

Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente
Vestiging Naaldwijk
Kruisbroekweg 5, Postbus 8, 2670 AA Naaldwijk
Tel. 0174-636700, fax 0174-636835

ISSN 1385-3015

NUTRIËNTEN IN BESCHERMDE TEELTEN

C. Sonneveld
Naaldwijk, juli 1996

Rapport 46
Prijs f 10,-

Rapport 46 wordt u toegestuurd na storting van f 10,- op gironummer 293110 ten name van PBG Naaldwijk onder vermelding van 'Rapport 46: 'Nutriënten in beschermde teelten'.

INHOUD

1.	INLEIDING	4
2.	WATERVERVOORZIENING EN WATERKWALITEIT	5
	2.1 Methoden van watergeven	5
	2.2 hoeveelheid water	5
	2.3 Waterkwaliteit	6
3.	OPNAME AAN VOEDINGSELEMENTEN	9
4.	BEMESTING	11
5.	MESTSTOFVERLIEZEN OP BEDRIJFSNIVEAU	13
	5.1 Uitspoeling	13
	5.2 Meststoffenbalansen bij teelten in kasgrond	14
	5.3 Meststoffenbalansen bij teelten in substraat	15
6.	MESTSTOFVERLIEZEN OP SECTORNIVEAU	19
7.	GESLOTEN TEELTSYSTEMEN	21
	7.1 Water en voeding	21
	7.2 Waterkwaliteit	22
8.	PERSPECTIEVEN VOOR DE GRONDTEELT	24
	LITERATUUR	26

1. INLEIDING

De tuinbouw onder glas beslaat in Nederland een oppervlakte van ongeveer 10.000 ha. In vergelijking met de totale oppervlakte van $2.4 \cdot 10^6$ ha die voor landbouwkundige doeleinden in gebruik is, betekent dit slechts 0.5 % van de oppervlakte. De opbrengsten van de glastuinbouw zijn echter zeer hoog en wel DFL $7 \cdot 10^9$ in 1991. Dit is bijna 20% van de Nederlandse agrarische productie.

Voor wat betreft de opbrengsten onderscheidt de glastuinbouw zich duidelijk van de agrarische productie in het open veld. De hoge opbrengsten zijn te verklaren door de snelle groei van de gewassen onder glas en het lange teeltseizoen. Bij vrijwel alle bedrijfsvoeringen in de glastuinbouw wordt momenteel jaarrond geproduceerd. De hoge producties brengen een grote voedingsopname met zich en dientengevolge moeten hoge bemestingen worden toegepast. In dit verband is een vergelijking van de toegepaste bemestingen illustratief. Voor groenten in het open veld ligt deze veelal tussen 100 en 200 kg N per ha per jaar (Soorsma en Gröninger 1990). Bij teelten onder glas zijn hoeveelheden van 2000 kg N per ha per jaar niet ongebruikelijk (Verhaegh et al. 1990).

Door de hoge mestgiften is de voedingstoestand in het wortelmilieu doorgaans hoog. Een bijkomende factor is, dat dit vaak ook nodig is in verband met de kwaliteit van de plant en soms ook voor de kwaliteit van het geoogste produkt. Bij te lage ionenconcentraties in het wortelmilieu ontstaat soms een te welig, onvoldoende generatief gewas. De kwaliteit van het geoogste produkt wordt bij lage ionenconcentraties vooral nadelig beïnvloed bij vruchtgewassen (Sonneveld en Welles 1988). Bij dergelijke gewassen lijkt een bepaalde osmotische stress gewenst.

Een ander verschil tussen teelten onder glas en in het open veld is het ontbreken van de natuurlijke neerslag. De watervoorziening van de gewassen onder glas gebeurt uitsluitend via irrigatie. Naast het water dat nodig is voor de gewasgroei moet ook een hoeveelheid water worden gegeven voor doorspoeling van het wortelmilieu. Dit is nodig om zoutaccumulatie in het wortelmilieu te voorkomen. De natuurlijke winterregens die dit doen voor de gronden in het open veld ontbreken. In kassen kan worden doorgespoeld door tijdens de teelt regelmatig wat meer water te geven dan het gewas verbruikt of na afloop van de teelt door eenmalig een flinke hoeveelheid water te geven.

De hoge ionenconcentraties in het wortelmilieu, zoals genoemd, brengen met zich dat ook het water dat uit de bouwvoor draineert hoge concentraties aan ionen bevat. Naast hoge concentraties aan ballastzouten zijn doorgaans ook de concentraties aan diverse voedingsionen hoog. Hierdoor treden aanzienlijke verliezen aan voedingsstoffen op. Op gronden met een diepe grondwaterspiegel verplaatsen deze voedingsstoffen zich naar het diepe grondwater en op gronden met een hoge grondwaterspiegel worden de verliezen veelal via een drainbuizenstelsel op het oppervlaktewater gebracht.

De glastuinbouw kent specifieke teeltsystemen. Naast teelten in de grond worden namelijk veel teelten in substraten uitgevoerd. Momenteel is dit het geval voor ongeveer 50% van de oppervlakte. Steenwol is het meest gebruikte substraat, wat vooral toepassing vindt bij de vruchtgroentegewassen, zoals tomaat, komkommer en paprika en sommige snijbloemen, zoals roos en gerbera. Veen wordt vooral gebruikt voor potplanten en op beperkte schaal ook wel voor enkele snijbloemgewassen. Andere substraten, zoals geëxpandeerde kleikorrels, kunstschuim, puimsteen, perliet enz. worden op kleinere schaal toegepast. De oppervlakte en het aantal soorten substraten nemen in de glastuinbouw geleidelijk toe.

2. WATERVOORZIENING EN WATERKWALITEIT

In de glastuinbouw worden de gewassen voorzien van water via kunstmatige irrigatie. De methode van watergeven, de hoeveelheid water die wordt toegediend en de kwaliteit ervan zijn van groot belang voor de beweging van voedingsstoffen in het wortelmilieu. Tussen genoemde factoren bestaat interactie, omdat zowel de methode van watergeven als de kwaliteit van het water van invloed zijn op de hoeveelheid water die nodig is. Achtereenvolgens worden genoemde factoren besproken.

2.1 METHODEN VAN WATERGEVEN

In de glastuinbouw zijn verschillende methoden van watergeven in gebruik. Globaal zijn ze als volgt in te delen.

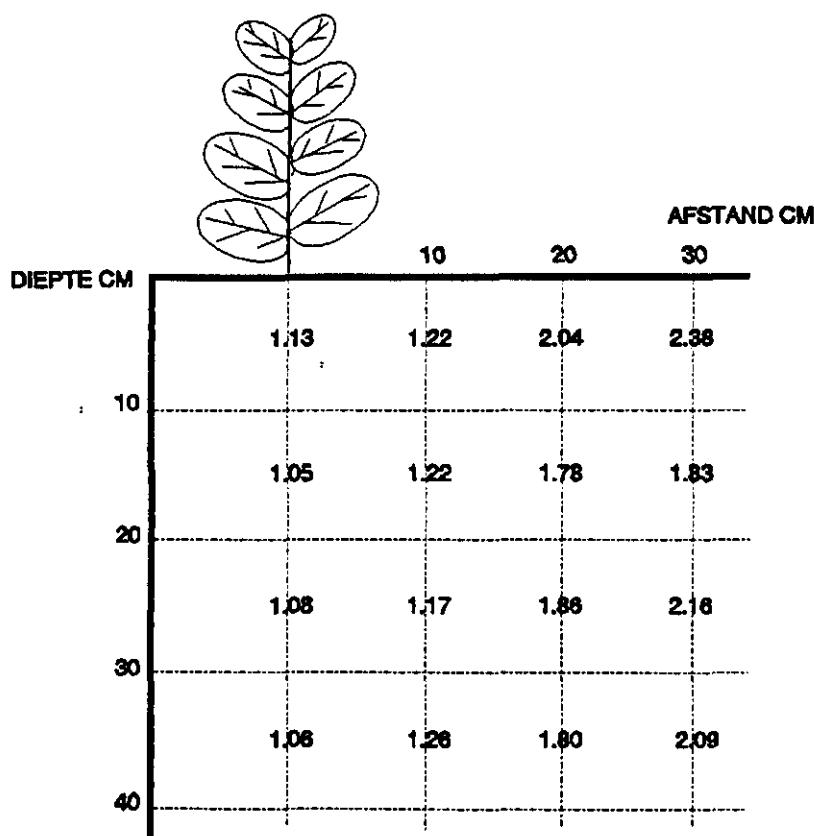
- Methoden waarbij het gehele grondoppervlak van boven af wordt bevochtigd.
- Methoden waarbij stroken, strippen of plekken van boven af worden bevochtigd.
- Methoden waarbij het water van onderaf wordt toegevoerd: eb/vloed systemen.

Irrigatie over het gehele grondoppervlak vindt plaats bij "volvelds" teelten. Voorbeelden hiervan zijn radijs, sla, spinazie en chrysanten. Watergeven op stroken, strippen of plekken wordt gedaan met druppelbevloeiing of smal sproeiende regenleidingen bij gewassen waarvan de plantrijen ver uit elkaar liggen, zoals tomaat, paprika en andere vruchtgewassen. Eb/vloed systemen worden vooral toegepast bij potplanten en experimenteel ook wel in bepaalde substraatsystemen.

De verschillende methoden van watergeven hebben elk hun specifieke effecten op de verdeling van zouten in het wortelmilieu. Bij "volvelds" irrigeren van boven af vindt geen zoutaccumulatie aan het oppervlak plaats, omdat het water over het gehele oppervlak min of meer gelijkmatig in neerwaartse beweging is. Bij irrigatie via stroken, strippen of plekken is het water op de bevochtigde plaatsen sterk in neerwaartse beweging, maar op de droge plekken in opwaartse beweging, omdat aan het grondoppervlak verdamping plaatsvindt en op de droge plaatsen geen water van bovenaf wordt aangevoerd maar wel via capillaire opstijging. Op deze droge plaatsen heeft dan sterke zoutaccumulatie plaats. Vooral bij druppelbevloeiing is dit in sterke mate het geval. In Figuur 1 is een voorbeeld gegeven. Vooral horizontaal komen dus grote verschillen voor in de zoutverdeling. Grote verschillen in verticale richting komen voor bij eb/vloed systemen. Dit is bijvoorbeeld het geval in het wortelmilieu bij potplanten geteeld op eb/vloed tafels. Een voorbeeld is gegeven in Figuur 2.

2.2 HOEVEELHEID WATER

De hoeveelheid water die wordt gegeven moet in de eerste plaats worden afgestemd op de behoefte van het gewas. In de glastuinbouw hangt deze nauw samen met de globale straling, de stookenergie die in de kas wordt gebracht, de aard van het gewas en het groeistadium waarin dit verkeert (De Graaf 1987). Het is echter meestal nodig meer water te geven dan de hoeveelheid die het gewas opneemt. In de eerste plaats dient dit om de grond of het substraat door te spoelen als er een te sterke zoutaccumulatie optreedt. Daarnaast is er ook nog water nodig om de ongelijkheid in de waterverdeling van het gietsysteem en de ongelijkheid in de wateropname tussen planten te vereffenen. Onderzoek van Van der Burg en Hamaker (1987) toonde aan dat bijvoorbeeld tomatplanten grote verschillen vertoonden in wateropname. Bovendien bleek de waterafgifte van het gebruikte druppelsysteem sterk te variëren (Figuur 3).

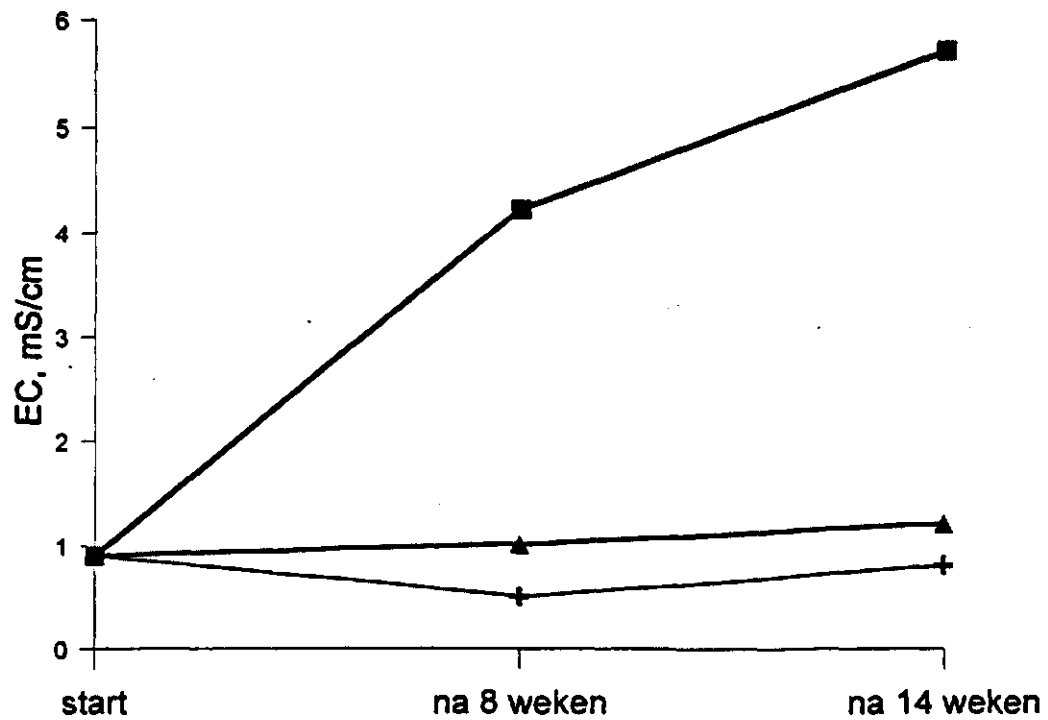


Figuur 1. Variatie in de zouttoestand van de grond (EC 1 : 2 volume extract) bij een tomatbedrijf op veengrond met druppelbevloeiing. Plantdatum januari en bemonstering september (De Graaf en Van den Bos 1987).

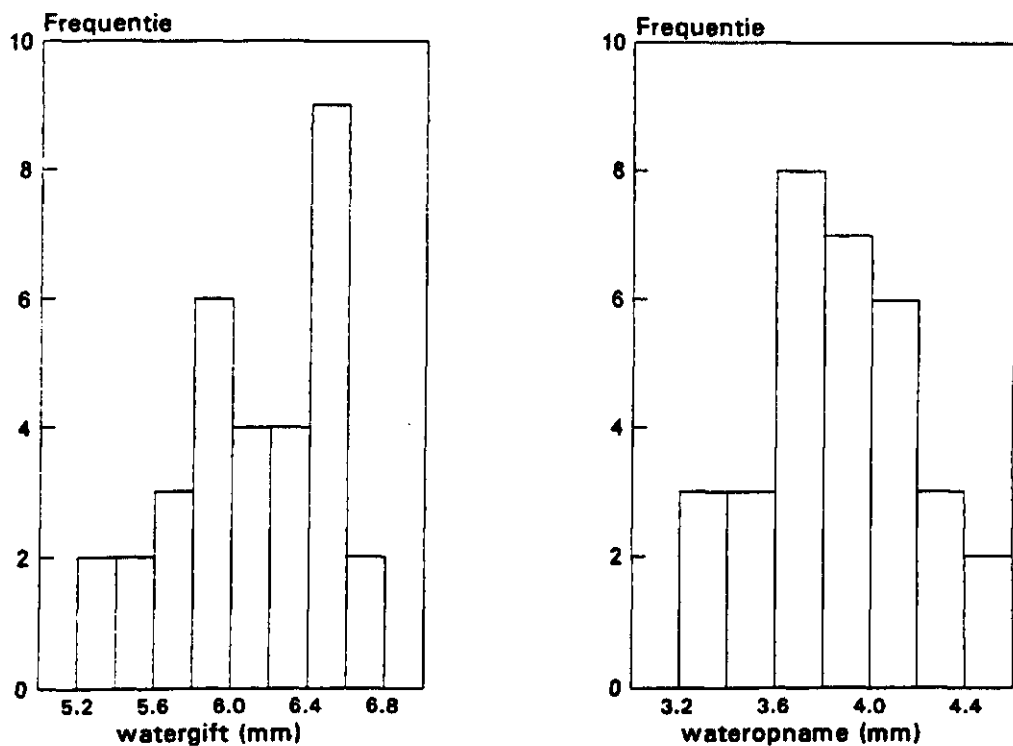
Berekeningen op basis van deze gegevens leerden dat in het betreffende geval al spoedig een overdosering van ruim 20% water nodig is om de verschillen te vereffenen (Sonneveld 1995). In de praktijk blijken echter niet alleen druppelbevloeiingsinstallaties een slechte watervreiding te geven, maar ook bij regenleidingen is dit het geval (Sonneveld 1995). Vaak blijkt bij deze gietsystemen 20-30% van de watervgift nodig te zijn om de ongelijkheid in waterafgifte en wateropname op te heffen.

2.3. WATERKWALITEIT

De waterkwaliteit kan in sterke mate de noodzaak van doorspoelen bepalen. Als met het gietwater de aanvoer van bepaalde mineralen groter is dan de opname door het gewas, zal accumulatie in het wortelmilieu optreden. Alleen door uitspoelen kan een teveel aan mineralen uit het wortelmilieu verwijderd worden. De opname aan mineralen is afhankelijk van de aard van het gewas en van de omstandigheden waaronder de teelt plaats vindt. Bij elementen als Na en Cl treden al spoedig problemen op, omdat de meeste gewassen ze maar in geringe hoeveelheden opnemen, terwijl ze veelal overvloedig in het milieu aanwezig zijn. Ook echter SO_4 , Ca en Mg kunnen bijvoorbeeld met het gietwater in grotere hoeveelheden worden aangevoerd dan ze door het gewas worden opgenomen. In Tabel 1 is voor enkele gewassen de opname van de hoofdvoedingselementen weergegeven in relatie tot de wateropname. Op deze wijze uitgedrukt geven de concentraties een directe relatie met de maximaal toelaatbare concentratie in het wortelmilieu waarbij geen accumulatie optreedt.



Figuur 2. Het verloop van de EC waarde (1 : 1½ volume extract) in verschillende lagen van de potgrond bij de teelt van codiaeum als potplant in een eb/vloed systeem. Ontleend aan De Kreij en Straver (1988).



Figuur 3. Variatie in watergift en wateropname bij een tomateteelt in steenwol. Het irrigatiesysteem was druppelbevloeiing (Van der Burg en Hamaker, 1987).

Tabel 1. De voedingsopname van enkele onder glas geteelde gewassen in relatie tot de wateropname (Sonneveld 1994). De elementen zijn uitgedrukt als mmol l⁻¹ en de waterhoeveelheden in l m⁻².

Elementen	mmol l ⁻¹ opgenomen water				
	tomaat	komkommer	paprika	radijs	roos
K	6.1	6.6	4.6	4.5	2.0
Ca	2.2	3.0	2.2	1.2	0.9
Mg	0.9	0.9	0.8	0.4	0.3
N	9.6	12.3	10.3	8.6	5.3
P	1.1	1.0	0.8	0.4	0.4
S	1.2	1.1	0.7	0.4	0.4
Water	700	700	700	500	650

3. OPNAME AAN VOEDINGSELEMENTEN

De opname aan voedingselementen door gewassen wordt in belangrijke mate bepaald door de aard van het gewas, de opbrengst en de gehalten aan mineralen in het wortelmilieu. Bij de gehalten aan mineralen in het wortelmilieu treden bij sommige gewassen flinke verschillen op als de gehalten aan bepaalde mineralen worden verhoogd (Sonneveld en Voogt 1985 en 1986); bij andere gewassen treedt veel meer een stabilisering op na een bepaald niveau in het wortelmilieu. Bij verhoging van het mineralengehalte boven dat niveau neemt het gewas niet meer voedingselementen op (Voogt 1988). Genoemde effecten variëren naar element, gewas en vaak ook ras. Bij een evenredige verhoging van alle elementen in het wortelmilieu treedt vrij algemeen een verandering op in de kationen-opname. Veelal stijgt dan de opname aan kali en dalen de opnamen aan calcium en magnesium (Tabel 2).

De opname aan diverse voedingselementen is nauw gecorreleerd met de opbrengst. Roorda van Eysinga en van Haeff (1964) vonden bij komkommer een nauw verband tussen opbrengst en de opname van verschillende mineralen. Ook voor verschillende andere gewassen is een dergelijke relatie gevonden (Sonneveld 1994). In Tabel 3 zijn de relaties weergegeven voor het verband tussen opbrengst en opname van hoofdvoedingselementen voor tomaat, zoals gevonden door Sonneveld (1994).

Tabel 2. Gehalten aan kali, calcium en magnesium van jonge tomatebladeren (mmol kg^{-1} droge stof) bij verschillende EC waarden van de voedingsoplossing in het wortelmilieu (Naar Sonneveld en Voogt 1990).

Elementen	EC waarden		
	0.75	2.5	5.0
K	658	953	1080
Ca	858	794	587
Mg	274	161	160

Tabel 3. Regressievergelijkingen voor het verband tussen de opbrengst van tomaten ($\text{kg m}^{-2} \text{jaar}^{-1}$) en de opname aan mineralen ($\text{kg ha}^{-1} \text{j}^{-1}$).

Element	Regressie vergelijking	Correlatiecoëfficiënt
N	$y = 17.3 x + 147$	0.904
P	$y = 4.0 x + 49$	0.920
S	$y = 3.7 x + 74$	0.749
K	$y = 28.4 x + 321$	0.904
Ca	$y = 14.4 x + 35$	0.824
Mg	$y = 3.7 x - 5$	0.751

De gegevens vermeld in Tabel 1 geven de voedingsopname weer in relatie tot de wateropname. Onder bepaalde teeltcondities blijken de vermelde concentraties redelijk constant te zijn, maar tussen seizoenen kunnen grote verschillen optreden (Sonneveld and Van den Bos 1994). De opnamen zoals weergegeven in Tabel 1 hebben betrekking op teelten met een hoog opbrengstniveau, geteeld bij optimale gehalten aan voedingselementen in het wortelmilieu en gemiddeld over een lang teeltseizoen onder Nederlandse klimaatomstandigheden. De opbrengsten waren bij de tomaten 50 kg, bij de komkommers 70 kg, bij de paprika's 25 kg, bij de rozen 200 stuks en bij de radijs 2000 stuks per m².

4. BEMESTING

In de glastuinbouw worden voor veel gewassen slechts in beperkte mate meststoffen uitgestrooid. Gewoonlijk is dit alleen het geval met de voorraadbemesting bij teelten die in de kasgrond plaatsvinden. Het bijmesten van deze gewassen vindt uitsluitend plaats via fertigatie. De voedingstoestand die in het wortelmilieu wordt aangehouden varieert naar gewas en teeltomstandigheden. Het niveau dat wordt geadviseerd is voor enkele gewassen zowel voor het telen in grond als in substraat (IKC 1994) weergegeven in Tabel 4. Voor grond zijn de waarden van het 1 : 2 volume extract, de routinematige extractie methode die in de glastuinbouw wordt gebruikt, omgerekend naar de bodemoplossing (Sonneveld et. al. 1990). Zoals blijkt, moeten bij de teelten in grond hogere waarden voor de EC worden aangehouden dan bij teelten in substraat. Dit zal waarschijnlijk verband houden met het veel grotere wortelvolumen dat de plant beschikbaar heeft bij teelten in de grond. Door het grotere volume ontstaan grotere variaties in concentratie. Osmotisch zal de plant vooral reageren op de lagere waarden die voor de wortel bereikbaar zijn (Sonneveld and Voogt 1990). Om de laagste waarden op een voldoende hoog niveau te brengen, moet dan op hoge gemiddelde waarden worden afgestemd. Voor fosfaat worden in de grond juist lage waarden aangehouden in de bodemoplossing. Dit is mogelijk, dankzij de grote buffer die in kasgronden aanwezig is.

Tabel 4. Streefwaarden voor analysecijfers voor kasteelten in grond en substraat. De streefwaarden voor kasgrond in het 1 : 2 volume extract (1 : 2) zijn ook omgerekend naar waarden voor de bodemoplossing (SS). De EC is weergegeven in mS cm⁻¹ en de mineralen in mmol l⁻¹.

Teelten	Extractie methode	Bepalingen			
		EC	NO ₃	P	K
<i>Teelten in grond</i>					
Tomaat	1:2	1.4	5.0	0.15	2.2
	SS	5.2	26.0	0.18	6.6
Sla	1:2	1.2	3.0	0.15	2.5
	SS	4.6	15.0	0.18	7.6
Roos	1:2	1.0	4.0	0.15	1.5
	SS	4.0	20.0	0.18	4.3
<i>Teelten in substraat</i>					
Tomaat	SS	4.0	23.0	1.0	8.0
Sla	SS	2.5	19.0	1.0	6.0
Roos	SS	2.2	12.5	0.9	5.0

Soms worden voor gewassen hogere waarden aangehouden dan vermeld in Tabel 4. Dit gebeurt bijvoorbeeld bij vruchtgewassen om een te welige groei te voorkomen en de vruchtzetting te bevorderen. Ook voor een goede vruchtkwaliteit kan het nodig zijn een hoge osmotische waarde in het wortelmilieu aan te houden (Sonneveld en Welles 1988; Sonneveld 1991). Ook bij bladgewassen kan het gunstig zijn een hoge osmotische druk aan te houden, zoals bij sla in de winter om glazigheid te voorkomen (Maaswinkel en Welles 1986). Ook bij knolgewassen is het nodig in de winter soms een hogere osmotische

druk te realiseren, om de knolvorming te stimuleren (Sonneveld en Van den Bos 1995). Een hoge osmotische druk wordt veelal aangebracht door het verhogen van de voedings-toestand van het wortelmilieu. Het is echter ook mogelijk dit met andere dan zouten te doen als het gewas niet specifiek gevoelig is voor een eenzijdig verhoging van bepaalde ionen in het wortelmilieu.

Het nauwkeurig bijstellen van de bemesting tijdens de teelt vindt in de glastuinbouw plaats door systematische toediening van meststoffen aan het irrigatiewater. Het vaststellen van de concentraties en onderlinge verhoudingen van de voedingselementen vindt plaats door bemonsteringen in het wortelmilieu. Bij teelten in de grond worden iedere 4 tot 8 weken en bij teelten in substraat worden iedere 2 tot 4 weken monsters naar een laboratorium gezonden. Bij teelten in substraat worden bovendien door de tuinders zelf nog 1 of 2 maal per week monsters genomen om de EC en de pH te meten.

5. MESTSTOFVERLIEZEN OP BEDRIJFSNIVEAU

5.1 UITSPOELING

Meststofverliezen treden op doordat overtollig water de wortelzone verlaat met daarin opgeloste voedingsstoffen. In het westen van Nederland wordt overtollig water veelal afgevoerd via het drainstelsel in de grond naar het omringende oppervlaktewater. Op zeer zandige gronden is de ondergrond soms zo doorlatend dat het overtollige water het drainstelsel passeert en via het oppervlakkige grondwater naar de omgeving wordt afgevoerd. Het effect is veelal hetzelfde, want het drainwater komt in beide gevallen terecht in het oppervlaktewater. In het oosten en zuiden van het land wordt het overtollige water veelal afgevoerd naar het diepe grondwater en wordt de drinkwaterwinning met verontreiniging bedreigd.

De hoeveelheid meststoffen die wordt uitgespoeld, hangt rechtstreeks samen met de hoeveelheid water die wordt doorgespoeld en met de concentraties aan voedingsstoffen in het bodemvocht. Aan de hand van een voorbeeld kan dit duidelijk worden gemaakt. Stel dat voor een bepaalde teelt 700 mm water per jaar nodig is voor het gebruik door het gewas, dat hierbij een doorspoeling nodig is van 30% van de gift en dat de stikstofconcentratie van het bodemvocht 20 mmol l^{-1} is. In deze situatie kan de volgende uitspoeling aan stikstof worden berekend.

Watergift	$10.000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$
Opname door het gewas	$7.000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$
Drainafvoer	$3.000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$

Aan stikstof spoelt dan uit $3.000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$ 20 mol m^{-3} $14 \text{ kg kmol}^{-1} = 840 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$.

Een dergelijke grote uitspoeling van stikstof wordt ook wel gevonden bij teelten in substraat, waar zowel de doorgespoelde hoeveelheid water als de stikstofconcentratie in het wortelmilieu op hetzelfde niveau kunnen liggen.

Toch komt het nogal eens voor dat niet alle meststoffen die niet door het gewas worden opgenomen in het drainwater wordt teruggevonden. De oorzaak hiervan is niet altijd even duidelijk. In het geval van stikstof zouden de tekorten toegeschreven kunnen worden aan denitrificatie. Gezien het feit dat in kasgronden de temperatuur, de vochtigheid, de pH, het gehalte organische stof en het nitraatgehalte hoog zijn, zou een aanzienlijke denitrificatie mogelijk zijn. Bij kasgronden ligt dit toch niet zo voor de hand, omdat in de bouwvoor in kasgronden nauwelijks zuurstofgebrek kan optreden. Door de zeer intensieve bewerking zijn de gronden zeer los en bovendien zeer goed gedraineerd. Mengel en Kirkby (1978) vermelden in een literatuuroverzicht stikstofverliezen van 5 - 50 en van 11 - 40 % door denitrificatie. Als dit zich ook in de glastuinbouw zou voordoen, dan zijn verliezen van enkele honderden kg per jaar per ha veronderstelbaar. Recent onderzoek van Postma (1996) toonde echter aan dat er bij kasgronden in de bouwvoor zich nauwelijks stikstofverliezen door denitrificatie voordeden, zoals zojuist ook werd verondersteld. Alleen korte tijd na het doorwerken van vers organisch materiaal trad enige denitrificatie op. Hierbij moet gedacht worden aan ten hoogste enkele tientallen kg per ha per jaar.

Tijdens stomen kan wel een flinke denitrificatie optreden. Dit was ook in eerder onderzoek door Sonneveld (1979) gevonden, waarin bij zes verschillende kasgronden een denitrificatie tijdens het stomen kan worden berekend tussen 30 en 300 kg ha^{-1} . In het onderzoek van Postma (1996) werd aangetoond dat de potentiële denitrificatie in glastuinbouwgronden wel groot is. Het moet dus nog niet worden uitgesloten dat de denitrificatie plaats heeft in de diepere grondlagen of zelfs in het bovenste grondwater.

5.2 MESTSTOFFENBALANSEN BIJ TEELTEN IN KASGROND

Door Hamaker en Van der Burg (1979) zijn reeds meststoffenbalansen gemaakt bij teelten in kasgronden. In Tabel 5 is een overzicht gegeven van de resultaten op één van de bedrijven. Zoals blijkt, is de afvoer aan stikstof en kali via de drainage groot. De efficiënte is vooral voor stikstof laag en de hoeveelheid die niet kon worden verklaard, de "restfactor", voor dit element is hoog. De negatieve restfactor voor kali zou verklaard kunnen worden uit veranderingen in de kalitoestand van de grond.

Tabel 5. Water- en mineralenbalans voor een glastuinbouwbedrijf op een kleigrond met twee achter-eenvolgende tomateteelten; een voorjaarsteelt van december tot juli en een herfstteelt van juli tot december. De opbrengst van beide teelten tezamen was 30 kg m⁻². Het waterverbruik is weergegeven in m³ ha⁻¹ j⁻¹ en de mineralen in kg ha⁻¹ j⁻¹.

	Water	N	P	K
Toediening	12950	2269	218	310
Opname gewas	6700	609	152	1283
Afvoer drain	6250	1344	56	2029
Restfactor	-	316	10	-211
Efficiëntie	0.52	0.27	0.70	0.41

Onderzoek bij teelten in grond uitgevoerd door Korsten and Voogt (1994) en door Korsten et al. (1994) bij radijs en chrysanten verschaften resultaten door Sonneveld (1995) samengevat, zoals vermeld in Tabel 6.

Uit de resultaten van Tabel 6 blijkt dat er grote verschillen kunnen optreden. De afvoer aan stikstof via de drainage was bij de radijsteelt gemiddeld aanzienlijk kleiner dan bij de chrysantenteelt. Maar ook tussen de bedrijven komen grote verschillen voor. Bij uitspoeling spelen naast verschillen tussen teelten, grondsoorten en andere bedrijfseigen factoren, zoals vooral ook de handelwijze van de tuinder een belangrijke rol. Voor kali zijn de verschillen in uitspoeling minder evident dan voor stikstof. De efficiëntie voor stikstof en kali was voor radijs respectievelijk 0.64 en 0.58 en voor chrysanten 0.33 en 0.49.

Bij roos is door PTG/LEI-DLO (Van der Houwen en Ruys 1993) een onderzoek gedaan naar het verbruik van water en meststoffen bij een grondteelt. Gegevens over het gebruik van water en meststoffen zijn samengevat in Tabel 7.

Zoals blijkt, heeft het toepassen van belichting een hoger verbruik aan water en meststoffen met zich gebracht. Dit kan toegeschreven worden aan de intensievere teeltwijze. Op de bedrijven met belichting werden ruim 30% meer rozen (stuks) geoogst. Dit brengt uiteraard een hogere mineralenopname met zich. Bovendien zal door de belichting de transpiratie worden bevorderd. Dit alleen verklaart echter niet het grote verschil dat tussen het wel en niet belichten wordt gevonden. Nauwkeurige berekeningen op een substraatbedrijf gaf een waterverbruik van 7760 m³ ha⁻¹ j⁻¹. (Van Moolenbroek 1993) en gemiddeld over een aantal situaties (bedrijven en proeven) werd een waterverbruik van het gewas bereken van 6810 m³ ha⁻¹ j⁻¹ (Sonneveld 1994). De opnamen aan stikstof, fosfaat en kali die gemiddeld worden gevonden bij roos zijn respectievelijk 506, 79 en 486 kg ha⁻¹ (Sonneveld 1994).

Tabel 6. Balans voor water en mineralen voor radijs en chrysanten geteeld in grond. De weergegeven waarden zijn gemiddelden over 5 bedrijven. De bedrijven waren gelegen in West Nederland op zandige en zavelige gronden met een grondwaterspiegel tussen 0.8 en 1.0 m beneden het maaiveld (Sonneveld, 1995). Water is gegeven in $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{j}^{-1}$ en mineralen in $\text{kg ha}^{-1} \text{j}^{-1}$.

	Radijs			Chrysanten		
	Water	N	K	Water	N	K
<i>Aanvoer</i>						
Fertigatie	5760	658	1142	11548	1387	1587
Bodemvoorraad	--	16	9	--	74	110
Inzijging	2660	24	86	2362	26	65
Totaal	8420	698	1237	13910	1487	1753
<i>Afvoer</i>						
Opname gewas	5040	450	719	7300	495	853
Bodemvoorraad	--	102	118	--	16	0
Drainafvoer	2570	91	263	6355	580	451
Wegzijging	810	106	140	255	32	24
Totaal	8420	749	1240	13910	1123	1328
<i>Niet gevonden</i>	--	51	3	--	364	425

Tabel 7. Water- en meststoffentoediening bij de teelt van rozen in kasgrond. Water is gegeven in $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{j}^{-1}$ en mineralen in $\text{kg ha}^{-1} \text{j}^{-1}$.

	Teelt met belichting	Teelt zonder belichting
watergift	12650	7170
N	1702	884
P	183	155
K	1317	798

5.3 MESTSTOFFENBALANSEN BIJ TEELTEN IN SUBSTRAAT

Voor wat betreft het telen van vruchtgroentegewassen in substraat is er door het LEI (Verhaegh et al 1990) een onderzoek ingesteld op een aantal bedrijven met tomaat, paprika en komkommer, op bedrijven met een vrije drainage en op bedrijven waar het drainwater werd hergebruikt. Tussen de drie genoemde gewassen kwamen geen grote verschillen voor, zodat alleen de gemiddelden over de drie gewassen zijn weergegeven. In Tabel 8 zijn de resultaten voor stikstof, fosfor en kali vermeld.

Tabel 8. Water- en meststoffenverbruik voor vruchtgroentegewassen bij teelten in substraat. Gegevens op basis van Verhaegh et al. (1990). Water is weergegeven in $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{j}^{-1}$, en mineralen in $\text{kg ha}^{-1} \text{j}^{-1}$.

	Water	N	P	K
Vrije drainage	9830	2030	370	2570
Recirculatie	7350	1220	260	1670

Uit de gegevens blijkt, dat in geval van vrije drainage 34% meer water, 66% meer N, 42% meer P en 54% meer K wordt gebruikt dan bij hergebruik van het drainwater. Als aangenomen wordt dat bij de bedrijven met recirculatie niet wordt uitgespoeld, dan wordt op de bedrijven met vrije drainage een efficiëntie voor water, stikstof, fosfaat en kali berekend van respectievelijk 0.75, 0.60, 0.70 en 0.65.

Door de werkgroep ROS van De Westlandse Tuinbouwstudieclub is in 1995 bij tomaat een vergelijking gemaakt voor het recirculeren van het drainwater via de ondergrondse drainage in vergelijking met recirculatie via een bovengronds systeem (Zuidgeest 1995). De resultaten zijn samengevat in Tabel 9.

Tabel 9. Water en mineralengebruik bij tomaat in een recirculatiesysteem en in een systeem waarin het drainwater werd hergebruikt via de ondergrondse drainage. Water is weergegeven in $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{j}^{-1}$ en de mineralen in $\text{kg ha}^{-1} \text{j}^{-1}$.

	Water	N	P	K
Recirculatie bovengronds-systeem	8530	1350	330	1930
Recirculatie via ondergronds systeem	7880	1580	410	2260

Als in deze gevallen de efficiëntie van het via de ondergrond recirculeren ten opzichte van de bovengrondse systeem wordt berekend, dan wordt voor water, stikstof, fosfaat en kali respectievelijk gevonden 1.08, 0.85, 0.80 en 0.85. Bij de gegevens zoals deze vermeld zijn in de Tabellen 8 en 9 moet het echter niet worden uitgesloten dat het in de recirculatiesystemen enige lekkage heeft plaats gevonden op de bedrijven, waardoor de schattingen van het mineralenopname wat te hoog zijn uitgevallen en dientengevolge ook de efficiëntie van de daarmee vergeleken systemen. Groot zijn deze effecten echter niet, zoals gevonden kan worden in berekeningen in een eerdere uitgaven van deze publicatie (Sonneveld 1992).

Bij roos geteeld op substraat is ook een onderzoek uitgevoerd naar het gebruik aan water en mineralen (Van der Houwen en Ruys 1993). De resultaten zijn samengevat in Tabel 10.

Het onderzoek op de bedrijven met recirculatie had betrekking op 3 bedrijven, waarvan één met een zeer groot waterverbruik. Het ligt voor de hand dat op dit bedrijf lekkage is geweest. Het gemiddelde waterverbruik op de bedrijven met recirculatie is daardoor hoog en dus ook het mineralenverbruik. De verbruiken aan water en mineralen moeten in dit geval daarom niet worden gezien als de hoeveelheden die door het gewas zijn verbruikt.

Tabel 10. Water en mineralengebruik bij roos op substraatbedrijven waar het drainwater al of niet werd gerecirculeerd. Water is weergegeven in $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{j}^{-1}$ en de mineralen in $\text{kg ha}^{-1} \text{j}^{-1}$.

	Water	N	P	K
Bedrijven met recirculatie	10770	981	239	1073
Bedrijven met vrije drainage	15390	1603	376	2038

In ander onderzoek door Van Moolenbroek (1993 en 1995) is op drie rozenbedrijven een mineralenbalans vastgesteld. Op deze bedrijven werd via gewasonderzoek de opname aan mineralen bepaald. In Tabel 11 is een overzicht gegeven van de resultaten.

Tabel 11. Water en mineralengebruik bij roos op substraatbedrijven met recirculatie. Water is uitgedrukt als $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{j}^{-1}$ en mineralen als $\text{kg ha}^{-1} \text{j}^{-1}$.

	Water	N	P	K
<i>Aanvoer</i>				
Meststoffen		1016	283	1078
Gietwater	9822	51	41	114
Totaal	9822	1067	324	1192
<i>Afvoer</i>				
Gewasopname	8089	546	82	507
Spui	1733	202	40	273
Totaal	9822	748	122	780
<i>Niet gevonden</i>	--	319	202	412

Uit de resultaten van de gegevens in Tabel 11 blijkt, dat een niet onbelangrijk deel van de toegediende mineralen niet wordt teruggevonden bij de afvoer. Hierbij moet worden opgemerkt, dat bij twee van de drie bedrijven waarop de gegevens betrekking hebben, niet het afgevallen blad in de kas in de gewasopname is opgenomen. Ook kon geen schatting worden gemaakt van de hoeveelheid mineralen die in de kas waren achtergebleven door toename van het gewasvolume. Eén en ander zal echter het grote verschil in de mineralenbalans zeker voor fosfaat niet verklaren.

Door LEI-DLO zijn gegevens over water- en meststoffenverbruik bij potplanten gepubliceerd (Van Gemert 1994). In dit onderzoek zijn bij drie verschillende potplanten gegevens verzameld bij zowel systemen met als zonder recirculatie van het drainwater. De resultaten hebben betrekking op gegevens van ongeveer 30 bedrijven en zijn samengevat in Tabel 12.

Tabel 12. Water en mineralenbalans van potplantbedrijven bij zowel met als zonder recirculatie van het drainwater. Water in $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{j}^{-1}$ en mineralen in $\text{kg ha}^{-1} \text{j}^{-1}$.

	Water	N	P	K
<i>Kalanchoë</i>				
Vrije drainage	7207	1047	254	1393
Recirculatie	4229	640	220	883
<i>Ficus</i>				
Vrije drainage	5352	1029	297	1117
Recirculatie	5452	886	255	1035
<i>Spathiphyllum</i>				
Vrije drainage	4785	800	208	1224
Recirculatie	3487	597	139	780

Uit de resultaten van Tabel 12 blijkt, dat bij kalanchoë in een vrij drainagesysteem erg veel meer water wordt gebruikt dan bij recirculatie. Bij spathiphyllum is dit in mindere mate het geval en bij ficus wordt nauwelijks meer water gebruikt in een vrij drainagesysteem. Bij spathiphyllum is in de gegevens van Van Gemert (1994) één van de bedrijven met een vrije drainage overgebracht naar de bedrijven met recirculatie, omdat daar werd geteeld op een gesloten ondergrond en dus geen drainafvoer plaats vond. Als het waterverbruik bij de recirculerende systemen wordt beschouwd als het benodigde water voor de transpiratie, dan is bij kalanchoë bij vrije drainage 41% van het water afgevoerd, bij spathiphyllum 27% en bij ficus is het waterverbruik bij vrije drainage zelfs iets lager dan bij recirculatie en is dus niets uitgespoeld. Het verschil in waterverbruik bij deze systemen is klein en zou eventueel verklaard kunnen worden door het feit dat bij recirculatie gewerkt is in eb/vloed systemen en bij vrije drainage met druppelbevloeiing. In het eerste geval wordt een groter oppervlak nat gemaakt en treedt waarschijnlijk meer verdamping aan het oppervlak op. Met de druppelbevloeiing is dan wel erg nauwkeurig water gegeven. De verbruiken aan mineralen in de recirculatiesystemen zijn redelijk hoog, gezien de plantmassa die wordt afgevoerd. Voor een deel moet dit worden verklaard door ophoping van mineralen in de potgrond van de potkluiten. Het moet bijvoorbeeld niet worden uitgesloten dat met de potgrond een paar honderd kg stikstof per ha wordt afgevoerd.

6. MESTSTOFVERLIEZEN OP SECTORNIVEAU

In een eerdere uitgave van deze publicatie (Sonneveld 1992) werd een berekening gemaakt van de uitspoelverliezen aan stikstof in de glastuinbouw. De gegevens die werden gebruikt waren deels wat verouderd en niet volledig. Momenteel zijn recente gegevens beschikbaar en hoewel deze nog fragmentarisch zijn, geven ze toch een beter beeld van de huidige toestand ten aanzien van uitspoelverliezen. Vooral voor wat betreft de opnamen aan mineralen bij verschillende gewassen zijn veel meer gegevens beschikbaar gekomen. Ook door Het CAD voor Bodem-, Water- en Bemestingszaken in de Akker- en Tuinbouw (1989) en Haskoning (1990) waren berekeningen gemaakt over meststofverliezen. De schattingen van Sonneveld en het CAD waren gebaseerd op berekening van het bemestingsoverschot en die van Haskoning op emissie naar het milieu. De beide eerstgenoemde schattingen waren gebaseerd op 9700 ha en die van Haskoning op 9323 ha. Omgerekend naar eenzelfde oppervlakte van 9700 ha werden de volgende gegevens voor de stikstofuitspoeling in glastuinbouw verkregen.

Sonneveld, bemestingsoverschot	$4.84 \cdot 10^6$ kg
CAD, bemestingsoverschot	$5.77 \cdot 10^6$ kg
Haskoning, emissie	$3.32 \cdot 10^6$ kg

Het verschil tussen de schatting van het bemestingsoverschot en de emissie zal te maken hebben met het verschil wat regelmatig in de mineralenbalansen wordt teruggevonden. Het verschil tussen het gemiddelde van het bemestingsoverschot in de eerste twee gegevens en die van Haskoning is ongeveer 200 kg stikstof per ha. Dit ligt in een orde van grootte met de gevonden verschillen in de mineralenbalansen. Later zal nader op dit verschil worden ingegaan.

Uit de gegevens die nu gepresenteerd zijn blijkt voor teelten in grond, dat zich zeer grote verschillen in uitspoeling van mineralen voordoen. Dit kan samenhangen met de eisen die de teelt stelt, maar de verschillen ontstaan voor een belangrijk deel ook door de werkwijze van de teler. Dit blijkt wel uit de grote verschillen die optreden tussen bedrijven met eenzelfde teelt. De afvoer naar de omgeving, dus de drainafvoer en de wegzijging tezamen, is voor de teelt van radijs voor stikstof en kali respectievelijk ongeveer 200 en 400 kg ha⁻¹ jaar⁻¹. en voor chrysant is dit ongeveer 600 en 500 kg. Ook bij de teelt van rozen worden grote meststofgiften genoteerd. Het meststofoverschot dat berekend wordt uit Tabel 7 kan bij een intensieve teelt met belichting meer dan 1000 kg stikstof en meer dan 800 kg kali bedragen. Bij teelten in substraat met een vrije drainage kunnen op basis van de gegevens in de Tabellen 8 en 10 stikstofoverschotten in de orde van grootte van 800 kg worden berekend en kalioverschotten in de orde van grootte van 1000 kg worden berekend.

In die gevallen dat getracht is een mineralenbalans te maken, blijkt dat vaak een belangrijk deel van de toegediende mineralen niet worden teruggevonden. Het fenomeen doet zich zowel bij teelten in grond als bij teelten in substraat voor en belooft voor stikstof zowel als kali op nogal wat bedrijven 300 tot 400 kg ha⁻¹ j⁻¹. Het verschijnsel van deze verschillen in mineralenbalansen doet zich regelmatig voor en is vooralsnog niet verklaard.

De metingen bij potplanten leerden dat met systemen gewerkt kan worden waarbij heel weinig uitspoeling van mineralen plaatsvindt. Meststofoverschotten van 400 kg ha⁻¹ voor zowel stikstof als kali blijken echter ook zeer goed mogelijk te zijn.

Uit de recent verzamelde gegevens blijkt, dat als de gehele glastuinbouw zou functioneren op vrije drainagesystemen, zoals een aantal jaren geleden, er globaal rekening moet worden

gehouden met een overschot aan stikstof en kali van om en nabij de $600 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$. Dit zou voor de glastuinbouw met een oppervlakte van 10.000 ha een uitstoot aan stikstof en aan kali betekenen van beide $6 \cdot 10^6 \text{ kg j}^{-1}$. Dit komt overeen met eerder gegeven schattingen. Het lijkt echter mogelijk veel efficiënter om te gaan met mineralen. Bij teelten in de kasgrond zal dit gevonden moeten worden in een goede werkwijze bij het gebruik van water en mineralen. Het terugdringen van de emissie van stikstof en kali tot een niveau van $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$ lijkt haalbaar. Voor teelten in substraat zal vooral gestreefd moeten worden naar hergebruik van drainwater. Afhankelijk van de waterkwaliteit zal enige spui in dergelijke systemen nodig kunnen zijn. Dooreengenomen zou een uitstoot aan stikstof en aan kali niet groter behoeven te zijn dan elk 100 kg ha^{-1} . Hierbij moet dan worden aangetekend dat dan met systemen moet worden gewerkt die vrij van lekkages zijn. De huidige stand van techniek biedt die mogelijkheid. In substraatsystemen zal vooral de waterkwaliteit bepalend zijn voor de grootte van de spui. Hierop wordt in de volgende paragraaf ingegaan.

7. GESLOTEN TEELTSYSTEMEN

Voor substraatsystemen lijkt het niet realistisch te veronderstellen dat het mogelijk is te blijven telen in systemen met een vrije drainage. De grote behoefte aan mineralen maken hoge doseringen aan meststoffen noodzakelijk, die gecombineerd met een vaak onregelmatige waterverdeling aanleiding zullen zijn tot een afvoer van mineralen naar het milieu die de toets van redelijke normen niet kunnen doorstaan. Bij teelten in substraat is de inzet dan ook gericht op het hergebruiken van drainwater ook wel genoemd het telen in gesloten systemen.

Gesloten teeltsystemen zijn zodanig ingericht, dat alle drainwater wordt verzameld, zonodig gesteriliseerd, gemengd met water en/of meststoffen en opnieuw gebruikt als gietwater. Toepassing van dergelijke systemen stelt specifieke eisen aan de toediening van voedingsstoffen en aan de waterkwaliteit. Bepalend voor het functioneren van het systeem is dat de inbreng aan elk van de mineralen op zich via meststoffen en gietwater de opname van het gewas niet mag overtreffen. Is dat wel het geval, dan zal van die elementen waarvan de inbreng te groot is accumulatie optreden. Op den duur brengt dit verzouting, ontregeling van de opname tussen de voedingselementen of toxiciteit met zich.

7.1 WATER EN VOEDING

In Tabel 1 is de verhouding tussen de opname van water en voedingsstoffen (opname concentratie) voor enkele gewassen opgenomen. De verhoudingen zijn echter niet gelijk aan die waarin ze in het wortelmilieu aan de plant worden aangeboden. Dit moet ook niet, want vooral voor wat betreft de kation zouden dan problemen optreden. Een gemakkelijk opneembaar kation als kali zou dan in te grote hoeveelheden door de plant worden geabsorbeerd en de opnamen van de moeilijk opneembare kationen als calcium en magnesium zouden tekort schieten. In Tabel 13 zijn de aanbevolen concentraties in het wortelmilieu voor tomaat (IKC 1994) weergegeven in vergelijking met de opname concentraties van dit gewas.

Tabel 13. Vergelijking van aanbevolen concentraties aan voedingselementen in het wortelmilieu en opname concentraties voor het gewas tomaat. De concentraties zijn weergegeven in mmol l⁻¹.

Elementen	Aanbevolen in het wortelniveau	Opnameconcentratie
K	8.0	6.1
Ca	10.0	2.2
Mg	4.5	0.9
N	23.0	9.6
P	1.0	1.1
S	6.8	1.2

Zoals blijkt, zijn de concentraties van de meeste elementen in het wortelmilieu belangrijk hoger dan de opnameconcentraties. Dit is op zich nodig, om een voldoende hoge EC waarde

te verkrijgen in verband met de kwaliteit van de vruchten. Daarnaast blijkt dat de concentraties aan calcium en magnesium ten opzichte van die aan kali relatief oververtegenwoordigd zijn in het wortelmilieu. Voor kali is de verhouding tussen beide concentraties 1.3 en voor calcium en magnesium respectievelijk 4.5 en 5.0.

De opnameconcentratie van een voedingselement is echter geen constante waarde. De opnameconcentratie op zich, maar ook de onderlinge verhoudingen kunnen schommelen, afhankelijk van het groeistadium van het gewas, de klimatologische omstandigheden en de concentraties in het wortelmilieu. Zo vond Voogt (1988) dat de verhouding waarin tomaat kali en calcium opneemt afhankelijk van gewasstadium en klimaat kan schommelen tussen 2 en 7. Naast een goed schema voor de toediening van voedingselementen voor het gewas (Voogt en Bloemhard 1992) is een intensieve controle op de samenstelling van de voedingsoplossing in het wortelmilieu nodig. Met behulp van het beschikbare meststoffenpakket is het altijd mogelijk de voedingsoplossing op de juiste wijze bij te stellen, zodat door de meststofdosering geen ongewenste accumulaties van bepaalde ionen ontstaan.

7.2 WATERKWALITEIT

Ongewenste accumulaties aan bepaalde ionen kunnen wel ontstaan als de gietwaterkwaliteit niet aan de gestelde eisen voldoet. Dit doet zich voor als door middel van het gietwater meer van een bepaald ion wordt toegediend dan door het gewas wordt opgenomen. In het gietwater dat in de Nederlandse glastuinbouw wordt gebruikt, komen natrium, chloor, calcium, magnesium en bicarbonaat vaak in overmaat voor. In sommige typen water wordt ook wel een te veel aan sulfaat en spoorelementen aangetroffen. De eisen waaraan water moet voldoen voor gesloten teeltsystemen hangen samen met het gewas, de klimatologische omstandigheden en de teeltwijze.

De geschiktheid van gietwater voor gebruik in gesloten teeltsystemen kan worden berekend aan de hand van een aantal parameters met behulp van de volgende formule.

$$f_a = \frac{C_w + C_m - C_o}{C_d - C_o}$$

Waarin is:

- f_a - de benodigde doorspoelfractie (spui)
- C_w - de concentratie van een bepaald ion in het uitgangs(giet)water
- C_m - de concentratie van dat ion toegevoegd als verontreiniging met de meststoffen
- C_o - de opname aan dat ion uitgedrukt als concentratie van het opgenomen water door het gewas
- C_d - de maximaal aanvaardbare concentratie van dat ion in de oplossing in het wortelmilieu

De concentraties weergegeven in bovenstaande formule zijn uitgedrukt in mol m⁻³. De hoogst verkregen waarde voor de doorspoelfractie bij enig ion verkregen is de noodzakelijke hoeveelheid spui. Voor wat betreft de parameters in de formule kan worden opgemerkt dat C_w kan worden bepaald door middel van analyse, C_m samenhangt met de zuiverheid van de meststoffen, C_o afhankelijk is van het gewas, de concentratie in het wortelmilieu en de teeltomstandigheden (Sonneveld en Van der Burg 1991) en C_d experimenteel wordt vastgesteld. Voor wat betreft de opname aan natrium lijkt het er op dat deze lineair toeneemt met de concentratie in het wortelmilieu (Baas en Van der Burg 1993). Voor de meeste andere ionen is dit echter niet het geval. Bij een lineaire toename kan de opnameconcentratie worden uitgedrukt als een percentage van de concentratie in het wortelmilieu. Het percentage varieert sterk naar gewas. Voor roos is voor natrium een percentage van minder dan

1993). Voor de meeste andere ionen is dit echter niet het geval. Bij een lineaire toename kan de opnameconcentratie worden uitgedrukt als een percentage van de concentratie in het wortelmilieu. Het percentage varieert sterk naar gewas. Voor roos is voor natrium een percentage van minder dan 1% gevonden (Baas 1993) en voor komkommer is wel 10% gevonden (Sonneveld en Van der Burg 1991).

In Tabel 14 is voor een aantal elementen een overzicht gegeven van de grenzen waarboven een gehalte in het gietwater niet mag uitkomen teneinde een te sterke accumulatie in het wortelmilieu te voorkomen.

Tabel 14. Maximum grenswaarden voor toelaatbare gehalten van een aantal elementen in gietwater voor gesloten teeltsystemen zonder dat lozing van drainwater nodig is. Voor de grenswaarden is een range gegeven, omdat toelaatbare gehalten variëren naar gewas en teeltomstandigheden.

Elementen		Maximum waarden
Na	(mol m ⁻³)	0.2 - 1.0
Cl		0.3 - 1.5
Ca		0.7 - 2.0
Mg		0.3 - 0.7
SO ₄		0.5 - 1.5
Mn	(mmol m ⁻³)	5.0 - 15.0
B		10.0 - 20.0
Zn		3.0 - 5.0

8. PERSPECTIEVEN VOOR DE GRONDTEELT

Voor de teelt in de kasgrond *in situ* zal voor verbetering van het mineralenbeheer vooral gelet dienen te worden op de hoeveelheid drainwater die wordt afgevoerd en de concentraties aan voedingselementen daarin. De afvoer aan mineralen naar het milieu is namelijk rechtsevenredig met het produkt van beide grootheden. Vermindering van de drainafvoer zal vooral gevonden moeten worden in verbetering van het watergeven. Dit betekent een verbetering van de watergeefstrategie van de tuinder, dus water geven naar de behoefte van het gewas en verbetering van de gietsystemen, teneinde een goede waterverdeling te verkrijgen. Verder zal het ook nodig zijn dat het gietwater aan bepaalde minimale eisen voldoet, teneinde zoutophoping en de daarbij vereiste doorspoeling van de kasgronden zoveel mogelijk te kunnen beperken.

Het verlagen van de concentratie aan mineralen in het drainwater zal tot stand moeten komen door een goede bemestingsstrategie van de tuinder (Voogt 1995). Dit zal ongetwijfeld leiden tot een verlaging van de voedingstoestand van de grond. Het is echter niet bij alle teelten en onder alle omstandigheden verantwoord de voedingstoestand van de grond te verlagen, omdat dit tot een te lage osmotische druk van de bodemoplossing leidt, wat nadelig is voor de kwaliteit van het geoogste produkt. Dit geldt vooral voor het telen van groentegewassen onder lichtarme omstandigheden.

Anderzijds behoeft een hoge voedingstoestand van de grond onder deze omstandigheden juist niet tot grote verliezen aan mineralen te leiden, omdat onder die omstandigheden weinig water wordt verbruikt en het afvoeren van drainwater tot een minimum kan worden beperkt. Door later in het voorjaar voorzichtig met het watergeven te blijven omgaan, kan het noodzakelijke doorspoelen worden uitgesteld tot de periode dat de voedingstoestand van de grond is gedaald en dus ook het drainwater een lager gehalte aan mineralen zal hebben.

Een wat aparte plaats in de bemestingsstrategie wordt ingenomen door het element fosfaat. Kasgronden zijn als regel jarenlang zwaar bemest met dit element en omdat het weinig aan uitspoeling onderhevig is, wordt doorgaans een hoge fosfaattoestand in kasgronden aangetroffen. Hoewel relatief weinig fosfaat wordt uitgespoeld, is dit toch al spoedig meer dan toelaatbaar is uit milieutechnisch oogpunt, zeker als de grond verzadigd raakt met fosfaat. Op veel kasgronden kan de fosfaatbemesting vaak jarenlang achterwege blijven, zonder dat dit enig effect heeft op de opbrengst (Van den Bos 1995).

Het hergebruiken van drainwater is bij teelten in grond bezwaarlijker dan bij teelten in substraat. In de eerste plaats zal net als bij teelten in substraat rekening gehouden moeten worden met het verspreiden van wortelziekten. Het lijkt dus nodig het drainwater te steriliseren, evenals bij teelten in substraat. In de tweede plaats wordt op veel bedrijven het drainwater vermengd met water wat inzijgt vanuit het oppervlaktewater uit de omgeving. De hoeveelheid water die via het drainstelsel toevloet wordt daardoor al spoedig zo groot dat het niet mogelijk is het allemaal als gietwater te gebruiken (Voogt en Korsten 1995). Ten derde loopt niet al het drainwater via het buizenstelsel naar een centraal punt. Soms is de ondergrond zo doorlatend, dat het water naast de drainbuizen via het bovenste grondwater naar de omgeving afvloeit. Tenslotte moet worden opgemerkt, dat in die delen van het land waar de grondwaterspiegel op grote diepte zit, het zelfs niet mogelijk is het drainwater te verzamelen.

Als het de tuinder zou lukken zodanig water te geven dat met een doorspoelfractie van 0.20 kan worden volstaan en de bemesting zodanig wordt teruggebracht dat bijvoorbeeld de stikstof concentratie in het drainwater op 5 mol m^{-3} komt, dan zou dat een uitspoeling aan stikstof met zich brengen van ongeveer $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ j}^{-1}$. Voor bepaalde gewassen, zoals tomaat zal deze opgave moeilijk haalbaar zijn, omdat voor dit gewas een hoge osmotische waarde van de bodemoplossing is gewenst. Anderzijds is gebleken, dat het met andere gewassen op sommige bedrijven haalbaar is. Vooral bij veel bloemgewassen, waar het voor het verkrijgen van een goede kwaliteit niet nodig is een hoge osmotische druk in de bodemoplossing aan te leggen (Van Os en De Kreij 1987; Verdegaal 1987), lijkt het mogelijk door een goed afgestemd bemestingsbeleid lagere concentraties in het drainwater te realiseren dan nu vaak worden gevonden. Gezien ook de grote verschillen in water- en meststoffengebruik op bedrijven met eenzelfde teelt (Korsten en Van Moolenbroek 1995) lijkt het mogelijk zonder grote investeringen alleen al door een goed beleid bij het watergeven en het bemesten de belasting naar het milieu aanzienlijk terug te dringen.

LITERATUUR

- Baas R. en Van der Burg A. M. M. 1993. Zout gietwater, de gevolgen bij recirculatie. Vakblad voor de Bloemisterij (plus), 48 nr 49*, 18-19.
- CAD voor Bodem-, Water-, en Bemestingszaken in Akker- en Tuinbouw 1989. Mineralenbalansen in Akker- en Tuinbouw, 36 pp.
- De Graaf R. en Van den Bos A.L. 1987. Verspreiding van (voedings)zouten en vocht bij het gebruik van druppelbevloeiing op de grond. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk, Intern Verslag, 1987, nr 17, 44 pp.
- De Graaf R. 1988. Automation of the watersupply of glasshouse crops by means of calculating the transpiration and measuring the amount of drainage water. *Acta Hort.* 229, 219-231.
- De Kreij C. en Straver N. 1988. Flooded-bench irrigation: effect of irrigation frequency and type of potting soil on growth of *codiaeum* and on nutrient accumulation in the soil. *Acta Hort.* 221, 245-252.
- Hamaker Ph. en Van der Burg A.M.M. 1979. De water- en mineralenhuishouding van een glastuinbouwbedrijf op een zandgrond in het Westland in de periode 1977/'78. Instituut Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen, Nota 1129, 28 pp.
- Haskoning 1990. Emissiereductie van nutriënten vanuit de glastuinbouw. Rijkswater staat, Dienst binnenwateren/RIZA, Nijmegen, 59 pp.
- IKC 1994. Bemestingsadviesbasis Glastuinbouw 1994-1995. Informatie en kenniscentrum Akker- en Tuinbouw, Naaldwijk, The Netherlands.
- Korsten P. en Voogt W. 1994. Mineralenbalans kent nog grote hiaten. *Groenten en Fruit/Glas groenten* 4 nr 35, 27-29
- Korsten P. Voogt W. en Bloemhard C. 1994. Verschillen door inzijging en wegzijging, giet- en bemestingsgedrag. Vakblad voor de Bloemisterij 49 nr 35, 44-47.
- Korsten P. en Van Moolenbroek. A 1995. Kennis mineralenstromen geeft inzicht in effecten van bemesting. Vakblad voor de Bloemisterij , 50 no 43, 100-103.
- Maaswinkel R.H.M. and Welles G.W.H. 1986. Factors influencing glassiness in lettuce. *Neth. Journaal Agric. Sci.*, 34, 57-65.
- Mengel K and Kirkby E.A. 1978. *Principles of Plant Nutrition*. International Potash Institute, Berne, 304.
- Postma R. 1996. Stikstofverliezen door denitrificatie op praktijkbedrijven met jaarrond chrysant NMI-LUW, verslag C95.230 concept).
- Roorda van Eysinga J.P.N.L. en Van Haeff J.N.M. 1964. Onttrekking van voedingselementen aan de grond door komkommer. Proefstation voor de Groente- en Fruitteelt onder Glas, Naaldwijk, Jaarverslag 1964, 35-38.
- Sonneveld C. 1979. Changes in chemical properties of soil caused by steam sterilisation. In: Mulder, D. (ed) *Soil desinfestation*, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam 1979, 39-49.
- Sonneveld C. and Voogt W. 1985. Growth and cation absorption of some fruit-vegetable crops grown on rockwool as affected by different cation ratios in the nutrient solution. *Journal Plant Nutrition* 8, 585-602..
- Sonneveld C. and Voogt W. 1986. Supply and uptake of potassium, calcium and magnesium of spray carnations (*Dianthus caryophyllis*) grown on rockwool., *Plant and Soil*, 93, 259-268.
- Sonneveld C. and Welles G.W.H. 1988. Yield and quality of rockwool-grown tomatoes as affected by variations in EC-value and climatic conditions. *Plant and Soil*, 11, 37-42.
- Sonneveld C. Van den Ende J. and De Bes S.S. 1990. Estimating the chemical composition of soil solution by obtaining saturation extracts or specific 1 : 2 volume extracts. *Plant and Soil*, 122, 169-175.
- Sonneveld C. and Voogt W. 1990. Response of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) to an unequal distribution of nutrients in the root environment. In: Van Beusichem M.L. (ed), *Plant nutrition-physiology and applications*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 509-514
- Sonneveld C. 1991. Rockwool as a substrate for greenhouse crops. In: Y.P.S. Bajaj (ed), *Biotechnology in Agriculture and Forestry*, Vol 17, 285-312

- Sonneveld C. and Van der Burg A.M.M. 1991. Sodium chloride salinity in fruit vegetable crops in soilless culture. *Neth. J. Agric. Sci.*, 39, 115-122.
- Sonneveld C. 1992. Nutrienten in beschermde teelten. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk, Intern Verslag, 1992, nr 23, 14 pp.
- Sonneveld C. 1994. Mineralenopname van teelten onder glas. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk, Intern verslag, 1994 nr 6, 25pp
- Sonneveld 1995. Fertigation in greenhouse industry. In: *Proceeding of the Dahlia Greidinger International Symposium on Fertigation*. Technion - Israel Institute of Technology, Haifa, Israel, 26 March-1 April 1995, 121-140
- Sonneveld C. and Van den Bos A.L. 1995. Effects of nutrient levels on growth and quality of radish (*Raphanus sativus* L) grown on different substrates. *Journal of Plant Nutrition*. 18, 501-513.
- Soorsma H. en Gröninger H. 1990. Stikstofbijmeststelsysteem Vollegrondsgroenten NBS. Informatie en Kennis Centrum Akker- en Tuinbouw. Dienst Landbouw Voorlichting, 84 pp.
- Van den Bos A. 1995. Fosfaatbemesting vaak overbodig. *Groenten en Fruit/Glasgroenten*, 5 nr. 47, 10-11.
- Van der Burg A.M.M. en Hamaker Ph. 1987. Variatie in waterafgifte druppelaars en wateropname. *Groenten en Fruit* 42 nr 19, 30-33.
- Van der Houwen M.S.Y. en Ruys M.N.A. 1993. Milieuaspecten van de rozenteelt onder glas (1). Het verbruik van water en meststoffen op praktijkbedrijven. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk, 1993 verslag no 2, 46 pp
- Van Gemert J. 1994. Milieu aspecten van de potplantenteelt onder glas. Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO), Publicatie 4.136, 91pp
- Van Moolenbroek 1993. Water en mineralenbalans bij roos in een gesloten systeem. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk, Intern verslag 1993 nr. 17, 15 pp.
- Van Moolenbroek 1995. Water- en mineralenbalans bij roos in een gesloten systeem. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, Naaldwijk, Rapport nr. 18, 19pp.
- Van Os P.C. en De Kreijl C. 1987. EC van 2 het beste voor kwaliteit en produktie. *Vakblad voor de Bloemisterij*, 42 nr. 43, 56-57
- Van den Bos A. 1995. Fosfaatbemesting vaak overbodig. *Groenten en Fruit/Glasgroenten*, 5 nr 47, 10-11.
- Verdegaal J. 1987. Hoge EC beïnvloedt kwaliteit negatief. *Vakblad voor de Bloemisterij*, 42 no 42, 65.
- Verhaegh A.P. Vernooij C.J.M. Van der Sluys B.J. en Van der Velden N.J.A. 1990. Vermindering van de milieubelasting door de glastuinbouw in Zuid-Holland. Landbouw Economisch Instituut, Interne Nota 386.
- Voogt W. 1988. K and Ca ratios in the nutrient solution with beefsteak tomatoes. *Acta Hort.* 222, 155-165.
- Voogt W. en Bloemhard C. 1992. Voedingsoplossingen voor de teelt van tomaten in gesloten systemen. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk, Serie Voedingsoplossingen Glastuinbouw, nr 17, 17 pp.
- Voogt W. 1995. Meststoffenefficiëntie kan omhoog. *Vakblad voor de Bloemisterij*, 50 no 43, 98, 99.
- Voogt W. en P. Korsten 1995. Complicaties bij hergebruik van drainwater. *Vakblad voor de Bloemisterij*, 50 no 43, 108 - 109.
- Zuidgeest K. 1995. Gegevens van het ROS-onderzoek 1995 van de Westlandse Groentestudie club. Niet gepubliceerd.