

Kalanchoë toekomstbestendig met minimale energie en remmiddelen



December 2024

D.I. Ruiter, H.H. Oudshoorn & S.W. Hogewoning

Kalanchoë toekomstbestendig met minimale energie en remmiddelen

December 2024

D.I. Ruiter¹, H.H. Oudshoorn² & S.W. Hogewoning¹

¹Plant Lighting B.V.

Doordraai 1

3981 PE Bunnik

info@plantlighting.nl

www.plantlighting.nl

²Delphy Improvement Centre B.V.

Violierenweg 3

2665 MV Bleiswijk

REFERAAT

D.I. Ruiter, H.H. Oudshoorn, S.W. Hogewoning. 2024. Kalanchoë toekomstbestendig met minimale energie en remmiddelen. Plant Lighting B.V., Bunnik. 89p.



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit



© 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 mede gefinancierd door Stichting Kennis in je Kas, de gewascoöperatie Kalanchoë, Agrolux Nederland B.V. en Ludvig Svensson. De resultaten mogen vrij gebruikt worden, mits de bronnen worden vermeld. Plant Lighting B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen als gevolg van gebruik van gegevens uit dit rapport.

Inhoudsopgave

SAMENVATTING	6
DANKWOORD	8
1 INLEIDING.....	9
1.1 Achtergrond.....	9
1.2 Doelstellingen.....	10
1.3 Uitgangspunten energiezuinige teeltstrategie	10
1.4 Leeswijzer.....	11
2 TEELTSTRATEGIE IN DE LANG-DAG OPK WEEKFASE	12
2.1 Materiaal & Methoden	12
2.1.1 Tijdlijn	13
2.1.2 Behandelingen	13
2.1.3 Plantmateriaal.....	14
2.1.4 Groeicondities.....	15
2.1.5 Metingen.....	18
2.2 Resultaten.....	19
2.2.1 Tussentijdse oogst	19
2.2.2 Eindoogst.....	21
2.3 Discussie & Conclusies klimaatcelproef	29
3 KASPROEF MET ENERGIEZUINIGE TEELTSTRATEGIE.....	31
3.1 Materiaal & Methoden	31
3.1.1 Kasuitrusting	31
3.1.2 Tijdlijn	32
3.1.3 Plantmateriaal.....	33
3.1.4 Groeicondities.....	33
3.1.5 Metingen.....	35
3.1.6 Energiebalans en berekende verdamping	36
3.1.7 Dataverwerking.....	36
3.2 Klimaat & Energiegebruik	37
3.2.1 Buitenomstandigheden	37
3.2.2 Belichting.....	37
3.2.3 Schermgebruik.....	40
3.2.4 Temperatuurstrategie en vochthuishouding	41
3.2.5 Gewasverdamping.....	47
3.2.6 Energiebalans.....	51
3.2.7 Energiegebruik	54
3.2.8 Discussie klimaat en energie	55
3.3 Resultaten.....	57
3.3.1 Plantkwaliteit teelt 1	57

3.3.2	Plantkwaliteit teelt 2	60
3.4	Discussie & Conclusies kasproef	64
3.4.1	Energiegebruik	64
3.4.2	Plantkwaliteit.....	65
4	ALGEMENE CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	68
5	REFERENTIES.....	69
6	BIJLAGEN.....	70

Samenvatting

Kalanchoë is een van de belangrijkste gewassen binnen het segment bloeiende potplanten. Het gewas heeft een korte daglengte nodig voor bloeiïnductie. In eerder onderzoek van Plant Lighting werd onder andere aangetoond dat telen onder full-LED goed mogelijk is, hoe het gewas op lichtspectrum reageert in de korte-dag fase, en dat halverwege de korte-dag fase weer overgegaan kan worden op een lange-dag zonder de bloei te verstoren. Dit rapport presenteert de resultaten van een klimaatcelproef waarin de effecten van dagtemperatuur, verrood licht en lichtintensiteit gedurende de lange-dag opkweekfase zijn onderzocht. Uit alle bevindingen is een energiezuinige teeltstrategie ontwikkeld, welke vervolgens is getoetst in een kasproef. Het hoofddoel van dit onderzoek was om met zo min mogelijk warmte-input en elektra en zonder gebruik van remmiddelen een goede kwaliteit Kalanchoë te telen.

Verrood, temperatuur en lichtintensiteit tijdens de opkweekfase

In de klimaatcelproef werd tijdens de 4 weken durende opkweekfase bij lange-dag onderzocht wat de effecten zijn van belichting met of zonder verrood licht (0, 5 en 15%), dagtemperatuur (21 en 23°C) en wel of niet een verhoging in de intensiteit belichting van 30 naar 90 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ na 2 teeltweken. Het toevoegen van verrood licht had nauwelijks effect. De hogere dagtemperatuur gaf meer strekking in de opkweekfase, wat onwenselijk is. Een hogere lichtintensiteit gedurende de laatste twee weken van de opkweekfase gaf forsere planten en meer zijscheuten aan het einde van de opkweekfase, maar dat resulteerde aan het einde van de teelt verrassend genoeg niet in een zichtbaar effect op de plantkwaliteit. Daarom is in de kasproef gekozen voor een lage intensiteit belichting zonder verrood licht tijdens de lange-dag opkweekfase.

Energiezuinige teelt zonder remmiddelen

De kasproef bestond uit twee teelten uitgevoerd tussen september 2023 en april 2024. Er is met dimbare LED-belichting, goede isolatie met 3 schermen en zonder inzet van minimumbuis geteeld. De resultaten lieten zien dat met relatief weinig energie Kalanchoë geteeld kon worden. Bij elkaar werd in de twee teelten 58,2 kWh/m² aan elektriciteit gebruikt voor belichting en 9,2 m³/m² aan gas.

De bladkwaliteit en groei waren goed. Een aandachtspunt was echter de plantvorm. Ondanks dat de klimaatcelproef voor de meeste cultivars een goede plantvorm liet zien, bleek het in de kas lastiger om zonder chemische remmiddelen te telen. Hoewel teelt 1 en teelt 2 geen exacte herhaling van elkaar waren, was er een opmerkelijk verschil van ca. 30% plantgrootte tussen beide teelten. In teelt 1 waren de planten veel grover dan in teelt 2. Dat lijkt gerelateerd aan twee factoren. In teelt 1 duurde de vegetatieve opweek een week langer en was er ook meer licht en warmte in die periode. Daarnaast was in teelt 1 de gemiddelde RV hoger en de verdamping lager. In de klimaatcelproef duurde de opweek even lang als in teelt 1, maar was de plantvorm wel mooi en ook was de verdamping hoger dan in de kas. Dat duidt op een effect van (micro)klimaat en verdamping op compactheid. Juist energiebesparende

maatregelen, zoals betere isolatie, geen minimumbuis en het beperken van ventilatie, kunnen leiden tot een verhoogde luchtvochtigheid en beperkte verdamping. De effecten daarvan zullen in de winter van 2024-2025 worden onderzocht. Tussen de cultivars waren ook grote verschillen in de mate van compactheid. Het gebruik van cultivars die van nature compacter blijven lijkt daarom naast de klimaatregeling een voor de hand liggende oplossing.

Conclusie

Samenvattend laat dit onderzoek zien dat het mogelijk is om Kalanchoë van goede kwaliteit te telen met een energiezuinige klimaatstrategie. Om volledig af te stappen van chemische remmiddelen, is naast het selecteren van geschikte genetica aanvullend onderzoek nodig naar duurzame methoden om de plantvorm te beheersen.

Dankwoord

Dit rapport beschrijft de resultaten van onderzoek naar een energiezuinige Kalanchoëteelt zonder gebruik van chemische remmiddelen. De klimaatcelproef vond plaats bij Plant Lighting en de kasproef werd uitgevoerd bij het Delphy Improvement Centre.

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 Kalanchoë, Agrolux Nederland B.V. en Ludvig Svensson.

We willen de volgende personen/organisaties hartelijk bedanken voor hun bijdrage:

- Alle financiers voor hun financiële bijdrage.
- Kwekerij Lankhaar, Slijkerman Kalanchoë, Vilosa en KP Holland voor het geleverde plantmateriaal.
- Kwekerij Lankhaar voor het leveren van de potten en het substraat.
- De telers uit de gewascoöperatie Kalanchoë (BCO) bedanken we voor de proefbezoeken en de bijdragen aan de onderzoeksbesprekingen.
- Van der Knaap voor het sponsoren van het veenvrije substraat in de kasproef.
- Wilmar Kunz (Plant Lighting) voor het uitvoeren van de teelt in de klimaatcel.
- Ronald-Jan Post (DLV Glas en Energie) voor het uitvoeren van de rekenkundige analyse actieve ontvochtiging.
- Machteld Bouw (Glastuinbouw Nederland) danken we voor het coördineren van de BCO's.
- Als laatste willen we de onderzoekscoördinatoren Robert Solleveld, Dennis Medema (Glastuinbouw Nederland) en Marjolijn Valkenhoef (LNV) van het programma Kas als Energiebron bedanken voor hun steun bij de totstandkoming en de uitvoering van dit project.

December 2024,

Sander Hogewoning

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Kalanchoë is een van de voornaamste producten binnen het segment bloeiende potplanten. Het is een jaarrond-teelt met belichting waarbij een 3 tot 4 weken durende bewortelings- en groeifase bij lange-dag (16 uur) wordt opgevolgd door een ±10 weken durende korte dag van slechts 10 uur licht per dag voor bloeiïnductie. Daarnaast heeft Kalanchoë CAM-eigenschappen. Project 'Hoe werkt een Kalanchoë?' (Plant Lighting 2018) heeft aangetoond dat Kalanchoë omschakelt van CAM (stek), naar C3 (einde lange-dag opkweek en begin korte-dag fase), naar weer steeds meer CAM verder in de korte dag-fase. Iedere fase heeft zijn eigen uitdagingen voor een optimale teelt en energiebenutting.

Recent (2021-2022) is ook onderzocht hoe Kalanchoë met LED-belichting geteeld kan worden (Boonman *et al.* 2022). Dit was in klimaatcellen bij Plant Lighting met als doel om basiskennis te ontwikkelen voor een succesvolle teelt onder full-LED. Hierbij is het streven om zo min mogelijk elektriciteit te gebruiken en een compacte plantvorm te realiseren zonder remmiddelen. Het onderzoek heeft meerdere interessante nieuwe inzichten opgeleverd.

Zo bleek telen onder full-LED belichting goed mogelijk onder gesimuleerde winterse omstandigheden (daglichtachtergrond 2.3 mol/m²/dag). Het telen onder LED zonder gebruik van remmiddelen resulteerde in een goede kwaliteit Kalanchoë voor de meeste geteste cultivars, maar sommige cultivars strekten te veel. Met betrekking tot het spectrum verbeterd iets meer blauw licht dan de veelgebruikte 5 à 6% blauw de plantkwaliteit, omdat het resulteert in iets compactere planten met een gelijker bloemscherm. Meer dan 13% blauw heeft echter geen toegevoegde waarde. Sommige cultivars hebben verrood licht nodig om doorwas te voorkomen, dit remt dan tegelijkertijd ook plantlengte. Daarnaast kan UV gebruikt worden om op compactheid te sturen, maar de golflengte luistert vrij nauw: een te korte golflengte geeft schade, en een te lange golflengte heeft geen effect. UV heeft dus potentie om te sturen op een compacte plantvorm, maar is nu wellicht nog te duur om in de praktijk toe te kunnen passen.

Er is ook onderzocht wat de mogelijkheden zijn om op energie te besparen. In de eerste drie teeltweken (lange-dag opkweek) met een lage intensiteit van 30 µmol/m²/s belichten in plaats van 55 µmol/m²/s op een achtergrond van 2.3 mol/m²/dag (gesimuleerd) daglicht leek geen nadelen te hebben. Daarnaast kan na minimaal 4 weken korte-dag overgegaan worden op weer een lange-dag zonder bloeiverstoring (althans voor de getoetste cultivars). Dit biedt veel kansen voor energiebesparing, verlaging van de carbon-footprint en belichtingskosten:

- Wanneer de natuurlijke daglengte langer dan 10 uur is kan het daglicht beter worden benut. Tot nu toe wordt dat gratis licht weggeschermd.

- In de belichte nacht kan lampwarmte beter benut worden door te belichten onder de gesloten doeken, in plaats van vrijwel alleen overdag. Hierdoor is in deze laatste teeltfase ook een lager vermogen belichting voldoende om de gewenste lichtsom te kunnen halen.
- Er zijn meer mogelijkheden om te profiteren van de onbalans op het net. Juist voor 6:00 uur 's morgens is stroom vaak goedkoop (en duurzamer), terwijl nu vaak van 6:00 tot 16:00 uur belicht wordt. Door om 1:00 uur al te starten met belichten kan in de 'dure periode' van 6:00 tot 9:00 in de ochtend gedimd worden met behoud van de lichtsom.

Met bovengenoemde inzichten is veel basiskennis beschikbaar voor een energie-efficiëntere en toekomstbestendige Kalanchoëteelt. In combinatie met een minimale warmte-input door goede isolatie zou een goede Kalanchoë geteeld moeten kunnen worden met een laag gas- en elektragebruik en zonder gebruik van remmiddelen.

1.2 Doelstellingen

Het doel van dit onderzoek is tweeledig:

- 1) Onderzoek naar het effect van lichtintensiteit, verrood-belichting en dagtemperatuur in de lange-dag opkweekfase. Dit onderzoek is uitgevoerd in een klimaatcel.
- 2) Toetsen van een toekomstgerichte en energiezuinige teeltstrategie voor Kalanchoë in een proefkas. Het doel van deze teeltstrategie is om met zo min mogelijk warmte-input en elektra en zonder gebruik van remmiddelen een goede kwaliteit Kalanchoë te telen.

1.3 Uitgangspunten energiezuinige teeltstrategie

De toekomstbestendige teeltstrategie is op basis van de eerder opgedane kennis en inzichten. De volgende uitgangspunten zijn gebruikt om energiezuiniger te kunnen telen:

Belichting:

- Door gebruik te maken van full-LED wordt bijna 50% bespaart op elektra t.o.v. SON-t belichting. Vooral tussen week 40 en week 12 is belichting nodig. Met full-LED zou het elektragebruik rond de 50 kWh/m² per jaar blijven, uitgaande van een lichtsom in de kortedag fase tot 7 mol/m²/dag. Bij deze lichtsom zou een goede Kalanchoë geteeld moeten kunnen worden.
- Er is gekozen voor een efficiënt LED-spectrum met spectrale eigenschappen waarvan aangetoond is dat Kalanchoë daarmee goed geteeld kan worden: R82%-G5%-B13% plus 5% verrood in de korte-dag-fase. Het verrood in de korte-dag fase is noodzakelijk voor een goede bloei.
- De belichting is dynamisch dimbaar, zodat niet meer belicht hoeft te worden dan nodig. Dat maakt het ook mogelijk om de lichtintensiteit aan te passen op basis van stroomkosten.

- In de lange-dag opkweek fase is ruimte om verder terug te gaan in de intensiteit belichting zonder kwaliteitsverlies.
- Door na 5 weken korte-dag fase (voor bloeiïnductie) weer over te gaan op een lange-dag, wordt de behoefte om te belichten kleiner tussen week 9 en 42, omdat in die periode de natuurlijke daglengte langer dan 10 uur per dag is. Daardoor hoeft geen daglicht meer weggeschermd te worden in de laatste 5 tot 6 teeltweken. Ook ontstaan er meer mogelijkheden om te belichten op uren met relatief goedkope stroom in nachtelijke uren. Dat is ook gunstig voor de warmtebalans in de kas, want er kan dan onder het gesloten schermdoek belicht worden, waarbij de lampwarmte goed wordt benut.

Warmte:

- Er wordt gestreefd naar een minimale warmte-input in de kas. Daarnaast is het voor het telen van compacte planten zonder remmiddelen belangrijk dat de nachttemperatuur niet te ver wegzakt (vermijden +DIF). In de proef wordt gebruik gemaakt van 3 schermen om de kas goed te isoleren: een transparant energiescherm, een diffuusscherm en een verduisteringsscherm (korte-dag plant).
- Het verduisteringsscherm en het diffuus-scherm kunnen samen ingezet worden volgens het PARperfect systeem om het gebruik van daglicht te optimaliseren bij te veel instraling.
- Er wordt niet geteeld met een minimumbuis. Een groeinet (hijswarmte) op ±80 cm boven het gewas wordt gebruikt als primair verwarmingsnet.

CO₂:

- Door de lagere warmte-inbreng (LED i.p.v. SON-t) wordt minder gelucht. Dat bespaart CO₂ (hoewel dat effect in de winter beperkt is). Omdat Kalanchoë na verloop van tijd switcht naar CAM-fotosynthese (met nog altijd een fors aandeel CO₂-opname via directe C3-fotosynthese), zal in die periode 24 uur per dag CO₂ gedoseerd moeten worden. Er wordt gemeten wanneer het gewas met CAM-fotosynthese begint, zodat niet onnodig lang 24 uur CO₂ gedoseerd wordt.

1.4 Leeswijzer

In dit onderzoeksrapport staat in hoofdstuk 2 de klimaatcelproef naar de teeltstrategie in de lange-dag opkweek beschreven. In hoofdstuk 3 staat de kasproef waarin de energieuze teeltstrategie is getoetst. Hoofdstuk 4 bevat de overkoepelende conclusies en aanbevelingen. Een rekenkundige analyse over actieve ontvochtiging is te vinden in Bijlage VII.

2 Teeltstrategie in de lang-dag opkweekfase

In een klimaatcel van Plant Lighting is onderzocht wat het effect van dagtemperatuur, verrood licht en lichtintensiteit in de lange-dag opkweekfase is op de kwaliteit van het uiteindelijke product. De resultaten van deze proef zijn gebruikt om de teeltstrategie te bepalen voor de vegetatieve startfase in de kasproef (zie hoofdstuk 3). In de vegetatieve startfase bij lange-dag zijn goede beworteling, voldoende groei en zijscheuten wenselijk, zonder dat er sprake is van overmatige strekking van internodia. Dit laatste vanuit de doelstelling om zonder remmiddelen te kunnen telen. In deze klimaatcelproef waren er acht verschillende proefbehandelingen die varieerden in dagtemperatuur, aandeel verrood in het lichtspectrum en in lichtintensiteit. Behandelingen met een hogere dagtemperatuur hadden dus ook een grotere +DIF. Na vier weken opkweek onder verschillende behandelingen werden de planten onder gelijke omstandigheden afgekweekt. De behandelingseffecten werden gemeten zowel kort na de opkweekfase als aan het eind van de teelt.

2.1 Materiaal & Methoden

Deze proef is uitgevoerd in een klimaatcel van Plant Lighting te Bunnik. Binnen deze klimaatcel staan acht afzonderlijke klimaatcabines (1.2m²) die het mogelijk maken om verschillende behandelingen te realiseren waarbij de overige klimaatcondities gelijk blijven (Figuur 1).



Figuur 1. Overzicht klimaatcel waarin verschillende behandelingen kunnen worden getoetst per klimaatcabine.

2.1.1 Tijdlijn

De klimaatcelproef bestond uit één teelt die liep van mei t/m augustus 2023 (Tabel 1).

Tabel 1. Tijdlijn klimaatcelproef.

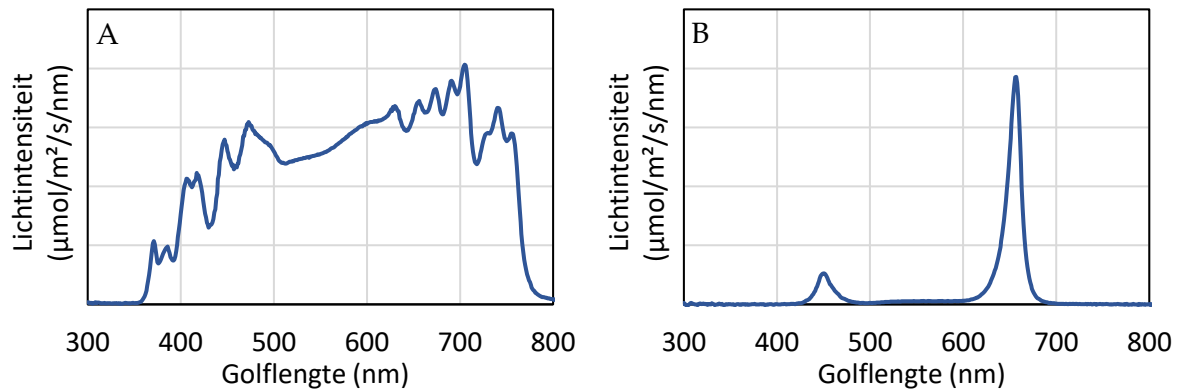
Week nr.	Weken na start	Teeltfase
19	0	Start proef lange-dag (16 uur) fase opkweek
23	4	Korte-dag (10 uur) fase bloeiïnductie
24	5	Tussentijdse oogst + beoordeling telers
28	9	Lange-dag (16 uur) fase afkweek
32	13	Eindoogst + beoordeling telers

2.1.2 Behandelingen

De behandelingen (Tabel 2) werden toegepast tijdens de lange-dag opkweekfase van de teelt (teeltweek 1-4). Elke behandeling bestond in de basis uit een daglichtsimulatie van 8 uur per dag met een lichtsom representatief voor de donkerste periode van het jaar (2 mol/m²/dag). Verder werd gedurende 16 uur belicht met een LED-spectrum van R82%-G5%-B13% en een lichtintensiteit van 30 µmol/m²/s PAR, al dan niet aangevuld met verrood licht. De spectra van de gebruikte lampen staan weergegeven in Figuur 2. De behandelingen verschilden in verrood percentage (0%, 5% of 15% van de PAR-intensiteit) en dagtemperatuur (21°C of 23°C). Daarnaast werd bij twee behandelingen de lichtintensiteit van de LED-bijbelichting na twee weken verhoogd van 30µmol/m²/s naar 90µmol/m²/s. Behandelingen waarbij de lichtintensiteit na twee weken verhoogd werd waren de hoog licht (HL) behandelingen, de andere behandelingen waren de laag licht (LL) behandelingen. LL-behandelingen kregen gedurende de hele opkweekfase een totale lichtsom van 3.7 mol/m²/dag. HL-behandelingen kregen de eerste twee weken van de opkweekfase een totale lichtsom van 3.7 mol/m²/dag en de derde en vierde week van de opkweekfase een totale lichtsom van 7.2 mol/m²/dag. Na de vier weken lange-dag opkweek zijn de planten verder geteeld onder gelijke omstandigheden in alle klimaatcabines (zie paragraaf 2.1.4).

Tabel 2. Behandelingen tijdens de 4 weken durende lange-dag opkweekfase. Behandelingen variëren in intensiteit belichting, dagtemperatuur en percentage verrood in het lightspectrum (eerste kolom tabel). De afkorting LL staat voor een lage lichtintensiteit en HL voor het na twee weken opschakelen naar een hogere lichtintensiteit.

Behandeling				Code
1. 30 µmol/m ² /s	21.0/20.5°C D/N	0% verrood		LL-21-Vr0
2. 30 µmol/m ² /s	21.0/20.5°C D/N	5% verrood		LL-21-Vr5
3. 30 µmol/m ² /s	21.0/20.5°C D/N	15% verrood		LL-21-Vr15
4. 30 µmol/m ² /s	23.0/20.5°C D/N	0% verrood		LL-23-Vr0
5. 30 µmol/m ² /s	23.0/20.5°C D/N	5% verrood		LL-23-Vr5
6. 30 µmol/m ² /s	23.0/20.5°C D/N	15% verrood		LL-23-Vr15
7. 30 µmol/m ² /s -> 90 µmol/m ² /s	21.0/20.5°C D/N	0% verrood		HL-21-Vr0
8. 30 µmol/m ² /s -> 90 µmol/m ² /s	21.0/20.5°C D/N	5% verrood		HL-21-Vr5



Figuur 2. Spectrale samenstelling van kunstzonlicht (A) en LED R82%-G5%-B13% spectrum (B).

2.1.3 Plantmateriaal

De behandelingen werden toegepast op zes Kalanchoë cultivars (Figuur 3) afkomstig van verschillende bedrijven:

- Don Alano (KP Holland)
- Don Amarillo (KP Holland)
- Don Cedro (KP Holland)
- Lipstick (Slijkerman Kalanchoë)
- Perfecta Red II (Kwekerij Lankhaar)
- Stellar (Slijkerman Kalanchoë)



Figuur 3. Overzicht van de verschillende cultivars gebruikt in de klimaatcelproef (van voor naar achter Lipstick, Don Amarillo, Stellar, Don Alano, Don Cedro en Perfecta Red II).

2.1.4 Groeicondities

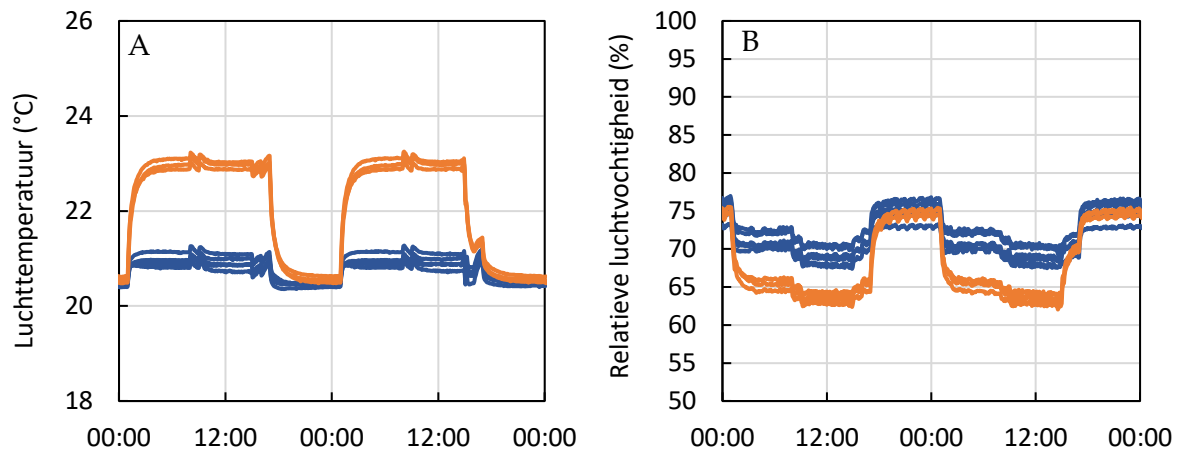
Bij de start van de proef werden verse kopstekken in potten van 12cm diameter gestoken. Het substraat bestond uit een mengsel van veen, bark, kokos en perliet, afkomstig van Kwekerij Lankhaar. Tijdens de gehele teelt werden de planten twee keer per week bewaterd via een eb & vloed systeem waarbij de planten 30 minuten in ± 5 cm water stonden (EC 2.8 mS/cm, pH 5.6). Vanaf 11 weken teelt werd een EC van 2.3 en pH van 5.6 gehanteerd. De voedingsoplossing werd geleverd door Kwekerij Lankhaar (Bijlage I). Tijdens de teelt zijn geen remmiddelen gebruikt. Biologische plaagbestrijding werd preventief ingezet. In week 10 en 11 van de teelt is op een eenvoudige manier verdamping gemeten door het wegen van een aantal planten 1 dag en 4 dagen na watergift. De verdamping was op dit moment in de teelt ongeveer 1L/m²/dag in de klimaat cabines.

Lange-dag opkweek

Gedurende de lange-dag opkweek was de plantdichtheid 83 planten/m² (Figuur 4). De planten zijn vier weken onder een lange-dag opgekweekt met een lichtperiode van 16 uur. Lichtintensiteit was onderdeel van de behandelingen, zie paragraaf 2.1.2. De dagtemperatuur tijdens de opkweek was afhankelijk van de behandeling 21.0°C of 23.0°C in de klimaatcabines (Figuur 5). Nachttemperatuur was voor elke behandeling 20.5°C. De etmaaltemperatuur was gemiddeld 20.9°C bij de 21°C/20.5°C behandelingen en 22.2°C bij de 23°C/20.5°C behandelingen. De gemiddelde RV was 71/75% D/N bij de 21°C/20.5°C behandelingen en 66/75% D/N bij de 23°C/20.5°C behandelingen. Er werd 600 ppm CO₂ gedoseerd dag en nacht.



Figuur 4. Overzicht van de planten in een klimaatcabine tijdens de lange-dag opkweek fase met 83 planten/m². Foto is genomen 21 dagen na de start van de teelt.



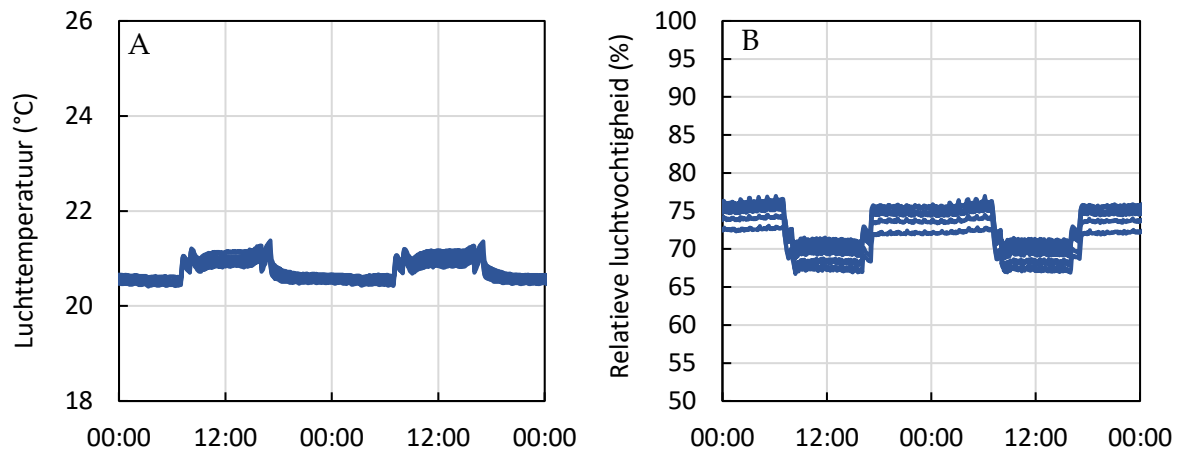
Figuur 5. Temperatuur (A) en relatieve luchtvochtigheid (B) verloop gedurende 2 etmalen tijdens de lange-dag opkweek in de acht klimaatcabines. De blauwe lijnen geven de 21.0/20.5°C D/N behandelingen weer en de oranje lijnen de 23.0/20.5°C D/N behandelingen.

Korte-dag bloeiïnductie

Na de opkweek fase is de plantdichtheid verlaagd van 83 naar 45 planten/m² (Figuur 6). De lichtperiode werd verkort van 16 naar 10 uur. De belichting was vanaf nu in alle behandelingen hetzelfde. De PAR-som was 6.3 mol/m²/dag, waarvan 2.3 mol kunstmatig daglicht (iets opgehoogd t.o.v. lange-dag opkweek) + 4 mol LED R82%-G5%-B13%-Vr5%. De PAR-intensiteit van de LED bijbelichting was hierbij 110 µmol/m²/s. De planten werden verder gekweekt onder gelijke klimaatomstandigheden bij een temperatuur van 21.0°C/20.5°C D/N en de gemiddelde etmaal temperatuur was 20.7°C (Figuur 7). De RV was 70%/75% D/N en CO₂ 600 ppm/600ppm D/N.



Figuur 6. Overzicht van de planten in een klimaatcabine tijdens de korte-dag bloeiïnductie fase met 45 planten/m². Foto is genomen 36 dagen na de start van de teelt.



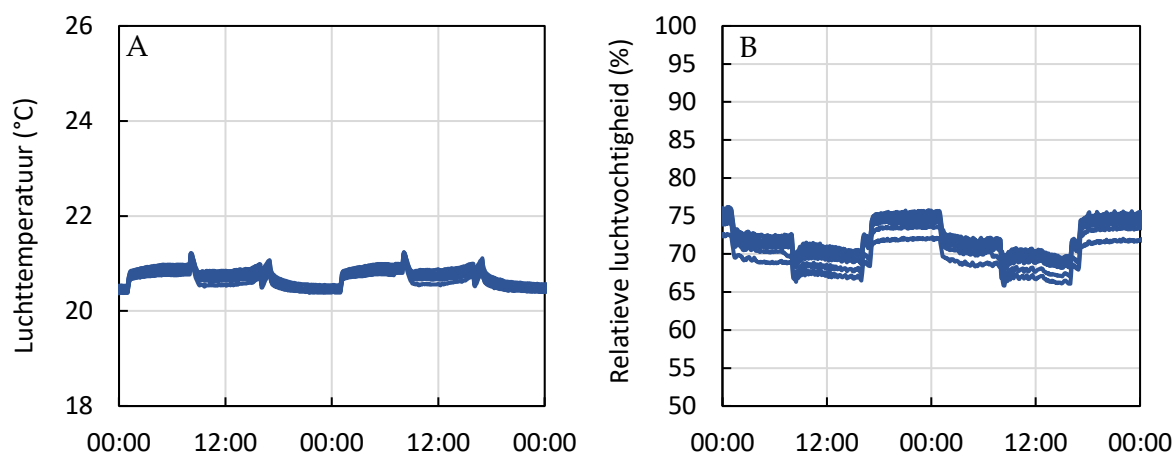
Figuur 7. Temperatuur (A) en relatieve luchtvochtigheid (B) verloop gedurende 2 etmalen tijdens de korte-dag bloeiïnductie-fase in de acht klimaatcabines.

Lange-dag afkweek

Na 5 weken korte-dag werd de daglengte gewijzigd in lange-dag met een lichtperiode van 16 uur. De plantdichtheid bleef onveranderd 45 planten/m² (Figuur 8). De PAR-som was tijdens dit deel van de teelt nog steeds 6.3 mol/m²/dag, waarvan 2.3 mol kunstmatig daglicht + 4 mol LED R82%-G5%-B13%-Vr5%. Om dit te bereiken werd de lichtintensiteit van de LED bijbelichting verlaagd van 110 naar 69 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Het klimaat bleef hetzelfde en nog steeds gelijk voor elke behandeling. Temperatuur was 21.0°C/20.5°C D/N met een gemiddelde etmaal temperatuur van 20.8°C (Figuur 9). RV was 70%/75% D/N. Er werd 600 ppm CO₂ gedoseerd D/N.



Figuur 8. Overzicht van de planten in een klimaatcabine tijdens de lange-dag afkweek fase met 45 planten/m². Foto is genomen 64 dagen na de start van de teelt.



Figuur 9. Temperatuur (A) en relatieve luchtvochtigheid (B) verloop gedurende 2 etmalen tijdens de lange-dag afkweek fase in de acht klimaatcabines.

2.1.5 Metingen

Om de effecten van de behandelingen te meten vonden er twee oogsten plaats. Na vijf weken teelt werd in één keer een deel van de planten geoogst (tussentijdse oogst) en de rest van de planten werd geoogst aan het eind van de teelt op het moment dat ze rijp waren (eindoogst).

Bij de tussentijdse oogst werden per behandeling 7 representatieve planten van alle 6 cultivars geoogst. Lengte werd gemeten vanaf potgrond tot apex op een halve centimeter nauwkeurig. Versgewicht bovengronds en het aantal zij scheuten werden bepaald. Een zij scheut werd geteld wanneer de twee eerste blaadjes opgevouwen waren. Plantvorm van representatieve planten is vastgelegd met foto's van vooraanzicht en bovenaanzicht. Vlak voor de oogst werd ook aan kwekers gevraagd om de planten te scoren op visuele kwaliteit d.m.v. een rapportcijfer tussen 1-10.

De eindoogst begon in de 12^e week van de teelt en alle planten waren geoogst na 15 weken teelt. Per klimaatcabine werden weer 7 planten geoogst per cultivar. Iedere plant is geoogst in een gelijk rijpheidsstadium met 2 of 3 open bloemen. Opnieuw werden lengte, aantal zij scheuten en versgewicht van de hele scheut gemeten (alle bovengrondse delen minus bloemen en knoppen). Daarnaast werd ook het aantal open bloemen geteld, het versgewicht van alle bloemen en knoppen gemeten en het drooggewicht van de scheut en de bloemen bepaald. Plantvorm van representatieve planten is vastgelegd met foto's van vooraanzicht en bovenaanzicht. Vlak voor de eindoogst werd nogmaals aan kwekers gevraagd om de planten te scoren op visuele kwaliteit d.m.v. een rapportcijfer tussen 1-10.

Zowel bij de tussentijdse oogst als bij de eindoogst werden verschillen tussen behandelingen per cultivar geanalyseerd met een AVOVA gevolgd door Tukey test in R (R Core Team, 2012) met package agricolae. Waarbij opgemerkt dat hierbij de individuele planten per cultivar per behandeling als herhalingen behandeld zijn, terwijl in deze proefopzet geen sprake is van zuivere herhalingen.

2.2 Resultaten

Bij de tussentijdse oogst en de eindoogst werden de effecten van de behandelingen tijdens de lange-dag opkweekfase gemeten. De behandelingen verschilden in dagtemperatuur, verrood percentage in het lichtspectrum en lichtintensiteit.

2.2.1 Tussentijdse oogst

Temperatuur

Planten die de eerste vier weken geteeld werden bij een dagtemperatuur van 23°C waren meer gestrekt dan planten met een behandeling van 21°C dagtemperatuur (Tabel 3). Voor de cultivars Don Cedro en Stellar was dit effect het sterkst en was het lengteverschil significant verschillend voor alle behandelingen die alleen varieerden in dagtemperatuur. Dagtemperatuur had geen effect op het aantal zijscheuten of het versgewicht van de scheut.

Lichtintensiteit

De HL behandelingen resulteerden voor elke cultivar in significant meer zijscheuten dan bij de LL-behandelingen (Tabel 3). Voor elke cultivar resulteerde de HL-behandelingen ook in een gemiddeld hoger versgewicht van de scheut, maar dit was niet altijd een significant verschil. Lichtintensiteit had geen effect op de lengte van de planten.

Verrood

Het verrood percentage in het spectrum had geen effect op scheutuitloop, versgewicht of (verrassend genoeg) de lengte van de planten (Tabel 3).

Beoordeling kwekers

De kwekers beoordeelden de kwaliteit en plantvorm van planten met een cijfer van 1 tot 10. (Bijlage II). De plantvorm van HL-behandelingen werd kwalitatief als beste beoordeeld, omdat deze planten door het hogere aantal zijscheuten voller waren en er compacter uitzagen. Planten die een 23°C dagtemperatuur behandeling kregen werden het slechtst beoordeeld, omdat deze planten te gestrekt waren. Deze visuele verschillen waren het best te zien bij cultivar Don Cedro (Figuur 10). Figuren van de overige cultivars zijn te vinden in Bijlage III.



Figuur 10. Vooraanzicht van cultivar Don Cedro na vier weken lange-dag opkweek bij 8 verschillende behandelingen. Foto's zijn genomen na 5 weken teelt. De afkorting LL staat voor een lage lichtintensiteit en HL voor het na twee weken opschakelen naar een hogere lichtintensiteit. 21 of 23 staat voor de dagtemperatuur van de behandeling. Vr staat voor het percentage verrood belichting, 0%, 5% of 15% van de PAR-intensiteit. In Bijlage III staan de foto's van de overige cultivars.

Tabel 3. Data van de tussentijdse oogst gemeten per behandeling per cultivar. De data zijn weergegeven als een gemiddelde waarde per parameter per behandeling (n=7). Binnen elke parameter zijn significante verschillen tussen de behandelingen weergegeven met een letter, waarbij waarden met eenzelfde letter niet significant van elkaar verschillen ($\alpha=0.05$). In de onderste kolom is van alle cultivars gemiddeld het relatieve verschil aangegeven t.o.v. de controle behandeling LL-21-Vr0.

		Laag licht						Hoog licht	
		21°C/20.5°C D/N			23°C/20.5°C D/N			21°C/20.5°C D/N	
		0% Vr	5% Vr	15% Vr	0% Vr	5% Vr	15% Vr	0% Vr	5% Vr
Don Alano	Lengte (cm)	3.9 ^b	3.9 ^b	4.1 ^b	4.6 ^{ab}	5.0 ^a	4.9 ^a	4.1 ^b	4.3 ^{ab}
	Versgewicht scheut (g)	27.8 ^{cd}	27.1 ^d	28.1 ^{cd}	29.9 ^{cd}	32.3 ^{bc}	27.7 ^{cd}	37.6 ^a	36.8 ^{ab}
	Zijscheuten (#)	4.6 ^b	4.2 ^b	5.1 ^b	5.3 ^b	5.9 ^b	4.9 ^b	10.2 ^a	9.9 ^a
Don Amarillo	Lengte (cm)	4.3 ^b	4.4 ^b	4.0 ^b	4.7 ^{ab}	4.8 ^{ab}	5.3 ^a	4.4 ^{ab}	4.2 ^b
	Versgewicht scheut (g)	24.0 ^{ab}	23.7 ^{ab}	20.6 ^b	23.3 ^{ab}	24.4 ^{ab}	22.9 ^{ab}	28.0 ^a	27.6 ^a
	Zijscheuten (#)	0.9 ^b	0.5 ^b	1.0 ^b	1.1 ^b	0.7 ^b	1.1 ^b	6.8 ^a	6.8 ^a
Don Cedro	Lengte (cm)	6.7 ^c	6.7 ^c	6.3 ^c	7.7 ^{ab}	8.0 ^a	7.9 ^a	6.5 ^c	6.9 ^{bc}
	Versgewicht scheut (g)	15.0 ^b	14.1 ^b	15.5 ^b	14.2 ^b	15.7 ^b	14.1 ^b	17.4 ^{ab}	20.1 ^a
	Zijscheuten (#)	4.1 ^b	5.4 ^b	4.7 ^b	4.0 ^b	5.4 ^b	4.6 ^b	7.7 ^a	8.5 ^a
Lipstick	Lengte (cm)	4.6 ^{ab}	4.3 ^{ab}	3.9 ^b	4.8 ^{ab}	5.0 ^a	4.7 ^{ab}	4.2 ^{ab}	4.7 ^{ab}
	Versgewicht scheut (g)	16.9 ^{bc}	16.7 ^{bc}	15.3 ^c	18.8 ^{abc}	18.2 ^{abc}	16.9 ^{bc}	22.4 ^a	21.0 ^{ab}
	Zijscheuten (#)	4.7 ^b	4.5 ^b	3.8 ^b	4.3 ^b	4.2 ^b	4.2 ^b	7.1 ^a	7.3 ^a
Perfecta Red II	Lengte (cm)	8.5 ^{ab}	8.9 ^{ab}	8.3 ^b	9.0 ^{ab}	9.2 ^{ab}	9.7 ^a	9.1 ^{ab}	9.1 ^{ab}
	Versgewicht scheut (g)	29.5 ^b	30.3 ^b	29.1 ^b	27.6 ^b	28.7 ^b	29.1 ^b	41.6 ^a	42.8 ^a
	Zijscheuten (#)	4.8 ^b	5.3 ^b	5.1 ^b	4.8 ^b	5.1 ^b	4.6 ^b	7.5 ^a	7.7 ^a
Stellar	Lengte (cm)	4.7 ^c	4.8 ^c	4.7 ^c	5.6 ^a	5.6 ^a	5.5 ^{ab}	4.8 ^{bc}	5.2 ^{abc}
	Versgewicht scheut (g)	14.8 ^c	15.6 ^{bc}	13.6 ^c	13.5 ^c	14.6 ^c	13.4 ^c	18.9 ^a	18.7 ^{ab}
	Zijscheuten (#)	2.6 ^b	2.4 ^b	1.9 ^b	1.6 ^b	1.9 ^b	1.8 ^b	6.6 ^a	5.7 ^a
Relatief alle cultivars gemiddeld	Lengte (cm)	100%	101%	96%	111%	115%	116%	102%	105%
	Versgewicht scheut (g)	100%	100%	95%	99%	105%	97%	130%	130%
	Zijscheuten (#)	100%	103%	100%	97%	107%	98%	212%	212%

2.2.2 Eindoogst

De verschillende behandelingen tijdens de eerste vier weken lange-dag opkweekfase hebben geleid tot verschillen in groei (zie vorige paragraaf). De vraag was of en in welke mate die verschillen nog steeds meetbaar zijn na de 10 tot 11 weken durende afkweek met voor alle behandelingen gelijke groeiomstandigheden. Dit is gemeten bij eindoogst.

Temperatuur

Temperatuur had voor elke cultivar nagenoeg geen effecten op de gemeten parameters (Tabel 4 t/m 10). De enige uitzondering is dat bij Perfecta Red II de planten bij 23°C dagtemperatuur met 15% verrood (LL-23-Vr15) tijdens de opkweekfase, uiteindelijk langer waren dan de planten bij 21°C dagtemperatuur met 15% verrood (LL-21-Vr15) (Tabel 8).

Lichtintensiteit

Voor elke cultivar was aan het einde van de opkweekfase het aantal zijscheuten het hoogst bij de HL-behandelingen (Tabel 4 t/m 10). Maar, bij eindoogst zijn er alleen bij Don Amarillo en Don Cedro nog significant meer zijscheuten gemeten bij de HL-behandelingen dan bij de LL-behandelingen (Tabel 5 & 6). Bij Don Alano hadden de planten met HL-behandelingen alleen significant meer zijscheuten dan de behandelingen van 21°C met 0% verrood (LL-21-Vr0) en 23°C met 15% verrood (LL-23-Vr15) (Tabel 4).

Bij elke cultivar zat het versgewicht van de scheut bij de HL-behandelingen aan de hoge kant. Hierbij werd alleen bij Don Amarillo en Don Cedro een significant verschil waargenomen tussen enkele HL- en LL-behandelingen (Tabel 5 & 6). Het aandeel bloemgewicht t.o.v. de hele plant was bij de HL-behandelingen voor elke cultivar (behalve Lipstick) lager dan bij de LL-behandelingen, echter waren deze verschillen niet altijd significant (Tabel 4 t/m 10). Op de overige parameters werden geen duidelijke effecten van lichtintensiteit gevonden.

Verrood

Het verrood percentage in het spectrum tijdens de opkweekfase had nauwelijks effect op de gemeten parameters (Tabel 4 t/m 10). Het enige effect dat werd gevonden was bij Stellar een hoger aandeel bloemgewicht t.o.v. de hele plant bij 23°C met 15% verrood (LL-23-Vr15) dan bij 23°C met 0% verrood (LL-23-Vr0) (Tabel 9).

Beoordeling kwekers

Bij de eindoogst waren er veel minder zichtbare verschillen tussen de planten van verschillende behandelingen dan na de opkweekfase (Figuur 10 t/m 16). Rapportcijfers voor kwaliteit en plantvorm lagen dan ook erg dicht bij elkaar (Bijlage II). Los van de behandelingen werd Don Amarillo het best beoordeeld, omdat deze planten het meest compact en vol waren. Don Cedro en Perfecta Red II werden slechter beoordeeld omdat deze planten bij elke behandeling te gestrekt waren. Stellar werd het slechts beoordeeld, omdat deze planten op het moment van beoordelen tekenen van doorwas hadden, maar later bleek dit mee te vallen.

Tabel 4. Eindooft cultivar Don Alano. De data zijn weergegeven als een gemiddelde waarde per parameter per behandeling (n=7). Binnen elke parameter zijn significante verschillen tussen de behandelingen weergegeven met een letter, waarbij waarden met eenzelfde letter niet significant van elkaar verschillen ($\alpha=0.05$). Bij parameters waarbij alle behandelingen niet significant van elkaar verschillen is NS weergegeven i.p.v. een letter.

Don Alano	Laag licht						Hoog licht	
	21°C/20.5°C D/N			23°C/20.5°C D/N			21°C/20.5°C D/N	
	0% Vr	5% Vr	15% Vr	0% Vr	5% Vr	15% Vr	0% Vr	5% Vr
Teeltduur (dag)	106 NS	106 NS	105 NS	106 NS	105 NS	106 NS	106 NS	107 NS
Lengte (cm)	16.3 NS	16.7 NS	17.3 NS	16.8 NS	17.3 NS	17.1 NS	16.7 NS	16.4 NS
Zijscheuten (#)	14.3 c	15.4 abc	15.4 abc	16.0 abc	15.1 bc	14.4 c	18.3 ab	18.6 a
Versgewicht totaal (g)	216 NS	212 NS	213 NS	212 NS	219 NS	218 NS	221 NS	226 NS
Versgewicht scheut (g)	179 NS	176 NS	175 NS	176 NS	183 NS	182 NS	187 NS	191 NS
Drooggewicht scheut (g)	7.3 NS	7.4 NS	7.3 NS	7.2 NS	7.8 NS	7.4 NS	7.9 NS	7.9 NS
Drooggewicht scheut (%)	4.1 NS	4.2 NS	4.2 NS	4.1 NS	4.2 NS	4.0 NS	4.2 NS	4.1 NS
Open bloemen (#)	2.4 NS	2.7 NS	2.6 NS	2.6 NS	2.9 NS	2.6 NS	2.9 NS	2.7 NS
Versgewicht bloemen (g)	36.4 NS	36.4 NS	38.0 NS	35.2 NS	36.0 NS	36.0 NS	34.4 NS	35.2 NS
Drooggewicht bloemen (g)	2.6 NS	2.6 NS	2.9 NS	2.5 NS	2.6 NS	2.6 NS	2.5 NS	2.5 NS
Drooggewicht bloemen (%)	7.1 NS	7.2 NS	7.5 NS	7.2 NS	7.3 NS	7.2 NS	7.2 NS	7.2 NS
Aandeel bloemgewicht t.o.v. plant (%)	16.8 ab	17.2 ab	17.9 a	16.6 ab	16.5 ab	16.5 ab	15.6 b	15.6 b



Figuur 11. Vooraanzicht van cultivar Don Alano bij eindooft. De verschillende behandelingen werden alleen gegeven tijdens de eerste vier weken van de teelt gedurende de lange-dag opkweekfase (tabel 2).

Tabel 5. Eindooft cultivar Don Amarillo. De data zijn weergegeven als een gemiddelde waarde per parameter per behandeling (n=7). Binnen elke parameter zijn significante verschillen tussen de behandelingen weergegeven met een letter, waarbij waarden met eenzelfde letter niet significant van elkaar verschillen ($\alpha=0.05$). Bij parameters waarbij alle behandelingen niet significant van elkaar verschillen is NS weergegeven i.p.v. een letter.

Don Amarillo	Laag licht						Hoog licht	
	21°C/20.5°C D/N			23°C/20.5°C D/N			21°C/20.5°C D/N	
	0% Vr	5% Vr	15% Vr	0% Vr	5% Vr	15% Vr	0% Vr	5% Vr
Teeltduur (dag)	92.7 NS	91.7 NS	91.9 NS	92.6 NS	92.1 NS	93.3 NS	92.3 NS	92.1 NS
Lengte (cm)	14.1 NS	14.3 NS	14.3 NS	14.4 NS	15.3 NS	15.0 NS	14.4 NS	13.9 NS
Zijscheuten (#)	14.4 b	14.1 b	14.4 b	13.6 b	14.4 b	13.6 b	19.0 a	18.4 a
Versgewicht totaal (g)	149 NS	147 NS	160 NS	153 NS	159 NS	155 NS	167 NS	159 NS
Versgewicht scheut (g)	125 b	124 b	135 ab	131 ab	135 ab	131 ab	144 a	138 ab
Drooggewicht scheut (g)	5.3 NS	5.1 NS	5.5 NS	5.3 NS	5.7 NS	5.6 NS	6.0 NS	5.7 NS
Drooggewicht scheut (%)	4.3 NS	4.1 NS	4.0 NS	4.1 NS	4.2 NS	4.3 NS	4.2 NS	4.1 NS
Open bloemen (#)	3.7 NS	4.3 NS	4.1 NS	4.4 NS	4.0 NS	4.0 NS	3.4 NS	3.1 NS
Versgewicht bloemen (g)	23.2 NS	22.6 NS	24.9 NS	22.1 NS	24.3 NS	24.1 NS	23.4 NS	21.4 NS
Drooggewicht bloemen (g)	1.9 NS	1.8 NS	1.9 NS	1.7 NS	2.0 NS	1.9 NS	1.8 NS	1.7 NS
Drooggewicht bloemen (%)	8.0 NS	7.9 NS	7.8 NS	7.8 NS	8.0 NS	8.0 NS	7.8 NS	7.7 NS
Aandeel bloemgewicht t.o.v. plant (%)	15.6 a	15.4 a	15.5 a	14.4 ab	15.3 a	15.5 a	14.0 ab	13.4 b



Figuur 12. Vooraanzicht van cultivar Don Amarillo bij eindooft. De verschillende behandelingen werden alleen gegeven tijdens de eerste vier weken van de teelt gedurende de lange-dag opkweekfase (tabel 2).

Tabel 6. Eindooft cultivar Don Cedro. De data zijn weergegeven als een gemiddelde waarde per parameter per behandeling (n=7). Binnen elke parameter zijn significante verschillen tussen de behandelingen weergegeven met een letter, waarbij waarden met eenzelfde letter niet significant van elkaar verschillen ($\alpha=0.05$). Bij parameters waarbij alle behandelingen niet significant van elkaar verschillen is NS weergegeven i.p.v. een letter.

Don Cedro	Laag licht						Hoog licht	
	21°C/20.5°C D/N			23°C/20.5°C D/N			21°C/20.5°C D/N	
	0% Vr	5% Vr	15% Vr	0% Vr	5% Vr	15% Vr	0% Vr	5% Vr
Teeltduur (dag)	97.1 NS	97.0 NS	97.0 NS	96.6 NS	96.9 NS	97.6 NS	98.7 NS	98.1 NS
Lengte (cm)	22.0 NS	22.6 NS	21.1 NS	22.7 NS	22.4 NS	22.6 NS	22.2 NS	22.8 NS
Zijscheuten (#)	15.2 b	15.4 b	15.3 b	14.6 b	15.9 b	16.1 b	18.1 a	19.4 a
Versgewicht totaal (g)	176 ab	170 ab	161 b	170 ab	177 ab	169 ab	180 ab	194 a
Versgewicht scheut (g)	152 ab	147 ab	139 b	147 ab	153 ab	145 b	157 ab	171 a
Drooggewicht scheut (g)	7.38 ab	6.93 ab	6.63 b	6.97 ab	7.54 ab	7.07 ab	7.13 ab	8.07 a
Drooggewicht scheut (%)	4.9 ab	4.7 ab	4.8 ab	4.7 ab	4.9 a	4.9 a	4.5 b	4.7 ab
Open bloemen (#)	4.3 NS	4.3 NS	2.9 NS	3.6 NS	3.4 NS	4.6 NS	4.0 NS	3.7 NS
Versgewicht bloemen (g)	23.7 NS	23.0 NS	22.1 NS	22.8 NS	23.6 NS	23.6 NS	22.3 NS	22.9 NS
Drooggewicht bloemen (g)	2.1 NS	1.9 NS	1.8 NS	2.0 NS	2.0 NS	2.0 NS	2.0 NS	2.0 NS
Drooggewicht bloemen (%)	8.7 NS	8.3 NS	8.2 NS	8.6 NS	8.4 NS	8.5 NS	8.9 NS	8.7 NS
Aandeel bloemgewicht t.o.v. plant (%)	13.6 a	13.6 a	13.7 a	13.5 ab	13.4 ab	14.0 a	12.4 ab	11.8 b



Figuur 13. Vooraanzicht van cultivar Don Cedro bij eindooft. De verschillende behandelingen werden alleen gegeven tijdens de eerste vier weken van de teelt gedurende de lange-dag opkweekfase (tabel 2).

Tabel 7. Eindooft cultivar Lipstick. De data zijn weergegeven als een gemiddelde waarde per parameter per behandeling (n=7). Binnen elke parameter zijn significante verschillen tussen de behandelingen weergegeven met een letter, waarbij waarden met eenzelfde letter niet significant van elkaar verschillen ($\alpha=0.05$). Bij parameters waarbij alle behandelingen niet significant van elkaar verschillen is NS weergegeven i.p.v. een letter.

Lipstick	Laag licht						Hoog licht	
	21°C/20.5°C D/N			23°C/20.5°C D/N			21°C/20.5°C D/N	
	0% Vr	5% Vr	15% Vr	0% Vr	5% Vr	15% Vr	0% Vr	5% Vr
Teeltduur (dag)	95.4 NS	96.1 NS	95.4 NS	96.0 NS	96.1 NS	96.3 NS	95.3 NS	96.1 NS
Lengte (cm)	16.6 NS	16.5 NS	15.7 NS	16.8 NS	16.4 NS	16.1 NS	15.5 NS	15.9 NS
Zijscheuten (#)	16.6 NS	16.3 NS	15.4 NS	16.6 NS	15.4 NS	16.3 NS	17.3 NS	17.1 NS
Versgewicht totaal (g)	177 NS	171 NS	155 NS	166 NS	170 NS	167 NS	177 NS	172 NS
Versgewicht scheut (g)	153 NS	148 NS	133 NS	143 NS	146 NS	143 NS	153 NS	149 NS
Drooggewicht scheut (g)	7.4 NS	7.0 NS	6.4 NS	7.1 NS	7.1 NS	7.00 NS	7.5 NS	7.7 NS
Drooggewicht scheut (%)	4.8 NS	4.7 NS	4.8 NS	5.0 NS	4.8 NS	4.9 NS	4.9 NS	5.2 NS
Open bloemen (#)	3.9 NS	5.4 NS	4.3 NS	4.7 NS	5.0 NS	4.6 NS	4.0 NS	4.6 NS
Versgewicht bloemen (g)	24.1 NS	23.1 NS	22.0 NS	23.2 NS	24.2 NS	23.7 NS	23.7 NS	23.5 NS
Drooggewicht bloemen (g)	2.4 NS	2.3 NS	2.1 NS	2.3 NS	2.4 NS	2.4 NS	2.3 NS	2.4 NS
Drooggewicht bloemen (%)	9.8 NS	9.8 NS	9.5 NS	9.9 NS	9.8 NS	10.2 NS	9.9 NS	10.2 NS
Aandeel bloemgewicht t.o.v. plant (%)	13.5 NS	13.4 NS	14.1 NS	14.1 NS	14.2 NS	14.3 NS	13.4 NS	13.7 NS



Figuur 14. Vooraanzicht van cultivar Lipstick bij eindooft. De verschillende behandelingen werden alleen gegeven tijdens de eerste vier weken van de teelt gedurende de lange-dag opkweekfase (tabel 2).

Tabel 8. Eindooft cultivar Perfecta Red II. De data zijn weergegeven als een gemiddelde waarde per parameter per behandeling (n=7). Binnen elke parameter zijn significante verschillen tussen de behandelingen weergegeven met een letter, waarbij waarden met eenzelfde letter niet significant van elkaar verschillen ($\alpha=0.05$). Bij parameters waarbij alle behandelingen niet significant van elkaar verschillen is NS weergegeven i.p.v. een letter.

Perfecta Red II	Laag licht						Hoog licht	
	21°C/20.5°C D/N			23°C/20.5°C D/N			21°C/20.5°C D/N	
	0% Vr	5% Vr	15% Vr	0% Vr	5% Vr	15% Vr	0% Vr	5% Vr
Teeltduur (dag)	105 NS	104 NS	102 NS	103 NS	104 NS	104 NS	104 NS	104 NS
Lengte (cm)	23.1 bc	23.4 abc	22.2 c	23.6 abc	23.1 bc	24.3 ab	24.4 ab	24.9 a
Zijscheuten (#)	15.7 NS	15.6 NS	15.1 NS	16.0 NS	14.9 NS	15.7 NS	17.3 NS	16.9 NS
Versgewicht totaal (g)	242 NS	243 NS	222 NS	233 NS	224 NS	221 NS	247 NS	253 NS
Versgewicht scheut (g)	209 NS	211 NS	192 NS	203 NS	192 NS	190 NS	218 NS	224 NS
Drooggewicht scheut (g)	9.9 NS	9.8 NS	9.6 NS	10.1 NS	9.2 NS	9.9 NS	10.8 NS	10.9 NS
Drooggewicht scheut (%)	4.8 NS	4.7 NS	5.0 NS	5.0 NS	4.9 NS	5.2 NS	4.9 NS	4.9 NS
Open bloemen (#)	3.9 NS	4.1 NS	2.7 NS	2.9 NS	3.6 NS	3.6 NS	3.3 NS	3.3 NS
Versgewicht bloemen (g)	33.0 NS	31.4 NS	30.5 NS	30.6 NS	31.8 NS	30.8 NS	29.6 NS	29.7 NS
Drooggewicht bloemen (g)	3.3 NS	3.2 NS	3.0 NS	3.1 NS	3.1 NS	3.1 NS	3.1 NS	3.0 NS
Drooggewicht bloemen (%)	10.0 NS	10.2 NS	9.8 NS	10.0 NS	9.7 NS	10.2 NS	10.5 NS	10.2 NS
Aandeel bloemgewicht t.o.v. plant (%)	13.6 ab	13.0 abc	13.7 a	13.1 abc	14.2 a	13.9 a	12.0 bc	11.7 c



Figuur 15. Vooraanzicht van cultivar Perfecta Red II bij eindooft. De verschillende behandelingen werden alleen gegeven tijdens de eerste vier weken van de teelt gedurende de lange-dag opkweekfase (tabel 2).

Tabel 9. Eindooft cultivar Stellar. De data zijn weergegeven als een gemiddelde waarde per parameter per behandeling (n=7). Binnen elke parameter zijn significante verschillen tussen de behandelingen weergegeven met een letter, waarbij waarden met eenzelfde letter niet significant van elkaar verschillen ($\alpha=0.05$). Bij parameters waarbij alle behandelingen niet significant van elkaar verschillen is NS weergegeven i.p.v. een letter.

Stellar	Laag licht						Hoog licht	
	21°C/20.5°C D/N			23°C/20.5°C D/N			21°C/20.5°C D/N	
	0% Vr	5% Vr	15% Vr	0% Vr	5% Vr	15% Vr	0% Vr	5% Vr
Teeltduur (dag)	104 NS	104 NS	102 NS	103 NS	104 NS	103 NS	103 NS	102 NS
Lengte (cm)	16.4 NS	16.3 NS	16.5 NS	16.4 NS	17.4 NS	17.2 NS	16.3 NS	17.0 NS
Zijscheuten (#)	15.9 NS	16.0 NS	14.6 NS	15.0 NS	15.6 NS	15.0 NS	16.4 NS	16.0 NS
Versgewicht totaal (g)	201 NS	200 NS	192 NS	200 NS	199 NS	192 NS	204 NS	204 NS
Versgewicht scheut (g)	170 NS	168 NS	162 NS	172 NS	168 NS	160 NS	175 NS	174 NS
Drooggewicht scheut (g)	8.8 NS	8.8 NS	8.4 NS	9.0 NS	8.6 NS	8.0 NS	8.8 NS	8.7 NS
Drooggewicht scheut (%)	5.2 NS	5.2 NS	5.2 NS	5.2 NS	5.1 NS	5.0 NS	5.0 NS	5.0 NS
Open bloemen (#)	2.7 NS	2.3 NS	2.3 NS	3.1 NS	2.7 NS	2.7 NS	2.4 NS	2.3 NS
Versgewicht bloemen (g)	30.6 NS	31.1 NS	29.7 NS	28.1 NS	30.6 NS	31.5 NS	29.2 NS	30.2 NS
Drooggewicht bloemen (g)	2.6 NS	2.7 NS	2.5 NS	2.5 NS	2.6 NS	2.7 NS	2.5 NS	2.6 NS
Drooggewicht bloemen (%)	8.6 NS	8.6 NS	8.5 NS	8.7 NS	8.6 NS	8.5 NS	8.5 NS	8.5 NS
Aandeel bloemgewicht t.o.v. plant (%)	15.2 ab	15.6 ab	15.5 ab	14.1 b	15.4 ab	16.4 a	14.3 ab	14.8 ab



Figuur 16. Vooraanzicht van cultivar Stellar bij eindooft. De verschillende behandelingen werden alleen gegeven tijdens de eerste vier weken van de teelt gedurende de lange-dag opkweekfase (tabel 2).

Tabel 10. Eindoogst data relatieve verschillen van alle cultivars gemiddeld t.o.v. de controle behandeling LL-21-Vr0. Bij parameter aantal open bloemen is geen data weergegeven omdat deze waarde alleen is gemeten om het rijpheidsstadium te controleren.

Relatief alle cultivars gemiddeld	Laag licht						Hoog licht	
	21°C/20.5°C D/N			23°C/20.5°C D/N			21°C/20.5°C D/N	
	0% Vr	5% Vr	15% Vr	0% Vr	5% Vr	15% Vr	0% Vr	5% Vr
Teeltduur (dag)	100%	100%	99%	99%	100%	100%	100%	100%
Lengte (cm)	100%	101%	99%	102%	103%	104%	101%	102%
Zijscheuten (#)	100%	101%	98%	100%	99%	99%	116%	116%
Versgewicht totaal (g)	100%	99%	95%	98%	99%	97%	103%	104%
Versgewicht scheut (g)	100%	99%	95%	98%	99%	96%	105%	106%
Drooggewicht scheut (g)	100%	98%	95%	99%	99%	97%	104%	106%
Drooggewicht scheut (%)	100%	99%	100%	100%	101%	101%	100%	100%
Open bloemen (#)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Versgewicht bloemen (g)	100%	98%	98%	95%	100%	99%	95%	95%
Drooggewicht bloemen (g)	100%	98%	96%	95%	99%	100%	96%	96%
Drooggewicht bloemen (%)	100%	100%	98%	100%	100%	101%	101%	101%
Aandeel bloemgewicht t.o.v. plant (%)	100%	100%	102%	97%	101%	102%	92%	92%

2.3 Discussie & Conclusies klimaatcelproef

Het doel van deze klimaatcelproef was om de temperatuur en belichtingsstrategie te bepalen tijdens de lange-dag opkweek fase van de Kalanchoëteelt en deze meteen toe te kunnen passen in de daaropvolgende kasproef (hoofdstuk 3). Hiervoor zijn acht behandelingen getoetst die verschilden in dagtemperatuur, percentage verrood in het lichtspectrum en lichtintensiteit. Na vier weken opkweek onder verschillende behandelingen werden de planten onder gelijke omstandigheden afgekweekt. De behandelingseffecten werden zowel vijf weken na de opkweekfase gemeten als aan het eind van de teelt wanneer de planten 2 of 3 open bloemen hadden.

Uit de resultaten van de tussentijdse oogst bleek dat er geen meetbaar effect van verrood was op de gemeten planteigenschappen. Een dagtemperatuur van 23°C had een negatief effect op de planten, omdat deze meer gestrekt werden dan bij 21°C dagtemperatuur. Het na twee weken verhogen van de lichtintensiteit gaf bij alle cultivars significant meer zijscheuten. Dit is een positief effect, omdat de planten daar voller van worden en mogelijk meer bloemen krijgen. Als tussentijdse conclusie zou aan de hand van deze resultaten in de opkweekfase gekozen worden voor 21°C dagtemperatuur, geen verrood in het lichtspectrum, en een verhoging van de lichtintensiteit na 2 weken lange-dag opkweek. Echter, de resultaten van de eindoogst verschilden met de resultaten van de tussentijdse oogst.

Bij de eindoogst waren er nauwelijks nog zichtbare verschillen tussen de acht behandelingen. Ook waren sommige verschillen die bij de tussentijdse oogst werden gevonden niet meer meetbaar bij eindoogst. Van verrood werd opnieuw geen consistent effect gevonden op de gemeten eigenschappen. Waar bij de tussentijdse oogst wel nog lengteverschillen werden getoond tussen de 21°C dagtemperatuur en 23°C dagtemperatuur waren deze verschillen bij de eindoogst niet meer zichtbaar. Het verhogen van de lichtintensiteit na twee weken teelt gaf bij alle cultivars nog steeds meer zijscheuten, maar alleen nog bij sommige cultivars waren dit significant meer zijscheuten. Planten uit een hoog licht behandeling waren visueel niet voller dan planten die een laag licht behandeling kregen en deze planten werden door de telers ook nagenoeg niet anders beoordeeld. Hoog licht had op het aandeel bloemgewicht t.o.v. de hele plant eerder een negatief dan positief effect bij de meeste cultivars.

Op grond van de verkregen resultaten is de temperatuur en belichtingsstrategie in de lange-dag opkweekfase tijdens de kasproef bepaald. Daarbij is het uitgangspunt van een zo energiezuinig mogelijke teelt zonder remmiddelen gehanteerd. Er is gekozen voor een lichtspectrum zonder verrood, 21°C dagtemperatuur en een lage lichtintensiteit gedurende de hele opkweekfase. Immers, verrood tijdens de opkweek had geen effect op de gemeten planteigenschappen en ook een dagtemperatuur van 23°C had geen voordelen ten opzichte van 21°C. Ook een hogere lichtintensiteit gedurende de laatste twee weken van de opkweekfase had geen overtuigende voordelen voor het eindresultaat. Er waren bij sommige cultivars wel significant meer zijscheuten, maar bij geen van de cultivars leverde dit een kwalitatief beter eindproduct op.

Over het algemeen kan op basis van deze proef in een klimaatcel gesteld worden dat onder full-LED bijbelichting onder gesimuleerde winterse omstandigheden een goede kwaliteit Kalanchoë geteeld kan worden zonder gebruik van remmiddelen. Er zijn wel forse verschillen tussen cultivars in de uiteindelijke compactheid van de plant. Dus veredeling is een belangrijke factor in het mogelijk maken van een Kalanchoëteelt zonder remmiddelen. Ook kan het zo zijn dat in een kas met andere klimaatomstandigheden een andere plantvorm gerealiseerd wordt dan in de stabiele klimaatcel. Dit zal blijken uit de kasproef (hoofdstuk 3).

3 Kasproef met energiezuinige teeltstrategie

De opgedane kennis en inzichten m.b.t. een energiezuinige Kalanchoëteelt onder LED uit zowel eerder onderzoek als de klimaatcelproef (hoofdstuk 2) zijn toegepast in een kasproef uitgevoerd in samenwerking tussen Plant Lighting en Delphy Improvement Center. Het doel van deze proef was om op grotere schaal te onderzoeken in hoeverre een goede kwaliteit Kalanchoë geteeld kan worden met zo min mogelijk warmte-input en elektra en zonder gebruik van remmiddelen. Voor de belichting is daarom gekozen voor dynamisch dimbaar full-LED met apart regelbaar verrood. Daarnaast werd de kas goed geïsoleerd, waren er drie schermdoeken en werd er geen gebruik gemaakt van minimumbuis. De kasproef bestond uit twee teelten tussen september 2023 en april 2024 en is intensief begeleid door ervaren Kalanchoë telers (de BCO). In de tweede teelt is een deel van de planten met een alternatief substraat geteeld. Aan het eind van beide teelten werden metingen uitgevoerd om de kwaliteit van de planten te kwantificeren.

3.1 Materiaal & Methoden

3.1.1 Kasuitrusting

De demonstratieproef werd uitgevoerd bij het Delphy Improvement Center in een proefkas van bruto 168m² waarin 5 roltafels stonden van ieder 25m² (Figuur 17). De kas was uitgerust met dynamisch dimbaar full-LED met apart regelbaar verrood en een output gemaximeerd op 150 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR (WEGA DUAL PLUS D MD125 FR5-R82G5B13, Agrolux Nederland). Het licht binnen de meetvakken was homogeen verdeeld (Bijlage IV). Het spectrum in opkweekfase was LED R82%-G5%-B13% (Figuur 2B) en na de opkweekfase werd daar 5% verrood aan toegevoegd (evenals in de klimaatcelproef).

De kas was rondom voorzien van noppenfolie om het warmteverlies en de vochttafvoer door condensatie via de gevels te beperken. Dit compenseerde gedeeltelijk voor het feit dat een proefkas een andere teeltoppervlak/geveloppervlak verhouding heeft dan een veel grotere commerciële kas. Als primair verwarmingssysteem werd een groeibuis gebruikt die ± 80 cm boven de teelttafels hing. Er was ook een ondernet. Met een Van Dijk systeem dat lucht aanzog bij de achtergevel en uitblies via een slurf midden boven in de kas werd de lucht binnen de kas gecirculeerd voor een zo goed mogelijk klimaatgelijkheid. Het Van Dijk systeem biedt de mogelijkheid voor ontvochtiging met buitenlucht, maar daarvan is geen gebruik gemaakt. Er waren ook drie schermen geïnstalleerd op twee dradenbedden. Een verduisteringsscherm (Obscura 10070 FR WB+BW) en een energiescherm (Luxous 1147 FR) op het bovenste dradenbed, en een Harmony PARperfect (diffuus) scherm op het onderste dradenbed. Om de klimaatgelijkheid in de kas goed te kunnen monitoren waren er drie temperatuur/RV sensoren dicht bij het gewas geplaatst. Ook waren er drie PAR-sensoren, waarvan één sensor werd gebruikt als input om via de klimaatcomputer het dynamisch dimmen van de belichting aan te sturen.



Figuur 17. Inrichting van de proefkas.

3.1.2 Tijdlijn

De kasproef bestond uit twee teelten die plaatsvonden tussen september en april 2023-2024 (Tabel 11).

Tabel 11. Tijdlijn kasproef. Zie voor meer details over de duur van de lange-dag opkweekfase per cultivar per teelt Tabel 12.

Week nr.	Weken na start	Teeltfase
38	0	Start teelt 1 – Lange-dag (16 uur) fase opkweek
42	4	Korte-dag (10 uur) fase bloeiïnductie Planten op ruimte
48	10	Lange-dag (16 uur) fase afkweek
52	14	Start oogst
1	15	Einde teelt
2	0	Start teelt 2 – Lange-dag (16 uur) fase opkweek
5	3	Korte-dag (10 uur) fase bloeiïnductie
7	5	Planten op ruimte gezet
11	9	Lange-dag (16 uur) fase afkweek
14	12	Start oogst
16	14	Einde teelt

3.1.3 Plantmateriaal

Voor de kasproef werden 11 verschillende cultivars gekozen, waaronder de zes cultivars die ook getoetst werden in de klimaatcelproef (hoofdstuk 2). Don Cedro werd in de tweede teelt vervangen door Don Dione. Secret werd in beide teelten gebruikt, maar was in teelt twee een vernieuwde variant.

- Don Alano (KP Holland)
- Don Amarillo (KP Holland)
- Don Cedro (KP Holland)
- Don Dione (KP Holland)
- Don Victorio (KP Holland)
- Perfecta Red II (Kwekerij Lankhaar)
- D58 (Kwekerij Lankhaar)
- Lipstick (Slijkerman Kalanchoë)
- Stellar (Slijkerman Kalanchoë)
- Secret (Slijkerman Kalanchoë)
- Weaver (Vilosa)

3.1.4 Groeicondities

Bij de start van beide teelten werden verse kopstekken in potten van 12cm diameter gestoken. Het substraat bestond uit een mengsel van veen, bark, kokos en perliet, afkomstig van Kwekerij Lankhaar. Het substraat was hetzelfde als tijdens de klimaatcelproef. Omdat de eerste teelt resulteerde in grove en weelderige planten werd in de tweede teelt op één van de vijf tafels een alternatief substraat gebruikt, samengesteld door van der Knaap. Dit substraat werd in eerste instantie ontwikkeld om minder water vast te houden. Hierdoor zou het substraat minder lang nat zijn wat mogelijk resulteert in iets compactere planten en wellicht een verbetering in het microklimaat. Daarnaast werd dit substraat veenvrij gemaakt, aangezien veenvrij telen ook een toekomstwens is van telers. Het veenvrije substraat was een mengsel van 75% kokos (optimum), 15% perliet en 10% bark.

Tijdens de gehele proef werden de planten ± 1 keer per week gegoten via een eb & vloed systeem. Gedurende beide teelten werd gegoten met een EC van 2.7-3.7 mS/cm. De pH van het giftwater was tussen de 5.3 en 5.8. De voeding was hetzelfde samengesteld als in de klimaatcelproef (Bijlage I). In deze proef zijn geen remmiddelen gebruikt. Biologische bestrijding werd preventief ingezet tegen plagen. Als preventie tegen meeldauw is tijdens de nachten 3-4 uur een zwavelpot ingezet. In teelt 1 is een keer gespoten met Tepekki tegen luis en een keer gespoten tegen luis en trips met Mainspring, Sivanto Prime en Attracker. In teelt 2 is een keer gespoten met Fungaflash tegen meeldauw. Aan het begin van de teelt is 1x bladvoeding (ureum en bitterzout) gegeven aan de planten die geteeld werden op het veenvrije substraat, omdat de bladeren van deze planten geler waren.

Gedurende de teelt werden potten gewogen om een indicatie te krijgen van de verdamping. In week 7, 8 en 9 van teelt 1 werd een gemiddelde verdamping gemeten van 0.5 L/m². Aan de hand van dit resultaat werd besloten om het ventilatievermogen van het Van Dijk systeem te verhogen van 50% naar 80% om meer luchtbeweging te generen. Na deze aanpassing was de verdamping in week 10 en 11 gemiddeld 0.7 L/m².

Net als in de klimaatcelproef werd Kalanchoë geteeld in 3 fases. De eerste weken van de teelt was er een bewortelings- en groeifase bij lange-dag. In deze lange-dag opkweek fase was de daglengte 16 uur en werd er weinig belicht (tot 40 µmol/m²/s). Ook is in deze fase het verrode LED-licht niet aangeschakeld. Meer details over belichting staan in 3.2.2. De lange-dag opkweek duurde vier weken in teelt 1 en drie weken in teelt 2. Voor ieder cultivar werd door de BCO bepaald hoeveel dagen de planten in de lange-dag opkweek moesten staan (Tabel 12). Cultivars die sneller strekken werden later gestoken. De plantdichtheid tijdens de lange-dag opkweek was 74 planten/m².

Tabel 12. Aantal dagen lange-dag opkweekfase per cultivar per teelt.

Teelt	Cultivar	Dagen (#)
1	Don Alano	28
	Don Amarillo	28
	Don Cedro	28
	Don Dione	28
	Don Victorio	28
	Perfecta Red II	20
	D58	28
	Lipstick	28
	Stellar	28
	Secret	28
	Weaver	28
2	Don Alano	21
	Don Amarillo	21
	Don Dione	21
	Don Victorio	21
	Perfecta Red II	10
	D58	21
	Lipstick	21
	Stellar	21
	Secret	14
	Weaver	21

Na de lange-dag opkweek fase kregen de planten een korte-dag voor bloeiïnductie, waarbij de daglengte teruggebracht werd naar 10 uur en meer belicht werd (zie 3.2.2.). Ook werden de planten op ruimte gezet naar een plantdichtheid van 74 naar 39 planten/m². In beide teelten is na 6 weken korte-dag fase weer overgeschakeld naar een lange-dag van 16 uur totdat ze veilingrijp waren. Dit op basis van eerder onderzoek dat aangetoond heeft dat dit kan na voldoende weken korte-dag voor bloeiïnductie (Boonman *et al.*, 2022). Een langere daglengte biedt meer mogelijkheden voor benutting van daglicht en van de uren met goedkopere elektriciteit.

Omdat in de klimaatcelproef werd gevonden dat verrood geen toegevoegde waarde heeft in de lange-dag opkweek fase, werd pas vanaf de korte-dag bloeiïnductie-fase het PAR spectrum aangevuld met verrood (5% van de PAR intensiteit). Voor de bloeiïnductie fase is verrood in het spectrum namelijk wel noodzakelijk om doorwas en teeltvertraging te voorkomen (Boonman *et al.*, 2022). Verdere gegevens over het klimaat tijdens de twee teelten staan in hoofdstuk 3.2.

3.1.5 Metingen

Tijdens beide teelten werd na de eerste week korte-dag wekelijks een CAM-toets uitgevoerd totdat de planten volledig overgeschakeld waren van C3- naar CAM-fotosynthese (meer achtergrond hierover in Trouwborst *et al.*, 2018). Vanaf het moment dat de planten CAM-eigenschappen begonnen te vertonen, werd zowel overdag als 's nachts CO₂ gedoseerd. In teelt 1 werd de CAM-toets uitgevoerd op elke cultivar om eventuele verschillen tussen cultivars aan te kunnen tonen. In teelt 2 werden de CAM-toetsen uitgevoerd op verschillende bladlagen van drie cultivars om te toetsen of bladeren van verschillende leeftijden op hetzelfde moment overschakelen van C3 naar CAM. Resultaten van de CAM toetsen zijn weergegeven in (Bijlage V).

Aan het eind van beide teelten vond een oogst plaats op het moment dat de planten gemiddeld 3 open bloemen hadden. Om een indruk te krijgen van de kwaliteit van het eindproduct en om een globale vergelijking te kunnen maken tussen de teelten en de klimaatcelproef zijn de volgende planteigenschappen gemeten:

- Teeltduur (bij gemiddeld 3 open bloemen per cultivar; per cultivar is in één keer geoogst)
- Aantal open bloemen (ter controle bovenstaande)
- Lengte vanaf de potgrond tot de apex
- Aantal zijscheuten (geteld bij minstens 2 opengevouwen blaadjes)
- Versgewicht scheut (alle bovengrondse delen minus bloemen en knoppen)
- Drooggewicht scheut
- Versgewicht bloemen en knoppen
- Drooggewicht bloemen en knoppen
- Voor- en bovenaanzicht foto van een representatieve plant

3.1.6 Energiebalans en berekende verdamping

Om inzicht te krijgen in het verloop van de verdamping over de dag zijn metingen gedaan aan de energiebalans, waaruit de hoeveelheid verdamping is berekend. Deze energiebalans bestaat uit de volgende aspecten (Voogt en van Weel, 2008; Trouwborst *et al.*, 2022):

- In- en uitgaande (warmte)straling, gemeten met een netto stralingsmeter, maal de lichtabsorptiecoëfficiënt van de bovenste bladlaag.
- Inkomende en uitgaande convectie-energie, gemeten via het verschil in lucht- en planttemperatuur en vermenigvuldigd met de warmteoverdrachtscoëfficiënt.
- Verdampingsenergie, uitgedrukt als de som van netto straling en convectie-energie.

In een *stabiele toestand* is de verdamping gelijk aan de som van de energie-instraling en de convectie (dus niet tijdens opwarmen of afkoelen gewas). Immers, als er energie binnenkomt moet er om in balans te zijn evenveel energie weer uitgaan door verdamping. De verdamping wordt dus niet direct gemeten zoals met een weegschaal, maar indirect bepaald via de energie die overblijft voor verdamping. Als de netto energietoevoer kleiner of gelijk aan nul is, is er geen verdamping. Ook fotosynthese draagt overigens bij aan de energiebalans (omzetting stralingsenergie in chemische energie), maar die bijdrage is klein en is in de berekeningen buiten beschouwing gelaten.

Om de energiebalans te bepalen is gemeten met een Fytawatch. Deze bestaat uit een netto stralingsmeter, PAR-meter, luchttemperatuursensor, RV-sensor en een bladtemperatuursensor. De metingen zijn gedaan ter hoogte van de kop van het gewas. De metingen zijn uitgevoerd in teelt 1 tijdens de korte-dag fase bij cultivar Don Amarillo.

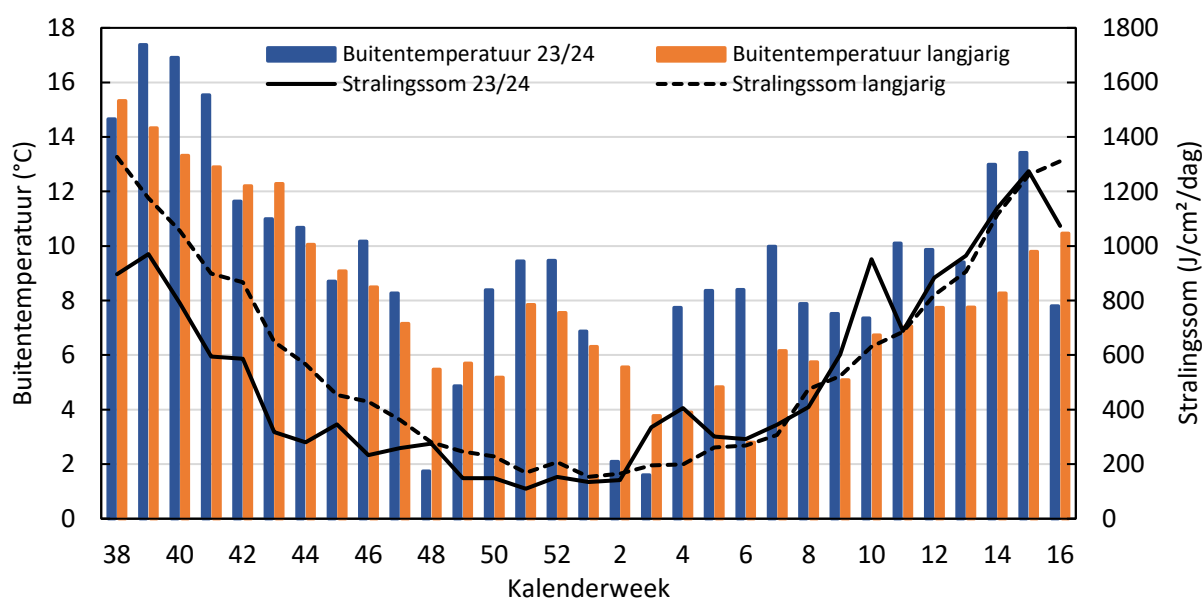
3.1.7 Dataverwerking

De meetgegevens van de aan he tiende van de teelt geoogste planten zijn gerapporteerd als gemiddelden van $n=20$. In teelt 1 is geen statistiek toegepast omdat cultivars niet met elkaar vergeleken worden en er verder geen verschillende behandelingen waren. In teelt 2 zijn de planten van het reguliere substraat vergeleken met de planten van het veenvrije substraat. De individuele 20 planten per cultivar per behandeling zijn hierbij behandeld als herhalingen, hoewel in deze proefopzet geen sprake is van zuivere herhalen. Met een Students t-test ($\alpha=0.01$) is per parameter bepaald of er een significant verschil was tussen het reguliere en veenvrije substraat (JASP 0.17.2.1). Op teeltduur en aantal open bloemen is geen statistiek uitgevoerd omdat deze waarden beïnvloed zijn door handmatige selectie. Wanneer er interactie was tussen cultivar en substraat is er ook geen statistische analyse uitgevoerd, omdat dan niet enkel voor het substraat een conclusie getrokken kon worden.

3.2 Klimaat & Energiegebruik

3.2.1 Buitenomstandigheden

Het kasklimaat wordt aanzienlijk beïnvloed door externe factoren die een directe invloed hebben op de groei en ontwikkeling van het gewas. Gedurende de proef werden de buitenomstandigheden gemeten en vergeleken met het langjarig (10 jaar, Bleiswijk) gemiddelde (Figuur 18). Tijdens de eerste teelt lag de gemiddelde stralingssom buiten de kas beduidend lager dan het langjarig gemiddelde. Van week 38 tot 52 was het verschil gemiddeld 185 J/cm²/dag. In de tweede teelt was de stralingssom iets hoger dan het langjarig gemiddelde, gemiddeld 50 J/cm²/dag. De temperatuurverschillen tussen het langjarig gemiddelde en teelt 1 waren minimaal (< 1°C). Week 2 en 3 waren relatief koud maar in de overige weken van teelt 2 lag de buitentemperatuur hoger dan het langjarig gemiddelde. Gemiddeld lag de buitentemperatuur toen 1.7°C hoger in vergelijking met het langjarig gemiddelde.



Figuur 18. Buitenomstandigheden gedurende de teeltperiode in vergelijking met het langjarig gemiddelde (10 jaar, Bleiswijk). Teelt 1 liep van week 38, 2023 t/m week 1, 2024 en teelt 2 liep van week 2 t/m week 16 2024.

3.2.2 Belichting

In de lange-dag opkweekfase van teelt 1 werd tot 16 uur belicht met een intensiteit van 30 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR (Tabel 12). Dit resulteerde in een dagelijkse lichtsom van maximaal 1.73 mol/m^2 uit belichting. Wanneer er voldoende instraling in de kas kwam werd de belichting uitgeschakeld. Omdat in teelt 2 de stralingssom van buiten gedurende de lange-dag opkweekfase aanzienlijk lager was, werd toen belicht met een intensiteit van 40 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR (Tabel 13). De dagelijkse lichtsom uit belichting was hierbij maximaal 2.3 mol/m^2 . Ook in teelt 2 werd de belichting uitgeschakeld bij voldoende instraling.

In de korte-dag bloeiïnductie fase werd de fotoperiode verkort naar 10 uur per dag (Tabel 13 & 14). De overige uren werd de kas verduisterd. In deze fase werd belicht met een intensiteit van maximaal 150 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR aangevuld met verrood licht (5% van de PAR intensiteit). Tijdens de korte-dag bloeiïnductie werd gestuurd op een PAR-som van 6 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{dag}$. De belichting werd gedimd aan de hand van het binnenkomende buitenlicht om op die 6 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{dag}$ uit te komen.

In beide teelten werd na zes weken korte-dag weer een lange-dag aangehouden (Tabel 13 & 14). In deze lange-dag afkweek fase werd nog steeds gestuurd op een PAR-som van 6 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{dag}$, waarbij de belichting gedimd werd afhankelijk van de instraling. Omdat nu dezelfde lichtsom gehaald moest worden in een grotere tijdsspanne, was er ruimte om te besparen op de belichting. In teelt 1, waarbij de lange-dag afkweek in een donkere periode van het jaar was (week 38 tot 1), werd een belichtingsperiode van 16 uur aangehouden. Tussen 6:00 en 9:00 werd de belichting teruggeschakeld naar 40 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, omdat tijdens deze uren de elektriciteitskosten relatief hoog zijn. In teelt 2 was er al veel licht van buiten tijdens de lange-dag afkweek. Er werd in die teelt een fotoperiode van 14 uur aangehouden, waarbij het grootste deel van de gewenste lichtsom ingevuld werd door buitenlicht. Daarom is in de lange dag afkweek fase gekozen om in de belichte nacht ($\pm$ 4:00-8:00) met een lage intensiteit te belichten om zo de warmte input van de lampen over de dag te verspreiden.

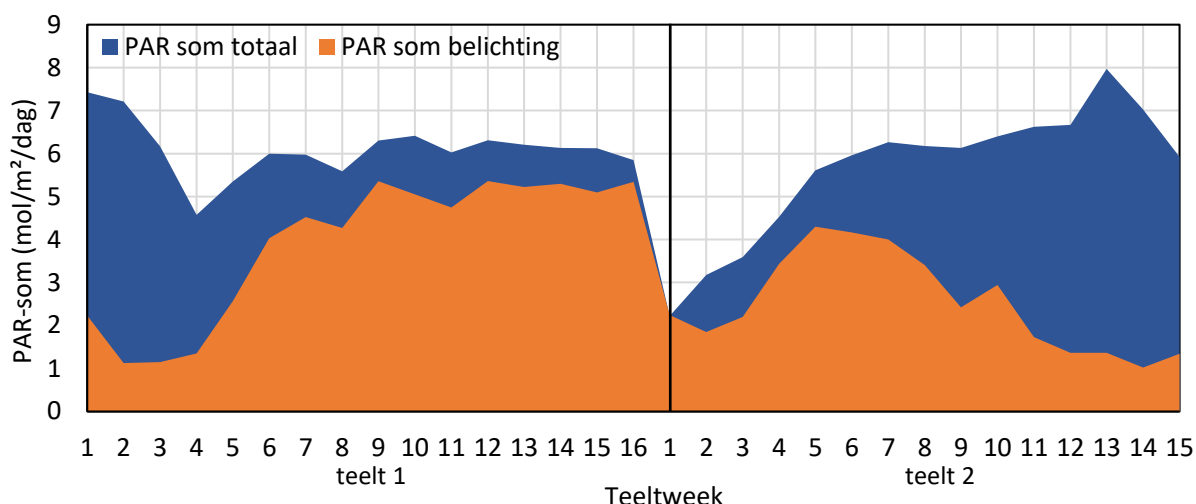
Tabel 13. Instellingen belichting in teelt 1 gedurende de lange-dag opkweek, de korte-dag en de lange-dag afkweek fase.

Lange-dag opkweek				
Tijd van	Tijd tot	Uren	Intensiteit belichting ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	Intensiteit belichting + buitenlicht ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)
01:00	17:00	16	30	30 + buitenlicht ($>150 \mu\text{mol}$ in kas LED uit)
17:00	01:00	8	0	buitenlicht
Korte-dag bloeiïnductie				
Tijd van	Tijd tot	Uren	Intensiteit belichting ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	Intensiteit belichting + buitenlicht ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)
07:00	17:00	10	max 150	Buitenlicht + max 150
17:00	07:00	14	0	0 (verduisteringsdoek)
Lange-dag afkweek				
Tijd van	Tijd tot	Uren	Intensiteit belichting ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	Intensiteit belichting + buitenlicht ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)
01:00	06:00	5	150	150
06:00	09:00	3	40	40 + buitenlicht
09:00	17:00	8	max 150	Buitenlicht + max 150
17:00	01:00	8	0	0

Tabel 14. Instellingen belichting in teelt 2 gedurende de lange-dag opkweek, de korte-dag en de lange-dag afkweek fase.

Lange-dag opkweek				
Tijd van	Tijd tot	Uren	Intensiteit belichting ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	Intensiteit belichting + buitenlicht ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)
01:00	17:00	16	40	40 + buitenlicht ($>150 \mu\text{mol}$ in kas LED uit)
17:00	01:00	8	0	0
Korte-dag bloeiïnductie				
Tijd van	Tijd tot	Uren	Intensiteit belichting ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	Intensiteit belichting + buitenlicht ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)
07:00	17:00	10	max 150	Buitenlicht + max 150
17:00	07:00	14	0	0 (verduisteringsdoek)
Lange-dag afkweek				
Tijd van	Tijd tot	Uren	Intensiteit belichting ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	Intensiteit belichting + buitenlicht ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)
04:00	08:00	4	40	40 + buitenlicht
08:00	18:00	10	max 150	Buitenlicht + max 150
18:00	04:00	10	0	0

In Figuur 19 is van beide teelten de totale lichtsom en het aandeel uit belichting weergegeven over de gehele teelt. Gemiddeld was de totale lichtsom vergelijkbaar tussen de twee teelten. De gemiddelde PAR-som van teelt 1 was $6.1 \text{ mol}/\text{m}^2/\text{dag}$ en die van teelt 2 was $5.8 \text{ mol}/\text{m}^2/\text{dag}$. Het verschil in PAR-som tussen de twee teelten werd vooral gemaakt in de lange-dag opkweekfase (eerste 3 à 4 weken). Omdat er bij start teelt 1 in september veel meer buitenlicht was dan bij start teelt 2 in januari (Figuur 18) was de PAR-som in de lange-dag opkweek van teelt 1 gemiddeld $6.1 \text{ mol}/\text{m}^2/\text{dag}$ en in teelt 2 gemiddeld $3.3 \text{ mol}/\text{m}^2/\text{dag}$. In de overige teeltfases lagen de PAR sommen dicht bij elkaar, maar de verhouding tussen buitenlicht en lamplicht verschilde wel sterk (Tabel 15). In totaal over de gehele kasproef was de PAR-som $662 \text{ mol}/\text{m}^2$ in teelt 1 en $563 \text{ mol}/\text{m}^2$ in teelt 2.



Figuur 19. Gemiddelde dagelijkse PAR-som per teeltweek gedurende teel 1 en teelt 2. De PAR-som uit belichting (oranje) is apart weergegeven van de totale PAR-som (blauw).

Tabel 15. Totale lichtsommen en lichtsommen uit belichting per teeltfase per teelt.

Teeltfase	Teelt 1		Teelt 2	
	PAR-som totaal	PAR-som LED	PAR-som totaal	PAR-som LED
Lange-dag opkweek (mol/m²/dag)	6.1	1.4 (22%)	3.3	2.1 (63%)
Korte-dag bloeiïnductie (mol/m²/dag)	6.0	4.5 (75%)	6.0	3.7 (62%)
Lange-dag afkweek (mol/m²/dag)	6.3	5.3 (84%)	7.1	1.5 (21%)
Totale lichtsom (mol/m²/teelt)	662	431 (65%)	563	250 (44%)

3.2.3 Schermgebruik

Kalanchoë is een korte-dag plant, wat betekent dat het verduisteringsdoek onmisbaar is in de teelt. Daarnaast speelt het gebruik van extra schermen een cruciale rol in het beheer van het kasklimaat en het reduceren van het energieverbruik. De proefkas was uitgerust met drie schermen waarvan er twee op één dradenbed lagen. Er konden dus maximaal 2 schermen tegelijk worden gesloten. Op het bovenste dradenbed waren het verduisteringsdoek en het energiedoek geïnstalleerd en op het onderste dradenbed het diffuusdoek.

De schermstrategie had als doel om lichtinval optimaal te benutten gedurende de dag en warmte vast te houden in de nacht. Tijdens de lange-dag fases van de teelt (opkweek en afkweek) opende het verduisteringsdoek bij zonsopgang en sloot bij zonsondergang. In de korte-dag fase opende het verduisteringsdoek ook bij zonsopgang en sloot het bij zonsondergang óf na 10 uur belichten. Het energiedoek sloot bij een instraling $<100 \text{ W/m}^2$ en ging $>125 \text{ W/m}^2$ weer open. Dit doek bleef open wanneer de buitentemperatuur $<1^\circ\text{C}$ onder stooktemperatuur lag.

Het diffuusdoek lag standaard dicht en ging alleen open bij een instraling hoger dan 25 W/m². In sommige perioden van de teelten was er veel instraling en werd het diffuusdoek gesloten bij >400W instraling. Eind teelt 2 zijn de winteromstandigheden nog wat langer gesimuleerd door bij >250 W/m² instraling het verduisteringsdoek maximaal 20% te sluiten in combinatie met het sluiten van het Harmony diffuusdoek.

Wanneer het verduisteringsdoek open was, was het energiedoek standaard gesloten, tenzij de instraling hoger was dan 100W/m². Naast de schermstrategie op instraling was er ook een regeling op buitentemperatuur en RV. Bij een buitentemperatuur van 1°C onder de stooklijn mocht het energiescherm open. Als de ventilatietemperatuur of maximale RV bereikt werd in de kas, werd er gekierd.

Tabel 16 toont de gemiddelde schermuren per dag per teeltfase en per teelt. Er is intensief gebruik gemaakt van de doeken. Het verduisteringsdoek en het energiedoek opgeteld lagen bijvoorbeeld in de lange-dag afkweek van teelt 1 gemiddeld meer dan 19 uur per dag volledig dicht en het diffuusdoek 18 uur per dag. In teelt 2 valt het op dat er vanaf de korte dag veel gekierd is, dat was te wijten aan een hoog vochtgehalte in de kas.

Tabel 16. Gemiddeld aantal schermuren per etmaal, weergegeven per teeltfase. Schermuren zijn onderverdeeld in >80% gesloten en 100% gesloten.

		Verduisteringsdoek dradenbed boven		Diffuusdoek dradenbed onder		Energiedoek dradenbed boven	
Teeltfase		>80%	100%	>80%	100%	>80%	100%
1	Lange-dag opkweek	12.6	12.6	15.6	13.6	3.8	3.7
	Korte-dag bloeiïnductie	15.5	15.5	16.2	16.1	5.1	2.2
	Lange-dag afkweek	15.9	15.6	18.1	18.0	7.1	3.6
2	Lange-dag opkweek	15.8	13.4	17.2	16.9	6.9	3.6
	Korte-dag bloeiïnductie	14.9	12.8	16.7	9.1	7.0	0.2
	Lange-dag afkweek	13.1	13.1	14.6	2.6	5.5	0.5

3.2.4 Temperatuurstrategie en vochthuishouding

Voor de teelt van Kalanchoë is het belangrijk om de kastemperatuur relatief vlak te houden. Het vermijden van een veel lagere nacht- ten opzichte van de dagtemperatuur (+DIF) voorkomt namelijk stengelstrekking. Daarom werd de verwarmingstemperatuur en ventilatie-temperatuur overdag en 's nachts gelijk gehouden. In beide teelten was de verwarmingstemperatuur 20°C en de ventilatie temperatuur 21.5°C. Omdat het hoofddoel van de proef was om toekomstbestendig te telen met minimale energie input, werd er geen gebruik gemaakt van minimumbuis. In Tabel 16 zijn de gerealiseerde klimaatgemiddelden weergegeven van temperatuur, RV en CO₂ per teeltfase. In Figuur 20 is van beide teelten het temperatuurverloop weergegeven per teeltfase.

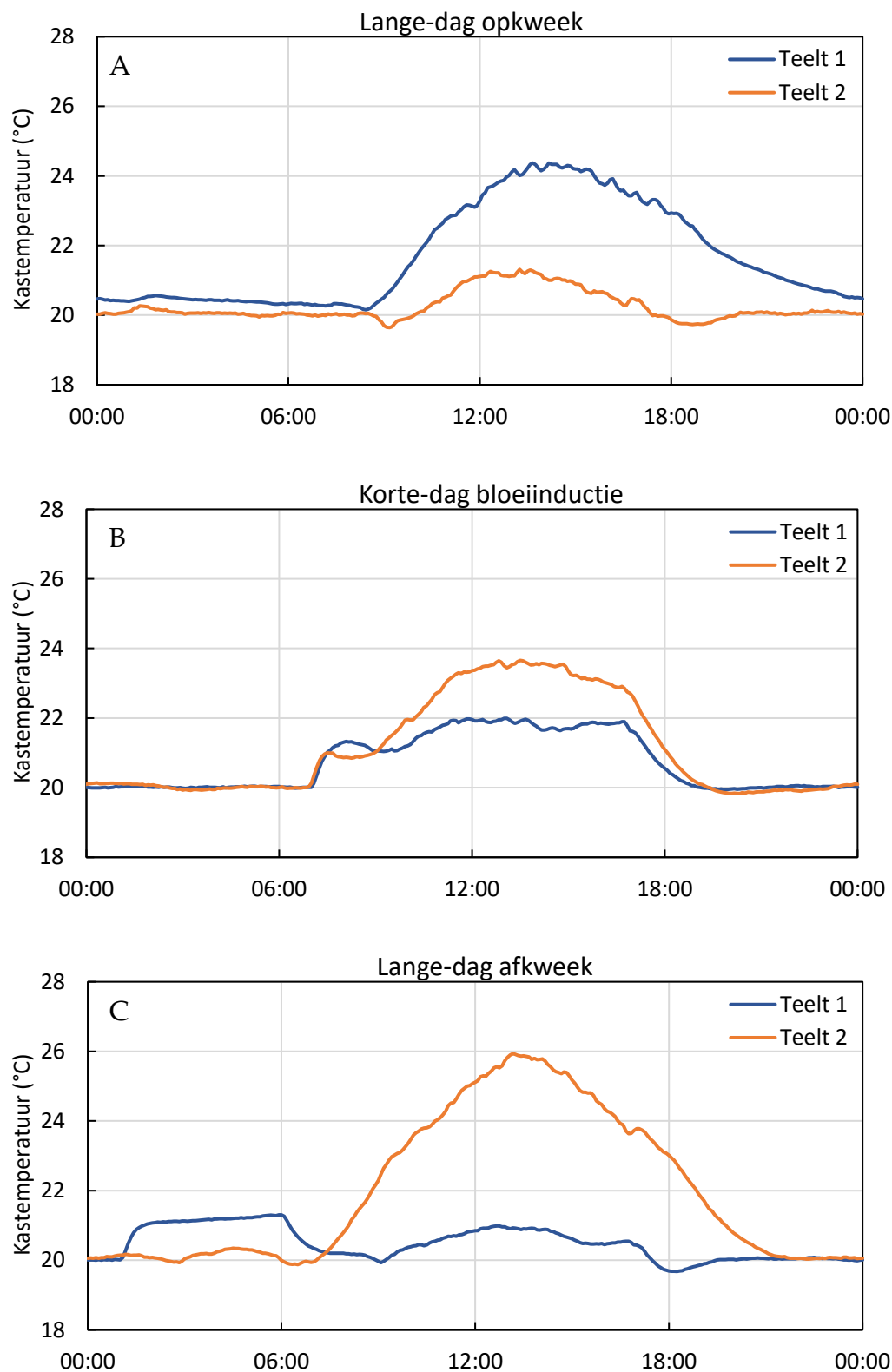
Ondanks dat de klimaatinstellingen gelijk waren, zijn er verschillen in gerealiseerde klimaatwaarden tussen de twee teelten (Tabel 17). De buitenomstandigheden hebben een grote invloed gehad op de kastemperatuur en vochthuishouding. Vooral tijdens de lange-dag opkweek fase en lange-dag afkweek fase zijn de verschillen groter. In deze teeltfases speelden de buitenomstandigheden ook meer een rol in de teeltstrategie, omdat er meer gebruik werd gemaakt van het buitenlicht.

Ook de belichting had een duidelijk effect op de kastemperatuur. In de korte-dag bloeiïnductie fase is dit het best te zien (Figuur 20B). Bij het aanzetten van de lampen rond 7:00 uur is een duidelijke stijging van de kastemperatuur te zien van 1 à 1.5 °C. In teelt 1 startte de belichting in de lange-dag afkweek fase om 1:00 met 150 µmol/m²/s en dat werd tussen 6:00 en 9:00 teruggeschakeld naar 40 µmol/m²/s. Hiermee werd ook de warmte input in de kas verlaagd (Figuur 20C). Het figuur laat duidelijk zien dat tussen 1:00 en 6:00 de belichting voor warmte input zorgt en dat dit wegvalt tussen 6:00 en 9:00.

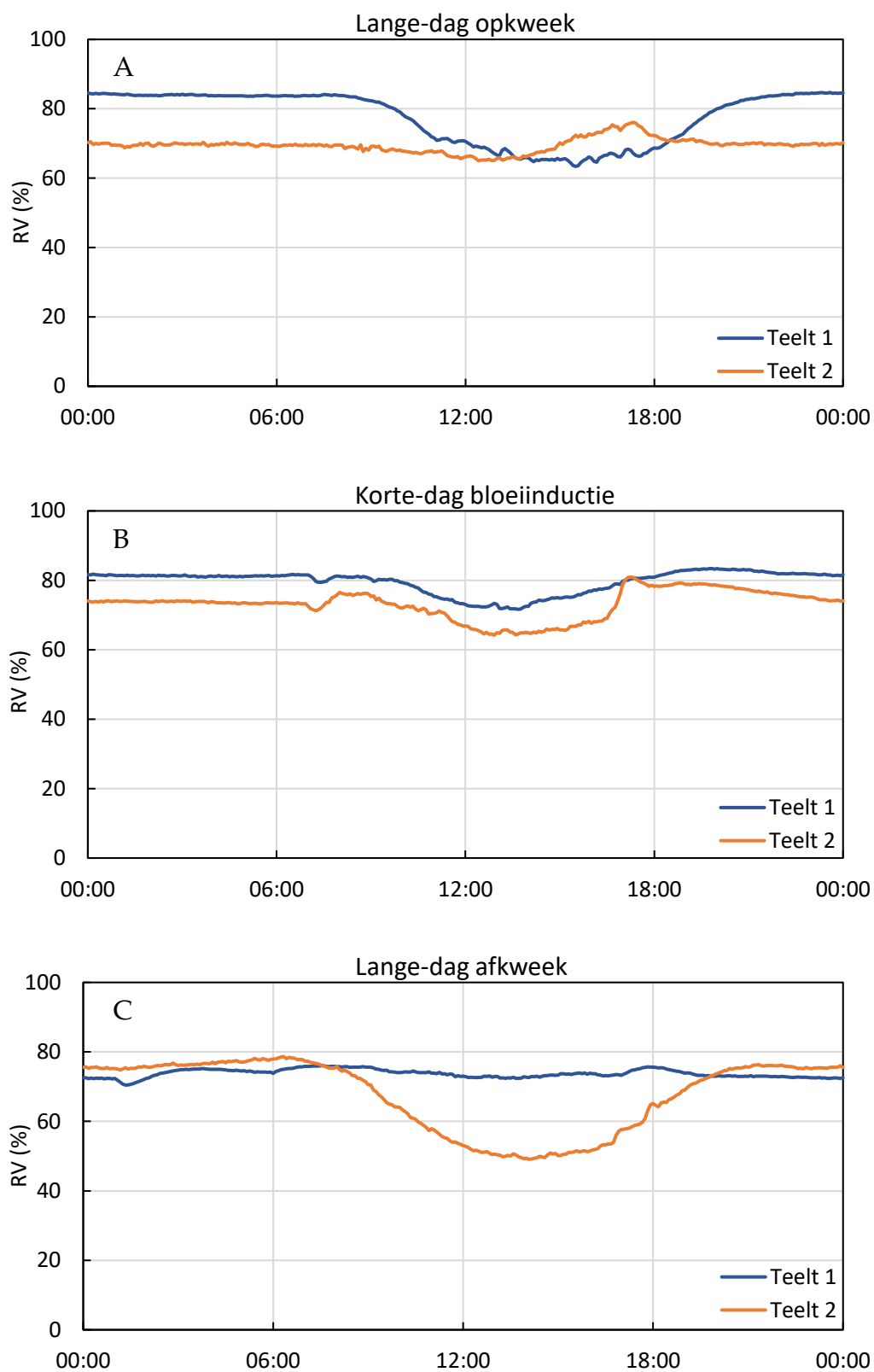
Tabel 17. Klimaat gemiddelden per teelt en teeltfase. CO₂ is het gemiddelde over 24 uur en niet over de fotoperiode.

Teeltfase		T-etmaal (°C)	T-dag (°C)	T-nacht (°C)	RV-dag (%)	RV-nacht (%)	CO ₂ (ppm)
1	Lange-dag opkweek	21.7	22.0	21.0	76	83	706
	Korte-dag bloeiïnductie	20.7	21.6	20.1	77	82	744
	Lange-dag afkweek	20.5	20.7	20.0	74	73	745
2	Lange-dag opkweek	20.3	20.4	20.0	70	72	758
	Korte-dag bloeiïnductie	21.2	22.5	20.2	70	76	727
	Lange-dag afkweek	22.0	22.9	20.7	66	76	735

Gedurende de hele proef is er gestuurd op een maximale RV van 85%. Omdat de doeken zo veel mogelijk dichtlagen vanwege de energiedoelen van de proef, liep vooral 's nachts de RV soms te hoog op (Tabel 17 en Figuur 21). Door te kieren kon de RV onder controle gehouden worden, wat in teelt 2 veel meer gedaan is dan in teelt 1 (Tabel 16), maar hierdoor gaat wel energie verloren. In teelt 1 was de gedurende de eerste helft van de teelt (lange-dag opkweek en korte-dag fase) de gemiddelde RV beduidend hoger dan in teelt 2 (Tabel 17 en Figuur 21). In teelt 1 was de plantgroei ook veel weelderiger dan in teelt 2, hoewel behalve het klimaat ook de vegetatieve lange-dag periode een week korter was in teelt 2 (zie ook discussie hoofdstuk 3.4.2).

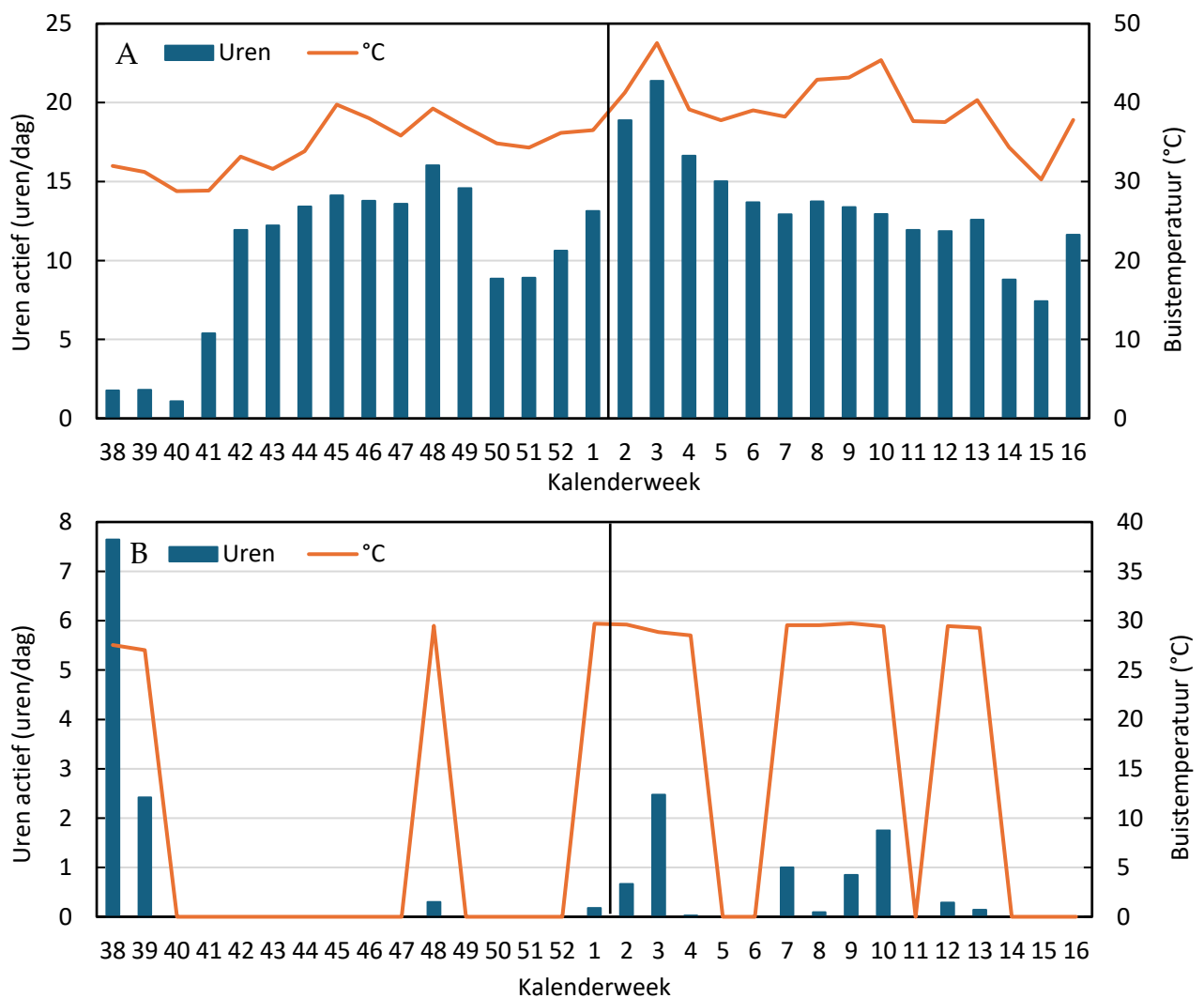


Figuur 20. Cyclische gemiddeldes van de kasttemperatuur van beide teelten per teeltfase. (A) is de lange-dag opkweek fase, (B) de korte-dag bloeiinductie fase en (C) de lange-dag afkweek fase. Zie ook de belichtingsstrategie in Tabel 12 & 13, welke van invloed is op de temperatuur.

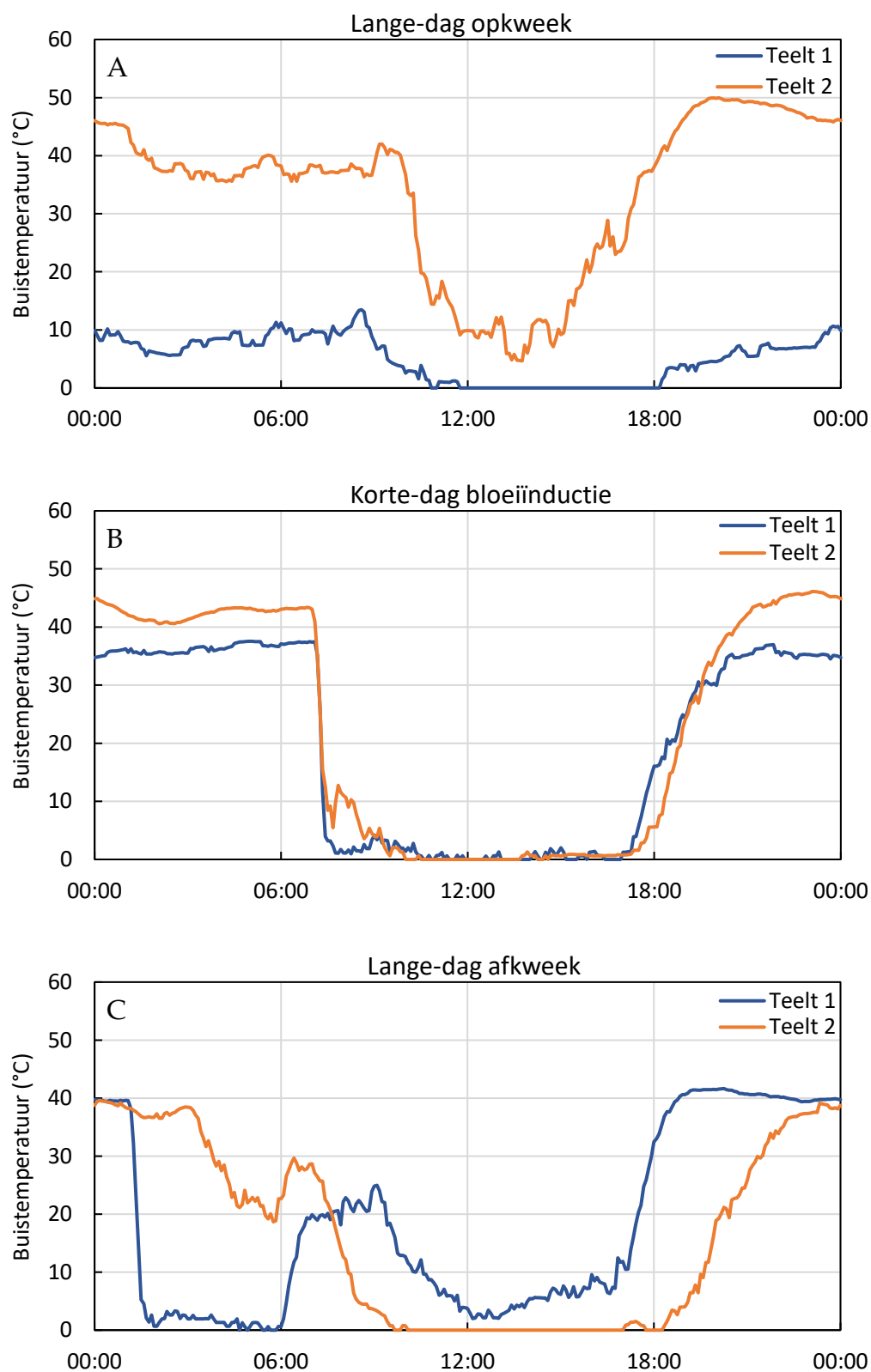


Figuur 21. Cyclische gemiddelden van de kas-RV van beide teelten per teeltfase. (A) is de lange-dag opkweek fase, (B) de korte-dag bloeiinductie fase en (C) de lange-dag afkweek fase.

Het buisgebruik tijdens de teelt fluctueerde in het aantal uren per dag waarop de inzet van buiswarmte nodig was en de benodigde buistemperaturen (Figuur 22). De groeibuis is gebruikt als primaire warmtebron en het ondernet is ingezet als secundaire warmtebron (met uitzondering van de eerste teeltweek van teelt 1). Het effect van de buitentemperatuur en instraling (Figuur 18) is terug te zien in het buisgebruik (Figuur 22). Zo is er bij de start van teelt 1 nog weinig buiswarmte nodig en wordt het ondernet niet ingezet. In de wintermaanden neemt de inzet van de buizen toe en is ook het ondernet een enkele keer nodig. Naar het eind van teelt 2 neemt dit weer af. Naast de buitenomstandigheden, hadden ook de verschillende teeltfasen een effect. Zo is te zien dat bij de start van de tweede lange dag fase in teelt 1 (vanaf week 50) het buisgebruik lager ligt dan in de korte-dag fase gedurende week 45, 46 en 47 waarin de buitentemperaturen vergelijkbaar waren. Dit wordt veroorzaakt door de belichting die dan ook weer in de nacht kan worden ingezet en de kasafdeling (deels) van de benodigde warmte kan voorzien. Bij de start van teelt 2, waar de belichtingsintensiteit laag ligt, stijgt het buisgebruik weer. Dit gaat echter ook samen met lagere buitentemperaturen.

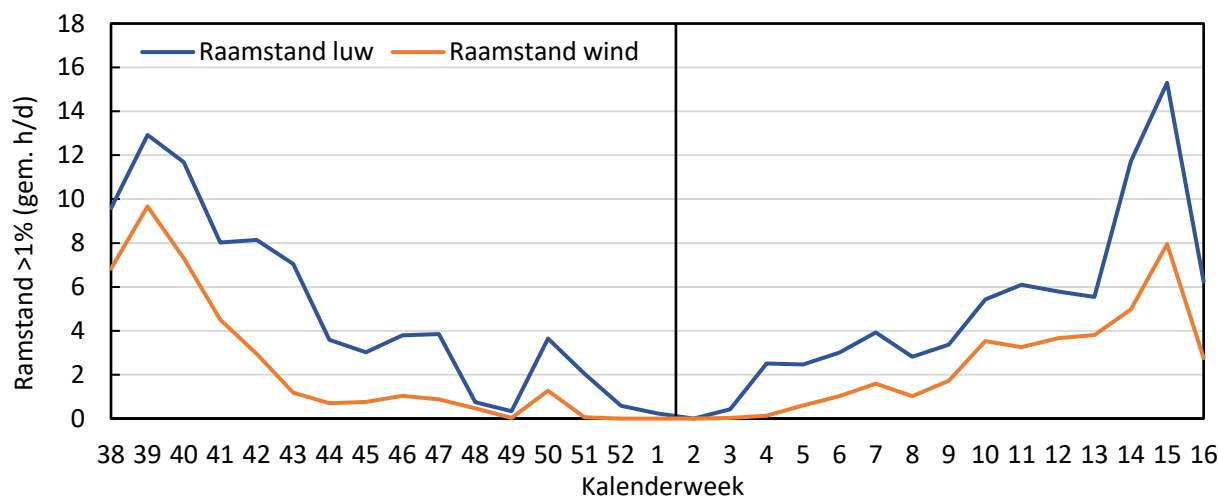


Figuur 22. De inzet van de groeibuis (primair) en ondernet (secundair) over beide teelten. De blauwe staven geven het aantal uur per dag weer dat er buiswarmte nodig was. De oranje lijn geeft de gemiddelde berekende buistemperatuur weer over de periode dat er buisvraag was.



Figuur 23. Cyclische gemiddelden van berekende temperatuur van de groeibuis in beide teelten per teeltfase. (A) is de lange-dag opkweek fase, (B) de korte-dag bloeiïnductie fase en (C) de lange-dag afkweek fase.

In de korte-dag fase van teelt 1 lag de gemiddelde RV constant hoog (Figuur 21) en was er vrijwel continu buisvraag tijdens de uren dat er niet belicht werd (Figuur 23). Ook lagen de schermen in die periode volledig dicht (Tabel 15). Er is niet veel gelucht in die periode (Figuur 24), en de uren dat er gelucht is in de wintermaanden vielen overdag. Er is dus niet of nauwelijks gelucht om vocht te beheersen. Wellicht is een actieve ontvochtiging met warmteterugwinning nog wel interessant om op momenten met een hoge RV en/of momenten waarop op vocht gekierd wordt het kasklimaat te verbeteren (lagere RV) en de buisvraag te verlagen. Meer hierover is beschreven in Bijlage VII.



Figuur 24. Gemiddeld aantal uren per dag waarop de ramen meer dan 1% open stonden per week.

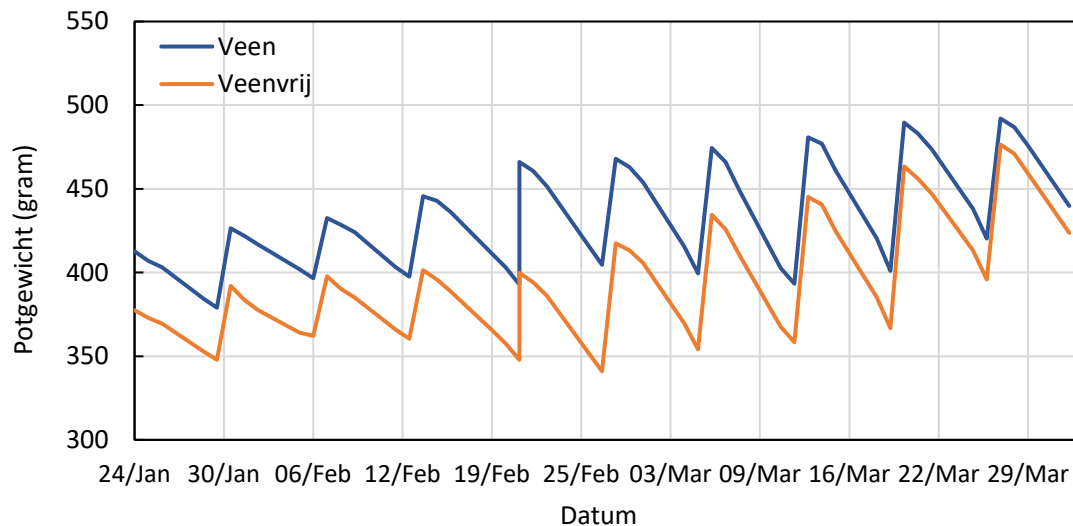
3.2.5 Gewasverdamping

Het gewas groeide weelderig tijdens teelt 1. Dat is onwenselijk gezien de doelstelling om energiezuinig en zonder remmiddelen een Kalanchoë met compacte plantvorm te kweken. Gedurende teelt 1 ontstond het idee dat het gewas wellicht weinig water verdampte in vergelijking met de klimaatcelproef (hoofdstuk 2). Daarom is halverwege teelt 1 gestart met het meermaals per week wegen van 2 potten per behandeling per cultivar. Dit geeft een indruk van hoeveel water er verdampt is gedurende de dagen tussen een watergiftbeurt. De verdamping bleek inderdaad relatief laag met 0.5 L/m² per dag. In de klimaatcelproef was de verdamping met ± 1.0 L/m²/dag aanmerkelijk hoger bij een vergelijkbare belichting. Het gewas groeide ook compacter in de klimaatcel (Figuur 25). Ondanks dat dit geen hard bewijs levert voor een oorzakelijk verband tussen compactheid en verdamping, is aan het einde van teelt 1 besloten om het ventilatievermogen van het Van Dijk systeem te verhogen, waarop de verdamping toenam tot gemiddeld 0.7 L/m².

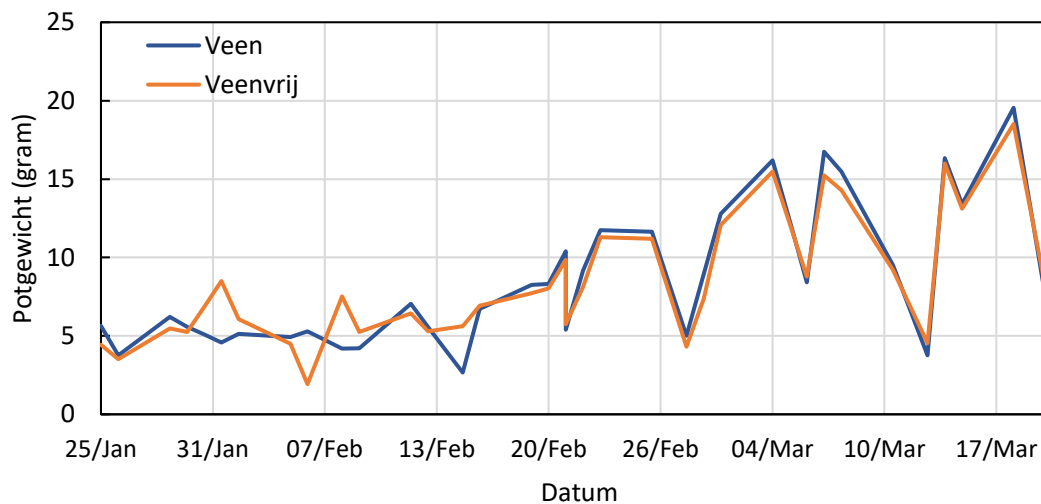


Figuur 25. Kalanchoë Don Amarillo uit teelt 1 in de kasproef (links) en de klimaatcel (rechts). Belichting in de korte-dag fase was vergelijkbaar, maar in de klimaatcel was de verdamping hoger. Mogelijk hebben microklimaat en verdamping invloed gehad op de plantvorm. In beide proeven zijn geen remmiddelen gebruikt.

In teelt 2 is er naast het standaard substraat ook gebruikgemaakt van een op kokos gebaseerd en veenvrij substraat wat minder water zou moeten vasthouden. Dit zou in een gemiddeld wat droger substraat moeten resulteren, met als doel een compacte plantgroei te bevorderen. Figuur 26 laat het verloop van het potgewicht zien voor beide substraten in teelt 2. Dat loopt langzaam op door het toenemende gewasgewicht. De toename in gewicht na een waterbeurt en afname gedurende de dagen erna verschilt nauwelijks, wat erop duidt dat de potten met het aangepaste (veenvrije) substraat ongeveer evenveel water verdampen als potten met het reguliere substraat. Figuur 27 laat zien dat de verdamping van het gewas inderdaad vrijwel gelijk is op een enkele uitschieter na. Gemiddeld was de verdamping 8.4 gram/pot/dag in het standaard substraat en 8.3 gram/pot/dag in het veenvrije substraat. Het verschil in het absolute potgewicht (Figuur 26) kan worden veroorzaakt door een verschil in het soortelijk gewicht van het substraat zelf of door een verschil in vochtgehalte van het substraat op het moment voor watergift. Dit laatste onderscheid had gemaakt kunnen worden door het vochtgehalte in het substraat vlak voor watergift te meten, maar dat is helaas niet gedaan.

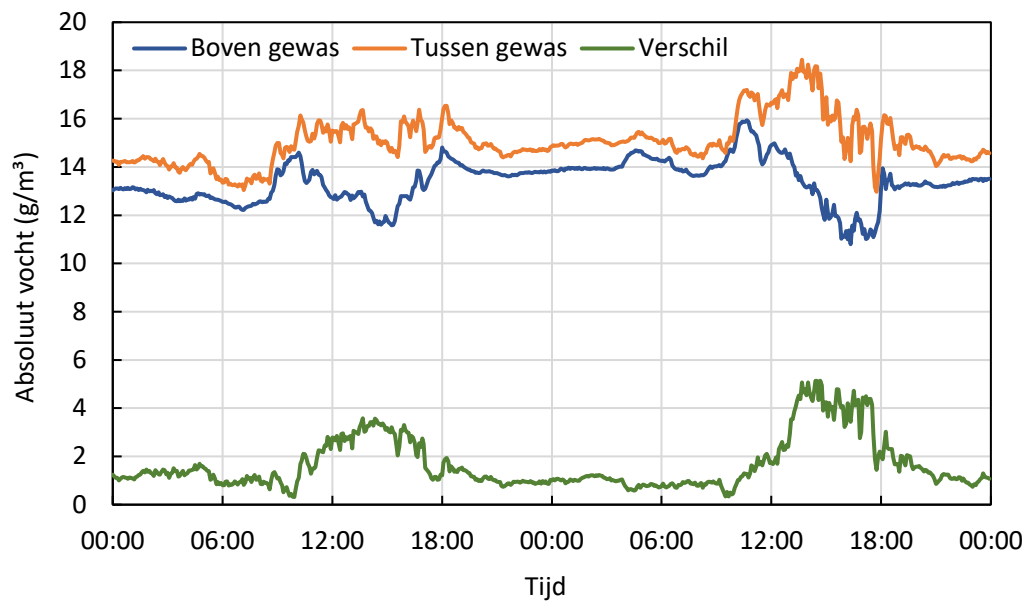


Figuur 26. Verloop van potgewicht teelt 2 van het standaard substraat en het veenvrije substraat (n=10).



Figuur 27 Afname van potgewicht van het standaard substraat en het veenvrije substraat (n=10).

Figuur 28 geeft de absoluut vochtmetingen tussen het gewas en ± 20 cm boven het gewas weer voor 26 en 27 maart 2024 (± 1 week voor start oogst). Het vochtgehalte tussen het gewas was op deze dagen bijna altijd hoger dan boven het gewas, en dit verschil kon oplopen tot meer dan 4 g/m^3 vocht. Er is tussen het gewas dus een vochtiger microklimaat dan bij de meetbox.



Figuur 28. Absoluut vocht gemeten op 26 en 27 maart 2024 (± 1 week voor start oogst) tussen het gewas en boven het gewas (± 20 cm). Het verschil tussen de twee metingen is aangegeven met de groene lijn.

3.2.6 Energiebalans

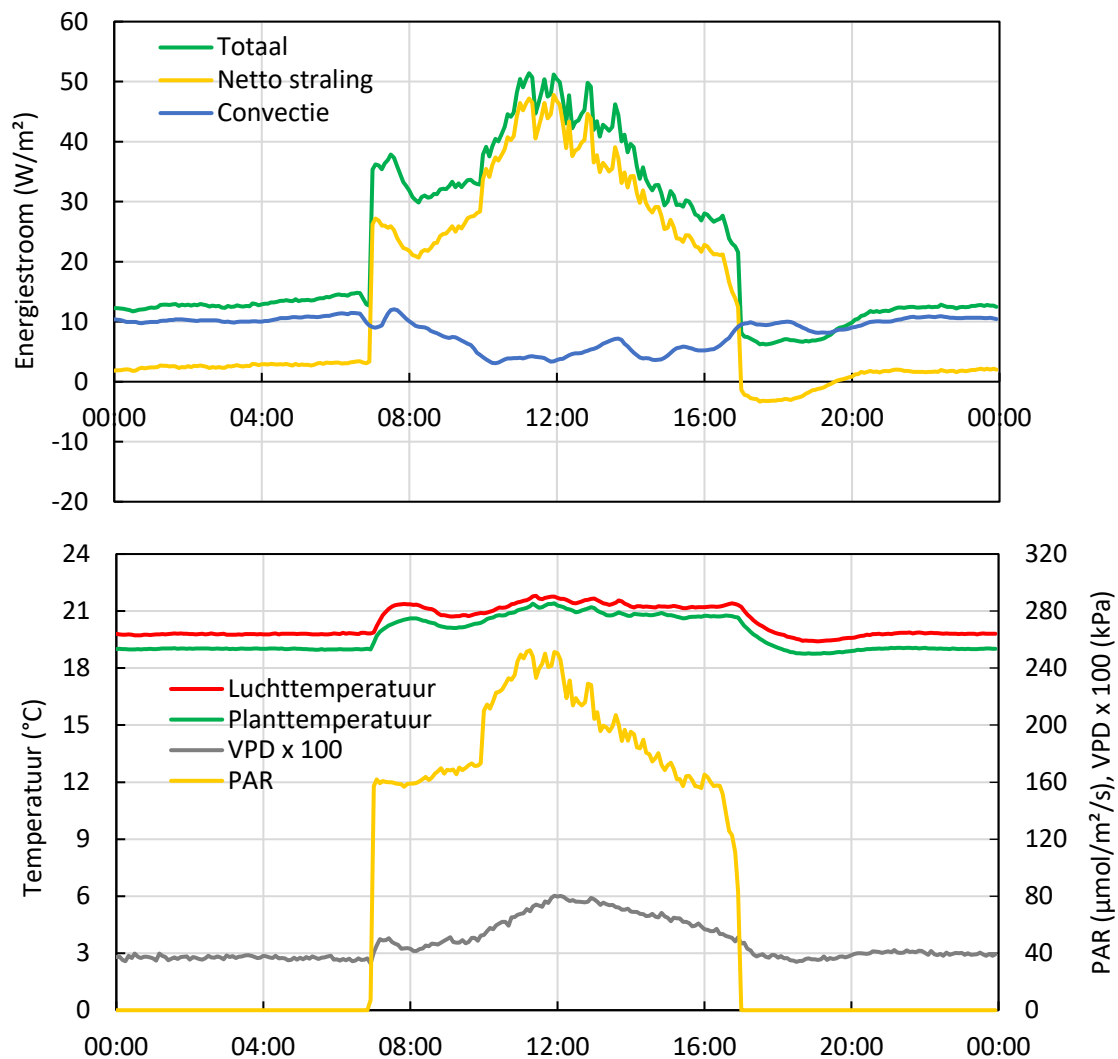
Gedurende de korte-dag fase van teelt 1 is het patroon van de energiestromen, en daarmee verdamping, met behulp van een FytaWatch in kaart gebracht (Figuur 29). Dit was tijdens de donkerste dagen van het jaar, dus een periode met weinig instraling en veel uitstraling. In deze periode werd daarom relatief weinig gewasverdamping verwacht.



Figuur 29. FytaWatch opstelling in de proefkas. De netto straling-, PAR- en planttemperatuursensor hangen boven het gewas (aan het linker uiteinde van het apparaat). De luchttemperatuur, RV en CO₂ worden gemeten door de grijze box die aan het frame is gemonteerd.

In Figuur 30 is het cyclisch daggemiddelde van de energiestromen en het klimaat voor de periode 8 t/m 28 november 2023 in teelt 1 weergegeven. Voor de bepaling van de convectieve warmteoverdracht is gerekend met een windsnelheid van 0.1 m/s. Over het algemeen is er voldoende energietoevoer om verdamping te laten plaatsvinden. De stralingsenergie zorgt gedurende de fotoperiode voor de grootste energiestroom, de convectie draagt dan weinig bij aan de totale energiestroom. Dat de convectie energiestroom in de fotoperiode afneemt komt doordat blad- en luchttemperatuur dicht bij elkaar liggen, wat resulteert in minder energieoverdracht tussen lucht en blad bij eenzelfde windsnelheid. Verder valt op dat de stralingsenergie net na LED uit (17:00-19:30) gemiddeld genomen zelfs negatief is, wat te relateren is aan een beperkte inzet van de buisverwarming in die periode (Figuur 23B). De piek in stralingsenergie aan het begin van de fotoperiode (07:00) ontstaat vermoedelijk door het nagloeien van de groeibuizen welke pas uitschakelen wanneer de belichting inschakelt. De groeibuizen zouden al enige tijd voor LED aan uitgeschakeld mogen worden, om zo energie te besparen. Over het algemeen is er namelijk geen warmtevraag in de fotoperiode gedurende deze fase van de teelt (Figuur 23B).

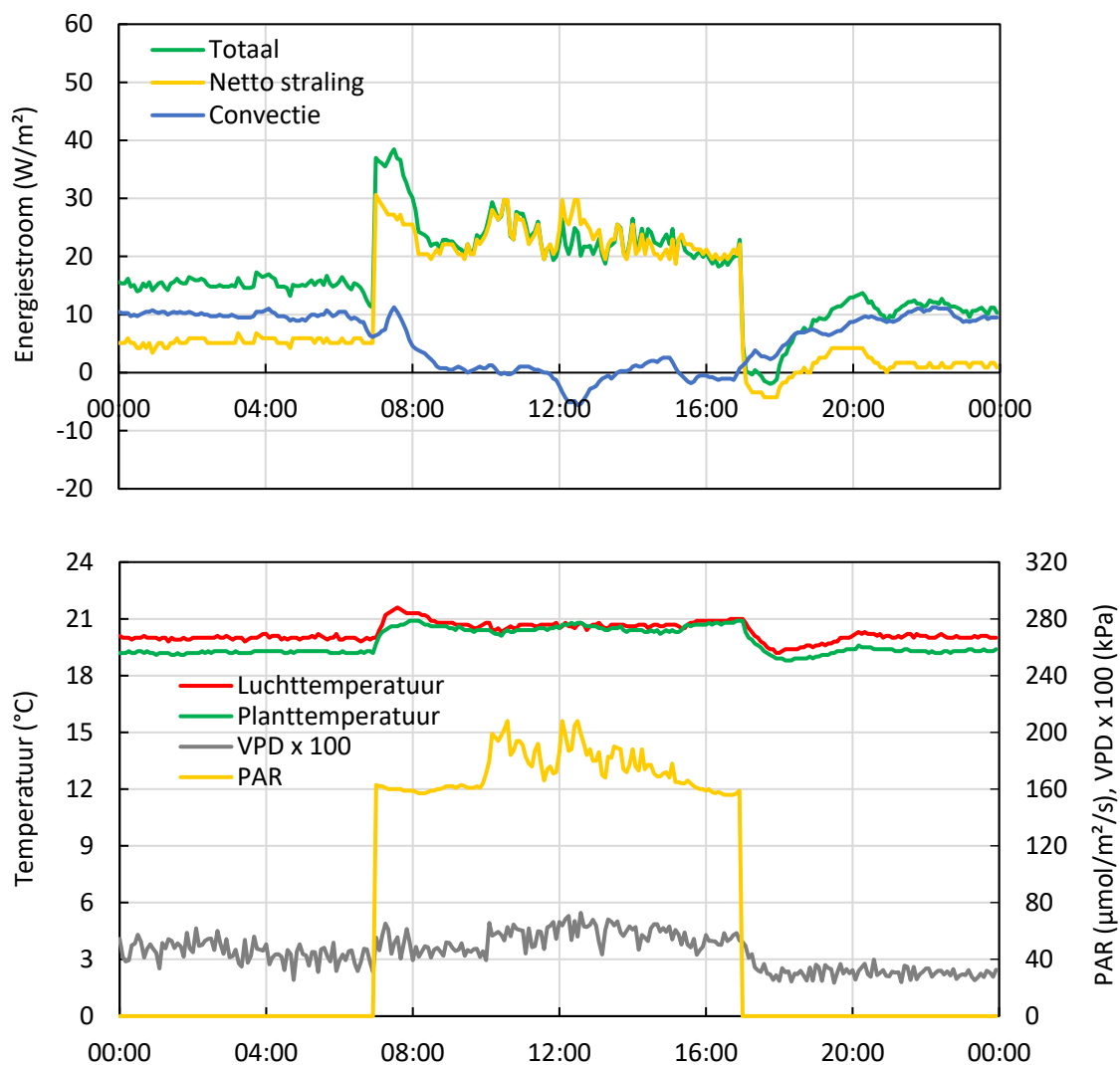
De energiebalansmethode is echter geen vervanging voor de verdampingsmetingen op basis van potgewicht, zoals eerder beschreven in hoofdstuk 3.2.5. De gemiddelde dagelijkse verdamping op basis van de energiebalansmethode komt namelijk op $\pm 780 \text{ mL/m}^2/\text{d}$ (gegeven 2450 kJ/kg verdampingswarmte) terwijl dat op basis van wegingen in dezelfde periode op $\pm 600 \text{ mL/m}^2/\text{d}$ lag. De energiebalansmethode geeft vooral inzicht in de verdampingspatronen over de dag en in de oorzaken daarvan.



Figuur 30. Cyclisch daggemiddelde van verdampings- en klimaatgegevens van teeltweek 8 t/m 10 in de korte-dag fase in teelt 1 (8 tot en met 28 november 2023). De groene lijn ('totaal') geeft de berekende energiestroom voor verdamping weer. Gemiddeld genomen is er altijd voldoende energietoevoer om verdamping te laten plaatsvinden.

Wanneer er gekeken wordt naar de energiebalans op individuele dagen zijn er ook enkele momenten zichtbaar waarop er onvoldoende energiestromen zijn om verdamping te laten plaatsvinden. Als voorbeeld is 18 november 2023 genomen (Figuur 31), dit is een regenachtige dag met weinig instraling. Op deze dag is de convectie energiestroom gedurende fotoperiode nagenoeg neutraal, met andere woorden, er is dan geen verschil in blad- luchttemperatuur. Doordat ook op deze dag de netto straling om 17:00 tijdelijk negatief wordt, is er, in combinatie met de lage convectie, tijdelijk onvoldoende energietoevoer voor verdamping. Of

kortstondige momenten met weinig of geen verdamping bij Kalanchoë tot teeltproblemen leiden is onbekend, bij andere gewassen zijn er vermoedens dat dit de momenten zijn waarbij bladrand of bladkwaliteitsproblemen optreden.



Figuur 31. Verdampings- en klimaatgegevens van teeltdag 59 in teelt 1 (18 november 2023). Dit was een regenachtige dag met weinig instraling. De groene lijn ('totaal') geeft de berekende energiestroom voor verdamping weer en is ruim een uur na licht uit nul (geen verdamping).

3.2.7 Energiegebruik

Het energiegebruik van de proefkas kan worden onderverdeeld in elektra voor de LED-belichting en gasgebruik voor de verwarmingsbuizen. Het elektragebruik voor de ventilator van de luchtslurf is hier buiten beschouwing gelaten. Het elektragebruik is berekend vanuit branduren, belichtingsintensiteit (dimstand) en efficiëntie van de LED (3.25 $\mu\text{mol PAR/Joule}$ elektra-input) en er is rekening gehouden met het elektragebruik van het verrode licht in de korte-dag en lange-dag afweek. Het werkelijke elektragebruik in de proefkas zal wat hoger geweest zijn, vanwege de hogere dichtheid aan armaturen langs de randen van het teeltoppervlak, wat gedaan is om een goede lichtverdeling te krijgen. In een proefkas van netto 125 m² geeft dit relatief grotere randverliezen dan in een grote commerciële kas. Deze hogere elektra-input verlaagt het warmtegebruik weer, en ook de verhouding binnen- en buitengevel ten opzichte van het teeltoppervlak beïnvloedt de warmtevraag.

Bovenstaande beperkingen in gedachten houdend, staat hieronder een overzicht van het berekende energiegebruik (Tabel 18). In totaal is er voor beide teelten 58.2 kWh/m² aan elektra gebruikt en 9.2 m³/m² aan gas. In teelt 1 was er in vergelijking met teelt 2 meer elektra gebruikt en minder gas. Dit is het gevolg van het telen in twee verschillende periodes in het jaar. Tijdens teelt 1 was het buiten warmer en was er minder instraling. Teelt 2 was een typische eind winter-vroege voorjaar teelt waarbij er heldere dagen zijn met veel instraling, maar de temperatuur buiten nog laag is.

Tabel 18. Berekend energiegebruik opgesplitst in elektra voor de belichting en gasequivalenten voor de buisverwarming. Omdat de duur van de verschillende teeltfasen per teelt soms verschilde is zowel het totale gebruik per teeltfase weergegeven als het gemiddelde per week.

Teeltfase	Belichting kWh/m ²				Gasgebruik m ³ /m ²			
	Teelt 1		Teelt 2		Teelt 1		Teelt 2	
	totaal	gem. /week	totaal	gem. /week	totaal	gem. /week	totaal	gem. /week
Lange-dag opkweek	2.98	0.77	4.14	1.32	0.24	0.06	1.91	0.61
Korte-dag bloeiïnductie	16.13	2.69	12.93	2.21	1.61	0.27	2.16	0.37
Lange-dag afweek	17.69	3.10	4.32	0.86	1.91	0.33	1.36	0.27
Totaal	36.8		21.4		3.8		5.4	

Omdat met belichting een aanzienlijk deel van de warmtevraag ingevuld kan worden is het voor een energiezuinige teelt profijtelijk om de belichting op zo'n manier in te zetten dat de warmte zo goed mogelijk wordt benut en er zo min mogelijk hoeft worden bijverwarmd. In de lange-dag afweek fase van teelt 1 werd geconstateerd dat de belichting gedurende de belichte nacht resulteerde in een kastemperatuur stijging van 1 à 1.5°C. In deze periode was er geen buiswarmte nodig. Vervolgens werden bij zonsopkomst de doeken geopend en de belichting gedimd, waarna buiswarmte nodig was om de kas op de gewenste temperatuur te houden (Figuur 23C). In teelt 2 is geprobeerd om de lampwarmte tijdens de lange-dag

afkweek fase beter te benutten door in de belichte nacht met een lagere intensiteit te belichten en minder sterk terug te dimmen bij de eerste instraling. Echter, was er in teelt 2 toch buiswarmte nodig in de belichte nacht en bij zonsopkomst door de lage buitentemperaturen 's nachts en in de vroege ochtend (Figuur 23C).

3.2.8 Discussie klimaat en energie

De twee proefteelten hebben laten zien dat Kalanchoë in de winter geteeld kan worden met relatief weinig gasinput. Dit is enerzijds gerealiseerd door de kas te isoleren door relatief veel te schermen en anderzijds door het benutten van de lampwarmte. Zo zagen we in teelt 1 een temperatuurstijging in de belichte nacht onder gesloten doeken. Hier is in teelt 2 getracht gebruik van te maken door met een lagere intensiteit te belichten. Echter was de intensiteit toen te laag om inzet van buisverwarming te voorkomen. Tijdens de korte-dag fase met slechts 10 uur fotoperiode is midden in de winter de bandbreedte om via de belichtingsintensiteit de warmtevraag te sturen beperkt. Immers, voluit belichten is dan meestal nodig om de gewenste lichtsom te behalen. Echter, door na bloeiïnductie weer over te schakelen op een langere daglengte is er meer speelruimte om te variëren in lichtintensiteit, waarbij intensiever belicht kan worden op uren met meer warmtevraag.

Een langere daglengte geeft ook ruimte om meer te belichten op uren met goedkope stroomprijzen en vice versa. Om het effect hiervan op de energiebalans van de kas te onderzoeken werd de belichtingsintensiteit in de laatste teeltfase (lange-dag) van teelt 1 verlaagd tussen 6.00 en 9.00 uur ('dure uren'). Dit had echter als gevolg dat er in die uren weer wat meer buiswarmte nodig was (Figuur 23C). Een hogere intensiteit belichting in de belichte nacht (zolang de stroom nog relatief goedkoop is) en het verlagen van de belichtingsintensiteit in de vroege ochtend heeft dus niet per sé een energiebesparend effect. Hier zal een afweging gemaakt moeten worden tussen energiebesparing, kosten, en het aandeel groene energie. Immers, in de uren dat de elektriciteit goedkoop is, is de elektriciteit ook 'groener' doordat er dan relatief meer wind- en/of zonne-energie beschikbaar is.

Doordat er intensief geschermd werd, kon het vochtgehalte in de kas hoog oplopen. Vooral in de 2^e teelt is 's nachts meer gekierd met de doeken om de RV te verlagen. Dit vanwege de te weelderige gewasgroei in teelt 1. Daarnaast is geconstateerd dat het vochtgehalte tussen het gewas een stuk hoger ligt dan dat van de kaslucht boven het gewas. Desondanks zijn er geen grote problemen geweest met uitval door vocht- of schimmelproblemen (in teelt 2 zijn enkele planten uitgevallen). Echter kan een hoog vochtgehalte wel resulteren in een verminderde verdamping van het gewas en een weelderigere gewasgroei, wat tegen het doel om vrij van redmiddelen te telen in gaat. Dit effect is versterkt doordat er minimaal gebruik is gemaakt van het ondernet en geen minimumbuis is gebruikt. Was dit wel gedaan, dan had dit de luchtbeweging langs het gewas en daarmee vochtafvoer bevorderd. Er is wel gebruik gemaakt van luchtbeweging door middel van een slurf boven in de kas. Bij een rookproef leek

het dat de luchtbeweging vlak boven het gewas hierdoor nauwelijks werd beïnvloed. Echter, de verdamping nam wel toe nadat de ventilator op een hogere stand gezet was, waardoor meer lucht door de slurf verplaatst werd. Om voldoende vocht af te voeren kunnen andere mogelijkheden om de inzet van bijvoorbeeld een minimumbuis te voorkomen worden overwogen.

3.3 Resultaten

De kasproef werd uitgevoerd om aan te tonen of met een energiezuinige teeltstrategie en zonder remmiddelen een goede kwaliteit Kalanchoë geteeld kan worden. De kwaliteit van de planten werd in beide teelten gedurende de proef beoordeeld door een groep ervaren Kalanchoëtelers. Daarnaast werden aan het eind van beide teelten de belangrijkste planteneigenschappen gemeten en is de plantvorm vastgelegd met foto's.

3.3.1 Plantkwaliteit teelt 1

Teelt 1 vond plaats tussen september 2023 en januari 2024. De oogst begon 14 weken na start en de laatste planten werden geoogst 15 weken na start. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 19. De lange-dag opkweek fase duurde in teelt 1 vier weken, dus de teeltduur vanaf bloeiïnductie was 11-12 weken. Don Alano is geoogst op 1 open bloem, omdat deze cultivar wat teeltvertraging had opgelopen vanwege doorwas, waarschijnlijk veroorzaakt door een klein beetje lichtvervuiling in de kas. Don Alano lijkt hier dus gevoeliger voor te zijn dan andere getoetste cultivars.

In teelt 1 waren de meeste cultivars veel te grof, maar de verdere plantkwaliteit was wel goed. De telers vonden dat de bladeren goed van kleur waren, er was geen geel blad onderin en de planten hadden een voldoende vol bloemscherm. Echter, in tegenstelling tot de klimaatcelproef waren de meeste cultivars niet mooi compact gebleven, maar waren de planten erg lang en grof (Figuur 32 & 33). Hoewel een klimaatcelproef niet zomaar met een kasproef vergeleken kan worden, was gemiddeld het totale versgewicht van de cultivars die zowel in de kas als in de klimaatcel (behandeling LL-21-Vr0) getoetst waren in de kasproef $\pm 20\%$ meer dan in de klimaatcelproef (hoofdstuk 2). De lengte van deze cultivars was ook $\pm 20\%$ meer dan in de klimaatcelproef.

Alle cultivars waren in teelt 1 van de energiezuinige kasproef zonder remmiddelen relatief lang en grof geworden, maar tussen cultivars waren wel grote verschillen in lengte en gewicht. De telers oordeelden dat de cultivars die van zichzelf compacter blijven, zoals Don Amarillo, Don Victorio, Don Dione en D58, van goede verkoopbare kwaliteit waren. Cultivars die van zichzelf sneller lang en/of grof worden zoals Secret, Perfecta Red II, Don Cedro of Weaver waren niet van gewenste kwaliteit. Als deze planten wel chemisch geremd zouden zijn was de eindkwaliteit vermoedelijk goed geweest.

Tabel 19. Oogstdata van teelt 1. De data zijn weergegeven als een gemiddelde waarde per parameter (n=20). Drooggewicht data staan gerapporteerd in bijlage VI.

Cultivar	Teeltduur (d)	Lengte (cm)	Zijscheuten (#)	Open bloemen (#)	Versgewicht (g)			Aandeel bloemgewicht vers t.o.v. plant (%)
					totaal	scheut	bloem	
Don Alano*	110	17.9	15.0	1.0	269	227	42.7	15.9
Don Amarillo	98	17.3	13.1	3.2	201	169	32.8	16.3
Don Cedro	104	25.5	15.9	3.7	219	196	23.2	10.6
Don Dione	102	19.1	13.4	3.7	240	204	36.2	15.1
D58	100	17.6	14.9	3.0	229	197	32.6	14.2
Lipstick	99	20.5	16.7	3.1	228	200	28.3	12.4
Perfecta Red II	101	26.4	12.2	3.6	231	196	35.8	15.4
Secret	109	30.0	15.8	3.2	256	227	29.0	11.3
Stellar	110	20.0	18.0	3.0	263	230	33.0	12.6
Don Victorio	110	18.2	15.1	3.0	246	209	36.7	14.9
Weaver	109	21.8	15.8	3.3	244	213	31.0	12.7

*geoogst bij 1 open bloem per plant i.p.v. 3 open bloemen.



Figuur 32. Vooraanzicht van alle cultivars bij oogst. De kleuren in de foto kunnen afwijken van de werkelijke kleuren door verschillen in weergave of opnameomstandigheden.



Figuur 33. Bovenaanzicht van alle cultivars bij oogst. De kleuren in de foto kunnen afwijken van de werkelijke kleuren door verschillen in weergave of opnameomstandigheden.

3.3.2 Plantkwaliteit teelt 2

Teelt 2 vond plaats tussen januari en april 2024. De oogst van teelt 2 begon 12 weken na start en eindigde 14 weken na start teelt. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 20. In teelt 2 duurde de lange-dag opkweekfase 3 weken, dus de teeltduur vanaf bloeiïnductie was 10 – 12 weken. Hoewel na teelt 1 de kasverduistering was aangepast en er met de PAR-meter geen licht meer werd waargenomen bij gesloten scherm, waren er toch weer verschijnselen van doorwas bij Don Alano en had deze cultivar daarom weer wat teeltvertraging t.o.v. de praktijk. Mogelijk omdat er toch nog enig strooilicht de kas binnendrong. In teelt 2 werd er op een van de tafels geteeld met een veenvrij substraat. Hiervan zijn ook 20 planten per cultivar geoogst.

In teelt 2 was de kwaliteit van de planten beter dan in teelt 1 (Figuur 34 t/m 36). Tussen de planten op het reguliere substraat en het veenvrije substraat zaten visueel geen opvallende verschillen. In tegenstelling tot teelt 1 waren de planten nu veel kleiner. Gedurende het grootste deel van de teelt werd gedacht dat de planten te klein en schraal waren. Bij oogst was dit voor de meeste cultivars redelijk bijgetrokken. Ditmaal was het totale versgewicht van de cultivars die zowel in de kas als in de klimaatcel (behandeling LL-21-Vr0) getoetst waren in de kasproef $\pm 20\%$ minder dan in de klimaatcelproef (hoofdstuk 2). Ten opzichte van teelt 1 waren het totale versgewicht en de lengte van de planten beide $\pm 30\%$ minder. Er zat dus een groot verschil in grootte tussen de planten van teelt 1 en teelt 2. Ook waren er weer duidelijke verschillen tussen cultivars. Hoewel de meeste cultivars van teelt 2 relatief klein en kort waren, vonden de telers nog steeds Perfecta Red II en Secret te gestrekt en daarom niet van gewenste kwaliteit. Ook Don Alano was niet van goede kwaliteit vanwege de doorwas. Alle andere cultivars in teelt 2 vonden de telers van goed verkoopbare kwaliteit.

Het veenvrije substraat was zo samengesteld dat het minder water vast zou moeten houden waardoor de planten niet te lang nat staan. Als het substraat wat meer kan interen zou dit wellicht de planten wat compacter houden. Ook een minder vochtig microklimaat zou kunnen resulteren in compactere planten. Echter was het veenvrije substraat niet sneller droog en is de hele teelt evenveel en op dezelfde momenten gegoten als bij het reguliere substraat. Er waren ook geen significante verschillen tussen de planten van beide substraten (Tabel 20). De planten waren dus niet compacter op het veenvrije substraat, maar groeiden ook niet slechter dan op het reguliere substraat. Dat de teelt op veenvrij substraat niet zichtbaar slechter ging valt weliswaar buiten het doel van dit onderzoek, maar is wel positief nieuws.

Tabel 20. Oogstdata van teelt 2. De data zijn weergegeven als een gemiddelde waarde per parameter voor regulier substraat en veenvrij substraat (n=20). Er waren geen significante verschillen tussen het reguliere en veenvrije substraat ($\alpha=0.01$), weergegeven met NS. Bij sommige parameters kon geen statistische analyse worden gedaan vanwege handmatige selectie of interactie tussen cultivar en substraat, dit is weergegeven met asterisken. Drooggewicht data staan gerapporteerd in bijlage VI.

	Cultivar	Teeltduur (d)*	Lengte (cm) ^{NS}	Zijscheuten (#)**	Open bloemen (#)*	Vergewicht (g) ^{NS}			Aandeel bloemgewicht vers t.o.v. plant (%)**
						totaal	scheut	bloem	
Regulier substraat	Don Alano	92	14.2	12.9	3.5	184	153	31.3	17.2
	Don Amarillo	83	13.6	12.3	5.0	132	109	23.8	18.0
	Don Dione	88	12.4	11.9	3.4	181	152	29.1	16.1
	D58	85	13.7	13.9	3.3	180	151	29.3	16.3
	Lipstick	85	12.3	14.2	4.0	143	123	19.8	14.0
	Perfecta Red II	81	15.9	11.1	3.4	137	113	24.0	17.6
	Secret	85	19.9	10.8	3.9	136	112	24.3	17.8
	Stellar	99	15.3	14.7	3.5	177	146	30.7	17.5
	Don Victorio	92	12.4	12.3	4.8	154	126	27.7	18.2
	Weaver	92	15.2	13.0	2.9	182	154	27.2	15.0
Veenvrij substraat	Don Alano	92	12.9	11.4	3.5	179	147	32.5	18.2
	Don Amarillo	83	13.5	11.2	4.5	135	110	24.7	18.3
	Don Dione	88	12.4	11.7	3.5	173	142	30.2	17.5
	D58	85	13.7	13.1	3.2	174	145	30.5	17.4
	Lipstick	85	12.7	14.2	3.6	141	121	20.4	14.5
	Perfecta Red II	81	15.7	11.0	4.5	142	115	27.0	19.1
	Secret	85	19.6	12.0	3.1	139	116	23.6	17.0
	Stellar	99	15.5	14.8	3.1	187	155	31.6	16.9
	Don Victorio	92	12.2	11.8	3.3	152	130	28.2	17.9
	Weaver	94	15.9	12.9	3.3	173	145	28.6	16.6

*Geen statistische analyse uitgevoerd omdat deze waarde is beïnvloed door handmatige selectie.

**Statistische analyse uitgesloten vanwege interactie tussen cultivar en substraat.



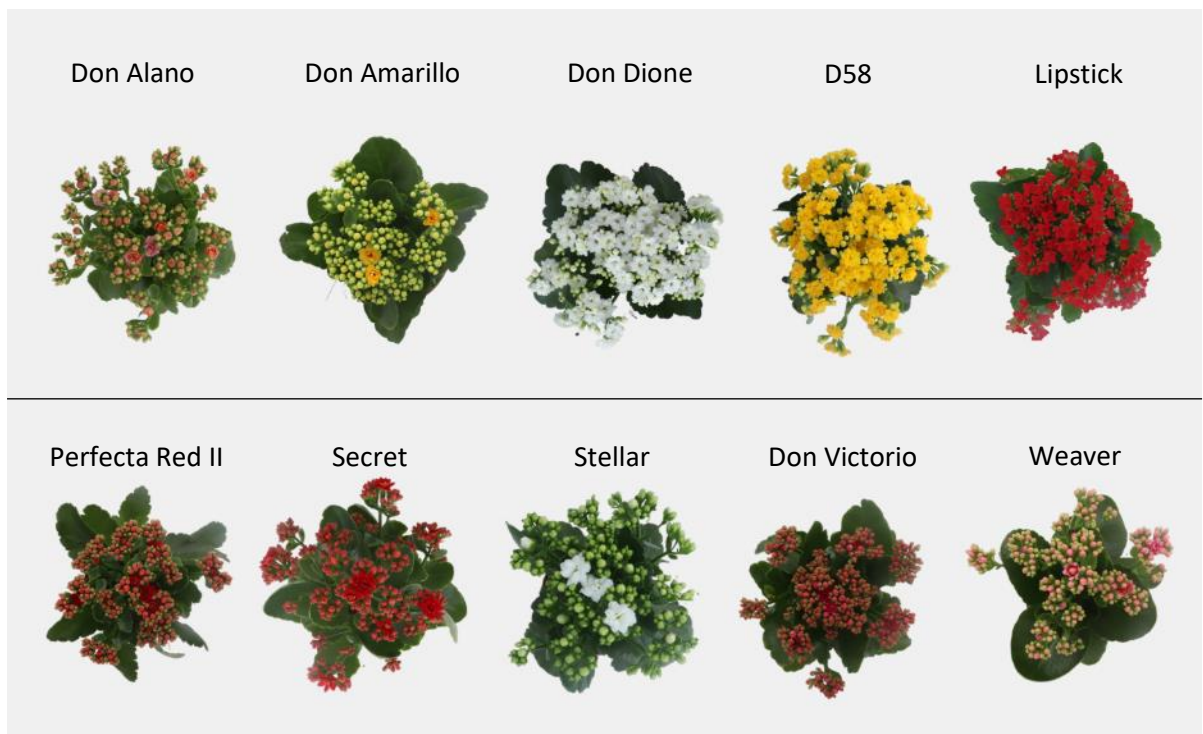
Figuur 34. Vooraanzicht van alle cultivars op regulier substraat bij oogst. De kleuren in de foto kunnen afwijken van de werkelijke keuren door verschillen in weergave of opnameomstandigheden. Sommige cultivars zijn later gefotografeerd dan dat ze geoogst zijn.



Figuur 35. Vooraanzicht van alle cultivars op veenvrij substraat bij oogst. De kleuren in de foto kunnen afwijken van de werkelijke kleuren door verschillen in weergave of opnameomstandigheden. Sommige cultivars zijn later gefotografeerd dan dat ze geoogst zijn.



Figuur 36. Bovenaanzicht van alle cultivars op regulier substraat bij oogst. De kleuren in de foto kunnen afwijken van de werkelijke kleuren door verschillen in weergave of opnameomstandigheden. Sommige cultivars zijn later gefotografeerd dan dat ze geoogst zijn.



Figuur 37. Bovenaanzicht van alle cultivars op veenvrij substraat bij oogst. De kleuren in de foto kunnen afwijken van de werkelijke kleuren door verschillen in weergave of opnameomstandigheden. Sommige cultivars zijn later gefotografeerd dan dat ze geoogst zijn.

3.4 Discussie & Conclusies kasproef

In een reeks klimaatcel proeven, waarvan de meest recente is beschreven in hoofdstuk 2 van dit rapport, is onderzocht hoe een goede kwaliteit Kalanchoë geteeld kan worden onder LED en zonder gebruik van remmiddelen. Hieruit is een hoeveelheid basiskennis verkregen waarmee een strategie is ontwikkeld voor een energiezuinige en toekomstbestendige Kalanchoë teelt. Het doel van deze teeltstrategie was om met zo min mogelijk warmte-input en elektra en zonder gebruik van remmiddelen een goede kwaliteit Kalanchoë te telen. De teeltstrategie is vervolgens toegepast in de kasproef die bestond uit twee opeenvolgende teelten tussen september 2023 en april 2024.

3.4.1 Energiegebruik

De kasproef vond plaats in de periode van het jaar waarin belichting essentieel is bij Kalanchoë en het besparen op warmte en elektra het meest relevant is. Teelt 1 en 2 vonden achtereenvolgens plaats, met als gevolg dat de buitenomstandigheden gedurende de twee teelten flink verschilden en de teelten dus geen herhaling van elkaar waren. Wel gaf dit inzicht in het effect van de teeltstrategie onder verschillende omstandigheden. Met betrekking tot energiegebruik was er tijdens het grootste gedeelte van teelt 1 minder buitenlicht dan in teelt 2, waardoor er in teelt 1 meer energie gebruikt is voor elektra. Teelt 2 was daarentegen in een koudere periode van het jaar waardoor er in teelt 2 meer gas is gebruikt. Bij elkaar genomen is er in de twee teelten 58.2 kWh/m² aan elektra gebruikt voor belichting en 9.2 m³/m² aan gas.

Vooraf werd gesteld dat met full-LED het elektragebruik rond de 50 kWh/m² per jaar zou kunnen blijven (hoofdstuk 1.2), uitgaande van een lichtsom in de korte-dag fase tot 7 mol/m²/dag. In de kasproef is 58.2 kWh/m² aan elektra gebruikt in een periode van 31 weken bij een lichtsom in de korte-dag fase van minimaal 6 mol/m²/dag. Hoewel dit gebruik meer lijkt dan beoogd, is in de Kalanchoë teelt vooral tussen week 40 en 12 belichting nodig en de twee teelten vonden plaats tussen week 38 en week 16. Daarnaast is in een proefkas iets meer belichting nodig omdat er minder licht binnenkomt dan in een conventionele kas. In de proef kon dus Kalanchoë geteeld kon worden met een relatief laag elektragebruik, en het plantgewicht was hoog genoeg (zie ook 3.4.2 plantkwaliteit).

Door intensief te schermen voor een goede kasisolatie werd gestreefd naar een minimale aanvullende warmte-input. In beide teelten is geen gebruik gemaakt van minimumbuis. In totaal is er 9.2 m³/m² gas gebruikt, dit is een lage gas input voor de Kalanchoë teelt in de winter. Op een heel jaar zullen er nog hooguit enkele m³'s bijkomen. Naast het isoleren en schermen is ook geprobeerd de lampwarmte zoveel mogelijk te benutten. In teelt 2 werd tijdens de lange-dag afkweek langer belicht met een lagere intensiteit, zodat over een langere periode van de dag lampwarmte benut kon worden. Hieruit bleek echter dat bij de buitentemperaturen tijdens die periode de lampintensiteit te laag was om buisinzet volledig te voorkomen. In vergelijking met veel andere belichte teelten is bij Kalanchoë de intensiteit belichting vrij laag. Daarnaast hangt in een proefkas in verhouding tot een conventionele kas

ook iets meer belichting, waardoor in een praktijksituatie de lampwarmte nog iets lager zal zijn. In de koudste periode van het jaar is het daarom niet eenvoudig om bij Kalanchoë de buisvraag volledig in te vullen met lampwarmte. Bij iets mildere buiten temperaturen zou het mogelijk wel kunnen. Desondanks is elke besparing nuttig.

Uit de energiebalans en berekende verdamping gemeten met de Fytawatch bleek dat er nog iets aan gasbesparing te winnen valt bij start van de belichtingsperiode in de korte-dag fase (gebaseerd op teelt 1). In deze periode werd de groeibuis namelijk uitgeschakeld op het moment dat de lampen aan gingen, maar de energiebalans liet zien dat er nog steeds een piek in energietoevoer was aan het begin van de belichtingsperiode (07:00) (Figuur 30). Dit werd waarschijnlijk veroorzaakt door het nog nagloeien van de groeibuisen op het moment dat er al voldoende stralingsenergie is. Dat geeft aan dat de warmtetoevoer naar de buizen al enige tijd voordat de lampen aan gaan gestaakt zou kunnen worden. In de korte-dag fase van teelt 1 was er namelijk over het algemeen geen warmtevraag gedurende de fotoperiode. Anderzijds bleek dat aan het eind van de belichtingsperiode in de korte-dag fase de totale energietoevoer vaak negatief was. In combinatie met slechte buitenomstandigheden resulteerde dit soms in onvoldoende energie om te kunnen verdampen. Door op deze momenten een groeibuis in te zetten kan dit voorkomen worden, echter is bij Kalanchoë niet bekend of een kortstondig gebrek aan verdamping problemen veroorzaakt. In beide teelten zijn geen bladproblemen geconstateerd. Mogelijk zou het ten goede kunnen komen aan de plantvorm, hierover meer in de volgende paragraaf.

3.4.2 Plantkwaliteit

Een energiezuinige teeltstrategie zonder redmiddelen is alleen toekomstbestendig wanneer de kwaliteit van de planten goed is. Om plantkwaliteit te kwantificeren zijn aan het eind van beide teelten metingen uitgevoerd en er zijn foto's genomen van de plantvorm. In de basis was in beide teelten de kwaliteit van de planten goed. Voor de scheut was er in beide teelten geen sprake van bladranden, geel blad of verlies van bladeren. De planten hadden voldoende knoppen en deze knoppen gingen mooi open. De uitdaging van de teeltmethode ligt in de plantvorm. Zeker in teelt 1 waren meerdere cultivars veel te grof van vorm. Een gewenste plantvorm is een compacte en stevige plant, zonder lange uitstekende stelen. De verschillen tussen cultivars waren groot. Sommige cultivars bleven van zichzelf in beide teelten compact, zoals Don Amarillo of D58. Andere cultivars hebben de eigenschap om grof blad te krijgen en/of te strekken. In praktijk worden deze cultivars compact gehouden met chemische remmiddelen.

Volgens inschatting van de begeleidende telers zouden met de getoetste energiezuinige teeltmethode in combinatie met remmiddelen wel alle cultivars in de proef met een goede plantvorm geteeld kunnen worden. Echter is het van maatschappelijk belang om het gebruik van chemische middelen in de sierteeltindustrie te verminderen. Het veredelen van cultivars die van zichzelf compact blijven lijkt hierin een voor de hand liggende oplossing te zijn. Dit is

echter niet de volledige oplossing. Er waren namelijk binnen elke cultivar grote verschillen in plantvorm tussen teelt 1 en 2. Hoewel teelt 1 en teelt 2 geen exacte herhaling van elkaar waren vanwege het verschil in buitenomstandigheden, was een verschil in plantgrootte van ca. 30% opmerkelijk. Bij het toepassen van een energiezuinige teeltmethode moet plantvorm wel consistent en reproduceerbaar zijn, ook wanneer alleen cultivars gebruikt worden die van zichzelf compact blijven. Het is daarom belangrijk om te achterhalen waarom de planten van teelt 1 te groot werden en de planten van teelt 2 nét aan groot genoeg waren.

Er waren 2 teeltfactoren die echt verschilden tussen teelt 1 en 2, namelijk de lange-dag opkweek fase en het vochtgehalte in de kas. De lange-dag opkweek verschildte in meerdere opzichten. Ten eerste werd in teelt 1 een vier weken durende lange-dag opkweek aangehouden en in teelt 2 een drie weken durende lange-dag opkweek. De planten hadden in teelt 1 dus 1 week langer voor vegetatieve groei. Gemiddeld over de hele teelt was de dagelijkse PAR-som vergelijkbaar tussen de twee teelten, maar in de lange-dag opkweek zat een groter verschil. In teelt 1 was de gemiddelde dagelijkse lichtsom in de lange-dag opkweek 6.1 mol/m² en in teelt 2 was dit 3.3 mol/m². Ook was tijdens de lange-dag opkweek de kastemperatuur gemiddeld 1.5°C hoger in teelt 1 dan in teelt 2.

Dat de planten in teelt 1 meer vegetatieve groei hebben doorgemaakt in de lange-dag opkweek fase dan in teelt 2 is dus goed verklaarbaar. Vervolgens zijn de planten in beide teelten echter nog 10-12 weken verder gekweekt. Het lijkt niet aannemelijk dat een verschil van ±30% in versgewicht bij de eind oogst uitsluitend kan worden toegeschreven aan de eerste 3 à 4 weken van de teelt. In de klimaatcelproef (hoofdstuk 2) verschilden de planten ook in lengte en gewicht na verschillende temperaturen en lichtintensiteiten gedurende de lange-dag opkweek, maar deze verschillen waren aan het einde van de teelt bijna niet meer terug te zien. Om het effect van de duur van de lange-dag opkweekfase op de lengte en het gewicht van het eindproduct te onderzoeken, zou een proef moeten worden uitgevoerd met twee of meer plantdata, waarbij de overige teeltomstandigheden constant worden gehouden.

De andere factor was het vochtgehalte in de kas, dat in teelt 1 vaak hoger was dan in teelt 2. Het cyclisch gemiddelde van de RV over een etmaal was in de opkweek en bloeiïnductie fase vaak boven de 80% in teelt 1 en beduidend lager in teelt 2 (Figuur 21). Het microklimaat tussen de planten was zelfs nog vochtiger dan het klimaat bij de meetbox (Figuur 28). Als het vochtgehalte rondom de planten hoog is wordt er minder verdampt. In teelt 1 is pas tegen het eind van de korte-dag fase het ventilatievermogen van het Van Dijk systeem verhoogd, waardoor de planten van teelt 1 in het eerste deel van de teelt waarschijnlijk minder verdampen dan in teelt 2. Over het algemeen kunnen planten die bij een hoog vochtgehalte geteeld worden en weinig verdampen sneller weelderig groeien door een sterkere celstrekking. Het vermoeden was ook dat de planten in de klimaatcel compacter zijn gebleven (Figuur 25) dan de planten van teelt 1, omdat er in de klimaatcabine meer luchtbeweging en dus verdamping was. Echter zijn er tussen een klimaatcelproef en een kasproef ook andere klimaatfactoren die verschillen. Om te achterhalen wat het effect van het vochtgehalte en de

verdamping is op de plantvorm van Kalanchoë, zou een proef met extra luchtbeweging tussen het gewas gedaan kunnen worden.

In teelt 2 van de kasproef is verder nog geëxperimenteerd met een veenvrij substraat, met als doel een droger teeltmilieu te creëren en mogelijk het microklimaat te verbeteren. Hoewel het veenvrije substraat niet droger bleek, groeiden de planten op het veenvrije substraat niet slechter dan op het reguliere substraat. Dit is een positieve ontwikkeling in het licht van de toenemende vraag naar veenvrij geteelde planten.

4 Algemene Conclusies en Aanbevelingen

Dit onderzoek omvatte een klimaatcelproef en een kasproef waarin een energie-efficiënte teeltstrategie voor Kalanchoë zonder gebruik van remmiddelen is getoetst. De belangrijkste conclusies zijn hieronder puntsgewijs weergegeven:

Kalanchoë lange-dag opkweekfase (klimaatcelproef):

- Tijdens de opkweekfase heeft belichting met verrood in het spectrum geen toegevoegde waarde (in de daaropvolgende korte-dag fase wel).
- Tijdens de opkweekfase geeft een hogere dagtemperatuur (23°C i.p.v. 21°C) meer strekking, hoewel dat effect bij eindogst niet meer terug gemeten werd.
- Tijdens de opkweekfase het licht verhogen na twee weken teelt van 3.7 naar 7.2 mol/m²/dag gaf meer zijscheuten en groei. Echter, na afkweek bij gelijke omstandigheden waren de planten uit de hoog licht opkweek visueel niet voller. Meer dan 3.7 mol/m²/dag lijkt tijdens de lange-dag opkweek dus niet nodig gegeven de etmaaltemperatuur (20.9°C).

Kalanchoë energiezuinige teelt zonder remmiddelen (kasproef):

- In twee energiezuinige teelten van september '23 tot april '24 met dimbare LED-belichting, goede isolatie met 3 schermen en zonder inzet van minimumbuis is met relatief weinig energie geteeld: 58.2 kWh/m² elektra voor belichting en 9.2 m³/m² gas voor verwarming.
- In de korte-dag fase was door 150 µmol/m²/s LED-belichting en intensief schermen meestal geen extra warmte-input nodig. In de lange-dag afkweek tijdens de laatste teeltweken is de belichting op uren met een hoge elektraprijs (6:00-9:00) tot een lagere intensiteit gedimd en was wel buiswarmte nodig. In de koudste maanden van het jaar is het niet eenvoudig om bij Kalanchoë de buisvraag volledig in te vullen met lampwarmte.
- De energiezuinige teelt zonder remmiddelen leverde geen basale kwaliteitsproblemen op. Bladkleur, kwaliteit en groei waren goed. Vooral in teelt 1 was de plantvorm te grof. In teelt 2 waren de planten ca. 30% kleiner.
- Verschillen in compactheid tussen cultivars waren groot, wat aangeeft dat veredeling belangrijk is om energiezuinig en chemievrij een goede Kalanchoë te kunnen telen.
- De verschillen in compactheid tussen teelt 1 en 2 lijken gerelateerd aan twee factoren: in teelt 1 duurde de opkweek een week langer en was er meer licht en warmte tijdens de opkweekfase. Ook was in teelt 1 de gemiddelde RV hoger en de verdamping lager. In de klimaatcelproef duurde de opkweek even lang als in teelt 1, maar was de plantvorm wel mooi en ook was de verdamping hoger dan in de kas. Dat duidt op een effect van (micro)klimaat en verdamping op compactheid.
- In teelt 2 is ook een veenvrij substraat onderzocht, met als doel een droger teeltmilieu te creëren. Hoewel het veenvrije substraat niet droger bleek, groeiden de planten er niet slechter op dan op het reguliere substraat. Dit is een positieve ontwikkeling.

Een energie-efficiënte teeltstrategie voor Kalanchoë zonder gebruik van remmiddelen lijkt goed mogelijk. Effecten van de duur van de opkweekfase, en (micro)klimaat en verdamping op plantvorm dienen nader onderzocht te worden.

5 Referenties

Boonman A, Bongers MW, Trouwborst G, Hogewoning SW. 2022. Energiezuinige belichting bloeiende potplanten zonder inzet van remmiddelen. Plant Lighting B.V., Bunnik. 110p.

Trouwborst G, S.W. Hogewoning SW, Muilwijk R. 2018. Hoe werkt een Kalanchoë? Kennisontwikkeling voor een optimale energiezuinige teelt. Plant Lighting B.V., Bunnik. 40p.

Trouwborst G, Noordhoek EP, Voogt JO, Hogewoning SW (2022) Monitoring huidmondjes in de kas: Gebruik van de netto stralingsmeter, deelrapport Anthurium. Plant Lighting B.V., Bunnik. 57p.

Voogt JO, Van Weel P (2008) Climate Control Based on Stomatal Behavior in a Semi-Closed Greenhouse System 'Aircokas'. Acta Hort. 797: 151-156.

6 Bijlagen

Bijlage I – Voedingsschema klimaatcel en kasproef.

EC	3	mS/cm
pH	5.7	-
K	7.5	mmol/L
Ca	8	mmol/L
Mg	2.8	mmol/L
NO3	15	mmol/L
Cl	4.4	mmol/L
SO4	3.4	mmol/L
P	1.25	mmol/L
Fe	45	μmol/L
Mn	12	μmol/L
Zn	10	μmol/L
B	30	μmol/L
Cu	3.5	μmol/L
Mo	2.5	μmol/L

Bijlage II – Visuele beoordeling klimaatcelproef bij tussentijdse oogst en eindoogst

Tabel 1. Beoordeling van kwekers bij tussenoogst. Planten werden met een cijfer van 1-10 beoordeeld op vorm en kwaliteit. De plantvorm van HL behandelingen werd kwalitatief beter bevonden omdat deze planten door het hogere aantal zij scheuten voller waren en er compacter uitzagen. De planten met 23°C behandelingen werden kwalitatief slechter bevonden omdat deze planten te gestrekt waren.

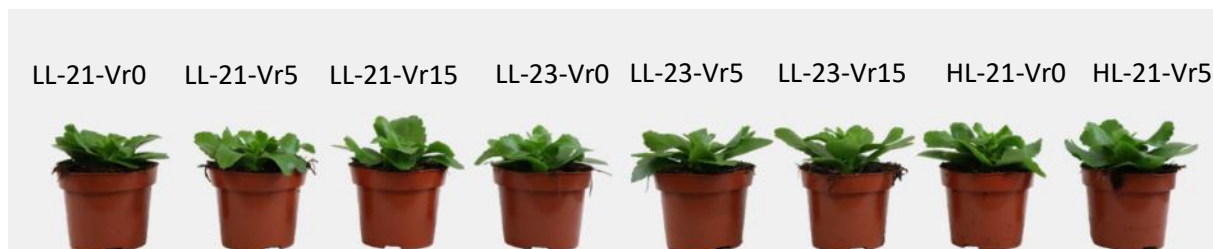
	Laag licht						Hoog licht	
	21°C/20.5°C D/N			23°C/20.5°C D/N			21°C/20.5°C D/N	
	0% Vr	5% Vr	15% Vr	0% Vr	5% Vr	15% Vr	0% Vr	5% Vr
Don Alano	7.3	7.7	7.7	7.3	7.0	7.0	7.7	7.7
Don Amarillo	7.3	7.3	6.3	7.0	7.0	7.0	7.7	7.3
Don Cedro	6.0	5.7	5.7	5.7	5.0	5.3	7.2	7.2
Lipstick	7.3	7.3	5.3	5.0	5.3	5.3	7.7	7.7
Perfecta Red II	6.7	6.7	5.3	4.3	4.0	4.0	7.0	7.3
Stellar	5.0	5.3	5.0	4.3	4.0	4.0	7.2	7.0
Gemiddelde alle cultivars	6.6	6.7	5.9	5.6	5.4	5.4	7.4	7.4

Tabel 2. Beoordeling van kwekers bij eindoogst. Planten werden met een cijfer van 1-10 beoordeeld op vorm en kwaliteit. Rapportcijfers voor de planten uit verschillende behandelingen voor kwaliteit en plantvorm lagen dicht bij elkaar. Los van de behandelingen werd Don Amarillo het best beoordeeld, omdat deze planten het meest compact en vol waren. Don Cedro en Perfecta Red II werden slechter beoordeeld omdat deze planten bij elke behandeling te gestrekt waren. Stellar werd het slechts beoordeeld omdat deze planten op het moment van beoordelen tekenen van doorwas hadden. Later bleek dit mee te vallen.

	Laag licht						Hoog licht	
	21°C/20.5°C D/N			23°C/20.5°C D/N			21°C/20.5°C D/N	
	0% Vr	5% Vr	15% Vr	0% Vr	5% Vr	15% Vr	0% Vr	5% Vr
Don Alano	6.0	6.5	5.9	6.0	6.7	6.8	6.7	6.1
Don Amarillo	7.8	6.7	7.8	7.8	7.8	6.8	7.8	7.2
Don Cedro	5.3	5.3	5.4	4.4	5.5	5.8	5.8	4.9
Lipstick	6.2	6.1	7.2	6.4	6.3	7.1	6.9	5.8
Perfecta Red II	5.2	5.4	5.3	4.9	5.5	5.4	5.4	5.4
Stellar	4.3	4.3	4.6	4.1	4.6	4.4	4.6	4.3
Gemiddelde alle cultivars	5.8	5.7	6.0	5.6	6.1	6.1	6.2	5.6

Bijlage III – Foto's klimaatcelproef bij tussentijdse oogst en eindoogst

Van elke cultivar zijn per behandeling foto's gemaakt van vooraanzicht en bovenaanzicht bij tussentijdse oogst en eindoogst. De behandelingen zijn afgekort en de volledige beschrijving is te vinden in Tabel 2.



Figuur 1. Vooraanzicht cultivar Don Alano bij tussentijdse oogst.



Figuur 2. Bovenaanzicht cultivar Don Alano bij tussentijdse oogst.



Figuur 3. Vooraanzicht cultivar Don Amarillo bij tussentijdse oogst.



Figuur 4. Bovenaanzicht cultivar Don Amarillo bij tussentijdse oogst.



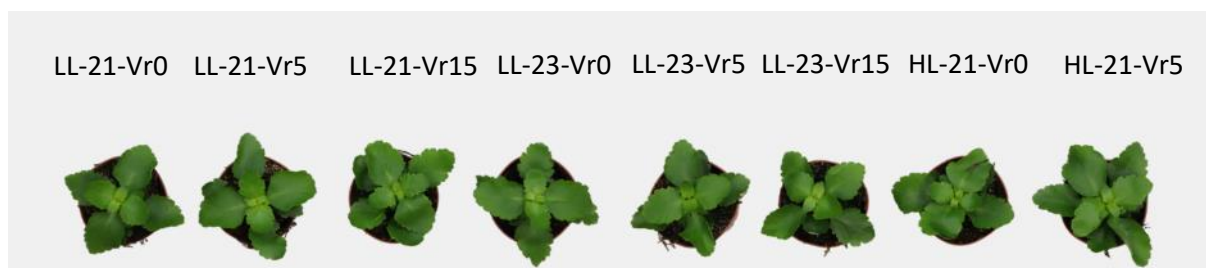
Figuur 5. Vooraanzicht cultivar Don Cedro bij tussentijdse oogst.



Figuur 6. Bovenaanzicht cultivar Don Cedro bij tussentijdse oogst.



Figuur 7. Vooraanzicht cultivar Lipstick bij tussentijdse oogst.



Figuur 8. Bovenaanzicht cultivar Lipstick bij tussentijdse oogst.



Figuur 9. Vooraanzicht cultivar Perfecta Red II bij tussentijdse oogst.



Figuur 10. Bovenaanzicht cultivar Perfecta Red II bij tussentijdse oogst.



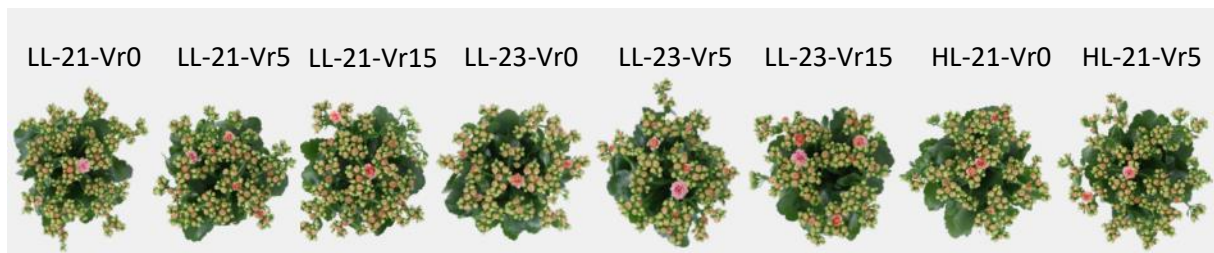
Figuur 11. Vooraanzicht cultivar Stellar bij tussentijdse oogst.



Figuur 12. Bovenaanzicht cultivar Stellar bij tussentijdse oogst.



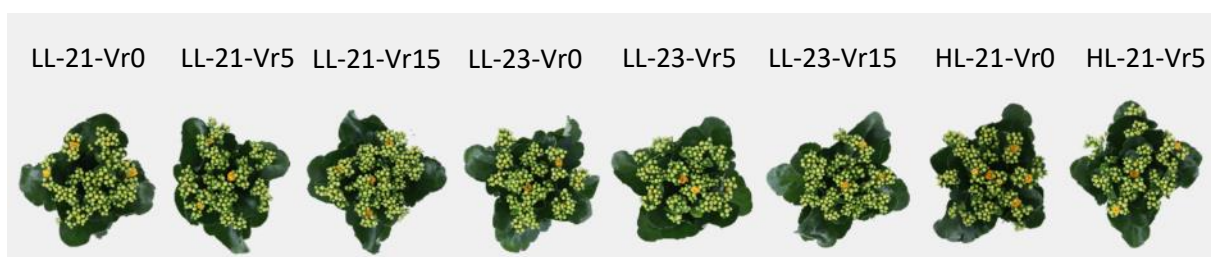
Figuur 13. Vooraanzicht cultivar Don Alano bij eindooft.



Figuur 14. Bovenanzicht cultivar Don Alano bij eindooft.



Figuur 15. Vooraanzicht cultivar Don Amarillo bij eindooft.



Figuur 16. Bovenanzicht cultivar Don Amarillo bij eindooft.



Figuur 17. Vooraanzicht cultivar Don Cedro bij eind oogst.



Figuur 18. Bovenaanzicht cultivar Don Cedro bij eind oogst.



Figuur 19. Vooraanzicht cultivar Lipstick bij eind oogst.



Figuur 20. Bovenaanzicht cultivar Lipstick bij eind oogst.

LL-23-Vr5 LL-23-Vr15 HL-21-Vr0 HL-21-Vr5



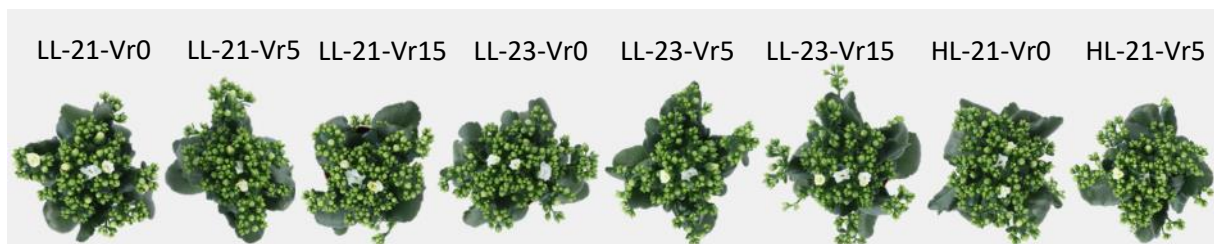
Figuur 21. Vooraanzicht cultivar *Perfecta Red II* bij eind oogst.



Figuur 22. Bovenanzicht cultivar *Perfecta Red II* bij eind oogst.

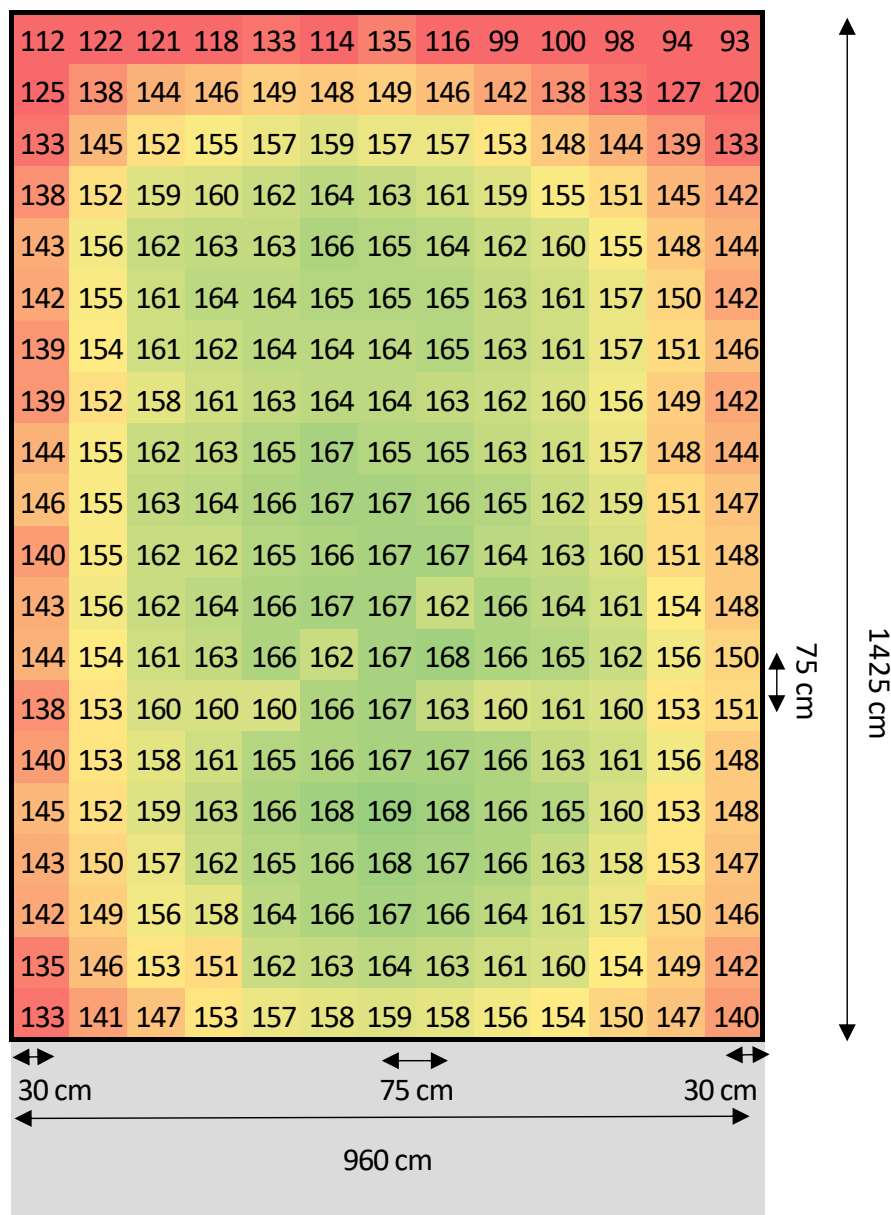


Figuur 23. Vooraanzicht cultivar *Stellar* bij eind oogst.



Figuur 24. Bovenanzicht cultivar *Stellar* bij eind oogst.

Bijlage IV – Lichtverdeling in de kas



Inregelhoogte 90 cm vanaf de grond

Hoogte tafels 70 cm

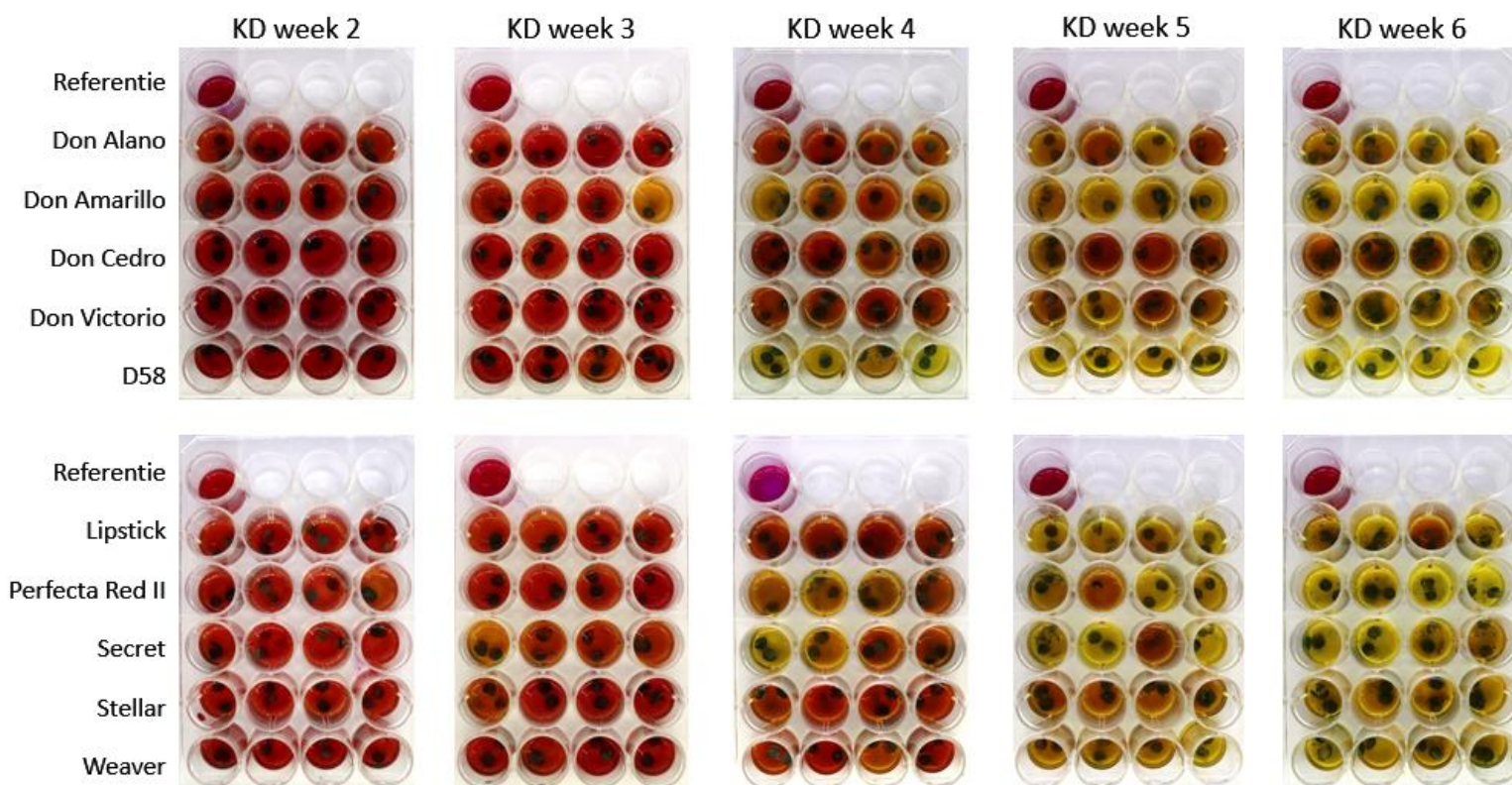
PAR+Vr 100% aan

Alle schermen gesloten

Lichtintensiteit gemeten met een LI-190R kwantumsensor in $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR. De lampen waren dimbaar en zijn op een gemiddelde van maximaal $150 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR ingezet. Ook het verrood had een goede verdeling van intensiteit (niet weergegeven).

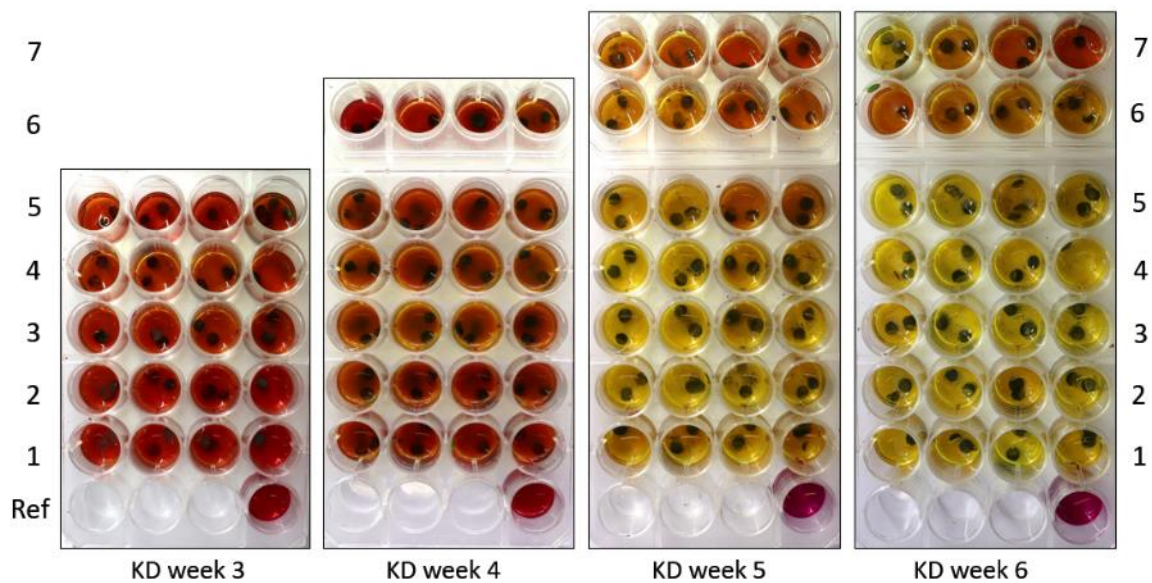
Bijlage V – CAM metingen kasproef

In teelt 1 is van elke cultivar vanaf de tweede week korte-dag fase wekelijks een CAM toets uitgevoerd rond 08:00 uur (08:00 ging het licht aan). Hiervoor zijn bladponsjes van een volgroeid blad toegevoegd aan een vloeistof welke geel verkleurde wanneer de bladponsjes zuur bevatten. Geelverkleuring duidt op CAM-activiteit.

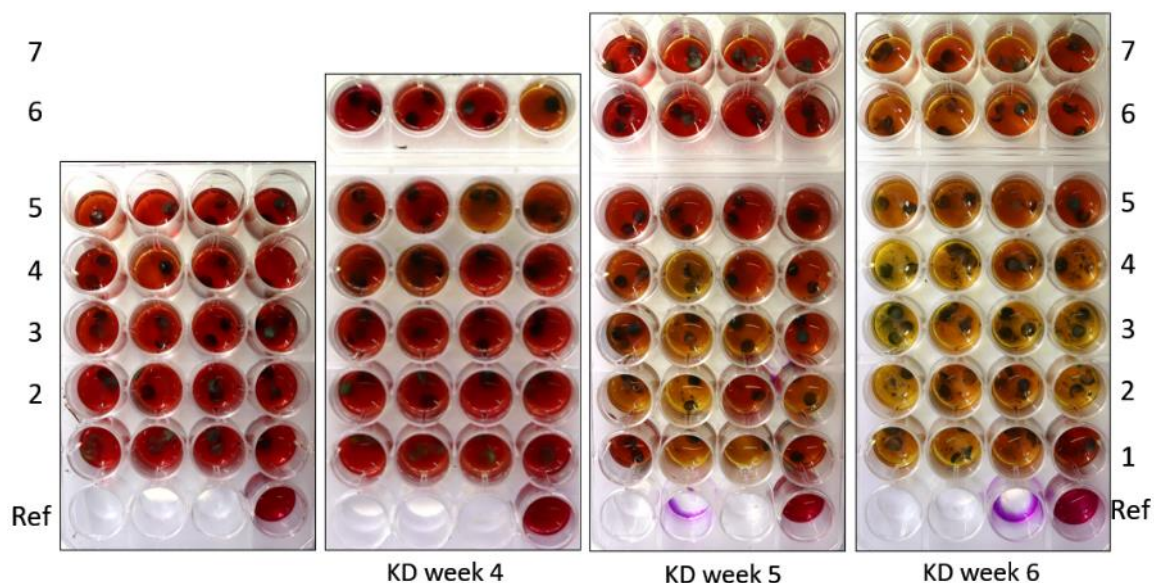


Figuur 1. Resultaat van de wekelijkse CAM toets vanaf week 2 van de korte-dag per cultivar van een volgroeid blad. Links van de afbeelding is weergegeven welke rij welke cultivar weergeeft. Van elke cultivar zijn wekelijks 4 herhalingen gemeten (de vier vakjes naast elkaar in elke plaat). Het enkele gevulde vakje linksboven in de plaat bevat alleen de vloeistof, zonder bladponsjes, dit is de referentiekleur. Vloeistof die geel verkleurd is duidt op CAM activiteit van het blad.

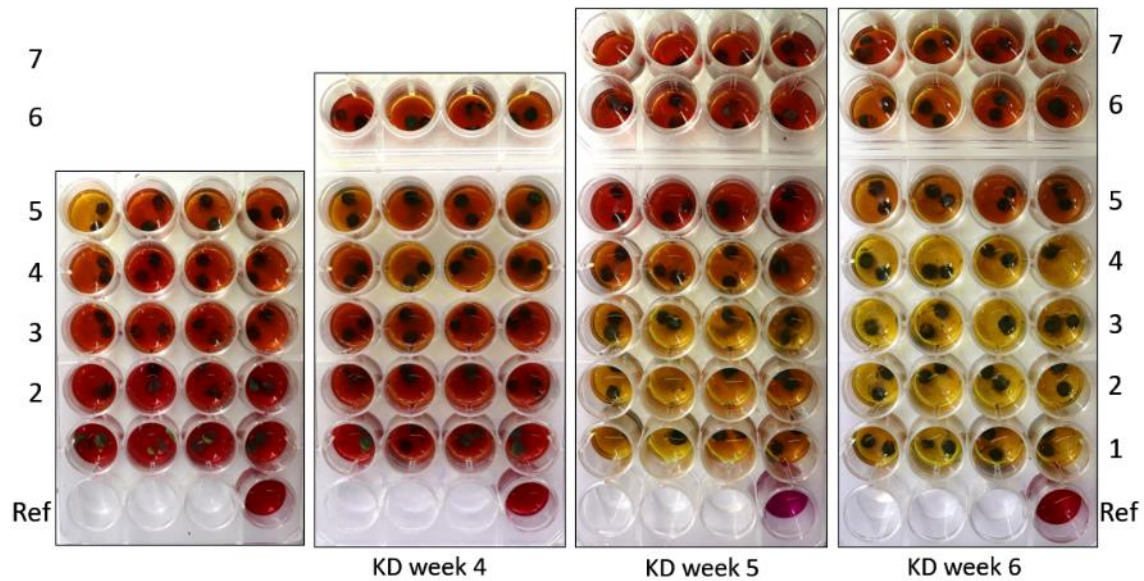
In teelt 2 is voor drie cultivars, Don Amarillo, Weaver en Stellar, per bladlaag een CAM-toets uitgevoerd om te onderzoeken of de leeftijd van het blad invloed heeft op het moment waarop het blad CAM-activiteit vertoont. De conclusie hiervan was dat oudere bladeren iets sneller CAM worden dan de allerjongste bladeren. Bij het uitvoeren van een CAM toets is het daarom aan te raden een ponsje te nemen van een van de volgroeide (oudere) bladeren.



Figuur 2. Resultaat van de wekelijkse CAM toets vanaf week 3 van de korte-dag van Don Amarillo van elke bladlaag. Links van de afbeelding is weergegeven welke bladlaag is gemeten, bladlaag 1 is het onderste en dus oudste blad van de plant. Daarna is van alle bladlagen die aanwezig waren van onder naar boven een meting gedaan. Per bladlaag zijn vier herhalingen gemeten (de vier vakjes naast elkaar in een plaat). Het enkele gevulde vakje rechtsonder in de plaat bevat alleen de vloeistof, zonder bladponsjes, dit is de referentiekleur. Vloeistof die geel verkleurd is duidt op CAM activiteit van het blad.



Figuur 3. Resultaat van de wekelijkse CAM toets vanaf week 3 van de korte-dag van Weaver van elke bladlaag. Links van de afbeelding is weergegeven welke bladlaag is gemeten, bladlaag 1 is het onderste en dus oudste blad van de plant. Daarna is van alle bladlagen die aanwezig waren van onder naar boven een meting gedaan. Per bladlaag zijn vier herhalingen gemeten (de vier vakjes naast elkaar in een plaat). Het enkele gevulde vakje rechtsonder in de plaat bevat alleen de vloeistof, zonder bladponsjes, dit is de referentiekleur. Vloeistof die geel verkleurd is duidt op CAM activiteit van het blad.



Figuur 4. Resultaat van de wekelijkse CAM toets vanaf week 3 van de korte-dag van Stellar van elke bladlaag. Links van de afbeelding is weergegeven welke bladlaag is gemeten, bladlaag 1 is het onderste en dus oudste blad van de plant. Daarna is van alle bladlagen die aanwezig waren van onder naar boven een meting gedaan. Per bladlaag zijn vier herhalingen gemeten (de vier vakjes naast elkaar in een plaat). Het enkele gevulde vakje rechtsonder in de plaat bevat alleen de vloeistof, zonder bladponsjes, dit is de referentiekleur. Vloeistof die geel verkleurd is duidt op CAM activiteit van het blad.

Bijlage VI – Drooggewicht data kasproef

Tabel 1. Drooggewicht data van kasproef teelt 1. De data zijn weergegeven als een gemiddelde waarde per parameter (n=20).

Cultivar	Drooggewicht (g)			Percentage drogestof (%)		
	totaal	scheut	bloem	totaal	scheut	bloem
Don Alano	12.4	9.4	3.0	4.6	4.2	7.0
Don Amarillo	9.2	6.7	2.5	4.6	4.0	7.6
Don Cedro	10.8	8.8	2.0	4.9	4.5	8.7
Don Dione	10.6	7.9	2.7	4.4	3.9	7.5
D58	10.7	8.1	2.6	4.7	4.1	8.0
Lipstick	11.1	8.5	2.5	4.8	4.3	8.9
Perfecta Red II	11.5	8.4	3.1	5.0	4.3	8.8
Secret	13.3	10.3	3.0	5.2	4.5	10.2
Stellar	12.6	9.8	2.8	4.8	4.3	8.4
Don Victorio	12.4	8.8	3.6	5.0	4.2	9.7
Weaver	11.7	9.2	2.5	4.8	4.3	8.1

Tabel 2. Drooggewicht data van kasproef teelt 2. De data zijn weergegeven als een gemiddelde waarde per parameter voor regulier substraat en veenvrij substraat (n=20). Er waren geen significante verschillen tussen het reguliere en veenvrije substraat ($\alpha=0.01$), weergegeven met NS. Bij sommige parameters kon geen statistische analyse worden gedaan vanwege handmatige selectie of interactie tussen cultivar en substraat, dit is weergegeven met asteriskken.

	Cultivar	Drooggewicht (g)			Percentage drogestof (%)		
		totaal	scheut**	bloem ^{NS}	totaal	scheut**	Bloem**
Regulier substraat	Don Alano	8.4	6.2	2.2	4.6	4.1	6.9
	Don Amarillo	5.9	4.3	1.8	4.4	4.0	7.4
	Don Dione	8.7	6.6	2.2	4.8	4.3	7.4
	D58	8.2	5.8	2.4	4.5	3.9	8.0
	Lipstick	7.3	5.3	2.0	5.1	4.4	9.9
	Perfecta Red II	6.6	4.5	2.1	4.8	4.0	8.7
	Secret	7.7	5.3	2.4	5.7	4.8	9.9
	Stellar	9.5	7.0	2.5	5.4	4.8	8.2
	Don Victorio	7.3	4.9	2.5	4.8	3.9	8.9
	Weaver	8.4	6.3	2.0	4.6	4.1	7.5
Veenvrij substraat	Don Alano	8.2	6.0	2.2	4.6	4.1	6.8
	Don Amarillo	6.2	4.3	1.8	4.6	3.9	7.3
	Don Dione	8.0	5.8	2.2	4.6	4.1	7.2
	D58	7.6	5.2	2.4	4.3	3.6	7.7
	Lipstick	7.1	5.1	1.9	5.0	4.3	9.5
	Perfecta Red II	7.0	4.8	2.3	5.0	4.1	8.4
	Secret	7.7	5.4	2.4	5.5	4.6	10.0
	Stellar	9.6	7.1	2.5	5.2	4.6	8.0
	Don Victorio	7.6	5.0	2.5	6.1	3.8	8.9
	Weaver	8.2	6.1	2.1	4.7	4.2	7.3

*Geen statistische analyse uitgevoerd omdat deze waarde is beïnvloed door handmatige selectie.

**Statistische analyse uitgesloten vanwege interactie tussen cultivar en substraat.

Bijlage VII - Rekenkundige analyse actieve ontvochtiging

De rekenkundige analyse is uitgevoerd door Ronald-Jan Post van DLV Glas en Energie.

Berekeningen ontvochtiging Kalanchoë

Omdat Kalanchoë relatief weinig verdampt en een relatief vlakke etmaaltemperatuur vraagt, is de strategie voor ontvochtiging niet zomaar vergelijkbaar met die voor een andere teelt. Het is dan ook de vraag of een systeem voor actieve ontvochtiging rendabel is in de Kalanchoë teelt. Om hier antwoord op te geven zijn berekeningen gemaakt voor de situatie van een commerciële kas waarbij in grote lijnen (maar niet volledig) de klimaatinstellingen zijn gehanteerd die zijn toegepast in dit project. Tijdens de twee teelten is gebleken dat de energie-input in de proef lager lag dan de praktijk gewend was. Dit is mede veroorzaakt door hogere isolatie van de kas en doordat er geen minimumbuis is gebruikt. Om een beter vergelijk te maken met een praktijkreferentie zijn de berekeningen uitgevoerd met en zonder minimumbuis. Per teeltfase (lange-dag start teelt, korte-dag bloeiïnductie en lange-dag afkweek) is de benodigde energie berekend en hoeveel hiervan nodig is voor het afvoeren van vocht.

Uitgangspunten

Voor de berekening zijn vergelijkbare (niet exact dezelfde) instellingen gebruikt als in de kasproef. Hierbij is uitgegaan van een lange-dag startfase van vier weken, een korte-dag fase van zes weken voor bloeiïnductie en een tweede lange-dag fase van vier weken aan het einde van de teelt. Het aantal potten is in de eerste lange dag fase tweemaal zo hoog als in de overige fases. Hierdoor is de tijdverdeling van teelt onder te verdelen in 17% voor lange-dag start, 50% voor de korte-dag en 33% voor de tweede lange-dag fase. Een totaaloverzicht van de uitgangspunten is te vinden onderaan dit hoofdstuk. De belangrijkste uitgangspunten zijn weergegeven in tabel 1.

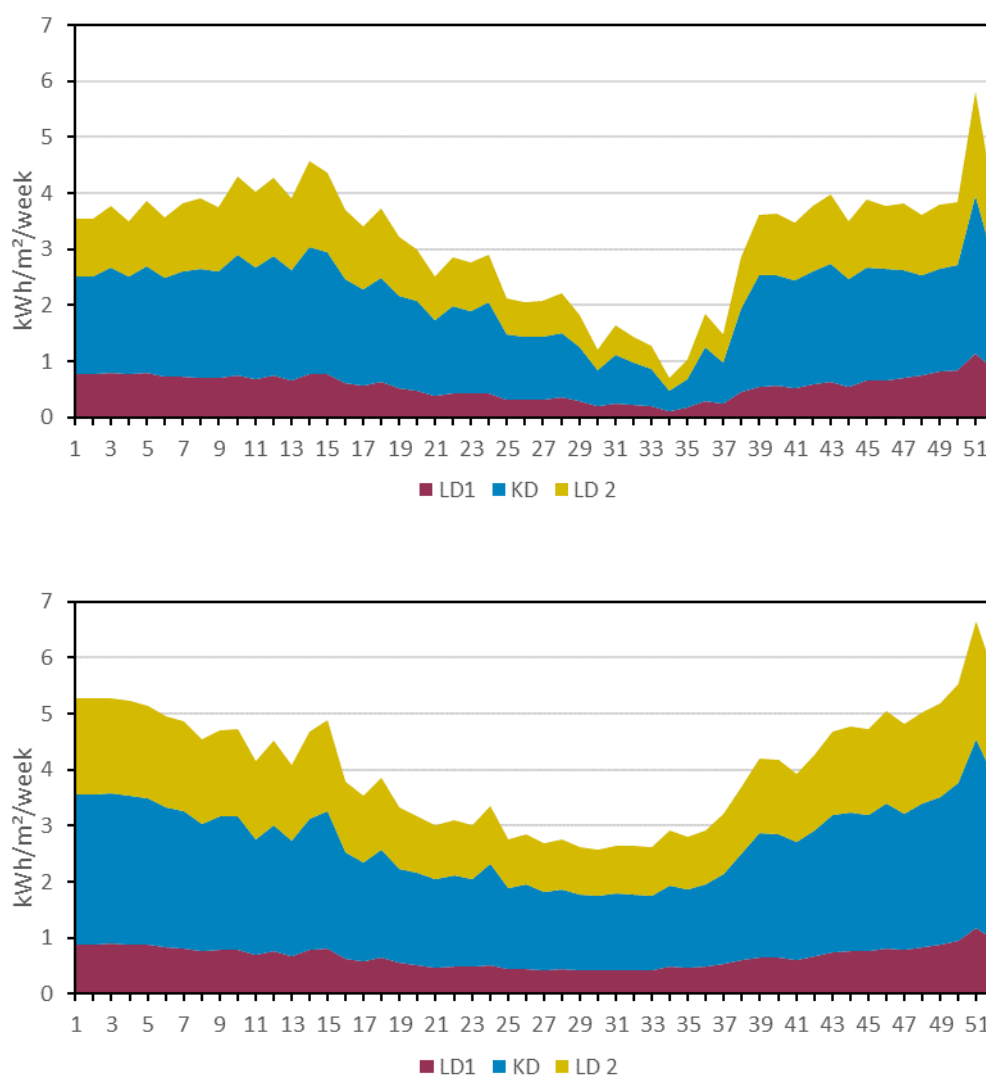
Tabel 1. Teelt uitgangspunten waarmee is gerekend.

Klimaatregeling	Uitgangspunten
Verwarmingstemperatuur	dag 20°C, nacht 20°C
Maximale RV	dag 80%, nacht 80%
50% krijt	start week 12, eind week 34
Energiedoek sluit bij	<150W/m ² instraling of <13°C buiten temp.
Diffuusdoek sluit bij	<150W/m ² instraling of <10°C buiten temp.
Belichting lange dag 1	30µmol/m ² /s, 16 uur daglengte
Belichting korte dag	150µmol/m ² /s, 10 uur daglengte
Belichting lange dag 2	100µmol/m ² /s, 16 uur daglengte
Minimumbuis	<150W/m ² instraling, tot 30W/m ² buiswarmte

**In het scenario zonder minimumbuis is de minimumbuis alleen ingezet als de warmte vraag kleiner is dan 30W/m². De warmte input wordt niet verhoogd met 30W/m² als de voorwaarden voor een minimumbuis worden gehaald, maar aangevuld tot 30W/m².*

Warmtevraag

De warmtevraag is per week berekend voor een heel jaar. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 1. De totale warmtevraag per jaar is 159 kWh/m² in de situatie zonder minimumbuis en 211 kWh/m² is de situatie met minimumbuis. De verschillen tussen de twee situaties zijn het grootst in de winter en zomer. In de winter wordt er veel geschermd en in combinatie met de belichting is er niet altijd warmtevraag, maar wordt de voorwaarde voor inzet minimumbuis (<150W/m² instraling) wel vaak gehaald. In het voorjaar openen de doeken sneller door het toenemende zonlicht en wordt de minimumbuis minder ingezet. Toch is er in beide situaties warmtevraag door de relatief lage buitentemperaturen waardoor de warmtevraag van beide situaties vergelijkbaar is. In de zomer loopt het verschil weer op doordat er in de nacht weinig warmtevraag is maar de voorwaarden voor de minimumbuis wel worden gehaald. In de herfst neemt de warmte vraag toe en liggen de twee situaties weer dicht bij elkaar.



Figuur 1. Warmtevraag per week onderverdeeld in drie teeltfasen, lange-dag 1 (LD1), korte-dag (KD) en lange-dag 2 (LD2) voor een teelt zonder minimumbuis (boven) en met minimumbuis (onder).

De opbouw van de warmtevraag is terug te vinden in Tabel 2. Hierin wordt het aandeel energie dat in de vorm van voelbare plus latente warmte verloren gaat door ventilatie voor vochtafvoer apart weergegeven. Voor de situatie met minimumbuis is dit 17% van de totale energievraag op de totale teelt en 22% in de situatie zonder minimumbuis. Voor dit deel van de energievraag kan actieve ontvochtiging worden ingezet.

Tabel 2. Opbouw warmtevraag per jaar met en zonder minimumbuis per teeltfase en totaal. De energievraag/verlies is opgedeeld in: energieverlies van het dek zonder en met doeken, energieverlies van voelbare plus latente warmte door ventilatie op vocht, energieverlies via de gevel, de energievraag na input van zon- en lampenergie, warmtevraag voor de minimumbuis en de totale warmtevraag die ingebracht wordt via de buizen.

Warmte vraag		LD1 (17%)		KD (50%)		LD2 (33%)		Totaal	
		wel min. buis	geen min. buis	wel min. buis	geen min. buis	wel min. buis	geen min. buis	wel min. buis	geen min. buis
Temp dek verlies	kWh/m ²	504	504	504	504	504	504	504	504
Na doeken verlies	kWh/m ²	260	260	270	270	260	260	265	265
Ventilatie vocht verlies	kWh/m ²	35	34	36	35	36	35	36	35
Gevel verlies	kWh/m ²	7	7	7	7	7	7	7	7
Warmtevraag na input warmte zon en lampen	kWh/m ²	170	169	164	163	149	148	160	159
Minimumbuis*	kWh/m ²	39	-	52	-	57	-	52	-
Totaal buiswarmte	kWh/m ²	209	169	216	163	206	148	211	159

*Inclusief 5 kWh/m² aan warmtevraag vanwege de hogere verdamping door inzet minimumbuis

De energie input om te ontvochtigen kan op verschillende manieren worden ingevuld. In dit rapport zijn drie scenario's gebruikt.

1. Ventileren en de benodigde energie opwekken via een WKK
2. Een condensatieontvochtiger waarbij het overtollige vocht condenseert en de energie die hierbij vrijkomt terug de kas in gaat
3. Een warmtewisselaar waarbij vochtige lucht wordt afgevoerd en de 50% van de totale warmte (voelbaar+ latent) van deze lucht wordt overgebracht op de koude buitenlucht die terug naar binnen komt.

Tabel 3 geeft de energiekosten voor de drie systemen weer. De reële kosten zijn uiteraard afhankelijk van de energieprijzen. De energieprijzen waarmee gerekend is worden ook weergegeven in 3.

Tabel 3. Opbouw kosten voor ontvochtiging via ventilatie en verwarming met een WKK, een condensatieontvochtiger en warmtewisselaar (WTW). De condensatieontvochtiger kan met 1 kWh elektriciteit 4 kWh warmte produceren en de WTW kan met 1 kWh elektriciteit 30 kWh warmte produceren. E bijkomend is de aangekondigde belastingverhoging op elektriciteitsgebruik.

		Kosten met WKK*	Kosten met condensatieontvochtiger	Kosten met WTW*
		€/kWh	€/kWh	€/kWh
Gasprijs	0,50 €/m ³	Electra via WKK 0,140	Elektriciteit /4 0,030	Elektriciteit /30 0,004
		Onderhoud e 0,010	E bijkomend /4 0,012	
Elektriciteit	0,12 €/kWh	Teruglevering -0,120		
E bijkomend	0,05 €/kWh	Warmte/kWh-e 0,030		
Onderhoud	0,01 €/kWh	Warmte/ kWh-th 0,025	0,042	0,004

*Toelichting: WKK levert per m³ gas 41% elektra en 50% warmte (9% verlies energie). Dus een verhouding van 50/41=1.22 kWh warmte (kWh-th) per kWh elektra (kWh-e). 1 m³ gas heeft 8.7 kWh energie-inhoud (onderwaarde), dus levert 1m³ gas via WKK 0.41*8.7=3.57 kWh-e. Bij €0.50 per m³ gas kost een kWh-e €0.50/3.57=€0.14. Plus onderhoud 0.05/3.57=€0.01, totaal €0.15 per kWh-e. Als teruglevering €0.12 oplevert, kost per saldo een opgewekte en teruggeleverde kWh-e €0.03. Waarbij dan 1.22kWh-th/kWh-e 'gratis warmte' vrijkomt, waardoor warmte €0.03/1.22=€0.025 per kWh-th kost.

Aan de hand van de kosten per ontvochtigingssysteem is berekend wat de energiekosten per m² per jaar zouden zijn. Dit is gedaan voor situaties met minimumbuis (Tabel 4) en zonder minimumbuis (Tabel 5). De ontvochtigingssystemen zijn alleen ingezet voor het deel van de totale warmtevraag dat nodig is voor afvoer van vocht (36 kWh bij inzet van een minimumbuis en 35 kWh zonder minimumbuis). De condensatieontvochtiger kan alle energie die door ventileren verloren zou gaan benutten. Hiervoor is elektra input nodig, 33% van de energie die uit vocht wordt gehaald. Deze elektrische energie wordt in warmte omgezet en kan samen met de vrijgekomen energie uit het gecondenseerde vocht gebruikt worden voor de verwarming van de kas. De overgebleven energievraag wordt ingevuld door de WKK. Als voorbeeld de situatie zonder minimumbuis en met condensatieontvochtiger:

De totale energievraag is 159 kWh/m²/jaar (Tabel 2), waarvan 35 kWh nodig is voor vochtafvoer. Daarvoor is 33% elektra nodig voor de condensatieontvochtiger, 33% van 35=11.6 kWh/m²/jaar. De energie die nodig was voor de vochtafvoer en voor de elektra wordt via de condensatieontvochtiger omgezet in warmte voor de kas. Hierdoor blijft er 112.4 kWh/m²/jaar over (159kWh – 35 kWh – 11.6 kWh = 112.4 kWh/m²/jaar) die ingevuld moet worden via de WKK.

De warmtewisselaar kan 50% van de energie die verloren zou gaan voor ventilatie terugwinnen door de warme kaslucht langs de naar binnenkomende buitenlucht te voeren. De kaslucht draagt de energie over aan de binnenkomende buitenlucht. Het beperken van het energieverlies is minder efficiënt dan een condensatieontvochtiger maar de elektrische energie input van een warmtewisselaar is wel vele malen lager. Als voorbeeld de situatie zonder minimumbuis en warmtewisselaar:

De totale energievraag is 159 kWh/m²/jaar (Tabel 2), 35 kWh is nodig voor vochtafvoer. Hiervan kan 50% worden teruggewonnen, 17 kWh/m²/jaar, en blijft er 142 kWh/m²/jaar over die ingevuld moet worden via de WKK.

Tabel 4. Kosten warmtevraag met inzet van een minimumbuis voor drie scenario's: zonder ontvochtiging, met condensatieontvochtiger en warmtewisselaar.

Minimumbuis	Geen ontvochtiging			Condensatie-ontvochtiger			WTW		
	kWh/m ²	€/kWh	€/m ² /jr	kWh/m ²	€/kWh	€/m ² /jr	kWh/m ²	€/kWh	€/m ² /jr
Warmtevraag	211			211			211		
WKK	211	0,025	5,27	163	0,025	4,07	194	0,025	4,85
Condensatieontvochtiger				48	0,041	1,97			
WTW			-			-	18	0,004	0,07
Totaal			5,27			6,04			4,92

Tabel 5. Kosten warmtevraag zonder inzet van een minimumbuis voor drie scenario's: zonder ontvochtiging, met condensatieontvochtiger en warmtewisselaar.

Minimumbuis	Geen ontvochtiging			Condensatie-ontvochtiger			WTW		
	kWh/m ²	€/kWh	€/m ² /jr	kWh/m ²	€/kWh	€/m ² /jr	kWh/m ²	€/kWh	€/m ² /jr
Warmtevraag	159			159			159		
WKK	159	0,025	3,97	112	0,025	2,80	142	0,025	3,55
Condensatieontvochtiger				47	0,041	1,93			
WTW			-			-	17	0,004	0,07
Totaal			3,97			4,73			3,62

Tabel 4 & 5 geven de totale kosten per jaar weer. Als de condensatieontvochtiger wordt ingezet om de minimumbuis te vervangen levert dit een kostenbesparing op van €5,27 - €4,73=€0,54 per m²/jaar. In combinatie met een minimumbuis resulteert de condensatieontvochtiger in een kostenverhoging van €3,97 -€4,73= -€0,76 per m²/jaar. Als de warmtewisselaar wordt ingezet om de minimumbuis te vervangen levert dit een kostenbesparing op van €5,27 -€3,62= €1,65 per m²/jaar. In combinatie met een minimumbuis resulteert de warmtewisselaar in een kostenbesparing van €5,27 -€4,92= €0,35 per m²/jaar. In deze berekening zijn geen investeringskosten of afschrijvingen meegenomen. Ook zijn de besparingen sterk afhankelijk van de energieprijzen.

Uitgangspunten voor berekeningen

Greenhouse									
dimensions									
roof	roof	25	4,00 m	bays	1	100	m		
width			100,0 m	length			100 m		
post height	6,0 m		21 °	top			6,70 m		
area			10.000 m²	volume			63.513 m³		
transpanacy									
glass January			78%	glass June			82%		
light on plants due to constructi			90%						
insulation and ventilation									
windspeed	0 m/s		3 m³/h	7,5 m/s			3 m³/h		
vents closed <			-5 °C	frost protection					
condensate againts glas									
100% condens			0 °C				8 °C		
decline screen			-1 °C	when screen closed					
Indoor climate									
min			20 °C (night)	max			20 °C (day)		
RH			80%	RH			80%		
Abs hum			13,85 gr/m³	Abs hum			13,85 gr/m³		
Part damp verz			2,34 kPa	Part damp			2,34 kPa		
Humidity def			3,46 gr/m³	Humidity			3,46 gr/m³		
Evaporation min			0,005 l/m²	max			0,1 l/m²		
Evaporation off lights			33%	of sun			50%		
Screens									
Chalk									
start	week		12	stop	week		34	sun reductie	50%
blackout screen									
sun reduction			0%	insulation			0% gable		0
closed	until		0	closing	at		0		
screen 2									
sun reduction			15%	insulation			42% gable		0
closed <			150 W/m²	cloded <			10 °C	for energy	
for light reduction									
max sun in GH			150 W/m²						
closed <			1000 W/m²						
screen 3 energy sceen									
sun reduction			65%	insulation			43% gable		0
closed <			150 W/m²	cloded <			13 °C		
Supplementary lights long day 1									
Light output			30 µmol/m².s				3,3 µmol/J		
PAR output			0,108 mol/m².h	PAR sum			2 mol/m².day		
start hour			0	end hour			16		
radiation level off			100 W/m²						
Supplementary ligths short day									
Light output			150 µmol/m².s				3,3 µmol/J		
PAR output			0,54 mol/m².h	PAR sum			6 mol/m².day		
start hour			7	end hour			17		
radiation level off			100 W/m²						
temp outside off			15 °C						
Supplementary lights longday 2									
Light output			100 µmol/m².s				3,3 µmol/J		
PAR output			0,36 mol/m².h	PAR sum			6 mol/m².day		
start hour			0	end hour			16		
radiation level off			100 W/m²						
temp outside off			15 °C						
heating min pipe									
heat			0 W/m²	sun <			150 W/m²		
inout			30 W/m²						