

RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION TE GRONINGEN.

DE GROEI VAN HET WORTELSTELSEL DER PLANTEN BIJ GELIJKE
EN BIJ ONGELIJKE VRUCHTBAARHEID VAN
BOVEN- EN ONDERGROND,

DOOR

M. A. J. GOEDEWAAGEN.

(Ingezonden 25 Augustus 1932.)

Inleiding.

Het is reeds lang bekend, dat het wortelstelsel der planten groote afmetingen kan aannemen, niet alleen in horizontale doch ook in vertikale richting. Men kan wel zeggen, dat planten haar wortels in het algemeen diep in den grond zenden, tenzij de omstandigheden in den ondergrond voor den groei der wortels zeer ongunstig zijn. Is de ondergrond sterk zuur of de waterstand hoog of is op geringe diepte een ondoordringbare laag aanwezig, dan blijft het wortelstelsel in hoofdzaak tot den bovengrond beperkt.

In de literatuur vindt men verscheidene opgaven omtrent de lengte en de uitbreiding van het wortelstelsel. Vooral de onderzoekingen van SCHULZE (1911, 1914) bezitten in dit opzicht een groote bekendheid. SCHULZE stelde o.m. vast, dat de wortels van graangewassen minstens 1½ m, dikwijls zelfs meer dan 2 m diep in den grond dringen. Bij andere gewassen werden overeenkomstige waarden gevonden, al bestonden er ook verschillen tusschen de soorten onderling.

Reeds bij jonge planten bereiken de wortels een aanzienlijke lengte. Zoo werden door SCHULZE bij jonge graanplaten vóór de uitstoeling, naar gelang van de soort, lengten van 52,7 tot 66,6 cm aangetroffen, en MASCHHAUPT (1915) stelde bij wintertarwe op den 8sten December reeds een wortellengte van 80 cm vast. Zelf hebben we den vorigen zomer metingen gedaan bij een volwassen mosterdplant en bij een suikerbiet, die door ons gekweekt waren in groote kisten met zavelgrond (2 m diep en 1,5 bij 1,5 m wijd), en waarin vooraf op afstanden van 20 cm boven elkaar roosters van kippengaas waren aangebracht, teneinde bij het uitspoelen van den grond de natuurlijke habitus van het wortelstelsel te behouden. Hierbij werd gevonden, dat het wortelstelsel van beide planten minstens 2 m diep ging, terwijl ook de horizontale uitbreiding van het wortelstelsel zeer aanzienlijk was. De hoeveelheid wortels nam echter

met toenemende diepte in een vrij snel tempo af. Dit is ook reeds door andere onderzoekers bij verschillende gewassen geconstateerd. Dit neemt niet weg, dat het wortelstelsel zich in vele gevallen in den ondergrond nog vrij intensief kan vertakken.

Houden we deze feiten voor oogen, dan behoeft het niet te verwonderen, dat bij verschillende onderzoekers de vraag gerezen is, in hoeverre de dieper gaande wortels aandeel hebben aan de water- en zoutopname en in hoeverre deze laatste invloed kunnen uitoefenen op den groei en de opbrengst van het gewas. Deze vraag dringt te meer, daar men zich bij de bepaling van de kalk- en mestbehoefte van den grond in den regel tot den 10 à 25 cm dikken bovengrond, de bouwvoor, beperkt. Zoo zijn dan LEMMERMANN, WIESSMANN EN ECKL (1925) ertoe overgegaan, eenige proeven te nemen, om na te gaan, tot welke diepte de plantenwortels in staat zijn voedingsstoffen uit den grond op te nemen. Zij kweekten haver in diepe aarden cylinders, gevuld met lichten zandgrond, waarvan een laag ter dikte van 25 cm met een onoplosbare phosphorzuurverbinding was bemest. Deze laag werd in de diverse cylinders aangebracht op een diepte van resp. 0—25, 25—50, 50—75 en 75—100 cm. Als contrôle diende een cylinder met grond, waaraan in het geheel geen P_2O_5 was toegevoegd. Door de opbrengst en het P_2O_5 -gehalte van het gewas in de cylinders onderling te vergelijken, kon door de schrijvers worden vastgesteld, dat uit den ondergrond aanzienlijke hoeveelheden phosphorzuur werden opgenomen. Zij concludeerden hieruit, dat bij de beoordeeling van de vruchtbaarheid van den bodem met den ondergrond rekening dient gehouden te worden. Zelfs de cylinder, die uitsluitend op een diepte van 75—100 cm met fosforzuur was bemest, gaf een grotere opbrengst dan de contrôle-cylinder. LEMMERMANN c.s. beschrijven nog een andere proef, die wel heel duidelijk de beteekenis van den ondergrond voor den groei der planten demonstreert. In deze proef werden verschillende gewassen gekweekt in cylinders, die van een „bouwvoor” van ongelijke dikte waren voorzien. Deze bouwvoor, die uit vruchtbaren grond was samengesteld, rustte in alle cylinders op een onvruchtbaren ondergrond. Uit de opbrengsten bleek, dat een bouwvoor van 20 cm dikte niet voldoende was, om een maximale opbrengst mogelijk te maken. Bij één der gewassen (haver) werd vastgesteld, dat de invloed van den slechten ondergrond nog merkbaar was bij een vruchtbare bouwvoor van 80 cm. Wanneer deze schrijvers over de methoden ter bepaling van de mestbehoefte van den grond spreken, komen ze op grond van de door hen verkregen resultaten tot het besluit, dat het in vele gevallen niet voldoende is, de grondmonsters voor deze bepalingen alleen uit de bovenste lagen van den akker te nemen. Men dient ook de hoeveelheid voedingsstoffen in de diepere lagen te bepalen, en hiermee bij de beoordeeling van den bodem rekening te houden.

Soortgelijke proeven werden met gerst gedaan door CRIST EN WEAVER (1924), die eveneens tot het resultaat kwamen, dat de ondergrond bij de voeding van de plant een belangrijke rol speelt, en dat de opbrengst van het gewas in niet geringe mate afhankelijk is van de vruchtbaarheid van den ondergrond. De schrijvers gingen tevens de ontwikkeling van het wortelstelsel en de zoutopname na, en konden daarbij vaststellen, dat de plant in staat is op vrij groote diepte voedingsstoffen aan den grond te onttrekken.

Na het voorafgaande zal het wel geen nadere toelichting behoeven, dat onderzoekingen omtrent den bouw en de verrichtingen van het wortelstelsel vruchtdragend kunnen zijn voor de bemestingswetenschap. Op het Rijkslandbouwproefstation te Groningen, waar het wortelonderzoek sedert de publicatie's over dit onderwerp van de hand van MASCHHAUPT (1915), ZIJLSTRA (1922) en GOEDEWAAGEN (1925) in verband met andere werkzaamheden eenige jaren heeft stil gelegen, hebben we in 1931 eenige proeven genomen met het doel, de ontwikkeling van het wortelstelsel en in verband daarmee den groei der planten na te gaan bij gelijke en bij ongelijke bemesting van boven- en ondergrond. Hoofdzakelijk werd bij dit onderzoek aandacht geschonken aan de gewichtsverhouding van het wortelstelsel in verschillende lagen van den grond naar gelang van de bemesting, omdat hierover — voorzoover wij konden nagaan — nog slechts weinig gegevens in de literatuur te vinden waren.

De moeilijkheid bij dergelijke onderzoekingen schuilt in de techniek. Immers om de opbrengst aan wortels te kunnen bepalen, dient het wortelstelsel volledig uit den grond te worden vrijgemaakt. Tot dusver hebben hierbij verschillende methoden toepassing gevonden. De meeste onderzoekers hebben getracht, het wortelstelsel bloot te leggen, door den grond met water weg te spoelen; een werkwijze, die met groote voorzichtigheid dient te geschieden, omdat anders — vooral bij zwaarderden grond — talrijke wortels verloren kunnen gaan. WEAVER (1926) e.a. hebben de wortels uit den grond vrij geprepareerd, zonder van water gebruik te maken. Deze „droge” methode, die kort geleden op Java bij een studie over de beworteling van suikerriet door KULESCHA (1931) is toegepast, heeft — naar het ons voorkomt — naast zekere voordeelen het groote bezwaar, dat zij zeer tijdroovend is en veel personeel vereischt. Het is onnoodig, hier op al deze methoden dieper in te gaan, daar deze onlangs door BOONSTRA (1931) in een verhandeling over de beworteling van erwtenvarieteiten kritisch zijn besproken. Hier moge volstaan worden met de mededeeling, dat wij in dit onderzoek de voorkeur hebben gegeven aan de „naaldmethode” van ROTMISTROFF (1908), waarbij de planten in kisten worden gekweekt en de wortels vóór het uitspoelen van den grond door het inbrengen van naalden op hun plaats worden gehouden. Deze methode werd

in 1915 door MASCHHAUPT uitvoerig beschreven en door dezen auteur ook bij kulturen in den vollen grond met succes toegepast.

Hoewel ons onderzoek slechts een orienteerend karakter droeg en de techniek wellicht op sommige punten zou kunnen worden verbeterd of vereenvoudigd, meenden wij toch — gezien de steeds groeiende belangstelling voor het wortel-vraagstuk in de kringen der landbouwkundigen — nu reeds in 't kort mededeeling te moeten doen van de door ons gevolgde methode en van de daarmee bereikte resultaten.

Opzet van het onderzoek.

De planten werden gekweekt in smalle kisten, die 1 m diep waren en 0,60 bij 0,20 m wijd. De wanden der kisten waren met schroeven aan elkaar bevestigd, zoodat ze ter bestudeering van het wortelstelsel gemakkelijk konden worden verwijderd. De kisten werden tot even beneden den rand in den grond ingegraven. Tevoren was de akker, waarin de kisten werden geplaatst, opgehoogd, om te beletten, dat de bodem der kisten met het grondwater in aanraking zou komen. Ten overvloede werd een waterstandsbuis in den grond geplaatst, om ons ten allen tijde van den waterstand te kunnen vergewissen. Na het ingraven der kisten werden deze op de gebruikelijke wijze gevuld met vooraf bemesten zandgrond, door dezen telkens na het inbrengen van een laag van 10 cm dikte aan te stampen en den grond aan de oppervlakte een weinig los te maken.

Begin Juni werd met de proef een aanvang gemaakt. Als proefobject werd *gele mosterd* gekozen, omdat het seizoen te ver gevorderd was voor de meeste andere gewassen. Er werden in elke kist 7 zaden gezaaid ter diepte van 0,5 cm en op een onderlingen afstand van $7\frac{1}{2}$ cm.

Er werden drie proeven genomen: 1) een phosphorzuurproef, 2) een kalkproef, 3) een stikstofproef.

De *phosphorzuurproef*. In deze proef werd de phosphorzuurbemesting in de vier volgende combinatie's aangebracht:

TABEL 1.

	P/P.	P/O.	O/P.	O/O.
Bovenlaag (25 cm)	P_2O_5	P_2O_5	geen P_2O_5	geen P_2O_5
Ondergrond (75 cm)	P_2O_5	geen P_2O_5	P_2O_5	geen P_2O_5

In het geheel omvatte deze proef 8 kisten, zoodat elk van de 4 in tabel I genoemde combinatie's in tweevoud aanwezig was. De kisten werden in twee rijen geplaatst: serie-Noord en serie-Zuid; in elk daarvan waren de 4 combinatie's vertegenwoordigd. De kisten werden zoodanig geplaatst, dat eventueele systematische invloeden, voor zoover dit doenlijk was, werden opgeheven. Tusschen de rijen werd een ruimte opengelaten, om de kulturen van nabij te kunnen beschouwen.

Er werd voor deze proef heidegrond gebruikt, afkomstig van het landgoed „Vossenberg” te Wijster (Dr.). Deze grond, waarop niet veel meer dan hier en daar een heidepol groeide, werd oppervlakkig (hoogstens 10 cm diep) weggeschept, waarbij de heidestruiken werden vermeden, om den grond zooveel mogelijk vrij te houden van wortelresten. Het humusgehalte van den grond bedroeg 6,3 %, de kalktoestand —46, de pH 4,1. Voordat de kisten werden gevuld, werd de grond gezeefd en zorgvuldig met kalkmergel vermengd. Per kg grond werd 7,28 gr mergel gegeven; een hoeveelheid, die overeenkwam met circa 11 000 kg per ha, tot een diepte van 10 cm. Verder werd bemest met 0,364 gr patentkali per kg grond (overeenkomende met 1100 kg per ha ter diepte van 20 cm), met 0,205 gr natronsalpeter per kg grond (600 kg per ha per 20 cm) en 0,033 gr kopersulfaat per kg grond (100 kg per ha per 20 cm). Voor zoover de grond met phosphorzuur werd bemest, werd 0,250 gr fosforzure voederkalk per kg grond toegediend (750 kg per ha ter diepte van 20 cm). Van den met P_2O_5 bemesten en van den onbemesten grond werden monsters achtergehouden om op pH, kalktoestand en P_2O_5 (volgens LEMMERMANN) te worden onderzocht. Het volgende staatje geeft de uitkomsten van deze analyse.

TABEL 2.

Bemesting.	Kalktoestand.	pH.	Citr.z. oplosb. P_2O_5 in mgr. per 100 gr grond.	Totaal P_2O_5 in mgr per 100 gr grond.	Relat. oplosbh. P_2O_5 .	P_2O_5 getal.
P_2O_5	—14	5,8	19	30	63 %	0
Geen P_2O_5 .	—19	5,9	9,5	19	50 %	0

Daar de bovenlaag 25 cm dik was en dus slechts 1/4 gedeelte van den inhoud der kisten in beslag nam, verhiel de totale hoeveelheid P_2O_5 , die als meststof aan de P/P-, P/O-, O/P- en O/O-kisten werd toegediend, zich als 4 : 1 : 3 : 0. Daar de inhoud van de kisten 120 liter en het volumegewicht van den grond in de kisten 1,5 bedroeg, bevond zich in elke kist 180 kg grond.

Uit de 5e kolom van tabel 2 kan worden berekend, dat in de P/P-, P/O-, O/P- en O/O-kisten resp. 54, 39, 49 en 34 gr P_2O_5 aanwezig moet zijn geweest.

De *kalkproef* werd op overeenkomstige wijze ingericht als de P_2O_5 -proef. Ook hier waren 4 combinatie's in duplo aanwezig, die met de symbolen Ca/Ca, Ca/O, O/Ca en O/O werden onderscheiden (vgl. tabel I). De kisten werden echter met anderen grond gevuld dan bij de P_2O_5 -proef. Gebruikt werd kalkarme eschgrond uit de omgeving van Assen (humusgehalte 8 %; kalktoestand —26; pH 4,2). Als bemesting werd gegeven 0,245 gr patentkali per kg grond (overeenkomende met 735 kg per ha tot een diepte van 20 cm); verder 0,122 gr fosforzure voederkalk per kg grond (overeenkomende met 366 kg per ha per 20 cm), 0,147 gr natronsalpeter per kg grond (overeenkomende met 440 kg per ha per 20 cm) en 0,033 gr kopersulfaat per kg grond (100 kg per ha per 20 cm). Alle meststoffen werden zoo gelijkmatig mogelijk in den grond verdeeld. De grond, die bestemd was voor de kalkrijke bovenlaag, resp. ondergrond werd gemengd met 5,64 gr kalkmergel per kg grond (circa 8500 kg per ha ter diepte van 10 cm), waardoor de kalktoestand tot —11 (pH 5,7) steeg. De hoeveelheden kalkmergel, die in het geheel aan elk van de Ca/Ca-, Ca/O-, O/Ca- en O/O-kisten werden toegediend, bedroegen resp. 1015, 254, 760 en 0 gram.

De *stikstofproef* bestond uit slechts 4 kisten, die de combinatie's N/N, N/O, O/N en O/O vertegenwoordigden. Bij deze proef werd dezelfde grond aangewend als bij de fosforzuurproef. Ook de bemesting was gelijk. Voor zoover de grond met stikstof werd bemest, werd hij gemengd met 0,205 gr natronsalpeter per kg grond; een hoeveelheid, die overeenkwam met 600 kg per ha ter diepte van 20 cm.

Methodiek.

Bij den oogst werden de planten aan de basis van den hoofdstengel afgesneden, aan de lucht gedroogd en gewogen.

Direct na den oogst der bovengrondsche deelen werden de kisten uitgegraven en plat op den grond gelegd. Van elke kist werd de naar boven gekeerde zijwand losgeschroefd en weggenomen. Onmiddellijk werd een plank, die met talrijke breinaalden was bezet, op den bloot gekomen grond geplaatst en de naalden rechtstandig daarin gedrukt, tot ze geheel in den grond waren verdwenen. Op foto I ziet men ons met dit werk bezig. Het met naalden bezette oppervlak van deze plank had dezelfde afmetingen als het grondprofiel, dat bij het wegnemen van den zijwand der kist was blootgekomen. Op de plank bevonden zich een 200-tal naalden (halve breinaalden) ter lengte van 15 cm en op een onderlingen afstand van 4 à 5 cm. Vervolgens werd de kist omge-



13 Aug. '31.

Fig. 1.

(Tekst pag. 184),

keerd, zoodat de plank met naalden onder kwam te liggen, en daarna in een grooten waterdichten spoelbak overgebracht. De kist werd nu omhoog getild; de geheele van wortels en naalden doortrokken grondmassa bleef op de plank achter. Daarna werd de spoelbak met water gevuld, zoodat de grond geheel onder water kwam te liggen. Gedurende 24 uur werd de grond in dezen bak geweekt, alvorens met het spoelen een aanvang werd gemaakt. In dien tijd werd een zachte waterstroom door den bak geleid. Het overtollige water liep over de randen van den bak weg. Het vrijspoelen der wortels geschiedde *onder water*. Daarbij werd aan de spoelbakken een kleine helling gegeven; de plank met grond werd naar het hoogste gedeelte van den bak opgetrokken, zoodat de vrijkomende grond zich aan den lagen kant kon verzamelen. Om dezen grond kwijt te worden, waren in den spoelbak onderaan en wel aan den lagen kant openingen aangebracht, die met kurken werden afgesloten. Door de kurken van tijd tot tijd weg te nemen, kon een groot gedeelte van de modder worden verwijderd. Zoodra bij deze bewerking de grond op de planken droog kwam te liggen, werden de gaten weer gesloten. Herhaaldelijk werd met een fijnmazige zeef een gedeelte van de aflopende modder opgevangen, om ons ervan te overtuigen, dat geen wortels verloren gingen. Wanneer zich veel modder in het lage gedeelte van den spoelbak had verzameld, werd deze ook wel door wegscheppen verwijderd. Inmiddels werd voortgegaan met het vrijspoelen der wortels, door onder water den grond voorzichtig weg te spuiten. Daartoe werd een caoutchouc slang met de waterkraan verbonden en met het vrije uiteinde onder water langzaam over de grondmassa bewogen; een werk, dat veel geduld vereischte. Gewoonlijk waren we pas na 2 dagen zoover met het spoelen gevorderd, dat de plank ging drijven. Deze werd dan met steenen bezwaard, en het spoelen onder water voortgezet, totdat de laatste grond- en veenresten waren verwijderd.

Daar de plank geen geschikten achtergrond bood voor een foto van het wortelstelsel, werd op den bodem van een anderen vooraf schoongemaakten spoelbak een stuk zwart carton gelegd van 1 m bij 0,60 m, en dit met steenen bezwaard. Nadat deze bak horizontaal was geplaatst en tot een hoogte van 16 cm met water gevuld, werd de plank met wortels er omgekeerd, dus met de naalden omlaag, in gelegd. De plank dreef op het water, terwijl de naalden, die zich geheel onder water bevonden, bijna tot den bodem van den bak reikten. Door de plank voorzichtig heen en weer te schudden zakten de wortels, die soortelijk iets zwaarder waren dan het water, omlaag en kwamen geheel vrij op het karton te liggen, zonder dat de structuur van het wortelstelsel daarbij eenige verandering onderging. Dan lieten we den bak langzaam leegloopen, door de gaten van den spoelbak te openen. Zoodra de wortels droog kwamen te liggen, werd het carton met de wortels gelegd in een grooten platten zinken

bak, die naar het laboratorium werd overgebracht en daar onmiddellijk met water werd gevuld. Vervolgens werden de wortels voor een der vensters gefotografeerd.

Na het fotografeeren werd het water uit den bak heel voorzichtig weggeheveld. De wortels bleven op hun plaats en werden op het blootkomende carton vanzelf vastgehouden. Zij werden nu laagsgewijze verzameld, door het carton op afstanden van 25 cm door te knippen. De cartonnen strooken werden in aparte cilindrs met water overgebracht en de wortels van het carton afgespoeld. Daarna werden de wortels uit de cilindrs quantitatief verzameld, gedroogd en luchtdroog gewogen.

Bij de beoordeeling van de wortelgewichten in opeenvolgende grondlagen diende bedacht te worden, dat de wortelmassa in de bovenste lagen grootendeels door den hoofdwortel en de zijwortels van de 1ste orde werd bepaald, zoodat een vergelijking van het meer „actieve” gedeelte van het wortelstelsel daardoor zou worden bemoeilijkt. Om dit bezwaar — althans gedeeltelijk — te ondervangen, hebben we de wortels, voor zoover deze dikker waren dan 1 mm, vrij geprepareerd, afgeknipt en apart gewogen. In de tabellen 5, 7 en 9, waarin de gewichten der wortels laagsgewijze zijn opgegeven, hebben we daarom onderscheid gemaakt tusschen „dikke” en „dunne” wortels. De gewichten der dunne wortels geven dus tot op zekere hoogte een beeld van het aantal fijnere wortels in opeenvolgende lagen van den grond.

Daar het uitspoelen van den grond veel tijd in beslag nam, en hierbij allerlei moeilijkheden moesten worden overwonnen, konden de planten niet gelijktijdig worden geoogst. Wel werden van elke serie de vier kisten steeds tegelijkertijd in behandeling genomen. De oogst van de noordelijke serie's had plaats in de maand Augustus, toen de planten nog in vollen bloei stonden; de zuidelijke serie's kwamen in de eerste helft van de maand September aan de beurt, toen de bloei ten einde liep en de vruchtzetting reeds ver was voortgeschreden. Bij de noordelijke serie's gingen nagenoeg geen wortels verloren. Bij het uitspoelen van de later geoogste serie's kon niet worden verhinderd, dat kleine verliezen werden geleden, die echter op de gewichtsverhouding van de wortels in de onderscheidene lagen geen invloed van beteekenis kunnen hebben gehad.

Het voordeel van de hierboven geschetste spoelmethode is hierin gelegen, dat de bewerking *geheel* onder water geschiedde. Hierdoor en mede door het gebruik van de naalden volgens het voorschrift van ROTMSTROFF kon worden bereikt, dat de natuurlijke habitus van het wortelstelsel behouden bleef. Bovendien behoeften op deze wijze nagenoeg geen wortels verloren te gaan. Bij spoeling aan de lucht, zooals door ons eerst beproefd, gelukte het niet, het wortelstelsel gaaf te isoleeren. Dit wil echter niet zeggen, dat het spoelen aan

de lucht altijd tot verliezen aanleiding zal geven. Te verwachten is, dat het weerstandsvermogen der wortels bij verschillende plantensoorten en naar gelang van den leeftijd en van de omstandigheden ongelijk zal zijn. Om het wortelstelsel zonder verliezen vrij te spoelen, verdient het aanbeveling, den grond vooraf goed te weeken. GÖRNING (1930), die het wortelstelsel bestudeerde van bieten, die in groote met grond gevulde aarden cylinders waren gekweekt, ging bij het spoelen op overeenkomstige wijze te werk. Wij lezen bij hem, dat de isoleering van het wortelstelsel een groote verbetering onderging, doordat „die Röhren zunächst sehr vorsichtig in einem geräumigen Brunnenrog gelegt wurden und bei langsamem Wasserströme darin verweilten bis das gesamte Erdreich breiweich war. Nunmehr liessen sich die Wurzeln unter sanftem Wasserstrom ohne jegliche Beschädigung langsam herauslösen”. Hij besluit dan: „Verschiedene Untersuchungen haben uns gezeigt, dass man auf diese Weise Wurzelbilder in der natürlichen Lagerung erhält, solange die innere Zellspannung (Turgor) nicht durch Erschlaffung vermindert ist”.

Resultaten.

De phosphorzuurproef.

Een week na het zaaien vertoonden de jonge kiemplantjes reeds een duidelijk verschil in grootte. In de kisten, waarvan de bovenlaag geen P_2O_5 had ontvangen (O/P en O/O) waren de plantjes zichtbaar kleiner dan die in de beide andere kisten (P/P en P/O). Deze achterstand in groei in de kisten O/P en O/O wettigde de conclusie, dat er in den door ons gebruikten heidegrond bij een kalktoestand van circa —16 niet voldoende P_2O_5 voor de planten beschikbaar was.

Op 22 Juni, toen de plantjes 2 weken oud waren, werd opgemerkt, dat de groei in de O/O-kisten bij dien in de O/P-kisten was achtergebleven. Daar moeilijk aangenomen kon worden, dat er in de O/P-kisten een verplaatsing van P_2O_5 uit de diepere lagen naar de oppervlakte heeft plaats gevonden, ligt de veronderstelling voor de hand, dat de wortels van deze plantjes in dit stadium van ontwikkeling reeds een lengte van 25 cm hadden overschreden.

Op 27 Juni werd waargenomen, dat de plantjes in de P/P-kisten, die aanvankelijk even groot waren als die in de P/O-kisten, een voorsprong hadden gekregen. Klaarblijkelijk waren dus ook hier de wortels toen reeds tot in den ondergrond doorgedrongen. Het groeiverschil in de vier phosphorzuurkisten bleef verscheidene weken gehandhaafd. Zoo bleken bij meting op 14 Juli, toen de bloei juist begon, de P/P-planten het grootst te zijn; de P/O-planten waren grooter dan die in de O/P-kisten, terwijl de O/O-planten aanmerkelijk in groei waren achtergebleven. De uitkomsten van deze metingen vindt men opgegeven in tabel 3 (pag. 196). Ook op de foto's 3, 4 en 5, die 29 Juli werden genomen, is duidelijk te zien, dat de P/O-planten grooter waren dan de O/P-planten en dat

deze laatste de O/O-planten verre in groei hebben overtroffen. Hoewel de P/P-planten op foto 2 niet grooter zijn dan de P/O-planten op foto 3, is toch wel aan den grooteren bladrijksdom van de eerste te zien, dat zij zich krachtiger hebben ontwikkeld.

Na 30 Juli kwam er in de groeiverhouding een verandering, doordat het groeiverschil tusschen de planten der P/O-kisten en die der O/P-kisten gaandeweg werd genivelleerd. Op 7 Augustus bestond er op het oog geen verschil meer tusschen de planten van deze beide kisten. Bij den oogst bleek zelfs, dat de O/P-planten een voorsprong hadden gekregen boven die der P/O-kisten (tabel 4, pag. 196). Zelfs gaven de O/P-planten van de zuidelijke serie bij den oogst op 8 September een opbrengst, die slechts weinig van die der P/P-kisten verschilde.

Vragen we naar een verklaring van deze verschuiving in de groeiverhouding, dan zal deze gezocht moeten worden in de ontwikkeling van het wortelstelsel. We willen daartoe tabel 5 (pag. 197), waarin de gewichten der wortels in opeenvolgende grondlagen zijn opgegeven, eens nader beschouwen. We zien dan, dat in de P/O-kisten, waarin alleen de bovenlaag met P_2O_5 werd bemest, de wortels zich hoofdzakelijk in deze laag hebben uitgebreid. Daarentegen werden in de P/P- en O/P-kisten de meeste wortels in de laag van 25 tot 50 cm aangetroffen.¹⁾ Het wordt nu ook begrijpelijk, waarom de O/P-planten, die aanvankelijk bij die der P/O-kisten in groei achterstonden, allengs een voorsprong hebben gekregen. Immers in het begin, toen de wortels zich nog weinig in den ondergrond hadden ontwikkeld, werd de groei der O/P-planten hoofdzakelijk door den phosphorzuurarmen bovengrond bepaald. Naarmate echter de wortels zich meer in de diepere lagen uitbreidden, kon meer P_2O_5 worden opgenomen, terwijl het bovendien heel goed mogelijk is, dat de P/O-planten, die voor haar phosphorzuurvoeding nagenoeg geheel op de slechts 25 cm dikke bovenlaag waren aangewezen, op den duur gebrek aan phosphorzuur hebben gekregen. Het schijnt dus, dat de planten in de O/P-kisten zelfs nog in het bloeistadium van den phosphorzuurrijksdom van den ondergrond hebben geprofiteerd. Blijkbaar heeft in dit stadium een intensieve phosphorzuuropname uit den ondergrond plaats gevonden, die den groei van het gewas ten goede is gekomen. Dit is in overeenstemming met hetgeen door CRIST EN WEAVER (1924) bij een soortgelijke proef met gerst werd gevonden. Zij stelden vast, dat ook oudere planten aanzienlijke hoeveelheden phosphor en stikstof kunnen opnemen, en dat de late groei der planten in niet geringe mate daardoor kan worden bevorderd. Daar de wortels in dit stadium van ontwikkeling tot diep in den grond verspreid zijn, kwamen ze tot de conclusie, dat „an ample distribution of the deeper portion of the root

¹⁾ Daar de invloed van de bemesting op de wortelontwikkeling uit de tabellen ge-
noegzaam blijkt, is slechts één der wortelfoto's in deze verhandeling opgenomen.

PHOSFORZUURPROEF.

29 Juli '31.
(Tekst pag. 187).

P/P



Fig. 2.

O/P



Fig. 4.

P/O



Fig. 3.

O/O

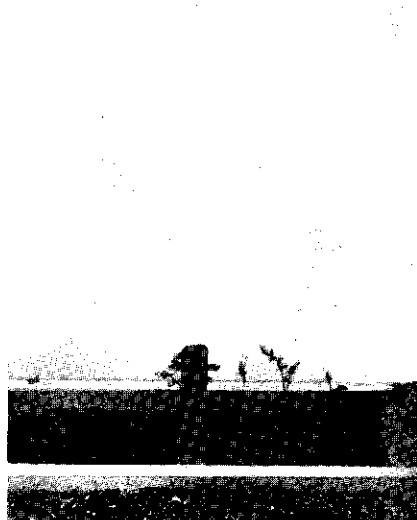


Fig. 5.

FOSFORZUURPROEF.

Wortelstelsel
P/P
Aug. '31.

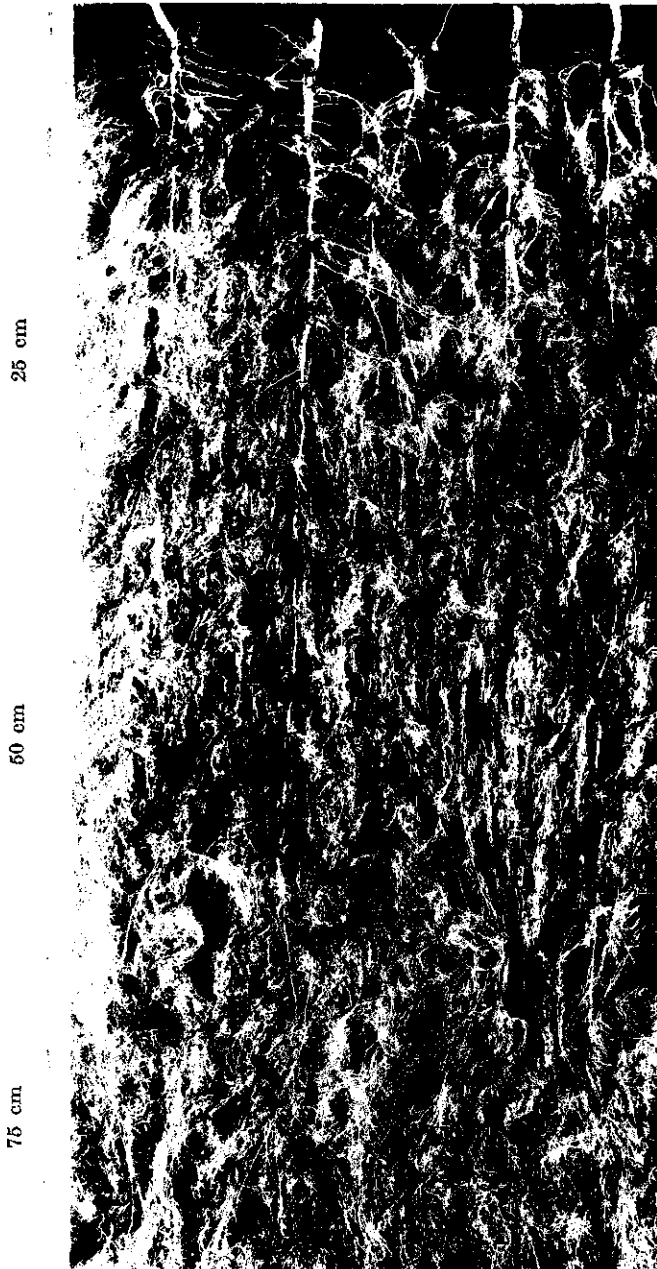


Fig. 6.

system in a rich subsoil solution at the later period of growth is exceedingly important".

In onze proef treedt de beteekenis van den ondergrond voor den groei der planten duidelijk aan den dag in het grootte opbrengstverschil tusschen de O/O-planten en de O/P-planten, en eveneens in de grootere opbrengst der P/P-planten in vergelijking met de planten der P/O-kisten (tabel 4). Dit wil echter niet zeggen, dat het effect van den bemesten ondergrond altijd zoo frappant zal zijn als in onze proef. We hebben te bedenken, dat de door ons aangewende grond in hooge mate phosphorzuurbehoefstig was. Het is dus heel goed mogelijk, dat de hoeveelheid P_2O_5 , die in de bemeste lagen voor de planten beschikbaar was, niet optimaal is geweest. Dat de planten in een dergelijk geval gunstig reageeren op een phosphorzuurrijken ondergrond, ook al is de bovengrond met P_2O_5 bemest, is begrijpelijk. Anderzijds werd echter door CRIST EN WEAVER (1924) bij gerst vastgesteld, dat zelfs bij overvloedige bemesting van den bovengrond de groei van het gewas door een vruchtbaren ondergrond werd bevorderd. Te verwachten is, dat het resultaat van zulke proeven ongelijk zal uitvallen, naar gelang van het gewas, waarmee de proeven worden genomen. Veel zal daarbij afhangen van het vermogen der wortels, om zich oppervlakkig te vertakken en zich de voedingsstoffen in de bouwvoor ten nutte te maken. Ten aanzien van de vertakking en de uitbreiding van het wortelstelsel bestaan echter tusschen de diverse plantensoorten aanzienlijke verschillen. We mogen verwachten, dat bij gewassen, met een rijkere beworteling op grootere diepte de opbrengst meer afhankelijk zal zijn van de vruchtbaarheid van den ondergrond dan bij planten met een oppervlakkig wortelstelsel. Dat de uitkomsten van onze proef niet mogen worden gegeneraliseerd, spreekt dus vanzelf. Zelfs is het heel goed denkbaar, dat bij herhaling van de proef met het zelfde gewas doch onder andere weersomstandigheden of met een andere grondsoort afwijkende resultaten zouden worden verkregen.

Daar in de landbouwpraktijk de meststoffen oppervlakkig aan den grond worden toegediend en vele van deze stoffen, met name het phosphorzuur en de kalk, langen tijd in de bouwvoor opgehoopt blijven, rijst onwillekeurig de vraag, of het niet aanbeveling zou verdienen, bij de diverse landbouwgewassen te zoeken naar variëteiten, die de meeste neiging vertoonen, om zich oppervlakkig en tevens intensief te vertakken. Hiermee zou echter de beteekenis van de dieper gaande wortels te zeer worden onderschat. Vooreerst moet voor oogen worden gehouden, dat met het regenwater een gedeelte van de voedingsstoffen uit de bouwvoor naar den ondergrond wordt verplaatst. In het bijzonder is dit het geval met het nitraat, waarvan een groot gedeelte voor de plant verloren zou gaan, indien de wortels zich in de diepere lagen van den grond slechts matig zouden uitbreiden. Verder mag niet worden vergeten, dat door

de wortels niet alleen de zoutopname, doch tevens de wateropname wordt verzorgd. GÖRNING (1932) schreef bij zomergerst aan de dieper gaande wortels een belangrijke beteekenis toe voor de watervoorziening van de plant. Tot dezelfde conclusie kwam BOONSTRA (1931) bij erwten. In dit verband is het opmerkelijk, dat bij BOONSTRA de variëteiten met een grooteren diepgang der wortels een grootere zaadopbrengst hebben gegeven. KULESCHA (1931), die planten van een zelfde suikerrietsoort kweekte op verschillende grondsoorten en daarbij groote verschillen in wortelbouw waarnam, stelde een positieve correlatie vast tusschen den diepgang der wortels en het drooggewicht van de spruit.

Vatten we de uitkomsten van de phosphorzuurproef in het kort samen, dan kan gezegd worden, dat zij de conclusie van LEMMERMANN c.s. en van CRIST EN WEAVER bevestigen, dat de groei van het gewas niet alleen door de vruchtbaarheid van den bovengrond, doch tevens door die van den ondergrond wordt bepaald. Duidelijk kwam in deze proef aan het licht, dat de gunstige invloed van een vruchtbaren ondergrond te danken is aan het vermogen der wortels, om zich in den ondergrond rijkelijk te vertakken en de daarin aanwezige voedingsstoffen op te nemen.

De kalkproef.

Ongeveer een week na het opkomen der plantjes werd opgemerkt, dat in de kisten met de bekalkte bovenlaag (Ca/Ca en Ca/O) de plantjes grooter waren dan in de andere kisten. Deze toestand handhaafde zich tot einde Juni. Begin Juli bleven de planten der O/O-kisten bij de O/Ca-planten in groei achter. De Ca/Ca-planten en de Ca/O-planten bleven in de noordelijke serie gelijk; daarentegen groeiden de Ca/Ca-planten in de zuidelijke serie krachtiger dan de Ca/O-planten (tabel 3). Einde Juli kregen ook in de noordelijke serie de Ca/Ca-planten een voorsprong boven de Ca/O-planten. Overigens bleef de toestand tot den oogst onveranderd.

Bij den oogst gaven de Ca/Ca-planten in beide serie's de hoogste opbrengst. De opbrengst van de planten in de Ca/O-kisten was grooter dan die in de O/Ca-kisten, terwijl de O/O-planten een grooten achterstand vertoonden. In tabel 6 zijn deze opbrengsten en het totale gewicht der wortels opgegeven. De wortelgewichten nemen, zooals de tabel ons verder doet zien, in dezelfde volgorde af als de opbrengst der bovengrondsche deelen. Het totale gewicht der wortels is in de O/O-kisten (kalktoestand —26) ongeveer half zoo groot als in de Ca/Ca-kisten (kalktoestand —11).

Frappant was de geringe wortelvertakking in de onbekalkte bovenlaag van de O/Ca-kisten. Des te grooter was in dezelfde kisten de wortelmasa

in de laag van 25—50 cm (tabel 7). ¹⁾ Bekijken we tabel 7 nader, dan valt het op, dat de wortelontwikkeling in de Ca/O-kisten, laagsgewijze beschouwd, tennaaste bij dezelfde opeenvolging vertoont als die in de Ca/Ca-kisten. Men zou in de Ca/O-kisten veeleer een groot relatief gewicht aan wortels in de bekalkte laag van 0—25 cm verwachten, zooals bij de phosphorzuurproef in de P/O-kisten het geval was. Daar voor de bekalking zeer fijn gemalen mergel werd aangewend, denkt men hier onwillekeurig aan de mogelijkheid, dat de mergel althans voor een deel door den zeer zwaren regenval gedurende de proef naar diepere grondlagen is omlaag gezakt. In deze richting wijst een onderzoek van MEIJER BAHLBURG (1931). Deze ging na, hoe snel de ontzurende werking van de aan de bouwvoor verstrekte kalk naar den ondergrond voortschrijdt. Bij zwaardere gronden bleek dit zeer langzaam te gaan. Daarentegen deed zich de werking van de kalk bij zandgrond reeds spoedig in den ondergrond gelden, hetgeen door dezen schrijver aan een mechanische verplaatsing van de kalk uit de bouwvoor naar den ondergrond werd toegeschreven.

Kort samengevat leeren ons de uitkomsten van deze proef, dat de kalktoestand van den ondergrond grooten invloed kan uitoefenen op den groei van het gewas. Deze invloed houdt ten nauwste verband met de vertakking van het wortelstelsel in den ondergrond, naar gelang van den kalktoestand. Hoe zuurder de grond is, des te minder vertakken zich de wortels. Wanneer de kalktoestand op grootere diepte gunstig is, kan de schadelijke werking van een kalkarme bouwvoor gedeeltelijk worden gecompenseerd, doordat het wortelstelsel zich in dit geval hoofdzakelijk in den kalkrijkeren ondergrond uitbreidt. Doch ook wanneer de bovengrond bekalkt is, is de kalktoestand van den ondergrond voor den plantengroei niet zonder beteekenis. Vooral bij diep wortelende gewassen is het gewenscht, aan den kalktoestand van den ondergrond aandacht te schenken. Het spreekt verder vanzelf, dat het voor het gewas niet onverschillig is, tot welke diepte de kalk in den grond gewerkt wordt. Hierover zijn proeven genomen door GÖRBBING (1930. 1) en MÜNTER (1931) bij bieten en lucerne, waaruit de wenschelijkheid bleek, om de kalk diep met de bouwkruijn te vermengen. GÖRBBING (1932, 1931, 1930. 1) heeft bij zijn proeven aan den wortelgroei speciale aandacht geschonken. Evenals door ons bij mosterd werd door hem bij bieten en andere gewassen waargenomen, dat de wortels zich bij een lage pH minder krachtig ontwikkelen dan bij een gunstigeren kalktoestand.

¹⁾ Het geringe wortelgewicht in de diepere lagen van de O/Ca-kist (serie Zuid) is aan een ongeluk te wijten. Bij het overbrengen van den grond in den spoelbak brak een gedeelte van de kluit af, waardoor verscheidene wortels verloren gingen. De bovenste grondlagen bleven intact.

De stikstofproef.

Aanvankelijk vertoonden de planten in alle kisten gelijken groei. Circa 3 weken na het zaaien werd opgemerkt, dat de planten in de N/N- en N/O-kisten iets grooter waren dan in de andere kisten. Een week later waren de verschillen echter weer genivelleerd. Zelfs de O/O-planten, die in het geheel geen stikstof hadden ontvangen, verschilden op het oog niet noemenswaard van de overige planten. Alleen waren ze iets bleeker en wat schraler dan de planten in de andere kisten.

Bij den oogst werden slechts geringe verschillen in opbrengst vastgesteld (tabel 8). De N/N-planten waren zwaarder dan alle andere; daarop volgde het gewicht der O/N-planten, vervolgens dat der N/O-planten, terwijl de planten in de O/O-kisten de laagste opbrengst hebben gegeven. Hoewel de verschillen gering waren in vergelijking met hun midd. fout en men daaraan dus geen reële beteekenis mag toekennen, is het toch wel opvallend, dat de opbrengst op en af gaat met de hoeveelheid nitraat, die aan de diverse kisten werd toegediend. Immers deze hoeveelheid verhiel zich in de N/N-, N/O-, O/N- en O/O-kisten als 4: 1: 3: 0. De opbrengst van de O/O-planten is — de fout in aanmerking nemende — zooveel geringer dan die der N/N-planten, dat ten aanzien van deze planten besloten mag worden, dat zij gebrek aan stikstof hebben gehad. Het gewicht der gezamenlijke wortels was in de kisten O/N grooter dan in de overige kisten. Blijkens tabel 9 werden in de N/N- en N/O-kisten de meeste wortels aangetroffen in de laag van 25—50 cm. De invloed van de stikstofbemesting kwam in deze kisten niet duidelijk tot uiting; wel echter in de kist, waarvan slechts de ondergrond met stikstof werd bemest (O/N). Hier was de wortelmassa het grootst in de laag van 50—75 cm. Dat de sterkste wortelontwikkeling in deze laag werd waargenomen en niet — zooals men verwachten zou — in de laag van 25—50 cm zal wel toegeschreven moeten worden aan de uitspoeling van het nitraat door het regenwater.

Overigens was het effect van de ongelijke stikstofbemesting weinig frappant in vergelijking met de werking van het phosphorzuur en van de kalk in de voorafgaande proeven. Daarentegen werden door CRIST EN WEAVER (1924) bij gerstplanten in stikstofarmen grond, die laagsgewijze met stikstof was bemest, duidelijke verschillen in opbrengst en wortelontwikkeling waargenomen. We beschikken niet over voldoende gegevens, om het geringe opbrengstverschil in onze proef te kunnen verklaren.

Zusammenfassung.

In dieser Abhandlung wurden drei Kulturversuche mit weissem Senf beschrieben, welche den Zweck hatten, das Gewicht der Wurzeln in aufeinanderfolgenden Bodenschichten bei gleicher und ungleicher Düngung des Ober- und Unterbodens festzustellen.

Die Pflanzen wurden in schmalen, ein m tiefen Kisten, welche zuvor in einen Acker eingegraben und mit Heideboden gefüllt wurden, gezüchtet.

Es wurden drei Versuche gemacht: ein Phosphorsäure-, ein Kalk- und ein Stickstoffversuch.

Bei dem Phosphorsäureversuch wurde der ganze Boden mit Kali, Stickstoff (Natronsalpeter), Kupfersulfat und Kalkmergel gedüngt. Die Phosphorsäure wurde nur einem Teil des Bodens zugesetzt. Tabelle 1 zeigt, wie der mit P_2O_5 gedüngte und der ungedüngte Boden in den Kisten verteilt wurden. Der Phosphorsäuregehalt dieser Böden wird durch die Tabelle 2 dargestellt.

In entsprechender Weise wurden der Kalk- und der Stickstoffversuch ausgeführt.

Bei dem Phosphorsäureversuch wie bei dem Kalkversuch traten zwischen den Pflanzen der verschiedenen Kisten kurz nach der Keimung je nach dem Düngungs- bzw. Kalkzustand der oberen Bodenschicht Wachstumsunterschiede auf.

Schon nach einigen Wochen machte sich der Einfluss des Untergrundes auf das Pflanzenwachstum geltend. Wo der Untergrund mit Phosphorsäure gedüngt, bzw. bekalkt war, trat mit der Ausbreitung des Wurzelsystems in den tieferen Schichten eine merkliche Wachstumszunahme ein (Tabelle 3).

Nur bei dem Stickstoffversuch waren die Wachstumsunterschiede gering.

Die Pflanzen wurden während der Blüte oder kurz nach dem Abblühen abgeschnitten und gesammelt.

Um das Gewicht der Wurzeln ermitteln zu können, wurden die Kisten in einen grossen mit Wasser gefüllten Trog gänzlich untergetaucht und die Erde mit einem nicht zu kräftigen Wasserstrom vorsichtig weggespült.

Eine grosse Anzahl Nadeln wurde zuvor nach dem Verfahren-Rotmistroff in die Erde gesteckt, damit das Wurzelsystem seine natürliche Lage beibehielt (Fig. 1).

Das Trockengewicht der Wurzeln wurde in aufeinanderfolgenden Schichten von 25 cm bestimmt. Das Resultat dieser Wiegungeu ersieht man aus den Tabellen 5, 7 und 9. Die dort erwähnten Gewichte der dünneren Wurzeln sind bis zu einem gewissen Grade als ein Massstab für die Verzweigung des Wurzelsystems zu betrachten.

Die Tabellen 4, 6 und 8 geben das Trockengewicht der oberirdischen Teile, sowie der ganzen Wurzelsysteme.

Aus den gesamten Tabellen und den Figuren 2 bis 6 ist ersichtlich, dass die Wurzeln der Senfpflanze sich auch in den tieferen Bodenschichten reich verzweigen können und dass bei günstigen Untergrundverhältnissen den tiefergehenden Wurzeln eine nicht geringe Bedeutung für die Ernährung und das Wachstum der Pflanzen zukommt.

Literatuur.

- A. E. H. R. BOONSTRA. Root systems of seven varieties of peas grown under similar cultural conditions. *Meded. v. d. Landbouw Hoogeschool te Wageningen*, 1931, Dl. 35, Verh. 2, p. 1—56.
- J. W. CRIST and J. E. WEAVER. Absorption of nutrients from subsoil in relation to crop yield. *Bot. Gazette* 77. 1924, p. 121—148.
- M. A. J. GOEDEWAAGEN en K. ZIJLSTRA. De inwendige bouw der wortels van gerst. *Versl. der Rijkslandbouwproefstations* 30, 1925, p. 45—111.
- JOHANNES GÖRHING (1) Kalkzustand und Wurzelentwicklung der Zuckerrübe. *Zeitschr. f. Zuckerrübenbau* 1930, p. 125—136.
- , (2) Ein einfaches Verfahren zur Beurteilung des richtigen Reaktionsgrades oder Kalkzustandes. *Der Blumen u. Pflanzenbau* 45, 1930, p. 54—57.
- , Sommerweizen und seine Wurzelentwicklung in ihrer Beziehung zum Kalkzustand und zur Ernährung. *Fortschritte der Landwirtschaft* 6. 1931, p. 402—406.
- JOHANNES GÖRHING und FREIHERR HESSBERG. Der Einfluss des Kalis auf die Wurzelentwicklung von Sommergerste. *Die Ernährung der Pflanze* 28, Jahrg. 1932, p. 81—86.
- M. KULESCHA. Orienteerend onderzoek over de ontwikkeling van het wortelstelsel bij 2878 P O J in verband met de grondsoort. *Arch. v. d. Suikerindustrie in Ned.-Indie*. Dl. III. *Meded. v. h. proefstation v. d. Javasuikerindustrie*, 1931, p. 317—359.
- O. LEMMERMANN, H. WIESSMANN u. K. ECKL. Bis zu welcher Tiefe des Bodens können die Pflanzen die Nährstoffe mit Nutzen aufnehmen? *Zeitschr. f. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenk.* B 4, 1925, p. 233—241.
- J. G. MASCHHAUPT. De beworteling onzer cultuurgewassen. *Versl. der Rijkslandbouwproefstations* 16, 1915, p. 76—89.
- MEIJER-BAHLBURG. Die Tiefenwirkung gegebener Kalkdüngungen auf sauren Böden. *Fortschr. der Landw.* 6, 1931, p. 433—435.
- F. MÜNTER. Zur Bodensäurefrage. *Zeitschr. f. Pflanzenern. Düngung u. Bodenk.* B, 1931, p. 505—531.
- WL. ROTMISTROFF. in het „*Russisches Journal f. exp. Landwirtschaft*“ 1908, uitvoerig geciteerd door Maschhaupt, 1915.
- B. SCHULZE. Wurzelatlas I und II. Paul Parey, Berlin, 1911, 1914.
- J. E. WEAVER. Root development of field crops. *Mc. Graw Hill Book Co.*, New York, 1926.
- K. ZIJLSTRA. De hoofdwortel van eenige graansoorten. *Versl. der Rijkslandbouwproefstations* 26, 1922, p. 19—59.

TABEL 3.

Gemiddelde lengte der planten op 14 Juli (in cm).

		Serie Noord.	Serie Zuid.
Fosforzuur-proef.....	P/P	50 ± 2,2	49,7 ± 1,9
	P/O	46,7 ± 2,7	45,2 ± 4,7
	O/P	35 ± 2,8	35,4 ± 4,8
	O/O	9,6 ± 1,6	7,8 ± 1,6
Kalkproef	Ca/Ca	47,6 ± 2,1	47,7 ± 2,8
	Ca/O	47,6 ± 2,4	40,6 ± 2,3
	O/Ca	34,6 ± 2,9	39,2 ± 3,6
	O/O	31,5 ± 2,4	34,6 ± 1,4
Stikstofproef	N/N	—	50,6 ± 3,8
	N/O	—	48,9 ± 2,0
	O/N	—	46,4 ± 3,5
	O/O	—	51,3 ± 3,2

TABEL 4.

*Phosphorzuurproef.**Luchtdrooggewicht¹ der spruiten en wortels.*

	Serie Zuid.				Serie Noord.			
	Gemidd. luchtdrooggewicht der spruiten in gr.	Luchtdr. gew. der spruiten relatief.	Gem. luchtdr. gewicht der wortels in gr.	Luchtdr. gew. der wortels relatief.	Gemidd. luchtdrooggewicht der spruiten in gr.	Luchtdr. gew. der spruiten relatief.	Gem. luchtdr. gewicht der wortels in gr.	Luchtdr. gew. der wortels relatief.
P/P	21,6 ± 5,1	1	3,68	1	13,5 ± 2,8	1	3,84	1
P/O	17,3 ± 2,7	0,80	3,37	0,92	11,6 ± 2,1	0,86	3,72	0,97
O/P	20,9 ± 4,5	0,97	3,06	0,83	12,5 ± 2,6	0,92	2,76	0,72
O/O	0,42 ± 0,20	0,02	—	—	0,25 ± 0,11	0,02	—	—

TABEL 5.

*Phosphorzuurproef.**Luchtdrooggewicht der wortels in verschillende lagen van den grond.*

	Laag in cm.	Serie Zuid.			Serie Noord.		
		Gemidd. gewicht dikke wortels in gr.	Gemidd. gewicht dunne wortels in gr.	Gewicht der dunne wortels in %.	Gemidd. gewicht dikke wortels in gr.	Gemidd. gewicht dunne wortels in gr.	Gewicht der dunne wortels in %.
P/P	0—25	1,24	0,55	22,6	0,94	0,62	21,5
	25—50	0	1,10	45,0	0,01	1,01	35,0
	50—75	0	0,63	25,8	0	0,84	29,1
	75—100	0	0,16	6,6	0	0,42	14,5
	Totaal	1,24	2,44	—	0,95	2,89	—
P/O	0—25	0,92	1,66	68,0	0,69	1,56	52,0
	25—50	0	0,52	21,2	0	0,68	22,4
	50—75	0	0,24	9,8	0	0,55	18,2
	75—100	0	0,03	1,2	0	0,24	7,9
	Totaal	0,92	2,45	—	0,69	3,03	—
O/P	0—25	0,83	0,67	30,0	0,68	0,34	16,3
	25—50	0	0,83	37,2	0	1,03	49,5
	50—75	0	0,56	25,1	0	0,52	25,0
	75—100	0	0,17	7,6	0	0,19	9,1
	Totaal	0,83	2,23	—	0,68	2,08	—

Oogstdatum serie Noord: 11 Augustus.

Oogstdatum serie Zuid: 8 September.

TABEL 6.

*Kalkproef.**Luchtdrooggewicht der spruiten en wortels.*

	Serie Zuid.				Serie Noord.			
	Gemidd. gewicht der spruiten in gr.	Gewicht der spruiten relatief.	Gemidd. gewicht der wortels in gr.	Gewicht der wortels relatief.	Gemidd. gewicht der spruiten in gr.	Gewicht der spruiten relatief.	Gemidd. gewicht der wortels in gr.	Gewicht der wortels relatief.
Ca/Ca .	31,5 ± 5,9	1	2,57	1	23,0 ± 4,5	1	2,99	1
Ca/O ..	19,0 ± 2,9	0,60	2,12	0,83	19,6 ± 6,3	0,85	2,38	0,80
O/Ca .	14,2 ± 4,1	0,45	1,81	0,70	16,6 ± 2,3	0,72	2,22	0,74
O/O	12,1 ± 3,5	0,39	1,27	0,49	8,8 ± 1,9	0,38	1,21	0,41

TABEL 7.

*Kalkproef.**Luchtrooggewicht der wortels in verschillende lagen van den grond.*

	Laag in cm.	Serie Zuid.			Serie Noord.		
		Gemidd. gewicht dikke wortels in gr.	Gemidd. gewicht dunne wortels in gr.	Gewicht der dunne wortels in %.	Gemidd. gewicht dikke wortels in gr.	Gemidd. gewicht dunne wortels in gr.	Gewicht der dunne wortels in %.
Ca/Ca....	0—25	1,37	0,39	33,1	1,05	0,67	34,9
	25—50	0,02	0,42	35,6	0,02	0,58	30,2
	50—75	0	0,34	28,8	0	0,49	25,5
	75—100	0	0,03	2,5	0	0,18	9,4
	Totaal	1,39	1,18	—	1,07	1,92	—
Ca/O	0—25	0,98	0,46	40,4	1,27	0,34	31,2
	25—50	0	0,42	36,8	0,02	0,40	36,7
	50—75	0	0,24	21,0	0	0,27	24,8
	75—100	0	0,02	1,8	0	0,08	7,3
	Totaal	0,98	1,14	—	1,29	1,09	—
O/Ca	0—25	0,72	0,20	18,4	1,19	0,14	13,6
	25—50	0	0,84	77,1	0	0,60	58,3
	50—75	0	0,05	4,6	0	0,25	24,3
	75—100	0	0,003	0,0	0	0,04	3,9
	Totaal	0,72	1,09	—	1,19	1,03	—
O/O	0—25	0,54	0,27	37,0	0,58	0,14	22,2
	25—50	0	0,27	37,0	0	0,23	36,7
	50—75	0	0,14	19,2	0	0,21	33,4
	75—100	0	0,05	6,9	0	0,05	7,9
	Totaal	0,54	0,73	—	0,58	0,63	—

Oogstdatum serie Noord: 23 Augustus.

Oogstdatum serie Zuid: 13 September.

TABEL 8.

Stikstofproef.
Luchtdrooggewicht der spruiten en wortels.

	Gemidd. gewicht der spruiten in gr.	Gewicht der spruiten relatief.	Gemidd. gewicht der wortels in gr.	Gewicht der wortels relatief.
N/N	18,7 ± 1,3	1	3,60	1
N/O	16,0 ± 2,9	0,85	2,96	0,82
O/N	17,7 ± 2,2	0,94	3,84	1,07
O/O	13,8 ± 1,2	0,74	3,41	0,94

TABEL 9.

Stikstofproef.
Luchtdrooggewicht der wortels in verschillende lagen van den grond.

	Laag in cm.	Gemidd. gewicht der dikke wortels in gr.	Gemidd. gewicht der dunne wortels in gr.	Gewicht der dunne wortels in %.
N/N	0—25	1,30	0,61	26,5
	25—50	0	0,93	40,4
	50—75	0	0,62	27,0
	75—100	0	0,14	6,1
	Totaal	1,30	2,30	—
N/O	0—25	1,26	0,49	28,8
	25—50	0	0,60	35,3
	50—75	0	0,36	21,2
	75—100	0	0,25	14,7
	Totaal	1,26	1,70	—
O/N	0—25	1,46	0,40	16,8
	25—50	0	0,73	30,7
	50—75	0	0,95	40,0
	75—100	0	0,30	12,6
	Totaal	1,46	2,38	—
O/O	0—25	1,46	0,74	37,9
	25—50	0	0,72	36,9
	50—75	0	0,27	13,9
	75—100	0	0,22	11,3
	Totaal	1,46	1,95	—

Oogstdatum N-serie: 29 Augustus.