

DE BETEEKENIS VAN HET PHYSISCH-
CHEMISCH GRONDONDERZOEK.

door

D. J. HISSINK.

De afdeeling voor bodemkundig onderzoek aan het Rijkslandbouwproefstation Groningen heeft tot taak het fysisch-chemisch grondonderzoek ten behoeve van de vraagstukken, die de landbouwpraktijk stelt.

De vraag, die de landbouwpraktijk den grondonderzoeker wel in de eerste plaats stelt, is deze: „op welke wijze moet de grond worden bemest”. Het grondonderzoek kan tot heden nog slechts weinig tot de beantwoording van deze vraag bijdragen, omdat de normen voor de vruchtbaarheid van den grond zoo goed als niet bekend zijn. Wel is het mogelijk verschillende fysieke en chemische grootheden van den grond te bepalen en in cijfers uit te drukken, maar men weet nog niet — of althans niet in voldoende mate — of en zoo ja in hoeverre, deze grootheden met den vruchtbaarheids-toestand van den grond in verband staan. Zoo is het nut van de bepaling van het gehalte bijv. aan in verdund warm zoutzuur oplosbaar phosphorzuur voor bemestingsvraagstukken zeer twijfelachtig, zoolang het verband tusschen het gevonden phosphorzuurgehalte en de behoefte van den onderzochten grond aan eene phosphorzuurbemesting voor een bepaald gewas niet bekend is.

De eenige weg, dien het grondonderzoek onder deze omstandigheden voorloopig kan inslaan, teneinde althans iets van den vruchtbaarheidstoestand van den grond te weten te komen, is vergelijkenderwijze te werk te gaan. Door voorafgaande studies moeten de voornaamste fysieke en chemische grootheden, die vermoedelijk met den vruchtbaarheidstoestand van den grond in verband staan, van de typische bodemformatie's bepaald en in cijfers worden uitgedrukt. De te onderzoeken gronden worden vervolgens op geheel dezelfde wijze onder-

zocht, waarna de verkregen cijfers met de standaardcijfers van het overeenkomstige bodemtype kunnen worden vergeleken. Voor zoover het betreft de vaststelling van de normen voor de beoordeeling van den vruchtbaarheidstoestand van den grond, is het grondonderzoek dus nog vrijwel geheel van vergelijkenden aard. Op deze wijze is door van Bemmelen het type van verschillende kleiformatie's in Nederland vastgesteld. Van Bemmelen bepaalde meer in het bijzonder de samenstelling van de verschillende minerale verweeringscomplexen, die in de Nederlandsche kleigronden voorkomen. Op grond van de onderzoekingen van de zeeklei uit het voormalige Y en uit de Zuiderzee heeft deze onderzoeker vele praktische adviezen kunnen geven.

Aan het Rijkslandbouwproefstation te Wageningen werd door den toenmaligen afdelingschef Dr. G. H. Leopold het keileemtype uitvoerig bestudeerd.

Verder werd aan dit proefstation en later te Groningen een uitvoerig onderzoek ingesteld naar de scheikundige samenstelling van laagveengronden. Terwijl bij de studie van de klei- en leemformatie's het onderzoek naar de minerale verweeringscomplexen op den voorgrond treedt, loopt het onderzoek van de laagveengronden meer over het gehalte, de samenstelling en het verweeringsstadium van de organische bestanddeelen. Op grond van dit onderzoek van het laagveen-type kon het volgende advies over de cultuurwaarde van de gronden, die zich bevinden in de plassen ten Oosten van de Utrechtsche Vecht ¹⁾, worden gegeven: „Door de droogmaking „van deze plassen zal een strook land gewonnen „worden, dat bij goede regeling van den waterstand „en bij oordeelkundige bemesting voor de uitoefening, „zoowel van den tuinbouw als van den akker- en „weidebouw uitermate geschikt zal blijken te zijn”.

Als onderdeel van dit uitvoerig grondonderzoek valt het onderzoek naar schadelijke verbindingen in den bodem te vermelden. Het onderzoek op scha-

¹⁾ Onderzoek van grond- en baggermonsters uit polders en plassen, gelegen ten Oosten van de Utrechtsche Vecht, in verband met de plannen tot droogmaking van deze plassen. Bijdrage tot de kennis van de scheikundige samenstelling van laagveengronden door Dr. D. J. Hissink. Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen der Rijkslandbouwproefstations, no. 24 (1920), 13-143.

delijke verbindingen betreft in de Nederlandsche gronden hoofdzakelijk het onderzoek op sulfaten en sulfiden. Op welke wijze deze verbindingen zich in den grond vormen en ophoopen is uitvoerig in het boven aangehaalde Vechtrapport uiteengezet. Als direct schadelijk werkende zwavelverbinding komt in deze gronden voor een basisch ferrisulfaat, een geel-witte substantie. In het Nederlandsche alluvium komen talrijke gronden voor, die een zoodanige hoeveelheid van dit bestanddeel bevatten, dat de grond sterk zuur reageert (P-H soms tot ongeveer 3 à 2 toe). In dergelijke gronden treedt een stilstand van het organische leven in. Geen enkele levende plantenwortel komt er in voor; ook de gewone gistingen en rottingen, zooals de humificatie, staan stil. De vele stengels en andere plantenoverblijfselen veranderen niet in zwarten vruchtbaren humus; de rietvezels verteren niet. Spreker heeft wel gronden onderzocht met niet minder dan 6.7% SO_3 (alle aanwezige zwavel op SO_3 omgerekend). Om deze hoeveelheid zwavelzuur in een laag van 25 c.M. dikte te neutraliseeren, zou ongeveer 190.000 K.G. kalk (CaO) per bunder noodig zijn, eene enorme hoeveelheid dus.

Men begrijpt, dat op een zoo weinig bekend terrein als het physisch-chemisch grondonderzoek nog veel *methodisch* werk te verrichten valt.

Men is verplicht slibmethoden uit te werken voor de bepaling van de mechanische samenstelling van den bodem. Men moet methoden vaststellen ter bepaling van verschillende physische constanten: soortelijk gewicht, volumegewicht, plasticiteit, kleefgrens, uitrolgrens, vloeigrens, enz. In chemisch opzicht moeten worden genoemd de bepaling van de minerale verweeringscomplexen; het onderzoek op schadelijke zwavelverbindingen; de bepaling van het humusgehalte en van het verweeringsstadium van den humus. Ook mineralogisch en geologisch onderzoek kan af en toe niet worden ontbeerd.

Aangezien het bodemonderzoek nog grootendeels van vergelijkenden aard is, is juist hier uniformiteit gewenscht. De tweede internationale bodemkundige conferentie, in 1910 te Stockholm gehouden, heeft dan ook een drietal internationale commissie's voor dit doel benoemd. De commissie voor het mecha-

nisch-fysisch bodemonderzoek vergaderde in 1913 te Berlijn, die voor het chemisch bodemonderzoek in 1914 te München. De oorlog heeft vrijwel alle contact verbroken.

Bij het grondonderzoek stuit men op tal van bijzonderheden, die een nader onderzoek ten volle waard zijn, al zijn ze voor den praktischen landbouw van geen direct belang. Eene kleine collectie van dergelijke bijzondere grondmonsters werd tijdens de vergadering ter bezichtiging gesteld. Zij omvatte: Rood zand (Veluwe); moerasijzererts (Veluwe); humuszandsteen; moeraskalk (Markeloo); ijzerafzettingen met vivianiet, sideriet en ijzeroxyde (Barneveld); turf met siderose, vivianiet en ijzeroxyde (Klazinaveen); profiel uit een darglaag met vivianiet, siderose en ijzeroxyde; siderose of witte klier; ijzeroer met sideriet en vivianiet (oude bedding van de Runde); blauwe aarde (Weerdinge); dopplriet (Weerdingerveen); Limburgsche kleefgrond; gele knik (terp Wierhuizen); potklei en de daaronder liggende witte klei (Thesinge); Wadzand (Westpolder); zwart zand (Laag-Sjoeren); groen zand (Geulle); bleekleem en keileem (Oude Mirdumer klif); zure kateklei (Haarlemmermeer); ijzerpijpies uit kateklei (Haarlemmermeer).

Het fysisch-chemisch grondonderzoek, zooals dat in zeer korte trekken hiermede geschetst is, zou men met een enkel woord kunnen omschrijven als het onderzoek, dat ten doel heeft het vaststellen van het karakter van den grond. Men tracht een fysisch-chemische beschrijving van den grond te geven op zoodanige wijze, dat ieder grondonderzoeker en liefst ook ieder wetenschappelijk onderlegde landbouwer zich een duidelijk beeld van den grond kan vormen. De grond is evenwel geen dood medium. De grond is integendeel het levende omhulsel onzer aarde, dat door de zonne-energie, door het atmosferische water, door organismen en door de menschelijke cultuur voortdurend wordt veranderd. Terwijl de geoloog in het verweeren van de gesteenten een afstervingsproces ziet, is dit verschijnsel voor den bodemkundige de geboorte van een nieuw individu. De bodemkundige ziet den bodem leven en groeien en andere gestalten aannemen; hij leert hem kennen in zijn jeugd, vol rijkdom en kracht;

hij ziet den bodem meer en meer veranderen en ouder worden, om eindelijk als elk leven, dat in zich bergt de kiem van den dood, af te sterven en tot zijn oorsprong terug te keeren. En dit sterven van den bodem is voor den geoloog de geboorte van een nieuw gesteente. Of anders gezegd: wij zien bij het verweeren van de gesteenten het stabiele evenwicht verstoord; uit een toestand van rust ontstaat een toestand van voortdurende verandering, die echter — gehoorzamen aan de natuurwetten — steeds minder metastabiele evenwichten opzoekt, om ten slotte weer te eindigen in den stabielen kristallijnen toestand. De geoloog stelt in wat wij zouden kunnen noemen de *physiologie* van het gesteente, slechts matig belang; voor hem zijn de stabiele begin- en eindstadia de hoofdzaak; voor den bodemkundige is het juist omgekeerd.

Het instituut voor grondonderzoek heeft dus mede tot taak het opsporen van de *veranderingen*, die de grond ondergaat. De bodemkundige moet trachten een inzicht te verkrijgen in de processen, die zich in den grond afspelen.

Te Wageningen en later te Groningen is meer in het bijzonder een studie gemaakt van een tweetal onderwerpen op dit gebied: de adsorptieverschijnselen in den grond en de bodemzuren. Met een enkel woord zal worden getracht ook van deze gebieden althans een indruk te geven.

De adsorptieverschijnselen. De klei- en humus-substantie houdt de basen kalk, magnesia, kali en natron gebonden. Een gedeelte van deze basen is gemakkelijk tegen andere basen uit te wisselen. Bij behandeling van den grond — bijv. met eene oplossing van ammoniumchloride — worden de basen kalk, magnesia, kali en natron uit den grond met groote snelheid tegen ammonium uit de oplossing uitgewisseld. In verschillende publicaties¹⁾ is uiteengezet, waarom deze uitwisselbare basen als adsorptief gebonden kunnen worden opgevat, dat is gebonden

¹⁾ Bijdragen tot de kennis van de adsorptie-verschijnselen in den bodem door Dr. D. J. Hissink. VI. De methode ter bepaling van de adsorptief gebonden basen in den bodem en de beteekenis van deze basen voor de processen, die zich in den bodem afspelen. Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen der Rijkslandbouwproefstations, No. 24 (1920), 144—250.

in de grenslaag tusschen de vaste phase (de grond) en de vloeistofphase (de bodemoplossing).

Het grootte belang, dat de studie van de uitwisselbare of adsorptief gebonden basen voor de bodemprocessen bezit, kan misschien het beste toegelicht worden aan het verloop van het verouderingsproces van onze zeekleiafzettingen.

Het slib van de rivieren ondergaat, wanneer het met het zeewater in aanraking komt, onder invloed van het keukenzout van het zeewater de volgende verandering:

kalkklei + keukenzout \rightleftharpoons natronklei + calciumchloride.

Bij deze omzetting wordt dus de kalk uit de klei-substantie gedeeltelijk door natron vervangen. Dientengevolge bestaat de kweldergrond uit wat we kunnen noemen natronklei, d. i. klei, waarin de uitwisselbare kalk gedeeltelijk door natron is vervangen.

Het verweeringsproces, dat zich na de indijking in den poldergrond afspeelt, kan nu in groote trekken in vier phasen worden onderscheiden.

1/. Omzetting van de natronklei in kalkklei.

De ingepolderde kweldergrond is rijk aan koolzure kalk. Na de indijking lost de koolzure kalk in het koolzuurhoudende bodemwater op en dit calciumbicarbonaat zet de natronklei weer in kalkklei om. Zoo bevat de kweldergrond van het Munnikeveen (Dollard) 0.32% uitwisselbare kalk, terwijl het gehalte aan uitwisselbare kalk in den grond van den in het jaar 1862 ingedijkten Reiderwolderpolder weer tot 0.67% is gestegen.

In het overgangsstadium van kweldergrond tot poldergrond moet de jonge polder zeer voorzichtig worden behandeld. Natronklei toch peptiseert gemakkelijk. Vooral bewerking in natten toestand is sterk af te raden. Menige jonge polder heeft juist ten gevolge van onoordeelkundige grondbewerking eene langdurige sukkelperiode doorgemaakt.

De omzetting van de kalkklei in natronklei speelt mede een groote rol bij de processen, die zich na eene overstroming met zout water in kleigrond afspeelen. De slechte structuur van door zeewater geteisterde kleigronden staat met de vorming van de natronklei in nauw verband.

2/. De poldergrond is oorspronkelijk rijk aan koolzure kalk. Als tweede fase van het verouderingsproces is het proces van de uitspoeling van de koolzure kalk op te vatten. Van Bemmelen heeft dit uitloogingsproces van de koolzure kalk aan de succ. ingedijkte Dollardpolders nagegaan.

3/. Na de uitspoeling van de koolzure kalk komt de kalk uit het kleihumuscomplex aan de beurt. Met den achteruitgang van het kalkgehalte in het kleihumuscomplex gaat eene langzame peptisatie van dit complex gepaard, wat weer van ongunstigen invloed op de structuur van den grond is. De mooie kruimelstructuur van den jongen kleigrond gaat meer en meer verloren, om plaats te maken voor de slechte enkelkorrelstructuur.

4/. De kalkarme gepeptiseerde klei-humusdeeltjes sijpelen met het bodemwater mee naar beneden en zetten zich in diepere lagen als meer of minder harde banken af. Op deze wijze ontstaan in de kleigronden de harde ondoorlatende kniklagen onder de bouwvoor. Onder analoge omstandigheden vormen zich in zandgronden onder afzettingen van zuren humus banken van humuszandsteen.¹⁾

Uit dit overzicht van het verloop van het verweeringsproces kan tevens het groote belang van kolloïdchemische studiën voor de bodemkunde blijken. Wiegner gaat zelfs zoover, dat hij de geheele bodemchemie als dispersoidchemie opvat.

De bodemzuren. Aangenomen wordt, dat zowel in de kleisubstantie als in den humus zuren voorkomen. De „kleizuren” zullen wel een soort van aluminium-kiezelzuren zijn; de „humuszuren” zijn organische zuren van nog zoo goed als onbekende samenstelling.

De kleizuren. De kleizuren zijn een soort van aluminiumkiezelzuren. Het zijn zeer zwakke, in water bovendien nagenoeg onoplosbare zuren, die dus slechts uiterst geringe hoeveelheden waterstofionen in de bodemoplossing zullen instuwen. De waterige suspensie van kleigronden, die alleen vrije kleizuren bevatten, dus geen humuszuren en geen basisch-

¹⁾ De Bodem door Dr. D. J. Hissink in Dr. K. W. van Gorkom's Oost-Indische Cultures, 2de druk (1917), Deel I, blz. 71 e.v.

ferrisulfaat, moet ongeveer neutraal reageeren, wat het onderzoek heeft bevestigd (P-H ongeveer 6.5 à 7).

Op de groote beteekenis van de aanwezigheid van deze uiterst zwakke kleizuren, zoowel voor de verweeringsprocessen, als voor de physiologische processen in den grond wordt de aandacht gevestigd.

De humuszuren. Bij het onderzoek naar de physische constanten van humuszuren stuit men op verschillende moeilijkheden. Gememoreerd wordt alleen deze, dat het zeer lastig is een zuiver preparaat voor het onderzoek te krijgen. Als voorloopig resultaat kan onder het noodige voorbehoud worden medegedeeld, dat in het humuscomplex naast zeer zwakke zuren waarschijnlijk ook een zuur van matige sterkte voorkomt, zoo ongeveer tusschen azijnzuur en het eerste koolzuur in staande.

Uit het bovenstaande volgt, dat er groote verschillen in de sterkte tusschen kleizuren en humuszuren optreden. Een bepaald zure reactie van de waterige grondsuspensie (P-H ongeveer 6 en zuurder) is in normale gevallen aan de aanwezigheid van zuren humus toe te schrijven. Tot de abnormale gevallen zijn bijv. te rekenen de kleigronden, die tengevolge van de aanwezigheid van basisch-ferrisulfaat zuur reageeren. Deze kennis van het verschil in sterkte van de bodemzuren is in staat een beter inzicht in eenige bodemprocessen te geven. Het beste kan dit worden toegelicht door een en ander over den verzadigingstoestand van den grond mede te deelen.

De verzadigingstoestand van den grond. De klei- en humussubstantie van alle gronden in Nederland is in staat — naast de basen, die aanwezig zijn — nog meer basen te binden. Dit feit bewijst, dat in deze gronden, nog vrije klei- en humuszuren voorkomen. De klei- en humuszuren in de Nederlandsche gronden zijn dus slechts gedeeltelijk met basen verzadigd. Onder den verzadigingstoestand van den grond *V* verstaat men nu de verhouding tusschen de hoeveelheid adsorptief gebonden basen, die aanwezig zijn *S* tot de hoeveelheid *T*, die totaal aanwezig kan zijn:

$$V = \frac{S}{T} \times 100$$

Uit hetgeen hierboven over de sterkte van de kleizuren gezegd is, volgt dat de verzadigingstoestand van de kleizuren van weinig invloed op de waterstofionenconcentratie van de bodemoplossing zijn zal. Zelfs bij sterke onderverzadiging zal de kleisuspensie nog vrijwel neutraal of althans zeer zwak zuur reageeren. Als voorbeeld wordt een grond B 804 genoemd, vrij van koolzure kalk en zeer humusarm, met verder weinig kalk in het kleicomplex en vrij van zure sulfaten. De waterige suspensie reageert nagenoeg neutraal ($P-H = 6.7$). Toch kunnen dergelijke sterk onderverzadigde, nagenoeg neutraal reagerende kleigronden onder de zure gronden worden gerangschikt, omdat zij met een oplossing van een neutraal zout (bijv. zwavelzure kali) geschud, een zuur filtraat geven.

Bij humuszuren staat de zaak anders. Bij sterke onderverzadiging kan de $P-H$ tot de waarde 5, 4 en zelfs tot nog zuurder waarden stijgen. Nu weet men nog wel weinig van den optimum-zuurgraad van de bodemoplossing af, maar naar alle waarschijnlijkheid ligt deze voor de meeste cultuurplanten toch vrijwel om en om het neutrale punt. Een zuurgraad van 4 à 3.5 is voor de cultuurplanten ongetwijfeld te zuur.

Uit een en ander volgt, dat de wijzigingen in den verzadigingstoestand bij humusgronden meer invloed zullen uitoefenen op de physiologische en de bacteriologische processen, terwijl daarentegen bij kleigronden meer de kolloidchemische gevolgen van de onderverzadiging naar voren zullen treden. Tengevolge van de uitspoeling van de kalk uit de kleisubstantie peptiseeren de kleideeltjes; de kruimelstructuur gaat verloren, er vormen zich tenslotte harde, ondoorlatende kniklagen onder de bouwvoor.

Het gesprokene wordt aan een tweetal tabellen nader toegelicht. De eerste tabel heeft betrekking op eenige humushoudende zandgronden, z.g.n. dalgronden (mengsels van zand en hoogveenhumus). Er zijn te onderscheiden drie rubrieken, n.l.

	P-H	Kalkgehalte van den humus	Verzadigingstoestand (V)
a) zure gronden	± 5	1.4—1.9%	12—16
b) neutrale gronden	± 6	2.4—3.0%	23—24
c) alkalische gronden	± 7.5	4.6—4.7%	36—37

In deze gronden, die geen klei bevatten, doch naast zand alleen humus, valt een sprekend verband tusschen het kalkgehalte van den humus, den verzadigingstoestand (V) en de waterstofionenconcentratie (P-H) te constateeren.

In een tweede tabel worden de resultaten medegedeeld van het onderzoek van een collectie kleigronden en sterk humushoudende kleigronden, mengsels van klei en laagveenhumus. Sommige van deze gronden bevatten meer of minder groote hoeveelheden basisch-ferrisulfaat. De goede gronden van deze rubriek zijn vrij van basisch-ferrisulfaat; sommige bevatten koolzure kalk, doch steeds komt een voldoende hoeveelheid kalk in het klei-humus-complex voor. De reactie van de waterige suspensie is zwak alkalisch. (P-H van 7.1—7.9). De slechte gronden van deze rubriek bevatten daarentegen geen koolzure kalk en weinig kalk in het klei-humus-complex; sommige zijn rijk aan basisch-ferrisulfaat. De reactie van de waterige suspensie's is zuur (P-H van 3.5—5.7). De zure reactie wordt veroorzaakt of door zuren humus of door basisch-ferrisulfaat. Soms komt een overgangstype voor (P-H = 6.4).