

Proefstation voor de Bloemisterij
Linnaeuslaan 2a
1431 JV Aalsmeer
tel. 0277-52525

ISSN 0921-710X

Effect van zuurstofbeschikbaarheid
in het wortelmilieu op trosanjer
'Adelfie'.

Proefverslag 1506-6.

Rapport nr. 109

Prijs f 5,00

Aalsmeer, maart 1991

Dr.ir. R. Baas

ing. P. van Weel

N. Straver

R. de Koster

T. van der Wurff

Rapport nr. 109 is te verkrijgen door het storten van f 5,00 op
girorekening 174855 ten name van Proefstation Aalsmeer onder ver-
melding van 'Rapport 109 Zuurstof in wortelmilieu trosanjer'.



INHOUD

Samenvatting	3
1. Inleiding	4
2. Materialen en methoden	5
2.1 Proefopzet	
2.2 Waarnemingen	
2.2.1 voedingsanalyse	
2.2.2 zuurstofconcentratie	
2.2.3 plantlengte	
2.2.4 gewasanalyse	
2.2.5 oogst	
3. Resultaten	8
3.1 voedingsanalyse	
3.2 zuurstofconcentratie	
3.3 plantlengte	
3.4 gewasanalyse	
3.5 oogst	
3.6 randrijen	
4. Discussie	15
4.1 zuurstofmeting	
4.2 produktie	
5. Literatuur	17

SAMENVATTING

Onderzocht is of het optreden van 'slappe planten' bij anjers mogelijk samenhangt met zuurstofgebrek in het wortelmilieu. Hiertoe zijn vier watergeefsystemen (eb/vloed gedraineerd, druppel gedraineerd, druppel met 1 cm voedingsoplossing, en druppel met 1 cm beluchte voedingsoplossing) gecombineerd met twee substraten (0-1 mm perliet en 1-7,5 mm perliet). Door middel van zuurstofbepalingen werd een indruk gekregen van de zuurstofbeschikbaarheid in de verschillende behandelingen.

Zuurstofgebrek trad alleen op in de 0-1 mm perlietbehandelingen, en uitte zich in het slap gaan van het blad bij een hoge instraling in het voorjaar. Daarnaast werden takgewicht en taklengte, aantal knoppen per tak, en hergroei negatief beïnvloed in de behandelingen met een lage zuurstofbeschikbaarheid.

Nutriëntengehalten per eenheid droge stof waren in het algemeen lager in de behandelingen met een lage zuurstofbeschikbaarheid. Per eenheid versgewicht waren deze verschillen echter niet aanwezig. Gesuggereerd wordt dat als gevolg van zuurstofgebrek in het wortelmilieu de wateropname geremd wordt, wat met name bij een hogere potentiële verdamping een verlies van turgor, en geremde groei tot gevolg heeft. In de praktijk zou dit het geval kunnen zijn op substraten met een laag luchtgevuld poriënvolume.

1. INLEIDING

De teelt van enkele bloemisterijgewassen, waaronder anjer, heeft een minder snelle groei op substraat te zien gegeven dan die bij de meeste groentegewassen. Wat anjer betreft werd in 1990 ca. 15% van het totale areaal (300 ha) op substraat geteeld, met name veen en steenwol. Bij anjer vindt vooral bij teelt op substraat na de eerste snede soms een gebrekkige hergroei plaats, en kunnen 'slappe planten' gaan optreden. De redenen voor deze problemen zijn niet bekend. Een gebrekkige zuurstofvoorziening in het wortelmilieu zou echter een oorzaak kunnen zijn. Dit zou met name kunnen gelden voor gewassen die een gering vermogen bezitten de wortelporositeit te verhogen onder zuurstofarme omstandigheden.

Een verhoging van de wortelporositeit als gevolg van aërenchymvorming kan namelijk een belangrijke aanpassing aan zuurstofarme omstandigheden zijn (Jackson en Drew 1984), aangezien het aerenchym de mogelijkheid voor zuurstoftransport van spruit naar wortel (interne aeratie) mogelijk maakt (Laan 1990). De wortelporositeit van anjer is door Van Noordwijk en Brouwer (1988) bepaald op 0-2%. Ook bij een proef op watercultuur werden lage porositeitswaarden van 0,2-1,8% gemeten (Warmenhoven, 1990). Door deze lage wortelporositeit bezit anjer waarschijnlijk niet of nauwelijks het vermogen zuurstof vanuit de spruit naar het wortelmilieu te transporteren.

Kunstmatige substraten als steenwol vertonen een laag luchtgevuld poriënvolume onder praktijkomstandigheden (Sonneveld 1989, Wever 1990). Dit luchtgehalte, welke sterk bepalend is voor diffusie van zuurstof in het substraat (Gislerød, 1982), kan mede oorzaak zijn van zuurstofbeperkende omstandigheden onder praktijkomstandigheden. Het in dit verslag beschreven experiment had tot doel bij anjer de zuurstofbeschikbaarheid in het wortelmilieu te variëren om beter inzicht in de effecten van zuurstofgebrek in het wortelmilieu te verkrijgen.

2. MATERIAAL EN METHODE

2.1 Proefopzet

De proef is gestart in week 37 van 1989 en duurde tot week 32 van 1990.

Er werd een watergeefstelsel (zonder ontsmetting) met 7 meter lange verzinkte goten gebruikt die gecoat waren. Al het water werd gerecirculeerd. Cultivar 'Adelfie' werd gebruikt, met een dichtheid van 32 planten/m². De stekken waren in 4 cm mandpotjes in Agra-perlite 3 beworteld.

Als eerste proeffactor werden twee substraten gebruikt om verschillen in water/lucht-verhoudingen en zodoende zuurstofbeschikbaarheid aan te leggen; perliet in twee fracties; Agra-perlite 1 (0-1 mm) en Agra-perlite 3 (1-7,5 mm). Enkele eigenschappen staan gegeven in tabel 1.

Tabel 1. Eigenschappen van de gebruikte substraten. ¹luchtgevuld poriënvolume bepaald bij watercapaciteit. ²idem als 1 bepaald volgens pF bak-methode door Wever (1990)

Perliet	0-1 mm	1-7,5 mm
Porositeit (%)	96,5	95,6
volumetrisch luchtgehalte (%)		
substraathoogte bij watercapaciteit ¹		
2,5 cm	31	46
5 cm	33	47
drukhoogte ²		
3 cm	27	57
10 cm	27	71
32 cm	51	76

Als tweede factor werden vier teeltsystemen gebruikt:

- eb/vloed-systeem (beh. 1)
- druppelslang met vrije drainage (beh. 2)
- druppelslang met continu 1 cm voedingsoplossing in het substraat (beh. 3)
- druppelslang met continu 1 cm water in substraat + beluchting door middel van een geperforeerde PVC pijp onder het substraat (beh. 4).

Een schematische weergave van de vier teeltsystemen is gegeven in figuur 1. De twee behandelingen met de verschillende substraten waren op dezelfde voorraadtank aangesloten. Er waren drie herhalingen (geblokt) per behandeling (totaal dus 4x2x3 = 24 goten).

Bij behandelingen 3 en 4 liep de voedingsoplossing één keer per etmaal terug in de voorraadbak. Daarna werd de behandeling weer aan-

gelegd door middel van een extra lange druppelbeurt. Het water werd gerecirculeerd; een watergift hoger dan de maximale watergift in de zomer (gesteld op 5 liter per m²) werd aangelegd om fluctuaties in het vochtgehalte en voedingsniveau (en EC) te minimaliseren. Dit kwam per etmaal neer op zes keer tien minuten bij beh. 1 en zes keer drie minuten bij behandelingen 2, 3 en 4 (ca. 7,5 l/m².dag). Gedurende de donkerperiode ('s nachts) werd 1x water gegeven.

In de randbedden werden de volgende substraatloze watergeefsystemen toegepast;

- eb/vloed-systeem met 25 minuten vloed per 60 minuten (beh. 5)
- continu vloed zonder beluchting; aanvulling zes maal zeven minuten per etmaal (beh. 6)
- continu vloed met beluchting; aanvulling zes maal zeven minuten per etmaal (beh. 7)

De continu vloed-behandelingen werden net als de behandelingen 3 en 4 in de eigenlijke proef dagelijks verversst.

2.2 Waarnemingen

2.2.1 Voedingsanalyse

Iedere twee weken werd een monster verzameld uit de voorraadtank; hierin werden de concentraties NO₃, P, K, Ca, Mg, Na, Cl, NH₄ iedere twee weken bepaald; de concentraties Zn, Fe, Mn, Cu en B werden iedere vier weken bepaald.

2.2.2 Zuurstofconcentratie

De zuurstofconcentratie werd door middel van een YSI zuurstofmeter (model 5300) met membraanelektroden (YSI 5300) continu bepaald in het substraat gedurende perioden van 12-24 uur.

2.2.3 Plantlengte

De totale plantlengte van twintig planten per goot werd iedere maand bepaald in weken 43, 47, 51 van 1989 en weken 3, 8, 12 en 16 van 1990.

2.2.4 Gewasanalyse

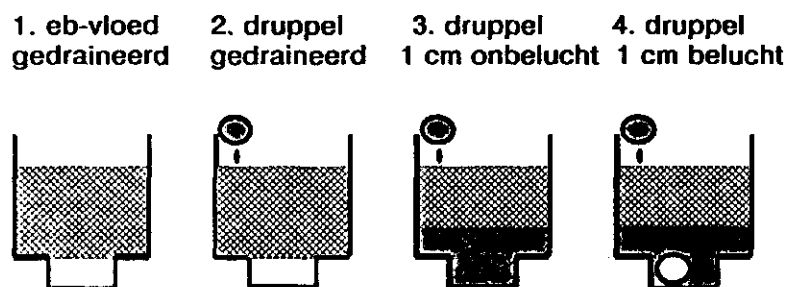
Na 33 weken (week 18 van 1990) werd een bladpaar aan de basis van een scheut verzameld. Per goot werden de bladparen samengevoegd en het versgewicht werd bepaald. Dit gebeurde zowel tussen 8 en 9 uur 's morgens als tussen 3 en 4 uur 's middags op een warme dag (totale instraling 2317 J/cm² etmaal). Na 48 uur drogen bij 70°C werd het drooggewicht bepaald. In de gedroogde monsters werden analyses van N_{totaal}, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Mn en B bepaald.

2.2.5 Oogst

2.2.5 Oogst

Bij de oogst na 35 weken (weken 20-33 1990) werden oogstrijpe takken gesneden. Lengte, gewicht en aantal knoppen per tak werden bepaald. Aan het einde van de proef werden het aantal dode planten bepaald. De hergroei van jonge scheuten werd vastgelegd door het gewicht ervan te bepalen.

fig. 1. Schematische weergave van de verschillende teeltsystemen.



3. RESULTATEN

3.1 Voedingsanalyse

Resultaten van de voedingsanalyses en de bijbehorende streefwaarden staan vermeld in tabel 2. De gemiddelde EC varieerde tussen de 2,06 en 2,33. De Zn-concentraties waren erg hoog in de voedingsoplossing door de onvoldoende werking van de coating in de goten. Dit ging gepaard met zichtbaar Fe-gebrek in de spruit. Daarom werd besloten het Fe-gehalte te verhogen tot 100 micromol/l. De accumulatie van Zn resulteerde in het frequent ververset van de voedingsoplossing (ca. één keer per maand in de proef. De Na-concentratie in de voedingsoplossing liep nauwelijks op, waarschijnlijk mede door het frequent ververset.

Het gemiddelde waterverbruik per etmaal gedurende de periode half april tot half juli liep uiteen van 2,7 tot 3,2 l/m² in de proef-behandelingen. Wegens lekkages kon in de behandeling met 1 cm water geen waterverbruik vastgesteld worden.

3.2 Zuurstofconcentratie

In fig. 2 is een voorbeeld te zien van een recorderoutput van een zuurstofmeting; hierbij blijkt de 0-1 mm perliet gemiddeld lagere O₂-concentraties te vertonen dan 1-7,5 mm perliet. Het effect van een druppelbeurt is bovendien zichtbaar als een tijdelijke verhoging van de zuurstofconcentratie. Dit effect, waarschijnlijk het gevolg van stroming, was groter in de behandelingen met 1-7,5 mm perliet.

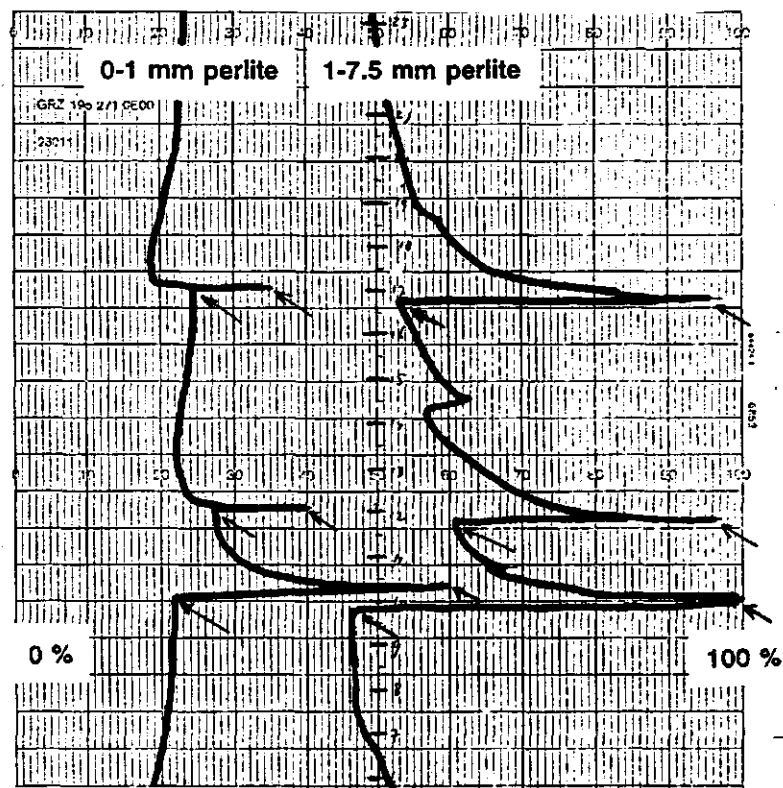


fig. 2. Voorbeeld van een recorderoutput van een zuurstofmeting in 0-1 mm en 1-7.5 mm perliet in systeem 2 gedurende een etmaal. De tijdstippen van begin en einde van een druppelbeurt staan met een pijl aangegeven.

Tabel 2. Gemiddelde voedingscijfers en waterverbruik van week 3 tot week 25 van 1990 (10-20 waarnemingen). Streefwaarden volgens brochure no. 6 van de serie Voedingsoplossingen in de glastuinbouw: voedingsoplossingen voor de teelt van anjers in steenwol en veen.

Gemiddeld waterverbruik (plant + substraatverdamping) van week 16 tot week 28.

systeem	eb/vloed gedraineerd	druppel gedraineerd	druppel 1 cm water	druppel 1 cm belucht	streef- waarde
EC (mS/cm)	2.10	2.30	2.06	2.33	2.5
pH	5.63	5.72	5.57	5.62	5.8
NO ₃ (mmol/l)	14.4	15.7	13.7	15.7	14
P (mmol/l)	1.05	1.04	1.20	1.09	1.25
SO ₄ (mmol/l)	1.52	1.83	1.47	1.81	3
Cl (mmol/l)	0.97	1.12	0.91	1.20	<4
K (mmol/l)	5.76	6.07	5.97	6.10	7
Ca (mmol/l)	4.22	4.51	3.91	4.58	5
Mg (mmol/l)	1.40	1.56	1.34	1.61	2.25
Na (mmol/l)	1.81	2.48	1.47	2.34	<4
NH ₄ (mmol/l)	0.31	0.27	0.47	0.27	<0.5
Zn (umol/l)	31	49	25	69	5
Cu (umol/l)	0.85	0.84	1.69	0.74	1
Mn (umol/l)	8	9	11	10	5
Fe (umol/l)	92	107	92	110	20
B (umol/l)	53	59	57	65	50
waterverbruik (l/m ² *dag)					
week 16-28	2.7	3.1	-	3.2	

Tabel 3. O₂-gehalte in substraat (in percentage van maximale oplosbaarheid).

systeem	eb/vloed gedraineerd		druppel gedraineerd		druppel 1 cm water		druppel 1 cm water belucht	
perliet	1-7,5	0-1	1-7,5	0-1	1-7,5	0-1	1-7,5	0-1
	50	18	60	28	20	3	83	40

In tabel 3 zijn de waarden van de evenwichts O_2 -concentraties gegeven die bereikt werden in de verschillende behandelingen. Hieruit blijkt dat de 0-1 mm perlietbehandelingen lagere evenwichtsconcentraties bereikten dan de 1-7,5 mm perlietbehandelingen. Bovendien was er een duidelijk verschil tussen de verschillende irrigatiesystemen: 1 cm onbelucht gaf lagere zuurstofconcentraties dan 1 cm belucht. De gedraineerd en eb/vloed-behandelingen gaven intermediaire waarden.

3.3 Plantlengte

De resultaten van de lengtemetingen staan vermeld in fig. 3a en 3b. De 0-1 mm perliet-behandelingen liepen al vrij snel achter op de 1-7,5 mm perliet-behandelingen; uitzondering hierop was de beluchte 0-1 mm perlietbehandeling. Er trad een vertraging in groei op in de winterperiode. Ook is zichtbaar dat met name de eb/vloed-behandeling met 0-1 mm perliet achterbleef. Dit kan deels verklaard worden door de grotere inklinking van het perliet in deze behandeling, en het omvallen van de planten in deze behandeling.

3.4 Gewasanalyse

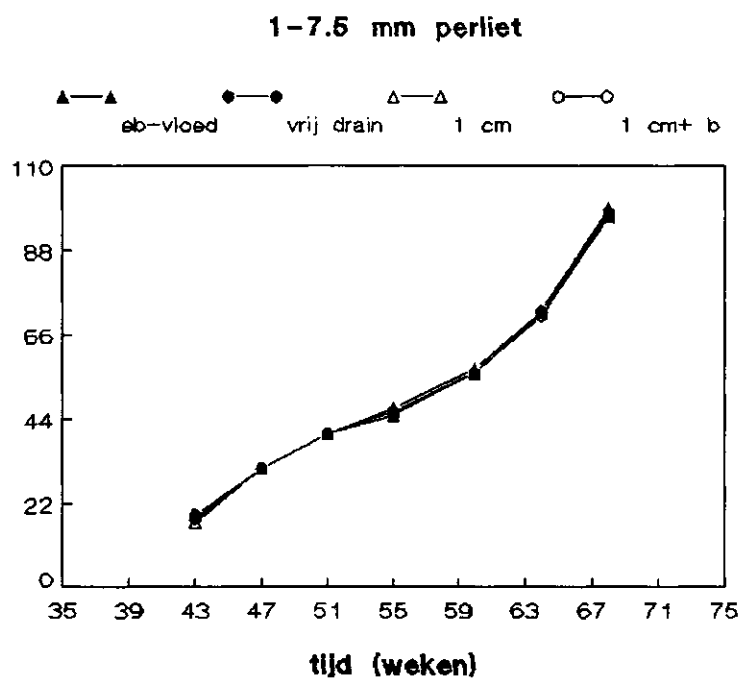
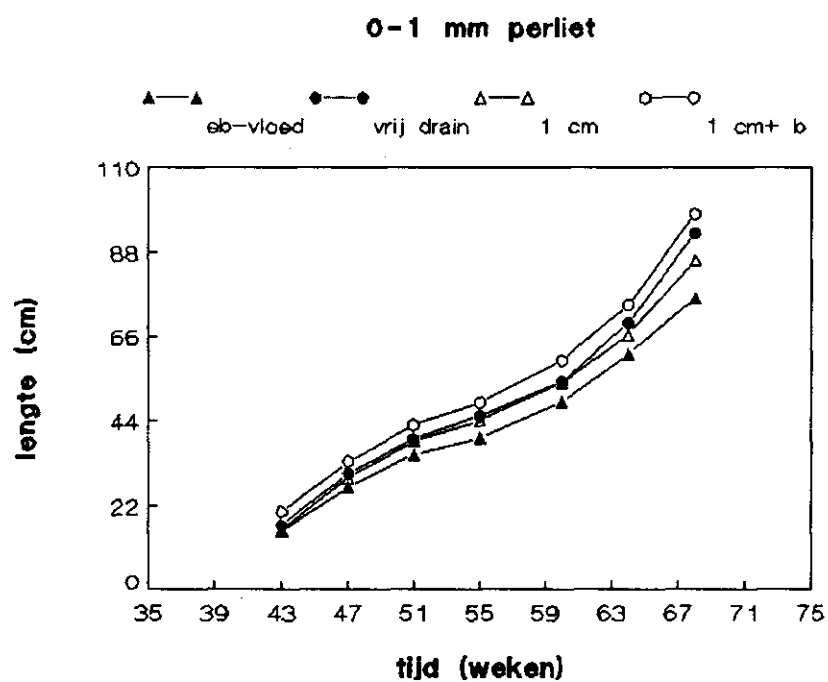
In de loop van het voorjaar traden de eerste verschijnselen op van verlies van turgor. Dit gebeurde met name in de 'zuurstofarme' behandelingen: de eb/vloed-behandeling met 0-1 mm perliet en de 1 cm onbeluchte behandeling met 0-1 mm perliet. Het verschijnsel trad vooral op bij relatief warme dagen, en met name 's middags. Dit was terug te vinden in het drogestofpercentage van het blad (tabel 4). Uit de gewasanalyses bleek dat de concentraties van P, K, Ca en Mg lager waren in de behandelingen met zuurstofgebrek. Wanneer de gehalten op basis van versgewicht uitgerekend worden, blijken bijna alle gehalten niet meer significant van elkaar te verschillen. Blijkbaar worden de verschillen die gevonden werden op drogestofbasis vooral verklaard door de verschillen in drogestofgehalte.

3.5 Oogst

De sterfte was hoog in het experiment (tabel 5). De meeste planten stierven in de zomerperiode (weken 26-32 van 1990) toen de gemiddelde etmaaltemperaturen in de zomer buiten de kas vaak 15-20°C waren (fig. 4a), en in de kas hoger dan 20°C. (fig. 4b). De sterfte in de 0-1 mm perliet was hoger dan in de 1-7,5 mm perliet. De grootste sterfte werd gevonden in de behandelingen met lage zuurstofgehalten (eb/vloed en 1 cm onbelucht systeem bij 0-1 mm perliet).

Het aantal takken per m^2 was ook lager in de behandelingen met een lage zuurstofconcentratie. Wanneer echter gecorrigeerd werd voor de sterfte was er geen verschil tussen alle behandelingen. De scheutaanleg werd dus niet beïnvloed door zuurstofgebrek.

fig. 3. Lengtegroei anjer gedurende de proef. Tijdas in weken van 1989, doorlopend in 1990.



Tabel 4. Droge stof-percentage en nutriëntengehalten in blad in week 18 van 1990. Verschillende letters binnen dezelfde rij geven significante verschillen aan (Tukey's HSD methode $P < 0.05$).

systeem	eb/vloed		druppel		druppel		druppel	
perliet	gedraineerd		gedraineerd		1 cm water		1 cm water belucht	
	1-7,5	0-1	1-7,5	0-1	1-7,5	0-1	1-7,5	0-1
% droge stof								
8-9 a.m.	13.5 a	15.3 a	13.6 a	14.0 a	13.0 a	15.4 a	13.6 a	14.4 a
3-4 p.m.	14.4 a	19.0 b	14.0 a	15.8 ab	13.7 a	19.0 b	14.1 a	16.6 ab
mmol/kg droog								
total N	2263 a	2168 a	2209 a	2073 a	2614 b	2156 a	2260 a	2142 a
P	221 b	139 a	213 b	172 ab	203 b	125 a	199 b	177 ab
K	1064 b	777 a	1063 b	914 ab	1121 b	678 a	1121 b	874 ab
Ca	706 d	487 ab	700 d	637 bcd	575 abcd	427 a	675 cd	534 abc
Mg	142 c	104 a	138 bc	117 ab	122 ab	91 a	161 c	119 ab
Na	98 a	134 a	96 a	113 a	106 a	94 a	138 a	105 a
Fe	2.0 a	1.7 a	1.9 a	1.8 a	1.8 a	2.8 a	1.8 a	2.2 a
Zn	4.8 d	3.6 bcd	4.6 cd	3.5 bc	2.7 ab	1.3 a	5.4 d	3.6 bcd
Mn	1.7 abc	0.8 a	2.6 cd	2.0 bcd	2.8 d	1.2 ab	2.0 bcd	2.4 cd
B	8.4 ab	8.3 ab	8.7 ab	7.8 ab	9.9 b	6.8 a	8.8 ab	8.0 ab
mmol/kg vers								
total N	326 ab	413 b	309 a	326 ab	358 ab	410 b	319 ab	355 ab
P	32	27	30	27	28	24	28	29
K	153	149	149	143	153	129	158	145
Ca	102	94	98	100	79	81	95	89
Mg	20	20	19	18	17	17	23	20
Na	14	25	13	18	15	18	20	17
Fe	.29 a	.33 ab	.27 a	.29 a	.24 a	.53 b	.26 a	.37 ab
Zn	.69 d	.38 abc	.64 cd	.55 bcd	.36 ab	.24 a	.76 d	.59 bcd
Mn	.24 ab	.15 a	.37 bc	.31 bc	.38 bc	.23 ab	.29 abc	.40 c
B	12	16	12	12	14	13	13	13

fig. 4a. Gemiddelde etmaaltemperatuur op 30 cm hoogte en stralings-som per etmaal van weerstation PBN (buiten kas gemeten). Waarden zijn weekgemiddelden. Tijdas in weken van 1989, doorlopend in 1990.

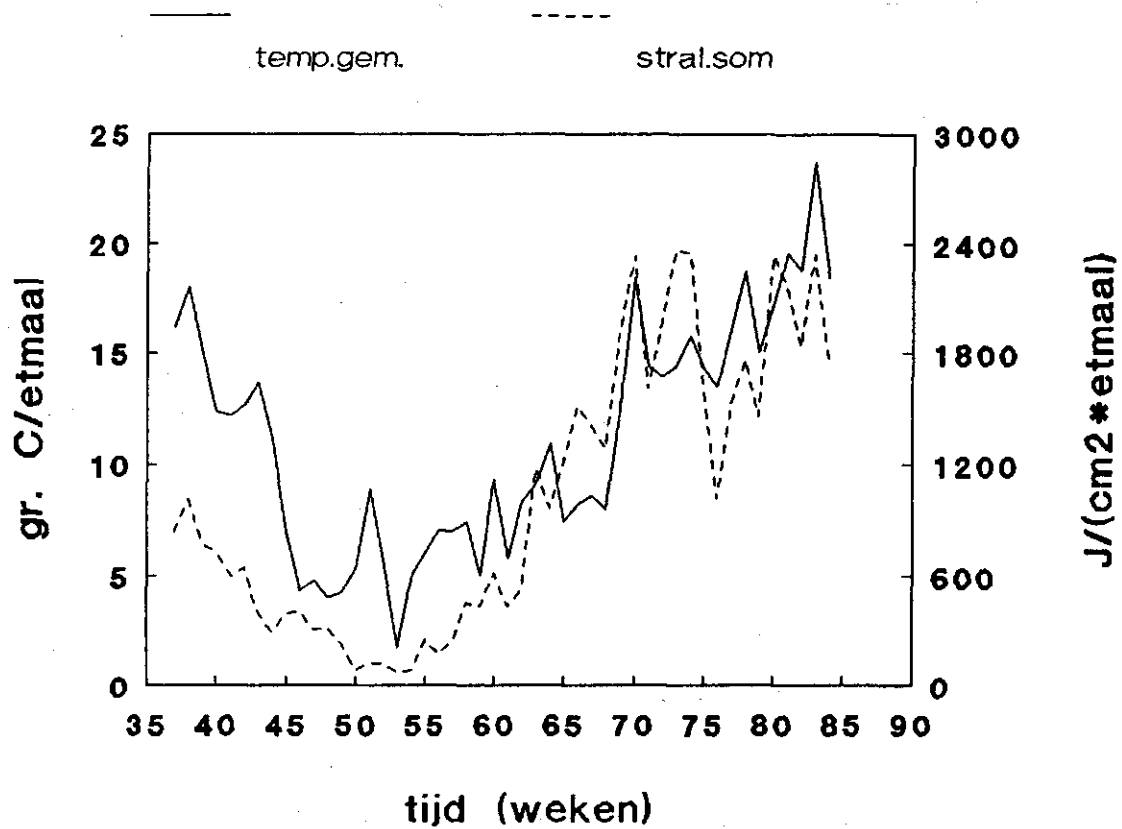
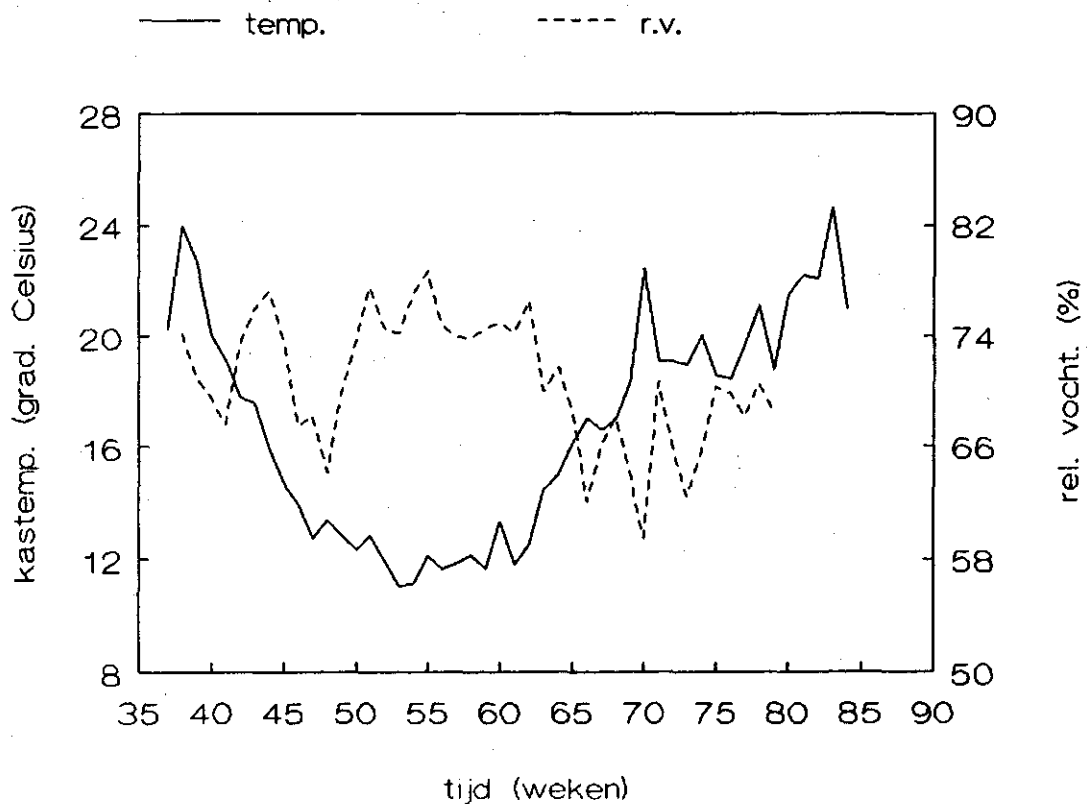


fig. 4b. Gemiddelde kasttemperatuur en relatieve vochtigheid in de kas gedurende de proef. Verder als fig. 4a.



Tabel 5. Sterfte (cumulatief tot week 32 1990) en aantal takken, takgewicht, -lengte, aantal knoppen en lengtegewicht van 'Adelfie' na de eerste snede.

systeem	eb/vloed		druppel		druppel		druppel	
	gedraineerd		gedraineerd		1 cm water		1 cm water belucht	
perliet	1-7,5	0-1	1-7,5	0-1	1-7,5	0-1	1-7,5	0-1
sterfte (%)	14 a	54 ab	10 a	22 a	25 ab	62 b	29 ab	41 ab
takken/m ²	96 b	53 a	87 b	82 ab	83 b	53 a	87 b	88 b
takken/m ² (gecorrigeerd voor sterfte)	100	89	93	94	94	111	95	100
takgewicht (g vers)	61 d	36 a	60 cd	50 b	62 d	37 a	59 cd	51 bc
taklengte (cm)	65 bc	56 a	66 bc	62 abc	66 c	58 a	66 bc	60 ab
knoppen/tak	13.2 c	7.2 a	13.1 c	10.5 b	13.2 c	7.2 a	13.0 c	9.8 b
lengtegewicht (g/cm)	0.95 c	0.64 bc	0.91 bc	0.81 b	0.93 bc	0.65 a	0.91 bc	0.85 b
hergroei na 1 ^e snede								
gewicht/m ² (g vers)	1818 d	158 ab	1833 d	842 abcd	1547 cd	61 a	1474bcd	406 abc

Het takgewicht, de taklengte en het aantal knoppen per tak werden alle negatief beïnvloed door zuurstofgebrek. Aangezien echter het gewicht meer werd beïnvloed dan de lengtegroei was het gewicht per lengte-eenheid lager in de behandelingen met zuurstofgebrek.

Aan het einde van de proef was de hergroei (gemeten aan het gewicht van de nieuw gevormde scheuten) ook sterk verschillend tussen met name de 0-1 mm perliet behandelingen enerzijds, en de 1-7,5 mm-behandelingen anderzijds.

3.6 Randrijen

De resultaten van de randrijen staan vermeld in tabel 6. Hoewel de resultaten slechts een globale indruk kunnen geven, waren de verschillen tussen met name het eb/vloed-systeem en het continu vloed-systeem onbelucht opvallend groot. In de onbeluchte continu vloed-behandeling konden de symptomen van zuurstofgebrek duidelijk waargenomen worden bij het toenemen van de lichtintensiteit.

Tabel 6. Resultaten van substraatloze teeltsystemen in randrijen van de proef.

systeem	eb/vloed	continu vloed	
		onbel.	belucht
takken/m ²	111	99	96
takgewicht (g vers)	57	41	53
taklengte (cm)	68	61	67
knoppen/tak	12.6	8.3	11.0
lengtegewicht (g/cm)	0.84	0.67	0.79

4. DISCUSSIE

4.1 Zuurstofmeting

Aangezien er een verbruik is van zuurstof door de zuurstofelektrode moeten deze gebruikt worden in oplossingen welke in beweging zijn, waardoor grensvlakverschijnselen (ongeronde laag rond elektrode welke uitgeput wordt) vermeden worden. Dit is bij metingen in substraat niet mogelijk. De gemeten waarden zijn daarom de resultanten van de aanvoer van zuurstof middels diffusie naar de elektrode, en moeten dan ook beschouwd worden als relatieve waarden: absolute waarden zijn in dit geval niet te geven. De diffusiesnelheid van zuurstof wordt bepaald door onder meer het luchtgevuld poriënvolume in het substraat, en het concentratieverschil. Lagere waarden werden inderdaad gevonden bij het 0-1 mm perliet dan bij 1-7,5 mm perliet (tabel 3), in overeenstemming met het lagere luchtgehalte (tabel 1). Uit fig. 2 blijkt dat druppelbeurten een belangrijk effect teweeg brachten: dit moet beschouwd worden als een verstoring van de grenslaag rond de elektrode. Dit effect was groter in de grove fractie perliet, waarschijnlijk als gevolg van een grotere waterverplaatsing in dit substraat (het vochtgehalte was immers lager). Gezien het geringe effect van een druppelbeurt op de zuurstofbeschikbaarheid in de 0-1 mm perliet, mag het effect van een druppelbeurt als zuurstofverrijking in substraten met een nog lager luchtgehalte dan perliet (b.v. steenwol) als zeer gering verondersteld worden.

4.2 Productie

Een reductie in produktiekenmerken werd gevonden als gevolg van zuurstofgebrek (tabel 5). In een eerder stadium werden al symptomen van slappe planten gesignaleerd. Dit trad met name op bij het toenemen van de straling in het voorjaar. In de zuurstofarme behandelingen trad gedurende de lichtperiode een verwelking van het blad op. Dit werd vastgelegd als een verhoging van het drogestofpercentage in de middag ten opzichte van de ochtend (tabel 4). Een mogelijke verklaring voor dit verschijnsel is de volgende. Als gevolg van zuurstofgebrek in het wortelmilieu wordt de wateropname geremd door een verandering van de wortelpermeabiliteit (Parsons and Kramer 1974). Aangezien de transpiratie in eerste instantie doorgaat, stijgt de waterpotentiaal binnen de plant. Uiteindelijk zal er turgorverlies optreden (slap gaan van blad). De stomata sluiten, en de fotosynthese wordt geremd, waardoor een geringere drogestof-toename, en dus produktieverlies optreedt. Het probleem zal zich dan ook met name in de zomerperiode voordoen, wanneer de verdamping sterk toeneemt, waardoor een vermindering in wateropname zich meer zal doen gelden. Een verhoging van de worteltemperatuur gedurende deze periode, gepaard gaande met een toename van de wortelrespiratie (zuurstofverbruik), waardoor eerder zuurstofgebrek zal ontstaan, zal dit effect nog eens versterken.

Als andere oorzaak van een vermindering van de groeisnelheid wordt

in de literatuur een verminderde ionenopname a.g.v. zuurstofgebrek genoemd. Bij maïs werden verlaagde concentraties N, P, K en Ca gevonden bij zuurstofgebrek bij ongeaereerde voedingsoplossing (Atwell en Steer 1990). Deze auteurs suggereren dat dit de oorzaak voor een verminderde groei was. Hoewel in de proef bij de anjer ook verlaagde concentraties van P, K, Ca en Mg gevonden werden op drogestofbasis, was dit op versgewichtbasis niet het geval (tabel 4). Wanneer bovendien de gehalten vergeleken worden met de richtlijnen voor nutriëntenconcentraties (De Kreij et al 1990) blijken de gehalten niet beneden de algemeen als limiterend beschouwde grenzen te liggen. Het is daarom niet waarschijnlijk dat de gelimiteerde groei het gevolg van nutriëntengebrek is. Steenwol als substraat bezit een volumetrisch luchtgehalte van 12-25% (Baas, ongepubliceerde resultaten). Dit is dus nog geringer dan het luchtgehalte van 0-1 mm perliet. Het is daarom zeker mogelijk dat zuurstofgebrek inderdaad een probleem kan vormen bij de teelt op steenwolmatten.

5. LITERATUUR

- Atwell, B.J. and B.T. Steer 1990. The effect of oxygen deficiency on uptake and distribution of nutrients in maize plants. *Plant and Soil* 122:1-8.
- De Kreijl, C., C. Sonneveld, M.G. Warmenhoven, and N. Straver 1990. Normen voor gehalten aan voedingselementen van groenten en bloemen onder glas. Voedingsoplossingen in de glastuinbouw no. 15. 2
- Gislerød, H.R., 1982. Physical conditions of propagation media and their influence on the roots of cuttings. *Plant and Soil* 69:445-456.
- Jackson, M.B. and M.C. Drew 1984. Effects of flooding on growth and metabolism of herbaceous plants. In: *Flooding and plant growth*. Ed: Kozlowski, T.T. Academic Press 1984:47-128.
- Laan, P., M. Tosserams, C.W.P.M. Blom and B.W. Veen 1990. Internal oxygen transport in *Rumex* species and its significance for respiration under hypoxic conditions. *Plant and Soil* 122:39-46.
- Parsons, L.R. and P.J. Kramer 1974. Diurnal cycling in root resistance to water movement. *Physiol. Plant.* 30:19-23.
- Sonneveld, C. 1989. Rockwool as a substrate in protected cultivation. *Chronica Hortic.* vol. 29(43):33-36.
- Van Noordwijk, M. and G. Brouwer 1988. Zuurstofgebrek bij teelt op substraat: aanpassingsvermogen wortels verschilt per gewas. *Groenten en Fruit* 3-6-1988:38-41.
- Warmenhoven, M. 1990. Effect van beschikbaarheid van zuurstof in het wortelmilieu bij snijbloemen. PBN Rapport nr. 96
- Wever, G. 1990. Aantal substraten ongeschikt voor substraatbedstelsysteem. *Vakblad Bloem.* 40:59-60.