

Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente
Vestiging Aalsmeer
Linnaeuslaan 2a, 1431 JV Aalsmeer
Tel. 0297-352525, fax 0297-352270

ISBN 1385 - 3015

De invloed van substraat, zuurstofvoorziening en pH op het optreden van wortelverdikking bij komkommer

Projectnummer 001.1405

M.G. Warmenhoven
R. Baas
Aalsmeer, mei 1997

Rapport 96
Prijs f 15,00

Rapport 96 wordt u toegestuurd na storting van f 15,00 op gironummer 174855 ten name van PBG-Aalsmeer onder vermelding van 'Rapport 96, Dikke wortels bij komkommer'.

ISBN: 920196

INHOUD

SAMENVATTING	6
1. Bepaling ADH-activiteit van dikke wortels komkommer	7
1.1 Inleiding	7
1.2 Materiaal en Methode	7
1.3 Resultaten	8
1.4 Discussie	9
2. Invloed zuurstof en subtraateffect op vorming dikke wortels	11
2.1 Inleiding	11
2.2 Materiaal en Methode	12
2.3 Resultaten	12
2.4 Discussie	12
3. Invloed van zuurstof en pH op de vorming van dikke wortels I	13
3.1 Inleiding	13
3.2 Materiaal en Methode	13
3.3 Resultaten	13
3.4 Discussie	14
4. Invloed van NH₄/NO₃-verhoudingen op de vorming van dikke wortels I	15
4.1 Inleiding	15
4.2 Materiaal en Methode	15
4.3 Resultaten	16
4.4 Discussie	17
5. Invloed van zuurstof en pH op de vorming van dikke wortels II	18
5.1 Inleiding	18
5.2 Materiaal en Methode	18
5.3 Resultaten	18
5.4 Discussie	19
6. Invloed van NH₄/NO₃-verhoudingen op de vorming van dikke wortels II	20
6.1 Inleiding	20
6.2 Materiaal en Methode	20
6.3 Resultaten	20
6.4 Discussie	20
7. Invloed van NH₄/NO₃-verhoudingen op de vorming van dikke wortels III	22
7.1 Inleiding	22
7.2 Materiaal en Methode	22
7.3 Resultaten	22
7.4 Discussie	22
LITERATUUR	24
BIJLAGEN	25

SAMENVATTING

Om inzicht te verkrijgen in mogelijke oorzaken van het optreden van dikke wortels bij komkommer zijn een inventarisatie en gerichte opkweekproeven uitgevoerd. Uit oriënterende metingen aan wortels uit de praktijk bleek dat de ADH-activiteit van dikke wortels hoger was dan in gezonde wortels. Om te onderzoeken of alleen zuurstofgebrek oorzaak kon zijn, zijn vervolgens watercultuurproeven uitgevoerd. Hieruit bleek dat de verschijnselen van dikke wortels niet opgewekt konden worden, terwijl met een verhoogde ADH-activiteit onder zuurstof gelimiteerde omstandigheden optrad. Hieruit werd geconcludeerd dat alleen zuurstofgebrek niet tot dikke wortels leidt, en dat de verhoogde ADH-activiteit in dikke wortels waarschijnlijk een gevolgreactie was van de vorming van dikke wortels. Uitgesloten kon echter niet worden dat een gezamenlijk optreden van natte omstandigheden en eigenschappen van substraat tot dikke wortels zouden kunnen leiden. Immers, bij hoge vochtgehalten zou door de lage diffusiesnelheden b.v. ethyleen 'gevangen' kunnen blijven, met als mogelijk gevolg schadelijke effecten. Ook mogelijk is dat bij een hoog vochtgehalte de planten juist gevoeliger zijn voor verstoringen in het wortelmilieu, zoals een lage pH. Een lage pH op zich zou bovendien ook de oplosbaarheid van stoffen uit het substraat kunnen vergroten, met als mogelijk gevolg dikke wortels. Een aantal van deze bovengenoemde aspecten zijn verder onderzocht.

Zo zijn in watercultuur met en zonder beluchting verschillende hoeveelheden steenwol 'geloofd' met een pH van 3,5 of 4,5, om eventuele schadelijke effecten van opgeloste stoffen uit de steenwol aan te kunnen tonen. Hoewel in sommige behandelingen met steenwol een tijdelijke pH-daling wortelafwijkingen te zien gaf, kwamen deze afwijkingen (korte, stompe, verdikte wortels) zeker niet overeen met het beeld van dikke wortels. In vervolgprouven kon dit beeld overigens niet of nog sporadisch opgewekt worden, wat suggereert dat variatie binnen partijen substraat hierbij een rol speelt. Er kon ook geen relatie worden gelegd met het al dan niet aanwezig zijn van kleigranulaat in de steenwol en het optreden van wortelafwijkingen. Er kan dus wel vastgesteld worden dat er geen stoffen uit de steenwol opgelost zijn die dikke wortels tot gevolg hebben.

Omdat het wortelbeeld in steenwol wellicht anders zou kunnen zijn dan in watercultuur is de invloed van de pH ook onderzocht in opkweekproeven met steenwolblokken. In tegenstelling tot proeven op het proefstation in Naaldwijk, waarbij voedingsoplossingen met verschillende pH's zijn gebruikt, is hierbij de verhouding ammonium/nitrat in de voedingsoplossing gebruikt om de pH in het wortelmilieu te onderzoeken. Bij een foute dosering van ammonium zou een dergelijk probleem immers kunnen optreden onder praktijkomstandigheden. Het bleek dat de pH inderdaad fors verlaagd werd (tot ca. pH 4) door concentraties van ammonium tot 3,25 mmol/l. Er werd ook een grotere mate van kringeling gevonden bij hogere ammoniumconcentraties.

Omdat uit voorgaand onderzoek in Naaldwijk, en uit de bovenstaande watercultuurproeven bleek dat een lage pH op zich niet tot kringeling aanleiding gaf, lijkt het optreden van kringeling met name een direct gevolg van de aanwezigheid van hogere ammoniumconcentraties te zijn. Wat voor fysiologische processen hieraan ten grondslag liggen is niet duidelijk. In ieder geval mag uit de resultaten niet de conclusie getrokken worden dat geen ammonium meer in de voedingsoplossing gegeven moet worden, aangezien bij de standaard hoeveelheid ammonium (1,25 mmol/l) niet veel kringeling optrad. Het verder verlagen van ammonium in de voedingsoplossing zal verder leiden tot onaanvaardbaar hoge pH's in het wortelmilieu. Bovendien is niet aangetoond dat de kringeling tot het optreden van verdere stadia van dikke wortels aanleiding gaf. Verder onderzoek blijft dus nodig.

1. BEPALING ADH-ACTIVITEIT VAN DIKKE WORTELS KOMKOMMER

1.1 INLEIDING

Uit voorgaand onderzoek (Verkerke et al. 1995) komen aanwijzingen dat een relatief hoog watergehalte in steenwol tot kringeling van de wortels leidt. Deze kringeling wordt verondersteld de eerste fase van de vorming van dikke wortels (DW) te zijn. De vraag was nu in hoeverre alleen zuurstofgebrek verantwoordelijk zou kunnen zijn voor het optreden van deze kringeling. Als eerste aanzet hiertoe is gekozen voor een inventarisatie van wortels uit de praktijk die al dan niet verschijnselen van dikke wortels vertoonden. Om een indicatie voor het optreden van zuurstofgebrek bij deze wortels te krijgen is gekozen voor een bepaling van het enzym alcoholdehydrogenase (ADH) in de wortels. De activiteit van uit wortels geëxtraheerd ADH blijkt bij zuurstofgebrek namelijk verhoogd te zijn (Laan 1990, Baas en Warmenhoven 1995, Warmenhoven 1995). In een vervolgprouf is door een factoriële opzet getracht onderscheid te maken in de effecten van zuurstofgebrek op zich en de effecten van substraat op het optreden van kringeling van de wortels.

1.2 MATERIALEN EN METHODEN

A. Inventarisatie dikke wortels kweker

Op 3/6/96 werden drie partijen van 12 potten met planten meegenomen van een plantenkweker. De wortels in de potten konden onderscheiden worden in drie categorieën:

- 1) potten met alleen witte, ogenschijnlijk gezonde wortels
- 2) potten met zowel bruine, glazige wortels als witte wortels
- 3) potten met alleen bruine, glazige 'dikke' wortels.

De planten van 1) waren groter en vertoonden veel meer wortelvorming, en de potten waren 'droog' op het moment van afleveren (4/6/96), waarschijnlijk omdat verdamping tijdens de transportfase was doorgedaan. De potten met 'dikke' wortels voelden minder stevig aan.

Voordat de wortels bemonsterd zijn, werden de potten verzadigd met kraanwater, en de scheut verwijderd. Wortels (ca. 0,5 gram per monster) werden zowel in de onderste als in de middelste laag van het blok bemonsterd, en een enkele keer aan de zijkant van het blok. Er zijn vijf tot zeven monsters per categorie wortels verzameld.

B. Kasproef

Dit experiment is uitgevoerd van week 26 tot week 29 1996. Twee verschillende vochtgehalten van de potten werden gerealiseerd door onderdrukken van 0 of 10 cm met behulp van een glasvliesdoek aan te leggen. De gerealiseerde vochtgehalten werden door weging bepaald op drie tijdstippen gedurende de proef. Er waren vier bakken per behandeling, met zes blokken/planten per bak.

In watercultuur werd al dan niet de voedingsoplossing rond gepompt en de voedingsoplossing belucht door een aquariumfilterpomp en luchtpomp met bruissteentjes. De planten werden bevestigd in polystyreen-houders in het deksel van de 24 liter-bakken. Er waren twee bakken per beluchtingsbehandeling, ieder met tien planten.

Na 7 en na 15 dagen werden per herhaling wortels verzameld voor de ADH-bepalingen, en beoordeeld op het optreden van kringeling.

Op een zijtafel stonden planten van opkweekbedrijven die al dan niet dikke wortels

vertoonden in de potten. Wortels hiervan zijn ook verzameld voor ADH-bepalingen.

Voor alle proeven geldt dat de resultaten statistisch zijn geanalyseerd met ANOVA. Indien ANOVA betrouwbare effecten gaf zijn groepsgemiddelden vergeleken met behulp van LSD-waarden.

1.3 RESULTATEN

A. Inventarisatie

Uit de ADH-metingen (tabel 1) blijkt dat de ADH-activiteit van de goede, witte wortels gemiddeld 4 tot 5 keer lager is dan de ADH-activiteit van de dikke en de 'dubieuze' wortels.

Tabel 1- ADH-activiteit (uitgedrukt in $\mu\text{mol NADH}/(\text{g eiwit}\cdot\text{min})$) in wortels komkommer gehaald op 3/6/96; monsters genomen op 4/6/96. LSD = kleinste betrouwbare verschil.

soort wortels	ADH
dikke wortels	844
dubieuze wortels	718
gezonde wortels	170
P-waarde ANOVA	0,0003
LSD (P=0.05)	286

B. Kasproef

Resultaten van de proef en van de planten van de zijtafels zijn gegeven in tabel 2.

Uit de resultaten komt weer naar voren dat de ADH-activiteit van DW hoger is dan die van gezonde wortels.

In het experiment werden alleen verschijnselen van kringeling bij een gerealiseerd vochtgehalte van 91% in de steenwol gevonden. De ADH-activiteit van wortels verzameld uit deze behandeling verschilde niet betrouwbaar van de behandelingen met een vochtgehalte van 69%.

De hoogste ADH-activiteiten werden gevonden in de onbeluchte watercultuur.

Opvallend was de verhoging in ADH-activiteit op het tweede oogsttijdstip in vergelijking met het eerste oogsttijdstip.

Tabel 2 - Symptomen en ADH-activiteit in wortels verzameld van de randtafels en in de kasproef. LSD = kleinste betrouwbare verschil.

randtafels	symptomen	ADH	ADH
blok op steenwolmat	dikke wortels	507	-
blok in 1 cm voeding	dikke wortels	951	-
blok op steenwolmat	geen	178	-
P-waarde ANOVA		0,013	
LSD (P=0.05)		353	
kasexperiment: behandelingen		monsterdatum: 9/7	monsterdatum: 17/7
watercultuur belucht	geen	45	195
watercultuur onbelucht	geen	267	841
steenwol: gerealiseerd vochtgehalte = 91%	lichte kringeling	108	225
steenwol: gerealiseerd vochtgehalte = 69%	geen	50	241
P-waarde ANOVA		0,001	0,249
LSD (P=0,05)		85	-

1.4 DISCUSSIE

De ADH-activiteit van dikke wortels bleek hoger te zijn dan van normale gezond-tonende wortels. Dit was zowel in de inventarisatie als bij de planten van de randtafels in het kasexperiment het geval (tabel 1, 2). De drogere pot bij de gezonde witte wortel op het moment van aanleveren in de inventarisatie (waarschijnlijk een gevolg van een grotere verdamping als gevolg van een ongestoorde wortelgroei en -functie) lijkt hier dus niet alleen verantwoordelijk voor te zijn. De ADH-activiteit kan verhoogd zijn door het optreden van zuurstofgebrek, maar secundaire oorzaken kunnen hieraan ten grondslag liggen. Te denken valt hierbij aan:

- 1) een hogere respiratiesnelheid van de wortels als reactie op wortelverdikking
- 2) wortelverdikking op zich (anaërobie in stele)
- 3) hogere microbiële activiteit in de aangetaste wortels. (N.B. meer dan 400 niet-parasitaire (saprofagen) aaltjes/gram wortels werden door J. Amsing gevonden in de aangetaste wortels).

Op basis van uitsluitend ADH-activiteiten kunnen daarom geen oorzaken voor het optreden van DW worden vastgesteld.

De vraag rees in hoeverre zuurstofgebrek alleen verantwoordelijk zou kunnen zijn voor het optreden van DW, gezien het optreden van symptomen van kringeling bij hoge vochtgehalten in substraat uit voorgaande proeven (Verkerke 1996), en gezien de hogere ADH-activiteiten in DW (tabel 1, 2). Om hier meer inzicht in te krijgen was het noodzakelijk om omstandigheden van zuurstofgebrek aan te leggen. In eerste instantie is daartoe watercultuur gebruikt waarin al dan niet beluchting werd toegepast (optimale

en gebrekkige zuurstofvoorziening). De ADH-activiteit en morfologie van wortels gegroeid onder deze omstandigheden kon dan vergeleken worden met die in steenwol. In het experiment werden echter geen verschijnselen van DW waargenomen in watercultuur. Lichte verschijnselen van kringeling werden wel in de steenwol met een hoog vochtgehalte gevonden, overeenkomend met eerdere resultaten. De hoogste ADH-activiteit werd echter juist gevonden in de onbeluchte watercultuur. Hoewel de spreiding erg groot was, suggereren deze resultaten dat alleen zuurstofgebrek niet tot DW leidt.

Niet uit te sluiten valt echter dat een combinatie van zuurstofgebrek met het substraat tot DW kan leiden. Bij het optreden van dikke wortels in substraat bij hoge vochtgehalten kunnen immers processen in het substraat op zich een rol spelen. Te denken valt hierbij aan o.a.:

- grotere oplosbaarheid van mogelijk schadelijke componenten door hogere vochtgehalten of lagere redoxpotentiaal
- onmogelijkheid voor ontsnappen van potentieel toxische componenten als gevolg van lagere diffusie in water dan in gasfase (b.v. ethyleen)
- pH-effecten in de rhizosfeer als gevolg van plantactiviteit, waarna eventuele schadelijke stoffen vrijkomen
- een interactie van het bovenstaande met het effect van zuurstofgebrek op wortels (b.v. grotere gevoeligheid voor schadelijke componenten bij zuurstofgebrek).

2. INVLOED ZUURSTOF EN SUBSTRATEFFECT OP VORMING DIKKE WORTEL

2.1 INLEIDING

Op de microscopische dwarsdoorsnede van aangetaste wortels werden meer en grotere xyleemvaten aangetroffen dan bij gezonde wortels. Het is bekend dat verschillende plantenhormonen (cytokinine, ethyleen, auxine) een rol spelen bij de secundaire diktegroei. Zo is van auxine bekend dat het de differentiatie van het xyleem beïnvloedt. Hoge concentraties auxine kunnen cellen stimuleren tot het produceren van ethyleen (Salisbury & Ross, 1991). Van ethyleen is bekend dat het de strekking van steel en wortel remt, hetgeen meestal gevolgd wordt door een radiale verdikking van de steel en wortel (Salisbury & Ross, 1991).

Resultaten van ADH-metingen lieten zien dat de ADH-activiteit van goede witte wortels vier tot vijf maal lager was dan die van aangetaste wortels. Hoge ADH-activiteit is een indicatie voor lage zuurstofbeschikbaarheid in het wortelmilieu (Baas & Warmenhoven 1995). Uit de voorgaande proef (§ 1) kwam naar voren dat alleen zuurstofgebrek geen dikke wortels kon induceren, maar dat een eventuele interactie met substraat niet kon worden uitgesloten. De vraag is in hoeverre zuurstofgebrek bijdraagt aan het optreden van dikke wortels of dat het substraat mede verantwoordelijk is voor het optreden. Mogelijk spelen in vochtige substraten processen een rol als lage diffusiesnelheid van gassen in water, grotere oplosbaarheid van stoffen of een interactie tussen factoren. Doel van de proef is om te onderzoeken of eventuele schadelijke stoffen uit steenwol verschijnselen van dikke wortels zouden kunnen veroorzaken.

2.1 MATERIAAL EN METHODE

De proef is uitgevoerd in een stekkas van 60 m² waarin elke tafel is voorzien van een nevelinstallatie. Om meer inzicht te krijgen in de rol van genoemde factoren is een experiment opgezet in watercultuur in duplo, waarin twee zuurstofniveaus zijn aangelegd (belucht (+) en onbelucht (-)), gecombineerd met wel of geen steenwolblokken in de voedingsoplossing (0, 10 of 20 blokken steenwol per bak). Ter oriëntatie is ook aan enkele bakken 100 µmol.l⁻¹ NAA toegevoegd. Gekweekt is in 50 liter-bakken met deksels. Een ringleiding, waarop slangen waren aangesloten welke een verbinding vormden met PVC-buizen die waren voorzien van gaatjes aangesloten op een blower, zorgde voor de beluchting van de voedingsoplossing in de beluchte bakken. De bakken zijn gevuld met de standaard voedingsoplossing voor komkommer (bijlage 1). EC en pH zijn eenmaal per week gecontroleerd en indien nodig aangepast. Elke bak is afgesloten met een deksel waarin tien plantgaten zijn geboord (Ø 9,6 cm). Op 26 juli zijn de steenwolblokken in kleine stukken in de voedingsoplossing gedaan. Deze zijn er drie dagen later weer uitgehaald en uitgeperst, waarna er weer nieuwe blokken ingingen. Dit om het mogelijke verdunningseffect enigszins tegen te gaan. Het ras 'Flamingo' is op 22 juli gezaaid (t=0). De zaailingen zijn na zeven dagen in de voedingsoplossing gehangen. De kasttemperatuur is ingesteld op 21°C dag/nacht. Overdag kon de temperatuur oplopen tot 35°C. Aan het einde van de opkweekperiode (t=28) is versgewicht van spruit en wortel bepaald. Verder is de lengte van de langste wortels gemeten en zijn er monsters genomen voor het maken van coupes (resultaten niet weergegeven).

2.2 RESULTATEN

In deze proef zijn geen symptomen van wortelverdikking waargenomen.

Nadat de zaailingen twee dagen in de voedingsoplossing met NAA ($100 \mu\text{mol.l}^{-1}$) hadden gehangen kleurden blaadjes groenblauw en kwam de groei tot stilstand. Enkele dagen later waren alle plantjes afgestorven. Het is zeer waarschijnlijk dat de concentratie van $100 \mu\text{mol.l}^{-1}$ NAA te hoog is.

De proef is 28 dagen na het zaaien afgesloten en zijn spruit- en wortelversgewicht en wortellengte bepaald, waarna de spruit/wortel-verhouding kon worden berekend. De resultaten van de gewaswaarnemingen staan in tabel 3.

Tabel 3 - Gemiddeld (n=3) spruit- /wortelversgewicht (g), langste wortel (cm) en de spruit/wortel-verhouding. Verschillende letters geven significante verschillen aan ($p < 0,05$).

	controle +	steenwol 10+	steenwol 20+	controle -	steenwol 10-	steenwol 20-	LSD
spruit	68,8 b	68,7 b	62,3 ab	47,6 a	62,1 ab	58,3 ab	12,2
wortel	17,90 b	17,93 b	12,60 a	16,18 ab	14,99 ab	15,23 ab	4,18
wortellengte	29,8 ab	36,4 b	44,1 c	27,7 a	32,2 ab	31,8 ab	5,51
spruit/wortel	4,05 b	3,88 b	4,99 c	3,05 a	4,20 b	3,81 b	0,58

Het spruitgewicht van de onbeluchte controlebehandeling is significant lager geweest ten opzichte van de beluchte controle en de behandeling steenwol 10+. Dit is voor een belangrijk deel toe te schrijven aan het lagere zuurstofgehalte (gegevens niet weergegeven) in deze behandeling. Opvallend is het significant lager wortelversgewicht bij de behandeling beluchte steenwol 20+. Beide, het lage spruitversgewicht van 'controle -' en het lage wortelversgewicht van 'steenwol 20+' zijn verantwoordelijk voor de lage, respectievelijk hoge spruit/wortelverhouding, welke significant verschillend zijn van de andere behandelingen. Bij de visuele beoordeling van de wortels viel op dat er veel adventief wortels werden gevormd wanneer er niet belucht werd. De gemiddelde EC tijdens de teelt was $2,7 \text{ mS.cm}^{-1}$ bij 25°C . De pH bereikte een gemiddelde waarde van 5,82.

2.3 DISCUSSIE

In deze proef is het niet gelukt om dikke wortels of de hieraan voorafgaande symptomen (kringeling en verglazing) op te wekken. Er waren nauwelijks effecten van wel/niet beluchten of toevoeging van steenwol. Mogelijk lossen bij een lage pH wel stoffen op uit de steenwol.

3. INVLOED VAN ZUURSTOF EN pH OP DE VORMING VAN DIKKE WORTELS I

3.1 INLEIDING

In de praktijk zou het kunnen voorkomen dat b.v. door een storing van de voedingsunit er tijdelijk een voeding wordt aangeboden met een lage pH. Hierdoor kan de pH in het blok zakken naar $\pm 3,5$. Bij een lage pH zouden stoffen vrij kunnen komen. Doel van deze proef is dus om na te gaan of een tijdelijk pH-verlaging in het wortelmilieu het optreden van dikke wortels bewerkstelligt.

3.2 MATERIAAL EN METHODE

In deze proef is dezelfde proefopstelling gebruikt als in de voorgaande proef. Het ras 'Flamingo' is op 20 augustus gezaaid ($t=0$). Op 23 augustus zijn de steenwolblokken (20 stuks per bak) in kleine stukken in de voedingsoplossing gedaan. Daarna is de pH verlaagd, met behulp van salpeterzuur, naar 3,5. Verhoging van de pH (na drie dagen), heeft plaatsgevonden met behulp van kaliumcarbonaat. Bij de NAA-behandeling is de concentratie NAA verlaagd naar $0,1 \mu\text{mol/l}$. Na zes dagen zijn de zaailingen in de proefopstelling geplaatst. Tabel 4 geeft een overzicht van de behandelingen. De kasttemperatuur is ingesteld op 21°C dag/nacht. Overdag kon de temperatuur oplopen tot 25°C . Aan het opkweekperiode ($t=24$) is het versgewicht van spruit/wortel en de wortellengte bepaald. Ook is een visuele beoordeling van het blad gemaakt met een schaal van 1 tot 5 (1 = zeer lichtgroen, 2 = lichtgroen, 3 = groen, 4 = donkergroen, 5 = zeer donkergroen).

Tabel 4 - Overzicht behandelingen voedingsoplossing ($n=2$)

	pH 5,5	pH 3,5 \Rightarrow 4,0	pH 3,5 \Rightarrow 5,5	pH 5,5	pH 5,5
belucht	steenwol	steenwol	steenwol		
onbelucht	steenwol	steenwol	steenwol	voeding	NAA

3.3 RESULTATEN

Ook in deze proef zijn geen symptomen van wortelverdikking waargenomen. Zeven dagen ($t=13$) na het planten is bij behandeling pH 3,5-4,0 belucht (+), pH 3,5-5,5 onbelucht (-) en de onbeluchte NAA-behandeling groeiremming geconstateerd. Visuele beoordeling van de wortels liet zien dat ze bij deze behandelingen korter waren met zeer korte, dikkere laterale wortels. Drie dagen ($t=16$) later trad bij behandeling pH 3,5-5,5 herstel op in de wortelgroei. De ontstane groeiachterstand is echter niet meer ingehaald. Ook de behandeling met NAA herstelde zich, doch hier is de ontstane groeiachterstand bijna in zijn geheel ingelopen. De resultaten van de gewaswaarnemingen staan vermeld in tabel 5. Naast een significant zuurstofeffect is ook een pH-effect waargenomen. Het tijdelijk verlagen van de pH had een significant negatief effect op het spruit- en wortelversgewicht. Opvallend is dat behandeling pH 3,5-4,0 belucht een lager spruit- en wortelgewicht heeft dan behandeling pH 3,5-5,5 belucht; dit is het tegenovergestelde van de corresponderende onbeluchte behandelingen.

Tabel 5 - Gemiddeld (n=3) spruit-/wortelversgewicht (g), lengte langste wortel (cm) en de spruit/wortel-verhouding. Verschillende letters geven significante verschillen aan (p < 0,05)

	+ = Belucht - = Onbelucht	- voeding	- NAA	+ pH 5,5	+ pH 3,5 ⇒ 4,0	+ pH 3,5 ⇒ 5,5	- pH 5,5	- pH 3,5 ⇒ 4,0	- pH 3,5 ⇒ 5,5	LSD
spruit		18,60 c	20,44 c	26,29 d	4,34 a	20,57 c	20,39 c	13,42 b	4,84 a	2,97
wortel		7,56 c	5,13 b	6,63 bc	2,33 a	7,78 c	6,26 bc	5,60 b	3,16 a	1,34
langste wortel		12,22 c	11,55 bc	15,75 d	5,42 a	12,35	10,22 bc	9,03 b	4,25 a	2,14
spruit/wortel		2,5 c	4,2 e	4,0 de	1,8 ab	2,7 c	3,4 d	2,4 bc	1,6 a	0,6
bladkleur		3,0 b	3,5 c	4,0 d	2,0 a	3,0 b	3,5 c	3,5 c	2,0 a	0,3

3.4 DISCUSSIE

Ook in deze proef is het niet gelukt om dikke wortels of de hieraan voorafgaande symptomen (kringeling en verglazing) op te wekken. Het ontstaan van sterk vertakte, dikke laterale wortels bij enkele behandelingen kan niet worden toegeschreven aan verschil in pH van de voedingsoplossing. Welke factor(en) verantwoordelijk zijn voor de afwijkende wortelgroei is niet duidelijk geworden. De symptomen kwamen overeen zoals deze beschreven zijn door Maritsugo en Kawasaki (1983) bij ammoniumvoeding en/of lage pH (3,5).

4. INVLOED VAN NH₄/NO₃-VERHOUDINGEN OP DE VORMING VAN DIKKE WORTELS I

4.1 INLEIDING

Naar aanleiding van de proef, waarin steenwolblokken gedurende een korte periode werden bloot gesteld aan een pH van 3,5, werd groeiremming waargenomen van zowel spruit als wortel. Afhankelijk van de behandeling, wel of niet beluchten van de voedingsoplossing of de pH van de voedingsoplossing (pH 4,0 of 5,5), werd later deze achterstand geheel of gedeeltelijk ingehaald. In de praktijk zou deze lage pH mogelijk het gevolg kunnen zijn van een hoge NH₄/NO₃-verhouding in de voedingsoplossing. Daarnaast zou een hoog vochtgehalte in het substraat mede bepalend kunnen zijn. Doel van deze proef is inzicht te krijgen in hoeverre de NH₄/NO₃-verhouding de pH in het wortelmilieu beïnvloedt in relatie tot het vochtgehalte.

4.2 MATERIAAL EN METHODE

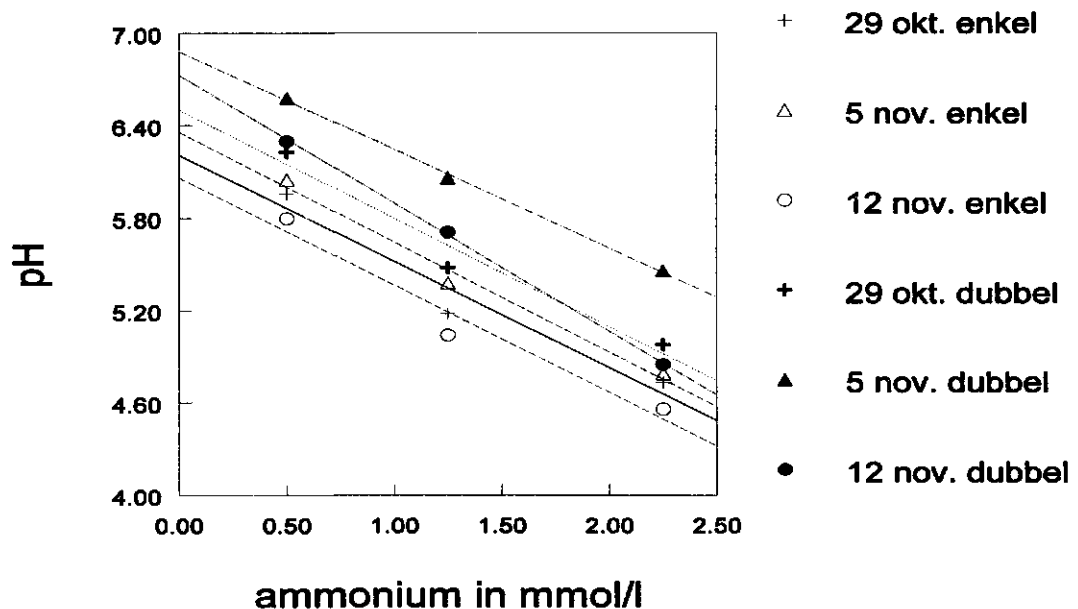
In deze proef zijn twee vochniveaus aangelegd (enkel en dubbel steenwolblok) welke zijn gecombineerd met drie ammonium/nitraat-verhoudingen. De proef is uit gevoerd in een kas van 350 m² met eb/vloedtafels. Er is geteeld op een eb/vloedsysteem met een gietfrequentie van één maal per dag vijf minuten (opvoerhoogte van 2 cm). De voedingsoplossingen voor de verschillende ammonium/nitraat-verhoudingen staan in bijlage 2. De voedingsoplossingen zijn twee wekelijks gecontroleerd op samenstelling en indien nodig aangepast. Met behulp van kunstwortels zijn wekelijks monsters genomen om de pH in het wortelmilieu te volgen. Het ras 'Enduro' is op 15 oktober 1996 (t = 0) gezaaid in steenwolblokken. Zeven dagen na het zaaien is de vochtbehandeling ingesteld. Om te voorkomen dat wortels bij de dubbele blokken zouden doordringen in het onderste blok, is vliesdoek aangebracht tussen de blokken. De kastemperatuur is ingesteld op 22°C dag/nacht. Na veertien dagen is naast de pH en EC in het wortelmilieu ook het nitrietgehalte bepaald. Aan het einde van de opkweek (t = 29) is het versgewicht van spruit/wortel en het aantal bladeren bepaald. De wortels zijn ook beoordeeld op symptomen 'dikke wortels' (kringeling, glazigheid, verdikking en bruine wortels). Verder is het vochtgehalte van de steenwolblokken bepaald door deze te wegen; van tevoren was al het drooggewicht van elk blok bepaald. Tabel 6 geeft een overzicht van de behandelingen.

Tabel 6 - Overzicht behandelingen (n = 2)

	ammonium in mmol/l	nitraat in mmol/l
enkelblok	0,5	16,75
en	1,25	16,75
dubbelblok	2,25	16,75

4.3 RESULTATEN

Tijdens de teelt is wekelijks met behulp van een kunstwortelmedium vocht afgetapt waarin de pH werd gemeten (figuur 1). Bij een stijgende ammoniumconcentratie daalde de pH in het wortelmilieu tot een minimale waarde van 4,6. Dubbele blokken (laag vochtgehalte) hadden een gemiddeld hogere pH in het wortelmilieu. Het nitrietgehalte in het wortelmilieu (bijlage 3), liet geen significante verschillen zien en was in alle behandelingen relatief laag ($< 0,08$ mmol/l). Er zijn ook geen significante verschillen waargenomen in het spruitversgewicht. Bij het lage vochtgehalte is bij de laagste ammoniumgift een significant hoger aantal bladeren gevonden. De stijgende ammoniumconcentratie vertoonde bij de blokken met laag vochtgehalte een significant lager vochtgehalte. Het eerste stadium van wortelverdikking, 'kringeling', is ook gescoord. Bij het lage vochtgehalte zijn geen significante verschillen waargenomen. Het hoge vochtgehalte liet wel significante verschillen zien, bij een stijgende ammoniumconcentratie steeg het aantal kringelige wortels. Hierbij moet opgemerkt worden dat bij de hoogste ammoniumgift (hoog vochtgehalte) het aantal wortels soms, door het hoge aantal, op meer dan 10 werd geschat. Bij de statistische verwerking is in deze gevallen 10 in gevuld. Enkele malen is er bij behandelingen met een hoog vochtgehalte een glazige wortel (gegevens niet weergegeven) waargenomen. De resultaten van de gewaswaarnemingen zijn weergegeven in tabel 7.



Figuur 1 - Gemiddelde pH ($n = 20$) in het wortelmilieu in de tijd

Tabel 7 - Gemiddelde (n=5) spuitgewicht (g vers), aantal bladeren, vochtgehalte (%) en kringeling (aantal wortels) aan het einde van de opkweekperiode. Verschillende letters geven significante verschillen aan (p < 5%)

	Dubbelblok				Enkelblok		LSD
	NH ₄ 0,50	NH ₄ 1,25	NH ₄ 2,25	NH ₄ 0,50	NH ₄ 1,25	NH ₄ 2,25	
spruit	20,12 a	19,83 a	18,54 a	18,89 a	18,55 a	18,77 a	1,83
n blad	4,90 c	4,55 ab	4,65 abc	4,65 abc	4,35 a	4,75 bc	0,26
% water	37,1 c	33,7 b	30,3 a	64,9 d	63,1 d	63,7 d	2,7
kringeling*	0,70 a	1,70 ab	0,70 a	3,25 b	7,30 c	10,00 d	1,55

*Bij een aantal behandelingen is het aantal wortels met kringeling op 10 gesteld, terwijl dat aantal in werkelijkheid hoger was.

4.4 DISCUSSIE

In deze proef op steenwolblokken in combinatie met ammonium/nitraat-verhoudingen en twee vochniveaus is het wel gelukt de eerste symptomen van wortelverdikking op te wekken. De kringeling was bij hoog vochtgehalte het hoogst zoals dit ook in voorgaande proeven het geval was (Verkerke, 1996), een hogere ammonium/nitraat-verhouding bleek de kringeling te verhogen. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat in deze behandeling veruit het grootste deel van de wortels in het onderste blok groeide. Het is niet waarschijnlijk dat dit het gevolg is van de pH in het substraat (figuur 1), gezien het feit dat bij een laag vochtgehalte de pH in het substraat niet significant verschilt.

5. INVLOED VAN ZUURSTOF EN pH OP DE VORMING VAN DIKKE WORTELS II

5.1 INLEIDING

In een eerdere proef (§ 2) zijn steenwolblokken met klei gebruikt. In deze proef traden wortelafwijkingen op. De vraag is nu of deze wortelafwijkingen gerelateerd waren aan de klei in de blokken. Daarom is de proef in iets gewijzigde opzet herhaald met twee soorten steenwol: met en zonder klei.

5.2 MATERIAAL EN METHODE

In deze proef is dezelfde opstelling, uitgebreid met zes bakken, gebruikt als beschreven onder § 2. Twee steenwoltypen zijn gecombineerd met drie pH-niveaus. Als controlebehandeling is meegenomen voedingsoplossing (bijlage 2) bij een constante pH van 5,5. Het ras 'Enduro' is op 14 oktober gezaaid ($t=0$). Op $t=4$ zijn de steenwolblokken (20 stuks per bak) in kleine stukken in de voedingsoplossing gedaan. Daarna is de pH verlaagd, met behulp van salpeterzuur, naar 4,5 of 3,5. Verhoging van de pH naar pH 5,5, met behulp van kaliumcarbonaat, vond plaats op $t=7$ waarna de zaailingen in de proefopstelling konden worden geplaatst. Tabel 8 geeft een overzicht van de behandelingen. De kastemperatuur is ingesteld op 22°C dag/nacht. Overdag kon de temperatuur oplopen tot 25°C. Er is geoogst op $t=21$ en $t=28$. Hierbij is het versgewicht van spruit en wortel bepaald.

Tabel 8 - Overzicht van de behandelingen ($n=2$)

	pH 5,5	pH 4,5 \Rightarrow 5,5	pH 3,5 \Rightarrow 5,5	pH 5,5
belucht	steenwol + klei	steenwol + klei	steenwol + klei	voeding
	steenwol	steenwol	steenwol	
onbelucht	steenwol + klei	steenwol + klei	steenwol + klei	
	steenwol	steenwol	steenwol	

5.3 RESULTATEN

De significante verschillen in het spruitgewicht (tabel 9) zijn vooral veroorzaakt door het lagere zuurstofniveau van de voedingsoplossing. Er zijn geen significante effecten van steenwoltype en/of pH waargenomen. Telen in de beluchte voedingsoplossing gaf een significant hogere spruit/wortel-verhouding.

Bij een aantal behandelingen is een zeer grote variatie in groei waargenomen (tabel 1 en 2, bijlage 4). Groeiremming van spruit en wortel ontstonden bij verschillende behandelingen, maar niet in de herhaling van die behandelingen. Het wortelstelsel in deze bakken was 'dikker', compact en sterk vertakt, hetzelfde beeld als eerder waargenomen in §2.

Tabel 9 - Gemiddeld (n = 4) spruit-/wortelversgewicht (g), en de spruit/wortelverhouding t = 28). Verschillende letters geven significante verschillen aan (p < 0,05).

+ = belucht - = onbelucht	voeding	pH 3,5 + klei	pH 4,5 + klei	pH 5,5 + klei	pH 3,5	pH 4,5	pH 5,5	LSD
spruit +	44,57 e	41,16 de *	37,03 cde	25,96 ab *	35,26 bcd *	34,28 bcd	40,60 de	6,46
spruit -	-	26,15 ab	22,47 a	-	21,97 a	21,05 a	-	
wortel +	8,66 a	13,73 d *	12,20 cd	10,16 abc *	11,89 cd *	10,67 abc	11,70 bcd	1,70
wortel -	-	9,76 ab	10,96 bc	-	10,40 abc	8,87 a	-	
spruit/wortel +	5,26 e	3,02 bcd *	3,07 cd	2,35 ab *	3,04 bcd *	3,26 cd	3,49 d	0,46
spruit/wortel -	-	2,69 abc	2,06 a	-	2,16 a	2,38 ab	-	

* Grote variatie in de herhaling, zie overzicht in tabel 2 bijlage 4

Er is nog een tussenooft geweest op t = 21 (resultaten niet weergegeven). De resultaten van deze oogst gaven echter hetzelfde beeld en zijn daarom weggelaten.

5.4 DISCUSSIE

Ook in deze proef is het niet gelukt om dikke wortels of de hieraan voorafgaande symptomen (kringeling en verglazing) op te wekken. De hypothese dat mogelijk stoffen oplossen uit het medium en in combinatie met zuurstofgebrek wortelverdikking tot gevolg zouden hebben, kon in deze proeven dus niet worden bevestigd. Het ontstaan van sterk vertakte dikke laterale wortels bij enkele behandelingen kan ook hier niet worden toegeschreven aan verschil in pH van de voedingsoplossing of de aanwezigheid van klei. Welke factor(en) verantwoordelijk zijn geweest voor de afwijkende wortelgroei is niet duidelijk geworden. Uit de literatuur (Moritsugo and Kawasaki, 1983) is bekend dat wanneer in het wortelmilieu een continu lage pH (pH ca. 3,5) heerst, soortgelijke wortelgroei optrad; dit ging ook gepaard met groeireductie van de spruit.

6. INVLOED VAN NH₄/NO₃-VERHOUDINGEN OP DE VORMING VAN DIKKE WORTELS II

6.1 INLEIDING

In de proef beschreven in § 4 is een pH van 3,5 in het wortelmilieu niet bereikt. Door een extra ammonium/nitraat-verhouding toe te voegen (3,25 mmol/l) zal deze waarde mogelijk wel gerealiseerd worden, waardoor mogelijk meer - indien aanwezig - schadelijke componenten zouden kunnen vrij komen.

6.2 MATERIAAL EN METHODE

In deze proef zijn twee steenwolsoorten vergeleken (met en zonder klei) welke werden gecombineerd met vier ammonium/nitraat-verhoudingen (0,5, 1,25, 2,25, 3,25 ammonium per liter tegenover 16,75 mmol nitraat per liter). De proef is uitgevoerd in dezelfde stekkas als beschreven in § 2. In deze kas zijn voor deze proef vier eb/vloed-eenheden gemonteerd. Eén maal per dag is vloed opgevoerd van vijf minuten en een opvoerhoogte van 2 cm. De voedingsoplossingen voor de verschillende ammonium/nitraat-verhoudingen staan in bijlage 2. De voedingsoplossingen zijn gecontroleerd op samenstelling en indien nodig aangepast. Met behulp van kunstwortels is eenmaal monsters genomen om de pH in het wortelmilieu te volgen. Het ras 'Enduro' is op 4 december 1996 gezaaid (t=0) in steenwolblokken. De kastemperatuur is ingesteld op 23°C dag/nacht. De planten zijn 16 uur per dag belicht met Son-T-lampen (200 W/m²). Aan het einde van de opkweekperiode (t=26) werden versgewicht van spruit/wortel en het aantal bladeren bepaald. De wortels werden ook beoordeeld op symptomen 'dikke wortels' (kringeling, glazigheid, verdikking en bruine wortels). Verder werd het vochtgehalte van de steenwolblokken bepaald door weging (droog/nat). Deze proef werd in enkelvoud uitgevoerd.

6.3 RESULTATEN

Tijdens de teelt (t=12) is met behulp van kunstwortel de pH in het wortelmilieu gemeten. Er zijn geen significante verschillen gevonden, het gemiddelde niveau lag op een pH van 4,86. Er zijn geen effecten waargenomen tussen blokken met of zonder klei, daarom zijn de resultaten van blokken met of zonder klei samengevoegd. De oogst op t=41 is weergegeven in tabel 10. De laagste ammoniumgift gaf in deze proef een significant hoger spruitgewicht en gemiddeld meer bladeren. Opvallend is het significant hoger vochtgehalte van de behandelingen met 0,5 en 1,25 mmol ammonium per liter ten opzichte van 2,25 en 3,25 mmol ammonium per liter. Het eerste stadium van wortelverdikking, te weten 'kringeling' is ook gescoord. Bij een stijgende ammoniumconcentratie steeg het percentage kringeling van de wortels.

6.4 DISCUSSIE

In deze proef op steenwolblokken in combinatie met vier NH₄/NO₃-verhoudingen en twee steenwoltypen is het wederom gelukt de eerste symptomen van wortelverdikking op te wekken. Evenals in de vorige proef met NH₄/NO₃-verhoudingen bleek de NH₄/NO₃-verhouding invloed te hebben. Een significant lager vochtgehalte is waargenomen bij de

hoogste ammonium-gift. Bij komkommers is een hogere ademhaling (hoge zuurstof-opname) gevonden bij ammonium- dan bij nitraatvoeding (Matsumoto and Tamura, 1981 en Schenk and Wehrmann, 1979). In deze proeven zijn echter 100% ammonium-N vergeleken met 100% nitraat-N. In de hier beschreven proeven is maximaal 16,25% van de stikstof als ammoniumvoeding gegeven. Onduidelijk is daarom of dit resulteerde in een hogere ademhaling en mogelijk zuurstofgebrek in de steenwol.

Tabel 10 - Gemiddeld (n = 10) spruit-/wortelversgewicht (g), aantal bladeren, natgewicht blok (g), drooggewicht blok (g), kringeling (%) en vochtgehalte (%) op t=41. Verschillende letters geven significante verschillen aan (p < 0,05).

	0,5 NH ₄	1,25 NH ₄	2,25 NH ₄	3,25 NH ₄	LSD
spruit	20,24 b	17,12 a	17,22 a	16,10 a	2,04
n blad	4,4 b	4,1 a	4,2 ab	4,1 a	0,2
n blok	498 b	486 b	448 a	463 a	15
d blok	44,07 a	44,24 a	43,60 a	45,08 a	-
% kring	12,5 a	26,2 b	27,9 b	46,2 c	10,0
% vocht	75,6 b	73,7 b	67,5 a	69,7 a	2,2

7. INVLOED VAN NH₄/NO₃-VERHOUDINGEN OP DE VORMING VAN DIKKE WORTELS III

7.1 INLEIDING

Daar de voorgaande proef met NH₄/NO₃-verhoudingen in enkelvoud is uitgevoerd is deze proef nog een keer herhaald met twee NH₄/NO₃-verhoudingen (1,25 en 3,25 mmol NH₄/l) en één steenwoltype (zonder klei).

7.2 MATERIAAL EM METHODE

In deze proef is de ontwikkeling van kornkommer gevolgd bij twee NH₄/NO₃-verhoudingen. Er is geteeld op een eb/vloedsysteem met een gietfrequentie van één maal per dag vijf minuten (opvoerhoogte van 2 cm). De voedingsoplossingen voor de verschillende NH₄/NO₃-verhoudingen staan in bijlage 2. De voedingsoplossingen zijn gecontroleerd op samenstelling en indien nodig aangepast. Met behulp van kunstwortels zijn monsters genomen om de pH in het wortelmilieu te volgen. Het ras 'Flamingo' werd op 13 maart 1997 (t=0) gezaaid in steenwolblokken. De kasttemperatuur is ingesteld op 23°C dag/nacht. Aan het einde van de opkweekperiode (t=21) werd versgewicht van spruit/wortel en het aantal bladeren bepaald. De wortels werden ook beoordeeld op symptomen 'dikke wortels' (kringeling, glazigheid, verdikking en bruine wortels) door het aantal te tellen. Verder werd het vochtgehalte van de steenwolblokken bepaald. Voor de proef begon is eerst het drooggewicht van de blokken bepaald, zodat later het vochtgehalte berekend kon worden.

7.3 RESULTATEN

Aan het einde van de opkweekperiode (t=21) is met behulp van kunstwortels de pH in het wortelmilieu bepaald. Gemiddelde pH in het wortelmilieu (n=5) is voor de behandeling 1,25 mmol/l NH₄ 6,32 en voor behandeling 3,25 mmol NH₄ 3,87. De oogst na 21 dagen is weergegeven in tabel 11. De hoogste ammoniumgift gaf in deze proef een significant hoger spruitgewicht, dit in tegenstelling tot § 6. Er is geen significant verschil in het aantal bladeren per plant gevonden. Ook in deze proef is het vochtgehalte van de behandelingen met 1,25 mmol ammonium significant hoger ten opzichte van 3,25 mmol ammonium. Het eerste stadium van wortelverdikking 'kringeling' is ook gescoord. Bij een stijgende ammoniumconcentratie steeg het aantal wortels met kringeling. Het vochtgehalte is net als in de vorige proef significant hoger bij de laagste ammoniumgift.

Tabel 11 - Gemiddeld (n = 10) spruit-/wortelversgewicht (g), aantal bladeren, natgewicht blok (g), drooggewicht blok (g), kringeling (aantal) en vochtgehalte (%) na 21 dagen. Verschillende letters geven significante verschillen aan (p < 0,05).

	1,25 NH ₄	3,25 NH ₄	LSD
spruit	47,90 a	52,10 b	2,84
aantal blad	4,95	5,00	0,08
nat blok	468,0 b	437,0 a	19,5
droog blok	40,37	42,56	2,32
kringeling	1,25 a	7,75 b	1,56
% vocht	77,2 b	72,0 a	3,2

7.4 DISCUSSIE

In deze proef op steenwolblokken in combinatie met twee NH₄/NO₃-verhoudingen en twee herhalingen is het wederom gelukt de eerste symptomen van wortelverdikking op te wekken. Evenals in de vorige proef met NH₄/NO₃-verhoudingen bleek de NH₄/NO₃-verhoudingen invloed te hebben. Ook hier is weer een significant lager vochtgehalte waargenomen bij de hoogste ammoniumgift. In deze proef correspondeert dit met een hoger spruitgewicht. Bij een hoog ammoniumgehalte in de voedingsoplossing is de kans op symptomen van dikke wortel (kringeling) hoger.

LITERATUUR

- Baas R, & M.G. Warmenhoven, 1995. Alcoholde hydrogenase indicating oxygen deficiency in chrysanthemum grown in mineral media. *Acta Hortic.* 401: 273-282.
- Laan P.E.J., 1990. Mechanisms of flood-tolerance in *Rumex* species. Ph.D. thesis Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Matsumoto H. and K. Tamura, 1981. Respiratory stress in cucumber roots treated with ammonium or nitrate nitrogen. *Plant and Soil* 60, 195-204
- Maritsugo M. and T. Kawasaki, 1983. Effect of low solution pH on growth, appearance and mineral composition of plant roots. *Ber. Ohara Inst. landw. Biol., Okayama Univ.* 18: 159-173
- Salisbury F.B. and C.W. Ross, 1991. *Plant Physiology*. Fourth edition. Wadsworth Publishing Company
- Schenk M. and J. Wehrmann, 1979. The influence of ammonia in nutrient solution on growth and metabolism of cucumber plants. *Plant and Soil* 52. 403-414
- Verkerke W., 1995. Inventariserend onderzoek wortelverdikking bij komkommer. Intern verslag PBG Naaldwijk 4
- Verkerke W., 1995. Droger opkweken lijkt remedie tegen dikke wortels. *Groenten & Fruit* 40: 20-21
- Verkerke W., 1996. Wortelverdikking bij komkommer. Resultaten van de eerste serie proeven van 1996. PBG Rapport 70
- Warmenhoven MG 1995. Invloed van gietfrequenties en granulaire substraten op chrysant in eb/vloedsysteem. PBG Rapport 13

BIJLAGE 1

De voedingsoplossing voor komkommer in steenwol

Bron: Sonneveld, C. en N. Straver, 1994. Voedingsoplossingen voor groenten en bloemen, geteeld in water of substraten. Serie Voedingsoplossingen glastuinbouw No. 8

EC mS.cm⁻¹ bij 25 °C 2,2

NH ₄ mmol.l ⁻¹	1,25
K	8,0
Ca	4,0
Mg	1,375
NO ₃	16,0
SO ₄	1,375
H ₂ PO ₄	1,25
Si	0,75

Fe μmol.l ⁻¹	15
Mn	10
Zn	5
B	25
Cu	0,75
Mo	0,50

BIJLAGE 2

De voedingsoplossing voor opkweek groentepplanten in steenwol (NH₄ 1,25).

Bron: Sonneveld, C. en N. Straver, 1994. Voedingsoplossingen voor groenten en bloemen, geteeld in water of substraten. Serie Voedingsoplossingen glastuinbouw No. 8

EC mS.cm⁻¹ bij 25 °C 2,4

Proef	3	2, 3,4,5 en 6	3 en 5	5 en 6
NH ₄ mmol.l ⁻¹	0,5	1,25	2,25	3,25
K	6,90	6,75	6,45	6,15
Ca	4,7	4,5	4,3	4,10
Mg	3,1	3,0	2,85	2,70
NO ₃	16,75	16,75	16,75	16,75
SO ₄	2,5	2,5	2,5	2,5
H ₂ PO ₄	1,25	1,25	1,25	1,25
Fe μmol.l ⁻¹	25	25	25	25
Mn	10	10	10	10
Zn	5	5	5	5
B	35	35	35	35
Cu	1	1	1	1
Mo	0,50	0,50	0,50	0,50

BIJLAGE 3

Tabel 1- Gemiddelde nitrietgehalte in mmol/l op 29 oktober 1996

	0,5 NH ₄	1,25 NH ₄	2,25 NH ₄
enkel blok (n = 7)	0,08	>0,12	0,1
dubbel blok (n = 5)	0,06	0,03	>0,12

BIJLAGE 4

Gemiddelde spruit-/wortelversgewicht per bak in de proef besproken bij § 5

Bij een aantal behandelingen werd een zeer grote variatie waargenomen welke is weergegeven in tabel 1. In de bakken 4 (pH 3,5 + klei), 14 (pH 3,5 - klei) en 16 (pH 5,5 + klei) trad al na enkele dagen groeiremming op. Het wortelstelsel in deze bakken was 'dikker', compact en sterk. Toen de eerste groeiremming is waargenomen zijn enkele planten uit bak 16 gewisseld (p16[↔]7 en p7[↔]16) met bak 7 (de herhaling) en omgekeerd. Na enkele dagen trad herstel op in de wortelgroei van p16[↔]7-planten, de groeiachterstand is echter niet meer ingelopen. De p7[↔]16-planten vertoonden na enkele dagen dezelfde verschijnselen als de 'home planten' in bak 16. Coupes gemaakt van deze wortels lieten sterk vergrote cellen in de cortex zien.

Tabel 1 - Gemiddeld spruit-/wortelversgewicht (g) per bak en de spruit/wortelverhouding t=21.

bij beluchte behandeling	k 3,5 n=4		k 5,5 n=4		wissel n=2		3,5 n=4	
	bak 4	bak 13	bak 7	bak 16	7	16	bak 2	bak 14
spruit	7,36	9,75	9,57	3,21	5,92	5,03	10,19	6,29
wortel	3,49	3,13	2,92	2,95	2,30	3,46	2,50	3,63
spruit/wortel	2,11	3,11	3,28	1,09	2,57	1,45	4,08	1,73

Aan het einde van de opkweekperiode (t=28) was er bij de p16[↔]7-planten (pH 5,5 + klei) weer een normaal wortelstelsel aanwezig, de groeiachterstand is echter niet meer ingelopen. De p7[↔]16-planten vertoonden aan het einde van de opkweekperiode nog steeds dezelfde verschijnselen als de 'home planten' in bak 16.

Tabel 2 - Gemiddeld spruit-/wortelversgewicht (g vers) per bak en de spruit/wortelverhouding t=28.

beluchte behandeling	k 3,5 n=4		k 5,5 n=4		wissel n=2		3,5 n=4	
	bak 4	bak 13	bak 7	bak 16	bak 7	bak 16	bak 2	bak 14
spruit	37,59	44,74	39,43	12,45	41,93	17,46	44,2 6	26,26
wortel	13,98	13,55	12,68	7,63	11,64	9,92	11,3 3	12,44
spruit/wortel	2,69	3,30	3,11	1,63	3,60	1,76	3,91	2,11