



Effecten van verhoging van Na in de voedingsoplossing bij Phalaenopsis

Bepaling van de shadedrempel voor Na in het wortelmilieu van phalaenopsis met recirculatie

Tommaso Barbagli, Wim Voogt, Marco Hofman

Rapport WPR-1222

Referaat

Een volledige teeltproef met Phalaenopsis, van opgepotte plug-plant tot en met de bloeifase, is gedaan met de cultivars Leeds en Morelia. Hierin is bij de verschillende behandelingen een reeks natriumtrappen toegepast in de gift, van 0 tot 10 mmol/l, met een serie met gelijkblijvende EC en een serie met meestijgende EC. De groei en productie was significant lager bij 10 mmol/l en een EC van 1.5 mS/cm, veroorzaakt door een te lage K opname. Bij dezelfde natriumconcentratie en een gelijkblijvend K aanbod werd de groei en bloei niet beïnvloed. De hogere EC-waarden gaven iets meer bloemtakken en hadden iets kleinere bloemen. In een uitbloeitest nam de sierwaarde sterk af bij de hoogste Na gift en ook hadden de planten met hoog natrium met een meestijgende EC een lagere sierwaarde door meer knopval en vooral bladvergeling. De natriumopname verliep lineair met het aanbod van natrium en blijkt bij phalaenopsis zeer hoog te zijn. Het meeste hiervan wordt opgeslagen in het oude blad. De opnameconcentratie is met 10 – 12% van de heersende concentratie zeer hoog vergeleken met andere tuinbouwgewassen. De slotsom is dat de maximale Na-concentratie kan worden verhoogd tot 6 mmol/l bij een EC van 1.5 dS/m.

Abstract

A full cultivation trial with Phalaenopsis, from potted plug plant to flowering, was conducted with sodium concentrations ranging from 0 to 10 mmol/l, with a series with equal total EC and a series with increasing EC; the cultivars Leeds and Morelia were used. Growth and production was significantly lower at 10 mmol/l and an EC of 1.5 mS/cm, caused by low K. At the same Na concentration and a constant K supply, growth and flowering were not affected. The higher EC values gave slightly more flower branches and had slightly smaller flowers. In a post-harvest test, the ornamental value decreased sharply at the highest Na gift and the plants with high sodium with an increasing EC also had a lower ornamental value due to more bud-abortion and especially leaf yellowing. Na uptake was linear with the supply and appears to be very high in phalaenopsis. Most of the Na is stored in the old leaves. The uptake concentration is very high at 10 – 12% of the prevailing concentration in the root environment compared to other horticultural crops. The conclusion is that the maximum Na concentration can be increased to 6 mmol/l at an EC of 1.5 dS/m.

Rapportgegevens

Rapport WPR-1222

Projectnummer: 3742266700

DOI: 10.18174/631075

Disclaimer

© 2023 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw, Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk T 0317 48 56 06, www.wur.nl/plant-research.

Kamer van Koophandel nr.: 09098104

BTW nr.: NL 8113.83.696.B07

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

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

Adresgegevens

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	7
1.1 Achtergrond	7
1.2 Doel	8
1.3 Aanpak	8
2 Materiaal en methoden	9
2.1 Pilot proef	9
2.2 Testopstelling pilot proef	10
2.3 Metingen pilot proef	10
2.4 Proefopzet teeltproef	11
2.5 Behandelingen teeltproef	13
2.6 Metingen teeltproef	13
3 Resultaten	17
3.1 Concentraties in aanvoer en drain	17
3.1.1 Pilotproef	17
3.1.2 Teeltproef	17
3.2 Productie en metingen gewas	19
3.2.1 Pilotproef	19
3.2.2 Teeltproef	19
3.3 Uitbloeitest	25
3.4 Natrium en mineralen in plantmateriaal	28
3.4.1 Pilotproef	28
3.4.2 Teeltproef	29
4 Discussie en betekenis voor de praktijk	33
4.1 Effecten op groei en ontwikkeling	33
4.2 Natriumopname	33
4.3 Betekenis voor de praktijk	34
5 Conclusie	36
Literatuur	37
Bijlage 1	38
Bijlage 2 Gewasanalyses	40
Bijlage 3 Foto's eindresultaat Morelia	41
Bijlage 4 Foto's eindresultaat Leeds	42



Samenvatting

Voorafgaand aan een volledige teeltproef met *Phalaenopsis* is een pilotproef gedaan met jonge planten, die gedurende drie maanden werden blootgesteld aan een reeks van 0 – 10 mmol/l natrium in een recirculerende voedingsoplossing. Er konden geen effecten op de groei (totale biomassa) of andere kenmerken, zoals bladbreedte, worden vastgesteld. Wel bleek het gewas zeer veel Na op te kunnen nemen. Op basis van de resultaten van de pilotproef is een uitgebreide teeltproef opgestart. Planten werden geteeld vanaf het stadium van opgepotte plug-plant tot en met de bloeifase, met de cultivars Leeds en Morelia. Een reeks Na trappen werd toegepast in de gift met stappen van 0 tot 10 mmol/l, in twee series: een met gelijkblijvende EC en een waarbij de EC meesteeeg met Na. Bij de eerste serie daalden de concentraties K, Ca en Mg evenredig en bij de tweede serie bleven deze gelijk. Verhoging van natrium in de gift met 10 mmol/l in combinatie met een lage EC (1.5 dS/m) gaf iets kleinere planten (korter, geringer bladoppervlak) een wat lagere productie (lager aantal bloemen, lager stengelgewicht, iets kleinere bloemen) en een lagere plantkwaliteit door meer chlorose en wat bladrandnecrose. Ook nam de sierwaarde af tijdens de uitbloei-test. Bij dezelfde hoge Na concentratie maar met een meestijgende EC waren de prestaties van de planten echter vergelijkbaar met de referentiebehandeling. Wel was de bloemdiameter wat kleiner en ook nam de sierwaarde wat sterker af tijdens de uitbloeifase. De effecten waren voor beide cultivars vergelijkbaar. Bij Morelia bleek de aantasting van *Fusarium* bij hoge EC hoger. De effecten van de behandeling met 10 mmol Na/l en EC 1.5 dS/m hangen hoogstwaarschijnlijk samen met de lage beschikbaarheid van K, zoals blijkt uit de sterke afname van K in het blad bij stijgend Na. *Phalaenopsis* blijkt een grote hoeveelheid Na op te kunnen nemen, die kan oplopen tot gehalten van meer dan 2000 mmol/kg bij Leeds, dit zijn niveaus die normaal zijn voor K. De opgenomen Na is vooral geconcentreerd in de bovengrondse biomassa (70-60%), maar een aanzienlijk deel van Na wordt ook opgeslagen in de wortels (30-40%). De Na opname nam lineair toe met de concentratie bij de wortels, waarbij dit bij de gelijkblijvende EC sterker was dan bij de meestijgende EC. De opnameconcentratie is met 10 – 12% van de heersende concentratie in het wortelmilieu zeer hoog vergeleken met andere tuinbouwgewassen.

Bij de resultaten uit deze proef blijkt er meer ruimte te zijn om meer Na toe te laten in de recirculerende oplossing van *Phalaenopsis*. Het lijkt daarom veilig om de maximale Na-concentratie te verhogen. Uit deze proef komt dit neer op 6 mmol/l bij een EC van 1.5 dS/m.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Als gevolg van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) is in Nederland met de glastuinbouwsector afgesproken om toe te werken naar een (nagenoeg) nul emissie voor nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen (GBM) in 2027. Een van de knelpunten voor volledig hergebruik van drainwater is ophoping van natrium (Na) in de recirculerende voedingsoplossing. Bij langdurige recirculatie, zonder spui, kan Na ophopen. Dit is afhankelijk van de input, zoals de gebruikte meststoffen en de kwaliteit van het gietwater, maar niet in de laatste plaats van het gewas zelf. Sommige gewassen kunnen aanzienlijke hoeveelheden Na opnemen, andere gewassen zijn nauwelijks in staat om dit te doen. In de praktijk betekent dit dat bij bepaalde combinaties (Na input en gewas) Na tot ongewenste concentraties kan oplopen. Na-concentraties boven een bepaalde grenswaarde kunnen leiden tot een afname van de productie en/of kwaliteitsverlies. Telers voorkomen dat Na concentraties tot boven die grenswaarden stijgen door drainwater te lozen. Een te hoog Na-gehalte in het recirculatiewater (of angst daarvoor) is waarschijnlijk de belangrijkste oorzaak van lozing. De normen voor de grenswaarden voor Na in het wortelmilieu zijn afgeleid van de resultaten van het zoutonderzoek in de jaren '80-'90. Bij de interpretatie en toepassing van deze onderzoeksresultaten is destijds voorzichtigheid betracht.

Phalaenopsis is een epifytische plant en heeft geen bodem nodig om te groeien. In de commerciële productie worden phalaenopsis gekweekt in (transparante-) potten op goed drainerende tafels, met schors als groeimedium met een zeer laag watergehalte (20-30%). Planten worden vrijwel uitsluitend van bovenaf geïrrigeerd met een voedingsoplossing, waarbij ongeveer 70-80% van het geïrrigeerde water niet wordt opgevangen door de planten of de potten. Tot voor kort mocht daarom het drainwater worden geloosd en vanwege de grote hoeveelheid water werd recirculatie ook niet als een realistische optie gezien (Van Os en Kromwijk, 2014). Phalaenopsis wordt als orchidee en epifyt bovendien gezien als zeer zoutgevoelige plant. De standaard Na-limiet in het verleden werd daarom op 1 mmol/l gesteld, waarbij drainwater in eerste instantie geloosd mocht worden bij een Na-concentratie van meer dan 0 mmol/l (feitelijk een vrijstelling voor recirculatie). De grote hoeveelheden drainwater worden mede daarom geloosd om Na-ophoping te voorkomen. Sinds 2013 is hergebruik van drainwater bij phalaenopsis verplicht. Overigens is er weinig tot niets bekend in de literatuur over Na-opname door deze plant.

De aanleiding om dieper in de Na gevoeligheid te duiden waren proeven die lieten zien dat hergebruik van drainwater niet tot problemen hoeven te leiden (Kromwijk *et al.*, 2017). Sinds die tijd wordt recirculatie ook door de praktijk opgepakt, waarbij de vraag wel meer actueel wordt tot hoever Na dan mag doorstijgen. Uit een eerste pilotproef die Wageningen University & Research, Business Unit Glastuinbouw in Bleiswijk in 2020 uitvoerde, bleek echter phalaenopsis, blootgesteld aan waarden tot 10 mmol/l, een zeer hoge Na-opname te vertonen, tot 960 mmol/kg in de bladeren, zonder dat dit tot grote verschillen in (vegetatieve) groei leidde.

Het lijkt er dus op dat er behoorlijke ruimte is voor het verhogen van de drempel van de Na- grenswaarden. Als voor Na hogere waarden kunnen worden toegestaan dan tot nu toe aanvaardbaar werden geacht, opent dit mogelijkheden voor een aanzienlijke vermindering van de hoeveelheid lozing. Bij hogere Na-concentraties in het wortelmilieu neemt de potentiële Na-opname toe. Bij hergebruik van drainwater zal het moment dat de drempel wordt bereikt later vallen en kan daarmee het moment van spui worden uitgesteld. Ook zal bij een hogere Na-concentratie in het drainwater de afvoer veel effectiever worden; door de hogere Na vracht in het geloosde drainwater is een kleine hoeveelheid spui al voldoende om Na effectief te verlagen.

Schade door Na is tweeledig. In het algemeen, zoals in de literatuur vaak wordt aangeduid als 'zoutgehalte', is er sprake van een EC – of osmotisch effect. Dit bemoeilijkt de wateropname, wortelfuncties, zoals de opname van voedingsstoffen, kosten meer energie en de plant moet meer van de assimilaten investeren in het behoud van de interne osmotische waarde. Het resultaat is een verminderde groei. Een tweede effect is Na-antagonisme, dat wil zeggen dat de absorptie van andere kationen, moeilijker wordt gemaakt. Dit zou dan vooral betrekking hebben op de Ca-opname.

Voor de praktijk van substraatteelt met hergebruik van drainwater in Nederland zal het eerste effect nauwelijks optreden. De EC is een parameter voor de teelt, telers monitoren deze waarde en wordt ook automatisch gecontroleerd door drainwater aan het beregeningswater op EC-waarde bij te mengen. Oplopend Na zal dus niet direct leiden tot EC-toename, maar in feite alleen tot een afname van het aandeel van andere kationen, d.w.z. binnen de streefwaarden van de toegepaste EC zal het aandeel Na toenemen, ten koste van het aandeel voedingsionen.

Bij oplopende Na concentraties zijn er twee strategieën mogelijk: de EC van de gift wordt constant gehouden, waarbij dus het aandeel en de concentraties van de kationen proportioneel afneemt en een strategie waarbij de EC proportioneel meestijgt met de Na concentratie en dus de kationenconcentraties gelijk blijven. Beide strategieën zijn in de hier beschreven proef met Phalaenopsis meegenomen

1.2 Doel

Onderzoek naar de drempelwaarde voor Na in de gift c.q. het wortelmilieu bij phalaenopsis en onderzoek naar opname van Na door phalaenopsis.

1.3 Aanpak

Omdat het onbekend was bij welk Na niveau schade optreedt bij phalaenopsis is eerst een pilotproef uitgevoerd met 5 niveaus van Na, 0.0, 2.0, 5.0, 7.5, 10.0 mmol/l met een gelijkblijvende EC van 1.5 dS/m. Dit was een korte proef van vier maanden, alleen vegetatieve groei. Op basis van de resultaten daarvan is een complete teeltproef opgezet. In deze proef is een vergelijking gemaakt tussen twee series behandelingen: een serie waarbij Na toeneemt en de EC-gelijk blijft en de kationconcentraties dus afnemen en een serie waarbij de EC proportioneel meestijgt met de Na toevoeging en de kationconcentraties dus gelijk blijven. De Na-concentratie waren 0, 3.0, 6.5 en 10.0 mmol/l met een EC van 1.5 dS/m. In de andere serie, met dezelfde reeks Na-concentraties steeg de EC respectievelijk tot 1.9 en 2.3, 2.5 dS/m. De genoemde waarden hebben allen betrekking op de niveaus in de gift; er werd alleen berekend over het gewas, het drainwater werd opgevangen maar niet hergebruikt.

Tijdens de teelt werden de aan- en afvoeroplossingen gemonitord om de water- en nutriënteninname te berekenen. Er werden blad- en bloemenanalyses uitgevoerd.

Het effect op de biomassaproductie werd vastgesteld door regelmatig het bladoppervlak te meten en aan het einde van de teelt is verse biomassa van de hele plant (in onderdelen) gemeten. Het droge stofgehalte is bepaald en het mineraalgehalte van de biomassa is geanalyseerd.

2 Materiaal en methoden

2.1 Pilot proef

Op 18-12-2020 is de proef gestart met jonge planten (vier bladeren, ongeveer 6 maanden oud) *Phalaenopsis* (kasafdeling 3.08), en de proef is beëindigd op 16-03-2021. Klimaatinstellingen waren standaard ingesteld voor *phalaenopsis*. Er werden drie planten gekweekt op containers van 36 dm³ (3 * 4 * 3 dm) in potten van 0,7 L gevuld met perliet. De verschillende Na concentraties werden in de voedingsoplossing in de containers gerealiseerd en via een pomp en druppelaars met één druppelaar per pot gedoseerd. Het drainwater vloede retour in de container (Figuur 2.1), zodat de voedingsoplossing feitelijk recirculerend was. Visuele beoordeling van de wortels werd gebruikt om de frequentie van de irrigatie te bepalen. Gemiddeld werd om de 7 dagen een nieuwe irrigatie gedaan, waarbij ongeveer 10 L/m² werd gegeven.



Figuur 2.1 Teelt en set up van de pilot trial. *Phalaenopsis* planten werden gekweekt in perliet potten en geïrrigeerd via druppelirrigatie met Na verrijkt water. Het drainwater werd in de containers verzameld en hergebruikt.

2.2 Testopstelling pilot proef

Vijf behandelingen met Na-concentraties variërend van 0 tot 10 mmol/l (aanvoer) en EC 1.5 dS/m (Tabel 2.1). De behandelingen werden uitgevoerd in vier herhalingen volgens de plattegrond in Bijlage 1.

Tabel 2.1 Schema behandelingen pilotproef.

Behandeling	Na gift mmol/l	EC-gift dS/m
A	0.0	1.5
B	2.0	1.5
C	5.0	1.5
D	7.5	1.5
E	10.0	1.5

De streefconcentraties van de kationen zijn aangepast om de verhoogde Na-concentraties te compenseren (Tabel 2.2). De streefwaarden voor micro-elementen zijn voor alle behandelingen gelijk.

Tabel 12.2 Concentraties van alle voedingselementen in de toegepaste voedingsoplossingen.

Behandeling	NH4 mmol/l	K mmol/l	Na mmol/l	Ca mmol/l	Mg mmol/l	NO3 mmol/l	SO4 mmol/l	H2PO4 mmol/l	Fe mmol/l	Mn µmol/l	Zn µmol/l	B µmol/l	Cu µmol/l	Mo µmol/l
A	1.6	6.4	0.0	2.1	0.6	10.1	1.0	1.3	52.0	7.5	1.5	11.0	1.5	0.6
B	1.3	5.4	2.0	1.8	0.5	10.1	1.0	1.3	52.0	7.5	1.5	11.0	1.5	0.6
C	1.0	4.0	5.0	1.3	0.4	10.1	1.0	1.3	52.0	7.5	1.5	11.0	1.5	0.6
D	0.7	2.8	7.5	0.9	0.3	10.1	1.0	1.3	52.0	7.5	1.5	11.0	1.5	0.6
E	0.4	1.7	10.0	0.6	0.2	10.1	1.0	1.3	52.0	7.5	1.5	11.0	1.5	0.6

2.3 Metingen pilot proef

De EC, pH en het niveau van de recirculerende oplossing in de containers werden wekelijks gemeten en indien nodig gecorrigeerd om de in Tabel 2.1 weergegeven streefwaarden te bereiken. Van elke herhaling werden maandelijkse monsters van de recirculerende oplossing genomen. Per behandeling werd een gepoold monster gemaakt en naar een laboratorium gestuurd om de nutriëntconcentratie te bepalen.

Het bladoppervlak werd wekelijks gemeten door de lengte en de maximale breedte van de laatste twee bladeren te bepalen. Deze observatie werd uitgevoerd op 1 plant per herhaling per behandeling.

Bij de start van de proef werd het begingewicht van elke plant (Wi) (groene biomassa + wortels) gemeten (na het verwijderen van de vermeerderingsplug). Aan het einde van de proef werd de verse en droge biomassa van het bovengrondse materiaal en van de wortels gemeten per herhaling (Wf). Een gepoold monster van droge biomassa per behandeling werd naar het laboratorium gestuurd om het mineraalgehalte voor bovengrondse biomassa en voor wortels te bepalen. De totale groei (Wd) per plant werd berekend als Wf-Wi.



Figuur 2.2 Planten aan het einde van de pilotproef, behandeling met 0 Na (links) en 10 mmol/l Na (rechts).

2.4 Proefopzet teeltproef

Op 22-7-2021 zijn Phalaenopsis jonge planten (vier bladeren, ongeveer 6 maanden oud), met de cultivars 'Leeds' en 'Morelia' geplant in kasafdeling 5.04, met een oppervlak van 120 m². De planten werden opgepot in transparante 13 cm potten gevuld met bark. Op 27-5-2022 is de proef beëindigd. Klimaatinstellingen zijn standaard ingesteld voor de twee teeltfasen van phalaenopsis: vegetatieve fase warm en vochtig en afweekfase (generatief) koeler. Er is gestart met 32 planten op 0,6 m² (53 pl/m²; vegetatieve fase). Vanaf 3 december tot het einde werd de plantdichtheid teruggebracht tot 42 pl/m². De planten stonden op PE-containers met een volume van 270 L. Verwarmingsbuizen werden over het deksel van de container geplaatst om de potten na irrigatie droog te kunnen stoken. Potten werden uitgelijnd met trays en de trays werden over een geperforeerde krat geplaatst om ruimte te creëren tussen het deksel de verwarmingsbuizen en de potten (Figuur 2.3). De potten werden van bovenaf geïrrigeerd met een broeskop. De frequentie van de irrigatie werd bepaald door middel van visuele beoordeling van de wortels. De twee cultivars werden tegelijkertijd geïrrigeerd. De irrigatie werd bepaald door de cv die het meeste water nodig had (Leeds). Gemiddeld werd elke 4-5 dagen een irrigatie gedaan, met ongeveer 5 L/m² voor de eerste 3 weken en later is dit opgevoerd naar 10 L/m². Het drainwater werd opgevangen in de container maar niet hergebruikt. Alleen verse voedingsoplossing werd gebruikt voor de irrigatie. Elke behandeling had een aparte voorraadtank.



Figuur 2.3 Teelt opzet van de tweede proef. Planten werden gekweekt in potten met bark en van bovenaf geïrrigeerd. Het drainwater werd opgevangen in de grijze container om de volumes en de samenstelling van het drainwater te monitoren.

2.5 Behandelingen teeltproef

Zeven behandelingen met Na-concentraties variërend van 0 tot 10 mmol/l (toevoer), hierbij één serie met gelijkblijvende EC van 1.5 dS/m (behandelingen A t/m D) en een serie met stijgende EC, resp. 1.9, 2.3, 2.5 dS/m (behandelingen E, F, G) (Tabel 2.3).

De behandelingen werden uitgevoerd in zeven herhalingen (locatieherhalingen) volgens de plattegrond in Bijlage 1.

Tabel 2.3 Schema behandelingen.

Naam	Na in gift mmol/l	EC in gift dS/m
A	0.0	1.5
B	3.0	1.5
C	6.5	1.5
D	10.0	1.5
E	3.0	1.9
F	6.5	2.3
G	10.0	2.5

De streefconcentraties van de kationen (NH₄, K, Ca, Mg) is verlaagd om de toenemende Na-concentraties voor behandelingen A, B, C, D te compenseren (Tabel 2.4). In E, F en G werden de anionen verhoogd als tegen-ion voor de stijgende Na. De streefwaarden voor micro-elementen zijn voor alle behandelingen gelijk.

Tabel 2.4 Streefwaarden concentraties voedingsstoffen in het toevoerwater.

Behandeling	NH ₄	K	Na	Ca	Mg	NO ₃	SO ₄	H ₂ PO ₄	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l
A	4,4	4.7	0.0	1.4	0.8	10.3	1.2	0.7	52.0	7.5	1.5	11.0	1.5	0.6
B	3,5	3.7	3.0	1.1	0.6	10.3	1.2	0.7	52.0	7.5	1.5	11.0	1.5	0.6
C	2,3	2.4	6.5	0.7	0.4	10.3	1.2	0.7	52.0	7.5	1.5	11.0	1.5	0.6
D	1,2	1.2	10.0	0.4	0.2	10.3	1.2	0.7	52.0	7.5	1.5	11.0	1.5	0.6
E	4,4	4.7	3.0	1.4	0.8	12.6	1.5	0.8	52.0	7.5	1.5	11.0	1.5	0.6
F	4,4	4.7	6.5	1.4	0.8	15.3	1.8	1.0	52.0	7.5	1.5	11.0	1.5	0.6
G	4,4	4.7	10.0	1.4	0.8	18.0	2.2	1.2	52.0	7.5	1.5	11.0	1.5	0.6

2.6 Metingen teeltproef

De EC en pH in de toevoertanks werden wekelijks bepaald en indien nodig gecorrigeerd om de streefwaarden in Tabel 2.4 te realiseren. De EC, pH en het volume van het drainwater in de containers werden eenmaal per maand gemeten. Maandelijks werden van elke herhaling monsters van drainwater genomen, waarvan per behandeling een gemengd monster naar een laboratorium werd gestuurd voor analyse op nutriëntenconcentraties. De aanvoeroplossing werd tijdens de teelt twee keer bemonsterd en geanalyseerd.

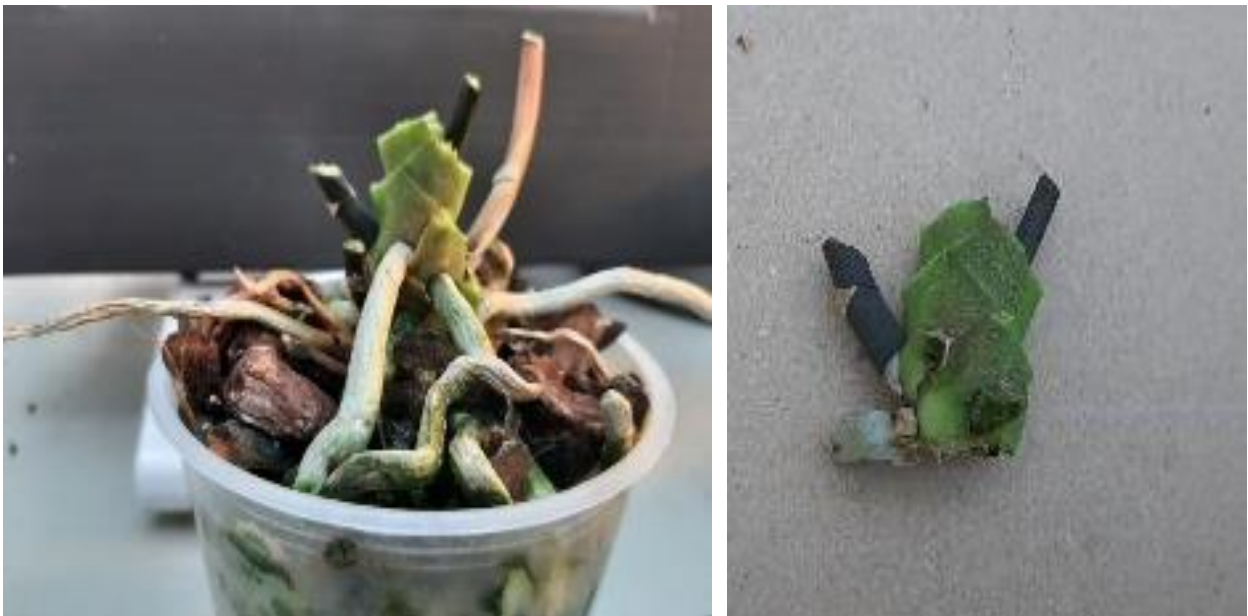
Het bladoppervlak werd wekelijks gemeten door de lengte en de maximale breedte van de laatste twee bladeren te bepalen. In de generatieve fase werd de meting om de 2-3 weken gedaan, aan één plant van alle drie de herhalingen per behandeling (resp. van n. 14 tot en met 20, 23 tot en met 29, 32 tot en met 39 (behalve 38) volgens de plattegrond in Figuur B1.1 in de Bijlage 1). Tijdens deze waarneming werd ook het aantal planten aangetast door fusarium geregistreerd. De besmette planten werden uit de proef verwijderd.

Na de vermindering van de plantdichtheid op 2 december werd een eerste destructieve meting uitgevoerd. Het bladoppervlak van drie planten per cultivar per herhaling werd gemeten met een LICOR. Ook de verse en droge biomassa van bladeren en wortels werd gemeten. Droge biomassa werd naar het laboratorium gestuurd om het mineraalgehalte te bepalen.

In april 2022 is een visuele beoordeling van de kleur uitgevoerd: bereik 0-10, waarbij 0 het slechtste is (geelverkleuring) en 10 het beste (egaal donkergroen). Een standaard plant met een score 7 werd hierbij gebruikt als referentie om de rest te beoordelen.

Aan het einde van de proef werd een tweede destructieve meting uitgevoerd. Drie planten per cultivar per herhaling werden willekeurig geselecteerd. Het verse (FW) en drooggewicht (DW) van jonge bladeren (JB; laatste 3 bladeren voor Leeds, 4 voor Morelia), oude bladeren (OB; de rest), kraag (K; onderste gedeelte centraal deel van de bladrozet), stengels + bloemen (SB) en wortels (W) werden gemeten per plant (Figuur 2.4). De hoogte van de plant werd ook geregistreerd met de hoogste bloem als hoogste punt. Het aantal hoofdtakken, okseltakken, totale bloemen, open bloemen en afgebroken bloemen werden geteld (Figuur 2.5). Ook werd de diameter van de laagste open bloem per plant gemeten. Het totale bladoppervlak van de plant werd gemeten met een LICOR. De droge biomassa van de hierboven genoemde delen werd naar het laboratorium gestuurd om het mineraalgehalte (C_{DW}) te bepalen. Met de DW en de C_{DW} Van elk onderdeel de opgenomen Na (U_{Na}) berekend als equatie 1:

$$U_{Na} = DW_{JB} * C_{DW_JB} + DW_{OB} * C_{DW_OB} + DW_K * C_{DW_K} + DW_{SB} * C_{DW_SB} + DW_W * C_{DW_W} \quad (1)$$



Figuur 2.4 Het onderste deel van de stengel/rozet of "kraag", apart bemonsterd en als gewasmonster geanalyseerd.



Figuur 2.5 Beeld van de planten bij de eindogst van 'Morelia' (boven) en 'Leeds' (onder) van behandeling A.

Een random selectie van 5 planten per behandeling van beide cultivars, van de behandelingen A (Na 0, EC 1.5), C (Na 6.5, EC 1.5), D (Na 10, EC 1.5), F (Na 6.5, EC 2.3) en G (Na 10, EC 2.5) werd gedurende 7 weken onderworpen aan een uitbloeitest. De planten werden onder gecontroleerde omstandigheden (uitbloeirimte) op tafels geplaatst (Figuur 2.6). De gemiddelde temperatuur, vochtigheid, fotoperiode en licht periode was respectievelijk T: 20 °C (+/- 1 °C); RH: 65% (+/- 5%); 12 uur licht, 12 uur donker; lichtintensiteit 14 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ op tafelniveau (ongeveer 1000 lux), lichtkleur 84 van TL-lampen Philips. Het aantal open en gesloten bloemen, het aantal afgebroken knoppen en verlepte, afgevallen bloemen werd wekelijks geregistreerd. Ook werd een score van de bladeren gegeven (5 beste, (mooi groen), 0 slechtste (vergeeld of bruin)), afhankelijk van kleuring en ontwikkeling van necrotische of verkleuringsvlekken.



Figuur 2.6 Overzicht van de planten tijdens de uitbloeioproef in "huiskamer" condities.

3 Resultaten

3.1 Concentraties in aanvoer en drain

3.1.1 Pilotproef

De gemiddelde pH en EC in de recirculerende oplossing lag dicht bij het beoogde niveau. De concentraties Na (gecorrigeerd voor de referentie-EC) waren iets lager dan beoogd. Het verschil tussen de behandelingen bleef echter gehandhaafd (Tabel 3.1). De afvoerconcentratie van andere elementen was ook vrij stabiel in de tijd en kwam overeen met de gewenste concentratie.

Tabel 3.1 Gemiddelde EC, pH en Na in de recirculerende oplossing (mmol/l); Na-concentraties omgerekend naar de referentie-EC.

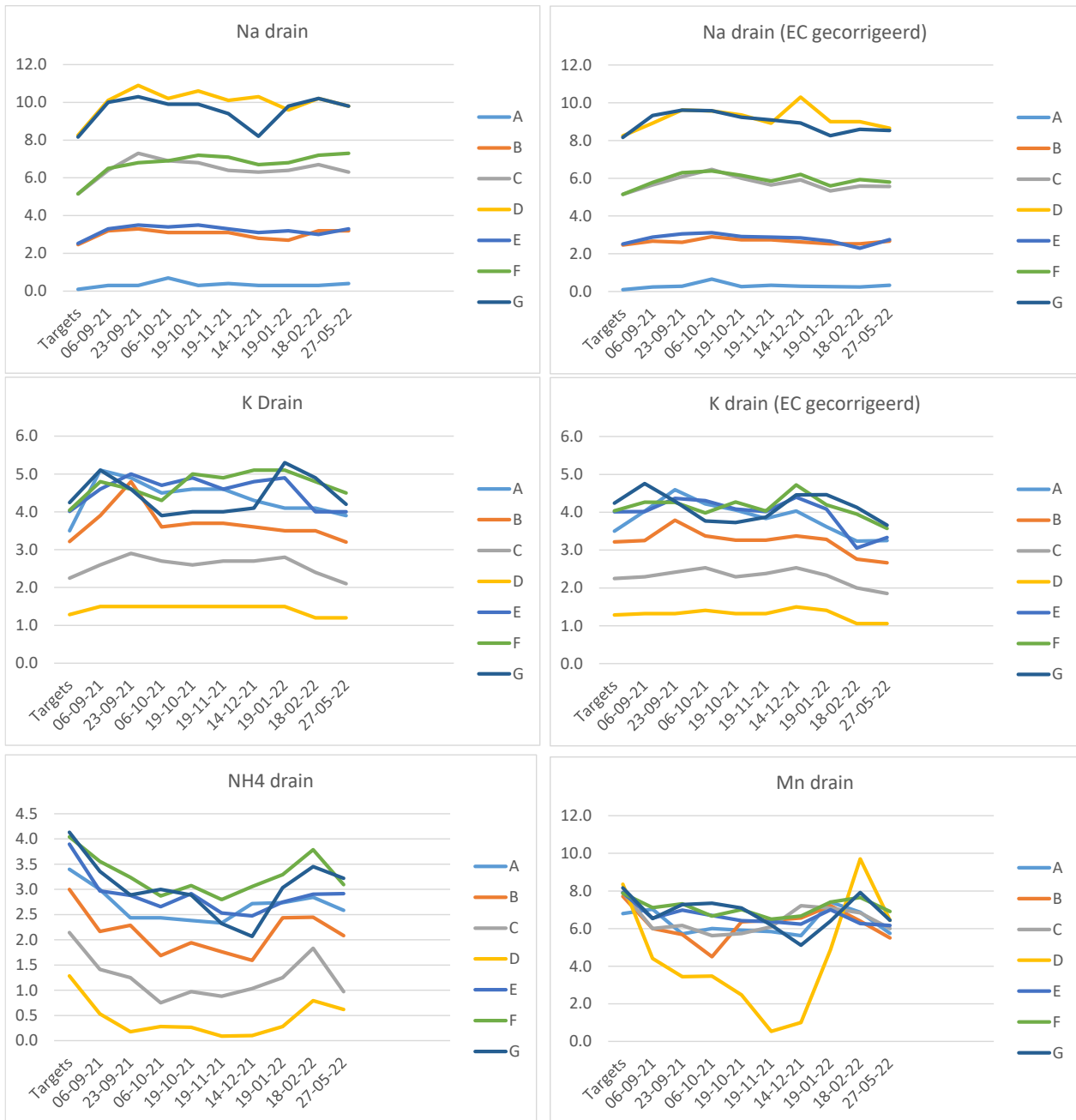
Beh	Recirculerende oplossing		
	pH	EC	Na
A	5.3	1.5	0.6
B	5.2	1.5	2.1
C	5.3	1.5	4.5
D	5.0	1.6	6.4
E	5.6	1.6	8.7

3.1.2 Teeltproef

De gemiddelde EC in de toevoertanks van elke behandeling was iets hoger dan beoogd (Tabel 3.2). De pH was iets lager. De concentraties Na (omgerekend naar de referentie-EC) waren ook iets lager dan beoogd. Het verschil tussen de behandelingen bleef echter behouden. De gedraineerde oplossing in de containers werd over ongeveer 4 maanden verzameld voordat deze werd geloosd, drainwater werd niet hergebruikt. De concentraties van voedingsstoffen werden gecontroleerd. De pH in de drain was verschillend tussen de behandelingen, voornamelijk als gevolg van de verschillen in NH_4^+ concentratie. Bij lagere NH_4 werd een lagere pH gevonden. In phalaenopsis is de hoeveelheid gedoseerde NH_4 relatief veel hoger dan bij andere gewassen. Om voldoende ruimte voor Na te hebben, werd NH_4 verminderd in behandeling D en C (en bij B gering), zie Tabel 2.2. De afvoer EC- en Na-concentratie weerspiegelden deze samenstelling, alleen met iets hogere waarden. De concentratie in de drain van alle andere elementen was stabiel in de tijd en kwam overeen met de gewenste concentratie. Het resultaten voor Na, K en Mn zijn weergegeven in Figuur 3.1. De analyseresultaten zijn ook gecorrigeerd voor EC-afwijkingen en omgerekend naar de streef-EC's van de verschillende behandelingen. Voor Na blijkt dat nauwelijks verschillend, voor K zijn de omgerekende concentraties iets lager. Opmerkelijk is de zeer lage concentratie Mn in behandeling D. Dit had duidelijk te maken met de hoge pH in de drain door de lagere NH_4 -gift.

Tabel 3.2 Gemiddelde EC-concentraties, pH en Na in de toevoer- en afvoeroplossing (mmol/l.); Na-concentraties omgerekend naar de referentie-EC.

Behandeling	Aanvoer			Drain		
	pH	EC	Na	PH	EC	Na
A	5.5	1.7	0.2	4.9	1.7	0.3
B	5.2	1.7	2.5	5.1	1.7	2.7
C	5.1	1.6	5.6	5.6	1.7	5.8
D	4.9	1.6	8.4	6.2	1.7	9.3
E	4.9	2.0	2.7	4.6	2.1	2.8
F	5.0	2.4	5.6	4.8	2.6	6.0
G	4.6	2.7	8.7	5.0	2.8	9.0

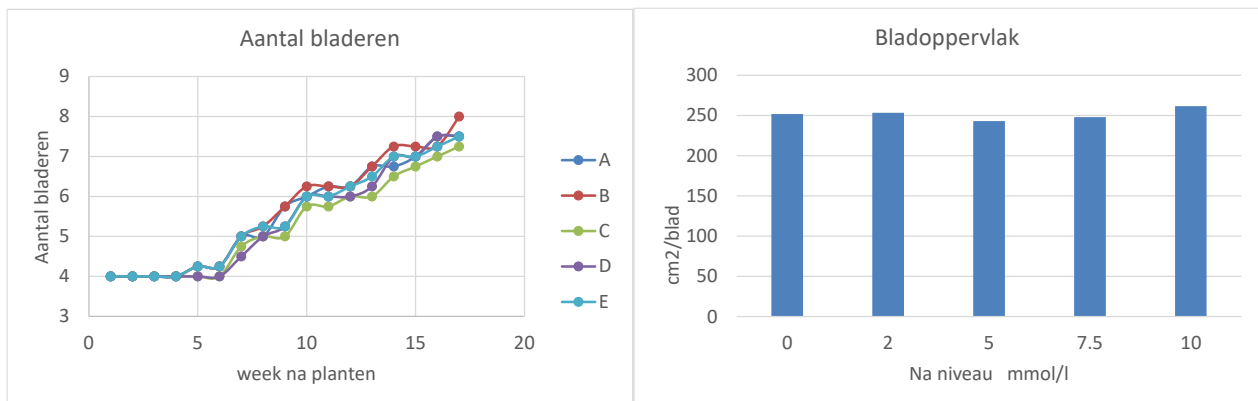


Figuur 3.1 Na-, K-, NH₄ en Mn-concentratie in de drain van de behandelingen, voor Na en K de cijfers ook omgerekend naar referentie-EC's resp. 1.5 voor A, B, C, D; 1.9 voor E; 2.3 voor F; 2.5 voor G.

3.2 Productie en metingen gewas

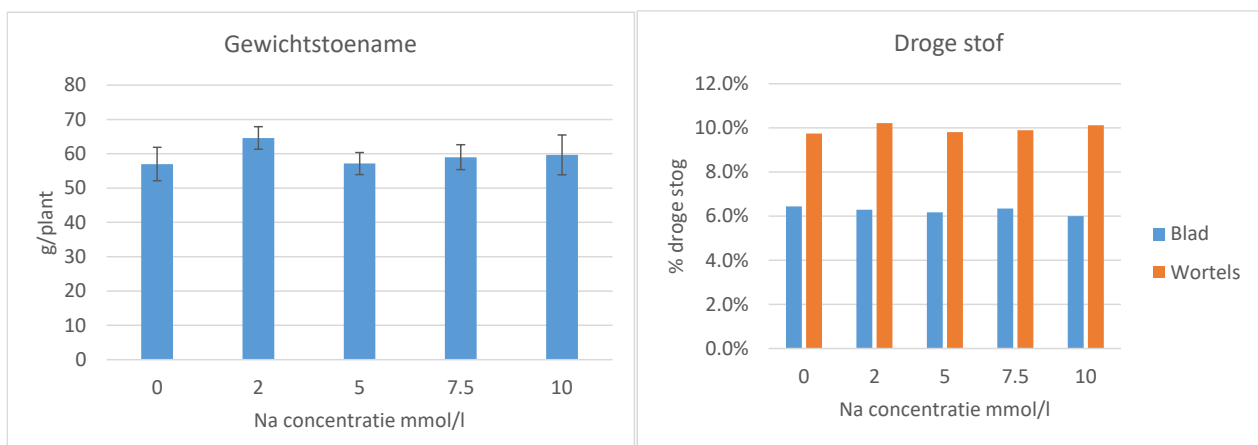
3.2.1 Pilotproef

Bij de start hadden de planten vier bladeren, dit nam toe tot ongeveer 7,5, zonder significant verschil tussen behandelingen. De aanmaak van elk nieuw blad duurde 3 tot 4 weken (Figuur 3.4). Het uiteindelijke bladoppervlak vertoonde ook geen significant verschil tussen de behandelingen.



Figuur 3.2 Het aantal bladeren per plant tijdens de pilotproef (links) en het totale bladoppervlak in cm²/plant (rechts) bij de eindmeting van de pilotproef.

Het totale gewicht van de plant (bovengronds + wortels) was vrijwel gelijk tussen de behandelingen. Omdat het begingewicht van de planten niet uniform was, is het verschil tussen het begin- en eindgewicht berekend. Het gemiddelde verschil was niet significant verschillend tussen de behandelingen. Het droge stofgehalte van zowel bovengronds als wortels was ook niet significant verschillend tussen de behandelingen.

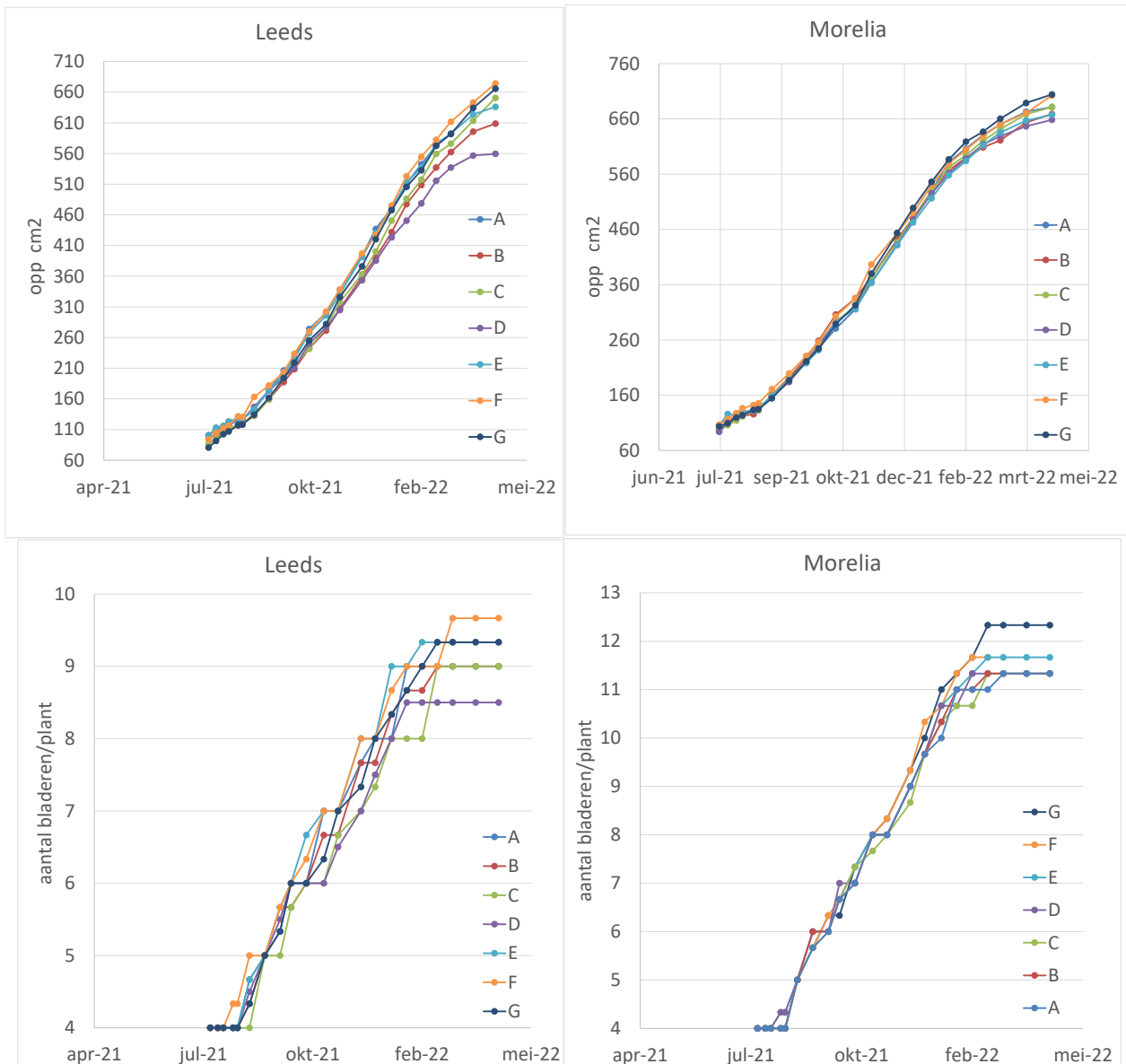


Figuur 3.3 De totale gewichtstoename in g/plant en het % droge stof bij de eindmeting van de pilotproef.

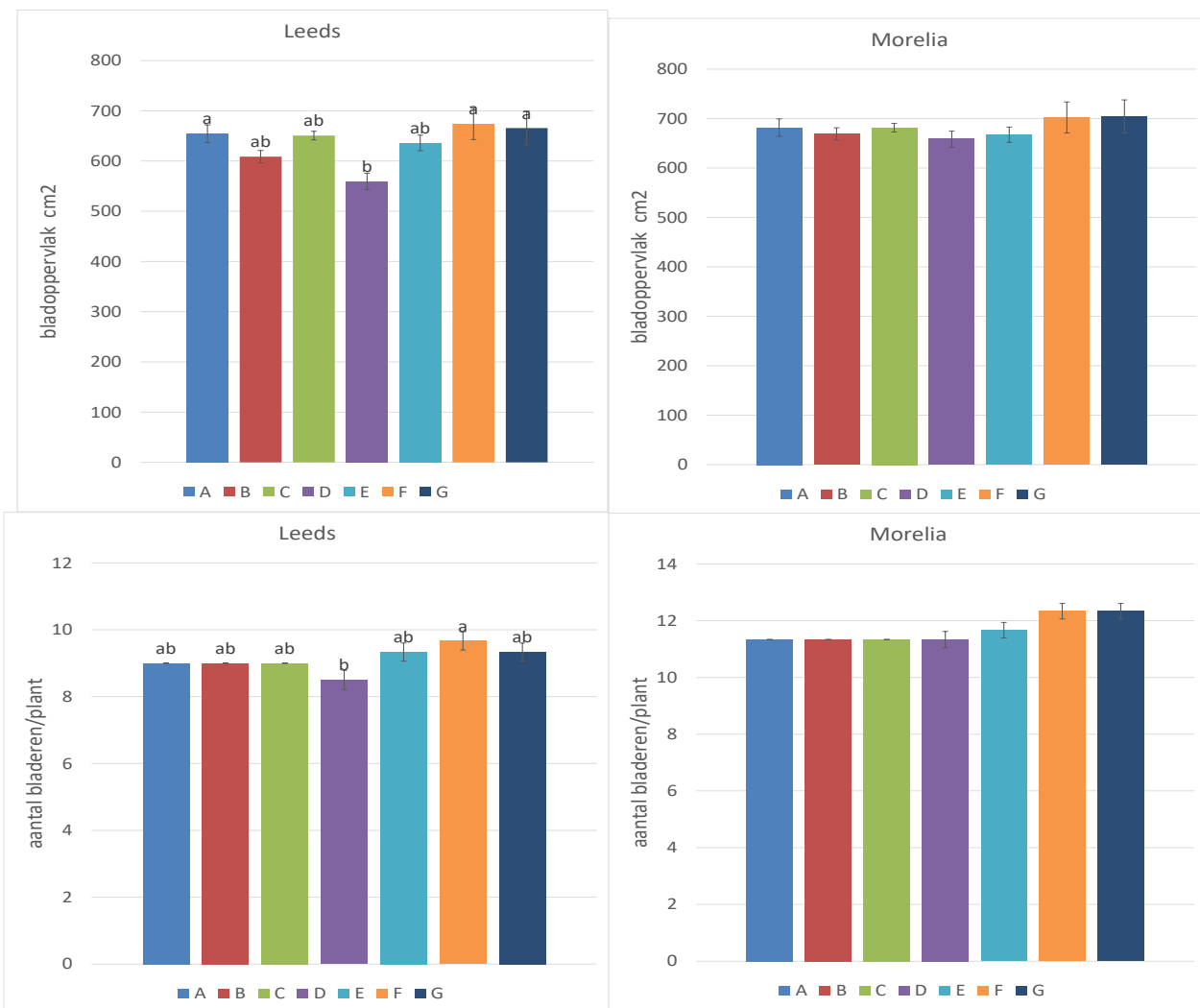
3.2.2 Teeltproef

Beide cultivars (Leeds en Morelia) begonnen met vier bladeren per plant, maar het uiteindelijke aantal bladeren verschilde. Leeds had veel grotere bladeren, maar een lager totaal aantal per plant en ook de ontwikkeling van elk nieuw blad verliep trager dan in Morelia. De ontwikkeling was vrij stabiel in de tijd (1 per 3 weken (Leeds) versus 1 per 2 weken (Morelia); Figuur 3.4). Vanaf het moment van bloei-inductie (verlaagd T regime) werd er geen nieuw blad meer ontwikkeld. Het uiteindelijke aantal bladeren voor Leeds was ongeveer 9. Er was een significant verschil tussen behandeling D en F. Maar beide behandelingen

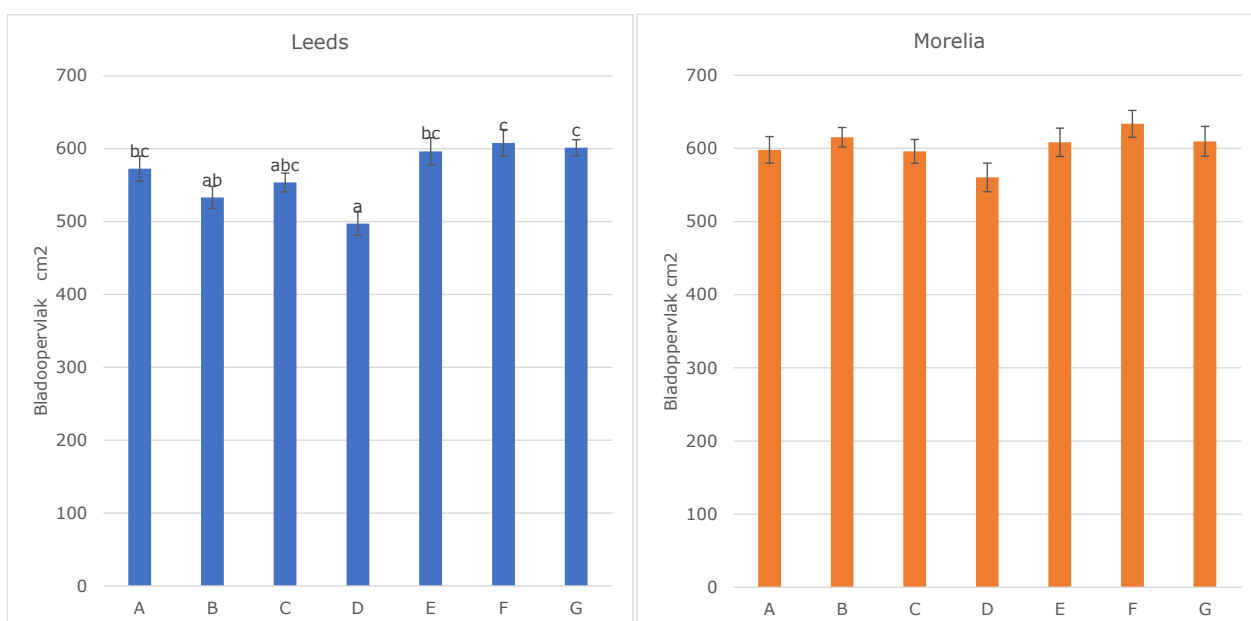
verschillen weer niet significant van de referentiebehandeling A. In Morelia lag het totale aantal bladeren rond de 11. Er was een trend dat de behandelingen met een hogere EC (E, F, G) meer bladeren hadden, maar de verschillen waren niet significant. De ontwikkeling van het bladoppervlak in de loop van de tijd was gelijk tussen de behandelingen, maar tegen het einde van de proef ontstonden er verschillen (Figuur 3.4). Het verschil was bij Leeds groter dan bij Morelia. Het uiteindelijke bladoppervlak was bij Leeds voor behandeling D significant lager dan de referentie A. Dit had deels te maken met het lagere totaal aantal bladeren per plant. Bij Morelia was het totale bladoppervlak vrijwel gelijk bij alle behandelingen en er werd geen significant verschil gevonden. Bij de destructieve metingen van mei werd het totale bladoppervlak gemeten met een LICOR. Het totale gemeten bladoppervlak kwam iets lager uit dan het berekende oppervlak tijdens de proef. Het verschil tussen behandelingen liet dezelfde trend zien: alleen behandeling D bij Leeds was significant lager dan de referentie A. In Morelia werd geen significant verschil gevonden.



Figuur 3.4 Ontwikkeling van het aantal bladeren per plant en de op basis van lengte x breedte geschatte bladoppervlakte in cm²/plant tijdens de teeltproef.

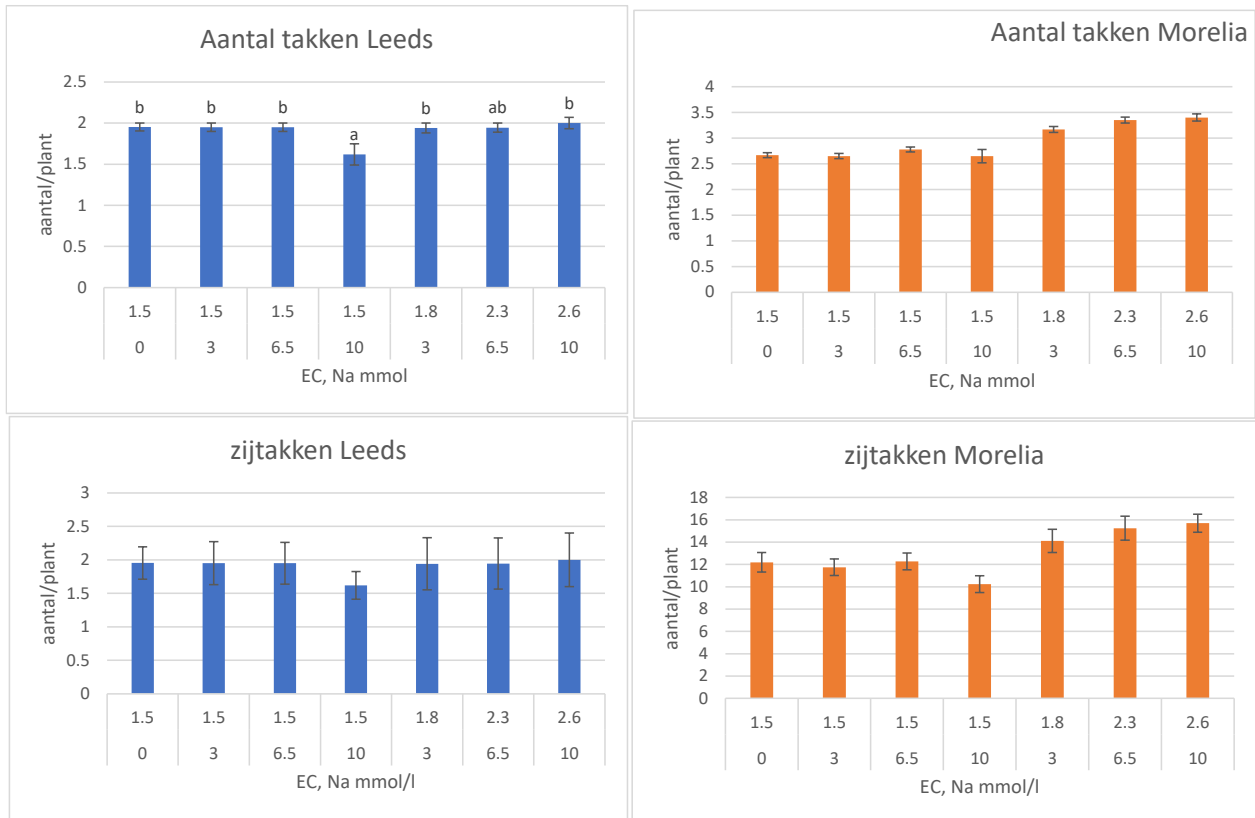


Figuur 3.5 Het aantal bladeren per plant en gemeten bladoppervlakte in cm²/plant van de destructieve meting op 19/4.

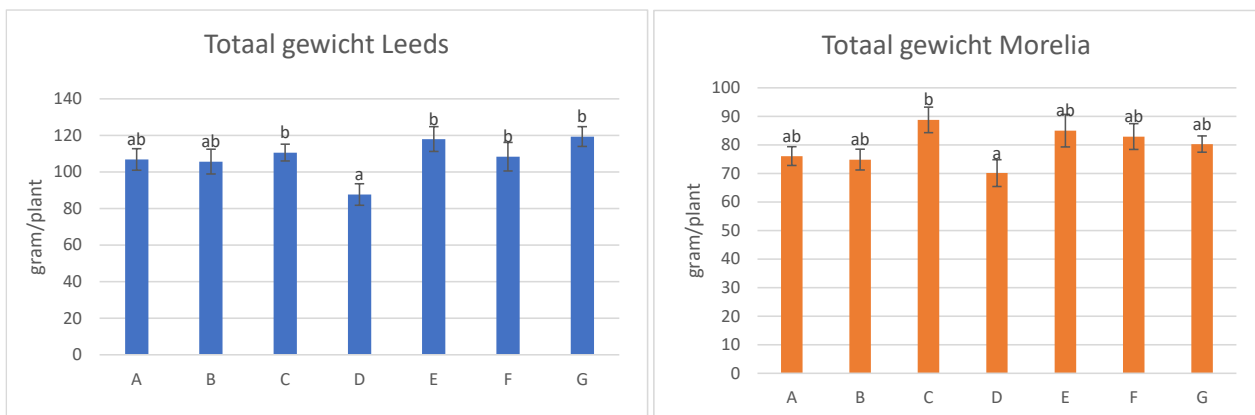


Figuur 3.6 Gemiddelde bladoppervlak van Leeds en Morelia van de zeven verschillende behandelingen bij de eindogst.

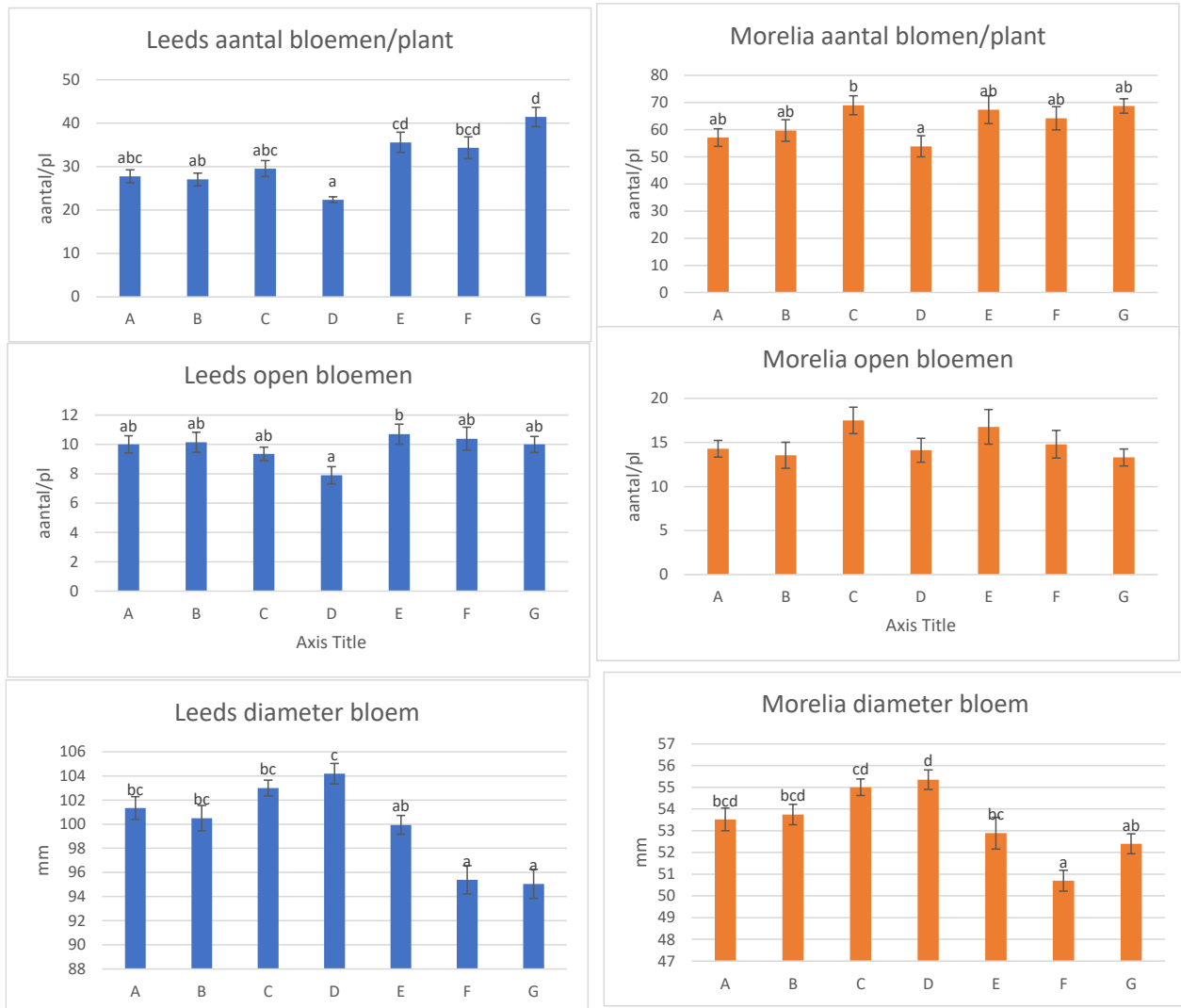
Het totale gewicht van takken en bloemen was significant lager bij behandeling D van Leeds (Figuur 3.8). Dit kwam vooral door het lagere aantal hoofd- en zijtakken (Figuur 3.7). Het verschil was echter alleen significant ten opzichte van de behandelingen met een meestijgende EC (E, F, G) en voor behandeling C, echter niet voor de referentie (A) en behandeling B. In Morelia werd dezelfde trend gevonden, echter het verschil was alleen significant tussen D en C. Voor Leeds werd ook een vergelijkbare trend gevonden voor het totale aantal bloemen, waarbij behandeling D een significant lager aantal bloemen had dan alle behandelingen waar de EC meesteg met Na (E, F, G) (Figuur 3.9). In Morelia is de trend bij het totale aantal bloemen een kopie van die van de grafiek van het totale gewicht, met alleen een significant verschil tussen D en C. Het hogere aantal bloemen bij de hogere EC leek omgekeerd evenredig te zijn met de bloemendiameter (Figuur 3.9). Behandeling D had bij beide cv's de hoogste bloemendiameter en de hoge EC-behandelingen (E, F, G) de laagste. Voor beide cultivar was D significant hoger ten opzichte van E, F, G.



Figuur 3.7 Het aantal hoofdbloemtakken en zijtakken per plant van de zeven verschillende behandelingen bij Leeds en Morelia bij de eindogst.



Figuur 3.8 Het gemiddelde totaalgewicht aan bloemen en takken per plant van de zeven verschillende behandelingen bij Leeds en Morelia bij de eindogst.



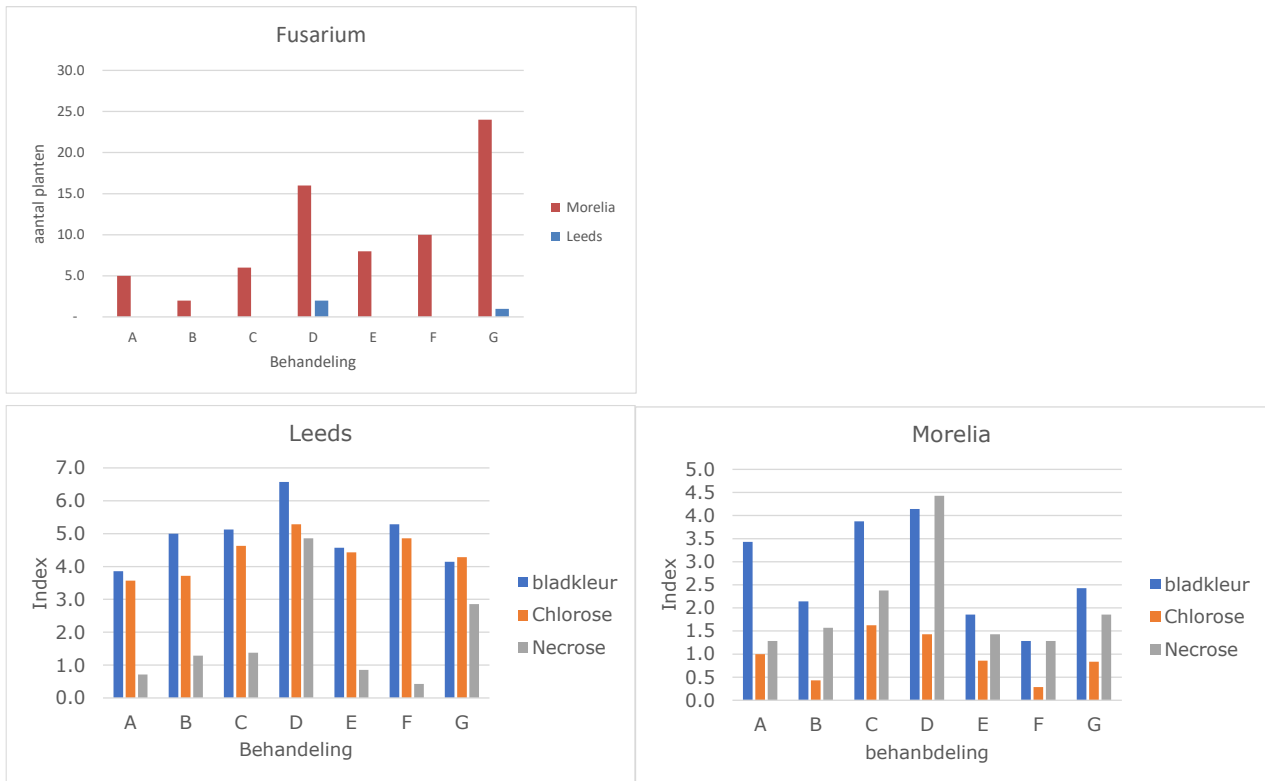
Figuur 3.9 Het aantal bloemen en knoppen/plant, aantal geopende bloemen en de gemiddelde diameter van de bloemen van de zeven verschillende behandelingen bij Leeds en Morelia bij de eind oogst.

De totale hoeveelheid (verse) biomassa lag bij beide cv's op hetzelfde niveau (Figuur 3.10). Behandeling D had het laagste totaalgewicht maar dit was niet significant verschillend, behalve bij Morelia tussen C en D, waarbij ook behandeling G significant lager was. In Morelia waren D en G significant lager dan C, maar niet ten opzichte van de referentie A. De droge stofgehalte analyse (DM) liet geen duidelijke trend zien (Figuur 3.10). Omdat er alleen gemengde monsters van de afzonderlijke herhalingen zijn verzameld kan er geen statistische berekening worden gedaan en kan niet beoordeeld worden of de verschillen tussen de behandelingen significant zijn. Opvallend is dat bij behandeling C een opvallend hoge DM in het oude blad bij beide cultivars. Dit kwam door de aanwezigheid van een aantal vergeelde bladeren in het monster. Bij de andere behandelingen werden deze bladeren afgevoerd. Door de verschillen in DM zijn de verschillen in totale droge biomassa wat uitvergroot. Vanwege de onzekerheden bij de bepalingen van DM kunnen de uitkomsten niet verder geduid worden.



Figuur 3.10 Verdeling van verse biomassa over boven- en ondergrondse plantendelen en de gemiddelde droge stofgehalten van stengelbasis, bloemtakken, oud- en jong blad en wortels, van de zeven behandelingen, bepaald bij de eind oogst.

De aantasting door *Fusarium* was vrijwel alleen bij Morelia aanwezig en bleek hoger te zijn bij behandeling D en ook te stijgen bij hogere EC (Figuur 3.11). Bij de cultivar Leeds werd *Fusarium* nauwelijks aangetroffen. Dit resultaat is slechts indicatief, de proefopzet was niet bedoeld om deze factor te bestuderen en er kunnen dus geen harde conclusies uit worden getrokken. De visuele beoordeling van de gewaskleur (april) laat duidelijk de trend zien dat bij Leeds de bladkleur lichter wordt en meer chlorose vertoont bij toenemende Na concentratie bij gelijkblijvende EC (behandeling A tot D) (Figuur 3.11). Opvallend genoeg is deze trend niet te zien bij de met Na meestijgende EC (behandelingen E, F en G). Wel was de necrose van de bladranden opvallend veel hoger bij D en G. Bij Morelia is er sprake van een gelijkmatige toename van bladnecrose bij toenemend natrium, met name bij de gelijkblijvende EC (A t/m D). De verschillen in bladkleur en chlorose zijn veel wisselender: er lijkt sprake te zijn van een stijgende trend in lichtere bladkleur van B naar D, maar hierop vormt behandeling A een uitzondering met ook een lichtere bladkleur. De chlorose wisselt sterk bij Morelia.



Figuur 3.11 Aantal door fusarium-aantasting uitgevallen planten en de gemiddelde resultaten van de visuele beoordeling van de gewaskleur (schaal 0 = donkergroen, 10 = geel), chlorose (0 = geen chlorose, 10 = ernstige chlorose) en necrose (0 = geen necrose, 10 = ernstige necrose) aan de bladranden.

3.3 Uitbloeitest

De uitbloei-test kan beoordeeld worden op een aantal specifieke kenmerken, die te maken hebben met de sierwaarde van de planten. Allereerst op het aantal bloemen en opengaan van bloemknoppen (Figuur 3.12). Bij aanvang van de test lag het aantal bloemen bij alle behandelingen vrijwel gelijk, behalve bij Morelia, waar de testplanten van behandeling A klaarblijkelijk een wat hoger aantal open bloemen had. Dit was niet gebleken uit de totaalresultaten van de proef (Figuur 3.9) en lijkt daarom toeval dat de (random) geselecteerde planten meer open bloemen hadden. In de loop van de test nam het aantal open bloemen bij alle behandelingen (logischerwijs) toe, echter bij Leeds bleef het aantal bloemen bij behandeling D achter ten opzichte van A en ook ten opzichte van C en G. Bij Morelia was de toename in bloei bij de behandelingen F en G aanmerkelijk minder dan behandeling C en G en was de toename het sterkst bij behandeling A.

Een tweede aspect is het aantal uitgebloeide bloemen en het aantal afgestoten knoppen (Figuur 3.12). Bij Leeds bleken bij de behandelingen F en G veel meer knoppen af te stoten dan de behandelingen A, C en D. Bij Morelia was dit effect vooral zichtbaar bij de laatste beoordelingsdatum, waar behandeling G een sterke toename liet zien in knopafstoting, bij behandeling F was dit een stuk lager, maar wel hoger dan bij de behandelingen A, C en D. Het aantal uitgebloeide bloemen was sterk wisselend en niet heel duidelijk verschillend tussen de behandelingen.

Een derde aspect is het verloop van de bladkleur (Figuur 3.13). De waardering is gedaan op bladkleur ten opzichte van de referentie (A). Bij Leeds was er een duidelijke en sterke afname van de kleur van het blad (vergelijking) bij behandeling D en in iets mindere mate bij behandeling G en C. Bij Morelia was er een afname in bladkleur bij zowel behandeling D en G, in veel mindere mate was deze afname ook bij behandeling F aanwezig. Voor Leeds werden de bladeren geler en verschijnen er ook wat necrotische vlekken op het blad. In Morelia werd de punt van de bladeren donkerder en uiteindelijk verscheen er necrose aan de bladpunten.

Om de resultaten van de bloeioproef te kunnen waarderen in één getal, is een index berekend voor sierwaarde. Hierbij is een plant met bladkleur 5, géén uitgebloeide bloemen en géén afgestoten knoppen als uitgangspunt genomen (index = 10). De afname in bladkleur, het % uitgebloeide bloemen en de knopval zijn berekend volgens formule [2]

$$Sw = (Bl*2) - (Ub*3) - (Kv*4) \quad [2]$$

Waarbij:

Sw = totaal index voor sierwaarde

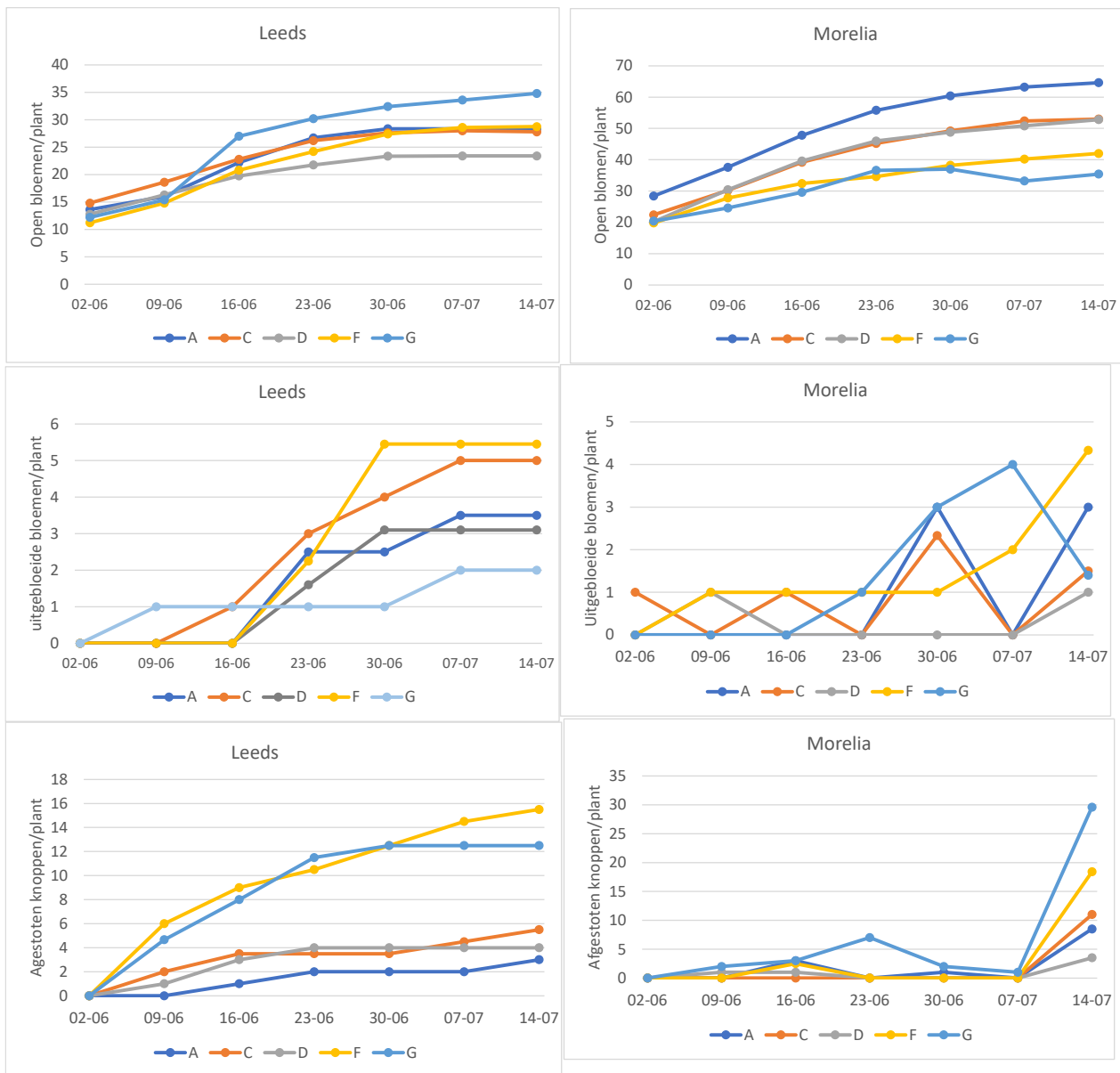
Bl = waarderingscijfer voor bladkleur (beh A = 5)

Ub = hoeveelheid uitgebloeide bloemen, als fractie van het totaal aantal bloemen bij start

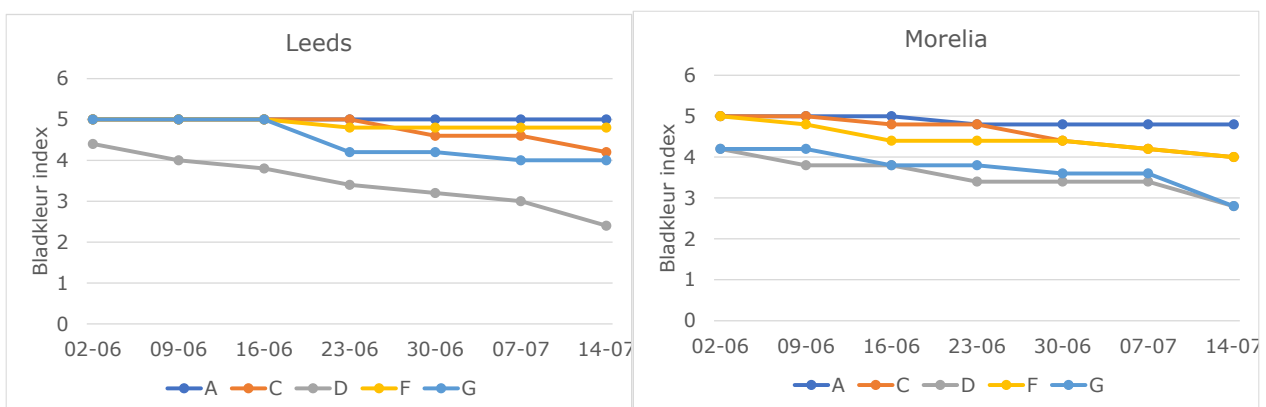
Kv = hoeveelheid afgestoten knoppen, als fractie van totaal aantal bloemen+ knoppen bij start

Het geheel levert een vergelijkbaar beeld op als het verloop van de sierwaarde voor blad (Figuur 3.15), met wel een belangrijk verschil: relatief neemt de sierwaarde bij D en G sterker af dan alleen de waardering op bladkleur, maar ook behandeling F bij Morelia blijkt een flinke afname te vertonen, meer dan de vergelijkbare Na behandeling met lage EC.

Samengevat is de conclusie dat de sierwaarde van de planten tijdens de uitbloei sterk afnam bij hoog Na, vooral bij de lage EC. Wat ook bleek is dat de sierwaarde bij de behandelingen met de meestijgende EC sneller afnam dan met gelijkblijvende EC. Dit kwam dan door iets minder open komen van bloemen (Morelia) en meer afstoten van bloemknoppen (beide rassen), maar vooral ook door wat meer bladverkleuring bij beide cultivars.



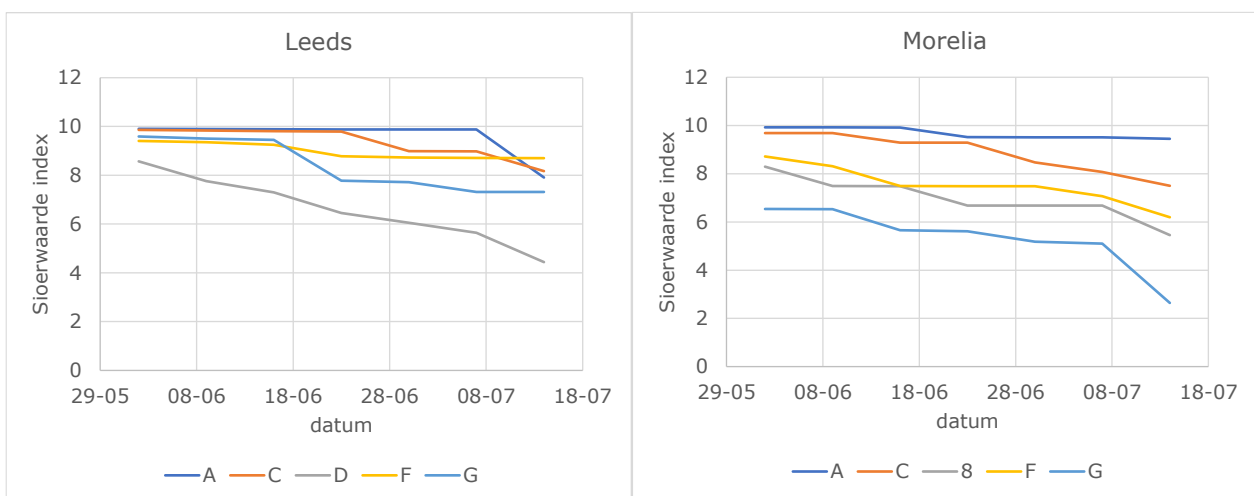
Figuur 3.12 Ontwikkeling van het aantal open bloemen, uitbloeien en het aantal afgestoten knoppen (van boven naar onder) tijdens de uitbloeiproef, van Leeds en Morelia bij de behandelingen A, C, D, F en G.



Figuur 3.13 Ontwikkeling van de bladkleur tijdens de uitbloeiproef van Leeds en Morelia bij de behandelingen A, C, D, F en G, beoordeeld op basis van visuele beoordeling op een schaal van 5 (donkergroen) – 0 (volledig vergeeld blad); behandelingen C, D, F en G beoordeeld ten opzichte van de referentie met standaard kleurindex 5.



Figuur 3.14 Beelden van de bladvergeling bij Leeds (links) en Morelia (rechts) bij behandeling D.

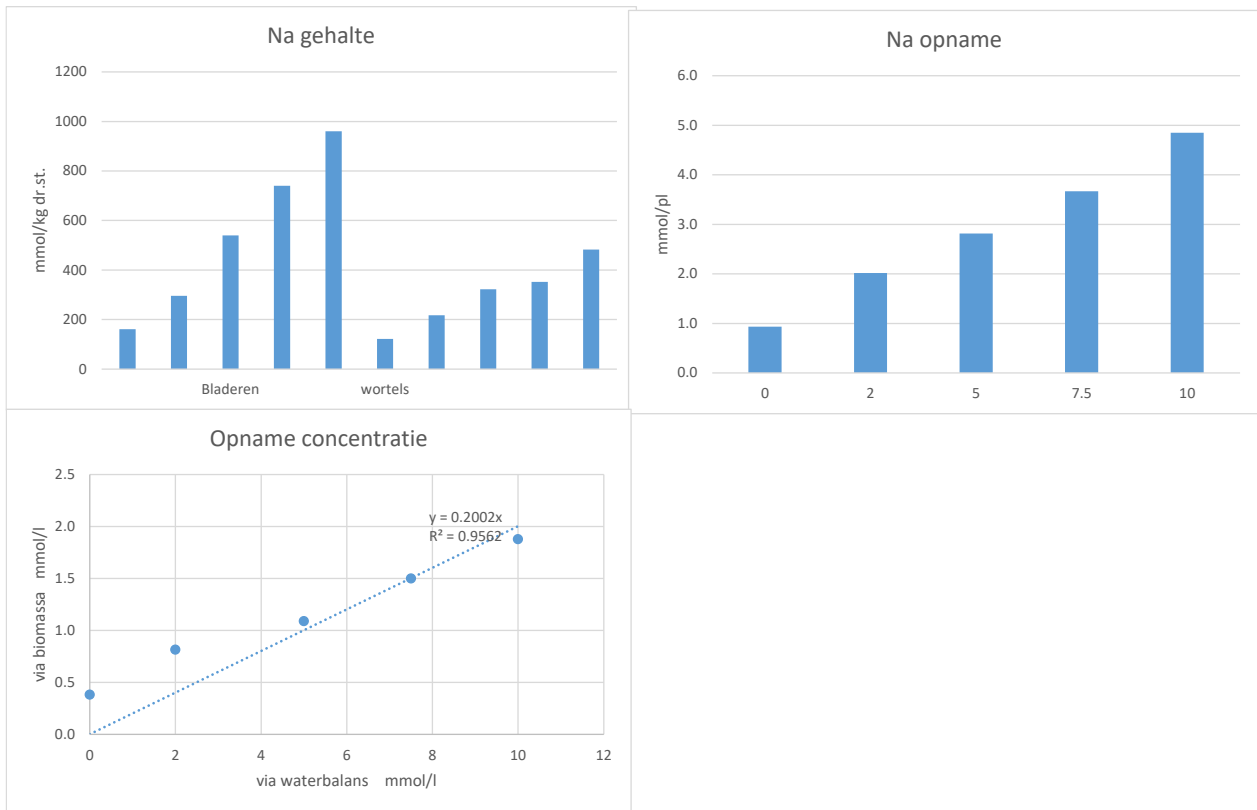


Figuur 3.15 Ontwikkeling van het aantal open bloemen, uitbloeit en het aantal afgestoten knoppen (van boven naar onder) tijdens de uitbloeiproef, van Leeds en Morelia bij de behandelingen A, C, D, F en G.

3.4 Natrium en mineralen in plantmateriaal

3.4.1 Pilotproef

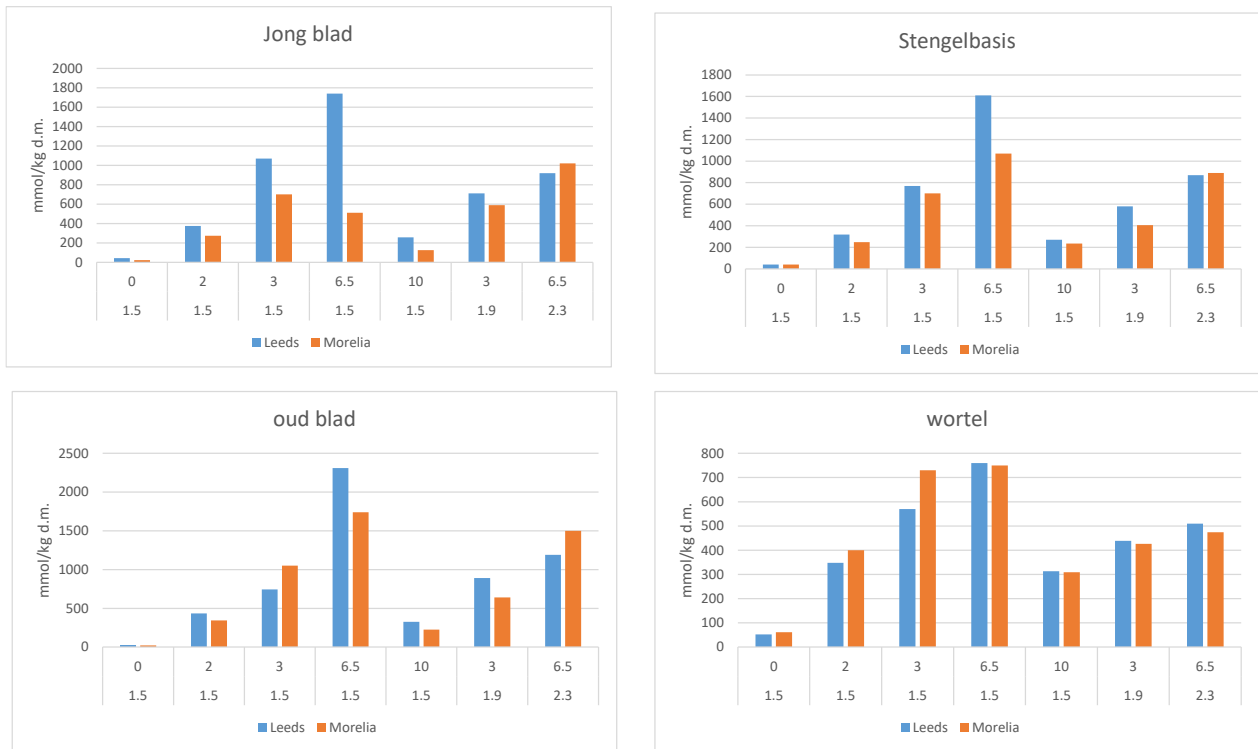
De hoeveelheid Na in de gewasmonsters steeg evenredig met de behandelingen, zowel in de bovengrondse biomassa als de wortels (Figuur 3.16). De bovengrondse biomassa bevatte veel meer Na dan de wortels. Aangezien de totale droge biomassa vergelijkbaar was tussen bovengrondse biomassa en wortels, was het totaal opgenomen Na een goede afspiegeling van de cijfers van de concentratie. Het totaal opgenomen Na in de plant (bovengrondse biomassa + wortels) werd geschat op ongeveer 1 mmol/pl voor de referentie en tot bijna 5 mmol/pl voor de behandeling met de hoogste Na (10 mmol/l). Het cumulatieve waterverbruik was ongeveer 2.5 L/pl voor de teeltperiode, zonder verschillen tussen behandelingen. Dit is inclusief verliezen door verdamping. Met deze gegevens werd een Na-opnameconcentratie geschat. De opnameconcentratie nam evenredig toe met de Na concentratie in de wortelzone. De lineaire correlatie tussen blootstelling en opnameconcentratie had een coëfficiënt van 0.2.



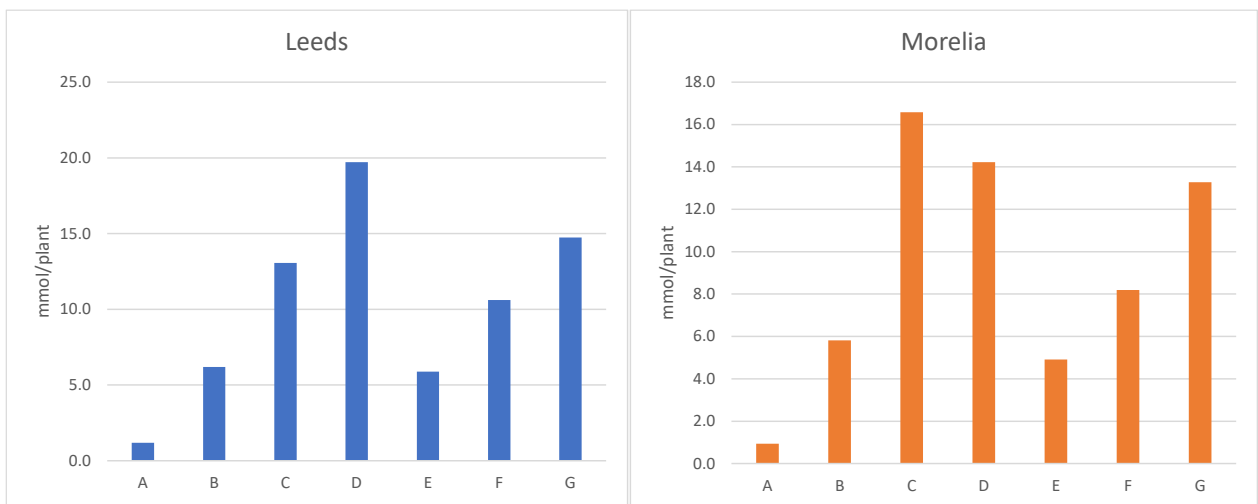
Figuur 3.16 Natriumgehalten in de planten (mmol/kg droge stof), natriumopname van de planten (mmol/plant) en de natriumopnameconcentratie gerelateerd aan de concentratie in het wortelmilieu in mmol/l in de pilotproef.

3.4.2 Teeltproef

Uit de metingen van de totale hoeveelheid droge stof blijkt dat ruim 1/3 van de plant uit wortelmasa bestaat en 2/3 de bovengrondse delen zijn. Van de bovengrondse delen is ruim de helft blad en de andere helft bloemen, bloemstengels en de stengelbasis (Figuur 3.17). Er zijn geen duidelijke verschillen tussen de behandelingen, hoewel de trend aanwezig lijkt dat de wortelmasa relatief licht afneemt bij de hogere EC-behandelingen. Er lijkt ook geen verschil te zijn tussen beide cultivars. Ook in de teeltproef steeg de hoeveelheid natrium in het plantmateriaal weefsel evenredig met de behandelingen. Dezelfde trend was hetzelfde voor de afzonderlijke verschillende plantendelen (Figuur 3.17). De behandelingen met een meestijgende EC hadden echter lagere Na-gehalten dan de overeenkomstige behandeling met gelijkblijvende EC (1.5 dS/m) en dezelfde Na in de gift. Beide cultivars lieten dezelfde trends zien, maar Leeds had gemiddeld iets hogere Na-gehalten. Het plantendeel met de hoogste Na gehalten waren de bovengrondse gewasonderdelen (oude bladeren, jonge bladeren en de kraag). Aangezien de totale droge biomassa niet al te verschillend was tussen de behandelingen, weerspiegelde het totaal opgenomen Na de concentraties in de gift c.q. de drain.



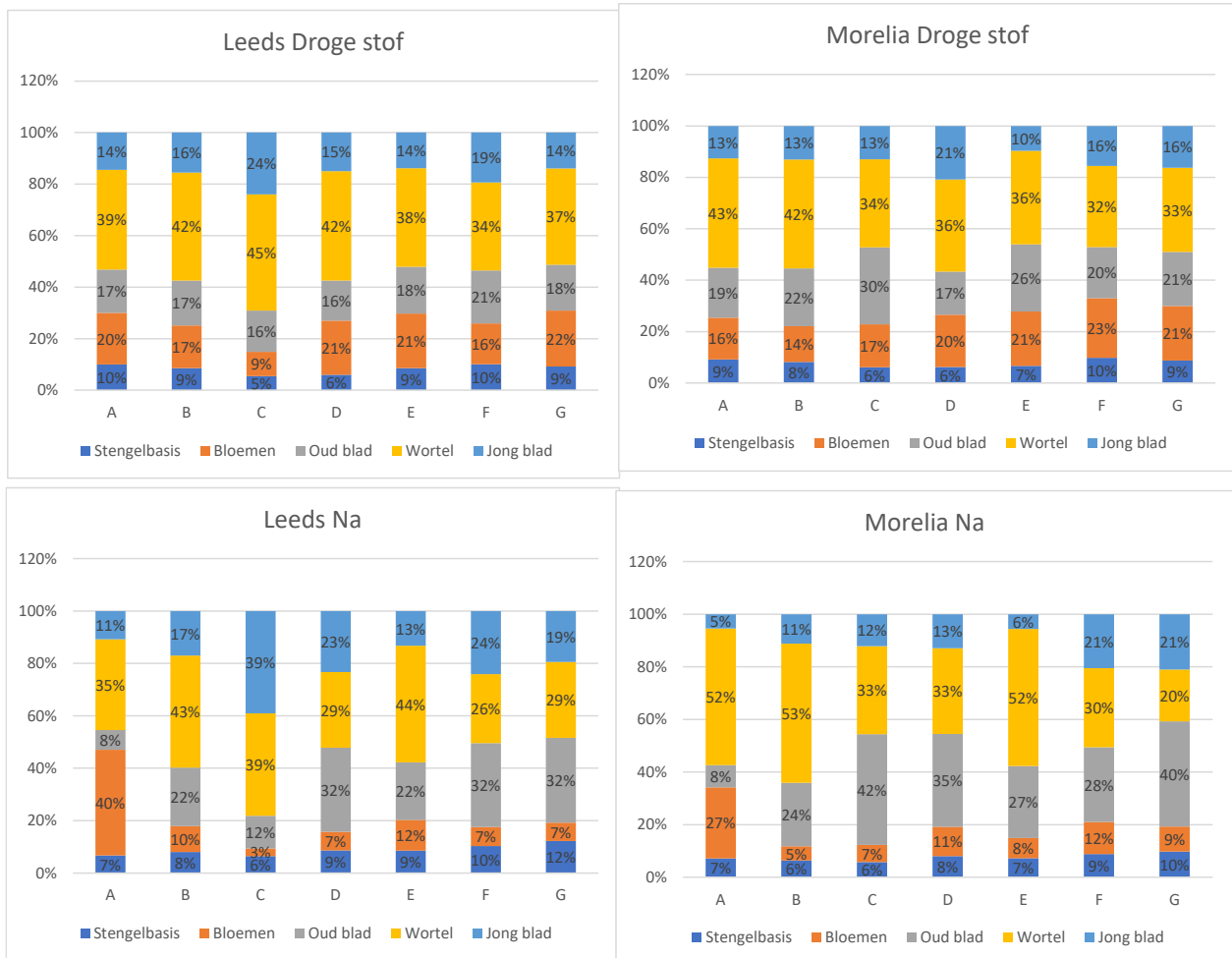
Figuur 3.17 Natriumgehalten in de verschillende onderdelen van de planten (mmol/kg droge stof) van Leeds en Morelia in de teeltproef.¹



Figuur 3.18 Totale Na opname door het gewas, berekend uit de totale droge stofproductie en de Na gehalten in mmol/plant.

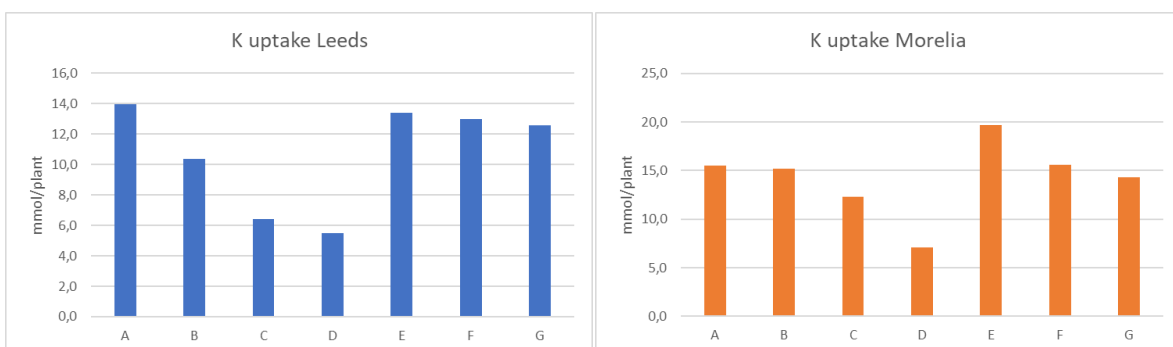
De opgenomen Na berekend als in vergelijking (1) toonde aan dat in Leeds, in de meest extreme behandeling D (EC 1.5 dS/m en 10 mmol Na/L), de totale Na-opname ongeveer 20 mmol/plant kan bereiken (Figuur 3.16). In Morelia lijkt dit lager te zijn, maar nog steeds vrij hoog, tot 16 mmol/plant in behandeling D. De verdeling van Na over de plant liep uiteen van 30-40% in bloemtakken bij A tot minder dan 10% bij de hoogste Na behandelingen (C, D, F, G) (in % van totaal) (Figuur 3.17). Het lijkt erop dat bij laag Na aanbod, Na sterk ophoopt in de vegetatieve delen. De wortels dragen voor een groot deel bij met zo'n 40% van het totale aandeel aan na in de biomassa. De verdeling naar wortels lijkt bij hoge EC wat af te nemen, maar dit kwam vooral door de lagere wortelbiomassa bij deze behandelingen (Figuur 3.15).

¹ Behandeling D was later opnieuw bemonsterd en geanalyseerd omdat het monster verloren was gegaan op het lab en alleen planten uit de houdbaarheidsproef nog beschikbaar waren. Deze zijn planten gebruikt uit de uitbloeioproef, die dus zes weken alleen schoon water hadden gekregen.



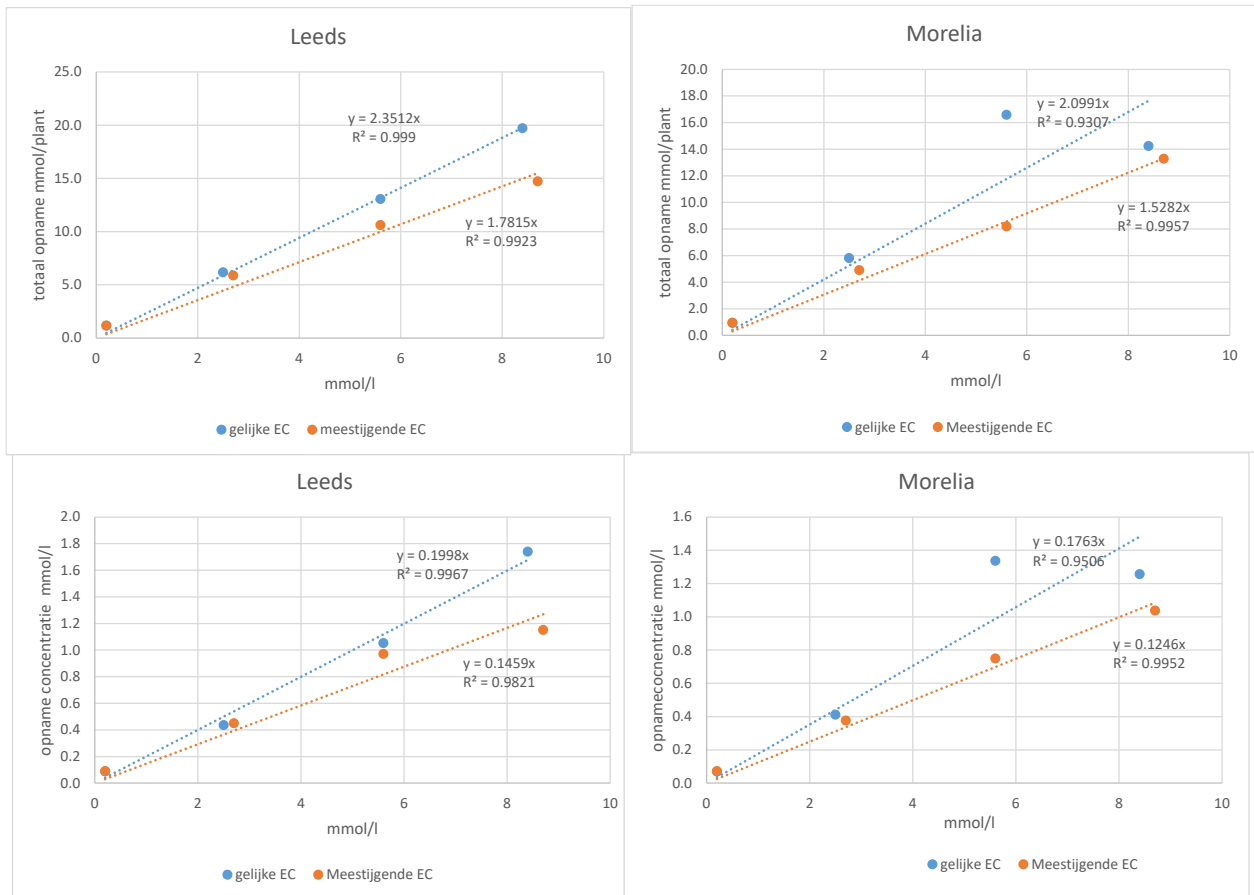
Figuur 3.19 Procentuele verdeling van de hoeveelheid droge stof in de planten en van de totale hoeveelheid Na over de verschillende onderdelen van de plant bij Leeds en Morelia in de teeltproef.

De K-opname was duidelijk verminderd bij de behandelingen met stijgend Na en gelijkblijvende EC (Figuur 3.18). Bij de behandelingen met de meestijgende EC bleef K-opname meer stabiel en was bij Leeds vergelijkbaar met behandeling A. Bij Morelia nam het gehalte wel wat af, maar was op hetzelfde niveau als behandeling A, met een opvallende uitschieter bij behandeling E.



Figuur 3.20 Totale K opname door het gewas, berekend uit de totale droge stofproductie en de Na gehalten in mmol/plant.

De wateropname voor deze studie werd geschat op gemiddeld ongeveer 13 L/pl, met weinig verschillen tussen de behandelingen (+/- 2.0 L). Met de wateropname werd de Na-opnameconcentratie geschat. De correlatie tussen de Na-in het wortelmilieu (voedingsoplossing gedoseerd) en de Na-opnameconcentratie toonde een positieve interactie tussen Na en EC. Bij een gelijkblijvende EC is de opname hoger dan bij de met Na meestijgende EC (Figuur 3.21). Dit resultaat was iets lager dan het resultaat van de eerste proef (0.20), maar in dezelfde orde van grootte



Figuur 3.21 Correlatie tussen de Na concentratie in de gift en de opname per plant (mmol/plant) (boven) en de opnameconcentratie (mmol/l) voor beide cultivars.

4 Discussie en betekenis voor de praktijk

4.1 Effecten op groei en ontwikkeling

In de pilotproef was vastgesteld dat verhoging van Na (tot 10 mmol/l) geen enkel effect leek te hebben op de groei en ontwikkeling in de vegetatieve fase. Het teeltsysteem was echter heel anders dan de praktijk en korter (3 maanden). Perliet werd gebruikt in plaats van schors als groeimedium en de irrigatie werd gedaan via druppelirrigatie en er was geen verwarming onder de potten. Voor de teeltproef werd besloten om het in de praktijk gebruikte systeem zoveel mogelijk na te bootsen, ook werden twee cultivars: Morelia en Leeds in de proef opgenomen, om een indruk te krijgen van cultivareffecten. Ook in de teeltproef bleek dat het blootstellen van Phalaenopsis aan een hoge Na concentratie geen invloed had op de groei in de vegetatieve fase van het gewas. Wel waren er effecten te zien in de generatieve fase. Behandeling D, met hoog Na (10 mmol/l), in combinatie met een lage EC (1.5 dS/m) gaf een kleinere plant met minder bloemen en enkele afwijkingen van het blad, zoals chlorose en necrose aan de randen en bladpunten. Bij dezelfde Na concentratie maar bij gelijke voedingsconcentratie en dus met Na meestijgende EC was het effect veel minder of afwezig. De mindere prestaties van D zullen hoogstwaarschijnlijk voornamelijk te wijten zijn aan de lage beschikbaarheid van andere voedingsstoffen, en dan met name van K. Dit werd duidelijk bevestigd door de sterk afnemende K gehalten in de bladeren en van de andere gewasdelen. Er zijn geen goede referentiewaarden voorhanden voor mineralen in Phalaenopsis. Wel blijkt uit cijfermateriaal van andere proeven (Kromwijk et al, 2017) en ook uit de verschillen tussen Leeds en Morelia in deze proef, dat de verschillen tussen cultivars enorm kunnen zijn. Kaligehalten van 800 – 1300 mmol/kg droge stof zijn dan waarden die als "normaal" gezien kunnen worden, bij behandeling D zijn deze aanzienlijk lager. Ook de symptomen in het blad doen wel erg denken aan K-gebrek: vergeling van het blad en necrose te beginnen in de bladranden/bladpunten.

Opvallend is dat alle behandelingen met een hogere EC (voornamelijk EC 2.3 en 2.5) een hoger aantal takken en bloemen hadden, maar wel een iets kleinere bloemdiameter. Ook was er meer fusarium bij Morelia en uit de uitbloeitest bleek een iets hogere knop-abortie en slechte bladscore. Vooral behandeling D had een slechtere prestatie tijdens de uitbloei-test. Door het ontbreken van een referentiebehandeling met hoge EC maar 0 Na was het niet mogelijk om te bepalen of dit effect tijdens de uitbloei te wijten is aan hoog Na of de hoge EC.

4.2 Natriumopname

De eerste pilotproef toonde al aan dat phalaenopsis veel Na opneemt. De Na-opname was lineair ten opzichte van de blootstelling bij de wortel (R). Bij het berekenen van de opnameconcentratie (U), en dus relatief ten opzichte van de wateropname, was de U van Na voor phalaenopsis extreem hoog in vergelijking met alle waarden van andere gewassen. De gevonden correlatie was:

$$- U = 0,20 R (R^2=0,96)$$

De pilotproef vertoonde geen specifieke symptomen door een hoge Na concentratie, zelfs niet bij de hoogste blootstelling (10 mmol/l). De resultaten van de pilotstudie dat de opnameconcentratie van Na zeer hoog is, werden in de teeltproef duidelijk bevestigd. Daarnaast lijkt er een positieve interactie te zijn tussen Na en EC. Bij de lage, gelijkblijvende EC stijgt de Na-opname met toenemend Na in de gift sterker dan bij de met Na meestijgende EC. Het is vrij logisch dat dit komt door de afnemende concentraties kationen, met name K, bij de gelijkblijvende EC. De opname van K was sterk verminderd bij hoge Na en gelijke (lage) EC, terwijl bij meestijgende EC, de K opname vergelijkbaar was met de referentiebehandeling.

Deze berekende correlatie tussen Na concentratie in de gift en de opnameconcentratie gaf extreme resultaten, in vergelijking met de bekende gegevens van eerder onderzochte gewassen. Voor tomaat en gerbera liggen de regressiecoëfficiënten op waarden beneden 0.1. Naast de hoge gehalten in het gewas liggen de zeer lage wateropnames aan de grondslag van deze extreme getallen. Phalaenopsis is een CAM-plant, daarom concentreert de transpiratie zich op de nacht en is het waterverbruik zeer veel lager in vergelijking met een tomatenplant.

De uitval door fusarium was veel hoger bij Morelia dan bij Leeds. Op zich niet verrassend, omdat Morelia bekend staat om zijn grote gevoeligheid. Omdat de twee cultivars op dezelfde container werden gekweekt, werd hetzelfde irrigatie regime toegepast. Vaak werd Morelia daarom toch geïrrigeerd terwijl dat niet nodig was. Dit kan hebben bijgedragen aan een hogere fusariumuitbraak in Morelia.

De Na ophoping bij een hogere Na opname vindt vooral plaats in de oudere bladeren. Voor zowel Leeds als Morelia was deze verschuiving van Na-verdeling van stengel en bloemen naar oude bladeren zichtbaar. Dit verschijnsel is bekend bij andere gewassen zoals tomaat en komkommer. Het is waarschijnlijk een passief proces dat het pad van transpiratie volgt. Wel is duidelijk dat phalaenopsis veel minder Na actief uitscheidt via de wortels, een verschijnsel dat in de literatuur beschreven wordt (Munns & Tester 2008) en in de proeven binnen dit project ook gevonden is bij roos en paprika. Bij deze laatste twee gewassen werd om die reden zeer weinig Na in de bladeren gevonden, tegenover wel een verhoogd Na in de onderste stengeldelen. Bij phalaenopsis zijn de gehalten in de stengelbasis en de wortel vergelijkbaar of zelfs lager (wortel) dan in de bladeren. Dit is een indicatie dat uitscheiding van Na niet optreedt, althans zeker niet in de mate waarop dit plaatsvindt bij roos en paprika.

4.3 Betekenis voor de praktijk

De resultaten laten zien dat er voor Phalaenopsis veel meer ruimte is voor stijgende concentraties aan Na in de drain dan tot nu toe werd aangenomen. Omdat in deze proef, (in overeenstemming met de praktijksituatie) door de excessieve watergift er geen verschil was tussen concentratie in het irrigatiewater, wortelmilieu en drain, kunnen deze resultaten op alle drie de parameters betrokken worden.

De maximaal toelaatbare Na-grenswaarde was officieel niet vastgesteld, maar het was aangenomen dat zit zeer laag zou zijn. Daarom was dit gewas eerder vrijgesteld van recirculatie. De praktische betekenis van het resultaat uit deze proef is het volgende:

In een gesloten teeltsysteem zal bij Na-aanvoer via het irrigatiewater of uit meststoffen Na toenemen. De opname bij een relatief lage concentratie in het wortelmilieu, van 2 – 3 mmol/l, is ongeveer 0.1 mmol per liter geabsorbeerd water. Regenwater in het westen van Nederland bevat 0.1 tot 0.2 mmol/l Na, wat dus ongeveer de opname is door de plant. Dus als regenwater wordt gebruikt, zal Na daarom nooit oplopen. Er is weliswaar ook een bijdrage uit meststoffen, maar die is relatief klein ten opzichte van die in gietwater. Ook bij omgekeerde osmose zal het natriumgehalte bij hergebruik niet tot maar beperkt oplopen, mits het natriumgehalte in het geproduceerde gietwater vergelijkbaar is met dat van regenwater (0,1 tot 0,2 mmol/l). Hiervoor is het wel noodzakelijk dat het onderhoud van de installatie naar behoren wordt uitgevoerd. Omdat ontzilt water via omgekeerde osmose (RO) vaak wat rest zout bevat, kan ook wat ophoping van Na worden verwacht bij het gebruik van RO-water. Dit zal het geval zijn als het onderhoud van de installatie niet naar behoren is uitgevoerd of als de membranen ouder worden. De Na concentratie in het geproduceerde water kan dan een paar tienden mmol/l zijn.

Het spuien zou zelfs nog verder kunnen worden uitgesteld door een concentratie van 6 tot 8 mmol/l te accepteren. Er moet dan wel gezorgd worden voor voldoende K in het aanbod. In deze proef is dit gedaan door een hogere EC aan te houden, maar het bleek dat de sierwaarde in de uitbloefase sterker af ging nemen, dus is voorzichtigheid geboden. Het is sowieso aan te bevelen om de K concentratie regelmatig te checken, om te voorkomen dat het aanbod van K voor de plant te laag wordt.

Deze studie laat zien dat verschillende cultivars een andere gevoeligheid ten opzichte van Na en Na-opname hebben. Dus als regenwater wordt gebruikt, zal Na daarom nooit oplopen. Ook bij omgekeerde osmose zal het natriumgehalte bij hergebruik niet of beperkt oplopen, mits het natriumgehalte in het geproduceerde gietwater vergelijkbaar is met dat van regenwater (0,1 tot 0,2 mmol/l). Hiervoor is het wel noodzakelijk dat het onderhoud van de installatie naar behoren wordt uitgevoerd. Wanneer het uitgangswater een mindere kwaliteit heeft zal het natriumgehalte in het drainwater oplopen. Wanneer het oplopen van Na in het drainwater tot – zeg – 4 mmol/l zal de opname al 0.4 mmol Na /l zijn en dus lager dan de concentratie in de gift.

5 Conclusie

- Verhoging van natrium in de gift c.q. drain bij phalaenopsis gaf bij Na (10 mmol/l) in combinatie met een lage EC (1.5 dS/m) significant kleinere planten (korter, geringer bladoppervlak, lager aantal bloemen, lager stengelgewicht) en een lagere kwaliteit (meer chlorose en bladrandnecrose), en een afname van de sierwaarde tijdens uitbloei.
- Bij de hoge Na concentratie (10 mmol/l) maar met een meestijgende EC (2.5 dS/m) waren de prestaties van de planten vergelijkbaar met de referentiebehandeling, met uitzondering van de bloemdiameter, die wat kleiner uitviel en ook nam de sierwaarde sterker af tijdens de uitbloeifase.
- Bij de gematigd hoge Na concentratie (6.5 mmol/l) waren de prestaties van de planten vergelijkbaar met de referentiebehandeling, met uitzondering van de bloemdiameter, die wat kleiner uitviel bij de behandeling met de meestijgende EC en ook nam de sierwaarde sterker af tijdens de uitbloeifase.
- De effecten waren voor beide cultivars vergelijkbaar
- In Morelia bleek de aantasting van Fusarium bij hoge EC hoger.
- De effecten van de behandeling met 10 mmol Na/l en EC 1.5 dS/m hangen hoogstwaarschijnlijk samen met de lage beschikbaarheid van K, zoals blijkt uit de sterke afname van K in het blad bij stijgend Na.
- Phalaenopsis blijkt een grote hoeveelheid Na op te kunnen nemen, die kan oplopen tot meer dan 2000 mmol/kg bij Leeds.
- De opgenomen Na is vooral geconcentreerd in de bovengrondse biomassa (70-60%). Maar een aanzienlijk deel van Na wordt ook opgeslagen in de wortels (30-40%).
- Bij een gelijkblijvende EC neemt de Na-opname sterker toe met de concentratie bij de wortel dan bij meestijgende EC.
- Dit onderzoek laat zien dat er ruimte is om meer Na toe te laten in de recirculerende oplossing van phalaenopsis.
- Een aanbevolen maximale Na-concentratie zou 6 mmol/l zijn bij een EC van 1.5 dS/m.

Literatuur

Kromwijk A, Blok, C, van Os, E, Beerling E. 2019.

Reusing drainwater to lower the emission of nutrients in the cultivation of Phalaenopsis, Acta Hort. 1262. ISHS 2019. DOI 10.17660/ActaHortic.2019.1262.15

Kromwijk, A., van Haaster, B., Steenhuizen, J., 2017.

Vermindering emissie van meststoffen met controlled release fertilizers (CRF) Rapport WPR-703. <https://doi.org/10.18174/425039>

Munns. R., and Tester, M. (2008).

Mechanism of salinity tolerance. Ann. Rev. Plant Biol. 2008. 59:651–81, <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>

Van Os, E., and Kromwijk, A. (2014).

Recirculatie potorchidee 10. Scenarioberekeningen stikstof emissie.

http://www.glastuinbouwwaterproof.nl/fileadmin/user_upload/waterproof/Projecten/doc/Potorchidee/2014_08_20_flyer_recirculatie_potorchidee_10_scenarioberekeningen_emissie.pdf.

Voogt. W.; Os. E.A. (2012).

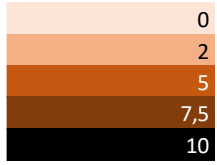
Strategieën om chemische waterkwaliteit gerelateerde problemen in gesloten hydroponische systemen te beheren. In: ISHS 28th Int. Horticultural Congress - Science and Horticulture for People (IHC 2010): International Symposium on Greenhouse 2010 and Soilless Cultivation. - Acta Horticulturae 927. - blz. 949 - 955.

Bijlage 1

exp. Design

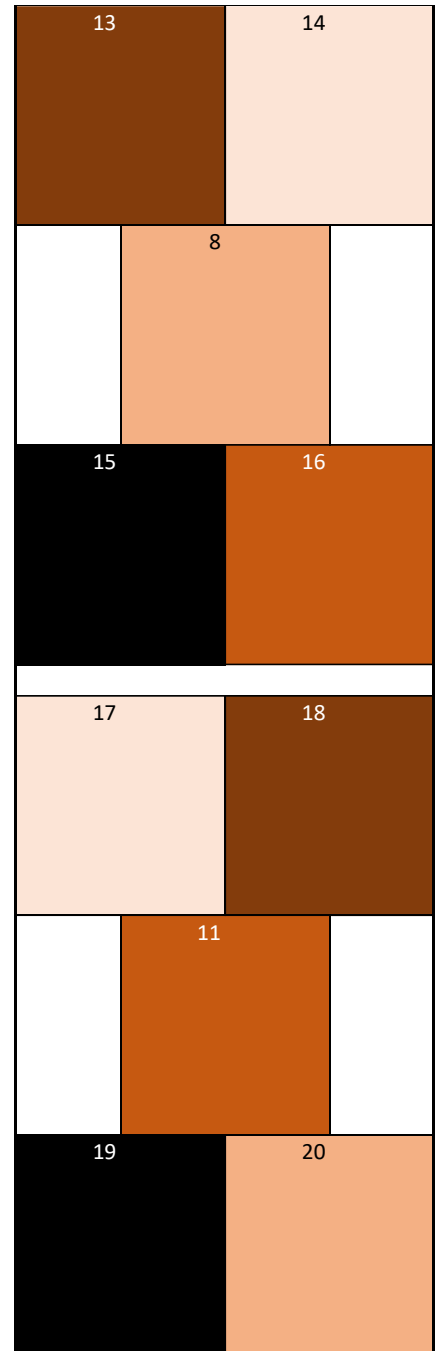
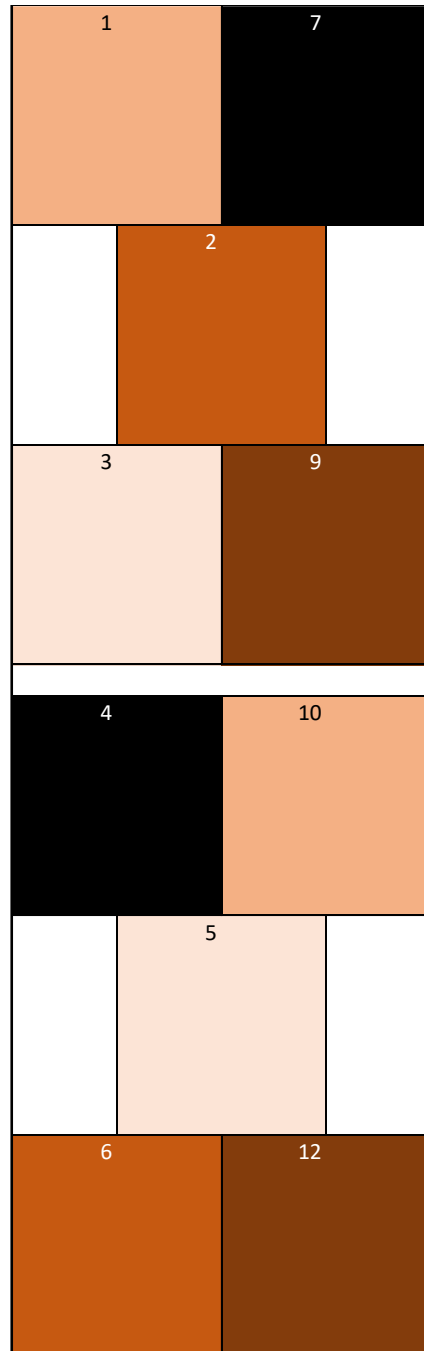
color

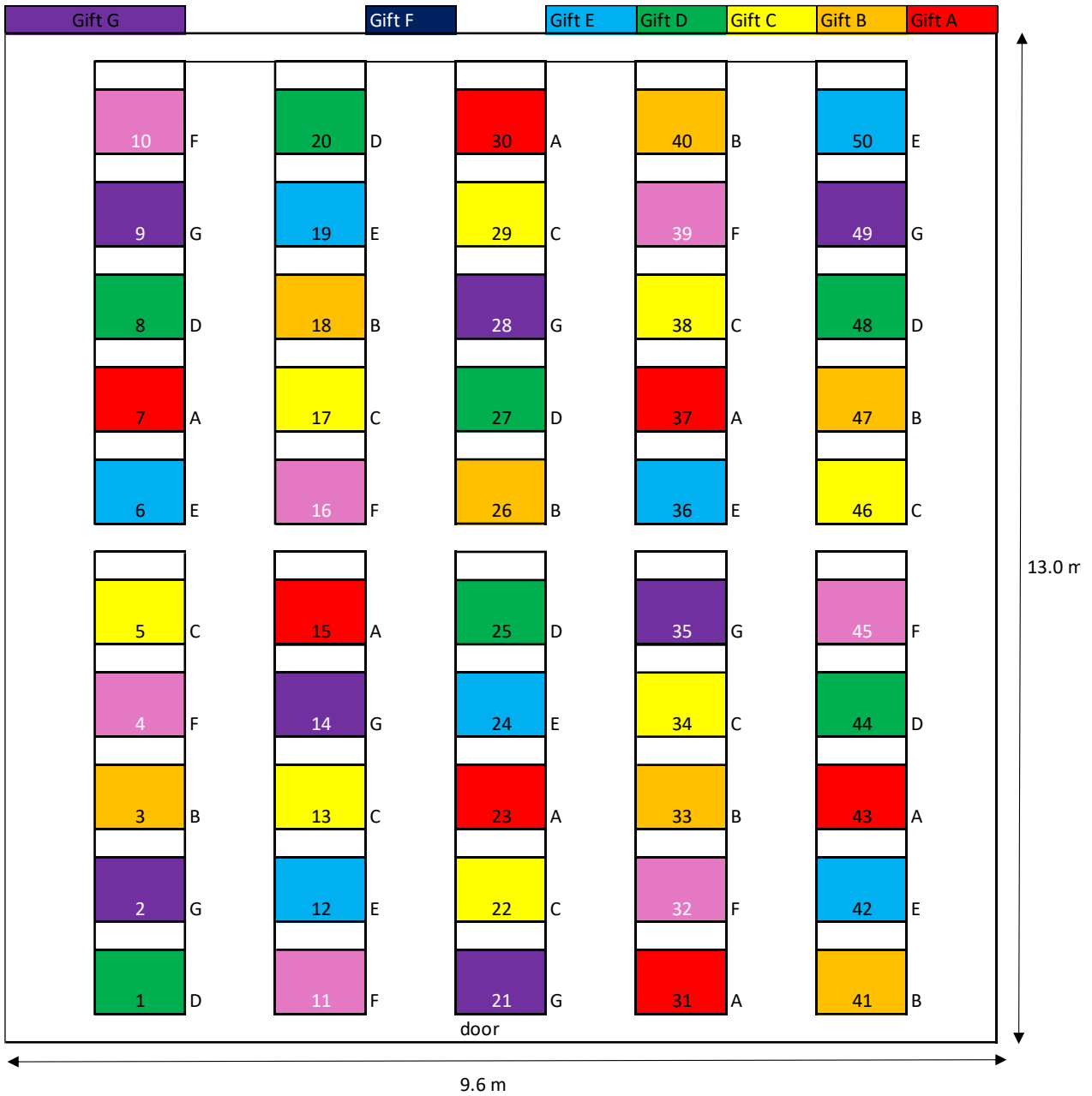
Na treatment



Number

box#





Figuur B1.1 Experimenteel ontwerp.

Bijlage 2 Gewasanalyses

Niveaus van overtollige voedingsstoffen in verschillende delen van planten in mmol/kg droge stof.

Soort	Oorsprong	Gegevens							
		N t	P-t	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
Jong Blad	Na 2	3295.3	137.3	2.1	4.0	1.6	2.8	71.5	16.0
	Na 4	3407.3	148.0	2.3	4.2	1.8	2.5	70.2	17.5
	Na 8	3346.8	137.0	2.1	3.9	1.7	2.5	75.1	17.7
	Na 10	3399.8	136.8	2.2	4.2	1.8	2.7	73.8	17.3
	Na 8K	3316.5	133.0	1.9	4.0	1.5	2.5	69.8	14.6
	Na10K	3330.2	137.7	2.0	4.5	1.6	3.1	73.4	18.4
Oud blad	Na 2	3138.6	133.6	2.6	3.7	2.1	4.7	56.8	13.1
	Na 4	3070.3	109.0	2.3	3.1	2.0	3.9	50.0	11.6
	Na 8	2998.7	117.7	2.4	3.5	1.7	4.6	42.0	13.3
	Na 10	3044.7	111.3	2.4	3.5	1.8	4.6	43.6	12.4
	Na 8K	3052.3	120.7	2.6	3.7	1.9	4.5	50.5	14.1
	Na10K	3030.4	138.0	2.9	3.4	1.8	5.0	51.5	14.1
Stam	Na 2	1370.3	92.7	0.7	0.9	0.5	1.1	77.8	18.2
	Na 4	1356.0	73.0	0.7	0.8	0.5	1.0	54.6	18.1
	Na 8	1397.0	88.0	0.9	0.8	0.6	1.2	62.8	29.0
	Na 10	1682.0	74.0	1.1	0.8	0.6	1.0	76.0	22.8
	Na 8K	1507.0	121.0	1.6	1.3	0.7	1.5	94.2	27.5
	Na10K	1613.7	109.0	1.1	0.9	0.7	1.2	109.3	25.0
Vrucht	Na 2	1545.5	131.5	1.1	0.5	0.5	1.2	85.1	10.1
	Na 4	1489.5	110.5	1.0	0.4	0.4	1.1	59.7	10.9
	Na 8	1673.0	125.5	1.0	0.4	0.5	1.3	70.8	9.8
	Na 10	1618.5	111.5	0.8	0.4	0.4	1.1	64.2	9.8
	Na 8K	1474.0	113.5	1.0	0.5	0.5	1.2	70.1	9.8
	Na10K	1532.8	120.0	1.0	0.4	0.4	1.1	73.9	9.8

Bijlage 3 Foto's eindresultaat Morelia

Fotos van twee planten per behandeling van de planten bij de eindmeting.



Bijlage 4 Foto's eindresultaat Leeds

Fotos van twee planten per behandeling van de planten bij de eindmeting.



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



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

Rapport WPR-1222

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak