Effecten van Na ophoping in de drain bij tomaat (proef 2018)

Vaststellen van de schadedrempel voor Na in het wortelmilieu bij tomaat met recirculatie

Wim Voogt en Romain Leyh

Rapport WPR-825

WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH

TOPSECTOR TUINBOUW & UITGANGSMATERIALEN

Stichting Programmafonds Glastuinbouw

Referaat
Het effect van natriumophoping op de groei en productie van tomaat werd getest in een proef in steenwol met volledige recirculatie. Vier behandelingen met Na concentraties van 5 tot 20 mmol/l en twee met 15 mmol/l en een aangepaste K/Ca verhoudingen werden getest in een teelt van 8 maanden. Er werden geen betrouwbare effecten op de productie of kwaliteit (houdbaarheid of smaak) gevonden. Er was een geringe neusrotaantasting, maar die hing niet duidelijk samen met Na. Op grond van de resultaten van deze proef kan de grenswaarde voor spui worden verhoogd van 8 naar 15 mmol/l. De opnameconcentratie was lineair met de aangeboden Na en is met ca 0.8 mmol/l bij 10 mmol/l Na op een redelijk hoog niveau, waardoor er bij gebruik van alleen regenwater of van water van vergelijkbare kwaliteit geen problemen te verwachten zijn. Op grond van deze resultaten mag worden verwacht dat bij tomaat een volledig gesloten teelt mogelijk bij een Na concentratie van minder dan 0.8 mmol/l in het toegepaste water.

Abstract
The effect of sodium accumulation on the growth and production of tomato was tested in a test in stone wool with full recirculation. Four treatments with concentrations of 5 to 20 mmol/l and two with 15 mmol/l and adapted K/Ca ratios were tested in an 8-month cultivation. No significant effects on production or quality (shelf life or taste) were found. There was a slight Blossom End Rot incidence, but it was not clearly related to Na. Based on the results, the maximum acceptable limit for Na can be increased from 8 to 15 mmol/l. The uptake concentration was linear with the Na-concentration and is with approx. 0.8 mmol/l at 10 mmol/l at a fairly high level. Consequently there are no problems to be expected when using only rainwater or water of equal quality. On the basis of these results, it may be expected that when water is applied below 0.8 mmol/l Na, full closed systems can be applied.

Rapportgegevens

Rapport WPR-825
Projectnummer: 3742 266700
DOI: https://doi.org/10.18174/548281
Thema: water en nutriënten efficiëntie

Disclaimer

© 2021 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	**Introductie**	**7**
	1.1 Achtergrond	7
	1.2 Doel	7
	1.3 Aanpak	7
2	**Materiaal en Methoden**	**9**
	2.1 Teeltomstandigheden	9
	2.2 Proefopzet	9
	2.3 Wekelijkse aanpassingen Na en voeding	10
	2.4 Metingen	11
3	**Resultaten**	**13**
	3.1 Drainconcentraties	13
	3.2 Productie	17
	3.3 Nutriëntengehalten	19
	3.4 Na opname	20
4	**Discussie / betekenis voor de praktijk**	**23**
5	**Conclusie**	**25**
6	**Literatuur**	**27**
	Bijlage 1 Plattegrond kas	**29**
	Bijlage 2 Gewasanalyses	**31**

Samenvatting

Natrium (Na) ophoping is een hoofdreden waarom telers drainwater zullen lozen. Onderzoeken uit het verleden gaven aan dat tomaat een redelijke Na concentratie zonder moeite kan verdragen. Begin jaren ’90 is een spuinorm van 8 mmol/l vastgesteld, echter de praktijk is van mening dat die waarde te hoog ligt. Omdat bij dergelijk lage waarden vaak en veel spui nodig is en de doelstelling van 0-emissie daarmee niet gehaald dreigt te worden is het van belang de juiste schadedrempels voor Na en de Na opname opnieuw te onderzoeken. In het verleden is het onderzoek nooit met uitsluitend Na en met gelijkblijvende EC gedaan. In deze proef wordt daarom specifiek naar deze aspecten gekeken.

Tomaat werd geteeld in steenwol, met hergebruik van drainwater, met een teeltperiode van januari tot eind augustus. Helaas moest de proef voortijdig afgebroken worden vanwege een calamiteit. Er waren zes behandelingen met elke vier herhalingen. De Na concentraties van de zes behandelingen liepen uiteen tussen 5 en 20 mmol/l - als streefwaarden in het drainwater - met daarnaast twee behandelingen met 15 mmol/l en twee aangepaste K/Ca verhoudingen. De EC-waarde was bij alle behandelingen gelijk.

Zowel het aantal vruchten, het vruchtgewicht en daarmee ook de totaalopbrengst in kg/m^2 bleek niet significant te verschillen tussen de behandelingen. Het percentage vruchten met neusrot was laag en bleef gemiddeld onder 1.5 % van de productie (kg/m^2). Hoewel niet significant was de tendens aanwezig dat de neusrot aantasting steeg naarmate Na hoger was, en dat een lagere K/Ca verhouding (dus meer Ca) bij gelijke Na concentratie minder neusrot gaf. Onderzoek naar de houdbaarheid, de interne vruchtkwaliteit of de smaak, zowel die afgeleid via het smaakmodel als die uit de test met het consumentenpanel, gaven geen aanwijzingen dat de Na concentratie effecten heeft op de vruchtkwaliteit.

De Na gehalten in de bladeren, stengels en vruchten steeg met de Na-concentratie in het wortelmilieu, maar was in de vruchten erg laag. De Na opname door tomaat werd berekend uit de totale gift minus de einde teelt restanten en uit de totaal geproduceerde biomassa. De laatste methode gaf veel lagere waarden dan de eerstgenoemde, doordat de gehalten in de afzonderlijke plantendelen relatief erg laag uitvielen, terwijl de totale biomassa wel op een normaal niveau lag. Opmerkelijke genoeg was er voor K en N, die als controleberekening uitgevoerd werden, geen groot verschil tussen beide methoden.

De conclusie is dat de tot nu toe gehanteerde grenswaarde voor tomaat van 8 mmol Na/l veilig kan worden verhoogd naar 15 mmol/l, terwijl 20 mmol/l als piekwaarde geen grote problemen op zal leveren. Omdat de opname van Na beperkt is, is water van goede kwaliteit voor de teelt noodzakelijk. Op grond van de opnameberekening is duidelijk dat gebruik van uitsluitend regenwater bij tomaat nooit tot lozing op basis van een te hoge Na-concentratie zal hoeven te leiden. Gebruik van water van een mindere kwaliteit, zoals ook bij een niet goed werkende of afgestelde RO installatie, kan, maar de Na input concentratie moet gemiddeld beneden de 1 mmol/l blijven en men zal moeten accepteren dat de Na concentraties dan tijdelijk tot 15 à 20 mmol/l kunnen oplopen.

1 Introductie

1.1 Achtergrond

De achtergrond van dit onderzoek wordt gevormd door de emissiedoelstellingen voor de glastuinbouwsector. Dit is uitvoerig beschreven in het rapport WPR 824: 'Effecten van Na ophoping in de drain bij paprika' (Voogt en Leyh;2020).

De normen voor de grenswaarden voor Na bij tomaat zijn afgeleid uit de resultaten van zoutonderzoek in de jaren '80-'90 (Sonneveld & Van den Burg, 1991). Bij de interpretatie en toepassing van deze onderzoeksresultaten is destijds de nodige voorzichtigheid toegepast, hierdoor is de norm voor tomaat op 8 mmol Na/l vastgesteld. Er ligt hoogstwaarschijnlijk flinke ruimte voor verhoging van de drempelwaarden, zonder dat dit tot teeltkundige problemen zal leiden. Bovendien was het onderzoek van destijds gericht op de inbreng van Na én Cl, terwijl de problemen van zoutophoping feitelijk alleen die van het Na ion betreffen. Indien voor Na hogere waarden kunnen worden toegelaten dan tot nu voor acceptabel zijn gehouden, opent dit mogelijkheden voor aanzienlijke vermindering van de spui-hoeveelheid. Bij hogere Na concentraties in het wortelmilieu neemt de potentiele Na opname namelijk proportioneel toe. Het moment dat de drempelwaarden worden bereikt, wordt daardoor uitgesteld en daarmee kan uiteraard ook het moment van spui worden uitgesteld. Bovendien zal bij een hogere Na-concentratie de spui ook veel effectiever worden, door de hogere vracht aan Na is bij een kleiner volume al heel veel Na verwijderd uit het systeem (Voogt and van Os, 2010).

Voor de praktijk van de substraatteelt met hergebruik van drainwater in Nederland, waar de EC een sturingsparameter is voor de teelt, wordt automatisch op EC gestuurd en op die basis wordt drainwater bijgemengd. Oplopend Na zal daardoor niet leiden tot EC verhoging, maar feitelijk alleen leiden tot een verlaging van het aandeel overige kationen, oftewel binnen het gehanteerde setpoint van de EC, zal het aandeel Na toenemen, ten koste van het aandeel voedingsionen. Hierdoor zal er in de substraatteelt vooral sprake zijn van het tweede effect: een relatieve verlaging van het aandeel kationen.

Er zijn dus een aantal redenen voor de noodzaak om de bestaande grenswaarden voor Na opnieuw tegen het licht te houden, door specifiek onderzoek naar de effecten van Na, bij gelijkblijvende EC. Daarbij zal er ook bekeken moeten worden of aanpassing van de verhoudingen tussen kationen nog effect kan hebben op de Na opname, of de Na gevoeligheid. In dit rapport wordt verslag gedaan van het onderzoek met tomaat, in 2018. Voor de goede orde er is een vervolgproef uitgevoerd met tomaat, met iets aangepaste behandelingen. Dat onderzoek wordt in een apart verslag opgenomen (WPR 1032; in voorbereiding).

1.2 Doel

Onderzoek naar de drempelwaarde voor Na in het wortelmilieu bij tomaat en inzicht in de mogelijkheid om door middel van aangepaste K-Ca-Mg verhoudingen de Na-gevoeligheid te beïnvloeden. Onderzoek naar de opnamecapaciteit van tomaat voor Na.

1.3 Aanpak

Het uitgangspunt is om een vergelijking te maken tussen behandelingen, met een oplopende reeks Na concentraties, van 5 tot 20 mmol l^{-1}, terwijl de EC gelijk blijft en waarbij de concentraties van de overige kationen (K, Ca en Mg; hiervan is NH_4^+ uitgezonderd) dan evenredig zullen afnemen. Dit komt overeen met de situatie in de praktijk, bij oplopend Na zal de EC in de gift en in het wortelmilieu zoveel mogelijk gelijk gehouden worden, c.q. automatisch geregeld worden. Daarnaast zijn er twee behandelingen waar extra Ca zal worden gegeven, om het mogelijk negatieve effect van Na op de Ca opname (dus neusrot) kan worden tegengegaan. Ook hierbij wordt de EC gelijk gehouden.

2 Materiaal en Methoden

2.1 Teeltomstandigheden

Tomaat, Ras 'Livento ' is in een kasafdeling (Bleiswijk kas 6.04) van 120 m^2 geteeld. Klimaatinstellingen ingesteld als standaard voor tomaat . De planten zijn geteeld op goten met steenwolmatten; plantafstand 50 cm, rijafstand 80 cm (drie planten per mat (1.25m) met 25 cm tussenruimte) en een stengel per plant (2.5 pl/m^2). Planten werden gezaaid in week 45 en geplant op 5 januari 2018. De teelt verliep conform de planning tot begin augustus. Door een combinatie van menselijk falen en falende techniek is er in een weekend watertekort opgetreden en moest de proef helaas op 28 augustus vroegtijdig beëindigd worden.

2.2 Proefopzet

In een reeks behandelingen wordt bij gelijkblijvende EC, de Na concentratie verhoogd. Bij vier behandelingen wordt met een oplopende Na concentratie (<5, 10, 15 en 20 mmol/l) en een normale K/Ca verhouding (0.84 mol/mol) geteeld. Bij twee behandelingen wordt bij 15 mmol/l Na een lagere K/Ca verhouding (dus een hogere Ca concentratie in de drain aangehouden (resp. 0.64, 0.46) geteeld. Alle genoemde waarden hebben betrekking op de gehalten in de drain. In dit rapport zullen de behandelingen telkens worden aangeduid met een afkorting: Na5, Na10, Na15, Na20, Na 15Km en Na15Kl voor respectievelijk de behandelingen met Na concentraties < 5, 10, 15 en 20 mmol l^{-1} bij de normale K/Ca verhouding en 15 mmol l^{-1} met een gemiddelde K/Ca verhouding en 15 mmol l^{-1} bij K/Ca laag (Tabel 2.1).

De behandelingen werden in viervoud (standplaats-herhalingen) aangelegd volgens de plattegrond in Bijlage 1.

Tabel 2.1
Toegepaste behandelingen, met de streefconcentraties voor Na, en de bijbehorende K, Ca en Mg concentraties in de drain en de bijbehorende K/Ca en K/Mg verhoudingen.

Behandeling	Aanduiding*	EC	Na	K	Ca	Mg	K/Ca	K/Mg
		mmol/l						
A	Na5	3.8	5	8.0	9.5	2.8	*0.84*	*2.87*
B	Na10	3.8	10	6.8	8.0	2.4	*0.84*	*2.87*
C	Na15	3.8	15	5.5	6.6	1.9	*0.84*	*2.87*
D	Na20	3.8	20	4.3	5.1	1.5	*0.84*	*2.87*
E	Na15Km	3.8	15	4.5	7.1	1.9	*0.64*	*2.33*
F	Na15Kl	3.8	15	3.5	7.6	1.9	*0.46*	*1.84*

* deze verkorte aanduiding wordt in dit rapport gebruikt voor de behandelingen

De streefwaarde voor de drain-EC is bij alle behandelingen 3.8 dS/m. De streefconcentraties van de kationen zijn aangepast om de stijgende Na concentraties te compenseren (Tabel 2.1). Ammonium wordt in deze aanpassing buiten beschouwing gelaten vanwege het effect op de pH. De streefwaarden anionen en spoorelementen zijn bij alle behandelingen gelijk.

Tabel 2.2
Streefconcentratie overige voedingselementen.

Behandeling	NH_4	NO_3	Cl	SO4	H_2PO_4	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
Alle	0.0	14.7	7.7	5.4	0.9	25.0	7.0	7.0	50.0	0.7	0.5

De proef vindt plaats in een gesloten teeltsysteem, het drainwater wordt per behandeling opgevangen en in een voorraadbak gepompt. De voorraadbak wordt minstens eenmaal per week aangevuld met verse voedingsoplossing. Deze aanvuloplossing wordt wekelijks aangepast op basis van de analysecijfers. Hierbij wordt zowel het recept voor de hoofd- en sporenelementen – indien nodig - aangepast als ook de toe te dienen concentratie Na. Voor de hoofdelementen worden vloeibare meststoffen (Substrafeed) toegepast, en apart de zelf geprepareerde spoorelementoplossingen. Na wordt toegediend als een mengsel van $NaNO_3$ en $NaSO_4$ in een mol verhouding van 0.75:0.25.

2.3 Wekelijkse aanpassingen Na en voeding

De matten zijn voorafgaand aan de teelt verzadigd met 400 l oplossing met de voor tomaat gebruikelijke indruppeloplossing met standaard concentraties (Tabel 2.3). De planten zijn daarna op de verzadigde matten geplaatst. Vervolgens is gestart met de druppeloplossing, waarmee de eerste weken is gedruppeld, bij alle behandelingen. Vanaf 1 maart is gestart met de Na behandelingen, waarbij stap voor stap de Na dosering is verhoogd om na ca vier weken op de beoogde Na niveaus in de drain te komen.

Tabel 2.3
Indruppel en startoplossing.

	pH	EC	NH_4	K	Na	Ca	Mg	NO_3	Cl	SO_4	P	Fe	B	Mn	Zn	Cu	Mo
Indruppel	5.5	4.9	0	15.9	0	15.4	9.7	32.8	1.4	10.8	2.0	11.8	56.0	9.2	23.2	1.4	1.0
Start	5.8	3.5	1.5	9.9	0	9.2	4.8	21.3	0.3	5.7	1.9	10.7	17.3	7.9	3.5	0.6	0.3

Wekelijks werd op basis van de analyseresultaten van de drain per behandeling een recept berekend voor de aanvuloplossing. De streefwaarden (Tabel 2.1 en 2.2) waren daarbij het uitgangspunt. Voor de specifieke K/Ca verhouding bij de uiteenlopende behandelingen is een schatting gemaakt van de benodigde concentratie voor K, Ca en Mg. Voor Na werd gekeken naar de trend van de voorafgaande weken in de drain en de eerder toegediende concentraties. Vervolgens werd de nieuw toe te dienen Na oplossing naar boven of beneden aangepast, al naar gelang er sprake was van stijging of daling.

De volgende stappen zijn telkens gedaan om tot een nieuwe aanvuloplossing te komen:

1. Drain- en voorraadbak analyses werden omgerekend naar resp. EC 3.8 en 2.8.
2. Afwijkingen ten opzichte van de streefwaarden voor de anionen en spoorelementen werden geëvalueerd en zo nodig werden aanpassingen toegepast op de standaard voedingsoplossing (StV).
3. Afwijkingen ten opzichte van de streefwaarden uit Tabel 2 voor K, Ca en Mg werden geëvalueerd en zo nodig werden aanpassingen toegepast op de StV.
4. Kat – anionensom van de resulterende voedingsoplossing werd gelijk gemaakt.
5. Evaluatie van de Na concentraties in drain en gift, vergeleken met de trends. Berekenen van de nieuwe gift-concentratie Na.
6. Evaluatie van de EC-drain, rekening houdend met de trend en te verwachten ontwikkeling (groei, weer), bepalen van de EC van de aanvuloplossing.
7. Berekenen van de nieuwe recepten.
8. Meten van de stand van de voorraadbakken, berekenen van de hoeveelheid aan te maken van het nieuwe recept.
9. Na vullen voorraadbakken meten van het nieuwe recept, berekenen van de hoeveelheid toe te dienen Na-oplossing ($NaNO_3$ en Na_2SO_4).

2.4 Metingen

Driemaal per week werd de EC en de pH van de drain gemeten. Wekelijks (maandag) werden monsters van drainwater genomen en op woensdag geëvalueerd.

Tweemaal per week werd geoogst, de vruchten werden per veld geteld en gewogen, afwijkende vruchten (neusrot) werden apart geteld en gewogen en overige afwijkingen genoteerd.

Tweemaal zijn vruchten bemonsterd voor onderzoek aan houdbaarheid en metingen aan vruchtkwaliteit. De smaak werd bepaald via het smaakmodel en zijn eenmaal ook getest via het consumentenpanel.

Tijdens de teelt wordt de voedings- en drainoplossing gemonitord om de water- en de nutriëntopname te kunnen berekenen. Er worden ook blad- en vruchtanalyses uitgevoerd. Het effect op de biomassa productie wordt gemeten door continue meting van de vruchtproductie en aan het einde van de teelt verse biomassa van stam en blad. De droge stof gehalten zijn bepaald en de mineraalgehalten van de biomassa geanalyseerd.

Oud blad dat elke week werd gesnoeid werd telkens gewogen (vers), vervolgens werd een submonster hiervan gedroogd en opgeslagen. Van de totale droge massa van gesnoeide bladeren werd driemaal een analyse uitgevoerd. Jonge bladeren en vruchten werden tweemaal bemonsterd en geanalyseerd.

3 Resultaten

3.1 Drainconcentraties

De concentraties van Na in de drain komen goed overeen met de in de proefopzet beoogde concentraties. De concentraties aan K zijn gemiddeld wel beduidend lager geweest dan de gewenste waarden met daartegenover hogere Ca concentraties (Tabel 3.1). De anionenconcentraties liggen binnen redelijke marges op de vergelijkbare niveaus als de streefwaarden. De Na concentraties zijn soms wat lager uitgekomen dan de beoogde niveaus in de proefopzet, dit komt door de aanloopfase, want de Na concentraties zijn geleidelijk aangebracht.

Tabel 3.1
Gemiddelde concentraties EC, pH en hoofdelementen in de drain (mmol/l) (berekend naar EC 3.8 mS/cm).

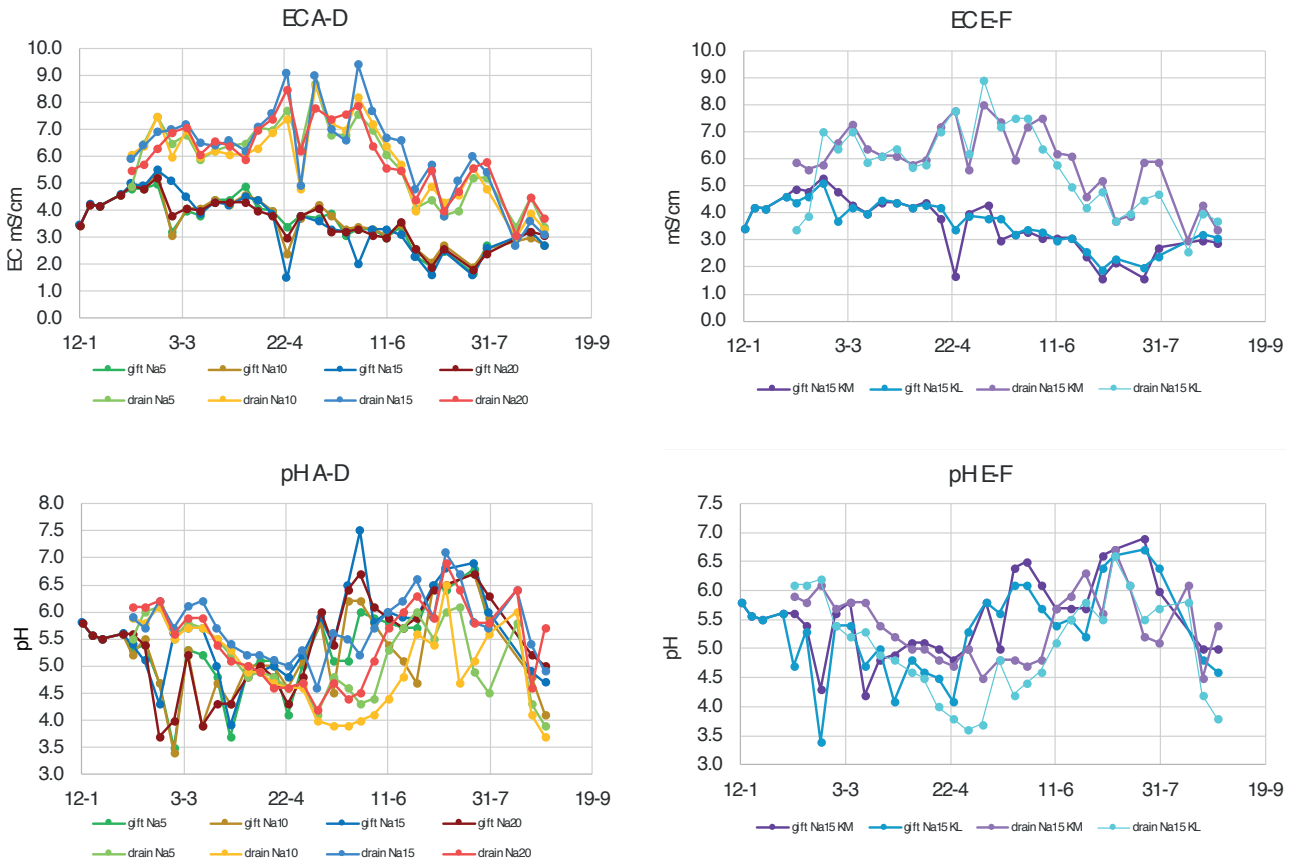
Behandeling	pH	EC	NH4	K	Na	Ca	Mg	NO3	Cl	SO4	P
Na5	5.1	5.9	0.2	17.2	5.8	13.9	7.0	34.4	6.6	8.8	4.2
Na10	5.0	5.9	0.3	16.6	8.9	12.8	6.2	34.4	6.2	8.6	3.8
Na15	5.7	6.2	0.1	16.8	15.9	11.5	6.3	34.3	7.0	10.3	3.7
Na20	5.5	6.0	0.2	13.9	19.8	10.5	5.4	34.6	6.6	9.3	3.9
Na15Km	5.4	5.9	0.2	12.6	13.9	13.3	6.2	34.9	5.6	9.4	4.0
Na15Kl	5.0	5.6	0.5	7.3	13.6	15.4	6.1	35.1	3.1	9.0	6.2

De EC in de drain is de eerste maanden bij alle behandelingen vrij hoog geweest, tot waarden rond 7 mS/cm vanaf eind mei zijn de waarden gedaald tot rond 4 mS/cm (Fig 3.1). De EC van de gift was in het begin rond de 4 en is vanaf april geleidelijk aan gedaald tot waarden rond 3 mS/cm. Er zijn geen verschillen geweest tussen de Na-behandelingen. De pH fluctueerde sterk, met in het begin lage waarden in de drain, die soms tot beneden 5 daalde. Later liep de pH in de drain juist sterk op, in de zomerperiode was deze vaak ver boven de 6.5, met ook grote fluctuaties. De pH in de gift, laat een tegenovergesteld patroon zien, wat logisch is, omdat via het druppelwater getracht is de pH in de drain te corrigeren. Er zijn geen verschillen te zien in pH waarden tussen de behandelingen.

Tijdens de teelt fluctueerden de Na concentraties sterk, dit is vooral zichtbaar bij de hogere niveaus (Figuur 3.2). Vrijwel altijd konden de onderlinge verschillen wel worden gehandhaafd, met uitzondering van de behandelingen Na15 en Na20, bij deze zijn tijdens de zomerperiode de concentraties enkele weken vrijwel gelijk geweest.
De concentraties in het druppelwater liggen veel dichter bij elkaar dan de drainconcentraties. Dit is inherent aan het gegeven dat bij een gesloten teeltsysteem de aanvoerconcentratie een reflectie is van de gemiddelde opnameconcentratie en de verschillen in opname zijn nu eenmaal veel kleiner dan de beoogde en aangebrachte verschillen in concentraties in het wortelmilieu.

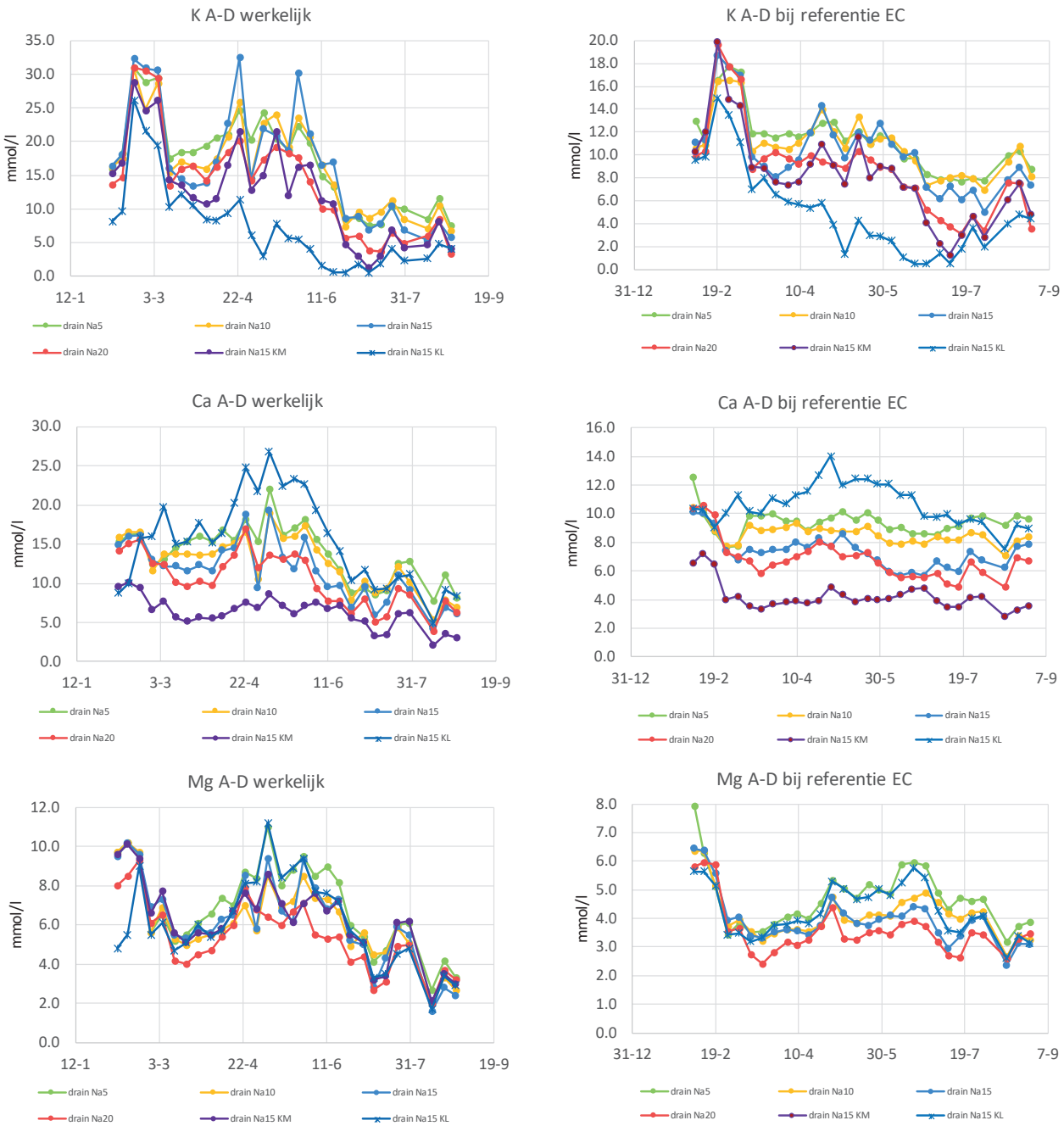
Bij K is er een opvallend verschil in concentratie tussen de eerste maanden van de teelt, met hoog K en de tweede helft van de teelt, waar K beduidend lager is. Dit is voor een belangrijk gedeelte veroorzaakt door de EC. Dit blijkt uit de figuur waar de concentraties omgerekend zijn naar de referentie EC (Fig 3.3). Het effect van de verschillende K/Ca verhoudingen is ook duidelijk zichtbaar, waarbij vooral bij behandeling Na15Kl, (de laagste K/Ca) K lage waarden vertoont en enkele keren zelfs in de buurt van uitputting komt.

De Ca-concentraties laten een ander verloop zien, met wat lagere waarden (‘werkelijk’) in het begin en aan het einde van de teelt. Echter, de waarden bij de referentie EC laten wel een redelijke stabiel verloop zien, waarbij ook duidelijk de effecten van de Na concentraties zichtbaar zijn. De Mg concentraties vertonen een patroon dat vergelijkbaar is met dat van Ca, met dit verschil dat er in het begin van de teelt een hogere Mg concentratie is gerealiseerd.



Figuur 3.1 *Verloop van de EC en de pH in de drain en het druppelwater tijdens de teelt van tomaat, bij de behandelingen A-D: Na5, Na10, Na15 Na20 (Na 5, 10, 15 en 20 mmol/l bij hoog K/Ca) en E-F: Na15Km, Na15Kl (Na 15 en 15 mmol/l middel en laag K/Ca).*

Figuur 3.2 *Na concentratie in de drain en het druppelwater tijdens de teelt van tomaat, van boven naar beneden, bij de behandelingen Na5 en Na10, Na15 en Na20 (resp. Na 5, 10, 15 en 20 mmol/l bij hoog K/Ca) en bij Na15Km, Na15Kl (resp. Na 15 en 15 mmol/l bij middel en laag K/Ca) met links de werkelijke analysecijfers en rechts de analysecijfers omgerekend naar EC 4.0 en 2.8 voor resp. drain en druppelwater.*



Figuur 3.3 *K, Ca en Mg concentraties in de drain bij de behandelingen Na5, Na10 (Na 5 en 10 mmol/l), Na15, Na20 (Na 15 en 20 mmol/l), elk bij hoog K/Ca en Na15Km, Na15Kl (15 mmol/l bij middel en laag K/Ca) met links de werkelijke analysecijfers en rechts de analysecijfers omgerekend naar 4.0 en 2.8 voor resp. drain en druppelwater.*

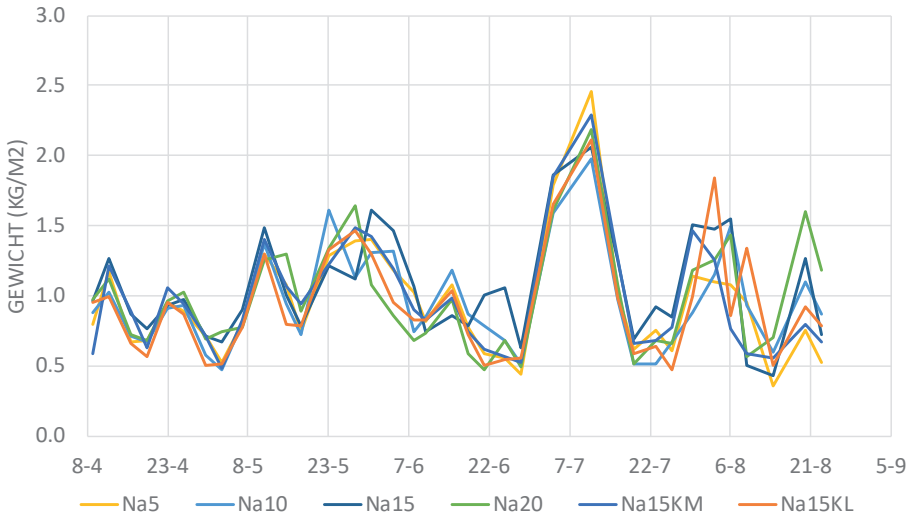
3.2 Productie

Het verloop van de productie was redelijk gelijkmatig, en was tussen 1 en 1.5 kg m^{-2} $week^{-1}$ met uitzondering van een periode rond eind juni, met een dal en gevolgd door een piek in oogst rond eind juni (Figuur 3.4). Dit had te maken met het rekening houden met de bemonsteringen voor het kwaliteitsonderzoek, waarvoor moest worden 'toegewerkt' naar een grote oogst. De verschillen in totaal productie waren gering en de verschillen zijn ook niet betrouwbaar verschillend tussen de verschillende behandelingen (Tabel 3.2). Het % neusrot was erg laag en ook niet betrouwbaar verschillend tussen de behandelingen. Voor alle variabelen geldt: P-waarden > 0.1 met ANOVA single factor test. Het blijkt wel dat de aantasting van neusrot in de laatste weken van de teelt, in de zomerperiode flink toenam, met name in de maand augustus, waarbij de behandelingen met 15 en 20 mmol l^{-1} Na de hoogste aantasting hadden (Figuur 3.5). Opvallend was daarbij dat de behandelingen met 15 mmol/l en verhoogd Ca niet of veel minder die stijging in neusrot lieten zien. Het is daarom niet ondenkbaar dat, als de proef wat langer zou hebben geduurd de verschillen wél betrouwbare zouden zijn geweest.

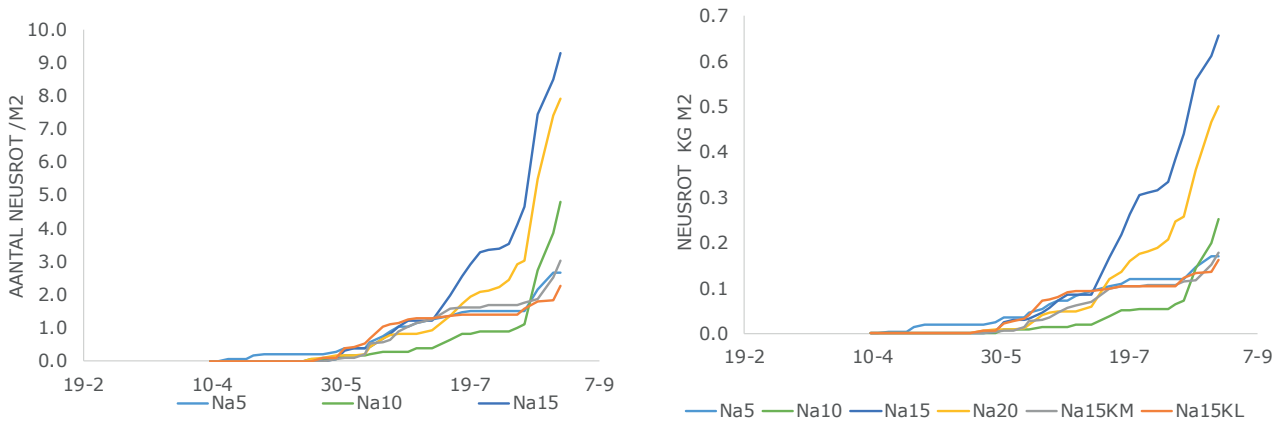
Tabel 3.2

Productie resultaten van de proef met Na concentratie bij tomaat: geoogste aantal vruchten en totaal gewicht per m^2, gemiddeld vruchtgewicht goede vruchten, neusrot % van aantal en gewicht en het gemiddeld vruchtgewicht.

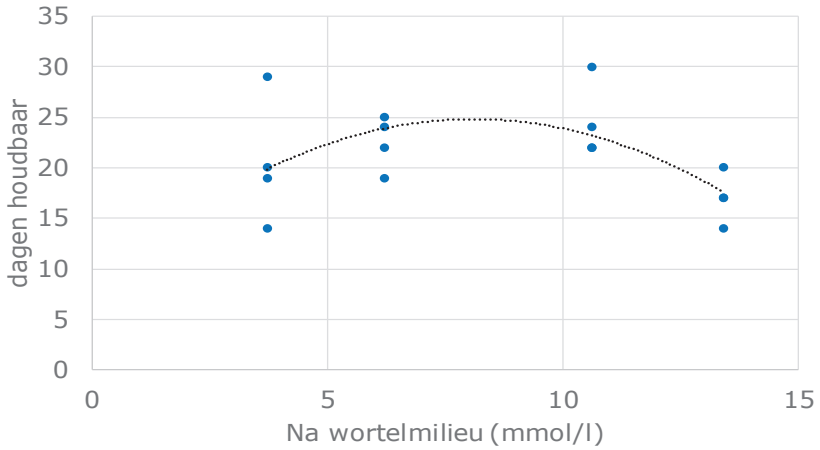
	Productie	Vruchtgewicht		Neusrot		
	Aantal m^{-2}	Kg m^{-2}	G	% aantal	% gewicht	Vrucht-gewicht (g)
Na5	333	34.0	102	0.8%	0.5%	65
Na10	343	34.3	100	1.4%	0.7%	53
Na15	328	36.5	111	2.0%	1.4%	78
Na20	352	35.3	100	2.3%	1.4%	63
Na15Km	333	34.8	104	0.9%	0.5%	59
Na15Kl	343	33.4	97	0.7%	0.5%	71



Figuur 3.4 *Verloop van de productie in kg m^{-2} week-1 van alle behandelingen.*

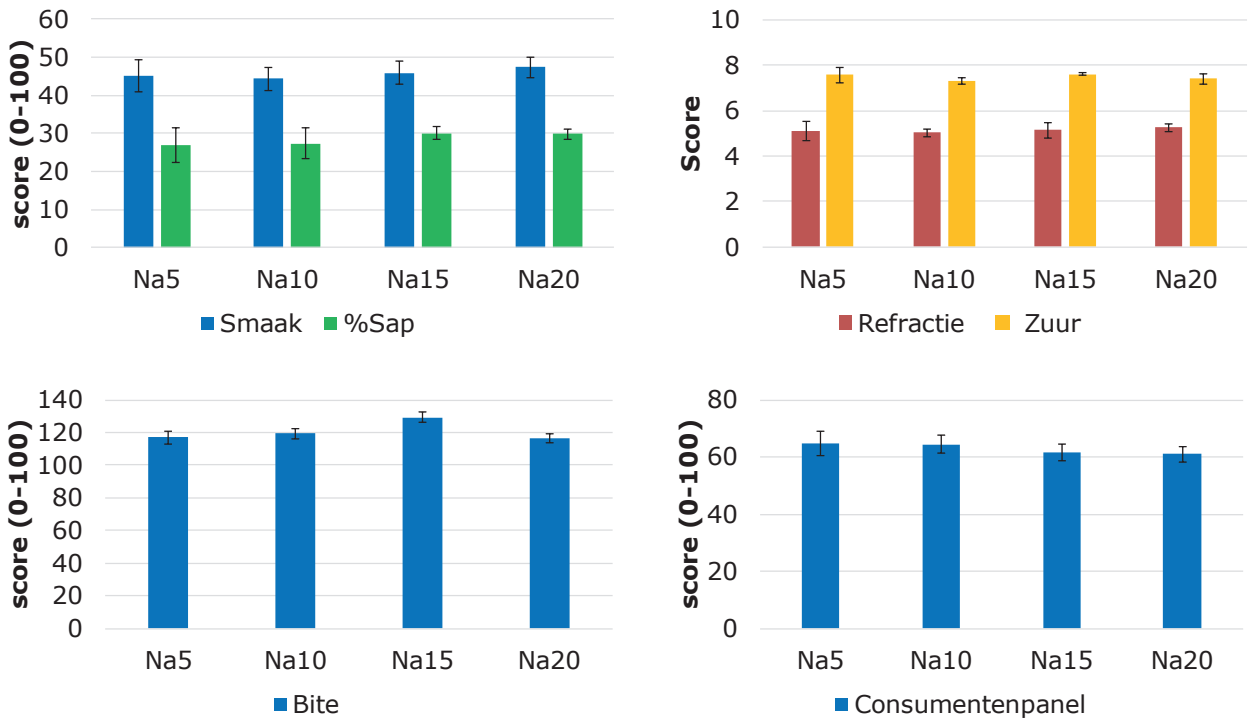


Figuur 3.5 *De cumulatieve ontwikkeling van het aantal neusrotte vruchten en het totaalgewicht in kg m^{-2} van alle behandelingen.*



Figuur 3.6 *De houdbaarheid in dagen na inzet van de vier behandelingen (A t/m D); de gegevens van de vier herhalingen uitgezet tegen de gemiddelde Na concentratie in het wortelmilieu gemiddeld over de periode van zes weken voorafgaande aan de oogst.*

In juni zijn vruchten onderzocht op kwaliteitsaspecten. Hiervoor zijn alleen de behandelingen A t/m D in onderzoek genomen. Een houdbaarheidstest is gedaan met de vier herhalingen afzonderlijk. De resultaten zijn samengevat in figuur 3.6. Het onderzoek naar interne vruchtkwaliteit en smaak is gedaan door middel van laboratorium bepalingen van het % sap, refractie, zuurgehalte en de breekkracht van de vruchtwand. Deze data zijn toegepast in het smaakmodel. Daarnaast is een test gedaan met het smaakpanel. De resultaten van het smaakonderzoek zijn samengevat in figuur 3.7. De houdbaarheid gaf geen betrouwbare verschillen tussen de vier behandelingen. Wel was het opvallend dat de behandeling met zowel de laagste als de hoogste Na een lagere houdbaarheid hadden, maar ook dat de spreiding tussen de vier herhalingen erg groot was. Het onderzoek naar interne vruchtkwaliteit gaf geen duidelijke verschillen in % sap, refractiewaarde, zuurgehalte of breekkracht te zien. Hierdoor was er ook geen effect op het smaakgetal via het vruchtkwaliteitsmodel. De uitkomst van het smaakpanel gaf ook geen duidelijk verschil te zien, maar wel was er een lichte tendens van afname in smaakwaardering bij stijgend Na.



Figuur 3.7 *Resultaten van het onderzoek naar smaak; Linksboven: Smaakcijfer op een schaal van 0 (zeer onaangenaam) tot 100 (zeer aangenaam) berekend met Smaakmodel Tomaat versie 2.1 (2011) en % sap geperst uit de vruchtwand van de tomaat, Rechtsboven: Refractie (°Brix), hoeveelheid titreerbaar zuur (Zuur, mmol H3O+/100gr), Linkonder:de Bite, gemeten als breekkracht van de vruchtwand, als maat voor de stevigheid die wordt ervaren tijdens het kauwen en rechtsonder de resultaten van het consumentenpanel is het gemiddelde van de beoordeling van de aangenaamheid door 10 consumenten, op een schaal van 0 tot 100.*

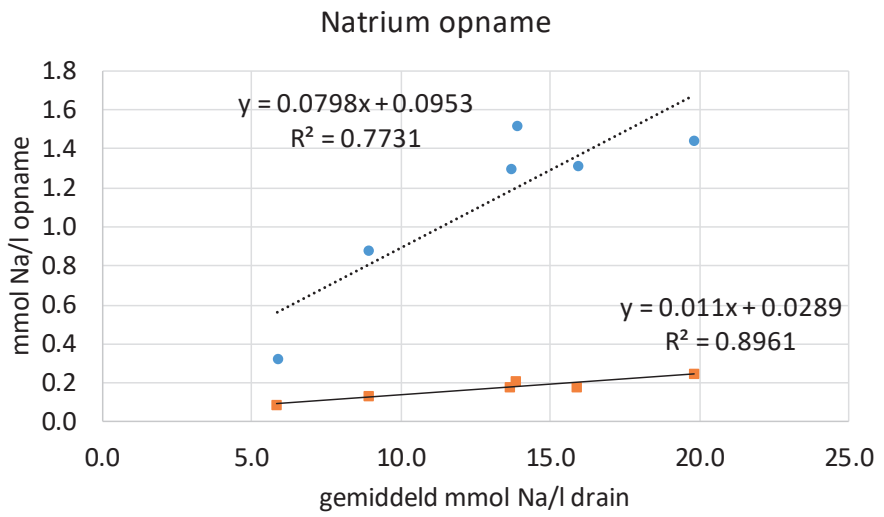
3.3 Nutriëntengehalten

Er is een duidelijke relatie tussen de Na concentratie in het wortelmilieu en de gehalten in de plant, maar er zijn ook duidelijke verschillende tussen de plantendelen. De oude bladeren blijken gemiddeld de hoogste concentratie te bevatten, vervolgens de gehalten in de stengel en in de jonge bladeren zijn de gehalten van alle vegetatieve delen het laagste. In de vruchten wordt maar een geringe concentratie aangetroffen, bovendien lijkt die nauwelijks te worden beïnvloed door de concentratie bij de wortel (Fig 3.8). Wat opvalt is dat de K/Ca verhouding enige invloed lijkt te hebben op het Na gehalte in de plant. Van de drie behandelingen met 15 mmol /l Na is die met de middelste K/Ca verhouding duidelijk het hoogste. De K-gehalten in de verschillende plantendelen zijn wat lager bij stijging van de Na concentratie. Dit verschil is vooral zichtbaar in de stengel en de vruchten, maar in de oude bladeren (snoeiafval) is het wat minder duidelijk. De Ca- en Mg gehalten zijn minder duidelijk beïnvloed door de behandelingen, soms is er een daling, soms ook stijging van het gehalte met oplopende Na. De Ca gehalten in de vruchten zijn – zoals te verwachten - zeer laag, en zijn alleen bij de laagste Na behandeling wat hoger dan bij de overige behandelingen, maar er is geen duidelijke relatie te zien met de Na concentratie.

Figuur 3.8 *Gemiddelden van de gehalten aan nutriënten Na, K, Ca, Mg in jong en oud blad (gesnoeid blad) , de stengel en vruchten, (voor Ca vrucht uitvergroot). De gemiddelden voor Na, K, Ca, Mg? zijn gebaseerd op resp. twee, vier, een en twee bemonsteringen, alle waarden in mmol/kg droge stof.*

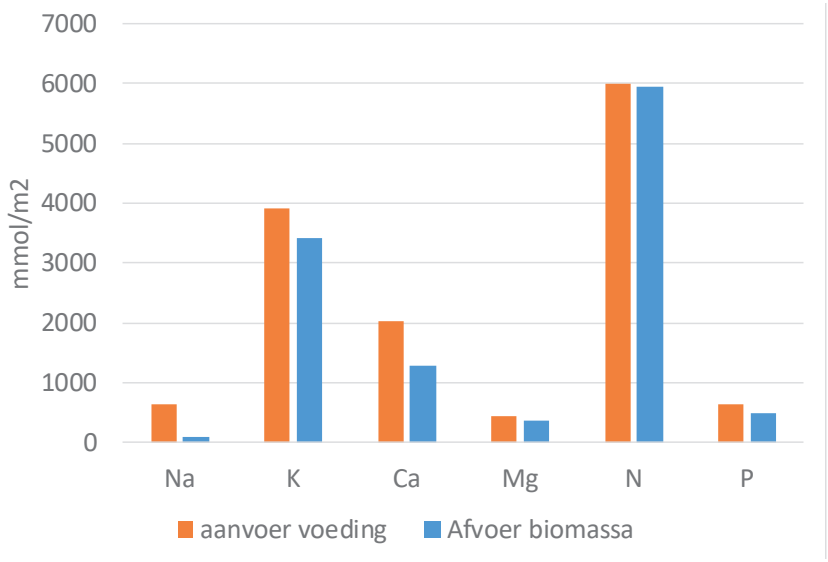
3.4 Na opname

De Na opnameconcentratie berekend uit de voedingsoplossing (aanvoer minus het residu in de drainput en matten aan einde teelt (depletion method) resulteerde in een duidelijke lineaire relatie met de gemiddelde concentratie in de drain (Fig 3.9). De opnameconcentratie berekend uit de geproduceerde droge stof en de gehalten in de verschillende organen (biomassa methode) gaven ook een lineaire relatie echter op een aanzienlijk lager niveau. Kortom er is een groot gat in de uitkomst van deze twee opnameberekeningen.



Figuur 3.9 *Na opnameconcentratie (mmol/l) in relatie met de Na concentratie in de drain, berekend uit de toegediende hoeveelheden).*

Anders gezegd, er is een groot verschil tussen de input aan Na en wat daarvan teruggevonden wordt in het gewas. Er zijn controle berekeningen uitgevoerd voor K en voor $NO3^-$, voor deze nutriënten werden echter geen grote verschillen gevonden tussen de depletion methode en de biomassa methode; de gemiddelde opname concentratie voor K en voor $NO3^-$ waren resp. 6.5 en 10.2 mmol/l, dit komt overeen met de gemiddelde standaardvoedingsoplossing voor tomaat. De verschillen tussen totale input en output bleken ook voor de andere nutriënten veel kleiner te zijn dan voor Na (Fig 3.10)



Figuur 3.10 *De balans tussen aanvoer via de voedingsoplossing (gecorrigeerd voor restanten einde teelt) en de afvoer via de biomassa, in mmol/m² voor de hoofdelementen.*

4 Discussie / betekenis voor de praktijk

Uit de gevonden resultaten blijkt dat er voor tomaat meer ruimte is voor oplopende Na concentraties in de recirculerende voedingsoplossing (drain), dan gedacht. De maximaal toelaatbare Na grens stond volgens de oude spuinormen officieel op 8 mmol/l. Niettemin was uit eerdere studies al wel gebleken dat meer Na, tot 12.5 mmol/l niet direct tot productiedaling leidt (Sonneveld & Van de Burg, 1991). Ook praktijkervaringen gaven al wel de indruk dat tomaat aanzienlijk meer Na lijkt aan te kunnen, temeer ook omdat in de loop der jaren veel hogere EC-waarden worden aangehouden dan in de tijd van het onderzoek waar de spuinorm van was afgeleid. Dit geeft veel meer ruimte voor verhoging van Na zonder dat de concentraties van de overige kationen K, Ca of Mg, te laag gaan worden en het gewas tekort komt. In deze proef bleek ook het risico op neusrot klein, hoewel het goed is te realiseren dat op het moment dat de proef beëindigd werd, het % neusrot ging stijgen. Waarschijnlijk zou het percentage hoger zijn opgelopen als de proef nog de geplande drie maanden extra zou zijn aangehouden. Hoewel de resultaten niet significant verschillen lijkt een lagere K/Ca verhouding (dus meer Ca aanbod) minder neusrot te geven vergeleken met de normale K/Ca verhouding. Dit werd dan weer niet bevestigd door hoger gehalten aan Ca in de vruchten. Er werden geen negatieve, maar ook geen positieve effecten van Na op vruchtkwaliteit waargenomen. Dit laatste was enigszins verwacht, omdat in eerder onderzoek positieve effecten van Na (of Cl) op de smaak waren waargenomen.

De Na-opname ligt beduidend hoger dan gevonden is bij paprika (Voogt *et al.* 2020). Het is hierbij echter wel zeer merkwaardig dat de opname via de biomassa zoveel lager uitviel dan berekend via de voedingsoplossing. Dit hangt samen met de vrij lage gehalten in de biomassa (blad, stengel). De oorzaak is onbekend, de biomassa zelf, gerekend naar de hoeveelheid droge stof productie ligt op een normaal niveau (ruim 3 kg/m^2) en ook de opnames aan K en N kwamen uit op een normaal niveau. Mogelijk is er sprake geweest van een ongelukkige uitgevallen serie droge stof analyses door het lab, dit is helaas niet meer na te gaan.

De betekenis voor de praktijk van deze uitkomsten is het volgende. Bij een lage Na aanvoer via het gietwater (of uit meststoffen) zal Na oplopen in een gesloten teeltsysteem. De opname bedraagt bij een relatief lage concentratie in het wortelmilieu, van 2 – 3 mmol/l, ongeveer 0.2 à 0.3 mmol per liter opgenomen water. Regenwater in het westen van Nederland bevat 0.1 á 0.2 mmol/l Na, dus met regenwater zal een hoge accumulatie uitblijven, regenwater kan daarom bij tomaat – in tegenstelling tot paprika- probleemloos gebruikt worden. Bij tekorten aan regenwater zal vaak ontzout water (via omgekeerde osmose (RO)) worden gebruikt, dit bevat vaak een rest aan zouten. Bij gebruik van RO water zal dan in bepaalde situaties enige ophoping van Na kunnen optreden. Dit zal met name het geval zijn als het onderhoud aan de installatie niet goed is uitgevoerd, of als de membranen ouder worden. De Na concentratie in het geproduceerde water kan dan al gauw enkele tienden mmol/l bedragen. Ophoping van Na zal dan plaatsvinden. Als de inputconcentratie meer dan enkele tienden mmol/l bedraagt zal meer ophoping gaan plaatsvinden. Omdat de opname van Na beperkt is, blijft overeind dat water van goede kwaliteit voor de teelt noodzakelijk is. Op grond van de opname berekening mag worden verwacht dat water met een Na concentratie beneden 1 mmol/l bij tomaat niet tot lozing vanwege te hoog Na zal hoeven te leiden. Echter men zal dan moeten accepteren dat Na concentraties dan tijdelijk tot waarden van 15 à 20 mmol/l kunnen oplopen.

5 Conclusie

- De productie is door de toegepaste Na behandelingen niet significant beïnvloed.
- Oplopende Na concentraties in het wortelmilieu (de drainconcentratie) tot 15 mmol/l en zelfs tot 20 mmol/l, hoeft geen belemmering te zijn in de teelt.
- Neusrot aantasting is beperkt er was een lichte tendens dat het % neusrot toeneemt met de Na concentratie.
- Na heeft geen effect op houdbaarheid of de smaak van tomaat.
- Het aanpassen van de K/Ca verhouding heeft geen effect op de groei of productie, wel lijkt de Na opname wat af te nemen en is het % neusrot mogelijk wat kleiner.
- De opname aan Na berekend via de aanvoer vanuit de voedingsoplossing is beperkt, maar stijgt duidelijk met de aangeboden concentratie.
- De opname berekend vanuit de biomassa was in deze proef zeer laag, en hing samen met zeer lage Na gehalten in de bemonsterde plantendelen.
- De tot nu toe gehanteerde grenswaarde voor tomaat van 8 mmol Na/l kan veilig worden verhoogd naar 15 mmol/l. Tijdelijke piekwaarden van 20 mmol Na/l zullen naar verwachting geen problemen opleveren.
- Water met een Na concentratie tot 1 mmol/l aan Na kan gebruikt worden voor een gesloten teelt, mits men accepteert dat Na tijdelijk op kan lopen tot 20 mmol/l.

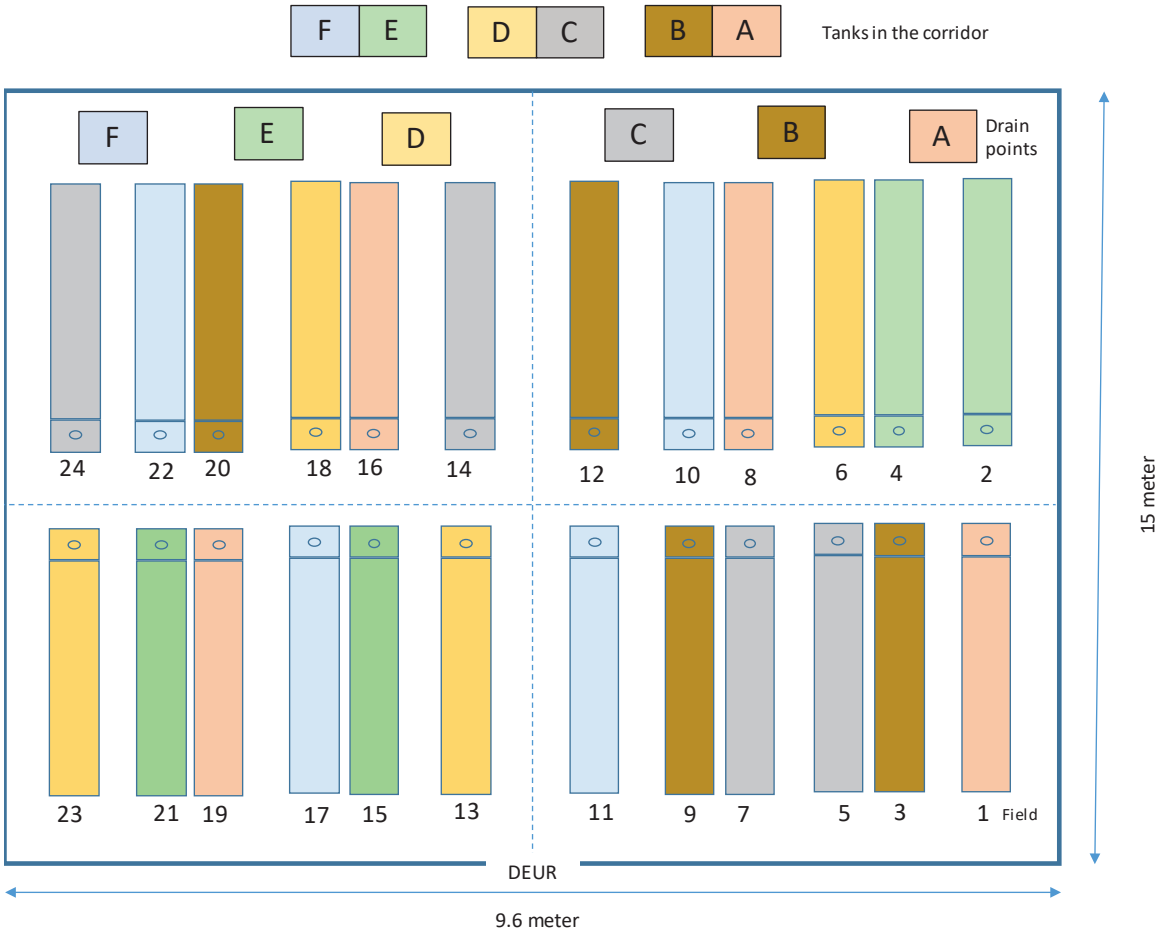
6 Literatuur

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.

Voogt, W.; Os, E.A. van (2010).
Strategies to manage chemical water quality related problems in closed hydroponic systems. Acta Horticulturae 927. - p. 949 - 955.

Voogt, W., Leyh, R., (2020).
Effecten van Na ophoping in de drain bij paprika, Wageningen UR Glastuinbouw, WPR 824, 29 pp.

Bijlage 1 Plattegrond kas

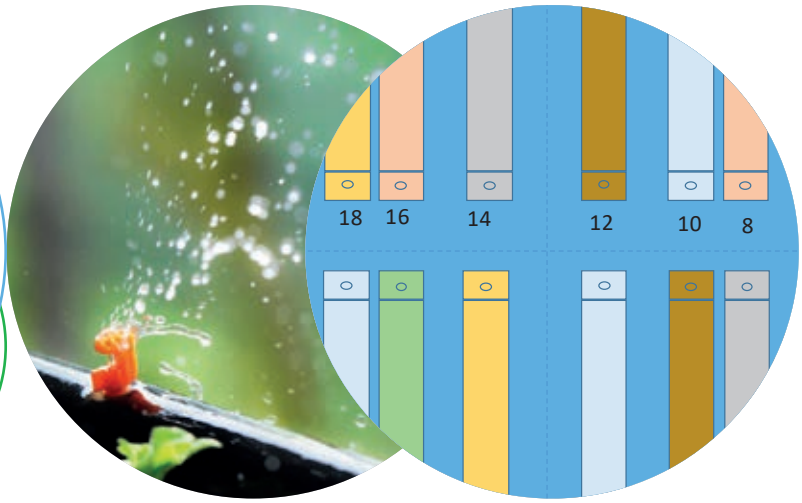


Bijlage 2 Gewasanalyses

Gehalten aan overige nutriënten in verschillende plantendelen in mmol/kg droge stof.

Row Labels	Na	K	Ca	Mg	N	SO_4	P	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
Jonge bladeren						Mmol/kg d.s.						Umol/kg d.s	
Na5	20	1568	716	188	3344		162	1.40	1.50	0.77	3.90	120	29
Na10	21	1461	685	167	3501		166	1.40	1.50	0.50	4.10	133	27
Na15	25	1332	621	177	3091		145	1.20	1.40	0.52	3.80	108	27
Na20	48	1371	625	166	3236		150	3.30	1.90	0.54	4.10	111	27
Na15 KM	31	1338	767	184	3311		172	1.60	1.60	0.52	4.50	138	32
Na15 KL	45	1483	664	146	3698		194	1.70	1.50	0.53	5.00	158	25
Oude bladeren													
Na5	30	1455	1241	221	2675	213	192	2.13	2.97	1.33	4.47	83	32
Na10	50	1677	1425	271	2648	210	217	2.43	3.47	1.47	5.17	97	38
Na15	70	1488	1370	319	2531	186	233	2.03	3.03	1.67	4.90	108	43
Na20	87	1522	1290	269	2707	191	213	3.63	3.83	1.15	5.33	83	37
Na15 KM	89	1697	1712	323	2678	268	239	3.20	4.03	1.57	6.30	118	43
Na15 KL	65	1344	1311	226	2536	116	212	2.40	2.87	1.33	5.23	116	33
Stengel													
Na5	10	1714	347	190	1766	119	411	1.20	1.50	2.60	1.80	131	18
Na10	25	1306	267	126	1494	83	291	0.80	1.00	1.50	1.10	86	13
Na15	43	1314	357	155	1462	92	299	0.90	1.10	1.80	1.40	153	18
Na20	66	1289	298	151	1418	81	292	0.80	1.10	1.30	1.30	99	14
Na15 KM	38	1178	299	130	1387	80	260	0.80	1.10	1.50	1.20	103	13
Na15 KL	51	1085	309	143	1685	85	260	0.90	1.20	2.00	1.20	97	16
Vruchten													
Na5	10	1037	38	60	1598	46	130	1.05	0.29	0.37	1.20	80	14
Na10	15	833	26	48	1577	39	108	0.80	0.22	0.27	1.00	60	15
Na15	10	785	26	46	1533	36	101	0.65	0.20	0.25	0.90	57	13
Na20	18	801	28	48	1612	38	108	1.05	0.22	0.28	1.05	54	14
Na15 KM	15	999	35	55	1537	44	123	0.95	0.25	0.31	1.15	72	13
Na15 KL	16	936	33	53	1573	43	123	1.10	0.25	0.34	1.20	68	12

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-825

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, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten 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.