

RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION TE GRONINGEN.

De beworteling onzer cultuurgewassen

DOOR

J. G. MASCHHAUPT.

Het moet ongetwijfeld ten zeerste betreurd worden, dat onze kennis omtrent de beworteling der cultuurgewassen nog zoo uiterst gering is. Want moet niet de kennis van de wijze waarop de wortels zich bij de verschillende gewassen in den bodem verspreiden en van de factoren, welke op de beworteling invloed uitoefenen, als onmisbaar beschouwd worden voor een goed begrip van het leven onzer cultuurgewassen? Iki spreek hier thans alleen van den *bouw van het wortelstelsel* (diepgang, verspreiding der wortels en totaal gewicht der wortelmasse), doch kan niet nalaten er de aandacht op te vestigen, dat we ook wat betreft de wijze waarop de wortels water en de voor het plantenleven benoodigde zouten uit den bodem opnemen, nog in het duister tasten en we ons meestal tevreden stellen met ons van dit proces een beeld te vormen, dat bij nadere beschouwing blijkt geenszins aan de werkelijkheid te kunnen beantwoorden. Ook hier dus een leemte in onze kennis, die in het belang eener goede ontwikkeling der landbouwwetenschap voor zoover deze zich met de studie van den plantengroei, de plantenvoeding en van den bodem bezighoudt, zoo spoedig mogelijk door streng wetenschappelijk onderzoek dient aangevuld te worden.

Maar moge de beteekenis van een juist inzicht in het fijnere mechanisme der plantenvoeding voor de landbouwpraktijk niet door iedereen beseft worden, niemand zal aan een grondige kennis omtrent de wijze waarop de wortels zich bij de verschillende gewassen in den bodem verspreiden, deze beteekenis voor de landbouwpraktijk durven te ontzeggen. Men gevoelt onmiddellijk, dat de physische toestand van den bodem van invloed moet zijn op de wortelontwikkeling en de landbouwer, in de stellige overtuiging dat dit het geval is, zorgt dan ook door een doelmatige grondbewerking de ontwikkeling van het wortelstelsel zijner gewassen te begunstigen, er niet aan twijfelende of de wortelontwikkeling moet ten slotte mede de grootte van den oogst beheerschen.

2009 5363

Maar onze kennis omtrent den invloed van de *physische* eigenschappen van den bodem op de ontwikkeling van het wortelstelsel bij de verschillende gewassen is nog zeer gering en berust slechts op zeer oppervlakkige waarnemingen. Nog minder weten wij van den invloed van de *chemische* eigenschappen van den bodem op den wortelgroei en van den invloed welke de gebruikelijke meststoffen hierop uitoefenen. En toch valt er aan een dergelijken invloed niet te twijfelen nu wij weten, dat de wortelcellen, evenals andere plantaardige en dierlijke cellen, zeer bepaalde eischen stellen aan de chemische samenstelling van het milieu waarin zij leven. Het is niet voldoende dat wij uitsluitend onze aandacht schenken aan den invloed van bepaalde bemestingen op den opbrengst van korrel en stroo, van biet en aardappel, omdat wij bij deze deelen van de plant alleen direct belang hebben, we moeten ook aandacht gaan schenken aan den invloed op de *beworteling*.

De studie der beworteling onzer cultuurgewassen zal ons een beter inzicht geven in de beteekenis van de verschillende *physische* en *chemische* eigenschappen van den bodem voor de cultuur, een beter inzicht in de eischen, welke de verschillende gewassen aan den bodem stellen; en hieruit volgt, dat de uitkomsten van dergelijke onderzoekingen zonder twijfel ook aanwijzingen zullen kunnen geven, die voor den rationeelen verbouw der gewassen van belang zijn.

In ieder geval is ons gebrek aan kennis omtrent de beworteling der cultuurgewassen en omtrent de factoren, welke invloed op den wortelgroei uitoefenen, een leemte, die aangevuld moet worden. Waar de natuurwetenschappelijke vraagstukken op het gebied van den akkerbouw zoo verbazend gecompliceerd zijn, mag men niet verzuimen het onderzoek in alle richtingen uit te strekken, vooral niet indien, zooals in dit geval, op goede gronden resultaten van beteekenis verwacht mogen worden.

Ook bij het onderzoek van abnormale verschijnselen, welke zich bij de cultuur op bepaalde gronden voordoen, zal in sommige gevallen de beworteling van het gewas aanwijzing kunnen geven omtrent de oorzaak dezer verschijnselen; ik denk hier bijv. aan het voorkomen in den grond van zeer dichte lagen, of lagen met voor de wortels giftige eigenschappen.

In vroegere jaren hebben meerdere onderzoekers zich met de studie der beworteling bezig gehouden ¹⁾. Ongetwijfeld zijn hierdoor interessante feiten aan het licht gekomen, maar de groote bezwaren aan het isoleeren der wortelstelsels verbonden, is wel een der redenen waarom dieper gaande, meer systematische onderzoekingen, achterwege zijn gebleven. In den laatsten tijd houdt Prof. Dr. B. Schulze te Breslau zich weder met het isoleeren van wortelstelsels bezig. De resultaten van zijn onderzoekingen heeft hij neergelegd in zijn: „Wurzelatlas. Darstellung natürlicher

¹⁾ Opgave van litteratuur vindt men in Pfeffer: Pflanzenphysiologie I paragraaf 26 en Schulze: Wurzelatlas I.

Wurzelbilder der Halmfrüchte in verschiedenen Stadien der Entwicklung. 36 Tafeln mit Textheft". Berlin, Paul Parey 1911, van welke atlas het vorige jaar het tweede deel verscheen, waarin op 29 platen fotografische afbeeldingen worden gegeven van wortelstelsels van leguminosen in verschillende stadia der ontwikkeling ¹⁾).

De uitgave van deze „wortelatlassen" geeft mij aanleiding hier een en ander mede te deelen over de pogingen, welke door mij sedert 1909 zijn gedaan om wortelstelsels van landbouwgewassen te isoleeren. Want hoe sympathiek mij de ernstige pogingen van Schulze ook mogen zijn om dit voor den praktischen landbouw zoo gewichtige terrein systematisch te ontginnen, de pogingen door mij te Groningen in deze richting gedaan hebben mij geleerd, dat de methode, welke door Schulze toegepast wordt, niet tot het gewenschte doel kan leiden en dat de door hem gegeven afbeeldingen van wortelstelsels in vele gevallen op een dwaalspoor moeten voeren. Het komt mij voor dat de enthousiaste bewoordingen waarmede het verschijnen dezer „wortelatlassen" in enkele landbouwkundige tijdschriften begroet is geworden — nog onlangs gebeurde dit in het Tijdschrift der Nederlandsche Heidemaatschappij ²⁾ — niet geheel en al verdiend zijn en dat het wenschelijk is er enkele kritische beschouwingen tegenover te stellen.

Aanvankelijk was het mijn voornemen te trachten volgens de methode van Schulze wortelstelsels te isoleeren. Toen echter mijn aandacht viel op een methode door Wl. Rotmistroff beschreven in het „Russisches Journal für Experimentelle Landwirtschaft" 1908 pag. 24, scheen deze methode mij zoo vele voordeelen te bieden boven de methode van Schulze, dat ik besloot haar toe te passen. De bedoelde methode wordt door Rotmistroff in het aan de Russische verhandeling toegevoegde uittreksel in de Duitsche taal als volgt omschreven:

„Um die Wurzeln in ihrer natürlichen Structur zu erhalten
 „und die Resultate der Beobachtungen in den Gruben (zie
 „zelfde tijdschrift 1907, pag. 530) zu controllieren, hat der
 „Verfasser eine neue Methode des Aufziehens und Abspülens
 „der Wurzeln angewandt. Dieselbe besteht im folgenden: Zwi-
 „schen 2 breite Bretter, die von drei Seiten in einer Entfernung
 „von 2,5 c.M. vermittelst eines schmalen Zinkblattes mit
 „Löchern befestigt waren, wurde feuchte Erde eingeschüttet
 „und bis zum Grade der natürlichen Structur im Felde ver-
 „dichtet. So bekam der Verfasser ein flaches hölzernes Gefäß

¹⁾ Een eerste publicatie met talrijke afbeeldingen verscheen in 1906 in het: „Festschrift zum fünfzigjährigen Jubiläum der Agrikulturchemischen Versuchs- und Kontrollstation der Landwirtschaftskammer für die Provinz Schlesien zu Breslau. 1856—1906.

²⁾ H. Thymus. De wortelontwikkeling onzer cultuurgewassen. Aflevering 9 en 11, September en November 1914.

„etwa 75 c.M. breit, von 50 bis 120 c.M. lang und etwa 2,5 c.M. „hoch. In die obere Schicht des Bodens dieses Gefäßes wurden „4 Pflanzen gepflanzt, was der Standweite der Pflanzen im „Felde bei einer Saatmenge von etwa 75 K.G. pro Hectar „entspricht. Wenn die Pflanzen ein gewisses Alter erreicht „hatten, wurde ein breites Brett fortgenommen; der ganze Boden „im Gefässe, welches man vorher in eine horizontale Lage „gebracht hatte, wurde nun mit Wasser benetzt, und darauf „ein dicht mit Nägeln besetztes Brett gelegt. Beim Drücken „auf das Brett drangen die Nägel in den Boden ein und da „die Länge der Nägel der Dicke der flachen Erdschicht ent- „sprach, so durchdrangen die Nägel die ganze Dicke derselben, „und *die Wurzeln wurden an ihren Plätzen befestigt*. Wenn „nachher das ganze Gefäss umgedreht wurde, sodass das Brett „mit den Nägeln, welche in die Höhe ragten, unten lag, so „wurde das zweite breite Brett weggenommen, wobei der ganze „Boden mit den Wurzeln, von Nägeln durchdrungen, auf dem „Brette blieb. Darauf wurden die Bodenteilchen durch künst- „lichen leichten Regen ausgewaschen, und die Wurzeln konnten „sich nur zwischen 2 benachbarten Nägel mit einem Spiel- „raum von 2 c.M. bewegen.“

De geringe hoogte (2.5 c.M.) van de platte kisten waarin Rot- mistroff de planten liet groeien, scheen mij een bezwaar toe; hierdoor werden de planten in hooge mate belemmerd hunne wortels in de breedte uit te spreiden. Om aan dit bezwaar tegemoet te komen werden door mij aan de te gebruiken kisten andere afmetingen gegeven, n.l. binnenwerks 100 c.M. diep, 50 c.M. breed en 25 c.M. hoog. Wel werd het geheel hierdoor veel minder handelbaar, vooral daar de kisten door mij in den grond werden ingegraven, maar de bezwaren in dit opzicht waren niet onoverkomelijk ¹⁾. Verder werd gehandeld zooals door Rotmistroff wordt beschreven; alleen werden de pennen omdat de aardlaag zooveel dikker was, veel langer genomen; ik koos daarvoor halve breinaalden (lengte 13 c.M.).

Het bleek zeer goed mogelijk te zijn op deze wijze wortelstelsels te isoleeren uit zandgrond en lichten zavelgrond, die te voren van grovere deelen, bijv. overblijfselen van planten, door zeven bevrijd was. Doch bij een iets zwaarderzamen zavelgrond, die door de praktijk evenwel nog onder de lichtere werd gerangschikt, vorderde het uitspoelen al vrij wat tijd en nauwlettende zorg, wilde men niet menig worteltje zien verloren gaan.

Bij het uitspoelen verkeerden de wortels bij deze methode in zeer gunstige condities. De plank waarop de grond met de wortels rust, heeft slechts een zwak hellenden stand. Maakt de aard,

¹⁾ In plaats van de kisten in te graven, hetgeen ten doel had de planten in de kisten, door er om heen te zaaien planten te kunnen beschermen, en den grond koel te houden, zou men de kisten in smalle gemetselde goten van de vereischte diepte kunnen plaatsen.

van den grond een geleidelijk wegspoelen mogelijk, dan blijven de worteltjes naarmate zij bloot komen te liggen, op den achterblijvenden grond en later op de plank rusten. De pennen welke op afstanden van 4 c.M. van elkaar staan bieden steun aan den grond, waardoor afbrokkeling van den grond, hetgeen onherroepelijk breken van worteltjes tengevolge moet hebben, tegengegaan wordt. Bovendien bieden de pennen steun aan het wortelnet en voorkomen zij, dat de wortels tot één onontwarbare streng te zamen spoelen.

Ondanks deze gunstige omstandigheden vleien we ons niet, op deze wijze het uitspoelen steeds zonder verlies van wortels uit te kunnen voeren. Moge het verlies bij cultures in zorgvuldig gezeefde, zeer lichte gronden in de beschreven kisten heel gering zijn, bij zwaardere gronden is dit verlies vermoedelijk niet onaanzienlijk. En nog belangrijker worden de verliezen wanneer men op deze wijze wortelstelsels tracht te isoleeren van *te veld staande gewassen*.

Doch onder hoeveel ongunstiger omstandigheden werkt Schulze! Om de methode-Schulze volkomen tot haar recht te doen komen, laat ik hier onverkort de beschrijving volgen, zooals die door Schulze zelf in zijn Wurzelatlas I gegeven wordt. Enkele passages in deze beschrijving zijn door mij gecursiveerd, om er bijzonder de aandacht op te vestigen.

„Eine reichlich 2 M. tiefe Grube ist so ausgemauert, dass
 „zu jeder Seite eines freien Mittelraums von 2 M. Breite sechs
 „Zellen von 60 mal 60 c.M. lichtem Innenraum, also im ganzen
 „zwölf solcher Zellen entstanden. Diese Zellen sind an drei
 „Seiten von Mauerwerk, das gut zementiert ist, begrenzt, an
 „der vierten, dem freien Mittelraum zugekehrten Seite sind
 „sie offen. Der Verschluss dieser vierten Seite wird in dop-
 „pelter Weise hergestellt. Zunächst dienen dazu mehrere aus
 „Eisenplatten gefertigte Schieber, die übereinander in eine
 „Führung eingelassen werden. Diese Platten haben zahlreiche
 „Löcher von 1 c.M. Durchmesser. Den zweiten Verschluss
 „bildet eine eiserne Tür, die mit mehreren Riegeln an einen
 „eisernen Rahmen fest angepresst wird. Der Zwischenraum
 „zwischen Schiebern und Tür beträgt ca. 8 c.M. und wird
 „während des Versuchs mit Torfmüll gefüllt, einer neutralen
 „Substanz, die auch für die Feuchtigkeitsverhältnisse im Innern
 „der Zellen von günstigem Einfluss ist. Diese Zellen werden
 „nun mit Erde gefüllt, die durch Einstampfen, eventuell unter
 „Wasserzusatz, in eine dem natürlichen Boden möglichst gleich-
 „artige Dichte der Lagerung gebracht wird. Es gelingt dies
 „soweit, dass innerhalb eines Jahres *niemals eine grössere Sen-
 „kung als höchstens circa 10—12 c.M.*, gewöhnlich aber eine
 „noch weit geringere eintritt. Sind die Zellen gefüllt, so können
 „sie besät werden. Da die 2 M. tiefe Erdschicht der Zellen
 „unten auf natürliches Erdreich stösst, so können die Wurzeln
 „ungehindert in die Tiefe wachsen, und dies ist in allen den

„Fällen eingetreten, wo die Wurzellänge 2 M. überschritt. Um
 „die Wurzeln freizulegen, wird Wasserspülung benutzt. Vor
 „Beginn der Arbeit werden die Pflanzen zunächst oben fixiert,
 „die eiserne Tür wird geöffnet und die Torfmüllschicht ent-
 „fernt. Nun beginnt das vorsichtige Abspülen der Erde zunächst
 „von oben, wobei Wasser und Erde durch die Löcher der
 „Schieber abfließen; bald wird der Wasserstrahl durch die
 „Löcher selbst geleitet, und so arbeitet man sich langsam in
 „die Tiefe. Ist ein Schieber von Erde frei, so wird er heraus-
 „gezogen. Es ist eine langwierige Arbeit, die fortgesetzt die
 „größte Aufmerksamkeit erfordert, damit nicht Wurzeln oder
 „Würzelchen abreißen. Teils wird eine Brause, teils ein Was-
 „serstrahl benutzt und die fortgesetzte ungeteilte Beobachtung
 „der Wurzeln, sowie die Einrichtung der Löcher, die als Filter
 „wirken, sichern vor Verlusten durch Abreißen und Fort-
 „fließen von Wurzelteilen. *Findet gelegentlich zu straffe Span-
 „nung der Wurzeln statt*, so wird mit Bast für eine Verstärkung
 „des Zusammenhangs der Wurzeln mit den schwebenden Pflan-
 „zen gesorgt. Da in dem Boden keine grösseren Steine sich be-
 „finden, so ist die Ansammlung solcher, woran Hellriegel
 „bei seinen Auswaschungen im freien Lande scheiterte, ausge-
 „schlossen. Die Auswaschung einer Zelle nimmt gewöhnlich
 „3—4 Stunden in Anspruch, doch dauert sie mitunter auch
 „beträchtlich länger. Durch die Wasserspülung gelingt es, die
 „anhängende Erde von den Wurzeln so gut wie vollständig
 „zu entfernen, wenigstens ist es bisher nicht vorgekommen,
 „dass Würzelchen mit den Erdteilen untrennbar verwachsen
 „gewesen wären. *Die Wurzeln sind stets völlig sandfrei zu
 „erhalten*. Das Verfolgen der Wurzeln geschieht soweit, bis
 „die letzte äusserste Wurzelspitze erreicht ist. Nach dem Frei-
 „waschen der Wurzeln *hängen diese frei in den Zellenraum
 „herab*, sie sind aber *natürlich stark ineinander verschlungen
 „und verwebt*. Pflanzen, deren Wurzeln als verletzt beobachtet
 „werden, erhalten eine Bastbinde als Kennzeichen, dass sie
 „für die weitere Benutzung unbrauchbar sind. Wie bei dieser
 „ganzen Arbeit vorgegangen wird, zeigt Tafel XXXVI un-
 „serer beigegebenen Abbildungen. Hat man die Wurzeln frei
 „von Erde, *so beginnt die Isolierung der einzelnen Pflanzen,
 „die grosse Geduld und Vorsicht erfordert*. Wenn man auch
 „mitunter vor einer fast unlösbaren Aufgabe zu stehen ver-
 „meint, so gelingt die Trennung doch fast immer. Wir ar-
 „beiten gewöhnlich unter Wasser, weil unter Wasser die Ad-
 „häsion der einzelnen Wurzelstränge aufhört, doch geht es
 „mitunter ebensogut oder besser, wenn die Wurzeln halb
 „trocken sind.“

Ik geloof geen bestrijding te zullen ondervinden indien ik
 beweer, dat wortels bij de uitspoeling volgens de methode
 Schulze in veel ongunstiger omstandigheden verkeeren dan
 bij uitspoeling volgens de methode Rotmistroff. Bij de laatste

methode rusten de blootgelegde wortels op den achterblijvenden grond en de pennen verhinderen dat ze zich ver van hun oorspronkelijke ligplaats verwijderen. Bij de methode Schulze hangen de uitgespoelde wortels vrij in de lucht, waardoor ze veel minder bestand zijn tegen de kracht van het water, waarmede men den grond uitspoelt. Bovendien moet men bij de methode Schulze het geheele wortelnet, dat tot een streng is samenspreiding der wortels in den grond. Tegenover al deze nadeelen staat m.i. geen enkel voordeel, dat aan de methode van Schulze boven die van Rotmistroff kan toegekend worden en waar mijn ervaring met deze laatste methode nu zoo is, dat slechts bij uiterst lichte gronden, welke zeer gelijkmatig weggespoeld kunnen worden zonder dat zich tijdens het spoelen geulen vormen of de grond plaatselijk afbrokkelt, *geen al te groote verliezen aan wortels* optreden, daar heb ik de overtuiging dat men volgens de methode Schulze *zeer belangrijke verliezen aan wortels* moet krijgen die de betekenis van de verkregen resultaten zeer twijfelachtig doen schijnen.

Deze overtuiging wordt nader bevestigd door vergelijking van de afbeeldingen welke Schulze geeft met de door mij geïsoleerde wortelstelsels. Die enkele wortels welke op de fotografieën van Schulze van de planten uit lijnrecht naar beneden gaan, geven geen beeld van den werkelijken toestand. In werkelijkheid heeft men een dicht netwerk dat ettelijke malen meer wortelsubstantie bevat dan de enkele wortels op de fotografieën van Schulze; bij het uitspoelen moet, indien ik deze afbeeldingen vergelijk met hetgeen door mij steeds werd waargenomen, *het grootste deel der wortels verloren zijn gegaan*. Ik zou dit met meerdere fotografische opnamen kunnen staven, maar ik meen te kunnen volstaan met een reproductie van plaat 34 uit den wortelatlas van Schulze (7 gersteplantjes) en een fotografie van 6 gersteplantjes door mij in 1910 met de wortels uit den vollen grond geïsoleerd. (Plaat I en II). Het verschil tusschen beide afbeeldingen is opvallend! Men ziet ook dat het een onmogelijkheid is om, zooals Schulze doet, de wortels van de afzonderlijke planten te willen ontwarren. Ik moet er nog op wijzen dat bij de door mij geïsoleerde gersteplantjes de omstandigheden wat de grondsoort betreft niet bepaald gunstig waren, zoodat er, hoewel het wortelnet vrij gesloten is, toch ongetwijfeld nog vrij wat worteltjes weggespoeld zijn; welk percentage verloren is gegaan is niet te taxeren.

De afbeeldingen van Schulze kunnen ons naar mijne meening dus geen denkbeeld geven van de beworteling der verschillende landbouwgewassen, noch kunnen wij veel waarde hechten aan de door Schulze opgegeven cijfers betreffende het gewicht der totale wortelmasse. Iets anders is het met zijn opgave omtrent den diepgang der wortels, al is zijn methode ook hier in het nadeel, omdat de wortels die zich vermoedelijk in den

bodem slingerend naar beneden bewegen, tijdens het uitspoelen bij de methode Schulze gestrekt worden, waardoor men een te grooten diepgang vindt. Bij de methode Rotmistroff is dit onmogelijk. Aan dit strekken van de wortels is het vermoedelijk toe te schrijven dat Schulze herhaaldelijk als lengte der wortels opgeeft bedragen, welke ver over de twee meter gaan (bijv. „Winterweizen, schossend” pag. 13 295 c.M. en in deel II pag. 34 „Raps, reif” zelfs 312 c.M.!), niettegenstaande zijn bakken niet dieper zijn dan 2 M. Nu hadden de wortels daar de bakken bodemloos zijn wel gelegenheid verder in den grond door te groeien, maar Schulze zegt niet, dat hij de wortels nog verder vervolgde, hetgeen dan bovendien volgens een geheel andere methode had moeten geschieden.

Afgezien van het groote nadeel, dat het isoleeren van wortelstelsels volgens de methode Schulze met belangrijke verliezen gepaard moet gaan, waardoor men nog veel meer dan bij de methode Rotmistroff beperkt is in de keuze van de grondsoort ¹⁾, heeft deze methode nog dit nadeel, dat men haar niet kan toepassen bij *te veld staande gewassen*. En dit is toch van het allergrootste belang, want met ingevulden grond krijgt men toch nimmer de structuur van grond in zijn natuurlijke ligging. Bovendien moet men het onderzoek wel doen bij te veld staande gewassen, wil men den invloed leeren kennen, welke bijv. in den bodem optredende zeer dichte lagen op de ontwikkeling der wortels hebben, of in het algemeen indien men dit onderzoek wil dienstbaar maken aan de studie van den bouwgrond.

Nu scheen het mij al dadelijk een groot voordeel van de methode Rotmistroff toe, dat men het principe dezer methode evengoed kon toepassen ter isoleering van wortelstelsels van te veld staande gewassen. Hierbij wordt door mij als volgt te werk gegaan.

Vóór de planten, waarvan men de wortels wil blootleggen, graaft men een kuil en steekt men een vlakken, verticalen wand af, bijv. tot een diepte van een meter. Nu neemt men een plank die bezet is met stalen pennen (halve breinaalden) en drukt de pennen in den vlak afgestoken wand. Zoo noodig worden de pennen in den grond gedreven, door met een houten klopper op de plank te slaan. Is de grond echter zeer vast, dan levert dit bezwaren ²⁾ op en doet men beter vooraf in de plank doorlopende gaatjes te boren, de plank tegen den aardwand aan

¹⁾ Merkwaardig genoeg laat Schulze zich met geen woord uit over de door hem gebezigde grondsoort. Ongetwijfeld heeft hij gewerkt met een zandgrond. Want met een kleihoudenden grond, zelfs met wat men hier een lichten zavelgrond zou noemen, zouden zich bij het uitspoelen onoverkomelijke bezwaren hebben voorgedaan.

²⁾ De door mij gebruikte planken waren meestal 52×110 c.M. groot en droegen 325 pennen. Dat de weerstand bij het gelijktijdig indrijven van deze pennen in een eenigszins stijven kleigrond aanzienlijk moet zijn, vooral omdat de pennen niet allen zuiver loodrecht op de plank blijven staan, laat zich gemakkelijk begrijpen.

te leggen en nu één voor één de pennen door de gaatjes heen te slaan. Ligt de plank met de pennen vlak tegen den verticalen wand aan of heeft men alle pennen één voor één er in gedreven, dan wordt achter de planten op eenigen afstand van de uiteinden der stalen pennen een van een snijkant voorzien stuk plaatijzer in den grond gedreven. Is dit gebeurd, dan kan men na het lossteken van den grond rondom de plank, deze voorzichtig achterover laten vallen, waarbij een stuk grond met wortels en planten op de plank komt te liggen. Dit moment wordt door plaat III weergegeven; de plank is juist uit den kuil getild en de ijzeren plaat wordt er af genomen; aan den kant ziet men enkele pennen door den grond heensteken.

Voor zoover het uitgraven niet op het terrein van het Proefstation plaats heeft, wordt vervolgens plank met grond en planten in een stevige kist gebracht om zonder bezwaar naar het Proefstation getransporteerd te kunnen worden, waar dan het uitspoelen plaats heeft.

Wil men de wortels nog dieper dan 1 M. vervolgen, dan is het beter twee achtereenvolgende uitgravingen te doen, dan de uitgraving in éénmaal met een zooveel langere plank te verrichten, want dan wordt het gewicht van de plank met den grond zoo groot, dat het naar boven brengen en het transport te bezwaarlijk wordt.

[Nu is het jammer dat bij kleihoudende gronden het uitspoelen al spoedig groote bezwaren oplevert. Bij zavelgronden duurde het uitspoelen soms een paar dagen en moest men zich niet onbelangrijke verliezen aan wortels getroosten. Meestal toch spoelt de klei niet geleidelijk weg maar valt de grond in grootere of kleinere brokjes uiteen. Maar nog bezwaarlijker wordt het uitspoelen, wanneer men te doen krijgt met gronden die opgebouwd zijn uit lagen, die afwisselend uit zeer zware klei en uit zeer zandige klei bestaan; de lichtere grond spoelt dan tusschen den zwaarderden grond weg en het gevaar voor afbreken der worteltjes wordt dientengevolge grooter.

Aan de bepaald zware gronden heb ik mij tot nu toe niet gewaagd en vermoed mag worden dat de bezwaren daar haast onoverkomelijk zullen blijken te zijn, hetgeen wel zeer jammer is¹⁾.

Ondanks de bezwaren die zich bij het uitspoelen voordeden en ondanks de verliezen die daarvan het gevolg waren, geloof ik toch dat we in de meeste gevallen op deze wijze een vrij juist beeld van de beworteling kregen, al zou dan ook aan de gewichtsbepaling van de wortelmasa misschien niet altijd veel waarde te hechten zijn. Zelfs als men er niet in slaagt het wortelstelsel zoo te isoleeren, dat men ten slotte een wortelnet verkrijgt, dat een getrouw beeld geeft van de wortelverspreiding,

¹⁾ Misschien zal men hier gebruik kunnen maken van de andere methode van Rotmistroff, waarbij door het maken van sleuven op verschillende diepten en op verschillende afstanden van de plant de verspreiding der wortels wordt nagegaan.

dan nog zal men tijdens het uitspoelen bij aandachtige observatie zeer veel te weten kunnen komen omtrent het beloop der wortels in de verschillende grondlagen.

Ik heb mij met dit onderzoek slechts tusschen andere werkzaamheden door kunnen bezighouden. Kan men zich geheel wijden aan dit onderzoek, dan zullen de bezwaren per slot van rekening misschien meevallen of door het aanbrengen van enkele wijzigingen in de methode ondervangen kunnen worden. In ieder geval ligt hier nog een uitgebreid veld voor studie. Door middel van de beschreven cultuurkisten kan men de wortelontwikkeling in de verschillende groeistadia nagaan, en een vergelijkende studie maken bij de verschillende gewassen. Langs dezen weg kan men de beworteling van hetzelfde gewas in verschillende grondsoorten aan een onderzoek onderwerpen en den invloed der verschillende bemestingszouten op den wortelgroei bestudeeren.

Welke beteekenis hebben de wortels die 1 of 2 M. diep den grond worden ingezonden, voor de ontwikkeling van de plant terwijl de wortels in de allerbovenste laag toch in staat blijken te zijn het voedsel op te nemen, dat wij als kunstmest op het land brengen?

Bestaan er bij de variëteiten van een bepaald gewas misschien ook verschillen in beworteling en hangen hiermede wellicht verschillen in eigenschappen samen; we denken bijv. aan verschil in wintervastheid. Zoo doen zich hier tal van belangrijke vragen voor, die zeer zeker een nauwgezet onderzoek waard zijn. Weer andere vragen zullen slechts door uitgravingen op den akker opgelost kunnen worden. Men zal hierbij dikwijls veel teleurstelling ondervinden, maar verwacht mag worden dat ook menigmaal de resultaten de moeite ruimschoots zullen beloonen.

Met behulp van de beschreven kisten werden aan het Proefstation te Groningen bij gerst, rogge en haver in zavel- en zandgrond, de wortelstelsels geïsoleerd toen de planten volwassen waren. Deze proeven, welke slechts ten doel hadden met de praktische uitvoering der methode vertrouwd te raken, waren niet geschikt om de verschillen in de beworteling dezer gewassen te bestudeeren. Bij alle drie gewassen werd men getroffen door het verbazend dichte wortelnet, dat zich bijna met onverminderde dichtheid tot op den bodem van de 1 M. diepe kist voortzette ¹⁾, behalve in één jaar toen veelvuldige regens den waterstand in den grond, in welke de kisten waren ingegraven, tot ongeveer een halven meter onder de oppervlakte deed stijgen; het wortelnet reikte toen ook niet dieper dan ongeveer een halven meter.

In het veld werd de methode op zandgrond bij aardappels en meerdere malen op verschillende tijdstippen bij haver toegepast. Bij aardappels drong het wortelnet vrijwel even diep in

¹⁾ Plaat IV vertoont het wortelstelsel en het bovengrondsche deel van haver, gegroeid in een kist, gevuld met lichten zavelgrond.

den grond door als het loof lang was (± 90 c.M.); een „vlak-wortelend” gewas is de aardappel dus blijkbaar niet.

Begin December 1911 werden op deze wijze op het „uit-winteringsproefveld” van de Vereeniging van Oud-Leerlingen der Landbouwschool te Groningen bij den heer H. K. Meyer te de Waarden, een drietal tarwe-variëteiten uitgegraven. De daarbij gebezigde plank ging niet dieper dan 60 c.M., maar deze diepte bleek onvoldoende om de wortels in hunne volle lengte te isoleeren. Men kan veilig aannemen, dat de tarwewortels den 8sten December reeds tot 80 c.M. diepte waren doorgedrongen. Dit resultaat is ongetwijfeld verrassend ¹⁾.

Het uitspoelen dezer tarweplanten kostte zeer veel moeite, daar het afstromende water slechts uiterst weinig kleideeltjes meevoerde. Iets gemakkelijker ging het, toen de planken met grond een paar dagen in water voorgeweekt waren.

Nog grooter moeilijkheden leverde het uitspoelen van volwassen tarweplanten op te Watwerd (bij Usquert); deze grond bestond uit meerdere lagen van zeer uiteenlopende geaardheid. De wortels bleken wel zelfs door de zeer dichte lagen tot een diepte van 1 M. door te dringen, maar een dicht wortelnet vertoonde zich slechts in de ± 15 c.M. dikke bouwlaag. Onder de bouwkrui lag een zeer dichte ijzerhoudende zandlaag. Bij het uitspoelen was duidelijk te zien dat de wortels moeite hadden in deze laag door te dringen; ze vormden op de laag een dicht vilt en slechts enkele wortels gingen er doorheen.

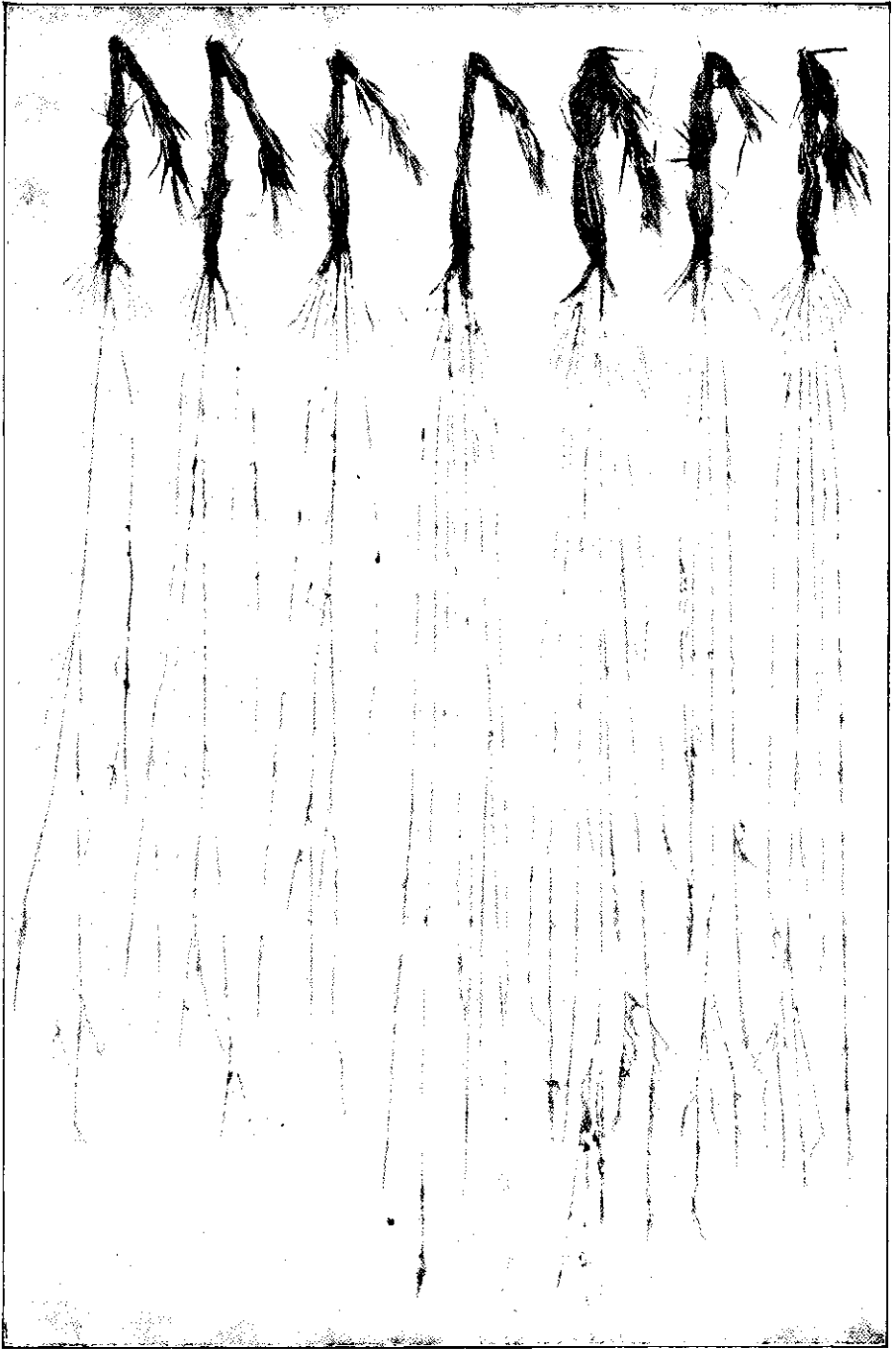
Bij een voederbiet die te Oldhove op vrij lichten zavelgrond werd uitgegraven, werd de uitspoeling nog bemoeilijkt door groote broosheid der worteltjes.

De hier achter afgebeelde gerstplanten (plaat II) werden uitgegraven op het terrein van de Landbouwwinterschool te Groningen. Het terrein bestond uit een voor jaren opgebrachten grond met veel puingruis, hetgeen bij de uitspoeling veel bezwaren opleverde. Toen bleek, dat op 1 M. diepte het einde der wortels nog niet bereikt was, werd met een plank van 0,5 M. een tweede uitgraving verricht, waarbij geconstateerd kan worden, dat de wortels nog dieper gingen, zoodat de gerstewortels hier in ieder geval dieper dan $1\frac{1}{2}$ M. in den grond drongen.

Vergelijkt men de afbeeldingen van de wortelstelsels dezer gewassen met die, welke Schulze geeft in zijn wortelatlassen en in het „Festschrift-Breslau”, dan moet men wel tot de conclusie komen dat er bij de door Schulze verrichte uitspoelingen een groot deel der wortels verloren ging. Te eerder moet men deze conclusie trekken nu het vaststaat, dat er bij de uitspoelingen aan het Landbouwproefstation te Groningen, ondanks

¹⁾ Zeer goede reproducties der fotografische opnamen dezer planten zijn opgenomen in het „Jaarboekje 1912 van den Algemeenen Bond van Vereenigingen van Oud-Leerlingen van Inrichtingen voor landbouwonderwijs”.

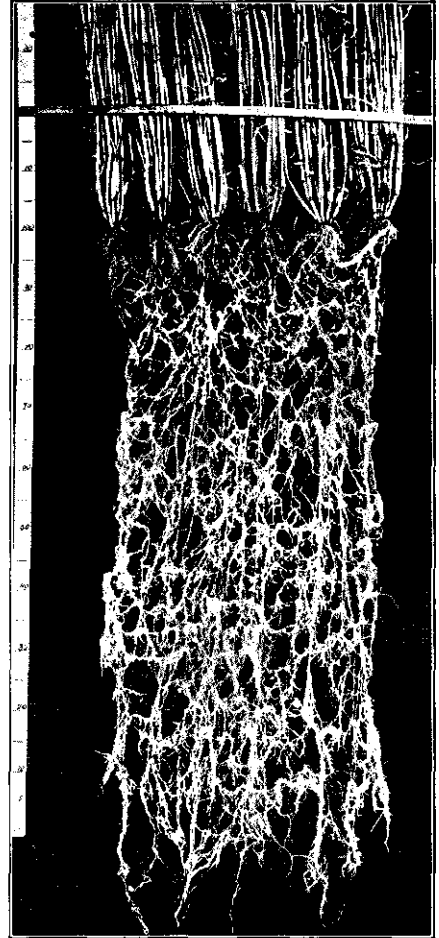
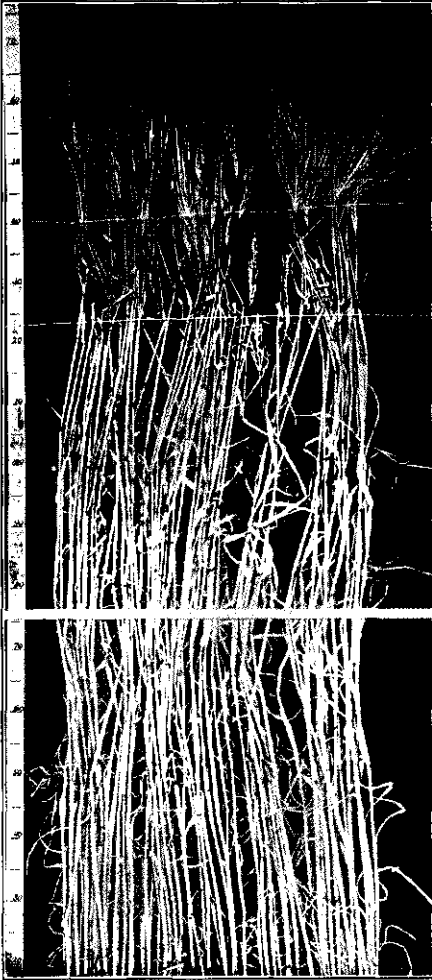
PLAAT I.



Gerst, melkrijp, 88 dagen oud.

Uit: Prof. Dr. B. Schulze, Wurzelatlas I.

PLAAT II.



Op het veld uitgegraven gerstplanten.

de groote voorzichtigheid, waarmede gewerkt werd, dikwijls niet onbelangrijke verliezen plaats hadden.

De aan het Landbouwproefstation te Groningen verrichte onderzoekingen, waarover ik hierboven een en ander mededeelde, zijn slechts te beschouwen als enkele oriënteerende onderzoekingen, in hoofdzaak ten doel hebbende, met de techniek van dit onderzoek vertrouwd te geraken. Ik meende er ondanks het voorloopig karakter nu reeds iets van te moeten mededeelen om te voorkomen, dat zich de meening zou vestigen, dat met hetgeen Schulze sinds enkele jaren te Breslau doet volstaan zou kunnen worden en dat de door hem medegedeelde resultaten zonder kritiek aanvaard worden. Bovendien bestaat er niet veel kans dat er voorloopig te Groningen veel aan dit onderzoek gedaan zal kunnen worden. Laten wij echter hopen, dat er in de toekomst bij het vele, dat er op landbouwkundig gebied te doen valt, ook lust en gelegenheid zal gevonden worden om deze veel tijd en geduld vorderende onderzoekingen systematisch ter hand te nemen.

Gaarne herdenk ik hier de goede hulp welke ik bij dit onderzoek van den heer M. J. van 't Kruijs mocht ondervinden.

Die Bewurzelung unserer Kulturgewächse.

(Kurze Zusammenfassung obiger Ausführungen).

Es ist zu bedauern dass unsere Kenntnis von der Bewurzelung unserer Kulturgewächse noch so gering ist. Die Kenntnis von der Weise auf welche die Wurzeln sich bei den verschiedenen Kulturpflanzen im Boden verbreiten und von den Factoren, chemischen und physischen, welche die Wurzelentwicklung beinflussen, darf als unentbehrlich für das rechte Verständnis des Lebens unserer Kulturpflanzen betrachtet werden.

Durch systematisches Studium der Bewurzelung werden wir von der Bedeutung der verschiedenen physischen und chemischen Eigenschaften des Bodens für die Kultur der Gewächse eine bessere Einsicht bekommen. Untersuchungen in dieser Richtung werden also auch der Bodenkunde gute Dienste leisten können. Jedenfalls soll der Mangel an Kenntnis hinsichtlich der Bewurzelung unserer Kulturpflanzen und der Faktoren, welche das Wurzelwachstum beinflussen, als eine Lücke betrachtet werden, welche notwendig ausgefüllt werden muss.

In früheren Jahren sind vielfach Versuche gemacht worden etwas näheres über das Wurzelleben der Pflanzen zu erfahren. (Siehe: Pfeffer, Pflanzenphysiologie I Par. 26, und Schulze, Wurzelatlas I). Die grosse Schwierigkeit ganze Wurzelsysteme zu isolieren verur-

sachte. dass tiefer gehende, mehr systematische Untersuchungen unterblieben. In letzter Zeit beschäftigt Prof. Dr. B. Schulze, Breslau sich wiederum mit dieser Sache. Die Resultate seiner Untersuchungen hat er in zwei „Wurzelatlas“ niedergelegt welche in 1911 und 1914 bei P. P a r e y erschienen sind.

Die Ausgabe dieser Wurzelatlas gab dem Verf. Veranlassung die Versuche, welche von ihm seit 1909 gemacht worden sind um Wurzelsysteme zu isolieren, mitzuteilen. Aus diesen Versuchen geht hervor dass die Methode-Schulze nicht zum Ziele führen kann und dass die von ihm gegebenen Abbildungen manchmal irreführen. Verf. wendete eine andere Methode an als Schulze, namentlich die, welche von Wl. Rotmistroff beschrieben worden ist (Russ. Journal für experimentelle Landwirtschaft 1908, S. 24). Eine Beschreibung dieser Methode im ursprünglichen (deutschen) Texte findet man auf S. 78. Statt mit hölzernen Gefässen, welche nur 2,5 cm. hoch waren, arbeitete Verf. mit solchen, welche 25 cm. hoch waren, wo durch den Pflanzen ein grösseres Bodenvolumen zur Verfügung stand; diese Gefässe (im Lichten: 100 × 50 × 25 cm.) wurden im Boden eingegraben. Weil die Erdschicht nun 25 statt 2,5 cm. dick war, wurden die in der Beschreibung genannten Nägel von halbierten Stricknadeln (Länge 13 cm.) ersetzt.

Auf diese Weise gelingt es leicht bei Sandböden und bei sandigen Lehm Böden die Wurzeln ohne grössere Verluste zu isolieren. (Siehe Abbildung IV: Hafer auf sandigem Lehm Böden). Bei etwas schwereren Lehm Böden erfordert das Ausspülen schon viel Zeit und die grösste Aufmerksamkeit damit keine Wurzeln abreißen. Und doch befinden sich diese Wurzeln beim Ausspülen unter sehr günstigen Umständen: das Brett worauf die Erdschicht mit den Wurzeln ruht, neigt sich nur schwach, die ausgespülte Wurzeln werden von der zurückgebliebenen Erde und endlich von dem Brett unterstützt und weiter verhindern die Nadeln, dass sich die Wurzeln viel von ihrem ursprünglichen Lager entfernen. Bei der Methode-Schulze (siehe die Beschreibung auf S. 80) sind die Wurzeln während des Auswaschens unter viel ungünstigeren Umständen: die Wurzeln hängen frei im Raume herunter, wodurch sie nicht so gut der Kraft des Wassers womit die Erde ausgespült wird widerstehen können. Dazu kommt noch, dass die Wurzeln zu einem Strang, welcher nicht wieder zu trennen ist, zusammenfallen. Diesen Nachteilen steht nach der Meinung des Verf. kein einziger Vorteil gegenüber. Letzterer glaubt auf Grund seiner Erfahrungen mit der Methode-Rotmistroff, dass bei der Methode-Schulze die Verluste bedeutend seien. Diese Meinung wird bestätigt durch Vergleichung der Schulze'schen Wurzelbilder mit denen, welche von ihm angefertigt wurden (Vergleiche Abb. I und II).

Geben die Wurzelbilder von Schulze kein gutes Bild von der

PLAAT III.



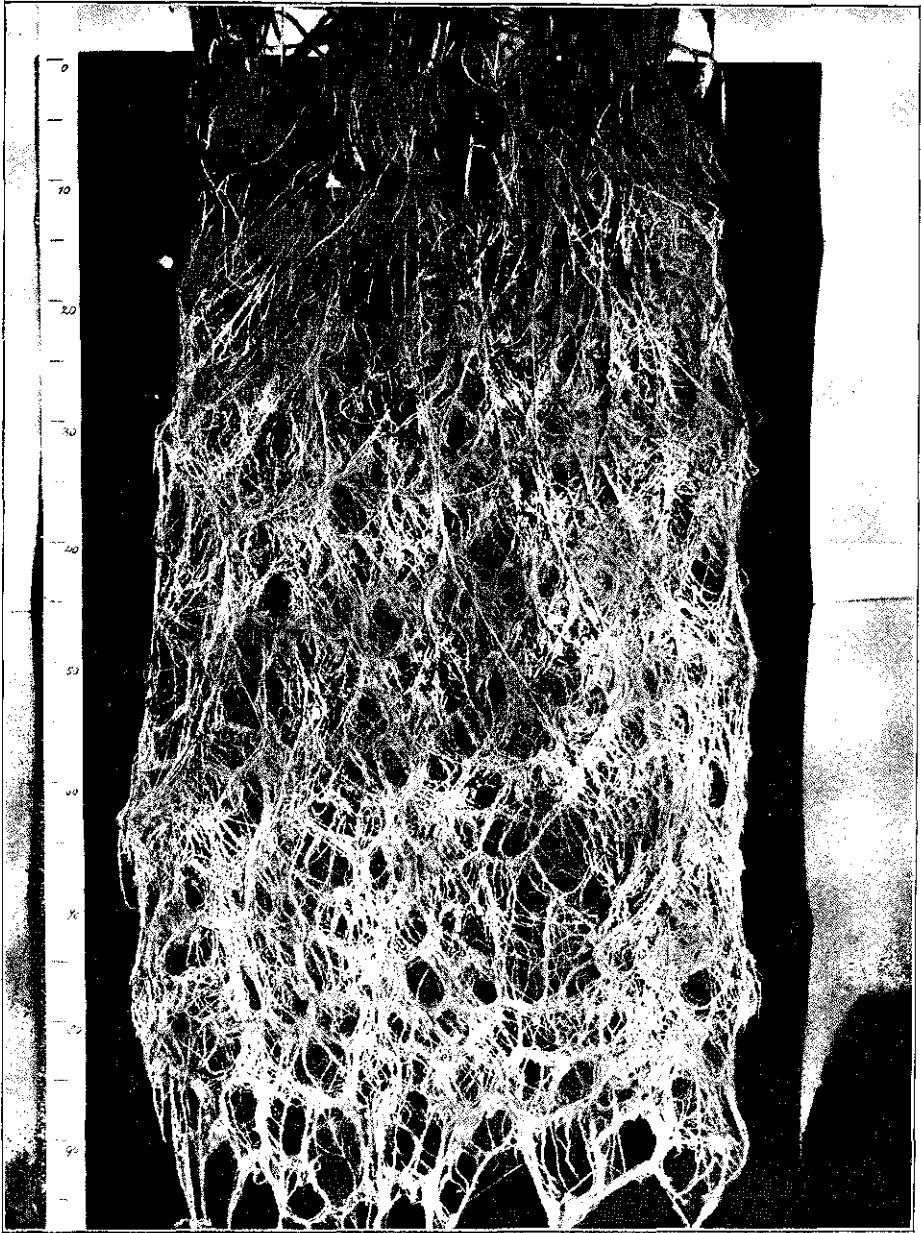
Het uitgraven van planten met wortels bij te velde staande gewassen.

PLAAT IVa.



In een kist met zavelgrond gecultiveerde haver.

PLAAT IVb.



In een kist met zavelgrond gecultiveerde haver.

