

581.144.2 581.5
581.432 781.1

Problemen en methodiek van fysiologisch- oecologisch wortelonderzoek

door

Dr. L. K. WIERSUM.

(Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O.)

Doelstelling en karakterisering van het onderzoek

Over de relaties, die er bestaan tussen de wortelontwikkeling van een gewas en de bodemgesteldheid, is in grote lijnen wel het nodige bekend. Enerzijds is dit het gevolg van praktijkervaring in de loop der eeuwen; anderzijds hebben de resultaten van het beschrijvend oecologisch wortelonderzoek ons inzicht zeer verdiept. Bij de methoden, die bij bodembewerking en bemesting in gebruik zijn, wordt steeds rekening gehouden met de verkregen inzichten.

Het landbouwkundig geörienteerde wortelonderzoek, voor zover dat oecologisch van aard is, streeft er naar, correlaties te vinden tussen het wortelbeeld en eigenschappen van de grond. Dit onderzoek is in sterke mate beschrijvend van aard, hoewel experimenten niet ontbreken. Het is echter uitermate moeilijk in het complex van factoren, dat een bepaalde bodemgesteldheid karakteriseert, elke factor naar juiste waarde op zijn effect te toetsen. Duidelijk komt dit onder meer tot uiting in een recente publikatie, die onder de titel „Wortelgroei in gronden, bestaande uit een bovengrond van klei en een ondergrond van zand” een reeks waarnemingen en proefresultaten samenvat, door verschillende onderzoekers in ons land verkregen. Om in deze moeilijkheden te voorzien en tevens een brug te kunnen

slaan naar het voedingsfysiologisch en morfogenetisch onderzoek van de wortel, werd aan het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut een fysioloog aangesteld voor wortelonderzoek.

Bij het nu aangevatte fysiologisch onderzoek wordt er van uitgegaan, dat elke mogelijk in de bodem werkzame factor afzonderlijk op zijn effecten onderzocht zal moeten worden. Vandaar, dat in vele experimenten niet met grond wordt gewerkt, maar met veel simpeler milieu's van bekende samenstelling en eigenschappen. Een zekere aansluiting bij het onderzoek ten behoeve van de plantenteelt zonder aarde ligt hierbij voor de hand.

Bij de keuze van de te onderzoeken problemen wordt uitgegaan van de resultaten van het oecologisch wortelonderzoek en van de suggesties, die praktijkwaarnemingen opleveren. Hiermede wordt zowel aansluiting aan het reeds plaatsvindende onderzoek beoogd als het uiteindelijke landbouwkundige nut.

Ter illustratie van de gevolgde methode van onderzoek worden hier een paar voorbeelden van proeven gegeven en enkele voorlopige resultaten meegedeeld. Dit betreft vooral het eerst ter hand genomen facet van het onderzoek, nl. de invloed van in de bodem werkzame factoren op groei en vertakking van de wortels.

TABEL I. Resultaten van een proef over de grootte van poriën als factor van weerstand tegen wortelgroei.

Soort	diameter wortels in μ	poriëngrootte filterplaatjes		
		500 — 200	205 — 150	150 — 90 μ
Holcus latanus	70 — 400	+	+	—
Holcus mollis	110 — 230	+	+	—
Bromus racemosus	190 — 415	+	—	—
Rode Maasklaver	250 — 435	+	—	—
Stoppelknollen	170 — 400	+	+	—
Raapstelen	150 — 340	+	+	—
Sterrekers	130 — 300	+	—	—
Tomaat	315 — 380	+	—	—
Vlas	250 — 500	+	—	—
Snijmoes	130 — 400	+	+	—
Spinazie	340 — 690	—	—	—
Zonnebloem	270 — 530	+	—	—

+ = door het filter heengedrongen — = geen penetratie.

Experimenten en voorlopige resultaten

a. Penetratievermogen van de jonge wortel

Reeds vele malen is waargenomen, dat wortels plotseling in hun verdere groei belemmerd worden door het vóórkomen van dichte grondlagen. In het ene geval wijt men dit aan mechanische weerstand, die o.m. veroorzaakt zou kunnen worden door ondoordringbaarheid van de te fijne poriën. In andere gevallen wordt de verklaring gezocht in gebrek aan zuurstof, dat een gevolg zou kunnen zijn van een overmaat aan water of van gebrekkige ventilatie. In de grond gaan echter beide factorencomplexen vrijwel steeds samen en een onderscheid in werking is dus niet te treffen.

Er is daarom getracht na te gaan, welke de minimum poriën-grootte is, die voor jonge worteltjes van bekende diameter nog net geen belemmering voor groei is. Tevens zou dan moeten blijken, of deze fijne worteltjes over enige afstand een vernauwing kunnen ondergaan. Voor dit onderzoek werd gebruik gemaakt van filterplaatjes van gesinterd glas. Van deze filters is de poriëngrootte bekend en de structuur van de poriën vertoont sterke gelijkenis met die in de grond.

Deze filterplaatjes met een diameter van 6 cm worden op zeer vochtig zaagsel gelegd; dan wordt wat zaad van de te onderzoeken soort er op uitstrooid. De kieming geschiedt onder afdekking met glas. Na 10 tot 20 dagen worden de filters voorzichtig gelicht. Nagegaan wordt, of er wortels doorheen zijn gegroeid, en de diameter van de wortels onder en boven het filter wordt gemeten (fig. 1).

Totnogtoe werden de waarnemingen verzameld, weergegeven in Tabel I. De resultaten geven duidelijk aan, dat de jonge worteltop alleen door poriën heendringt die minstens even wijd zijn als het worteltje dik is. Zeer fijne poriën vormen dus inderdaad een mechanische weerstand voor wortelgroei.

Het zal duidelijk zijn, dat deze resultaten niet zonder meer op toestanden in de grond over te dragen zijn. Per slot van rekening kan de jonge wortel een aanzienlijke kracht ontwikkelen en zo lang de gronddeeltjes niet zeer vast liggen zal er ruimte geforceerd kunnen worden. Naarmate echter een dichte laag op grotere diepte voorkomt, zal de poriën-grootte ervan een steeds in belangrijkheid toenemende factor van mechanische weerstand zijn.

Tevens is duidelijk gebleken, dat de jonge wortel zich door plastische groei niet over enige afstand kan vernauwen om daarna normaal verder te groeien. Wel kunnen later insnoeringen optreden als gevolg van ongelijke secundaire diktegroei.

b. Dichtheid van de vertakking

Het wortelstelsel van een plant kan in verschillende grondlagen zeer ongelijk vertakt zijn. Reeds lang weet men, dat de rijkste vertakkingen in de voedselrijke lagen voorkomen, vooral als deze tevens rijk aan humus of klei zijn. Toch is het nog lang

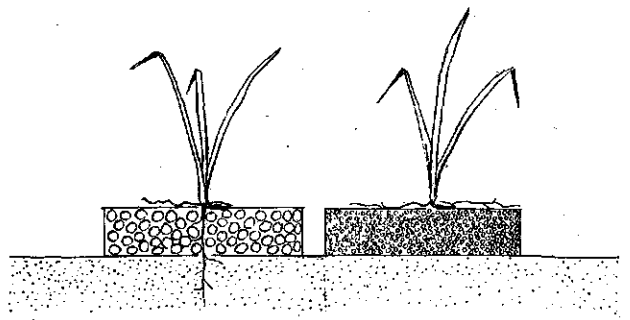


Fig. 1. Schematische voorstelling van twee filterplaatjes, waarbij de wortels door grotere poriën heen groeien.

niet duidelijk, welke factoren precies van het meeste belang zijn om een rijke vertakking te induceren.

1. Een van de factoren, die allereerst voor onderzoek in aanmerking komt, is de *concentratie der voedingsstoffen*. In de bodem komen de zouten echter zowel in vrije als in geadsorbeerde vorm voor.

Met behulp van watercultures werd nagegaan, in hoeverre de concentratie in het vrije bodemvocht een rol zou kunnen spelen. De dichtheid van de wortelvertakking werd gemeten aan erwten op gedistilleerd water, leidingwater, Knop-voedingsoplossing en een Knop-oplossing van dubbele sterkte. Voorlopig kon noch bij erwten, noch bij tomaat een betrouwbare invloed worden waargenomen. Dit resultaat stemt wel overeen met elders opgedane ervaringen.

2. Aangezien de aanwezigheid van *colloïden* in de grond van zeer veel betekenis is voor de vruchtbaarheid en juist hieraan de grootste hoeveelheid voedingszouten geadsorbeerd is, leek het van belang, hun invloed na te gaan. Uitgegaan wordt van de veronderstelling, dat de grote concentratie van ionen in de grenslaag der colloïden wel eens een prikkel tot inductie van veel zijwortels zou kunnen zijn.

Om dit na te gaan is o.a. een opstelling ontworpen, waarbij onvertakte zijwortels uitgespreid worden in gootjes, die in een aantal vakjes zijn verdeeld (fig. 2). De vulling van de kleine vakjes kan bestaan uit: voedingsoplossing, zand, turf, ionenuitwisselaar en agar. De afzonderlijke media worden steeds geheel in de voedingsoplossing gedrenkt, zodat overal langs de wortel een gelijke concentratie aan vrije ionen in de oplossing aanwezig is en dus alleen een specifieke contactwerking tot uiting kan komen.

Met behulp van deze methodiek kon aangetoond worden, dat vooral turfmoel in staat is, een groter aantal zijwortels van de tweede orde te induceren dan de andere media. Een mogelijk „positie-effect” werd uitgeschakeld door een regelmatige wisseling van de volgorde der media in de gootjes. Dit feit stemt overeen met vele praktijkervaringen.

Toch heeft deze proefopzet nog één bezwaar en dat is het feit, dat turfmoel nog specifiek werkzame

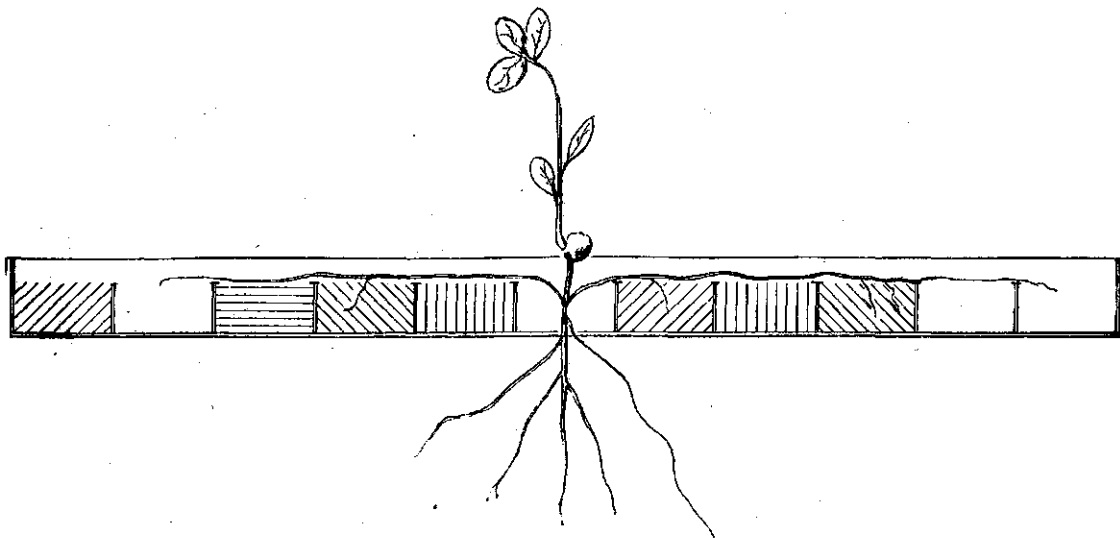


Fig. 2. Opstelling voor de zg. „gootjesproef”, waarbij een zijwortel in aanraking gebracht wordt met verschillende substraten.

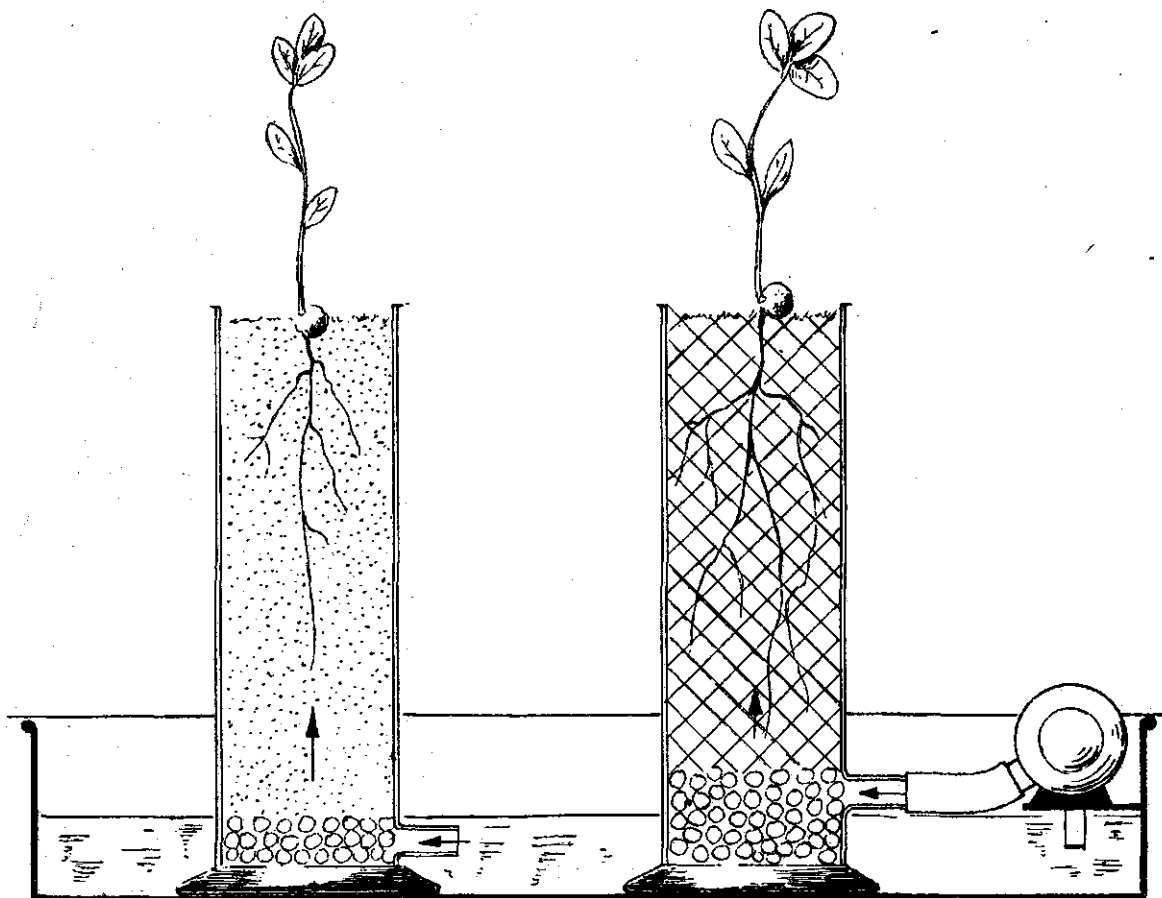


Fig. 3. Schematische voorstelling van de opstelling in cylinders, resp. met grint en grint + turf gevuld. De van onderen ingeperste voedingsoplossing stroomt van boven over de rand en komt terecht in een gemeenschappelijke bak.

stoffen kan bevatten o.a. van hormoonachtige aard, die het colloïd-effect vertroebelen. Om deze laatste factor uit te sluiten, worden de plantjes zowel in grint alleen als in grint gemengd met turfmoalm gekweekt. Een voedingsoplossing wordt van onder af door de vaten geperst en na opvangen opnieuw doorgepompt (fig. 3). De stoffen, die uit de turfmoalm uittreken, worden nu ook door het grint en door het vat met uitsluitend voedingsoplossing (controle) geperst. Ook nu zijn er reeds enkele indicaties, dat turf weer een sterkere vertakking per eenheid van wortellengte induceert.

Voor klei kon totnogtoe een gering en voor ionen-uitwisselaars geen effect worden vastgesteld, mede doordat de variabiliteit in de proefresultaten zeer groot is.

3. Reeds lang hebben bepaalde meststoffen de naam, in sterke mate de beworteling te bevorderen. Dit geldt met name voor fosfaat. In proeven met grond is echter nooit zonder meer uit te maken, of men met specifieke werkingen of met een invloed van de vele mogelijke secundaire effecten te maken heeft. Vandaar dat voor dit onderzoek eveneens getracht is, tot een sterk vereenvoudigd systeem te komen, dat onderzoek van de afzonderlijke factoren mogelijk zou maken.

Hiertoe werd een glazen vat in zes segmenten verdeeld, die alleen in het midden niet geheel gescheiden waren. Elk segment werd met scherpzand gevuld, waarin telkens een ionen-uitwisselaar (Amberlite) was bijgemengd, beladen met één specifiek ion in een kleine hoeveelheid. Van de centraal geplaatste erwten kan de penwortel recht naar beneden groeien en de zijwaarts uitgaande primaire zijwortels groeien in wisselend aantal de zes verschillende vakjes binnen (fig. 4). Na enige tijd wordt het wortelstelsel vrijgespoeld en het aantal zijwortels tweede orde per eenheid van lengte zijwortel eerste orde gemeten en geteld.

De eerste resultaten duiden aan, dat fosfaat inderdaad zeer specifiek de meeste vertakking tot stand kan brengen. Wat de invloed op de vertakking aangaat, in volgorde van afnemend effect, suggereert de eerste proefreeks de volgende reeks: fosfaat, nitraat, kalium, magnesium, calcium, sulfaat. Indien deze reeks bevestigd zou worden, is de geringe invloed van calcium op dichte vertakking wel opvallend, want in de praktijk is bekalking vaak zeer bevorderlijk voor een rijke beworteling. Het is echter zeer wel denkbaar, dat juist bij dit element de secundaire effecten van het meeste belang zijn.

c. Dieptegroei van de wortel in verband met de behoefte aan zuurstof

In tal van gronden is de dieptegroei van het wortelstelsel beperkt. Gebrek aan zuurstof tengevolge van een overmaat aan water of onvoldoende aëratie, te grote dichtheid of onvruchtbaarheid door het ontbreken van klei of humus, kunnen hier een rol spelen. Aangezien deze factoren in de regel onderlinge afhankelijkheid vertonen, werd het wenselijk geacht in modelproeven het probleem nader te bestuderen.

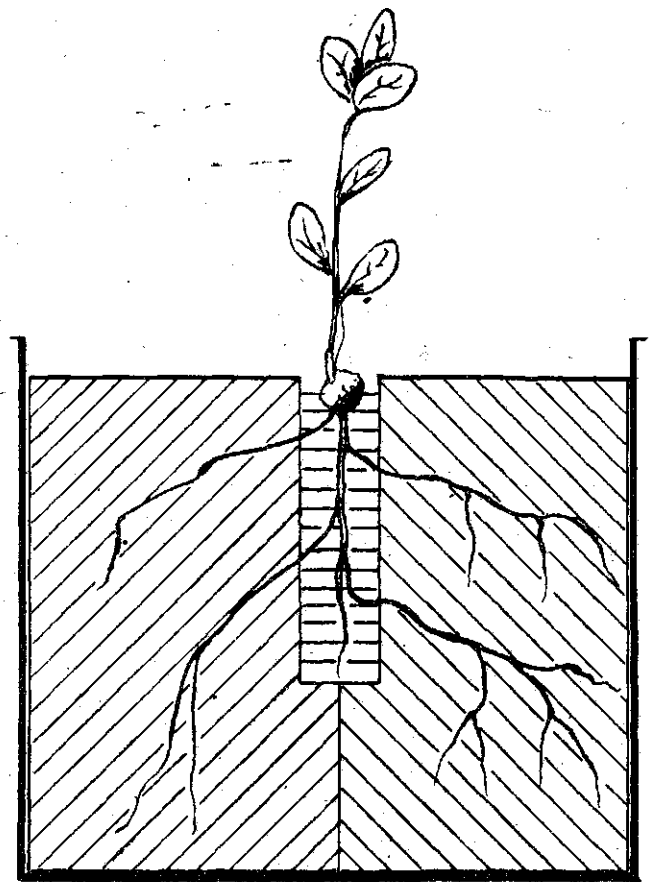


Fig. 4. Schematische doorsnede door een glazen vat met zes sectoren, elk gevuld met zand en telkens slechts 1 ion bevattend, geadsorbeerd aan Amberlite.

Hiertoe werden jonge kiemplantjes in cilindrische glazen buizen gezet, die gevuld waren met op afnemende korrelgrootte gefractioneerd zand. Om een goede watervoorziening te krijgen, werden de buizen éénmaal per dag tot aan de oppervlakte van het zand in water gedompeld. Na verloop van enige tijd werden de wortels vrijgespoeld, waarna de diepte van de beworteling en nadere bijzonderheden over de aard ervan vastgesteld werden. Voorlopig kon worden geconstateerd dat de beworteling dieper ging naarmate de zandfractie grover was. In de zeer fijne zandfracties gingen de wortels maar enkele cm diep.

Oriënterende metingen aan de verschillende zandfracties gaven te zien, dat het totale poriënvolume praktisch overal hetzelfde was. In de grovere zandfracties komt bij een toestand van veldcapaciteit nog vrij veel lucht in de poriën voor ($\pm 17\%$), terwijl dit in zeer fijne fracties tot ± 5 à 6% daalt. Daar de watervoorziening overal ruimschoots voldoende was, moeten we dus aannemen, dat in de fijne zandfracties onvoldoende aëratie de dieptegroei van de wortels belemmert. De gevonden waarde van $\pm 6\%$ lucht komt goed overeen met enkele te velde gevonden gegevens.

*