

DE METHODEN, DIE AAN HET LANDBOUWPROEFSTATION EN BODEMKUNDIG INSTITUUT T.N.O. TE GRONINGEN BIJ HET WORTELONDERZOEK OP BOUW- EN GRASLAND IN GEBRUIK ZIJN

DR. M. A. J. GOEDEWAAGEN

1. INLEIDING

Er valt in de kringen van de Landbouwvoorlichtingsdienst een toenemende belangstelling voor de beworteling der land- en tuinbouwgewassen te bespeuren. Meer en meer gaat men ertoe over, zelf waarnemingen te doen betreffende de wortelstelsels der gewassen. Dit blijkt o.m. uit het feit, dat ons de laatste tijd herhaaldelijk de vraag wordt gesteld, hoe een wortelonderzoek ten uitvoer moet worden gebracht en aan welke methode de voorkeur moet worden gegeven. Dit heeft ons aanleiding gegeven tot het schrijven van deze bijdrage, waarmee wij hopen in een leemte te voorzien.

Door diverse wortelonderzoekers in binnen- en buitenland zijn naar gelang van het beoogde doel van het onderzoek en van de verlangde nauwkeurigheid zeer uiteenlopende methoden toegepast, waarmee in het algemeen bevredigende resultaten zijn verkregen. Er bestaat dus niet één bepaalde methode, die onder alle omstandigheden als de beste kan worden beschouwd. Ook moet bedacht worden, dat alle methoden hun tekortkomingen hebben, hoe goed zij overigens mogen hebben voldaan. Wij geven in deze bijdrage een beschrijving van de methoden, die het best aan het door ons gestelde doel hebben beantwoord, al zullen ook deze methoden voor verbetering, aanvulling en wellicht ook voor vereenvoudiging vatbaar zijn. De beschrijving is dus niet bedoeld als een voorschrift, waaraan men zich stipt heeft te houden doch veeleer als een leidraad, die de wortelonderzoeker voldoende ruimte laat om eigen initiatief te laten gelden.

De methoden, die aan het Proefstation te Groningen bij het wortelonderzoek in gebruik zijn, komen in het kort hierop neer, dat er grondmonsters worden genomen, waaruit de wortels worden vrijgemaakt door de grond weg te spoelen. De monsterneming geschiedt met een boor of door gebruik te maken van een zgn. naaldenplank. In het laatste geval wordt een verplaatsing der wortels verhinderd zodat het wortelstelsel in zijn oorspronkelijke toestand behouden blijft. Om met de naaldenplank een monster te nemen, wordt een diepe kuil gegraven, waarna de naalden met behulp van de plank loodrecht in een der profielwanden worden gedreven. Hoe daarbij verder tewerk wordt gegaan, is verderop uitvoerig beschreven. De „naaldenplankmethode”, die afkomstig is van de Russische onderzoeker ROTMISTROFF (1908), is hier te lande het eerst door MASCHHAUPT beproefd en door hem ook bij te velde staande gewassen met succes toegepast (1915).

Bij toepassing van de boormethode worden geen kuilen gegraven, hetgeen het voordeel heeft, dat er slechts weinig schade wordt toegebracht aan het gewas. Een tweede voordeel van deze methode is, dat men – door voldoende boringen

te verrichten – de gemiddelde beworteling op een perceel kan vaststellen alsmede de variatie, die de beworteling op het betreffende perceel van plek tot plek vertoont. Met de boor kan de massaverhouding der wortels in de diverse bodemlagen alsmede de diepte der beworteling met voldoende nauwkeurigheid worden vastgesteld. Men kan op deze wijze een groot aantal gegevens verkrijgen, die voor een statistische bewerking in aanmerking komen. Dank zij de boormethode is het mogelijk geworden, het wortelonderzoek dienstbaar te maken aan de min of meer regionaal opgezette onderzoekingen, die aan het Landbouwproefstation te Groningen op agrohydrologisch gebied en op het gebied der bodemvruchtbaarheid worden verricht. Een nadeel is, dat men met deze methode geen volledig beeld der wortelstels kan verkrijgen. Hiervoor is men op de naaldenplankmethode aangewezen. Anderzijds heeft de naaldenplankmethode het bezwaar, dat de bemonstering tot enkele plekken op een perceel beperkt moet blijven.

De beste resultaten worden verkregen, wanneer de grondmonsters zowel met de boor als met behulp van de naaldenplank worden genomen. Het hangt af van de aard van het probleem, welke van deze methoden bij het wortelonderzoek op de voorgrond moet worden geplaatst.

Volledigheidshalve dient te worden vermeld, dat door enige onderzoekers in het buitenland en bij uitzondering ook hier te lande de wortelontwikkeling rechtstreeks in de grond wordt bestudeerd b.v. door een kuil te graven en de wortels één voor één uit de profielwanden vrij te prepareren, totdat een volledig beeld van het wortelstelsel is verkregen (3). Daar deze methode – de zgn. droge methode – zeer tijdrovend en moeilijk uitvoerbaar is, hebben wij de voorkeur gegeven aan de boven genoemde en verderop uitvoerig beschreven indirecte methoden, waarbij de wortels door wegspoelen van de grond worden blootgelegd. Dit wil niet zeggen, dat de directe methode geheel door ons van de hand wordt gewezen. Bij toepassing van de naaldenplankmethode zijn wij gewend in de wanden der kuil vóór de monsterneming enige voorlopige wortelwaarnemingen te doen. Ook in de boormonsters worden de wortels bekeken, alvorens tot het spoelen dezer monsters over te gaan. Waar het vrijspoelen der wortels moeilijkheden oplevert, zoals in veengronden, is men zelfs grotendeels op de droge methode aangewezen.

Wij laten nu een beschrijving volgen van de aan het Landbouwproefstation bij het wortelonderzoek gevolgde methodiek alsmede van de wijze, waarop de resultaten van het onderzoek in cijfers, foto's en tekeningen worden vastgelegd. Hoewel hierbij naar volledigheid is gestreefd, kon niet op alle detailpunten diep genoeg worden ingegaan. Wie omtrent bepaalde punten van het wortelonderzoek opheldering wenst, kan zich hiertoe met ons in verbinding stellen. Hij richtte zijn schrijven tot de Wnd. Hoofddirecteur van het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O. te Groningen ter attentie van Dr J. J. Schuurman, die zich aan het Proefstation eveneens met wortelonderzoekingen bezig houdt en gaarne de verlangde inlichtingen zal verschaffen.

2. HET WORTELONDERZOEK MET BEHULP VAN DE NAALDENPLANK

De werkzaamheden te velde

Op de plek, die voor het wortelonderzoek is uitgekozen, wordt een kuil gegraven van ongeveer 1,30 m bij 1 m en iets meer dan 1 m diep.

Alvorens met behulp van de naaldenplank een grondmonster te nemen uit één der profielwanden, worden er eerst waarnemingen gedaan aan het profiel



FIG. 1. HET NEMEN VAN EEN GRONDMONSTER MET DE NAALDENPLANK. - DE NAALDEN ZIJN IN HET PROFIEL GE-DRUKT EN DE METALEN PLAAT WORDT ACHTER DE PLANTEN IN DE GROND GEDREVEN. NAAR MASCH-HAUPT (2).



FIG. 2. HET NAALDENPLANKMONSTER IS GENOMEN. - DE PLANK MET DE KLEIT LIGT OP DE RAND VAN DE KUIL. NAAR MASCH-HAUPT (2).

en aan het gewas. Er worden notities gemaakt omtrent de stand en het ontwikkelingsstadium van het gewas, de onkruidbegroeiing, de grondsoort, de grondwaterstand of de hoogte van de te bemonsteren plek boven het slootpeil, de dikte en de geaardheid van de bouwvoor, de bemesting, het gehalte aan koolzure kalk, de toestand van de ondergrond, terwijl er tevens op verschillende diepten grondmonsters worden genomen ter bepaling van het humusgehalte, het gehalte aan afslibbare delen, de pH en andere eigenschappen van de grond, die voor de interpretatie van het wortelbeeld van belang kunnen zijn. Ook worden er vooraf enige oriënterende waarnemingen gedaan omtrent de worteling. Met behulp van een aan de top lichtelijk gebogen metalen staafje met niet te scherpe punt (zakkennaald) worden enige wortels met hun zijwortels uit de profielwand los geprepareerd, waarbij speciaal gelet wordt op de groeirichting en de dikte der wortels, de aanwezigheid, het aantal en de vertakking der zijwortels alsmede op de afwijkingen, die er in de groei en de vertakking der wortels door storende lagen in het profiel zijn veroorzaakt. Er worden enige vrij geprepareerde wortels voor nader onderzoek meegenomen naar het laboratorium. Met behulp van het bekende „krabbertje” („Stiefmütterchen”) worden tenslotte globale waarnemingen gedaan omtrent de verdeling der wortelmasse over de diverse bodemlagen, door de profielwand met dit gereedschap oppervlakkig open te krabben.

Daar de naaldenplanken, zoals boven reeds werd opgemerkt, 1 m lang zijn en de wortels in normale, goed ontwaterde gronden vaak dieper gaan, is het naaldenplankmonster niet altijd toereikend om de maximale bewortelingsdiepte vast te stellen. Er worden daarom rondom de kuil op twee of drie plekken tot op grote diepte met een boor grondmonsters genomen, die op het laboratorium worden gespoeld, waarna de wortels gedroogd en gewogen worden om de worteldichtheid ook in de diepere bodemlagen alsmede de maximale beworte-

lingsdiepte vast te stellen. Tijdens het boren worden aantekeningen gemaakt omtrent de bouw van het profiel.

Nadat deze voorlopige werkzaamheden zijn verricht, wordt overgegaan tot het indrijven van de naalden in de voor het onderzoek uitgekozen, vertikaal afgestoken profielwand. Hiertoe wordt gebruik gemaakt van een plank, die 100 cm lang en 60 cm breed is. Bij wortelonderzoekingen op grasland worden planken van 100 bij 30 cm gebruikt. De plank is zwart geverfd om de wortels na het spoelen beter te doen uitkomen, en bezet met een groot aantal gehalveerde breinaalden, die $2\frac{1}{2}$ cm diep in de plank geslagen zijn en 14 cm daarboven uitsteken. Op de planken, die voor onderzoek op grasland zijn bestemd, zijn de naalden half zo lang. Vooraf waren de naalden met menie behandeld en later met zwarte verf bestreken om roesten te voorkomen. De naalden staan op de plank op onderlinge afstanden van 5 cm. Hun aantal bedraagt op de grote planken (100 bij 60 cm) 240, op de kleine planken 120.

Het indrukken der naalden in de grond geschiedt als volgt: De plank wordt vertikaal tegen de te bemonsteren profielwand geplaatst, en wel zo, dat de toppen der horizontaal gerichte naalden de wand raken en de bovenste rij naalden zich juist aan de oppervlakte van de grond bevindt. Daarna wordt de plank tegen de grond gedrukt, totdat de naalden daarin geheel zijn verdwenen en de plank tegen het profiel aan ligt.

Evenwijdig aan de plank en op korte (meestal 20 cm) afstand daarvan wordt een grote, van een snijkant voorziene metalen plaat van 100 bij 60 cm tot een diepte van 1 m vertikaal in de grond gedreven (fig. 1). Is dit geschied, dan wordt de grond aan beide zijden van de plank met een schop loodrecht afgestoken, zodat er een kluit grond van $60 \times 100 \times 20$ cm los komt te liggen, die uit het profiel kan worden vrijgemaakt door de metalen plaat aan de bovenzijde voorover te drukken in de richting van de kuil, totdat de plank met de kluit horizontaal op de bodem van de kuil komt te liggen. Fig. 2 laat het monster zien, nadat het uit de kuil is getild.

Bij granen en andere gewassen, waar de planten in rijen worden gezaaid, verdient het aanbeveling, twee naaldenplankmonsters te nemen, het éne evenwijdig aan de rijen, het andere loodrecht daarop. In het eerste geval bevat het monster een planrij over een afstand van 60 cm. Monsters die loodrecht op de rijen worden genomen, bevatten planten, die tot verschillende rijen behoren. Hun wortelbeelden laten zien, in hoeverre de beworteling *onder* de planten van de beworteling *tussen* de rijen verschilt, en hoe ver de wortels zich in deze monsters in horizontale richting uitstrekken.

Bij het nemen van een naaldenplankmonster *in* de rij, zijn wij gewend, de profielwand af te steken op 10 cm afstand van de planrij. De metalen plaat wordt achter de planrij in de grond gedreven en wel eveneens op 10 cm afstand daarvan, zodat een 20 cm dikke kluit met planten kan worden uitgegraven. Opmerking verdient nog, dat de planten, die zich op de kluit bevinden, bij de grond worden afgesneden en voor nader onderzoek naar het laboratorium worden meegenomen, daar dit voor een bevredigende interpretatie van het wortelbeeld even noodzakelijk is als het verzamelen van bodemkundige gegevens. Om beschadiging der planten te voorkomen, verdient het aanbeveling, de planten af te snijden, voordat het monster uit het profiel wordt gestoken.

Onderzoek in het laboratorium

Het naaldenplankmonster en de bijbehorende planten worden naar het laboratorium getransporteerd, waar het monster wordt overgebracht in een

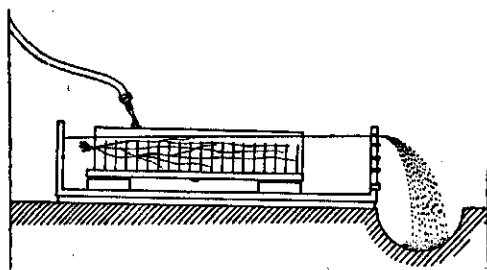


FIG. 3. HET SPOELEN VAN DE KLUIT IN EEN SPOELBAK

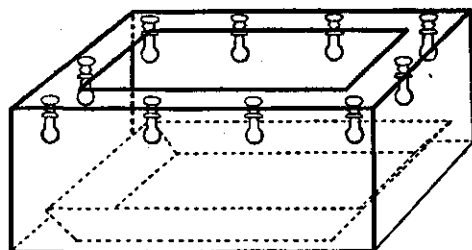


FIG. 4. DE LICHTBAK, DIE GEBRUIKT WORDT BIJ HET FOTOGRAFEREN DER WORTELS

grote, houten spoelbak, nadat er eerst een profielbeschrijving van is gemaakt. De spoelbak, die 140 bij 90 cm en 40 cm diep is, heeft een kleine helling en is aan de lage kant naar een goot gekeerd, die tijdens het spoelen het overtollige water en de weggespoelde modder opvangt en afvoert. Om de modder uit de spoelbak te verwijderen, zijn aan de lage kant van de bak enige gaten aangebracht, die naar verkiezing gesloten kunnen worden. Nadat het grondmonster in de bak is gelegd, wordt niet direct met spoelen begonnen. De bak wordt eerst geheel met water gevuld, de afvoergaten worden gesloten en de gehele kluit blijft onder water liggen tot aangenomen mag worden, dat de bodemholten zich geheel met water hebben gevuld. Door de grond geheel met water te verzadigen, wordt de kans op afbreken van kluiten en verlies van wortels aanmerkelijk verminderd. Bij lichte gronden kan meestal met $\frac{1}{2}$ à 1 dag „vóórweken” worden volstaan, terwijl op kleigronden 3 dagen of langer moet worden gewacht, eer met het spoelen kan worden begonnen. De opstelling van het naaldenplankmonster in de spoelbak is schematisch voorgesteld in fig. 3. Er wordt gebruik gemaakt van een kraan of spuit, waarmee de sproeiwijdte en daarmee de druk van de waterstraal kan worden gewijzigd. Men late het water niet uit de spoelbak weglopen, wanneer men met spoelen begint, daar dit aanleiding kan geven tot het afbreken van kluiten. Het veiligste is, dat men tijdens het spoelen het waterniveau in de spoelbak slechts weinig lager stelt dan de bovenkant van het naaldenplankmonster.

Bij het spoelen van de kluit zakken de blootgekomen wortels omlaagen komen ze tussen de naalden terecht. Vanaf het moment, waarop de naalden zichtbaar worden, kan met grotere kracht worden gespoeld, daar het gevaar voor een samenvallen der wortels nu geheel is geweken. Te krachtig spoelen blijft echter ongewenst, daar de kortere zijwortels, die niet door naalden worden gesteund, dan van hun plaats zouden geraken. Daarbij komt, dat er in een naaldenplankmonster uiteraard ook losse wortels aanwezig zijn, die deel uitmaken van planten, die buiten het monster zijn opgegroeid. Is in het grondmonster een dicht wortelnet voorhanden, dan is het gevaar minder groot, dat de wortels tijdens het spoelen van plaats veranderen. Ook zonder gebruik van naalden gelukt het dan meestal wel, een natuurgetrouw beeld te verkrijgen van het wortelstelsel, indien voorzichtig wordt gespoeld en de kluit lang genoeg werd voorgeweekt. Het verdient echter ook in dergelijke gevallen aanbeveling, van naaldenplanken gebruik te maken, daar de naalden steun geven aan de grond en een afbreken van kluiten en verlies van wortels bij het uitgraven en het transport van de kluit alsmede tijdens het spoelen hierdoor wordt tegengegaan.

Wanneer de wortels geheel van grond zijn bevrijd, worden deze met plank

en al in een platte, horizontaal geplaatste, zinken bak met water overgebracht om gefotografeerd te worden. Voor dit doel wordt het wortelstelsel dus niet van de naaldenplank afgenomen doch met de plank onder water gefotografeerd. Het fotograferen onder water heeft het voordeel, dat de fijnere wortels hun natuurlijke stand behouden, hetgeen het wortelbeeld zeer ten goede komt. De tevoren zwart geverfde planken vormen een goed contrast met de wortels. De naalden werken op de foto allerminst storend. Integendeel, door de regelmatige plaatsing der naalden in rijen op onderlinge afstanden van 5 cm verhogen zij de overzichtelijkheid van het wortelbeeld.

De foto wordt met kunstlicht genomen in een donker lokaal. Het foto-toestel, een platencamera met een lichtsterke lens, wordt – met de lens omlaag – boven de bak gemonteerd. Wij maken bij het nemen van de foto gebruik van kleurgevoelige platen, waarmee goede resultaten worden verkregen. Voor de belichting is een speciaal daarvoor geconstrueerde „lichtbak” in gebruik, waarin 10 lampen van 100 watt zodanig zijn aangebracht, dat de wortels gelijkmatig worden belicht, terwijl tevens een weerkaatsing der lampen op de lens via het wateroppervlak is buitengesloten (fig. 4). De bak is aan de binnenkant wit, aan de buitenkant zwart geverfd. Weerspiegeling van het foto-toestel of van andere voorwerpen in het water van de bak moet worden verhinderd. Zo kan een weerspiegeling van het plafond worden voorkomen, door dit zwart te maken. Heeft men niet de beschikking over een lichtbak, dan kan met succes gebruik gemaakt worden van vier fotomirenta-lampen, elk van 500 watt, die zodanig rondom de bak worden geplaatst, dat de zoëven genoemde bezwaren worden weggenomen.

Vervolgens wordt van het wortelbeeld een tekening vervaardigd. Dit geschiedt geheel naar de natuur. Is het wortelstelsel ijl, dan wordt dit nauwkeurig nagetekend. In de regel is de plank echter zo dicht met wortels bezet, dat het onmogelijk is, alle wortels nauwkeurig in tekening te brengen. In dergelijke gevallen wordt, meestal op natuurlijke grootte, een ruwe schets van het wortelbeeld gemaakt, waarbij wij ons voorlopig bepalen tot het in tekening brengen van de wortels, die door hun dikte en hun ligging duidelijk in het oog vallen. Alvorens de fijnere wortels en hun vertakkingen in tekening te brengen, worden de wortels in de bak nauwkeurig bekeken en van een 5-tal wortels, die karakteristiek zijn voor het wortelstelsel in zijn geheel, de dikte en de mate van vertakking in de diverse lagen vastgesteld. Dit geschiedt door bij deze wortels in de verschillende lagen de zijwortels van de 1e orde te stellen, waarmee de dikkere wortels (hoofdassen) gemiddeld per cm lengte bezet zijn. Tevens worden de grenzen vastgesteld, waarbinnen het aantal zijwortels per eenheid van wortellengte varieert. Ook wordt de gemiddelde dikte (door schatting tot in tiende millimeters) en de gemiddelde lengte der zijwortels bepaald en genoteerd, binnen welke grenzen deze waarden schommelen. Hetzelfde wordt nagegaan voor de zijwortels der 2e orde en, zonodig, ook voor die van hogere orde. Met deze gegevens omtrent de dikte en de vertakking der wortels en met die der wortelwaarnemingen, die vóór de monsterneming in de profielkuil werden verricht, wordt de tekening aangevuld. Vervolgens worden de wortels op de naaldenplank laagsgewijze verzameld door het wortelnet met een schaar in stroken van 10 cm te verdelen of door het te splitsen in lagen van ongelijke dikte, wanneer er in het bodemprofiel onregelmatigheden voorkomen, die met plotselinge veranderingen in worteldichtheid gepaard blijken te gaan. In de bovenste laag worden de stoppels (d.i. de ondergrondse stengeldelen der planten) zorgvuldig vrij geprepareerd van de wortels en apart te drogen gezet. Van de bovengrondse

delen wordt het drooggewicht bepaald, nadat de stoppels hieraan zijn toegevoegd, om het totale spruitgewicht te leren kennen. Bij wortelstudies op grasland worden de wortels niet alleen van de stoppels doch ook van de rhizomen gescheiden, indien deze in de monsters voorhanden blijken te zijn.

De uit verschillende lagen afkomstige wortelporties worden, zo nodig, nageschoond en daarna gedroogd en gewogen. Met de aldus verkregen partiele wortelgewichten wordt een correctie in de tekening aangebracht, indien blijkt, dat de massa-verhouding van het wortelnet in de tekening niet goed met de natuurlijke wortelverdeling overeenkomt. Inmiddels zijn ook de grondmonsters, die rondom de kuil met de boor zijn genomen, gespoeld en de wortels beschreven, gedroogd en gewogen. Voorzover deze gegevens betrekking hebben op de diepere bodemlagen, die buiten het bereik van de naaldenplank vallen, worden zij gebruikt, om daarmee de tekening der wortelstelsels te voltooien. De tekening, die met potlood was uitgevoerd, wordt daarna in inkt gezet.

Hoewel de aldus vervaardigde tekening geen zuivere weergave is van de werkelijkheid doch meer te beschouwen is als een reconstructie van het wortelbeeld aan de hand van de bij de monsterneming en na het spoelen verzamelde gegevens, is het duidelijk, dat hiermee toch een natuurlijk en volkomen verantwoord beeld gegeven wordt van de te velde aangetroffende beworteling. Uit de tekening kan worden afgelezen, hoe diep de wortels in de grond gedrongen waren en hoe zij gericht waren, hoe de wortelmassa in de grond was verdeeld, hoe ver het wortelstelsel zich in de diverse lagen in horizontale richting had uitgebreid, hoe dik de wortels en de zijwortels waren, hoe het met de vertakking der wortels gesteld was en binnen welke grenzen de zijwortels van de 1e en hogere orde in lengte, aantal en dikte varieerden. Ook de bovengrondse delen, die bij de monsterneming bij de grond waren afgesneden, worden in tekening gebracht. Bovendien wordt naast de afbeelding van het wortelstelsel een tekening gemaakt van het profiel en de stand van het grondwater, eventueel met laagsgewijze vermelding van het gehalte aan humus en afslibbare delen, de pH, de structuur van de grond en van andere bodemeigenschappen, die op de wortelgroei van invloed geweest kunnen zijn. Aan de hand van deze driedimensionale tekening is het vaak mogelijk, in een oogopslag verband te leggen tussen de beworteling enerzijds en de groei van het gewas, de bouw van het profiel en de grondwaterstand anderzijds.

Het is duidelijk, dat het wortelonderzoek, zoals dit door ons wordt verricht, niet het gehele wortelstelsel omvat, doch een verticale strook daarvan, en dat op de tekening slechts een radiale doorsnede der wortelstelsels in beeld wordt gebracht. Aan de hand daarvan kan men zich echter in het algemeen wel een bevredigende voorstelling maken van de beworteling in haar geheel. Wenst men met behulp van naaldenplanken een driedimensionaal beeld van het wortelstelsel te verkrijgen, dan kan dit gescheiden, door een blok grond uit te graven in de vorm van een kubus, en deze met twee naaldenplanken zodanig te bewerken, dat de naalden elkaar rechthoekig kruisen. Hier te lande is deze methode door HUDIG toegepast (1). Zo zijn er nog meer variaties op de naaldenplankmethode denkbaar.

Opgemerkt dient nog te worden, dat het fotograferen der wortelstelsels het maken van tekeningen niet overbodig maakt. Bij het vervaardigen van de worteltekening beperken wij ons tot een zeer dunne laag in het radiale vlak der planten. Daardoor worden er minder wortels afgebeeld en komen de details beter tot hun recht dan op de foto, waar de wortels een laagdikte van circa 20 cm vertegenwoordigen en het wortelbeeld door de veelheid aan wortels vaak

wordt vertroebeld. In de meeste gevallen is het dan ook onmogelijk, om van een wortelfoto een tekening te vervaardigen. De worteltekening wordt daarom op de boven beschreven wijze rechtstreeks naar de natuur gemaakt en de foto wordt daarbij slechts af en toe ter controle geraadpleegd. Een voordeel van de tekening is verder nog, dat zij zich in geval van publicatie beter voor reproductie leent dan een foto.

3. HET WORTELONDERZOEK MET BEHULP VAN DE GRONDBOOR (WORTELBOOR)

Voor het wortelonderzoek aan het Proefstation beschikken we over twee boren, een lichte en een zware, die in principe eender gebouwd zijn (fig. 5).

De *lichte boor* bestaat uit een cilindervormige bus, de eigenlijke boor, die 7 cm wijd en 14 cm lang is en waaraan een holle metalen stang met een lengte van bijna 100 cm is verbonden. Om de bus in de grond te kunnen draaien, is aan het boven-eind van de boorstang een dwarsstaaf aangebracht, die bij het boren als handvat dienst doet. De boor wordt vertikaal in de grond gedraaid, en wel eerst niet dieper dan 10 cm. De boor wordt dan uit de grond getrokken en, nadat het grondmonster in een papieren zak is gedaan, in hetzelfde boorgat teruggebracht om de volgende 10 cm eruit te boren. Op deze wijze kan de grond tot een

diepte van 1 m laagsgewijze worden bemonsterd. Op de stang van de boor zijn op afstanden van 10 cm merktekens aangebracht, waardoor het bij de boring mogelijk wordt gemaakt, telkens 10 cm dieper te gaan. Wil men de monsters nemen in lagen van 5 cm, dan kunnen de 10 cm lange boorsels worden gehalveerd.

Om de monsters uit de boor te verwijderen, is in de bus een metalen plaatje aangebracht, dat iets kleiner is dan de opening van de bus en dat bevestigd is aan een lange dunne staaf, die in de holle stang op en neer kan worden bewogen. Voordat een monster genomen wordt, wordt het plaatje zo hoog mogelijk in de bus opgetrokken door de dunne staaf, die boven de holle boorstang een weinig uitsteekt en van een T-vormig uitsteeksel is voorzien, zo ver mogelijk omhoog te trekken. Met behulp van een klemschroef, die aan de bovenzijde van de boorstang is aangebracht, wordt de dunne staaf vastgezet en wordt verhinderd, dat het plaatje in de bus omlaag zakt. Is het monster genomen, dan wordt de klemschroef losgedraaid en de staaf, waaraan

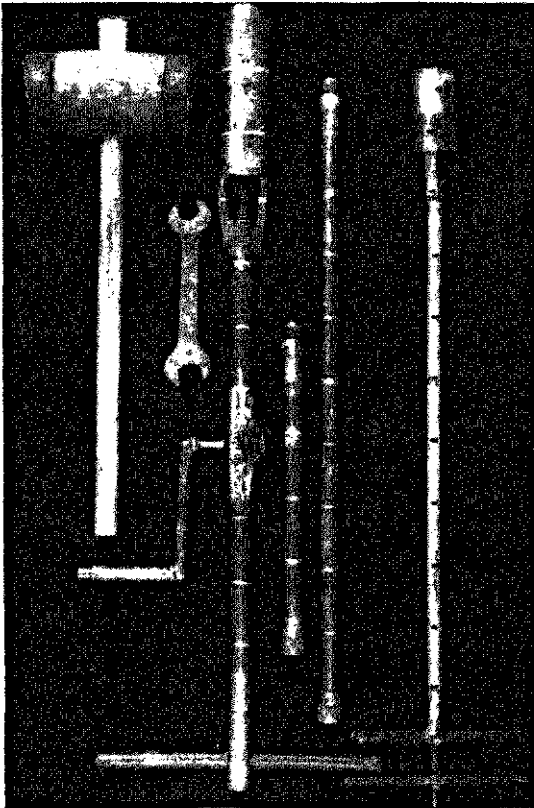


FIG. 5. VAN RECHTS NAAR LINKS: DE LICHTE BOOR, DE ZWARE BOOR MET OPZETSTUKKEN, SLINGER EN KLOPPER

het plaatje verbonden is, omlaag gedrukt. Het monster wordt dan door het plaatje uit de bus geschoven. Het wordt opgevangen in een bakje, om nader bekeken te worden en notities te kunnen maken omtrent de geaardheid van de grond en de doorworteling. Daarna wordt het in een papieren zak overgestort. Gelukt het niet, het grondmonster met de hand uit de bus te drukken, dan kan men de boor beter omgekeerd op de grond plaatsen en het monster naar buiten (in dit geval naar boven) schuiven, door het handvat van de boorstang met de voet omlaag te drukken. Deze boor beantwoordt in grote trekken aan de „structuurboor”, die destijds door W. C. VISSER werd ontworpen voor het nemen van grondmonsters ter bepaling van het poriënvolume en de grondwaterluchtverhouding van de grond (4).

Wanneer tijdens de monsterneming in een boormonster een plotselinge verandering in de bodemgesteldheid wordt waargenomen, die met een verandering in de worteldichtheid gepaard zou kunnen gaan, dan wordt het boorsel op de grens dezer lagen doorgesneden en wordend e beide onderdelen in aparte zakken gedaan met vermelding van de diepte, waarop deze wijziging in het profiel werd vastgesteld. Worden er op zekere diepte geen wortels meer in de grondmonsters aangetroffen, dan wordt nog 2 keer 10 cm dieper geboord. Wanneer ook deze monsters geen wortels blijken te bevatten, wordt aangenomen, dat in het eerste geval de maximale worteldiepte was bereikt.

Daar het, vooral op zwaardere gronden, vaak onmogelijk is, de boor met het daartoe aangebrachte handvat in de grond te draaien, wordt door ons in den regel gebruik gemaakt van een *zware boor*, die met een houten klopper in de grond kan worden geslagen.

De zware boor verschilt van de lichte niet alleen door de zwaardere constructie doch ook, doordat het plaatje met een kortere staaf is verbonden. Dit staafje kan op en neer worden bewogen, doordat het toegerust is met een tandheugel, die past in een tandrad, dat op circa 40 cm afstand van de bus is aangebracht en door een daarin passende slinger in beweging kan worden gebracht. Om het monster uit de bus te schuiven, wordt van de slinger gebruik gemaakt, nadat de boor eerst omgekeerd op de grond is geplaatst. De bus is bij de zware boor 25 cm lang, zodat hiermee ook langere monsters (b.v. van 20 cm) genomen kunnen worden.

Aangezien de zware boor bestemd is, om met een hamer in de grond te worden geslagen, is de boorstang aan het boveinde voorzien van een stevige metalen kop, waar een dikke dwarsstaaf doorheen gestoken kan worden, die als handvat dient bij het omhoog brengen van de in de grond geslagen boor. Vaak zit de boor zo vast, dat twee personen hun schouders onder de dwarsstaaf moeten zetten, om de boor omhoog te halen.

De boor, die ruim 1 m lang is, kan worden verlengd, doordat wij bij de zware boren beschikken over opzetstukken, die resp. 1 en 0,5 m lang zijn, zodat desgewenst tot een diepte van 2,5 m kan worden geboord. Sinds kort wordt door ons op grasland in bepaalde gevallen gebruik gemaakt van een boor met minder wijde buis, doch overigens van dezelfde constructie.

Bij het spoelen van de grondmonsters wordt gebruik gemaakt van een zeef van kopergeas met mazen van 0,25 mm, die fijn genoeg zijn gebleken, om verlies aan wortels te voorkomen. Is het monster dicht bezet met grovere wortels en ondergrondse stengeldelen, dan verdient het aanbeveling eerst de grovere bestanddelen uit te zeven op een zeef met een maaswijdte van circa 3 mm, waarna de doorgelopen fijnere wortels op de $\frac{1}{4}$ mm-zeef worden opgevangen.

Deze fijnmazige zeef laat de grond meestal grotendeels door. Behalve de

wortels blijven er echter enige kluitjes grond en andere grovere bodembestanddelen op de zeef achter. Om de wortels van deze gronddeeltjes te scheiden wordt alles, wat op de zeef achterblijft, quantitatief overgestort in een glazen cylinder met water, waarin de grond bezinkt en de wortels voorlopig blijven zweven. Deze worden in een tweede cylinder overgegoten, waarin de resterende bodemdeeltjes alsnog gelegenheid hebben te bezinken. Dit afgieten (decanteren) wordt zo vaak herhaald, totdat de wortels geheel van grond zijn gezuiverd. Tenslotte worden de wortels overgestort op een zeefje van een soort neteldoek. Wij gebruiken daarvoor een metalen raampje van 10 cm in het vierkant, dat met organdi is bespannen, waarop de wortels blijven liggen. Deze worden met een pincet van het zeefje overgebracht in een papieren zakje om in een warme kamer gedroogd te worden. Een goede temperatuur voor het drogen is 40 à 50 °C. Circa 14 dagen later worden de wortelmonsters in een exsiccator overgebracht naar het laboratorium om daar op een torsie-balans te worden gewogen. In speciale gevallen wordt gedroogd bij 105 °C en het absolute drooggewicht bepaald.

Meestal worden de gespoelde wortels pas te drogen gezet, wanneer alle monsters van de betreffende proef gespoeld zijn. De wortels worden dan voorlopig overgestort in een flesje met water, waaraan zoveel formaline wordt toegevoegd, dat de concentratie 3 % bedraagt. Alvorens de wortelporties in zakjes worden gedaan en naar de droogkamer worden gebracht, worden ze in de flesjes nader bekeken, vergeleken en, zo nodig, beschreven.

Daar de wortelboor een diameter heeft van 7 cm, hebben de grondmonsters, voorzover ze in lagen van 10 cm werden genomen, een volume van 385 cm³. De monsters worden bij eenzelfde boring niet altijd even dik genomen, zodat de wortelgewichten geen maat voor de worteldichtheid in de betreffende lagen behoeven te zijn. Wij zijn daarom gewend, de drooggewichten der wortels in mg laag voor laag om te rekenen per dm³ grond, wanneer de worteldichtheid in de verschillende lagen moet worden vergeleken.

De gezamenlijke wortelgewichten van een zelfde boring hebben betrekking op een maaiveldoppervlak, dat overeenkomt met de wijidte van de boor (38,5 cm²). Zijn op een perceel voldoende boringen gedaan, dan kan uit het gemiddelde wortelgewicht per boring de wortelproductie per ha worden berekend.

Bij dit alles mogen de moeilijkheden, die zich bij de uitvoering der boormethode kunnen voordoen, niet onbesproken blijven.

Wanneer er in de grond veel stenen voorkomen, is het niet mogelijk, een verticale boring uit te voeren. Men zal dan een kuil moeten graven en de monsters uit het profiel moeten nemen op plekken, waar de bemonstering niet door stenen wordt verhinderd. In dergelijke gronden kan evenmin van naaldenplanken gebruik worden gemaakt, en zal men zijn toevlucht moeten nemen tot de „droge methode” om zich een beeld te kunnen vormen van de bouw van het wortelstelsel. Gelukkig treft men in de Nederlandse gronden in de regel maar weinig stenen aan.

Ook op veengronden, waarin veel onverteerde plantenresten voorkomen, is de boormethode onbruikbaar, daar het niet mogelijk is, het veen door spoelen geheel te verwijderen. Bij toepassing van de naaldenplankmethode doet zich dit bezwaar in mindere mate gelden, daar men zich op de nog ten dele met veen bedekte naaldenplanken wel een beeld kan vormen van de bouw van het wortelstelsel.

Bij het nemen van grondmonsters met de wortelboor doet zich verder het bezwaar voor, dat de monsters bij het ophalen van de boor vaak uit de bus vloeien, wanneer men te dicht bij het grondwater komt. Reiken de wortels tot het grondwater of dringen ze daarin door, dan kan bij gebruik van deze boor de maximale worteldiepte niet worden vastgesteld.

Niet zelden komen er in de boormonsters grove humusdeeltjes voor, die met de wortels en de grovere bodembestanddelen op de fijne zeef achterblijven. Met de boven beschreven decanteermethode kunnen de humusdeeltjes echter niet van de wortels worden gescheiden, daar zij beide ongeveer hetzelfde soortelijke gewicht hebben.

Onkruidwortels zijn in de gespoelde monsters vaak moeilijk van de wortels der gewassen te onderscheiden. In verband hiermee zijn wij gewend, zoveel mogelijk onkruidvrije plekken voor de bemonstering uit te kiezen.

Wij hopen erin te slagen, sommige van deze bezwaren uit de weg te nemen door wijziging te brengen in de proeftechniek. Een belangrijke vraag is verder, in hoeverre het mogelijk is in gevallen, waarin met een geringere nauwkeurigheid kan worden volstaan, het omslachtige spoelen der grondmonsters te omzeilen, door de worteldichtheid in de monsters relatief te schatten. Blijkt dit met voldoende nauwkeurigheid uitvoerbaar te zijn, dan zou in de toekomst met het spoelen van een beperkt aantal monsters volstaan kunnen worden om de schattingscijfers op de absolute gewichten te kunnen herleiden. Vooral voor veenmonsters zou de schattingsmethode een uitkomst zijn.

Een enkel woord dient ten slotte gezegd te worden over de betekenis van de worteldichtheidsbepaling in de grondmonsters. Hoewel hiermee belangrijke gegevens zijn verkregen betreffende de wortelontwikkeling der gewassen in verband met de bouw van het profiel, de grondwaterstand en andere eigenschappen van de grond, dient voor ogen te worden gehouden, dat de worteldichtheid geen goede maatstaf is voor het absorptievermogen der gespoelde wortelmonsters, daar dit afhankelijk is van het oppervlak der fijne wortels, die bij de water- en zoutopname betrokken zijn. Om de absorptie-capaciteit der wortelmonsters te kunnen beoordelen, moeten de absorptief werkzame wortels van de overige worden gescheiden. Daar dit bij een enigszins omvangrijk wortelonderzoek te veel tijd vordert, wordt thans nagegaan, wat er in deze richting met schattingen te bereiken valt.

Groningen, 27 Nov. 1948

LITERATUUR

1. J. HUDIG. Klinisch grondonderzoek in de tropen. *Landbouwk. Tijdschrift* 51, 1939, 372-389.
2. J. G. MASCHHAUPT. De beworteling onzer cultuurgewassen. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 16, 1915, 76-89.
3. J. E. WEAVER. Root development of field crops. McGraw-Hillbook Cy, New-York, 1926. 291 pag.
4. W. C. VISSER en M. A. J. GOEDEWAAGEN. Een onderzoek naar bodemstructuur en wortelontwikkeling. *Landbouwk. Tijdschrift* 55, 1943, 405-432.

HET WORTELSTELSEL DER LANDBOUWGEWASSEN

DOOR

Dr M. A. J. GOEDEWAAGEN

Uit de inhoud:

De ontwikkeling en de bouw van het wortelstelsel
der landbouwgewassen

De wortelontwikkeling in verband met de
waterhuishouding van den grond

De wortelontwikkeling in verband met de
luchthuishouding van den grond

Invloed der bekalking op de wortelontwikkeling

Invloed van de bemesting op de wortel ontwikkeling

Prijs f 1.75

Te bestellen: bij het Staatsdrukkerij- en Uitgeverijbedrijf
Fluwelen Burgwal te 's-Gravenhage en bij alle plaatselijke postkantoren