



# Vergelijkingsproef Basilicum

Experiment 1: Vergelijking Delphy Improvement Centre - WUR Glastuinbouw

Lisanne Meulendijks<sup>1</sup> & Monique Bijlaard<sup>2</sup>

1. Delphy Improvement Centre, 2. Wageningen University & Research

December 2020



---

## Disclaimer

© 2020 Improvement Centre BV, Violierenweg 3, 2665 MV Bleiswijk, Tel. 010 – 522 1771

Dit document is auteursrechtelijk beschermd.

Delphy aanvaard geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

## Rapportgegevens

Kansen voor West nummer: KVV-00243

WUR gunningscode: BO-60 -103-001

## Adresgegevens

### **Improvement Centre BV**

Postbus 4, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 3, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)10 – 522 1771

[www.delphy.nl](http://www.delphy.nl)

### **Wageningen University & Research**

#### **Business unit Glastuinbouw**

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 - 48 56 06

[glastuinbouw@wur.nl](mailto:glastuinbouw@wur.nl)

[www.wur.nl/glastuinbouw](http://www.wur.nl/glastuinbouw)

Dit onderzoek maakt deel uit van het project Fieldlab Vertical Farming, dat mede mogelijk gemaakt wordt door het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling van de Europese Unie en bijdragen van de Provincie Zuid-Holland en de Topsector Tuinbouw & Uitgangsmaterialen.



provincie  
Zuid-Holland



**TOPSECTOR**  
TUINBOUW & UITGANGSMATERIALEN

# Vergelijkingsproef Basilicum

Experiment 1: Vergelijking Delphy Improvement Centre – WUR Glastuinbouw



Auteurs:

Lisanne Meulendijks (Delphy Improvement Centre)  
& Monique Bijlaard (WUR Glastuinbouw)

## FIELDLAB VERTICAL FARMING



Dit project wordt mede mogelijk gemaakt door het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling van de Europese Unie en een bijdrage van de provincie Zuid-Holland



Deze vergelijkingsproef is uitgevoerd binnen het EFRO project  
Fieldlab Vertical Farming Zuid-Holland.

Bleiswijk, december 2020

## Inhoudsopgave

### Samenvatting

<b>1</b>	<b>Inleiding en doel</b> .....	<b>4</b>
1.1	Inleiding	4
1.2	Doel	5
1.3	Onderzoeksvragen	5
<b>2</b>	<b>Materiaal en methodes</b> .....	<b>5</b>
2.1	Materiaal & Proefopzet	5
2.2	Metingen	7
2.3	Waarnemingen	9
2.4	Verwerking	10
<b>3</b>	<b>Resultaten en discussie</b> .....	<b>10</b>
3.1	Resultaten klimaat	10
3.2	Resultaten plant	18
<b>4</b>	<b>Conclusies</b> .....	<b>25</b>
	<b>Bijlage</b> .....	<b>26</b>



# Samenvatting

Een vergelijkende proef is uitgevoerd in de klimaatcellen van WUR en Delphy om de hypothese te onderzoeken dat het instellen van exact gelijke groeirecepten in verschillende Vertical Farms, resulteert in verschillen in teeltresultaat. Dit verschil tussen Vertical Farms wordt veroorzaakt doordat in een VF de plant zijn eigen groeiomgeving relatief sterk beïnvloedt (i.v.m. openteelt en kas productie) waardoor er een sterk microklimaat tussen het gewas ontstaat dat anders is dan het gecontroleerde macroklimaat in de groeikamer. In hoeverre het macro en microklimaat van elkaar verschillen hangt o.a. af van het technisch ontwerp van de faciliteit, wat voor elke faciliteit anders is.

In dit experiment is exact hetzelfde groeirecept ingesteld bij WUR en Delphy voor de teelt van basilicum in potten. Zowel het klimaat op plantniveau (microklimaat) en het uiteindelijke gewas, verschillen sterk van elkaar.

## 1 Inleiding en doel

### 1.1 Inleiding

Binnen WP 2 van Fieldlab Vertical Farming is uit een brainstorm met de partners gebleken, dat de teeltresultaten tussen verschillende VF cellen vrijwel altijd van elkaar verschillen, ook al worden (op papier) dezelfde klimaat- en lichtinstellingen en water en voedingsschema's toegepast. Hier zitten twee aspecten aan. Enerzijds kan de output verschillen bij gelijke instellingen (omdat bijvoorbeeld de afgegeven specificaties op basis van verschillende protocollen zijn vastgesteld). Anderzijds kan het design van verschillende VF cellen dusdanig verschillen, dat de klimaatomstandigheden die de planten uiteindelijk ervaren, verschillen zelfs bij dezelfde output.

In WP 2 is het plan geopperd om een vergelijkende proef te doen die aan beide onderdelen een bijdrage levert: zowel standaardisering van meetprotocollen, als het in kaart brengen van verschillen in teeltresultaten – en dan vooral ook proberen te achterhalen waar deze verschillen door worden veroorzaakt. Voordat een vergelijkende proef bij meerdere partners wordt opgestart, hebben WUR en Delphy afgesproken om een voorbereidende proef te doen in cellen van beide organisaties. In deze voorbereidende proef zullen we ongetwijfeld tegen veel praktische zaken aanlopen, die makkelijker (en goedkoper) af te handelen zijn in een kleinere proefopzet. Bovendien zijn de verschillen tussen de beide type cellen zeer groot, waardoor we verwachten dat we hier zeker al verschillen gaan zien.

Bij Delphy wordt er een vergelijk gemaakt tussen het opkweken van basilicum in potten en in trays, daardoor zijn er een aantal potten over die in een afdeling van het kassen complex van WUR zijn geplaatst. Dit geeft een goed beeld van de 'normale' opkweek van de basilicum planten.

## 1.2 Doel

Doel van deze proef is het onderzoeken van de hypothese dat het instellen van dezelfde groeirecepten in verschillende Vertical Farms resulteert in verschillende teeltresultaat. Deze hypothese wordt getest in de klimaatcellen van WUR & Delphy. Daarbij dient dit experiment ook om inzicht te krijgen in de homogeniteit van beide cellen.

## 1.3 Onderzoeksvragen

1. Is er een meetbaar verschil in teeltresultaten tussen de cellen van WUR en Delphy en binnen elke cel? Zo ja, welke plant fysiologische verschillen zijn gemeten en is er een verband tussen deze verschillen en de gemeten klimaatparameters?
2. Hoe groot is de homogeniteit/ heterogeniteit qua licht, lucht, temperatuur, CO<sub>2</sub> en relatieve luchtvochtigheid in beide cellen?

# 2 Materiaal en methodes

## 2.1 Materiaal & Proefopzet

### Klimaatcellen

Deze proef is uitgevoerd in één van de multilayer klimaatcellen van WUR en één van Delphy. Deze klimaatcellen hebben onderstaande eigenschappen (Tabel 1):

*Tabel 1: Eigenschappen klimaatcellen*

	<b>Delphy</b>	<b>WUR</b>
Klimaatcel	F1	MLC3
Volume cel	31 m <sup>3</sup>	150 m <sup>3</sup>
Netto teelt opp.	4.8 m <sup>2</sup>	20 m <sup>2</sup>
Aantal teeltlagen	2	2
Afstand tussen tafel & lamp	1.0 m	1.80m
Leverancier	Certhon	Light 4 food
Type luchtstroom	1 kant perforated wall	Inblaaskanalen beide kanten, naast beide lagen
LED's	Signify Dynamic PM 2.1	Philips GreenPower LED productiemodules Gen 3.0
Sensorbox klimaatcontrole	Droge-natte bol	MTV-E elektronische meetbox

## Plantmateriaal

In dit experiment is één cyclus basilicum in potten geteeld. De details van het gewas zijn weergegeven in Tabel 2:

*Tabel 2: Eigenschappen plantmateriaal*

Aspect	in de proef
Gewas	Basilicum in potten (13cm)
Variëteit	Edwina – Enza zaden
Leverancier	Gipmans kruiden – Venlo
Zaai datum	14-09-2020
Kiem datum (= datum in cellen)	16-09-2020
Oogst datum	14-10-2020
Lengte groeicyclus	28 dagen (exc. kiem periode)
Plantdichtheid	50 potten/m <sup>2</sup> (dubbel Gipmans)
Substraat	Potgrond: 70% turfstrooisel – 20% tuinturf – 10% perlite + Dolokal + DCM micromix

Ter vergelijking is er op dezelfde dag (14-09) bij Delphy basilicum in trays met potgrond gezaaid; variëteit Marian (Enza zaden); plantdichtheid van 650 planten/m<sup>2</sup>.

## Groei-recept

Het groeirecept (klimaat, licht, irrigatie) dat in beide klimaatcellen is ingesteld is (Tabel 3):

*Tabel 3: Groeirecept (klimaat, licht, irrigatie)*

### Klimaat

	Temp (°C)	RV (%)	[CO <sub>2</sub> ] (ppm)	Luchtstroom (m/s)
Dag	24	70%, 60% > 2 weken	1000	Default setpoint
Nacht	24	70%, 60% > 2 weken	ambient	Default setpoint

### Licht

	Intensiteit (μmol/m <sup>2</sup> /s)	Spectrum (ratio)	Fotoperiode	Dimmen
Dag	230	R=75% - B=25%	16h	2h "opkomst"
Nacht	0		8h	2h "ondergang"

### Irrigatie

Eb Vloed irrigatie EC=2.0 – pH=6.0 Recept: WUR tool, basilicum  
 Hoogte: 1-2cm in de tafel Totale tijd (vul-drain): +- 10 minuten  
 Frequentie: eerste 2 weken, na overleg over droogte pot. Daarna, 1x/dag.

## Proefopzet

Treatment	Behandeling	Locatie
T1	Vergelijking VF	Delphy klimaatcel
T2	Vergelijking VF	WUR klimaatcel
T3	Vergelijking kas	WUR kas
T4	Vergelijking ras	Delphy klimaatcel

## 2.2 Metingen

### Non-destructieve metingen tijdens het experiment

*Tabel 4: Overzicht non-destructieve metingen*

Parameter	Frequentie meting	Sensor
Temperatuur – macro	Continu	Meet box
Temperatuur – micro	Continu (15min.)	Datalogger
Relatief vocht % – macro	Continu	Meet box
Relatief vocht % – micro	Continu (15min.)	Datalogger
Blad temperatuur	2x per week	Hand infrarood T meter
Windsnelheid	2x per week	Hand windsnelheid meter
Potgewicht	Vóór en na irrigatie	Weegschaal
Plant hoogte	2x per week	Liniaal

Aan het eind van het experiment zijn de volgende destructieve metingen gedaan:

*Tabel 5: Overzicht destructieve metingen*

Parameter	Sensor
Potgewicht	Weegschaal
Plant hoogte	Liniaal
Aantal volgroeide planten / pot	Tellen
Bolling blad	Kwantitatief [0-5] schaal
3D cupjes/wratten	Kwantitatief [0-5] schaal
Bontheid/ kleur uniformiteit	Kwantitatief [0-5] schaal
Sterkte stengels	Kwantitatief [0-5] schaal
Versgewicht	Weegschaal
Blad oppervlak	Licor LAI Meter
Droog gewicht	Weegschaal (na droogoven)



## Meetopstelling

In beide cellen zijn meetpotten aangewezen en dataloggers geplaatst in het gewas om het microklimaat continue te monitoren (Fig 1).

Dezelfde meetpotten werden op twee opeenvolgende dagen gewogen vóór en na de irrigatie, en later op de dag. Hiermee kon berekend worden hoeveel de pot transpireerde, en hoeveel water er opgenomen werd bij de irrigatie.

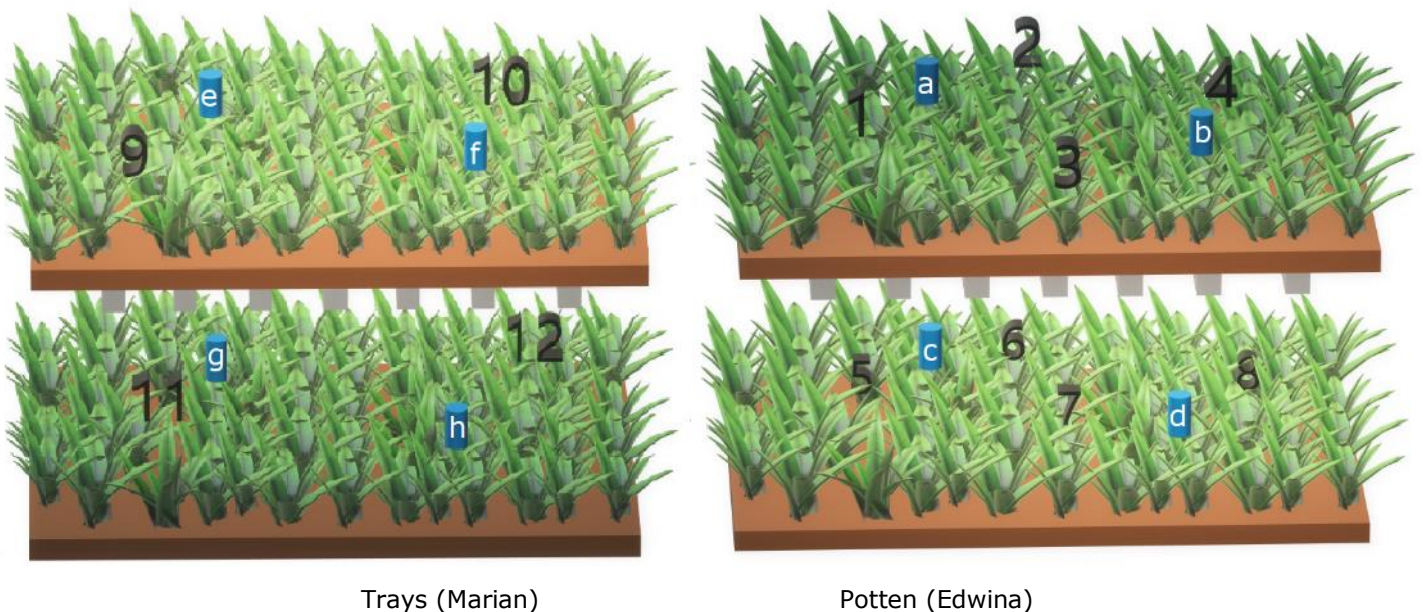
De dataloggers zijn op pothoogte tussen het gewas geplaatst. De basilicum groeit zo om de dataloggers heen, waardoor het mogelijk wordt om het microklimaat tussen het gewas continu te monitoren.



*Figuur 1: datalogger geplaatst tussen potten*

## Opstelling Delphy:

Getallen zijn meetpotten en letters zijn dataloggers. Elke tafel is +- 1m2.



*Figuur 2: Opstelling meetpotten & dataloggers Delphy*

### Opstelling WUR:

Dataloggers en meetpotten hebben dezelfde nummering, inclusief TL (top layer) en BL (bottom layer)



Figuur 3: Opstelling meetpotten & dataloggers WUR

## 2.3 Waarnemingen

### Waarnemingen Delphy

Groei verloopt voorspoedig.

Één dag problemen ondervonden met klimaatkamer, waardoor gedurende de hele dag de lampen zijn uitgebleven en de temperatuur naar 30 graden is gestegen (ipv 24).

Naarmate het gewas groeit begint er morfologisch een verschil te ontstaan tussen het gewas dat dicht tegen de perforated wall staat, en het gewas dat er ver vanaf staat. Tegen de wall aan ziet het gewas er beter uit: geen bontheid, gave, grote bladeren en sterke stengels. Ver van de wand vertoont het gewas vochtigheidsproblemen, waarbij guttatie te zien is in de ochtend en de daarbij horende symptomen: bontheid, gebold blad, zwakke plant.

### Waarnemingen WUR

Ook hier verloopt de groei voorspoedig. Een goed vergelijk kan gemaakt worden tussen de vertical farm en de reguliere kas welke duidelijk achter blijft in groeisnelheid en plant ontwikkeling.

Er is in het weekend van 18 september een probleem geweest met de CO2 meter, daardoor is de concentratie opgelopen tot 6000 ppm. Hierna is de concentratie teruggebracht naar 0. Na reparatie is de concentratie goed en constant gebleven. Verwacht wordt dat deze error weinig tot geen effect heeft gehad op de planten omdat het nog erg vroeg na de kieming was. Planten waren nog erg klein en het probleem was snel verholpen.

Naar mate het gewas langer wordt is steeds beter te zien wat de meetpotten zijn. Blijkbaar is het dagelijks in handen hebben (oppakken en verplaatsen en weer terug zetten) en wegen van de potten erg invasief voor de planten en worden de stelen krom en slapper dan de andere, onaangeraakte potten.

De planten in de VF cel zijn donkerder van kleur en al snel worden ze bonter dan de planten in de kas.

## 2.4 Verwerking

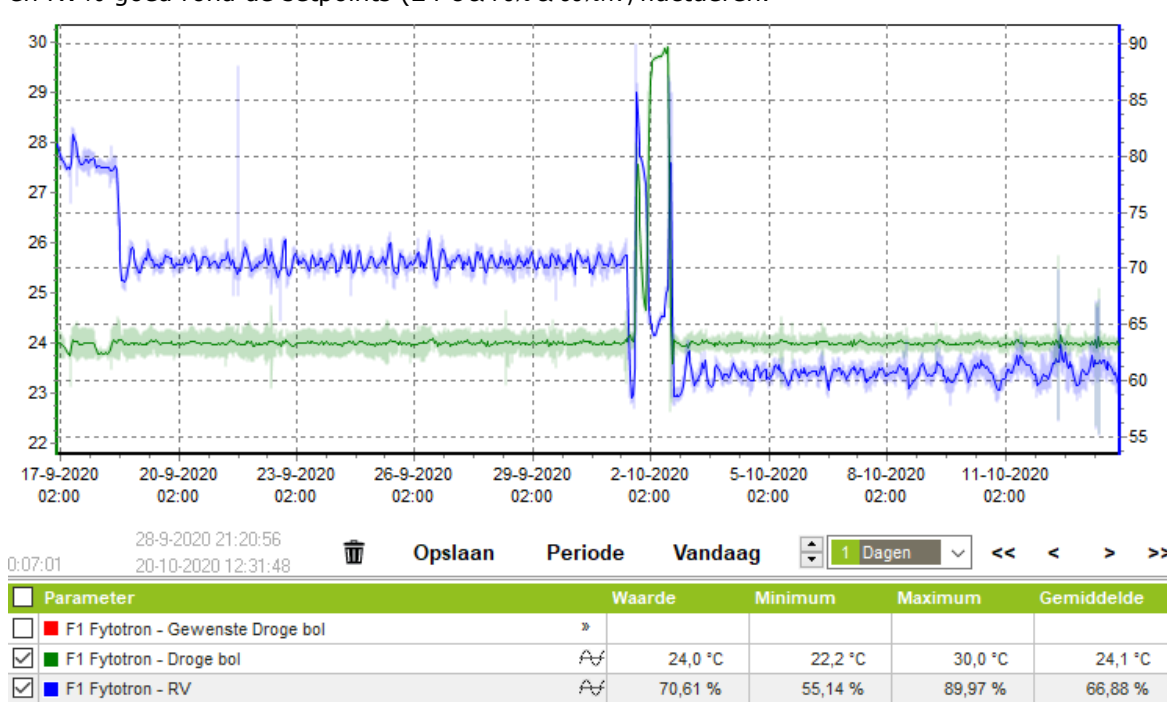
Data is gekopieerd uit de klimaatcomputer of verwerkt in Excel.

# 3 Resultaten en discussie

## 3.1 Resultaten klimaat

### Klimaat Delphy

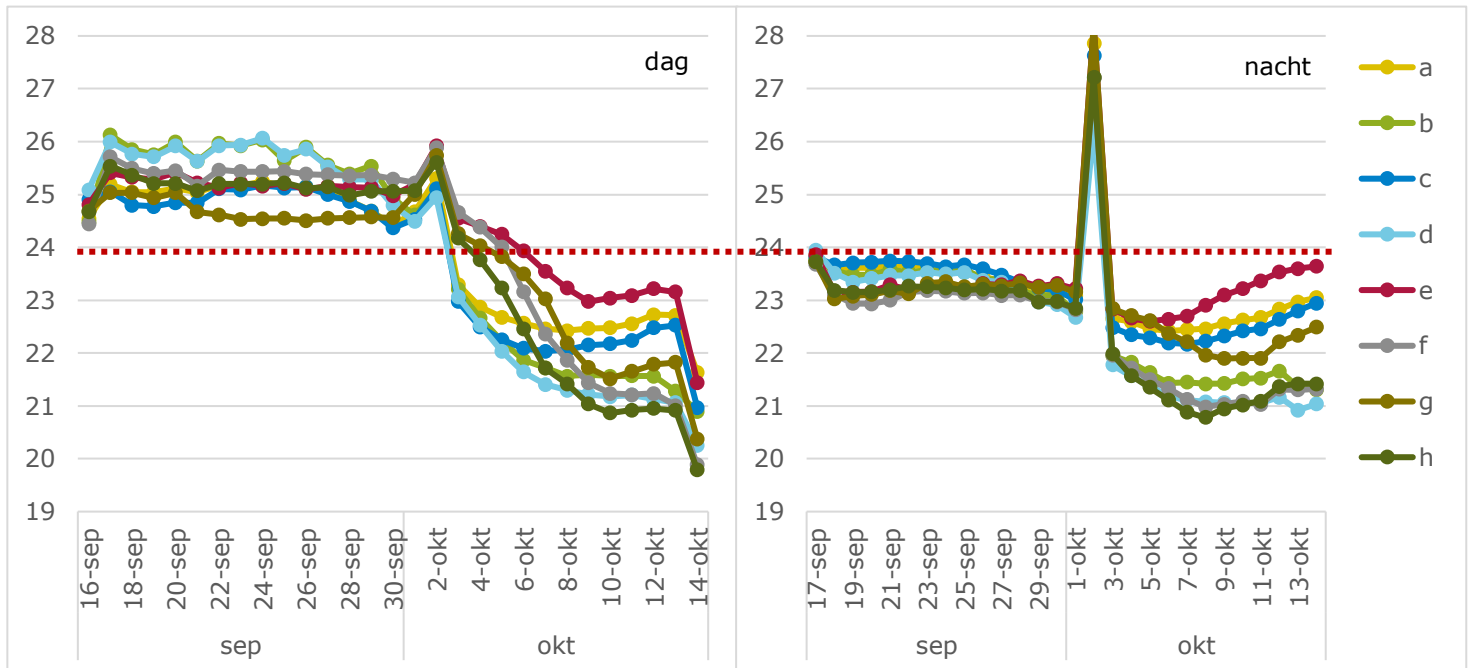
Het macro klimaat in de klimaatcel van Delphy heeft onderstaande trend gevolgd tijdens de groeiperiode. Op 2 oktober was er een probleem met de koeler. De rest van de dagen blijft de waarde van temperatuur en RV% goed rond de setpoints (24°C & 70% & 60%RV) fluctueren.



Figuur 4: Macroklimaat tijdens de groeiperiode in Delphy's klimaatcel

Het microklimaat (temperatuur en relatieve vochtigheid) gemeten door de dataloggers volgde onderstaande trend tijdens de proef. De waarden zijn gemiddelden per dag (links) en nacht (rechts). De letters komen overeen met de 8 posities van de dataloggers (Fig. 2)

Temperatuur (°C):



*Figuur 5: Gemiddelde dag temperatuur microklimaat in Delphy's klimaatcel, gemeten door 8 dataloggers en setpoint (stippenlijn).*

Verskil tussen temperatuur op macro & microklimaat:

In deze grafieken is te zien dat aan het begin van de groeiperiode er een hogere dag temperatuur gemeten wordt, dan de temperatuur die op macroniveau (door de meetbox) gemeten wordt. Dit is waarschijnlijk toe te schrijven aan het feit dat de straling van de lampen op de datalogger valt, geabsorbeerd wordt en de datalogger opwarmt. 'S Nachts, als de lampen uit zijn, is dit effect niet te zien.

Dit effect neemt af van zodra de datalogger bedekt wordt door het gewas. Omdat het gewas transpireert, en deze transpiratie energie uit de omgeving vraagt, wordt de temperatuur in het microklimaat lager dan de temperatuur op kamerniveau.

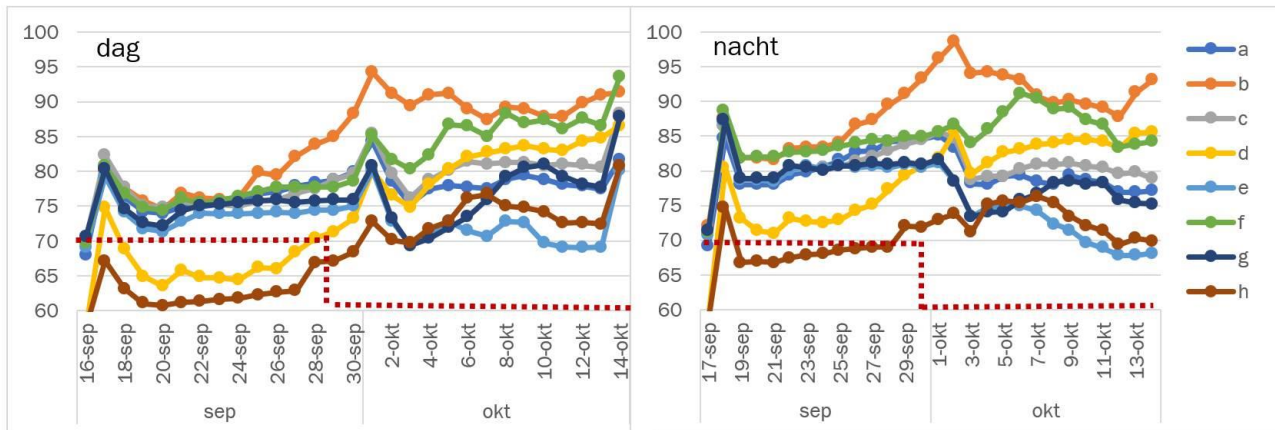
Homogeniteit temperatuur in de klimaatcel:

Uit bovenstaande grafieken is af te lezen dat de 4 dataloggers die het dichtst tegen de perforated wall aan staan (a,b,e,f) een hogere temperatuur hebben dan de 4 dataloggers die ver van de wand staan (c,d,g,h).

Verskil tussen RV op macro & microklimaat:

De eerste duidelijke observatie uit deze grafieken is dat de RV op microklimaat niveau in alle gevallen hoger is dan de RV op kamer niveau (macroklimaat) (zie setpoint: rode stippenlijn). Naarmate het gewas dichtgroeit (en de LAI toeneemt) stijgt de RV in het microklimaat.

Relatieve vochtigheid (%):



*Figuur 6: Gemiddelde dag relatieve vochtigheid microklimaat in Delphy's klimaatcel, gemeten door 8 dataloggers en setpoint (stippenlijn).*

Homogeniteit RV in de klimaatcel:

Interessant aan deze grafieken is dat de 2 dataloggers in de verdieping onderaan, verst van de wand af (d & h) een lagere RV hebben aan het begin van de groeiperiode. Anderzijds hebben de 2 dataloggers die op dezelfde locatie in de verdieping er boven staan (b & f) een beduidend hogere RV tonen. Dit is mogelijk verklaarbaar door het feit dat vochtige lucht (via het gangpad) omhoog stijgt. Een ander interessant aspect aan deze grafieken is dat datalogger d tussen de potten staat, waar het gewas dichter op elkaar staat dan in de trays (logger h). Dit verschil is terug te zien, naarmate het gewas groeit, en de RV van d sterker toeneemt dan de RV van h.

Ten slotte, belangrijk om op te merken is dat het verschil in RV in het gewas in één kleine tafel (1m<sup>2</sup>) al zeer groot kan zijn, met name is in de bovenste verdieping dit verschil goed waarneembaar (Tabel 6).

*Tabel 6: RV datalogger in 1 tafels*

Tafel	wand	gang	Observatie
Rechts boven	a	b	RV wand << RV gang
Rechts onder	c	d	RV wand < RV gang
Links boven	e	f	RV wand << RV gang
Links onder	g	h	RV wand > RV gang

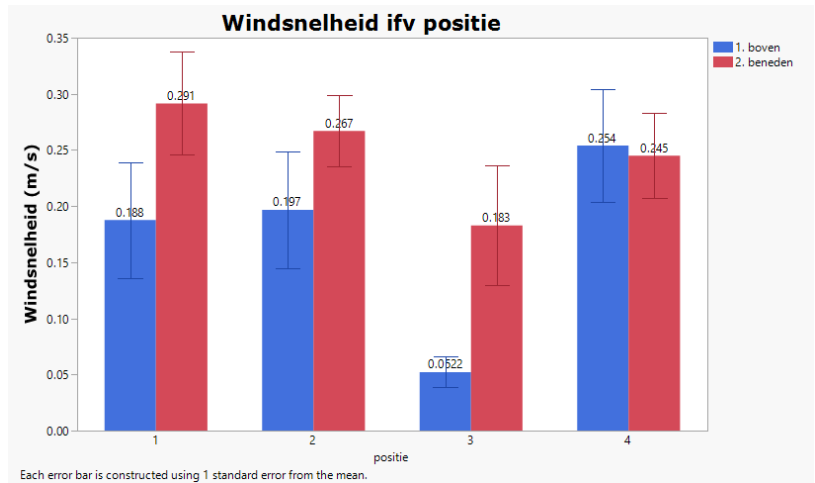
Interpretatie temperatuur gelinkt aan relatieve vochtigheid op microklimaat niveau:

Als de grafieken van temperatuur en relatieve luchtvochtigheid samen worden geanalyseerd is te zien dat zodra de temperatuur daalt, het relatieve vocht toeneemt. Dit effect kan toe te schrijven zijn aan het feit dat de verdamping van vocht uit het blad, sensible warmte omzet in latente warmte (adiabatische koeling).



### Homogeniteit luchstroom:

Met een hand anemometer is de snelheid van de luchstroom op de locatie van de meetpotten bepaald. Aangezien de resultaten over tijd niet veel verschilden, is de gemiddelde windsnelheid per locatie weergegeven. De locatie komt overeen met het potnummer van de meetpotten boven (zie Fig2.) en de waarden worden apart weergegeven voor de bovenste en onderste laag (Fig. 7). Zoals te zien is in de figuur, valt op dat er aardig wat verschil is tussen de locaties. Boven is de gemiddelde windsnelheid lager dan in de laag beneden. Daarnaast is de windsnelheid op positie 3 beneden zeer laag.



Figuur 7: Delphy: Windsnelheid ifv positie

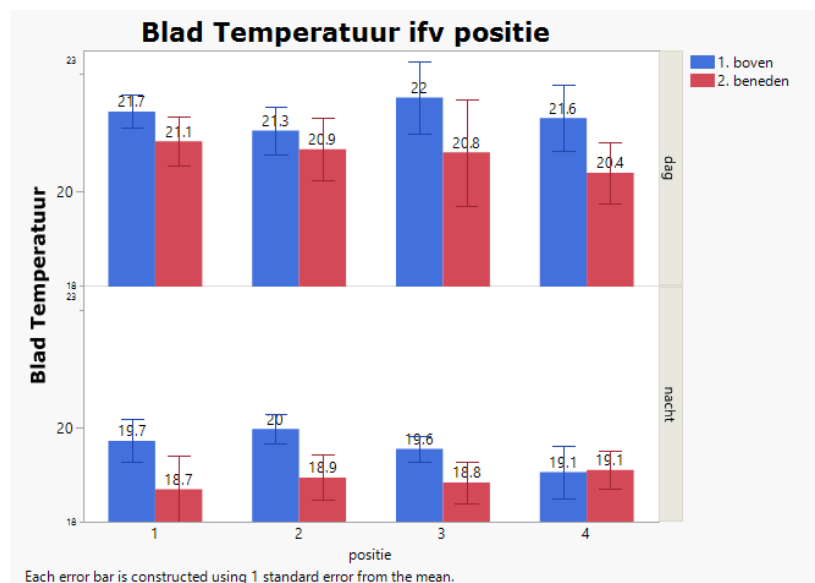
Belangrijk om te realiseren is dat de 4 posities op 1m<sup>2</sup> staan, dus zelfs op een klein oppervlak kunnen deze relatief grote verschillen ontstaan.

De hoge variatie per locatie (standard error) kan mogelijk deels verklaard worden door het feit dat de luchtsnelheid wanneer deze gemeten wordt niet constant is, maar dat deze op het moment zelf fluctueert.

### Bladtemperatuur:

Omdat de convectie van de luchtstroom, verdamping uit het blad veroorzaakt en deze verdamping het blad koelt, is het interessant om te zien of er een verband is tussen de windsnelheid en bladtemperatuur. De bladtemperatuur is zowel opgemeten vóórdat de lampen aangingen "nacht" (7.30am) en erna "dag" (16pm).

Omdat 's nachts de stomata sluiten zou je verwachten dat er minder verdamping uit het blad plaatsvindt, waardoor het blad relatief warmer zou zijn t.o.v. zijn omgeving. Echter, het tegenovergestelde effect is te zien in de resultaten (Fig. 8). De bladtemperatuur 's nachts is beduidend lager dan overdag, en tot wel 5 graden koeler dan de omgeving (Fig. 4). Dit betekent dat ook 's nachts er verdamping heeft plaatsgevonden.



Figuur 8: Delphy: Blad temperatuur ifv positie

Het feit dat het blad overdag warmer is, is deels te verklaren door het opwarmen van het blad door de LED lampen.



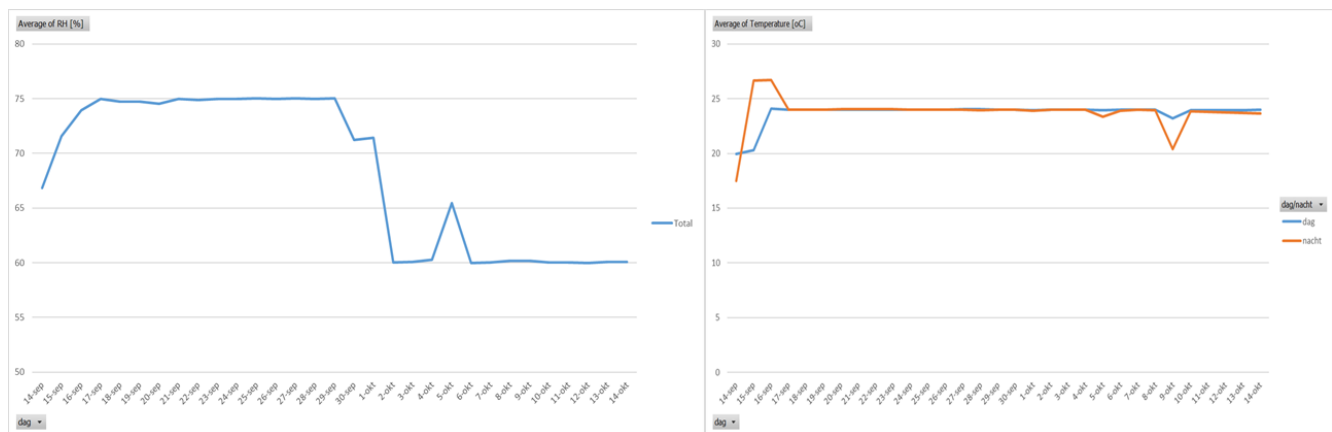
### Homogeniteit bladtemperatuur:

De bladtemperatuur in de laag boven hoger is dan in de laag beneden, wat in lijn is met de lagere windsnelheid in de laag boven. Echter, wat opvallend is, is dat de bladtemperatuur op de locatie met de zeer lage windsnelheid (3 boven) niet sterk afwijkt van de bladtemperatuur van de andere potten in die laag. Deze lage windsnelheid is dus niet direct terug te lezen in een verschillende bladtemperatuur.

Op de tafels bij WUR is er geen verschil in bladtemperatuur gemeten tussende tafels of binnen de tafels. Alleen een dag en nacht verschil.

### Klimaat WUR

Het macro klimaat in de klimaatcel van WUR heeft onderstaande trend gevolgd tijdens de groeiperiode. De setpoint van de RV is de eerste periode te hoog geweest, 75% in plaats van 70%. Naar verwachting is dit verschil tov Delphy niet van zeer grote invloed, omdat het in de startfase is geweest. Plantdichtheid was hier nog klein. De tweede periode is de setpoint goed geweest, 60%RV. De waarde van temperatuur en RV% goed rond de setpoints (24°C & 75% & 60%RV) geweest, op 5 oktober na. Op dat moment was er een storing die snel verholpen was.

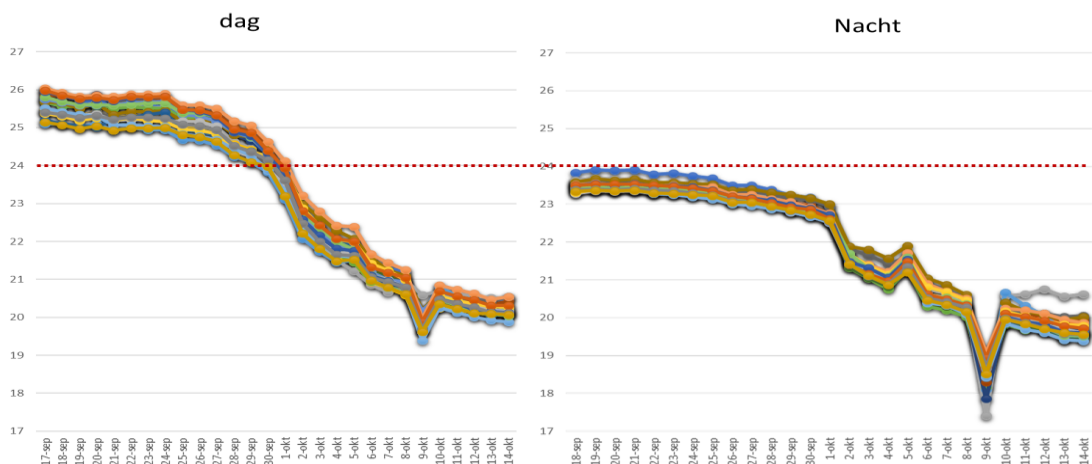


Figuur 9: Gemiddelde relatieve vochtigheid en temperatuur macroklimaat in de WUR klimaatcel

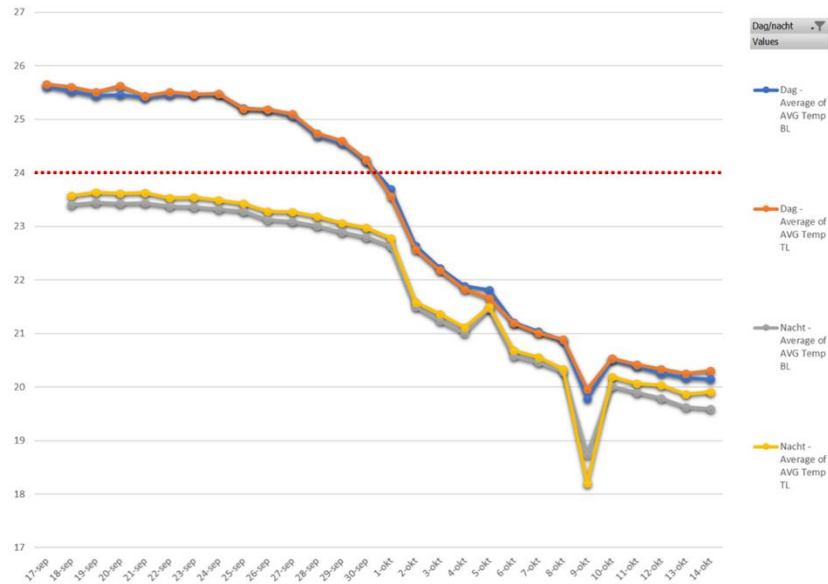
Het microklimaat (temperatuur en relatieve vochtigheid) gemeten door de dataloggers volgde onderstaande trend tijdens de proef.

2 dataloggers op de bovenste tafel hebben niet goed gewerkt en zijn daarom niet meegenomen in de analyse. Dit waren de loggers 1 en 5 op de TL (top layer) (figuur 3). De waarden van temperatuur en relatieve luchtvochtigheid zijn gemiddelden per dag (links) en nacht (rechts).

Opvallend is dat de RV in de WUR cel tussen de planten rond 24 september 's nachts 100% bereikt. Op 30 september wordt ook overdag de 100% RV bereikt. Bij Delphy is dit niet het geval.



Figuur 10: Gemiddelde dag en nacht temperatuur microklimaat in WUR's klimaatcel, gemeten door 24 dataloggers en setpoint (stippenlijn).



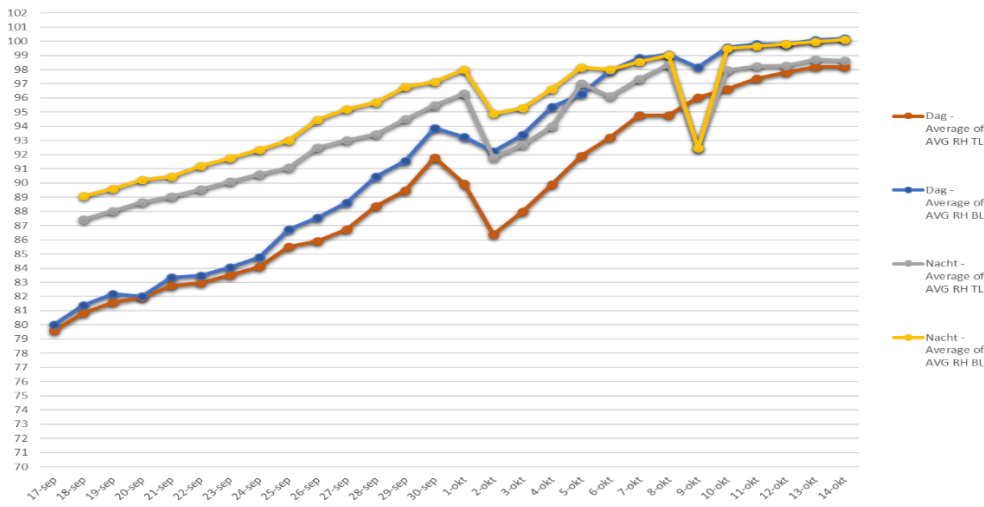
Figuur 12: Gemiddelde dag temperatuur microklimaat in WUR's klimaatcel, gemeten door 24 dataloggers en setpoint (stippenlijn). Verschil tussen top layer en bottom layer en dag en nacht.

Figuur 12 laat zien dat er geen verschil is in temperatuur tussen de potten tussen de top layer en de bottom layer. Wel is er een duidelijk verschil in temperatuur tussen de planten tussen dag en nacht.

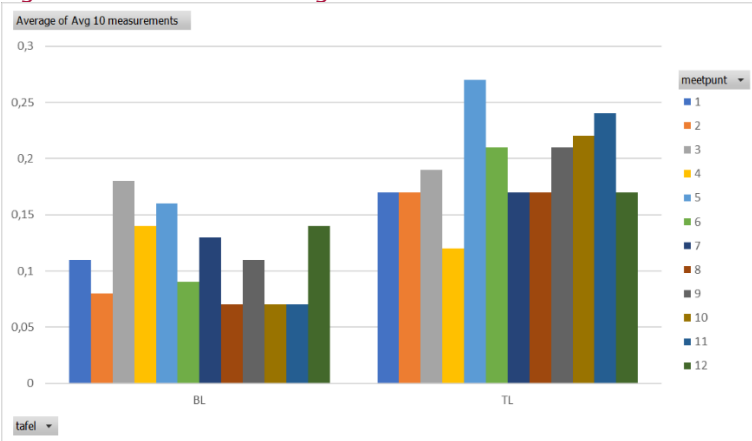
Figuur 13 laat zien dat er een verschil in RV is tussen de 2 teeltlagen in de WURcel en ook een verschil in RV tussen dag en nacht. Interessant ook is dat de RV in de WUR cel al snel, zeker 'snachts, oploopt naar 100%. In de Delphy cel wordt dit niveau niet gehaald gedurende de proef. Het oplopen van de RV zal te maken hebben met de manier waarop de lucht in de cel gebracht wordt. Bij Delphy staan planten direct tegen de perforated wall, terwijl er bij WUR een ruimte van een meter tussen zit.

Waarschijnlijk is dat een verklaring hiervoor en de reden dat er minder tot geen luchtbevinging tussen de planten is bij WUR.

Instellingen zijn op standaard gezet. Belangrijk bij een volgend onderzoek is om de luchtsnelheid op dezelfde hoogte boven de tafels te kalibreren en waar mogelijk tussen de planten te meten tijdens de proef.

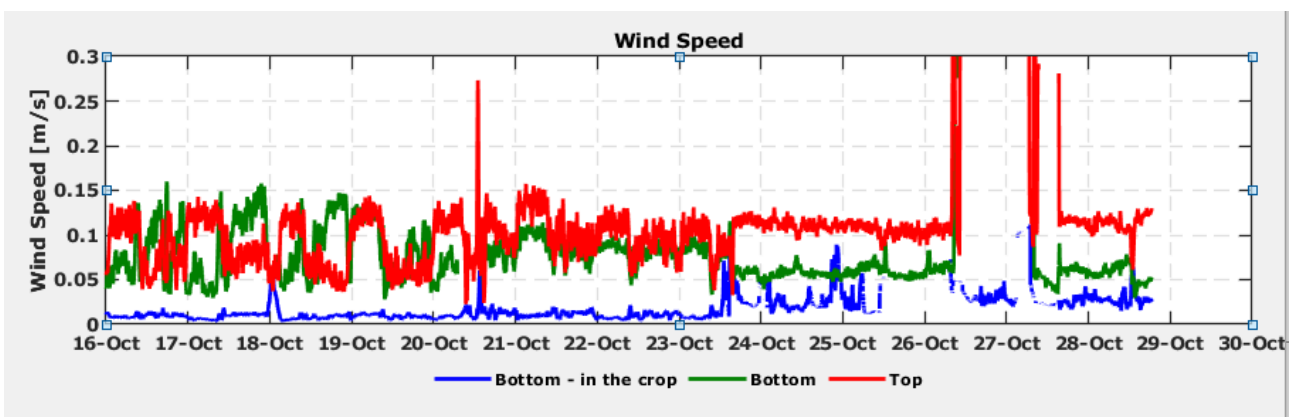


Figuur 13: Gemiddelde dag RV microklimaat in WUR's klimaatcel.



Figuur 14: Windsnelheid handmatig gemeten boven de planten

In figuur 14 is te zien dat er een verschil in luchtsnelheid is tussen de lagen, gemeten met een handmeter vlak boven het gewas. Na de teelt hebben we in de cel de planten langer laten staan om met andere sensoren ook de luchtsnelheid te meten. Uit deze metingen blijkt geen verschil tussen de lagen, figuur 15. De sensor die is gebruikt na de teelt heeft hoger boven het gewas gegangen dan waar de handmatige metingen zijn gedaan.



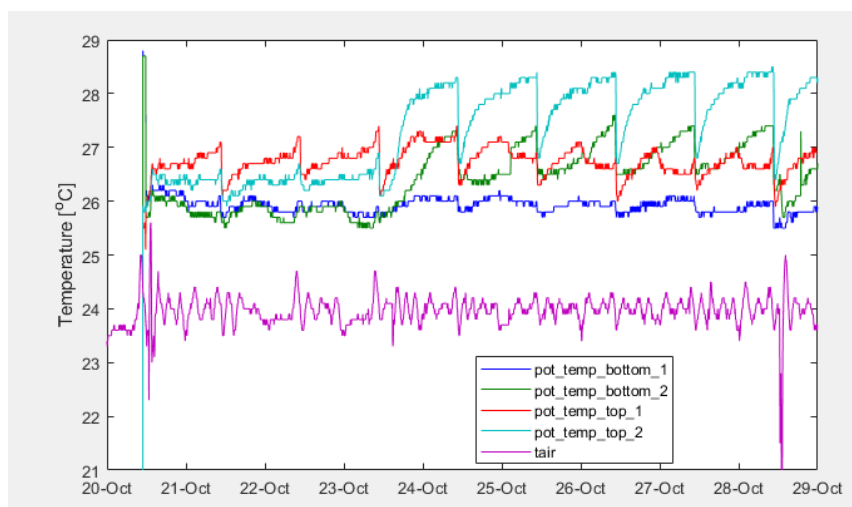
Figuur 15: Windsnelheid automatisch gemeten boven de planten

### Bladtemperatuur

In de cel bij WUR is er geen verschil in bladtemperatuur gevonden tussen de lagen of tussen de verschillende meetpunten. Wel zien we ook dat de temperatuur daalt als de lampen uit zijn en dan stijgen als de lampen aan staan tot een maximum temperatuur van 22,5 graden.

### Gewicht potten/watergebruik

Tussen de lagen is een verschil in pot gewicht gevonden tussen de lagen. Gemiddeld zijn de potten 20 gram lichter voor irrigatie op de bovenste laag tov de onderste laag. Na de proef is er ook gemeten wat het verschil is in pottemperatuur op de bodem van de pot. Figuur 16 laat zien dat er een verschil gemeten is tussen 0,5 en 1 graad. Na 24 oktober zijn er extremere temperaturen in de cel toegepast en is zichtbaar dat de temperatuur verder uiteen loopt.



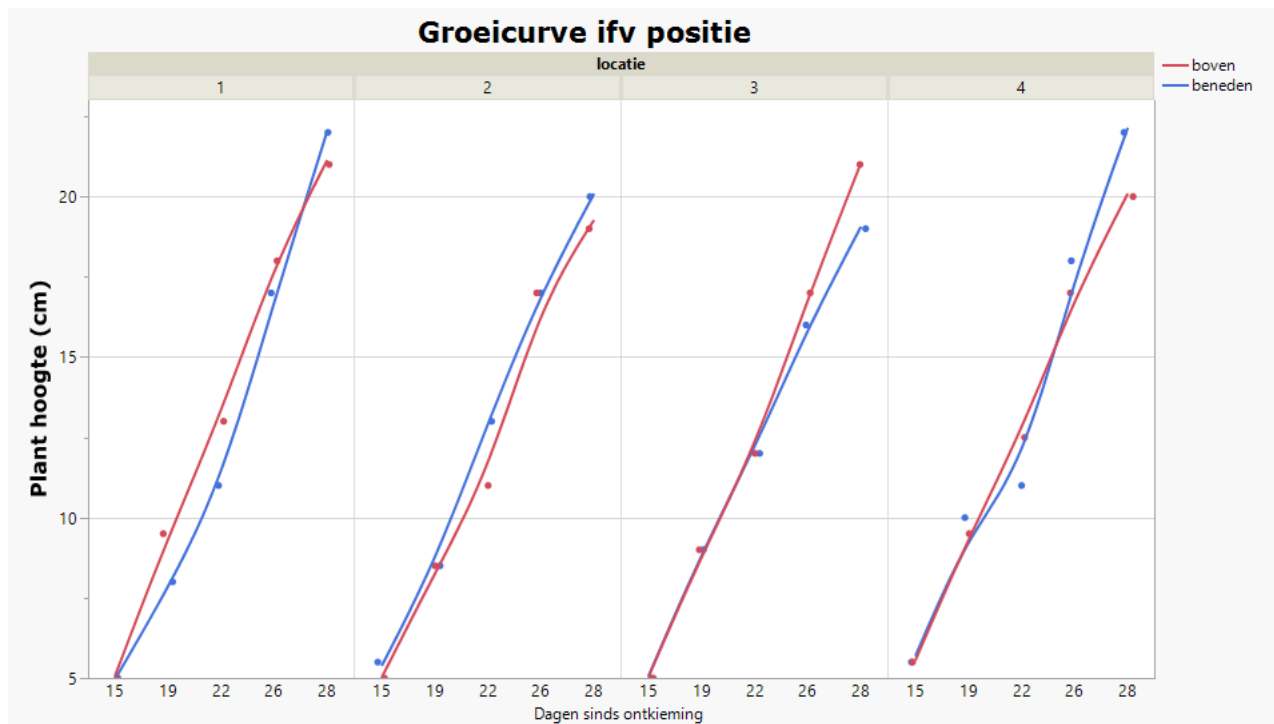
*Figuur 16: Pot temperatuur*

## 3.2 Resultaten plant

### Resultaten plant Delphy

#### Resultaten van continue metingen: groeicurve

De lengtegroei van de basilicum in de meetpotten is continu gemeten. De resultaten laten zien dat er geen duidelijk lengtegroei verschil tussen de boven en beneden verdieping of de verschillende posities te zien is.



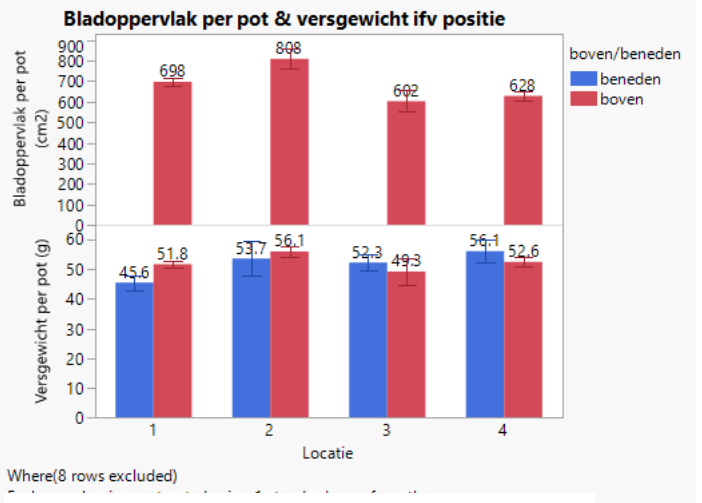
Figuur 17: Delphy: Groeicurve ifv positie

## Resultaten destructieve metingen: kwantitatief

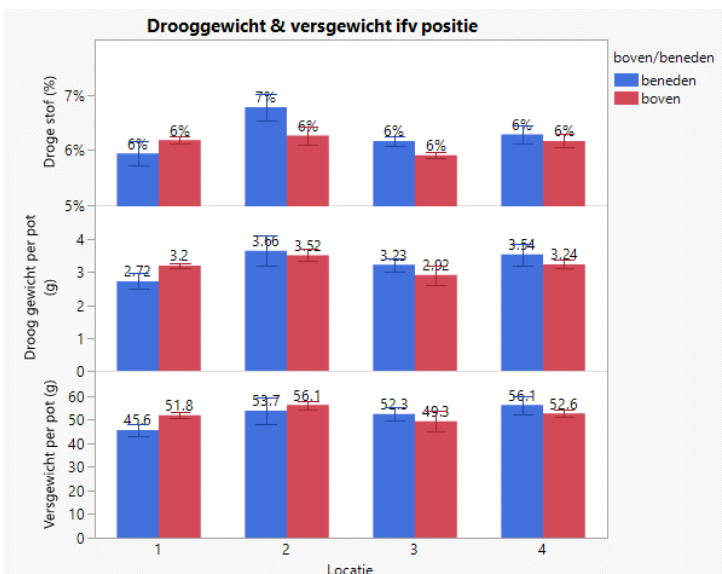
De totale opbrengst van het vers gewicht, samen met de kwaliteit van deze opbrengst, een zeer belangrijke parameter voor de productie in een Vertical Farm. Zoals in Fig. 18 is te zien, is er tussen de verschillende posities in de tafels bij Delphy géén duidelijk significant verschil te zien in vers gewicht per pot.

Echter, als je kijkt naar het totaal blad oppervlak per pot, zijn de verschillen tussen ver posities duidelijker. Deze waarneming is ook terug te zien in de foto's van het product en de kwalitatieve beoordeling van de kwaliteit (zie hier beneden).

(Er is geen data beschikbaar over het blad oppervlak in de onderste laag.)



Where(8 rows excluded)  
 Figuur 18: Delphy: bladoppervlak & versgewicht ifv positie



Figuur 19: Delphy: droge stof (percentage) ifv positie

Qua droge stof percentage verschillen de posities niet sterk onderling. Wat wel opvalt is dat een droge stof percentage van 6-7% laag is in vergelijking met de gemeten droge stof % uit andere experimenten bij Delphy, die plaatsvonden met andere rassen en andere klimaatomstandigheden.

en mogelijk iets zegt over de kwaliteit van het product.



## Resultaten destructieve metingen: kwalitatief

Op de dag van de oogst is de kwaliteit van het gewas ook kwalitatief beoordeeld. De volgende criteria zijn beoordeeld op basis van een [0-5] score, aangevend in wat voor mate het verschijnsel waarneembaar was:

- Bolling blad
- Cupjes
- Bontheid blad
- Sterkte stengels

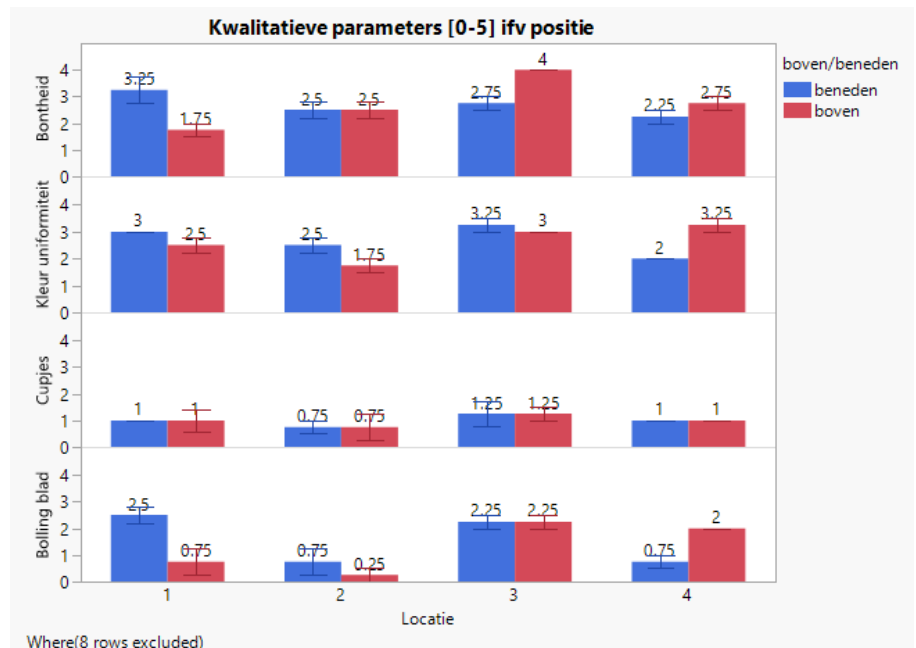


*Figuur 20:*

*1. gebold blad 2. blad met cupjes 3. blad met bontheid 4. zwakke & sterke stengels*

Waar er weinig verschil was in de meetbare waarden (vers & drooggewicht) was het kwaliteitsverschil tussen de verschillende posities groot. Locatie 2, het dichtst tegen de perforated wall aan, produceert een betere kwaliteit gewas dan locatie 3, het verst weg van de perforated wall. Dit fenomeen is ook heel duidelijk zichtbaar op onderstaande foto.

De kwaliteitsaspecten zoals de bolling van het blad, cupjes en bontheid van het blad zijn gerelateerd aan de vochtigheid tussen het gewas (uit ervaring, bij andere basilicum experimenten bij Delphy was dit ook zichtbaar) die met name in het laatste stadium van de groei, waarbij de canopy volledig dicht trekt, een probleem vormt.



Figuur 21: Delphy: Bladkwaliteit (kwalitatieve beoordeling) ifv positie

Op onderstaande foto is dit zeer duidelijk zichtbaar. Hoe dichters bij de perforated wall, hoe mooier de bladkwaliteit. Deze foto is van de bovenste laag genomen, waarbij op locatie 2 de windsnelheid 0,20m/s was en op locatie 3 0,05m/s (zie Fig. 7).



Figuur 22: Delphy: Verschil in bladkwaliteit ifv afstand vd wall voor ras Edwina in potten.



Interessant is dat dit effect ook sterk ras afhankelijk is.

Onderstaande foto komt uit de tafel er naast waarin het andere ras Marian (in trays ipv potten) is gezaaid. De bladkwaliteit is beduidend beter, ook verder af van de wand.



*Figuur 23: Delphy: Ras Marian in trays heeft een betere bladkwaliteit en meer homogeniteit in de tafel.*

Gewas pot 2.2



Gewas pot 2.1



Gewas pot 3.2



Gewas pot 3.3



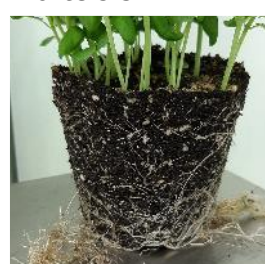
Wortels 2.2



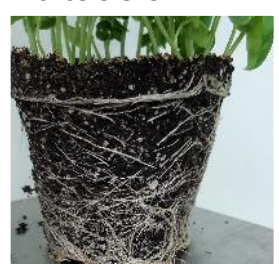
Wortels 2.1



Wortels 3.2



Wortels 3.3



Gewas pot 6.2



Gewas pot 6.3



Gewas pot 7.2



Gewas pot 7.3



Wortels 6.2



Wortels 6.3



Wortels 7.2

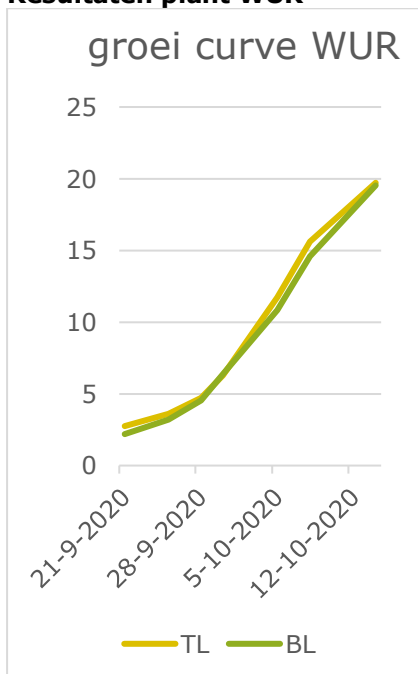


Wortels 7.3



*Figuur 24: Delphy: Overzicht van gewas en wortel ontwikkeling boven (2&3) en onder (6&7) en dichtbij de wand (2&6) en verder van de wand af (3 & 7).*

### Resultaten plant WUR



*Figuur 24: Groeicurve WUR cel*

Figuur 24 laat zien dat er geen verschil is in groei tussen de 2 teeltlagen bij WUR. Wel is heel duidelijk zichtbaar dat de meetpotten in lengte achter blijven op de rest van de planten.

Beter is om een manier te bedenken om de planten te kunnen wegen zonder dat ze potten verplaatst hoeven worden. De gemiddelde lengte bij de destructieve metingen (zonder meetpotten) was duidelijk langer, 3 cm gemiddeld! Bij die metingen is een verschil van 0,5 cm gemeten tussen de teeltlagen.

De kwalitatieve observaties in de WUR cel qua bolling, kleur en cupjes was gelijk op en tussen de teeltlagen. In de bijlage zijn foto's toegevoegd die het uiterlijke verschil in de planten tussen de lokaties duidelijk maken.

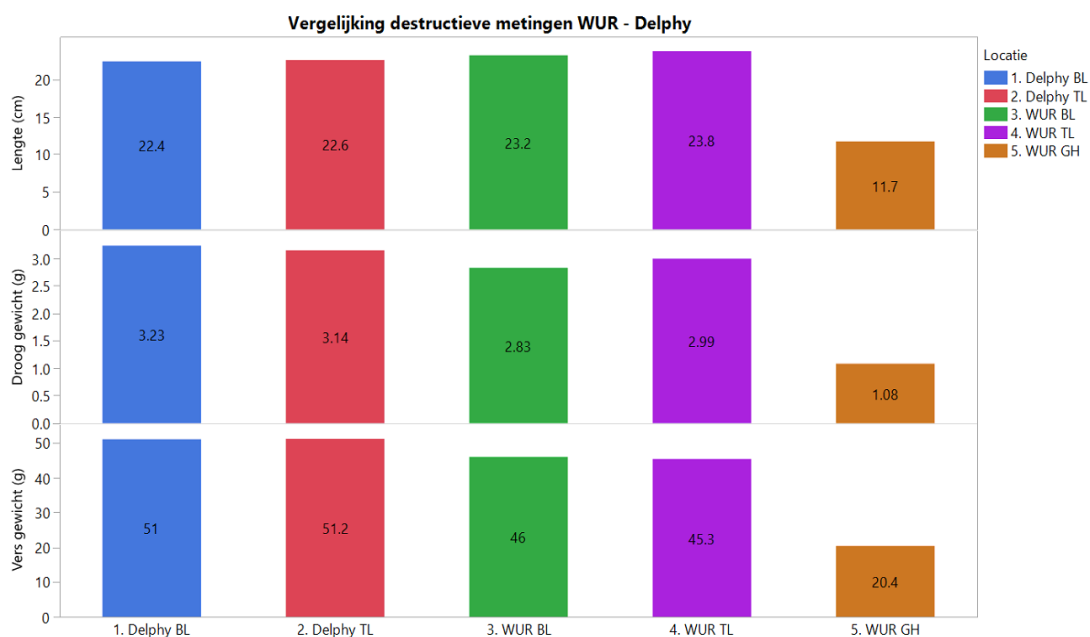
Verschillen in beworteling tussen de lagen van de WUR cel zijn zichtbaar in de foto's in de bijlage.

### Vergelijk WUR ->Delphy

*Tabel 7: gemeten verschillen*

Locatie	av. Vers gewicht	av. Droog gew.	av. Lengte	av. # planten > 5cm	av. # planten <5cm.	av. Tot # planten	av. Blad opp.
Delphy BL	51,01	3,23	22,40	11,85			
Delphy TL	51,15	3,14	22,60	12,50			658,20
WUR BL	45,97	2,83	23,23	24,15	5,48	29,63	503,89
WUR TL	45,34	2,99	23,76	23,02	6,65	29,67	573,45
WUR GH	20,41	1,08	11,74	25,56	4,41	29,97	330,11

In tabel 7 is te zien dat de opbrengst bij Delphy hoger was dan bij WUR. De planten bij WUR wat langer waren dan bij Delphy. Ook zaten er bij de WUR cel meer platen langer dan 5 cm in de potten. Opvallend is dat het bladoppervlak op de top layer in de WUR cel groter was dan op de bottom layer. De verschillen zijn ook zichtbaar gemaakt in figuur 25.



*Figuur 25: vergelijking destructieve metingen*



## 4 Conclusies

De grootste verschillen zijn gevonden in de RV tussen de potten tussen de cel bij Delphy en de cel bij WUR.

Bij WUR wordt 100% RV bereikt in de nacht rond 24 september en 30 september overdag. Bij Delphy wordt de 100% niet bereikt.

Vers gewicht van de planten is sterk verschillend tussen de cellen en de kas. 51 gram per pot bij Delphy, 46-45,3 gram per pot bij WUR en 20,4 gram per pot in de kas.

Kwalitatief verschil is duidelijk zichtbaar in stevigheid waarbij de planten bij Delphy de meeste stevigheid hebben. De planten in de kas zijn ook stevig, maar veel korter en daardoor niet te vergelijken op dit punt.

Het lijkt erop dat in de cel bij WUR minder luchtbeweging tussen de planten is geweest waardoor de plantgroei is beïnvloed. Dit is niet te zien in plant lengte, die is gelijk in de cellen en de lagen, maar wel in vers en droog gewicht.

Bladoppervlakte is verschillend tussen de cellen, maar dit kan worden verklaard door de manier van meten.

Een interessant verschil is ook het aantal planten in de pot langer dan 5 cm. Bij Delphy is dat gemiddeld 12,2 en bij WUR 23,6. Er zijn ongeveer 32 zaden per pot gezaaid. Bij Delphy zijn er daarvan ruim 12 uitgegroeid en bij WUR ruim 23. Maar in opbrengst (vers gewicht) zit Delphy hoger. Gemiddeld gewicht per plant kan niet eerlijk berekend worden, omdat de planten groter dan 5 cm niet afzonderlijk gewogen zijn.

Binnen en tussen de cellen zijn verschillen in windsnelheid gemeten en dit lijkt een effect te hebben op de planten. In de cellen bij Delphy is bijvoorbeeld duidelijk te zien dat de planten die dichtbij de perforated wall staan een betere uiterlijke kwaliteit hebben dan de planten verder weg van de wall. Dichtbij de wall in de windsnelheid het hoogst en is zou het kunnen dat er daardoor meer transpiratie mogelijk is.

Binnen de cel van WUR is er geen verschil gemeten in bladtemperatuur, wel een dag en nacht verschil. Dit kan komen omdat de planten na het uitgaan van de lampen nog wel transpireren en hierdoor afkoelen. Als de lampen uit zijn warmen de planten weer wat op. Binnen de Delphy cel is er wel een verschil gemeten in bladtemperatuur binnen de cel. Het dag nacht verschil is te verklaren door transpiratie nadat de lampen zijn uitgegaan. Het verschil tussen de locaties is nog niet goed te verklaren.



## Bijlage 1 Foto's



Foto 1: vlnr: WUR onder, WUR boven, Delphy voor, Delphy achter.



Foto 2: beworteling onderste teelt laag en bovenste teelt laag in de WUR cel.