

RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION TE GRONINGEN.

Bepaling van het gehalte vrije en gebonden humus in zand- en veengronden

DOOR

N. L. SÖHNGEN, A. KNETEMANN en K. T. WIERINGA.

HOOFDSTUK I.

Vroegere onderzoekingen over Haverziekte, Hoog- halensche ziekte, Eigenschappen en samenstelling van den Humus.

De aanleiding tot de volgende onderzoekingen was het optreden van bodemziekten in zand- en veengronden in Nederland en in andere landen als Duitschland en Denemarken.

In ons land openbaarde zich omstreeks 1905 en later op vele landerijen een vruchtbaarheidsafname van den grond, die zich vooral bij graangewassen deed gevoelen en waarvan de haver het ernstigst te lijden had.

Door Sjollema en Hudig ¹⁾ werd deze vruchtbaarheidsafname als een bodemziekte beschouwd en *Veenkoloniale haverziekte* genoemd, overeenkomend met de in 1914 door Krüger en Wimmer ²⁾ beschreven Dörrfleckenkrankheit. Aan deze publicatie waren in 1900 reeds mededeelingen van Willfarth en Wimmer ³⁾ en van Krüger en Wimmer ⁴⁾ in 1910 voorafgegaan over ziekte in suikerbieten, die toegeschreven werd aan een alkalische bodemreactie.

Sjollema en Hudig ⁵⁾ komen tot de conclusie, dat de haverziekte het gevolg is van een te sterke alkalische bemesting. *De oorzaak ligt in de schadelijke verandering van sommige*

¹⁾ Verslagen van Landbouwkundige onderzoekingen der Rijkslandbouwproefstations No. 5, 1909, bladz. 29.

²⁾ Mitteilungen der Herzoglich Anhaltischen Versuchstation S. 43.

³⁾ Zeitschrift des Vereins der Deutschen Zucker-Industrie 1900, S. 173.

⁴⁾ " " " " " " " " 1910, S. 370.

⁵⁾ Verslagen van Landbouwkundige onderzoekingen der Rijkslandbouwproefstations No. XII, 1912 en No. XV, 1914.

2095537

humusstoffen. (De Veenkoloniale Haverziekte door J. Hudig, blz. 7).

Als remedies worden opgegeven: toevoegen aan den zieken grond van veen, superphosphaat, modder uit slooten, afval van aardappelmeelfabrieken, physiologisch zure zouten en mangaansulfaat. Van de eerstgenoemde stoffen is de heilzame werking te begrijpen, omdat zij alkali binden en dus de relatieve alkaliteit verminderen. Van de bij toeval gevonden werking van het mangaansulfaat, dat in buitengewoon geringe hoeveelheid als b.v. 50 K.G. per H.A. een inderdaad verrassende genezing kan veroorzaken, is door genoemde onderzoekers geen verklaring gevonden.

Krüger en Wimmer ontkennen de gunstige werking van mangaansulfaat, hetgeen ongetwijfeld op een vergissing moet berusten, aangezien hier te lande tallooze voorbeelden de bruikbaarheid van het middel tot genezing der planten hebben beezen.

Ook Clausen¹⁾ is het eens met Sjollemma en Hudig over de goede resultaten die mangaansulfaat oplevert.

In algemeene trekken zijn de onderzoekers het er over eens, dat de haverziekte ontstaat na langdurige alkalische bemesting en dat physiologisch zure zouten en alkalibindende stoffen als geneesmiddelen goede resultaten geven. Krüger en Wimmer leggen meer nadruk op den invloed der resten van de zouten der kunstmest op de gewassen en drukken zich minder scherp uit over den invloed der bodemreactie als Sjollemma, Hudig en Clausen.

Als voorbehoedmiddel raden Krüger en Wimmer, norgesalpeter en een mengsel van chilisalpeter en ammoniumsulfaat aan en waar reeds te veel kalk in den bodem is, het gebruik van ijzerchlorid of ijzersulfaat en van zwavel, terwijl verder een verhooging van het humusgehalte door stalmest en groenbemesting gunstig werkt. Een zekere angst voor overvloedig gebruik van kunstmest spreekt uit de goeheel verhandeling.

Daar nu volgens deze onderzoekingen veel kalk in den bodem, in het algemeen veel alkali, tot het optreden van de haverziekte aanleiding geeft, werd de kalkbemesting op vele landerijen verminderd of niet meer toegepast en nu zagen we in 1913 en 1914 een nieuwe ziekte zich vertoonen, welke het eerst bij Hooghalen werd waargenomen en door Hudig de Hooghalensche ziekte is genoemd. Spoedig zal een uitvoerige beschrijving dezer nieuwe ziekte door Hudig gegeven worden, zoodat hier slechts in enkele hoofdtrekken er iets over medegedeeld wordt.

Evenals bij de haverziekte zijn de graangewassen ook voor deze ziekte het gevoeligst. De velden zijn eveneens pleksgewijze minder donker groen gekleurd, echter verkrijgen de plantjes niet de typische knik in de bladen en is het blad niet op de eigen-

¹⁾ Illustrierte Landwirtschaftliche Zeitung 1913, nr. 7.

aardige wijze gevlekt, maar verdort meer van de punt af; ook ontrollen de bladeren moeilijk en heeft de geheele plant een zeer verkommerd uiterlijk. Droogte is evenals bij de haverziekte fataal voor het gewas. Bemesting met chili werkt hier gunstig, terwijl deze juist een tegengestelde werking op haverzieken grond uitoefent. Als geneesmiddel tegen deze ziekte dienen mergel, slakkenmeel en physiologisch alkalische zouten, zooals nitraten. Niet alleen bij graangewassen, maar ook bij bieten, aardappelen en zelfs bij onkruiden is de ziekte waargenomen.

Met behulp van proefvelden is nu vastgesteld, dat een Hooghalensch zieke grond door alkalische bemesting gezond en een gezonde door zure bemesting Hooghalensch ziek kan worden.

Aberson ¹⁾, hoewel de invloed van zure en alkalische bemesting op den bodem geenszins ontkennend, heeft zich de vraag gesteld, waardoor de bodemziekten eigenlijk worden veroorzaakt.

In de eerste plaats werd van tal van gronden de waterstofionconcentratie van bodemextracten bepaald en uit de verkregen cijfers blijkt, dat de verschillen tusschen de waterstofionconcentraties van haverzieke, gezonde en Hooghalensch zieke gronden zoo gering is, dat daaraan onmogelijk het ontstaan van de ziekten in de planten kan worden toegeschreven, zooals uit de volgende voorbeelden blijkt.

In het bodemvocht van veldmonsters van zand- en veengronden werd door bepaling van de waterstofionconcentratie in het filtraat gevonden $P_H = 3,5$ à 7 zowel voor haverzieke als voor gezonde monsters.

In potproeven met zuiver zand, waarbij de meststoffen als anorganische oplossingen werden gegeven, veranderde de waterstofionconcentratie niet, ook niet na een 5-jarige voortzetting der proeven. De waterstofionconcentratie bleef gelijk: $P_H = 5,9$ à $6,2$ en noch bij alkalische, noch bij zure bemesting trad ziekte op. Potproeven in zand met humushoudenden grond gaven evenmin verandering van de waterstofionconcentratie. P_H bleef $5,5$ — $7,4$; er waren geen ziekteverschijnselen. Tenslotte werden nog culturen in potten aangelegd met kunstmatigen dalgrond. Ook hier bleef de waterstofionconcentratie gelijk ($P_H = 3,5$ — $7,0$).

Ook het meermalen door verscheidene onderzoekers o.a. Aberson geconstateerde feit, dat zieke grond in een pot gebracht direct gezonde planten geeft, kan worden aangevoerd als bewijs, dat de waterstofionconcentratie van het bodemvocht niet de onmiddellijke oorzaak der ziekte kan zijn, daar toch door het in een pot brengen van grond de waterstofionconcentratie van het bodemvocht niet zal veranderen.

De resultaten van een groot aantal bepalingen van de waterstofionconcentraties van grondmonsters, die in het microbiolo-

¹⁾ Bijdrage tot de kennis der z.g. physiologisch zure en alkalische zouten en hun beteekenis voor de verklaring der Bodemziekten. Mededeelingen van de Rijks Hoogere Land-, Tuin- en Boschbouwschool, deel XI 1916.

gisch laboratorium zijn verkregen, leidden ook tot de gevolgtrekking, dat de verschillen in waterstofionenconcentratie van het bodemvocht niet de onmiddellijke oorzaak van de ziekten kunnen zijn. Wel hadden alkalisch zieke gronden in het algemeen een iets lagere waterstofionenconcentratie als zure en gezonde gronden. Zoo werd b.v. gevonden voor haverzieke gronden: $P_H = 7,4$ en $7,1$, voor gedestilleerd water $P_H = 6,5$, voor Hooghalensch zieke en gezonde gronden b.v. $P_H = 4,9$ en $5,2$.

Een geheel ander inzicht in de oorzaak dezer ziekten gaf A'ber'son door zijn proeven over de aanwezigheid van nitrieten in den bodem, waarvan de hoeveelheid onder bepaalde omstandigheden belangrijk kan zijn, vooral in zieke gronden. Tevens werd uit de zieke gronden een bacterie geïsoleerd, de *Bacillus nitrosus*, welke op energieke wijze nitraten tot nitrieten afbreekt en dus krachtig meewerkt om de hoeveelheid nitriet in de zieke gronden te verhoogen. Zoo vond A'ber'son b.v. in haverzieke grondmonsters, direct uit het veld genomen, per K.G. grond met 25 pct. vocht, 18 m.g. resp. 14 m.g. $NaNO_2$. Rekent men, dat dit alleen in het bodemvocht aanwezig is, dan vindt men 0,07 pct. resp. 0,056 pct. $NaNO_2$. Volgens Molisch is in waterculturen 0,002 pct. nog niet schadelijk, 0,01 pct. echter wel. Geheel gezonde grond bevatte geen nitriet. Werd de zieke grond in potten gebracht, dan trad geen haverziekte op en kon ook geen nitriet aangetoond worden. Zieke grondmonsters gebracht in cilinders die in den grond gegraven zijn, gaven wel haverziekte en hier werd ook nitriet aangetoond. Niet alleen in zuur- en alkalisch zieke zand- en veengronden, maar ook in zieke kleigronden werd nitriet gevonden; nooit echter in gezonde gronden.

A'ber'son's onderzoek leidde hem tot de volgende conclusies:

1. De zoogenaamde physiologisch zure en alkalische zouten hebben weinig invloed op de reactieverandering van den grond; in potten kan de reactieverandering nog van eenige beteekenis zijn, op het vrije veld worden de producten die zich vormen door den regen weggespoeld.

Wel wordt de kalk door voortdurende bemesting met zwavelzuren ammoniak sterk uitgespoeld en ontstaan daardoor veranderingen in de physische en chemische eigenschappen van den grond, die soms zeer nadeelig zijn.

2. De physiologisch zure en alkalische zouten veroorzaken de ziekten niet die onder den naam van Veenkoloniale haverziekte of Hooghalensche ziekte bekend zijn.

3. Deze zoogenaamde „bodemziekten” worden veroorzaakt door salpeterigzuur of salpeterigzure zouten, die uit de nitraten door *Bacillus nitrosus* gevormd worden.

4. Een zeer geringe hoeveelheid nitriet, slechts enkele milligrammen per K.G. grond, is reeds voldoende om de ontwikkeling der planten tegen te houden of om ze te doden.

5. Door verbetering der nitrificatie wordt de ziekte geheel opgeheven, op de verschillende grondsoorten moet dit op verschillende wijze geschieden.

6. Voortdurende bemesting met groote hoeveelheden kunstmest doodt de nitrificerende bacteriën of benadeeld ze zoo sterk, dat ze bij eenige ongunstige omstandigheden door de nitrietvormers worden overvleugeld.

De publicatie van Aberson verscheen in den herfst van 1916, toen reeds met de onderzoekingen over de humus in het microbiologisch laboratorium te Groningen was aangevangen. In dezen tijd van het jaar kunnen proeven over het ontstaan van nitrieten, welke in de lente, na de bemesting, moeten plaats hebben, niet meer worden verricht. Wel zijn daarover hier enkele voorloopige proeven genomen, ook in verband met onderzoekingen over de bodembacteriën, maar het verkregen materiaal is nog niet geschikt voor publicatie. Het volgende onderzoek handelt dan ook hoofdzakelijk over enkele concrete vragen betreffende de bodemaciditeit en den invloed daarvan op gewassen, terwijl de directe invloed van microbiologische processen terwille van de noodzakelijke beperking van het aantal gestelde vragen buiten beschouwing is gelaten.

Eigenschappen van den Humus.

Over de eigenschappen van den humus zijn de meeningen verdeeld, hetgeen waarschijnlijk het gevolg is van de samengesteldheid der verbindingen waaruit deze stof is opgebouwd, waarvan de bouw, noch de samenstelling bekend zijn. Onder humus moeten we dan verstaan *de moeilijk aantastbare rest van de organische stof in den grond, waartoe planten en dieren vergaan*. Bij de humuswording, de humificatie, verdwijnen de gemakkelijk aantastbare producten, zooals eiwitten en suikers door microbenwerking allereerst, dan volgen zetmeel, cellulose en vetten, eindelijk harsen, lignin, en er blijft een product achter dat geen dezer stoffen bevat, donkerbruin is, met een koolstofgehalte van ± 60 pct. en dat zeer merkwaardige eigenschappen bezit, welke voor de vruchtbaarheid van den grond van het grootste belang zijn.

Het spreekt van zelf, dat een stof die op de bovenbeschreven wijze is ontstaan en verder aan weer en wind blootgesteld, groote weerstand kan bieden tegen chemische en biologische invloeden. Toch verdwijnt de humus langzaam door microbenwerking en oxydatie en wordt tot koolzuur en water; gaat dus den weg van alle organisch materiaal.

Dat deze merkwaardige stof velen aan den arbeid heeft gezet is geen wonder en daar op een zoo duister terrein de weg moeilijk te vinden is, meenden velen in totaal verschillende richtingen de juiste gevonden te hebben.

Laten we nu den kunstmatigen humus, langs chemischen weg

verkregen door behandeling van koolhydraten of eiwitten met zuren of alkaliën buiten bespreking en bemoeien we ons alleen met de natuurlijke humus, dan zien we naast een streven om de samenstelling van de humus te bepalen, een zoeken naar de eigenschappen in twee richtingen, n.l. in de chemische en in de fysieke.

Bij de bepaling van de samenstelling van de humus bestond natuurlijk de onderstelling, dat de organische wereld in den bodem tot één bepaalde verbinding zou vergaan en na tal van pogingen door chemici als Sprengel ¹⁾, Berzelius ²⁾, Hoppe-Seyler ³⁾ en anderen, om de samenstelling van de humus te bepalen, tengevolge waarvan verscheidene formules voor humus werden opgesteld als $C_{32}H_{32}O_{14}N_2$, $C_{60}H_{48}O_{24}$, $C_{30}H_{30}O_{15}$, $C_{30}H_{24}O_6N_6$, hebben Berthelot en André ⁴⁾ het nog eens ernstig geprobeerd, doch ook zonder succes. Blijkbaar heeft de humus niet één bepaalde samenstelling. De verschillend gevonden samenstellingen zijn misschien ook nog voor een deel het gevolg van de wijze waarop het materiaal voor de onderzoekingen eerst uit de natuurlijke producten bereid is. Door E. Merck, Chemische fabriek te Darmstadt, wordt nu echter chemisch zuiver acidum humicum in den handel gebracht met de formule $C_{40}H_{26}O_{13}$, hetgeen wel uit suikers bereid zal worden.

Sprengel, die zoo juist genoemd is als een van de chemici die zich met het humusonderzoek hebben bezig gehouden, heeft reeds in 1826 een uitstekend onderzoek daarover verricht; dezelfde Sprengel, die vóór Liebig de *noodzakelijke elementen van de plant vaststelde, de bemestingsleer met anorganische verbindingen opbouwde en de toepassing van de zoogenaamde kunst-mest aanpreef*. Nog steeds echter vindt men Liebig als de ontdekker van deze nieuwe richting genoemd. Het onderzoek van Sprengel over de humus is even origineel en hoewel bijna 100 jaar geleden verricht, gelden de meeste van zijn resultaten ook heden nog. Hij beschouwde *de zwarte stof in de aarde als een zuur, het zoogenaamde humuszuur* en bepaalde daarvan verschillende eigenschappen. Het *zuivere humuszuur* werd op de volgende wijze bereid.

Turf of *humusrijke grond* werd met verdund zoutzuur behandeld, daarna uitgespoeld en met verdunde kali- of natronloog of ammoniak uitgetrokken, waardoor een donkerbruine vloeistof ontstond, die van de rest gefiltreerd werd en waaruit met zuur een zwartbruin neerslag, het zoogenaamde humuszuur bezinkt. Door dit zuur nog eens op te lossen in loog en weer te precipi-

¹⁾ Arch. für die gesammte Naturlehre VIII Bd. Nürnberg 1826, S. 145—220.

²⁾ Lehrbuch der Chemie III Auflage übersetzt von Wöhler 1839, VIII Bd. S. 398 en 405.

³⁾ Zeitschrift für Physiolog. Chemie: XIII Bd. 1889, S. 66—121.

⁴⁾ Recherches sur les substances humiques Ann. de chimie et de physique 1892, p. 364—422.

teoren met zuur, werd een *product verkregen, dat bij verbranding een uiterst geringe hoeveelheid asch achterliet* en nagenoeg geheel uit organische stof bestond. Als samenstelling wordt opgegeven: 58 pct. C, 2 pct. H en 40 pct. O. Volgens Sprengel is deze stof 1 : 6500 in koud, en 1 : 150 in kokend water oplosbaar en is ze negatief electrisch.

De zouten der alkalimetalen zijn oplosbaar in water, die van alle andere metalen daarin onoplosbaar. De zouten zijn niet zeer bestendig, zoo wordt b.v. calciumhumaat door koolzuurhoudend water ontleed in humuszuur en $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

Humuszuur drijft andere zuren uit, zegt Sprengel, b.v. phosphorzuur uit phosphaten, koolzuur uit carbonaten; maar ook gedeeltelijk andere minerale zuren, b.v. zoutzuur en zwavelzuur uit respectievelijk chloriden en sulfaten.

Hoewel nu door Mulder ¹⁾, Hoppe-Seyler, Mayer ²⁾ en anderen veel materiaal over het onderwerp is verzameld, is het wezen der humus er ons niet veel duidelijker door geworden. Zoo is naast het *humuszuur* b.v. het *polymeer humin* naast *ulminezuur* het *almin*, verder het *kreeenzuur* en *apokreeenzuur* ontdekt, welke stoffen we onder den naam *humus* zouden kunnen samenvatten.

Zooals reeds opgemerkt, is *humus niet één verbinding*, maar moeten we haar beschouwen als een groep verbindingen. Nu had reeds Sprengel gevonden, dat humus in staat is zouten te ontleeden onder vrijstelling van het zuur en hierover heeft b.v. Kissling in 1883 ³⁾, uitgebreide proeven gedaan waaruit volgde, dat deze hoeveelheden zuur nogal belangrijk kunnen zijn; zoo werd b.v. door 100 gram heidehumus, uit phosphoriet 0,5 gram phosphorzuur vrijgemaakt, terwijl deze hoeveelheid steeg tot 0,75 gram, door toevoeging van K_2SO_4 of NaNO_3 . Daarentegen verminderde de hoeveelheid phosphorzuur belangrijk, indien aan de humus tevens b.v. K_2CO_3 of CaCO_3 werd toegevoegd.

Over deze zoogenaamde absorptieverschijnselen heeft van Bommel ⁴⁾ in 1890 onze kennis in nieuwe banen geleid en als gevolg van zijne onderzoekingen beschouwt hij de humus als een *kolloid*, niet als een zuur waarmee basen direct zouten geven, maar overgangsadsorptieverbindingen zonder bepaalde samenstelling, terwijl geen kristallijne humaten bestaan. Tot veel scherper meening komt Baumann ⁵⁾ (directeur der Königl. Bayerische Moorkultur Anstalt). In zijn publicatie vindt men met buiten-

1) Chemie der Bouwbare aarde 1e deel.

2) Ueber die Humussäuren des Bleisandes und Ortsteins. Deutsche Landw. Versuchsstationen 1904, 60, S. 475.

3) Ueber den Einfluss welchen gewisse Salze auf das Aufschliessungsvermögen gewisser Moorbildungen ausüben. Landw. Jahrbücher XII, 1883, S. 192

4) Die Absorptionsverbindungen und das Absorptionsvermögen der Ackererde. Landw. Versuchsstationen 35 Bd. 1888, S. 83.

5) Mitteilungen der Bayer. Moorkulturanstalt Heft 4, 1910.

gewoon vette letters zijn hoofdconclusie *Was man Sphagnumsäure und Humussäure genannt hat, ist nichts anderes als die Zellohaut der hyalinen Sphagnumzellen.*

Deze meening van Baumann is gebaseerd op onjuiste gevolgtrekkingen uit een groot aantal experimenten, welke aantoonen dat humus adsorptieverbindingen vormt. Echter berust de uitspraak dat humuszuur geen zuur is, ten eenenmale op een vergissing van Baumann en kan ook niet uit zijn proeven worden afgeleid.

Het afdoende bewijs dat humuszuur wel degelijk een zuur is, is het feit dat waterstof-atomen in humuszuur door metalen vangbaar zijn, zooals in het microbiologisch laboratorium te Groningen is gevonden.

De volgende proef geeft dit bewijs. Voegt men aan ± 30 gr. grond, waarvan niet alle humus gebonden is, in een kolfje met afvoerbuis, vijlsel van een metaal, b.v. ijzer of zink toe, en vult geheel aan met water, dan ontwijkt uit het bezinksel (grond + metaal) een stroom waterstof waarvan de snelheid toeneemt bij stijgende temperatuur, terwijl ijzer en water zonder grond ook bij toevoegen van neutrale electrolyten, practisch geen waterstof ontwikkelt, zelfs niet bij 100° (vergelijk de inwerking van Mg op water bij aanwezigheid van NH_4Cl). Zink en water geven bij gewone temperatuur geen waterstofontwikkeling, bij 100° een geringe hoeveelheid. Het kwantum H_2 , dat door een bepaalde hoeveelheid grond met ijzervijlsel wordt vrijgemaakt, is ongeveer evenredig aan de hoeveelheid vrij humuszuur in den grond aanwezig.

Dat de richting, die de hoofdeigenschappen der humus op physisch gebied voert, niet onbestreden bleef, blijkt uit mededeelingen van Tacke¹⁾, waarin een bepaling van de aciditeit van de grond wordt beschreven en waarin aangenomen wordt dat de humus zure eigenschappen bezit. De bepaling werd op de volgende wijze uitgevoerd:

Aan verschen veengrond werd een hoeveelheid fijn geprecipiteerd krijt toegevoegd en het vrij gemaakte koolzuur door middel van een waterstofstroom naar een koolzuurabsorptie-apparaat gedreven en getitreerd. De bepalingen met eenzelfde grond, geven overeenstemmende resultaten bij gewone temperatuur; echter wordt door verhitting op 100° nog ± 30 pct. meer koolzuur vrij gemaakt. In zooverre kloppen de bepalingen dus niet. Ook proeven van Tacke over het bepalen van de hoeveelheid phosphorzuur, door verschillende gronden vrij gemaakt, toonen geen proportionaliteit aan tusschen de hoeveelheid vrije humus en de hoeveelheid vrij gemaakt phosphorzuur uit phosphaten. Toch blijft Tacke aan het begrip humuszuur vasthouden. Uit de onderzoekingen in het volgende hoofdstuk beschreven zal de oorzaak van de minder goede overeenstemming van Tacke's resultaten blijken.

¹⁾ Chemiker Zeitung 1897. bladz. 174.

Het groote belang van de bepaling van de aciditeit van den bouwgrond werd door Tacke zeer duidelijk op den voorgrond gesteld als hij opmerkt: *es ist ausserordentlich wünschenswert, eine Methode zu besitzen, durch welche die Acidität des Moorbodens mit befriedigender Schärfe ermittelt werden kann.*

Verscheen deze publicatie na van Bemmelen's mededeelingen over de humus, evenzoo spoedig werd Baumann's vernietigende publicatie over de zuur-theorie gevolgd door Sven Odén's ¹⁾ onderzoekingen waarin wordt medegedeeld, dat er:

1°. *Kolloïd vrije ammoniumhumaatoplossingen bestaan;*

2°. *dat natriumhumaat kristalleert in spheriten;*

3°. *dat het equivalent van humuszuur ongeveer 339 is, hetgeen vastgesteld werd door middel van geleidbaarheidsbepalingen.* Wij hebben deze methode van Sven Odén toegepast om de hieronder beschreven diffusie-methode te controleeren.

Er zijn dus twee uitgesproken meeningen; volgens de eene (Sprengel, Mulder, Kissling, Tacke en Sven Odén) zijn de hoofdeigenschappen van de humus het gevolg van de aanwezigheid van zure groepen; volgens de andere (van Bemmelen en Baumann) moeten deze toegeschreven worden aan de kolloïdale toestand van de humus.

Op een bijzondere wijze heeft Christensen ²⁾, Directeur van het Staatslaboratorium te Kopenhagen, een methode gevonden om de reactie van den grond tegenover gewassen te leeren kennen ten einde daardoor een middel te vinden om de zure ziekte (Hooghalensche ziekte), die toen reeds in Denemarken veel schade berokkende, te kunnen bestrijden.

Christensen is hierin geslaagd met behulp van den Azotobacter, een stikstofbindende bacterie, die uiterst zuurgevoelig is en waarmee hij zure gronden kan onderscheiden van neutrale of alkalische. Door de ontdekking dat de Azotobacter op niet gekalkte kalkbehoefte gronden niet voorkwam ³⁾ en meestal wel op gekalkte werd hij tot deze methode gebracht.

In de Veenkoloniale gronden werden volgens onderzoekingen in het Microbiologisch Laboratorium te Groningen in 5 gr. grond steeds Azotobacters aangetroffen, zoowel in zuurzieke, gezonde, als haverzieke gronden. In de zuurzieke en de meeste gezonde gronden is het aantal Azotobacters veel geringer dan in haverzieke gronden, hetgeen daaruit blijkt dat haverzieke grond in Christensen's kultuurvloeistof direct een azotobacterhuid geeft, terwijl vele gezonde en alle zuurzieke gronden in dezelfde vloeistof na krijt toevoegen pas na eene overenting goeden groei geven.

¹⁾ Ueber die Natur der Humussäure. 1912. Uit het scheik. lab te Upsala.

²⁾ Centralbl für Bacter. Abt. II, Bd. 29, 1911, S. 347—380.

³⁾ Centralbl für Bakteriöl. Abt. II, Bd. 17, S. 109, Ugeskr. for Landmänd. 1908, p. 281.

Christensen's methode om de reactie van den grond te bepalen, wordt nu op de volgende wijze uitgevoerd. Twee erlenmeyers van 300 c.c. worden elk voorzien van 5 gram der te onderzoeken grond, 50 c.c. gedestilleerd water met 2 pct. manniet en 0,02 pct. K_2HPO_4 ; beide worden met Azotobacter geënt en aan een der beide erlenmeyers een schepje krijt toegevoegd. De groei van Azotobacter wordt nu nagegaan in beide erlenmeyers, die bij 26° C. geplaatst zijn. Deze bacteriekulturen leenen zich voor de beschreven proeven bijzonder goed, omdat de reactie van het medium tijdens de groei niet noemenswaard verandert. Groeit de Azotobacter in de erlenmeyer zonder krijt niet en in die met krijt wel, dan noemt Christensen de grond te zuur en bevat volgens hem te weinig kalk. Groeit de Azotobacter in beide, dan is de grond niet zuur en heeft in geen van beide groei plaats, dan deugt de Azotobacter-reinkultuur niet. De erlenmeyer met krijt dient dus eigenlijk ter contrôle van de cultuur.

Door vergelijking van de resultaten van deze proeven met den groei van de gewassen op het veld, is Christensen tot de slotsom gekomen, dat een groei van de Azotobacter alleen in die kolfjes plaats heeft, welke een gezonde grond bevatten. De gewassen te velde en de Azotobacterkulturen in de kolfjes zouden dus op dezelfde wijze op de bodemaciditeit reageeren.

HOOFDSTUK II.

Onderzoekingen in het Microbiologisch laboratorium van het Rijkslandbouwproefstation te Groningen.

Bepaling van het percentage gebonden en ongebonden humus in zand- en veengronden.

Bepaling van de kalkbehoefte in zand- en veengronden.

A. Met behulp van Azotobacterkulturen.

B. Met behulp van eene diffusiemethode in een door indicatoren gekleurde agar-agarplaat. (Methode tot het aantoonen van geringe hoeveelheden zuur of alkali in troebele en door gekleurde neerslagen ondoorzichtige vloeistoffen).

A. Met behulp van Azotobacterkulturen.

Bij toepassing van Christensen's methode op verscheidene gronden uit de Veenkoloniën bleek, dat alle haverzieke gronden goeden groei in de erlenmeyers toelaten, terwijl van de gezonde

PHOTO 1.

Bepaling van de hoeveelheid vrij humuszuur door middel van de Azotobacter-methode op agar-agar kultuurplaten.

De grond in de platen 1 tot 6 is vooraf met stijgende hoeveelheden krijt gekookt.

Op n^o. 1 en 2 zijn de Azotobacters niet gegroeid.

Deze bevatten nog een overmaat vrij humuszuur.

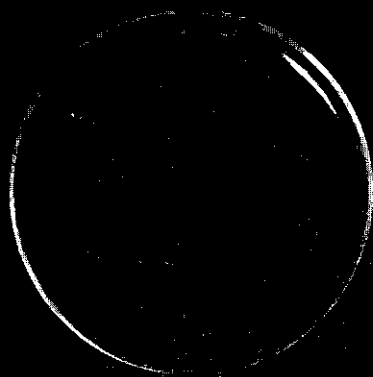
Op n^o. 3 is een begin van groei waarneembaar.

Het humuszuur is hier gecentraliseerd door het toegevoegde krijt.

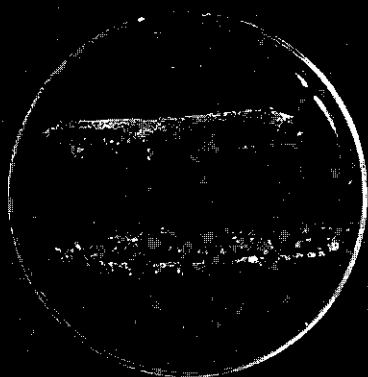
Op n^o. 4, 5 en 6 zijn de Azotobacters goed gegroeid; hier is een overmaat krijt aanwezig.

Zie beschrijving blz. 130.

1



4



2



5



3



6



gronden slechts enkele goeden groei, de meesten slechten groei veroorzaken, daarentegen had zonder krijttoevoeging in geen der erlenmeyers met zuurzieke gronden zichtbare groei plaats. De haverzieke en de zuurzieke gronden zijn dus met behulp van de Azotobacterkulturen te onderscheiden. Alle gronden, die met zoutzuur opbruischen, gaven, zooals Christensen ook reeds had opgemerkt, goeden Azotobactergroei in de erlenmeyers.

Om nu eens na te gaan hoeveel krijgt aan een grond, waarmee de Azotobacter niet groeit, zou moeten worden toegevoegd, om daarmee in de erlenmeyers wel groei te krijgen, m.a.w. om dien volgens Christensen gezond te maken, werden aan een rij erlenmeyers met de boven beschreven kultuurvloeistof met Azotobacter geënt en voorzien van 5 gram grond, stijgende hoeveelheden calciumcarbonaat toegevoegd tot daarin Azotobactergroei optrad. Op deze wijze toch zou de hoeveelheid mergel vastgesteld kunnen worden, welke een bepaalde grond noodig heeft om gezond te worden. Het bleek echter, dat de methode niet gevoelig genoeg was, dat de sprongen tusschen de opvolgende hoeveelheden krijgt in de kolfjes te groot moesten genomen worden, om een duidelijk verschil in groei te doen ontstaan. Per 5 gram grond bedroeg dit dikwijls 10 m.gr. calciumcarbonaat en meer, tengevolge waarvan de practische waarde der resultaten, te gering werd. D.w.z. de fout die gemaakt wordt bij het berekenen van de noodige hoeveelheid mergel per H.A. zou dan \pm 6000 K.G. bedragen, de bouwvoor op 20 c.M. en het S.G. 1,2 genomen.

Voornameijk moest de onnauwkeurigheid geweten worden aan den invloed van den groei van boterzuurfermenten, (eveneens stikstofbindende bacteriën die steeds in den toegevoegden grond aanwezig zijn en in het kultuurmedium goed groeien echter daarop geen huid vormen), die het medium zuur maken en tevens den groei van de Azotobacter belemmeren, terwijl ook een goede huidvorming door den Azotobacter dikwijls achterwege bleef, ondanks een bevredigenden groei van de bacterie in de vloeistof.

De groei van den Azotobacter zou nu bevorderd kunnen worden:

1°. door te zorgen voor een betere luchttoetreding, waardoor de groei der boterzuurfermenten, die zich slechts bij geringe zuurstofspanning kunnen ontwikkelen, belemmerd wordt, terwijl daardoor de Azotobactergroei begunstigd wordt;

2°. zoodanig te cultiveeren, dat we den Azotobactergroei kunnen beoordeelen, onafhankelijk van een huidvorming.

Beide voorwaarden worden bereikt door te cultiveeren op een vasten voedingsbodem, inplaats van in een vloeistof.

De bepaling van de kalkbehoefte van een grond werd daarom op de volgende wijze verricht:

In een serie petrischalen van ± 10 c.M. doorsnede werden telkens 10 gram grond met 20 c.c. H_2O agar, 1 pct. manniet en 0,02 pct. K_2HPO_4 geschonken, voorzien van stijgende hoeveelheden calciumcarbonaat. Op het oppervlak van deze agar, dat na stollen ruw is door zandkorrels en humus-partikeltjes, wordt nog een dun laagje van de bovengenoemde agar gegoten (zonder grond) en na het stollen hiervan op het oppervlak twee dikke streepen van Azotobacterkulturen getrokken en wel een van de Azotobacter Vinelandii en een van de Azotobacter chroococcum. De eerste soort groeit bij een iets hoogere zuurgraad als de tweede en geeft dus bij een geringere hoeveelheid $CaCO_3$ in den grond groei als de Azotobacter chroococcum. De beoordeeling van de $CaCO_3$ -grens, waarbij groei van Azotobacter plaats heeft, wordt hierdoor gemakkelijker, aangezien de Azotobacter Vinelandii reeds groeit wanneer de Azotobacter chroococcum nog geen groei geeft. Van belang is het voor het slagen van deze methode, dat met flinke hoeveelheden van jonge Azotobacter-reinkulturen op de platen geënt wordt, waardoor de kans op uitvallers vermindert, hetgeen bij enten met geringe hoeveelheden bacteriën materiaal dikwijls het geval is, zooals bij tal van proeven bleek. De groote hoeveelheden entmateriaal veroorzaken op de platen geen verwarring tusschen de niet en wel gegroeide strepen, aangezien dit opgebrachte materiaal bij niet tot groei komen, niet zichtbaar boven op de plaat blijft liggen, terwijl de gegroeide strepen dikke slijmige massa's vormen. Op deze wijze worden betrouwbare resultaten verkregen. Photographie 1 vertoont een serie kultuurplaten die deze methode demonstreeren. Nu blijkt, dat de erlenmeyer-methode, indien deze slaagt, met de plaatmethode overeenkomende resultaten geeft. De Azotobacterplaatmethode geeft een calciumcarbonaatgrens, die nauwkeuriger samenvalt met de calciumcarbonaatgrens van de onder B beschreven diffusiemethode dan Azotobacter-vloeistofkulturen. Toch zijn de grenzen ook hier niet altijd scherp waar te nemen en komen wel uitvallers voor, maar in het algemeen is deze methode bruikbaar. De fout in de berekende hoeveelheid mergel per H.A. met deze methode bepaald vermindert tot ± 2000 K.G.

B. Met behulp van eene diffusiemethode in een door indicatoren gekleurde agar-agarplaat (Methode tot het aantoonen van geringe hoeveelheden zuur of alkali in troebele en door gekleurde neerslagen ondoorzichtige vloeistoffen).

- a. Bepaling van de hoeveelheid vrije humus, uitgedrukt in m.gr. calciumcarbonaat per 10 gram drogen grond.
- b. Bepaling van de totale hoeveelheid humuszuur per 10 gram drogen grond (gebonden plus ongebonden) en berekening van het procentgehalte vrije en gebonden humus.

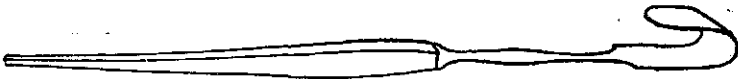
a. Bepaling van de hoeveelheid vrije humus,
uitgedrukt in m.gr. calciumcarbonaat
per 10 gram drogen grond.

Teneinde de methode met Azotobacterkulturen te controleeren werd getracht op andere wijze de reactie van gronden vast te stellen en dit bleek mogelijk door middel van een diffusiemethode, welke daarop berust, *dat in een gel zuren en alkaliën diffundeeren, ook moeilijk oplosbare als humuszuur en calciumcarbonaat*, hetgeen van kardinaal belang is voor deze methode. Grieten we in een petrischaal een laag agar met een indicator gekleurd, b.v. haematoxylin, en worden met een omgebogen nikkelen spateltje langwerpige stukjes met verticale wanden diep uit de agar gestoken, zonder de glazen bodem van de doos te raken, dan veroorzaken zuren en alkaliën in die kuiltjes gebracht, in de platen een zuur- of alkalieveld, hetgeen door omslag van den indicator rond het kuiltje waargenomen wordt. Dit heeft ook plaats wanneer deze zuren of alkaliën slecht oplosbaar zijn of in door neerslagen ondoorzichtige vloeistoffen voorkomen of wanneer de indicator door adsorptie vastgelegd wordt, door de stoffen die in de te titreeren vloeistof voorkomen, zooals b.v. met grondsuspensies in het algemeen het geval is. Deze titreermethode is te gebruiken in gevallen waar gewone titratie om de boven gemelde redenen uitgesloten is. De gevoeligheid van agarplaten met lakmoid gekleurd is zeer groot. $\frac{1}{1000}$ N zuur en alkalië, ook $\frac{1}{1000}$ N Ca CO_3 geven daarop een zeer duidelijken omslag. $\frac{1}{10000}$ N geeft echter geen kleuromslag meer, $\frac{1}{5000}$ N is ongeveer de grens.

De gevoeligheid van de methode hangt af van de volgende factoren:

1. *De vorm van het kuiltje.* De kuiltjes worden uitgestoken met een omgebogen metalen spateltje van den vorm zooals fig. 1a

Fig. 1a.



aangeeft. De wanden der kuiltjes worden daardoor verticaal en het diffusieveld dus ook, zoodat het kleurverschil tusschen het diffusieveld en de omringende agar-agar het scherpst is waar te nemen. Fig. 1b stelt voor een verkeerd uitgestoken kuiltje met schuine wanden. Kijkt men boven op de plaat dan neemt men in fig. 1b een mengkleur waar, gevormd door een klein gedeelte van het diffusieveld en de daaronder liggende niet van kleur veranderde agar. In fig. 1c ziet men alleen door het diffusieveld en wel over de geheele dikte van de plaat, en ontstaat geen mengkleur en het contrast tusschen het diffusie-

veld en de omringende plaat heeft de maximum scherpte. Daarom moet gezorgd worden dat de afstand van den bodem van het kuiltje tot de glaswand zoo gering mogelijk is.

Fig. b.

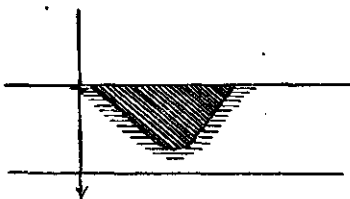
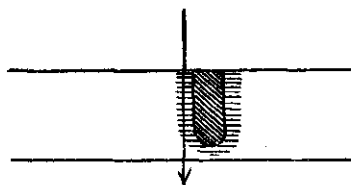


Fig. c.



2. *De afstand van de opeenvolgende kuiltjes.* Deze moet grooter zijn dan tweemaal de breedte van het diffusieveld. Genomen werd voor dezen afstand ongeveer 1 c.M.

3. *De dikte van de agar-agarplaat.* Genomen werd 1 c.M.

4. *De gekozen indicator en concentratie er van.* Bij den aanvang der proeven werd haematoxylin als indicator genomen, waarvan de omslag duidelijk is. Deze indicator is echter in waterige oplossing onbestendig, waardoor oplossingen niet in voorraad kunnen gehouden worden. Na het beproeven van de bruikbaarheid van verscheidene andere indicatoren, werd als meest geschikte gevonden lakmoid (E. Merck, Darmstadt). Hiervan werd 10 m.gr., opgelost in eenige c.M³. alcohol en gefiltreerd, gebruikt op 100 c.M³. agar-agar.

5. *Kleur van den indicator en concentratie van de agar.* Een agargel van $\frac{1}{2}$ pct. agar in H₂O wordt opgekookt en met lakmoidoplossing gekleurd. Voegen we nu aan een deel hiervan zooveel zoutzuur (0,1 N) toe, dat ze nog niet de neutrale tint heeft, maar nog juist blauw is en aan een ander deel iets meer, zoodat de neutrale tint net is overschreden, dus tot ze juist rood is en gieten hiervan een laag van 1 c.M. dik in glasdoozen, dan bezitten we twee agarplaten, waarvan de eene omslaat met zuur (ook met humuszuur), de andere met alkaliën (ook met krijt). Het eenvoudigst zou natuurlijk zijn om één plaat agar te maken, die juist de neutrale tint heeft, wat echter praktisch niet voldeed. Op deze platen geven zuurzieke en haverzieke gronden, in de kuiltjes gebracht, in den regel reeds na tien minuten roode resp. blauwe velden. Ook kleigrond en krijt geven blauwe velden, gezonde gronden gewoonlijk roode, een enkele maal zijn ze neutraal of bijna neutraal. *Heel dikwijls geven gezonde gronden een veel sterker zuurveld dan zuurzieke*, waarvan de verklaring later volgt. Het is noodzakelijk de glasdoozen eerst met verdund zoutzuur, daarna met gedestilleerd water om te spoelen, aangezien leidingwater bij opdrogen Ca CO₃ achterlaat, dat de roode plaat blauw kleurt. De beoordeeling van de diffusievelden wordt

veel nauwkeuriger, wanneer men de plaat op eenigen afstand boven een goed door daglicht beschenen wit papier houdt.

De grens der gevoeligheid ligt, zooals reeds gezegd, ongeveer bij $\frac{1}{5000}$ normaal.

Met behulp van deze gekleurde agarplaten kunnen we nu wel scherp bepalen hoeveel calciumcarbonaat een grond noodig heeft om neutraal op de plaat te reageeren.

Op dezelfde wijze als bij de grensbepaling met de *Azotobacter* worden ook hier een reeks hoeveelheden van 10 gram grond afgewogen en in fleschjes van 50 c.M³. gedaan, \pm 20 c.M³. gedestilleerd water en stijgende hoeveelheden *zeer fijngeveven krijt* toegevoegd, opklimmende met \pm 5 m.gr. Na schudden en 24 uur staan bij kamertemperatuur, wordt het gevormde koolzuur uitgepompt en na afschenken van de vloeistof wordt uit elk fleschje van elke plaat een kuiltje met het bezinksel gevuld. Na 2 uur zijn velden ontstaan die van rood naar blauw loopen bij de stijgende hoeveelheden calciumcarbonaat; een van de grondmonstertjes reageert neutraal, geeft geen veld op de platen of een zwak rood veld op de blauwe en een zwak blauw veld op de roode plaat. De roode velden worden door vrij humuszuur, de blauwe velden door Ca CO₃ of Ca(HCO₃)₂ gevormd, terwijl calciumhumfaat neutraal reageert. Er dient op gewezen te worden, dat ondanks het uitpompen dikwijls toch een koolzuurveld, dat lakmoid rood kleurt, de eigenlijke omslag van de plaat door humuszuur of calciumcarbonaat vooraf gaat, daarom is het noodig te wachten tot het zwakke koolzuurveld plaats heeft gemaakt voor het veld, veroorzaakt door de overmaat Ca CO₃ of humuszuur, alvorens de op de plaat gebrachte monsters te beoordeelen. De gevonden grens op de platen is echter niet constant, ze verschuift langzaam omdat de reactie tusschen Ca CO₃ en humuszuur niet is afgeloopen, hetgeen ook nog niet het geval is nadat de inwerking weken heeft geduurd. Wel is in 24 uur gewoonlijk \pm 50 pct. van de vrije humus gebonden, de rest echter wordt veel minder snel geneutraliseerd, hetgeen een gevolg is van de koolzuurconcentratie in het medium, en de lage temperatuur waarbij de reactie verloopt. Waarschijnlijk staat dit ook in verband met de constitutie van de humus. Deze verschijnselen, kunnen in overeenstemming worden gebracht met de opvatting van Sven Odén, dat humuszuur als een driebasisch zuur moet worden beschouwd.

Door verhitting gedurende drie uur op 100° C. (hetgeen bij de volgende proeven in een stoompot plaats had) heeft een totale omzetting plaats en tevens is het gevormde koolzuur geheel uitgedreven. Bij verdere verhitting werd geen grootere hoeveelheid Ca CO₃ gebonden. Zoo werd na 3 uur verhitten op 100° dezelfde grens verkregen als na 6 uur op 100° en ook als na 3 uur op 120°. Gedurende de verhitting ontleedt de humus zeer langzaam onder geringe gasontwikkeling, zooals onderzoekingen door van Daalen (zie blz. 153) en die, door het Microbiolo-

gisch laboratorium te Groningen aantoonde. De fout echter, die tengevolge van deze onbelangrijke ontleding gemaakt wordt, is praktisch te verwaarloozen. De grondmonsters geven dan geen koolzuurvelden meer op de platen, maar direct de reactie van het praktisch koolzuurvrije medium. De reden waarom deze reactie zoo langzaam verloopt is te wijten aan de geringe oplosbaarheid van humuszuur en calciumcarbonaat. De nauwkeurigheid, waarmee de hoeveelheid humuszuur, uitgedrukt in m.gr. krijt per 10 gram droge grond („grens in m.gr. krijt”), kan worden bepaald volgens deze methode is voor een grond met 10 pct. gloeiverlies 5 m.gr., voor een met 20 pct. gloeiverlies 10 m.gr., in het algemeen per 2 pct. gloeiverlies 1 m.gr. De fout van 5 m.gr. krijt bij een grond met 10 pct. gloeiverlies is, berekend per H.A., ± 1200 K.G. mergel. Hoewel deze fout schijnbaar zeer groot is, zal uit het volgende onderzoek blijken, dat de hoeveelheden mergel, die op zuurzieke gronden gebracht moeten worden, teneinde ze, wat hun kalkbehoefte betreft, gezond te maken, buitengewoon groot kunnen zijn b.v. 12000 K.G. mergel per H.A. aan een sterk zuurzieke grond met 10 pct. gloeiverlies.

Bij het volgende onderzoek is de verhitting van de grondmonsters gedurende 3 uur in de stoompot toegepast en werden zeer goede resultaten daarmee verkregen. Dezelfde grenzen als met CaCO_3 , vindt men bij gebruik van BaCO_3 , Li_2CO_3 , Na_2CO_3 , NaOH of MgCO_3 (basisch), indien zij in aequivalente hoeveelheden worden toegevoegd. De velden rond de grondmonsters die met CaCO_2 en BaCO_3 behandeld zijn, blijven volkomen helder en zijn niet gekleurd door humaten (calciumhumaat en bariumhumaat zijn zeer weinig in water oplosbaar), zooals wel het geval is bij neutralisatie der grondmonsters met Na_2CO_3 , NaOH , Li_2CO_3 of basisch MgCO_3 . Op de platen ontstaat dan rond de plaats waar de grond gelegd is, een bruin-zwart veld van de humaten en daaromheen het alkalische diffusieveld. Langs dezen weg kan de weinig oplosbare humus, die de vloeistof waarin ze bepaald moet worden ondoorzichtig maakt en de indicatoren uitvlokt, getitreerd worden, hetgeen met behulp van de gewone titreermethoden niet mogelijk is. Uit de verkregen resultaten kan berekend worden hoeveel mergel aan een zuren grond moet worden toegevoegd, opdat deze neutraal is. Dan zou de grond volgens Christensen gezond zijn. Vooral voor gronden met een laag humusgehalte is deze bepaling van groot belang, aangezien deze reeds door betrekkelijk geringe bemergeling van zuurziek tot haverziek kunnen overgaan. Door de volgende onderzoekingen zal deze kwestie scherper uitgedrukt kunnen worden. In de tabel op bladzijde 141—144 zijn de resultaten vermeld van een reeks bepalingen van de hoeveelheid vrij humuszuur in verschillende gronden.

Met dezelfde methode kunnen we ook vaststellen hoe erg haverziek een grond is (aannemende dat een grond dan alleen haverziek kan worden, wanneer daarin alle humus gebonden is).

Bepaald wordt dan de *overmaat alkali*, die in den grond aanwezig is, *naast de geneutraliseerde humus*. Dit kan op bijna dezelfde wijze geschieden als de bepaling van de kalkbehoefte van zure gronden, echter voegen we nu stijgende hoeveelheden zoutzuur, inplaats van stijgende hoeveelheden calciumcarbonaat aan een reeks haverzieke grondmonsters van 10 gram toe. De hoeveelheid zoutzuur, die 10 gram grond op de lakmoidplaat neutraal maakt, geeft dan de overmaat alkali aan. Per H.A. berekend wordt dit b.v. voor de haverzieke grond van Bakker, bij de fabriek van Scholten te Sappemeer-Oost, $\pm 30\,000$ K.G. mergel te veel.

b. Bepaling van de totale hoeveelheid humuszuur per 10 gram drogen grond (gebonden plus ongebonden) en berekening van het percentgehalte vrije en gebonden humus.

Met behulp van de bovenbeschreven diffusiemethode, is het nu ook mogelijk de hoeveelheid gebonden humus in den grond te bepalen en juist de kennis hiervan zal een beter inzicht geven in de omstandigheden waaronder een grond zuurziek, gezond of haverziek wordt. Dan toch zouden we b.v. na kunnen gaan of de bodemziekten optreden bij (m.a.w. de stand der gewassen bepaald wordt door) een bepaalde hoeveelheid vrije humus per gewichtseenheid bodemmateriaal, dan wel of dit afhankelijk is van een bepaalde verhouding tusschen de hoeveelheden gebonden en ongebonden humus.

De hoeveelheid gebonden humus wordt nu vastgesteld, door van de totale hoeveelheid humus, waarvan de bepaling hieronder volgt, de hoeveelheid vrije humus af te trekken.

Bij den aanvang der onderzoekingen werd vermoed, dat de totale hoeveelheid vrije humus besliste over het al of niet ziek zijn van den grond. Toen echter later bleek, dat verscheidene gezonde gronden een veel grooter kwantum vrije humus bezaten dan zuurzieke werd reeds verondersteld, dat het zeer goed mogelijk kan zijn, dat de verhouding tusschen gebonden en ongebonden humus daarvoor maatgevend is, hetgeen uit de volgende waarnemingen ook bleek het geval te zijn, tevens leverden zij over de humus zeer verrassende gegevens op.

Er dient nog eens op gewezen te worden, dat over de oorzaak van de bodemziekten geen oordeel wordt geveld, maar dat het noodzakelijk verband tusschen den toestand van de humus en deze ziekten wordt aangetoond. Bacteriologische waarnemingen over dit onderwerp zijn nog te onvoldoende, dan dat hierover nu reeds bericht kan worden.

De hoeveelheid humus per 10 gram grond, drukken we evenals de hoeveelheid vrije humus uit in m.gr. Ca CO_3 . Zij wordt bepaald door de aan de humus gebonden metalen te verwijderen

en de zoo verkregen totale hoeveelheid humus, nu geheel ongebonden, op de boven beschreven wijze, op de lakmoidplaten te titreeren.

Geëxperimenteerd is op de volgende wijze:

Van een grondmonster werden 12 porties van 10 gram in perkamenten diffusiehuizen van Schleicher & Schüll gedaan, deze voorzien van ± 20 c.M³. $\frac{1}{10}$ N HCl, flink omgeroerd en in $\pm \frac{1}{10}$ N HCl geplaatst. Na 2 dagen is een groot deel van de chlorieden van de metalen in den grond door den wand van de huls gedialyseerd. Nu brengen we om de hulzen gedestilleerd water en ververschen dit zoo dikwijls tot de reactie op chloor van de vloeistof in de huls negatief of uiterst gering is. Behalve aluminium en ijzer zijn alle aan de humus gebonden metalen uit de huls verdwenen. De tijd voor de volledige dialyse wordt belangrijk verkort door den grond in de hulzen dikwijls op te roeren. Deze bewerking van den grond eischt ongeveer 14 dagen. De zoo verkregen gedialyseerde grondmonstertjes worden nu uit de hulzen in fleschjes gespoeld, daaraan stijgende hoeveelheden krijt toegevoegd, geschud, drie uur op 100° C. verhit en op de lakmoidplaten gelegd. Na eenige uren wordt op deze platen de hoeveelheid CaCO₃ afgelezen, die de humus neutraliseert. Bepaald is nu de totale hoeveelheid alkalibindende humus in 10 gram grond, uitgedrukt in m.gr. CaCO₃. Hiervan de hoeveelheid vrije humus in 10 gram van denzelfden grond, eveneens uitgedrukt in m.gr. CaCO₃, afgetrokken, geeft de hoeveelheid gebonden humus in m.gr. CaCO₃ per 10 gram grond. Nu rijst de vraag of door de behandeling met zoutzuur de humus geen verandering ondergaat, zoodanig dat het bindingsvermogen verandert, dat dus op de lakmoidplaat een andere hoeveelheid CaCO₃ getitreerd wordt, dan overeenkomt met de hoeveelheid humuszuur, zoals die in den oorspronkelijken grond voorkomt. De volgende proeven toonen aan, dat de humus tijdens de dialyse met $\frac{1}{10}$ N HCl niet verandert wat de alkalibinding betreft, maar tevens kon worden vastgesteld, dat dit zelfs niet het geval is bij koken met normaal zoutzuur en normaal kaliloog. Zoo werden b.v. op de lakmoidplaten dezelfde getallen gevonden voor de hoeveelheid vrije humus van eenige gronden, nadat de monsters van 10 gram eerst in gesloten fleschjes met 15 c.M³. N HCl 3 uur waren verhit op 100° C. en vervolgens voorzien van 15 c.M³. N kaliloog. Ook gaven gedialyseerde grondmonsters na koken met 10 c.M³. N kali en daarna toevoegen van dezelfde hoeveelheid N HCl dezelfde grenzen op de lakmoidplaten. De humus is dus in dit opzicht buitengewoon bestendig en de kennis hiervan leidde er toe, een eenvoudiger methode, dan de dialyse toe te passen, om den grond vrij van metalen te verkrijgen. Dit geschiedde door de grond op te koken met $\frac{1}{10}$ N HCl, op een gewoon filter te brengen en uit te spoelen met verdund HCl en daarna met gedestilleerd water tot het filtraat geen of uiterst geringe reactie op chloorionen geeft (voor 10 gram grond is

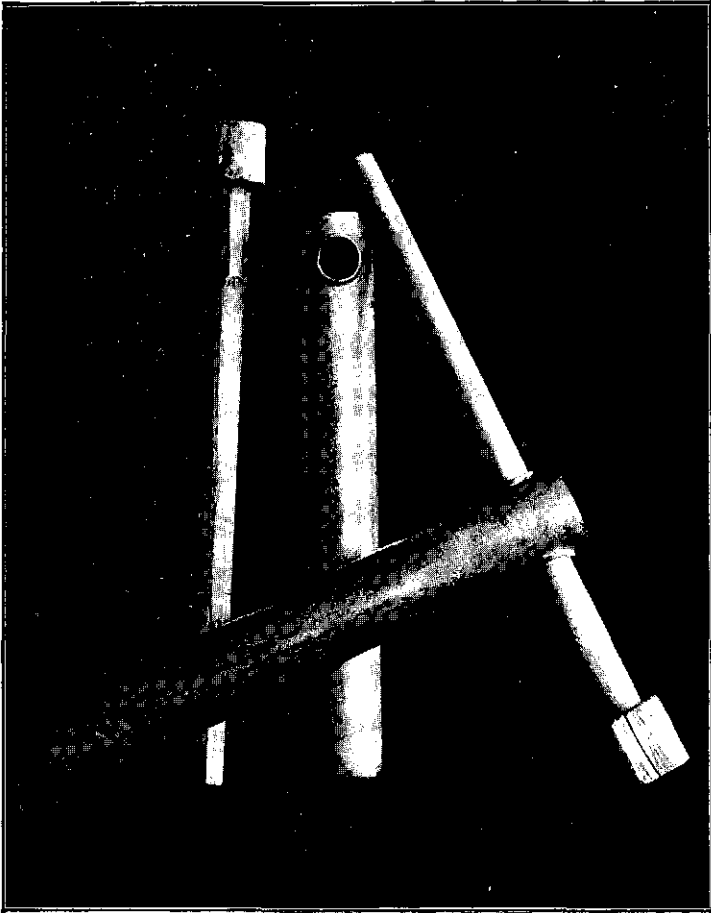


PHOTO 2.

Grondboren met stempel, waarmee de grondmonsters zijn genomen.

Zie beschrijving blz. 139.

± 150 c.M³. voldoende voor uitwasschen). Op deze wijze wordt tevens alle ijzer en aluminium van de humus verwijderd, zoodat een juister cijfer voor de totale hoeveelheid humus wordt verkregen. Vooral gaf deze methode dan ook verschillen met de dialysemethode bij gronden, die rijk zijn aan ijzer tengevolge van bemesting met thomasslakken of van natuurlijke plaatselijke omstandigheden. Wel wordt nu bij het uitwasschen van den grond op het filter een weinig humus opgelost en afgefilterd, hetgeen ook aan de gele kleur van het filtraat te zien is, maar deze hoeveelheid is zoo gering, dat ze met enkele druppels NaOH $\frac{1}{10}$ N geneutraliseerd wordt, dus verwaarloosd kan worden, aangezien deze hoeveelheid binnen de fouten der methode valt.

Ook de bepaling van het totaal humuszuur volgens de diffusiemethode is vergeleken met de Azotobactermethode en gaf overeenstemmende waarde. Er dient op gewezen te worden, dat het koken met HCl en uitwasschen, de elementen, noodig voor Azotobactergroei, verwijdert, zoodat deze aan de kultuurplaten dienen te worden toegevoegd (Mg, S).

De volgende bepalingen, waarvan de resultaten in onderstaande tabel vereenigd zijn, dienen van de gronden verricht te worden:

- 1°. Bepaling van het watergehalte;
- 2°. " " " gloeiverlies;
- 3°. " " " de hoeveelheid vrij humuszuur;
- 4°. " " " " totaal humuszuur.

De onderzochte gronden behooren op enkele uitzonderingen na tot de Veenkoloniale dalgronden, waarover in het kort het volgende kan worden meegedeeld:

Nadat het hoogveen tot op den ondergrond, bestaande uit zand, is weggegraven, blijven op het terrein nog achter het bonkveen (bonksel) en het zand, afkomstig uit de kanalen (diepen) en zijkanalen (wijken), die gegraven zijn voor den afvoer van turf. Het bonkveen is de bovenste laag van het veen, welke voor turfbereiding niet geschikt is. Bij een rationeele hoogveenontginning blijft het in een laag van minstens 50 c.M. dikte op den ondergrond achter; beter is het 80 à 90 c.M. bonkveen te nemen. Als het bonksel in een gelijkmatige laag over den ondergrond is uitgespreid, wordt het bedekt met een zandlaag van ± 15 c.M. dikte, welk zand ten slotte met ongeveer 15 c.M. van het veen wordt gemengd, zoodat een bouwvoor van ongeveer 20 à 30 c.M. verkregen wordt ¹⁾.

Het nemen van de grondmonsters geschiedde met behulp van een blikken cylinder van 35 c.M. lengte en 5 c.M. diameter, met houten stempel (foto 2) welk apparaat als grondboor voor

1) J. Elema. Hoogveenontginning.

zand- en veengronden zeer goed voldeed. Per boring van 30 c.M. diep wordt \pm 750 gram grond verkregen. Het toestelletje kost (in dezen tijd) 90 cent en weegt slechts 350 gram; valt dus binnen het bereik van iederen landbouwer en is door het geringe gewicht gemakkelijk mee te nemen. De cylinder wordt met behulp van den stempel 20 à 30 c.M. in den bodem gedrukt (tot even in den bonksellaag) en weer uit den grond getrokken. Daarna wordt de stempel uit de twee gaten gehaald en met de verbredening de grond van onderen naar boven uit de buis gedrukt en als monster opgevangen. Het bonksel wordt niet bij het monster gevoegd. Op deze wijze wordt een monster verkregen van de bouwvoor over de geheele diepte en tevens kan men zich over de diepte van den bouwvoor en de structuur daarvan een oordeel vormen.

In het laboratorium worden de monsters in een dunne laag uitgespreid en nadat ze zoover gedroogd zijn tot ze gemakkelijk kruimelen worden ze gezeefd door gaas van 14 mazen per c.M². Na goed mengen wordt de zoo behandelde grond in een wijdmondsflisch met ingeslepen stop bewaard. Het vochtgehalte, het organische stofgehalte en het percentage vrije en gebonden humus bleken zelfs na $\frac{3}{4}$ jaar bewaren practisch niet veranderd.

Van de op bovenbeschreven wijze verkregen grondmonsters zijn verschillende hieronder vermelde bepalingen verricht, terwijl de eigenaren der gronden zooveel mogelijk gegevens verstrekt hebben omtrent de bemesting en de oogst en over den toestand van de gronden wat betreft zuurziek, gezond of haverziek.

Tabel waarin de verkregen gegevens en resultaten over de onderzochte gronden zijn vereenigd.

I Opgaven aan de praktijk ontleend.	II Watergehalte in pct.	III Procent gloeiverlies van het vochtige monster.	IV Procent gloeiverlies van het droge monster.	V Diffusie methode.		VII Totaal humuszuur in Ca CO ₃ per 10 gram drogen grond berekend.	VIII Vrij humuszuur in mgr. Ca CO ₃ per 10 gram drogen grond.	IX Azoto- bacter methode.	X $\frac{V}{VI} \times 100 =$ pct vrij humuszuur. Bepaald.	XI $\frac{V}{VII} \times 100 =$ pct. vrij humuszuur. Berekend.	XII Totaal humuszuur per gram gloeiverlies in mgr. Ca CO ₃ .	XIII Herkomst der gronden.	
				Vrij humuszuur in mgr. Ca CO ₃ per 10 gram drogen grond.	Totaal humuszuur in mgr. Ca CO ₃ per 10 gram drogen grond. Bepaald.								
1. Zuurziek	7,4	6,8	7,3	47	63	58	54	65	75	81	86	Proefveld voor Hooghalensche ziekte te Spitsbergen.	
2. Zuurziek	15,5	7,0	8,3	43	69	66	—	66	62	65	83		
3. Hersteld zuurziek	11,0	5,3	6,0	17	—	48	—	—	—	35	—		
4. Hersteld zuurziek	12,9	6,2	7,1	—	35	—	—	—	—	60	—		
5. Zuurziek herstel- lend	15,3	5,9	7,0	36	54	56	35	61	65	64	78		
6. Zuurziek	8,0	5,4	5,9	40	43	47	—	44	92	85	74		Gronden van Bleker te Spitsbergen.
7. Hersteld zuurziek	9,8	9,5	10,5	49	94	84	—	89	52	58	89		
8. Zuurziek	6,6	4,2	4,5	28	37	36	—	33	73	78	83		
9. Hersteld zuurziek	30,1	18,3	26,7	146	237	214	143	237	69	68	78		
10. Gezond	32,4	18,9	27,3	120	237	222	—	231	50	54	80		Beenestingsproefveld A. G. Mulder te Spitsbergen.
11. Gezond	30,1	27,9	25,6	108	232	205	114	252	47	52	91		
12. Gezond	35,7	22,8	35,5	155	303	284	—	311	51	55	85		
13. Zuurziek	29,9	21,4	30,5	174	243	244	—	—	72	72	80		
13a. Zuurziek	31,0	22,0	32,0	167	—	256	—	—	—	65	—		
14. Gezond	33,9	19,7	29,3	139	233	233	—	—	58	58	80		
14a. Gezond	30,7	21,1	30,4	123	—	243	—	—	—	51	—		
15. Zuurziek	10,7	9,9	11,1	50	37	39	—	39	58	56	79	Grond van de Vries— Kalkwijk.	
16. Gezond	13,3	8,1	9,3	23	71	74	35	78	32	48	77		
17. Haverziek	15,3	12,7	15,0	—	31	119	120	—	25	119	—	Proefvakjes Hudig.	
18. Gezond	21,4	11,4	14,5	25	105	116	—	115	24	22	72		
19. Haverziek	30,3	16,3	23,5	—	15	191	183	—	192	—	8	Bakker te Sappe- meer	
20. Haverziek	16,1	12,7	15,1	—	84	116	121	—	119	—	72		
21. Gezond	10,5	5,0	5,6	0	48	45	—	50	0	0	85	Gronden te Stads- kanaal, ingezonden door J. Ba. Wester- dijk.	
22. Gezond	20,0	8,4	10,5	31	75	84	—	75	42	37	72		
23. Gezond	20,6	9,3	11,7	—	13	98	—	101	—	13	83		

I	II	III	IV	V		VI	VII	VIII		IX	X	XI	XII	XIII
				Diffusie methode.				Azotobacter methode.						
Opgaven aan de praktijk ontleend.	Watergehalte in pct.	Procent g'oeiverlies van het vochtige monster.	Procent g'oeiverlies van het droge monster.	Vrij humuszuur in mgr. Ca CO ₃ per 10 gram drogen grond.	Totaal humuszuur in mgr. Ca CO ₃ per 10 gram drogen grond. Bepaald.	Totaal humuszuur in Ca CO ₃ per 10 gram drogen grond. Berekend.	Vrij humuszuur in mgr. Ca CO ₃ per 10 gram drogen grond.	Totaal humuszuur in mgr. Ca CO ₃ per 10 gram drogen grond.	$\frac{V}{VI} \times 100 =$ pct. vrij humuszuur. Bepaald.	$\frac{V}{VII} \times 100 =$ pct. vrij humuszuur. Berekend.	Totaal humuszuur per gram g'oeiverlies in mgr. Ca CO ₃ .	Herkomst der gronden.		
24. Haverziek . . .	13,5	6,6	7,6	— 15	57	61	—	56	— 26	— 25	75	R Smit te Sappemeer-Oost.		
25. Gezond	26,5	18,3	18,1	67	141	145	—	105	47	46	78			
26. Zuur bemest . .	12,6	9,8	12,5	80	98	100	—	102	81	80	79	Proefveld J. Hudig of Hooghalensch zieken grond, bij E. Smit te Bergercompagnie.		
27. Aik. bemest . .	16,1	11,6	13,8	69	107	110	—	—	65	63	78			
28. Zuurziek . . .	17,4	6,9	8,4	29	75	67	—	52	39	43	89	Wed. Boer — Bergercompagnie.		
29. Gezond	23,0	11,0	14,0	31	113	114	47	—	26	27	83			
30. Gezond	20,1	8,8	11,0	19	88	88	—	103	22	22	80	W. de Lange te Nw. Compagnie.		
31. Zuurziek . . .	20,0	8,6	10,7	53	90	86	—	—	59	62	84			
32. Zuurziek . . .	17,0	8,0	9,8	45	79	78	—	—	58	58	80			
33. Gezond	23,8	11,8	14,8	39	106	118	—	—	37	34	72			
34. Gezond	27,6	16,3	22,5	44	179	180	55	—	25	25	80			
35. Haverzieke plek.	18,0	10,6	12,9	— 42	100	103	—	—	— 42	— 40	77	Gronden van Doornbosch te Sappemeer-Oost.		
36. Gezond	26,0	12,0	16,3	55	130	130	—	—	43	43	80			
37. Haverzieke plek.	15,0	12,9	15,2	— 87	114	121	—	—	— 76	— 72	76			
38.	17,5	7,7	9,3	42	76	74	—	—	55	57	82	1e kamp		
39.	22,7	9,9	12,8	43	100	102	—	—	48	47	78	2e "		
40.	23,4	11,7	15,3	60	119	122	—	—	50	49	78	3e "		
41.	20,8	9,3	11,7	44	91	94	—	—	48	47	78	4e "		
42.	29,8	10,5	13,3	47	101	106	—	—	47	44	76	5e "		
43.	22,9	9,9	12,8	39	103	102	—	—	38	38	80	6e "		
44.	21,4	10,9	13,8	45	104	110	—	—	43	41	75	7e "		
45.	26,7	13,3	18,1	60	—	145	—	—	—	41	—	8e "		
46.	26,9	13,6	18,6	66	—	149	—	—	—	44	—	9e "		
47.	27,8	13,6	18,8	49	—	150	—	—	—	33	—	10e "		
48.	29,4	18,0	25,5	40	—	204	—	—	—	19	—	11e "		
49.	30,5	16,8	24,2	75	—	194	—	—	—	39	—	12e "		
50. Haverziek . . .	37,0	12,3	19,6	— 18	—	157	—	—	—	— 10	—	IJzerhoudende gronden te Zuidbroek.		
51. Gezond	29,7	14,3	20,3	50	—	162	—	—	—	31	—			

Proefboerderij van de Veenkoloniale Boerenbond te Bergercompagnie.

I Opgaven aan de praktijk ontleend.	II Watergehalte in pct.	III Procent gloeiverlies van het vochtige monster.	IV Procent gloeiverlies van het droge monster.	V Diffusie methode		VII Totaal humuszuur in Ca CO ₃ per 10 gram drogen grond Berekend.	VIII Azoto- bacter methode.		X $\frac{V}{VI} \times 100 =$ pct. vrij humuszuur. Bepaald.	XI $\frac{V}{VII} \times 100 =$ pct. vrij humuszuur. Berekend.	XII Totaal humuszuur per gram gloeiverlies in mgr. Ca CO ₃	XIII Herkomst der gronden.
				Vrij humuszuur in mgr. Ca CO ₃ per 10 gram drogen grond.	Totaal humuszuur in mgr. Ca CO ₃ per 10 gram drogen grond. Bepaald.		Vrij humuszuur in mgr. Ca CO ₃ per 10 gram drogen grond.	Totaal humuszuur in mgr. Ca CO ₃ per 10 gram drogen grond.				
52. Gezond	26,3	14,6	19,8	5	—	158	—	—	—	3	—	Grond van het Bur- gerlijk Armbestuur te Sappemeer-Oost.
53. Gezond	16,2	15,5	18,5	57	—	148	—	—	—	38	—	Grond uit Boven Tripscompagnie, in- gezonden door J. Jonker te Sappemeer.
54. Haverziek . . .	15,7	6,8	8,1	— 30	—	65	—	—	—	— 46	—	Grond van van Hoorn te Borgercompagnie.
55. Haverziek . . .	6,4	5,8	6,2	— 19	—	50	—	—	—	— 38	—	Grond uit Boven Tripscompagnie, in- gezonden door J. Jonker te Sappemeer.
56. Zuurziek . . .	14,8	7,1	8,3	35	—	66	—	—	—	53	—	Door de Heide-Maat- schappij ingezonden uit Wyster.
57. Zuurziek . . .	19,7	7,9	9,8	55	87	78	—	—	63	71	89	Grond van Groeneveld te Jipsinghuizen.
58. Haverziek . . .	8,7	4,3	4,4	— 14	—	35	—	—	—	— 40	—	Grond uit Wolfsborge.
59. Haverziek . . .	15,9	5,9	7,0	— 24	—	56	—	—	—	— 43	—	Grond van Doornbosch te Sappemeer.
60. Gezond	17,4	12,1	14,6	12	—	117	—	—	—	10	—	Grond uit Sappemeer- Oost.
61. Betere plek . .	23,9	14,3	18,8	112	—	150	—	—	—	74	—	Gronden van J. A. Nijboer te Kropswolde.
62. Zuurziek . . .	24,5	15,6	21,6	144	—	173	—	—	—	83	—	
63. Zuurziek . . .	10,0	8,5	9,4	50	—	75	—	—	—	67	—	Gronden van Huisman te Wolfsborge.
64. Zuurziek . . .	10,4	6,2	5,8	25	—	46	—	—	—	55	—	
65. Zuurziek . . .	4,5	5,5	5,8	31	—	46	—	—	—	67	—	Gronden van Meems te Jipsinghuizen.
66. Zuurziek . . .	16,7	7,0	8,4	50	63	67	—	—	79	75	75	
67. Betere plek . .	6,8	5,1	5,5	30	39	44	—	—	77	68	71	Gronden van Hadders en ter Wisch te Weerde.
68. Zuurziek . . .	12,6	6,7	7,7	43	59	62	—	—	73	69	77	
69. Betere plek . .	8,8	6,5	7,1	35	52	57	—	—	67	61	73	Gronden van J. G. Hadders en Gebr. Geerts te Assen.
70. Zuurziek . . .	14,7	9,3	10,9	60	88	87	—	—	68	69	81	
71. Zuurziek . . .	24,0	36,0	47,4	250	316	379	—	—	83	66	67	
72. Weinig ziek . .	30,5	14,0	20,0	79	160	160	—	—	49	49	80	

I Opgaven aan de praktijk ontleend.	II Watergehalte in pct.	III Procent gloeiverlies van het vochtige monster.	IV Procent gloeiverlies van het droge monster.	V Diffusie methode. Vrij humuszuur in mgr. Ca CO ₃ per 10 gram drogen grond.		VI Totaal humuszuur in mgr. Ca CO ₃ per 10 gram drogen grond. Bepaald.	VII Totaal humuszuur in Ca CO ₃ per 10 gram drogen grond. Berekend	VIII Azotobacter methode. Vrij humuszuur in mgr. Ca CO ₃ per 10 gram drogen grond.		IX Totaal humuszuur in mgr. Ca CO ₃ per 10 gram drogen grond.	X $\frac{V}{VI} \times 100 =$ pct. vrij humuszuur. Bepaald.	XI $\frac{V}{VII} \times 100 =$ pct. vrij humuszuur. Berekend.	XII Totaal humuszuur per gram gloeiverlies in mgr Ca CO ₃ .	XIII Herkomst der gronden.
73. Zuurziek . . .	26,6	12,8	17,4	88	—	139	—	—	—	—	—	58	—	Gronden van J. G. Hadders en Gebr. Geerts te Assen.
74. Zuurziek . . .	29,9	13,4	19,1	127	153	153	—	—	—	—	83	83	80	
75. Zuurziek . . .	21,1	10,2	12,9	62	103	103	—	—	—	—	69	69	80	
76. Zuurziek . . .	21,4	10,3	13,1	74	116	105	—	—	—	—	66	71	88	
77. Zuurziek . . .	15,9	5,4	6,4	39	50	51	—	—	—	—	79	77	78	
78. Zuurziek . . .	24,0	9,6	12,6	76	96	101	—	—	—	—	79	75	75	
79. Zuurziek . . .	29,6	14,2	20,2	107	156	162	—	—	—	—	69	66	75	
80. Zuurziek . . .	16,2	7,0	8,3	45	67	66	—	—	—	—	67	68	81	
81. Zuurziek . . .	21,4	7,5	9,6	74	78	77	—	—	—	—	95	96	81	
82. Zuurziek . . .	18,3	6,8	8,3	46	59	66	—	—	—	—	78	69	71	
83. Zuurziek . . .	23,8	24,2	33,9	183	211	271	—	—	—	—	87	68	62	
84. Zuurziek . . .	18,0	6,5	7,9	49	65	63	—	—	—	—	77	78	82	
85. Zuurziek . . .	13,3	4,9	5,7	35	45	46	—	—	—	—	78	78	79	
86. Zuurziek . . .	16,9	10,5	12,6	69	98	101	—	—	—	—	74	68	74	
87. Zuurziek . . .	22,7	8,8	11,4	69	—	91	—	—	—	—	—	76	—	
88. Zuurziek . . .	3,8	6,3	6,5	29	—	52	—	—	—	—	—	56	—	Gronden van P. Das, Hooghalen.
89. Zuurziek . . .	9,0	7,3	8,0	33	—	64	—	—	—	—	—	52	—	
90. Zuurziek . . .	14,6	6,0	7,0	40	—	56	—	—	—	—	—	71	—	Grond van H. Eleveld, Hooghalen.
91. Haverziek . . .	7,5	4,9	5,1	— 22	—	41	—	—	—	—	—	52	—	
92. Zuurziek . . .	7,9	4,4	4,8	29	—	38	—	—	—	—	—	76	—	
93. Haverziek . . .	12,1	9,4	10,7	— 33	—	86	—	—	—	—	—	27	—	
94. Haverziek . . .	35,3	20,5	31,7	— 40	—	254	—	—	—	—	—	16	—	Bark- huis Veen- hoven } Ingezonden door J. Kok te Veendam.
95. Bonkselveen . . .	6,7	37,8	94	432	504	752	—	—	—	—	96	64	54	

De cijfers in de kolommen VI en IX zijn verkregen met behulp van de methode die op blz. 138 is beschreven en waarbij dus de grond met verdund zoutzuur wordt gekookt en daarna uitgespoeld met gedestilleerd water tot de chloorionenreactie verdwenen is.

Beschouwen we nu de cijfers in kolom V, aangevende de hoeveelheid vrij humuszuur uitgedrukt in m.gr. krijt per 10 gram drogen grond, dan blijkt, dat deze belangrijk uiteenloopen. Zoo heeft b.v. grond No. 52 slechts 5 m.gr. tegenover grond No. 12, 155 m.gr. enz. Maar nog grooter blijkt het verschil door de negatieve cijfers, die dus de hoeveelheid overmaat alkali aangeven, ook in m.gr. krijt per 10 gram drogen grond, zooals No. 17, 19, 20, enz. De als haverziek door de landbouwers opgegeven gronden bezaten volgens dit onderzoek alle na verhitten geheel gebonden humus en tevens een overmaat alkali.

Door berekening per H.A. (3 000 000 K.G. grond) springen de verschillen zeer sterk in het oog. Het haverzieke perceel No. 20 b.v. heeft meer dan 30 000 K.G. kalkmergel te veel, is dus zeer ernstig haverziek, terwijl b.v. No. 6, een Hooghaleasch zieke grond, per H.A. om neutraal te worden \pm 12 000 K.G. mergel, om gezond te worden \pm 8 000 K.G. mergel zou moeten ontvangen.

Evenzoo zijn er zeer groote verschillen tusschen de cijfers in kolom VI, die de hoeveelheid totaal humuszuur in m.gr. calciumcarbonaat per 10 gram drogen grond aangeven. Bijzonder frappant b.v. zijn de verschillen tusschen de Nos. 6, 8, 21 die resp. 43, 37, 48 en de Nos. 9, 12, 14 die resp. 237, 303 en 238 m.gr. calciumcarbonaat verbruiken.

Nu is het van zelf sprekend, dat met de hoeveelheid organische stof (beter gloeiverlies) ook de hoeveelheid totaal humuszuur in den grond zal stijgen en dalen, hetgeen ook direct blijkt door een oppervlakkige beschouwing van de cijfers in kolom IV en VI. *Maar dat er zulk een nauw verband zou bestaan, een evenredigheid tusschen de gloeiverliescijfers en de totaalhumuszuurecijfers van de verschillende gronden, kon niet worden verwacht.* De cijfers in kolom XII drukken dit verband uit; zij geven n.l. de hoeveelheid humuszuur aan in m.gr. CaCO_3 aanwezig in 1 gram gloeiverlies (minder juist organische stof).

Deze getallen doen zien, dat het humuszuur van alle gronden, zoowel zand- als veengronden, met veel of weinig humus, zuur-zieke, gezonde en alkalisch-zieke, per gram gloeiverlies ongeveer 80 m.gr. CaCO_3 binden.

De humus, de organische stof der verschillende zand- en veengronden, is dus in dit opzicht gelijk, bevat even groote hoeveelheden humuszuur per gewichtseenheid. Door dit merkwaardige feit wordt het onderscheid tusschen zure en milde humus twijfelachtig en teruggebracht tot min of meer gebonden humus. Maar tevens is voor het vaststellen van de totale hoeveelheid humuszuur per 10 gram drogen grond nu niet meer de toepassing der

zoutzuurmethode noodig, maar kunnen we deze op de beschreven wijze berekenen, hetgeen de arbeid van het onderzoek zeer belangrijk vermindert. Met de volgende eenvoudige bepalingen kan worden volstaan.

- 1°. het watergehalte;
- 2°. het gloeiverlies (waaruit het totaal humuszuur berekend wordt).
- 3°. de hoeveelheid vrij humuszuur.

Van pas ontgonnen zand- en veengronden verbruikt de totale hoeveelheid humuszuur per gram gloeiverlies minder dan 80 m.gr. krijt. Zoo bindt b.v. 10 gram van No. 71 met 47,4 pct. gloeiverlies, na uitwasschen met zoutzuur 316 m.gr. CaCO_3 . Per gram gloeiverlies is dit 67 m.gr. Ook b.v. No. 83, waarvan 10 gram na uitwasschen met HCl 211 m.gr. krijt binden. Dit is per gram gloeiverlies 62 m.gr.

Verder bindt 10 gram bonkselveen (No. 95) met 94 pct. gloeiverlies 480 m.gr. CaCO_3 en na uitwasschen met HCl 504 m.gr. CaCO_3 . Per gram gloeiverlies worden dus 54 m.gr. CaCO_3 verbruikt in plaats van 80 m.gr., zooals oude kultuurhumus. Het percentage vrij humuszuur in bonkselveen is 96.

Deze kwestie wordt nader onderzocht.

In kolom XI geven de cijfers de berekende percenten vrij humuszuur der verschillende gronden aan (aangenomen dat per gram gloeiverlies 80 m.gr. CaCO_3 zou kunnen worden gebonden). De verschillen tusschen deze berekende cijfers in kolom XI en de gevonden cijfers in kolom X vallen binnen de methodefouten. De fout bij de bepaling van het procent vrij humuszuur (berekend uit kolom V en VI) gemaakt bij toepassing van de diffusiemethode met een grond die ± 10 pct. gloeiverlies heeft en waarbij dus de opvolgende hoeveelheden van 10 gram in de fleschjes, 5 m.gr. CaCO_3 verschillen, is maximum + of - 12,5 indien de grond 100 pct. vrij humuszuur, en + of - 6,25 indien de grond 0 pct. vrij humuszuur bevat, n.l. $\left(\frac{80 + 5}{80 - 5} - \frac{80 - 5}{80 + 5}\right) 100 = 25$ en $\left(\frac{0 + 5}{80 - 5} - \frac{0 - 5}{80 + 5}\right) 100 = 12,5$. Voor gronden met meer of minder gloeiverlies worden de fouten evengroot.

Beschrijving van enkele gronden.

Van de op de tabel voorkomende gronden behooren de Nos. 1 tot en met 5 tot een proefveld, door Hudig aangelegd op de boerderij van de Wed. Bleker te Spitsbergen. Het geheele proefveld maakt deel uit van een sterk zuurzieke kamp zandgrond, op de tabel voorkomend als No. 6. Het proefveld werd aangelegd om den invloed van de bemesting op de zure ziekte na te gaan. No. 1 werd gedurende enkele jaren zuur bemest, n.l. in 1915 en

1916 met 200 K.G. superphosphaat en 300 K.G. zwavelzure ammoniak. Het gewas was hier sterk zuurziek. Het gehalte vrij humuszuur in deze grond is 75 pct.

No. 2 daarentegen werd physiologisch alkalisch bemest met 250 K.G. slakkenmeel, 400 K.G. chilisalpeter en 500 K.G. mergel per H.A. Het gewas dat oorspronkelijk zuurziek was herstelde zich later, waarschijnlijk vooral door de chilisalpeter, die onder invloed van den plantengroei in de directe omgeving der wortels humuszuur kan neutraliseeren. Zoo kan tengevoege van de chilibemesting het gewas gezond blijven, hoewel de bodemziekte niet is opgeheven. Van het aanwezige humuszuur is slechts 38 pct. aan metalen gebonden.

No. 3 werd gedeeltelijk zuur bemest, doch kreeg daarnaast een flinke hoeveelheid mergel. De bemesting bestond uit 200 K.G. superphosphaat, 300 K.G. zwavelzure ammoniak en 8000 K.G. mergel. Deze voor de praktijk zeer zware bemergeling was voldoende om het oorspronkelijk zieke gewas in het laatst van de groeiperiode te doen herstellen. Voor neutralisatie van 1 pct. humuszuur is per 10 gram drogen grond noodig 0,48 m.gr. CaCO_3 . Per H.A. is dit ongeveer 144 K.G. Met 8000 K.G. mergel heeft men dus ongeveer 55 pct. vrij humuszuur kunnen neutraliseeren. De oorspronkelijke kamp had 92 pct. vrij humuszuur. Met deze bemergeling zou men deze dus gebracht hebben op $92 - 55 = 37$ pct., terwijl voor dit perceel No. 3 gevonden werd 35 pct. humuszuur. De overeenstemming tusschen de bepaalde cijfers en die, uit de bemesting berekend, is dus zeer goed.

No. 4 werd behandeld als No. 3, alleen werd de dubbele hoeveelheid mergel gegeven. De verdeling van deze groote hoeveelheid mergel in den bouwvoor was zeer ongelijkmatig, zoodat geen gemiddeld monster kon genomen worden. Ook hier trad herstel van het gewas in. No. 4 heeft n.l. 35 m.gr. CaCO_3 overmaat per 10 gram drogen grond. Deze grond werd in Augustus 1917 haverziek, zooals te verwachten was. Per 10 gram drogen grond is 0,57 m.gr. krijt noodig om 1 pct. humuszuur te binden. Dit is per H.A. \pm 170 K.G. De hoeveelheid mergel van 16000 K.G. per H.A., welke aan dit perceel gegeven werd, was dus in staat bijna 94 pct. humuszuur te binden. Gevonden werd — 60 pct. vrij humuszuur. Oorspronkelijk zou dus dit perceel 34 pct. vrij humuszuur gehad hebben, terwijl gevonden werd 92 pct. (No. 6). Dit groote verschil moet ongetwijfeld geweten worden aan de ongelijkmatige verdeling van de mergel in den bodem.

No. 5 kreeg dezelfde bemesting als No. 2 en bovendien werden op dit perceel lupinen als groenbemesting ondergeploegd. Of deze groenbemesting eenigen invloed had, is moeilijk te zeggen. Blijkbaar is de zuurgraad er niet merkbaar door veranderd. Het grondmonster bevatte 65 pct. vrij humuszuur. Het blijkt dat een chilibemesting op zuurzieke grond het gewas gezond kan houden in het jaar waarin deze gegeven wordt.

Het stuk land, waarop het proefveld te Spitsbergen gelegen is, No. 6, is in buitengewone mate zuurziek. De aardappelooft in 1916 op dit land was dan ook beneden 200 H.L. per H.A., terwijl 400 H.L. in de Veenkoloniën ongeveer als een normale oogst geldt. Het percentage vrij humuszuur was 92 pct.

De Nos. 10 tot en met 14 zijn afkomstig van een bemestingsproefveld aangelegd door A. G. Mulder te Sappemeer. Merkwaardig is het, dat reeds in 1886 op zulk een uitstekende wijze een proefveld werd aangelegd op particulier initiatief van Mulder, die hierdoor voor zich zelf en anderen een schat van gegevens verzameld heeft.

No. 10 werd sinds 1886 bemest met uitsluitend stalmest, No. 11 kreeg steeds kunstmest, waarbij de stikstof werd gegeven als chilisalpeter, het phosphorzuur als superphosphaat en de kali als patentkali of als chloorkali. No. 12 bleef al die jaren onbemest, terwijl No. 13a en 14a (perceel X van het proefveld) evenals No. 11 een volledige kunstmestbemesting kregen, waarbij de stikstof echter als zwavelzure ammoniak werd toegevoegd. Deze beide perceelen werden dus sinds 1886 zuur bemest. Hier trad dan ook de zure ziekte op, om welke reden perceel X in 1912 in tweeën werd gesplitst, n.l. in Xa en Xb (de Nos. 13a en 14a van de tabel). No. 14a kreeg in dat jaar een kalkbemesting van 4000 K.G. mergel per H.A. en later in 1915, nog 2000 K.G., terwijl No. 13a geen mergel ontving. Het gevolg van dit verschil in bemesting bleef niet uit. Ook nu (Mei 1917) is de invloed van de alkalische bemesting op No. 14a duidelijk aan het gewas (rogge) te zien. No. 13a vertoont in de rogge reeds de verschijnselen van de Hooghalensche ziekte in vrij sterke mate, terwijl No. 14a slechts heel weinig ziek is. Dat door de bemesting met totaal 6000 K.G. mergel per H.A. het gehalte aan vrij humuszuur betrekkelijk zoo weinig veranderd is, vindt zijn verklaring hierin, dat op een dergelijke quantiteit humus, n.l. \pm 30 pct. van de droge stof, zulke hoeveelheden alkalie weinig invloed hebben. De totale hoeveelheid humuszuur in 10 gram drogen grond met 30 pct. organische stof bindt immers 240 m.gr. Ca CO_3 , en dus 1 pct. van het totale humuszuur 2,4 m.gr. Per H.A. van 3 000 000 K.G. is dan 435 K.G. mergel noodig om 1 pct. van het humuszuur te binden, als men het gemiddelde watergehalte van dezen humusrijken grond op 40 pct. rekent. In No. 13a werd 65 pct. vrij humuszuur, in 14a 51 pct. vrij humuszuur gevonden, dus een verschil van 14 pct. Deze 14 pct. kunnen gebonden worden door $14 \times 435 = 6090$ K.G. Ca CO_3 . We zien dus dat de hoeveelheid Ca CO_3 in deze berekening gevonden, zeer goed overeenstemt met de hoeveelheid, welk op No. 14a gegeven werd.

Van enkele op de tabel voorkomende gronden is in het bovenstaande een iets uitvoeriger beschrijving gegeven. Daar de aantekeningen in de voorste en achterste kolom van de tabel voor dit onderzoek verder voldoende zijn, meenen we hiermee te kunnen volstaan.

Invloed van verschillende zouten op den ziekte-toestand.

Met een enkel woord kan nu de invloed van verschillende zouten op de zieke gronden worden besproken, welke daarop neerkomt dat zij het percentage vrij humuszuur van den grond der geheele H.A. en speciaal van den grond langs de wortels veranderen. Er dient hier nog eens nadrukkelijk op gewezen, dat in deze verhandeling slechts de invloed van den toestand van de humus op de ontwikkeling van de gewassen is beschouwd. Het onderzoek is beperkt tot de studie van den invloed van het percentage vrij humuszuur op de bodemziekten. Dit percentage vrij humuszuur is gebleken op deze bodemziekten van overwegend belang te zijn. De invloed van microbiologische processen is buiten beschouwing gelaten, hoewel daaraan een buitengewoon groote waarde wordt gehecht en ongetwijfeld zal blijken dat er nauw verband bestaat tusschen de feiten door *Aber-son* vastgesteld en de bovengenoemde beschouwingen over den bodemtoestand. Een zoo ingewikkeld vraagstuk als het onderhavige kan immers van meerdere zijden aangevat worden, waarbij zeer verschillende resultaten kunnen worden verkregen, die echter geenszins met elkaar in strijd behoeven te zijn.

Beschouwen we nu het eigenaardige feit dat kaliumchloride een gunstigen invloed op haverzieke perceelen uitoefent, welke het duidelijkst merkbaar is, wanneer een perceel niet ernstig is aangetast, dan kan daarvoor de volgende verklaring gegeven worden. Het kalium van kaliumchloride wisselt grootendeels om met het calcium van het calciumhumaat in den bodem, zoodat calciumchloride in oplossing gaat, dat uitgespoeld wordt. Door de planten wordt kalium verbruikt, zoodat het eindresultaat is, dat calcium uit den grond verdwijnt en het percentage vrij humuszuur stijgt. Aan het oppervlak der plantenwortels wordt het percentage vrij humuszuur sneller verhoogd, hetgeen van belang is, omdat de plant alleen met de humus die de wortels omgeeft in direct contact is. Een ander deel van het kaliumchloride echter wordt direct door de plant opgenomen en uitgewisseld tegen calciumchloride, dat uitgespoeld wordt. Het calcium van dit calciumchloride is eerst aan de humus onttrokken die de wortels omgeeft. Het percentage vrij humuszuur rond de wortels der planten neemt dus toe tengevolge van de assimilatie van KCl. Op dezelfde wijze moeten magnesiumchloride en ammoniumsulfaat werken, die vooral ook als assimileerbare zouten een zeer gunstige werking op de haverziekte uitoefenen. Het ammoniumsulfaat neemt echter nog een bijzondere plaats in, omdat daaruit door microben salpeter wordt gevormd en zwavelzuur ontstaat waardoor calcium gebonden wordt en dus weer het percentage vrij humuszuur belangrijk stijgt.

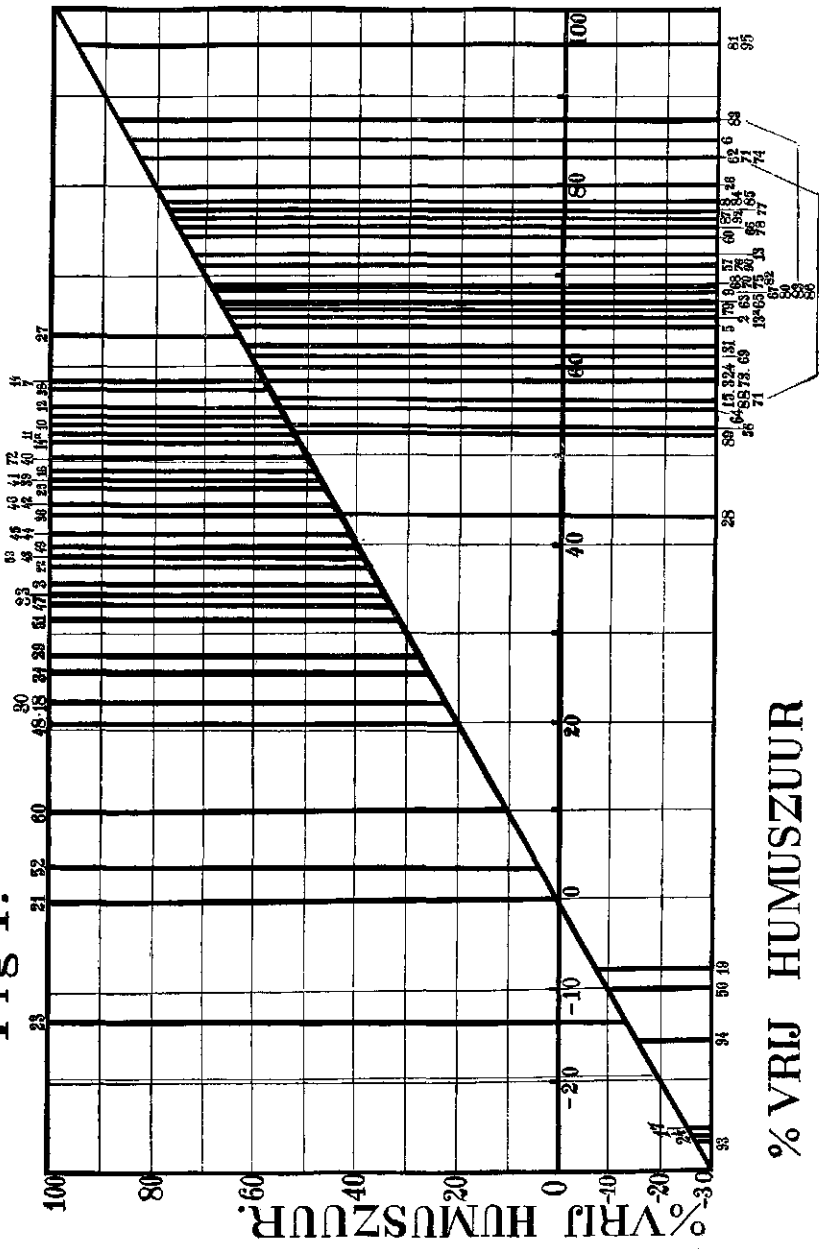
De bestrijding van de zure ziekte door toevoeging van mergel (of aequivalente hoeveelheden carbonaten of oxyden van andere metalen, indien deze niet schadelijk zijn voor de plant, zooals $MgCO_3$ en Na_2CO_3 in geringe hoeveelheden) is begrijpelijk, om-

dat door deze verbindingen het percentage vrij humuszuur wordt verminderd. Ook hier moet de invloed van assimileerbare verbindingen van groote beteekenis zijn. Zij doen voornamelijk aan het worteloppervlak der planten omzettingen in de humus ontstaan. Zoo zal b.v. chilisalpeter gedeeltelijk worden opgenomen en gedeeltelijk tot calciumnitraat worden omgezet, dat ook opgenomen wordt. Het door de plant aan het worteloppervlak gevormde natrium- en calciumbicarbonaat vermindert het percentage vrij humuszuur plaatselijk en daarom vermindert de graad der zure ziekte. Evenzoo worden schadelijke werkingen van chili op haverziek land en van ammoniumsulfaat op zuurziek land verklaard. Niet giftige, assimileerbare en niet assimileerbare zouten oefenen beide op zieke gronden invloed uit; die van de eerste is echter krachtiger dan die van de niet assimileerbare.

Grafische voorstelling. Fig. 1 en 2.

Op de X-as en de IJ-as zijn in figuur 1 de procenten vrij humuszuur uitgezet. De gronden worden dus vanaf den oorsprong langs beide assen naar hun procentgehalte vrij humuszuur gerangschikt en nu blijkt, dat vanaf den oorsprong tot 50 pct. vrij humuszuur gezonde gronden voorkomen, daarna tot 60 pct. vrij humuszuur treffen we zoowel gezonde als zuurzieke gronden aan en boven de 60 pct. slechts zuurzieke. De lijnen voor de gezonde gronden zijn naar boven, die voor haverzieke en voor zuurzieke naar beneden uitgezet. Op de X-as van fig. 2 zijn de hoeveelheden vrij humuszuur in m.gr. CaCO_3 per 10 gram drogen grond, op de IJ-as het gloeiverlies uitgezet. In horizontale richting lezen we dus de hoeveelheden CaCO_3 resp. mergel af, die aan de gronden zouden moeten worden toegevoegd om het vrije humuszuur te binden. Verder zijn de hoeveelheden totaal humuszuur (uitgedrukt in m.gr. CaCO_3 per 10 gram drogen grond) op de grafische voorstelling aangeduid met zwarte driehoekjes. De gezonde gronden zijn door ringen, de zuurzieke door schijven, de haverzieke gronden door vierkantjes aangeduid. Opgemerkt moet worden, dat op deze grafische voorstellingen 1 en 2 de plaats der lijnen en vorm der schijven is gegeven naar de opgaven aan de praktijk ontleend. Alle gronden, die als zuurziek zijn opgegeven, werden als schijven aangegeven, de gezonde als ringen, de alkalisch zieke als vierkanten. Trekken we nu een lijn door den oorsprong en het snijpunt der lijnen van 80 m.gr. CaCO_3 en 10 pct. gloeiverlies (= 1 gram gloeiverlies), dan geeft deze lijn het gemiddelde totaal humuszuur van alle gronden aan. Nu blijken de proefondervindelijk bepaalde hoeveelheden totaal humuszuur zich inderdaad alle dicht langs deze lijn van 100 pct. vrij humuszuur te rangschikken, zoowel voor gezonde als zuurzieke als alkalisch zieke gronden, hetgeen een bewijs is voor de groote overeenkomst in de humus van alle gronden in bindend vermogen. Wordt nu een horizontale

Fig 1.



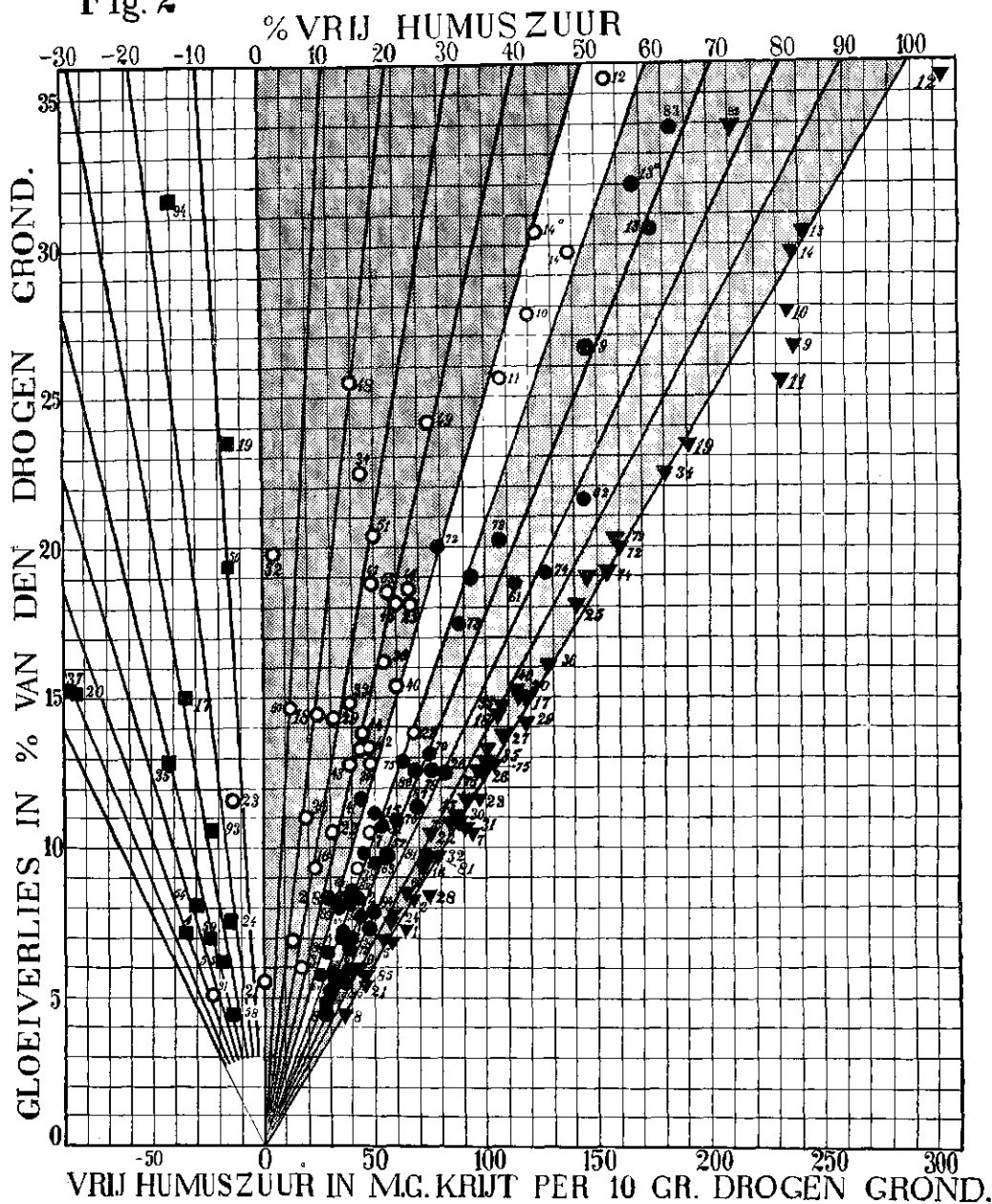
% VRIJ HUMUSZUUR

Grafische voorstelling waarop gronden naar het procentgehalte vrij humuszuur zijn gerangschikt en wel zijn de lijnen voor de gezonde gronden met cijfers aan de bovenzijde, die van haverzieke en zuurzieke gronden met cijfers aan de onderzijde aangeduid.

Deze voorstelling toont aan, dat de gezonde gronden tusschen 0 pct. en 50 pct. vrij humuszuur bevatten, zuurzieke boven 60 pct. en haverzieke beneden 0 pct.

Zie voor beschrijving blz. 150.

Fig. 2



Grafische voorstelling, die het verband aangeeft tusschen het percentage vrij humuszuur en den toestand van den grond wat betreft zuurziek, gezond of alkalisch ziek.

Deze grafische voorstelling toont aan:

10. Dat de haverzieke gronden (met vierkantjes aangeduid) alle overmaat alkali bevatten n.l. links van de lijn van 0 pct. vrij humuszuur liggen.
20. Dat gezonde gronden (met ringen aangeduid) in het vak van 0 pct. tot 50 pct. vrij humuszuur liggen.
30. Dat de zuurzieke gronden (met schijven aangeduid) in het vak van 60 pct. tot 100 pct. vrij humuszuur liggen.
40. Dat de totale hoeveelheid humuszuur (aangeduid door driehoekjes) in gezonde, zuurzieke en alkalischzieke gronden, evenredig is met de daarin aanwezige hoeveelheid organische stof. Deze driehoekjes blijken n.l. alle op een rechte lijn te liggen, de lijn van 100 pct. vrij humuszuur.

Per gram gloeiverlies bindt de hoeveelheid totaal humuszuur ± 80 m.g. Ca CO_3 voor alle onderzochte gronden, zoowel gezonde, zuurzieke als alkalisch zieke.

Zie beschrijving blz. 150.

lijn in de grafische voorstelling, b.v. de lijn over 25 pct. gloei-verlies, tusschen het snijpunt van deze met de lijn van 100 pct. vrij humuszuur en met de IJ-as in 10 gelijke deelen verdeeld, en worden door de zoo verkregen 9 punten en den oorsprong lijnen getrokken, dan zijn dit de lijnen van 10, 20, 30, enz. tot 90 pct. vrij humuszuur, zooals aan de bovenzijde van de grafische voorstelling (fig. 2) is aangegeven, waarop dus de procenten vrij humuszuur van de gronden direct zijn af te lezen. Wordt deze verdeeling aan de linkerkant van de X-as voortgezet, dan kunnen we daar de procenten overmaat alkali in m.gr. Ca CO_3 aflezen. Het blijkt nu, dat rechts van de lijn van 60 pct. vrij humuszuur slechts zurzieke gronden liggen, dat tusschen die van 0 pct. en 50 pct. vrij humuszuur slechts gezonde gronden, tusschen die van 50 pct. en 60 pct. gezonde en zieke voorkomen. Links van de IJ-as liggen de haverzieke gronden.

Is de verhouding $\frac{\text{vrij humuszuur}}{\text{totaal humuszuur}} > \frac{6}{10}$, dan is de grond zuur-ziek.

Is de verhouding $\frac{\text{vrij humuszuur}}{\text{totaal humuszuur}} < \frac{5}{10}$ en > 0 , dan is de grond gezond.

Daar tusschen, van $\frac{5}{10}$ tot $\frac{6}{10}$ bevindt zich het twijfelachtige gebied.

Het is de verhouding tusschen vrij humuszuur en totaal humuszuur, die de vruchtbaarheid van den grond bepaalt wat kalks-behoefte betreft en niet de absolute hoeveelheid vrij humuszuur.

Daar de procentgehalten vrij humuszuur van gezonde gronden tusschen 0 en 50 liggen, zullen gronden met 25 vrij humuszuur zeker gezond zijn. De berekening van de hoeveelheid mergel noodig om een H.A. zure grond op 25 pct. vrij humuszuur terug te brengen (dus om de zure grond gezond te maken, zonder kans op haverziekte) is nu zeer eenvoudig. Nemen we als voorbeeld grond No. 6 van de tabel met 92 pct. vrij humuszuur. Er moet dus 67 pct. humuszuur gebonden worden, overeenkomend met $(43 \times \frac{67}{100} = 29)$ 29 m.gr. Ca CO_3 per 10 gram drogen grond of per H.A. van 3 000 000 K.G. met 20 pct. vochtgehalte \pm 7000 K.G. mergel.

Voor de berekening van de vereischte hoeveelheid mergel per H.A. moeten het vochtgehalte en het S.G. van den grond bekend zijn. De bepalingen hiervan zijn echter praktisch niet altijd uitvoerbaar. Door nu het S.G. en het vochtgehalte aan te nemen, worden fouten gemaakt, die grooter kunnen zijn dan de reeds genoemde fouten van de methode. Echter worden tevens groote onjuistheden begaan doordat de akkers ongelijkmatig zijn wat humusgehalte, dikte van den bouwvoor en bindingstoestand betreft.

De verschillende bepalingen van de bemergeling die gecontro-

leerd konden worden met opgaven van de praktijk hebben evenwel aangetoond, dat de aangegeven methode goede resultaten oplevert, zeer bruikbaar is.

Voor de berekening van de benodigde hoeveelheid mergel per H.A. om een grond op 25 pct. vrij humuszuur te brengen, kunnen we de volgende formule afleiden:

Stel het vochtgehalte van den akker = W .

Stel het S.G. van den vochtigen akker S , het gloeiverlies van het droge grondmonster G , het percentage vrij humuszuur H , de diepte van den bouwvoor D cM.

1 pct. humuszuur in 1 gr. drogen grond bindt $\frac{G \times 0,8}{100}$ mgr. krijt.

Per gram drogen grond moet dus toegevoegd worden $\frac{(H - 25) \times G \times 0,8}{100}$

mgr. krijt. 1 H.A. = $10^8 \times D \times S$ gram vochtige grond, of = $\frac{10^8 \times D \times S}{100}$
 $\times (100 - W)$ gram droge grond.

Per H.A. is dus noodig:

$$\frac{D \times S (100 - W) \times G \times 0,8 (H - 25)}{100} \text{ K.G. mergel.}$$

C. Vergelijking van de resultaten van de azotobacter- en de diffusiemethode, met twee andere methoden.

Reeds in het voorgaande is een en ander meegedeeld over de Azotobactermethode, waarvan de resultaten vrij goed overeenkomen met die van de diffusiemethode, zooals ook uit de cijfers in de tabel te zien is. Nu zullen hier nog twee andere methoden mee worden vergeleken.

1. *Bepaling van de hoeveelheid vrij humuszuur door weging van de daardoor uitgedreven hoeveelheid koolzuur uit carbonaten in aansluiting met de proefnemingen van Tacke en met die van van Daalen.*

De hoeveelheid koolzuur, die door een afgewogen hoeveelheid grond bij koken met overmaat krijt wordt uitgedreven, moet equivalent zijn aan de hoeveelheid ongebonden humuszuur daarin aanwezig. Reeds heeft Tacke dergelijke proeven genomen. Hij bepaalde de hoeveelheid koolzuur, die werd vrijgemaakt uit grond + CaCO_3 door het met behulp van een waterstofstroom naar koolzuur-absorptie-toestellen te leiden. Tacke kreeg hierbij bij 100° ongeveer $\frac{1}{3}$ meer CO_2 dan bij gewone temperatuur, hecht hieraan echter weinig waarde en geeft er ook geen verklaring van. Helaas heeft Tacke zijn proeven niet vervolgd, die toch tot belangrijke resultaten hadden kunnen leiden. Het verschil, dat Tacke gevonden heeft bij de behandeling van den grond met CaCO_3 bij kamertemperatuur en bij 100° , is

nu te verklaren. Het wordt veroorzaakt door het niet volledig inwerken van het krijt op humuszuur bij lage temperatuur in korten tijd.

Tacke's onderzoek werd herhaald en nader uitgewerkt door C. K. van Daalen ¹⁾, die na eerst bij kamertemperatuur gewerkt te hebben er toe overging op 100° te verhitten om de reactiesnelheid te verhoogen. Het CO₂ werd evenals bij Tacke's proeven opgevangen in getitreerd bariet. Van Daalen vond prachtige overeenstemming bij gelijken tijd van inwerken, maar zelfs na 14 dagen koken had de CO₂-ontwikkeling nog niet opgehouden. Zoo gaven b.v. 20 gram veengrond van de Veenendaalsche heide, waaraan krijt was toegevoegd, de volgende hoeveelheden CO₂ omgerekend op $\frac{1}{10}$ N bariet:

	3,5 uur . . .	40,3	daarna 2 × 24 uur . . .	4,4
daarna	24 " . . .	9,0	" 24 " . . .	2,5
"	24 " . . .	6,6	" 24 " . . .	2,8
"	24 " . . .	7,4	" 24 " . . .	2,8
"	24 " . . .	5,3	" 2 × 24 " . . .	3,4
"	24 " . . .	3,8	" 2 × 24 " . . .	2,2

Hij schrijft dit toe aan ontleding van de neutrale humus en als bewijs daarvoor haalt hij aan, dat uit 20 gram neutrale grond van het Spijk bij 4 uur koken een hoeveelheid CO₂ uitgedreven werd, welke met 6,8 c.M³. $\frac{1}{10}$ N bariet aequivalent is. Op dit bewijs is aan te merken dat in den neutralen grond naast vrij humuszuur, vrij CaCO₃ aanwezig kan zijn. Bij verhitting van een dergelijke grond krijgt men koolzuur-ontwikkeling, welke niet alleen aan de ontleding van de humus kan worden toegeschreven. Toch werd ook bij de verdere proeven aan het Microbiologisch laboratorium te Groningen, evenals bij die van van Daalen, een geringe ontleding van de humus gevonden. Om het bewijs hiervoor te leveren werden de proeven als volgt gewijzigd:

30 gram grond werden met ongeveer 200 c.M³. water in een erlenmeyerkolf eerst 3 uur op 100° gehouden om eventueel in den grond naast vrij humuszuur aanwezig CaCO₃ te doen inwerken en het CO₂ te doen ontwijken. Daarna werd overmaat CaCO₃ toegevoegd en nu in een kokend waterbad met een stroom goed gereinigde waterstof het gevormde CO₂ naar de absorptietoestellen gevoerd. Zelfs na 8 uur en langer was het gewicht der kali-apparaatjes niet volkomen constant; gedurende de eerste 2 à 3 uren had de grootste gewichtstoename plaats, terwijl daarna de toename elk uur ongeveer evengroot bleef en slechts enkele milligrammen bedroeg. Daarna werd aan de kolf zuur toegevoegd

¹⁾ C. K. van Daalen. De bepaling van humuszuren in den grond, volgens de methode van Dr. Tacke. Chemisch Weekblad 1906, blz. 611. Lab. Landh. Scheik. der R. H. L. T. en B. School.

en door opvangen en wegen van het uitgedreven CO_2 de nog aanwezige overmaat krijt bepaald. De beide gevonden hoeveelheden CO_2 kwamen te zamen niet geheel overeen met de hoeveelheid CO_2 aanwezig in het toegevoegde krijt, maar de som was altijd grooter dan de berekende hoeveelheid. Dit kan alleen aan ontleding worden toegeschreven. Dergelijke bepalingen met enkel krijt in water, gaven kloppende cijfers, terwijl bepalingen met 3 uur op 100° verhitten grond, waaraan geen krijt was toegevoegd, na 2 dagen verhitten nog een gewichtstoename van de kali-apparaatjes van ± 2 m.gr. per uur gaven. Werd inplaats van een waterstofstroom een koolzuurvrije luchtstroom doorgeleid, dan was het verschil tusschen de berekende en de gevonden cijfers belangrijk grooter.

Hier volgen eenige bepalingen, die dit nader demonstreeren: 30 gram grond van A. G. Mulder te Sappemeer werden 3 uur op 100° verhit, daarna afgekoeld, de lucht verdrongen door waterstof, waarna een waterstofstroom bij 100° werd doorgeleid.

	Gewicht kali app. in grammen.	Gewicht- toename mgr. CO_2 .
begin der proef	69,3100	
na 2 uur	69,3099	—0,1
2 uur later.	69,3150	5,1
2 „ „	69,3170	2,0

Na afkoelen werd 472 m.gr. Ca CO_3 toegevoegd, daarna werd de proef als boven voortgezet.

vorig gewicht.	69,3170	
na 2 uur 30 min.	69,3860	69,0
2 uur later.	69,3923	6,3
2 „ „	69,3977	5,4
2 „ „	69,3997	2,0
Door den grond uitgedreven		82,7 mgr. CO_2 .
Volgens de diffusiemethode berekend.		99 „ CO_2 .

Nu werd na afkoelen H_2SO_4 toegevoegd, vervolgens weer gekookt en H_2 doorgeleid.

	Gewicht kali app. in grammen.	Gewichts- toename mgr. C O ₂ .
vorig gewicht	69,3997	
na 4 uur	69,5372	137,5
1 uur 30 min. later	59,5377	0,5
Door H ₂ S O ₄ uitgedreven		138,0 mgr. C O ₂ .
Volgens de diffusiemethode berekend	109	„ C O ₂ .
Totaal gevonden	220,7	„ C O ₂ .
Berekend	208	„ C O ₂ .

Men ziet, dat ook zonder krijt toevoegen het kali-apparaat iets in gewicht toeneemt. Ook nadat Ca CO₃ is toegevoegd, wordt na 6 uur koken het gewicht niet constant. Een 2e bepaling met denzelfden grond gedaan leverde de volgende resultaten op:

	Gewicht kali app. in grammen.	Gewichts- toename mgr. C O ₂ .
begin der proef	66,9091	
2 uur later.	66,9130	3,9
2 „ „	66,9191	6,1
2 „ „	66,9190	—0,1
472 mgr. Ca C O ₂ toegevoegd.		
vorig gewicht.	66,9190	
na 2 uur 30 min.	66,9895	70,5
2 uur later.	66,9990	9,5
2 „ „	70,0014	2,4
Door den grond uitgedreven		82,4 mgr. C O ₂ .
Volgens de diffusiemethode berekend	99	„ C O ₂ .

Deze cijfers kloppen met die van de vorige bepaling; de proef werd niet verder voortgezet.

Belangrijker was de ontleding, die bij de volgende bepalingen werd waargenomen. 30 gram zandgrond van Bleker te Spitsbergen werden met zoutzuur uitgespoeld, op de wijze als vroeger bij de diffusiemethode beschreven. Het humuszuur werd dus van de er aan gebonden metalen ontdaan. Daarna werd 472 mgr. Ca CO₃ toegevoegd en bij kookhitte waterstof doorgeleid.

	Gewicht kali app. in grammen.	Gewichts- toename mgr. C O ₂ .
aanvang der proef	69,5377	
na 1 uur 30 min.	69,6598	122,6
2 uur later.	69,6645	4,7
1 uur 30 min. later	69,6709	6,4
1 „ 30 „ „	69,6741	3,2
2 uur later.	69,6779	3,8
Door den grond uitgedreven		140,2 mgr. C O ₂ .
Volgens de diffusiemethode werd gevonden		112,2 „ C O ₂ .

Na afkoelen en toevoegen van H₂SO₄ werd de proef voortgezet.

	Gewicht kali app. in grammen.	Gewichts- toename mgr. C O ₂ .
vorig gewicht.	69,6779	
na 5 uur 30 min. koken	69,7813	103,4
na 2 uur	69,7848	3,5
na 1 uur 15 min.	69,7878	3,0
Door H ₂ S O ₄ uitgedreven.		109,9 mgr. C O ₂ .
Berekend volgens de diffusiemethode		95,8 „ C O ₂ .
Totaal uitgedreven C O ₂		140,2 + 109,9 = 250,1 mgr.
Totaal C O ₂ berekend.		112,2 + 95,8 = 208 „

Een duplo bepaling gaf de volgende cijfers:

	Gewicht kali app. in grammen.	Gewichts- toename mgr. C O ₂ .
aanvang der proef	67,0675	
na 1 uur 30 min.	67,1898	122,3
na 2 uur	67,1916	1,8
na 1 uur 30 min.	67,1985	6,9
na 1 uur 30 min.	67,2036	5,1
na 2 uur	67,2096	6,0
Door den grond uitgedreven.		142,1 mgr. C O ₂ .
Volgens de diffusiemethode gevonden		112,2 „ C O ₂ .

Vervolgens werd H_2SO_4 toegevoegd:

	Gewicht kali app. in grammen.	Gewichts- toename mgr. CO_2 .
vorig gewicht.	67,2096	
na 5 uur 30 min.	67,3128	103,2
na 2 uur	67,3169	4,1
na 1 uur 15 min.	67,3190	2,1
Door H_2SO_4 uitgedreven		109,4 mgr. CO_2 .
Volgens de diffusiemethode berekend		95,8 „ CO_2 .
Totaal uitgedreven CO_2	142,1 + 109,4 =	251,5 mgr.
Totaal CO_2 berekend	112,2 + 95,8 =	208 „

Ook deze twee bepalingen gaven overeenstemmende waarden. De ontleding was hier tamelijk sterk; bij beide bepalingen is n.l. in 17 uur ruim 40 mgr. CO_2 meer opgevangen dan in den vorm van $CaCO_3$ is toegevoegd.

Aar. 30 gram van denzelfden zandgrond, evenwel met HCl uitgewassen, werd 472 mgr. $CaCO_3$ toegevoegd.

	Gewicht kali app. in grammen.	Gewichts- toename mgr. CO_2 .
aanvang der proef	65,3272	
na 3 uur	65,3773	50,1
na 2 uur	65,3824	5,1
na 2 uur	65,3846	2,2
na 2 uur	65,3846	4,2
na 1 uur 15 min.	65,3889	3,1
na 3 uur	65,3920	
Door den grond uitgedreven		64,8 mgr. CO_2 .
Volgens de diffusiemethode gevonden		59,4 „ CO_2 .

Na toevoegen van H_2SO_4 :

	Gewicht kali app. in grammen.	Gewichts- toename mgr. CO_2 .
vorig gewicht.	65,3920	
na 2 uur 30 min.	65,5505	158,3
na 1 uur 30 min.	65,5530	2,5
na 1 uur	65,5580	5,0
na 45 min.	65,5597	1,7
Door H_2SO_4 uitgedreven		167,7 mgr.
Volgens de diffusiemethode berekend 208—59,4 =		148,6 „

Totaal uitgedreven CO_2 . . . $64,8 + 167,7 = 232,5$ m.gr. CO_2 .
 Totaal CO_2 toegevoegd als CaCO_3 . 208 m.gr. ($= 59,4 + 148,6$).

Bij de duplo bepaling werd door den grond uitgedreven 61,4 m.gr. CO_2 . De overmaat krijt werd hier niet bepaald.

Uit het bovenstaande blijkt, dat men met de koolzuurwegingsmethode cijfers verkrijgt, die belangrijk kunnen afwijken van die, welke met de diffusiemethode worden gevonden. Oorzaak hiervan is ten eerste de fout, die bij de diffusiemethode gemaakt wordt en ten tweede de ontleding van humusstoffen door langdurige verhitting bij de koolzuurwegingsmethode. De laatste fout is te verminderen door niet langer dan 2 à 3 uur te koken, daar in dien tijd de reactie tusschen humuszuur en CaCO_3 volledig afloopt. Rekening houdende met de fouten der beide methoden komt men tot vrij goed overeenstemmende resultaten.

Ten slotte werd de ontleding bij koken nagegaan van een grond waarin alle humus gebonden is en in een waarin het humuszuur voor het grootste gedeelte ongebonden is. Voor de eerste grond werd genomen No. 23 van de tabel, die, zonder voorafgaande verhitting, dezelfde hoeveelheid vrij CaCO_3 bleek te bevatten als na 3 uur koken. Deze grond bevatte dus volgens de diffusiemethode geen vrij humuszuur. Als tweede grond werd genomen No. 13a met 65 pet. vrij humuszuur; deze grond was zeker in de laatste 30 jaren niet met mergel behandeld, en zal dus geen vrij CaCO_3 bevatten.

Eerst werd bij kamertemperatuur de lucht door waterstof verdrongen. Daarna werd op 100° verhit.

30 gram No. 23.

	Gewicht kali app. in grammen.	Gewichtstoe- name mgr. CO_2 .
begin per proef	65,5574	
na 3 uur	65,5714	14,0
na 2 uur 30 min.	65,5744	3,0
3 uur later.	65,5784	4,0
2 uur later.	65,5800	1,6
1 uur 30 min. later	55,5810	1,0
na 1 uur	65,5820	1,0
na 1 uur	65,5880	1,6
na $1\frac{1}{2}$ uur.	65,5846	1,2
na $1\frac{1}{2}$ uur.	65,5858	6,4
na 7 uur	65,5922	

30 gram grond No. 13a.

	Gewicht kali app. in grammen.	Gewichts- toename mgr. C O ₂ .
begin der proef	68,2258	
na 3 uur	68,2358	10,0
na 2 uur 30 min.	68,2456	9,8
na 3 uur	68,2520	7,4
na 2 uur	68,2550	3,0
na 1 uur 30 min.	68,2575	2,5
na 1 uur	68,2592	1,7
na 1 uur	68,2620	2,8
na 11 uur	68,2770	15,0

Bij verdere proefnemingen werd eveneens gevonden, dat gedurende de eerste 3 uren verhitten door humusontleding per gram organische stof hoogstens 3 m.gr. CO₂ wordt ontwikkeld.

Proeven waarbij in de stoompot in plaats van 3 uren, gedurende 15 uren verhit was, toonden aan dat de grens (m.gr. Ca CO₃ per 10 gram drogen grond) verlaagd wordt en wel b.v. voor grond No. 71 met 47,4 pct. gloeiverlies van 250 m.gr. tot 210 m.gr. Dat is per uur 3 m.gr., dus per gram gloeiverlies 0,5 m.gr. Waarschijnlijk is dus het koolzuur, dat bij verhitting uit humus ontwijkt, afkomstig van carboxylgroepen in het humuszuur.

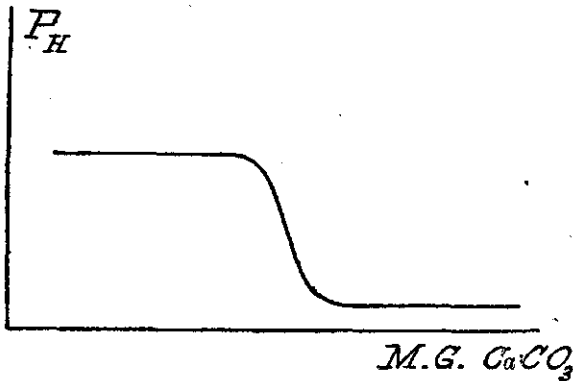
2. *Bepaling van de hoeveelheid vrij humuszuur door middel van electro-chemische methoden (in aansluiting met de proefnemingen van Sven Odén).*

[Met behulp van de bepaling van de waterstofionenconcentratie werd getracht een derde methode te vinden.

Daar de oorspronkelijk zure gronden op de lakmoidplaten roode diffusievelden geven en na toevoegen van voldoende krijt blauwe, moet men aannemen, dat door toevoeging van krijt de waterstofionenconcentratie daalt. Men kan verwachten, dat met behulp van de waterstofionenconcentratie-bepaling de hoeveelheid krijt, die noodig is ter neutralisatie van gronden, kan worden vastgesteld. Voegt men n.l. stijgende hoeveelheden krijt toe, dan zal de waterstofionenconcentratie zoolang nog vrij humuszuur aanwezig is gelijk blijven aan die van een verzadigde humuszuuroplossing, daarna snel dalen tot die van een verzadigde Ca CO₃-oplossing en dan weer gelijk blijven. Toevoegen van meer krijt

zal op de waterstofionenconcentratie geen invloed meer hebben. Men zal dan een dergelijk figuur verwachten:

Fig. 3.



Voor de bepaling werden porties van 10 gram grond (vochtig monster) afgewogen, waarvan elk 20 c.M³. gedestilleerd water kreeg. Daarna werden stijgende hoeveelheden krijt toegevoegd en 3 uur op 100° verhit, vervolgens werd de grond in diffusie-hulzen gebracht, waaromheen 10 c.M³. gedestilleerd water. Na b.v. 48 uur diffusie werd van de buitenstaande vloeistof de waterstofionenconcentratie bepaald. Aangenomen werd dus, dat deze vloeistof dezelfde waterstofionenconcentratie krijgt als de vloeistof in de huls, hetgeen ook te verwachten is, daar in de agar-platen de diffusie ook zeer goed plaats heeft. Aangezien de vloeistof echter zeer arm is aan ionen, werd bij de bepaling geen goede instelling verkregen. Dezelfde proeven werden daarom genomen met toevoeging van een kleine hoeveelheid van een neutrale electrolyt (b.v. 20 m.gr. KCl) aan den grond. De bepaling werd daardoor nauwkeuriger, toch waren de resultaten niet bruikbaar. Wel werd geconstateerd, dat bij toevoegen van krijt de waterstofionenconcentratie daalt. Het punt waar de vloeistof neutraal blijft, bij toevoegen van meer krijt, kon echter niet scherp worden bepaald. Stijgende hoeveelheden NaOH in plaats van CaCO₃ gaven evenmin goede resultaten. Gevonden werd b.v. voor de haverzieke grond No. 20 van de tabel $P_H = 7,15$. Werde nu aan gezonde gronden of aan zuurzieke gronden overmaat krijt toegevoegd en gekookt (3 uur), dan kwam de waterstofionenconcentratie ongeveer op ditzelfde getal. B.v. grond No. 1 van de tabel had zonder krijttoevoeging $P_H = 5,32$ en na koken met overmaat krijt $P_H = 7,07$. Een gezonde grond van Bleker te Sappemeer gaf zonder krijt $P_H = 6,37$ en met overmaat krijt gekookt $P_H = 7,08$. Deze laatste grond gekookt met stijgende hoeveelheden krijt gaf na diffusie:

0 mgr. krijt per 10 gram grond	$P_{II} = 6,37$
6 " " " 10 " " "	$= 6,67$
12 " " " 10 " " "	$= 6,91$
18 " " " 10 " " "	$= 7,03$
24 " " " 10 " " "	$= 7,08$

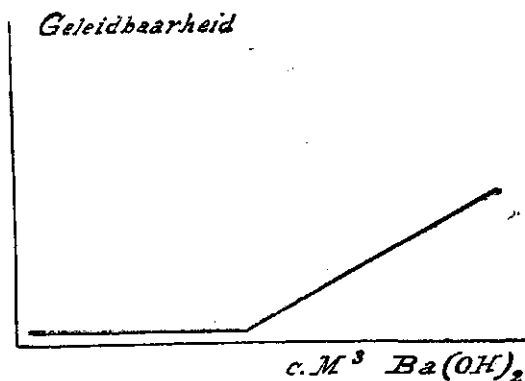
Volgens de diffusiemethode ligt de grens voor neutrale reactie in dit geval bij 14 m.gr. krijt.

Bij alle onderzochte gronden werd nu een dergelijke stijging van P_{II} waargenomen bij toevoeging van meer krijt; een punt waarna P_{II} niet meer toeneemt werd niet scherp waargenomen, wel werd de stijging langzaam kleiner om tenslotte 0 te worden.

Ten vierde werd de geleidbaarheid bepaald. Reeds werd door Sven Odén (l.c.) humuszuur met behulp van de geleidbaarheid getitreerd met NaOH. Hij vondt, dat de geleidbaarheid sterker ging stijgen nadat alle humuszuur geneutraliseerd was dan daarvoor. Nadat gebleken was, dat NaOH, zooals Sven Odén bij de bepaling van zeer zorgvuldig gezuiverd humuszuur met succes gebruikte, bij de toepassing op gronden geen goede resultaten opleverde, werd inplaats van NaOH getracht met andere basen betere gegevens te verkrijgen.

Voegt men aan 10 gram grond met vrij humuszuur 40 c.M³. water toe en daarna Ca(OH)₂ of Ba(OH)₂ van bekende sterkte, dan vormt zich calciumhumaat resp. bariumhumaat, die beide onoplosbaar zijn, en water. De geleidbaarheid zal dus niet stijgen zolang nog vrij humuszuur aanwezig is. Is echter alle humuszuur gebonden, dan zal meer bariet of calciumhydroxyde de geleidbaarheid sterk doen stijgen, daar dit niet wordt vastgelegd, maar als Ba⁺⁺- resp. Ca⁺⁺-ionen en OH⁻ in de vloeistof blijft opgelost. Men krijgt dus een dergelijk verloop:

Fig. 4.

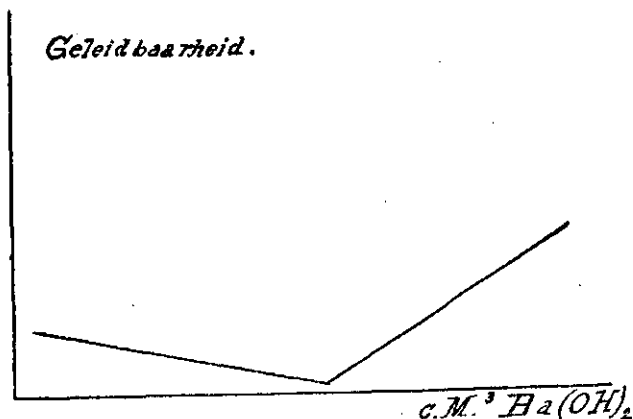


Een duidelijker overgangspunt is te verwachten wanneer men eerst aan den grond CaCl₂ toevoegt (resp. BaCl₂). Het aanwezige humuszuur vormt hiermede gedeeltelijk calciumhumaat

en HCl. Dit HCl geeft H- en Cl-ionen, die een groote beweeglijkheid bezitten. Voegt men nu bariet toe dan krijgt men $2 H' + 2 Cl' + Ba'' + 2 OH' = 2 Cl' + Ba'' + H_2O$.

Inplaats van 2 H'-ionen komt dus een Ba''-ion in de plaats, dat een veel geringer beweeglijkheid bezit. Men zal dus de geleidbaarheid zien dalen om bij overmaat bariet weer te stijgen.

Fig. 5.



Het bezwaar van vooraf toevoegen van $CaCl_2$ is, dat men dan reeds in het begin een kleine weerstand heeft, zoodat elke c.M³. bariet den weerstand betrekkelijk maar weinig verandert, dus het overgangspunt toch niet scherp wordt.

Betere resultaten werden verkregen wanneer de grond (10 gram + 40 c.c. water) werd gekookt met 1 c.c. 0,1 N NaOH en daarna met behulp van de meting van geleidbaarheid werd getitreerd met bariet bij 100°. Het NaOH vormt oplosbaar natriumhumaat. Daarna toegevoegd $Ba(OH)_2$ geeft onoplosbaar bariumhumaat en NaOH dat weer opnieuw humuszuur oplost. De geleidbaarheid verandert dus niet voordat alle humuszuur is omgezet tot bariumhumaat. Daarna blijft overmaat $Ba(OH)_2$ in oplossing en verhoogt de geleidbaarheid. Op deze wijze kon in eenige gevallen het neutralisatiepunt scherp worden bepaald en viel dit punt ook samen met dat, welk gevonden werd bij de diffusiemethode, b.v. 10 gram van grond No. 14b van de tabel (vochtig monster) werd eerst eenigen tijd gekookt met 40 c.c. water en 1 c.c. NaOH. Daarna werd bij 100°, telkens na toevoegen van 1 c.c. van een barietoplossing (1 c.c. = 9,1 m.gr. krijt) de weerstand gemeten met de brug van Wheatstone:

cc bariet.	Weerstand in Ohm.	Vershil.
4	368	
5	355	13
6	349	6
7	341	8
8	336	5
9	322	14
10	309	13
11	297	12
12	286	11

In dit geval werd dus de neutrale reactie verkregen met 1 c.c. Na OH (= 5 m.gr. krijt) + 8 à 9 c.c. bariet (= 8 à 9 × 9,1 m.gr. krijt). Te zamen dus per 10 gram vochtige grond overeenkomende met 78 à 87 m.gr. krijt, terwijl de diffusiemethode als grens gaf 85 m.gr. krijt.

Daarentegen werd met enkele andere gronden niet deze scherpe overgang geconstateerd. Mogelijk is de methode bruikbaar te maken door nadere bestudeering van de omstandigheden, die hier tot afwijkingen aanleiding geven en door opvoeren van de nauwkeurigheid.

HOOFDSTUK III.

Samenvatting der resultaten en gevolgtrekkingen.

1. Met behulp van de methode met Azotobacterkulturen beschreven in Hoofdstuk II A is de kalkbehoefte van zand- en veengronden, en het percentage vrij humuszuur daarin, zij het dan ook onnauwkeurig, te bepalen.
2. Met behulp van de diffusiemethode in agar-agar met indicatoren gekleurd, is de kalkbehoefte van zand- en veengronden vast te stellen. Tevens kan met deze methode het percentage vrij humuszuur in deze gronden bepaald worden.

Door middel van de genoemde diffusiemethode zijn in het algemeen troebele en door gekleurde neerslagen ondoorzichtige vloeistoffen te titreeren. De gevoeligheid is $\frac{1}{5000}$ N.

3. Zuurzieke (Hooghalensch zieke), gezonde en haverzieke gronden zijn naar het percentage ongebonden humuszuur, dat zij bevatten, te differentieeren en wel bezitten zuurzieke gronden meer dan 60 pct. ongebonden humuszuur, gezonde gronden minder dan 50 pct. ongebonden humuszuur, terwijl

haverzieke gronden behalve geheel gebonden humus nog een overmaat alkali bevatten.

Voor de bepaling van het percentage ongebonden humuszuur in den grond zijn de volgende gegevens noodig:

- 1°. het watergehalte;
 - 2°. het gloeiverlies;
 - 3°. de hoeveelheid ongebonden humuszuur per 10 gram drogen grond.
4. De beschreven diffusiemethode geeft een middel aan de hand tot het berekenen van de hoeveelheid mergel, die noodig is om een zuurziek perceel een bepaald percentage ongebonden humuszuur te geven, b.v. ± 25 pct., zoodat het gezond wordt en er geen kans op haverziekte bestaat.
 5. Contrôle op deze methode met een methode waarbij van de bepaling van de waterstofioneneconcentratie of eene waarbij van de bepaling van de geleidbaarheid werd gebruik gemaakt, bleek niet met voldoende nauwkeurigheid te kunnen geschieden.
 6. Goede resultaten werden verkregen met een gewijzigde methode van Tacke, die overeenstemmende resultaten gaf met die verkregen met de diffusiemethode en de Azotobactermethode.
 7. De humus in den bodem moeten we beschouwen als een complex van verbindingen van verwante samenstelling met een bepaald aantal zuurgroepen. De hoeveelheid humuszuur per gram gloeiverlies van alle onderzochte zand- en veengronden bindt ± 80 m.gr. CaCO_3 , uitgezonderd pas ontgonnen humusrijke gronden.
 8. Humus heeft kolloideigenschappen en bevat humuszuur. Humuszuur is een zuur omdat het:
 - a. door metalen vervangbare waterstofatomen bevat;
 - b. door acquirante hoeveelheden CaCO_3 , basisch magnesiumcarbonaat, Na_2CO_3 , BaCO_3 , Li_2CO_3 wordt geneutraliseerd;
 - c. het natriumzout van humuszuur reageert neutraal;
 - d. uit carbonaten wordt koolzuur uitgedreven.
 9. De onmiddellijke oorzaak van het ontstaan der beide ziekten is door dit onderzoek niet opgelost, daarentegen is het directe verband tusschen het optreden der ziekten en het percentage vrij humuszuur in den bodem vastgesteld.
-

Na een voordracht door N. L. Söhngen voor eene vergadering van Rijks land- en tuinbouwleeraren te Wageningen gehouden den 13den Juni 1917, was J. H. Aberson zoo vriendelijk er op te wijzen, dat Tacke en Söchling in de Landwirtschafil. Jahrbücher 1911, blz. 717 een verhandeling over humuszuren hebben gepubliceerd. In deze verhandeling is het onderzoek van Baumann scherp gekritiseerd aan de hand van tal van bepalingen door genoemde autoren, die de onjuistheid van Baumann's waarnemingen aantonen en zijne theorie onhoudbaar maken.

In een twintigtal conclusies vatten Tacke en Söchling hun arbeid over Moostorf samen, waarin de juistheid der vroegere meening van Tacke, dat humus zuren bevat wordt bewezen. Enkele van de conclusies van dit onderzoek zijn de volgende:

Die Reaktion einer Blaufärbung eines Gemisches von Jodkalium, jodsaurem kalium, und Stärkekleister, vermögen neutrale Kolloide, wie die Stärke nicht zu geben. Nur Säuren und Säure enthaltende Stoffe geben diese Reaktion. Zu diesen Stoffen gehören z. B.: Sphagnum acutifolium, Hylocomium Schreberi, Cladonia rangiferina f. alpestris, Stengel von Trifolium hybridum, Stearinsäure, Humussäure, Moostorf.

Moostorf invertiert Saccharose.

Moostorf entwickelt mit Eisen Wasserstoff. Eine Absättigung der Moostorfsäuren durch Calciumkarbonat bewirkt ein fast völliges aufhören der Wasserstoffentwicklung aus Eisen.

Tenslotte zij hier dank betuigd voor de welwillende medewerking, die van verschillende zijden werd ondervonden voor het verkrijgen van grondmonsters. In de eerste plaats den heer J. Hudig voor het zenden van monsters van proefvakjes en proefvelden, den heer A. G. Mulder te Sappemeer, wiens groote kennis van deze streken bij het verzamelen der monsters van groote waarde was; verder den heeren J. Jonker, landbouwonderwijzer te Sappemeer, J. Kok, Rijkslandbouwleeraar te Veendam, Mej. de Wed. Bleker te Spitsbergen, den heer N. van Poeteren, directeur van den Phytopathologischen Dienst te Wageningen, den heer J. G. Hadders te Assen, en anderen.