aangelegd. In de oksel van het blad daaronder ontstaat een nieuwe voortzetting die weer nieuwe bladeren en bloemen gaat aanleggen. In het rood is een zijscheut aangegeven, deze legt ook weer nieuwe voortzettingen aan.

De verhouding tussen het aantal bladeren en bloemen geeft een indicatie van hoeveel bladeren per voortzetting worden gevormd. Deze verhouding hangt af van het aantal bladeren per voortzetting en hoeveel bloemen er gevormd worden. Als er 4 bladeren gevormd worden op een voortzetting met 2 bloemen per voortzetting is deze verhouding 2. Als er 1 bloem per voortzetting wordt gevormd, dan is de verhouding 4. Worden er 5 bladeren gevormd op een voortzetting met 2 bloemen, dan is de verhouding 2.5. Het effect van het aantal bloemen (0, 1 of 2) op deze parameter is het grootst. Daarnaast is aan het eind van de proef het aantal bladeren op de laatste voortzetting geteld.

Effecten op de source-sink verhouding zijn te bepalen met behulp van metingen aan de bladeren (source) en de bloemtakgewichten (sink). Het bladoppervlak is een eenvoudige maat voor hoeveel licht er onderschept kan worden. De lengte en breedte van de bladeren geeft

meer informatie over de bladvorm. Daarnaast kan het bladgewicht laten zien hoeveel energie er geïnvesteerd wordt in de bladeren. Samen met de oppervlakte kan de leaf mass area (LMA) berekend worden. Dit geeft de massa van de bladeren per oppervlakte-eenheid aan. Verder is voor gerberatelers het aantal bloemtakken belangrijker dan het gewicht per bloemtak. Dus niet alleen een hoge 'harvest index' (percentage drogestof in oogstbare delen) is wenselijk, maar ook een niet al te hoog gewicht per bloemtak.

1.4 Doelstellingen

Dit rapport bestaat uit drie proefrondes die op elkaar aansluiten. Per proefronde worden de proefbehandelingen, de resultaten en de discussie besproken. Aan het eind is er een algemene discussie waarin de resultaten van de verschillende proefrondes worden samengebracht.

Proefronde 1:

- Is het mogelijk om de dag te verlengen met een ander lichtspectrum om de bloeiïnductie te bevorderen tijdens een lange fotoperiode?

In proefronde 1 is geen verschil gevonden als gevolg van de verschillende lichtspectra waarmee de dag verlegd is. Echter, korte-dag leverde ook niet meer productie dan lange-dag. Omdat de langere dag behandelingen ook een hogere lichtsom hadden dan de korte-dag, dit resultaat roept de vraag op wat in welke mate bepalend is voor productie: daglengte en/of lichtsom? Hierin is dieper ingegaan in proefronde 2.

Proefronde 2:

- In welke mate is daglengte en/of lichtsom bepalend voor bloemtakproductie?
 - Wordt de plantopbouw beïnvloed door daglengte?
 - Hoe beïnvloedt de plantopbouw de productie?
- Wat is de rol van temperatuur op bloemtakproductie?

Omdat uit proefronde 2 onder andere bleek dat de lichtsom de bloemtakproductie sterk verhoogt bij zowel korte- als lange-dag, is het effect dagverlenging met een ander lichtspectrum nogmaals getoetst in proefronde 3. Ditmaal bij een gelijke lichtsom voor de korte- en -lange dag behandelingen.

Proefronde 3:

- Is het mogelijk om de dag te verlengen met een ander lichtspectrum om de bloeiïnductie te bevorderen tijdens een lange fotoperiode?
 - Wordt de plantopbouw beïnvloedt door het spectrum van de dagverlenging?

Gerbera bleek in proefronde 2 botanisch gezien inderdaad een korte-dag plant, maar door effecten op plantopbouw en lichtonderschepping kwam dat bij het ras 'Rich' niet naar voren in de vorm van een hogere bloemtakproductie. Daarom is in proefronde 4 het effect van daglengte nogmaals onderzocht bij een hogere lichtsom (voorjaar-zomer simulatie).

Proefronde 4:

- Wat is het effect van daglengte bij een hogere lichtsom zoals in het voorjaar?

Gezamenlijk geven de vier proefrondes een goed beeld van de effecten van lichtsom, daglengte, temperatuur en dagverlenging met een ander lichtspectrum op de productie en plantopbouw van de getoetste gerbera-rassen. Vooral het effect van daglengte op plantopbouw en de gevolgen daarvan voor productie lijkt sterk rasafhankelijk te zijn.

2 Proefronde 1: fotoperiodische misleiding

Het doel van de eerste proefronde is om te bepalen of het mogelijk is om bloeiïnductie van gerbera bij lange-dag te beïnvloeden door aan het eind van de dag een ander spectrum aan te bieden. Als het spectrum waarmee de dag verlengd wordt niet door fotoreceptoren herkend wordt als lange-dag voor bloeiïnductie, dan zou dat resulteren in fotoperiodische misleiding. Hiervoor zijn er twee controlebehandelingen met korte-dag en lange-dag, en vier nabelichtingsbehandelingen met verschillende lichtspectra. De nabelichting is met een rood spectrum, een rood/blauw spectrum, en een rood/blauw/verrood spectrum. Hiermee kan bepaald worden of fotoperiodische misleiding werkt en of blauw licht of alleen rood en verrood een rol speelt.

2.1 Materiaal en methoden proefronde 1

Twee gerbera cultivars “Kimsey en “Rich” werden geteeld in een klimaatkamer onder gesimuleerde winteromstandigheden. Er waren zes behandelingen, een korte-dag en een lange-dag behandeling als respectievelijk een positieve en negatieve controle, en vier nabelichtings behandelingen met verschillende lichtspectra. De metingen bestonden uit bloemproductie -gewicht, -lengte en -diameter, en fotosynthese metingen.

2.1.1 Plantmateriaal

Voor de proef zijn twee rassen gebruikt, een grootbloemige gerbera “Rich” en een klein bloemige “Kimsey”. Rich is in week 2 (2020) op plug gezet bij Plantise in Baarlo. Kimsey in week 7 (2020). De planten zijn in week 23, op 10 juni 2020 in de klimaatcel van Plant Lighting geplaatst. Kimsey is in de opkweek verduisterd op 12 uur. Rich heeft de natuurlijke daglengte ontvangen. Rich was aan het begin van de proef 21 weken oud, Kimsey 16 weken. Beide rassen hadden op dat moment knoppen en Rich was duidelijk verder ontwikkeld dan Kimsey.

De proef is uitgevoerd in een klimaatkamer van Plant Lighting in Bunnik. Deze klimaatcel bestaat uit 6 afzonderlijke klimaat-units waarin lichtintensiteit, spectrum, daglengte, temperatuur en luchtvochtigheid gecontroleerd kunnen worden. De planten stonden in twee rijen van zes planten met in elke rij een cultivar. Het formaat van een klimaat-unit is 2 m² netto, wat resulteert in een plantdichtheid van 6 planten per m². De planten stonden in potten van 19cm gevuld met steenwol blokjes.

2.1.2 Watergift

Het water is gegeven in beurten van 95 ml per plant met een drain van minimaal 50%. De watergift begon met zes beurten per dag en werd uiteindelijk verhoogd tot 8 beurten per dag. De drain van Kimsey en Rich bleek behoorlijk te verschillen, daarom is in de loop van de proef een kleinere druppelaar per pot bijgestoken bij Rich. Hierdoor kreeg Rich 130 ml per plant per beurt (6.2 l/m²/dag) en Kimsey 103 ml per plant per beurt (5.0 l/m²/dag). De planten ontvingen

een voedingsoplossing met een EC van 2.5 en een pH van 5.3. Het voedingschema staat in bijlage 7.1.

2.1.3 Gewasverzorging

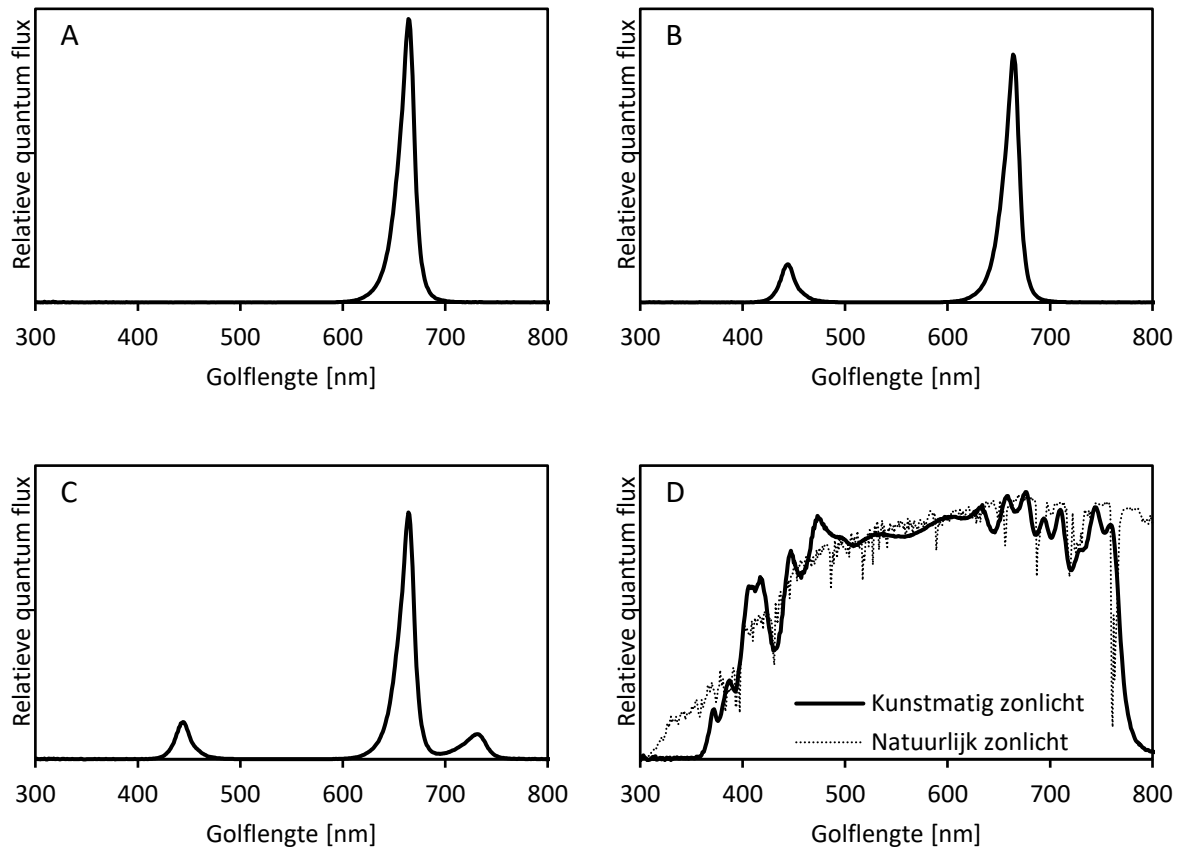
Vanaf de start van het experiment was er meeldauw aanwezig. De meeldauw is bestreden met periodieke bespuiting met zwavel (ACS-zwavel 800, Lebosol). Na constatering van de meeldauw is het hele gewas bespoten. Hierna werd lokaal gespoten op de plekken waar nieuwe meeldauwplekken werden geconstateerd. Als de meeldauw hiermee niet onder controle bleef werd opnieuw het hele gewas bespoten. Trips en Witte vlieg werden bestreden met biologische bestrijders. *Orius Leavigatus* werd wekelijks uitgezet tegen trips. *Amblyseius Swirskii* werd twee keer uitgezet met behulp van kweekzakjes om zowel trips als witte vlieg te bestrijden.

2.1.4 Proefbehandelingen

De behandelingen bestonden uit een korte-dag (KD) (11.5 uur) als controle en een lange-dag (LD) (17.5 uur) als negatieve controle. Alle behandelingen ontvingen een winterlichtsimulatie van acht uur daglengte met daglichtsimulatoren (SLHolland ASRM 2.0). Het winterlicht werd aangevuld met rood/blauwe LED (R/B) bijbelichting. In Figuur 2 staan schematisch de proefbehandelingen weergegeven: De controlebehandelingen ontvingen bijbelichting voor, tijdens en na de zonlichtperiode om de juiste daglengte te bereiken. Het R/B licht ging een half uur na het eind van de zonlichtperiode (zon onder) uit. In vier behandelingen startte een half uur na zon onder de dagverlenging (nabelichting). De totale lichtperiode bij de nabelichting is gelijk aan de lange-dag behandeling (17.5 uur). Voor de nabelichting werden verschillende spectra gebruikt, een rood/blauw/verrood (R/B/Vr) spectrum (87%R/13%B+13%Vr), een rood/blauw (R/B) spectrum (87%R/13%B), en een rood spectrum (R) (Figuur 3). Verder werd een verlengd rood behandeling toegevoegd. Bij deze behandeling is een dagverlenging van 9 uur gebruikt, het R/B licht aan het begin van de lichtperiode is hiervoor verkort met 3 uur. De lichtintensiteit van de zonlichtsimulatie was 80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, de lichtsom van het zonlicht was 2.3 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{d}$. De lichtintensiteit van de bijbelichting was 120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. De lichtsom was 7.3 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{d}$ voor de korte-dag en 9.9 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{d}$ voor de andere behandelingen.



Figuur 2 Schema van de verschillende behandelingen. Alle behandelingen ontvingen een gelijke periode van zonlicht-simulatie. KD = Korte-dag (11.5 uur), LD = lange-dag (17.5 uur) NB/R/B/VR = nabelichting rood/blauw/verrood, NB R/B = nabelichting rood/blauw, NB R = nabelichting rood, NB+ R = verlengde nabelichting rood.

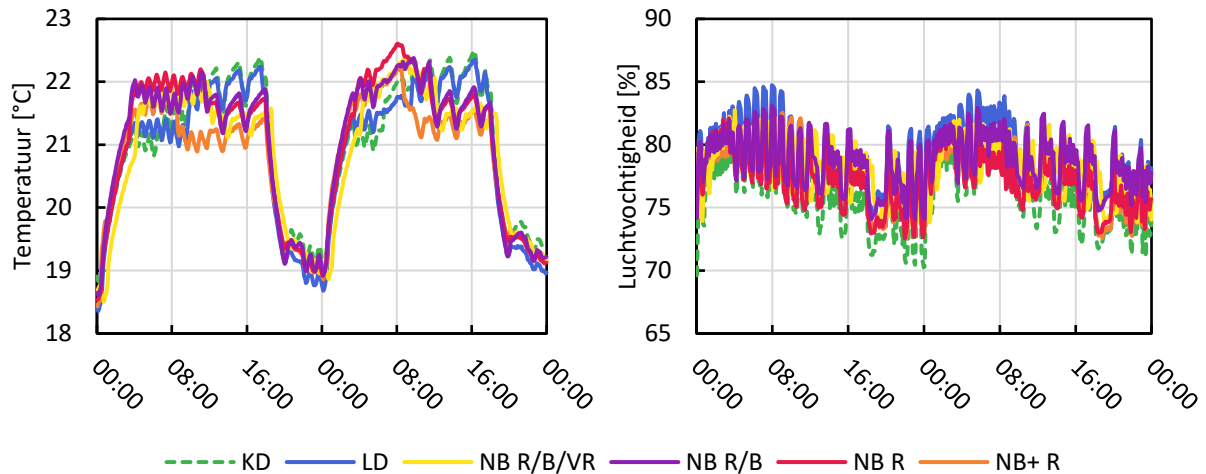


Figuur 3 Spectra gebruikt voor de verschillende behandelingen. A: Rood spectrum, B: Rood/Blauw spectrum C: Rood/Blauw/Verrood spectrum, D: Het gebruikte zonlicht spectrum afkomstig van een ASRM-module (SLHolland) vergeleken met het natuurlijk zonlicht spectrum (ASTM global tilt) als referentie.

2.1.5 Klimaat

Tijdens de proef is een wintersituatie gesimuleerd van een moderne commerciële gerberakas met bijbelichting in Nederland. Het experiment is in week 23 begonnen met een etmaaltemperatuur van 19 °C en een luchtvochtigheid van 80%. De luchtvochtigheid is verlaagd naar gemiddeld 75% om de meeldauwdruk te verminderen. In week 10 van de proef is besloten om de temperatuur te verhogen naar 20 °C omdat de bloemtakken vrij zwaar bleven in vergelijking met de praktijk. Gedurende de 17.5 uur (fotoperiode lange-dag behandelingen) werd in de klimaatkamer CO₂ gedoseerd (750 ppm).

Het doel van de temperatuurverhoging was om het bloemgewicht te verminderen en de verwachting was dat dit ook een hogere productie zou opleveren. De temperatuur is een maand later, in week 15 van de proef, nogmaals verhoogd naar een etmaal van 21 °C (zie Figuur 4).



Figuur 4 Voorbeeld van het klimaat op twee representatieve dagen in week 25 van de proef, dit is na de laatste temperatuurverhoging. Links de temperatuur, rechts de luchtvochtigheid. Etmaaltemperatuur versilde max 0.2 °C tussen behandelingen.

2.1.6 Metingen

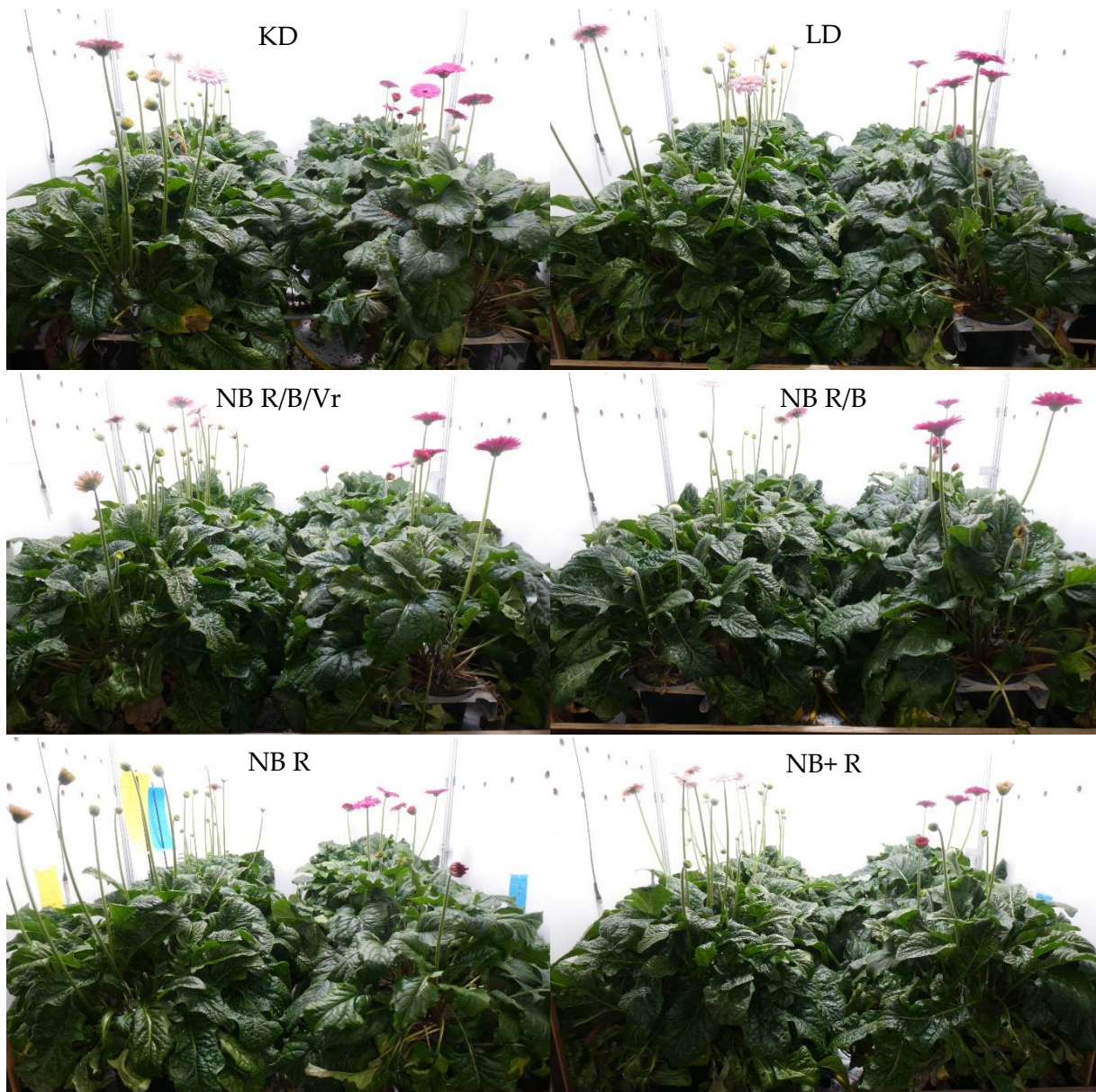
De proef bestond uit 6 planten per ras per behandeling. Drie keer in de week zijn er bloemen geoogst. Van alle geoogste bloemtakken is de lengte, bloemdiameter, het versgewicht en het versgewicht op 48 cm gemeten (veilinglengte). Elke vrijdag is de plantbelasting geteld. Voor de plantbelasting is bij alle 6 planten per ras per behandeling het aantal knoppen geteld groter dan 1 cm. Een aantal nieuwe knoppen werden gelabeld met datum, zodat ook de uitgroeiduur kon worden vastgesteld bij oogst. In totaal is er gemiddeld bij 167 bloemtakken per ras per behandeling de uitgroeiduur bepaald.

In de veertiende week van de proef is fotosynthese gemeten met de LI-COR 6800 fotosynthesemeter. Er zijn per ras per behandeling 4 lichtresponscurves gemeten. Hiervoor is de CO₂ assimilatie gemeten bij 1000, 700, 500, 300, 200, 150, 100, 50 en 0 μmol PAR, in aflopende volgorde. De tijd tussen de lichtstappen was 2 minuten. Het CO₂ niveau tijdens de meting was 800 ppm. De lichtbron van de fotosynthese meter was ingesteld op 90% rood en 10% blauw.

Er is in deze proef geen statistiek uitgevoerd. Dit omdat in de proefopzet met 6 planten per behandeling per ras de planten een sterke invloed op elkaar hebben. Als de eerste plant sterk groeit beïnvloedt dit de tweede plant. Hierdoor zijn er geen onafhankelijke herhalingen en is statistiek niet zinvol.

2.2 Resultaten proefronde 1

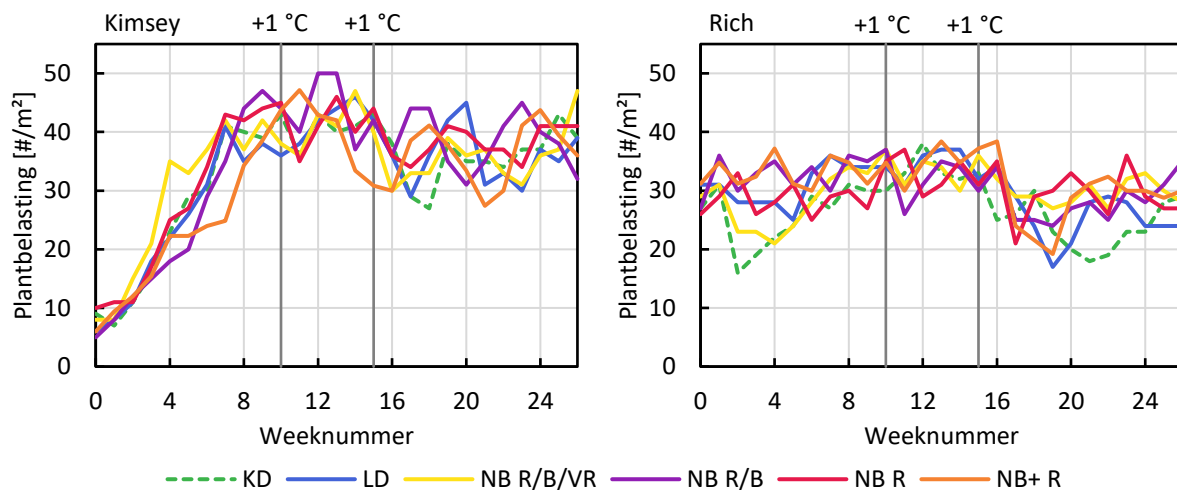
Aan de overzichtsfoto's valt te zien dat het gewas onder korte-dag compacter is dan onder lange-dag en onder de nabelichtingsbehandelingen (Figuur 5). De nabelichting lijkt geen zichtbaar effect te hebben op het formaat van het gewas.



Figuur 5 Overzicht van de klimaatcabines met de verschillende behandelingen in week 27 na start van de proef. Wat opvalt is dat het gewas onder korte-dag compacter is dan onder lange-dag.

2.2.1 Plantbelasting

De plantbelasting (aantal bloemtakken > 1 cm, per m²) verschilt duidelijk tussen de cultivars (Figuur 6 let op verschil in schaal y-as). Kimsey heeft zoals te verwachten een hogere plantbelasting, maar er is een langere aanlooptijd voordat een stabiele plantbelasting bereikt is, vergeleken met Rich. Dit is het gevolg van de plantleeftijd. Kimsey was aan het begin van de proef minder ver ontwikkeld en daardoor loopt de plantbelasting op aan het begin van de proef. Rich was verder ontwikkeld, dit is terug te zien in een hogere plantbelasting aan het begin van de proef. Bij beide cultivars daalt de plantbelasting als gevolg van de tweede temperatuursverhoging. Bij Rich is deze daling scherper dan bij Kimsey. De plantbelasting van de korte-dag behandeling bij Rich daalde sterk na de tweede temperatuursverhoging en deed er langer over om weer op hetzelfde niveau als de andere behandelingen te komen. Bij Kimsey is er geen verschil tussen behandelingen.

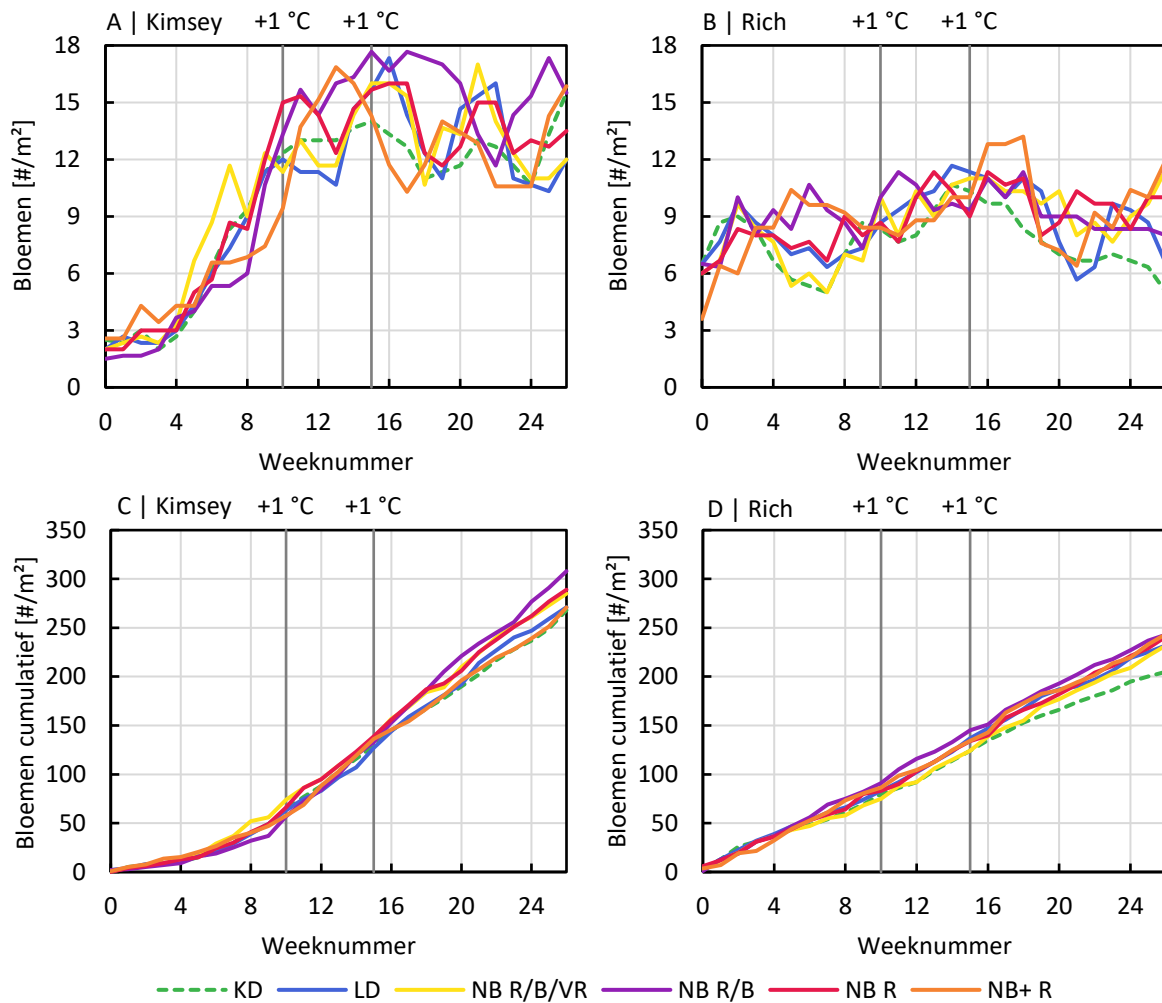


Figuur 6 Plantbelasting in aantal knoppen >1 cm per vierkante meter. De grijze lijnen duiden aan op welk moment de etmaaltemperatuur verhoogd is met 1 °C.

2.2.2 Productie

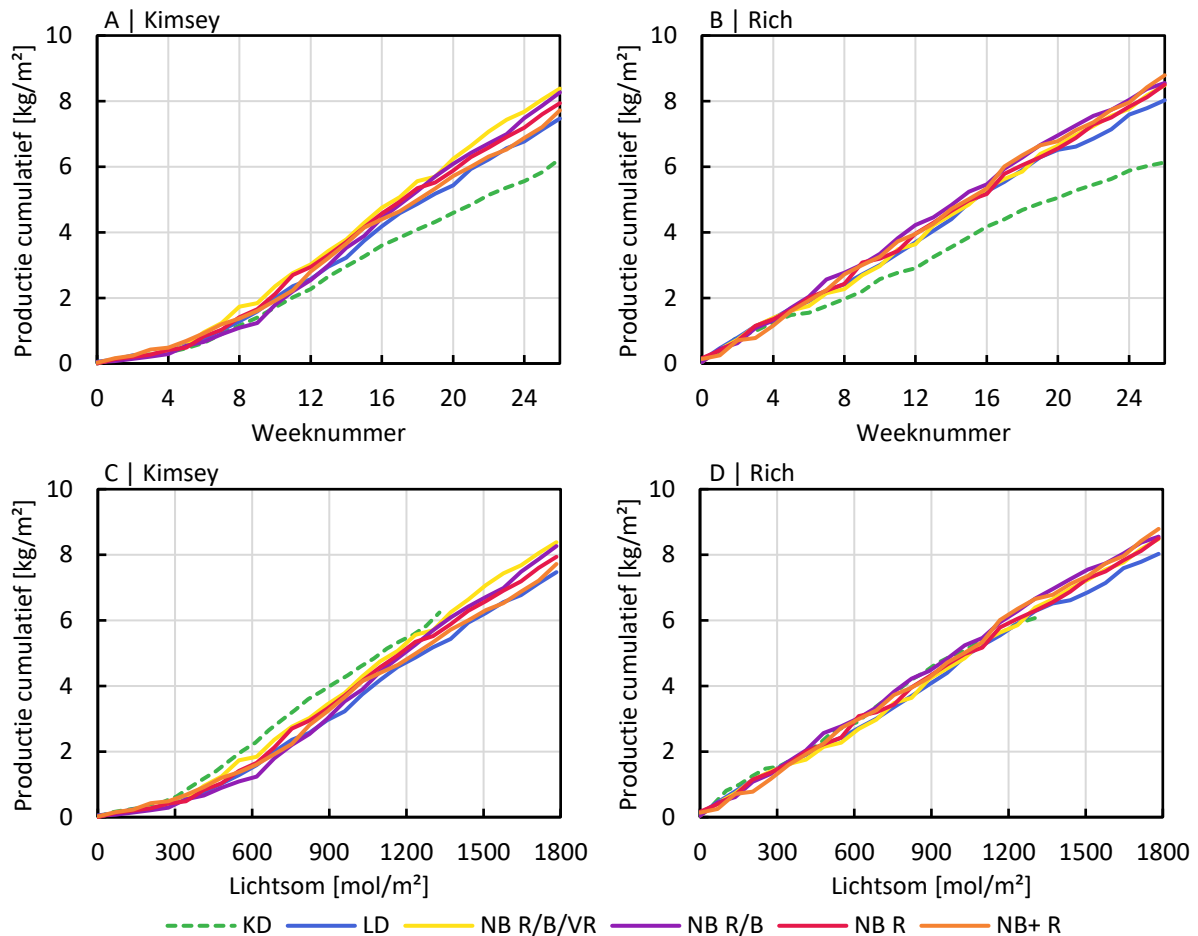
In tegenstelling tot wat er verwacht werd, was er tot aan week 15 geen verschil in productie tussen gerbera onder korte-dag en lange-dag (Figuur 7). Na de tweede temperatuurverhoging in week 15 werd de productie van Rich onder de korte-dag wel lager. Dit is ook te zien in een trendbreuk in de cumulatieve productie vanaf week 15. Tussen de nabelichtingsbehandelingen zijn er geen duidelijke verschillen. Er was geen toename in aantal geproduceerde bloemen per m² per week als gevolg van een verhoging van de temperatuur.

Tussen de rassen verschilt het verloop van de productie aanzienlijk. Kimsey was minder ver ontwikkeld aan het begin van de proef (Figuur 7), dit is ook terug te zien in het verloop van de productie. In de eerste acht weken neemt de productie toe bij Kimsey waarna dit stabiliseert op een productie rond de 14 stuks per vierkante meter per week. Rich was al verder ontwikkeld en had een redelijk gelijke productie door de hele periode van rond de 9 stuks per vierkante meter per week.



Figuur 7 Lopend gemiddelde van productie per week (A&B) en cumulatief (C&D) in aantal stuks per vierkante meter. De grijze lijnen tonen het moment waarop de temperatuur met 1 °C is verhoogd.

De cumulatieve productie in kilogram bloemtakken per vierkante meter laat duidelijk zien dat onder korte-dag lichtere bloemen werden geproduceerd (Figuur 7 boven). Aangezien er een gelijk aantal bloemen werd geproduceerd met een lager totaalgewicht. De korte-dag behandeling is ook de behandeling met de laagste lichtsom. Het is mogelijk om hiervoor te corrigeren door de cumulatieve productie tegen de lichtsom uit te zetten. Bij beide rassen is de bloemproductie in kg per mol hoger bij de korte-dag als het cumulatief gewicht uitgezet wordt tegen de lichtsom. Een andere benadering is de lichtbenuttingsefficiëntie (Tabel 12, bijlage 3), hieruit blijkt dat de korte dag een hogere lichtbenuttingsefficiëntie is. Dit kan een effect zijn van daglengte of van de lagere lichtsom.

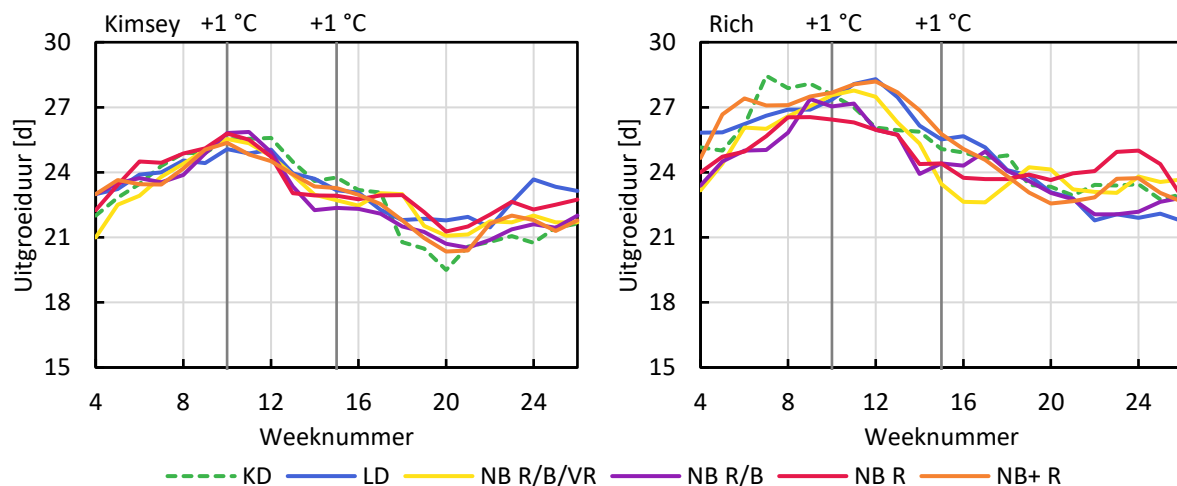


Figuur 8 Cumulatieve bloemproductie in vers gewicht [kg/m²]. A&B: Cumulatief tegen aantal weken sinds start. C&D: uitgezet tegen de cumulatieve lichtsom.

2.2.3 Uitgroeiduur

De uitgroeiduur veranderde in reactie op de temperatuur (Figuur 9). Aan het begin liep de uitgroeiduur op, na de verhoging van de temperatuur werd de uitgroeiduur korter. De behandelingen hadden geen effect op de uitgroeiduur. Bij Kimsey liep de uitgroeiduur aan het begin net als de plantbelasting op.

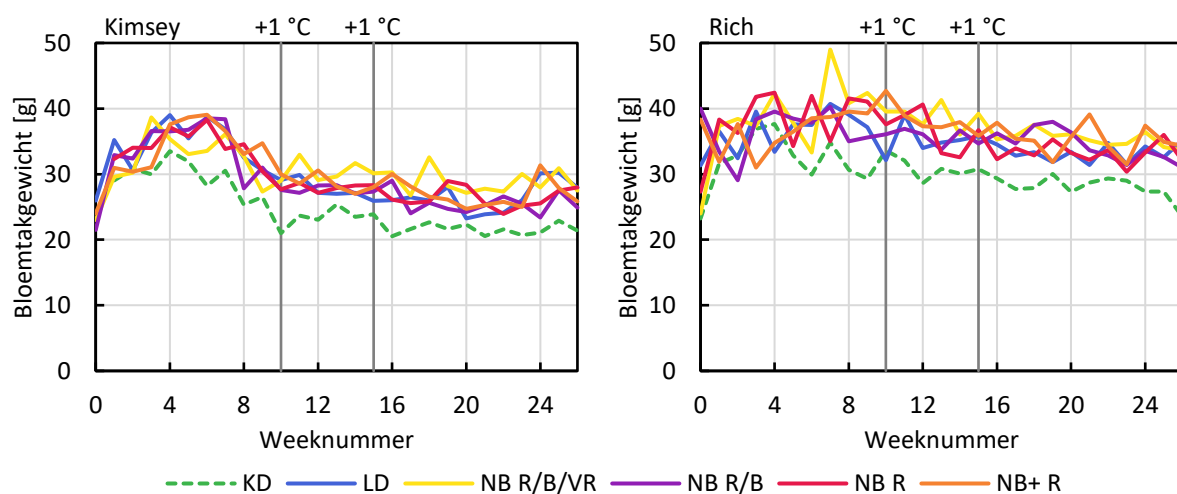
Het is opvallend dat de temperatuurverhoging wel de uitgroeiduur versnelde en het bloemtakgewicht deed dalen (Figuur 10), maar niet het aantal geproduceerde bloemtakken verhoogde (Figuur 7).



Figuur 9 Lopend gemiddelde (gemiddeld over 3 weken) van de gemiddelde uitgroeiduur per week. Eerste waarnemingen pas vanaf de vierde teeltweek, vanwege de 3 tot 4 weken uitgroeiduur. De grijze lijnen duiden aan op welk moment de temperatuur is verhoogd met 1 °C.

2.2.4 Kwaliteit

Bij beide cultivars waren de bloemen onder korte-dag minder zwaar in vergelijking met de andere behandelingen (Tabel 1). Het bloemtakgewicht daalde als gevolg van de verhoging in temperatuur (Figuur 10). De plantbelasting van Kimsey nam aan het begin van de behandeling toe wat ook gepaard ging met een daling in het gemiddelde bloemtakgewicht. Voor commerciële productie is voor Kimsey een vers bloemtakgewicht van 25 gram gangbaar en voor Rich is een vers bloemtakgewicht van 30 gram gangbaar. Na de temperatuurverhoging was het gemiddelde bloemgewicht van Kimsey gelijk aan wat gangbaar is, het bloemgewicht van Rich was iets hoger dan wat gangbaar is.



Figuur 10 Vers bloemtakgewicht in gram per tak. De grijze lijnen duiden aan op welk moment de temperatuur is verhoogd met 1 °C.

De bloemtaklengte laat zien dat in de behandelingen waar blauw licht ontbrak in het spectrum van de nabelichting, de bloemen langer waren (Tabel 1). In beide cultivars resulteerde de nabelichting met alleen rood in langere bloemen in vergelijking met de behandelingen met

blauw in het spectrum. Toevoeging van verrood in het spectrum had geen effect op de steellengte. De lengte van de bloemen onder de behandeling met verrood was gelijk aan die van de rood/blauw behandeling. De korte-dag resulteerde in kortere stelen dan de andere behandelingen. In de praktijk is een lengte van 48 cm acceptabel.

De bloemdiameter werd niet beïnvloed door het spectrum (Tabel 1). De bloemdiameter nam wel af met de verhoging van de temperatuur (bijlage, Figuur 31). Vanaf week 10, na de eerste temperatuurverhoging, nam de bloemdiameter vooral bij Rich af. De diameter bij Kimsey nam ook af, alleen in mindere mate. Tot week 10 nam de bloemdiameter van Kimsey af in lijn met de toename van plantbelasting in deze periode (Figuur 6). De afname in bloemdiameter was vooral te zien in een smallere bloembodem. Deze zorgt ervoor dat de lintbloemen meer omhoog gaan staan waardoor de diameter lager is. Dit effect was sterker in Rich dan in Kimsey.

Tabel 1 Kwaliteitsparameters. De gegevens zijn gemiddelden per bloemtak.

Cultivar	Behandeling	Uitgroeiduur [d]	Bloemtakgewicht [g]	Bloemtakgewicht (48 cm) [g]	Bloemtaklengte [cm]	Bloemdiameter [cm]
Kimsey	KD	23.1	23.5	20.1	59.5	8.3
	LD	23.3	28.1	23.4	62.5	8.6
	NB R/B/Vr	23.1	30.4	24.8	62.8	8.8
	NB R/B	23.0	27.4	22.6	62.4	8.5
	NB R	23.4	28.6	22.5	65.8	8.5
	NB+ R	23.1	28.9	22.7	66.7	8.3
Rich	KD	25.2	30.7	27.5	54.4	10.2
	LD	25.4	36.6	30.9	58.0	10.6
	NB R/B/Vr	24.7	38.3	32.6	58.7	10.9
	NB R/B	24.7	36.9	31.0	59.6	10.6
	NB R	24.7	36.6	30.2	61.0	10.6
	NB+ R	25.5	37.4	30.6	61.9	10.8

2.3 Discussie proefronde 1

Het doel van deze proef was om te onderzoeken of het mogelijk is om met behulp van een specifiek spectrum nabelichting bij gerbera een gelijke bloei te induceren tijdens een lange-dag als bij een korte-dag (fotoperiodische misleiding). Dit was gebaseerd op de verwachting dat gerbera onder korte-dag meer bloemen zou produceren dan onder lange-dag. In deze proef is gebleken dat gerbera in een wintersituatie onder korte-dag een gelijk aantal bloemen produceert onder lange-dag als onder korte-dag (Figuur 7). Er is ook geen invloed gevonden van de verschillende lichtspectra op de productie van gerbera. Er lijkt daarom geen sprake te zijn van fotoperiodische misleiding.

Een factor die invloed kan hebben op het uitblijven van een verschil tussen de productie onder korte- en lange-dag is de lichtsom. In deze proef is een gelijke lichtintensiteit aangehouden voor de korte- en lange-dag behandeling. Hierdoor ontvangt de korte-dag een lagere lichtsom dan de lange-dag behandelingen. De gelijke productie onder korte- en lange-dag roept de vraag op wat bepalend is voor het de productie bij gerbera, de bloeiïnductie als gevolg van de daglengte of de assimilatenproductie bepaald door de lichtsom? Dit wordt in proefronde 2 nader onderzocht.

3 Proefronde 2: daglengte, lichtsom en temperatuur

In de eerste proefronde is opgevallen dat er geen verschil is in productie tussen korte-dag en lange-dag. In die proefronde werd de lichtintensiteit gelijk gehouden en verschilde de lichtsom tussen korte en lange-dag. Daarom zijn in de tweede proefronde de volgende onderzoeksvragen gesteld:

- In welke mate is daglengte of lichtsom bepalend voor productie?
- Wordt de plantopbouw beïnvloed door daglengte?
- Wat is de rol van temperatuur op productie?

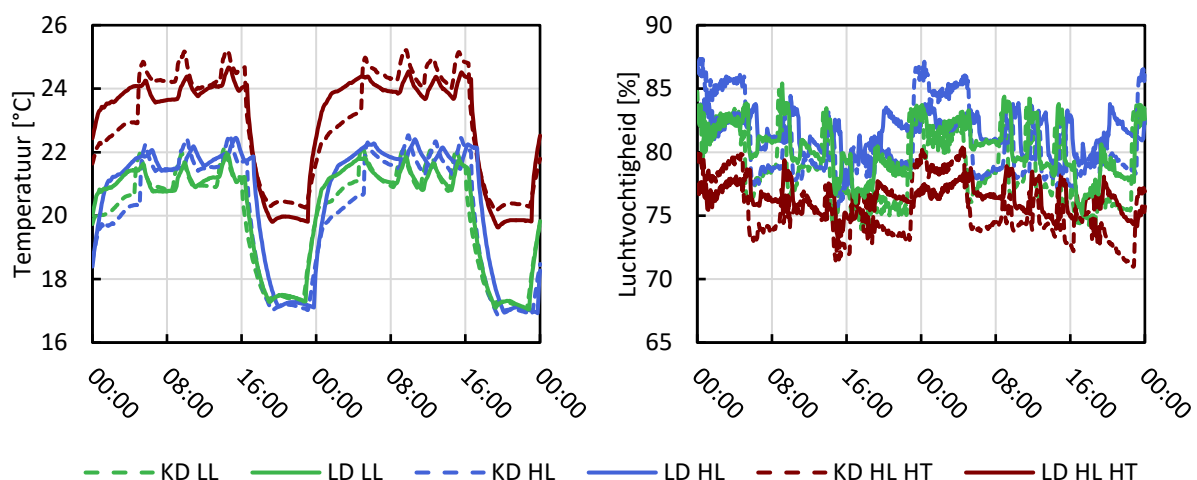
3.1 Materiaal en methoden proefronde 2

3.1.1 Plantmateriaal

Voor deze proefronde zijn dezelfde rassen gebruikt als in proefronde 1. Een groot bloemige gerbera “Rich” en een klein bloemige gerbera, “Kimsey”. Kimsey is in week 43 van 2020 opgepot bij Schreurs Holland. Vanaf dit moment is deze belicht op 14 uur daglengte bij een etmaaltemperatuur van 17.5 °C. Rich is bij Hilverda Florist in week 45 opgepot en ook belicht op 14 uur daglengte, maar bij een etmaaltemperatuur van 20.5 °C. In week 49 zijn de planten naar Holstein Flowers verplaatst. Vanaf dit moment zijn allebei de rassen belicht op 11.5 uur. De lichtintensiteit was 180 μmol . De etmaaltemperatuur was gemiddeld 16.8 °C. Op 21 januari 2021 zijn de planten verplaatst naar de klimaatkamer van Plant Lighting. De Kimsey gerbera’s zijn aan het begin 13 weken oud, de Rich planten 11 weken oud.

3.1.2 Klimaat

De etmaaltemperatuur was de hele proef 20 °C, en 23 °C voor de hoge temperatuur behandelingen. De luchtvochtigheid lag bij alle behandelingen tussen de 75 en 80%. CO₂ werd gedoseerd op 750 ppm.



Figuur 11 Weergave van het klimaat op twee representatieve dagen in de 16^e week van de proef.

3.1.3 Gewasverzorging en watergift

Meeldauw is op dezelfde manier bestreden als in proefronde 1. Er is zwavel gespoten en indien nodig is er incidenteel op bepaalde plekken gecorrigeerd. In deze proef waren er weinig problemen met meeldauw. Trips en witte vlieg zijn bestreden met periodieke inzet van *Swirskii* en *Orius*. Er is eenmalig *Phytoseiulus* ingezet tegen spint. Hierna is geen spint meer waargenomen.

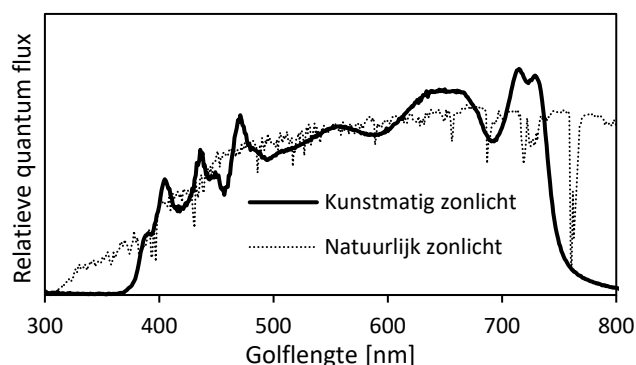
Watergift is gestuurd op behoefte om een drain van 50% te behouden. De watergift is gaandeweg opgebouwd. Voor Kimsey was de gift uiteindelijk 5.6 liter per vierkante meter bij alle behandelingen. Bij Rich was de gift uiteindelijk 7.2 liter per vierkante meter en bij hoge temperatuur was de gift bij Rich 8.8 liter per vierkante bij korte-dag en 12.8 liter per vierkante meter bij lange-dag. Deze hoeveelheden werden verdeeld over 9 beurten per dag. Dit kwam uit op 103 ml per beurt voor Kimsey, en 133 tot 237 ml per beurt voor Rich.

3.1.4 Proefopzet

Het doel is om te bepalen of lichtsom of daglengte bepalend is voor productie. Daarom is een proef opgezet met twee daglengtes (11.5 uur en 17.5 uur) en twee lichtsommen (7 en 12 mol). Door de combinatie van deze behandelingen is het effect van lichtsom en daglengte onafhankelijk van elkaar te bepalen. Daarnaast zijn er twee behandelingen met een hogere temperatuur om het effect van een temperatuur te bepalen bij beide daglengtes (Tabel 2). De lichtsom is compleet ingevuld met gesimuleerd zonlicht (SunLite SLHolland) om een eventueel effect van een afwijkend lichtspectrum uit te sluiten (Figuur 12).

Tabel 2 Proefopzet proefronde 2.

Behandeling	Lichtintensiteit [$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$]	Lichtsom [$\text{mol}/\text{m}^2/\text{d}$]	Daglengte (fotoperiode) [h]	Temperatuur [$^{\circ}\text{C}$]
Korte-dag laag licht (KD LL)	169	7	11.5	20
Lange-dag laag licht (LD LL)	111	7	17.5	20
Korte-dag hoog licht (KD HL)	290	12	11.5	20
Lange-dag hoog licht (LD HL)	190	12	17.5	20
KD HL Hoge temperatuur (HT)	290	12	11.5	23
LD HL Hoge temperatuur (HT)	190	12	17.5	23



Figuur 12 Spectrum gebruikt tijdens proefronde 2. Een kunstmatig zonlicht spectrum afkomstig van een SunLite module (SLHolland) met het natuurlijk zonlicht (ASTM global tilt) als referentie.

3.1.5 Metingen

De proef bestond uit 6 planten per ras per behandeling. Drie keer in de week zijn er bloemen geoogst. Van alle geoogste bloemtakken is de lengte, bloemdiameter, het versgewicht en het versgewicht op 48 cm gemeten. Elke vrijdag is de plantbelasting geteld. Voor de plantbelasting is bij alle 6 planten per ras per behandeling het aantal knoppen groter dan 1 cm geteld. Een aantal nieuwe knoppen werden gelabeld met datum, zodat ook de uitgroeiduur kon worden vastgesteld bij oogst. In totaal is er gemiddeld bij 90 bloemtakken per ras per behandeling de uitgroeiduur bepaald.

Bij de destructieve oogst aan het einde van de proef zijn de planten uit elkaar gehaald. Er zijn 6 planten per ras per behandeling gemeten. Per plant zijn de bladeren geteld en afgeknipt. Deze bladeren zijn opgesplitst in volgroeid blad, geel blad, jong blad. Deze bladeren zijn gewogen voor het vers gewicht. Daarna is het bladoppervlak gemeten van het jonge blad en het volgroeide blad. De volgroeide, jonge en oude bladeren zijn gedroogd voor het drooggewicht. De dode bladeren zijn van tevoren verwijderd en geteld, en bij 4 planten per ras per behandeling is het aantal dode bladeren tijdens de proef bijgehouden.

De plant waarvan de bladeren zijn afgeknipt is vervolgens verder uit elkaar gehaald. Eerst door de wortelkluit af te snijden. Wat overblijft is uitgesplitst door de steenwolschijf die de bovenzijde van de pot bedekte weg te breken en de scheuten los te breken (Figuur 13) (zie ook schematische weergave plantopbouw in Figuur 1). Hierbij is het aantal scheuten geteld. Vervolgens is het aantal bladeren op de laatste voortzetting geteld. Dit is bepaald door te zoeken naar de plek waar een bloem is weggebroken. De bladeren die hierboven gevormd zijn tot de eerstvolgende bloemknop vormen een voortzetting. Een scheut waar geen bloem gevormd is wordt aangemerkt als vegetatief. Deze telling is alleen gedaan op scheuten waarbij het mogelijk was om het begin van de voortzetting te bepalen. De bloemen en knoppen zijn geteld en gewogen en zijn gedroogd voor het drooggewicht.



Figuur 13 Een gerbera uitgesplitst in afzonderlijke scheuten.

Het bladgewicht van bladeren die afgestorven zijn tijdens de proef is geschat door de getelde dode bladeren tijdens de proef en het gemiddelde gewicht per blad van de volwassen bladeren in de eindmeting te vermenigvuldigen. Dit is gedaan voor 4 planten per ras per behandeling. Op een aantal momenten zijn de geoogste bloemen gedroogd en is het drogestof percentage bepaald. Met behulp van dit drogestof percentage is het totaal bloemgewicht omgerekend naar drooggewicht. De oogstindex is bepaald als het totaal bloemgewicht gedeeld door het totaal plantgewicht (droog). Dit bestaat uit het bladgewicht, het gewicht van de scheuten en het bloemgewicht. Het wortelgewicht is hierin dus niet meegenomen en is geschat op ~15% van het totaalgewicht (zie hoofdstuk 7.8).

Er is in deze proef geen statistiek uitgevoerd. Dit omdat in de proefopzet met 6 planten per behandeling per ras de planten een sterke invloed op elkaar hebben. Als de eerste plant sterk groeit beïnvloedt dit de tweede plant. Hierdoor zijn er geen onafhankelijke herhalingen en is statistiek niet zinvol.

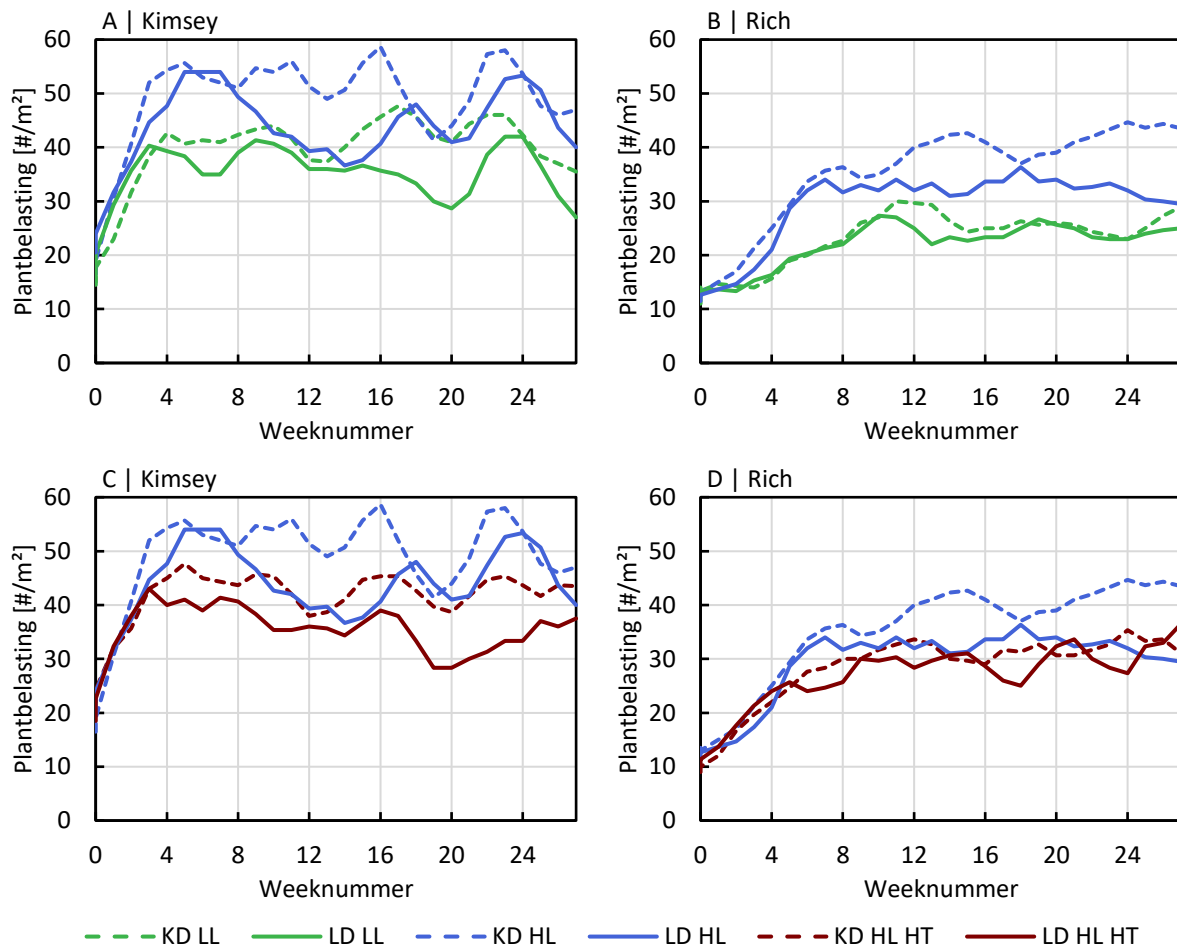
3.2 Resultaten proefronde 2

Aan de overzichtsfoto's valt op dat de planten van Rich onder lange-dag veel groter worden dan onder korte-dag (Figuur 14). Kimsey reageert niet zo sterk in gewasopbouw op daglengte. Het verschil in gewasomvang is wel groter onder hoog licht.



Figuur 14 Overzicht van de cabines met hoog licht ($12 \text{ mol/m}^2/\text{dag}$) en laag licht ($7 \text{ mol/m}^2/\text{dag}$) bij korte-dag en lange-dag en korte- en lange dag bij hoog licht en hoge temperatuur. Wat opvalt is dat met name bij hoog licht het gewas van Rich onder lange-dag groter is.

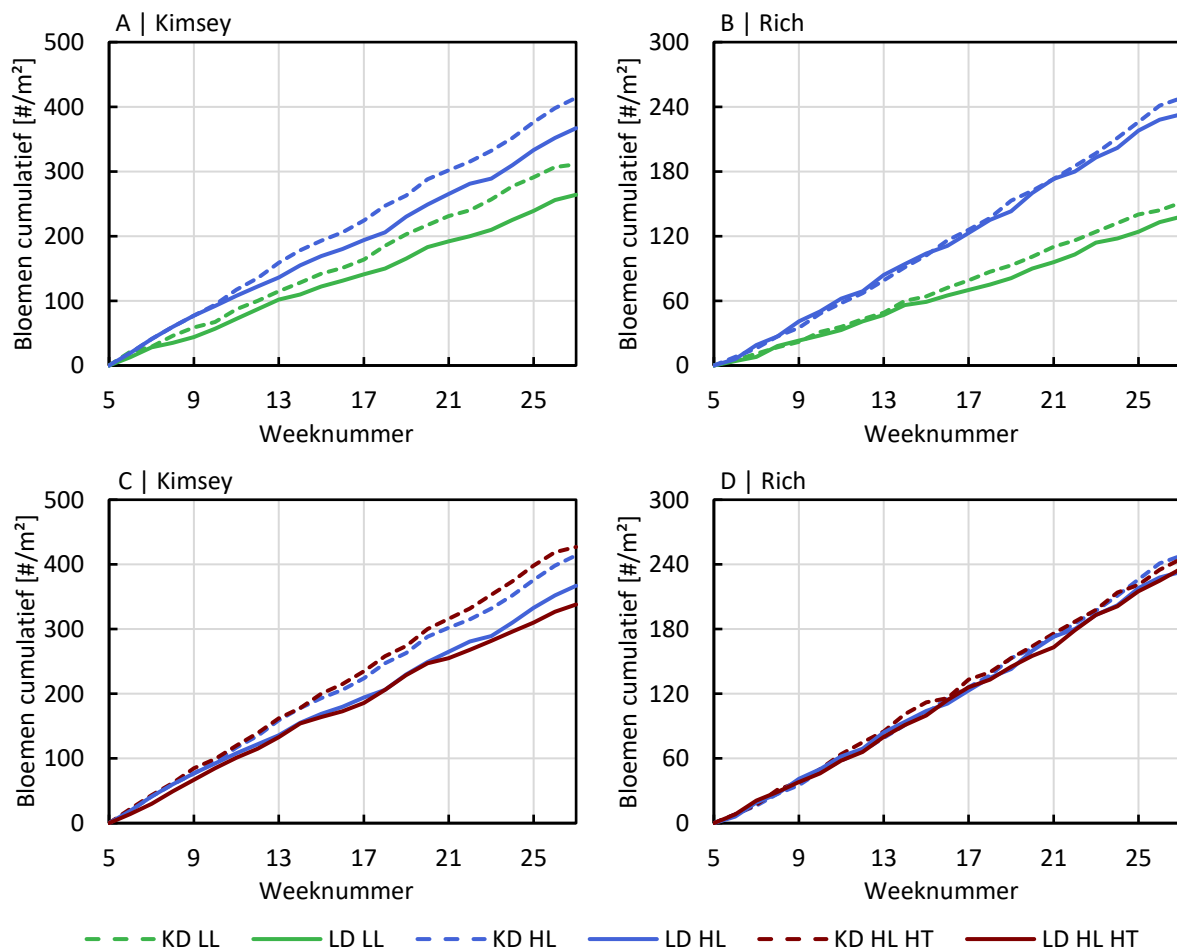
De plantbelasting van Kimsey lijkt iets hoger onder korte-dag, ongeacht lichtsom of temperatuur. Rich heeft alleen bij hoog licht een wat hogere plantbelasting onder korte-dag dan onder lange-dag. Bij laag licht en hoge temperatuur is er geen verschil in plantbelasting tussen de korte en langere daglengte. De hoge temperatuur zorgt voor een lagere plantbelasting. Dit valt samen met de kortere uitgroeiduur (Tabel 4) en een gelijke productie (Figuur 16). Het bloemtakgewicht is lager bij hogere temperatuur (Tabel 4). Net als in proefronde 1 blijkt dus, nu nog duidelijker, dat bij hogere temperatuur de bloemen sneller ontwikkelen en minder zwaar worden, alleen er worden niet meer bloemen aangelegd.



Figuur 15 Plantbelasting, aantal bloemen en knoppen groter dan 1 cm per vierkante meter. A&B laten het effect van lichtsom zien, C&D laten het effect van temperatuur zien. De blauwe lijnen in A&B zijn dezelfde behandeling als de blauwe lijnen in C&D.

3.2.1 Effect daglengte en lichtsom op bloemproductie

Het doel van deze proefronde was om te bepalen of daglengte of lichtsom bepalend is voor productie. Figuur 16 geeft de cumulatieve productie in stuks per vierkante meter van Kimsey en Rich weer. De bloemproductie van Kimsey reageert duidelijk op daglengte, een lange-dag geeft minder productie dan een korte-dag bij dezelfde lichtsom. Bij Rich is dit nauwelijks het geval. Een hoge lichtsom levert bij beide rassen meer productie ongeacht daglengte. Hoog licht gaf bij Kimsey 37% en bij Rich 66% meer stelen bij een lichtverhoging van 70% met 5 mol (7 en 12 mol). Dit laat zien dat het extra licht goed benut wordt. Voor Kimsey geldt dat een lange-dag in combinatie met een hoge lichtsom meer productie oplevert dan een korte-dag met een lage lichtsom. Dus: Als een teler 18 uur in plaats van 12 uur belicht dan is de productie bij Kimsey hoger (maar de productie per mol licht lager). Voor Rich geldt dit ook, omdat Rich niet reageert op daglengte in aantal bloemtakken levert een verhoging van de lichtsom meer productie op, ook als dit gepaard gaat met een langere daglengte. Verhoging van de temperatuur had voor beide rassen niet of nauwelijks effect op de bloemproductie.



Figuur 16 Cumulatieve bloemproductie per m². A&B laten het effect van lichtsom zien, C&D laten het effect van temperatuur zien. De blauwe lijnen in A&B zijn dezelfde behandeling als de blauwe lijnen in C&D. Eerste vijf weken oogst zijn buiten beschouwing gehouden, omdat tot week 5 de oogst per week en plantbelasting nog oploopt.

3.2.2 Effect plantopbouw op productie

Inzicht in de plantopbouw geeft meer informatie over hoe daglengte invloed heeft op het aantal geproduceerde bloemen. Het aantal geproduceerde bloemen wordt op verschillende manieren beïnvloed door de morfologie van de plant (zie ook 1.3 Morfologie van gerbera). Het aantal scheuten, het aantal bladeren per voortzetting en de source-sink verhouding beïnvloedt de productie.

Het aantal scheuten van Kimsey is niet beïnvloed door daglengte (Tabel 3). De hoeveelheid licht heeft wel invloed op het aantal scheuten. Een hogere lichtsom geeft meer scheuten. Een verhoging van de temperatuur levert niet meer scheuten op. Daarnaast zijn er vegetatieve scheuten gevonden. Dit zijn scheuten die geen bloemen vormen. Bij deze scheuten waren bij de destructieve eindmetingen geen littekens van bloemen te vinden. Lange-dag zorgt voor meer vegetatieve scheuten. Bij laag licht worden er onder lange-dag meer vegetatieve scheuten gevormd dan onder hoog licht.

Bij Kimsey verschilt het aantal bladeren per voortzetting niet tussen de behandelingen. Kimsey legt iets meer dan 4 bladeren per voortzetting aan. Dit aantal is niet beïnvloed door daglengte, lichtsom of temperatuur. De verhouding tussen het aantal bladeren en bloemen is gelijk tussen de verschillende behandelingen. De blad/bloem verhouding is niet beïnvloed door daglengte en ook niet beïnvloed door de lichtsom of temperatuur. De blad/bloem verhouding is wel hoger dan verwacht zou worden op basis van twee bloemen per voortzetting. Dit duidt erop dat niet altijd twee bloemen per voortzetting uitgroeien.

Het totaal aantal bladeren verschilt wel tussen lange- en korte-dag bij Kimsey. Er zijn bij de hoog licht behandelingen meer bladeren gevormd onder korte-dag. Terwijl het aantal scheuten en aantal bladeren per voortzetting niet verschilt. Dit zou kunnen betekenen dat Kimsey onder korte-dag zich sneller ontwikkelt. Door het aantal bladeren te delen door het aantal scheuten en aantal bladeren per voortzetting kan een schatting gemaakt worden van hoeveel voortzettingen er gevormd zijn. Dit zijn er bij hoog licht 5 en 4.5 bij respectievelijk korte- en lange-dag. Bij laag licht is dit ook 5.2 en 4.7 bij respectievelijk korte- en lange-dag terwijl bij laag licht het aantal gevormde bladeren nauwelijks verschilde tussen korte- en lange-dag. Hoewel dit slechts een schatting is, wijst dit erop dat Kimsey zich sneller voortzet onder korte-dag. Dit zou een deel van de verklaring kunnen zijn waarom er meer bloemen worden geproduceerd onder korte-dag.

Kimsey laat geen sterke reactie in leaf area index zien op daglengte. De bladlengte is niet beïnvloed, de bladeren zijn iets breder onder lange-dag. Dit resulteert niet in een groter bladoppervlakte. Er is geen verschil in bladoppervlakte als gevolg van daglengte. Het effect van bladbreedte is waarschijnlijk niet groot genoeg om te resulteren in een groter bladoppervlak. Een hogere lichtsom resulteert wel in meer bladoppervlak. Temperatuur heeft geen effect. Bij Kimsey is er geen effect gevonden in oogst index. De verdeling van assimilaten over de plant is dus niet beïnvloed door daglengte. Omdat een korte-dag bij gelijke lichtsom

wel tot een hogere bloemtakproductie leidde (Figuur 16), zou het bloemtakgewicht lager moeten zijn onder korte-dag dan onder lange-dag. Dat blijkt inderdaad zo te zijn (Tabel 4).

Het aantal scheuten is ook bij Rich niet beïnvloed door daglengte. Hoge lichtsom zorgt wel voor meer scheuten, net als bij Kimsey. Ook bij Rich is er een duidelijk effect van daglengte op het percentage vegetatieve scheuten. Er worden onder lange-dag meer vegetatieve scheuten gevormd. De lichtsom lijkt bij Rich geen effect te hebben op het percentage vegetatieve scheuten.

Bij Rich is het aantal bladeren per voortzetting niet beïnvloed. Daglengte, lichtsom en temperatuur hebben net als bij Kimsey geen invloed op het aantal bladeren per voortzetting. De blad/ bloem verhouding is bij Rich wel iets hoger onder lange-dag. Dit kan het gevolg zijn van vegetatieve scheuten die geen bloemen maar wel bladeren aanleggen. Er is bij Rich weinig verschil in het totaal aantal bladeren tussen de twee daglengtes, maar er is wel een grote toename in aantal bladeren bij een hogere lichtsom. Het effect van daglengte op het aantal voortzettingen dat bij Kimsey is geschat op basis van berekening, lijkt bij Rich niet aanwezig. De snelheid waarmee Rich zich voortzet lijkt dus niet beïnvloed door daglengte.

Bij Rich reageert de omvang van de bladeren duidelijk op daglengte. De bladeren zijn langer en breder en de bladoppervlakte is groter. Daarnaast zijn de bladeren zwaarder per oppervlakte-eenheid ('dikker'). Dit is te zien aan de LMA, leaf mass area, dit is de verhouding tussen het bladgewicht en het oppervlak. Per eenheid oppervlak zit er meer gewicht in het blad. Het grotere bladoppervlak zorgt ervoor dat er meer licht onderschept wordt. Het is aannemelijk dat daardoor de totale productie aan drooggewicht hoger is onder lange-dag. Dat er bij lange-dag meer drooggewicht naar de bladeren gaat is terug te zien aan de lagere oogstindex. Deze is consistent hoger onder korte-dag bij Rich. Dit laat zien dat Rich botanisch gezien wel degelijk reageert als een korte-dag plant. Het lijkt erop dat doordat het grotere bladoppervlak meer productie oplevert, er in de uiteindelijke bloemproductie geen verschil is tussen lange en korte-dag.

Onder een lage lichtsom vormt Rich wel minder bladoppervlak. Dit is mogelijk het gevolg van minder bladeren. Temperatuur heeft geen invloed op bladoppervlak. De oogstindex is niet beïnvloed door lichtsom of temperatuur, alleen door daglengte.

Tabel 3 Plantopbouw. De gegevens zijn gemiddelden per plant, behalve leaf area index en de bladlengte en bladbreedte. Voor de leaf area index is het gemiddeld bladoppervlak per plant vermenigvuldigd met de 6 planten per m². De bladlengte en -breedte en het bladgewicht per blad zijn gemiddeld per blad. Voor de leaf mass area en het bladgewicht per blad zijn alleen de volwassen bladeren meegeteld. Het aantal voortzettingen is geschat op basis van het aantal scheuten, aantal bladeren en aantal blad/voortzetting. Het aantal bloemen en bladeren is geteld vanaf het begin van de proef, het aantal knoppen bij de eind oogst is meegeteld in het totaal aantal bloemen en knoppen.

Parameter	Eenheid	Kimsey					
		KD LL	LD LL	KD HL	LD HL	KD HL HT	LD HL HT
Scheuten	[#/pl]	7.3	8.2	11.0	10.2	10.0	9.0
Vegetatieve scheuten	[%]	0%	14%	0%	3%	5%	11%
Bladeren bij eind oogst	[#/pl]	74	65	97	76	86	71
Bladeren totaal	[#/pl]	162	167	222	200	242	180
Bloemen en knoppen totaal	[#/pl]	59	52	79	71	85	70
Bladeren per bloem		2.7	2.9	2.8	2.8	2.8	2.5
Bladeren per voortzetting		4.3	4.4	4.0	4.4	4.3	4.5
Leaf area index (LAI)	[m ² /m ²]	4.6	4.8	5.7	5.4	5.1	4.5
Voortzettingen	[#]	5.1	4.7	5.0	4.5	5.7	4.4
Bladlengte	[cm]	43.3	44.7	43.2	44.8	43.0	42.7
Bladbreedte	[cm]	18.8	22.0	19.0	23.3	19.6	21.6
Leaf mass area (LMA)	[g/m ²]	57	57	65	67	64	68
Bladdrooggewicht	[g DW/#]	0.7	0.9	0.8	0.9	0.8	0.9
Blad- en scheutdrooggewicht	[g DW]	179	212	253	273	259	248
Bloendrooggewicht*	[g DW]	168	168	244	240	228	226
Plantdrooggewicht	[g DW]	347	379	497	513	487	474
Oogstindex		0.48	0.45	0.49	0.47	0.47	0.48

Parameter	Eenheid	Rich					
		KD LL	LD LL	KD HL	LD HL	KD HL HT	LD HL HT
Scheuten	[#/pl]	4.3	4.7	7.7	7.2	6.7	7.3
Vegetatieve scheuten	[%]	0%	11%	2%	14%	3%	11%
Bladeren bij eind oogst	[#/pl]	51	33	70	54	60	50
Bladeren totaal	[#/pl]	62	69	106	97	97	101
Bloemen en knoppen totaal	[#/pl]	29	27	46	43	46	44
Bladeren per bloem		2.2	2.7	2.3	2.5	2.2	2.5
Bladeren per voortzetting		4.1	3.8	3.8	3.9	3.8	3.8
Leaf area index (LAI)	[m ² /m ²]	2.9	3.3	3.7	5.1	3.3	4.6
Voortzettingen	[#]	3.5	3.9	3.6	3.5	3.8	3.6
Bladlengte	[cm]	33.6	46.8	36.0	45.5	34.0	43.0
Bladbreedte	[cm]	25.2	35.1	21.5	31.5	23.2	30.2
Leaf mass area (LMA)	[g/m ²]	56	65	62	68	62	70
Bladdrooggewicht	[g DW/#]	0.7	1.4	0.7	1.5	0.7	1.4
Blad- en scheutdrooggewicht	[g DW]	89	150	138	231	123	214
Bloendrooggewicht*	[g DW]	126	132	208	200	185	186
Plantdrooggewicht	[g DW]	215	254	346	430	308	400
Oogstindex		0.59	0.51	0.60	0.46	0.60	0.46

*In deze tabel zijn alleen de bloemgewicht data gebruikt van de 4 planten per behandeling waarbij ook het blad is bijgehouden.

3.2.3 Bloemtakgewicht

Bij Kimsey zijn de bloemen gemiddeld per tak zwaarder onder een lange-dag dan onder een korte-dag (Tabel 4). Het cumulatieve bloemgewicht van Kimsey wordt niet beïnvloed door daglengte (Figuur 17). Onder lange-dag worden er minder bloemen geproduceerd, er wordt wel net zoveel energie in de bloemen geïnvesteerd. De oogstindex is immers gelijk. Hierdoor worden de bloemen zwaarder. Het drooggewicht wordt over minder bloemen verdeeld.

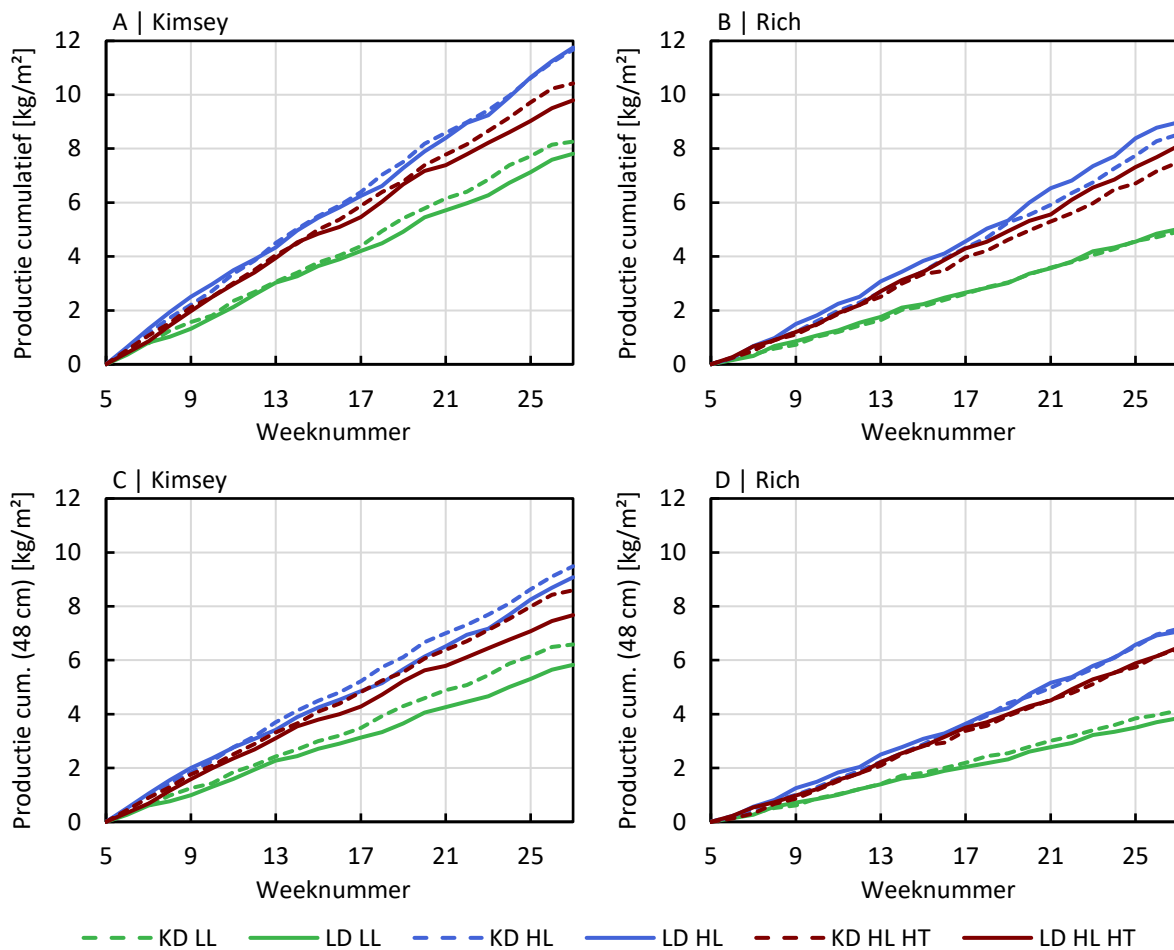
Bij Rich zijn de bloemen gemiddeld per tak onder lange-dag ook zwaarder dan onder korte-dag (Tabel 4). Hier is het cumulatieve bloemgewicht wel iets hoger onder lange-dag bij een hoge lichtsom (Figuur 17). Het hogere bloemgewicht is waarschijnlijk een effect van de langere bloemtaklengte onder lange-dag. Afgesneden op 48 cm is het verschil in bloemgewicht veel kleiner. Daarnaast is er in droog bloemgewicht over de hele teelt tussen korte- en lange dag bij gelijke lichtsom en temperatuur nauwelijks verschil (Tabel 3).

Een verhoging van de temperatuur leidt bij beide cultivars tot een lager cumulatief bloemgewicht (Figuur 17). Het aantal bloemen is niet beïnvloed door een hogere temperatuur. De bloemen zijn daardoor gemiddeld per tak minder zwaar. De totale productie in drooggewicht van de hele plant is lager. Dit resulteert ook in een lager vers bloemtakgewicht.

Het verschil in bloemtakgewicht op veilbare lengte (48 cm) tussen lange- en korte-dag is beduidend kleiner dan de verschillen op volledige lengte (Tabel 4). Dat duidt erop dat een deel van het extra bloemgewicht verloren gaat als de takken op gelijke lengte afgesneden worden.

Tabel 4 Gemiddelden over de hele proef van uitgroei-duur, vers bloemtakgewicht en vers bloemtakgewicht op 48 cm. De uitgroei-duur is vanaf een knop van 1 cm tot oogst.

Behandeling	Uitgroei-duur [d]		Bloemtakgewicht [g]		Bloemtakgewicht (48cm) [g]	
	Kimsey	Rich	Kimsey	Rich	Kimsey	Rich
KD LL	23.0	24.2	27.0	33.4	22.1	30.1
LD LL	23.8	24.6	30.3	37.0	23.0	30.6
KD HL	22.0	23.8	28.8	34.9	23.6	30.9
LD HL	22.9	23.8	32.9	39.5	25.7	31.8
KD HL HT	18.7	19.3	24.9	31.5	21.0	28.6
LD HL HT	18.8	19.0	29.8	35.3	23.7	29.4



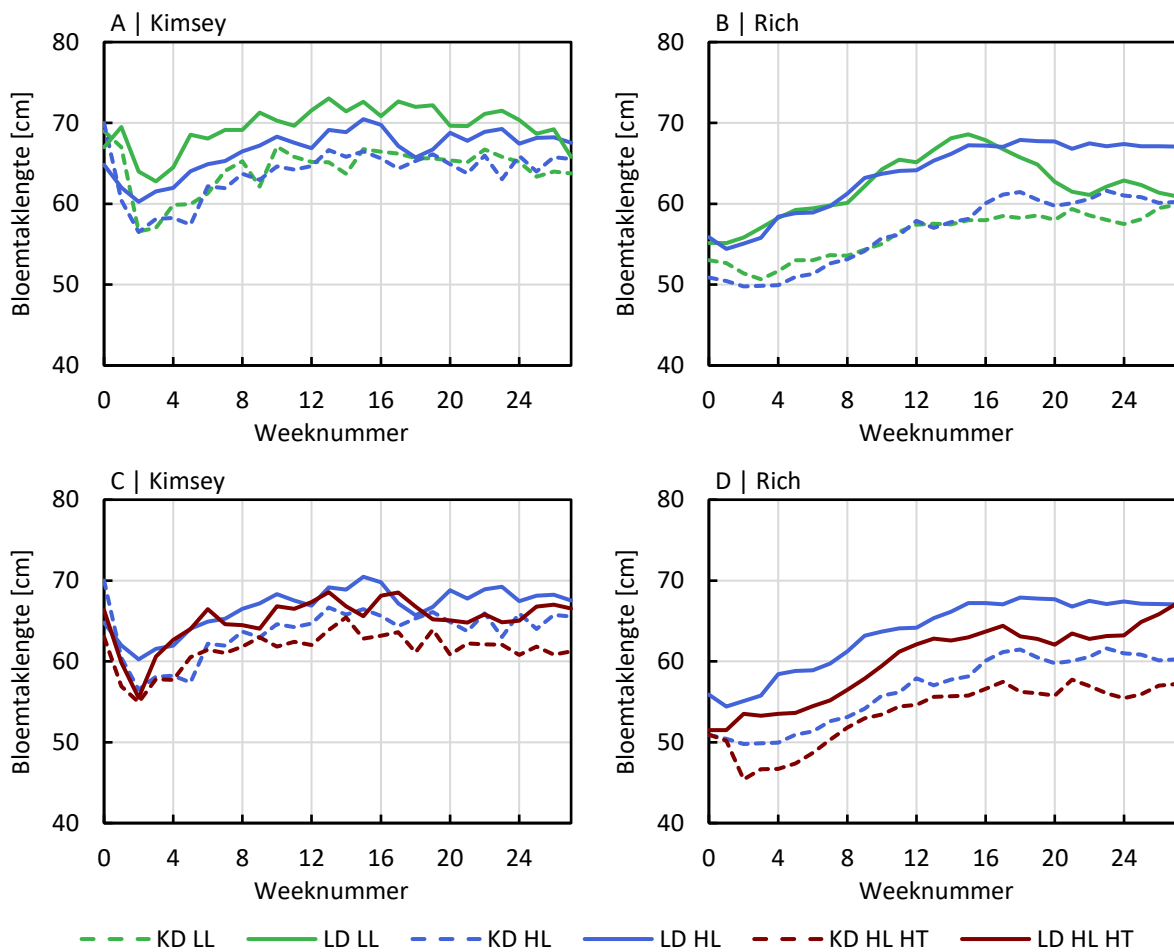
Figuur 17 Cumulatief vers bloemtakgewicht in kg/per m². A&B: Het cumulatief gewicht op de volledige lengte. C&D: Het cumulatief bloemtakgewicht op 48cm. Eerste vijf weken oogst zijn buiten beschouwing gehouden, omdat tot week 5 de oogst per week en plantbelasting nog oploopt.

3.2.4 Bloemtaklengte

De bloemen werden langer onder lange-dag dan onder korte-dag ongeacht temperatuur of lichtsom. Een hoge temperatuur zorgde voor kortere bloemen. Bij Rich zorgde dit ervoor dat er meer bloemen te kort waren. Dit is te zien aan het percentage onverkoopbare bloemen (Tabel 5). Vooral tot en met week 10 zijn er veel bloemen te klein bij Rich. Omdat in deze startperiode van de teelt de bloemlengte (Figuur 18) en de bloemproductie nog oploopt, zijn de resultaten niet representatief voor een hele teelt. De periode vanaf week 11 geeft een beter beeld van het effect van de behandelingen. Hierin is te zien dat een lange-dag zorgt voor minder te korte bloemen bij zowel Rich als Kimsey.

Tabel 5 Percentage bloemtakken korter dan 48 cm (minimale gewenste lengte).

Behandeling	Kimsey			Rich		
	Week 0-10	Week 11-27	Totaal	Week 0-10	Week 11-27	Totaal
KD LL	1.9%	0.0%	0.6%	6.1%	5.0%	5.2%
LD LL	1.0%	0.5%	0.6%	0.0%	2.7%	1.9%
KD HL	0.7%	0.3%	0.4%	15.9%	1.5%	5.1%
LD HL	0.0%	0.0%	0.0%	2.7%	0.5%	1.2%
KD HL HT	2.4%	1.2%	1.6%	18.2%	3.6%	7.6%
LD HL HT	0.0%	0.4%	0.2%	9.9%	1.6%	3.8%



Figuur 18 Bloemtaklengte. A&B laten het effect van lichtsom en daglengte zien, C&D laten het effect van temperatuur en daglengte zien. De blauwe lijnen in A&B zijn dezelfde behandeling als de blauwe lijnen in C&D.

3.3 Discussie en conclusie proefronde 2

De doelstelling van deze proef was om te bepalen of daglengte of lichtsom bepalend is voor bloemtakproductie. Daarnaast is de vraag of de plantopbouw beïnvloed wordt door daglengte. In de eerste proefronde was geen verschil gevonden in productie tussen korte en lange-dag. Echter, daarbij was gekozen voor een gelijke intensiteit belichting, waardoor de lichtsom hoger was bij lange-dag. Verder was de vraag wat de rol is van temperatuur op productie en ontwikkeling.

Kimsey en Rich verschillen duidelijk in hun reactie op daglengte. Kimsey laat een duidelijk daglengte-effect zien. Een lange-dag geeft minder productie dan een korte-dag bij dezelfde lichtsom. Een hogere lichtsom levert ook meer productie ongeacht daglengte. Een lange-dag bij een hogere lichtsom levert wel meer productie dan een korte-dag met een lage lichtsom. Dit betekent dat als de lichtsom verhoogd wordt door in de winter langer te belichten, het wel mogelijk is de productie te verhogen. Met andere woorden, als een teler 18 uur in plaats van 12 uur belicht met dezelfde lichtintensiteit dan is de productie bij Kimsey hoger, maar dan is de productie per mol licht wel fors lager (zie ook Tabel 12 in bijlage 3). Dit is dus voor Kimsey alleen rendabel bij relatief lage stroomprijzen en hoge productprijzen.

Het aantal vegetatieve scheuten is een belangrijke factor in het verschil in productie tussen korte en lange-dag. Er is geen effect op het aantal scheuten door daglengte. Het aantal bladeren per voortzetting of de blad/bloem verhouding is niet beïnvloed. Alleen onder een lange-dag worden er meer vegetatieve scheuten gevormd. Lichtsom beïnvloedt de productie via het aantal scheuten. Meer licht zorgt ervoor dat er meer scheuten uitlopen (Tabel 3). Deze scheuten leveren meer bloemproductie op. Een andere factor die effect kan hebben op de productie onder korte-dag is de snelheid van de voortzettingen. Het lijkt erop dat Kimsey sneller voortzettingen maakt onder korte-dag. Dit geeft dan meer bloemproductie onder korte-dag gegeven eenzelfde lichtsom.

De plantopbouw van Kimsey reageert verder niet op daglengte. Het bladoppervlak is niet beïnvloed en er is geen effect op bladlengte gevonden. De oogstindex is ook niet beïnvloed door daglengte. Dat wil zeggen, de verdeling van assimilaten tussen het generatieve deel (de bloemen) en het vegetatieve deel (bladeren + scheut) is niet beïnvloed (Tabel 3). Doordat de assimilatenverdeling niet veranderd is, maar er wel meer bloemen worden gevormd, zijn de bloemen minder zwaar onder korte-dag (Tabel 4).

In tegenstelling tot Kimsey laat Rich geen daglengte-effect zien in de productie van het aantal bloemstelen. Een hogere lichtsom levert wel meer bloemstelen. Hierdoor lijkt het of Rich niet als een korte-dag plant reageert. Echter, dat de bloemtakproductie van Rich geen reactie laat zien op daglengte lijkt het gevolg te zijn van de verandering in het bladoppervlak. In de bloemproductie uitgedrukt in gewicht produceert Rich onder lange-dag ongeveer evenveel gewicht aan bloemstelen als onder korte-dag. Bij Rich is de oogstindex wel beïnvloed door daglengte en consistent hoger bij korte-dag (60%) t.o.v. lange-dag (46%; Tabel 3) (Bij hoog licht). Onder korte-dag wordt dus een groter deel van de assimilaten geïnvesteerd in de

bloemen. Dat er toch een gelijk totaal bloemgewicht onder lange-dag ontstaat is doordat het totale plantgewicht hoger is onder lange-dag. Ondanks dat een kleiner deel van de assimilaten naar de bloemen gaat, wordt er wel een vergelijkbaar bloemgewicht geproduceerd.

De verandering van de assimilatenverdeling van het generatieve deel naar het vegetatieve deel onder lange-dag bij Rich is terug te zien in de plantopbouw. De bladeren van Rich onder lange-dag zijn langer en breder. Dit resulteert in een groter bladoppervlak. Daarnaast zijn de bladeren ook 'dikker' (zwaarder per cm²) onder lange-dag. Het grotere bladoppervlak leidt tot een hogere productie doordat er meer licht onderschept kan worden. De toename van lichtonderschepping door het grotere bladoppervlak heeft er waarschijnlijk voor gezorgd dat het remmende effect van de lange-dag op bloeiïnductie en assimilatenverdeling gecompenseerd is. Rich is botanisch gezien dus wel een kwantitatieve korte-dag plant.

De blad/bloem verhouding en de tellingen van het aantal bladeren per voortzetting laat zien dat het aantal bladeren per voortzetting vrij constant is, ongeacht daglengte, lichtsom of temperatuur (Tabel 3). Er worden op alle voortzettingen ± 4 bladeren gevormd. Uit de blad/bloem verhouding en de blad/voortzetting verhouding blijkt dat gerbera minder dan twee bloemen per voortzetting maakt (1.6 bloem per voortzetting gemiddeld). Een deel van de verklaring van deze afwijking is de vorming van vegetatieve scheuten, deze vormen wel bladeren maar geen bloemen en verhogen de blad/bloem verhouding. Daarnaast kan er abortie zijn.

Een verhoging van de etmaaltemperatuur met 3 °C zorgt, tegen de verwachting in, niet voor een hogere bloemtakproductie. In aantal bloemen is er geen effect van hoge temperatuur en in cumulatief bloemgewicht is er zelfs iets minder bloemgewicht geproduceerd. De hoge temperatuur zorgt er ook voor dat het totale drooggewicht van de plant minder is. De kwaliteit van de bloemen is minder onder hoge temperatuur, dit is te zien aan het lagere bloemgewicht, de kortere lengte en het hogere percentage onverkoopbare bloemen.

3.3.1 Conclusie

Voor Kimsey is de productie het hoogst onder een korte-dag en een hoge lichtsom (12 mol in deze proef). Bij een gelijke lichtsom levert een lange-dag minder productie op. Als er meer uren belicht wordt resulteert een langere dag wel in een hogere lichtsom. In dit geval is de productie hoger onder een lange-dag (17.5 uur) bij een hoge lichtsom (12 mol) dan onder korte-dag (11.5 uur) bij een lage lichtsom (7 mol). Als een langere dag samengaat met een hogere lichtsom is het mogelijk de productie te verhogen met een lange-dag, echter, de productie omgerekend per mol licht is dan wel lager. Bij hogere elektrakosten is langer belichten dan ongunstiger.

De resultaten laten zien dat het voor Rich goed mogelijk is om de productie te verhogen door meer uren te belichten en hierdoor een langere dag en hogere lichtsom te behalen. Een hogere lichtsom zorgt voor meer productie (Figuur 16). Een lange-dag leverde geen vermindering van bloemtakproductie op vergeleken met een korte-dag bij gelijke lichtsom. Dit lijkt het gevolg te

zijn van meer lichtonderschepping onder lange-dag door een groter bladoppervlak. Dit is belangrijk om rekening mee te houden bij Rich: een gewas dat licht nog niet efficiënt onderschept kan dus gebaat zijn bij lange-dag. Een gewas dat breed is en vrijwel al het licht al onderschept zal omgerekend per mol licht waarschijnlijk meer bloemtakken produceren bij een korte-dag.

Dat een hogere temperatuur niet tot meer bloemtakproductie leidde is in het kader van het streven naar een energiezuinige gerberateelt goed nieuws. Zeker met de transitie naar LED-belichting is een duurzame invulling van de warmtevraag in de winter een grotere uitdaging. Het blijkt dat bij een aanzienlijke lichtsom voor een belichte winterteelt ($12 \text{ mol/m}^2/\text{dag}$) 20°C gunstiger is dan 23°C .

4 Proefronde 3: fotoperiodische misleiding

De derde proefronde bestond uit twee delen met ieder een eigen onderzoeksvraag. Het tweede deel wordt in dit rapport afzonderlijk behandeld en voor het overzicht proefronde 4 genoemd. In deze proefronde 3 is de vraag: Is het mogelijk om met fotoperiodische misleiding bloeiïnductie te bevorderen bij een lange daglengte? Hiervoor zijn vier behandelingen getoetst bij korte-dag, lange-dag en lange-dag door nabelichting met twee verschillende lichtspectra

4.1 Materiaal en methoden proefronde 3

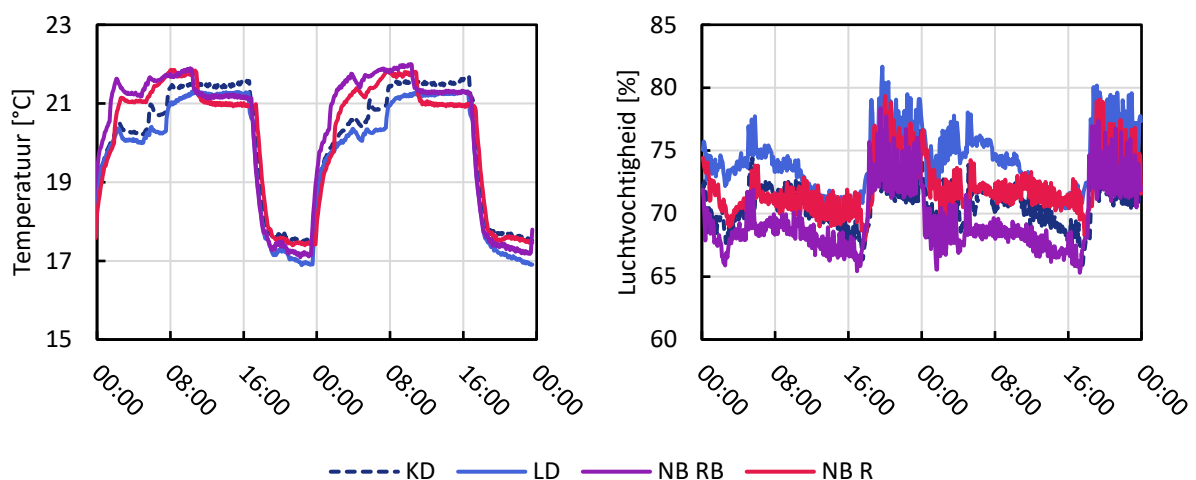
Proefronde 3 en 4 hebben tegelijk plaatsgevonden. In één klimaatcel waren er 6 behandelingen. Vier behandelingen hoorden bij proefronde 3 en twee behandelingen bij proefronde 4.

4.1.1 Plantmateriaal

Voor deze proefronde zijn twee kleinbloemige gerbera rassen gebruikt, "Kimsey" en "Suri". Beiden zijn opgepot in week 28 van 2021 bij Schreurs Holland. Tijdens de opkweek hebben de planten onder de natuurlijke daglengte gestaan. De etmaaltemperatuur tijdens de opkweek was gemiddeld 21 °C. De proef is gestart in week 34. De planten waren aan het begin van de proef zeven weken oud.

4.1.2 Klimaat

Aan het begin van de teelt is een hogere etmaaltemperatuur aangehouden van 23 °C om eerst het gewas te laten ontwikkelen. Het gewas had stugge bladeren, dit is een teken van assimilatenoverschot. Daarom is de temperatuur verhoogd na de eerste week. Na 8 weken is de temperatuur verlaagd naar een etmaaltemperatuur van 20 °C. De luchtvochtigheid was gemiddeld 74%. CO₂ is gedoseerd op 750 ppm.



Figuur 19 Weergave van het klimaat op twee representatieve dagen in de laatste week van de proef.

4.1.3 Watergift en gewasverzorging

Watergift is gedaan op basis van een drain percentage van 50%. In de eerste 8 weken is de watergift opgebouwd naar 3.7 liter per m²/d bij de korte-dag en 4.1 liter per m²/d bij de lange-dag. Vervolgens is de watergift geleidelijk opgelopen tot en met week 19 van de proef. Uiteindelijk was de watergift 7.8 liter per m²/dag voor de lange-dag behandelingen en 5.9 liter per m²/dag voor de korte-dag behandeling. De watergift voor Kimsey en Suri was gelijk. De watergift is verhoogd door de gift per beurt te verhogen en meer watergift beurten te geven. Er is begonnen met 6 beurten per dag en aan het eind waren er 8 beurten per dag.

In deze proefronde is witte vlieg en trips bestreden met *Amblyseius Swirskii*, *Neoseiulus cucumeris*, *Orius Laevigatus* en *Transeius Montdorensis*. Hierbij was *Montdorensis* het belangrijkste, deze is elke drie weken uitgezet gedurende de proef. Daarnaast was er *duponchelia* gevonden in de proef. Deze is bestreden met de sluipwesp *Trichogramma evanescens* en met een bespuiting met *Bacillus Thuriensis* (BT). Aan het begin van de proef is er een plant verwijderd met mineervlieg. Deze is omgewisseld met een reserve plant van dezelfde partij. Meeldauw is net als in de eerdere proefrondes bestreden met periodieke bespuiting met zwavel.

4.1.4 Metingen

De proef bestond uit 6 planten per ras per behandeling. Drie keer in de week zijn er bloemen geoogst. Van alle geoogste bloemtakken is de lengte, bloemdiameter, het versgewicht en het versgewicht op 48 cm gemeten. Elke vrijdag is de plantbelasting geteld. Voor de plantbelasting is bij alle 6 planten per ras per behandeling het aantal knoppen groter dan 1 cm geteld. Een aantal nieuwe knoppen werden gelabeld met datum, zodat ook de uitgroeiduur kon worden vastgesteld bij oogst. In totaal is er gemiddeld bij Kimsey bij 65 bloemtakken per ras per behandeling de uitgroeiduur bepaald, bij Suri bij 114 takken. Bij de Rich planten van proefronde 4 is bij 115 takken de uitgroeiduur bepaald.

De destructieve oogst is op dezelfde manier gedaan als in proefronde 2, zie "3.1.5 Metingen". Hieronder is alleen beschreven op welke punten de methode verschilde.

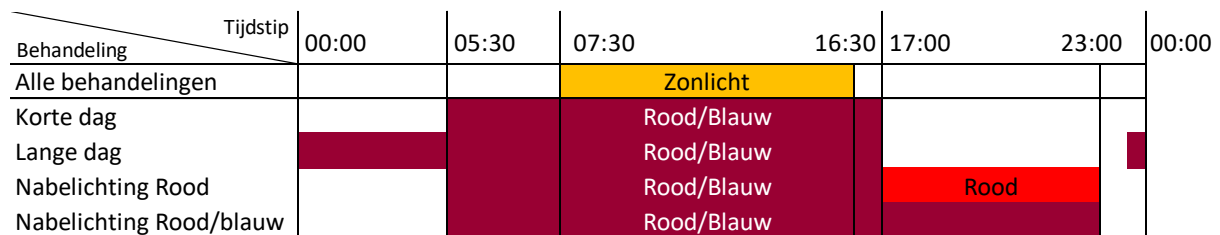
Net als in proefronde 2 is het aantal dode bladeren per plant bijgehouden. In deze proefronde is dit bij 6 planten per ras per behandeling tijdens de proef bijgehouden. Het bladgewicht tijdens de proef is bepaald op basis van het gewicht per blad van de volwassen bladeren in de eindmeting. Dit is gedaan voor 6 planten, per ras per behandeling. Vermenigvuldiging van het gemiddeld bladgewicht en het aantal bladeren geeft het totale bladgewicht tijdens de proef.

Er is in deze proef geen statistiek uitgevoerd, er zijn 6 planten per behandeling per ras. Alleen deze planten hebben een sterke invloed op elkaar. Als de eerste plant sterk groeit beïnvloedt dit de tweede plant. Hierdoor zijn er geen onafhankelijke herhalingen en is statistiek niet zinvol.

4.1.5 Proefopzet proefronde 3

In proefronde 3 waren vier behandelingen. Alle behandelingen ontvingen een winterlichtsimulatie met daglichtsimulatoren (SLHolland ASRM 2.0) met een lichtsom van 2.3 mol/m²/dag. De behandelingen bestonden uit een korte-dag controle (KD, 11.5 uur) en een lange-dag controle-behandeling (LD, 17.5 uur) (Figuur 20). De bijbelichting met een rood/blauw spectrum (90%R/10%B) was voor de korte-dag gedurende 11.5 uur en de lange-dag 17.5 uur. De belichting begint voor de zonlichtperiode en eindigt een half uur na de zonlichtperiode (zon onder), net als vaak in de winter in de praktijk gedaan wordt. De twee lange-dag nabelichtingsbehandelingen, gericht op fotoperiodische misleiding van de bloei, bestaan uit een spectrum met alleen rood en rood/blauw (90%R/10%B). De nabelichting begint een half uur na de zonlichtperiode en duurt 6 uur.

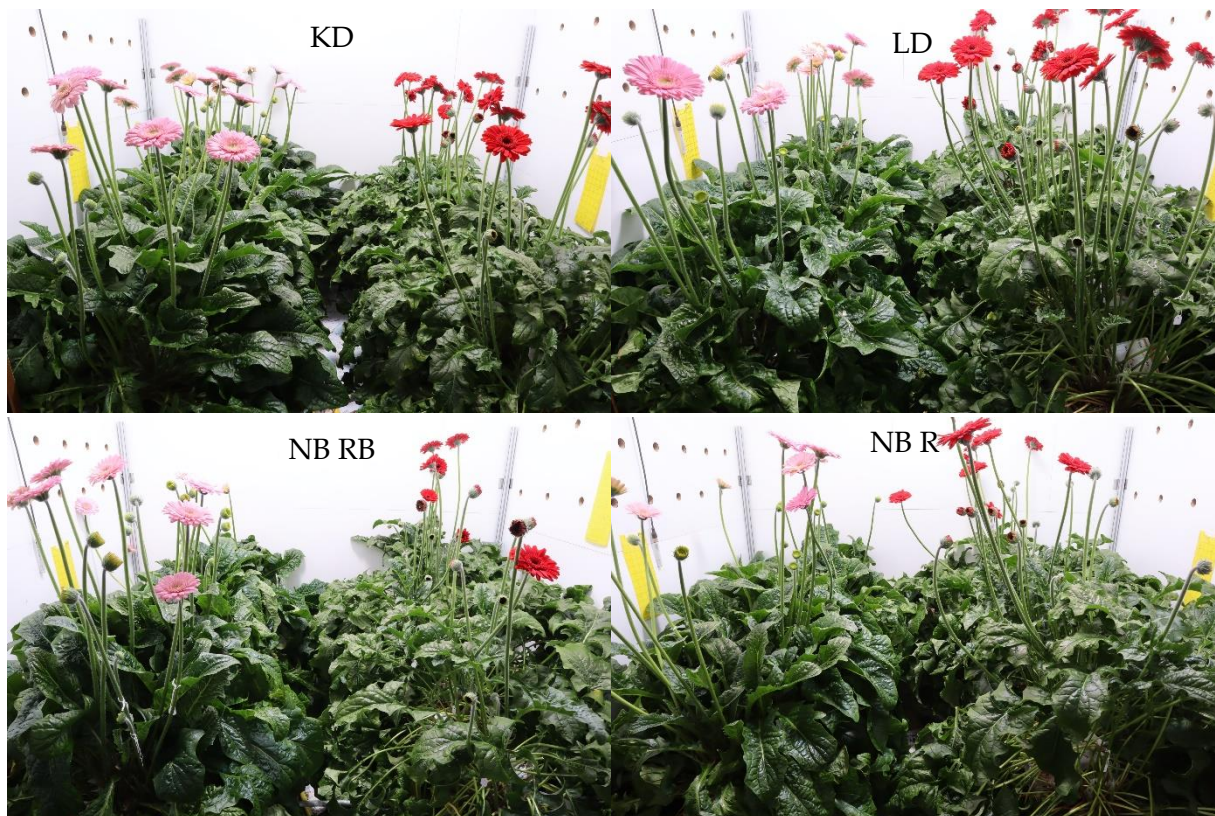
De totale lichtsom was 12 mol/m²/d. Om een groter effect van de behandelingen te behalen is besloten een hogere lichtsom aan te houden dan in de proefronde 1. De lichtsom van het zonlicht was 3 mol/m²/d. Dit is wat hoger dan in proefronde 1, deze waarde is representatief voor de lichthoeveelheid in november of januari. De lichtperiode van het zonlicht was 9 uur per dag en de lichtintensiteit was 93 µmol/m²/s. De bijbelichting had een lichtsom van 9 mol/m²/d. Voor de korte-dag controle was de intensiteit 217 µmol/m²/s. Voor de lange-dag controle en de lange-dag nabelichting was de intensiteit 143 µmol/m²/s.



Figuur 20 Schema van de verschillende behandelingen van proefronde 3. Het zonlicht is aangevuld met LED rood/blauw of alleen rood op de tijden zoals aangegeven in het schema.

4.2 Resultaten proefronde 3

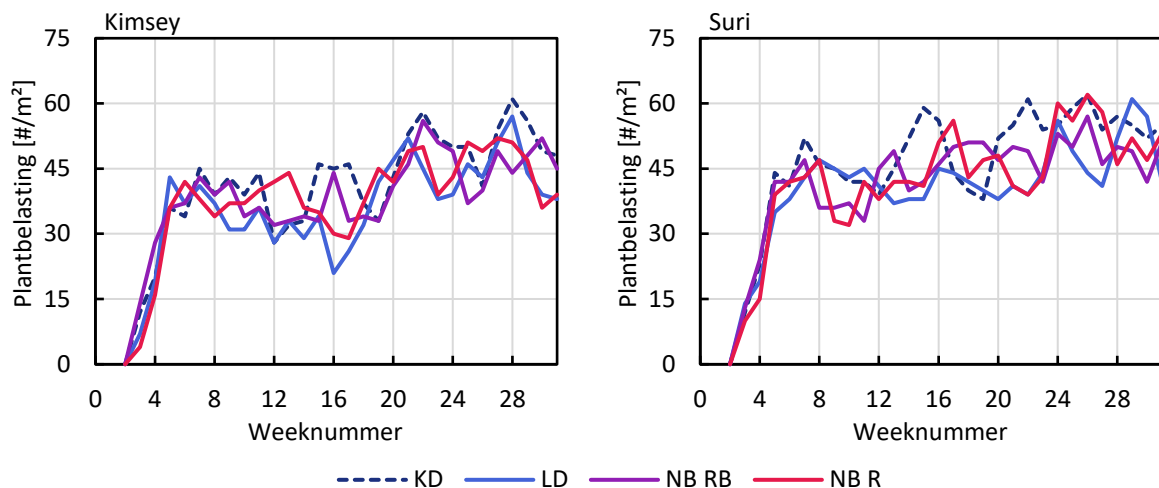
Aan de overzichtsfoto's is te zien dat Kimsey niet sterk reageerde in gewasomvang (Figuur 21). Suri reageerde wel op daglengte in gewasomvang. De bladeren waren duidelijk groter bij lange-dag. Daarnaast viel op dat een deel van het verschil in gewasomvang het gevolg was van een langere bladsteel. Deze strekking zorgde ervoor dat het gewas meer open is bij lange-dag. De bloemstelen waren ook duidelijk langer bij lange-dag. Bij de lange-dag nabelichtingsbehandelingen zorgde de lengte en het open gewas ervoor dat bloemen om konden vallen.



Figuur 21 Overzicht van de klimaatcabines met korte-dag, lange-dag, en lange-dag nabelichting Rood/Blauw en nabelichting Rood. Wat opvalt is dat het gewas van Suri onder korte-dag veel compacter is.

4.2.1 Plantbelasting

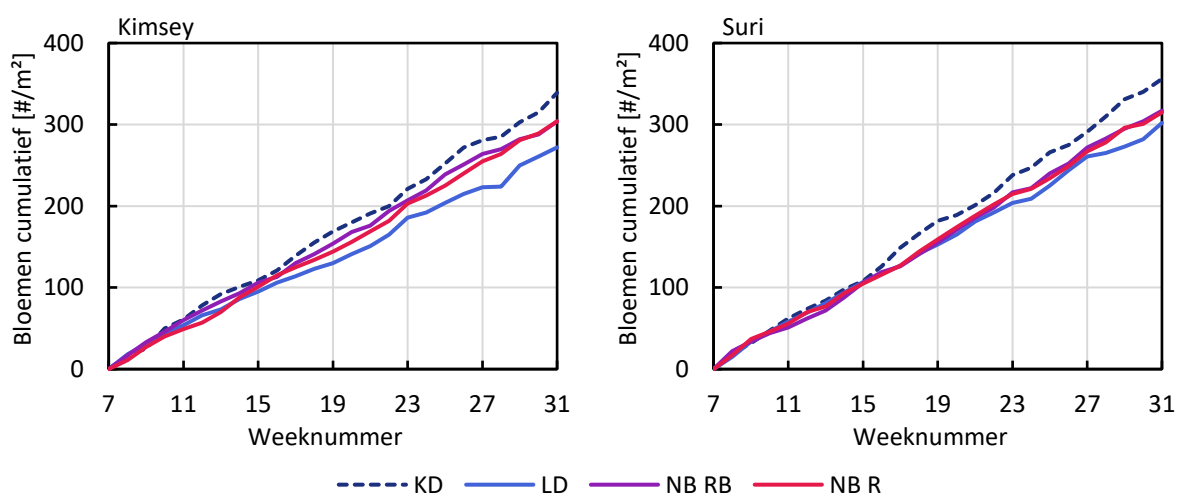
De plantbelasting loopt snel op aan het begin van de proef. Tot week 3 zijn er knoppen gebroken. Op het moment dat hiermee gestopt wordt, loopt de plantbelasting snel op. Verder is er geen verschil in plantbelasting tussen de verschillende behandelingen.



Figuur 22 Plantbelasting in aantal knoppen >1 cm per vierkante meter. Tot week 3 zijn er bloemknoppen weggebroken.

4.2.2 Fotoperiodische misleiding?

De (cumulatieve) oogst verschilt tussen de behandelingen (Figuur 23). Ook in deze proefronde produceert Kimsey meer bloemen onder korte-dag dan onder lange-dag (bij gelijke lichtsom). De lange-dag behandelingen met nabelichting produceerden meer bloemen dan de lange-dag controle-behandeling. Gemiddeld leverde lange-dag 11.3 stelen per week op. Nabelichting RB leverde 12.6 stelen per week, nabelichting R leverde ook 12.6 stelen per week. Korte-dag leverde 14.1 stelen per week op. Bij Suri was er nauwelijks effect van lange-dag door nabelichting op productie ten opzichte van de lange-dag controle. Voor Kimsey suggereren de resultaten dat Kimsey fotoperiodisch te misleiden is: er lijkt een lange-dag te kunnen worden aangehouden met grotendeels behoud van bloeiïnductie onder voorwaarde dat er na zonsondergang belicht wordt in plaats van voor zonsopkomst. Echter, er zijn ook aanwijzingen die toch weer tegenspreken (zie volgende pagina's).



Figuur 23 Cumulatieve bloemproductie in stuks per m². Effect van daglengte en lange-dag nabelichting met twee spectra, Rood/Blauw en Rood. Alle behandelingen hebben een lichtsom van 12 mol. Eerste zeven weken oogst zijn buiten beschouwing gehouden, omdat tot week 7 de oogst per week en plantbelasting nog oploopt.

Het aantal geproduceerde bloemen wordt op verschillende manieren beïnvloed door de morfologie van de plant. De plant bestaat uit meerdere scheuten die elk voortzettingen maken. Een voortzetting is een opvolging van een aantal bladeren die eindigt met een bloem (Figuur 1). In de oksel van het bovenste blad wordt bij gerbera een tweede bloem aangelegd en de oksel daaronder vormt een nieuwe voortzetting. In de andere oksels kunnen ook scheuten uitgroeien die zich weer voortzetten. Als er minder bladeren gevormd worden per voortzetting, volgen de voortzettingen elkaar sneller op en kunnen er in een bepaalde tijd meer bloemen geproduceerd worden. Of bloemen daadwerkelijk uitgroeien wordt bepaald door de source-sink verhouding. De bloemproductie wordt dus beïnvloed door het aantal scheuten, het aantal bladeren per voortzetting en de source-sink verhouding. Door naar deze aspecten te kijken is het mogelijk het effect van de behandelingen op productie beter te beoordelen.

Bij Kimsey werd het aantal scheuten niet beïnvloed door daglengte (Tabel 6). De twee nabelichtings behandelingen hebben wel meer scheuten dan de lange-dag en korte-dag controle-behandelingen. Als hiermee de extra productie van de lange-dag nabelichting verklaard kan worden, dan kan er niet gesproken worden van fotoperiodische misleiding, maar van een neveneffect van nabelichting op scheutuitloop. Een spectrum zonder verrood bevordert in het algemeen de scheutuitloop vanwege het 'verminderen' van de apicale dominantie (de aanwezigheid van verrood stimuleert de apicale dominantie). Naast het aantal scheuten is het belangrijk of scheuten al dan niet vegetatief zijn. Vegetatieve scheuten zijn scheuten waar geen (litteken van een) bloem of knop op terug te vinden is. Lange-dag (controle) en de lange-dag nabelichtingsbehandelingen zorgen voor meer vegetatieve scheuten bij Kimsey. Dit suggereert dat de fotoperiodische misleiding niet werkt.

Het aantal bladeren per voortzetting is vrij constant. Kimsey legt ongeveer 4 bladeren per voortzetting aan. Dit lijkt niet beïnvloed te worden door daglengte of nabelichting. De verhouding tussen het aantal bladeren per bloem is hoger dan wat verwacht zou worden op basis van 4 bladeren per voortzetting (Tabel 6). Dit duidt erop dat er niet bij alle voortzettingen twee bloemen per voortzetting gevormd worden. De blad/bloem verhouding is bij Kimsey hoger bij de lange-dag met nabelichting. Dit betekent dat er bij deze behandelingen gemiddeld minder bloemen gevormd werden per voortzetting. Dat de blad/bloem verhouding hoger is bij lange-dag met nabelichting kan het gevolg zijn van meer vegetatieve scheuten, maar kan ook beïnvloed zijn doordat er meer zijscheuten zijn, waardoor per scheut minder assimilaten beschikbaar zijn om aangelegde bloemen te doen ontwikkelen tot een bloemtak. Vegetatieve scheuten lijken meer bladeren te maken dan generatieve scheuten. Bij enkele vegetatieve scheuten is het aantal bladeren geteld en dit waren er zes tot negen. Wat wel opviel aan de vegetatieve scheuten is dat deze vaak minder groot zijn, bij generatieve scheuten worden meer voortzettingen opgestapeld dan bij vegetatieve scheuten.

Net als in proefronde 2 vormde Kimsey onder korte-dag meer blad dan onder lange-dag (controle). Het is mogelijk een ruwe schatting te maken van het aantal voortzettingen, door het aantal bladeren te delen door het aantal scheuten en aantal bladeren per voortzetting.

Hieruit blijkt dat onder korte-dag meer voortzettingen werden gevormd dan onder lange-dag. Er zijn onder nabelichting rood wel meer bladeren gevormd dan onder de lange-dag controle, maar ook meer scheuten. Het berekende aantal voortzettingen zit is bij nabelichting R hoger dan bij de lange-dag controle, maar bij nabelichting RB nauwelijks. Dat maakt het moeilijk om van hieruit een conclusie te kunnen trekken of fotoperiodische misleiding werkt.

Het bladoppervlak van Kimsey is niet beïnvloed door daglengte. De lengte en breedte van de bladeren is ook niet beïnvloed. De nabelichting heeft ook geen effect op bladoppervlak. Door het drooggewicht van de geproduceerde bloemen te delen door het drooggewicht van de gehele plant inclusief dat van de gevormde bladeren over de gehele teelt, is het mogelijk een oogstindex te berekenen. Dit geeft de verhouding hoeveel van de assimilaten naar de bloemen gaan. De oogstindex van Kimsey is iets hoger onder korte-dag, en bij de lange-dag met nabelichting niet hoger dan de lange-dag controle.

Bij Suri heeft de korte-dag behandeling meer scheuten dan de lange-dag controle (Tabel 6). Er is nauwelijks verschil in het aantal scheuten tussen de lange-dag nabelichtingsbehandelingen en de lange-dag controle. Bij Suri is het aantal bladeren per voortzetting ook vrij constant. Suri legt net als Kimsey ongeveer 4 bladeren per voortzetting aan. Er is geen verschil in blad/bloem verhouding tussen de behandelingen.

Suri vormt net als Kimsey meer bladeren onder korte-dag. Hoeveel voortzettingen er gevormd worden is geschat door het aantal bladeren te delen door het aantal scheuten en aantal bladeren per voortzetting. Hieruit blijkt dat de snelheid van voortzetten iets hoger is onder korte-dag. Immers, onder korte dag werden geen vegetatieve scheuten aangelegd, dus meer bladeren moet dan duiden op vorming van meer voortzettingen binnen eenzelfde teeltduur (dus sneller). Volgens deze rekenmethode heeft Suri ook meer voortzettingen gemaakt bij de lange-dag met nabelichting vergeleken met de lange-dag controle.

Bij Suri zijn de bladeren duidelijk groter onder lange-dag ten opzichte van korte-dag. De lange-dag door nabelichting heeft hetzelfde effect als de lange-dag controle op het bladoppervlak. De bladeren van Suri zijn ook veel zwaarder onder lange-dag. Dit is niet alleen het gevolg van het grotere oppervlak, de bladeren zijn ook 'dikker' (zwaarder per m²). Dit is te zien aan de hogere leaf mass area (LMA). De LMA is de verhouding tussen het bladgewicht en het oppervlak (g/m²). Deze gegevens laten zien dat Suri net als Rich meer investeert in de vegetatieve delen bij lange-dag. De oogstindex laat zien dat er onder korte-dag een iets groter deel van de assimilaten naar de bloemen gaat dan bij lange-dag controle, en bij lange-dag met nabelichting is de oogstindex niet hoger dan bij de lang-dag controle.

Tabel 6 Gegevens over plantopbouw. De gegevens zijn gemiddelden per plant, behalve leaf area index en de bladlengte en bladbreedte. Voor de leaf area index is het gemiddeld bladoppervlak vermenigvuldigd met 6 planten per m². De bladlengte en -breedte en het bladgewicht per blad zijn gemiddeld per blad. Voor de leaf mass area en het bladgewicht per blad zijn alleen de volwassen bladeren meegeteld. Het aantal voortzettingen is geschat op basis van het aantal scheuten, aantal bladeren en aantal blad/voortzetting. Het aantal bloemen en bladeren is geteld vanaf het begin van de proef, het aantal knoppen bij de eind oogst is meegeteld in het totaal aantal bloemen en knoppen.

Parameter	Eenheid	Kimsey				Suri			
		KD	LD	NB R/B	NB R	KD	LD	NB R/B	NB R
Scheuten	[#/pl]	10.0	10.2	12.2	12.5	9.8	8.2	8.7	8.5
Vegetatieve scheuten	[%]	2%	8%	4%	14%	0%	7%	4%	2%
Bladeren bij eind oogst	[#/pl]	89	78	85	94	102	73	67	78
Bladeren totaal	[#/pl]	194	164	209	231	181	146	169	170
Bloemen en knoppen totaal	[#/pl]	76	62	67	66	78	63	70	69
Bladeren per bloem		2.6	2.7	3.1	3.5	2.4	2.3	2.4	2.5
Bladeren per voortzetting		3.9	3.9	4.0	4.0	4.0	4.2	4.0	4.0
Leaf area index (LAI)	[m ² /m ²]	6.2	5.9	6.4	6.2	4.7	6.2	5.8	6.5
Voortzettingen	[#]	5.0	4.1	4.3	4.6	4.6	4.3	4.9	5.0
Bladlengte	[cm]	42.8	41.6	42.2	42.8	39.4	49.4	48.6	51.3
Bladbreedte	[cm]	10.5	10.3	10.9	10.6	9.9	13.0	13.1	13.0
Leaf mass area (LMA)	[g/m ²]	54	60	60	60	55	67	61	62
Bladdrooggewicht	[g DW/#]	0.8	1.1	1.0	1.0	0.5	1.2	1.2	1.1
Blad- en scheutdrooggewicht	[g DW]	145	171	211	211	106	162	195	175
Bloendrooggewicht	[g DW]	162	149	159	149	162	193	185	185
Plantdrooggewicht	[g DW]	307	320	371	360	268	356	380	359
Oogstindex		0.53	0.47	0.43	0.41	0.60	0.55	0.49	0.52

4.2.3 Bloemkwaliteit

Uitgroeiduur, bloemtakgewicht, bloemtaklengte en bloemdiameter waren vrij constant over de hele proef. Daarom zijn hier alleen de gemiddelde waarden over de hele proef weergegeven (Tabel 7). De bloemtakken van zowel Kimsey als Suri zijn onder lange-dag (controle en met nabelichting) langer dan onder korte-dag. Het verschil in bloemtaklengte tussen korte- en lange-dag was met name bij Suri erg groot (>10 cm). De bloemtakken van Suri onder lange-dag waren dusdanig lang dat de bloemen om gingen vallen, met name bij de rood nabelichting. Dit maakt het gewas lastiger om in te werken. De toevoeging van blauw in de nabelichting lijkt de strekking van de bloemstelen iets te verminderen.

Het bloemtakgewicht laat zien dat de bloemtakken van Kimsey en Suri zwaarder zijn onder lange-dag (controle en nabelichting; Tabel 7). Een deel van het verschil in bloemtakgewicht is het gevolg van het verschil in taklengte. Dit is te zien aan het bloemtakgewicht op 48 cm. De verschillen op 48 cm zijn kleiner dan op volledige lengte. Ook op 48 cm zijn de bloemtakken onder lange-dag (controle en nabelichting) nog altijd wel zwaarder bij zowel Kimsey als Suri. De bloemdiameter is niet beïnvloed door daglengte of nabelichting. Doordat de langere taklengte bij lange-dag en nabelichting samengaat met een hoger bloemgewicht is de kwaliteit niet beïnvloed.

Tabel 7 Kwaliteitsparameters van Kimsey en Suri bij een lichtsom van 12 mol/m²/dag.

Cultivar	Behandeling	Uitgroeiduur [d]	Bloemtakgewicht [g]	Bloemtakgewicht (48 cm) [g]	Bloemtaklengte [cm]	Bloemdiameter [cm]
Kimsey	KD	22.8	25.2	21.5	61.2	8.4
	LD	24.2	29.3	23.6	65.8	8.4
	NB RB	23.3	28.6	23.2	65.3	8.3
	NB R	23.8	27.1	21.1	68.3	8.1
Suri	KD	24.0	19.3	16.4	63.4	8.0
	LD	25.0	25.8	19.1	76.3	8.3
	NB RB	25.0	24.6	18.5	74.2	8.3
	NB R	25.3	25.5	18.7	78.0	8.3

4.3 Discussie en conclusie proefronde 3

In deze proefronde is getoetst of door dagverlenging met een specifiek lichtspectrum de bloeiïnductie te bevorderen tijdens een lange lichtperiode. Door de reactie van de specifieke fotoreceptoren is er mogelijk sprake van fotoperiodische misleiding. Hierbij wordt de lange lichtperiode niet herkend als lange dag voor bloeiïnductie.

Kimsey laat een hogere productie zien onder korte-dag dan onder lange-dag. De behandelingen lange-dag met nabelichting produceerden meer dan de lange-dag controle, maar minder dan korte-dag (Figuur 23). Dit wijst er in eerste instantie op dat fotoperiodische misleiding mogelijk is. De resultaten van de plantopbouw geven aanleiding tot twijfel hierover. Er zijn meer scheuten onder lange-dag met nabelichting. Van deze scheuten zijn er meer vegetatieve scheuten onder lange-dag met nabelichting en onder de lange-dag controle dan onder de korte-dag. Dit duidt erop dat de fotoperiodische misleiding niet werkt. Het aantal bladeren per voortzetting is niet beïnvloed door daglengte of nabelichting. De verhouding van het aantal bladeren en bloemen is hoger bij nabelichting. Dit kan een effect zijn van de source/sink verhouding, en/of een direct effect doordat vegetatieve scheuten alleen bladeren vormen. Het is mogelijk dat het spectrum van de nabelichting zorgt voor meer scheutuitloop. Het spectrum zonder verrood waarmee na zonsondergang 6 uur lang is nabelicht, kan de dominantie van het groeipunt verminderen waardoor de oksels eerder uitlopen. Dit kan dan de bloemtakproductie wel verhogen, maar is een ander effect dan fotoperiodische misleiding. De snelheid van voortzetten, geschat op basis van het aantal scheuten, bladeren en aantal bladeren per voortzetting, lijkt hoger onder rood nabelichting dan lange-dag controle. Bij rood/blauw nabelichting is er geen verschil in snelheid van voortzetten. Dit kan betekenen dat fotoperiodische misleiding niet werkt onder aanwezigheid van blauw licht en wel werkt onder alleen rood licht. Echter er zijn ook meer vegetatieve scheuten onder rood nabelichting. De oogstindex was hoger bij korte-dag dan bij lange-dag en nabelichting verhoogde de oogst-index niet. Voor Kimsey is daarom niet overtuigend aangetoond dat fotoperiodische misleiding wel of niet werkt. Het is goed mogelijk dat de hogere productie bij lange-dag nabelichting t.o.v. lange-dag controle het gevolg is van het aantal scheuten.

De productie van het aantal bloemtakken bij Suri was hoger onder korte-dag dan onder lange-dag. De productie verschilde niet tussen de lange-dag controle en de lange-dag gerealiseerd met nabelichting. Dit duidt erop dat er geen sprake is van fotoperiodische misleiding. Het is wel interessant om te bepalen of dit niet het gevolg is van verschillen in plantopbouw. Er worden bij Suri meer scheuten gevormd onder korte-dag dan onder lange-dag. Nabelichting heeft het aantal scheuten niet beïnvloed. Onder lange-dag worden ook vegetatieve scheuten gevormd. Uit de resultaten blijkt dat Suri op een vergelijkbare manier op lange-dag reageert als Rich. Er wordt meer geïnvesteerd in de vegetatieve delen. De bladeren zijn groter en dikker. Dit effect verschilt niet tussen de lange-dag met nabelichting en lange-dag controle. De snelheid van voortzetten is wel hoger bij korte-dag en bij lange-dag met nabelichting. Het lijkt erop dat de hogere productie van Suri onder korte-dag het gevolg is van meer scheuten,

snellere voortzetting, en minder vegetatieve scheuten. Ook voor Suri geldt dat er geen overtuigend bewijs is gevonden dat het mogelijk is om met fotoperiodische misleiding de productie te verhogen.

5 Proefronde 4: lente simulatie

In proefronde 4 is het effect van daglengte op bloeiïnductie bij een hogere lichtsom, zoals in het voorjaar, onderzocht. In proefronde 2 bleek dat daglengte bij cultivar Rich op het aantal geproduceerde bloemstelen geen effect had, en dat dit waarschijnlijk vooral kwam door het effect van de lange-dag op een plantopbouw die lichtonderschepping bevorderde. Hieruit kwam de vraag naar voren of daglengte bij een hogere lichtsom, dus bij een hogere productie van assimilaten, wel effect heeft op bloemtakproductie? Mogelijk is bij een hogere assimilatie (meer source) het effect van daglengte op bloei sterker. In deze proefronde worden een kortedag en een lange-dag vergeleken bij een zonlichtspectrum met een lichtsom van 20 mol/m²/d.

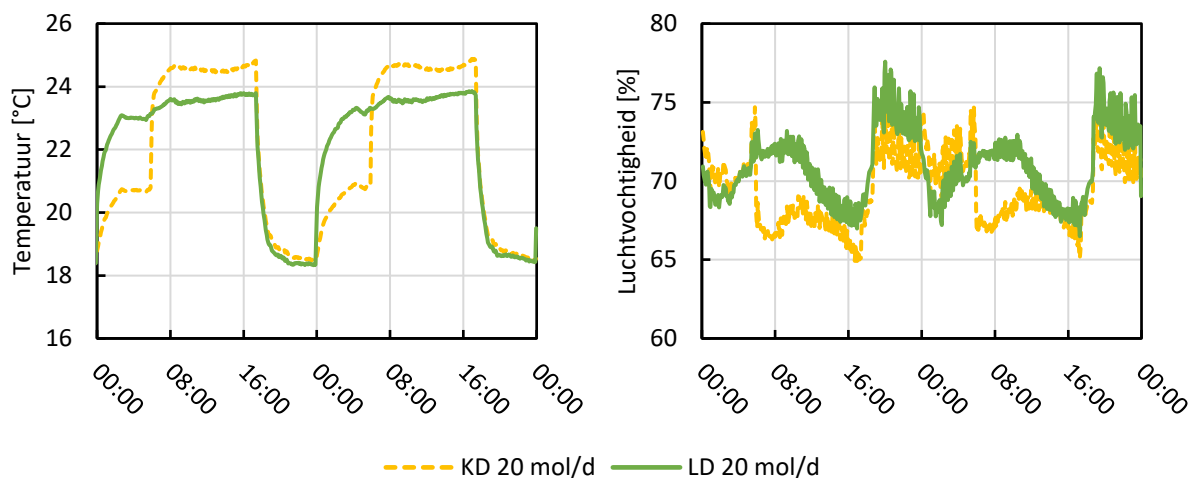
5.1 Materiaal en methoden proefronde 4

5.1.1 Plantmateriaal

Proefronde 3 en 4 waren gelijktijdig. Proefronde 4 was met Kimsey en Rich. Kimsey komt uit dezelfde partij planten als in proefronde 3. Zie materiaal en methode proefronde 3 voor de geschiedenis van deze planten. Rich is opgepot in week 27 van 2021. Tijdens de opkweek was de gemiddelde etmaaltemperatuur 23 °C en was er een natuurlijke daglengte. Aan het begin van de proef (week 34) waren de planten van Rich 8 weken oud.

5.1.2 Klimaat

Het gewas had in het begin van de teelt stugge bladeren en met name bij Rich was er paarsverkleuring (anthocyaan). Dit is een teken van assimilatenoverschot. Daarom is de temperatuur verhoogd naar 23 °C na de eerste week. Na 8 weken is de temperatuur verlaagd naar een etmaaltemperatuur van 22 °C. De luchtvochtigheid was gemiddeld 72% en de concentratie CO₂ was 750 ppm.



Figuur 24 Weergave van het klimaat op twee representatieve dagen in de laatste week van de proef.

5.1.3 Watergift en gewasverzorging

Watergift is gedaan op basis van een drain percentage van 50%. In de eerste 8 weken is de watergift opgebouwd naar 3.7 liter per m²/d bij de korte-dag en 4.1 liter per m²/d bij de lange-dag. Vervolgens is de watergift geleidelijk opgelopen tot en met week 19 van de proef. Uiteindelijk was de watergift 6.5 liter voor Kimsey en 8.2 liter per m²/dag voor Rich onder de korte-dag. Onder de lange-dag is de watergift 8.2 (Kimsey) en 9 liter (Rich) per m²/dag. De watergift is verhoogd door de gift per beurt te verhogen en meer watergift beurten te geven. Er is begonnen met 6 beurten per dag en aan het eind waren er 8 beurten per dag.

In deze proefronde is de gewasverzorging gelijk aan proefronde 3, zie materiaal en methode proefronde 3.

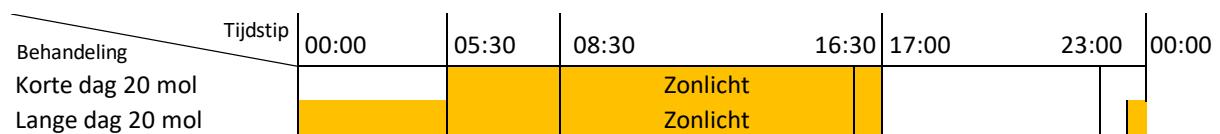
5.1.4 Metingen

De metingen zijn tegelijk gedaan met de metingen van proefronde 3. Zie materiaal en methode proefronde 3 voor een beschrijving van de metingen.

5.1.5 Proefopzet proefronde 4

Om het effect te bepalen van daglengte bij een hogere lichtsom is een korte-dag (11.5 uur) en een lange-dag (17.5 uur) vergeleken bij een lichtsom van 20 mol/m²/d (Figuur 25). Om het effect van spectrum uit te sluiten zijn deze behandelingen uitgevoerd met een zonlichtspectrum (Figuur 12). De lichtintensiteit was 483 en 317 μmol/m²/d voor respectievelijk korte- en lange-dag.

Er is bij de korte-dag een probleem geweest met belichting. Vanaf begin week 11 tot en met week 15 (totale teelt 36 weken) heeft de behandeling met korte-dag ongeveer 30% minder licht gehad. De afname in lichtintensiteit werd gedurende die 5 weken steeds groter en wisselde met de dag. Het effect van de afname in licht is terug te zien in de cumulatieve productie een aantal weken later. In de productie omgerekend per mol licht is hiervoor gecorrigeerd.



Figuur 25 Proefopzet proefronde 4. Belichting was met gesimuleerd zonlicht (Sunlite SLHolland).

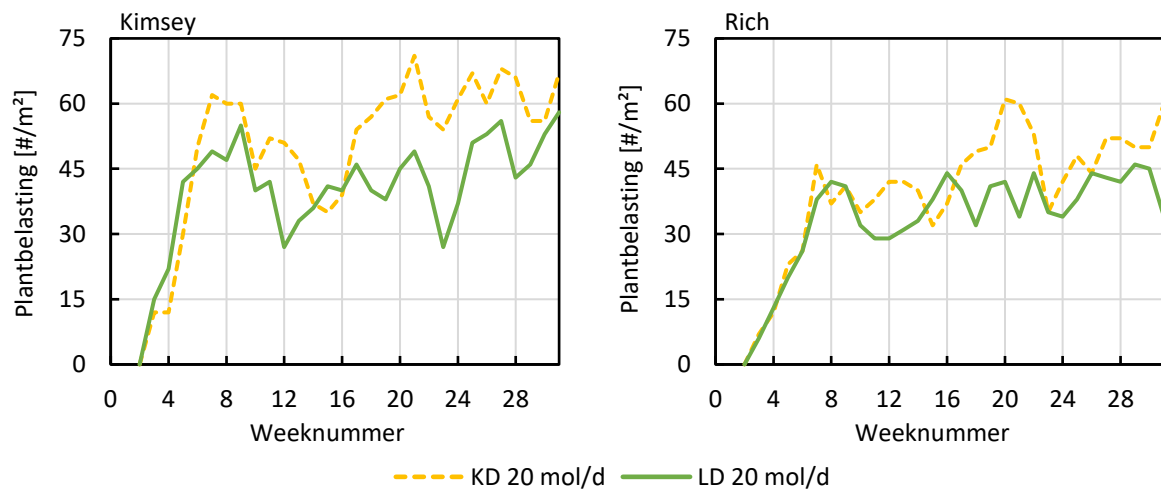
5.2 Resultaten proefronde 4

Bij de 20 mol-behandelingen reageerde Kimsey opnieuw niet in gewasomvang (Figuur 26) Het gewas van Rich was groter onder lange-dag. Dit is duidelijk te zien aan de overzichtsfoto. Bij de korte-dag is er nog ruimte tussen de twee rassen, bij de lange-dag is dit opgevuld met blad.



Figuur 26 Overzicht van de klimaatcabines met korte- en lange-dag (beiden 20 mol/m²/dag lichtsom). Links staat Kimsey en rechts Rich. Wat opvalt is dat het gewas van Rich onder korte-dag veel compacter is.

De plantbelasting loopt snel op aan het begin van de proef (Figuur 27). Tot week 3 zijn er knoppen gebroken. Op het moment dat hiermee gestopt wordt, loopt de plantbelasting snel op. De plantbelasting van Kimsey onder korte-dag is hoger vanaf week 15. Bij Rich is er een kleiner verschil tussen de behandelingen en ligt de plantbelasting iets hoger bij korte-dag.

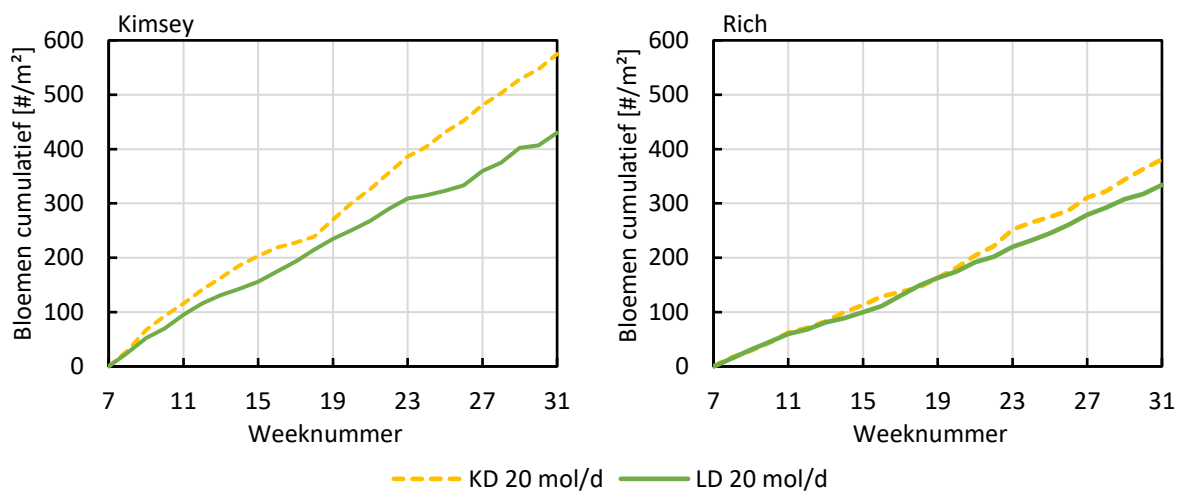


Figuur 27 Plantbelasting in aantal knoppen <1 cm per vierkante meter. Tot week 3 zijn er bloemknoppen weggebroken.

Kimsey produceerde bij 20 mol/m²/d beduidend meer bloemtakken bij korte-dag dan bij lange-dag (Figuur 28). Het relatieve effect van daglengte op bloemtakproductie is groter dan in proefronde 2 waar bij een lichtsom van 12 mol/m²/d de korte dag iets meer productie opleverde dan lange-dag (Figuur 16) De lichtbenuttingsefficiëntie in bloemtak/mol was hoger bij de lagere lichtsom in proefronde 2 dan in deze proefronde 4 (Tabel 12 bijlage 3), hoewel je niet zuiver verschillende proefrondes met elkaar kan vergelijken. Het lijkt er dus op dat het

relatieve effect van daglengte op bloemtakproductie groter wordt bij een hogere lichtsom. Dit maakt het bij hogere lichtsommen zoals in het voorjaar voor Kimsey aan te raden om kortedag aan te houden. In het voorjaar weegt de extra lichtsom door langer te belichten niet op tegen het effect van daglengte ten opzichte van de al aanwezige lichtsom bij een kortedag.

Uit het aantal geproduceerde bloemtakken blijkt dat bij Rich er bij 20 mol/m²/dag wel een effect is van daglengte, maar het effect is wel kleiner dan bij Kimsey. In proefronde 2 was er bij 7 en 12 mol/m²/dag geen verschil in bloemtakproductie (Figuur 16), terwijl er in proefronde 4 bij 20 mol/m²/dag wel een verschil was. Gemiddeld leverde de kortedag 15 stelen per week op en lange-dag 13.6 stelen. Bij een hogere lichtsom is de lichtbenuttingsefficiëntie dus hoger bij kortedag (Tabel 12).



Figuur 28 Cumulatieve bloemtakproductie van Kimsey en Rich bij 20 mol/m²/d onder korte en lange-dag. De productie bij kortedag zou naar schatting maximaal 37 (Kimsey) en 24 (Rich) stelen hoger geweest zijn als er geen storing in de belichting geweest was van week 11 t/m 15. Eerste zeven weken oogst zijn buiten beschouwing gehouden, omdat tot week 7 de oogst per week en plantbelasting nog oploopt.

Alleen als de extra lichtsom opweegt tegen het effect van daglengte is het nuttig om lange-dag aan te houden. Op een gemiddelde dag in de periode mei t/m juni is de lichtsom per dag in een kas bij een natuurlijke daglengte zonder belichting ongeveer 29 mol/m². Wegschermen van licht in ochtend en avond om op 11.5 uur daglengte uit te komen reduceert de lichtsom tot 27 mol/m². Dat is een verschil van 2 mol (7%). Bij Kimsey levert een lange dag 33% minder productie op. Een verhoging van de lichtsom met 7% door een langere dag zal in dit geval niet meer bloemtakproductie opleveren.

De technische storing die in de kortedag behandeling van week 11 tot en met week 15 een lagere lichtintensiteit veroorzaakte (met behoud van de 11.5 uur daglengte) geeft een onderschatting van de productie bij kortedag zoals weergegeven in Figuur 28. De lichtbenuttingsefficiëntie (stuks/mol en gram/mol) is wel gecorrigeerd voor dit probleem (Tabel 12). In de weken gedurende dat de storing optrad was de lichtsom gemiddeld 30% lager, waardoor over de hele teelt de totale lichtsom 4% lager was bij kortedag dan bij lange-dag.

De plantopbouw geeft meer inzicht in de achtergrond achter de bloemproductie. De resultaten van de 20 mol behandelingen (Tabel 9) zijn in lijn met het effect van de eerdere korte en lange-dag behandelingen op de plantopbouw. Er is net als in proefronde 3 bij Kimsey ook bij 20 mol/m²/dag PAR per dag geen effect van daglengte op het aantal scheuten. Lange-dag leverde in proefronde 3 wel een hoger percentage vegetatieve scheuten op (Tabel 6 en 9). Dit is een belangrijke reden dat lange-dag minder bloemen produceert. Het aantal bladeren per voortzetting blijft constant. Er is bij Kimsey ook geen effect op de blad/bloem verhouding. De blad/bloem verhouding van Rich is wel wat lager dan in proefronde 2 (vergelijk Tabel 3 en Tabel 9). Dit kan betekenen dat er minder bloemen geaborteerd zijn dankzij de hogere lichtsom.

Bij Kimsey heeft daglengte geen effect op bladlengte en een klein effect op bladbreedte en bladoppervlakte. Bij Rich is het bladoppervlak opnieuw beduidend groter onder lange-dag. Dit is terug te zien in langere en bredere bladeren. De bladeren onder lange-dag zijn bijna twee keer zo zwaar (drooggewicht per blad) door het grotere oppervlak en ook door een hoger bladgewicht per oppervlakte-eenheid (leaf mass area). De individuele bladeren van lange-dag zijn gemiddeld bijna twee keer zo zwaar dan korte-dag. Er worden bij lange-dag dus meer assimilaten gealloceerd naar de vegetatieve delen. Dit is ook terug te zien in de oogstindex, welke hoger is onder korte-dag. Dit komt overeen met de resultaten voor Rich in proefronde 2, waarin zowel bij lage als bij hoge lichtsom heeft daglengte een vergelijkbaar effect op de oogstindex (Tabel 3). Onder lange-dag produceert Rich meer bladoppervlak, dit compenseert het nadelige effect van korte-dag op bloeiïnductie in ieder geval voor een gedeelte (zie ook 3.2.2 Effect plantopbouw op productie proefronde 2).

5.2.1 Bloemkwaliteit

Bij een lichtsom van 20 mol/m²/dag geeft lange-dag zwaardere bloemtakken bij Kimsey en Rich (Tabel 8). De bloemtakken zijn onder lange-dag ook langer. Ook op 48 cm zijn de bloemtakken desalniettemin nog altijd zwaarder onder lange-dag. De uitgroei duur en bloemdiameter zijn niet beïnvloed door daglengte bij een lichtsom van 20 mol.

Tabel 8 Kwaliteitsparameters van Kimsey en Rich onder 20 mol.

Cultivar	Behandeling	Uitgroei duur [d]	Bloemtakgewicht [g]	Bloemtakgewicht (48 cm) [g]	Bloemtaklengte [cm]	Bloemdiameter [cm]
Kimsey	KD 20 mol	19.5	24.0	20.9	59.4	8.4
	LD 20 mol	20.0	30.7	25.4	63.7	8.6
Rich	KD 20 mol	20.3	31.3	28.8	54.9	10.6
	LD 20 mol	20.2	36.2	31.6	60.8	10.9

Tabel 9 Gegevens over plantopbouw. De gegevens zijn gemiddelden per plant, behalve leaf area index en de bladlengte en bladbreedte. De leaf area index is berekend met het bladoppervlak per plant en 6 planten per m². De bladlengte en -breedte en het bladgewicht per blad zijn gemiddeld per blad. Voor de leaf mass area en het bladgewicht per blad zijn alleen de volwassen bladeren meegeteld. Het aantal voortzettingen is geschat op basis van het aantal scheuten, aantal bladeren en aantal blad/voortzetting. Het aantal bloemen en bladeren is geteld vanaf het begin van de proef, het aantal knoppen bij de eind oogst is meegeteld in het totaal aantal bloemen en knoppen.

Parameter	Eenheid	Kimsey		Rich	
		KD	LD	KD	LD
		20 mol	20 mol	20 mol	20mol
Scheuten	[/pl]	15.7	15.2	10.0	10.7
Vegetatieve scheuten	[%]	4%	9%	0%	11%
Bladeren bij eind oogst	[/pl]	140	137	91	80
Bladeren totaal	[/pl]	291	263	146	138
Bloemen en knoppen totaal	[/pl]	118	95	82	71
Bladeren per bloem		2.4	2.9	1.8	2.0
Bladeren per voortzetting		3.9	3.9	3.5	3.4
Leaf area index (LAI)	[m ² /m ²]	7.8	8.5	5.8	7.7
Voortzettingen	[#]	4.8	4.4	4.2	3.8
Bladlengte	[cm]	40.4	41.1	36.4	45.0
Bladbreedte	[cm]	8.9	10.1	11.9	17.0
Leaf mass area (LMA)	[g/m ²]	63	67	67	73
Bladdrooggewicht	[g DW/#]	0.8	1.0	0.9	1.7
Blad- en scheutdrooggewicht	[g DW]	231	289	136	196
Bloemdrooggewicht*	[g DW]	270	245	253	240
Plantdrooggewicht	[g DW]	501	534	389	437
Oogstindex		0.54	0.45	0.65	0.55

5.3 Discussie en conclusie proefronde 4

Onder een hogere lichtsom (proefronde 4) is het stimulerende effect van korte-dag op bloemtakproductie bij Kimsey relatief groter dan bij een lagere lichtsom (proefronde 2). Bij Rich is bij 20 mol/m²/dag een klein effect gevonden van daglengte op bloemtakproductie, terwijl daar in proefronde 2 bij 12 mol/m²/dag geen effect op was. Een belangrijk aspect hierbij is het aantal vegetatieve scheuten, dit levert minder bloeminductie op onder lange dag. Het bladoppervlak is bij Rich groter onder lange-dag. Dit levert, net als bij de lagere lichtsommen getoetst in proefronde 2, meer lichtonderschepping op, en kan hierdoor de productie verhogen. De lichtbenutting wordt ook lager bij een hogere lichtsom (Tabel 12 bijlage 3), hoewel je de lichtbenuttingsefficiënties over verschillende proefrondes niet kwantitatief mag vergelijken. Omdat er bij een hogere lichtsom een groot effect is van daglengte bij Kimsey is het belangrijk om in het voorjaar wel een korte-dag aan te houden. Bij Rich is het effect van daglengte kleiner. In het voorjaar levert een natuurlijke daglengte geen noemenswaardig voordeel op (zie ook de algemene discussie), tot aan half maart is de daglengte korter dan 11.5 uur, eind april levert lange dag maximaal 0.5 mol/m²/s extra lichtsom. De dag verlengen door te belichten in het voorjaar verlaagt de lichtbenuttingsefficiëntie en is bij hoge stroomprijzen niet rendabel.

6 Discussie en conclusie

6.1 Algemene discussie

De hoofdvraag van dit project is of het mogelijk is om gerbera te telen onder lange-dag met behoud van een bloemtakproductie zoals bij korte-dag. Een lange-dag kan de transitie naar een duurzamere gerberateelt eenvoudiger maken. In de koude nachturen waarin er niet belicht wordt is een alternatieve warmtebron nodig. Deze warmtevraag is moeilijker fossielvrij in te vullen dan wanneer de lampen warmte-input leveren. Daarnaast is met een lange-dag een minder zware installatie nodig om dezelfde lichtsom te behalen. Bij een lange-dag kan een lagere lichtintensiteit aangehouden worden dan bij een korte-dag om dezelfde lichtsom te halen.

Om het mogelijk te maken om gerbera te telen onder lange-dag is onderzocht of het mogelijk is om gebruik te maken van fotoperiodische misleiding. Door met een ander lichtspectrum aan het eind van de dag een lange lichtperiode aan te bieden zonder dat dit herkend wordt als een lange-dag voor bloeiïnductie. Daarnaast is basale kennis opgedaan over het effect van daglengte en lichtsom, en de interactie hiertussen, op de ontwikkeling en bloemproductie van gerbera.

6.1.1 Lichtsom en daglengte

Voor Kimsey is de productie het hoogst onder een korte-dag en een hoge lichtsom (Figuur 16). Bij een gelijke lichtsom levert een lange-dag minder productie op dan een korte-dag. In proefronde 2 bij 12 mol/m²/dag licht leverde een lange-dag met een hoge lichtsom meer productie op dan een korte-dag met een lage lichtsom. De lichtbenutting (# bloemtak/mol licht) is bij Kimsey wel lager bij een lange-dag (Tabel 12 bijlage 3). Het is dus mogelijk om met een lange-dag die samengaat met een hogere lichtsom de productie te verhogen. Maar, in de wintermaanden langer doorbelichten om dit te bereiken is alleen rendabel bij relatief lage stroomprijzen en/of hoge productprijzen vanwege de fors lagere lichtbenuttingsefficiëntie bij lange-dag.

Voor Rich is er bij 7 en 12 mol/m²/dag geen effect van daglengte op bloemtakproductie gevonden (Figuur 16). Een hogere lichtsom levert bij Rich wel meer bloemtakproductie. Dat Rich niet reageert in productie op daglengte is het gevolg van meer lichtonderschepping onder lange-dag door grotere bladeren. Dit is een belangrijk aspect in het effect van lange-dag bij Rich. Een gewas dat licht nog niet efficiënt onderschept zal gebaat zijn bij een lange-dag. Als het gewas al vrijwel al het licht onderschept, dan zal de productie en lichtbenutting lager zijn onder lange-dag. Langer belichten in de winter om een hogere lichtsom te behalen is dus bij Rich wel goed mogelijk, afhankelijk van de gewasbreedte. Bij 20 mol/m²/dag is er bij Rich wel een iets lagere lichtbenuttingsefficiëntie (bloemtak per mol licht) gevonden bij lange daglengte.

Bij een hogere lichtsom werd het effect van daglengte groter. De totale lichtsom van 20 mol/m²/dag in deze proef komt overeen met de lichtsom met natuurlijk licht gedurende de eerste helft van april. De maand maart levert gemiddeld 13 tot 14 mol/m²/dag aan daglicht in de kas. Met belichting van 100 µmol voor 11.5 uur is de totale lichtsom in maart 17 mol op. In dit onderzoek (proefronde 4) is alleen getest wat het effect is van daglengte bij een gelijke lichtsom, in de praktijk wordt de lichtsom hoger bij lange-dag. Wellicht dat dit meer productie oplevert. In maart is de daglengte 11 tot 13 uur. De relatieve bijdrage van de lichtsom die toegevoegd kan worden door de dag te verlengen met belichten is dan klein in vergelijking met de totale lichtsom. Door met 100 µmol belichting 6 uur daglengte toe te voegen (daglengte 18 in plaats van 12 uur) wordt er 2.2 mol extra licht worden gegeven. Dit verschil is waarschijnlijk te klein om een voordeel te behalen.

Een interessante vraag is ook of het in het voorjaar of in de zomer nuttig is om een lange-dag aan te houden? In de zomer betekent een korte-dag aanhouden dat er (gratis) zonlicht weg geschermd wordt en dus ook de lichtsom verlaagd wordt. De huidige proef geeft hier geen sluitend antwoord op maar wel een indicatie. Gemiddeld is de natuurlijke lichtsom in de kas van mei tot en met juli 29 mol/m²/d. De daglengte verkorten naar 11.5 uur kost 2 mol/m²/d ten opzichte van de natuurlijke daglengte. Dit verschil in lichtsom is waarschijnlijk te klein om het effect van daglengte op bloeiïnductie tegen te gaan.

In eerder onderzoek is al gebleken dat in de zomer er meer productie mogelijk is onder korte-dag dan onder natuurlijke daglengte. In een kasexperiment waarbij de natuurlijke daglengte werd verkort met behulp van verduisterings-schermen tussen week 12 en week 40 werd een verhoogde bloemproductie gevonden onder korte-dag (Dings and Verberkt, 2007). Dit duidt erop dat in de zomer het effect van daglengte groter is dan het effect van het licht dat weggeschermd wordt. De resultaten van de huidige proef komen overeen met eerder onderzoek. Zowel Leffring (1981) als Wessels *et al.* (2005) vonden dat een langere daglengte resulteerde in minder bloemproductie als de lichtsom gelijk bleef.

De resultaten van de plantopbouw (Tabel 3) wijzen erop dat Kimsey en Rich botanisch gezien inderdaad een korte-dag respons voor bloeminductie hebben. Voor beide rassen geldt dat een lange-dag meer vegetatieve scheuten oplevert. Vegetatieve scheuten zijn scheuten die geen bloemen vormen. Het lijkt erop dat de snelheid waarmee de voortzettingen elkaar opvolgen bij Kimsey hoger ligt bij korte-dag. Rich reageert duidelijk in de verdeling van assimilaten, de oogstindex is hoger onder korte-dag, onder lange-dag wordt er meer energie in de vegetatieve delen geïnvesteerd. Wanneer lichtonderschepping beperkend is voor de productie kan de grotere bladoppervlakte bij lange-dag Rich een voordeel opleveren.

De reactie van Suri op daglengte zit tussen Kimsey en Rich in. Suri laat wel een korte-dag reactie zien in aantal bloemtakken (Figuur 23). Er worden meer vegetatieve scheuten gevormd onder lange-dag. Daarnaast lijkt de snelheid waarop voortzettingen elkaar opvolgen iets hoger onder korte-dag. Hiermee toont Suri wel een korte-dag reactie op bloeiïnductie. De bladeren van Suri zijn wel groter onder lange-dag, net als Rich. Dit levert meer lichtonderschepping op. Wellicht dat de extra lichtonderschepping het verschil in bloemtakproductie tussen korte-dag

en lange-dag verkleint. De verdeling van assimilaten is ook beïnvloed, er worden meer assimilaten verdeeld naar de vegetatieve delen onder lange-dag. Alleen het effect op de oogstindex is wel minder groot dan bij Rich.

Een belangrijk gegeven is dat het effect van daglengte verschilt tussen de cultivars. Dit verschil is erg groot in deze proef en komt ook terug in eerdere onderzoeken (Wessels et al., 2005; Dings and Verberkt, 2007). Daarom is het nuttig om de gevoeligheid voor daglengte te testen bij meer rassen. Hierbij is het belangrijk dat aandacht besteed wordt aan de interactie van daglengte en lichtsom.

Een interessante optie om verder te ontwikkelen is een wisselende daglengte. Door eerst korte-dag aan te houden worden er bloemen aangelegd, vervolgens kunnen deze met een hogere lichtsom onder lange-dag uitgroeien. Als er vervolgens weer terug gegaan wordt naar korte-dag kunnen de grotere bladeren door de lange-dag ook een voordeel opleveren. Dit biedt kansen om de productie af te stemmen op verwachte productprijzen en beschikbaarheid van arbeid voor oogst.

6.1.2 Fotoperiodische misleiding

Het doel van proefronde 1 en 3 was om te bepalen of het mogelijk is met behulp van een ander lichtspectrum aan het eind van de dag wel een lange lichtperiode aan te bieden zonder dat dit de bloeiïnductie verlaagt ten opzichte van korte-dag. Als het spectrum waarmee de dag verlengd wordt niet door fotoreceptoren herkend wordt als lange-dag voor bloeiïnductie, dan zou dat resulteren in fotoperiodische misleiding.

In de eerste proefronde werd geen effect gevonden van een lange-dag met nabelichting vergeleken met de lang-dag controle bij Kimsey en Rich (Figuur 7). In deze proefronde produceerde lange-dag gelijk of zelfs meer dan korte-dag. Alleen, de lichtintensiteit was gelijk bij beide daglengtes. Hierdoor ontving lange-dag een hogere lichtsom. In proefronde 2 bleek dat lichtsom inderdaad het effect van daglengte beïnvloedde, daarnaast zorgde een groter bladoppervlak onder lange-dag voor meer productie bij Rich. Daarom is in de derde proef opnieuw het effect van lange-dag met nabelichting beproefd, hierbij zijn ook destructieve metingen gedaan om meer inzicht te geven in de onderliggende reactie op nabelichting. Deze metingen spelen een belangrijke rol in de boordeling of er sprake is van fotoperiodische misleiding.

De cumulatieve productie van Kimsey in proefronde 3 (Figuur 23) laat zien dat er meer bloemen geproduceerd worden onder nabelichting lange-dag dan onder controle lange-dag. Dit zou kunnen betekenen dat er sprake is van fotoperiodische misleiding. Echter het aantal scheuten is hoger bij de nabelichting lange-dag dan bij de korte-dag en controle lange-dag. Dit kan een belangrijke verklaring zijn voor het verschil in productie, en dat duidt niet op fotoperiodische misleiding. De snelheid waarmee voortzettingen elkaar opvolgen, geschat op basis van het totaal aantal bladeren, aantal scheuten en aantal bladeren per voortzetting, is bij Kimsey en Suri hoger bij korte-dag dan bij de lange-dag controle. Bij nabelichting lange-dag

zijn er ook meer voortzettingen gevormd bij Kimsey (rood nabelichting) en Suri. Dit is wel een aanwijzing dat fotoperiodische misleiding met nabelichting werkt. Er zijn wel vegetatieve scheuten gevonden bij Kimsey en Suri onder nabelichting lange-dag. Suri en Kimsey hebben in proefronde 3 ook een lagere oogstindex onder zowel lange-dag controle als lange-dag met nabelichting ten opzichte van de korte-dag controle. Suri reageert ook morfologisch vergelijkbaar onder lange-dag controle als onder lange-dag met nabelichting (grotere bladeren, meer allocatie assimilaten naar vegetatieve delen), evenals Rich bij lange-dag. Dat pleit er weer sterk voor dat fotoperiodische misleiding niet werkt.

In Tabel 10 zijn de argumenten weergegeven of er wel of geen sprake is van fotoperiodische misleiding. Alle argumenten overwegende is er geen overtuigend bewijs dat er sprake is van fotoperiodische misleiding, er is daarentegen ook niet onomstotelijk bewezen dat nabelichting echt niet werkt. De productieverhoging bij Kimsey bij lange-dag nabelichting ten opzichte van lange-dag controle is mede vanwege het grotere aantal scheuten. Als dit een neveneffect is van nabelichting na zonsondergang met een spectrum zonder verrood licht, dan is dat weliswaar geen fotoperiodische misleiding, maar wel praktisch relevant. Een grootschaliger experiment is nodig om hier uitsluitsel over te kunnen geven.

Tabel 10 Voor- en tegenargumenten of er sprake is van fotoperiodische misleiding.

Voor	Tegen
Lange-dag nabelichting meer stuks dan lange-dag controle Kimsey (proefronde 3)	Geen verschil productie lange-dag controle en nabelichting (proefronde 1)
Meer (berekende) voortzettingen bij nabelichting (proefronde 3)	Geen verschil productie lange-dag controle en nabelichting Suri (proefronde 3)
	Meer scheuten lange-dag met nabelichting Kimsey (proefronde 3)
	Vegetatieve scheuten bij nabelichting (proefronde 3)
	Lagere oogstindex bij lange-dag controle en nabelichting (proefronde 3)

6.1.3 Temperatuur

Een verhoging van de etmaaltemperatuur met 3°C van 20 °C naar 23°C leverde, in tegenstelling tot wat verwacht zou worden, geen hogere bloemtakproductie op. De verwachting was dat een hogere temperatuur voor een snellere ontwikkelingssnelheid zou zorgen. De uitgroeiduur is inderdaad sneller onder hoge temperatuur, en het bloemtakgewicht was lager. Maar de hogere temperatuur zorgde niet voor meer bloemtakproductie. Dat geldt voor zowel korte- als lange dag (12 mol/m²/dag lichtsom). In cumulatief bloemgewicht zorgde de hogere temperatuur zelfs voor iets minder bloemgewicht. Dat een hogere temperatuur niet tot meer bloemtakproductie leidde is in het kader van het streven naar een energiezuinige gerberateelt goed nieuws. Zeker met de transitie naar LED-belichting is een duurzame invulling van de warmtevraag in de winter een grotere uitdaging.

Het blijkt dat bij een aanzienlijke lichtsom voor een belichte winterteelt (12 mol/m²/dag) 20°C gunstiger is dan 23°C.

6.1.4 LED en lightspectrum

Uit deze proeven blijkt ook dat het goed mogelijk is om gerbera te telen onder volledige LED-belichting. Er zijn geen grote problemen gevonden in ontwikkeling of fotosynthese als gevolg van teelt onder LED. Het basisspectrum dat gebruikt is voor de belichting toegevoegd aan de winterdaglicht-simulatie in proefronde 1 en 3 is een eenvoudig rood/blauw spectrum met 87-90% rood. Dit spectrum bevatte geen verrood, en hieruit blijkt ook dat verrood niet per sé noodzakelijk is voor bloeiïnductie. Bij de lange-dag nabelichting zijn verschillende spectra gedurende de laatste 6 uur van de dag toegepast. Hoewel het lightspectrum hierbij maar een deel van de dag verschilde tussen de behandelingen (alleen tijdens de nabelichting) zijn er wel effecten van het spectrum zichtbaar. Het ontbreken van blauw in het spectrum zorgt voor meer strekking van de bloemstelen in proefronde 1 en 3. Bij Suri zorgde dit voor langere bladstelen waardoor het gewas meer openviel. Verder was er in proefronde 1 een behandeling waar wel verrood is toegevoegd aan de rood/blauwe nabelichting, dit had geen effect op bloeiïnductie of strekking.

6.1.5 Toekomst energiezuinige gerberateelt

Om te werken aan een energiezuinige gerberateelt is het nodig om de input van elektra en warmte te minimaliseren. Het doel is om in 2030 de uitstoot van CO₂ te halveren. Belichten met LED biedt al een grote besparing aan elektra vergeleken met SON-t. Uit dit onderzoek, waarbij in proefronde 1 en 3 gedurende lange tijd winterdaglicht is gesimuleerd, zijn geen problemen ontstaan door de full-LED-belichting.

Het aanhouden van een lange-dag in de winter kan helpen om een fossielvrije invulling te geven aan de energievraag. Echter, dit lijkt alleen bij Rich (en andere rassen die op een vergelijkbare manier reageren) een mogelijkheid zonder te veel te moeten inleveren op lichtbenuttingsefficiëntie (aantal bloemtak per mol licht). Bij Kimsey kost het aanhouden van een lange-dag te veel lichtbenuttingsefficiëntie. Door rassen slim te groeperen is hier mogelijk een toepassing voor. Een hogere lichtsom bleek bij Kimsey ook meer lichtbenuttingsefficiëntie te kosten dan bij Rich (Tabel 12). Ook hier is dus wat te winnen door per ras kennis te ontwikkelen en per rasgroep de belichting te optimaliseren.

De lagere warmte-input per mol belichting met LED ten opzichte van SON-t maakt het mogelijk om de kas goed te isoleren in de winter. Zo blijven warmte en CO₂ beter behouden in de kas. Actieve ontvochtiging zal dan wellicht nodig blijken. Het feit dat bij een lichtsom van 12 mol/m²/dag een etmaaltemperatuur van 20° meer productie gaf dan 23° C past goed bij de lagere warmte-input met LED. Verder onderzoek naar de optimale temperatuur valt aan te bevelen in dit kader.

6.2 Conclusie

Concluderend kan gesteld worden dat gerbera inderdaad een kwantitatieve korte-dag plant is. Bij Kimsey wordt de lichtbenuttingsefficiëntie voor bloemtakproductie lager bij lange-dag, bij Rich speelt dat veel minder doordat lange-dag lichtonderschepping stimuleert. Het is niet bewezen dat fotoperiodische misleiding van de bloei met een ander lichtspectrum werkt. Onder full-LED kan goed gerbera geteeld worden zonder bijzonder spectrale eisen. Lichtsom is sterk bepalend voor productie, temperatuur niet (20 vs. 23°C in een wintersituatie). Dit biedt kansen voor energiebesparing.

Referenties

- Bhosale SU, Stich B, Rattunde HFW, Weltzien E, Haussmann BIG, Hash CT, Ramu P, Cuevas HE, Paterson AH, Melchinger AE, et al** (2012) Association analysis of photoperiodic flowering time genes in west and central African sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *BMC Plant Biol.*
- Dings E, Verberkt H** (2007) Toepassing verduisteringsscherm voor korte dag (KD) en vermindering lichtuitstoot bij Gerbera. *DLV PLANT*
- Hirose F, Shinomura T, Tanabata T, Shimada H, Takano M** (2006) Involvement of rice cryptochromes in de-etiolation responses and flowering. *Plant Cell Physiol* **47**: 915–925
- Itoh H, Nonoue Y, Yano M, Izawa T** (2010) A pair of floral regulators sets critical day length for Hd3a florigen expression in rice. *Nat Genet* **42**: 635–638
- Lagercrantz U** (2009) At the end of the day: A common molecular mechanism for photoperiod responses in plants? *J Exp Bot* **60**: 2501–2515
- Leffring L** (1981) De bloemproductie van gerbera.
- Rausenberger J, Tscheuschler A, Nordmeier W, Wüst F, Timmer J, Schäfer E, Fleck C, Hiltbrunner A** (2011) Photoconversion and nuclear trafficking cycles determine phytochrome A's response profile to far-red light. *Cell* **146**: 813–825
- Taiz L, Zeiger E** (2010) *Plant Physiology*, Fifth edit. Sinauer Associates
- Valverde F, Mouradov A, Soppe W, Ravenscroft D, Samach A, Coupland G** (2004) Photoreceptor Regulation of CONSTANS Protein in Photoperiodic Flowering. *Science* (80-) **303**: 1003–1006
- Wessels G, Verberkt H, Meester H** (2005) Invloed van lichtintensiteit en daglengte op de productie van Gerbera.

7 Bijlage

7.1 Voedingsschema

In alle vier de proefronden is gedruppeld met onderstaand voedingsschema (EC 2.5 pH 5.5).

Nutriënt	NO₃⁻	H₂PO₄⁻	SO₄²⁻	NH₄⁺	K⁺	Ca²⁺	Mg²⁺	Cl⁻
mmol/L	17.19	2.54	2.19	1.32	6.14	7.02	1.75	0.90
Nutriënt	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo		
µmol/L	55	7.2	9.0	37.5	0.9	0.6		

7.2 Drooggewicht

Bij elke proefronde is het drooggewicht van bloemtakken bepaald (Tabel 11). Bij de eerste proefronde zijn de bloemtakken van 1 oogstmoment gedroogd in een droogstoof bij 100 °C. Dit waren gemiddeld per behandeling 6 takken per behandeling voor Kimsey en 4 takken voor Rich. Bij de tweede proefronde zijn de takken van drie oogstmomenten gedroogd. In totaal zijn er per behandeling 14 tot 25 bloemtakken gewogen bij Kimsey en 11 tot 21 takken bij Rich. Per oogstmoment zijn alle bloemtakken van een behandeling per ras samen gewogen. Bij proefronde 3 en proefronde 4 zijn de bloemen van de vrijdag voor de eind oogst en de bloemen bij de eind oogst gedroogd. Er zijn per behandeling van Kimsey 7 tot 21 bloemtakken gedroogd, van Rich 13 en 16 bloemtakken, en van Suri 6 tot 14 bloemtakken. De bloemtakken van vrijdag zijn per behandeling en per ras gebundeld net als in proefronde 2. De bloemtakken bij de eind oogst zijn gewogen per plant. Het valt op dat de percentages drooggewicht vrij stabiel zijn per ras en weinig reageren op lichtsom of daglengte.

Tabel 11 Percentage drooggewicht.

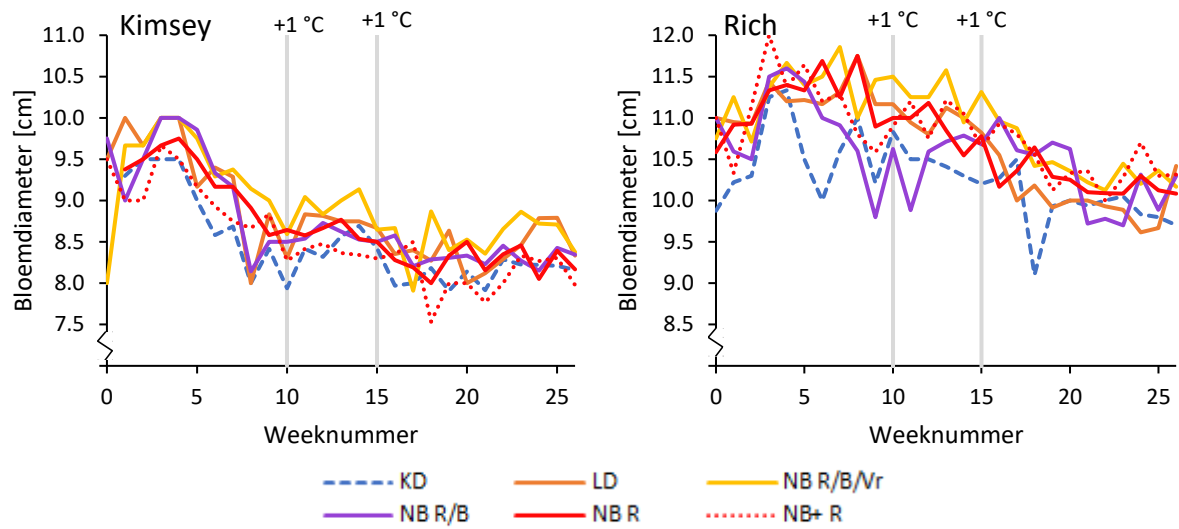
Proefronde 1		Proefronde 2		Proefronde 3 en 4				
K	KD	9.9%	K	KD LL	9.7%	K	KD	9.6%
	LD	10.3%		LD LL	9.4%		LD	9.5%
	NB R/B/Vr	10.5%		KD HL	10.1%		NB R/B	10.4%
	NB R/B	10.3%		LD HL	9.7%		NB R	9.4%
	NB R	10.0%		KD HL HT	10.2%	S	KD	12.3%
	NB+ R	9.6%		LD HL HT	10.0%		LD	12.8%
R	KD	11.9%	R	KD LL	12.3%		NB R/B	12.0%
	LD	12.2%		LD LL	12.2%		NB R	12.2%
	NB R/B/Vr	13.0%		KD HL	11.8%	K	KD 20 mol	9.3%
	NB R/B	12.2%		LD HL	11.7%		LD 20 mol	9.2%
	NB R	12.4%		KD HL HT	12.4%	R	KD 20 mol	11.1%
	NB+ R	12.1%		LD HL HT	11.8%		LD 20 mol	10.5%

7.3 Lichtbenuttingsefficiëntie

Tabel 12 Lichtbenuttingsefficiëntie in mol/bloemtak, bloemtak/mol en g/mol (droog) van alle vier de proefrondes. (K=Kimsey, R=Rich, S=Suri). De berekening is gedaan vanaf het moment dat de productie stabiel is, bij proefronde 1 is dit 10 weken, bij proefronde 2, 4 weken, bij proefronde 3 en 4 7 weken. Er is gecorrigeerd voor de lichtfout in de laatste proefronde bij 20 mol korte-dag. KD= korte-dag; LD=lange-dag; NB=nabelichting.

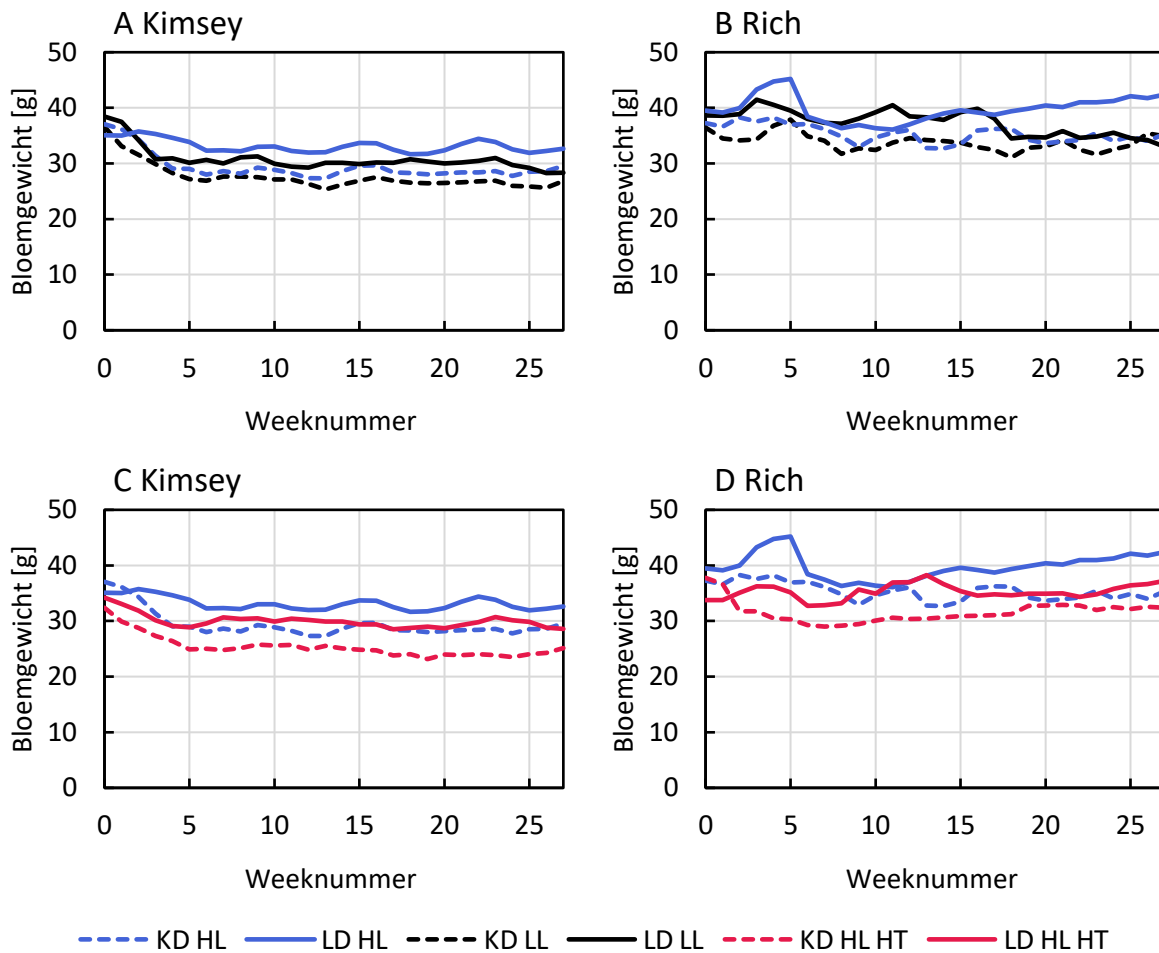
Proefronde 1					Proefronde 2					Proefronde 3 en 4							
		mol/stuk	stuk/mol	g/mol	Lichtsom mol/m ² /d			mol/stuk	stuk/mol	g/mol	Lichtsom mol/m ² /d			mol/stuk	stuks/mol	g/mol	Lichtsom mol/m ² /d
K	KD	4.7	0.23	0.52	7.3	K	KD LL	3.6	0.28	0.71	7	K	KD	6.2	0.16	0.39	12
	LD	6.0	0.18	0.49	9.8		LD LL	4.3	0.23	0.70	7		LD	7.7	0.13	0.35	12
	NB R/B/Vr	5.7	0.18	0.56	9.8		KD HL	4.7	0.21	0.61	12		NB RB	6.9	0.14	0.39	12
	NB R/B	5.4	0.22	0.59	9.8		LD HL	5.3	0.19	0.59	12		NB R	6.9	0.14	0.35	12
	NB R	5.7	0.19	0.51	9.8		KD HL HT	4.5	0.22	0.55	12		K KD 20 mol	5.7	0.17	0.45	20
	NB+ R	6.0	0.18	0.47	9.8		LD HL HT	5.7	0.17	0.48	12		LD 20 mol	8.1	0.12	0.36	20
R	KD	5.8	0.15	0.51	7.3	R	KD LL	7.5	0.13	0.54	7	R	KD 20 mol	8.6	0.12	0.41	20
	LD	7.1	0.13	0.52	9.8		LD LL	8.2	0.12	0.52	7		LD 20 mol	10.5	0.10	0.39	20
	NB R/B/Vr	7.2	0.13	0.61	9.8		KD HL	7.8	0.13	0.52	12						
	NB R/B	6.9	0.13	0.54	9.8		LD HL	8.3	0.12	0.55	12						
	NB R	6.9	0.13	0.54	9.8		KD HL HT	7.9	0.13	0.48	12						
	NB+ R	6.8	0.13	0.47	9.8		LD HL HT	8.2	0.12	0.51	12						
												S	KD	5.9	0.17	0.39	12
													LD	7.0	0.14	0.47	12
													NB RB	6.6	0.15	0.47	12
													NB R	6.7	0.15	0.47	12

7.4 Bloemdiameter proefronde 1



Figuur 29 Bloemdiameter in centimeter. De grijze lijnen duiden aan op welk moment de etmaaltemperatuur verhoogd is met 1 °C.

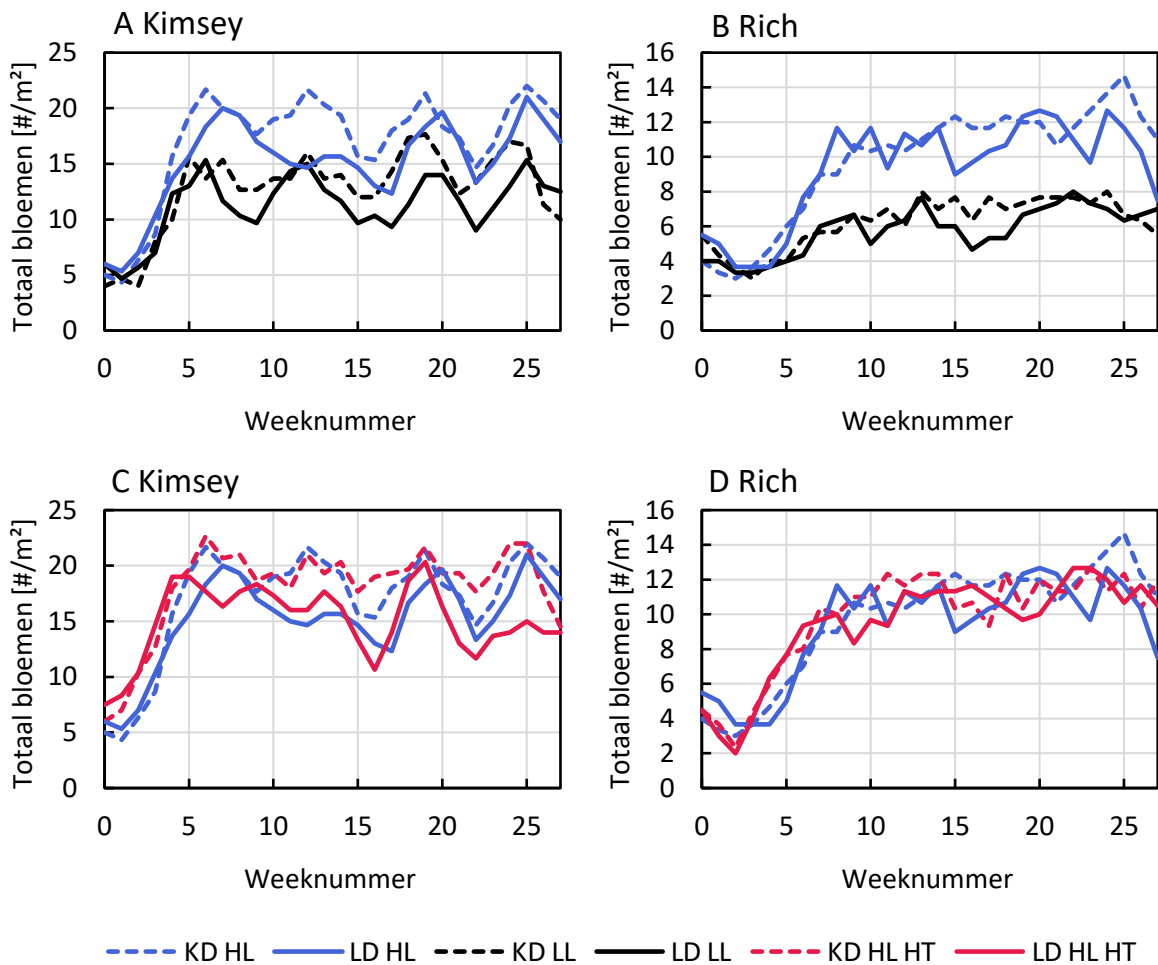
7.5 Bloemtakgewicht proefronde 2



Figuur 30 Bloemtakgewicht proefronde 2, A&B laten het effect van lichtsom en daglengte zien, C&D laten het effect van temperatuur en daglengte zien. De blauwe lijnen in A&B zijn dezelfde behandeling als de blauwe lijnen in C&D

7.6 Productie per proefronde

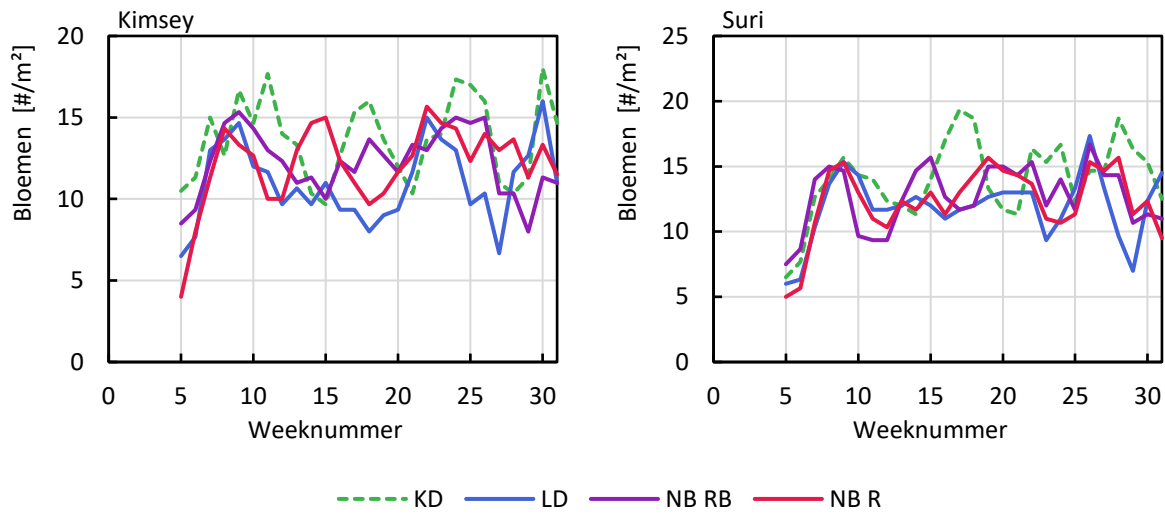
7.6.1 Productie proefronde 2



Figuur 31 Lopend gemiddelde over 3 weken van de bloemproductie per week. A&B laten het effect van lichtsom en daglengte zien, C&D laten het effect van temperatuur daglengte zien. De blauwe lijnen in A&B zijn dezelfde behandeling als de blauwe lijnen in C&D.

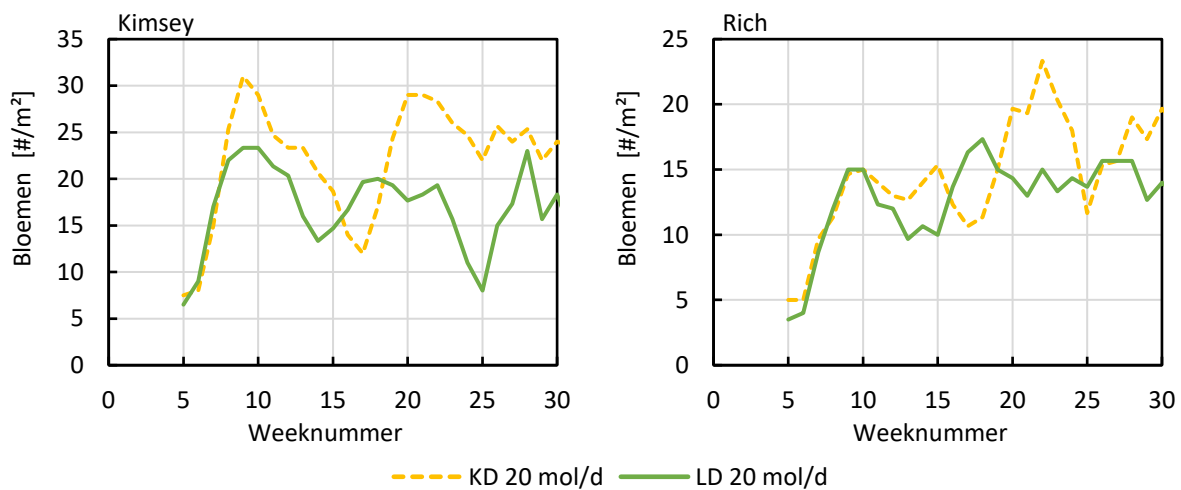
In de eerste 5 weken van proefronde 2 loopt de productie van alle behandelingen op. Hierna stabiliseert de productie zich. De bloemtakproductie van vooral Kimsey blijft schommelen volgens een repeterend patroon.

7.6.2 Productie proefronde 3



Figuur 32 Lopend gemiddelde over 3 weken van de bloemproductie per week. Tot week 3 zijn er knoppen gebroken. Hierdoor begint de oogst pas in week 5.

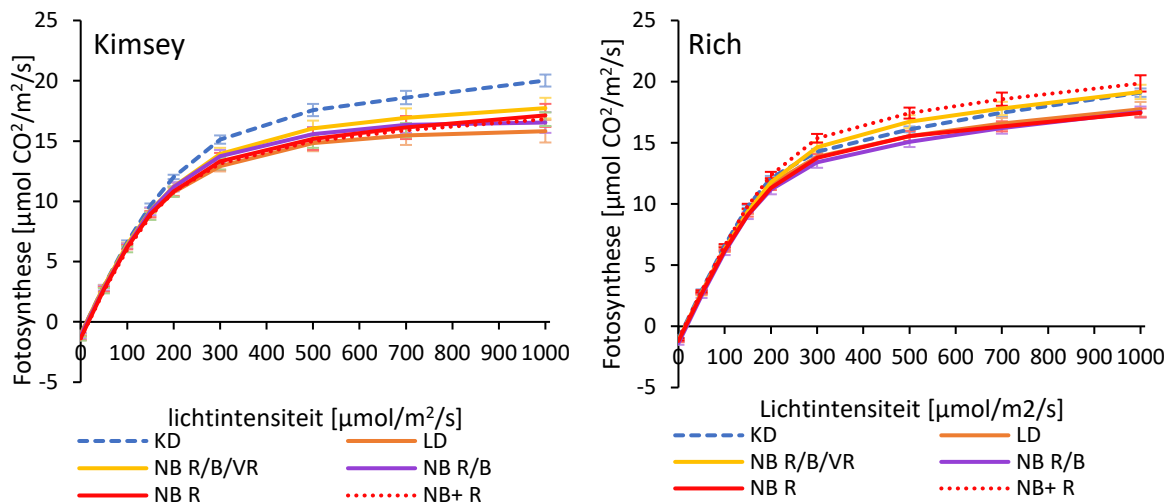
7.6.3 Productie proefronde 4



Figuur 33 Lopend gemiddelde over 3 weken van de bloemproductie per week. Tot week 3 zijn er knoppen gebroken. Hierdoor begint de oogst pas in week 5.

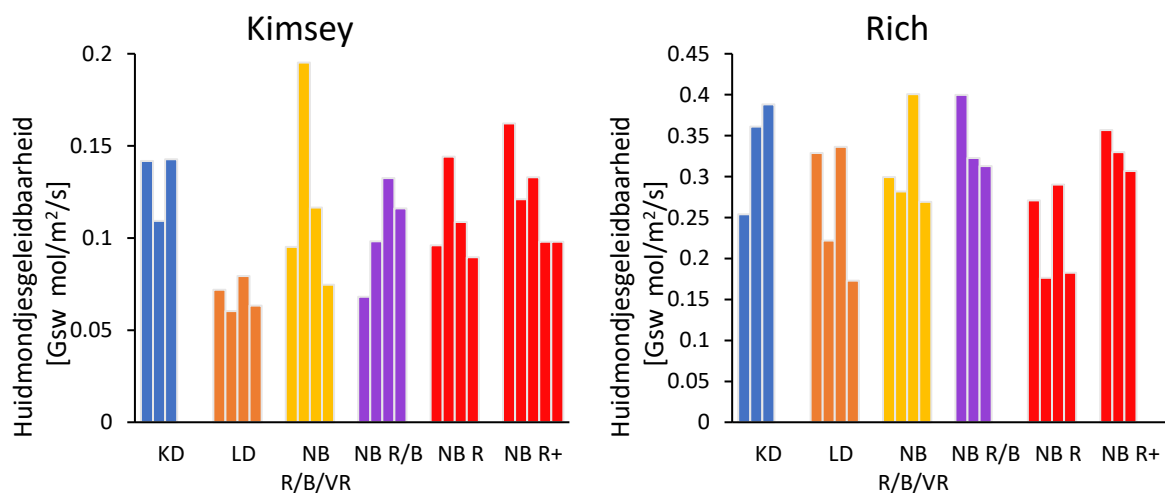
7.7 Fotosynthese

7.7.1 Proefronde 1



Figuur 34 Lichtresponscurves, fotosynthese bij oplopende lichtintensiteit. KD = Korte dag, LD = Lange dag, NB R/B/VR = nabelichting rood/blauw/verrood. NB R/B = nabelichting Rood/Blauw, NB R = nabelichting rood, NB+ R = lange nabelichting Rood. Er zijn per ras per behandeling 4 lichtresponscurves gemeten.

Om uit te sluiten dat er geen negatief effect van de gebruikte spectra of daglengte is op het functioneren van de fotosynthese, is de fotosynthese gemeten van de verschillende behandelingen. Er zijn geen grote verschillen in fotosynthese tussen behandelingen. Er zijn ook geen aanwijzingen van schade door het gebruikte spectrum of daglengte. (Figuur 34) Een deel van de verschillen in fotosynthese tussen de behandelingen kan gelinkt worden aan een verschil in huidmondjesopening (Figuur 35). Metingen met een lager fotosynthese hadden ook een lagere huidmondjesgeleidbaarheid.

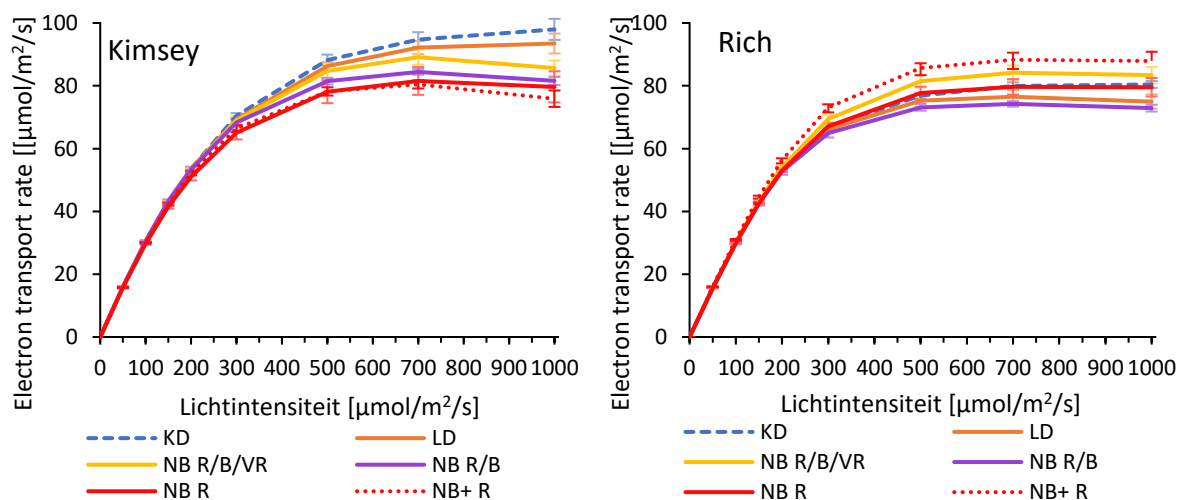


Figuur 35 Huidmondjesopening, uitgedrukt als huidmondjesgeleidbaarheid voor waterdamp. Elke kolom is een herhaling. KD = Korte dag, LD = Lange dag, NB R/B/VR = nabelichting rood/blauw/verrood. NB R/B = nabelichting Rood/Blauw, NB R = nabelichting rood, NB+ R = lange nabelichting Rood. Let op het verschil in as verdeling tussen Kimsey en Rich, de huidmondjesopening bij Rich is aanmerkelijk hoger.

Verder verschilde Kimsey en Rich in huidmondjesgeleidbaarheid. Rich had een relatief hoge huidmondjesgeleidbaarheid terwijl dit bij Kimsey aanzienlijk lager was. De korte dag behandeling was gemeten bij een hogere huidmondjesopening en dit droeg bij aan een hogere maximale fotosynthese. De lange dagbehandeling was gemeten bij een lager huidmondjesopening dan de andere behandelingen wat resulteerde in een lagere fotosynthese.

Fotosynthese bestaat uit een lichtreactie en een donkerreactie. In de lichtreactie wordt licht omgezet naar energiedragers, ATP en NADPH. Dit wordt gebruikt in de donkerreactie waarbij CO₂ wordt vastgelegd. De lichtreactie wordt uitgedrukt in de electron transport rate (ETR) en geeft aan hoeveel elektrontransport er door fotosysteem 2 gaat t.b.v. de productie van NADPH en ATP. Dit is minder afhankelijk van huidmondjesopening. Hierdoor is het mogelijk de fotosynthese te beoordelen onafhankelijk van de huidmondjes.

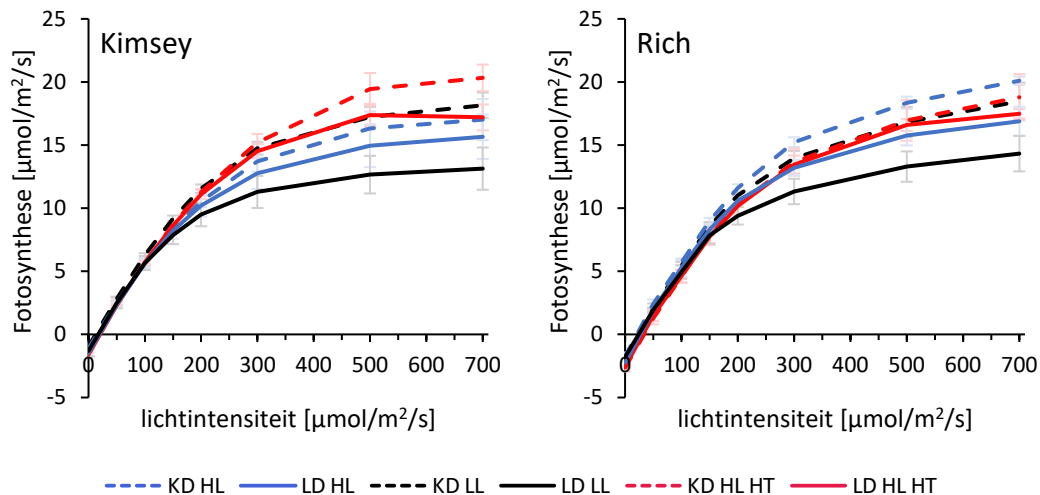
De resultaten van de ETR bevestigen dat er geen opvallend verschil is in fotosynthese tussen de behandelingen. Alleen bij de hoogste lichtintensiteit lopen de lijnen bij Kimsey wat uit elkaar.



Figuur 36 Electron transport rate (ETR) bij oplopende lichtintensiteit. KD = Korte dag, LD = Lange dag, NB R/B/VR = nabelichting rood/blauw/verrood. NB R/B = nabelichting Rood/Blauw, NB R = nabelichting rood, NB+ R = lange nabelichting Rood.

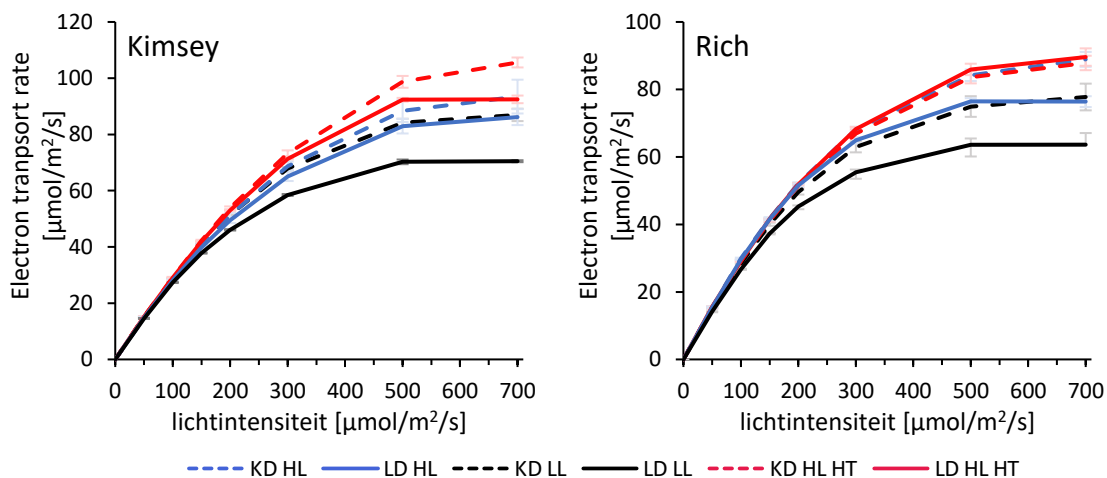
7.7.2 Proefronde 2

De fotosynthese-lichtrespons verschilde tussen de behandelingen naar gelang de lichtintensiteit tijdens de proef (Figuur 37). De lichtintensiteit verschilde tussen de hoge en lage lichtsom en tussen de daglengtes om een gelijke lichtsom te behalen. De verschillen in lichtintensiteit zijn terug te zien in de maximale netto CO₂ opname. Deze is lager bij LD LL bij zowel Kimsey als Rich, dit is ook de behandeling met de laagste lichtintensiteit. Bij alle behandelingen verschilt de maximale fotosynthese tussen korte en lange dag. Dit is ook, naar alle waarschijnlijkheid, het gevolg van de hogere lichtintensiteit bij korte dag. De hoge temperatuurbehandelingen hebben bij Kimsey een hogere fotosynthese. Bij Rich heeft de temperatuur nauwelijks effect.



Figuur 37 Lichtresponscurve van netto CO₂ opname bij Kimsey en Rich bij de verschillende behandelingen van proefronde 2. Er zijn per ras per behandeling 4 lichtresponscurves gemeten.

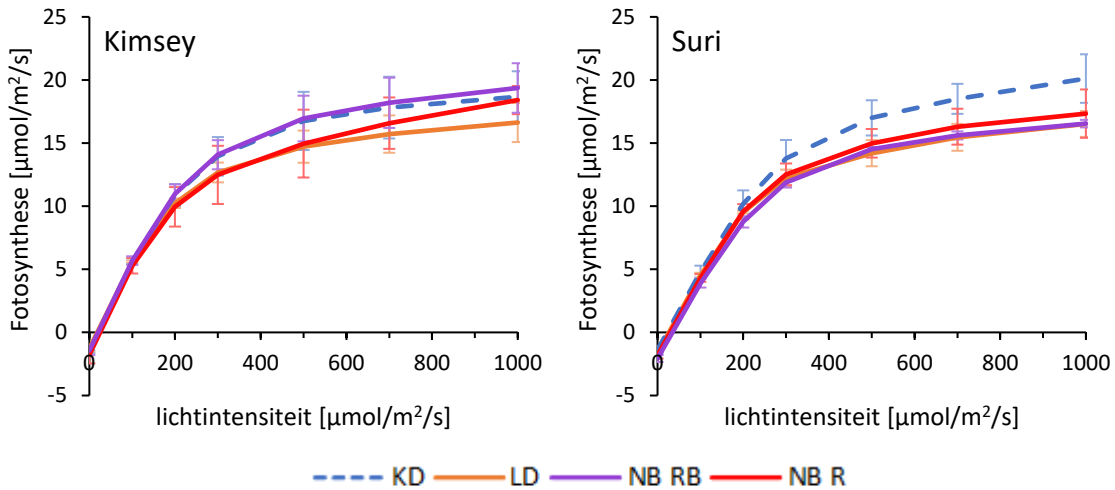
De electron transport rate (ETR) is ook lager bij een lage lichtintensiteit. (Figuur 38). Bij Kimsey is het beeld vergelijkbaar met de fotosynthese. Laag licht levert een lagere maximale ETR. Korte dag levert een hogere ETR door de hogere lichtintensiteit. Hoge temperatuur levert een hogere ETR op.



Figuur 38 Lichtresponscurve van de electron transport rate bij de verschillende behandelingen van proefronde 2. Dit geeft de snelheid van de fotosynthese weer voordat er CO₂ wordt vastgelegd.

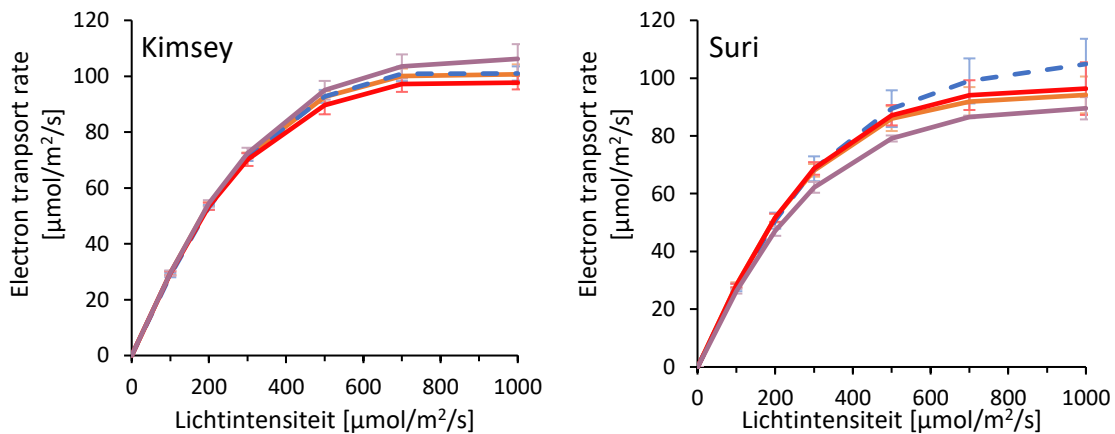
7.7.3 Proefronde 3

Bij Kimsey valt op dat de fotosynthese van Kimsey bij de korte dag ditmaal niet hoger is dan de fotosynthese bij lange dag. Er is geen aanwijzing dat de nabelichting een nadelig effect heeft op fotosynthese. Voor Suri geldt dat de fotosynthese onder korte dag hoger is dan lange dag. Dit is net als bij ronde 2 waarschijnlijk het effect van de hogere lichtintensiteit. Bij Suri is er geen effect van nabelichting op fotosynthese.



Figuur 39 Lichtresponscurve van netto CO₂ opname bij Kimsey en Suri bij de verschillende behandelingen van proefronde 3. Er zijn per ras per behandeling 4 lichtresponscurves gemeten.

Bij Kimsey zijn de verschillen in ETR tussen de behandelingen kleiner dan in CO₂ assimilatie. Dit bevestigt dat er geen effect is van nabelichting op de fotosynthese. Hier valt wel op dat de ETR van de korte dag niet verschilt met de andere behandelingen. Bij Suri is de maximale ETR hoger onder korte dag.



Figuur 40 Lichtresponscurve van de electron transport rate bij de verschillende behandelingen van proefronde 3. Dit geeft de snelheid van de fotosynthese weer voordat er CO₂ wordt vastgelegd.

7.8 Wortels

In proefronde 2 is een poging gedaan om het drooggewicht van de wortels te bepalen aan het einde van de proef. Dit is gedaan door de hele kluit met steenwol en wortels te drogen. Door het drooggewicht van eenzelfde volume steenwol ervan af te trekken geeft dit het wortelgewicht. De variatie in het gewicht van de steenwol was echter te groot, dit resulteerde ook in negatieve wortelgewichten. Bij proefronde 3 en proefronde 4 zijn de wortels voor zover mogelijk gescheiden van de steenwol. Doordat de gerbera geteeld wordt in een pot gevuld met steenwolblokjes is dit wel mogelijk. Hierbij blijven er echter altijd wortels achter in de steenwol. Desalniettemin geven de metingen wel een indicatie van hoeveel van het plantgewicht in de wortels gaat. Er 2 planten per ras van de korte dag behandelingen gemeten. De resultaten staan in Tabel 13. Over het algemeen is het wortelgewicht ongeveer 15 tot 19 procent van het bovengrondse plantgewicht. Deze wortel:scheut ratio is erg laag, het is mogelijk dat de verhouding in werkelijkheid hoger is omdat niet alle wortels gemeten konden worden. Aan de andere kant zijn voeding en water in dit teeltsysteem direct beschikbaar voor de plant, daardoor is het goed mogelijk dat de plant weinig energie investeert in de wortels.

Tabel 13 Versgewicht en drooggewicht van de wortel en de bovengrondse scheut van 2 planten per ras per behandeling (planten uit proefronde 3 en 4).

Cultivar	Behandeling	FW wortel	FW scheut	Wortel:scheut Ratio (vers)	DW wortel	DW scheut	Wortel:scheut Ratio (droog)
Kimsey	Korte-dag	90	914	0.10	12.0	78.1	0.15
Suri	Korte-dag	87	550	0.16	10.1	56.3	0.18
Kimsey	KD 20 mol	144	1386	0.10	22.5	123.8	0.18
Rich	KD 20 mol	123	922	0.13	20.3	105.9	0.19