

Energie-efficiënte belichtingstechnieken in hogedraad komkommer

Dosering verrood – Hybride
opbrengstmaximalisatie

Proefperiode: oktober 2020 – maart 2021

Proef uitgevoerd door: Proefstation voor de Groenteteelt, België



Titel	Energie-efficiënte belichtingstechnieken in hogedraad komkommer Doserings verrood – hybride opbrengstmaximalisatie
Proefperiode	De teelt liep van 14 oktober 2020 tot 5 maart 2021
Contactgegevens	Proefstation voor de Groenteteelt Duffelsesteenweg 101, 2860 Sint-Katelijne-Waver (België) Onderzoeksleider komkommer: Jari Van Dam jari.van.dam@proefstation.be
Project	Dit onderzoek vond plaats binnen het project GLITCH. GLITCH zet in op de ontwikkeling van innovatieve energie-efficiënte en klimaatneutrale teelttechnieken en -systemen in de glastuinbouw. https://glitch-innovatie.eu/
Steunvermelding	Dit onderzoek wordt enerzijds mogelijk gemaakt met de steun van het Interreg V programma Vlaanderen-Nederland, het grensoverschrijdend samenwerkingsprogramma met financiële steun van het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling. Anderzijds wordt het project ondersteund vanuit het Agentschap Innoveren en Ondernemen (VLAIO), de Provincie Antwerpen, Het Vlaams Kabinet Omgeving, Natuur en landbouw, de provincie Limburg (NL) en het Nederlands Ministerie van Economische zaken.



Samenvatting/abstract

In de afgelopen twee GLITCH projectjaren zijn al enorme stappen gezet om de transitie naar een jaarrond komkommerteelt zo rendabel en energie-efficiënt mogelijk te maken. Momenteel staan telers voor een moeilijke keuze om het juiste belichtingssysteem te kiezen. SON-T lijkt al ingehaald te zijn door het hybridebelichtingssysteem, maar wat is er nog nodig om de volgende stap te zetten naar het energie-efficiëntere full led systeem? Verrood licht lijkt dat potentieel te bieden, maar welke hoeveelheid is nodig? Verder rest nog de vraag of we het hybridebelichtingssysteem kunnen optimaliseren door naar hogere lichtintensiteiten te gaan. Om telers te ondersteunen bij hun keuze werd enerzijds een doseringsproef van verrood licht in een full led assimilatiesysteem (200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$) aangelegd in vergelijking met een HPS-systeem (180 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$). De toegepaste led-spectra waren 95% rood en 5% blauw / 89% rood, 5% blauw en 6% verrood / 83% rood, 5% blauw en 12% verrood. Anderzijds werd een opbrengstmaximalisatieproef aangelegd onder een hybridebelichtingssysteem waarbij de energievraag van SON-T voor de helft wordt ingevuld door led. De totale lichtintensiteit komt hierdoor op 260 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$. Ook in deze proef zal een object met 4% verrood in het led-spectrum vergeleken worden met een object zonder verrood in het led-spectrum.

Onder full led werden tot 5 maart uitstekende producties behaald. Het spectrum met een aandeel van 12% verrood zorgde voor een productie van 53,7 kg/m^2 bij Hi Power en 56,3 kg/m^2 bij Skyson. Verder presteerde het rood-blauwe spectrum – boven onze verwachtingen – goed. Het behaalde een productie van 53,4 kg/m^2 bij Hi Power en 54,1 bij Skyson. Het spectrum met 6% verrood lag lager in productie maar was nog steeds significant beter dan de producties onder SON-T: 48,1 kg/m^2 bij Hi Power en 51,9 kg/m^2 bij Skyson vs. 41,2 kg/m^2 bij Hi Power en 40,7 kg/m^2 bij Skyson. Doordat SON-T 20 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ minder straling bevat, zal het verschil in lichtefficiëntie kleiner worden. Onder full led werden gemakkelijk vruchten van 400 gram verkregen. Onder SON-T ligt het vruchtgewicht iets lager, 380-390 gram. De plantkwaliteit onder de objecten met verrood was beter en het effect van verrood was zichtbaar op beide rassen.

In de hybrideproef behaalden de planten onder extra 'led'-verrood hogere producties: 42,1 kg/m^2 bij Hi Power en 47,6 kg/m^2 bij Skyson vs. 35,2 kg/m^2 bij Hi Power en 37,9 bij Skyson. De plantkwaliteit was iets beter onder 'led'-verrood en dezelfde effecten werden waargenomen op beide rassen.

Deze proef lijkt aan te tonen dat een komkommerteelt onder full led haalbaar is, maar dat het spectrum een aandeel verrood licht vereist. Momenteel werden goede resultaten behaald met 12% verrood. Verder onderzoek moet uitwijzen of deze hoeveelheid nog kan worden opgetrokken.

Ook het hybride-onderzoek wijst de voordelen aan van verrood licht in het led-spectrum. Allicht mag het aandeel verrood licht groter zijn dan 4%.

Telen onder hogere lichtintensiteiten lijkt een andere klimaatsturing nodig te hebben. Er moet voldoende snelheid in de teelt worden gehouden, waardoor extra warmte bij het onderste vruchtbehang geboden lijkt.



Interreg



Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling



Inhoudstafel

Samenvatting/abstract.....	3
Inhoudstafel.....	4
Inleiding	5
Proefopzet	7
1. Proefbeschrijving	7
2. Teeltgegevens.....	8
3. Beoordelingen	11
4. Statistische verwerking	11
Resultaten en bespreking.....	12
1. Plantontwikkeling	13
1.1 Lengteontwikkeling.....	13
1.2 Bladafsplitsing	16
1.3 Bladoppervlakte	19
1.4 Bladsteellengte.....	22
1.5 Vruchtsteel	26
2. Plantbalans.....	27
2.1 Aantal bladeren boven open bloem.....	27
2.2 Aantal vruchten vanaf open bloem	30
2.3 Aantal bladeren van open bloem tot laatste vrucht	33
3. Opbrengst	35
3.1 Productie in kg/m ²	35
3.2 Vruchtgewicht	42
4. Lichtefficiëntie	45
Conclusie	48
Bronnen.....	50



Interreg



Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling



Inleiding

De totstandkoming van een jaarrond productie met behulp van assimilatiebelichting in tomaat werd met grote ogen bekeken vanuit de komkommerteelt. In het vorig decennium voerden PSKW en WUR reeds praktijkonderzoek uit naar de mogelijkheden van assimilatiebelichting in komkommer. Ondanks veelbelovende resultaten, volgde de sector niet. In 2017 werd het perspectief voor een jaarrond teelt in komkommer nieuw leven in geblazen door enkele individuele initiatieven. Als reactie hierop werd het driejarig interreg-projectwerking GLITCH op poten gezet, waarbij grotendeels wordt ingezet op een energie-efficiënt belichtingsonderzoek met als doel een jaarrond productie realiseren, een daling van energievraag samen met een reductie van CO₂-uitstoot.

In het eerste projectjaar werd een vergelijkende proef aangelegd tussen een HPS-belichtingssysteem (High Pressure Sodium-lamp, SON-T) en een led-belichtingssysteem als toplight, strevend naar 180 $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$. Het spectrum van de leds was het dieprode spectrum (95% rood & 5% blauw licht), dat positieve resultaten gaf bij tomaat. Helaas werd al snel duidelijk dat het toenmalig 'tomatenrecept' niet zomaar gekopieerd mag worden naar komkommer. Daarnaast voegt belichting niet zomaar een extra parameter toe aan de teelt, maar vormt het eigenlijk een volledig nieuwe teelt, waarbij extra ingezet moet worden op plantbalans en klimaatsturing.

In het tweede projectjaar werd onderzoek gedaan naar het ideale komkommerspectrum. Vanuit Frankrijk kwam een theorie dat in de ochtend extra blauw licht toevoegen zorgt voor het opgang brengen van de sapstroom, plantactivatie. Onderzoek uit Nederland wees dan weer op het gemis aan verrood licht. Beide theorieën werden in de praktijk getest. Wat bleek, meer blauw licht voor zonsopgang verbeterde het resultaat niet in de proef. Toevoeging van verrood liet wel dat potentieel zien én kan de lichtefficiëntie zelfs opdrijven. Tijdens dezelfde proef werd het vergelijk gemaakt tussen SON-T, 180 $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$, hybride 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ en full led 190 $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$. Ook het hybridebelichtingssysteem zorgde voor een meerproductie ten opzichte van HPS.

Dit jaar, het derde en laatste projectjaar wordt er dieper ingegaan op het verrood verhaal.

Onderzoek vertelt ons dat een laag rood:verrood verhouding zorgt voor een gewas dat licht maximaal wil onderscheppen door alle schaduw plekken te vermijden. Dit fenomeen wordt het SAS of 'shade avoidance syndrome' genoemd. Door verrood licht aan het ledspectrum toe te voegen zal de plant de indruk krijgen dat hij in de schaduw staat en zal de plant morfologisch en esthetisch veranderen. Zo zal het blad zich vlakker en meer horizontaal gaan positioneren, gepaard gaande met een langere bladsteel (Jones, 2018). Het beschikbare bladoppervlak vergoot, waardoor het gewas beter aan lichtonderschepping kan doen. De plant gaat actief groeien en gaat zich harder strekken. Verder zal de plant minder energie steken in oudere bladeren die in de schaduw hangen, maar eerder herleiden naar nieuwe bladeren. Ook de vruchtsteel wordt langer. Verrood licht heeft ook een effect op de generativiteit, wat zich vertaalt in een snellere bloei-inductie en een snellere vruchtuigroei duur. Bovendien zorgt het verrood voor een hogere assimilaten transport, een hogere translocatie van suikers naar vruchten, met zwaardere vruchten als gevolg. Het dikken van de vruchten is dus niet te wijten aan een hoger water opname, maar weldegelijk aan een extra suikeropname (Jones, 2018; Kang, Kim, & Son, 2019).



Interreg



Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling



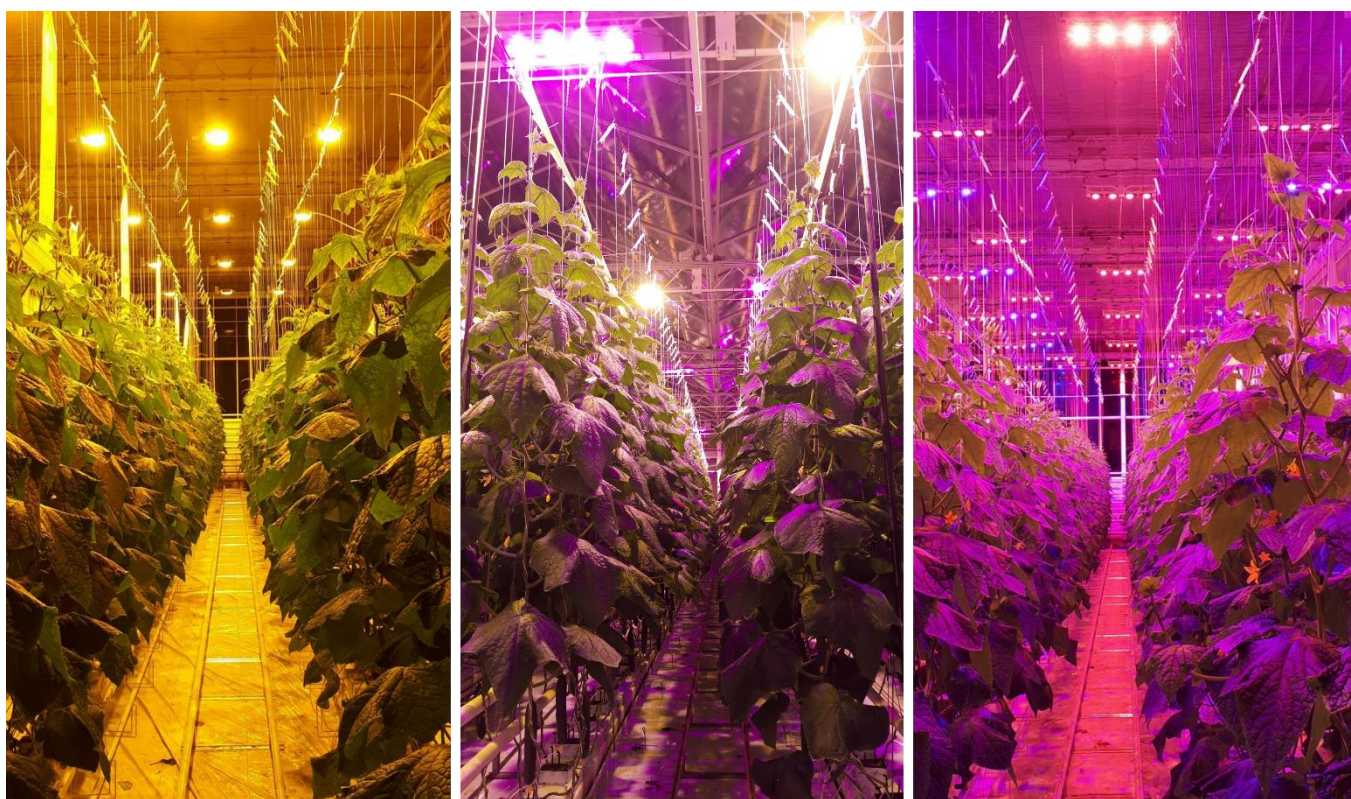
Hoe groot het aandeel verrood moet zijn, is momenteel nog een groot vraagstuk. Daarom deze proef waarbij de dosering verrood varieert, 12%; 6% en 0%. Tevens werd het experiment getest op twee morfologisch sterk verschillende rassen. Niet om de rassen met elkaar te vergelijken, maar om te kijken of verrood hetzelfde effect teweegbrengt op beide rassen. Dit jaar werd ook een grotere focus gelegd op het hybridebelichtingssysteem omdat het nodig is voor een verdere transformatietraject naar volledige led-belichting. Bij de hybride-belichting werd een hogere lichtintensiteit gerealiseerd (260 $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$) door de energievraag van HPS voor de helft in te vullen door led, met het oog op opbrengstmaximalisatie. In deze proef werd het vergelijk gemaakt tussen hybride met 4% verrood in het led spectrum en hybride zonder verrood in het led spectrum.

Proefopzet

1. Proefbeschrijving

Dit onderzoek werd begeleid door een samengesteld begeleidingscommissie, met voornamelijk telers die vanuit hun ervaringen de teelt mee stuurden. Voor deze proef werden twee kascompartimenten gebruikt, kas 5 en 25, van het Proefstation voor de Groenteteelt. De hybrideproef werd uitgevoerd in kas 5. De afmeting van kas 5 is 720 m² (24 m x 30 m). De kas bestaat uit drie tralies waarvan de middelste gebruikt wordt als buffer om geen invloeden te hebben van het led-verrood in de veldjes zonder led-verrood. Verder bevat de kas vijftien volwaardige goten en twee zijgoten, allen 27 meter lang. Om randeffecten zoveel mogelijk te vermijden, werd de proef niet uitgevoerd op de zijgoten, noch op de "paalrij-goten". De afstand tussen twee goten is telkens 1,6 meter.

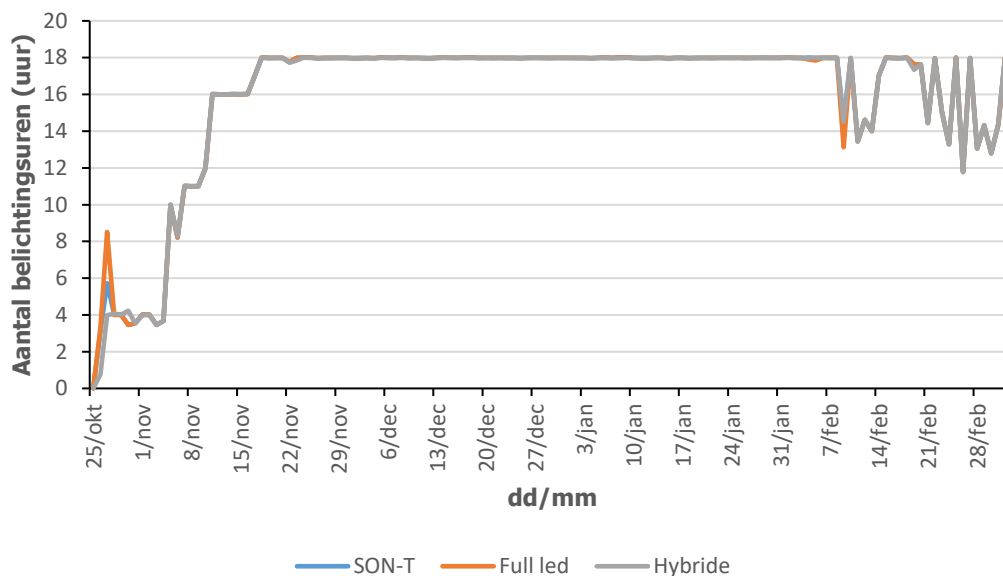
De rassenproef (financierder LAVA) onder SON-T werd uitgevoerd in twee aaneensluitende tralies in kas 25. De derde tralie werd voorbehouden voor de full led proef met een variërende dosering verrood. De afmeting van kas 25 is 840 m² (24 m x 35 m). De kas bevat dertien volwaardige goten en twee zijgoten, allen 32 meter lang. Om randeffecten zoveel mogelijk te vermijden, werd de proef niet uitgevoerd op de zijgoten, noch op de "paalrij-goten". De afstand tussen twee goten is telkens 1,6 meter.



Figuur 1: SON-T compartiment (links), Hybride-afdeling (midden) en de full led compartiment (rechts)

In kascompartiment 25 boven de rassenproef hangen SON-T lampen van Gavita, waarbij de lichtintensiteit 180 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ bedraagt. Daarnaast hangen in 25 ook de full led lampen van Mechatronix, waarbij de lichtintensiteit gelijk is aan 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$. De full led lampen werden ingesteld op drie spectra: **spectrum 1** 83% R, 5% B en 12% FR; **spectrum 2** 89% R, 5% B en 6% FR; **spectrum 3** 95% R en 5% B.

Kascompartiment 5 met het hybridebelichtingssysteem werd uitgerust met SON-T (Gavita) 90 $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ en led (Mechatronix) 170 $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$, dus 260 $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ in zijn totaliteit. In de eerste tralie bevindt zich de hybride-opstelling met led lampen inclusief 4% verrood, wat zorgt voor volgend led spectrum: 91% R, 5% B en 4% FR. Dit wordt in het verdere verloop van het verslag genoemd als **"Hybride FR"**. In de derde tralie bevindt zich de hybride-opstelling met led lampen zonder verrood, wat zorgt voor volgend led spectrum: 95% R en 5% B. Dit wordt in het verdere verloop van het verslag omschreven als **"Hybride"**.



Figuur 2: aantal belichtingsuren van SON-T, full led en hybride

De assimilatiebelichtingsstrategie was voor SON-T, led en hybride identiek. Er werd gestart met 4 uur belichting en werd geleidelijk opgebouwd tot achttien uur belichten per dag. Assimilatiebelichting startte geheel op vanaf middernacht, zodat een nacht van zes uur werd aangehouden. Vanaf 450 W/m^2 instraling werden de lampen uitgeschakeld. Vanaf 15:00 uur worden de lampen dan terug aangeschakeld om verder door te verlichten tot 18:00 uur.

2. Teeltgegevens

In deze studie werden Hi Power (zaadhuis: Nunhems) en Skyson (zaadhuis: Rijk Zwaan), twee commerciële komkommerrassen (*Cucumis sativus*), gekozen om het effect van de belichtingsystemen te evolveren. Hi Power vertoonde vorig jaar veranderingen in zijn morfologie onder invloed van verrood. Het had een meer horizontaal gestrekt blad, een langere bladsteel en stelde zich op als een meer open gewas. Skyson heeft deze eigenschappen al meer van nature, waardoor het interessant is om na te gaan of verrood deze eigenschappen nu gaat versterken of eerder teniet gaat doen. Het is dus zeker niet de bedoeling om beide rassen tegen elkaar uit te spelen, maar eerder om te kijken of het effect van verrood ras-afhankelijk is.

In kascompartiment 25 werden op 14 oktober 2020 de planten opgeplant op steenwolmatten (Grodan 'Grotop Master') met een plantdensiteit van 2,5 planten/m², na opkweek door de Belgische Plantenkwekerij (BPK) te Duffel. De plantdensiteit werd tijdens de gehele proef behouden.

Op 15 oktober 2020 werden de planten in kas 5 opgeplant op steenwolmatten, met een plantdensiteit van 3,125 planten/m². Ook hier bleef de plantdensiteit tijdens de hele teelt onveranderd.

Voor beide compartimenten geldt: de eerste vrucht werd aangehouden op het zevende blad. Daarna werd om-en-om gedund. Tijdens de donkerste periode werd onder SON-T en hybride zwaarder gedund (2:5), doordat de planten het moeilijk kregen. De planten onder full led stonden er steeds voldoende sterk bij. Met het opkomend licht werd hier dan ook een zwaarder vruchtbehang aangehouden, rekening houdend met de plantbalans. Het oogsten gebeurde in functie van de plant. Bij een goede plantbalans werd gestreefd naar een vrucht van 400 gram, de standaard binnen het Flandria-label. Op advies van de begeleidingscommissie werd meermaals een kopblaadje weggenomen om de lichtinval dieper in het gewas te krijgen.



Interreg



Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling





Begin december kregen beide teelten te maken met spanrupsen. De rupsen zaten deze keer niet aan het blad, maar aan de kop, waardoor enkele planten getopt moesten worden om dan verder te groeien aan een scheut.



Figuur 3 : De teelt kreeg begin december te maken met spanrupsen

Door de rupsen manueel weg te halen, was deze plaag een paar weken later onder controle. Tijdens de teelt kregen we ook meermaals te maken met echte meeldauw en luis. Hiervoor werd meermaals een behandeling uitgevoerd.



3. Beoordelingen

Tijdens deze studie werd opbrengst, plantontwikkeling, plantbalans en lichtefficiëntie opgevolgd en geëvalueerd.

- De vruchten werden minimaal vier maal per week geoogst. Door middel van de sorteermachine, Qsort van Greefa, werden allerhande gegevens gegenereerd: aantal, gewicht, lengte, dikte, curve en een indicatie op kleur. Nadien kon de **opbrengst** per herhaling worden berekend.
- De **plantontwikkeling** werd wekelijks opgevolgd door het opmeten van de lengtegroei, bladafsplitsing, bladoppervlakte van een twee weken oud blad en bladsteellengte.
- De **plantbalans** werd wekelijks geëvalueerd door het tellen van het aantal vruchten (beginnend van open bloem), aantal bladeren boven de open bloem en het aantal bladeren vanaf de open bloem tot aan de laatste vrucht. Hierdoor kan de generativiteit/vegetativiteit in kaart worden gebracht.
- De **lichtefficiëntie** werd berekend aan de hand van het totaal aangeboden licht (natuurlijk + artificieel) en de bekomen productie.

4. Statistische verwerking

De statistische verwerking gebeurde aan de hand van een one-way ANOVA test met een betrouwbaarheidsinterval van 95%. Indien verschillen zich aantoonde, volgde een 'Tukey multiple comparison test'. Resultaten waar dezelfde letter in voorkomen, zijn niet significant verschillend. Resultaten met verschillende letters mogen als significant verschillend worden beschouwd.

Bij niet-normale/niet-parametrische data werd een Kruskal-Wallis test gebruikt, aangevuld met een Pairwise-Wilcoxon test. Dit wordt in de tabellen steeds aangeduid met een '*'.

Resultaten en bespreking

Doordat we met heel wat verschillende parameters zitten tussen de hybrideteelt en de SON-T/full led-teelt is het moeilijk om een correct vergelijk te maken tussen beiden. Om geen verkeerde conclusies te trekken, werd na intern overleg besloten om de hybrideteelt apart te bespreken van de SON-T/full led-teelt.

Ten eerste is de hybride afdeling één meter lager dan de full led afdeling (6 meter paalhoogte), wat een bepaalde invloed heeft op het klimaat. Ten tweede verschilt de locatie van beide afdelingen. De hybride afdeling is meer centraal gelegen in het Proefstation, omringd door de corridor en door een serre die tijdens het grootste deel van de proef heeft leeggestaan. De full led afdeling is dan weer gelegen aan de straatkant, omringd door een werkzame afdeling (kant van full led) en een lege afdeling (kant van SON-T). In de SON-T/full led proef werden solo potten geplant op 14 oktober, terwijl duo potten in de hybride proef werden geplant op 15 oktober. In se maakt dit geen groot verschil, alleen waren de planten niet van dezelfde kwaliteit. De planten in de duo potten toonden zich als een meer ijl gewas, waar nog geen komkommer klaar zat in de oksel in tegenstelling tot de planten van de SON-T/full led afdeling. Wij merken, alsook telers, dat de opstart bij een belichte proef enorm belangrijk is voor een goede langdurige teelt. Het verschil in plantkwaliteit resulteerde dan ook in het twee à drie dagen later in productie gaan bij de hybrideteelt.

Omwille van de deadline van het verslag en het einde van het project zijn onderstaande resultaten slechts voorlopige resultaten tot en met 5 maart 2021 (week 9). De planten zullen rond 12 april 2021 worden getopt, waarna de teelt twee à drie weken later zal eindigen.

In onderstaande resultaten worden volgende afkortingen gebruikt:

HP	Hi Power (ras)
Sky	Skyson (ras)
Spectrum 1	Spectrum met 12% verrood
Spectrum 2	Spectrum met 6% verrood
Spectrum 3	Spectrum met 0% verrood
Hybride FR	Hybride belichting met 4% led-verrood
Hybride	Hybride belichting zonder extra led-verrood



Interreg



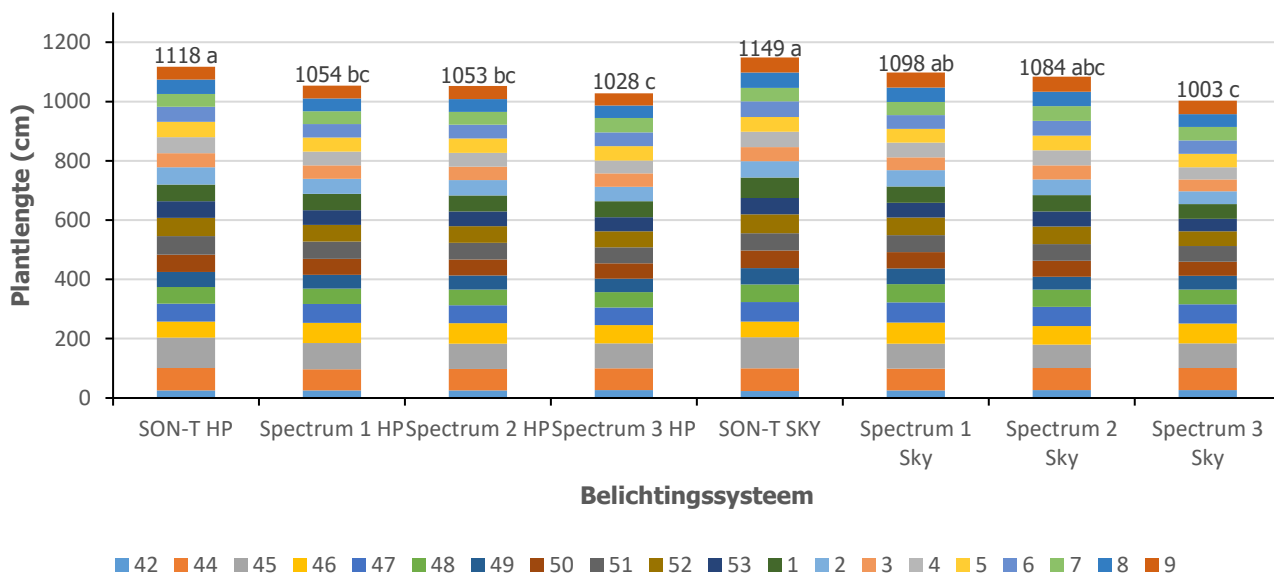
Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling



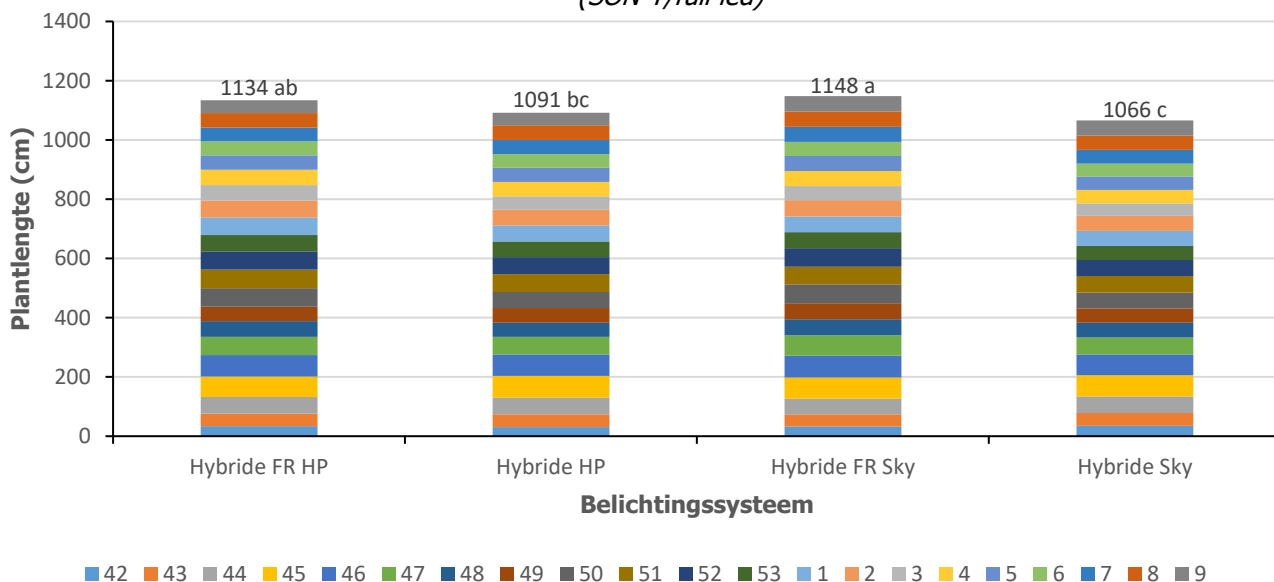
1. Plantontwikkeling

1.1 Lengteontwikkeling

Het effect van de verschillende belichtingsobjecten op de plantkwaliteit werd tijdens de duur van de proef continu beoordeeld. In figuur 4 en 5 wordt de wekelijkse lengtetoeename van de stengel weergegeven. De langste planten werden gevonden onder SON-T, waar de planten ruim boven 11 meter uitkomen. Verder geeft de figuur de invloed van verrood weer. Zowel onder full led als bij hybride lijkt verrood voor een iets langere stengelstrekking te zorgen. Dit effect is meer uitgesproken op het ras Skyson.



Figuur 4: Gemiddelde wekelijkse lengtetoeename van de stengel in cm per week per ras en per belichtingssysteem (SON-T/full led)



Figuur 5: Gemiddelde wekelijkse lengtetoeename van de stengel per week per ras per hybridebelichtingssysteem

Tabel 1: Gemiddelde wekelijkse lengtetoeename van de stengel in cm per week per ras per belichtingssysteem (SON-T/full led)

Object \ Week	42	44	45	46*	47*	48*	49*	50	51*	52*	53*	1*	2*	3	4	5*	6*	7*	8	9
SON-T HP	26 a	75 a	103 a	53 c	60 bcd	56 ab	51 abc	58 ab	62 a	62 a	57 a	56 a	58 a	48 a	54 a	52 a	51 a	43 a	49 a	43 c
SON-T SKY	23 a	77 a	104 a	54 bc	66 a	59 a	55 a	60 a	58 ab	63 a	56 ab	69 a	55 ab	47 ab	52 ab	50 ab	53 a	46 a	52 a	51 a
Spectrum 1 HP	26 a	72 a	88 b	69 a	64 abc	52 bc	47 cd	54 bc	58 ab	57 bc	49 c	55 a	52 bc	45 ab	47 bcd	47 b	45 b	43 a	43 c	44 c
Spectrum 1 Sky	25 a	73 a	85 b	72 a	67 a	62 a	53 ab	56 abc	57 ab	59 ab	50 abc	55 a	55 ab	44 ab	50 abcd	47 b	46 b	45 a	49 ab	51 ab
Spectrum 2 HP	26 a	72 a	86 b	69 a	60 cd	53 bc	47 bcd	55 abc	56 b	57 bc	49 bc	54 a	52 bc	46 ab	46 cde	49 ab	46 b	43 a	44 bc	44 bc
Spectrum 2 Sky	26 a	75 a	80 b	62 abc	65 ab	58 ab	43 bcd	54 abc	56 b	59 ab	51 abc	56 a	53 abc	47 ab	51 abc	50 ab	50 ab	50 a	49 ab	51 a
Spectrum 3 HP	27 a	73 a	84 b	62 abc	60 d	51 c	45 d	52 cd	54 b	55 bc	48 c	54 a	49 c	44 ab	44 de	49 ab	46 b	48 a	43 c	42 c
Spectrum 3 Sky	26 a	75 a	84 b	66 ab	65 abc	51 c	46 bcd	47 d	53 b	50 c	42 c	50 a	43 c	40 b	41 e	46 b	45 b	46 a	43 bc	45 abc

Tabel 2: Gemiddelde wekelijkse cumulatieve lengtetoeename van de stengel in cm per week per ras per belichtingssysteem (SON-T/full led)

Object \ Week	42	44	45	46	47*	48	49	50	51*	52	53*	1*	2*	3*	4	5	6	7*	8*	9*
SON-T HP	26 a	101 a	204 a	258 a	318 ab	374 ab	425 ab	483 abc	546 ab	607 ab	664 ab	720 ab	778 ab	826 ab	880 ab	932 ab	982 ab	1026 a	1074 a	1118 a
SON-T SKY	23 a	100 a	204 a	258 a	324 a	383 a	438 a	498 a	556 a	619 a	675 a	744 a	799 a	846 a	898 a	947 a	1001 a	1046 a	1098 a	1149 a
Spectrum 1 HP	26 a	97 a	185 b	254 a	317 ab	369 ab	416 bc	470 bcd	527 bcd	584 bc	633 cd	688 bcd	740 bcd	784 cd	832 cd	879 cd	924 cd	968 bc	1010 bc	1054 bc
Spectrum 1 Sky	25 a	99 a	184 b	255 a	322 ab	384 a	437 ab	493 ab	549 abc	609 ab	659 abc	714 abc	768 abc	812 abc	861 abc	908 abc	954 abc	999 ab	1048 ab	1098 ab
Spectrum 2 HP	26 a	98 a	183 b	253 a	313 ab	366 ab	413 bc	467 bcd	523 bcd	580 bc	629 cd	683 cd	735 cd	781 cd	827 cd	876 cd	922 cd	965 bc	1009 bc	1053 bc
Spectrum 2 Sky	26 a	101 a	181 b	243 a	308 ab	366 ab	409 bc	463 bcd	519 bcd	578 bc	629 bcd	685 bcd	737 bcd	785 bcd	835 bcd	885 bcd	934 bcd	984 abc	1033 abc	1084 abc
Spectrum 3 HP	27 a	100 a	184 b	246 a	306 b	357 b	402 c	454 d	508 d	563 c	610 d	664 d	713 d	757 d	801 de	850 de	896 de	944 bc	987 c	1028 c
Spectrum 3 Sky	26 a	101 a	185 b	251 a	316 ab	366 ab	413 bc	459 cd	512 cd	562 c	604 d	654 d	697 d	737 d	778 e	824 e	869 e	915 c	958 c	1003 c

Tabel 3: Gemiddelde wekelijkse lengtetoeename van de stengel in cm per week per ras per hybridebelichtingssysteem

Week Object	42	43	44	45	46	47*	48	49	50	51	52	53	1	2*	3	4	5	6*	7*	8*	9*
Hybride FR HP	34 ab	43 a	56 a	70 a	73 a	62 ab	52 ab	49 ab	63 a	62 a	62 a	56 a	59 a	58 a	51 a	52 a	49 a	47 ab	47 b	49 a	43 c
Hybride FR Sky	33 ab	41 a	54 a	71 a	74 a	69 a	54 a	54 a	63 a	60 ab	62 a	54 a	54 b	55 a	48 b	51 a	50 a	48 a	51 a	51 a	53 a
Hybride HP	30 b	44 a	56 a	73 a	72 a	59 b	48 b	50 ab	54 b	60 ab	58 ab	52 a	54 b	54 ab	45 bc	48 ab	48 ab	46 a	48 ab	49 a	42 bc
Hybride Sky	35 a	44 a	57 a	71 a	70 a	57 b	49 ab	49 b	54 b	56 b	53 b	48 b	52 b	51 b	42 c	45 b	46 b	43 b	46 b	49 a	51 ab

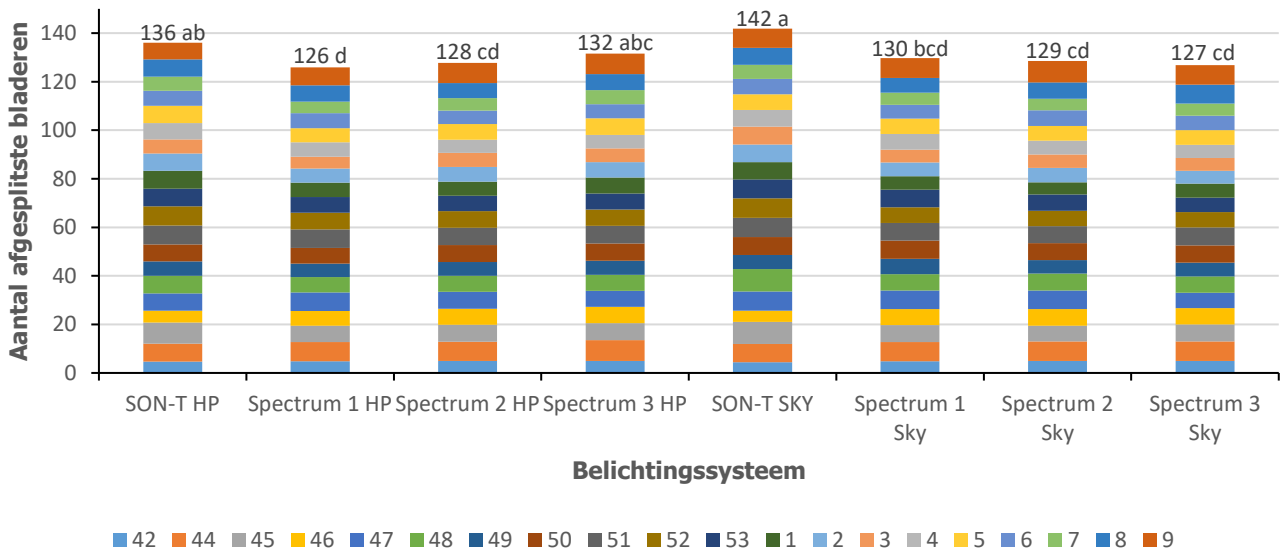
Tabel 4: Gemiddelde cumulatieve wekelijkse lengtetoeename van de stengel in cm per week per ras per hybridebelichtingssysteem

Week Object	42	43	44*	45	46	47	48	49	50	51	52	53	1	2	3	4*
Hybride FR HP	34 ab	76 a	132 a	202 a	274 a	336 a	388 a	437 a	500 a	562 ab	624 ab	680 a	738 a	796 a	847 a	899 a
Hybride FR Sky	33 ab	73 a	127 a	198 a	272 a	341 a	395 a	449 a	512 a	573 a	634 a	688 a	742 a	797 a	845 a	895 ab
Hybride HP	30 b	74 a	131 a	204 a	276 a	335 a	383 a	433 a	487 a	547 ab	605 ab	657 ab	711 ab	765 ab	810 ab	858 bc
Hybride Sky	35 a	78 a	135 a	206 a	277 a	334 a	383 a	431 a	485 a	541 b	594 b	642 b	694 b	744 b	787 b	831 c

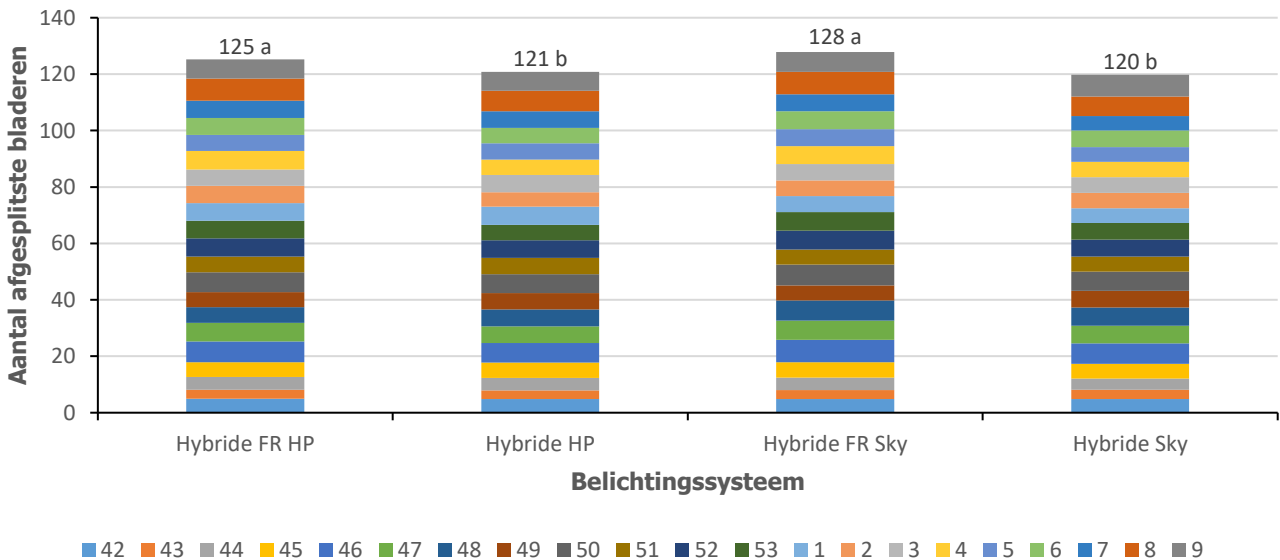
Week Object	5*	6*	7*	8*	9
Hybride FR HP	949 ab	995 a	1042 a	1091 ab	1134 ab
Hybride FR Sky	946 a	994 a	1045 a	1096 a	1148 a
Hybride HP	906 bc	953 b	1001 b	1049 bc	1091 bc
Hybride Sky	877 c	920 b	966 b	1015 c	1066 c

1.2 Bladafsplitsing

In figuur 6 en 7 wordt de wekelijkse bladafsplitsing weergegeven, alsook het cumulatief aantal bladeren afgesplitst tijdens deze periode. In een aantal weken werd een blad weggehaald uit de kop om de lichtverstrooiing te verbeteren en om de plant meer generatief te maken. In onderstaande data zijn deze weggehaalde bladeren ook meegeteld. De bladafsplitsing ligt gemiddeld tussen 7 bladeren onder SON-T en 6 bladeren onder led en hybride. Onder full led vinden we geen significante verschillen terug. Het gewas onder Hybride FR splitst wel beduidend meer bladeren af in vergelijking met Hybride. In vergelijking met led zendt SON-T radiatiewarmte uit, waardoor er meer warmte hangt rond de kop van de plant. Dit zou een verklaring kunnen zijn waarom de bladafsplitsing hoger ligt in het SON-T compartiment.



Figuur 6: Gemiddelde bladafsplitsing per ras per belichtingssysteem (SON-T/full led)



Figuur 7: Gemiddelde bladafsplitsing per ras per hybridebelichtingssysteem



Tabel 5: Gemiddeld wekelijkse bladafplitsing per week per ras per belichtingssysteem (SON-T/full led)

Object \ Week	42*	44*	45*	46*	47*	48*	49*	50*	51*	52*	53*	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*
SON-T HP	5 ab	8 b	9 a	5 bc	7 abc	7 a	6 a	7 ab	8 a	8 ab	7 ab	7 a	7 a	6 a	7 ab	7 a	6 a	6 ab	7 ab	7 c
SON-T SKY	4 b	8 b	9 a	5 c	8 a	9 a	6 a	7 a	8 a	8 a	8 a	7 a	7 a	7 a	7 a	7 ab	6 a	6 a	7 abc	8 ab
Spectrum 1 HP	5 ab	8 ab	7 b	6 abc	8 ab	6 a	6 a	7 b	8 a	7 bc	7 bc	6 bc	6 b	5 b	6 abc	6 b	6 a	5 c	7 abc	7 bc
Spectrum 1 Sky	5 ab	8 ab	7 b	7 ab	8 abc	7 a	6 a	8 a	7 a	7 bc	7 abc	6 bc	6 b	5 ab	7 abc	6 ab	6 a	5 bc	6 bc	8 ab
Spectrum 2 HP	5 a	8 ab	7 b	7 a	7 bc	7 a	6 a	7 ab	7 a	7 bc	6 bc	6 bc	6 b	6 ab	6 c	6 ab	6 a	5 bc	6 c	8 a
Spectrum 2 Sky	5 ab	8 ab	7 b	7 a	8 abc	7 a	6 a	7 ab	7 a	6 c	7 abc	5 c	6 b	6 ab	6 abc	6 ab	7 a	5 c	7 abc	9 a
Spectrum 3 HP	5 ab	9 a	7 b	7 a	7 c	7 a	6 a	7 ab	7 a	7 c	7 bc	7 ab	6 ab	6 ab	6 bc	7 a	6 a	6 ab	7 abc	8 a
Spectrum 3 Sky	5 ab	8 ab	7 b	7 a	6 bc	7 a	6 a	7 ab	8 a	6 c	6 c	6 bc	5 b	5 ab	6 abc	6 ab	6 a	5 abc	8 a	8 abc

Tabel 6: Gemiddelde cumulatieve bladafplitsing per week per ras per belichtingssysteem (SON-T/full led)

Object \ Week	42*	44*	45*	46*	47*	48*	49*	50*	51*	52*	53*	1	2	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*
SON-T HP	5 ab	12 c	21 ab	26 b	33 a	40 a	46 a	53 ab	61 ab	69 ab	76 ab	83 ab	90 ab	96 ab	103 ab	110 ab	116 ab	122 a	129 ab	136 ab
SON-T SKY	4 b	12 bc	21 a	26 b	34 a	43 a	49 a	56 a	64 a	72 a	80 a	87 a	94 a	102 a	108 a	115 a	121 a	127 a	134 a	142 a
Spectrum 1 HP	5 ab	13 abc	20 d	26 b	33 a	40 a	45 a	52 b	59 b	66 c	73 c	78 c	84 c	89 c	95 c	101 c	107 c	112 b	119 c	126 d
Spectrum 1 Sky	5 ab	13 abc	20 cd	26 ab	34 a	41 a	47 a	55 ab	62 ab	68 abc	76 abc	81 bc	87 bc	92 bc	99 abc	105 abc	111 abc	116 ab	122 bc	130 bcd
Spectrum 2 HP	5 a	13 a	20 cd	27 ab	34 a	40 a	46 a	53 ab	60 b	67 bc	73 bc	79 c	85 c	91 c	96 c	103 c	108 c	113 b	119 c	128 cd
Spectrum 2 Sky	5 ab	13 a	20 cd	26 ab	34 a	41 a	47 a	54 ab	61 ab	67 abc	74 abc	79 c	85 c	90 c	96 c	102 c	108 c	113 b	120 c	129 cd
Spectrum 3 HP	5 ab	14 a	21 abc	27 a	34 a	40 a	46 a	53 ab	61 ab	67 bc	74 bc	81 bc	87 bc	93 bc	98 bc	105 bc	111 bc	117 ab	123 abc	132 abc
Spectrum 3 Sky	5 ab	13 ab	20 bcd	27 ab	33 a	40 a	46 a	53 ab	60 ab	66 bc	72 c	78 c	83 c	89 c	94 c	100 c	106 c	111 b	119 c	127 cd



Tabel 7: Gemiddeld wekelijkse bladafplitsing per week per ras per hybridebelichtingssysteem

Week Object	42*	43*	44*	45*	46*	47*	48*	49*	50*	51*	52*	53*	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*
Hybride FR HP	5 a	3 a	5 a	5 a	7 ab	7 a	6 b	5 a	7 a	6 a	6 a	6 a	6 a	6 a	6 a	7 a	6 a	6 ab	6 a	8 ab	7 ab
Hybride FR Sky	5 a	3 a	5 a	5 a	8 a	7 a	7 a	5 a	7 a	5 a	7 a	7 a	6 ab	6 ab	6 a	6 a	6 a	6 a	6 a	8 a	7 ab
Hybride HP	5 a	3 a	5 a	5 a	7 b	6 a	6 ab	6 a	7 a	6 a	6 a	6 a	6 a	5 b	6 a	6 b	6 a	6 b	6 a	7 bc	7 b
Hybride Sky	5 a	3 a	4 a	5 a	7 b	6 a	6 ab	6 a	7 a	5 a	6 a	6 a	5 b	5 ab	6 a	5 b	5 a	6 ab	5 b	7 c	8 a

Tabel 8: Gemiddeld cumulatieve bladafplitsing per week per ras per hybridebelichtingssysteem

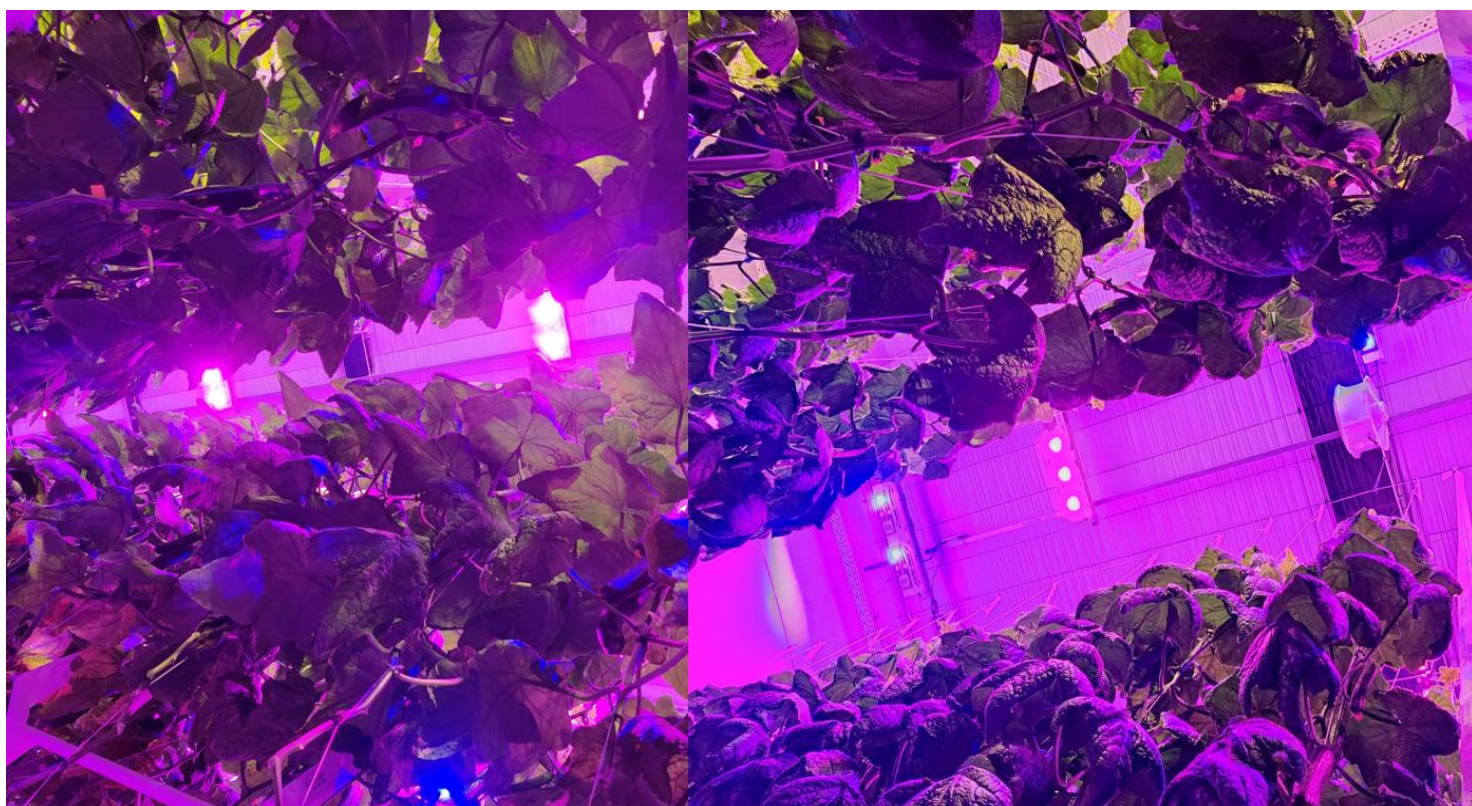
Week Object	42*	43*	44*	45*	46*	47*	48*	49*	50*	51*	52	53	1	2	3	4
Hybride FR HP	5 a	8 a	13 a	18 a	25 ab	32 ab	37 b	43 b	50 b	55 b	68 b	68 b	74 ab	80 ab	86 ab	93 ab
Hybride FR Sky	5 a	8 a	13 a	18 a	26 a	33 a	40 a	45 a	53 a	58 a	65 a	71 a	77 a	82 a	88 a	95 a
Hybride HP	5 a	8 a	12 a	18 a	25 b	31 c	37 b	42 b	49 b	55 b	61 b	67 b	73 b	78 b	84 b	90 bc
Hybride Sky	5 a	8 a	12 a	17 a	25 b	31 bc	37 b	43 ab	50 b	55 b	61 b	67 b	73 b	78 b	84 b	89 c

Week Object	5	6	7	8	9
Hybride FR HP	99 ab	105 a	111 a	118 a	125 a
Hybride FR Sky	101 a	107 a	113 a	121 a	128 a
Hybride HP	96 bc	101 b	107 b	114 b	121 b
Hybride Sky	94 c	100 b	105 b	112 b	120 b

1.3 Bladoppervlakte

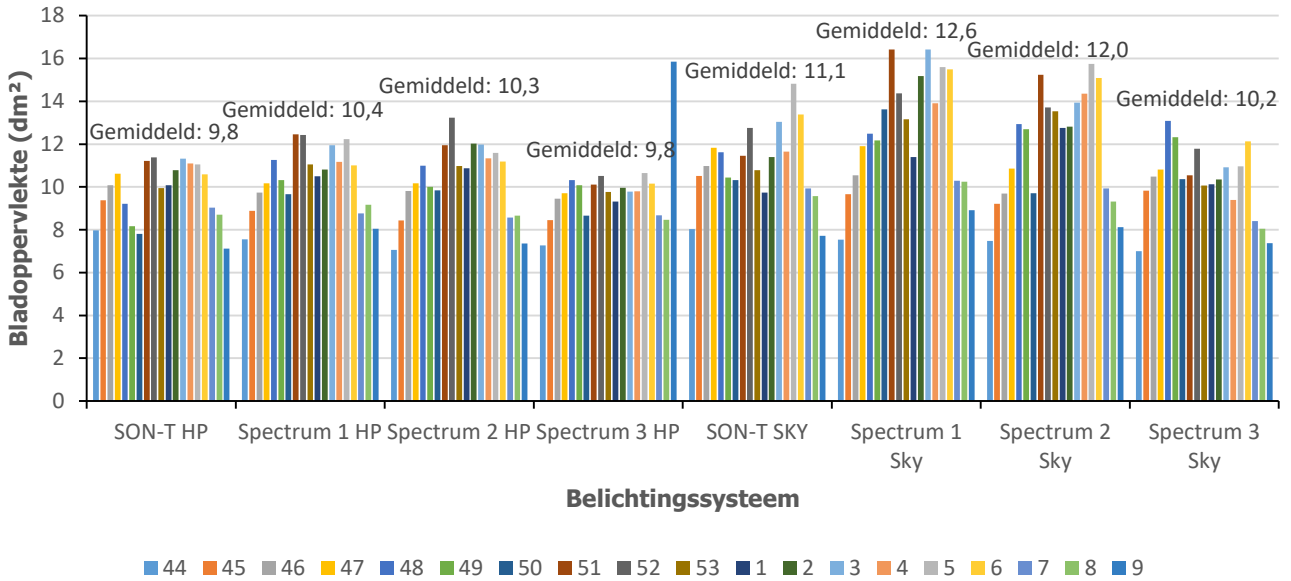
Figuur 9 en 10 geeft telkens de wekelijkse bladoppervlakte in dm^2 van een twee weken oud blad weer. Er werd gekozen voor een twee weken oud blad, omdat het blad in deze fase zijn volgroeid stadium heeft bereikt. Verschillen tussen de gemiddelde bladoppervlakten onder elk object zijn klein. Wel is het blad van Skyson over heel de periode gemiddeld groter.

Hoewel de bladoppervlakten onder de belichtingsobjecten weinig verschillen van elkaar, was er toch een groot verschil in bladstand. Zo stond het blad onder Spectrum 3 erg gekrompen, zowel bij Hi Power als bij Skyson. Het blad onder Spectrum 1 en 2 waar respectievelijk 12 en 6% verrood aanwezig is in het spectrum, stond meer horizontaal gestrekt wat resulteerde in een meer open gewas. Het effect was even goed zichtbaar onder beide objecten. De 12% verrood zorgde dus niet voor een extra open gewas met een meer horizontaal gestrekt blad in vergelijking met 6% verrood. In de hybride afdeling werd hetzelfde waargenomen als hierboven beschreven. De verschillen waren weliswaar minder duidelijk aanwezig door het verrood in de SON-T lampen in beide spectra. Toch zorgde de 4% 'led-verrood' in Hybride FR voor een extra duidelijk effect, resulterend in een meer open plantarchitectuur.

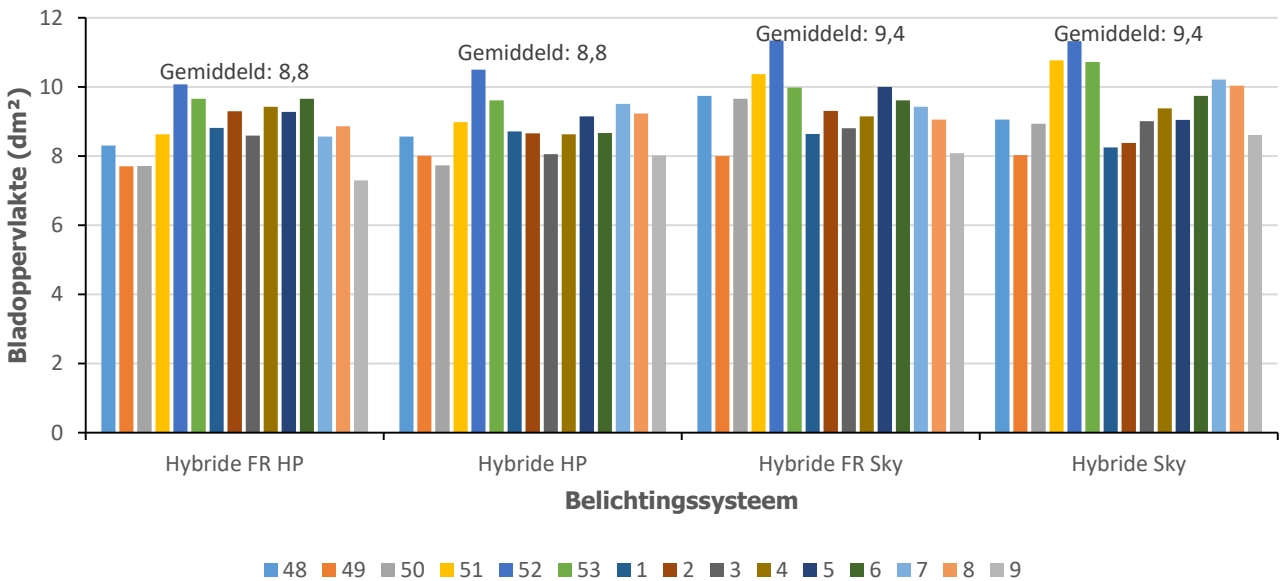


Figuur 8: Plantarchitectuur onder 12 en 6% verrood (links), plantarchitectuur onder 0% verrood (rechts)

Door de horizontale strekking van het blad onder verrood, wordt een groter oppervlak van het blad belicht, waardoor de plant makkelijker licht kan onderscheppen en zo beter aan fotosynthese kan doen.



Figuur 9: Gemiddelde bladoppervlakte in dm² per week per ras per belichtingssysteem (SON-T/full led)



Figuur 10: Gemiddeld bladoppervlakte in dm² per week per ras per hybridebelichtingssysteem

Tabel 9: Gemiddeld bladoppervlak in dm² van een twee weken oud blad per week per ras per belichtingssysteem (SON-T/full led)

Object \ Week	44*	45*	46*	47*	48*	49*	50	51*	52*	53*	1*	2	3	4*	5*	6*	7*	8*	9*
SON-T HP	8,0 a	9,4 abc	10,1 ab	10,6 abc	9,2 c	8,2 d	7,8 d	11,2 cd	11,4 bc	9,9 c	10,1 ab	10,8 bc	11,3 bc	11,1 ab	11,1 b	10,6 cd	9,0 a	8,7 ab	7,1 a
SON-T SKY	8,0 a	10,5 a	11,0 a	11,8 a	11,6 ab	10,5 abc	10,3 b	11,5 bcd	12,8 ab	10,8 bc	9,7 b	11,4 bc	13,0 b	11,7 ab	14,8 a	13,4 ab	9,9 a	9,6 a	7,7 a
Spectrum 1 HP	7,6 a	8,9 bcd	9,7 ab	10,2 bc	11,3 ab	10,3 bc	9,7 bc	12,5 abc	12,4 ab	11,1 abc	10,5 ab	10,8 bc	12,0 bc	11,2 ab	12,2 ab	11,0 cd	8,8 a	9,2 ab	8,0 a
Spectrum 1 Sky	7,5 a	9,7 ab	10,5 ab	11,9 ab	12,5 ab	12,2 ab	13,6 a	16,4 a	14,4 a	13,2 ab	11,4 ab	15,2 a	16,4 a	13,9 a	15,6 a	15,5 a	10,3 a	10,2 a	8,9 a
Spectrum 2 HP	7,1 a	8,4 d	9,8 ab	10,2 abc	11 abc	10,0 cd	9,8 bc	12,0 bc	13,2 ab	11 abc	10,9 ab	12,0 b	12,0 bc	11,3 ab	11,6 b	11,2 bcd	8,6 a	8,7 ab	7,4 a
Spectrum 2 Sky	7,5 a	9,2 abcd	9,7 ab	10,9 abc	12,9 a	12,7 a	9,7 bc	15,2 ab	13,7 ab	13,5 a	12,8 a	12,8 ab	14,0 ab	14,4 a	15,7 a	15,1 a	9,9 a	9,3 ab	8,1 a
Spectrum 3 HP	7,3 a	8,5 cd	9,5 b	9,7 c	10,3 bc	10,1 cd	8,7 cd	10,1 d	10,5 c	9,8 c	9,3 b	10,0 c	9,8 c	9,8 b	10,7 b	10,2 d	8,7 a	8,5 b	15,9 a
Spectrum 3 Sky	7,0 a	9,8 ab	10,5 ab	10,8 abc	13,1 a	12,3 ab	10,4 b	10,6 cd	11,8 abc	10,1 c	10,1 ab	10,4 bc	10,9 bc	9,4 b	11,0 b	12,1 abc	8,4 a	8,0 b	7,4 a

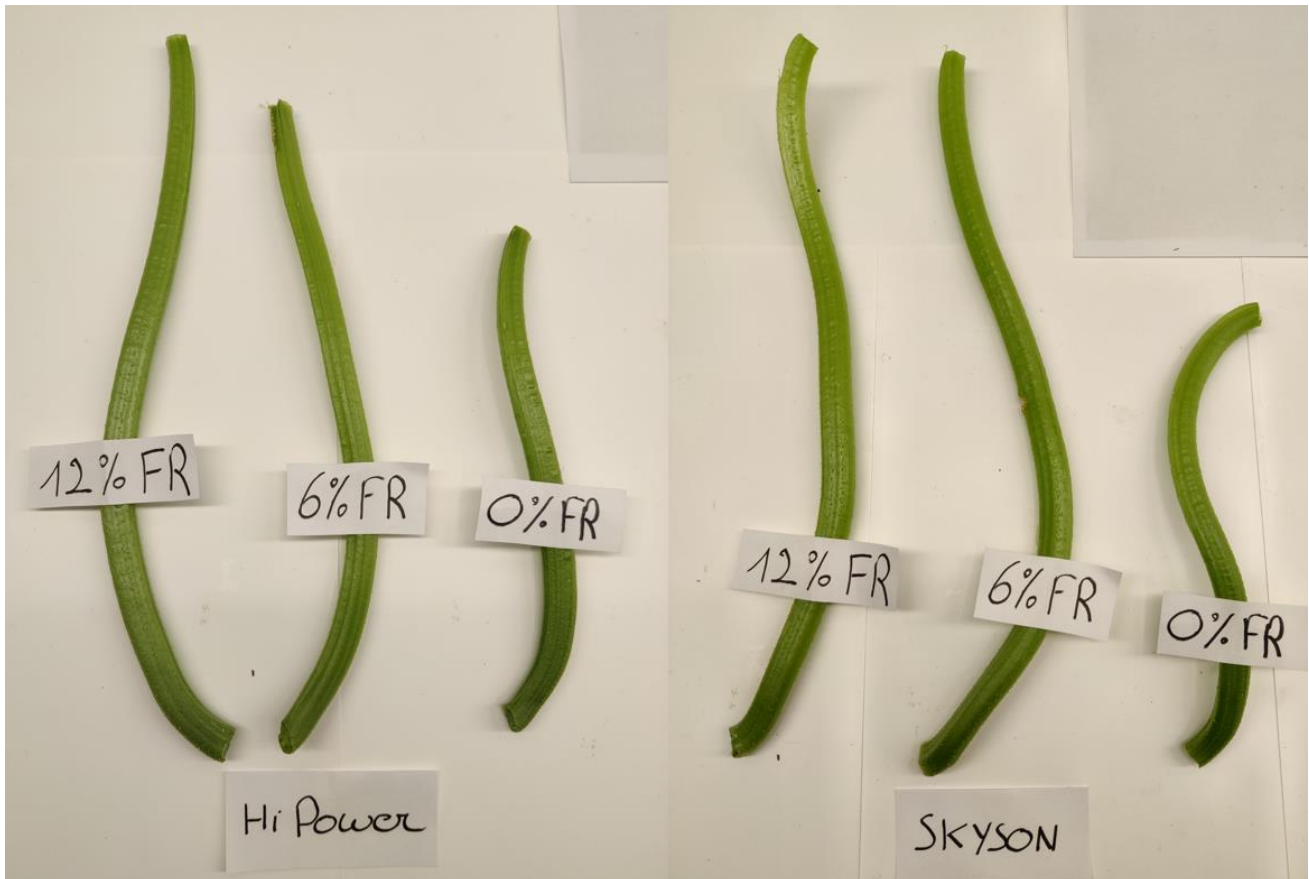
Tabel 10: Gemiddeld bladoppervlak in dm² van een twee weken oud blad per week per ras per hybridebelichtingssysteem

Object \ Week	44	45	46*	47*	48*	49	50*	51	52*	53	1*	2*	3	4*	5	6	7	8*	9*
Hybride FR HP	6,4 a	7,5 b	9,2 ab	9,7 b	8,3 b	7,7 a	7,7 b	8,6 b	10,1 a	9,7 a	8,8 a	9,3 a	8,6 a	9,4 a	9,3 a	9,7 a	8,6 b	8,9 a	7,3 a
Hybride FR Sky	6,3 a	7,5 b	8,7 b	9,9 b	9,7 a	8,0 a	9,7 a	10,4 ab	11,4 a	10 a	8,6 a	9,3 a	8,8 a	9,2 a	10,0 a	9,6 a	9,4 ab	9,1 a	8,1 a
Hybride HP	6,2 a	7,2 b	9,0 b	10,3 b	8,6 ab	8,0 a	7,7 b	9,0 b	10,5 a	9,6 a	8,7 a	8,7 a	8,1 a	8,6 a	9,2 a	8,7 a	9,5 ab	9,2 a	8,0 a
Hybride Sky	6,9 a	8,7 a	10,1 a	11,3 a	9,1 ab	8,0 a	8,9 a	10,8 a	11,3 a	10,7 a	8,3 a	8,4 a	9,0 a	9,4 a	9,0 a	9,7 a	10,2 a	10,0 a	8,6 a



1.4 Bladsteellengte

Vanaf week 48 werd wekelijks de bladsteellengte gemeten van een twee weken oud blad. Hier werden opmerkelijke verschillen in gevonden. De bladsteel was onder verrood beduidend langer dan onder de objecten zonder verrood. Dit effect werd op beide rassen waargenomen. Vermoedelijk moeten de bladeren onder de objecten met verrood een langere bladsteel hebben om aan een goede lichtonderschepping te doen, doordat de bladeren vanaf de kop meer horizontaal gestrekt zijn. Grote verschillen tussen de objecten met 12 en 6% verrood werden niet gevonden.

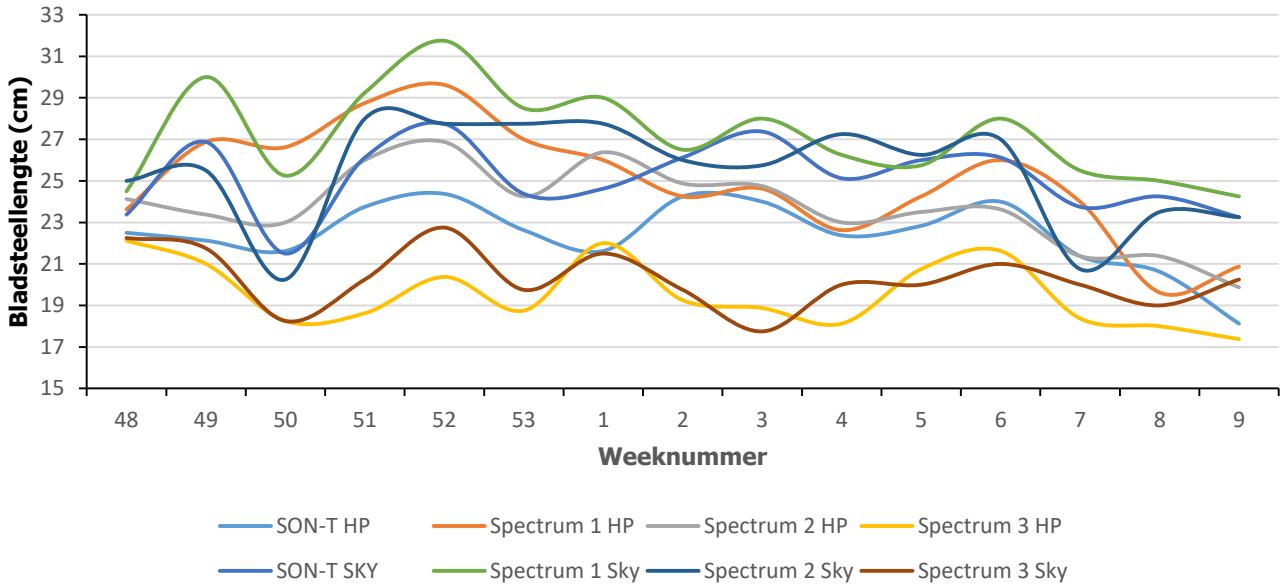


Figuur 11: Effect van verrood op de bladsteellengte per ras met verschillend aandeel verrood

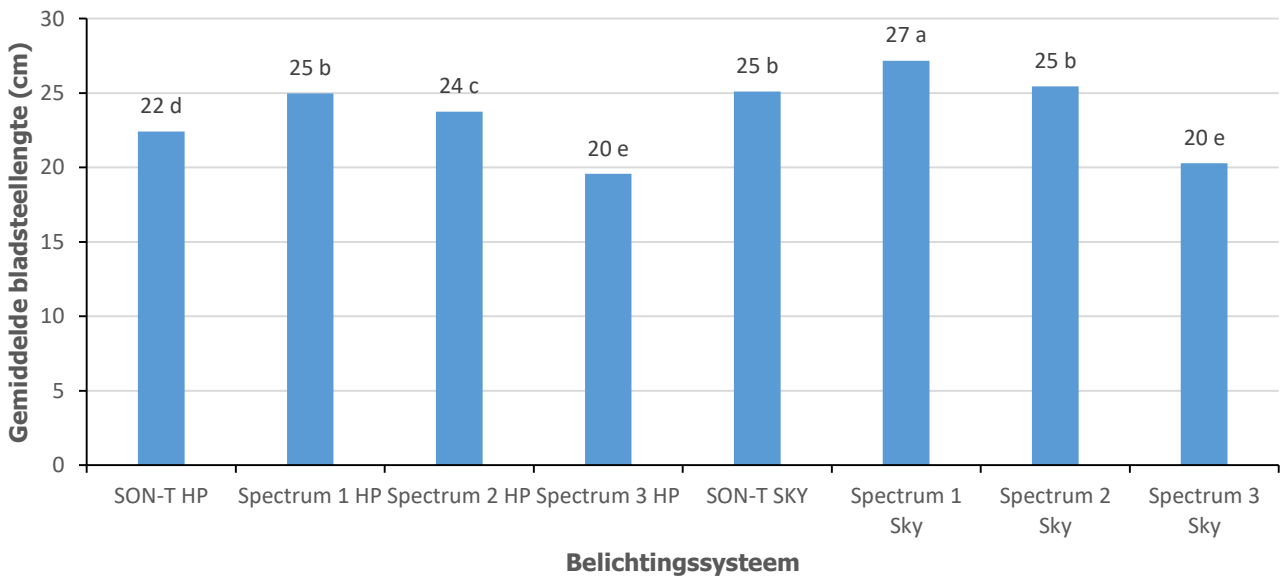


De gemiddelde bladsteellengte gedurende de gehele teelt blijkt het grootst onder spectrum 1 en 2. Het verschil met spectrum 3 bedraagt 4 à 5 cm bij Hi Power en 5 à 7 bij Skyson.

Het verschil was het grootst in de donkere periode wanneer het aandeel buitenlicht nihil was. De verschillen werden kleiner wanneer de natuurlijke instraling verhoogde, gepaard gaande met een stijging van verrood licht.

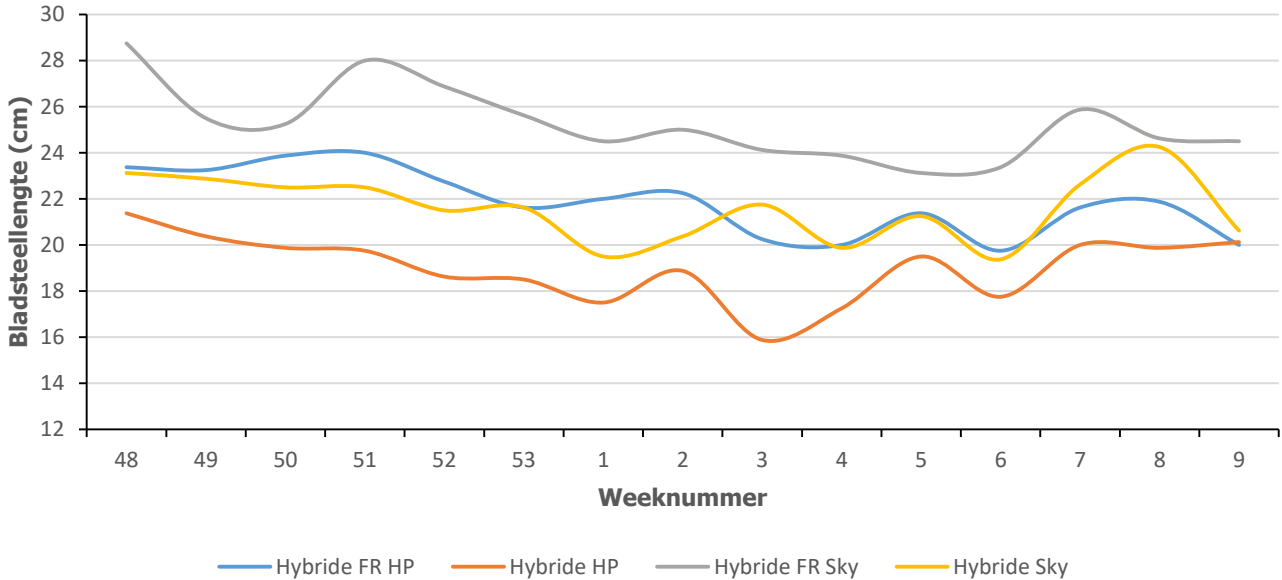


Figuur 12: Gemiddelde bladsteellengte in cm per week per ras per belichtingssysteem (SON-T/full led)

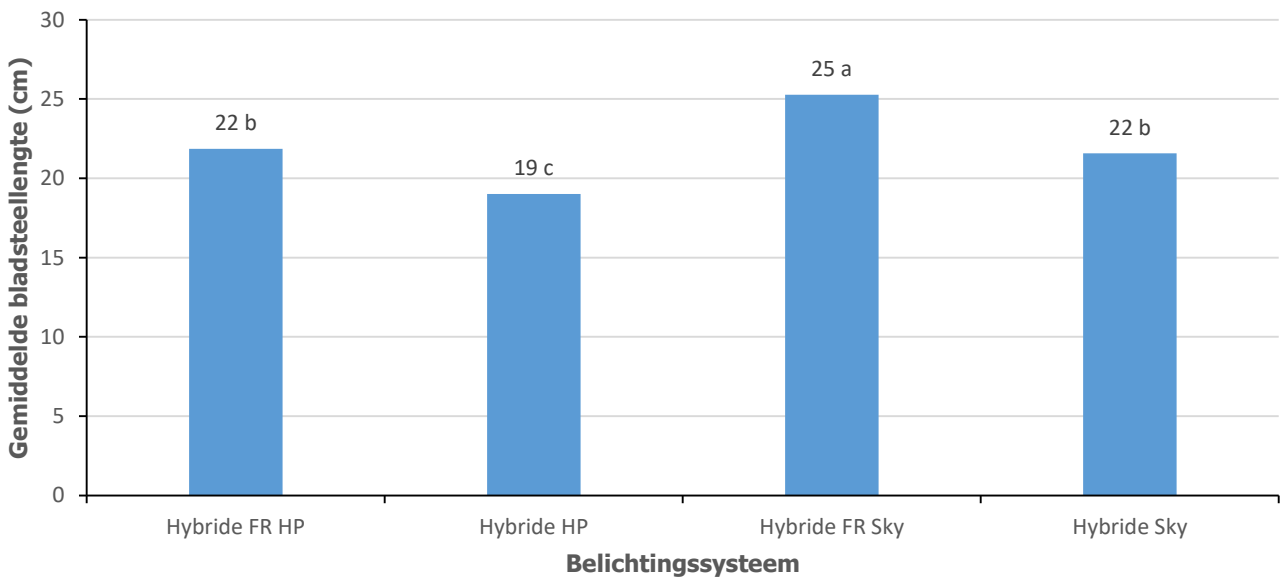


Figuur 13: Gemiddelde bladsteellengte in cm over de gehele teelt per ras per belichtingssysteem (SON-T/full led)

Ook bij de hybridebelichtingssystemen zien we dezelfde trend terug. De bladeren onder het object met 4% 'led-verrood' hebben een grotere bladsteel. Zowel bij Hi Power als bij Skyson bedraagt het verschil 3 cm. Ook zien we opnieuw de grootste bladsteel bij Skyson in vergelijking met Hi Power. De laatste weken wordt het verschil weer kleiner door het opkomend licht.



Figuur 14: Gemiddelde bladsteellengte in cm per week per ras per hybridebelichtingssysteem



Figuur 15: Gemiddelde bladsteellengte in cm over de gehele teelt per ras per hybridebelichtingssysteem

Tabel 11: Gemiddelde bladsteellengte in cm per week per ras per belichtingssysteem (SON-T/full led)

Object \ Week	48*	49	50*	51	52*	53*	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*
SON-T HP	23 a	22 cd	22 bcd	24 bc	24 bcd	23 bc	22 d	24 ab	24 ab	22 bcd	23 abc	24 abc	21 abc	21 bc	18 cd
SON-T SKY	23 a	27 ab	22 bcd	26 ab	28 ab	24 ab	25 abcd	26 a	27 a	25 ab	26 a	26 ab	24 a	24 a	23 a
Spectrum 1 HP	24 a	27 ab	27 a	29 a	30 a	27 a	26 ab	24 ab	25 a	23 bcd	24 ab	26 ab	24 ab	20 bc	21 abc
Spectrum 1 Sky	25 a	30 a	25 ab	29 a	32 a	29 a	29 a	27 a	28 a	26 a	26 a	28 a	26 a	25 a	24 a
Spectrum 2 HP	24 a	23 cd	23 abc	26 ab	27 abc	24 ab	26 abc	25 a	25 a	23 abc	24 abc	24 bc	21 abc	21 abc	20 bcd
Spectrum 2 Sky	25 a	26 bc	20 bcd	28 ab	28 abc	28 a	28 a	26 a	26 a	27 a	26 a	27 ab	21 abc	24 ab	23 ab
Spectrum 3 HP	22 a	21 d	18 d	19 d	20 d	19 c	22 cd	19 c	19 b	18 d	21 c	22 c	18 c	18 c	17 d
Spectrum 3 Sky	22 a	22 cd	18 cd	20 cd	23 cd	20 bc	22 bcd	20 bc	18 b	20 cd	20 bc	21 c	20 bc	19 bc	20 abcd

Tabel 12: Gemiddelde bladsteellengte in cm per week per ras per hybridebelichtingssysteem

Object \ Week	48	49	50	51*	52	53	1*	2*	3*	4	5*	6	7	8	9
Hybride FR HP	23 b	23 a	24 ab	24 ab	23 b	22 b	22 a	22 ab	20 ab	20 b	21 ab	20 b	22 b	22 b	20 b
Hybride FR Sky	29 a	26 a	25 a	28 a	27 a	26 a	25 a	25 a	24 a	24 a	23 a	23 a	26 a	25 a	25 a
Hybride HP	21 b	20 b	20 c	20 b	19 c	19 c	18 b	19 b	16 b	17 b	20 b	18 b	20 b	20 b	20 b
Hybride Sky	23 b	23 ab	23 b	23 ab	22 bc	22 b	20 ab	20 ab	22 ab	20 b	21 ab	19 b	23 b	24 a	21 ab

1.5 Vruchtsteel

Tijdens de proef viel ook op dat de vruchtsteel langer was onder de objecten met verrood ten opzichte de objecten zonder verrood. Dit effect was zowel zichtbaar op Hi Power als op Skyson. Op de vruchtsteel werden echter geen metingen op uitgevoerd. Dit is dus louter een visuele waarneming. Daarnaast is het nog niet duidelijk of dit een voordeel of een nadeel is voor het gewas en de vrucht.



Figuur 16: Visualisatie van het effect van verrood op de vruchtsteel

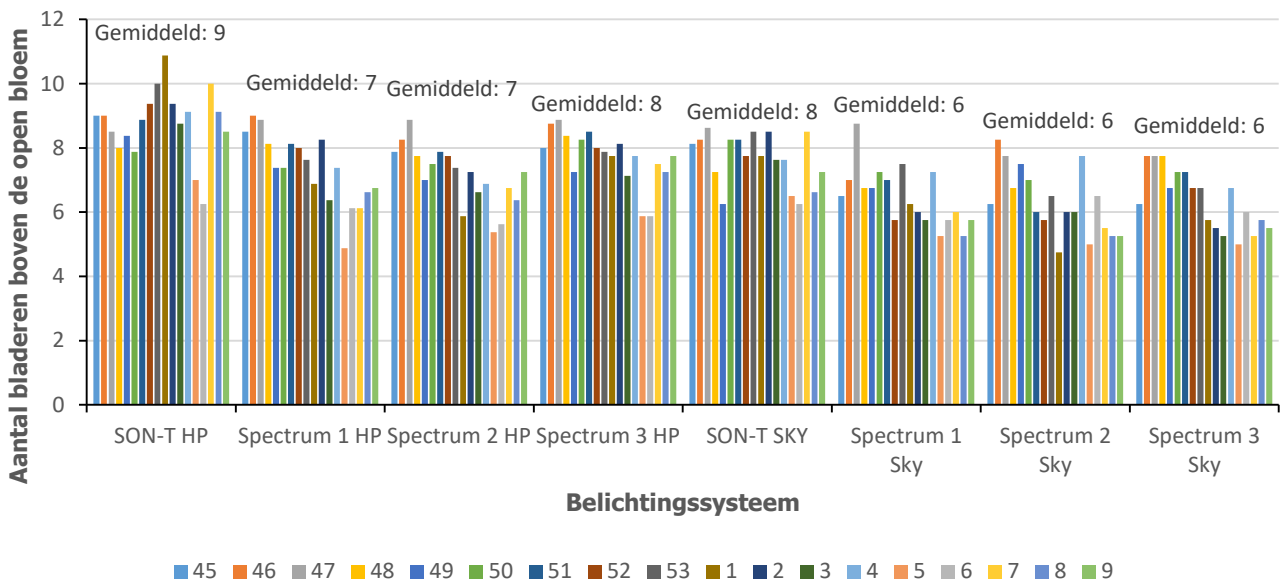
2. Plantbalans

2.1 Aantal bladeren boven open bloem

Het aantal bladeren boven een open bloem werden wekelijks geteld. Bladeren die weggehaald werden uit de kop, zijn in deze parameter niet meegeteld. Voor een goede plantbalans/generativiteit werd gestreefd naar 7 à 8 bladeren boven de open bloem.

Over heel de teelt werden bij Hi Power gemiddeld 7 bladeren geteld boven de open bloem in beide spectra met verrood. Onder spectrum 3 werden gemiddeld 8 bladeren geteld boven de open bloem. Voor Skyson werden gemiddeld 6 bladeren geteld onder alle full led objecten. Het gewas onder SON-T toonde zich iets meer vegetatief door gemiddeld 9 en 8 bladeren boven de open bloem te hebben bij respectievelijk Hi Power en Skyson.

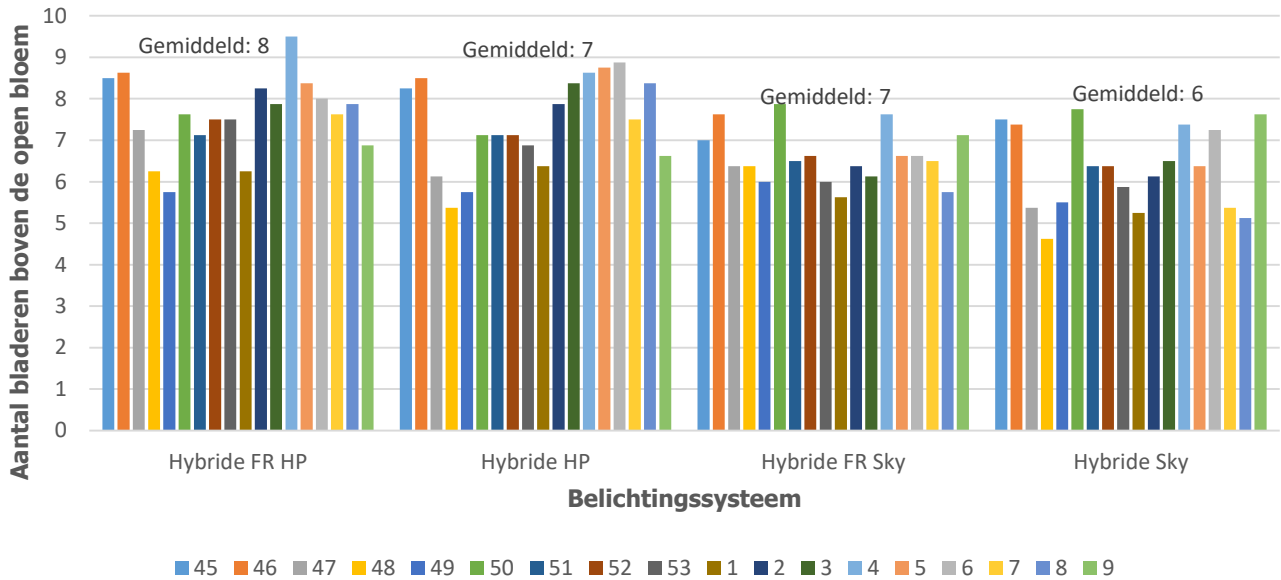
We merken wel op dat de eerste open bloemen verschenen onder spectrum 1 en 2, en dit bij beide rassen.



Figuur 17: Aantal bladeren boven de open bloem per week per ras per belichtingssysteem (SON-T/full led)



Onder de hybridebelichtingssystemen vinden we voor Hi Power gemiddeld 8 bladeren boven de open bloem terug onder het object met verrood en 7 bladeren onder het object zonder verrood. Bij Skyson komt dezelfde trend voor: gemiddeld 1 blad meer onder het object met verrood tegenover het object zonder verrood.



Figuur 18: Aantal bladeren boven de open bloem per week per ras per hybridebelichtingssysteem



Tabel 13: Gemiddeld aantal bladeren boven de open bloem per week per ras per belichtingssysteem (SON-T/full led)

Week / Object	45*	46*	47*	48*	49*	50*	51*	52*	53*	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*
SON-T HP	9 a	9 ab	9 a	8 a	8 a	8 a	9 a	9 a	10 a	11 a	9 a	9 a	9 a	7 a	6 a	10 a	9 a	9 a
SON-T SKY	8 ab	8 abc	9 a	7 a	6 b	8 a	8 ab	8 ab	9 ab	8 abc	9 ab	8 ab	8 ab	7 ab	6 a	9 ab	7 bc	7 abc
Spectrum 1 HP	9 a	9 a	9 a	8 a	7 ab	7 a	8 ab	8 ab	8 ab	7 bcd	8 ab	6 bc	7 ab	5 d	6 a	6 c	7 bc	7 bc
Spectrum 1 Sky	7 bc	7 c	9 a	7 a	7 ab	7 a	7 ab	6 b	8 ab	6 bcd	6 c	6 c	7 ab	5 bcd	6 a	6 bc	5 c	6 bc
Spectrum 2 HP	8 abc	8 abc	9 a	8 a	7 ab	8 a	8 ab	8 ab	7 b	6 d	7 bc	7 bc	7 b	5 bcd	6 a	7 bc	6 bc	7 abc
Spectrum 2 Sky	6 bc	8 abc	8 a	7 a	8 ab	7 a	6 b	6 b	7 b	5 d	6 c	6 c	8 ab	5 cd	7 a	6 c	5 c	5 c
Spectrum 3 HP	8 abc	9 ab	9 a	8 a	7 ab	8 a	9 ab	8 ab	8 ab	8 ab	8 ab	7 abc	8 ab	6 abc	6 a	8 abc	7 ab	8 ab
Spectrum 3 Sky	6 c	8 bc	8 a	8 a	7 ab	7 a	7 ab	7 b	7 b	6 cd	6 c	5 c	7 b	5 cd	6 a	5 c	6 bc	6 c

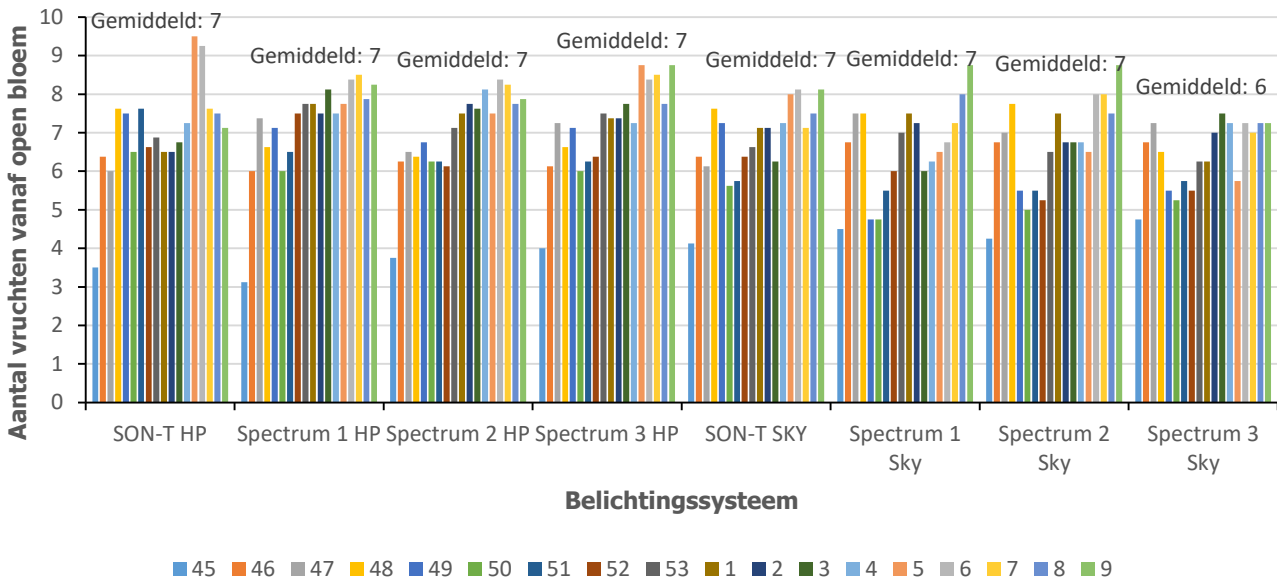
Tabel 14: Gemiddeld aantal bladeren boven de open bloem per week per ras per hybridebelichtingssysteem

Week / Object	45*	46*	47*	48*	49*	50	51*	52*	53*	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8	9*
Hybride FR HP	9 a	9 a	7 a	6 a	6 a	8 a	7 a	8 a	8 a	6 a	8 a	8 ab	10 a	8 a	8 ab	8 a	8 a	7 ab
Hybride FR Sky	7 b	8 a	6 ab	6 a	6 a	8 a	7 a	7 a	6 a	6 ab	6 b	6 c	8 bc	7 b	7 c	7 ab	6 b	7 ab
Hybride HP	8 a	9 a	6 ab	5 ab	6 a	7 a	7 a	7 a	7 a	6 a	8 a	8 a	9 ab	9 a	9 a	8 a	8 a	7 b
Hybride Sky	8 ab	7 a	5 b	5 b	6 a	8 a	6 a	6 a	6 a	5 b	6 b	7 bc	7 c	6 b	7 bc	5 b	5 b	8 a

2.2 Aantal vruchten vanaf open bloem

In deze studie werden wekelijks het aantal vruchten per meetplant geregistreerd. Het tellen gebeurde vanaf de open bloem. Dit om het vruchtbehang per plant onder controle te houden. In de donkerste periode werd gestreefd naar 6-7 vruchten. Voor SON-T leek 6 vruchten de maximum te zijn, waardoor regelmatig een extra vruchtje werd weggenomen. Wanneer toch meer vruchten werden aangehouden, was de kans op abortie groot. Het gewas onder full led had weinig problemen met het vruchtbehang. Spectrum 1 leek zelfs 8 vruchten makkelijk aan te kunnen. Naarmate de natuurlijke instraling verhoogde, werden over alle planten een zwaarder vruchtbehang aangehouden.

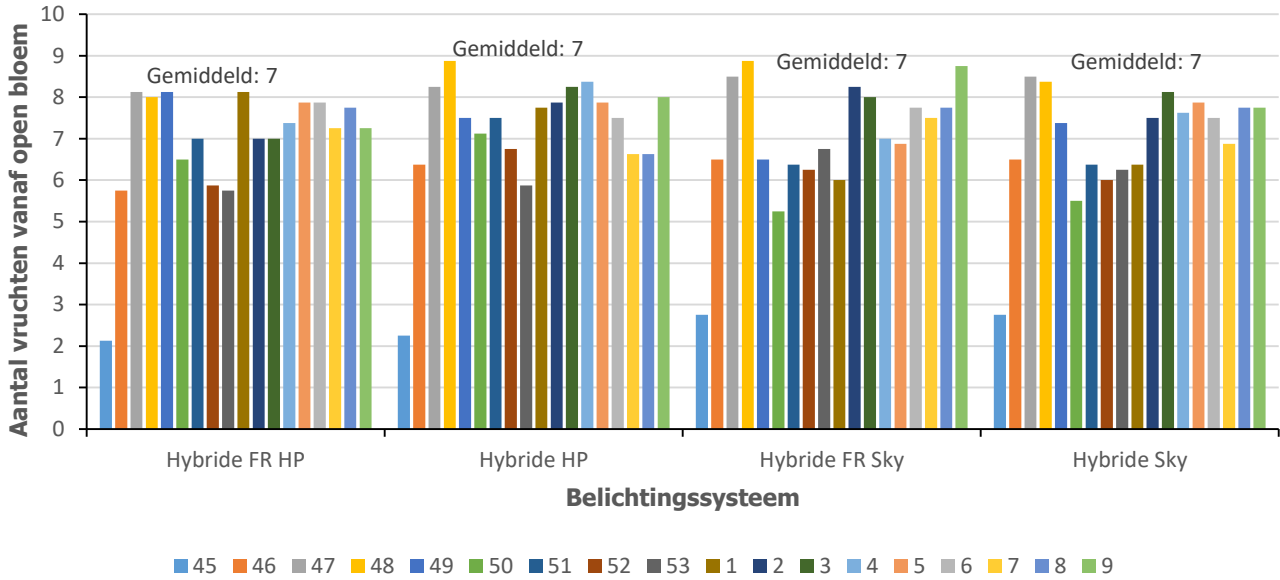
Het gemiddeld vruchtbehang was over de gehele teelt gelijk, alleen onder spectrum 3 hing gemiddeld 1 vrucht minder aan de planten. De laatste weken is het vruchtbehang onder full led hoger dan onder SON-T.



Figuur 19: Het gemiddeld aantal vruchten, geteld vanaf de open bloem, per week per ras per belichtingssysteem (SON-T/full led)

Over heel de proefperiode werden gemiddeld 7 vruchten vanaf de open bloem geteld. De laatste weken ligt het vruchtbehang iets hoger. Af en toe moest een vrucht worden weggehaald om stapeling te voorkomen. Dit probleem werd niet opgemerkt onder full led.

De hybride-objecten verschillen weinig van elkaar, toch groeiden de komkommers onder het hybridespectrum met verrood sneller en constanter uit. Bij het object zonder verrood trad – zeker in de donkerste periode – vaker abortie op.



Figuur 20: Gemiddeld aantal vruchten, geteld vanaf open bloem, per week per ras per hybridebelichtingssysteem

Tabel 15: Gemiddeld aantal vruchten, geteld vanaf open bloem, per week per ras per belichtingssysteem

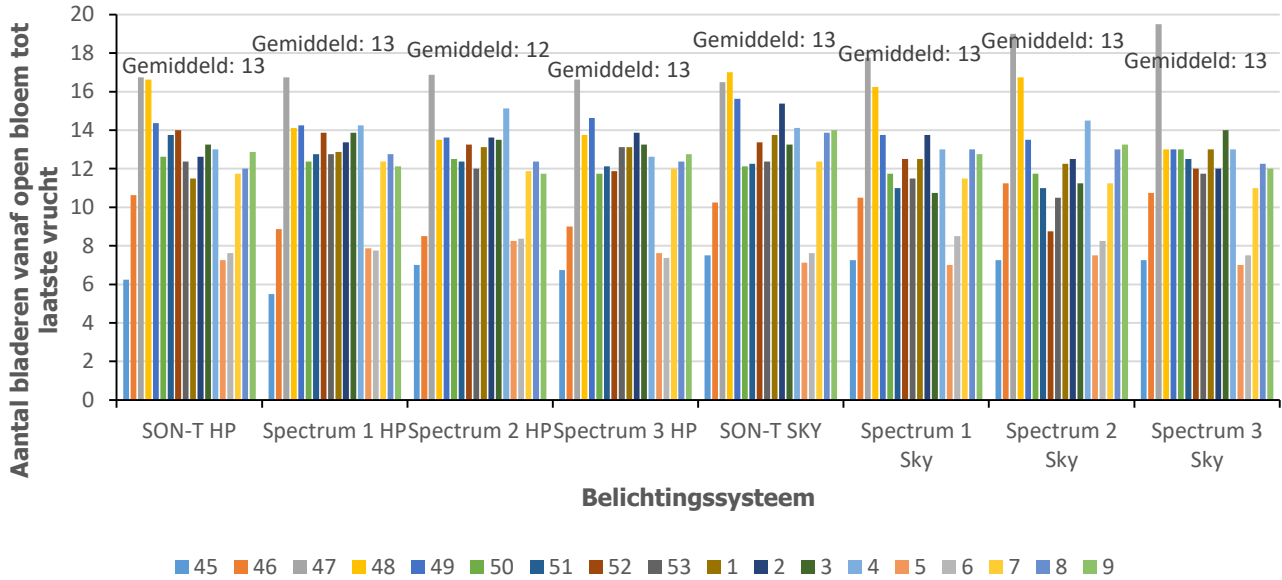
Week / Object	45*	46*	47*	48*	49*	50*	51*	52*	53*	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*
SON-T HP	4 ab	6 a	6 a	8 a	8 a	7 a	8 a	7 a	7 a	7 a	7 a	7 ab	7 a	10 a	9 a	8 abc	8 a	7 a
SON-T SKY	4 ab	6 a	6 a	8 a	7 a	6 a	6 ab	6 a	7 a	7 a	7 a	6 b	7 a	8 abc	8 ab	7 bc	8 a	8 ab
Spectrum 1 HP	3 b	6 a	7 a	7 a	7 a	6 a	7 ab	8 a	8 a	8 a	8 a	8 a	8 a	8 bc	8 a	9 a	8 a	8 ab
Spectrum 1 Sky	5 ab	7 a	8 a	8 a	5 a	5 a	6 b	6 a	7 a	8 a	7 a	6 b	6 a	7 cd	7 b	7 bc	8 a	9 ab
Spectrum 2 HP	4 ab	6 a	7 a	6 a	7 a	6 a	6 ab	6 a	7 a	8 a	8 a	8 ab	8 a	8 bcd	8 ab	8 abc	8 a	8 ab
Spectrum 2 Sky	4 ab	7 a	7 a	8 a	6 a	5 a	6 ab	5 a	7 a	8 a	7 a	7 ab	7 a	7 cd	8 ab	8 abc	8 a	9 ab
Spectrum 3 HP	4 ab	6 a	7 a	7 a	7 a	6 a	6 ab	6 a	8 a	7 a	7 a	8 ab	7 a	9 ab	8 ab	9 ab	8 a	9 b
Spectrum 3 Sky	5 a	7 a	7 a	7 a	6 a	5 a	6 ab	6 a	6 a	6 a	7 a	8 ab	7 a	6 d	7 ab	7 c	7 a	7 ab

Tabel 16: Gemiddeld aantal vruchten, geteld vanaf open bloem, per week per ras per hybridebelichtingssysteem

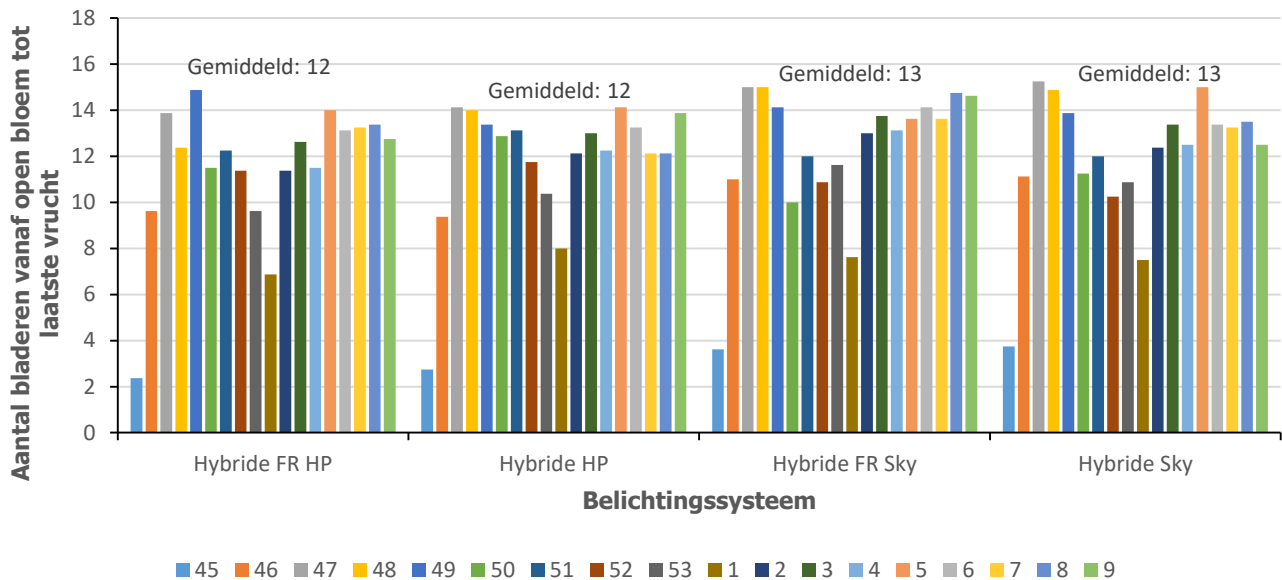
Week / Object	45*	46*	47*	48*	49*	50*	51*	52*	53*	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*
Hybride FR HP	2 a	6 a	8 a	8 a	8 a	7 ab	7 ab	6 a	6 a	8 a	7 a	7 a	7 a	8 a	8 a	7 a	8 a	7 b
Hybride FR Sky	3 a	7 a	9 a	9 a	7 b	5 c	6 b	6 a	7 a	6 b	8 a	8 a	7 a	7 a	8 a	8 a	8 a	9 a
Hybride HP	2 a	6 a	8 a	9 a	8 ab	7 a	8 a	7 a	6 a	8 a	8 a	8 a	8 a	8 a	8 a	7 a	7 a	8 ab
Hybride Sky	3 a	7 a	9 a	8 a	7 ab	6 bc	6 ab	6 a	6 a	6 b	8 a	8 a	8 a	8 a	8 a	7 a	8 a	8 ab

2.3 Aantal bladeren van open bloem tot laatste vrucht

De telling van het aantal bladeren van de open bloem tot laatste vrucht gebeurde wekelijks. Over de gehele teeltperiode bevonden zich 12 à 13 bladeren tussen de open bloem en de laatste vrucht. Verder waren er gemiddeld geen beduidende verschillen tussen de belichtingsobjecten.



Figuur 21: Gemiddeld aantal bladeren tussen open bloem en laatste vrucht per week per ras per belichtingssysteem (SON-T/full led)



Figuur 22: Gemiddeld aantal bladeren tussen open bloem en laatste vrucht per week per ras per hybridebelichtingssysteem

Tabel 17: Gemiddeld aantal bladeren vanaf de open bloem tot de laatste vrucht per week per ras per belichtingssysteem (SON-T/full led)

Week Object	45*	46*	47	48	49*	50*	51*	52*	53*	1*	2*	3*	4	5*	6*	7*	8	9*
SON-T HP	6 a	11 a	17 c	17 ab	14 a	13 a	14 a	14 a	12 a	12 b	13 b	13 a	13 ab	7 a	8 a	12 a	12 a	13 a
SON-T SKY	8 a	10 ab	17 c	17 a	16 a	12 a	12 ab	13 a	12 a	14 a	15 a	13 a	14 ab	7 a	8 a	12 a	14 a	14 a
Spectrum 1 HP	6 a	9 cd	17 c	14 bc	14 a	12 a	13 ab	14 a	13 a	13 ab	13 ab	14 a	14 ab	8 a	8 a	12 a	13 a	12 a
Spectrum 1 Sky	7 a	11 abc	18 abc	16 abc	14 a	12 a	11 b	13 a	12 a	13 ab	14 ab	11 a	13 ab	7 a	9 a	12 a	13 a	13 a
Spectrum 2 HP	7 a	9 d	17 bc	14 c	14 a	13 a	12 ab	13 a	12 a	13 ab	14 ab	14 a	15 a	8 a	8 a	12 a	12 a	12 a
Spectrum 2 Sky	7 a	11 a	19 ab	17 ab	14 a	12 a	11 ab	9 a	11 a	12 ab	13 ab	11 a	15 ab	8 a	8 a	11 a	13 a	13 a
Spectrum 3 HP	7 a	9 bcd	17 c	14 c	15 a	12 a	12 ab	12 a	13 a	13 ab	14 ab	13 a	13 b	8 a	7 a	12 a	12 a	13 a
Spectrum 3 Sky	7 a	11 a	20 a	13 c	13 a	13 a	13 ab	12 a	12 a	13 ab	12 b	14 a	13 ab	7 a	8 a	11 a	12 a	12 a

Tabel 18: Gemiddeld aantal bladeren vanaf de open bloem tot de laatste vrucht per week per ras per hybridebelichtingssysteem

Week Object	45*	46*	47*	48*	49*	50*	51*	52*	53*	1*	2*	3*	4*	5	6	7	8*	9*
Hybride FR HP	2 a	10 c	14 a	12 b	15 a	12 ab	12 a	11 a	10 a	7 b	11 a	13 a	12 a	14 a	13 a	13 a	13 ab	13 a
Hybride FR Sky	4 a	11 a	15 a	15 a	14 a	10 b	12 a	11 a	12 a	8 ab	13 a	14 a	13 a	14 a	14 a	14 a	15 a	15 a
Hybride HP	3 a	9 bc	14 a	14 ab	13 a	13 a	13 a	12 a	10 a	8 a	12 a	13 a	12 a	14 a	13 a	12 a	12 b	14 a
Hybride Sky	4 a	11 ab	15 a	15 a	14 a	11 ab	12 a	10 a	11 a	8 ab	12 a	13 a	13 a	15 a	13 a	13 a	14 ab	13 a

3. Opbrengst

3.1 Productie in kg/m²

In tabel 19 worden de gemiddelde producties weergegeven van SON-T en full led, lopend tot en met 5 maart. Zowel voor Hi Power als voor Skyson werden de eerste producties gerealiseerd onder spectrum 1, gevolgd door spectrum 2 en als laatste spectrum 3 en SON-T. Dit verschil bleef enkele weken aanhouden, al begon spectrum 3 hoger te liggen in productie dan SON-T. De productiever verschillen tussen de full led spectra en SON-T werden alsmaar groter. Belangrijk om hier te vermelden dat SON-T 20 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ minder uitstraalt dan full led. Wanneer we naar lichtefficiëntie kijken, zal het verschil iets kleiner worden. Rond W51 liggen de producties onder spectrum 2 lager waardoor spectrum 3 vanaf dan een hogere productie behaalt. De verschillen worden in de volgende weken groter. Skyson onder spectrum 2 zet vanaf W8 nog een inhaalbeweging in.

Over de teeltperiode heen tot en met 5 maart werden de hoogste producties gehaald onder spectrum 1. Daar waar spectrum 3 (95% R / 5% B) reeds twee jaar onvoldoende blijkt te zijn voor een productieve komkommerteelt, presteert het spectrum dit jaar wel goed. Dit spectrum hangt vanachter in de afdeling, waar het meer kans zou hebben op extra zonlicht en warmte. Dit lijkt het spectrum ten goede te komen. Voorgaande hypothese is op moment van schrijven slechts een aanname.

Het minst productieve full led spectrum lijkt spectrum 2 te zijn, al zijn de verschillen niet significant. Het verschil bij spectrum 1 en 3 met spectrum 2 wordt gemaakt door het aantal vruchten/m² en niet door het gemiddeld vruchtgewicht. Verder zijn de producties onder full led, op spectrum 2 HP na, significant verschillend van de producties onder SON-T. Dit verschil is gemaakt door een hoger aantal vruchten/m² onder full led, samen met een hoger gemiddeld vruchtgewicht.

Grote verschillen tussen beide rassen treden niet op. Skyson behaalde al snel een iets hogere productie. Hi Power bleef echter constant produceren en beende Skyson na verloop van tijd terug bij. Skyson haalt in vergelijking met Hi Power wel een iets hoger gemiddeld vruchtgewicht. Verder kennen beide rassen een gelijkaardige trend onder invloed van de diverse lichtspectra. Voor het onderzoek is dit een mooie waarneming, waardoor al voorzichtig besloten kan worden dat een bepaald lichtspectrum in grote lijnen onafhankelijk is van het type ras. Vermoedelijk kan het spectrum wel geoptimaliseerd worden voor een bepaald ras door een hoger of lager percentage blauw, groen, rood of verrood licht in het spectrum.



Interreg

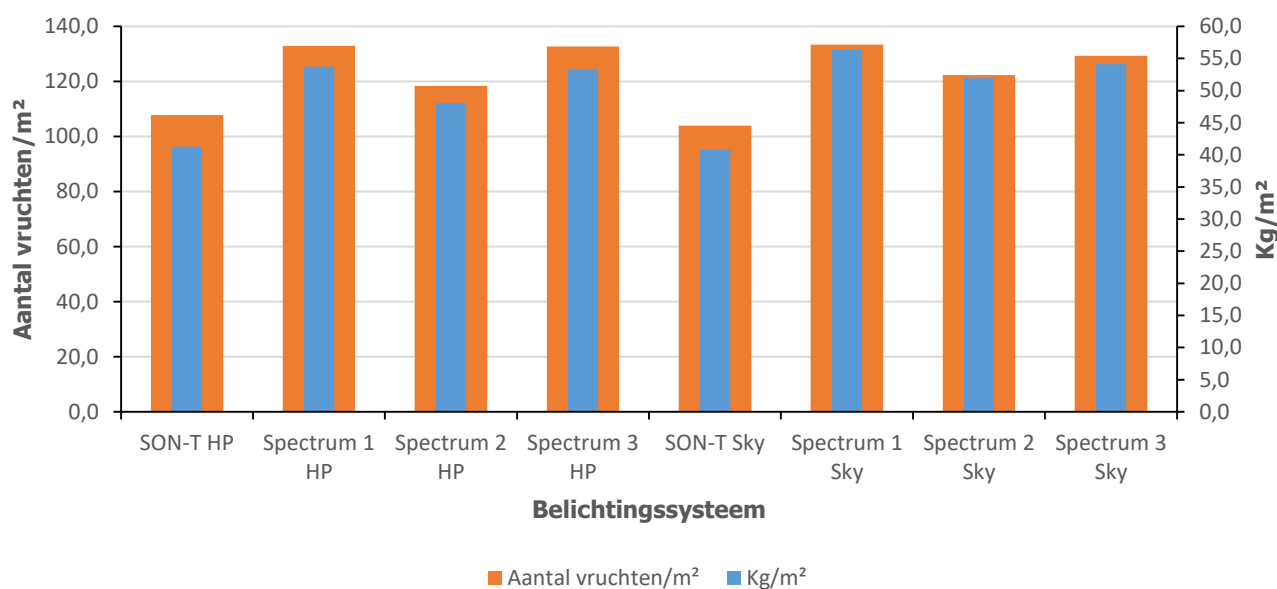


Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling



Tabel 19: Opbrengst in kg/m² en stuks/m² en vruchtgewicht in gram per ras per belichtingssysteem (SON-T/full led)

Object	Opbrengst Kg/m ²	Rel tov. SON-T HP %	Opbrengst Stuks/m ²	Rel tov. SON-T HP %	Vruchtgewicht g
SON-T HP	41,2 b	100	107,8 b	100	383 c
SON-T Sky	40,7 b	99	104,0 b	96	392 bc
Spectrum 1 HP	53,7 a	130	133,0 a	123	404 abc
Spectrum 1 Sky	56,3 a	137	133,3 a	124	423 ab
Spectrum 2 HP	48,1 ab	117	118,3 ab	110	407 abc
Spectrum 2 Sky	51,9 a	126	122,3 ab	113	425 a
Spectrum 3 HP	53,4 a	129	132,7 a	123	402 abc
Spectrum 3 Sky	54,1 a	131	129,4 a	120	418 ab



Figuur 23: Grafische weergave van de productie in kg/m² en in aantal vruchten/m² per ras per belichtingssysteem

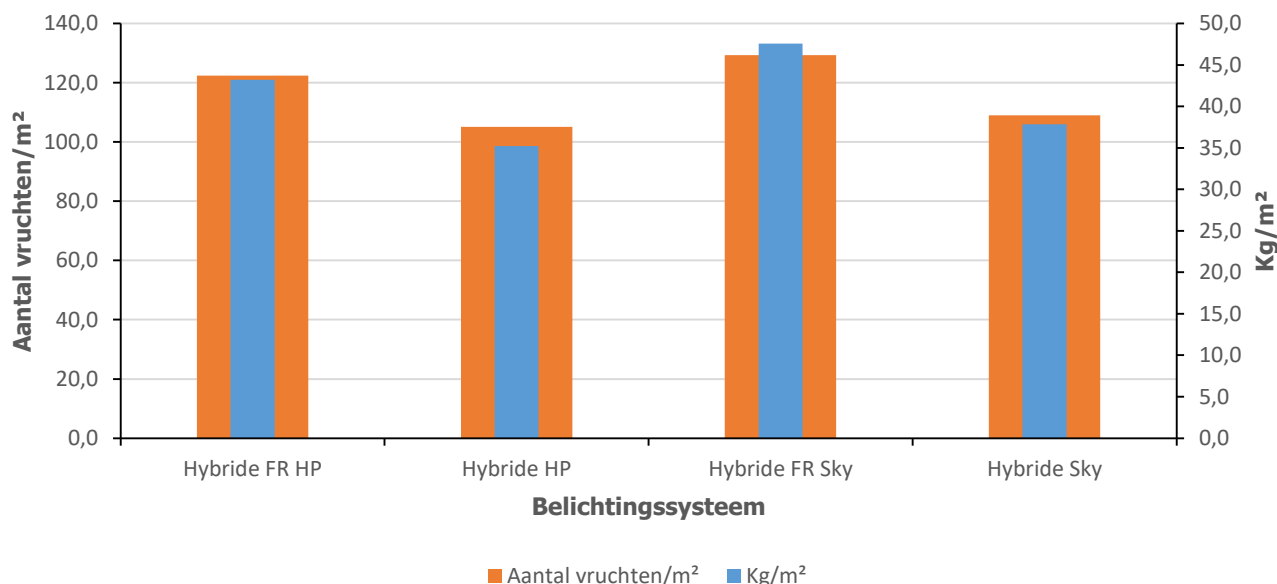
In tabel 20 worden de gemiddelde producties weergegeven van de hybridebelichtingssystemen, lopende tot 5 maart. De planten onder beide objecten kwamen tegelijkertijd in productie. Het object met verrood produceerde in W47 meer en zette meteen de toon voor het verdere productieverloop. De producties onder hybride FR bleven vanaf dan steeds voor op de producties onder hybride. Dit geldt zowel voor Hi Power als voor Skyson. De productie verschillen werden vooral gemaakt door een hoger aantal vruchten/m² bij het object met verrood maar ook deels door een hoger gemiddeld vruchtgewicht.

De hybrideproef stond in teken van opbrengstmaximalisatie. Hierdoor werd er gekozen voor een hogere lichtintensiteit en een hogere plantdensiteit bij start. Het gewas was van bij planting van mindere kwaliteit en lijkt dit zeer lang met zich mee te dragen, waardoor de planten het moeilijk hadden om een goede productie te behalen en te behouden. Dit onderzoek heeft ons dan ook aangetoond dat de start van een belichte komkommerteelt van uitermate belang is. Tijdens deze proef zijn we vooral vastgelopen op het vruchtgewicht. In de donkerste periode was het moeilijk om onder het object hybride 350 gram te snijden. De vruchten die beneden in het gewas hingen waren nog niet op gewicht, maar moesten toch geoogst worden om stapeling te voorkomen. De vruchten onder hybride FR groeiden iets sneller uit en haalden ook iets makkelijker 350 gram – nog steeds onvoldoende om een goede lichtefficiëntie te bekomen. Deze studie toont aan dat er meer gestuurd moet worden op klimaat en/of plantbalans om die extra toevoeging van licht om te zetten in producties.

Naarmate de natuurlijke straling toenam, nam ook het vruchtgewicht toe en werden hogere productiecijfers gerealiseerd.

Tabel 20: Producties in kg/m² en stuks/m² en vruchtgewicht per ras per hybridebelichtingssysteem

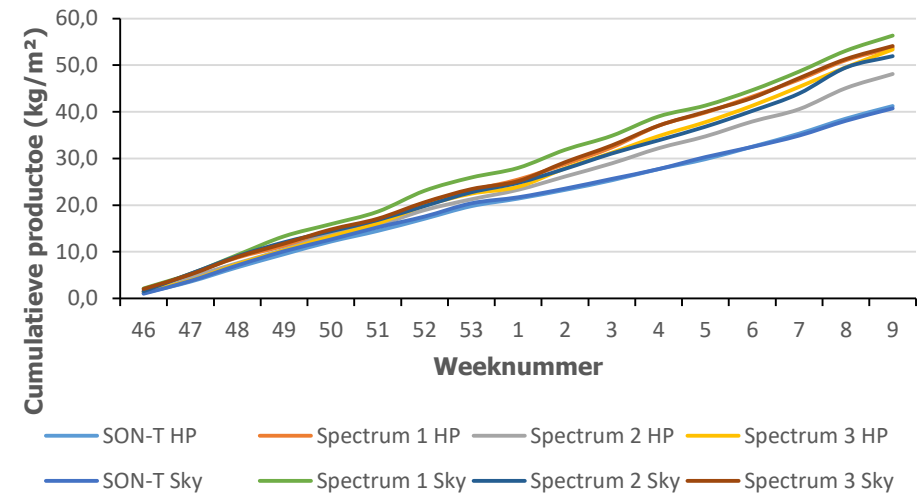
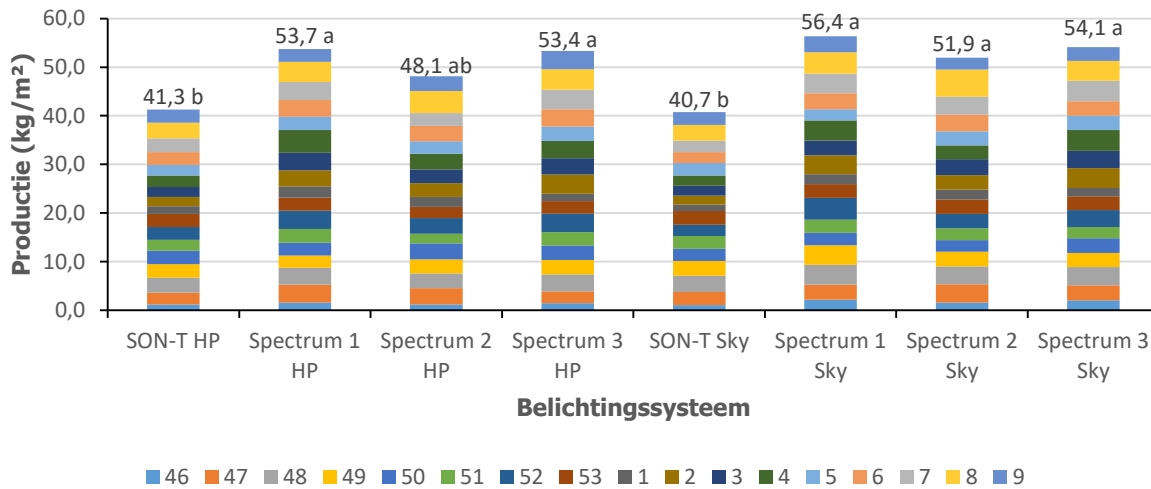
Object	Opbrengst Kg/m ²	Rel tov. Hybride HP %	Opbrengst Stuks/m ²	Rel tov. Hybride HP %	Vruchtgewicht g
Hybride HP	35,2 b	100	105,1 b	100	335 b
Hybride Sky	37,9 b	107	109,0 b	104	347 ab
Hybride FR HP	43,2 ab	123	122,4 ab	116	353 ab
Hybride FR Sky	47,6 a	137	129,3 a	123	367 a



Figuur 24: Grafische weergave van productie in kg/m² en in stuks/m² per ras per hybridebelichtingssysteem

Tabel 21: Gemiddelde productie in kg/m² per week per ras per belichtingssysteem (SON-T/full led)

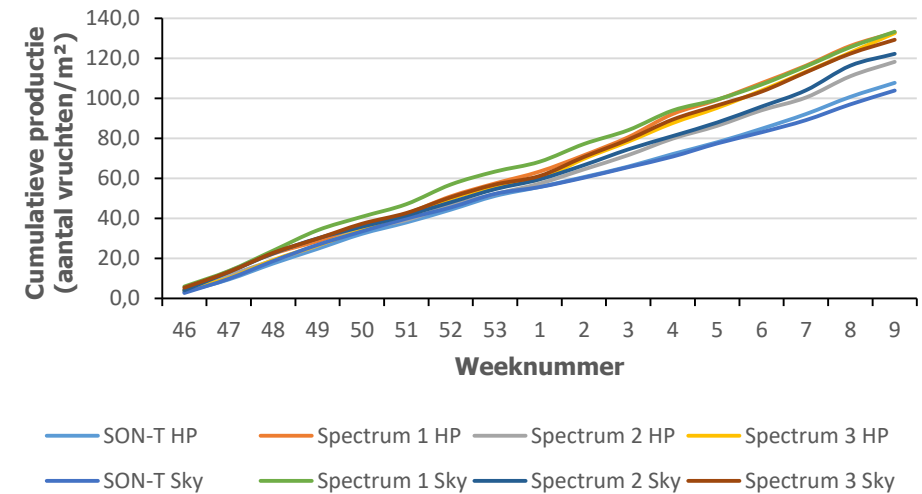
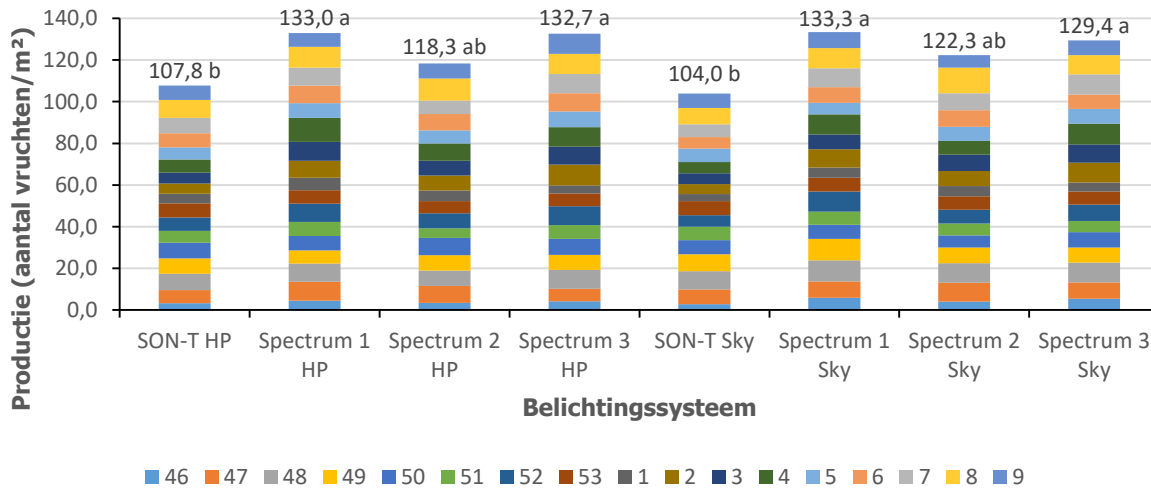
Object	Week																
	46	47	48	49	50	51	52	53*	1	2	3*	4	5	6*	7	8*	9
SON-T HP	1,2 a	2,4 a	3,1 a	2,8 a	2,7 a	2,3 a	2,6 a	2,7 a	1,6 a	1,9 a	2,1 a	2,4 bc	2,1 a	2,7 a	2,8 ab	3,2 a	2,7 ab
SON-T SKY	1,0 a	2,7 a	3,3 a	3,0 a	2,5 a	2,6 a	2,3 a	2,8 a	1,3 a	1,9 a	2,1 a	2,1 c	2,6 a	2,2 a	2,4 b	3,2 a	2,7 ab
Spectrum 1 HP	1,5 a	3,7 a	3,5 a	2,5 a	2,7 a	2,8 a	3,8 a	2,7 a	2,3 a	3,3 a	3,6 a	4,7 a	2,8 a	3,4 a	3,7 ab	4,2 a	2,7 ab
Spectrum 1 Sky	2,1 a	3,1 a	4,1 a	4,0 a	2,6 a	2,7 a	4,5 a	2,8 a	2,1 a	3,9 a	3,0 a	4,2 ab	2,3 a	3,3 a	4,0 ab	4,5 a	3,3 ab
Spectrum 2 HP	1,2 a	3,3 a	3,1 a	2,9 a	3,3 a	2,0 a	3,2 a	2,3 a	2,0 a	2,8 a	2,8 a	3,2 abc	2,5 a	3,2 a	2,7 ab	4,5 a	3,0 ab
Spectrum 2 Sky	1,6 a	3,7 a	3,7 a	3,0 a	2,4 a	2,4 a	3,0 a	3,0 a	2,0 a	3,0 a	3,3 a	2,8 abc	2,9 a	3,4 a	3,7 ab	5,6 a	2,5 b
Spectrum 3 HP	1,5 a	2,4 a	3,5 a	2,9 a	3,0 a	2,8 a	3,8 a	2,6 a	1,5 a	4,0 a	3,4 a	3,6 abc	3,0 a	3,5 a	4,0 a	4,2 a	3,8 a
Spectrum 3 Sky	2,0 a	3,1 a	3,8 a	2,9 a	3,0 a	2,3 a	3,5 a	2,8 a	1,7 a	4,0 a	3,6 a	4,2 ab	3,0 a	3,0 a	4,2 a	4,1 a	2,8 ab



Figuur 25: Grafische weergave van cumulatieve productie in kg/m² per week per ras per belichtingssysteem (SON-T/full led)

Tabel 22: Gemiddelde productie in aantal vruchten/m² per week per ras per belichtingssysteem (SON-T/full led)

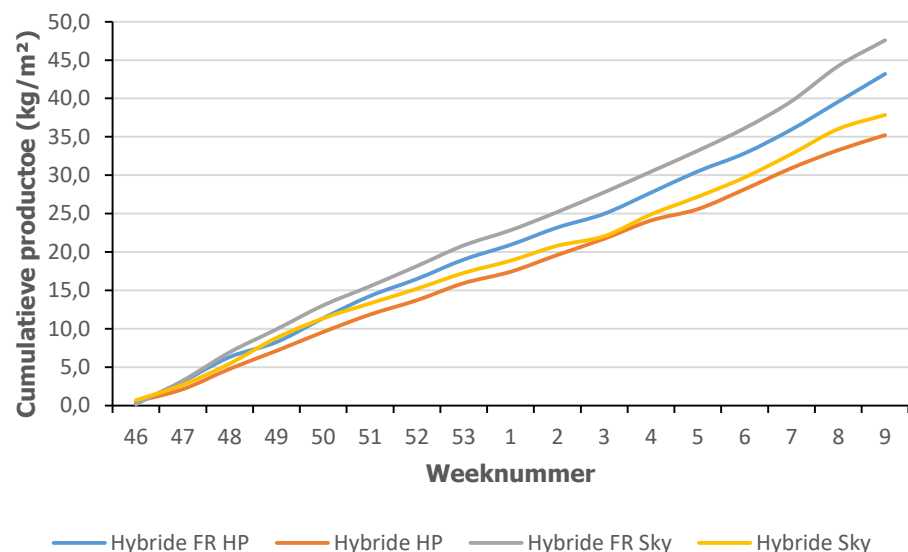
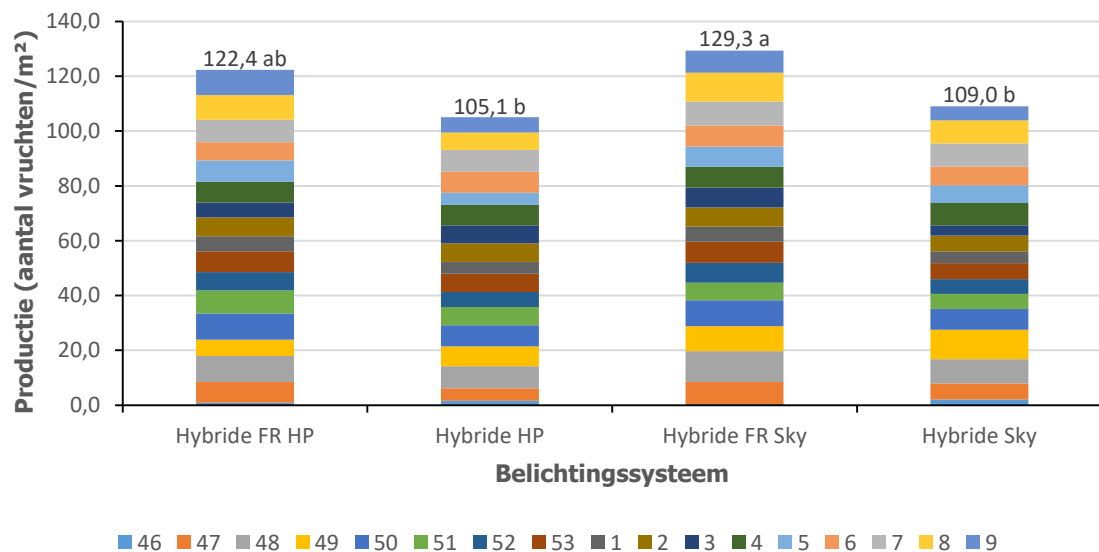
Object	Week																
	46*	47*	48*	49	50	51*	52	53*	1	2	3	4*	5*	6*	7*	8*	9*
SON-T HP	3,3 a	6,2 a	8,0 a	7,3 a	7,5 a	5,7 a	6,4 a	6,9 a	4,5 a	5,0 b	5,3 a	6,3 ab	5,9 a	6,8 ab	7,3 a	8,6 a	7,0 a
SON-T SKY	2,7 a	7,1 a	8,9 a	8,1 a	6,7 a	6,4 a	5,6 a	6,8 a	3,4 a	4,7 b	5,3 a	5,3 b	6,6 a	5,6 b	6,1 a	7,9 a	6,9 a
Spectrum 1 HP	4,4 a	9,1 a	8,8 a	6,3 a	6,9 a	6,8 a	8,7 a	6,5 a	5,9 a	8,2 ab	9,1 a	11,6 a	7,0 a	8,4 a	8,7 a	9,9 a	6,7 a
Spectrum 1 Sky	5,9 a	7,8 a	10,2 a	10,2 a	6,8 a	6,3 a	9,8 a	6,5 a	4,9 a	8,9 ab	6,9 a	9,8 ab	5,5 a	7,5 ab	9,1 a	9,6 a	7,7 a
Spectrum 2 HP	3,3 a	8,2 a	7,5 a	7,3 a	8,3 a	4,5 a	7,3 a	5,7 a	5,2 a	7,1 ab	7,1 a	8,2 ab	6,4 a	7,8 ab	6,4 a	10,7 a	7,2 a
Spectrum 2 Sky	4,1 a	9,1 a	9,4 a	7,5 a	5,8 a	5,7 a	6,6 a	6,6 a	4,9 a	7,1 ab	7,9 a	6,7 ab	6,8 a	8,0 ab	8,2 a	12,3 a	5,9 a
Spectrum 3 HP	4,2 a	6,0 a	9,0 a	7,3 a	7,7 a	6,6 a	9,1 a	6,2 a	3,7 a	10,1 a	8,6 a	9,3 ab	7,6 a	8,7 a	9,4 a	9,6 a	9,7 a
Spectrum 3 Sky	5,4 a	7,9 a	9,5 a	7,1 a	7,4 a	5,4 a	7,9 a	6,4 a	4,3 a	9,5 ab	8,7 a	10,0 ab	7,0 a	6,9 ab	9,6 a	9,4 a	6,9 a



Figuur 26: Grafische weergave van cumulatieve productie in aantal vruchten/m² per week per ras per belichtingssysteem (SON-T/full led)

Tabel 23: Gemiddelde productie in kg/m² per week per ras per hybridebelichtingssysteem

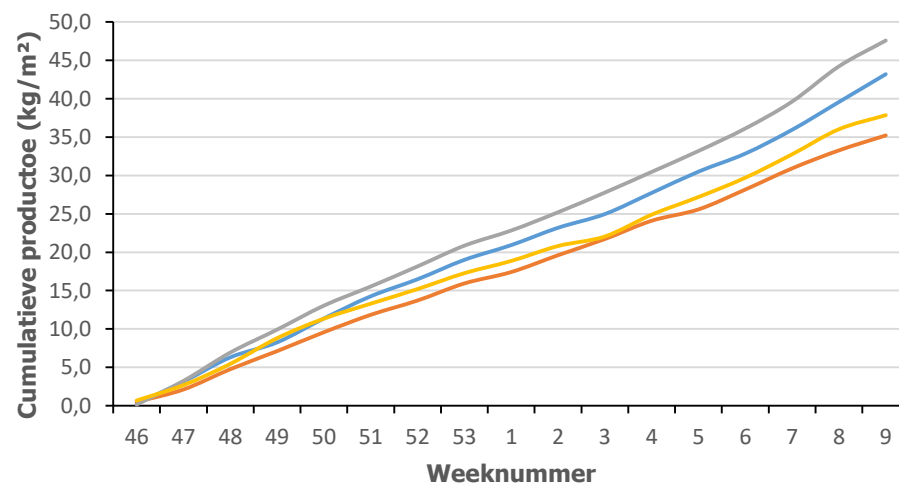
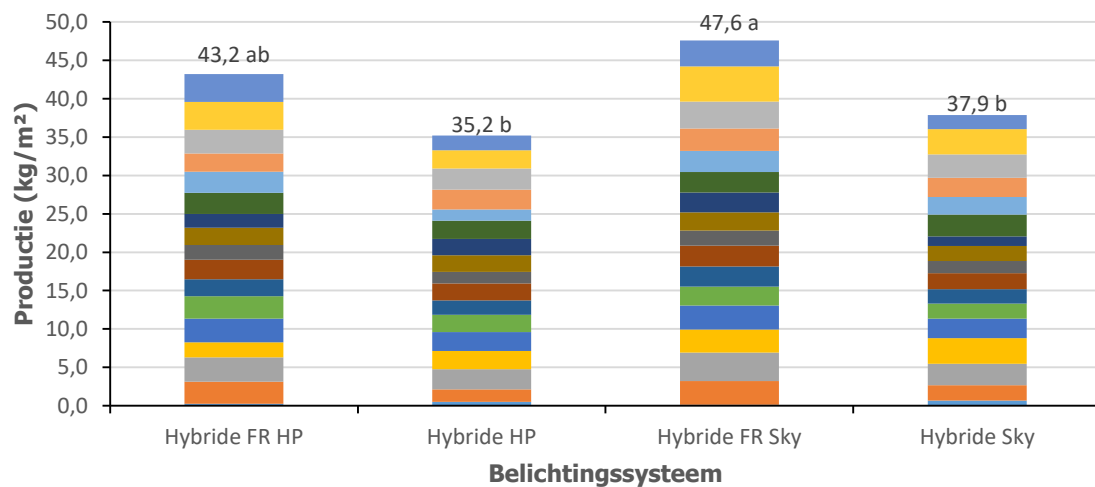
Object \ Week	46*	47	48	49*	50	51	52	53	1	2	3	4	5*	6	7	8	9
Hybride FR HP	0,5 a	2,9 a	3,2 ab	2,0 b	3,1 a	2,9 a	2,2 a	2,5 a	1,9 a	2,3 a	1,8 ab	2,8 a	2,8 ab	2,4 a	3,1 a	3,6 ab	3,6 a
Hybride FR Sky	0,3 a	3,1 a	3,7 a	3,0 ab	3,1 a	2,5 a	2,6 a	2,7 a	2,0 a	2,4 a	2,6 a	2,7 a	2,7 a	2,9 a	3,5 a	4,6 a	3,4 a
Hybride HP	0,5 a	1,6 b	2,6 b	2,4 ab	2,5 a	2,3 a	1,9 a	2,2 a	1,5 a	2,2 a	2,1 ab	2,4 a	1,5 b	2,6 a	2,8 a	2,4 b	2,0 a
Hybride Sky	0,7 a	2 ab	2,8 b	3,4 a	2,6 a	2,0 a	1,9 a	2,1 a	1,6 a	2,0 a	1,2 b	2,8 a	2,3 ab	2,5 a	3,1 a	3,3 ab	1,8 a



Figuur 27: Grafische weergave van de cumulatieve productie in kg/m² per week per ras per hybridebelichtingssysteem

Tabel 24: Gemiddelde productie in aantal vruchten/m² per week per ras per hybridebelichtingssysteem

Object \ Week	46*	47	48*	49*	50*	51	52	53	1	2	3	4*	5	6	7	8	9
Hybride FR HP	1,7 a	7,6 ab	9,4 ab	6,0 b	9,6 a	8,3 a	6,7 a	7,6 a	5,5 a	6,9 a	5,4 ab	7,6 a	7,9 a	6,6 a	8,2 a	9,0 ab	9,2 a
Hybride FR Sky	0,9 a	8,1 a	11,2 a	9,1 ab	9,4 a	6,5 a	7,2 a	7,7 a	5,5 a	7,0 a	7,2 a	7,6 a	7,4 a	7,8 a	8,7 a	10,6 a	8,0 ab
Hybride HP	1,6 a	4,6 b	8,0 b	7,3 b	7,7 a	6,6 a	5,5 a	6,7 a	4,3 a	6,8 a	6,5 ab	7,5 a	4,5 b	7,6 a	7,9 a	6,4 b	5,6 ab
Hybride Sky	2,1 a	5,9 ab	8,8 ab	10,8 a	7,6 a	5,4 a	5,4 a	5,8 a	4,4 a	5,7 a	3,7 b	8,2 a	6,4 ab	7,0 a	8,3 a	8,4 ab	5,1 b



Figuur 28: Grafische weergave van de cumulatieve productie in aantal vruchten/m² per week per ras per hybridebelichtingssysteem

3.2 Vruchtgewicht

Bij het sorteren van de vruchten werd telkens het vruchtgewicht geregistreerd. Tussen de drie full led spectra zijn geen duidelijke verschillen of bepaalde trends waarneembaar. Het gemiddeld vruchtgewicht ligt voor de vruchten onder full led rond 400 gram. In een aantal weken ligt het vruchtgewicht zelfs ruim boven 430 gram. Dit is deels te verklaren door warmere perioden met zonniger weer alsook doordat er in het weekend niet geoogst wordt waardoor de komkommers van maandag iets zwaarder wegen dan gewenst.

Het gewenst gemiddeld vruchtgewicht van 400 gram wordt eerder gehaald onder full led dan onder SON-T. De vruchten onder SON-T situeren zich rond 380-390 gram gemiddeld. Daarnaast wordt ook opgemerkt dat Skyson een hoger gemiddeld vruchtgewicht behaalt dan Hi Power.

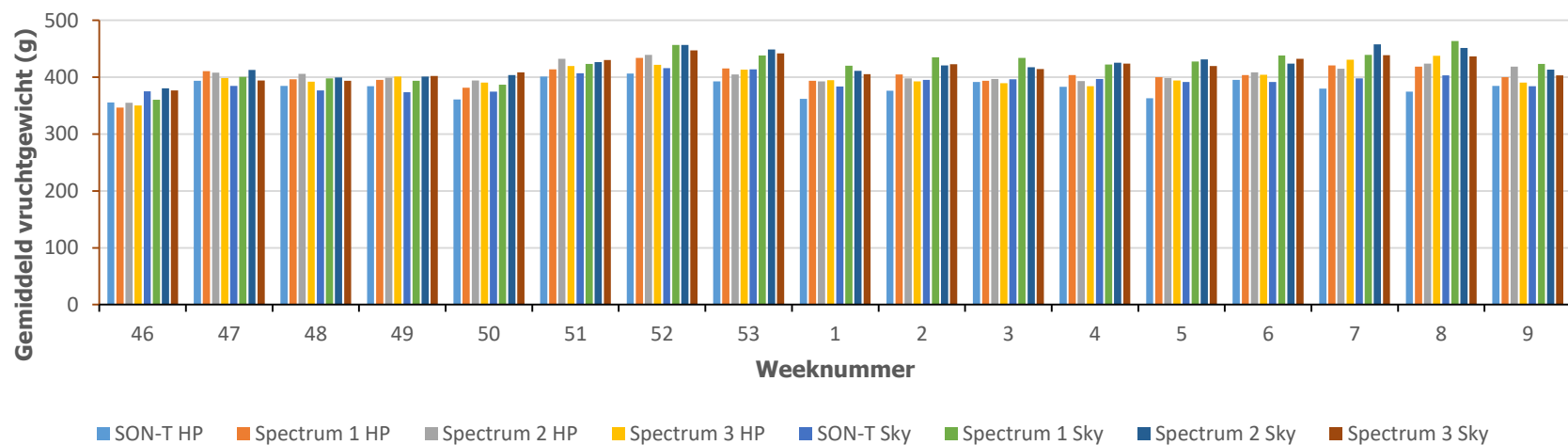
In de hybrideproef komt het effect van verrood wel tot uiting in een zwaarder vruchtgewicht. De vruchten onder verrood zijn ongeveer 10 gram zwaarder dan deze zonder verrood. De vruchten groeiden ook iets sneller uit onder het object met verrood.

In de donkerste periode was het moeilijk om hier het vruchtgewicht op peil te houden. Om stapeling te voorkomen, moesten we regelmatig lichter oogsten dan gewenst. In de laatste weken, wanneer de natuurlijke instraling toeneemt, neemt ook het vruchtgewicht toe en worden mooie producties gerealiseerd. Aan het eind van de proef zal dan ook het gemiddeld vruchtgewicht toenemen ten opzichte van de nu neergeschreven data.

Net zoals in de full led en SON-T ligt ook in deze proef het gemiddeld vruchtgewicht van Skyson iets hoger tegenover Hi Power.

Tabel 25: Gemiddeld vruchtgewicht in gram per week per ras per belichtingssysteem (SON-T/full led)

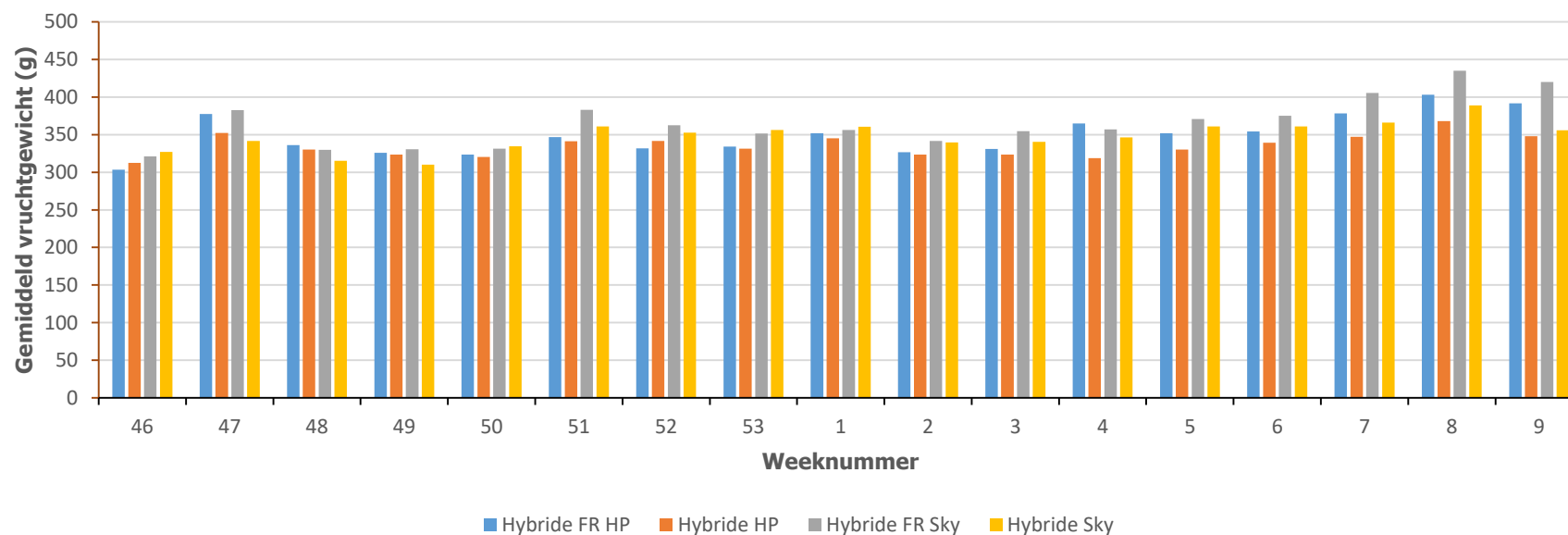
Object	Week																
	46*	47	48	49*	50	51	52	53	1	2*	3	4	5	6	7	8*	9*
SON-T HP	357 a	394 a	385 a	384 a	361 b	399 a	405 c	392 b	365 b	375 b	390 b	382 b	360 b	396 a	379 c	376 b	386 a
SON-T SKY	379 a	384 a	377 a	374 a	374 ab	407 a	417 bc	414 ab	384 ab	395 ab	395 ab	397 ab	392 ab	391 a	396 bc	401 ab	384 a
Spectrum 1 HP	350 a	410 a	397 a	396 a	382 ab	414 a	433 abc	415 ab	391 ab	405 ab	394 ab	405 ab	400 ab	404 a	420 abc	419 ab	400 a
Spectrum 1 Sky	361 a	399 a	398 a	392 a	387 ab	423 a	455 ab	438 a	420 a	436 a	432 a	422 ab	429 a	438 a	441 ab	464 a	424 a
Spectrum 2 HP	355 a	408 a	404 a	400 a	394 ab	433 a	440 abc	406 ab	397 ab	397 ab	403 ab	394 ab	398 ab	410 a	415 abc	425 ab	419 a
Spectrum 2 Sky	381 a	415 a	400 a	403 a	403 a	426 a	456 a	449 a	412 a	421 ab	419 ab	425 a	432 a	424 a	462 a	452 a	414 a
Spectrum 3 HP	351 a	400 a	392 a	400 a	391 ab	419 a	422 abc	414 ab	394 ab	390 ab	389 b	385 ab	393 ab	405 a	431 ab	437 ab	393 a
Spectrum 3 Sky	377 a	396 a	392 a	401 a	409 a	432 a	446 ab	441 a	404 a	421 ab	414 ab	423 ab	420 a	432 a	440 ab	443 ab	404 a



Figuur 29: Grafische weergave van het gemiddeld vruchtgewicht in gram per week per ras per belichtingssysteem (SON-T/full led)

Tabel 26: Gemiddeld vruchtgewicht in gram per week per ras per hybridebelichtingssysteem

Object	Week 46*	47	48	49*	50	51*	52	53	1	2	3	4*	5	6*	7*	8	9
Hybride FR HP	300 a	377 a	336 a	325 a	323 a	347 ab	331 b	336 a	351 a	326 a	329 a	360 a	351 a	355 a	376 ab	407 ab	391 ab
Hybride FR Sky	315 a	382 a	330 a	330 a	331 a	385 a	362 a	352 a	355 a	342 a	352 a	357 a	370 a	374 a	404 a	433 a	415 a
Hybride HP	322 a	352 b	330 a	323 a	320 a	339 b	342 ab	334 a	345 a	325 a	320 a	318 a	328 a	339 a	347 b	367 b	340 b
Hybride Sky	325 a	343 b	315 a	310 a	334 a	361 ab	352 ab	357 a	361 a	338 a	341 a	347 a	360 a	359 a	366 ab	389 ab	355 b



Figuur 30: Grafische weergave van het gemiddeld vruchtgewicht in gram per week per ras per hybridebelichtingssysteem

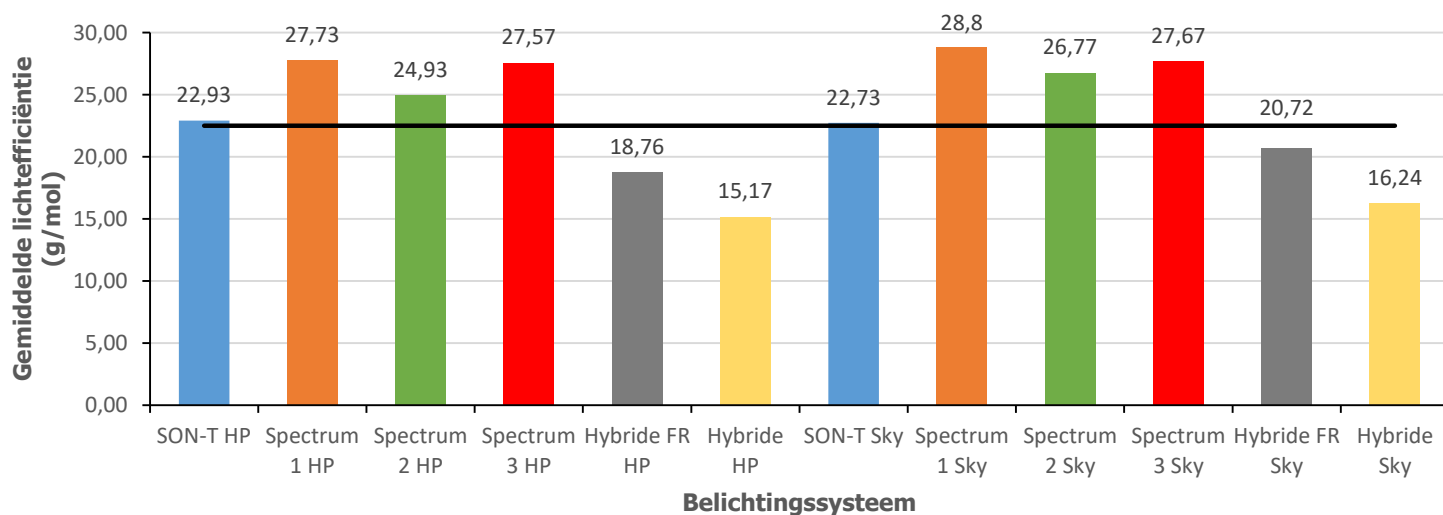
4. Lichtefficiëntie

Door het berekenen van de lichtefficiëntie, zijn we in staat om lichtspectra die verschillen in lichtintensiteit met elkaar te kunnen vergelijken. Lichtefficiëntie in g/mol wordt berekend door de totale opbrengst van een periode te delen door de som van kunstmatig licht en natuurlijk licht over diezelfde periode. De efficiëntietarget werd ingesteld op 22,5 g/mol. Dit is de referentie om een systeem te testen op zijn efficiëntie. De gemiddelde lichtefficiëntie van de geteste objecten werden berekend vanaf week 47, aangezien er vanaf dan volwaardige producties behaald werden, tot en met week 9. Over de teeltperiode tot 5 maart bleek spectrum 1 de hoogste efficiëntie te behalen, zowel voor Hi Power als voor Skyson, op de voet gevolgd door spectrum 3. Ook spectrum 2 behaalt over deze periode ruimschoots de efficiëntietarget. De efficiëntie van SON-T kende meer schommelingen maar blijkt tot nu juist voldoende te zijn om zijn target te halen. De efficiëntie van de hybrideobjecten liggen ruim onder 22,5 g/mol. Dit was enigszins te verwachten doordat de producties reeds onder de verwachtingen lagen.

Algemeen werd tot dusver een hoge lichtefficiëntie gehaald onder de full led systemen. Ook SON-T behaalde zijn efficiëntietarget over deze periode. Wanneer de natuurlijk instraling gaat toenemen, zal het moeilijker worden om het target te behouden. Om dit toch zo lang mogelijk vol te houden, wordt de mogelijkheid bekeken om setjes aan te houden.

De hybride objecten behaalden tot dusver geen goede lichtefficiëntie.

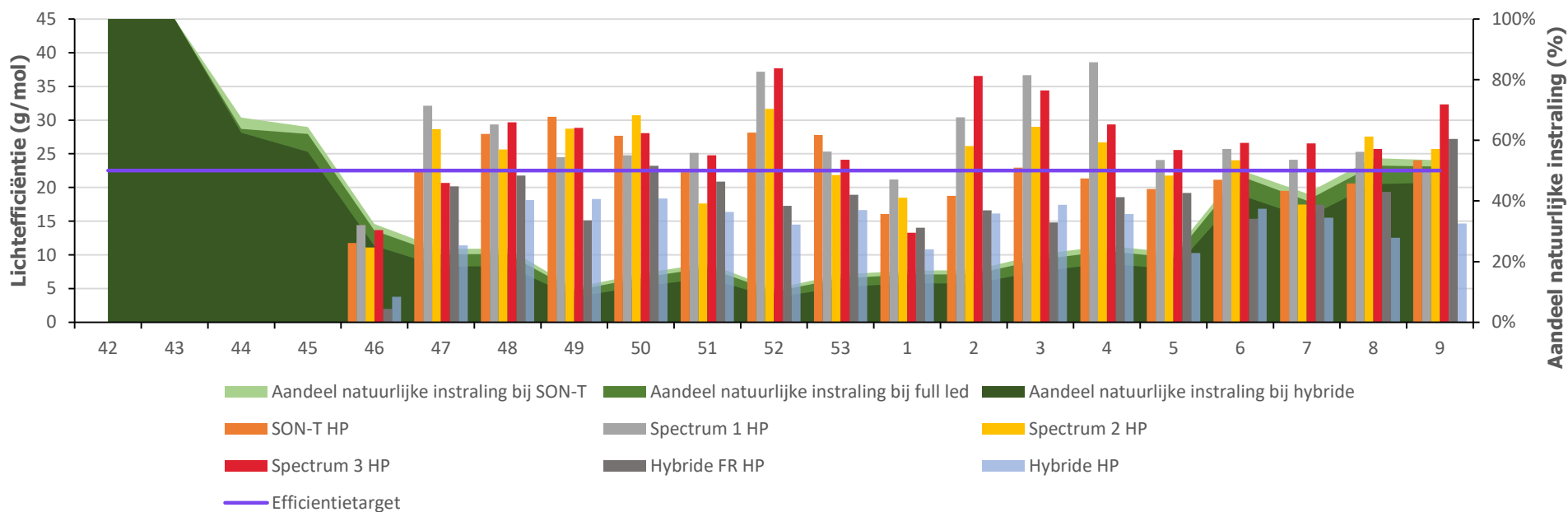
Bij het uitrekenen van de lichtefficiëntie moeten nog twee opmerkingen geplaatst worden. De natuurlijke instraling werd ingeschat op 70% lichttransmissie. Tijdens de wintermaanden is dit een overschatting, maar werkelijke cijfers zijn niet voorhanden. Daarnaast wordt bij SON-T het verrood licht niet meegeteld in de totale lichtsom. Dit is wel het geval voor de full led- en de hybridesystemen, om een eerlijke weergave van de lichtinput te kunnen maken.



Figuur 31: Grafische weergave van gemiddelde lichtefficiëntie in g/mol per ras per belichtingssysteem. Het efficiëntietarget is ingesteld op 22,5 g/mol

Tabel 27: Gemiddelde lichtefficiëntie in g/mol voor Hi Power per week per belichtingssysteem

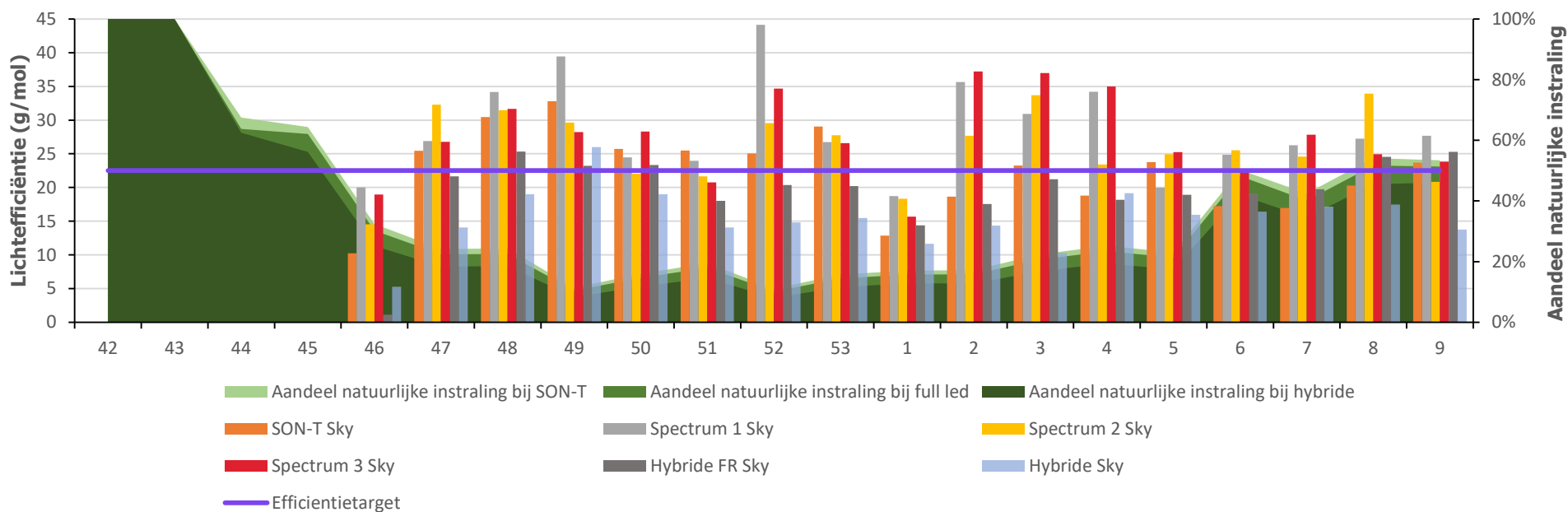
Object \ Week	46	47	48	49	50	51	52	53	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SON-T HP	11,75	22,76	27,95	30,47	27,68	22,28	28,15	27,78	16,04	18,74	22,95	21,35	19,76	21,14	19,50	20,61	24,05
Spectrum 1 HP	14,42	32,12	29,37	24,49	24,77	25,12	37,18	25,34	21,20	30,41	36,66	38,57	24,07	25,74	24,12	25,30	22,70
Spectrum 2 HP	11,08	28,66	25,66	28,71	30,72	17,62	31,65	21,86	18,49	26,16	29,01	26,72	21,75	24,03	17,46	27,55	25,73
Spectrum 3 HP	13,67	20,67	29,65	28,85	28,07	24,78	37,67	24,14	13,28	36,54	34,39	29,36	25,58	26,61	26,54	25,72	32,32
Hybride FR HP	1,99	20,17	21,77	15,14	23,24	20,87	17,28	18,90	14,02	16,62	14,80	18,57	19,20	15,35	17,45	19,36	27,22
Hybride HP	3,78	11,43	18,14	18,29	18,36	16,36	14,51	16,65	10,81	16,16	17,44	16,07	10,27	16,85	15,50	12,56	14,64



Figuur 32: Gemiddelde lichtefficiëntie in g/mol voor Hi Power per week per belichtingssysteem. Het efficiëntietarget werd ingesteld op 22,5 g/mol

Tabel 28: Gemiddelde lichtefficiëntie in g/mol voor Skyson per week per belichtingssysteem

Object \ Week	46	47	48	49	50	51	52	53	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SON-T Sky	10,23	25,44	30,43	32,80	25,72	25,49	25,06	29,06	12,85	18,65	23,26	18,81	23,77	17,24	16,96	20,30	23,68
Spectrum 1 Sky	20,02	26,88	34,16	39,44	24,47	23,95	44,13	26,72	18,73	35,66	30,93	34,22	19,98	24,86	26,25	27,23	27,68
Spectrum 2 Sky	14,53	32,28	31,48	29,61	22,04	21,64	29,56	27,76	18,32	27,68	33,70	23,40	24,93	25,51	24,58	33,93	20,84
Spectrum 3 Sky	18,96	26,76	31,65	28,20	28,29	20,75	34,65	26,57	15,67	37,20	36,99	34,97	25,25	22,69	27,82	24,93	23,84
Hybride FR Sky	1,13	21,67	25,34	23,22	23,32	18,00	20,35	20,22	14,37	17,54	21,21	18,16	18,90	19,11	19,74	24,53	25,28
Hybride Sky	5,28	14,05	19,00	25,99	19,00	14,08	14,80	15,46	11,63	14,34	10,28	19,14	15,96	16,40	17,16	17,46	13,75



Figuur 33: Gemiddelde lichtefficiëntie in g/mol voor Skyson per week per belichtingssysteem. Het efficiëntietarget werd ingesteld op 22,5 g/mol



Conclusie

Op basis van de resultaten uit de studie 'GLITCH project 2019-2020', werd dit jaar verder onderzoek gedaan naar de dosering van verrood in een lightspectrum geschikt voor een hogedraad komkommerteelt. Deze proef testte het aandeel van 12%, 6% en 0% verrood op twee morfologische verschillende rassen, Hi Power en Skyson, met een totale lichtintensiteit van 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$.

Daarnaast werd een proef uitgevoerd met een hybridebelichtingssysteem waarbij de nadruk werd gelegd op opbrengstmaximalisatie. Hiervoor werd de lichtintensiteit verhoogd naar 260 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ en werd aan een hogere plantdensiteit geplant, namelijk 3,125 planten/ m^2 . Bovendien liet dit onderzoek toe om twee lightspectra met elkaar te vergelijken, één lightspectrum met 4% verrood in de ledlampen en één lightspectrum zonder extra 'led'-verrood. Ook deze proef werd gedaan op twee morfologisch verschillende rassen, Hi Power en Skyson, met de bedoeling om de invloed van het spectrum op beide rassen te vergelijken.

Plantkwaliteit

De plantgroei onder de belichtingsystemen met verrood en zonder verrood waren zeer verschillend. Onder verrood toonden de planten zich natuurlijker met een open gewasstand, waarbij voornamelijk de langere bladstelen en de meer horizontale gestrekte bladeren naar voren kwamen. De kop van de planten stonden onder verrood sterker, wat zich vertaalde in een gezonde groeikracht. Onder full led zonder verrood werd een gesloten gewas bekomen, waarbij de het blad erg gekrompen stond en zich naar beneden dichttrok. Het bladoppervlak bleek onder full led met verrood ook groter te zijn. Het grotere blad, samen met de bladstand zorgde dan ook voor een betere lichtonderschepping onder de objecten met verrood.

De gewasstand onder hybride leunde dicht aan bij deze onder SON-T. Toch werden kleine visuele verschillen aangetroffen bij de planten met verrood in het hybridebelichtingssysteem tegenover de planten onder het hybride object zonder verrood. Het gewas stond net iets meer open, de bladeren waren meer gestrekt en de bladstelen waren iets langer.

Hi Power en Skyson zijn van nature twee totaal morfologisch verschillende rassen. Om te kijken of het effect van verrood niet rasafhankelijk is, werden beide rassen onder elk te testen lichtobject geplant. Na deze proef kunnen we stellen dat elke visuele waarneming werd teruggevonden op zowel Hi Power als Skyson. Het verrood effect lijkt dan ook niet rasafhankelijk te werken.

Full led telen een feit

Tijdens het eerste projectjaar van GLITCH werden moeilijkheden gevonden inzake temperatuur en vochtthuishouding bij een full led teelt. Ook bleek al snel een goede plantopvolging essentieel te zijn voor het behalen van een goede, rendabele productie. Het tweede jaar werden spectrumproeven aangelegd, waarbij voornamelijk verrood het meeste potentieel liet zien.

Dit jaar werd de focus meer gelegd op verrood dosering in het spectrum. Onder invloed van verrood lijken vruchten sneller uit te groeien tot een oogstbare vrucht. Ook werd onder full led het gewenste oogsgewicht van 400 gram makkelijk behaald in de donkerste periode. Het spectrum met 12% verrood zorgde op een zelfde tijd voor meer uitgegroeide vruchten ten opzichte van het spectrum met 6% verrood en behaalde uiteindelijk ook een hogere productie. Hierdoor lijkt 12% verrood meer optimaal te werken in een belichte komkommerteelt. Verder onderzoek moet uitwijzen of het percentage verrood zijn plafond heeft bereikt of nog hoger kan liggen in een full led komkommerteelt. Deze studie toont echter wel aan dat een toevoeging van verrood licht aan het led-spectrum onmisbaar lijkt om hogere producties te bekomen zodanig dat een full led komkommerteelt haalbaar en voldoende rendabel wordt. Waar het rood-blauwe spectrum van led zonder verrood de twee vorige projectjaren onvoldoende was, presteert het dit jaar wel goed, ondanks dat dezelfde plantarchitectuur aanwezig was.



Daarnaast bevonden de planten zich helemaal achteraan de afdeling, wat doorheen de jaren toch als een meer optimale locatie wordt aanzien. Met deze resultaten moet dus voorzichtig worden omgesprongen zodat geen voorbarige conclusies genomen worden. Een herhaling van deze proef, waarbij de objecten op een andere locatie worden geplant lijkt dan ook noodzakelijk te zijn om bepaalde zaken uit te sluiten.

De vruchten onder led bleken van een goede kwaliteit te zijn en hadden bovendien een betere houdbaarheid. Hierdoor kan tijdens de wintermaanden een onder led geteelde komkommer de concurrentie aangaan met geïmporteerde vruchten. Ook voor de winkelketens is dit een belangrijk gegeven in strijd tegen de klimaatveranderingen.

Snelheid maken bij intensieve hybrideteelt

Het hybridebelichtingssysteem stond dit projectjaar in teken van opbrengstmaximalisatie. In dit onderzoek hebben we vooral geleerd dat de start van een belichte komkommerteelt van enorm belang is, aangezien de plant de kwaliteit van de start lang met zich meedraagt. Door aan een hogere plantensiteit te planten, werd een groter bladerdek bekomen wat de lichtverstrooiing tussen het gewas bemoeilijkte. Hierdoor kon het onderste vruchtbehang onvoldoende uitgroeien zodat er lichter geoogst moest worden. Bij het toenemende natuurlijk licht merken we dat er meer licht door de bladeren dringt en zo ook meer vruchten uitgroeien tot 400 grammars. Tijdens de teelt werd regelmatig een kopblaadje weggenomen om een betere lichtverstrooiing te induceren. Dit bleek echter niet voldoende, waardoor we voorzichtig kunnen concluderen dat een plantensiteit van maximum 2,5 planten/m² meer optimaal is voor een belichte komkommerteelt. Bij het planten aan een lagere plantensiteit zouden dan wel weer setjes kunnen worden aangehouden om het extra licht toch nog om te zetten in extra productie. Daarnaast lijkt het telen onder hogere lichtintensiteiten niet '1+1' te zijn, maar is een andere teeltsturing vereist. De groeibuis bij het onderste vruchtbehang mag iets warmer gestookt worden, zodat de vruchten sneller hun gewenst gewicht bereiken en er voldoende snelheid in de teelt gehouden kan worden. Dit zal verder getest moeten worden in een volgende proef.

Algemeen kan gesteld worden dat verrood licht de missing link lijkt te zijn in een full led lichtspectrum om een voldoende rendabele winterteelt te realiseren. In de voorbije drie projectjaren werd ook aangetoond dat een full led komkommerteelt haalbaar lijkt te zijn, maar dat een geïntegreerde aanpak essentieel is, waarbij de opstart, plantbalans en vochthuishouding van significant belang zijn.



Interreg



Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling



Bronnen

Jones, M. A. (2018). Using light to improve commercial value. *Horticulture research*, 5, 47. <https://doi.org/10.1038/s41438-018-0049-7>

Kang, W., Kim, J., & Son, J. E. (2019). Growth and Photomorphogenesis of Cucumber Plants under Artificial Solar and High Pressure Sodium Lamp with Additional Far-red Light. *Protected horticulture and Plant Factory*, 28(1), 86-93. <https://doi.org/10.12791/KSBEC.2019.28.1.86>