

A
K
89

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

WORTELEXUDATEN IN EN GROEITESTEN MET DRAINWATER UIT STEENWOL

Onderzoek met tomaat in open en gesloten systeem

Proef 001-1404.01

C. de Kreij
A. Huijs
C.W. van Elderen

Naaldwijk, augustus 1997

Intern verslag 102

2204037

INHOUD

VOORWOORD	4
SAMENVATTING	4
1. INLEIDING	5
2. WERKWIJZE	5
3. RESULTATEN	7
3.1. Analyse drainwater en waterverbruik	7
3.2. Organische stoffen in drainwater	7
3.3. Groeitesten	10
3.4. Productie	11
3.5. Beoordeling gewas en wortels	11
4. CONCLUSIES	12
4.1. Organische stoffen	12
4.2. Toxische stoffen detecteren via groeitesten	12
4.3. Regeling van de voedingstoestand	13
4.4. Productie van tomaat	13
LITERATUUR	14
BIJLAGE 1. Gemiddelde elementdosering	15
BIJLAGE 2. Resultaten groeitesten	16

VOORWOORD

De volgende personen hebben ons geholpen bij dit onderzoek. Dr. C.T. Wreesmann (AKZO NOBEL) heeft gezorgd voor de DTPA-bepalingen in de drainoplossingen. Dr. Ir. W. Keltjens (LUW-Vakgroep Bodemkunde en Plantenvoeding) heeft de DOC bepalingen verzorgd. Dr. P. Sundin (Swedish University Agricultural Science, Alnarp) heeft bemiddeld voor de analyse van de fenolische zuren. Dr. C. Johansson (Lund University, Lund, Zweden) heeft de fenolische zuren bepaald. Wij zijn deze mensen zeer erkentelijk voor hun medewerking.

SAMENVATTING

Dit onderzoek had tot doel na te gaan of er verschillen zijn in groei en productie tussen een open en een gesloten systeem. Daarnaast is gekeken of er toxische stoffen in een gesloten systeem ophopen.

In 1996 is de teelt in een open en gesloten systeem met elkaar vergeleken met het gewas tomaat. De drainoplossing van beide systemen werd regelmatig verzameld en hiermee werden groeitesten gedaan met vlijtig liesje, sla, tuinkers en koolrabi. In de drainoplossing werden opgelost organisch koolstof (DOC = dissolved organic carbon), suikers, zuren, fenolen en fenolische zuren bepaald.

De DOC-gehalten in het open systeem waren 6 - 13 mg/l en in het gesloten systeem 12 - 25 mg/l. De drainoplossing van het gesloten systeem was donkerder van kleur dan van het open systeem. In drainoplossingen komen DTPA-moleculen voor, die koolstof (C) bevatten. Het bleek niet mogelijk om vast te stellen hoeveel DTPA er in de drainoplossingen voorkwam. Er wordt verondersteld, dat in drainoplossingen de DTPA moleculen in een colloïdale suspensie voorkomen en daarmee via HPLC niet als DTPA te detecteren zijn. De concentratie aan suikers, zuren, fenolen en fenolische zuren was meestal beneden de detectielimiet. Alleen gallic acid werd in drainoplossing gevonden, maar dit werd ook gevonden in de zogenoemde bovenbak, een voedingsoplossing, die nog niet in contact is geweest met planten. Misschien zijn bacterie- en of algengroei hiervoor verantwoordelijk. Het blijft dus nog onduidelijk welke organische stoffen in een hogere concentratie voorkomen in een gesloten systeem. Bacteriën of algen zijn in ieder geval niet de oorzaak.

In de groeitesten werd éénmalig een slechte groei gevonden op de drainoplossing van één herhaling. Dit was van een open systeem. De oorzaak is niet bekend. Gemiddeld genomen over de vier groeitesten was er geen verschil tussen het open en gesloten systeem.

De productie van tomaat verschilde niet tussen het open en gesloten systeem. Wel was er bij het open systeem méér neusrot (1,0 %) dan bij het gesloten systeem (0,5 %). Dit is te verklaren, doordat in het open systeem in het wortelmilieu het K-gehalte hoger en een het Ca-gehalte lager was dan in het gesloten systeem.

1. INLEIDING

Uit de praktijk komen geluiden, dat in een gesloten systeem de groei achterblijft ten opzichte van een open systeem. Het vermoeden is, dat in een gesloten systeem organische stoffen ophopen, die schadelijk zijn voor de plant. Uit de literatuur zijn hiervan veel voorbeelden bekend; zie bijvoorbeeld Tsuchiya and Ohno (1992) en Politycka et al. (1984). Literatuurstudie over dit onderwerp is gedaan door Van Goor (1989, 1990 en 1991).

Het doel van het onderzoek was het vaststellen of er verschillen zijn in groei tussen een open en een gesloten systeem, of de voedingsoplossing van een gesloten systeem toxische stoffen bevat en om welke stoffen het gaat. Daartoe werd een proef gedaan met tomaat. Resultaten van dit onderzoek zijn ook gepubliceerd door Anoniem (1997^a en 1997^b).

2. WERKWIJZE

Tomaat cultivar 'Aromata' werd gezaaid op 15 november en geplant op 14 december 1995 op steenwol. Planten werden eerst nog in blokken verder geteeld en 19 januari 1996 op de mat gezet. De proef werd afgesloten op 14 november 1996. Bij de behandelingen met recirculatie werd de voedingsoplossing niet ontsmet.

Gedurende een aantal keer heeft de LUW-Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding de opgeloste hoeveelheid organisch koolstof (DOC = Dissolved Organic Carbon) bepaald met een Skalar autoanalyzer. Voorafgaande aan de DOC-bepaling werd niet gefilterd. Op dezelfde momenten, dat DOC werd bepaald, werd ook Fe bepaald op het PBG-laboratorium. Er werd verondersteld, dat 1 molecuul Fe gebonden was aan 1 molecuul DTPA. In DTPA zit organisch koolstof. Één μmol DTPA bevat 14 μmol = 0,168 mg C. Later bleek, dat de gebruikte DTPA meststof (ECOFER) niet uitsluitend uit DTPA bestond, maar voor 80 % uit DTPA en voor 20 % uit EDTA. Bovendien was er per mol Fe iets meer chelaat aanwezig. Één μmol EDTA bevat 10 μmol C en dus zou op één Fe-molecuul minder dan de eerder genoemde 14 moleculen C aanwezig zijn. Gezien het feit, dat de meststof iets meer chelaat bevatte dan Fe, is toch steeds gerekend met de verhouding 1 μmol DTPA bevat 14 μmol = 0,168 mg C.

Door het laboratorium van AKZO te Deventer werd in een aantal drainwatermonsters DTPA bepaald met HPLC.

Uit een proef op proeftuin Noord-Nederland werden op 2 oktober 1996 monsters genomen van drainwater van drie behandelingen uit zowel een open als een gesloten systeem. Hierin werden hoofd- en spoorelementen en organisch koolstof bepaald.

Op twee data werden in drainwatermonsters aëroob kiemgetal en schimmels bepaald. In één geval werden dezelfde monsters naar twee laboratoria gestuurd: van der Sprong en het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek.

Organische zuren en suikers werden door het PBG-laboratorium bepaald met HPLC.

In drainwatermonsters van 1 april werden biologisch en chemisch zuurstofverbruik

(BZV en CZV) door BCO Analytical Services bepaald volgens respectievelijk NEN 6634 en 6663. Tevens bepaalde BCO een aantal fenolische verbindingen met gaschromatografie.

De Universiteit van Lund in Zweden heeft zes monsters uit de drain en drie monsters uit de bovenbak geanalyseerd met HPLC volgens de methode van Jönsson and Mathiasson (1992) en Knutsson *et al.* (1996). Om oxydatie en microbiële afbraak te voorkomen, werden de monsters op het PBG met HCl aangezuurd tot pH 2 en werd Vitamine C (ascorbinezuur) toegevoegd tot een concentratie van 0,1 mol/l. Vervolgens is gescreend op zeven verschillende fenolische zuren: caffeic, p-coumaric, p-hydroxybenzoic, vanillic, protocatechuic, gallic en chlorogenic acid. Deze zouden in een wortelmilieu kunnen voorkomen (Sundin *et al.*, 1997). Naar de verschillende benzoic en cinnamic acids werd niet gezocht.

Er waren zes tanks en aan iedere tank waren vier velden verbonden met een blokindeling; er waren dus drie echte herhalingen en vier schijnherhalingen. Bij de variantie-analyse werd er vanuit gegaan, dat er drie herhalingen waren. Dit werd getoetst met de blokindeling als interactie. Op een veld stonden 7 planten met 2,3 planten per m² kas.

Aan het eind van de proef werden alle matten aan de onderkant beoordeeld op bewortelingsintensiteit en zijn potten doorgesneden voor een beoordeling op wortelverkurking.

3. RESULTATEN

3.1 Analyse drainwater en water- en voedingverbruik

Er waren voor een aantal elementen concentratieverschillen in het drainwater tussen het open en het gesloten systeem. Voor zover er verschillen waren zijn ze weergegeven in tabel 1. In het gesloten systeem waren K lager en Na, Ca, Mg, Fe, Zn, B en Cu hoger dan in het open systeem. De andere elementen verschilden niet in de twee systemen. De gemiddelden (n = 216) voor de twee behandelingen waren: EC 4,7 mS/cm; pH 5,0 en in mmol/l: NH₄ - 0,1; NO₃ - 32; Cl - 0,1; SO₄ - 7,7; HCO₃ - 0,1; P - 2,3 en in μ mol/l Mn - 12; Mo - 0,5.

Tabel 1- Gemiddelde (n = 108) analyseresultaten van de elementen, die verschilden tussen het open en het gesloten systeem.

Beh	pH	K	Na	Ca	Mg				
						Fe	Zn	B	Cu
mmol/l						μ mol/l			
gesl.	5,2	7.7	2.6	12.0	6.4	61	14.0	91	5.1
open	4,8	15.6	1.0	11.5	6.0	26	7.8	37	2.2

Op 25 maart 1996 was het Al-gehalte in drainwater < 5 μ mol/l.

Het waterverbruik tussen 14 december 1995 en 8 november 1996 was voor het gesloten systeem 787 en voor het open systeem 1075 l/m². Dat betekent, dat er in het open systeem 27% van de voedingsoplossing geloosd is.

In bijlage 1 worden de gemiddelde elementdoseringen gegeven aan het open en het gesloten systeem.

3.2. ORGANISCHE STOFFEN IN HET DRAINWATER

In het drainwater kon geen DTPA aangetoond worden. In het HPLC chromatogram was nog wel een kleine piek van EDTA zichtbaar.

In de recirculatieproef met komkommer op proeftuin Noord-Nederland waren de DOC-gehalten in het drainwater, bemonsterd op 2 oktober 1996, tussen 17 en 27 mg/l en de Fe-gehalten tussen 27 en 39 μ mol/l. Gecorrigeerd voor de C uit DTPA zou er dan voor overige C-verbindingen anders dan DTPA overblijven: 13 - 21 mg/l. Dit was niet verschillend tussen een open en een gesloten systeem

In de monsters van 19 augustus waren bij alle monsters de gehalten aan organische zuren en suikers beneden de detectiegrens. Dat was glucose < 10 mg/l; fructose < 10 mg/l; sucrose < 10 mg/l; citroenzuur < 0,02 mmol/l; appelzuur < 0,005 mmol/l en oxaalzuur < 0,005 mmol/l.

Het biologisch zuurstofverbruik van monsters dd 1 april 1996 was voor alle behandelingen < 3 mg/l; het chemisch zuurstofverbruik was voor het gesloten systeem gemiddeld 30 mg/l en voor het open systeem 25 mg/l. Er was geen verschil tussen de behandelingen. In tabel 2 staan de gehalten van de verschillende organische componenten dd 1 april 1996. Bij alle zes drainwatermonsters waren de gehalten beneden de detectielimiet.

Tabel 2 - Gehalten in drainwater dd 1 april.

Organische stof	Gehalte $\mu\text{g/l}$
fenol	<4
o-ethylfenol	<2
m,p-ethylfenol	<2
o-cresol	<3
m,p-cresol	<3
2-nitrofenol	<3
2,3-dimethylfenol	<3
2,4-dimethylfenol	<3
2,5-dimethylfenol	<3
2,6-dimethylfenol	<3
3,4-dimethylfenol	<3
3,5-dimethylfenol	<3

In tabel 3 worden de DOC-gehalten, de Fe-gehalten en de C-gehalten gegeven, gecorrigeerd voor de C uit de DTPA

Tabel 3 - DOC, Fe en C gecorrigeerd (DOC-gecorrigeerd voor DTPA uit Fe-DTPA) in drainwater.

Datum	DOC		Fe		C gecorrigeerd	
	gesl	open	gesl	open	gesl	open
	mg/l		$\mu\text{mol/l}$		mg/l	
20 feb	14,9	6,3	22,7	18,0	11,1	3,2
2 april	12,0	6,8	40,7	25,0	5,2	2,6
3 juni	25,4	8,6	104,6	26,6	8,0	4,2
1 juli	18,5	7,6	62,3	34,3	8,0	1,8
5 aug	14,6	6,6	35,5	30,3	8,6	1,6
9 sept	24,5	13,2	76,5	36,0	11,7	7,2
7 okt	23,7	6,3	76,4	22,5	10,9	2,5

In tabel 4 en 5 worden het aëroob kiemgetal en schimmels gegeven van drainwa-

ter bemonsterd op twee data en door twee laboratoria. De spreiding tussen de herhalingen en tussen de laboratoria was zeer groot. Zodoende is het moeilijk te zeggen of er verschillen zijn tussen de behandelingen.

Tabel 4 - Aëroob kiemgetal en schimmels in drainwater dd 13 juni 1996, geanalyseerd door BLGG.

Tank	Beh.	Aëroob kiemgetal	Schimmels
		colonie vormende eenheden per ml	
1	gesl.	48000	50
2	gesl.	5600	100
6	gesl.	15000	4
3	open	28000	130
4	open	55000	700
5	open	59000	150

Tabel 5 - Aëroob kiemgetal en schimmels in drainwater dd 11 juli 1996, geanalyseerd door BLGG en Van der Sprong

Tank	Beh	Aëroob kiemgetal		Schimmels	
		BLGG	VdS	BLGG	VdS
		stuks per ml			
1	gesl.	73000	150000	60	27
2	gesl.	38000	36000	1	220
6	gesl.	19000	86000	30	250
3	open	27000	32000	100	19
4	open	54000	30000	100	150
5	open	30000	17000	70	49

In tabel 6 worden de gehalten gegeven van een aantal organische stoffen. In één drainmonster (tank 3) kwam een zeer hoge concentratie gallic acid voor. In het HPLC chromatogram kwamen een aantal pieken voor, die niet herleid konden worden. De volgende stoffen waren niet aantoonbaar: cumaarzuur (p-coumaric acid), p-hydroxybenzoëzuur (p-hydroxybenzoic acid), en vanillezuur (vanillic acid). De detectielimiet van deze fenolische zuren is 20 nmol/l.

Tabel 6 - Gehalte aan organische stoffen in de bovenbak (bb) en in drainmonsters dd. 11 november. N.a. = niet aantoonbaar; concentratie < 20 nmol/l.

Tank	Beh	Gallic acid (galluszuur)	Protocatechuic acid (protocata- techuzuur)	Clorogenic acid	Caffeic acid (caffeinezuur)
		$\mu\text{mol/l}$			
1	bb	10,0	0,8	n.a.	1,9
2	bb	5,8	1,1	n.a.	n.a.
4	bb	12,2	n.a.	n.a.	n.a.
1	gesl.	7,7	1,3	n.a.	n.a.
2	gesl.	13,0	1,4	0,5	n.a.
6	gesl.	5,6	1,0	n.a.	n.a.
3	open	82,0	n.a.	n.a.	n.a.
4	open	11,0	1,1	n.a.	n.a.
5	open	1,5	n.a.	n.a.	n.a.

3.3. GROEITESTEN

De kiemingspercentages en de plantgewichten staan in bijlage 2.

Bij een visuele beoordeling op 10 juli (zaaidatum 20 juni) was de sla, koolrabi en tuinkers van tank 3 zeer klein en van tank 2 groot. Dit verschil was zeer groot en is ook duidelijk te zien aan de plantgewichten in bijlage 2.1. Er waren ook kleurverschillen: koolrabi van tank 1,3 en 4 was blauwgroen en van de overige tanks groen. Tuinkers van tank 1, 3 en 4 was donkergroen en van de overige tanks lichtgroen. Vlijtig liesje van tank 3 was zeer klein.

Bij de beoordeling op 2 september (zaaidatum 9 augustus) leek tank 3 en 4 slechtere sla, tuinkers en koolrabi te geven dan de andere tanks; bij de beoordeling op 11 september leek dit het geval voor tank 4.

Op 21 oktober (zaaidatum 30 september) waren sla, tuinkers en koolrabi van tank 1 kleiner dan van de andere tanks. Op 28 oktober was vlijtig liesje van tank 3 en 4 minder dan van de andere tanks; tank 1 en 2 en de controle waren groter.

In tabel 7 worden de gemiddelde resultaten van de vier zaaidata en van de drie herhalingen gegeven. De controle waarnemingen waren te gering in aantal om in de variantie analyse te betrekken. Er waren geen statistisch betrouwbare verschillen met uitzondering van het gewicht van vlijtig liesje. Dit was in het gesloten systeem hoger dan in het open systeem.

Tabel 7 - Gemiddelde resultaten groeitest van de vier zaaidata.
Df = aantal vrijheidsgraden; ns = niet significant;
LSD is gegeven bij 95 % betrouwbaarheid.

Tank	Beh	Sla		Tuinkers		Koolrabi		vlijtig liesje	
		kiem	gew	kiem	gew	kiem	gew	kiem	gew
		%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
Gem	open	79	736	83	444	83	902	94	703
Gem	gesl	81	756	82	488	82	947	95	838
df		15	15	11	11	11	11	11	11
p		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.05
LSD		-	-	-	-	-	-	-	134

3.4 PRODUCTIE

De volgende kenmerken wat betreft de productie van 18 maart - 14 november verschilden niet tussen de behandelingen: aantal goede vruchten (gemiddeld 523 stuks per m²), gewicht goede vruchten (gemiddeld 44,2 kg per m²), totaal aantal vruchten (535 stuks per m²), totaal gewicht vruchten 45,0 kg per m²) en gemiddeld vruchtgewicht van alle vruchten (84,6 g). Er was in het open systeem meer neusrot dan in het gesloten systeem (tabel 8).

Tabel 8. - Neusrot bij de twee behandelingen

Beh	Aantal vruchten neusrot stuks/m ²	Gewicht neusrot kg/m ²	Aantal neusrot %	Gewicht neusrot %
gesl.	8	0,5	0,5	0,4
open	17	1,0	1,0	0,7
p	0,02	0,03	0,015	0,02
LSD(0,05)	8	0,4	0,5	0,3

3.5. BEOORDELING GEWAS EN WORTELS

Gedurende de gehele teelt waren er géén visuele verschillen tussen beide teeltsystemen. Beworteling aan de onderkant van de mat, beoordeeld aan het eind van de proef, bleek zeer wisselend per mat. Er kon geen eenduidig verband uit de bewortelingsdichtheid worden gehaald. Wortelverkurking kwam bij beide behandelingen voor; er waren geen verschillen tussen de behandelingen.

4. BESPREKING EN CONCLUSIE

4.1. Organische stoffen

In het gesloten systeem kwam méér opgelost C voor dan in het open systeem. Dit komt ook overeen met de kleur van de drainoplossing; in het gesloten systeem was deze donkerder dan in het open systeem. In het gesloten systeem was ook de Fe-concentratie hoger dan in het open systeem en misschien ook het DTPA-gehalte. Omdat DTPA een belangrijke C-bron is voor een voedingsoplossing, is het belangrijk te weten hoeveel DTPA er in een drainoplossing voorkomt. Het was helaas niet mogelijk om DTPA in de drainoplossing vast te stellen. Dit had volgens de detectielimiet wel mogelijk moeten zijn. Vreemd was het, dat de kleine hoeveelheid EDTA, die in de gebruikte Fe-meststof voorkwam, wel in het drainwater kon worden aangetoond. Het feit dat DTPA in de drainoplossing niet kon worden aangetoond, zou kunnen komen doordat DTPA-moleculen samen met Fe en OH in een voedingsoplossing aan elkaar klitten tot een colloïdale suspensie. Dit laatste wordt verondersteld door Acher et al. (1997).

De bacteriën zullen geen bijdrage hebben geleverd aan de DOC, omdat het aantal colonievormende bacteriën klein was. Volgens Waechter-Kristensen (pers. med.) geven 10^7 colonievormende eenheden per ml 2 mg/l C. Het aantal colonievormende eenheden was aanzienlijk lager dan 10^7 per ml.

Een aantal fenolen werden niet gevonden bij detectielimieten van 2 - 4 $\mu\text{g/l}$. In de drainoplossing werd wel gallic acid gevonden. Er was echter geen verband met de behandelingen. Vreemd was het, dat ook in de voedingsoplossing, die nog niet met planten in contact was geweest (voedingsoplossing uit de zogenoemde bovenbak) ook galluszuur (gallic acid) werd gevonden. Hiervoor is geen goede verklaring. Het is mogelijk, dat, dat bacterie- en/of algengroei in de bovenbak deze stof gevormd hebben. Een aantal fenolische zuren, die wel in voedingsoplossingen werden gevonden (Sundin et al., 1997), zoals cafeïnezuur (caffaic), cumaarzuur (p-coumaric), p-hydroxybenzoëzuur (p-hydroxybenzoic), vanillezuur (vanillic), protocatechuzuur (protocatechuic) en chlorogenic acid waren niet of meestal niet aantoonbaar bij de detectielimiet van 20 nmol/l. Er zat een lange tijd tussen de monsternamen en de analyse. Weliswaar waren de monsters aangezuurd en was er een anti-oxydant toegevoegd, maar toch is de vraag wat de lange tijd tussen monsternamen en analyse voor invloed heeft gehad.

4.2. Toxische stoffen detecteren via groeitesten

Door ongelijke, slechte kieming en groei binnen één veld was het moeilijk om soms goede uitspraken te doen over de resultaten van de groeitest. Daarom zijn er missende waarden. De groeitest moet aanzienlijk verbeterd worden. Op één zaaidatum (20 juni; de allereerste) was er een groot negatief effect van de drainoplossing van één tank. Groeiachterstand kwam zeer ernstig voor bij alle vier de geteste gewassen. Later in het seizoen werd dit niet meer gevonden. De verklaring voor deze slecht groei is niet bekend. Een eventuele afwijking in de voedingstoestand van de betreffende drain ligt niet zo voor de hand, omdat de analyses van de drain uit die periode van die betreffende tank niet veel afweken van de andere tanks. Een ziekte is natuurlijk niet uit te sluiten.

4.3. Regeling van de voedingstoestand

Het was de bedoeling om de voedingstoestand in beide systemen gelijk te houden. Dat is niet gelukt. In het gesloten systeem was K duidelijk lager en Ca iets hoger dan in het open systeem. Het lagere K- en hoger Ca-gehalte in het gesloten systeem is de verklaring voor de geringere hoeveelheid neusrot in het gesloten systeem (0,5%) in vergelijking tot het open systeem (1,0%).

In het gesloten systeem liep Na iets op. Het gehalte bleef steeds onder de 4,0 mmol/l, maar in het open systeem blijft het steeds onder de 1,5 mmol/l. De verschillen zijn klein en verwaarloosbaar.

In het open systeem bleek de pH iets lager dan in het gesloten systeem. Bovendien was in het open systeem de gemiddelde loog-dosering hoger dan in het gesloten systeem. Dit kan als volgt verklaard worden. In het open systeem werd meer NH_4 gedoseerd dan in het gesloten systeem. De NH_4 -concentratie in de toegevoegde oplossing aan beide systemen was gelijk, maar omdat er in het open systeem meer water wordt gegeven dan in het gesloten systeem, wordt er dus in totaal meer NH_4 gegeven. Dit gaf dan in het open systeem een lagere pH dan in het gesloten systeem en ter correctie werd er dan meer loog gegeven.

4.4. Productie van tomaat

De productie van tomaat verschilde niet tussen de twee systemen. Wel was er een verschil in hoeveelheid neusrot, maar dit verschil was erg klein en te verklaren door verschillen in de K-gehalten tussen de twee systemen.

LITERATUUR

- Acher, A. , B. Heuer, E. Rubinskaya en E. Fischer. 1997. Use of ultraviolet-disinfected nutrient solutions in greenhouses. *J. Hort. Sc.* 72(1): 117-123.
- Anoniem. 1997^a. Dubbel zoveel koolstof bij recirculeren. *Groenten en Fruit/Glasgroenten* 19: 4
- Anoniem. 1997^b. Meer organische koolstof in gesloten systeem. *PBG-Nieuws. Groenten en Fruit/Glasgroenten* 19: 29
- Goor, B.J. van, 1989. Organic matter in the soil solution and absorption of microelements by the plant root. A literature study of the chemistry of solid humus, complexation of organic compounds in the root environment with nutrient elements and uptake of these elements by the plant. Internal report 41. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk
- Goor, B.J. van, 1990. Exudaten van plantwortels en microben in de rhizosfeer. Samenstelling en werking bij de opname. Intern verslag 62. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk.
- Goor, B.J. van, 1991. Fenolische verbindingen, groeiremming door planten onderling en door ontledingsprodukten van planten zoals in veen. Intern verslag 6. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk.
- Jönsson, J.Å. and L. Mathiasson, 1992. *Trends in Analytical Chemistry*, 11(3): 106 - 114.
- Knutsson, M., J. Lundh, L. Mathiasson, J.Å. Jönsson and P. Sundin, 1996. Supported liquid membranes for the extraction of phenolic acids from circulating nutrient solutions. *Analytical letters*, 29 (9): 1619 -1635.
- Politycka, B., D. Wojcik-Wojtkowiak and T. Pudelski. 1984. Phenolic compounds as a cause of phytotoxicity in greenhouse substrates used in cucumber growing. *Acta Hort.* 156: 89-94.
- Sundin, P, et al., 1997. Phytotoxic organic compounds in the circulating nutrient solution of a closed, hydroponic tomato culture. *Proc. 9th Intern. Congress Soilless Culture: 523 - 533.* ISOSC, Wageningen, the Netherlands.
- Tsuchiya, K. And Y. Ohno. 1992. Analysis of allelopathy in vegetable cultivation. I. Possibility of occurrence of allelopathy in vegetable cultivation. *Bulletin of the National Research Institute of Vegetables, Ornamentals, Plants and Tea, Japan. Series A (Vegetables and Ornamental Plants). No. 5, March 1992, 37-44..*

BIJLAGE 1. Gemiddelde elementdosering aan het gesloten en het open systeem.

Element en eenheid	Open	Gesloten
K, mmol/l	7.8	5.5
NH ₄	1.0	1.0
Ca	5.0	2.2
Mg	2.1	0.8
NO ₃	15.3	8.3
SO ₄	3.3	1.4
P	1.6	1.1
Fe, μ mol/l	19	15
Mn	9	7
B	28	22
Cu	0.7	0.6
Mo	0.5	0.4
zuur, mmol/l	0.04	0.07
loog mmol/l	0.25	0.17

BIJLAGE 2. Resultaten groeitesten

Tabel 2.1 - Resultaten groeitest zaaidatum 20 juni 1996.
Beoordeling van tuinkers op 10 juli, koolrabi en sla op
11 juli en vlijtig liesje op 4 augustus

Tank	Beh	Sla		Tuinkers		Koolrabi		vlijtig liesje	
		kiem	gew	kiem	gew	kiem	gew	kiem	gew
		%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
1	gesl	94	556	97	313	87	740	99	340
2	gesl	82	796	92	410	88	1060	93	460
6	gesl	89	582	91	415	95	870	88	380
3	open	97	283	96	160	94	440	77	130
4	open	88	605	90	338	95	740	96	390
5	open	87	582	93	310	98	830	100	440

Tabel 2.2.- Resultaten groeitest zaaidatum 18 juli 1996; sla is beoordeeld op
8 augustus

Tank	Beh	Sla	
		kiem	gew
		%	mg
1	gesl	77	440
2	gesl	61	470
6	gesl	60	390
3	open	64	430
4	open	67	510
5	open	75	370
contr	contr	85	690

Tabel 2.3 - Resultaten groeitest zaaidatum 9 augustus 1996; beoordeling van sla, tuinkers en koolrabi op 2 september en van vlijtig liesje op 11 september

Tank	Beh	Sla		Tuinkers		Koolrabi		vlijtig liesje	
		kiem	gew	kiem	gew	kiem	gew	kiem	gew
		%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
1	gesl	78	844	68	547	65	1070	95	1108
2	gesl	-	-	-	-	-	-	-	-
6	gesl	85	1053	75	452	72	983	89	860
3	open	82	810	63	454	60	975	93	892
4	open	78	883	69	502	60	1105	89	795
5	open	54	1072	74	446	79	1074	94	958

Tabel 2.4 - Resultaten groeitest zaaidatum 30 september 1996

Tank	Beh	Sla		Tuinkers		Koolrabi		vlijtig liesje	
		kiem	gew	kiem	gew	kiem	gew	kiem	gew
		%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
1	gesl	87	835	81	505	82	825	100	1107
2	gesl	90	1072	84	595	89	956	100	1276
6	gesl	82	1081	79	658	92	996	98	1029
3	open	84	1114	86	617	88	1072	100	980
4	open	90	1078	90	594	87	968	100	736
5	open	86	1099	88	577	88	918	100	1007
contr	contr	85	1474	82	702	93	991	99	1209