

191  
BIBLIOTHEEK

INSTITUUT VOOR

BODEMVRUCHTBAARHEID  
GRONINGEN

OVERDRUK

LANDBOUWKUNDIG TIJDSCHRIFT, MAANDEBLAD VAN HET NEDERLANDSCH  
GENOOTSCHAP VOOR LANDBOUWWETENSCHAP.

33STE JAARGANG NO. 459.

NOVEMBER 1926

631.115.1.631.116.7 631.821.1

SEPARAAT  
No. 17098

**Enkele grepen uit het Bodemkalkvraagstuk**  
door

Dr. D. J. HISSINK,

Directeur van het Bodemkundig Instituut te Groningen.

(Kort verslag van de voordrachten op 8 Juli gehouden te Groningen voor de vereen. v. vaste Leeraren aan de Rijksland- en tuinbouw-winterscholen, opgemaakt naar het origineele manuscript).

Toen ik in 1915 mijn artikel over het Bodemkalkvraagstuk in *Cultura* publiceerde, gebruikte ik als motto de volgende uitdrukking van Prof. Dr. Tacke: „Die Kalkfrage stellt das weitaus schwierigste Problem der Düngentehre dar”. Sinds 1915 is de belangstelling voor het bodemkalkvraagstuk sterk toegenomen en ik neem aan, dat het Uwe goedkeuring zal wegdragen, indien ik dit vraagstuk met U behandel. Ik zal mij daarbij tot enkele grepen moeten beperken.

In elken grond vinden we een hooger of lager gehalte aan minerale bestanddeelen (zand en klei) en daarnaast de organische stof en de koolzure kalk.

De klei- en humussubstanties spelen een zeer belangrijke rol, zoowel met het oog op het vastleggen van vocht, als op de adsorptie van basen.

Onder die adsorptief gebonden basen speelt *kalk* een hoofdrol. Daarnaast vinden we wat Mg., K., Na. enz., doch dit zijn in verhouding kleine hoeveelheden.

Bij de kalk moeten we twee vormen goed onderscheiden, namelijk *koolzure kalk* en *uitwisselbare of adsorptief gebonden kalk*. De uitwisselbare kalk kan gebonden zijn aan klei of aan humus. Deze uitwisselbare kalk is vaak verwaarloosd. Toch speelt ze een uiterst gewichtige rol, minstens even belangrijk, zoo niet belangrijker, dan die van de koolzure kalk.

Onder invloed van klimaat, plantengroei en grondbewerking verweeren de bodembestanddeelen. In deze voordracht wijs ik er alleen op, dat het kalkgehalte door inwerking van koolzuurhoudend water e.a. afneemt.

Zoolang de grond nog voldoende koolzure kalk bevat, blijft het gehalte aan kleihumuskalk op vrijwel dezelfde hoogte. Het kleihumuskalkkapitaal wordt waarschijnlijk wel aangetast, maar uit de koolzure kalk wordt dit weder aangevuld. Is evenwel het gehalte aan koolzure kalk tot enkele tiende procenten gedaald, dan wordt ook de kleihumuskalk aangetast. En de ont-kalking der klei- en humussubstantie kan zelfs zoover gaan, dat vrijwel alle klei-humuskalk verdwijnt.

De vermindering van het kalkkapitaal in den grond heeft tengevolge:

1. *Een lagere zuurgraad.* Zoolang de grond nog wat koolzure kalk bevat, is de pH  $\pm$  7 à 8. Na uitlooiing verschuift de zuurgraad in de zure richting.

2. *Een verslechtering der structuur.* Dat de jonge kleigronden in den loop der jaren hun mooie structuur verliezen, is in eerste instantie toe te schrijven aan het kalkverlies, zoowel in den vorm van koolzure kalk als klei-humuskalk.

*Uit bodemkundig oogpunt is het doel van een kalkbemesting dus in de eerste plaats: het gehalte aan kalk in de klei-humussubstantie te verhoogen.*

Daarnaast kan ook het gehalte aan koolzure kalk vermeerderd worden, zoodat een voorraadskapitaal aan koolzure kalk in den grond gevormd wordt.

Niet alle kalk, welke men een grond geeft, wordt direct door de klei-humussubstantie opgenomen. Zelfs niet, wanneer de kalk in den vorm van fijne, gebluschte kluitkalk innig met den grond wordt vermengd.

Het bodemkoolzuur voert n.l. met de klei-humuszuren een strijd om het bezit van de kalk. Het gevolg daarvan is, dat een deel der kalk overgaat in de klei-humussubstantie (dus adsorptief wordt gebonden) en een ander deel — althans voorloopig — in den vorm van koolzure kalk in den grond achter blijft. Onderstaande tabel geeft een overzicht, van wat het lot kan zijn der toegediende kalkbemesting.

TABEL I.

*Samenstelling van den grond en resultaat van de kalkbemesting.*

Proefveld No.	GRONDSOORT van een 7-tal proefvelden	Gehalten in procenten op drogen grond (105° Celsius) aan				Van de 100 gram CaO van de kalkbemesting	
		Koolzure kalk (onbekalkt)	Humus	Klei	Zand	werden gr. CaO door de kleihumussubstantie geadsorbeerd	bleven gr. CaO in den vorm van CaCO <sub>3</sub> in den grond achter
I	zware kleigrond	0.57	2.2	54.3	42.2	13	87
II	zware kleigrond	1.25	2.8	66.1	29.5	4	96
III	zware kleigrond	0.19	8.5	70.0	20.0	30	70
IV	zware roodoorn	—	9.7	59.2	31.1	100	—
V	laagveengrond	0.51	44.9	17.7	37.4	97	3
VI	laagveengrond	0.50	43.0	20.2	36.8	45	55
VII	laagveengrond	0.60	50.0	31.3	18.7	87	13

Het valt terstond op, dat zich hier groote verschillen voordoen. De nummers IV, V en VII adsorbeeren alle of nagenoeg alle kalk in den vorm van klei-humuskalk.

Bij nummer II wordt slechts 4 % adsorptief gebonden en blijft nagenoeg alles als koolzure kalk achter. De nummers I, III en VI liggen tusschen deze uitersten in.

Waar zijn nu deze groote verschillen aan toe te schrijven?

Om dit na te gaan, dienen we een paar nieuwe grootheden in te voeren, n.l. de begrippen K (klei)- en K (humus)- waarde. Met K (klei) bedoelen we het aantal grammen kalk, dat adsorptief gebonden is aan 100 gram klei en met K (humus) het aantal grammen kalk, dat is vastgelegd aan 100 gram humus.

Heeft men nu een zandgrond, welke wel humus, doch geen klei bevat, dan is de K (humus) te berekenen, als men eerst het humusgehalte en tevens de hoeveelheid aanwezige humuskalk bepaalt. Hierbij bleek, dat er eenig verband bestaat tusschen de K (humus) en de pH van den grond, al kunnen gronden met gelijke pH soms vrij groote verschillen in de K (humus) geven en omgekeerd. Toch kan men wel een gemiddelde K (humus)—pH—curve trekken, welke het verband tusschen deze twee grootheden bij benadering weergeeft, zoodat uit de pH de K (humus) ongeveer getaxeerd kan worden. Zoo vind ik voor gronden met een pH = 7 een K (humus) van ongeveer 5; voor gronden met een pH = 6 een K (humus) van ongeveer 4 enz.

Voor kleigronden met niet te veel humus kan nu *bij benadering* wel uit de pH berekend worden, hoeveel humuskalk aanwezig is, waarna de K-klei mede te berekenen is.

Voorbeeld: Een kleigrond met 1.8 % humus reageert zwak alcalisch. De K (humus) is dus  $\pm 5$ . In 100 gram grond (met 1.8 gram humus) zit dus 0.090 gram humuskalk.

Per 100 gram grond was aanwezig 0.608 gram humuskleikalk, zoodat in de klei alleen aanwezig was  $0.608 - 0.090 = 0.518$  gram kleikalk. Aangezien de grond 56.8 % klei bevatte, kwam dus per 100 gram klei voor:  $100 \times 0.518 : 56.8 = 0.91$  gram kalk. K (klei) = dus 0.91.

Op deze wijze van berekening is critiek uit te oefenen; ze is echter slechts als een eerste poging ter berekening van deze grootheden te beschouwen.

Een tweede grootheid, die we moeten leeren kennen, is de verzadigingstoestand van den grond.

Onder de verzadigingstoestand (V) van den grond versta ik de verhouding van de hoeveelheid klei-humusbasen, die in den grond aanwezig zijn (S) tot de hoeveelheid (T), die er bij volkomen verzadiging van alle klei- en humuszuren in zou voorkomen. Dus  $V = 100 S : T$ .

De verzadigingstoestand van de jonge poldergronden, die rijk aan koolzure kalk zijn, is ongeveer 50 à 55. In een goed van kalk voorzien humusgrond, die neutraal reageerde, was  $V = 36$ . In de jonge, goed verzadigde kleigronden was dus nog 45—50 %

der kleizuren onverzadigd; in de neutraal reagerende, goed verzadigde humusgronden ongeveer 64 % der humuszuren. Dat gronden met zoo'n hoog gehalte aan vrije klei- en humuszuren neutraal of soms reeds licht alcalisch reageren, komt, doordat humus- en vooral kleizuren zeer zwakke zuren zijn.

In volkomen ontcalcite klei- leem- en humusgronden is natuurlijk K (humus) en K (klei) = 0 en eveneens V = 0.

Beschouwen we thans Tabel II.

TABEL II.  
*Resultaten van de kalkbemesting.*

Proefveld No.	O = onbekalkt; B = bekalkt	Grammen CaO per 100 gr. onbekalkten en bekalkten grond in den vorm van			pH	Per 100 gram grond gr. CaO		Verzadigingstoestand = V
		Klei-humus-kalk	Koolzure kalk	Samen		in den humus = K (humus)	in de klei = K (klei)	
I	O	0.604	0.319	0.923	7.7	5.0	0.91	52
	B	0.665	0.722	1.387	8.0	5.0	1.02	53
	toename	0.061	0.403	0.464	0.3	—	0.11	1
II	O	0.742	0.700	1.442	8.2	5.0	0.91	49
	B	0.751	0.930	1.681	8.2	5.0	0.92	50
	toename	0.009	0.230	0.239	—	—	0.01	1
III	O	0.816	0.106	0.922	6.4	4.0	0.68	40
	B	1.139	0.834	1.973	7.4	5.0	1.02	50
	toename	0.323	0.728	1.051	1.0	1.0	0.34	10
IV	O	0.294	—	0.294	5.0	2.3	0.12	17
	B	0.791	—	0.791	6.9	4.8	0.55	38
	toename	0.497	—	0.497	1.9	2.5	0.43	21
V	O	1.297	0.286	1.583	5.3	2.89	—	23
	B	1.605	0.297	1.902	6.1	3.57	—	29
	toename	0.308	0.011	0.319	0.8	0.68	—	6
VI	O	1.733	0.280	2.013	6.2	4.03	—	34
	B	1.815	0.381	2.196	6.8	4.22	—	36
	toename	0.082	0.101	0.183	0.6	0.19	—	2
VII	O	1.105	0.336	1.441	4.8	2.21	—	17
	B	1.734	0.426	2.160	5.6	3.47	—	26
	toename	0.629	0.090	0.719	0.8	1.26	—	9

In deze tabel is een overzicht van de resultaten van de kalkbemesting op 7 proefvelden gegeven.

De onbekalkte grond van proefveld I bezat 0.604 % CaO als klei-humuskalk, de bekalkte 0.665 %. Er is dus een toename van 0.061 %. Het gehalte aan kalk (CaO) in den vorm van koolzure

kalk steeg van 0.319 op 0.722, zoodat er een toename van 0.403 % CaO in den vorm van koolzure kalk is. Samen bedraagt de toename 0.464 % CaO.

De pH stijgt van 7.7 op 8. Ook de K-waarden nemen toe en de verzadigingstoestand stijgt van 52 tot 53.

Bij alle proefvelden is er toename voor al deze cijfers, al is in enkele gevallen de toename *practisch* = 0.

Met de stijging der andere waarden zien we overal, *zonder een enkele uitzondering*, ook de pH stijgen, d.w.z. dat de opname van kalk in de klei-humussubstantie met een daling van den zuurgraad van den grond gespaard gaat.

Wie tabel II goed nagaat, vindt dat in 't eene geval een veel grooter deel der kalkgift door klei en humus wordt gebonden, dan in het andere. Omtrent één der oorzaken van deze verschillen leert de tabel ons iets. De gronden die veel kalk in de klei-humussubstanties vastleggen, zijn de gronden met lage K-, V- en pH-waarden. Het zijn de vrij sterk zure, kalkarme gronden, n.l. proefveld IV met een pH = 5.0, proefveld V met een pH = 5.3 en proefveld VII met een pH = 4.8.

Men moet nu niet denken, dat de gronden, die veel kalk als *koolzure kalk* vastleggen en dus weinig kalk adsorbeeren, ook slechts weinig kalk in de *klei-humussubstantie* kunnen vastleggen. Integendeel, deze gronden (I, II, III en IV) kunnen aanzienlijk meer kalk adsorbeeren, dan inderdaad plaats heeft. Dat ze niet meer vastleggen, komt in de eerste plaats door den vrij hoogen verzadigingstoestand van de klei-humussubstantie, terwijl ook de zwakte der klei-humuszuren een rol speelt.

Verder oefenen nog invloed uit:

De vorm, waarin de kalk wordt toegediend.

De min of meer innige vermenging met de gronddeeltjes.

De grootte der kalkgift (eventueel overmaat aan kalk) enz.

Ik vestig er de aandacht op, dat het vooral de humus is, die de kalk vastlegt, zooals uit het volgende blijkt.

In goed met kalk verzadigde gronden in natuurlijke omstandigheden houdt 100 gram humus ongeveer 5.0 gram CaO en 100 gram klei slechts 1.1 gram CaO geadsorbeerd. In neutralen toestand houdt humus dus ongeveer 4.5 maal meer kalk gebonden dan klei. Reeds vroeger (in 1924) heb ik hierop gewezen.

De *vermindering* der klei-humuskalk heeft tengevolge, dat de bodemstructuur slechter en de grond zuurder wordt.

Opname van kalk door de klei-humussubstantie verbetert de structuur weder en vermindert de zuurheid van den grond.

Er bestaat dus verband tusschen de hoeveelheid kalk, die de grond als klei-humuskalk *opneemt* en den zuurgraad van den grond.

Dit verband werd in het laboratorium als volgt bestudeerd.

Van een bepaalden grond werd telkens zooveel gram grond als 5 gram humus bevatten in een serie fleschjes gebracht. In elk fleschje werd evenveel vloeistof gebracht (200 c.c.), doch in fleschje 1 zuiver water, in fleschje 2 werd een kleine hoeveelheid kalk aan het water toegevoegd, in fleschje 3 een iets grootere hoeveelheid, enz. De fleschjes werden overdag eenige uren geschud. Na 72 uren werd de pH der suspensie bepaald.

Voorbeeld (verkort):

gram CaO per 100 gram humus	pH
0	5.12
0.84	5.94
1.68	6.46
2.52	6.85
4.20	7.53

Door het teekenen der K (humus)—pH—curve vinden we zoo, dat deze grond per 100 gram humus 2.89 gram CaO in de klei-humussubstantie moet vastleggen om de neutrale reactie (pH = 7) te bereiken. Deze grootte heb ik *kalkfactor* genoemd.

Ik laat nu eerst een tabel zien, bevattende de kalkfactoren en de pH van eenige onderzochte gronden. Het cijfer van de kalkfactor is mede op kilogrammen koolzure kalk per 1000 K.G. humus berekend en wel als volgt:

100 gram humus van B 1396 moeten 5.68 gram CaO in den vorm van humuskalk vastleggen om de neutrale reactie te bereiken; dat is per 1000 K.G. humus 56.8 K.G. CaO of de kalk van  $100 \times 56.8 : 56 = 101.4$  K.G.  $\text{CaCO}_3$ .

TABEL III.

Grondmonster No. B	Humusgehalte in % op droge stof	pH	Kalkfactor (gr. CaO, welke 100 gram humus moeten vastleg- gen om de pH = 7 te bereiken)	Het vorige cij- fer, omgerekend op K.G. $\text{CaCO}_3$ per 1000 K.G. humus
1609	33.7	7.1	—	—
1868/70	43.0	6.9	0.14	2.5
1869/71	42.6	6.5	n.b.	n.b.
1856/58	44.9	6.4	0.90	16.1
1718	50.0	5.9	1.51	27.0
1857/59	48.1	5.6	1.76	31.4
1690	23.6	5.5	1.84	32.9
2061	7.7	5.4	2.81	50.2
1724	50.0	5.1	2.89	51.6
2059	8.1	5.1	3.15	56.2
1610	40.3	5.0	2.65	47.3
2063	8.8	4.7	3.67	65.5
1691	23.4	4.5	3.50	62.5
2057	9.6	4.5	3.92	70.0
2062	5.0	4.5	4.78	85.4
2058	7.8	4.4	4.52	80.7
1396	6.7	3.4	5.68	101.4

Er bestaat verband tusschen pH en kalkfactor. Naarmate de grond zuurder wordt, moet de humus meer kalk vastleggen om de pH = 7 te bereiken. In het pH gebied 5.4—5.0 is de overeenstemming soms minder goed. Ook bij beide ondergronden (B2062 en 2058) treedt een kleine afwijking op.

Bestond er een *evenredig* verband tusschen kalkfactor en pH, dan zou uit een bepaling van de pH en het humusgehalte te be-

rekenen zijn, hoeveel kalk de grond moet vastleggen om een zekere pH en in het bijzonder de neutrale toestand te bereiken.

Dit is thans niet het geval.

Tot een pH van 6 is het verband wel vrij evenredig. En zelfs tot een pH = 6.5 is het verschil niet groot, doch daarna vertoonen pH-lijnen en kalktriticurven een verschillend beloop. De oorzaak hiervan is mij niet bekend, doch wellicht speelt de aard van den humus een rol. (Stadium van verweering of aard der humuszuren.) Desniettemin is — wanneer de pH bekend is — gemiddeld wel aan te geven, hoeveel gram kalk per 100 gram humus geadsorbeerd moet worden, om de neutrale reactie te bereiken.

Per 1000 K.G. humus moet een grond met een pH = 5.5 de kalk van ongeveer 30 à 50 K.G.  $\text{CaCO}_3$  en een grond met een pH = 4.5 de kalk van ongeveer 60—85 K.G.  $\text{CaCO}_3$  adsorbeeren om de neutrale reactie te bereiken. Dit zijn nog voorloopige cijfers en ik geef toe, dat ze vrij ver uit elkaar liggen. Bij een bepaald perceel is het verband echter steeds vrij evenredig.

Samenvattende blijkt er dus een verband te bestaan tusschen de grootheden K, V, pH en de kalkfactor.

Naarmate de klei-humussubstantie meer kalk opneemt, stijgt de K (humus) of K (klei), stijgt de verzadigingstoestand, wordt de grond minder zuur en daalt de kalkfactor.

Het kan ook niet anders. Als we één en denzelfden grond hebben, moeten we bij de opname van kalk door de humussubstantie een vrij innig verband tusschen genoemde 4 waarden opmerken.

In dit verband wil ik mij veroorloven, iets over de kalktoestandcijfers van den Heer Hudig te zeggen. Vooraf echter een opmerking, om alle misverstand te voorkomen. De Heer Hudig gebruikt zijn kalktoestandcijfers om — in verband met de resultaten van bemestingsproeven — bemestingsadviezen te geven. Dit gedeelte van het werk van den Heer Hudig valt buiten mijn oordeel en blijft hier geheel buiten bespreking.

Wat ik hier bespreken wil, is alleen datgene, wat ik zou kunnen noemen het zuiver bodemkundige gedeelte van het werk van den Heer Hudig en ik acht mij wel bevoegd hierover een oordeel uit te spreken.

Het „kalktoestandcijfer”. Om dit te verkrijgen wordt een suspensie gemaakt van zooveel grond als met 0.7 gram gloeiverlies (organische stof) overeenkomt op 50 c.c. water; bij deze suspensie wordt zooveel *natronloog* gevoegd, als noodig is om de waterige suspensie neutraal (pH = 7) te maken; de gevonden hoeveelheid *natronloog* wordt dan op kilogrammen zuivere koolzure kalk per 1000 K.G. gloeiverlies omgerekend. Deze hoeveelheid koolzure kalk — van het minteeken voorzien — wordt de kalktoestand van den grond genoemd.

In mijn laboratorium zijn naast de kalktriticurven van de onderzochte gronden ook de natrontitratiecurven bepaald.

Nu is de vraag, hoe lang men de *natronloog* op den grond moet laten inwerken. Aanvankelijk heeft de Heer Hudig dezen tijd niet vermeld. Later is deze op  $\pm 16$  uur aangegeven.

Wij hebben nu twee natronloogtitratiecurven bepaald, n.l. met een inwerkingstijd van 5 uur en van 72 uur. Hiervan geef ik één voorbeeld. De toegevoegde hoeveelheden natronloog zijn op grammen CaO op 100 gram humus omgerekend.

De hoeveelheden base, uitgedrukt in grammen CaO per 100 gram humus, welke geadsorbeerd moet worden om de neutrale reactie te bereiken, zijn voor het monster B 1724 resp:

I.	CaO	72 uur	2.89
II.	NaOH	72 uur	1.58
III.	NaOH	5 uur	1.05

Teekenen we de titratiecurven van I en II dan blijkt, dat de natronloogtitratiecurve steiler naar boven loopt, dan de kalktitratiecurve. Er is minder NaOH, dan CaO (beide getallen natuurlijk in equivalenten uitgedrukt) nodig, om de suspensie de neutrale reactie te geven.

De oorzaak van dit verschil in beloop is ook theoretisch te verklaren. Calciumhumaat is minder oplosbaar en dus ook minder sterk gedissocieerd dan natriumhumaat; de hydrolyse is bij natriumhumaat dan ook grooter dan bij calciumhumaat, wat weer grooter pH geeft.

We kunnen uit het cijfer 1.58 het kalktoestandcijfer van den Heer Hudig berekenen. Dit wordt:

$$1000 \times 1.58 : 56 = 28.2 \text{ (dus } - 28.2).$$

Nu geeft de kalktitratiecurve I de opname van de kalk door de humus onder natuurlijke omstandigheden weer, d.w.z. dat van den grond B 1724 100 gram humus onder natuurlijke omstandigheden 2.89 gram CaO als humuskalk moet adsorbeeren om de neutrale reactie te bereiken; of wel per 1000 K.G. humus zooveel kalk als 51.6 K.G. zuivere koolzure kalk bevat.

Hieruit volgt, dat het kalktoestandcijfer van den Heer Hudig ( $- 28.2$ ) *niet* de hoeveelheid koolzure kalk aan geeft, die 1000 K.G. humus moet adsorbeeren, opdat de grond de neutrale reactie verkrijgt.

Als de grond B 1724 per 100 gram humus 1.58 gram CaO vastlegt (of per 1000 K.G. humus de kalk van 28.2 CaCO<sub>3</sub>) wordt de reactie niet neutraal, doch wordt een pH van ongeveer 6.4 bereikt, zooals uit de loop van de kalktitratiecurve van B 1724 is af te lezen.

Uit het bovenstaande volgt, dat het onjuist is, als men zegt, dat een grond met een kalktoestand gelijk  $- 28.2$  door opname van de kalk van 28.2 K.G. CaCO<sub>3</sub> per 1000 K.G. humus neutraal wordt.

In het leerboek „Bemestingsleer” van Ir. J. M. L. Otten wordt deze fout gemaakt, waar op bl. 34 (2e druk) wordt gezegd, dat „de kalktoestand het getal is, dat uitdrukt hoeveel K.G. zuivere koolzure kalk nodig is ter volkomen neutraliseerin van 1000 K.G. humus. Is de kalktoestand  $-15$ , dan wil dat zeggen, dat 15 K.G. koolzure kalk voldoende is om 1000 K.G. humus neutraal te maken.”

*Dit is onjuist.* Om dit doel (het neutraal maken van 1000 K.G.



humus) te bereiken, moet 1000 K.G. humus met een kalktoestand gelijk  $-15$  meer kalk als humuskalk vastleggen, dan in 15 K.G.  $\text{CaCO}_3$  aanwezig is.

De Heer L. Weijer maakt op blz. 149 van zijn boek „Kenniss van de grond en grondbewerking” een soortgelijke fout, als hierboven is aangeduid. Ook hij is daar uitgegaan van de onjuiste veronderstelling, dat het cijfer van den „kalktoestand” de hoeveelheid kalk zou aangeven, die de humus moet vastleggen om de neutrale reactie te bereiken, waar hij zegt dat „men in de practijk alleen gronden vindt, waarvan de humus reeds  $\pm 40$  K.G. of meer aan koolzure kalk of andere basen (per 1000 K.G. humus) heeft opgenomen” en op grond daarvan tot de conclusie komt, dat de in ons land voorkomende gronden hoogstens 40 K.G.  $\text{CaCO}_3$  per 1000 K.G. humus noodig hebben om het neutrale punt te bereiken.

Ter voorkoming van misverstand wijs ik er nog nadrukkelijk op, dat ik tot nog toe alleen gesproken heb over de hoeveelheid kalk, die de humus als humuskalk moet *vastleggen*, opdat de grond de neutrale toestand bereikt. Voor B 1724 is dit 51.6 K.G.  $\text{CaCO}_3$  per 1000 K.G. humus.

Daar er *uitloogen van den kalk* uit den grond plaats heeft en tevens *kalkopname door de plant*, zal een grootere hoeveelheid dan 51.6 K.G.  $\text{CaCO}_3$  gegeven moeten worden, om in de practijk voor B 1724 het neutrale punt te bereiken.

Christensen heeft met bekalkingsproeven op verschillende gronden bepaald, dat  $\pm 3 \times$  meer kalk gegeven moet worden om de neutrale reactie te bereiken, dan de kalktitratiecurve aangeeft; dat is dus voor B 1724 ongeveer  $3 \times 51.6 = 154.8$  K.G.  $\text{CaCO}_3$ . Uit het bovenstaande volgt verder, dat uit de natronloogtitratie-cijfers ook niet de hoeveelheden kalk berekend kunnen worden, die noodig zijn om een grond met een zeker kalktoestandcijfer te verkrijgen.

Ik heb reeds opgemerkt, dat er eenig verband bestaat tusschen de pH en de kalkfactor, d.i. het aantal grammen kalk, dat 100 gram humus als humuskalk moet adsorberen, opdat de grond de neutrale reactie verkrijgt.

De Heer Hudig is ten opzichte van zijn kalktoestandcijfers in humusgronden tot geheel andere conclusie's gekomen dan ik ten opzichte van de mijn kalkfactorcijfers. Zoo liggen b.v. de kalktoestandcijfers door den Heer Hudig bij een zeer groot aantal gronden met een pH = 5.5 verkregen, tusschen 0 en  $-30$ .

Deze conclusie van den Heer Hudig behoeft met mijn resultaten, dat er verband tusschen de pH en de kalkfactorcijfers is, niet te strijden; de kalktoestandcijfers van den Heer Hudig worden op een andere wijze dan mijn kalkfactorcijfers verkregen. Wel wil ik er op wijzen, dat het onmogelijk is een grond met een pH = 5.5, die b.v. een kalktoestand van  $-2.5$  heeft, met  $2\frac{1}{2}$  K.G.  $\text{CaCO}_3$  per 1000 K.G. humus ongeveer neutraal te maken. De K (humus) van gronden met een pH = 5.5 is zeker niet hooger dan 3, terwijl de K (humus) van neutrale gronden grooter is dan 4.5 (gem.  $\pm 5.0$ ). De K (humus) van een grond met een pH =

5.5 moet dus minstens met 1.5 stijgen om een  $\text{pH} = 7$  te bereiken en een stijging van den K (humus) met 0.14 kan nooit een verhooging van de pH van 5.5 tot 7 tengevolge hebben.

Er is dus verband tusschen kalkfactorcijfers en pH en dit verband komt het allerbeste uit bij verschillend bemeste perceelen van één en hetzelfde proefveld.

## TWEEDE GEDEELTE.

Het doel eener kalkbemesting uit een bodemkundig oogpunt is in de eerste plaats het verhoogen van het kalkgehalte der klei-humussubstantie. Neemt deze kalk op, dan stijgen de pH-, de K- en de V-waarden; de grond wordt meer met kalk verzadigd en gaat minder zuur reageeren.

De opname van kalk door de klei-substantie is verder van kolloid-chemischen invloed; de kleideeltjes worden er door uitgevlokt, wat ten slotte tot een verbetering der structuur van de kleigronden leidt. Voor men gaat kalken, zal men zich steeds moeten afvragen:

1. bij kleigronden, of de structuur verbeterd moet worden;
2. bij humusgronden of de pH verhoogd moet worden.

Immers, een voortdurend uitloopen der kalk leidt bij kleigronden tot een slechte structuur en bij humusgronden tot een te zure reactie; daartegen moet men kalken.

Wanneer een kleigrond een bekalking noodig heeft, uit zich dit dus door structuurverslechtering en de reactie behoeft nog niet zuur te zijn; zelfs is het zeer goed mogelijk, dat de structuurverslechtering reeds ingetreden is, vóór de laatste tiende procenten koolzure kalk uit den grond zijn gespoeld en de grond zijn alcalische reactie heeft verloren.

Men kan op zware kleigronden vrij groote kalkgiften ter verbetering van de structuur geven, zonder dat het schaadt. Een groot deel der kalk gaat echter voorloopig over in koolzure kalk en blijft dus nagenoeg renteloos liggen. Daarom stelt men de vraag, tot hoe groote kalkgiften men verstandig doet te gaan. Dr. van der Spek en ik hebben naar aanleiding van een onderzoek van eenige kleigronden uit de provincie Groningen getracht eenige vingerwijzigingen voor de grootte van de kalkbemesting op deze kleigronden te geven. Wij hebben daartoe de „potentiele adsorptie” berekend, dat is de hoeveelheid CaO in grammen, die 100 gram grond als klei-humuskalk moeten vastleggen, om de K (klei) = 1.1 en de K (humus) = 5.0 te maken. Voor een bepaalden grond (B 2084) vonden wij deze grootte = 0.182. Nu woog 1 d.M.<sup>3</sup> van dezen grond in drogen toestand 1.3 K.G., zoodat per H.A. in een laag van 20 c.M. diepte 2.6 millioen K.G. droge grond is. Per H.A. geeft dit voor een laag van 20 c.M. eene potentieele adsorptie van:

$$2.6 \times 0.182 \times 10000 = 4732 \text{ K.G. CaO.}$$

De klei-humussubstantie legt van zoo'n kalkgift steeds slechts een deel vast en een ander deel gaat over in koolzure kalk, welke misschien later voor een deel in klei-humuskalk wordt omgezet.

Men moet echter trachten, het deel, dat direct in de klei-humussubstantie overgaat, zoo groot mogelijk te maken. Dit doel bereikt

men beter met *schuimaarde* dan met slecht gebluschte kluittkalk.

De practijk heeft uitgewezen, dat men op zware klei zonder bezwaar 10000 K.G. CaO per H.A. geven kan, hetzij als schuimaarde of als gebluschte kalk. Dat is dus ongeveer 2 maal de bovenberekende hoeveelheid, welke in die bepaalde grond nog als klei-humuskalk vastgelegd kan worden.

Of men nu voor bouwland beter doet 10000 K.G. CaO in eens te geven, of twee maal 5000 K.G., waag ik niet te beoordeelen.

Bij humusgronden bekakt men om een verandering in den zuurgraad teweeg te brengen. Dat er verband bestaat tusschen den zuurgraad van den grond en den plantengroei, wordt — naar den indruk, dien ik daarvan heb — aangenomen door vrijwel alle bodemkundigen in het buitenland. Zulks in tegenstelling met de meening van sommigen in ons land.

Ik heb tot nu toe nog niet gesproken over een grootheid, die ook een gewichtige rol speelt bij de vraag, wat de resultaten eener kalkbemesting eenerzijds op den grond en anderzijds op den plantengroei zullen zijn en dat is het *bufferend vermogen van den grond*. Om deze grootheid voor den grond te kunnen omschrijven en onder cijfers te brengen, moeten wij vooraf weten, wat onder het bufferend vermogen in de scheikunde verstaan wordt. Ik zal dit aan een bekend voorbeeld toelichten. (Zie mede verslagen Proefstations, XXVII, blz. 159—161).

Een 0.1 normaaloplossing van azijnzuur bezit een pH van ongeveer 3. Voegen we hierbij natronloog, dan neemt het gehalte aan waterstofionen af, m.a.w. de pH stijgt en in het begin vrij snel. Er komt evenwel een oogenblik, dat de pH van de oplossing bij toevoeging van natronloog weinig verandering ondergaat. Er is zelfs een punt, waarbij eene kleine toevoeging van natronloog (en eveneens een kleine toevoeging van een zuur, bijv. zoutzuur) de pH practisch niet wijzigt. Men zegt, dat de oplossing bij dit punt buffert. Men kan het nu zoo opvatten, dat de oplossing, die dan azijnzuur en natronloog bevat, alleen bij het bedoelde punt buffert. Men kan het begrip bufferen evenwel ook iets uitbreiden en zeggen, dat de oplossing ook in den omtrek van het bedoelde punt nog buffert. In het algemeen is er dus buffering, als de pH van eene oplossing bij toevoeging van eene kleine hoeveelheid natronloog of zoutzuur (van een base of een zuur dus) slechts eene geringe verandering ondergaat en het bufferend vermogen van eene oplossing is des te grooter, naarmate de verandering van de pH des te geringer is.

Het komt mij nu het beste voor, om de omschrijving van het bufferend vermogen van den grond aan deze verschijnselen uit de scheikunde te laten aansluiten. Evenals bij het azijnzuur zoek ik de oorzaak van het bufferend vermogen van den grond in de aanwezigheid van de zwakke klei- en humuszuren. Om het bufferend vermogen van den grond in cijfers uit te drukken, moeten we verder nagaan, hoeveel de pH van den grond bij toevoeging van een bepaalde, kleine hoeveelheid van een base of van een zuur verandert. Men kan evenwel ook nagaan, hoeveel gram kalk per

100 gram van den grond of per 100 gram van de kleisubstantie of van de humussubstantie moet worden vastgelegd, om een kleine verandering in de pH, bijv. = 0.1, te ondergaan.

Hiervolgen deze waarden voor twee vrij sterk uiteenlopende grondtypen (humusgronden).

Stijging van 0.1 pH in het gebied	Grammen CaO, die als humuskalk moeten worden opgenomen (geadsorbeerd), om eene stijging van 0.1 pH te geven.			
	B 1691 (23.4% humus)		B 2057 (9.6 % humus)	
	per 100 K.G. humus	per 100 K.G. grond	per 100 K.G. humus	per 100 K.G. grond
4.5 — 4.6	57	13	76	7
5.0 — 5.1	104	24	102	10
5.5 — 5.6	140	33	126	12
6.0 — 6.1	160	37	156	15
6.5 — 6.6	215	50	225	22
7.0 — 7.1	257	60	271	26

De beteekenis van deze cijfers is duidelijk. De grond B 1691 moet per 100 K.G. humus 57 gram CaO in de humuskalk vastleggen (adsorbeeren), opdat de pH van 4.5 tot 4.6 stijgt; evenwel 104 gram CaO, opdat de pH van 5.0 tot 5.1 stijgt; enz. Men ziet, dat er een stijging in deze getallen is naar de minder zure pH's toe en dat zoowel voor beide gronden. Verder valt het op, dat de onderlinge verschillen tusschen beide gronden (per 100 K.G. humus) niet groot zijn. Men zou dit resultaat nu zoo onder woorden kunnen brengen, dat het bufferend vermogen van den grond bij afname van den zuurgraad toeneemt.

In de tabel zijn ook het aantal grammen CaO opgenomen, dat per 100 K.G. grond moet worden vastgelegd, om eene stijging van 0.1 pH te geven ( $57 \times 23.4 : 100 = 13$  en  $76 \times 9.6 : 100 = 7$ ).

In deze cijfers treden wel verschillen tusschen de beide gronden op, omdat de beide gronden in humusgehalte verschillen. Zoo moet 100 K.G. grond van B 1691 60 gram CaO als humuskalk adsorbeeren en 100 K.G. grond van B 2057 slechts 26 gram CaO, opdat de pH van 7.0 tot 7.1 stijgt. Natuurlijk komt dit verschil ook voor den dag, als het bufferend vermogen per H.A. (bijv. in de laag van 0—20 c.M.) wordt uitgedrukt. Gaan we van deze laatste cijfers uit, dan kunnen we zeggen, dat de humusrijkere grond B 1691, sterker buffert dan de humusarmere B 2057. Het komt mij voor;

dat de omrekening op 100 K.G. grond, nog beter per H.A., een betere voorstelling geeft, van wat in de natuur plaats vindt, dan de berekening per 100 K.G. humus (resp. per 100 K.G. klei).

Ik zal in het vervolg onder de *bufferwaarde van den grond* verstaan de hoeveelheid kalk (CaO) in grammen, die de klei-humussubstantie van 100 K.G. grond moet vastleggen (adsorbeeren), opdat de pH 0.1 stijgt.

Het wil mij voorkomen, dat ook deze bufferwaarde een rol in de bodemprocessen en dientengevolge ten opzichte van den planten groei speelt. Reeds bij toevoeging van kleine hoeveelheden kalk zal de zuurgraad (pH) van een humusarmen, zuren grond A groote veranderingen ondergaan; de zuurgraad van een humusrijken, nagenoeg neutralen grond B is veel stabiel, zoowel tegen toevoeging van kalk als van zuur (koolzuur). Wanneer er nu een optimumgebied voor den zuurgraad van zeker gewas op deze humusgronden bestaat, dan is de kans, dat dit gebied tijdens de cultuur naar de eene of de andere richting (toevoeging van een base of van een zuur, o.a. ook koolzuur) overschreden wordt, bij grond B kleiner dan bij grond A. Dit zijn voorloopig nog speculatie's, maar er zijn toch wel feiten, die de juistheid er van niet onwaarschijnlijk maken. Men ziet vaak op zeer humusrijke gronden en op humusrijke kleigronden, ook bij vrij zure pH's, gewassen zich nog goed ontwikkelen, dit niet meer doen op humusarme zandgronden bij dezelfde pH's.

Onder bufferend vermogen verstaat men ook dikwerf de hoeveelheid kalk, die de grond als klei-humuskalk moet vastleggen om de neutrale reactie te bereiken. Dit zijn dus mijn kalkfactorcijfers, maar ik zou deze dan liever op grammen CaO per 100 gram grond willen omrekenen.

De grond is een zoo samengesteld geheel, dat het niet mogelijk is, den grond door middel van één grootheid te definieeren. Pogingen op dit gebied zullen altijd schipbreuk lijden. Mitscherlich heeft getracht met behulp van zijn grootheid: de *hygroscopiciteit van den grond*, de gronden te karakteriseeren. Dit is mislukt. En zoo zal het met elke poging moeten gaan.

Noch de pH, noch de kalkfactor, noch de bufferwaarde, noch de K (humus) resp. de K (klei) noch de verzadigingstoestand zijn op zich zelf in staat een voldoende inzicht te geven in wat ik het bodemkalkstukvraagstuk zou willen noemen. En met het kalktoestandcijfer is dit evenmin het geval.

Het laboratoriumonderzoek van den grond — hoe belangrijk ook — vormt evenwel slechts een onderdeel van de kennis, die voor het geven van bemestingsadviezen — beter gezegd van cultuuradviezen — vereischt wordt. En daarom meen ik, dat het geven van practische cultuuradviezen in de handen van consulenten, en van hen, die met de consulenten samenwerken, moet blijven. Deze voorlichtingsdienst moet evenwel meer contact met de R. L. P. S. zoeken, teneinde zijn adviezen mede op het onderzoek der proefstations te kunnen baseeren. En ongetwijfeld kan ook het proefstationonderzoek van deze wisselwerking profiteren.

Moge ons samenzijn hier in Groningen een voorbeeld van deze wisselwerking zijn en in de toekomst nuttige resultaten voor de Nederlandsche Landbouw opleveren.

Tusschen het eerste en tweede deel van de voordracht van Dr. Hissink werd het Bodemkundig Instituut bezichtigd. Dr. van der Spek, en de H.H. A. Dekker en M. Dekker gaven hierbij de noodige toelichtingen. Zeer gewaardeerd werd vooral mededeeling van de wijze waarop sommige interessante proeven voor de klas kunnen worden genomen, om het voorkomen van bepaalde verbindingen in sommige gronden aan te toonen, enz.

's Avonds werd onder geleide van Dr. D. J. Hissink en Dr. v. d. Spek een excursie gemaakt naar een bekalkingsproefveld van de Wed. Wit te Eelderswolde. Dit is het proefveld No. V en VI uit de tabellen I en II. De bovengrond bestaat uit woudveen, terwijl op ongeveer 1 meter diepte de rietveenformatie begint. In verband met dit proefveld gaf Dr. D. J. Hissink de volgende beschouwingen, die duidelijk de groote beteekenis van het scheikundig onderzoek voor de kennis van onze veenafzettingen in het licht stellen.

De cultuurwaarde van onze veengronden en van de met veen gemengde zandgronden ligt grootendeels in het gehalte aan organische stoffen.

Met een behoorlijk gehalte aan deze stoffen toch gaat gepaard een voldoende *vochthoudendheid* en een behoorlijk *adsorptievermogen* voor plantenvoedsel:

Tevens is het *stikstofgehalte* van groot belang, evenals het gehalte aan *kalk*; het laatste met het oog op den *verzadigingstoestand* van de humus.

De organische stof van laagveen is rijker aan stikstof en vooral ook aan kalk, dan die van hoogveen. En uit den aard der zaak vinden we te dien opzichte ook groote verschillen tusschen de humusgronden, al naar ze uit vermenging van zand met hoogveen of met laagveen zijn ontstaan.

Volgens Fleischer is zelfs het kalkgehalte het beste middel om de verschillende veenformaties van elkaar te onderscheiden. Tot de *hoogveengronden* rekent hij die veenvormingen, welke *hoogstens* 0.5 % kalk op de organische droge stof bevatten, terwijl *laagveengronden* daarvan *minstens* 2.5 % bevatten.

Dit zijn gehalten aan totale kalk (oplosbaar in zuren). Beter is het echter, in plaats van het totaal gehalte aan kalk het gehalte aan uitwisselbare of adsorptief gebonden kalk (humuskalk) te nemen. Dit laatste kan bij benadering op ongeveer 75 % van het gehalte aan totaal kalk gesteld worden.

Als gemiddelde cijfers geeft Fleischer op, dat in 100 K.G. van de droge stof voorkomen in kilogrammen:

	Laagveen	Hoogveen
Organische bestanddeelen	85	98
Minerale	15	2
Stikstof (N)	2.5	1.0
Kali (K <sub>2</sub> O)	0.1	0.04
Totaalkalk (CaO)	4.0	0.25
Uitwisselbare kalk (berekend)	3.0 <sup>1)</sup>	0.19 <sup>1)</sup>
Phosphorzuur (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.2	0.07

De gehalten aan stikstof en uitwisselbare kalk worden het best uitgedrukt in procenten op de organische stof. Aangezien deze grootheden herhaaldelijk gebruikt worden, worden ze door afzonderlijke letters aangegeven en wel door K (humus), d.i. het gehalte aan uitwisselbare kalk in procenten op organische stof en door S (humus), d.i. het gehalte aan stikstof in procenten op de organische stof. In het hieronder volgend staatje zijn de gemiddelde waarden en de grenswaarden aangegeven.

		K (humus)	S (humus)
Laagveen	{ gemiddelde	3.53	2.94
	{ grenswaarde	2.20	—
Hoogveen	{ grenswaarde	0.38	—
	{ gemiddelde	0.19	1.02

Uit den aard der zaak is dit slechts een globale indeeling. Er komen allerlei overgangsvormen tusschen beide voor, welke men *overgangsvveen* noemt en die of dicht bij het hoogveen, of dicht bij het laagveen kunnen staan.

Met het in cultuur brengen van de veengronden wijzigt zich de scheikundige samenstelling.

In de eerste plaats werkt na de ontwatering de luchtzuurstof op de organische stoffen in. De *eindproducten* van deze oxydatie zijn *koolzuur* en *water*; de *tusschenproducten* vormen wat men *humus* noemt.

Nu verdwijnen bij dit ontledingsproces de koolwaterstofverbindingen in sterkere mate, dan de stikstofverbindingen, zoodat het stikstofgehalte van den humus, de S (humus) dus, tijdens de humificatie stijgt. Een hooge S (humus)-waarde wijst dus op een goed ontledingsstadium van de organische stoffen.

Ook door bekalking wordt de ontleding van de organische stoffen bevorderd. Tevens zullen daardoor natuurlijk de pH- en de K (humus)-cijfers stijgen. In dit verband zijn de volgende analyse-cijfers van het proefveld Wit zeer leerrijk.

<sup>1)</sup> Berekend, door het gehalte aan totaalkalk met 0.75 te vermenigvuldigen.

		organi- sche stof	K (humus)	pH	S (humus)
Bovengrond (goed gehumificeerd woudveen)	meer kalk	43,3 %	3,8	6,0	3,9
	minder kalk	47,2 %	2,8	5,1	3,3
Ondergrond (slecht gehumificeerd rietveen) . . . . .		71,3 %	2,2	4,9	2,1

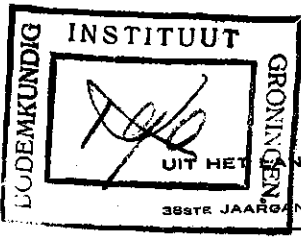
Zooals uit deze cijfers blijkt, gaat eene stijging van het gehalte aan organische stof samen met eene daling van de drie andere waarden in de tabel, K (humus), pH en S (humus). Er blijkt dus verband tusschen al deze grootheden te bestaan.

Te Paterswolde werd nog het weiland van den Heer Havinga bezocht, waar gewezen werd op het verschil in den groei der biezen op verschillende gedeelten en op den groei van klavers op vele plaatsen, niettegenstaande den lagen zuurgraad (pH = 5.5).

Deze excursie vormde het slot van een voor de Leeraren zeer interessante en leerzame dag.

L. WEIJER, ref.





190

BIBLIOTHEEK

INSTITUUT VOOR

BODEMVRUCHTBAARHEID

GRONINGEN

OVERDRUK

LANDBOUWKUNDIG TIJDSCHRIFT, MAANDBLAD VAN HET NEDERLANDS  
GENOOTSCHAP VOOR LANDBOUWWETENSCHAP.

38STE JAARGANG No. 498,

NOVEMBER 1928

631, 115, 1, 631, 116, 7 631, 821, 1

SEPARAAT  
No. 17098

### Enkele grepen uit het Bodemkalkvraagstuk

door

Dr. D. J. HISSINK,

Directeur van het Bodemkundig Instituut te Groningen.

(Kort verslag van de voordrachten op 8 Juli gehouden te Groningen voor de vereen. v. vaste Leeraren aan de Rijksland- en tuinbouw-winterscholen, opgemaakt naar het origineele manuscript).

Toen ik in 1915 mijn artikel over het Bodemkalkvraagstuk in *Cultura* publiceerde, gebruikte ik als motto de volgende uitdrukking van Prof. Dr. Tacke: „Die Kalkfrage stellt das weitaus schwierigste Problem der Düngungslehre dar”. Sinds 1915 is de belangstelling voor het bodemkalkvraagstuk sterk toegenomen en ik neem aan, dat het Uwe goedkeuring zal wegdragen, indien ik dit vraagstuk met U behandel. Ik zal mij daarbij tot enkele grepen moeten beperken.

In elken grond vinden we een hooger of lager gehalte aan minerale bestanddeelen (zand en klei) en daarnaast de organische stof en de koolzure kalk.

De klei- en humussubstanties spelen een zeer belangrijke rol, zoowel met het oog op het vastleggen van vocht, als op de adsorptie van basen.

Onder die adsorptief gebonden basen speelt *kalk* een hoofdrol. Daarnaast vinden we wat Mg., K., Na. enz., doch dit zijn in verhouding kleine hoeveelheden.

Bij de kalk moeten we twee vormen goed onderscheiden, namelijk *koolzure kalk* en *uitwisselbare* of *adsorptief gebonden* kalk. De uitwisselbare kalk kan gebonden zijn aan klei of aan humus. Deze uitwisselbare kalk is vaak verwaarloosd. Toch speelt ze een uiterst gewichtige rol, minstens even belangrijk, zoo niet belangrijker, dan die van de koolzure kalk.

Onder invloed van klimaat, plantengroei en grondbewerking verweeren de bodembestanddeelen. In deze voordracht wijs ik er alleen op, dat het kalkgehalte door inwerking van koolzuurhoudend water e.a. afneemt.

Zoolang de grond nog voldoende koolzure kalk bevat, blijft het gehalte aan klei-humuskalk op vrijwel dezelfde hoogte. Het klei-humuskalkkapitaal wordt waarschijnlijk wel aangetast, maar uit de koolzure kalk wordt dit weder aangevuld. Is evenwel het gehalte aan koolzure kalk tot enkele tiende procenten gedaald, dan wordt ook de klei-humuskalk aangetast. En de ontkalking der klei- en humussubstantie kan zelfs zoover gaan, dat vrijwel alle klei-humuskalk verdwijnt.

De vermindering van het kalkkapitaal in den grond heeft tengevolge: