

Bromelia onder LED



November 2020

S.A.J. van den Boogaart en S.W. Hogewoning

Bromelia onder LED

November 2020

S.A.J. van den Boogaart en S.W. Hogewoning

Plant Lighting B.V.
Doordraai 1
3981 PE Bunnik

info@plantlighting.nl
www.plantlighting.nl

REFERAAT

S.A.J. van den Boogaart, S.W. Hogewoning. Bromelia onder LED. Plant Lighting B.V., Bunnik.
33p.

Financiers:



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit



© 2020 Plant Lighting B.V.

Dit rapport is tot stand gekomen in samenwerking met het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Glastuinbouw Nederland in het kader van het programma Kas als Energiebron, ter stimulering van energiebesparende maatregelen in de tuinbouw. Het onderzoek is mede mogelijk gemaakt door de bijdragen van de gewascoöperatie Bromelia en MechaTronix. De resultaten mogen vrij gebruikt worden, mits de bronnen worden vermeld.

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

Inhoudsopgave

- 1 INLEIDING EN DOEL 7
- 2 MATERIAAL EN METHODEN..... 8
 - 2.1 Teelt en klimaat..... 10
 - 2.2 Metingen 13
 - 2.3 Tijdslijn proef 13
- 3 RESULTATEN 14
- 4 DISCUSSIE EN CONCLUSIES..... 22
- REFERENTIES..... 24
- BIJLAGE I..... 25

Samenvatting

Introductie en doelstelling

Bromelia is een tropisch gewas dat in Nederland wordt geteeld bij een relatief lage temperatuur (21°C in de winter) en bijbelicht met slechts $\pm 40 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ SON-T. Uit recent onderzoek bleek dat meer licht fors meer groei geeft, terwijl een hogere temperatuur nauwelijks effect heeft. Verdubbeling van de intensiteit van de belichting hoeft met LED nauwelijks meer elektra te kosten. Het doel van dit onderzoek was om het effect van het lichtspectrum op de groei en ontwikkeling van de soorten *Guzmania* 'Ostara', *Tillandsia* 'Antonio', *Vriesea* 'Evita' en *Vriesea* multiflower 'Astrid' te onderzoeken. Het resultaat biedt handvatten in de keus voor het meest efficiënte lichtspectrum voor een duurzame en jaarrond hoogproductieve de bromeliateelt.

Proefopzet

Ter beantwoording van de onderzoeksvraag is een groeiproef opgezet met vier verschillende spectra bijbelichting. De vier bromeliasoorten zijn gedurende 30 weken (van oppotten tot veilingrijp) geteeld in acht klimaatcabines bij 22°C, 800 ppm CO₂, 80% relatieve luchtvochtigheid en $80 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ kunstmatig zonlicht (08:00-16:00). Boven op dit winterlicht is 16 uur per dag bijbelicht met $80 \mu\text{mol}$ van de volgende vier spectra: zonlicht, breedband LED (rood/wit/blauw/verrood), LED rood/blauw/verrood en LED rood/blauw.

Van alle 16 behandelingen (4 soorten * 4 lichtspectra) zijn tijdens de teelt de vers- en drooggewichten, het aantal bladeren en bladoppervlakte gemeten. Bij de eindogst zijn er extra metingen uitgevoerd ter analyse van de algehele plantkwaliteit en plantvorm.

Resultaten en conclusies

De verwachting was dat alle soorten prima zouden ontwikkelen en groeien onder het zonlicht spectrum, en mogelijk minder goed onder de andere lichtspectra. Maar voor *Guzmania* 'Ostara', *Vriesea* 'Evita' en *Vriesea* multiflower 'Astrid' bleek zelfs het meest simpele LED-spectrum al voldoende, namelijk LED rood/blauw. Er waren geen verschillen tussen groei en ontwikkeling van deze soorten onder de verschillende spectra. Echter, *Tillandsia* 'Antonio' functioneerde onder geen van de proefbehandelingen goed. De bladeren vertoonden witte vlekken. De oorzaak is nog niet duidelijk, wel viel op dat de bladkwaliteit onder zonlicht het beste was en onder LED rood/blauw het minst goed was.

Dit betekent concreet voor de bromeliatelers dat de belichtingsbehoefte ingevuld lijkt te kunnen worden met LED rood/blauw. Immers, *Guzmania* en *Vriesea* hebben samen het grootste areaal (80 à 90%) in de bromeliateelt. Voor de werkbaarheid is toevoeging van een klein aandeel wit LED-licht aan te bevelen. Hoe andere soorten en cultivars reageren is niet uit dit onderzoek op te maken, behalve dat *Tillandsia* 'Antonio' niet goed ontwikkelde onder de belichting. Het valt daarom aan te bevelen om in de winterperiode alle te telen soorten en cultivars eerst te screenen op fysiologische problemen onder de LED belichting.

Dankwoord

Dit rapport is in het kader van het project “Bromelia onder LED”. Voor een duurzame, rendabele en in de toekomst klimaatneutrale teelt van bromelia is kennis over het optimale lightspectrum voor dit gewas onmisbaar. Hieraan draagt dit onderzoek bij. Dit onderzoek is ondersteund door het programma ‘Kas als Energiebron’, gefinancierd door het Ministerie van LNV en Glastuinbouw Nederland, en door de gewascoöperatie Bromelia. MechaTronix heeft de LED-belichting beschikbaar gesteld.

LKP plants wordt bedankt voor het beschikbaar stellen van plantmateriaal. Marco Koolhaas (LKP Plants), Wilmar Kunz (Stofbergen Plant Company) en Eline de Vos (Corn. Bak) worden bedankt voor hun bijdrage aan de teeltbegeleiding. Koen Vangorp (MechaTronix) wordt bedankt voor het beschikbaar stellen van de LED-belichting. Edwin van Geest (Glastuinbouw Nederland) wordt bedankt voor de BCO-coördinatie. Als laatste willen we de onderzoekscoördinatoren Dennis Medema en Leo Oprel van het programma Kas als Energiebron bedanken voor hun steun bij de totstandkoming en uitvoering van dit project.

November 2020,

Sander Hogewoning

1 Inleiding en doel

Bromelia is een tropisch gewas dat in Nederland geteeld wordt bij een relatief lage temperatuur (21°C in de winter). Er is veel diversiteit tussen soorten: sommige bromelia's zijn CAM, anderen C3 en er zijn ook tussenvormen. Veruit het grootste areaal (± 80 à 90%) bestaat uit Guzmania en Vriesea, welke voornamelijk C3-eigenschappen hebben. Zoals bij de meeste teelten willen ook Bromeliatelers hun teelt moderniseren. Dat wil zeggen, meer productie van betere kwaliteit, tegen zo laag mogelijke kosten, en op een maatschappelijk verantwoorde wijze.

In het kader daarvan is eerder uitgebreid onderzoek gedaan naar de source/sink-balans van bromelia (van den Boogaart et al. 2019). Immers, voor de inrichting van een moderne kas moet eerst bekend zijn hoe het gewas reageert op licht en temperatuur. Uit het onderzoek bleek, heel kort samengevat, dat de temperatuurbehoefte beperkt is en 21°C meestal volstaat (vergeleken met 24 en 27°C overdag). In tegenstelling tot meer warmte, bleek meer licht de productiviteit en kwaliteit wel fors te verhogen. De stap van de nu in de praktijk gebruikelijke 40 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ naar 80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ belichting is op basis van dat onderzoek zeer interessant om toe te passen.

In de praktijk betekent dit dat bromeliakwekers meer zullen gaan belichten. Op een duurzame wijze intensiveren vraagt de overstap van SON-T naar LED. Door de nu vaak verouderde 600W SON-T armaturen door moderne LED's te vervangen kan de stap van 40 naar 80 μmol belichting in het gunstigste geval gemaakt worden zonder meer stroomverbruik. Dat is wenselijk voor in bestaande kassen (één op één vervangen zonder uitbreiding WKK), maar ook voor nieuwbouw. Want zelfs al zou extra warmte-input wenselijk zijn, dan nog is het verwarmen van een kas met lampwarmte van SON-T energetisch gezien zeer inefficiënt vergeleken met een warmte-koude opslag en inzet van een warmtepomp.

Om te kunnen gaan telen onder LED rest nog de vraag welk lightspectrum geschikt is voor Bromelia. In het recente source/sink-balans onderzoek (van den Boogaart et al. 2019) is geteeld met een LED-spectrum dat in veel opzichten op een SON-T spectrum lijkt. Dat wil zeggen, een breedband LED-spectrum met een hoeveelheid verrood die in een met SON-T vergelijkbare PSS-waarde resulteerde. Dit om in die proef geen risico te nemen op eventuele spectrum-gerelateerde teeltproblemen. Immers, een SON-T spectrum is beproefd in de praktijk. Idealiter wordt geteeld onder een spectrum dat topkwaliteit planten oplevert, en dat zo efficiënt mogelijk is wat betreft investeringen en elektraverbruik. Dus zo veel mogelijk μmol output per Watt input. Indien een energetisch minder efficiënt lightspectrum nodig blijkt, dan heeft dat ook consequenties voor de elektravraag (neemt toe) en de warmtevraag (neemt af). Voor een zo energiezuinig mogelijke en toekomstbestendige teelt moeten al die aspecten duidelijk zijn. Hoe bromelia reageert op de verschillende lightspectra wordt in dit rapport toegelicht.

2 Materiaal en methoden

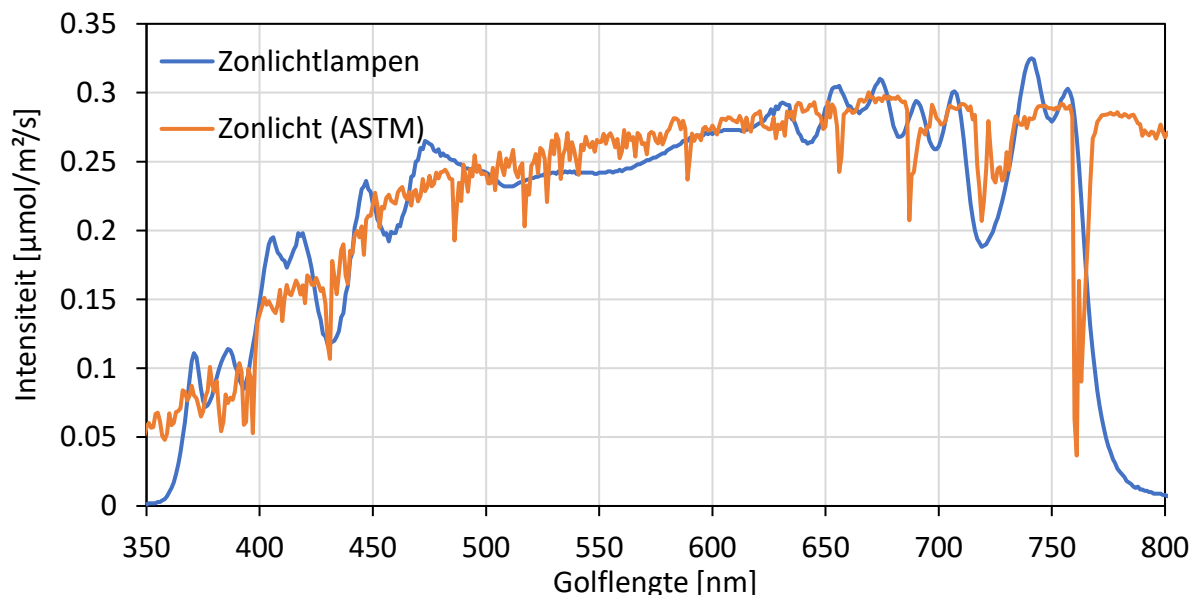
Het onderzoek is uitgevoerd met bromelia in een klimaatcel met acht verschillende cabines van $\pm 1.2 \text{ m}^2$ netto bij Plant Lighting te Bunnik (Fig. 1). In deze moderne klimaatcel kan temperatuur, vocht, licht en CO_2 nauwkeurig geregeld worden. Hieronder wordt de proefopzet puntsgewijs weergegeven:

- In alle klimaatcabines is het klimaat van de donkerste periode van het jaar nagebootst, voor 30 weken lang. Hiervoor is eenzelfde lichtsom aan daglicht als in de winter nagebootst met zonlicht simulatoren (Fig. 2) door met $80 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR voor 8 uur per dag te belichten (08:00-16:00). Doordat 30 weken lang winter is gesimuleerd, zijn eventuele effecten van het spectrum van de bijbelichting uitvergroot.
- Het klimaat was 22°C etmaaltemp., 800 ppm CO_2 en 80% relatieve luchtvochtigheid.
- In totaal zijn vier verschillende (LED) spectra getoetst, waarbij voor ieder spectrum twee cabines ingericht zijn. Hierbij was gekozen voor een belichtingsintensiteit van $80 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR, deze intensiteit is namelijk zeer interessant op basis van het onderzoek vorige jaar (van den Boogaart et al. 2019), waarbij 16 uur per dag is belicht (01:00-17:00). De vier getoetste spectra waren (Fig. 3 en Tabel 1):
 - Zonlicht(simulatie). De referentie, immers zonder bijbelichting in voorjaar en zomer gaat de teelt prima. Dit spectrum bevat alle golflengtes binnen het PAR gebied plus daarnaast ook UV-A en verrood. Zonlicht bevat een hoog aandeel verrood en daardoor een lage PSS-waarde (0.72). Nb. Dit zonlicht is dus als assimilatielicht bijbelicht in aanvulling op de 8 uur daglicht-simulatie in iedere cabine.
 - Breedband LED (Rood/wit/blauw/verrood; MechaTronix). Hetzelfde spectrum als dat gebruikt is geweest in de proef van vorig jaar, wat geen negatieve fysiologische effecten gaf. Dit spectrum resulteert in eenzelfde balans tussen actief en inactief fytochroom (PSS-waarde) als SON-T (PSS 0.84). Alle golflengtes binnen het PAR gebied zijn in dit spectrum aanwezig plus daarboven op nog een hoeveelheid verrood.
 - LED rood/blauw/verrood. Een uitgekilde variant van de breedband LED, de witte LEDs zijn afwezig in het spectrum, met als gevolg dat de golflengtes in het groene gebied missen in dit spectrum. De PSS-waarde is hetzelfde (0.84) als dat van de breedband LED en SON-T.
 - LED rood/blauw. Het meest basale LED spectrum, enkel blauw en rood. Door de afwezigheid van verrood is de PSS-waarde van deze behandeling het hoogst, namelijk 0.89.
- De vier spectra zijn ieder getoetst bij vier soorten bromelia, namelijk: *Guzmania* 'Ostara', *Tillandsia* 'Antonio', *Vriesea* 'Evita' en *Vriesea* multiflower 'Astrid'. Waarbij

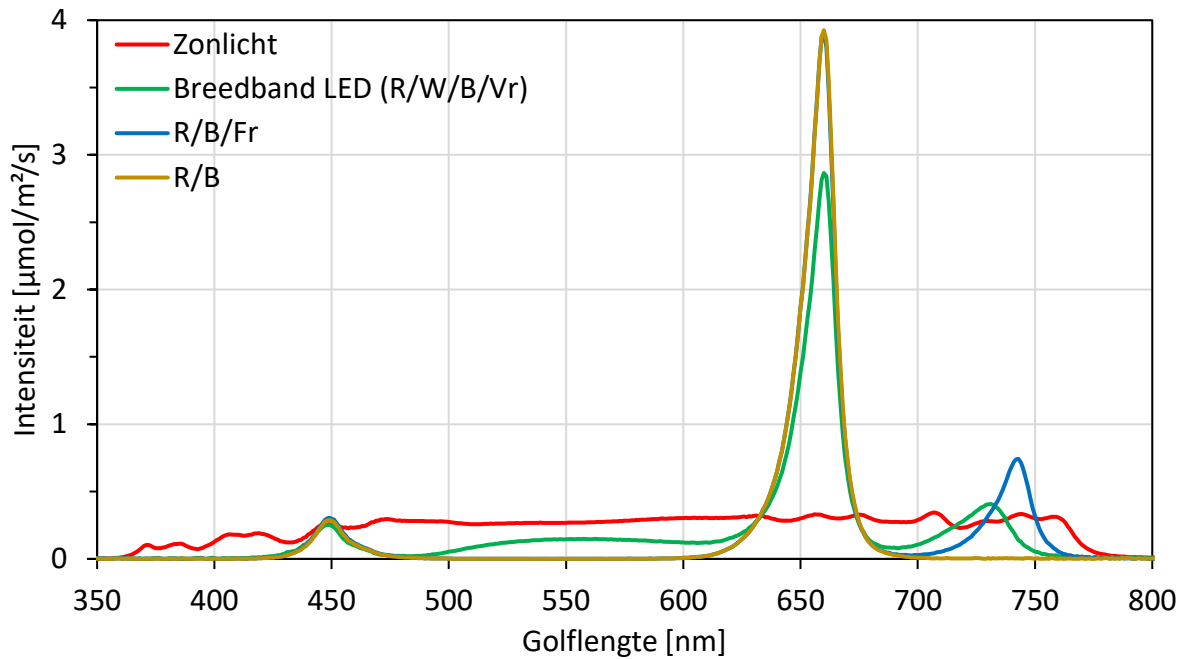
Guzmania 'Ostara' + Tillandsia 'Antonio' en Vriesea 'Evita' + Vriesea multiflower 'Astrid' tezamen in een cabine stonden (iedere soort een helft van de cabine). Het plantmateriaal bestond uit net opgepotte planten in een ø12 cm pot.



Figuur 1. Indruk van de klimaatcel waar de proef in heeft plaatsgevonden, bij Plant Lighting te Bunnik. In de klimaatcel staan 8 kleinere cabines van ieder netto 1.2 m². In deze cabines zijn alle klimaatomstandigheden hetzelfde, eventuele warmte verschillen (door type lamp) kunnen worden bijgestuurd. In de foto zijn de 4 verschillende belichtingsbehandelingen te zien (behandelingen staan gespiegeld), van voor naar achter, zonlicht, breedband LED, LED R/B/Vr en LED R/B. Waarbij in de cabines aan de linkerzijde de Guzmania 'Ostara' en Tillandsia 'Antonio' stonden en aan de rechterzijde stonden de Vriesea 'Evita' en Vriesea multiflower 'Astrid'.



Figuur 2. Lichtspectrum van de zonlichtlampen (Specialty Lighting Holland, Breda, Nederland) ten opzichte van zonlicht (ASTM-standaardspectrum).



Figuur 3. Spectra van de vier verschillende belichtingsbehandelingen binnen de proef, genormaliseerd op 80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR.

Tabel 1. De spectra van de vier verschillende belichtingsbehandelingen binnen de proef opgesplitst in blauw, groen, rood en verrood (genormaliseerd op 80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR) en de balans tussen actief en inactief fytochroom (PSS-waarde).

	Breedband LED			
	Zonlicht	(R/W/B/Vr)	R/B/Vr	R/B
PFD [$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$]	104	93	96	80
PAR [$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$]	80	80	80	80
UV [$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$]	3	0	0	0
Blauw [$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$]	22	6	6	6
Groen [$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$]	28	13	0	0
Rood [$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$]	30	61	74	74
Verrood [$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$]	21	13	16	0
PSS	0.72	0.84	0.84	0.89

2.1 Teelt en klimaat

De planten zijn praktijkconform geteeld, beginnende met een plantafstand van 65.6 pl/m² welke gereduceerd werd tot 45.9 pl/m² na zes weken teelt, waarna deze nog een laatste maal werd verlaagd tot 34.4 pl/m² na de 12^e teeltweek. Hierbij zijn de planten steeds evenredig op ruimte gezet. De watergift was naar behoefte uitgevoerd. Er was gestart met een EC van 1.2 in alle behandelingen. Later in de teelt is de EC bij de Guzmania 'Ostara' en Tillandsia 'Antonio' cabines verhoogd tot 1.6 om bladvlekken tegen te gaan. Deze is weer gereduceerd tot 1.2 na de bloeiïnductie. Voor de bloeiïnductie is gestopt met (voedings)water giften. Na de bloeiïnductie in bij alle soorten weer met een EC van 1.2 gegoten. De Vriesea multiflower 'Astrid' is niet bloeiëinduceerd, omdat 30 weken teelt onvoldoende is voor deze soort om de

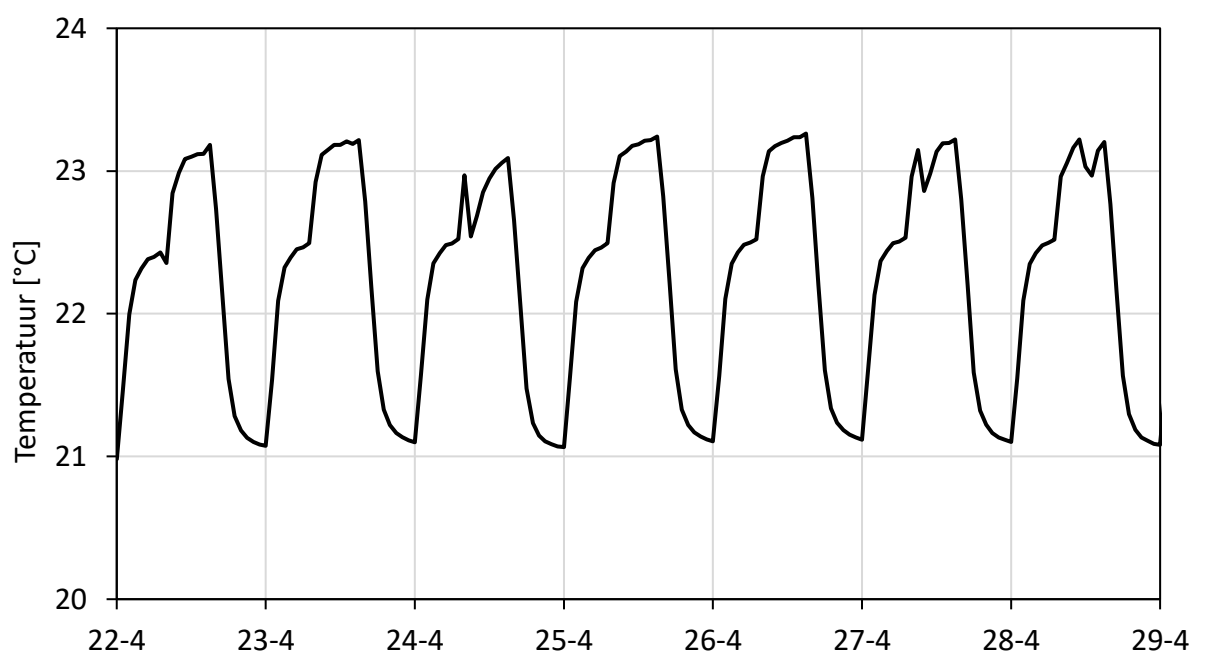
gehele teeltcyclus te voltooien. Bij dit multi-flower soort was het effect van licht op de scheutuitloop het belangrijkste onderzoeksdoel. De planten zijn in het begin van de teelt dagelijks verneveld om ‘plakkende bladeren’ tegen te gaan, daarnaast is er voor een korte periode bij de Guzmania ‘Ostara’ en Tillandsia ‘Antonio’ AquaGro L gebruikt om het plakken van de bladeren te voorkomen. Bloei is geïnduceerd door het toedienen van ethyleen gegast water op 11, 13 en 18 mei.

Tabel 2. Klimaatinstellingen.

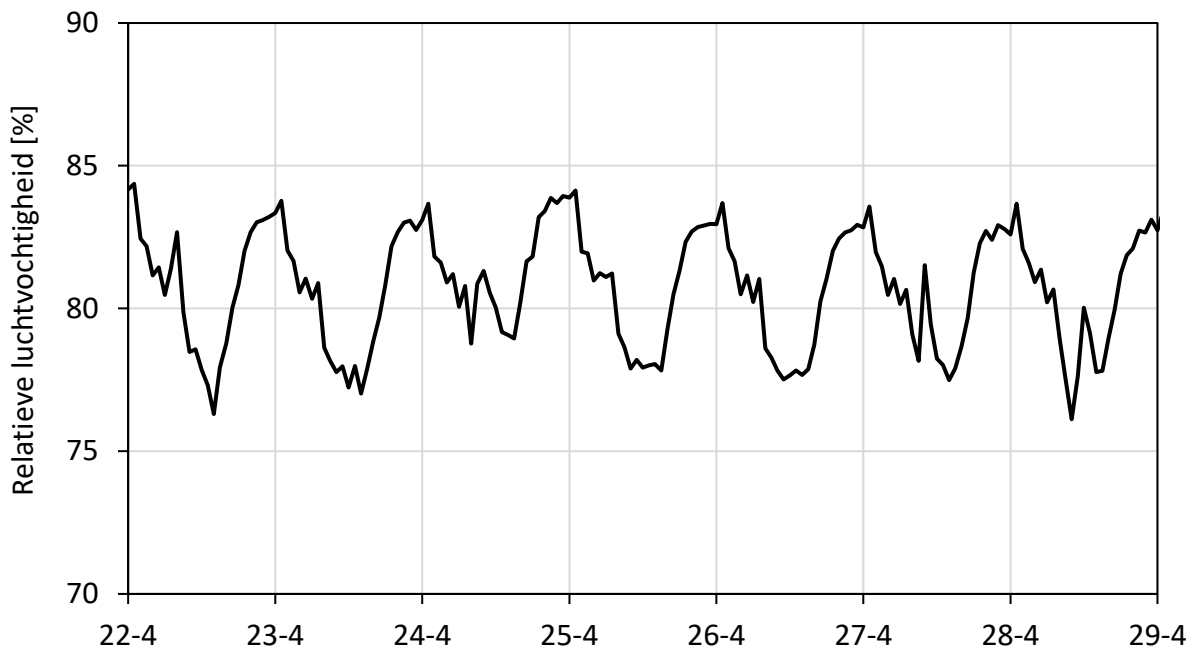
Parameter	Setting
Temp.	22°C etmaal, 23°C/21°C dag/nacht
Luchtvochtigheid	80% RV etmaal, 78%/82% dag/nacht
CO ₂	800 ppm
VPD	Gemiddeld 0.5 kPa
Daglicht	80 µmol/m ² /s met zonlichtsimulatoren (ASRM-II)
Daglicht (duur)	08:00-16:00
Bijbelichting	80 µmol/m ² /s met verschillende LED spectra (Figuur 3)
Bijbelichtingstijd	01:00-17:00

2.1.1 Gerealiseerd klimaat

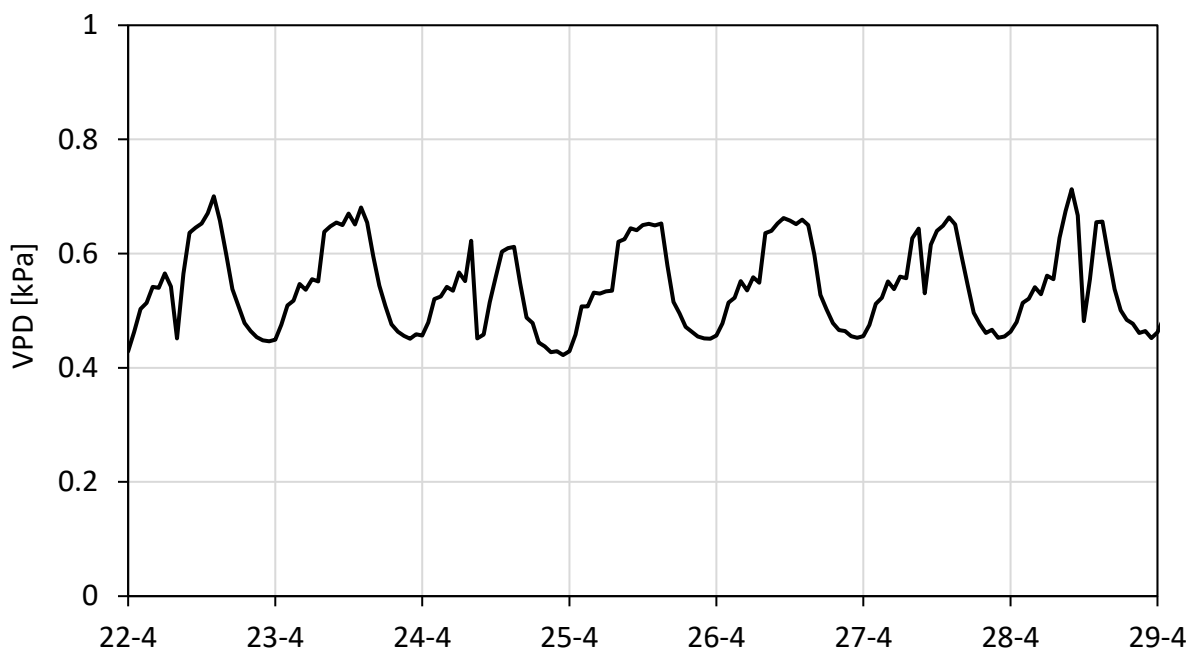
In de onderstaande figuren is het klimaat (het gemiddelde van alle behandelingen) van een willekeurige week in de proef weergegeven op uur basis. De lichte daling in de temperatuur (zowel blad als lucht) die soms te zien is komt door het vernevelen van de planten. Ook de luchtvochtigheid wordt hierdoor kort beïnvloed, maar dit is niet waarneembaar op de uurgemiddelden. Verder is dit klimaatpatroon gedurende de gehele teelt behaald.



Figuur 4. Gerealiseerde luchttemperatuur, waarbij de lijn het gemiddelde van alle behandelingen weergeeft op uurbasis. De temperatuur loopt op om 01:00, omdat de bijbelichting op dit tijdstip inschakelt. Vervolgens loopt de temperatuur nog verder op om 08:00 nadat het zonlicht (simulatie) inschakelt, waarbij deze na 17.00 weer hard daalt.



Figuur 5. Gerealiseerde relatieve luchtvochtigheid, waarbij de lijn het gemiddelde van alle behandelingen weergeeft op uurbasis. De relatieve luchtvochtigheid laat een inverse van de temperatuur zien, waarbij deze hoger is gedurende de donker(nacht)periode en lager is gedurende de licht(dag)periode.



Figuur 6. Gerealiseerde relatieve luchtvochtigheid, waarbij de lijn het gemiddelde van alle behandelingen weergeeft op uurbasis. De vapour-pressure deficit (VPD) blijft constant laag gedurende de dag, dit voorkomt dat huidmondjes te ver sluiten.

2.2 Metingen

Er zijn bij de start van de proef, bij de het verlagen van de plantafstanden gedurende de teelt, en bij de eind oogst verschillende metingen uitgevoerd:

- Vers en drooggewicht van het lichtonderscheppend gedeelte van het blad en de schijnstam (de schijnstam is het gedeelte wat overblijft na het verwijderen van het lichtonderscheppend blad)
- Bladoppervlakte van het lichtonderscheppend blad, dit geeft inzicht in hoeveel bladoppervlakte daadwerkelijk bijdraagt aan lichtonderschepping.
- Aantal bladeren, wat inzicht geeft in de ontwikkelingssnelheid bij de verschillende behandelingen.
- SPAD (bladgroen), deze meting registreert wanneer de bladeren eventueel lichter of donkerder groen van kleur worden.

Naast de bovenstaande metingen zijn er bij de eind oogst ook nog extra metingen uitgevoerd ter analyse van de algehele plantkwaliteit en plantvorm. Hiertoe is plantlengte (onderkant plant tot bovenkant bloem), plantbreedte (grootste afstand tussen twee bladpunten), en bloembreedte gemeten. Naast deze waarnemingen is er soort-specifiek ook nog naar een aantal eigenschappen gekeken. Bij *Guzmania* 'Ostara' is het aantal groene bloemen geteld, bij *Tillandsia* 'Antonio' het aantal geel- en paarsverkleurde bladeren en het aantal bloemvertakkingen, bij *Vriesea* 'Evita' het aantal bloemvertakkingen, en bij *Vriesea* multiflower 'Astrid' het aantal zij scheuten (bij deze soort is bewust geen bloei geïnduceerd gedurende de proef, zie hoofdstuk 2.1).

Ook is er tijdens de proef eenmalig de fotosynthese gemeten over een 24 uren periode met de Licor-6800 bij *Tillandsia* 'Antonio' (n=2), om uit te sluiten of dit niet mogelijk een CAM soort is. Hierbij is ook gemeten aan *Guzmania* 'Ostara' en *Vriesea* 'Evita' ter referentie (n=1).

2.3 Tijdlijn proef

Tabel 3. Tijdlijn proef met de belangrijkste handelingen welke zijn uitgevoerd tijdens de teelt.

Datum	Dagen na start proef	Handeling
04-02-2020	0	Start proef, planten op 65.6 pl/m ²
04-02-2020	0	10 planten per soort destructief gemeten
17-03-2020	42	Planten uitgedund van 65.6 naar 45.9 pl/m ²
17-03-2020	42	12 planten per soort, per behandeling destructief gemeten
28-04-2020	84	Planten uitgedund van 45.9 naar 34.4 pl/m ²
28-04-2020	84	7 planten per soort, per behandeling destructief gemeten
11-05-2020	97	Bloei-inductie <i>Guzmania</i> , <i>Tillandsia</i> en <i>Vriesea</i> , 3 maal in totaal (11-5, 13-5, 18-5) <i>Vriesea</i> multiflower 'Astrid' is niet geïnduceerd
02-09-2020	211	Einde proef
02-09-2020	211	18 planten per soort, per behandeling destructief gemeten
02-09-2020	211	3 planten per soort, per behandeling naar LKP plants vervoerd voor een uitbloei proef

3 Resultaten

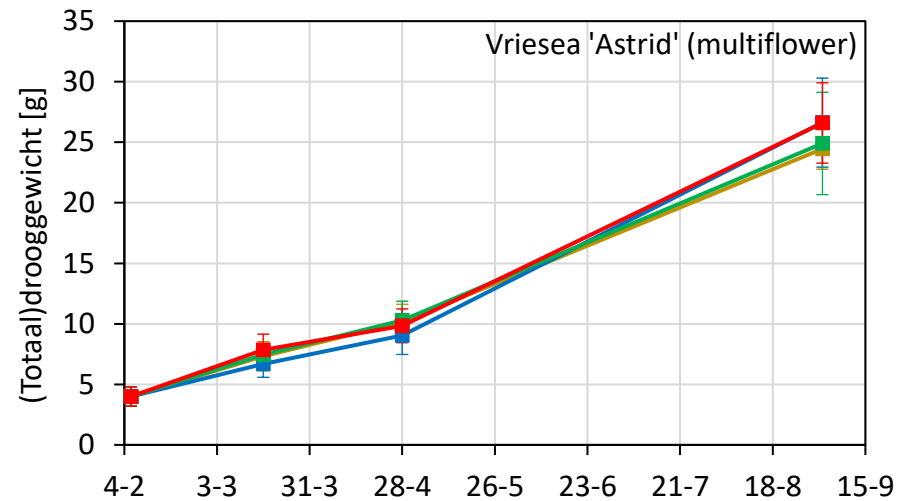
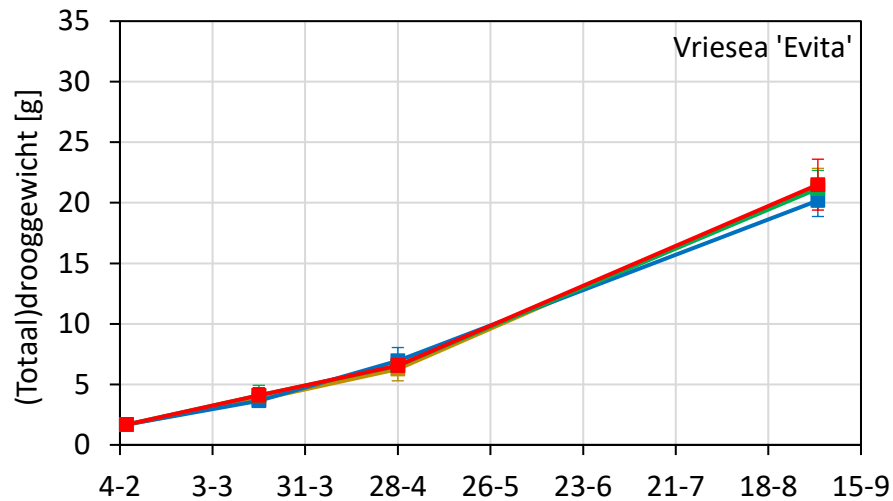
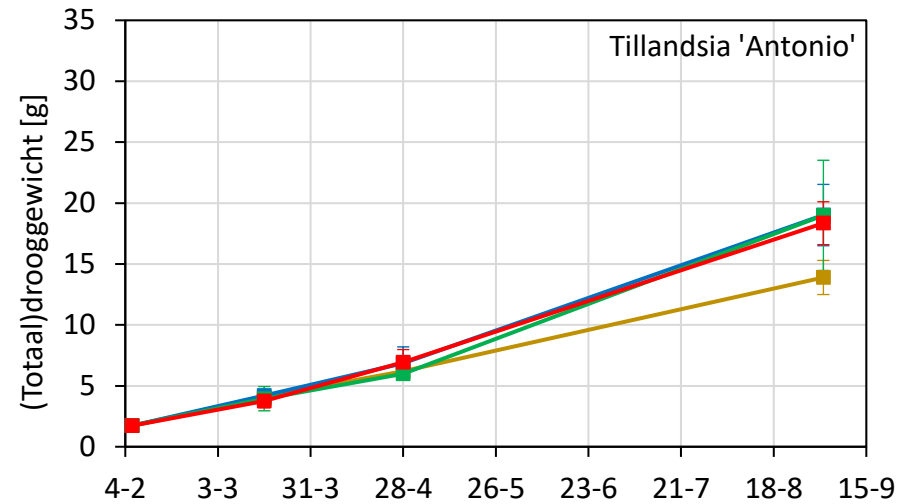
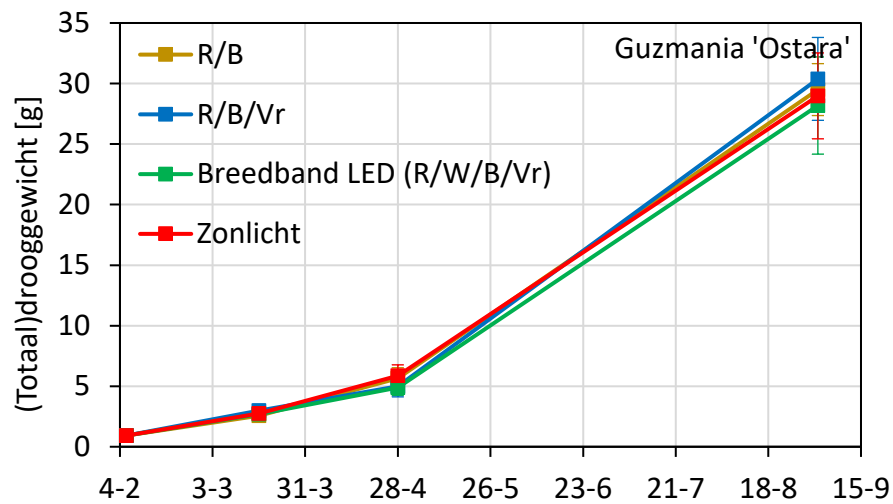
Er zijn weinig verschillen tussen de verschillende spectrale behandelingen waargenomen. Gekeken naar de drooggewicht-ontwikkeling valt op dat bij enkel *Tillandsia* 'Antonio' het belichtingsspectrum een effect heeft (Fig. 7), waarbij de LED rood/blauw behandeling tussen de laatste keer planten op ruimte zetten en de eind oogst flink achterblijft op de andere drie spectra. Daarnaast is het opvallend dat vanaf start teelt (net opgepote plant) tot de laatste keer op ruimte zetten (12 weken na start) een vergelijkbaar lineair verband zichtbaar is bij alle vier de soorten. Pas wanneer de bloei is geïnduceerd loopt de drooggewicht toename hard op, wat met name het geval is voor de *Guzmania* 'Ostara'. In een eerdere proef is de groeicurve van *Guzmania* 'Ostara' en *Vriesea* 'Evita' in meer detail gemeten, en was een vergelijkbaar patroon zichtbaar met ook vrijwel een gelijk eindgewicht bij 80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ belichting (van den Boogaart et al. 2019).

Het lichtonderscheppend vermogen (Fig. 8), wat bepaald wordt door zowel plantontwikkeling als groei, is bij de LED rood/blauw behandeling bij *Tillandsia* 'Antonio' niet de enige beperkende factor. Deze is weliswaar kleiner dan de andere behandelingen aan het einde van de teelt, maar dat verschil is onvoldoende om het gehele verschil in plantgewicht te verklaren. Wanneer het lichtonderscheppend vermogen wordt uitgesloten als beperkende factor blijven enkel een gereduceerde bladfotosynthese en of een ongunstige source/sink verhouding over als mogelijke oorzaak. De klimaatomstandigheden, temperatuur, PAR, vocht en CO_2 waren namelijk hetzelfde voor de vier verschillende spectra behandelingen. De bladeren van *Tillandsia* 'Antonio' vertoonden verdrogingsverschijnselen en hevige chlorose bij de LED rood/blauw behandeling, dus een lagere fotosynthese per oppervlakte blad ligt voor de hand.

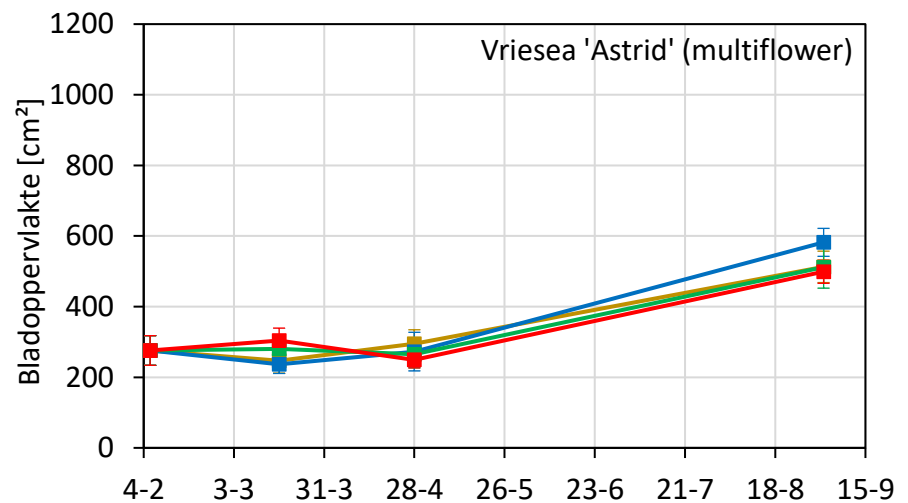
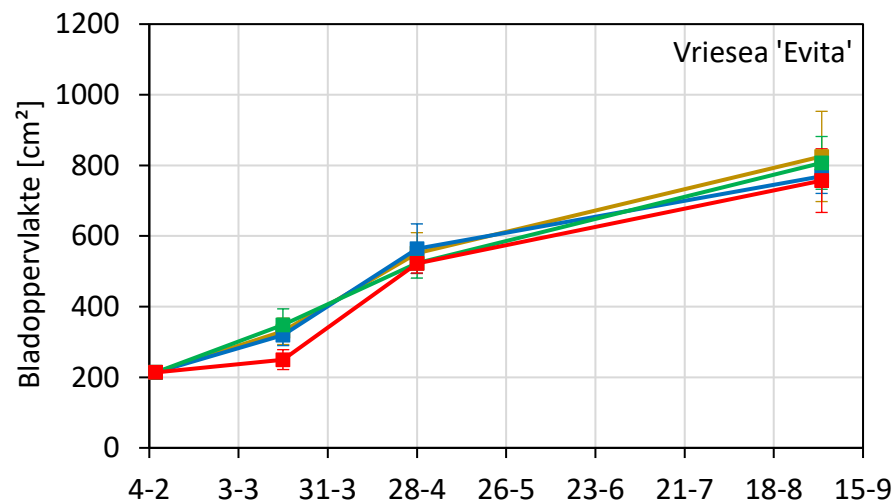
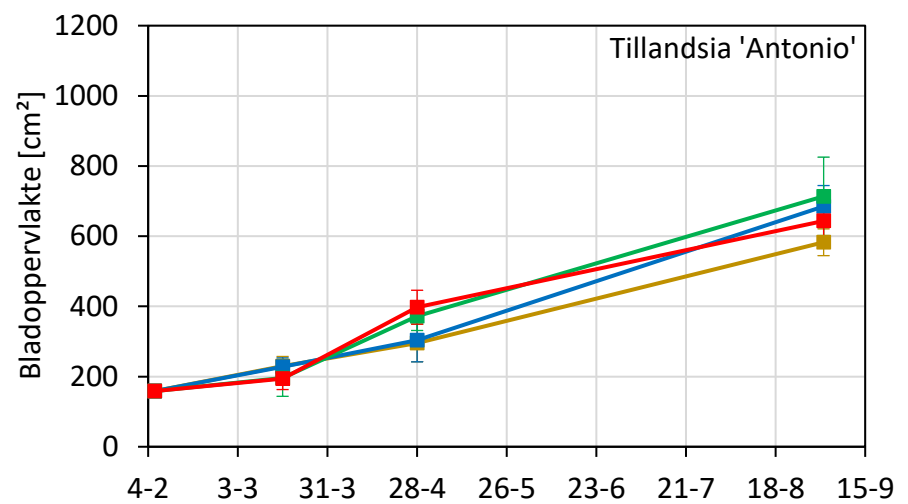
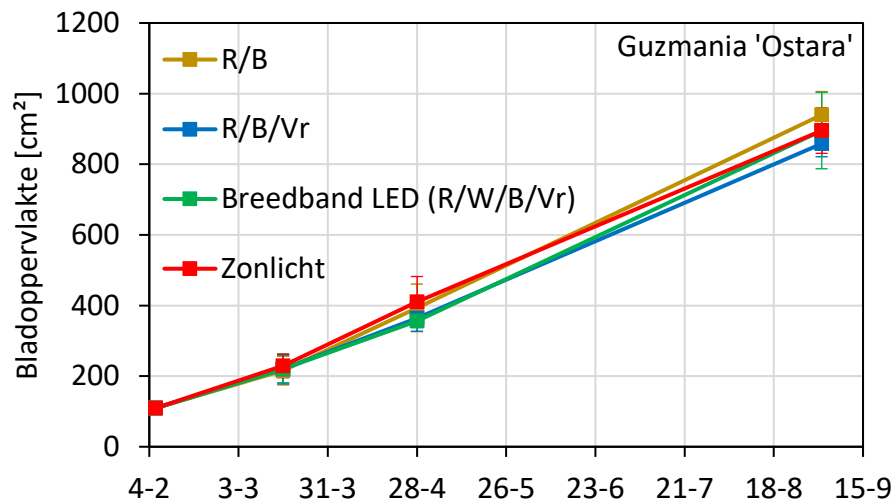
Naast drooggewicht en lichtonderscheppend blad zijn er aan het einde van de teelt een aantal detailmetingen verricht. In Tabel 4 staan de vers- en drooggewichten opgesplitst in de verschillende plantorganen, in Tabel 5 staan de overige plantkarakteristieken in getallen weergegeven. In Tabel 4 is te zien dat de verdeling van zowel vers- als drooggewicht niet wezenlijk anders wordt door het belichten met verschillende spectra (bijvoorbeeld *Vriesea* multiflower 'Astrid' stuurt evenredig veel assimilaten naar de zij scheuten ongeacht de behandeling). Op deze regel is *Tillandsia* 'Antonio' weer een uitzondering, hierbij valt op dat voornamelijk het bloemgewicht, maar ook blad en (schijn)stam lager uitvallen bij de LED rood/blauw behandeling.

Deze reductie in bloemgewicht is ook terug te zien in de bloemkarakteristieken van de *Tillandsia* 'Antonio' onder LED rood/blauw (Tabel 5), de bloem bevat namelijk stukken minder bloemvertakkingen en levert daardoor automatisch in op bloembreedte. Wat al vroeg in de teelt opviel is de bladverkleuring bij *Tillandsia* 'Antonio', hierbij verkleurde het blad van groen naar geel om vervolgens in sommige gevallen aan het einde van de teelt paars te kleuren. Deze paarsgekleurde bladeren waren volledig afgestorven en zaten niet meer vast aan de schijnstam/koker. Dit fenomeen was in alle behandelingen zichtbaar, zelfs bij de

zonlicht referentie, waarbij dit gradueel erger werd in de volgende volgorde: (1) zonlicht, (2) breedband LED & LED R/B/Vr en (3) LED R/B. Dit is ook terug te zien in Tabel 5, in de zonlicht behandeling had ongeveer de helft van de planten verkleurd blad, in de andere drie spectra in principe iedere plant (zie Bijlage I). In de andere soorten zijn op het gebied van plantkarakteristieken weinig verschillen te zien. Wel valt op dat Guzmania 'Ostara' een relatief hoog aantal planten met 'groen bloemen' had, maar er was in dit opzicht geen verschil tussen de vier behandelingen. De 'groene bloemen' horen rood te zijn en duiden op een verstoorde bloei.



Figuur 7. De drooggewicht-ontwikkeling gedurende de teelt van alle vier de soorten bij de vier verschillende belichtingsbehandelingen. Eerste meetpunt (4-2) n=10, tweede meetpunt (17-3) n=12, derde meetpunt (28-4) n=7, laatste meetpunt n=18 m.u.v. Guzmania Ostara deze is n=11 (planten met groene bloemen uitgesloten).



Figuur 8. Ontwikkeling lichtonderscheppende bladoppervlakte gedurende de teelt van alle vier de soorten bij de vier verschillende belichtingsbehandelingen. Eerste meetpunt (4-2) n=10, tweede meetpunt (17-3) n=12, derde meetpunt (28-4) n=7, laatste meetpunt n=18 m.u.v. Guzmania Ostara deze is n=11 (planten met groene bloemen uitgesloten).

Tabel 4. Vers- en drooggewichten van de verschillende plantorganen, van de verschillende soorten en belichtingsbehandelingen aan het einde van de teelt. n=18, m.u.v. *Guzmania 'Ostara'* (n=11). Hierbij zijn namelijk de planten met groene bloemen niet mee gemeten, enkel genoteerd als plant met groene bloem.

		Versgewicht				Drooggewicht					
		Blad [g]	(Schijn)stam [g]	Bloem [g]	Zijscheut [g]	Totaal [g]	Blad [g]	(Schijn)stam [g]	Bloem [g]	Zijscheut [g]	Totaal [g]
Guzmania 'Ostara'	Zonlicht	30	54	113		197	5.4	7.3	16.3		29.0
	Breedband LED	30	54	112		196	5.4	6.9	15.9		28.2
	R/B/Vr	28	52	113		193	5.0	6.8	18.6		30.4
	R/B	31	53	117		202	5.7	7.0	16.8		29.5
Tillandsia 'Antonio'	Zonlicht	39	45	62		147	5.6	6.1	6.7		18.3
	Breedband LED	43	48	71		163	5.9	6.1	7.0		19.0
	R/B/Vr	40	52	67		158	5.5	6.6	6.9		19.0
	R/B	34	45	42		122	4.7	5.4	3.9		13.9
Vriesea 'Evita'	Zonlicht	28	72	83		183	4.2	8.5	8.8		21.5
	Breedband LED	29	69	85		183	4.2	8.1	8.8		21.2
	R/B/Vr	28	73	79		179	4.0	8.1	8.1		20.2
	R/B	30	70	85		185	4.4	8.2	8.8		21.4
Vriesea mul 'Astrid'	Zonlicht	21	64		100	184	4.0	9.4		13.2	26.6
	Breedband LED	23	56		97	176	4.2	8.1		12.6	24.9
	R/B/Vr	26	59		110	195	4.6	7.8		14.2	26.6
	R/B	22	50		107	178	3.9	6.5		14.1	24.5

Tabel 5. Plantkarakteristieken in getallen weergegeven van de verschillende soorten en belichtingsbehandelingen aan het einde van de teelt. n=18, m.u.v. Guzmania 'Ostara' (n=11). Hierbij zijn namelijk de planten met groene bloemen niet mee gemeten, enkel genoteerd als plant met groene bloem.

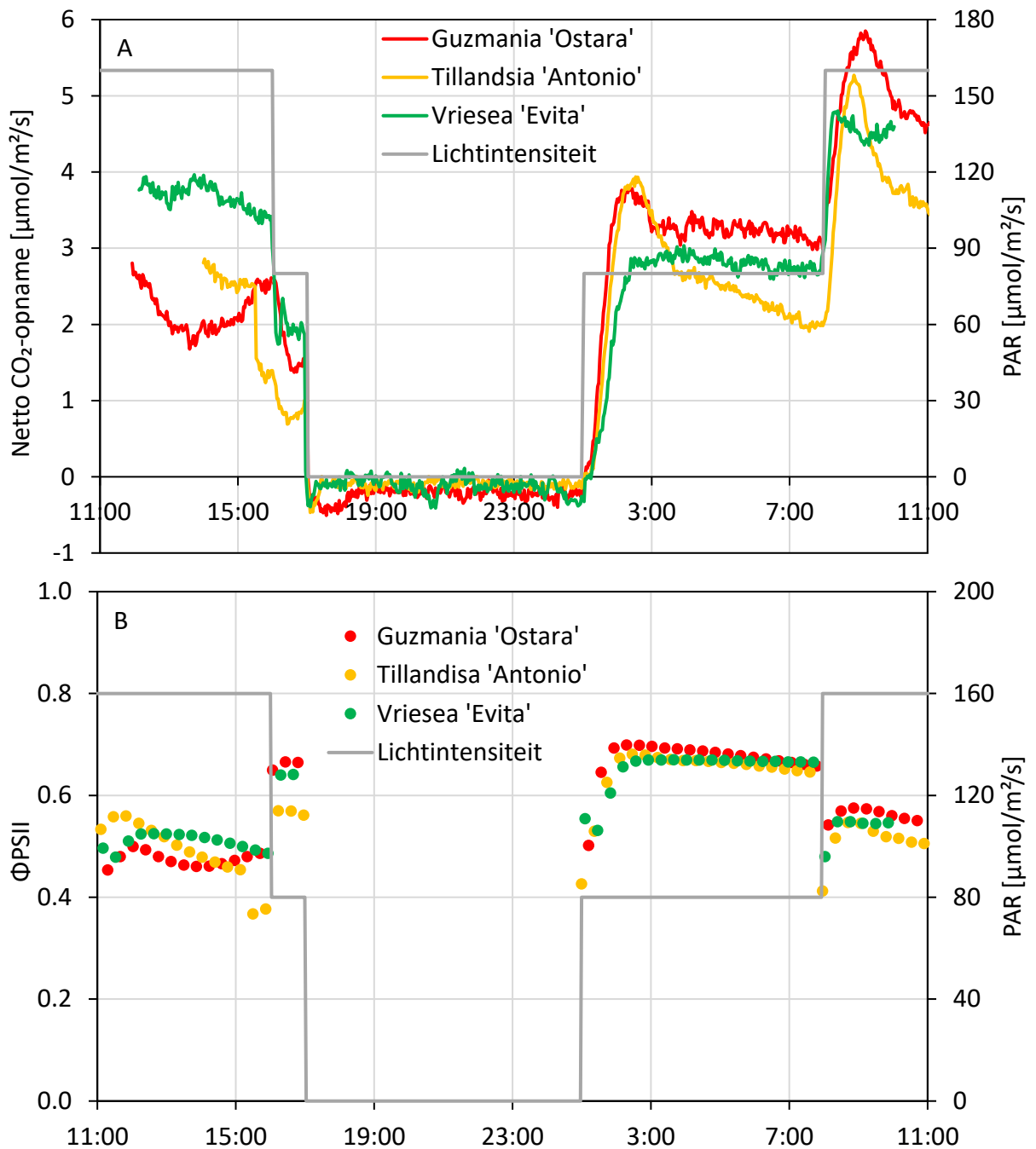
		Plant lengte [cm]	Plant breedte [cm]	Bloem breedte [cm]	SPAD	Bladeren [#]	Bladoppervl. [cm ²]	Zijscheuten [#]	Bloemvertak- kingen [#]	Paars/geel blad [#]	Groene bloemen [#]
Guzmania 'Ostara'	Zonlicht	58	50	19	55	16	895	0			7
	Breedband LED	58	52	20	52	17	895	0			7
	R/B/Vr	58	50	19	54	16	858	0			7
	R/B	60	53	19	53	16	940	0			7
Tillandsia 'Antonio'	Zonlicht	35	51	10	47	30	643	0	8.1	7	
	Breedband LED	36	53	10	40	29	714	0	8.0	16	
	R/B/Vr	36	55	10	42	32	685	0	8.7	17	
	R/B	34	52	7	39	30	583	0	4.7	18	
Vriesea 'Evita'	Zonlicht	42	39	11	45	20	757	0.5	9.4		
	Breedband LED	43	39	11	44	20	807	0.6	9.4		
	R/B/Vr	42	39	11	48	20	769	1.1	9.2		
	R/B	42	39	11	52	19	825	0.8	9.9		
Vriesea mul 'Astrid'	Zonlicht	21	30		44	37	499	6.8			
	Breedband LED	22	31		45	38	512	6.6			
	R/B/Vr	22	34		45	37	582	6.7			
	R/B	22	32		48	34	513	6.6			

Dat de teelt bij alle soorten goed gaat, met uitzondering van *Tillandsia* 'Antonio' heeft ertoe geleid dat er fotosynthese metingen zijn uitgevoerd (Fig. 9). Dit om te verifiëren of het om een CAM plant gaat en de planten mogelijk malaatschade hebben opgelopen tijdens het transport van kweker naar proeflocatie, en of er sprake is van extreme lichtstress bij dit soort. De metingen zijn verricht aan de planten welke in de zonlicht referentie stonden, om eventuele spectrale effecten op de fotosynthese uit te sluiten.

Uit de meetgegevens blijkt dat de *Tillandsia* 'Antonio', gemeten aan gezonde bladeren, hetzelfde CO₂-opname patroon heeft als *Guzmania* 'Ostara' en *Vriesea* 'Evita' (Fig. 9A). Geen van de soorten heeft een nachtelijke CO₂-opname, wat een teken is dat bij geen van de soorten sprake is van CAM fotosynthese gedurende het meetmoment. Wat overigens niet wil zeggen dat dat niet onder andere omstandigheden kan voorkomen.

Ook de Φ PSII waarden, wat staat voor de fractie van het licht dat benut wordt voor het elektronen-transport voor de fotosynthese, verschillen niet tussen de verschillende soorten (Fig. 9B). De Φ PSII waarden liggen ook niet bijzonder laag voor bromelia. De *Tillandsia* 'Antonio' heeft onder de omstandigheden van de proef dus ook geen extremere lichtstress dan *Guzmania* 'Ostara' en *Vriesea* 'Evita' (het is wenselijk om een Φ PSII van >0.2 na te streven, langdurig onder de 0.2 ervaart de plant lichtstress).

Verder is het opvallend dat in het eerste uur de netto CO₂-opname achterblijft op waarden welke na het eerste uur worden gerealiseerd. Dit komt door de huidmondjesopening, welke op dat moment onvoldoende is. De lichtreactie (Φ PSII) functioneert op dat moment namelijk wel naar behoren, al is deze ook deels gelimiteerd door de beperkte CO₂-opname (en dus huidmondjesopening). Bij de lichtstap van 80 naar 160 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ is wel een directe reactie zichtbaar op netto CO₂-opname.



Figuur 9. Netto CO₂-opname (A) en ΦPSII (B) van Guzmania 'Ostara', Tillandsia 'Antonio' en Vriesea 'Evita' over een etmaal. Dit betreft slechts exploratieve metingen, n=1 bij Guzmania 'Ostara' en Vriesea 'Evita' en n=2 bij Tillandsia 'Antonio'.

4 Discussie en conclusies

De verwachting was dat alle soorten prima zouden ontwikkelen en groeien onder het zonlicht spectrum, dit was immers de referentie. Maar voor *Guzmania* 'Ostara', *Vriesea* 'Evita' en *Vriesea* multiflower 'Astrid' bleek zelfs het meest simpele LED spectrum al voldoende, namelijk LED rood/blauw. Dit ondanks het relatief grote aandeel belichting ten opzichte van daglicht door de 30 weken lang durende wintersimulatie. Als een zeker spectrum belichting negatieve effecten zou hebben op de plantontwikkeling, dan zouden die effecten onder deze proefomstandigheden sterker naar voren komen dan in de praktijk, waar de winter korter duurt. De *Guzmania* 'Ostara' en *Vriesea* 'Evita' hadden aan het einde van de proef net zo veel drooggewicht als in een eerdere kasproef bij een gelijke intensiteit van $80 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ belichting (van den Boogaart et al. 2019). Opvallend was dat het aantal scheuten ook niet beïnvloed werd door het lichtspectrum (Tabel 5). Bij veel andere gewassen remt verrood licht het uitlopen van zijscheuten. Blijkbaar zijn de onderzochte bromelia-cultivars daar niet gevoelig voor. Schaduw-tolerante planten die van nature in de schaduw van vegetatie voorkomen en daardoor onder relatief verrood-verrijkt licht groeien, reageren overigens vaak veel minder op verrood (Gommers et al, 2012).

Echter, *Tillandsia* 'Antonio' functioneerde onder geen van de proefbehandelingen goed. De bladeren vertoonden witte vlekken (of zones; zie bijlage I). Hierbij is nog niet duidelijk wat de oorzaak is, wel viel op dat de bladkwaliteit onder zonlicht het beste was en onder LED rood/blauw het minst goed was. Onder LED RB waren ook de bloemen misvormd (zie bijlage I). De additionele fotosynthese metingen hebben geen mogelijke verklaring opgeleverd waarom de bladeren geel verkleuren en vervolgens later in de teelt zelfs paars kleuren en afsterven (vooral bij LED RB). Een hypothese was namelijk dat de *Tillandsia* 'Antonio' een (facultatieve) CAM plant is en tijdens het transport mogelijk malaatschade opgelopen zou hebben. De afbraak van malaat wordt (deels) gereguleerd door de circadiaanse klok ('bioritme'). Deze start dus ook rond dezelfde tijd, ook op een transport-dag in het donker, terwijl de plant normaal gesproken licht krijgt op die tijd. Hierdoor kan verzuring in het blad optreden met als gevolg schade. Echter, deze hypothese gaat niet op, want er is geen netto CO_2 -opname in de nacht gemeten (Fig. 9A) en ook de combinatie van een afnemende CO_2 -opname met een gelijkblijvende ΦPSII blijft ook uit. Dit wijst er dus op dat er geen sprake is van CAM. Ook kwam er geen hoge mate van lichtstress uit de fotosynthesemetingen naar voren (geen hele lage ΦPSII). Het is wel duidelijk dat deze fysiologische problemen bij *Tillandsia* 'Antonio' door de afwezigheid van verrood worden verergerd. Maar een verklaring daarvoor hebben we nog niet.

Naast de bovengenoemde inzichten is uit de fotosynthesemetingen ook duidelijk naar voren gekomen dat de netto CO_2 -opname het eerste uur van de dag achterblijft op waarden welke na het eerste uur worden gerealiseerd, dit geldt voor tenminste de *Guzmania* 'Ostara', *Tillandsia* 'Antonio' en *Vriesea* 'Evita'. Dit komt overeen met eerdere onderzoeken (Pot et al. 2015 & Trouwborst et al. 2013). Echter, alle omstandigheden voor de fotosynthese zijn in dit

onderzoek ideaal geweest, ook bij de start van de dag: De CO₂ was constant 800 ppm, de VPD lag constant rond de 0.5 kPa en er was geen sprake van een watergebrek. Dit duidt erop dat deze bromelia's ongeacht de situatie minimaal één uur lang het licht niet benutten voor CO₂-opname door een beperkte huidmondjesopening. Het is interessant om te toetsen of een lagere lichtintensiteit gedurende het begin van de dag de huidmondjesopening verder vertraagt of niet. Zo niet, dan kan bespaard worden op belichting aan het begin van de dag.

Dit alles betekent concreet voor de bromeliatelers dat de belichtingsbehoefte ingevuld lijkt te kunnen worden met LED rood/blauw. Immers, Guzmania en Vriesea tezamen bedekken het grootste areaal (± 80 à 90%) in de bromeliateelt. LED rood/blauw biedt de hoogste besparing op elektra, waardoor de nu vaak gangbare intensiteit belichting van 40 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ met verouderde SON-T kan worden verdubbeld met LED zonder extra elektraverbruik. Uit eerder onderzoek bleek dat 80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ beduidend meer groei geeft dan 40 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ belichting bij Guzmania 'Ostara' en Vriesea 'Evita' (van den Boogaart et al. 2019). Of er kan worden gekozen voor besparing op elektra door de intensiteit niet te verhogen. Voor de werkbaarheid is toevoeging van een klein aandeel wit LED-licht aan het rode en blauwe licht aan te bevelen. Tillandsia 'Antonio' bleek onder geen enkel spectrum goed te functioneren, waarbij het dan mogelijk beter is om deze in een onbelicht gedeelte van de kas te telen. Hoe andere soorten en cultivars reageren is natuurlijk niet uit dit onderzoek op te maken. Het valt aan te bevelen om in de winterperiode alle te telen soorten en cultivars eerst te screenen op fysiologische problemen onder belichting met LED rood/wit/blauw.

Referenties

- Gommers CM, Visser EJ, St Onge KR, Voeselek LA, Pierik R. 2012.** Shade tolerance: when growing tall is not an option. *Trends in Plant Science*. 18. 10.1016/j.tplants.2012.09.008.
- Pot CS, Vreede de SJM, Trouwborst G, Hogewoning SW. 2015.** Activeren van de fotosynthese door sturing op huidmondjesopening. *Plant Dynamics B.V. & Plant Lighting B.V., Randwijk*. 53p.
- Trouwborst G, Hogewoning SW, Pot CS. 2013.** Plantbalans Bromelia: Optimale benutting van licht en warmte. *Plant Dynamics B.V. & Plant Lighting B.V., Bunnik*. 34p.
- Van den Boogaart SAJ, Trouwborst G, Hogewoning SW. 2019.** Plantbalans Bromelia: Optimale benutting van licht en warmte. *Plant Lighting B.V., Bunnik*. 41p.

Bijlage I

Voor en bovenaanzicht foto's van de behandelingen bij het einde van de proef

Op de volgende pagina's zijn iedere keer vooraanzicht en bovenaanzicht foto's te zien van de soorten in de volgende volgorde; Guzmania 'Ostara', Tillandsia 'Antonio', Vriesea 'Evita' en Vriesea multiflower 'Astrid'.



Zonlicht



Breedband LED



R/B/Vr



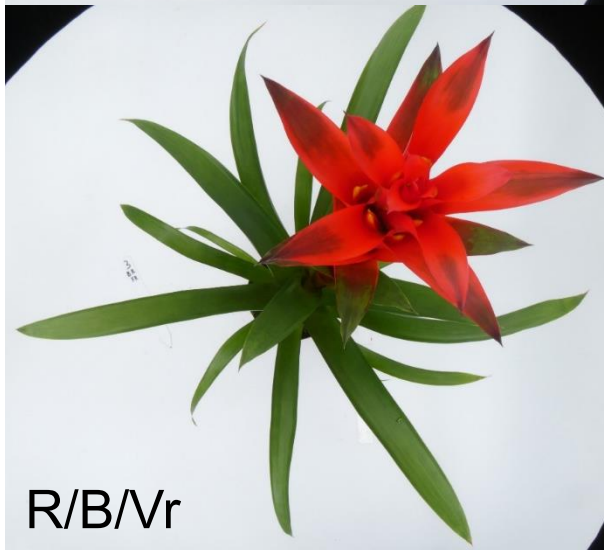
R/B



Zonlicht



Breedband LED



R/B/Vr



R/B



Zonlicht



Breedsband LED



R/B/Vr



R/B



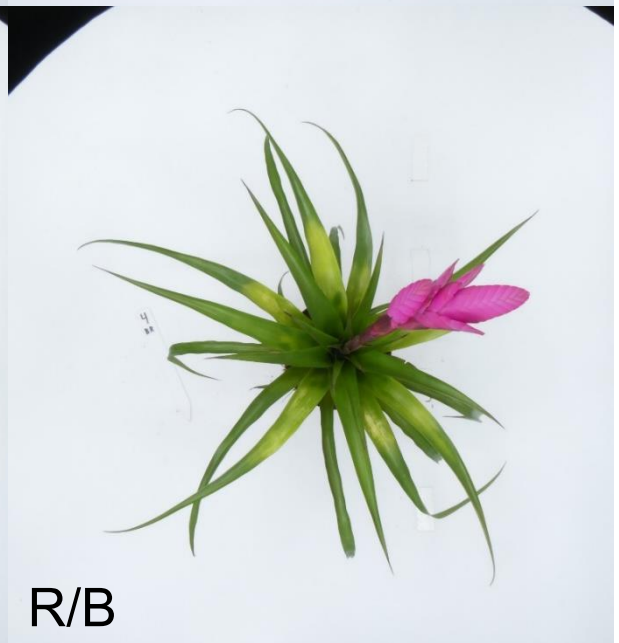
Zonlicht



Breedsband LED



R/B/Vr



R/B



Zonlicht



Breedband LED



R/B/Vr



R/B





Zonlicht



Breedband LED



R/B/Vr



R/B



Zonlicht



Breedband LED



R/B/Vr



R/B