



Effecten van Na ophoping in de drain bij paprika

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

Wim Voogt en Romain Leyh

Rapport WPR-824

Referaat

Het effect van Na-ophoping op de groei en productie van paprika werd getest in een proef in steenwol met volledige recirculatie. Vier Na concentraties van 0 tot 10 mmol/l bij twee K/Ca verhoudingen werden getest. Er werden geen betrouwbare effecten op de productie of kwaliteit vastgesteld. De opname van Na was erg laag en bedroeg slechts enkele tienden mmol/l. Op grond van de resultaten van deze proef kan de grenswaarde voor spui worden verhoogd naar 8 á 10 mmol/l. Echter, omdat de opname van Na erg gering is, blijft de eis van water van hoge kwaliteit voor de paprikateelt onverminderd van kracht.

Abstract

The effect of Na-accumulation on the growth and production of sweet-pepper was tested in a trial in stone wool with full recirculation. Four concentrations from 0 to 10 mmol/l at two K/Ca ratios were tested. No significant effects on production or quality were established. The uptake of Na was very low; only a few tenths mmol/l. On the basis of the results of this test, the limit value for discharge may be increased to 8 á 10 mmol/l. However, since the intake of Na is very low, the requirement of high quality water for sweet pepper remains unaffected.

Rapportgegevens

Rapport WPR-824

Projectnummer: 3742 266700

Doi-nummer: 10.18174/533467

Thema: Water- en nutriëntenefficiëntie

Disclaimer

© 2020 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	9
2	Materiaal en Methoden	11
	2.1 Teeltomstandigheden	11
	2.2 Proefpzet	11
	2.3 Wekelijkse aanpassingen Na en voeding	12
	2.4 Metingen	13
3	Resultaten	15
	3.1 Drainconcentraties	15
	3.2 Productie	17
	3.3 Nutriëntengehalten	20
	3.4 Na opname	21
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 paprika een redelijke Na concentratie zonder moeite kan verdragen. Echter een norm van 6 mmol/l is destijds vastgesteld, bovendien is de praktijk van mening dat zelfs 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.

De paprika's werden geteeld in steenwol, met hergebruik van drainwater, met een teeltperiode van april tot november. Er waren zes behandelingen in vier herhalingen. De Na concentraties van de zes behandelingen liepen uiteen tussen 2 en 10 mmol/l - als streefwaarden in het drainwater - met daarbij twee K/Ca verhoudingen. De EC-waarde was bij alle behandelingen gelijk.

Zowel het aantal vruchten, het vruchtgewicht en daarmee ook de totaalopbrengst in kg/m² bleek niet significant te verschillen tussen de behandelingen. Het percentage vruchten met neusrot bleef gemiddeld onder 1% van de verse vruchtopbrengst en bleek ook niet duidelijk te worden beïnvloed door de Na concentraties in het wortelmilieu.

De Na concentratie in de bladeren en de vruchten bleef beneden de 10 mmol/kg droge stof, de detectie limiet voor Na. Er werd wel enig Na gevonden in de stam. De Na opname door paprika bleek zeer laag. Dit kwam naar voren uit zowel de berekening via biomassa als uit de toegediende concentratie minus drain. De conclusie is dat de tot nu toe gehanteerde grenswaarde voor paprika van 6 mmol Na/l veilig kan worden verhoogd naar 8 mmol/l. Omdat de opname van Na erg gering is, is water van hoge kwaliteit voor de paprikateelt noodzakelijk. Bij water van een mindere kwaliteit zal een bepaald spui percentage van het drainwater onvermijdelijk zijn. Ook is duidelijk dat bij oplopende Na concentraties, de buffer aan K – indien de EC gelijk gehouden wordt – sterk beperkend kan worden. Frequentie analyse en aanpassingen van de receptuur is dan noodzakelijk.

1 Introductie

1.1 Achtergrond

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 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 paprika op 6 mmol Na/l vastgesteld. Ook later onderzoek van Post en Klein-Buitendijk (1996¹; 1996²) liet niet zien dat paprika tot de supergevoelige gewassen voor Na behoorde. 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 de potentiële Na opname namelijk toe. Het moment dat de drempelwaarden worden bereikt, wordt daardoor uitgesteld en 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 dat 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 gaan 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 paprika.

1.2 Doel

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

1.3 Aanpak

Het uitgangspunt is om een vergelijking te maken tussen behandelingen, waarbij Na oploopt terwijl de EC gelijk blijft en waarbij de kationenconcentraties dan dus 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. In een paprikateelt wordt in een reeks behandelingen bij gelijkblijvende EC de Na concentratie verhoogd. Vier behandelingen worden met oplopende Naconcentratie (2, 4, 8 en 10 mmol/l) en een normale K/Ca verhouding geteeld. Bij twee behandelingen wordt bij de hoogste Naconcentratie (10 mmol/l) een lagere K/Ca verhouding (dus een hogere Ca concentratie in de drain aangehouden (0.44, 0.59)). De genoemde waarden hebben betrekking op de gehalten in de drain.

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 is 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 zijn geanalyseerd. Neusrotaantasting is bijgehouden via telling en weging.

2 Materiaal en Methoden

2.1 Teeltomstandigheden

Paprika, Ras 'Maranello' is in een kasafdeling (Bleiswijk kas 6.04) van 120 m² geteeld. Klimaatinstellingen ingesteld als standaard voor paprika. De planten zijn geteeld op goten met steenwolmatten; drie planten per mat (1.25 m) en drie stengels per plant gehouden (3 pl/m² en 9 stengels/m²)

2.2 Proefpzet

Zes behandelingen met Na concentraties oplopend van 2 tot 10 mmol/l (drain) met een K/Ca verhouding van 0.44 of 0.59 (Tabel 2.1).

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

Tabel 2.1

Behandelingen.

Naam	Na in drain	K/Ca in de drain	EC
	mmol/l	-	dS/m
A	2	0.44	2.8
B	4	0.44	2.8
C	8	0.44	2.8
D	10	0.44	2.8
E	8	0.59	2.8
F	10	0.59	2.8

De streefwaarde voor de drain-EC is bij alle behandelingen 2.8 dS/m. De streefconcentraties van de kationen zijn aangepast om de stijgende Naconcentraties te compenseren (Tabel 2.2). 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 voedingselementen.

behandeling	K	Na	Ca	Mg	NO ₃	SO ₄	H ₂ PO ₄	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l	μmol/l
A	3.7	2	8.4	2.9	17.6	3.1	1.2	15	5	7	80	0.7	0.5
B	3.4	4	7.7	2.7	17.6	3.1	1.2	15	5	7	80	0.7	0.5
C	2.9	8	6.4	2.2	17.6	3.1	1.2	15	5	7	80	0.7	0.5
D	2.6	10	5.8	2.0	17.6	3.1	1.2	15	5	7	80	0.7	0.5
E	3.7	8	6.3	2.2	17.6	3.1	1.2	15	5	7	80	0.7	0.5
F	3.3	10	5.7	2.0	17.6	3.1	1.2	15	5	7	80	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 gewenste Na concentraties (Tabel 2.3). De planten zijn daarna op de verzadigde matten geplaatst. Vervolgens is gestart met de druppeloplossing (Tabel 2.4)

Tabel 2.3

Indruppeloplossing.

Beh.	NH_4	K	Na	Ca	Mg	NO_3	SO_4	H_2PO_4	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	$\mu\text{mol/l}$	$\mu\text{mol/l}$	$\mu\text{mol/l}$	$\mu\text{mol/l}$	$\mu\text{mol/l}$	$\mu\text{mol/l}$
A Na 2	0.5	5.4	2	6.5	1.6	18.5	2.2	1.4	16.4	11.0	5.5	32.9	0.8	0.5
B Na 4	0.5	4.9	4	5.9	1.5	18.5	2.2	1.4	16.4	11.0	5.5	32.9	0.8	0.5
C Na 8	0.5	3.9	8	4.7	1.2	18.5	2.2	1.4	16.4	11.0	5.5	32.9	0.8	0.5
D Na 10	0.5	3.4	10	4.1	1.0	18.5	2.2	1.4	16.4	11.0	5.5	32.9	0.8	0.5
E Na 8 K	0.5	5.3	8	4.0	1.2	18.5	2.2	1.4	16.4	11.0	5.5	32.9	0.8	0.5
F Na10 K	0.5	4.7	10	3.5	1.0	18.5	2.2	1.4	16.4	11.0	5.5	32.9	0.8	0.5

Tabel 2.4

Eerste druppeloplossing.

Beh.	NH_4	K	Na	Ca	Mg	NO_3	SO_4	H_2PO_4	Fe	B	Mn	Zn	Cu	Mo
	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	mmol/l	$\mu\text{mol/l}$	$\mu\text{mol/l}$	$\mu\text{mol/l}$	$\mu\text{mol/l}$	$\mu\text{mol/l}$	$\mu\text{mol/l}$
A Na 2	0.6	5.8	0.5	6.9	1.8	18.5	2.2	1.4	16.4	32.9	11.0	5.5	0.8	0.5
B Na 4	0.6	5.7	0.75	6.8	1.7	18.5	2.2	1.4	16.4	32.9	11.0	5.5	0.8	0.5
C Na 8	0.8	5.6	1	6.7	1.7	18.5	2.2	1.4	16.4	32.9	11.0	5.5	0.8	0.5
D Na 10	0.9	5.5	1.25	6.6	1.7	18.5	2.2	1.4	16.4	32.9	11.0	5.5	0.8	0.5
E Na 8 K	0.8	7.7	1	5.7	1.7	18.5	2.2	1.4	16.4	32.9	11.0	5.5	0.8	0.5
F Na10 K	0.9	7.5	1.25	5.6	1.7	18.5	2.2	1.4	16.4	32.9	11.0	5.5	0.8	0.5

Vervolgens is wekelijks, op basis van de analyseresultaten van de drain per behandeling een recept berekend voor de aanvuloplossing. De standaard voedingsoplossing (StV), als weergegeven bij behandeling 1 (**Tabel 2.4**) was daarbij het uitgangspunt. Voor de oplopende Na en de hogere K/Ca verhouding is een schatting gemaakt van de benodigde verandering in concentratie voor K, Ca en Mg en ook voor Na ten opzichte van deze StV. De volgende stappen zijn telkens gedaan om tot een nieuwe aanvuloplossing te komen:

1. Drain- en voorraadbak analyses werden omgerekend naar resp. EC 2.8 en 2.1.
2. Afwijkingen ten opzichte van de streefwaarden volgens de bemestingsadviesbasis voor de anionen en spoorelementen werden geëvalueerd en zo nodig werden aanpassingen toegepast op de 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 giftconcentratie 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.

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

Er zijn viermaal gewasmonsters genomen voor mineralengehalten en droge stof bepaling, waarbij driemaal in de teelt en eenmaal aan het einde, viermaal jong blad, driemaal oud blad, tweemaal vruchten en eenmaal de stam/stengel.

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.

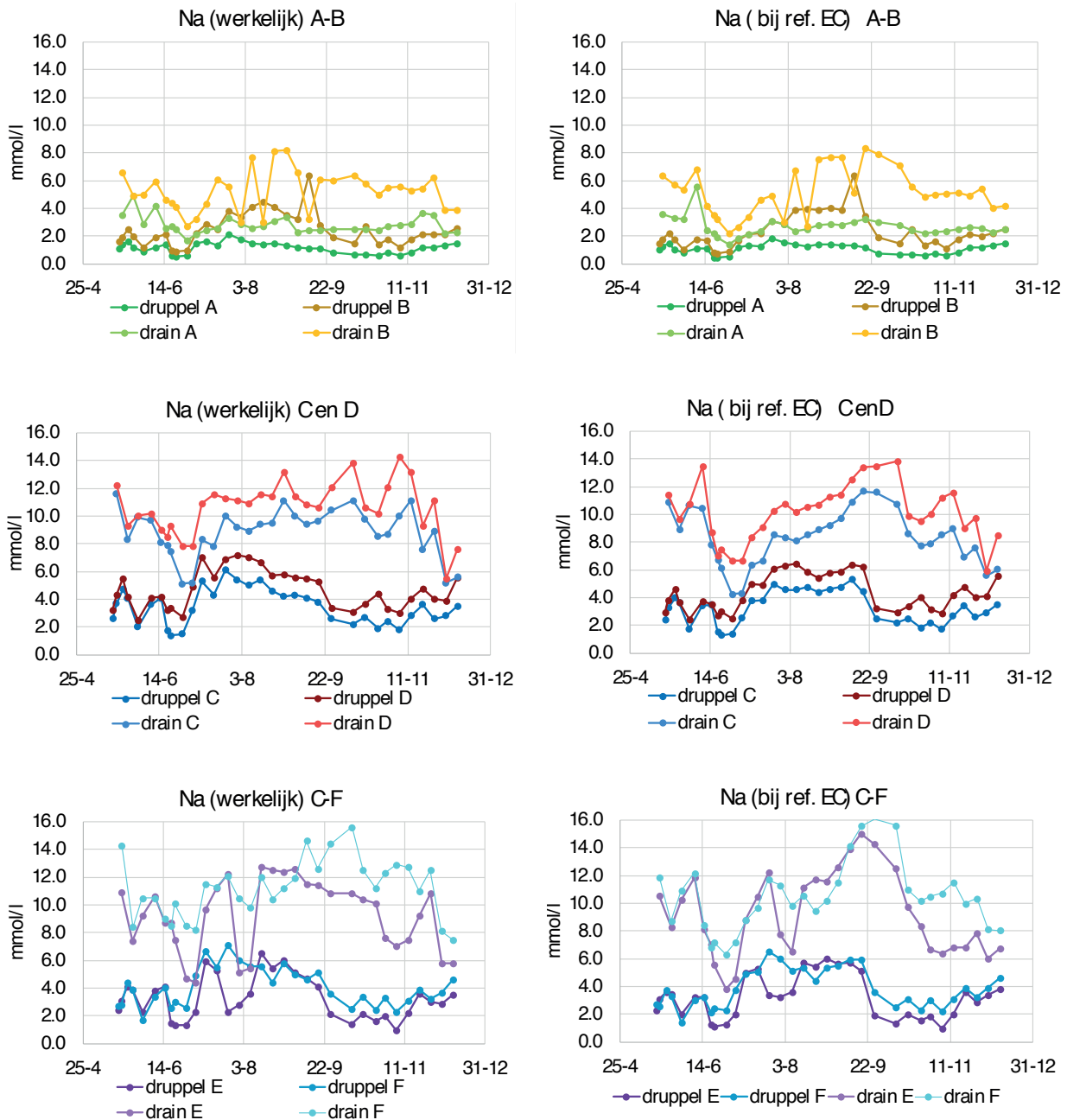
Tabel 3.1

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

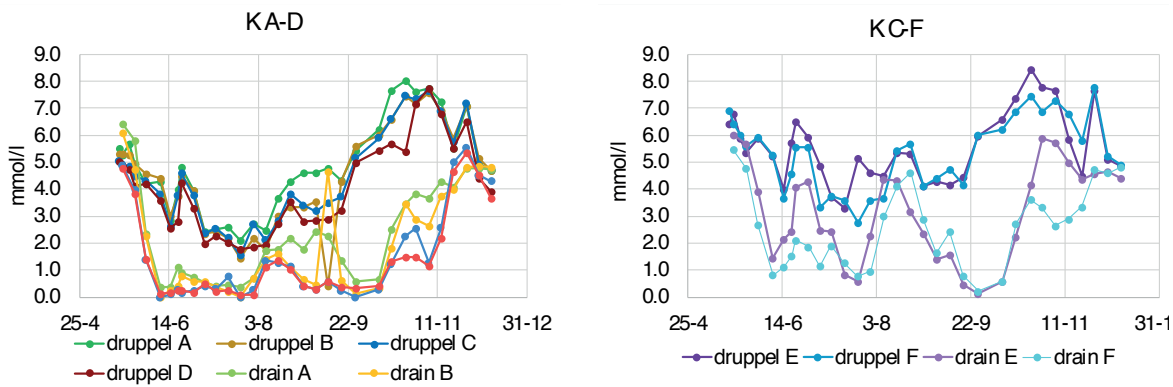
Behandeling	pH	EC	K	Na	Ca	Mg	NO ₃	Cl	SO ₄	P
A	6.7	3.1	2.5	2.8	10.9	3.2	22.2	0.4	4.3	0.8
B	6.7	3.0	1.9	5.3	9.8	2.8	21.1	0.3	4.1	0.8
C	6.9	3.1	1.6	8.8	9.1	2.5	22.0	0.3	4.3	0.7
D	6.8	3.1	1.4	10.6	8.2	2.3	21.7	0.3	4.1	0.8
E	7.0	3.0	3.3	9.3	6.9	2.6	19.8	0.3	4.3	0.7
F	7.0	3.1	2.8	11.2	7.1	2.6	20.3	1.0	4.5	0.8

Tijdens de teelt fluctueerden de Na concentraties aanzienlijk, dit is vooral zichtbaar bij de hogere niveaus (Fig. 3.1). In vrijwel alle gevallen konden de onderlinge verschillen echter wel worden gehandhaafd, met uitzondering van de behandelingen E en F, in de periode juli-augustus zijn de concentraties enkele weken vrijwel gelijk geweest. Dit kwam door enkele lekkages bij beh. F. De concentraties in het druppelwater lagen 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 aangebrachte verschillen in concentraties in het wortelmilieu.

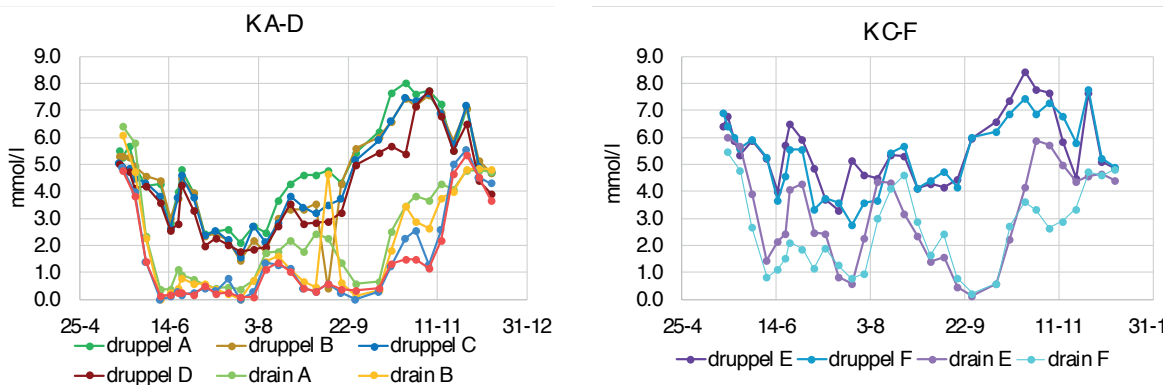
De fluctuaties van de K concentraties in de drain zijn aanzienlijk groter dan die bij Na (Fig 3.2). Dit is vooral het geval bij de behandelingen met een lage K/Ca verhouding. Bij die behandelingen is er soms sprake van een nul concentratie. Het verloop van K en Ca kan ook duidelijk geïllustreerd worden aan de hand van het verloop van de K/Ca verhouding (Fig 3.3). Om problemen door K-gebrek te voorkomen is daarom vanaf juni meer K gegeven. Dit is gedaan door de standaardconcentraties voor K te verhogen en evenredig minder Ca en Mg in alle behandelingen. De K-concentraties zijn daardoor niet meer 0 geweest, maar bleven laag en hadden maar een beperkt effect op de K/Ca verhouding. In september daalde de EC van de voeding door een technisch probleem, veroorzaakt door storingen van de bemestingsunit. Hierdoor zijn alle drainconcentraties tijdelijk lager geweest.



Figuur 3.1 Na concentratie in de drain en het druppelwater gedurende de paprikateelt, bij de behandelingen A t/m F met links de werkelijke analysecijfers en rechts de analysecijfers omgerekend naar 2.9 en 2.2 voor resp. drain en druppelwater.



Figuur 3.2 K concentraties in drain en druppelwater bij de behandelingen A – B (lage K/Ca verhouding) en E-F (hoge K/Ca verhouding).



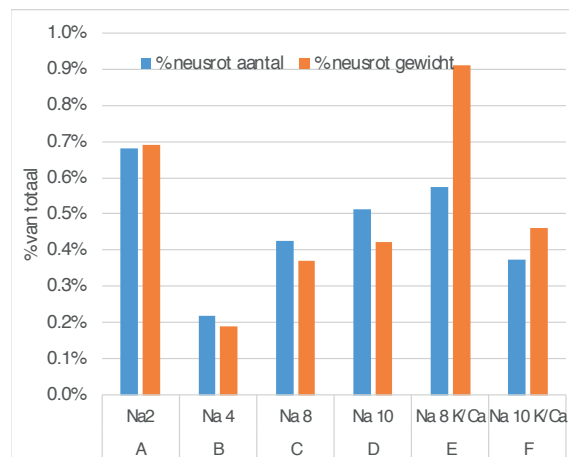
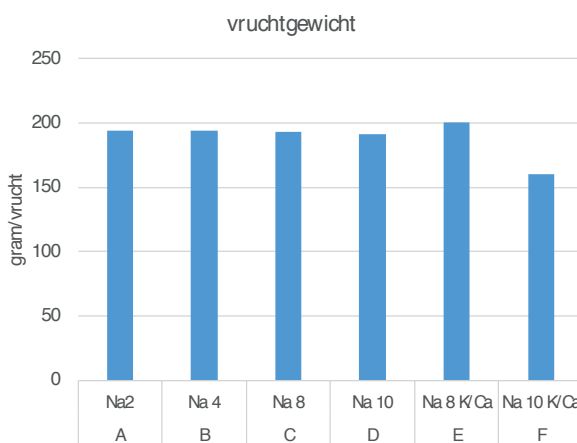
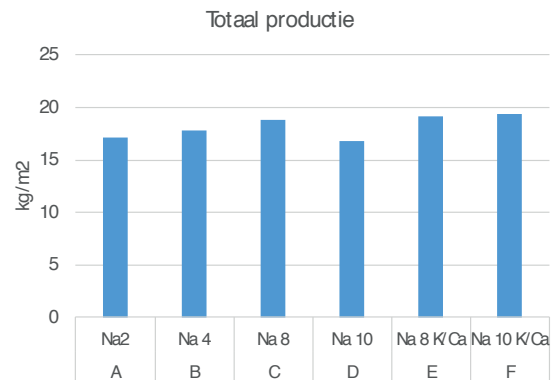
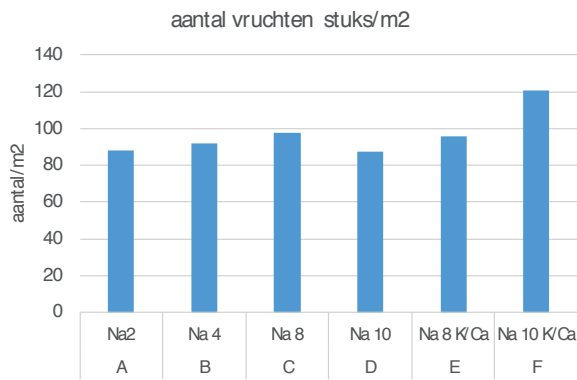
Figuur 3.3 De K/Ca verhouding in de drain bij de behandelingen A – D (lage K/Ca verhouding) en E-F (hoge K/Ca verhouding).

3.2 Productie

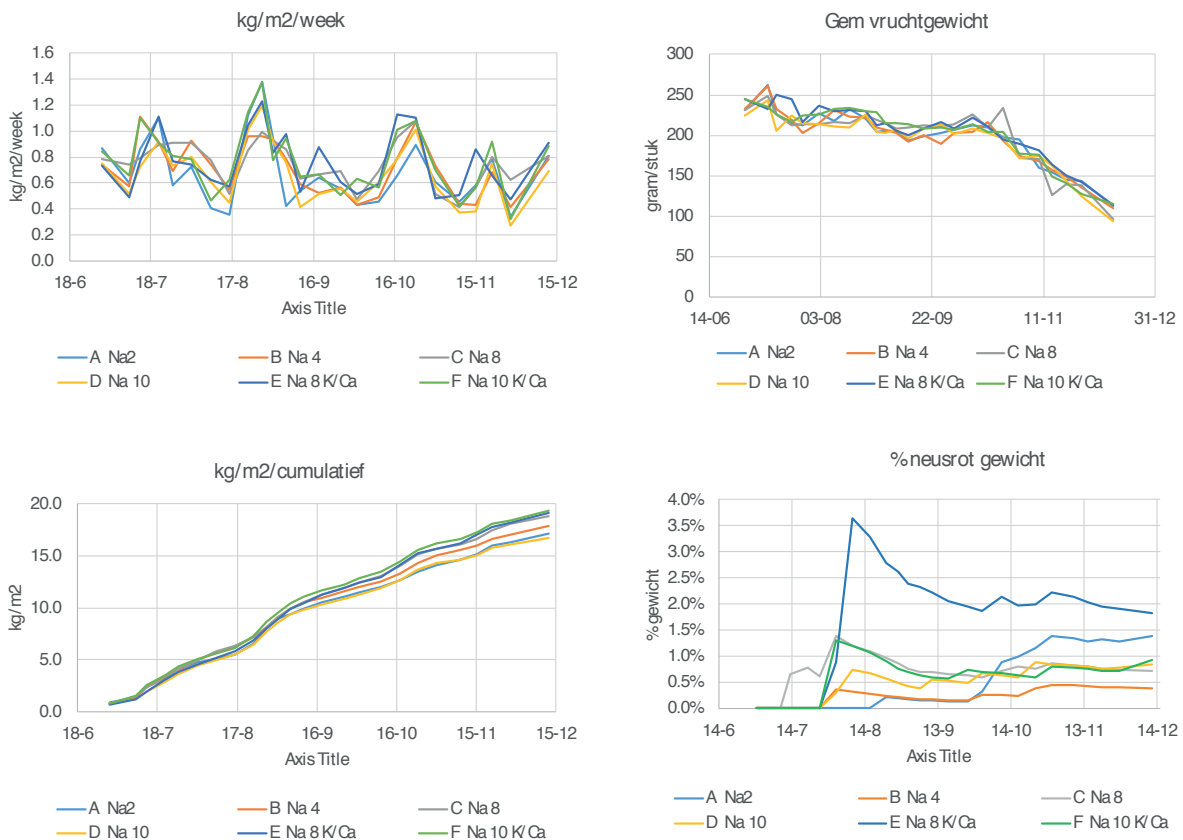
De totaalproducties (kg/m^2) van de toegepaste Na-behandelingen bleken niet duidelijk van elkaar te verschillen (Fig 3.4). Er lijkt wel een tendens te zien dat bij de behandelingen A t/m C, (de lage K/Ca verhouding), de productie licht stijgt als de Na concentratie toeneemt van 2 naar 8 mmol Na/l en dat die bij de hoogste Na, 10 mmol/l, afneemt. Daar staat echter tegenover dat de hoogste Na bij de hoge K/Ca verhouding (behandeling F), juist de hoogste productie heeft. De beide behandelingen met 8 Na (beh. C en E) verschillen niet in productie. Het is denkbaar dat de lage productie bij beh. D, de combinatie van hoog Na met laag K/Ca (dus een lage K-concentratie) een effect is van een te laag K aanbod, met andere woorden dat het voortdurend lage K-aanbod beperkend zou zijn geweest voor de plant. Bij behandeling C zou dit dan net voldoende zijn geweest waardoor daar géén productieverval is te zien met behandeling E. Het gemiddeld vruchtgewicht is vrijwel gelijk bij alle behandelingen, met uitzondering van behandeling F, die wat lager uitvalt. Tegelijkertijd heeft deze behandeling een hoger aantal vruchten. Het is niet duidelijk wat de oorzaak is van deze verschillen.

Het resultaat aan vruchten met neusrot is opvallend. Als alleen het resultaat bij de behandelingen B t/m D bekeken wordt, lijkt de tendens aanwezig dat meer Na meer ook neusrot geeft. Ook lijkt er een effect van de K/Ca verhouding te zijn, want 8 Na bij een hoge K/Ca (beh. E) gaf meer neusrot dan 8 Na bij de lagere K/Ca verhouding. Echter, de behandelingen met 10 Na, D en F doorkruisen dit, want bij de hoge K/Ca was er bij 10 N juist minder neusrot dan 8 mmol, terwijl dit bij de lage K/Ca gelijk lag. Het meest opvallende en verder ook afwijkende resultaat is toch wel dat de laagste Na behandeling (beh. A) de hoogste score aan vruchten met neusrot had.

Uit de statistische verwerking van alle productieresultaten bleek dat er géén significante verschillen waren tussen de behandelingen.



Figuur 3.4 De totale productie in aantal vruchten/m², de totaal productie kg/m², het gemiddeld vruchtgewicht (g/vrucht) en het % neusrotte vruchten, in % van het totaal aantal en van het totaalgewicht; behandelingen met Na niveau uitgedrukt in mmol/l.



Figuur 3.5 Het verloop van de productie in kg/m²/week, van de cumulatieve oogst, van het gemiddeld vruchtgewicht en van het (cumulatief) gewichts % neusrotte vruchten, (behandelingen met Na niveau uitgedrukt in mmol/l).

Het productieverloop van alle behandelingen is nagenoeg parallel aan elkaar, waarbij er duidelijke effecten zijn te zien van opeenvolgende zetsels (vluchten). Vergeleken met praktijksituaties, waar gemiddeld ruim 1 kg/m² / week wordt gerealiseerd is dit productieniveau redelijk te noemen, zeker als in aanmerking wordt genomen dat de gebruikte kasafdeling vrij veel lichtonderschepping geeft. Het valt op dat de productie bij beh. D al vroeg in de teelt de laagste productie heeft en dat dit verschil gaandeweg groter wordt, maar ook dat ditzelfde patroon zich bij beh. A voordoet. Er is een duidelijke piek in neusrot bij beh. E half juli, bij de andere behandelingen is er eersprake van een geleidelijke stijging van neusrot.

3.3 Nutriëntgehalten

Tabel 3.1

Gemiddelden van de gehalten aan nutriënten K, Ca, Mg en Na in jong en oud blad, de stam en vruchten, gemiddelden van vijf bemonsteringen, alle waarden in mmol/kg droge stof.

herkomst	jong blad				oud blad			
	Na*	K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg
Na 2	< 10	1289	738	212	< 10	1913	1273	442
Na 4	< 10	1375	826	268	< 10	1707	1176	421
Na 8	< 10	1256	803	276	< 10	1513	1320	493
Na 10	< 10	1304	793	258	< 10	1482	1264	444
Na 8K	< 10	1313	682	230	< 10	1811	1254	435
Na10K	< 10	1343	777	240	< 10	2185	1206	454
	stam				vrucht			
	Na	K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg
Na 2	17.1	932	296	113	< 10	799.3	27.1	75.2
Na 4	9.5	749	263	127	< 10	655.0	32.0	68.2
Na 8	80.8	768	331	162	< 10	754.0	30.6	74.3
Na 10	9.5	883	266	145	< 10	635.5	28.4	69.4
Na 8K	13.2	1185	401	184	< 10	715.5	27.9	69.9
Na10K	40.3	1085	269	160	< 10	734.3	26.1	74.8

* Ondergrens detectie is 10 mmol/kg droge stof.

Het meest opvallende in Tabel 3.1 zijn de zeer lage waarden voor Na in bladeren en vruchten. De gevonden waarden zijn allen beneden de detectielimiet. Navraag bij het lab leerde dat de waarden niet geheel 0 zijn, en bij de bladeren wat hoger zouden zijn geweest dan bij de vruchten, echter zodanig laag dat er geen indicatie kan worden gegeven of er verschil is tussen de behandelingen. De gehalten aan K en Ca zijn daarentegen hoog. Zowel in jong als oud blad zijn de K gehalten voldoende hoog te noemen (referentiewaarde = 1400-1800 mmol/kg d.s.) en omdat er geen duidelijk verschil is tussen de behandelingen mag worden aangenomen dat ook bij de hoogste Na niveaus er géén sprake is geweest van een K tekort. Voor resp. Ca en Mg zijn de referentiewaarden voor jong blad 500-600 en 200-300, voor beide elementen geldt dus dat de waarden hoog (Ca) tot normaal (Mg) zijn.

De overige nutriënten bevinden zich allen op een normaal niveau en er zijn geen duidelijke verschillen te zien tussen de behandelingen (Bijlage 2).

3.4 Na opname

De Na-opname door het gewas in de zes behandelingen is op twee manieren berekend. Allereerst via de zogenaamde "depletion method". Hierbij wordt de opname berekend uit de totale gift van een nutriënt, minus de concentratie in de drain, gecorrigeerd voor het restant in het systeem en de matten. In het geval van deze proef – immers volledig gesloten systeem – kunnen we ook volstaan met de totale hoeveelheid toegediende Na-oplossing, te corrigeren voor het restant aan het einde van de proef in het systeem: matten, drainput en leidingen. De andere methode gaat uit van de opname op basis van de analyses van biomassa en de hoeveelheid droge stof productie van de afzonderlijke plantendelen (vegetatief, generatief) (Tabel 3.1). De vruchtproductie is bekend, ook zijn er droge stof gehalten van vruchten gemeten en analyses gedaan. Voor de vegetatieve delen zijn er analyses gedaan van bladeren en van stengels en gewasresten aan het einde van de teelt. Echter het was niet mogelijk de volledige biomassa te meten tijdens de gehele teelt. Om de totale droge stof productie te berekenen in vegetatieve delen is een schatting gemaakt op basis van aangenomen verhouding tussen generatieve en vegetatieve groei uit eerdere proeven. Dit blijkt voor paprika ongeveer 60% te zijn voor droge stof vruchtmassa en dus 40% voor stengels en bladeren, met daarbij resp. 22% en 18% voor bladeren en stengels (Voogt en Steenhuizen, 2018). Deze verdeling is ook toegepast voor deze proef. In die gevallen waar de Na gehalten beneden de detectielimiet uitkwamen, is een gehalte aangenomen van 9 mmol/kg d.s., dit om toch een totale hoeveelheid te kunnen bepalen.

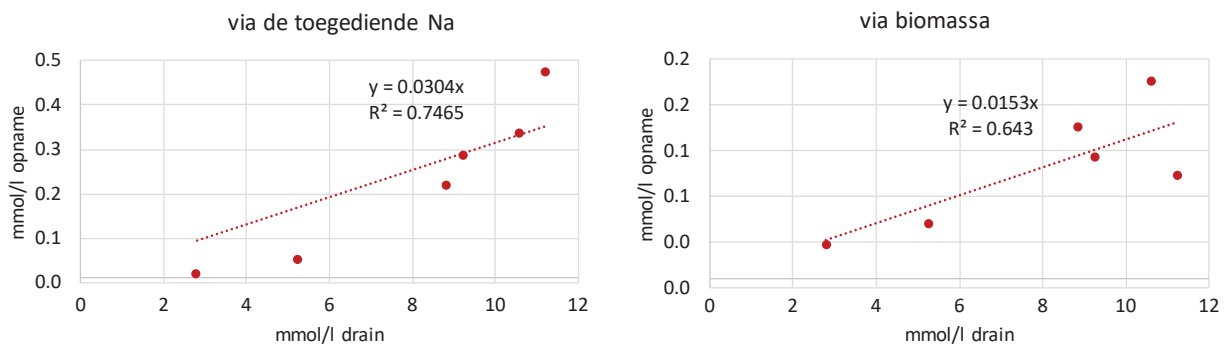
De beide Na opnamen zijn vervolgens gerelateerd aan het waterverbruik, waarmee een opnameconcentratie is berekend.

Tabel 3.2

De Na opname van de zes behandelingen, berekend via de toediening aan Na (Depletion) en via gewasanalyses (Biomassa), als absolute opname in mmol/m² en als opnameconcentratie (mmol/l).

	Absolute opname		Opname concentratie	
	Depletion	Biomassa	Depletion	Biomassa
	mmol/m ²		mmol/l	
1	3.7	12.2	0.01	0.04
2	13.2	18.8	0.04	0.06
3	67.0	52.9	0.21	0.17
4	101.2	66.6	0.33	0.22
5	98.0	47.0	0.28	0.13
6	162.2	39.3	0.46	0.11

Het blijkt dat de opname vrij gering is en bedraagt niet meer dan enkele tienden mmol/l, maar stijgt duidelijk bij een hogere Na-concentratie. De berekening van de opname via biomassa valt lager uit dan die via de depletion methode. Dit fenomeen wordt meestal gevonden, ook bij eerdere proeven lijkt er vrijwel altijd minder via het gewas te worden opgenomen dan er volgens de toediening zou moeten zijn opgenomen (Heinen et al. 1996). De oorzaak is waarschijnlijk dat de bepaling van biomassa en van droge stof tot wat verliezen leiden, maar ook is niet uitgesloten dat de wateranalyses, waar bij de 'depletion' methode vanuit wordt gegaan lichte overschatting geven. Hierbij moet verder bedacht worden dat de getallen van opname via biomassa feitelijk lager zijn, omdat voor de analyses die beneden de detectielimiet uitkwamen een gehalte is aangenomen vlak onder die detectielimiet, maar die ook veel lager kan zijn geweest. De fout die hiermee gemaakt wordt is echter relatief klein, omdat het gehalte sowieso erg laag is. Om nog wat verdere duiding te geven van de resultaten zijn de uitkomsten ook gerelateerd aan de gemiddelde concentraties in het wortelmilieu (Fig 3.6).



Figuur 3.7 Na opnameconcentratie (mmol/l) in relatie met de Naconcentratie in de drain, berekend uit de toegediende hoeveelheden Na (links) en uit de droge stof en analyses van biomassa (rechts).

In eerder onderzoek met paprika is een relatie met een regressiecoëfficiënt van 0.025 gevonden, eveneens via de 'depletion' methode de uitkomst van deze proef is daarmee in overeenstemming.

4 Discussie / betekenis voor de praktijk

De resultaten leren dat er meer ruimte is voor oplopende Na concentraties dan heersende opvattingen in de praktijk. De maximaal toelaatbare Na grens stond officieel op 6 mmol/l, maar onder telers waren er ook opvattingen dat 4 mmol/l al problematisch was. Niettemin was uit eerdere studies al wel gebleken dat enig Na, tot 12.5 mmol/l niet direct tot een significante productiedaling leidt (Sonneveld & Van de Burg, 1991). Andere studies zoals die van Post et al. (1991¹), gaven aan dat de kans op neusrot mogelijk toeneemt bij stijgend Na, maar ander onderzoek van Post et al. (1991²) liet juist weer zien dat het effect niet aanwezig was. Wat wel uit alle voorgaande en ook dit onderzoek duidelijk is, is de geringe opnamecapaciteit van Na door het gewas paprika. Opvallend is dat de uitkomst uit dit onderzoek sterk overeenkomt met het eerdere onderzoek van Sonneveld en Van den Burg (1991).

De betekenis voor de praktijk van deze uitkomsten is het volgende. Al bij een lage Na aanvoer via het gietwater (of uit meststoffen) zal Na snel gaan oplopen in een gesloten teeltsysteem. De opname bedraagt bij een relatief lage concentratie in het wortelmilieu, van 2 – 3 mmol/l, minder dan 0.1 mmol per liter opgenomen water. Regenwater in het westen van Nederland bevat al gauw 0.1 á 0.2 mmol/l Na, wat dus meer is dan de opnamecapaciteit. Bij gebruik van regenwater zal daardoor al snel ophoping plaatsvinden. Omdat ontzout water via omgekeerde osmose (RO) ook vaak een rest aan zouten bevat, is bij gebruik van RO water ook wel enige ophoping van Na te verwachten. Dit zal vooral 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. Kortom, ook bij relatief goed gietwater zal bij paprika snel Na ophoping plaats kunnen vinden. Uit de resultaten blijkt echter dat tot zeker 8 á 10 mmol/l in het wortelmilieu geen nadelige effecten te verwachten zijn. De opname aan Na bedraagt dan rond 0.2 – 0.3 mmol/l opgenomen water. Dit is in die gevallen dan net voldoende om Na niet verder op te laten lopen. Niettemin is duidelijk dat er maar weinig concessies mogelijk zijn. Bij water van een mindere kwaliteit, dus met meer dan 0.3 mmol/l aan Na zal een bepaald spui percentage van het drainwater onvermijdelijk zijn, of selectief moeten worden verwijderd. Ook is duidelijk dat bij oplopende Na concentraties, de buffer aan K – indien de EC gelijk gehouden wordt – sterk beperkend kan worden. Frequente analyse en aanpassingen van de receptuur is dan aan te bevelen.

5 Conclusie

- Het is niet gebleken dat aanpassing van de K/Ca verhouding de effecten van Na op de groei, ontwikkeling of anderszins de resultaten heeft beïnvloed.
- Verhoging van de K/Ca verhouding verhoogde wel de buffer aan K, waardoor de concentratie aan K minder snel te laag werd.
- De productie is door de toegepaste Na behandelingen niet significant beïnvloed.
- De Na concentraties liepen op vanaf enkele weken na de start van de teelt en konden gedurende de gehele verdere teelt op de beoogde niveaus worden gehandhaafd.
Oplopende Na concentraties in het wortelmilieu (de drainconcentratie) tot 10 mmol/l, hoeft geen belemmering te zijn in de teelt.
- Er was een onduidelijk effect op neusrot. Hoewel er op sommige momenten neusrot werd aangetroffen, was dit over het geheel van de teelt genomen gering, namelijk <1%. Omdat het % neusrot tussen de behandelingen niet significant verschilde kan niet worden geconcludeerd dat Na het ontstaan van neusrot versterkt. Niettemin was er een lichte tendens dat het % neusrot toenam met de Na concentratie. De controle behandeling, die de op één na hoogste aantasting had, vormde hierop een uitzondering, zodat deze tendens niet significant is.
- De opname aan Na is betrekkelijk gering te noemen. De gehalten in de diverse plantendelen is zeer laag en vaak beneden de detectielimiet van laboratoria. Alleen in de hoofdstengel en soms in oudere bladeren werd enig Na aangetroffen in droge stof analyses.
- Een kenmerkende indicator voor de opname is de gemiddelde opnameconcentratie, deze bedraagt bij de hoogste Na concentraties ca 0.3 mmol/l. Concreet betekent dit dat de Na aanvoerconcentratie via het water niet meer mag bedragen dan deze waarde, er mag dan daarnaast ook nauwelijks input zijn uit meststoffen.
- Het is zeer aannemelijk dat regenwater zoals in het westen van Nederland, waar de concentratie ca 0.15 – 0.25 mmol/l Na bedraagt (gemiddelde bassinwaarden) (Voogt et al. 2012), reeds tot accumulatie van Na zal leiden.
- Een hogere Na concentratie aanhouden zal er voor zorgen dat er meer Na door het gewas wordt opgenomen. Dit betekent dat er in situaties met hogere Na-input, bijvoorbeeld bij perioden met minder aanbod van goed gietwater, en een dan onvermijdelijke stijging van Na, langer gerecirculeerd kan worden c.q. er minder hoeft te worden gespuid.
- Het is aan te bevelen om bij een stijgende Na concentratie in de drain de K concentratie in de gift aan te passen, om te voorkomen dat bij gelijkblijvende EC de K te snel uitgeput raakt.
- De tot nu toe gehanteerde grenswaarde voor paprika van 6 mmol Na/l kan veilig worden verhoogd naar 8 mmol/l. Tijdelijke piekwaarden van 10 mmol Na/l als bovenste grenswaarde zal ook nog niet tot verlies aan productie leiden.

6 Literatuur

Post, W. H. K. and H. Klein-Buitendijk 1996¹.

Zoutonderzoek bij paprika : invloed van Na en kalium op produktie en kwaliteit. Naaldwijk, Proefstation voor de Bloemisterij en Glasgroente, vestiging Naaldwijk 25 pp.

Post, W. H. K. and H. Klein-Buitendijk 1996².

Zoutonderzoek bij paprika : invloed van Na, calcium en kalium/magnesium verhoudingen op produktie en kwaliteit. Naaldwijk, Proefstation voor de Bloemisterij en Glasgroente, vestiging Naaldwijk 28 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.

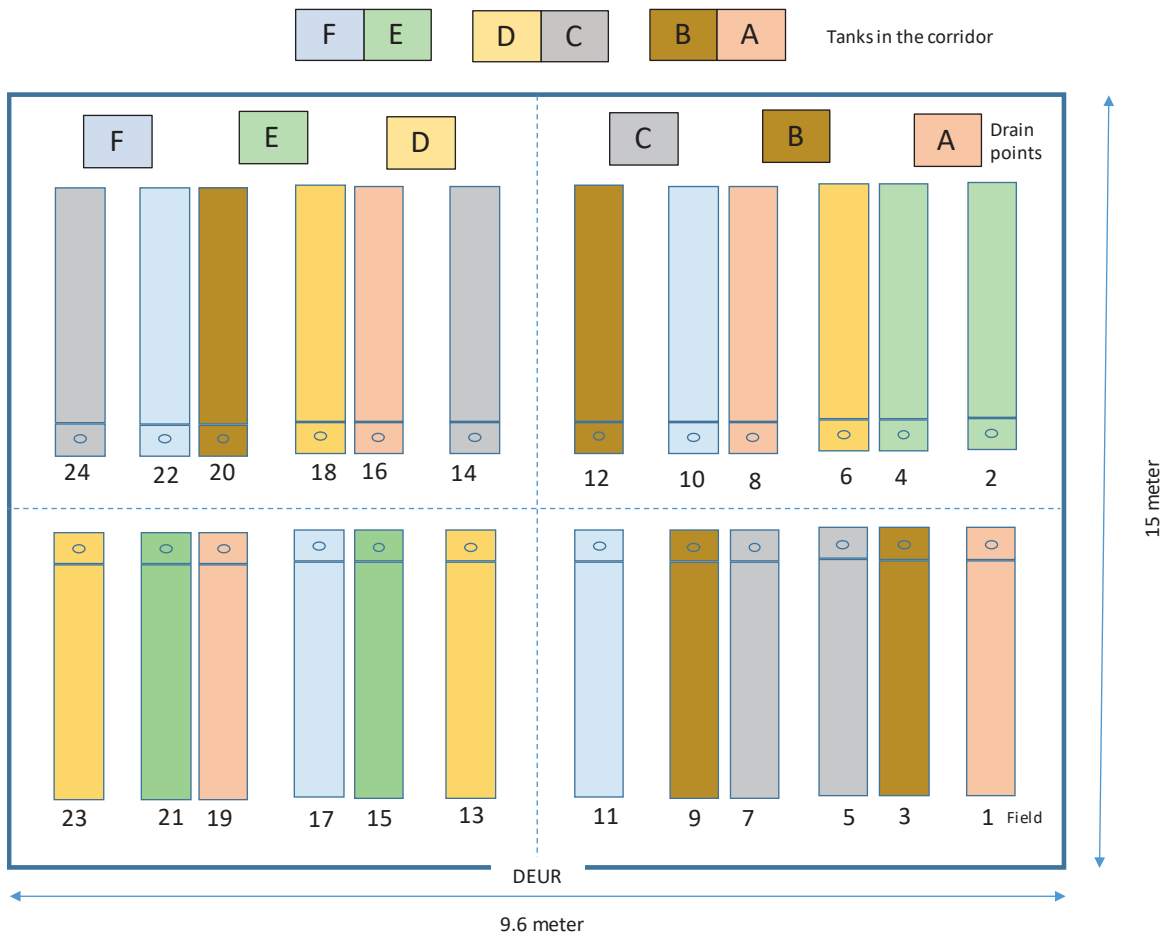
Voogt, W.; Os, E.A. van (2012).

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

Voogt, W. en Steenhuizen J., 2014.

Uptake and distribution of iodine in cucumber, sweet pepper, round, and cherry tomato. Wageningen UR, Rapport GTB 1329, 70 pp.

Bijlage 1 Plattegrond kas



Bijlage 2 Gewasanalyses

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

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

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-824

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, 5.000 medewerkers en 12.000 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.