

CODEN: IBBRAH (3-78) 1-21 (1978)

INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID

RAPPORT 3-78

ZOUTOPHOPING EN BEWORTELING BIJ DE TEELT VAN TOMATEN OP STEENWOL

with a summary:

Distribution of salts and root development in the culture of tomatoes on rock wool

door

M. VAN NOORDWIJK

1978

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, Haren (Gr.)

Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 3-78 (1978) 21 pp.

INHOUD

1. Inleiding	3
2. Methode van bemonstering	5
3. Resultaten	6
3.1 Zoutgehalten en pH	6
3.2 Beworteling	10
4. Discussie	14
4.1 Zoutophoping	14
4.2 Beworteling	15
5. Aanbevelingen voor de praktijk	18
6. Summary	19
7. Literatuur	20

1. INLEIDING

Sinds enkele jaren zijn teeltsystemen in ontwikkeling, waarbij tomaten en, de laatste tijd vooral, komkommers gekweekt worden op een mat van steenwol, met een voedingsoplossing (Verwer, 1975 en 1976). Zoals de teelt nu functioneert heeft elke plant circa 10 l substraat ter beschikking (lengte x breedte x hoogte = $50 \times 30 \times 7,5 \text{ cm}^3$).

Figuur 1 toont een schema van de opstelling. Enkele malen per dag, afhankelijk van het weer, worden via een druppelleiding met één druppelaar per plant water en voedingszouten toegediend, waarbij er naar gestreefd wordt de optimale concentratie en ionenverhouding te herstellen. Om het verbruik van de plant goed te compenseren, moet de voedingsoplossing voortdurend bijgesteld worden qua verhouding water:mineralen en regelmatig, maar minder frequent, wat betreft de verhouding tussen de verschillende mineralen. Dit gebeurt door enkele malen per week pH en EC (electrische geleidbaarheid als maat voor het totale zoutgehalte) te bepalen, eens per twee weken de hoofdelementen en eens per maand de sporenelementen. Het monster voor deze analyse wordt verzameld door op 25 plaatsen per ha verspreid door de kas, wat vocht aan de mat te onttrekken.

Via dit monster stuurt men watergift en voeding bij, op grond van het gemiddelde van de kas; dit kan problemen geven als er tussen de steenwolmatten verschillen in water/luchthuishouding bestaan of als de planten verschillen in verbruik. Maar ook binnen één mat kunnen verschillen in zoutgehalten ontstaan die het nemen van een representatief monster bemoeilijken (doordat ze de verschillen tussen deelmonsters vergroten) en mogelijk de plant bij gunstig gemiddelde toch aan plaatselijk (te) hoge zoutgehalten blootstellen.

In dit rapport worden de resultaten vermeld van een tweetal gedetailleerde bemonsteringen van pH, EC en beworteling in steenwolmatten in de proef van ing. Verwer op het IMAG. De bemonstering was opgezet om de beworteling in de maat (10 l per plant) te vergelijken met die in proeven op het IB naar de minimaal benodigde wortelomvang (waar tomaten bij constant circulerende voedingsoplossing groeien in 0,5 l steenwol/plant zonder nadelig effect op de bovengrondse delen), maar de resultaten lijken op zichzelf belangrijk genoeg voor een aparte rapportage.

De waarnemingen waarop dit rapport is gebaseerd zijn mede verricht door J. Floris en G. Brouwer, met hulp van B. Vosman (stagiaire HLS).

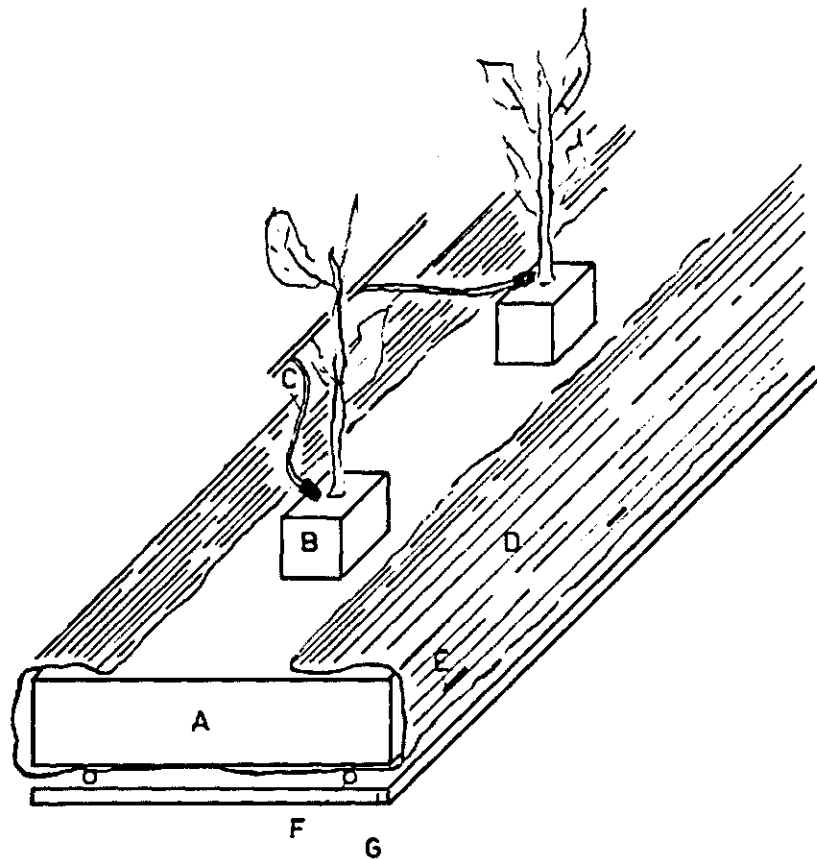


Fig. 1. Schema van de gebruikte opstelling

A = steenwolmat (7,3 cm hoog, 31 cm breed); B = plant-blokje steenwol (7×7×6 cm³); C = druppeldop; D = plasticfolie om de mat heengevouwen; E = afvoer-spleet in plastic (op ca. 2 cm hoogte); F = verwarmingsbuis; G = isolatiemateriaal.

Fig. 1. Diagram of the experimental setup used:

A = mat of rock wool (7 cm high, 31 cm wide); B = rock wool block (7×7×6 cm³) to accommodate plant; C = solution drop emitter; D = plastic foil folded around the mat; E = discharge slit in plastic (at approx. 2 cm height); F = heating duct; G = insulation.

2. METHODE VAN BEMONSTERING

De bemonsteringen zijn uitgevoerd in een kas bij het IMAG te Wageningen, bij een proef van Verwer met tomaat (C.V. Sonata). De proef was op 16-12-1976 ingeplant en had op onze bemonsteringsdata (28-6 en 1-8-1977) een volopdragend resp. verouderend gewas. Op 28-6 waren de planten ca. 5 m lang en zouden voor de tweede maal bij de draad omhoog gebonden worden. De vijftiende tros was in bloei en van de zevende tot en met dertiende tros werd geplukt. Het drooggewicht van de vegetatieve delen was ca. 165 g (half blad, half stengel; blad onder de vijfde tros weggehaald). Op 1-8 waren de planten aan het verouderen en was de produktie afgenomen. De lengte was ca. 5 m, het drooggewicht van de vegetatieve delen 240 g en er werd geplukt van de negende tot en met vijftiende tros.

Voor de bemonstering van zoutgehalte en pH is een stuk mat in blokjes gesneden van $10 \times 10 \times 2,3 \text{ cm}^3$ (1/3 van de breedte en 1/3 van de hoogte). Bij het snijden ging vooral bij de onderste blokken al wel vocht verloren. De blokjes werden met de hand uitgeknepen boven een bekeerglas (zo goed mogelijk gestandaardiseerd) en de pH en EC werden ter plaatse gemeten. Een deel van de monsters is bewaard en hiervan is op het IB nogmaals de EC en de osmotische waarde (vriespuntsdaling) bepaald.

Om de wortels uit de steenwol vrij te krijgen is een methode uitgewerkt, waarbij door inwerking van zoutzuur (1,8%, 20 uur) de steenwol uit elkaar valt en weg te spoelen is (Brouwer en Van Noordwijk, 1978). Hierbij treedt een verlies aan wortelgewicht op van ca. 30%. Van elk blokje is het wortelgewicht bepaald en van een aantal ook wortellengte, -diameter en daarmee -oppervlak. Daarnaast zijn enkele stukken mat op een naaldenplank met zoutzuur behandeld en uitgespoeld, om het totaalbeeld van de beworteling vast te leggen.

Op 27-6 is een stuk mat van 1 meter (2 planten) in blokjes bemonsterd, na een watergift, en is twee maal 1 m mat op een naaldenplank uitgespoeld. Op 1-8 is één stuk mat op een naaldenplank uitgespoeld, een stuk mat van 1 m na het watergeven bemonsterd ("natte mat") en een stuk dat ruim een dag geen water gekregen had ("droge mat"). Eind juni was het warm, zonnig weer en gaf men 3xdaags 10 min. water (ca 6 l/plant dag)). Op 24/6 werd een pH van 6,7 en een EC van 3,1 mS gemeten. Men gaf een voedingsoplossing sterk lijkend op de standaard oplossing van Sonneveld en Voogt (1975). Eind juli/begin augustus was het somber weer en gaf men 2xdaags 10 min. water. Op 29/7 werd een pH van 3,9 en een EC van 1,9 gemeten; nadien probeerde men via extra KOH in de voedingsoplossing de mat basischer te krijgen.

3. RESULTATEN

3.1 Zoutgehalten en pH

Bij beide bemonsteringen is een aantal monsters meegenomen voor controlemetingen en voor meting van de osmotische waarde. Op grond van de EC-metingen op het IB kon een afleesfout worden hersteld, maar tussen de metingen in Wageningen en op het IB bleef een factor $\frac{1}{2}$ verschil dat op onjuiste ijking op het IB kon worden teruggevoerd. Het verband tussen osmotische waarde en EC was beide keren gelijk, nl. 1 bar \approx 0,355 mS.

In figuur 2 en 3 zijn de EC en pH-waarden weergegeven in een zij-aanzicht van de mat, waarbij ieder vakje in de figuur het gemiddelde van drie monsters (in de breedte van de mat, dus loodrecht op het papier) aangeeft. In de tabellen I en II zijn de meetresultaten samengevat naar hun afstand tot de plant.

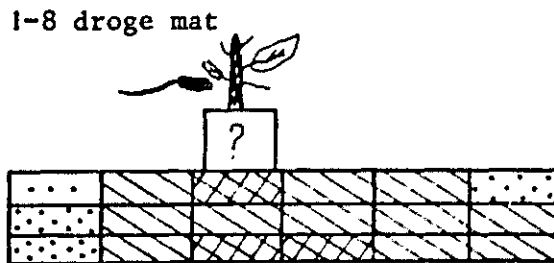
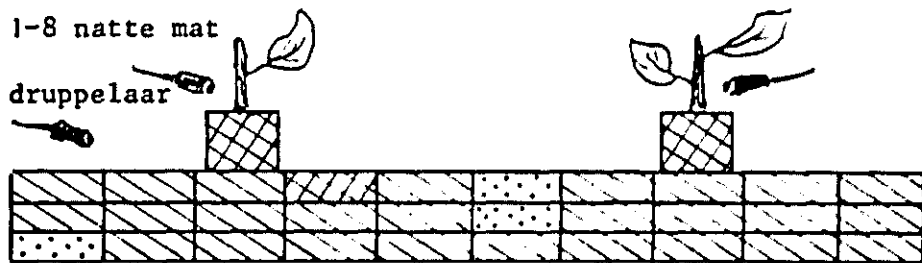
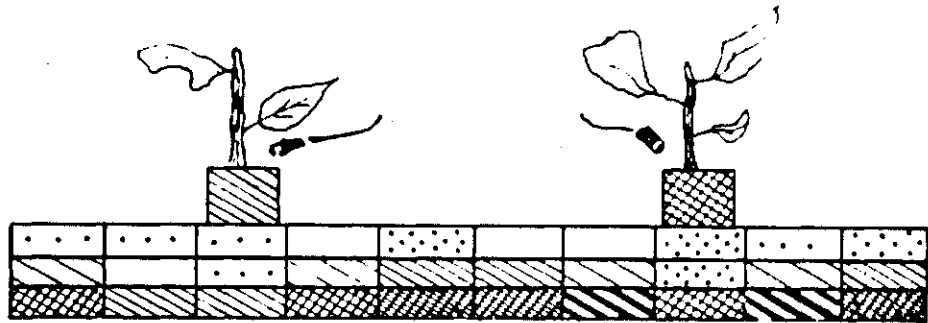
TABEL I. Gemiddelde EC waarden gerangschikt naar de afstand tot de plant. In de kopjes staat tussen haakjes het aantal blokjes waarover gemiddeld is. Bij de droge mat van 1-8 is dit half zo groot

		Onder plant(2) <i>Under plant</i>	Naast plant(16) <i>Beside plant</i>	Tussen planten(12) <i>Between plants</i>	Gemiddeld <i>Average</i>
		Deel van mat <i>Part of mat</i>			
27-6 nat <i>wet</i>	boven <i>upper</i>	2.05	1.44	1.64	1.56
	midden <i>middle</i>	1.80	1.77	2.31	1.99
	onder <i>lower</i>	<u>1.70</u>	<u>2.60</u>	<u>2.90</u>	<u>2.73</u>
	gem. <i>ave.</i>	2.18	1.94	2.28	2.09
1-8 nat <i>wet</i>	boven <i>upper</i>	2.09	2.09	2.01	2.06
	midden <i>middle</i>	2.00	2.03	1.97	2.00
	onder <i>lower</i>	<u>2.02</u>	<u>2.03</u>	<u>1.99</u>	<u>2.01</u>
	gem. <i>ave.</i>	2.04	2.05	1.99	2.03
1-8 droog <i>dry</i>	boven <i>upper</i>	2.50	2.02	1.79	1.93
	midden <i>middle</i>	2.21	2.06	1.90	1.99
	onder <i>lower</i>	<u>2.30</u>	<u>2.05</u>	<u>1.93</u>	<u>2.00</u>
	gem. <i>ave.</i>	2.34	2.04	1.87	1.97

TABLE I. Average EC-values arranged according to distance from the plant. Figures in brackets denote the number of samples on which the average is based. In the case of the dry mat sampled on 1-8 the number of samples is half of that indicated

Bij de bemonstering op 27-6 bleek de EC een factor 2 te kunnen verschillen tussen boven- en onderlaag van de mat (over een afstand van 5 cm). Tussen de planten in, onderin de mat, bleken de hoogste zoutgehalten voor te komen. Bij de pH bleken de verschillen in horizontale richting groter dan die in

EC 27-6



legenda



Fig. 2. Verdeling van zout in de steenwolmat. Ieder vakje stelt het gemiddelde voor van drie blokjes (in de breedte van de mat).

Fig. 2. Distribution of salt in the rock wool mat. Every rectangle represents the average of three rock wool blocks (over the width of the mat).

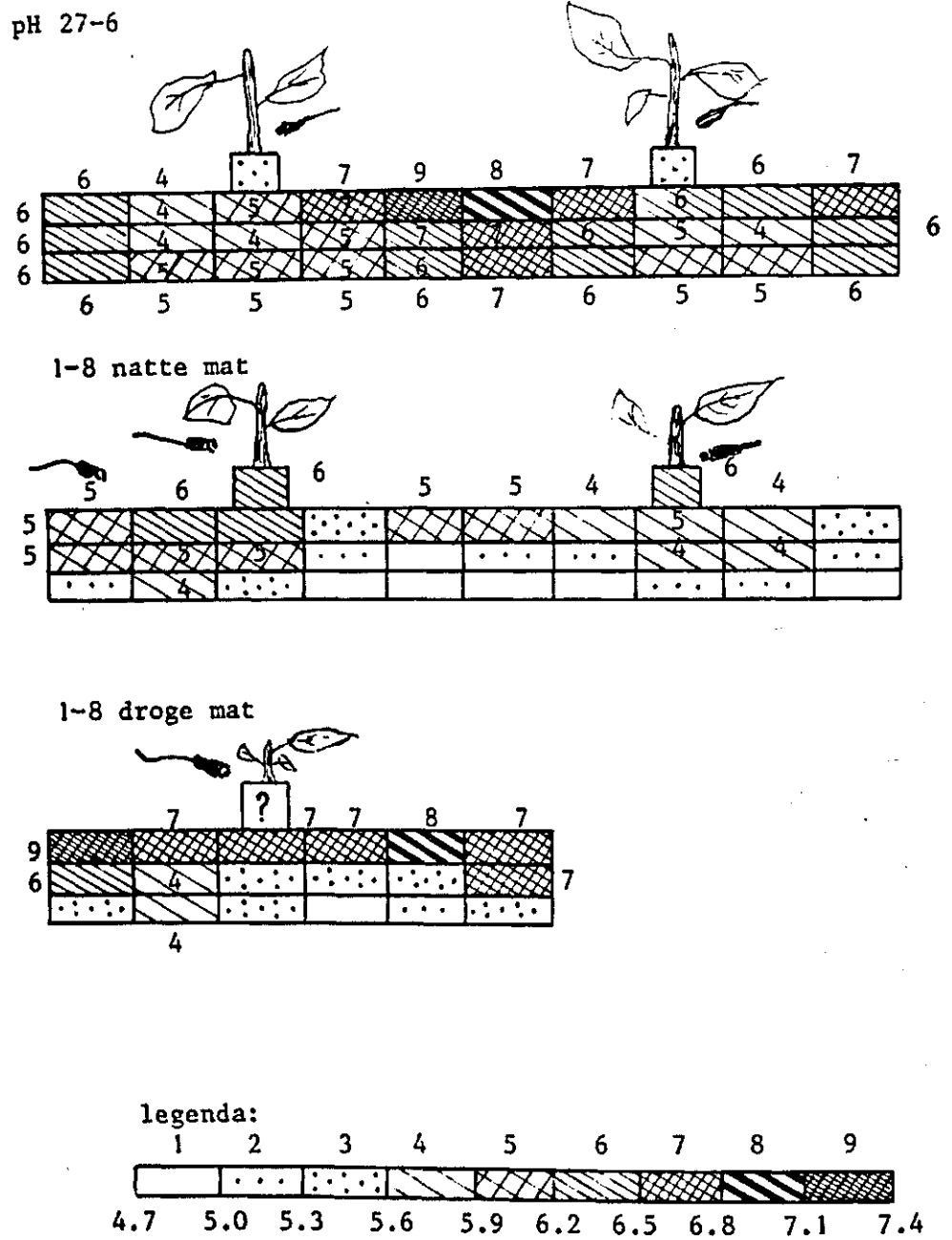


Fig. 3. pH in de mat, zie verder fig. 2 .
 Fig. 3. Distribution of pH-values in the mat. See text
 fig. 2.

TABEL II. Gemiddelde (numeriek) pH-waarden, gerangschikt naar de afstand tot de plant. Zie verder tabel I.

		Onder plant(2) <i>Under plant</i>	Naast plant(16) <i>Beside plant</i>	Tussen planten(12) <i>Between plants</i>	Gemiddeld <i>Average</i>
Deel van mat <i>Part of mat</i>					
27-6 nat	boven <i>upper</i>	5.54	6.52	6.91	6.61
	midden <i>middle</i>	5.26	6.02	6.58	6.20
	onder <i>lower</i>	<u>5.96</u>	<u>6.08</u>	<u>6.42</u>	<u>6.21</u>
	gem. <i>ave.</i>	<u>5.59</u>	<u>6.21</u>	<u>6.64</u>	<u>6.34</u>
1-8 nat	boven <i>upper</i>	6.50	5.80	5.93	5.90
	midden <i>middle</i>	6.29	5.52	5.30	5.48
	onder <i>lower</i>	<u>5.74</u>	<u>5.13</u>	<u>4.97</u>	<u>5.11</u>
	gem. <i>ave.</i>	<u>6.17</u>	<u>5.48</u>	<u>5.40</u>	<u>5.50</u>
1-8 droog	boven <i>upper</i>	6.55	6.70	7.04	6.82
	midden <i>middle</i>	5.23	5.32	5.83	5.52
	onder <i>lower</i>	<u>5.66</u>	<u>5.17</u>	<u>5.26</u>	<u>5.24</u>
	gem. <i>ave.</i>	<u>5.81</u>	<u>5.73</u>	<u>6.04</u>	<u>5.86</u>

TABLE II. Average pH values arranged according to distance from the plant. See also heading of table I.

verticale richting. Tussen de planten in, bovenin de mat werden de hoogste pH-waarden gemeten. Van de bovenlaag van de mat zijn de zijstroken met plastic bedekt en het middenstuk niet. Een vergelijking van het zoutgehalte van de midden-blokjes met de zij-blokjes kan een schatting opleveren van de evaporatie (verdamping van het steenwoloppervlak). Op 28-6 waren deze gemiddeld 1,71 resp. 1,45 mS, wat wijst op een kleine bijdrage van de evaporatie aan de zoutophoping. Twee "praktijk-monsters" (op diverse plaatsen in de kas uit de mat gezogen vloeistof) hadden een EC van resp. 4,3 en 3,0. Het grote verschil tussen deze monsters en het gemiddelde van de door ons gemeten waarden, wekken twijfel aan de correctheid van de monstermethode.

Op 1-8 waren in de natte mat de verschillen in zoutgehalte veel geringer dan op 27-6. De pH liep echter meer uiteen en toonde het infiltratiepatroon van voedingsoplossing in de mat: sinds 2½ dag werd veel basischer oplossing bijgedruppeld om de pH te corrigeren. Tussen de planten in, onderin de mat was de pH nog steeds laag. De nieuwe oplossing bevond zich dichtbij de druppelaars en bovenin de mat. De droge mat toonde in versterkte mate de situatie vóór het watergeven (de mat had ruim 24 hr geen water gekregen). De hoogste zoutgehalten waren dicht bij de plant te vinden en het verticale verschil was klein. De pH was hier hoger dan in de natte mat, hoewel hier maar 3x i.p.v. 5x met de basischer oplossing was afgedruppeld. Dit wijst op verschillen ofwel in de opname van de planten ofwel in de waterhuishouding van de matten. Het gemiddelde zoutgehalte lag in de droge mat niet hoger dan in de natte, maar de verde-

ling was wel anders (zie tabel I). Ook op 1-8 was een klein evaporatie-effect aanwezig (2,16 tegen 2,01 voor de natte mat en 2,07 tegen 1,77 voor de droge mat, voor het onbedekte resp. bedekte stuk van de bovenlaag).

Op de verdere verklaring van de gevonden patronen wordt in de discussie ingegaan.

3.2 Beworteling

De foto's van de op naaldenplanken schoongespoelde wortelstelsels in figuur 4 tonen de wortelontwikkeling op 27-6. Tussen de planten in was de beworteling geringer dan dichtbij de planten, al verschillen de duplo's in dit opzicht nogal. Individuele wortels van een plant konden langs buurplanten heenlopen, maar het grootste deel van de wortels bleef dicht bij de plant. Op de bovenste foto stond de linkerplant bij het eind van een steenwolmat, waar het plastic omhooggetrokken was. De wortels bogen op dit punt om en konden aan de andere kant de plant voorbij lopen.

Van de in blokjes versneden monsters is naast het drooggewicht aan een aantal monsters ook het worteloppervlak gemeten (de gemiddelde diameter was 0,3 mm). Op basis van de drooggewichten is voor de overige blokjes het worteloppervlak geschat (fig. 5 en tabel III).

TABEL III. Gemiddelde wortelgewichten, gerangschikt naar afstand tot de plant. Zie verder tabel I

		Worteldrooggewicht in mg/cm ³ steenwol			Totaal drooggewicht per plant (g)	Totaal oppervlak per plant (10 ³ cm ²)
		Onder plant(2)	Naast plant(16)	Tussen planten (12)		
		<i>Dry weight of roots, mg/cm³ rock wool</i>			<i>Total dry weight per plant</i>	<i>Total surface area per plant</i>
		<i>Under plant</i>	<i>Beside plant</i>	<i>Between plants</i>		
27-6 nat	<i>wet</i>					
plantblokje	<i>plant block</i>	3,20			1,02	0,78
boven	<i>upper</i>	9,10	2,33	1,06	7,85	15,41
midden	<i>middle</i>	1,34	0,49	0,40	1,76	3,58
onder	<i>lower</i>	0,24	0,30	0,22	0,90	1,82
totaal	<i>total</i>				11,53	21,59
1-8 nat	<i>wet</i>					
plantblokje	<i>plant block</i>	8,13			2,50	2,86
boven	<i>upper</i>	7,13	3,06	1,80	9,76	18,87
midden	<i>middle</i>	0,80	0,43	0,46	1,61	3,72
onder	<i>lower</i>	0,38	0,35	0,40	1,29	2,99
totaal	<i>total</i>				15,16	28,44

TABEL III. Average root weights, arranged according to distance from the plant. See also heading of table I.

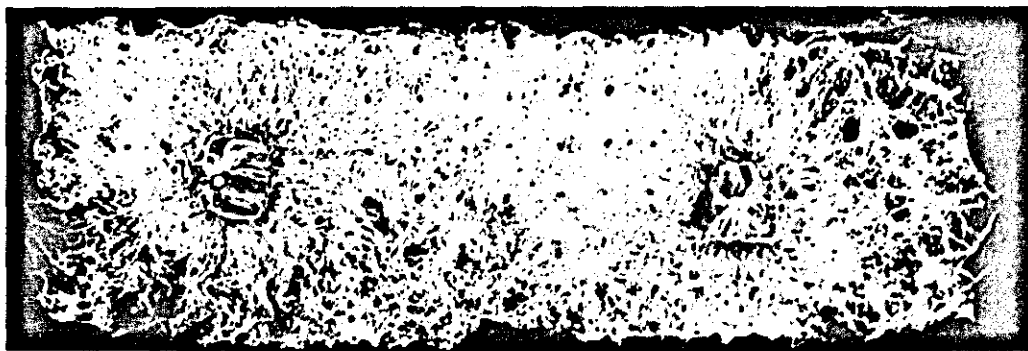
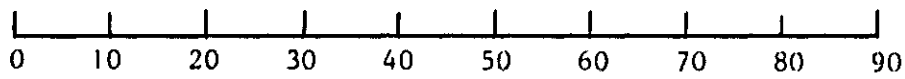
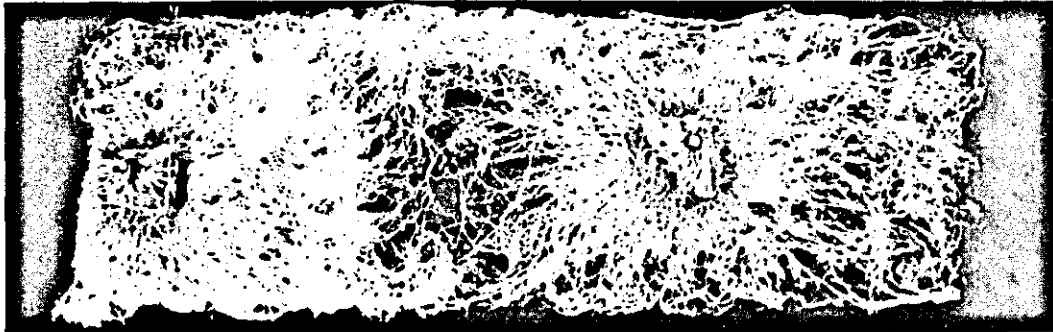


Fig. 4. Bovenaanzicht van de beworteling uitgespoeld op naaldenplanken, op 27-6. De beworteling blijkt grotendeels geconcentreerd te zijn rond de plant-blokjes.

Fig. 4. Top view of the root system, washed out on a pinboard. The roots are concentrated round the plant blocks.

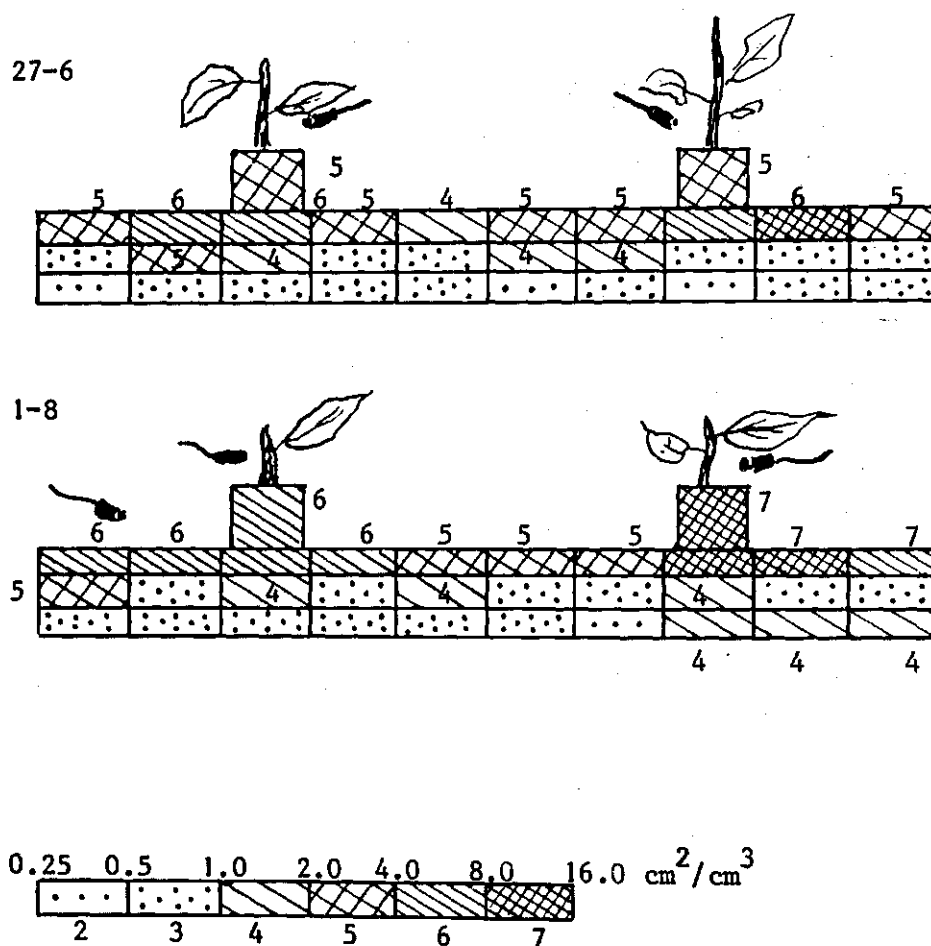


Fig. 5. Verdeling van het worteloppervlak in de steenwolmat.
 Fig. 5. Distribution of root surface area in the rockwool mat.

De hier gegeven wortelgewichten hebben betrekking op intacte wortels, maar zijn niet gecorrigeerd voor de zoutzuurbehandeling (die ca. 30% van de droge stof verwijdert). Tegengesteld aan onze eerste verwachting, bleek de massa van de wortels zich bovenin de mat te bevinden, hoewel veel wortels onder de mat uit zichtbaar waren. Tussen 27-6 en 1-8 bleken zowel wortelgewicht als worteloppervlak nog te zijn toegenomen, al is deze vergelijking niet geheel veilig door een aanpassing in de spoeltechniek tussen de monsterdata. De wortels zagen er op 1-8 echter minder goed uit dan op 27-6: er waren minder jonge witte wortels en de afbraak van de zijwortels was verder voortgeschreden.

Aparte vermelding verdient een wortelbeschadiging en groeiremming die

op beide monsterdagen werd vastgesteld. De verschijnselen traden plectsgewijs op, over enkele centimeters lengte van een overigens intacte wortel, verspreid door de hele mat, maar toch vooral bovenin de mat en tussen de planten in. De verschijnselen waren:

(1) geremde groei van zijwortels: jonge zijwortels groeiden niet verder uit dan tot stompjes van rond een mm; soms waren deze stompjes opgezwollen tot 'vlaggetjes'.

(2) op bestaande wortels ontstonden bruine vlekken en was er een afbraak van schorscellen, zodat slechts de centrale cylinder overbleef.

Deze afbraak verschilde in zoverre van 'normale' wortelafbraak dat het op + 0,5 cm vanaf de basis van een zijwortel begon, terwijl normaal de zijwortels direct bij de basis beginnen af te breken.

Ook waren aan dezelfde hoofdas nog oudere, intacte zijwortels aanwezig, terwijl normaal de wortelafbraak vanaf de basis van de hoofdas regelmatig voortschrijdt naar de jongere zijwortels.

4. DISCUSSIE

4.1 Zoutophoping

Vooral op 27-6 bleek dat er binnen de steenwolmat een aanzienlijke heterogeniteit kan optreden. Een aantal processen zal hierbij een rol spelen:

(a) *Zoutophoping rond de wortel.* De gewenste samenstelling van de voedingsoplossing in de mat komt nooit geheel overeen met de dagelijkse opname. Zoals uit tabel IV blijkt komen de verschillende ionen in de oplossing in wat andere verhoudingen voor dan ze worden opgenomen en daarnaast hangt de verhouding tussen water- en zoutopname sterk af van het weer (waar de verdamping veel sterker op reageert dan de zoutopname). Bij sterk verdampend weer (zoals rond 27-6) hopen zich rond de wortel met de waterstroom aangevoerde zouten op. Bij minder sterk verdampend weer (zoals rond 1-8) kunnen bij een verdamping van ca. 2 l/(plant dag) zout- en wateropname globaal in evenwicht zijn (voor enkele elementen ligt het dan wel scheef). Bij somber weer (1 l/(plant dag)) kan de zoutopname sterker zijn dan de met de massastroom aangevoerde hoeveelheid, zodat het beeld dan kan omdraaien. Omdat de opname van water een sterk dag-nacht ritme heeft en de zoutopname niet, moeten deze verhoudingen ook binnen een etmaal nog verschuiven. De gegevens van de 'droge mat' op 1-8 tonen het verschijnsel van concentratie rond de plant wel enigszins, al zullen rond 1-8 water- en zoutopname veel meer in balans zijn geweest dan rond 27-6, gezien het weer.

(b) *Evaporatie van de steenwolmat.* De steenwolmat ligt gedeeltelijk vrij aan de lucht en hier zal verdamping tot zoutophoping kunnen leiden. Zoals in 3.1 is aangegeven is het evaporatie-effect wel in het materiaal terug te vinden, maar is het niet erg groot.

(c) *Infiltratie van voedingsoplossing in de mat.* Bij het indruppelen van nieuwe voedingsoplossing treedt natuurlijk niet direct volledige menging op. De nieuwe oplossing zal de oude voor een deel voor zich uit stuwen mede doordat de poriën grotendeels dezelfde doorsnee hebben (geringe dispersie). Door de gelaagdheid van het materiaal is de verzadigde doorlatendheid in horizontale richting groter dan die in verticale richting. Aan de pH op 1-8 kunnen we zien dat bij het druppelen de oude vloeistof zich ophoopte onderin de mat, midden tussen de planten. Menging van oude en nieuwe vloeistof is afhankelijk van diffusie en heeft dagen nodig.

Op grond van deze processen tesamen mogen we verwachten dat, bij sterk verdampend weer, vóór het druppelen zoutophoping plaats vindt bij de plant, bovenin de mat en na het druppelen tussen de planten onderin. Dit is ook het beeld zoals het op 27-6 werd gevonden. Bij minder sterk verdampend weer vindt minder of geen ophoping van zout rond de plant plaats en blijft de mat vrij homogeen van samenstelling. Deze situatie is natuurlijk niet specifiek voor steenwol; ook bij druppelirrigatie in grond ontstaan zoutophoppingen, zie bijvoorbeeld Dalbro en Dorph-Petersen (1976).

De plaatselijke verschillen in zoutgehalte in de mat, zoals op 27-6, geven aanleiding de bemonsteringsmethode te bezien op grond waarvan de voe-

TABEL IV. Vergelijking van de geschatte, dagelijkse opname door de plant met de door massa-stroom aangevoerde hoeveelheid mineralen.

	NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^{2-}	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
Gehalte in plant, me/g droge stof (Kirkby and Mengel, 1967)	2,3	0,16	0,16	1,0	1,2	0,34
<i>Mineral content of the plant, me/g</i> <i>dry matter (Kirkby and Mengel, 1967)</i>						
Dagelijkse opname per plant in me/ (plant.dag), bij groei van 10 g ds/dag	23	1,6	1,6	10	12	3,4
Daily uptake per plant, me/(plant.day) for a growth rate of 10 g dry matter/day						
Streefcijfer in de mat me/l (Sonneveld en Voogt, 1975) =						
aanvoer bij verdamping van 1 l/(plant.day)	13	1	7	7	9	4
" " " " 2 l/(plant.day)	26	2	14	14	18	8
" " " " 6 l/(plant.day)	78	6	42	42	54	24
Desired concentration in the mat, me/l, Sonneveld and Voogt 1975) =						
mass flow for a transpiration rate of						
1 l/(plant.day)						
2 l/(plant.day)						
6 l/(plant.day)						

TABEL IV. Comparison of estimated daily uptake by the plant and transport by mass-flow for different rates of transpiration.

dingoplossing in de mat wordt bijgestuurd. Het hierbij gebruikte monster bestaat nu uit ca. 25 deelmonsters, willekeurig door de kas verspreid en op een willekeurige plaats uit de mat verzameld (al zal het meestal wel tussen planten in en onderuit de mat gebeuren). Men streeft er naar direct na het druppelen te bemonsteren, maar dit gebeurt niet consequent. De spreiding tussen de monsters moet verkleind kunnen worden door op een systematische bemonstering over te stappen, met de deelmonsters evenredig door de mat verspreid. Hoe groot de verschillen tussen verschillende matten zijn, zou nader bekeken moeten worden.

Het is ook wel aan te bevelen voor de praktijk om de menging in de mat groter te maken. Dit kan door frequenter te druppelen (zodat het verschil tussen 'oude' en 'nieuwe' vloeistof niet zo hoog oploopt), door meer dan één druppelpunt per plant te gebruiken, of door over te stappen op een (beperkte) circulatie van voedingsoplossing. Dit laatste kan, door bij iedere druppelperiode een kleine overdosis te geven en wel zo dat de 'oude' oplossing uit de mat in een goot teruggevoerd wordt en opnieuw gebruikt kan worden. Bij gebruik van een steenwolmat hoeven hierbij natuurlijk lang niet de stroomsnelheden van de voedingsfilm (NFT) gehaald te worden. Of deze alternatieven economisch aantrekkelijk zijn, valt te bezien, maar principieel heeft een circulatiesysteem voordelen wat betreft menging van de voedingsoplossing (ook bij verschillen tussen planten) en bemonstering, waar echter het nadeel van mogelijke ziekteverspreiding tegenover staat.

4.2 Beworteling

De wortels bevonden zich voornamelijk boven in de mat, hoewel ze ook wel door de mat heen groeiden. Dit kunnen we gedeeltelijk toeschrijven aan de water/lucht huishouding van de mat. In de zijkant van de mat waren op ca. 2 cm hoogte gleuven aangebracht in het plastic en bij het druppelen werd water gegeven tot de eerste gleuven begonnen door te lekken. Op dat moment zijn er volgens de pF-kromme (gepubliceerd door Willemsen (1972) en bevestigd door metingen op het IB) op 2 cm hoogte in de mat 2% en op 7 cm hoogte in de mat 15% luchtgevulde poriën te verwachten. De gebrekkige zuurstofvoorziening onderin de mat zou een dichtere beworteling aldaar kunnen belemmeren. Het is de vraag of het verstandig is de gleuven in het plastic zo hoog te maken als ze zijn; er ontstaat een grotere buffervoorraad in de mat, maar het is de vraag of de plant hier volledig van kan profiteren gezien de matige doorworteling onderin de mat en de geringe capillaire opstijging in steenwol. Aan de andere kant wordt het steenwol op meer dan 5 cm vanaf de waterspiegel al gauw te droog.

Naast de mogelijk slechte luchthuishouding onderin de mat, zal ook de zoutophoping daar de doorworteling kunnen beperken. Voor de geringe be-
worteling tussen de planten in, die een aantal malen werd gezien (soms ook nauwelijks) zijn noch zoutophoping noch aeratie als verklaring aan te voeren. Wel was in deze omgeving de waargenomen wortelschade het grootst.

Van de twee soorten wortelschade (de groei-remming en de afbraak) komt de remming van zijwortels tot 'vlaggetjes' overeen met waarnemingen aan graswortels bij hoge N-giften (Prins, pers.meded., 1977), die nog niet verklaard zijn. De wortelafbraak verschilt van de normale afbraak vooral in het plaatselijke karakter. De 'normale' afbraak van wortels kan bij een volgroeid gewas aanzienlijk zijn, zoals de waarnemingen van Leonard

en Head (1958) aan tomatewortels achter een glaswand tonen. In hun waarnemingen wisselen na de vruchtzetting van de eerste tros perioden met voornamelijk afbraak af met perioden van sterkere nieuwe groei, zodat de wortelmassa min of meer op gelijk peil blijft. De samenhang hiervan met de vruchtzetting zou wijzen op een hormonale beïnvloeding in de gehele plant. De hier waargenomen, sterk plaatselijke wortelafbraak vraagt echter om een plaatselijke verklaring. Twee mogelijke verklaringen zijn:

(1) *Zoutschade*. Op 27-6 bleek dat er plaatselijk vrij hoge zoutgehalten in de mat kunnen voorkomen. Op kleinere schaal dan de monster-blokjes en op nog hetere dagen kunnen tijdelijk natuurlijk nog hogere gehalten voorkomen dan door ons gemeten, al kunnen we naar de hoogte hiervan slechts gissen. Hoge zoutgehalten kunnen schadelijk zijn door osmotische effecten of door specifieke effecten van bepaalde ionen. De osmotische waarde kan in dit geval niet groot genoeg zijn om er veel effect van te verwachten: bij een hydrostatische spanning van het milieu rond een enkele wortel van 3 bar (ongeveer overeenkomend met een EC van 8 in osmotische spanning) bij goede vochtvoorziening van de rest van het wortelstelsel, vonden Portas en Taylor (1976) nog maar nauwelijks remming van de lengtegroei van de betreffende wortel. In een overzichtsartikel over zoutschade bij planten noemen Maas en Hoffman (1976) de tomaat matig gevoelig voor zoutschade en geven aan dat bij een EC van het totale wortelmilieu boven 2,5 reductie van de opbrengst te verwachten is. Specifieke uitwendige verschijnselen aan het wortelstelsel noemen Maas en Hoffman in het geheel niet. Van de specifieke effecten van hoge gehalten van bepaalde ionen is weinig in de literatuur te vinden. In een kleine proef in een klimaatkamer op het IB, bij 20°C, hebben we bij planten met de massa van hun wortelstelsels in normale voedingsoplossing enkele wortels blootgesteld aan tot zesmaal geconcentreerde voedingsoplossing. Bij de hoogste trap verminderde aanvankelijk wel de lengtegroei (soms echter nauwelijks), maar afbraak of verdikte zijwortels ('vlaggetjes') traden niet op. Mogelijk is een hogere temperatuur nodig om de afbraak te doen beginnen, maar voorlopig ondersteunen deze resultaten zoutschade als verklaring niet.

(2) *Hormonale invloed*. In aansluiting op de hormonale verklaring van de 'normale' wortelafbraak, is toch ook de plaatselijke wortelafbraak te verklaren. Door Tucker (1977) is een verklaring gegeven voor de massale wortelsterfte die regelmatig in het voorjaar gevonden wordt bij de teelt in voedingsfilm (NFT). Deze wortelsterfte toont dezelfde afbraak als wij zagen, van schorscellen waarbij de centrale cilindres overblijven. Tucker kon in het voorjaar een piek aantonen in de concentratie van door de wortel afgescheiden, cytokinine-achtige stoffen in de voedingsoplossing (die tijdens de teelt wel werd aangevuld, maar niet werd ververst). Dat deze afscheiding van hormonen door de wortel in de voedingsfilm wel tot massale wortelsterfte leidt en in de grond, waar veel minder verdunning plaatsvindt, niet, kan het gevolg zijn van het feit dat (a) de bacteriële afbraak van dergelijke stoffen in de grond mogelijk sneller verloopt dan in dit kunstmatige systeem, (b) in een systeem waar de wortels goed zichtbaar zijn verschijnselen opvallende die in de grond niet opgemerkt worden en (c), in een voedingsfilm, als de wortelafbraak eenmaal begint, het hierbij optredende zuurstofgebruik het zuurstofgehalte (dat toch al vaak kritiek is) zo verlaagt dat dit tot verdere wortelsterfte leidt. In de steenwolmat kunnen we een ophoping van wortel-exudaten verwachten op dezelfde plaatsen waar het zout zich ophoopt: on-

derin de mat en midden tussen de planten. Waarom de meeste aantasting bovenin gezien werd, blijft dan wel een probleem, al kunnen hier mogelijk vóór een watergift hoge pieken voorkomen omdat er veel wortels zitten en midden tussen de planten accumulatie plaatsvindt. Dit vraagt om uitvoeriger metingen.

Deze tweede verklaring lijkt wel nader onderzoek waard te zijn. Hierbij moet dan ook de waterbeweging in de mat nader worden bekeken, om goed te kunnen voorspellen waar zich resten ophopen. Over mogelijkheden om het infiltratiepatroon met kleurstoffen te volgen wordt gedacht. Tussen patroon van ophoping van zout en/of hormonen en de wortelontwikkeling bestaat een wisselwerking die de zaak compliceert.

De geringe beworteling tussen de planten in suggereert dat daar nog wel een plant tussen kan staan. Qua benodigde wortelruimte kan dat zeker, als we de 10 l steenwol in dit systeem vergelijken met de 0,5 l steenwol die in onze proeven op het IB bij doorstroomcultuur nog voldoende zijn voor ongehinderde groei (nog niet gepubliceerde resultaten). Ook praktisch is een verdubbeling van het aantal planten op de mat te realiseren door het combineren van twee banen en het uitbuigen van de planten. Maar dan zal de zoutophoping in de mat beter in de hand gehouden moeten worden d.m.v. een van de in 4.1 aangegeven methoden. De buffercapaciteit, belangrijk indien de pompen uitvallen o.i.d., wordt natuurlijk kleiner.

5. AANBEVELINGEN VOOR DE PRAKTIJK

Aangezien de steenwol-teelt het experimentele stadium nog niet is ontgroeid, is het goed vanuit deze ervaringen praktische conclusies te formuleren.

(1) Op grond van de waargenomen heterogeniteit in zoutgehalten is het goed de bemonsteringsmethode opnieuw te overwegen.

(2) De afvoer-sleuven in de mat moeten zeker niet hoger gemaakt worden dan de huidige 2 cm omdat de mat onderin te nat is voor goede beworteling.

(3) De menging van voedingsoplossing in de mat vraagt aandacht, vooral bij sterke verdamping van de plant. Door frequenter of op meer plaatsen tegelijk te druppelen wordt de menging verbeterd. Daarnaast hebben systemen met een (beperkte) circulatie in dit opzicht voordelen.

(4) Op zichzelf kan de ruimte voor beworteling per plant wel kleiner zijn, mits de menging goed is en de waterhuishouding voldoende is om een te natte of te droge toestand te voorkomen.

(5) De waargenomen wortelschade rechtvaardigt nader onderzoek naar het gedrag van organische afscheidingsprodukten van de wortel in dit systeem. In een circulerend systeem zal de afbraak van organische stof wel te bespoedigen zijn. In een stagnerend systeem als de steenwolmat is alleen van tijd tot tijd schoonspoelen van de mat mogelijk, met alle zoutverliezen van dien.

6. SUMMARY

Growing crops on rock wool, a recent development in horticulture, results in great changes in the root environment compared with soil. In this report, the results are presented of a detailed sampling of roots and salts in a rock wool mat. In a sunny period in June there was a marked distribution pattern of salts in the mat (table I, fig. 2). In a less sunny period in August the distribution of salts in the mat was much more homogeneous. The roots mostly grow in the upper part of the mat and are concentrated round the plant (fig. 4 and 5, table III). The distribution of salts can be explained qualitatively by the concentration of salts round the root during sunny weather and the displacement of old solution by the new in irrigation, with an accumulation of old solution between the plants in the bottom of the mat. Locally root damage was observed which might be related to exudation of hormone-like substances by the root. In section no. 5 some practical consequences of these results are mentioned.

7. LITERATUUR

- Brouwer, G. en Van Noordwijk, M., 1978. Het met zoutzuur vrijspoelen van wortels uit steenwol en het effect daarvan op het wortelgewicht. IB-rapport 4-78.
- Dalbro, K. and Dorph-Petersen, K., 1976. (soil sampling in drip irrigated glasshouse). *Tidsskr. Planteavl*, 80: 651-5.
- Kirkby, E.A. and Mengel, K., 1967. Ionic balance in different tissues of the tomato plant in relation to nitrate, urea or ammonium nutrition. *Plant Physiol.* 42: 6-14.
- Leonard, E.R. and Head, G.C., 1958. Technique and preliminary observations on growth of the roots of glasshouse tomatoes in relation to that of the tops. *J.Hortic.Sci.* 33: 171-85.
- Maas, E.V. and Hoffman, G.J., 1976. Crop salt tolerance: evaluation of existing data. In: *Managing Saline water for irrigation*. H.E. Dregne (ed.): 187-198. Proc. Int. Salinity Conference, Texas, 16-20 Aug. 1976.
- Portas, A.M. and Taylor, H.M., 1976. Growth and survival of young plant roots in dry soil. *Soil Sci.* 121: 170-5.
- Sonneveld, C. en Voogt, S.J., 1975. Voedingsoplossingen voor het telen in steenwol. Proefstation Naaldwijk.
- Tucker, D.J., 1977. Plant hormones and root development of tomatoes grown in nutrient film. *Glasshouse Crops Res. Inst. Littlehampton, Ann. Rep.* 1976: 148-54.
- Verwer, F.L.J.A.W., 1975. Growing vegetable crops in rock wool and other media. *Acta Hortic.* 50: 61-7.
- Verwer, F.L.J.A.W., 1976. Growing horticultural crops in rock wool and nutrient film. 4th Int. Congr. Int. Working Group on Soilless culture: 1-15.
- Willemsen, J., 1972. (Water retention, water movement and oxygen diffusion in inert root media). *Tidsskr. Planteavl.* 76: 570-80.