



Effecten van Na accumulatie in de drain bij Roos

Het bepalen van de schadedrempel voor Na in het wortelmilieu bij kasrozen met hergebruik van drainwater

Wim Voogt, Tommaso Barbagli, Nina Oud, Nieves Garcia

Rapport WPR-1221

Referaat

Het effect van natrium-accumulatie op de groei en productie van roos is getest in een teeltproef met roos 'Avalanche' in steenwol met volledige recirculatie. Drie concentraties uiteenlopend van ca 1.5 tot 12 mmol/l natrium bij zowel gelijkblijvende als stijgende EC werden getest. De productie was significant lager bij 12 mmol/l en gelijke EC, maar niet bij dezelfde Na concentratie en meestijgende EC. Vermoedelijk is dit een effect van de lagere K beschikbaarheid bij de gelijkblijvende EC. De opname van Na door roos blijkt erg laag en bedraagt niet meer dan 0.4 -1.4% van de heersende Na concentratie in het wortelmilieu. Op basis van de resultaten van deze test kan de grenswaarde waarboven alternatieve maatregelen nodig zijn worden verhoogd tot 8 mmol/l. Omdat de opname van Na echter erg laag is, blijft de behoefte aan water van hoge kwaliteit voor roos bestaan.

Abstract

The effect of sodium accumulation on growth and production of rose 'Avalanche' was evaluated in a trial in stone wool with full recirculation of drainage. Three concentrations ranging from ca 1.5 to 12 mmol/l sodium at equal and with rising EC respectively were assessed. Production was significantly lower at 12 mmol/l and equal EC, but production was not lower when EC increased together with Na. The effect is likely due to the limited K availability at the equal EC treatment. The uptake of Na by rose is exceptionally low; only 0.4 – 1.4% of the prevailing Na concentration in the root zone. Based on the results of this test, the maximum above which alternative measures are required can be increased to 8 mmol/l. However, since the intake of Na is exceptionally low, the need for high-quality water for roses remains.

Rapportgegevens

Rapport WPR-1221

Projectnummer: 3742235303-3

DOI: 10.18174/632260

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 verveelvoudigd, 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 Onderzoek naar Na-grenzen bij Roos	7
1.3 Doel	8
1.4 Proefopzet	8
2 Materiaal en methoden	9
2.1 Groeiomstandigheden	9
2.2 Proefopzet	10
2.3 Wekelijkse aanpassingen Na en voeding	11
2.4 Metingen	12
2.5 Lichtmetingen	13
3 Resultaten	14
3.1 Gedoseerde Voedingsoplossing	14
3.2 Drain concentraties	15
3.3 Waterverbruik	17
3.4 Productieresultaten	19
3.5 Kwaliteit	24
3.6 Gewasanalyses	25
3.7 Natrium opname	29
4 Discussie	31
4.1 Na en EC-effecten	31
4.2 Na opname	32
5 Conclusie	34
6 Interpretatie en aanbeveling voor de praktijk	35
Literatuur	36
Bijlage 1 Plattegrond proef	37
Bijlage 2 Lichtverdeling	38
Bijlage 3 Evaluatie productie en licht	40
Bijlage 4 Gewasanalyses	42
Bijlage 5 Vaasleven	44
Bijlage 6 Beelden kwaliteit	45

Samenvatting

Met het oog op de plicht tot (nagenoeg) nul-emissies vanuit glastuinbouw in 2027 is gericht onderzoek gedaan naar de effecten van verhoogd natrium (Na) in de recirculerende voedingsoplossing (drain) bij gewassen. Natrium is namelijk een van de bottlenecks voor volledige recirculatie. In dit rapport wordt verslag gedaan van een onderzoek naar de effecten van verhoogd Na in de drain bij roos en worden grenswaarden voor Na in de drain geëvalueerd. Een experiment is gedaan met roos in steenwol in goten met zes individuele watersystemen voor hergebruik van drainagewater. Er waren zes verschillende behandelingen, waarvan een serie met drie oplopende Na concentraties terwijl de EC-gelijk blijft en de concentraties van kationen (K, Ca, Mg) dan evenredig afnemen en een serie met twee Na concentraties met een meestijgende EC, waarbij de concentraties van kationen (K, Ca, Mg) dan gelijk blijven, beide series vergeleken met een referentie behandeling waarbij Na zo laag mogelijk is. De Na concentraties in de eerste serie waren 4, 8 en 12 mmol/l, met een EC van 2.2 mS/cm en in de tweede serie was dit 8 en 12 mmol/l en was de EC respectievelijk 3.0 en 3.4 mS/cm. De referentie behandeling had eveneens een EC van 2.2 mS/cm. De proef liep van medio april 2020 tot en met mei 2022, met het ras 'Avalanche'. Tijdens de teelt zijn de voedings- en drainageoplossingen wekelijks gemonitord. Naast metingen aan de effecten op productie (aantal en gewicht bloemtakken) en bloemkwaliteit zijn diverse gewasanalyses uitgevoerd van bladeren, stengels, bloemknoppen en aan het einde ook van de stronk. Uit de resultaten blijkt dat een verhoging van de Na concentratie in het wortelmilieu (de drain) tot 8 mmol/l geen effect had op de productie. Bij verhoging tot 12 mmol/l bij gelijke totale EC was de productie (aantal/m²) significant lager. Dit was echter niet het geval bij de Na concentratie van 12 mmol/l en meestijgende EC. De verhoging van de EC van 2.2 tot 3.4 mS/cm had geen significant effect op de productie. Ook hadden de hogere Na concentraties geen effect op de bloemkwaliteit (lengte, kleur, knopkwaliteit, vaasleven) wel waren de takken bij de hoogste Na behandeling en gelijkblijvende EC significant wat zwaarder. De behandelingen met stijgend Na lieten wel een snelle en sterke uitputting van K in de drain zien, en ook waren er lagere gehalten aan K in blad en bloemstelen, vooral bij de behandelingen met gelijkblijvende EC, echter de gehalten waren niet zodanig laag dat er sprake zou zijn van K-gebrek. De Ca-gehalten waren niet negatief beïnvloed, er was eerder sprake van een lichte stijging van de Ca gehalten.

Met uitzondering van de stronken waren de Na gehalten in vrijwel alle plantendelen extreem laag. Uitzondering waren de Na gehalten in oud blad en stengels bij de behandeling met 12 mmol Na/l en gelijke EC, die disproportioneel meer Na bevatten. Maar ook deze waren zeer laag in vergelijking met blad van alle andere, eerder onderzochte gewassen (Voogt en van Os, 2012). Stronken lieten wel een proportionele stijging zien aan Na-gehalten en waren aanmerkelijk hoger dan die in bladeren, bloemen en stengels. De totale opname van Na door roos blijkt echter zeer laag vergeleken met andere tuinbouwgewassen. De gemiddelde opnameconcentratie is resp. 0.0038 of 0.0144 mmol/l per mmol Na/l in het wortelmilieu, respectievelijk voor de opname bepaald via de biomassa of via de waterbalans. Dit kan ook worden uitgedrukt als 0.38% en 1.44% van de heersende Na concentratie in het wortelmilieu.

De tot nu toe gehanteerde grenswaarde voor roos van 6 mmol Na/l kan veilig worden verhoogd tot 8 mmol/l, waarbij het aan te bevelen is de EC (al dan niet gedeeltelijk) mee te laten stijgen, zodat de K aanvoer gewaarborgd blijft. Tijdelijke piekwaarden van 12 mmol Na/l als bovengrenswaarde zullen echter niet direct leiden tot ernstig productieverlies, zeker niet als de K concentratie op peil gehouden wordt. Om volledig gesloten te telen betekent dit concreet dat de Na-toevoerconcentratie via water en meststoffen niet hoger zou mogen zijn dan de opnameconcentratie bij de hoogste acceptabele grenswaarde van Na. Dit bedraagt dan – afhankelijk van de gehanteerde opnameberekening – maximaal ca 0.03 of 12 mmol/l. Er mag er dus nauwelijks input via water en/of meststoffen zijn. Regenwater in het westen van Nederland, waar de concentratie ongeveer 0.15 – 0.25 mmol/l Na (gemiddelde concentratiewaarden, Voogt *et al.*, 2012) is zal dus sowieso tot accumulatie van Na leiden. Bij het accepteren van een grenswaarde voor Na van 8 mmol/l duurt het echter lang voor die grens wordt bereikt, omdat naarmate de Na concentratie in de drain hoger wordt er steeds meer Na door het gewas wordt opgenomen. Er kan dus langer worden gerecirculeerd en het moment dat alternatieve maatregelen moeten worden genomen, bijvoorbeeld selectief Na verwijderen, zorgen voor nog schoner uitgangswater, of uiteindelijk lozen van drainwater na zuivering, wordt verder uitgesteld.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

In 2017 is een project gestart (PPS): "Voorkomen en bestrijden Emissies kasteelten" waarbij via onderzoek en demonstratie aan de belangrijkste knelpunten bij recirculatie wordt gewerkt. Eén van die knelpunten is Natriumophoping (Na) in het teeltsysteem. Voor de teelt op substraat zijn emissienormen van kracht, deze normen lopen af tot een nagenoege nullozing in 2027. Na-ophoping blijft daarom als een van de laatste te nemen hobbels over. Belangrijk is uiteraard om de aanvoer van Na via water, meststoffen of substraat te beperken. Toch is dit lang niet altijd te vermijden. In het westen van Nederland bevat het regenwater soms al te veel Na en zelfs via RO-water (ontzout water via omgekeerde osmose) kan toch nog wat Na binnenkomen. En, hoewel de meeste meststoffen Na-arm zijn komt er toch ook via dat spoor nog wat Na het systeem in.

Veel tuinbouwgewassen nemen maar zeer weinig Na op. Dat betekent dat Na bij hergebruik van drainwater ophoopt. Tot hoe hoog mag Na oplopen in het recirculerende drainwater? Dit is de belangrijkste vraag die beantwoord moet worden. Daarnaast onderzoeken we hoe moet worden omgegaan met de voedingsconcentraties bij oplopend Na en of we het gewas meer Na kunnen laten opnemen, zonder dat deze er schade van ondervindt. Tot nu toe bleek uit de proeven met tomaat, paprika en gerbera dat geen productie of kwaliteitsverlies ontstaat bij verhoging van Na tot vrij hoge waarden. Er lijkt daardoor veel meer mogelijk dan altijd is aangenomen. De grenswaarden waarboven Na problematisch wordt, is voor paprika opgeschoven naar 10 mmol/l (was 4) en voor tomaat is de nieuwe grens 15 mmol/l (was 8). Bij gerbera is de grenswaarde verhoogd tot 12 mmol/l.

1.2 Onderzoek naar Na-grenzen bij Roos

In het verleden is onderzoek gedaan naar Na effecten bij roos (Baas *et al.* 1997). Dit was gecombineerd met NaCl en/of EC-verhoging. Voor directe vertaling naar de huidige situatie zijn deze gegevens niet goed te gebruiken. De onderzoeksvraag wordt nu benaderd vanuit de situatie in de praktijk, waarbij de EC in de drain gehandhaafd blijft en alleen Na oploopt. Het komt er dan feitelijk op neer dat de Na verhoging ten koste gaat van de andere kationen (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) in de voedingsoplossing. De kernvraag is daarom: tot hoever kan Na oplopen voordat dit de kationenopname dusdanig verstoort dat het groei-, productie-, of kwaliteitsproblemen gaat geven? Dat Na deels kan oplopen zonder problemen heeft te maken met de ruimte die er zit tussen de streef-EC en de minimale concentraties aan voedingsionen (in dit geval dus alleen kationen) die nodig zijn voor optimale groei. Uit eerder onderzoek blijkt dat de opname gemiddeld een EC-equivalent heeft ter grootte van 0.6 mS/cm. Als de streef EC op 2.2 mS/cm wordt gesteld, betekent dit dat er theoretisch een "EC"-ruimte is van 1.6 mS/cm voor 'niet-voedingselementen'. Voor de kationen alleen zou dit neerkomen op 16-18 mmol/l aan Na. De vraagstelling spits zich dan dus toe op de vraag of die volledige "EC-ruimte" benut zou kunnen worden voor Na, of dat er al eerder, door bijvoorbeeld antagonisme, problemen ontstaan met de Ca opname, of dat een lage concentratie aan K de buffer zo gering maakt dat er plaatselijk K-tekorten ontstaan. Voor het goed kunnen vaststellen van grenswaarden is daarom een hoogste concentratie waarbij ook daadwerkelijk schade ontstaat van belang.

Een vraag die ook meespeelt is of er seizoens-afhankelijke effecten verwacht mogen worden. Het ligt voor de hand dat de meeste problemen met Na in de zomermaanden ontstaan, omdat dan tekorten aan regenwater het grootst zijn, de verdamping en dus de water behoefte het hoogst, en de opnameconcentraties aan ionen (dus ook Na) het laagst zijn.

1.3 Doel

Vaststellen van de schadegrens voor de natrium (Na) concentratie in de drain bij roos geteeld met hergebruik van drainwater. Daarvoor moet worden nagaan of er effecten zijn op groei, productie en kwaliteitskenmerken. Ook is het waardevol om meer te weten te komen over de opnamedynamiek van Na door het gewas. Het uiteindelijke doel is het vaststellen van de grenswaarde waarboven het aan te bevelen is om alternatieve maatregelen te nemen.

1.4 Proefopzet

Uitgangspunt is het maken van een vergelijking tussen behandelingen, waarbij de Na concentratie toeneemt. Daarbij zijn twee keuzes mogelijk: de totale EC blijft gelijk en zullen de kationconcentraties (K, Ca, Mg) daarom moeten afnemen, of de voedingsconcentraties (kationen) blijven gelijk en EC stijgt mee met de extra Na. In de praktijk zijn beide keuzes, of een tussenweg mogelijk. Voor dit onderzoek is gekozen om beide situaties na te bootsen in de proef. De Na-concentratie is in een reeks behandelingen verhoogd met gelijke streef-EC van 2.2 mS/cm, met 0 (referentie), 4, 8 en 12 mmol/l. Bij twee andere behandelingen was de Na-concentratie 8 en 12 mmol/l, maar de beoogde drain EC was respectievelijk 3.0 en 3.4 mS/cm. De genoemde waarden hebben betrekking op de niveaus in de drain.

Tijdens de teelt is de voedings- en drainageoplossing gemonitord om de water- en nutriënten en Na opname te berekenen. Er werden diverse gewasanalyses uitgevoerd van bladeren, stengels, bloemknoppen en aan het einde de stam.

Het effect op de biomassaproductie wordt gemeten door tellingen van het aantal commercieel oogstbare bloemen en hun gewicht gedurende de loop van de proef (er wordt jaarrond geoogst vijf dagen in de week). De kwaliteit van de geproduceerde bloemen wordt beoordeeld door naast het gewicht, de totale taklengte en de lengte van de bloemknop. Aan het einde van de teelt is de overblijvende biomassa van de hele plant (exclusief wortels) gemeten. De droge-stof niveaus zijn bepaald en het mineraalgehalte van de biomassa is geanalyseerd.

2 Materiaal en methoden

2.1 Groeiomstandigheden

De proef is uitgevoerd in kasafdeling 6.02 bij WUR Bleiswijk, opp. 144 m² van 4-6-2020 tot 3-6-2022. Rozen, cultivar Avalanche+, gestekt materiaal afkomstig van vermeerderaar Schreurs, opgekweekt in 7.5 cm steenwolpot werden geplant op 6 april 2020. Het gewas werd geteeld in steenwolmatten (Grodan expert 20*7.5*1.25 cm); zes planten per mat met een dichtheid van 6 pl/m². Matten waren geplaatst in goten van 30 cm breed met drainopvang, twee gootrijen naast elkaar vormden een bed met breedte van 1.60. Klimaatinstellingen zijn ingesteld als standaard voor rozen, waarbij advies is gegeven door een afvaardiging van de Gewascöoperatie Roos. Er is belicht met SON-T lampen met een intensiteit van 150 µmol PAR/m²/s. Vanwege de beperkingen voor lichtuitstoot is een beperkt aantal uren belicht (maximaal 18 uur per etmaal). De instellingen waren: lamp aan bij daglicht < 250 W/m², tot 20:00 en van 00:00 – 06:00 en vanaf 08:00 tot daglicht > 250 W/m².

Ongeveer vier weken na de start werd de primaire scheut ingebogen en de knoppen weggebroken. Omdat het materiaal erg stug was, werden een aantal stengels te ver geknikt en beschadigd, waardoor de uitloop vrij onregelmatig is verlopen. De eerste snede, in juni was daardoor over een wat langere periode uitgesmeerd, wat ook tot gevolg had dat het "snee-effect" van een jong rozengewas beperkt is gebleven. De proefkas had een relatief lage lichttransmissie, met gemiddeld 44.7% en vanwege een noodzakelijk gevelschem met de naastgelegen afdeling aan de zuidzijde was er aan een zijde van de kasafdeling ook verminderd daglicht. Er zijn metingen uitgevoerd van de PAR-lichtverdeling in de kas, om te beoordelen of de verschillen dusdanig waren dat er eventueel een lichtcorrectie noodzakelijk zou zijn. Meetresultaten zijn opgenomen in Bijlage 2. Omdat de herhalingen evenredig verdeeld waren over de kas bleek een lichtcorrectie niet noodzakelijk (zie resultaten oogst 3.4). In overleg met de landelijke gewascommissie is, om het licht beter te verdelen en schaduwwerking te verminderen, het kasdek bewerkt met een diffuse coating (Redufuse in een dosering van 11 emmers per hectare).



Overzichtsfoto van de proefopstelling eind augustus 2021

2.2 Proefopzet

Zes behandelingen met Na-concentraties variërend van 0¹ tot 12 mmol/l (drain), in twee reeksen, de eerste reeks met gelijkblijvende totaal EC van 2.2 en waarbij de concentraties K, Ca en Mg evenredig werden verlaagd en een tweede reeks, waarde de EC evenredig meesteed met de Na concentratie. De concentraties voedingselementen (kationen) bleven daarbij gelijk. EC-waarden waren zo respectievelijk 2.2 voor de gelijkblijvende EC en 3.0, 3.4 mS/cm voor de meestijgende EC-behandelingen (Tabel 2.1).

De behandelingen werden uitgevoerd in vier herhalingen volgens de plattegrond in Bijlage 1.

Tabel 2.1 De in de proef toegepaste behandelingen met de streefniveaus voor Na en de EC in de drain.

Behandeling	Na drain mmol/l	EC-drain mS/cm
A	0 ¹	2.2
B	4	2.2
C	8	2.2
D	12	2.2
E	8	3.0
F	12	3.4

De streefwaarde voor de drain K: Ca ratio is voor alle behandelingen 0.83. De streefconcentraties van de kationen zijn aangepast om de stijgende Na-concentraties voor de behandelingen A, B, C, D te compenseren (Tabel 2.2). Ammonium wordt bij deze aanpassing niet meegenomen vanwege het effect op de pH. In de behandelingen E en F werden de anionen eveneens evenredig verhoogd als tegenhanger van de stijgende Na. De streefwaarden voor micro-elementen zijn voor alle behandelingen hetzelfde.

Tabel 12.2 Streefwaarden voor de concentraties aan voedingsionen in de drain voor alle behandelingen.

Behandeling	K	Ca	Mg	NO ₃	Cl	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	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l
A	5.0	6.0	2.5	13.6	1.0	3.3	1.0	25.0	3.0	3.5	20.0	1.0	0.5
B	4.1	4.9	2.0	13.6	1.0	3.3	1.0	25.0	3.0	3.5	20.0	1.0	0.5
C	3.2	3.8	1.6	13.6	1.0	3.3	1.0	25.0	3.0	3.5	20.0	1.0	0.5
D	2.3	2.7	1.1	13.6	1.0	3.3	1.0	25.0	3.0	3.5	20.0	1.0	0.5
E	5.0	6.0	2.5	18.5	1.4	4.4	1.4	25.0	3.0	3.5	20.0	1.0	0.5
F	5.0	6.0	2.5	20.9	1.5	5.0	1.5	25.0	3.0	3.5	20.0	1.0	0.5

Het drainwater werd per behandeling opgevangen en in een opslagtank gepompt. De buffertank van ca 700 liter is minstens één keer per week aangevuld met verse voedingsoplossing. Voor de hoofd- en spoorelementen zijn vloeibare meststoffen toegepast (Substrafeed® en zelf geprepareerde sporenelementoplossingen). Na werd toegediend als een mengsel van NaNO₃, NaSO₄, NaCl in een molverhouding van 0.75:0.20:0.05.

Om de Na concentratie bij de 0-behandeling zo laag mogelijk te houden is besloten vrijwel vanaf de start niet te recirculeren, omdat anders de Na concentraties mogelijk te snel boven een vastgestelde grens van 1.5 Na mmol/l zouden uitkomen. Dit regime is later aangepast (zie 3.1).

¹ Dat wil zeggen, zo laag mogelijk. Gietwater, in het geval van deze proef bestaande uit hemelwater en aangevuld met bronwater ontzout via Omgekeerde Osmose bevat altijd wat Na.

2.3 Wekelijks aanpassingen Na en voeding

De steenwol matten zijn voorafgaand aan de teelt verzadigd met de standaard voedingsoplossing voor indruppelen, nog zonder de gewenste Na-concentraties. Hierna werd gestart met de standaard druppeloplossing voor roos. Nadat de groei van de eerste grondscheuten goed aan de gang was is gestart met het toevoegen van Na, dit was vanaf 5 juni. Vanaf die datum is vervolgens op basis van de analyseresultaten van de drain per behandeling wekelijks een recept berekend voor de aanvullingsoplossing. De standaard voedingsoplossing (StV) was het uitgangspunt. Voor de oplopende Na behandelingen zijn de streefwaarden voor K, Ca en Mg aangepast (Tabel 2.2) en is ook een schatting gemaakt wat de gewenste concentraties zouden moeten zijn in de aanvuloplossing. Om de aanpassingen te berekenen is telkens het volgende stappenplan toegepast: maandags bemonsteren drain, woensdag evaluatie analysecijfers, donderdag aanpassing recepten en bijvullen, vrijdag fine-tuning en aanpassingen van de Na concentraties in de bijge vulde voorraadbakken. Hieronder de voor de aanpassingen gevolgde stappen:

1. De analyses van drain werden omgerekend naar EC 2.2, 3.0 of 3.4 volgens de doel-EC van elke behandeling.
2. Afwijkingen van de streefwaarden volgens de bemestingsadviesbasis voor de anionen en sporenelementen zijn geëvalueerd en zo nodig zijn aanpassingen aan de StV gedaan.
3. Kat – anion som van de resulterende voedingsoplossing werd gelijkgesteld via evenredige vereffening.
4. Evaluatie van de Na-concentraties in drain en gift, door vergelijkingen met trends en berekenen van de nieuwe gift concentratie Na.
5. Evaluatie van de drain EC, daarbij rekening houdend met de trend en verwachte ontwikkeling (groei, weer). Bepalen van de EC van de aanvuloplossing.
6. Het berekenen van de nieuwe recepten.
7. Het meten van het niveau van de voorraadbakken, gevolgd door het berekenen van de hoeveelheid die van het nieuwe recept moet worden aangemaakt.
8. Na het vullen van de voorraadbakken met het nieuwe recept, berekenen de hoeveelheid toe te dienen Na-oplossing (NaNO_3 , Na_2SO_4 , NaCl).

De gemiddelde samenstelling van de aanvuloplossing en de range (min/max) van de aanpassingen aan kationen zijn weergegeven in de Tabellen 3.1 en 3.2.



Opstelling van de voorraadvaten met aanvuloplossingen voor de zes behandelingen

2.4 Metingen

De EC en pH van de drain werden drie keer per week gemeten. Wekelijks (maandag) werden monsters van drainwater genomen en geëvalueerd (woensdag).

Er werd vijf dagen in de week geoogst, waarbij de oogst op vrijdag wat rauwer is meegenomen en op maandag waren de bloemen wat rijper dan normaal in de praktijk. Bij elke oogst werden het aantal stelen geteld en gewogen per veld werd het aantal afwijkende bloemen (b.v. scheve kop) en andere afwijkingen genoteerd. Maandelijks werd van alle takken de lengte gemeten (onderzijde knop tot onderzijde steel) en de bloem/knop hoogte (onderzijde knop tot bovenkant kroonbladeren).

Het vaasleven is driemaal bepaald (nov 2020, dec 2020, feb 2022), door 10 uniforme bloemstelen per behandeling (random verdeeld over de herhalingen) apart te houden, voor te behandelen zoals in de praktijk gebruikelijk is, en op de vaas te zetten met schoon water. Een bloem per vaas. De bloemen zijn vervolgens in de uitbloeiruimte dagelijks beoordeeld op sierwaarde, tot de dag dat de gemiddelde consument ze niet langer op de vaas zou laten staan. Op dat moment wordt een individuele bloem afgeschreven. Het vaasleven wordt bepaald door het gemiddeld aantal dagen te berekenen van alle bloemen uit een behandeling vanaf het moment van op de vaas zetten (dag 0) tot de dag dat de bloem is afgeschreven. Als referentie werd tevens het vaasleven bepaald van 10 takken van een praktijkbedrijf van hetzelfde ras en oogstdatum (in feb 2022 bleek dit niet mogelijk).

Meerdere keren zijn gewasmonsters van oude en jonge bladeren en bloemtakken genomen, voor bepaling van het mineraalgehalte en de droge stof. Jonge bladeren waren de drie bovenste volgroeide vijf-bladen. Oude bladeren waren lastiger te definiëren. Hiervoor zijn bladeren genomen van de ingebogen takken. Omdat niet bekend was hoe lang de takken al ingebogen waren geweest, is de leeftijd op bladkleur ingeschat, dus zijn bladeren bemonsterd die qua bladkleur zichtbaar lang aan de plant hadden gehangen, soms met een kleur die neigde naar geel. Voor bloemtakken zijn oogstrijpe bloeiende stengels genomen en zijn opgedeeld in bloemknop, stengel en blad (bij de resultaten in dit geval als jonge bladeren beschouwd (tabellen/figuren hoofdstuk 3). Aan het einde van de teelt is een bemonstering gedaan van het volledige staande gewas. Hiervoor is het gewas opgedeeld in de volgende onderdelen: stam (of stronk); het deel vanaf de wortelkluit tot en met de oude stengel-stompen; oude stengels (ingebogen stengels); oude bladeren (bladeren van de oude stengels); jonge stengel - laag deel (het onderste deel van de scheuten met bloemknoppen tot aan de onderste vier bladeren); jonge stengel - bovenste deel (het bovenste deel van de bloemstengels); jonge bladeren (alle bladeren van de bloemstengel); bloemknoppen (alleen de bloem).



Beeld van de bemonsterde "stronk" aan het einde van de proef

2.5 Lichtmetingen

Vanwege de relatief beperkte oppervlakte van de kas en de daardoor grote effecten van de gevels, maar ook door de aanwezigheid van een scherm van naastgelegen kascompartimenten zijn metingen uitgevoerd naar de lichtverdeling in de kas. Hiervoor is gebruik gemaakt van een losse PAR sensor en een referentie PAR sensor. De referentie sensor was buiten geplaatst en met de losse PAR sensor (voorzien van een waterpas) is bij een aantal condities het licht over het gehele oppervlak van de kas gemeten. Dit is gedaan door rij voor rij af te lopen in een constant tempo, waarbij de PAR waarden werden gelogd. Na afloop zijn de data geanalyseerd en is de relatieve transmissie, ten opzichte van de referentie sensor berekend. De volgende situaties zijn doorgemeten:

1. SON_T uit, Gevelscherm open, Onbewolkt
2. SON_T aan, Gevelscherm open, Onbewolkt
3. SON_T uit, Gevelscherm open, Bewolkt
4. SON_T uit, Gevelscherm dicht, Onbewolkt
5. SON_T uit, Gevelscherm dicht, Bewolkt

Bij het evalueren van de oogstdata worden de meetwaarden gebruikt, zie verder paragraaf 3.4. De resultaten van de metingen zijn samengevat in Bijlage 2.

3 Resultaten

3.1 Gedoseerde Voedingsoplossing

Behandeling A vormt een uitzondering, omdat hier deels niet-gerecicleerd is (zie paragraaf 3.2). Bij de overige behandelingen is de gemiddeld gedoseerde standaard voeding qua verhoudingen vergelijkbaar. De grootste verschillen doen zich voor bij K en Ca. In de oplopende reeks Na concentraties van behandeling B naar D is relatief meer K en minder Ca toegediend (Tabel 3.1). Ook de bandbreedte van de aanpassingen aan K die gedaan zijn waren in die reeks aanzienlijk groter dan bij de overige behandelingen. In paragraaf 3.2 wordt hier verder op ingegaan.

Een opvallend detail is verder dat de NH_4 dosering bij beh. A gemiddeld lager is geweest dan bij de overige behandelingen. Dit hangt samen met het niet-recirculeren en de relatief snelle opname van NH_4^+ . Alle gedoseerde NH_4^+ wordt in de wortelzone opgenomen en er is geen NH_4^+ verlies in de drain. Omdat er zo meer "verse" aanvuloplossing bij de wortels komt, is de opname hoger en daalt de pH sterk. Daarom moest de NH_4^+ gift sterker gereduceerd worden (zie paragraaf 3.2).

Tabel 3.1 Gemiddelde concentraties van de aanvuloplossing als basis voor de wekelijkse recepten.

Behandeling	EC	NH_4	K	Ca	Mg	NO_3	Cl	SO_4	H_2PO_4
A	1.50	1.00	4.63	3.11	1.57	10.27	0.25	1.57	1.33
B	1.50	1.70	5.07	2.79	1.32	10.66	0.18	1.30	1.56
C	1.50	1.74	5.31	2.69	1.29	10.73	0.18	1.25	1.59
D	1.50	1.55	5.73	2.54	1.33	12.03	0.15	0.60	1.67
E	1.50	1.58	5.52	2.74	1.21	11.09	0.20	1.02	1.67
F	1.50	1.67	5.17	2.78	1.30	10.64	0.19	1.23	1.71

Tabel 3.2 Minima en maxima van de aangepaste concentraties K, Ca en Mg in de wekelijks aangepaste aanvuloplossing.

Behandeling	Min of K	Max of K	Min of Ca	Max of Ca	Min of Mg	Max of Mg
A	1.80	8.99	0.90	4.81	0.49	2.71
B	0.00	9.27	0.00	4.81	0.00	2.53
C	0.73	12.13	1.25	4.31	0.10	2.14
D	0.00	14.90	0.00	5.88	0.00	2.39
E	1.81	13.37	1.10	4.71	0.49	2.11
F	1.48	11.23	1.22	5.04	0.00	2.70

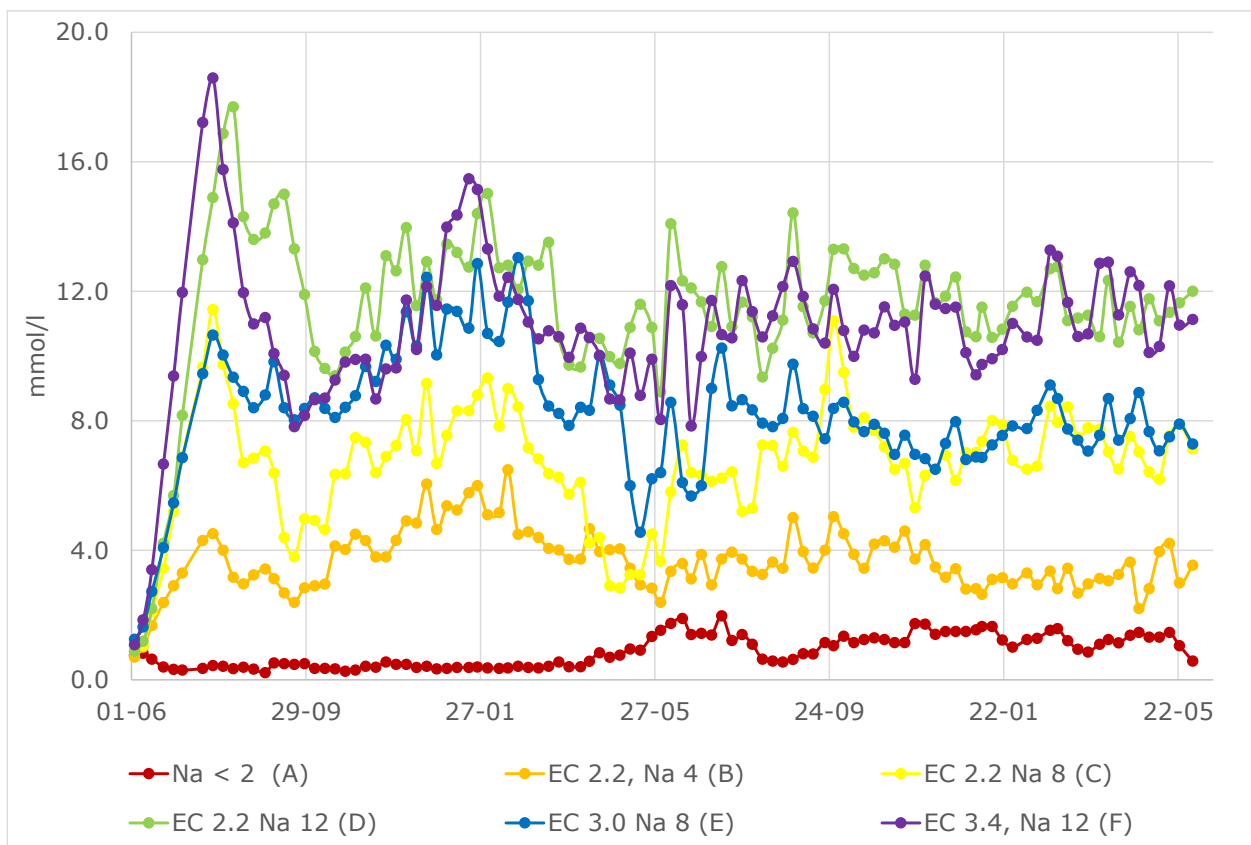
3.2 Drain concentraties

Gemiddeld was de EC van behandeling A, B, C en D iets boven de streefwaarden. De concentraties van Na komen gemiddeld genomen goed overeen met de beoogde concentraties van de proefopzet. Wel zijn er grote schommelingen in concentraties in de tijd (Figuur 3.1). Vooral in de eerste maand vanaf de start van de Na dosering (begin juni) schieten de concentraties bij de twee behandelingen met 12 mmol/l Na (D en F) flink door. Ook verder tijdens de teelt fluctueerden de Na-concentraties soms aanzienlijk. Niettemin konden de verschillen tussen de behandelingen (Na-niveaus) redelijk tot goed worden gehandhaafd. Een uitzondering op die regel is behandeling E, waar de Na concentratie in de periode september 2020 tot mei 2021 aanmerkelijk hoger was, terwijl bij behandeling C deze juist lager was dan de beoogde streefwaarde. Dit was enerzijds te wijten aan enkele lekkages bij behandeling C (verstoppingen en aantal malen overlopen van de drain-opvang in de kas) en een hardnekkig hoog blijven van de Na dosering bij behandeling E, ondanks verdunning met schoon water. De Na-concentratie in A is in de periode van mei '20 t/m april '21 stabiel laag geweest met gemiddeld 0.4 mmol/l, doordat in die periode regelmatig drainwater werd gespuid. Nadat besloten was ook hier volledig hergebruik van drain toe te passen steeg de Na concentratie ook bij deze behandeling vrij snel en liep deze soms op tot bijna 2 mmol/l. In A werd geen extra Na toegevoegd, de stijging is dus volledig veroorzaakt door de concentratie in het gietwater. Deze bedroeg gemiddeld 0.15 mmol/l (deels regen- deels RO-water). Om de accumulatie bij A onder controle te houden ook na april '21 en niet hoger te laten worden dan ca. 1.5 mmol/l is afgesproken af en toe een deel van het drainwater te spuien.

K, Ca en Mg in de drain komen gemiddeld overeen met de beoogde concentraties. De concentraties anionen liepen bij behandeling D wel wat meer uit de pas vergelijken met de andere behandelingen. De pH voor A was opmerkelijk lager dan de andere behandelingen, terwijl deze hoger was in D (Tabel 3.1). de lage pH bij A is verklaarbaar uit de NH_4^+ dosering (zie 3.1). Bij behandeling D was de hoeveelheid "verse" aanvuloplossing het minst vanwege het lagere waterverbruik als gevolg van de lagere productie; en ook was de P concentratie gemiddeld wat lager dan de streefcijfers, dit hangt samen met de gemiddeld hoge pH in de drain.

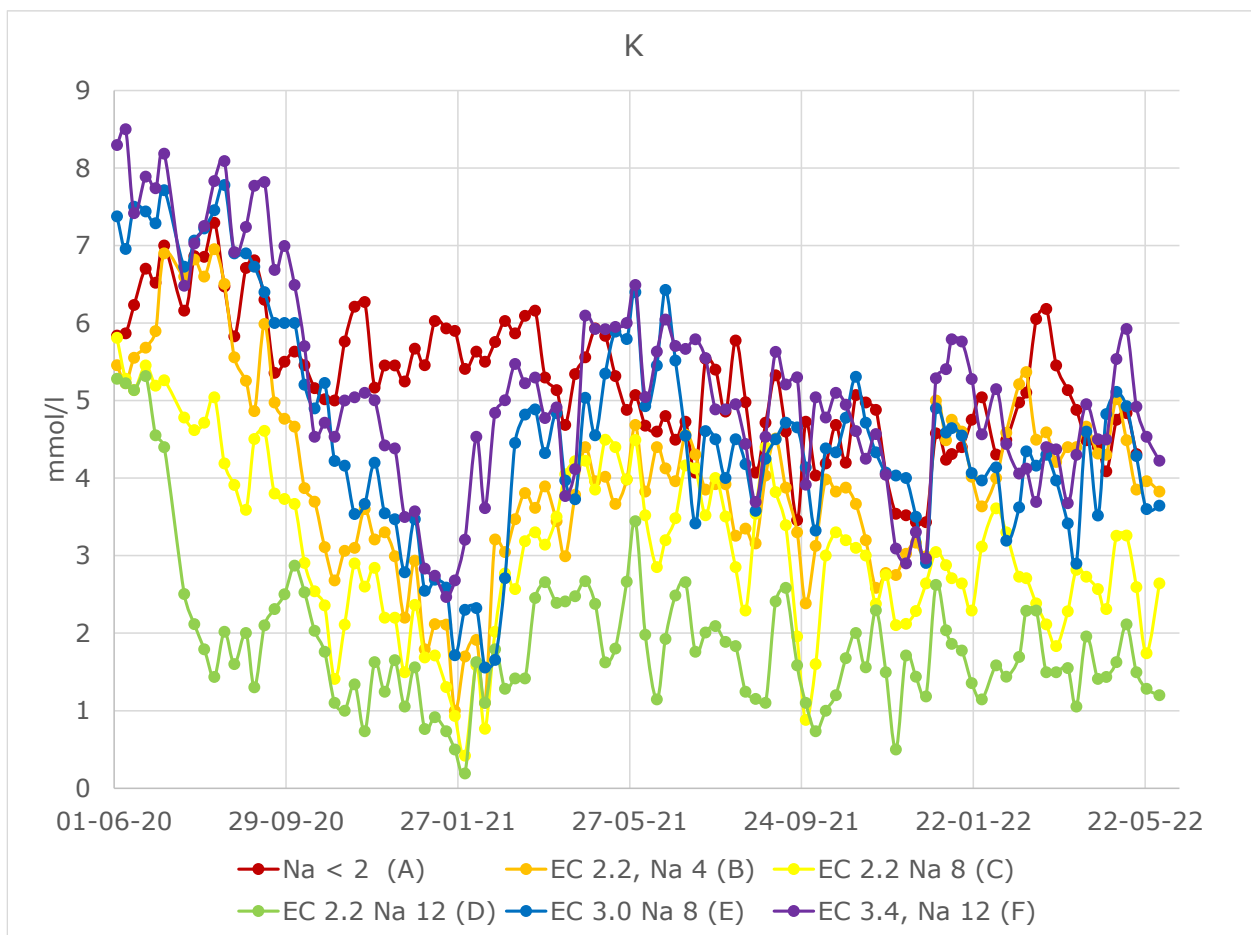
Tabel 3.3 Gemiddelde waarden van EC, pH en concentraties hoofdelementen in de drain (mmol/l).

Behandeling	pH	EC	K	Na	Ca	Mg	NO ₃	Cl	SO ₄	P
A	5.7	2.3	5.4	0.9	4.9	2.5	13.2	0.8	2.9	0.8
B	6.6	2.3	4.0	4.1	4.5	2.5	11.5	1.7	3.7	0.6
C	6.6	2.4	3.3	7.6	3.9	2.1	12.4	1.7	3.8	0.6
D	7.0	2.4	1.9	13.0	2.5	1.2	8.8	2.9	4.8	0.4
E	6.7	3.0	4.5	8.6	5.0	3.1	14.0	3.1	5.5	0.6
F	6.6	3.4	5.1	11.2	5.4	3.2	19.4	2.3	5.3	0.7



Figuur 3.1 Na-concentratie in de drain in de behandelingen A tot en met F, waarbij de analysecijfers zijn omgerekend naar EC 2.2 voor A, B, C, D, naar 3.0 voor E en naar 3.4 voor F.

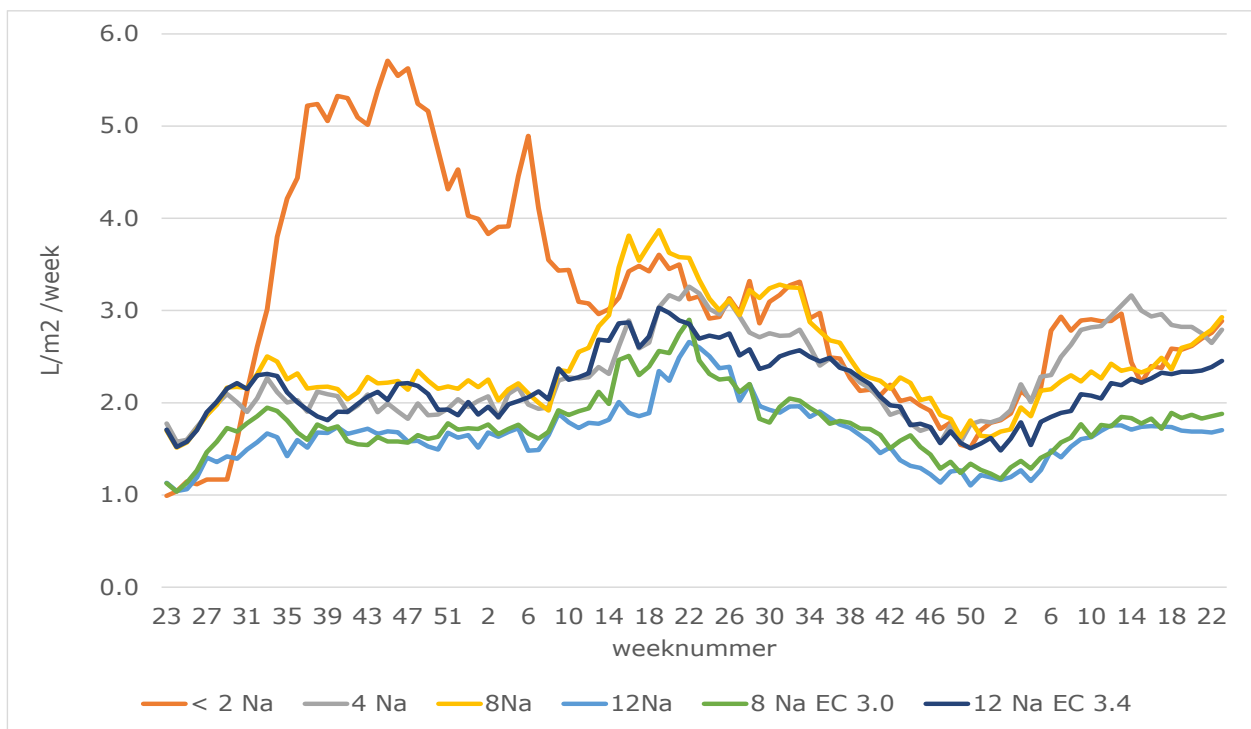
De schommelingen van de K-concentraties in de drain zijn aanzienlijk groter dan die in Na (Figuur 3.2). Dit is ook het geval bij behandelingen met een hogere EC (E en F). In het eerste deel van de proef daalde de K-concentratie drastisch, behalve bij de controlebehandeling (A), de reden daarvoor is dat in A tot april 2021 niet werd gerecirculeerd. Bij de behandelingen met meer Na daalde de K-concentratie zo snel omdat de K opname zeer sterk was en de aanpassingen aan de aanvuloplossing klaarblijkelijk niet snel genoeg effect hadden. Om een snellere aanpassing te realiseren en verdere K-daling te voorkomen is daarom vanaf februari 2021 de K concentratie in de basis aanzienlijk verhoogd. Voor behandeling D bleek desondanks de snelheid van verversing van de voedingsoplossing te zeer beperkt. Dit kwam doordat bij deze hoge Na concentratie de ruimte om de EC aan te vullen met verse aanvuloplossing telkens zeer beperkt was. Dit werd veroorzaakt door de sowieso al lage K-concentratie. Dit had tot gevolg dat de totale opname laag was en de drain EC daardoor relatief hoog bleef, zodat er weer telkens weinig ruimte ontstond voor aanvulling met verse voeding en dus ook voor K-aanpassing. Dit verklaart ook de relatief lagere NO_3^- concentraties. Uiteindelijk is besloten handmatig met alleen KNO_3 te corrigeren, waarna de K (en de NO_3^-) wel op peil bleven.



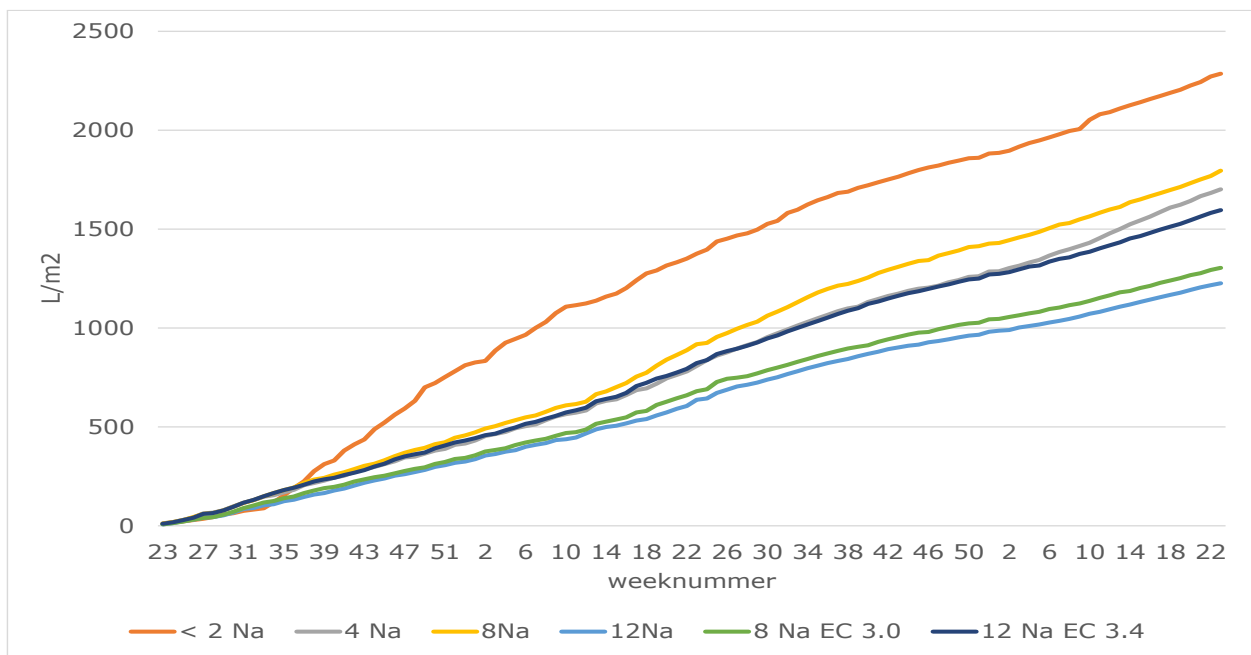
Figuur 3.2 De wekelijks geanalyseerde K concentraties in de drain in de behandelingen A tot en met F, waarbij de analysecijfers zijn omgerekend naar EC 2.2 voor A, B, C, D, naar 3.0 voor E en naar 3.4 voor F.

3.3 Waterverbruik

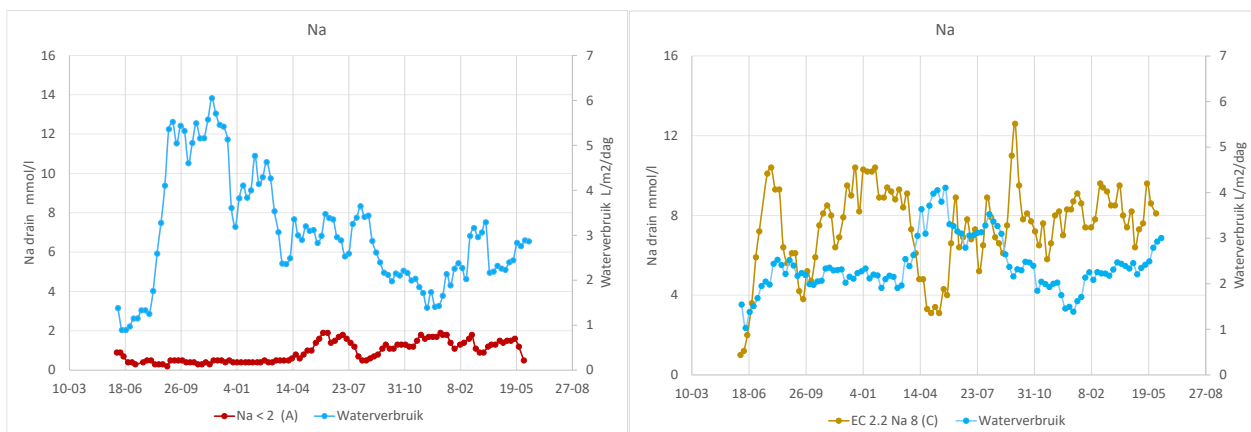
Het waterverbruik (gelijk aan het totaal aan aanvuloplossing) is weergegeven in Figuur 3.3 (het gemiddelde verbruik, L/m²/dag) en in 3.4 (cumulatief totaal in L/m²). Het effect van de groei van jong naar een volgroeid gewas tot medio juli/augustus en na augustus 2020 en ook de seizoens-effecten zijn duidelijk te herkennen in het patroon. In beide figuren is ook duidelijk zichtbaar dat bij behandeling A (< 2 mmol/l Na) het waterverbruik vanaf begin aug. '20 tot april '21 aanzienlijk hoger is dan bij de overige vijf behandelingen, doordat er 2 maanden na de start van de proef begonnen is met vrije drainage om te voorkomen dat het Na-gehalte hoger zou oplopen dan de beoogde 1.5 mmol/l. Vanaf medio april 2021 is in overleg besloten weer te recirculeren, en alleen te spuien indien nodig. Het waterverbruik is toen weer gedaald, waarbij er nog wel enkele piekmomenten te zien zijn waar er is gespuid. Het waterverbruik bij de overige vijf behandelingen is van dezelfde orde van grootte en verloopt ook volgens ongeveer hetzelfde patroon. Behandeling C (8 mmol/l Na gelijke EC) heeft een opvallend hoger verbruik in de zomer van 2021. Dit is veroorzaakt door een hardnekkig technisch probleem door een mankerende drainpomp. Bij de behandelingen B en F valt het waterverbruik wat hoger uit dan bij de behandelingen D en E; of andersom, bij de laatste twee is het wat lager dan bij B en F. De verschillen zijn waarschijnlijk te wijten aan kleine onopvallende lekkages maar kunnen ook veroorzaakt zijn door verschillen in groei c.q. verdamping door standplaatseffecten in de kas.



Figuur 3.3 Het waterverbruik van de zes behandelingen, berekend als voortschrijdend gemiddelde over twee wekelijkse periode, in L/m²/dag.



Figuur 3.4 Het cumulatieve waterverbruik van de zes behandelingen berekend over de gehele periode in L/m².



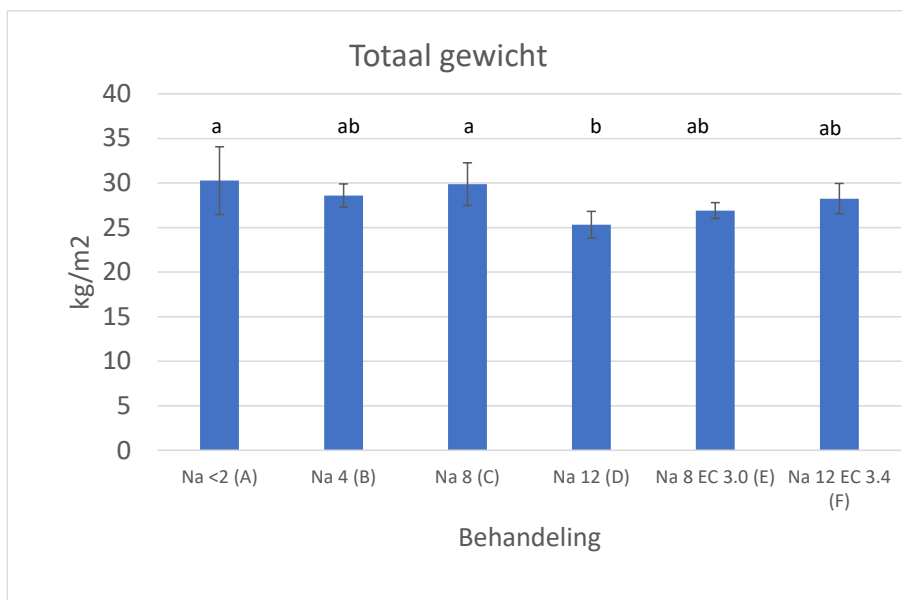
Figuur 3.5 Waterverbruik tezamen met de Na concentratie in de drain bij behandeling A (links) en C (rechts).

Om het effect van het recirculeren en of het lozen of lekkages nog wat in perspectief te zetten, is in Figuur 3.5 het verloop van de Na concentraties en het gemiddelde waterverbruik van de behandeling A en C in één figuur weergegeven. Aan het verloop van de grafiek bij behandeling A is duidelijk te zien dat het regelmatig lozen van drainwater (corresponderend met het hoge waterverbruik) een lage Na concentratie gaf en dat vanaf april 2021, toen weer werd gerecirculeerd de Na concentratie snel weer toenam. Bij de periodieke spuimomenten daalde Na. Iets dergelijks is te zien in de grafiek van behandeling C, waar het hoge waterverbruik in de periode april/mei 2021 een vrij sterke daling laat zien in de Na concentratie.

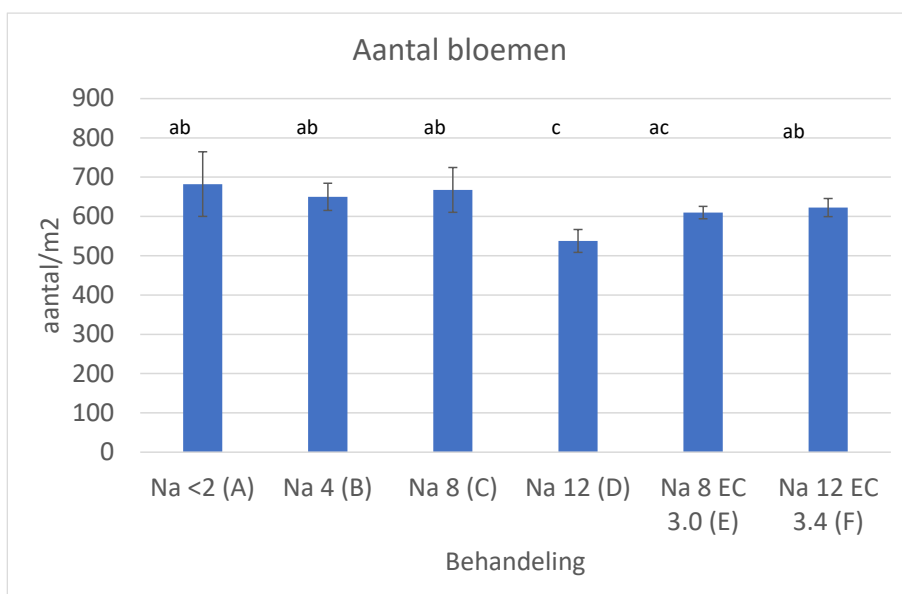
3.4 Productieresultaten

De totale producties gemeten in kg/m² van de toegepaste Na-behandelingen zijn weergegeven in Figuur 3.6. Deze waren alleen significant lager in behandeling D (Na 12, EC 2.2) ten opzichte van de controle A (Na 0,5, EC 2.2) en behandeling C (Figuur 3.6). Dit kwam vooral door het lagere aantal stuks

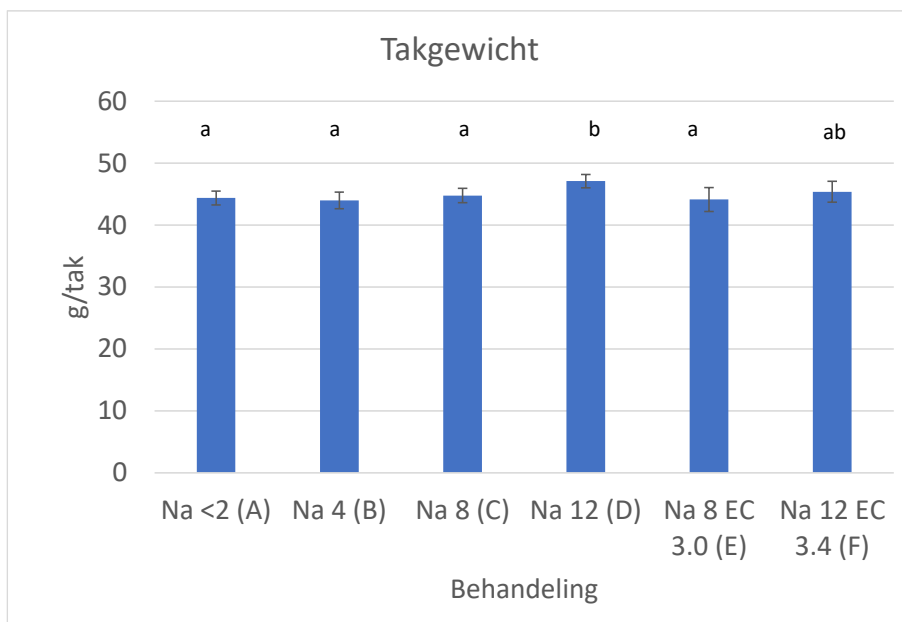
(Figuur 3.7), die bij de andere behandelingen dan behandeling D niet significant van elkaar verschilden. Een opvallend effect was er op het takgewicht, dit was nagenoeg gelijk voor alle behandelingen, met uitzondering van behandeling D (Figuur 3.8), waar het takgewicht significant hoger was dan bij de andere behandelingen, maar weer niet ten opzichte van de behandeling met 12 mmol/l Na en 3.4 EC. Het lijkt er dus op dat bij de twee behandelingen met de hoogste Na concentraties minder takken (voor behandeling F was dit niet significant verschillend) worden geoogst, maar die dan wel wat zwaarder zijn. Mogelijk dat de uitloop en uitgroei wat vertraagd is bij deze behandelingen, waardoor ze langer op de plant staan en daardoor wat meer zwaarder worden. Dit zou ook door het lagere K aanbod kunnen komen, wat dan het verschil in reactie tussen de gelijke EC (D) en stijgende EC (F) kan verklaren, immers bij behandeling F was het K aanbod hoger.



Figuur 3.6 Totale productie kg/m² bij de zes behandelingen met verschillende Na niveaus en EC. Resultaten met gelijke letters verschillen niet significant van elkaar ($P < 0.05$).



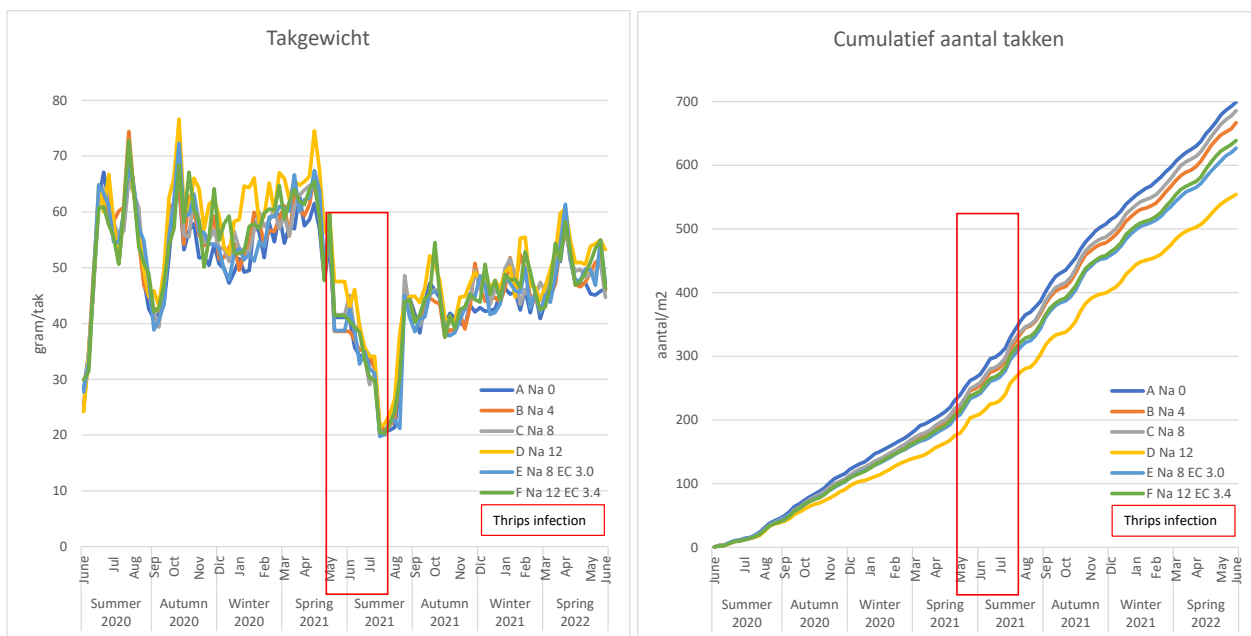
Figuur 3.7 Productie aan bloemen, in aantal/m² bij de zes behandelingen met verschillende Na niveaus en EC. Resultaten met gelijke letters verschillen niet significant van elkaar ($P < 0.05$).



Figuur 3.8 Gemiddeld takgewicht in g/tak bij de zes behandelingen met verschillende Na niveaus en EC. Resultaten met gelijke letters verschillen niet significant van elkaar ($P < 0.05$).

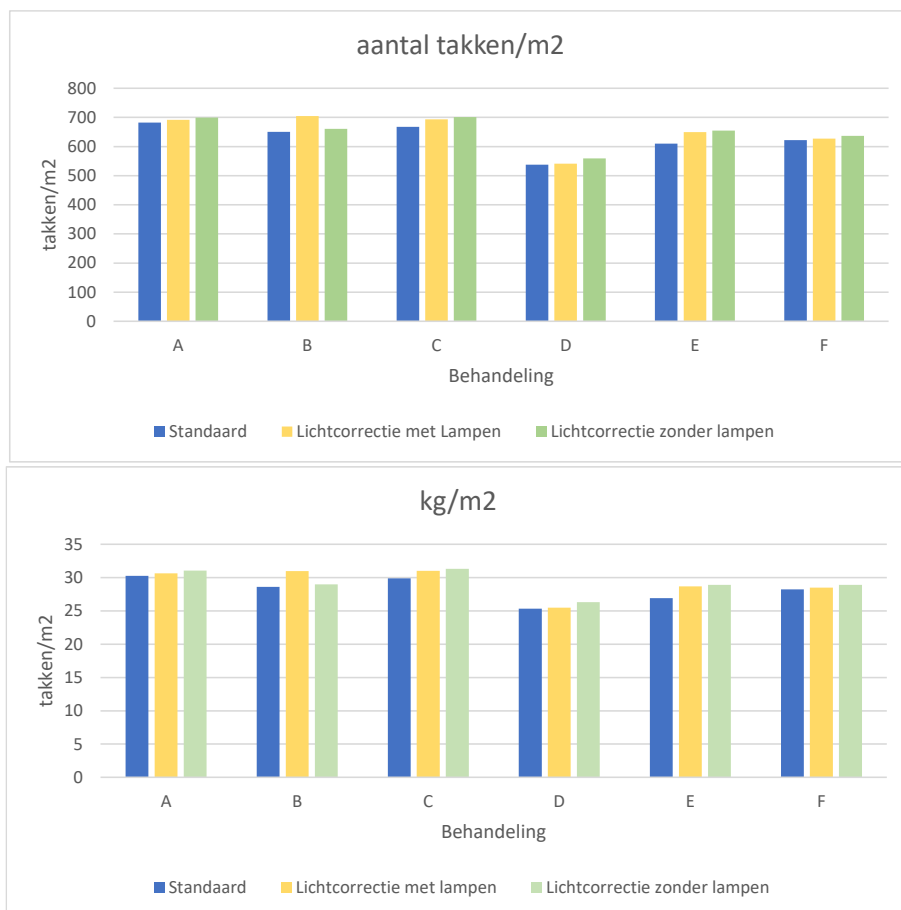
Het verloop van de productie in de tijd laat zien hoe het gemiddelde stengelgewicht van D (in geel) al vanaf het begin constant hoger was. De diepe daling tussen mei en juli 2021 werd veroorzaakt door een ernstige aantasting van het gewas door Californische trips. Gedurende enkele weken werden rijpende knoppen verwijderd om de trips populatie te onderdrukken, zodat stengels zonder bloemen werden geoogst en het gewicht per stengel dus lager was². Nadat het trips probleem was opgelost, was het gemiddelde stengelgewicht lager dan de periode vóór de infectie, maar nam daarna weer langzaam toe. Het cumulatieve aantal geoogste bloemen laat zien dat de productieverschillen die in de loop van de proef zijn ontstaan in de tijd niet zijn veranderd (Figuur 3.9). De trips infectie had geen invloed op het totaalbeeld. In feite werden ook in die periode de verschillen tussen de behandelingen gehandhaafd.

² De periode met zware trips-aantasting is weggelaten uit de waarnemingen.



Figuur 3.9 De ontwikkeling van het gemiddelde stengelgewicht en van de cumulatieve oogst van alle zes behandelingen.

Er is uitvoerig gekeken naar de nadelige effecten van de beschaduwing door het zijgevelscherf en de ongelijkmatige lichtverdeling in het algemeen in de kas (Bijlage 2). De verschillen in transmissie en lichtopvang in de kas per plaats verschillen sterk. Echter, uit de analyse blijkt dat de grote verschillen in licht in dezelfde mate de afzonderlijke herhalingen van de behandelingen hebben beïnvloed (zie voor details Bijlage 2). Om toch een eventueel effect van de lichtomstandigheden op de productie te kunnen evalueren zijn een tweetal scenario's doorgerekend, namelijk met een correctiefactor voor de lichtverdeling met SON-T lampen aan en een met SON-T lampen uit. De correctiefactoren die hiervoor zijn toegepast zijn de gemiddelde gemeten transmissiewaarde per veld, gerelateerd aan het overall gemiddelde van de gehele kas. De producties aan takken en gewichten zijn dus proportioneel gecorrigeerd voor de verschillen in licht. Uit deze vergelijking blijkt dat het scenario met lampen aan ten opzichte van de standaard, de productie van de behandelingen B, C en E wat hoger maakt en die van A, D en F vrijwel gelijk blijven. Bij het scenario met lampen uit, is de productie bij C, E en in mindere mate bij behandeling A, D en F iets hoger. De scenario's leiden echter geen tweeën tot een andere uitkomst; behandeling D blijft significant verschillen van de overige behandelingen.



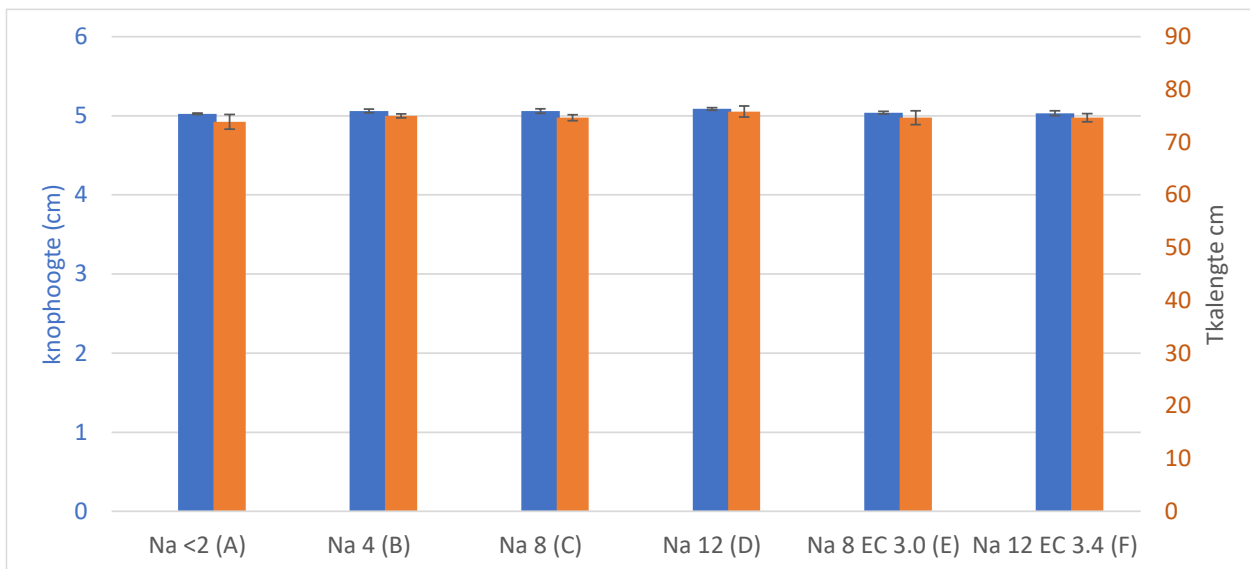
Figuur 3.10 Resultaten van het toepassen van een proportionele lichtcorrectie op de productie van aantal takken/m² en het totaalgewicht in kg/m² in een situatie met SON-T lampen aan en de situatie zonder belichting, vergeleken met de ongecorrigeerde productiegegevens (standaard).

3.5 Kwaliteit

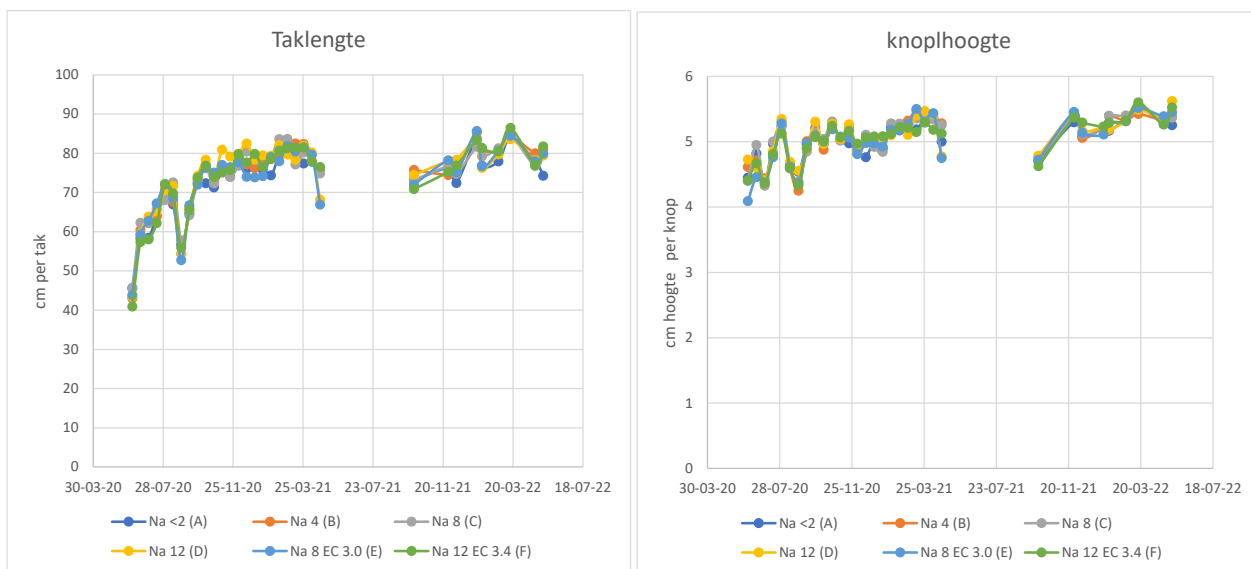
Kwaliteit is zeer regelmatig visueel beoordeeld, echter er konden geen enkele keer op het oog verschillen tussen de behandelingen worden waargenomen. Ook de BCO-leden en leden van de gewascommissie roos konden geen verschillen benoemen bij de diverse bezoeken aan de proef. Bij de oogst werd altijd aantal takken en gewicht genoteerd. Steekproefsgewijs (maandelijks) werden daarnaast taklengte en knopgrootte bepaald. De verschillen in taklengte en in knopgrootte waren gemiddeld genomen verwaarloosbaar, met een minieme tendens dat behandeling D iets langere takken had (Figuur 3.11). Het verloop tijdens de gehele proef van beide parameters laat ook geen opvallende afwijkingen zien (Figuur 3.12). Naast aantal en gewicht zijn afwijkende bloemtakken geregistreerd. Dit betrof feitelijk alleen takken met schuinstaande knoppen. Uit Figuur 3.13 is af te leiden dat het % met schuine knoppen met 0.5 – 0.7% weliswaar zeer laag is, maar wellicht lijkt toe te nemen met meer Na in de voedingsoplossing. De verschillen waren echter niet groot genoeg en te variabel tussen de vier herhalingen om betrouwbaar te zijn. Het blijkt verder dat dit fenomeen zich alleen in de eerste maanden van de teelt voordeed, wellicht samenhangend met de sterke groei­kracht van een jong gewas.



Beoordeling van groei- of kwaliteitsverschillen tijdens een bezoek van de BCO

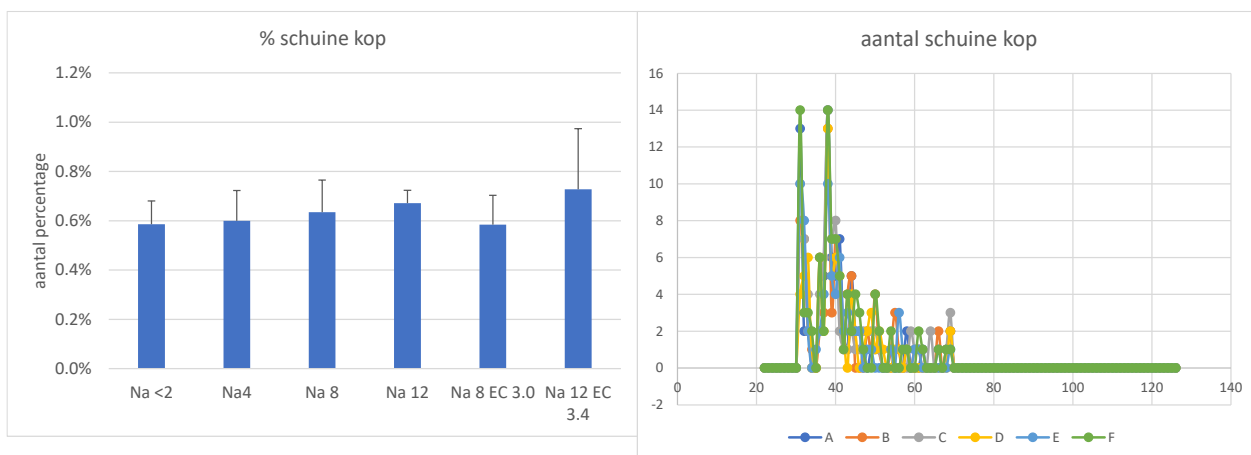


Figuur 3.11 Knophoogte (cm per knop) en lengte van de bloemstelen (cm/tak); gemiddelden van de maandelijkse metingen van de zes behandelingen.



Figuur 3.12 het verloop van de gemiddelde Knophoogte (cm per knop) en lengte van de bloemstelen (cm/tak) van de maandelijkse metingen van de zes behandelingen³.

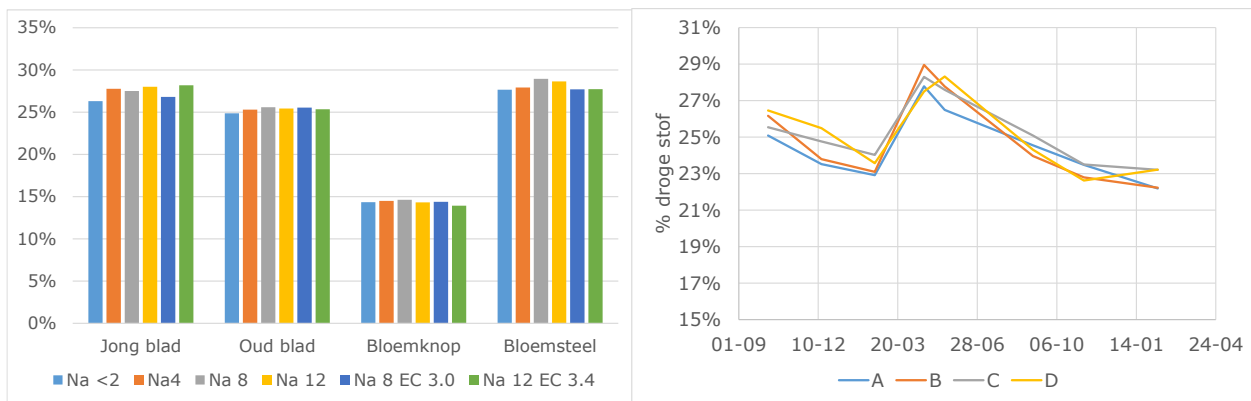
Tijdens de proef is driemaal het vaasleven beoordeeld. De resultaten laten zien dat er geen significante effecten waren van de verschillende behandelingen op het vaasleven. Wel blijkt botrytis in twee van de drie testen een groot effect te hebben gehad op het vaasleven. Maar ook de botrytis aantasting hangt niet samen met de behandelingen in de proef (resultaten opgenomen op Bijlage 5).



Figuur 3.13 Aantal (als % van het totaal) bloemtakken met een schuine knop en het verloop van het aantal schuine knoppen gedurende de proef.

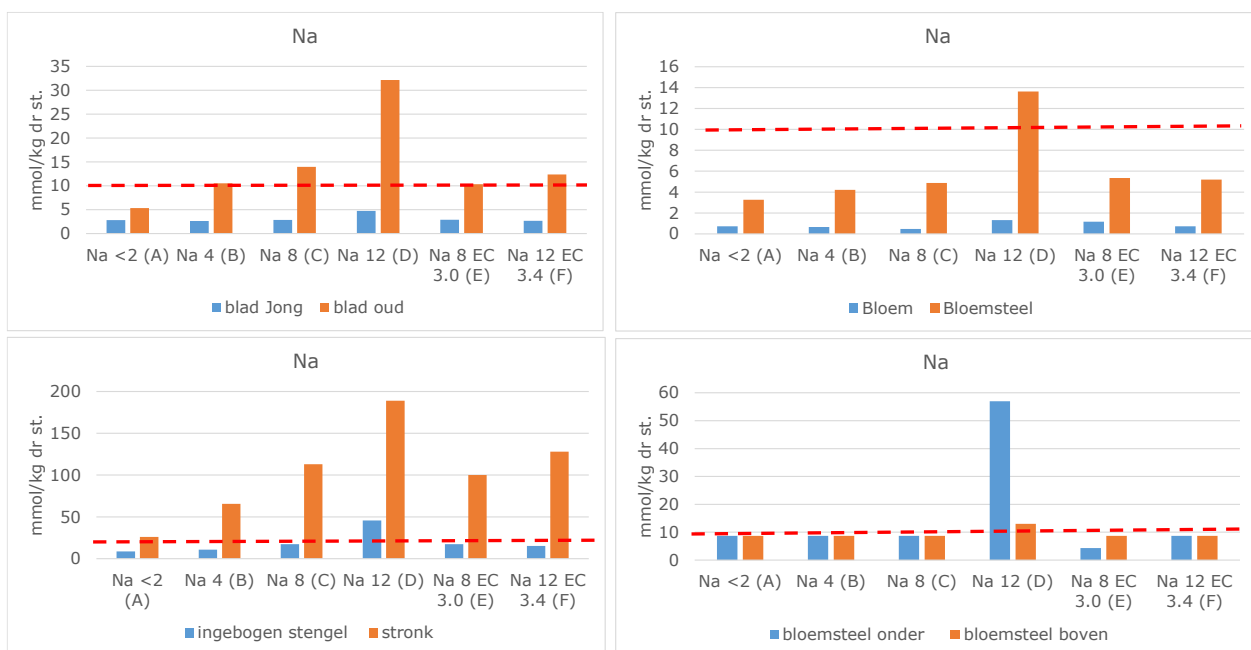
3.6 Gewasanalyses

De droge-stof gehalten lopen weinig uit elkaar tussen de behandelingen. Het valt echter wel op dat de waarden bij behandeling A in alle plantedelen het laagst zijn, met name in jong blad en de tendens lijkt aanwezig dat met stijgend Na de droge-stof gehalten wat hoger zijn (Figuur 3.14). Het verloop in de tijd van de gehalten in jong blad is wat grillig, met een piek in het vroege voorjaar van het tweede teeltjaar. Het blijkt dat de lagere waarden bij behandeling A over de gehele periode voorkomen, maar vooral in het eerste teeltjaar.



Figuur 3.14 Droge-stof gehalten van de verschillende bemonsterde plantedelen, gemiddelden over de afzonderlijke bemonsteringsdatums (jong blad 8 keer, oud blad 5 keer, stengel en knop eenmalig) (linker figuur) en het verloop in de tijd van de gehalten in jong blad (alleen behandelingen A – D).

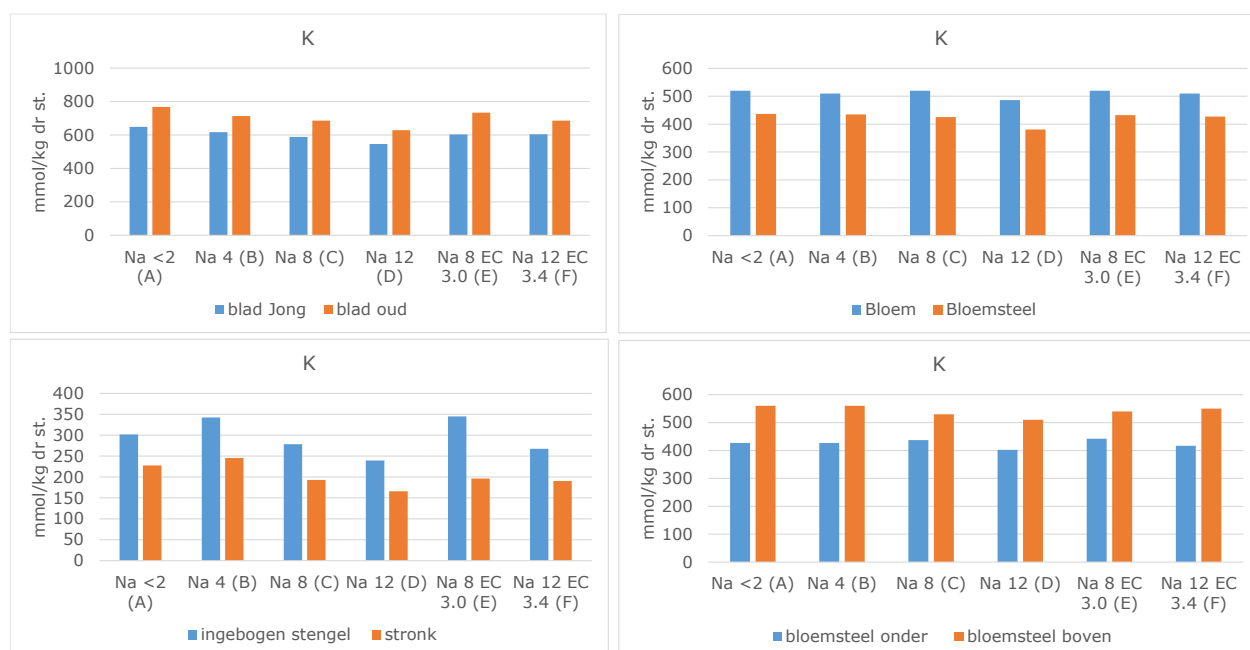
Wat betreft de analyseresultaten van het gewasonderzoek: meest opvallende zijn de zeer lage waarden voor Na in alle plantdelen met uitzondering van de stronken (Figuur 3.15). De gevonden waarden liggen allemaal beneden de detectiegrens van 10 mmol/kg droge stof met uitzondering van die bij behandeling D in oud blad, bloemstelen en ingebogen stengels. Navraag bij het lab wees uit dat de waarden niet helemaal 0 zijn, en bij de behandelingen met verhoogd Na wel iets hoger waren dan bij de referentie, maar zo laag dat deze geen indicatie geven of er werkelijk een verschil is tussen de behandelingen. In oud blad en in de bloemstelen is alleen bij behandeling D een duidelijke verhoging te zien. In de stronken is wel een duidelijk verband te vinden tussen de behandelingen en de Na gehalten, waarbij behandeling D opvallend hoge waarden laat zien. Ook in de bloemstelen is bij het apart analyseren van de bovenste en de onderste helft opvallend dat bij behandeling D deze aanmerkelijk hoger zijn dan bij de andere behandelingen.



Figuur 3.15 Gemiddelde Na gehalten in jonge en oude bladeren, (gemiddelden van zes bemonsteringen tijdens de teelt); stengels (gemiddelde van twee bemonsteringen); bloemen, bloemstengels (separaat bovenste en onderste 15 cm), ingebogen scheuten en stronken (eenmalig, bij beëindigen teelt). Gehalten in mmol/kg droge stof. De schaal van de y-as is per gewasdeel verschillend. De rode onderbroken horizontale streep geeft de detectiegrens aan.

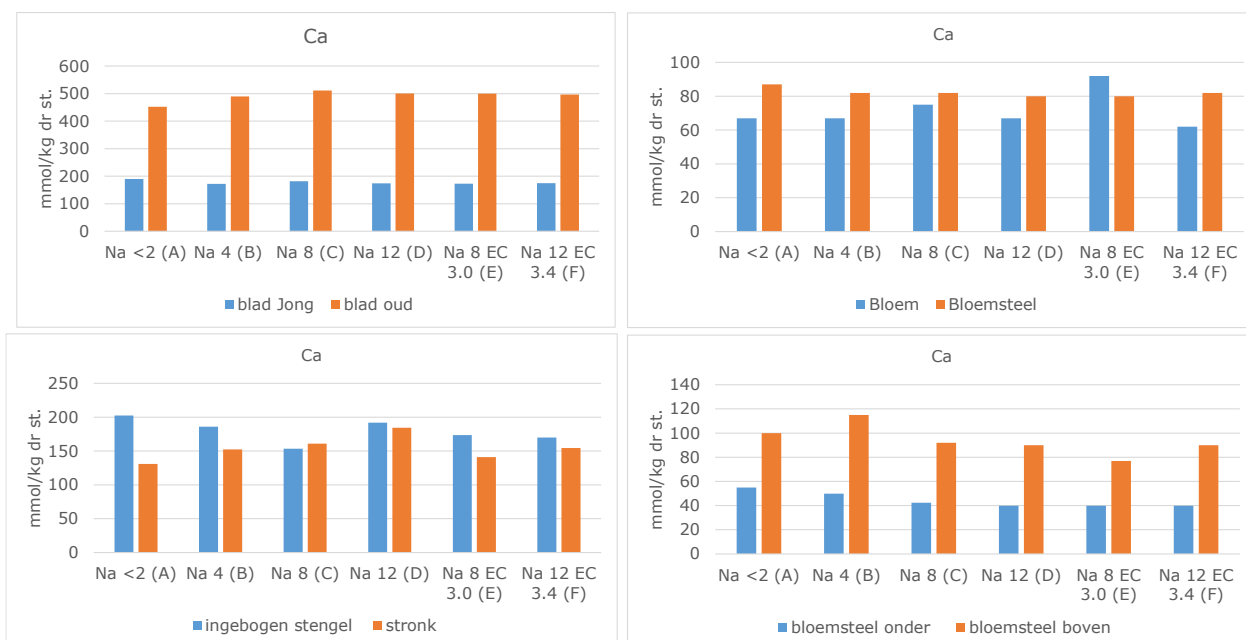
Er is een vrij duidelijk effect van de behandelingen op de K opname (Figuur 3.16). Er is een geleidelijke afname van de K gehalten in jong en oud blad naarmate Na hoger is. Daarbij is het opvallend dat de twee behandelingen (E en F) waar de EC meestijgt met Na, het K gehalte niet daalt en ligt het gehalte in het jonge en het oude blad op hetzelfde niveau als bij de referentie behandeling (A). In de bloemen en de bloemstelen is er eigenlijk alleen een duidelijke daling zichtbaar bij behandeling D. In de oude platendelen, zoals de ingebogen stengels en de stronken is dezelfde trend te zien als in jong en oud blad, maar de verschillen zijn wat groter en is in behandeling F toch ook een wat lager K zichtbaar.

De Ca gehalten laten ook een opvallend patroon zien. Uiteraard zijn de Ca gehalten in oud blad aanmerkelijk hoger dan in jong blad (ophoping in verdampende delen), echter, in tegenstelling tot K, neemt het Ca gehalte niet af in de reeks van 0 – 12 mmol/l Na, in het jonge blad blijft het vrijwel gelijk, in het oude blad neemt het zelfs toe (Figuur 3.17). Bij de twee behandelingen met stijgende EC blijft Ca gelijk. In de bloemen en bloemstelen neemt Ca wel wat af bij stijgend Na, met name in het bovenste deel van de bloemsteel. (In de ingebogen takken is het beeld grillig, wat waarschijnlijk te maken heeft met de positie en leeftijd van de bemonsterde tak). Opvallend is ook dat de Ca gehalten in de stronken stijgen met stijgend Na, zowel bij gelijke EC als de twee behandelingen met meestijgende EC. Voor Mg zijn de resultaten wisselend (Figuur 3.18) In het jonge blad, de bloemen en bloemstelen is er weinig verschil in gehalte, in het oude blad is er een lichte stijging van het gehalte met oplopend Na met een rest afwijkend hoger gehalte bij behandeling D. In de ingebogen takken en in de stronk stijgt Mg mee met Na.

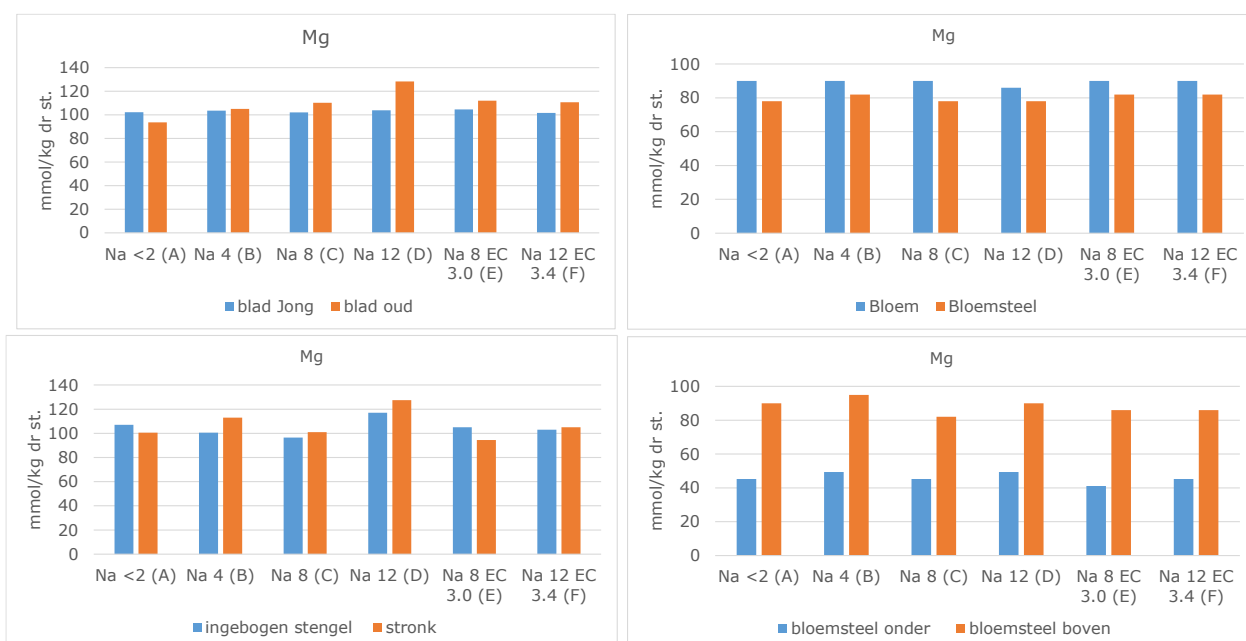


Figuur 3.16 Gemiddelde K gehalten in jonge en oude bladeren, (gemiddelden van zes bemonsteringen tijdens de teelt); stengels (gemiddelde van twee bemonsteringen); bloemen, bloemstengels (separaat bovenste en onderste 15 cm), ingebogen scheuten en stronken (eenmalig, bij beëindigen teelt). Gehalten in mmol/kg droge stof.

De overige voedingselementen (anionen en spoorelementen) zijn op een normaal niveau en laten geen duidelijke verschillen zien tussen de behandelingen (Bijlage 4). Wel valt het veel hogere B gehalte op bij behandeling A in het oude blad. Dit is een bijeffect van niet recirculeren, omdat bekend is dat roos B gemakkelijk kan uitputten en er bij deze behandeling in het eerste jaar een hoger B via de aanvoer werd aangeboden.



Figuur 3.17 Gemiddelde Ca gehalten in jonge en oude bladeren, (gemiddelden van zes bemonsteringen tijdens de teelt); stengels (gemiddelde van twee bemonsteringen); bloemen, bloemstengels (separaat bovenste en onderste 15 cm), ingebogen scheuten en stronken (eenmalig, bij beëindigen teelt). Gehalten in mmol/kg droge stof.



Figuur 3.18 Gemiddelde Mg gehalten in jonge en oude bladeren, (gemiddelden van zes bemonsteringen tijdens de teelt); stengels (gemiddelde van twee bemonsteringen); bloemen, bloemstengels (separaat bovenste en onderste 15 cm), ingebogen scheuten en stronken (eenmalig, bij beëindigen teelt). Gehalten in mmol/kg droge stof.

3.7 Natrium opname

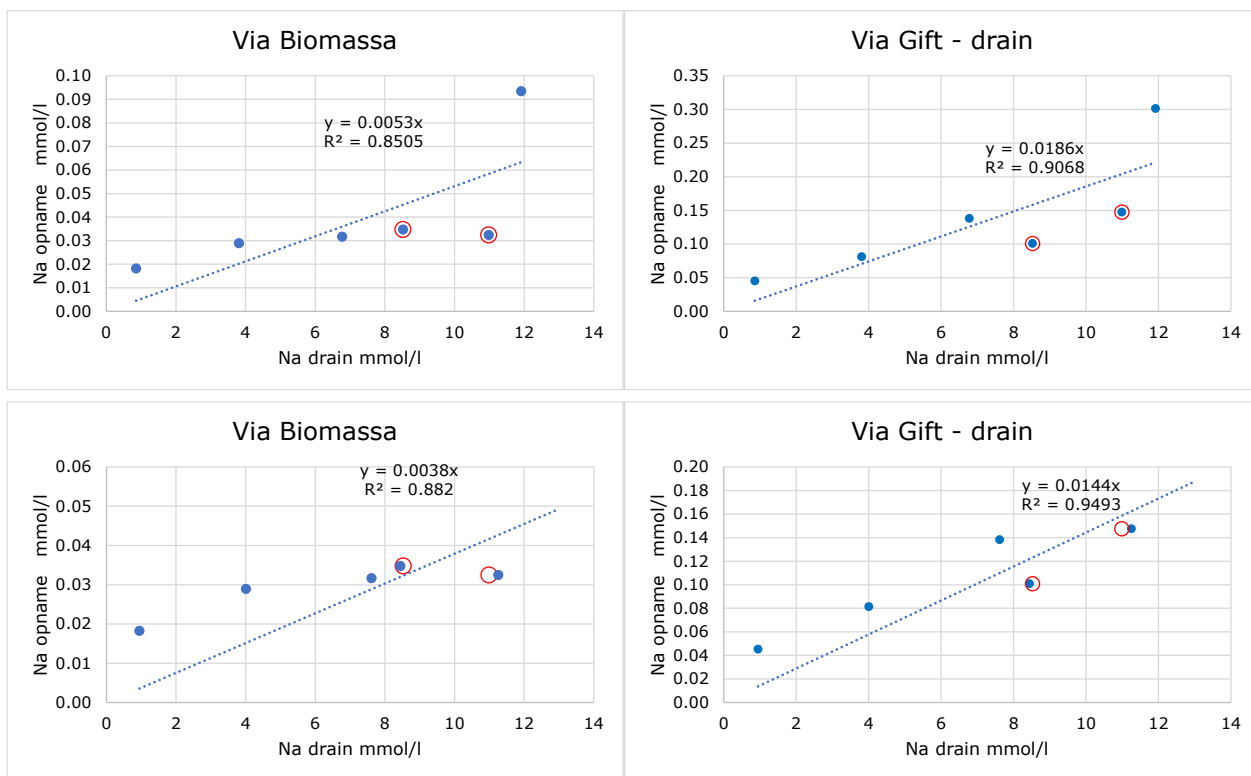
De Na-opname door het gewas in de zes behandelingen is op twee manieren berekend. Allereerst door de zogenaamde "depletie methode". De opname wordt daarbij berekend op basis van de totale gift aan water en (mest-)stoffen, minus het verlies aan drainwater via gerichte lozing (behandeling A) of geschatte lekkage, gecorrigeerd voor de restanten in het systeem en in de matten aan het einde van de teelt. De andere methode, de "biomassa" methode, berekent de opname op basis van de hoeveelheid drogestof-productie van de afzonderlijke plantendelen en de analyseresultaten van de droge stof. Van de bloemtakken is de productie gemeten en zijn een aantal keren drogestof-gehaltes van bloemen en takken en afzonderlijke bladeren gemeten en analyses uitgevoerd. Aanvullend zijn aan het einde van de teelt analyses gemaakt van bladeren, ingebogen stengels en gewasresten zoals afgeknipte stompjes. Tenslotte zijn ook stronken bemonsterd en gemeten. Het was echter onmogelijk de gehele biomassa gedurende de gehele teelt te meten. Zo is de hoeveelheid bladval van oud blad en gewicht van ingebogen blad en stengels bepaald aan de hand van een schatting, op basis van het aantal ingebogen takken per plant. Beide Na-opnames zijn vervolgens gerelateerd aan het gemeten waterverbruik, hiermee kan de opnameconcentratie worden berekend.

Tabel 3.2 De Na-opname van de zes behandelingen, berekend via de toediening aan Na en de waterbalans (gift-drain) en door gewasanalyses (Biomassa), zowel als absolute opname (mmol/m²) en als opnameconcentratie (mmol/l).

Behandeling		Via Biomassa		Via Gift - drain	
		mmol/m ²	mmol/l	mmol/m ²	mmol/l
A	Na <2.0	30.7	0.018	67.7	0.045
B	Na 4	45.3	0.029	118.7	0.081
C	Na 8	53.7	0.032	221.1	0.138
D	Na 12	120.9	0.093	370.7	0.302
E	Na 8 EC 3.0	47.1	0.035	129.9	0.101
F	Na 12 EC 3.4	51.9	0.032	223.1	0.148

Het blijkt dat de uiteindelijke toediening aan Na vrij klein is geweest en niet hoger dan enkele tienden mmol/l, maar deze neemt wel toe bij een hogere Na-concentratie. De berekening van de opname via biomassa is veel lager dan die berekend via de gift-drain methode. De regressie-coëfficiënten bedragen resp. 0.0051 en 0.0186, een verschil van een factor 3.5 (Figuur 3.19). In eerder onderzoek met roos was is een relatie voor biomassa opname met een regressiecoëfficiënt van ongeveer 0,009 gevonden, de uitkomst van deze test is hiermee in dezelfde orde van grootte (Baas *et al.* 1997). Het is opvallend dat de opname bij behandeling D afwijkend is en verhoudingsgewijs veel hoger stijgt met de Na concentratie. Dit is zowel bij de biomassa berekening als via de gift-drain methode. Voor de biomassa volgt dit logischerwijze uit de verhoudingsgewijs hoog Na gehalten in oudere bladeren en bloemstelen. Verder is ook opvallend dat de behandelingen met meestijgende EC beide een lagere Na opname laten zien dan gemiddeld te verwachten zou zijn uit de regressie functie.

Er is aanvullend een berekening gemaakt van beide regressielijnen met weglating van behandeling D, vanwege het afwijkende gedrag in Na opname (Figuur 3.19).



Figuur 3.19 Na-opnameconcentratie (mmol/l) in relatie tot de Na-concentratie in de drain, berekend op basis van de toegediende hoeveelheden Na (rechts) en uit de droge stof en analyses van biomassa (links); berekend met alle behandelingen (bovenste twee grafieken) en zonder behandeling D (onderste twee figuren). De rood omcirkelde punten betreffen de behandelingen E en F (Na met stijgende EC).

4 Discussie

4.1 Na en EC-effecten

In dit onderzoek naar de gevoeligheid voor Na in het wortelmilieu bij roos is geprobeerd om de twee aspecten te belichten die bij verzouting altijd een rol spelen: namelijk het osmotische effect (EC-verhoging) en het specifieke effect (antagonisme van ionen, in dit geval Na). Dit is van belang, omdat in de praktijk bij het oplopen van Na er twee opties zijn: de EC wordt gelijk gehouden, omdat dit een belangrijke parameter is voor de gewasconditie/teeltresultaat, of de concentraties van de voedingselementen worden gelijk gehouden. In het eerste geval zal het oplopen van Na betekenen dat de concentraties van de kationen (K, Ca en Mg) onherroepelijk zullen dalen, in het tweede geval zal de EC evenredig stijgen met Na. Dit onderzoek heeft wat dat betreft duidelijkheid gebracht: het gelijk houden van de EC gaf een significante verlaging van de productie als Na stijgt tot 12 mmol/l (behandeling D). Dezelfde concentratie Na, maar waarbij de EC evenredig opliep gaf echter géén betrouwbaar negatief effect op de productie. Ook was er geen betrouwbaar verschil tussen beide behandelingen met 8 mmol/l Na, met verschil in EC (C en E). Dit is op zichzelf een heldere uitkomst en waarmee een duidelijk advies richting praktijktoepassing kan worden gegeven, namelijk laat de EC bij oplopend Na in de drain meestijgen met Na. Niettemin geven de resultaten nog wel aanleiding voor enige discussie.

De eerste gedachte bij de resultaten zal kunnen zijn dat dit effect zal samenhangen met een tekort aan K, immers de K concentratie daalde vanaf het begin sterk bij behandeling D en was de gehele teelt erg laag. Toch geven de gewasanalyses aan dat er wel een daling is van de K-gehalten, maar niet in extreme mate en waren ook nog op een niveau waarbij geen sprake is van een K-tekort. Opvallend was wel dat de gehalten aan Na in de verschillende gewasonderdelen, bij deze behandeling verhoudingsgewijs veel hoger waren dan bij de andere behandelingen. Dit was disproportioneel ten opzichte van de aangeboden Na concentraties bij de wortel. Klaarblijkelijk is dus niet alleen een absolute concentratie aan K of Na van belang, maar gaat het ook, of misschien wel vooral om de verhouding tussen deze twee ionen. Uit literatuur rond de fysiologie van plantenvoeding is bekend dat de opname van K een actief proces is, waarbij enerzijds voor K specifieke uniports (tunnelvormige eiwitten) het transport over de celmembraan verzorgen, en daarnaast ook de meer algemene (niet-selectieve) uniports voor kationen een rol spelen. Bij een hoog Na aanbod verschuift in de eerste plaats de opname van de niet-selectieve uniports van overwegend K naar Na ionen³. Bij nog sterkere stijging van Na zal ook de K opname via de selectieve uniports gehinderd worden omdat Na de plaats inneemt van de K ionen. Vermoedelijk is in het geval van behandeling D de grens bereikt waarbij de verhouding K/Na dusdanig is geworden dat de K opname beperkend is geweest. Dat er toch niet een extreem laag K in de gewasmonsters is gevonden zou verklaard kunnen worden uit de lagere groei, waarbij de plant ervoor zorgt dat de beperktere K-opname verdeeld wordt over minder biomassa; er treedt als het ware verdunning op in de plant. Overigens wordt Na ook weer actief uit cellen gepompt, en via het floëem bij de wortels weer uitgescheiden. Dit is een energie-vragend proces, wat mogelijk ook heeft bijgedragen aan de vermindering van de groei bij behandeling D.

Opvallend detail is verder dat de Ca opname, in tegenstelling tot wat vaak beweerd wordt, niet negatief beïnvloed is, in tegendeel, de Ca gehalten waren vaak hoger bij het stijgen van Na. Een verklaring voor dit verschijnsel is niet direct voorhanden. Het zou mogelijk te maken kunnen hebben met de lagere concentraties aan K of Mg, die inherent zijn aan de gekozen proefopzet, die dan minder antagonisme geven voor de Ca opname en verdeling in de plant.

³ Achtergrondinformatie over de interactie van Na op de opname van ionen is ontleend aan de uitvoerige studies van Tester & Davenport, 2003; Munns en Tester (2008).

Het EC-effect vraagt nog wat verdere uitleg. Uit deze resultaten blijkt er geen significant negatief effect te zijn van een verhoging van de EC tussen de gehanteerde streefwaarde van 2.2 en een stijging tot 3.4 vanwege Na. Niettemin lijkt er ogenschijnlijk een daling van de productie, gemiddeld zijn de behandelingen E en F ca 10% lager dan beh. A. De spreiding tussen de afzonderlijke proefvakken (herhalingen) is echter dusdanig groot dat dit verschil niet significant is. Er kan dus niet worden vastgesteld dat er een EC effect is. Bovendien valt de productie tussen behandeling E en F ook vrijwel gelijk. Als er een EC effect zou zijn, zou ook beh F lager moeten uitkomen dan E, door de 0.4 mS/cm hogere waarde bij F. Dit resultaat is opvallend omdat in de praktijk de heersende mening is dat EC-waarden boven een EC van 2.5 voor roos problemen zou geven. Toch is ook uit ouder onderzoek wel gebleken dat roos niet super zoutgevoelig is en wat dat betreft wel een wat hogere EC-waarde aankan (De Kreij en van den Berg, 1989; Baas *et al.* 1997).

4.2 Na opname

In eerdere proeven met roos was al gevonden dat het gewas roos erg weinig Na opneemt. Baas *et al.* (1997) geeft waarden van rond de 0.9% van de heersende Na concentratie en een regressie coëfficiënt van 0,009 wat dus betekent een opnameconcentratie van 0.009 mmol Na/l per mmol Na/l stijging in het wortelmilieu (berekend via biomassa). In deze proef is een nog wat lagere Na opname vastgesteld, namelijk een regressie coëfficiënt van 0,0051. De berekening van de opname via biomassa is veel lager dan die berekend via de gift-drain methode. Volgens de wet van behoud van massa zou dit uiteraard niet kunnen, maar wordt dit fenomeen vrijwel altijd gevonden in balansstudies. Er lijkt altijd minder door het gewas te worden opgenomen als dit via de biomassa wordt bepaald dan volgens de registraties aan water en mineralenverbruik had moeten worden opgenomen (Heinen *et al.*; 1996). Nog altijd is er geen sluitende verklaring gevonden, want zelfs bij laboratoriumomstandigheden is de balans niet sluitend (Shamsi, 2020). Er worden bij dit soort onderzoeken altijd een aantal oorzaken benoemd, die ook voor dit experiment gelden: de bepaling van biomassa en droge stof leidt tot enige verliezen, de analyses van zowel het gewas als de wateranalyses zijn niet altijd correct. Voor de biomassa speelt mee dat de analyses in blad, bloemstelen meestal onder de detectiegrens uitkwamen, er is wel uitgegaan van een niveau net onder die detectiegrens, maar mogelijk was dit ook veel lager. De fout die hiermee gemaakt wordt is echter relatief klein, omdat de Na inhoud in het gewas sowieso erg laag is. Andere redenen voor afwijkingen kunnen zijn: uitgangswater concentratie aan Na is geschat (uit bemonsteringen en historische data is een schatting gemaakt). Na in meststoffen is niet bepaald (maar uit parallelle data bekend dat dit verwaarloosbaar is). Bij de biomassa zijn noodgedwongen steekproeven genomen van de afvoerposten (droge stof oud blad, stengels stronken) Ook is een deel biomassa met gewasonderhoud verloren gegaan en is niet gekwantificeerd: pluizen, knoppen gebroken uit dunnen takken voor het inbuigen, knoppen gebroken die uit het ingebogen bladpakket ontwikkelen, stengelmateriaal bij het onderdoor knippen). Echter, de onverklaarde extra verliezen via biomassa moeten wel zeer groot zijn om het verschil met gift-drain goed te maken. Dat de verschillen tussen beide methodieken in het geval van deze proef groot is heeft daarom waarschijnlijk veel meer te maken met niet goed meetbare verliezen, zoals het weglekken uit druppelaars en goten. Weliswaar is een schatting gemaakt van deze verliezen door de water verbruiken van de behandelingen onderling te vergelijken, maar het is te verwachten dat er sowieso verschillen in gewasverdamping zijn geweest. Het gelijktrekken van de water verbruiken door de aanname dat het verschil 'lekkage' is geweest is dus ook niet realistisch. Het blijft daarom onduidelijk welke factoren het verschil tussen beide methodes zo groot heeft gemaakt. Ook bij het aangehaalde onderzoek van Baas *et al.* (1997) was er een groot verschil met de berekende Na opname via de water- en mineralenbalans (gift – restanten), die neerkwam op een drie – zevenmaal hogere opname. In deze proef is het verschil met bijna 3.5 keer van dezelfde orde van grootte. Ook in de proef van Baas *et al.* (1997) kon het verschil niet verklaard worden en werd dit toegeschreven aan het onvoldoende goed kunnen analyseren van Na in de lage concentratiegebieden van zowel de voedingsoplossing als van het gewas.

De proef bevestigt in ieder geval duidelijk dat roos zeer weinig Na opneemt. De gehalten in de bovengrondse delen zijn allemaal laag tot extreem laag, en vaak zelfs beneden de detectiegrens van de laboratoria. Opvallend is dan de wat hogere Na gehalten in de "ondergrondse" delen (de stronken wat in dit geval bestond uit de onderkant van de plant vanaf de mik (snoeistompen) met een ondergronds deel bestaande uit de hoofdwortels). Uit de literatuur is bekend dat zich in het wortelgedeelte, of het onderste stengeldeel van een plant Na kan ophopen. De Na die uit de cellen wordt gepompt blijft voor een deel "hangen" in de onderste delen van de plant, omdat het via de wortel uitscheiden van de eerder opgenomen Na ionen gedreven wordt door het concentratieverschil tussen binnen en buiten de wortel (Munns and Tester 2008). Voor de interpretatie van deze cijfers voor de praktijk is het realistisch om bij de opnameberekening, zowel voor de biomassa methode als voor de waterbalansmethode behandeling D buiten beschouwing te laten. Immers de disproportionele Na gehalten in bladeren en stengels zouden veroorzaakt kunnen zijn door het te lage K aanbod en zou de mogelijk oorzaak kunnen zijn voor de significant lagere productie. Omdat behandeling F, met hetzelfde hoge Na aanbod géén significant effect liet zien op productie en ook niet de disproportionele Na-opname lijkt het alleszins aannemelijk dat de hoge Na-opname bij D niet realistisch is om mee te nemen in de berekening. Uiteindelijk blijkt de berekening mét en zonder D voor de theoretische opname in absolute zin niet heel veel verschil te maken, namelijk 0.0013 en 0.0042 mmol/l per mmol/l voor resp. de biomassa en waterbalans methode, niettemin is dit ca 25%. Naarmate een gewas langer geteeld wordt, is te verwachten dat in de stronk ophoping van Na zal plaatsvinden. Of deze ophoping in de pas loopt met de gelijktijdige toename in biomassa en of dit dus ook leidt tot hogere Na gehalten in de stronk is op grond van de beperkte waarnemingen in deze proef niet te zeggen. Er kan dus niets worden gezegd over het lange termijn effect van de ophoping van Na in stronken op productie en kwaliteit van roos.

5 Conclusie

1. Verhoging van de Na concentratie in het wortelmilieu (de drain) tot 8 mmol/l had geen negatief effect op de productie in vergelijking met een referentie concentratie van (gemiddeld) minder dan 2 mmol/l.
2. Verhoging van de Na concentratie in het wortelmilieu (de drain) tot 12 mmol/l, waarbij de totale EC-waarde gelijk werd gehouden gaf een significant lagere productie dan de referentie door een lager aantal takken/m².
3. Verhoging van de Na concentratie in het wortelmilieu (de drain) tot 12 mmol/l, waarbij de EC-waarde proportioneel meestee, en de concentratie kationen gelijk werd gehouden gaf echter geen negatief effect op de productie.
4. De verhoging van de EC-waarde van 2.2 tot 3.4 mS/cm had geen significant effect op de productie.
5. De verhoging van Na had geen effect op de bloemkwaliteit (lengte, kleur, knopkwaliteit, vaasleven) wel waren de takken bij de hoogste Na behandeling en gelijkblijvende EC significant wat zwaarder.
6. De behandelingen met stijgend Na vertoonden een snelle en sterke uitputting van K in de drain, en ook waren er lagere gehalten aan K in blad en bloemstelen, vooral bij de behandelingen met gelijkblijvende EC, echter niet zodanig dat dit een indicatie was van K-gebrek.
7. De Ca-gehalten waren niet negatief beïnvloed, eerder was er sprake van een lichte stijging van de Ca gehalten.
8. De Na gehalten in de plantendelen zijn extreem laag en in veel gevallen niet detecteerbaar. Uitzondering waren de Na gehalten bij de behandeling met 12 mmol Na/l en gelijke EC, die verhoudingsgewijs veel meer Na bevatten dan alle andere behandelingen echter nog altijd zeer laag in vergelijking met alle andere in dit onderzoek onderzochte gewassen.
9. De opname van Na is zeer laag, de indicator voor de opname is de opnameverhouding tussen Na-opnameconcentratie door de plant en de Na-concentratie in het wortelmilieu. Deze waarde is – afhankelijk van de meetmethode – veel lager dan 0.1 mmol/l per mmol Na/l in het wortelmilieu.
10. Er zijn daarbij grote verschillen gevonden tussen de twee manieren van berekenen van de Na -opname, via biomassa of de water-mineralenbalans. en bedraagt resp. 0.0031 en 0.0144 mmol/l per mmol/l in het wortelmilieu. Dit kan ook uitgedrukt worden als 0.38% of 1.44% van de heersende concentratie aan Na bij de wortels. Voor deze berekening zijn de uitkomsten van behandeling D, (12 mmol/l en gelijke EC) weggelaten.
11. Concreet betekent dit dat de Na-concentratie in het uitgangswater feitelijk niet hoger mag zijn dan de Na-opnameconcentratie bij de maximale Na-concentratie in het wortelmilieu.
12. Concreet betekent dit dat bij toepassing van de 'biomassa opname', met een Na-opnameverhouding van 0.38%, en een maximaal acceptabele grens van 8 mmol/l, de aanvoerconcentratie rekenkundig gezien, niet hoger mag zijn dan 0.03 mmol/l. Bij toepassing van de 'waterbalans opname', met een Na-opnameverhouding van 1.44%, zou de aanvoerconcentratie maximaal 0.12 mmol/l mogen zijn. Dit alles is inclusief de input via meststoffen.
13. De tot nu toe gehanteerde grenswaarden voor roos van 6 mmol Na/l kan veilig worden verhoogd tot 8 mmol/l, mits de K concentratie in de drain bewaakt wordt en zonodig extra K wordt gedoseerd.
14. Tijdelijke piekwaarden van 12 mmol Na/l als bovengrenswaarde zullen nog niet direct leiden tot productieverlies mits ook de K dosering wordt aangepast en men de EC laat meestijgen met Na. Hierbij moet worden opgemerkt, dat niet bekeken is wat het lange termijn effect is van Na ophoping in de stronk.

6 Interpretatie en aanbeveling voor de praktijk

De resultaten laten zien dat er meer ruimte is voor stijgende Na concentraties dan tot nu toe was aangenomen. De maximaal toelaatbare Na-grenswaarde was officieel vastgesteld op 6 mmol/l, maar onder telers waren er ook opvattingen dat 4 mmol/l al problematisch kon zijn. Ook in eerdere studies was al aangetoond dat Na concentraties tot 12 mmol/l, geen significante productiedaling gaven (Baas *et al.* 1997). Wel bleek uit voorgaande proeven de ook in dit onderzoek gevonden zeer lage opnamecapaciteit van Na door roos. De praktische betekenis is het volgende: In een gesloten teeltsysteem zal zelfs al bij (relatief geringe) 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 niet meer dan ca 0.01 mmol per liter geabsorbeerd water. Regenwater in het westen van Nederland bevat al snel 0.1 tot 0.2 mmol/l Na, wat dus meer is dan het opnamevermogen van de plant. Bij gebruik van zeer schoon regenwater zal Na daarom toch aanvankelijk snel ophopen. Omdat ontzilt water via omgekeerde osmose (RO) vaak ook wat rest-zout bevat, kan er ook wat ophoping van Na worden verwacht bij het gebruik van RO-water. Kortom, zelfs met relatief goed irrigatiewater zal bij roos snel Na accumulatie plaatsvinden. Dit bleek ook in deze proef, waar bij behandeling A (regenwater + RO-water met ca. 0.15 mmol/l Na) al snel moest worden gespuid.

De resultaten maken echter duidelijk dat er tot 8 mmol/l in het wortelmilieu geen nadelige effecten worden verwacht als de streef-EC gelijk wordt gehouden en indien de EC meestijgt met de Na gehalte. Zelfs tot 12 mmol/l Na waren er dan geen problemen. De opname van Na is dan – afhankelijk van de gehanteerde rekenmethode ongeveer 0.03 (biomassaopname) tot 0.12 mmol Na/.

Of dit genoeg is om te voorkomen dat de Na concentratie verder oploopt zal de praktijk moeten uitwijzen. In deze proef bleek bij behandeling A, vanaf het moment dat er niet meer gespuid werd, na aanvankelijk een snelle stijging in de Na concentratie er toch stabilisatie op te treden rond 1.5 à 2 mmol/l. Toch is het duidelijk dat er weinig concessies mogelijk zijn. Bij water van mindere kwaliteit, d.w.z. met meer dan 0.4 mmol/l Na, zijn alternatieve maatregelen onvermijdelijk. Dit zijn maatregelen als het selectief verwijderen van Na, het evt. zoeken aan alternatieve schonere bronnen, - (in geval van toepassen van RO-installaties ook het plegen van onderhoud of mogelijk vervangen van membranen) of uiteindelijk spuien van drainwater na zuivering.

Dit onderzoek wijst uit dat van belang is dat de concentratie voedingselementen (EC -voeding) bij oplopend Na in de drain meestijgt. Om de mogelijk negatieve effecten van te sterke EC stijging te voorkomen is dan aan te bevelen om bij stijgend Na, de EC niet evenredig te laten stijgen, maar bijvoorbeeld voor de helft van de stijging van de Na concentratie. Omdat ook beh C -waarbij K ook gedaald is maar klaarblijkelijk niet tot een desastreus niveau- geen significant verschil liet zien in productie is dit een veilige conclusie. Concreet: elke mmol/l meer Na, betekent dan 0.05 mS/cm stijging van EC, dus bij een maximale Na concentratie van 8 mmol/l wordt dit 0.4 mS/cm stijging

Het is ook wel duidelijk dat bij toenemende Na-concentraties de buffer aan kationen, met name K sterk af kan nemen. Frequentie analyse en aanpassingen van het recept wordt dan aanbevolen.

Literatuur

Baas, R., van de Berg, T.J.M., Braamhorst, P., 1997.

Natrium-ophoping bij roos 'Madelon': effecten op productie, kwaliteit en nutriëntenopname. Rapport 87 PBG-Aalsmeer.

De Kreijl, C., T.J.M. Van den Berg, 1989.

EC, productie, kwaliteit en mineralenbalans bij roos geteeld in steenwol. PBN Rapport 80.

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>

Shamsi, M., 2020.

Investigating mineral balance for plant nutrient with especial focus on sodium balance in closed cultivation system. MSc thesis: HPP-80436, Wageningen University & Research.

Sonneveld, C. and Van der Burg, A.M.M., 1991.

Sodium chloride salinity in fruit vegetable crops in soilless culture. Neth. J. Agric. Sci. 39:115-122.

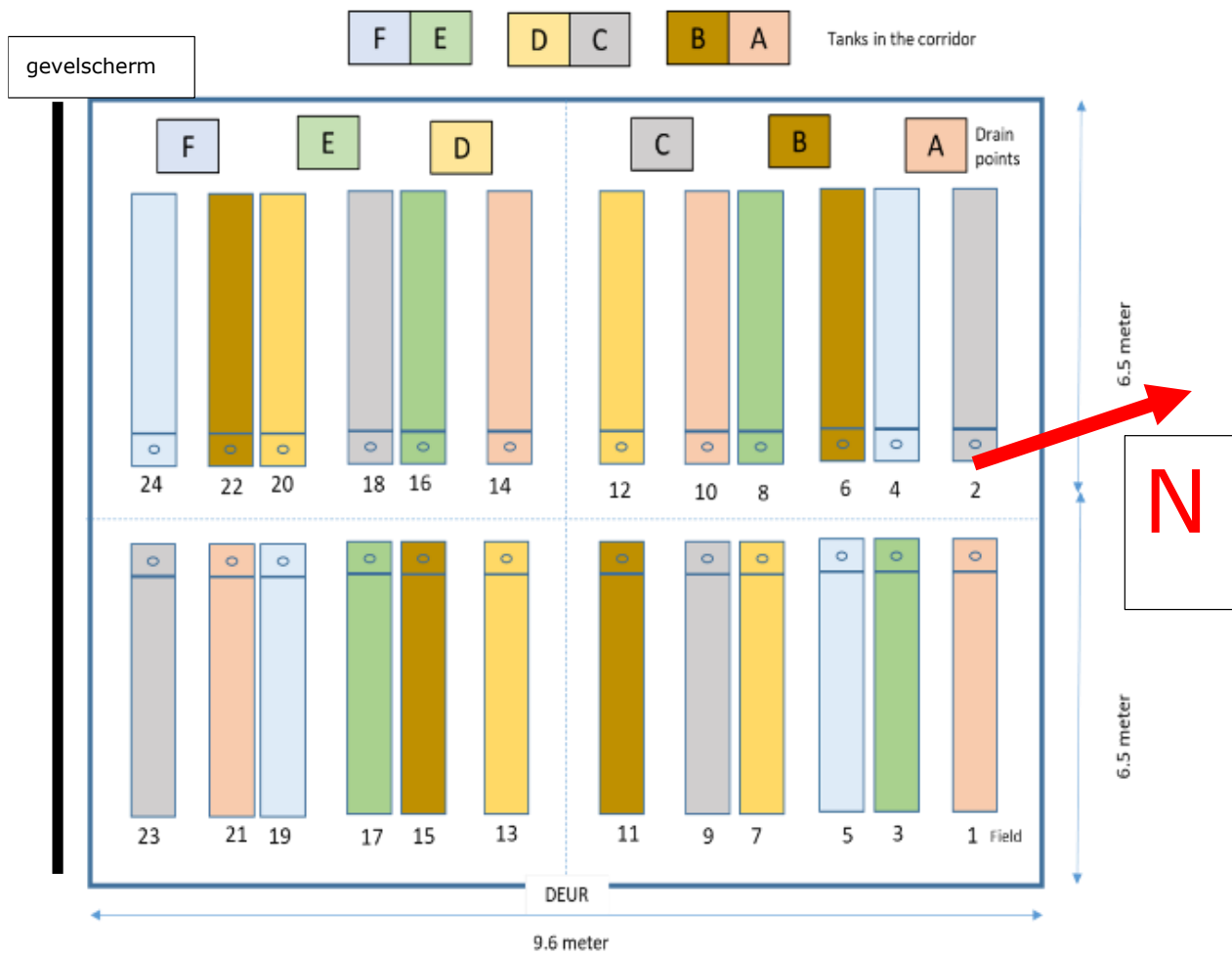
Tester, M., Davenport, R.J., 2003.

Na⁺ transport and Na⁺ tolerance in higher plants. Ann.Bot. 91:503–27

Voogt, W., Os, E.A. van, 2012.

Strategies to manage chemical water quality related problems in closed hydroponic systems. In: ISHS 28th Int. Horticultural Congress - Science and Horticulture for People (IHC 2010): International Symposium on Greenhouse 2010 and Soilless Cultivation. - Acta Horticulturae 927. - p. 949 - 955.

Bijlage 1 Plattegrond proef



Bijlage 2 Lichtverdeling

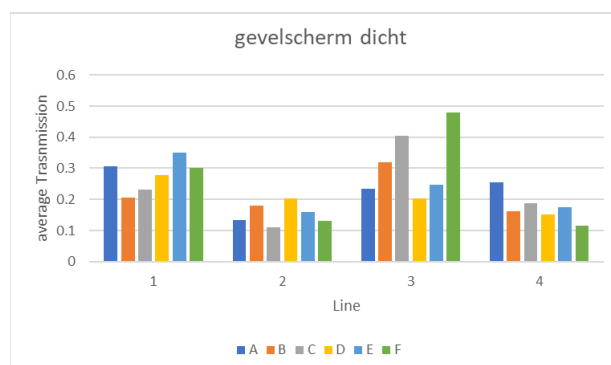
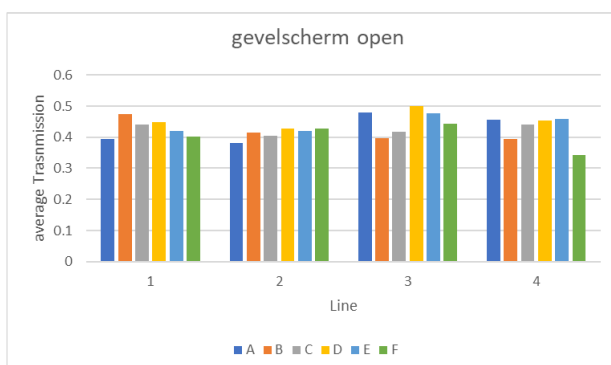
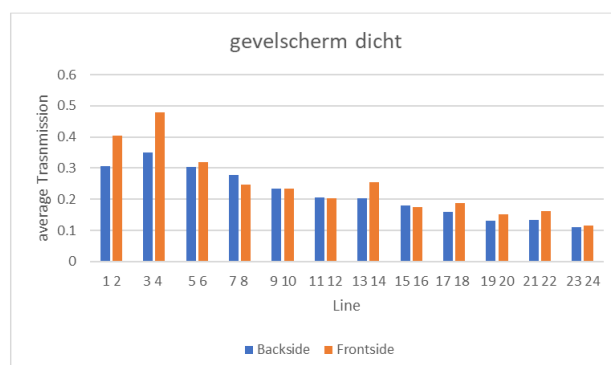
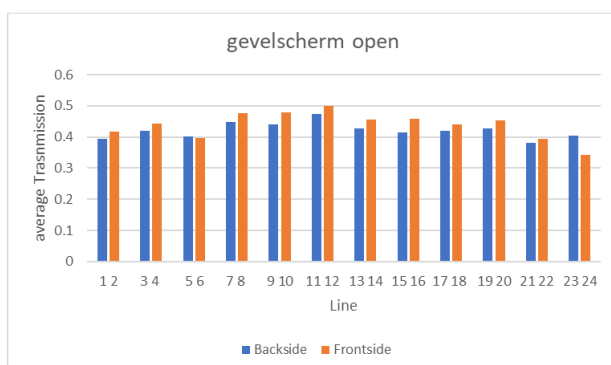
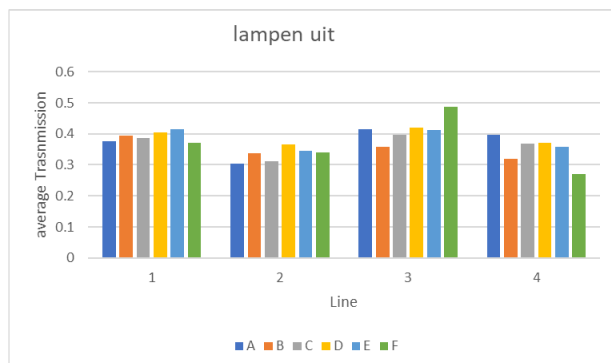
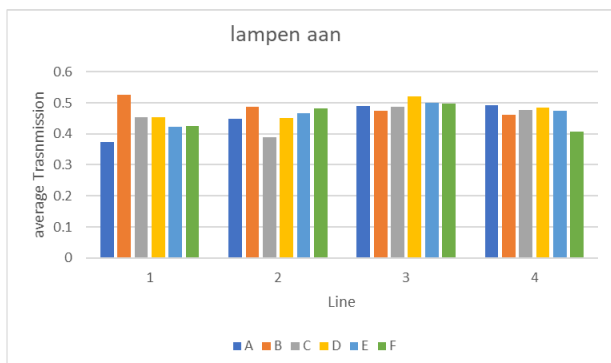
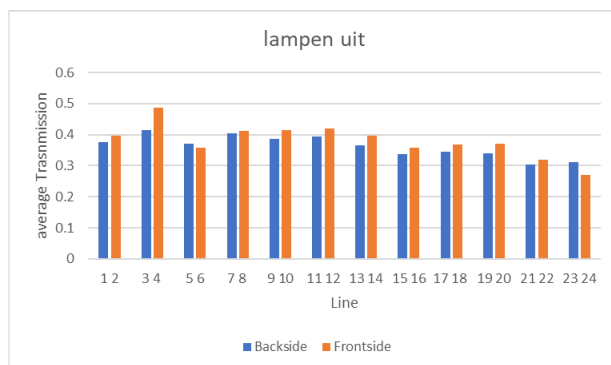
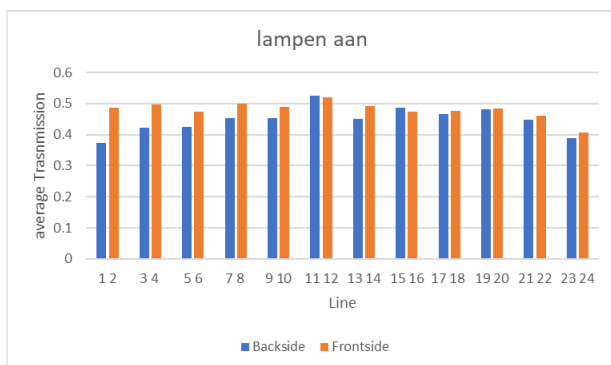
De resultaten van de metingen aan lichtverdeling, samengevat in tabellen en grafieken. Het blijkt dat de grootste verschillen ontstaan bij een situatie met het gevelscherm dicht, hierbij is ook de gemiddelde transmissie het laagst. Ook bij de situatie met lampen uit en een direct licht is de spreiding het grootst.

Tabel B2.1 De vijf onderzochte situaties, met de gemiddelde transmissie, en de minimum en maximumwaarde.

Scenario	Gevelscherm	Son-T	Bewolking	Bovenscherf	Gemiddeld	Minimum	maximum
1	open	uit	Helder	open	34.1%	15.7%	56.2%
2	open	aan	Helder	open	46.4%	37.3%	52.6%
3	open	uit	diffuus	open	44.7%	39.0%	47.8%
4	dicht	uit	Helder	open	23.0%	10.9%	47.9%
5	open	uit	diffuus	dicht	44.7%	39.0%	47.8%

Onderstaande figuren geven de meetresultaten, telkens gegroepeerd per veld in de bovenste grafiek en gegroepeerd naar behandeling over de vier herhalingen (zie voor de corresponderende veldnummers en verdeling van de herhalingen de plattegrond op Bijlage 1). Ter oriëntatie: de laagste veldnummers liggen aan de N kant en de even nummers aan de W kant. De hoogste nummers hebben daarom last van het gevelscherm (indien gesloten).





Concluderend: het gevelscherm heeft de grootste effecten op de verdeling van de straling bij zonnig weer en geeft grote verschillen. De SON_T lampen zorgen voor een sterke vereffening. De meest uniforme verdeling is er bij diffuus licht.

Tenslotte kan ook geconcludeerd worden dat door het blok-effect (alle behandelingen komen even vaak voor in voor – achterzijde en Noord-Zuid locatie) alle behandelingen in nagenoeg dezelfde mate worden benadeeld/ bevoordeeld door schermen, locatie en lampen.

Voor de productie-effecten zijn een aantal benaderingen gemaakt van de lichteffecten (zie 3.4).

Bijlage 3 Evaluatie productie en licht

Productie roos Avalanche in kas 6.02 i.r.t. licht (Nieves Garcia 9/4/2021)

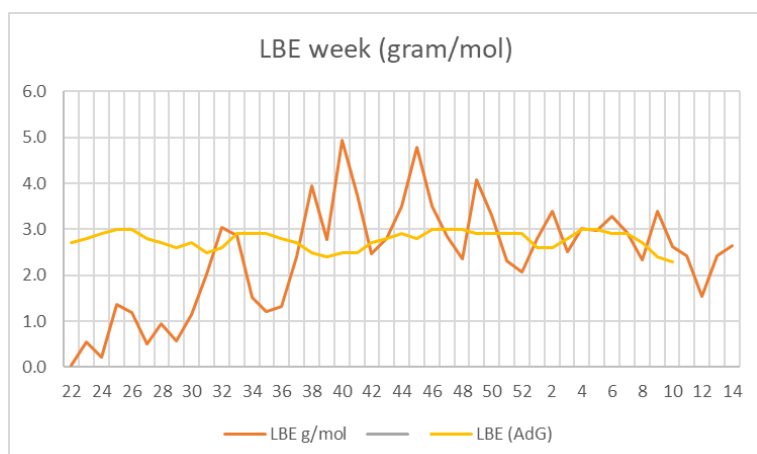
Uit de data van de PAR meter in kas 6.02 kunnen we zien dat we in vergelijking met de praktijk relatief donker hebben geteeld. Dat komt enerzijds doordat de afdeling "ingebouwd" zit tussen twee afdelingen die de gevelschermen permanent dicht moeten houden, waardoor de kastransmissie laag is (45%) en anderzijds door een relatief lage intensiteit van de belichting. De gemeten PAR licht som in de kas (Figuur B3.2) is daarom lager dan bij een praktijkbedrijf (waar zowel zomer en winter minstens 20 Mol PAR per dag worden gehaald).

Om te kunnen vergelijken met de praktijk moeten we dus voor het lichtverschil corrigeren; dit kunnen we doen door de productie uit te drukken in grammen oogstbare roos per mol licht, ook bekend als de Licht Benutting Efficiëntie of LBE.

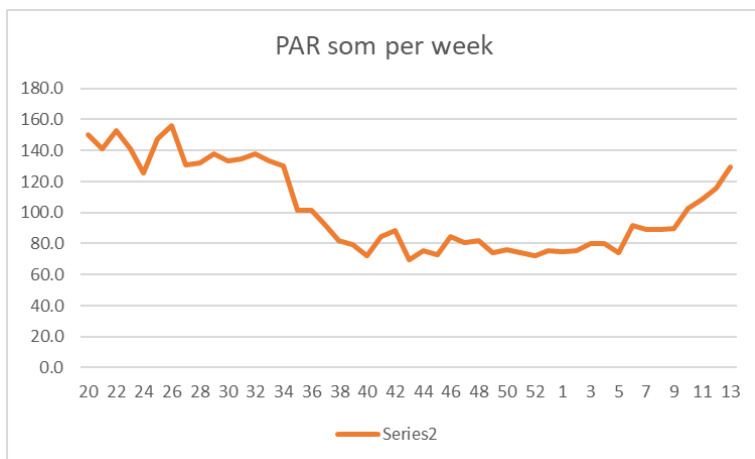
Over de volledige periode dat er rozen zijn geoogst, dat is vanaf week 22 van 2020 tot en met week 14, 2021, is met 4533 Mol licht/m², 9.9 Kg/m² roos geoogst. Dit is een LBE van 2.2 gram/mol.

Ter vergelijking twee referenties:

- In een eerdere proef in de praktijk met een ouder gewas Avalanche behaalden we een LBE van 2.2 gram/mol; je zou kunnen concluderen dat de productie in kas 6.02 in relatie tot het ontvangen licht niet onder doet voor die van een praktijk gewas. Er zijn wel twee kanttekeningen: dit was alleen over de winterperiode (week 40 tot week 13) en het gewas was ouder, dus productiever.
- Het gewas Avalanche uit een andere proef (Perfecte Roos, onder leiding van Arie de Gelder) heeft over bijna dezelfde periode (week 22 tot week 10) een LBE behaald van ruim 2.7. Dat is zeker meer dan we in 6.02 halen, maar wel voor een ouder gewas. In de grafiek (Figuur B3.1) is het verloop van de LBE per week getoond voor beide proeven. Daarin is te zien dat we pas vanaf week 22 gestart zijn met oogsten, en bij de start is de LBE logischerwijs lager. Het eerste jaar duurde het in de Perfecte Roos proef van planten april tot november voordat de LBE rond de 3 kwam. Een ander belangrijk verschil tussen deze beide proeven is het snee effect. We zien in de data uit kas 6.02 een sterke snee effect. Dit gewas is in een keer geplant, anders dan in een praktijk kas, waar de planten in fases geplant worden juist om dit snee-effect te vereffenen.



Figuur B3.1 LBE in gram/mol per week, in kas 6.02 (oranje lijn) in vergelijking met een ouder Avalanche gewas uit een andere proef.



Figuur B3.2 PAR licht som per week in kasafdeling 6.02.

Bijlage 4 Gewasanalyses

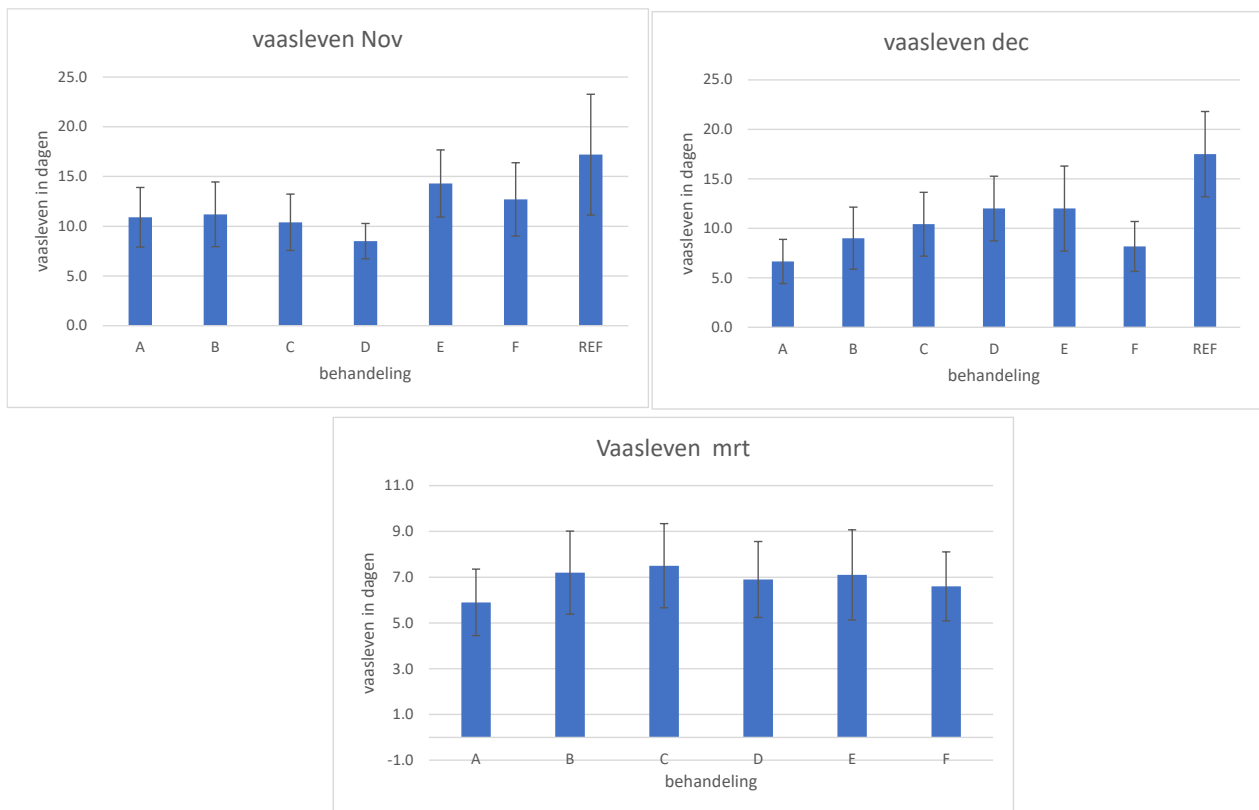
Analyseresultaten gewasonderdelen; anionen. alle gehalten in mmol/kg d.s

Orgaan	Detail	Behandeling	N-totaal	Cl	S-totaal	P
blad	jong	A	2545	40	70	125
		B	2529	42	69	119
		C	2473	41	68	119
		D	2465	46	66	113
		E	2502	44	66	115
		F	2463	43	68	122
	oud	A	1556	60	52	180
		B	1425	68	49	165
		C	1474	66	49	165
		D	1471	64	47	151
		E	1531	74	50	165
		F	1507	64	49	167
bloem		A	1680	76	50	87
		B	1690	76	50	87
		C	1660	79	50	84
		D	1510	79	50	81
		E	1590	76	50	84
		F	1630	79	50	87
bloemsteel		A	940	17	34	94
		B	1090	17	34	97
		C	960	17	34	90
		D	970	17	31	90
		E	1090	17	34	97
		F	1150	17	34	97
ingebogen stengel		A	620	28	14	101
		B	675	34	17	105
		C	660	30	13	99
		D	480	53	13	105
		E	665	40	17	100
		F	590	35	13	95
stronk		A	1115	19	31	167
		B	1190	25	40	202
		C	1230	28	37	191
		D	1170	34	45	173
		E	1245	25	45	175
		F	1270	33	40	199

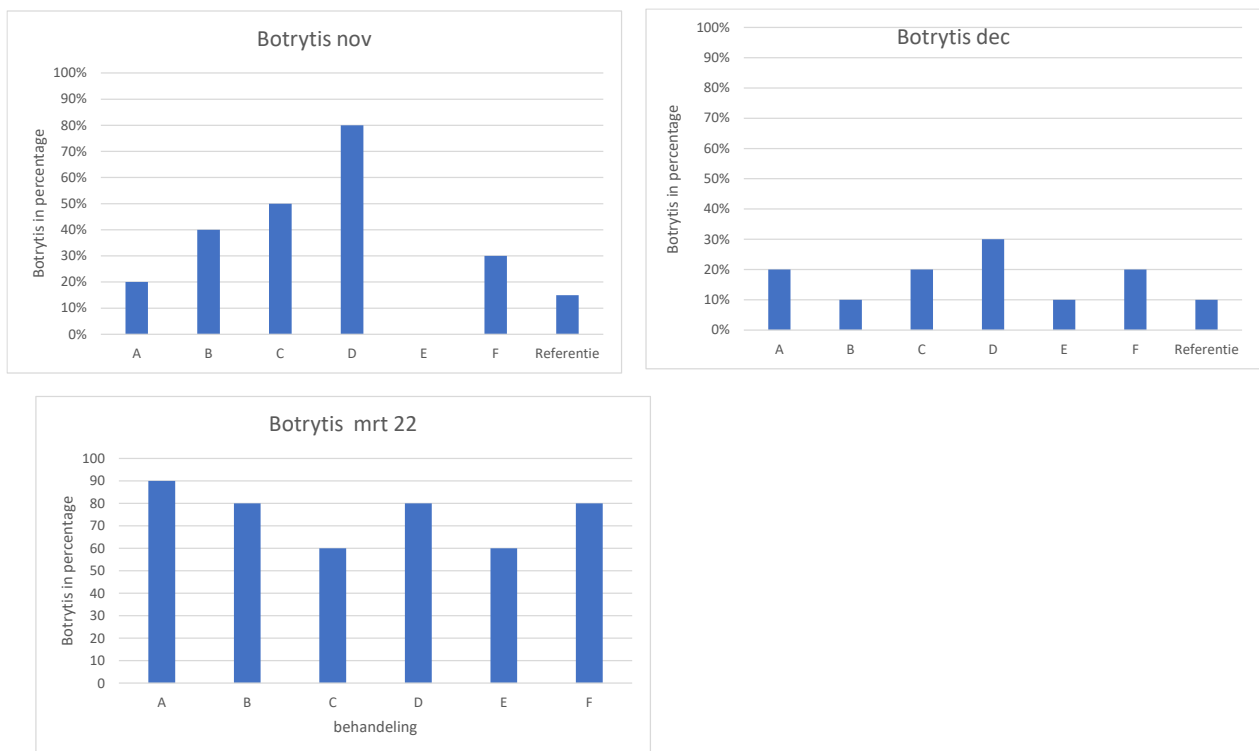
Analyseresultaten gewasonderdelen; spoorelementen. Alle gehalten in µmol/kg d.s

Orgaan	Detail	Behandeling	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
blad	jong	A	1314	1310	329	4360	40	34
		B	1321	1110	327	3098	40	30
		C	1224	1119	313	3081	39	28
		D	1221	932	318	1944	37	32
		E	1314	959	307	2356	39	28
		F	1207	1109	311	3228	39	26
	oud	A	1744	3098	439	14288	42	22
		B	1719	2474	359	6712	39	21
		C	1694	2431	299	7188	41	19
		D	1525	2007	311	5434	37	20
		E	1644	2148	337	6464	40	20
		F	1981	2770	385	8249	42	18
bloem		A	800	710	474	1600	36	10
		B	800	640	459	1540	39	14
		C	700	670	474	1640	33	14
		D	700	530	444	1340	30	15
		E	800	620	474	1460	35	14
		F	700	640	459	1510	39	13
bloemsteel		A	600	328	570	1790	41	4
		B	600	309	540	1560	41	6
		C	600	328	570	1710	38	5
		D	500	218	459	1220	36	6
		E	600	291	520	1330	43	5
		F	600	309	570	1600	47	5
ingebogen stengel		A	1100	555	545	1650	5	31
		B	800	502	545	1810	6	24
		C	750	401	530	1400	6	23
		D	900	428	459	1415	8	24
		E	850	373	421	1385	6	28
		F	750	483	530	1475	5	32
stronk		A	21500	691	268	3115	80	114
		B	31500	840	314	3585	97	166
		C	28500	780	375	3285	120	177
		D	37000	1025	367	2905	129	104
		E	21000	620	276	2855	105	127
		F	24000	690	321	3480	118	168

Bijlage 5 Vaasleven



Figuur B5.1 Resultaten van de beoordelingen van vaasleven van de drie testen.



Figuur B5.2 Percentage bloemen die tijdens het vaasleven botrytis ontwikkelden voor ieder van de drie testen op vaasleven.

Bijlage 6 Beelden kwaliteit

Foto's van de bloemen bij het begin van de test op vaasleven (nov 2020)

A



B



C



D



E



F



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-1221

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