



# Tomaat telen met verhoogd Natrium (proef 2019)

Hoe om te gaan met oplopend Na in het wortelmilieu?

Wim Voogt, Nina Oud, Aat van Winkel

Rapport WPR-832

## Referaat

Het effect van natriumophoping op de groei en productie van tomaat werd getest in een proef in steenwol met volledige recirculatie. Behandelingen liepen uiteen van 10 tot 25 mmol/l aan Na, met twee perioden waarin werd gestart met een geleidelijke verhoging, in een teelt van 11 maanden. Er werden geen betrouwbare effecten op de productie of kwaliteit (houdbaarheid of smaak) gevonden. Er trad geen neusrut op. 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 1 mmol/l bij 15 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 is bij een Na concentratie van minder dan 1 mmol/l in het toegepaste water.

## Abstract

The effect of sodium accumulation on tomato growth and production was tested in a trial with a crop in stone wool with full recirculation of drain water. Treatments varied from 10 to 25 mmol/l sodium, with two periods of gradual increase, in an 11-month crop. No significant differences were found on yield or quality (shelf life or taste). Blossom End Rot (BER) did not occur. On the basis of the results of this trial, the maximum acceptable level for Na can be increased from 8 to 15 mmol/l. The uptake concentration was linear with the Na concentration in the root environment and is at a reasonable level with approx. 1 mmol/l at 15 mmol/l. From these results it is to be expected that when using rainwater only or water with comparable quality a fully closed cultivation is possible for tomato. Even so this is possible at Na concentrations of less than 1 mmol/l in the water applied.

## Rapportgegevens

Rapport WPR-832

Projectnummer: 3742266700

DOI: <https://doi.org/10.18174/588228>

## 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](http://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

F +31 (0)10 - 522 51 93

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

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

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>7</b>
	1.1 Aanleiding	7
	1.2 Doel	8
<b>2</b>	<b>Materialen en methoden</b>	<b>9</b>
	2.1 Teeltomstandigheden	9
	2.2 Proefopzet	9
	2.3 Monitoring en aanpassing Na en voeding	10
	2.4 Metingen voeding, gewas en vruchten	11
	2.5 Natrium opname	11
	2.6 Vruchtkwaliteit	11
<b>3</b>	<b>Resultaten</b>	<b>13</b>
	3.1 Natrium gift en drainanalyse	13
	3.2 EC en pH	14
	3.3 Gift en drain	14
	3.4 Productie	15
	3.5 Vruchtkwaliteit	18
	3.6 Biomassa	19
	3.7 Gewasanalyses	21
	3.8 Natriumopname	23
<b>4</b>	<b>Discussie</b>	<b>25</b>
<b>5</b>	<b>Conclusie</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>Literatuur</b>	<b>29</b>
	<b>Bijlage 1 Resultaten van metingen vruchtkwaliteit</b>	<b>31</b>
	<b>Bijlage 2</b>	<b>35</b>
	<b>Bijlage 3 Data biomassa</b>	<b>37</b>
	<b>Bijlage 4 Gewasanalyses (overig)</b>	<b>39</b>



# Samenvatting

Natrium (Na) ophoping kan een reden zijn waarom telers drainwater willen lozen. Er bestaat een spuinorm van 8 mmol/l, maar die dateert uit de beginjaren van recirculeren, begin jaren '90. 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 in het onderzoek nooit expliciet naar Na gekeken, maar altijd in combinatie met Cl. Ook is niet bekeken wat het betekent als de EC gelijk wordt gehouden en Na oploopt. In deze proef wordt daarom specifiek naar deze aspecten gekeken. In 2018 is een proef gedaan met tomaat, maar deze proef moest na 8 maanden voortijdig beëindigd worden. In 2019 is deze proef herhaald met een aantal aanpassingen in de opzet.

Tomaat werd geteeld in steenwol, met hergebruik van drainwater, met een teeltperiode van januari tot half november. Bij drie behandelingen waren de Na concentraties resp. < 5 (referentie), 15 en 20 mmol/l - als streefwaarden in het drainwater - waarbij de Na ophoping werd toegepast vanaf het begin van de teelt. Daarnaast waren er drie behandelingen waar de Na ophoping startte op 1 juni, met 15, 20 en 25 mmol/l Na. De EC-streefwaarde was bij alle behandelingen gelijk.

Zowel het aantal vruchten, het vruchtgewicht en daarmee ook de totaalopbrengst in kg/m<sup>2</sup> bleek niet significant te verschillen tussen de behandelingen. Het percentage vruchten met neusrot was zeer laag. Er is uitgebreid gekeken naar vruchtkwaliteit, maar er konden geen betrouwbare verschillen worden gevonden in houdbaarheid, de interne vruchtkwaliteit of de smaak.

De Na gehalten in de bladeren, stengels en vruchten steeg met de Na-concentratie in het wortelmilieu, maar was vooral in de oudere bladeren hoog. 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.

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. Uit de opnameberekening is duidelijk dat bij tomaat, als er uitsluitend goed gietwater (bijvoorbeeld regenwater of water met een vergelijkbare kwaliteit) gebruikt wordt, geen lozing op basis van een te hoge Na-concentratie nodig zal zijn. Gebruik van water van een lagere kwaliteit, zoals bijvoorbeeld bij een niet goed werkende of afgestelde RO installatie, kan lozing ook achterwege blijven, indien de Na input concentratie gemiddeld beneden de 1 mmol/l blijft. Men zal dan moeten accepteren dat de Na concentraties in de drain dan (tijdelijk) tot 15 à 20 mmol/l kunnen oplopen.



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Naar aanleiding van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) heeft de overheid met de glastuinbouwsector afgesproken toe te werken naar een (nagenoeg) nul-emissie voor nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen (GBM) in 2027. Een van de knelpunten daarbij is de ophoping van Na in de recirculerende voedingsoplossing. Bij langdurig recirculeren, zonder spui, kan Na ophopen. Dit is afhankelijk van de input, zoals de gebruikte meststoffen en de kwaliteit van het uitgangswater, maar niet in de laatste plaats door het gewas zelf. Sommige gewassen kunnen aanzienlijke hoeveelheden Na opnemen, andere gewassen zijn daar nauwelijks toe in staat. In de praktijk betekent dit dat bij bepaalde combinaties van een input aan Na en een gewas, Na tot ongewenste concentraties kan oplopen. Na-concentraties boven een bepaalde grenswaarde kunnen tot productieafname en/of kwaliteitsverlies leiden. Telers zullen het oplopen tot boven die grenzen willen voorkomen door drainwater te lozen. Een te hoog Na gehalte in het recirculatiewater (of angst daarvoor) is waarschijnlijk de belangrijkste oorzaak van spui.

De normen voor de grenswaarden voor Na in het wortelmilieu zijn afgeleid uit de resultaten van het 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. Onderzoek van Post en Klein-Buitendijk (1996<sup>1</sup>; 1996<sup>2</sup>) liet zien dat bij paprika meer Na toelaatbaar is en ook ervaringen in de praktijk wezen in de richting dat bij tomaat veel meer mogelijk is. Er ligt daarom 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 feitelijk alleen 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 potentieel de Na opname toe. Het moment dat de drempelwaarden worden bereikt, wordt daardoor uitgesteld en hierdoor kan uiteraard het moment van spui ook worden uitgesteld. Bovendien zal bij een hogere Na-concentratie de spui ook veel effectiever worden, door de hogere vracht aan Na.

Schade door Na is tweeledig. In het algemeen, zoals ook vaak in de literatuur wordt benoemd als 'salinity', is er een EC - of osmotisch - effect. Hierdoor wordt de wateropname bemoeilijkt, kosten wortelfuncties zoals de voedingsopname meer energie en moet de plant meer van de assimilaten investeren in het op peil houden van de interne osmotische waarde. Het gevolg is een verminderde groei. Een tweede effect is dat Na-antagonisme, dat wil zeggen de opname van andere kationen, wordt bemoeilijkt. Dit zou dan vooral de Ca-opname betreffen. Voor de praktijk van de substraatteelt met hergebruik van drainwater in Nederland, zal dat eerstgenoemde effect zich nauwelijks voordoen. Immers, de EC is een sturingsparameter voor de teelt, telers houden deze nauwlettend in de gaten en wordt ook automatisch gestuurd doordat op EC-waarde drainwater wordt bijgemengd. Oplopend Na zal daardoor niet leiden tot EC verhoging, maar zal in feite 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.

Er zijn dus een aantal redenen voor de noodzaak de bestaande grenswaarden voor Na door middel van onderzoek naar de effecten van Na opnieuw tegen het licht te houden. 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 is een proef gedaan waarbij de gevoeligheid voor Na is getest bij tomaat (Voogt *et al.* 2021). Omdat deze proef niet langer kon worden aangehouden dan tot eind augustus (9 maanden) en er tot dat moment nog geen negatieve effecten van verhoogd Na waren gevonden, is besloten de proef min of meer te herhalen, bij een teelt met een duur van minimaal 11 maanden. In dit rapport wordt verslag gedaan van het onderzoek met tomaat, in 2019. Het niveau van 15 mmol/l Na gaf in de vorige proef geen productieverlies, bij 20 mmol/l leek een grens bereikt want er kwam iets meer neusrot. Daarom is nu gefocust op 15 en 20 mmol/l, met een

referentie met laag Na (max 5). Hierbij zijn twee Na behandelingen opgenomen waar vanaf de start van het recirculeren, begin maart, Na is verhoogd, tot resp. 15 en 20 mmol/l. Daarnaast zijn er drie behandelingen waarbij Na pas vanaf 1 juni werd verhoogd, tot 15, 20 en 25 mmol/l. Alle genoemde Na concentraties zijn streefwaarden in het wortelmilieu. De streef-EC was bij alle behandelingen identiek.

## 1.2 Doel

Het opzoeken van de schadegrenzen voor Na bij tomaat in een teeltsysteem met recirculerende voedingsoplossing. Daarbij ook het bestuderen van de dynamiek van de Na opname tijdens de teelt.



## 2 Materialen en methoden

### 2.1 Teeltomstandigheden

Tomaat, Ras 'Livento' is in een kasafdeling (Bleiswijk kas 6.04) van 120 m<sup>2</sup> 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 (1.25 m) met 25 cm tussenruimte) en een stengel per plant (2.5 pl/m<sup>2</sup>). Planten werden gezaaid in week 46 en geplant op 8 januari 2019. De teelt is op 28 November 2019 beëindigd.

### 2.2 Proefopzet

In Tabel 2.1 wordt een overzicht gegeven van de toegepaste behandelingen, verdeling van de behandelingen in de kas is weergegeven in Figuur 2.1. Behandeling B en C zijn identiek aan vorig jaar om aansluiting te houden bij de vorige proef. In deze optie wordt bekeken of het verschil maakt of je op 1 maart of op 1 juni pas hoger Na aanbiedt. Daarnaast is een behandeling opgenomen met extreem veel Na (25 mmol/l).

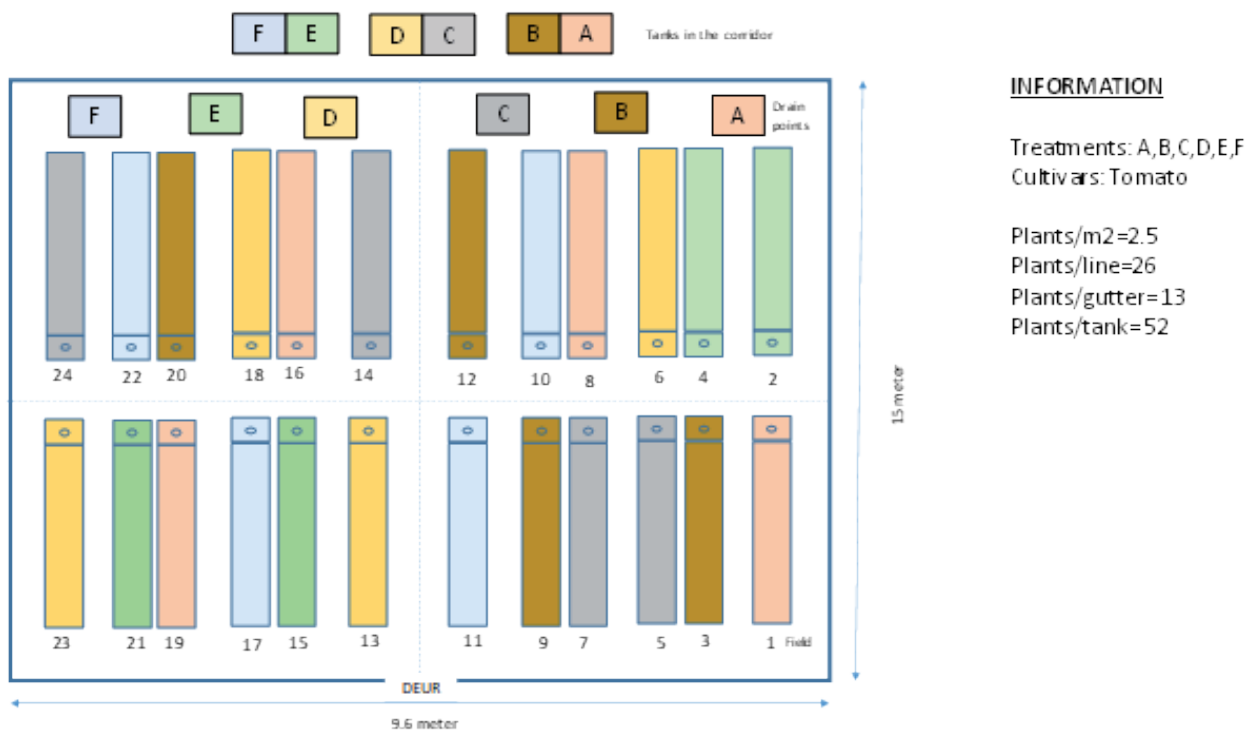
Tabel 2.1

*Na verhoogd op twee tijdstippen vanaf 1 maart en vanaf 1 juni, op twee niveaus, 15 en 20 mmol/l.*

Behandeling	Aanduiding*	EC	mmol/l			
			Na	K	Ca	Mg
A (Referentie)	Na5	3.8	5	8.0	9.5	2.8
B vanaf 1/3	Na15	3.8	15	5.5	6.6	1.9
C vanaf 1/3	Na20	3.8	20	4.3	5.1	1.5
D vanaf 1/6	Na15	3.8	15	5.5	9.5	2.8
E vanaf 1/6	Na 20	3.8	20	4.5	6.6	1.9
F vanaf 1/6	Na 25	3.8	25	4.3	5.1	1.5

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 sporelementen zijn bij alle behandelingen gelijk.

De proef vond plaats in een gesloten teeltsysteem, het drainwater is per behandeling opgevangen en in een voorraadbak gepompt. De voorraadbak is minstens eenmaal per week aangevuld met verse voedingsoplossing. Deze aanvuloplossing is wekelijks aangepast op basis van de analysecijfers. Hierbij zijn zowel het recept voor de hoofd- en sporelementen - indien nodig - aangepast als de toe te dienen concentratie Na. Voor de hoofdelementen zijn vloeibare meststoffen (Substrafeed) toegepast, en de geprepareerde sporelementoplossingen. Na is toegediend als een mengsel van NaNO<sub>3</sub> en NaSO<sub>4</sub> in een mol verhouding van 0.75:0.25. In de proef is in de periode januari- maart uitsluitend regenwater gebruikt, daarna werd er aangevuld met ontzout bronwater. Het regenwater bevatte gemiddeld 0.1 mmol Na/l, het ontzoutte water was som iets hoger met ca 0.15 mmol/l.



**Figuur 2.1** Plattegrond van het experiment in de kas.

## 2.3 Monitoring en aanpassing 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 2.2). De planten zijn daarna op de verzadigde matten geplaatst. Vervolgens is gestart met de druppeloplossing, hier is de eerste weken bij alle behandelingen mee gewerkt. Vanaf 1 maart is gestart met de Na behandelingen (behandeling B en C), en is stap voor stap de Na dosering verhoogd om na ca vier weken op de beoogde Na niveaus in de drain te komen. Voor behandeling D, E, F is hetzelfde gedaan vanaf 1 juni.

Tabel 2.2

*Indruppel en startoplossing.*

	pH	EC	NH <sub>4</sub>	K	Na	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	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 voor elke behandeling een recept berekend voor de aanvuloplossing. De streefwaarden (Tabel 2.1 en 2.2) waren daarbij het uitgangspunt. Voor Na werd gekeken naar de trend van de voorafgaande weken in de drain en de al 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, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en P werden geëvalueerd en zo nodig werden aanpassingen toegepast op de StV.
4. Idem voor de spoorelementen.

5. Kat - anionensom van de resulterende voedingsoplossing werd gelijk gemaakt.
6. Evaluatie van de Na concentraties in drain en gift, vergeleken met de trends; berekenen van de nieuwe gift-concentratie Na.
7. Evaluatie van de EC-drain, rekening houdend met de trend en te verwachten ontwikkeling (groei, weer), bepalen van de EC van de aanvuloplossing.
8. Berekenen van de nieuwe recepten.
9. Meten van de stand van de voorraadbakken, berekenen van de hoeveelheid aan te maken van het nieuwe recept.
10. Na vullen voorraadbakken meten van het nieuwe recept, toepassen van stap 6, berekenen van de hoeveelheid toe te dienen Na-oplossing ( $\text{NaNO}_3$  en  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ).

## 2.4 Metingen voeding, gewas en vruchten

Driemaal per week werd de EC en de pH van de drain gemeten. Wekelijks (maandag) werden monsters van drainwater genomen en op woensdag geëvalueerd. Tijdens de teelt is de voedings- en drainoplossing wekelijks bemonsterd en geanalyseerd op hoofd- en spoorelementen. Het waterverbruik is gemeten aan de dagelijkse irrigatie en de drain en door het meten van de bijvul hoeveelheid van de voorraadbakken en de wekelijkse waterstanden. Bladmonsters zijn genomen voor droge stof analyse en analyse op hoofd- en spoorelementen. De totale biomassa productie is bepaald aan de hand van wekelijkse meting van bladsnoei en dieven. Dit materiaal werd telkens gewogen (vers), vervolgens werd daarvan een submonster gedroogd en opgeslagen (dieven werden niet apart gehouden vanwege het geringe gewicht). Van de totale gepoolde droge massa van gesnoeiide bladeren werd maandelijks (achtmaal tijdens de proef) een analyse uitgevoerd. Jonge bladeren en vruchten werden tweemaal bemonsterd en geanalyseerd.

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

## 2.5 Natrium opname

De opname van natrium door het gewas is op twee manieren bepaald: 1) via water en voedingsoplossing en 2) vanuit de biomassa.

1. De totale aanvoer minus totale afvoer. De aanvoer is de som van Na via het aangevoerde water + de meststoffen + de toegediende natriumzouten voor de totstandbrenging van de Na niveaus. De afvoer is de eventuele spui (maar was in deze proef nul) en de restanten in het teeltsysteem, zoals de steenwolmat en de voedingsoplossing in de voorraadbak, drainbak + leidingsysteem aan het einde van de proef. Hiervoor worden aan het einde van de teelt monsters van de steenwolmatten uit het systeem gehaald, uitgeperst en geanalyseerd.
2. Gedurende de teelt wordt het gesnoeiide blad gemeten (verse biomassa) en bemonsterd en gedroogd en eens per maand geanalyseerd. Ook worden een aantal keren vruchten bemonsterd en geanalyseerd, waarbij de totale oogst de maatstaf is voor de biomassa aan vruchten. Aan het einde van de teelt zijn stengels en bladrestanten gemeten en geanalyseerd. De som van gesnoeid blad, vruchten en gewasresten is de totale biomassa en vermenigvuldigd met de respectievelijke Na-gehalten geeft dan de totale Na opname.

De Na opname gedeeld door de totale wateropname levert de gemiddelde opnameconcentratie.

## 2.6 Vruchtkwaliteit

In deze proef is specifiek onderzoek gedaan aan vruchtkwaliteit. Tijdens de gehele periode werd houdbaarheid getest (6 maal), interne kwaliteitsmetingen op het lab (6 maal) en tweemaal werd een test uitgevoerd door middel van het smaakpaneel. De houdbaarheid werd getest bij 28 vruchten van elke herhaling. Na 2 dagen bewaring bij 20 °C en 80% RH werd versgewicht stevigheid, kleur en aantrekkelijkheid gescoord. Vervolgens werd gedurende 4 weken driemaal per week de stevigheid geëvalueerd. Vruchten werden verwijderd en geregistreerd als ze bruine vlekken kregen, de hardheid beduidend minder werd of vervormd na een lichte druk

met de vingers. Volgens de methode ontwikkeld door Wageningen University & Research BU Glastuinbouw werd de gemiddelde houdbaarheid voor elke behandeling berekend. De interne kwaliteit werd gemeten aan 18 rijpe vruchten per herhaling, die eerst vier dagen werden bewaard bij 20 °C en 80% RH. De "bite" (N) en sappigheid (%) zijn bepaald via de Instron 4301 Universal Testing Machine (Instron®, Norwood, MA, US) volgens de methoden van Verkerke et al. (1997). Vervolgens zijn de vruchten in stukjes gesneden en gehomogeniseerd in een blender. De totale hoeveelheid opgeloste stoffen (suikers) (°Brix) en titreerbare zuren (mmol H<sup>+</sup>/100 g) zijn gemeten met een refractometer 30PX (METTLER TOLEDO, Greifensee, Switzerland) en een Titrator Excellence T50 (METTLER TOLEDO, Greifensee, Switzerland). Aan de hand van deze data is de 'smaak' berekend via het smaakmodel 2.1 (Verkerke 2011). Dit smaakgetal is in een range tussen 0 (zeer slecht) en 100 (zeer goed).

Voor een smaaktest via het smaakpanel werd 5 kg rijpe vruchten van elke behandeling vier dagen bewaard bij 20 °C en 80% RH. De smaak werd vervolgens door 55 proefpersonen beoordeeld, aan drie partjes van verschillende vruchten van elke behandeling, die in een willekeurige volgorde werden aangeboden. De panelleden scoorden de smaakbeleving in een schaal van 0 - 100. De resultaten werden berekend via het pakket EyeQuestion from Logic8.

# 3 Resultaten

## 3.1 Natrium gift en drainanalyse

Uit de Natriumconcentraties in het druppelwater (gift) komen duidelijk de momenten naar voren waarop Na is toegediend aan de voorraadbakken (Figuur 3.1 links). Omdat er drainwater wordt bijgemengd is er een effect van soms verdunning en soms ophoging op de concentraties, door de afwisselend soms lagere, soms hogere concentraties in de drain. Hierdoor zijn de concentraties op de momenten van bemonstering niet stabiel. Want ook in de drain fluctueren de Na-concentraties sterk, vooral bij de behandelingen met de hoogste Na concentraties (Figuur 3.1 rechts). Gemiddeld genomen zijn de concentraties in de drain wel in overeenstemming met de beoogde concentraties van de proefopzet. Het verschil tussen de behandelingen die in maart waren gestart en die in juni pas de verhoogd Na kregen is duidelijk zichtbaar. Ook is goed te zien dat bij de controle behandeling (A, < 5 Na), die alleen bassinwater kreeg toegediend, toch langzaam het Na gehalte wat oploopt. Om de beoogde concentraties in de drain te bereiken moest wekelijks de dosering van Na aangepast worden. In Figuur 3.2 is te zien dat bij de behandelingen die eerder zijn gestart een forse piek concentratie is toegepast, van omgerekend meer dan 50 mmol/l in het aangevoerde water om de beoogde waarden in de drain te realiseren. Bij de behandelingen die later zijn gestart is dit wat meer gespreid geweest, met lagere piekwaarden.



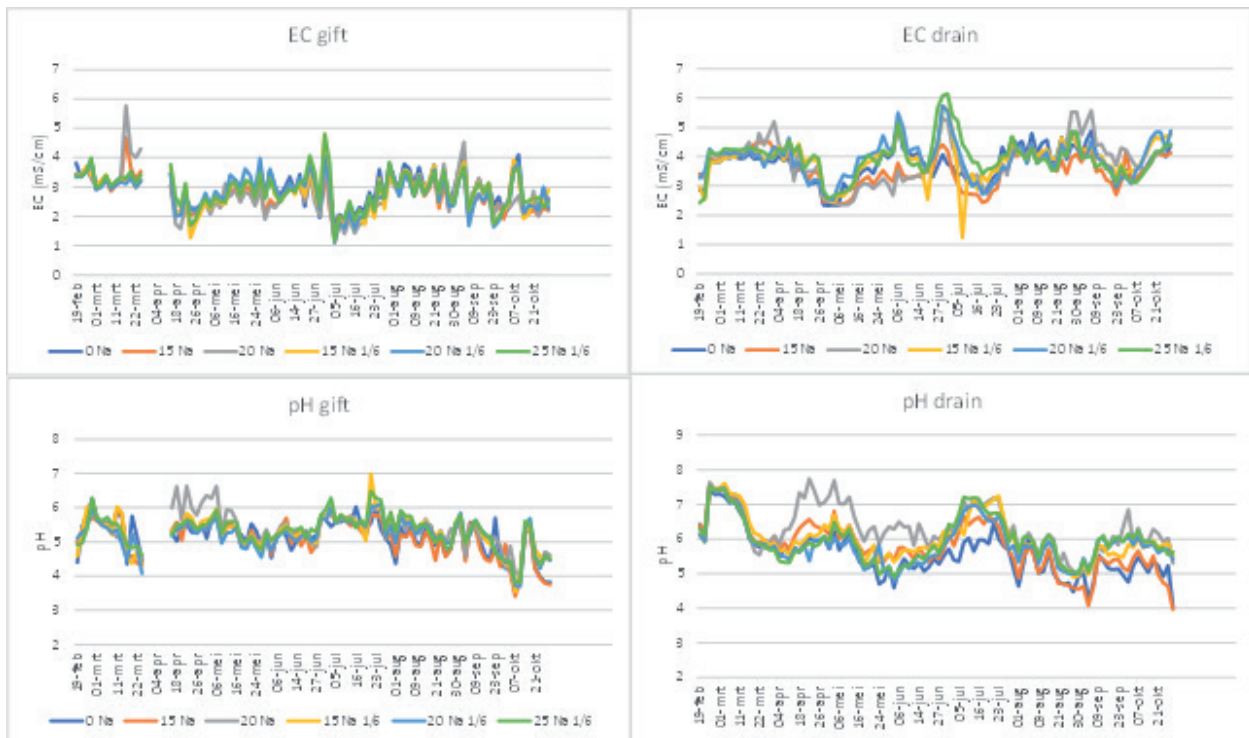
**Figuur 3.1** Wekelijkse geanalyseerde Na concentraties in de gift (druppelwater) en in de drain; alle waarden.



**Figuur 3.2** Wekelijkse invoer van natrium (links) van maart tot juni, en (rechts) van juni tot september.

## 3.2 EC en pH

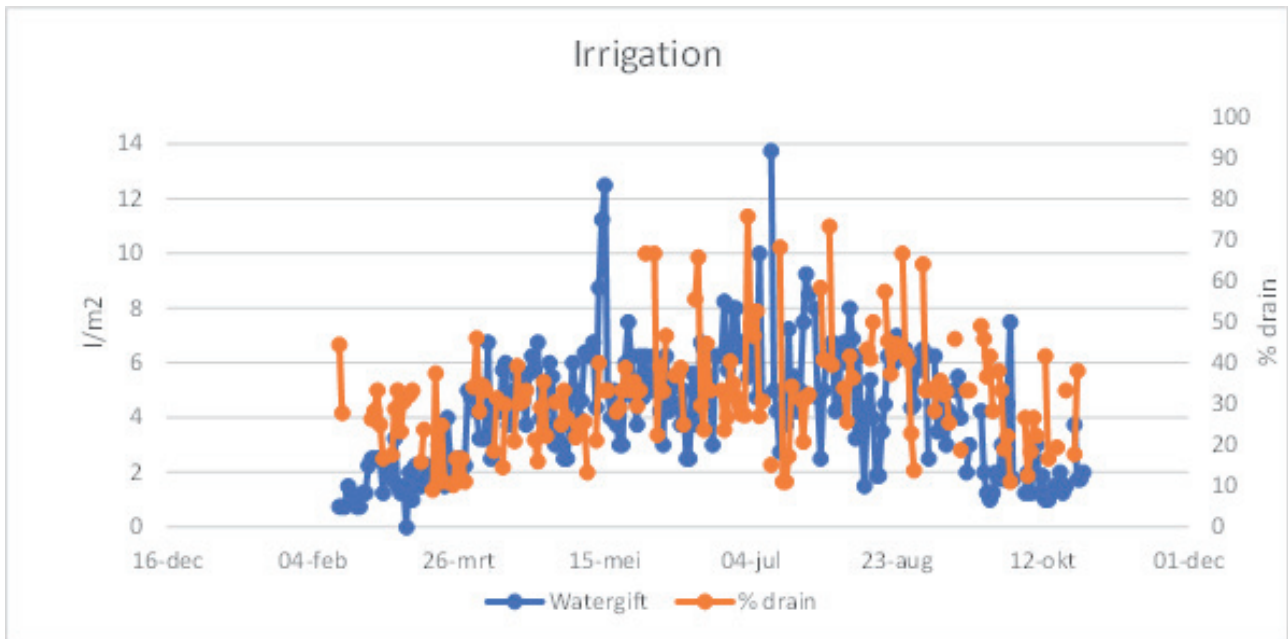
De gift EC is afgestemd op de streef-EC, als belangrijkste parameter. Er is gestreefd naar een drain EC van rond 4 mS/cm. Dit is niet altijd gelukt, met name in een periode van ruim een week tussen 20 juni en 1 juli is de EC doorgeschoten naar waarden tot bijna 6 mS/cm (Figuur 3.3). Dit is veroorzaakt door het plotselinge warme weer. Door versneld aanpassen van de gift EC kon de piek-EC weer naar normale waarden worden teruggebracht en behoefde er niet te worden gespuid. In de periode na half augustus is de EC gemiddeld ook wat hoger geweest. De pH van de drain is moeilijker in de hand te houden en varieerde tussen ca 7 en 4,8, met sms uitschieterende waarden boven 7. Er is daarom vooral gestreefd naar beheersing van de gift pH, deze kon vrij stabiel tussen 5 en 6 gehandhaafd.



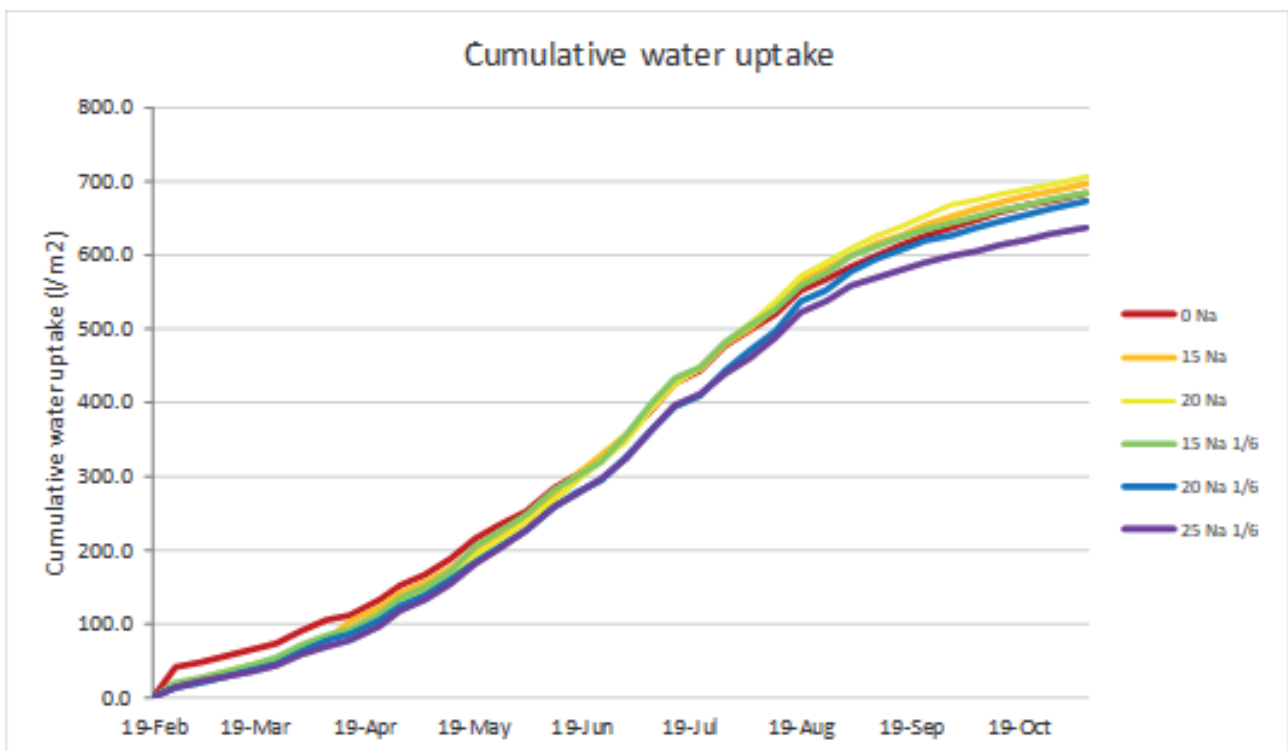
**Figuur 3.3** Verloop van de EC en pH van gift en drain bij de zes behandelingen.

## 3.3 Gift en drain

Er is gestreefd naar een drainpercentage van ca 30%. Dit niveau is ongeveer gerealiseerd. In bepaalde perioden, met name in de zomer, is het % beduidend hoger geweest om een te hoog opgelopen EC te corrigeren, vanwege de hiervoor genoemde reden. De watergift vertoont logischerwijs het patroon van de stralingssom door het seizoen heen (Figuur 3.4). De totale wateropname, berekend uit de hoeveelheid bijgevoerd water via de unit, volgt bij alle behandeling hetzelfde patroon en is nauwelijks verschillend (Figuur 3.5). Uitzondering is de behandeling met de hoogste natrium na 1 juni (F), die wat lager lijkt uit te vallen dan de wateropname bij de overige behandelingen. Omdat de gift en de drain niet per herhaling kon worden gemeten, is helaas niet na te gaan of dit significant verschilt van de andere behandelingen. Dit zou niet logisch zijn, want dan zou men bij de andere verhoogd Na behandelingen een vergelijkbare trend moeten zien. Het is daarom meer waarschijnlijk dat het toe te schrijven is aan lokale verschillen (standplaats).



**Figuur 3.4** Verloop van de watergift van alle behandelingen (identieke setpoint) en het % drain, gemeten bij behandeling A.

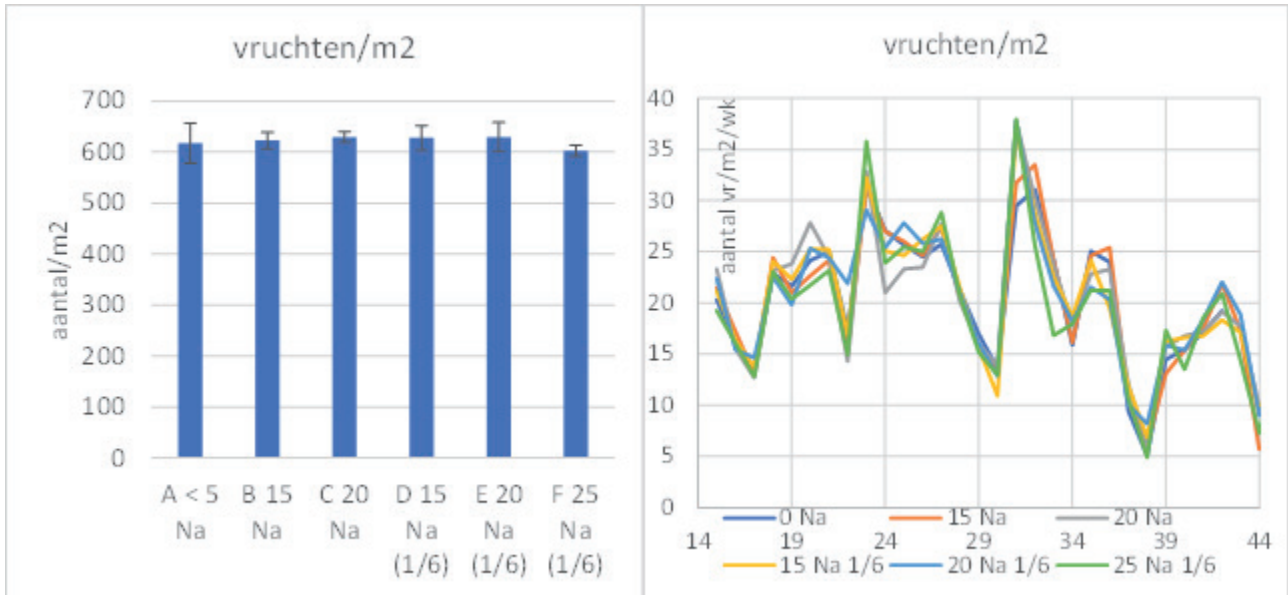


**Figuur 3.5** Cumulatieve wateropname van de afzonderlijke behandelingen.

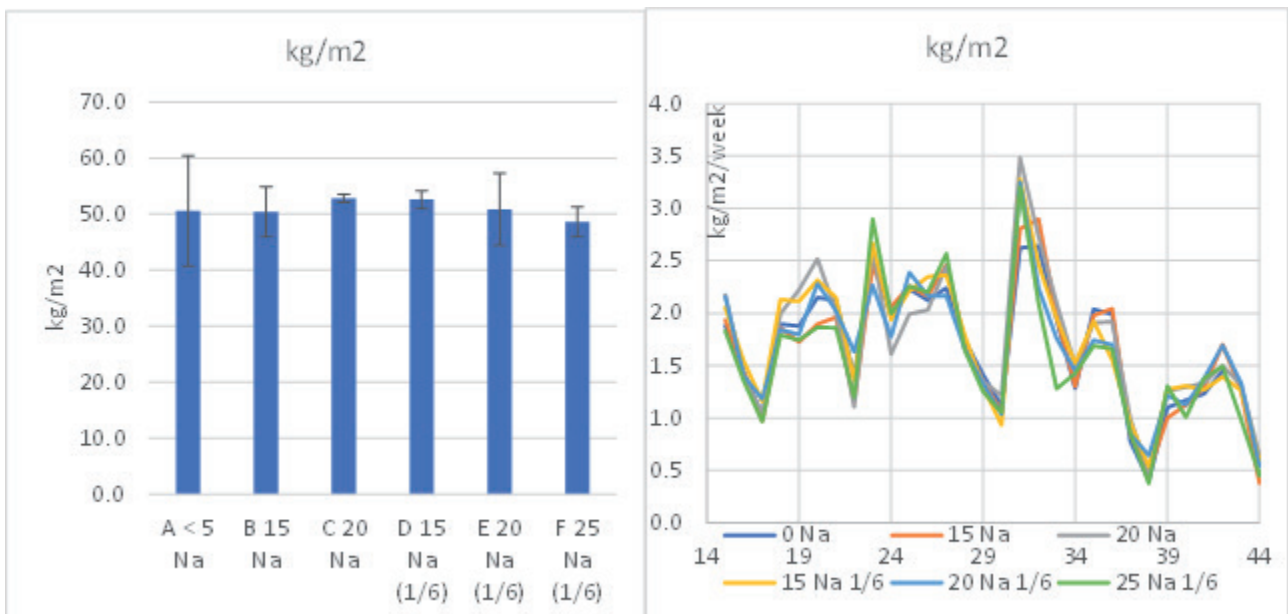
### 3.4 Productie

De productie blijkt niet te zijn beïnvloed door de Na-trappen. Er is nauwelijks tot geen verschil in aantal vruchten, het vruchtgewicht en derhalve de totaalproductie in kg/m<sup>2</sup> (Figuur 3.6 - 3.8). De verschillen zijn zeer klein en de spreiding tussen de vier herhalingen, vooral bij het vruchtgewicht, maakt dat de verschillen niet significant zijn (ANOVA test). Er is wel een tendens te zien dat de combinatie van de hoogste Na-trap met de hoge EC (behandeling F) een iets lager aantal vruchten en een iets lager vruchtgewicht geeft. Uit Figuur 3.8 blijkt dat het vruchtgewicht vooral in de laatste fase van de teelt sterk is gedaald, en dat dit bij behandeling F

vanaf week 30 telkens het laagst is van alle behandelingen. De verschillen zijn echter zeer gering, maar het valt niet uit te sluiten en is ook aannemelijk dat bij deze behandeling de grens is bereikt waarboven Na een negatief effect heeft op de productie. Het effect op neusrot is in deze proef marginaal en de verschillen zijn niet significant verschillend (Figuur 3.9). Dat het effect statistisch niet betrouwbaar is, komt door de grote spreiding tussen de individuele proefvakken/herhalingen. Niettemin is er wel de trend zichtbaar dat de behandelingen met hoog Na een iets hoger percentage neusrot laten zien dan die bij de lagere Na concentraties.

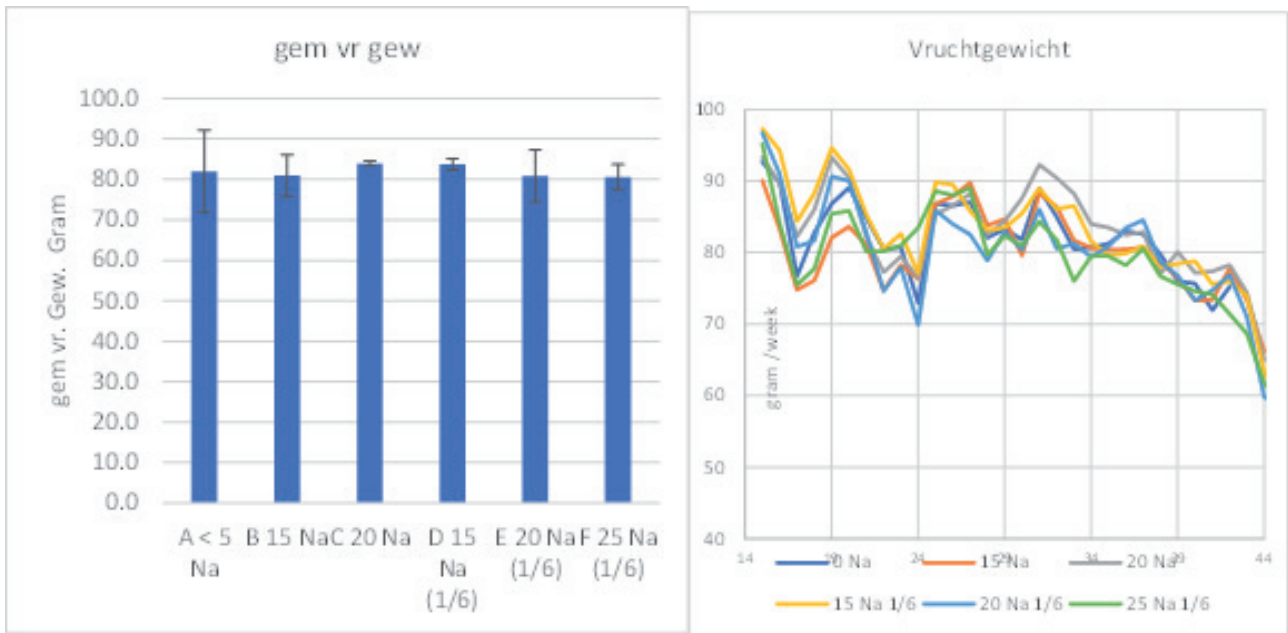


**Figuur 3.6** De totale- en de wekelijkse vrucht productie in aantal vruchten/m<sup>2</sup>.

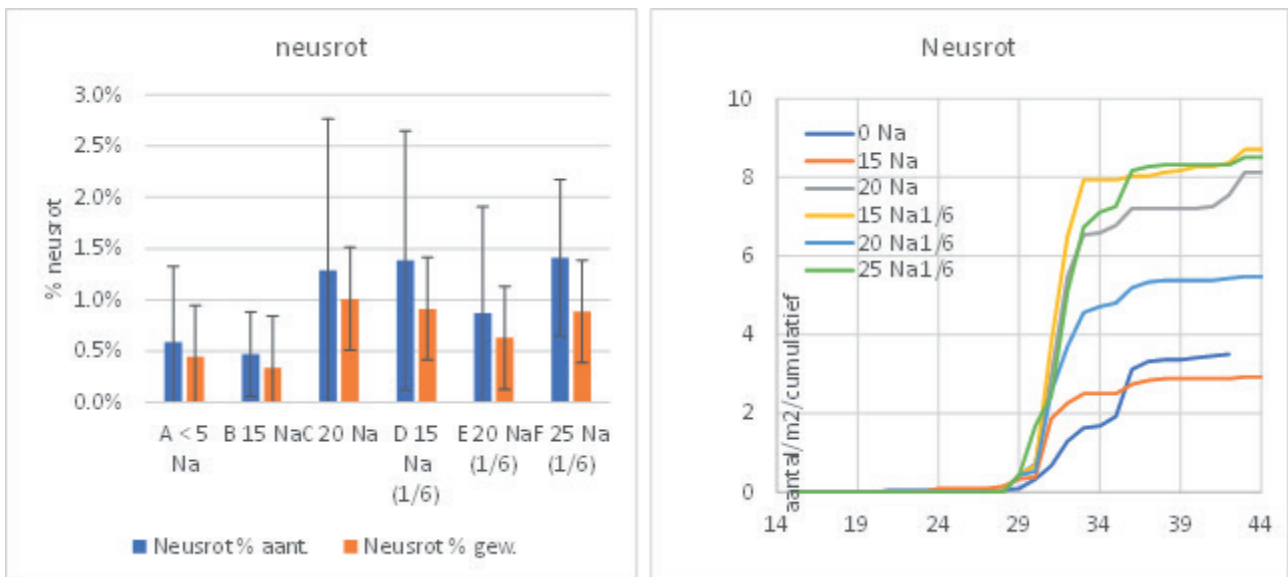


**Figuur 3.7** De totale- en de wekelijkse vrucht productie in kg/m<sup>2</sup>.





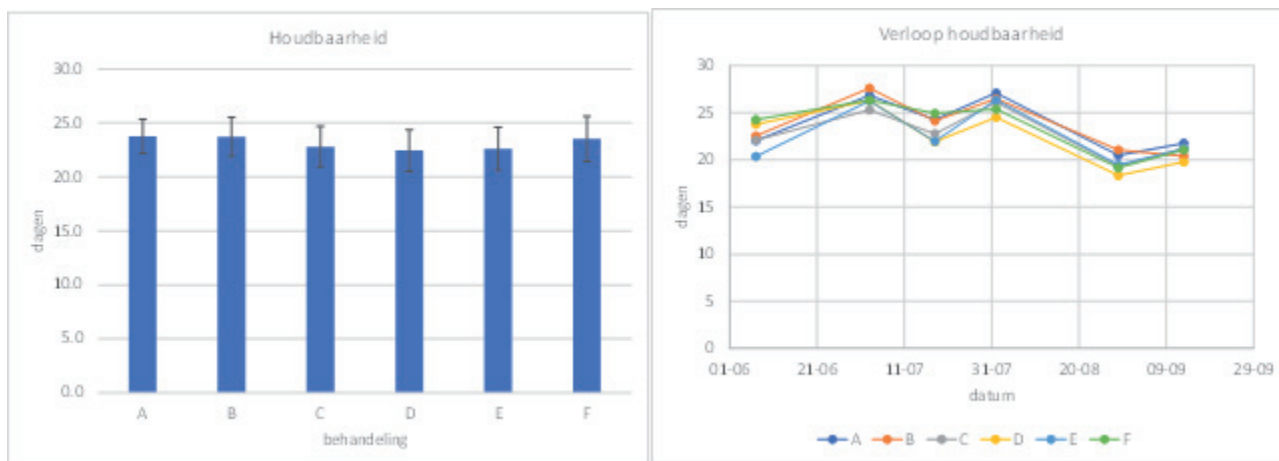
**Figuur 3.8** Het totale gemiddelde vruchtgewicht (g/vrucht) en het wekelijks verloop tijdens de teelt.



**Figuur 3.9** Het aantal- en gewichts % neusrotte vruchten, en het verloop van het optreden van neusrot in de tijd.

## 3.5 Vruchtkwaliteit

De houdbaarheid van de vruchten is zesmaal bepaald en gemeten onder gecontroleerde bewaarcondities in de bewaarcel. De waarden verschilden niet significant tussen de behandelingen (Figuur 3.10). Er was wel een tendens aanwezig dat de vruchten van behandeling D (20 mmol/l Na) korter houdbaar zijn. Bij de behandelingen E en F, met dezelfde of nog hogere Na concentraties, maar later in de teelt gestart was dit effect echter afwezig. Uit het verloop in de tijd blijkt overigens dat behandeling D bij de eerste twee testdata nog bij de hoogste scores hoort, maar bij de data daarna steevast de laagste score vertoont. In behandeling A (< 5 Na) is de houdbaarheid bij de eerste data het laagste en scoort juist hoog aan het einde. De houdbaarheid nam overigens bij alle behandelingen wel af naar het einde van het teeltseizoen (Figuur 3.10).

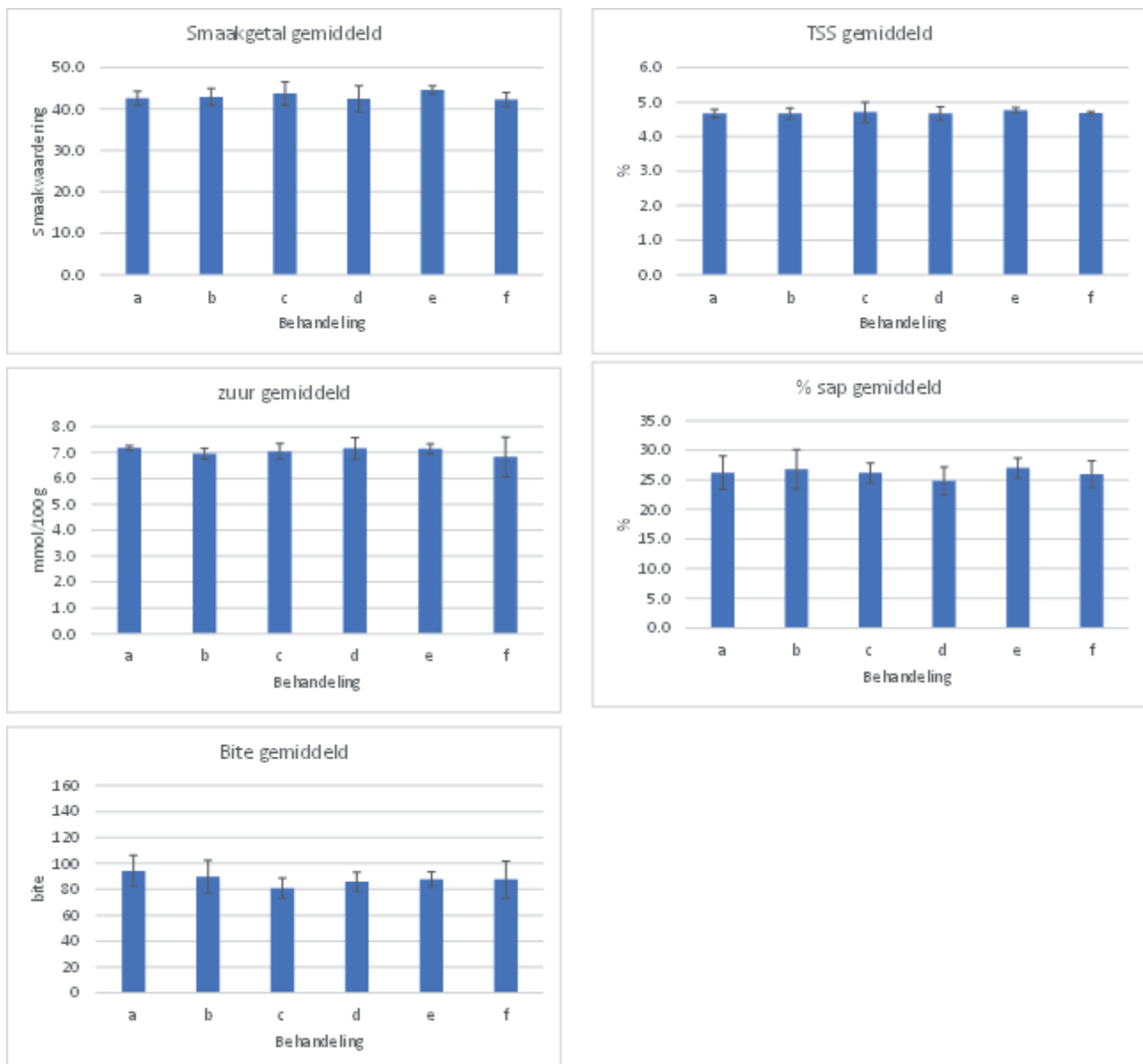


**Figuur 3.10** De gemiddelde houdbaarheid van de vruchten, uitgedrukt als het aantal dagen van start tot moment van weggooien (links), en het verloop van de gemiddelde houdbaarheid gemeten op zes momenten in de tijd.

De interne kwaliteitsparameters van de vruchten zijn driemaal bepaald, met een interval van telkens ca. vier weken (Figuur 3.11). De gemiddelden van het percentage TSS (total soluble solids, voornamelijk suikers) en het zuurgehalte waren nauwelijks verschillend tussen de behandelingen. Het percentage sap leek wel iets af te nemen bij de hoogste Na concentratie (beh. D) maar dit effect was niet significant, en was ook niet aanwezig bij de behandelingen E en F, met eveneens hoog Na. De gemiddelde waarde voor de 'bite', (afgeleid van de gemiddelde indrukbaarheid van de vruchtwand, representatief voor de ervaring tijdens kauwen) was bij behandeling C (15 mmol/l Na) wel significant lager dan bij behandeling A (< 5 mmol/l Na), maar was ook niet significant verschillend van de overige behandelingen.

Het smaakgetal, zoals bepaald is met het smaakmodel, aan de hand van de hiervoor aangegeven gemeten parameters, was uiteindelijk niet verschillend tussen de behandelingen (Figuur 3.11). De uitkomsten van de individuele metingen staan in Bijlage 1.

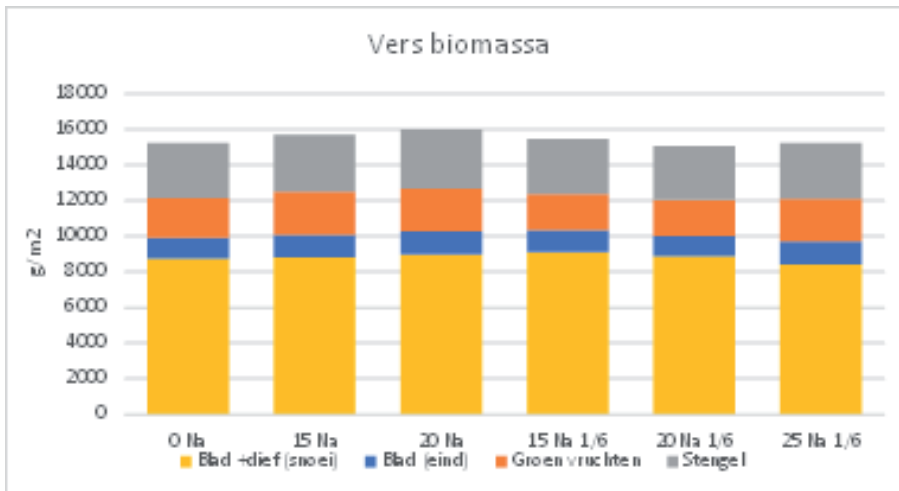
Naast de labmetingen is er een smaaktest gehouden met het algemene smaakpanel van WUR. Ook dit panel kon geen verschillen aantonen in de 'aangenaamheid' van de vruchten (resultaten in Bijlage 2).



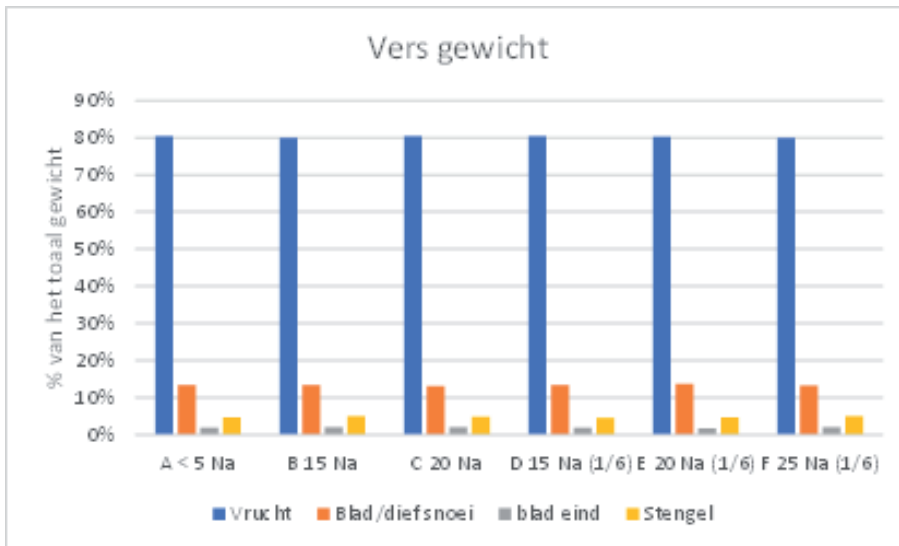
**Figuur 3.11** De gemiddelde waarden van de metingen aan kwaliteitsparameters: % TSS (suikers), zuurgehalten (mmol/100 g), % vruchtensap (gewichts %), bite (waarde voor de indrukbaarheid vruchtwand) en het waarderingsscijfer voor smaak (uitkomst van de toepassing van het smaakmodel).

### 3.6 Biomassa

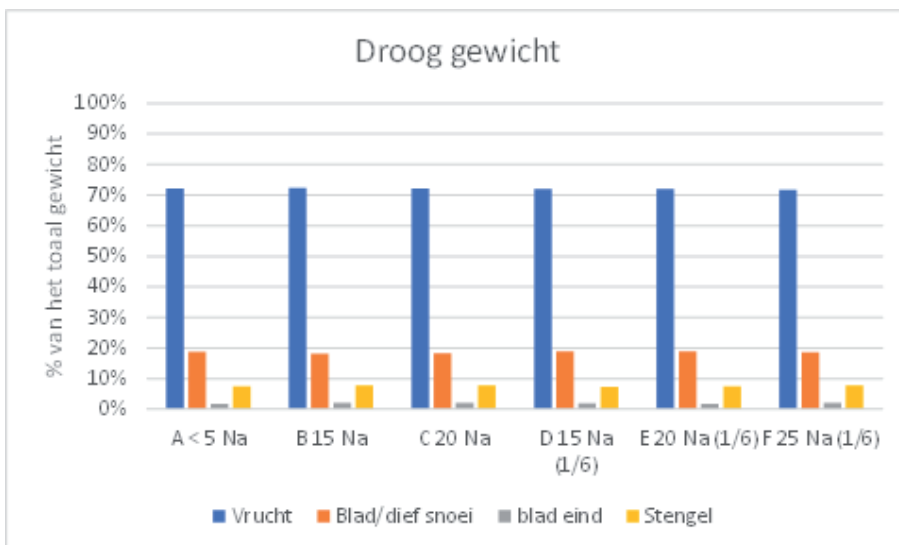
De totale som van de vegetatieve biomassa (het gesnoeide blad en de dieven tijdens de teelt, en de restanten aan einde van de teelt) was niet duidelijk verschillend tussen de behandelingen (Figuur 3.12). Er is wel een tendens dat de behandelingen die later zijn gestart met verhoogd Na een wat lager totaal gewicht aan biomassa hadden. Daar staat tegenover dat de 0 behandeling ten opzichte van 15Na en 20Na ook een wat lager gewicht had. De onderlinge verdeling van de biomassa over de vier onderdelen is ook niet verschillend geweest (Figuur 3.12). Het % van de totaal geproduceerde biomassa generatieve- (vruchten) of vegetatieve delen is over alle behandeling vrijwel identiek en bedraagt 80% en 71% voor vruchtmassa voor resp. verse en droge stof en 13% en 19% voor bladmassa tijdens de teelt voor resp. vers en droge stof. Daarbij bedroeg het aandeel aan bladeren en stengels aan het einde van de teelt niet meer dan resp. circa 2 en 5% resp. (vers) of 2 en 7% (droog) van het totaal (Figuur 3.13, 3.14).



**Figuur 3.12** Verse biomassa van de laatste oogst en de wekelijkse gesnoeide bladeren.



**Figuur 3.13** Verdeling in % van de totale biomassa over de vruchten, de bladeren (oud blad + gesnoeid blad + dieven) en de gewasresten aan het einde van de teelt (bladeren en stengel).



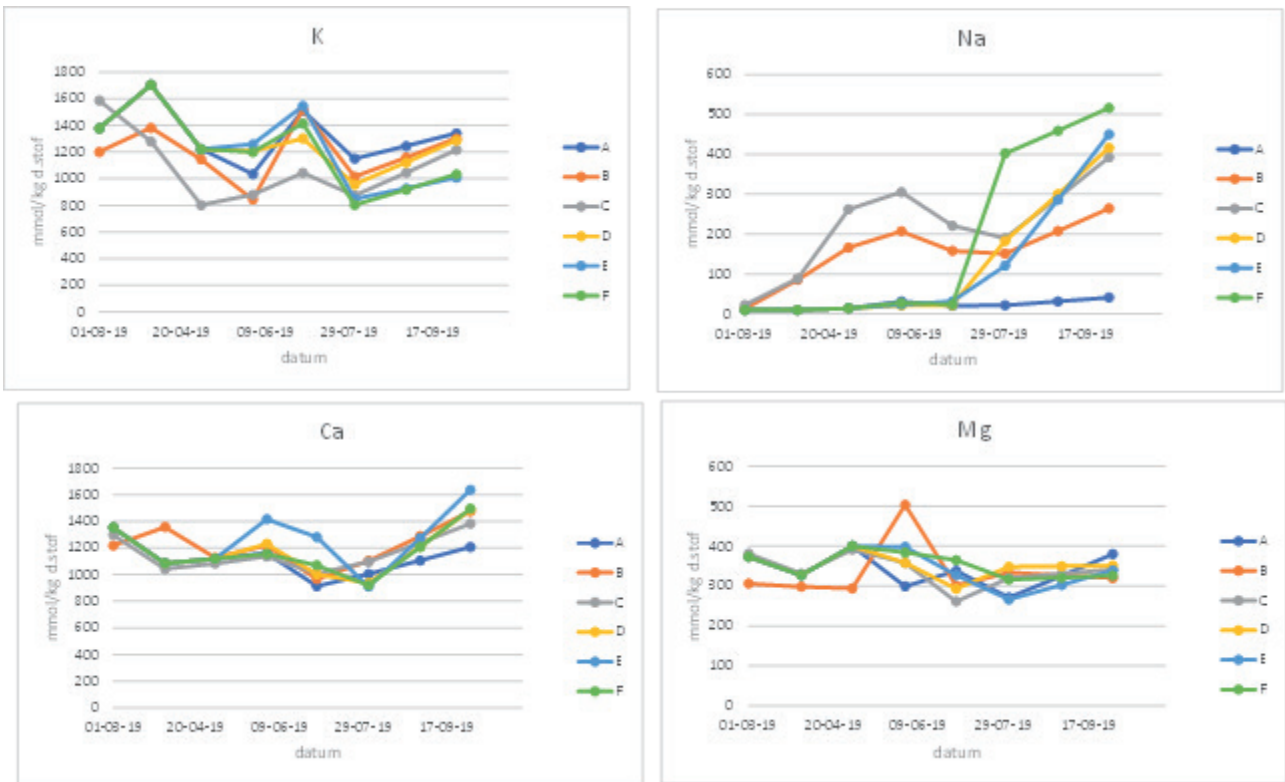
**Figuur 3.14** Verdeling in % van de totale biomassa over de vruchten, de bladeren (oud blad + gesnoeid blad + dieven) en de gewasresten aan het einde van de teelt (bladeren en stengel).

### 3.7 Gewasanalyses

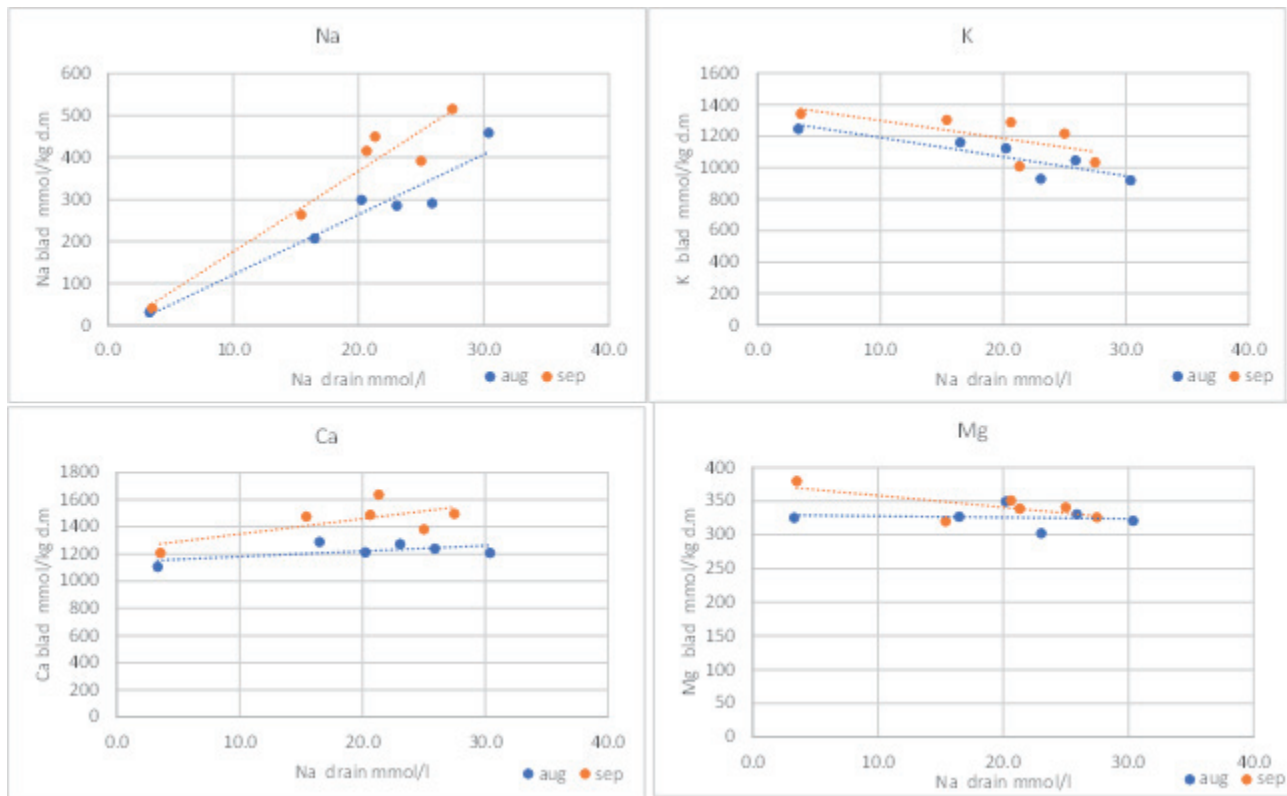
De Na gehalten in het gesnoeide blad (het (twee-)wekelijks verwijderde oude blad) nemen in de tijd geleidelijk toe bij de behandelingen B en C. Bij de behandelingen die later zijn gestart met verhoogd Na, is de toename logischerwijze pas te zien vanaf juni, maar neemt dan versneld toe (Figuur 3.15). Opvallend is dat het gehalte bij D bij de laatste bemonsteringen hoger uitvallen dan bij B, met dezelfde Na setpoint concentratie. Of dit samenhangt met de latere- en snelle start met hoog Na, of dat het veroorzaakt is door de gemiddelde hogere concentratie in de drain bij D dan bij behandeling B is niet na te gaan. Feit is dat C en E wel gelijk liggen en ook behandeling F, met het hoogste Na setpoint is duidelijk het hoogst. De K concentraties dalen geleidelijk aan tijdens de teelt, waarbij de behandelingen E en F, met de hoogste Na concentratie en dus lagere K in de drain beduidend lager uitvallen dan de rest. Daarentegen is bij behandeling C het gehalte maar beperkt lager, met dezelfde setpoints voor Na en K als behandeling E, behalve in de eerste maanden van de teelt.

De Ca gehalten lopen aan het einde van de teelt iets op, waarbij opvallend is dat de gehalten van de behandelingen met meer Na, in tegenstelling tot de verwachting juist een hoger Ca gehalte laten zien. De Mg concentraties zijn nauwelijks verschillend en vertonen geen duidelijke trend (Figuur 3.15). De Na gehalten in de plant zijn duidelijk lineair gecorreleerd met de concentraties in de drain (periode aug - einde), waarbij er wel een duidelijk verschil is tussen de de meetperiode augustus of oktober (Figuur 3.16). K daalt met de stijging van Na en dit geldt in beperkte mate ook voor Mg, terwijl het Ca gehalte juist mee stijgt. Dit is opvallend, aangezien er van alle drie de kationen evenredig minder wordt toegediend bij de hogere na giften.

De overige macro en micro-nutriënten zijn niet duidelijk verschillend over de behandelingen (Tabel 3.1 en 3.2).



**Figuur 3.15** K, Na, Ca en Mg gehalten in de droge stof in het oude blad, (twee-)wekelijks gesnoeid en gepeeled per maand.



**Figuur 3.16** Na, K, Ca en Mg gehalten in gesnoeid blad van de maand augustus en van september, uitgezet tegen de gemiddelde Na concentratie in de drain in diezelfde periode.

Tabel 3.1

Gehalten van Na, K en Ca in vruchten en de gewasresten blad en stengel, in mmol/kg droge stof.

Behandeling	Na			K			Ca		
	vrucht	blad	stengel	vrucht	blad	stengel	vrucht	blad	stengel
A	17.1	81.3	17.3	1245	1390	1430	37.3	1208	306
B	45.4	403	94.2	1169	1348	1361	38.5	1211	318
C	105	601	158	1165	1101	1249	33.6	1063	323
D	100	871	197	1133	1044	1171	35	1130	294
E	75.7	506	104	1196	1313	1308	37.9	1141	313
F	75.9	606	106	1210	1145	1294	29.4	1094	309

Tabel 3.2

Gehalten van N, S en P en de spoorelementen in het oude gesnoeide blad, gemiddeld over de gehele meetperiode, in mmol/kg droge stof (Cu en Mo in umol/kg d.s.).

Behandeling	N-tot	SO <sub>4</sub>	P	Fe	Mn	Zn	B	Mo	Cu
A	2456	294	161	1.7	4.0	1.5	3.7	43.9	68.4
B	2656	332	184	1.8	4.8	1.1	4.0	43.4	64.4
C	2384	314	166	1.5	4.5	1.2	3.9	46.8	61.8
D	2437	307	170	1.7	4.2	1.4	3.5	44.4	67.1
E	2595	378	177	1.7	5.1	1.2	4.0	47.7	70.6
F	2404	315	177	1.6	4.3	1.5	3.6	46.5	70.9

## 3.8 Natriumopname

De Na opname is op twee manieren berekend, via de totale gift (Na in water + Na oplossing minus restanten aan het einde) en via de totale biomassa (de gehalten in plantorganen maal hoeveelheid droge stof).

De Na opname is duidelijk sterk beïnvloed door de concentratie in het wortelmilieu (Tabel 3.3 en 3.4). Om de beoogde Na niveaus te realiseren moest ook vrij veel Na-oplossing worden toegediend (Tabel 3.3), waarbij uiteraard voor de behandelingen die later zijn gestart minder Na is gegeven dan voor de behandelingen B en C. De verschillen zijn kleiner dan te verwachten is op grond van het verschil in lengte van de periode waarin de Na niveaus zijn gerealiseerd. Dit komt aan de ene kant omdat een groot deel van de toegediende Na nodig was om het concentratie niveau in het systeem te realiseren (ca 350 mmol/m<sup>2</sup>), daarnaast is uiteraard ook het hoogste waterverbruik gerealiseerd in de periode na juni. Het blijkt ook dat de restanten aan Na in de steenwolmatten en het resterende water een flink deel uitmaakten van de totale balans van Na (Tabel 3.3). Het valt op dat het aandeel van de totale opname dat in de vruchten terecht komt en afgevoerd wordt het grootst is en hoger is dan de afvoer via gesnoeid blad (Tabel 3.4). Dit heeft uiteraard te maken met het grote aandeel van vruchtproductie in de totale biomassa (70%), want het Na gehalte in vruchten is aanzienlijk lager dan in het gesnoeide blad. De totale opname berekend via beide methoden verschilt aanzienlijk. Via de toegediende voedingsoplossing is de opname ruim tweemaal zo hoog als via de biomassa is gemeten. Wel is er voor beide methoden een strak lineair verband tussen de niveaus in het wortelmilieu en de opname (Figuur 3.17).

Tabel 3.3

Berekende aanvoer van Na en de daaruit afgeleide opname in mmol/m<sup>2</sup> en in mmol/l.

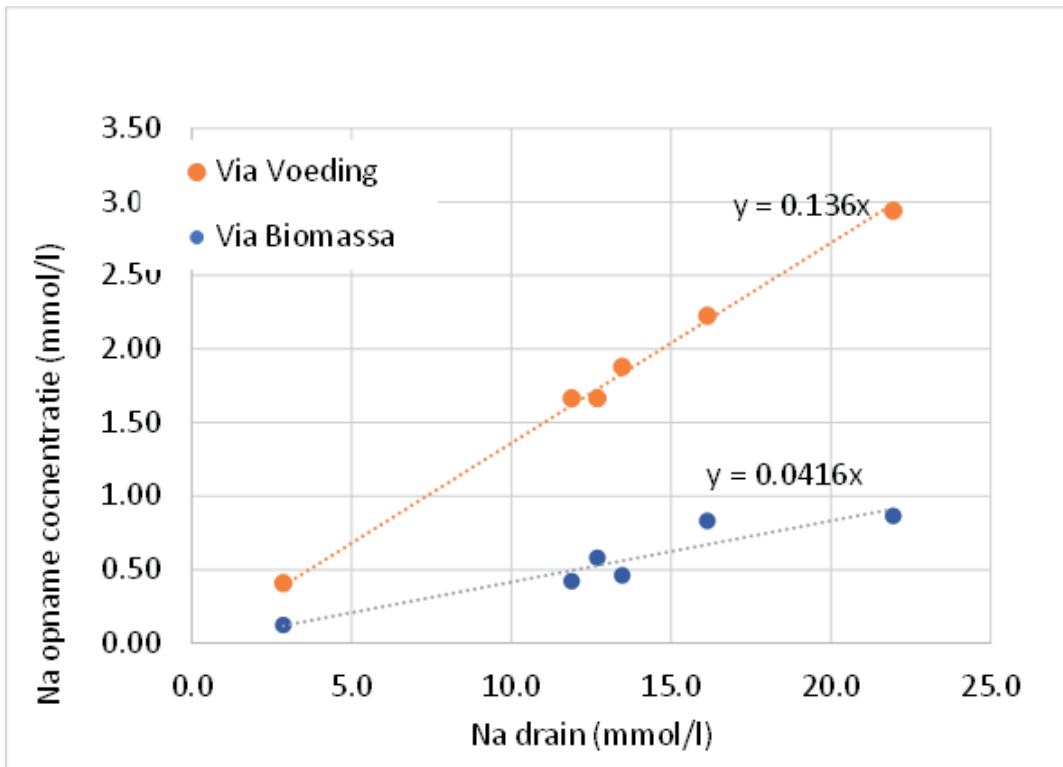
	Aanvoer Na oplossing mmol/m <sup>2</sup>	Aanvoer via water mmol/m <sup>2</sup>	Restant mmol/m <sup>2</sup>	Opname mmol/m <sup>2</sup>	mmol/l)*
A < 5 Na	0	75	42	33	0.06
B 15 Na	1221	80	282	1018	1.68
C 20 Na	1533	75	331	1277	2.25
D 15 Na (1/6)	672	78	188	561	0.95
E 20 Na (1/6)	1119	76	323	872	1.51
F 25 Na (1/6)	1558	75	270	1364	2.38

Tabel 3.4

De berekende Na opname op basis van de gemeten en geanalyseerde totale biomassa; blad en vrucht gemeten tijdens de teelt, en gewasresten aan het einde van de teelt, uitgedrukt in mmol/m<sup>2</sup> en in mmol/l.

	Laatste oogst			Wekelijkse oogst		Totaal
	Blad	Groene vruchten	Stengel	Vrucht	Blad	
	<b>mmol/m<sup>2</sup></b>					
A < 5 Na	7	2	6	47	19	80
B 15 Na	36	6	29	123	127	321
C 20 Na	56	13	53	301	189	611
D 15 Na (1/6)	42	7	33	99	107	288
E 20 Na (1/6)	46	8	33	203	99	389
F 25 Na (1/6)	73	12	61	237	147	530
	<b>mmol/l)*</b>					
A < 5 Na	0.01	0.00	0.01	0.07	0.03	0.12
B 15 Na	0.05	0.01	0.04	0.18	0.18	0.48
C 20 Na	0.08	0.02	0.08	0.43	0.27	0.88
D 15 Na (1/6)	0.06	0.01	0.05	0.14	0.16	0.40
E 20 Na (1/6)	0.07	0.01	0.05	0.30	0.15	0.56
F 25 Na (1/6)	0.11	0.02	0.10	0.37	0.23	0.83

\*) uitgedrukt als de berekende Na hoeveelheden in de verschillende onderdelen van de biomassa, gedeeld door de totale wateropname; m.a.w. niet de daadwerkelijke opnameconcentratie of het transport aan Na naar die onderdelen.



**Figuur 3.17** Natrium opnameconcentratie berekend via de aangevoerde Na minus restanten en vanuit de gemeten biomassa.



## 4 Discussie

Tomaat blijkt veel minder gevoelig voor oplopend natrium dan eerder was aangenomen. Het blijkt dat zelfs extreem hoog Na geen groeireductie geeft en vooral ook dat neusrot niet toeneemt. De resultaten demonstreren daarom duidelijk dat er voor tomaat behoorlijk veel ruimte is om Na te laten oplopen in de drain, voordat er noodzaak is voor lozing van drainwater. Voor teelt in een gesloten systeem kan drainwater veel langer gerecirculeerd worden. De grenswaarde voor maximaal toelaatbaar Na, volgens de oude spuinormen 8 mmol/l, kan daarom aanzienlijk worden verhoogd. Ook praktijkervaringen gaven al wel de indruk dat tomaat aanzienlijk meer Na lijkt aan te kunnen. Dit hangt zeker samen met de veel hogere EC-waarden die in de huidige teeltpraktijk wordt aangehouden dan destijds toen de oude spuinorm was vastgesteld. Dit geeft veel meer ruimte voor verhoging van Na zonder dat de concentraties van de overige kationen K, Ca of Mg, te laag worden en het gewas tekort komt. In deze proef bleek het risico op neusrot klein. Er werden geen negatieve effecten van Na op vrucht kwaliteit vastgesteld. Daarentegen zijn er ook geen positieve effecten op vrucht kwaliteit gevonden. Dit laatste was wel verwacht, omdat in ouder onderzoek een positief effect van Na (of mede van Cl) op smaakparameters was waargenomen.

De Na-opname ligt vergeleken met andere gewassen vrij hoog, maar het is wel opvallend dat de opname berekend via de biomassa zoveel lager uitviel dan die berekend via de Na gift en restanten in de voedingsoplossing. Het is niet duidelijk wat de oorzaak is. Wel is dit fenomeen vaker vastgesteld (Sonneveld en van der Burg, 1991; Voogt en Leyh; 2020). Het kan zijn dat de Na aanvoer via het gietwater wat lager is geweest dan aangenomen. Het bassinwater is niet frequent gemeten, omdat aangenomen is dat het hemelwater sowieso weinig Na bevat. Niettemin is er een flinke periode RO water gebruikt, waar mogelijk minder Na mee is aangevoerd dan nu is aangenomen. Het kan ook zijn dat er via lekkages wat Na verlies is opgetreden, die niet als balanspost zijn meegenomen. Ook zou de Na als restant hoger kunnen zijn geweest dan nu gemeten. Steekproefsgewijs zijn stukken steenwolmat bemonsterd en via uitpersen geanalyseerd. Wellicht is er nog wat Na achtergebleven in de restanten. Ook zijn de steenwolpotten niet meegenomen. Echter de grootste afwijking zit mogelijk in de route via de biomassa. Een geringe afwijking in de droge stofmeting of in de bemonsteringen van bladeren of vruchten hebben grote effecten op de massabalans. Mogelijk is er sprake van ongelukkig laag uitgevallen analyses door het lab (Shamsi, 2021).

Tomaat hoopt relatief veel Na op in de bladeren. Weliswaar is dit in totaliteit minder dan in de vruchten, echter via de snoei van het oude blad wordt toch ca 30% van de opgenomen Na afgevoerd. Het blijkt ook dat ouder blad flink hoger Na heeft dan jong blad, het verdient dus aanbeveling om in geval van oplopend Na het blad zo lang mogelijk te laten hangen, zodat relatief meer Na verwijderd wordt. Uiteraard als dit vanwege teelttechnische redenen mogelijk is.

De betekenis voor de praktijk van dit onderzoek is vooral dat wanneer telers het oog houden op de juiste kwaliteit water en meststoffen, hergebruik van drainwater bij tomaat niet belemeerd wordt door oplopend Natrium. Het natrium gehalte mag gerust wat oplopen voor het schade oplevert.

Bij een lage Na aanvoer via het gietwater (of uit meststoffen) zal Na iets 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 à 0.2 mmol/l Na, dus met regenwater zal een sterke accumulatie uitblijven, regenwater kan daarom bij tomaat altijd 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 wat ophoping van Na 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. Echter de opname neemt dan ook weer toe en uiteindelijk ontstaat er evenwicht. Op grond van de opnameberekening 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 wel moeten accepteren dat Na concentraties dan tijdelijk tot waarden van 15 à 20 mmol/l kunnen oplopen. Uit dit onderzoek blijkt dat dit zelfs bij langdurige blootstelling niet tot problemen leidt.

Op grond van deze resultaten is de conclusie gerechtvaardigd dat zelfs bij water met een mindere kwaliteit dan regenwater nog geen lozing nodig is, mits dit gemiddeld beneden de ca. 1 mmol/l Na blijft én er acceptatie is van een oplopend Na in de drain. In uiterste situaties zijn dan concentraties in de drain van 20 mmol/l nog acceptabel. In perioden van schaars hemelwater én een beperkte bassincapaciteit zou dan ook bijmenging van leidingwater (ca. 50% bij een Na concentratie van 1.8 mmol/l (Evides, Westland)) nog een optie zijn. Voor situaties waar geen goed gietwater voorhanden is biedt deze aanpak ook perspectief, omdat het drainwater veel langer kan worden hergebruikt, dus zijn 'semi-closed systems' waarbij gebruik gemaakt wordt van deze methode van maximalisatie van Na, goed toepasbaar. Uiteraard is het resultaat sterk afhankelijk van de Na concentratie van het input water.

## 5 Conclusie

- De productie is door de toegepaste Na behandelingen niet significant beïnvloed.
- Oplopende Na concentraties in het wortelmilieu (de drainconcentratie) tot 20 mmol/l en zelfs tot 25 mmol/l, gaven geen effecten op groei, ontwikkeling of neusrot.
- Wel was er een tendens te zien dat bij 25 mmol/l Na de vruchtgewichten vanaf week 30 stelselmatig lager waren dan bij de overige behandelingen, waarschijnlijk is dit een indicatie dat de grens van Na-tolerantie bereikt is.
- Er was geen verschil tussen langzaam Na opbouwen vanaf het begin of pas vanaf de zomerperiode.
- Na heeft geen effect op houdbaarheid of de smaak van tomaat.
- De opname aan Na is aanzienlijk, vergeleken met bijvoorbeeld paprika, en stijgt lineair met de aangeboden concentratie.
- De opname berekend vanuit de biomassa was in deze proef maar de helft van de opname die berekend is via de Na-aanvoer.
- De tot nu toe gehanteerde grenswaarde voor tomaat van 8 mmol Na/l kan veilig worden verhoogd naar 15 mmol/l. 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.
- Voor situaties met beperkte gietwaterkwaliteit zal gebruik making van de aanpak met verhoogd. Na, de toepassing van drain semi-closed systems een forse besparing op water en meststoffen kunnen betekenen.



## 6 Literatuur

Shamsi Mohammed (2021).

Investigating mineral balance for plant nutrient with especial focus on sodium balance in closed cultivation system. Thesis, Horticulture and Product Physiology (HPP), 42 pp.

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.

Verkerke, W., Kersten, M., & Janse, J. (1998).

Validatie van het smaakmodel tomaat 1997. (Intern verslag / Proefstation voor de Bloemisterij en Glasgroente, vestiging Naaldwijk; No. 159). Proefstation voor de Bloemisterij en Glasgroente, vestiging Naaldwijk. <https://edepot.wur.nl/411997>

Verkerke, W. (2011).

Smaakmodel aangepast aan nieuwe rassen (interview met Wouter Verkerke). Groenten en Fruit Actueel, 2022(19), 10.

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.

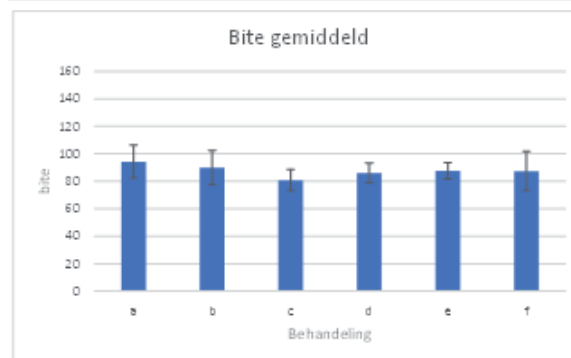
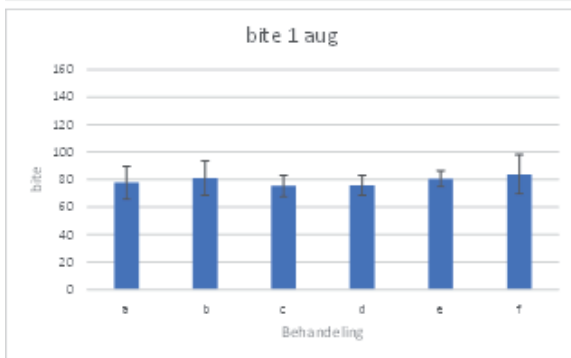
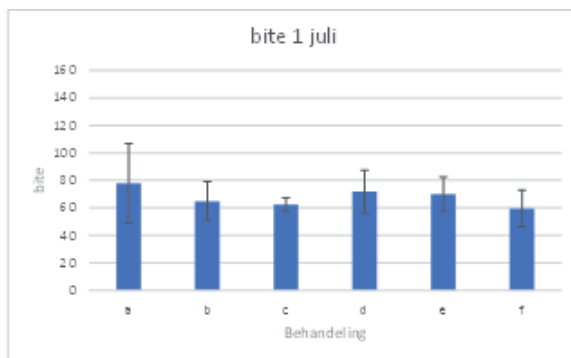
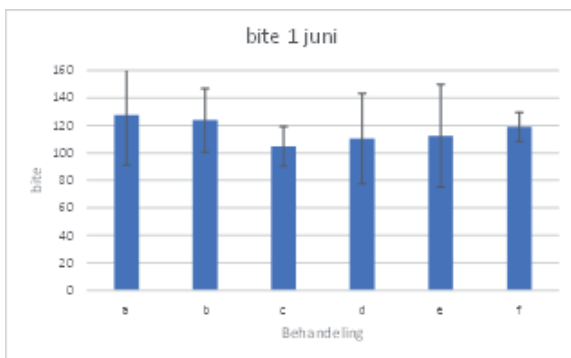
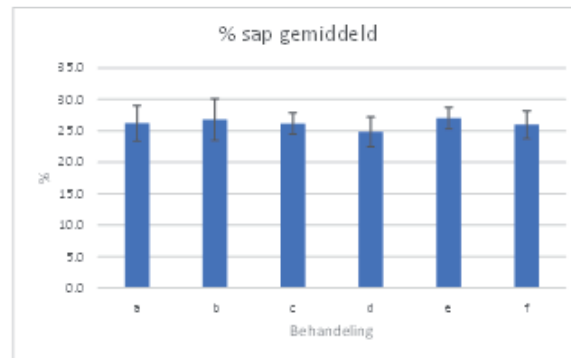
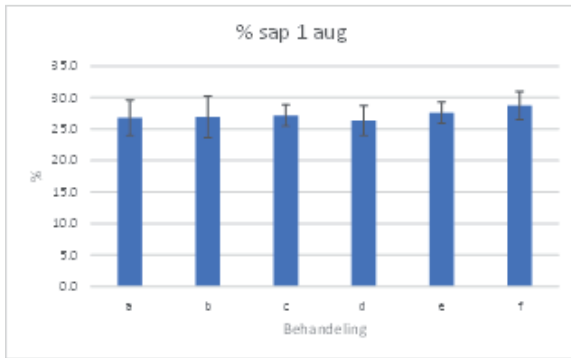
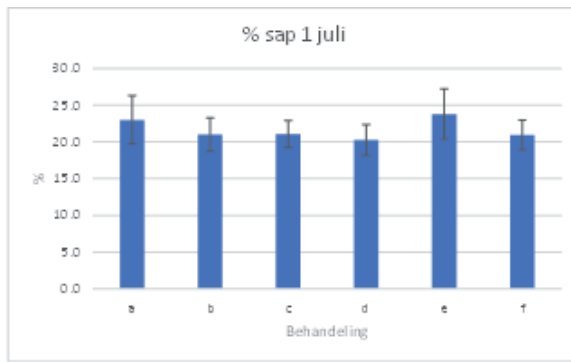
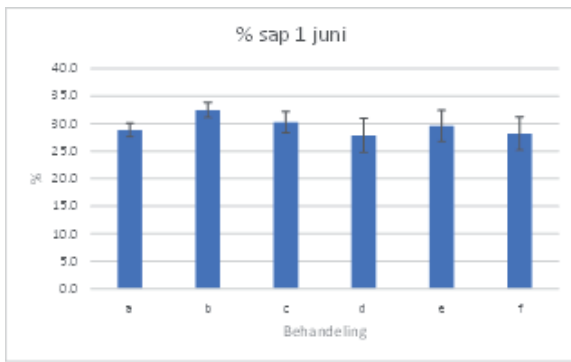
Voogt, W., Leyh, R. (2020).

Effecten van Na ophoping in de drain bij paprika, Wageningen UR Glastuinbouw, WPR 824, 29 pp.

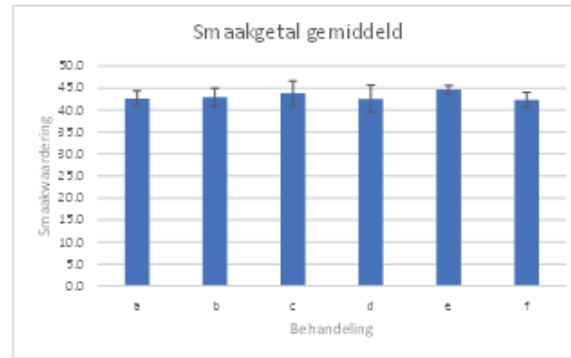
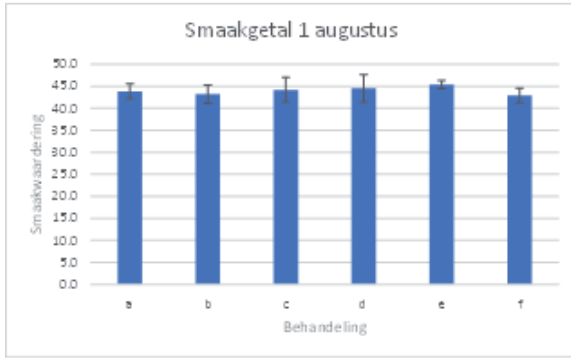
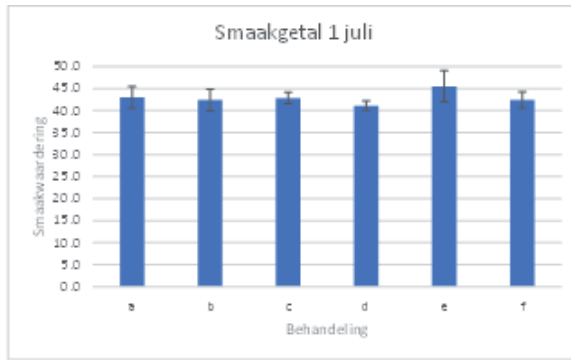
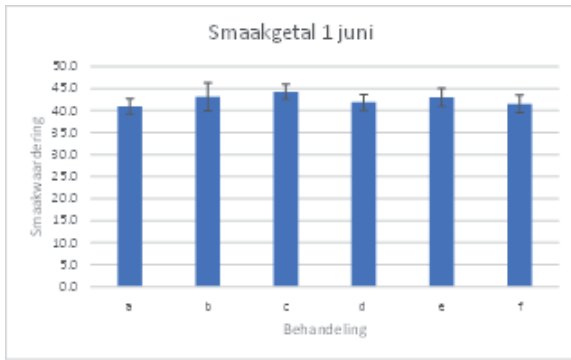


# Bijlage 1 Resultaten van metingen vrucht- kwaliteit











# Bijlage 2

## Flavour Research Tomaat

Commissioner	<b>WUR</b>
Product	Tomaat
Research Method	Consumer panel
Delivery date	8 July 2019
Storage conditions	20°C, 80% RH
Research date	<b>12 July 2019</b>
Report	Yvonne van Peer Wageningen University & Research Business Unit Greenhouse Horticulture <a href="mailto:quality.horticulture@wur.nl">quality.horticulture@wur.nl</a>

### Introduction

Wageningen University & Research conducted a flavour test of 6 products. Products were tasted and scored for liking (hedonic) by 49 assessors of the consumer panel. During the flavour test, each assessor tasted 3 different fruits of each product. The samples were coded and presented in a randomized sequence, in a neutral environment. The results have been processed with the software package EyeQuestion from Logic8. The statistical analysis is carried out by means of an ANOVA with Tukey's HSD post hoc analysis ( $p < 0.05$ ).

### Results

Table 1. Liking of the products tested, on a scale from 0 (dislike) to 100 (like), as scored by the consumer panel.

Product	Liking
A	55 A
B	55 A
C	58 A
D	56 A
E	57 A
F	54 A
$p$	0,529

Products associated with different letters are significantly different, based on ANOVA with Tukey's HSD post hoc analysis ( $p < 0,05$ ).

### Conclusions

- There is no significant difference in liking between the tomato treatments.



## Bijlage 3 Data biomassa

Tabel 1

*Verse biomassa van de laatste oogst en de wekelijkse gesnoeide bladeren.*

Blad oogst)	(laatste	Groen vruchten	Stengel	Blad (snoeien)	Total (kg/m <sup>2</sup> )
g/m <sup>2</sup>					
0 Na	184.5	359.6	492.2	8751.5	9.8
15 Na	204.8	388.5	509.6	8805.0	1.1
20 Na	209.4	385.3	527.7	8973.0	1.1
15 Na 1/6	197.8	325.0	493.3	9106.9	1.0
20 Na 1/6	180.2	319.8	486.3	8895.0	1.0
25 Na 1/6	206.2	385.4	498.6	8418.3	1.1

Tabel 2

*Droog biomassa van de laatste oogst en de wekelijkse gesnoeide bladeren.*

Blad oogst)	(laatste	Groen vruchten	Stengel	Blad (snoeien)	Total (kg/m <sup>2</sup> )
g/m <sup>2</sup>					
0 Na	81.8	114.8	347.4	760.6	1.30
15 Na	89.9	122.8	311.0	736.4	1.26
20 Na	92.5	122.7	336.8	779.7	1.33
15 Na 1/6	83.3	97.4	313.2	799.1	1.29
20 Na 1/6	76.2	104.7	311.0	769.3	1.26
25 Na 1/6	84.0	118.4	310.4	736.4	1.25



## Bijlage 4 Gewasanalyses (overig)

Tabel

*Gehalten aan overige nutriënten in gesnoeid blad, per maand.*

tijdstip	behandeling	N-tot	SO4	P	Fe	Mn	Zn	B	Mo	Cu
maart	A	3022	344	173	1.7	2.7	1.1	3.5	43.7	91.3
	B	2907	289	172	2.1	2.5	1.0	3.7	48.1	98.2
	C	3086	352	197	1.8	3.3	1.0	4.0	43.2	117.0
	D	3022	344	173	1.7	2.7	1.1	3.5	43.7	91.3
	E	3022	344	173	1.7	2.7	1.1	3.5	43.7	91.3
	F	3022	344	173	1.7	2.7	1.1	3.5	43.7	91.3
april	A	2710	217	178	2.1	3.2	1.7	2.7	37.3	86.7
	B	2645	370	194	2.2	4.6	1.2	3.6	47.8	82.4
	C	2048	175	137	1.5	3.4	1.8	2.6	35.2	58.3
	D	2710	217	178	2.1	3.2	1.7	2.7	37.3	86.7
	E	2710	217	178	2.1	3.2	1.7	2.7	37.3	86.7
	F	2710	217	178	2.1	3.2	1.7	2.7	37.3	86.7
mei	A	2174	269	165	1.8	3.9	1.2	3.2	47.9	58.9
	B	2236	240	158	1.7	4.5	1.2	3.6	45.6	39.5
	C	2320	327	151	1.2	3.5	0.8	3.6	43.0	34.0
	D	2174	269	165	1.8	3.9	1.2	3.2	47.9	58.9
	E	2174	269	165	1.8	3.9	1.2	3.2	47.9	58.9
	F	2174	269	165	1.8	3.9	1.2	3.2	47.9	58.9
juni	A	2475	288	158	1.8	4.3	1.1	4.2	49.9	46.9
	B	2456	331	235	1.7	4.0	0.9	4.0	45.4	54.5
	C	2207	328	179	1.5	4.1	0.8	4.6	52.9	35.9
	D	2371	333	184	1.5	4.1	1.1	4.0	44.5	46.5
	E	3012	490	219	1.8	5.5	0.7	5.1	53.5	62.6
	F	2243	296	190	1.5	3.6	1.6	3.6	41.6	52.5
juli	A	2290	217	171	1.2	3.4	1.7	3.1	41.5	52.3
	B	2718	226	203	1.5	4.3	1.3	3.3	38.3	29.5
	C	2044	201	172	1.5	4.2	1.5	3.4	45.5	49.5
	D	2119	173	163	1.3	3.9	1.5	3.0	40.8	39.7
	E	2778	427	200	1.7	6.1	1.2	4.2	45.3	51.4
	F	2110	228	211	1.5	3.6	1.7	3.0	43.6	60.8
augustus	A	2142	246	130	1.3	4.8	1.7	3.8	41.3	74.7
	B	2750	265	145	1.2	4.9	1.2	3.7	33.2	68.4
	C	2239	297	127	1.3	4.7	1.1	4.1	55.9	67.8
	D	1860	216	122	1.7	3.6	2.1	3.3	45.5	79.2
	E	1619	215	118	0.9	4.2	1.5	3.3	49.1	69.2
	F	1797	267	119	1.0	4.0	1.4	3.6	55.6	76.8
oktober	A	2381	476	152	1.7	5.6	2.1	5.1	46.0	68.0
	B	2880	601	184	2.1	8.9	1.2	6.2	45.2	78.6
	C	2747	520	199	1.6	8.5	1.4	5.3	51.6	70.4
	D	2802	598	203	1.7	8.1	1.4	4.9	50.8	67.7
	E	2850	686	188	2.2	10.0	0.9	6.3	57.1	73.8
	F	2771	584	205	1.8	9.4	1.5	5.9	56.0	69.0

## Tabel

*Gehalten aan overige mineralen in de gewasresten aan het einde van de teelt.*

herkomst	behandeling	N-tot	SO <sub>4</sub>	P	Fe	Mn	Zn	B	Mo	Cu
blad	a	3252	622	233	2.6	6.8	1.0	7.3	41.7	88.4
	b	3469	586	230	2.9	7.7	0.9	7.3	43.7	83.4
	c	3253	517	229	2.5	7.8	0.9	7.6	48.0	109.0
	d	3222	588	246	3.0	7.1	1.0	7.0	46.1	87.3
	e	3189	536	210	2.8	8.6	0.9	7.1	48.2	88.5
	f	3287	577	228	2.8	8.9	1.0	8.0	53.0	76.6
stengel	a	1119	99	273	0.7	1.4	4.1	1.7	24.4	146.0
	b	1202	94	294	0.8	1.5	3.4	1.6	24.5	145.0
	c	1024	91	283	0.7	1.5	3.0	1.6	25.2	128.0
	d	1081	94	270	0.7	1.4	2.9	1.5	23.6	140.0
	e	1155	90	265	0.8	1.7	2.9	1.6	23.3	118.0
	f	1141	91	265	0.6	1.5	3.3	1.5	24.3	104.0
vrucht	a	1446	52	144	0.7	0.4	0.3	1.2	10.2	79.6
	b	1612	48	135	0.6	0.4	0.3	1.2	10.2	70.1
	c	1436	52	146	0.6	0.4	0.3	1.2	10.2	77.3
	d	1631	53	147	0.6	0.4	0.3	1.2	10.2	79.7
	e	1534	47	135	0.7	0.4	0.3	1.1	10.2	71.9
	f	1448	47	136	0.6	0.4	0.3	1.2	10.2	68.0









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

Rapport WPR-832

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.