BODEMKUNDIG INSTITUUT, GRONINGEN.

I. Titratiecurven van humusgronden.

II. Hoeveelheid kalk, welke de grond moet vastleggen, om in het algemeen een bepaalden zuurgraad (pH) en in het bizonder de neutrale reactie (pH=7) te bereiken.

III. Eenige opmerkingen omtrent publicaties van anderen

DOOR

DR. D. J. HISSINK en DR. JAC. VAN DER SPEK.

(Ingezonden 8 Mei 1926).

In de Verhandelingen van de Tweede Commissie van de Internationale Bodemkundige Vereeniging, Groningen 1926, Deel A, is eene verhandeling opgenomen, getiteld: ,,Ueber Titrationskurven von Humusböden'' von Dr. D. J. HISSINK und Dr. JAC. VAN DER SPEK. Aangezien de Groninger Verhandelingen niet in den handel verkrijgbaar zijn en alleen aan de leden der Internationale Bodemkundige Vereeniging worden toegezonden, hebben wij gemeend tot publicatie in de Nederlandsche taal te moeten overgaan. Wij zijn daarmede tevens in de gelegenheid een fout, die in onze pH-cijfers is ingeslopen en die ook op de resultaten van de titratie's van invloed is geweest, te herstellen. Wij hebben deze gelegenheid tevens aangegrepen, om nog eens duidelijk te doen uitkomen, dat onze onderzoekingen niet alleen betrekking hebben op de titratie's in het laboratorium (Hoofdstuk I), maar dat zij tevens in verband staan met de resultaten van bekalkingsproeven op onze proefvelden (Hoofdstuk II). In een derde Hoofdstuk III hebben wij ten slotte eenige opmerkingen over het werk van andere onderzoekers gemaakt.

I. TITRATIECURVEN VAN HUMUSGRONDEN.

Uit het feit, dat eene waterige bodemsuspensie een zekere waterstofionenconcentratie (pH) bezit, is af te leiden, dat in den grond stoffen voorkomen, die in staat zijn waterstofionen af te splitsen, m. a. w. dat gronden verbindingen met een zuur karakter bevatten (kleizuren en humuszuren). Worden aan eene waterige bodemsuspensie basen toegevoegd, dan verandert de waterstofionenconcentratie (pH) van de suspensie. Deze verandering kan graphisch worden voorgesteld door op de horizontale as de toegevoegde hoeveelheid base en op de vertikale as de gevonden pH-waarde uit te zetten. Op deze wijze wordt eene titratiecurve verkregen.

Het doel van het eerste gedeelte van deze verhandeling is het beloop van deze titratiecurven bij eenige humusgronden met sterke basen —NaOH en $Ca(OH)_2$ — na te gaan.

1. Vooronderzoek.

Alvorens tot eene bepaalde werkwijze over te gaan, hebben wij den invloed van den tijd van inwerken en van de verdunning van de sterke basen NaOH, $Ca(OH)_2$ en $Ba(OH)_2$ nagegaan.

a. *Tijd van inwerken.*

20,75 gram droge stof van grondmonster B 1690 (voor gegevens betreffende de samenstelling der grondmonsters, zie blz. 171), bevattende 5 gram organische stof, werden in uitgestoomde fleschjes van Jena'sch glas met 200 cc 0,0075 N-oplossing van een sterke base in aanraking gebracht gedurende 5, 24, 48, 72 en 96 uur. De 5-uur-serie werd 5 uur geroteerd; de overige series elken dag 7½ uur. Bij de 72 uur-serie werd gedurende een Zondag niet geroteerd. Nadat de base den voorgeschreven tijd ingewerkt had, brachten wij een gedeelte van de vloeistof, na krachtig schudden van de fleschjes, in een buisje van 45 cc inhoud over. De series van 72 en 96 uur zijn direct in de buisjes aangezet (2,075 gr. grond met 20 cc 0,0075 N base-oplossing). De potentiometrische meting van de waterstofionenconcentratie (pH) van de bodemsuspensie had plaats met de BILLMANN-elektrode; de aflezing geschiedde nà 30 minuten [1]). Sommige bepalingen zijn in duplo of triplo uitgevoerd. De resulaten van de metingen (de gevonden pH-waarden) zijn in Tabel I bijeengebracht.

TABEL I.

Invloed van den tijd van inwerken op de pH-waarde.

Base.	Tijd van inwerken in uren.				
	5	24	48	72	96
NaOH	7.67	7.44	7.31	7.27	7.08
	7.67	7.44	7.24	7.26	7.18
	—	—	7.21	—	7.15
Gemiddeld . . .	7.67	7.44	7.25	7.26	7.14
$Ca(OH)_2$	7.00	6.72	—	6.70	—
	7.05	6.67	—	6.72	—
Gemiddeld . . .	7.02	6.70	—	6.71	—
$Ba(OH)_2$	7.02	6.77	6.69	6.68	6.51
	—	—	6.66	—	6.51
Gemiddeld . . .	7.02	6.77	6.68	6.68	6.51

Het maakt den indruk, alsof nà 72 uur het evenwicht bereikt is. Deze serie is evenwel gedurende de laatste 24 uur (vanwege een Zondag) niet geroteerd. De 96-uur-serie geeft weer iets lagere pH-waarden. Wij meenen de oorzaak van den invloed van den tijd in de peptisatie van de humusgelen te moeten zoeken. Bij de titratie's van BRADFIELD [2]) met eene kolloidale kleisol stelde het evenwicht zich onmiddellijk in. Het is natuurlijk ook mogelijk, dat op den duur humusomzettingen plaats vinden. CROWTHER [3]) meent, dat de tijd noodig voor het instellen van het evenwicht, mede van de pH zelf afhangt; bij zure suspensies (pH tot ongeveer 6) was het evenwicht binnen 24 uur bereikt, bij alkalische suspensies duurde het minstens 48 uur. Hoewel dit punt nog niet nauwkeurig vastgesteld is, zijn alle onderzoekers het er toch wel over eens, dat men bij titraties met basen, deze minstens 24 uur op den grond moet laten inwerken. Wij hebben de basen steeds 72 uur laten inwerken, waarbij elken dag ongeveer 7 à 8 uur geroteerd werd.

b. *Invloed van de concentratie.*

20,75 gr. droge stof van grondmonster B 1690, bevattende 5 gr. organische stof, werd gedurende 72 uur (zie sub a) behandeld met 100 cc 0,0125 N (serie A), 200 cc 0,00625 N (serie B) en 400 cc 0,003125 N (serie C)-oplossing van verschillende basen. In alle fleschjes waren dus evenveel equivalenten base (1,25 gramequivalent) aanwezig. De resultaten van de pH-metingen zijn in Tabel II bijeengebracht.

TABEL II.

Invloed van de concentratie aan base op de pH-waarde.

Base	Serie A 100 cc.	Serie B 200 cc.	Serie C 400 cc.
NaOH . . . . . pH	6.95 6.98	7.08 6.98	7.11 7.27
Gemiddeld . . .	6.96	7.03	7.19
$Ca(OH)_2$ . . . . . pH	6.45 6.45	6.52 6.52	6.59 6.49
Gemiddeld . . .	6.45	6.52	6.54
$Ba(OH)_2$ . . . . . pH	6.35	6.55	6.59

De duplo-bepalingen kloppen soms minder mooi. Toch is er in het algemeen een invloed van de verdunning te constateeren; de meer verdunde oplossingen geven steeds minder zure pH-waarden. Bij NaOH is het verschil tusschen de B- en C-serie nog vrij groot; bij kalk en bariet gering.

Bij de volgende onderzoekingen is steeds gewerkt met zooveel gram grond als 5 gr. organische stof bevat en 200 cc vloeistof, dus volgens serie B.

c. *Invloed van de base.*

Uit de cijfers van Tabel I en II valt ook een invloed van de gebruikte base te constateeren. In Tabel III zijn de cijfers voor de 72-uur-serie en 200 cc der base-oplossing opgenomen.

TABEL III.

Invloed van de base op de pH-waarde.

Base.	Normaliteit	
	0.00625	0.0075
NaOH	7.03	7.26
$Ca(OH)_2$	6.52	6.71
$Ba(OH)_2$	6.55	6.68

Kalk en bariet blijken nagenoeg gelijke pH-waarden te geven; bij toevoeging van equivalente hoeveelheden NaOH worden hoogere pH-waarden gevonden. Zooals uit de verdere onderzoekingen (zie de diverse teekeningen, blz. 177—180) zal blijken, loopt de titratiecurve met kalk (en bariet) vlakker dan die met loog. Bij titratie met NaOH zal dus de lijn pH = 7 bij toevoeging van minder NaOH (in equivalenten uitgedrukt) gesneden worden dan bij titratie met kalk (en bariet). De verklaring van dit verschijnsel ligt voor de hand. Calcium- en bariumhumaat zijn minder oplosbaar en dus ook minder sterk gedissocieerd dan natriumhumaat; de hydrolyse is dus bij natriumhumaat grooter, wat weer grooter pH geeft. Bij de conductometrische titraties uit zich dit verschil in de grootere geleidbaarheid [4]).

d. *Beschrijving van de gevolgde werkwijze.*

Van de onderzochte gronden werd eene hoeveelheid grond, bevattende 5 gr. organische stof, in uitgestoomde fleschjes van Jena'sch

glas en met ingeslepen stoppen, met 200 cc oplossing behandeld en wel:

Serie I	met	$Ca(OH)_2$-oplossing	gedurende	72	uur	(8 à 9 uur roteeren per dag)
Serie II	,,	NaOH- ,,	,,	72	,,	
Serie III	,,	NaOH- ,,	,,	5	,,	(voortdurend roteeren).

Nà 72, resp., nà 5 uur werden de fleschjes even flink geschud en ongeveer 20 cc in een reageerbuisje gebracht, dat goed met een kurk gesloten in een thermostaat van 18° C. werd geplaatst. Na ongeveer 30 minuten werd c.a. 50 m.gr. chinhydron toegevoegd, eenige minuten krachtig geschud, de electrode aangebracht en nà 6 à 8 minuten gemeten.

Aangezien op deze wijze vooral bij humusarme zandgronden groote hoeveelheden grond noodig zijn, is bij eenige onderzoekingen 0,5 gr. organische stof met 20 cc oplossing direct in de buisjes geroteerd. In enkele gevallen werden op deze wijze punten verkregen, die iets buiten de titratiecurve vielen. Wij meenen dit aan de heterogeniteit van de humusarme zandgronden te moeten toeschrijven.

2. Beschrijving van de onderzochte grondmonsters, methoden van onderzoek en resultaten (zie tabel IV).

B 1718 en B 1724 zijn afkomstig van het proefveld bij den heer P. Weyer te Harkstede. De grond bestaat uit laagveen, zeer rijk aan humus (50 % op droge stof) en zonder $CaCO_3$. Het proefveld is ongeveer 30 are groot en verdeeld in 15 strooken van 8 meter bij ongeveer 25 meter. Er zijn 3 parallel-gedeelten, elk van 5 strooken. Strook 1, 6 en 11 ontvingen geen kalk; strook 2, 7 en 12 1500 K.G. CaO per H.A.; strook 3, 8 en 13 3000 K.G. CaO per H.A.; strook 4, 9 en 14 4500 K.G. CaO per H.A. en strook 5, 10 en 15 6000 K.G. CaO per H.A. Het geheele perceel is weer in twee helften verdeeld; de eene helft ontving geen, de andere helft wel chilisalpeter. De beide monsters zijn genomen van de helft zonder chili en wel van strook 10 (6000 K.G. CaO per H.A., B 1718) en strook 11 (geen CaO, B 1724). Het terrein is zeer homogeen, wat ook wel hieruit blijkt, dat de naast elkander liggende strooken 10 en 11 evenveel organische stof bevatten. De kalk werd in den vorm van schuimaarde gegeven, goed droog en fijn, met 30 % CaO (als $CaCO_3$). Strook 10 ontving dus per H.A. 20 000 K.G. schuimaarde, d. i. 6000 K.G. CaO. De schuimaarde is einde September 1923 op de veldjes gebracht. De grond is direct bij mooi, droog weer, gelijk loopend met de veldjes, met de cultivator bewerkt, op een diepte van ongeveer 5 c.M. Begin Februari 1924 is het proefveld nog eens met de cultivator, in de lengte van het perceel, bewerkt tot een diepte van ongeveer 8 à 9 c.M. Daarop is de grond geëgd, parallel met de veldjes. Einde Maart 1924 is het proef-

veld geploegd op een diepte van ongeveer 14 c.M. Vermoedelijk is hierbij een klein gedeelte van de schuimaarde in een diepere laag gekomen. Begin September 1924 zijn de veldjes bemonsterd en wel zijn op elk veldje met een klein handboortje 21 boringen gedaan, ter diepte van 0 — ongeveer 15 c.M.

B 1856/58, B 1857/59, B 1868/70 en B 1869/71 zijn afkomstig van een proefveld bij de wed. R. Wit te Eelderwolde. De grond bestaat uit laagveen, zeer rijk aan humus en zonder $CaCO_3$. Het proefveld is aangelegd op twee naast elkaar gelegen akkers, door een pad van elkaar gescheiden. Op elke akker is een stuk van 20 M, bij ongeveer 4,20 M, uitgezet, waarop 4 veldjes van 5 M lengte zijn aangelegd. Er zijn dus 8 veldjes. De grond van beide akkers is zeer heterogeen. Het humusgehalte ligt tusschen ongeveer 45 %—54 %. De zuurgraad verandert van het eene einde der akkers naar het andere geleidelijk van pH ongeveer 5 tot pH ongeveer 6. Alle 8 veldjes zijn weer in tweeën verdeeld. De eene helft is onbekalkt gelaten, terwijl de andere helft schuimaarde naar eene hoeveelheid van 2300 K.G. CaO per H.A. ontvangen heeft.

Den 21sten Maart 1924 is de droge schuimaarde, nadat ze eerst zoo goed mogelijk fijn gemaakt was, op de veldjes uitgestrooid. Direct nà het uitstrooien is de schuimaarde met de greep 5 à 10 c.M. ondergewerkt. Enkele dagen nà de bemesting met schuimaarde zijn de beide akkers met dunne koemest bemest. Deze koemest heeft eenige dagen op de akkers aan de lucht gelegen, waarnà ze op 31 Maart ingerekeld is. Op 6 Januari 1925 is het proefveld bemonsterd. De beide akkers lagen gespit. Met een klein handboortje zijn op elk half veldje 15 boringen, ter diepte van 0—20 à 22 c.M. gedaan. B 1856/58 zijn afkomstig van de bekalkte; B 1857/59 van de onbekalkte helft van de beide veldjes op het eene uiteinde van de akkers. Evenzoo zijn B 1868/70 afkomstig van de bekalkte en B 1869/71 van de onbekalkte helft van de beide veldjes op het andere uiteinde van de akkers.

B 1609 en B 1610 zijn afkomstig van eenzelfde perceel laagveen van den heer P. Mulder Jzn. te Harkstede. Over deze monsters is reeds vroeger een en ander medegedeeld [5]). Een gedeelte van dit perceel werd ongeveer in het jaar 1903 met schuimaarde bemest tot een bedrag van niet minder dan 60 000 K.G. per H.A. Einde December 1923 is de bovengrond van het bekalkte (B 1609) en van het onbekalkte (B 1610) gedeelte van dit perceel door den eigenaar ter diepte van 0 tot ongeveer 20 c.M. bemonsterd.

B 1690 en B 1691 zijn afkomstig van den gemeentelijken proeftuin te Sappemeer, welke proeftuin staat onder leiding van den heer Ir. J. Heemstra, Rijkstuinbouwconsulent te Groningen. Sinds 1914 is een gedeelte van dezen proeftuin ter grootte van ongeveer 4 are op

verschillende wijze bemest. Daartoe werd het proefveld verdeeld in 4 strooken A, B, C en D, elk van 20 bij 5 M (= 1 are). De teellaag van het proefveld, ter dikte van ± 25 c.M., bestaat uit ouden dalgrond (met hoogveen vermengde zandgrond), waaronder zich direct geel zand bevindt, dat zich op vrijwel overal dezelfde diepte onder de teellaag uitstrekt. Strook A ontving alleen volledig stalmest; strook C alleen volledig kunstmest; strook B half stalmest half kunstmest, terwijl strook D als B bemest werd, maar in het najaar van 1913 16 kruiwagens wierdegrond had ontvangen. Oorspronkelijk bestond de kunstmest uit zwavelzure ammoniak, superfosfaat en patentkali. In den winter van 1919 op 1920 is een gedeelte van het proefveld bekalkt met kalkmergel naar 50 K.G. per are. Daartoe werd elke helft van de vier strooken A, B, C en D nog eens in tweeën verdeeld. Er ontstonden dus 16 veldjes, elk van ½ are, genummerd A_1, A_2, A_3, A_4, enz. De 8 oneven veldjes ontvingen nu alle 12,5 K.G. mergel. Vanaf den winter 1920 op 1921 zijn de 6 oneven veldjes, die kunstmest ontvingen, in plaats van met zwavelzure ammoniak en superfosfaat, met chilisalpeter en thomasslakkenmeel bemest. De even veldjes ontvingen dezelfde zure bemesting als de andere jaren, terwijl de kalibemesting op alle veldjes dezelfde bleef. Den 24sten Juni 1924 zijn op de veldjes A_1 en A_3 (steeds alleen met stalmest bemest) van de teellaag op verschillende plaatsen met een grondmonsterboor monsters genomen; B 1690 is het mengmonster hiervan. Evenzoo is B 1691 het mengmonster van de monsters van de veldjes C_2 en C_4 (steeds alleen met zure kunstmest bemest).

B 2057 tot en met B 2063 zijn afkomstig van een proefveld te IJhorst, prov. Overijssel, aangelegd door den heer Ir. J. M. L. Otten, Rijkslandbouwconsulent te Meppel. Dit proefveld bestaat uit vier veldjes, elk ruim 5 are groot. Sedert 1911 worden op dit proefveld stalmest en kunstmest vergeleken. Daartoe wordt één veldje steeds met stalmest bemest, het tweede met volledig kunstmest, het derde eveneens met volledig kunstmest, maar dit veldje ontving in 1912 eene kalkbemesting, en het vierde met half stalmest half kunstmest. De grond bestaat uit humushoudende zandgrond (ongeveer 8 à 10 % organische stof op droge stof).

Einde September 1925 zijn op dit proefveld de monsters genomen. Op elk veldje zijn 10 à 12 boringen gedaan. B 2057 is het monster afkomstig van veldje I, B 2059 van veldje II, B 2061 van veldje III en B 2063 van veldje IV, allen ter diepte van 0—25 c.M. B 2058 en B 2062 zijn de monsters van den ondergrond resp. van de veldjes I en III, ter diepte van 25—50 c.M.

B 1396 is een monster van een humuszandgrond met ongeveer 7 % humus op droge stof uit de provincie Noord-Brabant, in het jaar 1923 ingezonden door den heer Ir. J. H. F. Deckers, Rijkslandbouwconsulent te 's Hertogenbosch.

TABEL IV.

Grond-monster n°. B	pH.	Grammen op 100 gr. drogen grond (105° C.)			
		humus.	klei.	zand.	uitwissel-bare kalk (CaO).
1718	5.9	50.0	31.3	18.7	1.734
1724	5.1	50.0	29.9	20.1	1.104
1868/70	6.9	43.0	20.2	36.8	1.815
1869/71	6.5	42.6	23.1	34.3	1.715
1856/58	6.4	44.9	17.7	37.4	1.605
1857/59	5.6	48.1	21.3	30.6	1.390
1609	± 7.1	33.7	24.7	41.6	± 1.689
1610	5.0	40.3	± 23	± 37	1.089
1690	5.5	23.6	7.9	68.5	0.657
1691	4.5	23.4	7.2	69.4	0.395
2061	5.4	7.7	3.8	88.5	0.111
2059	5.1	8.1	3.9	88.0	0.115
2063	4.7	8.8	4.0	87.2	0.075
2057	4.5	9.6	3.6	86.8	0.074
2058	4.4	7.8	n. b.	n. b.	0.060
2062	4.5	5.0	n. b.	n. b.	0.060
1396	3.4	6.7	8 4	84.9	0.009

n. b. = niet bepaald; ± = ongeveer.

De ondergronden B 2058 en B 2062 bevatten nagenoeg even groote hoeveelheden zand als B 2057 en B 2061.

In Tabel IV zijn eenige grootheden, die van de onderzochte gronden bepaald zijn, opgenomen. De pH-waarden zijn steeds met behulp van de Biilmann'sche chinhydronelektrode in waterige grondsuspensies bepaald. Voor deze suspensies werd een hoeveelheid grond, bevattende 5 gr. humus, met 200 cc water 3 dagen in aanraking gelaten, gedurende welken tijd 8 à 9 uur per dag geroteerd werd. De op deze wijze verkregen pH-waarden kunnen iets verschillen van die, welke men met 5 gr. grond en 20 cc water na 20 uur verkrijgt [6]).

Slechts enkele van de onderzochte gronden bevatten een tot twee tiende procenten $CaCO_3$. Het humusgehalte werd bepaald uit het gloeiverlies door hiervan af te trekken het koolzuur uit de koolzure kalk en het vastgebonden water in de kleisubstantie. Onder klei verstaan wij de minerale deeltjes kleiner dan 0,02 m.m. diameter [7]). De uitwisselbare kalk werd bepaald door uitloogen van den grond met eene NaCl-oplossing [8]).

TABEL V.

Bij de titratie verkregen pH-waarden.

Gr. CaO op 100 gr. humus.	B 1718 pH.			B 1724 pH.			B 1690 pH.			B 1691 pH.		
	I CaO na 3 dagen.	II NaOH na 3 dagen.	III NaOH na 5 uur.	I CaO na 3 dagen.	II NaOH na 3 dagen.	III NaOH na 5 uur.	I CaO na 3 dagen.	II NaOH na 3 dagen.	III NaOH na 5 uur.	I CaO na 3 dagen.	II NaOH na 3 dagen.	III NaOH na 5 uur.
0	5.90	5.90	n. b.	5.12	5.12	n. b.	5.52	5.52	5.76	4.52	4.52	4.73
0.28	6.31	6.74	6.82	5.45	5.97	6.15	5.93	6.36	6.53	5.01	5.32	5.50
0.56	6.51	7.02	7.35	5.72	6.40	—	6.20	6.71	7.18	5.28	5.71	6.12
0.84	6.68	7.21	7.56	5.94	6.64	—	6.53	7.07	7.50	5.52	6.05	6.24
1.12	6.85	7.42	7.79	6.15	6.85	7.05	6.66	7.09	7.72	5.72	6.38	6.73
1.40	6.96	7.56	7.98	6.31	6.82	—	6.85	7.39	7.92	5.91	6.58	6.89
1.68	7.06	7.64	8.14	6.46	7.05	—	6.92	7.41	8.05	6.07	6.68	7.05
1.96	7.18	7.72	8.16	6.59	7.19	7.66	7.05	7.47	8.14	6.26	6.81	7.24
2.24	7.28	7.72	8.19	6.73	7.31	—	7.21	—	—	6.39	6.96	7.51
2.52	7.42	—	—	6.85	—	—	7.36	—	—	6.56	—	—
2.80	7.50	—	—	6.96	7.56	8.12	7.44	—	—	6.69	7.19	7.72
3.36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.24	—
3.76	—	—	—	7.37	—	—	—	—	—	7.12	—	—
3.92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.44	—
4.30	—	—	—	7.53	—	—	—	—	—	7.33	—	—
Sn.	1.51	0.55	0.37	2.89	1.58	1.05	1.84	0.82	0.48	3.50	2.35	1.58

Sn. = snijpunt van de titratiecurve met de lijn pH = 7, omgerekend op gr. CaO per 100 gr. humus.

TABEL VI.

Bij de titratie verkregen pH-waarden.

Gr. CaO op 100 gr. humus.	B 2057 pH.			B 2059 pH.			B 2061 pH.			B 2063 pH.		
	I CaO na 3 dagen.	II NaOH na 3 dagen.	III NaOH na 5 uur.	I CaO na 3 dagen.	II NaOH na 3 dagen.	III NaOH na 5 uur.	I CaO na 3 dagen.	II NaOH na 3 dagen.	III NaOH na 5 uur.	I CaO na 3 dagen.	II NaOH na 3 dagen.	III NaOH na 5 uur.
0	4.46	4.46	4.43	5.13	5.13	5.16	5.42	5.42	5.38	4.65	4.65	4.66
0.28	4.83	—	—	5.45	—	—	5.72	—	—	—	—	—
0.48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.25	—	—
0.56	—	—	6.11	—	—	6.66	—	—	6.82	—	—	6.25
0.70	5.24	—	—	5.88	—	—	6.08	—	—	—	—	—
0.84	—	6.21	—	—	6.70	—	—	6.89	—	—	6.48	—
1.15	5.57	—	6.76	6.19	—	7.13	6.40	—	7.32	5.88	—	6.89
1.54	5.88	—	—	6.38	—	—	6.59	—	—	—	—	—
1.68	—	6.84	7.13	—	7.21	7.53	—	7.24	7.64	—	6.95	7.21
1.93	6.13	—	—	6.64	—	—	6.73	—	—	6.27	—	—
2.26	—	7.05	7.40	—	7.30	7.79	—	7.45	7.89	—	7.13	7.48
2.38	6.37	—	—	6.75	—	—	6.86	—	—	—	—	—
2.62	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6.61	—	—
2.81	6.53	7.24	7.60	6.84	7.53	—	7.00	7.61	—	—	7.37	—
3.35	6.77	7.45	—	7.06	7.71	—	7.19	7.81	—	6.88	7.48	—
4.05	7.05	—	—	7.30	—	—	7.40	—	—	7.14	—	—
4.76	7.29	—	—	7.56	—	—	7.71	—	—	7.48	—	—
Sn.	3.92	2.13	1.49	3.15	1.34	0.98	2.81	1.10	0.78	3.67	1.85	1.32

Sn. = snijpunt van de titratiecurve met de lijn pH = 7, omgerekend op gr. CaO per 100 gr. humus.

TABEL VII.

Bij de titratie verkregen pH-waarden.

Gr. CaO op 100 gr. humus.	B 1396 pH.			B 2058 pH.			B 2062 pH.		
	I CaO na 3 dagen.	II NaOH na 3 dagen.	III NaOH na 5 uur.	I CaO na 3 dagen.	II NaOH na 3 dagen.	III NaOH na 5 uur.	I CaO na 3 dagen.	II NaOH na 3 dagen.	III NaOH na 5 uur.
0	3.43	3.43	3.38	4.44	4.44	4.48	4.49	4.49	4.57
0.56	—	—	4.59	—	—	6.01	—	—	6.05
1.16	—	—	5.66	5.54	—	6.56	—	—	6.56
1.68	—	6.16	6.17	—	—	6.93	5.95	—	6.89
1.90	—	—	—	5.98	—	—	—	—	—
2.26	—	—	6.56	—	6.85	7.14	—	6.75	7.14
2.38	—	—	—	—	—	—	6.25	—	—
2.53	—	6.71	—	—	—	—	—	—	—
2.62	—	—	—	6.30	—	—	—	—	—
2.82	—	6.79	6.92	—	7.08	7.40	—	7.01	7.34
3.09	—	—	—	—	—	—	6.53	—	—
3.36	6.06	7.01	7.21	6.58	7.22	7.63	—	7.09	7.55
3.87	—	—	—	—	—	—	6.77	—	—
3.95	—	7.14	7.50	—	7.37	—	—	7.24	—
4.09	6.42	—	—	6.78	—	—	6.74	—	—
4.52	—	7.29	—	—	—	—	—	—	—
4.73	—	—	—	7.08	—	—	—	—	—
4.84	6.70	—	—	—	—	—	7.02	—	—
5.29	—	—	—	7.22	—	—	—	—	—
5.88	—	—	—	7.60	—	—	7.32	—	—
6.17	7.18	—	—	—	—	—	—	—	—
6.47	—	—	—	—	—	—	7.52	—	—
7.06	7.47	—	—	—	—	—	—	—	—
Sn.	5.68	3.35	2.98	4.52	2.63	1.85	4.78	3.05	1.93

Sn. = snijpunt van de titratiecurve met de lijn pH = 7, omgerekend op gr. CaO per 100 gr. humus.

TABEL VIII.

Bij de titratie verkregen pH-waarden.

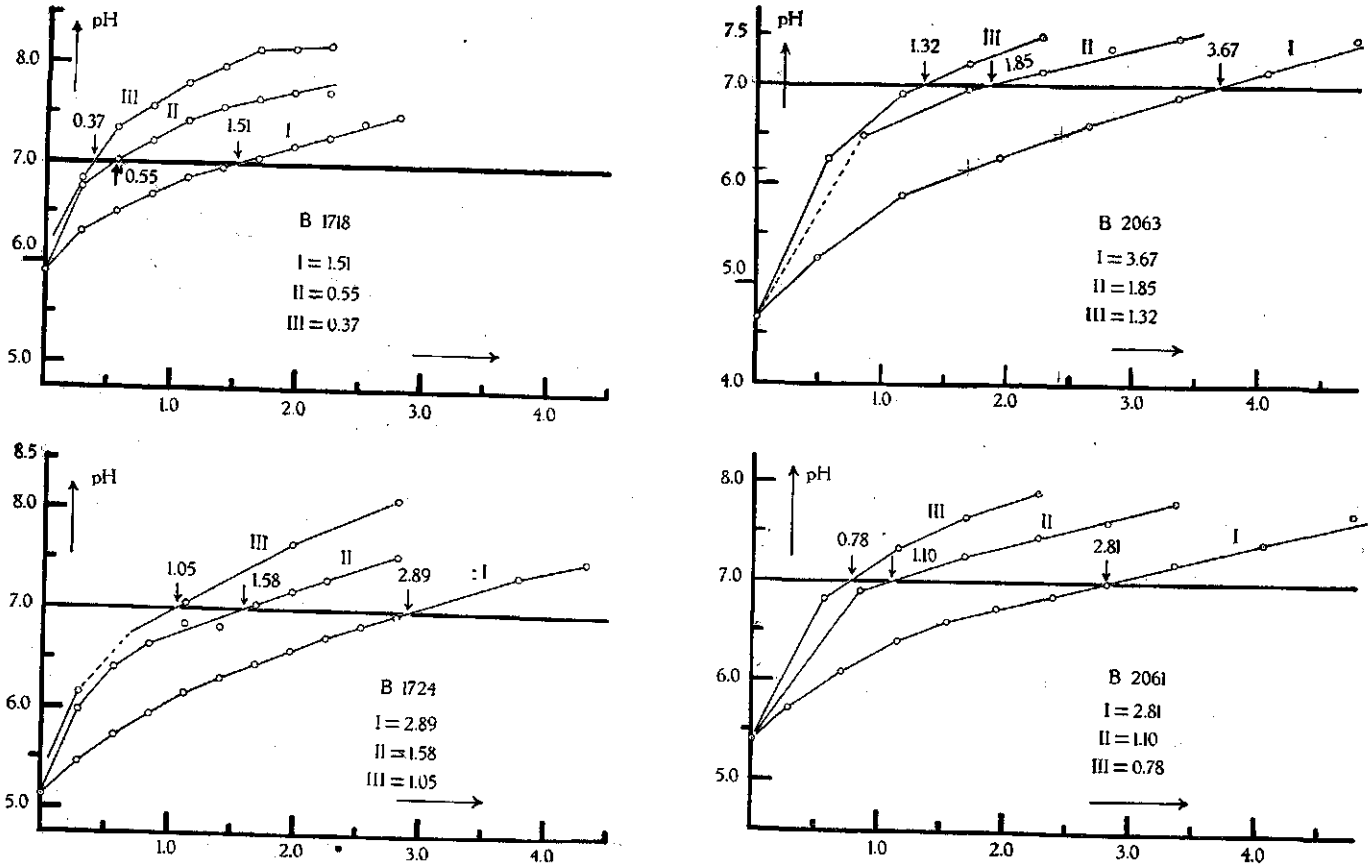
Gr. CaO op 100 gr. humus.	B 1856/58 pH.			B 1857/59 pH.			B 1868/70 pH.			B 1610 pH.		
	I CaO na 3 dagen.	II NaOH na 3 dagen.	III NaOH na 5 uur.	I CaO na 3 dagen.	II NaOH na 3 dagen.	III n.b.	I CaO na 3 dagen.	II n.b.	III n.b.	I CaO na 3 dagen.	II n.b.	III n.b.
0	6.37	6.37	n.b.	5.57	5.57	—	6.87	—	—	4.97	—	—
0.28	6.69	7.00	7.06	5.98	6.41	—	7.13	—	—	5.54	—	—
0.56	6.85	—	—	6.24	—	—	7.27	—	—	5.84	—	—
0.84	6.97	7.53	7.85	6.46	—	—	7.42	—	—	—	—	—
0.98	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6.16	—	—
1.12	—	—	—	—	—	—	7.51	—	—	—	—	—
1.40	7.25	7.69	8.14	6.82	—	—	7.64	—	—	6.33	—	—
1.96	7.51	—	—	7.08	7.51	—	—	—	—	6.64	—	—
2.24	—	—	—	7.24	—	—	—	—	—	—	—	—
2.52	—	—	—	7.44	—	—	—	—	—	7.00	—	—
2.80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.08	—	—
Sn.	0.90	0.28	0.24	1.76	± 1.02	—	0.14	—	—	2.65	—	—

Sn. = snijpunt van de titratiecurve met de lijn pH = 7, omgerekend op gr. CaO per 100 gr. humus.

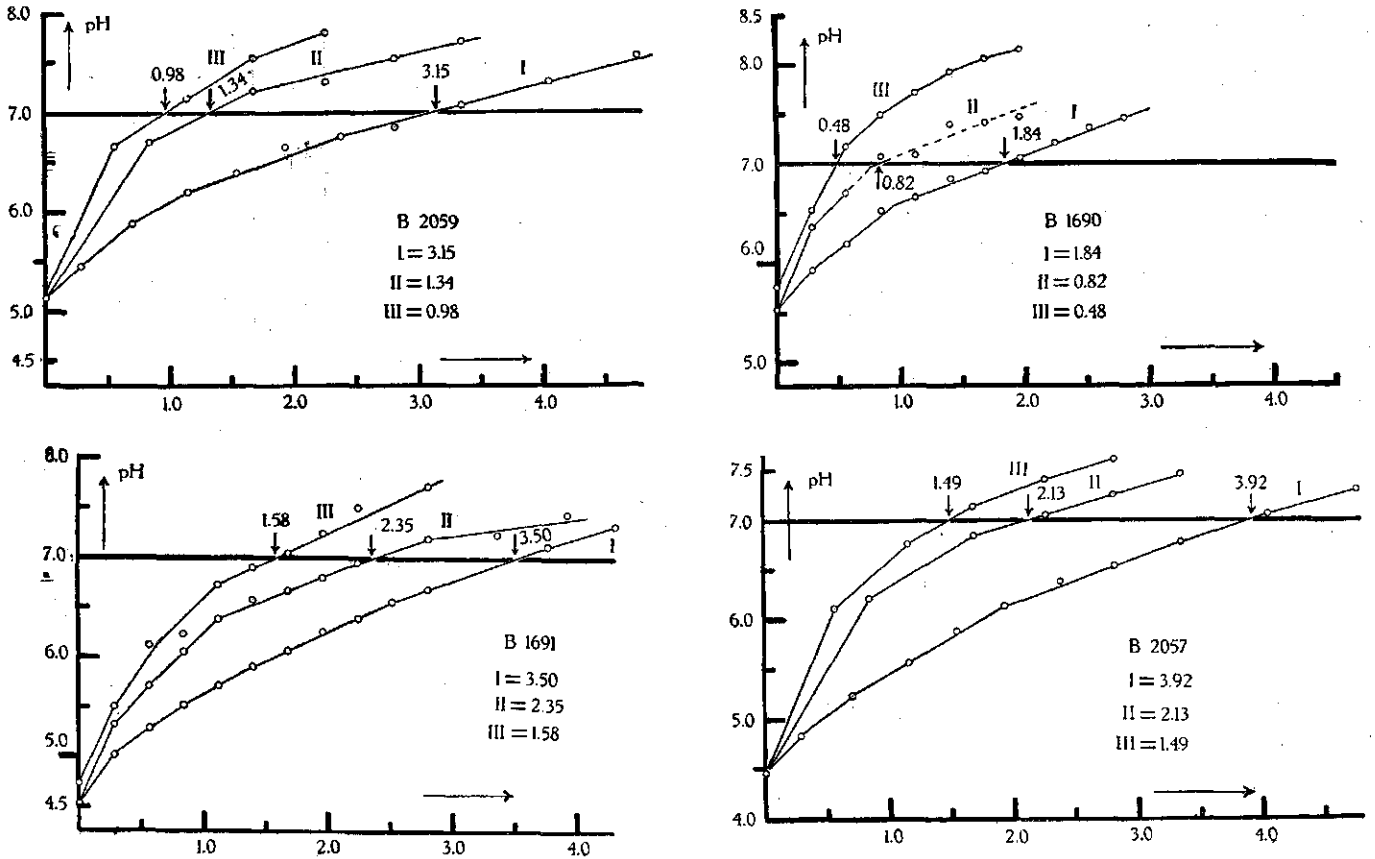
TABEL IX.

Grondmonsters n°. B	Resultaten van de potentiometrische titratie's bij pH = 7, omgerekend op gr. CaO op 100 gr. humus.			Gr. CaO op 100 gr. humus in den oorspronkelijken grond = K (humus).	K(humus) bij pH = 7, berekend uit de resultaten volgens		
	Serie I (CaO, 72 uur).	Serie II (NaOH, 72 uur).	Serie III (NaOH, 5 uur).		Serie I.	Serie II.	Serie III.
1718	1.51	0.55	0.37	3.47	4.98	4.02	3.84
1724	2.89	1.58	1.05	2.21	5.10	3.79	3.26
1868/70	0.14	n.b.	n.b.	4.22	4.36	n.b.	n.b.
1856/58	0.90	0.28	0.24	3.57	4.47	3.85	3.81
1857/59	1.76	± 1.02	n.b.	2.89	4.65	± 3.91	n.b.
1609	n.b.	n.b.	n.b.	± 5.01	n.b.	n.b.	n.b.
1610	2.65	n.b.	n.b.	2.70	5.35	n.b.	n.b.
1690	1.84	0.82	0.48	2.78	4.62	3.60	3.26
1691	3.50	2.35	1.58	1.69	5.19	4.04	3.27
2061	2.81	1.10	0.78	1.44	4.25	2.54	2.22
2059	3.15	1.34	0.98	1.42	4.57	2.76	2.40
2063	3.67	1.85	1.32	0.85	4.52	2.70	2.17
2057	3.92	2.13	1.49	0.77	4.69	2.90	2.26
1396	5.68	3.35	2.98	0.13	5.81	3.48	3.11
				Gemiddeld . . .	4.81	3.42	2.96

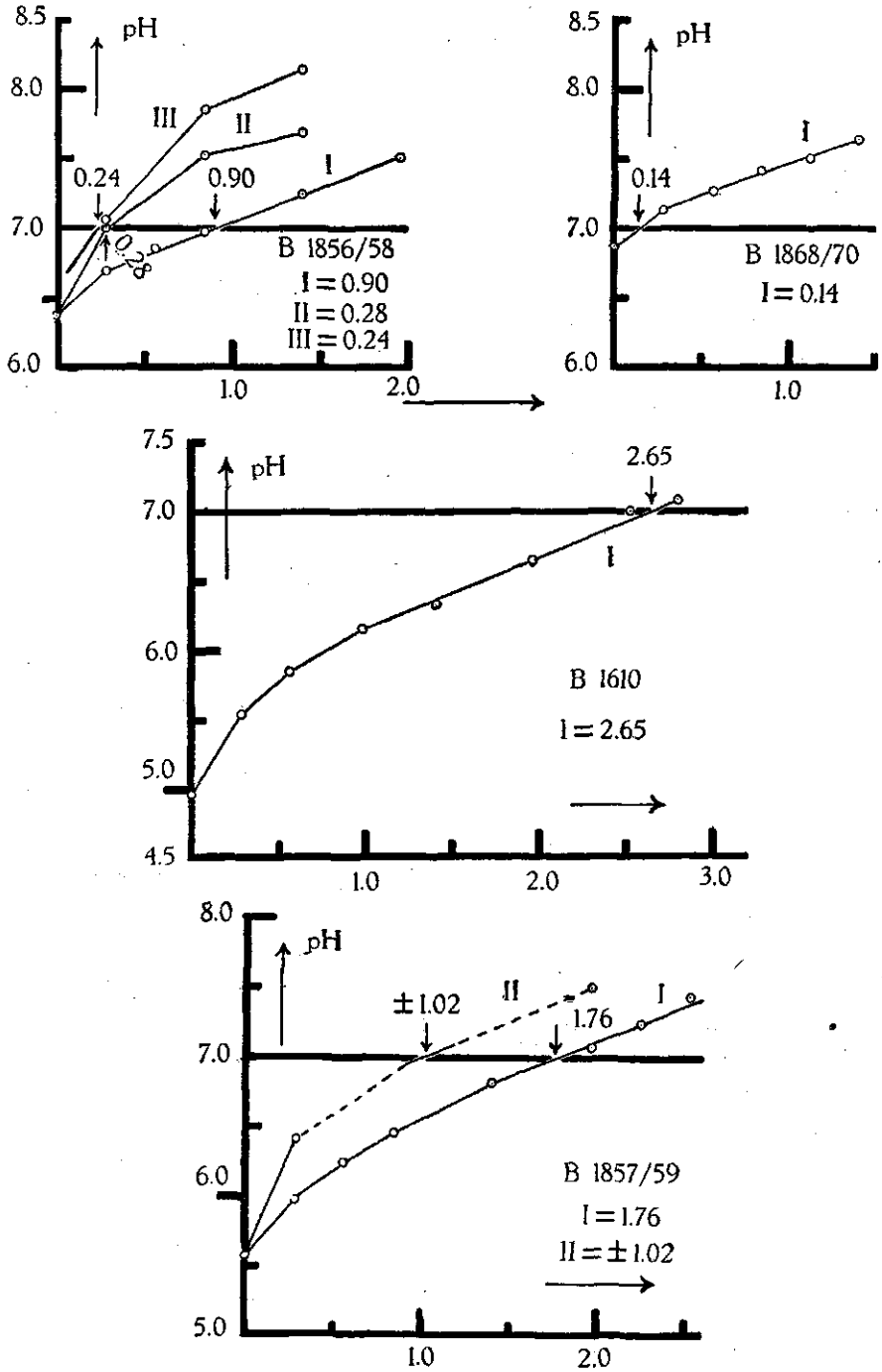
n.b. = niet bepaald; ± = ongeveer.



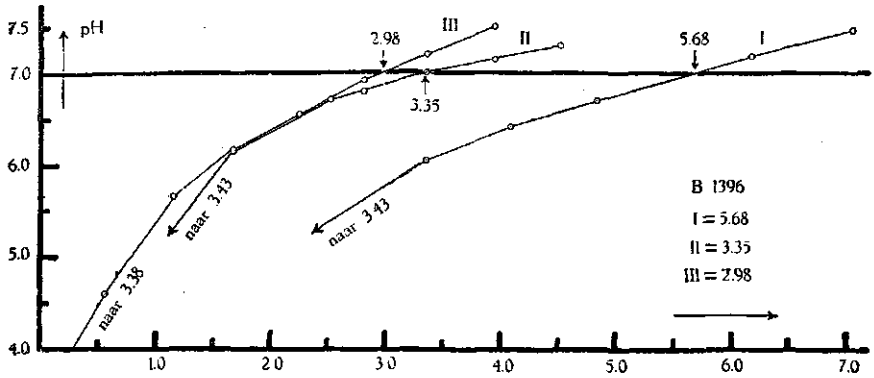
CaO in procenten op humus [K (humus)].

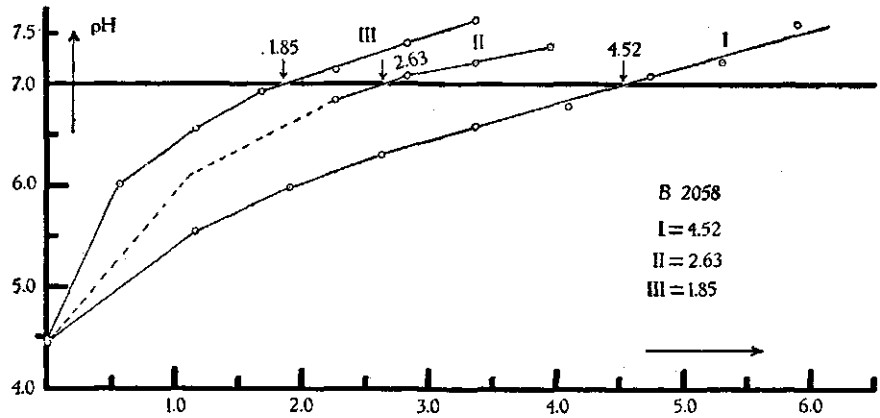


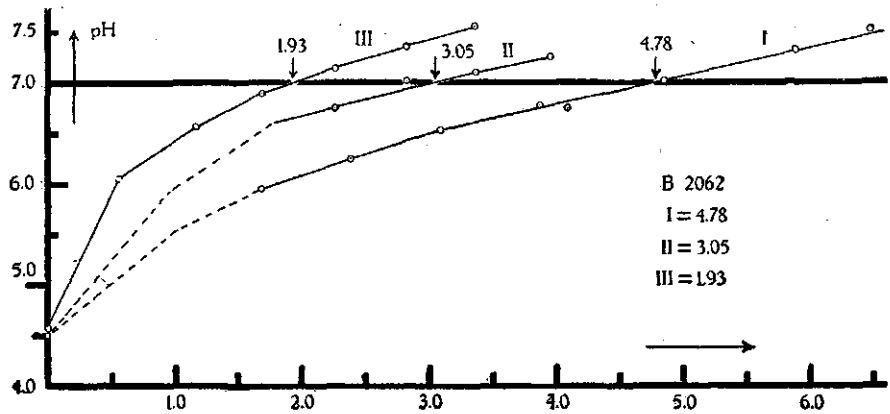
CaO in procenten op humus [K (humus)].



CaO in procenten op humus [K (humus)].







CaO in procenten op humus [K (humus)].

3. Resultaten van de titraties.

De resultaten verkregen bij de titraties zijn in de tabelen V, VI, VII, VIII (blz. 172—178) opgenomen. De getallen van de eerste kolom geven aan de hoeveelheid CaO in grammen, die toegevoegd is, op de volgende wijze omgerekend op 100 gram organische stof. Van B 1718, die 50 % humus bevat, is in een serie fleschjes afgewogen 10 gr. drogen grond, dus 5 gram organische stof. In het eerste fleschje van serie I werd 200 cc uitgekookt, gedistilleerd water (0 gr. CaO) gebracht; in het tweede fleschje 180 cc van dit water + 20 cc 0,025 N $(CaOH)_2$-oplossing. In het laatste geval is dus toegevoegd en bevat de vloeistof op 100 gr. humus, (d.w.z. in 20 × 200 cc = 4 liter) 20 × 20 × 0,025 × 28 : 1000 = 0,28 gr. CaO. Dit is punt 2 van de tabel. Ook de titraties met natronloog zijn op deze wijze op grammen CaO per 100 gram humus omgerekend. Zoo bevatte fleschje 2 (B 1718) van de series II en III 10 gr. grond, dus 5 gr. organische stof, 180 cc H_2O en 20 cc 0,025 N natronloog, of per 100 gr. humus een hoeveelheid NaOH, die met 0,28 gr. CaO aequivalent is. Op de wijze, zooals die op blz. 168 is medegedeeld, werd nu nà 72 uur (series I en II) of 5 uur (serie III) de pH-waarde bepaald. Bij toevoeging van 0,28 gr. CaO werd voor B 1718 een pH-waarde gevonden van 6,31 bij serie I; van 6,74 bij serie II en van 6,82 bij serie III (zie tabel V). Wanneer alleen water genomen werd, dus zonder $Ca(OH)_2$ of NaOH, dan vonden wij bij serie III (5 uur) — ten minste voor zoover bepaald — meestal iets hoogere pH-waarden dan bij de series I en II (72 uur).

De resultaten van het onderzoek zijn op de blz. 177—180 graphisch voorgesteld. Op de verticale as zijn de gemeten pH-waarden, op de horizontale as de grammen CaO per 100 gr. organische stof (CaO toegevoegd bij serie I, bij serie II en III NaOH op CaO omgerekend) afgezet. Dit laatste cijfer — grammen CaO per 100 gram humus — zal in het vervolg het kalkcijfer op de horizontale as genoemd worden. Zooals reeds is opgemerkt, liggen sommige punten, die met minder organische stof en minder vloeistof (0,5 gr. humus en 20 cc vloeistof) verkregen werden, soms iets buiten de curven. Het snijpunt van de titratiecurve met de lijn pH = 7 is door interpolatie verkregen. Dit punt geeft dus direct de hoeveelheid CaO per 100 gr. humus weer. Voor B 1718 is gevonden bij serie I 1,51; bij serie II 0,55 en bij serie III 0,37 gr. CaO (zie tabel V).

Van enkele gronden kon wegens gebrek aan grond slechts 1 of 2 van de drie curven bepaald worden.

4. Bespreking van de resultaten.

Alle looglijnen van serie III (5 uur) liggen links van de looglijnen van serie II (72 uur) en deze weer links van de kalklijnen van serie I (72 uur). Uit den loop der lijnen II en III meenen wij te moeten afleiden, dat de evenwichtstoestand nà 5 uur nog niet bereikt is.

Zooals reeds werd opgemerkt, meenen wij verder de oorzaak van het verschil tusschen het beloop van de lijnen I en II in een verschil in de oplosbaarheid en de daarmede in verband staande hydrolyse van de natrium- en de kalkhumaten te moeten zoeken.

II. HOEVEELHEID KALK, WELKE DE GROND MOET VASTLEGGEN, OM IN HET ALGEMEEN EEN BEPAALDEN ZUURGRAAD (pH) EN IN HET BIJZONDER DE NEUTRALE REACTIE (pH = 7) TE BEREIKEN.

In het tweede gedeelte van deze verhandeling stellen wij ons voor de vraag te beantwoorden, hoeveel kalk een grond moet vastleggen (adsorbeeren) om in het algemeen een bepaalden zuurgraad (pH) en in het bijzonder de neutrale reactie (pH = 7) te bereiken. Dit is een zuiver bodemkundige vraag, die men — ter voorkoming van misverstand — goed zal dienen te onderscheiden van een tweetal andere vragen, te weten:

1. hoeveel kalk in de praktijk gegeven moet worden om het beoogde doel — het verkrijgen van een bepaalden zuurgraad — te bereiken;
2. met hoeveel kalk de grond in kwestie voor een bepaald gewas bemest moet worden.

Het gaat thans alleen om de hierboven gestelde, zuiver bodemkundige vraag, hoeveel kalk een grond moet adsorbeeren om een bepaalden zuurgraad (pH) te verkrijgen.

Indien men het antwoord op deze vraag uit het beloop van de drie titratiecurven wil afleiden, zal dit antwoord verschillend zijn, al naargelang van de titratiecurve, die men daartoe kiest. De drie titratiecurven toch hebben een verschillend beloop en snijden een bepaalde pH-waarde bij verschillende kalkcijfers. Zoo snijdt b.v. de titratiecurve I van B 1718 de lijn pH = 7, bij een kalkcijfer = 1,51; de titratiecurve II bij een kalkcijfer = 0,55 en de titratiecurve III bij een kalkcijfer = 0,37.

De vraag, waar het hier thans om gaat, is deze, of 100 gram humus van dezen grond B 1718, onder natuurlijke omstandigheden, 1,51 of 0,55 of 0,37 gram CaO moet vastleggen, opdat de pH-waarde van dezen grond gelijk 7 wordt.

Reeds alleen op grond van het feit, dat men den grond met kalk en niet met natronloog bemest, is men geneigd aan te nemen, dat de resultaten van de kalktitraties (serie I) meer in overeenstemming zullen zijn met de werkelijkheid dan de resultaten van de natronloog-titraties. Men moet evenwel voorzichtig zijn met het overbrengen van laboratorium-resultaten naar de praktijk en wij deelen daarom ook de volgende overwegingen mede, die — naar onze meening — aantoonen, dat de grond in de natuur de kalk vrijwel volgens de titratiecurve I opneemt.

5. Grammen kalk per 100 gram humus in den neutralen toestand (pH = 7).

In tabel IV zijn de gehalten aan humus en uitwisselbare kalk opgenomen; voor B 1718 zijn deze cijfers resp. 50,0 % en 1,734 %. Uit deze twee cijfers is het aantal grammen uitwisselbare CaO per 100 gr. humus berekend; voor B 1718 dus 100 × 1,734 : 50,0 = 3,47 gr. Dit cijfer is als K(humus) van den oorspronkelijken grond in tabel IX opgenomen. Wanneer de humus nu kalk opneemt, wordt deze K(humus) grooter. Wij hebben nu verder berekend, hoe groot de K(humus) wordt, wanneer de humus de hoeveelheden CaO, voor serie I, II en III gevonden, opneemt.

Voor B 1718 wordt dan gevonden:

volgens serie I: 3,47 + 1,51 = 4,98 gr.;
,, ,, II: 3,47 + 0,55 = 4,02 gr.;
,, ,, III: 3,47 + 0,37 = 3,84 gr.

Deze cijfers zijn mede in tabel IX als K(humus) volgens de titratieresultaten opgenomen. Bovendien zijn ook de respectievelijke gemiddelden, n.m. 4,8 — 3,4 — 3,0 berekend. Door nu van in de natuur voorkomende humusgronden met eene neutrale reactie de K(humus)-waarde te bepalen, kunnen we nagaan, welke van deze drie waarden het meest met de K(humus) van neutrale humusgronden onder natuurlijke omstandigheden overeenkomt. Een zoodanige grond is B 1609 (pH = 7), waarvan de K(humus) = 5,0 is. Ook in meerdere andere gevallen werd de K(humus)-waarde van neutrale, natuurlijke humusgronden op ongeveer 5 gevonden.

Uit de cijfers van kolom 6 van tabel IX blijkt, dat het gemiddelde 4,8 uit vrij ver uiteenloopende cijfers berekend is (minimum 4,25 bij B 2061 en maximum 5,81 bij B 1396). Gedeeltelijk kunnen we deze verschillen verklaren, doordat geen rekening met het gehalte aan uitwisselbare Mg, K en Na gehouden is; het gehalte aan uitwisselbare Mg, K en Na werd namelijk niet bepaald [9]). Vermoedelijk zal ook de soort van humus wel een rol spelen, terwijl ten slotte bij de berekening ook geen rekening met het kleigehalte gehouden is.

Hoe het ook zij, in ieder geval meenen wij, dat het gehalte aan uitwisselbare kalk in de humus van neutraal reageerende humusgronden in de natuur er op wijst, dat de resultaten van de kalktitraties (serie I) dichter komen bij de hoeveelheid CaO, die de humus binden moet om een pH = 7 te bereiken, dan de resultaten van de natronloog-titraties (serie II en III).

6. Natuurlijke kalk-titratiecurven.

Met behulp van een vergelijkend onderzoek van den grond van de onbekalkte en de bekalkte perceelen van proefvelden kan worden vastgesteld, hoe in de natuur de pH van den grond bij opname van kalk verandert, m.a.w. wat de natuurlijke kalk-titratiecurve van den grond in kwestie is. Daartoe moet de grond van het onbekalkte per-

ceel en van de bekalkte perceelen op pH en kalk onderzocht worden. De verkregen kalkgehalten, bij humusgronden op grammen CaO per 100 gram humus omgerekend, dus de K(humus)-cijfers, worden op de horizontale as, de pH-cijfers op de verticale as uitgezet. Als nulpunt op de horizontale as wordt de K(humus) van den grond van het onbekalkte perceel genomen; verder worden dan de verschillen van de K(humus)-waarden van de bekalkte perceelen en het onbekalkte perceel op de horizontale as uitgezet.

De in deel I van deze Verhandeling medegedeelde cijfers geven eenig materiaal voor dergelijke natuurlijke kalktitratiecurven.

B 1724/1718. De monsters B 1724 en B 1718 zijn in September 1924 genomen van een tweetal vlak naast elkander gelegen veldjes van een proefveld. B 1724 is het onbekalkte veld; B 1718 had in September 1923 eene kalkbemesting ontvangen. Bij een voorafgaand onderzoek was de grond van het proefveld gebleken zeer homogeen te zijn. Wij meenen dus te mogen aannemen, dat B 1718 vóór de bekalking eene zelfde samenstelling als B 1724 bezat. Volgens tabel IX is de K(humus) van B 1718 (het bekalkte perceel) 3,47 en de K(humus) van B 1724 (het onbekalkte perceel) 2,21, terwijl de pH's succ. 5,9 en 5,1 zijn. Deze cijfers geven ons twee punten van de natuurlijke kalk-titratiecurve van dezen grond. Wij teekenen deze punten nu in de teekening van den onbekalkten grond B 1724 (op blz. 177). Het nulpunt op de horizontale as wordt dan B 1724 (op K(humus) = 2,21 en pH = 5,1. Het volgende punt (B 1718) komt bij een kalkcijfer op de horizontale as van 3,47 — 2,21 = 1,26 en een pH = 5,9. Dit punt blijkt nagenoeg op de titratiecurve I te liggen. Voor een kalkcijfer op de horizontale as = 1,26 geeft deze curve een pH = 6,22, terwijl de curve II een pH = 6,83 en de curve III een pH = 7,15 geven. De titratiecurve I (titratie me kalk, 72 uur) valt dus voor den grond B 1718 nagenoeg met de natuurlijke kalktitratiecurve van dezen grond samen.

B 1857/59 en 1856/58. Ook dit zijn twee naast elkander gelegen perceeltjes van één proefveld; het eerste bekalkt, het tweede onbekalkt. Het verschil tuschen de K(humus)-waarden is volgens tabel IX: 3,57 — 2,89 = 0,68, d.w.z. dat de bekalkte grond (1856/58) per 100 gram humus 0,68 gram CaO heeft opgenomen. De pH van den bekalkten grond (B 1856/58) is 6,37, terwijl voor een kalkcijfer op de horizontale as = 0,68 de titratiecurve I van den onbekalkten grond B 1857/59 geeft een pH = 6,32. Voor een kalkcijfer = 0,68 geeft de titratiecurve II een pH = ongeveer 6,74. Ook hier valt het punt van de natuurlijke kalk-titratiecurve (kalkcijfer = 0,68 en pH = 6,37) nagenoeg op titratiecurve I.

B 1610/1609. Dit zijn twee grondmonsters van een ongekalkt en een gekalkt gedeelte van één perceel. Het verschil tusschen de K(humus)-waarden is volgens tabel IX: 5,01 — 2,70 = 2,31; d.w.z., dat de bekalkte grond (B 1609) per 100 gram humus 2,31 gram CaO

heeft opgenomen. De pH van den bekalkten grond B 1609 is 7,1, terwijl voor een kalkcijfer op de horizontale as = 2,31 de titratiecurve I van den onbekalkten grond B 1610 een pH = 6,82 geeft. Deze overeenstemming is vrij goed. Men dient bovendien in aanmerking te nemen, dat het hier geen proefveld betreft, dat korten tijd nà de bekalking bemonsterd is, doch een perceel van ongeveer één bunder, waarvan een vierde gedeelte ongeveer 20 jaar geleden een bemesting met schuimaarde ontving. De beide andere titratiecurven (II en III) zijn niet bepaald.

B 1691/1690. Deze gronden zijn afkomstig van twee perceeltjes van een zeer homogeen proefveld, die beide met stalmest bemest zijn, doch waarvan het eene (1691) bovendien nog zwavelzure ammoniak ontving en tengevolge daarvan kalk verloor. Als gevolg hiervan is de K(humus) van B 1691 = 1,69 en van B 1690 = 2,78, terwijl de pH's resp. 4,5 en 5,52 zijn. Ook deze getallen kunnen als twee punten van de natuurlijke kalk-titratiecurve van B 1691 worden beschouwd. Voor een kalkcijfer op de horizontale as = 1,09 geeft de titratiecurve I van B 1691 een pH = 5,69, wat vrij goed met de pH = 5,52 van B 1690 klopt [10]). Voor een kalkcijfer = 1,09 geven de titratiecurven II en III van B 1691 resp. pH = 6,34 en pH = 6,69.

7. Conclusie.

Wij meenen uit het bovenstaande de conclusie te mogen trekken, dat de titratiecurve van serie I (kalktitratie, 72 uur) aangeeft, hoeveel grammen kalk 100 gram humus van de onderzochte gronden binden moet, om in het algemeen een zekere pH-waarde en in het bijzonder de neutrale reactie (pH = 7) te bereiken. Een omrekening van natronloog-cijfers van de titratiecurven II en III op kalk is dus niet geoorloofd. Dat hierbij groote fouten gemaakt worden, moge uit eenige voorbeelden blijken.

Het volumegewicht van B 1718 in de natuurlijke ligging is 0,5 [11]). Een laag van B 1718 van 10 c.M. dikte weegt dus per H.A. 500 000 K.G. en bevat (zie tabel IV) 250 000 K.G. humus Volgens de resultaten van serie I moet de humus in deze laag 2500 × 1,51 = 3775 K.G. kalk (CaO) opnemen, om een pH = 7 te bereiken. Volgens de titratiecurve II zou daarvoor 2500 × 0,55 = 1375 K.G. CaO en volgens de titratiecurve III slechts 2500 × 0,37 = 925 K.G. CaO noodig zijn. De op kalk omgerekende resultaten van de loogtitraties, resp. 1375 K.G. en 925 K.G. kalk, zijn dus aanzienlijk te laag. Door middel van de kalk-titratiecurve (serie I) kan men nu verder berekenen, hoe hoog de pH wordt, wanneer deze hoeveelheden van 1375 K.G. en 925 K.G. kalk (CaO) door de humus van B 1718 worden opgenomen. Men zet daartoe de kalkcijfers resp. 0,55 en 0,37 op de horizontale as van B 1718 af; trekt uit deze punten de vertikale lijnen, totdat ze de titratiecurven I snijden, trekt uit de snijpunten de horizontale lijnen naar de vertikale as (de pH-as) toe en vindt dan de pH-waarden resp. 6,37 en 6,49, inplaats van pH = 7 [12]).

Bij B 1724 zijn de verschillen nog grooter. In werkelijkheid moet de 250 000 K.G. humus, die in een laag van 10 c.M. dikte per H.A. aanwezig is, 2500 × 2,89 = 7225 K.G. kalk (CaO) vastleggen, om een pH = 7 te bereiken. Wanneer de resultaten van de loogtitraties (serie II en III) op kalk worden omgerekend, vindt men per H.A. resp. 2500 × 1,58 = 3950 K.G. kalk en 2500 × 1,05 = 2625 K.G. kalk.

Dat dit laatste resultaat van 2625 K.G. kalk inderdaad veel te gering is, kan ook blijken door B 1724 (ongekalkt) met B 1718 (gekalkt) te vergelijken. Tengevolge van de kalkbemesting heeft B 1718 per H.A. in een 10 c.M. dikke laag in de humussubstantie vastgelegd 2500 × (3,47 — 2,21) = 2500 × 1,26 = 3150 K.G. CaO. Volgens de loogtitratie III zou de pH van B 1718 grooter dan 7 moeten zijn, terwijl deze in werkelijkheid slechts 5,9 is.

Ten slotte nog een voorbeeld, aan het proefveld te IJhorst ontleend. Het volumegewicht van B 2061 is in natuurlijken toestand = 1,02; een laag van 10 c.M. dikte weegt dus per H.A. 1 020 000 K.G. en bevat 78 540 K.G. humus. De drie kalkcijfers worden hier voor serie I 785,4 × 2,81 = 2207 K.G. CaO; voor serie II 785,4 × 1,10 = 864 K.G. CaO en voor serie III 785,4 × 0,78 = 613 K.G. CaO. De pH-waarden, die bij binding van deze hoeveelheden kalk door de humus bereikt worden, zijn resp. 7 — 6,37 — 6,14.

Wij leggen er nogmaals den nadruk op, dat de hoeveelheden 3775 K.G. CaO (B 1718) en 2207 K.G. CaO (B 2061) die hoeveelheden kalk zijn, die door de humus in een laag van 10 c.M. dikte per H.A. moeten *gebonden* worden, om te maken, dat deze gronden een neutrale reactie (pH = 7) verkrijgen. Wij noemen deze hoeveelheid A. Het is natuurlijk een geheel andere kwestie, met hoeveel kalk men *bemesten* moet, om dit resultaat (de neutrale reactie van den grond) te bereiken. Wij noemen deze hoeveelheid B. Hoe groot B is, zal van allerlei andere omstandigheden afhangen. Een gedeelte van de kalk B zal waarschijnlijk uitspoelen of door de planten worden opgenomen; een ander gedeelte zal als $CaCO_3$ achterblijven. Hierbij is nog te bedenken, dat de snelheid, waarmede de humus de kalk bindt van den verzadigingstoestand, resp. van de K- en pH-waarden afhangt. Hoe minder kalk de humus bevat, des te sneller neemt de humus de kalk op. Een grond met een pH tusschen de 6 à 7 neemt de kalk slechts langzaam op [13]). Ook de graad van fijnheid van de voor de bemesting aangewende kalk speelt hier uit den aard der zaak een rol. Op grond van een en ander is het duidelijk, dat B grooter is dan A. Op grond van de resultaten van bekalkingsproeven meent CHRISTENSEN [14]), dat B gemiddeld ongeveer driemaal zoo groot is als A.

Het is ten slotte overbodig de aandacht er op te vestigen, dat de hoeveelheid kalk, per H.A. noodig om den grond een pH = 7 te geven, niet verward mag worden met de hoeveelheid kalk C, die in de praktijk voor een bepaald gewas gegeven moet worden. Op voorstel van

CHRISTENSEN [15]) zullen internationale proefvelden worden aangezet, om deze grootheid C te bepalen, volgens het volgende bemestingsplan: ongekalkt, kalk=1/3 B, kalk=2/3 B, kalk=3/3 B en kalk=4/3 B.

III. EENIGE OPMERKINGEN OMTRENT PUBLICATIES VAN ANDEREN.

Onderzoek SÖHNGEN, KNETEMANN en WIERINGA.

SÖHNGEN en zijne medewerkers [16]) hebben bepaald hoeveel calciumcarbonaat een grond moet opnemen om ten opzichte van lakmoid neutraal te reageeren. Zij schrijven, dat men bij gebruik van $BaCO_3$, Na_2CO_3, NaOH dezelfde grenzen vindt als met $CaCO_3$, indien deze in aequivalente hoeveelheden worden toegevoegd. Volgens de resultaten van onze onderzoekingen zou dit niet juist kunnen zijn. Ook is het niet juist, dat het natriumzout van humuszuur neutraal reageert, zooals deze schrijvers mededeelen. Als zout van een sterke base en een zwak zuur treedt bij het natriumhumaat in oplossing hydrolyse op, hetgeen een alkalische reactie der oplossing veroorzaakt; het natriumzout van humuszuur reageert tengevolge daarvan sterk alkalisch.

Genoemde onderzoekers hebben ook bepaald, hoeveel $CaCO_3$ een grond moet vastleggen, om ten opzichte van lakmoid neutraal te reageeren, als uit dezen grond eerst alle aan de humus gebonden metalen zijn verwijderd. Zij vonden als gemiddelde van een vrij groot aantal bepalingen, dat bij zand- en veengronden voor deze neutralisatie per gram gloeiverlies ong. 80 m.gr. $CaCO_3$ noodig was; d.w.z., dat neutrale humus (neutraal ten opzichte van de door hen gekozen kleuromslag van lakmoid) per 100 gram gloeiverlies ongeveer 8 gr. $CaCO_3$, d. i. 4,48 gr. CaO, gebonden houdt. Voor eenige gronden (zie tabel IX) hebben wij dit cijfer bij precies pH = 7 bepaald en gevonden 4,8. In aanmerking genomen, dat SÖHNGEN met lakmoid werkte, is de overeenstemming tusschen het cijfer van SÖHNGEN (4,48) en ons cijfer (4,8) zeer goed te noemen.

Kalktoestand (J. HUDIG).

In de laatste jaren is door J. HUDIG bij het onderzoek van zand- en veengronden een nieuwe term, de *kalktoestand* van den grond, ingevoerd, waarvan de volgende definitie gegeven wordt [17]). Er wordt een suspensie van den grond gemaakt, bevattende zóóveel grond als met 0,7 gram gloeiverlies (organische stof) overeenkomt, op 50 cc water; bij deze suspensie wordt zooveel natronloog gevoegd, als noodig is om de pH van deze waterige suspensie = 7 te maken; de gevonden hoeveelheid natronloog wordt dan omgerekend op kilogrammen zuivere koolzure kalk ($CaCO_3$) per 1000 K.G. gloeiverlies (organische stof). Deze hoeveelheid koolzure kalk wordt de *kalktoestand* van den grond genoemd.

Uit onze titratiecijfers serie II en III (met natronloog) laat zich iets aangaande den „kalktoestand" van de onderzochte gronden zeggen. Zoo geeft de titratiecurve III (natronloog, 5 uur) voor B 1724

een kalkcijfer op de horizontale as = 1,05 en de titratiecurve II (natronloog, 72 uur) een kalkcijfer = 1,58, om de pH-waarde = 7 te bereiken. Dit zijn de CaO-cijfers per 100 gram humus; omgerekend op $CaCO_3$ per 1000 gram humus krijgen we 18,8 en 28,2. Het blijkt dus, dat men andere waarden voor den ,,kalktoestand'' krijgt, naar gelang men de natronloog 5 uur of 72 uur laat inwerken.

Oorspronkelijk heeft J. HUDIG geen bepaalden tijd van inwerken van de natronloog opgegeven. Wij meenden, dat de titratie bij het onderzoek te Wageningen op één dag afliep, waarbij de natronloog dus ongeveer 5 à 6 uur zal hebben ingewerkt. In de jongste publicatie [18]) lezen wij, dat de tijd van inwerken thans op ongeveer 16 uur is vastgesteld. Wij nemen aan, dat de hierbij verkregen resultaten ongeveer met die van onze natronloog-titratiecurve II (72 uur) zullen overeenstemmen. Zooals uit het gedeelte II van deze Verhandeling blijkt (zie blz. 185), bestaan er groote verschillen tusschen het beloop van de titratiecurve I (kalk, 72 uur) en II (natronloog, 72 uur). De kalk-titratiecurve I geeft het verband tusschen de opname van de kalk door de humussubstantie van de onderzochte gronden en de pH-waarde weer; het kalkcijfer, dat men uit de natronloog-titratiecurve II, door omrekening van de natronloog op kalk verkrijgt, is aanzienlijk lager. Hieruit volgt, dat de ,,kalktoestand'' *niet* de hoeveelheid koolzure kalk aangeeft, die de grond noodig heeft, d.w.z. die de humus (resp. de kleisubstantie) van den grond moet vastleggen, opdat de grond de neutrale reactie (pH = 7) verkrijgt. Een voorbeeld moge dit nader toelichten.

Zooals uit de teekening op blz. 177 en uit de cijfers van tabel IX (blz. 176) blijkt, snijdt de natronloog-titratiecurve II van den grond B 1724 de lijn pH = 7 bij een kalkcijfer op de horizontale as = 1,58. De ,,kalktoestand'' van B 1724 is dus 1000 × 1,58 : 56 = 28,2. De kalk-titratiecurve I van dezen grond snijdt de lijn pH = 7 evenwel bij een kalkcijfer op de horizontale as = 2,89. Dit wil zeggen, dat deze grond per 100 gram humus 2,89 gram CaO moet vastleggen, om de neutrale reactie (pH = 7) te bereiken of per 1000 K.G. humus 28,9 K.G. CaO. Deze hoeveelheid kalk is aanwezig in 100 × 28,9 : 56 = 51,6 K.G. zuivere koolzure kalk ($CaCO_3$). Terwijl de ,,kalktoestand'' van B 1724 dus = 28,2 is, moet 1000 K.G. humus van B 1724 dus in werkelijkheid de kalk van 51,6 K.G. koolzure kalk vastleggen, om de neutrale reactie te bereiken.

Het is dus onjuist, als men zegt, dat een grond van een ,,kalktoestand'' bijv. van — 30, door toevoeging van 30 K.G. zuivere koolzure kalk ($CaCO_3$) in den neutrelen toestand (pH = 7) gebracht zou worden [19]).

In het leerboek ,,Bemestingsleer'' van J. M. L. OTTEN, l. i., wordt deze fout ook gemaakt. Op blz. 34 (Tweede druk) wordt gezegd, dat ,,de kalktoestand het getal is, dat uitdrukt hoeveel K.G. zuivere ,,koolzure kalk noodig is ter volkomen neutraliseering van 1000 K.G. ,,humus. Is de kalktoestand — 15, dan wil dit 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 van een grond met een kalktoestand — 15 meer kalk vastleggen dan in 15 K.G. koolzure kalk aanwezig is [20]).

Ter voorkoming van misverstand wijzen wij er nog nadrukkelijk op, dat hierboven alleen gesproken is over de hoeveelheid kalk, die de humus moet vastleggen, opdat de grond den neutralen toestand (pH = 7) bereikt. Voor B 1724 is dit bedrag per 1000 K.G. humus 51,6 K.G. $CaCO_3$. Om in de praktijk dit doel (de neutrale reactie van den grond) te breiken, zal — om allerlei redenen (zie blz. 186) — eene grootere hoeveelheid $CaCO_3$ gegeven moeten worden. Zooals wij reeds opmerkten (blz. 186), meent CHRISTENSEN, dat zelfs ongeveer driemaal zooveel, dus ongeveer 154,8 K.G. $CaCO_3$, gegeven moet worden.

Uit het bovenstaande volgt verder, dat uit de natronloogtitratiecijfers niet de hoeveelheden kalk berekend kunnen worden, die noodig zijn, om de ,,kalktoestand'' van een bepaalden grond op zeker bedrag te brengen, bijv. van — 15 op — 10, — 5, 0, + 5, + 10 [21]).

Conclusie L. Weyer.

In 1925 is er een boekje verschenen van de hand van L. WEYER te Meppel, getiteld: ,,Kennis van den Grond en Grondbewerking.'' Op blz. 149 komt L. WEYER tot de conclusie, dat ,,men in de praktijk ,,alleen gronden vindt, waarvan de humus reeds ± 40 K.G. of meer ,,aan koolzure kalk of andere basen (per 1000 K.G. humus) heeft ,,opgenomen.'' In 40 K.G. koolzure kalk is aanwezig 22,4 K.G. kalk (CaO); in de praktijk zouden dus geen gronden met minder dan 22,4 K.G. CaO per 1000 K.G. humus, dat is 2,24 K.G. CaO op 100 K.G. humus berekend — dus onze K-(humus) — voorkomen. Zooals uit onze tabel IX (blz. 176) blijkt, is dit onjuist; de K(humus) van B 1396 is zelfs nagenoeg nul (0,13). Het is de moeite waard, na te gaan, hoe WEYER aan zijne onjuiste conclusie komt.

WEYER is uitgegaan van de onderstelling, dat het cijfer van den ,,Kalktoestand'' aangeeft, hoeveel K.G. $CaCO_3$ per 1000 K.G. moeten worden vastgelegd, om het neutrale punt (pH = 7) te bereiken. Uit de gepubliceerde cijfers [22]) is hem gebleken, dat de hoogste waarden voor den ,,Kalktoestand'' ongeveer — 40 bedragen en hij verkeert dientengevolge in de onderstelling, dat de in ons land voorkomende gronden hoogstens 40 K.G. $CaCO_3$ per 1000 K.G. humus noodig hebben, om het neutrale punt te bereiken.

Nu heeft SÖHNGEN (zie blz. 187) gevonden, dat de van alle alkalische stoffen beroofde humus per 1000 K.G. door 80 K.G. koolzure kalk wordt geneutraliseerd; ergo moeten de gronden, zoo redeneert WEYER, met een ,,Kalktoestand'' = — 40, nog per 1000 K.G. humus zooveel kalk gebonden houden als in 80 — 40 = 40 K.G. $CaCO_3$ voorkomt.

De fout van den heer WEYER, zit dus weer hierin, dat hij is uit-

gegaan van de onjuiste onderstelling, dat het cijfer van den ,,Kalktoestand'' de hoeveelheid kalk zou aangeven, die de humus moet vastleggen, om de neutrale reactie te bereiken.

In Tabel IX kan men eenige cijfers vinden betreffende de hoeveelheid kalk, die voor neutraliseering noodig is. Het hoogste cijfer levert het grondmonster B 1396, nl. 5,68 gram CaO per 100 gram humus; dus 1000 × 5,68 : 56 = 101,4 K.G. $CaCO_3$ per 1000 K.G. humus. Bovendien bevat dit monster reeds 0,13 % CaO op humus, dat is per 1000 K.G. humus 1000 × 0,13 : 56 = 2,3 K.G. $CaCO_3$; in den neutralen toestand is dus per 1000 K.G. humus zooveel kalk aanwezig als met 101,4 + 2,3 = 103,7 K.G. $CaCO_3$ overeenkomt. Dit getal is vrij wat hooger dan de 80 K.G., die SÖHNGEN opgeeft. Gemiddeld vonden wij (zie tabel IX) 4,81 gram CaO per 100 gram humus, dat is per 1000 K.G. humus 1000 × 4,81 : 56 = ongeveer 86 K.G. $CaCO_3$, een cijfer, dat vrij goed met de 80 K.G. van SÖHNGEN overeenstemt (zie mede blz. 187).

I. Titrationskurven von Humusböden.

II. Menge Kalk, welche der Boden festlegen muss, um im allgemeinen eine bestimmte Azidität (pH) und insbesondere die neutrale Reaktion (pH = 7) zu erreichen.

III. Einige Bemerkungen über andere Untersuchungen.

Kurze Zusammenfassung.

Diese Abhandlung ist grössenteils eine Uebersetzung unserer Arbeit aus den Verhandlungen der zweiten Kommission der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft, Groningen, 1926, Teil A, Seite 72—93, ,,Ueber Titrationskurven von Humusböden''. Nur sei darauf hingewiesen, dass die in den Groninger Verhandlungen mitgeteilten pH-Werte alle um 0,17 zu niedrig sind. Die Fehler sind verbessert und infolgedessen sind die in Tabelle IX (Kolumme 2, 3 und 4) in der holländischen Arbeit gegebenen Zahlen die richtigen CaO-Werte, welche erforderlich sind, um einen pH-Wert von 7 zu erreichen.

I. An 16 Humusböden von stark verschiedenen Humusgehalt (50 % — 5 %) wurde der Einfluss der Zeit, der Konzentration und der Base auf die Ergebnisse der potentiometrischen Messungen studiert.

Es zeigte sich, dass das Gleichgewicht nach ungefähr 3 Tagen erreicht war (Tabelle I). Bei zunehmender Verdünning nahm pH, zumal bei NaOH, zu. Bei Kalk und Baryt war der Unterschied zwischen 200 ccm. und 400 ccm. Flüssigkeit auf 5 g. org. Substanz gering (Tabelle II).

Die Titrationskurven von den Serien I (CaO, 72 Stunden), II (NaOH, 72 Stunden) und III (NaOH, 5 Stunden) zeigen einen ganz verschiedenen Verlauf (graphische Darstellungen und Tabellen, Seiten 172—180; NaOH auf CaO umgerechnet). Es besteht also ein grosser Unterschied zwischen den Mengen Basen, welche bei diesen drei Titrationen erforderlich sind, um den pH-Wert 7 zu erreichen [23]).

II. Auf Grund von den Ergebnissen von Düngungsversuchen wurde die Schlussfolgerung gezogen, dass die Ergebnisse der Kalktitration (Serie I, CaO, 72 Stunden) diejenigen Mengen CaO angeben, welche der Humus der untersuchten Böden unter natürlichen Verhältnissen festlegen muss, um im allgemeinen eine bestimmte pH und insbesondere die pH = 7 zu erreichen. Die zu diesem Zwecke aus den beiden Titrationskurven mit Natronlauge berechneten CaO-Mengen sind viel zu gering. Das heisst, dass, wenn 100 g. Humus von Boden B 1724 festlegt (siehe Tabelle IX, Seite 176 und graphische Darstellung, Seite 177):

1,05 g. CaO,	die	pH	nicht	7,	sondern	6,1	wird;
1,58 g. CaO,	,,	,,	,,	7,	,,	6,4	,, ;
2,89 g. CaO,	,,	,,		7 wird.			

Nachdrücklich wurde betont, dass diese letzte Zahl — 2,89 g. — die Menge Kalk ist, welche 100 g. Humus von B 1724 festlegen muss, damit dieser Boden einen pH-Wert = 7 erreicht. Diese Menge werden wir A nennen.

Mit wieviel CaO der Boden gedüngt werden müss, um dieses Ziel — neutrale Reaktion des Bodens — zu erreichen, ist eine ganz andere Frage. Diese Menge B ist natürlich grösser als A, weil ein Teil von B von den Pflanzen aufgenommen und ein Teil vom Regenwasser ausgespüllt wird, während ein Teil — wenigstens während einiger Zeit — in Form von $CaCO_3$ im Boden zurückbleibt. Christensen [14]) meint, dass B ungefähr 3 A ist.

Schliesslich gibt es eine dritte Grösse C, das ist die Menge CaO mit welcher der betreffende Boden in der Praxis für eine bestimmte Kultur zu düngen ist. C kann grösser und kleiner als A sein.

Um Misverständnissen vorzubeugen, ist der Unterschied zwischen diesen drei Grössen A, B und C deutlich ins Auge zu fassen.

III. In diesem Abschnitt wird u. a. die Grösse ,,Kalkzustand'' (holländisch ,,Kalktoestand'') von J. Hudig kritisch betrachtet. Diese Grösse ist der Schnittpunkt der Natronlauge-Titrationskurve mit der Linie pH = 7, wobei die Menge NaOH auf kg. $CaCO_3$ pro 1000 kg. Humus umgerechnet wird. Insbesondere wird hervorgehoben, dass diese ,,Kalkzustand''-Zahl nicht diejenige Menge Kalk angibt, welche von 1000 kg. Humus festgelegt werden muss, damit der Boden die neutrale Reaktion (pH = 7) erreicht.

I. Titration Curves of Humus Soils.

II. Amount of lime which the soil must fix to reach in general a certain (degree of) acidity (pH) and in particular the neutral reaction (pH = 7).

III. Some remarks on other investigations.

Summary.

I. 15 humussoils and sandy humussoils (humus content 50 %—5 %) were titrated potentiometrically with calciumhydroxide and sodiumhydroxide. The soils were exposed to the action of $Ca(OH)_2$ for 72 hours; and to that of NaOH for 5 and 72 hours. In this way three titrationcurves I [$Ca(OH)_2$, 72 hours], II (NaOH, 72 hours) and III (NaOH, 5 hours) were obtained. Our graphs show on the horizontal axis grams CaO added per 100 grams humus (NaOH calculated as CaO); on the vertical axis the pH. Although the pH-value 7 has no particular significance, the line pH = 7 is represented by a heavy line.

Conclusion. Curve I is found in all cases to lie to the right of curve II and curve II to the right of curve III [23]). So for instance, to reach the pH-value = 7, 100 gms of the humus in soil sample B 1724 must fix (or adsorb) gms CaO, resp, gms NaOH (see Table IX):

according to titration curve	III	1,50 gms NaOH (= 1,05 gms CaO);
	II	2,26 gms NaOH (= 1,58 gms CaO);
	I	2,89 gms CaO.

II. Liming-experiments were carried out on some of these soils in the field. Some time after liming the soils of the limed and unlimed plots we examined and amongst other things the amount of lime adsorbed by the humus and also the pH were determined.

Conclusion. As a result of these investigations it was found that titration curve I (lime, 72 hours) shows the course of the adsorption of the lime by the soil under natural conditions; this means (see graph B 1724) that when 100 gms humus of soil B 1724 takes up

1,05 gms CaO, the pH is not 7, but 6,1;
1,58 ,, ,, , ,, ,, ,, ,, 7, ,, 6,4;
2,89 ,, ,, , the pH is 7.

We would especially point out that this last figure — 2,89 gms — is the amount of CaO that 100 gms of the humus in this soil must adsorb to reach pH = 7. This we will call figure A.

Now it is quite a different question how much lime must be used in actual practice to reach this neutral reaction (pH = 7). This amount B (expressed in gms CaO per 100 gms humus) is of course greater than A, because a part of B is taken up by the crop, a part is

washed out by rainwater and a part — at least for some time — is left behind in the soil in the form of $CaCO_3$. CHRISTENSEN considers B to be about 3A.

There is finally a third figure C, that is the quantity of lime which this soil requires for a particular crop; this depends on various factors, such as the plant itself and the climate. C may be either greater or smaller than A.

To avoid confusion we must distinguish clearly between these 3 figures, A, B and C.

III. In this chapter, inter alia, J. HUDIG's term ,,lime condition'' (Dutch ,,Kalktoestand'') is discussed. This figure is the point of intersection of the NaOH-titrationcurve with the line pH = 7, the quantity of NaOH being calculated as K.G. $CaCO_3$ per 1000 K.G. humus. Special stress is laid on the fact that this ..lime condition'' figure does not represent the amount of lime wich 1000 K.G. humus must fix to give the soil the pH = 7.

I. Courbes titrimétriques des sols humiques.

II. Quantité de chaux que le sol doit fixer (adsorber) pour atteindre généralement une certaine acidité (pH) et particulièrement la réaction neutre (pH = 7).

III. Quelques remarques sur des investigations faites par des tiers.

Résumé.

I. Nous avons titré potentiométriquement avec NaOH et $Ca(OH)_2$ 15 sols humiques et sols humiques et sablonneux (teneur en humus 50 % à 5 %). Nous avons exposé ces sols à l'action de $Ca(OH)_2$ pendant 72 heures et à celle de NaOH pendant 5 et 72 heures. De cette manière nous avons obtenu trois courbes titrimétriques: I $Ca(OH)_2$ . . 72 heures; II NaOH . . 72 heures; III NaOH . . 5 heures. Les grammes de CaO donnés par 100 grammes d'humus (NaOH calculé comme CaO) sont figurés sur l'axe horizontal de nos graphiques et le pH sur l'axe vertical. Quoique la valeur PH = 7 ne soit pas d'une signification particulière, la ligne pH = 7 est représentée par une ligne forte.

Conclusion. Nous avons déterminé que dans tous les cas la courbe I est à droite de la courbe II et la courbe II à droite de la courbe III. Par exemple, pour atteindre la valeur pH = 7, 100 gr. d'humus dans l'échantillon du sol B 1724 doit fixer (ou adsorber) gr. CaO, resp. gr. NaOH (voir table IX):

conforme à la courbe titrimétrique	I	2,89 gr. CaO;
	II	2,26 gr. NaOH (= 1,58 gr. CaO);
	III	1,50 gr. NaOH (= 1,05 gr. CaO).

II. Des expérimentations avec un apport de chaux sont faites sur quelques-uns de ces sols dans le champ. Les sols des parcelles avec et sans chaux sont examinés quelque temps après avoir reçu de la chaux. Pour ces sols on détermine entre autres le montant de la chaux adsorbée par l'humus et aussi le pH.

Conclusion Comme résultat de ces déterminations nous avons trouvé que la courbe titrimétrique I [$Ca(OH)_2$, 72 heures] indique le cours de l'adsorption de la chaux par le sol sous les conditions naturelles; c'est à dire (voir graphique B 1724) que, si 100 gr. d'humus du sol B 1724 fixe

1,05 gr. CaO, le pH n'est pas 7, mais 6,1;

1,58 gr. CaO, le pH n'est pas 7, mais 6,4;

2,89 gr. CaO, le pH est 7.

Nous voudrions indiquer tout spécialement que ce dernier chiffre — 2,89 gr. — est la quantité de CaO, que 100 gr. d'humus du sol doivent adsorber pour atteindre pH = 7. Nous désignerons cette quantité par le chiffre A.

C'est maintenant une toute autre chose de savoir combien de chaux il faut donner dans la pratique agricole pour atteindre cette réaction neutre (pH = 7). Cette quantité B (exprimée en gr. CaO par 100 gr. d'humus) est naturellement plus grande que A, parce qu'une partie de B est assimilée par la récolte, une partie est entrainée par l'eau pluviale et une partie reste dans le sol — au moins pendant quelque temps — sous la forme de $CaCO_3$. CHRISTENSEN considère que B est environ égal à 3 A.

Il y a finalement un troisième chiffre C, c'est la quantité de chaux, dont le sol a besoin pour une récolte spéciale, qui dépend de différents facteurs, comme la plante elle-même et le climat. C peut être ou plus grand ou plus petit que A.

Pour éviter toute confusion nous devons distinguer clairement ces trois chiffres A, B, C et finalement nous désirons faire ressortir le fait, que le seule quantitié définie, qui peut être déterminée dans le laboratoire, est la première valeur A.

III. Dans ce chapitre est discuté plus particulièrement le chiffre ,,la condition du sol en rapport avec la chaux'' (hollandais ,,kalktoestand'') de M. J. HUDIG. Ce chiffre est le point d'intersection de la courbe titrimétrique de NaOH avec la ligne pH = 7, tandis que la quantité de NaOH est calculée comme K.G. $CaCO_3$ par 1000 K.G. d'humus. C'est tout spécialement indiqué que ,,kalktoestand'' ne représente pas la quantité de chaux que 1000 K.G: d'humus doivent fixer (adsorber) pour que le sol atteigne le pH = 7.

NOTEN.

[1]) Verhandlungen der zweiten Kommission der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft, Groningen (Holland) 1926, Teil A, blz. 30

[2]) The nature of the acidity of the colloidal clay of acid soils, door RICHARD BRADFIELD, Journ. Amer. Chem. Soc. *45*, 2669/2678 (1923). Op blz. 2672 deelt BRADFIELD mee, dat ,,equilibrium was attained almost instantly'' en op blz. 2677 ,,that the reaction of the colloidal material is very rapid.''

[3]) Studies on soil reaction by EDWARD M. CROWTHER (III), The Journal of Agricultural Science *15*, 201—221 (1925). Op blz. 207 zegt CROWTHER: ,,Approximately constant values are given after a few hours when the final solutions are still on the acid side, but increasingly longer periods are required for the more alkaline suspensions.''

[4]) Der Sättigungszustand des Bodens, Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung, A. Wissensch. Teil, 4. Jahrgang, Heft 3, Seite 137—158; zie blz. 141 en blz. 154, Anmerkung 4.

[5]) Voor verdere bijzonderheden zie *Groninger Landbouwblad* van 23 Februari en 1 Maart, 1924.

[6]) Betreffende den invloed van de verdunning op de pH-waarde, zie Verhandlungen der zweiten Kommission der Int. Bodenk. Gesellschaft, Groningen (Holland) 1926, Teil A, blz. 32.

[7]) De methode van de mechanische grondanalyse is beschreven in de ,,Mitteilungen der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft, Neue Folge, Band I, Seite 149—169 (1925).

[8]) Intern. Mitteilungen für Bodenkunde *12*, 104—105 (1922).

[9]) Een eerste correctie betreffende het gehalte aan uitwisselbare Mg, K en Na zou misschien reeds op de volgende wijze aan te brengen zijn. Bij het onderzoek van eenige humushoudende zandgronden (bovengronden) is gemiddeld 80 Ca tegen 20 (Mg + K + Na) gevonden. Nemen we aan, dat deze verhouding ook in de onderzochte gronden voorkomt en rekenen we Mg + K + Na op CaO om, dan wordt de nieuwe K(humus)-waarde voor B 1868/70 = 4,22 : 0,8 = 5,27 en voor B 1396 0,13 : 0,8 = 0,16. Bij pH = 7 wordt K dan resp. 5,27 + 0,14 = 5,41 en 0,16 + 5,68 = 5,84. Deze twee K-waarden 5,41 en 5,84 wijken veel minder van elkander af dan de overeenkomstige K-waarden uit tabel IX 4,36 en 5,81. Doch ook bij het aanbrengen van deze correctie blijven er vrij groote verschillen bestaan (minimum 4,95 en maximum 5,84, in de bovengronden). Mogelijk, dat een bepaling van de uitwisselbare Mg, K en Na tot een nog betere overeenstemming in de K-waarden bij pH = 7 zou leiden.

[10]) Men moet bedenken, dat de opname van basen door den grond uit een oplossing een adsorptieproces is. Niet alle base wordt uit de oplossing door den grond gebonden, maar een groot gedeelte blijft in de oplossing achter, en wel des te meer, naar mate de oplossing geconcentreerder is. Bij de titraties bindt de humus van den grond

dus iets minder kalk of loog dan toegevoegd is; de kalk en de loog, die in de oplossing achterblijven, verhoogen de pH-waarde der suspensie. Veronderstel, dat de hoeveelheid kalk, die men bij de titratie van een grond moet toevoegen, om een pH-waarde = 7 te bereiken, gelijk a is en dat hiervan een hoeveelheid b CaO door de humus wordt vastgelegd, dan blijft een hoeveelheid (a—b) CaO in de oplossing achter. Wanneer nu de humus van dezen grond in de natuur een hoeveelheid CaO = a gebonden heeft, en deze grond wordt met water geschud, dan gaat iets CaO in oplossing, maar aangezien de kalkhumaten in den grond ingedroogd zijn (geltoestand) en weinig oplosbaar, zal waarschijnlijk iets minder CaO dan (a—b) in oplossing gaan. De pH-waarde wordt dus iets lager dan 7 gevonden. Is deze gedachtengang juist, dan zou de humus iets meer CaO dan a binden moeten, om een pH-waarde = 7 te bereiken.

[11]) Op één fout, die bij de omrekening van het gevonden titratiegetal op een H.A. grond tot zekere diepte, gemaakt wordt, willen we hier nog de aandacht vestigen. Voor deze omrekening is het noodig het volumegewicht van den onderzochten grond te kennen. Dit wordt meestal bepaald door een vat van bekende inhoud met luchtdrogen grond, die soms eerst nog door een 1 mm. zeef gezeefd is, te vullen, terwijl men natuurlijk het volumegewicht van den grond in zijn natuurlijke ligging moet hebben. Dat deze beide volumegewichten vrij sterk uiteen kunnen loopen, bleek ons bij een humushoudenden zandgrond, waarvoor als volumegewicht in natuurlijken toestand 1,02 gevonden werd, terwijl vullen van een vat met luchtdrogen grond een volumegewicht van 1,13 opleverde.

[12]) Te bedenken is, dat de CaO-curve aanvankelijk steil, maar dan vlakker verloopt. Dit beteekent, dat de hoeveelheid kalk noodig voor het bereiken van een zekere verandering in de pH, des te grooter wordt, naarmate men meer in de buurt van de pH-waarde = 7 komt ($\frac{d\ CaO}{d\ pH}$ neemt toe). Vooral om de pH van 6,5 op 7 te brengen, is veel CaO noodig. Onderstaande tabel bevat de hoeveelheden CaO (gr. op 100 gr. humus), die noodig zijn voor een bepaalde pH-verandering.

pH verandering van	B. 1718	B. 1724	B. 1690	B. 1691	B. 2057	B. 2059	B. 2061	B. 2063	B. 1856/58	B. 1857/59	B. 1610
4.5—5.0	—	—	—	—	0.42	—	—	—	—	—	—
5.0—5.5	—	—	—	0.55	0.62	—	—	0.47	—	—	0.24
5.5—6.0	—	0.59	—	0.74	0.68	0.54	0.52	0.68	—	—	0.51
6.0—6.5	0.48	0.86	0.51	0.86	1.00	0.96	0.75	1.04	—	0.60	0.89
6.5—7.0	0.96	1.11	0.98	1.08	1.17	1.32	1.45	1.25	0.79	0.86	0.99

[13]) Verhandlungen der zweiten Kommission der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft, Groningen (Holland) 1926, Teil A, blz. 188 en 194.

[14]) HARALD R. CHRISTENSEN en S. TOVBORG JENSEN, Verhandlungen der zweiten Kommission der Intern. Bodenk. Gesellschaft, Groningen (Holland) 1926, Teil A, blz. 104.

[15]) Ibidem, blz. 113.

[16]) N. L. SÖHNGEN, A. KNETEMANN en K. T. WIERINGA, deze Verslagen *21*, 121 (1917).

[17]) J. HUDIG, Landw. Jahrbücher *59*, 687 (1924); zie ook: Deutsche Landwirtschaftliche Presse, Jahrgang 1924, N°. 20.

[18]) J. HUDIG en C. W. G. HETTERSCHIJ, Landw. Jahrbücher *61*, 209 (1926).

[19]) Zie o. m. het Bericht van het Rijkslandbouwproefstation te Groningen (2e Afdeeling, Zand- en Veengronden), N°. 20, 1925. Verder ook het artikel van J. A. BREKELMANS in ,,De Veldbode'' van 5 December 1925, blz. 1211.

[20]) Wat bedoelt de heer OTTEN met de uitdrukking ,,ter volkomen neutraliseering''; de beteekenis hiervan is ons niet duidelijk. Verder veroorloven wij ons hier de opmerking, dat het woord ,,voldoende'' in het door ons aangehaalde gedeelte aanleiding tot misverstand kan geven.

[21]) Dat men werkelijk in die meening verkeert, blijkt o. a. uit het artikel van den heer VAN SUCHTELEN VAN DE HAERE in ,,De Veldbode'' N°. 1149 van 3 Januari 1925. Zelfs in geval het bekalkte terrein volkomen homogeen is en de gegeven kalkbemesting geheel gelijkmatig over den grond is verspreid en daarnà door den humus van den grond is vastgelegd, zullen de dan genomen monsters nog niet de verwachte kalktoestanden kunnen geven.

[22]) Zie o. m. de artikelen van den heer Ir. O. J. CLEVERINGA in ,,De Veldbode'' N°. 1139, 1140, 1141, 1142 en 1143 (1924), voornamelijk Tabel 10.

[23]) J. H. ABERSON heeft in zijn verhandeling: ,,De reactie van den grond en de behoefte aan kalk'', Landbouwkundig Tijdschrift 36ste Jaargang (November 1924), blz. 406, reeds opgemerkt, dat het aantal cc. base noodig voor het bereiken van een neutrale reactie (pH = 7) bij gebruik van $Ca(OH)_2$ ongeveer 2 à 4 maal grooter is dan bij gebruik van NaOH.