

Tropische potplanten koeler de winter door onder LED-belichting?



November 2024

A. Boonman en S.W. Hogewoning

Tropische potplanten koeler de winter door onder LED-belichting?

November 2024

A. Boonman en S.W. Hogewoning

Plant Lighting B.V.

Doordraai 1

3981 PE Bunnik

info@plantlighting.nl

www.plantlighting.nl

REFERENTIE

A. Boonman en S.W. Hogewoning. 2024. Tropische potplanten koeler de winter door onder LED-belichting? Plant Lighting B.V., Bunnik. 73p.



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit

Stichting
Kennis in je Kas



Projectuitvoering



© 2024 Plant Lighting B.V.

Dit rapport is tot stand gekomen in samenwerking met het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Glastuinbouw Nederland in het kader van het programma Kas als Energiebron, ter stimulering van energiebesparende maatregelen in de tuinbouw. Het onderzoek is medegefinancierd door Stichting Kennis in je Kas, de gewascoöperatie Bromelia en de sponsors hierboven vermeld. 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 deze uitgave.

Inhoudsopgave

SAMENVATTING	5
DANKWOORD	7
1 INTRODUCTIE	8
1.1 Doelstelling	9
2 MATERIAAL EN METHODEN	10
2.1 Plantmateriaal.....	12
2.2 Klimaat	14
2.3 Belichting.....	17
2.4 Metingen	19
3 RESULTATEN.....	22
3.1 Bromelia Guzmania Ostara en Vriesea Style net opgepot	22
3.2 Bromelia Guzmania Ostara en Vriesea Style halfwas stadium	36
3.3 Schouwtafel - andere Bromelia rassen net opgepot	44
3.4 Spathiphyllum.....	50
3.5 Anthurium net opgepot stadium.....	57
3.6 Anthurium halfwas stadium	61
4 DISCUSSIE EN CONCLUSIE.....	65
REFERENTIES.....	68
BIJLAGE	69

Samenvatting

De tropische potplanten Bromelia, Potanthurium en Spathiphyllum worden onder een relatief lage belichtingsintensiteit en hoge minimumtemperatuur geteeld. Het energieverbruik voor belichting is relatief laag en daarom is met LED-belichting ook de warmte-input door de lampen vrij laag. Voor een energiezuinig en rendabel teeltconcept is daarom voor deze gewassen vooral beperking van de warmtevraag van belang. Voor Bromelia is een etmaaltemperatuur van 21°C gangbaar. Eerder heeft Plant Lighting aangetoond dat er nauwelijks verschil in groeisnelheid en plantkwaliteit was tussen drie dagtemperaturen (21°C, 24°C en 27°C overdag en 21°C nacht). Hoe het gewas op lagere temperaturen dan 21°C reageert is onbekend. De onderzoeksvraag is waar de ondergrens van teelttemperatuur ligt voor de drie bovengenoemde gewassen, met de nadruk op Bromelia.

Er is een 20 weken durend experiment gedaan waarin het effect van een lagere temperatuur is onderzocht tijdens een belichte wintersteelt. De proef is uitgevoerd in drie kascompartimenten bij Botany in Meterik tussen week 43 2023 en week 11 2024. De gemiddelde etmaaltemperatuur was 16.0°C, 18.4°C en 21.1°C (stooklijn 15, 18 en 21°C). Van de hoofdassen Bromelia Guzmania Ostara en Vriesea Style is de groeicurve in detail bepaald, en van Spathiphyllum en Anthurium met enkele tijdpunten. Van zes andere Bromelia soorten en rassen is alleen visueel bepaald in hoeverre ze te telen zijn bij lagere temperatuur.

Ten opzichte van 21°C bleef de groei duidelijk achter met een stooklijn van 15°C in alle gewassen, rassen en plantstadia. De resultaten waren wisselend bij 18°C, maar neigden over het algemeen ook naar tragere groei.

De bladafsplitsing bij jonge planten van de hoofdassen Bromelia Guzmania Ostara en Vriesea Style was trager bij lagere temperatuur. De lichtonderschepping was daardoor lager en dat heeft de fotosynthese op gewasniveau en groei verminderd. Bij jonge Guzmania Ostara planten ontstond sterke kokervorming bij 15°C. Dat gaf een groot kwaliteitsverlies en droeg ook bij aan een lagere licht-onderschepping. Ook bij 18°C neigden Guzmania Ostara en andere Guzmania rassen naar kokervorming. Bij planten gestart in het halfwas stadium na de bloeiïnductie was bij een stooklijn van 15°C en van 18°C de eindkwaliteit wel goed, maar de teeltduur tot rijpheid was veel langer. De teeltvertraging ten opzichte van 21°C was voor Guzmania Ostara 40 en 14 dagen, en voor Vriesea Style 46 en 11 dagen bij respectievelijk 15°C en 18°C.

Andere Bromelia soorten die zijn geteeld, Spathiphyllum en Anthurium in twee gewasstadia lieten ook alle zien dat de stooklijn van 15°C leidde tot mindere groei en plantkwaliteit. Dat kwam naar voren door een significant lager drooggewicht, lichtgroen of geel blad, slechtere beworteling (behalve bij Anthurium) en bij diverse Guzmania rassen sterke kokervorming. Behalve bij Anthurium was er ook bij 18°C over het algemeen minder doorworteling van de pot. Spathiphyllum had geler blad bij 18°C dan bij 21°C. Van enkele Bromelia rassen op de schouwtafel is opgemerkt dat er visueel weinig verschil was tussen 18 en 21°C.

Om energie te besparen valt de 15°C behandeling dus af. Hooguit is 15°C acceptabel in korte hele koude periodes. Daarbij is er weinig risico op kwaliteitsverlies bij halfwas Bromelia en veel meer risico bij jonge planten. Ook bij Anthurium waren er behalve de groeivertraging geen ernstige zichtbare fysiologische problemen bij de lagere temperaturen. Dan blijft over de 18°C behandeling. Bij halfwas Bromelia en bij Anthurium is er alleen sprake van een langere teeltduur. De besparing op kosten voor verwarming moet afgezet worden tegen de langere teeltduur, om te bepalen of dit een rendabele strategie is. Een langere teelt kost ook energie. Verder is de teelt moeilijker bij een lage temperatuur door lage verdamping en oplopende vochtigheid in de kas.

Dankwoord

Dit rapport geeft de resultaten weer van de kasproef met tropische potplanten geteeld onder lage temperatuur. Het project is uitgevoerd bij Botany in Meterik onder leiding van Plant Lighting.

Dit project is ondersteund door het programma 'Kas als Energiebron', gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Glastuinbouw Nederland/Stichting Kennis in je Kas (Kijk), en medegefinancierd door de gewascoöperatie Bromelia. Mechatronix heeft de lampen gefinancierd, waarvoor veel dank. Alle telers willen we hartelijk bedanken voor hun bijdrage aan de BCO's. De bromeliabedrijven Stofbergen Plant Company, Randstad, Best Bromelia, Jungle Star, Zeestraten en LKP-Plants worden bedankt voor hun geleverde plantmateriaal. Naast Bromelia is er gewerkt aan Spathiphyllum en Anthurium en we bedanken de telers Van der Voort en Groene Tint en Leo van Uffelen voor hun bijdrage.

Marrah Pfister en Jasper van Diemen (Glastuinbouw Nederland) worden bedankt voor het coördineren van de BCO's. Dank ook aan Bram Rongen, Jos Jansen en medewerkers bij Botany voor hun ondersteuning. Als laatste willen we de onderzoekscoördinatoren Marjolijn Valkenhoef, Dennis Medema en Robert Solleveld van het programma Kas als Energiebron bedanken voor hun steun bij de totstandkoming en uitvoering van dit project.

November 2024,

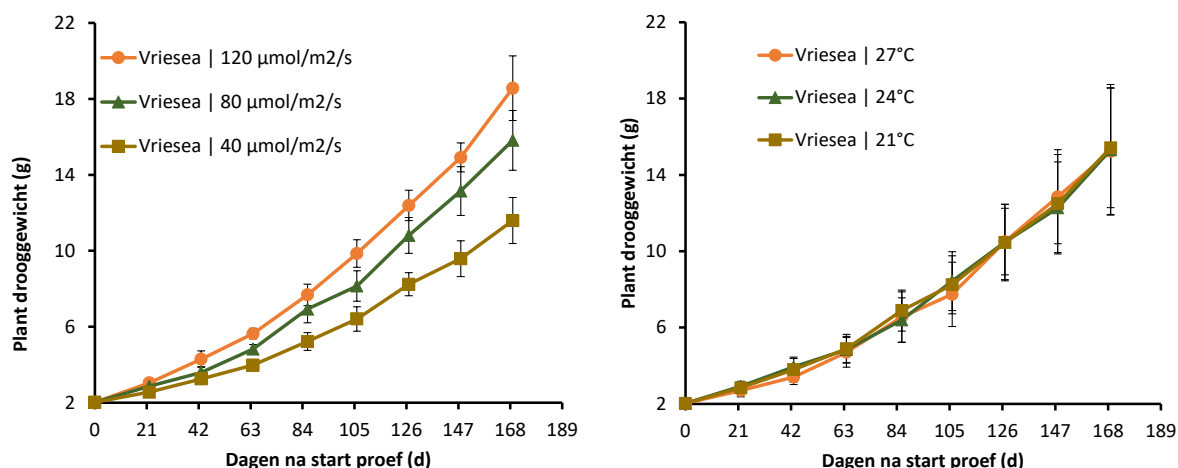
Alex Boonman en Sander Hogewoning

1 Introductie

De energiekosten zijn een uitdaging voor de jaarrond producerende glastuinbouw in Nederland. Een aantal (sub)-tropische potplanten met een relatief lange teeltduur wordt in Nederland jaarrond geteeld met lage tot matige intensiteiten belichting in de winter. Hieronder vallen de bekendere soorten potplanten Bromelia (± 50 ha), Potanthurium (± 70 ha) en Spathiphyllum (± 30 ha). Zoals te verwachten bij van nature tropische epifyten (Bromelia en Anthurium) en bodembedekkers (Spathiphyllum), worden deze planten bij een relatief lage intensiteit belichting en relatief hoge minimumtemperatuur geteeld. De stap van SON-T naar LED-belichting zorgt ervoor dat het elektragebruik voor belichting niet al te hoog is. Typische gebruikte intensiteiten belichting tussen de 40 en 80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ vragen met moderne LED-armaturen nog maar een vermogen van 11 tot 22 W/m^2 , wat neerkomt op een elektriciteitsverbruik van ongeveer 20 tot 40 kWh per m^2 per jaar. Vanwege deze relatief lage warmte-input vanuit de belichting is beperking van de aanvullende warmtevraag belangrijk om rendabel en energiezuinig te kunnen telen.

Dat de respons van dit soort gewassen op temperatuur en licht soms verrassend kan zijn, bleek uit een eerdere studie aan de meest geteelde bromeliasoorten Guzmania en Vriesea (zie Figuur 1.1). Het onderzoek van Plant Lighting (2019) naar de interactieve effecten van licht en temperatuur heeft voor deze soorten aangetoond dat een toename in belichting van 40 naar 80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ een grote toename in groei geeft, welke nog verder toeneemt bij 120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ belichting, maar wel begint af te vlakken ('wet van de verminderde meeropbrengst'). Die drie lichtintensiteiten zijn getoetst bij drie dagtemperaturen (21°C, 24°C en 27°C overdag en alle drie 21°C nacht). Verbazend genoeg had temperatuur, in tegenstelling tot licht, nauwelijks effect op de groeisnelheid en plantkwaliteit. De laagste temperatuur presteerde vrijwel even goed. Hoe het gewas op nog lagere temperaturen reageert is onbekend. In het verleden zijn wel meerdere onderzoeken gedaan naar effecten van een lagere temperatuur en temperatuurintegratie bij (onbelichte) potplanten (zie o.a. van Noort et al., 2013). Door de huidige belichting liggen groeisnelheden in de winter aanmerkelijk hoger, wat vernieuwde kennis vraagt over de temperatuurrepons onder die omstandigheden.

Omdat Bromelia een relatief lange teelt is (~30 weken van oppotten tot verkoop), is een lagere teelttemperatuur gedurende perioden met een lage buitentemperatuur interessant. Als blijkt dat de groei en ontwikkeling niet of slechts beperkt geremd wordt, dan kan in koudere winterweken veel op warmte (gas) bespaard worden. Hetzelfde geldt voor Anthurium en Spathiphyllum. Voordat gerekend kan worden aan een goed passend energiezuinig teeltconcept, is het van belang om te weten wat de ondergrens voor de temperatuur is voor deze gewassen, en wat de gevolgen van een lagere temperatuur zijn voor groei en ontwikkeling.



Figuur 1.1. Effect van intensiteit belichting en dagtemperatuur (bij 80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) op de groei van Bromelia Vriesea 'Evita' gedurende 169 dagen in een kas bij 3 behandelingen belichting en 3 temperaturen. Verrassend genoeg had dagtemperatuur geen effect op de groei binnen de getoetste bandbreedte (van den Boogaart et al., 2019). Het effect van een nog lagere temperatuur op groei is interessant om te onderzoeken.

1.1 Doelstelling

Het bredere doel is een bijdrage aan de ontwikkeling van een energiezuinig en toekomstbestendig teeltconcept voor de tropische potplanten Bromelia, Anthurium en Spathiphyllum. Dit onderzoek richt zich specifiek op de ondergrens van de teelttemperatuur voor deze gewassen in het winterseizoen bij een matige intensiteit LED-belichting van 80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$.

De gevolgen voor groei en ontwikkeling van drie minimum (stook)-temperaturen (15, 18 en 21°C) worden onderzocht. Daarbij is de hoogste temperatuur het meest gangbaar in de praktijk. Hieruit wordt duidelijk waar de ondergrens ligt voor een gezonde plantontwikkeling, en wat de consequenties van een lagere temperatuur voor de groeisnelheid zijn. De gevolgen van een suboptimale groei bij een lagere teelttemperatuur gedurende een aantal koude winterweken zouden op een relatief lange teelt van ~30 weken beperkt kunnen zijn, maar bieden wel de mogelijkheid om substantieel te besparen op warmte-input. Het verminderen van de pieken in de warmtevraag door in koude weken een lagere temperatuur te accepteren, maakt het ook eenvoudiger om met een beperkte buistemperatuur tot 45°C via een warmtepomp de warmtevraag in te vullen. Ook het warmte-transportverlies is dan lager.

De te ontwikkelen kennis vormt samen met de resultaten uit een eerder onderzoek naar interactieve effecten van licht en temperatuur bij Bromelia (van den Boogaart et al., 2019) en onderzoek naar energiezuinigere teeltmethoden voor Anthurium (e.g., Campen et al., 2004) een belangrijke basis om verder te kunnen rekenen aan een energiezuinig teeltconcept voor tropische potplanten Bromelia Guzmania, Bromelia Vriesea, Anthurium en Spathiphyllum. De nadruk van dit onderzoek ligt op Bromelia.

2 Materiaal en methoden

Er is een 20 weken durend experiment gedaan waarin het effect van een lagere temperatuur is onderzocht op de tropische potplanten Bromelia, Spathiphyllum en Anthurium, tijdens een belichte winterteelt. De proef is uitgevoerd in drie kascompartimenten op teelttafels bij Botany in Meterik tussen week 43 2023 en week 11 2024. Er is een stooklijn aangehouden van 15°C, 18°C en 21°C. Bij voldoende buitentemperatuur en instraling werd de temperatuur hoger dan de stooktemperatuur, waardoor de gemiddelde etmaaltemperatuur iets hoger werd.

Van de hoofdassen Bromelia Guzmania Ostara en Vriesea Style is de groeicurve in detail bepaald en hieraan zijn de meest uitvoerige metingen gedaan. Van Spathiphyllum en Anthurium is de groeicurve bepaald met enkele tijdpunten. Van 6 andere Bromelia soorten en rassen is alleen visueel bepaald in hoeverre ze te telen zijn bij lagere temperatuur.

De behandelingen met gerealiseerde temperaturen staan in Tabel 2.0.1, de setpoints van de proef in Tabel 2.0.2 en de tijdlijn met plantdichtheden in Tabel 2.0.3. Een gedetailleerde beschrijving van materiaal en methoden staat in de volgende paragrafen. Zie voor een impressie van een kascompartiment Figuur 2.0.1.

Tabel 2.0.1. Stooklijn en gerealiseerde temperatuur gemiddeld over de hele proefperiode.

Behandeling	Gerealiseerde temperatuur (°C)		
	nacht	dag	etmaal
15°C	15.3	16.3	16.0
18°C	18.0	18.6	18.4
21°C	20.8	21.2	21.1

Tabel 2.0.2. Setpoints van de proef.

Parameter	Setting
Temp.	Stooklijn 15°C, 18°C, 21°C.
CO ₂	800 ppm overdag.
VD	Sturen op gelijk vochtdeficiet met verneveling, max. 4.6 g/m ³ - min. 1.3 g/m ³
Schermen	Verduisterscherf: open van zon op-zon onder. Energiescherf: geen tot kalenderweek 48, vanaf toen continu dicht, vanaf week 9 bij >240W instraling 80% energiescherf en 20% verduisterscherf.
Luchten	>3°C boven stooklijn, vanaf kalenderweek 9 >2°C boven stooklijn.
Belichting	16 uur per dag PPFD 80 µmol/m ² /s, LED MechaTronix 88% rood/6% groen/6% blauw en 8% verrood (uit bij >150 W/m ² instraling, aan <130 W/m ² instraling).
Belichtingstijd	Vanaf 16 uur voor zon onder.
Watergift	Handmatig gieten met voedingsoplossing (Bijlage B1) met EC 1.6 mS/cm voor net opgepote Bromelia, opbouwen van 0 naar 1.6 voor halfwas Bromelia, Anthurium EC 2.3 en spoelen met water; Spathiphyllum EC 2.3 en spoelen met EC 1.6 mS/cm.

Tabel 2.0.3. Tijdlijn van de proef van week 43 2023 tot week 11 2024.

Kalender week	Tijd (dagen na start)	Handeling	Dichtheid (planten/m ²)			
			Bromelia opgepot	Spathi-phyllum	Anthurium opgepot	Anthurium halfwas
43	0	Start proef	67.7		60	40
43	6	Start Spathi		60		
50	46	wijderzetten	47.6	30		
2	75	wijderzetten			40	24*
3	84	wijderzetten	32.2			
6	103	wijderzetten		22		
11	140	Einde proef				

* Had nog een keer wijder gezet moeten worden naar 16 planten/m². Dichtheid van Bromelia gestart in halfwas stadium was 32.3 planten/m² de hele teelt.



Figuur 2.0.1. Overzicht van een proefcompartiment bij start van het experiment.

2.1 Plantmateriaal

Hieronder is een overzicht van het plantmateriaal te zien (Tabel 2.1.1). De potmaat was 12 cm. Foto's van het startmateriaal zijn te zien in Bijlage Figuur B1.

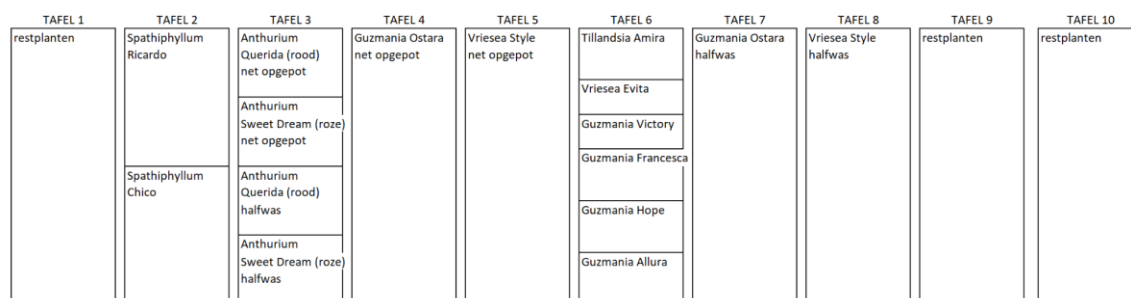
Tabel 2.1.1. Plantmateriaal.

Soort en rasnaam	Stadium bij start	Leverancier
Guzmania Ostara (hoofdras)	net opgepot en halfwas*	Stofbergen
Vriesea Style (hoofdras)	net opgepot en halfwas*	Zeestraten
Guzmania Victory (s)**	net opgepot	Randstad
Guzmania Allura (s)	net opgepot	Best Bromelia
Vriesea Evita (s)	net opgepot	LKP
Guzmania Francesca (s)	net opgepot	Jungle Star
Guzmania Hope (s)	net opgepot	Jungle Star
Tillandsia Amira (s)	net opgepot	Jungle Star
Spathiphyllum Ricardo	net opgepot	van der Voort
Spathiphyllum Chico	net opgepot	van der Voort
Anthurium Querida	net opgepot en halfwas	Groene Tint
Anthurium Sweet Dream	net opgepot en halfwas	Groene Tint

*Halfwas planten van de hoofdrassen waren 12 weken oud en geïnduceerd.

** (s) schouwtafel, alleen visuele beoordeling.

De indeling over de tafels in de kas staat in Figuur 2.1.1. De lichtverdeling over de tafels is te zien in de paragraaf “Belichting” (2.3).



Figuur 2.1.1. Indeling in de proefkas.

Net opgepotte Bromeliaplanten zijn niet geïnduceerd voor bloei en bleven dus langer vegetatief dan in de praktijk gedaan zou zijn. In deze proef is niet onderzocht of er normale bloei zou volgen op de temperatuurbehandelingen en wat de plantkwaliteit is bij de verschillende temperaturen over een hele teelt. Hiervoor zijn parallel planten onderzocht die zijn gestart vanaf halfwas stadium. Van de hoofdrassen Bromelia Guzmania Ostara en Vriesea

Style halfwas planten is de bloei geïnduceerd in de 3-4 weken voorafgaand aan uitleveren voor de proef.

Spathiphyllum is 6 dagen later aangeleverd dan de rest van de proef. In kalenderweek 51 is de helft van deze planten geïnduceerd. Volledig tot bloei komen duurt echter langer dan de duur van deze proef tot week 11 2024.

Van Bromelia, Spathiphyllum en Anthurium zijn tijdens de proef planten geoogst voor het bepalen van de groeicurve. Er waren extra planten van deze soorten op de reservetafels die gebruikt zijn om de gaten op te vullen na iedere oogst. Zo bleef de plantdichtheid dus gelijk en de hele teelttafel steeds gevuld.

2.2 Klimaat

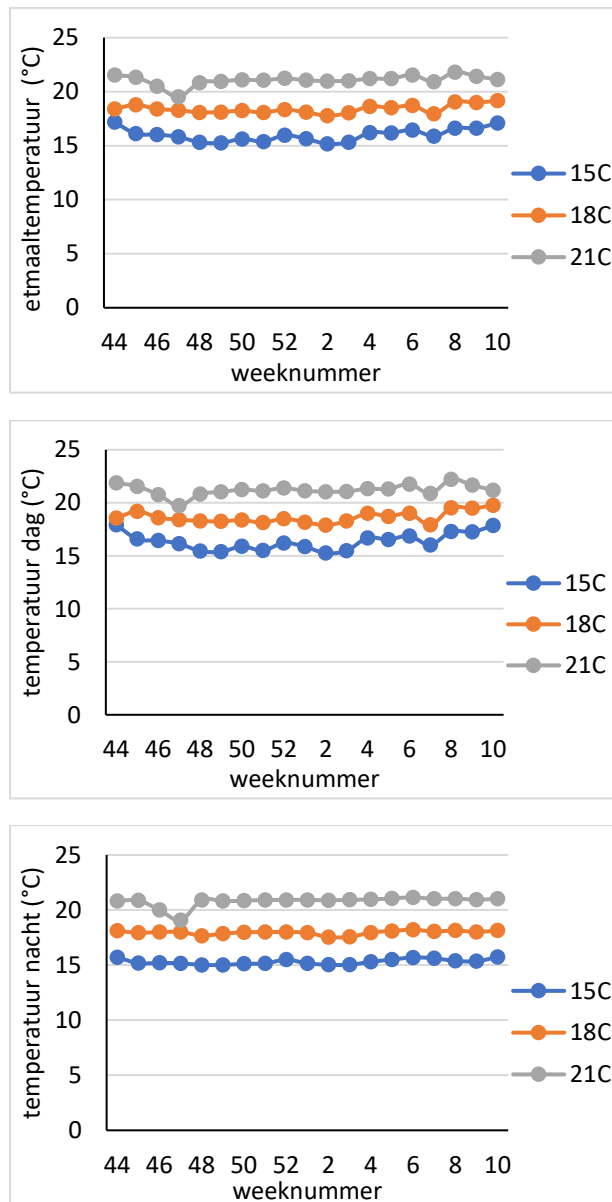
Hieronder volgt een overzicht van gerealiseerd klimaat in de verschillende behandelingen (Tabel 2.2.1 en Fig. 2.2.1 en 2.2.2). Kalenderweken 43 en 11 waren geen volledige week in de proef en zijn hier weggelaten. Te zien is dat de etmaaltemperatuur in de 15°C behandeling meestal hoger lag dan de stooklijn van 15°C. Dit kwam door instraling en een hogere dagtemperatuur met name aan het begin van de proef en met toenemende instraling ook vanaf week 4 tot het eind van de proef. Echter de stooklijn van 15°C is redelijk goed aangehouden met gemiddelde nachttemperaturen die voor een groot deel ook uitkwamen op 15°C. Dat geldt ook voor 18°C en 21°C. Uiteindelijk is het gerealiseerde contrast tussen behandelingen redelijk evenwichtig: het verschil in etmaaltemperatuur van behandeling 15°C en 18°C was 2.4°C en tussen behandeling 18°C en 21°C was het 2.7°C (Tabel 2.2.1).

Tabel 2.2.1. Gerealiseerde klimaatwaarden in de behandelingen over van week 44 2023 t/m week 10 2024.

Parameter	Behandeling	Waarde		
		Dag	Nacht	Gemiddeld
Temperatuur (°C)	15°C	16.3	15.3	16.0
	18°C	18.6	18.0	18.4
	21°C	21.2	20.8	21.1
[CO ₂] (ppm)	15°C	700	527	642
	18°C	666	512	614
	21°C	703	515	640
VD (g/m ³)	15°C	2.9	2.0	2.6
	18°C	3.5	3.0	3.3
	21°C	3.6	3.5	3.6
PAR-som (mol/m ² /dag)	15°C			5.9
	18°C			5.9
	21°C			5.9

VD, vochtdeficiet. PAR, photosynthetically active radiation (400-700nm).

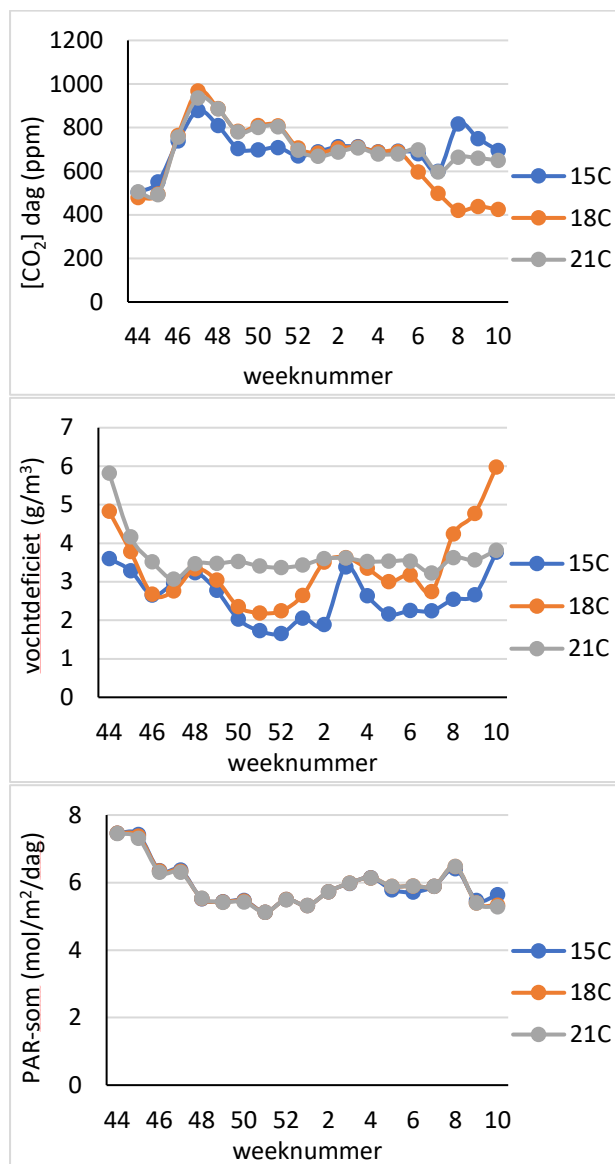
Verder valt op dat behandeling 21°C in week 47 een dip in temperatuur had. Dit is veroorzaakt door een tijdelijk verkeerde regeling. Dit gaf binnen een dag een tijdelijke minimumtemperatuur van maar 12°C. Na 4 dagen was de temperatuur weer op doelwaarde. Dit is volgens de telers geen groot probleem voor de groei geweest. Een koudeval kan wel voortijdige bloei induceren. Nou is er inderdaad ook voorbloei gezien bij verschillende Guzmania rassen alleen bij behandeling 21°C aan het eind van de teelt (zie resultaten). Dat is echter zoveel later (van koudeval in week 47 2023 tot einde teelt in week 11 2024) dat dit geen waarschijnlijke verklaring is voor de voorbloei.



Figuur 2.2.1. Verloop van gemiddelde temperatuur in de verschillende behandelingen over etmaal, dag en nacht. Data zijn gemiddelden per week.

De CO₂-concentratie overdag (Fig. 2.2.2) was in het begin van de proef te laag en vervolgens enige weken te hoog vanwege problemen met doseren en meten, en vanaf week 5 daalde de

CO₂-concentratie onbedoeld in de 18°C behandeling. Dit laatste heeft mogelijk fotosynthesemetingen verstoord op dag 138 (kalenderweek 11) in de proef (paragraaf 2.4.3 Bladfotosynthese). Over de hele proef was de gemiddelde CO₂-concentratie overdag daarom iets lager in 18°C dan in 15°C en 21°C (Tabel 2.2.1).



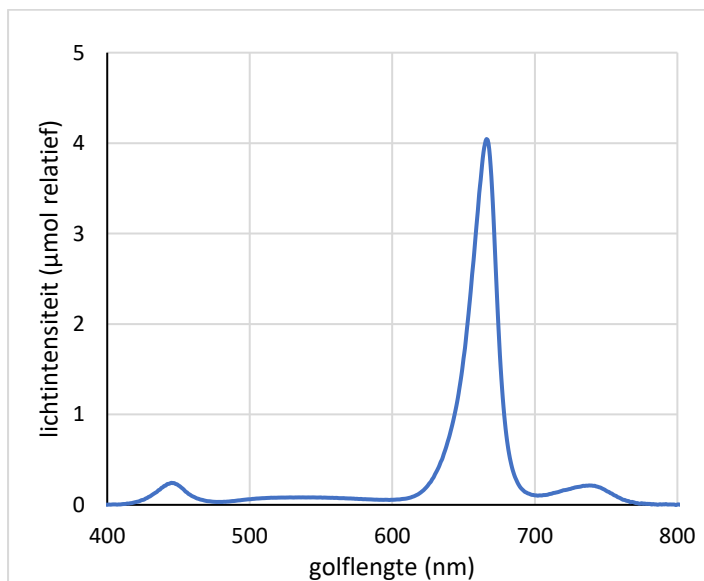
Figuur 2.2.2. Verloop van CO₂-concentratie overdag, vochtdeficiet en PAR-som in de verschillende behandelingen. Data zijn gemiddelden per week.

Het vochtdeficiet (VD) was niet gelijk tussen behandelingen zoals gewenst. Met een lagere temperatuur was er ook een lager VD (Fig. 2.2.2). Het lagere VD bij 18°C en vooral bij 15°C kan de verdamping hebben beperkt in die behandelingen en was daarom mogelijk ook nadelig voor groei. De eerste weken van de proef was de VD hoog en later, vanaf week 7 liep de VD vooral in 18°C sterk op. Te hoge VD bij tropische potplanten kan leiden tot het sluiten van huidmondjes, wat fotosynthese en groei beperkt. De VD viel voor het grootste deel van de proef (week 45-8) wel binnen de gestelde grenzen van 1.3 tot 4.6 g/m³.

De PAR-som (Fig. 2.2.2) was in het begin van de proef hoger dan gewenst omdat er geen schaduwdoek in de kas was en niet geschermd is. Hoge instraling heeft mogelijk de roodverkleuring veroorzaakt die vooral bij Vriesea Style goed te zien was. In de wintermaanden was de PAR-som ongeveer 6 mol/m²/d of lager. De laatste weken van de proef is bij hoge instraling geschermd met 80% energiescherm en 20% donkerscherm en bleef de PAR-som binnen de gewenste waarde.

2.3 Belichting

Het gewas is belicht met 80 µmol/m²/s dimbare LED-belichting (Mechatronix) met een spectrum met 88% rood/6% groen/6% blauw en 8% verrood (die laatste boven op het PAR). Het spectrum is weergegeven in Figuur 2.3.1. Belichtingsduur was 16 uur per dag. Het licht schakelde aan 16 uur voor zonsondergang. Deze belichting vraagt een elektrisch vermogen van ongeveer 22 W/m², wat neerkomt op een elektriciteitsverbruik van ongeveer 40 kWh per m² per jaar. Voor Bromelia is eerder wel gevonden dat de groei onder rood/blauw LED-belichting zonder verrood ook goed verliep (van den Boogaart & Hogewoning, 2020). Een aandeel verrood licht in het spectrum is hier toegevoegd voor de zekerheid omdat Anthurium daardoor minder lange bloemstelen maakt (García Victoria, 2022).



Figuur 2.3.1. Lichtspectrum van de LED-belichting met 88% rood/ 6% groen/ 6% blauw en 8% verrood.

De lichtverdeling over de tafels is gemeten. De relatieve lichtintensiteit per positie is weergegeven in Figuur 2.3.2. De teelttafels 2 t/m 8 waarop meetplanten stonden zijn weergegeven. Teelttafels aan de uiteinden van het kascompartiment hadden een lagere lichtintensiteit maar zijn alleen gebruikt voor reserveplanten waaraan niet gemeten is.

Afdeling 47 15°C

TAFEL 2				TAFEL 3				TAFEL 4				TAFEL 5				TAFEL 6				TAFEL 7				TAFEL 8							
86%	96%	91%	95%	94%	91%	92%	89%	91%	96%	99%	102%	100%	101%	97%	96%	91%	88%	94%	95%	97%	102%	100%	95%	96%	90%	91%	96%				
88%	91%	93%	93%	94%	92%	95%	96%	98%	95%	101%	101%	99%	101%	97%	97%	94%	93%	92%	96%	96%	98%	97%	95%	96%	94%	90%	94%				
91%	95%	96%	94%	95%	97%	94%	98%	93%	94%	99%	100%	103%	100%	98%	100%	98%	94%	94%	97%	95%	98%	98%	97%	98%	96%	92%	94%				
94%	98%	98%	98%	102%	96%	98%	99%	98%	99%	105%	105%	104%	103%	98%	98%	98%	98%	99%	98%	99%	101%	99%	91%	98%	96%	95%	98%				
101%	104%	101%	101%	103%	101%	102%	102%	104%	107%	108%	108%	108%	107%	104%	101%	101%	101%	103%	101%	101%	103%	102%	101%	99%	100%	101%	102%				
109%	104%	103%	104%	107%	111%	111%	111%	111%	111%	108%	107%	107%	109%	108%	107%	106%	108%	105%	101%	102%	104%	109%	109%	108%	108%	109%	106%				
102%	107%	104%	104%	106%	110%	109%	112%	111%	108%	106%	104%	106%	108%	102%	103%	104%	105%	105%	103%	102%	103%	109%	107%	108%	109%	110%	106%				
95%	103%	101%	102%	104%	101%	101%	102%	104%	106%	104%	103%	104%	101%	98%	98%	98%	96%	101%	98%	98%	103%	104%	101%	100%	100%	102%	105%				
93%	96%	101%	99%	100%	96%	101%	103%	101%	105%	104%	103%	101%	97%	98%	99%	98%	97%	99%	99%	98%	100%	99%	99%	100%	99%	101%	104%				
91%	94%	96%	97%	99%	98%	101%	102%	101%	102%	102%	103%	102%	100%	100%	102%	101%	98%	98%	99%	98%	96%	99%	100%	102%	101%	98%	102%				
92%	94%	95%	94%	97%	98%	101%	101%	100%	101%	104%	100%	104%	98%	102%	101%	104%	99%	102%	99%	97%	96%	98%	99%	100%	101%	98%	101%				
Betonpad																												Deur			

Afdeling 42 18°C

TAFEL 2				TAFEL 3				TAFEL 4				TAFEL 5				TAFEL 6				TAFEL 7				TAFEL 8			
92%	97%	92%	90%	94%	93%	87%	94%	94%	94%	101%	97%	101%	101%	97%	89%	95%	94%	97%	97%	101%	103%	101%	94%	93%	94%	95%	99%
95%	97%	94%	94%	93%	93%	97%	101%	101%	99%	103%	99%	99%	101%	99%	101%	102%	99%	99%	98%	99%	101%	100%	94%	100%	100%	97%	99%
97%	98%	96%	95%	95%	95%	97%	101%	101%	101%	104%	104%	104%	104%	99%	102%	102%	101%	101%	100%	99%	99%	99%	94%	101%	100%	98%	100%
98%	101%	98%	98%	98%	101%	99%	100%	101%	103%	108%	105%	105%	107%	102%	101%	100%	100%	102%	99%	97%	101%	103%	99%	99%	98%	98%	104%
105%	101%	97%	97%	98%	107%	105%	106%	108%	109%	106%	103%	104%	108%	111%	108%	108%	111%	103%	98%	96%	98%	105%	107%	104%	105%	104%	104%
105%	100%	97%	97%	98%	104%	111%	111%	111%	108%	104%	101%	102%	104%	109%	113%	111%	108%	98%	97%	97%	99%	104%	110%	111%	111%	107%	103%
104%	101%	97%	97%	100%	104%	107%	101%	99%	100%	102%	101%	101%	104%	109%	105%	104%	101%	101%	96%	96%	99%	104%	102%	104%	104%	108%	104%
94%	97%	97%	97%	97%	99%	94%	95%	94%	94%	99%	99%	103%	103%	101%	97%	97%	93%	94%	95%	96%	97%	98%	94%	96%	95%	97%	101%
92%	94%	95%	97%	100%	97%	97%	98%	98%	94%	98%	101%	102%	104%	101%	100%	97%	94%	94%	94%	93%	97%	97%	97%	97%	98%	96%	99%
90%	93%	94%	98%	102%	101%	101%	103%	103%	98%	100%	100%	101%	104%	102%	103%	102%	96%	92%	92%	92%	95%	99%	100%	102%	101%	98%	100%
97%	97%	95%	97%	101%	103%	104%	104%	103%	100%	101%	103%	104%	107%	105%	103%	101%	98%	97%	95%	94%	95%	98%	101%	103%	103%	99%	99%
Deur												Betonpad															

Afdeling 41 21°C

TAFEL 2				TAFEL 3				TAFEL 4				TAFEL 5				TAFEL 6				TAFEL 7				TAFEL 8				
97%	101%	97%	96%	94%	102%	96%	98%	100%	100%	105%	105%	107%	105%	103%	103%	101%	99%	106%	97%	99%	102%	102%	97%	96%	97%	102%	103%	
92%	98%	94%	94%	94%	97%	96%	100%	101%	95%	102%	101%	101%	102%	101%	102%	100%	97%	98%	96%	94%	94%	101%	97%	97%	96%	98%	97%	99%
94%	97%	95%	94%	93%	94%	96%	99%	99%	97%	100%	99%	101%	100%	99%	101%	98%	96%	96%	94%	94%	97%	96%	96%	97%	98%	96%	98%	
92%	98%	96%	96%	96%	94%	93%	95%	101%	95%	96%	100%	98%	97%	96%	96%	94%	94%	94%	96%	96%	97%	96%	94%	94%	97%	97%	101%	
94%	100%	97%	96%	97%	97%	94%	95%	95%	97%	101%	100%	100%	101%	98%	96%	94%	94%	99%	97%	96%	99%	100%	97%	97%	97%	101%	104%	
105%	99%	97%	96%	97%	101%	105%	105%	105%	105%	101%	101%	100%	104%	105%	105%	102%	103%	100%	96%	96%	97%	105%	105%	105%	106%	106%	102%	
106%	101%	96%	97%	98%	103%	110%	111%	111%	107%	102%	103%	101%	105%	109%	109%	108%	107%	100%	96%	96%	97%	103%	105%	104%	103%	105%	103%	
101%	106%	99%	98%	101%	105%	108%	107%	107%	109%	105%	104%	105%	107%	106%	102%	104%	105%	103%	97%	95%	97%	98%	98%	97%	97%	101%	98%	
97%	104%	101%	98%	101%	102%	101%	102%	102%	103%	107%	105%	104%	108%	102%	100%	97%	97%	100%	97%	96%	97%	99%	97%	98%	97%	94%	97%	
101%	102%	100%	101%	99%	101%	101%	103%	104%	103%	101%	103%	103%	104%	102%	103%	101%	97%	98%	97%	95%	99%	101%	101%	101%	101%	97%	96%	
102%	105%	99%	97%	95%	97%	101%	104%	105%	101%	100%	101%	101%	101%	103%	103%	100%	97%	97%	94%	96%	101%	104%	103%	102%	101%	97%	97%	
Deur												Betonpad																

Figuur 2.3.2. Lichtverdeling (relatief, 100%=80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR) over de teelttafels in de verschillende afdelingen. In afdeling 47 met de 15°C behandeling was de indeling gespiegeld ten opzichte van de andere twee afdelingen. Aan de kant van de deur hing een ventilator in iedere afdeling.

2.4 Metingen

2.4.1 Gewasmetingen

Hoofdrassen *Guzmania Ostara* en *Vriesea Style*

De groeicurve is bepaald door iedere drie weken versgewicht en drooggewicht te meten van 30 planten, welke per meetmoment vanaf verschillende willekeurige posities van de teelttafel zijn gepakt. Reserveplanten werden neergezet op de plaats van verwijderde planten om geen gaten te laten ontstaan en de plantdichtheid gelijk te houden. Randplanten en reserveplanten werden niet geselecteerd. De planten zijn gescheiden van de wortels en afgespoeld om grond te verwijderen. Aan de wortels is niet gemeten. Er zijn steeds 5 planten samengevoegd per monster. Monsters zijn gedroogd bij 80°C. Voor net opgepotte planten is gemeten tot het einde van de teelt na 20 weken, met de opmerking dat deze planten normaal al geïnduceerd zouden worden voor die tijd. Voor planten gestart in het halfwas stadium is de groeicurve bepaald tot planten rijp waren en is de teeltduur in de verschillende behandelingen bepaald.

Aan de net opgepotte planten is op dag 126 bladoppervlakte (LA) en bladmassa per oppervlakte (LMA) bepaald. Dit is gedaan aan het blad wat licht onderschept, dus zonder de onderste beschaduwde bladeren. Op basis van deze metingen kan LAI dus niet bepaald worden. Het versgewicht en drooggewicht is bepaald en het oppervlak is gemeten met een LI-3100 bladoppervlaktemeter. Dit is gedaan op basis van 15 planten en er zijn steeds 5 planten samengevoegd per monster. Daarnaast is ook van de rest van deze planten drooggewicht en versgewicht bepaald.

Bladafsplitsing van net opgepotte planten is bepaald door op dag 13 van de proef het jongste blad te labelen en alle nieuwgevormde bladeren te tellen bij eind oogst op dag 140. Dit is gedaan aan minimaal 25 planten per ras per behandeling.

Van de net opgepotte *Guzmania Ostara* is bij eind oogst op dag 138 bepaald hoeveel planten kokervorming hadden. Hiervoor zijn ongeveer 60 planten per behandeling visueel beoordeeld.

Van de halfwas *Guzmania Ostara* bij 21°C is op dag 103 geteld hoeveel groene bloemen er waren. Hiervoor zijn 81 planten visueel beoordeeld.

Bij eind oogst van de halfwas planten is de verdeling van gewicht tussen bloem en rest van de plant (zonder wortels) bepaald van 30 planten met 5 planten samengevoegd per monster. Bij *Vriesea Style* is verder het aantal vertakkingen aan de bloem geteld en bij beide soorten is de plantlengte gemeten, aan 30 individuele planten per behandeling.

Spathiphyllum* en *Anthurium

De groeicurve is bepaald door versgewicht en drooggewicht te meten van 20 planten, zonder wortels. Dit is gedaan bij start, bij wijder zetten en aan het eind van de proef. *Spathiphyllum* is 2 keer wijder gezet en *Anthurium* 1 keer (Tabel 2.0.3). De planten zijn gescheiden van de

wortels en afgespoeld om grond te verwijderen. Er zijn steeds 4 planten samengevoegd per monster. Anthurium planten gestart in het halfwas stadium zijn op hetzelfde moment geoogst in de verschillende behandelingen. Op dat moment waren planten in de 21°C behandeling rijper dan die bij 15 en 18°C. Er is dus geen teeltduur tot rijpheid bepaald maar alleen beoordeeld op verschillen in gewicht en plantkwaliteit.

2.4.2 Lichtonderschepping

Lichtonderschepping is gemeten aan net opgepote planten van de hoofdassen *Guzmania Ostara* en *Vriesea Style*. Er is iedere 3 weken gemeten. Bij wijder zetten is er direct voor en na wijder zetten gemeten. Met behulp van een lijnsensor (LI-191R line quantum sensor) is de lichtintensiteit boven en onder het gewas bepaald en de lichtonderschepping berekend. Dit is steeds op 4 posities in het gewas gedaan.

2.4.3 Bladfotosynthese en CAM-test

Op dag 92 en dag 138 is fotosynthese gemeten aan de hoofdassen *Guzmania Ostara* en *Vriesea Style* net opgepot. Er zijn lichtresponse curves gemeten bij 800 ppm CO₂. De metingen zijn uitgevoerd met twee LI-6800 apparaten (LI-COR, USA) met gesloten bladkamer en LED-licht met 10% blauw en 90% rood. *Bromelia* heeft over het algemeen zeer lage huidmondjesgeleiding voor waterdamp (g_s) wat de meting van gasuitwisseling hindert. Alleen metingen zijn gepresenteerd waarbij g_s positief was en de berekende interne CO₂-concentratie positief was en lager dan de ongeveer 800 ppm in de meetkamer. Verder zijn alleen meetpunten gepresenteerd met minimaal 3 herhalingen ($n=3-7$). Data zijn eerst per meetdag geanalyseerd, maar omdat er veel meetpunten afvielen vanwege lage g_s zijn data van beide meetdagen samengevoegd. Op dag 138 werd een opvallend hogere g_s gevonden in de 18°C behandeling. De CO₂-concentratie in de kas bleek al enige tijd een stuk lager dan in de andere behandelingen (Fig. 2.2.2 in paragraaf Klimaat) en mogelijk is hiertussen een oorzakelijk verband. De 18°C behandelingen worden verder niet gepresenteerd. De twee contrasterende behandelingen 15°C en 21°C konden wel per soort vergeleken worden en lieten ook weinig verschillen zien (zie resultaten paragraaf 3.1.3).

Bij *Tillandsia Amaria* waren er verblekingen van het blad, met name in de 21°C behandeling. Dit leek op malaatschade zoals dat kan voorkomen bij planten met CAM-fotosynthese. Er is onderzocht of *Tillandsia Amaria* überhaupt CAM-fotosynthese heeft, of net zoals *Guzmania Ostara* en *Vriesea Style* 'gewoon' C3-fotosynthese. Fotosynthese is gemeten in de ochtend op dag 138 bij 100 en 0 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ meetlicht bij 800 ppm CO₂. Bij CAM-fotosynthese zouden dan naar verwachting de huidmondjes gesloten zijn en er zou geen CO₂ worden opgenomen. De belichting ging aan rond 02:40 uur die dag. Alleen meetpunten zijn gepresenteerd met minimaal 3 herhalingen ($n=3$). Tevens zijn enkele planten uit 21°C (met schade) en 15°C (zonder schade) vervolgens meegenomen voor een CAM test. Na acclimatie aan natuurlijk licht voor het raam op kantoor van Plant Lighting zijn 's ochtends bladponsjes genomen en met een kleur-indicator getest op de aanwezigheid van malaat (Trouwborst et al., 2013).

Daarbij is de orchidee *Phalaenopsis* gebruikt als positieve referentie die zeker malaat heeft opgeslagen in de ochtend. De test is op drie momenten in de ochtend uitgevoerd met steeds 3-5 herhalingen. Zie resultaten in paragraaf 3.3.1.

Omdat *Spathiphyllum* erg geel blad had bij lage temperatuur is ook fotosynthese gemeten op dag 138 om eventuele schade vast te stellen. Er is gemeten aan het ras Chico in behandeling 15°C en 21°C bij 100 en 0 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ bij 800 ppm CO₂. Alleen meetpunten zijn gepresenteerd met minimaal 3 herhalingen (n=3-4).

2.4.4 Klimaatmetingen

Het klimaat is per 5 minuten gelogd met een meetbox per proefkas. De lichtintensiteit boven het gewas is berekend met behulp van de solarimeter op de kas, de transmissie van de kas, schermstanden en transmissie van de schermen. Krijt is 2 weken voor einde proef aangebracht. Transmissie van de kas voor en na het krijten is eerder gemeten: 50% en 20% (van den Boogaart et al., 2019). Vanwege de lage zonnestand in de wintermaanden is aangenomen dat transmissie voor het krijten 40% was in de berekeningen. De hoeveelheid PAR vanuit daglicht in de kas is dus een schatting, echter, het aandeel daglicht ten opzichte van de totale lichtsom is sowieso klein in deze belichte proef.

2.4.5 Statistische analyse

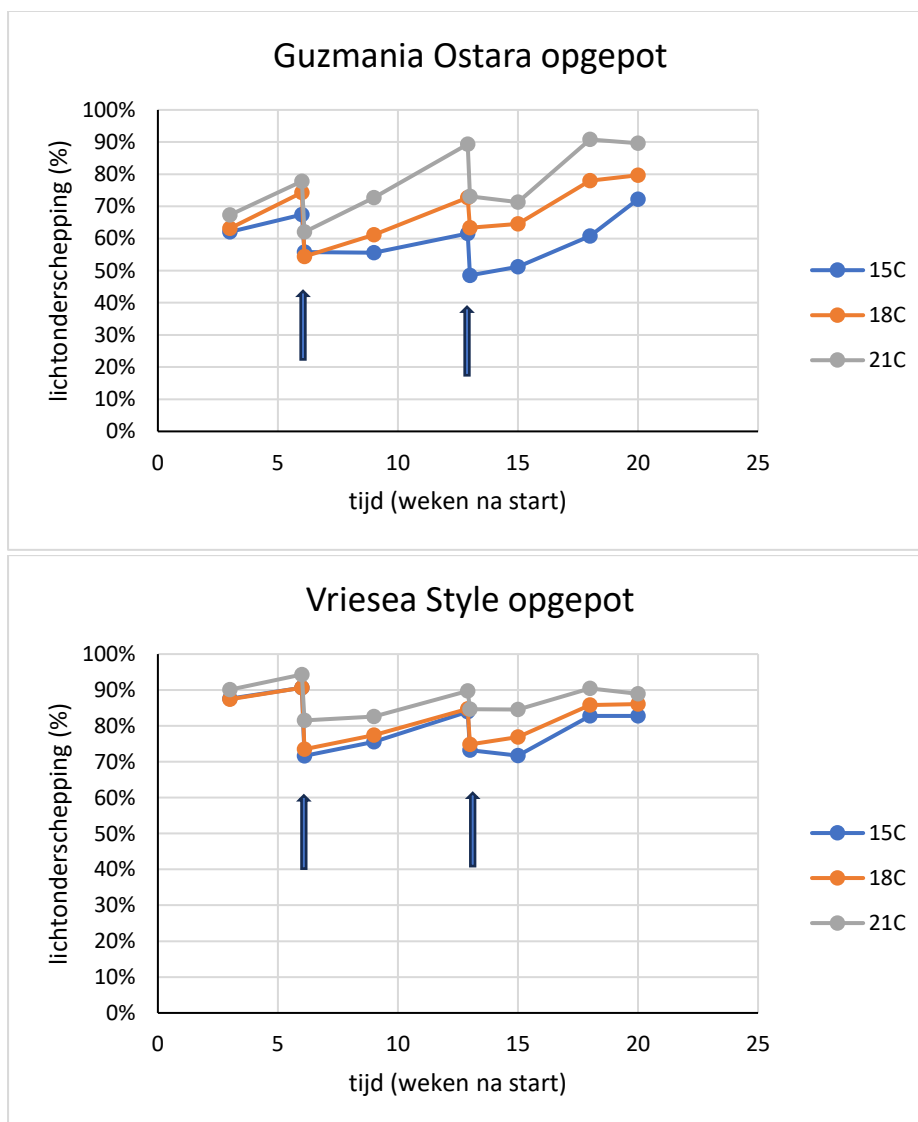
Het effect van temperatuur op drooggewicht en versgewicht van net opgepote planten bij eindooft is getoetst om te bepalen welke behandelingen onderling verschilden van elkaar. Dit is gedaan voor alle gewassen waaraan is gemeten (*Bromelia*, *Spathiphyllum* en *Anthurium*). Data zijn per soort en ras apart getoetst met ANOVA (analysis of variance) met alleen de factor temperatuur in het model, gevolgd door Tukey posthoc test. In alle gevallen was het effect van temperatuur statistisch significant ($P < 0.05$; Bijlage Tabel B3). Het programma JASP is gebruikt (jasp-stats.org). Gewichten van planten gestart in het halfwas stadium zijn niet geanalyseerd omdat ze op verschillende momenten rijp waren bij eindooft.

3 Resultaten

3.1 Bromelia Guzmania Ostara en Vriesea Style net opgepot

3.1.1 Lichtonderschepping

De lichtonderschepping was lager bij een lagere temperatuur in beide gewassen (Fig. 3.1.1). Dat zal hebben geleid tot minder groei bij lagere temperatuur. De abrupte veranderingen in lichtonderschepping in de grafieken komen door het wijder zetten, waardoor er ineens minder licht wordt onderschept. Vriesea Style heeft breder blad en onderschept vanaf het begin al meer licht dan Guzmania Ostara met veel smaller blad. Ook waren de verschillen tussen behandelingen in Vriesea kleiner dan in Guzmania. Overzicht met foto's volgt in 3.1.6.

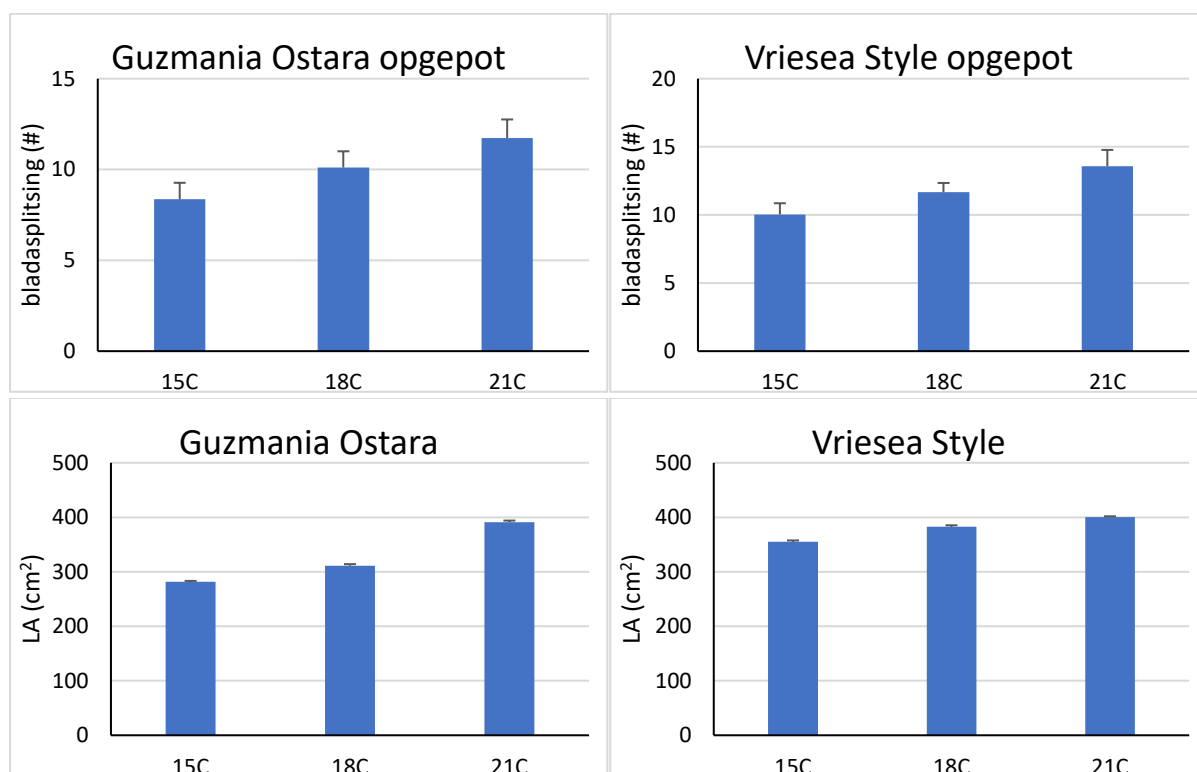


Figuur 3.1.1. Lichtonderschepping van Guzmania Ostara (boven) en Vriesea Style (onder) vanaf net opgepot stadium. Data zijn het gemiddelde van 4 metingen. Pijlen geven momenten van wijder zetten aan.

3.1.2 Bladafsplitsing, bladoppervlakte en kokervorming

Er werden minder bladeren afgesplitst bij de lagere temperaturen in beide soorten, gemeten over bijna de hele teeltduur (Fig. 3.1.2). Het lichtonderscheppend bladoppervlak per plant was ook lager bij de lagere temperaturen. De verschillen bij *Guzmania* waren groter dan bij *Vriesea*. Het verlagen van de stooklijn naar 18°C of 15°C ten opzichte van 21°C vertraagde dus de bladafsplitsing en verklaart op zijn minst ten dele de lagere lichtonderschepping bij de lagere temperaturen.

Een ander aspect wat betreft lichtonderschepping van *Guzmania Ostara* is de bladstand. Bij 15°C was er kokervorming, waarbij de bladeren meer opgericht waren en dus minder licht onderschepten (Fig. 3.1.3). Bij 15°C was er bij alle planten zichtbare kokervorming, maar niet allemaal zo ernstig als in het voorbeeld van Figuur 3.1.3. Bij 18°C was er bij ongeveer 5% van de planten ernstige kokervorming (3 op de 60 geteld) en bij 21°C was er geen kokervorming (Tabel 3.1.1). Er is uitvloeier AquaGro gebruikt om te proberen het blad meer los te laten komen uit de koker. De kokervorming is een verkleving van de waslaag van het blad en de uitvloeier (zeep) zou dit tegen kunnen gaan. Dit heeft niet het probleem kunnen verhelpen.



Figuur 3.1.2. Bladafsplitsing tussen dag 13 en 140 (boven) en lichtonderscheppend bladoppervlak (LA) per plant op dag 126 (onder) van *Guzmania Ostara* en *Vriesea Style* vanaf net opgepot stadium. Data van bladafsplitsing zijn het gemiddelde van minimaal 25 metingen, en van LA van 3 herhalingen van steeds 5 samengevoegde planten (totaal 15 planten), foutbalken zijn standaarddeviatie.

15°C

21°C



Figuur 3.1.3. Voorbeeld van extreme kokervorming bij *Guzmania Ostara* vanaf net opgepot stadium bij 15°C (links) naast een plant geteeld bij een stooklijn van 21°C (rechts) op dag 84.

Tabel 3.1.1. Kokervorming bij *Guzmania Ostara* planten vanaf net opgepot stadium op dag 138. Percentage op basis van ongeveer 60 planten per behandeling. Nota bene: De mate waarin kokervorming optrad wordt bij 18°C onderschat, omdat bij deze behandeling alleen de ernstige gevallen geteld zijn en bij 15°C alle gevallen. Bij 21°C kwam kokervorming niet voor.

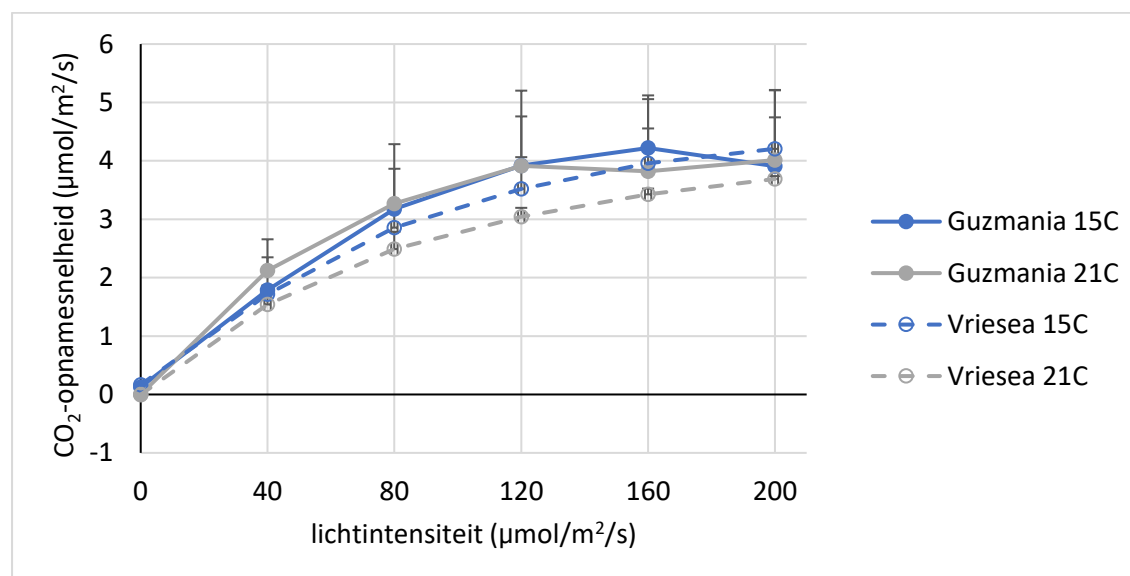
Behandeling	Planten met kokervorming
15°C	100% (ernstige en milde gevallen)
18°C	5% (alleen ernstige gevallen)
21°C	0%

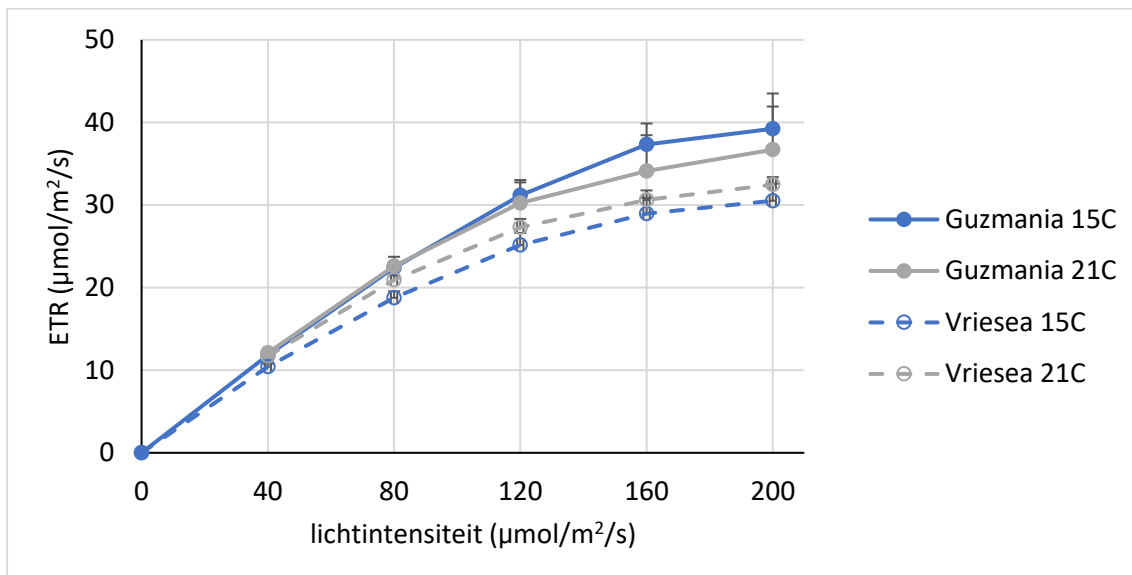
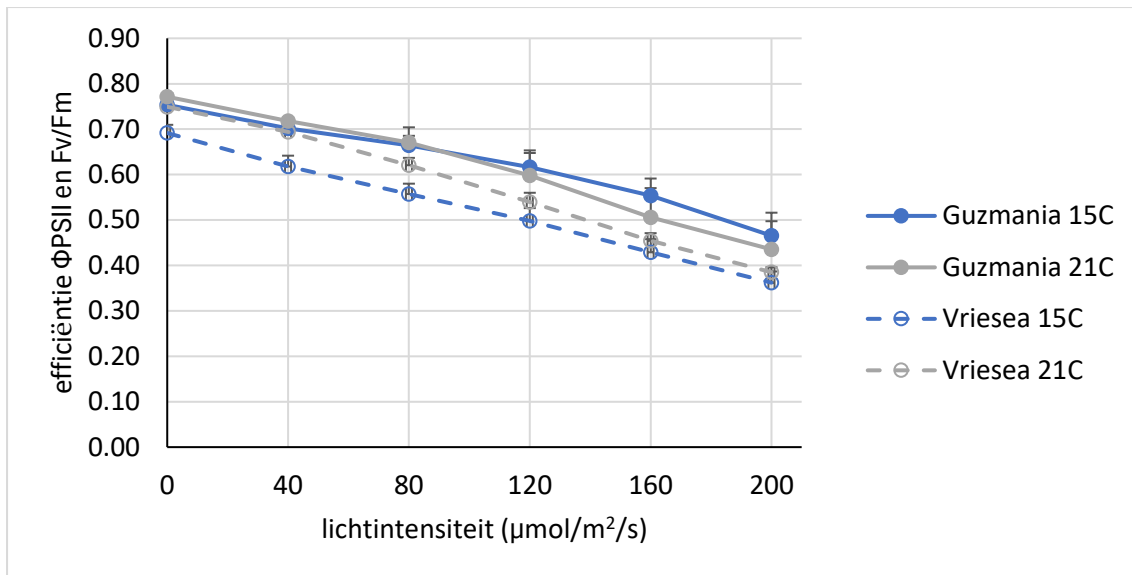
3.1.3 Bladfotosynthese

Bromelia is een schaduwplant met over het algemeen lage fotosynthese en huidmondjesgeleiding in vergelijking met typische zonplanten als tomaat of komkommer (Trouwborst et al., 2013; van den Boogaart et al., 2019). Bij Guzmania Ostara waren er nauwelijks verschillen tussen de twee meest contrasterende behandelingen 15°C en 21°C in CO₂-opnamesnelheid, efficiëntie (Φ PSII en in het donker Fv/Fm) en electronentransport-snelheid (ETR). Bij Vriesea Style was de efficiëntie bij lagere lichtintensiteiten wat lager in de 15°C behandeling, maar bij de hoogst gemeten intensiteit van 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ vielen de verschillen weg.

Bij een vergelijkbare fotosynthese op bladniveau zal de fotosynthese op hele-plantniveau wel degelijk lager zijn geweest bij lagere temperatuur vanwege de lagere lichtonderschepping en het kleinere bladoppervlak, zoals in de voorgaande paragrafen is laten zien.

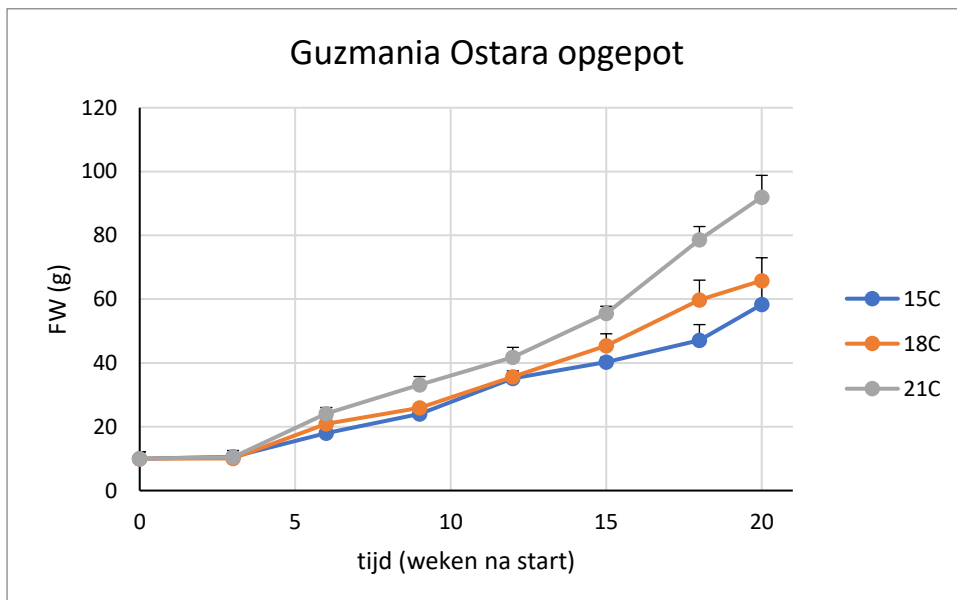
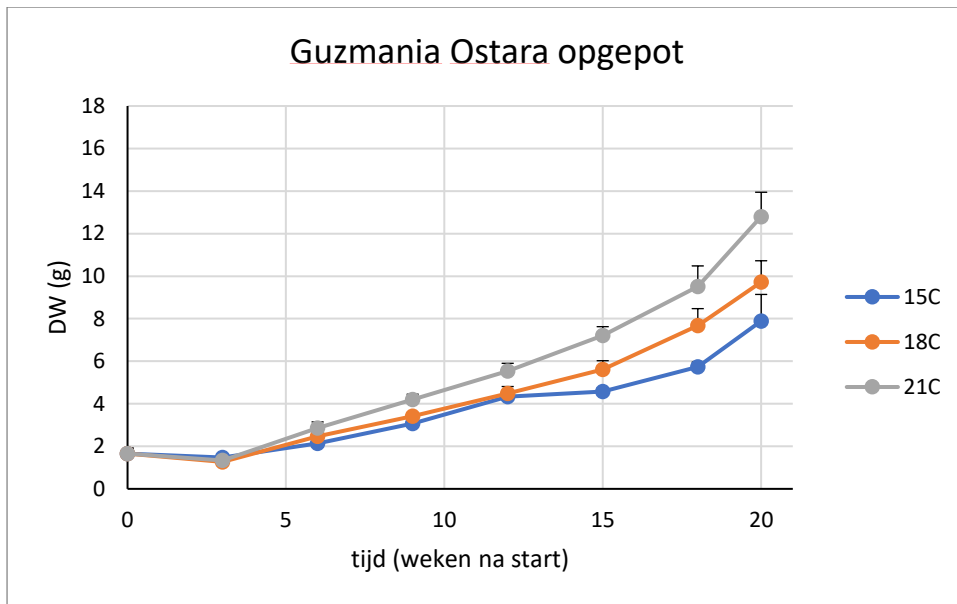
Figuur 3.1.4 (deze en volgende pagina). CO₂-opnamesnelheid, efficiëntie van fotosynthese (Φ PSII en in het donker Fv/Fm) en electronentransport-snelheid (ETR) van Guzmania Ostara en Vriesea Style vanaf net opgepot stadium. Data van dag 92 en dag 138 zijn samengevoegd. Data zijn gemiddelden van 3-7 herhalingen en foutbalken zijn positieve standaarddeviatie. Van 18°C waren er niet voldoende bruikbare metingen (zie Methode paragraaf 2.4.3).



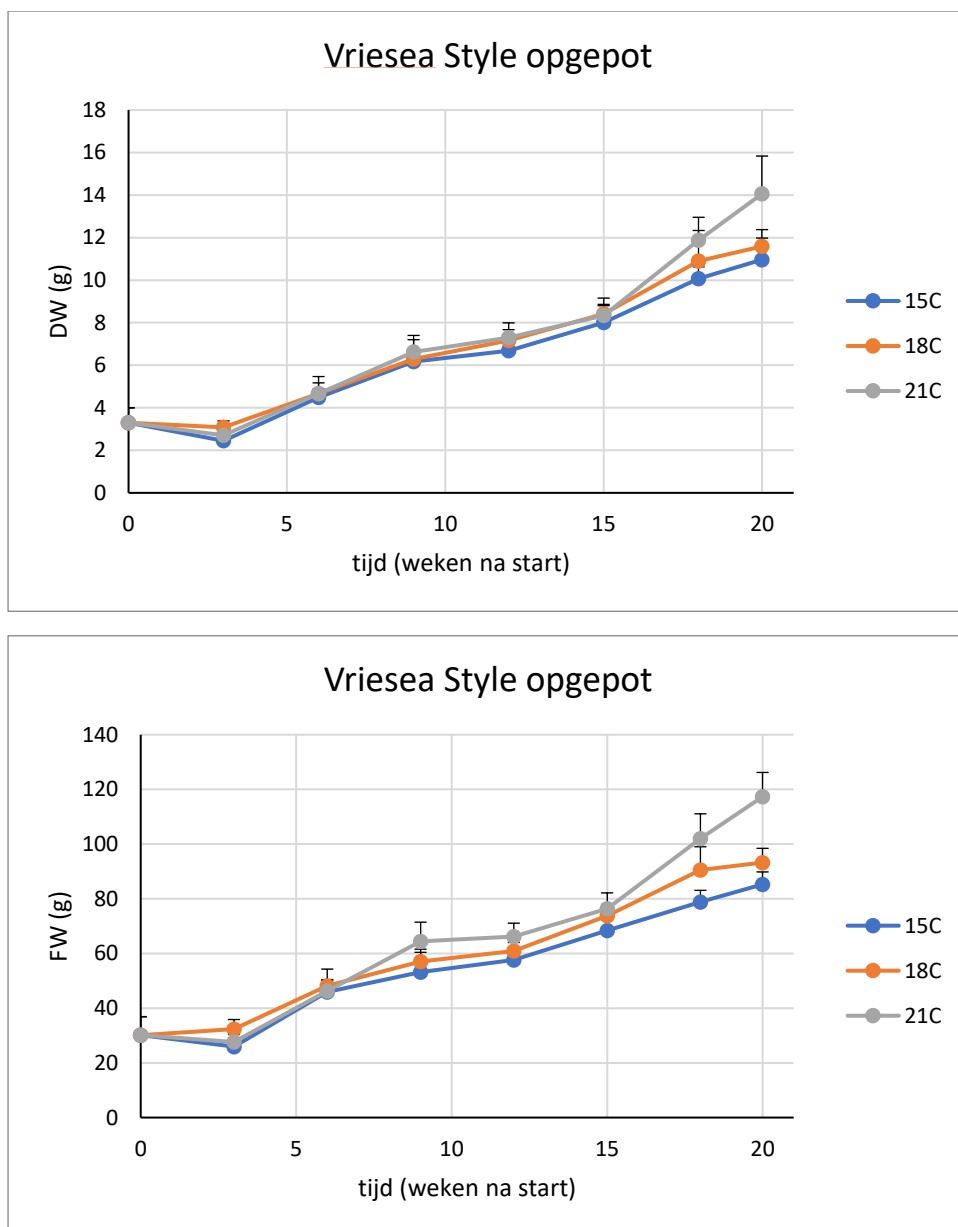


3.1.4 Groeicurve

Bij lagere temperatuur was de toename in drooggewicht gedurende de periode vanaf oppotten tot einde proef lager voor beide soorten. Bij Guzmania Ostara (Fig. 3.1.5) trad het verschil in drooggewicht eerder op tijdens de teelt dan bij Vriesea Style (Fig. 3.1.6). Het versgewicht liet een vergelijkbaar patroon zien als het drooggewicht). Hoewel er gedurende een periode van maar liefst 15 weken nog geen verschil in drooggewicht per plant was bij Vriesea Style, bleef de grootte visueel wel al duidelijk achter bij lagere temperaturen (zie volgende paragrafen).



Figuur 3.1.5. Drooggewicht (DW) en versgewicht (FW) van planten (zonder wortels) van Guzmania Ostara vanaf net opgepot stadium. Data zijn gemiddelden van 6 herhalingen van steeds 5 samengevoegde planten (totaal 30 planten) en foutbalken zijn positieve standaarddeviatie.



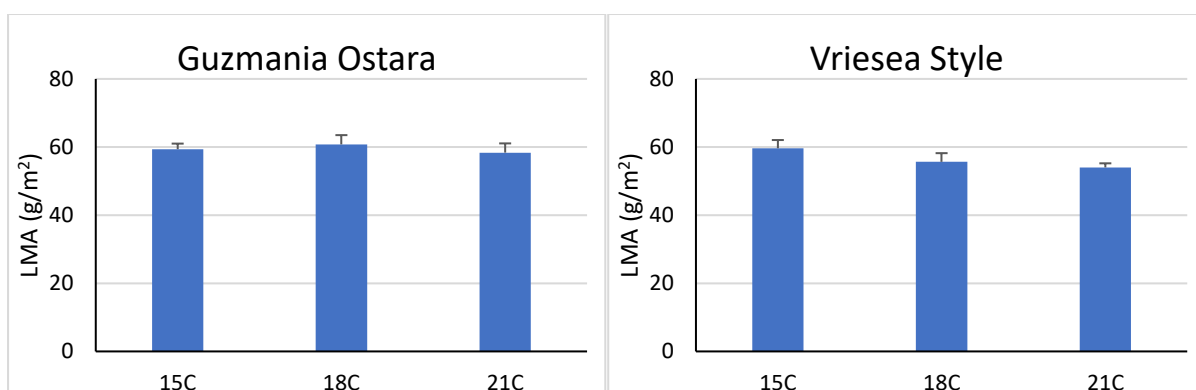
Figuur 3.1.6. Drooggewicht (DW) en versgewicht (FW) van planten (zonder wortels) van Vriesea Style vanaf net opgepot stadium. Data zijn gemiddelden van 6 herhalingen van steeds 5 samengevoegde planten (totaal 30 planten) en foutbalken zijn positieve standaarddeviatie. Gewichten van week 3 zijn mogelijk onderschat doordat de plant toen niet diep genoeg is afgeknipt.

In beide soorten waren het drooggewicht en versgewicht bij eindogst significant lager in behandeling 15°C en 18°C dan in 21°C. Onderling waren de gewichten bij 15°C en 18°C niet significant verschillend in Vriesea Style. Het drooggewicht van Guzmania Ostara bij eindogst was significant verschillend tussen 15°C en 18°C maar versgewicht niet (Bijlage Tabel B3.) Tussen de laatste twee tijdpunten (week 18 en week 20) is bij 18°C in alle groeicurves een lichte trendbreuk te zien vergeleken met 15 en 21°C: het gewicht stijgt relatief wat minder dan verwacht. Mogelijk is dit veroorzaakt doordat in de laatste weken van de proef de CO₂-concentratie in deze behandeling een stuk lager was (Paragraaf 2.2 Klimaat).

3.1.5 Bladmassa per oppervlak (LMA)

Bladmassa per oppervlakte (LMA) was bij Vriesea Style hoger bij de lagere temperaturen. Bij *Guzmania Ostara* was LMA het hoogst bij 18°C en wat lager bij 15°C en 21°C, maar de verschillen waren vrij klein (Fig. 3.1.7). Bij beide soorten was LMA het laagst bij 21°C, wat overeenstemt met de hoogste groeisnelheid bij die temperatuur: een lagere LMA betekent dat er meer bladoppervlak werd gemaakt per eenheid droge stof. Dat geeft bij jonge planten meer lichtonderschepping en dus groei.

Het verschil in LMA verklaart ook deels waarom bij Vriesea de verschillen tussen behandelingen wel duidelijk zichtbaar waren, terwijl het drooggewicht een groot deel van de teelt nauwelijks verschillend was. Bij gelijk drooggewicht werd bij lagere temperatuur minder bladoppervlak gemaakt, wat een zichtbaar kleinere plant oplevert.

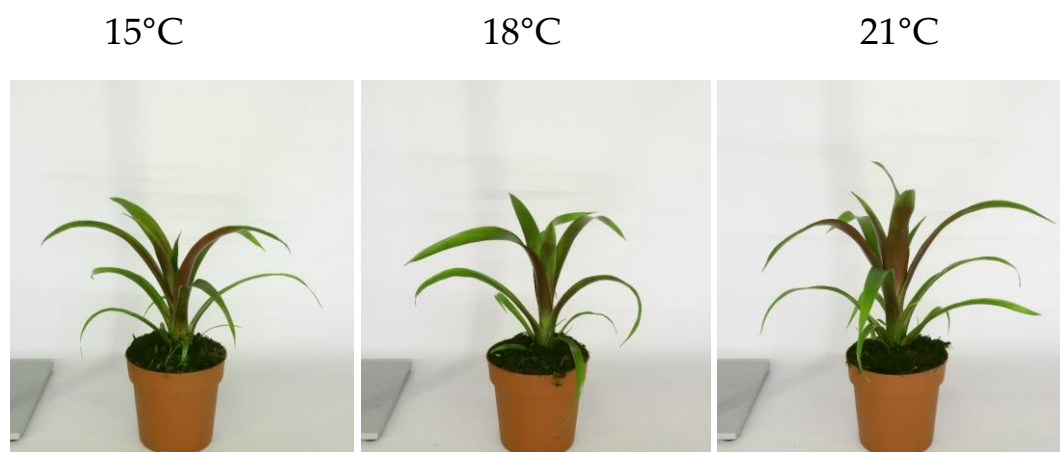


Figuur 3.1.7. LMA, bladmassa per oppervlak van *Guzmania Ostara* en *Vriesea Style* geteeld vanaf net opgepot stadium gemeten op dag 126 na start proef. Data zijn gemiddelden van 3 herhalingen van steeds 5 samengevoegde planten (15 planten totaal) en foutbalken zijn standaarddeviatie.

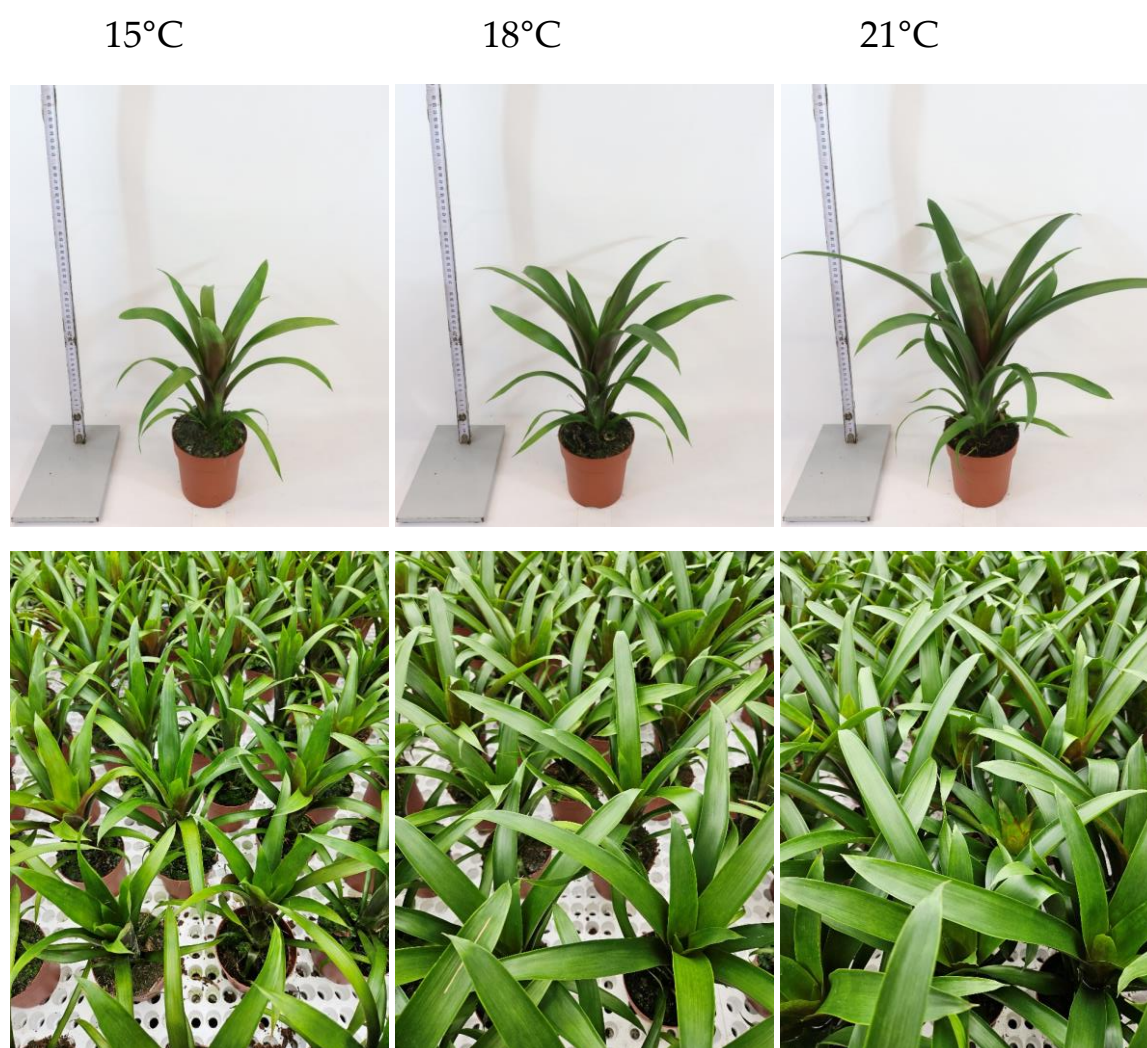
3.1.6 Overzicht plant- en wortel-ontwikkeling

Guzmania Ostara planten bij 15°C waren bij eindoogst kleiner dan bij 18°C en 21°C, kokervormig en het blad lichtgroen/gelig (Fig. 3.1.8). De plantvorm bij 18°C neigde ook wat naar kokervorming, maar veel minder erg dan bij 15°C. Bij 18°C was er minder spreiding van het blad dan bij 21°C en planten waren ook kleiner dan bij 21°C. Telers merkten op dat deze compactheid op zich wel wenselijk is. Verder was de ontwikkeling van Guzmania Ostara bij 21°C trager dan bij dezelfde partij die in de praktijk werd geteeld bij teler Stofbergen Plant Company, mogelijk door betere lichttransmissie van die kas en verschillen in teeltwijze.

Bij 21°C hadden enkele planten voorbloeï. Dit kwam ook voor bij andere Guzmania soorten op de schouwtafel. In het begin van de proef was er een koudeval in deze behandeling, wat een mogelijke oorzaak van voorbloeï kan zijn (Paragraaf 2.2 Klimaat). Dat is echter zoveel later (van koudeval in week 47 2023 tot einde teelt in week 11 2024) dat dit geen waarschijnlijke verklaring is voor de voorbloeï. Deze planten zouden in de praktijk al eerder geïnduceerd zijn tot bloei en de ontwikkeling verliep bij 21°C het snelst, dus mogelijk speelden plantleeftijd en teelttemperatuur ook een rol.



Figuur 3.1.8a. *Guzmania Ostara* vanaf net opgepot stadium op dag 46.



Figuur 3.1.8b. *Guzmania Ostara* vanaf net opgepot stadium voor eindogst op dag 138.

Bij *Guzmania Ostara* was er veel minder doorworteling van de pot bij 15°C. Ook bij 18°C was er minder doorworteling dan bij 21°C. Wortelkwaliteit zag er wel normaal uit (Fig. 3.1.9). In

het begin van de proef was de grond met name bij 15°C langdurig nat, wat de wortelgroei kan hebben gehinderd. Aangezien Bromelia voornamelijk voeding via de koker opneemt is het de vraag in hoeverre minder wortels ook voedingsopname heeft beperkt.

15°C

18°C

21°C



Figuur 3.1.9. Wortels van Guzmania Ostara geteeld vanaf net opgepot stadium voor eind oogst op dag 138.

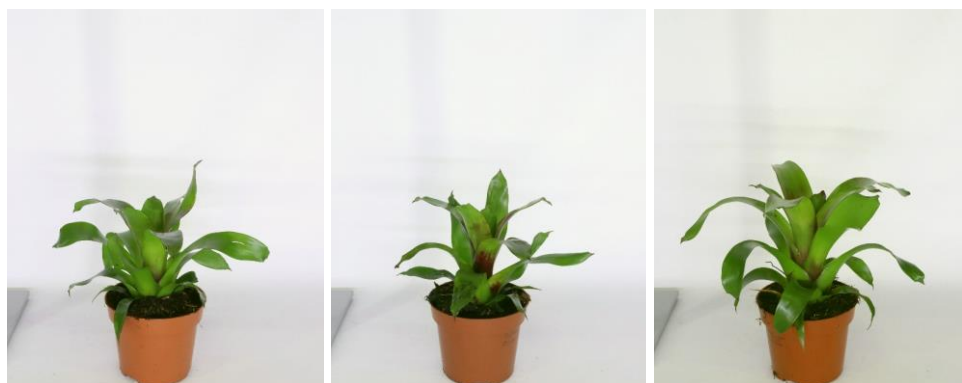
Er waren geen grote verschillen tussen behandelingen in EC en pH van de grond of de concentraties van nutriënten, gemeten bij Guzmania tegen het eind van de proef op dag 130 (Bijlage Tabel B2).

Vriesea Style had bij eind oogst te kleine planten bij 15°C (Fig. 3.1.10). Bij 18°C waren planten niet veel kleiner dan bij 21°C en deze werden als redelijk beoordeeld door de telers. In alle behandelingen was er wat roodverkleuring door anthocyaan, wat sterker was bij 15°C. Mogelijk heeft de relatief hoge lichtintensiteit in het begin van de proef toen er niet geschermd is hieraan bijgedragen. Roodverkleuring is wel verminderd over de tijd bij zowel net opgepotte als halfwas planten. Anthocyaanvorming is niet ongebruikelijk bij een relatief lage temperatuur ten opzichte van de lichtsom. De doorworteling van de pot was duidelijk minder bij 15°C, maar tussen 18°C en 21°C was er weinig verschil zichtbaar (Fig. 3.1.11).

15°C

18°C

21°C

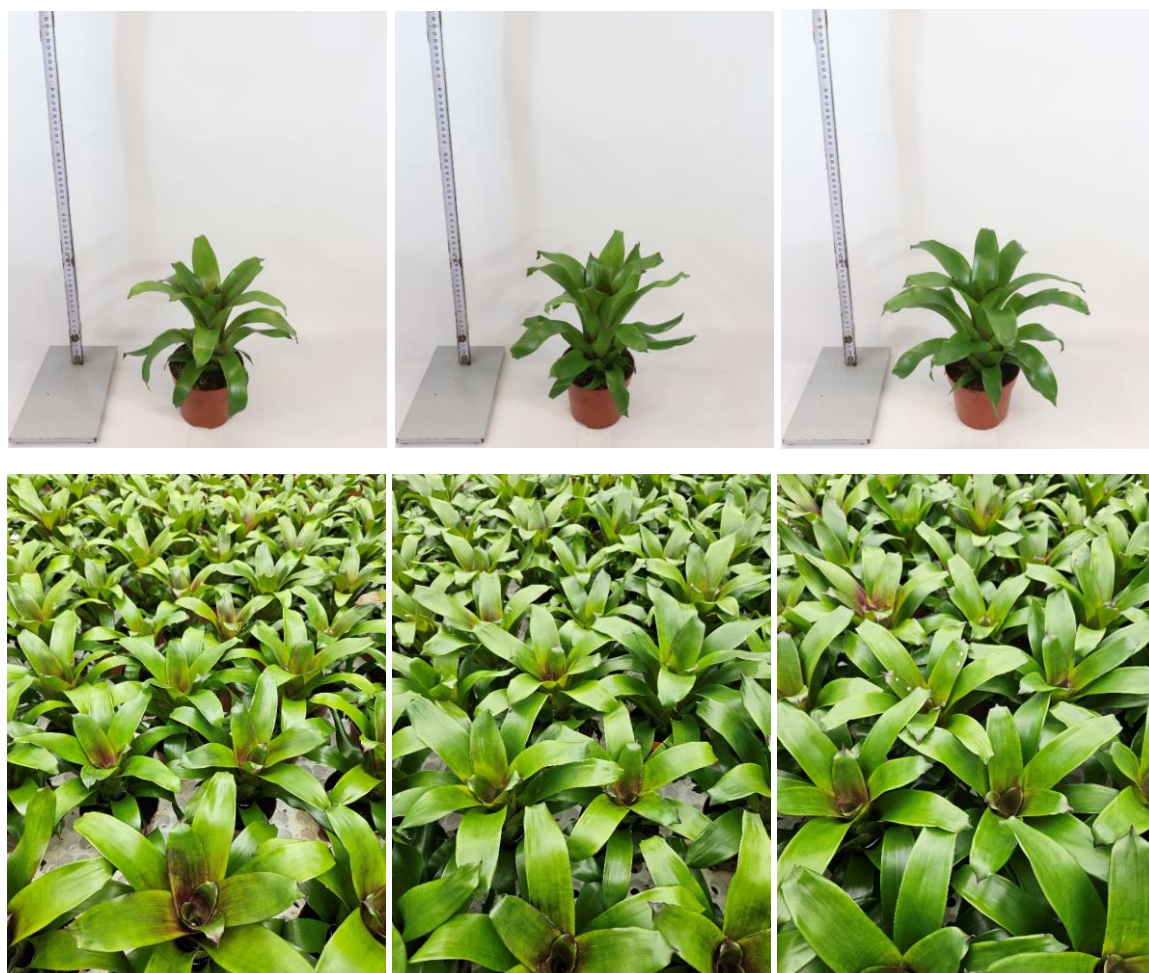


Figuur 3.1.10a. Vriesea Style geteeld vanaf net opgepot stadium op dag 46.

15°C

18°C

21°C



Figuur 3.1.10b. Vriesea Style geteeld vanaf net opgepot stadium voor eind oogst op dag 138.

15°C

18°C

21°C

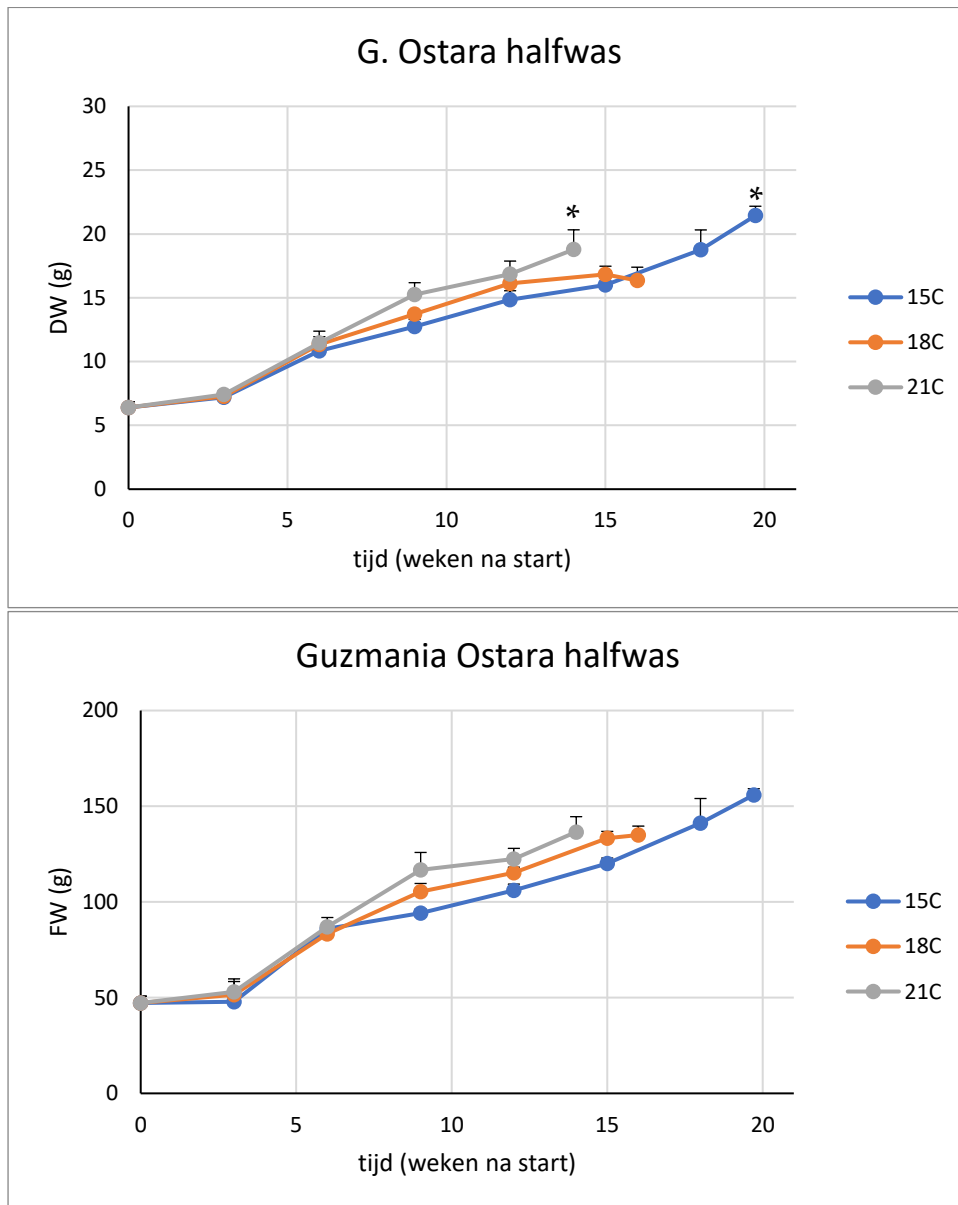


Figuur 3.1.11. Wortels van Vriesea Style geteeld vanaf net opgepot stadium voor eind oogst op dag 138.

3.2 Bromelia Guzmania Ostara en Vriesea Style halfwas

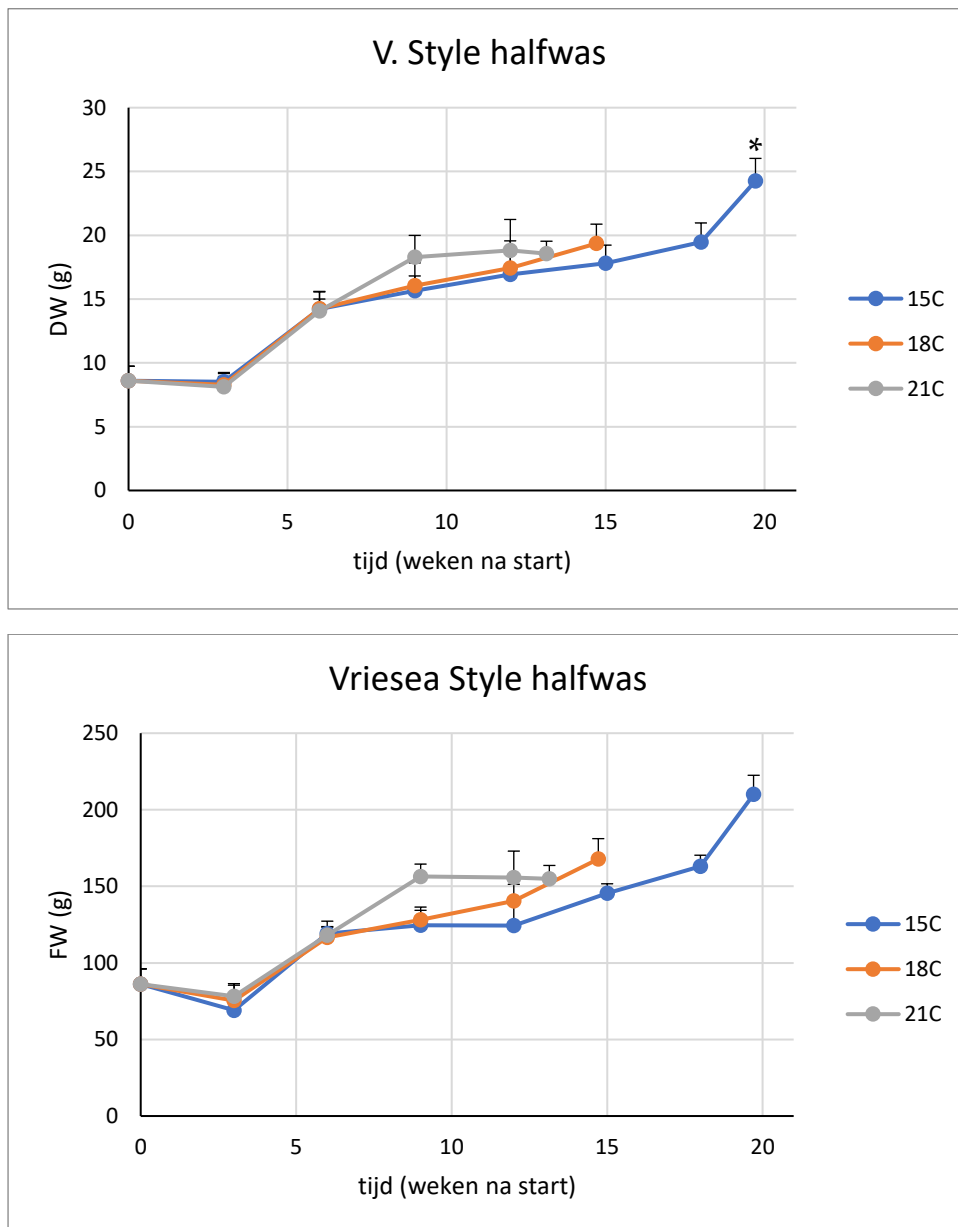
3.2.1 Groeicurve

Het drooggewicht en versgewicht van Guzmania Ostara vanaf halfwas stadium (3-4 weken na bloeiïnductie) tot rijpe plant nam over het algemeen langzamer toe bij lagere temperatuur (Fig. 3.2.1). De verschillen werden na 9 weken in de proef goed meetbaar. De lijnen eindigen op verschillende momenten omdat planten later rijp waren bij lagere temperatuur.



Figuur 3.2.1. Drooggewicht (DW) en versgewicht (FW) van planten (zonder wortels) van Guzmania Ostara vanaf halfwas stadium tot rijpe plant. Data zijn gemiddelden van 6 herhalingen van steeds 5 samengevoegde planten (totaal 30 planten) en foutbalken zijn positieve standaarddeviatie. * herberekend met gemiddeld %droge stof omdat planten in de stoof waarschijnlijk niet helemaal droog waren bij weging.

Bij Vriesea Style halfwas planten (3-4 weken na bloeiïnductie) tot rijpe plant nam het drooggewicht en versgewicht ook langzamer toe bij lage temperatuur (Fig. 3.2.2). Met name bij Vriesea Style nam het gewicht bij 15°C nog sterk toe in de weken nadat planten uit 18°C en 21°C al rijp waren. Als planten bij gelijk eindgewicht waren geoogst hadden de 15°C planten ongeveer 2 weken eerder geoogst kunnen worden en zou de teeltduur 18 weken vanaf halfwas stadium zijn.



Figuur 3.2.2. Drooggewicht (DW) en versgewicht (FW) van planten (zonder wortels) van Vriesea Style vanaf halfwas stadium tot rijpe plant. Data zijn gemiddelden van 6 herhalingen van steeds 5 samengevoegde planten (totaal 30 planten) en foutbalken zijn positieve standaarddeviatie. * herberekend met gemiddeld %droge stof omdat planten in de stoof waarschijnlijk niet helemaal droog waren bij weging.

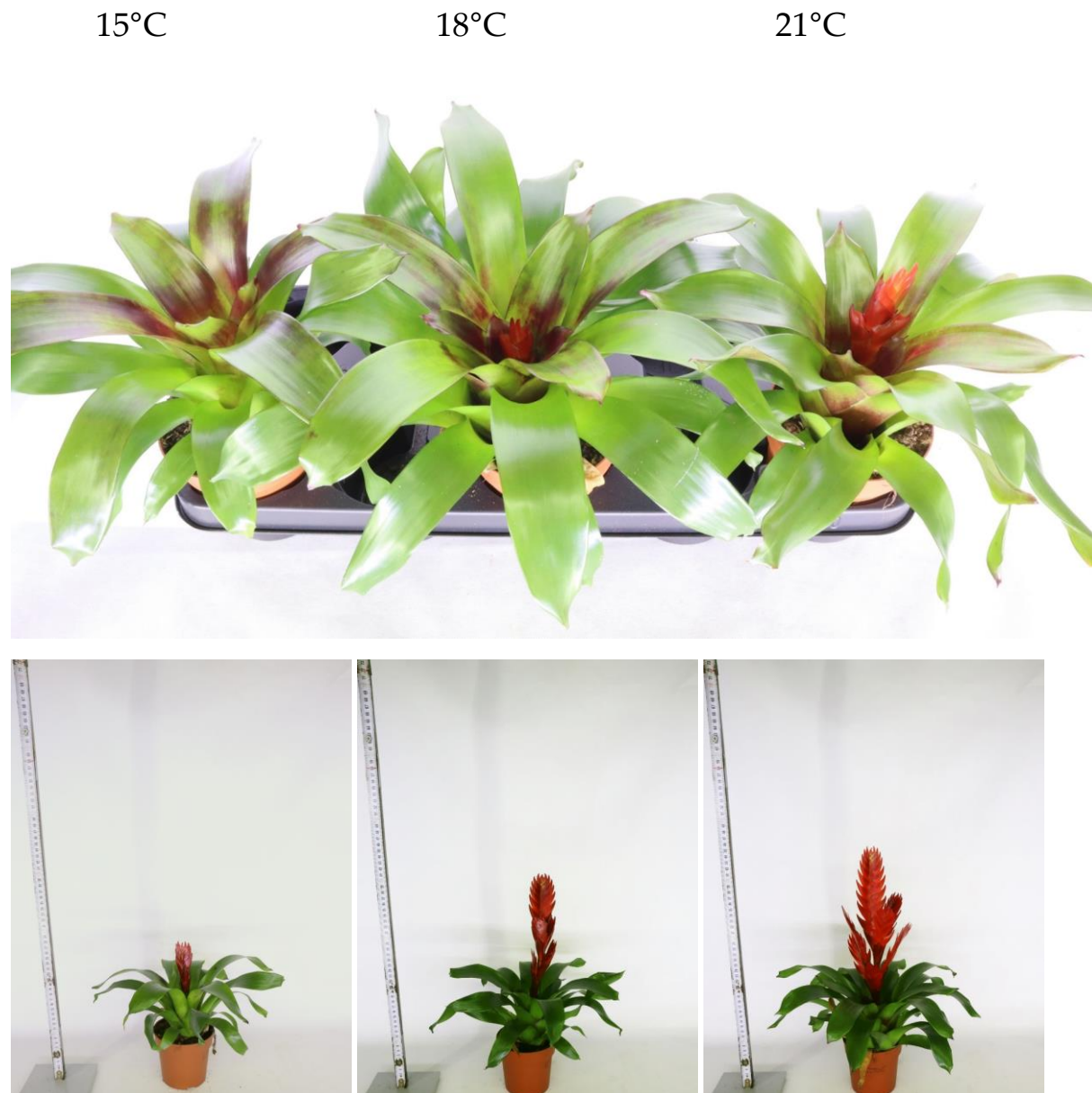
3.2.2 Bloei

Bloei verliep duidelijk trager naarmate de temperatuur lager was. Overzichten van planten uit de verschillende behandelingen na 6.5 weken en na 12 weken laten duidelijk tragere bloei zien naarmate de temperatuur lager was dan 21°C (Fig. 3.2.3 en 3.2.4). Na 6 weken was er nog geen verschil in gewicht tussen de behandelingen (vorige paragraaf) maar dus wel een duidelijk zichtbaar verschil in ontwikkeling.



Figuur 3.2.3. Planten van *Guzmania Ostara* vanaf halfwas stadium in de verschillende temperatuurbehandelingen 6.5 weken (boven) en 12 weken (onder) na de start van de proef.

Bij Vriesea Style van 6.5 weken na start was ook sterke roodverkleuring te zien (Fig. 3.2.4). Planten bij 15°C hadden het meest rode blad. De rode kleur is deels weggetrokken in de loop van de proef.



Figuur 3.2.4. Planten van Vriesea Style vanaf halfwas stadium in de verschillende temperatuurbehandelingen 6.5 weken (boven) en 12 weken (onder) na de start van de proef.

3.2.3 Teeltduur en plantkwaliteit

In beide soorten waren planten sneller rijp bij hogere temperaturen (Tabel 3.2.1). De teeltvertraging bij 15°C ten opzichte van 21°C was fors: wel 40 dagen bij Guzmania Ostara en 46 dagen bij Vriesea Style. Bij 15°C was het gewicht bij eind oogst hoger dan bij de andere twee temperaturen. De teeltduur zal dus wat korter zijn om hetzelfde eindgewicht te bereiken. Zoals eerder opgemerkt zou bij 15°C mogelijk twee weken eerder geoogst kunnen zijn voor een vergelijkbaar eindgewicht met de andere behandelingen, hoewel de bloemen dan wel minder rijp geweest zouden zijn. Dan zou de teeltvertraging bij 15°C ten opzichte van 21°C nog steeds 26 dagen zijn voor Guzmania en 32 dagen voor Vriesea.

Bij Guzmania Ostara was de verdeling van drooggewicht naar de bloem ten opzichte van de hele plant (zonder wortels) vrij constant, ongeveer de helft. Bij Vriesea Style zat er bij 21°C relatief meer drooggewicht in de bloem dan bij de lagere temperaturen.

Bij 18°C had Guzmania Ostara een 14 dagen langere teeltduur dan bij 21°C maar het bloemgewicht en het totale gewicht was ook nog wat lager dan bij 21°C. Er is getracht bij alle temperatuurbehandelingen in een gelijk rijpheidsstadium te oogsten, hoewel dat moment niet precies in te schatten viel. Wellicht zou het dus nog langer dan 14 dagen kunnen duren om bij 18°C een vergelijkbare plant te telen als bij 21°C. Ook bij Vriesea Style bij 18°C was er een vertraging (11 dagen) maar de verhouding van drooggewicht in de bloem op het totaal was lager dan bij 21°C.

Tabel 3.2.1. Teeltduur in dagen na start van de proef en drooggewicht van bloem en plant bij eind oogst van Guzmania Ostara en Vriesea Style vanaf halfwas stadium. Data zijn gemiddelden van 6 herhalingen van steeds 5 samengevoegde planten (totaal 30 planten) en foutbalken gevolgd door standaarddeviatie.

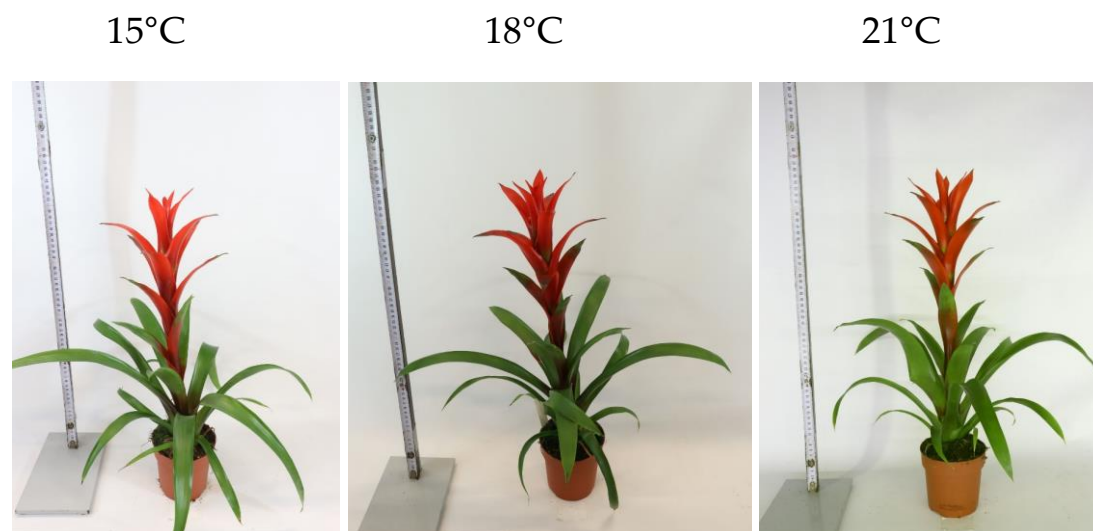
Gewas	Behandeling	Teeltduur (d)	DW bloem (g)	DW totaal (g)	DW bloem/ DW totaal
Guzmania Ostara	15°C	138	11.0 ± 0.4	21.4 ± 0.7	0.51
	18°C	112	8.2 ± 0.5	16.4 ± 1.0	0.50
	21°C	98	9.6 ± 1.0	18.8 ± 1.5	0.51
Vriesea Style	15°C	138	9.0 ± 0.8	27.7 ± 2.0	0.32
	18°C	103	6.1 ± 0.7	19.4 ± 1.5	0.32
	21°C	92	6.9 ± 0.9	18.6 ± 1.0	0.37

Bij Guzmania Ostara werden groene bloemen gevormd in alle behandelingen (Fig. 3.2.5). Dit is in dezelfde partij in de praktijk niet gezien en is waarschijnlijk ontstaan door de omstandigheden tijdens klaarzetten en transport voor de proef. Ter indicatie is er geteld, alleen in behandeling 21°C, en ongeveer 1/4 van de planten had groene bloemen (21 van de 81 getelde planten). Planten met groene bloemen waren van mindere kwaliteit (tweede keus), maar de schade was over het algemeen niet zo ernstig dat ze onverkoopbaar waren.

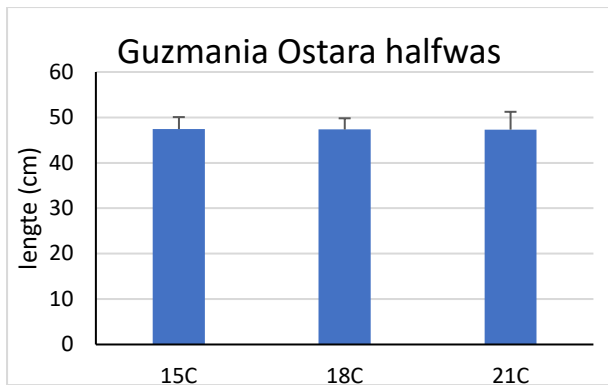


Figuur 3.2.5. Normale bloemen (links) en groene bloemen (rechts) van Guzmania Ostara in de 21°C behandeling bij eind oogst op dag 98. Groene bloemen kwamen bij alle drie de temperaturen voor.

Bij eind oogst was de kwaliteit van Guzmania Ostara in de drie behandelingen op het oog vergelijkbaar (Fig. 3.2.6). Ook de plantlengte bij eind oogst was vergelijkbaar tussen de behandelingen (Fig. 3.2.7).

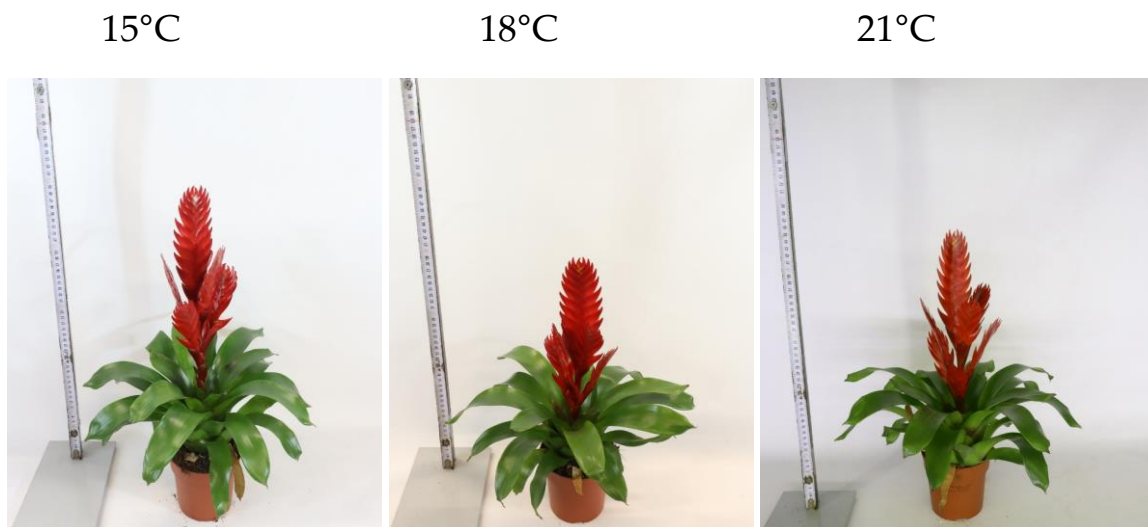


Figuur 3.2.6. Guzmania Ostara vanaf halfwas stadium in de proef bij eind oogst.

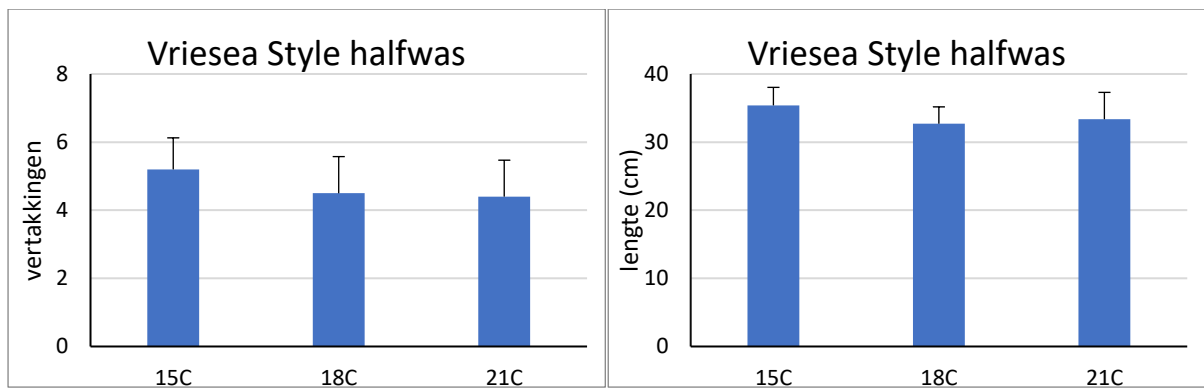


Figuur 3.2.7. Lengte van planten van *Guzmania Ostara* vanaf halfwas stadium in de proef bij eindooft. Data zijn gemiddelden van 30 planten en foutbalken zijn standaarddeviatie.

Vriesea Style had bij eindooft wat meer vertakkingen en grotere plantlengte bij 15°C dan bij de andere temperaturen (Fig. 3.2.8-9). Dit geeft ook aan dat deze planten dus mogelijk in een minder rijp stadium geoogst hadden kunnen worden, waarmee de teeltvertraging wat minder groot zou zijn. Planten van 18°C waren vergelijkbaar met die van 21°C. De plantkwaliteit was in alle behandelingen goed. Er was weinig roodverkleuring van het blad meer te zien. Zoals eerder gezegd trok de roodverkleuring bij Vriesea Style voor een groot deel weg tijdens de proef. Mogelijk speelde beschaduwing van het blad door de bloem daarbij ook een rol.



Figuur 3.2.8. *Vriesea Style* vanaf halfwas stadium in de proef bij eindooft.



Figuur 3.2.9. Aantal vertakkingen en lengte van planten van Vriesea Style vanaf halfwas stadium in de proef bij eind oogst. Data zijn gemiddelden van 30 planten en foutbalken zijn standaarddeviatie.

3.3 Schouwtafel - andere Bromelia rassen net opgepot

Hieronder volgt een overzicht van andere Bromelia soorten en rassen van de schouwtafel in de verschillende behandelingen. Aan deze planten is verder niet uitgebreid gemeten. Wel zijn er foto's gemaakt, eerst individueel en dan in de kas (Fig. 3.3.1). Planten waren net opgepot bij start van de proef en foto's zijn van het eind van de proef op dag 138.

Over het algemeen was de ontwikkeling bij de 15°C behandeling niet goed. Er was veel kokervorming bij *Guzmania Francesca*, *Guzmania Allura* en *Tillandsia Amira*, maar bij *Guzmania Hope* niet zozeer. De planten waren klein en het blad groeide niet goed uit maar bleef in de koker. Het blad was lichtgroen tot geel over het algemeen en bij enkele rassen ook bont. *Guzmania Victory* met een lichte bladkleur van nature had erg geel blad met wat anthocyaan en in mindere mate ook blad dat in de koker blijft. *Vriesea Evita* was erg ongelijk bij 15°C.

Bij 18°C neigden de planten ook wat naar kokervorming, maar veel minder erg dan bij 15°C. Er was minder spreiding van het blad dan bij 21°C. *Guzmania Allura* was mooi compact, maar wel met een wat spitse koker. *Guzmania Victory* was visueel niet verschillend tussen 18°C en 21°C. *Vriesea Evita* was wel gelijk bij 18°C en 21°C en de groene delen waren donkerder bij 21°C.

Bij meerdere *Guzmania* rassen viel op dat er voorbloeit was bij 21°C, zoals eerder besproken bij het hoofdras *Guzmania Ostara* (Zie Paragraaf 3.1.6 en 2.2 Klimaat). *Guzmania Victory* had zelfs al enkele rode bloemen (Fig. 3.3.1) en staat volgens de telers ook bekend als gevoelig voor voorbloeit.

Er waren opvallend witte bladeren bij *Tillandsia Amira* met name bij 21°C en in mindere mate bij 18°C en 15°C. Dit probleem trad ook op in de klimaatcelproef bij Plant Lighting in 2020 bij *Tillandsia Antonio* bij verschillende lichtspectra (van den Boogaart & Hogewoning, 2020). Dit probleem is niet gezien in dezelfde planten bij kwekerij Randstad onder 50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ SON-T belichting. De planten waren een deel van de tijd te droog, de koker was niet gevuld, wat wel zou moeten. Dit heeft waarschijnlijk droogtestress veroorzaakt. Er is onderzocht of *Tillandsia Amira* CAM-fotosynthese heeft (volgende Paragraaf 3.3.1), wat niet zo bleek te zijn. Bij CAM-fotosynthese had malaatschade namelijk de oorzaak kunnen zijn. Koud gietwater werd nog als mogelijke oorzaak genoemd, maar bij meting op dag 126 bleek dit niet heel koud, namelijk 14°C.

15°C

18°C

21°C



Guzmania Francesca



Guzmania Hope



Guzmania Allura

Figuur 3.3.1 (deze en volgende pagina's). Overzichten van planten individueel en in de kas bij eindogst op dag 138 van de verschillende Bromelia soorten op de schouwtafels.

15°C



18°C



21°C



Guzmania Victory



Vriesea Evita



Tillandsia Amira

15°C

18°C

21°C



Guzmania Francesca



Guzmania Hope



Guzmania Allura

15°C



18°C



21°C



Guzmania Victory



Vriesea Evita



Tillandsia Amira

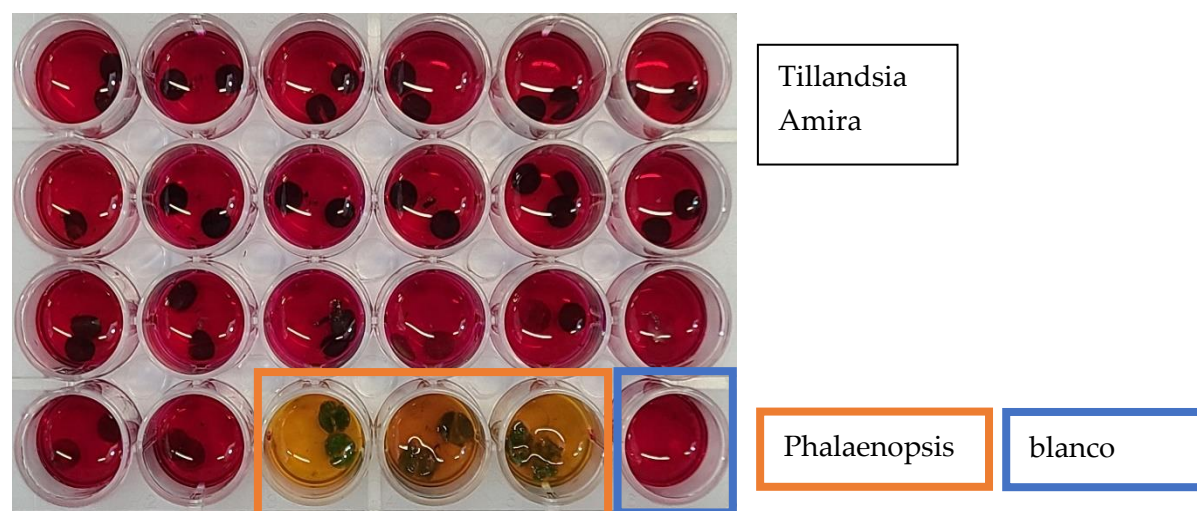
3.3.1 Tillandsia Amira fotosynthese en CAM test

Bij Tillandsia Amira waren er verblekingen op het blad met name bij 21°C. Dit leek op malaatschade bij planten met CAM-fotosynthese en er is onderzocht of dit de oorzaak kon zijn. Fotosynthese-metingen lieten echter zien dat Tillandsia Amira 'normale' C3 eigenschappen heeft en geen CAM: in de ochtend was er positieve CO₂-opname in het licht en negatieve CO₂-opname (respiratie) in het donker (Tabel 3.3.1). Bij CAM fotosynthese zouden overdag huidmondjes gesloten moeten zijn en er geen CO₂-opname moeten zijn.

Tabel 3.3.1. Huidmondjesgeleiding (gs) en CO₂-opnamesnelheid van Tillandsia Amira gemeten in de ochtend op dag 138 bij 21°C. Data zijn gemiddelden van 3 herhalingen gevolgd door standaarddeviatie.

Behandeling	Lichtintensiteit ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	Geleiding (gs) ($\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	CO ₂ -opnamesnelheid ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)
21°C	0	0.025 ± 0.033	-0.912 ± 0.596
	100	0.041 ± 0.026	3.16 ± 0.099

Bij CAM-fotosynthese wordt in de nacht opgenomen CO₂ opgeslagen als malaat of ander organisch zuur (Trouwborst et al., 2013). Een test liet echter zien dat geen van de onderzochte bladeren van Tillandsia Amira zuur bevatten in de ochtend (Fig. 3.3.2). Blad van Phalaenopsis dat ter controle werd gebruikt heeft CAM fotosynthese en liet inderdaad een kleuromslag in de test zien, wat duidt op de aanwezigheid van malaat. De witte vlekken zijn dus waarschijnlijk niet het gevolg van malaatschade. Ook de eerdergenoemde Tillandsia Antonio bleek geen CAM fotosynthese te hebben (van den Boogaart & Hogewoning, 2020). De oorzaak van de vlekken blijft onbekend.



Figuur 3.3.2. Resultaat van CAM fotosynthese-test van Tillandsia Amira. Op volgorde van linksboven naar rechtsonder steeds 5 monsters van 15°C jong blad, 15°C oud blad, 21°C groen blad, 21°C wit blad, dan 3 monsters Phalaenopsis en een blanco. Rood: geen malaat, oranje: malaat aanwezig.

3.4 Spathiphyllum

3.4.1 Fotosynthese en geleiding huidmondjes

Bij Spathiphyllum viel op dat het blad bij lagere temperatuur erg lichtgroen/geel was, vooral bij het ras Chico bij 15°C (Fig. 3.4.1).



Figuur 3.4.1. Spathiphyllum bij de verschillende temperaturen op dag 103 na start van de proef. Bij elkaar in dezelfde tray boven 4 planten van het ras Ricardo, onder 4 planten van Chico.

Metingen toonden aan dat bij 15°C de fotosynthese lager was dan bij 21°C (Tabel 3.4.1). De efficiëntie van de lichtreactie van de fotosynthese was ook lager, op een niveau dat aangeeft dat er schade is aan het fotosynthese-apparaat (Φ_{PSII} 0.420). De lagere fotosynthese bij 15°C zal waarschijnlijk de groei hebben beperkt.

Tabel 3.4.1. CO₂-opnamesnelheid en efficiëntie van fotosynthese (Φ_{PSII}) van Spathiphyllum Chico, gemeten op dag 138. Data zijn gemiddelden van 3-4 herhalingen gevolgd door standaarddeviatie.

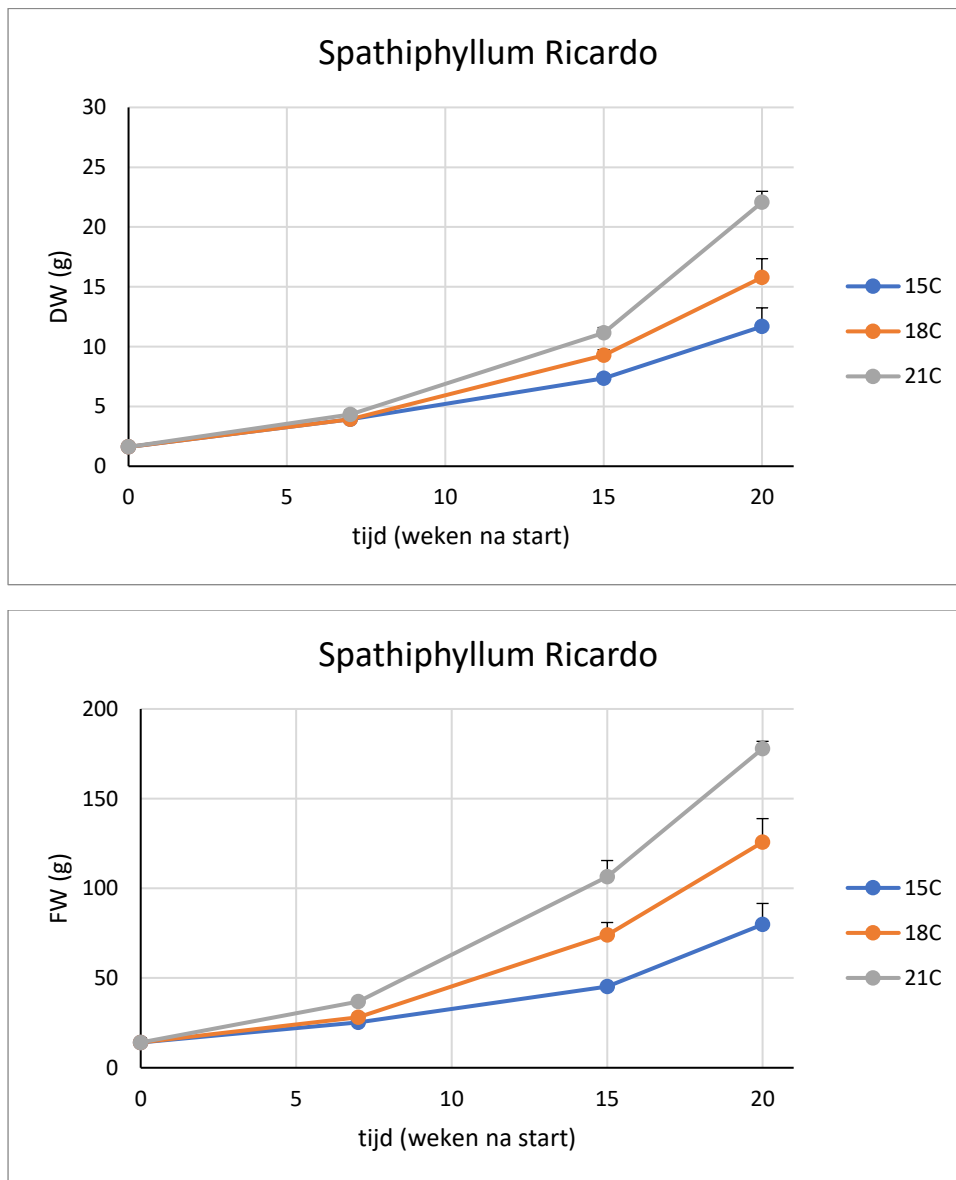
Behandeling	CO ₂ -opnamesnelheid ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	Efficiëntie fotosynthese Φ_{PSII}
15°C	3.07 ± 0.86	0.420 ± 0.004
21°C	5.46 ± 1.08	0.629 ± 0.053

De vergeling trok na enige tijd weg bij planten die overgezet zijn van 15°C naar 21°C en planten die verder zijn geteeld in de praktijk bij teler van der Voort. In de praktijk mag het blad wel wat geel worden tijdens de teelt. Telers geven dan minder licht aan het eind van de

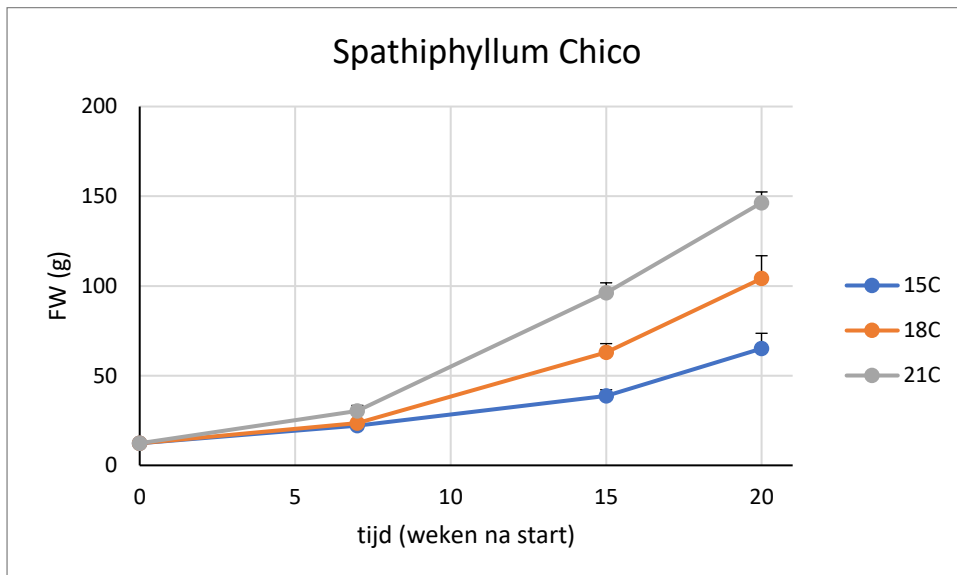
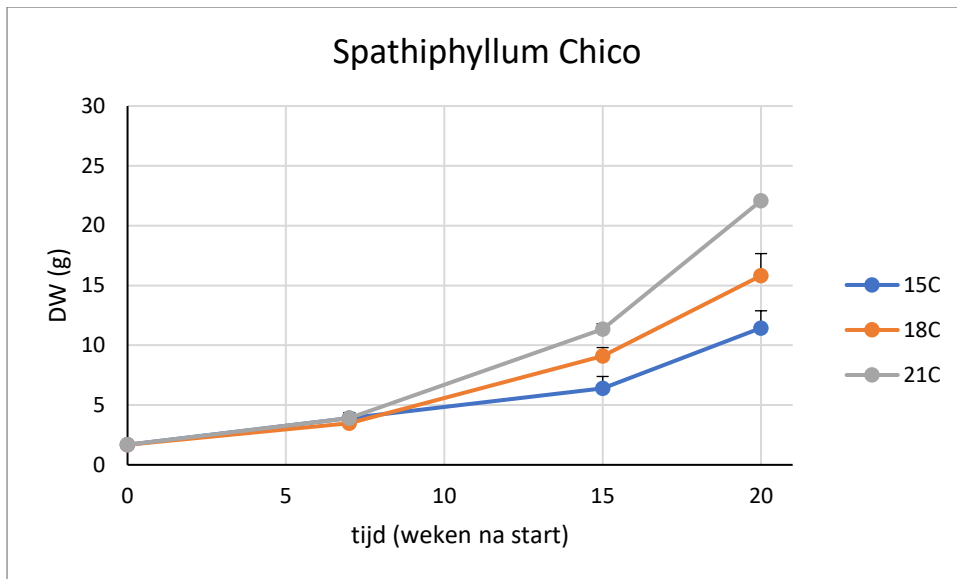
teelt waardoor er weer herstel optreedt. In deze proef zijn echter geen te hoge lichtsommen voor *Spathiphyllum* gebruikt volgens de telers. Wel is bekend dat schade aan de lichtreactie bij tropische gewassen kan voorkomen bij lage temperaturen ('chilling injury') en in het algemeen is de schade sterker bij hogere lichtintensiteit (Hogewoning en Harbinson, 2007). Normaal wordt *Spathiphyllum* niet zo koel geteeld, in de praktijk is een gemiddelde etmaaltemperatuur van 21°C gebruikelijk. Bij lagere temperatuur was er ook veel minder wortelvorming, wat gerelateerd kan zijn aan minder opname van voeding uit de bodem, wat weer verband kan houden met bladvergeling (volgende Paragraaf).

3.4.2 Groeicurve

Bij beide rassen van *Spathiphyllum* was er een duidelijk tragere toename van drooggewicht en versgewicht bij lagere temperatuur (Fig. 3.4.2-3). Bij eindoogst waren de behandelingen onderling allemaal significant verschillend van elkaar (Bijlage Tabel B3). *Spathiphyllum* bij 15°C presteerde in deze proef dus duidelijk slechter dan 18°C en die weer slechter dan 21°C in termen van eindgewicht. De gemeten schade aan het fotosynthese-apparaat bij de laagste temperatuur zal de groei beperkt hebben.



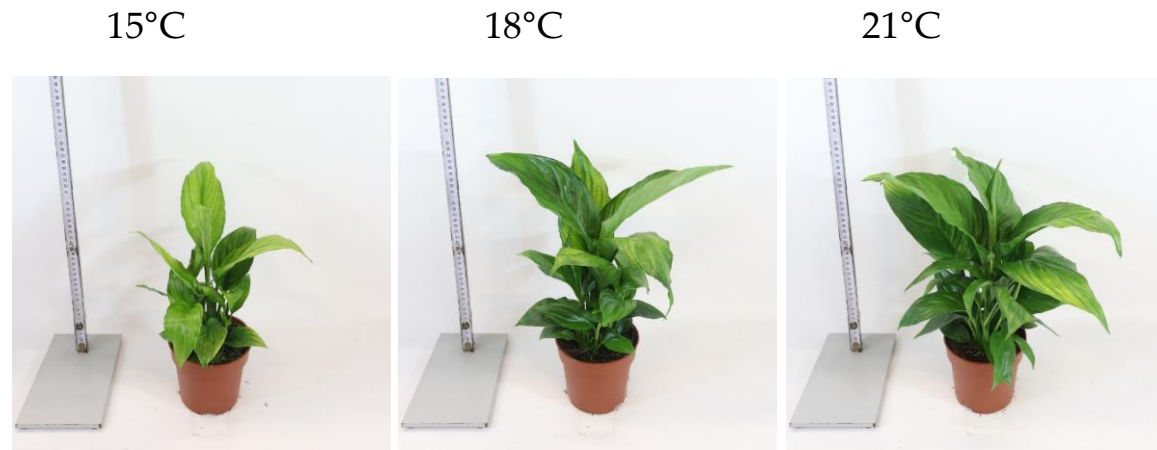
Figuur 3.4.2. Drooggewicht (DW) en versgewicht (FW) van planten (zonder wortels) van *Spathiphyllum Ricardo*. Data zijn gemiddelden van 4 herhalingen van steeds 5 samengevoegde planten (totaal 20 planten) en foutbalken zijn positieve standaarddeviatie.



Figuur 3.4.3. Drooggewicht (DW) en versgewicht (FW) van planten (zonder wortels) van Spathiphyllum Chico. Data zijn gemiddelden van 4 herhalingen van steeds 5 samengevoegde planten (totaal 20 planten) en foutbalken zijn positieve standaarddeviatie.

3.4.3 Overzicht plant- en wortel-ontwikkeling

Spathiphyllum Ricardo planten waren bij lagere temperatuur kleiner en hadden vooral bij 15°C geler blad (Fig. 3.4.4.). De doorworteling was bij 15°C veel minder dan bij 21°C, en bij 18°C ertussenin (Fig. 3.4.5). Dit kan ook de groei beperkt hebben.



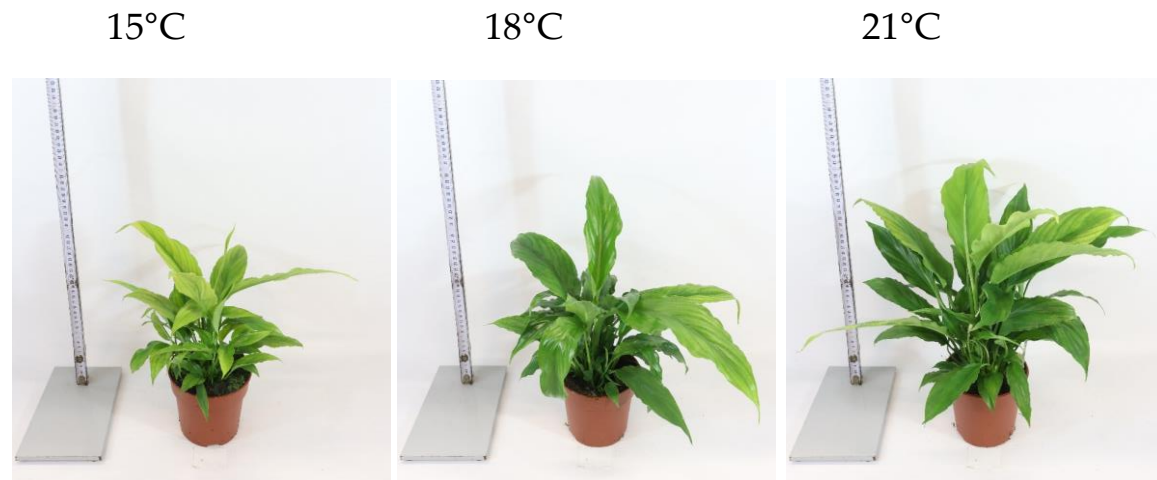
Figuur 3.4.4. *Spathiphyllum* Ricardo voor eindoogst op dag 138 na start proef.



Figuur 3.4.5. Wortels van *Spathiphyllum* Ricardo voor eindoogst op dag 138 na start proef.

Bij *Spathiphyllum* Chico was het blad nog geler bij 15°C dan bij Ricardo (Fig. 3.4.6). Er waren veel minder wortels bij 15°C dan bij 21°C. Bij 18°C waren er juist wat meer wortels te zien dan bij 21°C, maar dit individu bij 21°C bleek schimmel te hebben op de wortels. Deze ene plant geeft waarschijnlijk een wat vertekend beeld aangezien gemiddeld de bovengrondse delen

duidelijk groter en zwaarder waren en Ricardo wel duidelijk meer wortels bij 21°C liet zien. Het geeft wel aan dat de teelt bij 21°C niet optimaal verlopen is. Telers merkten op dat wortels schade lieten zien die komt door een afwisseling van nat en droog in de grond. Inderdaad was de grond vooral in het begin te nat en later in de teelt waren sommige potten veel te droog. De ontwikkeling van dezelfde partij planten bij 21°C was ook trager dan in de praktijk bij teler van der Voort.



Figuur 3.4.6. *Spathiphyllum Chico* voor eind oogst op dag 138.



Figuur 3.4.7. Wortels van *Spathiphyllum Chico* voor eind oogst op dag 138 na start proef. Bij 18°C zijn wat meer wortels te zien dan bij 21°C, maar dit individu bij 21°C bleek schimmel te hebben op de wortels.

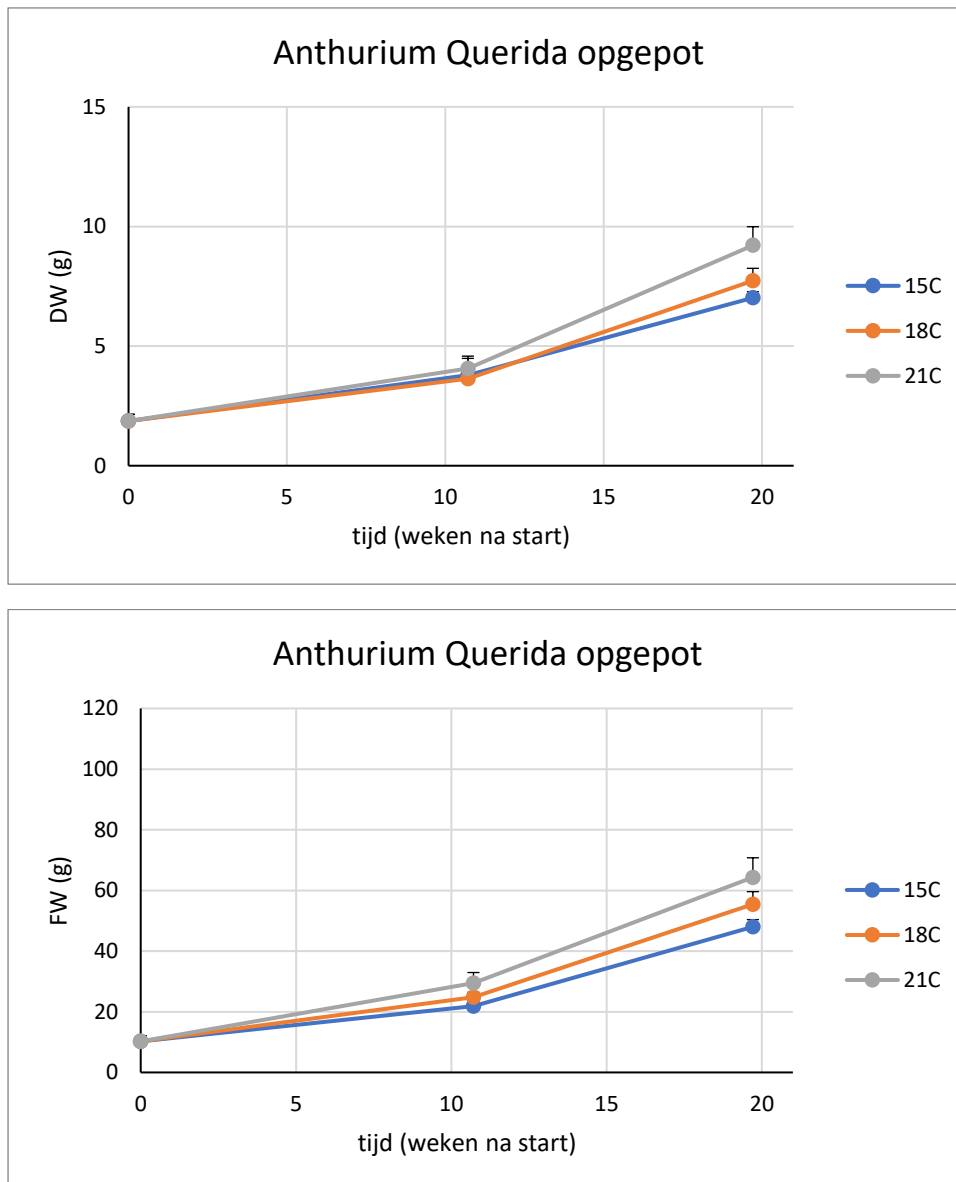
Net als bij Bromelia is vooral in het begin van de proef de grond vooral bij 15°C erg nat geweest. Dit heeft waarschijnlijk de doorworteling beperkt. De verdamping bij 15°C was

waarschijnlijk lager doordat planten kleiner waren en het vochtdeficiet wat lager was. De EC van de grond was hoger bij 15°C en de concentraties van de meeste nutriënten waren ook hoger dan bij de hogere temperaturen, gemeten op dag 130 (Bijlage Tabel B2). Er werd dus minder voeding opgenomen, wat ook de sterke bladvergeling kan verklaren, naast de schade aan de lichtreactie van de fotosynthese (Tabel 3.4.1).

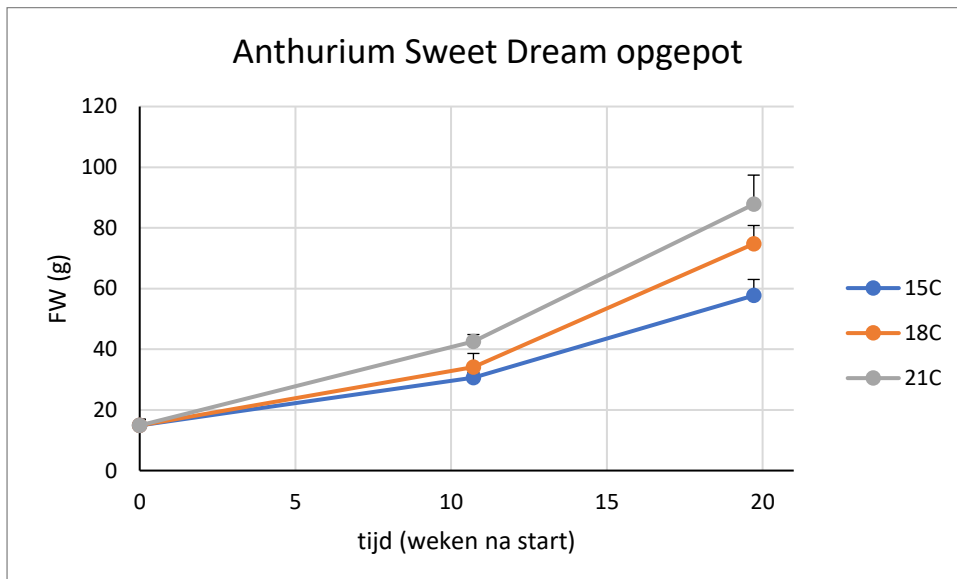
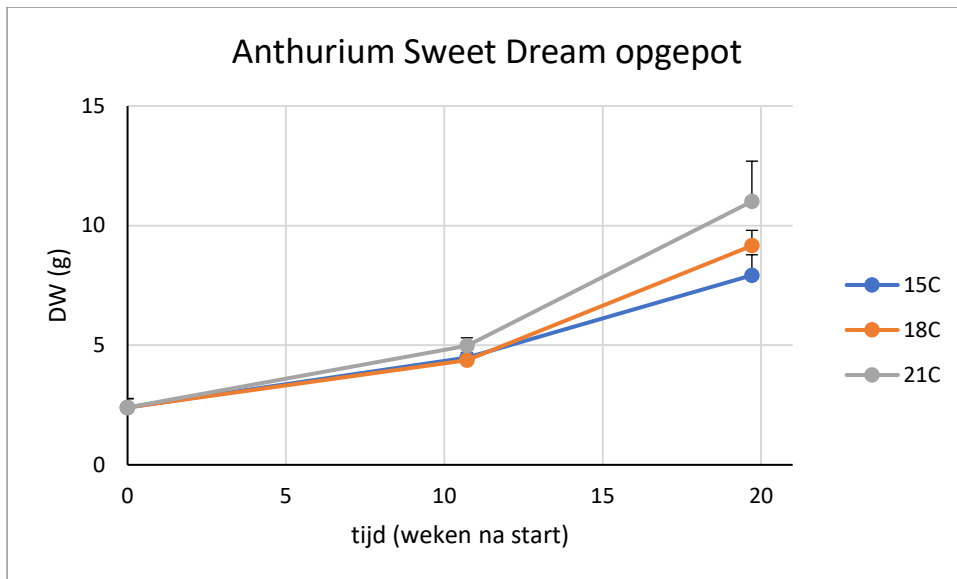
3.5 Anthurium net opgepot stadium

3.5.1 Groeicurve

De toename in drooggewicht van beide rassen Anthurium was lager bij lagere temperatuur (Fig. 3.5.1 en 3.5.2). De drooggewichten bij 15°C en 18°C waren niet heel verschillend van elkaar, maar beide wel significant lager dan bij 21°C (Zie statistische analyse in Bijlage Tabel B3). Het versgewicht van Anthurium Sweet Dream bij eindoogst was wel 52% hoger bij 21°C ten opzichte van 15°C.



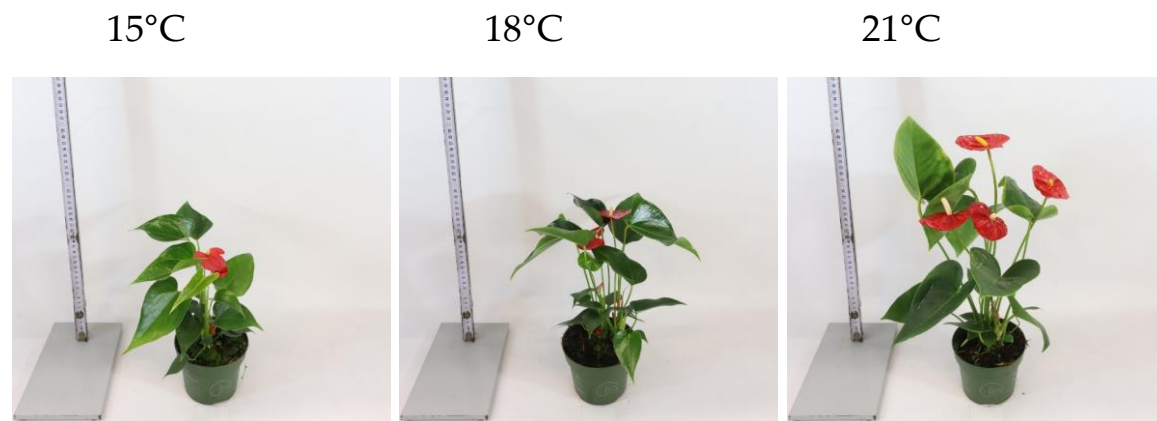
Figuur 3.5.1. Drooggewicht (DW) en versgewicht (FW) van planten (zonder wortels) van *Anthurium Querida* vanaf net opgepot stadium in de proef. Data zijn gemiddelden van 4 herhalingen van steeds 5 samengevoegde planten (totaal 20 planten) en foutbalken zijn positieve standaarddeviatie.



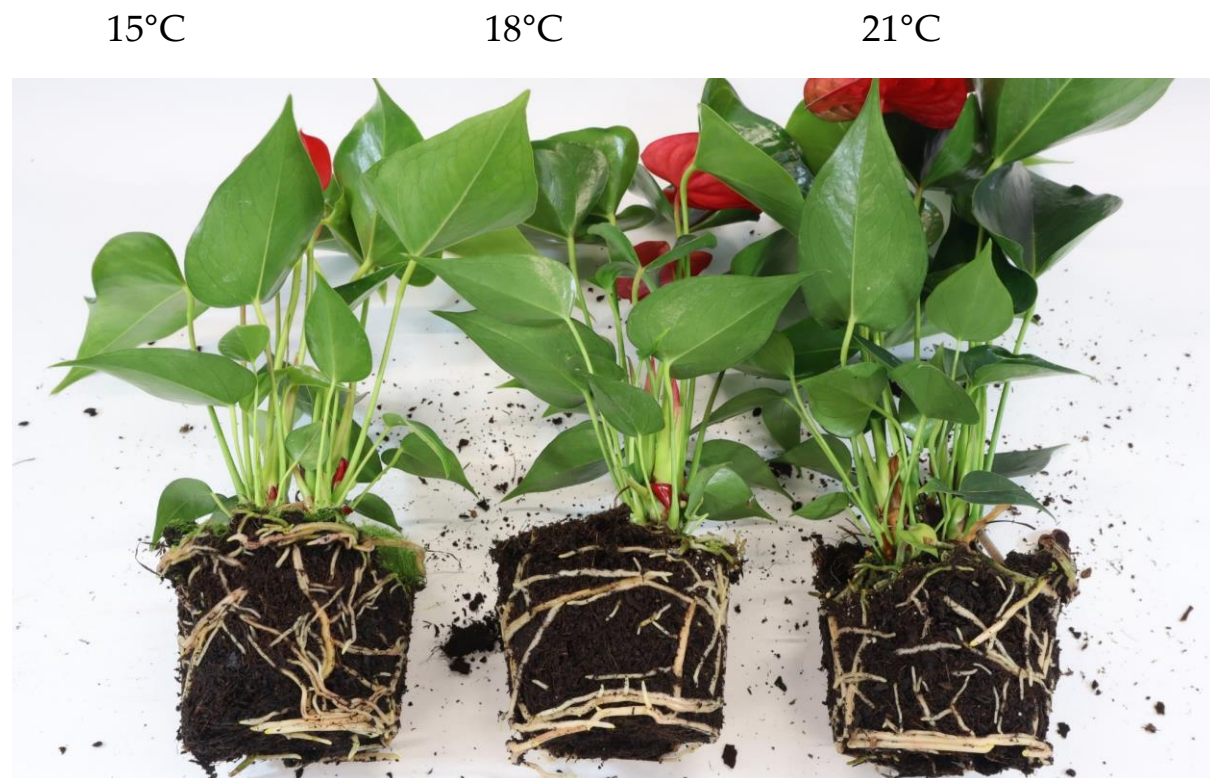
Figuur 3.5.2. Drooggewicht (DW) en versgewicht (FW) van planten (zonder wortels) van Anthurium Sweet Dream vanaf net opgepot stadium in de proef. Data zijn gemiddelden van 4 herhalingen van steeds 5 samengevoegde planten (totaal 20 planten) en foutbalken zijn positieve standaarddeviatie.

3.5.2 Overzicht plant- en wortel-ontwikkeling

Bij de lagere temperaturen waren de planten van *Anthurium Querida* waarmee in de proef net na oppotten is gestart duidelijk kleiner en hadden minder bloemen dan bij 21°C (Fig. 3.5.3). Bloemstelen waren meer gestrekt bij 21°C. Wortels waren goed ontwikkeld en gezond bij alle temperaturen. In tegenstelling tot de andere gewassen waren er op het oog niet minder wortels gevormd bij lagere temperatuur (Fig. 3.5.4). Bij 15°C hadden planten klein, stug en lichtgroen blad. Dit stugge blad doet denken aan *Vriesea Style* die een hogere LMA had bij 15°C (Paragraaf 3.1.5): meer massa per oppervlak geeft een dikker blad.

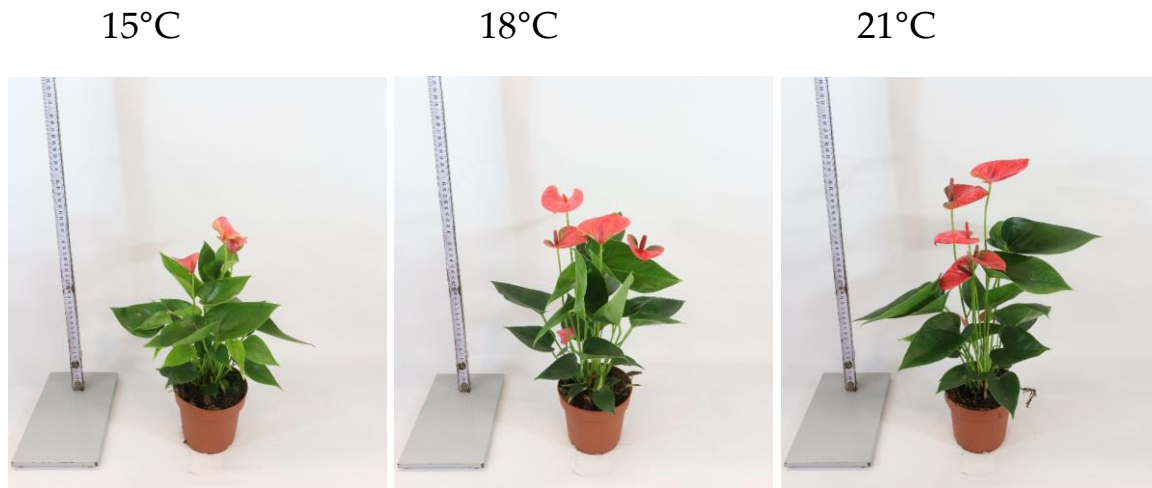


Figuur 3.5.3. *Anthurium Querida* vanaf net opgepot stadium in proef voor eind oogst dag op 138.

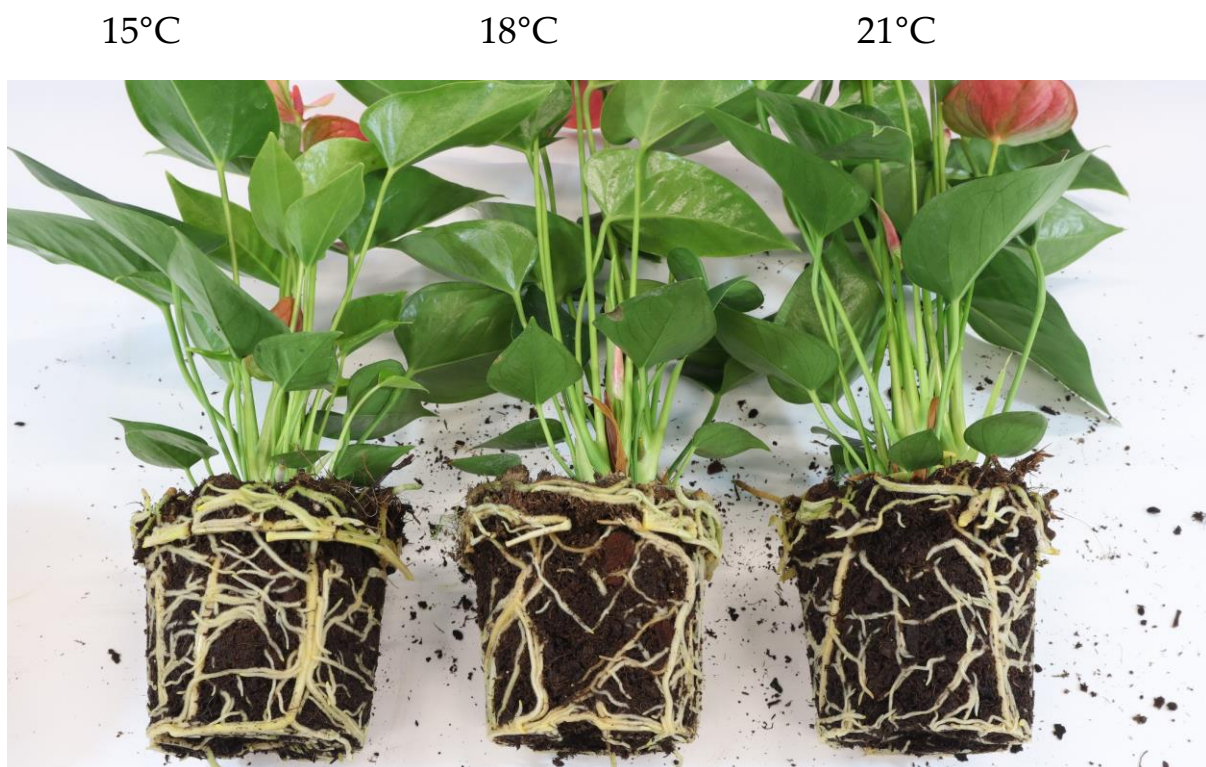


Figuur 3.5.4. Wortels van *Anthurium Querida* vanaf net opgepot stadium in proef voor eind oogst dag op 138.

Anthurium Sweet Dream was in het algemeen wat groter en zwaarder dan Querida. Bij Sweet Dream waren planten ook kleiner bij de lagere temperaturen. Bij 15°C waren er minder bloemen, maar bij 18°C was dat vergelijkbaar met 21°C in dit ras. Verder had Sweet Dream meer wortels dan bij Querida en doorworteling was bij alle temperaturen goed. De doorworteling van de pot was zeker niet minder bij 15°C dan bij de hogere temperaturen.



Figuur 3.5.4. *Anthurium Sweet Dream* vanaf net opgepot stadium in proef voor eind oogst dag op 138.

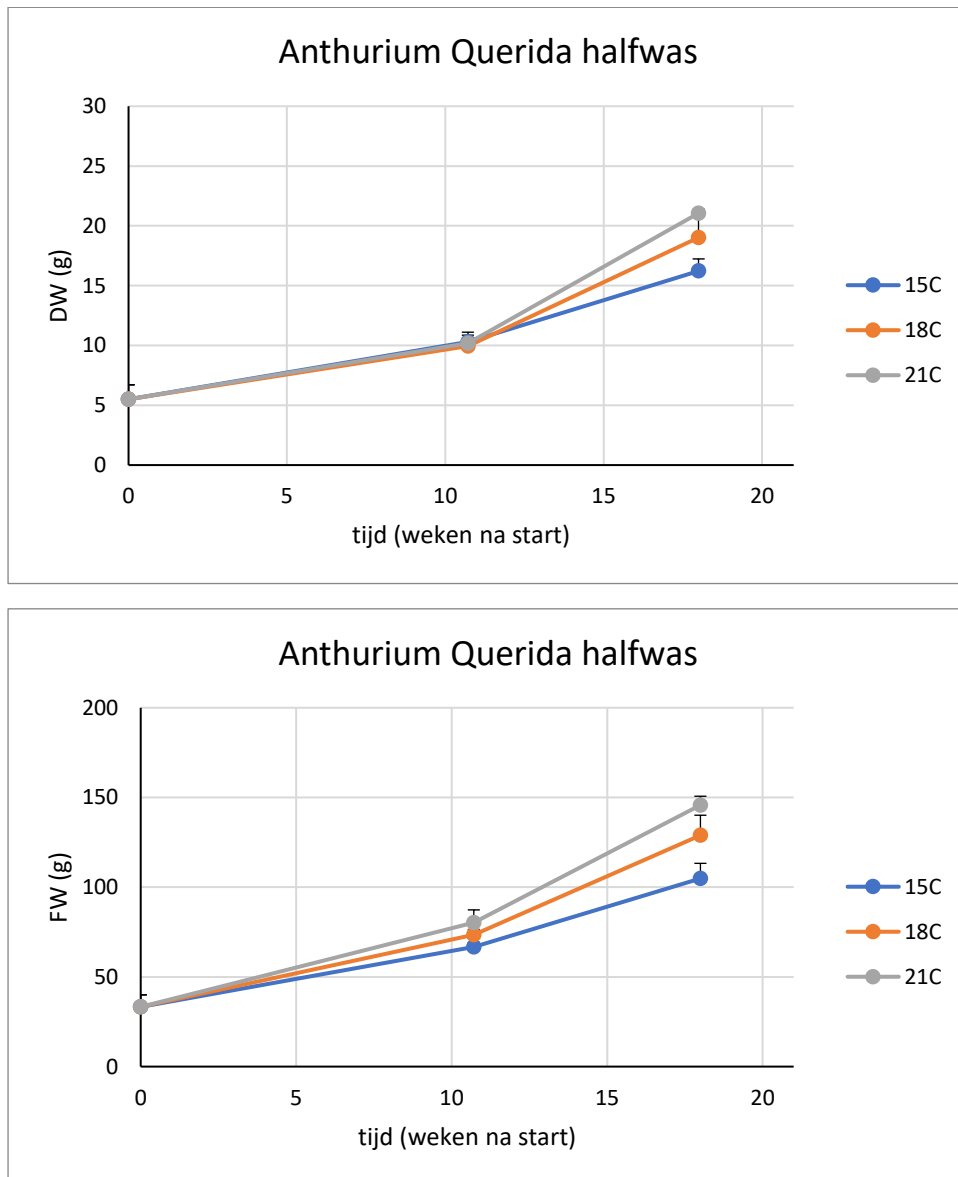


Figuur 3.5.5. *Anthurium Sweet Dream* vanaf net opgepot stadium in proef voor eind oogst dag op 138.

3.6 Anthurium halfwas stadium

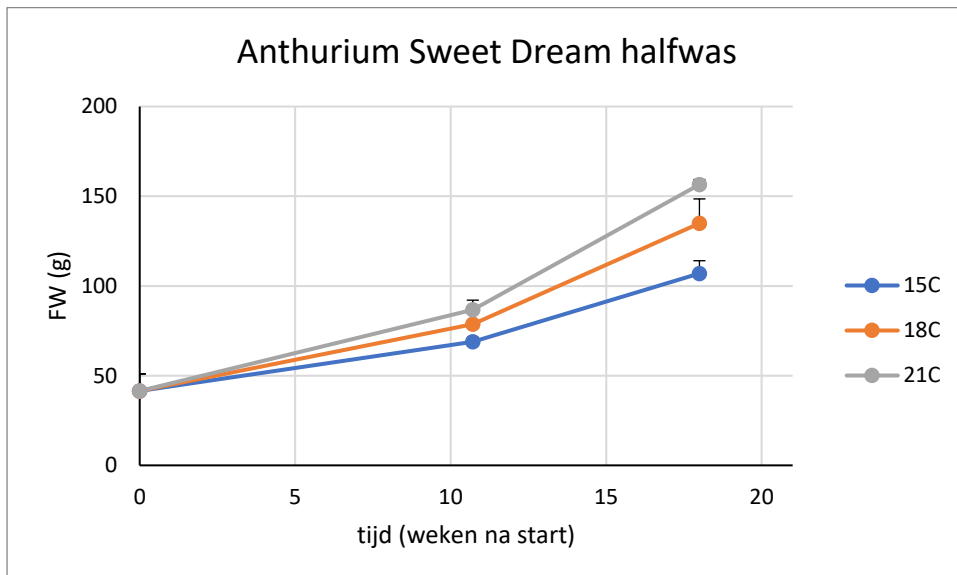
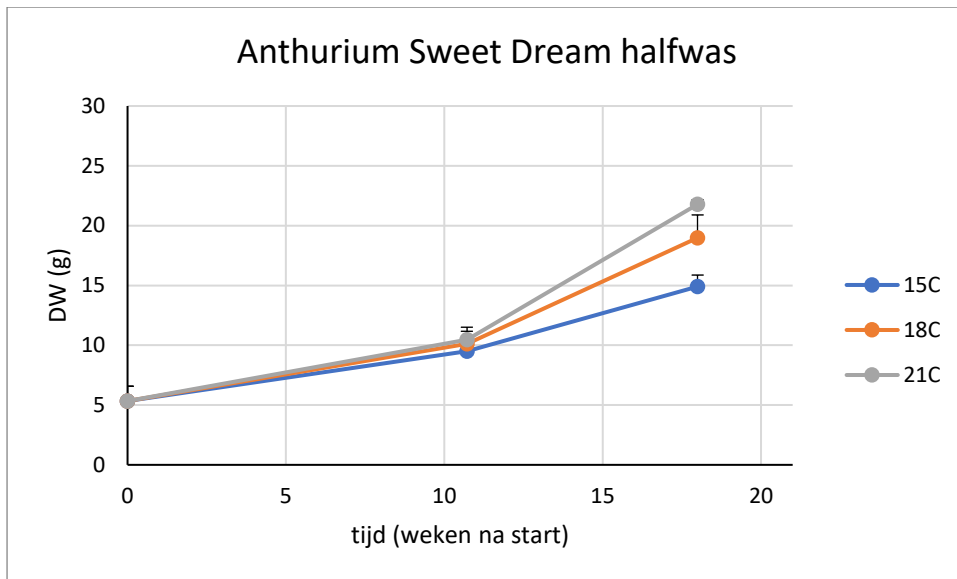
3.6.1 Groeicurve

Planten gestart in het halfwas stadium lieten een lagere gewichtstoename zien bij lagere temperaturen in beide rassen (Fig. 3.6.1 en 3.6.2).



Figuur 3.6.1. Drooggewicht (DW) en versgewicht (FW) van planten (zonder wortels) van *Anthurium Querida* vanaf halfwas stadium in de proef. Data zijn gemiddelden van 4 herhalingen van steeds 5 samengevoegde planten (totaal 20 planten), behalve bij eindoogst van 21°C zijn er twee herhalingen, en foutbalken zijn positieve standaarddeviatie.

Verschillen in gewicht tussen de temperatuurbehandelingen waren sterker bij *Anthurium Sweet Dream* dan bij *Querida* (Fig. 3.6.2).

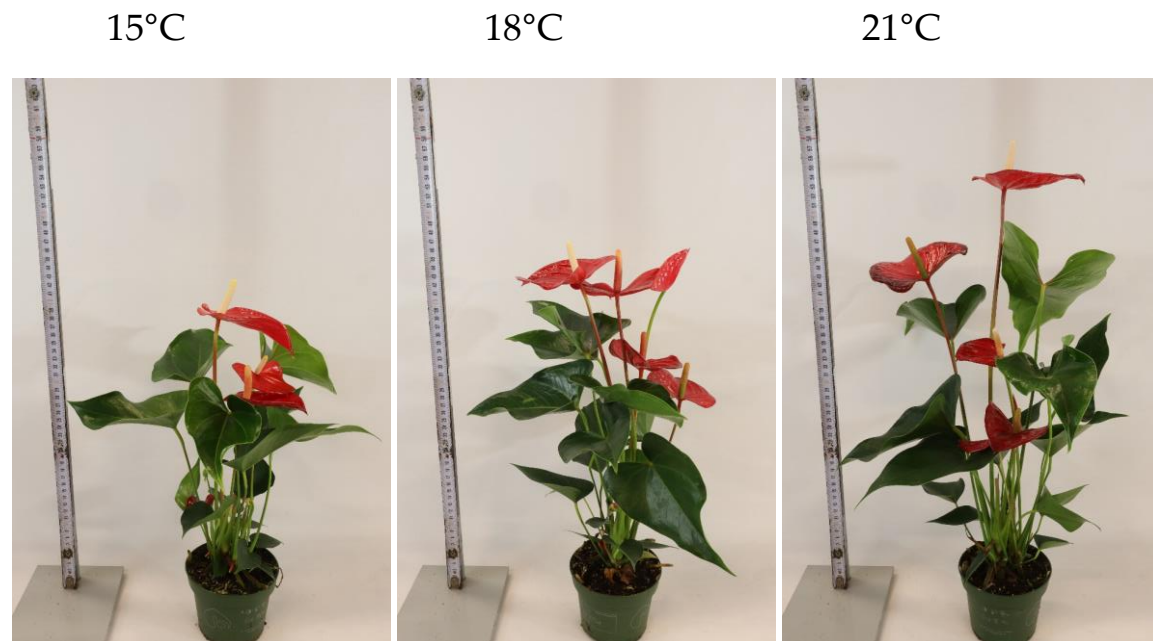


Figuur 3.6.2. Drooggewicht (DW) en versgewicht (FW) van planten (zonder wortels) van *Anthurium Sweet Dream* vanaf halfwas stadium in de proef. Data zijn gemiddelden van 4 herhalingen van steeds 5 samengevoegde planten (totaal 20 planten) en foutbalken zijn positieve standaarddeviatie.

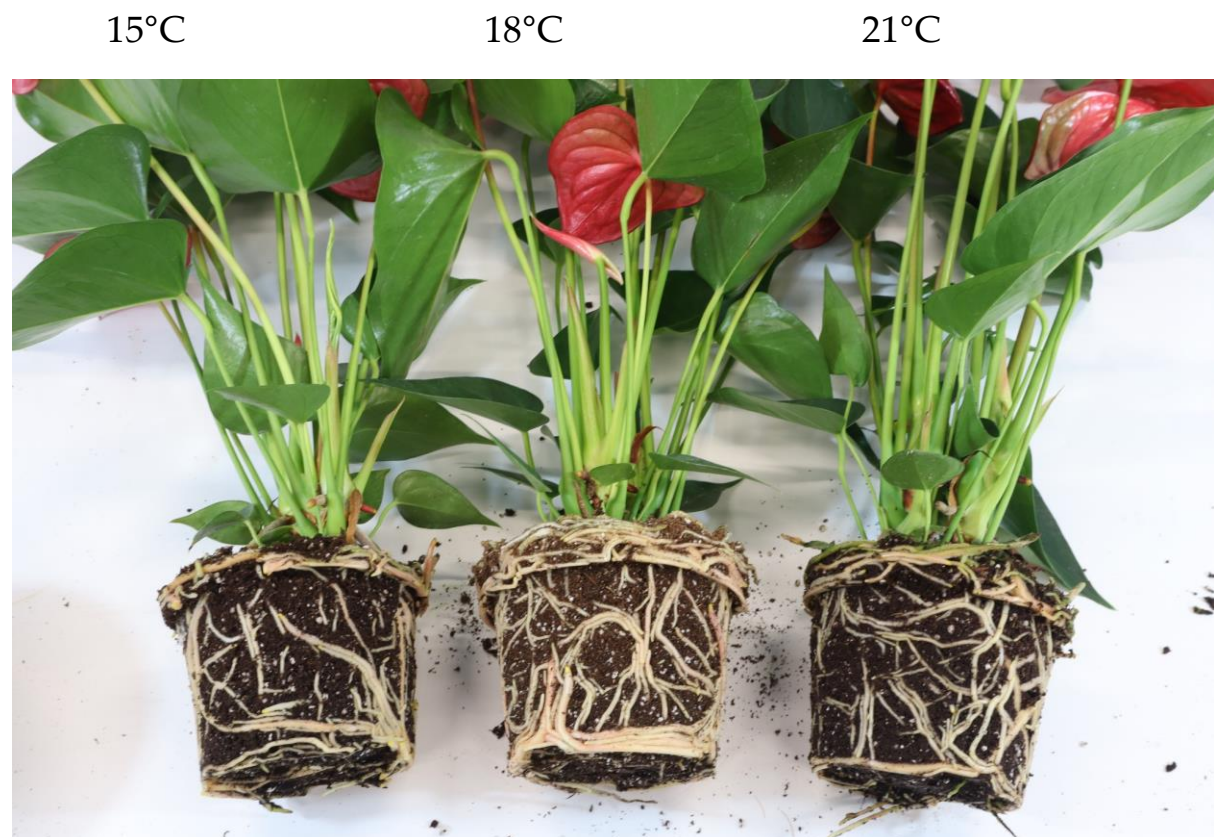
3.6.2 Overzicht plant- en wortel-ontwikkeling

Anthurium vanaf halfwas stadium was bij eind oogst minder lang bij de lagere temperaturen en vooral bij 15°C waren er minder bloemen gevormd in beide rassen (Fig. 3.6.3 en 3.6.5). De bloemstelen waren duidelijk minder lang bij lagere temperatuur en bij 21°C juist opvallend lang. De planten hadden nog een keer wijder gezet moeten worden (16 in plaats van 24 planten/m²) en zijn mogelijk meer gaan strekken door een te hoge dichtheid. De doorworteling was vergelijkbaar tussen de behandelingen (Fig. 3.6.4 en 3.6.6). Bij 18°C was de plant volgens de telers van goede kwaliteit. Doordat bloemstelen minder waren gestrekt oogden de planten wat beter bij 18°C dan bij 21°C. Hoewel het gewicht bij eind oogst lager

was dan bij 21°C (Fig. 3.6.1-3.6.2), zou Anthurium vanaf halfwas stadium dus waarschijnlijk redelijk goed met stooklijn 18°C kunnen worden geteeld op grond van deze resultaten.



Figuur 3.6.3. *Anthurium Querida* vanaf halfwas stadium in de proef voor eindooft op dag 126.



Figuur 3.6.4. Wortels van *Anthurium Querida* vanaf halfwas stadium in de proef voor eindooft op dag 126.

15°C

18°C

21°C



Figuur 3.6.5. *Anthurium Sweet Dream* vanaf halfwas stadium in de proef voor eindoogst op dag 126.

15°C

18°C

21°C



Figuur 3.6.6. Wortels *Anthurium Sweet Dream* vanaf halfwas stadium in de proef voor eindoogst op dag 126.

4 Discussie en conclusie

De doelstelling van dit project was om bij te dragen aan de ontwikkeling van een energiezuinig en toekomstbestendig teeltconcept voor de tropische potplanten Bromelia, Anthurium en Spathiphyllum. De vraag was wat de ondergrens is van de teelttemperatuur onder LED-belichting.

Ten opzichte van een standaard stooklijn van 21°C bleef de groei duidelijk achter met een stooklijn van 15°C in alle gewassen, rassen en plantstadia bij start van de proef. Ook bleef vooral bij de jonge planten de plantkwaliteit achter. De resultaten waren wisselend bij 18°C, maar neigden over het algemeen ook naar tragere groei. Het is goed om te bedenken dat in deze proef de temperatuurbehandelingen de hele teeltperiode van 20 weken zijn aangehouden. Door te luchten bij >3°C boven de stooklijn en vanaf kalenderweek 9 zelfs >2°C boven de stooklijn, is actief gestuurd op een lagere kastemperatuur. In werkelijkheid duurt een teelt langer en zullen er ook warmere periodes plaatsvinden. In de praktijk hoeft ook niet zo snel gelucht te worden en zal dus ook met een lage stooklijn gemiddeld een hogere teelttemperatuur gerealiseerd worden. Deze proef test dus een extreem scenario.

Een deel van de verschillen tussen behandelingen die zijn gevonden hebben mogelijk te maken met teeltomstandigheden die niet ideaal waren en zijn eerder al genoemd in het hoofdstuk Resultaten en in de Paragraaf 2.2 Klimaat in Materiaal en Methoden. Zo was de grond van de Bromelia's in het begin van de teelt langdurig nat, met name in de 15°C behandeling, en was het vochtdeficiet lager dan in de andere behandelingen. Dit is een inherent probleem bij een lage kastemperatuur in de winter, tenzij er veel gestookt wordt om te ontvochtigen, maar dat gaat dan weer voorbij aan het doel van een energiezuinigere teelt. De vochtige omstandigheden bij lage temperatuur hebben waarschijnlijk de wortelgroei en de verdamping (verder) geremd, en bij Spathiphyllum ook geleid tot minder opname van nutriënten. Bij Bromelia wordt de meeste voeding opgenomen via de koker en niet via de wortels. Het is daarom de vraag in hoeverre de matige wortelvorming bij lage temperatuur ook bij Bromelia een beperking is geweest voor de opname van voeding. Watergift was lastig bij net opgepotte Guzmania Ostara omdat het dunne opgerichte blad nog weinig water onderschepte voor in de koker en daardoor veel water in de grond terecht kwam. Dit was minder een probleem bij Vriesea met groter blad en bij planten die al in het halfwas stadium waren. Evengoed kunnen de consistente verschillen in groei en plantkwaliteit tussen behandelingen wel grotendeels verklaard worden door de aangelegde verschillen in temperatuur.

Een deel van de verklaring van tragere groei bij lage temperatuur is dat processen in de plant zoals chemische reacties in het algemeen trager verlopen bij lagere temperatuur. Planten hebben een temperatuuroptimum waarbij ze het snelst groeien. Voor de tropische soort Bromelia is eerder al beschreven dat de groei van jonge stekjes veel beter is bij 25-30°C dan bij 15°C, al zijn er verschillen tussen Bromelia soorten en het klimaat van de habitat waar ze vandaan komen (Pedroso et al., 2010; Duarte et al., 2019). Bij extreem hoge of lage

temperaturen buiten het optimum kan schade optreden door oxidatieve stress (Duarte et al., 2019). Dat is de vorming van zuurstofradicalen die, als ze niet door de plant worden opgeruimd, bijvoorbeeld het fotosynthese-apparaat kunnen beschadigen. De fotosynthesemetingen aan Bromelia lieten echter geen duidelijke beschadiging bij de lage temperatuur zien. Bij Spathiphyllum was dat wel het geval.

De bladafsplitsing bij Guzmania Ostara en Vriesea Style vanaf net opgepot stadium was trager bij lagere temperatuur. De lichtonderschepping was daardoor lager. Bij jonge Guzmania Ostara planten ontstond ook sterke kokervorming bij 15°C. Dat gaf een groot kwaliteitsverlies en droeg ook bij aan een lagere licht-onderschepping. Ook bij 18°C neigde Guzmania enigszins naar kokervorming. Hoewel de fotosynthese op bladniveau niet sterk verschilde tussen de temperatuur-behandelingen, zal de fotosynthese op hele plant-niveau wel lager zijn geweest door het kleinere bladoppervlak en verminderde lichtonderschepping. Dit verklaart mede waarom de groei trager was bij lagere temperatuur. Bij planten gestart in het halfwas stadium na de bloeiïnductie was bij een stooklijn van 15°C en van 18°C de eindkwaliteit wel goed, maar de teeltduur tot rijpheid was veel langer. De teeltvertraging ten opzichte van 21°C was voor Guzmania Ostara 40 en 14 dagen, en voor Vriesea Style 46 en 11 dagen bij respectievelijk 15°C en 18°C. In een eerdere kasproef met Guzmania Ostara en Vriesea Evita zijn drie dagtemperaturen getoetst: 21, 24 en 27°C, allen bij een nachttemperatuur van 21°C (etmaalgemiddelden 21, 23 en 25°C). Dit is gedaan in een volledige teelt van oppotten tot bloei, waarbij planten in de proef dus ook tot bloei geïnduceerd werden (van den Boogaart et al., 2019). Een hogere dagtemperatuur dan 21°C had toen nauwelijks effect op de bladafsplitsing en toename in drooggewicht. Bij 27°C was er wel een snellere afrijping van de bloemen en een lager bloemgewicht. Het temperatuurbereik (etmaalgemiddelde) van 21°C tot 25°C is blijkbaar optimaal voor groei, terwijl deze proef aan heeft getoond dat in ieder geval 15°C te koud is.

De andere Bromelia soorten en rassen van de schouwtafel (vanaf net opgepot in de proef), Spathiphyllum en Anthurium in twee gewasstadia, lieten ook alle zien dat de stooklijn van 15°C leidde tot minder groei en plantkwaliteit. Dat kwam naar voren door een significant lager drooggewicht, lichtgroen of geel blad, slechtere beworteling (behalve bij Anthurium) en bij diverse Guzmania rassen sterke kokervorming. Behalve bij Anthurium was er ook bij 18°C over het algemeen minder doorworteling van de pot. Spathiphyllum had geler blad bij 18°C dan bij 21°C. Van enkele Bromelia rassen op de schouwtafel was er overigens visueel weinig verschil tussen 18 en 21°C.

Om energie te besparen valt de 15°C behandeling dus af. Hooguit is 15°C acceptabel in korte hele koude periodes. Daarbij is er weinig risico op kwaliteitsverlies bij halfwas bromelia en veel meer risico bij jonge planten. Ook bij Anthurium waren er behalve de groeivertraging geen ernstige zichtbare fysiologische problemen bij de lagere temperaturen. Dan blijft over de 18°C behandeling. Langdurig een stooklijn van 18°C aanhouden bij net opgepote planten is dus risicovol en zal ook de teelt vertragen gezien de tragere bladafsplitsing en het lagere eindgewicht wat in deze proef gemeten is. Waarschijnlijk is deze temperatuur wel voor

kortere duur aan te houden zonder veel problemen. Voor Bromelia planten gestart in het halfwas stadium kon een goede kwaliteit plant bij eind oogst worden geteeld met een stooklijn van 18°C, hoewel er nog altijd behoorlijk wat teeltvertraging was met 11 dagen bij Vriesea Style (met ook een relatief lager drooggewicht van de bloem) en 14 dagen voor Guzmania Ostara. Ook Anthurium planten vanaf halfwas stadium zouden mogelijk bij een stooklijn van 18°C geteeld kunnen worden. De plantkwaliteit was redelijk en de bloemstelen waren zelfs minder overmatig gestrekt, en er waren op het oog evenveel bloemen bij eind oogst na 18 weken, maar wel een wat lager plantgewicht dan bij 21°C. De besparing op kosten voor verwarming moet afgezet worden tegen de langere teeltduur, om te bepalen of dit een rendabele strategie is. Een langere teelt kost ook energie. Verder is de teelt moeilijker bij een lage temperatuur door lage verdamping, oplopende vochtigheid in de kas en, bij Guzmania Ostara, een langere periode waarin water niet in de koker maar op de grond valt.

Referenties

- van den Boogaart SAJ, Hogewoning SW** (2020) Bromelia onder LED. Plant Lighting B.V., 33p.
- van den Boogaart SAJ, Trouwborst G, Hogewoning SW** (2019) Plantbalans Bromelia: Optimale benutting van licht en warmte. Plant Lighting B.V., 41p.
- Campen JB, Kempkes FLK, Benninga J, Straver N** (2004) Gebruik van energiebesparende opties op anthurium bedrijven met een laag energieverbruik. Agrotechnology & Food Innovations B.V. Wageningen, 58p.
- Duarte AA, da-Silva CJ, Marques AR, Modolo LV, Lemos Filho JP** (2019) Does oxidative stress determine the thermal limits of the regeneration niche of *Vriesea friburgensis* and *Alcantarea imperialis* (Bromeliaceae) seedlings? *J Therm Biol* **80**: 150–157
- García Victoria N** (2022) Rekken en strekken in de schaduw: Optimaliseren LED Spectrum bij schaduwplanten, met potanthurium als modelgewas. WUR. 84p. doi: 10.18174/568145
- Hogewoning SW, Harbinson J** (2007) Insights on the development, kinetics, and variation of photoinhibition using chlorophyll fluorescence imaging of a chilled, variegated leaf. *Journal of Experimental Botany* **58**, 453–463
- van Noort F, Kromwijk W, Snel J, Warmenhoven M, Meinen E, Li T, Kempkes F, Marcelis L** (2013) “Grip op licht” bij potanthurium en bromelia: meer energie besparing bij Het Nieuwe Telen Potplanten met meer natuurlijk, diffuus licht en verbeterde monitoring. WUR. 96p.
- Pedroso ANV, Lazarini RA de M, Tamaki V, Nievola CC** (2010) In vitro culture at low temperature and ex vitro acclimatization of *Vriesea inflata* an ornamental bromeliad. *Revista Brasileira de Botânica* **33**: 407–414
- Trouwborst G, Hogewoning SW, Pot CS** (2013) Meer rendement uit licht en CO₂ bij Bromelia. Plant Dynamics B.V. & Plant Lighting B.V. 34p.

Bijlage

Tabel B1. Samenstelling voedingsoplossing gemeten op dag 117 van de proef en genormaliseerd naar EC = 1 mS/cm. Per gewas en teeltstadium verschilde de EC (zie Tabel 2.2), de verhouding aan voedingselementen was voor alle gewassen gelijk.

	Hoog 2.3	Laag 1.6	Streefwaarde
pH	6	5.6	
	mS/cm		
EC	2.3	1.9	
	mmol/l		
NH ₄	0.5	0.5	0.6
NO ₃	5.7	6.0	5.6
K	4.3	3.7	4.4
Ca	0.9	1.4	0.8
Mg	0.8	0.8	0.8
PO ₄	0.6	0.6	0.6
SO ₄	0.8	0.7	0.9
	μmol/l		
Fe	13.9	12.6	14.1
Mn	3.9	4.4	2.5
Zn	1.9	2.1	2.1
B	4.2	7.4	1.7
Cu	0.8	0.7	1.3
Mo	0.5	0.3	0.5

Tabel B2. Analyse van grondmonsters gemeten op dag 130 van de proef. Concentraties zijn niet genormaliseerd.

	Guzmania Ostara net opgepot			Spathiphyllum Ricardo		
	15°C	18°C	21°C	15°C	18°C	21°C
pH	4.7	4.6	4.5	5.4	5.8	5.8
mS/cm						
EC	0.3	0.4	0.4	0.8	0.4	0.4
mmol/l						
NH ₄	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
NO ₃	1.3	1.7	1.8	3.5	1.5	0.7
K	1.4	1.6	1.6	3.5	1.9	1.2
Ca	0.2	0.2	0.3	0.6	0.3	0.4
Mg	0.2	0.2	0.3	0.7	0.3	0.4
PO ₄	0.22	0.29	0.29	0.72	0.39	0.44
SO ₄	0.2	0.3	0.4	1.0	0.7	1.0
µmol/l						
Fe	6.5	8.7	9.6	5.9	5.0	3.2
Mn	0.5	0.5	0.8	0.5	0.2	0.1
Zn	0.3	0.4	0.4	0.9	0.5	0.4
B	4.7	4.3	5.3	6.2	<4	<4
Cu	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2
Mo	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

Tabel B3. Statistische analyse (P-waardes) van het effect van temperatuur op drooggewicht (DW) en versgewicht (FW) bij eindooft van planten vanaf net opgepot stadium. In alle gewassen waren gewichten significant lager in behandelingen 15°C en 18°C dan in 21°C. Onderling waren 15°C en 18°C niet significant verschillend in Vriesea Style en alleen drooggewicht in Guzmania Ostara.

Soort en ras	ANOVA	Tukey test					
		15°C-18°C		18°C-21°C		15°C-21°C	
		DW	FW	DW	FW	DW	FW
Guzmania Ostara	*	*	ns	*	*	*	*
Vriesea Style	*	ns	ns	*	*	*	*
Spathiphyllum Ricardo	*	*	*	*	*	*	*
Spathiphyllum Chico	*	*	*	*	*	*	*
Anthurium Querida	*	ns	+	*	*	*	*
Anthurium Sweet Dream	*	ns	*	*	*	*	*

*, $P < 0.05$

+, $P < 0.1$

ns, niet significant

Figuur B1. Foto's startmateriaal van de proef.



