

CODEN: IBBRAH (5-83) 1-24 (1983)

INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID

RAPPORT 5-83

MOGELIJKHEDEN VOOR HET GEBRUIK VAN ZOUTHOUDEND WATER VOOR DRUPPEL-
BEVLOEIING VAN JONGE VRUCHTBOMEN. Verslag van drie proeven te Numansdorp
en een te Wilhelminadorp.

*With a summary: Possibilities for the use of saline water for trickle
irrigation of young fruit trees. Report on three trials at Numansdorp,
and one at Wilhelminadorp*

door

P. DELVER, Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren (Gr.), met medewer-
king van

P.J. BOLDING, Proefstation voor de Fruitteelt, Wilhelminadorp (Z) en
J. WESTERLAKEN, Proeftuin "Naar beter Fruit", Numansdorp.

1983

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, Postbus 30003,
9750 RA Haren (Gr.)

Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 5-83 (1983) 24 pp.

INHOUD

1. Inleiding	3
2. Normen	5
3. Enkele inzichten	6
4. Proeven te Numansdorp en Wilhelminadorp	9
4.1. Numansdorp, proef no. 1	9
4.1.1. Opzet en uitvoering	9
4.1.2. Discussie	10
4.2. Numansdorp, proef no. 2	11
4.2.1. Opzet en uitvoering	11
4.2.2. Discussie	12
4.3. Numansdorp, proef no. 3	14
4.3.1. Opzet en uitvoering	14
4.3.2. Discussie	14
4.4. Wilhelminadorp, proef no. 4	16
4.4.1. Opzet en uitvoering	16
4.4.2. Discussie	18
5. Samenvatting en conclusies	21
6. Summary and conclusions	23

1. INLEIDING

Voor het verkrijgen van een vroege en hoge fruitproduktie is het van belang dat een jonge aanplant de beschikbare ruimte zo snel mogelijk vol groeit. Of dit gebeurt, hangt sterk af van het "aanslaan", de vestiging van het wortelstelsel in de grond rondom het plantgat. Droogte, vooral kort na het planten, is hierbij een belangrijk ongunstige factor. Wellicht nóg belangrijker, omdat het veel vaker optreedt, is de ongunstige invloed van bodemmoetheid bij herinplant van appel na appel. Groeiremming daardoor kan in het merendeel van jonge appelaanplantingen en onder alle omstandigheden van weer en grond worden verwacht. Om dit tegen te gaan wordt vrij algemeen potgrond in het plantgat toegepast. De begingroei is dan veel beter, maar potgrond - door de neiging van de wortels zich hierin te concentreren - maakt de boom wel extra droogtegevoelig. De combinatie potgrond én druppelbevloeiing heeft op herinplantpercelen tot opvallend goede resultaten geleid. Druppelbevloeiing wordt in jonge aanplantingen dan ook veelvuldig toegepast.

In ons land is in 1982/1983 naar schatting 800 ha fruit, merendeels appel, ingeplant. Een deel, zo'n 200 ha, bevindt zich in Zuidwest-Nederland, waar de mogelijkheden van irrigatie met zoet water uiterst beperkt zijn. Wel wordt hier en daar water onttrokken aan ondiepe zoetwaterlagen in de grond welke al op 10 à 15 m diepte overgaan in zouthoudend water, maar er zijn ook talloze situaties waar men, omdat de grond niet droogtegevoelig en de groei meestal goed is, helemaal niet op water geven is ingesteld, of waar alleen water van verdacht zoutgehalte ter beschikking staat. Al te sterke onttrekking aan de eerder genoemde ondiepe bronnetjes kan óók leiden tot toename van het zoutgehalte van het opgepompte water doordat de grens tussen de zoetwaterlaag en het zoute water dan tot filterdiepte omhoog wordt gezogen. Kortom: het probleem van water dat wegens het zoutgehalte ongeschikt lijkt voor bevloeiing is vooral in Zuidwest-Nederland actueel. In verband met de grote betekenis van watervoorziening voor een vlotte begingroei is daarom de vraag gesteld of in het geval van druppelbevloeiing niet toch water van een bepaald zoutgehalte kan worden gebruikt en tot welke concentratie men

dan kan gaan. Hierover zijn in 1979-1982 op de proeftuin te Numansdorp en op het proefstation voor de fruitteelt te Wilhelminadorp enkele oriënterende proeven uitgevoerd. De hier te bespreken resultaten hebben tot enkele voorlopige, bruikbare inzichten geleid.

2. NORMEN

Met andere gewassen en in andere landen zijn ervaringen verkregen, waarop normen zijn gebaseerd voor het toelaatbare zoutgehalte. Voor kasteelten in ons land geldt 0,5 g NaCl (keukenzout) per liter als grens voor berekening; voor berekening in de open grond geldt 1 g, voor bevoeiing of infiltratie ca. 2 g per liter. Het bekende Amerikaanse zoutlaboratorium in Riverside, Californië stelt, dat de tolerantie voor zout in bevoeiingswater afhangt van de mogelijkheid de grond door te spoelen om ophoping van zout in de wortelzone tegen te gaan; 0,4 tot 1,0 g NaCl per liter wordt daar voor bevoeiing al hoog genoemd en ca. 1 g/l wordt alleen bruikbaar geacht voor weinig gevoelige gewassen en goede doorspoelmogelijkheden. Maar Californië heeft een warm, droog klimaat, wat een zeer hoog waterverbruik door een gewas inhoudt, en tevens grote kans op zoutophoping. Bij de druppelbevoeiing voor pas geplante bomen hebben we in ons land met heel andere omstandigheden te maken: een gematigd klimaat met door regen onderbroken droogteperioden; een door beperkte wortelontwikkeling aanvankelijk voor droogte uiterst gevoelig gewas; plaatselijke bevochtiging waar de vochttoestand constant op peil kan worden gehouden en verzouting binnen de perken kan blijven, mede dank zij het uitspoelende effect van winterneerslag. De genoemde gehalten kunnen daarom slechts als zeer ruwe richtlijn gelden. In de werkgroep "Druppelbevoeiing in de Fruitteelt" is enkele jaren geleden dan ook besloten in eigen onderzoek na te gaan hoe pas geplante appelbomen reageren op druppelen met verschillende hoeveelheden water van verschillend zoutgehalte.

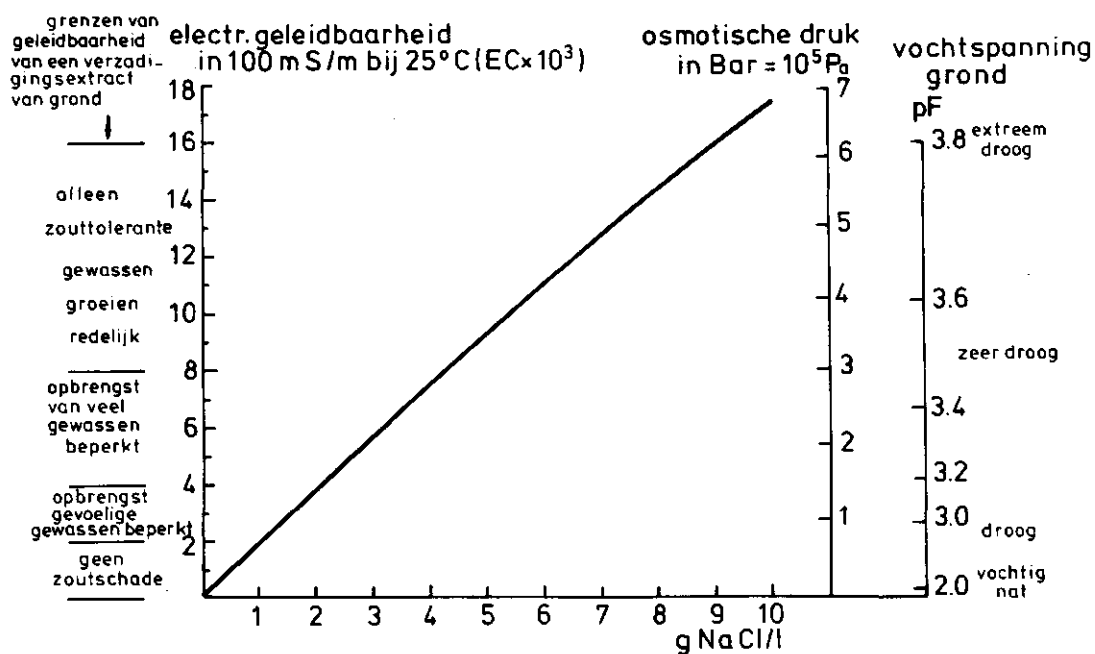
3. ENKELE INZICHTEN

Elke plant beschikt, voornamelijk door de bouw van de huidmondjes, over mechanismen waardoor de zuigkracht van de atmosfeer via de houtvaten van bladeren, takken en stam op de wortels wordt overgebracht. Daardoor kan de wortel aan het water in de grond "trekken". Maar ook de bodemdeeltjes "trekken" aan dit water en wel sterker naarmate de grond droger is. Het hangt er nu maar van af, of de grond of de wortel het hardst trekt. Dit bepaalt onder meer of het water wordt opgenomen.

Het vermogen om een bepaalde zuigkracht te ontwikkelen hangt voornamelijk van de plantesoort af. De els, een aan moerasomstandigheden aangepaste plant, kan dat slecht. Volgens eigen waarnemingen met de drukbomtechniek ontwikkelt de els overdag onder zeer droge omstandigheden, in de bladeren een onderdruk van hoogstens -11 tot -13 bar, de appel brengt het dan tot ca. -30 bar (de eenheid 1 bar = 0,987 atmosfeer is een maat voor druk; zuigkracht wordt dus als negatieve druk weergegeven). De els is dan ook veel droogtegevoeliger dan de appel. Sommige woestijnplanten ontwikkelen onderdrukken van ca. -70 bar en wellicht meer.

Evenals bij droge grond is voor opname van water uit een zoutoplossing extra onderdruk in de houtvaten en dus extra energie nodig. Hierdoor kan de plant het water zo opnemen dat het overgrote deel van de zoutbestanddelen in de oplossing achterblijft. Deze extra onderdruk komt overeen met de osmotische druk van de oplossing, welke vrijwel recht evenredig is met de concentratie van de oplossing. Hoe zouter deze is, des te groter is dus de onderdruk die voor de wateropname moet worden opgebracht. Het is dan begrijpelijk dat zoutminnende planten, evenals droogteresistente, gekenmerkt worden door het vermogen grote onderdrukken te ontwikkelen: in mangrove-vegetaties, die met steltwortels langs tropische kusten in zeewater staan, zijn bv. waarden van -60 bar gemeten.

In figuur 1 is voor een zuivere keukenzoutoplossing het verband weergegeven voor de concentratie met het elektrisch geleidingsvermogen (EC) enerzijds en met de osmotische druk anderzijds. Ter oriëntatie is geheel links ook aangegeven hoe het eerder genoemde Amerikaanse laboratorium de geschiktheid van de teeltlaag van min of meer zoute grond beoordeelt aan



Figuur 1. Verband tussen het keukenzoutgehalte van water en de elektrische geleidbaarheid benevens de osmotische druk. Geheel links: indeling van grond op basis van het zoutgehalte gemeten aan de EC van een verzadigingsextract. Geheel rechts: osmotische druk van de zoutoplossing vertaald in overeenkomstige vochtspanning van grond (pF = logaritme van de negatieve vochtspanning in cm. water).

Figure 1. Relationship between NaCl content of water and electrical conductivity, and the osmotic pressure.

het elektrisch geleidingsvermogen van een verzadigingsextract. Dit is een extract van een maximaal bevochtigde grond. Onder veldomstandigheden zijn de vochtgehalten echter veel lager zodat de planten in werkelijkheid groeien bij zoutgehalten en EC's in het bodemvocht die een factor 1,5 tot 3 hoger liggen dan de aangegeven grenzen. Wil men van deze indeling gebruik maken voor een beoordeling van het zoutgehalte van druppelwater dan moet men bedenken dat in een bevochtigde plek bij continu en ruim druppelen een vrij groot deel van het water en de zouten naar de ondergrond uitspoelt, waardoor de ophoping van achterblijvend zout alleen aan de randen van de vochtplek plaatsvindt. Het overige deel behoudt een vrij constant zoutgehalte, ongeveer gelijk aan dat van het druppelwater. Van concentratieverhoging door indroging is hier bij doorlopend druppelen weinig sprake.

De veronderstelling ligt dan voor de hand dat men de grenzen van het toelaatbare gehalte van het toegediende water hoger mag stellen dan die welke geheel links voor een verzoute teeltlaag is aangegeven. Een belangrijke factor bij de vraag over de toelaatbaarheid is verder, hoeveel van dit water er in een seizoen wordt opgenomen en of de plant elders, door worteling buiten de druppelplek, waar de grond droger, maar niet zout is, nog water kan opnemen. Ondanks het selectieve vermogen van de wortel wordt op den duur toch zoveel keukenzout opgenomen dat er vergiftigingsverschijnselen optreden, nl. bladrandverbranding. Met andere woorden: niet alleen het zoutgehalte van het druppelwater is belangrijk, ook de totale waterconsumptie uit de druppelplek bepaalt of en wanneer er op den duur schade optreedt.

Rechts in Figuur 1 is de osmotische druk van de oplossing weergegeven met daarnaast de overeenkomstige onderdruk van water in grond. Deze wordt veelal uitgedrukt als logaritme van de negatieve vochtspanning in cm water en aangeduid met de term pF . Zo moet een plant, om water te kunnen opnemen uit een zoutoplossing van 4 g NaCl per l (osmotische druk bijna 3 bar) een zuigkracht ontwikkelen die ongeveer even groot is als die, nodig voor vochtopname uit een al zeer droge grond met pF ruim 3,4. Het is waarschijnlijk niet geheel geoorloofd de mogelijkheid van wateropname uit zouthoudend druppelwater op één lijn te stellen met die uit grond met een vochtspanning welke overeenkomt met de osmotische druk van het druppelwater: bij ruim druppelen blijft het zoutgehalte en dus de osmotische druk van het water in de vochtplek constant, terwijl de pF bij wateropname in uitdrogende grond versneld toeneemt. Wel is duidelijk dat de plant meer energie moet aanwenden, zowel bij toenemend zoutgehalte als bij toenemende vochtspanning. Dit gaat ten koste van de groei.

4. PROEVEN TE NUMANSDORP EN WILHELMINADORP

In 1979-1982 zijn vier eenvoudige proeven met pas geplante boompjes uitgevoerd. Daarmee is het onderzoek zeker nog niet afgerond. Er spelen zoveel factoren een rol dat onder allerlei gevarieerde omstandigheden verder zou moeten worden onderzocht hoe zout water kan worden toegepast.

4.1. Numansdorp, proef no. 1

4.1.1. Opzet en uitvoering

Begin april 1979 werden, op diep bewortelbare, goed opdrachtige zeeklei in een verband van 3 x 1 m, éénjarige appelboompjes Golden Delicious op M.9 virusvrij geplant met 15 l potgrond in het plantgat. Het voorgewas was appel. Om een droog seizoen na te bootsen werden bij de behandelingen 1-4 langs de bomenrij dakvormige plastic kappen, 2 m breed, op \pm 35 cm hoogte ter weerszijden van de stammetjes aangebracht. Daardoor werd de na 22 mei gevallen regen, 253 mm tot eind september, buiten bereik van de wortels gebracht. Op genoemde dag waren de kappen namelijk gereed gekomen. Omdat er in de maand daarvóór ca. 80 mm was gevallen, was de grond op 22 mei nog flink vochtig. Uit grote vaten werd van 28 juni af en regelmatig op ongeveer de helft van de dagen tot 9 oktober, water met vier verschillende zoutgehalten via druppelslangetjes dicht bij de stam toegevend. Er waren rijtjes van 7 bomen per behandeling waarvan er, bij behandelingen 1-4, 5 als proefboom werden beschouwd. Op druppeldagen werd per boom aanvankelijk 0,8 l, later 1-1,5 l gegeven. Het vaststellen of er gedruppeld moest worden gebeurde op basis van uitdroging, zoals aangegeven door tensiometers die op de rand van het plantgat, 20 cm naast het druppelpunt, waren geplaatst. Toen er eind juli nog geen spoor van reactie bij de boompjes viel te bespeuren werd bij 3 van de 7 bomen van behandeling 5, náást de giften van 2 g NaCl per l nog eens 20 l water met 10 g NaCl per l extra gegeven, verdeeld tussen 28 juli en 9 oktober (behandeling 5a).

In 1980 werd de proef met veel hogere concentraties en watergiften voortgezet. Het druppelen begon al op 4 mei omdat april droog was geweest.

In mei viel slechts 9 mm neerslag en de lucht was sterk drogend. Met onderbrekingen van verscheidene dagen werd op druppeldagen 1 à 2 l gegeven; dit duurde tot 26 augustus. Ook dit jaar traden geen symptomen van zout-schade op. Tabel I geeft een overzicht van de proefomstandigheden en resultaten.

TABEL I. Numansdorp, proef no. 1. Toediening van zout druppelwater en proefresultaten bij Golden Delicious. Behandeling 1-4 onder kap, 5 in open grond.

TABLE I. Numansdorp, trial 1. Application of saline irrigation water and experimental results with Golden Delicious. Treatments 1-4 under a shield, treatment 5 without a cover.

Beh. no.	Toediening zout water						Waarnemingen gewas			
	g NaCl/l		totaal l/boom		g NaCl/boom		1979	1980		
	1979	1980	1979	1980	1979	1980	scheutl.m/b	bladst.26/8	kg/b	g/vrucht
1	0,1	0,1	50	120	5	12	3,8	7	2,0	173
2	1	2,5	50	120	50	300	3,7	6	1,5	162
3	1,5	5	50	120	75	600	3,7	7	2,2	166
4	2	10	50	120	100	1200	3,2	6	0,9	163
5	2	10	50	120	100	1200	4,2	6	2,9	162
5a	2/10		70		300		4,4			

4.1.2. Discussie

Weersomstandigheden, ook als de neerslag wordt onderschept, spelen bij dit soort proeven een grote rol. Het jaar 1979 begon vrij nat, was koel en somber en de "droogte" kwam pas laat. In april tot en met september viel per maand in dit gebied achtereenvolgens 54, 102, 76, 33, 67 en 22 mm. Door de aanvankelijk vochtige grond en capillaire vochttoevoer vanuit een vrij hoge grondwaterstand zullen de boompjes, ook onder de kappen, snel in de grond rond het plantgat zijn gaan wortelen. Daardoor waren ze minder afhankelijk van het water in de steeds zouter wordende, met ± 1 liter per dag voorziene, zeer kleine druppelplekken. Metingen van de elektrische geleidbaarheid in deze plekken, op 11 september, wezen op EC-eindwaarden omgerekend voor verzadigingsextracten, tussen $\pm 1,0$ voor behandeling 1 en 2,5 mmhos voor behandeling 5a, alle dus nog binnen het veilige gebied (figuur 1).

Er kán dus ook nauwelijks van reactie, laat staan zoutschade sprake zijn geweest. Niettemin lijkt de scheutgroei bij behandeling 4 in 1979 wat te zijn geremd, terwijl de natuurlijke neerslag bij behandeling 5 iets gunstig is geweest, waardoor hier zelfs de beste groei werd waargenomen.

Het jaar 1980 begon veel droger, maar werd tussen ± 20 juni en 20 juli gekenmerkt door overvloedige regen. In april tot en met september viel resp. 42, 9, 80, 155, 39 en 22 mm. Na de regenperiode was het seizoen vanaf ± 23 juli zonnig, droog en er kwamen veel warme dagen voor. Ondanks de veel hogere zoutconcentraties en watergiften reageerde het gewas wat bladkleur en -stand op 26 augustus betreft, weer niet waarneembaar op de toename van het zoutgehalte. Factoren zoals het in 1980 verder ontwikkelde wortelstelsel en, in juli, vochttoevoer uit het gestegen grondwater, waardoor minder grote afhankelijkheid van druppelwater, zullen een rol hebben gespeeld. De lage opbrengst bij behandeling 4 kan met de wat geremde scheutgroei of bloemaanleg in 1979, mogelijk zelfs met versterkte rui door vroege toepassing van zout druppelwater in 1980 in verband hebben staan. De hoge opbrengst bij behandeling 5 stemt dan overeen met de in 1979 door natuurlijke neerslag bevorderde scheutgroei. Of deze verschillen statistisch betrouwbaar zijn, kan wegens de oriënterende opzet van de proef niet worden nagegaan.

Samenvattend kan worden gezegd dat de gunstige omstandigheden van vochtvoorziening uit de grond buiten de druppelplekken en matige vochtbehoefte door koel weer in 1979, daarnaast in 1980 een reeds goed ontwikkeld wortelstelsel, het gewas waarschijnlijk weinig afhankelijk hebben gemaakt van vochtopname uit het druppelwater. Er kan uit deze proef dan ook geen duidelijke conclusie over het effect van een toenemend zoutgehalte worden getrokken.

4.2. Numansdorp, proef no. 2

4.2.1. Opzet en uitvoering

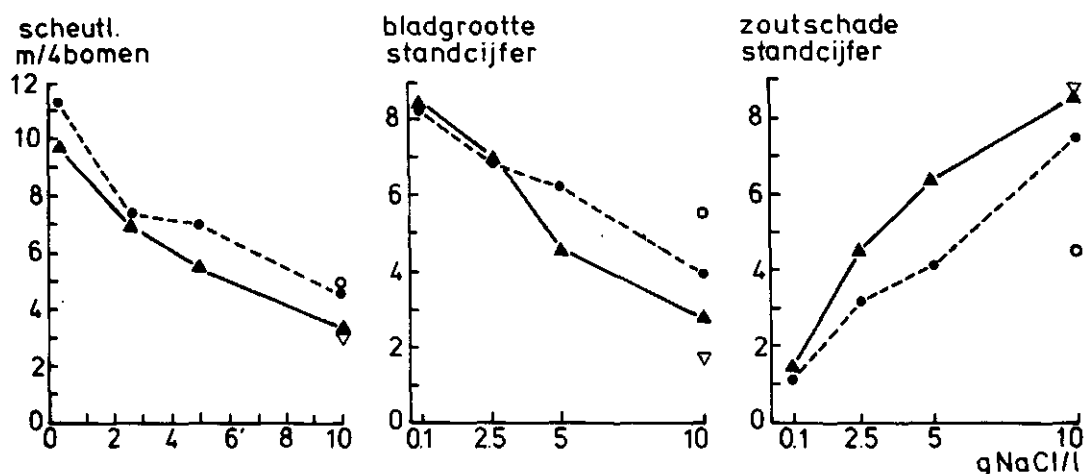
De tweede proef, uitgevoerd in 1980, ging over de vraag of het gewas extra gevoelig wordt voor zout druppelwater als de beworteling beperkt blijft tot de bevochtigde plek. De appelboompjes, Lombarts Calville op M.9, werden op 7 december 1979 geplant. Ook hier was het voorgewas appel. De helft van de boompjes werd geplant in geheel ingegraven plastic emmers

van 15 l, zonder bodem, gevuld met potgrond en afgedekt met kleigrond. De andere helft van de boompjes werd op precies dezelfde wijze geplant, echter zonder emmer zodat de wortels uit het plantgat konden groeien. Er werd, evenals bij Golden Delicious in proef no. 1, tussen 4 mei en 26 augustus dicht bij de stam gedruppeld met dezelfde zoutconcentraties (0,1, 2,5, 5 of 10 g NaCl per l), op dezelfde dagen en met dezelfde hoeveelheden (totaal 120 l per boom), zodat voor de waterbehandelingen en zoutgiften naar tabel I kan worden verwezen. Ook nu stonden de behandelingen nos. 1-4 onder afdak (vanaf 28 april) en no. 5 in de open grond. Er waren 4 boompjes per behandeling. De weersomstandigheden van 1980 zijn al bij proef no. 1 vermeld. Een verschil met Golden Delicious van proef 1 was o.a. dat het uitlopen en groeien van Lombarts Calville in het jaar na planten (1980) met een droog voorjaar en sterk drogend weer in mei begon, wat grote afhankelijkheid van de druppelbevloeiing betekende. Zo was de grondwaterstand begin juni al tot 160 cm-mv. gedaald. In de loop van augustus werden duidelijke symptomen van zoutschade (bladrandverbranding) zichtbaar. Deze zijn, evenals de bladgrootte, op 4 september in standcijfers vastgelegd.

Bij deze proef deed zich nog een bijzondere omstandigheid voor. Al spoedig was bij bomen in emmers, vooral als zoet water werd gebruikt, een lichte bladstand waarneembaar, wat op stikstoftekort wees. Om dit op te heffen kregen de bomen met "zoet" water (zónder en mét emmer) van 4 juli af kalksalpeter in het druppelwater toegediend in een concentratie van 3 g per l en vanaf die datum totaal nog 40 liter. Dit heeft de proef beïnvloed, o.a. omdat dit "zoete" water daarvoor een EC kreeg, vergelijkbaar met die van 1,8 g keukenzout per l (zie: Discussie). De waarnemingen zijn in figuur 2 grafisch weergegeven.

4.2.2. Discussie

Onder de omstandigheden van sterke vochtopname uit het druppelwater in het droge zonnige voorjaar van 1980, dat na de extreme regen tussen ± 20 juni en 20 juli nog weer gevolgd werd door een droge en warme zomer, en dit alles bevorderd door het onderscheppen van neerslag door de plastic kappen, kwam het nadeel van een toenemend zoutgehalte sterk naar voren in afnemende scheut- en bladgroei en later in bladverbranding. Dit werd nog weer verder geaccentueerd door de emmers waardoor de bomen vrijwel



Figuur 2. Numansdorp, proef no. 2. Zoutconcentratie en totale scheutlengte per 4 bomen, bladgrootte en bladverbranding op 4 september 1980, bij bomen onder afdak zonder (●) en met plastic emmer (▲) en idem in de volle grond (○ en ▽). Standcijfer zoutschade 1-2= geen, 7-8 zeer ernstige bladverbranding en bladval.

Figure 2. Numansdorp, trial 2. Salt concentration and total shoot length per 4 trees, size of the leaves and leaf scorch on 4 september 1980, of trees under a shield, planted in plastic buckets (▲) and without such a bucket (●), and the same treatments without a shield (▽ and ○). Rating salt damage 1-2 = no damage, 7-8 very serious leaf scorch and leaf drop.

uitsluitend op het druppelwater waren aangewezen. De lijnen voor bladgrootte en bladverbranding bij al of niet door emmers beperkte wortelgroei lopen verder uiteen naarmate het zoutgehalte toeneemt. Dit bevestigt de indruk dat het risico van zouthoudend druppelwater (groeiremming in plaats van bevordering, kans op bladschade) toeneemt naarmate het gewas meer van deze vochtbron afhankelijk wordt. Leerzaam in dit verband is het gedrag van de groei bij het in 1980 al tweejarige gewas Golden Delicious in proef no. 1, dat onder precies dezelfde omstandigheden, maar zonder emmers en met een veel verder ontwikkeld wortelstelsel, niet merkbaar nadelig op dezelfde zoutconcentraties reageerde (tabel I). In de proef met Lombarts Calville werd verder nog opgemerkt dat bij de serie zonder emmers, zwaar plantmateriaal minder bladverbranding vertoonde dan dunne boompjes, waarschijnlijk dank zij sterke wortelgroei buiten de zoute vochtplek.

Het uit elkaar wijken van de lijnen bij toenemend zoutgehalte lijkt niet te worden bevestigd door de scheutproduktie, waar bij 0,1 g NaCl per liter immers ook al een nadelig emmer-effect optreedt. Dit kan aan de toevoeging van de kalksalpeter worden toegeschreven, die enerzijds de scheutdoorgroei stimuleerde, maar de bomen in emmers deed achterblijven als gevolg van de verhoogde zoutconcentratie (EC vergelijkbaar met die van 1,8 g NaCl per l).

EC-metingen op 25 augustus lieten in de plantgaten zeer hoge waarden zien die, omgerekend naar verzadigingsextracten, tot 12 à 15 mmhos opliepen bij de hoogste zoutconcentraties in het druppelwater. Ook in de grond onder de plantgaten werden nog EC's gemeten van 7 à 10 mmhos.

Een visuele beoordeling van de beworteling bij het uitgraven van de potten leerde tenslotte, dat de dichtheid van de beworteling sterk afnam naarmate zouter water was toegepast.

4.3. Numansdorp, proef no. 3

4.3.1. Opzet en uitvoering

De derde proef werd in 1981 en 1982 uitgevoerd met in december 1980 geplante eenjarige boompjes Golden Delicious op M9, virusvrij en wederom op grond waar eerder appels hadden gestaan. Er werd 15 l potgrond per plantgat gebruikt. In deze proef werden géén plastic kappen toegepast, wél controle-bomen die geen water kregen. Elke behandeling omvatte 2 veldjes met elk 7 proefbomen. In 1981 werd tussen 18 mei en 24 augustus aan de hand van tensiometer-aanwijzingen dicht bij de stam totaal 85 liter gedruppeld, in toenemende zoutconcentraties, en in giften per keer van 4 tot 6 liter. In 1982 werd dit herhaald met tussen 22 april en 23 augustus totaal 203 liter per boom, verdeeld over 22 giften, op druppeldagen van 5 tot 13 liter, met tussenpozen van verscheidene dagen tot meer dan een week. De proefresultaten zijn in tabel II samengevat.

4.3.2. Discussie

Na een buitengewoon natte maand maart viel in april tot en met september 1981 achtereenvolgens 38, 92, 78, 40, 37 en 50 mm regen. In de periode van de scheutgroei was het weer aanvankelijk overwegend koel, somber en nat. Duidelijk droge, zonnige en af en toe warme perioden kwamen pas

TABEL II. Numansdorp, proef no. 3. Waarnemingen aan Golden Delicious bij toenemend zoutgehalte in het druppelwater. Toepassing zonder kappen.

TABLE II. Numansdorp, trial 3. Measurements in Golden Delicious with increasing salinity of irrigation water. No shields used.

Beh. no.	g NaCl per 1	Stamontrek-toename in cm/b			Scheutgroei m/b		Opbrengst per boom 1982	
		1981	1982	1981+1982	1981	1982	aantal	kg
1	contr.	1,47	1,38	2,85	3,40	1,03	21	4,55
2	0,1	1,49	1,29	2,78	4,22	1,04	27	5,10
3	1	1,24	1,49	2,73	4,56	0,87	24	4,55
4	2	1,67	1,64	3,31	3,73	1,42	26	4,90
5	3	1,82	1,29	3,11	3,72	1,19	27	5,00

midden juni en, vrijwel ononderbroken, vanaf begin juli tot september voor. Door deze voor het aanslaan gunstige omstandigheden en vooral door de vrij kleine watergiften, zijn de effecten van het druppelen beperkt gebleven tot 24% respectievelijk 34% grotere scheutlengte bij 0,1 en 1 g NaCl per 1, terwijl bij 2 en 3 g NaCl nog slechts een ca. 10% grotere lengte werd gemeten. Dat dit op een minder gunstig effect bij de hoogste zoutconcentraties zou wijzen, wordt niet door de gegevens van de stam-bijgroei bevestigd. Deze zijn onregelmatig door ongelijk plantmateriaal en de kleine omvang van de proef. De opbrengst van 1982 die de verschillen in scheutgroei van 1981 weerspiegelt, wijst óók niet op een minder goed resultaat bij hoge zoutconcentraties. Toch komt hierin wel een verbetering van de vochtvoorziening door druppelen duidelijk naar voren.

Het jaar 1982 begon met een veel droger voorjaar. In april tot en met september viel 20, 40, 85, 22, 74 en 40 mm regen. Er kwamen veel meer droge en vooral warme perioden voor dan in 1981. De gegevens van de groei van het inmiddels goed aangeslagen gewas wekken toch niet de indruk dat de bomen duidelijk van het druppelen hebben geprofiteerd. Wellicht heeft de hogere vruchtproductie bij de bedruppelde bomen de eventuele extra groei hierbij onderdrukt.

4.4. *Wilhelminadorp, proef no. 4*

4.4.1. *Opzet en uitvoering*

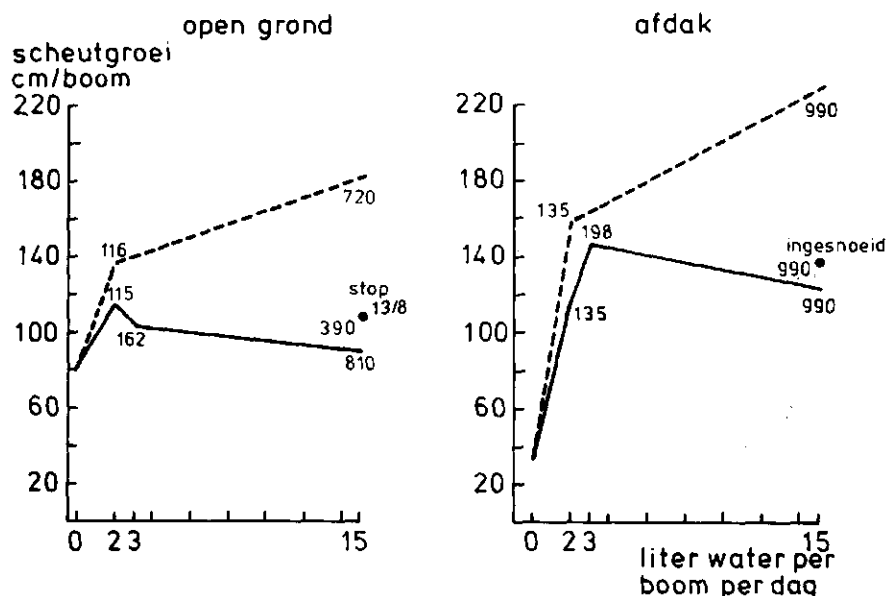
Ook hier betrof het een appelperceel waarop na het rooien wederom appels werden geplant en wel het ras Schone van Boskoop. Het planten met 15 l potgrond in het plantgat gebeurde laat, pas op 8 april 1981. Er was al enige werking in de knoppen te zien. De grond was vrij nat. Dicht bij de stam werd zoet of zout water (uitsluitend de concentratie 3 g NaCl per l) gedruppeld in verschillende dagelijkse hoeveelheden, nl. 0, 1 tot 3 l (variërend naar bladontwikkeling en weersomstandigheden, maar gemiddeld 2l), of constant 3 l en 15 l per boom. Deze behandelingen kwamen in twee series voor, nl. in de open grond en bij dakvormige, 30 cm hoge en 2 m brede plastic kappen langs de bomen. Deze voerden tussen het gereedkomen op 15 mei en 12 september ca. 80% van 195 mm neerslag buiten het bereik van de wortels af. Het druppelen begon feitelijk wat laat, op 22 juni. Dit stond in verband met een neerslagrijke periode vanaf eind april tot 12 juni. Voor de bomen met kappen betekende dit een droger begin vergeleken met de open grond omdat de kappen inmiddels tussen 15 mei en 22 juni, ca. 80% van 70 mm regen hadden onderschept. Het druppelen heeft daardoor bij de serie onder kappen nogal lang doorgaande scheutgroei veroorzaakt hetgeen uiteindelijk resulteerde in langere scheuten vergeleken met bedruppelde bomen in open grond bij dezelfde behandelingen.

In tegenstelling tot de werkwijze in Numansdorp bleven de dagelijkse giften, behalve bij de series "1-3 l", constant terwijl er bijna dagelijks werd gedruppeld zodat de vochtplekken vrijwel niet de kans kregen in te drogen. Bij bomen in de open grond werd het druppelen tijdens flinke regenperioden enkele malen onderbroken, maar bij de bomen met kappen werd bv. op 66 van de 83 dagen tussen 22 juni en 12 september gedruppeld. Hoewel de vochttoestand van de grond met tensiometers werd vervolgd, gebeurde het druppelen niet zoals in Numansdorp, op basis van aanwijzingen van op de rand van het plantgat ingegraven tensiometers.

Aan de proef met Schone van Boskoop werden nog twee behandelingen toegevoegd, nl.: in de open grond, gebruik van dagelijks 15 l zout water tot een korte regenperiode, waarna op 13 augustus het druppelen definitief werd beëindigd. En verder: onder kappen toevoeging van 15 l zout water bij bomen die, om de wortelgroei te stimuleren dieper, op 75 cm hoogte waren ingesnoeid in plaats van op 90 cm, zoals bij de overige bomen.

Tenslotte werd de behandeling "kappen, 15 l zout water" eveneens toegepast bij bomen van de apperassen Lombarts Calville en Gloster op M.9. Alle behandelingen bestonden uit zes herhalingen van één boom.

Om de reactie van de bomen vast te leggen werd alleen de groei tussen 9 juli en 11 september gemeten van die scheuten die op 9 juli nog geen eindknop hadden gevormd. Dit sluit een groot aantal korte scheutjes uit waardoor het beeld van de scheutgroei, als reactie op de behandelingen, veel regelmatig wordt. De resultaten hiervan zijn in figuur 3 vastgelegd.



Figuur 3. Scheutgroei van Schone van Boskoop te Wilhelminadorp tussen 9 juli en 11 september, bij gebruik van zoet (---) en zout druppelwater (—, 3 g NaCl per liter) bij verschillende watergiftten in open grond en bij laag geplaatste plastic kappen. Totaal waterverbruik in liter per boom tussen 22 juni en 12 september 1981 bijgeschreven.

Figure 3. Shoot growth of Schone van Boskoop apple trees at Wilhelminadorp between 9 July and 11 September, following application of different quantities of non-saline (---) and saline irrigation water (— 3 g NaCl per litre) to trees under which the soil was covered with a shield and to trees in soil without a cover. The total amount of water applied between 22 June and 12 September 1981 (litres per tree) is also presented.

Op 10 september zijn van alle 16 behandelingen monsters van langlotbladeren verzameld. Tabel III geeft een overzicht van de minerale samenstelling met uitzondering van de calcium- en fosfaatgehalten die geen

bijzondere informatie over behandelingsinvloeden gaven.

TABEL III. Wilhelminadorp, proef no. 4. Minerale samenstelling in % op de droge stof, van langlot-bladeren van Schone van Boskoop, Lombarts Calville en Closter, bemonsterd 10 september 1981.
 TABLE III. Wilhelminadorp, trial 4. Mineral composition (% of dry matter) of long-shoot leaves of Schone van Boskoop, Lombarts Calville and Gloster, sampled on 10 September 1981.

	% Na		% Cl		% K		% Mg		% N	
	zoet	zout	zoet	zout	zoet	zout	zoet	zout	zoet	zout
<i>Open grond</i>										
controle	0,037		0,32		1,81		0,32		2,19	
1-3 1	0,036	0,034	0,27	0,33	2,01	1,82	0,31	0,32	2,12	2,1
3 1	0,037		0,33		1,85		0,33		2,1	
15 1	0,034	0,035	0,29	0,34	1,98	1,90	0,30	0,34	1,92	2,0
15 1 tot 13/8	0,038		0,37		1,92		0,33		1,9	
<i>Afdak</i>										
controle	0,047		0,36		1,50		0,42		2,35	
1-3 1	0,041	0,043	0,36	0,35	1,64	1,70	0,36	0,40	2,02	2,0
3 1	0,042		0,40		1,72		0,35		1,9	
15 1	0,038	0,044	0,35	0,39	1,81	1,79	0,35	0,34	1,84	1,9
15 1 ingesnoeid	0,044		0,38		1,87		0,36		1,9	
15 1 Lombarts Calv.	0,018		0,38		2,23		0,15		2,2	
15 1 Gloster	0,023		0,32		1,78		0,25		2,1	

4.4.2. Discussie

In Wilhelminadorp viel in maart tot en met september 1981 achtereenvolgens 137, 35, 88, 69, 34, 37 en 45 mm regen. Ondanks de omstandigheid dat in sommige gevallen zeer veel zout water was gebruikt (onder kappen tot 990 liter, dus totaal bijna 3 kg zout per boom vlak bij de stam), trad er bij geen van de bomen bladrand-verbranding op. Dit is grotendeels te danken aan het continu druppelen en waarschijnlijk aan het ras Schone van Boskoop, dat een flinke groeier is dat de omringende grond rond het plantgat en

buiten de zoute plek snel doorwortelt.

De gegevens in figuur 3 laten zien dat de scheutgroei bij zoet water beter was dan bij zout water en véél beter als zeer ruim werd gedruppeld. Als er zoet water ter beschikking staat, lijkt veel water te moeten worden gegeven voor een optimaal effect. Bij zout water wordt dit al gauw te veel en zou de dagelijkse hoeveelheid tot 2 à 3 liter beperkt moeten blijven. Naarmate het droger is wordt het effect van dit zoute water op de scheutgroei ook duidelijker positief. Zo werd bij "1-3" (=2) liter per boom per dag in de open grond nog een 40% betere scheutgroei verkregen, vergeleken met onbedruppeld, maar onder kappen was dit effect zelfs ca. 240 %, mede als gevolg van dóórgroei (niet gewenst in verband met het risico van meeldauwaantasting!). Bij zeer grote zoutwatergiften ging het positieve effect van druppelen op de scheutgroei door groeiremming weer grotendeels verloren, behalve onder de extreem droge omstandigheden van de kappen. Het tijdig stoppen met zout water druppelen, toen neerslag dat mogelijk maakte, lijkt een positieve maatregel te zijn geweest (open grond, 15 l, 13 augustus). De iets betere scheutgroei tussen 9 juli en 11 september van diep ingesnoeide bomen (onder afdak, 15 l zout water) is een effect dat onder alle omstandigheden van sterkere wintersnoei valt te verwachten. Het geeft geen aanwijzing omtrent een eventueel verminderde gevoeligheid voor zoutwater-toediening bv. door geactiveerde wortelgroei.

Uit de gegevens van de bladanalyse in tabel III kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- * De kalium- en natriumgehalten in het blad van Schone van Boskoop zijn duidelijk negatief gecorreleerd ($r = -0,81^{***}$). Omdat toename van de vochttoestand van de grond een positieve invloed heeft op de kaliumopname, gaat druppelen met zoet water samen met een daling in natriumgehalten. Droogte (controle, vooral kappen) gaat samen met relatief lage kalium- en hoge natriumgehalten. Bij gelijke watergift geeft zout water iets hogere natriumgehalten dan zoet water, althans bij bomen met afdak.
- * Het ras Lombarts Calville valt op door een hoog kaliumgehalte en lage natrium- en magnesiumgehalten. Het optreden van magnesiumgebreksverschijnselen bij dit ras wordt bevestigd door de hoge K/Mg-verhouding in het blad.
- * Zout druppelwater maar ook droogte (kappen, controle iets) heeft het chloorgehalte verhoogd. Het effect van zout, vergeleken met zoet water is echter niet sterk. Dit kan wijzen op geringe wateropname uit zout druppelwater en/of op sterk selectieve opname van het chloor-ion.

- * Ook de kalium- en magnesiumgehalten zijn negatief gecorreleerd ($r = -0,84^{***}$). Droogte (kappen, controle) gaat daarom samen met relatief hoge magnesiumgehalten.
- * Tussen het niveau van de scheutgroei (figuur 3) en de stikstofgehalten in het blad werd een sterk negatieve correlatie berekend ($r = -0,82^{***}$). In de loop van de zomer werden dan ook lichtere bladkleuren waargenomen naarmate de boompjes beter groeiden. Ten dele kan dit op een verdunnings-effect berusten. Het wijst er echter ook op dat, naarmate de omstandigheden droger zijn en er meer water wordt gegeven, zodat de vochtopname sterker naar de druppelplek wordt verschoven, de stikstofvoeding meer in het minimum kan komen. Een daling onder kappen, van 2,35% N bij niet bevroede, naar 1,84% N bij ruim bedruppelde bomen, is zeer fors. Ook in de proef met Lombarts Calville te Numansdorp (proef no. 2) werd bij toepassing van zoet water een begin van stikstofgebrek waargenomen. Dit aspect van druppelbevloeiing verdient zeker aandacht.

5. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Groeibevordering van jonge appelbomen door druppelbevloeiing, eventueel met zout water, is een complex vraagstuk. De resultaten worden beïnvloed door de weersomstandigheden en de vochttoestand van de grond na het planten, bodemmoetheid en het gebruik van potgrond in het plantgat. Verder door het moment waarop wordt begonnen, de wijze van druppelen en het zoutgehalte van het water. Ook de groeikracht van de ras-onderstamcombinatie en de zwaarte van het plantmateriaal lijken een rol te spelen. De vier in 1979-1982 uitgevoerde oriënterende proeven (drie te Numansdorp, één te Wilhelminadorp) zijn onder te weinig gevarieerde, ten dele voor het aanslaan gunstige omstandigheden met wellicht niet steeds optimale watergiften uitgevoerd. De resultaten laten daarom slechts globaal de volgende conclusies en richtlijnen toe:

1. Zoet water geeft altijd betere resultaten dan zout water. Voor pas geplante bomen is het niet voldoende alleen de waterbehoefte te dekken (uit vroegere potproeven is berekend dat deze voor een eenjarige, goed bebladerde boom per zeer warme dag hoogstens 0,3 l bedraagt), maar meer water is nodig om de boom tevens in staat te stellen door wortelgroei de grond rondom het plantgat zo snel mogelijk in bezit te nemen. Door deze grond vochtig te maken bevordert men de wortelgroei buiten het plantgat. Daarvoor is in principe veel water nodig en de proef te Wilhelminadorp liet dan ook een betere scheutgroei zien bij dagelijkse giften van 15 l vergeleken met 2 l per boom per dag. Is water van goede kwaliteit beschikbaar dan dient dus meer water te worden gegeven dan in de praktijk veelal voldoende wordt geacht. Een snelle vestiging door wortelgroei buiten het plantgat maakt de boom minder droogtegevoelig. Wellicht is dit te optimaliseren door 2-zijdig druppelen.
2. Bij zout water gaat het voorgaande niet op omdat tegenover het voordeel van een toenemend volume bevochtigde grond het nadeel van een tevens toenemende zoutinvloed komt te staan. Het gaat er dan om de boom door gestimuleerde wortelgroei in niet-bevochtigde, dus niet-zoute grond zo spoedig mogelijk onafhankelijk te maken van het zoute druppelwater.

De proef te Wilhelminadorp gaf de indruk dat met zout water optimale resultaten worden bereikt door niet te grote dagelijkse hoeveelheden (2 à 3 l per boom) continu toe te passen tot een flinke regenperiode stopzetting mogelijk maakt.

Het ligt voor de hand het zoutgehalte als maatgevend voor de toepasbaarheid te beschouwen en uit de proeven lijkt ca. 3 g NaCl per liter wel het maximum voor het bereiken van een redelijk positief resultaat. Toch is zo'n grens niet precies aan te geven, ook andere factoren spelen een rol. Zo kunnen bij 3 kg NaCl per liter, na aanvankelijke groeibevordering, op den duur groeiremming en bladverbranding optreden, nl. als uit de vochtplek veel en langdurig water en zouten worden opgenomen, bv. in een lange, droge en warme periode.

3. Het appelras Lombarts Calville is gevoelig voor magnesiumgebrek. Druppelen verhoogt de kaliumopname en de K:Mg-verhouding in het blad, verhoogt daarmee de kans op magnesiumgebrek. Door de matige groei is dit ras wellicht ook extra gevoelig voor een hoog zoutgehalte in het druppelwater.

6. SUMMARY AND CONCLUSIONS

Promoting the growth of young apple trees by means of trickle irrigation, if necessary with saline water, is a complex problem. The results are affected by weather conditions and moisture content of the soil, replant disease, and use of potting soil in the planting hole, as well as by the time at which trickling is started, the method of trickling, and the salt content of the water. Also the vigour of the cultivar-rootstock combination and the heaviness of the planting material seem to play a role. In 1979-1982, four exploratory experiments (three at Numansdorp, one at Wilhelminadorp) were conducted, but under conditions that were insufficiently varied and sometimes favoured good establishment; the amounts of water supplied were possibly not always optimum. Thus the results allow of only the following general, tentative conclusions and guidelines:

1. Fresh (non-saline) water always gives better results than saline water. In the case of recently planted trees it is not enough to just meet the water requirement (which, in earlier pot trials, has been calculated to be at most 0.3 l on a very warm day for a one-year old tree that is well-supplied with leaves), but additional water is needed to also permit extension of the root system into the soil surrounding the planting hole as soon as possible. Moistening this soil promotes root growth outside of the planting hole. In principle, much water is needed for this purpose; accordingly, shoot growth in the trial at Wilhelminadorp was better when 15 l water was applied than 2 l per tree per day. So if water of good quality is available, more water should be applied than growers often consider sufficient. Rapid establishment through root growth extending beyond the planting hole makes the trees less drought-susceptible. This can possibly be optimized by trickling on two sides.
2. In the case of saline water the preceding does not apply, because the advantage of an increasing volume of moistened soil is offset by the disadvantage of an increasing salinity effect. It is then important to

make the tree independent of the saline water supply as soon as possible by stimulating root growth in the non-moistened and therefore non-saline soil. The experiment at Wilhelminadorp gave the impression that optimum results are obtained by applying moderate daily amounts (2-3 l per tree) of water until a lengthy period of rain permits irrigation to be discontinued.

The salt concentration would be the obvious criterion of water suitability, and the experiments show that about 3 g NaCl per liter is the maximum concentration at which a reasonably positive result can be achieved. An exact limit cannot be given, because other factors also play a role. For instance, in the long run growth inhibition and leaf burn can occur at 3 g NaCl per liter, a concentration at which growth is initially stimulated; this happens following prolonged uptake of water and salts, for instance during a long, dry, and warm period.

3. The apple variety Lombarts Calville is susceptible to magnesium deficiency. Trickling increases potassium uptake and raises the K/Mg ratio in the leaves, thus increasing the risk of magnesium deficiency. Because of its moderate rate of growth this variety is perhaps also especially sensitive to a high salt concentration of the irrigation water.