

ENKELE PROBLEMEN VAN HET WORTELMILIEU VAN DE PLANT

door A. A. STEINER *)

WISSELWERKING TUSSEN MILIEUFACTOREN

Groei en ontwikkeling van een plant zijn van vele factoren afhankelijk. Enerzijds van de eigenschappen van de plant zelf, anderzijds van alle invloeden van het milieu.

De vraag, wat de invloed van een bepaalde lichtintensiteit is op bijvoorbeeld een tomatenplant, kan niet zonder meer worden beantwoord. Dit hangt namelijk sterk af van de overige factoren, o.a. luchttemperatuur, CO₂-gehalte van de lucht, relatieve luchtvochtigheid, luchtbeweging, verschillende facetten van het wortelmilieu als water en luchthuishouding, temperatuur en minerale voeding. Bovendien kan de voorgeschiedenis van een plant in een bepaald milieu bepaalde erfelijke eigenschappen meer of minder naar voren doen treden, waardoor de reactie op een later optredende milieufactor mede wordt beïnvloed door die voorgaande periode.

Veel planten ontwikkelen zich uitstekend bij een goed geaëreerd wortelmilieu. Mindere aëratie in een later stadium kan rampzalige gevolgen hebben. Sommige van dezelfde planten ontwikkelen zich echter ook redelijk bij een volkomen anaëroob wortelmilieu, onder voorwaarde dat dit van jongsaf is aangeboden. Een later ingestelde goede aëratie geeft dan juist een ernstige groeiremming die slechts na lange tijd wordt overwonnen.

Hoewel nog lang niet alles is opgehelderd over de wisselwerking tussen alle milieufactoren, is het bekend dat de groei en ontwikkeling van een plant het resultaat zijn van de wisselwerking tussen de erfelijke eigenschappen en de milieufactoren, gezamenlijk en onderling, gerekend vanaf de kieming van het zaad. Al die invloeden komen als draden samen en vormen in een totale synthese het fenotype van de plant.

Nog niet zo erg lang geleden was er bij het onderzoek ten behoeve van de land- en

tuinbouw nauwelijks sprake van enige specialisatie. Iedere onderzoeker diende van alle markten thuis te zijn. Men zou kunnen verwachten dat juist daardoor het bestuderen van het onderlinge verband tussen alle groeifactoren goed tot zijn recht zou zijn gekomen. Dit is echter niet of nauwelijks gebeurd omdat de wetenschap nog niet rijp was voor een dergelijke synthese.

Geleidelijk is men zich gaan specialiseren met het grote voordeel dat dieper op iedere afzonderlijke invloed kon worden ingegaan. Ook in de wisselwerking tussen de verschillende invloeden ontstond een beter inzicht, maar juist door de specialisering is dit zo belangrijke terrein verhoudingsgewijs achtergebleven in ontwikkeling, in het ene geval meer, in het andere geval minder.

Klimaatfactoren zijn sedert 30 à 40 jaar met elkaar in verband gebracht. Thans zijn er onderzoekers die speciale aandacht aan dit verband besteden.

Het wortelmilieu kreeg sedert het midden van de vorige eeuw gespecialiseerde aandacht. Dit is een logisch gevolg geweest van het feit dat tot in het begin van deze eeuw de bodem de enige milieu-invloed was die men meende te kunnen beheersen.

Door het gebruik van kunstmest is de produktie van onze land- en tuinbouwgewassen sterk omhooggebracht. Het ziet er naar uit dat hier sedert 25 jaar min of meer een plafond is bereikt. Enkele facetten van het gebruik van kunstmest hebben een impasse veroorzaakt, waarover straks nader.

Gedurende de laatste 25 jaar hebben in de westerse wereld veredeling en bestrijding van schadelijke organismen en in de tuinbouw zeker ook de klimaatbehandeling in kassen, het leeuwenaandeel van de produktieverhoging voor hun rekening genomen. Op deze gebieden begint het belang van de wisselwerking tussen verschillende invloe-

*) Centrum voor Plantenfysiologisch Onderzoek, Bornsesteeg 47, Wageningen.

den op de plant steeds meer door te dringen.

Eenzijds wordt de indruk verkregen dat bodemkundige afdelingen en op dit gebied gespecialiseerde instellingen, zowel in binnen- als buitenland, het totale milieu niet voldoende in het onderzoek betrekken en als gevolg hiervan een te eenzijdige en daardoor een te overheersende invloed op de plant toekennen aan bepaalde facetten van de bemesting. Anderzijds worden klimaatruimten gebouwd ten behoeve van de bestudering van de wisselwerking tussen klimaatfactoren, waarbij het zwaartepunt dusdanig op het klimaat ligt dat het wortelmilieu veelal niet voldoet aan de minimum-eisen die voor een normale groei en ontwikkeling van de plant mogen worden gesteld.

REPRODUCEERBAARHEID VAN HET WORTELMILIEU

Bij het onderzoek is het wenselijk het wortelmilieu van de plant te kunnen beheersen en te kunnen reproduceren. Er zijn onderzoekers die aan grond de voorkeur geven, anderen aan de één of andere vorm van plantenteelt zonder aarde. Vraagt men naar de reden dan verneemt men vaak niet-gefundeerde argumenten. Een geliefd motief voor plantenteelt zonder aarde is: 'het is zo reproduceerbaar en grond is altijd weer anders'. Het is nuttig dit eens nader te bezien.

GROND

Een grond in zijn natuurlijke ligging, bijvoorbeeld onder een grasmatt, kan voor dit doel de gewenste eigenschappen hebben. Maar licht men deze zelfde grond uit zijn natuurlijk verband, door deze bijvoorbeeld in potten over te brengen, dan kan een ongunstig wortelmilieu ontstaan, afgezien nog van de reproduceerbaarheid. Een regelmatige vochtvoorziening wordt vaak zeer moeilijk met als gevolg een wanverhouding tussen de water- en luchthuishouding. De grond is te nat met zuurstofgebrek of te droog met watergebrek.

Bovendien is deze grond elders niet te reproduceren. Wij kunnen wel een chemische analyse van de grond geven, maar de invloed van de chemische samenstelling valt praktisch in het niet bij de fysische in-

vloeden van de structuur, die bovendien de beschikbaarheid van de minerale voedingsstoffen sterk kan beïnvloeden. En die structuur is niet dusdanig in cijfers vast te leggen dat een goede reproductie mogelijk is.

Wij kunnen echter kunstmatig een natuurlijke grond samenstellen die ook in een klein volume als een pot een goede structuur behoudt en redelijk produceerbaar is doordat de samenstellende delen zich vrij goed laten omschrijven. Bijvoorbeeld een mengsel van kleigraszoden, scherp zand, turf en verteerde koemest. Hierbij is het wel zaak de bereiding goed vast te leggen. Dergelijke 'eenheidsgrond' wordt op vele plaatsen in Nederland gemaakt. In de praktijk zijn er helaas nog grote verschillen, ook bij verschillende partijen van één bedrijf. Deze verschillen zijn veelal terug te voeren op een te gehaaste fabricage: onvoldoende fermentatie van de kleigraszoden en mest afzonderlijk en onvoldoende fermentatie van het eindproduct.

Voor een instelling die veel grond gebruikt zal het zin hebben zelf een eenheidsgrond te maken volgens strenge voorschriften, die dan ook gepubliceerd dienen te worden. Dit vergt wel een hoge investering. Misschien kunnen bepaalde instellingen in deze richting tot een gezamenlijke produktie komen. Het gebruik van uitsluitend turf mag niet onvermeld blijven. Zonder op details in te gaan wordt volstaan met te zeggen dat het een uitstekend wortelmilieu kan geven dat zich ver gaand laat reproduceren.

Tenslotte kennen wij een synthetische grond, voornamelijk samengesteld uit verschillende kunstharsen, die ieder voor zich bezet zijn met bepaalde kationen of anionen. Vooralsnog schijnt hiervoor geen toekomst te zijn als gangbaar algemeen wortelmilieu bij het onderzoek.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat het met die reproduceerbaarheid van grond wel meevalt, onder voorwaarde althans dat wij er voldoende aandacht aan geven. En daar zit dikwijls een hiaat.

PLANTENTEELT ZONDER AARDE

Hoe zit het nu met methoden van plantenteelt zonder aarde, waarvan dan wel wordt beweerd dat zij zo goed reproduceerbaar zijn?

Men publiceert een bepaalde ionensamenstelling van een voedingsoplossing. Maar in

9 van de 10 gevallen is dit zelfbedrog. Wat men werkelijk publiceert is het recept waar men van uitging. Veelal volstaat men zelfs met een naam te noemen, bijvoorbeeld volgens HOAGLAND. HOAGLAND heeft evenwel 11 recepten gepubliceerd en dan zal het dus wel één van die 11 moeten zijn. Het is echter al verschillende malen gebeurd dat het na persoonlijke informatie geen van die 11 bleek te zijn. Men had het gemodificeerd. Zoiets is natuurlijk te voorkomen, maar dan nog zegt het recept in veel gevallen heel weinig over de samenstelling van de oplossing die volgens dit recept is gemaakt.

Van de ruim 300 recepten uit de literatuur die de auteur onder de loep heeft genomen, waren er ongeveer 100 die onder alle omstandigheden een neerslag op de bodem geven, vnl. CaSO_4 . Men heeft dit wel niet als zodanig toegevoegd, maar ook al geven wij Ca^{++} en SO_4^{--} in de volledig oplosbare vormen $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ en K_2SO_4 , dan associeert het Ca^{++} en het SO_4^{--} zich tot gips zodra het oplosbaarheidsprodukt wordt overschreden.

Buiten deze 100 zijn er ruim 150 recepten die een neerslag geven als de pH hoger is of wordt dan 6. Het fosfaat bevindt zich beneden pH 6 praktisch geheel in de vorm van H_2PO_4^- , dat goed oplosbaar is in aanwezigheid van alle mogelijke kationen. Bij pH 6,5 is echter reeds 20 % aanwezig als HPO_4^{--} , bij pH 7 reeds 50 %. De affiniteit van dit HPO_4^{--} tot Ca^{++} is veel groter dan van SO_4^{--} tot Ca^{++} . Wij kunnen het wel echt onoplosbaar noemen. Het verdwijnt dan ook prompt als CaHPO_4 naar de bodem. Tenslotte zijn in de literatuur maar 7 oplossingen gevonden waarvan de samenstelling bij een pH 7 inderdaad identiek bleek aan de volgens het recept beoogde samenstelling.

Een volgend probleem is dat de samenstelling van de voedingsoplossing in de tijd zal veranderen.

Wanneer wij beseffen dat de meeste planten een pH-verhogend effect op de voedingsoplossing hebben, dan is het duidelijk dat de reproduceerbaarheid wel wat te wensen over kan laten.

Planten nemen in het algemeen meer eenwaardige dan twee-waardige ionen op, zelfs indien het aanbod van de tweewaardige groter is. Dit doet de samenstelling van de

oplossing veranderen.

Ook de totale ionenconcentratie kan veranderen, afhankelijk van klimaatfactoren en van de uitgangconcentratie. Bij een hoge lichtintensiteit wordt relatief meer water dan ionen opgenomen; gevolg: een hogere totale ionenconcentratie en omgekeerd bij lagere lichtintensiteiten.

In verreweg de meeste publikaties geeft men slechts het recept voor de voedingsoplossing zonder pH, zonder te zeggen hoeveel voedingsoplossing een plant ter beschikking heeft en zonder de verversingsfrequentie. Het resultaat is dat het onmogelijk wordt na te gaan welke samenstelling in het wortelmilieu heeft geheerst. Vele resultaten uit de literatuur over onderzoek inzake de minerale voeding zijn daardoor verkregen onder niet goed reproduceerbare omstandigheden.

Nu zijn al deze problemen wel te onderkennen als men er zich maar voldoende van bewust is. Over het algemeen echter worden zij niet eens als probleem geconstateerd. Het moge nu wel duidelijk zijn dat een voedingsoplossing beslist niet zonder meer reproduceerbare resultaten geeft.

Om te beginnen dient een recept voor een voedingsoplossing voor 100 % realiseerbaar te zijn. Om veranderingen in de tijd volledig te voorkomen is er maar één methode, namelijk een doorstroomcultuur met steeds weer verse oplossing. Een goede benadering van dit ideaal kan worden gevonden in een grote hoeveelheid voedingsoplossing per plant en/of een totale verversing met hoge frequentie. Tenslotte kan worden gedacht aan veelvuldig analyseren en aanvullen op grond van de analyse.

De grote moeilijkheid zit in het realiseerbaar zijn van het recept, een kwestie die in de volgende paragraaf nader wordt besproken.

SAMENSTELLING VAN EEN VOEDINGSOPLOSSING

Een voedingsoplossing kan een plant, voor zover het de minerale voeding betreft, voornamelijk via drie factoren beïnvloeden:

1. osmotisch effect dat beheerst wordt door de totale ionenconcentratie;
2. het gehalte van de individuele ionen;
3. de waterstofionenconcentratie, uitgedrukt in de pH.

Het belangrijkste verschijnsel is wel dat de

osmotische waarde een invloed op de plant heeft die de invloed van de individuele ionen volkomen overvleugelt, en terloops gezegd ook de reactie van de plant op klimaatinvloeden diepgaand kan veranderen. Bij ieder klimaat past voor ieder gewas een bepaalde osmotische waarde die als optimaal beschouwd mag worden.

Voor de tomaat is dit in Nederland bij een stooktomatenteelt 1,7 atm. voor de winter, geleidelijk aan dalend tot 0,7 atm. 's zomers. In een aride tropisch klimaat is dat 0,4 atm. Afwijkingen van 30% van deze waarden geven ernstige afwijkingen bij de plant.

Terloops wordt opgemerkt dat bij de gegeven concentraties de wateropname en de totale ionenopname praktisch in eenzelfde verhouding plaatsvinden als aangeboden in de oplossing. De osmotische waarde van de oplossing blijft dan ook constant.

Het feit dat een bepaalde totale ionenconcentratie noodzakelijk is, zet een rem op de mogelijkheden voor bepaalde concentraties van de individuele ionen. Immers, de totale hoeveelheid is bepaald door de osmotische waarde. Voor 1,7 atm. is dit 72 mg ion per liter, voor 0,4 atm. 17 mg ion, gerekend bij 15° C.

Binnen het gegeven totaal kan slechts een zetelverdeling plaatsvinden voor de verschillende ionen en wel zo dat het totale anionenaandeel, nu gerekend in equivalenten, even groot is als het kationenaandeel, tenminste bij pH 7. Nu maakt het echter niets uit of de pH 5 is. Dit geeft slechts rond 0,01 m eq. meer voedingsanionen per liter en rond 10⁻⁴ minder m aeq. voedingskationen. Zelfs bij een lage totaalconcentratie van 17 mg ion per liter, wat bij een normale voedingsoplossing resulteert in rond 12 m eq. anionen en 12 m eq. kationen, maakt dit niets uit. Er zijn dus, mogen we zeggen, evenveel zetels voor de anionen als voor de kationen.

In de onderlinge zetelverdeling zijn wij echter vrij, als de totale som maar aanwezig is. Dit geeft ons het recht om de samenstelling te geven als een onderlinge verhouding tussen de anionen en als een onderlinge verhouding tussen de kationen.

Iedere onderlinge verhouding tussen drie componenten kan als één punt worden vastgelegd in een driehoeksgrafiek. In *figuur 1* is dit weergegeven voor de kationen K⁺,

Ca⁺⁺ en Mg⁺⁺. De 'toppen' van de driehoek stellen resp. 100% K⁺, Ca⁺⁺ en Mg⁺⁺ voor, de overliggende zijde steeds 0% van het betreffende ion, alles in equivalent-procenten.

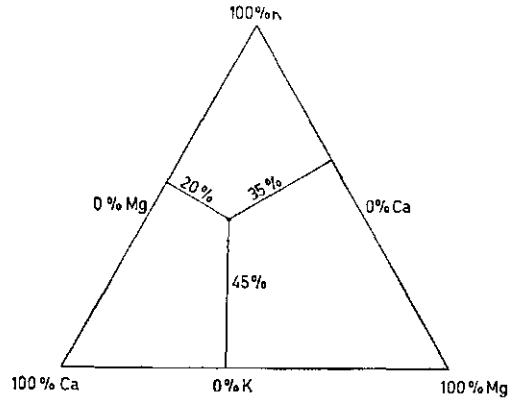


Fig. 1: Driehoeksgrafiek om de onderlinge verhouding tussen de kationen uit de drukken in één punt.

Willen wij nu de invloed nagaan van de ionensamenstelling op een plant, dan kunnen wij op systematische wijze een zeker aantal punten uit een anionendriehoek en uit een kationendriehoek combineren en die combinaties bij het gegeven totale aantal zetels in recepten verwerken.

Wij kunnen echter die recepten niet zonder meer gebruiken omdat er nog meer beperkingen zijn dan de totale ionenconcentratie. Bij een gegeven osmotische waarde van bijvoorbeeld 0,7 atm. geeft namelijk niet iedere

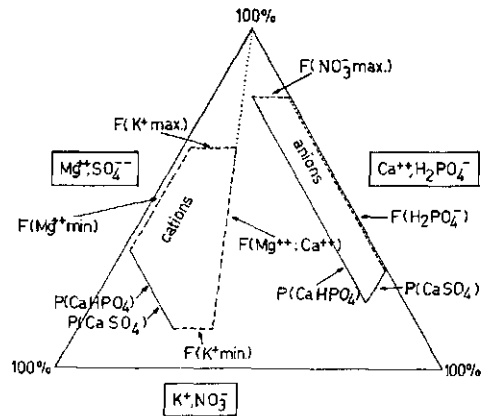


Fig. 2: De beperkingen in de verhouding tussen de equivalenten bij 0,7 atm. osmotische waarde en bij pH 6,5. P = precipitatiegrens; F = fysiologische grens.

combinatie een realiseerbare oplossing, omdat niet alles oplost.

Figuur 2 toont een driehoeksgrafiek voor oplossingen bij 0,7 atm. en bij pH 6,5. In deze driehoek zijn zo wel de anionen als de kationen verwerkt. Het zijn in werkelijkheid een anionen- en een kationendriehoek die op elkaar zijn gelegd. In deze driehoeken zijn twee omlinjende gebieden. Combinaties zijn slechts mogelijk van punten binnen deze twee gebieden.

Getrokken lijnen zijn precipitatiegrenzen. Zo geeft de lijn $P(\text{CaSO}_4)$ van het anionen-gebied de grens aan voor het relatieve sulfaatgehalte die niet kan worden overschreden in verband met een neerslag van CaSO_4 . Deze lijn geeft echter tevens de onderste grens aan van het nitraatgehalte, immers minder nitraat betekent automatisch meer sulfaat en/of fosfaat omdat de totale ionenconcentratie vastligt. Natuurlijk zijn de getrokken grenzen wel enigszins flexibel. Zo kan de lijn $P(\text{CaSO}_4)$ uit het anionen-gebied nog iets stijgen ten gunste van het sulfaat, maar dan moet de lijn $P(\text{CaSO}_4)$ van het kationengebied dalen ten nadele van het calciumgehalte.

Gestippelde lijnen vormen fysiologische grenzen. Overschrijding geeft ernstige groeiremning voor tientallen onderzochte plantensoorten. Slechts de lijn $F(\text{Mg}^{++} : \text{Ca}^{++})$ kan veranderen met de plantensoort. De ingetekende lijn geldt voor de meeste planten, maar voor Ericaceën, Araceën en enkele Orchidieën moet hij naar rechts. Men zegt weleens dat het zuurminnende planten zijn. Dit is beslist niet juist, het zijn kalkschuwe planten, wellicht beter gezegd magnesiumminnende planten. In grond gaat dit echter meestal samen met een lage pH, maar dit is niet essentieel voor de plant.

Het is gebleken dat iedere combinatie van punten uit de gegeven gebieden een goede plantengroei veroorzaakt, die echter wel kwalitatief verschillend kan zijn. Dit is onderzocht voor ongeveer 20 plantensoorten.

Wij dienen ons te realiseren dat deze gebieden vrij ruim zijn. Ware dit niet het geval, dan zou er geen plant in grond kunnen groeien en nooit zouden alle mogelijke planten op eenzelfde grond goed kunnen gedijen.

Voor tomaten zijn een veertigtal combinaties uit deze gebieden systematisch nader

onderzocht. Hier bleek wel dat de gunstigste ontwikkeling werd verkregen met een zeer bepaalde combinatie, t.w. een equivalent-verhouding voor de kationen $\text{K}^+ : \text{Ca}^{++} : \text{Mg}^{++}$ als 35 : 45 : 20 en voor de anionen $\text{NO}_3^- : \text{H}_2\text{PO}_4^- : \text{SO}_4^{--}$ als 60 : 5 : 35. Hierbij is het fosfaat geheel gerekend als H_2PO_4^- . In werkelijkheid is hiervan bij pH 6,5 ongeveer 20% aanwezig in de vorm van HPO_4^{--} .

De gevonden combinatie bleek ook optimaal te zijn voor gerbera's, anjers, komkommers, aardappels, appels, iepen en wilgen, maar voor *Anthurium* lag het kationenpunt meer naar rechts, dus meer magnesium en minder calcium.

Terloops zij opgemerkt dat men deze optimale combinatie bij grond nooit zo nauwkeurig kan instellen als in een voedingsoplossing. Bij de bemesting kan men slechts zorgen dat de voeding van de plant binnen bepaalde grenzen blijft. De bemesting raakt hiermee in een impasse.

Nemen wij nu een recept dat gebaseerd is op combinaties buiten de omlinjende gebieden, dan zal — afgezien van combinaties met een extreem lage concentratie voor een bepaald ion — de oplossing in veel gevallen toch automatisch ergens op of nabij de precipitatiegrenzen liggen, dank zij neerslagen. Een enkel woord over de pH. Tussen pH 4 en 8,5 ligt een gunstig fysiologisch gebied. Tomaten werden met hetzelfde gunstige resultaat geteeld bij pH 4, pH 6,5 en pH 8. In grond behoeft dit niet te gelden. Hier kan een bepaalde zuurgraad een indirecte nadelige invloed uitoefenen, bijvoorbeeld door het in te grote hoeveelheden vrijmaken van bepaalde micro-elementen en invloed op de microflora.

VERSCHILLEN IN GROND EN ZONDER AARDE

De vraag of wij bij het onderzoek grond of een vorm van plantenteelt zonder aarde moeten gebruiken is in haar algemeenheid niet te beantwoorden. Dit dient voor ieder geval afzonderlijk te worden bekeken, afhankelijk van de probleemstelling.

Een eerste vereiste is natuurlijk wel dat wij het goed doen, onverschillig welke methodiek wordt gekozen. Voor een verantwoorde keuze is een goed inzicht noodzakelijk in de mogelijkheden en beperkingen van iedere methodiek.

Minstens zo belangrijk zijn de principiële verschillen tussen grond en plantenteelt zonder aarde en tussen verschillende methoden van plantenteelt zonder aarde onderling. Enkele verschillen zullen kort worden vermeld.

Een belangrijke rol speelt de zuurstofvoorziening van de wortels, die principieel anders is in grond en bij plantenteelt zonder aarde, maar die toch in beide gevallen optimaal kan zijn, afgezien van enkele bepaalde methoden bij plantenteelt zonder aarde.

Een goede grond kan voldoende vocht vasthouden waaruit wortels kunnen putten zonder dat die wortels zelf echt nat zijn. Hier is de zuurstoftoevoer altijd voldoende dank zij gemakkelijke diffusie van zuurstof door de gasfase van een poreus substraat. Bij plantenteelt zonder aarde vindt de zuurstofoverdracht altijd plaats via de waterfase. Hier is de diffusie van zuurstof 2.000.000 maal zo klein. Een waterlaagje van 0,3 mm rond een wortel is voldoende om de zuurstoftoevoer praktisch af te sluiten. Toch kan de zuurstofvoorziening in een watercultuur optimaal zijn, mits deze goed wordt geaëreerd en de vloeistof rond de wortels steeds in beweging is.

Bij grindcultuur heerst de algemene opvatting dat de zuurstofvoorziening geweldig goed is omdat bij een bevloeiing alle oude lucht wordt uitgedreven en door verse vervangen. Dit is wel waar, maar het argument is niet ter zake doende.

Of het nu poreus of niet poreus substraat betreft, rond de wortels blijft altijd een laagje stilstaande vloeistof achter. Indien dit laagje na een bevloeiing voldoende zuurstof bevat kan het direct aan de wortel grenzende filmpje korte tijd voldoende zuurstof afgeven. Maar daarna wordt het diffusie door het totale watermantel en dan gaat het mis. Afhankelijk van het gewas, van de korreldiameter en van het klimaat, moet men dan na een zekere tijd weer bevloeien, waarbij het oude laagje voedingsoplossing volledig door nieuwe, goed geaëreerde vloeistof moet worden vervangen.

Bij zandcultuur is het vervangen van dit laagje niet goed mogelijk. Ook een regel-

matige vochtvoorziening stuit op praktische moeilijkheden. Het gevolg is òf watergebrek òf zuurstofgebrek. Zandcultuur is derhalve niet aan te bevelen, mede nog op voedingsfysiologische gronden. Er ontstaat namelijk een relatieve overmaat aan tweewaardige ionen.

Vermiculiet en dergelijke 'collapsing substrates' pappen na korte tijd samen met als gevolg zuurstofgebrek en voedingsmoeilijkheden. Hetzelfde geldt voor gemengde substraten.

Nevelcultuur, waarbij de wortels in een ruimte hangen waarin voortdurend voedingsoplossing wordt verneveld, geeft een uitstekende zuurstofvoorziening.

Kunnen wij ook bij plantenteelt zonder aarde in de meeste gevallen de zuurstofvoorziening optimaal maken, wat de minerale voeding betreft zijn er principiële verschillen die voornamelijk de keus tussen grond en plantenteelt zonder aarde bepalen. Maar wij kunnen niet stellen dat het ene beter is dan het andere.

Een voornaam verschil is dat een plant in grond het wortelmilieu sterk kan beïnvloeden; in een watercultuur kan de plant dit niet en in een grindcultuur ten dele. Dit berust op het feit dat een plantenwortel een micromilieu kan instellen door de pH rond de wortel te verlagen waardoor bepaalde voedingsstoffen worden vrijgemaakt. In een watercultuur dient de vloeistof steeds te bewegen in verband met de zuurstofvoorziening. Hier is geen sprake van een door de wortel in te stellen micromilieu.

Aan grond kunnen wij actieve ionen toedienen, maar de grond zelf, met andere woorden de natuur, zorgt voor een gelijkmatige toevoer door fixatie. In een voedingsoplossing kunnen wij zelf een bepaalde toevoer van actieve ionen instellen.

Het resultaat is dat wij enerzijds in grond beperkt worden in onze ingreep in de minerale voeding. Anderzijds geeft de voedingsoplossing ons juist beperkingen door onoplosbaarheden, die in grond minder tellen door het directe contact en het in te stellen micromilieu door de wortel zelf.