

Consultancy: Invloed tijdelijk lage nutriëntengehaltes

Pieter van Dalven

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving,
onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit
PPO nr. 3236151000/ PT nr. 14216.19
December 2012

© 2012 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. 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 DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO-Projectnummer: 32 361510 00
PT-Projectnummer: 14216.19

De bomen- en vaste plantensector investeert in dit project via het  Productschap **Tuinbouw**

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit

Adres : Postbus 85, 2160 AB Lisse
: Prof. Van Slogterenweg 2, 2161 DW Lisse
Tel. : +31 252 46 21 21
Fax : +31 252 46 21 00
E-mail : infobomen.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Samenvatting

Afzet uit de pot- en containerteelt is voor een groot deel bestemd voor de consumentenmarkt. Deze producten moeten visueel aantrekkelijk zijn en daarom is een goede plantkwaliteit heel belangrijk. Voor een goede groei moet de plant voldoende nutriënten ter beschikking hebben. Anderzijds kan de wortel bij te hoge zoutconcentraties schade oplopen.

Omdat pot- en containerteelt grotendeels plaatsvindt onder buitenomstandigheden, heeft het weer een belangrijke invloed op de teelt. In natte perioden treedt uitspoeling op. Dit wordt in de praktijk aangevuld door hogere mestgiften om een goede groei te behouden.

Het doel van dit literatuuronderzoek is om na te gaan in hoeverre tijdelijk (1 dag tot ca. 1 week) lage nutriëntengehaltes uiteindelijk een verminderde productkwaliteit geeft van houtige siergewassen. Hierbij wordt gefocust op stikstof als meest uitspoelingsgevoelige nutriënt. Als bemestingsmethode wordt uitgegaan van oplosbare meststoffen.

Er is een wisselwerking tussen bovengrondse groei, stikstofopname en wortelgroei. Tijdens sterke bovengrondse groei vindt nauwelijks stikstofopname plaats. De plant gebruikt dan reeds aangelegde stikstofvoorraden. Daarnaast leidt een tijdelijk stikstoftekort snel tot nieuwe wortelgroei. Hierdoor raakt de pot sneller doorworteld en zal beter bestand zijn tegen nieuwe stressomstandigheden (nutriënten- en of watertekort). Bovendien kan de plant na een tijdelijk stikstoftekort (enkele dagen) de opnamesnelheid van stikstof verhogen, zodat netto toch genoeg stikstof wordt opgenomen.

In deze studie is uitspoelonderzoek bestudeerd en de neerslagintensiteit onder Nederlandse weersomstandigheden geanalyseerd. Hieruit blijkt dat de kans klein is dat planten in een pot lang (> 4 dagen) te weinig stikstof tot hun beschikking hebben, als er in deze periode vanwege neerslag niet bemest wordt. Onder voorwaarde dat de planten buiten deze neerslagperioden van genoeg stikstof zijn voorzien, zal een tijdelijk laag stikstofniveau naar verwachting geen invloed hebben op de uiteindelijke gewaskwaliteit.

In de praktijk worden de planten in neerslagrijke perioden meestal snel van extra stikstof voorzien. Uit deze literatuurstudie blijkt hiervoor geen grote noodzaak. Toediening van een lage dosis gecontroleerd vrijkomende meststoffen aan het begin van de teelt in plaats van intensief bijmesten tijdens regenrijke periode kan extra zekerheid geven dat een gewas in deze regenrijke perioden toch van stikstof wordt voorzien.

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	3
1 INLEIDING	7
2 OPNAMEPROCES NUTRIËNTEN IN DE WORTELZONE.....	9
3 OPNAMEPATROON GEDURENDE HET SEIZOEN.....	11
4 INVLOED LAAG STIKSTOFGEHALTE.....	13
5 UITSPOELING	15
5.1 Proces van uitspoeling	15
5.2 Kans op uitspoeling door neerslag	16
6 DISCUSSIE EN CONCLUSIE	19
7 LITERATUURLIJST	21

1 Inleiding

Afzet uit de pot- en containerteelt is voor een groot deel bestemd voor de consumentenmarkt. Deze producten moeten visueel aantrekkelijk zijn en daarom is een goede plantkwaliteit heel belangrijk. Voor een goede groei moet de plant steeds voldoende nutriënten ter beschikking hebben. Anderzijds kan de wortel bij te hoge zoutconcentraties schade oplopen.

Omdat pot- en containerteelt grotendeels plaatsvindt onder buitenomstandigheden, heeft het weer een belangrijke invloed op de teelt; in natte perioden treedt uitspoeling op, dus een verlaging van de EC en in droge perioden kan de EC in de pot gemakkelijk oplopen.

Op dit moment wordt de EC bepaald door eens in de 4 tot 6 weken een potgrondmonster te nemen. Vooral bij het gebruik van snelwerkende meststoffen kan de situatie snel veranderen en hebben kwekers behoefte aan een frequenter (minimaal wekelijks, bij voorkeur dagelijks) inzicht in de voedingstoestand.

Vooraf bij het gebruik van oplosbare meststoffen in neerslagrijke perioden wordt er vaak regelmatig bijgemest om het gewas voldoende voeding te geven. Deze meststoffen spoelen echter ook weer makkelijk uit. Het is bekend dat lage bemestingsniveaus een minder optimale groei van de plant veroorzaakt. Het is echter de vraag hoe schadelijk tijdelijk (1 dag tot ca. 1 week) lage nutriëntengehaltes zijn voor de uiteindelijke productkwaliteit van houtige siergewassen. Op basis daarvan wordt duidelijk hoe snel gereageerd moet worden op dergelijke niveaus en of sensoren daarbij een nuttige signalerende functie kunnen vervullen.

Het doel van dit literatuuronderzoek is om na te gaan in hoeverre tijdelijk (1 dag tot ca. 1 week) lage nutriëntengehaltes uiteindelijk een verminderde productkwaliteit geeft van houtige siergewassen. Hierbij wordt gefocust op stikstof als meest uitspoelingsgevoelige nutriënt. Als bemestingsmethode wordt uitgegaan van oplosbare meststoffen.

2 Opnameproces nutriënten in de wortelzone

Alle noodzakelijke voedingsstoffen worden via de wortels opgenomen uit de bodemoplossing. De opname van nutriënten door de wortels wordt gereguleerd door de plant. Hoe hoger het stikstofaanbod, hoe meer opname. Zodra het gewas verzadigd is, wordt geen extra stikstof meer opgenomen. Nutriëntenopname is een actief fysiologisch proces voor de meeste elementen, wat tegelijk inhoudt dat het energie kost (Cabrera, 2011). Nutriënten worden makkelijk opgenomen bij een hoge EC. Bij een lage EC nemen wortels gemakkelijk water op (Heuvelink, 2007).

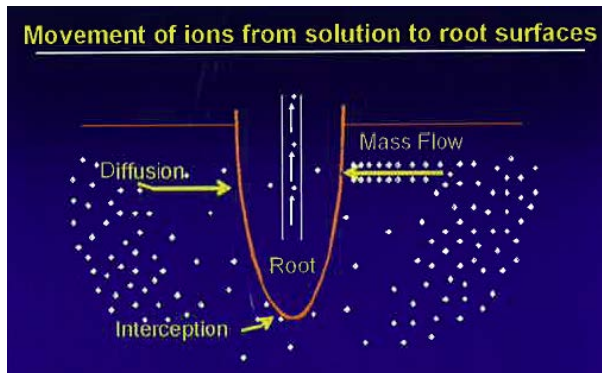
In de wortelzone zijn er een drietal routes te onderscheiden, die van belang zijn voor de opname (Figuur 1):

- Diffusie
- Massastroom
- Onderschepping door fysiek contact

Diffusie is een passief proces in een oplossing, waarbij opgeloste stoffen de neiging hebben om zich te verplaatsen van hoge naar lage concentraties.

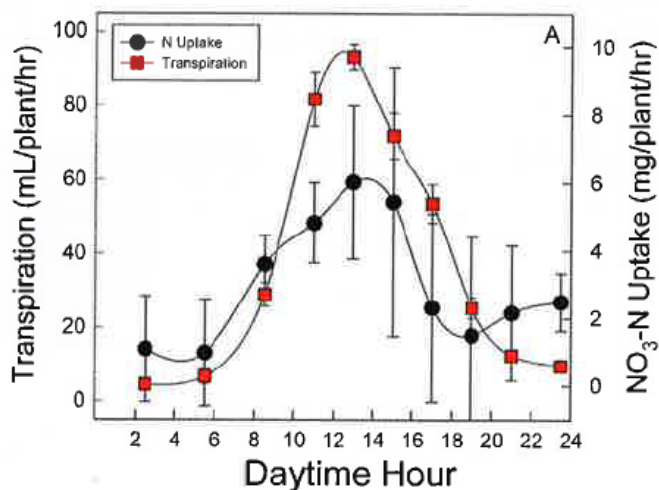
Bij massastroom stromen ionen mee met de waterstroom (bijv. bij beregening of bemesting met oplosbare meststoffen).

Doordat de wortel groeit, komt de wortelpunt in nieuwe gebieden, waarin zich hogere nutriëntenniveaus kunnen bevinden en opname plaatsvindt door onderschepping. (Cabrera, 2011)



Figuur 1. Schematische weergave van beweging van ionen in het bodemvocht rond een wortel (Bron: Cabrera, 2011).

Cabrera (2011) heeft bij kasrozen onderzoek gedaan naar het moment van opname van stikstof. Er bleek een duidelijke relatie te zijn met de wateropname voor verdamping. De stikstofopname liep redelijk synchroon met de verdamping van kasrozen, zie Figuur 2. De verdamping was maximaal tussen 10.00 en 15.00 uur; 's nachts was er geen verdamping. Dezelfde auteur (Cabrera, et al 1996) publiceerde in een eerder artikel dat de maximale stikstofopname steeds 4 tot 6 uur later na de maximale verdamping was. De minimale stikstofopname was tussen 8 tot 10 uur 's morgens, maar was niet nul. Het verschil tussen de minimale en maximale stikstofopname was een factor 2 tot 3.

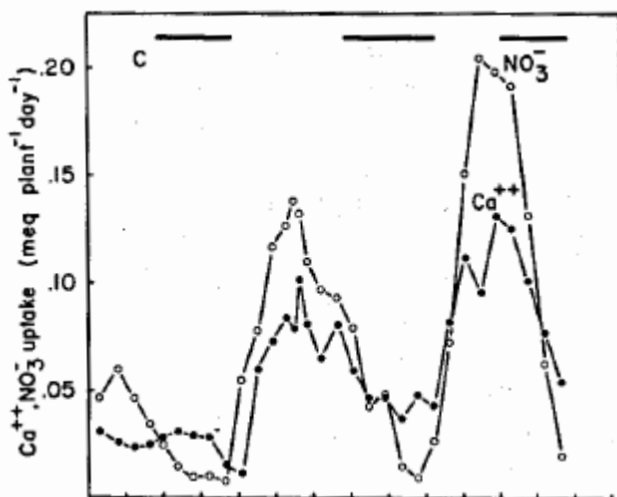


Figuur 2. Verloop van verdamping (transpiration) en opname van stikstof (N uptake) gedurende de dag bij kasrozen. Bron Cabrera, 2011.

3 Opnamepatroon gedurende het seizoen

In houtige gewassen loopt de stikstofopname in het algemeen niet parallel met de bovengrondse groei. Voor de eerste uitloop in het voorjaar wordt gebruikt gemaakt van stikstofvoorraden elders in de plant. Na het uitlopen wordt er volop stikstof opgenomen en opgeslagen in de bladeren. Bij bladverliezende soorten wordt dit in de herfst verplaatst naar de houtige delen. De voorraden kunnen in het voorjaar weer gebruikt worden (o.a. Cabrera, et al, 1995a).

Bij *Euonymus* is onderzoek gedaan naar de nutriëntenopname gedurende de groei. De ion-opname bleek afhankelijk te zijn van de groeifase. *Euonymus* heeft meerdere groeispruten: fasen van scheutgroei en knopvorming. Tijdens de fase van knopvorming is er wel wortelgroei, maar geen scheutgroei. Tijdens de scheutgroei was de opname van NO_3^- nihil, terwijl deze maximaal was op het moment dat de bovengrondse groei stilstond (Figuur 3). Vergelijkbare patronen waren te zien bij K^+ , Mg^{++} en Ca^{++} . Deze studie is gedaan onder geconditioneerde omstandigheden met lichtniveau's vergelijkbaar met de herfstperiode. In dit onderzoek wordt gesuggereerd dat er bij hogere lichtniveau's wellicht wel genoeg fotosyntheseproducten beschikbaar zijn voor zowel scheutgroei als nutriëntenopname. (Hershey en Paul, 1983).



Figuur 3. Opname van NO_3^- en Ca^{++} (meq per plant per dag) door *Euonymus* tijdens drie cycli van groei. De horizontale zwarte strepen bovenin de grafiek markeren de momenten van bovengrondse groei. Bron: Hershey en Paul, 1983.

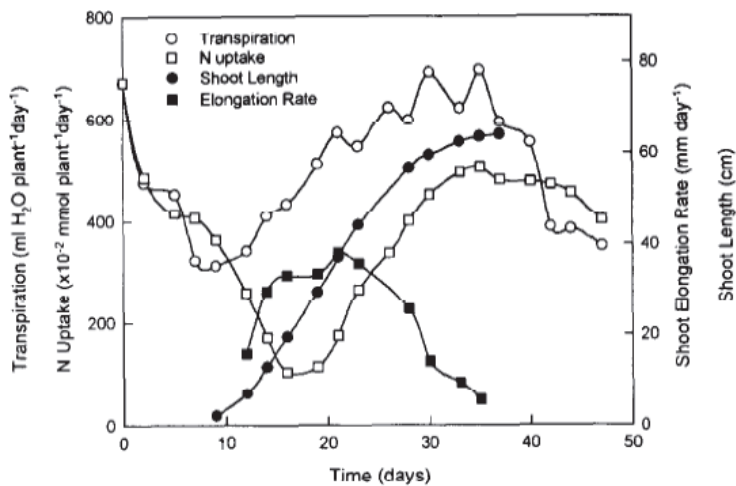
Bij *Liguster japonicum* is een vergelijkbaar beeld gevonden, namelijk van een cyclus waarin de wortelgroei en scheutgroei elkaar afwisselen. Bij scheutgroei stopte de wortelgroei, omdat de koolhydraten nodig waren voor de scheutgroei. Op een gegeven moment wordt stikstof beperkend, stopt de scheutgroei en worden meer koolhydraten verplaatst naar de wortels met wortelgroei en een hogere stikstofopname tot gevolg (Kuehny, et al, 1997).

Ook bij *Ilex crenata*, eveneens een gewas met een cyclische groei, is aangetoond dat stikstof vooral van belang is in de periode tussen twee scheutgroeiperioden. De planten in deze proef kregen in verschillende groeifasen een voedingsoplossing. Planten die in de periode tussen twee scheutgroeiperioden een stikstofbemesting kregen, hadden het grootste bovengrondsgewicht. Planten die wekelijks (5 keer) een voedingsoplossing gaven bovengronds geen betere groei dan planten die precies tussen de scheutgroeiperioden hun voeding kregen (2 of 3 keer). Daarbij was opmerkelijk dat de planten die het frequentst voeding kregen, de minste wortels hadden ontwikkeld. Blijkbaar raken planten hierdoor verwend en investeren ze minder in de aanmaak van wortels. Wel was het stikstofgehalte in de plant hoger na meerdere stikstofgiften (Gilliam en Wright, 1978).

Ook Mertens en Wright (1978) geven aan dat *Ilex crenata* de hoogste stikstofopname heeft als de lengtegroei gestopt is.

De nutriëntenopname door kasrozen blijkt eveneens een cyclisch patroon te volgen (Figuur 4). Zodra de nieuwe scheut begint met groeien, neemt de opname van N, P, K, Mg en Ca af en is het laagst als de scheutgroei het hoogst is. Zodra de scheutgroei over het hoogtepunt is, neemt de opname snel toe en is de opname het hoogst als de bloemen zich ontwikkelen. Na de oogst daalt de opname wel, maar blijft toch op een relatief hoog niveau. Zodra de nieuwe scheuten zich ontwikkelen, keldert de stikstofopname naar een dieptepunt. Ook hierbij is de verklaring dat tijdens de scheutgroei er minder energie beschikbaar is voor de wortels en dus voor nutriëntenopname (Cabrera, et al, 1995b). Tijdens de snelle scheutgroei bleek hooguit 16% van de benodigde stikstof voor de nieuwe scheuten door de wortels te worden opgenomen. De overige stikstofbehoefte werd vooral aangevuld vanuit de oude bladeren en de stengels en beperkter vanuit de wortels naar de nieuwe scheuten. Zodra de scheutgroei over het hoogtepunt heen is, wordt er zoveel stikstof opgenomen dat de nieuwe scheut genoeg stikstof krijgt en tegelijkertijd de tekorten in de overige delen worden aangevuld. De auteurs melden dat vergelijkbare effecten gevonden zijn in andere houtige gewassen, zoals kiwi, perzik en citrus (Cabrera, et al, 1995a).

Dit aangetoonde principe is volgens Cabrera (2011) aanwezig in alle meerjarige gewassen, ongeacht of ze een of meerdere groeiperioden per jaar hebben.



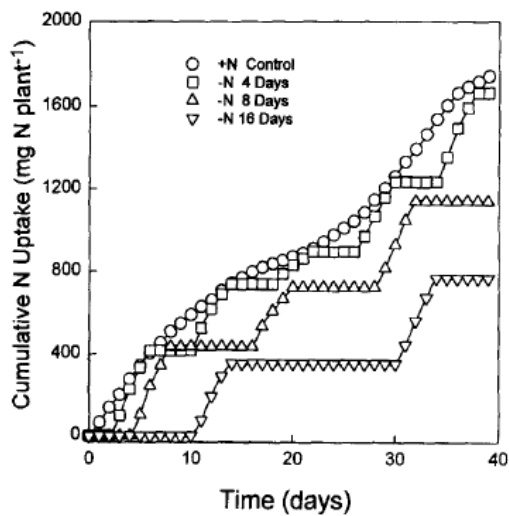
Figuur 4. Relatie tussen verdamping (transpiration), stikstofopname (N uptake), scheutlengte en groeisnelheid in een groeicyclus van kasroos. Bron: Cabrera, et al, 1995b.

4 Invloed laag stikstofgehalte

De beschikbaarheid van stikstof blijkt een grote invloed te hebben op de verdeling van de groei van het bovengronds of ondergrondse deel van de plant. Van der Werf en Nagel (1996) vonden bij *Allium porrum* zaailingen een sterke verandering in de ondergrondse groei als jonge planten plotseling van een goed stikstofniveau werden overgezet naar een zeer laag stikstofniveau. Tijdens de eerste 10 tot 15 dagen nam de groeisnelheid van de wortels sterk toe. Daarna nam het weer sterk af en was het minder dan bij de planten die steeds voldoende stikstof kregen. Bovengronds was er de eerste 5 tot 10 dagen weinig invloed op bovengrondse groei. Bij *Dactylis glomerata* (grassoort) halveerde de fotosynthese in een tijdspanne van 10 dagen zodra de wortels geen stikstof meer aangeboden kregen.

Stikstofopname kost relatief veel energie (tot 50% van het totale verbruik). Wanneer stikstof plotseling afwezig is (zoals na uitspoeling in pot- en containerteelt), kunnen de wortels geen stikstof opnemen en blijft er veel energie over. Deze energie kan dan aangewend worden voor nieuwe wortelgroei. Bij jonge theeplanten (*Camellia sinensis*) zijn deze effecten onderzocht. Wanneer planten plotseling geen stikstof meer kregen, nam het wortelgewicht (droge stof) in 15 dagen toe met 42%, terwijl bij een gelijkblijvend, normaal stikstofniveau het gewicht niet toenam. Bij het bovengronds drooggewicht was het effect omgekeerd: geen toename als de planten zonder stikstof kwamen en wel toename bij een doorgaande stikstofaanvoer. Pas na 15 dagen was er een effect van deze behandelingen te zien op de fotosyntheseactiviteit. Bij deze theeplanten bleek dat er veel meer energie in de wortelgroei is gestopt (factor 10), dan bespaard is door geen stikstofopname. Tegelijkertijd was er bovengronds geen biomassa bijgekomen. Dit doet vermoeden dat er ook koolhydraten uit het bovengrondse deel verplaatst worden naar de wortels. In dit onderzoek werden de eerste waarnemingen pas na 15 dagen gedaan. (Anandacoomaraswamy, et al, 2002).

In een ander experiment kregen kasrozen afwisselend wel of geen stikstof in hun voedingsoplossing. Rozen die afwisselend 4 dagen geen stikstof kregen, gevolgd door 4 dagen wel voldoende stikstof, bleken de stikstof veel efficiënter op te nemen, zodra het werd aangeboden. Aan het eind van de proef (60 dagen) hadden deze planten net zoveel stikstof opgenomen als planten die continue stikstof kregen aangeboden. Ook in de opbrengst en groei was er geen vermindering te zien. Zelfs afwisselend 8 dagen zonder stikstof en 4 dagen wel stikstof gaf geen betrouwbare vermindering van de opbrengst. Pas bij een schema van afwisselend 16 dagen zonder en 4 dagen met stikstof bleek de opbrengst met ca. 25% af te nemen. Er zijn aanwijzingen dat bij jonge planten een tijdelijk tekort wel gevolgen heeft voor de langere termijn. Oudere planten hebben de mogelijkheid om stikstofreserves elders in de plant te aan te spreken. (Cabrera, et al, 1996)



Figuur 5. Cumulatieve opname van stikstof in de tijd in kasrozen van planten die continue stikstof kregen (controle), afwisselend 4 dagen wel en 4 dagen (-N 4 days), 8 dagen (-N 8 days) of 16 dagen niet (-N 16 days). Bron: Cabrera, et al, 1996.

Ook in rogge bleek een tijdelijke afwezigheid van stikstof van 3 tot 11 dagen geen negatief effect te hebben op de uiteindelijke droge stofproductie (Clement, et al, 1979).

In 2008 is een proef uitgevoerd met de teelt van *Viburnum tinus*. In deze proef werd de watergift gestuurd op het gevoel, via een weegstelsel of via vochtsensoren, waarbij tegelijk met elke watergift oplosbare meststoffen werden toegediend. De watergift was leidend, met name in de behandelingen die gestuurd werden door een weegstelsel of vochtsensor. Als er voldoende water in de potten zat (in regenrijke perioden), werd er in de behandelingen met een weegstelsel of vochtsensor beperkt water en dus voeding gegeven. Pas in drogere perioden werd het voedingsgehalte via berekening weer aangevuld, waardoor deze behandelingen relatief veel minder voeding kregen. Uiteindelijk waren er geen duidelijke verschillen in de eindkwaliteit van de planten. (Van Dalfsen en Van Leijden, 2010) Hoewel de proef een ander doel had, geeft dit wel de aanwijzing dat het niet noodzakelijk is om in regenrijke perioden het voedingsniveau in de pot steeds aan te vullen.

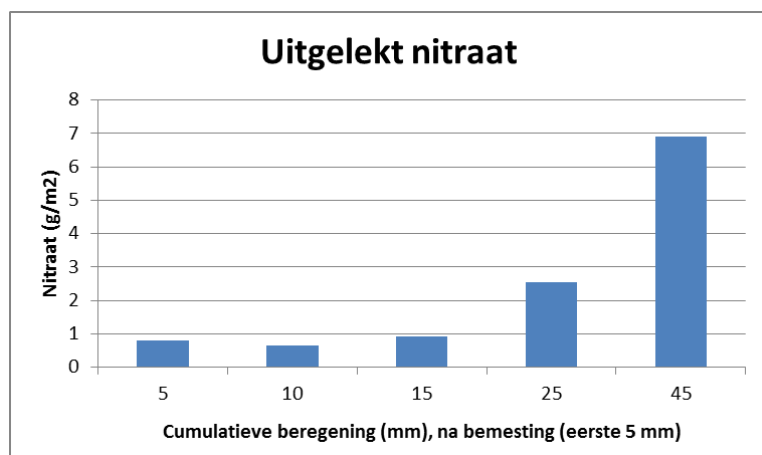
5 Uitspoeling

5.1 Proces van uitspoeling

Uitspoeling van nutriënten in de pot- en containerteelt treedt op als een pot meer water krijgt dan de potgrond kan vasthouden. Met name stikstof (kalium in mindere mate) is gevoelig voor uitspoeling. De fysische en chemische eigenschappen van het substraat spelen daarbij een rol. Als de neerslag in een hoge intensiteit valt, heeft het water minder tijd om goed in het substraat in te dringen. Via de grote poriën zal het dan snel onder uit de pot lopen. In het geval van overheadberegening is het advies om maximaal 10% van de potinhoud per gietbeurt te geven. Voor kleine potten (9 cm) zou dit neerkomen op een regenhoeveelheid van 6 mm, bij potten tussen 1,5 liter en 5 liter ca. 10 mm neerslag (Van Dalen, et al, 2010).

Uit uitspoelingsonderzoek door Van der Boon en Van Elk (1986) blijkt dat bij verzadigde potten alle neerslag als hoeveelheid uit de pot lekt. Afhankelijk van het type bovengrondse gewas en of de potten wel of niet helemaal verzadigd zijn, worden de eerste mm's neerslag gebufferd in het bovengrondse gewas en/of de potgrond. Als verzadigde potten een bijmestgift kregen van 5 mm (20 gram Kristalon 17+6+18 per m²), bleek het nitraatgehalte in het eerste lekwater wat hoger te zijn. Vermoedelijk stroomde dit water snel naar onder via de grotere kanalen en langs de potwand.

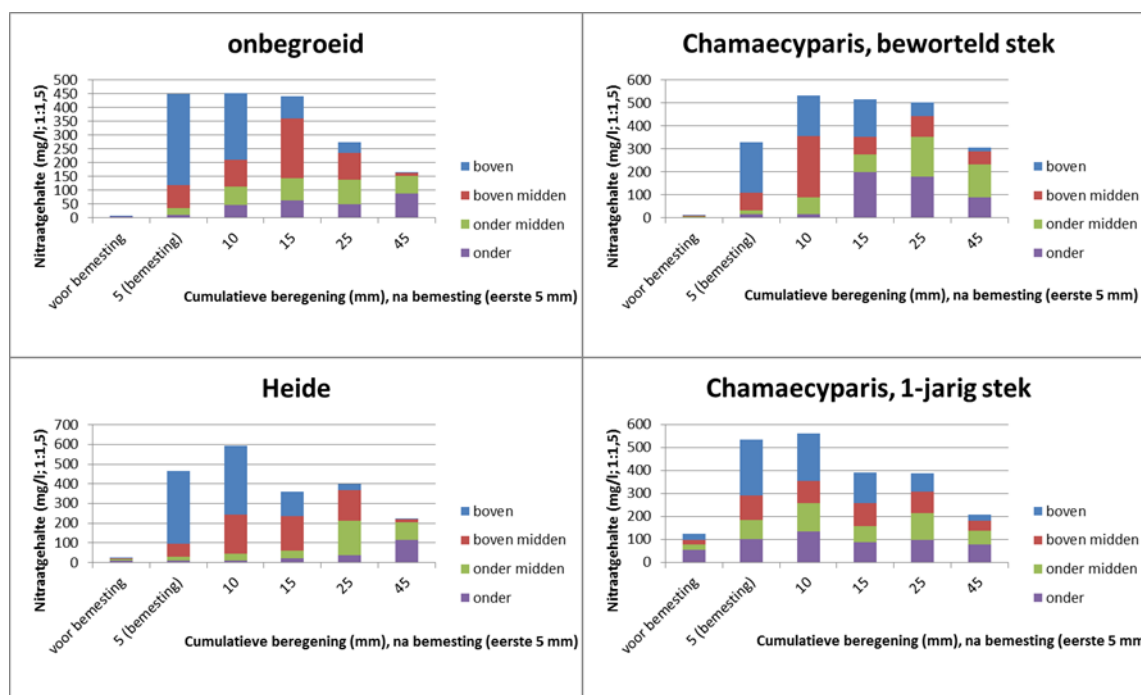
Vervolgens kregen de potten 5 mm beregening en werd het lekwater weer opgevangen. Na het uitlekken hiervan kregen de potten weer 5 mm, gevolgd door 10 mm en 20 mm. Tussen de beregeningen door kregen de potten gelegenheid om uit te lekken, waarna de volgende bui ingezet werd. Het opgevangen lekwater werd geanalyseerd op nitraatgehalte. In Figuur 6 is te zien dat na bemesting, gevolgd door beregening, er meer nitraat uitspoelt naarmate er meer beregend is. Gedurende de eerste 15 mm is de hoeveelheid nitraat nog beperkt. Daarna neemt het sterk toe. Tussen de buien door kreeg het water en de nutriënten even de tijd om zich enigszins te verdelen in de pot.



Figuur 6. Uitgelekt nitraat (g/m²) na een bemesting (eerste gift van 5 mm), gevolgd door cumulatieve beregeningen. De hoeveelheid uitgelekt nitraat is gemiddeld over een proef met 4 gewassen.

In dezelfde proef is ook het nitraatgehalte bepaald op verschillende niveau's in de pot. De pothoogte werd in vieren verdeeld (per 2-2,5 cm), waarna in elk deel het nitraatgehalte werd bepaald. De verdeling van het nitraat is te zien in Figuur 7. Voor de bemesting (relatief hoge EC) bevatten de potten nauwelijks nitraat. Na een bemesting is het nitraatgehalte het hoogst in het bovenste deel. Bij sommige gewassen (beworteld stek *Chamaecyparis* en heide), nam het totaal nitraatgehalte nog toe na de eerste 5 mm regen. Dit is waarschijnlijk nog uit de voedingsoplossing die in het bovengrondse gewas was blijven hangen. Na opeenvolgende regenbuien is te zien dat het nitraat zich verplaatst naar onderen. Na 10 tot 20 mm regen neemt het totaal nitraatgehalte af, omdat er uitspoeling optreedt.

Na 40 mm regen was er in deze proef nog steeds nitraat in de pot aanwezig, duidelijk meer dan voor de bemesting. (Van der Boon en Van Elk, 1986)



Figuur 7. Verdeling van nitraatgehalte in potgrond, voor bemesting, na bemesting en na opeenvolgende kunstmatige regenbuien bij 3 gewassen en onbegroeide potten.

5.2 Kans op uitspoeling door neerslag

In hoofdstuk 4 is naar voren gekomen dat een houtig gewas ook in de groeiperiode enkele dagen met weinig of geen stikstof toe kan. Paragraaf 5.1 liet zien dat na 10 tot 20 mm neerslag er nitraat uitspoelt in de pot- en containerteelt. Op basis van deze bevindingen is een korte verkenning gedaan naar het risico op uitspoeling in het groeiseizoen door herhaaldelijke neerslag. De neerslaggegevens van het KNMI-station Den Bilt¹ in de periode 2003 tot 2012 in de maanden april tot september zijn hiervoor als referentie genomen. Uit Tabel 1 blijkt dat het in de bewuste periode gemiddeld 3,5 keer per groeiseizoen voorkwam dat er op 1 dag meer dan 20 mm neerslag viel. Een neerslaghoeveelheid van meer dan 40 mm per dag kwam gemiddeld maar 0,5 keer voor (te vertalen als gemiddeld eens per 2 jaar). Een neerslagsom van meer dan 40 mm, verdeeld over 4 dagen kwam gemiddeld 5 keer per groeiseizoen voor. In juli 2011 werd de grootste neerslagsom per 4 dagen gemeten, namelijk ruim 112 mm neerslag.

Tabel 1. Analyse van grotere neerslagsommen in Den Bilt tussen 2003 en 2012 (meer dan 20, 30 of 40 mm in 1, 2 of 4 dagen).

	per dag	per 2 dagen	per 4 dagen
Aantal keer per seizoen > 20 mm	3.5	10.1	27.6
Aantal keer per seizoen > 30 mm	0.9	3.2	11.3
Aantal keer per seizoen > 40 mm	0.4	1.5	5.2
Maximum (mm)	58.9	63.2	112.9

¹ <http://www.knmi.nl/klimatologie/daggegevens/selectie.cgi>

In bovenstaande tabel kan het voorkomen dat er in een periode van 4 dagen op 2 dagen deze neerslag valt en op de andere dagen water verdampt. Daarom is ook beoordeeld hoe vaak het voorkomt dat het op achtereenvolgende dagen meer dan 10 mm per dag regende. Het bleek in de tienjarige periode nooit te zijn voorgekomen dat het 4 dagen achterelkaar meer dan 10 mm per dag regende. En alleen in 2005 regende het 3 dagen opeenvolgend meer dan 10 mm per dag. Regenrijke weken, namelijk afwisselend een flinke bui van meer dan 10 mm neerslag, gevolgd door 1 of 2 dagen weinig neerslag kwamen wat vaker voor (Tabel 2). Het jaar 2007 kende de meeste regenweken, namelijk 4 per groeiseizoen.

Tabel 2. Aantal weken per groeiseizoen waarin 3 of meer dagen per week > 10 mm/dag neerslag viel (Locatie Den Bilt).

Jaar	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	gem
Aantal	0	1	3	0	4	0	0	1	2	1	1,2

6 Discussie en conclusie

In de literatuur is gezocht naar het effect van tijdelijk lage nutriëtniveaus op de groei van boomkwekerijgewassen. Er is internationaal veel onderzoek gedaan naar de nutriëntenbehoefte van boomkwekerijgewassen, maar hierbij kreeg het gewas heel vaak een continu aanbod van nutriënten op diverse niveau's. Toch zijn er een aantal interessante publicaties gevonden, die relevant zijn. Dit zijn deels resultaten uit boomkwekerijgewassen, maar ook andere gewassen, zoals kasrozen en grassen. Volgens Cabrera (2011) zijn de resultaten over de stikstofopname en -benutting van toepassing op veel meerjarige gewassen.

Er is een wisselwerking tussen bovengrondse groei, stikstofopname en wortelgroei.

Relatie bovengrondse groei en stikstofopname

Zowel bovengrondse groei als stikstofopname kost relatief zoveel energie, dat beide processen in het algemeen in meerjarige gewassen niet gelijktijdig, maar meer na elkaar plaatsvinden. Zodra een nieuw schot wordt gevormd, wordt er nauwelijks stikstof opgenomen. Na het hoogtepunt van de scheutvorming neemt de stikstofopname wel sterk toe.

Tijdens de scheutgroei is de stikstofvraag zo groot, dat de wortels dit niet kunnen opnemen. Bijvoorbeeld bij kasrozen bleek de stikstofopname tijdens de scheutgroei slechts 16% van de totale stikstofbehoefte te dekken; de overige stikstof werd onttrokken uit andere delen van de plant (bestaande bladeren, stengels en deels wortels). Er zijn wel verschillende patronen gevonden. Soms was er alleen relevante stikstofopname alleen als de scheutgroei helemaal stilstond (o.a. *Euonymus* en *Liguster*). Bij kasroos begon de stikstofopname al als het hoogtepunt van de scheutgroei achter de rug was. Dit zou een gewasverschil kunnen zijn, maar ook een verschil in omstandigheden. Het onderzoek bij *Euonymus* en *Liguster* werd namelijk onder wat lagere lichtniveau's gedaan, waardoor er relatief minder koolhydraten uit de fotosynthese beschikbaar komen om de benodigde energie te leveren.

Consequenties voor de pot- en containerteelt:

- De stikstofbehoefte vertoont dus een golfpatroon tijdens het groeiseizoen met als gevolg dat een continu hoog stikstofaanbod niet noodzakelijk is. Het is de vraag of dit een op een vertaald kan worden naar de groei in een grote partij planten. Het kan zijn dat individuele planten niet volledig synchroon groeien, waardoor het netto toch nodig is om continu voldoende voeding aan te bieden.
- Omdat een plant tijdens nieuwe scheutvorming moet teren op reeds aangelegde stikstofvoorraden, is het verstandig om planten in perioden van stikstofopname ruim voldoende stikstof te geven. De planten nemen dan meer op dan strikt noodzakelijk. Met deze voorraden kan de plant vermoedelijk magere perioden makkelijker overbruggen.

Relatie stikstofopname en wortelgroei

Zoals eerder aangehaald, kost stikstofopname relatief veel energie. Als er geen of weinig stikstof aanwezig is, heeft de plant energie over. Uit diverse experimenten blijkt dat de plant in zo'n situatie binnen enkele dagen reageert met versnelde wortelgroei. De wortels komen hierdoor in nieuwe zones terecht met kans op hogere voedingsniveaus. Afhankelijk van de situatie kan er aanvullend koolhydraten vanuit het bovengrondse deel toegevoerd worden voor meer wortelgroei. Uit metingen blijkt dat dit proces geen bovengrondse groei hoeft te kosten, mits het niet te lang duurt (< 15 dagen) en de plant voldoende reserves heeft.

Consequentie voor de pot- en containerteelt:

- Tijdelijk stikstoftekort leidt snel tot nieuwe wortelgroei. Hierdoor raakt de pot sneller doorworteld en zal beter bestand zijn tegen nieuwe stressomstandigheden (nutriënten- en of watertekort).

Invloed van tijdelijk lage nutriëtniveaus

Bij afwisselend wel of geen stikstof kan de plant de opnamesnelheid verhogen bij aanbod van wel stikstof.

Regelmatig enkele dagen een laag stikstofniveau had dan geen negatief effect op de opbrengst van kasrozen (een intensieve teelt). Zelfs in de periode van een hoge stikstofbehoefte (na de maximale scheutgroei), was er geen negatief effect.

Consequentie voor de pot- en containerteelt:

- Zo nu en dan een tijdelijk stikstoftekort leidt snel tot nieuwe wortelgroei. Hierdoor raakt de pot sneller doorworteld en zal beter bestand zijn tegen nieuwe stressomstandigheden (nutriënten- en of watertekort).
- Na een tijdelijk stikstoftekort (enkele dagen) kan de plant de opnamesnelheid van stikstof verhogen, zodat netto toch genoeg stikstof wordt opgenomen.

Invloed van neerslag op lage stikstofniveau's

Door neerslag treedt uitspoeling van nitraat op. Uit uitspoelingsonderzoek blijkt dat door neerslag de hoeveelheid nitraat het eerst afneemt in de bovenste laag en tegelijk stijgt in lagere delen. De onderste laag behoudt het langst de nitraat. Dit is ook de zone met de meeste wortels. Pas na een neerslagsom van ca. 40 mm in een of enkele dagen met tussentijds weinig gewasverdamping mag verwacht worden dat de nitraathoeveelheid in de pot nihil is (afhankelijk van het containervolume). Uit de analyse van neerslaggegevens in Den Bilt, blijkt dat dit relatief niet heel vaak voorkomt. Bijv. meer dan 40 mm per 4 dagen kwam gemiddeld 5 keer per groeiseizoen voor, waarbij de invloed van tussentijdse gewasverdamping niet meegerekend is. Regenrijke weken (3 dagen per week meer dan 10 mm per dag) komen nog minder vaak voor. In afgelopen 10 jaar gemiddeld 1,2 keer per jaar en hooguit 4 keer per jaar.

Consequentie voor de pot- en containerteelt:

- Op basis van uitspoelingsonderzoek en globale analyse van neerslagpatronen in het groeiseizoen zal het normaliter slechts enkele keren per groeiseizoen voorkomen dat de wortels enkele dagen weinig stikstof tot hun beschikking hebben als er tussentijds niet bijbemest is. Bij tussentijds bijbemesten wordt tegelijkertijd water toegediend, terwijl dit niet gebufferd kan worden in de potgrond.

Uit bovenstaande kan geconcludeerd worden dat tijdelijk lage nutriëntengehaltes in de pot- en containerteelt hoogstwaarschijnlijk geen invloed zullen hebben op de uiteindelijke gewaskwaliteit. Onder Nederlandse weersomstandigheden is de kans klein dat planten in een pot lang (> 4 dagen) geen stikstof tot hun beschikking hebben, als er in deze periode vanwege neerslag niet bemest wordt. Uitgangspunt hierbij is dat de planten buiten deze neerslagperioden van genoeg stikstof zijn voorzien. In de praktijk worden de planten in neerslagrijke perioden meestal snel van extra stikstof voorzien. Uit deze literatuurstudie blijkt hiervoor geen grote noodzaak. Toediening van een lage dosis gecontroleerd vrijkomende meststoffen aan het begin van de teelt in plaats van intensief bijmesten tijdens regenrijke periode kan dan zekerheid geven dat een gewas in deze slechte perioden van aanvullende stikstof wordt voorzien.

Het verdient aanbeveling om deze conclusie onder praktijkomstandigheden te bevestigen. Een kweker kan vrij eenvoudig tijdens regenrijke perioden enkele tray's afdekken of weghalen als er toch bemest wordt en aan het eind van het groeiseizoen het effect op de gewaskwaliteit beoordelen.

7 Literatuurlijst

- Anandacoomaraswamy, A., W.A.J.M. De Costa, P.L.K. Tennakoon en A. van der Werf (2002): The physiological basis of increased biomass partitioning to roots upon nitrogen deprivation in young clonal tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntz). *Plant and Soil* 238:1-9.
- Boon, J. van der en B.C.M. van Elk (1986): Uitspoelingsverliezen bij teelt van boomkwekerijgewassen in pot. Rapport 1-86. Instituut Bodemvruchtbaarheid.
- Cabrera, R.I., R.Y. Evans en J.L. Paul (1995a): Nitrogen partitioning in rose plants over a flowering cycle. *Scientia Horticulturae* 63:67-76.
- Cabrera, R.I., R.Y. Evans en J.L. Paul (1995b): Cyclic nitrogen uptake by greenhouse roses. *Scientia Horticulturae* 63:57-66.
- Cabrera, R.I., R.Y. Evans en J.L. Paul (1996): Enhancement of short-term nitrogen uptake by greenhouse roses under intermittent N-deprivation. *Plant and Soil* 179:73-79.
- Cabrera, R.I. (2011): Enhancing fertilization efficiency. *American Nurseryman*, march 2011, p. 12-15.
- Clement, C.R., L.H. Jones en M.J. Hopper (1979): Uptake of nitrogen from flowing nutrient solution: effect of terminated and intermittent nitrate supplies. In *Nitrogen Assimilation of Plants*, p 123-133. Academic Press, London, UK.
- Dalfsen, P. van, A.A. Pronk en T. Aendekerk (2010): Zicht op de watergift in pot- en containerteelt; efficiënt watergeven voor een optimale groei. Brochure Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lisse.
- Dalfsen, P. van, en J. van Leijden (2010): Automatisering vochtvoorziening in pot- en containerteelt. Rapportage project 32 360593 00. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lisse
- Gilliam, C.H. en R.D. Wright (1978): Timing of fertilizer application in relation to growth flushes of 'Helleri' Holly (*Ilex crenata* Thunb.). *HortScience* 13(3):300-301.
- Hershey, D.R. en J.L. Paul (1983): Ion absorption by a woody plant with episodic growth. *HortScience* 18(3):357-359.
- Heuvelink, E. (2007): Verschillende EC tijdens dag en nacht kan gunstig uitpakken. *Onder Glas* 10:21-23.
- Kuehny, J.S., W.B. Miller en D.R. Decoteau (1997): Changes in carbohydrate and nitrogen relationships during episodic growth of *Ligustrum japonicum* Thunb. *Journal of American Society of Horticultural Science* 122:634-641.
- Mertens, W.C. en R.D. Wright (1978): Root and shoot growth rate relationships of two cultivars of Japanese holly. *Journal of American Society of Horticultural Science* 103:722-724.
- Werf, A. van der en O.W. Nagel (1996). Carbon allocation to shoots and roots in relation to nitrogen supply is mediated by cytokinins and sucrose: opinion. *Plant and Soil* 185:21-32.