

42

Bibliotheek
Proefstation
Naaldwijk

A
2
S
74

PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS TE NAALDWIJK

Nutriënten in beschermde teelten

C. Sonneveld

September 1992

Intern verslag nr 23

2232943

[rec]nut

Nutriënten in beschermde teelten

C. Sonneveld

Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk

1. Introductie

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

Door de hoge 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 en een lang teeltseizoen. Bij vrijwel alle bedrijfsvoeringen in de glastuinbouw wordt momenteel jaarrond geproduceerd. De hoge producties induceren een grote voedingsopname en dientengevolge worden hoge bemestingen toegepast. In dit verband is een vergelijking van de toegepaste stikstofbemestingen 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 tot 2000 kg per ha per jaar niet ongebruikelijk (Verhaeg et al., 1990).

Het toepassen van de hoge mestgiften heeft tot gevolg dat de voedingstoestand in het wortelmilieu doorgaans hoog is. Een bijkomende factor is, dat een hoge voedingstoestand veelal ook nodig is in verband met de kwaliteit van de plant en soms ook voor de kwaliteit van het geoogste product. Bij te lage ionenconcentraties in het wortelmilieu ontstaat soms een te welig onvoldoende generatief gewas, wat vooral nadelig is voor de kwaliteit van het geoogste product van vruchtgewassen (Sonneveld and Welles, 1988). Voor dergelijke gewassen lijkt een bepaalde osmotische stress gewenst.

Een ander duidelijk 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, omdat in kassen waar dit onvoldoende wordt gedaan gemakkelijk zoutaccumulatie in het wortelmilieu plaatsvindt. Het doorspoelen kan zowel plaatsvinden tijdens de teelt door regelmatig meer water te geven dan het gewas nodig heeft, als na afloop van de teelt.

De hoge concentraties aan voedingsionen in het wortelmilieu hebben tot gevolg dat ook in het drainwater hoge concentraties gevonden worden. Dit brengt met zich dat aanzienlijke verliezen aan voedingsstoffen optreden. Op gronden met een diepe grondwaterstand verplaatsen deze verliezen zich naar het diepe grondwater en bij gronden met een hoge grondwaterspiegel worden de verliezen veelal via een drainstelsel op het oppervlaktewater gebracht.

De glastuinbouw kent specifieke teeltsystemen. Naast teelten in grond vinden veel teelten plaats in substraten. Momenteel is dit het geval voor ongeveer 50% van het areaal. Steenwol is het meest gebruikte substraat. Het vindt vooral

toepassing bij vruchtgroente-gewassen, zoals tomaat, komkommer, paprika en aubergine en bij sommige snijbloemen, zoals roos en gerbera. Veen wordt als substraat gebruikt voor potplanten en op beperkte schaal voor enkele snijbloemgewassen. Andere substraten zoals geëxpandeerde kleikorrels, perlite, kunstschuimen etc. worden op kleine schaal of proefgewijze toegepast. Het is te verwachten dat de oppervlakte substraatcultures de komende jaren aanzienlijk zal uitbreiden.

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 gegeven en de kwaliteit van het water zijn van belang voor de beweging van de voedingsstoffen in het wortelmilieu. Tussen de 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 beregend.
- 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 vindt plaats bij teelten in bedden of bij teelten waarvan de planrijen en planten vrij ver uit elkaar staan. 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 de voedingsstoffen in het wortelmilieu. Bij "volveld"-irrigeren 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 plaats vindt en water door capillaire opstijging wordt aangevoerd. Op deze droge plaatsen vindt sterke zoutaccumulatie aan het oppervlak plaats. Bij druppelbevloeiing is dit in sterke mate het geval (Fig. 1). Horizontaal komen dan grote verschillen voor in de gehalten aan nutriënten. In verticale richting worden grote verschillen in gehalten aan nutriënten gevonden in het wortelmilieu als water wordt gegeven via eb/vloed systemen. Dit is bijvoorbeeld gevonden in het wortelmilieu bij potplanten die in een dergelijk systeem worden geteeld (Fig. 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 instraling, de stookenergie die in de kas wordt gebracht, de aard

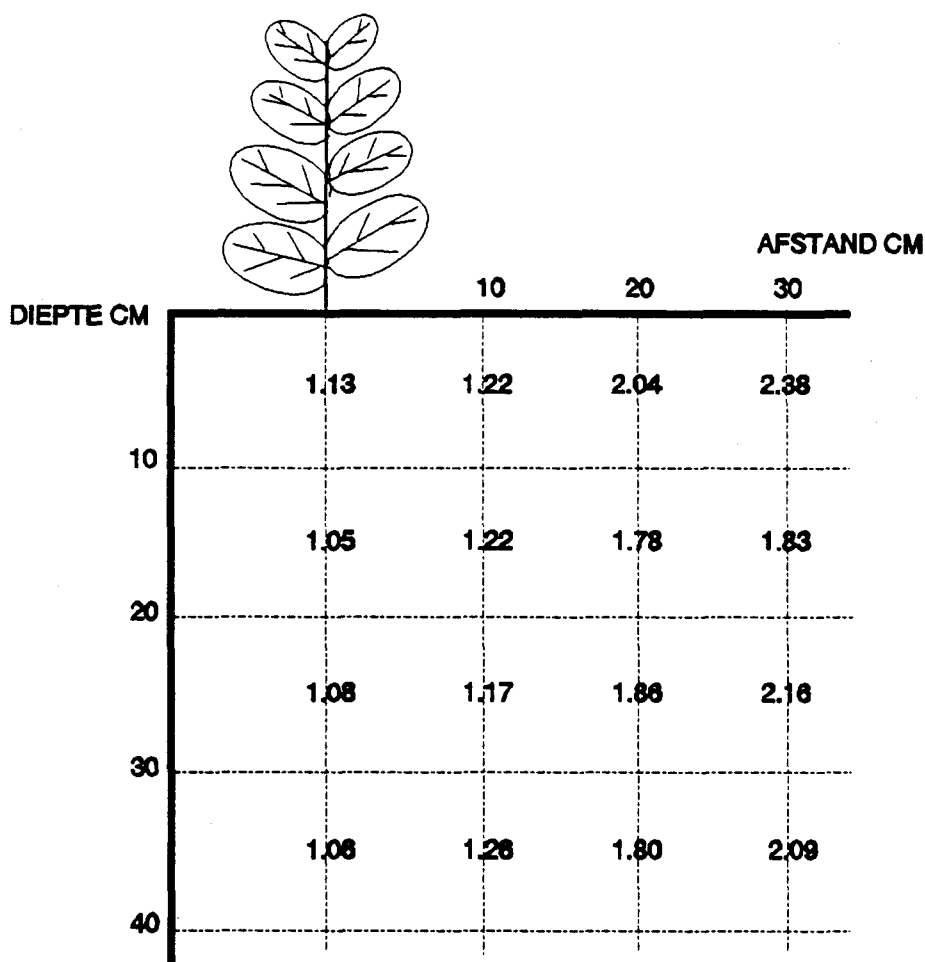


Fig. 1. Variatie in de zouttoestand van de grond (EC 1:2 volume extract) bij een tomatbedrijf op veengrond met druppelbevloeiing. Plantdatum januari, bemonstering september (De Graaf en Van den Bos, 1987).

van het gewas en het groeistadium van het gewas (De Graaf, 1988). Het is nodig meer water te geven dan de opname van het gewas groot is. In de eerste plaats dient dit om grond of substraat door te spoelen om zoutaccumulatie te voorkomen. Ook is water nodig om de ongelijkheid in watergift en wateropname tussen planten te vereffenen. Onderzoek van Van der Burg en Hamaker (1987) toonde aan, dat bijvoorbeeld tomatplanten grote verschillen vertoonden in waterabsorptie. Daarenboven bleek ook de waterafgifte van het druppelsysteem sterk te variëren (Fig. 3). Dit is echter niet alleen het geval bij druppelsystemen, maar ook bij regenleidingen is vaak een ongelijke waterafgifte geconstateerd. In de praktijk blijkt dat voor het vereffenen van de ongelijkheid in wateropname en waterafgifte al spoedig 20-30% van de watergift nodig is.

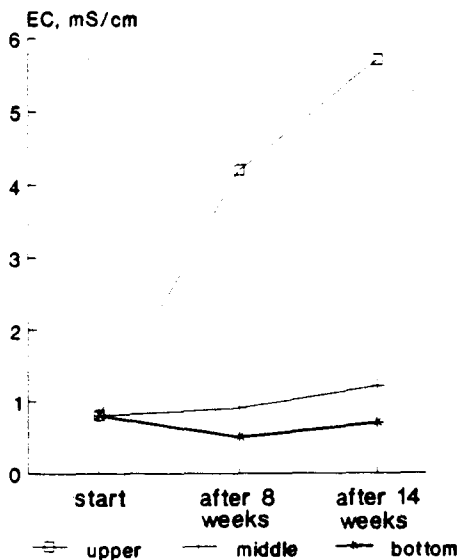


Fig. 2. Het verloop van de EC-waarde (1:1,5 volume-extract) in verschillende lagen van de potgrond bij de teelt van codiaeum als potplant in een eb/vloed-systeem. Ontleend aan De Kreij en Straver (1988).

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 kunnen ze uit het wortelmilieu verwijderd worden. De opname aan mineralen is afhankelijk van de aard van het gewas en de teeltomstandigheden. Bij elementen als Cl en vooral Na treden al spoedig problemen op, omdat de meeste gewassen ze maar in zeer geringe hoeveelheden opnemen. Maar ook voor SO_4 , Ca en Mg kunnen met gietwater grotere hoeveelheden worden aangevoerd dan de opname door het gewas. In Tabel 1 is voor enkele gewassen de opname van genoemde elementen weergegeven in relatie tot de wateropname. Op deze wijze uitgedrukt gegeven deze concentraties een directe relatie met de maximaal toelaatbare concentratie waarbij geen accumulatie in het wortelmilieu plaatsvindt.

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.

Voor wat betreft de gehalten in het wortelmilieu treden bij sommige gewassen flinke verschillen in opname op, als bepaalde elementen in het wortelmilieu worden verhoogd (Sonneveld and Voogt, 1985 en 1986); bij andere gewassen treedt soms een nivellering op in een bepaald traject. Het gewas neemt dan boven een bepaald niveau niet meer extra voedingselementen op bij een verdere stijging in het wortelmilieu (Voogt, 1988). Genoemde effecten variëren naar element, gewas en vaak ook ras. Bij een evenredige verhoging van alle elementen in het wortelmilieu treedt een vrij algemene verandering op in de kationenopname. Bij

toenemende concentraties stijgt veelal de opname aan K en dalen de opnamen aan Ca en Mg (Tabel 2).

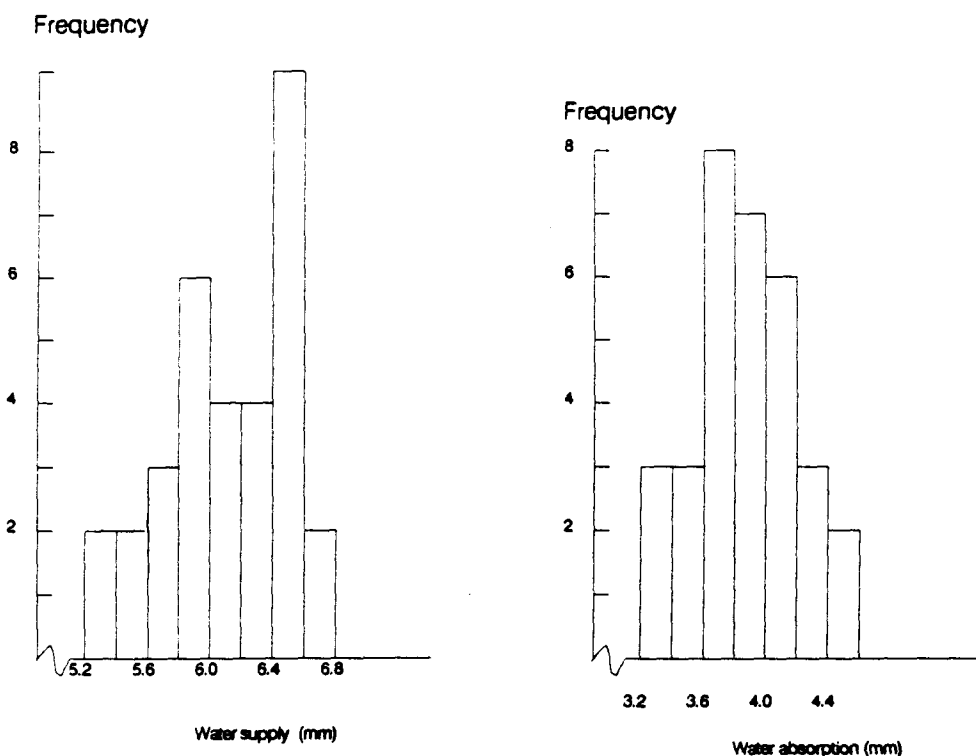


Fig. 3. Variatie in watergift en wateropname bij een tomateteelt in steenwol. Het irrigatiesysteem was druppelbevloeiing (Van den Burg en Hamaker, 1987).

Tabel 1. Voedingsopname van enkele gewassen onder glas geteeld in relatie tot de wateropname. De voedingsstoffen zijn uitgedrukt als mmol/l en de waterhoeveelheden in l/m².

Elementen	mmol per l opgenomen water				
	Tomaat	Komkommer	Paprika	Radijs	Roos
K	6.3	6.2	4.9	4.6	2.2
Ca	2.0	3.0	2.6	1.5	0.8
Mg	0.6	1.0	1.0	0.5	0.4
N	9.9	13.4	10.2	8.6	5.2
P	1.4	1.2	1.0	0.4	0.4
S	1.3	1.0	1.0	0.4	0.5
Water	650	650	650	400	425

De opname van diverse voedingselementen is nauw gecorreleerd met de opbrengst. Roorda van Eysinga en van Haeff (1964) vonden bij komkommer een lineair verband tussen opbrengst en de opname van verschillende mineralen. Een overzicht van de

Tabel 2. Gehalten aan K, Ca en Mg van jonge tomatenbladeren (mmol/kg droge stof) bij verschillende EC waarden van de voedingsoplossing in het wortelmilieu (Naar Sonneveld and Voogt, 1990).

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

voedingsopname door verschillende gewassen die onder glas worden geteeld is weergegeven in Tabel 1. De opnamen hebben betrekking op teelten met een hoge opbrengst geteeld bij optimale gehalten aan voedingselementen in het wortelmilieu. De opbrengst van de tomaten was 50 kg, van de komkommers 70 kg, van de paprika's 25 kg, van de rozen 200 stuks en van de radijs 2000 stuks per m² per jaar. De opname aan voedingselementen is uitgedrukt als concentratie van het door de gewassen opgenomen water. De gegevens zijn berekend als gemiddelde concentratie over het jaar. Afhankelijk van de klimatologische omstandigheden in de kas treden verschillen op tussen bijvoorbeeld de seizoenen (Sonneveld, 1991).

4. Bemesting

In de glastuinbouw worden voor veel gewassen slechts in beperkte mate meststoffen uitgestrooid. Gewoonlijk wordt dit alleen nog gedaan voor het toedienen van de voorraadbemesting bij teelten die in de kasgrond plaatsvinden. Het bijmesten van deze gewassen vindt uitsluitend plaats via fertigatie. Bij teelten in substraat worden meststoffen alleen toegediend door fertigatie. De voedingstoestand die in het wortelmilieu wordt aangehouden varieert naar gewas en teeltomstandigheden. Voor enkele gewassen is het niveau van de voedingstoestand weergegeven, zoals die wordt aangehouden voor teelten in grond en substraat (Tabel 3). Voor grond zijn de waarden van de routinematige methode - 1:2 volume extract - omgerekend naar de bodemoplossing (Sonneveld et al., 1990). Zoals blijkt, worden in de bodemoplossing bij teelten in grond hogere waarden aangehouden voor de EC dan in substraatteelt. Dit houdt verband met het veel grotere wortelvolume dat de plant beschikbaar heeft bij teelten in grond. Dit grote wortelvolume brengt als regel een grote variatie in concentraties met zich. Osmotisch reageert de plant vooral op de laagste waarden die voor de wortel bereikbaar zijn. Om de laagste waarden voldoende hoog te doen zijn, moet dus op hogere gemiddelde waarden worden afgestemd. Voor fosfaat worden in de grond juist lagere waarden aangehouden in de bodemoplossing. Dit is mogelijk, dankzij de grote buffer die in kasgronden aanwezig is.

Soms worden voor gewassen hogere waarden aangehouden dan hier vermeld. Dit gebeurt voor vruchtgewassen om een te welig gewas tegen te gaan en de vruchtzetting te bevorderen. Ook voor een goede vruchtkaliteit kan het nodig zijn een hoge osmotische waarde in het wortelmilieu aan te houden (Sonneveld and Welles, 1988; Sonneveld, 1991). Ook bij bladgewassen kan een hoge osmotische druk gunstig zijn. Dit is bijvoorbeeld in de winter het geval bij sla om glazigheid te voorkomen (Maaswinkel and Welles, 1986). Een hoge

Tabel 3. Streefwaarden voor analysecijfers voor kasteelten in grond en substraat. (1:2), streefwaarden voor 1:2 volume extract en (SS) omgerekend naar bodemoplossing.

Teelten	Bepalingen			
	EC	NO ₃	P	K
<u>Teelten in grond</u>				
Tomaat (1:2)	1.4	5.0	0.15	2.2
(SS)	5.2	26	0.18	6.6
Sla (1:2)	1.2	3.0	0.15	2.5
(SS)	4.6	15	0.18	7.6
Roos (1:2)	1.0	4.0	0.15	1.5
(SS)	4.0	20	0.18	4.3
<u>Teelten in substraat</u>				
Tomaat	3.0	17	0.7	7.0
Sla	2.5	19	1.0	6.0
Roos	2.2	12.5	0.9	6.0

osmotische druk wordt veelal aangebracht door het verhogen van de voedingstoestand van de grond. Het is echter mogelijk dit ook met andere zouten te doen als het gewas niet specifiek gevoelig is voor een éézijdige verhoging van bepaalde ionen in het wortelmilieu.

Het afstemmen van de bemesting in de glastuinbouw vindt plaats door systematische toediening van meststoffen aan het irrigatiewater. Het bijstellen van de verhoudingen aan voedingselementen en concentraties vindt plaats aan de hand van bemonsteringen in het wortelmilieu. Dit gebeurt iedere 4 tot 8 weken bij teelten in de grond en iedere 2 tot 4 weken bij teelten in substraat.

5. Meststofverliezen op bedrijfsniveau

In het westen van Nederland treden meststofverliezen vooral op door het water dat via het drainstelsel wordt afgevoerd. In het Oosten en Zuiden van het land worden de verliezen vooral afgevoerd naar het diepe grondwater. De hoeveelheid meststoffen die wordt uitgespoeld hangt samen met de hoeveelheid water die wordt doorgespoeld en met de meststoffen concentraties in het bodemvocht. Indien voor een bepaalde teelt een transpiratie optreedt van 650 mm over een teeltseizoen, en 30% doorspoeling nodig is en de stikstofconcentratie in het bodemvocht 20 mol/m³ is, kan de volgende uitspoeling worden berekend.

Watergift	9286 m ³ /ha
Transpiratie	6500 m ³ /ha
Doorspoeling (drainafvoer)	2786 m ³ /ha
Stikstofuitspoeling	2786 m ³ /ha x 20 mol/m ³ x 14 kg/kmol = 780 kg/ha

Dergelijke grote uitspoeling van stikstof wordt wel gevonden. In veel gevallen blijkt de werkelijke uitspoeling via het drainwater lager te zijn dan op bovenomschreven wijze wordt berekend. De oorzaak zou kunnen zijn dat de plantewortel de bodemoplossing bij verplaatsing naar de ondergrond uitput, zodat de concentratie geleidelijk lager wordt. Dit is gezien de hoge

concentratie niet te verwachten. Waarschijnlijk moeten tekorten op de mineralenbalans eerder worden toegeschreven aan denitrificatie. Gezien het feit dat in kasgronden de temperatuur, de vochtigheid, de pH, het organische stofgehalte en het nitraatgehalte hoog zijn, kan een aanzienlijke denitrificatie verwacht worden. Mengel en Kirkby (1978) vermelden in een literatuur overzicht stikstofverliezen van 5-50 en van 11-40% door denitrificatie. Als hiermede rekening wordt gehouden, zijn in de glastuinbouw stikstofverliezen van enkele honderden kg per ha per jaar door denitrificatie zeker te veronderstellen.

Door Hamaker en Van der Burg, (1979) zijn meststoffenbalansen gemaakt bij enkele teelten in kasgronden. In Tabel 4 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 efficiency is vooral voor stikstof laag. Voor dit element is de restfactor relatief groot. Deze zou dus geheel of gedeeltelijk verklaard kunnen worden uit denitrificatie. De negatieve restfactor bij kali kan verklaard worden uit veranderingen in de kalitoestand van de grond.

Tabel 4. Water- en mineralenbalans voor een glastuinbouwbedrijf op een kleigrond met twee achtereenvolgende tomateteelten, een voorjaarsteelt van december tot juli en een herfstteelt van juli tot december. Opbrengst 30 kg/m². Water in m³/ha en mineralen in kg/ha.

	Water	N	P	K
Toediening	12950	2269	218	3101
Opname gewas	6700	609	152	1283
Afvoer drain	6250	1344	56	2029
Restfactor	-	316	10	-211
Efficiency	0.52	0.27	0.70	0.41

Voor teelten in substraat is door het LEI (Verhaegh et al, 1990) een onderzoek ingesteld naar het verbruik en de uitspoelverliezen van meststoffen. De door hen verrichte schattingen zijn gemaakt door waarnemingen te doen op bedrijven waar volgens de standaardmethode met vrije drainage van het substraat werd gewerkt en op bedrijven waar het drainwater werd hergebruikt en dus geen uitspoelverliezen zijn geweest. Het verschil in mestgebruik is aangemerkt als uitspoelverliezen. De resultaten geven echter op basis van het waterverbruik aanleiding te veronderstellen dat op laatstgenoemde bedrijven toch enige uitspoeling of lekkage is geweest. Voor het waterverbruik en de stikstofbemesting zijn de gegevens vermeld in Tabel 5. Naast de door Verhaegh et al, (1990) vermelde gegevens is een schatting gemaakt van de afwijking op de bedrijven waar het drainwater wordt hergebruikt op basis van geschatte transpiratie van de gewassen. In ieder geval mag verondersteld worden dat de juiste gegevens tussen de beide schattingen in ligt. Bij de teelt in substraat is de efficiency voor het water ongeveer 0.70 en voor de stikstof rond 0.50.

6. Meststoffenverliezen op nationaal niveau

Nauwkeurige schattingen van meststoffenemissies in de glastuinbouw op nationaal niveau zijn moeilijk te maken, omdat de variatie in teelten en teeltwijzen van bedrijf tot bedrijf sterk verschillen. Aan de hand van beschikbare gegevens zal

Tabel 5. Water- en meststofefficiency berekend voor vruchtgroentegewassen op basis van LEI-gegevens (Verhaegh et al, 1990). De gegevens zijn ook weergegeven na geschatte correctie op waterverliezen bij recirculatiesystemen.

Gewas	Gift + uitspoeling	Bruto opname		Correctie opname	Netto opname	
		Abs.	Rel.		Abs.	Rel.
<u>Water in m³/ha</u>						
Tomaat	9691	7600	0.78	1100	6500**	0.67
Komkommer	9680	7232	0.75	732	6500	0.67
Paprika	10115	7229	0.71	729	6500	0.64
<u>Stikstof in kg/ha</u>						
Tomaat	1935	1110	0.57	262*	848	0.44
Komkommer	2050	1411	0.69	184	1227	0.60
Paprika	2102	1125	0.54	194	931	0.44

* Aangenomen dat het drainwater voor de drie gewassen respectievelijk 17, 18 en 19 mmol N/l bevatte.

** Geschatte transpiratie voor deze gewassen.

een berekening worden gemaakt voor de stikstofemissie. Het resultaat zal worden vergeleken met die van andere berekeningen. In Tabel 6 zijn gegevens opgenomen over arealen, stikstofbemesting en stikstofopnamen in de glastuinbouw. De arealen zijn ontleend aan Anonymus (1991). De kunstmestgiften zijn ontleend aan Verhaegh et al, (1990) voor Groenten op substraat en berusten op enquête-gegevens van een redelijk aantal bedrijven. Over snijbloemen in substraat bestaan slechts summiere gegevens over het meststoffenverbruik. De overige gegevens zijn ontleend aan Wijnands et al, (1983) en zullen sindsdien niet sterk gewijzigd zijn.

Tabel 6. Glastuinbouwarealen, stikstofgiften en stikstof-opnamen door gewassen op jaarbasis.

Gewasgroep en teeltwijze	Areaal ha	N-gift - kg/ha		Opname kg/ha
		kunstmest	organisch	
Vruchtgroente substraat	2500	2000 1)	-	1000 1)
Groente grond	2000	675 2)	150 3)	450 4)
Snijbloemen substraat	600	800	-	300 4)
Snijbloemen grond	3400	500 2)	150 3)	350 4)
Potplanten/ perkplanten	1200	475 2)	-	250

1) Verhaegh et al, 1990.

2) Wijnands, 1983.

3) Zie tekst.

4) Ontleend aan Van den Burg, 1989; Nederpel, 1972.

De stikstofaanreiking met organische mest bij teelten in grond is berekend uit het gebruik van organische stikstofmeststoffen en uit het gebruik van organische bodemverbeteringsmiddelen. Voor de organische stikstofmeststoffen is 50 kg per ha aangehouden op basis van een enquête bij jaarrondchrysant (Van den Burg en Hamaker, 1984). Voor de organische bodemverbeteringsmiddelen is 100 kg per ha aangehouden. Dit zal niet te hoog zijn als wordt bedacht dat met een standaardgift stalmest van 100 ton/ha reeds 500 kg stikstof wordt gegeven. Voor wat betreft de opname van gewassen zijn redelijk nauwkeurige gegevens bekend. Bij snijbloemen op substraat is de opname vrij laag, omdat roos en cymbidium daarbij belangrijke gewassen zijn en deze gewassen geen grote opname hebben. Voor potplanten zijn weinig gegevens bekend.

Het bemestingsoverschot (BO) kan uit Tabel 6 als volgt worden berekend:

$$BO = \sum a \text{ ha} * (N\text{-gift kg/ha} - N\text{-opname kg/ha}).$$

Op deze wijze wordt voor de glastuinbouw een bemestingsoverschot berekend van $4.84 * 10^6$ kg. De emissie kan echter niet gelijkgesteld worden aan het bemestingsoverschot, omdat een deel van de stikstof denitrificeert. Ook bij teelten in substraat moet hiermede rekening worden gehouden, want afvoer van het drainwater vindt daarbij veelal plaats via de kasgrond. Worden de reeds eerder geciteerde percentages (Mengel en Kirkby, 1978) gehanteerd (11-40%) voor denitrificatie, dan zou 25% van de stikstofgift daarvoor berekend worden. Dit geeft $2.47 * 10^6$ kg. De emissie zou dan $(4.84 - 2.47) * 10^6$ kg = $2.37 * 10^6$ kg zijn.

Door het CAD voor bodem-, water- en bemestingszaken in de akker- en tuinbouw (1989) is ook een berekening gemaakt van het bemestingsoverschot. De resultaten daarvan stemmen goed overeen met die van de hier uitgevoerde berekening. Het CAD berekende voor de glastuinbouw een bemestingsoverschot aan stikstof van $4.99 * 10^6$ kg voor 8395 ha. Voor 9700 ha, waarvoor bovenstaande berekening werd uitgevoerd zou volgens het CAD $5.77 * 10^6$ worden berekend. Door Haskoning (1990) werd voor 9329 ha een emissie berekend van $3.32 * 10^6$ kg stikstof. Voor 9700 ha zou dan $3.45 * 10^6$ kg verkregen worden. Beide schattingen liggen hoger dan de resultaten van de hier uitgevoerde berekening. De verkregen verschillen zijn begrijpelijk, gezien de beperkte informatie die voorhanden is. De gemaakte schattingen moeten worden gezien als een orde van grootte.

7. Gesloten teeltsystemen

Als de grote opname aan voedingsstoffen in de glastuinbouw in ogenschouw wordt genomen, lijkt het niet haalbaar aan de normen gesteld door de overheid, te voldoen. De efficiency van de toegediende meststoffen zou dan rond de 0.90 moeten liggen. De gestelde norm aan uitspoelverliezen van 75 kg stikstof per ha zou bij een doorspoelfractie van 0.25 bij veel gewassen leiden tot de eis dat het drainwater de wortelzone mag verlaten met een concentratie van 2 mmol stikstof per liter. Als bedacht wordt, dat momenteel de concentratie in het bodemvocht veelal 20 mmol is, dan lijkt de kans op realisatie van de norm niet groot.

In de glastuinbouw wordt daarom gedacht over te gaan naar het telen in gesloten systemen. Bij dergelijke systemen wordt niet meer in de kasgrond, maar in water of substraat geteeld. Het teeltsysteem is zodanig ingericht dat alle drainwater wordt opgevangen, zo nodig wordt gestereliseerd en opnieuw wordt gebruikt als gietwater. Toepassing van dergelijke systemen stelt specifieke eisen aan de toediening van voedingsstoffen en aan de waterkwaliteit. Bepalend is dat de

inbreng aan mineralen via meststoffen en gietwater de opname door het gewas niet mag overtreffen. Is dat wel het geval, dan zal van die elementen waarvan de inbreng te groot is accumulatie optreden. Dit brengt verzouting of ontregeling van de verhoudingen tussen de voedingselementen met zich.

7.1 Water en voeding

In Tabel 1 is de verhouding tussen de opname aan water en voedingsstoffen voor verschillende gewassen weergegeven. De verhoudingen aan voedingselementen in het wortelmilieu moeten echter niet gelijk zijn aan die waarin ze worden opgenomen. Vooral voor wat betreft de kationenopname zouden dan problemen optreden. In Tabel 7 zijn de aanbevolen concentraties in het wortelmilieu voor tomaat weergegeven naast de verhoudingen waarin de voedingsstoffen door dit gewas worden opgenomen. Zoals blijkt zijn in het wortelmilieu de tweewaardige ionen relatief over en de éénwaardige ionen relatief onder vertegenwoordigd ten opzichte van stikstof.

Tabel 7. Vergelijking van aanbevolen concentraties in het wortelmilieu van substraatsystemen voor tomaat en opgenomen hoeveelheden voedingsstoffen als concentratie van de wateropname.

Elementen	Aanbeveling in wortelmilieu		Opname door het gewas	
	Absoluut	Relatief*	Absoluut	Relatief*
N	17	100	9.9	100
S	5	29	1.3	13
P	0.7	4	1.4	14
K	7	41	6.3	64
Ca	7	41	2.0	20
Mg	3.5	21	0.6	6

* N = 100

De opname aan voedingselementen zoals weergegeven in Tabel 1 is echter aan schommelingen onderhevig. Concentratie en verhoudingen kunnen wisselen in afhankelijkheid van het groeistadium van het gewas, de klimatologische omstandigheden en de voedingstoestand in het wortelmilieu. Zo vond Voogt (1988) dat de verhouding waarin de 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 van de opname van 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 is het geval 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 veelvuldig voor. In sommige typen water worden ook wel sulfaat of

micro-elementen aangetroffen. De eisen waaraan water moet voldoen voor gesloten teeltsystemen hangen af van het gewas, de klimatologische omstandigheden en de teeltwijze. In Tabel 8 zijn voor een aantal elementen grenzen gegeven waarboven de gehalten in het gietwater niet mogen uitkomen, teneinde accumulatie in het wortelmilieu te voorkomen.

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_a - de concentratie van een bepaald ion in het uitgangs (giet)water.
- C_m^w - de concentratie van dat ion toegevoegd als verontreiniging met de meststoffen.
- C_o - de opname van dat ion door het gewas in verhouding tot de opname aan water.
- C_d - de maximaal aanvaardbare concentratie van dat ion in de oplossing in het wortelmilieu.

De concentraties (C_w , C_m , C_o en C_d) worden uitgedrukt in mol/m³. De hoogst verkregen waarde voor f_a voor enig ion bepaalt de doorspoelfractie van een bepaald type water. Voor wat betreft de parameters in de formule kan worden opgemerkt, dat C_w kan worden bepaald door analyse, C_m samenhangt met de zuiverheid van de meststoffen, C_o afhankelijk is van het gewas, C_d en de teeltomstandigheden (Sonneveld and Van den Burg, 1991) en C_d experimenteel wordt vastgesteld.

Tabel 8. Grenswaarden voor toelaatbare gehalten (mol/m³) van bepaalde elementen in water voor gesloten teeltsystemen.

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

* Varieert naar gewas en teeltomstandigheden

Literatuur

- Anonymus, 1991. Kwantitatieve informatie voor de glastuinbouw 1991 - 1992 groenten - snijbloemen - potplanten. Informatie en Kennis Centrum Akker- en Tuinbouw, Naaldwijk - Aalsmeer.
- CAD voor Bodem-, Water- en Bemestingszaken in Akkerbouw en Tuinbouw, 1989. Mineralenbalansen in akkerbouw en tuinbouw, 36 pp.
- De Graaf, R. en A.L. van den Bos, 1987. Verspreiding van (voedings)zouten en vocht bij het gebruik van druppelbevloeiing op de grond. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Intern verslag, 1987, nr. 17, 44 pp.
- De Graaf, R., 1988. Automation of the water supply of glasshouse crops by means of calculating the transpiration and measuring the amount of drainage water. *Acta Horticulturae* 229, 219-231.
- De Kreij, C. and N. Straver, 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 Horticulturae* 221, 245-252.
- Hamaker, Ph. en A.A.M. van der Burg, 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. Rijkswaterstaat, dienst binnenwateren/Riza, Nijmegen, 59 pp.
- Mengel, K. and E.A. Kirkby, 1978. Principles of Plant Nutrition. Internationaal Potash Institute, Berne. p 304.
- Maaswinkel, R.H.M. and G.W.H. Welles, 1986. Factors influencing glassiness in lettuce. *Netherlands Journal Agriculture Science*, 34, 57-65.
- Nederpel, W.A.C., 1972. Onttrekking aan de grond van voedingselementen door freesia. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk, Intern verslag, 1972, no. 479. 7 pp.
- Roorda van Eysinga, J.P.N.L. en J.N.M. van Haeff, 1964. Onttrekking van voedingselementen aan de grond door komkommer. Proefstation voor de Groenen Fruitteelt onder Glas, Naaldwijk, Jaarverslag, 1964, 35-38.
- Sonneveld, C. and W. Voogt, 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 W. Voogt, 1986. Supply and uptake of potassium, calcium and magnesium of spray canations (*Dianthus caryophyllus*) grown in rockwool. *Plant and Soil*, 93, 259-268.
- Sonneveld, C. and G.W.H. Welles, 1988. Yield and quality of rockwool-grown tomatoes as affected by variations in EC-value and climatic conditions. *Plant and Soil*, 111, 37-42.

- Sonneveld, C., J. van den Ende and S.S. de Bes, 1990. Estimating the chemical compositions of soil solution by obtaining saturation extracts or specific 1 : 2 by volume extracts. *Plant and Soil*, 122, 169-175.
- Sonneveld, C. and W. Voogt, 1990. Response of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) to an unequal distribution of nutrients in the root environment. In: M.L. van Beusichem (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 A.M.M. van der Burg, 1991. Sodium chloride salinity in fruit vegetable crops in soilless culture. *Netherlands Journal Agriculture Science*, 39, 115-122.
- Sonneveld, C., A.L. van den Bos, A.M.M. van der Burg and W. Voogt, (1991). Fertigation in the greenhouse industry in The Netherlands. In: *Fertigation/Chemigation, Proceedings of the Expert Consultation on Fertigation/Chemigation*, Cairo. FAO, Rome, 1991, 186-193.
- Soorsma, H. en H. Gröniger, 1990. Stikstofbijmeststelsysteem Vollegrondsgroenten NBS. Informatie en Kennis Centrum Akker- en Tuinbouw. Dienst Landbouw Voorlichting , 84 pp.
- Van der Burg, A.M.M. en Ph. Hamaker, 1984. Water- en mineralenhuishouding bij de teelt van jaarrondchrysanthe. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Intern verslag 1984, no. 31, 39 pp.
- Van der Burg, A.M.M. en Ph. Hamaker, 1987. Variatie in waterafgifte druppelaars en wateropname. *Groenten en Fruit*, 42, nr. 19, 30-33.
- Van der Burg, A.M.M., 1989. Mineralenhuishouding van glastuinbouwbedrijven. In: Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk. *Plantevoeding in de glastuinbouw*, Informatiereeks, no. 87, 53-58.
- Verhaegh, A.P., C.J.M. Venooij, B.J. van der Sluys en N.J.A. van der Velden, 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 Horticulturae*, 222, 155-165.
- Voogt, W. en C. Bloemhard, 1992. Voedingsoplossingen voor de teelt van tomaten in gesloten systemen. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk, Serie: Voedingsoplossingen glastuinbouw, no 17, 17 pp.
- Wijnands, J.H.M., F.F. de Kruif, K. Lodder en H.H. Luesink, 1983. Het kunstmestgebruik in de land en tuinbouw in 1979/1980. Landbouw Economisch Instituut, no 3.125, 75 pp.