



Alstroemeria en haar lichtcriteria

Een onderzoek ter ondersteuning van de keuze van een geschikt spectrum van de LED-belichting

Nieves García Victoria

Rapport WPR-1083

Referaat

Met als doel energiebesparing door bredere implementatie van LED belichting bij Alstroemeria, is tussen september 2019 en juli 2021 bij WUR Glastuinbouw in Bleiswijk onderzoek gedaan met vier verschillende LED belichting spectra bij vier Alstroemeria rassen. Toegepaste lichtintensiteit was 190 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ PAR. De gebruikte spectra waren: HR, met relatief meer rood (9%Blauw, 6%Groen, 85%Rood) en HBW met relatief meer blauw en wit (=groen) (13%Blauw, 15%Groen, 72%Rood); aan beide was of geen FR of 14% FR (ver rood licht) toegevoegd: HR/FR en HBW/FR. Gelet op effecten op productie, kwaliteit, morfologie van het gewas in de kas en overleving natuurlijke vijanden leidden drie van de vier gebruikte spectra tot goede resultaten bij Alstroemeria. Het spectrum HBW had een 7% lagere lichtbenuttingsefficiëntie en in de winter een iets langere uitgroeiduur. De behandelingen met toegevoegd FR hadden een positieve invloed tijdens de weggroei en op de generativiteit. De vier rassen verschillen onderling in vele opzichten en reageren enigszins verschillend op de spectra in de winter. Zowel HR/FR als HBW/FR zouden een goede keus zijn; bij de laatste is het gewas als bij daglicht te zien.

Abstract

Wider implementation of LED is crucial for energy saving in the cultivation of Alstroemeria. Four different LED spectra were evaluated for 4 Alstroemeria varieties cultivated in water-cooled substrate trays (coco peat). The research took place from September 2019 to July 2021 at Wageningen UR Greenhouse Horticulture in Bleiswijk. Light intensity was 190 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ PAR. The spectra were HR, with relatively more red (9%Blue, 6%Green, 85%Red), and HBW, with relatively more Blue and White (green) light (13%Blue, 15%Green, 72%Red). To both, no FR or 14% FR (far red light) was added. In view of effects on yield, quality, morphology of the crop and survival of natural enemies, three of the four spectra used lead to good results for Alstroemeria. The spectrum HBW showed a 7% lower LUE (light use efficiency) and a slightly longer development time in winter. The treatments with added FR had a positive influence at the start of cultivation and on crop generativity. The four varieties differ from each other in many aspects and react somewhat differently to the used spectra in the winter. Both HR/FR and HBW/FR, would be good choices; in the latter the crop can be seen as by daylight.

Rapportgegevens

Rapport WPR-1083

DOI: <https://doi.org/10.18174/569147>

Projectnummers: 3742280200 en 3742297100

Thema: Kasklimaat en energie

Dit project/onderzoek is mede tot stand gekomen door de bijdrage van het programma Kas Als Energiebron. Met bijdragen in natura van Signify (LED lampen), Svensson (Schermdoeken), Royal Van Zanten, Konst en HilverdaFlorist (Plantmateriaal). M.m.v. FloristConcult Group.



Disclaimer

© 2022 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw, Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk T 0317 48 56 06, www.wur.nl/plant-research.

Kamer van Koophandel nr.: 09098104

BTW nr.: NL 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

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

Adresgegevens

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

F +31 (0)10 - 522 51 93

glastuinbouw@wur.nl

www.wur.nl/glastuinbouw

Inhoud

	Dankwoord	7
	Samenvatting	9
1	Inleiding	13
1.1	Eerder onderzoek LED Alstroemeria	13
1.2	Dit onderzoek	14
1.2.1	Onderzoeksvragen	14
1.2.2	Rassen selectie en daglengte	14
1.2.3	Verlenging met een extra teeltjaar	15
1.3	Doelstelling	15
1.3.1	Technische doelstellingen	16
1.3.2	Energiedoelstellingen	16
1.3.3	Nevendoelstellingen	16
1.4	Communicatie structuur en activiteiten	16
2	Ruimte, materiaal en methodes	19
2.1	Kasafdelingen en teeltsysteem	19
2.2	Gewas	19
2.3	LED-belichting en spectrum behandelingen	20
2.4	Kasklimaat en klimaat monitoring	23
2.4.1	PAR licht	24
2.5	Voeding (bemesting) en watergift	24
2.6	Gewasgezondheid	24
2.6.1	Strategie voor plaagbeheersing	25
2.6.1.1	Trips	25
2.6.1.2	Bladluis	25
2.7	Metingen aan het gewas	25
2.7.1	Productie, kwaliteit en loos.	25
2.7.1.1	Houdbaarheid	25
2.7.2	Uitgroeiduur	26
2.7.3	Morfologie: detail metingen gewas	27
2.7.3.1	Lengte van de bloemsteeltjes (peduncles)	27
2.7.3.2	Steeldikte net onder de bloeiwijze	27
2.7.3.3	Bloei afwijkingen	27
2.7.4	Rizoom (wortelstok)	27
2.7.5	Fotosynthese	28
2.7.6	Lichtonderschepping	28
2.7.7	Gehalte aan fotosynthetische pigmenten	28
2.8	Statistiek	28

3.1	Kasklimaat en PAR licht	29
3.1.1	Temperatuur, luchtvochtigheid en CO ₂	29
3.1.2	PAR lichtsom dag	29
3.1.2.1	Natuurlijk licht	29
3.1.2.2	LED licht	30
3.1.2.3	Berekende PAR som (natuurlijk licht + LED licht)	30
3.2	Productie, loos en kwaliteit	31
3.2.1	Productie	32
3.2.1.1	Productie samengevat:	32
3.2.2	Loze takken en onverkoopbare bloemen	32
3.2.2.1	Loos en onverkoopbaar irt productie, samengevat	33
3.2.3	Kwaliteit	34
3.2.3.1	Taklengte	34
3.2.3.2	Takgewicht	35
3.2.3.3	Houdbaarheid	35
3.2.3.4	Kwaliteit samengevat	36
3.3	Licht benuttings efficiëntie, LBE	37
3.3.1	LBE volledige teelt	37
3.3.2	LBE verloop	37
3.3.2.1	Lichtbenutting samengevat	38
3.4	Uitgroeiduur	38
3.4.2.1	Uitgroeiduur samengevat	40
3.5	Morfologie en detail metingen	40
3.5.1	Visuele verschillen tussen behandelingen.	40
3.5.2	Lengte van de bloemsteeltjes ("penduncles")	42
3.5.3	Droge stof gehalte, aantal bloemen en bladeren, bladoppervlak	43
3.5.4	Steel dikte net onder de bloeiwijze (kroondiameter)	45
3.5.5	Bloei, blad en kleur afwijkingen	45
3.5.5.1	Necrotische bladpunten	45
3.5.5.2	Gele bladpunten	45
3.5.5.3	Paarse bladpunten	46
3.5.5.4	Afwijkende bloeiwijze	46
3.5.5.5	Morfologie samengevat	47
3.5.6	Ondergrondse groei en ontwikkeling (rizomen)	47
3.5.6.1	Voedingswortels per plant	48
3.5.6.2	Diameter en lengte hoofdrizoom	48
3.5.6.3	Aantal rizoom vertakkingen	49
3.5.6.4	Gewicht ondergrondse plantdelen	49
3.5.6.5	Ondergrondse groei (rizomen) samengevat	50
3.6	Fotosynthese en lichtonderschepping	50
3.6.1	Fotosynthese	50
3.6.1.1	Geleidbaarheid van de huidmondjes	51
3.6.2	Chlorofyl en flavonolen gehalten	52
3.6.3	Licht en lichtkleuren onderschepping	53
3.6.3.1	Spectrum verandering door het gewas heen	54
3.6.3.2	Fotosynthese, chlorofyl gehalte en lichtonderschepping samengevat	56
3.7	Gewasgezondheid	56
3.7.1	Verloop ontwikkeling trips en trips bestrijders	56
3.7.2	Verloop ontwikkeling bladluis en bladluisbestrijders	58
3.7.2.1	Gewasgezondheid samengevat	59

4	Algemene discussie en conclusie	61
4.1	Resultaten samengevat	61
4.2	Discussie en conclusie resultaten per onderzoeksvraag	63
	Literatuur	67
	Bijlage 1 Tabel etmaal vs PAR	69
	Bijlage 2 Verloop productie in de tijd	71
	Bijlage 3 Gerealiseerd kas klimaat	73
	Bijlage 4 Detail metingen gewas in de tijd	75
	Bijlage 5 Kastransmissie in de tijd	81
	Bijlage 6 LBE per ras per behandeling	83
	Bijlage 7 Bloeiafwijkingen	85
	Bijlage 8 Chlorofyl en Flavonolen gehalte	87
	Bijlage 9 Rizomen	91
	Bijlage 10 Microscopie paarse bladpunten	93

Dankwoord

Het kan nooit genoeg worden benadrukt dat onderzoek doen team werk is. Dit project heeft op de inzet mogen rekenen van verschillende deskundige collega's van binnen en buiten WUR Glastuinbouw, en die wil ik graag bedanken, met het risico dat ik iemand vergeet, waarvoor mijn welgemeende excuses alvast.

In de eerste plaats bedank ik Kas als Energiebron voor het vertrouwen en de financiering van de twee teeltprojecten.

Ook wil ik de leden van de Gewas coöperatie Alstroemeria bedanken. Zij hebben het eerste projectplan gesteund en met goede raad helpen verbeteren. Onder hen een speciaal dank voor de afgevaardigden in de BCO (Begeleidings Commissie Onderzoek) voor hun trouwe bezoeken om de week, de goede verzorgingsadviezen, de boeiende discussies en de visuele beoordelingen van het gewas. Dit alles ondersteund door de gewascoördinator van Glastuinbouw Nederland, Joke Vreugdenhil. Marco de Groot van de Flori Consult Group was er altijd met de BCO, en met zijn tussentijdse bezoeken hebben we altijd op zijn scherpe blik en deskundig advies kunnen rekenen.

Dank aan de veredelaars/ vermeerderaars HilverdaFlorist, Royal Van Zanten en Könst voor de levering van goed plantmateriaal op een ongebruikelijk tijdstip, aan Signify voor het ter beschikking stellen van de lampen in de gewenste spectra en aan Svensson voor de schermdoeken.

Dan wil ik graag de inzet van mijn collega's bedanken: Bram van Haaster die de klimaatinstellingen nauwkeurig bijhield en waar nodig aanpaste; Marcel van der Graaf en Luis Negrão voor de verzorging van het gewas en het oogsten van al die 32 veldjes apart van de rest, tussen en buiten de lintjes. Tineke van 't Hof voor de nauwkeurige lichtmetingen van spectra en lichttransmissie op verschillende momenten. Tineke ook omdat ze samen of in beurten met Bas Voges, Myrthe Mahakena, Mary Warmenhoven, en Kees Weerheim, soms midden in de nacht opstonden om fotosynthese zonder daglicht te meten. Chantal Bloemhard dank ik omdat ze door het frequent scouten en op tijd uitzetten van biologie conform de allernieuwste inzichten, het gewas gezond hield zonder inzet van chemie. Voor de wekelijkse en de destructieve metingen aan de bloemen en planten kon ik rekenen op Trudy van Twist, Laura Nobel, Anna Huisman, Puspa Khanal Joshi en Elisa Tsai-Meu-Chong. Peter Lagas hield al deze data netjes bij en samen met Laura Nobel en Johan Steenhuizen hielp hij me met het uitgraven, spoelen en meten en wegen van de rizomen. Waldo de Boer en Mary Warmenhoven dank ik voor de statistiek. Arie de Gelder, Marco de Groot en Eric Poot voor het aandachtig lezen van het concept rapport. Onze collega's van de technische dienst voor het teeltsysteem, het aansluiten van de lampen en de sensoren.

Nieves García Victoria

Samenvatting

Inleiding, doel, onderzoeksvragen en proefopzet

Tussen september 2019 en juli 2021 is in het kassencomplex van Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk onderzoek gedaan naar de effecten van vier verschillende LED belichting spectra op de groei en ontwikkeling van 4 Alstroemeria rassen. Het doel is energiebesparing door bredere implementatie van LED belichting bij Alstroemeria. LED is een onmisbaar onderdeel van toekomstige fossielvrije teeltsystemen. Voor implementatie is kennis nodig om de juiste spectrale samenstelling van het LED licht te kunnen kiezen met de hoogst mogelijke producties en behoud / verbetering bladkwaliteit.

Het onderzoek was opgezet als vervolg op eerdere onderzoeksprojecten met Alstroemeria, waaruit het onder andere gebleken was dat het goed mogelijk was om met Full LED het gewas te telen, dat Full LED efficiënter was dan hybride belichting, en dat het spectrum van de LED belichting in korte proeven grote effecten kon hebben op de productie en de kwaliteit en vorm (morfologie) van de bloemtakken.

Voor het onderzoek zijn vier verschillende rassen Alstroemeria (Elegance, Jaffa, Noize en Virginia) gedurende 21 maanden geteeld in watergekoelde substraatbakken (kokos), zoals in de praktijk gebruikelijk is. De proef lag in 4 subafdelingen van 72 m². Belicht werd met LED (Signify) in een intensiteit van 190 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ PAR, en in iedere subafdeling was een ander lichtspectrum geïnstalleerd. De spectra waren:

- HR: Een spectrum met relatief veel rood licht (600-700 nm), bestaande uit 9% Blauw, 6% Wit (Groen), en 85% Rood.
- HR/FR: dit spectrum waaraan 14% verrood is toegevoegd (700-800 nm), 9% Blauw, 6% Wit (Groen), 85% Rood en 14% Verrood.
- HBW: Een spectrum met relatief veel Wit (groen, 500-600 nm) en Blauw (400-500 nm) licht: 13% Blauw, 15% Wit (groen) en 72% Rood).
- HBW/FR: dit spectrum waar 14% verrood aan is toegevoegd: 13% Blauw, 15% Wit (groen), 72% Rood en 14% verrood.

Onderzoeksvragen waren onder meer, of er verschillen in productie, morfologie en bladkwaliteit worden veroorzaakt door de gebruikte spectra en of alle rassen gelijk reageren op de verschillende spectra. Er waren ook vragen t.a.v. de rol van veel Wit (Groen) licht en van FR op de generativiteit van het gewas en de ondergrondse ontwikkeling (opslag organen). En vragen over de werkbaarheid in de kas voor medewerkers en het effect op de natuurlijke vijanden van plagen. De centrale vraag is welke van de geteste spectra is het meest geschikt voor Alstroemeria.

Resultaten: spectrum effecten

Uit de verzamelde data (productie, kwaliteit, morfologie, rizoom ontwikkeling, fotosynthese, lichtonderschepping, morfologie, etc.) is gebleken dat er beperkte verschillen zijn aan te duiden tussen de vier gebruikte LED licht spectra. Er zijn geen significante verschillen in productie als aantal takken en in kg/m² wordt vergeleken rekening houdend met de kleine maar onvermijdelijke lichtsom verschillen tussen de behandelingen (voornamelijk door de verschillen in lichtinval in de zomer). Het blijkt dat het verschil in relatieve productie tussen drie van de vier spectra te verklaren is uit het relatief (hoewel klein) lichtverschil. Slechts één van de vier spectra HBW, 13B, 15G, 72R, met vrij veel wit licht en zonder FR licht, heeft een 7% lagere Lichtbenuttings efficiëntie dan de andere 3 behandelingen: dat wil zeggen, dat de productie lager is dan verwacht zou kunnen worden uit het aanwezige verschil in lichtsom. Dit kan niet worden verklaard uit rizoom groei of ondergrondse opslag, daar er zowel in de winter als in de zomer geen verschillen zijn aangetoond in ondergrondse biomassa tussen de behandelingen. Op basis van de gemeten fotosynthese (niet significant lager dan de andere behandelingen) is dit verschil in productie ook niet te verklaren. Wellicht kan het deels worden verklaard uit verschillen in uitgroeiduur, daar de takken in de wintermaanden bij HBW significant trager ontwikkelden dan HBW/FR. Over alle rassen heen is met de toevoeging van FR aan het LED spectrum het percentage loze en onverkoopbare takken iets gedaald (met 2 procent puntjes) ten opzichte van dezelfde behandeling zonder toegevoegd verrood. Dit verschil was vooral te danken aan de rassen Noize en Elegance, en vermoedelijk het gevolg van de gemeten spectrale verschillen tussen behandelingen aan de basis (substraat hoogte) van het gewas, en hoe de verschillende kleuren licht door de gewas hoogte heen veranderen: het aandeel FR neemt naar beneden toe, en het aandeel R licht neemt in dezelfde richting af.

Er zijn verschillende effecten waargenomen op de tak morfologie: De gewassen onder de behandelingen met FR waren zichtbaar korter korter dan in de behandelingen zonder FR; bij Elegance en Noize waren de bloemtakken in de twee behandelingen met FR en vooral in de eerste winter ook meetbaar korter dan onder dezelfde spectra maar zonder FR. Het verschil is vanuit fotobiologie interessant (is het tegenovergestelde effect dan verwacht), maar voor de praktijk nauwelijks relevant omdat het niet tot te korte takken geleid heeft.

Er waren ook effecten op bloemsteel lengte (langere bloemsteeltjes bij Virginia en kortere bij Noize dan in de "Referentie teelt"). Er zijn in de proef allerlei effecten waargenomen, over het algemeen kleine "cosmetische" defecten aan bloemvorm en blad kwaliteit (punten, steelvergroeiingen, etc.). Deze zijn niet eenduidig te koppelen aan een specifiek spectrum en zouden de verkoopbaarheid van de bloemtakken niet tot nauwelijks beïnvloeden.

Onder alle behandelingen is het gewas goed zichtbaar ook op momenten zonder daglicht en er is goed in te werken voor gewas en scout werkzaamheden. In de behandelingen met meer wit (groen) licht (HBW en HBW/FR) is het gewas net beter, als bij daglicht te zien. De vier gebruikte spectra leken ook geen belemmeringen voor de natuurlijke vijanden; de plaagdruk voor trips en luis is in alle behandelingen zonder chemie laag gebleven. Er was een goede overleving van de bodemroofmijt *Stratiolaelasp scimitus*, voldoende activiteit van de bladroofmijt *Neoseiulus cucumeris*. Bladluis haarden werden gevonden en bestreden door de galmug *Aphidoletes aphidimyza*. De sluipwesp *Aphidius ervi* was eveneens actief en in staat om de plaag te vinden zowel boven als onderin het gewas, en mummies zijn waargenomen in alle behandelingen.

Resultaten: ras verschillen

De vier rassen verschillen onderling wel in vele opzichten: Noize en Elegance waren in deze proef significant productievere rassen dan Jaffa en Virginia (in de praktijk staat Virginia bekend als productiever dan Elegance). Elegance produceert het minst loze en onverkoopbare takken in relatie tot de totale biomassa productie; Noize het meest. De rassen verschillen sterk in lengte van de bloemtakken: Jaffa had de langste takken (148 cm), gevolgd door Elegance (132 cm), Virginia (129 cm) en Noize de kortste (102 cm gemiddeld). Eenmaal teruggeknipt op commerciële lengte, blijkt het takgewicht van Virginia significant zwaarder (6 gram) dan van de andere rassen. Noize en Virginia hadden meer bladeren op een bloemtak dan Elegance en Jaffa. Verder had Noize meer bloemen per tak; Jaffa gemiddeld het laagst aantal bloemen per bloemtak en een groter bladoppervlak dan de andere rassen. In de winter groeit Elegance trager uit dan Noize.

De vier rassen reageren enigszins verschillend op de spectra in de winter: De productie bij Noize en Jaffa was iets hoger in behandeling HBW/FR, ondanks 3% minder totale lichtsom. Voor Noize was dit conform de verwachting gebaseerd op eerder onderzoek. Bij Elegance is de hoogste productie behaald bij de behandelingen HR en HR/FR. Bij Jaffa was er een trend naar een lagere productie bij HR/FR. Opvallend was ook de eerder genoemde invloed van FR op de lengte bij Noize en Elegance in de winter, waar het leidt tot kortere takken.

Wat zou het meest optimale spectrum zijn voor Alstroemeria?

Het zou te ver gaan om op basis van deze reactieverschillen een ander spectrum voor elk ras te adviseren, ook omdat op een bedrijf vaak meerdere rassen worden geteeld. Er moet dus gezocht worden naar de algemene lijn. Gelet op algemene effecten op kwaliteit, morfologie in de kas en overleving natuurlijke vijanden zouden de gebruikte vier spectra tot goede resultaten leiden bij Alstroemeria. Van de vier geteste spectra, hebben drie tot een goede productie en kwaliteit geleid. Het spectrum HBW zonder FR (13B, 15G, 72R) presteerde grotendeels onverklaard (maar wel conform de verwachting op basis van de kleine proef dat hier aan vooraf ging), het minst van alle vier: zowel in totale productie (in relatie tot de daglichtsom) als in lichtbenuttings efficiëntie, en in uitgroeiduur in de winter. De spectra HBW en HBW/FR geven een perfect zicht van het gewas, alsof het om daglicht ging.

Op de vraag wel of niet FR in het spectrum, zou het antwoord "Wel" zijn. Dit gebaseerd op hoewel kleine, het toch aanwezig positieve invloed tijdens de weggroei (de start van de teelt), en een waargenomen effect op de generativiteit. De vraag is of het voldoende is om tot 14% aan te vullen; of dat er meer of minder nodig zou zijn. Dit percentage gaf ook goede resultaten in het project "Alstroemeria van de Toekomst, dichtbij". En of het gedurende de hele dag gegeven moet worden, of dat het voldoende zou zijn om het aan te zetten aan het einde van de dag.

Uit deze redenering volgt dat de spectra HR, HR/FR en HBW/FR alle drie geschikt zijn voor Alstroemeria, met een lichte voorkeur voor HR/FR en een iets sterker voorkeur voor HBW/FR. Echter, dit laatste spectrum 13B, 15G, 72R +14FR, zou vallen buiten de subsidieregeling (Investerings in energie glastuinbouw (EHG)), vanwege een iets te hoog gehalte aan blauw licht (eis is maximaal 10% B).

Vanuit energiegebruik perspectief zijn de spectra met minder Groen licht en zonder FR het efficiëntst. Modules met FR zijn op dit moment duurder en minder efficiënt dan zonder FR. Voor telers kan het een economische keuze zijn om het HR spectrum te kiezen.

1 Inleiding

Implementatie van LED-belichting in de Alstroemeriateelt is vanaf 2019 aan een snelle opmars bezig, zij het als aanvulling of als vervanging van de bestaande SON-T installaties. LED is vanwege de hoge elektrische efficiëntie een essentieel onderdeel in all-electric teeltconcepten. Met de overgang naar LED wordt mogelijk om de lichtsamenstelling (het spectrum van het licht) te kiezen. Hierin wordt er veelal gekozen voor een lamp die elektrisch het meest efficiënt is, dat bevat vaak een hoog aandeel rood (95%) met een beetje blauw (5%). Telers zijn over het algemeen enthousiast maar er zijn er ook problemen, veelal in de kwaliteit van het blad (ophoping van pigmenten als gekleurde bladranden, strepen in het blad, gespleten blad en andere vervormingen). Omdat het uit steeds meer onderzoeken blijkt dat vooral bij hoge intensiteiten van de LED belichting en in omstandigheden van beperkt natuurlijk licht, zoals de Nederlandse wintermaanden, deze samenstelling van het licht heel belangrijk kan zijn voor de plantvorm, de assimilatenverdeling, de kleur, en het oriëntatie vermogen van natuurlijke vijanden en bestuivers, is de keuze van het juiste spectrum voor verschillende gewassen een zorg voor zowel lampleveranciers als telers. Als er telers zijn die nog in SON-T investeren omdat het juiste spectrum er nog niet is, vertraagt de implementatie van LED met tenminste 5 jaar.

Het onderzoek waar in dit rapport verslag van wordt gemaakt is opgezet om deze keuze te ondersteunen met zoveel mogelijk gegevens en ervaring, voor het gewas Alstroemeria. De teeltproef die we in de komende pagina's beschrijven is uitgevoerd vanaf september 2019 tot juli 2021 en vat de activiteiten samen van twee onderzoeksprojecten: het project 'Alstroemeria en haar lichtcriteria' en 'Alstroemeria en haar lichtcriteria tweede jaarsgewas (verlenging)'.

1.1 Eerder onderzoek LED Alstroemeria

Dit project borduurt voort op de kennis die is opgedaan in eerdere praktijkproeven en in onderzoek. Uit de eerste proeven met LED belichting in de praktijk bleek onder andere dat het goed mogelijk leek om met LED het gewas te telen (García Victoria *et al.* 2017) en dat Full LED efficiënter was dan hybride belichting (García Victoria *et al.* 2018).

Maar het is vooral de kennis en de vragen uit het onderzoek LED licht bij Zonlicht met Alstroemeria (Dieleman en Weerheim, 2019), waar dit onderzoek op gebaseerd is. Dit was een korte proef (11 weken) waarbij 7 spectra, die verschilden in verhoudingen blauw, groen, rood en verrood licht, vergeleken werden in een opzet met twee Alstroemeria rassen in potten, op teelt tafels maar zonder bodemkoeling. Er werd geteeld onder winterse condities, waarbij ongeveer 80% van het licht van de lampen komt en 20% van de zon. Al snel na het inzetten van de lichtbehandelingen waren de eerste effecten op het gewas zichtbaar. De resultaten (1 ras) lieten zien dat de spectrale samenstelling van het licht tot grote verschillen leidt in: a) gewasmorfologie; b) bladkwaliteit en c) een sterk onverwacht effect van 2 lichtspectra op de productie: het witte licht (hoog aandeel groen) gaf 35% minder productie dan het gemiddelde van de andere 5 spectra; het witte licht met relatief veel verrood gaf 60% meer productie dan het gemiddelde. Van ras 2 in de proef kwamen maar enkele bloemen tot ontwikkeling binnen de duur van de proef; dit waren wel de takken uit de behandeling met vrij veel wit licht met toegevoegd verrood licht. Dit geeft aanwijzingen dat de productiviteit bij Alstroemeria naast de bodemkoeling, door verrood licht wordt beïnvloed.

Het resultaat was verrassend vanwege de korte teeltduur (Alstroemeria is een meerjarig gewas) en wat onverwacht omdat voor zover bekend, de bloei reactie bij Alstroemeria traag is en vooral door bodemtemperatuur wordt gestuurd (in dit onderzoek is geen substraatkoeling toegepast). Uit onderzoek in Noorwegen (Bævre en Bakken, 1999) onder hoge lichtintensiteiten (185 tot 310 μmol SON-T) blijkt inderdaad dat ongeacht lichtniveau en daglengte de productie van alle onderzochte (hybride) cultivars minimaal verdubbelt (soms verdrievoudigt) door toepassing van bodemkoeling. Als Nederlandse telers moeten aangeven welke van de investeringen die ze hebben gedaan om de teelt te optimaliseren het snelst is terugbetaald, is de kans groot dat het bodemkoeling betreft (pers. comm. M. Tesselaar).

Deze korte proef gaf, ondanks omstandigheden die niet praktijkconform waren (potten en geen bodemkoeling), voldoende informatie om een gecalculerde gok te nemen en een keus te maken uit de verschillende spectra voor het onderzoek "Alstroemeria van de toekomst, dichtbij", (García Victoria *et al.* 2022) dat gestart is in het najaar van 2018 met twee rassen (Noize en Virginia) die twee genetische types vertegenwoordigen: Butterfly en Hybride. Het gekozen spectrum voor deze proef was 8%B, 13%G, 67%R en 12%FR. Vanwege het gedeeltelijke overlap in de tijd met het onderzoek uit dit verslag, wordt in de tekst regelmatig naar de "Teelt van de Toekomst, dichtbij" gerefereerd.

De resultaten met het spectrum in de "Alstroemeria van de toekomst, dichtbij" leken goed vanaf het begin. Het bleek echter ook dat een groot deel van de eerste potentiële oogst uit blinde scheuten bestaat, en dat aandeel bleef groeien gedurende de teelt, ondanks de bodemkoeling. Het is niet ondenkbaar dat een deel van de waargenomen productie verschillen tussen spectra berusten op een verandering van de assimilaten verdeling en daarmee en andere verhouding vegetatieve/generatieve plantdelen. Dit is een bekend effect van toegevoegd verrood licht wat blijkt uit onderzoek bij tomaat (Weerheim en Dieleman, 2019) maar ook bijvoorbeeld bij een andere gewas dat zoals Alstroemeria, assimilaten in ondergrondse organen opslaat, zoals aardappel. Bij aardappel leidt toepassing van additioneel verrood licht gedurende de dag of aan het einde van de dag tot versnelling van knolvorming (Plantenga, 2019).

1.2 Dit onderzoek

De resultaten uit zowel de Alstroemeria proef binnen LED licht bij zonlicht als de Alstroemeria van de Toekomst proef riepen vragen op over de mechanismes voor bloeisturing bij Alstroemeria en de rol van o.a. verrood daarin. Het leek de Alstroemeria telers ook nodig om, zei het met minder spectra (4 in plaats van 7), een nieuwe spectrumproef uit te voeren meer onder praktijkconforme omstandigheden (met bodemkoeling, een grotere afstand tussen de lampen en de planten, en een langere teeltduur), en met vier rassen in plaats van twee. Door de langere teeltduur wordt het mogelijk om de invloeden op productie en kwaliteit, met aandacht voor de rol van verrood licht op de bloeisturing, te onderzoeken.

1.2.1 Onderzoeksvragen

De geformuleerde onderzoeksvragen waren:

- Zijn er grote verschillen in productie tussen de gebruikte spectra (een selectie van 4 LED spectra afgeleid uit de eerste 7 van de LED licht bij zonlicht proef), ook als deze gebruikt worden onder een praktijkconforme teelt met substraatkoeling?
- Als er grote verschillen in productie ontstaan aan het begin van de teelt, blijven die bestaan over een lange teeltduur van een jaar of langer?
- Reageren alle rassen hetzelfde op de verschillende spectra?
- Is veel wit (Groen) licht zonder toegevoegd FR nadelig voor de productie, ook onder meer praktijk omstandigheden?
- Wat is het effect van toegevoegd FR op productie en op de ondergrondse ontwikkeling van het rizoom?
- Is er een effect van toegevoegd FR op de generativiteit van het gewas? (d.w.z., wordt er minder loos geproduceerd?)
- Hoe groot zijn de effecten op de tak morfologie en bladkwaliteit? (d.w.z., zijn ze zo groot dat ze tot grote commerciële schade leiden?)
- Hebben de natuurlijke vijanden van plagen onder bepaalde spectra meer moeilijkheden om zich te vestigen of om plagen te bestrijden?
- Welke uit de hier geteste vier, is het beste spectrum voor Alstroemeria?

1.2.2 Rassen selectie en daglengte

Hieronder de argumentatie voor de keus van de verschillende rassen in het onderzoek en de gekozen daglengte van 16 uur.

“De verschillende rassen reageren iets anders op daglengte: Hybride types reageren beter op langere dag dan Butterfly types. Bekende butterfly rassen (tetraploïd) zijn o.a. Noize en Elegance. Hybride rassen zijn triploïd: alle gele, oranje rassen en florinca's, zo ook Virginia. Dat wil niet zeggen dat er korte en lange dag types bestaan, want we hebben het altijd over daglengtes ruim boven 12 uur. Zonder bodemkoeling doet zich 10-12 weken na een periode met hoge kas- en bodemtemperaturen in de zomer een sterke productie dip voor (en dit gebeurt nog steeds bij teelt in tropische gebieden) en kan zelfs leiden tot een volledige groeistop; dit heeft mogelijk ten onrechte geleid tot het bestempelen van Alstroemeria als een “korte dag plant”. Uit diverse onderzoeken is komen vast te staan dat Alstroemeria in het algemeen beter presteert onder lange dag: Uit het eerder genoemde Noors onderzoek (Bævre en Bakken, 1999) waarin behalve de invloed van bodemkoeling, ook de invloed van de daglichtsom (8, 11 en 13 mol/dag) en de daglengte (12, 16 en 20 uur) is onderzocht, bleek dat hoe meer licht en hoe langer de dag, hoe hoger de producties waren. Dit onderzoek is met Hybride types gedaan; het daglengte optimum voor de Butterfly types ligt waarschijnlijk lager, ergens tussen 12 en 16 uur (onderzoek van Royal Van Zanten, pers. comm. P. Schoorl). Recent onderzoek in klimaatkamers met 140 µmol LED (Rood/Blauw) gedurende 21 uur gaf bij de meeste rassen veel bladschade, maar niet gedurende 16 uur (ongepubliceerd). Hoewel dit heel goed een effect van het spectrum zou kunnen zijn (de Rood/Blauw behandeling uit de “LED licht bij zonlicht” proef gaf ook de meeste bladschade) of met de hogere teelttemperaturen die met hoge lichtniveaus gepaard gaan) is geconcludeerd dat de kwaliteit onder 16 uur beter is dan onder 21 uur. Nederlandse telers belichten in de winter 16-17 uur per dag en in de praktijk gaan ze nooit verder dan 18 uur.

Uit de genoemde literatuur lijkt er geen twijfel te bestaan dat dit onderzoek plaatst moet vinden met bodemkoeling en met lange dag (16-17 uur conform praktijk), en hoge lichtintensiteiten zodat in ieder geval geen van deze factoren limiterend werkt.

1.2.3 Verlenging met een extra teeltjaar

Toen de proef van het eerste project het einde naderde, na één teeltwinter en enkele maanden, is een verlenging met nog een jaar aangevraagd. De argumentatie vanuit de praktijk voor verlenging was als volgt: “Alstroemeria is een meerjarig gewas; de eerste jaar is altijd een aanloopjaar. Het eerste onderzoekswinter was ook een extreem zachte winter geweest, waardoor bladproblemen, die mogelijk door de verschillende spectra versterkt zouden kunnen worden, niet voldoende tot uiting zijn gekomen. In de aanloopjaar is de productie en vooral de kwaliteit anders dan in het tweede jaar. De sterke groeikracht van een jong gewas maar ook extra generativiteit zorgde bij de eerst geoogste twee-drie flushes voor extreem lange takken, soms extreem dik, soms extreem dun. De generativiteit wordt altijd iets minder naarmate het gewas ouder wordt en dus meer is gesplitst. Een tweedejaars gewas kan echt anders reageren op (LED) licht dan een eerstejaars gewas. Dat is ook de ervaring van de praktijk. We zien het gewas langzaam veranderen, maar nu neemt ook het licht van buiten toe, waardoor de effecten van de spectra iets “verdunnen”.” Vanuit de beschikbare kennis met andere gewassen (aardappel, Plantenga *et al.* 2016) is het mogelijk dat onder invloed van verrood meer assimilaten naar de ondergrondse delen worden gestuurd, wat kan resulteren in extra productie in het tweede teeltjaar.

1.3 Doelstelling

Energiebesparing door bredere implementatie van LED belichting bij Alstroemeria. Weten welke is de meest optimale spectrale samenstelling van het LED licht is nodig voor implementatie in toekomstige fossielvrije teeltsystemen, met de hoogst mogelijke producties en behoud / verbetering bladkwaliteit.

Verwacht wordt dat de kennis uit dit project snel in de praktijk toegepast zal worden in nieuw te installeren hybride belichting en dat het de overstap naar efficiëntere full LED systemen mogelijk zal maken.

1.3.1 Technische doelstellingen

Kennis opdoen over de invloed van lichtspectrum op de kwaliteit van het blad, de productie, de assimilatenverdeling en het samenspel vegetatieve/ generatieve ontwikkeling van Alstroemeria.

1.3.2 Energiedoelstellingen

Het onderzoek is faciliterend aan de energiedoelstellingen, aangezien het mogelijk maakt om de juiste keuzes te maken in een full-LED, all-electric, fossielvrije Alstroemeria teelt.

Door te belichten met $200 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ en de kas goed te isoleren, neemt de warmtebehoefte zo sterk af (uitgaande van de resultaten van het onderzoek, "Alstroemeria van de toekomst, dichtbij") dat de input van fossiele brandstof voor warmte nihil wordt. De totale energievraag per jaar zal afhankelijk van het spectrum ca. 200 kWh/m^2 aan elektra zijn voor de lampen (Full LED), en ca. 10 kWh/m^2 aan elektra zijn voor de bodemkoeling.

1.3.3 Nevendoelstellingen

Bij het opzetten van het onderzoek zijn de volgende nevendoelen geformuleerd:

- Verhoging van de productie.
- Verbetering van de bladkwaliteit in de winter.
- Meer inzicht over de invloed van verrood op rizoom groei en bloeisturing.
- Meer inzicht in de assimilatenverdeling bij Alstroemeria onder invloed van spectrum.
- Meer inzicht in de effecten van het spectrum van de belichting op de vestiging van biologische bestrijders in Alstroemeria.

Dit onderzoek vulde het project "Alstroemeria van de Toekomst, dichtbij" aan, waarin er kennis wordt opgedaan over de invloed van alle aspecten van een fossielvrij teeltconcept op de productie en kwaliteit en viceversa.

1.4 Communicatie structuur en activiteiten

De eerste plannen zijn met de leden van de Gewascoöperatie Alstroemeria tijdens de Landelijke Bijeenkomst besproken op 21-05-2019. Kort na de start van de proef is er een proefbezoek geweest met een toelichting op de volgende Landelijke Bijeenkomst in november 2019.



Figuur 1 leden van de intensieve BCO tijdens een van de proefbezoeken.

Voor dit project is er een BCO (Begeleidings Commissie Onderzoek) samengesteld onder de leden van de Gewascoöperatie Alstroemeria. De 'intensieve BCO' bestaande uit een vertegenwoordiger van de bedrijven Fa. Vreugdenhil en Knol Alstroemeria, bezocht de proef met een hoge frequentie (om de week). Andere telers voegde zich soms spontaan bij de bezoeken van intensieve BCO. Marco de Groot van de Flori Consult Group was betrokken als teeltadviseur en kwam als zodanig meestal met de BCO mee, en bracht regelmatig een extra bezoek apart. De gewascoördinator van Glastuinbouw Nederland, Joke Vreugdenhil organiseerde de bijeenkomsten van de zogenaamde "extensieve BCO", waar andere leden van de Gewascoöperatie maar ook de betrokken leveranciers en soms vertegenwoordigers van Kas als Energiebron, aanwezig waren, en een update kregen van de tussentijdse resultaten via een Power Point Presentatie. In totaal zijn een zevental extensieve BCO bijeenkomsten georganiseerd (sommige on-line ivm COVID) op:

- 14 januari 2020.
- 7 april 2020.
- 16 juni 2020.
- 22 september 2020.
- 19 oktober 2020.
- 2 februari 2021.
- 20 april 2021.

Tijdens de looptijd van de proef zijn de financiers door middel van kwartaal rapportages op de hoogte gehouden van het verloop en de resultaten, de telers via de genoemde presentaties en korte updates, en is het grotere publiek geïnformeerd d.m.v. drie korte berichten op de website van KAS als Energiebron:

- *García Victoria, et al. jan. 2021*, Onder alle spectra van proef 'Alstroemeria en haar lichtcriteria' is goed te werken: Kas als Energiebron.
- *García Victoria, et al. okt. 2020*, Onderzoek 'Alstroemeria en haar lichtcriteria' verlengd met tweede winter: Kas als Energiebron.
- *García Victoria et al. mei. 2020*, Onderzoek naar juiste lichtspectrum in 'Alstroemeria en haar lichtcriteria': Kas als Energiebron.

2 Ruimte, materiaal en methodes

De aanleg van de proef is gestart in het voorjaar van 2019. De eigenlijke teeltproef is gestart in September 2019 (week 37) met de aanplant van de jonge planten en heeft geduurd tot 30 juni 2021.

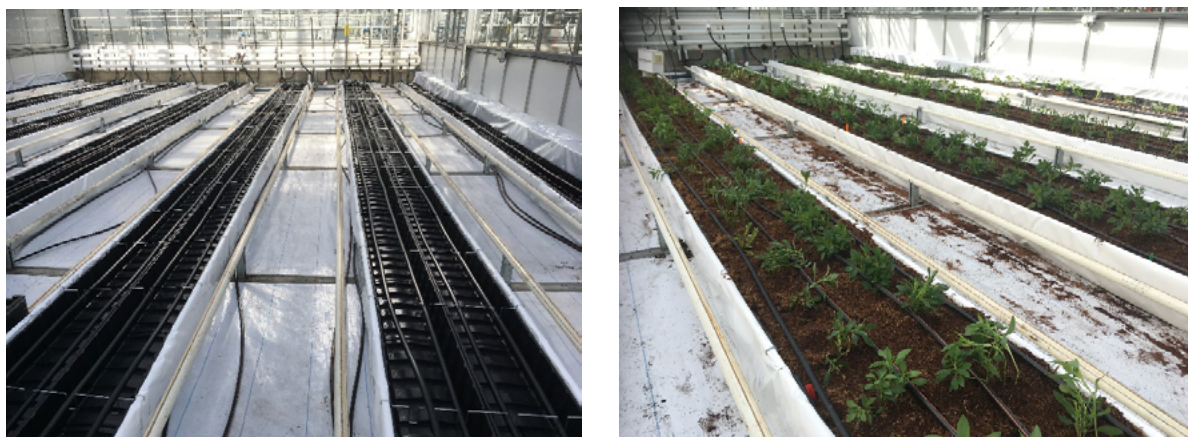
2.1 Kasafdelingen en teeltsysteem

Een praktijkconforme substraatteelt in bakken voor *Alstroemeria* is ingericht in twee 144 m² kassen (5.03 en 4.02) in het onderzoekscomplex van Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk.

De teeltbakken waren gevuld met kokos substraat met daarin twee waterslangen per bak voor de bodemkoeling (Figuur 3). Elke bed bestond uit twee bakken van 35 cm breed in een tempexbak van piepschuim voor isolatie. Een folielaag was aangebracht tussen de isolatiebak en de teeltbak. Twee weken na het planten is een laagje styromul granulaat boven het substraat gelegd voor meer isolatie (zichtbaar in Figuur 7). Tussen de bedden is er een railbuis voor de verwarming. In totaal zijn 5 dubbele en 2 halve (aan de randen) teeltbedden per kas geplaatst.

De kassen waren aan weerszijden van een corridor geplaatst en daarom gespiegeld georiënteerd. Het kasdek was van standaard float glas en was voorzien van doorlopende nokluchting waarin insectengaas was aangebracht. Voor lichtafscherming en energiebesparing is een nieuw, enkel schermdoek gebruikt van Svensson, t.w. een HARMONY 7247 FR (Figuur 5).

Elke kas was met behulp van een lichtdichte foliedoek in de lengte in twee subafdelingen gesplitst, ter hoogte van het middelste volle bed, ieder helft bestaande uit twee dubbele en twee halve bedden, zoals te zien is in het plattegrond in Figuur 3.



Figuur 2 Links: Bakkensysteem met hierin twee slangen voor de bodemkoeling. Rechts: De bakken gevuld met koko's, met de jonge aanplant erin.

2.2 Gewas

Er zijn vier rassen voor het onderzoek gebruikt: Noize, Virginia, Jaffa en Elegance, zodat verschillende genetische types zijn vertegenwoordigd: Butterfly, Hybride en Aurantiaca (tabel 1).

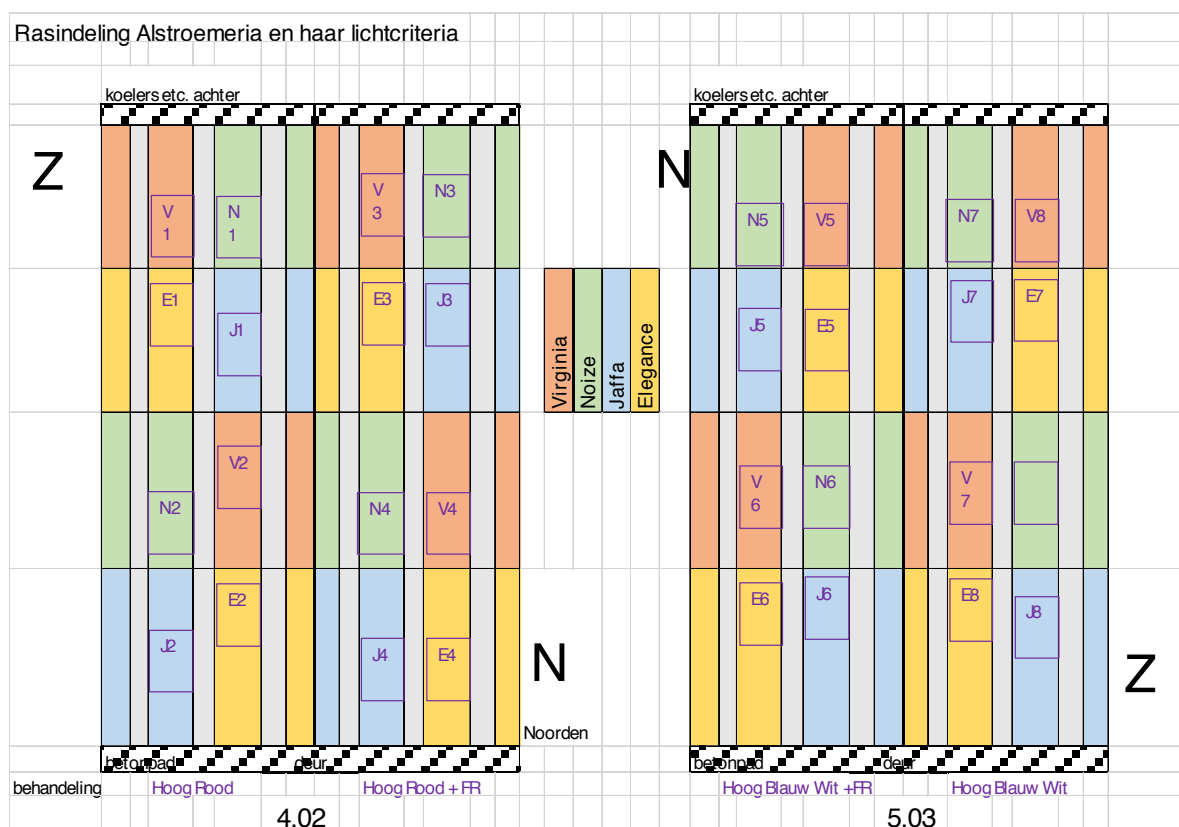
De jonge planten zijn geleverd op 17 september en geplant in een dichtheid van 3.6 planten per m² bruto (paden meegeteld); dat is 5.2 planten per m² netto (zonder paden). De afstand tussen planten per enkel bed (in de lengte) is 30 cm. De planten zijn in het midden van de bak, tussen de twee koelleidingen diep (maar niet tegen de bodem) ingestoken, zodat de rand van de kluit goed onder de kokos komt. Twee weken na planten is steunmateriaal (drie lagen 17x17 ijzerdraad gaas) aangebracht.

Tabel 1

Geteelde rassen met aanduiding genetische type en veredelaar

Ras	Type	Veredelaar
Noize	Butterfly	HilverdaFlorist
Virginia	Hybride	Royal van Zanten
Jaffa	Aurantiaca	Könst
Elegance	Butterfly	HilverdaFlorist

In Figuur 3 is de gekozen indeling als een plattegrond weergegeven; elk ras een kleur.



Figuur 3 Plattegrond kassen met indeling behandelingen en rassen.

2.3 LED-belichting en spectrum behandelingen

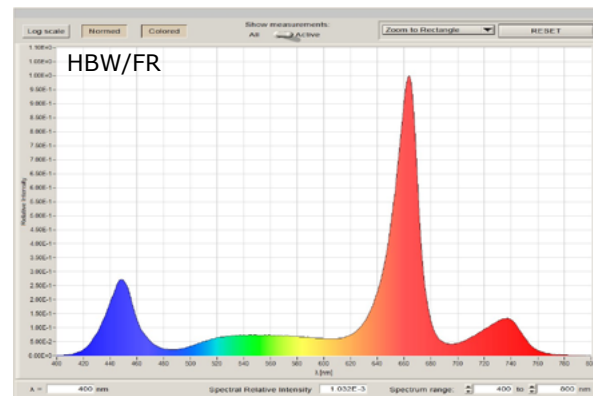
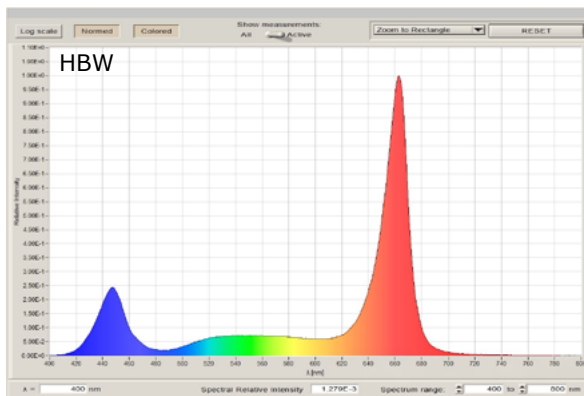
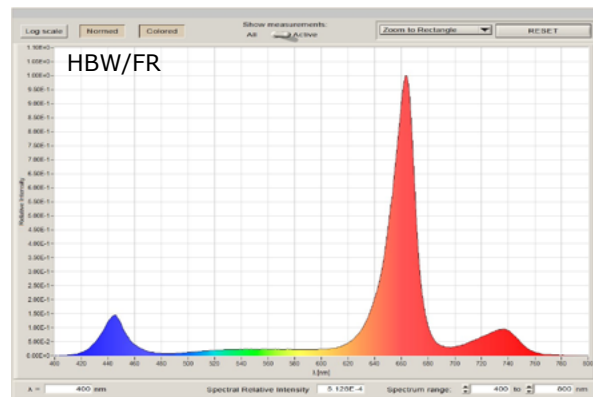
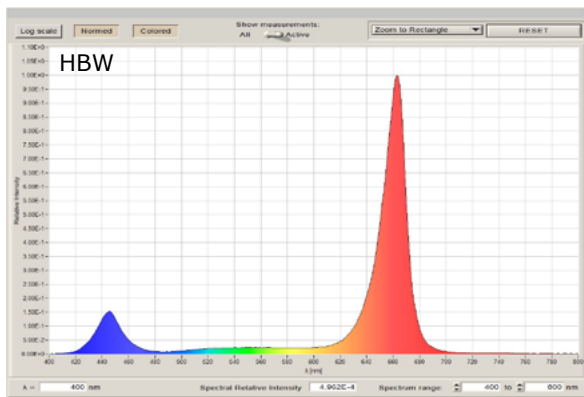
Elke subafdeling is voorzien van een ander spectrum van LED belichting in hoge lichtintensiteit (ca. 190 $\mu\text{mol PAR}$); de spectra zijn bereikt door een mix van verschillende type Signify lampen (Figuur 5). Twee hoofdspectra zijn gebruikt, een "Hoog Rood" spectrum (84% R) en een "Hoog Blauw Wit"¹ spectrum (72% R). Aan deze twee spectra is wel of niet verrood licht toegevoegd (14% FR, oftewel, bij 200 $\mu\text{mol PAR}$ zijn 28 $\mu\text{mol FR}$ toegevoegd). Dit is gedaan d.m.v. aparte FR licht armaturen geplaatst naast de andere armaturen. Op deze manier zijn vier spectrumcombinaties ontstaan (zie details in % in Tabel 2). Een grafische weergave van deze spectra als verkregen m.b.v. een Jeti spectrofotometer (golflengtes 400 tot 800nm) is te zien in Figuur 4 (boven). Figuur 4 (onder) toont vier foto's van de behandelingen zoals ze te zien waren in de kas.

Tabel 2

De licht spectra per kas helft als percentage kleur in totaal PAR.

Afdeling	Beschrijving	Afkorting	Blauw	Groen*	Rood	Far Red
			400-500 nm	500-600 nm	600-700 nm	700-800 nm
4.02 links	Hoog rood	HR	10	6	84	1
4.02 rechts	Hoog rood + FR	HR/FR	9	6	85	14
5.03 links	Hoog blauw wit	HBW	13	15	72	1
5.03 rechts	Hoog blauw wit + FR	HBW/FR	15	14	71	14

¹ Wit licht bestaat uit meer kleuren dan alleen groen licht. In de procentuele verdeling van de spectra geven we weer het percentage Blauw, Groen, Rood en FR. Dat staat los van de definitie voor wit licht. Er bestaan echter geen "Witte LED's". Om "wit licht" maken is in deze lampen een blauwe LED met een fosfor coating gebruikt. Daardoor ontstaat een breder spectrum aan licht wat wij als mens ervaren als 'wit' licht en wat voor een gedeelte dus Groen is. Uitgebreider uitleg is te vinden in (Kleur van LED-verlichting - veelgestelde vragen | Philips verlichting)



Figuur 4 Lichtspectra van de 4 behandelingen (bovenste 4 afbeeldingen) en aanblik van de behandelingen gezien vanaf de voorkant van de afdelingen (onderste 4 afbeeldingen). In de linkerbovenhoek van elke afbeelding is aangegeven om welke behandeling het gaat m.b.v. de afkorting als genoemd in Tabel 1.

Belicht werd gedurende maximaal 16 uur per dag. De lampen gingen aan 16 uur voordat de zon onder ging, en uit bij zonsondergang. In de eerste weken van het voorjaar van 2020 schakelden de lampen uit op momenten van hoge/ voldoende buitenstraling zoals het in de praktijk gebruikelijk is (uitschakelen bij 300 W buiten en overdag aan bij instraling < 200 W).

Vanwege de lage lichttransmissie van de subafdelingen (veel donkere gevels om verschillen in lichtinval te verminderen, zie ook 2.4.1 en 3.1.2) is de belichting na mei 2020 altijd 16 uur per dag aan geweest.



Figuur 5 Links mix van lampen gebruikt voor het bereiken van het spectrum HBW/FR, rechts voor spectrum HR/FR. In de foto's is ook het gebruikte schermdoek goed te zien.

2.4 Kasklimaat en klimaat monitoring

In de afdelingen kon er verneveld worden om de gewenste RV te realiseren. Ook kon CO₂ worden gedoseerd. De startinstellingen voor de klimaatparameters zijn in tabel 2 weergegeven.

Tabel 3

Klimaatinstellingen bij de start van de teelt in de kassen 402 en 503.

item	Streef/ grenswaarden
Stooktemperatuur	Stooklijn minimaal 14°C. Temperatuurintegratie met kleine bandbreedte, alleen op ventilatie.
Etmaaltemperatuur streefwaarde	Winter ca. 17.5°C Zomer 20°C. Tmin nacht 16°C, Tmax overdag 25°C. Gewerkt wordt met lichtsom/ temperatuursom verhouding FCG tabel. Zie Bijlage 1.
Minimum raamstand	2% luwe zijde bij buiten T > 5°C 0% windzijde
Ventilatie luwe zijde	nacht 15 a 16°C dag 17 a 18°C. In de winter met een lichtverhoging van enkele graden.
Ventilatie windzijde	In de zomer loopt windkant mee met de luwe zijde. Instellen via p-band (windzijde hogere p-band). Koppelen aan TI, dan eerder windzijde mee indien nodig. (In de winter windzijde vanaf 20°C pas mee)
Lichtverhoging afbouwen naar zomer toe (Alleen voor ventilatietemperatuur, niet voor stooktemperatuur)	boven 200 W/m ² 3°C verhoging. Dus lucht pas open bij 16+1+3°C= 20°C (koppelen aan TI, eerder luchten indien nodig om etmaalT te realiseren).
Energiescherm	Sluiten anderhalf uur voor zon onder tegen uitstraling en blijft hele nacht dicht. Mag iets kieren op vocht.
Belichting	Lampen aan 16 uur voor zon onder
CO ₂	Streef 700 ppm gelijk na lampen aan.
Verneveling	Aan bij vochtdeficiet van 7 gr/m ³
Bodemtemperatuur	Streefwaarde bodemtemperatuur 15.5 °C (later verlaagd naar 14.5°C)

Klimaatdata zijn per 5 minuten voor elke afdeling (dus niet per subafdeling / behandeling) opgeslagen: Kasttemperatuur, RV, VD, PAR, doekstand, raamstand, buisgebruik, watergift, drain en de substraattemperatuur. De teeltvoorlichter en de BCO leden hadden inzagerechten gekregen om de klimaatgegevens in real time en de opgeslagen klimaatgegevens via het platform Let's Grow te kunnen zien. Gedurende de loop van de proef zijn de instellingen op advies van of in overleg met de BCO naar behoefte aangepast.

2.4.1 PAR licht

In de afdelingen waren PAR meters geplaatst, één per afdeling. De meetwaarden hiervan zijn dagelijks gebruikt om de etmaaltemperatuur te sturen (Zie lichtsom/ etmaaltemperatuur tabel FCG in Bijlage 1). Voor de nauwkeurige berekening van de PAR sommen en om de bijdrage van lamp en zonlicht in kaart te brengen, **zijn de PAR lichtsommen per dag berekend** op basis van buitenstraling, de kastransmissie van het kasdek in iedere subafdeling, het gebruik van schermen en belichting, en de lamplichtintensiteit per subafdeling.

Het is belangrijk voor alle proeven, maar voor deze in het bijzonder, dat de totale lichtsom die de planten ontvangen in alle behandelingen gelijk is. Om verschillen in lichtsommen als gevolg van o.a. positie, gevels en tussengevels te verminderen is in april 2020, ondersteund door metingen (Bijlage 5) en in overleg met onze teeltadviseur:

- Het kasdek voorzien van een dun laagje diffuse coating (Redufuse IR in een dosering van 11 emmers per hectare).
- De zijgevels en tussengevels bleven vanaf dat moment permanent dicht.
- De lampen bleven permanent aan gedurende 16 uur per dag (ongeacht de buitenstraling).

2.5 Voeding (bemesting) en watergift

De planten kregen water met voeding via druppelleidingen (4 leidingen per dubbele bed, zie ook Figuur 1 rechts) die geplaatst waren boven op de teeltbakken. Tabel 4 geeft de samenstelling van de voedingsoplossing waarmee de proef is gestart. Er zijn maandelijks gift en drain monsters genomen voor analyse; op basis van de resultaten werd de voedingsoplossing aangepast, daar een goede voeding en watergift van belang is voor een goede teelt. In de watergift is gestreefd naar gelijkmatigheid in de EC drain.

Tabel 4

Samenstelling start voedingsoplossing.

mS/cm		Hoofdelementen (mmol/l)								Spoorelementen (µmol/l)					
EC	pH	NH4	K	Ca	Mg	NO ₃	SO ₄	P	Cl	Fe	B	Mn	Zn	Cu	Mo
2.7	5.5	0.4	5.5	7	2	15	2.75	1.6	2.0	50	30	7	3	1	0.7

2.6 Gewasgezondheid

Een gezond gewas was net als water en voeding geen onderzoek factor, maar is wel van wezenlijk belang voor een succesvolle proef. Daarom is ook hier veel aandacht aan besteed.

Uitgangspunt was een geïntegreerde aanpak: zoveel mogelijk biologisch, en chemische correcties zijn indien nodig voor een goed verloop van de teelt toegestaan.

Bij de start van de teelt is een bestrijdingsstrategie opgezet voor de vaak voorkomende plagen in een teelt van Alstroemeria, in eerste instantie trips en bladluizen. Zoals eerder vermeld (zie 2.1) waren de luchtramen in beide afdelingen voorzien van insectengaas.

2.6.1 Strategie voor plaagbeheersing

De strategie werd opgesteld op basis van onderzoeksresultaten tegen trips in andere gewassen en ook op de tot dan toe opgedane teeltervaringen bij de eerder gestarte proef "Alstroemeria van de Toekomst, dichtbij". Door wekelijkse scouting en maandelijkse bemonstering van het substraat werd de ontwikkeling van de populatie aan plagen en de aanwezigheid van bestrijders in kaart gebracht. Afhankelijk van het evenwicht tussen plaag en bestrijders werd de gekozen strategie aangepast. Dit kon zijn door de doseringen aan te passen of door een andere strategie te kiezen.

2.6.1.1 Trips

Voor de start van de teelt werd gekozen voor de volgende strategie tegen trips, *Frankliniella occidentalis*:

- Bladroofmijt *Neoseiulus cucumeris* zakjes (1 zakje /m² elke vier weken).
- Bodemroofmijten, *Stratiolaelaps scimitus* (voorheen *Hypoaspis miles*).

2.6.1.2 Bladluis

Voor de start van de teelt werd gekozen voor de volgende strategie tegen bladluis:

- Wekelijkse uitzet van de galmug *Aphidoletes aphidimyza* (1,7/m²).
- Wekelijkse uitzet van sluipwespen (mede afhankelijk van de bladluis die voorkomt), *Aphidius colemani* of *Aphidius ervi* (1,7/m²).

2.7 Metingen aan het gewas

De volgende metingen zijn aan het gewas verricht:

2.7.1 Productie, kwaliteit en loos.

De productie (de bloeiende takken of generatieve biomassa) worden conform praktijkgebruik getrokken, tenzij op expliciet advies van de BCO tijdelijk geknipt moest worden (vooral in het begin kan het bij trekken soms jonge scheuten mee worden getrokken, als het rizoom nog niet voldoende gesplitst en / of in het substraat verankerd is).

Geoogst werd zoveel mogelijk conform praktijk rijpheid, twee maal in de week (maandag en donderdag). Uit representatieve veldjes (2 per ras per behandeling) werden alle geoogste stelen geregistreerd (stuks geteld, lengte gemeten, gewicht bepaald op volledige lengte en na terugknippen tot de commerciële lengte van 80 cm).

Bij elke oogst werd (een deel van) de niet-bloeiende takken (ook loze takken of vegetatieve takken genoemd) meegetrokken (tenzij op advies van de BCO om voldoende bladmassa -LAI- te behouden, tijdelijk geen loos werd geoogst; dit wordt in de praktijk gedaan zowel t.b.v. assimilaten voorziening naar de rizomen als voor het klimaat in de kas). De aantallen en gewichten zijn bijgehouden, om zo inzicht te hebben in de verhouding vegetatieve/ generatieve biomassa als beïnvloed door de lichtbehandelingen.

Het aantal takken van onverkoopbare kwaliteit (één pitters, kromme, te korte, of vervormde en vergeelde bloemtakken) per veldje werd apart geregistreerd als "rejects" of onverkoopbaar.

Voorbeelden van dit soort takken zijn in Bijlage 7 te zien.

2.7.1.1 Houdbaarheid

Een goed vaasleven is voor snijbloemen een belangrijk kwaliteitsaspect. In deze proef is dat eenmalig getest in de winterperiode. Voor het bepalen van de houdbaarheid zijn 10 vers geoogste takken per ras en per behandeling direct na de oogst (zonder transportsimulatie) op de vaas gezet in de houdbaarheid ruimte van Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk. Per vaas één bloem. De heersende condities in de onderzoeksruimte zijn volgens internationale voorschriften ingesteld: 20°C, 60% RV, 12h licht per dag bij 14 µmol/(m².s) (Reid en Kofranek, 1981).

De houdbaarheid is gedefinieerd als “het aantal dagen vanaf het moment van op de vaas zetten in de uitbloeiruimte (dag 0) totdat de bloem is afgeschreven”. De bloem wordt afgeschreven op het moment dat ze zodanig slap, verwelkt of uitgebloeid zijn, of andere afwijkingen vertonen (b.v., krimp, bloemrui, Botrytis-rot, knikkende stelen) dat de gemiddelde consument ze niet langer in de vaas zou laten staan. Als ondersteuning voor de beoordeling wordt gebruik gemaakt van door de VBN opgestelde criteria. www.vbn.nl/site/wp-content/uploads/2017/05/Alstroemeria-evaluation-card.pdf



Figuur 6 Noize tijdens de uitbloeioproef voor het bepalen van de houdbaarheid.

2.7.2 Uitgroeiduur

De uitgroeiduur hebben we gedefinieerd als de “tijd vanaf het moment dat een bloemscheut 5 cm boven het substraat uitsteekt, tot dat deze oogstrijp is”.

Teneinde dit te kunnen bepalen, zijn er wekelijks tussen de 50 en de 150 scheuten van 5 cm gelabeld voor het bepalen van de uitgroeiduur (Figuur 7). Veel van de gelabelde scheuten worden nooit geoogst: ze bloeien niet, groeien niet uit, worden meegetrokken met de oogst van de tak die aan dezelfde stukje rizoom zit, of vallen na het oogsten in het pad. Een fractie van de labels wordt wel uiteindelijk geoogst en zo is in de loop van de tijd een aardig beeld ontstaan van de uitgroeiduur per behandeling en ras.



Figuur 7 Zij aanzicht veldjes met op de labels de datum waarop de tak 5 cm boven het substraat uitkwam. De labels werden om de tak gehangen en met de groei verplaatst om de uitgroeiduur (5 cm--> oogst) te kunnen bepalen.

2.7.3 Morfologie: detail metingen gewas

Om iets meer gegevens te hebben van de kwaliteit van de productie, zijn maandelijks van 10 takken per ras per behandeling detail metingen uitgevoerd (destructief). Deze metingen zijn:

- Aantal bladeren en bloemen. Gewicht van de verschillende organen (blad, bloem, steel).
- Bladoppervlak.
- Taklengte en takgewicht.
- Het drooggewicht (na drogen bij 80°C gedurende 48 uur) en het % drogestof.

2.7.3.1 Lengte van de bloemsteeltjes (peduncles)

Deze meting was niet op voorhand gepland maar werd ingevoerd en uitgevoerd gebaseerd op de visuele beoordelingen van het gewas. Gemeten werd vanaf het punt waar de bloeiwijze van de hoofsteel splitst tot de aanzet van de hoogste bloem (Figuur 22).

2.7.3.2 Steeldikte net onder de bloeiwijze

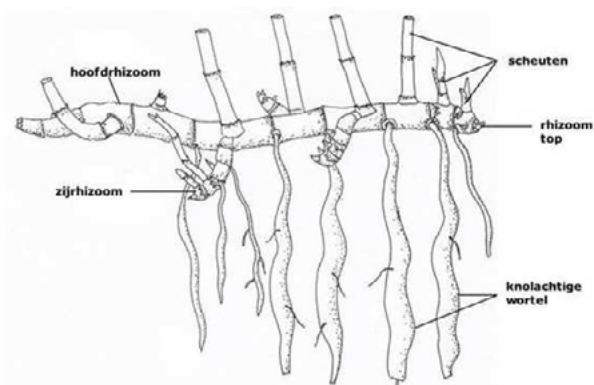
De dikte van de steel net onder de bloeiwijze (kroon) leek (gebaseerd op observaties van de BCO) te veranderen met het seizoen of met de teelttemperatuur. Met de gedachte, dat het verschillen tussen behandelingen tot uiting zou kunnen brengen, en tevens een mogelijke indicator kon zijn van plantbelasting dan wel een nuttige hulpmiddel voor klimaatsturing, is de steeldikte van 10 stelen per ras per behandeling, direct onder de bloeiwijze, eenmaal per maand gemeten. (Kroon dikte meting).

2.7.3.3 Bloei afwijkingen

Naast de eerder genoemde takken van onverkoopbare kwaliteit, zoals één pitters, kromme, te korte, of vervormde en vergeelde bloemtakken, zijn andere bloeiafwijkingen: bloemvervormingen, bladpunten, witte streepjes, gele strepen, bladmisvormingen, steelmisvormingen..... Deze zijn tijdens de oogst bijgehouden. De incidentie van deze afwijking per ras en er veldje werd apart geregistreerd, om mogelijke relaties met het licht te kunnen vaststellen.

2.7.4 Rizoom (wortelstok)

Om inzicht te krijgen in de aanmaak van ondergrondse biomassa is twee keer het rizoom (wortelstok, Figuur 8) onderzocht (een keer in juli – 10 maanden na planten- en een keer in januari (16 maanden na planten).



Figuur 8 Schematische weergave van het rizoom van een *A. aurea*. Uit De Klerk *et al.* 2012.

Hiertoe zijn 4 planten per behandeling en per ras volledig uitgegraven, het substraat is eruit gespoeld, en de volledige ondergrondse delen van elke plant zijn gewogen, de splitsingen (zijrizomen in Figuur 8) zijn geteld en de lengte van de hoofdrizoom en grotere splitsingen is gemeten. Indien aanwezig, is het aantal voedingswortels (knolachtige wortel in de figuur) geteld.

2.7.5 Fotosynthese

Om een indicatie te hebben van hoe de planten omgingen met het beschikbare licht en de toegediende spectra, is gedurende de teelt vier maal (in maart 2020, oktober 2020, november 2020 en januari 2021) fotosynthese gemeten met een twee Licor-6800 (Li-Cor Inc.) fotosynthese meters met open meetkop; d.w.z. dat er geen gebruik wordt gemaakt van de interne lichtbron van de LI-6800 (90% rood, 10% blauw LED), maar van het heersende lichtspectrum. Per afdeling één Li-Cor met open kamer, altijd met alleen lamplicht aan (dus gemeten in de vroege ochtend, nog voordat het daglicht in de kas kwam). Overige condities voor de meting gekozen aan de hand van de in de kas heersende condities.

2.7.6 Lichtonderschepping

De lichtonderschepping is eenmalig gemeten gedurende de proef met een door WUR Glastuinbouw in samenwerking met Spectrapartners (Haarlem, NL) en JETI Technische Instrumente GmbH, (Jena, D) nieuw ontworpen line-sensor (Vilfan, 2021) die behalve daglicht, ook geschikt is om onder verschillende spectra te meten.

2.7.7 Gehalte aan fotosynthetische pigmenten

Een niet destructieve meting van het gehalte aan chlorofyl en flavonolen. is zes keer uitgevoerd (februari 2020 tot juni 2020) Dit is gedaan met behulp van een hand-held apparaat, de Dualex®, (Cerovic *et al.* 2012) die geclipt wordt aan het blad en door te kijken naar verschillen in licht absorptie en reflectie, een maat geeft van het gehalte aan deze twee verschillende blad pigmenten.

2.8 Statistiek

De verschillende resultaten zijn onderworpen aan een variantie analyse (ANOVA) met behulp van het software pakket Genstat.

3 Resultaten en discussie

3.1 Kasklimaat en PAR licht

3.1.1 Temperatuur, luchtvochtigheid en CO₂

Over de gehele periode sept.2019 tot juli 2021 bedroeg de gemiddelde temperatuur in kas 4.02 (behandelingen HR en HR/FR), 19.6 °C (min. 16.1 en max. 27.6), en in kas 5.03 (behandelingen HBW en HBW/FR) 19.8°C (min. 16.4 en max. 29.6). De genoemde maxima deden zich eenmalig voor tijdens twee hittegolf dagen in augustus 2020.

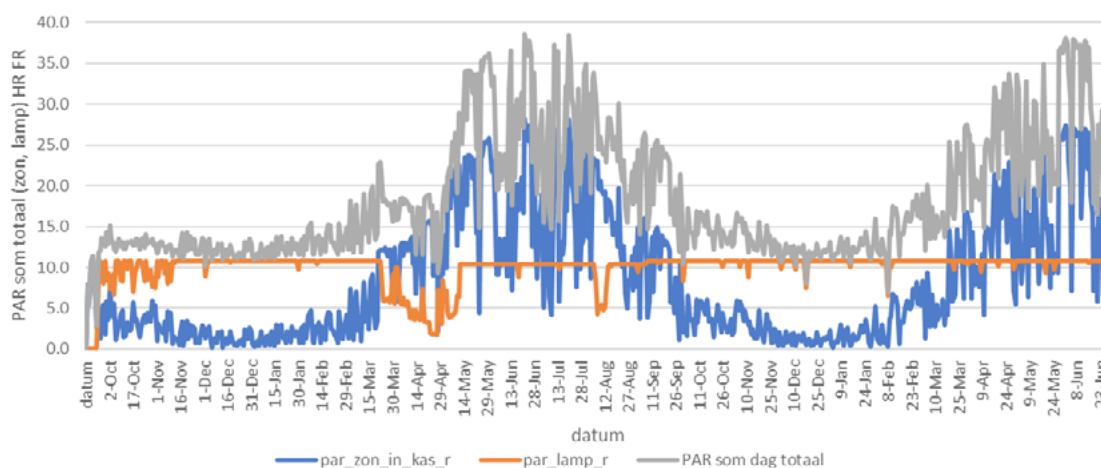
Het gemiddelde CO₂ gehalte eveneens over de hele periode was 632 ppm (392-902) in kas 4.02 en 639 ppm (405-905) in kas 5.03. RV gemiddeld 69-72% gemiddeld (47- 83%).

Een overzicht van het gerealiseerde kasklimaat (CO₂ gehalte, Etmaaltemperatuur en de RV) van beide afdelingen is in Bijlage 3 weergegeven.

De gerealiseerde PAR licht sommen behoeven wat meer aandacht en worden besproken hieronder.

3.1.2 PAR lichtsom dag

De proef heeft plaatsgevonden in een kasafdeling waar zowel lamplicht als natuurlijk licht wordt ontvangen. In het najaar en winter heeft de belichting de overhand. In voorjaar en zomer is er zoveel natuurlijk licht dat zelfs bij een zeer lage kastransmissie en de lampen aan gedurende 16 uur, het natuurlijk licht de overhand heeft (zie Figuur 9).



Figuur 9 Berekende PAR som van de lampen (PAR_{lamp}), van het natuurlijk licht (PAR_{zon_in_kas}) en PAR som dag totaal (natuurlijk licht + lamplicht). Een afdeling als voorbeeld.

3.1.2.1 Natuurlijk licht

Het natuurlijk licht gelijk houden in alle afdelingen vanaf het voorjaar bleek een flinke uitdaging.

Ondersteund door metingen aan de transmissie van het kasdek op verschillende momenten van het jaar, de dag en bij verschillend lichtinval (direct licht / diffuus licht), zie ook (Bijlage 5) zijn diverse interventies gedaan om de gelijkheid zo veel mogelijk te bereiken en te behouden.

De afdelingen waar de proef is uitgevoerd zijn klein (144 m² per afdeling) en grenzen aan andere afdelingen. De twee afdelingen lagen niet naast elkaar, maar aan weerszijden van een corridor, ze zijn dus gespiegeld aan elkaar en grensden ieder aan een andere type afdeling. Dit zorgt voor kleine verschillen in natuurlijk lichtinval gedurende de dag en in de loop van het jaar. Omdat iedere kas ook nog in twee subafdelingen gesplitst was door middel van een tussengordijn van wit plastic, werden de subafdelingen nog kleiner (ieder 72 m²) en de lichtverschillen tussen deze subafdelingen groter. De verschillen waren in de winter te verwaarlozen, maar namen in het voorjaar en richting de zomer toe. Eind maart 2020 werden op advies van de BCO en conform de normale praktijk in de teelt, de tussenschermen omhoog opgerold om maximaal zonlicht binnen de afdelingen te halen en zijn we begonnen met het afschakelen van de belichting op basis van buitenstraling (zie de dipjes in de oranje lijn in Figuur 9). Het viel echter op, dat de verschillen tussen afdelingen hierdoor groter werden, precies wat we niet kunnen gebruiken.

Deze verschillen zijn in kaart gebracht door in april 2020 metingen van de kastransmissie te doen bij direct licht op verschillende momenten van de dag en met verschillende configuraties van de gevels tussen afdelingen: zijschermen en tussenscherm afwisselend dicht of open. De resultaten van deze metingen bekrachtigen deze indrukken (Bijlage 5 Tabel 1). Op basis van deze metingen zijn in overleg met de teeltadviseur vanaf half april verschillende maatregelen genomen om de verschillen tussen subafdelingen te minimaliseren:

- Het kasdek is voorzien van een dun laagje diffuse coating (Redufuse IR in een dosering van 11 emmers per hectare).
- De zijgevels en tussengevels bleven vanaf dat moment permanent dicht.
- De lampen bleven permanent aan gedurende 16 uur per dag (ongeacht de buitenstraling).

Het diffuse coating wast met de regen langzaam af, daarom is deze na enkele weken opnieuw aangebracht, naar de winter toeval het gewassen, en in het voorjaar opnieuw aangebracht. Al deze acties leiden tot veranderingen van de kastransmissie. Om hier zicht op te houden, is gedurende het jaar op verschillende momenten de kastransmissie gemeten. De resultaten van deze metingen zijn samengevat in Bijlage 5 Tabel 2.

3.1.2.2 LED licht

De intensiteit en spectrum van de lampen is verschillende keren gemeten ter verificatie en waar nodig, ter aanpassing, ook ivm. reflecties van de gevels en tussengevels. De verdeling van de intensiteiten per subafdeling na uitvoeren is op plattegronden vastgelegd (niet getoond) en gebruikt voor een eerlijke verdeling van de proefvelden.

De gemiddelde eind intensiteit per subafdeling is samengevat in Tabel 5 en is gebruikt voor het berekenen van de PAR som totaal (zie 3.1.2.3).

Tabel 5

Gemiddelde intensiteit van de LED belichting per behandeling als gemeten (tot 700 en tot 800 nm)

Gem. intensiteit LED belichting	Behandeling			
	HR	HR FR	HBW	HBW FR
PAR (μmol/m ² s), 400-700 nm	193	187	190	185
PFD (μmol/m ² s) 400-800 nm (totaal PAR + FR)	187	207	191	210

3.1.2.3 Berekenende PAR som (natuurlijk licht + LED licht)

Het verloop in de tijd van de berekende PARsom dag is in Figuur 10 per behandeling / subafdeling getoond. Alle lijnen vallen praktisch op elkaar, bij zeer hoge buitenstraling iets minder goed dan in de winter maanden. De nagestreefde gelijkheid is behoorlijk goed gelukt.

Voor deze berekening is gebruik gemaakt van de buitenstraling, de kastransmissie in de periode tussen twee metingen, de intensiteit en de brandtijd van de lampen, en indien van toepassing, de transmissie van de kasdek schermen en de tijd dat deze dicht zijn per dag. Hieruit kan de totale lichtsom per behandeling worden berekend over de volledige duur van het experiment (Tabel 6).

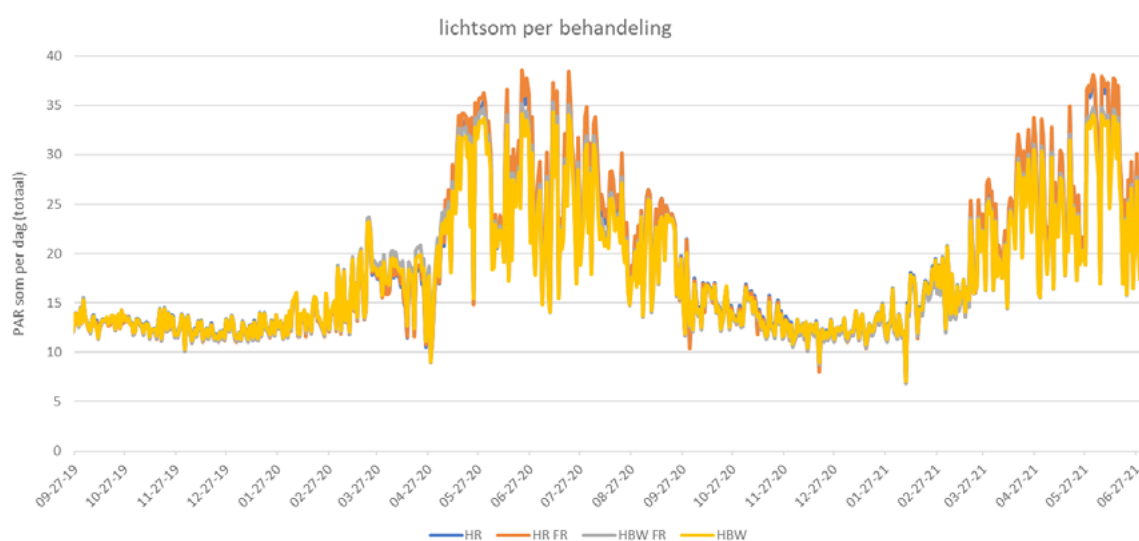
Tabel 6

Totale en relatieve lichtsom per spectrum.

	HR	HR FR	HBW	HBW FR
Relatieve lichtsom in % van HR	100.0	99.8	97.0	96.7
Lichtsom totaal (mol/m ²)	11,962	11,940	11,598	11,563

Uit deze berekening blijkt dat over de hele proef de afdeling HR de hoogste lichtsom heeft ontvangen; deze is op 100% gezet. De afdeling HBW FR heeft in vergelijking daarvan een 3.3% lagere lichtsom ontvangen. Dat is een acceptabel verschil maar kan tot kleine productie verschillen hebben geleid die niet uitsluitend het gevolg zijn van het gebruikte spectrum van de lampen.

In de statistische analyse van de kwaliteit is daarom de daglichtsom als covariant meegenomen.



Figuur 10 PAR som dag per behandeling (berekend).

3.2 Productie, loos en kwaliteit

Er werd twee keer per week geoogst uit twee veldjes (totaal 3.2 m²) per ras en per behandeling. De laatste bloemen zijn getrokken op 29 juni 2021.

De snelheid waarmee de eerste bloem geoogst werd na planten was per ras verschillend. Bij Elegance was dat op 29 oktober (na 42 dagen), Noize op 12 november (na 55 dagen), Jaffa op 28 november (na 70 dagen) en de eerste bloemtak Virginia werd pas geoogst op 9 december 2019, (80 dagen na het planten).

Bij het op gang komen van de productie leken de twee behandelingen met FR een lichte voorsprong in productie te ontwikkelen (BCO update 14 januari 2020), alsof de aanwezigheid van FR de productie versnelde. Bij de volgende update in juni echter was de voorsprong aan het wegebben. Daarom kiezen we hieronder voor het tonen en bespreken van de totale productie per behandeling en ras. Het verloop van de productie in de tijd is per ras en per behandeling te zien in Bijlage 2.

3.2.1 Productie

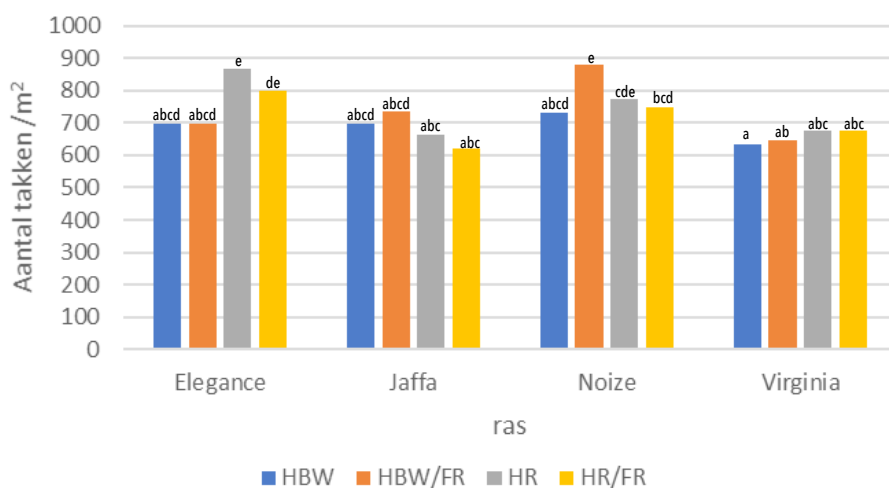
Gedurende de looptijd van de proef zijn in totaal 36.936 goede kwaliteit bloemtakken geoogst, uit in totaal 32 veldjes van ieder 1.6 m². Hiermee komt de totale productie per m² op 721 bloemen (71 kg).

De productie uitgedrukt in aantal oogstbare bloemtakken over beide veldjes per ras totaal is per behandeling en ras te zien in tabel 6 (linker vier kolommen).

De grafiek uit Figuur 11 toont de productie per ras en behandeling omgerekend naar aantal bloemtakken per m².

Statistische analyse laat zien dat de verschillen tussen rassen significant ($P < 0.001$) zijn en de verschillen tussen behandelingen niet significant zijn. Over de vier behandelingen heen, waren Noize en Elegance significant productievere rassen dan Jaffa en Virginia. In de praktijk staat Virginia bekend als productiever dan Elegance (pers. comm. De Groot,); dit kan verklaard worden uit het feit dat Virginia nog een jong gewas was in het onderzoek; Virginia is een slow starter en wordt productiever naarmate het gewas ouder is en meer gesplitst.

Tussen verschillende ras/behandeling combinaties zijn wel enkele verschillen significant (interacties). Deze worden aangegeven met verschillende letters in de productie grafiek per behandeling.



Figuur 11 Totaal aantal takken per m² gedurende de teelt.

3.2.1.1 Productie samengevat:

Uit deze eindstand en de statistische analyse blijkt dat:

- Over de vier behandelingen heen, waren Noize en Elegance significant productievere rassen dan Jaffa en Virginia.
- Er zijn geen significante verschillen tussen de spectrumbehandelingen; er is wel een trend naar een lagere productie bij de behandeling HBW.
- Bij Elegance is de hoogste productie behaald bij de behandelingen HR en HR/FR.
- Bij Noize is de hoogste productie behaald bij de behandeling HBW/FR. Dit was ook conform de vooraf behaalde resultaten in "LED licht bij zonlicht".
- Virginia produceerde even goed in alle behandelingen.
- Bij Jaffa is er een trend naar een lagere productie bij de behandeling HR/FR, maar verschilt niet significant tussen alle behandelingen.

3.2.2 Loze takken en onverkoopbare bloemen

Naast verkoopbare takken, is er een groot aantal takken dat niet als "productie" kan worden beschouwd, maar dat totaal wel een biomassa productie vertegenwoordigen.

Dat zijn loze takken (zonder bloem, vegetatief), takken met slechts 1 of 2 bloemen (één- of tweepitters), kromme takken, takken die vergelen op de plant, extreem dunne bloemtakken, bloemtakken die anderszins misvormd zijn (dubbele of meervoudige stelen), takken waarvan de bloem gevormd is maar aborteert voor de oogst, of die zodanig breken vlak voor of tijdens de oogst dat ze niet aan de lengte eisen kunnen voldoen, ook niet door degradatie. Dit aantal is ook opgeteld per behandeling en ras in tabel 6 (rechter vier kolommen).

Tabel 7

Totaal (over de twee veldjes) aantal bloeiend en verkoopbare takken (links); het percentage loos en onverkoopbaar (als percentage van het totaal verkoopbaar + niet verkoopbaar) per ras en spectrum behandeling.

Ras	Productie (goede kwaliteit takken)				totaal loos en onverkoopbaar			
	HBW	HBW/FR	HR	HR/FR	HBW	HBW/FR	HR	HR/FR
Elegance	2225	2232	2781	2560	359	326	434	254
Jaffa	2223	2336	2140	1986	695	831	628	643
Noize	2337	2804	2485	2409	1123	1097	1135	881
Virginia	2010	2060	2169	2179	881	754	702	626
Alle rassen samen	8795	9432	9575	9134	3058	3008	2899	2404

In Tabel 7, tonen wij de verhouding verkoopbaar/ onverkoopbare takken per ras en per behandeling (linker vier kolommen). En in de rechter vier kolommen, is te zien het percentage loos en onverkoopbaar ten opzichte van het totaal aantal getrokken takken (dat is de som van zowel de goede als de slechte of loze takken).

Tabel 8

Verhouding (linker vier kolommen) goede en loos/onverkoopbare takken (links); en het percentage loos en onverkoopbaar van het totaal aantal getrokken takken (verkoopbaar + loos + niet verkoopbaar) per ras en spectrum behandeling.

Ras	Verhouding verkoopbaar/onverkoopbaar totaal				% loos en onverkoopbaar t.o.v. totaal			
	HBW	HBW/FR	HR	HR/FR	HBW	HBW/FR	HR	HR/FR
Elegance	6	7	6	10	14	13	14	9
Jaffa	3	3	3	3	21	24	19	23
Noize	2	3	2	3	37	30	37	29
Virginia	2	3	3	3	30	27	25	22
Alle rassen samen	3	3	3	4	26	24	23	21

3.2.2.1 Loos en onverkoopbaar irt productie, samengevat

Uit het bovenstaande is te concluderen:

- Het ras Noize produceert in verhouding het grootste percentage loze takken. Waarbij de twee behandelingen met FR, tot een lager % loos en onverkoopbaar leiden dan de behandelingen zonder toegevoegd FR. Zonder FR is dit een loze tak voor elke 2 goede takken, met FR een loze tak voor elke 3 goede takken.
- Het ras Elegance produceert het laagste percentage loze en onverkoopbare takken. Ook hier zien we een kleine verlaging van het percentage loos en onverkoopbaar bij de twee behandelingen met FR. Zonder FR is de verhouding 1 loos voor elke 6 goede takken; met FR gaat de verhouding naar 7 (HBW/FR) of zelfs 10 (HR/FR) takken.
- Virginia en Jaffa produceren veel loos in alle behandelingen. Jaffa telkens 1 loos per 3 goede takken; Virginia ook, behalve in HBW, waar de verhouding 1 loos op 2 goede takken was.

3.2.3 Kwaliteit

Gedurende de gehele looptijd van de proef was de BCO die het gewas visueel beoordeelde van mening dat de kwaliteit van het gewas over het algemeen heel goed was: voldoende lengte, stevige takken, en relatief weinig afwijkingen.

3.2.3.1 Taklengte

Er zijn flinke verschillen in lengte tussen de geoogste goede takken; circa 10% van alle gemeten takken (rassen Elegance, Jaffa en Virginia) heeft een lengte boven de 140 cm, en takken van meer dan 160 cm komen ook voor (ca. 1% van alle gemeten takken).

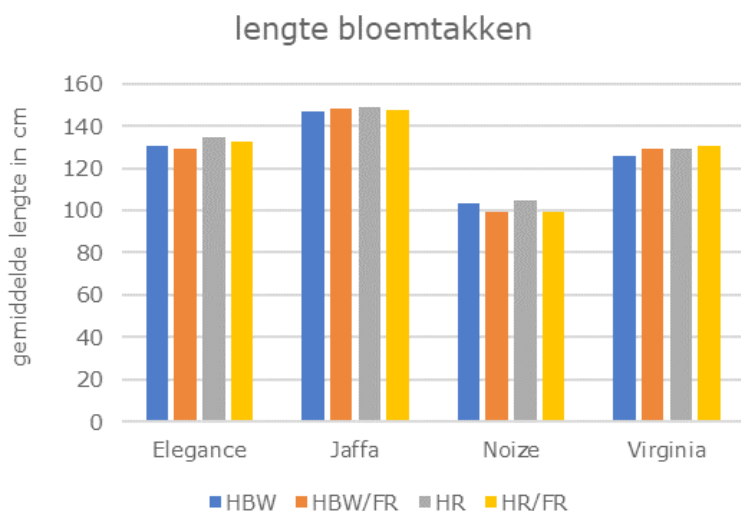
Te korte takken kwamen maar zeer beperkt voor en veelal was het Noize; slechts 60 van de totaal gemeten Noize, en totaal rond de 110 stelen.

De gemiddelde lengte over de hele proef is per ras en per behandeling te zien in Figuur 12.

De rassen verschillen significant van elkaar ($P < 0.001$): Jaffa had de langste takken (148 cm), gevolgd door Elegance (132 cm) en door Virginia (129 cm). De bloemtakken van het ras Noize zijn met "slechts" 102 cm gemiddeld, relatief kort in vergelijking met de bloemtakken van de andere rassen.

Alleen de behandeling HR verschilt significant van de andere behandelingen in taklengte; de takken zijn gemiddeld 2-3 cm langer.

Gedurende de eerste winter en voorjaar (BCO update juni 2020), was er bij Elegance en Noize een duidelijk effect (zowel zichtbaar als meetbaar) van de belichting op de taklengte: de bloemtakken in de twee behandelingen met FR waren gemiddeld 4 cm korter (Elegance) tot 9 cm korter (Noize) dan onder het zelfde spectrum maar zonder FR (terwijl het de verwachting was dat ze langer zouden zijn ivm de Shade Avoidance Reactie (SAS) op FR).



Figuur 12 Gemiddelde lengte in cm over de volledige duur van de proef

Door in te zoomen op de lengtes in de wintermaanden van de eerste plus de tweede winter (data niet getoond), blijkt dat dit verschil in de loop van de teelt bij Elegance is afgenomen tot gemiddeld 2 cm, en bij Noize is afgenomen tot 6 cm.

Omdat de lengte over het algemeen ruim voldoende is geweest, en de meeste takken voldoen aan de commerciële lengte zijn deze verschillen voor de praktijk niet relevant.

3.2.3.2 Takgewicht

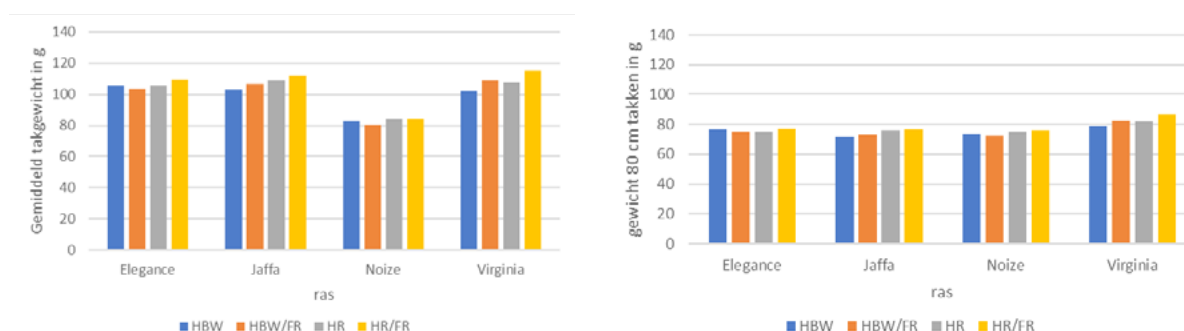
De takgewichten zijn bijgehouden zowel bij volledige lengte (Figuur 13 links) als na terugknippen tot 80 cm (Figuur 13 rechts).

Over de hele proef naderde het gemiddeld gewicht van een tak van 80 cm de 80 gram, 0.98 gram per cm lengte. Het gemiddeld gewicht op volledige lengte was 101 gram, 0.82 gram per cm.

Het lager gemiddeld gewicht van Noize ten opzichte van de andere rassen (Figuur 13 links) is door de kortere taklengte te verklaren.

Teruggeknipt op 80 cm, blijkt het takgewicht van Virginia significant zwaarder (6 gram) dan de andere rassen.

De invloed van de lichtspectrum (behandeling) op het gewicht is zeer klein; over alle rassen heen zijn er iets zwaardere takken in de "HR/FR" behandeling. Net als met de lengte, omdat het gewicht altijd ruim voldoende is, zijn deze verschillen voor de praktijk niet relevant.



Figuur 13 Gemiddeld takgewicht bij volledige lengte (links) en na terugknippen tot de commerciële lengte van 80 cm (rechts).

3.2.3.3 Houdbaarheid

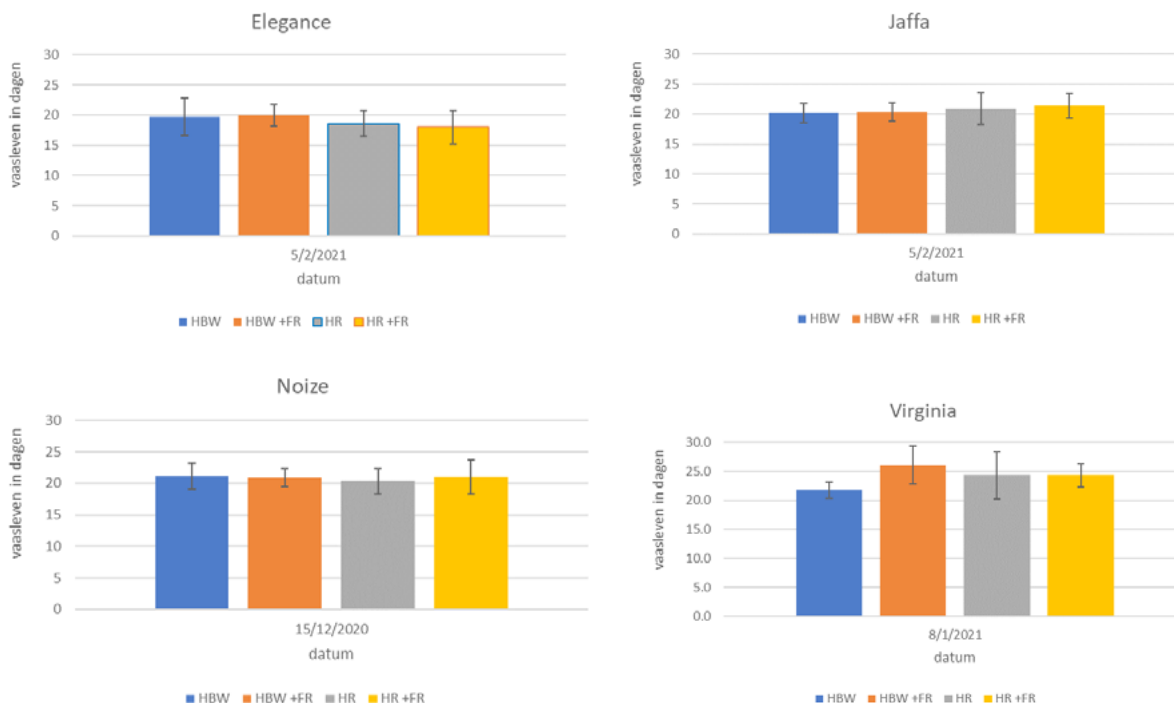
De houdbaarheid van de bloemen in de winter was gemiddeld 21.2 dagen. Tussen de rassen noch de spectra zijn verschillen naar voren gekomen (Figuur 15), alleen bij Virginia was behandeling HBW/FR net iets langer houdbaar (25 dagen). Bladvergeling en bloemrui waren de belangrijkste oorzaken van beëindiging van het vaasleven, zoals het bekend is bij Alstroemeria zonder voorbehandeling.

Twee bijzonderheden zijn opgemerkt (Figuur 14):

- 1- paarse bladpunten (Noize) verdroogden en werden necrotisch tijdens het vaasleven. (Hier wordt in een apart project "Groen of Rood Gewas" aandacht aan besteed).
- 2- slijmig en daardoor knikkende stelen. Het ergste bij Noize (in alle behandelingen minimaal 20% van de takken als omschreven geknakt); bij Jaffa kwamen geen geknakte takken voor. Dit gebeurde ook in de parallelle proef "Alstroemeria van de Toekomst, dichtbij". Onduidelijk waar dit aan ligt, maar de LED licht behandeling lijkt geen rol te spelen.



Figuur 14 Links: paarse bladpunten in de kas worden necrotisch (midden) tijdens het vaasleven. Rechts, een bloem waarvan de steel op de vaas knikt en verslijmt.



Figuur 15 Vaasleven in dagen per ras en per behandeling.

3.2.3.4 Kwaliteit samengevat

Het bovenstaande is samen te vatten als:

- Over het algemeen was de kwaliteit van de geoogste bloemtakken (lengte, gewicht, en verhouding gewicht in gram per cm lengte) goed, zowel visueel als gemeten.
- Jaffa had de langste takken, Noize de kortste, maar de lengte voldeed haast altijd aan de commerciële lengte van 80 cm.
- Behandeling HR gaf takken die gemiddeld 2-3 cm langer waren dan de andere behandelingen.
- Bij Elegance en Noize waren de bloemtakken in de twee behandelingen met FR en vooral in de eerste winter gemiddeld iets korter dan onder dezelfde spectra maar zonder FR.
- Virginia geeft de zwaarste takken bij 80 cm.
- Over alle rassen heen zijn er iets zwaardere takken in de "HR/FR" behandeling (2-4 gram).
- Lengte en gewicht verschillen als gevolg van de behandelingen zijn in relatie tot de algemeen goede kwaliteit, niet relevant voor de praktijk.
- De houdbaarheid in de winter was goed (21 dagen) voor alle rassen en alle behandelingen.

3.3 Licht benuttings efficiëntie, LBE

De lichtbenuttingsefficiëntie (LBE) is een maat voor hoe efficiënt het gewas het licht omzet in productie. Ook corrigeert het de productie voor de eventuele verschillen in lichtsom tussen behandelingen. Het wordt uitgedrukt in gram vers product geoogst (gewicht van de bloemen per m²) per ontvangen mol licht, ook per m². De eenheid voor LBE is g/mol.

3.3.1 LBE volledige teelt

De lichtbenuttingsefficiëntie van het gewas (over alle rassen en de volledige teeltduur heen) is uitgerekend en weergegeven in Tabel 9. In de tabel is ook te zien de relatieve lichtsom en de relatieve productie in % van de behandeling HR, die is op 100 gezet.

Los van alle rassen verschillen, blijken de productie verschillen tussen de behandelingen HR, HR/FR en HBW/FR grotendeels verklaard te kunnen worden uit het verschil in lichtsom. Deze drie behandelingen hebben een zeer vergelijkbare Licht benutting. De behandeling HBW echter laat een verlaging van de relatieve productie en de Licht benutting ten opzichte van de andere drie behandelingen, lager dan op basis van de lichtsom zou mogen worden verwacht.

De lichtbenutting na terugknippen komt goed overeen met die van een eerdere praktijkproef (4.73 in García Victoria, *et al.* 2018). Over de volledige lengte gemeten is de lichtbenutting duidelijk hoger.

Tabel 9

Relatieve lichtsom (als % van Behandeling HR), relatieve productie (als % van HR) en de LBE (gram/mol) over alle rassen en de volledige teeltduur, per behandeling.

	HR	HR FR	HBW	HBW FR
Relatieve lichtsom (mol/m ² dag) in % van HR	100.0	99.8	97.0	96.7
Relatieve productie (kg/m ²) in % van HR (takken op volledige lengte)	100.0	99.1	89.0	96.2
LBE (g/mol) (takken op volledige lengte)	6.3	6.2	5.8	6.3
LBE (g/mol) (na terugknippen tot 80 cm)	4.8	4.7	4.5	4.8

3.3.2 LBE verloop

Het verloop van de lichtbenuttingsefficiëntie gedurende de teelt is per ras voor alle vier de behandelingen te zien in Figuur 16. Er zijn verschillende manieren om dit uit te drukken in de tijd. In Bijlage 6 is de LBE op vier verschillende manieren uitgerekend voor elk ras/ spectrum combinatie.

Voor de grafieken in dit hoofdstuk hebben we ervoor gekozen om zoals verzocht door de BCO, de productie van een week te delen door het gemiddelde licht van de 4 weken ervoor (LBE 4 weken).

Uit deze weergave blijkt dat de LBE is aan het begin van de teelt in de winter voor alle rassen het hoogst, in de zomer is het lager en neemt weer toe richting de volgende winter; dit is een herkenbaar patroon bij meerdere gewassen.

De grafieken hieronder (Figuur 16) laten de LBE 4 weken zien voor elk van de vier behandelingen. Per ras is een aparte grafiek opgenomen. Noize vertoont een constanter patroon maar een lagere LBE. Tussen behandelingen zijn de verschillen in LBE gedurende de teelt marginaal.



Figuur 16 LBE in g/mol in de tijd per ras.

3.3.2.1 Lichtbenutting samengevat

Uit het bovenstaande kan het volgende worden geconcludeerd:

- De kleine productie verschillen (totale kg productie per m²) tussen de behandelingen HR, HR/FR en HBW/FR kunnen grotendeels verklaard worden uit het verschil in lichtsom.
- De behandelingen HR, HR/FR en HBW/FR hebben een zeer vergelijkbare Licht benutting (4.7 of 4.8 voor productie op commerciële lengte, en 6.2 of 6.3 voor productie op volle lengte).
- De relatieve productie en de Licht benutting van behandeling HBW zijn beide lager dan op basis van de lichtsom zou mogen worden verwacht.

3.4 Uitgroeiduur

De uitgroeiduur is gedefinieerd als "het aantal dagen vanaf dat een scheut 5 cm boven het substraat uitsteekt, totdat deze kan worden geoogst".

Over de duur van de proef is het gelukt om data te verzamelen van totaal 1763 gelabelde scheuten.

Het aantal per ras waarvan data is verzameld, de gemiddelde uitgroeiduur over dat aantal, de snelste en de traagst ontwikkelde bloem en het gemiddeld per behandeling is weergegeven in Tabel 10.

Uit de standaard deviatie en de minimum en maximum waardes is af te lezen dat de uitgroeiduur heel sterk kan variëren. De uitgroeiduur vertoont een enorme variatie binnen een ras en behandeling. Dit heeft te maken met de gehanteerde definitie en maat voor de uitgroeiduur. Er is gezocht naar een correlatie met de taklengte, en die is er niet ($R=0.03$).

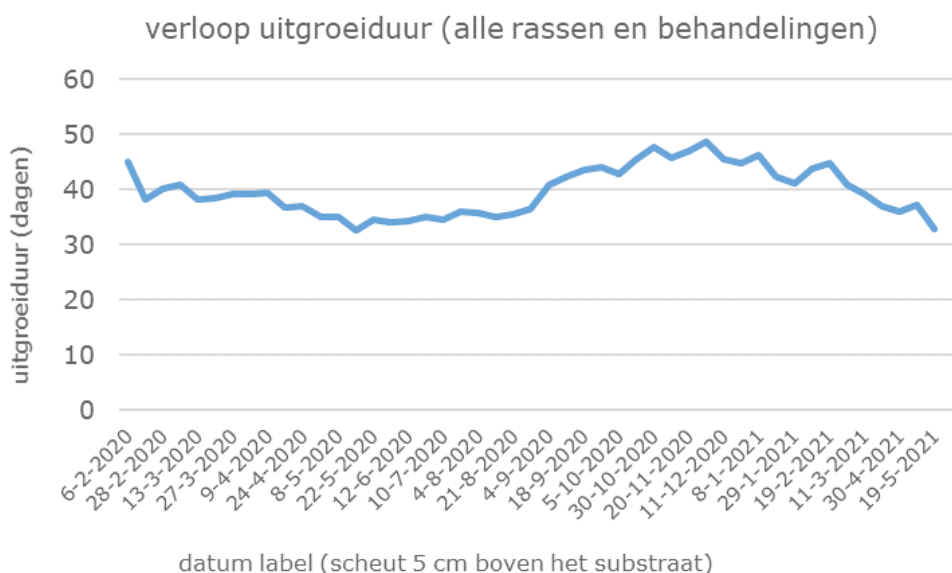
Tabel 10

scheuten waarvan data is verzameld, gemiddelde, maximum en minimum uitgroei duur per ras (linker vier kolommen) en gemiddeld per ras per behandeling (rechter vier kolommen).

Ras	aantal scheuten, uitgroei duur				Gem. uitgroei duur per behandeling			
	# scheuten	Gem. dagen	Min. dagen	Max. dagen	HBW	HBW/FR	HR	HR/FR
Elegance	651	41.5	28	95	41.9	40.2	43.4	40.7
Jaffa	280	36.6	20	63	37.3	35.2	36.8	36.9
Noize	337	35.7	21	74	36.2	36.9	34.7	34.8
Virginia	495	41.0	28	133	41.5	40.8	40.6	40.8
Alle rassen samen	1763	39.5	20	133	39.9	39.0	39.9	39.5
Std deviatie van het gemiddelde					8.7	6.9	8.4	6.9

Bij het beoordelen van de rizomen (Zie 3.5.6) viel op dat sommige jonge scheuten van heel diep in het substraat moeten komen; doordat het rizoom blijft splitsen, en de ruimte om te splitsen steeds krappert, gaan de nieuwe rizoomvertakkingen alle kanten op, en ook de diepte in. Jonge scheuten ontstaan rondom de rizoom, soms aan de onderkant. De takken die daarvandaan moeten groeien zijn soms al lang onderweg voordat ze 5 cm boven de oppervlakte zijn gegroeid. Terwijl een tak uit een rizoomsplitsing vlak boven de oppervlakte een korte afstand hoeft te groeien om boven het substraat te groeien. Mogelijk verklaart dit de grote verschillen.

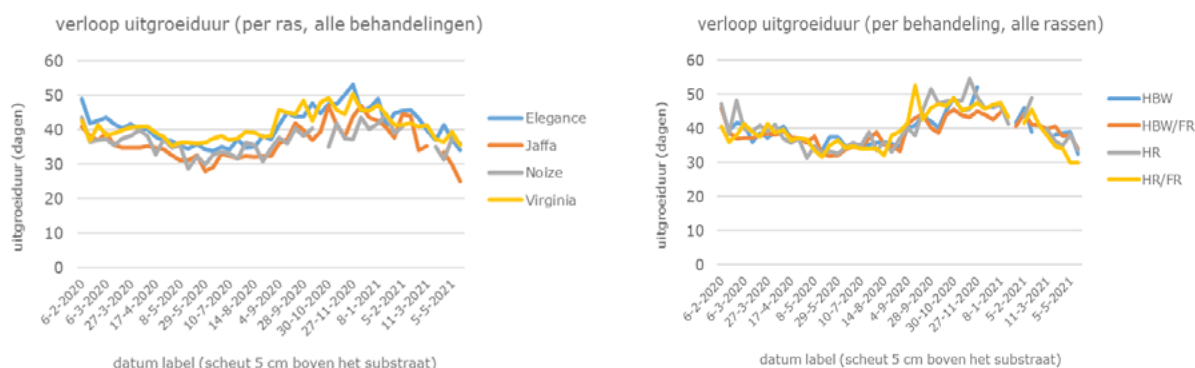
Het verloop van de uitgroei duur (Figuur 17) vertoont wel een seizoenspatroon: scheuten die in vanaf augustus tot februari worden gelabeld, doen er langer over (>40 dagen gemiddeld) dan scheuten die gelabeld worden van maart tot juli (<40 dagen). Dit verloop is nauwelijks zichtbaar als de uitgroei duur in dagen wordt uitgezet tegen de oogstdatum (i.p.v. de labeldatum)!



Figuur 17 Het verloop van de uitgroei duur in dagen uitgezet tegen de datum waarop de tak werd gelabeld (de scheut stak 5 cm boven het substraat).

In Figuur 18 is dit verloop van de uitgroei duur uitgesplitst: links per ras, rechts per behandeling. Het seizoenspatroon blijft en het blijkt dat de invloed van het ras (links), groter is en redelijk constant dan de invloed van de behandeling (rechts); deze is logischerwijs in de "zomer periode" volledig afwezig.

Statistische analyse van alleen de stelen die in de winter zijn gelabeld (oktober tot februari) laat zien dat de uitgroei duur van Elegance (47.9 dagen in de winter) en Noize (41.5 dagen in winter) significant van elkaar verschilt (LSD 4.4), en dat behandeling HBW (48 dagen in winter) significant trager uitgroeit dan HBW FR (44.5 dagen, LSD 3.6). Zowel tussen behandelingen als tussen rassen zijn geen andere significante ($P < 0.05$) verschillen in uitgroei duur.



Figuur 18 Het verloop van de uitgroei duur in dagen uitgezet tegen de datum waarop de tak werd gelabeld (de scheut stak 5 cm boven het substraat), links per ras, rechts per behandeling weergegeven.

3.4.2.1 Uitgroei duur samengevat

Ondanks grote variatie zijn uit deze grafieken en tabellen de volgende resultaten en trends te lezen:

- De rassen Jaffa en Noize groeien gemiddeld gesproken sneller uit (ca. 5 dagen) dan de rassen Elegance en Virginia.
- Het verschil tussen rassen is groter dan het verschil tussen behandelingen.
- Er is een seizoensverloop in de uitgroei duur afhankelijk van het moment dat de scheuten net boven het substraat uitkomen en kunnen worden gelabeld: scheuten van augustus tot februari doen er langer dan 40 dagen gemiddeld over tot de oogst; scheuten die gelabeld worden van maart tot juli korter dan 40 dagen. Dit verloop is niet zichtbaar als de uitgroei duur in dagen wordt uitgezet tegen de oogstdatum.
- In de wintermaanden is HBW significant trager dan HBW FR, en Elegance significant trager dan Noize.

3.5 Morfologie en detail metingen

Uit het eerder onderzoek "LED licht bij zonlicht" bleken de verschillende spectra tot grote verschillen in de vorm van de bloemen te leiden.

Om mogelijke verschillen zo goed te bepalen is er veel aandacht besteed aan het vastleggen van kenmerken, zowel visueel als met metingen.

3.5.1 Visuele verschillen tussen behandelingen.

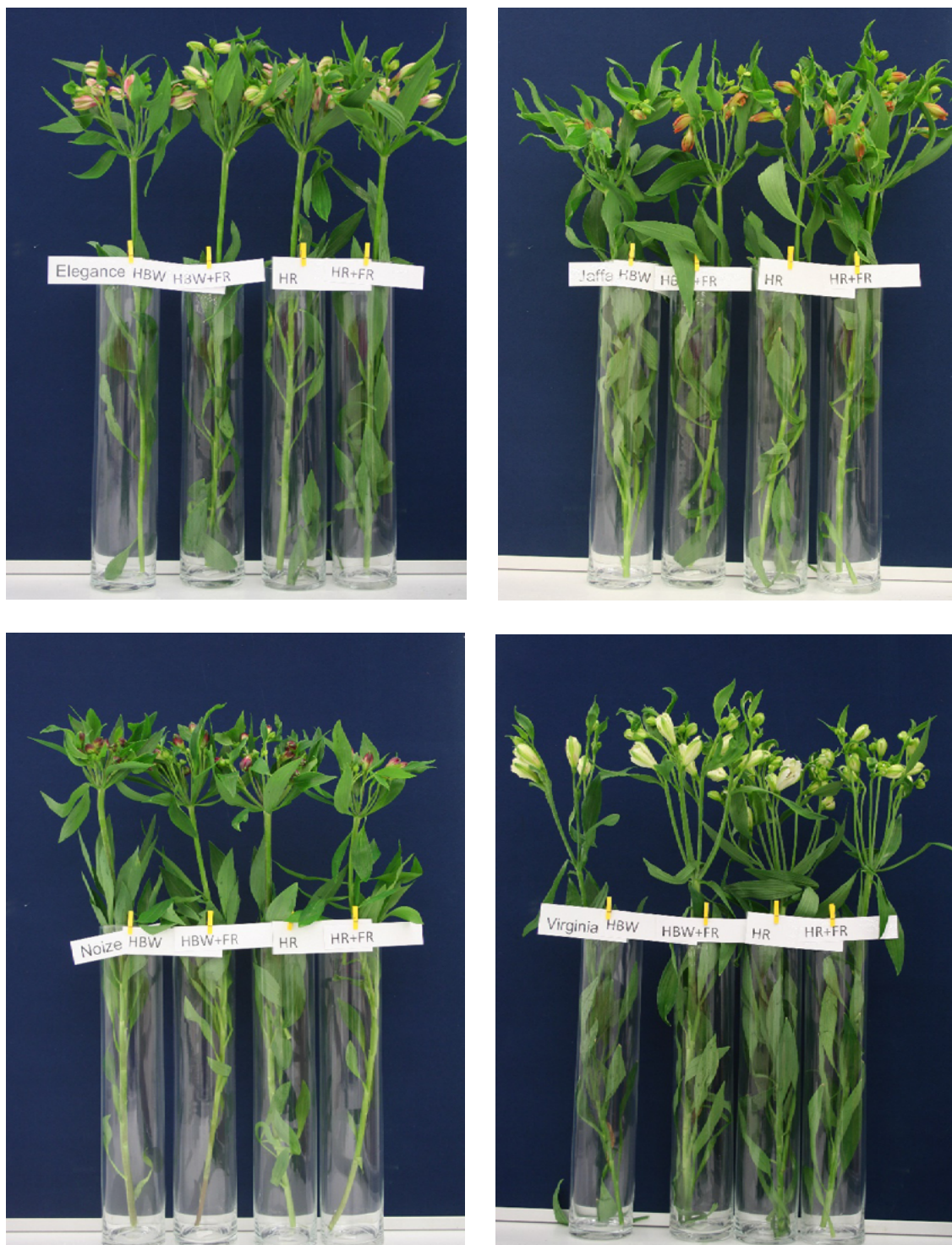
Bij de bezoeken van de BCO werd het gewas in alle behandelingen visueel beoordeeld.

Een keer is de BCO speciaal voor daglicht in de kas geweest om te ervaren hoe het is om te werken in de verschillende spectra. Ze concludeerden dat het best goed te werken was in alle spectra omdat hoewel het van buiten vrij rood uitziend, de ogen vrij snel aan wennen aan de rode gloed. In alle spectra is er voldoende wit licht (minimaal 6%). In de spectra HBW en HBW/FR met 14% wit licht, oogt het gewoon wit en daar is het gewas als bij daglicht te zien en net iets makkelijker te scouten op plagen en bestrijders.

Terugkerende opmerkingen van de leden van de BCO waren dat alle gewassen "fris" stonden, dat er een zware kwaliteit was, en het viel vooral op dat de HR behandeling vaak voller oogde, en de HBW behandeling het "leegst". Noize stond stevast het beste op in de behandeling HBW/FR. Ook opvallend was de algehele lengte van het gewas (Noize was in de behandelingen HR/FR en HBW/FR (de twee met FR) vrij kort in vergelijking met de andere rassen).

Op takniveau werden verschillen in de kleur van de stelen, de lengte van de bloemsteeltjes, zie verder 3.3.2., en de incidentie van bladpunten en soms verschillen in bladgrootte en bloembezetting opgemerkt. Ook lichte afwijkingen werden geconstateerd (zie verder in Bijlage 7) en de incidentie is bijgehouden.

Er zijn twee keer foto's gemaakt van random gekozen bloemen uit de oogst van een dag van alle behandelingen en ras combinaties: een keer in februari, en een keer in juni. De foto's (Figuur 19) tonen bloemen uit de vier LED lichtbehandelingen naast elkaar per ras in februari. Er zijn visueel geen noemenswaardige verschillen tussen de behandelingen. Een van de weinig opvallende verschillen betreft niet zo zeer morfologie maar de kleur van de bloemstelen: paars verkleuring in de steel bij de behandelingen zonder FR. (Figuur 20). Dit deed zich voor bij zowel Noize als bij Elegance; is niet waargenomen bij Jaffa of Virginia. Het is geen kenmerk die de verkoopbaarheid of de prijs van de bloemen zou beïnvloeden, en daarom niet bedreigend voor de praktijk.



Figuur 19 Visuele verschillen tussen bloemen uit de verschillende behandelingen.



Figuur 20 Paars verkleuring van de steel bij de behandelingen zonder FR bij Noize.

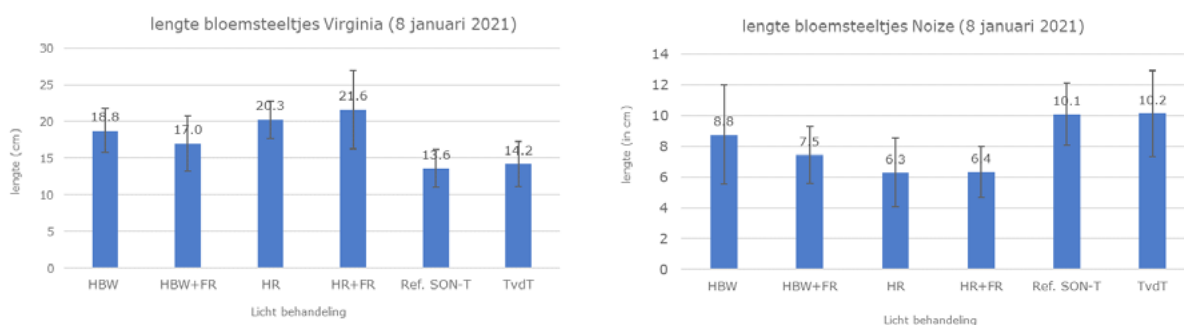
3.5.2 Lengte van de bloemsteeltjes ("penduncles")

Een zichtbaar verschil in de bloemmorfologie werd opgemerkt door de BCO in de eerste winter in de kas: de lengte van de bloemsteeltjes. Het viel de BCO op dat in vergelijking met hun eigen gewassen (en ook in vergelijking met het gewas uit het parallel lopend onderzoek "Alstroemeria van de Toekomst, dichtbij") extreem lang oogden bij Virginia en extreem kort ("propperig" in de bewoording van de telers) oogden bij Noize.

Om hier een getal aan te verbinden, is eerst een meting gedaan op 2 April 2020 aan 10 random stelen per behandeling bij Virginia (Figuur 22). Uit deze meting bleek verschil te zijn tussen de HBW en HBW behandelingen (15 cm en 17 cm respectievelijk) en alle overige behandelingen (23 cm), inclusief de twee behandelingen van de parallelle proef "Alstroemeria van de Toekomst, dichtbij": de ene belicht met $70 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ SON-T belichting, de andere belicht met $200 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ LED belichting (spectrum 8%B, 13%G, 67%R en 12%FR).

Een tweede meting is uitgevoerd op 8 januari 2021: immers, als de LED belichting de lengte van de bloemsteeltjes beïnvloedt, zal het in de donkerste maanden van het jaar het meest zichtbaar / meetbaar zijn. Hiertoe is aan 10 random stelen per behandeling en ras gemeten, en aan 10 Virginia en 10 Noize uit ieder van de twee behandelingen van de parallelle proef "Alstroemeria van de Toekomst, dichtbij". De resultaten bevestigden het visuele beeld van de telers uit de vorige winter (Figuur 21):

- in alle behandelingen waren de bloemstelen van Virginia langer dan in de parallelle proef; het kortst in de behandeling HBW/FR, het langst in de HR en HR/FR behandelingen.
- In alle behandelingen waren de bloemstelen van Noize korter dan in de parallelle proef; het "propperigst" in de behandelingen HR en HR/FR.

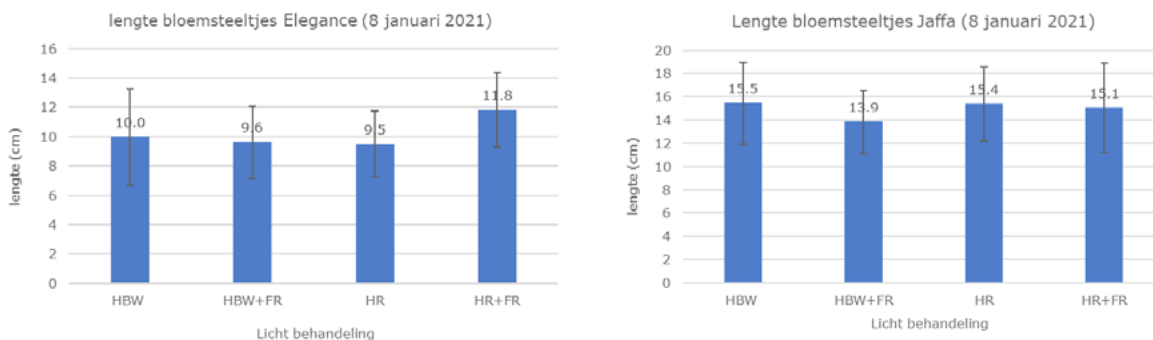


Figuur 21 Lengte van de bloemsteeltjes bij Virginia en Noize (gemeten op 8-1-21),



Figuur 22 De lengte meting van de bloemsteeltjes (peduncles).

Voor de rassen Elegance en Jaffa hadden we geen "referentie bloemen" in de "Alstroemeria van de Toekomst, dichtbij" project. De bloemlengtes zijn gemeten en vergeleken tussen de behandelingen onderling. Door de grote variatie, is er geen verschil tussen de behandelingen, en we weten niet hoe ze zich verhouden tot "de praktijk".



Er is gedurende de winter nog een aantal keer gemeten aan de lengte van de bloemsteeltjes: gemiddeld over 15 januari, 22 januari, 29 januari en 5 februari bedraagt het lengte verschil tussen Virginia in de "Alstroemeria van de Toekomst, dichtbij" en in de HR/FR behandeling (de langste) nog 5 cm; bij Noize zijn de bloemsteeltjes nog maar 2 cm korter in de HR behandeling (de kortste) dan in de "Alstroemeria van de Toekomst, dichtbij". (Grafieken niet getoond).

In de metingen in maart (3, 6, 9 maart) zijn deze verschillen nog aanwezig. Daarna kon niet meer worden vergeleken in verband met het aflopen van de parallelle proef, en zijn de metingen gestaakt.

3.5.3 Droge stof gehalte, aantal bloemen en bladeren, bladoppervlak

Het verloop in de tijd van deze kenmerken is grafisch getoond in Bijlage 4, waarbij per kenmerk en per ras aparte grafieken zijn gemaakt met het resultaat in de tijd voor de vier lichtbehandelingen. Uit de grafieken in de bijlage is een seizoenspatroon te zien bij alle rassen en het sterkst bij Jaffa wat betreft het % droge stof: deze is lager in de zomermaanden (juli en augustus) dan de rest van het jaar. Ook het bladoppervlak is lager in de zomermaanden (mei, juni, juli en augustus). Het aantal bladeren daarentegen is vrij constant gedurende het jaar en het aantal bloemen schommelt sterk het hele jaar.

In Tabel 11 zijn deze resultaten samengevat, inclusief het resultaat van de statistische analyse op ras en op behandeling (het detail per ras per behandeling is eveneens in Bijlage 4 getoond). Gemiddeld over het jaar zijn geen significante verschillen veroorzaakt door de verschillende lichtspectra. Er zijn wel significante verschillen tussen de rassen in alle onderzochte kenmerken

Omdat in bepaalde kenmerken en rassen de verschillen lijken toe te nemen in de winter, zijn de gegevens van de wintermaanden (Tabel 12) apart geanalyseerd. Deze analyse verandert echter de uitkomsten niet.

Tabel 11

Aantal bloemen en bladeren, bladoppervlak (cm²) en droge stof gehalte (% van het versgewicht) per behandeling (boven) en per ras (onder), over de hele periode.

Behandeling	n bloem/tak LSD 0.2	n blad/ tak LSD 1.0	Blad oppervlakte /tak (cm ²) LSD 31	drogestof % LSD 0.5
HBW	6.2 a	40.4 a	752 a	10.2 a
HBW/FR	6.1 a	40.3 a	723 a	10.3 a
HR	6.3 a	41.2 a	765 a	10.5 a
HR/FR	6.3 a	41.0 a	764 a	10.6 a

Ras	n bloem/tak LSD 0.2	n blad/ tak LSD 1.0	Blad oppervlakte /tak (cm ²) LSD 31	drogestof % LSD 0.5
Elegance	6.7 c	39 b	656 a	10.2 a
Jaffa	5.1 a	38 a	994 c	10.1 a
Noize	6.7 c	41 c	674 a	11.0 b
Virginia	6.3 b	44 d	711 b	10.3 a

Tabel 12

Aantal bloemen en bladeren, bladoppervlak (cm²) en droge stof gehalte (% van het versgewicht) per behandeling (boven) en per ras (onder), over de wintermaanden.

Behandeling	n bloem/tak LSD 0.4	n blad/ tak LSD 1.8	Blad oppervlakte /tak (cm ²) LSD 66	drogestof % LSD 1.4
HBW	5.9 a	40.6 ab	870 a	9.4 a
HBW/FR	6.0 a	39.4 a	842 a	10.2 a
HR	6.3 a	41.3 b	861 a	9.7 a
HR/FR	6.3 a	40.9 ab	854 a	10.5 a

Ras	n bloem/tak LSD 0.4	n blad/ tak LSD 1.8	Blad oppervlakte /tak (cm ²) LSD 66	drogestof % LSD 1.5
Elegance	6.5 c	39 a	748 a	9.4 a
Jaffa	5.1 a	38 a	1100 b	10.9 ab
Noize	6.7 c	42 b	776 a	10.2 ab
Virginia	6.1 b	43 b	803 a	9.5 a

3.5.4 Steel dikte net onder de bloeiwijze (kroondiameter)

Het verloop van de dikte van de steel net onder de bloeiwijze of kroondiameter is maandelijks gemeten. Het geeft een beeld van de dikte van de stelen (en indirect van het takgewicht).

Voor alle rassen neemt het af na mei, om weer te stijgen in oktober / november. Deze afname volgt op de periode waarin de kastemperatuur ruim boven de 20°C lag, en zou wellicht een indicator kunnen worden voor het op gewasmetingen sturen van de teelttemperatuur, echter, dit is een meting "achteraf" want de tak is al ontwikkeld; om te sturen op teelttemperatuur moet eerder worden gemeten.

Het lijkt echter weinig toegevoegde waarde te bieden voor het kiezen van een uit de vier gebruikte spectra.



Figuur 23 Dikte van de steel in cm net onder de bloeiwijze (kroondiameter) per behandeling. Een grafiek per ras.

3.5.5 Bloei, blad en kleur afwijkingen

Gedurende de bezoeken van de BCO en de oogsten werden allerlei bloeiafwijkingen (bloemvervormingen, bladpunten, witte streepjes, gele strepen, bladmisvormingen, steelmisvormingen....) geconstateerd; daar waar de afwijking niet leidt tot het afkeuren van de tak (in dat geval ging het op de stapel "onverkoopbaar", zijn ze bij het oogsten bijgehouden. Foto's van diverse afwijkingen zijn opgenomen in Bijlage 7. De aantallen per ras en per behandeling zijn in Tabel 13 opgesomd.

3.5.5.1 Necrotische bladpunten

Van alle geoogste takken vertoonde 2.64% necrotische/ droge/ dode bladpunten. In Jaffa komen de dode bladpunten gedurende de hele duur van de proef voor (was ook een terugkerende opmerking van de BCO). Bij Elegance, Noize en Virginia het meeste in de periode met weinig natuurlijk licht. Bij Elegance zijn de meeste gescoord in de HR behandeling, bij Noize en Virginia bij de HBW/FR behandeling.

3.5.5.2 Gele bladpunten

Van alle geoogste takken vertoonde slechts 0.26% gele bladpunten. Ze kwamen in alle rassen en behandelingen voor, maar te weinig om er een relatie met de behandeling te kunnen aangeven.

3.5.5.3 Paarse bladpunten

Ook maar 0.29% van de takken hadden paarse bladpunten. De paarse bladpunten kwamen voor in 2021 van februari tot mei. Bij Virginia kwamen ze niet voor; bij Elegance en Jaffa bijna niet. Het meeste zijn ze waargenomen bij Noize, bij alle behandelingen; er waren relatief iets meer takken met dit beeld in de behandeling HBW.

Het chlorofyl gehalte (als SPAD) van de paarse bladpunten Noize was 27-37; normaal (groene) punten 43-47 (range van 50 metingen ieder).

Uit microscopisch onderzoek (Bijlage 10) is het bevestigd dat het om afbraak van chlorofyl gaat, en vorming van anthocyaan. Dit blijkt vaker voor te komen bij allerlei gewassen onder LED in de winter; het is niet bekend wat het precies veroorzaakt. Dit onderwerp is opgepakt als een apart project.

3.5.5.4 Afwijkende bloeiwijze

Bij de geteelde rassen Alstroemeria zitten de meeste bloemen aan het uiteinde van de bloemsteeltje en vormen een kroon. Er is een type Alstroemeria, Florinca, waar de bloemen meer als een aar verdeeld zitten over de lengte van de bloemsteeltje. Tijdens de proef kwam in Virginia en Jaffa veelvuldig een bloeiafwijking voor dat we als werknaam "Florinda" hebben gegeven, omdat het kenmerken van aar-vormige bloei vertoonden: de verdeling van de bloemen was over de hele lengte van de bloemsteeltjes, in plaats van vooral aan het uiteinde. Bij 3.6% van de geoogste bloemen is deze opmerking gemaakt. Heel incidenteel is dit ook gezien bij Elegance en bij een enkele Noize. Ze komen bijna alleen voor in de periode met weinig natuurlijk licht.

Tabel 13

Aantal stelen met bladpunten per ras en spectrum, links necrotisch, rechts geel, onder links paars. Onder rechts het aantal bloemen met afwijkende bloeiwijze.

	Necrotische bladpunten				Gele bladpunten			
	HBW	HBW/FR	HR	HR/FR	HBW	HBW/FR	HR	HR/FR
Elegance	9	8	15	12	1	4	4	2
Jaffa	120	145	114	150	5	5	4	3
Noize	4	15	9	5	2	7	6	10
Virginia	6	18	4	8	2	3	3	1

	Paarse bladpunten				"Florinda"(aar vormige bloei)			
	HBW	HBW/FR	HR	HR/FR	HBW	HBW/FR	HR	HR/FR
Elegance	1	2		1	16	14	20	16
Jaffa	2	2	1	1	70	50	82	84
Noize	21	11	13	14				
Virginia					146	94	109	161

3.5.5.5 Morfologie samengevat

De metingen die met de tak morfologie te maken hebben, kunnen we als volgt samenvatten:

- Visueel waren de rassen in alle behandelingen goed vergelijkbaar, ze stonden veelal "fris", waren van zware kwaliteit.
- Bij Noize kleurde de bovenkant van de steel en de bloemsteeltjes paars in de behandelingen zonder FR.
- Noize stond visueel "het beste op" in de behandeling HBW/FR.
- Noize was in de behandelingen HR/FR en HBW/FR (de twee met FR) in de winter korter.
- In alle behandelingen waren de bloemstelen van Virginia langer dan in de parallelle proef "Alstroemeria van de Toekomst, dichtbij"; het langst in de HR en HR/FR behandelingen.
- In alle behandelingen waren de bloemstelen van Noize korter dan in de parallelle proef "Alstroemeria van de Toekomst, dichtbij"; het "propperigst" in de behandelingen HR en HR/FR.
- Gemiddeld over het jaar zijn geen significante verschillen veroorzaakt door de verschillende lichtspectra in droge stof gehalte, aantal bloemen en bladeren of bladoppervlakte per bloemtak.
- Noize had het grootste aantal bloemen per tak; Jaffa had gemiddeld het laagste aantal bloemen per bloemtak en een groter bladoppervlak dan de andere rassen.
- Noize en Virginia hadden meer bladeren op een bloemtak dan Elegance en Jaffa.
- De dikte van de steel net onder de bloeiwijze of kroondiameter vertoont een seizoenspatroon maar verschilt niet tussen de vier gebruikte spectra.
- In alle rassen en behandelingen deden zich kleine bloei- en bladafwijkingen voor. Er was geen duidelijk verschil tussen behandelingen in de mate van optreden van necrotische, gele, en paarse bladpunten. Sommige afwijkingen kwamen vaker voor bij een van de rassen.

3.5.6 Ondergrondse groei en ontwikkeling (rizomen)

Bij het uitgraven van de rizomen en wortels blijken deze soms rondom de koelsslangen te zijn uitgesplitst en gegroeid; de wortels en voedingswortels waren aan de bak geplakt, en de ondergrondse delen van twee planten groeiden soms door elkaar. Het is dus goed mogelijk dat we vooral dunne wortels en een enkele voedingswortels zijn kwijtgeraakt bij het uitgraven en het uitspoelen van het substraat.

De verschillen tussen planten ondergronds konden heel groot zijn; dat kwam tot uitdrukking visueel en in de metingen. Mede vanwege deze variatie, blijken de meeste verschillen statistisch niet significant (Tabel 14). De waardes en resultaten van de statistische analyse (L.s.d. 5%) zijn te zien in Bijlage 9.

Tabel 14

Samenvatting kenmerken rizomen. Kenmerken waar significante verschillen ($P < 0.05$) tussen rassen of behandelingen zijn aangetoond worden met ja aangeduid; niet significante verschillen met nee; een +/- geeft aan dat er een interactie is tussen ras en behandeling.

Kenmerken rizoom	Ras verschillen		Behandelingsverschillen	
	juli	januari	Juli	januari
Diameter (hoofd)	ja	ja	nee	nee
Lengte (hoofd)	nee	nee	nee	nee
# rizomen (hoofd+vertakkingen)	ja	nee	nee	nee
# voedingswortels	ja	nee	nee	+/-
Lengte vertakkingen totaal	nee	nee	nee	nee
Vers gewicht ondergrondse delen totaal	ja	nee	nee	nee
Droge stof % ondergrondse delen totaal	nee	ja	nee	+/-
Ratio bovengronds/ondergronds gewicht bij oogst	nee	nee	nee	nee

De rizoomkenmerken die bij een van de metingen significant per ras verschillen worden hieronder verder besproken.

3.5.6.1 Voedingswortels per plant

Knolachtige wortels ("tubers") of voedingswortels zijn bij *Alstroemeria* de enige opslag orgaan voor zetmeel (Graper en Healy, 1990). De aanmaak ervan zou gestimuleerd worden door lage bodemtemperaturen (ca. 11°C), en/of door hoge LAI (bij veel dunnen, tot 60% van de takken, stopt de groei van deze vorm van opslag); bij 8°C vond Bond echter nauwelijks tuber vorming in vergelijking met 13 en 18°C bodems.

We vonden significante ras verschillen in juli, maar niet in januari. Het wel of niet ontwikkelen van wortels tot voedingswortels zou inderdaad een raseigenschap kunnen zijn (Bond, 1991).

We vonden gemiddeld (over de 64 uitgegraven planten in juli 2020) 15 voedingswortels per plant, maar dit getal varieerde sterk, tussen de 2 en de 60 stuks per plant. In januari 2021 was het gemiddelde gedaald naar 10, en varieerde tussen 0 en 53. Dit is dan ook consistent met de bevindingen van Bond: een trend naar minder voedingswortels bij afname van de totale lichtsom, en met die van Dambre, die een relatie zag met hogere lucht temperaturen (in natuurlijke populaties, zonder wortelkoeling). Dit is tevens ook de ervaring van de praktijk (pers. comm. De Groot, 2022), met Butterfly rassen ("zomerbloeiërs"), waar men de vorming van voedingswortels ziet gestimuleerd worden onder lange dag in de zomerperiode.

Jaffa had de meeste voedingswortels in juli (Figuur 24), in januari was dat Noize. Mogelijk zegt het aantal voedingswortels iets over de geschiktheid van de toegepaste substraat temperatuur voor het ras, daar we een compromis moesten maken waardoor deze per ras niet de optimale was.



Figuur 24 De ondergrondse plantdelen van planten uit de behandeling HR: links Jaffa, midden Elegance, Rechts Noize bij de meting, juli 2020. Bij Jaffa veel voedingswortels.

3.5.6.2 Diameter en lengte hoofdrizoom

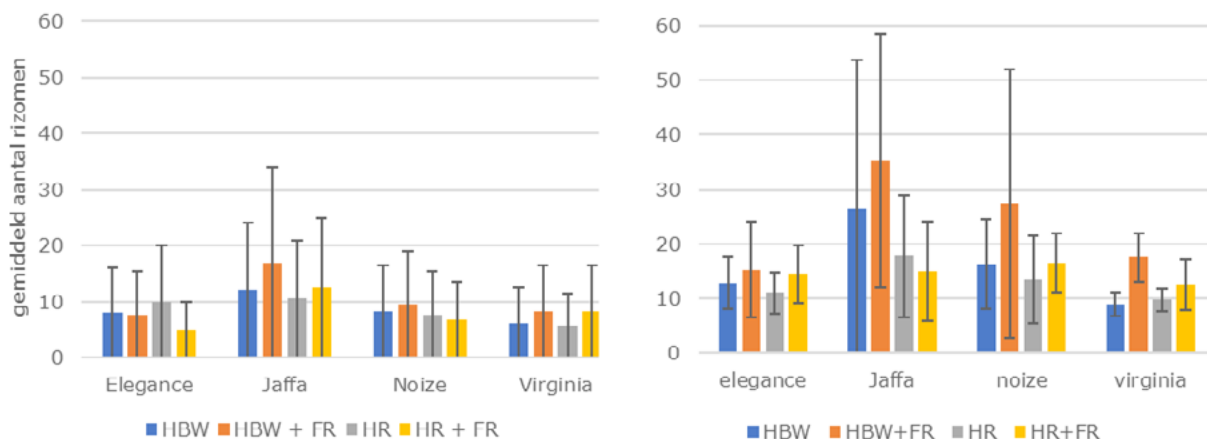
We vonden significante ras verschillen in de diameter van het hoofdrizoom in de meting van juli en van januari. Er waren relatief kleine verschillen in diameter tussen planten onderling. Zowel de diameter als de lengte van het hoofdrizoom (Figuur 25 links) waren gemiddeld bijna een tweevoud van wat in de literatuur is gerapporteerd onder natuurlijke populaties *Alstroemeria aurea* (Puntieri *et al.* 2014). De lengte was gemiddeld slechts met 1 cm toegenomen in januari 21 t.o.v. juli 20.



Figuur 25 Links hoofdrizoom Jaffa (plant uit HR/FR behandeling), rechts hoofdrizoom Noize met twee lange vertakkingen die parallel aan de hoofdrizoom groeien (rechts).

3.5.6.3 Aantal rizoom vertakkingen

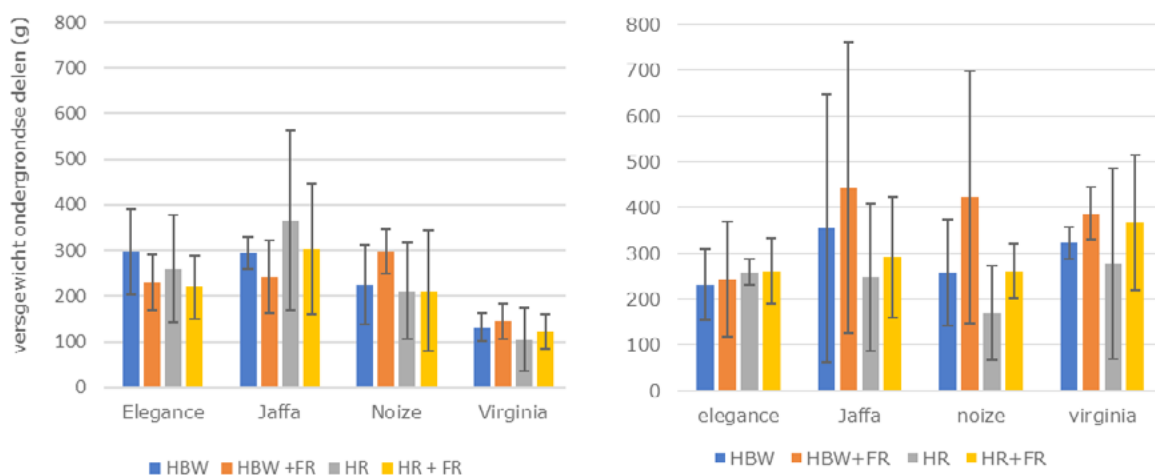
Het aantal vertakkingen van het rizoom per ras en behandeling is getoond in Figuur 26. Gemiddeld had iedere plant 8 splitsingen van het hoofdrizoom in juli 2020, en dit aantal was toegenomen naar gemiddeld 17 in januari. Sommige vertakkingen werden ook zo lang en verstrengeld met, in het verlengde van of parallel met de hoofdrizoom (Figuur 25 rechts) dat het lastig was om te onderscheiden welke de hoofdrizoom was. Jaffa had in juli significant de meeste vertakkingen per plant; in januari waren de verschillen tussen rassen niet meer significant; er was echter een trend naar meer vertakkingen bij Jaffa en Noize in de HBW/FR behandelingen; dit waren ook de behandelingen met de hoogste producties voor deze rassen.



Figuur 26 Gemiddeld aantal rizomen in juli 2020 (links) en januari 2021 (rechts).

3.5.6.4 Gewicht ondergrondse plantdelen

Het totaal gewicht van alle ondergrondse plantdelen was gemiddeld 229 gram in juli en was in januari 300 gram per plant; waarschijnlijk door groei (langere hoofdrizoom en toename aantal vertakkingen). In Figuur 27 is het ondergrondse gewicht per ras en behandeling te zien.



Figuur 27 Gemiddeld vers gewicht ondergronds juli 2020 (links) en januari 2021 (rechts).

3.5.6.5 Ondergrondse groei (rizomen) samengevat

Het spectrum van het gebruikte LED licht blijkt geen van de gemeten rizoom kenmerken te hebben beïnvloed. Voor een enkel gemeten kenmerk is er een interactie tussen ras en behandeling te zien, dat wil zeggen verschillen tussen behandelingen golden alleen voor een van de vier rassen. Dat was het geval voor de voedingswortels in januari, en voor het droge stof gehalte van de ondergrondse delen, ook alleen in januari. Er zijn wel significante rassen verschillen in:

- Het diameter van het hoofd rizoom (significante ras verschillen in zowel juli als januari).
- Het totaal gewicht van de ondergrondse delen (rizoom + wortels + voedingswortels), verschilt significant tussen rassen alleen in de juli meting.
- Het aantal zijrizomen (vertakkingen van het hoofd rizoom) verschilt significant tussen rassen maar ook alleen in de juli meting.
- Het aantal voedingswortels verschilt tussen rassen in juli, maar niet in januari.

3.6 Fotosynthese en lichtonderschepping

3.6.1 Fotosynthese

De metingen zijn uitgevoerd met de open meetkamer van de LiCor apparaten waardoor het gegeven (LED) licht direct op het blad valt (Figuur 28) en geven de actuele fotosynthese. De resultaten in Tabel 15 geven per lichtbehandeling (alle rassen) of per ras (alle behandelingen) het gemiddelde van de vier meetmomenten (maart 2020, oktober 2020, november 2020 en januari 2021) weer. Bij de eerste meting (in maart 2020) is alleen aan de rassen Noize en Virginia gemeten. Per datum per veld (twee velden per licht behandeling, de echte herhalingen in de kas) zijn 5 herhalingen gedaan (d.w.z., er is gemeten aan 5 planten per veld) van 5-6 metingen per blad.



Figuur 28 De meetkop van de Licor aan een Alstroemeria blad geklemd tijdens een meting.

De verschillen in gemiddelde fotosynthese zijn klein. Tussen behandelingen is er wel een klein maar significant verschil gemeten tussen de HR en HR/FR behandeling; het smalbandige HR spectrum heeft een hogere fotosynthese zonder toegevoegd verrood. De behandelingen HR en HBW FR geven de hoogste fotosynthese. In tegenstelling tot de verwachting, gebaseerd op de effecten op productie, zit behandeling HBW er tussen in qua gemiddelde fotosynthese en verschilt niet van alle andere behandelingen.

Tabel 15

Gemiddelde fotosynthese in $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2 \text{ s}$ per ras en behandeling over de vier meetmomenten (allen in winter met alleen lamplight). Verschillende letters geven significante verschillen aan (I.s.d. 5%).

Ras	Gemiddelde fotosynthese (A) in $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2 \text{ s}$				
	HBW	HBW/FR	HR	HR/FR	Alle behandelingen samen
Elegance	7.4	7.7	7.2	6.3	7.1 ...b
Jaffa	7.0	7.1	7.1	6.6	6.9 ...b
Noize	6.6	7.3	7.4	6.6	7.0 ...b
Virginia	6.1	6.6	6.2	5.7	6.1 a..
Alle rassen samen	6.8 ab	7.2 ...b	7.0 ...b	6.3 a...	6.8

De gemeten fotosynthese is bij het ras Virginia gemiddeld significant lager dan de andere drie rassen. In dit onderzoek waren zowel Virginia als Jaffa minder productieve rassen dan Noize en Elegance; voor Virginia verklaart de lagere fotosynthese dus voor een deel de lagere productie. Dat Virginia een lagere fotosynthese heeft dan Noize blijkt ook uit metingen aan de gewassen in het onderzoek "Alstroemeria van de Toekomst" (Filho *et al.* 2021) voor een PAR lichtintensiteit van $200 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$.

Er zijn geen significante interacties tussen ras en behandeling.

3.6.1.1 Geleidbaarheid van de huidmondjes

De lagere fotosynthese bij Virginia kan deels verklaard worden uit een lagere huidmondjes geleidbaarheid (Tabel 16). Noize heeft de hoogste huidmondjes geleidbaarheid. Elegance en Jaffa zitten ertussen in. Ze verschillen niet van elkaar maar wel van de andere twee rassen.

Uit metingen aan huidmondjes dichtheid en grootte bij Noize in Virginia in het onderzoek "Alstroemeria van de Toekomst" (Filho *et al.* 2021), blijken beide rassen gelijke huidmondjes dichtheid, maar de huidmondjes waren bij Noize bijna 10% langer dan bij Virginia, wellicht verklaart dat een deel van de verschillen.

De verschillen in huidmondjes geleidbaarheid tussen licht spectra over alle rassen heen zijn heel klein, en waarschijnlijk weinig relevant voor de totale fotosynthese over de dag, maar toch is het significant hoger bij HBW dan bij de twee behandelingen met FR. De behandeling HR verschilt niet van alle andere.

Wat opvalt is dat de gemiddelde geleidbaarheid relatief laag is in alle metingen, in vergelijking met de licht response curves bij het onderzoek 'Alstroemeria van de Toekomst' (Filho *et al.* 2021); voor een lichtniveau van ongeveer 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$, was daar de geleidbaarheid van de huidmondjes bij zowel Noize als bij Virginia in alle metingen boven 0.1. De geleidbaarheid kan laag zijn omdat dit telkens onder winterse omstandigheden is gemeten. Mogelijk heeft ook het tijdstip van de metingen daar invloed op; of de huidmondjes van Alstroemeria helemaal sluiten gedurende de nacht en dit dus een "hogere" waarde voor de plant is, is uit deze metingen niet te herleiden.

Opvallend is ook dat met FR de huidmondjes minder ver open lijken te staan; hiervoor zijn ook aanwijzingen gevonden bij potanthurium (García Victoria, 2022; M. van Twist, pers. comm., 2022) en bij tomaat (Kalaitzoglou *et al.* 2019).

Tabel 16

Gemiddelde geleidbaarheid van de huidmondjes tijdens de metingen. Verschillende letters geven significante verschillen aan (geldig voor ras en voor lichtspectrum).

Ras	Gemiddelde huidmondjes geleidbaarheid (Gs)				
	HBW	HBW/FR	HR	HR/FR	Alle behandelingen samen
Elegance	0.075	0.060	0.075	0.068	0.07 ..b.
Jaffa	0.096	0.073	0.076	0.076	0.08 ..b.
Noize	0.114	0.091	0.106	0.081	0.10 ...c
Virginia	0.058	0.062	0.049	0.041	0.05 a...
Alle rassen samen	0.09 .. b	0.07 a	0.08 ab	0.07 a...	0.075

3.6.2 Chlorofyl en flavonolen gehalten

Van februari tot juni 2020 zijn 6 keer niet-destructieve metingen gedaan bij alle behandelingen en rassen van het gehalte aan chlorofyl (in $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), het fotosynthetisch pigment die fotosynthese mogelijk maakt, en de groene kleur geeft aan de bladeren. Het voor de metingen gebruikte apparaat, Dualex®, meet ook het gehalte aan Flavonolen (waaronder anthocyaan). Uit deze twee waardes berekent het een waarde voor de N-balans, de NBI; deze index correleert goed met de N-gehalte uit blad (tarwe). Bij een goed gevoed gewas zoals de onze zal het chlorofylgehalte in blad hoog zijn en het gehalte aan flavonolen laag, en het NBI over het jaar stabiel blijven. Bij afnemend chlorofyl en/ of toenemende flavonolen, zal dit de fotosynthese negatief kunnen beïnvloeden. Uit de resultaten van deze metingen in de tijd (Bijlage 8) blijkt dat de chlorofyl gehalte gemiddeld wat hoger is in februari dan in de rest van de metingen en de flavonolen lager. Het NBI is lager in de metingen van eind mei en half juni, door een iets hoger gehalte aan flavonolen. Anthocyaan in het blad wordt in zeer lage hoeveelheden gemeten (onder 0.01 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$) bijna alleen bij het ras Jaffa; vanaf eind mei is het bij alle rassen meetbaar in concentraties tot 0.01 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$

Over de 6 metingen zijn de verschillen in chlorofyl tussen rassen groter dan tussen de behandelingen en beide klein, maar toch statistisch significant (ANOVA $P < 0.001$), zie Tabel 17. Hieruit blijken Noize en Jaffa lagere chlorofyl gehalten te hebben in het blad dan Elegance en Virginia (in het project Alstroemeria van de Toekomst, dichtbij (García Victoria *et al.* 2022) is ook bij Virginia een hogere chlorofyl gehalte gemeten dan bij Noize. Ook blijken de bladeren uit de behandelingen HBW/ FR en HR/FR een iets lagere chlorofyl gehalte te hebben dan bladeren uit de behandelingen HBW en HR. Dit kan een effect van FR zijn, daar een lagere chlorofylgehalte werd ook gemeten in blad van tomaat met FR (Kalaitzoglou *et al.* 2019). Onduidelijk is wat dit voor de fotosynthese of de productie betekent.

Tabel 17

Gehalte aan chlorofyl per ras en per behandeling (februari tot juni 2020) als gemeten (Dualox). Verschillende letters geven significante verschillen aan (geldig voor ras en voor lichtspectrum).

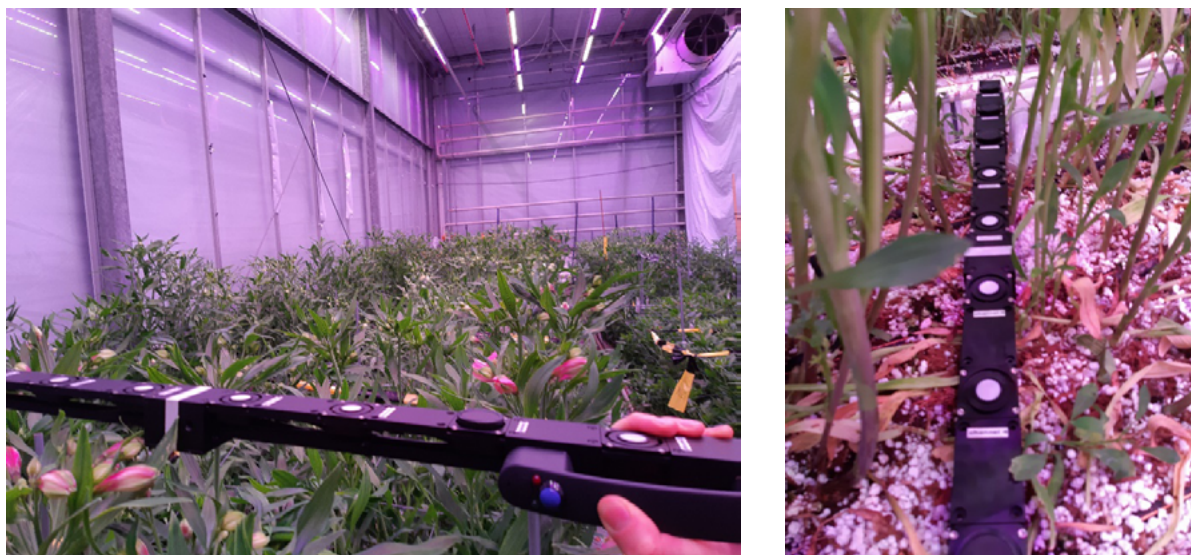
Ras	Chlorofyl gehalte in blad (Dualox)				
	HBW	HBW/FR	HR	HR/FR	alle behandelingen samen
Elegance	46.1	42.6	44.4	42.3	43.9. ...b..
Jaffa	38.8	36.2	38.0	36.2	37.3 a...
Noize	38.6	36.0	38.5	36.1	37.3 a...
Virginia	47.1	44.8	46.7	45.2	46.0c
Alle rassen samen	42.6 ...b	39.9 a...	41.9 ..b	40.0 a..	41.1

Gemiddeld over alle rassen en behandelingen was het gemiddelde flavonol gehalte gemeten in het blad met Dualox 0.44. Dit is maar 1% van het gemiddeld gehalte aan chlorofyl.

Virginia en Noize hebben een significant hoger gehalte (beide 0.48) flavonolen dan Elegance en Jaffa (beide 0.39). Mogelijk zegt dit iets over de intrinsieke weerbaarheid van de rassen. De verschillende lichtbehandelingen leiden niet tot meetbare verschillen in flavonolen gehalten.

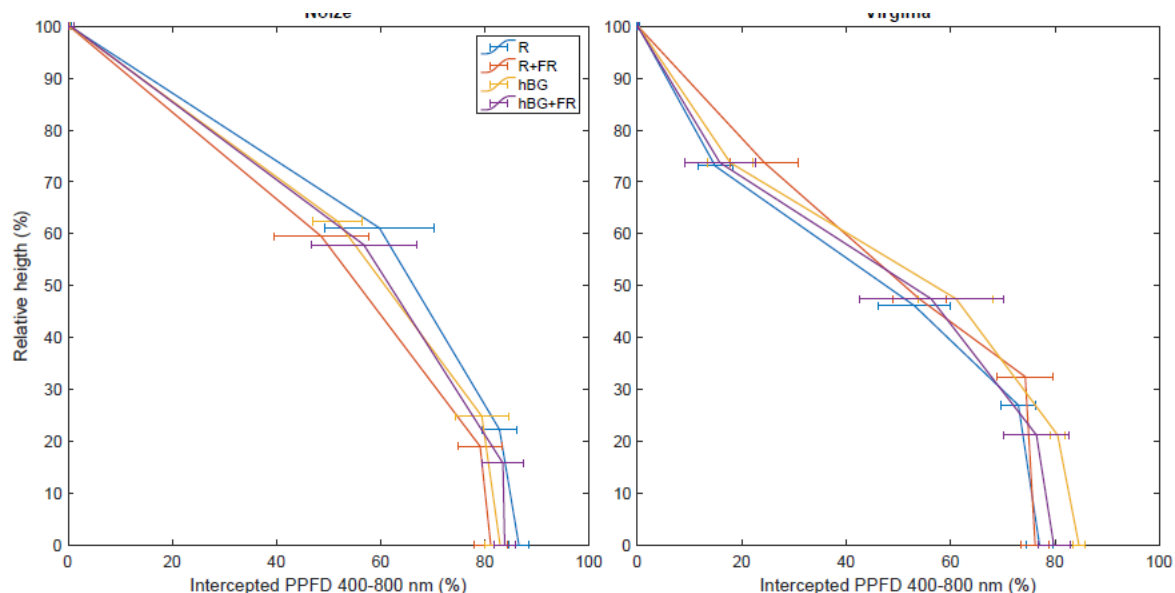
3.6.3 Licht en lichtkleuren onderschepping

De lichtonderschepping is eenmalig gemeten begin december 2020 met een speciaal voor dit doel ontwikkelde spectrale lijnsensor, die alle lichtkleuren, inclusief verrood, afzonderlijk kan meten (Figuur 29) geïntegreerd over een lengte van 1 m. Het instrument wat we tot nu toe gebruiken is spectrofotometer (Jeti Specbos) die echter een puntmeting geeft. Het totaal onderschepte licht per behandeling voor de rassen Noize en Virginia apart is weergegeven in Figuur 30.



Figuur 29 De speciaal ontwikkelde lijnsensor om de lichtonderschepping te meten. Links, meting boven het gewas (hoogte 100%); rechts, meting onder het gewas (hoogte 0%). Er is tevens gemeten op 20% en 60% van de gewashoogte.

Op substraat hoogte blijkt bij Noize en Virginia dat respectievelijk 85% en 81% van het licht wordt onderschept. Nog 15-19% van het licht bereikt dus het looppad en het substraat; dat zou gunstig kunnen zijn voor de ontwikkeling van de jonge scheuten, maar een te lage onderschepping gaat ten koste van de LBE. Onderscheppingsmetingen in het project *Alstroemeria van de Toekomst*, dichtbij (García Victoria *et al.* 2022) in juli geven waarden van 81% onderschepping en 86% in November waarbij Noize meer onderschept dan Virginia. Dat is hier vergelijkbaar.



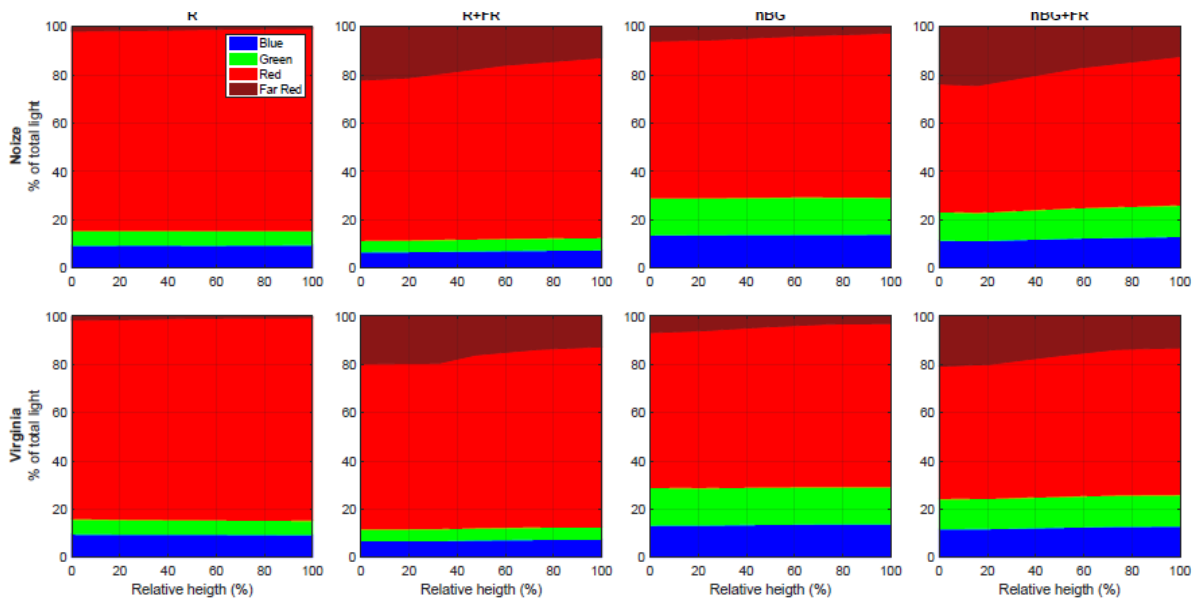
Figuur 30 Lichtonderschepping PPFD 400-800 nm in % bij Noize en Virginia.

Door een grote variatie in de metingen, afhankelijk van hoe dicht het gewas stond op de verschillende plekken waar er gemeten is, zijn er geen significante verschillen tussen de lichtbehandelingen.

3.6.3.1 Spectrum verandering door het gewas heen

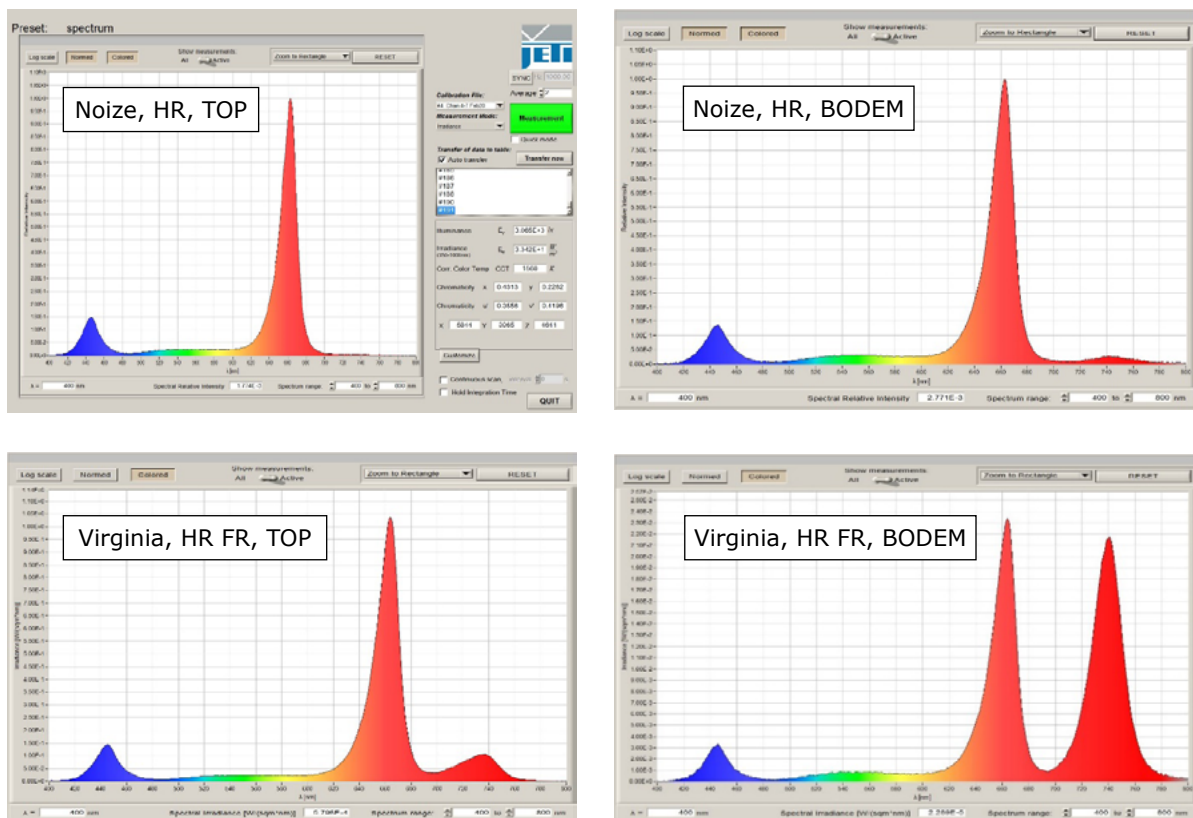
Naarmate het licht door de verschillende lagen van het gewas wordt opgevangen, verandert het spectrum die de lager gelegen gewas bladlagen "zien": het aandeel groen (wit) en blauw licht blijken redelijk constant door de gemeten lagen te blijven. Het aandeel rood neemt echter met de diepte van het gewas af en het aandeel verrood (FR) neemt toe. Dit omdat zoals bekend, het rode licht door de bovenste lagen van het gewas in grote mate wordt geabsorbeerd, terwijl het FR wordt deels doorgelaten en deels in alle richtingen gereflecteerd. Dit hebben wij in Figuur 31 met kleuren weergegeven.

Uit metingen van de lichtabsorptie van het blad van *Alstroemeria* (Filho *et al.* 2022) blijkt ruim 90% van het rode licht (605-700nm) en het blauwe licht (400-480nm) te worden geabsorbeerd door het blad, evenals 88% van het groene en gele licht (485-600nm). Van het FR licht (400-700nm) wordt toch 22% door het blad geabsorbeerd.



Figuur 31 Verdeling van kleuren per spectra (%) over de hoogte van het gewas per ras en per behandeling. Van links naar Rechts: HR, HR FR, HBW, HBW FR.

Zo is er in de behandelingen met toegevoegd FR een totaal ander spectrum voor de topbladeren van het gewas, dan voor de jonge scheuten op de bodem. Dit is te zien in de spectrum grafieken (gemeten met de Jeti spectrometer (relatieve intensiteiten)). Dit zou kunnen verklaren waarom er in de behandelingen met toegevoegd FR een licht positief effect is op de generativiteit. Bij veel gewassen ontstaan loze takken door licht te kort; bij *Alstroemeria* wordt de generativiteit toegeschreven aan lage bodemtemperatuur, maar licht in de aanlegfase van de bloem kan ook bijdragen aan de generativiteit.



Figuur 32 Het spectrum van het licht als gemeten met de Jeti spectrofotometer bij de kop van het gewas (top, links) en op substraat hoogte (bodem, rechts). Boven behandeling HR; onder behandeling HR FR.

3.6.3.2 Fotosynthese, chlorofyl gehalte en lichtonderschepping samengevat

Uit de fotosynthese metingen (vier keer in de winter gemeten met alleen lamplicht zonder daglicht) zijn de volgende resultaten behaald:

- Kleine verschillen in fotosynthese gemeten tussen de vier lichtbehandelingen.
- De fotosynthese was iets hoger bij HBW/FR en HR dan bij HR/FR.
- HBW had niet een lagere fotosynthese dan de andere behandelingen, wat op grond van de productieresultaten kon worden verwacht.
- De gemeten fotosynthese bij het ras Virginia is gemiddeld lager dan de andere drie rassen.
- Wellicht was dit het gevolg van een (ook gemeten) lagere geleidbaarheid van de huidmondjes.
- De huidmondjes geleidbaarheid was tijdens de metingen bij alle rassen en behandelingen laag, het hoogst bij Noize.
- De huidmondjes geleidbaarheid tijdens metingen was lager in de behandelingen met FR.
- Noize en Jaffa hebben lagere chlorofyl gehalten in het blad dan Elegance en Virginia.
- Bladeren uit de behandelingen met FR hebben een iets lagere chlorofyl gehalte dan bladeren uit de behandelingen HBW en HR.
- Het gemiddelde flavonol gehalte gemeten in het blad is maar 1% van het gemiddeld gehalte aan chlorofyl.
- Het gehalte flavonolen is bij Noize en Virginia hoger dan bij Jaffa en Elegance.
- Op substraat hoogte is ruim 80% van het licht door het gewas onderschept.
- Het aandeel groen (wit) en blauw licht blijven redelijk constant door gewaslagen heen.
- Het aandeel rood licht neemt echter met de diepte van het gewas af en het aandeel verrood (FR) neemt toe. Het spectrum op bodemhoogte (op de oppervlakte van het substraat) in de behandelingen met toegevoegd FR is hierdoor heel anders dan in de behandelingen zonder FR, en verklaart deels de invloed op generativiteit van het gewas.

3.7 Gewasgezondheid

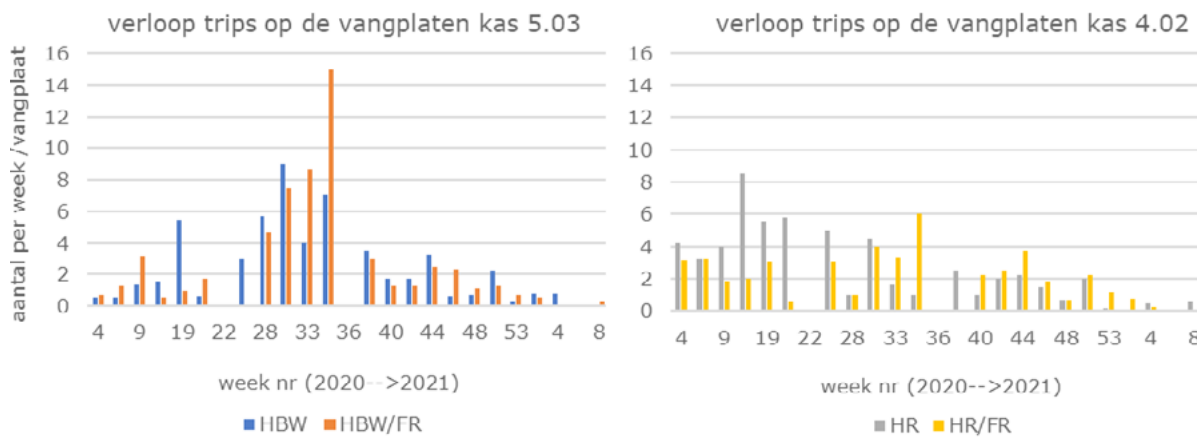
De opgestelde strategie om het gewas gezond te houden van de meest voorkomende plagen (trips en bladluis), mede door de aanwezigheid van insectengaas in het raam om invlieg te beperken, heeft geleid tot goede resultaten: het gewas is gedurende de hele teelt gezond gebleven zonder chemisch ingrijpen. Er zijn geen negatieve effecten waargenomen van de gebruikte LED spectra (behandelingen) op de ontwikkeling van de ingezette natuurlijke vijanden.

Hieronder wordt de ontwikkeling van plagen en de aanwezigheid van bestrijders weergegeven en besproken.

3.7.1 Verloop ontwikkeling trips en trips bestrijders

Direct bij aanvang van de teelt is de generalistische bodemroofmijt *Stratiolaelasp scimitus* uitgezet. Deze is in totaal viermaal geïntroduceerd: in week 38, 43 en 48 (2019) en week 9 (2020). Met respectievelijk een dosering van 170, 170, 70 en 70 bodemroofmijten per m². In week 10 is voor het eerst substraat bemonsterd; bij deze eerste bemonstering maar ook bij de 6 die volgden (tot week 34 in 2021) zijn altijd nog bodemroofmijten gevonden (Figuur 34).

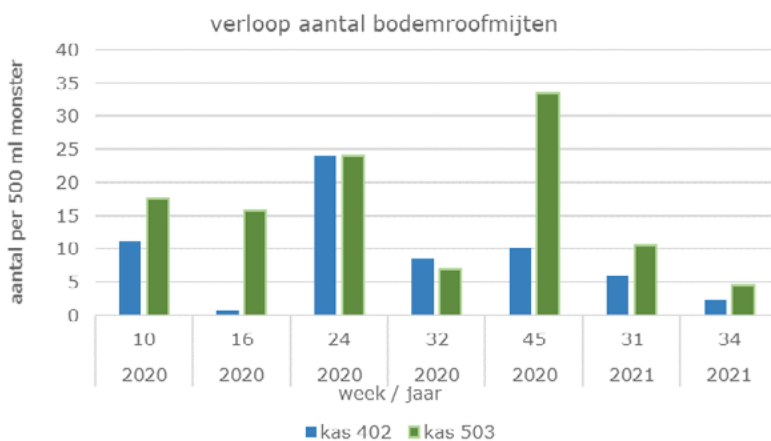
Aanvullend zijn elke vier weken zakjes van de specialistische bladroofmijt *Neoseiulus cucumeris* ingezet. In het voorjaar van 2020 werden de zakjes aangevreten door muizen en werd er tijdelijk overgegaan op strooien van *N. cucumeris*. Vanaf week 19 zijn weer zakjes opgehangen, eens per twee weken 0.4 zakje per m². Vanaf week 28, in verband met de waargenomen langzame toename van trips op de vangplaat in afdeling 5.03, is het aantal zakjes verdubbeld, naar 0.8/m².



Figuur 33 Verloop van de trips populatie per afdeling en behandeling (subafdeling).

De trips aantasting in kas 4.02 is de gehele teelt goed onder controle gebleven (Figuur 33), met lage aantallen op de vangplaten (minder dan 6, een telling 8) in de eerste helft van het jaar. Hierna daalde het aantal verder tot soms nog geen 1 trips per week.

In kas 5.03 stegen de aantallen even in de zomer van 2020, maar met de verhoogde dosering van bladroofmijten is dit weer onder controle gekomen, waarna het zeer laag is gebleven.



Figuur 34 Dichtheid bodemroofmijten in 500 ml substraat per kas afdeling.

Het spontaan optreden van 2 soorten spinnen is waargenomen (o.a. *Ostearius melanopygius*). Ze waren aanwezig zomer en winter, en zo massaal dat ze ook regelmatig op de vangplaat worden waargenomen. In lab studies (Gavish-Regev *et al.* 2009) is aangetoond dat spinnen predatoren zijn van trips en bladluis. Er wordt momenteel (WUR Glastuinbouw) onderzoek uitgevoerd of Linyphiidae (Money Spiders) ingezet kunnen worden als biologische bestrijders tegen trips of bladluis.

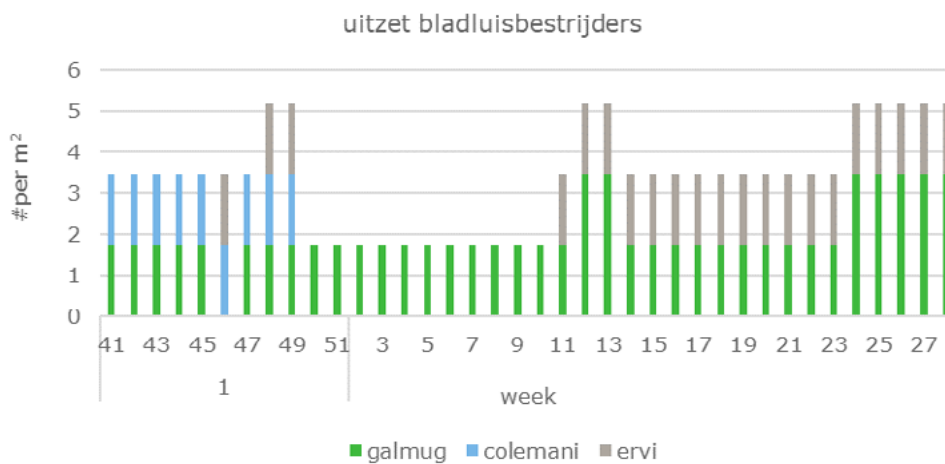
Het is mogelijk, maar niet bekend of en in welke mate, dat in deze proef spinnen een rol gespeeld hebben in de bestrijding van trips en bladluis.



Figuur 35 Links fijn spinnenweb onderin het gewas in het najaar 2020, rechts, spin op vangplaat.

3.7.2 Verloop ontwikkeling bladluis en bladluisbestrijders

Bij de start van de teelt zijn wekelijks de galmug *A. aphidimyza* en de sluipwesp *A. colemani* uitgezet. Na een periode in 2020 met alleen de uitzet van de galmug, zijn we gestart met het wekelijks uitzetten van de sluipwesp *A. ervi*. Figuur 36 geeft de hoeveelheid bladluis bestrijders weer dat per week is uitgezet (aantal/m²).



Figuur 36 Aantal per m² en soort bladluisbestrijders die tijdens de teelt zijn uitgezet.

In kas 5.03 werden in week 5 (2020) de eerste bladluizen gevonden (aardappeltopluis); kort daarna . werden ook onderin bladluisaantastingen gevonden (boterbloemluis). Een maand later was er een eerste bladluis aantasting in de kas 4.02. In de haarden werden veel eieren van galmug gevonden, en onderin het gewas bij de boterbloemluis werd spontane parasitering door *A. Ervi*, die niet was uitgezet. Dit was de aanleiding om tot aan het einde van de teelt naast de galmug ook de sluipwesp *A. ervi* wekelijks uit te zetten. De uitzet van de galmug werd vanaf week 27 verdubbeld en is tot het einde van de teelt gehandhaafd. In beide kassen waren er regelmatig kleine bladluishaarden te vinden, maar er is geen enkele keer een explosie geweest. De luispopulatie bleef over het algemeen laag, met af en toe kleine pieken. In het najaar werden de eerste gevleugelde bladluizen op de vangplaat waargenomen.

De haarden werden gevonden en bestreden door de galmug (Figuur 32 links). De sluipwesp spoorde bovenin de eerste aardappeltopluizen op (Figuur 32 rechts). Onderin leverden ze een bijdrage aan bestrijding van boterbloemluis. Er was een evenwicht tussen plaag en bestrijders.



Figuur 37 Galmug ruimt een aardappeltopluis haard op (links). Sluipwesp vindt eerste bladluizen (rechts).

3.7.2.1 Gewasgezondheid samengevat

In beide afdelingen is de plaagdruk voor trips goed onder controle gebleven dankzij:

- De aanwezigheid van insectengaas in de luchtramen.
- Wekelijks vervangen en tellen van vangplaten.
- Inzet aan het begin van de teelt van de bodemroofmijt *Stratiolaelasp scimitus* en de goede overleving ervan.
- Regelmatige inzet van de bladroofmijt *Neoseiulus cucumeris* in lage hoeveelheden (0.4 zakjes/ m² per twee weken).
- Verdubbeling van de boven genoemde dosering bij toename van de aantallen trips op de vangplaat.
- In beide kassen waren er regelmatig kleine bladluishaarden te vinden, maar er is geen enkele keer een explosie geweest. De luispopulatie bleef over het algemeen laag, met af en toe kleine pieken.
- De haarden werden gevonden en bestreden door de galmug.
- De sluipwesp *A. ervi*. spoorde bovenin de eerste aardappeltopluizen op en leverde onderin een bijdrage aan bestrijding van boterbloemluis.

Over-all: er zijn geen effecten van het spectrum op de effectiviteit van natuurlijke vijanden gevonden.

4 Algemene discussie en conclusie

Na de lange uitzetting van resultaten is het goed om de resultaten samen te vatten en ze te bekijken in het licht van de aanleiding en doel van deze proef, en de onderzoeksvragen waarvoor het onderzoek is opgezet.

4.1 Resultaten samengevat

De resultaten zijn in Tabel 18 hieronder eenvoudig samengevat: voor elke waarneming is aangegeven met ja, nee of soms, of er een significant behandlingsverschil, een significant verschil tussen de rassen, of een interactie (dus een verschil tussen twee of meer behandelingen bij het ene ras maar niet bij alle) is. Waarnemingen met een * zijn waarnemingen waar geen statistiek op is gedaan maar wel numeriek zijn weergegeven, waardoor ze een indicatief karakter hebben. Waarnemingen met ** zijn visuele waarnemingen blijkend uit b.v. de verslagen van de bezoeken van de BCO.

De proef is opgezet om antwoord te geven op de vragen naar aanleiding van het onderzoek LED licht bij Zonlicht met *Alstroemeria* (Dieleman en Weerheim, 2019), waarbij in een korte proef (11 weken) met planten op tafels, grote verschillen ontstonden als gevolg van de spectrale samenstelling van het licht in: a) gewasmorfologie; b) bladkwaliteit en c) bloemproductie.

De geformuleerde onderzoeksvragen waren:

- Zijn er grote verschillen in productie tussen de gebruikte spectra (een selectie van 4 LED spectra afgeleid uit de eerste 7 van de LED licht bij zonlicht proef), ook als deze gebruikt worden onder een praktijkconforme teelt met substraatkoeling?
- Als er grote verschillen in productie ontstaan aan het begin van de teelt, blijven die bestaan over een lange teeltduur van een jaar of langer?
- Reageren alle rassen hetzelfde op de verschillende spectra?
- Is veel wit (Groen) licht zonder toegevoegd FR nadelig voor de productie, ook onder meer praktijk omstandigheden?
- Wat is het effect van toegevoegd FR op productie en op de ondergrondse ontwikkeling van het rizoom?
- Is er een effect van toegevoegd FR op de generativiteit van het gewas? (d.w.z., wordt er minder loos geproduceerd?)
- Hoe groot zijn de effecten op de tak morfologie en bladkwaliteit? (d.w.z., zijn ze zo groot dat ze tot grote commerciële schade leiden?)
- Hebben de natuurlijke vijanden van plagen onder bepaalde spectra meer moeilijkheden om zich te vestigen of om plagen te bestrijden?
- Welke uit de hier geteste vier, is het beste spectrum voor *Alstroemeria*?

Voor deze algemene discussie behandelen we de resultaten, die in de volgende pagina zijn samengevat, per onderzoeksvraag apart.

Tabel 18

Samenvatting resultaten.

	Ras verschillen		Behandelingsverschillen	
	verschil	toelichting	verschil	Toelichting
Productie en kwaliteit				
Productie, in aantal takken	ja	Noize +Elegance hoger	nee	Enkele interacties
Productie, gewicht (i.r.t. lichtsom)	ja	Noize +Elegance hoger	soms	HBW lager
Lichtbenuttingsefficiëntie*	-	-	-	HBW lager
Verhouding verkoopbaar / loos en onverkoopbaar	ja	Elegance hoger	nee	
Bloemtak lengte	ja		nee	
Bloemtak gewicht 80 cm	ja	Virginia zwaarder	ja	HR/FR zwaarder
Vaasleven /houdbaarheid	nee		nee	
Uitgroeiduur	soms	Winter: Elegance vs Noize	soms	In winter, HBW vs HBW/FR
Morfologie				
Lengte van de bloemsteeltjes	ja	Noize, Elegance, korter	nee	Wel verschillend t.o.v. T.v.d.Toekomst
Aantal bloemen per bloemtak	ja		nee	
Aantal bladeren per bloemtak	ja		nee	
Blad oppervlakte / bloemtak	ja		nee	
Drogestof %	soms	Noize hoger	nee	
Steeldikte (net onder de bloeiwijze)*	nee		nee	
Bloei en bladafwijkingen*	ja		nee	
Ondergrondse groei (rizomen)				
Diameter (<i>hoofd</i>)	ja		nee	
Lengte (<i>hoofd</i>)	nee		nee	
# rizomen (hoofd+vertakkingen)	ja		nee	
# voedingswortels	ja		nee	
Lengte vertakkingen totaal	nee		nee	
Vers gewicht ondergrondse delen totaal	ja		nee	
Droge stof % ondergrondse delen totaal	nee		nee	
Ratio bovengronds/ondergronds gewicht bij oogst	nee		nee	
Fotosynthese, lichtonderschepping, chlorofyl				
Chlorofyl gehalte blad	ja	Jaffa, Noize laagst, Virginia hoogst	ja	HBW/FR en HR/FR lager dan HBW en HR
Lichtonderschepping	nee		ja	Onderin hoger aandeel FR in /FR behandelingen
Fotosynthese (<i>winter, alleen lamplight</i>)	ja	Virginia lager	ja	HR/FR lager dan HBW/FR en HR
Huidmondjes geleidbaarheid	ja	Virginia laagst Noize hoogst	ja	HBW/FR en HR/FR lager dan HBW
Gewasgezondheid*				
Vestiging natuurlijke vijanden *	nee		nee	
Plaaggevoeligheid*	nee		nee	
Visuele beoordeling**				
Werken onder de spectra**	n.v.t.		n.v.t.	Goed te werken/scouten in alle, het beste onder HBW en HBW/FR
Gewassen**	n.v.t.	Noize meestal mooist in HBW/FR, rest in HR en HR/FR	n.v.t.	HR oogde meestal voller en langer, HBW oogde meestal leegst

4.2 Discussie en conclusie resultaten per onderzoeksvraag

Zijn er grote verschillen in productie tussen de gebruikte spectra?

Geteeld is met een selectie van 4 LED spectra afgeleid uit de eerste 7 van de LED licht bij zonlicht proef). De slechtste behandelingen voor bladkwaliteit uit de eerste proef waren voor deze selectie al afgevallen vanwege te veel bloemtakken met bladschade. Er was wel een behandeling toegevoegd met relatief veel wit licht, wat voor de productie het slechtste behandeling was uit de korte proef. Er was wel de helft minder wit licht in dit spectrum (15%G) dan in de witlicht behandeling van LED licht bij zonlicht (30%G).

Door de proef uit te voeren als een praktijkconforme teelt (in bakken met substraatkoeling), werd in ieder geval voldoende generativiteit verzekerd.

Uit een nauwkeurige analyse van de verschillen tussen behandelingen blijkt dat in aantal takken, er welliswaar geen significante verschillen zijn, maar het is een verschil dat wel relevant is voor de praktijk. Als de productie in kg/m² wordt vergeleken in relatie tot de kleine maar onvermijdelijke lichtverschillen tussen de behandelingen (voornamelijk door de verschillen in lichtinval in de zomer) blijkt dat het verschil in productie tussen DRIE van de spectra te verklaren is uit het lichtverschil. Slechts een van de vier spectra geeft een relatief verschil in productie dat groter is dan het relatieve verschil in lichtsom; dat is de behandeling *HBW, 13B, 15G, 72R*, met vrij veel wit licht en zonder FR licht.

Als er grote verschillen in productie ontstaan aan het begin van de teelt, blijven die bestaan over een lange teeltduur van een jaar of langer?

Bij de korte proef waren snel duidelijke resultaten te zien. Daarom was het nodig om gedurende een langere teelt dit onderzoek te doen. Uiteindelijk is er gedurende 21 maanden geteeld.

Er waren in de aanloopweken duidelijke verschillen in de productie bij de eerste snee. Hieruit ontstond de indruk dat de behandelingen met toegevoegd FR duidelijk in het voordeel waren. In de loop van de tijd, mede onder invloed van steeds meer natuurlijk licht, zijn de verschillen sterk afgevlakt. De verschillen tussen de behandelingen HR en HR/FR zijn volledig weggeëbd, tot verschillen verklaarbaar uit de lichtsommen. Alleen tussen de behandelingen HBW en HBW/FR is het verschil wat in het begin ontstond, hoewel sterk afgevlakt, enigszins gebleven. Het versnellen van de bloei is een vaker waargenomen effecten van FR, oa bij Perfecte Chrysant (de Gelder, pers med).

Reageren alle rassen hetzelfde op de verschillende spectra?

De vier rassen reageren enigszins verschillend op de spectra in de winter:

De productie bij Noize en Jaffa was iets hoger in behandeling HBW/FR, ondanks 3% minder totale lichtsom.

Opvallend was ook de invloed van FR op de lengte bij Noize en Elegance in de winter, waar het leidt tot kortere takken. Over de lange termijn en vanwege de invloed van de zomer, neemt het verschil af.

Tot slot was er verschil in de bloemsteellengte: onder de vier gebruikte spectra was de lengte van de bloemsteeltjes in de winter bij Noize korter en bij Virginia langer dan in de Teelt van de Toekomst.

Is veel wit licht zonder toegevoegd FR nadelig voor de productie, ook onder meer praktijk omstandigheden?

Om deze vraag te beantwoorden is in de proef een behandeling meegenomen met vrij veel wit licht en geen FR licht, dat is behandeling *HBW*, *13B*, *15G*, *72R*. De resultaten lijken dit te bevestigen, aangezien dit de minst productieve behandeling was van alle vier, met een lagere productie dan op basis van het lichtverschil, of op basis van de gemeten fotosynthese (niet significant lager dan de andere behandelingen) zou kunnen worden verwacht. Wellicht kan het deels worden verklaard uit verschillen in uitgroeiduur, daar de takken in de wintermaanden bij *HBW* significant trager ontwikkelden dan *HBW/FR*. Er is in de uitgevoerde metingen geen verdere verklaring gevonden voor dit resultaat, ook niet in de fotosynthese. Eerder bepaalde verschillen in absorptie van de verschillende lichtkleuren door het blad zijn te klein om verklarend te zijn.

Wat is het effect van toegevoegd FR op productie en op de ondergrondse ontwikkeling van het rizoom?

Voor het antwoorden van deze vraag is er in de opzet 2 verschillende BGR verhoudingen gebruikt, ieder met en zonder 14% toegevoegd FR. In de combinatie met *HBW*, *13B*, *15G*, *72R*, heeft FR positief bijgedragen aan de productie. In de combinatie met *HR*, *10B*, *6B*, *84R*, heeft het niet significant bijgedragen aan de productie. In beide combinaties heeft het niet geleid tot verschillen in rizoom groei of opslag organen zoals voedingswortels. Het droeg bij aan de taklengte bij twee rassen in de winter, als eerder opgemerkt, en aan de generativiteit (zie volgende onderzoeksvraag).

Is er een effect van toegevoegd FR op de generativiteit van het gewas (d.w.z., wordt er minder loos geproduceerd?)

Over alle rassen heen is met de toevoeging van FR het percentage loze en onverkoopbare takken iets gedaald (met 2 procent puntjes) ten opzichte van dezelfde behandeling zonder toegevoegd verrood. Het verschil was vooral te danken aan de rassen *Noize* (zonder FR een loze tak voor elke 2 goede takken, met FR een loze tak voor elke 3 goede takken), en het ras *Elegance* (Zonder FR is de verhouding 1 loos per 6 goede takken; met FR gaat de verhouding naar 7 (*HBW/FR*) of zelfs 10 (*HR/FR*) takken). Dit lijken relevante verschillen, want minder loos scheelt ook arbeid. Uit de metingen van de spectrale lichtonderschepping en spectrum metingen onder het gewas, blijkt dat de verhouding rood en FR licht verandert door de verschillend hoogte lagen van het gewas. In de behandelingen met FR is er relatief veel meer FR op bodemhoogte dan op de top van het gewas; dit zou de hoger generativiteit van het gewas kunnen verklaren.

Hoe groot zijn de effecten op de tak morfologie en bladkwaliteit?

Er zijn verschillende effecten waargenomen op de tak morfologie. Behalve de eerder genoemde effecten op taklengte en bloemsteel lengte, betreft het over het algemeen kleine "cosmetische" defecten aan bloemvorm en blad kwaliteit (punten, steelvergroeiingen, etc.). Deze effecten zouden de verkoopbaarheid van de bloemtakken niet tot nauwelijks beïnvloeden.

Hebben de natuurlijke vijanden van plagen onder bepaalde spectra meer moeilijkheden om zich te vestigen of om plagen te bestrijden?

In beide afdelingen is de plaagdruk voor trips en luis laag gebleven. Er was een goede overleving van de bodemroofmijt *Stratiolaelaps scimitus* in alle behandeling gedurende alle seizoenen. Er was voldoende activiteit van de bladroofmijt *Neoseiulus cucumeris*. Bladluis haarden, wat vaker voorgekomen in de winter, werden gevonden en bestreden door de galmug *Aphidoletes aphidimyza*. De sluipwesp *Aphidius ervi* was eveneens actief en in staat om de plaag te vinden zowel boven als onderin het gewas, en mummies zijn waargenomen in alle behandelingen.

Er moet wel worden opgemerkt dat, wellicht door de aanwezigheid van het insectengaas, dit alles gerealiseerd is onder een constant lage plaagdruk.

Welke uit de hier geteste vier, is het beste spectrum voor *Alstroemeria*?

Van de vier geteste spectra, blijken drie van de vier spectra tot een goede productie en kwaliteit te hebben geleid. Het spectrum *HBW* zonder FR (*13B*, *15G*, *72R*) presteerde onverklaard (maar wel conform de verwachting op basis van de kleine proef dat hier aan vooraf ging), het minst van alle vier: zowel in totale productie (in relatie tot de daglichtsom) als in lichtbenuttings efficiëntie, en in uitgroeiduur in de winter.

Voor het werken in de kas, voldeden alle spectra; er was wel een licht voordeel van het spectrum met meer wit licht (het *HBW* en *HBW/FR*) waar het gewas waargenomen wordt alsof het om daglicht ging.

Over de vraag van wel of niet FR in het spectrum, zou het antwoord “Wel” zijn, gebaseerd op het toch positieve invloed tijdens de weggroei (de start van de teelt), en een waargenomen effect op de generativiteit. De vraag hoeveel FR zou er nodig zijn (14% zoals in dit project en het project “Alstroemeria van de Toekomst, dichtbij”) kan met deze opzet niet worden beantwoord. Eveneens kunnen we niet de vraag beantwoorden of het FR de hele dag moet aan staan, of dat het voldoende zou zijn als het b.v. aan het einde van de dag werd aangeschakeld.

Uit deze redenering zou volgen dat de spectra HR, HR/FR en HBW/FR alle drie geschikt zijn voor Alstroemeria, met een voorkeur voor HBW/FR. Echter, dit laatste spectrum 13B, 15G, 72R +14FR, zou vallen buiten de subsidieregeling (Investerings in energie glastuinbouw (EHG)), vanwege een iets te hoog gehalte aan blauw licht (eis is maximaal 10% B).

Het spectrum wat is gebruikt in de Teelt van de Toekomst, 9 B, 15 G, 76 R + 14 FR (8%B, 13%G, 67%R en 12%FR), ook met toegevoegd FR, valt wel onder de subsidie regeling en gaf ook goede resultaten.

Uit de praktijk ontvangen we het geluid dat op dit moment telers in geval van Full LED kiezen voor armaturen zonder FR. Dit is een economische keuze, omdat modules met FR op dit moment duurder en minder efficiënt zijn dan zonder FR.

Literatuur

- Aker, S. and Healy, W. 1990.
Temporal Pattern of growth in *Alstroemeria*, Hort. Sci. 25, 1079.
- Bævre en Bakken, 1999,
Optimizing the lighting regime for *Alstroemeria* with respect to photoperiod and fluence rates. Scientia Horticulturae, Volume 80, 3–4, 225-233
- Bond, S., 1991.
Control of rhizome growth in *Alstroemeria*. PhD thesis, University of Nottingham. <http://eprints.nottingham.ac.uk/11099/1/292618.pdf>
- Cerovic, Z.G., Masdoumier, G., Ben Ghazlen, N. and Latourche, G., 2012.
A new optical leaf-clip meter for simultaneous non-destructive assessment of leaf chlorophyll and epidermal flavonoids. Physiol Plant., 146(3):251-260
- De Klerk, G.J., 2012.
Verbetering weefselkweek met pilotgewas *Alstroemeria*, WUR Plant Breeding rapport, PT projectnummer: 13817
- Dieleman, A., en Weerheim, K., 2019.
Lichtkleur beïnvloedt bladkwaliteit en productie bij alstroemeria. Kas als Energiebron. www.kasalsenergiebron.nl/nieuws/
- Dieleman, A., Carpineti, C., Kruidhof, M., Geurts, J., Weerheim, K., 2022.
Chrysant en alstroemeria: sturen met lichtspectrum. Deelrapport I van het project "LED licht bij zonlicht". Wageningen UR Report WPR-856
- Filho, A., 2022.
Effect of the "Cultivation of the future" on *Alstroemeria* production, stomata conductance and photosynthesis capacity. Graduation Thesis in Agronomic Engineering. Wageningen UR Report WPR-1141
- García Victoria, N., Van der Helm, F. en Warmenhoven, M., 2017,
Praktijkproef LED *Alstroemeria*: Invloed licht spectrum op bladkwaliteit: bouwsteen voor energiebesparing. WUR Rapport GTB-1337
- García Victoria, N., Weerheim, K., Kempkes, F., Steenhuizen, J., 2018.
High Output LED in hybride belichting. Monitoring praktijkproef bij *Alstroemeria*. WUR Rapport WPR-806
- García Victoria, N., Weerheim, K., Bloemhard, C., De Zwart, F., Van Winkel, Ad. 2022.
Alstroemeria van de Toekomst, dichtbij. WUR Rapport WPR-1082.
- García Victoria, N., 2022.
Rekken en Strecken in de Schaduw. Optimaliseren LED Spectrum bij schaduwplanten, met potanthurium als modelgewas. WUR Rapport WPR-1084.
- Gavish-Regev, Efrat & Rotkopf, Ron & Lubin, Yael & Coll, Moshe, 2009.
Consumption of aphids by spiders and the effect of additional prey: Evidence from microcosm experiments. BioControl. 54. 341-350. DOI. 10.1007/s10526-008-9170-0.
- Grafer, D. and Healy, W., 1990.
Alstroemeria carbohydrate partitioning. Hort. Sci. 25, 1079.
- Kalaitzoglou P., Van Ieperen, W., Harbinson, J., Van der Meer, M., Martinakos S., Weerheim, K., Nicole C. C. S., Marcelis, L. F. M., 2019.
Effects of Continuous or End-of-Day Far-Red Light on Tomato Plant Growth, Morphology, Light Absorption, and Fruit Production. Frontiers in Plant Science, 10. 3389. DOI 10.3389/fpls.2019.00322
- Plantenga, F. D. M., 2019.
The enigma of dual reproduction in potato: casting light on tuberization and flowering. PhD Thesis, WU, ISBN 9789463433945
- Puntieri, J. G., Gatica, N., Grosfeld, J. E., 2014.
Flower removal increases rhizome mass in natural populations of *Alstroemeria aurea* (Alstroemeriaceae). Flora 209 (2014) 332–339.
- Puntieri, J.G., Gómez, I.A., 1988.
Análisis del crecimiento vegetativo del amancay (*Alstroemeria aurantiaca* D Don) en dos poblaciones naturales. Rev.Chil.Hist. Nat. 61,177–185.
- Reid, M.S. and Kofranek, A.M. 1981.
Recommendations for standardized vase life evaluations. Acta Hort. (ISHS) 113:171-174

Vilfan, N., 2021.

Hyperspectral Line Sensor: A new insight into the vertical profile of light in plant canopies. *Acta Horticulturae*, Proceedings of the IX International Symposium on Light in Horticulture (in press).

Weerheim, K. en Dieleman, A. 2019.

Verrood licht in tomaat: een praktijkproef. WUR Rapport WPR-729 www.wiki.groenkennisnet.nl/display/pl03/Dualex

Bijlage 1 Tabel etmaal vs PAR

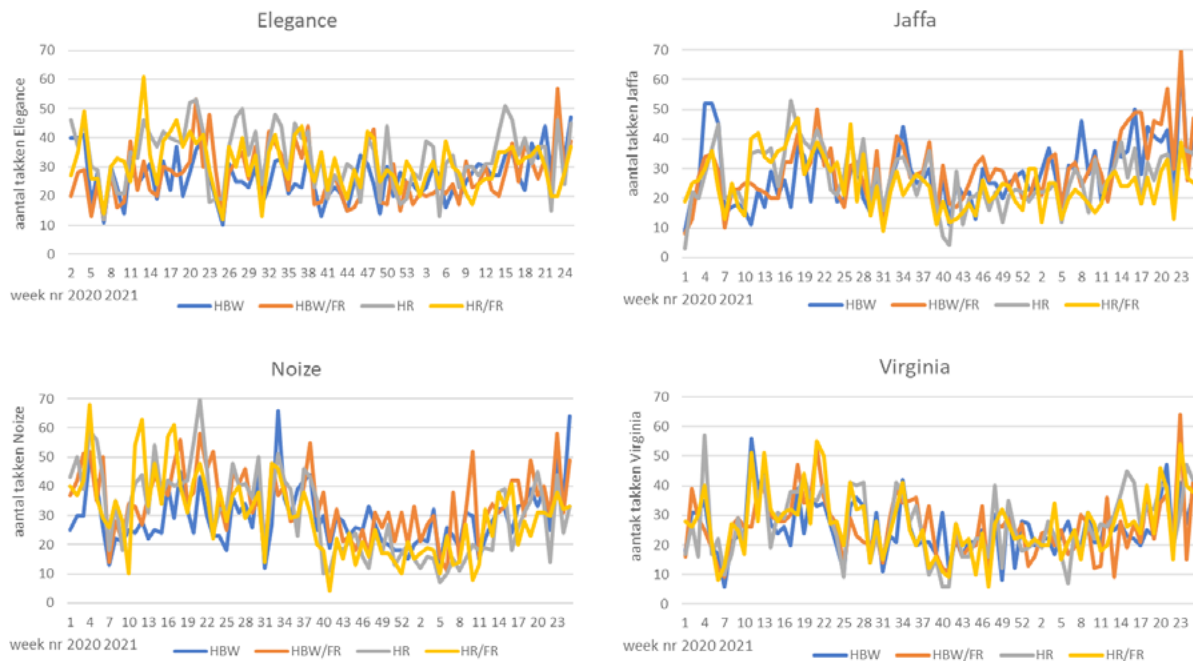
De Flori Consult Group heeft als hulpmiddel voor het bepalen van de etmaaltemperatuur in de Teelt van Alstroemeria afhankelijk van de PAR som, de tabel hieronder vorm gegeven. Dit is in deze proef als leidraad gebruikt voor de sturing van de kastemperatuur.

Etmaal Alstroemeria		CO2 concentratie in de kas					
PAR som per week	PAR som per dag	400	500	600	700	800	900
30	4	15,0	15,2	15,4	15,5	15,5	15,5
40	6	15,6	15,8	16,0	16,1	16,1	16,1
50	7	16,2	16,4	16,5	16,6	16,7	16,7
60	9	16,8	17,0	17,1	17,2	17,3	17,3
70	10	17,4	17,6	17,7	17,8	17,9	17,9
80	11	18,0	18,1	18,2	18,2	18,3	18,3
90	13	18,4	18,5	18,6	18,7	18,8	18,8
100	14	18,9	19,0	19,1	19,2	19,3	19,3
110	16	19,3	19,4	19,5	19,6	19,7	19,7
120	17	19,8	19,9	20,0	20,1	20,2	20,2
130	19	20,3	20,4	20,5	20,6	20,7	20,7
140	20	20,8	20,9	21,0	21,1	21,2	21,2
150	21	21,2	21,3	21,4	21,5	21,6	21,6
160	23	21,6	21,7	21,8	21,9	22,0	22,0
170	24	22,1	22,1	22,2	22,3	22,4	22,5
180	26	22,6	22,6	22,7	22,8	22,9	23,0
190	27	23,1	23,1	23,2	23,3	23,4	23,5
200	29	23,6	23,6	23,7	23,8	23,9	24,0

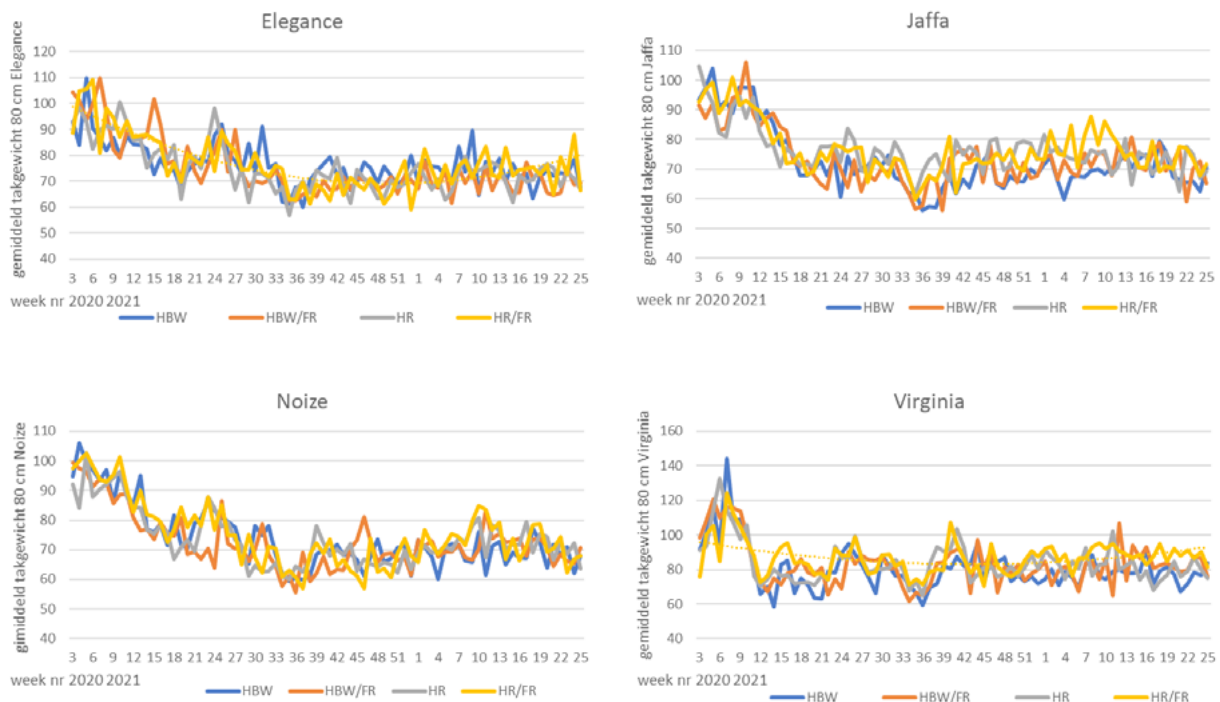


Omgezet naar een grafiek, geeft het de volgende lijn met vergelijking $y=0.34x+14.34$, waarbij y= etmaaltemperatuur en x= PAR som dag.

Bijlage 2 Verloop productie in de tijd



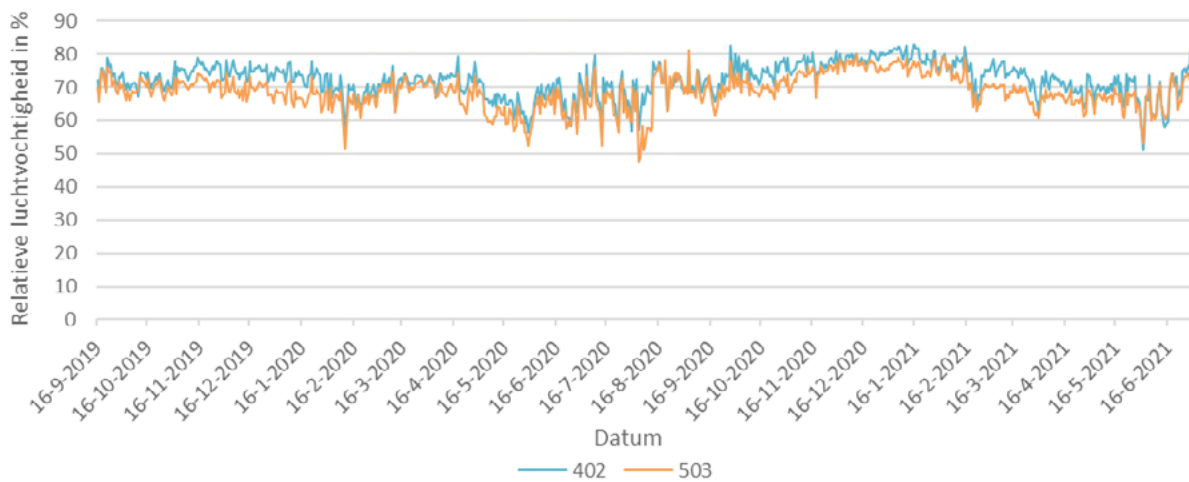
Figuur 2.1 Aantal takken per week per lichtbehandeling. Per ras een grafiek.



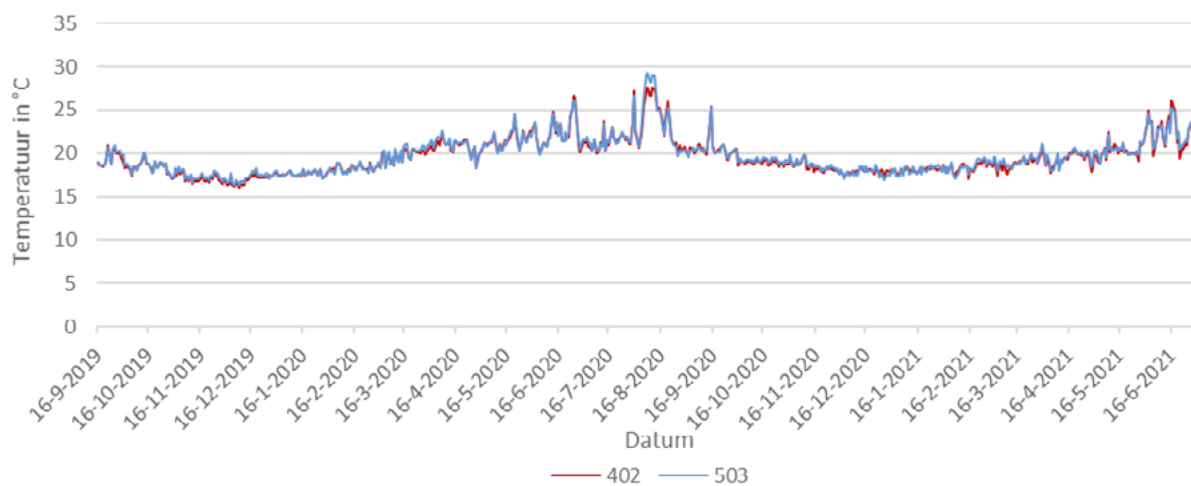
Figuur 2.2 Gemiddeld gewicht per week van de tot 80 cm teruggeknipte takken per lichtbehandeling. Per ras een grafiek.

Bijlage 3 Gerealiseerd kas klimaat

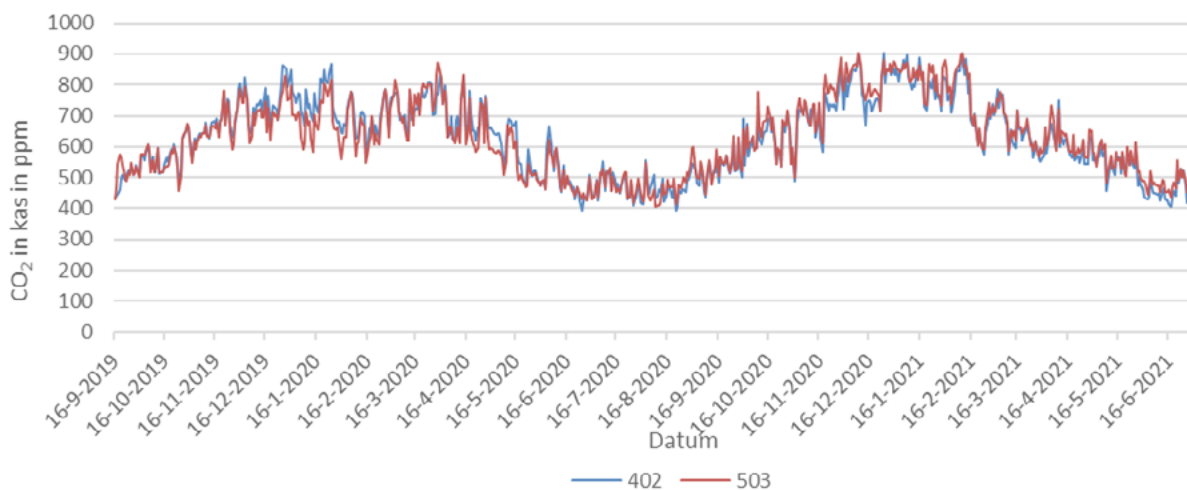
De figuren hieronder tonen het gerealiseerd kasklimaat. In afdeling 402 waren de lichtbehandelingen HR en HR/FR ondergebracht. In afdeling 503 de behandelingen HBW en HBW/FR.



Figuur 3.1 Verloop van de relatieve luchtvochtigheid (%).



Figuur 3.2 Verloop van het etmaal temperatuur in °C.



Figuur 3.3 Verloop van het gehalte aan CO₂ in ppm.

Bijlage 4 Detail metingen gewas in de tijd

Maandelijks is een detail meting (destructief) gedaan van 10 takken per behandeling en ras). De grafieken hieronder laten zien het verloop in de tijd per behandeling van:

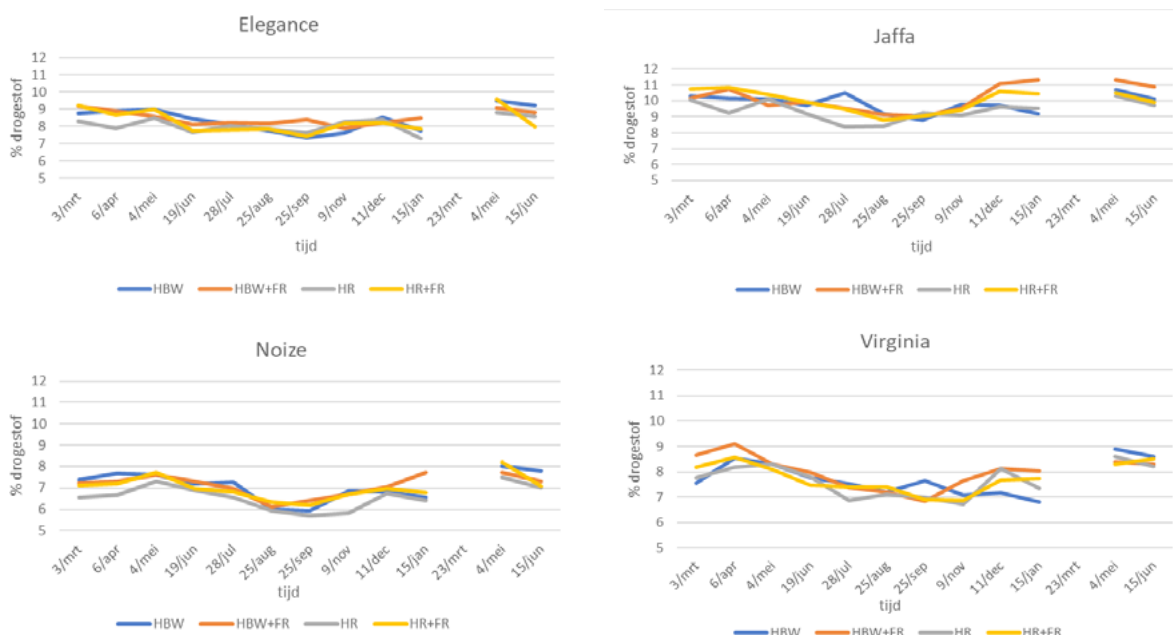
Figuur 4.1: het droge stof gehalte in % van het versgewicht (volledige bloemtak).

Figuur 4.2: Het aantal bladeren per bloemtak.

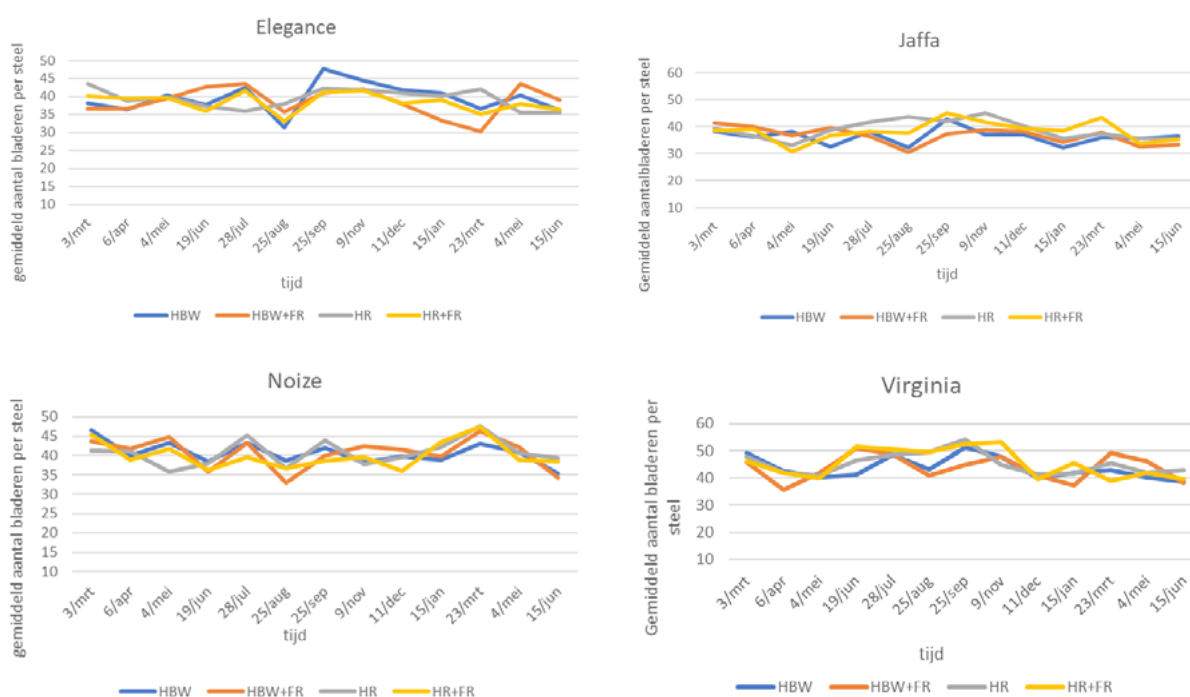
Figuur 4.3: Het aantal bloemen per bloemtak.

Figuur 4.4: Het gemiddeld bladoppervlak totaal per bloemtak.

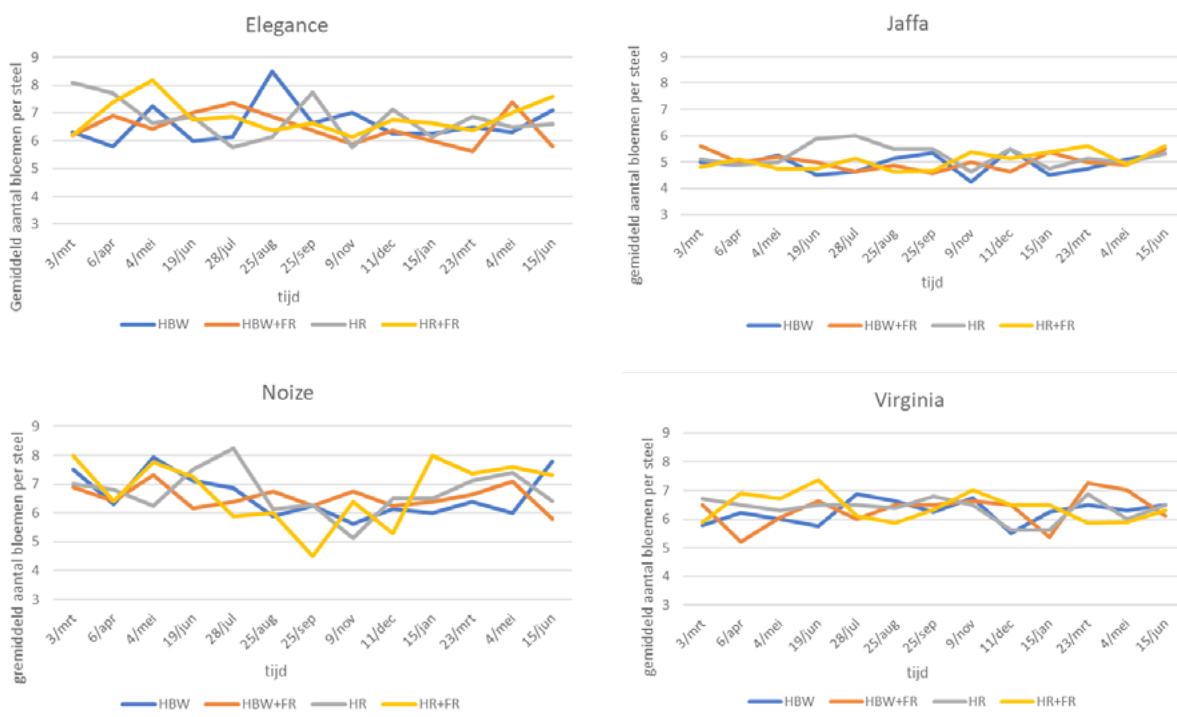
Figuur 4.5: Het gemiddeld bladoppervlak per blad (hoe groot is het blad).



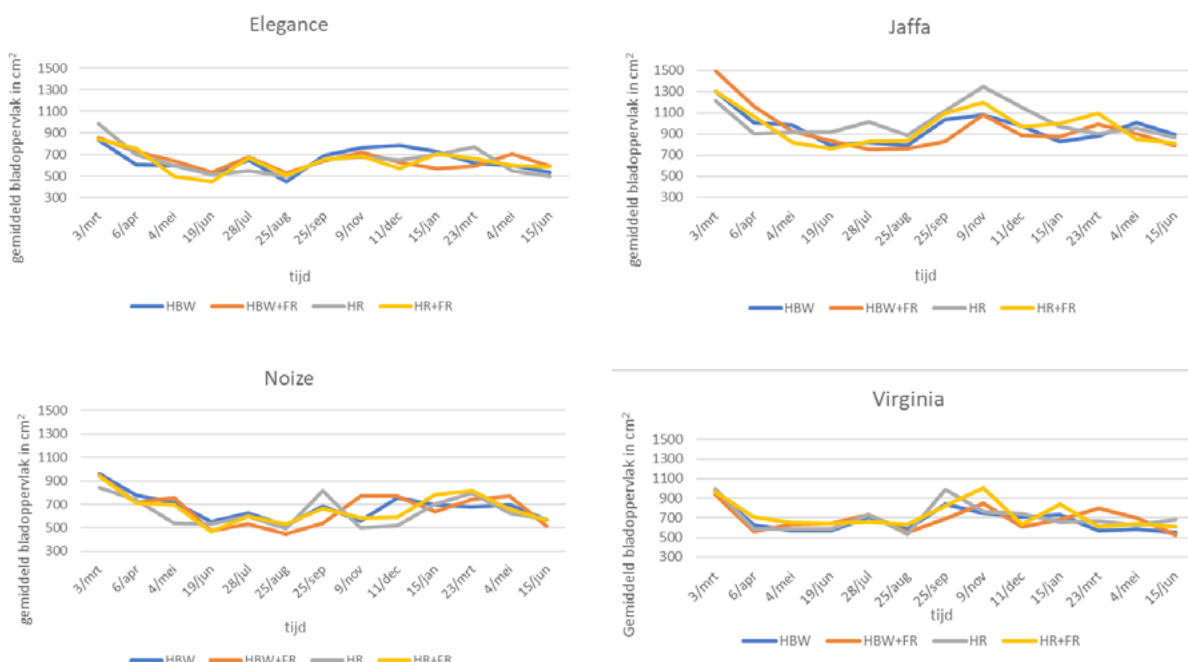
Figuur 4.1 Percentage drogestof per lichtbehandeling. Per ras een grafiek.



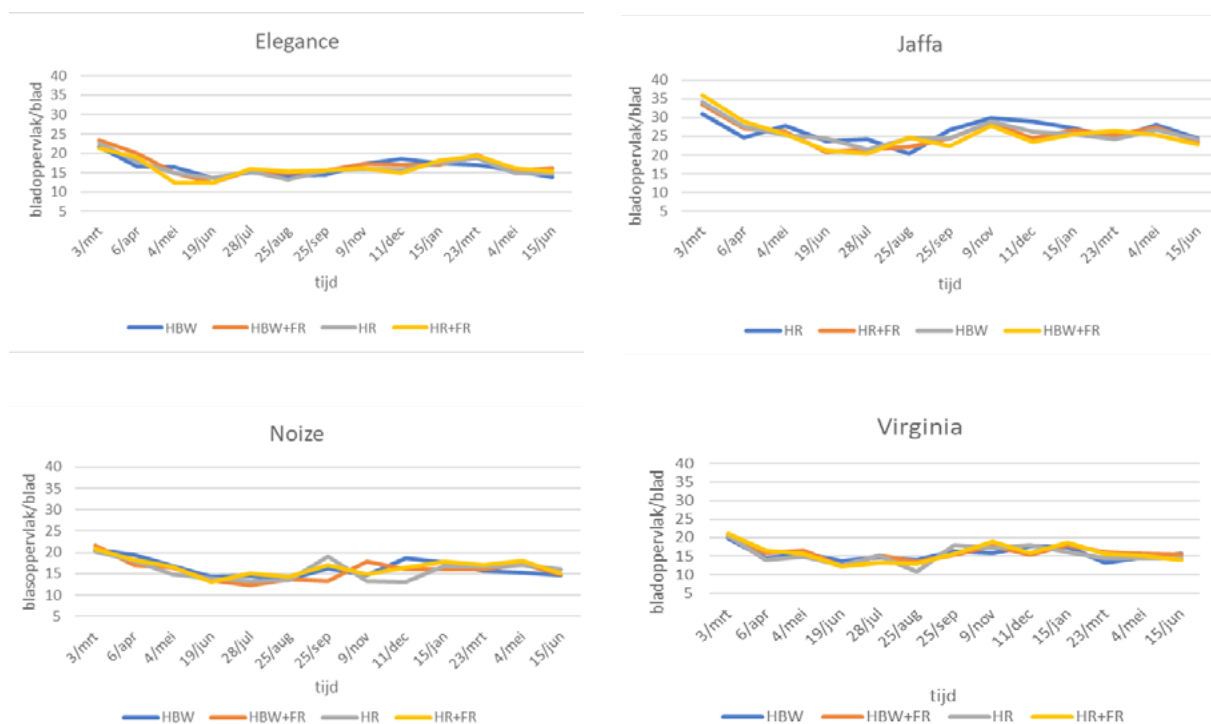
Figuur 4.2 Gemiddeld aantal bladeren per steel per lichtbehandeling. Per ras een grafiek.



Figuur 4.3 Gemiddeld aantal bloemen per steel per lichtbehandeling. Per ras een grafiek.



Figuur 4.4 Gemiddeld bladoppervlak in cm² per lichtbehandeling. Per ras een grafiek.



Figuur 4.5 Bladoppervlak per blad in cm². Per lichtbehandeling. Per ras een grafiek.

Een samenvatting en analyse van de bovenstaande data. De tabellen hieronder laten zien het gemiddelde over de verschillende maand metingen:

Tabel 4.1: het aantal bloemen en bladeren per bloemtak, het bladoppervlak en het droge stof % over de hele proefperiode (alle metingen).

Tabel 4.2: het aantal bloemen en bladeren per bloemtak, het bladoppervlak en het droge stof % over de winterperiode (november, december en januari metingen).

Tabel 4.1

Detailmetingen morfologie over de hele meetperiode. Verschillende letters geven significante verschillen aan. ANOVA (5%).

Ras	Behandeling	n bloem/tak LSD 0.4	n blad/ tak LSD 2	Blad oppervlakte / tak (cm ²) LSD 63	drogestof % LSD 1.1
Elegance	HBW	6.7 a	39.7 b	660 a	10.0 a
	HBW/FR	6.0 acd	38.1 bc	652 a	10.1 a
	HR	6.8 acd	40.1 bc	670 a	10.4 a
	HR/FR	6.8 acd	38.7 b	641 a	10.3 a
Jaffa	HBW	5.0 b	36.3 a	961 cd	9.7 ab
	HBW/FR	5.0 b	37.6 a	981 c	10.0 a
	HR	5.2 b	39.2 a	1038 cd	10.0 a
	HR/FR	5.0 b	38.9 ab	996 c	10.8 a
Noize	HBW	6.7 ac	41.2 c	691 a	10.6 a
	HBW/FR	6.6 ac	41.3 c	679 a	11.1 ab
	HR	6.7 ac	40.9 c	646 a	11.1 ab
	HR/FR	6.7 ac	40.5 c	677 a	11.0 ab
Virginia	HBW	6.2 ad	44.4 d	697 b	10.2 a
	HBW/FR	6.3 ad	43.8 de	700 b	10.1 a
	HR	6.4 a	45.3 d	705 b	10.6 a
	HR/FR	6.5 a	46.1 de	742 b	10.4 a

Tabel 4.2

Detailmetingen morfologie over de winter meetperiode. Verschillende letters geven significante verschillen aan. ANOVA (5%).

Ras	Behandeling	n bloem/tak LSD 0.4	n blad/ tak LSD 1.8	Blad oppervlakte /tak (cm ²) LSD 132	drogestof % LSD 2.8
Elegance	HBW	6.3 b	40.2 bc	785 a	9.4 a
	HBW/FR	6.2 b	36.0 a	696 a	9.4 a
	HR	7.2 d	41.7 c	792 a	9.5 a
	HR/FR	6.5 c	39.1 bc	717 a	9.2 a
Jaffa	HBW	5.0 a	36.0 a	1057 b	9.6 a
	HBW/FR	5.2 a	38.2 b	1115 b	10.7 a
	HR	5.1 a	38.6 b	1141 b	9.8 a
	HR/FR	5.1 a	38.6 b	1084 b	13.4 b
Noize	HBW	6.6 c	42.2 c	817 a	9.5
	HBW/FR	6.5 c	41.8 c	799 a	11.4 ab
	HR	6.7 c	41.1 bc	698 a	9.9 a
	HR/FR	7.2 d	42.2 bc	791 a	9.8 a
Virginia	HBW	5.8 b	44.1 d	819 a	9.4 a
	HBW/FR	6.1 b	41.7 c	757 a	9.4 a
	HR	6.0 b	43.9 d	811 a	9.8 a
	HR/FR	6.3 b	43.8 d	824 a	9.5 a

Bijlage 5 Kastransmissie in de tijd

Metingen uitgevoerd bij direct licht, meer met het tussenscherm open dan met deze dicht. N.a.v. deze metingen, is besloten: 1-de kas met een dun laagje diffuus te coaten, Redufuse IR in de lichtste verdunning van 11 emmers per Ha. 2- De zij schermen, ook het tussenscherm, dicht te laten permanent, en 3- de lampen gedurende de hele daglengte (16 uur) aan te houden

Tabel 5.1

Transmissie in % gemeten voor de maand maart en april 2020.

scherm configuraties			transmissie %			
			4.02 links	4.02 rechts	5.03 links	5.03 rechts
gevel schermen	tussenscherm	tijdstip meting	HR	HR/FR	HBW/FR	HBW
dicht	dicht	10:30	35	34	23	27
		13:30	18	19	19	18
		16:30	32	33	34	32
		gem. dag	28	29	25	26
dicht	open	10:30	39	53	32	44
		13:30	20	44	25	34
		16:30	17	41	27	27
		gem. dag	25	46	28	35
open	open	10:30	42	62	38	46
		13:30	13	34	30	31
		16:30	12	23	30	27
		gem. dag	22	40	33	35

Tabel 5.2

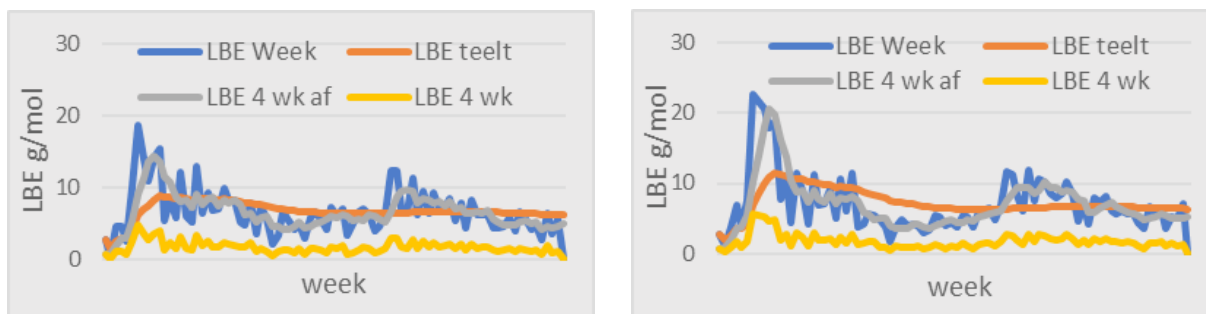
Kastransmissie in de tijd per subafdeling.

datum actie	moment meting	HR	HR/FR	HBW/FR	HBW
		402 l	402 r	503 l	503 r
17/9/2019	na start teelt	32	33	34	32
1/4/2020	na tussenscherm open gezet	22	40	33	35
7/4/2020	na alle schermen dicht	28	29	25	26
7/5/2020	na eerste keer krijten	41	43	38	36
24/7/2020	na tweede keer krijten	41	42	37	36
10/11/2020	na dak afwassen	34	33	31	34
19/3/2021	na opnieuw krijten	41	42.5	37.5	36
29/6/2021	teelt beëindigd				
	gemiddelde transmissie jaar	34	37	34	33

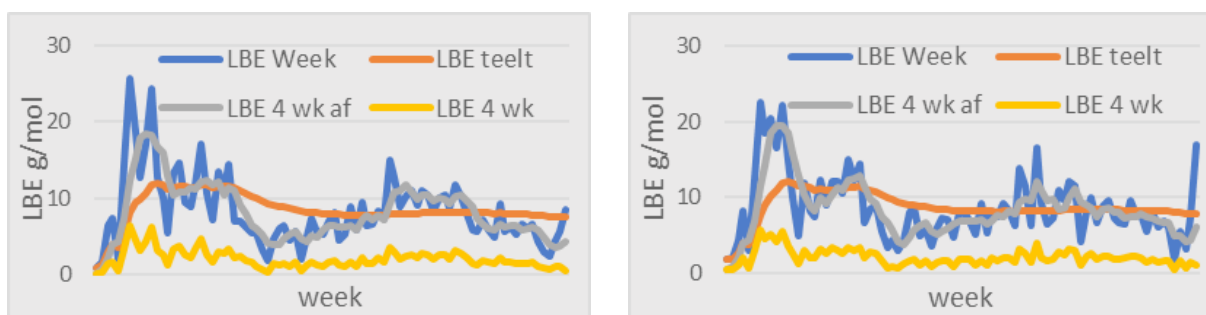
Bijlage 6 LBE per ras per behandeling

In de grafieken hieronder is de LBE in de tijd voor elk ras/ behandeling combinatie op vier verschillende manieren uiterekend, elke van deze berekeningen geeft een ander uitkomst:

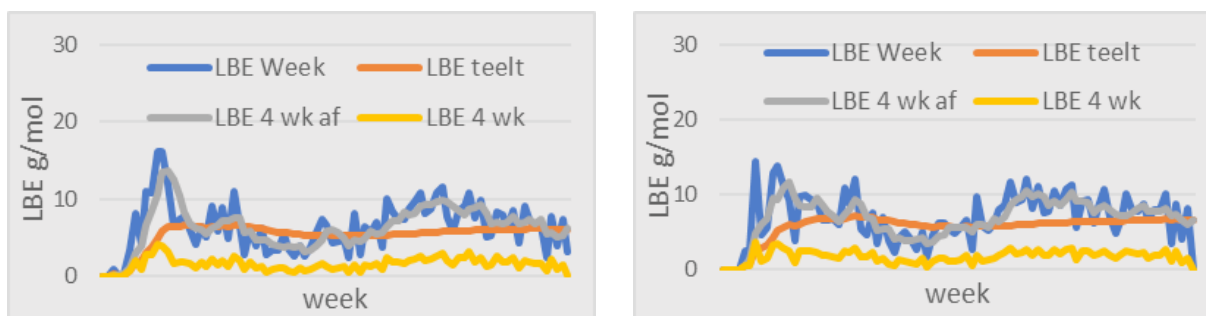
- Als productie van een week gedeeld door het licht van die week = LBE week.
- Als productie van een week/gemiddelde licht van 4 weken ervoor = LBE 4 weken.
- Als totale productie van 4 weken/licht van 4 weken = LBE 4 weken afgevlakt.
- Als totale productie tot die week, gedeeld door het totaal ontvangen lichtsom tot die week = LBE teelt.



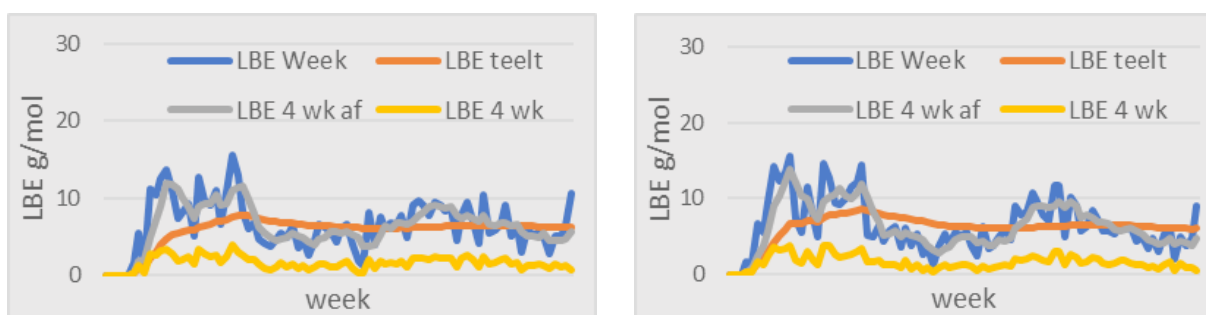
Figuur 6.1 LBE in g/mol in de tijd bij Elegance HBW (links) HBW/FR (rechts).



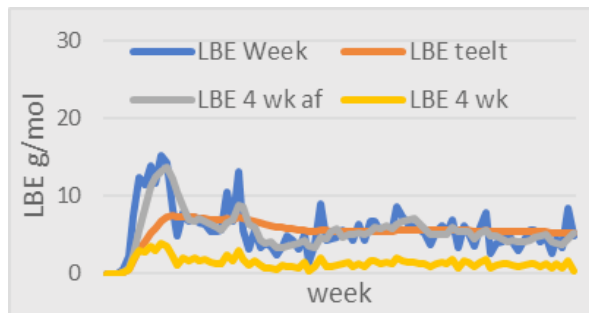
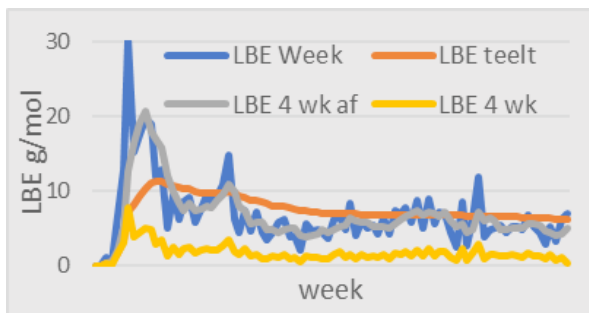
Figuur 6.2 LBE in g/mol in de tijd bij Elegance HR (links) HR/FR (rechts).



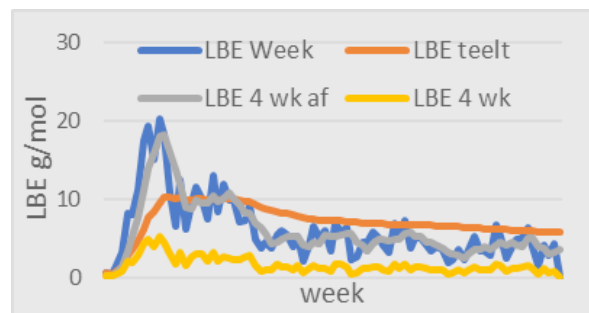
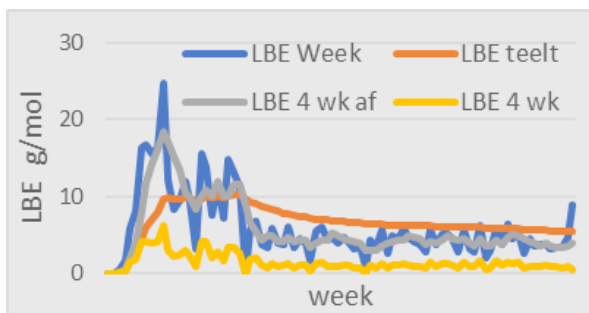
Figuur 6.3 LBE in g/mol in de tijd bij Jaffa HBW (links) HBW/FR (rechts).



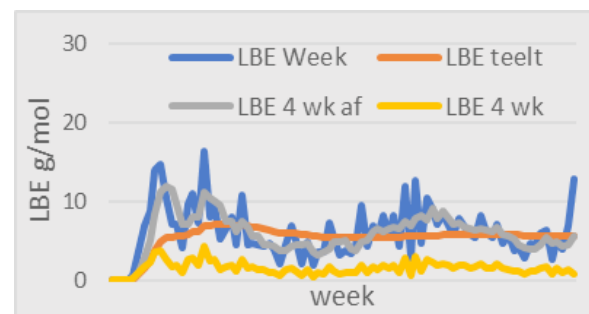
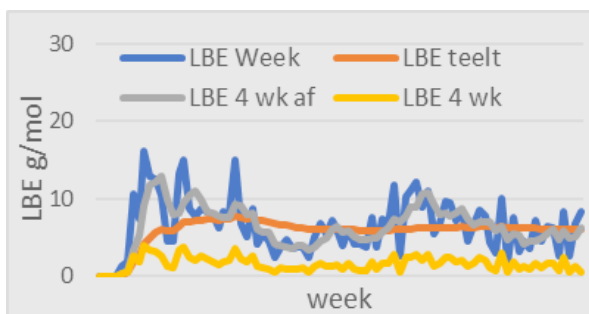
Figuur 6.4 LBE in g/mol in de tijd bij Jaffa HR (links) HR/FR (rechts).



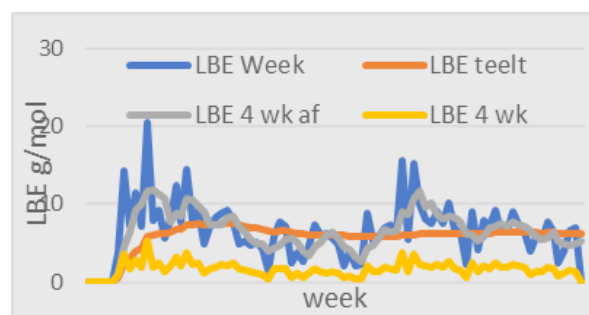
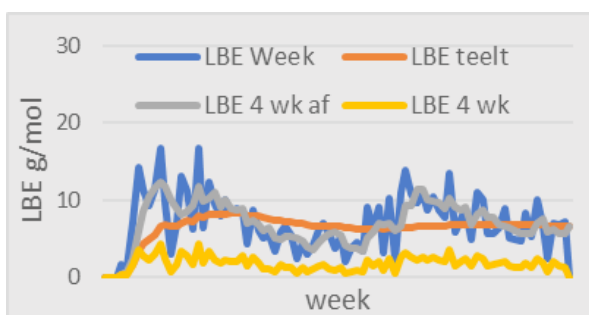
Figuur 6.5 LBE in g/mol in de tijd bij Noize HBW (links) HBW/FR (rechts).



Figuur 6.6 LBE in g/mol in de tijd bij Noize HR (links) HR/FR (rechts).

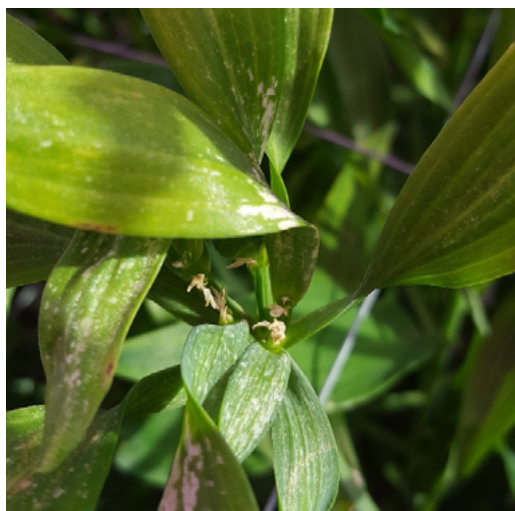


Figuur 6.7 LBE in g/mol in de tijd bij Virginia HBW (links) HBW/FR (rechts).



Figuur 6.8 LBE in g/mol in de tijd bij Virginia HR (links) HR/FR (rechts).

Bijlage 7 Bloeiafwijkingen



Figuur 7.1 Bloem abortie; blad strepen.



Figuur 7.2 Meervoudige stelen.



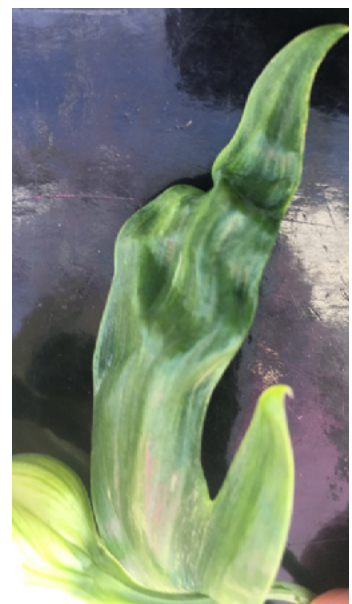
Figuur 7.3 "Antenne" bloem (*Elegance*): een bloem groeit uit het midden van de inflorescentie en is aanzienlijk langer dan de "normale" kroonbloemen.



Figuur 7.4 V.l.n.r.: necrotische bladpunten (*Jaffa*), gele steep (*Virginia*), paarse bladpunten (*Noize*).



Figuur 7.5 Gele steep op blad (Elegance).

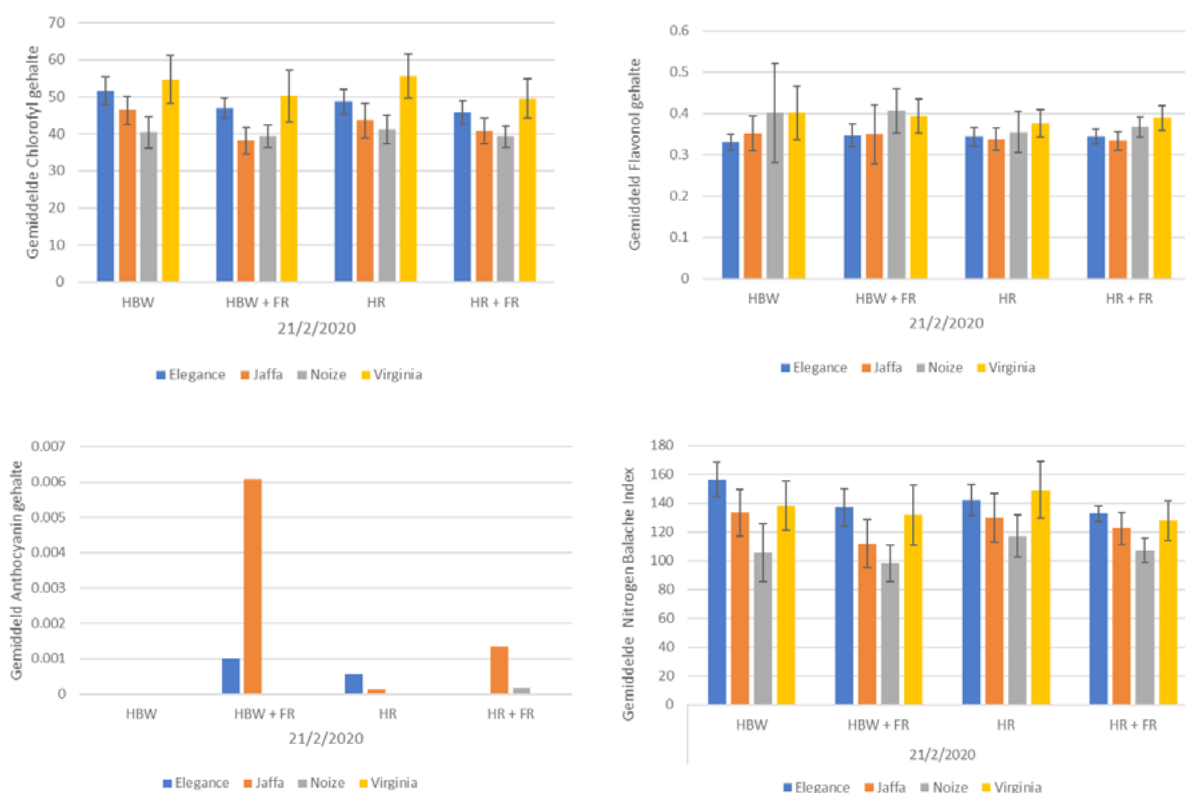


Figuur 7.6 Diverse bladmisvormingen (Virginia).

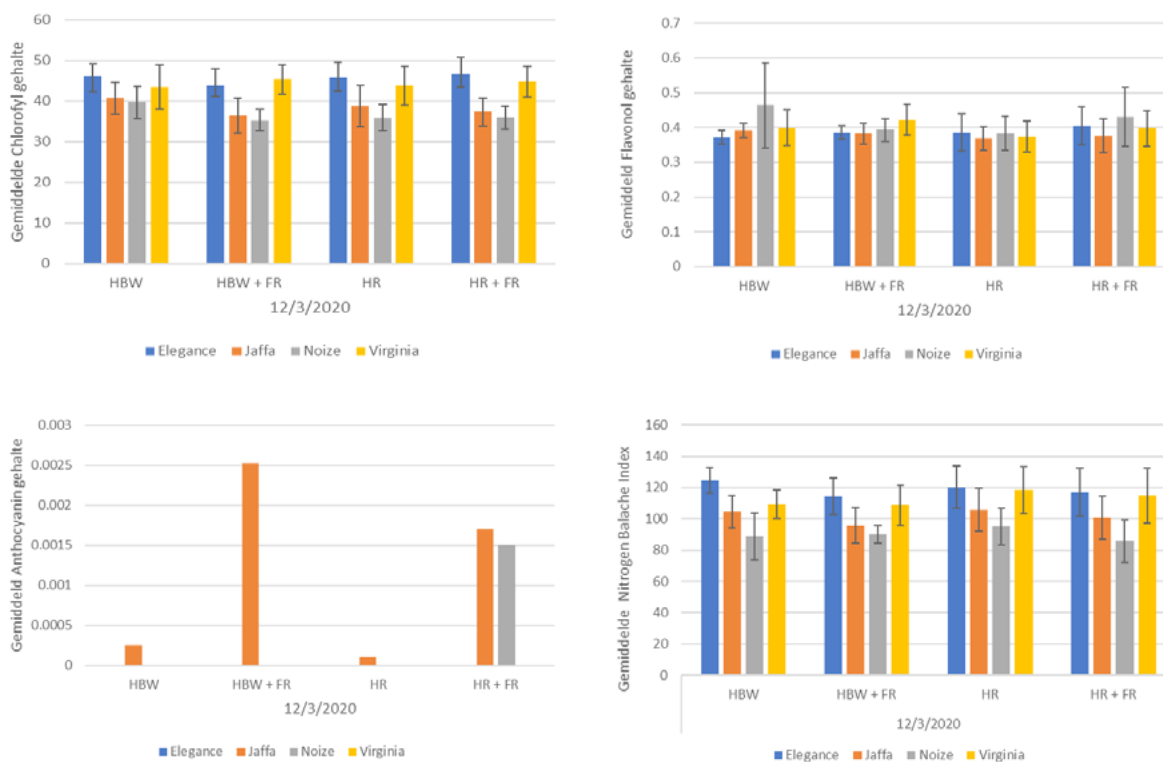


Figuur 7.7 Bladeren die kenmerken van bloemen vertonen (Virginia).

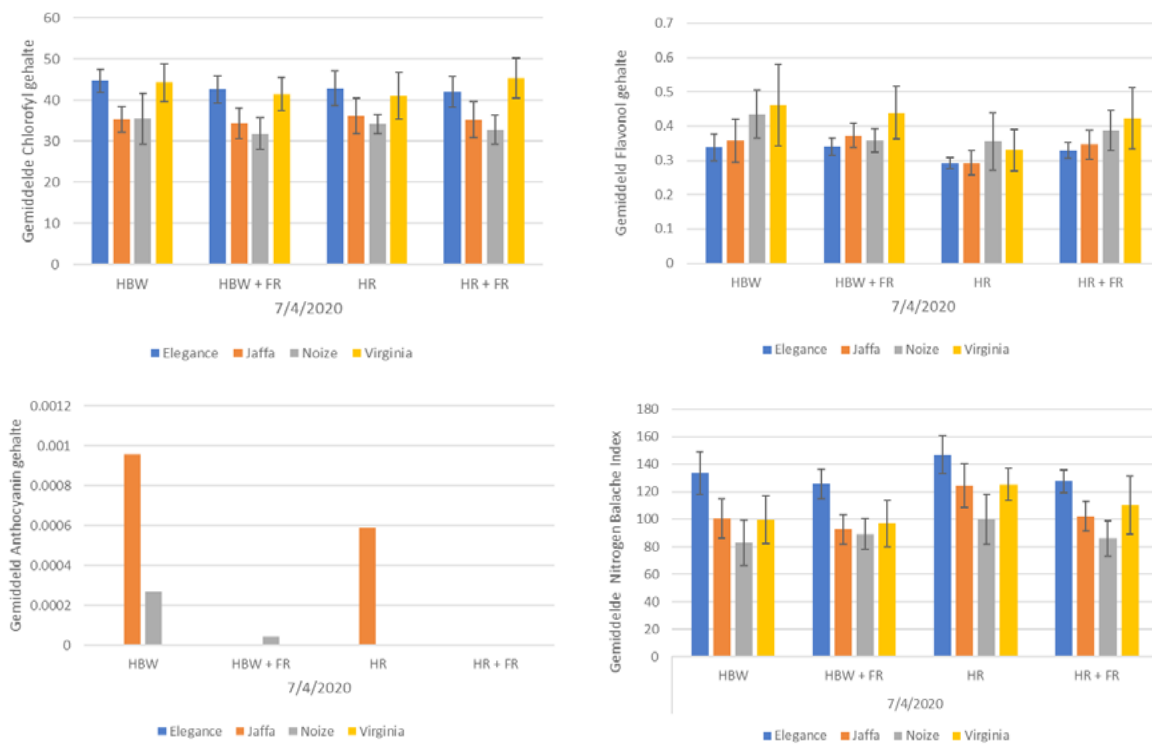
Bijlage 8 Chlorofyl en Flavonolen gehalte



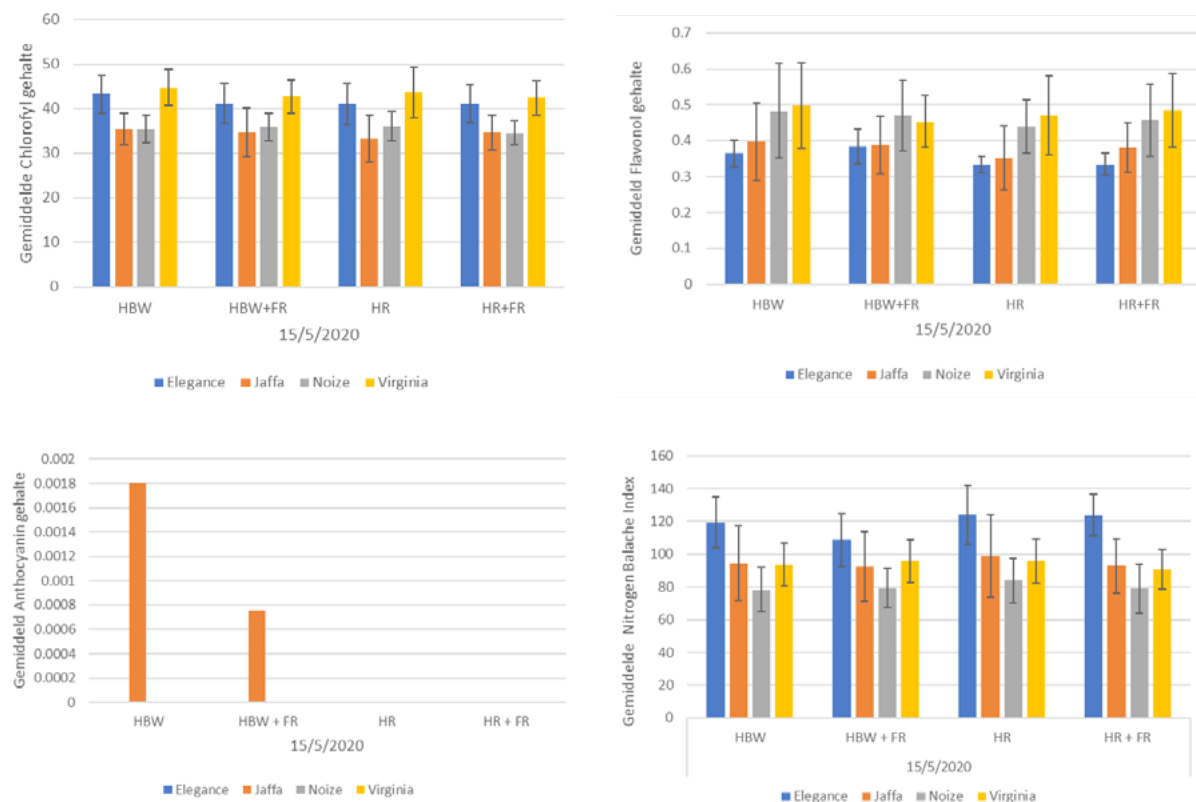
Figuur 8.1 Gemiddeld Chlorofyl, Flavonol, Anthocyanin en Nitrogen Balans Index op 21 februari 2020.



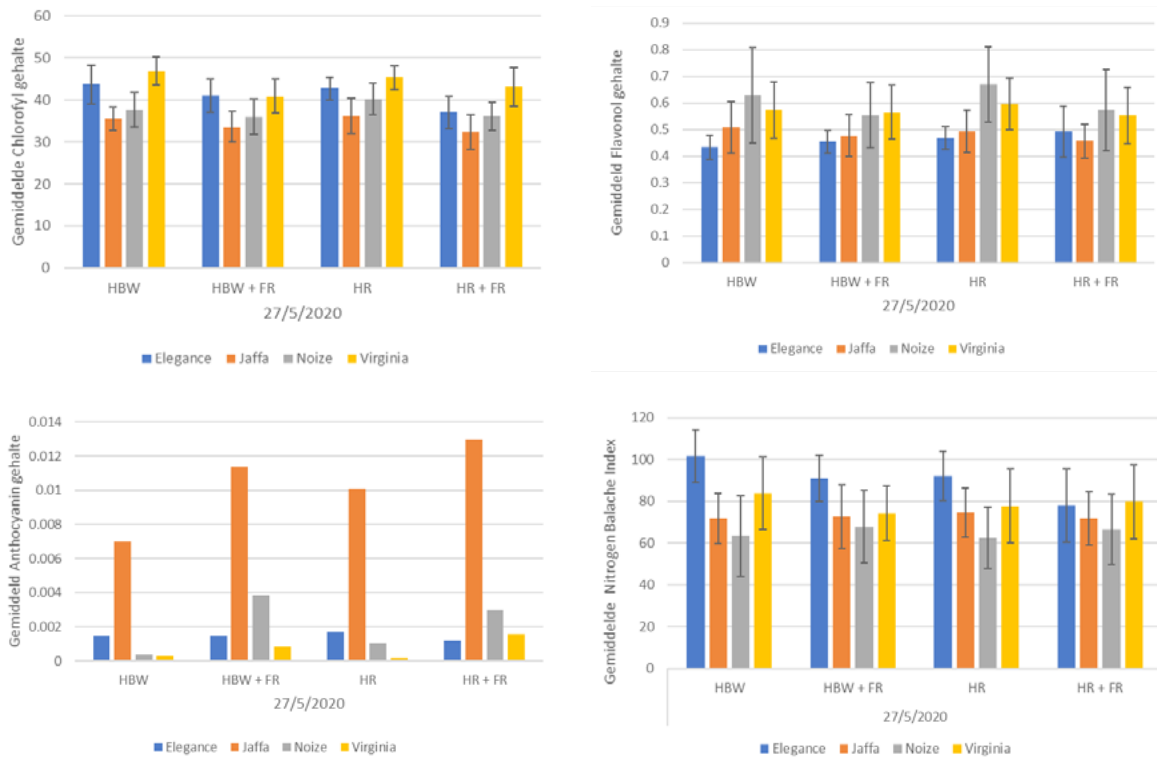
Figuur 8.2 Gemiddeld Chlorofyl, Flavonol, Anthocyanin en Nitrogen Balans Index op 12 maart 2020.



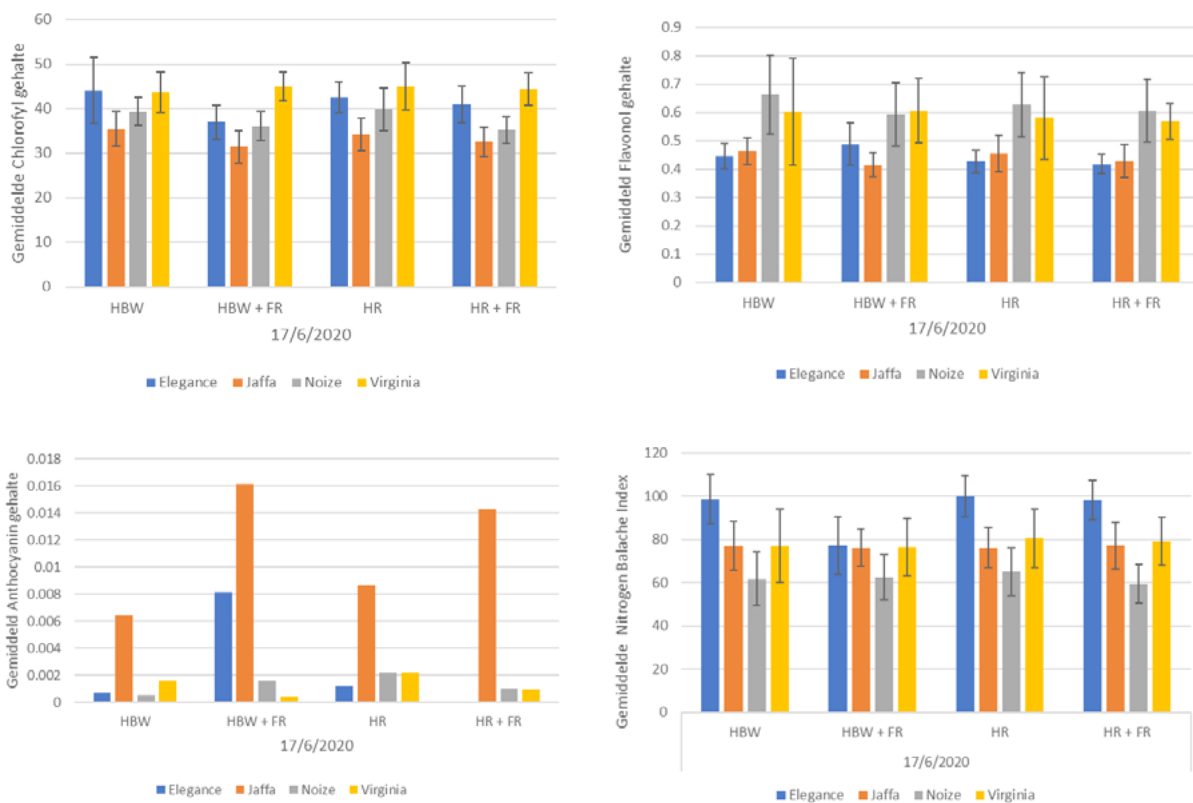
Figuur 8.3 Gemiddeld Chorofyl, Flavonol, Anthocyanin en Nitrogen Balans Index op 7 april 2020.



Figuur 8.4 Gemiddeld Chorofyl, Flavonol, Anthocyanin en Nitrogen Balans Index op 15 mei 2020.



Figuur 8.5 Gemiddeld Chorofyl, Flavonol, Anthocyanin en Nitrogen Balans Index op 27 mei 2020.



Figuur 8.6 Gemiddeld Chorofyl, Flavonol, Anthocyanin en Nitrogen Balans Index op 17 juni 2020.

Bijlage 9 Rizomen

Tabel 9.1.

Detailmetingen rizomen (meting juli 2020). Verschillende letters geven significante verschillen aan. ANOVA (5%).

ras	beh.	diam.r (mm)	lengte (hfd,cm)	# vertakkingen	# voedingswort.	Lengte (tot.,cm)	vers	gew. tot (g)	% DS	Ratio bov/ond
Elegance	HBW	18.00	12.75	8.00	16.75	50.3	296.8	6.24	22.0	30.8 a
	HBW/FR	14.75	11.75	7.75	14.25	42.5	230.3	6.32	35.8	
	HR	12.25	10.75	10.00	15.25	59.3	259.9	5.76	20.7	
	HR/FR	15.75	14.00	5.00	16.75	39.8	219.7	5.84	44.8	
Jaffa	HBW	12.00	14.00	12.00	23.25	62.0	294.3	5.46	36.9	42.6 a
	HBW/FR	13.00	13.25	17.00	10.67	39.5	241.8	7.01	33.3	
	HR	13.25	16.75	10.50	37.67	69.5	366.0	5.76	52.0	
	HR/FR	12.00	12.25	12.50	33.67	45.5	303.5	6.39	48.1	
Noize	HBW	14.50	11.00	8.25	19.75	43.5	225.6	9.19	29.4	29.8 a
	HBW/FR	12.75	9.50	9.50	17.25	58.8	298.2	5.81	34.8	
	HR	11.25	12.50	7.75	11.25	44.3	211.2	5.91	29.7	
	HR/FR	13.25	10.75	6.75	11.25	44.0	211.5	5.70	25.4	
Virginia	HBW	15.25	15.88	6.25	7.00		144.8	8.25	47.3	31.7 a
	HBW/FR	12.25	14.63	8.25	3.50		131.4	8.78	27.4	
	HR	12.73	11.63	5.75	7.25		104.9	8.04	20.6	
	HR/FR	15.75	12.25	8.25	5.50		122.8	9.39	31.5	

Tabel 9.2.

Detailmetingen rizomen (meting januari 2021). Verschillende letters geven significante verschillen aan. ANOVA (5%).

ras	beh.	diam.r (mm)	lengte (hfd,cm)	# vertakkingen	# voedingswort.	Lengte (tot.,cm)	vers	gew. tot (g)	% DS	Ratio bov/ond
Elegance	HBW	13.75	10.38	12.75	13.5 c	55.1	231.1	6.01 cd	19.7	25.0 a
	HBW/FR	15.80	13.25	15.25	10.5 bc	59.3	244.2	5.91 c	22.2	
	HR	12.96	13.25	11.00	17.00	58.1	259.5	6.17 d	29.0	
	HR/FR	14.39	12.63	14.50	11.75 bc	61.2	261.5	6.74 e	29.0	
Jaffa	HBW	11.41	11.63	26.50	8.75 b	129.4	355.3	5.76 b	16.8	24.6 a
	HBW/FR	12.96	12.00	35.25	10 b	176.4	443.3	5.93 c	22.6	
	HR	13.49	13.13	17.75	2.25 a	100.3	248.3	5.74 b	17.2	
	HR/FR	12.28	13.63	15.00	7.25 b	81.3	291.8	5.75 b	42.0	
Noize	HBW	15.19	12.50	16.25	5.75 b	78.6	259.4			24.1 a
	HBW/FR	16.11	14.38	27.25	31.5 d	121.6	423.0	5.74 a	25.6	
	HR	13.08	13.38	13.50	5.5 b	64.3	169.6	5.99 c	22.3	
	HR/FR	13.03	11.00	16.50	9.25 b	85.6	261.5	5.49 a	28.0	
Virginia	HBW	14.34	13.75	9.00	0.29 a	62.8	322.6	5.76 b	40.4	38.5 a
	HBW/FR	14.97	13.38	17.50	10 b	100.1	387.4	6.74e	36.6	
	HR	13.51	16.88	9.75	6.25 b	54.3	278.5	6.09 cd	36.6	
	HR/FR	14.16	16.63	12.50	4.5 a	75.1	366.3	5.84 bc	40.4	

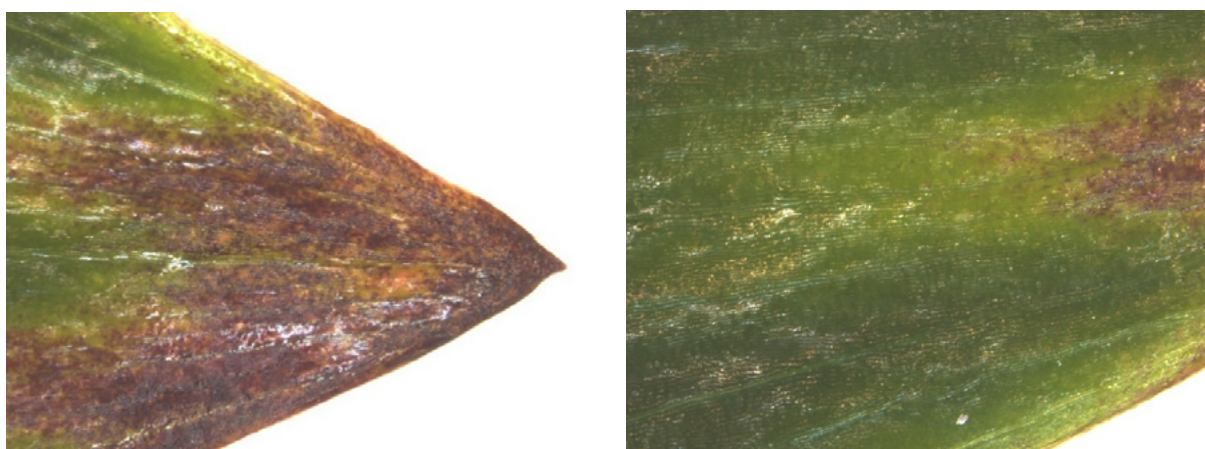
Bijlage 10 Microscopie paarse bladpunten

Methode

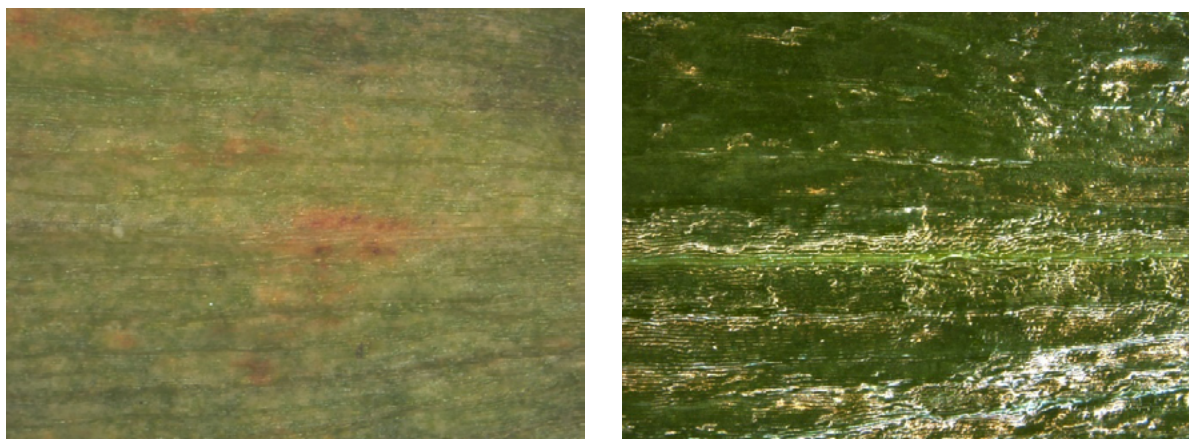
Analyse van bladschade / verkleuring bij Noize en vergelijk met controle. Overgangsdelen van schade beeld bekeken vanuit boven- en onder-epidermis met stereo-microscop (droog) en (dwars-) coupes met natdekglas preparaten vergeleken met controle (stereo en HV).

Resultaten

Het schade fenomeen laat zich macroscopisch beschrijven als een verkleuring van bladgroen naar lichtgeel naar paars in bepaalde bladstroken, en aan de bladranden versterkend naar de bladpunten toe. De vergeling duidt op een degeneratie van chlorofyl zodat de in het blad aanwezige xantofyllen (geel) zichtbaar worden. In die vergelende stroken beginnen op meerdere plaatsen oranje tot bruine spots te ontstaan, die steeds donkerder en groter worden, uiteindelijk elkaar raken en leiden tot verbruining, celdood en bladverdroging. Dit proces loopt parallel met vaker mat worden van het blad, dus afname bladglans en lichtreflectie.



Figuur 10.1 en Figuur 10.2 Verbruining spots in Noize 9x en 22x vergroting.

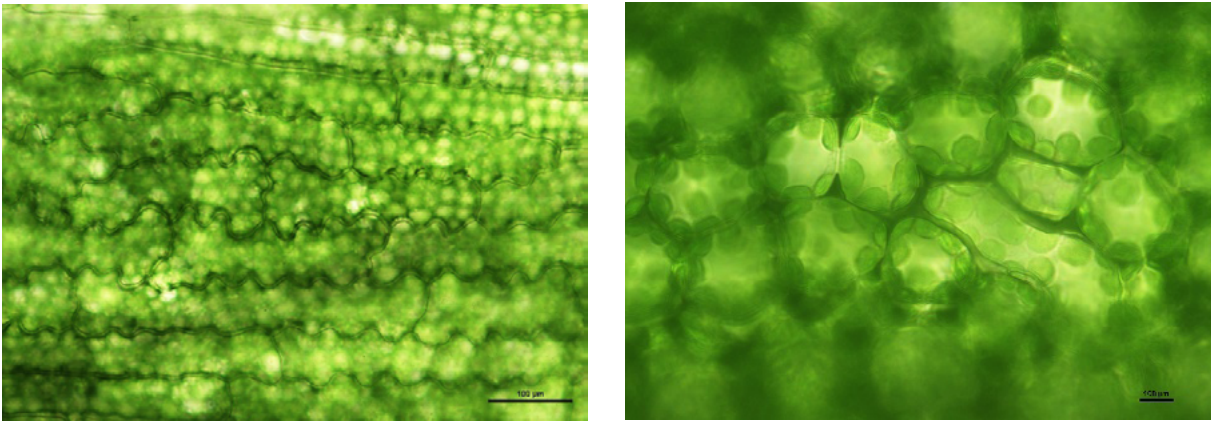


Figuur 10.3 Links Oranje-bruine necrotische spots in chlorofyl arme bladdelen in Noize.

Figuur 10.4 Rechts Sterke bladreflectie in onaangetaste controle Noize blad in vergelijkbare positie en ontwikkeling.

De epidermis van boven en onderzijde is ook bij de optredende verbruining intact en vertoont in oppervlak of dwarsdoorsnede geen zichtbare schade die lijkt op vraat of penetratie. Er zijn geen sporen van lokale weefselschade aangetroffen die zou duiden op steek-/ zuig- of andere plaag- insecten. De sluitende cellaag van beide epidermislagen is bij aanvang van de aanmaak van flavonoiden onaangetast. Dit betekent dat de start van de schade in cellen van het mesofyl ligt (zie verder). Wel is er een opvallende afname van bladreflectie (controle Figuur 4), die mogelijk is te herleiden is als secundair effect door een afname cuticula dikte en indroging van blad (niet gekwantificeerd).

Verder zijn ook geen sporen of hyfen van schimmels aangetroffen op bladoppervlak (roest). De epidermis is overigens slecht zichtbaar in de foto's, omdat deze laag geen chlorofyl bevat.

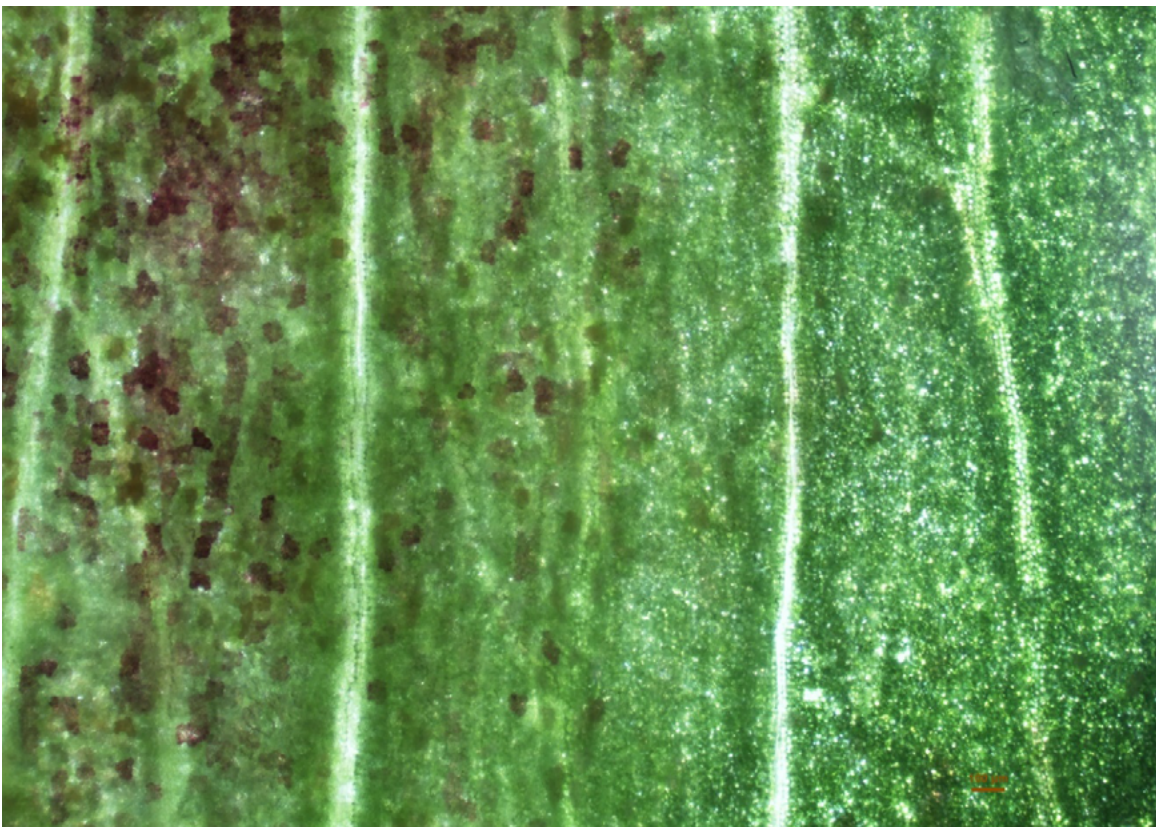


Figuur 10.7 en Figuur 10.8 (boven): Controle adaxiale bladzijde en cellen met chloroplasten in palissaden parenchym (L) (chlorenchym) van Noize.

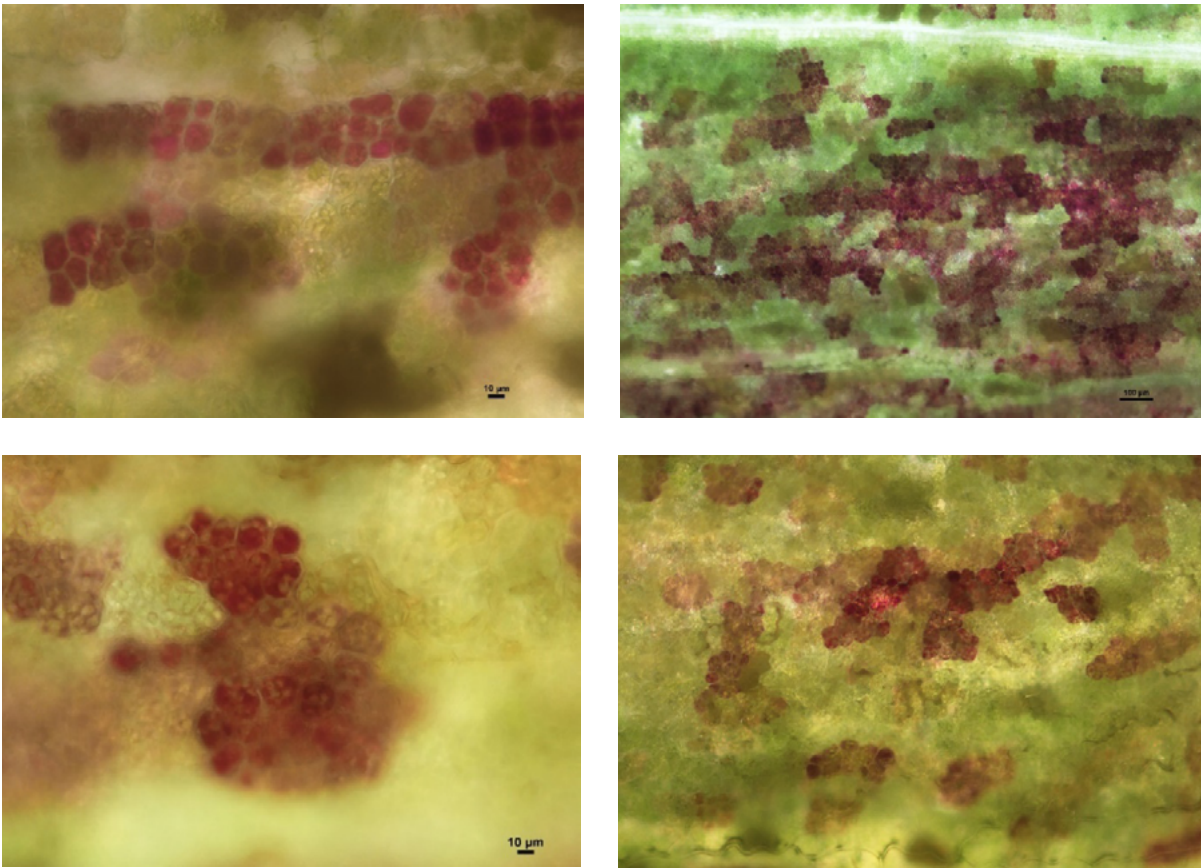
Er is ook met dwarscoupes via helder veld (DIC, POL en HV) en (auto-)fluorescentie (AF) (excitatie: UV, blauw, groen, rood) gezocht naar sporen van schimmels of bacteriële infectie. Er zijn echter geen indicaties gevonden in de onderzochte bladsamples, zodat ook geen (afwijkende) fluorescenties zijn gedocumenteerd. De afname van chlorofyl is wel duidelijk zichtbaar in het AF profiel.

Er is met polarisatie (POL) microscopie gezocht naar ophoping van (calciumoxalaat) kristallen mogelijk op het blad, in ideoblasten, of in intercellulaire holtes of bij huidmondjes. Kristallen zijn weinig of in geringe mate aanwezig, maar hier is geen verschil gevonden met de controle of correlatie met verschijnsel.

Bladschade bestaat in eerste instantie uit vergeling van bladranden en in bladstroken die ingevouwen zijn geweest, maar kan heel snel worden opgevolgd door ontstaan van oranje bruine vlekjes. Met name jonge bladdelen, waarin veel expansie plaats vindt, lijken meer gevoelig .



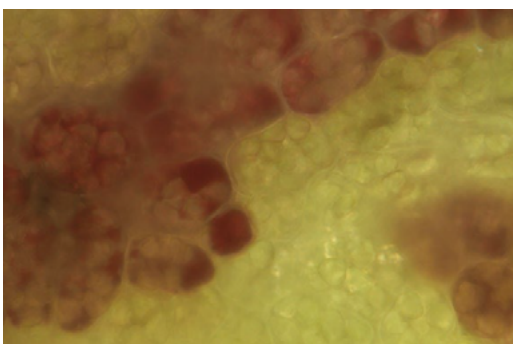
Figuur 10.9 Bladstroken tussen bladnervatuur kunnen verschillend reageren.



Figuur 10.10, 10.11, 10.12 en 10.13 In patronen van celstroken en celclusters zijn de celgroepen met roze tot roodbruin verkleurende vacuoles scherp begrensd. Hogere vergroting toont de intacte, ontkleurde chloroplasten in de aangetaste delen.

In lichtgroene/lichtgele deel van expanderende bladdelen is op vele verschillende naast elkaar gelegen plaatsen een sterke verkleuring van de vacuoles zichtbaar. De cellen waar dit verschijnsel zich voordoet hebben een sterke weefselinteractie, zichtbaar doordat ze als cel-clusters tegelijkertijd de verkleuring ontwikkelen. Er is in eerste instantie een verschil in de mate van verkleuring tussen de verschillende celgroepen. Naarmate verkleuring langer plaatsheeft worden celgroepen allemaal even donkergekleurd. Het is waarschijnlijk dat de celgroepen bestaan uit cellen die door deling uit elkaar zijn voortgekomen en daardoor sterk plasmodesmaal contact vertonen. (Er is hier geen onderzoek gedaan naar de relatieve dichtheid van de plasmodesmata in de celclusters.)

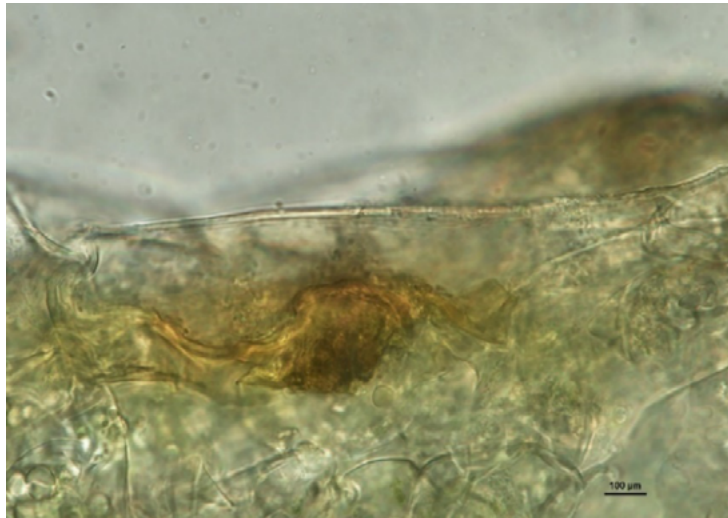
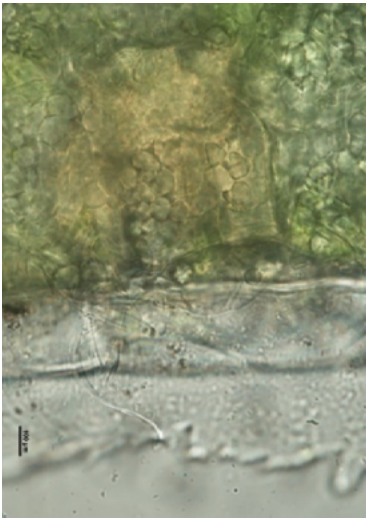
De goed zichtbare stress respons lijkt gevolg van lokaal optredende genexpressie waarbij deze secundaire metabolieten worden aangemaakt. De expressie verloopt gelijk binnen een celcluster, waarschijnlijk doordat mRNA transport door plasmodesmata plaats heeft. Na verloop van tijd worden alle clusters even donker, vervagen de grenzen tussen de celclusters en treedt lokaal oxidatie en verdroging op.



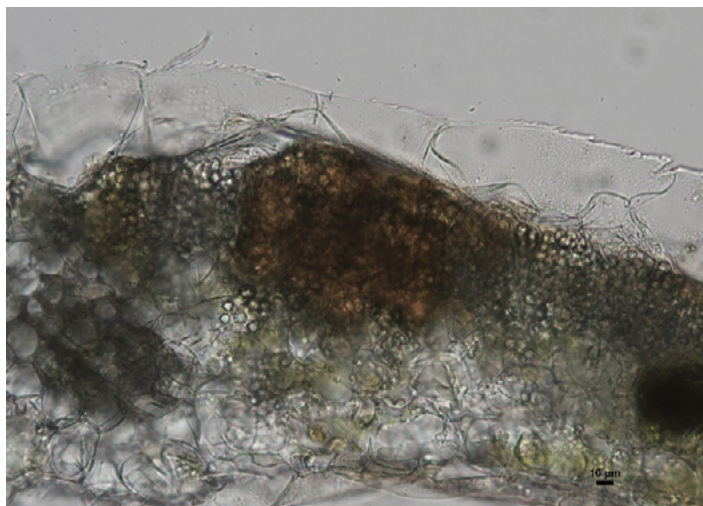
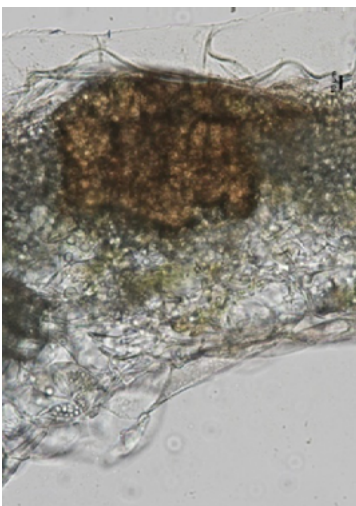
Figuur 10.14 Scherpe begrenzing van celgroepen met bruine verkleuring in vacuoles in vergelend chlorenchym.

In Figuur 15 is de scherpe begrenzing zichtbaar tussen intacte cellen met (ontkleurende) vergelende chloroplasten en cellen met ongekleurde chloroplasten, waar een sterke oranjebruine verkleuring is opgetreden in de vacuole. Het is goed zichtbaar dat de cellen nog lang volledig intact zijn en intacte ontkleurde plastiden bezitten.

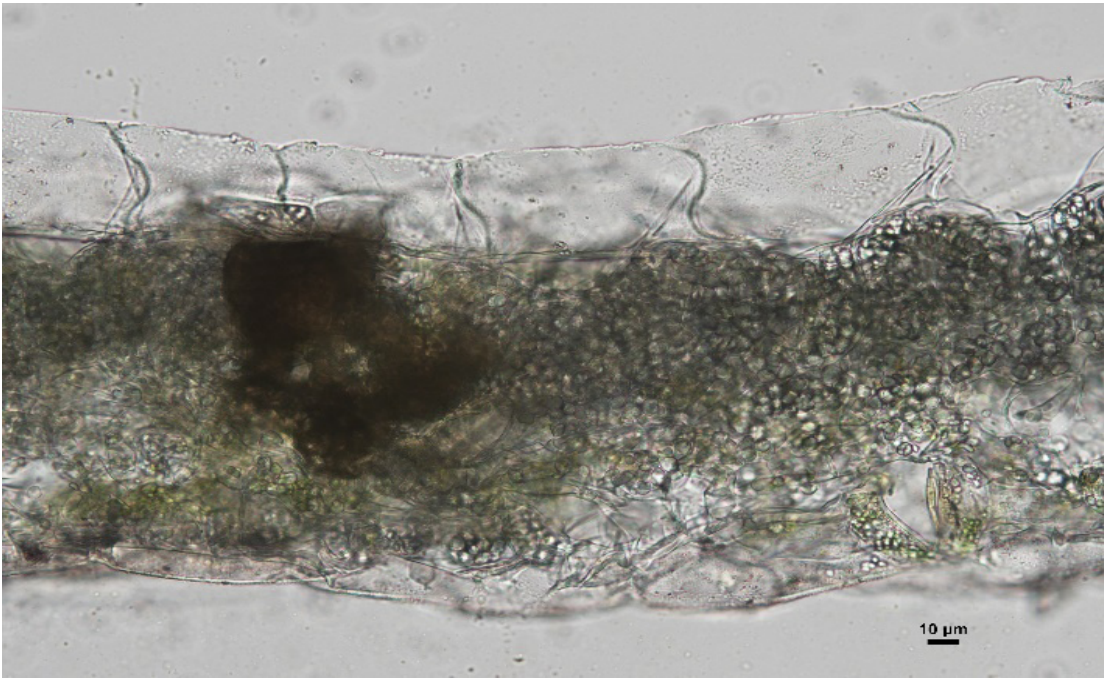
Dwarsdoorsneden tonen de vroege ontwikkeling aan met lichte verbruining in een of enkele cellen. De verkleuring ontstaat in de subepidermale laag van het pallissaden-parenchym rijk aan chlorofyl, maar ook in het midden van het blad, iets minder rijk aan chloroplasten. Er is vrijwel geen initiatie gevonden aan de abaxiale bladzijde, die arm is aan chlorofyl.



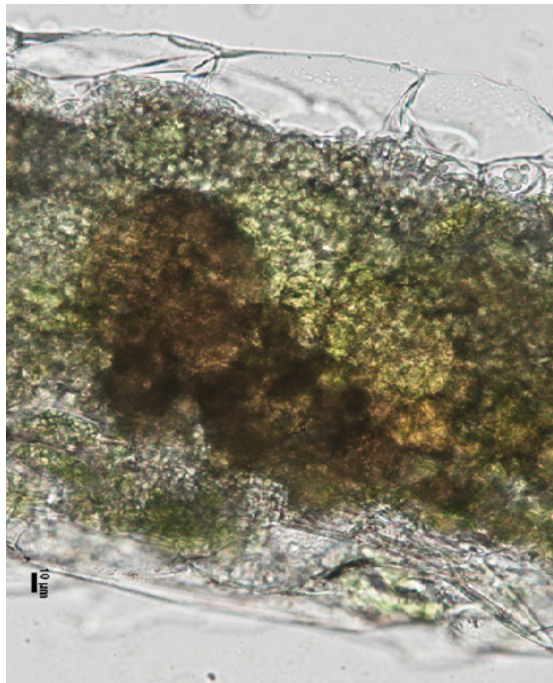
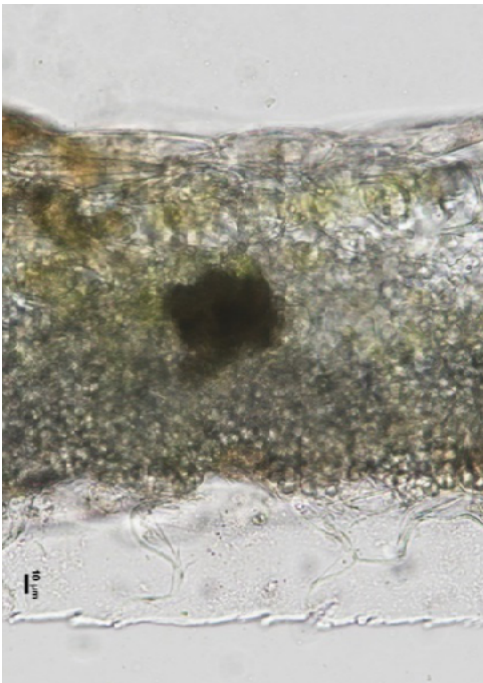
Figuur 10.15 en 10.16 Verbruining start direct onder de bovenepidermis in chlorenchym. De gerafelde lijn in Figuur 16 toont de cuticula.



Figuur 10.17 en 10.18 Sterke (polyfenolische) verkleuring met scherpe begrenzing in bovenzijde blad (Noize).



Figuur 10.19 Sterke (polyfenolische) verkleuring met scherpe begrenzing treedt vooral op vanuit bovenzijde (Noize). Onderzijde toont dwarsdoorsnede huidmondje.



Figuur 10.20 Af en toe is initiatie van verbruining te vinden vanuit midden of onderzijde blad.

Conclusie en discussie

Resultaten tonen dat orangerode kleurstoffen (mogelijk anthocyanen) en/of roodbruine kleurstoffen, (mogelijk verdere polyfenolen en oxidatie producten) gevormd worden in de vacuoles van cellen waarin chlorofyldegeneratie gaande is. Microscopie toont de sterke correlatie tussen deze celverkleuring en ontkleuring van bladgroenkorrels. Het verschijnsel doet zich voor in stroken cellen en celgroepen die ontwikkelingsbiologisch uit elkaar voortkomen en dus cytoplasmatisch contact hebben. Waarschijnlijk worden stressfactoren dus doorgegeven, waardoor groepen cellen dezelfde reactie geven (genexpressie) en verkleuren. Dit verklaart waarom buurcellen die mitotisch niet samenhangen scherpe grenzen geven met cellen waarin de stressreactie wel / niet optreedt. Polyfenolen kunnen worden aangetoond met een Fe(III)-chloride-oplossing, omdat ze hiermee een groene tot blauwe verbinding vormen. Differentiatie van polyfenolen, zoals tanninen of flavonoiden en anthocyanen is hier niet uitgevoerd.

Het waargenomen verschijnsel is niet alleen maximaal in bladranden en toppen, maar ook in bladstroken die langdurig ingevouwen waren, en zodoende tijdelijk minder licht hebben gehad of nog sterk expanderend waren. Dit duidt er mogelijk op dat vooral jonge en strekkende cellen, waar de fotosynthese capaciteit nog gering is het meest gevoelig zijn.

Gezien de zichtbare degeneratie van chlorenchym van binnenuit, is het mogelijk dat dit fenomeen ontstaat door een disbalans in de belichting die leidt tot lichtstress in jonge bladdelen. Anthocyaan vorming in jonge bladdelen is een normale lichtstress-respons, en het is bekend van vele gewassen dat jonge sterk expanderende bladdelen dit als verdediging tegen lichtschade aanmaken. Hiervoor zou aanvullend onderzoek nodig zijn.

Samenvattend lijkt het meest waarschijnlijk dat het gebruik van LED kleuren en intensiteit in lichtarme maanden een kritische balans is, die zodanig gekozen moet worden dat fysiologische condities van bladontwikkeling, lichtverwerking tijdens fotosynthese en verwerking van de assimilaten optimaal is.

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



Wageningen University & Research,
BU Glastuinbouw
Postbus 20
2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1
2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
www.wur.nl/glastuinbouw

Rapport WPR-1083

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.