

COLOFON

© 1998 Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een automatisch gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder schriftelijke toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced and/or published in any form, photoprint, microfilm or by any other means without written permission from the publisher.

Het Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij het gebruik van de gegevens in deze uitgave.

Financiering

Het Praktijkonderzoek Bloemisterij en Glasgroente wordt medegefinancierd door:



Productschap Tuinbouw
Postbus 93099, 2509 AB Den Haag
Tel. 070-3814631



Ministerie van Landbouw,
Natuurbeheer en Visserij
Postbus 20401, 2500 EK Den Haag
Tel. 070-3786868

Dit onderzoek is financieel ondersteund door de 'Werkgroep wortelverdikking' waarin participeren Landbouwschap, NVP, CBT, Hagelunie en NTS.

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

ISSN 1385 - 3015

WORTELVERDIKKING KOMKOMMER, ONDERZOEK 1E HELFT 1997

Effecten van pH, handling en inoculatie met Pseudomonas bacteriën

Project 1405

E. Hoogerbrugge
W. Verkerke

Naaldwijk, maart 1998

Rapport 133
Prijs f 25,-

Rapport 133 wordt u toegestuurd na storting van f 25,- op gironummer 293110 ten name van Proefstation Naaldwijk onder vermelding van 'Rapport 133, Wortelverdikking komkommer, onderzoek 1e helft 1997'.

INHOUD

SAMENVATTING	2
SUMMARY	2
KEYWORDS	2
1. INLEIDING	5
2. HERKOMST VOEDINGSWATER EN ANTIBIOTICUM	5
3. HORIZONTALE VARIATIE IN WATERGEHALTE	8
4. DROOGTESTRESS EN VERWONDEN IN WATERCULTUUR	11
5. TYPE VOEDINGSWATER	13
6. pH-WISSELINGEN EN VASTPAKKEN VAN POTTEN	14
7. pH-VERLOOP IN POTTEN ZONDER PLANTEN	19
8. pH BIJ OPKWEK IN VERMICULIET EN PERLIET	21
9. MECHANISCHE WEERSTAND IN PERLIET	25
10. POTGROOTTE EN HORIZONTALE VARIATIE IN WATERGEHALTE	26
11. INOCULATIE MET <i>PSEUDOMONAS</i>	27
12. HOE HERSTELLEN KOMKOMMERS ZICH HET BESTE VAN WORTELVERDIKKING	30
13. DISCUSSIE	32
14. CONCLUSIES	33
LITERATUUR	34
BIJLAGE	35

SAMENVATTING

In dit verslag worden de proeven beschreven die zijn uitgevoerd in de periode januari - juni 1997. In de eerste proeven is met kleinschalige proeven geprobeerd een modelsysteem op te zetten om wortelverdikking bij komkommer op te roepen. De teelt op watercultuur, het effect van verwonden, het effect van verschillende potbehandelingen zijn onderzocht. Geen enkel modelsysteem bleek te voldoen, want er ontstond vrijwel geen wortelverdikking. Daarnaast is in grotere opkweekproeven de rol van pH bij wortelverdikking onderzocht. Er kon echter geen enkel effect van pH worden aangetoond; niet van hoge pH, niet van lage pH en niet van wisselende pH. Bovendien bleek dat de pH in steenwol sterk is gebufferd. Ook bij een teelt in vermiculiet ontstond bij lage pH geen wortelverdikking. Verhogen van de mechanische weerstand in perliet geeft afwijkende wortels, maar geen wortelverdikking. Handling door het vastpakken en neerzetten van steenwolpotten met planten leek wel een rol te spelen. Inoculatie met verschillende *Pseudomonas* soorten leidde niet tot wortelverdikking. Uit een teeltproef met aangetaste planten bleek dat een combinatie van broesen bij de start, droge teelt met een goede drainage van de mat, en het aanhouden van een lage plantbelasting de beste strategie is om komkommers van wortelverdikking te laten herstellen. Het gebruik van AAterra had geen positief effect.

SUMMARY

The effects of some factors on the development of the thick root syndrome (TRS) with cucumber were investigated. Several experimental model systems were evaluated, but no satisfying results could be obtained. A role of pH could not be established. An increased mechanical resistance in perlite resulted in thicker, shorter roots, but not in TRS. Inoculation experiments with *Pseudomonas spp.* are described. To recover from TRS, plants should be stimulated to form new roots. This is probably best realised at a relative low water content in the slab and with a low fruit load.

KEYWORDS

Cucumis sativus, cucumber, rockwool, thickened root syndrome, TRS, curly roots, glassiness, thickening, secondary development, ethylene, mechanical damage, handling, recovery, water content, pH, fruit load, AAterra

1. INLEIDING

In de proeven aan wortelverdikking die tot nu toe op het PBG in Naaldwijk werden uitgevoerd ontstonden bij een hoog watergehalte kringelende wortels, maar de aantasting ontwikkelde zich niet tot duidelijke stadia van glazigheid (Van Moolenbroek & Verkerke, 1996). Alleen in een proef waarbij de planten erg nat werden geteeld in nieuwe steenwol waaraan gemalen verdikte wortels waren toegevoegd (Verkerke *et al.*, 1995) en een proef waarbij de planten in grof perliet met onderin een laagje water groeiden, ontstond er ook duidelijke glazigheid (Verkerke, 1997).

In dit verslag worden de proeven beschreven die door de eerste auteur zijn uitgevoerd in de periode januari - juni 1997. In eerste instantie is geprobeerd een modelsysteem te ontwikkelen waarmee de rol van verschillende betrokken factoren kon worden onderzocht. Daarnaast is de rol van pH onderzocht in steenwol, vermiculiet en perliet. Er is onderzoek uitgevoerd naar de rol van handling en mechanische weerstand. In samenwerking met de Universiteit van Utrecht zijn experimenten opgezet met verschillende *Pseudomonas* soorten. Tenslotte is in een teeltproef nagegaan hoe planten het beste kunnen herstellen van wortelverdikking.

2. HERKOMST VOEDINGSWATER EN ANTIBIOTICUM

2.1 INLEIDING

Een medewerker van een plantenkweker (Herkomst L) lukte het in december 1996 enkele malen om wortelverdikking op te roepen bij opkweek in witte plastic bakjes (nasi bakjes). Na een bezoek aan herkomst L en enige gesprekken is geprobeerd dit in een proef op het PBG te herhalen. In deze proef zijn daarnaast enkele behandelingen toegevoegd met antibioticum om de invloed van eventueel betrokken organismen te onderzoeken.

2.2 MATERIAAL EN METHODEN

proefnummer	97.02
ras	Ventura
zaairuimte	PBG kas 304 - 1
kasruimte	PBG kas 103 - 5
gezaaid	14 januari 1997, in pittenbak met vermiculiet
verspeend	21 januari 1997, 7 DNZ (dagen na zaaien); de planten waren toen 8 - 11 cm lang.
factoren	herkomst voedingswater, antibioticum, afdekken bakjes met folie
herhalingen	herkomst voedingswater: 5; antibioticum: 5; afdekken: 2.
voedingswater	herkomst PBG (afkomstig van bak 2 uit proef 97.01 met ijzerchelaten; De Kreij, 1997), EC = 2.3 mS/cm, pH = 5.6); herkomst L, verzameld in blauwe jerrycan (EC = 1.8 mS/cm, pH = 5.6)
antibioticum	0, 10 en 100 ppm CAP (Chloramphenicol, een bacteriedodend middel). Onmiddellijk na het verspenen werd aan de bakjes 0, 2 of 20 ml stockoplossing CAP toegevoegd.
afdekken	van elke behandeling werden de helft van de bakjes afgedekt met zwart/wit loopfolie tegen algengroei in het voedingswater.

bakjes	witte PP bakjes van 1000 ml (RS 180/65) met 500 ml voedingswater. In de doorzichtige deksel werden 5 gaten van 1 cm diameter geponst; vier voor een plantje, een in het midden voor het bijvullen van het voedingswater.
aantal planten opkweek	er waren 64 bakjes, elk met 4 planten, totaal 256 planten Voor een goede groei zouden de plantjes eigenlijk rechtop moeten staan. In steenwol lukt dit wel, maar bij een teelt op bakjes niet. Daarom werden de planten in een omgekeerd en ingeknipt koffiebekertje geplaatst of met een stokje rechtop gehouden. Twee maal per week werd de voeding bijgevuld en werden de wortels geïnspecteerd. Het toedienen van CAP werd tijdens de teelt niet herhaald.
zilvernitraat	Twee dagen na verspenen werden de planten van 1 bakje behandeld met 10 ppm AgNO ₃ (een ethyleenremmer). Na een dag bleek dat de wortels zwart waren geworden en waren alle planten slap gegaan. Deze concentratie is dus duidelijk letaal. Deze proef is niet verder voortgezet.
temperatuur	kieming bij T = 26°C D/N; opkweek bij Tdag = 23°C, Tnacht = 21°C
belichting	16 uur per dag
CO ₂	overdag 800 ppm
waarnemingen	tijdstip optreden van kringeling, verglazing, verdikking
einde proef	3 februari 1997
onderzoekers	Sandra van de Graaf, Kees de Kreij, Wouter Verkerke

2.3 RESULTATEN

In geen van de behandelingen is wortelverdikking opgetreden. In de niet-afgedekte behandelingen zonder antibioticum treedt veel algengroei op; het meest bij voeding PBG. In de met folie afgedekte bakjes en in de behandelingen met CAP ontstond geen algengroei en bleef de voedingsoplossing helder. Bij 10 ppm was de groei en ontwikkeling van de plant normaal, maar werden de bladeren sterk chlorotisch. De wortels vormden aan de uiteinden kleine verdikkingen die in de literatuur beschreven staan als het gevolg van ijzergebrek (Römheld & Marschner, 1981). Bij 100 ppm CAP groeiden de planten nauwelijks, werden sterk chlorotisch en stierven af. In de CAP behandelingen was de pH op 24 januari gezakt naar 5.3, terwijl de controle een pH van 5.8 had. Waarschijnlijk werden de chlorose en de afwijkende wortels dus niet door een te hoge pH veroorzaakt, maar door beschadiging van de chloroplasten door CAP.

2.4 DISCUSSIE

2.4.1 Oproepen aantasting

Het is niet gelukt om met deze teeltopstelling wortelverdikking op te roepen of over te brengen met water van L. De constructie met stokjes en koffiebekertjes voldeed niet om de planten rechtop te houden. Wellicht zijn in een volgende proef hiervoor steenwolpluggen bruikbaar.

2.4.2 Verschillen met de opzet bij L

Het is niet duidelijk waarom er met deze proefopzet er op het PBG geen wortelverdikking optrad en bij de plantenkweker wel. Bij doorvragen bleek dat de volgende verschillen tussen de PBG proeven en die bij herkomst L konden worden genoemd. Bij L was het aantal plantjes per bakje niet altijd gelijk; ook de verhouding tussen de hoeveelheid voedingswater en wortels was niet altijd constant. Aanvankelijk werd ook een ander type, slappere bakjes gebruikt, hoewel in een later stadium was overgestapt naar de in deze proef gebruikte bakjes, maar dan in een zwarte uitvoering. Maar ook met die bakjes was wel eens met twee plantjes per bakje wortelverdikking opgeroepen. Onze plantjes waren iets ouder op het tijdstip van verspenen. Verder bleek dat bij L in de eerste proeven vijf plantjes per bakje waren gebruikt en dat er nooit voedingswater tussendoor was bijgevuld. Verder waren de duidelijkste symptomen alleen opgetreden toen er werd opgekweekt in bakjes die vlak bij een grote partij aangetaste komkommerplanten stond.

2.5 CONCLUSIE

- Het is niet gelukt om met deze teeltopstelling aan te tonen dat wortelverdikking via water kan worden overgebracht of opgeroepen.

3. HORIZONTALE VARIATIE IN WATERGEHALTE

3.1 INLEIDING

Uit proeven is gebleken dat bij een constant laag watergehalte er geen kringeling optrad. Bij een constant hoog watergehalte ontwikkelden zich in steenwol, glaswol en veen wel kringelende wortels, het eerste stadium van wortelverdikking (Van Moolenbroek & Verkerke, 1996). In opkweek bij een plantenkweker wordt de steenwolpot enkele malen geheel verzadigd en droogt daarna langzaam op. Deze overgang van een hoog naar een lager watergehalte zou wellicht een rol kunnen spelen bij de ontwikkeling van wortelverdikking. Er zijn aanwijzingen dat er voor wortelverdikking een duidelijke verticale gradiënt in het watergehalte in de pot aanwezig moet zijn. In deze proef is nagegaan of een kunstmatig aangelegde horizontale gradiënt ook een rol zou kunnen spelen. Hiervoor werden komkommers opgekweekt in normale en behandelde potten. In de behandelde potten werden twee van de drie bruggen aan de onderkant afgezaagd, waardoor het water maar aan een kant van de pot kon worden opgenomen. Aanvullend werden potten aan een kant leeggezogen met een injectiespuit en werden twee manieren van watergift toegepast. De effecten op het watergehalte in de pot en op symptomen van wortelverdikking werden onderzocht. Deze oriënterende proef was kleinschalig opgezet.

3.2 MATERIAAL EN METHODEN (Tabel 1)

proefnummer	97.03
ras	Jessica
zaaidatum	21 februari 1997
factoren	type pot, watergift, uitzuigen (Tabel 1)
type pot	Grodan drie sterren (= controle); bij de behandelde potten was 1,4 cm van de onderkant weg gezaagd, waardoor twee van de drie bruggen ontbraken. Onder het afgezaagde gedeelte werd een blokje hout geplaatst van 1,4 x 2 x 6 cm om de pot te ondersteunen.
watergift	de steenwolpotten stonden in zwarte PP bakjes. De zwarte bakjes werden op 10, 14, 17, 19, 20, 21 en 24 dagen na zaaien (DNZ) gedurende 5 minuten met 1 cm voedingswater gevuld en daarna werd de plant opgetild en werd het bakje leeggegoten. Bij de behandeling continu werd er voor gezorgd dat er in de bakjes steeds een laagje water stond.
uitzuigen	In enkele van de afgezaagde potten werd op elke werkdag 30 ml voedingswater uit de steenwolpot gezogen met een spuit. Dit gebeurde aan de bovenkant van de pot op 1 cm van de hoekpunten die het verst verwijderd waren van de nog aanwezige brug.
uitdrogen	In een behandeling werd verder uitgedroogd door de pot enige tijd naast het bakje te zetten. Afgieten en opgieten van het voedingswater werd nagelaten om de kans op zuurstofverrijking in het water te voorkomen.
herhalingen	geen, proef in enkelvoud
aantal planten	7 behandelingen x 4 planten = 28 planten
locatie	zaaien PBG afd. 304 - 1 en opkweek PBG afd. 103 - 5
zaaien	droge potten werden gedompeld in voedingswater ($EC = 4.3 \text{ mS.cm}^{-1}$ en $pH 5.5$), waarna in het plantgat een pit werd gelegd en werd afgestrooid met vermiculiet nr 3.

kieming	tot 5 DNZ stonden de potten bij een ruimtetemperatuur van 25 - 26°C en bij een hoge RV in de kiembak van PBG afd. 304 - 1.
opkweek	op 26 februari (5 DNZ) werden de potten met gekiemde planten in zwarte bakjes in afdeling 103 - 5 gezet. De EC voedingswater was 2.26 mS.cm ⁻¹ en pH 5.30
klimaat	Tdag = 23°C / Tnacht = 20°C, 3° C boven stooklijn luchten overdag
CO ₂	dosering overdag 800 ppm
belichting	12 uur per dag, ongeveer 9 Watt/m ²
waarnemingen	watergehalte pot, kringeling, glazigheid en wortelverdikking op 33 DNZ
einde proef	26 maart 1997

3.3 RESULTATEN (Tabel 1, 2)

Tabel 1 - Het effect van watergift, type pot en uitzuigen op de ontwikkeling van wortelverdikking op 33 DNZ. Tijdens de hele opkweek staat een laagje water onder in het bakje (1, 5), of is de watergift volgens een normaal opzetschema (2, 3, 4, 6, 7). Type pot: normaal (1, 2, 5, 7) of 1 brug (3, 4, 6); extra uitdrogen door de pot enige tijd uit het bakje te plaatsen (5); extra uitdrogen door met een spuit water uit de pot te trekken (4, 6); Score kringeling (Kr) en Glazigheid (Gl): 0 = geen aantasting, 1 = lichte aantasting, 2 = matige aantasting.

nr	watergift	type pot	extra behandeling	kringeling	glazigheid
1	laagje water	normaal	-	1	0
2	normaal	normaal	-	1	0
3	normaal	1 brug	-	2	0
4	normaal	1 brug	extra uitzuigen	2	0
5	laagje water	normaal	extra laten uitdrogen	1	0
6	normaal	1 brug	extra uitzuigen, zonder plant	-	-
7	normaal	normaal	zonder plant	-	-

- Bij alle behandelingen is een lichte vorm van kringeling opgetreden.
- Afgezaagde potten met 1 brug geven meer kringeling, vooral in de pothelft met brug.

Tabel 2 - Het effect van afzagen en uitzuigen op het watergehalte in potten met en zonder plant (32 DNZ)

nr	watergift	type pot	extra behandeling	watergehalte in pothelft	
				met brug	zonder brug
4	normaal	1 brug	uitzuigen, met plant	65%	56 %
6	normaal	1 brug	uitzuigen, zonder plant	90%	65 %

- In de behandeling met plant is het watergehalte lager door de verdamping van de plant.
- De behandeling met afgezaagde potten en uitzuigen leidt tot horizontale verschillen in watergehalte.
- Het gedeelte met de brug heeft een hoger watergehalte.

3.4 DISCUSSIE

De resultaten uit deze proef geven aanwijzingen dat wanneer er een zekere gradiënt bestaat in het watergehalte binnen een pot, de kans op kringeling groter wordt. De gerealiseerde gehalten zijn overigens alleen door weging bepaald en niet gemeten met behulp van TDR. In afgesneden steenwolpotten was de gradiënt groter en kwam ook iets meer kringeling voor dan in alle andere behandelingen. De verschillen lijken ons echter niet groot genoeg om met deze opstelling verder te gaan.

3.5 CONCLUSIES

- In alle behandelingen was enige kringeling opgetreden, maar tussen de behandelingen waren geen duidelijke verschillen.
- Het is mogelijk om met deze opstelling horizontale verschillen in watergehalte aan te leggen, maar dit gaf slechts een geringe toename van de kringeling.
- De in deze opstelling aangelegde verschillen zijn te klein om met deze opstelling door te gaan.

4. DROOGTESTRESS EN VERWONDEN IN WATERCULTUUR

4.1 INLEIDING

Variatie in watergehalte is wellicht een van de factoren die een rol spelen bij wortelverdikking. In deze proef is nagegaan wat het effect is van een droogteperiode. Dit is gecombineerd met een behandeling waarbij de stengel verwond werd met een mesje en een behandeling waarbij een gedeelte van de wortels werd gesnoeid. De behandelingen werden aangelegd in een teelt op water om de waarnemingen aan de wortels beter te kunnen uitvoeren.

4.2 MATERIAAL EN METHODEN (Tabel 3)

proefnummer	97.04
ras	Jessica
locatie	gezaaid op PBG in 304 - 1 en opgekweekt in 103 - 5
zaaidatum	21 februari 1997
factoren	droogtestress, verwonding en wortelsnoei (Tabel 3)
zaaien	in een zaaitray werd een laag van 1 cm vermiculiet nr 3 gestrooid, waarna de zaden werden gelegd en er werd afgestrooid met net zo'n laag vermiculiet. Het geheel werd natgemaakt met leidingwater (EC 0.55 mS/cm, pH 7.84).
kieming	tot 5 DNZ stond de tray bij een ruimtetemperatuur van 25 - 26°C en bij een voldoende hoge luchtvochtigheid in de kiembak van PBG afd. 304 - 1 opkweek. Op 5 DNZ waren de plantjes 6 cm lang en werden ze in bakjes verder opgekweekt.
opkweek	in witte PP bakjes van 1000 ml met een doorzichtige deksel waarin vijf gaten zijn geponst. In de buitenste vier gaten staat een komkommerplantje; het middelste gat is voor watergeven. Op het doorzichtige deksel ligt zwart/wit folie (witte kant boven) tegen algengroei. Aan twee kanten is het folie met plakband aan het deksel bevestigd, waardoor het deksel niet kan worden vastgedrukt aan het bakje. In de bakjes staat een constant laagje van 900 ml voedingswater (pH 5.30 en EC 2.26 mS.cm ⁻¹). Na 14 dagen werd het water bijgevuld.
droogtestress	de planten werden met wortels en al een aantal minuten uit het water gehaald door de deksels op twee iets hoger geplaatste houten latjes te leggen. De planten stonden hierdoor nog met de hoofdwortel nog ongeveer 1 cm in het water. Er werd geprobeerd het water zo min mogelijk te bewegen zodat er geen verrijking met zuurstof zou kunnen optreden. De droogteperiode werd drie keer gegeven, waarbij een korte en een lange periode is aangehouden.
verwonden	met een scalpeermesje werd op twee momenten een wondvlak op het pootje vlak onder de lobbladeren geschraapt van ongeveer 2 - 3 mm. Het wondvlak bevond zich vlak onder de lobbladen.
wortelsnoei	ongeveer de helft van het aantal worteltopjes en enkele zijwortels werden met een mesje afgesneden.
grootte proef	5 behandelingen x 5 herhalingen x 4 planten per bakje = 100 planten;
klimaat	als in proef 98.02
waarnemingen	kringeling, verglazing en wortelverdikking op 10, 11, 14 en 18 DNZ
einde proef	11 maart 1997

Tabel 3 - Overzicht behandelingen proef 97.03

nr	behandeling	lengte van de droogte periode (minuten)	toegepast op DNZ
1	continu water (controle)	-	-
2	droogtestress	15, 15, 15	7, 10, 11
3	droogte tress	15, 30, 20	7, 10, 11
4	stam verwonden	-	7, 10
5	wortelsnoei	-	7, 10

4.3 RESULTATEN, DISCUSSIE EN CONCLUSIES

- Droogtestress, verwonden van de stam en wortelsnoei gaven in deze opstelling geen symptomen van wortelverdikking.
- De planten van behandeling 1, 4 en 5 ontwikkelden veel adventief wortels. In behandeling met droogtestress kwamen die niet voor.

5. TYPE VOEDINGSWATER

5.1 INLEIDING

Bij herkomst L was het een paar maal gelukt om alle stadia van wortelverdikking op te roepen. Dit gebeurde in een opkweek met verschillende typen voedingswater in PP bakjes. Het effect van verschillende typen voedingswater is in onderstaande proef onderzocht. De proef werd uitgevoerd op het PBG en bij herkomst L.

5.2 MATERIAAL EN METHODEN (Tabel 4)

proefnummer	97.05
ras	Sabrina
zaaidatum	18 februari 1997
factoren	type water, locatie opkweek (Tabel 4)
grootte proef	4 typen water x 2 locaties x 2 herhalingen x 4 planten per bakje = totaal 64 planten
type water	leidingwater, oud leidingwater van L, groentenschema L, rozenschema L
locaties	kas herkomst L en PBG Naaldwijk afd. 304 - 1 en 103 - 5
zaaien	bij herkomst L in vermiculiet nr 3 bij 25 °C.
opkweek	6 DNZ werden de plantjes verspeend bij L in PP bakjes (zie proef 97.04). Vervolgens is de helft van alle bakjes overgebracht naar het PBG en in afdeling 304 - 1 gezet bij een ruimtetemperatuur van 25 °C. 7 DNZ is van elk bakje de pH en EC gemeten (Tabel 4). 8 DNZ werden de plantjes overgebracht naar 103 - 5 waar ze op kweektafels zijn gezet. Het klimaat kwam overeen met proef 97.02.
waarnemingen	kringeling, glazigheid en wortelverdikking
einde proef	18 maart 1997

Tabel 4 - pH en EC-meting in de verschillende behandelingen op 7 DNZ

Locatie	type water	pH	EC (mS.cm ⁻¹)
PBG	leidingwater	7.2	0.61
L	leidingwater	7.3	0.60
PBG	oud leidingwater	6.8	0.40
L	oud leidingwater	7.0	0.36
PBG	groentenschema	5.9	2.20
L	groentenschema	5.9	2.15
PBG	rozenschema	6.3	1.13
L	rozenschema	6.1	1.16

5.3 RESULTATEN, DISCUSSIE EN CONCLUSIE

- Er zijn geen symptomen van wortelverdikking opgetreden

6. pH-WISSELINGEN EN VASTPAKKEN VAN POTTEN

6.1 INLEIDING

Er wordt vermoed dat pH-schommelingen een rol spelen bij wortelverdikking. In de mengbak zouden sommige meststoffen en zuren nog niet genoeg zijn uitgereageerd. Hierdoor zou een zekere hoeveelheid voedingsstoffen en zuur gescheiden bij de plant terecht komen, waardoor pH-schommelingen optreden en wortelverdikking ontstaat. Het doel van deze proef is na te gaan of er een invloed is van constante of van wisselende pH-niveaus op het ontstaan van wortelverdikking. Omdat in deze proef de voedingsbakken alleen met één groep tabletten kunnen worden verbonden, is de behandeling met wisselende pH uitgevoerd door de planten tijdens de opkweek naar een ander tablet te verzetten. Als controle werden ook planten beetgepakt en neergezet, maar niet van tablet verwisseld.

6.2 MATERIAAL EN METHODEN (Tabel 5)

proefnummer	97.06
ras	Jessica
zaaidatum	26 maart 1997
factoren	pH-niveau, pH-wisseling (Tabel 5)
pH	4 constante niveau's; 4.0, 5.5, 7.0 en 8.0.
wisseling	12 planten van de twee uiterste pH-niveaus werden 2x resp. 5x keer verplaatst naar tabletten met de andere pH op 9 en 14, resp. 9, 14, 16, 19 en 21 DNZ. Ter controle werden 12 andere planten net zoveel keer opgepakt en neergezet in hetzelfde tablet.
grootte proef	6 behandelingen, elk op 4 tabletten met 24 planten per tablet = totaal 576 planten; 1 tablet is opgevat als 1 herhaling. Per herhaling werden 12 planten beoordeeld. Bij het einde van de proef was het door omstandigheden slechts mogelijk om maar twee van de vier herhalingen te beoordelen.
locatie	PBG Naaldwijk 103 - 5
opkweek	op tabletten met voedingswater uit bakken, zonder recirculatie
substraat	Grodan 3 sterren steenwolpotten, drooggewicht 40 - 50 gram.
zaaien	de steenwolpotten werden gebroesd met het bij de behandeling behorende voedingswater tot het water aan de onderkant van de pot er uit kwam. Broesen benadert de in de praktijk gebruikelijke manier van natmaken op een zaailijn. Er werd zo een watergehalte gerealiseerd van gemiddeld 66%. Hierna werden de zaden gelegd en er werd afgestrooid met vermiculiet nr 3.
kieming	Tdag = 23°C / Tnacht = 21 °C, tot en met 2 DNZ zijn de potten afgedekt met doorzichtig plastic om een hoge luchtvochtigheid en een hogere temperatuur te realiseren tijdens de kieming.
uitzetten	9 DNZ werden de planten uitgezet. Elk potje stond op een vierkant stukje zwart zeil, zodat de pot op een vlak stukje stond en niet op de ribbels van het tablet.
watergift	op 6, 9, 12, 14, 16, 19, 20, 21 en 22 DNZ. Voor elke watergift werd de EC en pH in de bak gecontroleerd en zo nodig bijgesteld. De tabletten werden in twee groepen bediend. Eerst werden er drie pompen gedurende vijf minuten aangezet (behandeling 1 - 3) en daarna de

andere (behandeling 4 - 6). De afvoer van elk tablet stond dicht tijdens het watergeven. Een half uur nadat de laatste pomp was gestopt werd de afvoer weer geopend zodat het water werd geloosd.

EC en pH Een te hoge EC werd bijgesteld met leidingwater. Bij de start van de proef was de EC 2.5 mS.cm⁻¹; later werd dit 2.0 mS.cm⁻¹ omdat de EC in de pot anders te hoog zou gaan oplopen. Een te hoge pH werd bijgesteld met 2M HNO₃ (salpeterzuur); een te lage pH met Baskal (K₂CO₃). Bij een hogere pH dan 8.0 vond er neerslag plaats van calciumsulfaat; daarom konden de pH-trappen niet helemaal equidistant worden gekozen.

klimaat Tdag = 23°C / Tnacht = 21 °C, luchten + 3°C boven stooklijn

CO₂ overdag 800 ppm; 's nachts 500 ppm

waarnemingen groei en ontwikkeling, kringeling, verglazing en wortelverdikking

proefverzorging Piet Kortekaas, Ad Wiskerke

einde proef 18 april 1997

Tabel 5 - Overzicht behandelingen proef 97.06

nr	pH	handling
1a	4.0 constant	0 x vastpakken
1b	4.0 constant	2 x vastpakken
1c	4.0 constant	5 x vastpakken
2	5.5 constant	0 x vastpakken
3	7.0 constant	0 x vastpakken
4a	8.0 constant	0 x vastpakken
4b	8.0 constant	2 x vastpakken
4c	8.0 constant	5 x vastpakken
5b	4.0 - 8.0 - 4.0	2 x verzetten
5c	4.0 - 8.0 - 4.0 - 8.0 - 4.0 - 8.0	5 x verzetten
6b	8.0 - 4.0 - 8.0	2 x verzetten
6c	8.0 - 4.0 - 8.0 - 4.0 - 8.0 - 4.0	5 x verzetten

6.3 RESULTATEN (Tabel 6 - 9; Figuur 1)

Op 6 DNZ bleek dat de in de potten gerealiseerde pH duidelijk verschilde van de ingestelde waarde. De behandeling met pH 4.0 kwam rond de 6.0 uit. De twee hoogste pH-trappen waren wel redelijk goed in de pot gerealiseerd (Tabel 6). In de loop van de teelt liepen de pH-waarden van de twee laagste trappen verder op (Figuur 1).

In een additionele proef bleek dat het natmaken bij zaaien door broesen een duidelijk lager watergehalte gaf (66%) dan dompelen (86%) geeft, maar vanaf de eerste watergift waren deze verschillen weer verdwenen. Door het broesen waren er wel relatief veel blonde koppen. De beoordeling van plantkwaliteit en wortelverdikking staan in Tabel 7 - 9. Omdat er door omstandigheden maar twee van de vier herhalingen konden worden beoordeeld, is de geplande variantie-analyse achterwege gelaten.

Tabel 6 - Watergehalte WG (%), pH en EC (mS/cm) vlak voor en na de eerste watergift (6 DNZ) bij de zes pH behandelingen.

nr	pH ingesteld	voor eerste watergift			na eerste watergift		
		WG (%)	pH	EC (mS/cm)	WG (%)	pH	EC (mS/cm)
1	4.0	42	6.03	3.03	73	5.81	2.87
2	5.5	58	5.78	2.92	82	6.44	2.62
3	7.0	48	6.93	2.85	82	7.40	2.59
4	8.0	57	8.07	2.77	85	8.18	2.57
5	4.0	51	5.96	2.80	84	6.22	2.52
6	8.0	53	7.87	2.86	85	7.97	2.31

Tabel 7 - Het effect van constante pH in de voedingsoplossing op de aantasting van wortelverdikking bij komkommer. Watergehalte (WG), plantlengte (L), aantal bladeren (n), breedte tweede blad (B), plantgewicht (PG), verhouding plantgewicht/plantlengte (RPG), Kringeling en Glazigheid. Score wortelverdikking: 0 = geen aantasting, 1 = licht aangetast, 2 = matig aangetast, 3 = sterk aangetast.

pH	WG %	L cm	n	B cm	PG g	RPG g / cm	Kringeling	Glazigheid
4.0	28	55	6	27	94	1.70	1.00	0.33
5.5	34	56	6	27	92	1.66	1.67	1.00
7.0	31	48	6	25	93	1.95	1.33	0.67
8.0	31	48	6	26	88	1.85	1.33	0.67

- Tussen de vier constante pH-trappen zijn geen duidelijke verschillen in symptomen van wortelverdikking.
- Hoge pH (7.0 en 8.0) geeft kortere planten.

Tabel 8 - Het effect van 5 keer vastpakken van de pot bij twee pH constante niveaus op de aantasting wortelverdikking bij komkommer. Watergehalte (WG), plantlengte (L), aantal bladeren (n), breedte tweede blad (B), plantgewicht (PG), verhouding plantgewicht/plantlengte (RPG), Kringeling en Glazigheid. Score wortelverdikking: 0 = geen aantasting, 1 = licht aangetast, 2 = matig aangetast, 3 = sterk aangetast.

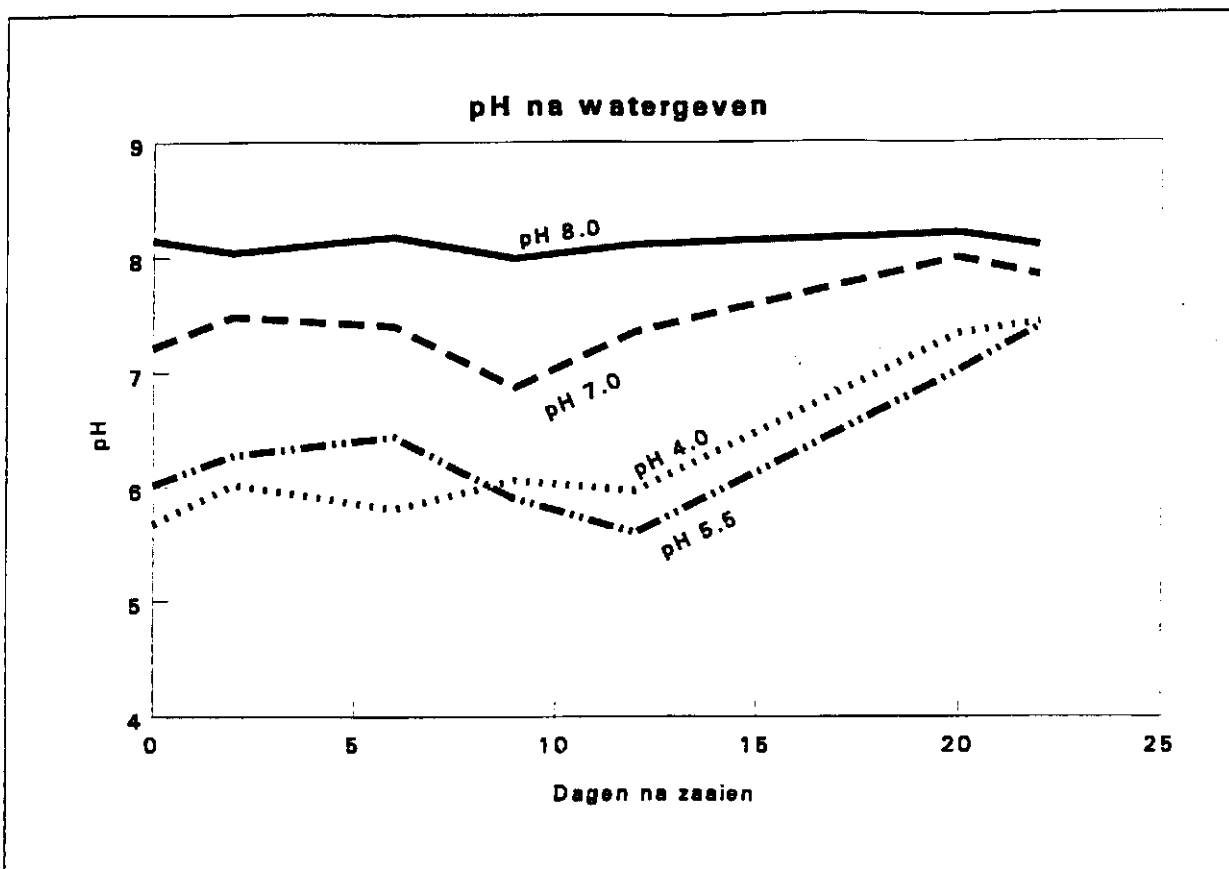
behandeling pH	WG %	L cm	n	B cm	PG g	RPG	Kringeling	Glazigheid
4.0 0 x	28	55	6	27	94	1.70	1.00	0.33
4.0 5 x	34	58	6	27	94	1.63	2.00	1.00
8.0 0 x	31	48	6	26	88	1.85	1.33	0.67
8.0 5 x	33	51	6	26	92	1.80	1.67	0.67
gemiddeld 0 x	30	52	6	27	91	1.78	1.17	0.50
gemiddeld 5 x	34	55	6	27	93	1.72	1.84	0.84

- Vastpakken van de pot geeft een lichte toename van de symptomen van wortelverdikking.

Tabel 9 - Het effect van pH-wisseling op de aantasting wortelverdikking bij komkommer. Watergehalte (WG), plantlengte (L), aantal bladeren (n), breedte tweede blad (B), plantgewicht (PG), verhouding plantgewicht/plantlengte (RPG), Kringeling en Glazigheid. Score wortelverdikking: 0 = geen aantasting, 1 = licht aangetast, 2 = matig aangetast, 3 = sterk aangetast.

behandeling pH	WG %	L cm	n	B cm	PG g	RPG	Kringeling	Glazigheid
4 5 x vastpakken	34	58	6	27	94	1.63	2.00	1.00
4 → 8 5 x verplaatsen	28	54	6	26	96	1.77	1.67	1.00
8 5 x vastpakken	33	51	6	26	92	1.80	1.67	0.67
8 → 4 5 x verplaatsen	32	51	6	26	92	1.79	1.00	1.00

- Het wisselen van extreme pH niveaus geeft geen toename in de symptomen van wortelverdikking.



Figuur 1 - Verloop van de pH in de pot tijdens de opkweek.

6.4 DISCUSSIE

Het niveau van aantasting lag in deze proef hoger dan in vorige PBG proeven. Wellicht is er een verband met het natmaken door broesen. De gebroesde potten zijn tijdens de kieming mogelijk minder homogeen vochtig dan de gedompelde potten.

Constante pH - De pH in de pot blijkt sterk gebufferd te zijn door het oplossen van de steenwol. Hierdoor kunnen de in de bak ingestelde pH-niveaus niet bereikt worden. In de praktijk zal dit ook optreden.

Wisselingen - Er zijn geen effecten van pH-wisseling op wortelverdikking gevonden. De schokken zoals die in deze proef werden uitgevoerd zijn zeer extreem en zullen niet zo gauw in de praktijk voorkomen. Het ligt dus niet voor de hand dat pH-schokken in de praktijk tot wortelverdikking kunnen leiden. De pH-schommelingen die in de praktijk gemeten worden, zouden wel een gevolg van wortelverdikking kunnen zijn, of een andere oorzaak kunnen hebben.

Handling - Planten die een aantal keren zijn vastgepakt hebben iets meer aantasting met wortelverdikking. In de praktijk worden planten ook wel verzet van de ene kasafdeling naar de andere. Handling is een factor die verder zou moeten worden onderzocht.

6.5 CONCLUSIES

- Vier constante pH-trappen en extreme pH-wisselingen gaven in deze proef geen verschillen in symptomen van wortelverdikking.
- Vastpakken van de pot geeft een lichte toename in kringeling en glazigheid.

7. pH-VERLOOP IN POTTEN ZONDER PLANTEN

7.1 INLEIDING

In een teeltproef kon met pH-schokken geen wortelverdikking worden opgeroepen (Hoofdstuk 6). In deze proef wordt het pH-verloop in steenwolpotten zonder planten gevolgd om de bufferende werking van steenwolpotten beter te beschrijven. Er wordt gewerkt met dezelfde pH-niveaus als beschreven in Hoofdstuk 6.

7.2 MATERIAAL EN METHODEN

proefnummer	97.07
inzet	26 maart 1997
kasruimte	PBG Naaldwijk 103 - 5
pot	steenwol, Grodan 3 sterren, drooggewicht 40 - 50 gram; elke pot staat in een apart nasi bakje.
factor	pH
pH trappen	4.0, 5.5, 7.0, 8.5
grootte proef	4 behandelingen x 4 potten = totaal 16 potten
EC	2.5 mS/cm
watergift	met een maatbeker wordt voeding van verschillende pH op de pot gegoten. Na een half uur wordt het overtollige water afgegoten.
uitvoering	op verschillende momenten na en tijdens de watergift wordt de pH gemeten door met een injectiespuit 30 ml per pot op te zuigen.
einde proef	11 april 1997.

7.3 RESULTATEN (Tabel 10, Figuur 2)

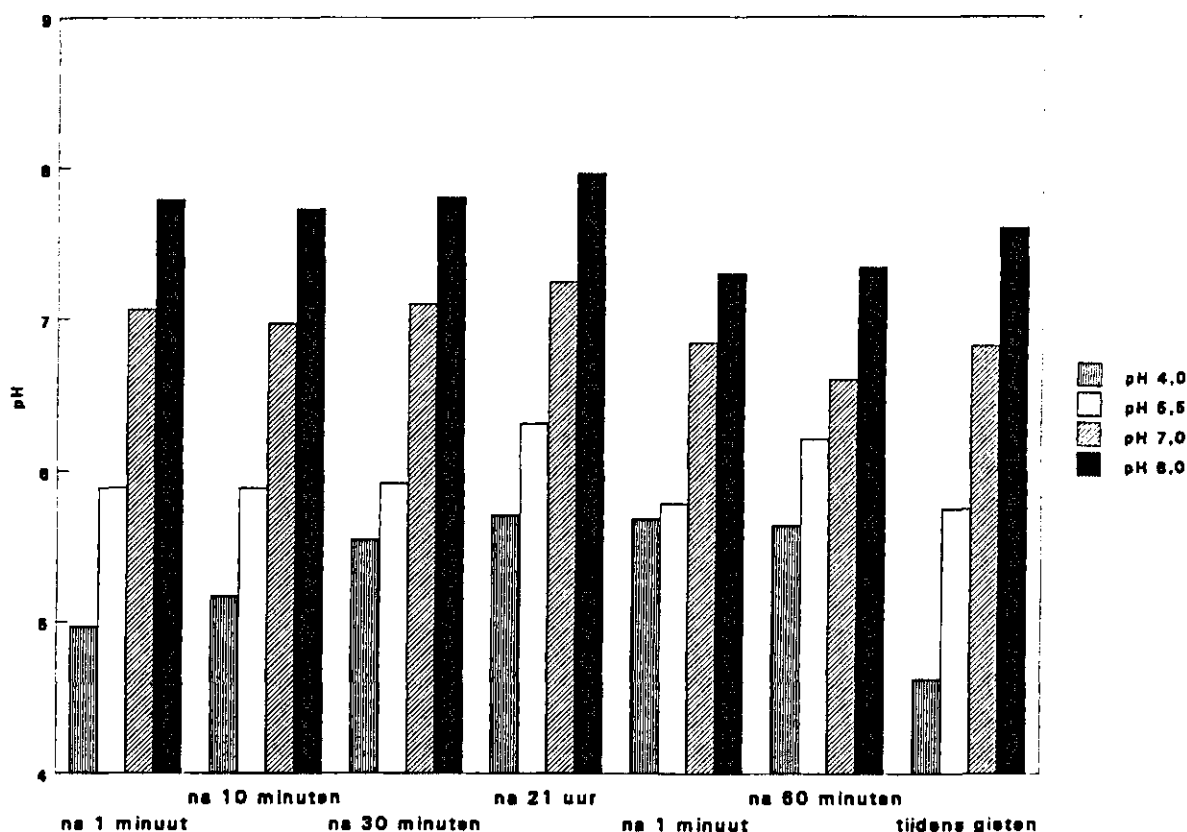
De pH wordt sterk gebufferd door de steenwolpot. Een pH van 4.0 is na 1 minuut al bijna een punt opgelopen en is na een dag boven de 5.5 (Tabel 10 en Figuur 2). Op de derde dag is geprobeerd om tijdens het gieten al de pH in de pot te meten. Hierbij goot 1 persoon de voeding aan, terwijl een tweede persoon met een spuit vocht opzoog uit de pot. Al tijdens het gieten bleek de pH een halve punt gestegen te zijn. Bij de hogere pH trappen treedt ook een snelle buffering op, maar hierbij zijn de verschillen natuurlijk minder groot als bij de laagste pH.

Tabel 10 - Het effect van drie gietbeurten met voeding van verschillende pH-niveaus op de pH in potten zonder planten. De beurten werden uitgevoerd op de 1e dag vlak voor de 1e meting, op de 2e dag vlak na de 4e meting en op de 3e dag tijdens de 7e meting.

dagnummer	1 ----- > 2 ----- > 3 ----- >				2 ----- > 3 ----- >		
	gietbeurt 1 ----- > 2 ----- > 3 ----- >				gietbeurt 2 ----- > 3 ----- >		
meting	1	2	3	4	5	6	7
tijd na gietbeurt	1' na	10' na	30' na	21 u na	1' na	60' na	0' (tijdens)
pH gietwater							
4.0	4.97	5.17	5.55	5.71	5.68	5.64	4.63
5.5	5.89	5.89	5.92	6.31	5.78	6.21	5.75
7.0	7.06	6.97	7.10	7.24	6.84	6.60	6.82
8.0	7.79	7.73	7.81	7.96	7.30	7.34	7.60

7.4 DISCUSSIE

Het is al eerder vastgesteld dat de steenwolpot een grote bufferende capaciteit heeft (Wim Voogt, PBG Naaldwijk, pers. meded.). Dit werd dus met deze proef nogmaals bevestigd. De schommelingen in de pH van het voedingswater zullen dus in de pot worden afgevlakt door de bufferende capaciteit van de pot. Daarom is het niet waarschijnlijk dat pH-schommelingen de oorzaak zijn van wortelverdikking. Het is niet uitgesloten dat de in de praktijk bij plantenkwekers waargenomen pH-schommelingen



Figuur 2 - Het effect van drie gietbeurten met voeding van verschillende pH op de pH in potten zonder planten. Zie voor legenda Tabel 10.

(R. ten Lohuis, NAKg, pers. meded.) het gevolg zijn van wortelverdikking. Om hier meer duidelijkheid over te krijgen zijn uitgebreide metingen in de praktijk noodzakelijk.

7.5 CONCLUSIE

- De pH wordt sterk gebufferd door de steenwolpot.

8. pH BIJ OPK WEEK IN VERMICULIET EN PERLIET

8.1 INLEIDING

Er wordt in de praktijk vermoed dat een lage pH of wisselende pH kan leiden tot wortelverdikking, omdat er zo vaak pH-schommelingen worden aangetroffen in aangetaste partijen. De redenatie is dan dat er wellicht bij lage pH stoffen uit steenwol of vermiculiet kunnen worden vrijgemaakt die schadelijk voor planten zijn. Tot nu toe kon er in proeven echter geen effect van wisselende of lage pH op wortelverdikking worden aangetoond (Hoofdstuk 6). Ook bleek dat de pH in de steenwolpot sterk is gebufferd (Hoofdstuk 7). Opkweekproeven waarbij voeding met een constant lage pH werd gebruikt, gaven nauwelijks een pH-daling in de pot en leidden ook niet tot symptomen van wortelverdikking, ook niet als er extra aluminium in de voeding was toegevoegd (Verkerke 1997). Door de verhouding $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$ in de voedingsoplossing te veranderen verlaagt de plant de pH in de pot, maar dit gaf pas meer kringeling boven de 3.25 mMol NH_4^+ ; bij de standaard hoeveelheid ammonium (1.25 mMol) ontstaat geen kringeling (Warmenhoven, 1997). Wellicht speelt hierbij een rol dat NH_4^+ in de wortels moet worden gereduceerd, terwijl NH_3 eerst wordt opgenomen en pas in de bladeren wordt gereduceerd. In proeven met komkommer op watercultuur kon zo met een hoge NH_4^+ gift lokale zuurstofstress in de wortels worden opgewekt die tot rottende wortels leidde (Matsumoto & Tamura (1981). In de PBG proeven was de hoeveelheid ammonium echter maar 17% van de totale stikstofgift, en ligt het dus niet voor de hand dat een hoge ammonium/nitraat verhouding aanleiding kan geven tot zuurstofstress in de wortels (Warmenhoven & Baas, 1997).

Voor de volledigheid is in deze proef ook onderzocht of er een pH-effect op wortelverdikking is in vermiculiet. Wellicht is de pH in vermiculiet niet zo gebufferd als in de steenwol. Om een eventuele interactie tussen lage pH en vermiculiet na te gaan werd in deze proef opgekweekt in vermiculiet of perliet, waarbij vanaf 4 dagen na zaaien voeding van lage of normale pH werd gegeven. Het doel van deze proef is na te gaan of er een invloed is van lage pH op de ontwikkeling van de eerste symptomen van wortelverdikking tijdens de opkweek van komkommerplanten.

8.2 MATERIAAL EN METHODEN (Tabel 11)

proefnummer	97.08
ras	Jessica
zaaidatum	25 april 1997
factoren	substraat, pH
substraat	vermiculiet nr 3, perliet (grof)
pH	vanaf 4 dagen na zaaien aangieten met pH 5.5 of 3.0
grootte proef	vier trays met twee pH-niveaus en twee substraten; 50 planten per tray; geen herhalingen
opkweek	in groene zaaitrays met substraat. In elke tray werd een 1 cm dikke laag vermiculiet of perliet gestrooid waarop 50 komkommerzaden werden gelegd. Na afstrooien met net zo'n laag werd het geheel natgemaakt met voedingswater (EC 2.0 - 2.5 mS/cm en pH 5.5) en tot 4 DNZ weggezet in een pittenbak (T dag/nacht 26°C ; RV geschat op 99%). 4 DNZ werden de groene zaaitrays overgebracht naar 103 - 5, waar de plantjes 14 dagen verder gekweekt bij een EC van 2.0 - 2.3 mS/cm en een klimaat als beschreven in Hoofdstuk 6. Na 11 dagen groeiden in alle behandelingen de meeste wortels tegen de bodem van de tray aan en gingen de wortels zich verder zijwaarts ontwikkelen. De

	pruiken van de afzonderlijke planten raakten zo steeds meer met elkaar verward en konden 14 dagen na zaaien niet meer van elkaar worden gescheiden. Daarom werd de proef na twee weken gestopt.
watergift	op 4, 5, 6, 7, 8 en 11 DNZ werd met een gieter 2 liter voedingswater met ingestelde pH aan de bijbehorende twee trays gegeven.
instellen pH	de standaard voedingsoplossing heeft een EC van 2.0 mS/cm en een pH van 5.68. Voor het instellen van de lage pH werd daarom 2 - 3 ml 2M salpeterzuur (HNO ₃) toegevoegd. Hierdoor steeg de EC tot 2.30 mS/cm.
waarnemingen	lengte van het hypocotyl (pootje), totale spanwijdte van 2 cotylen (lobbladeren), totaal plantgewicht, gewicht spruit, gewicht wortels, spruit/wortelverhouding en symptomen van wortelverdikking werden op verschillende dagen na zaaien beoordeeld. Ook werden er wortels gefixeerd voor microscopisch onderzoek (labnummer PBGN 9706).
einde proef	6 mei 1997

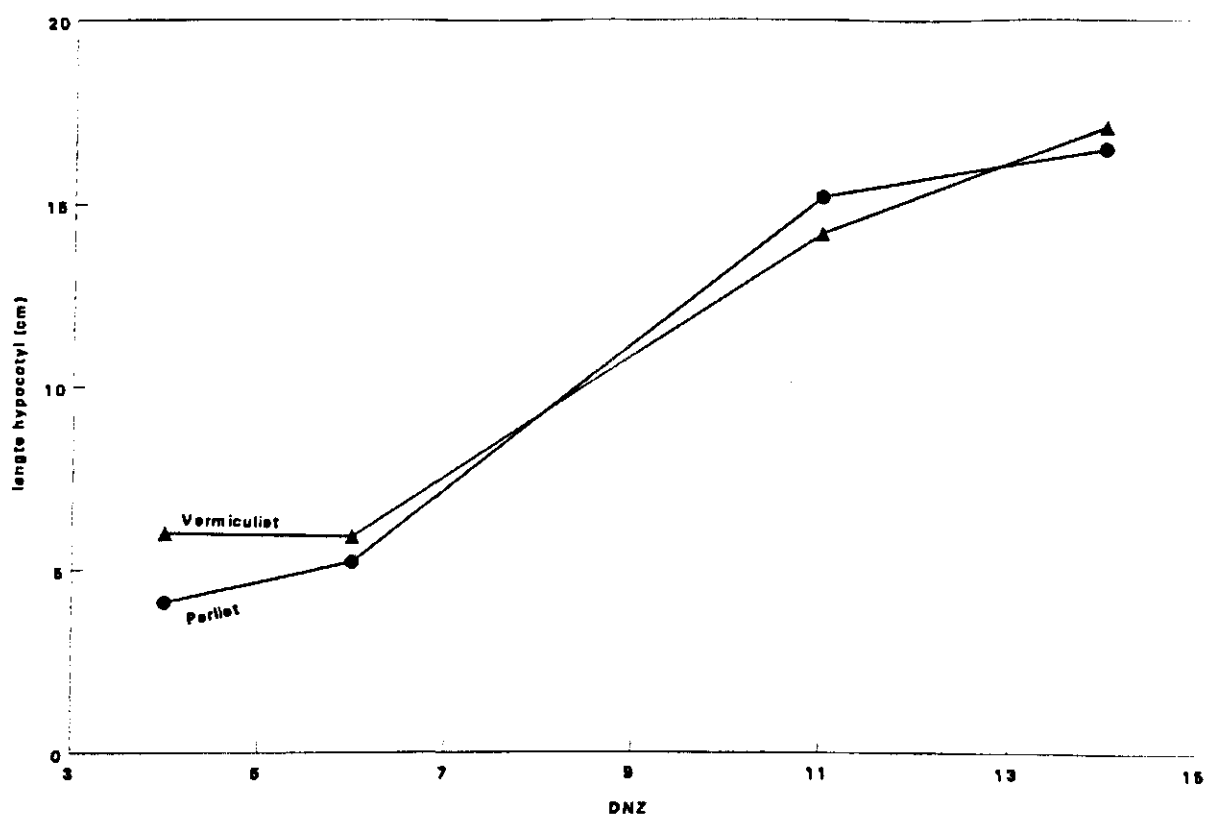
Tabel 11 - Overzicht behandelingen proef 97.08

tray	substraat	ingesteld		gerealiseerd	
		pH	EC (mS/cm)	pH	EC (mS/cm)
1	vermiculiet	5.5	2.0	5.62	1.96
2	perliet	5.5	2.0	5.62	1.96
3	vermiculiet	3.0	2.3	2.97	2.34
4	perliet	3.0	2.3	2.97	2.34

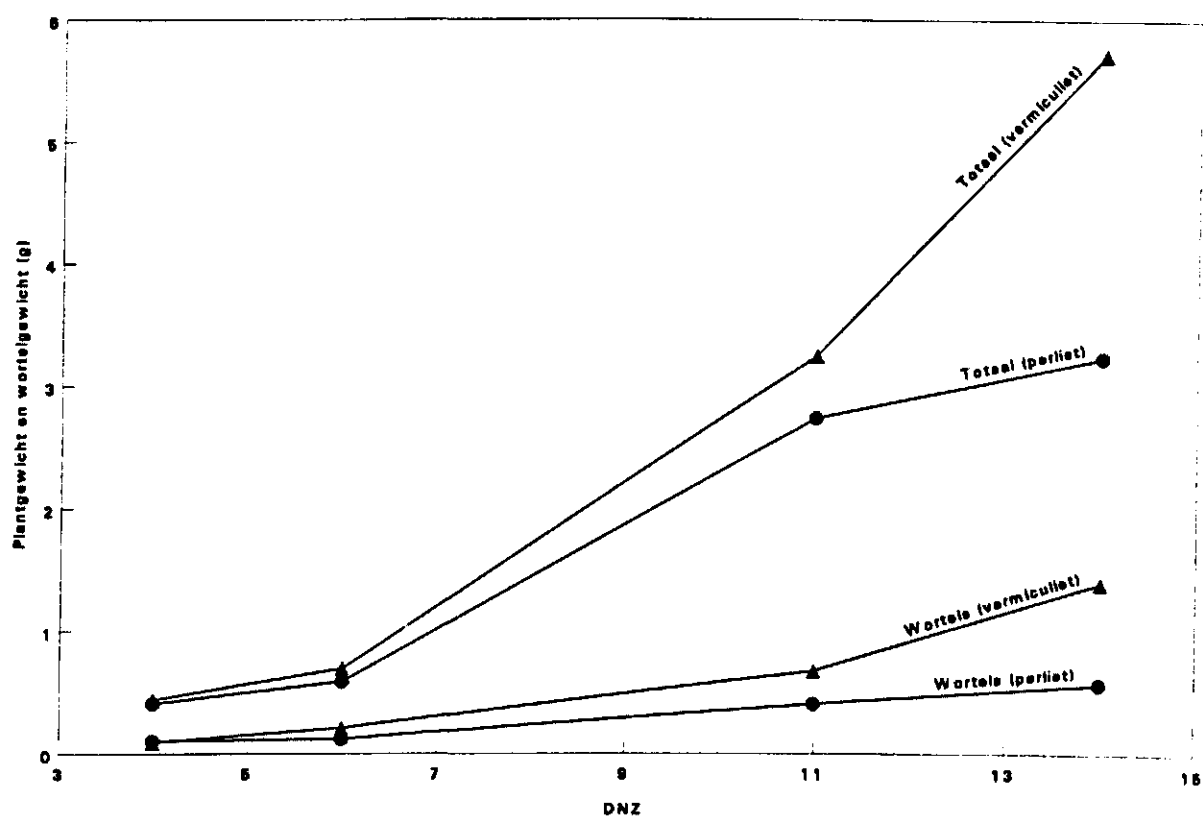
8.3 RESULTATEN (Figuur 3 - 5)

Plantgroei - Tussen de twee pH-trappen zijn binnen 1 substraat geen verschillen opgetreden in plantgroei. Er ontstonden wel duidelijke verschillen tussen planten van de twee substraten, maar deze waren gelijk bij normale en bij lage pH. Perliet gaf lichtere planten dan vermiculiet (Figuur 4), maar de plantlengte bleef gelijk (Figuur 3). De spruit/wortelverhouding nam in perliet snel toe, maar nam na 11 dagen weer iets af (Figuur 5).

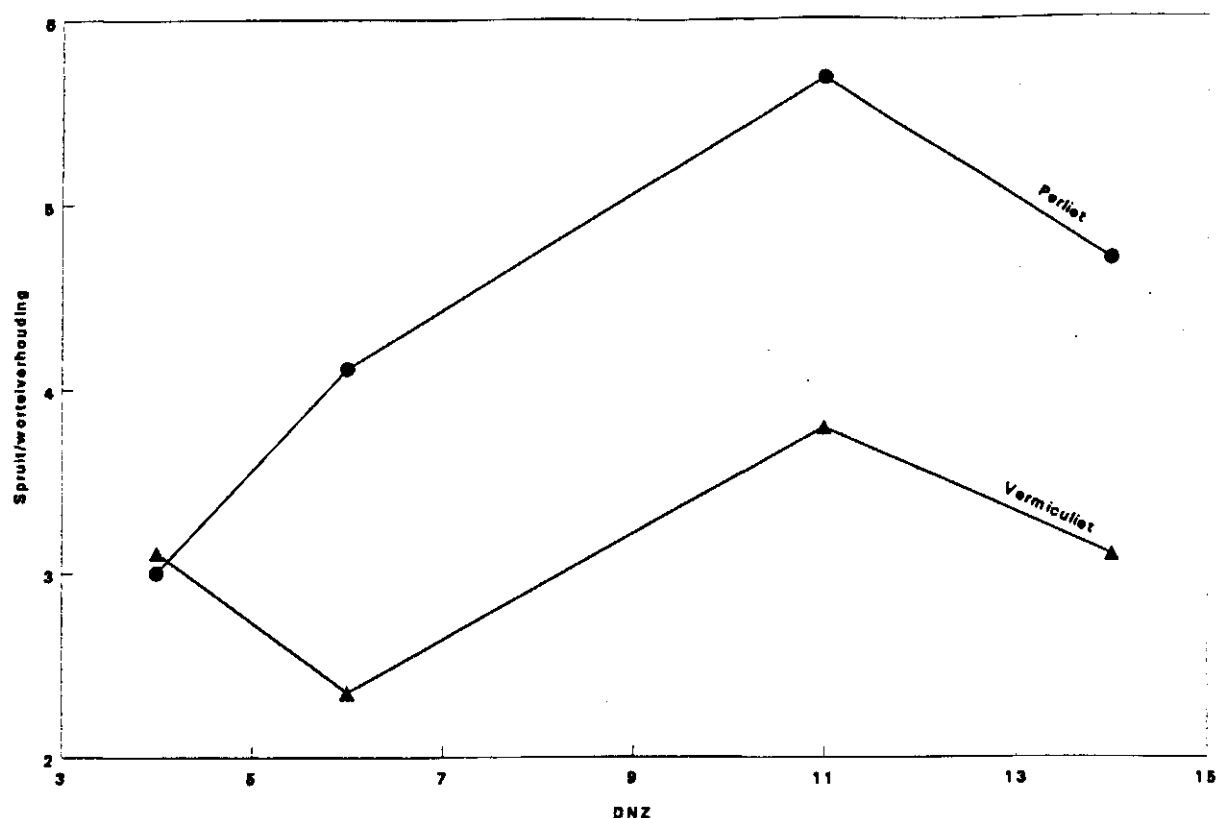
Wortels - Ook voor de wortels waren er geen verschillen tussen de pH-trappen, maar wel tussen de substraten. Vier dagen na zaaien bestonden de wortels van de vermiculiet planten uit een hoofdwortel met dunne, lange en witte zijwortels. Verschillende van deze zijwortels groeiden dwars door een stapeltje plaatjes vermiculiet zonder dat er zichtbare afwijkingen in de groei optraden. In perliet waren minder wortels gevormd en deze waren duidelijk korter, dikker en wat bochtig gegroeid, zowel bij lage als normale pH. Deze afwijkende groei werd waarschijnlijk veroorzaakt doordat de wortels niet in staat zijn om een perlietkorrel te doorboren, maar in plaats daarvan zich om een korrel heen moeten wurmen. Deze bochtigheid lijkt wel enigszins op de kringeling die bij wortelverdikking optreedt, maar het verschil is dat deze wortels helder wit zijn en niet glazig worden.



Figuur 3 - Het effect van twee substraten op de lengtegroei van het hypocotyl



Figuur 4 - Het effect van twee substraten op het plantgewicht en wortelgewicht.



Figuur 5 - Het effect van twee substraten op de ontwikkeling van de spruit/wortelverhouding.

Anatomisch werk wees uit dat in deze wortels alleen gelijkmatige celvergrotingen en celdelingen optreden en dat de epidermis intact blijft. Hierin verschillen deze afwijkende wortels van wortelverdikking (Verkerke & Kersten, 1997). Tot 11 dagen na zaaien bleven de verschillen in wortelmorfologie tussen perliet en vermiculiet bestaan, maar daarna vervaagden de verschillen, omdat er in de perlietplanten ook meer dunne, witte, niet-bochtige wortels werden gevormd.

8.4 DISCUSSIE

In de proef is geen wortelverdikking opgetreden, ook niet bij lage pH in vermiculiet. Bij de opkweek in perliet kwamen in deze proef bij de twee pH niveau's tot 11 dagen na zaaien afwijkende wortels voor. Microscopisch onderzoek gaf echter aan dat deze afwijkende wortels geen symptomen van wortelverdikking vertonen, maar waarschijnlijk een reactie van de wortel zijn op de grotere mechanische weerstand die de wortels in perliet ondervinden.

8.5 CONCLUSIE

- Opkweek in vermiculiet bij lage pH gaf in deze proef geen wortelverdikking.

9. MECHANISCHE WEERSTAND IN PERLIET

9.1 INLEIDING

Uit Hoofdstuk 8 bleek dat komkommers bij opkweek in perliet afwijkende wortels kunnen krijgen, maar dat deze geen symptomen van wortelverdikking vertonen. In deze oriënterende proef is nagegaan wat het effect is van mechanische weerstand bij teelt in perliet. Hiervoor werd, naar een idee van Hans Verhagen (PBG), met de Instron perliet samengeperst tot een pot. Planten die in deze perlietpotten waren opgekweekt werden vergeleken met planten die in los in een potje gestorte perliet waren opgekweekt.

9.2 MATERIAAL EN METHODEN

proefnummer	97.09a
ras	Jessica
factor	mechanische weerstand in perliet
perlietpot	met de Instron druk-trekbank, voorzien van een vlakke plaat en een ronde mal van 10 cm doorsnede, werd 10 cm middelgrove perliet met in het midden een kurk samengeperst tot 60% van de uitgangslengte, zodat een vaste structuur ontstond. De klomp perliet werd daarna voorzichtig uit de mal geduwd en met bruin plakband omwikkeld.
losse perliet opkweek	in een 10 cm zwart plantenpotje werd dezelfde perliet los gestort er werd op 7 juli 1997 gezaaid in de twee pottypen en vervolgens opgekweekt in 103 - 5. Elke pot stond in een nasi bakje waarin constant een laagje voedingswater ($EC = 2.0 \text{ mS/cm}$; $pH = 5.9$) werd aangehouden.
grootte proef	twee behandelingen met elk 6 planten
einde proef	29 juli 1997 (22 DNZ)

9.3 RESULTATEN EN DISCUSSIE

Vanaf 10 DNZ waren er duidelijke groeiverschillen tussen de twee typen potten. De plantjes in de losse perliet waren groter en lichter van kleur en hebben langere en dunnere wortels. De plantjes in de geperste potjes zijn kleiner en hebben minder wortels. De wortels zijn ook duidelijk korter en dikker en sterk bochtig.

9.4 CONCLUSIE

- Een hogere mechanische weerstand geeft in perliet kortere planten met dikkere en meer bochtige wortels, maar geen symptomen van wortelverdikking.

10. POTGROOTTE EN HORIZONTALE VARIATIE IN WATERGEHALTE

10.1 INLEIDING

In Hoofdstuk 3 is het effect van een horizontale gradiënt in het watergehalte onderzocht. In deze oriënterende proef zijn behandelingen uit die proef gecombineerd met verschillende potgrootten.

10.2 MATERIAAL EN METHODEN (Tabel 12)

proefnummer	97.09b
zaaien	op 28 april 1997 werd in kas 103 - 5 het ras Jessica gezaaid in Grodan drie sterren steenwolpotten en afgestrooid met vermiculiet nr. 3. De potten stonden elk afzonderlijk in een nasi bakje op een tablet.
grootte proef behandelingen	10 behandelingen met elk 4 potten afzagen pot tot 1 brug en uitzuigen als in Hoofdstuk 3; kleine potten werden uit een normale pot gezaagd; van een colablikje werd de deksel afgeknipt met een schaar. Na kieming werd de cilinder om het plantje tot onder aan in de steenwolpot gedraaid.
waarnemingen einde proef	plantgewicht, watergehalte pot en symptomen van wortelverdikking 22 mei 1997

10.3 RESULTATEN (Tabel 12)

Tabel 12 - Het effect van potgrootte op het gemiddeld plantgewicht, watergehalte pot en kringeling. Score wortelverdikking: 0 = geen aantasting, 1 = licht aangetast.

behandeling	volume pot (cm ³)	plant gewicht (g)	watergehalte pot (%)	kringeling
normale potten	500	94	61	0
potten afzagen en uitzuigen	468	51	52	1
kleinere potten	149	39	66	1
normale potten met afgezaagd colablikje	149	46	63	0

10.4 DISCUSSIE

- Geen van deze behandelingen gaf duidelijke symptomen van wortelverdikking
- Omdat er geen duidelijke toename in wortelverdikking optrad zijn deze oriënterende experimenten niet voortgezet.

11. INOCULATIE MET *PSEUDOMONAS*

11.1 INLEIDING

In dit experiment is met behulp van verschillende wortelkoloniserende fluorescerende *Pseudomonas* spp. nagegaan of ethyleen betrokken is bij het optreden van wortelverdikking. Hiervoor werden enkele stammen uit de bacteriecollectie van de projectgroep Fytopathologie (Universiteit van Utrecht) gebruikt die of ethyleen produceren, of 1-aminocyclopropan-1-carboxylaat (ACC) deamineren. ACC is in planten de directe precursor van ethyleen; ACC-deaminase zet ACC om in ammoniak en ketobutyraat. We verwachtten dat het toedienen van ACC deamineerders de ethyleen productie in de plant zal verlagen. Er zijn *Pseudomonas* soorten die buiten de wortel blijven (rhizosfeer stammen) en stammen die de wortel inwendig koloniseren (endofyten). De verwachting was dat de endofyten zowel ethyleen als ACC deaminase effectiever in de plant zouden kunnen brengen. Ter controle werden planten zonder toevoeging van bacteriën opgekweekt. Als extra behandeling werden planten behandeld met ACC.

11.2 MATERIAAL EN METHODEN

proefnummer	97.11
ras	Jessica
zaai/kasruimte	PBG Naaldwijk, kas 103 afdeling 5
zaaidatum	13 mei 1997
opkweek	zaaien in gebroesde of gedompelde potten (Grodan, 3 sterren drooggewicht tussen de 40 en 50 gram), afstrooien met vermiculiet (nummer 3).
temperatuur	's nachts 21°C, overdag 23°C en boven 26°C luchten
voeding	normaal schema, EC 2.00 - 2.50 mS/cm, pH 5.47 - 5.80. In de pot werd op 21 DNZ een EC van 3.46 mS/cm en pH van 7.51 gerealiseerd.
factoren	inoculatie met bacteriën, manier van natmaken pot
inoculatie	normaal, geen bacterie (controle); ACC; ethyleen producent (RS 112, rhizosfeer); ethyleen producent (EN 415, endofyt); ACC deamineerder (R 111, rhizosfeer) ACC deamineerder (RE 64, endofyt)
natmaken pot	dompelen, broesen
inoculatie	door het aangieten met een suspensie van bacteriën werd in de pot een concentratie van 10^7 bacteriën per ml steenwol gerealiseerd. De behandeling met RE 64 kreeg als eerste 20 ml suspensie toegediend, maar dit bleek gedeeltelijk door de pot heen te lopen. Daarom is bij de andere behandelingen steeds met 10 ml aangegoten. In behandeling 2 werd uitgaande van een potvolume van 600 ml, 0.1 mM ACC gerealiseerd.
broesen	met een slang werd voedingswater 2 tellen per twee stuks over de potten gebroesd, waardoor ongeveer 350 ml voedingswater per pot werd toegediend.
dompelen	per keer werden vier potten gedurende 15 tellen in een bak met voedingswater gedompeld zodat de meeste lucht uit de potten was ontsnapt.
grootte proef	6 behandelingen in 4 herhalingen met elk 24 planten = 576 potten. Elk tablet bevat 12 gebroesde en 12 gedompelde potten.
watgift	na het natmaken werd er water gegeven op 7, 10, 13, 15, 16, 17, 18,

19 en 20 DNZ. De eerste twee keren met de broeskop; daarna met eb/vloed.

nabroesen op 7 en 10 DNZ werd er nagebroesd met 9 liter leidingwater per tablet om bladverbranding tegen te gaan.

waarnemingen karakteristieken plant en pot, kringeling, verglazing, pH en EC in de pot.

proefverzorging Piet Kortekaas, Ad Wiskerke

proefnemers Peter Bakker (projectgroep Fytopathologie, Universiteit Utrecht), Erik Hoogerbrugge, Wouter Verkerke, Pim Paternotte (PBG Naaldwijk)

11.3 RESULTATEN (Tabel 13)

Het watergehalte van de gedompelde potten is aanvankelijk hoger (88%) dan bij gebroesde potten (70%).

Tabel 13 - Het effect van verschillende *Pseudomonas* stammen, ACC en de manier van natmaken van steenwolpotten op het optreden van wortelverdikking bij komkommerplanten. Watergehalte pot WG, plantlengte L, aantal bladeren n, breedte tweede blad B, lengte pootje (hypocotyl) Lp, gewicht pootje Gp, plantgewicht G, verhouding plantgewicht/plantlengte RPG, Kringeling Kr en Glazigheid Gl. Score wortelverdikking: 0 = geen aantasting, 1 = licht aangetast.

behandeling	WG %	L cm	n	B cm	Lp cm	Gp g	G g	RPG g/cm	Kr	Gl
controle	62	41	5.1	25	11.3	7.7	77	1.86	0.00	0.00
ACC	63	34	5.0	23	7.7	5.8	61	1.81	0.25	0.25
ethyleen producent (rhizosfeer)	58	40	5.0	25	10.1	7.4	76	1.89	0.00	0.00
ethyleen producent (endofyt)	58	39	5.0	25	10.2	7.4	72	1.84	0.00	0.00
ACC deamineerder (rhizosfeer)	59	39	5.0	25	10.1	7.4	72	1.85	0.00	0.00
ACC deamineerder (endofyt)	58	39	5.0	25	10.4	7.5	75	1.91	0.00	0.00
p	**	***	*	***	***	***	***	NS	NS	NS
LSD 5%	3	1	0.1	1	0.5	0.4	5			
Broesen	61	38	5.0	24	9.8	7.0	71	1.83	0.04	0.04
Dompelen	59	39	5.0	25	10.2	7.3	74	1.89	0.04	0.04
p	*	NS	NS	NS	**	*	*	NS	NS	NS
LSD 5%	2				0.3	0.2	3			

interactie bacterie x natmaken: alle NS

* = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$; NS = Niet significant

- Alle behandelingen met bacteriën geven iets kleinere planten
- ACC geeft duidelijk kleinere en lichtere planten, met kleinere bladeren en een korter pootje. Als gevolg van de mindere plantgroei is het watergehalte ook iets hoger.
- Broesen geeft een iets hoger watergehalte en iets kortere pootjes.
- In 1 herhaling van de behandeling met ACC was er bij dompelen en broesen een lichte aantasting met kringeling en verglazing opgetreden.

11.4 DISCUSSIE

De verschillen in watergehalte tussen de behandeling broesen en dompelen waren aanvankelijk vrij groot. Dompelen gaf in de eerste dagen na zaaien een ongeveer 20% hoger watergehalte, maar dit verschil verdween na 7 dagen toen er niet meer werd gebroesd, maar via het eb/vloed-systeem water werd gegeven. Broesen van potten gaf geen verschil in wortelverdikking ten opzichte van de gedompelde potten (Tabel 13). Het toevoegen van de vier bacteriestammen leidde in deze proef niet tot het ontstaan van kringeling of glazigheid. ACC gaf duidelijk kleinere planten, maar geen significante toename van symptomen van wortelverdikking. Wellicht is er een te lage dosis gebruikt of had de pot nog enkele malen tijdens de opkweek moeten worden aangegoten om een duidelijk effect te krijgen. Waarom er in deze proef geen symptomen van wortelverdikking zijn opgetreden is niet duidelijk.

11.5 CONCLUSIES

- In de gehele proef kwam slechts een enkele keer wat kringeling en verglazing voor.
- Inoculeren met *Pseudomonas* bacteriën leidde niet tot duidelijke symptomen van wortelverdikking.
- Behandelingen met ACC gaf geen wortelverdikking, alleen een korter hypocotyl.

12. HOE HERSTELLEN KOMKOMMERS ZICH HET BESTE VAN WORTELVERDIKKING

12.1 INLEIDING

In de praktijk komt het regelmatig voor dat telers komkommers moeten planten die zijn aangetast met wortelverdikking. Het doel van deze proef is gegevens te verzamelen om een advies te kunnen opstellen waarmee zo'n partij het beste kan herstellen. Voor deze proef zijn planten gebruikt die afkomstig waren van herkomst K. Ze waren afgekeurd door de NAKG en waren licht aangetast.

12.2 MATERIAAL EN METHODEN (Tabel 14)

proefnummer	97.10
plantmateriaal	Pyralis, op 16 april 1997 gezaaid in Cultilène pot en opgekweekt bij herkomst K; licht aangetast met wortelverdikking en afgekeurd door de NAKG.
opkweek	op 9 mei 1997 (23 DNZ) werd geplant in 103-7 op een Grodan 1-jarige Expert mat. De pH was 5.5 - 5.8; de druppel EC 2.7 mS/cm, de streefwaarde in de mat was 3.0 - 4.0 mS/cm; CO ₂ overdag 800 ppm; 's nachts 200 ppm. T dag 23°C / T nacht 21 °C, luchten + 3°C boven stooklijn. Het standaard indruppelschema (EC 2.9 mS/cm) werd gevolgd door startschema (3.0 mS/cm) en later door een aangepast bemestingsschema (2.7 mS/cm).
factoren	watergift, draineerhoogte, plantbelasting en AAterra (Tabel 14)
watergeven	Bij behandeling 1 wordt de pot na het poten een keer gebroesd met 0.5 liter voedingswater per pot; daarna wordt er water gegeven volgens het PBG watergeefmodel. In de behandelingen met extra watergift worden overdag 4 beurten per uur gegeven en 's nachts 1 beurt per uur. Later in de teelt werd de hoeveelheid beurten overdag opgevoerd tot 7 keer per uur.
drainage	bij normale drainage werd het draineerpunt aan de onderkant van de steenwolmat aangebracht; bij de behandeling met slechte drainage werd halverwege de hoogte van de steenwolmat op 2 cm een draineerpunt gemaakt van ongeveer 7 cm lengte.
plantbelasting	bij normale plantbelasting mochten vanaf het zevende oksel alle vruchten aan de plant komen; bij lichte plantbelasting werd het achtste en tiende oksel leeggemaakt.
AAterra	voordat de potten op de steenwolmat werden gezet werden planten van behandeling 6 gedompeld in een oplossing van 10 liter leidingwater + 2 ml AAterra.
grootte proef waarnemingen	zes behandelingen in 4 herhalingen, elk met zeven planten per veld, beoordeling gewas en wortels bij einde proef.
einde proef	16 juni 1997
proefverzorging	Piet Kortekaas, Ad Wiskerke

Tabel 14 - Overzicht van de behandelingen proef 97.10

nr	watergift	plantbelasting	draineerhoogte	AAterra
1	normaal + broesen bij poten	licht	onderaan mat	nee
2	normaal	licht	halverwege	nee
3	normaal	normaal	halverwege	nee
4	extra gift + nachtbeurten	licht	halverwege	nee
5	extra gift + nachtbeurten	normaal	halverwege	nee
6	normaal	normaal	halverwege	ja

12.3 RESULTATEN EN DISCUSSIE

De behandelingen gaven geen grote verschillen in gewaskwaliteit, maar de kwaliteit van de wortels in de mat verschilde duidelijk. Behandeling 1 gaf verreweg de beste wortels. Er waren hier veel nieuwe witte wortels gevormd en er waren geen nieuwe symptomen van wortelverdikking bijgekomen. Dit gold in iets mindere mate ook voor behandeling 2 en 3. In behandeling 4, 5 en 6 was de wortelverdikking duidelijk niet overgegaan. Er waren nog steeds op veel runners (Verkerke & Kersten, 1997) grote opgezwollen glazige klompjes zichtbaar, vooral onderin de mat. Deze matten waren ook duidelijk natter dan in de andere behandelingen.

12.4 CONCLUSIES

- Broesen bij het poten, een goede drainage en aanvankelijk een lage plantbelasting zijn aan te bevelen om aangetaste komkommers te laten herstellen van wortelverdikking. Het gebruik van AAterra wordt afgeraden.

13. DISCUSSIE

De onderzochte modelsystemen bleken geen succes. In geen enkele experimentele teeltopstelling kon wortelverdikking beter worden opgewekt dan in een te natte opkweek in steenwol. Deze lijn van onderzoek is daarom vanaf juni verlaten. Het accent kwam daarna te liggen op het analyseren van de opkweek bij plantenkwekers en de epidemiologie (Hoogerbrugge & Verkerke, 1997).

Er kon geen enkele rol voor pH bij het ontstaan van wortelverdikking worden gevonden. De resultaten toonden verder aan dat de pH in de pot sterk is gebufferd. De plant is zelf waarschijnlijk veel beter in staat de pH van het medium te veranderen (Warmenhoven & Baas, 1997). Het lijkt daarom mogelijk dat de pH-schommelingen die in de praktijk optreden niet de oorzaak, maar het gevolg van wortelverdikking zijn.

De rol van mechanische weerstand is onderzocht. Een hogere mechanische weerstand geeft weliswaar dikkere wortels, maar geen symptomen van wortelverdikking (Verkerke & Kersten, 1997).

Bij de opkweek van aangetaste planten is het van belang dat de plant nieuwe wortels gaat maken. De resultaten geven aan dat de regeneratie het best lukt als de wortels op zoek moeten gaan naar water. Telen met een aanvankelijk relatief droge mat lijkt daarom het beste te zijn. Broesen bij het poten heeft tot zeer goede resultaten in de praktijk geleid, niet alleen bij komkommer, maar ook bij aubergine (Verkerke, niet gepubliceerd). De rol van het broesen is echter niet duidelijk. Er wordt vaak aangenomen dat het broesen een giftige stof uit de pot spoelt, maar hier zijn geen harde bewijzen voor (Verkerke, 1996). Het is ook mogelijk dat de preferente stroombanen, die door de druppelaar in de pot worden gevormd, worden opgeheven door het broesen. Een broesbeurt zou wel eens tot een drogere pot en een drogere mat kunnen leiden, maar dit kan ook nog niet door concrete metingen worden gestaafd.

14. CONCLUSIES

- Het is niet gelukt om met experimentele teeltopstellingen wortelverdikking op te roepen.
- Het is niet gelukt om via water van een plantenkweker wortelverdikking over te brengen bij een teelt in nasi bakjes.
- Vier constante pH-trappen en extreme pH-wisselingen gaven geen verschillen in symptomen van wortelverdikking.
- Vastpakken en neerzetten van de pot geeft een lichte toename in kringeling en glazigheid.
- De pH wordt sterk gebufferd door de steenwolpot.
- Opkweek in vermiculiet bij lage pH gaf geen wortelverdikking.
- Een hogere mechanische weerstand geeft in perliet kortere planten met dikkere en meer bochtige wortels, maar geen symptomen van wortelverdikking.
- Inoculeren met *Pseudomonas* bacteriën leidde niet tot duidelijke symptomen van wortelverdikking.
- Behandeling met ACC gaf geen wortelverdikking, alleen een korter hypocotyl.
- Broesen bij het poten, een goede drainage en aanvankelijk een lage plantbelasting zijn aan te bevelen om aangetaste komkommers te laten herstellen van wortelverdikking.
- Het gebruik van AAterra wordt afgeraden.

LITERATUUR

- Hoogerbrugge, E. & W. Verkerke (1997) - Epidemiologie van wortelverdikking bij komkommer. PBG Rapport 122 (december 1997).
- Kreijl, C. de (1997) - Invloed van Fe(III)-DTPA chelaat op wortelverdikking bij komkommer. Intern verslag PBG 94 (april 1997).
- Moolenbroek, J. van, & W. Verkerke (1996) - Wortelverdikking bij komkommer. PBG Rapport 70 (december 1996).
- Matsumoto H. & K. Tamura (1981) - Respiratory stress in cucumber roots treated with ammonium or nitrate nitrogen. *Plant and Soil* 60: 195-204 (1981).
- Römheld V., & H. Marschner (1981) - Iron deficiency stress induced morphological and physiological changes in root tips of sunflower. *Physiol. Plant.* 53: 354-360 (1981).
- Verkerke, W., X. Berents, P. Paternotte, J. Kipp, H. van Gurp, S. Hofland & M. Schols (1995) - Wortelverdikking bij komkommer: de proeven van 1995. Intern verslag PBG Naaldwijk (december 1995).
- Verkerke, W. (1996) - Watergehalte pot cruciaal. *Groenten & Fruit / Vakdeel Glasgroenten* 40: 36 - 37 (4 oktober 1996).
- Verkerke, W. (1997) - Natte voeten zijn taboe voor gezonde wortels. *Groenten & Fruit / Vakdeel Glasgroenten* 10: 8 - 9 (7 maart 1997).
- Warmenhoven, M. (1997) - Zuurstofgebrek heeft niets te maken met dikke wortels. *Groenten & Fruit / Vakdeel Glasgroenten* 29: 11 (18 juli 1997).
- Warmenhoven, M. & R. Baas - De invloed van substraat, zuurstofvoorziening en pH op het optreden van wortelverdikking bij komkommer. PBG Rapport 96 (mei 1997).

BIJLAGE

De resultaten van dit onderzoek werden door Erik Hoogerbrugge samengevat in Groenten & Fruit/Vakdeel Glasgroenten 46: 16-17 (14 november 1997).

AFWIJKENDE pH GAF GEEN DIKKE WORTELS

Het is nog steeds niet duidelijk wat de oorzaak is van wortelverdikking bij komkommer. Er zijn enkele factoren aan een nader onderzoek onderworpen. Het proefstation werkt hierbij nauw samen met andere instituten.

Vroege aantasting moeilijk te herkennen - Het blijkt dat een vroege aantasting met wortelverdikking bij komkommer vaak niet herkend wordt. Ongeveer zeven dagen na zaaien zijn de aangetaste planten kleiner en donkerder dan gezonde planten. In het plantgat zijn dan al glazige, iets opgezwollen wortels te vinden. Om zekerheid te krijgen of een partij pootbare planten is aangetast, moet er niet alleen onder de pot worden gekeken, maar zullen er ook steekproefsgewijs enkele potten moeten worden opengebroken om het plantgat te controleren op glazige of kringelige, bibberig weggroeiende wortels. Natuurlijk tref je in pootbare planten geen pinkdikke wortels aan, die treden pas op als de aangetaste planten aan de draad zijn. Ook worden zogenaamde runners vaak voor wortelverdikking gehouden. Dit zijn echter normaal verdikkende wortels die een transportfunctie hebben. Onderzoek heeft aangetoond dat in runners nooit enige vorm van glazigheid is opgetreden. Veel van deze stadia in de ontwikkeling van wortelverdikking worden afgebeeld in het fotoboekje dat bij het Proefstation in Naaldwijk is te bestellen.

pH tijdens de opkweek - Er is dit voorjaar aandacht besteed aan de effecten van pH tijdens de opkweek. In proeven werden planten behandeld met constant hoge (pH 8.0), constant lage (pH 4.0) en wisselende zuurgraad. Hierbij werden planten totaal vijf keer van het ene tablet naar het andere overgezet. Het bleek dat geen enkele pH behandeling leidde tot wortelverdikking, maar dat het verzetten van de planten wel effect had. In de behandeling waarbij de planten 5x waren opgetild en neergezet ontstond meer kringeling en glazigheid dan in de controle die niet was aangeraakt tijdens de opkweek. Wellicht wordt door deze handling de gevoeligheid voor wortelverdikking vergroot. In deze en in andere proeven was het opvallend hoe sterk de pH in de steenwolpot was gebufferd. Bij het aangieten met voedingswater van pH 3.0 was binnen een seconde de pH in de pot al weer met een vol punt gestegen. Werd er na een minuut een monster getrokken dan was de pH nog hoger.

pH en Vermiculiet - Er wordt nog wel eens gedacht aan aluminiumvergiftiging als mogelijke oorzaak van wortelverdikking. In proeven en uit literatuuronderzoek was gebleken dat als er vrij aluminium in het voedingswater zou optreden, dat dit onmiddellijk met het aanwezige fosfaat een blauwe neerslag zou vormen, zodat het uitgesloten lijkt dat de plant in contact kan komen met vrij aluminium. Ook de benodigde lage zuurgraad voor het voorkomen van vrij aluminium in steenwol kan niet bereikt worden, omdat de pH in de pot sterk is gebufferd. Verder lijken de symptomen van wortelverdikking niet op die van aluminiumvergiftiging, want dat begint altijd met bruine wortelpuntjes, terwijl wortelverdikking begint met kringeling en verglazing. Om alle mogelijkheden uit te sluiten is echter nog een proef uitgevoerd waarbij werd opgekweekt bij pH 3.0 in vermiculiet, omdat de pH hierin niet zo sterk gebufferd kan zijn als in steenwol. Als controle werd er opgekweekt bij pH 5.5 in vermiculiet en in perliet. Het bleek echter dat er bij lage pH in vermiculiet geen wortelverdikking optrad; de wortels waren op het oog perfect in conditie. Er zijn dus uit proeven en literatuuronderzoek geen aanwijzingen gekomen dat aluminiumvergiftiging op enige wijze betrokken is bij wortelverdikking.

Bacterieproeven - In eerdere proeven bleek dat door het toevoegen van ethyleen de wortels sterk verdikken, terwijl de plantjes kort en donkergroen blijven. Maar er ontstaat dan geen glazigheid. Na overleg met deskundigen van de Universiteit Utrecht is een gezamenlijke proef uitgevoerd waarbij aan de plant een voorloper van ethyleen (ACC) werd toegediend. Met ACC kan de plant zelf ethyleen aanmaken, zodat het op de juiste plaats en op het juiste moment werkzaam zou kunnen zijn. Ook werden enkele bacteriën toegevoegd. Deze (onschuldige) bacteriën zijn in staat om ACC aan te maken of juist af te breken. We hoopten deze bacteriën als fijnmazig gereedschap te kunnen gebruiken voor het toedienen van ethyleen om zo de betrokkenheid van ethyleen te onderzoeken. Er ontstond echter geen wortelverdikking in de proef. Wel bleven de met ACC behandelde planten sterk achter in groei, met name in de lengte van het pootje.

Wat te doen met partij aangetaste planten - Als wortelverdikking optreedt in een partij planten is goede raad duur. In een proef is daarom onderzocht hoe om te gaan met al aangetaste planten, waarbij het effect van drainage en het gebruik van middelen is bekeken. Toen de ranken op lengte waren werden de wortels onderzocht. In een behandeling met goed gedraineerde matten (snee voor draineren onderaan) waren de eerste symptomen (hoofdwortel duidelijk verdikt) nog wel aanwezig, maar er waren geen nieuwe symptomen bijgekomen. In de minder goed gedraineerde matten (snee voor drainage in het midden) waren er echter naast de eerste symptomen ook op diverse plekken glazige wortels ontwikkeld, vooral in het bovenste stuk van de mat. Verder bleek dat het toevoegen van middelen geen remedie is tegen wortelverdikking. Het gebruik van middelen wordt daarom afgeraden, tenzij er *Pythium* dreigt. Het advies aan tuinders blijft om onmiddellijk na het poten de pot flink te broesen; meer druppelbeurten geven heeft geen enkele zin. Daarna moet er zo droog mogelijk worden geteeld, zodat de plant gedwongen wordt veel nieuwe wortels aan te maken. Laat de EC echter niet te veel oplopen. In de praktijk is gebleken dat een aangetaste plant wel weer nieuwe wortels kan maken; hou er echter rekening mee dat zo'n plant vroeg of laat toch weer gaat staan te krengen, vooral als de plantbelasting hoog wordt. Geef de planten de tijd om voldoende nieuwe wortels te maken, voordat de eerste vrucht wordt aangehouden. De ervaring leert dat een gewas op deze wijze behandeld, tot een aanvaardbaar produktieniveau kan komen.

Samenvatting

- Bij onderzoek naar de oorzaak van wortelverdikking bij komkomer bleek dat geen enkele pH-behandeling leidde tot wortelverdikking.
- Het verzetten van de planten had wel effect.
- Het onderzoek gaf geen aanwijzingen dat aluminium op enige wijze betrokken is bij wortelverdikking.
- De rol van zuurstofgebrek wordt onderzocht.
- De betrokkenheid van ethyleen wordt nog nader onderzocht.