

OVERDRUK

UIT HET LANDBOUWKUNDIG TIJDSCHRIFT, MAANDBLAD VAN HET
NED. GENOOTSCHAP VOOR LANDBOUWWETENSCHAP,
48ste Jaargang No. 582. pp. 33-39. Januari 1936.

**Over het uniforme gedrag van de
Nederlandsche klei-substantie bij de
omwisselings-reactie.**

Mededeeling uit het laboratorium voor bodemkunde en bemestings-
leer der L.H.S. te Wageningen.

door

J. HUDIG en R. H. J. ROBORGH.

Met het adsorptie-complex, door Gedroiz aldus genoemd, is dat deel van den grond bedoeld, dat door zijn omwisselings-reacties is gekenmerkt. Het heeft door zijn hoge dispersiteit een relatief groot actief oppervlak, waaraan zich de voor den plantengroei belangrijke processen afspelen. Dit bodemdeel is derhalve de belangrijkste zetel van de voor den grond kenmerkende eigenschappen. Tot nog toe heeft een methodiek ontbroken, om dit deel kwantitatief aan te wijzen en om zijn aard vast te stellen. Men nam genoegen met de opvatting, dat de bouwvoor gekarakteriseerd was, indien men het omwisselingsvermogen van den grond per eenheid, b.v. van 100 gr, kende en het leek daarom voor de practijk niet noodig de bepaling van het gehalte aan actief materiaal en het karakter daarvan uit te voeren.

Dat deze opvatting onjuist is, wenschen wij in het onderstaande aan te toonen; doch wij willen het vooraf laten gaan door een tweetal analogiën om te adstrueeren, waarom wij met die opvatting niet mee kunnen gaan en derhalve hebben gezocht naar de kwantitatieve bepaling van het adsorptie-complex van den grond en naar de vaststelling van de omwisselings-capaciteit van dit bodemdeel.

In de eerste plaats een voorbeeld uit de landbouwpraktijk. Indien men bieten verbouwt, kan men de productiecapaciteit van den grond in het aantal kg suiker per ha uitdrukken, en zeggen, dat hiermee deze eigenschap is vastgesteld. Echter begrijpt men onmiddellijk, dat voor een inzicht in het productieproces met allen aanhang van

dien, het niet hetzelfde is of men de suiker verkrijgt door *veel* wortels of riet met *laag* gehalte of door *weinig* wortels of riet met *hoog* gehalte. In elk geval is het noodig, dat en de planter en de fabrikant den samenhang kennen.

Een ander voorbeeld, uit de voedingsleer genomen, adstrueert, dat het niet hetzelfde kan zijn om een bepaalde hoeveelheid eiwit aan te brengen door veel materiaal met laag gehalte of weinig met hoog gehalte te doseeren.

Elke verfijning van de kennis over het adsorbeerend vermogen van den grond moet tot verheldering van inzicht voeren, vooral wanneer blijken mocht, dat in dit vermogen het adsorptie-complex van verschillende gronden verschillen vertoont. Immers daardoor zouden de gronden beter gekarakteriseerd zijn dan door een waarde, waarin de invloed van twee factoren, nl. van aard en hoeveelheid van het adsorptie-complex, is gecombineerd.

Nu heeft men ten aanzien van dit streven met groote moeilijkheden te kampen. Over de bepaling van deze adsorptie- of beter omwisselings-capaciteit is men het niet eens. Er zijn diverse methoden, die diverse uitkomsten geven; doch er is in den laatsten tijd een inzicht ontstaan, waarbij naar voren komt, dat dit vermogen voor verschillende gronden bij een overeenkomstigen zuurgraad moet worden bepaald en dat het om meerdere redenen aanbeveling verdient deze pH in de buurt van het neutrale punt te kiezen. ($\text{pH} \pm 7$)¹). Men bepaalt dan in eerste instantie hoeveel milliequivalenten van een base (kation) door het in een bepaalde hoeveelheid grond aanwezige adsorptie-complex kan worden geadsorbeerd. Deze waarde moet nu betrokken worden op de hoeveelheid actief materiaal, die in die hoeveelheid grond aanwezig is en dit laatste getal zou dan de bodemkarakteristiek zijn, die wij behoeven. Doch hiervoor is het noodig de hoeveelheid actief materiaal te kennen.

De pogingen ter bepaling van dit actief materiaal beperken zich tot het gebied van de bepaling van het actieve oppervlak en wel:

a) door bepaling van de hygroschopieiteit en van de bevochtigingswarmte;

b) door bepaling van de zoogenaamde „fracties”, met behulp van de slibmethode en vaststelling bij welke fractiegrens het oppervlak een bemerkbare rol gaat spelen.

Voor de groep onder a) genoemd, hebben *Rodewald* en *Mitscherlich* groote verdiensten verworven en later nog enkele anderen, zooals *Janert*, die echter in hoofdzaak op het werk van genoemde auteurs voortbouwen. Deze onderzoekingen vereischen een bepaalde apparatuur en bijzondere inrichtingen, die voor massa-onderzoek nog niet geheel toegankelijk gemaakt zijn. Voor de bepalingswijze onder b) zijn de methoden legio, waarvan o.m. het uitnemende werkje van *Gessner*, „Die Schlämmanalyse”, getuigenis aflegt. Omdat vooral in het gebied der kleine fracties elke controle door waarnemingen op andere wijze (b.v. microscopische) ontbreekt, zijn de voorstellen van dispersie en afslibbing zoovele, dat men moeilijk een goede keuze kan doen. Wij hebben echter na lang-

¹) *J. Hudig*, Kalktoestandsonderzoekingen I, med. L.H.S. 37, Verh. 3 (1933). *A. L. S. Bär* en *H. J. C. Tendeloo*, Rec. Trav. chim. 53 (1934) en 54 (1935). *B. P. Nikolsky*, Pedology 2 (1934). *H. v. d. Mare*, diss. Wageningen (1935).

durig onderzoek een keuze gedaan door de pipetmethode te volgen, waarbij de deelen grooter dan 50μ door zeeven verwijderd worden en de kans op het storende meeslepen van fijn materiaal door het grovere ²⁾) en het daarbij optreden van convectiestroomingen aanzienlijk wordt verminderd. Het klei-materiaal wordt voldoende gedispergeerd door eerst de organische stof met H_2O_2 te oxideeren en daarna de zeefscheiding door middel van H_2O_2 -doorspoeling toe te passen, terwijl de aanwezigheid van coaguleerende Ca- en Mg-ionen wordt voorkomen door toevoeging van Na-oxalaat, waardoor een Na-klei ontstaat en het Ca en Mg als oxalaten (onoplosbaar) aan de reactie worden onttrokken. Deze laatste maatregel is van *Olmstead* overgenomen ³⁾). Het blijkt nu, dat op deze wijze geslibd een fractieverdeeling van den grond wordt verkregen, welke het anorganisch-actieve-bodemoppervlak karakteriseert.

Dit moge uit het onderstaande duidelijk worden.

Dat er voor de Nederlandsche gronden een belangrijke uniformiteit in het omwisselingsvermogen van de klei- respectievelijk van de humus-substantie zou bestaan, kan niet afgeleid worden uit het feit, dat men globaal is gekomen tot de aanname, dat de humus per gewichtseenheid een 3 tot 5 maal zoo hoog basenbindend vermogen bezit als de klei. Ieder onderzoeker gebruikt daar, op grond van statistisch gevonden waarden, een naar eigen goeddunken gekozen factor voor: *Hudig* 3, *Hissink* $4\frac{1}{2}$, *Maschaupt* 4, afhankelijk van de keuze van de kleifractie-bovengrens, van de methode volgens welke het humusgehalte wordt bepaald en van de bepalingwijze van de omwisselings-capaciteit. Het leek ons dan ook gewenscht om voor een aantal Nederlandsche kleigronden de omwisselings-capaciteit van de kleifractie, ontdaan van de in die gronden aanwezige humusfractie, nauwkeurig te bepalen. Uit de resultaten zou dan kunnen worden afgeleid in hoeverre de kleifracties van in origine, ouderdom en verweeringsstadium verschillende gronden naar hun basen-omwisselingsvermogen zouden kunnen worden onderscheiden, terwijl uit het verschil in omwisselings-capaciteit van den origineelen grond en den van oxidabele humus ontdanen grond, de karakteristieke waarde voor de gewichtseenheid humussubstantie zou kunnen worden berekend.

In de literatuur vinden we een opgave van *Hissink*, die in 1925 voor eenige kleigronden de „klei-aequivalent-waarde” berekende ⁴⁾). De bedoeling van zijn berekeningen was het gevolg van de door hem aanvaarde en door meerdere bodemkundigen gepropageerde kleizuurhypothese, waarbij de klei-substantie wordt beschouwd als een zeer zwak anorganisch zuur. Deze waarden, aangevende het aantal mg gronddeelen $< 20\mu$, dat aequivalent is met 1 M.E. base, zouden in zooverre reeds bruikbaar zijn voor ons doel als deze de reciproken zijn van de grootheid, die wij wenschen te be-

²⁾ Wiegner's orthokinetische coagulatie.

³⁾ *L. Olmstead, L. Alexander and H. Middleton, U.S. Dept. Agr. Bull., 170 (1930).*

⁴⁾ *D. J. Hissink, De verzadigingstoestand van den grond, Versl. R.L.P. 30, 137 (1925).*

Idem, Die Sättigungszustand des Bodens, Zeitschr. f. Pfl. Ernähr., D. u. Bod.k. 4A, 155 (1925).

Idem, Base-Exchange in Soils, Trans. Far. Soc. 60, Vol. XX, part 3 ('25).

palen, ware het niet, dat zij bij den huidige stand van het grond-onderzoek belangrijk aan beteekenis hadden verloren.

Bij de bepaling van de equivalent-waarde maakte *Hissink* nl. de aanname van een constante humusfactor, hij maakte gebruik van een bepalingwijze van de omwisselings-capaciteit, die ongetwijfeld complicaties met zich medebrengt en koos bovendien de kleifractie-grens te hoog, zoo als nader zal blijken. Hij komt dan tot equivalent-waarden voor de verschillende door hem onderzochte gronden, die varieren van 1033 tot 1755, uitgezonderd 2 gronden, die naar zijn meening leemachtig zijn, m.a.w. in de fractie 2—20 μ een belangrijke hoeveelheid onverveerd mineraal zouden bevatten. Afgezien van de geringe beteekenis van een equivalent-waarde voor deze bodemfractie, wanneer tevoren moet worden uitgemaakt of een grond in bovenbedoelden zin een leem- of kleigrond is, terwijl dit onderscheid tot op heden nog een steen des aanstoots genoemd kan worden, kunnen de gevonden waarden moeilijk tot een gemiddelde worden vereenigd en men zou dus met *Hissink* moeten besluiten tot een voor de klei-substantie verschillende omwisselings-capaciteit ⁵⁾.

In 1933 werd door een onzer in de Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool gewaagd van een gelijke omwisselings-capaciteit van de proefveldgronden in Gelderland, per gewichtseenheid < 10 μ , waarbij de humus driemaal in rekening werd gebracht ⁶⁾. Gezien de verlaging van de kleifractie-grens en de minder complicaties medebrengende bepalingwijze van de omwisselings-capaciteit (gebruikt werd de methode *Kelley*, na voorafgaande percolatie van den grond met n. (CH₃COO)₂Ca-oplossing) vond hij omwisselings-capaciteit-waarden aangevende het aantal mg CaO, dat werd vastgelegd per g. actief (klei < 10 μ + 3 x humus), die slechts varieerden van 15 tot 16.

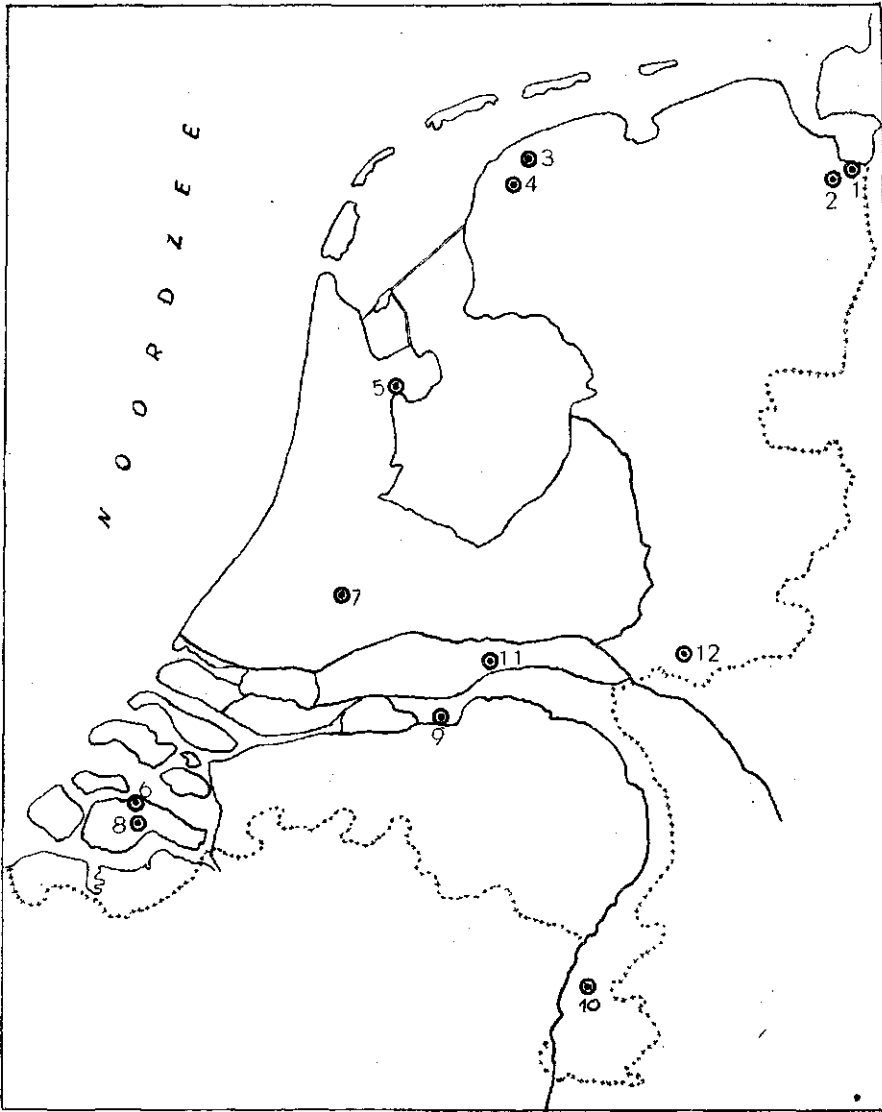
Hoewel deze monsters in een beperkt gebied waren verzameld, mochten zij toch dusdanig van ouderdom en origine verschillend worden geacht, dat de mogelijkheid van een grootere eenheid in de omwisselings-capaciteit van de Nederlandsche klei-substantie mocht worden verwacht.

Dit onderzoek werd door ons dan ook uitgebreid over een 12-tal kleigronden, die door Nederland lagen verspreid en vertegenwoordigend mochten worden geacht voor de kleigronden van verschillende origine en ouderdom in Nederland ⁷⁾. (Zie het kaartje van

⁵⁾ *Hissink* noemt als waarschijnlijke reden voor dit verschil in omwisselings-capaciteit het verschil in chemische samenstelling van de klei-substantie van verschillende gronden. Bij gelegenheid van een voordracht, welke hij op 14 Nov. j.l. voor de vereeniging „Studiebelangen” te Wageningen hield, noemde hij evenwel een door hem in 1925 gevonden „klei-aequivalent” van 1250. Bij nadere beschouwing blijkt deze gemiddelde waarde echter practisch onbruikbaar te zijn, daar bij berekening uit de door *Hissink* verstrekte gegevens een waarde wordt verkregen van 1284 met een middelbare fout van 5½ % (De 2 leemachtige gronden niet medegerekend). De wiskunde leert ons, dat een gemiddelde waarde met een dergelijk hooge middelbare fout dermate kan verschillen van de enkele nieuwe waarneming, dat deze gemiddelde waarde niet kan dienen als karakteristiek voor de klei-substantie.

⁶⁾ *J. Hudig*, Kalktoestands-Onderzoekingen I, Med. L.H.S. 37, Verh. 3, (1933).

⁷⁾ *R. H. J. Roborgh*, A Study on the Nature of Clay, Diss. Wageningen, (1935).



Nederland). Door behandeling van de gronden met 6% H_2O_2 werd de aanwezige oxidabele organische stof verwijderd, zoodat het resterende omwisselingsvermogen werd veroorzaakt door het daarin aanwezige anorganisch bodemcomplex. De omwisselingscapaciteit werd bepaald door percolatie van den geoxydeerden, met kwartzand verdunnen grond met een n. $(CH_3COO)_2Ca$ -oplossing van $pH \pm 8,5$, uitwassen met H_2O tot negatieve Ca-reactie, percolatie met n. NH_4Cl -oplossing, uitwassen met 70 % C_2H_5OH tot negatieve NH_4^+ -reactie, tenslotte gevolgd door een percolatie met een n. KCl -oplossing, in welk percolaat het uitgewisselde NH_4^+ door destillatie werd bepaald. Het zoo gevonden cijfer geeft aan de hoeveelheid NH_4^+ , die na verdrijving van het Ca^{++} aan het complex werd geadsorbeerd.

In de tabel zijn de omwisselings-capaciteiten berekend per ge-

wichtseenheid van de fractie < 50 , < 10 , < 2 en $< \frac{1}{2} \mu$. Bij vergelijking van deze waarden per gewichtseenheid $< 2 \mu$ valt hierbij het verrassende feit te constateeren, dat deze voor deze verschillende Nederlandsche kleigronden hetzelfde zijn. Het anorganisch adsorptie-complex is dus blijkbaar van gelijke chemische en physische samenstelling! Nu wij dus in staat waren het actieve bodemoppervlak met de door ons gekozen slianalyse van *Olmstead* te benaderen en de omwisselingscapaciteit op een juiste wijze te bepalen, bij welke bepaling de humusfractie van den grond werd uitgeschakeld, komt deze regelmaat duidelijk aan den dag. Uit de tabel valt eveneens af te leiden, dat voor de fractie $< 50 \mu$ deze uniformiteit niet geldt; men kan hier eigenlijk geen gemiddelde waarde voor aangeven. Bij de fractie $< 10 \mu$ wordt de gemiddelde waarde al veel beter betrouwbaar, terwijl zooals reeds gezegd, de gemiddelde waarde voor de fractie $< 2 \mu$ duidelijk het gelijke bedrag van de klei-substantie bij de omwisselings-reactie demonstreert. Dat deze waarde voor de fractie $< \frac{1}{2} \mu$ meer variabel is, moet worden toegeschreven aan de analytische moeilijkheden, welke aan de bepaling van dit hoog disperse materiaal zijn verbonden ⁸⁾.

Grond nr.	Omwisselings-capaciteit in M.E. (NH ₄) p. 100 g luchtdrogen geoxideerden grond	Fractieverdeeling in gewichts % van den origineelen geoxideerden grond				Omwisselingscapaciteit in M.E. (NH ₄) per g van de fractie			
		$< 50 \mu$	$< 10 \mu$	$< 2 \mu$	$< \frac{1}{2} \mu$	$< 50 \mu$	$< 10 \mu$	$< 2 \mu$	$< \frac{1}{2} \mu$
1. (Drieborg)	22.2	88.6	58.5	39.3	25.6	0.25	0.38	0.56	0.87
2. (Ulsda)	25.5	91.3	61.5	48.2	35.8	0.28	0.41	0.53	0.71
3. (St. Anna Parochie)	12.5	61.9	29.6	22.8	15.7	0.20	0.42	0.55	0.80
4. (Menaldum)	9.5	73.2	26.6	18.8	12.9	0.13	0.36	0.51	0.74
5. (Zwaag)	17.0	86.0	45.7	33.8	24.6	0.20	0.37	0.50	0.69
6. (Wilhelminadorp)	20.8	89.3	54.5	36.7	24.1	0.23	0.38	0.57	0.86
7. (Rietveld)	21.5	81.3	61.6	39.1	28.8	0.26	0.35	0.55	0.75
8. ('s-Heere Abtskerke)	8.5	72.2	26.2	16.6	12.4	0.12	0.32	0.51	0.68
9. (Hedel)	8.5	40.6	23.0	16.2	11.3	0.21	0.37	0.52	0.75
10. (Susteren)	12.0	77.0	34.2	23.2	16.4	0.16	0.35	0.52	0.73
11. (Ijzendoorn)	12.2	66.7	35.0	23.2	15.7	0.18	0.35	0.53	0.78
12. (Etten)	17.8	68.9	53.9	36.2	25.5	0.26	0.33	0.49	0.70
gemiddeld: (0.21)						0.37	0.53	0.76	
middelbare fout in %:						7.1%	2.3%	1.4%	2.4%

Hoe het zij, in de fractie $< 2 \mu$ vinden wij dus een zeer goede aequivalent-waarde voor het anorganisch adsorptie-complex van den grond en wij meenen dan ook hiermede te hebben aangetoond, dat het zeer wel mogelijk is de omwisselings-capaciteit van het anorganisch adsorptie-complex van den grond op deze wijze op de gewichtseenheid daarvan te betrekken.

Wij stellen voor deze omwisselingscapaciteit, welke bij onze be-

⁸⁾ Waarschijnlijk ten gevolge van perikinetische coagulatie.

palingswijze 0.53 M.E. bedraagt, de *WAY*-eenheid van het anorganisch adsorptie-complex te noemen ⁹⁾).

Wij zijn thans bezig de omwisselings-capaciteit van het organisch adsorptie-complex te bepalen en wanneer het ons gelukken mocht hiervoor een bruikbare waarde te vinden, zouden wij in staat zijn de *WAY*-waarde van het in den grond aanwezige adsorptie-complex uit te drukken in het klei- en humusgehalte van den grond; wij hebben dan de omwisselings-capaciteit van den grond verbonden aan het adsorbeerend bodem-complex, zooals dit ook theoretisch bodemkundig noodzakelijk is. Voor de practijk zou dit beteekenen, dat met het klei- en humusgehalte van den grond de omwisselings-capaciteit bekend is.

Tenslotte is de merkwaardige overeenkomst, die het adsorptie-complex van de 12 Nederlandsche kleien kenmerkt, teruggevonden bij een aantal löss-gronden uit Zuid-Limburg, diverse Java² en Sumatragronden, alsmede bij enkele monsters uit andere deelen der wereld. Hierdoor verkrijgt deze *WAY*-eenheid een zeer algemeene beteekenis.

Wij zijn bezig deze bevinding aan een uitgebreid materiaal te toetsen en ondervonden, speciaal bij tropische gronden, reeds moeilijkheden op het gebied van de slibanalyse. Deze gronden, waarvan het adsorptie-complex reeds gedeeltelijk afgebroken is, bevatten in de fijne fractie dan ook *inactief* materiaal, waardoor de *Way*-eenheid te laag uitvalt. Juist deze „afwijkingen” brengen bijzonderheden aan den dag, welke bij de vroegere methode, die volstond met de bepaling van de omwisselings-capaciteit per eenheid *grond*, verborgen bleven; hier demonstreert zich dan ook de beteekenis van de verfijning van de kennis over het adsorbeerend vermogen van den grond.

Over de omwisselings-capaciteit van de humus-substantie van de Nederlandsche kleigronden hopen wij in een volgende mededeeling nader te berichten.

Wageningen, November 1935.

⁹⁾ Naar *Thomas J. Way*, den ontdekker van het basenomwisselings-proces.