

EEN EN ANDER OVER DE METHODIEK VAN HET WORTELONDERZOEK OP BOUW- EN GRASLAND

DR M. A. J. GOEDEWAAGEN

Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O., Groningen

I. INLEIDING

Aan het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O. te Groningen wordt studie gemaakt van de ontwikkeling van het wortelstelsel der landbouwgewassen (soms ook van tuinbouwgewassen) in verband met de vruchtbaarheid, de waterhuishouding en andere eigenschappen van de grond.

Het doel van dit wortelonderzoek is driedelig:

a. De bestudering van de invloed, die er van de diverse bodemfactoren en andere milieu-omstandigheden uitgaat op de wortelontwikkeling der gewassen. Dit onderzoek wordt gedeeltelijk verricht door cultuurplanten te kweken in meer of minder diepe bakken met grond, waarin de betreffende factoren naar willekeur worden gevarieerd, anderdeels door bestudering en onderlinge vergelijking der wortelstelsels op proefvelden of praktijkpercelen.

b. De bestudering van het ontwikkelings- en aanpassingsvermogen der wortelstelsels op bouw- en grasland in verband met de grondsoort, de bouw van het profiel, de structuur en de vruchtbaarheid van de grond, de verdeling van de voedingszouten, de kalk en het water in de grond, de grondwaterstand en andere culturomstandigheden. Bij grasland komt hier nog bij de invloed van de ouderdom en de gebruikswijze van het land op de beworteling.

c. Het vaststellen van de hoeveelheid wortels, die op gras- en bouwland naar gelang van de groei-omstandigheden in de grond in de diverse bodemlagen door de planten wordt geproduceerd. Dit onderzoek, waarmee door Dr J. J.

SCHURMAN aan het Proefstation een begin is gemaakt, heeft ten doel, gegevens te verzamelen omtrent de verrijking van boven- en ondergrond met organische stof via de plantenwortels.

De resultaten, die met de onder *a* en *b* genoemde onderzoeken tot dusver zijn bereikt, zijn voor een deel beschreven in „Het wortelstelsel der landbouwgewassen” (2). Bovendien vindt men een meer recent, doch kort overzicht van de belangrijkste, aan het Proefstation verkregen resultaten in een geïllustreerde mededeling, die onlangs in het „T.N.O.-nieuws” is verschenen en waarvan overdrukken aan het Landbouwproefstation voor belangstellenden beschikbaar zijn (3).

Het is vooral het onder *b* genoemde onderzoek naar het ontwikkelings- en aanpassingsvermogen der wortelstelsels op bouw- en grasland, dat rechtstreeks van belang kan zijn voor de landbouwpraktijk. Niet zelden toch berust een onvoldoende ontwikkeling van het gewas op een gebrekkige uitbreiding en een matige dieptegroei van het wortelstelsel, waardoor de doorgaans in de grond verspreid liggende water- en voedselvoorraden onvoldoende door de wortels kunnen worden benut. Het is duidelijk, dat pas kan worden gesproken van een doelmatig gebouwd wortelstelsel, wanneer het voldoende is aangepast aan de heersende bodemomstandigheden, om genoeg water en voedingszouten te kunnen opnemen voor een goede ontwikkeling van het gewas. Is aan deze voorwaarde niet voldaan, dan dient ernaar gestreefd te worden, het gewenste evenwicht tussen het bodemmilieu en de wortelontwikkeling tot stand te brengen. Nu eens kan men dit bereiken door wijziging te brengen in de bodemomstandigheden of in de hydrologische gesteldheid van de grond, andermaal door het gewas doelmatiger te bemesten of beter te verzorgen, terwijl een derde mogelijkheid gelegen is in het zoeken naar rassen, die zich beter aan de gegeven situatie kunnen aanpassen. Het wortelonderzoek kan, indien dit met een bodemkundig onderzoek wordt gecombineerd, belangrijke aanwijzingen geven omtrent de weg, die daarbij moet worden gevolgd. Dit moge uit de volgende, gedeeltelijk reeds in het „T.N.O.-nieuws” vermelde, voorbeelden blijken.

Door wijlen Prof. BLAAUW (1) werd bij een wortelonderzoek van bolgewassen gevonden, dat de grondwaterstand op de bollengronden in het binnenduingebied niet beneden 50 à 60 cm mag dalen, aangezien bij diepere waterstand niet genoeg wortels in de capillaire zone kunnen doordringen om een goede opbrengst te geven. De grondwaterstand moet dus op een diepte van hoogstens 60 cm worden gehandhaafd, een conclusie, die voor de bloembollencultuur van grote betekenis is geweest.

Een soortgelijke ervaring werd door ons opgedaan bij een wortelonderzoek met aardappelen (Bintje) op zavelgrond op het eiland Schouwen-Duiveland, waar door onvoldoende aanpassing der wortelstelsels aan de diepere waterstanden de opbrengst daalde, wanneer het grondwater dieper stond dan 1,20 m beneden het maaiveld.

Dat het wortelonderzoek als aanvulling op het hydrologisch onderzoek onmisbaar kan zijn, is Ir W. C. VISSER en mij gebleken bij een onderzoek over de wortelontwikkeling van aardbeien in verband met de waterhuishouding van de grond in Kennemerland. Door verscheidene kwekers werden hier bij redelijke waterstand verdrogingsverschijnselen waargenomen, doordat de wortels in de grond slechts een geringe diepte bereikten. De slechte aanpassing der wortels aan de grondwaterstand was in dat geval niet een gevolg van een van nature gebrekkig bewortelingsvermogen doch bleek veroorzaakt te zijn door virusziekte in het gewas en een te hoog oplopen van het grondwater in de herfst- en

wintermaanden, waardoor de wortels van deze overblijvende planten in hun ontwikkeling werden benadeeld.¹

Als vierde voorbeeld noemen wij een wortelonderzoek op graslandprofielen, waar een kleilaag rustte op een ondergrond van zand. In de meeste gevallen bleef de beworteling in hoofdzaak tot de kleilaag beperkt, hetgeen zeggen wil, dat de zandige ondergrond practisch geen aandeel heeft aan de watervoorziening van het gewas. Dit maakt het mogelijk, globaal te berekenen, hoe dik de kleilaag op klei-zandprofielen zijn moet, om schade door droogte te voorkomen.

De waarnemingen over de wortelontwikkeling in verband met het bodemprofiel, waarbij vaak ernstige groeibelemmeringen werden waargenomen, alsmede het gedrag der wortels naar gelang van de verdeling van de mest in de grond, hebben frappante verschillen in beworteling te zien gegeven. Het is hierdoor duidelijk, dat er alleszins aanleiding bestaat, op percelen, waar het gewas een achterstand in groei vertoont een onderzoek in te stellen naar de beworteling, indien deze achterstand niet op eenvoudiger wijze – b.v. door een onderzoek naar de vruchtbaarheid van de grond – kan worden verklaard.

2. DE METHODIEK

a. Wanneer men in de literatuur de methoden nagaat, die hier te lande en in het buitenland bij het wortelonderzoek te velde worden toegepast, dan blijkt, dat door sommige onderzoekers het wortelstelsel wordt bloot gelegd door in het gewas diepe kuilen te graven met loodrecht afgestoken wanden, waarna de wortels met behulp van een staafje dat van een stompe punt is voorzien, uit één der profielwanden één voor één worden vrij geprepareerd totdat het gehele wortelstelsel of een gedeelte daarvan van grond is ontbloot. Tijdens deze bewerking wordt een tekening gemaakt van de richting, de lengte en de vertakking der wortels en uiteindelijk een beeld verkregen van het wortelstelsel in zijn geheel.

Deze werkwijze, die de „droge methode” wordt genoemd en door de bekende, Amerikaanse wortelspecialist J. E. WEAVER (10) bij land- en tuinbouwgewassen op ruime schaal is toegepast, heeft naast onmiskenbare voordelen het bezwaar, dat zij zeer tijdrovend en vaak moeilijk uitvoerbaar is. De methode heeft vooral toepassing gevonden bij wortelstudies van vruchtbomen en is op Java met succes toegepast door KULESCHA bij een onderzoek over de beworteling van suikerriet (6).

b. Daartegenover staat de „natte methode”, waarbij de grond met een (meer- of minder krachtige) waterstraal wordt weggespoeld, tot het wortelstelsel geheel of gedeeltelijk is bloot gelegd. Een bezwaar van deze werkwijze is, dat zij op het veld moeilijk uitvoerbaar is, daar het gebruik van water in de profielkuilen weinig verkieselijk is. Toch is deze methode in het buitenland wel toegepast op percelen, waar men de beschikking had over een waterleiding en over een installatie, waarmee de weggespoelde modder uit de kuil kon worden opgepompt en verwijderd. Door ons wordt er de voorkeur aan gegeven, een aantal planten tot de gewenste diepte uit te graven en de planten met kluit en al over te brengen naar het laboratorium om daar te worden gespoeld.

Wordt de grond met een te krachtige waterstraal bewerkt, dan loopt men gevaar, dat de wortels tot onontwarbare strengen bijeen gespoeld worden, zodat men geen juist beeld verkrijgt van de bouw van het wortelstelsel. Men kan zich dan geen goede voorstelling maken van de horizontale verspreiding der wor-

¹ Dit onderzoek is nog niet gepubliceerd. Enige gegevens over de grondwaterstand in dit gebied zijn te vinden in een bijdrage van VISSER over de reactie van aardbeien op de waterstand (9).

tels, terwijl bovendien bij wortelstelsels met lange, horizontaal gerichte zijwortels de kans bestaat, dat de hoofdwortels met de zijwortels strengen vormen, die langer uitvallen dan de werkelijke worteldiepte bedraagt. Gaat men bij het spoelen voorzichtig te werk, dan is het soms mogelijk, het natuurlijke beeld van het wortelstelsel te behouden, vooral wanneer men de kluit vóór het spoelen enige dagen onder water legt en ook het spoelen zoveel mogelijk onder water doet plaats vinden.

Voorzichtig spoelen heeft het bezwaar, dat hiermee veel tijd en geduld gemoed is. Wanneer veel monsters gespoeld moeten worden, is men dus op vrij krachtig spoelen aangewezen. Hiermee worden echter slechts dan goede resultaten verkregen, wanneer *van tevoren* maatregelen worden genomen om een verplaatsing der wortels tijdens het spoelen tegen te gaan.

In Amerika heeft KING (5) een methode bedacht, waarbij het wortelstelsel in zijn oorspronkelijke toestand behouden bleef. Door in het gewas een rechthoekige loopgraaf te maken, werd een blok grond in de vorm van een prisma vrij gemaakt, dat circa 30 cm dik, meer dan 100 cm lang was en dat een hoogte had, die overeenkwam met de diepte der wortelstelsels. Het prisma, dat dus aan alle kanten door de loopgraaf was omgeven, werd daarna bekleed met wijdmazig gaas. Vervolgens werden er dwars door het grondblok van maas tot maas stukken gegalvaniseerd ijzerdraad gestoken. Door deze draden werd een omlaag zakken der wortels tijdens het spoelen voorkomen en ten slotte een natuurlijk beeld verkregen van het wortelstelsel.

Door KING werd het grondblok ter plaatse gespoeld, daar het te zwaar en te groot was om in spoelbakken te worden overgebracht. Het spoelen „aan de lucht” heeft echter het bezwaar, dat de dikke wortels met de daaraan ontsproten fijnere wortels zich verenigen, zodat het wortelstelsel, nadat het geheel is vrij gespoeld, een armelijke indruk maakt. Bovendien bestaat er groot gevaar voor verlies van wortels tijdens het spoelen.

Dat deze wijze van spoelen geen aanbeveling verdient, hebben wij onderzocht bij een proef, waarmee beoogd werd, een ruimtelijk beeld van het wortelstelsel te verkrijgen. Voor dit doel werden een mosterdplant en een suikerbiet gekweekt in bakken met grond, die 1,50 m in het vierkant en 2 m diep waren en waarin tijdens het vullen van de bakken met grond boven elkaar, op afstanden van 20 cm, roosters van kippengaas werden aangebracht om naderhand bij het spoelen de wortels op hun plaats te houden. Om de grond weg te spoelen werd één der opstaande wanden van de kist weggenomen en de waterstraal op het vrijgekomen profiel gericht. Hoewel op deze wijze een driedimensionaal beeld der wortelstelsels werd verkregen en interessante waarnemingen werden gedaan omtrent de horizontale en vertikale uitbreiding daarvan, beantwoordden de vrij gespoelde wortelstelsels slechts ten dele aan de oorspronkelijke toestand, doordat de fijnere wortels met elkaar en met de dikere wortels waren verkleefd en niet voldoende tot hun recht kwamen (2, p. 36).

Om een goed beeld te verkrijgen van de fijnere details van het wortelstelsel, is het nodig, dat de grondblokken in bakken worden gespoeld en wel zo, dat zij tijdens het spoelen grotendeels onder water blijven liggen. Aan deze voorwaarde kan slechts worden voldaan, wanneer bij de bemonstering niet te grote kluiten worden genomen. Een tweede voorwaarde is, dat er vóór het uitgraven van het grondmonster maatregelen worden genomen, waardoor een verplaatsen van de wortels tijdens het spoelen zo veel mogelijk wordt voorkomen. Is aan deze beide voorwaarden voldaan, dan kan zelfs bij tamelijk krachtig spoelen een natuurgetrouw beeld van de wortelstelsels worden verkregen.

Wortelonderzoek met behulp van de naaldenplank

Aan het Landbouwproefstation passen wij een methode toe van de Russische onderzoeker ROTMISTROFF, die aan de gestelde eisen voldoet en die gemakkelijk uitvoerbaar is. Bij deze methode wordt gebruik gemaakt van naalden, die op korte afstand van elkaar op een plank bevestigd zijn en bij de monsterneming met behulp van de plank gezamenlijk in één der wanden van de profielkuil worden gedreven. Het grondmonster, dat van het profiel wordt afgestoken, is dan geheel met naalden doorstoken, waardoor de wortels tijdens het spoelen slechts weinig van plaats kunnen veranderen.

Dit procédé, dat door ROTMISTROFF feitelijk alleen werd toegepast bij gewassen, die in kisten waren gekweekt, is in 1915 door MASCHHAUPT voor het eerst bij vollegrondculturen met succes beproefd (8). Omstreeks 1926 werd deze methode aan het Bosbouwproefstation door HESSELINK (4) toegepast bij een wortelstudie van dennenzaailingen en sinds kort heeft deze methode toepassing gevonden bij een wortelonderzoek, dat door Ir C. v. D. BERG in samenwerking met de Heer v. D. BOSCH in Zeeland op bouwland wordt verricht. In Finland heeft LINKOLA bij een wortelonderzoek op grasland van spijkerplanken gebruik gemaakt (7).

De „naaldenplankmethode” kan vooral goede diensten bewijzen, waar het gaat om een vergelijking van het wortelstelsel van verschillende gewassen of van een zelfde gewas, wanneer dit op verschillende grondsoorten wordt gekweekt, kortom in al die gevallen, waar grote verschillen in beworteling te verwachten zijn. Zo gelukt het op percelen, waar plaatselijke afwijkingen in het gewas voorkomen, niet zelden, om door een vergelijkend wortelonderzoek met de naaldenplank op enkele goede en slechte plekken de oorzaak van deze afwijkingen op het spoor te komen. Uit de vaak grote verschillen in wortelbeeld en profiel en uit de totale wortelmasse en de wortelverdeling, die uit de laagsgewijze bepaalde wortelgewichten kunnen worden berekend, kunnen somtijds belangrijke gevolgtrekkingen worden gemaakt.

Er zijn echter gevallen, waar met het nemen van enkele naaldenplankmonsters niet kan worden volstaan. Wanneer men bijv. de gemiddelde wortelontwikkeling op een perceel bouw- of grasland wil leren kennen, en deze met de beworteling op andere percelen wil vergelijken, zou men in verband met de bestaande heterogeniteit van het gewas de beworteling op talrijke plaatsen moeten nagaan. De naaldenplankmethode leent zich hiervoor minder goed, omdat er voor het nemen van monsters op de naaldenplank grote en vrij diepe kuilen gegraven moeten worden en er onvermijdelijk ook in de omgeving der kuilen een ware ravage in het gewas wordt aangericht, nog daargelaten, dat het spoelen der naaldenplankmonsters en de bestudering der vrij gespoelde wortelstelsels zoveel tijd vordert, dat reeds daarom alleen beperking alleszins geboden is. Onwillekeurig heeft men de neiging, dit bezwaar te ondervangen, door op het te bemonsteren perceel één of enkele plekken uit te zoeken, waar het gewas representatief schijnt te zijn voor de vegetatie in haar geheel, waarna men dan deze plekken voor een wortelonderzoek met de naaldenplank bestemt. De ervaring heeft ons echter geleerd, dat in dat geval bij de keuze der monsterplekken grote fouten kunnen worden gemaakt. Van geringe betekenis is de naaldenplankmethode ook voor wortelonderzoekingen op proefvelden, daar het maar zelden geoorloofd is, op proefvelden kuilen te graven, tenzij bij de aanleg daarvan extra-veldjes voor wortelonderzoek werden gereserveerd.

Wortelonderzoek met behulp van de grondboor

Om in dergelijke gevallen een intensieve bemonstering voor wortelonderzoek te kunnen uitvoeren zonder noemenswaardige schade toe te brengen aan het gewas, maken wij aan het Proefstation gebruik van een 7 cm wijde boor, waarmee grondmonsters in lagen van bijv. 10 cm worden genomen, waarna deze monsters worden gespoeld en de wortels quantitatief op een zeef worden verzameld, onder water bestudeerd, gedroogd en gewogen. In sommige gevallen kan beter van een minder wijde boor gebruik gemaakt worden. Hoeveel boringen er op een perceel verricht moeten worden en welke plekken daarvoor uitgekozen moeten worden om een betrouwbaar beeld van de gemiddelde beworteling te verkrijgen, is een belangrijke vraag, die momenteel aan het Proefstation een punt van studie uitmaakt, waarop wij later hopen terug te komen.

Met behulp van de boormonsters kan men zich gegevens verschaffen omtrent de maximale diepte van het wortelstelsel, de diepte, die door de hoofdmassa der wortels is bereikt (de zgn. werkzame diepte), de mate van vertakking der wortels, terwijl na het drogen en wegen der wortels het wortelgewicht en de verdeling der wortelmassa over de diverse bodemlagen kan worden vastgesteld. Dit zijn belangrijke gegevens, die gezamenlijk een redelijk beeld geven van de beworteling op het betreffende perceel. Door de invoering van de boormethode is het mogelijk geworden, het wortelonderzoek op groter schaal dienstbaar te maken aan de min of meer regionaal opgezette onderzoekingen op agrohydrologisch gebied en op het gebied der bodemvruchtbaarheid.

Een nadeel van de boormethode is, dat hiermee slechts kleine fragmenten van het wortelstelsel worden bemonsterd, zodat men zich aan de hand daarvan geen voorstelling kan vormen van de bouw der wortelstelsels in hun geheel. In deze leemte kan echter worden voorzien, door op enkele plekken van het perceel een wortelonderzoek met de naaldenplank uit te voeren.

Omgekeerd heeft ook de naaldenplankmethode haar tekortkomingen. Zo worden door ons naaldenplanken gebruikt, die hoogstens 1 m lang zijn, omdat de grondmonsters anders te zwaar zouden worden voor het transport. Daar de wortels vaak dieper gaan dan 1 m, moeten er op andere wijze omtrent de diepere beworteling gegevens worden verzameld. Een goede methode is, om rondom de kuil enige boringen te doen teneinde de dichtheid en de vertakking der wortels in de diepere lagen en de maximale bewortelingsdiepte vast te stellen. Een andere weg, die eventueel met de boormethode kan worden gecombineerd, is, dat men de kuil dieper maakt en de diepere beworteling volgens de droge methode bestudeert.

Men krijgt dus in het algemeen geen volledig beeld van het wortelstelsel, wanneer uitsluitend de naaldenplankmethode of uitsluitend de boormethode wordt toegepast. De beste resultaten worden verkregen, wanneer beide methoden worden gecombineerd. Het hangt af van de aard van het probleem, welke van deze methoden bij het wortelonderzoek op de voorgrond moet worden geplaatst.

Wij hopen hiermee een idee gegeven te hebben van de technische moeilijkheden, waarmee men bij de bestudering van het wortelstelsel te velde te maken krijgt, en hoe deze overwonnen kunnen worden. Wie zelf een wortelonderzoek wil beginnen, heeft echter aan dit korte overzicht van de methodiek niet voldoende. Belangstellenden maken wij erop attent, dat de methoden, die aan het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O. te Groningen bij het wortelonderzoek worden toegepast, *volledig* beschreven zijn in een geïllustreerde

bijdrage, die aan dit instituut (Prof. van Hallstraat 3, Groningen) op aanvraag gratis verkrijgbaar is.

LITERATUUR

1. A. H. BLAAUW, De beteekenis van den grondwaterstand voor de bloembollencultuur. *Verh. Kon. Nederl. Akad. v. Wetensch. te Amsterdam, afd. Natk., 2e sectie, deel 37, no 1, 1938*, 1-91.
2. M. A. J. GOEDEWAAGEN, Het wortelstelsel der landbouwgewassen. Dept. v. Landb. en Visserij. Alg. Landsdrukkerij 's-Gravenhage 1942. 173 pag.
3. M. A. J. GOEDEWAAGEN, Het wortelstelsel der landbouwgewassen. *T.N.O.-nieuus* 3, 1948, 242-250.
4. E. HESSELINK, Een en ander over de wortelontwikkeling van den Groven Den en den Oostenrijkschen Den. *Meded. Rijksbosbouwproefstation 1926*, 2, 3, 187-278.
5. F. H. KING, Natural distribution of roots in field soils. Wisconsin Agric. Exp. Station Rep. 1892, 112 en 1893, 160 (geciteerd door WEAVER 1926).
6. M. KULESCHA, Oriënteerend onderzoek over de ontwikkeling van het wortelstelsel bij 2878 POJ in verband met de grondsoort. *Arch. Suikerind. Ned. Ind., Dl 3, Meded. v. h. proefstation v. d. Javasuikerindustrie, 1931*, 317-359.
7. K. LINKOLA und A. THRIKKA, Ueber Wurzelsysteme und Wurzelausbreitung der Wiesenpflanzen auf verschiedenen Wiesenstandarten. *Helsinki 1936*.
8. J. G. MASCHHAUPT, De beworteling onzer cultuurgewassen. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 16, 1915, 76-89.
9. W. C. VISSER, De eisen van aardbeien ten aanzien van de diepte van het grondwater. *Med. Directie Tuinbouw* 11, 1948, 351-355.
10. J. E. WEAVER, Root Development of field crops. McGraw-Hillbook Cy, New York, 1926. 291 pag.