

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

ISSN 1385 - 3015

WORTELVERDIKKING BIJ KOMKOMMER

Resultaten van de eerste serie proeven van 1996

Proefnummer 6112.08

J. Van Moolenbroek
W. Verkerke

Naaldwijk, december 1996

Rapport 70
Prijs f 25,-

Rapport 70 wordt u toegestuurd na storting van f 25,- op gironummer 293110 ten name van PBG-Naaldwijk onder vermelding van 'Rapport 70, Wortelverdikking bij komkommer'.

INHOUD

SAMENVATTING	4
SUMMARY	4
KEYWORDS	4
1. INLEIDING	5
2. WATERGEHALTE, OPKWEKEDIUM EN INOCULATIE	6
3. WATERGEHALTE EN POTGEWICHT	12
4. FORMALDEHYDE	16
5. WATERGEHALTE BIJ EEN NORMALE OPKWEK	19
6. DISCUSSIE	24
7. CONCLUSIES	24
8. DANKWOORD	24
LITERATUUR	25
BIJLAGEN A - C	26

SAMENVATTING

De invloed van enkele factoren op wortelverdikking bij komkommer zijn onderzocht in een experimentele opkweek-opstelling en in een praktijksituatie. Opkweek bij een constant hoog watergehalte leidde in alle onderzochte opkweekmedia tot kringelende en soms ook glazige wortels. Deze eerste stadia van wortelverdikking zetten echter niet altijd door. Bij een constant laag watergehalte traden geen verschijnselen van wortelverdikking op. Inoculatie met een papje van verdikte wortels leidde niet tot een toename in aantasting. Het droog potgewicht beïnvloedt in de experimentele opkweek het uiteindelijk gerealiseerde watergehalte in de pot, maar had in deze proeven geen invloed op de aantasting. Toevoegen van formaldehyde aan de voedingsoplossing leidde niet tot wortelverdikking. In een normale opkweek gaat een hoog gemiddeld watergehalte samen met een ernstiger aantasting. De hypothese is dat wortelverdikking hetzij het directe gevolg is van een gebrekkige zuurstofvoorziening van de wortels, dan wel het gevolg is van een bepaalde chemische reactie die alleen onder zuurstof-arme omstandigheden in het medium kan optreden.

SUMMARY

The effects of some factors on the development of the thick root syndrome (TRS) with cucumber were investigated in an experimental system and on a commercial nursery. There are indications that the water content of the rockwool pot plays a role in the development of curly roots, which is considered to be the first symptom of TRS.

KEYWORDS

Cucumber, rockwool, glasswool, peat, formaldehyde, water content, thick root syndrome, curly roots, glassiness, thickening

1. INLEIDING

Perspectief - Wortelverdikking bij komkommer heeft de afgelopen jaren voor enkele miljoenen aan schade veroorzaakt. Dit heeft geleid tot grote onzekerheid in de sector. Het PBG heeft vanaf 1996 aan dit probleem onderzoek uitgevoerd onder de paraplu van de werkgroep wortelverdikking bij komkommer (Stallen, 1996). In deze werkgroep zijn naast het PBG ook de Hagelunie, het Landbouwschap, CBT, NVP en NTS vertegenwoordigd. Op het PBG is een interne stuurgroep geformeerd die regelmatig bijeenkomt. Verschillende onderzoekers binnen de gehele organisatie leveren met hun specifieke deskundigheid een bijdrage aan het project. Het PBG heeft verder meegewerkt aan een door de Hagelunie georganiseerde, groot opgezette enquête onder tuinders. Naast de problemen bij komkommer spelen er momenteel ook afwijkingen in het wortelstelsel bij andere gewassen. Aan deze problemen wordt ook gewerkt door een nauwkeurige beschrijving van de symptomen op te stellen en microscopisch onderzoek van de wortels uit te voeren. Deze gegevens worden vergeleken met de grote vergelijkingscollectie die op het PBG van wortelverdikking bij komkommer is aangelegd. Omdat het onzeker is of het bij de andere gewassen om hetzelfde verschijnsel gaat en omdat komkommer een snelle groeier is, zijn de proeven uitgevoerd met komkommer. Er zijn in de loop van het jaar verschillende proeven gedaan waarvan dit verslag de eerste weerslag is. De proeven werden opgezet en uitgevoerd door de eerste auteur, terwijl de tweede auteur de laatste hand aan het verslag legde. Naast deze proeven aan wortelverdikking zijn er in Naaldwijk onderzoeken voor de Nederlandse Vereniging van Plantenkwekers (NVP) en voor Cultilène uitgevoerd. Sinds september 1996 is op het PBG Naaldwijk een nieuwe serie proeven in uitvoering. Daarnaast is ook op het PBG Aalsmeer een serie proeven gestart. Van deze twee series proeven wordt apart gerapporteerd.

Symptomen - De eerste symptomen van wortelverdikking zijn alleen in de pot waarneembaar als kringeling van de fijnste wortels. In het daarop volgende stadium treden er celdelingen op in het schorsweefsel van de iets minder fijne wortels. Hierdoor ontstaan kringelige verdikkende wortels met een karakteristiek glazig aspect. Als de symptomen doorzetten kunnen zich door secundaire diktegroei uiteindelijk pinkdikke wortels ontwikkelen (Verkerke, 1995a, b; Verkerke & Kipp, 1995). Vaak sterft een gedeelte van de wortels af. De planten zijn bovengronds aanvankelijk herkenbaar aan een achterblijvende groei en een iets donkere kleur. Verder kan in extreme gevallen de pot soms opzwellen door de hoeveelheid dikke wortels. Bij de tuinder zijn de bovengrondse symptomen: achterblijvende groei, kleiner en donkerder blad, slechte uitgroei van de rank en vruchtabortie.

Hypothese - Het bleek dat de eerste symptomen van de aantasting konden worden opgeroepen bij een hoog watergehalte (Verkerke *et al.*, 1995). Als werkhypothese werd aangenomen dat wortelverdikking hetzij het directe gevolg is van een gebrekkige zuurstofvoorziening van de wortels, danwel het gevolg is van een bepaalde chemische reactie die alleen onder zuurstof-arme omstandigheden in het medium kan optreden. Voor een overzicht van de mogelijk betrokken fysiologische processen wordt verder verwezen naar Verkerke *et al.* (1995).

Opzet - In dit onderzoek is geprobeerd de omstandigheden waarbij wortelverdikking kan optreden nauwkeuriger te omschrijven. Daarnaast zijn ook enkele ideeën uit de praktijk onderzocht. Hiervoor werd opgekweekt in een experimentele opkweek-opstelling op het PBG en zijn er waarnemingen bij een plantenkweker uitgevoerd.

2. WATERGEHALTE, OPKWEKEDIUM EN INOCULATIE

2.1 INLEIDING

Uit eerder onderzoek was gebleken dat wortelverdikking bij komkommer bij een hoog watergehalte kon worden opgeroepen in verschillende substraten. In de onderstaande proef zijn de factoren watergehalte en opkweekmedium in een grotere opzet en onder nauwkeuriger gedefinieerde omstandigheden opnieuw onderzocht, waarbij ook het effect van inoculatie met een papje van gemalen dikke wortels is meegenomen. In de vorige proeven werd voor de zekerheid een papje meegegeven om de kans op aantasting zo groot mogelijk te maken. Het was wel al gebleken dat een papje van verdikte wortels evenveel besmetting gaf als een papje van normale wortels. In deze proef is vergeleken of een papje van verdikte wortels meer aantasting geeft dan leidingwater.

2.2 MATERIAAL EN METHODEN (Tabel 1; Bijlage A - B)

ras	Aramon
zaaidatum	26 februari 1996
kasruimte	PBG Naaldwijk 103 -13
factoren	watergehalte, opkweekmedium, inoculatie (Tabel 1)
watergehalte	constant 50% en 90%
opkweek	De potten werden met een kunststof deksel (Trespa, 6 mm) en een vilten flap op een 23 l transportbak (Emergo nr. 10436) geplaatst (Bijlage A). De vilten flap hangt aan twee zijden van het tablet in de bak. Door het waterniveau in de bak op een bepaalde hoogte in te stellen kan een bepaalde drukhoogte in de pot aangelegd worden. Hiertoe is een doorzichtig buisje met een schaalverdeling verbonden met de onderkant van de bak. Vullen tot een niveau van 14 liter resulteerde in een watergehalte van 50% in de pot (zie ook Bijlage B). Omdat niet genoeg flap van vilt aanwezig was, is in deze proef ook gebruik gemaakt van glasvlies, een dunne laag glaswol. Beide soorten waren afkomstig van Cultilène. De flappen van glasvlies werden zoveel mogelijk gebruikt in de natte behandelingen. Tijdens de proeven bleek dat de twee typen flap dezelfde resultaten gaven.
herhalingen	twee bakken per behandeling
aantal planten	6 per bak in steenwol en glaswol; 5 per bak in veen
opkweekmedium	steenwol (Grodan), glaswol (Cultilène), veen (Bol)
veen	veenpotten werden gemaakt door middelfijn en grof veen te storten in PVC buizen van ± 10 cm hoog die aan de onderkant waren afgesloten door acryldoek (Agratex, 17 g/m ²). Voor een fysische karakteristiek zie Bijlage B.
inoculatie	een papje werd aangemaakt door 5 gram gemalen verse dikke wortels te vermengen met 100 ml water. Inoculatie werd uitgevoerd door 10 ml papje of 10 ml leidingwater voor het afstrooien in het plantgat te gieten.

zaaien	potten en flap werden gedompeld in de bijbehorende bak met voedingsoplossing, waarna de potten rechtstreeks op de flap op het tablet werden gezet. Na het zaaien werden de potten afgestrooid met vermiculiet.
voeding	EC = 3 mS/cm, pH = 5.5 (schema voor opkweek van groentegewassen)
klimaat	T dag 24 °C / T nacht 22 °C
CO ₂	overdag 800 ppm; 's nachts 500 ppm
TDR	Tijdens de opkweek is het watergehalte in de pot gemeten met TDR sensoren die op 1 cm van de onderkant in de pot werden gestoken. Met TDR worden de diëlektrische eigenschappen van het medium bepaald; deze zijn afhankelijk van het watergehalte in het medium. Voor de meeste grondsoorten kan het watergehalte berekend worden met de formule van Topp (Heimovaara, 1993). Voor substraten kan deze formule echter meestal niet gebruikt worden, zodat voor de in deze proef gebruikte opkweekmedia ijklijnen zijn gebruikt zoals beschreven in Kipp & Kaarsemaker (1995). Er waren 11 sensoren beschikbaar; per behandeling waren er twee sensoren in een natte pot en twee in een droge pot.
beoordeling	24 DNZ (Dagen Na Zaaien), 21 maart 1996. Bij elke behandeling werd ter vergelijking met de TDR data van 1 bak het volumetrisch watergehalte van de potten bepaald door drogen en wegen. Enkele planten werden op steenwolmatten doorgeteeld om na te gaan in hoeverre eventuele symptomen zich verder ontwikkelden.
proefnummer	96.1
onderzoekers	Anco van Moolenbroek, Xander Berents, Pim Paternotte, Wouter Verkerke
verzorging	Arno Mulder, Ad Wiskerke

2.3 RESULTATEN (Tabel 1 - 3; Figuur 1)

Tabel 1 - Het effect van het watergehalte, opkweekmedium en inoculatie op de aantasting met verschillende stadia van wortelverdikking bij komkommer. De intensiteit van de verschillende stadia van aantasting is aangegeven op een schaal van 0 - 3 waarbij 0 = niet aangetast, 1 = licht aangetast, 2 = matig aangetast, 3 = sterk aangetast. Inoculatie: + = 10 ml papje toegevoegd; - = 10 ml leidingwater toegevoegd.

watergehalte					aantasting wortelverdikking		
ingesteld	gerealiseerd						
	volumetrisch	TDR	medium	papje	kringeling	glazigheid	verdikking
50 %	51%	52%	steenwol	+	0	0	0
50 %	47%	52%	glaswol	+	0	0	0
50 %	- ^a	- ^b	veen	+	0	0	0
50 %	44%	40%	steenwol	-	0	0	0
50 %	25%	24%	glaswol	-	0	0	0 ^c
90 %	85%	80%	steenwol	+	1	0	0
90 %	91%	90%	glaswol	+	1	0	0 ^d
90 %	- ^a	- ^b	veen	+	1	0	0
90 %	73%	79%	steenwol	-	1	0	0
90 %	85%	76%	glaswol	-	2	0	0

a - bepaling van het volumetrisch watergehalte was niet mogelijk in de veenpotten

b - TDR metingen in veenpotten leverden geen zinvolle resultaten op

c - planten stonden heel slap en waren slecht gegroeid

d - veel bruine wortels opgetreden

Wortelverdikking - Het bleek dat zowel tussen de potten binnen een bak als tussen de twee bakken per behandeling geen verschil waarneembaar was in de mate van aantasting. De verschillen tussen de droge en de natte behandelingen waren subtiel, maar duidelijk. In alle opkweekmedia waar een hoog vochtgehalte was gerealiseerd waren kringelende wortels opgetreden. Dit is het eerste stadium van wortelverdikking. In de droge behandelingen werden geen afwijkende wortels geconstateerd (Tabel 1). Inoculatie met gemalen dikke wortels leidde niet tot een toename van de symptomen. Het type medium had vrijwel geen invloed op de aantasting, maar in deze proef was de aantasting in steenwol iets sterker dan in glaswol. Een probleem bij deze experimentele teeltopstelling is dat er onder in de pot witte, harige, volkomen gezonde wortels voorkomen die gaan draaien als een kurkentrekker. Deze wortels proberen zich door de flap te wurmen. Ze verschillen van symptomen van wortelverdikking in het ontbreken van kringeling van de tweede orde lateralen en glazigheid in de eerste orde lateralen. Een ongevoefd oog zou ze echter kunnen verwarren met kringelende wortels, het eerste stadium van wortelverdikking.

Verdere ontwikkeling van de symptomen - Na het op de mat zetten van enkele planten bleken er zich geen verdere stadia van wortelverdikking te ontwikkelen.

Realisatie watergehalte - Met de TDR opstelling kan het watergehalte in steenwol en glaswol goed gemeten worden. De ratio tussen de twee typen metingen is gemiddeld 0.98 (Tabel 1). Verschillen zouden kunnen ontstaan doordat de TDR sensor meet in een straal van 1 cm rondom de plek waar hij in de pot is gestoken, terwijl met de volumetrische methode het gemiddelde watergehalte van de gehele pot wordt bepaald. De TDR data van de veenpotten waren niet bruikbaar, waarschijnlijk omdat de gebruikte ijklijn niet goed is. Uit de gecombineerde metingen blijkt dat de ingestelde watergehalten in de steenwol en glaswol potten goed werden gerealiseerd. Gedurende de teelt is het watergehalte vrij constant, maar aan het eind van de opkweek werden de potten iets natter (Figuur 1).

Chemische karakteristiek van het water in de pot - In de EC, pH en in de samenstelling van de voedingsoplossing waren geen bijzondere verschillen tussen de onderzochte behandelingen opgetreden (Tabel 2 en 3). Aan het eind van de proef was de pH iets meer dan een punt lager dan in de aangemaakte voedingsoplossing.

Tabel 2 - Karakteristiek van de voedingsoplossing in de bakken aan het begin van de proef (22 februari 1996).

pH	EC mS/cm	NH ₄ mmol/liter	K	Na	Ca	Mg	NO ₃	Cl	SO ₄	HCO ₃	P
6.0	2.9	1.2	8.7	0.8	6.3	2.1	19.6	0.4	1.8	<0.1	1.8

Tabel 3 - Karakteristiek van de voedingsoplossing in de potten van vier behandelingen aan het einde van de proef (22 maart 1996).

behandeling	pH	EC mS/cm	NH ₄ mmol/liter	K	Na	Ca	Mg	NO ₃	Cl	SO ₄	HCO ₃	P	Al
steenwol 50%	4.6	2.9	1.0	8.8	0.6	5.9	1.9	20.4	0.1	2.0	< 0.1	1.8	< 0.005
steenwol 90%	4.9	2.9	1.0	8.7	0.6	6.0	1.2	21.0	0.1	2.0	< 0.1	1.8	< 0.005
glaswol 50%	4.8	3.0	1.1	9.1	0.7	5.9	1.8	21.3	0.1	2.1	< 0.1	1.8	-
glaswol 90%	5.0	2.9	1.1	8.8	0.6	5.9	1.9	21.0	0.2	2.0	< 0.1	1.8	-

2.4 DISCUSSIE

In deze proef kon alleen kringeling, het eerste symptoom van wortelverdikking, worden opgeroepen. Soms werd een lichte verbruining aangetroffen, maar glazige wortels kwamen niet voor. Pinkdikke wortels kunnen nog niet in dit ontwikkelingsstadium voorkomen; die treden pas op als de planten ouder zijn. Maar verdikking kan wel degelijk al optreden. In de praktijk hebben sterk aangetaste, pootbare planten het stadium van sterk verglaasde wortels bereikt; met de hier gehanteerde manier van scoren zou dat overeenkomen met glazigheid intensiteit 3 of erger. We hebben overwogen om de opkweek langer voort te zetten in de hoop dat er alsnog meer symptomen zouden optreden, maar waarschijnlijk zouden de planten minder optimaal zijn gaan groeien. Bovendien kan op opkweekbedrijven wortelverdikking bij dit soort pootbare planten zeker al optreden.

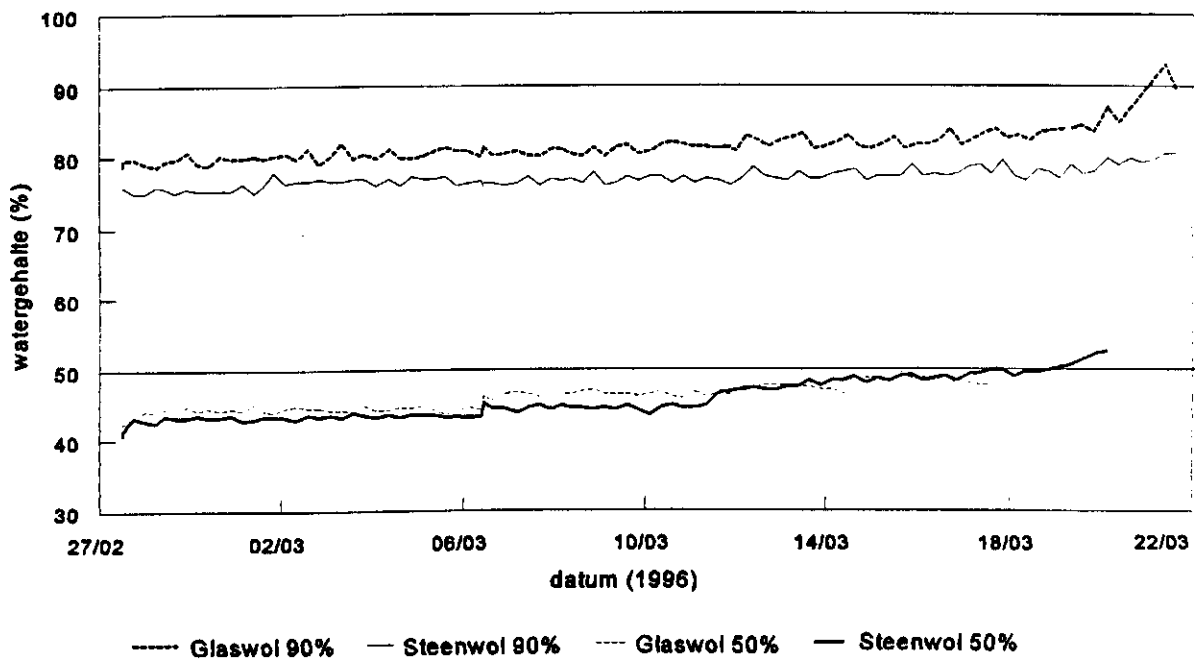
Na het op de mat zetten ontwikkelden er zich geen verdere stadia van wortelverdikking. Dat komt in de praktijk ook veel voor, ook als er in een eerder stadium wel duidelijke wortelverdikking was opgetreden.

Een nadeel van deze experimentele teeltopstelling is dat er zich kurkentrekker-achtige wortels ontwikkelen op de grens van pot en flap. Deze wortels kunnen verward worden met symptomen van wortelverdikking.

Het vochtgehalte van het medium lijkt een rol te spelen bij het ontwikkelen van wortelverdikking. Hierbij moet wel worden bedacht dat de vochthuishouding van de potten in deze proefopstelling verschillen van de normale opkweek. Het vochtgehalte is in de proef namelijk vrij constant, terwijl dat in de praktijk varieert tussen de 40 en 90%.

2.5 CONCLUSIE

- Bij een constant hoog watergehalte ontwikkelen zich in steenwol, glaswol en veen kringelende wortels, het eerste stadium van wortelverdikking.
- Bij een constant laag watergehalte ontwikkelen zich geen symptomen van wortelverdikking.
- Na het op de mat zetten van enkele aangetaste planten uit deze proef zette de ontwikkeling van wortelverdikking niet door.
- Het inoculeren met een papje van dikke wortels leidt niet tot een toename van de aantasting. Het is daarom niet waarschijnlijk dat wortelverdikking een pathogene oorsprong heeft.
- De TDR metingen en de volumetrische bepalingen van het watergehalte stemmen goed overeen.
- In de experimentele proefopstelling wordt het ingestelde watergehalte goed gerealiseerd.
- Het watergehalte blijft gedurende de opkweek constant, maar neemt aan het einde iets toe.



Figuur 1 - *Het verloop van het watergehalte in steenwol en glaswol potten gemeten met TDR tijdens de opkweek van komkommers in een experimentele opkweekopstelling bij twee constante watergehaltes.*

3. WATERGEHALTE EN POTGEWICHT

3.1 INLEIDING

In de proeven van 1995 was gebleken dat de aantasting gemakkelijker kon worden opgewekt bij potten van een bepaalde herkomst. Een duidelijke verklaring hiervoor ontbrak echter. Nu is het in de praktijk waargenomen dat er tijdens de opkweek werd overgegaan van lichte naar zwaardere potten en dat er vervolgens wortelverdikking optrad. Daarom is in deze proef onderzocht of het vorig jaar gevonden herkomst-effect kan worden verklaard uit een verschil in gemiddeld droog potgewicht. In de vorige proef (Hoofdstuk 2) werd bevestigd dat het watergehalte een rol speelt. Daarom is in de onderstaande proef de invloed van het potgewicht in combinatie met drie watergehalten op wortelverdikking onderzocht. Hiervoor werden potten gebruikt van vier verschillende herkomsten.

3.2 MATERIAAL EN METHODEN (Tabel 4)

ras	Flamingo
zaaidatum	10 april 1996
kasruimte	PBG Naaldwijk 103 - 5
factoren	watergehalte, medium, droog potgewicht, herkomst.
watergehalte	constant 50%, 70%, 90% (Tabel 4)
medium	steenwol (Grodan); van 1 herkomst waren er ook potten van Cultilène beschikbaar.
herkomst	vier plantenkwekers en PBG. De herkomst werd met een viltstift op de plastic hoes van de pot genoteerd.
potgewicht	de potten werden verdeeld in drie klassen drooggewicht: klasse 1: < 40 gram, klasse 2: tussen 41-50 gram en klasse 3: > 50 gram. Het droge potgewicht werd met een viltstift op de plastic hoes van de pot geschreven.
opkweek	experimentele opkweek-opstelling met bakken en vilt (zie 2.2)
herhalingen	twee bakken per behandeling
aantal planten	6 per bak
bepalingen	na 1 dag en na 23 dagen werd door weging het watergehalte in de pot bepaald.
beoordeling	23 DNZ, 3 mei 1996
proefnummer	96.2
verzorging	Ad Wiskerke, Arno Mulder
onderzoeker	Anco van Moolenbroek

3.2 RESULTATEN (Tabel 4; Figuur 2, 3)

Het gerealiseerde watergehalte (Tabel 4) werd berekend uit het gemiddelde van 12 potten van de twee bakken per behandeling, omdat zowel tussen de herhalingen als de herkomsten geen verschillen werden gevonden in watergehalte en in de symptomen. Binnen een behandeling bedroeg de spreiding in watergehalte 2 - 7 % en was de aantasting altijd uniform. Tussen de herkomsten was geen verschil in de aantasting wortelverdikking te vinden.

Tabel 4 - Het effect van het ingestelde watergehalte en het droog potgewicht op het gerealiseerde watergehalte bij het begin en het einde van de proef en de mate van aantasting met stadia van wortelverdikking bij het einde van de proef. De intensiteit van de verschillende stadia van aantasting is aangegeven op een schaal van 0 - 3 waarbij 0 = niet aangetast, 1 = licht aangetast, 2 = matig aangetast, 3 = sterk aangetast.

ingesteld watergehalte	droog potgewicht	gerealiseerd watergehalte		aantasting wortelverdikking		
		1 DAS	23 DAS	kringeling	glazigheid	verdikking
50%	< 40	35%	34%	0	0	0
50%	41 - 50	52%	50%	0	0	0 ^a
50%	> 50	63%	59%	0	0	0 ^a
70%	< 40	41%	51%	1	0	0
70%	41 - 50	56%	67%	1 ^c	1 ^c	0 ^b
70%	> 50	66%	78%	1	0	0
90%	< 40	57%	73%	2 ^d	1	0
90%	41 - 50	77%	83%	2	0	0 ^b
90%	> 50	82%	88%	2	1	0 ^b

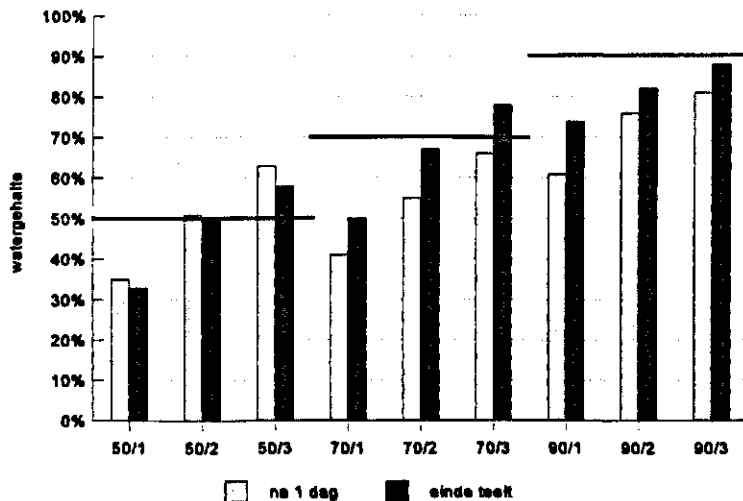
a - een van de herhalingen vertoonde bruine wortels

b - beide herhalingen vertoonden bruine wortels

c - een van de herhalingen was licht, de andere niet aangetast

d - een van de behandelingen was sterk, de andere matig aangetast

Bij een hoger ingesteld watergehalte treedt er meer aantasting met symptomen van wortelverdikking op (Tabel 4). Bij een hoger droog potgewicht neemt het gerealiseerde watergehalte toe. Dit geldt voor alle drie de niveaus van het ingestelde watergehalte (Figuur 2, 3). Het droog potgewicht heeft dus in deze opkweek wel invloed op het gerealiseerde watergehalte, maar niet op de mate van aantasting.



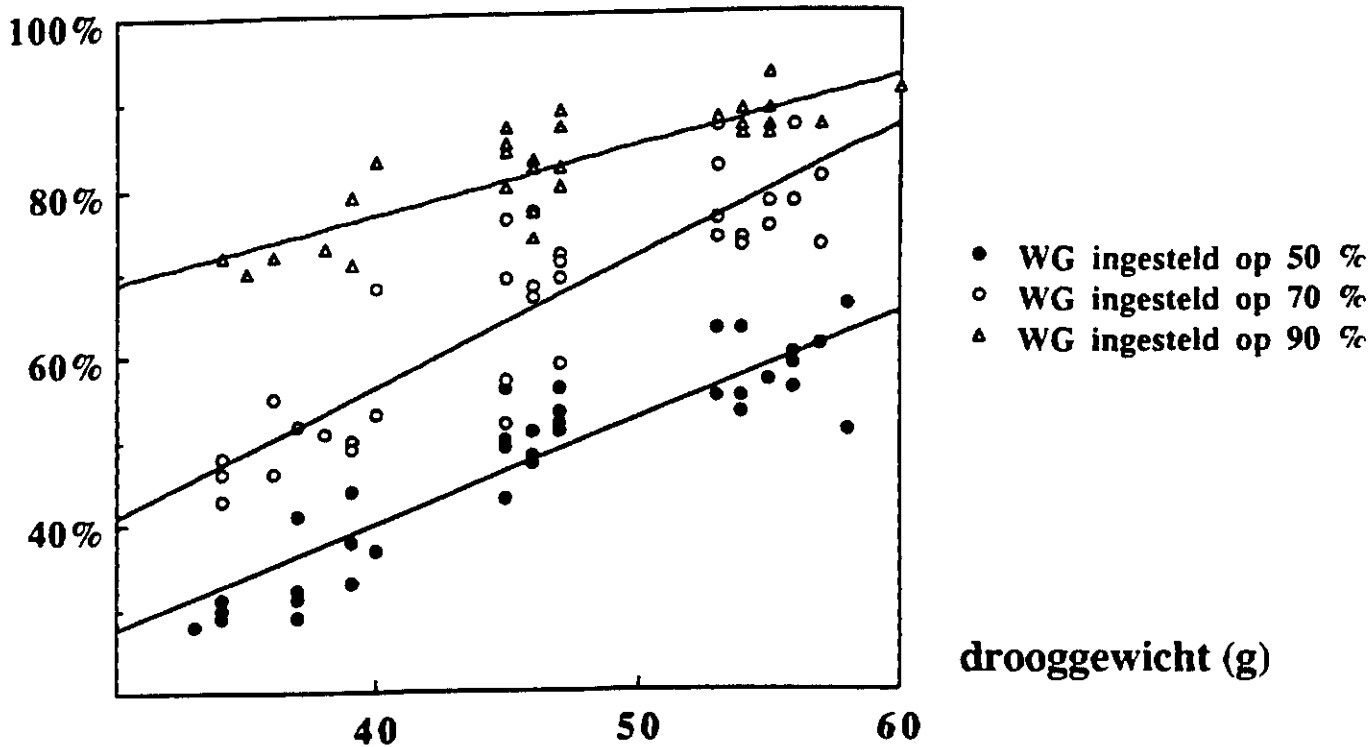
Figuur 2 - Het gemiddelde watergehalte per behandeling 1 dag na zaaien en aan het einde van de opkweek (zie ook Tabel 4). De ingestelde watergehaltes zijn 50, 70 en 90%; de gewichtsklassen potten zijn aangeduid met 1, 2 3.

3.4 DISCUSSIE

Bij een hoog watergehalte treedt er kringeling en glazigheid op. Er komt ook hier en daar wortelverbruining voor, maar het is onzeker of dit tot de symptomen van wortelverdikking moet worden gerekend. Opmerkelijk is dat bij zware potten en een gerealiseerd watergehalte van 59% er geen aantasting optreedt, maar dat bij lichte potten en een gerealiseerd watergehalte van 51% er wel kringelende wortels zijn gevormd. Bij een ingesteld watergehalte van 70% wordt er in de zware potten 78% gerealiseerd, maar de aantasting is minder sterk dan in de lichte potten waarin 90% is ingesteld maar 73% wordt gerealiseerd (Tabel 4). Misschien reageren de wortels in deze proef op het in de flap gerealiseerde watergehalte en wijkt dat af van het watergehalte dat volumetrisch in de pot is bepaald. Wellicht is er behalve het gerealiseerde watergehalte nog een factor die de aanzet geeft tot het ontstaan van wortelverdikking. Het is mogelijk dat de fluctuatie in het watergehalte in de zware potten bij een ingesteld watergehalte van 50% anders is dan die in de lichte potten waarbij 70% was ingesteld. Het is in deze opkweek opstelling niet mogelijk om het watergehalte te laten fluctueren. Effecten van de fluctuatie van het watergehalte zullen dus met een andere methode moeten worden onderzocht.

In deze proef bleek dat bij gelijk droog potgewicht de herkomst van de pot geen rol speelde. De vorig jaar gevonden herkomstverschillen zijn hiermee dus nog niet verklaard. In een normale opkweek is het watergehalte nooit zo constant, maar wisselt het tussen de 40 en 90%. We moeten dus voorzichtig zijn met het interpreteren van de resultaten uit deze experimentele opkweek opstelling.

Watergehalte



Figuur 3 - Het verband tussen het gerealiseerde watergehalte van de afzonderlijke potten bij het einde van de proef en het initiële droog potgewicht bij drie ingestelde watergehaltenes.

Het is niet aannemelijk dat het droog potgewicht bij normale watergift op een teeltvloer zo'n grote invloed heeft op het gerealiseerde watergehalte, maar dit zal uit verdere proeven moeten blijken. Om het effect van de watergeefstrategie in deze opstelling te onderzoeken is het beter om in het vervolg potten te gebruiken met een droog gewicht tussen de 45-47 gram.

3.5 CONCLUSIES

- In deze proef zijn kringeling en verglazing opgetreden bij een ingesteld watergehalte van constant 70 en 90%.
- Het droog potgewicht heeft in deze experimentele opwekmethodede een grote invloed op het gerealiseerde watergehalte. Hoe lichter de pot, hoe lager het watergehalte.
- Verschil in het droog potgewicht leidt niet tot een verschil in aantasting met wortelverdikking.
- Waarschijnlijk zijn er meer factoren betrokken bij het ontstaan van wortelverdikking dan alleen het gerealiseerde watergehalte.

4. FORMALDEHYDE

4.1 INLEIDING

Er bestonden in de praktijk vermoedens dat formaldehyde betrokken is bij het ontstaan van wortelverdikking. Als de binder die tijdens de fabricage aan de steenwolvezels wordt toegevoegd niet volledig is uitgehard, kan er in een reactie met water formaldehyde vrijkomen. Door een plantenkweker is waargenomen dat er soms een paar uur na zaaien of tot 10 dagen na zaaien gedurende korte perioden een sterke geur optrad, afhankelijk van de partij steenwol en de weersomstandigheden. De geur trad meestal een paar uur na water geven op. Er werd geopperd dat deze geur wellicht van formaldehyde afkomstig was. De planten stonden na scherp weer 'dweilerig' (= tikje slap). Dit werd verholpen wordt door ruimer te luchten en dit werd als bewijs opgevoerd dat formaldehyde de problemen veroorzaakte. Er werd in deze stadia overigens nog geen wortelverdikking geconstateerd. Sommige planten in grondpotten die in dezelfde ruimte hadden gestaan kregen ook wortelverdikking. In deze proef is bij twee watergehalten het effect nagegaan van constante lage concentraties formaldehyde in de voedingsoplossing op de wortelontwikkeling.

4.2 MATERIAAL EN METHODEN (Tabel 5)

ras	Tyria
zaaidatum	23 mei 1996
factoren	formaldehyde, watergehalte (Tabel 5)
formaldehyde dosering	5 trappen: 0, 1, 2, 4, 8 mg/liter formaldehyde werd twee keer per dag via een stockoplossing aan de voeding toegevoegd. Twee keer per week werd de concentratie formaldehyde in het vocht uit de steenwolpotten bepaald door het chemisch laboratorium van het PBG.
watergehalte opkweek medium	ingesteld op 50 en 90% experimentele opkweek-opstelling met bakken en vilt (zie 2.2) steenwolpotten (Grodan), drooggewicht tussen 45-47 gram.
beoordeling proef	21 DNZ, 13 juni 1996 96.4
verzorging onderzoeker	Ad Wiskerke, Arno Mulder Anco van Moolenbroek

4.3 RESULTATEN (Tabel 5 - 7)

Tabel 5 - Het effect van het ingestelde watergehalte en de dosering van formaldehyde op aantasting met wortelverdikking bij komkommer. De intensiteit van de verschillende stadia van aantasting is aangegeven op een schaal van 0 - 3 waarbij 0 = niet aangetast, 1 = licht aangetast, 2 = matig aangetast, 3 = sterk aangetast.

watergehalte %	formaldehyde mg/l	aantasting wortelverdikking		
		kringeling	glazigheid	verdikking
50%	0	0	0	0 ^a
50%	1	0	0	0 ^a
50%	2	0	0	0 ^a
50%	4	0	0	0
50%	8	0	0	0
90%	0	3	1	0 ^a
90%	1	3	1	0 ^a
90%	2	3	1	0
90%	4	3	2	0
90%	8	3	1	0 ^a

a = bruine wortels opgetreden.

Een hoog constant watergehalte leidde evenals in de vorige proeven tot kringelende en glazige wortels. Het toedienen van formaldehyde leidde niet tot enig symptoom van wortelverdikking. Er waren in alle behandelingen wel veel "kurkentrekkers" onderin de pot te vinden; dit zijn gezonde wortels die de flap in willen groeien en daarom gaan kronkelen (zie 2.3). Over de gerealiseerde concentraties formaldehyde kunnen geen uitspraken worden gedaan, omdat de op het PBG beschikbare meetmethode voor formaldehyde teveel zou worden verstoord door het hoge NO₃-gehalte in de voedingsoplossing (Tabel 6, 7).

Tabel 6 - Samenstelling van de voedingsoplossing aan het begin van de proef (mmol/l).

pH	EC	NH ₄	K	Na	Ca	Mg	NO ₃	Cl	SO ₄	HCO ₃	P
5.5	3.0	1.2	8.6	0.4	6.4	2.0	19.8	0.1	2.1	<0.1	1.9

Tabel 7 - Samenstelling van de voedingsoplossing in de potten (3 juni).

behandeling	pH	EC	NH ₄	K	Na	Ca	Mg	NO ₃	Cl	SO ₄	HCO ₃	P
50% - 0 ppm	5.4	5.6	0.2	18.8	1.1	12.0	4.1	44.3	0.3	3.6	0.2	2.5
50% - 1 ppm	5.3	5.8	0.2	19.2	1.2	12.5	4.5	42.0	0.2	4.0	0.2	2.2
50% - 2 ppm	5.1	6.0	0.2	19.8	1.2	12.7	4.8	49.2	0.2	3.8	0.2	2.7
50% - 4 ppm	5.2	6.9	0.3	24.4	1.6	14.4	5.5	50.5	0.3	4.0	0.2	2.6
50% - 8 ppm	5.3	6.2	0.3	20.6	1.3	13.1	5.0	52.1	0.3	3.7	0.2	2.8
90% - 0 ppm	5.3	4.9	0.2	15.8	1.0	10.7	3.8	40.7	0.2	3.6	0.2	2.0
90% - 1 ppm	5.1	4.7	0.2	15.0	0.9	10.5	3.7	38.6	0.2	3.5	0.2	2.1
90% - 2 ppm	5.0	4.7	0.2	14.5	1.0	10.2	3.6	37.7	0.2	3.4	0.1	2.1
90% - 4 ppm	5.3	4.9	0.2	15.3	1.0	10.7	3.8	38.8	0.2	3.5	0.2	2.2
90% - 8 ppm	5.4	4.6	0.3	14.1	0.9	10.0	3.5	37.8	0.2	3.2	0.2	2.2
gemiddeld 50%	5.3	6.1	0.2	20.1	1.3	12.9	4.8	47.6	0.3	3.8	0.2	2.6
gemiddeld 90%	5.2	4.8	0.2	14.9	1.0	10.4	3.7	38.7	0.2	3.4	0.2	2.1

4.4 DISCUSSIE

Ondanks hardnekkige geruchten in de praktijk kon er geen negatief effect van formaldehyde worden aangetoond. Dit was al eerder gevonden in door Cultilène uitgevoerde experimenten (Madéry, pers. meded.). Omdat er gedachten waren dat formaldehyde wellicht niet via de wortels maar als damp via de bladeren effect zou kunnen hebben, zijn vervolgens lichtdoorlatende, maar luchtdichte kooien van plexiglas gebouwd. Het lag in de bedoeling om in deze kooien het effect van de dampwerking van formaldehyde te onderzoeken. In voorbereidende proefjes bleek echter dat er in deze kooien geen komkommerplanten wilden groeien, waarschijnlijk omdat de CO₂ zeer snel uitgeput raakte. Dit zou overkomen kunnen worden door de kooien een beetje open te laten of CO₂ te doseren. Nadat inmiddels een ander experiment was uitgevoerd waarin weer werd gevonden dat het toedienen van formaldehyde in een lage concentratie via de wortels niet leidde tot het ontstaan van wortelverdikking, heeft deze lijn van onderzoek een lagere prioriteit gekregen en werden deze experimenten voorlopig stilgelegd.

4.5 CONCLUSIE

- Toevoegen van formaldehyde aan de voeding leidde niet tot het ontstaan van wortelverdikking

5. WATERGEHALTE BIJ EEN NORMALE OPKWEK

5.1 INLEIDING

Uit de proeven met de experimentele opkweek-opstelling (Hoofdstuk 2 - 4) bleek dat het watergehalte in de pot van invloed is op het optreden van de eerste stadia van wortelverdikking, hoewel het probleem nooit echt helemaal doorzette. Het is echter nog niet precies bekend onder welke omstandigheden wortelverdikking in de praktijk optreedt. Het zou kunnen dat er op plaatselijk nattere plekken van de teeltvloer een verhoogde kans is op het ontstaan van wortelverdikking. Er zijn echter geen gegevens beschikbaar over het verloop van het watergehalte in steenwolpotten in de praktijk. Daarom is op een plantenkwekerij het watergehalte van een partij potten tijdens de opkweek gemeten.

5.2 MATERIAAL EN METHODEN (Figuur 4)

ras	Flamingo
zaaidatum	24 mei 1996
medium	steenwol (Grodan, 3 sterren)
veldgrootte	36 potten (Figuur 4)
zaaien	droge potten werden eerst gewogen en op gewicht geselecteerd, doorgespoeld met water in een hoeveelheid van ongeveer drie keer de inhoud van de pot, opnieuw gewogen, gezaaid, afgestrooid met vermiculiet en weggezet in de opkweekruimte.
opkweek	er werd alleen water gegeven met de regenleiding; enkel vlak voor het uitzetten is een vloedbeurt gegeven. De planten werden uitgezet op 16/m ² (plantafstand 25 x 25 cm) in de opkweekafdeling waar in het verleden de meeste wortelverdikking was opgetreden. De potten met sensoren werden afgewisseld met een 'vulpot' om voldoende gewas voor een praktijksituatie te krijgen. Aan deze vulpotten zijn geen metingen en waarnemingen gedaan. De teeltvloer bestond uit grond en was afgedekt met wit plastic loopfolie. Pot 18 stond op het hoogste punt; naar links en rechts loopt de teeltvloer af. Het hoogteverschil over de teeltvloer bedroeg totaal 10 cm (Figuur 4).
TDR	11 potten kregen TDR sensoren waarmee het vochtgehalte tijdens de opkweek werd gemeten. TDR data van een achteraf geselecteerde pot van een droge, intermediaire en natte plek zijn weergegeven in Figuur 7.
beoordeling	24 DNZ, 17 juni 1996, werd het gerealiseerde watergehalte volumetrisch bepaald en zijn de potten op wortelverdikking beoordeeld. Tijdens de proef is de plaats van de pot op de teeltvloer niet precies ingemeten. Naderhand is geschat waar elke pot op het afschot heeft gestaan. Gemiddelden van watergehalte en score wortelverdikking zijn per diepte op de teeltvloer uitgezet in Figuur 6.

klassen in deze praktijksituatie was de aantasting eerder regel dan uitzondering en veel sterker ontwikkeld dan in de proeven op het PBG. Daarom is een andere klasse-indeling van de symptomen gebruikt (Tabel 8). Om een beeld te krijgen van de verspreiding van het probleem op de teeltvloer, zijn de gerealiseerde watergehalten in drie kunstmatige klassen verdeeld met als grenzen 53 en 62%. Met de gerealiseerde watergehalten is met behulp van een tekenprogramma een "landkaart" getekend waarop de zones van de kunstmatige klassen staan ingetekend (Figuur 5). De gemiddelde aantasting van de potten in deze kunstmatige klassen staat weergegeven in Tabel 8. Het gemiddelde watergehalte van potten met een bepaalde klasse aantasting staat vermeld in Tabel 9.

proef 96.3
 onderzoeker Anco van Moolenbroek

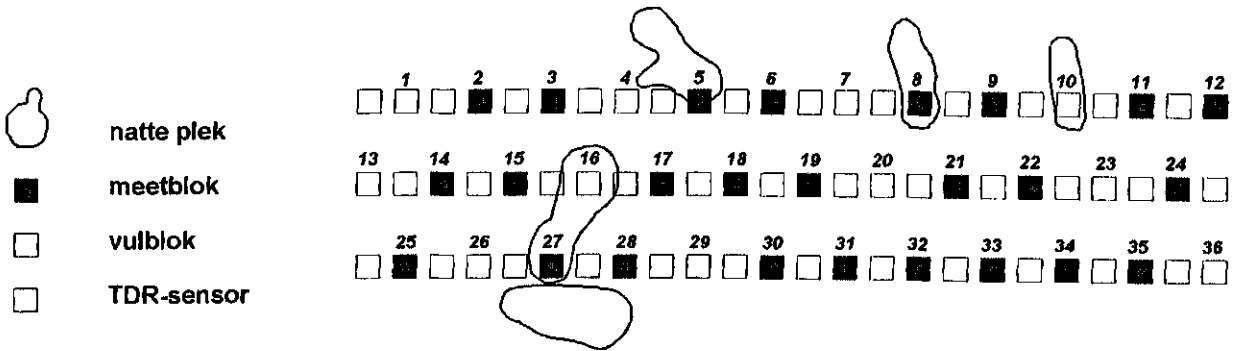
5.3 RESULTATEN (Tabel 8, 9; Figuur 4 - 7)

Op het proefvlak kwamen flinke verschillen voor in het watergehalte dat aan het einde van de proef werd gerealiseerd. Deze verschillen worden veroorzaakt door kleine oneffenheden (kuilen, Figuur 4) maar zijn hoofdzakelijk gerelateerd aan het op de teeltvloer aangelegde afschot. Hoe lager de pot staat op het profiel, des te natter de pot en des te hoger de aantasting (Figuur 5 en 6, Tabel 8). Echter, ook in het gemiddeld natste gebied komen twee niet aangetaste potten voor (Tabel 9). Bij het begin van de proef varieerde het watergehalte van alle potten na de eerste vloedbeurt tussen de 89 en 92%. TDR data van natte en droge plekken op de teeltvloer laten zien dat de verschillen tussen nat en droog van begin af al aanwezig zijn en aan het eind van de teelt minder groot worden (Figuur 7). Het is dus waarschijnlijk dat tijdens de teelt de verschillen in watergehalte groter zijn dan aan het eind door weging is bepaald.

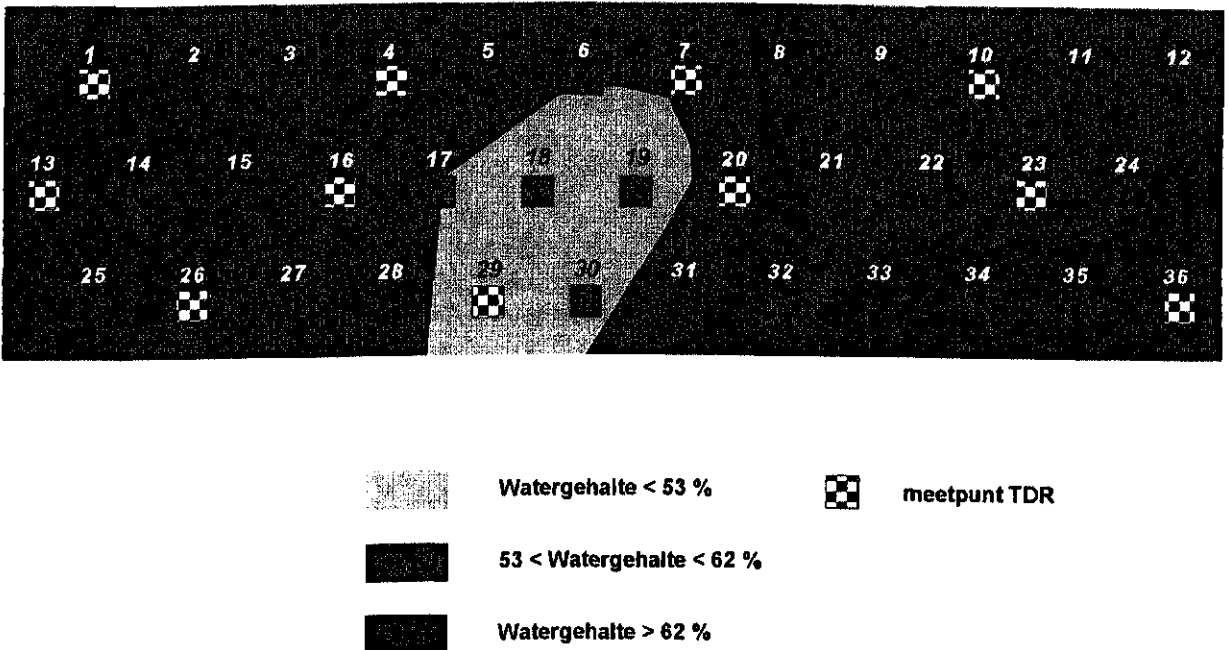
Tabel 8 - Het effect van drie klassen gemiddeld watergehalte (WG) op de score wortelverdikking (DW). Score wortelverdikking: 0 = geen aantasting, 1 = licht aangetast, herstellend, 2 = matig aangetast, herstellend; 3 = sterk aangetast.

klasse WG	aantal potten	WG gerealiseerd eind	DW
WG < 53%	7	52 %	1.57
53% < WG < 62%	19	59 %	1.95
WG > 62%	10	65 %	2.60

Figuur 4 - Overzicht van het proefvlak. Er is aangegeven waar het water na beregening een plas vormt.



Figuur 5 - Zones van gemiddeld laag, matig en hoog watergehalte op het proefvlak.



Tabel 9 - *Het gemiddelde watergehalte bij einde van de proef van potten van verschillende klassen wortelverdikking (0 = geen aantasting, 1 = licht aangetast, herstellend, 2 = matig aangetast, herstellend; 3 = sterk aangetast).*

klasse wortelverdikking	aantal potten	gerealiseerd watergehalte
0	2	61 %
1	5	53 %
2	18	57 %
3	11	63 %

Twee potten vertonen geen aantasting en hebben beide een watergehalte van 61%. In de andere klassen is bij een sterkere aantasting het gemiddelde watergehalte hoger.

5.4 DISCUSSIE

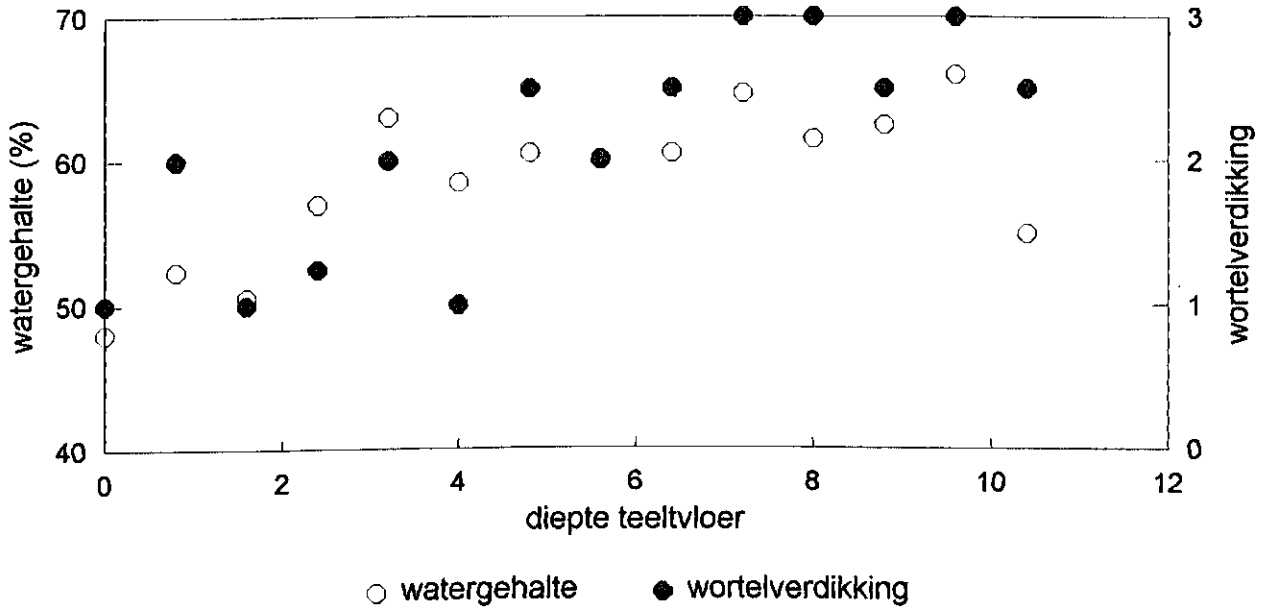
In de normale opkweek is het watergehalte gemiddeld veel lager dan in de experimentele opstelling met natte potten. Uiteraard is ook de variatie in watergehalte in de normale opkweek veel groter, omdat in de experimentele opstelling het watergehalte juist constant wordt gehouden. De mate van aantasting is in de praktijksituatie echter veel sterker dan in de experimentele opkweek. Toch lijkt ook hier het watergehalte een rol te spelen in het proces van wortelverdikking. Het in de teeltvloer aangelegde profiel en de daarop voorkomende kuiltjes leiden tot een verschil in watergehalte van de verschillende potten. De natste potten staan op de laagste plekken en hebben de sterkste aantasting. Ofwel het hoge watergehalte heeft wortelverdikking veroorzaakt, of er heeft zich door stroming een stof of organisme op die laagste plekken opgehoopt.

Wortelverdikking is overigens niet beperkt tot aarden teeltvloeren, maar komt ook op teeltvloeren van beton regelmatig voor. Ook betonnen teeltvloeren hebben een profiel en er zijn bij het leegstromen preferente stroombanen waargenomen. Omdat de precieze locatie van de pot achteraf niet helemaal meer was te achterhalen geeft de huidige analyse slechts een indicatie dat de locatie op de teeltvloer een rol kan spelen in de aantasting. Voor een betere analyse van de variatie in watergehalte die gerelateerd is aan het profiel van de teeltvloer is het noodzakelijk dat de hoogte van de potten wordt ingemeten en dat de condities in de pot worden gevolgd met TDR sensoren.

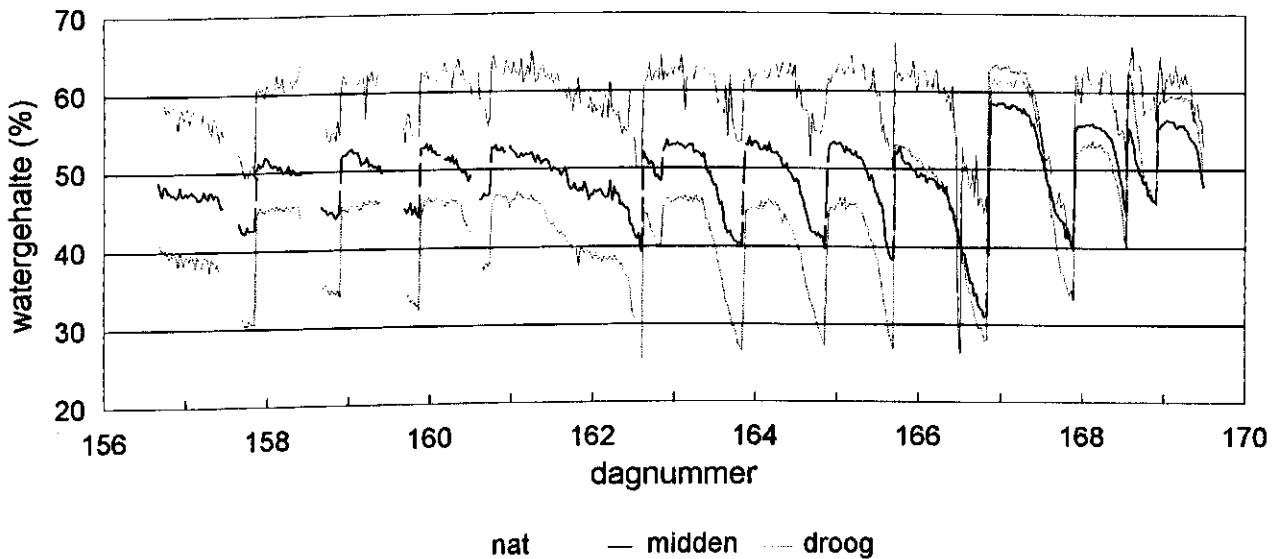
5.5 CONCLUSIES

- Binnen het proefvlak zijn er grote verschillen in het bij het pootbare stadium gerealiseerde watergehalte van de pot. Waarschijnlijk zijn de verschillen tijdens de opkweek echter groter.
- Planten die in de hogere zones staan hebben drogere potten en zijn minder aangetast met wortelverdikking.

Figuur 6. Het effect van plaats op de teeltvloer op watergehalte en wortelverdikking



Figuur 7. Watergehalte tijdens de teelt van potten op verschillende posities



6. DISCUSSIE

In verschillende proeven is de rol van een hoog watergehalte in de pot naar voren gekomen als een factor die een rol speelt bij het ontstaan van de aantasting. De in de inleiding geformuleerde werkhypothese blijft voorlopig het uitgangspunt. Aanwijzingen dat het watergehalte direct een rol speelt zijn echter niet keihard. Wellicht is het hoge watergehalte enkel een voorwaarde waarbij wortelverdikking kan optreden. Het zou hierbij kunnen gaan om een proces dat uit verschillende stappen bestaat. De rol van fluctuaties in het watergehalte lijkt met name interessant. Het is onbevredigend dat in de PBG proeven de aantasting beperkt blijft tot het eerste stadium (kringeling, soms glazigheid). In vervolproeven zal worden geprobeerd de opkweek van plantenkwekers meer te benaderen, zodat er niet alleen betere planten worden geproduceerd, maar dat er ook meer symptomen kunnen worden opgeroepen. Het is verheugend dat enkele plantenkwekers zich bereid hebben verklaard deze proeven te begeleiden.

7. CONCLUSIES

- Opkweek bij een constant hoog watergehalte leidde in alle onderzochte opkweekmedia tot kringelende en soms ook glazige wortels. Deze eerste stadia van wortelverdikking zetten echter niet altijd door.
- Bij een constant laag watergehalte traden geen verschijnselen van wortelverdikking op.
- Inoculatie met een papje van verdikte wortels leidde niet tot een toename in aantasting.
- Het droog potgewicht beïnvloedt het uiteindelijk gerealiseerde watergehalte in de pot, maar had in deze proeven geen invloed op de mate van aantasting.
- Toevoegen van formaldehyde aan de voedingsoplossing leidde niet tot wortelverdikking.
- In een normale opkweek gaat een hoog gemiddeld watergehalte samen met een ernstiger aantasting.

8. DANKWOORD

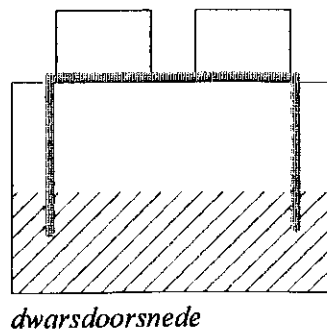
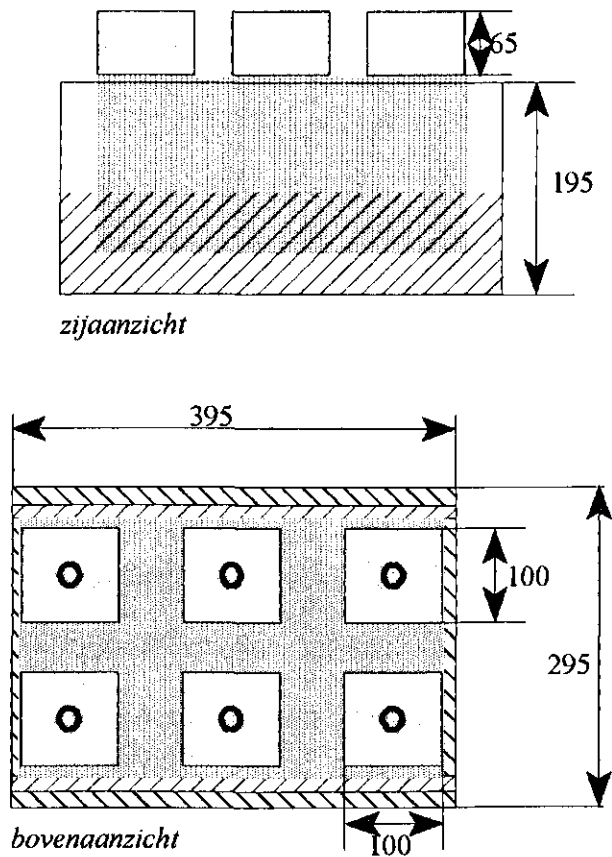
De auteurs bedanken Rob Baas (PBG Aalsmeer) voor het kritisch doorlezen van de concept tekst, Gerrit Wever voor het maken van Bijlage B en Monica Kersten voor de hulp bij het vormgeven van de figuren.

LITERATUUR

- Heimovaara, T.J. - Time Domain Reflectometry in soil science: theoretical backgrounds, measurements and models. Proefschrift, Universiteit van Amsterdam (1993).
- Kipp, J.A. & R.C. Kaarsemaker - Calibration of time domain reflectometry water content measurements in growing media. Acta Hort. 401: 49-55 (1995).
- Stallen, M. - Aantal vragen overtreft aantal antwoorden. Groenten & Fruit, 37: 8 - 9 (13 september 1996).
- Verkerke, W., X. Berents, P. Paternotte, J. Kipp, H. Van Gurp, S. Hofland & M. Schols - Wortelverdikking bij komkommer: de proeven van 1995. Intern verslag PBG Naaldwijk (december 1995).
- Verkerke, W. - Inventariserend onderzoek wortelverdikking bij komkommer. Intern verslag PBG 4 (februari 1995a).
- Verkerke, W. - Droger opkweken biedt wellicht mogelijkheden. Groenten & Fruit 40: 20-21 (6 oktober, 1995b).
- Verkerke, W. & J. Kipp - Een klein stapje dichterbij de oorzaak. Groenten & Fruit 17: 22 - 23 (28 april 1995).

Bijlage A

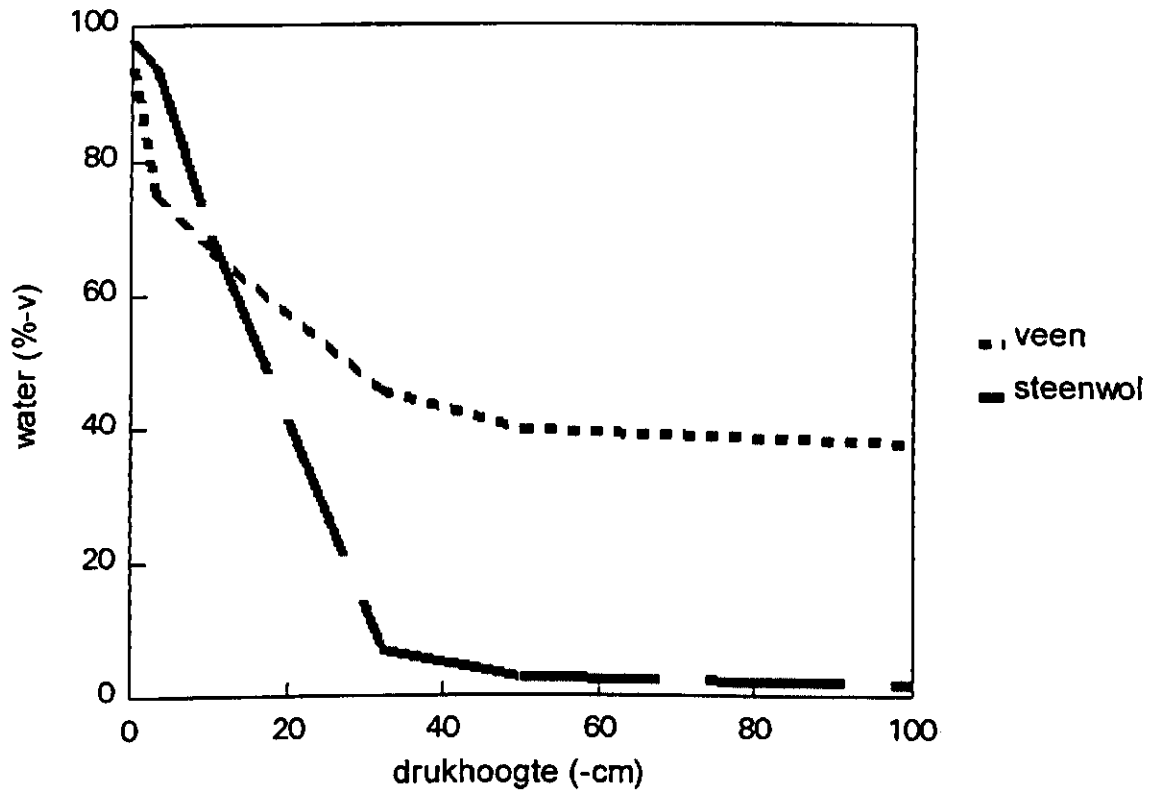
Schets van de experimentele opstelling voor de opkweek bij een constant watergehalte.



maten in mm

Bijlage B

Fysische karakteristiek van de gebruikte veenpotten in vergelijking met normale steenwolpotten.



Bijlage C

De resultaten van dit rapport zijn met enkele andere resultaten gepubliceerd als:
Verkerke, W. - Watergehalte pot lijkt cruciaal. Groenten & Fruit 40: 36-37 (1996).

Watergehalte pot lijkt cruciaal

Wortelverdikking bij komkommer heeft de afgelopen jaren voor enkele miljoenen aan schade veroorzaakt. Dit heeft geleid tot grote onzekerheid in de sector. Bijna wekelijks worden er nieuwe ideeën over oplossingen aangedragen door allerlei betrokkenen. Het PBG heeft verschillende factoren onderzocht en zet de resultaten op een rijtje.

Wat is wortelverdikking - De eerste symptomen van wortelverdikking zijn kringeling van de fijnste wortels. In het daarop volgende stadium treden er celdelingen op in het schorsweefsel van de iets minder fijne vertakkingen. Hierdoor ontstaan kringelige, verdikkende wortels met een karakteristiek glazig aspect. Als de problemen optreden bij pootbare planten dan wordt meestal dit stadium aangetroffen. Als de symptomen verder doorzetten dan kunnen zich door secundaire diktegroei uiteindelijk pinkdikke wortels ontwikkelen.

Wat is de strategie van het onderzoek - Het blijkt dat wortelverdikking onder bepaalde teeltcondities kan worden opgeroepen. In proeven van het PBG Naaldwijk is geprobeerd deze teeltcondities zo nauwkeurig mogelijk te omschrijven. Pas zodra het mogelijk is om door bepaalde teeltmaatregelen het verschijnsel met zekerheid op te roepen gaan we meer verklarend onderzoek doen. Het eerste doel is om een teeltrecept te vinden waarbij we de problemen zowel in de opkweek als in de teelt kunnen voorkomen.

Welke factoren hebben invloed op de aantasting - Het blijkt dat wortelverdikking in proeven met verschillende substraten zoals glaswol, steenwol en perliet, PU schuim, enz. kan optreden. Als het watergehalte in de pot constant op een laag niveau werd gehouden trad er nooit wortelverdikking op. Werd het watergehalte constant op een niveau gehouden waarbij de potten vrijwel verzadigd waren, dan ontwikkelden zich steeds de eerste verschijnselen van wortelverdikking. Voor de praktijk biedt dit overigens duidelijke resultaat nog geen oplossing omdat bij een normale opkweek het watergehalte sterk wisselt. Ook uit waarnemingen uit de praktijk blijkt dat bij een hoger watergehalte er meer wortelverdikking optreedt.

De rol van steenwol - In de praktijk wordt de steenwol als een van de factoren genoemd die wortelverdikking zou kunnen oproepen. Hierbij gaan de gedachten meestal uit naar de uitvloeier en de hars die aan de steenwolvezels worden toegevoegd. Men gaat er vaak van uit dat door het broezen schadelijke stoffen uit de pot worden gespoeld. Toch is het waarschijnlijker dat broezen een gunstig effect heeft op het watergehalte dat later tijdens de opkweek wordt gerealiseerd, maar dit is nog niet zeker. Uit een onderzoek naar bestaande en kunstmatig aangelegde kwaliteitsafwijkingen van steenwolpotten bleek dat bij een enorme overdosering aan hars in de pot de wortels bruin werden en soms afstierven, maar dat er geen wortelverdikking ontstond. Ook een vijftigvoudige concentratie aan uitvloeier leidde niet tot wortelverdikking. Daarentegen werden bij een extreem natte opkweek in alle behandelingen kringelende wortels gevonden, terwijl in een extreem droge teelt er geen symptomen optraden.

Er gaan ook allerlei geruchten dat formaldehyde, een stof die gebruikt wordt bij de fabricage van steenwol, wortelverdikking zou veroorzaken. Het is tot nu toe niet gelukt om te bewijzen dat formaldehyde een rol speelt bij wortelverdikking. Er zijn dus geen duidelijke aanwijzingen dat de in steenwol gebruikte binder en uitvloeier direct betrokken zijn bij het ontstaan van wortelverdikking. Wel is het nog mogelijk dat er bij een tijdelijk lage pH stoffen uit de basalt vrijkomen die bij wortelverdikking een rol zouden kunnen spelen.

Hoe komt wortelverdikking tot stand - Het is nu duidelijk geworden dat een hoog watergehalte ten minste betrokken is bij wortelverdikking. Bij een hoog watergehalte in de pot is er wellicht een te geringe zuurstofvoorziening voor de ademhaling van de wortels. Door het gehalte van een bepaald enzym (alcohol dehydrogenase, afgekort ADH) te meten is het mogelijk om vast te stellen of de wortels zuurstoftekort hebben. Het PBG in Aalsmeer heeft aangetoond dat verdikte wortels een hoger ADH gehalte hebben dan normale wortels. Dat dit waarschijnlijk het gevolg en niet de oorzaak van de wortelverdikking is, bleek in een teelt in watercultuur onder zuurstof-arme omstandigheden, waarin het ADH gehalte in de wortels duidelijk hoger was, maar waarin er geen wortelverdikking optrad. De voorlopige conclusie is dat een mogelijk te laag zuurstofgehalte in de pot alleen niet verantwoordelijk is voor het ontstaan van wortelverdikking.

Is het geen ziekte? - We gaan er van uit dat het probleem niet direct door organismen zoals virussen, bacteriën, schimmels of aaltjes wordt veroorzaakt. In de literatuur is geen micro-organisme beschreven dat deze symptomen in komkommer kan veroorzaken. Het blijkt dat het verschijnsel in besmettingsproeven van PD en PBG tot nu toe niet kan worden opgeroepen, noch door micro-organismen die uit verdikte wortels werden geïsoleerd, noch door andere verdachte micro-organismen. Verder is het verspreidingspatroon van wortelverdikking op de bedrijven zodanig dat besmetting door een micro-organisme niet voor de hand ligt. Het komt nogal eens voor dat op een bedrijf alle planten op eenzelfde tijdstip allemaal symptomen hebben, terwijl de meeste aantastingen door micro-organismen juist beginnen op bepaalde plekken en zich daarna geleidelijk uitbreiden. Ook kwam het voor dat na aflevering op het bedrijf er gedurende het gehele seizoen planten met dikke wortels naast planten met gezonde wortels stonden zonder dat het verschijnsel zich uitbreidde. In een eerste serie proeven op het PBG kon onder zeer natte opkweekomstandigheden wortelverdikking net zo goed worden opgeroepen door zaden te besmetten met een papje van gemalen dikke wortels als met een papje van gemalen gezonde wortels. In een tweede serie proeven bleek dat wortelverdikking alleen maar in een extreem natte teelt ontstond, of er nu een papje of leidingwater werd toegevoegd. Er zijn dus geen harde aanwijzingen dat wortelverdikking een ziekte is. Als er echter nieuwe aanwijzingen komen dat er toch organismen betrokken zijn dan worden er nieuwe proeven gedaan.

Nieuwe proeven - Er zijn op het moment verschillende proeven in uitvoering waarmee door het PBG in Naaldwijk en in Aalsmeer verder wordt gezocht naar de oorzaak van wortelverdikking. Momenteel zijn de watergeefstrategie, de pH, de NH_4/NO_3 verhouding, de dosering van aluminium, de spruit/wortelverhouding van de plant en de snelheid waarmee een pootbare plant wordt gemaakt in onderzoek. In samenwerking met plantenkwekers zijn we bezig de opkweek in de praktijk nauwkeurig te beschrijven. Aan de hand van deze resultaten en ervaringen uit de praktijk heeft de werkgroep wortelverdikking een aantal aandachtspunten opgesteld om de kans op wortelverdikking in de opkweek te verminderen. Binnenkort zullen er door de werkgroep ook adviezen worden opgesteld voor de eerste weken van de teelt.