

cb
Bibliotheek
Proefstation
Naaldwijk

A
2
K
89

BIBLIOTHEEK
PROEFSTATION VOOR TUINBOUW
ONDER GLAS TE NAALDWIJK

PROEFSTATION VOOR TUINBOUW ONDER GLAS TE NAALDWIJK

Nutriënten en substraat in gesloten bedrijfssystemen

C. de Kreij

Januari 1991.

Intern verslag nr 5

INHOUDSOPGAVE**Pagina**

1.	Inleiding	1
2.	Nutriënten	4
	2.1. Opname	
	2.2. Verdeling	
3.	Waterkwaliteit en afvoer	10
	3.1. Formule voor afvoer	
	3.2. Natrium en chloride	
	3.3. Overige elementen	
4.	Ontsmetting	14
5.	Substraat	15
6.	Geraadpleegde literatuur	17

NUTRIËNTEN EN SUBSTRAAT

PHLO cursus "Gesloten Bedrijfssystemen Glastuinbouw"

Ir. C. de Kreij.

Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk.

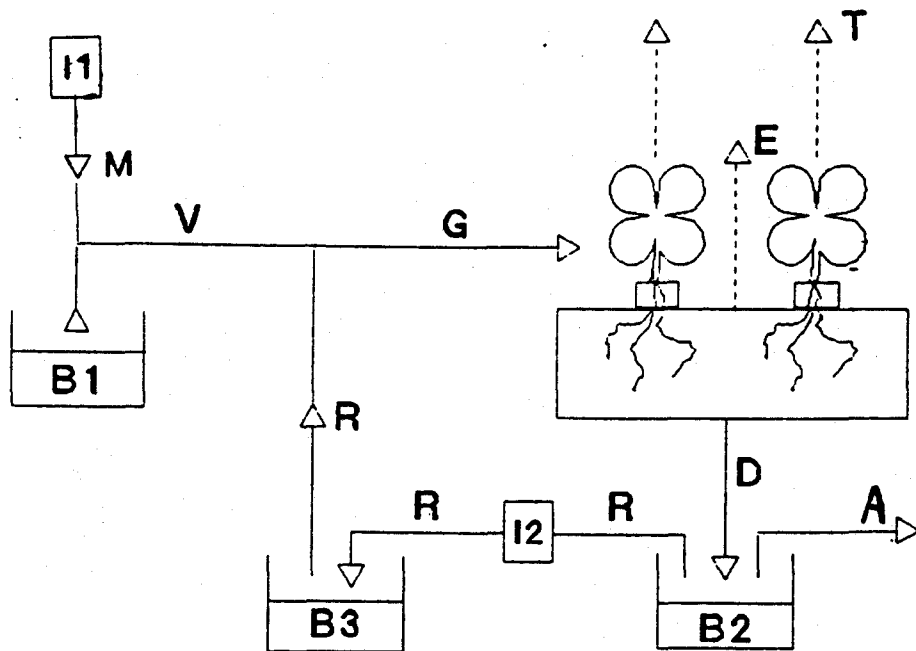
1. INLEIDING

In een gesloten teeltsysteem mogen bodem, water en lucht niet of nauwelijks rechtstreeks worden belast. Bovendien moeten afval- en reststoffen op een verantwoorde manier worden hergebruikt en/of verwerkt. Er zal worden ingegaan op de belasting, die kan ontstaan door nutriënten en het substraat. In een gesloten systeem zijn wat betreft het maken van voedingsoplossingen een aantal zaken verschillend van een open systeem. Deze zullen aan bod komen. Voor zowel een open als een gesloten systeem wordt de water- en nutriëntenhuishouding weergegeven in figuur 1.

De nutriëntenhuishouding in een gesloten systeem is anders dan bij een open systeem. Het belangrijkste verschil is dat in een gesloten systeem de afvoer, vanuit een opvangtank of direct uit het wortelmedium, ontbreekt. Dit kan alleen worden gerealiseerd als het wortelmedium aan de onderzijde ondoorlatend is voor nutriënten. Daarom moet in een substraat los van de ondergrond worden geteeld. Er ontstaat altijd drainwater, omdat er meer water gegeven moet worden dan de plant verdampt. Dit drainwater wordt opgevangen en samen met de aangevoerde voedingsoplossing opnieuw gebruikt. Dit is technisch gezien allemaal mogelijk. Wel moet bij het samenstellen van de voedingsoplossing met een aantal zaken rekening worden gehouden. Het substraat zou eigenlijk een oneindig lange gebruiksduur moeten hebben. Dat is echter niet haalbaar. Bij vernieuwen van het substraat blijft het oude substraat als restprodukt over. Dit produkt moet dan zodanig zijn, dat het verantwoord kan worden verwerkt.

Er zijn ook overeenkomsten tussen een gesloten en een open systeem. In beide systemen is er afvoer van nutriënten bij de verkoop van het oogste produkt. Dit is uiteraard een gewenst afvoer en daarom geen probleem. Een tweede overeenkomst is, dat er nutriënten in het niet te

verkoop gewas aanwezig zijn en deze gewasresten, en daarmee ook de nutriënten, vaak worden afgevoerd. Dit moet op een verantwoorde manier gebeuren en het zou aan te bevelen zijn, deze nutriënten te hergebruiken. Dit aspect valt buiten het hier te behandelen onderwerp. Het zal echter met de toename van de productie van GFT-compost een groot probleem worden.



Figuur 1. Water- en nutriëntenstromen in een systeem met hergebruik van drainwater.

- I 1 - dosering geconcentreerde nutriëntenoplossing
- M - meststoffen
- V - verbruik of aangevoerde voedingsoplossing
- G - gift aan het gewas
- T - transpiratie
- E - evaporatie
- D - drain
- A - afvoer
- R - retour
- I 2 - ontsmetting
- B 1, 2, 3 - bassin voor wateropslag

2. NUTRIËNTEN

2.1. Opname

Het is belangrijk te weten, wat de opname van het gewas is. Hiermee kan dan worden berekend hoeveel nutriënten aan het gesloten systeem moeten worden toegevoerd. Ook kan uitgaande van een bestaand systeem met bekende toevoer worden berekend hoeveel nutriënten te veel worden toegevoerd. In proeven of in de praktijk is de opname berekend op basis van gewasproductie en de aanwezige elementgehalten. In tabel 1 worden de resultaten gegeven. De wortels werden echter nooit bij deze berekeningen betrokken. Zodoende is de totale opname door het gewas iets groter dan die genoemd in tabel 1. Voor tomaat werden twee referenties gebruikt.

Tabel 1. Nutriëntenopname, verdamping en produktie van enkele gewassen, gegevens per ha per jaar.

Gewas en produktie	Droge- stof ton	Verdam- ping mm	Opname					
			N	P	K	Ca	Mg	S
Tomaat, 50 kg/m ²	-	700	970	304	1724	561	102	291
Tomaat	30	-	658	197	1338	423	89	-
Komkommer	23	650	741	188	1175	573	75	-
Roos, 200 st./m ²	11	400	331	49	326	110	29	-
Chrysant	18	700	450	75	720	250	45	-

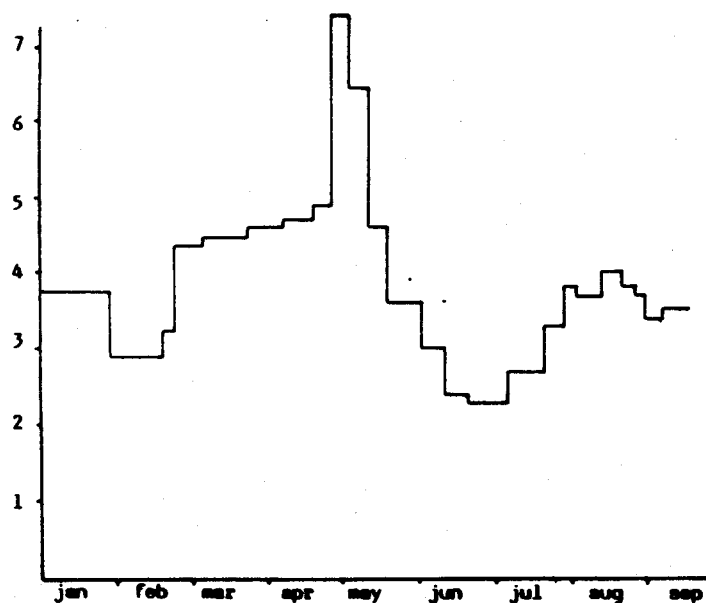
Om op basis van de waterkwaliteit een voorspelling te doen over een eventuele accumulatie van een element binnen het gesloten systeem kan ook worden gekeken naar de concentratie van ieder element in de aangevoerde voedingsoplossing. Dan moet ook de wateropname door het gewas bekend zijn. Deze wordt ook in tabel 1 gegeven. Nu kan worden berekend wat de concentratie is waarmee de plant het betreffende element opneemt. Resultaten hiervan staan in tabel 2.

Tabel 2. De concentratie waarmee een aantal elementen worden opgenomen.

Gewas	Opname in mmol/l					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Tomaat	9,9	1,4	6,3	2,0	0,6	1,3
Roos	5,8	0,4	2,0	0,7	0,3	-

Wanneer de concentratie van een element in de aan het gewas toegevoegde voedingsoplossing hoger is, dan de opname door het gewas, (tabel 2), zal op den lange duur het betreffende element in het systeem accumuleren. Dit kan nadelige gevolgen hebben voor de produktie en de kwaliteit van het gewas. Het betreffende element kan bijvoorbeeld antagonistisch werken bij de opname van andere ionen. Dit treedt op bij alle kationen, NH_4 , K, Ca, Mg en Na. Zo zal een te hoge Mg- of Na-concentratie de opname van Ca negatief beïnvloeden. In tabel 2 wordt de opname gegeven, gemiddeld over een gehele teelt. Per seizoen en/of teeltstadium kan de opname sterk variëren. Een voorbeeld voor tomaat staat in figuur 2.

K-opname
Ca-opname



Figuur 2. De opname van K in verhouding tot de opname van Ca door tomaat.

Het blijkt, dat de K-opname bij uitgroeien van de vruchten (mei) groot is ten opzichte van de Ca-opname. In een klein wortelvolume kan dit leiden tot uitputting en daarna K-gebrek. In een gesloten teeltsysteem treedt dit eerder op dan in een open systeem, want in een gesloten systeem wordt het drainwater mede gebruikt om de aan de plant toe te dienen voedingsoplossing te maken. Bij sterke K-opname daalt de K-concentratie in het wortelmilieu en dus ook in het drainwater. Als de K-concentratie in de aangevoerde voedingsoplossing niet wordt bijgesteld, daalt ook het K-gehalte in de voedingsoplossing die aan de plant wordt gegeven. Zeer regelmatig bemonsteren van het drainwater en bij geconstateerde verlaging van het K-gehalte, snel verhogen van het K-gehalte in de aangevoerde voedingsoplossing is hier de remedie om K-gebrek te voorkomen. Vaak is deze werkwijze nog niet voldoende en daarom wordt er vooral in een gesloten teeltsysteem geadviseerd om voorafgaande aan de periode met grote K-opname het K-niveau in de aanvoer te verhogen. Vergelijkbare effecten kunnen ook voorkomen bij sterke K-opname als gevolg van uitgroei van scheuten van bloemgewassen en bij sterke NO_3 -opname bij bloemgewassen in het voorjaar. Door

frequent drainwater te bemonsteren kunnen te lage K- of N-gehalten op tijd worden vastgesteld. Betrouwbare ionselectieve elektroden kunnen hier een nuttige dienst bewijzen.

De concentratie, waarmee de plant de elementen opneemt, is bekend (tabel 2). Hiermee is echter nog niet precies aan te geven hoe hoog de concentraties in het wortelmilieu moeten zijn, omdat de opnamesnelheid per element verschilt. Zo is de opname van tweewaardige ionen langzamer dan van éénwaardige ionen. Om een voldoende hoge opname van tweewaardige ionen te krijgen wordt in het wortelmilieu een naar verhouding hoge concentratie van deze ionen aangehouden. Zo is voor tomaat de opname 0,10 mol Mg per mol K, terwijl in het wortelmilieu de Mg/K-verhouding 0,5 is.

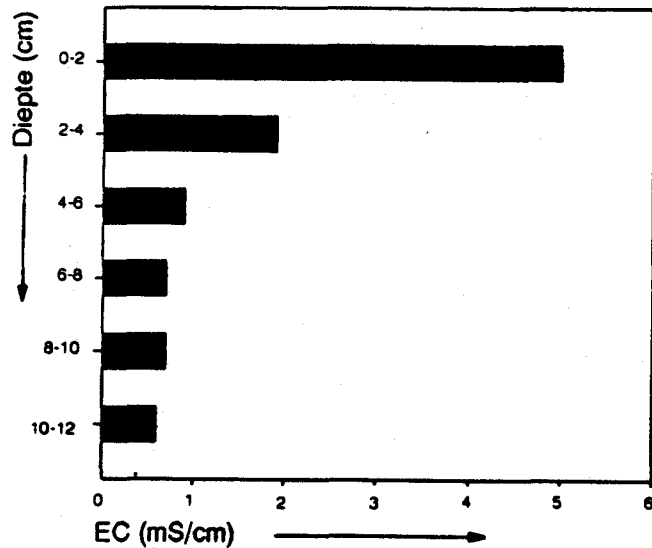
Bij hergebruik van de voedingsoplossing uit het wortelmilieu, moet hiermee rekening worden gehouden. In de aangevoerde voedingsoplossing van een gesloten systeem moeten minder Ca, Mg en SO₄ voorkomen dan in de aangevoerde voedingsoplossing van een open systeem. Zo is voor tomaat in een gesloten systeem de Mg/K-verhouding in de aanvoer 0,15 en in een open systeem 0,23 mol/mol. Voor de andere tweewaardige ionen zijn deze verschillen aangegeven in tabel 3.

Tabel 3. Verhouding van twee- en éénwaardige ionen bij de opname in het wortelmilieu (streefwaarde), en in de aangevoerde voedingsoplossing (standaard) in een open en gesloten systeem.

Ionen	<u>Verhouding, mol per mol</u>							
	Opname		Wortelmilieu		Aanvoer			
			<u>(streefwaarde)</u>		<u>(standaard)</u>			
					<u>Open</u>		<u>Gesloten</u>	
	Tomaat	Roos	Tomaat	Roos	Tomaat	Roos	Tomaat	Roos
Ca/K	0,32	0,30	1,00	0,83	0,49	0,70	0,42	0,44
Mg/K	0,10	0,15	0,50	0,33	0,23	0,15	0,15	0,11
SO ₄ /NO ₃	0,15	-	0,29	0,24	0,27	0,11	0,14	0,08

1.2. Verdeling

Bij het ontwerpen van teeltsystemen is een belangrijke eis dat nutriënten zo homogeen mogelijk in het wortelmilieu verdeeld zijn en blijven. Door opname door de plant van water en nutriënten en door verdamping vanuit het wortelmilieu ontstaat ongelijkheid in de nutriëntenverdeling. Zo ontstaat in de rhizosfeer door opname van nutriënten een lagere en door opname van water een hogere nutriëntenconcentratie. Bij een eb/vloed-systeem en verdamping vanaf het wortelmilieu treedt bovenin het wortelmilieu een sterke zoutaccumulatie op (figuur 3).



Figuur 3. EC in 1 : 1,5 volume-extract in verschillende laagjes in een pot bij een eb/vloed-watergeefstelsel.

Door diffusie of stroming kan een ongelijke verdeling worden gecompenseerd. Wanneer dit niet snel genoeg gebeurt, ontstaat uitputting of accumulatie. Dit komt bij veel teeltsystemen voor. Om uitputting te voorkomen, wordt in het wortelmilieu altijd een gemiddeld hogere concentratie (tabel 4) aangehouden dan de gewasopname.

Tabel 4. Gewenste gehalten (streefwaarden) in het wortelmilieu bij teelt in steenwol.

Gewas	Streefwaarde in wortelmilieu, mmol/l					
	NO ₃ + NH ₄	H ₂ PO ₄	K	Ca	Mg	SO ₄
Tomaat	17,5	0,7	7,0	7,0	3,5	5,0
Roos	13,0	0,9	6,0	5,0	2,0	3,0

Bij eventueel spuien van de voedingsoplossing uit het wortelmilieu is de belasting van het milieu hoog. Dit zou minder kunnen zijn als in het systeem een gemiddeld lagere nutriëntenconcentratie kon worden aangehouden. Dat zal mogelijk worden als de nutriënten homogener in het wortelmilieu worden verdeeld en blijven. Een wortelbevochtigingssysteem is wat dit betreft waarschijnlijk beter dan een druppel- of eb/vloedsysteem.

Lage nutriëntenconcentraties zijn echter niet mogelijk voor de vruchtgroenten, tomaat en komkommer. Bij lage concentraties zijn de houdbaarheid, kleur, smaak en andere kwaliteitskenmerken minder dan bij hoge concentraties. Voor enkele vruchtgroenten, zoals paprika, en de meeste bloemgewassen is een lage EC juist gunstig voor de kwaliteit. Bij deze gewassen kunnen systemen gebruikt worden, die nutriënten in lage concentraties homogeen verdelen.

3. WATERKWALITEIT EN AFVOER

3.1. Formule voor berekening afvoer

Wanneer de concentratie van een element in het wortelmilieu zo hoog oploopt, dat het negatieve effecten heeft op kwaliteit of produktie zal een deel van de voedingsoplossing afgevoerd moeten worden. Deze fractie is te berekenen met:

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

Hierin is: A_f = afvoerfractie, volume afvoer gedeeld door volume aangevoerde voedingsoplossing, m^3/m^3 .

C_w = Concentratie in gietwater, mmol/l.

C_m = Concentratie vanuit de toegevoegde meststoffen, mmol/l

C_o = Concentratie opname plant, mmol/l.

C_d = Concentratie in drainwater, mmol/l.

De concentratie in het drainwater komt overeen met de maximaal in het wortelmilieu toegestane concentratie.

3.2. Natrium en chloride

Chloride en vooral natrium blijken, wat accumulatie betreft, kritische elementen te zijn. De opname van natrium en chloride door het gewas is afhankelijk van de concentratie in het wortelmilieu, de K/Ca-verhouding en het soort gewas. In tabel 5 worden Na- en Cl-opname gegeven van komkommer bij drie NaCl-concentraties in het wortelmilieu.

Tabel 5. Opname van Na en Cl bij komkommer, afhankelijk van de NaCl-concentratie in het wortelmilieu.

NaCl-concentratie in wortelmilieu mmol/l	Opname door gewas	
	Na mmol/l	Cl mmol/l
< 0,5	0,3	0,3
12,5	1,4	1,8
25	2,1	3,7

Een hoger NaCl-gehalte in het wortelmilieu geeft een hogere Na- en Cl-opname dan een laag NaCl-gehalte. De Na-opname is lager dan de Cl-opname. Omdat dit voor alle gewassen geldt is natrium eerder beperkend dan chloride. In tabel 6 wordt de invloed van K/Ca-verhouding op de Na-opname gegeven.

Tabel 6. Natriumopname door aubergine en Na-gehalte in de recirculerende voedingsoplossing, afhankelijk van de K/Ca-verhouding in het wortelmilieu.

K/Ca mol/mol	Na-gehalte in blad mmol/kg d.s.	Na in recirculerende voedingsoplossing mmol/l
0,25	23	3,9
0,5	10	4,8
1,0	7	5,7
2,0	6	6,4

Hoge K-gehalten in het wortelmilieu, in verhouding tot Ca, geven lagere Na-gehalten in het gewas en als gevolg van deze lagere Na-opname hogere Na-gehalten in de recirculerende oplossing. De Na-opname van enkele gewassen wordt gegeven in tabel 7.

Tabel 7. Na-opname van enkele gewassen bij twee Na-concentraties in het wortelmilieu.

Gewas	<u>Natriumopname, mmol/l</u>	
	Na - 3 mM	Na - 12,5 mM
Paprika voorjaar	0,4	0,8
Paprika zomer	< 0,1	< 0,1
Komkommer	0,3	1,4
Roos	0,3	-
Tomaat	0,6	1,1

De Na-opname van paprika is laag, vooral in de zomer, ten opzichte van andere gewassen.

Kunstmeststoffen, gebruikt bij het samenstellen van voedingsoplossingen, geven in de aangevoerde voedingsoplossing 0,1 mmol/l natrium. Bij een eis van een spui van nul mag het uitgangswater Na-gehalten hebben overeenkomend met opname genoemd in tabel 7 verminderd met 0,1 mmol/l. Dit is een vrij zware eis. Voorheen werd wel een norm van < 1,5 mmol/l Na (kwaliteitsklasse I) aangehouden.

Water van kwaliteitsklasse I zou voor alle doeleinden geschikt zijn. Dit blijkt niet het geval. Om tot systemen te komen, die volledig gesloten zijn, moeten de Na-gehalten in het gietwater lager zijn dan die genoemd in tabel 7.

3.3 Overige elementen

Om accumulatie van elementen in een gesloten systeem te voorkomen, moeten de gehalten lager zijn dan die in tabel 8. Dit zijn algemene normen; per gewas kunnen de normen verschillen.

Tabel 8. Maximaal toelaatbare gehalten in water voor een gesloten systeem.

Element	Maximaal toelaatbaar
Ca, mmol/l	1,0
Mg, mmol/l	0,5
P, mmol/l	0,4
Fe, umol/l	10
Mn, umol/l	10
Zn, umol/l	5
B, umol/l	10
Cu, umol/l	0,5

Hoge concentraties aan spoorelementen komen soms voor in bronwater. Zn kan vrijkomen van verzinkte dakgoten en Cu en Zn kunnen vrijkomen uit metalen leidingen en/of kranen in het watergeefstelsel.

4. ONTSMETTING

Tot nu toe worden vier systemen toegepast ter ontsmetting van voedingsoplossing: verhitting, ozonisatie, ultrafiltratie en ultraviolet-bestraling. Bij verhitting en ozonisatie wordt de pH van de voedingsoplossing eerst verlaagd tot 4 en na de ontsmetting wordt de pH weer verhoogd. Verhitting en ultrafiltratie hebben geen invloed op de nutriënten. Bij ozonisatie worden Fe-chelaten voor een klein deel afgebroken en Mn oxideert gedeeltelijk, zodat het niet meer beschikbaar is voor de plant. Over de invloed van ultraviolet bestraling op nutriënten is nog niets bekend.

5. SUBSTRAAT

In een gesloten systeem is de levensduur uitermate belangrijk. Bij een lange levensduur is er minder afval dan bij een korte levensduur. De potentiële levensduur van veen is minder dan van steenwol en die van steenwol weer minder dan van polyurethaan, lava, kleikorrels, lucht of water (tabel 9). De levensduur is wel wat te verbeteren. Zo wordt in de groenteteelt steenwol gemiddeld 1,7 jaar gebruikt. Door steenwol een steviger verpakking te geven bij transport en stomen na de teelt, is de gebruiksduur enkele jaren te verlengen. De actuele gebruiksduur is dus korter dan de potentiële. Substraten moeten op levensduur worden beoordeeld.

Verder is van belang hoeveel volume of massa er totaal voor de glastuinbouw wordt gebruikt, en welk deel als afval niet verantwoord verwerkt wordt of kan worden. Zo wordt van het jaarlijkse verbruik 230.000 m³ steenwol een groot deel nog afval, wat niet verantwoord wordt verwerkt. Veen daarentegen wordt meestal toegepast in situaties waarbij het niet als afval vrijkomt. De afvoer bestaat uit potkluiten bij de verkoop van het produkt.

Het volume substraat per oppervlakte eenheid kan niet ongelimiteerd verkleind worden. Zo is bij tomaat met een standaard steenwolsysteem bij 7 liter steenwol per m², de opbrengst 4% lager ten opzichte van 10,5 liter steenwol per m². Verlagen van het volume substraat per oppervlakte eenheid is wel mogelijk, als het watergeefstelsel wordt veranderd. Er worden dan hoge eisen gesteld aan frequentie, hoeveelheid en verdeling van de watergift.

Tabel 9. Enkele gegevens van substraten en beoordeling ten behoeve van gesloten bedrijfssystemen, gegevens voor glastuinbouw in Nederland, per jaar:

- (1) niet van toepassing, of te weinig gegevens
- (2) geen afval
- (3) meer 'plussen' betekent meer van de betreffende eigenschap
- (4) afvoer van veen is bij huidige situatie geen probleem

Substraat, toelichting	Huidig verbruik m^3 $* 10^3$	Teelt- resul- taat (3)	Levensduur		Mogelijk- heid nut- tig gebruik afvalprodukt (3)
			actueel (3)	poten- tieel (3)	
Steenwol	230	+++	+	++	++
Veen	1200	++	+	+	+ (4)
Polyurethaan	3	++	+++	+++	++
Lava, klei- korrels, perlite	50	+	++	+++	+++
Lucht (wortel- bevochtiging)	(1)	++	(1)	+++	(2)
Water (NFT)	(1)	+	+++	+++	(2)

6. GERAADPLEEGDE LITERATUUR

- Anoniem, 1989. Mineralenbalans in de akkerbouw en tuinbouw. Consulentenschap voor Bodem-, Water- en Bemestingszaken in de akkerbouw en tuinbouw, Wageningen.
- Anoniem, 1989. Rapportage inventarisatiefase project substraatafval in de glastuinbouw, Rapport 89.391, INTRON, Houten.
- Anoniem, 1990. Advies inzake de verwerkingsmogelijkheden van anorganisch substraatafval uit de glastuinbouw. Rapport R89.457, INTRON, Houten.
- Anoniem, 1990. Emissiereductie van nutriënten vanuit de glastuinbouw. Een studie naar de afvalwatersituatie en zuiveringstechnische mogelijkheden voor reductie. Rijkswaterstaat, Lelystad en HASKONING, Nijmegen
- Brummel, H., 1986. Oriëntatie hergebruik steenwol Werkgroep glastuinbouw, TU, Delft.
- Burg, A.M. van der en D. Theune, 1987. NaCl bij tomaat. Tuinderij 67 (5), 27.
- Burg, A.M.M. van der en P. van Emmerik, 1989. Denar Kas verwacht flinke besparing door recirculatie. Groente en Fruit (44 (45), 42 - 43.
- Burg, N. van der, 1989. Komkommer. Geringe opname NaCl eist goede kwaliteit water voor recirculatie. Groenten en Fruit 44 (33), 26 - 27.
- Dood, J. de, 1989. Hoeveelheid substraat bij rozenteelt kan minder. Vakblad voor de Bloemisterij 44(18), 49.
- Götz, W., 1990. Versuchsarbeit, ganz auf geschlossene Systeme eingestellt. Deutscher Gartenbau 44 (20), 1354 - 1357.
- Gurp, H. van en J. de Bruijn, 1990. Matvolume en frequentie watergift bij tomaat. Groenten en Fruit 46(10), 44 - 45.
- Kreij, C. de en Th. van den Berg, 1989. EC, produktie, kwaliteit en mineralenbalans bij roos geteeld in steenwol. Rapport nr. 80. PBN, Aalsmeer.
- Lekkerkerk, J.H., 1990. Kwaliteit uitgangswater bij roos belangrijk. Investeren in opvang en hergebruik drainwater. Vakblad voor de Bloemisterij, 45 (50), 62 - 63.
- Nienhuis, J., 1990. Het beste water is eigenlijk niet goed genoeg. Groenten en Fruit 45 (28), 30 - 31.
- Paassen, J. van, 1989. Waterkwaliteit. Regenwater verdient nog steeds de voorkeur. Tuinderij 69 (13), 34 - 35.
- Röber, R., 1989. Wasserqualität bei geschlossenen Bewässerungssystemen. Deutscher Gartenbau 44 (40), 2408 - 2411.
- Runia, W.Th., 1990. Ontsmetten drainwater. Effect op voeding en chemische middelen gering. Groenten en Fruit 46 (2), 36 - 37.
- Sonneveld, C., 1988. Rockwool as a substrate in protected cultivation. In: Special lectures horticulture in high technology era, Tokyo.
- Sonneveld, C., 1989. Hergebruik drainwater in substraatteelt. Vakblad voor de Bloemisterij 44 (5) 50 - 51.
- Sonneveld, C., 1989. Gietwaterkwaliteit bij hergebruik van drainwater. Intern verslag 14, PTG, Naaldwijk.
- Sonneveld, C. en C. de Kreij, 1988. Normen voor waterkwaliteit in de glastuinbouw. Serie: Voedingsoplossingen glastuinbouw, nr. 11,

- PTG, PBN, Consulentschap.
- Sonneveld, C. en A. Kreuzer, 1990. Hergebruik drainwater vraagt om aangepaste voedingsschema's. Groenten en Fruit 45 (29), 72 - 73.
- Sonneveld, C. en N. Straver, 1989. Voedingsoplossingen voor groenten en bloemen geteeld in water of substraten. Serie: Voedingsoplossingen glastuinbouw, nr. 8. PTG, PBN, Consulentschap.
- Vanachter, A., L. Thys, E. van Wambeke and C. van Assche, 1988. Possible use of ozon for disinfection of plant nutrient solutions. Acta Hortic., 221, 295 - 302.
- Verhaegh, A.P., C.J.M. Vernooij, B.J. van der Sluis en N.J.A. van der Velden, 1990. Vermindering van de milieubelasting door de glastuinbouw in Zuid-Holland. Interne Nota 386, LEI, Den Haag.
- Vernooij, C.J.M., 1990. Recirculatie drainwater. Per ha 3000 m³ water en 9.000 kg meststoffen besparen. Groenten en Fruit 45 (40), 18 - 19.
- Voogt, W., 1988. Recirculatiesystemen: kringloopprincipe in de substraatteelt. Landbouwkundig Tijdschrift 100 (8), 29 - 31.
- Voogt, W. en A. Kreuzer, 1990. Tomaat. Gesloten systeem stelt hoge eisen aan voedingsoplossing. Groenten en Fruit 45 (28), 32 - 33.