

# Minimale beworteling en maximale efficiëntie?

Bij de overschakeling van teelt in grond naar teelt op kunstmatige substraten wordt de ruimte die een plant kan bewortelen veel kleiner gemaakt. Als de voorziening van de aanwezige wortels met water en mineralen maar goed genoeg is, kan een plant ook wel met een kleiner wortelstelsel toe. Hier zit wel een grens aan, doordat de hoeveelheid water en mineralen die door een stukje worteloppervlak opgenomen kan worden een fysiologisch bepaald maximum kent. Deze grens is de laatste jaren onderzocht op het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid. Eerder zijn in „de Tuinderij” al eens onderzoekresultaten hiervan besproken (19e jaargang no. 25, 18-12-1979). De verdere voortgang van het onderzoek wordt beschreven in Rapport 9-81 van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid.

## MINIMALE BEWORTELING

In proeven met tomaten en komkommers werden planten gekweekt in potten van verschillende grootte, die met zand of steenwol gevuld waren en waarlangs continu voedingsoplossing met een vaste samenstelling druppelde. Onder deze omstandigheden was een pot met een halve liter steenwol al voldoende voor een maximale tomatengroei. Een pot met een halve liter zand (met ongeveer een kwart liter poriënruimte) bleek net te klein.

Een te klein wortelstelsel levert vooral problemen op bij de water- en Ca-opname; het leidt tot een vervroegde vruchtafrijping bij achterblijvende bladgroei, en tot neusrot. Een wortelstelsel dat net groot genoeg is, heeft een totale oppervlakte (alle zijwortels meegeteld) van ruim 1 m<sup>2</sup>.

Voor komkommer is de benodigde ruimte groter; waarschijnlijk is 1 ½ liter steenwol per plant minimaal benodigd om een wortelstelsel te vormen met een oppervlak van 1 ½ m<sup>2</sup>.

## BEWORTELING IN DE PRAKTIJK

Bij bemonstering van tomaten en komkommers op steenwol is een totaal worteloppervlak per plant gevonden van circa 2 m<sup>2</sup>. Dit worteloppervlak is echter lang niet gelijkmatig verdeeld over de gehele mat. De verdeling hangt samen met de aan- en afwezigheid van een laag stagnerende voedingsoplossing in de mat en in de winter met de temperatuur en de plaats van de verwarmingsbuis.

De grootste invloed heeft echter de plaats van de druppelaars en de afvoerspleten in het plastic. In het artikel van december 1979 is een wortelbeeld getoond van tomaten bij zeer geringe



*FOTO. Tomateplant uit een proef met beperkte potgroottes en een continu circulerende voedingsoplossing. De getoonde pot bevat ½ liter zand en is net te klein voor ongeremde gewasgroei.*

doorspoeling. Hierbij trad zoutophoping op midden tussen de druppelaars, en de beworteling beperkte zich tot de directe omgeving van het plantblokje.

Foto 2 toont het wortelstelsel van een komkommerplant op steenwol bij een teelt waarin ruim werd doorgespoeld. Hier is de voornaamste beworteling te vinden in de „stroombaan” van de druppelaar naar de afvoerspleet. In deze teelt was maar één afvoerspleet aanwezig per 2 m-strook steenwol en er zijn dan „grote dode hoeken”.

## STROMINGSPATROON IN EEN STEENWOLMAT

De manier waarop nieuw-ingedruppelde voedingsoplossing zich verdeelt over een steenwolmat is te zien door met een kleurstof te werken en na indruppelen de mat open te snijden. Doordat de poriën in de steenwol alle ongeveer dezelfde grootte hebben, is het transport in hoofdzaak een kwestie van verdringing. Nieuwe oplossing duwt de oude voor zich uit en menging is afhankelijk van het, langzame, diffusieproces.

Figuur 1 toont de kleurstofverdeling in een steenwolmat nadat er via de druppelaars 1,7 maal zoveel kleurstof in was gedruppeld als het vochtgehalte van de mat. Men zou dan mogen verwachten dat de mat grotendeels gekleurd is. Uit de figuur blijkt dat een cirkel met een straal van ongeveer 10 cm onder de druppelaar gekleurd is en verder een baan onderin de mat naar het afvoerpunt toe. De rest van de mat kan als „dode hoek” gelden.

Dit stromingspatroon heeft twee consequenties voor de praktijk a) het is te beïnvloeden door een verstandige keuze van plaatsing van druppelaar en afvoer-

spleten en b) bij de bemonstering van de voedingsoplossing moet men trachten een „gemiddeld” beeld te krijgen.

**Figuur 2** toont de consequenties van verschillende mogelijkheden voor de verdeling van druppelaars en afvoerspleten. Het witte deel behoort tot de stroombanen, het licht-gearceerde deel is een overgangszone en het donker-gearceerde deel is als „dode hoek” te beschouwen, waar nauwelijks nieuwe voedingsoplossing doordringt. In deze dode hoeken kunnen zich zouten ophopen; de wortels mijden deze plaatsen.

Uit de figuur blijkt dat de voorkeur uit moet gaan naar systemen met een druppelaar bij iedere plant en afvoerspleten aan weerszijden midden tussen de planten in.

Bij de bemonstering is het huidige advies de „witte” en „grijze” zones te bemonsteren voor een mengmonster en de echte „dode hoeken” te mijden.

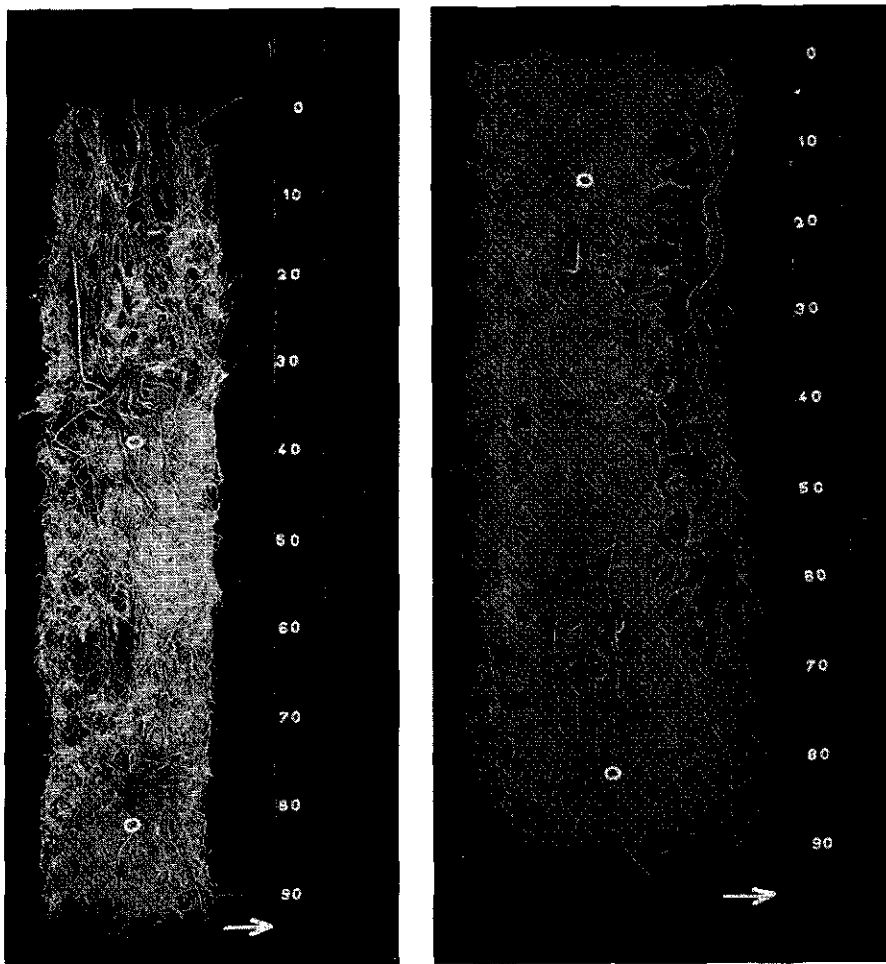
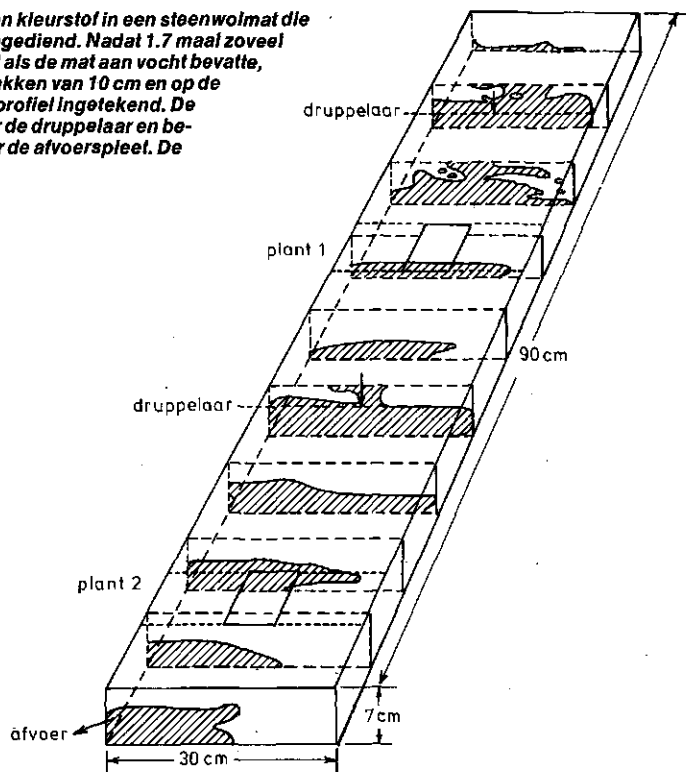
### HOEVEEL DOORSPOELING IS NODIG?

Bij een te geringe doorspoeling bestaat het gevaar van een schadelijke zoutophoping. Om dit te vermijden kan men echter gemakkelijk doorslaan naar de andere kant en veel te veel doorspoelen. De tabel toont de mineralenbalans van een komkommerteelt in de proeftuin Sappemeer, waarbij ongeveer driekwart van de voedingszouten de mat uitgespoeld is tijdens de teelt. Het is van belang te weten hoeveel doorspoeling echt nodig is en voor de praktijk is het zeker iets om in de gaten te houden om verspilling te voorkomen.

Bij beschouwingen over zoutophoping moeten we twee situaties onderscheiden: ophoping van schadelijke zouten bij gebruik van slecht gietwater (NaCl, etc.) en tijdelijke ophoping van voedingszouten doordat opname en aanbod niet overeenstemmen. Dit laatste is nooit geheel te vermijden doordat de dagelijkse wateropname veel sterker met de instraling varieert dan de zoutopname, en de verhouding waarin de elementen opgenomen worden niet overeenkomt met hun onderlinge verhouding in de oplossing. Calcium- en sulfaationen zijn doorgaans in overmaat aanwezig (bij calcium is dit nodig om een juiste K/Ca-verhouding te krijgen).

Bij ophoping van schadelijke zouten is het type transport in de steenwolmat, gekenmerkt door verdringing, eigenlijk erg gunstig. Bij een volledig mengend systeem zoals in voedingsgoten gebruikt wordt geeft de zoutophoping veel meer problemen. Als men weet met welke factor de concentratie van schadelijke zouten mag toenemen vanuit het gietwater tot de voor de plant maximaal toelaatbare concentratie, is uit te rekenen hoeveel doorspoeling nodig is. Als deze factor 3 is, is nog maar 10 % doorspoeling nodig in een volledig verdringend systeem. Bij een voedingsgoot zou dan ruim 30 % van

**FIGUUR 1.** Verdeling van een kleurstof in een steenwolmat die via de druppeldoppen is toegediend. Nadat 1.7 maal zoveel kleurstof was ingedruppeld als de mat aan vocht bevatte, is de mat opgesneden in plakken van 10 cm en op de snijvlakken is het kleurstofprofiel ingetekend. De kleurstof zakt snel uit onder de druppelaar en beweegt dan in rechte lijn naar de afvoerspleet. De rest is „dode hoek”.



**FOTO 2.** Bovenaanzicht vanuit steenwol vrijgespoelde wortelstelsels van komkommerplanten. Op de foto zijn twee planten te zien. De witte rondjes geven de plaats van de druppelaars aan, de pijl de afvoerspleet in het plastic rond de mat. a) betreft een 30 cm brede mat, b) een 15 cm brede mat. De tijne zijwortels zijn geconcentreerd onder de druppelaar en in een baan daarvandaan naar de afvoerspleet. De rest geldt als „dode hoek” en is weinig beworteld.

de dagelijks toegevoegde oplossing afgevoerd moeten worden.

Tijdelijke ophoping van voedingszouten is geen groot probleem, mits de nieuw te geven oplossing een aangepaste concentratie van elk der zouten heeft en als deze goed met het nog aanwezige vocht wordt gemengd. Dit gaat relatief slecht in steenwol, maar veel beter in recirculerende systemen zoals een voedingsgoot. Het probleem van de tijdelijke zoutophoping wordt groter naarmate de buffervoorraad voedingsoplossing per plant kleiner is. Hoe kleiner het teeltvolume, hoe groter de schommelingen die op kunnen treden. Schommelingen treden ook op binnen een etmaal, doordat de zoutopname dag en nacht doorgaat en de wateropname normaal gesproken alleen overdag plaatsvindt. Deze schommelingen zijn onbelangrijk als het aanwezige vochtvolume minstens tweemaal zo groot is als het dagelijkse waterverbruik.

Bij tomaat en komkommer, met een waterverbruik tot 3 liter plant per dag, betekent dit dat 6 liter vocht per plant een veilige voorraad is. Deze is aanwezig bij gebruik van een 50 cm lange, 30 cm brede en 7 cm hoge steenwolmat met afvoerspleten op het bodemoppervlak van de mat. Bij smallere stroken steenwol in een laagje stagnerende voedingsoplossing is eenzelfde buffervoorraad mogelijk goedkoper te realiseren. Maar smallere steenwolmatten alleen brengen de verleiding mee veel te veel door te spoelen om problemen van zoutophoping te vermijden.

#### SAMENVATTING

Het hier besproken onderzoek leidt tot een aantal praktische adviezen:

- Bij constante recirculatie van een optimaal samengestelde voedingsoplossing is een zeer klein teeltvolume voldoende.

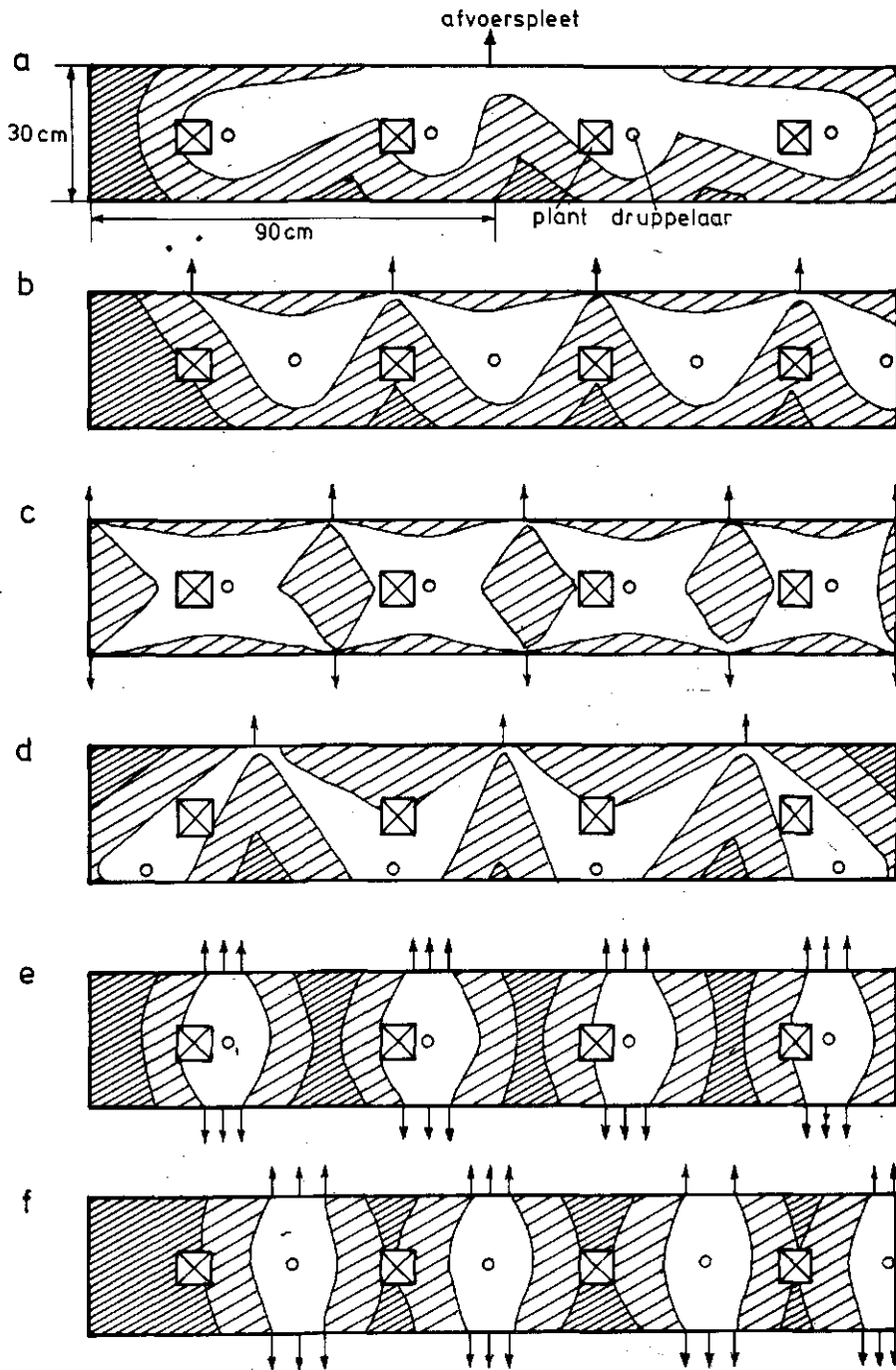
- Bij steenwolteelt geeft de vloeistofverdeling binnen de mat de grenzen aan. Een verstandige plaatsing van druppelaars en afvoerspleten brengt verbetering. De zoutverdeling heeft consequenties voor het bemonsteren.

- De mate van doorspoeling is van belang en moet voortdurend worden gecontroleerd om verspilling te voorkomen.

- Wat betreft de voeding heeft een recirculerend systeem (voedingsgoot) voordelen boven een stagnerend systeem (steenwolmat), mits het gietwater van goede kwaliteit is.

**Meine van Noordwijk,**

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren (Gr.)



**FIGUUR 2.** Verschillende mogelijkheden voor het gietsysteem bij steenwolmatten, in bovenaanzicht. Vierkantjes met kruisjes geven de planten aan, rondjes de druppelaar en pijlen afvoerspleten in het plastic. Met arceringen zijn de „dode hoeken” aangegeven waar eventuele zoutophoping te verwachten is. Uit de getoonde beelden verdient systeem c de voorkeur, omdat hier de minste „dode hoeken” zijn en deze het verst van de plant verwijderd zijn.

Schatting van de mineralenbalans van een komkommerteelt op 600 m<sup>2</sup> steenwol op de proeftuin Sappemeer in 1978

|    | In (kg)              |                             |        | Uit (kg)                            |                            |        | Verschil |          |
|----|----------------------|-----------------------------|--------|-------------------------------------|----------------------------|--------|----------|----------|
|    | 450 kg<br>nutriflora | 600 kg<br>kalksal-<br>peter | totaal | 21.400 kg<br>(vers) kom-<br>kommers | 230 kg<br>(droog)<br>gewas | totaal | (kg)     | % van In |
| N  | 2                    | 93                          | 95     | 23                                  | 8                          | 31     | 64       | 67       |
| P  | 22                   | —                           | 22     | 5,6                                 | 1,4                        | 7,0    | 15       | 68       |
| K  | 150                  | —                           | 150    | 32                                  | 10                         | 42     | 108      | 72       |
| Ca | —                    | 132                         | 132    | 6,6                                 | 11                         | 18     | 114      | 86       |
| Mg | 14                   | —                           | 14     | 2,7                                 | 1,7                        | 4,4    | 9,6      | 69       |
| S  | 54                   | —                           | 54     | 3,0                                 | 1,7                        | 4,7    | 49       | 91       |