



# Bladrandjes en Ca opname en Ca-verdeling bij tomaat

Effect van de voedingsoplossing op het optreden van bladrandjes en op de Ca opname en Ca-verdeling bij tomaat

Wim Voogt en Aat van Winkel

Rapport WPR-831

## Referaat

Bladrandjes ontstaan uit zwakke cellen wat hoogstwaarschijnlijk samenhangt met een tekort aan Ca. In dit onderzoek is gekeken of er samenhang is tussen de het optreden van bladrandjes en het verloop van de Ca opname en verdeling over het blad in de tijd. Daarbij is het effect op de Ca-opname bekeken van gedeeltelijke vervanging van NO<sub>3</sub> door Cl en van het toepassen van Fe-polyfosfaat. Het onderzoek bevestigde dat er een sterke samenhang is tussen het optreden van bladrandjes en de plantbelasting en een daaraan gepaard gaande lagere opname en transport van Ca naar volgroeide blaadjes. Vervanging van NO<sub>3</sub> door Cl en extra polyfosfaat had geen effect op bladrandjes, noch op de Ca-gehalten in de plant.

## Abstract

Leaf tipburn in tomato is caused by weak cells, which is likely caused by lack of Ca-transport to young cells. In this trial it was confirmed that the occurrence of this tipburn is coinciding with heavy fruit load and it appeared that Ca levels in the youngest leaf tissue are decreased also during this period. In this trial it was tried to increase the Ca uptake was tried to increase by partly replacement of NO<sub>3</sub> by Cl and by addition of polyphosphate, as was found in previous trials. However the results revealed that these treatments did not give any effect on tipburn nor on the Ca-level in the plant.

## Rapportgegevens

Rapport WPR-831

Projectnummer: 3742222800

DOI nummer: 10.18174/498338

Thema: Water en emissie

Dit project / onderzoek is mede tot stand gekomen door de bijdrage van Kas als Energiebron.

## Disclaimer

© 2019 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

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>7</b>
	1.1 Ca opname en transport	7
	1.2 Samenhang met kasklimaat en Het Nieuwe Telen	8
	1.2.1 Hoofdpijnen	8
	1.2.2 Details	9
	1.3 Aanpak	10
	1.4 Doel	10
<b>2</b>	<b>Materiaal en methoden</b>	<b>11</b>
	2.1 Kas en systeem	11
	2.2 Behandelingen	11
	2.3 Water en meststoffen	12
	2.4 Waarnemingen	12
	2.4.1 Analyses voeding	12
	2.4.2 Analyses gewas	12
	2.5 Bladrandjes en gewaswaarnemingen	13
<b>3</b>	<b>Resultaten</b>	<b>15</b>
	3.1 Gewasontwikkeling en bladrandjes	15
	3.2 Water en nutriënten	16
<b>4</b>	<b>Gewasanalyses</b>	<b>19</b>
	4.1 Plantsapanalyses	19
	4.1.1 NO <sub>3</sub> en Cl en Fe	19
	4.1.2 Ca en K	22
	4.2 Droge stof analyses	24
	4.2.1 Volgroeid blad; behandelingseffect	24
	4.2.2 Volgroeid blad 2 wekelijks; nutriënten in de tijd	26
<b>5</b>	<b>Vruchtkwaliteit</b>	<b>29</b>
<b>6</b>	<b>Discussie</b>	<b>31</b>
<b>7</b>	<b>Conclusie</b>	<b>33</b>
<b>8</b>	<b>Aanbevelingen</b>	<b>35</b>
	<b>Literatuur</b>	<b>37</b>

<b>Bijlage 1</b>	<b>Voedingschema's</b>	<b>39</b>
<b>Bijlage 2</b>	<b>Analyseresultaten</b>	<b>41</b>
<b>Bijlage 3</b>	<b>Plantsapanalyses macro elementen jong blad</b>	<b>43</b>
<b>Bijlage 4</b>	<b>Plantsap analyses volgroeid blad</b>	<b>45</b>
<b>Bijlage 5</b>	<b>Analyses plantsap oud blad</b>	<b>47</b>
<b>Bijlage 6</b>	<b>Plantsapanalyses micro elementen</b>	<b>49</b>
<b>Bijlage 7</b>	<b>Gewasanalyses droge stof</b>	<b>51</b>
<b>Bijlage 8</b>	<b>Gewasanalyses droge stof micro elementen</b>	<b>53</b>
<b>Bijlage 10</b>	<b>Plattegrond kasafdelingen</b>	<b>57</b>



# Samenvatting

Bladrandjes vormen een probleem bij tomaat, met name bij bepaalde rassen en vooral in de belichte teelt. Uit eerder onderzoek en uit de omstandigheden waarin het probleem ontstaat is het zeer aannemelijk dat het een vorm van Ca-gebrek is. De veronderstelling is dat er door omstandigheden (klimaat, seizoen, plantstadium) te weinig Ca naar strekkende cellen wordt getransporteerd, waardoor de dan gevormde celwanden zwak zijn. Voldoende en zekere Ca-aanvoer is dan cruciaal in de fase van celstrekking, omdat alleen dan de celwanden gevormd worden. Eventueel later aangevoerde Ca zal geen effect meer hebben, omdat dit niet meer kan worden ingebouwd. Celwanden met te weinig Ca zijn niet voldoende bestand tegen (verdampings-)stress, waardoor deze onder stress omstandigheden gemakkelijk zullen afsterven. Dit zal zich uiten in een necrotische rand langs het blad. Het onderzoek was erop gericht om enerzijds een beter beeld te krijgen van de Ca-opname en de verdeling over de plant, daarnaast zijn er voedingsbehandelingen vergeleken waarmee de Ca-opname zou kunnen worden verhoogd, namelijk een lagere  $\text{NO}_3/\text{Cl}$  verhouding in de gift en dosering van Fe-polyfosfaat. Beide factoren bleken in eerdere proeven een hogere Ca opname te geven. Het onderzoek werd uitgevoerd bij twee rassen: 'Komeett' en 'Brioso'.

Uit de resultaten blijkt dat 'Komeett' erg gevoelig is voor bladranden en 'Brioso' totaal niet. De bladrandjes traden op in de blad-laag bij de 11e tros, kort na bloei van deze tros en duurde tot ongeveer de 22e tros. Dit viel min of meer samen met de periode van zware plantbelasting, die viel namelijk van de bloei van de 10e tros tot de 19e tros. Dat er in die periode een knelpunt is voor Ca opname bleek uit resultaten in voorgaand onderzoek; tijdens perioden met zware plantbelasting is er een stagnerende wortelontwikkeling, met dan ook minder de voor Ca opname noodzakelijke wortelpunten. Tijdens de proef is het gewas intensief bemonsterd, De Ca gehalten in het jonge blad daalden aanzienlijk vanaf de eerste tros, en het Ca gehalte was in de periode van de bloei van tros 7 – 17 op het laagste niveau. Dat valt vrijwel samen met het optreden van bladrandjes. Ook kwam dit tot uiting in een stijging van de K/Ca verhouding in de jonge blaadjes, die in die periode juist de hoogste waarden lieten zien. Een mogelijke verklaring voor het optreden van bladrandjes is dat er een zeker samenhang is tussen een toename van plantbelasting en een daaraan gepaard gaande verminderde wortelontwikkeling. Doordat het aantal wortelpunten afneemt, daalt de Ca opname ontstaan er tekorten in de noodzakelijke aanvoer van Ca naar de groeiende cellen waardoor vervolgens zwakke celwanden worden gevormd die op hun beurt gevoelig zijn voor (verdampings-) stress. Een sterke aanwijzing dat het bovengenoemde speelt is dat de Ca gehalten in de jonge blaadjes stijgen, ná de periode met zware belasting en ook naarmate het groeiseizoen vordert, terwijl de gehalten van de meeste andere nutriënten dan juist afnemen. In tegenstelling tot eerdere experimenten was er geen effect van de  $\text{NO}_3/\text{Cl}$  verhouding op de Ca gehalten in de plant. Ook de behandeling met Fe-polyfosfaat gaf geen effect op bladrandjes of op het Ca gehalte in de bladeren. Dit was teleurstellend aangezien uit eerder onderzoek sterke aanwijzingen waren gekomen dat deze Fe-meststof de Ca opname leek te verhogen. De  $\text{NO}_3/\text{Cl}$  verhouding bleek voor stikstof nauwelijks effect te hebben op de N-gehalten in de plant, zowel in het plantsap ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) als in de N-totaal gehalten in de droge stof. Dit in tegenstelling tot chloride, waar de effecten van de verschillende Cl concentratie juist aanzienlijk waren. De  $\text{NO}_3$  concentratie bij de lage  $\text{NO}_3/\text{Cl}$  verhouding 27% lager in de toediening dan de controle, echter de drainconcentratie was maar liefst gemiddeld 62% lager. De opname nam echter niet meer dan 8% toe. Dit illustreert het vermogen van de plant om N gemakkelijk uit te kunnen putten en geeft aan dat de N-opname nauwelijks afhankelijk is van de aangeboden concentratie. Dit in contrast met de Cl dosering, die met 52% steeg ten opzichte van de controle, wat resulteerde in een vergelijkbare stijging in de drain (60%) en een toename van 30% in de opname.

In dit onderzoek zijn klimaatfactoren geen onderdeel van de experimenten geweest. Het is echter wel zeker dat klimaatfactoren een overheersende rol kunnen spelen. Bij HNT kan hier op worden ingespeeld, door extremen in het klimaat te voorkomen zouden de genoemde problemen met Ca opname en transport minder hoeven op te treden.



# 1 Inleiding

Bladrandjes bij tomaat zijn in de praktijk een bekend fenomeen. De laatste jaren lijkt dit probleem toe te nemen (GFactueel.nl 2015). Het doet zich vooral voor bij belichte teelten en ook lijkt het dat bepaalde rassen gevoeliger zijn. Een aantal jaren geleden (jaren '80) kwam dit verschijnsel ook frequent voor en trad vooral op bij teeltstrategieën waar sterk op energie werd bespaard (Bakker; 1985, 1988). Er is discussie ontstaan of dit hernieuwde voorkomen van dit verschijnsel zou kunnen samenhangen met het toepassen van teeltstrategieën en principes uit 'Het Nieuwe Telen' (HNT). Zo ja dan is de vraag of dit inherent is hieraan, of dat in de praktijk HNT wellicht niet goed wordt toegepast (Geelen *et al.* 2015).

Het is vrijwel zeker dat bladrandjes een symptoom is van Ca tekort. Onderzoek uit het verleden heeft dit aangetoond (Winsor and Adams, 1987; Bakker, 1985). Bovendien vertonen de symptomen alle kenmerken die bij Ca tekorten in volgroeide bladweefsels horen en er zijn parallellen van vergelijkbare verschijnselen bij veel gewassen (bolblad en broeikoppen bij komkommer, rand bij sla, bladranden bij aardbei) (zie verder 1.1). Een inventarisatie onder telers, teeltvoorlichters en onderzoekers in 2010/2011 gaf aan dat de problemen vaak ontstaan in samenhang met een relatief donkere periode met een hoge luchtvochtigheid. De verklaring is dan dat er onder die omstandigheden zwakke cellen worden gevormd door de beperkte beschikbaarheid aan assimilaten. Dit gaat gepaard met aan een te geringe Ca aanvoer door de eveneens beperkte verdamping. Onder condities van enige stress knappen deze zwakke cellen en sterven af. Omdat de randen van het blad het eerst en het sterkst worden blootgesteld aan de stress situatie, en bovendien de beperking aan Ca aanvoer naar de punten en randen het sterkst is, zal de cel-afsterving zich het eerst en meest manifesteren aan de randen en ontstaat zo het fenomeen 'bladrandjes' of 'bolblad' (IJdo *et al.* 2011).

Het onderzoek van IJdo *et al.* (2010) laat verder zien dat ook de verdeling en de depositie van opgenomen Ca subtiële evenwichten zijn tussen de opname en de verdeling van water met de opgeloste nutriënten enerzijds en anderzijds het transport en depositie van water en stoffen in de plant. Met name de aanvoer naar volgroeide cellen, benodigd voor de celstrekking, is een cruciale schakel. Als deze factoren van 'aanvoer' in evenwicht zijn met de 'vraag' zorgen ze voor harmonische en ongestoorde groei en ontwikkeling van plantorganen, met stevige cellen, c.q. celwanden. Deze subtiële evenwichten kunnen echter gemakkelijk worden verstoord door factoren in de omgeving van de plant, zoals het kasklimaat, maar ook de plantbalans<sup>1</sup> is hierbij in het spel. Hoewel het probleem als verschijnsel bekend is, de omstandigheden waarin het zich voordoet eveneens, ontbreekt het nog aan inzicht wat de dieper liggende achtergronden zijn. Het is wel zeker dat het met Ca-opname en transport samenhangt, maar het gehele mechanisme moet nog verder ontrafeld worden. Dit is noodzakelijk om effectieve maatregelen te bedenken en te toetsen om het probleem te voorkomen. Een eerste stap is het volgen hoe de Ca opname en verdeling over de plant in de tijd verloopt. Uit eerder onderzoek zijn effecten naar voren gekomen die de Ca opname wellicht kunnen verbeteren. Beide twee sporen zijn in het onderzoeksproject gevolgd, in dit rapport wordt daarvan verslag gedaan.

Voor de opzet en resultaten worden besproken wordt eerst ingegaan op de opname en de verdeling van Ca. Vervolgens wordt het experimentele gedeelte behandeld en tenslotte wordt het geheel gereflecteerd op de factoren van het kasklimaat en de omstandigheden bij HNT.

## 1.1 Ca opname en transport

Voor een goed beeld van de context van het fenomeen bladrandjes is het nodig om wat dieper te duiken in de plantenfysiologie van met name de Ca opname en transport in de plant. Er zijn twee vormen van transport van water in de plant: via de houtvaten (xyleemtransport) en via de zeefvaten

---

<sup>1</sup> Deze term is niet eenduidig, in dit verband wordt hiermee specifiek de verhouding tussen vegetatieve en generatieve ontwikkeling bedoeld en daarmee samenhangend de source-sink relatie.

(floeemtransport). Daarbij zijn er twee drijvende krachten verantwoordelijk voor dit transport: 1) de waterpotentiaal (kort gezegd de zuiging die ontstaat door het verlies aan water in de bladeren); ook wel de verdampingsstroom genoemd en 2) de osmotische potentiaal (ontstaat door een hogere concentratie aan opgeloste stoffen in de plant dan de omringende voedingsoplossing) ook wel **worteldruk** genoemd. (Uiteraard hebben op beide systemen ook de zwaartekracht en de capillaire kracht invloed). Het interne watertransport bepaalt voor een deel de verdeling van nutriënten over de plant. Sommige nutriënten worden namelijk uitsluitend via het houtvatenstelsel getransporteerd (Ca, B). De concentratie van deze nutriënten in het floëem is praktisch nul, omdat er allerhande barrières zijn die verhinderen dat Ca in het floëem wordt geladen. Ca bevindt zich voornamelijk apoplastisch (buiten het celplasma). Een fenomeen dat hiermee samenhangt is dat Ca vrijwel uitsluitend passief wordt opgenomen. Dit vindt plaats aan de wortelpunten, om precies te zijn in de nog niet gedifferentieerde wortelzone. Hier ontbreekt de barrière in de vorm van de endodermis (met het zogenaamde bandje van caspari) die de actieve wortel over de gehele verdere lengte beschermt tegen ongewenste opname van stoffen. Aan die wortelpunt kunnen ionen ongehinderd de plant binnenkomen. Een direct gevolg van dit passieve opnameproces is dat verminderde verdamping direct leidt tot een lagere Ca aanvoer en tot een andere verdeling over plantorganen.

De functie van Ca is evident, het is onmisbaar als bouwsteen van celwanden, waar het zogenaamde Ca-bruggen vormt tussen de cellulose en hemicellulose ketens. Daarmee zorgt Ca direct voor flexibiliteit en stevigheid van de celwand. Voor celgroei (strekking) is daarom voortdurend Ca aanvoer nodig, om deze celwanden met de strekking mee te laten groeien (zie Cosgrove (2001; 2005, in IJdo *et al.* (2011)); Lange tijd is gedacht dat voor plantorganen in een zeer volgroeid stadium, (zoals groeipunten, volgroeide bladeren en vruchten) alleen via worteldruk op de plaats van bestemming kan komen. Recente publicaties laten zien dat er ook nog andere mechanismen bestaan (Seligmann, 2014). Hoe het werkelijk in elkaar zit is nog steeds niet bekend. Zodra er sprake is van enige omvang (vooral van oppervlak) van het weefsel is ook aanvoer via verdamping, dat begin zodra blad gaat uitvouwen, noodzakelijk omdat de worteldruk alleen onvoldoende is om de noodzakelijke hoeveelheid aan te voeren (Atkinson, 1992). Indien er in deze initiële fase van uitgroei onvoldoende Ca wordt aangevoerd, zullen celwanden zwak zijn en is het weefsel onvoldoende bestand tegen stress situaties (IJdo *et al.* 2011).

Bij nader inzoomen op Ca en watertransport blijkt dat directe koppeling hiervan met de houtvaten een iets te simpele voorstelling van zaken is. Er blijken een aantal complicerende factoren te zijn die Ca transport mede beïnvloeden. Dit heeft te maken met de adsorptie aan binnenzijde van het xyleem en neerslag van zouten in het transportsysteem (Seligman, 2014). Beiden dragen ook bij aan een beperking van Ca aanvoer naar volgroeid weefsel. Daar tegenover staat diffusie, een fysisch proces dat onafhankelijk van het watertransport ook bijdraagt aan Ca transport, maar dit is vooral over korte afstanden.

Een bijzonder fenomeen betreft de waargenomen hoge concentratie van Ca in de vacuole van cellen. Als het ware functioneert dit als een sterke sink bij zich strekkende cellen en zorgt zo voor extra vraag aan Ca in deze fase (Gillham *et al.* 2011; De Freitas *et al.* 2011)

## 1.2 Samenhang met kasklimaat en Het Nieuwe Telen

### 1.2.1 Hoofdpijnen

Aangezien Ca transport en watertransport nauw met elkaar samenhangen is er een sterke correlatie tussen gewasverdamping en de opname, transport en verdeling van Ca over de organen van de plant. Alle factoren in het kasklimaat die effect hebben op de verdamping hebben daarmee dus ook invloed op Ca in de plant. Het voert voor dit rapport te ver om alle ins en outs van verdamping te bespreken, we beperken ons hier op de hoofdpijnen. Verdamping komt tot stand als gevolg van energie-uitwisseling, waarbij de ontvangen energie op het gewas (blad) wordt omgezet in waterdamp (latente warmte). De hoofdfactor is de stralingsenergie afkomstig van de zon, maar ook van andere stralingsbronnen, zoals assimilatieverlichting en de straling van verwarmingsbuizen. In feite stralen alle voorwerpen energie uit naar oppervlakken die een lagere temperatuur hebben. Door de ontvangen straling zal een blad gaan verdampen. Daarnaast speelt ook de zogenaamde convectieve warmte een (beperkte) rol. Dit hangt samen met de warmte-overdracht vanuit de inhoud van de omringende lucht.



De plant kan de verdamping enigszins reguleren door het al dan niet openen van huidmondjes of via andere fysieke belemmeringen (waslaag, beharing etc.). Naast straling spelen andere factoren ook een rol: de vochtinhoud van de lucht (RV of VPD), luchtbeweging. Hoe hoger de ontvangen stralingsenergie, hoe hoger de verdamping. Tevens zal de verdamping toenemen met lagere vochtinhoud en met hogere luchtbeweging. Andersom neemt de verdamping af met afnemende instraling, stilstaande lucht en met een hogere vochtinhoud. Hoe hoger de verdamping, hoe meer Ca wordt opgenomen, tegelijkertijd zal er ook meer naar de sterkst verdampende delen worden aangevoerd. Het blijkt dan ook dat naarmate een blad langer en meer verdampt het Ca gehalte hoger wordt. Bij lagere verdamping geldt uiteraard het tegenovergestelde.

Logischerwijs zullen dus de volgende kasklimaatfactoren zorgen voor meer Ca in de plant c.q. in plantedelen: meer instraling, assimilatiebelichting, hogere buistemperaturen, lagere vochtinhoud kaslucht, meer ventilatie, gebruik van ventilatoren. Andersom zijn er factoren die de hoeveelheid Ca in de plant c.q. plantedelen beperken: lage instraling, lage buistemperaturen, hoge vochtinhoud kaslucht, weinig ventilatie, stilstaande lucht. Recente inzichten en ontwikkelingen uit HNT hebben nog een andere factor onder de aandacht gebracht: uitstraling. Net zo goed als elk voorwerp, zal ook een plant uitstralen naar oppervlakten met een lagere temperatuur. Bij afnemend licht aan het einde van de dag is dat in toenemende mate de temperatuur van het kasdek of de hemeltemperatuur. De balans tussen inkomende en uitgaande straling slaat door naar netto uitstraling (en 's nachts uiteraard volledig). Hierdoor zal de kop van de plant en ook de bovenste bladeren sterk afkoelen. Het spreekt dan voor zich dat de verdamping van die plantedelen die daaraan blootstaan sterk afneemt of volledig stilvalt, of dat er 'negatieve verdamping' optreedt (condensatie). 's Morgens kan er ook condensatie optreden, maar is dan het gevolg van het trager opwarmen van de plant c.q. plantorganen (vruchten) dan de omringende lucht, waardoor deze de koudste delen vormen.

Onderzoek in het verleden heeft duidelijk laten zien dat een te lage verdamping op kritische momenten tot problemen met Ca kan leiden (Shear, 1975; Windsor and Adams, 1987). Uit de praktijk komen regelmatig meldingen van problemen bij dergelijke situaties. Er zijn van diverse gewassen symptomen bekend met necrotische achtige bladranden in volgroeid blad, die verdacht veel doen denken aan 'Ca-gerelateerde' gebreksverschijnselen. Voorbeelden van dit soort symptomen in praktijksituaties zijn: 'bolblad' en 'broeikoppen' bij komkommer, 'bladpunten' bij tomaat, 'vochtblaadjes' bij alstroemeria of 'brandkoppen' bij lysianthus, 'bladranden' bij aardbei. Praktisch gezien zijn er twee zeer ongewenste effecten van dit fenomeen. De necrotische weefsels blijken gemakkelijke invalspoorten voor botrytis (tomaat) of mycosphaerella (komkommer). In de sierteelt is necrose aan bladranden uiteraard ongewenst vanwege de verminderde kwaliteit.

### 1.2.2 Details

Zoals onder 1.1 beschreven is, komt het voor een optimale Ca voorziening van cellen aan op de details. Bij uitgroei van weefsels is continu Ca aanvoer nodig. Daarvoor zijn de genoemde vormen van transport verantwoordelijk. De verdamping van volgroeid weefsel, zeker van groeipunten ingesloten in de kop, is gering tot afwezig en deze krijgen dus maar beperkt Ca aangevoerd. Bij geringe verdamping zal er dan (te) weinig Ca worden aangevoerd. De volgroeide cellen zijn in aanleg zwak. De vraag is of processen als worteldruk of diffusie voldoende kunnen bijdrage c.q. het tekort aan Ca kunnen compenseren. Indien dit langere tijd duurt (dagen) kan dit tekort dusdanig structureel worden dat de cellen niet alleen in aanleg maar ook daadwerkelijk zwak zijn. Dit komt vooral omdat in de strekkingsfase de structuur van de celwand onderontwikkeld blijft<sup>2</sup>. Indien zich zwakke cellen vormen zal dat op zich nog niet direct tot necrose aanleiding geven. Het probleem gaat pas ontstaan als deze cellen blootgesteld worden aan een hoge verdampingspotentiaal. De cellen van het gevormde weefsel (of eigenlijk de celwanden) kunnen deze verdampingsdruk niet weerstaan en zullen het vocht verliezen, met als gevolg dat de cellen (het weefsel) afsterven. Omdat de topblaadjes en daarvan de randen het eerst en meest blootgesteld worden aan de verdampingsdruk zullen die het sterkst de effecten laten zien. Bovendien blijkt uit onderzoek dat de delen die het verst van de hoofdnervatuur liggen ook het minste Ca aangevoerd krijgen (Kerton *et al.* 2009).

<sup>2</sup> Celwanden bestaan uit een netwerk van cellulose, hemicellulose en pectine ketens. De functie van Ca hierbij is dat het bruggen vormt tussen de cellulose en hemicellulose. De verbinding tussen beide weefsels is cruciaal voor de combinatie van sterkte en flexibiliteit. Dit is te vergelijken met een constructie met bewapening, waarbij in dit geval de celluloseketens zorgen voor sterkte en de hemicellulose voor de elasticiteit.

Praktisch betekent dit dat de Ca aanvoer te beperkt kan zijn bij omstandigheden met een hoge RV (lage vpd), geringe straling, weinig luchtbeweging, maar dus ook bij sterke uitstraling (afkoeling) of een combinatie van deze factoren. In aanleg zijn er dan zwakke cellen. De omstandigheden daarna, bij het ontvouwen van deze bladeren, bepalen in feite of een dergelijk weefsel schade gaat ondervinden. Een (plotselinge) hoge verdampingsdruk door hoge instraling, lage RV (hoge vpd), sterke luchtbeweging en/of een combinatie van deze factoren zijn dan de oorzaak van het ontstaan van de Ca gebreksverschijnselen. Dit lijkt erg tegenstrijdig omdat zowel (te)veel als (te)weinig verdamping een rol zou kunnen spelen. Dit is echter een schijnbare tegenstrijdigheid, immers (te) weinig verdamping zorgt in eerste instantie voor te weinig Ca-aanvoer naar groeiende delen en dus zwakke cellen; (te) veel verdamping zorgt voor de stress waardoor een zwakke cel makkelijk kapot gaat en het Ca-gebrek als symptoom zichtbaar is. Je zou ook kunnen zeggen: te weinig verdamping speelt een rol bij de vorming van zwakke cellen en is de primaire oorzaak van bladrandjes, terwijl plotseling optredende sterke verdamping de trigger is waardoor bladrandjes daadwerkelijk zichtbaar worden. Bij dit alles moet wel bedacht worden dat naast het transport via verdamping, ook Ca transport via worteldruk plaatsvindt, wat immers ook houtvatentransport is. Feit is dat alle processen die de verdamping beperken, het zich kunnen manifesteren van worteldruk vergroten. Of worteldruk zich manifesteert is weer afhankelijk van het osmotische verschil tussen de plant en de wortelomgeving (voornamelijk EC-waarde) en de actuele verdamping. Zodra de verdampingsvraag groter is dan de waterflow via worteldruk, zal de worteldruk in feite wegvallen. Een open vraag is nu of bij een te lage verdamping de afname in Ca aanvoer groter is dan gecompenseerd kan worden via worteldruk, maar ook of aanvoer van Ca via worteldruk effectief hetzelfde is als van verdamping. Hiermee wordt bedoeld of het lokaal transport de Ca op dezelfde plaatsen kan brengen. Hier doorheen speelt ook nog de factor temperatuur. Bij sterke afkoeling van de kop zullen naast het stilvallen van de verdamping (dus geen Ca aanvoer) ook de andere transportprocessen, zoals die van suikers worden beïnvloed. Ook dit zal gevolgen hebben voor de bouw en uitgroei van volgroeid weefsel (celwanden). Het zal lastig zijn om deze effecten van elkaar te kunnen scheiden, hiervoor is gericht onderzoek naar transport op weefselniveau nodig.

## 1.3 Aanpak

In het licht van het voorgaande is het kasklimaat (bijvoorbeeld door correcte toepassing van HNT) de meest voor de hand liggende factoren om de problemen met bladrandjes te voorkomen. Een tweede oplossingsrichting is om via het wortelmilieu de Ca opname te verbeteren. Verhoging van Ca aanbod is dan een eerste stap, echter dit is maar beperkt mogelijk vanwege de randvoorwaarden voor EC en de gewenste concentraties van overige elementen (kationen). De oplossing moet daarom vooral gezocht worden in verbetering van opname en transport van Ca. In eerder onderzoek is gebleken dat Cl ionen een positief effect hebben (Nukaya *et al.* 1991; Sonneveld and Voogt, 2004). De verhoging van de Ca gehalten in plantorganen was significant, echter bij deze experimenten was het fenomeen bladrandjes niet in beeld. Deze traden niet op en het eventuele effect van de behandelingen hierop is daardoor onbekend. In recent onderzoek waren aanwijzingen gevonden dat bij toepassing van Fe-polyfosfaat ook de Ca opname / transport werd verhoogd; bij komkommer kwam significant (zwart /wit) minder bolblad voor bij gebruik van deze ijzermeststof. (Arkestein en Voogt, 2013; Voogt and IJdo, 2013). Een oriënterende proef met tomaat gaf aan dat ook bladrandjes bij tomaat kunnen worden verminderd (Voogt, 2015, niet gepubliceerd). In deze proeven is wel gekeken naar Ca gebrek maar er is geen gerichte gewasanalyse gedaan.

Het onderwerp leent zich voor een fundamentele aanpak, aangezien veel onderliggende processen onbekend zijn. Echter, de problematiek is tamelijk urgent en er zijn praktisch toepasbare aanknopingspunten nodig om de problemen te kunnen verminderen.

Dit onderzoek richt zich daarom op een pragmatische aanpak van het probleem via aanpassing van de voedingsoplossing.

## 1.4 Doel

De doelstelling in dit project is om de problemen met bladrandjes, te verkleinen, door het aanpassen van de voeding. Tegelijkertijd meer kennis te verzamelen over de dynamiek van de Ca opname en de verdeling van Ca over plantendelen gedurende het groeiseizoen.

## 2 Materiaal en methoden

### 2.1 Kas en systeem

Dit onderzoek werd gedaan in drie naast elkaar gelegen kasafdelingen en liep parallel aan het onderzoek naar bladsnoei bij tomaat.. Voor dit project werden de randrijen (enkele goot, enkele plantrij) benut en één goot (dubbele plantrij) in het proefgedeelte. De randrijen werden beplant met 'Komeett', een ras gevoelig voor bladrandjes. In de proefrij was dit 'Brioso', een ongevoelig ras. De proef bestond uit drie voedingsbehandelingen. Daarnaast waren er de twee rassen en de drie kascompartimenten met bladsnoei als proeffactoren.

Alle voedingsbehandelingen werden in alle kasafdelingen in tweevoud opgenomen. De plantrijen van 12 m lengte werden opgedeeld in twee proefvakken, met elk een andere voeding. In totaal waren er 3 afdelingen \* 2 randrijen \* 2 vakken = 12 proefvakken Komeett. Voor Brioso was dit 3 \* 1 \* 2 = 6 proefvakken. Zie het schema in Bijlage 10.



**Afbeelding 2.1** Overzicht van de kas met links 'Brioso' en rechts 'Komeett' in randrij.

### 2.2 Behandelingen

Er werden drie voedingsoplossingen vergeleken in de proef. De referentie was de standaardvoedingsoplossing voor tomaat. Daarnaast een behandeling waarbij de  $\text{NO}_3$  sterk werd verlaagd en tegelijkertijd Cl evenredig verhoogd. Tenslotte een behandeling met MicroNutrient Fe (MFe), met Fe in polyfosfaat vorm.

Tabel 2.1

*Behandelingschema toegepast in de proef.*

Ras	Behandeling	Aanduiding	Naam	NO <sub>3</sub> mmol/l	Cl mmol/l	Fe µmol l-1
Komeett	1	A	Laag NO <sub>3</sub>	10	6	25 DTPA
Komeett	2	B	Referentie	13.75	2.25	25 DTPA
Komeett	3	C	MFe	13.75	2.25	25 MicroNutriFe
Brioso	4	A	Laag NO <sub>3</sub>	10	6	25 DTPA
Brioso	5	B	Referentie	13.75	2.25	25 DTPA
Brioso	6	C	MFe	13.75	2.25	25 MicroNutriFe

Genoemde concentraties werden gerealiseerd in het druppelwater, drainwater werd in deze proef niet hergebruikt.

## 2.3 Water en meststoffen

Uitgangswater was een mengsel van regenwater en ontzout water (omgekeerde osmose), de mengverhouding was afhankelijk van de beschikbaarheid van regenwater. Voedingsoplossing werd geprepareerd via de mestunit, elke behandeling had een voorraadbak van 1500 l, die naar behoefte (verbruik) automatisch werd bijgevuld, met de gebruikelijke vloeibare meststoffen. Met uitzondering van Fe en P in behandeling 3, dit werd afzonderlijk klaargemaakt en toegevoegd volgens het schema op Bijlage 1. De EC en pH van de gift (de bakken) werden tijdens de teelt afgestemd op de gemeten waarden in de mat of in de drain. Het drainwater werd geloosd op het riool.

De watergift werd automatisch gestuurd op basis van de instraling (druppelbeurt van 150 cc per 75 J/cm<sup>2</sup>), waarbij er een terugkoppeling was op de gemeten drain, (streven was 25% drain).

## 2.4 Waarnemingen

### 2.4.1 Analyses voeding

Wekelijks werden monsters van drain genomen van de drie behandelingen en elke 2 weken ook van het druppelwater. In enkele gevallen zijn ook ter controle monsters genomen van beide rassen apart en van alle drie de afdelingen apart. Alle monsters werden geanalyseerd op hoofd- en spoorelementen.

### 2.4.2 Analyses gewas

Monsters van blad zijn van diverse stadia genomen, een deel werd onderzocht via de droge stof methode en een deel via de plantsap methode.

#### **Monsters voor Plantsapanalyse:**

*Volgroeid blad:* Elke twee weken werden monsters genomen van jong, volgroeid blad. Dit was blad bij 3<sup>e</sup> tros, gerekend vanaf de bovenste zichtbare tros

*Oud blad:* Dit was het derde blad van onderen af gerekend. Hierbij werd dan telkens het puntblad van een samengesteld blad bemonsterd.

*Jong blad:* Na enkele weken is ook gestart met bemonsteren van jong blad, . Dit was het blad bij de bovenste tros, de tros die net in bloei kwam. Hiervan werd telkens het gehele blad bemonsterd.

Minimaal werd er 15 gram materiaal bemonsterd, waarbij er ook minimaal 10 planten werden bemonsterd per object.

### **Monsters voor Droge stof analyse:.**

Hier werden de volgende monsters genomen:

#### **1 Ca in de tijd**

Monsters werden genomen van specifieke bladeren bij een specifieke tros, die vervolgens gedurende een aantal weken telkens opnieuw werden bemonsterd (parallele planten). De eerste bemonstering vond plaats aan een tros met 1e tot 3e bloem open. Monsters bestonden uit het eerste voorblad (het eerste deelblaadje aan een samengesteld blad, gerekend vanaf de stam) en het puntblad (het puntblad aan een samengesteld blad) bij een tros. Vervolgens werd elke 2 weken opnieuw bij dezelfde troshoogte aan parallele planten, dezelfde soort monsters genomen. Zodoende werd op elke monsterdatum bladlagen bij (meestal) vier trossen bemonsterd. Omdat bladeren bij een specifieke tros gemiddeld zo'n 8 weken aan de plant aanwezig zijn, werd elke bladlaag daardoor ca 4 weken lang gevolgd. Voor elke monster werd het trosnummer bepaald, hierbij geldt de telling vanaf de eerste tros aan de plant.

Vanaf half januari is het aantal monsters gehalveerd door alleen nog puntbladeren te bemonsteren.

De monsters werden alleen genomen van de standaardbehandelingen en bij alle drie de kasafdelingen en alleen bij 'Komeett'

#### **2 Behandelingseffect**

*Volgroeid blad:* Maandelijks werden monsters genomen van het voorblad (het eerste deelblaadje aan een samengesteld blad, gerekend vanaf de stam) en het puntblad (het puntblad aan een samengesteld blad), bij de derde, bloeiende tros gerekend vanaf de kop van de plant. Vanaf half januari is het aantal monsters beperkt tot alleen de puntbladeren.

Aankankelijk werden beide rassen bemonsterd, later is dit beperkt tot alleen 'Komeett'.

*Oud blad:* Dit was het derde blad van onderen af gerekend. Hierbij werd dan telkens het puntblad van een samengesteld blad bemonsterd.

Alle drie de behandeling en alle drie de afdelingen werden afzonderlijk bemonsterd, echter de monsters werden per behandeling over de drie afdelingen gepoold.

#### **3 Validatie**

Om de vergelijking tussen plantsap methode en droge stof methode te valideren zijn een paar keer extra monsters genomen van volgroeid blad bij de bloeiende tros

De monsters voor plantsap werden verzameld en als vers materiaal in plastic zakken met labels binnen enkele uren aangeleverd aan de koeriersdienst van het laboratorium.

perssap monsters werden met het bestaande routine pakket aan analyses onderzocht.

De monsters bestemd voor droge stof analyse, voor Ca in de tijd werden in plastic zakken ingevroren en na overleg met het laboratorium batchgewijs als ingevroren monsters aangeleverd.

De overige monsters voor droge stof analyses werden als gedroogde monsters aangeleverd aan het laboratorium. Monsters werden met het bestaande routine pakket aan analyses onderzocht.

## **2.5 Bladrandjes en gewaswaarnemingen**

Wekelijks werd de ontwikkeling van het gewas geregistreerd in de vorm van de trosontwikkeling en het aantal gevormde bladeren. Ook werd gecontroleerd of er ontwikkelingen waren van symptomen aan het gewas, met name bladrandjes. Zodra bladrandjes werden waargenomen werden deze visueel beoordeeld. De beoordeling werd elke 2 weken uitgevoerd, hierbij werden vijf gemerkte planten in elk proefvak beoordeeld, en de mate van bladrandjes in een rapportcijfers van 0 (geen) - 10 (zeer ernstig) vastgelegd.





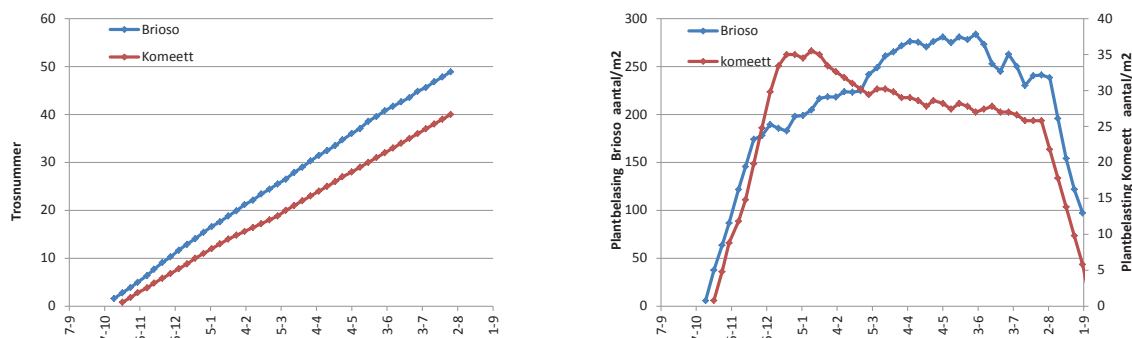
**Afbeelding 2.2** Verschillende stadia c.q. mate van aantasting van bladrandjes; waarderingscijfers van links naar rechts: 1- 2 – 4 – 6.



## 3 Resultaten

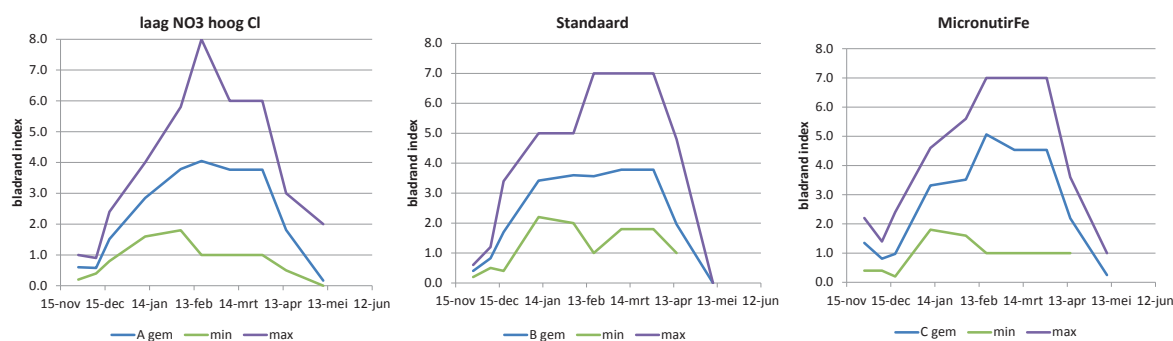
### 3.1 Gewasontwikkeling en bladrandjes

Trosontwikkeling bij 'Brioso' verliep eerder en ook sneller dan bij 'Komeett' (Figuur 3.1). Voor de plantbelasting had dit niet veel verschil tot gevolg, deze was bij komeett nagenoeg even snel en liep vooral in het begin snel op. Dit is mede het gevolg van de bewuste keuze om de plant snel te belasten om de kans op bladrandjes sterk te vergroten.



**Figuur 3.1** Trosontwikkeling (gemiddeld nummer van bloeiende tros per week)(links) en de plantbelasting (aantal vruchten/m²/week)(rechts) tijdens de teelt.

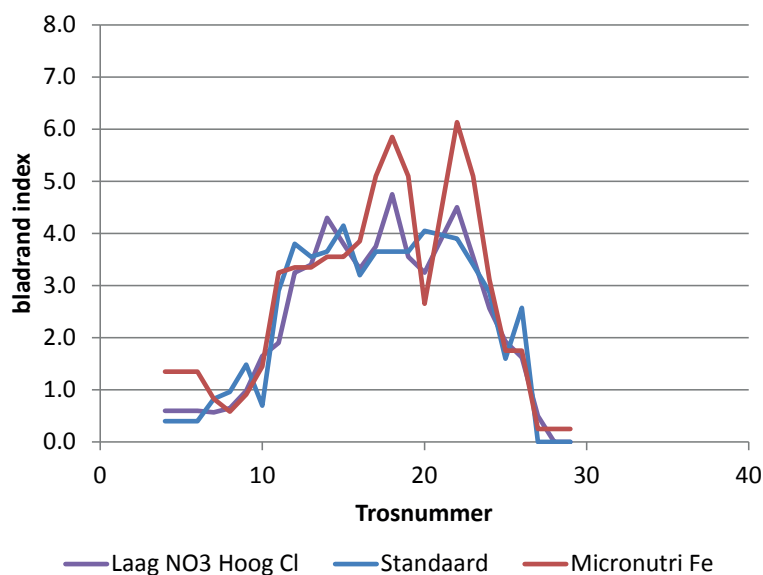
De eerste verschijnselen van bladrandjes werden op 27 november waargenomen. Op dat moment was de 5<sup>e</sup> tros net in bloei. De symptomen waren aanwezig bij de puntbladeren vanaf de 4<sup>e</sup> tros en hoger.



**Figuur 3.2** Ontwikkeling van de visuele beoordeling van de symptomen van bladrandjes, als waarderingsscijfer (schaal 0 – 10 van geen tot ernstig, zie afbeelding 3.1) met het gemiddelde, de minimum en de maximum waarde per object.

Vanaf de eerste symptomen ging de ontwikkeling snel door en in de periode half december – half januari bereikte de "aantasting" een hoogtepunt. Daarna werden de symptomen minder heftig om uiteindelijk zich vanaf half april niet meer voor te doen. Bekeken vanuit de trosontwikkeling is duidelijk dat dit vanaf de 10 tot 25<sup>e</sup> tros op zijn hoogtepunt was (Figuur 3.3).

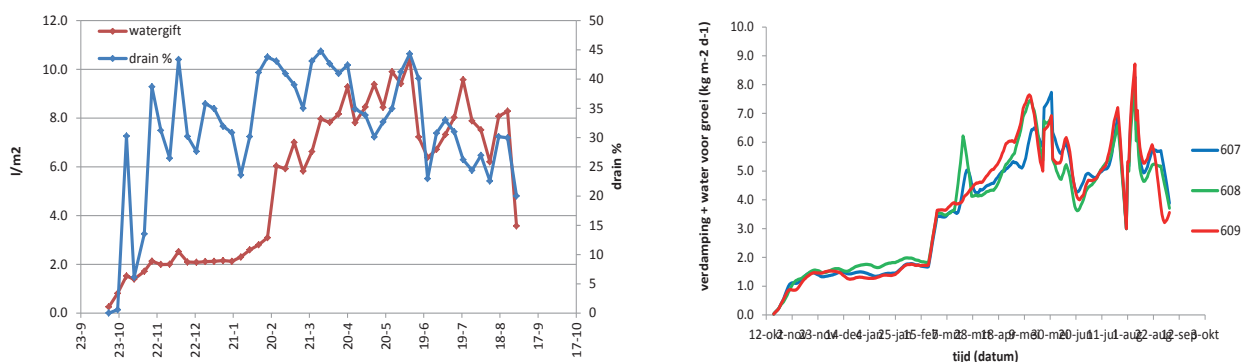
Er is geen verschil aangetroffen in aantasting tussen de behandelingen. Niet wat betreft de gemiddelde score maar ook niet een verschil in maximum of minimum waarde.



*Figuur 3.3 Gemiddelde visuele beoordeling van de symptomen van bladrandjes, als waarderingscijfer (schaal 0 – 10 van geen tot ernstig, zie afbeelding 3.1), gerelateerd aan de tros waar het symptoom eerst zichtbaar werd.*

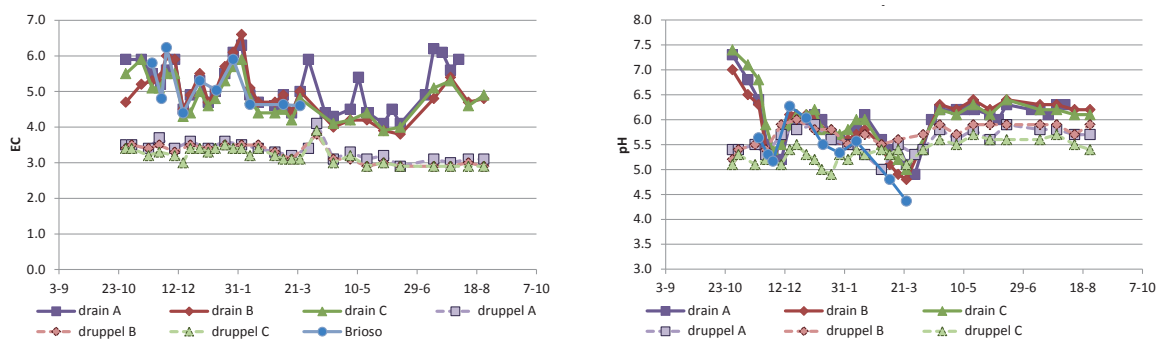
## 3.2 Water en nutriënten

Afgezien van de eerste twee weken is de watergift vrij constant geweest tot eind februari, daarna is de gift fors verhoogd en liep tot begin juni omhoog (Figuur 3.1). Daarna is er een geleidelijke daling, afgezien van een korte periode eind juli (periode warm weer). Het drainpercentage is gemiddeld ruim 30% geweest, echter periodiek waren er perioden van meer dan 40%. Het waterverbruik (verdamping) is in het begin vrij constant geweest, met een sprongsgewijze overgang rond half februari. In de zomer zijn er grote pieken en dalen in waterverbruik.



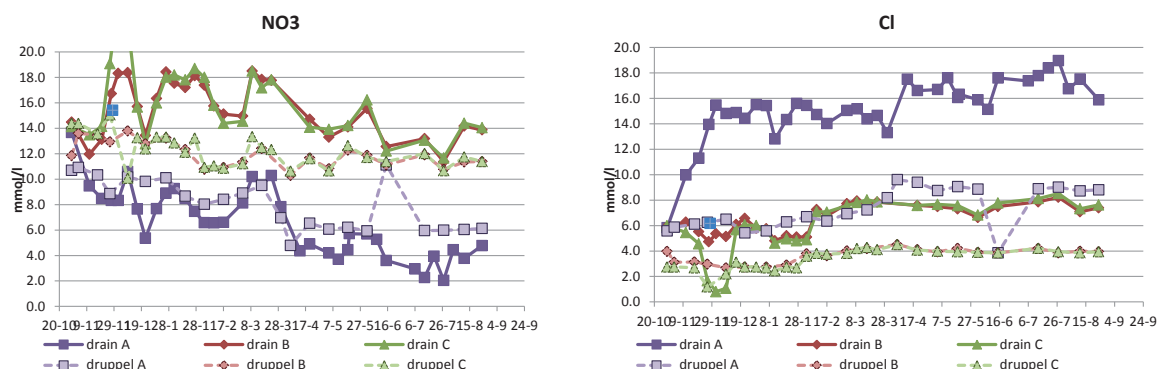
**Figuur 3.1** Watergift en drain% en de berekende verdamping in de drie afdelingen (rechts) tijdens de teelt.

De pH was aanvankelijk aan de hoge kant, maar door extra  $\text{NH}_4$  dosering en verlaging van de pH van het druppelwater is de pH in korte tijd op het gewenste niveau gekomen (Figuur 3.2). De pH van het druppelwater van behandeling C (met MFe) is bewust op maximaal 5.5 gehouden. De EC is gemiddeld op een vrij hoog niveau gehouden, met name in de wintermaanden. Gemiddeld is de EC van het druppelwater 3.5 mS/cm geweest in de winter, met een drain EC variërend tussen 4.2 en 6.0. Vanaf eind maart is de EC van het druppelwater gedaald tot waarden rond 3.0 mS/cm. de EC in de drain is enigszins gedaald naar waarden rond 4, maar later weer opgelopen tot waarden boven 5.



**Figuur 3.2** Het verloop van de pH en EC van het druppelwater en van de drain bij de drie behandelingen.

De beoogde verlaagde  $\text{NO}_3$  concentraties bij behandeling A ten opzichte van de behandelingen C en D zijn volgens plan gerealiseerd (Figuur 3.3). Opvallend is dat in Figuur 3.3 de gemiddelde concentraties in het wortelmilieu bij behandeling A vrijwel gelijk zijn aan of lager dan de concentraties in het druppelwater. De EC verschillen tussen gift en drain in aanmerking genomen, zijn de  $\text{NO}_3$  concentraties in het wortelmilieu dus relatief flink gedaald, waaruit blijkt dat er duidelijk sprake is geweest van uitputting. Vanaf 15 maart is de  $\text{NO}_3$  verder verlaagd, naar 6 mmol/l en 8 mmol/l Cl. In de figuur is zichtbaar dat vanaf die datum dit een absolute daling van  $\text{NO}_3$  in druppel en drain heeft gegeven, echter relatief is het gehalte in de drain sterker gedaald; een indicatie van sterke uitputting aan  $\text{NO}_3$ . Voor Cl is het omgekeerde het geval, waarbij de toename aan concentratie in de drain sterker is dan op grond van de absolute stijging van de concentratie in de toegediende voedingsoplossing. Opvallend genoeg is de stijging aan Cl in de drain vanaf 15/3 veel minder sterk dan de daling aan  $\text{NO}_3$ , terwijl er een evenredige wijziging in de concentraties is toegepast. Mogelijk dat de plant het tekort aan  $\text{NO}_3$  gecompenseerd heeft door meer Cl op te nemen.



**Figuur 3.3** Het verloop van de  $\text{NO}_3$  en de Cl concentraties van het druppelwater en van de drain bij de drie behandelingen. De waarden zijn teruggerekend naar een referentie EC-waarde van 2.6 en 3.7 voor resp. druppelwater en drain.

De dosering van Fe in de vorm van MFe bij behandeling C is vrijwel constant rond  $25 \mu\text{mol l}^{-1}$  gehandhaafd (Figuur 3.4). Duidelijk is wel dat de Fe concentraties in de drain sterk dalen bij deze behandeling. Dit is ook conform de verwachting, door hydrolyse van de polyfosfaat moleculen verdwijnt het complexerende karakter en worden  $\text{Fe}^{3+}$  ionen omgezet in Fe-oxiden, die vervolgens neerslaan.

De dosering is bij behandeling A en B is in het begin sterk aangepast omdat bleek dat de concentraties in de drain erg hoog waren geworden, door onbekende oorzaak. Hierdoor daalde de concentratie in de drain daarna sterk en is naar beneden doorgeschoten, echter vanaf half januari is de dosering en ook de concentratie in de drain stabiel gebleven.



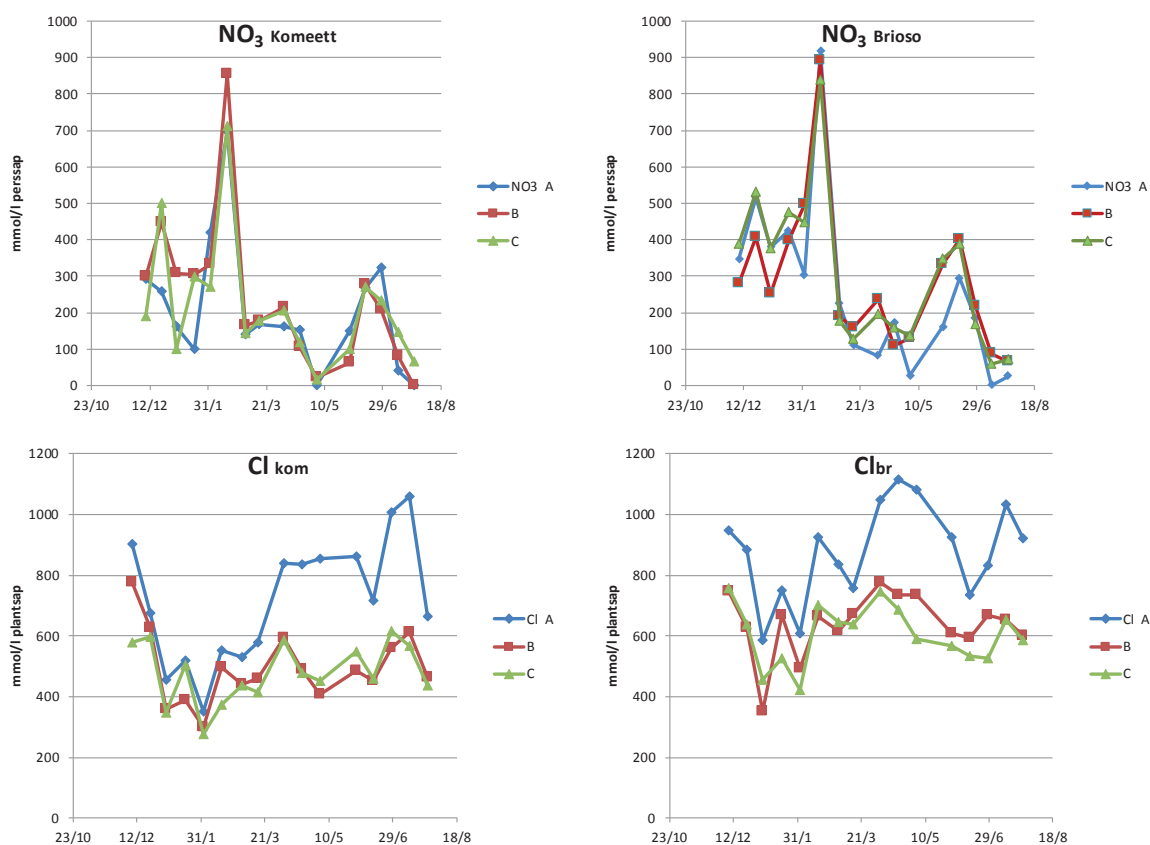
18 | WPR-831

## 4 Gewasanalyses

### 4.1 Plantsapanalyses

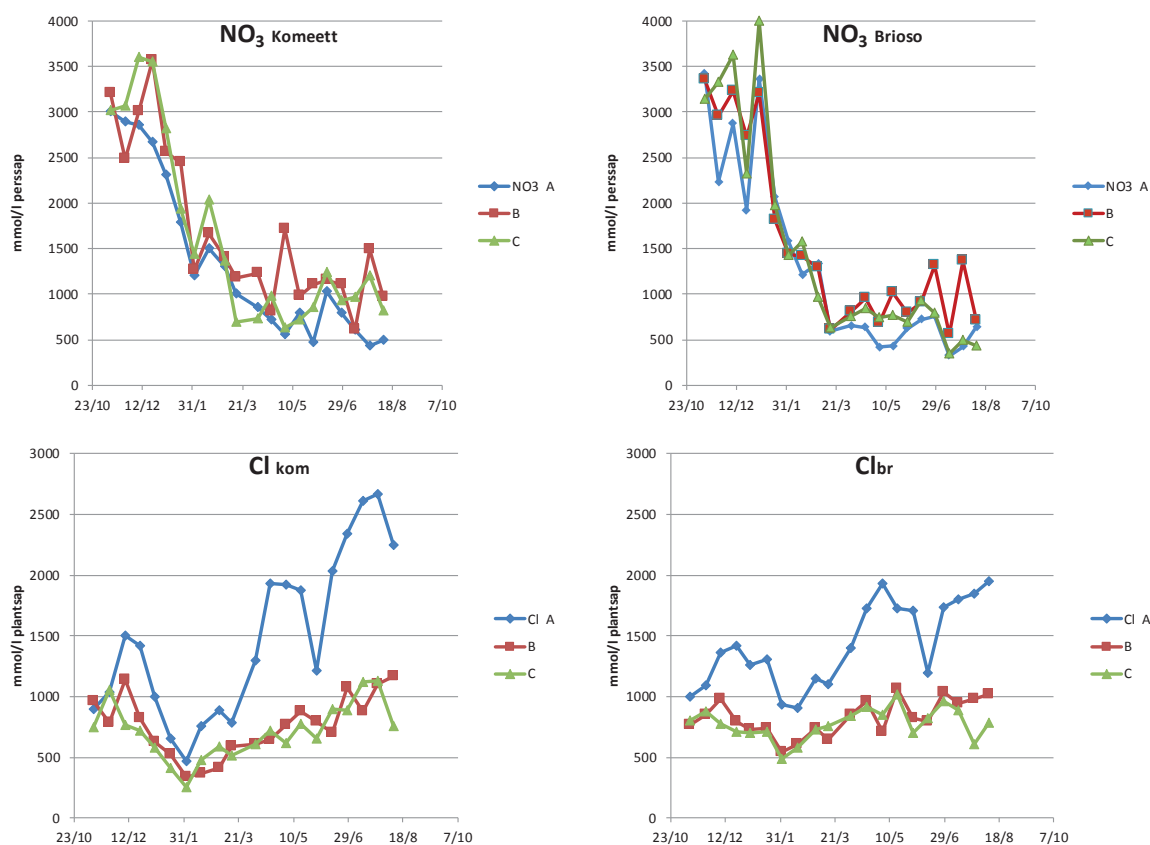
#### 4.1.1 NO<sub>3</sub> en Cl en Fe

Het valt op dat de NO<sub>3</sub> gehalten behandeling A (verlaagd NO<sub>3</sub>, verhoogd Cl) in het jong – en volgroeid blad niet verschillen met behandeling B (standaard NO<sub>3</sub> / Cl) en C (M-Fe) (Figuur 4.1 en 4.2). In oud blad is er slechts in zeer geringe mate een daling van het gehalte (Figuur 4.3). Er is overigens een merkwaardige piekwaarde aan NO<sub>3</sub> in het jong blad te zien in januari<sup>3</sup>. Cl is bij behandeling A wel duidelijk hoger dan B en C in alle drie de bladleeftijden, met name in oud blad. Opvallend is ook de sterke daling van NO<sub>3</sub> in het volgroeide blad gedurende het seizoen. De extra Cl dosering vanaf 15 maart weerspiegelt zich duidelijk in een hogere opname, in alle drie de bladleeftijden terug te vinden. De verschillen tussen de beide rassen zijn verwaarloosbaar. De Fe analyses vertonen geen verschillen tussen de drie behandelingen (Figuur 4.4). Ook hier zijn een tweetal afwijkende piekwaarden te zien (jan en mrt), maar treden op twee tijdstippen, bij twee verschillende behandelingen en rassen.

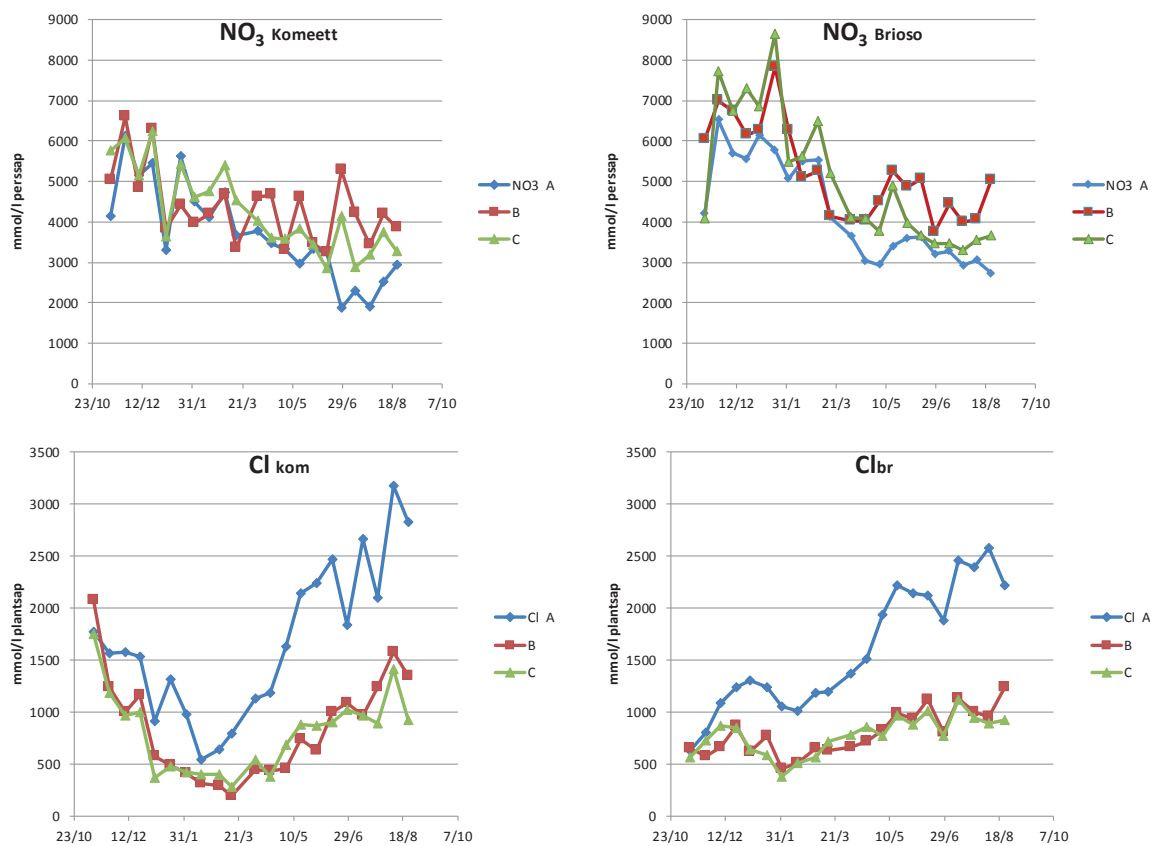


**Figuur 4.1** Plantsap analyses van jong blad van NO<sub>3</sub> en van Cl van de drie behandelingen bij 'Komeett' en 'Brioso'.

<sup>3</sup> De piekwaarde in NO<sub>3</sub> op 31/1 bij beide rassen is merkwaardig en kan niet direct verklaard worden uit de omstandigheden, teelt, voeding e.d. mogelijk is er sprake van een analysefout. Een verwisseling van monsters kan vrijwel worden uitgesloten, omdat de afwijking bij alle beide rassen en alle drie de behandelingen optreedt (dit zijn 6 afzonderlijk genomen monsters) en ook al omdat bij de overige nutriënten geen afwijking is te zien is. Opvallend is dat de gehalten in jong en volgroeid blad hoger zijn dan in het oude blad.

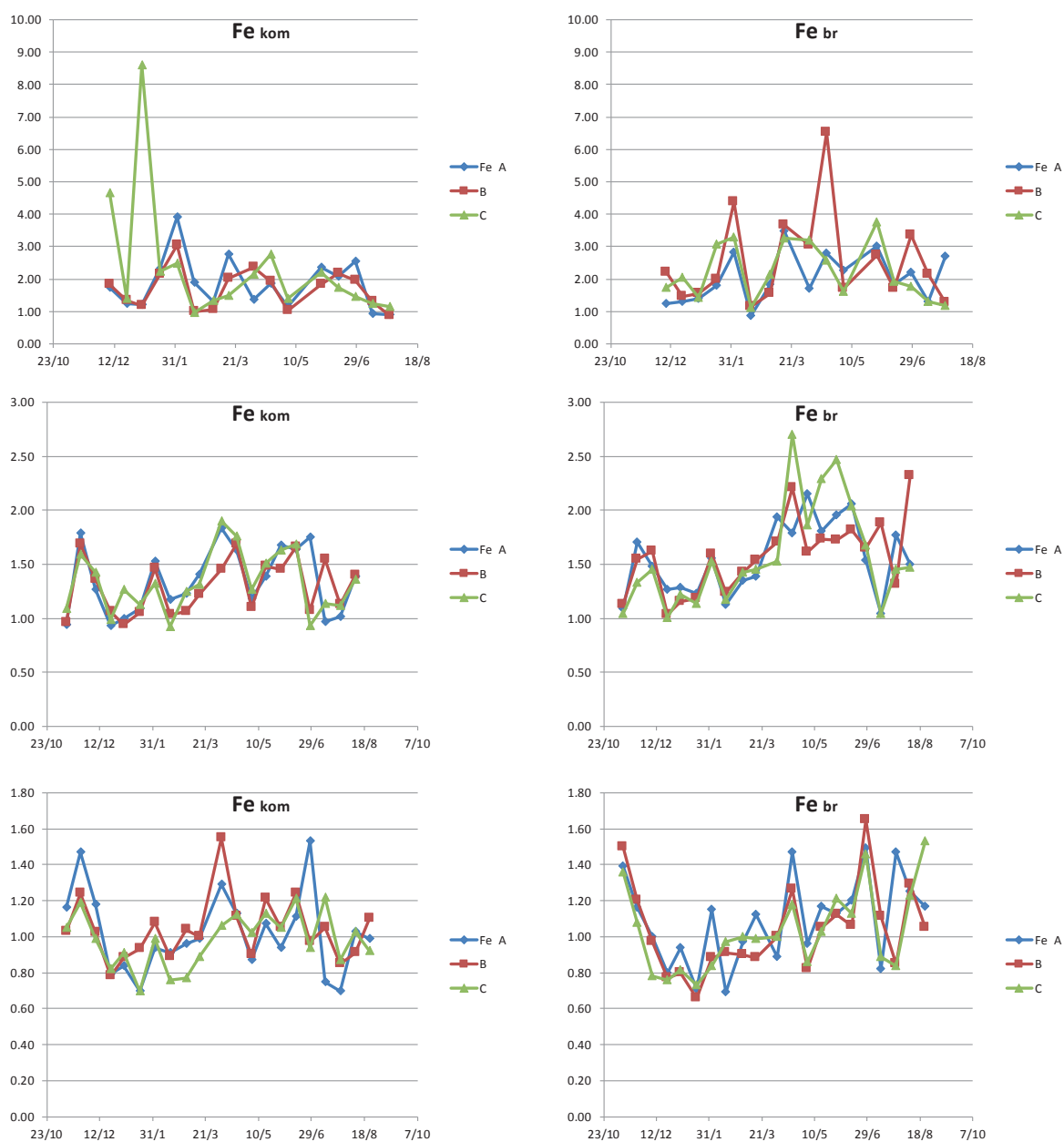


**Figuur 4.2** Plantsap analyses van volgroeid blad van  $\text{NO}_3$  en van  $\text{Cl}$  van de drie behandelingen.



**Figuur 4.3** Plantsap analyses van oud blad van  $\text{NO}_3$  en van  $\text{Cl}$  van de drie behandelingen.

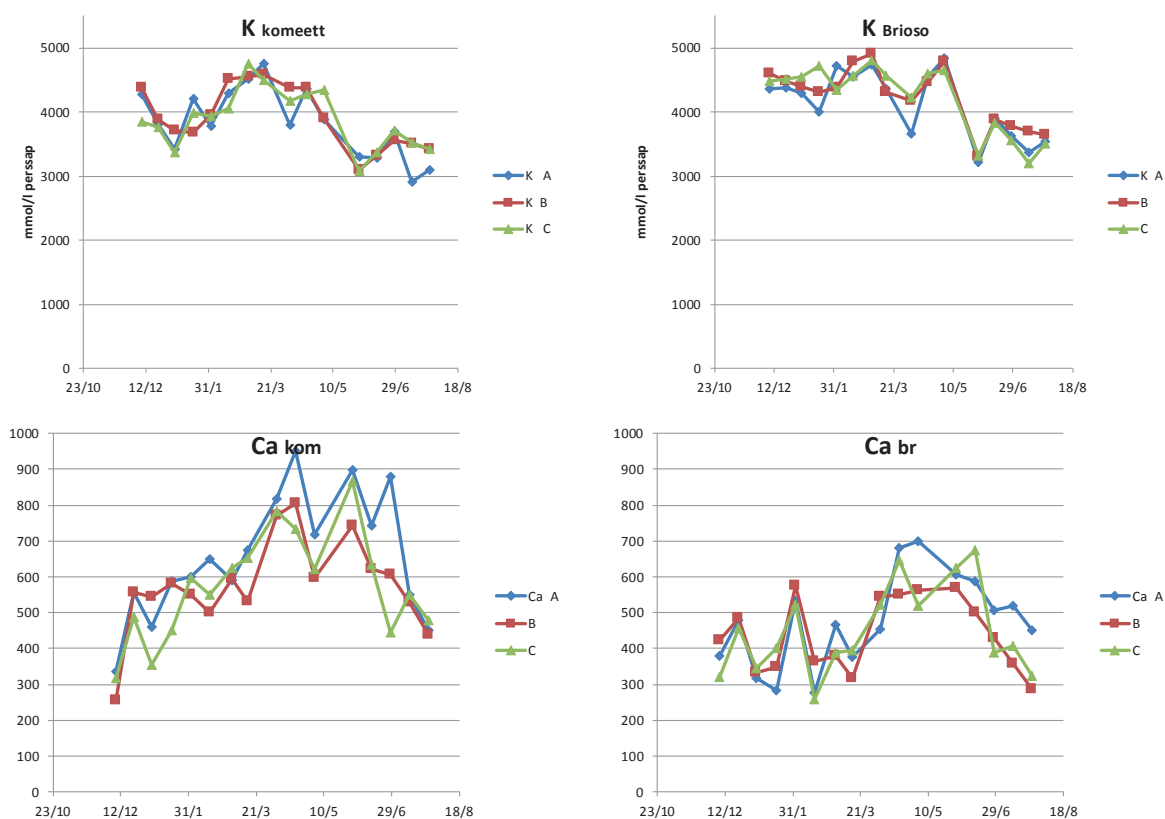




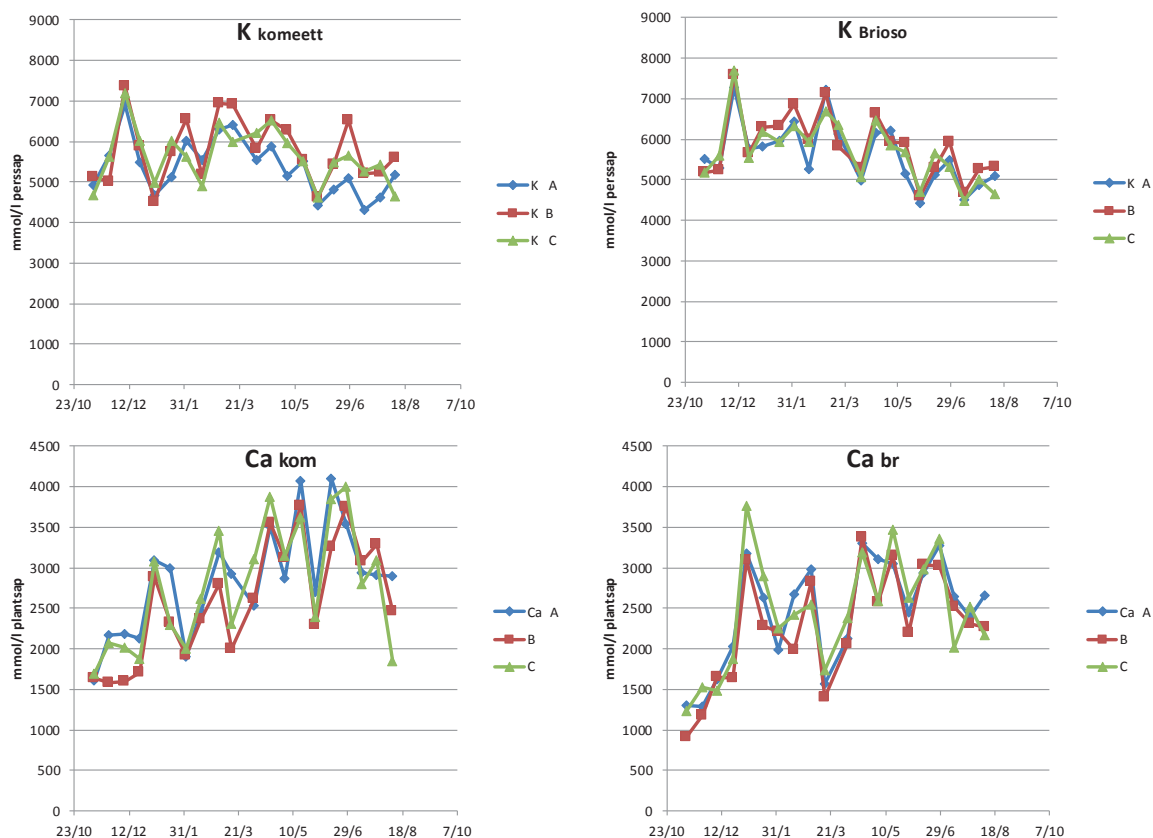
**Figuur 4.4** Fe analyses in plantsap van het jong blad (boven), volgroeid blad (midden) en oud blad (onder) van de drie voedingsbehandelingen bij 'Komeett' en 'Brioso'.

#### 4.1.2 Ca en K

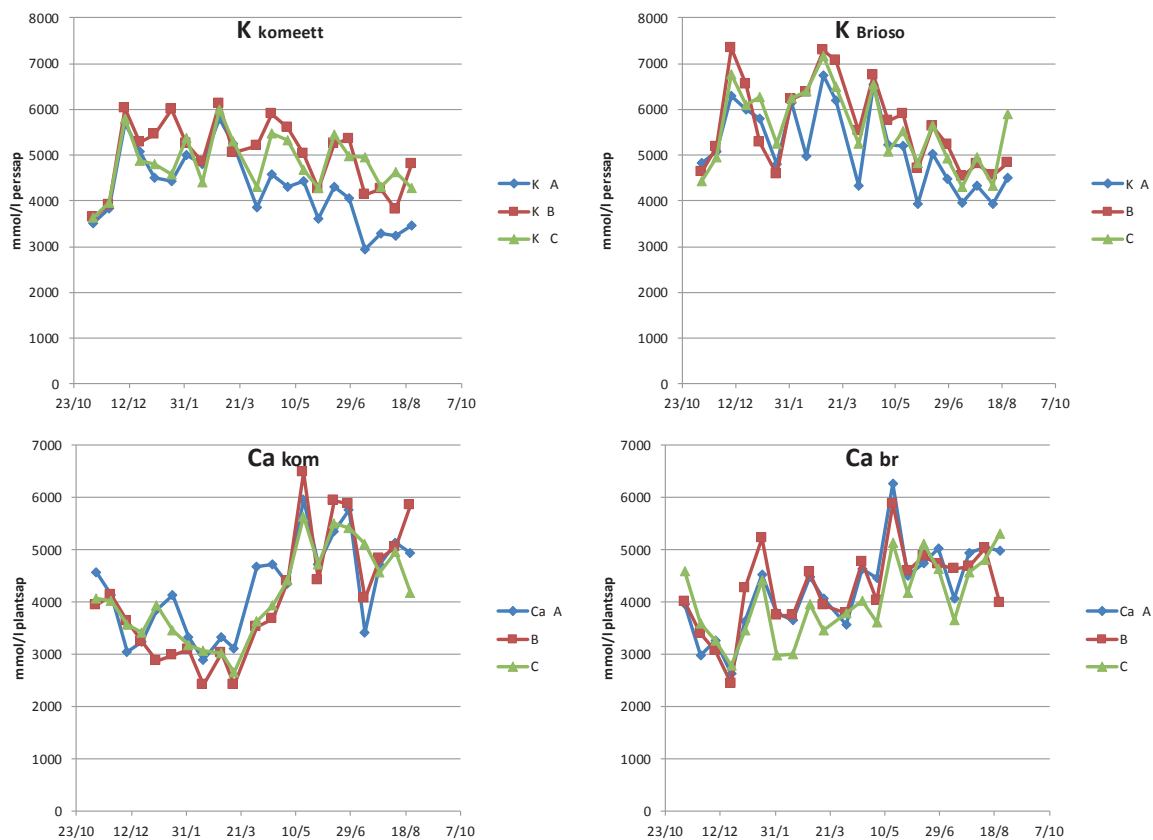
De verschillen in Ca gehalten tussen de drie voedingsbehandelingen zijn beperkt. In jong blad zijn de gehalten bij beh. A iets hoger dan bij B en C (Figuur 4.5). In het volgroeide en oude blad zijn die verschillen nagenoeg afwezig (Figuur 4.6 en 4.7). Het valt op dat de Ca gehalten in jong blad oplopen in de periode okt – mei, om daarna weer te dalen. Deze tendens is bij beide rassen het geval, maar bij Brioso blijven de gehalten in de winterperiode langer laag dan bij Komeett. In het volgroeide blad is bij Komeett een vergelijkbaar patroon te ontdekken als in het jonge blad. Bij Brioso stijgen de gehalten in de winter in volgroeid blad sneller dan bij jong blad, maar hier waren de eerste bemonsteringen beduidend lager in gehalte dan bij Komeett. In het oude blad zien we vooral bij Komeett dat de gehalten lang laag blijven en aanvankelijk zelfs dalen. Dit wijkt af van de verwachting, aangezien Ca zich ophoopt in verdampend, dus ouder wordend blad. Bij K zien we opvallend genoeg dat de gehalten in volgroeid blad en oud blad bij behandeling A, vooral bij Komeett, stelselmatig lager zijn dan bij behandeling B en C. In het jong blad zijn die verschillen er niet. Een duidelijke verklaring voor dit verschil is niet te geven, de K dosering was immers gelijk, en blijkt ook uit de concentraties in het druppelwater en de drain (Bijlage 2). Het valt wel op dat de concentraties in de loop van het groeiseizoen dalen, zowel in jong als oud blad, in het volgroeide blad blijven ze vrijwel gelijk.



**Figuur 4.5** Plantsap analyses van het jong blad van K en van Ca van de drie behandelingen bij 'Komeett' en 'Brioso'.



**Figuur 4.6** Plantsap analyses van het volgroeide blad van K en van Ca van de drie behandelingen bij 'Komeett' en 'Brioso'.



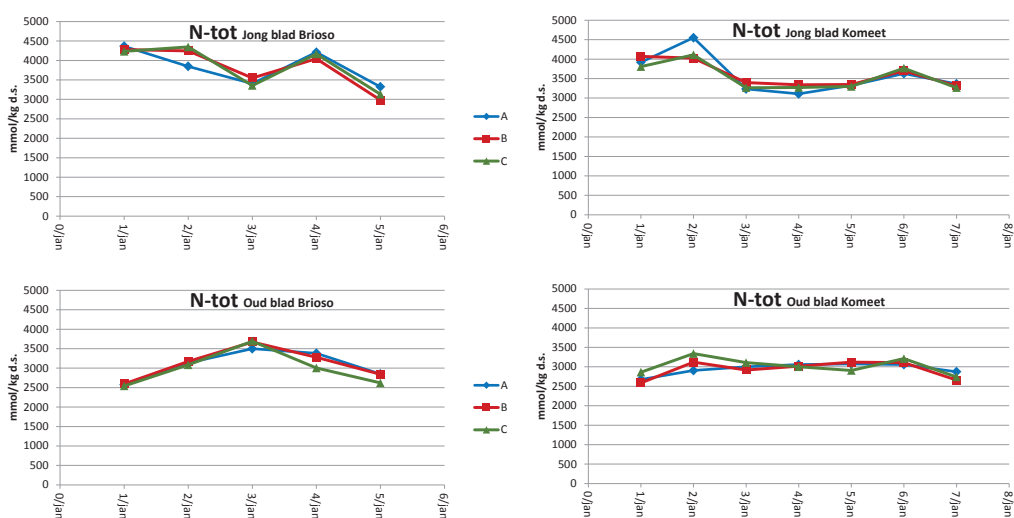
**Figuur 4.7** Plantsap analyses van oud blad van K en van Ca van de drie behandelingen bij 'Komeett' en 'Brioso'.

De resultaten van de plantsap analyses van de overige elementen staan op Bijlage 3 t/m 6.

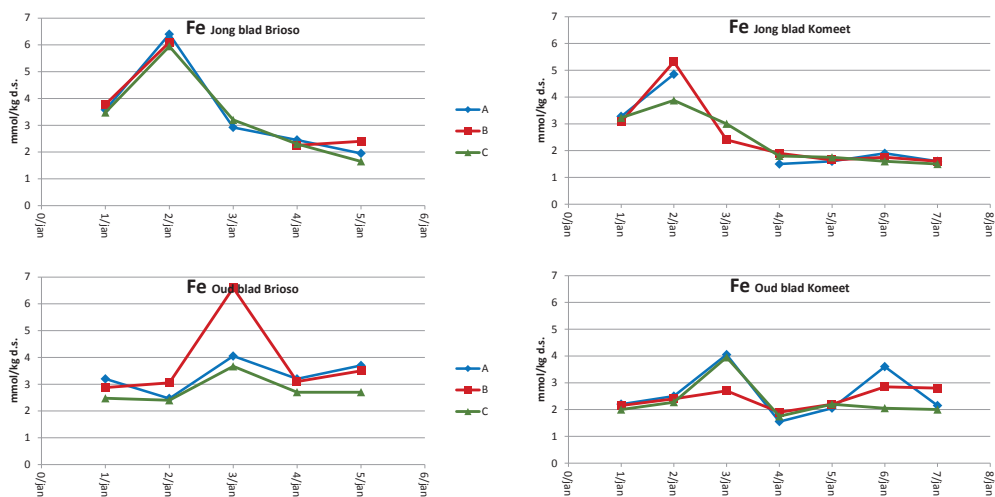
## 4.2 Droge stof analyses

### 4.2.1 Volgroeid blad; behandelingseffect

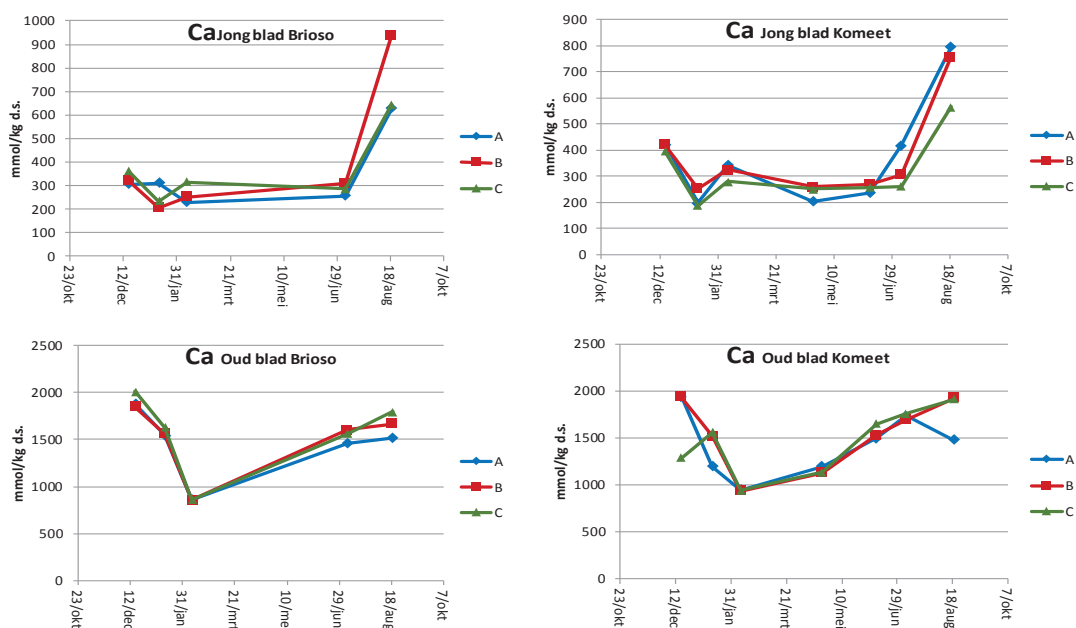
Er zijn geen analyses gedaan op Cl en  $\text{NO}_3$ , omdat deze analyses niet opgenomen zijn in het routine analysepakket van het lab. De N-tot gehalten zijn over de gehele teelt vrij stabiel, en vertonen geen duidelijke verschillen tussen de behandelingen (Figuur 4.8). Tussen de rassen zijn wel wat verschillen, maar die zijn moeilijk te duiden. De resultaten van de totaal N analyse vertonen wat dit betreft overeenkomst met de  $\text{NO}_3$  plantsapanalyses. De Fe-gehalten vertonen wat meer schommelingen, en zijn in de eerste maanden van de teelt in het jongen blad duidelijk hoger dan later in de teelt (Figuur 4.9). Per datum zijn de verschillen tussen de behandelingen wisselend, echter over de gehele linie zijn de gehalten op een vergelijkbaar niveau en is behandeling C, met MFe, ondanks de zeer lage concentraties in de drain niet afwijkend van de behandelingen met Fe-DTPA. Wat dit laatste betreft is dit in overeenstemming met de plantsap analyse echter het patroon in de tijd van het Fe gehalte in de droge stof gehalte verschilt duidelijk met dat van de plantsap analyse.



**Figuur 4.8** N-totaal gehalten in volgroeid blad (grafieken boven) en oud blad (grafieken onder) van de drie voedingsbehandelingen bij 'Komeett' en 'Brioso'.



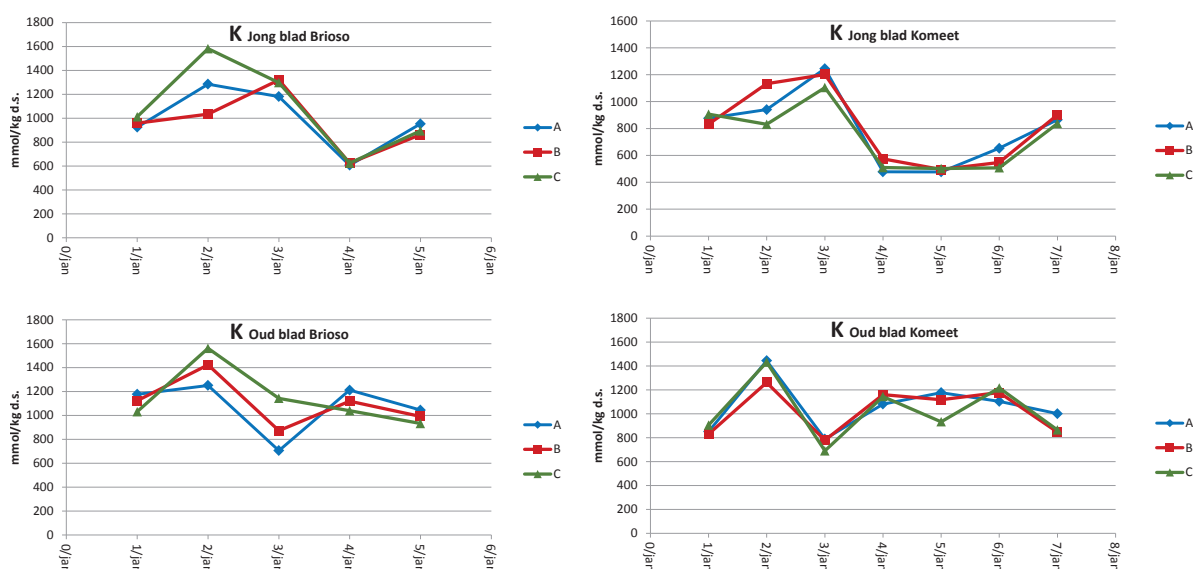
**Figuur 4.9** Fe gehalten in volgroeid blad (grafieken boven) en oud blad (grafieken onder) van de drie voedingsbehandelingen bij 'Komeett' en 'Brioso'.



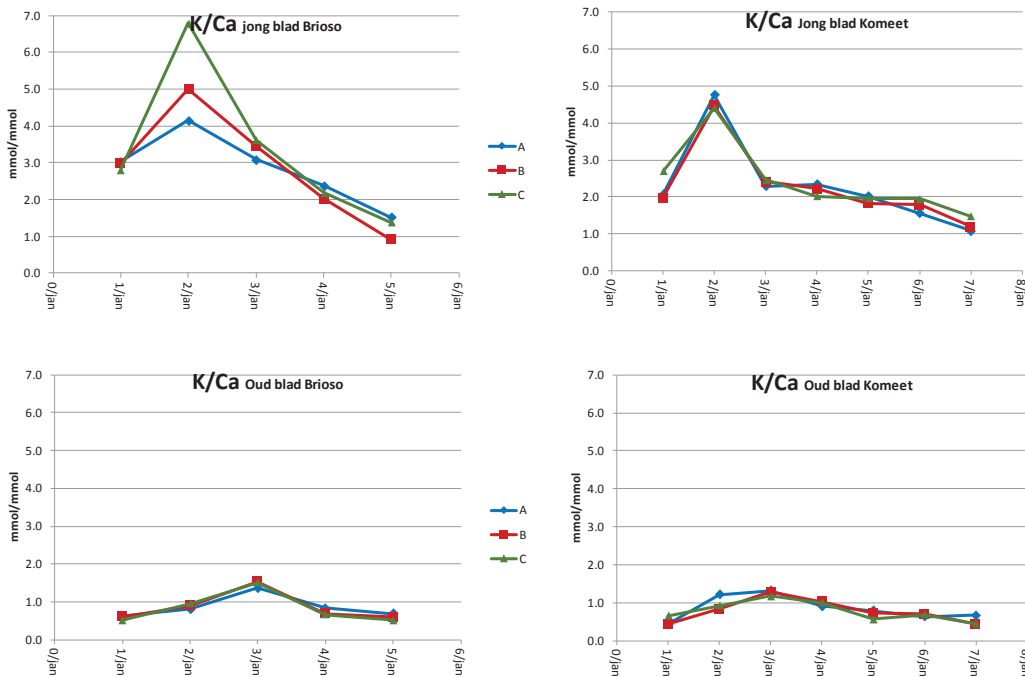
**Figuur 4.10** Ca gehalten geanalyseerd in droge stof (mmol/kg d.s.) in volgroeid blad (grafieken boven) en oud blad (grafieken onder) van de drie voedingsbehandelingen bij 'Komeett' en 'Brioso'

De Ca gehalten laten een in zeker opzicht merkwaardig patroon zien. Bij volgroeid blad blijft het Ca gehalte vrijwel gelijk vanaf november tot in juni, om daarna zeer snel te stijgen. In het oude blad zijn de gehalten veel hoger dan in volgroeid blad en er is aanvankelijk een daling te zien vanaf het begin van de teelt tot eind januari, om daarna te stijgen tot in de zomer. Dit patroon is bij beide rassen vrijwel gelijk. Er zijn geen duidelijke verschillen tussen de drie voedingsbehandelingen.

Bij K daalt in het volgroeide blad bij beide rassen de gehalten en lijkt er het omgekeerde van het patroon bij Ca (Figuur 4.11). Dit is des te duidelijker als de gehalten uitgedrukt worden als K/Ca verhouding (Figuur 4.12). Er is sprake van een duidelijke piekwaarde ca. 3 maanden na de start, die vervolgens gestadig afneemt.



**Figuur 4.11** K gehalten in volgroeid blad (grafieken boven) en oud blad (grafieken onder) van de drie voedingsbehandelingen bij 'Komeett' en 'Brioso'



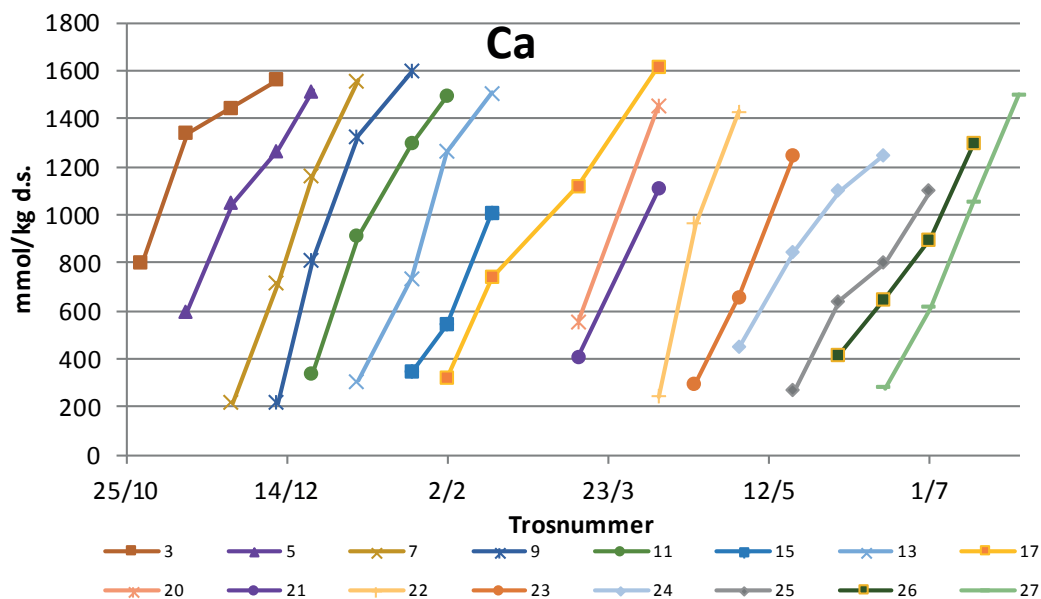
**Figuur 4.12** K/Ca verhouding van de gehalten in volgroeid blad (grafieken boven) en oud blad (grafieken onder) van de drie voedingsbehandelingen bij 'Komeett' en 'Brioso'.

De analyseresultaten van de overige elementen (Mg, P, spooorelementen) staan in Bijlage 7 en 8

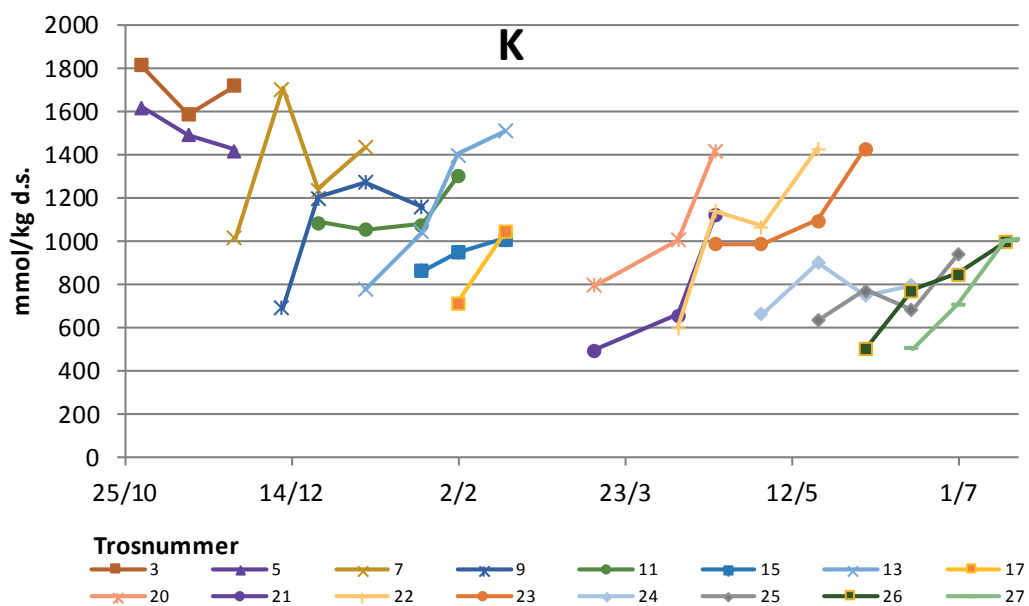
#### 4.2.2 Volgroeid blad 2 wekelijks; nutriënten in de tijd

In de Figuur 4.13 en 4.14 is het verloop weergegeven van K en Ca in een bladlaag bij een specifieke tros in de tijd (zie procedure onder 2.4.2). De "verblijftijd" aan de plant van elk gevolgd blad is ca 8 weken, zodat er van elke blad 3 – 4 datapunten zijn. Bij Ca blijkt er een zeer sterke toename te zijn in het gehalte gedurende de levensduur van een blad. Er blijkt echter nóg een patroon te zijn. In de eerste maanden van de teelt daalt het Ca-gehalte in het blad bij de allereerste bemonstering zeer sterk, blijft dan een aantal maanden laag, maar stijgt daarna weer enigszins tot begin maart, om daarna toch ook weer te dalen. Vergeleken met de start van de teelt blijven de gehalten echter tijdens de gehele teelt laag. Het gehalte aan het einde, dus bij de laatste bemonstering van elke bladlaag is in de eerste maanden stabiel vrij stabiel, maar lijken te dalen in het voorjaar. (NB tros 15 en 21 beperkt bemonsterd en zijn dus niet maatgevend).

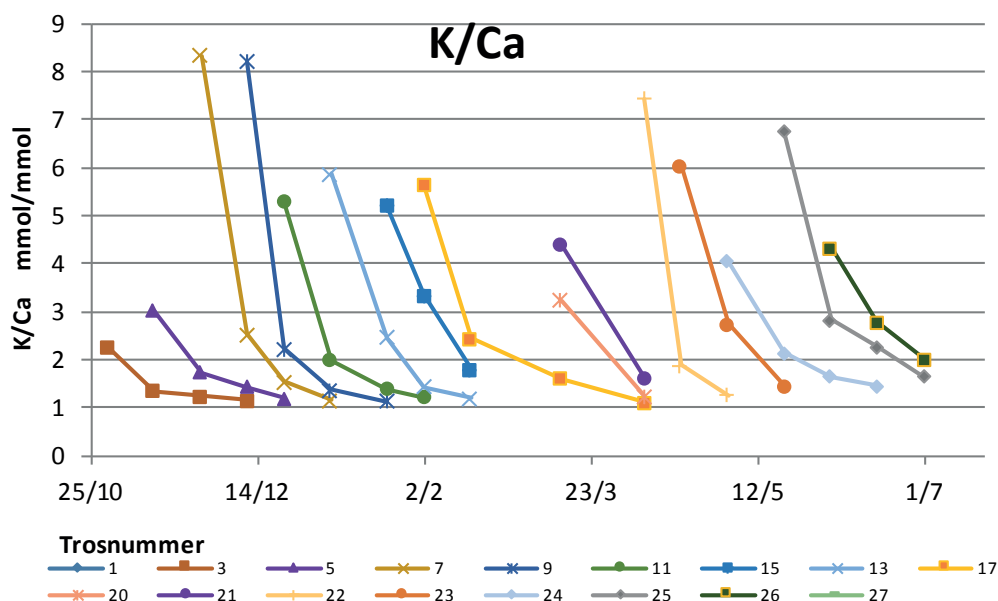




**Figuur 4.13** Het verloop van het Ca-gehalte (mmol/kg droge stof) per bladlaag; in de volgroeide puntblaadjes van het blad bij een specifieke tros, bemonsterd bij de bloei en vervolgens elke 14 dagen tot aan moment bladpluk. Bemonsteringen waren elke twee weken, de eerste bladlaag is 15 nov bemonsterd, de laatste op 15 mei.



**Figuur 4.14** Het verloop van het K-gehalte (mmol/kg droge stof) per bladlaag; in de volgroeide puntblaadjes van het blad bij een specifieke tros, bemonsterd bij de bloei en vervolgens elke 14 dagen tot aan moment bladpluk. Bemonsteringen waren elke twee weken, de eerste bladlaag is 15 nov bemonsterd, de laatste op 15 mei.



**Figuur 4.15** Het verloop van de K/Ca verhouding (als mmol/kg droge stof) van de monsters in Figuur 4.13 en Figuur 4.14.

Het verloop van het K gehalte in de tijd vertoont een ander patroon. Het patroon lijkt minder eenduidig, er is soms sprake van een duidelijke toename van het gehalte in de tijd, soms is er een afname, soms is er een afname gevolgd door een toename. Bovendien zijn de verschillen tussen de begin concentratie en de eindconcentratie veel minder groot dan bij Ca. Opvallend is dat over de gehele linie een afname is van de gehalten aan K, zowel bij aanvang als aan het einde van de bemonstering van een bladlaag. Het verschil in gedrag van K en Ca komt het sterkst tot uiting als dit wordt uitgedrukt als K:Ca verhouding (Figuur 4.15) waarbij duidelijk zichtbaar is de zeer scheve verhouding bij een zeer volgroeid blad en het snelle dalen naar een verhouding rond 1:1 bij het ouder worden. Daarbij valt vooral de scherpe overgang op tussen de 5<sup>e</sup> en 7<sup>e</sup> tros. Bij Mg doet zich een opvallend fenomeen voor. In tegenstelling tot K en Mg dalen de gehalten aanvankelijk juist sterk naarmate een blad ouder wordt, echter bij de laatste bemonstering is er weer een verhoging van het gehalte, dus lijkt er in de laatste paar weken wat ophoping plaats te vinden (Bijlage 9). Evenals bij Ca dalen de gehalten bij de eerste bemonstering in de eerste maanden van de teelt, maar aan het einde van de meetperiode is er weer een geringe stijging.

De N gehalten in het blad laten nauwelijks verloop zien tijdens de levensduur, hooguit een geringe daling. Er is wel een daling van het gehalte te zien in de loop van de tijd. De daling van het gehalte in het blad met de leeftijd lijkt ook gelijke tred te houden met de algehele daling in het seizoen.

De P gehalten vertonen een patroon dat vergelijkbaar is met het patroon van N, zij het dat de verschillen tussen de opeenvolgende bemonsteringen wat groter zijn en ook wat minder goed in het patroon passen, waardoor het verloop een wat grilliger karakter krijgt.

De Fe gehalten veranderen weinig tijdens het ouder worden van het blad. Over de tijd gezien is er een geleidelijke daling van het gehalte. Er zijn echter een tweetal merkwaardige uitschieters, die het patroon sterk doorbreken.

De overige sporelementen blijven verder onbesproken. Een uitzondering is Zn, omdat soms Zn-gebrek genoemd wordt als oorzaak van bladrandjes. Het patroon in het verloop van de gehalten lijkt sterk op dat van Fe (evenals dat van Cu trouwens), maar nergens komt het gehalte in de buurt van waarden beneden 0.25 mmol/kg d.s., wat beschouwd wordt als mogelijk gebrekszone.

Het verloop van de gehalten van overige elementen staan vermeld in Bijlage 9.

## 5 Vruchtkwaliteit

Het onderzoek naar vruchtkwaliteit zijn de factoren voor smaak geanalyseerd en is daarop het WUR-smaakmodel toegepast. Zoals te verwachten zijn de waarden van de lab- analyses van de monsters van 'Brioso' aanzienlijk hoger dan die bij 'Komeett'. Het gaat echter om effecten van de toegepaste behandelingen en die zijn bij beide rassen niet aangetroffen (Tabel 5.1).

Tabel 5.1

*Analyseresultaten van de laboratorium bepalingen op refractie, zuur, % sap en de "bite", en de uitkomst van toepassing van het WUR-smaakmodel, bij beide rassen en de toegepaste behandelingen.*

	Ras	behandeling				
		Laag NO <sub>3</sub>	hoog Cl	Standaard	Fe-polyfosfaat	Gemiddeld
Smaakcijfer	Brioso	64.5		65.9	66.8	65.7
	Komeett	41.2		44.4	43.7	43.1
Refractie	Brioso	6.2		6.1	6.5	6.3
	Komeett	4.4		4.2	4.3	4.3
Zuurgehalte	Brioso	6.9		7.1	7.1	7.0
	Komeett	5.7		8.9	7.3	7.3
% sap	Brioso	58.9		60.3	59.7	59.6
	Komeett	32.7		30.7	32.6	32.0
Bite	Brioso	94.9		86.0	95.0	92.0
	Komeett	38.2		42.1	43.3	41.2



## 6 Discussie

Bladrandjes traden in flinke mate op bij Komeett. Het is evident dat er sprake is van een raseffect, want bij Brioso zijn nagenoeg geen bladrandjes aangetroffen. Echter, er is geen duidelijke aanwijzing gevonden dat de verschillen in de voedingsoplossing in het druppelwater effect had op het optreden van het verschijnsel bladrandjes. Dit geldt zowel voor het gemiddelde waarderings-cijfer als voor de extremen. Niettemin hadden de verschillende voedingsbehandelingen wel duidelijk effect op de samenstelling van het drainwater en op de gehalten in de plant. De verhoogde Cl had tot gevolg dat  $\text{NO}_3$  snel werd uitgeput, de  $\text{NO}_3$  concentratie is echter nooit nul geweest, zodat er geen reden is om aan te nemen dat er op enig moment N-gebrek is geweest.

In dit onderzoek is niet heel gericht gekeken naar de Ca-gehalten in blad met symptomen van bladrandjes. Er is vanuit gegaan dat het fenomeen veroorzaakt is door laag Ca in de cellen, dit is namelijk in eerder onderzoek al onderbouwd (IJdo *et al.* 2011). Uit het huidige onderzoek komen ook voldoende aanwijzingen dat het fenomeen inderdaad met Ca samenhangt. De piek in aantasting trad vooral plotseling op in de bladlaag bij de 11<sup>e</sup> tros en duurde tot ongeveer de 22<sup>e</sup> tros. Uit de monitoring van de trosbloei en plantbelasting is duidelijk dat de piek in plantbelasting liep vanaf begin dec. tot half feb. (Figuur 3.1) Dit komt overeen met de bloei van de 10<sup>e</sup> tros tot de 19<sup>e</sup> tros. Dit is een aanwijzing voor een zeker verband tussen het optreden van bladrandjes en de plantbelasting. In dit onderzoek is bewust gestuurd op een extra zware plantbelasting. Uit voorgaande onderzoeken is gebleken dat er tijdens een periode met zware plantbelasting een stagnerende wortelontwikkeling is, waarbij er dan ook sprake is van een lagere Ca opname (Voogt, 1993). Dit zou dan de aanleiding kunnen vormen tot een verlaagde Ca aanvoer naar volgroeide bladeren die op dat moment worden gevormd. Of beter gezegd, waarvan de celwanden van de cellen die op dat moment gevormd worden in opbouw zijn en waarbij het cruciaal is dat er op dat moment voldoende Ca wordt aangevoerd (IJdo *et al.* 2011). De ontwikkeling van Ca gehalten in het jong blad is wat dit betreft een duidelijk aanwijzing, deze daalt aanzienlijk vanaf de eerste tros (Figuur 4.13) en is in de periode van de bloei van tros 7 – 17 op zijn laagste niveau. Dit valt vrijwel samen met de periode van het optreden van de bladrandjes. Dit effect wordt verstrekt als dit vergeleken wordt met de K opname en komt dan vooral tot uiting in de stijging van de K/Ca verhouding in de jong blaadjes, die tot aan de eerste 9 trossen tot een hoogtepunt komt (Figuur 4.15). Deze hoge K/Ca verhouding was ook terug te vinden in de 'reguliere bladmonsters' van het volgroeide en oude blad (Figuur 4.12). Kortom het is dus zeker denkbaar dat het optreden van bladrandjes (mede) wordt veroorzaakt door de combinatie van een toename van de plantbelasting en een daaraan gepaard gaande verminderde wortelontwikkeling, waardoor de Ca opname dan verminderd. Het zou interessant zijn om verder te onderzoeken of de verhoging van de K-gift, die in het algemeen gedaan wordt in deze teeltfase om aan de toenemende K-vraag te voldoen, hier ook nog aan bijdraagt.

Afgezien van de eerder genoemde periode tot aan de 11<sup>e</sup> tros valt het op dat de Ca gehalten in de jonge blaadjes dan weer enigszins stijgen naarmate het groeiseizoen vordert, terwijl de gehalten van de meeste andere nutriënten dan juist afneemt (Bijlage 9). Dit geldt overigens ook voor de gehalten aan Ca aan het einde van de cyclus (Figuur 4.13). Of dit nu een plantleeftijdseffect is of een effect van het seizoen (licht) is niet te achterhalen uit deze proef, omdat deze twee factoren uiteraard parallel lopen. Uit eerdere onderzoeken is overigens ook gebleken dat de gehalten aan K en N afnemen naarmate de plant ouder wordt (Voogt, 1985, niet gepubliceerde data).

Naast het feit dat de voedingsbehandelingen geen effect hadden op het optreden van bladrandjes is er ook geen duidelijk verschil in Ca gehalten in de verschillende bladmonsters. Dit is op zich niet verassend, in het eerdere onderzoek (Voogt and Sonneveld, 2004) waren er ook nauwelijks tot geen verschillen in Ca gehalten in vruchten, maar wel degelijk grote verschillen in neusrot en goudspikkels. Het verschil tussen het wel of niet optreden van neusrot zit soms vast op een verschil van enkele mmol/kg droge stof. Niettemin is het opmerkelijk dat in dit onderzoek er geen enkel effect is gezien van Cl, terwijl dit in andere onderzoeken wel degelijk een effect was van  $\text{NO}_3$  vervanging door Cl.

Wat betreft stikstof is het opvallend dat zowel de gehalten aan  $\text{NO}_3$  in het plantsap als de N-totaal gehalten in de droge stof tussen de voedingsbehandelingen nauwelijks verschillen in gehalten laten zien – met uitzondering van oud blad in plantsap, iets verlaagd in beh A - terwijl de verschillen in Cl aanzienlijk zijn. Dit is toch wel opmerkelijk aangezien de concentratie in de aanvoer bij behandeling A 27% lager in  $\text{NO}_3$  was dan bij de behandelingen B en C en daarbij was de gemiddelde concentratie in de drain maar liefst gemiddeld 62% lager.

De verklaring hiervoor is dat N door de plant een actief en vraag-gestuurd proces, waarbij de plant alles in het werk stelt om aan de bovengrondse vraag aan N te voldoen. In eerder onderzoek is ook vastgesteld dat bij tomaat in recirculatie de  $\text{NO}_3$  tot vrijwel 0 kan worden uitgeput, mits er maar voldoende aanvoer is. Uit de gegevens van gift en drain is ook een opname te schatten. Voor de behandelingen A tot C komt dit uit op resp. 1173, 1263 en 1288 kg N/ha, ofwel een verschil van slechts 8%, waarmee maar weer eens aangetoond is dat vanaf een zeker minimum, de N-opname niet of nauwelijks afhankelijk is van de aangeboden concentratie. Dit staat in een behoorlijk contrast met de effecten van de Cl dosering. In alle plantendelen en bij beide rassen is er een sterke verhoging van het gehalte te zien bij behandeling A ten opzichte van B en C. Het verschil tussen de Cl gift (bij A +52%) en Cl in drain (bij A + 60%) is ook minder groot dan bij N, de geschatte opname uit gift – drain komt dan ook uit op een toename van 30%. Ook dit resultaat is in lijn met eerdere onderzoeken, waarbij duidelijk bleek dat de Cl opname lineair toeneemt met de dosering (Voogt and Sonneveld, 2004).

De behandeling met Fe-polyfosfaat gaf dus ook geen effect op bladrandjes of ook op het Ca gehalte in de bladeren. Net als dit met Cl het geval was, is het opmerkelijk, aangezien uit eerder onderzoek er sterke aanwijzingen waren dat deze Fe-meststof iets met Ca opname of transport doet, gezien de positieve effecten bij komkommers ten aanzien van bolblad. Niettemin zijn er verder ook geen nadelige effecten gevonden van deze behandelingen, zodat geconcludeerd kan worden dat deze meststof goed voldoet.

In dit onderzoek zijn klimaatfactoren geen onderdeel van de experimenten geweest. Niettemin is uit de context duidelijk dat klimaatfactoren een overheersende rol kunnen spelen. Juist bij HNT kan hier op worden ingespeeld. Immers door extremen in het klimaat te voorkomen zouden de eerder genoemde problemen minder hoeven op te treden. Er wordt bewust gewerkt naar wat genoemd wordt een actief groeiklimaat. Stagnatie van verdamping, condensatie op het gewas en stilstaande lucht worden vermeden. Een dergelijk "dood " klimaat is inherent aan het stimuleren van Ca-tekorten. Bij een juiste toepassing van HNT zal vochtophoping rondom en tussen het gewas, en ook temperatuurverschillen in de kas en vooral ook de uitstraling naar een koud kasdek of een koud energiescherm of de hemel worden voorkomen. Als er daarnaast wordt gezorgd voor voldoende vochtafvoer boven het scherm en/of inzet van ventilatoren voor luchtbeweging, wordt zo de lokale verdamping ook bovenin het gewas gestimuleerd.



**Afbeelding 6.1** Optreden van bladrandjes in een sterke mate.



## 7 Conclusie

- Gevoeligheid voor bladrandjes is primair een kwestie van rasgevoeligheid. In dit onderzoek bleek Komeet zeer gevoelig, Briosio geheel ongevoelig voor bladrandjes.
- De vervanging van 3.75 mmol  $\text{NO}_3$  door eenzelfde concentratie Cl had geen effect op bladrandjes.
- Volgens de plantsapanalyses was de Ca opname wat hoger door de extra Cl behandeling, maar dit bleek voornamelijk in het oude blad. Uit de droge stof analyses kwamen geen verschillen naar voren.
- De verlaging van  $\text{NO}_3$  door Cl had voor de N-opname veel minder effect dan de Cl-opname; de N-gift was 27% lager en gaf een verlaging van ruim 60% in de drainconcentratie, met slechts 8% lagere N-opname. De Cl gift was 50% hoger en gaf een stijging van 60% in de drain, terwijl de opname met 30% toenam.
- Bladrandjes traden uitsluitend op in een piekperiode in het volgroeide blad in de bladlaag tussen de 11<sup>e</sup> en 22<sup>e</sup> tros. Dit viel vrijwel samen met de piek in plantbelasting, tussen de bloei van de 10<sup>e</sup> en 19<sup>e</sup> tros.
- De Ca gehalten in het jong blad maken een duidelijke ontwikkeling door van een sterk stijgend gehalte. De aanvangsconcentratie daalt aanzienlijk vanaf de eerste tros en is in de periode van de bloei van tros 7 – 17 op zijn laagste niveau. Dit valt min of meer samen met de zware plantbelasting en het optreden van bladrandjes.
- Er is dus een sterke koppeling tussen enerzijds de plantbelasting en anderzijds lage Ca gehalten in het jong blad en vervolgens het optreden van bladrandjes. Voor het leggen van een oorzakelijk verband tussen deze factoren was de opzet van dit experiment niet toereikend en zou in een vervolgonderzoek moeten worden bekeken.
- De toepassing van Fe-polyfosfaat in plaats van Fe-DTPA had geen effect op bladrandjes of op het Ca gehalte in de bladeren. Niettemin waren de Fe-opnamen evenals die van alle andere spoorelementen vergelijkbaar zodat deze Fe-meststof ook voldoet.



## 8 Aanbevelingen

Het onderzoek levert de volgende aanknopingspunten op voor vervolgonderzoek:

- Aantonen dat bladrandjes c.q. Ca opname en transport inderdaad niet alleen samenhangt met plantbelasting maar dat dit ook een oorzakelijk verband heeft. Er is aanwijzing uit eerder onderzoek dat dit samenhangt met de verminderde wortelontwikkeling. Ook dit aspect zou dan meegenomen moeten worden.  
De precieze samenhang en wisselwerking is van belang om te weten om hier met teeltmaatregelen en gewasmanagement rekening te houden.  
Een meer fundamentele vraag hierbij is ook wat de relatie is tussen Ca en zwakke cellen, waarbij de assimilatenverdeling ook in moet worden meegenomen
- Het aanpassen van de K-gift om de K-concentratie op peil te houden in de periode van zware plantbelasting zou averechts kunnen werken, vanwege de mogelijke negatieve koppeling met de Ca opname. Mogelijk is verlaging van K voor die periode eerder aan te bevelen. Dit aspect moet nader worden onderzocht, waarbij ook de effecten op vruchtkwaliteit meegenomen moeten worden.
- Het is interessant en nuttig om te weten hoe het komt dat de Ca gehalten (bij gelijke bladleeftijd) in de tweede helft van de teelt dalen, evenals die van overige nutriënten, waarbij de vraag zich voordoet of dit effect door plantleeftijd komt of een seizoenseffect is.



# Literatuur

- Arkesteijn, M.; Voogt, W. , 2013.  
Nieuwe ijzermeststof blijkt goede aanvulling op ijzerbemesting (interview met Wim Voogt), Onder Glas 10 (2013)5. - p. 37
- Atkinson CJ, Ruiz LP, Mansfield TA. 1992.  
Calcium in Xylem Sap and the Regulation of its Delivery to the Shoot. *Journal of experimental botany* 43, 1315-1324.
- Bakker J C and Sonneveld C 1988.  
Calcium deficiency of glasshouse cucumber as affected by environmental humidity and mineral nutrition. *J. Hort. Sci.* 63, 241-246.
- Bakker J C 1985.  
Physiological disorders in cucumber under high humidity conditions and low ventilation rates in greenhouses. *Acta hort.* 156, 257-264.
- Cosgrove DJ. 2001.  
Wall structure and wall loosening. A look back and forwards. *Plant Physiology* 125: 131-134.
- Cosgrove DJ. 2005.  
Growth of the plant cell wall. *Nature Review Molecular & Cell Biology* 6: 850-861.
- De Freitas ST, Shackel K a, Mitcham EJ. 2011.  
Absciscic acid triggers whole-plant and fruit-specific mechanisms to increase fruit calcium uptake and prevent blossom end rot development in tomato fruit. *Journal of experimental botany* 62, 2645-56.
- Geelen, P.A.M., Voogt, J.O., van Weel, P.A., 2015.  
De basisprincipes van Het Nieuwe Telen. LTO-Glaskracht Nederland, Bleiswijk, 155 pp.
- Gilliam M, Dayod M, Hocking BJ, Xu B, Conn SJ, Kaiser BN, Leigh RA, Tyerman SD. 2011.  
Calcium delivery and storage in plant leaves: exploring the link with water flow. *Journal of Experimental Botany* 62: 2233-2250
- Ijdo, M.L.; Janse, J.; Hofland-Zijlstra, J.D.; Voogt, W. 2011.  
Bladrandjes en Ca bij tomaat: Fysiologische achtergronden van cel- en weefselstevigheid in relatie tot het ontstaan van bladrandjes en infectie met *Botrytis cinerea* L.: Wageningen UR Glastuinbouw, 2011 (Rapporten GTB 1116) - p. 48 <https://www.wageningenur.nl/en/Publication-details.htm?publicationId=publication-way-343132363930>
- Kerton M, Newbury HJ, Hand D, Pritchard J. 2009.  
Accumulation of calcium in the centre of leaves of coriander (*Coriandrum sativum* L.,) is due to an uncoupling of water and ion transport. *Journal of Experimental Botany* 60: 227-235.
- Nukaya, A., W. Voogt and C. Sonneveld. 1991.  
Effects of NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub> and Cl ratios on tomatoes grown in a recirculating system. *Acta Hort.* 294: 297-304.
- Seligmann, R. 2014.  
The Coupling between Calcium and Water Transport in the Whole Plant Non-destructive Measurements Using Radio-Sr as Tracer. Thesis Hebrew University, Jerusalem, Israel, 88 pp.
- Shear, C. B., 1975.  
Calcium-related disorders of fruits and vegetables. *HortScience*; 1975. 10(4):361-365.
- Voogt, W., 1993.  
Nutrient uptake of year round tomato crops. *Acta Hort.* 339, 99-112.
- Voogt, W. and Sonneveld, C. 2004.  
Interactions between nitrate and chloride in nutrient solutions for substrate grown tomato. *Acta Hort.* 644, 359-368.
- Voogt, W. and M. L. Ijdo (2014).  
Fe-polyphosphate formulations as replacement for Fe-chelates in nutrient solutions: preliminary experiments with cucumber (*cucumis sativus* L.) in hydroponics. *Proceedings of the IS on Growing Media and Soilless Cultivation*, Leuven, ISHS.
- Voogt, W. and Sonneveld, C. 2004.  
Interactions between nitrate and chloride in nutrient solutions for substrate grown tomato. *Acta Hort.* 644, 359-368.
- Winsor, G., Adams, P., 1987.  
Diagnosis of mineral disorders in plants. London, HMSO., 167 pp.



# Bijlage 1 Voedingsschema's

01/02/2016						19/02/2016					
Recept voor tuin	<b>Tomaat A</b>		Hoog Cl laag NO3			Recept voor tuin	<b>Tomaat A</b>		Hoog Cl laag NO3		
EC	3.3					EC	3.3				
	mmol	ml/m3			mmol/l		mmol	ml/m3			mmol/l
Nitrakal	3.12	395		NH4	1.14	Nitrakal	3.12	395		NH4	1.14
Zwakal	5.58	1410		K	12.25	Zwakal	5.58	1410		K	12.25
BFK	2.47	561		Ca	6.95	BFK	2.47	561		Ca	6.95
baskal	6.23	614		Mg	3.05	baskal	6.23	614		Mg	3.05
res	0.00	0		NO3	10.79	res	0.00	0		NO3	10.79
calsal	2.19	467		Cl	9.52	calsal	2.19	467		Cl	9.52
magnitra	0.81	154		SO4	5.58	magnitra	0.81	154		SO4	5.58
aminitra	1.14	144		P	1.90	aminitra	1.14	144		P	1.90
Calciumchlo	4.76	1193		H	8.71	Calciumchlo	4.76	1193		H	8.71
				OH	8.71					OH	8.71
H	8.71					H	8.71				
OH	8.71					OH	8.71				
Zuur	0.00					Zuur	0.00				
		l/m3			umol/l			l/m3			umol/l
Ijzorchelaat	19.04	0.48		Fe	19.04	Ijzorchelaat	19.04	0.48		Fe	19.04
Borax	38.08	1.52		B	38.08	Borax	38.08	1.52		B	38.08
Koper	1.59	1.06		Cu	1.59	Koper	1.59	1.06		Cu	1.59
Molybdeen	0.63	0.63		Mo	0.63	Molybdeen	1.27	1.27		Mo	1.27
Zink	3.17	0.86		Zn	3.17	Zink	1.27	0.34		Zn	1.27
Mangaansulf	12.69	1.27		Mn	12.69	Mangaansulf	12.69	1.27		Mn	12.69
01/02/2016						19/02/2016					
Recept voor tuin	<b>Tomaat B Referentie</b>					Recept voor tuin	<b>Tomaat B Referentie</b>				
EC	3.3					EC	3.3				
	mmol	ml/m3			mmol/l		mmol	ml/m3			mmol/l
Nitrakal	3.12	395		NH4	1.14	Nitrakal	3.12	395		NH4	1.14
Zwakal	5.58	1410		K	12.25	Zwakal	5.58	1410		K	12.25
BFK	2.47	561		Ca	6.95	BFK	2.47	561		Ca	6.95
baskal	6.23	614		Mg	3.05	baskal	6.23	614		Mg	3.05
res	0.00	0		NO3	15.23	res	0.00	0		NO3	15.23
calsal	4.41	941		Cl	5.08	calsal	4.41	941		Cl	5.08
magnitra	0.81	154		SO4	5.58	magnitra	0.81	154		SO4	5.58
aminitra	1.14	144		P	1.90	aminitra	1.14	144		P	1.90
Calciumchlo	2.54	636		H	8.71	Calciumchlo	2.54	636		H	8.71
0	0.00	0		OH	8.71	0	0.00	0		OH	8.71
H	8.71	0				H	8.71	0			
OH	8.71	0				OH	8.71	0			
Zuur	0.00	0				Zuur	0.00	0			
		l/m3			umol/l			l/m3			umol/l
Ijzorchelaat	19.04	0.48		Fe	19.04	Ijzorchelaat	19.04	0.48		Fe	19.04
Borax	38.08	1.52		B	38.08	Borax	38.08	1.52		B	38.08
Koper	1.59	1.06		Cu	1.59	Koper	1.59	1.06		Cu	1.59
Molybdeen	0.63	0.63		Mo	0.63	Molybdeen	1.27	1.27		Mo	1.27
Zink	3.17	0.86		Zn	3.17	Zink	1.27	0.34		Zn	1.27
Mangaansulf	12.69	1.27		Mn	12.69	Mangaansulf	12.69	1.27		Mn	12.69
01/02/2016						19/02/2016					
Recept voor tuin	<b>Tomaat C met Mfe</b>					Recept voor tuin	<b>Tomaat C met Mfe</b>				
EC	3.3					EC	3.3				
	mmol	ml/m3			mmol/l		mmol	ml/m3			mmol/l
Nitrakal	3.12	395		NH4	1.14	Nitrakal	3.12	395		NH4	1.14
Zwakal	5.58	1410		K	11.86	Zwakal	5.58	1410		K	11.86
BFK	2.18	495		Ca	6.95	BFK	2.18	495		Ca	6.95
baskal	6.36	627		Mg	3.05	baskal	6.36	627		Mg	3.05
res	0.00	0		NO3	15.23	res	0.00	0		NO3	15.23
calsal	4.41	941		Cl	5.08	calsal	4.41	941		Cl	5.08
magnitra	0.81	154		SO4	5.58	magnitra	0.81	154		SO4	5.58
aminitra	1.14	144		P	1.68	aminitra	1.14	144		P	1.68
Calciumchlo	2.54	636		H	8.71	Calciumchlo	2.54	636		H	8.71
				OH	8.54					OH	8.54
H	8.71					H	8.71				
OH	8.54					OH	8.54				
Zuur	0.16				0.16	Zuur	0.16				0.16
		l/m3			umol/l			l/m3			umol/l
		0.00						0.00			
Borax	38.08	1.52		B	38.08	Borax	38.08	1.52		B	38.08
Koper	1.59	1.06		Cu	1.59	Koper	1.59	1.06		Cu	1.59
Molybdeen	0.63	0.63		Mo	0.63	Molybdeen	1.27	1.27		Mo	1.27
Zink	6.35	1.72		Zn	6.35	Zink	6.35	1.72		Zn	6.35
Mangaansulf	12.69	1.27		Mn	12.69	Mangaansulf	12.69	1.27		Mn	12.69
C bak						C bak					
Mfe	19.04	38	g/m3	Fe	19.04	Mfe	19.04	38	g/m3	Fe	19.04

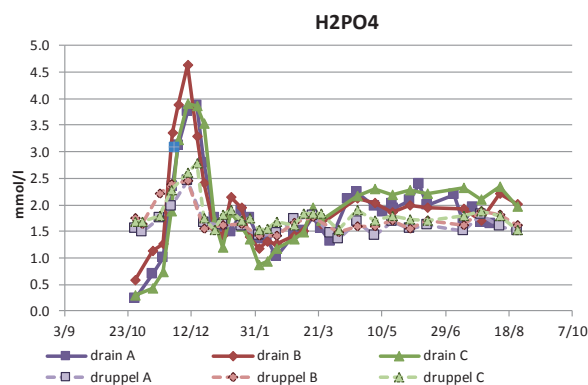
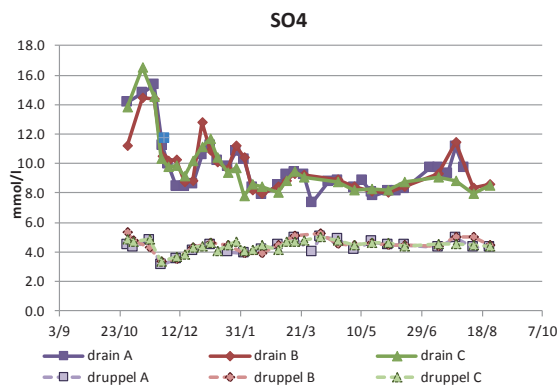
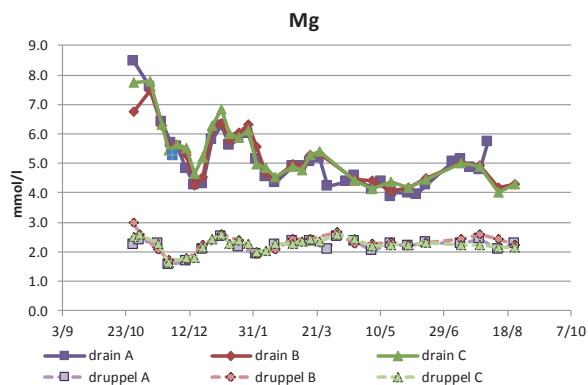
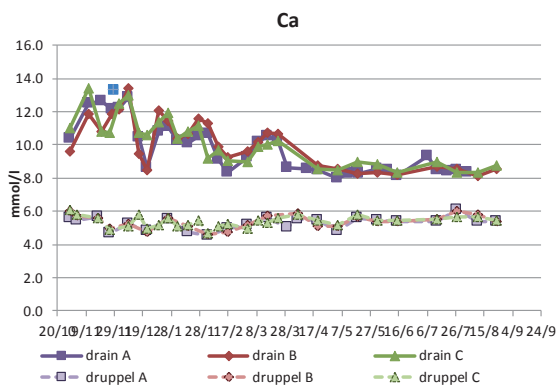
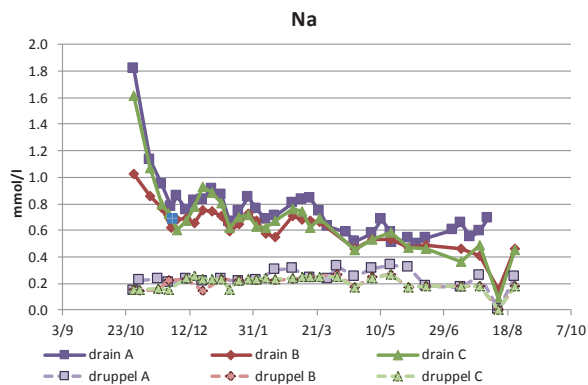
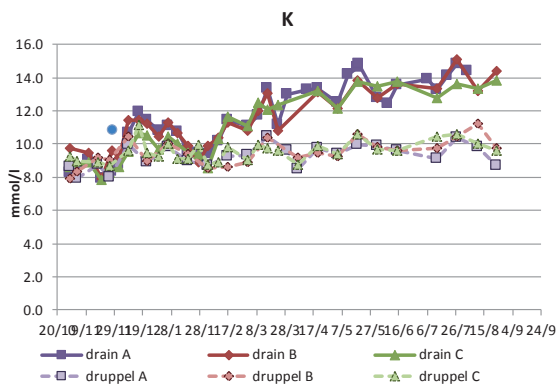




# Bijlage 2 Analyseresultaten

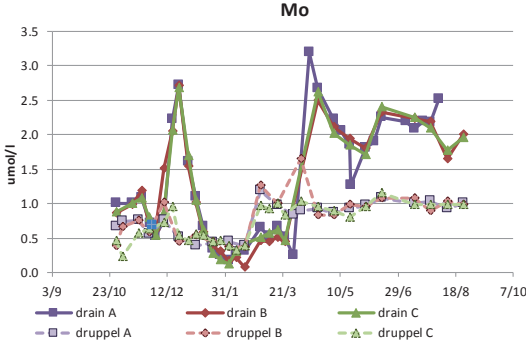
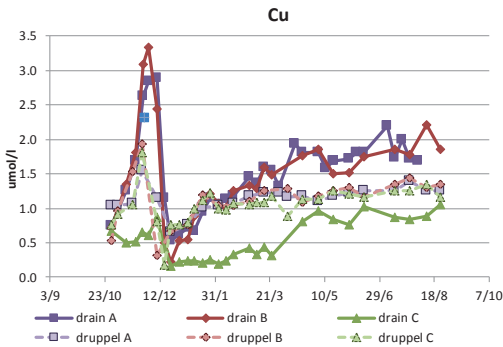
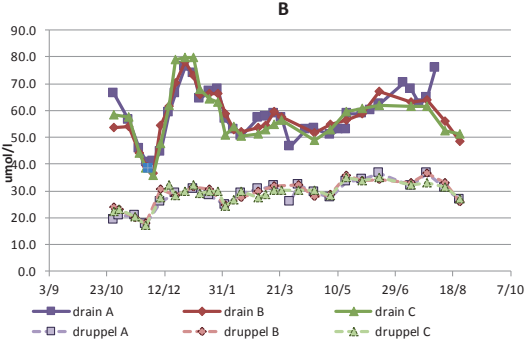
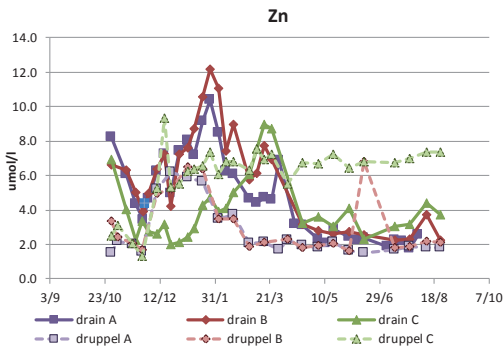
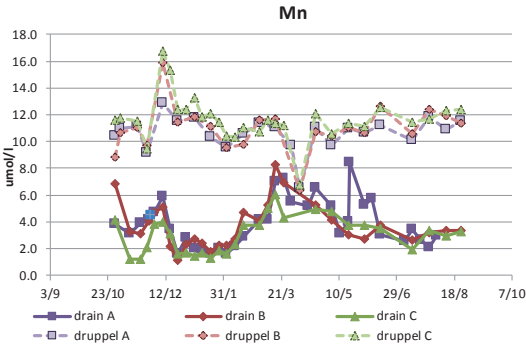
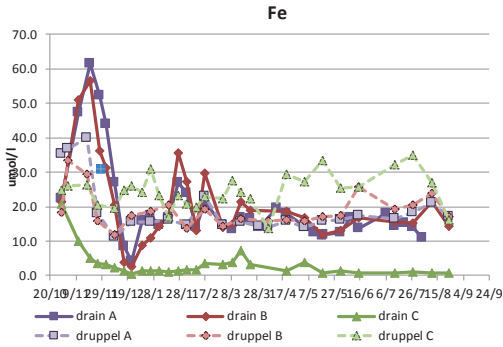
Analyseresultaten gecorrigeerd naar EC 3.8 ( drain ) en 2.8 ( druppelwater)

A Hoog Cl laag NO3  
B Referentie  
C Referentie + MicronutriFe

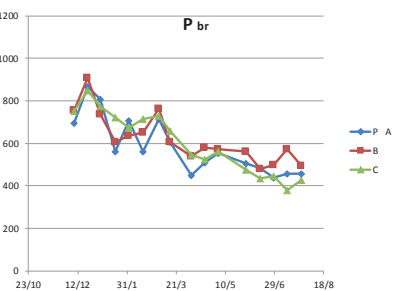
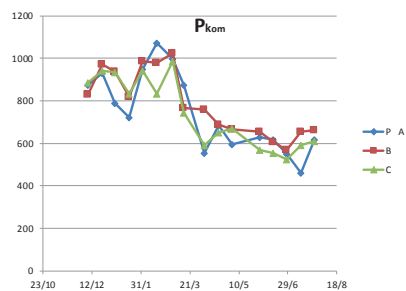
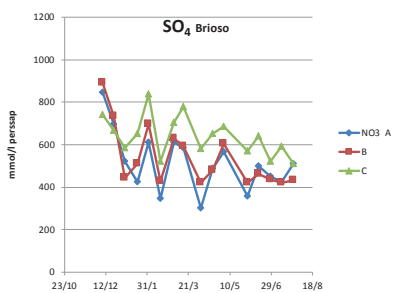
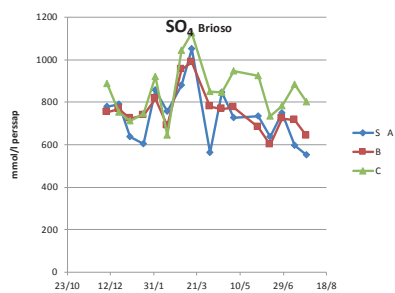
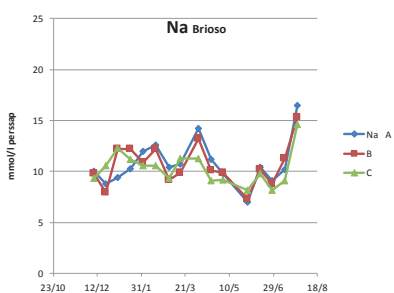
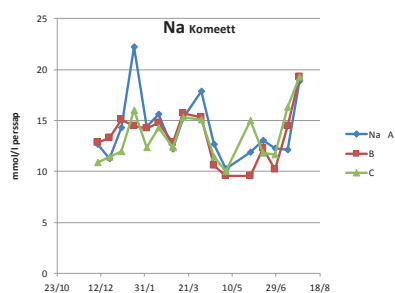
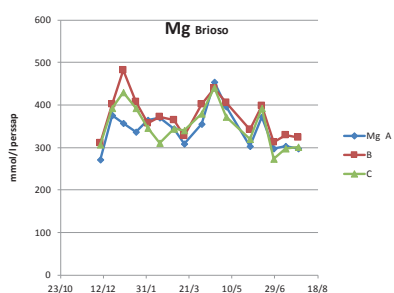
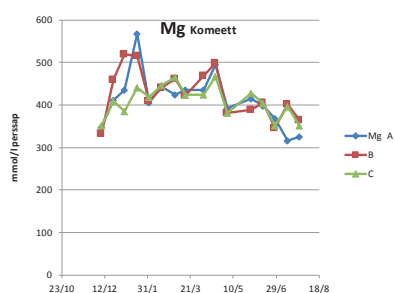
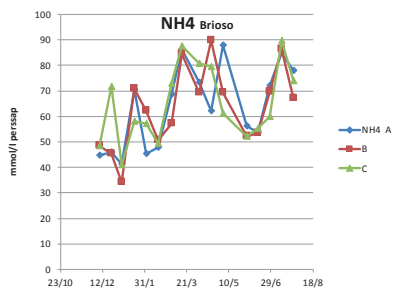
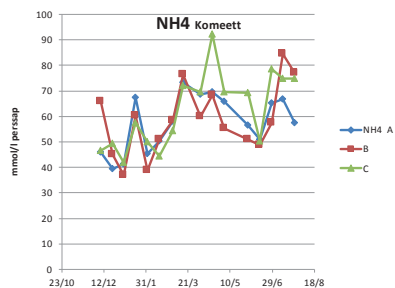


Analyseresultaten gecorrigeerd naar EC 3.8 ( drain) en 2.8 ( druppelwater)

- A Hoog Cl laag NO3
- B Referentie
- C Referentie + MicronutriFe

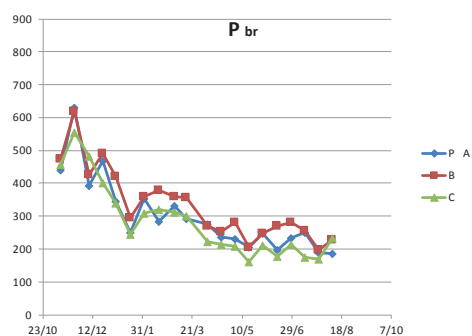
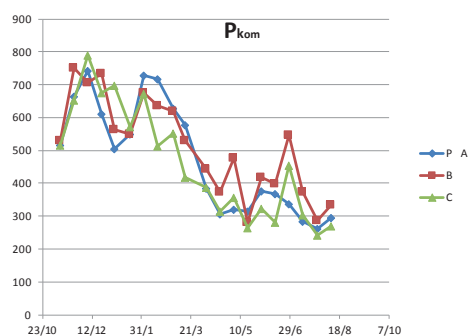
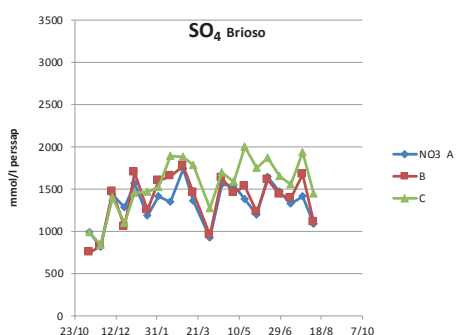
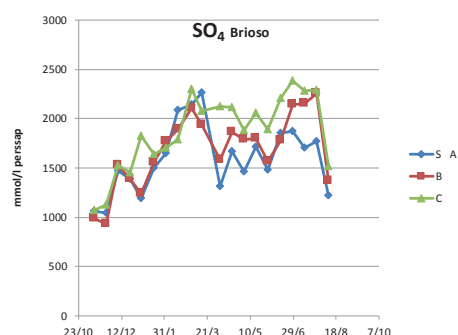
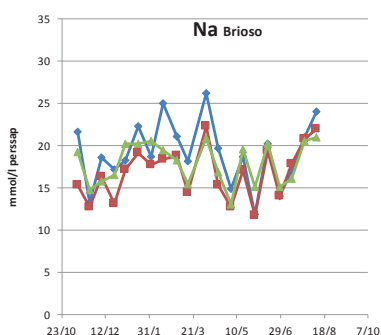
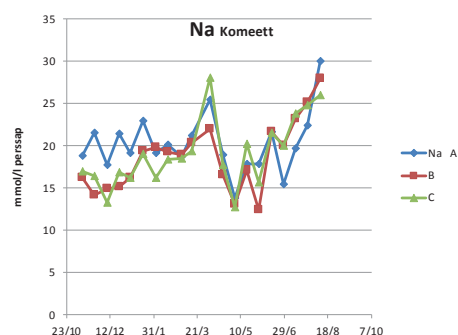
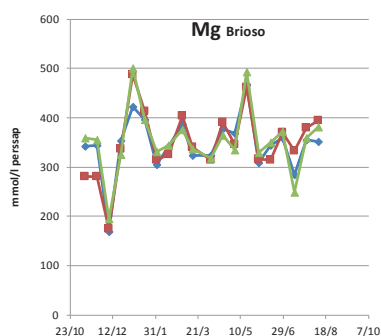
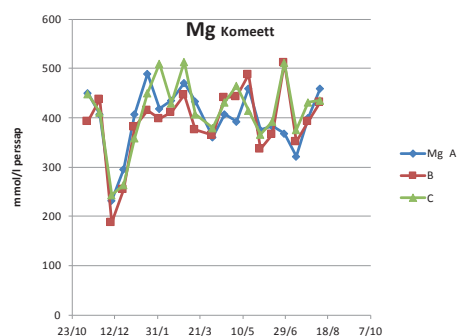
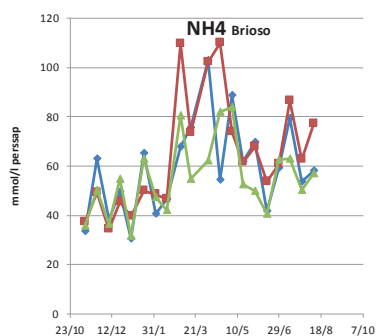
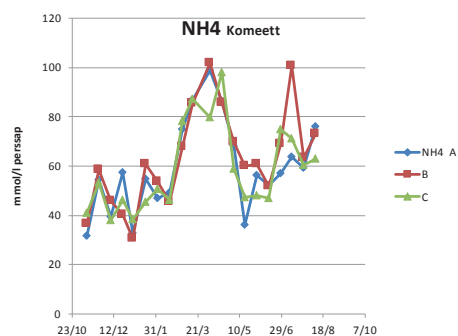


# Bijlage 3 Plantsapanalyses macro elementen jong blad





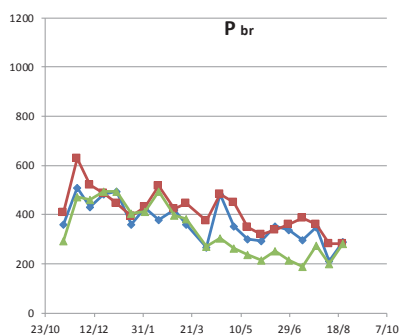
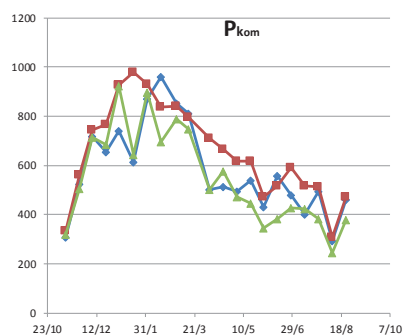
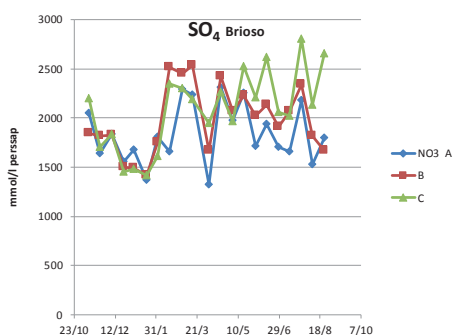
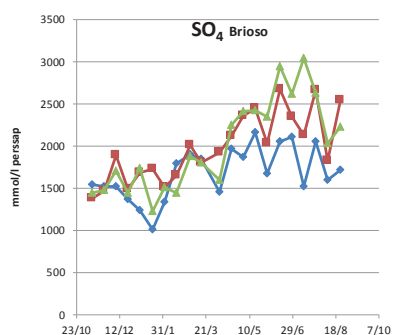
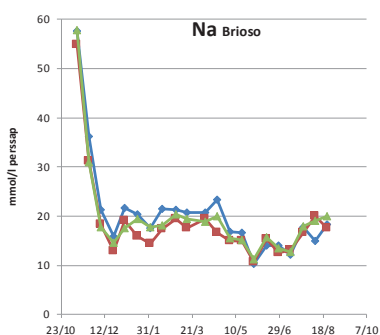
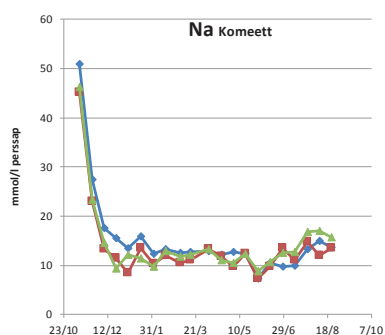
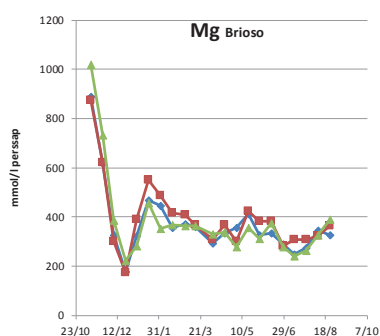
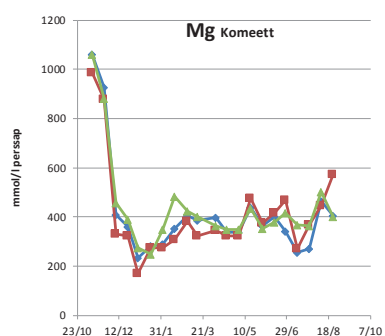
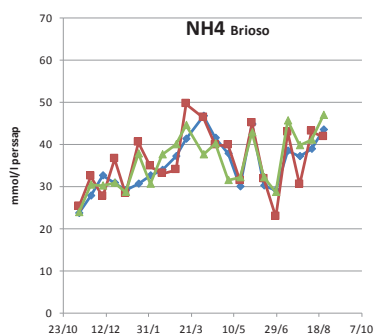
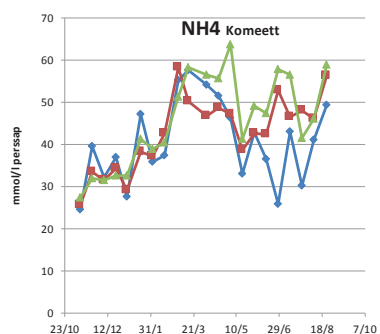
# Bijlage 4 Plantsap analyses volgroeid blad







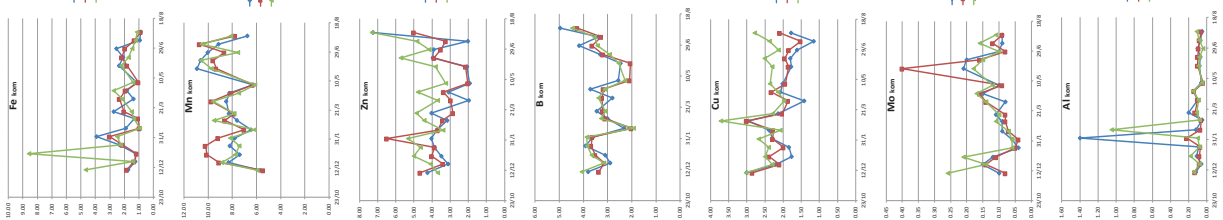
# Bijlage 5 Analyses plantsap oud blad



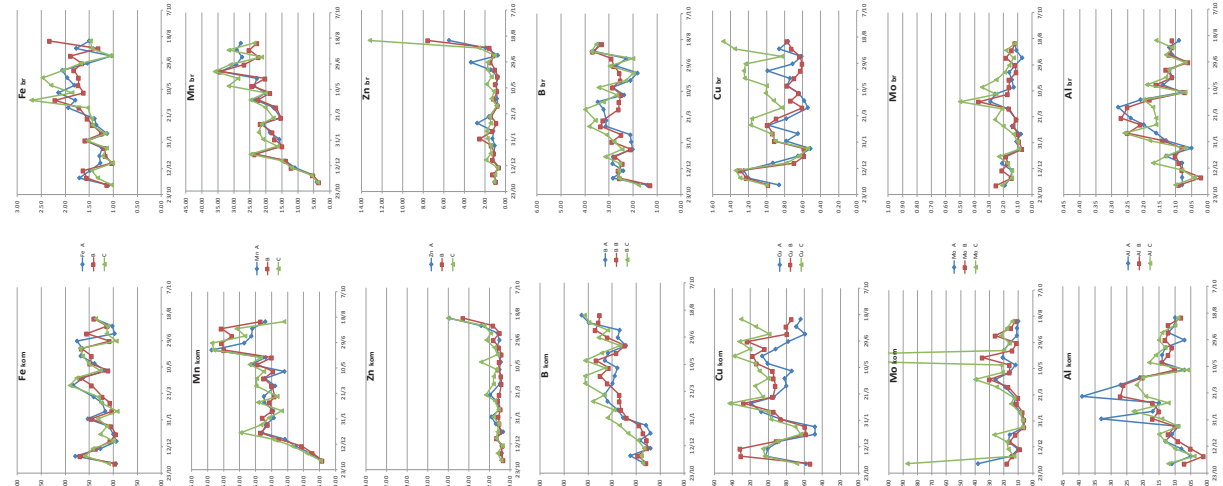


# Bijlage 6 Plantsapanalyses micro elementen

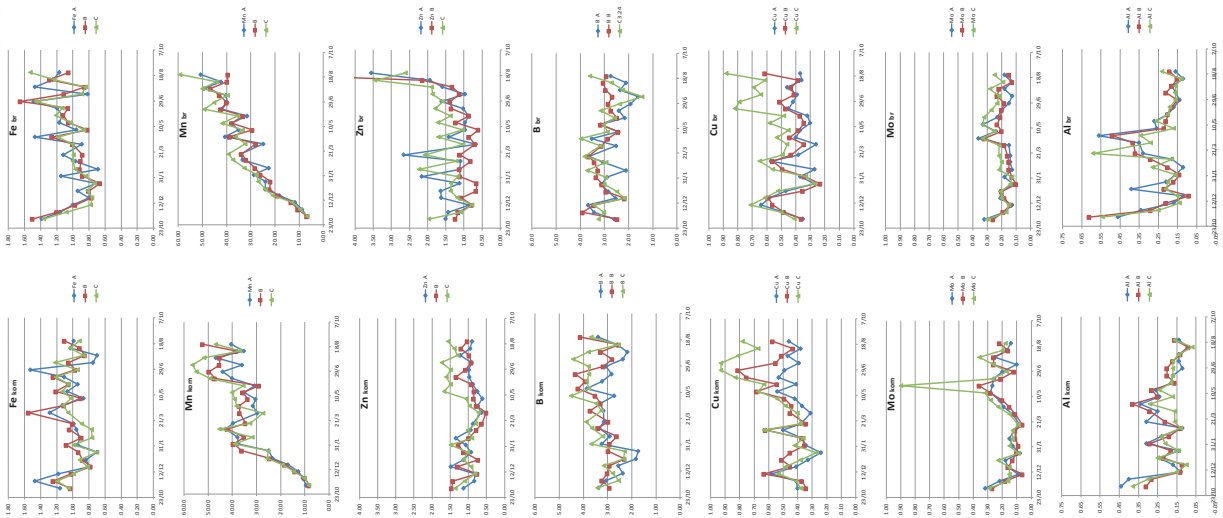
Jong blad



Volgroeid blad

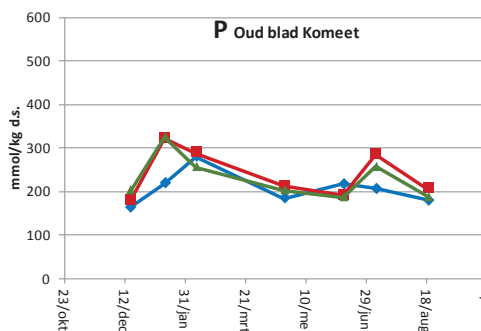
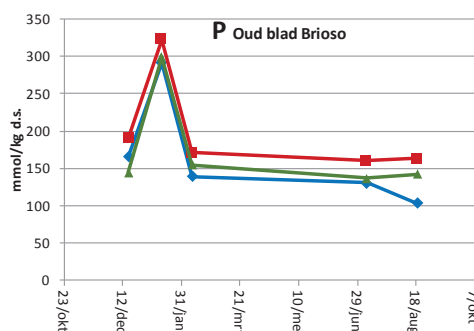
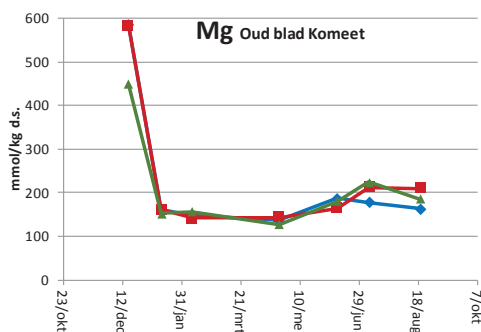
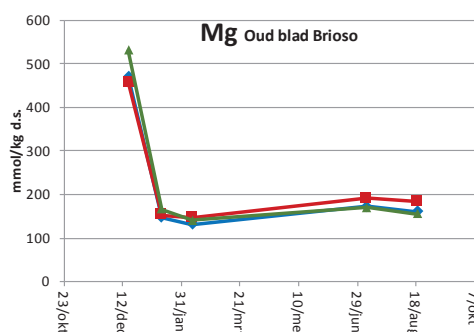
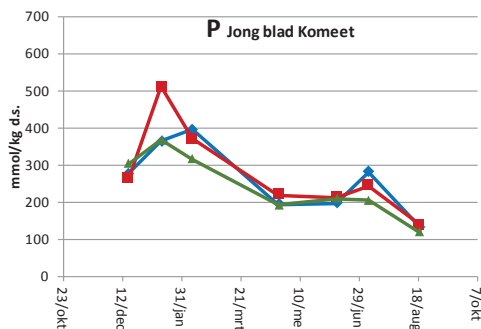
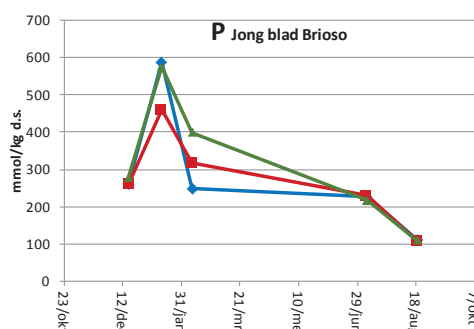
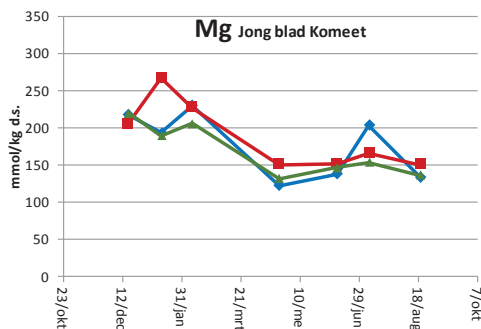
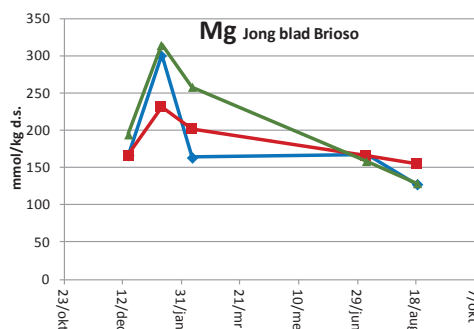


Oudblad



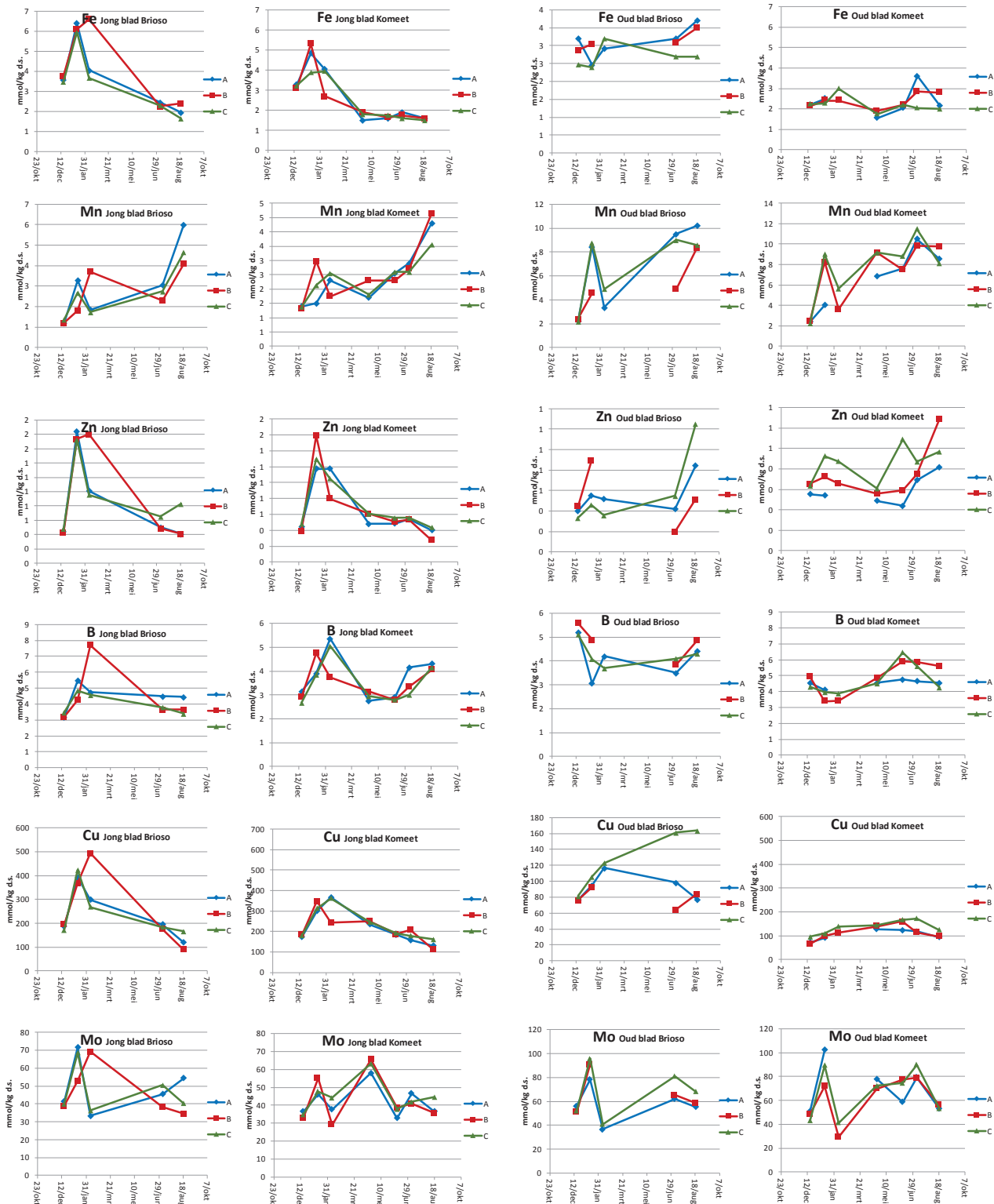


# Bijlage 7 Gewasanalyses droge stof





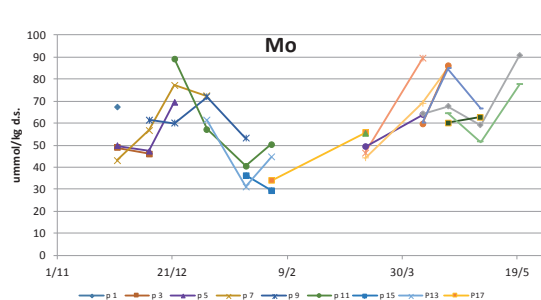
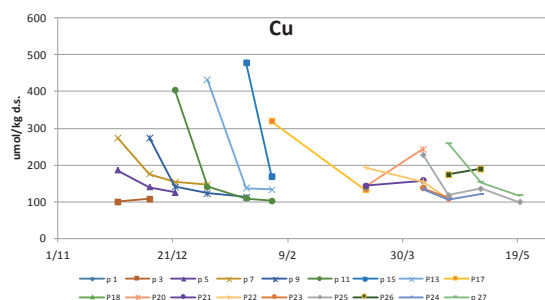
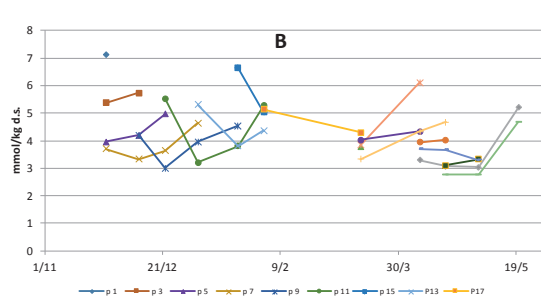
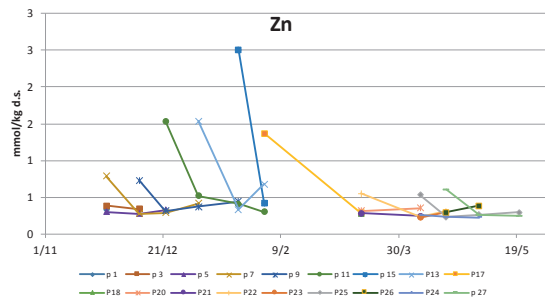
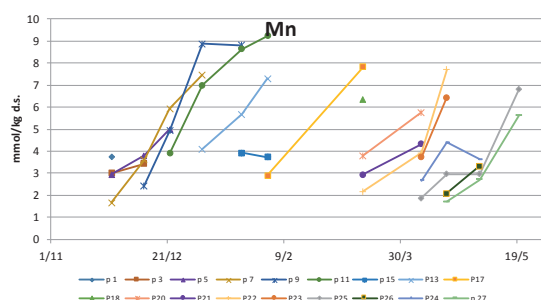
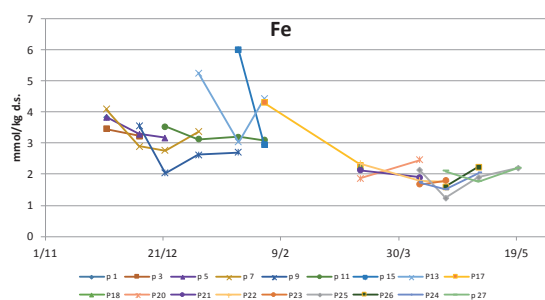
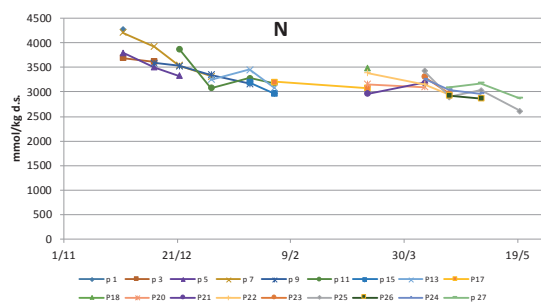
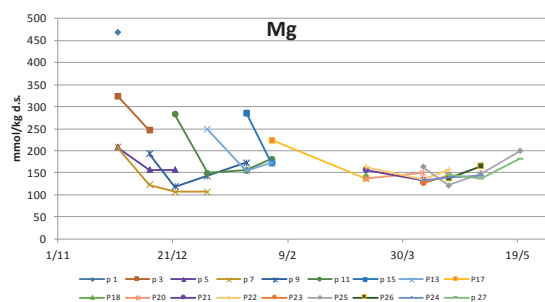
# Bijlage 8 Gewasanalyses droge stof micro elementen





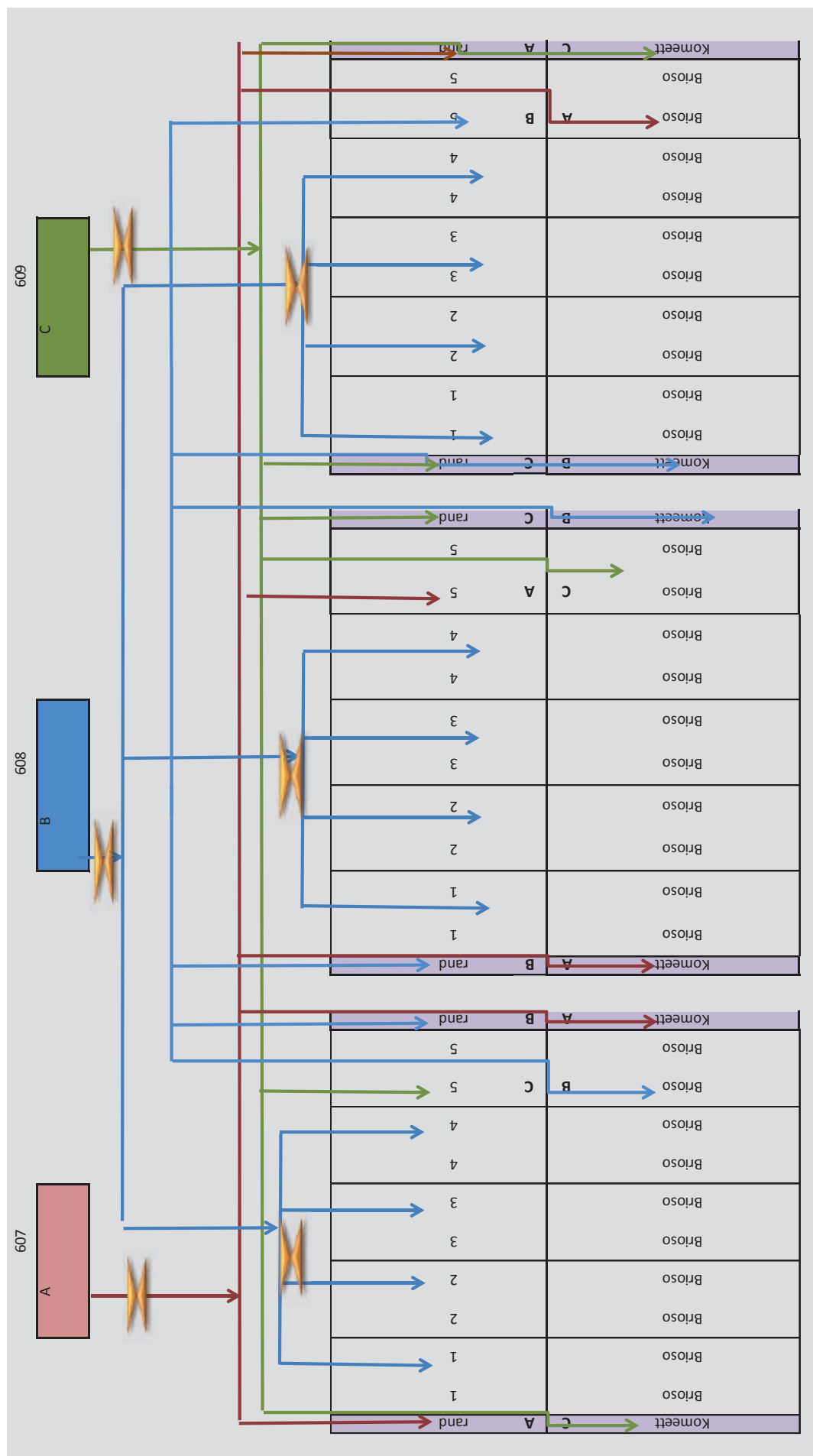


# Bijlage 9 Gewasgehalten volgroeid blad in de tijd





# Bijlage 10 Plattegrond kasafdelingen







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-831

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 10.000 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.