



# Doseersysteem voor element correcties

Aanpassingen in ammonium en calcium gift, gebaseerd op pH en ammoniumvrucht

Bram van der Maas<sup>1</sup>, Aat van Winkel<sup>1</sup>, Barbara Eveleens<sup>1</sup>, Chris Blok<sup>1</sup>, Hanjo Lekkerkerk<sup>2</sup>, Nico Enthoven<sup>3</sup> en Peter Klein<sup>4</sup> <sup>1</sup> Wageningen UR Glastuinbouw, <sup>2</sup> GreenQ Improvement Centre, Bleiswijk, <sup>3</sup> Priva, <sup>4</sup> Horticoop Bleiswijk



### **Abstract NL**

De werking is getest van een flexibel geautomatiseerd meet- en regelsysteem voor de ammoniumgift (afhankelijk van de pH van de drain). Het effect is van de verhoogde ammoniumgift op de pH, de gewassamenstelling en gewasproductie is gemeten.

Het is mogelijk gebleken met aparte doseerkanalen voor specifieke meststoffen en aanpaste (Priva) software, om in het gietwater flexibel extra ammonium en calcium te doseren op basis van actuele metingen. Dit biedt mogelijk ruimte voor ion specifieke regelingen in combinatie met het gebruik van de centrale voedingsunit.

Het effect van een verhoogde ammoniumgift op de pH is groot. Het is noodzakelijk om begrenzings in te stellen in de ammoniumgift om de pH stabiel te houden. Met een verhoging van de totale stikstofgift van 3% door de extra ammoniumdosering neemt het stikstofgehalte in het gewas toe met 14%.

Ammoniumopname heeft een negatieve invloed op de Ca-opname. Door een aanvullende Ca-gift te koppelen aan de ammoniumgift kan dit continu worden bijgestuurd. Ammoniumopname heeft ook een negatieve invloed op de natriumopname. Mogelijk is dit gegeven bruikbaar voor het telen boven de natrium tolerantiegrenzen van gewassen.

De aanvullende ammoniumgiften hebben niet geleid tot verhoogde opbrengsten. Dat kan van belang zijn voor teelten waarbij problemen met de K/Ca balans spelen zoals neusrot en bladrandjes.

### **Abstract UK**

The functioning of an automated system for measurement and control of additional ammonium dosing in a nutrient solution was tested. Dosing was adapted based on continuous pH measurements. The effect of the extra ammonium supply on pH, crop composition and crop production was monitored.

It proved possible to use separate dosing channels and adapted (Priva) software to flexibly adapt ammonium and calcium supply in irrigation water based on direct measurements. This offers opportunities to develop control cycles for concentration levels of specific ions while still using a central nutrient dosing unit. The effect of dosing extra ammonium on the pH in slab and drain water was large. It was necessary to work with upper and lower limits in ammonium dosing to keep the pH stable. With just 3% extra nitrogen supply as ammonium it was possible to boost the nitrogen level of the crop 14%. Ammonium also is known to reduce the intake of calcium therefore additional ammonium was accompanied by extra calcium dosing to balance the uptake of calcium. Ammonium reduced the intake of sodium too and this could be of interest when growing crops using modestly saline water. The additional ammonium supply did not increase the yield. Even so the additional control over the K/Ca balance may be of interest for crops with K/Ca problems like Blossom End Rot and tip burn.

© 2013 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Wageningen UR Glastuinbouw.

## **Wageningen UR Glastuinbouw**

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk  
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk  
Tel. : 0317 - 48 56 06  
Fax : 010 - 522 51 93  
E-mail : [glastuinbouw@wur.nl](mailto:glastuinbouw@wur.nl)  
Internet : [www.glastuinbouw.wur.nl](http://www.glastuinbouw.wur.nl)

# Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
2	Materiaal en methoden	7
	2.1 Proefopzet	7
	2.2 Regeling $\text{NH}_4$ - dosering	8
	2.3 Metingen	10
	2.4 Overleg	10
3	Resultaten en discussie	11
	3.1 PH-metingen	11
	3.2 $\text{NH}_4$ - en Ca-doseringen	12
	3.3 Gewasanalyses	14
	3.4 Gewasproductie	16
	3.5 Ionspecifieke metingen	18
4	Conclusies	19
5	Literatuur	21
Bijlage I	pH grenswaarden in wortelmilieu	23
Bijlage II	Ingestelde voeding via bemestingsunit en de regeling op ammonium	25
Bijlage III	Resultaten voedingsanalyses	27
Bijlage IV	Resultaten gewasanalyse	29
Bijlage V	Samenstelling Begeleidende Leergroep	31



# 1 Inleiding

Het gebruik van een ionspecifieke meter in de tuinbouw maakt het naar verwachting mogelijk de behoefte van het gewas vaker dan 1 keer per week en mogelijk per dagdeel of vaker in beeld te brengen. Dat heeft vooral zin als vervolgens ook snel en per element kan worden bijgestuurd. De beoogde effecten zijn een verlaging van de uitstoot van meststoffen en / of teeltvoordeel in de vorm van productie en / of kwaliteit.

In een in 2012 uitgevoerd project is ervaring opgedaan met ionspecifieke metingen in een paprika- en gerberateelt. Op basis van metingen werd berekend wat de opname van de voedingselementen gedurende de dag was. In de gerberateelt is bovendien het effect van met een Dosatron verhoogde ammoniumgift gemeten op de stikstofopname door het gewas en de pH in het voedingswater en drainwater (Blok e.a., 2012). De gebruikte ionspecifieke meter bleek in praktijkomstandigheden (nog) onvoldoende betrouwbaar. Er werden grote verschillen gevonden in de opname van de voedingselementen door het gewas gedurende de dag. Dit patroon sloot niet altijd goed aan bij de voedingsgiften. De uitgeprobeerde regeling op ammoniumaanvoer leek teeltkundig voordelen te bieden maar alleen als de pH in het substraat binnen veilige grenzen gehouden kan worden.

De proefresultaten waren aanleiding voor een vervolproject in een komkommernewas met als doelstellingen:

- o Beproeven van een geautomatiseerd meet- en regelsysteem op een verhoogde ammoniumgift.
  - o Effect meten van de verhoogde ammoniumgift op de pH, de gewassamenstelling en de gewasproductie.
- Gedurende de proef zijn ook metingen uitgevoerd met een aangepaste ionspecifieke meter.

Het onderzoek is uitgevoerd bij Wageningen UR Glastuinbouw, met deelname van GreenQ-Improvement Centre, Priva en Horticoop. Het project is gefinancierd vanuit de regeling Samenwerking aan Vaardigheden.





## 2.2 Regeling NH<sub>4</sub> - dosering

Programma.

Onderzoekers van Wageningen UR Glastuinbouw hebben een regeling opgesteld die de toediening van ammonium en calcium regelt op basis van enkele factoren. Door Priva is deze regeling ingebouwd in de software, waarbij grenswaarden en stapgroottes desgewenst tussentijds kunnen worden aangepast. Als de pH in het drainwater daalt, wordt de ammoniumgift afgebouwd. Als er meer liters voeding naar de kas gaan, dus ook meer ammonium mee gaat, wordt de ammoniumgift gestopt bij een ingesteld dag maximum. De essentiële regels van de regeling zijn in Tabel 1. weergegeven.

Tabel 1. Regeling van extra NH<sub>4</sub>-gift op basis van de pH.

Ammonium extra als NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>			
Calcium extra als CaCl <sub>2</sub>			
Doorlopen op 20 minuten na elke beurt			
Tellers 0 op 24.00 uur			
pH beheersing (voorrang op NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> beheersing)			
	Als	pH = 5.5-6.5	dan geen actie
	Als	pH > 6.5	en als NH <sub>4</sub> a < NH <sub>4</sub> max dan NH <sub>4</sub> = NH <sub>4</sub> + 0.25
	Als	pH < 5.5	dan NH <sub>4</sub> = NH <sub>4</sub> - (0.25 * (5.5-pH) * 4) en als NH <sub>4</sub> < 0 dan NH <sub>4</sub> = 0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> beheersing		NH <sub>4</sub> max = 2.5 NH <sub>4</sub> = 0.15 * (NO <sub>3</sub> )	
	Als	NH <sub>4</sub> > NH <sub>4</sub> max	dan NH <sub>4</sub> = NH <sub>4</sub> max
	Als	DAGSOM NH <sub>4</sub> > 10	dan NH <sub>4</sub> = 0
K/Ca beheersing		Ca-extra = (NH <sub>4</sub> )-1	
pH regelen op pH drain. Als pH mat < (pH drain-1) of pHmat < 4.0 dan alarm			
NH <sub>4</sub> blijft tussen 0 en 2.5 mmol/l			
DAGSOM NH <sub>4</sub> blijft onder 10.0 mmol/m <sup>2</sup>			
Ca-extra is maximaal 1.5 mmol/l			
Cl-extra is maximaal 3 mmol/l			
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> is maximaal 2.5 mmol hoger			

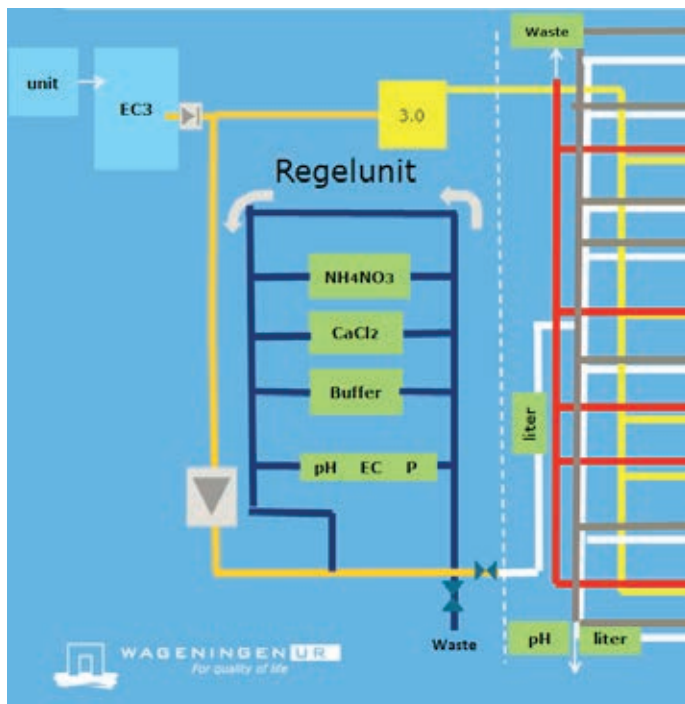


## Regelunit

De regeling is uitgevoerd door apparatuur van Priva (Figuur 2.). Vernieuwend is dat aanvullend op de voedingsoplossing ammonium (als  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) en calcium (als  $\text{CaCl}_2$ ) gedoseerd kunnen worden vanuit twee doseerkanalen (het derde kanaal op de Foto kan in potentie voor aanzuren gebruikt worden).



Figuur 2. a/b. Regelapparatuur (l) en doseerkanalen voor  $\text{NH}_4$  en Ca (r).



Figuur 3. Schematische weergave van de regelunit.

### Toelichting op de het gebruik van de regelunit

De regelunit bestond uit 3 doseerkanalen waarbij geconcentreerde voeding wordt mee gedoseerd met een venturi-constructie (Figuur 3.). In een aparte doorgang zijn controlemetingen voor EC, pH en druk (P = Pressure) ingebouwd. Bij de start is aan de hand van monsternames bepaald wat voor aanpassingen aan  $\text{NH}_4^+$  dosering nodig waren. Dit is gerealiseerd door het geprogrammeerde recept aan te passen. De regelstappen van 0.25 mmol/l  $\text{NH}_4^+$  en groter (tot 0.85 mmol/l  $\text{NH}_4^+$ ) bleken te resulteren in vrij grote fluctuaties in pH verloop. Besloten is de dosering bij een overschrijding van de ondergrens niet meer af te bouwen maar direct te stoppen. Na een her-kalibratie van de pH elektrodes en een verkleining van de stapgrootte werd het verloop van de pH flink rustiger en dus beheersbaarder.

## 2.3 Metingen

Tabel 2. toont de uitgevoerde metingen.

Tabel 2. Overzicht uitgevoerde metingen

Meting	Frequentie	Specificatie
pH drainwater	dagelijks	Handmeting en pH-logger
Watergift	dagelijks	Handmeting en automatische registratie
Voedingsanalyse drainwater lab	2x gedurende proefperiode	Drainwater is niet gerecirculeerd
Voedingsanalyse drainwater ion specifiek	Aantal perioden continu	
Gewasanalyse (blad, vrucht)	4x gedurende proefperiode	
Visuele beoordeling gewas	1-4 dagen	
Opbrengst stuks	1-4 dagen	
Opbrengst versgewicht	1-4 dagen	

## 2.4 Overleg

Voor het project is een Begeleidende LeerGroep (BLG) samengesteld bestaande uit vertegenwoordigers van direct betrokken bedrijven in de proef (Wageningen UR Glastuinbouw, GreenQ Improvement Centre, Priva en Horticoop, BLGG en telers van komkommer, tomaat, paprika en gerbera). De BLG heeft volledig of in kleiner verband 5 maal overlegd gedurende het project (4 april, 18 april, 16 mei, 30 mei en 24 juni 2013). In Bijlage V is de samenstelling van de BLG opgenomen.

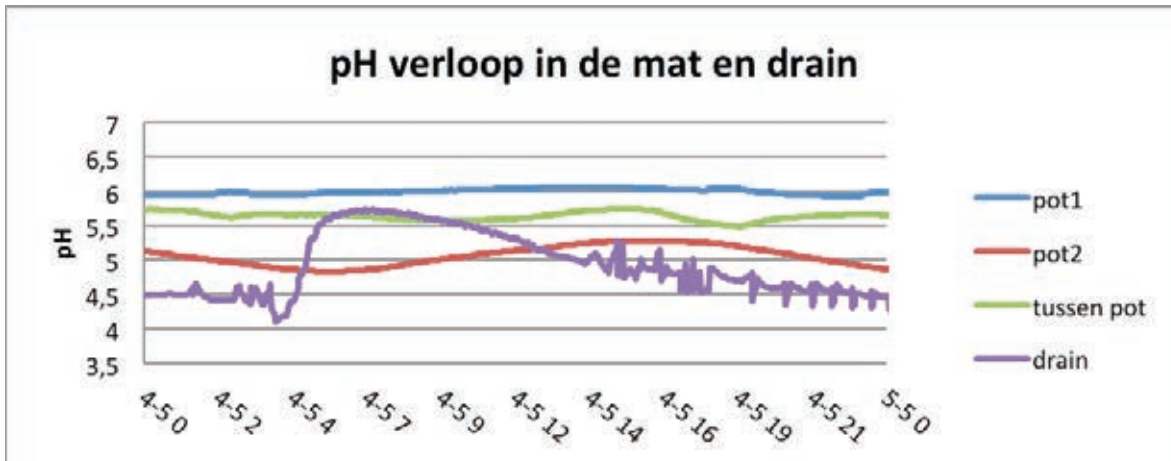
In de vakmedia is uitgebreid gerapporteerd over het onderzoek (Jagers, 2013; Klein *et al.* 2013; Klein, 2013; Visser, 2013a/b; Zwartveld, 2013).

### 3 Resultaten en discussie

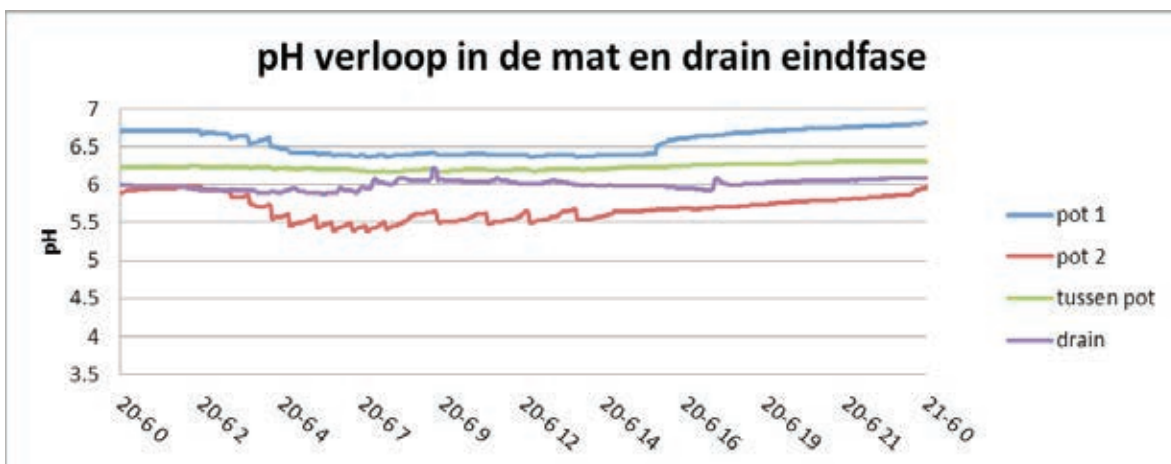
#### 3.1 PH-metingen

##### Dagverschillen in pH drain

De pH is een belangrijke sturende factor voor de extra ammonium dosering. In de proefopzet is gekozen om de pH-drain leidend te laten zijn voor de regeling van de ammoniumdosering.



Figuur 4. PH-verloop gemeten op 4 mei op verschillende plaatsen.



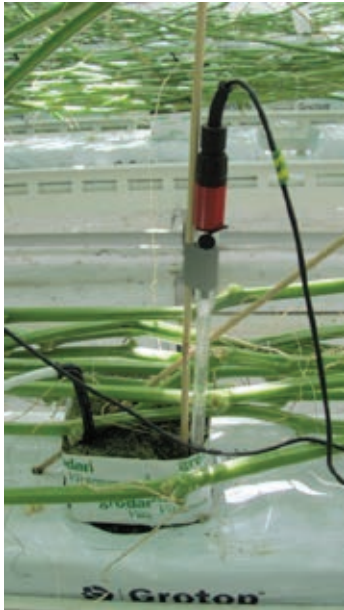
Figuur 5. PH verloop gemeten op 20 juni op verschillende plaatsen.

In de figuren 4 en 5 wordt het dagelijks verloop van de pH drain geïllustreerd. De pH drain vertoonde op 4 mei heel duidelijk de meeste dynamiek van de vier meetpunten (direct onder pot 1, direct onder pot 2, tussen beide potten en vlak bij het drain gat). 4 mei was een dag met veel giften (36 beurten) en relatief veel extra  $\text{NH}_4$ -dosering (de totale daggift  $\text{NH}_4^+$  was  $4.6 \text{ mmol/m}^2$ ). Op 20 juni was het pH verloop stabiel. Dit is te verklaren door een lagere watergift (18 beurten) en een lagere ammoniumconcentratie in het voedingswater (de totale daggift  $\text{NH}_4^+$  was  $0.7 \text{ mmol/m}^2$ ). Hieruit kan worden afgeleid dat de pH-drain in de proef een goed meetpunt was voor de regeling van de ammoniumgift. In de praktijk gebeurt alles op veel grotere schaal en is het totaal systeem daardoor trager. Bij opschalen moet dus opnieuw worden nagegaan of de pH drain een juist meetpunt is om een ammoniumregeling mee te sturen. Een meting dicht bij de planten, bijvoorbeeld vlak bij de afvoer van de goot, is dan mogelijk aan te bevelen.

In de begeleidingsgroep is gediscussieerd over het risico van een plotselinge pH-daling in het wortelmilieu bij de eerste watergiften. In Bijlage I wordt informatie gegeven over grenswaarden voor de pH waar beneden wortelschade op kan treden. In deze proef zijn geen extreem lage pH-waarden gemeten onder de pot.

### Juiste meetplek

Ter vergelijking en ook naar aanleiding van een discussie in de begeleidingsgroep zijn pH metingen in de mat uitgevoerd. In de proef is met speciaal geprepareerde elektrodes de pH gemeten in de mat nabij twee druppelaars en op een plaats tussen twee potten (Figuur 6.). Dit aanvullend op de pH-meting in de drain. De 4 elektrodes zijn op 18 april geplaatst. Daarvoor is handmatig dagelijks de pH-drain gemeten. In Figuur 4. en 5. zijn de meetresultaten weergegeven voor 4 mei en 20 juni. De drainafvoer via de goten is middenin de rij. De matten liggen iets op afschot met een drainopening aan de laagste kopse kant. De sensor bij de laagst gelegen plant laat de laagste pH zien met een verschil van ca. 1 pH-punt t.a.v. de andere mat meting, resp. pH 5 en pH 6. Een verzurend effect door  $\text{NH}_4$ -opname aangevuld met langstromend drainwater met een verlaagde pH en misschien resterend ammonium dat alsnog door de laatste plant wordt opgenomen kan dit verklaren. De pH-meting van de drain vond plaats in de drainpijp op de plek waar deze uitmondt in het drainvat. In het drainvat komt drain van 63 matten (5 behandelingen, 2 randrijen, 9 matten per rij) bij elkaar.



Figuur 6. PH meting in de mat onder de pot.

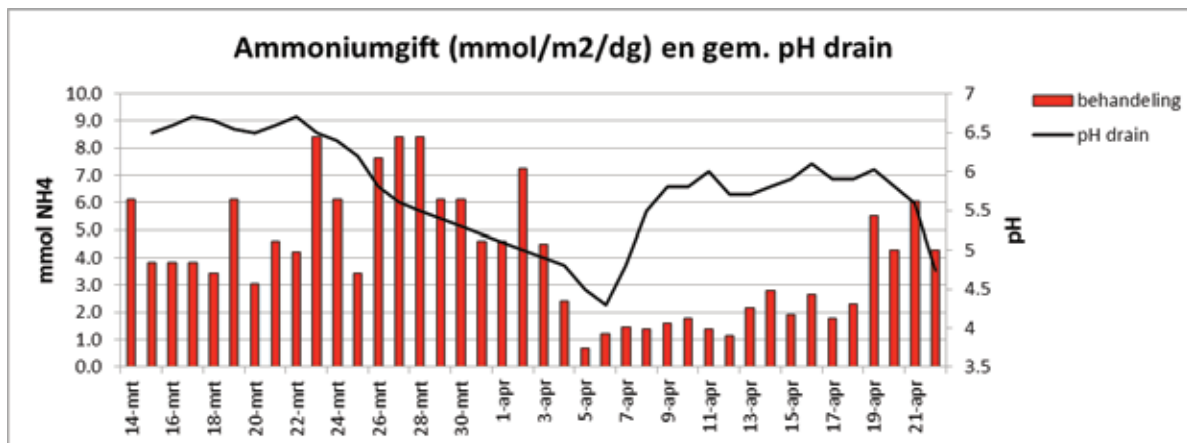
### Elektrode verschillen

Op 8 mei zijn de matelektroden omgedraaid om te controleren dat de verschillen in gemeten pH terug te voeren waren op de plaats van meten en niet op de elektrodes zelf. De elektroden bleken goed te functioneren.

## 3.2 $\text{NH}_4$ - en Ca-doseringen

In de eerste periode na planten (februari - maart) is voor beide behandelingen dezelfde standaard voedingsoplossing voor komkommer gegeven. Op 12 maart is gestart met een verhoogde ammoniumgift voor de behandeling. Tot 7 mei is op basis van de pH-metingen het voedingsschema een aantal malen handmatig bijgesteld (zie Bijlage II). Vanaf 8 mei heeft de Priva regelunit de regeling overgenomen. De eerste weken was een periode van instellen, volgen, kalibreren en bijstellen. Vanaf begin juni waren de metingen en regeling betrouwbaar. Tijdens de proef zijn 2 voedingsanalyses van het drainwater uitgevoerd om de voedingsgift en afname te kunnen vergelijken (zie Bijlage III). In de proef is het drainwater niet hergebruikt, daarom is het aantal analyses beperkt gehouden.

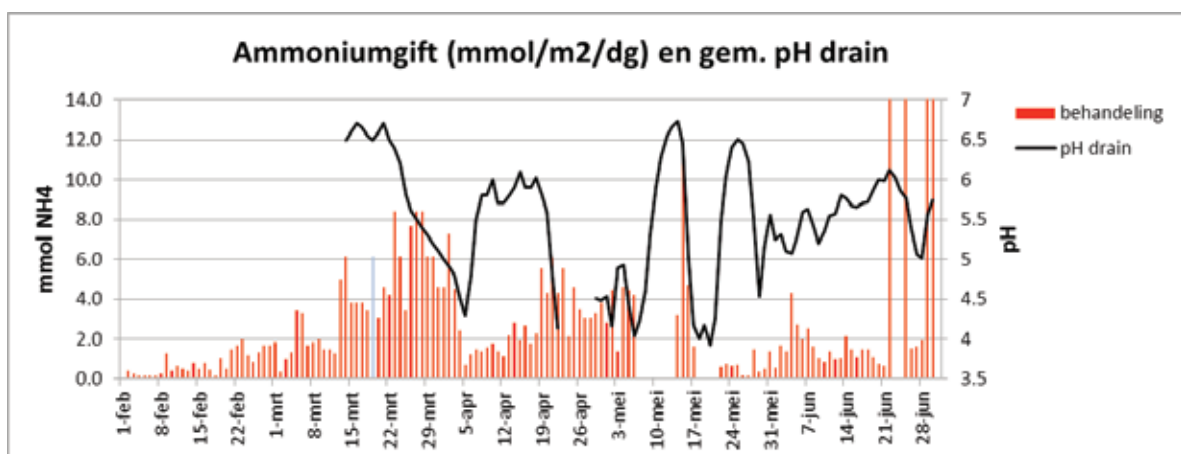
## Doorslag van de pH als de bicarbonaatbuffer op is



Figuur 7. Dagelijkse ammoniumgiften en het verloop van de pH-drain in de periode maart-april.

Het effect van de verhoogde ammoniumgift op de pH in de beginperiode is te zien in Figuur 7. Een verwachte pH-daling na de start van de extra ammonium dosering lijkt de eerste 10 dagen weg gebufferd te worden. Daarna treedt wel een pH-daling op. Als de bicarbonaatbuffer in het water op is, in theorie bij pH 5.2 (pH 4.9 in de figuur) daalt de pH sneller, tot een niveau onder de 4.5. Op dat moment is vanwege de te lage pH ingegrepen en is de ammoniumconcentratie getrapd verlaagd tot de basisinstelling van 0.25 mmol/l. Daarnaast is de pH van de voedingsoplossing vanuit de bemestingsunit met het bijdruppelen van loog verhoogd van 5.5 naar 6.0 om iets meer ruimte te creëren voor de ammoniumgiften. Bij lage ammoniumgift telt ook door de plant uitgescheiden bicarbonaat mee. Bij hoge anionenopname (vooral nitraat) scheidt de plant namelijk bicarbonaat uit om de kationen- en anionenopname/afgifte in balans (neutraal) te houden. Door deze aanpassingen is een herstel van de pH opgetreden tot waarden tussen 5.5 en 6. Het bufferend vermogen van de mat en wortels en het hele watersysteem, zoals bij de start vanaf half maart is waargenomen is rond 19 april veel kleiner. Dit blijkt uit de snelle pH daling, ondanks de lagere ammoniumaanvoer dan in maart.

## Invloed van de pH stapgrootte

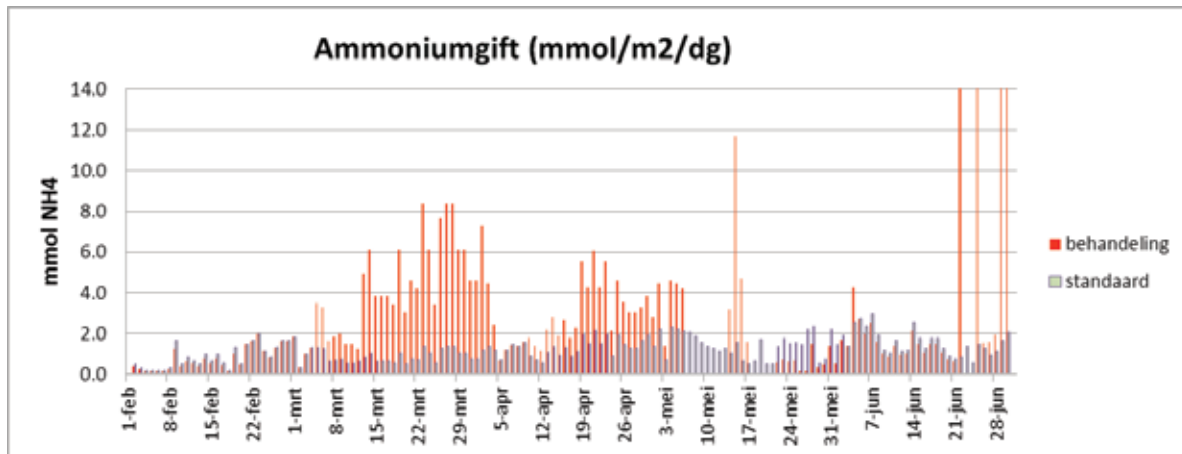


Figuur 8. Dagelijkse ammoniumgiften en het verloop van de pH-drain gedurende de hele proefperiode.

In Figuur 8. zijn de dagelijkse ammoniumgiften en het pH verloop over de gehele proefperiode is weergegeven. Te zien is dat naast de besproken pH daling eind maart, de pH in april-mei ook nog grote fluctuaties vertoonde. Om tot een stabielere pH te komen is de ingestelde stapgrootte voor ammonium verlaagd van 0.25 naar 0.10 mmol/l. In juni is de bandbreedte voor de pH drain verkleind van 5.0 - 6.0 tot 5.0 - 5.3. Onder de grenswaarde stopte de ammoniumdosering i.t.t. de aanvang van de proef waarbij stapsgewijs werd verminderd. De stapsgewijze aanpassing leidde tot een ongewenste verdere daling van de pH, alvorens deze weer opliep. De genoemde maatregelen leidden tot een stabielere pH-verloop.

### De cumulatieve ammoniumgift

In Figuur 9. zijn de dagelijkse ammoniumgift van de  $\text{NH}_4$ -behandeling en de standaard behandeling samengevoegd. De ammoniumgiften van beide behandelingen waren in juni vergelijkbaar. De piekgiften van 22 en 26 juni hadden te maken met een bijna leeg voorraadvat, waarbij waarschijnlijk ook lucht is meegezogen. Op 27 juni is de laatste oogst geweest. Daarna zijn nog enkele dagen extra giften gegeven die buiten de regeling vielen. De cumulatieve ammoniumgift t/m 27 juni was voor de behandeling 363  $\text{mmol/m}^2$  en voor de standaard 177  $\text{mmol/m}^2$ , dat is ca. een tweevoudige dosering voor de  $\text{NH}_4$ -behandeling.



Figuur 9. Dagelijkse ammoniumgiften voor de  $\text{NH}_4$ -behandeling en de standaard behandeling

## 3.3 Gewasanalyses

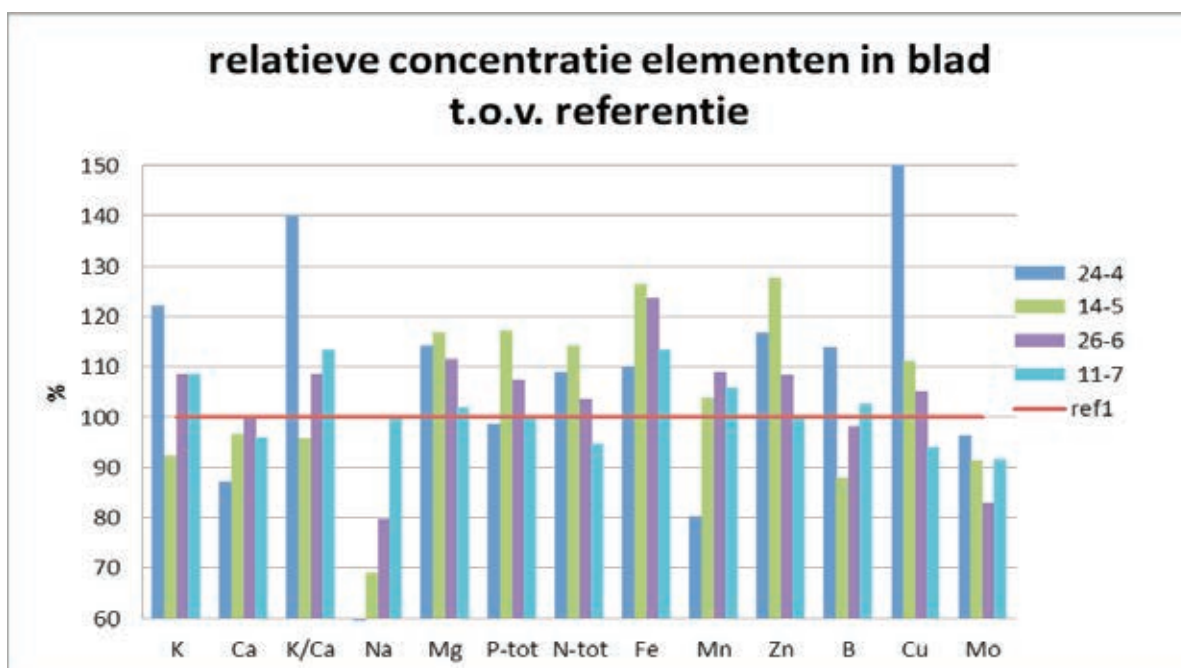
Tijdens de proef zijn op vier momenten gewasanalyses uitgevoerd van het blad en de vrucht (= komkommer) om het effect van de extra ammoniumgiften na te gaan (Figuur 10-11). De monsters zijn genomen van 'de bovenste' volgroeide vrucht en het nabij zijnde blad.

### Eerste meting

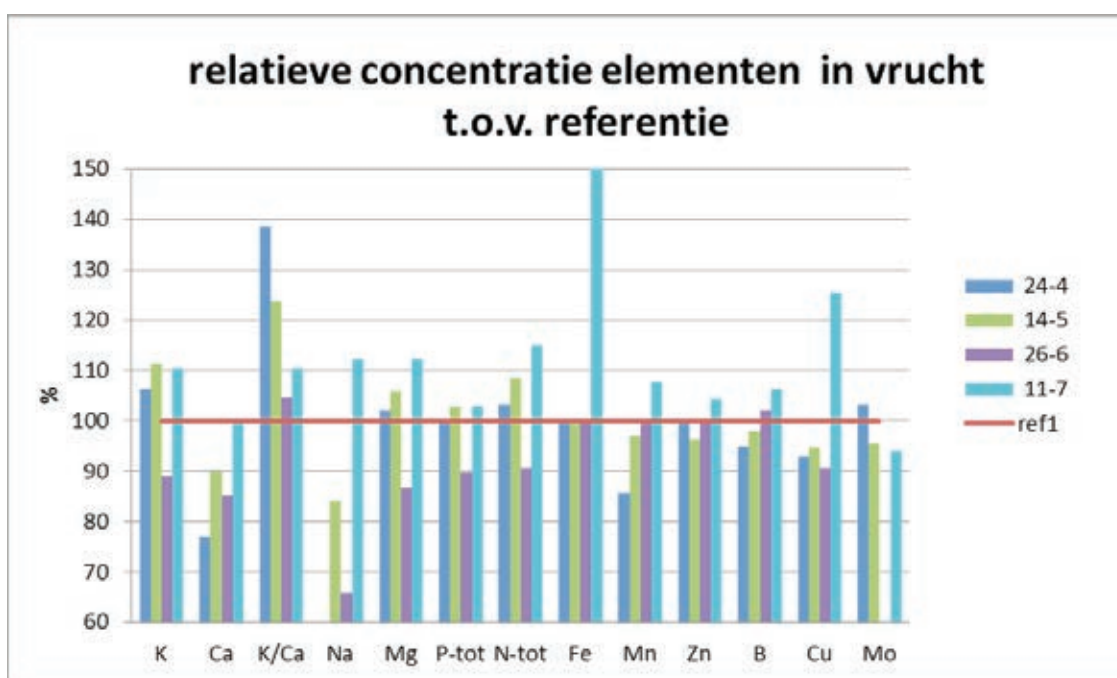
De eerste metingen zijn uitgevoerd op 24 april, 6 weken na de start van de extra ammonium doseringen. Vanaf de start op 12 maart tot 24 april was de stikstofgift van de ammoniumbehandeling 103% van de standaard. De ammoniumgift in deze periode was voor de behandeling 4.0% van N-totaal (172  $\text{mmol NH}_4^+$  en 4098  $\text{mmol NO}_3$ ) tegenover 1.1% voor de standaard (46  $\text{mmol NH}_4^+$  en 4098  $\text{mmol NO}_3$ ). In Figuur 10. is te zien dat N-totaal in het blad in de ammoniumbehandeling 9% g/g hoger is dan in de standaard. In de vrucht zelf was het verschil 3% g/g (Figuur 11.). De verhouding N-g/g mag worden vergeleken met de verhouding N-mmol/mmol. Dus de behandeling met 3% stikstof als ammoniumgift heeft 6% extra stikstof in het blad maar geen extra stikstof in de vrucht. Dit komt overeen met de resultaten in gerbera in Blok *et al.* 2012. Het stikstofgehalte van beide behandelingen was overigens hoog t.o.v. de latere analyses. Zie de analyseresultaten in Bijlage IV.

### Meting 2-4

Opvalt dat de derde meting bij de vruchten (26-6) steeds lagere gehalten heeft dan de metingen 2 en 4. Hier is mogelijk een afwijkend vruchtmonster met relatief meer koolstof gebruikt of is na het drogen weer wat vocht in het monster gekomen.



Figuur 10. Resultaten voedingsanalyse komkommerblad van de  $NH_4$ -behandeling t.o.v. de standaard.



Figuur 11. Resultaten voedingsanalyse komkommer van de  $NH_4$ -behandeling t.o.v. de standaard

### Stikstof

In de gewasanalyse van 14 mei is ook een duidelijk hoger stikstofgehalte in blad (+14%) en vrucht (+8%) te zien voor de ammoniumbehandeling. In juni zijn de verschillen in ammoniumgift tussen de behandelingen klein geweest, zoals in Figuur 10. is te zien. In de gewasanalyse van 26 juni is dit terug te zien, met zelfs een lager N-totaal voor de ammoniumbehandeling in de vrucht. In de laatste gewasanalyse op 11 juli heeft de het vruchtmonster uit de ammoniumbehandeling weer een hoger stikstofgehalte.

### Kalium/ Calcium

Het K-gehalte is over het algemeen wat hoger bij de ammoniumbehandelingen, maar is bij de derde meetdatum juist lager. Dit is deels een gevolg van de weergave in procenten waarbij fluctuaties in monsternamen een vrij grote rol kunnen spelen. Vergelijken met een vast gehalte over alle datums geeft echter nog grotere afwijkingen.

De Ca-concentratie is volgens verwachting lager bij de ammonium behandeling. Het duidelijkst in de analyse van 24 april, waaraan vooraf relatief veel ammonium is gedoseerd. Vanaf 14 juni is extra calcium bij gedoseerd (zie Bijlage II). Gekoppeld aan de  $\text{NH}_4$ -gift die aan het einde van de proef nog is verhoogd zijn er nog substantiële hoeveelheden calcium gedoseerd. In laatste analyse is het Ca-gehalte in de vrucht voor het eerst gelijk voor beide behandelingen. De regeling lijkt dus te werken zoals bedoeld al blijft bewijs over langere perioden wenselijk. De K/Ca verhouding is voor de vruchtkwaliteit van komkommer minder essentieel van bij paprika waar neusrot een probleem kan zijn. Zonder een sturing op Ca bij een ammoniumdosering treden verrassend grote fluctuaties op in de K/Ca verhouding, in dit geval bij aanvang maar liefst een verschuiving van 40%. Aandacht hiervoor, zeker in een paprika en tomatengewas is belangrijk.

### Natrium

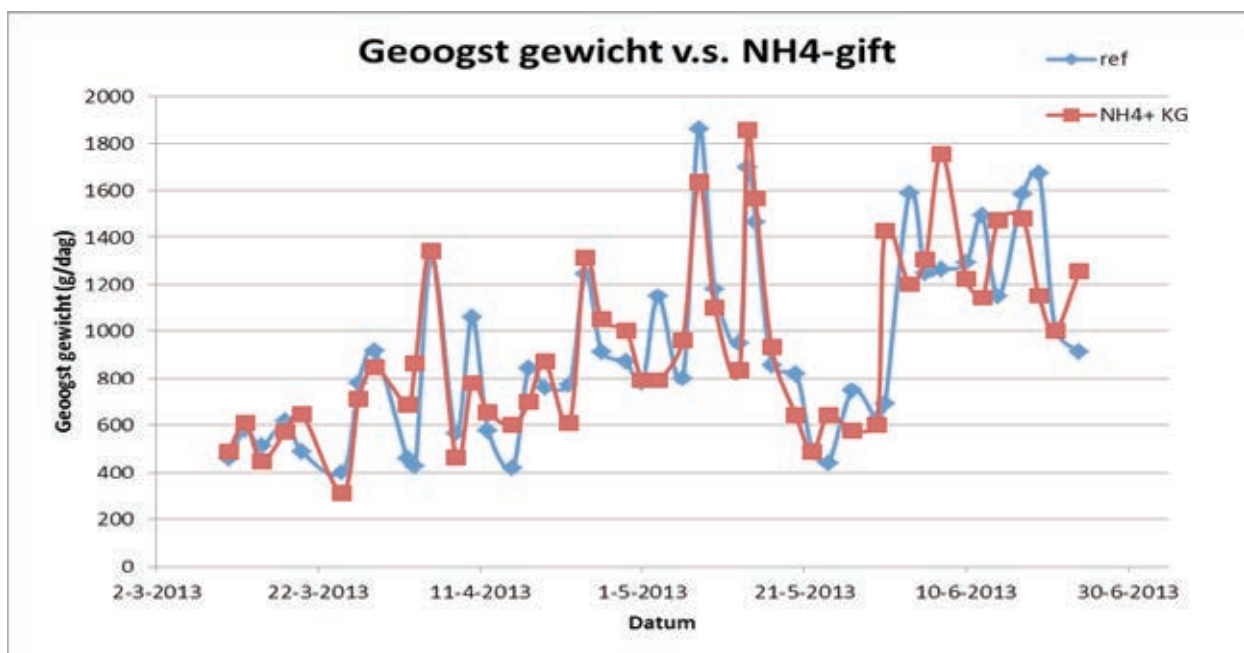
Het Na-gehalte is bij de analyses van 14 mei en 26 juni duidelijk lager bij de ammoniumgift. De vraag zou kunnen zijn of je met de ammoniumgift zou kunnen sturen voor wat betreft de zouttolerantie van een gewas. De Na waarden van minder dan 10 mmol/kg droge stof zijn erg laag. Een kleine verlaging heeft een relatief groot effect, zoals te zien in de figuren 10 en 11. Dit aspect, telen bij hoge natriumgehalten met aangepaste voeding, verdient misschien apart onderzoek.

### Sporen

Uitschieters van koper en ijzer lijken te wijten aan onverwacht lage gehalten in de standaard behandeling.

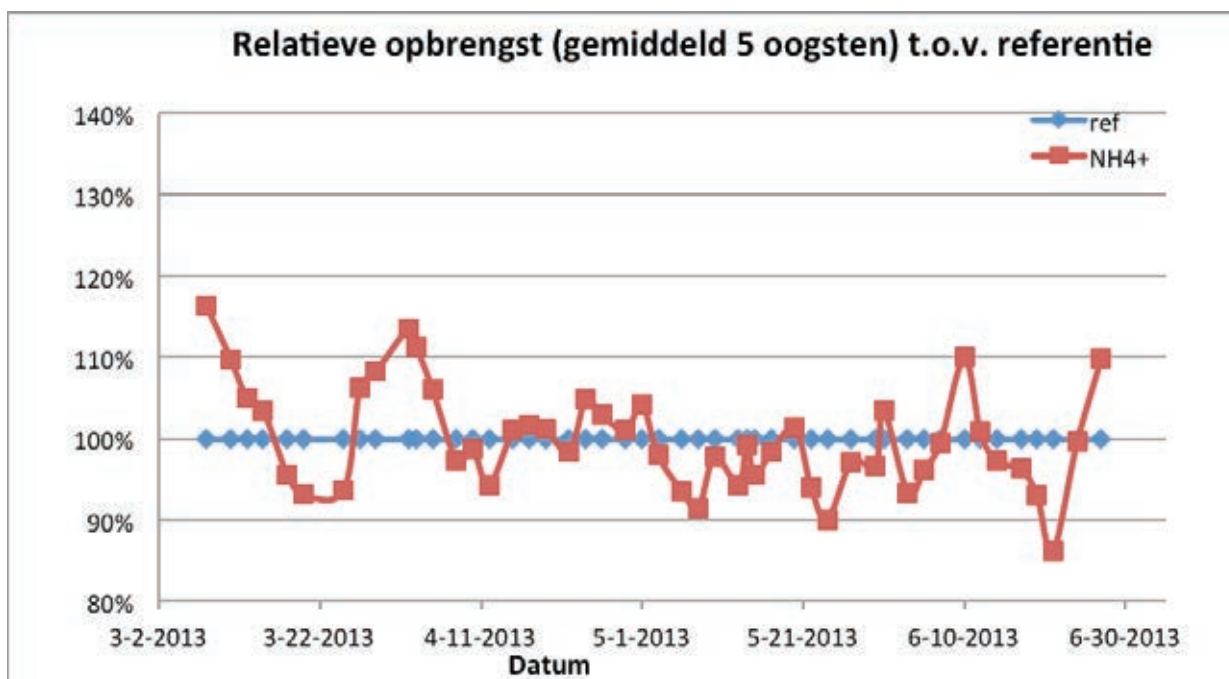
## 3.4 Gewasproductie

De eerste komkommers zijn geoogst op 8 maart en de laatste op 27 juni. Om de 2, 3 of 4 dagen is geoogst. Aan het eind begon stengelbotrytis, die overigens zoveel mogelijk behandeld is, een grote rol te spelen. Dit was één van de overwegingen de proef te beëindigen.



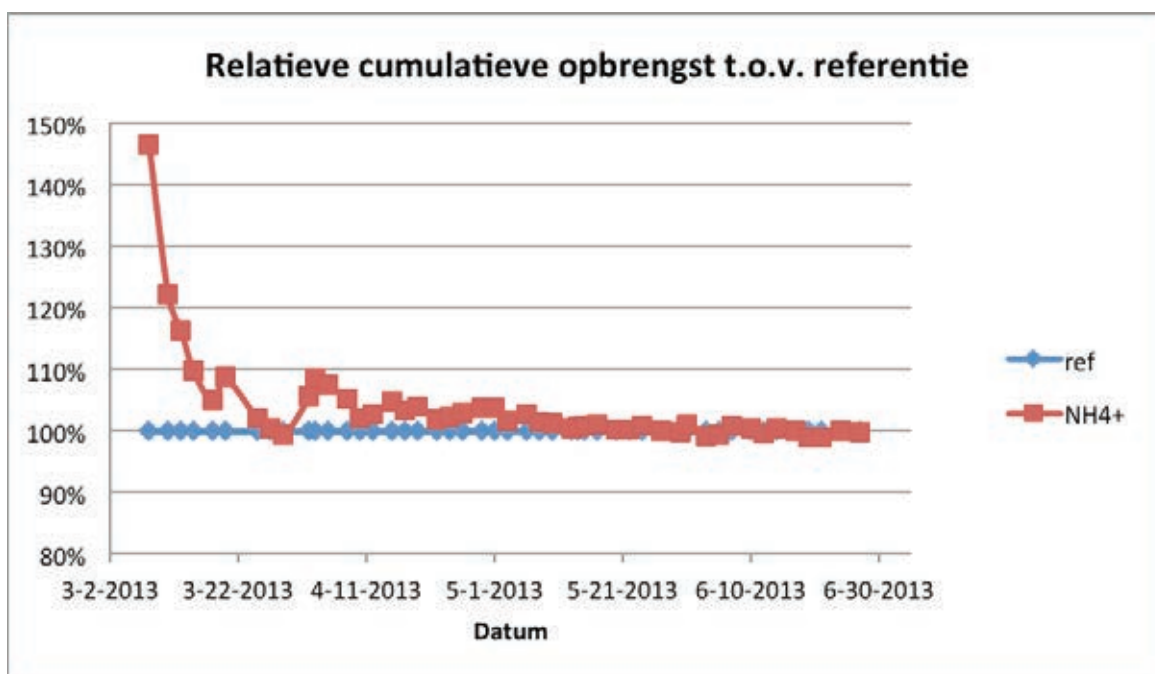
Figuur 12. Geoogst gewicht van de komkommers, uitgedrukt in grammen per dag.





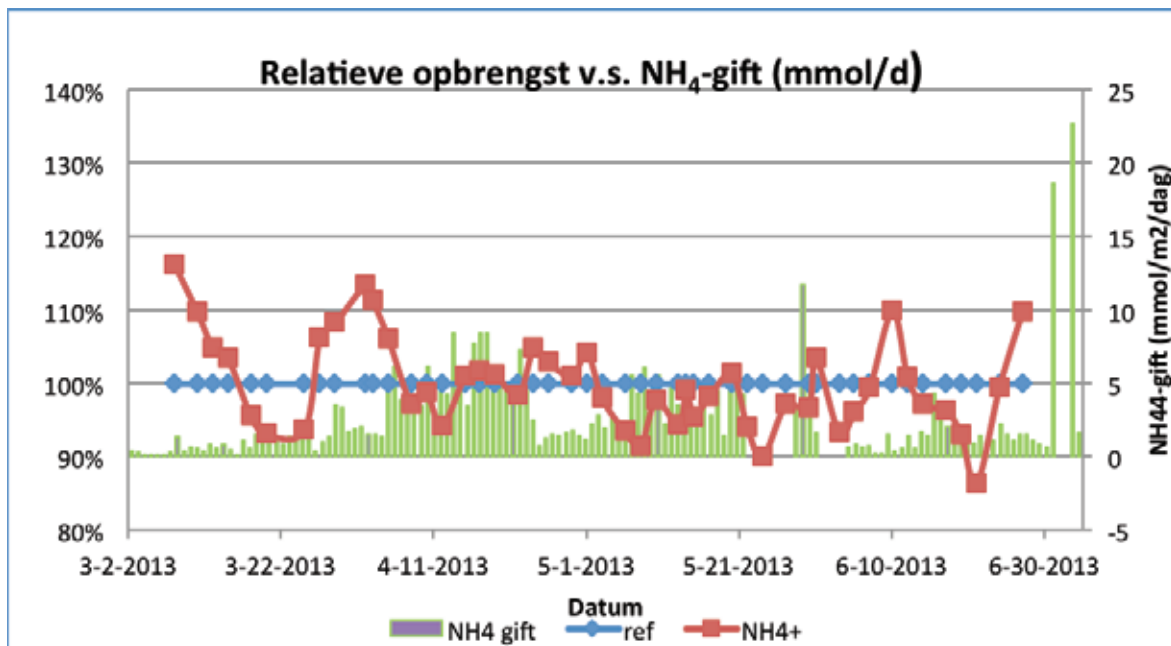
Figuur 13. Relatieve gewichtsoopbrengst van de ammoniumbehandeling t.o.v. de standaard.

In Figuur 12. is het berekende geogst gewicht op dag basis weergegeven. Pieken door één of twee dagen verschil in oogstmoment zijn weggemiddeld. Te zien is dat beide behandelingen een zelfde patroon vertonen. Een relatieve vergelijking in Figuur 13. laat in de beginweken wel verschillen zien, maar deze blijken in de tijd niet structureel te zijn en ook niet samen te hangen met de absolute ammoniumaanvoer (Figuur 15.). Ook de relatieve cumulatieve opbrengst (Figuur 14.) toont geen samenhangen. De uiteindelijke opbrengst van de ammoniumbehandeling is 100% van de standaard. Er zijn dus geen opbrengstverschillen gevonden.



Figuur 14. Cumulatieve opbrengst van het geogst gewicht van de ammoniumbehandeling t.o.v. de standaard.

Er is nagegaan of de ammoniumgiften tijdens de proef invloed hadden op de productie. Zowel de opbrengst als de ammoniumgift vertonen een golvend patroon, maar er is geen enkel verband waar te nemen.



Figuur 15. Combinatie van de dagelijkse ammoniumgift en de relatieve opbrengst.

### 3.5 Ionspecifieke metingen

Tijdens de proef zijn voedingsmonsters geanalyseerd met een ionspecifieke meter op de elementen K, Ca, Na, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub> en Cl. De monsternamen die geautomatiseerd vooraf gegaan werd door een kalibratie verliep goed. De resultaten van de metingen waren echter niet bruikbaar. In de huidige opstelling is het niet gelukt om betrouwbare meetresultaten te krijgen.

## 4 Conclusies

De doelstellingen waren:

Beproeven van een geautomatiseerd meet- en regelsysteem op een verhoogde ammoniumgift.

Effect meten van de verhoogde ammoniumgift op de pH, de gewassamenstelling en de gewasproductie.

1. Het is mogelijk gebleken om met een geautomatiseerd meet- en regelsysteem de ammoniumgift in een voedingsoplossing apart te sturen op basis van continue pH-metingen en de dagvrucht aan gegeven ammonium.
  - o Mogelijk biedt dit ruimte voor ion specifieke regelingen zonder gebruik van de centrale voedingsunit. Een voordeel zou zijn dat het doseerapparaat, anders dan de centrale voedingsunit, bijna alle recepten kan maken en die zonder vertraging van 3-6 beurten bij de plant kan brengen.
2. Het is eveneens mogelijk gebleken de regeling en de apparatuur te gebruiken om tegelijk de calciumgift te verhogen afhankelijk van de extra aangeboden ammonium.
  - o De verhoging van de calciumgift in evenredigheid met de ammoniumgift in de laatste meetperiode voor gewasmonsters ging samen met een volledig herstel van het calciumgehalte en een veilige verhouding van K/Ca in het laatste gewasmonster.
3. Het effect van een verhoogde ammoniumgift op de pH is groot. Een verhoging van 0.5 mmol/l kan bij pH-waarden onder de 6.0 leiden tot een pH-val van 1-2 pH-eenheden. De in de regeling gestelde begrenzingsen in de ammoniumgift zijn noodzakelijk om de pH stabiel te houden. Afhankelijk van de bedrijfsomstandigheden moet de stapgrootte van de regeling worden afgestemd op de reactiesnelheid van de wortelomgeving.
4. Extra ammonium verhoogt de opname van sommige anionen en verlaagt die van sommige kationen.
  - o Met een verhoging van de totale stikstofgift van 3%, door de extra ammoniumdosering, neemt het stikstofgehalte in het blad toe met 9-14%.
  - o Met een verhoging van de totale stikstofgift van 3%, door de extra ammoniumdosering, neemt de calciumopname af met 10-20% (blad, respectievelijk vrucht).
  - o Met een verhoging van de totale stikstofgift van 3%, door de extra ammoniumdosering, neemt de K/Ca verhouding toe tot 40%.
  - o Met een verhoging van de totale stikstofgift van 3%, door de extra ammoniumdosering, neemt de natriumopname af met 20-40%. Dit effect verdwijnt overigens als met de extra ammonium ook extra calcium wordt gedoseerd.
    - Mogelijk is dit gegeven bruikbaar voor het telen boven de huidige natrium tolerantiegrenzen van gewassen.
5. De aanvullende ammoniumgiften hebben niet geleid tot verhoogde opbrengsten. Het is dus niet zonder meer aan te raden te investeren in dit soort apparatuur. Dat kan voor teelten waarbij de K/Ca balans een rol speelt wel nuttig zijn.
6. De met Priva ontwikkelde opstelling is afgeleid van, en nog steeds geschikt voor, het doseren van zuur en oxidatiemiddelen als peroxide. Door het werken met doseerkanalen kan het aantal te doseren stoffen flexibel gekozen worden.



## 5 Literatuur

Blok, C, J. Steenhuizen, A. van Winkel, A. Ayik, H. Lekkerkerk en P. Klein, 2012.

Meten met Ion Specifieke meters; praktijkervaringen in een gerbera- en paprikateelt. Wageningen UR, rapport GTB-1197.

Jagers, F., 2013.

Hogere scheikunde in de mat. Glastuinbouwtechniek Magazine (GTT) 2: 8-11.

Klein P., van der Maas, B, van Winkel, A., 2013.

Wat is het geheim van ammonium? Horticoop Blad 11: 4-5.

Klein P., 2013.

Noviteiten en ontwikkelingen. Waarde ionen bepalen met handmeter. Glastuinbouwtechniek Magazine (GTT) 2: 33.

Visser, P., 2013a.

Er valt nog veel te halen uit meer kennis over voedingsopname. Inspelen op ionspecifieke metingen. Groenten & Fruit 27: 26-27.

Visser, P., 2013b.

Beetje ammonium geeft al flinke stijging stikstofopname in de plant. Kleine units vullen basisgift aan. Groenten & Fruit 27: 28.

Zwartveld, D., 2013.

Noviteiten en ontwikkelingen. Optimale EC en voedingsamenstelling. Glastuinbouwtechniek Magazine (GTT) 2: 32.



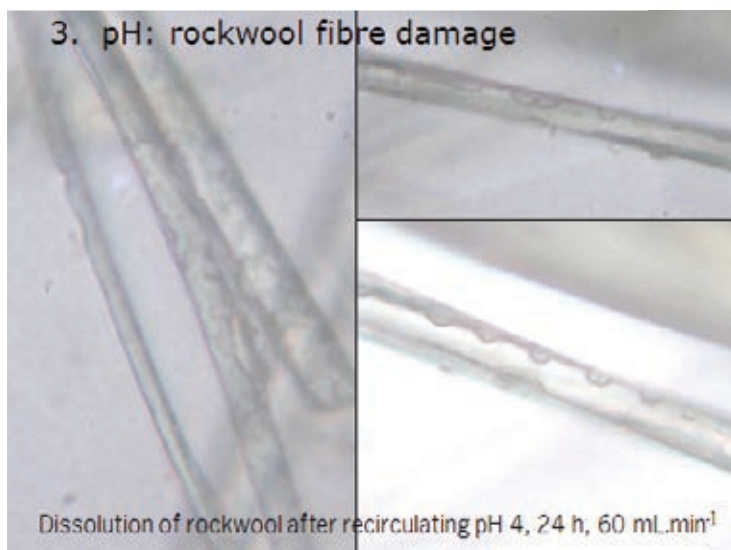
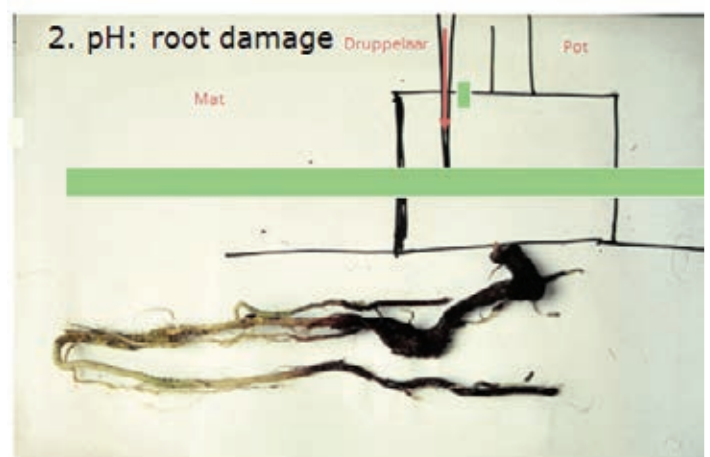
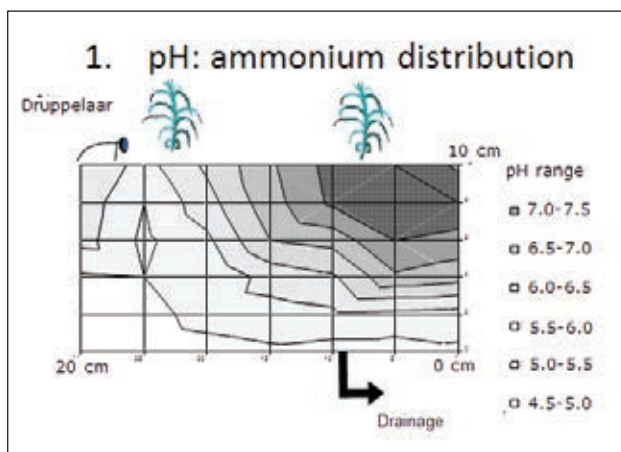
# Bijlage I pH grenswaarden in wortelmilieu

Bestaande kennis over lage pH-grenswaarden in het wortelmilieu:

- Bij pH 3.5 kan plantschade optreden wanneer deze langer dan 7 dagen aanhoudt.
- Een pH 3.0 leidt tot een directe schade van de wortels.
- Wortelschade = afsterven van de cortex (buitenkant van de wortel), het binnenste (pericykel) blijft wel intact, waardoor het aangetaste deel van de wortel wel kan blijven functioneren voor transport van water en opgenomen voedingsstoffen. Het probleem van de dode cortex is Pythium en Fusarium op dood weefsel.
- pH 4.5 is de grens voor steenwolschade.

Onderstaande beelden:

1. Het verloop van de pH in een steenwolmat bij een plant met druppelaar waarbij ammoniumstikstof wordt toegediend. De plant ernaast ontvangt geen ammonium.
2. Foto van een wortel met pH-schade op 2 plaatsen.
3. Foto's van steenwolvezels die aangetast zijn bij blootstelling aan water met lage pH.







## Bijlage II Ingestelde voeding via bemestingsunit en de regeling op ammonium

voeding kas 6.02	datum aanpassing instelling		in mmol/ liter							
standaard(A)	20-feb	5-mrt								
NH4	0.65	0.25								
K	9.98	10.16								
Ca	6.37	6.45								
SO4	1.87	1.87								
Mg	1.95	1.98								
NO3	21.82	21.82								
p	1.7	1.7								
Fe	15	15								
B	25	25								
Cu	0.75	0.75								
Mo	0.5	0.5								
Zn	5	5								
Mn	10	10								

voeding kas 6.02	datum aanpassing instelling		in mmol/ liter							
behandeling(F)	20-feb	12-mrt	3-apr	4-apr	5-apr	10-apr	19-apr	23-apr	29-apr	7-mei
NH4	0.65	1.5	0.8	0.5	0.25	0.5	0.7	0.6	0.5	0
K	9.98	9.6	11.29	11.42	11.53	11.42	11.34	11.38	11.42	11.64
Ca	6.37	6.19	5.65	5.71	5.76	5.71	5.67	5.69	5.71	5.82
SO4	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87
Mg	1.95	1.89	1.94	1.96	1.98	1.96	1.95	1.96	1.96	2
NO3	21.82	21.82	21.82	21.82	21.82	21.82	21.82	21.82	21.82	21.82
p	1.7	1.7	1.7		1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
Fe	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
B	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Cu	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Mo	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Zn	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Mn	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Vanaf 4-4-2013 is de pH voedingsoplossing van de behandeling van 5.5 op 6.0 ingesteld

Aanpassingen op ammoniumgift via regelunit in mmol /liter									
9-mei	14-mei	15-mei	17-mei	18-mei	22-mei	27-mei	1-jun	2-jun	3-jun
0.00	0.53	1.23	0.53	0.00	0.07	0.11	0.06	0.15	0.16
4-jun	5-jun	6-jun	22-jun	23-jun	25-jun	26-jun	27-jun	29-jun	30-jun
0.28	0.164	0.14	3.74	23	2.57	0.2	0.28	2.52	5.35

23 juni vat leeg, niet gerealiseerde gift.

Aanpassingen op calciumgift via regelunit in mmol /liter									
14-jun	15-jun	16-jun	17-jun	18-jun	19-jun	20-jun	21-jun	22-jun	23-jun
0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.4	2.0
24-jun	25-jun	26-jun	27-jun	28-jun	29-jun	30-jun	1-jul	2-jul	
2.0	0.8	0.3	0.4	0.4	1.0	1.7	1.4	0.6	



## Bijlage III Resultaten voedingsanalyses

datum	14-5-2013	14-5-2013	14-5-2013	27-5-2013	27-5-2013
monster	NH <sub>4</sub> -behandeling gift	Standaard mat	NH <sub>4</sub> -behand. mat	NH <sub>4</sub> -behand. gift	NH <sub>4</sub> - behand. drain
pH	6	6.2	6.4	4.7	5.7
EC	2.8	2.8	2.8	2.7	3.4
NH <sub>4</sub>	2.3	<0.1	<0.1	0.4	<0.1
K	10.5	7.1	8.5	9.8	12
Na	0.2	0.3	0.3	0.2	0.4
Ca	4.8	6.7	5.8	5.5	6.8
Mg	1.8	2.8	2.8	1.9	3.1
Si	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
NO <sub>3</sub>	20.9	19	18.6	19.7	24.1
Cl	0.3	0	0.2	0.2	0.3
SO <sub>4</sub>	1.7	2.6	2.8	1.9	2.9
HCO <sub>3</sub>	0.5	0.5	0.6	0.1	<0.1
P	1.55	0.64	0.52	1.72	1.61
Fe	15	18	17	14	17
Mn	9.3	6.8	3.3	9.1	6
Zn	4.1	2.5	3.1	3.8	3.8
B	17	22	21	17	23
Cu	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8
Mo	0.4	0.5	0.7	0.4	0.6



## Bijlage IV Resultaten gewasanalyse

datum	monster	d.s.	K		Ca		K/Ca		Na		Mg		P-tot		N-tot		S tot		Fe		Mn		Zn		B		Cu		Mo					
			[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]	[mmol/kg ds]		
24-4-2013	KK Behandeld	2.8	1792	163	11.0	< 10	156	370	3294	1.5	0.84	0.61	1.9	90.4	25.7																			
24-4-2013	KK Standaard	2.8	1684	212	7.9	< 10	153	369	3190	1.5	0.98	0.61	2	97.4	24.9																			
15-5-2013	KK Behandeld	4.0	1380	135	10.2	7.9	109	265	1810	1.1	0.64	0.43	1.83	72	22.9																			
15-5-2013	KK Standaard	4.0	1240	150	8.3	9.4	103	258	1670	1.1	0.66	0.44	1.87	76	24																			
26-6-2013	KK Behandeld	4.00	1060	121	8.8	6.7	98	226	1850	14	1	0.47	2.4	135	18.8																			
26-6-2013	KK Standaard	4.00	1190	142	8.4	10.2	113	252	2040	14	1	0.47	2.35	149	17.3																			
11-7-2013	KK Behandeld	95.00	1280	98	13.1	8.3	101	239	2080	113	0.9	0.51	1.85	69	17.7																			
11-7-2013	KK Standaard	95.00	1160	98	11.8	7.4	90	232	1810	98	0.6	0.473	1.74	55	18.8																			
24-4-2013	Blad Behandeld	9.8	1350	2353	0.6	10.4	394	343	3232	3.3	5.3	1.4	4.1	105	90.2																			
24-4-2013	Blad Standaard	10.0	1106	2703	0.4	< 10	345	348	2962	3	6.6	1.2	3.6	59.2	93.5																			
14-5-2013	Blad Behandeld	9.0	1940	1420	1.4	6.9	259	302	3210	4.8	5.5	1.06	3.7	110	75																			
14-5-2013	Blad Standaard	7.0	2100	1470	1.4	10	222	258	2810	3.8	5.3	0.83	4.2	99	82																			
26-6-2013	Blad Behandeld	8.0	1660	1550	1.1	5.6	234	229	2940	4.7	6.1	0.78	4.81	142	59																			
26-6-2013	Blad Standaard	9.0	1530	1550	1.0	7.04	210	213	2840	3.8	5.6	0.72	4.9	135	71																			
11-7-2013	Blad Behandeld	94.0	1640	1650	1.0	5.1	226	187	3190	324	3.4	5.4	4.62	113	65																			
11-7-2013	Blad Standaard	94.0	1510	1720	0.9	5.1	222	187	3370	324	3	5.1	4.5	120	71																			



## **Bijlage V Samenstelling Begeleidende Leergroep**

Jan Hogervorst	komkommerteler
Corné Reijms	gerberateler
Stephan Persoon	paprikateler
Dick Breugem	tomatenteler
Geerten van der Lugt	BLGG Expertus
Peter Klein	Horticoop
Nico Enthoven	Priva
Hanjo Lekkerkerk	GreenQ
Bram van der Maas	Wageningen UR Glastuinbouw
Aat van Winkel	Wageningen UR Glastuinbouw
Johan van der Eijk	Wageningen UR Glastuinbouw
Chris Blok	Wageningen UR Glastuinbouw











