BODEMKUNDIG INSTITUUT, GRONINGEN.

Wat vindt er bij eene bekalking van den grond met de kalk plaats?

DOOR

DR. D. J. HISSINK.

(Ingezonden 28 Mei 1926).

In de Verhandelingen van de Tweede Commissie van de Internationale Bodemkundige Vereeniging, Groningen 1926, Deel A, is eene verhandeling opgenomen, getiteld: „What happens to the lime when soil is limed?" by Dr. D. J. HISSINK, Groningen. Aangezien de Groninger Verhandelingen niet in den handel verkrijgbaar zijn en alleen aan de leden van de Internationale Bodemkundige Vereeniging worden toegezonden, heb ik gemeend tot publicatie in de Nederlandsche taal te moeten overgaan. Ik heb daarmede tevens de gelegenheid, enkele kleine onjuistheden in de pH-cijfers te verbeteren [1]). Bovendien is de maximale K(humus)-waarde op 5,0 aangenomen, terwijl bij de berekening van de potentieele adsorptie in de laagveengronden ook het kleigehalte in rekening is gebracht.

§ 1. INLEIDING.

Het doel van deze Verhandeling is na te gaan, wat er bij de bekalking van een grond met de kalk plaats vindt.

De toegediende kalk kan:

a. door de planten worden opgenomen;

b. door het regenwater worden uitgewasschen;

c. door de kleihumussubstantie van den grond worden vastgelegd of geadsorbeerd [2]);

d. in den grond als koolzure kalk, althans voorloopig, achterblijven.

Voor een nauwkeurig antwoord op de gestelde vraag, zou het noodig wezen, niet alleen den grond, doch ook de oogstproducten en het drainwater te analyseeren. Deze laatste cijfers staan niet te mijner beschikking. Ik heb slechts den grond van het bekalkte en het onbekalkte perceel van een zevental proefvelden onderzocht en de resultaten met elkander vergeleken.

Op 6 van deze proefvelden zijn de grondmonsters vrij korten tijd nà de bekalking genomen. In deze korte periode van ten hoogste twee jaar worden slechts betrekkelijk kleine hoeveelheden kalk door het regenwater uit den grond uitgespoeld en door de planten opgenomen. De verschillen, die er in dit opzicht tusschen de bekalkte en onbekalkte perceelen bestaan, kunnen dus niet groot zijn. Het proefveld n°. III werd meerdere jaren vóór de bemonstering bekalkt. De grond van dit proefveld (grasland) is zware, ondoorlatende kleigrond, terwijl er weinig verschillen in de opbrengsten aan hooi zijn waargenomen [3]). Ook voor dit proefveld kunnen de verschillen *a* en *b* tusschen bekalkt en onbekalkt derhalve niet groot geweest zijn. Voor de beantwoording van de gestelde vraag meen ik mij dus tot de verschillen sub *c* en *d*, dat wil zeggen tot de verschillen in kleihumuskalk en koolzure kalk tusschen den grond van de bekalkte en onbekalkte perceelen te mogen beperken. Maar zelfs deze verschillen kunnen niet nauwkeurig worden vastgesteld, omdat het bekalkte perceel niet vóór de bekalking bemonsterd is. De grond van de proefvelden was echter zeer homogeen, zoodat ik mag aannemen, dat het bekalkte perceel vóór de bekalking de samenstelling van het onbekalkte perceel bezat. Verder is gebleken, dat het verschil in de gehalten aan kalk, per H.A op de bemonsterde laag omgerekend, in de meeste gevallen vrij nauwkeurig met de gegeven kalkbemesting overeenstemt (zie mede de berekening op blz. 207).

Ik meen dus de resultaten van mijne onderzoekingen wel te kunnen publiceeren, al geef ik bij voorbaat toe, dat deze onderzoekingen op nauwkeuriger wijze herhaald dienen te worden, wat reeds geschiedt. Dat ik reeds thans tot publicatie overga, vindt zijn grond mede hierin, dat de verkregen resultaten duidelijk den grooten invloed aantoonen, dien de verzadigingstoestand van de kleihumussubstantie op het lot van de kalkbemesting uitoefent; dat wil zeggen, dat de vraag, welk deel van de kalk door de kleihumussubstantie wordt geadsorbeerd en welk deel, althans voorloopig, als koolzure kalk in den grond achterblijft, in hooge mate door den verzadigingstoestand van de kleihumussubstantie beheerscht wordt.

§ 2. Korte beschrijving van de zeven proefvelden.

I. *Proefveld*-STAAL. Zware kleigrond met weinig humus en practisch geen koolzure kalk in den bovengrond; de ondergrond (25—50 cm.) bevat 0,7 % $CaCO_3$. Op een diepte van ongeveer 70 cm. begint de grond sterk met zoutzuur op te bruisen. Bouwland. Het bekalkte perceel ontving in Juli 1924 goed droge schuimaarde tot een bedrag van 50 000 K.G. per H.A., bevattende ongeveer 12 000 K.G. CaO. Na de bekalking werd het land vier keer 20 cm. diep geploegd. De grondmonsters werden in April 1925, dus 9 maanden nà de bekalking, genomen. De schuimaarde was toen zoo goed als geheel verdwenen.

II. *Proefveld*-DIJKEMA. Zware kleigrond met weinig humus en iets koolzure kalk in den bovengrond. De ondergrond (25—50 cm.) bevat reeds 2.5 % $CaCO_3$. Bouwland. Het bekalkte perceel ontving in Februari 1923 gebluschte kalk tegen 10 000 K.G. per H.A., bevattend 7900 K.G. CaO. Deze gebluschte kalk is in natten en klonterigen toestand over het land gekomen. Aangezien het gevroren had, bleef de kalk een week of drie op het land liggen, vóórdat ze oppervlakkig kon worden ingeëgd. In April 1923 waren de gekalkte perceelen nog wit van de kalk, die bij onderzoek grootendeels uit koolzure kalk bleek te bestaan. In September 1924, dus 19 maanden nà de bekalking, werden de grondmonsters genomen. In den bekalkten grond werden toen nog talrijke brokken en brokjes koolzure kalk aangetroffen.

III. *Proefveld*-VAN DER GRIFT. Zeer zware kleigrond, met betrekkelijk veel humus; zoowel de bovengrond als de ondergrond bevatten geen koolzure kalk. Het is een zeer taaie grond, bijna ondoorlatend voor water. Het bekalkte perceel ontving driemaal gebluschte kalk en wel in de jaren 1915, 1920 en 1923, telkens tegen 10 000 K.G. gebluschte kalk per H.A. Aangezien het perceel in grasland ligt, werd de kalk niet met den grond vermengd. De grondmonsters werden in Maart 1925 genomen. Boven op den grond en in de bovenste 10 cm. werden nog de overblijfselen van de kalk in den vorm van koolzure kalk gevonden.

IV. *Proefveld*-ATZEMA. Zware klei met betrekkelijk veel humus (roodoorn). Zoowel boven- als ondergrond bevatten geen koolzure kalk. Op een diepte van ongeveer 30 cm. komt veen voor. Bouwland. Het bekalkte perceel ontving in den herfst van 1922 schuimaarde tegen 20 000 K.G. per H.A. De grondmonsters werden ongeveer twee jaar later, in den herfst van 1924, genomen. Er werden toen geen resten van de schuimaarde meer aangetroffen.

V. *Proefveld*-WIT. Zeer humusrijke laagveengrond, zonder koolzure kalk [4]). Tuingrond. Het bekalkte perceel ontving de kalk in Maart 1924 als goed droge schuimaarde tegen 2300 K.G. CaO per H.A. Onmiddellijk nà de bekalking is de kalk goed met den grond vermengd. Het terrein werd in Januari 1925, dus 10 maanden nà de bekalking, bemonsterd. Er werden toen geen resten van de schuimaarde meer aangetroffen.

VI. *Proefveld*-WIT. Een ander gedeelte van het proefveld V. De bekalking vond plaats als sub V; de grondmonsters werden eveneens in Januari 1925 genomen.

VII. *Proefveld*-WEYER. Zeer humusrijke laagveengrond, zonder koolzure kalk [4]). Bouwland. Het bekalkte perceel ontving in October 1923 goed droge schuimaarde tegen 6000 K.G. CaO per H.A. Onmiddellijk nà de bekalking is de kalk goed met den bovengrond vermengd.

De grondmonsters werden in September 1924, dus na 11 maanden, genomen. Resten van de schuimaarde werden toen niet meer aangetroffen.

Het proefveld I is een proefveld van Dr. K. ZIJLSTRA; II is een proefveld van de Vereeniging tot Exploitatie van Proefboerderijen in de provincie Groningen; III is een proefveld van Ir. VAN DAALEN; IV is door den eigenaar zelf bekalkt en bemonsterd [5]); V, VI en VII zijn proefvelden van mijn Instituut en met medewerking van Dr. J. VAN DER SPEK aangelegd, bekalkt en bemonsterd [6]).

Op de vijf proefvelden I en IV—VII is de kalk in den vorm van koolzure kalk (schuimaarde) gegeven; op de proefvelden II en III in den vorm van gebluschte kalk, die evenwel slecht of niet met den grond vermengd is geworden en al zeer spoedig in koolzure kalk bleek te zijn overgegaan.

Men kan dus wel zeggen, dat de kalk op alle 7 proefvelden in den vorm van koolzure kalk gegeven is.

§ 3. Samenstelling van de gronden (Tabel A).

TABEL A.

Proefveld N°.	Grondmonster. N°. B.	O = onbekalkt; B = bekalkt.	Gehalten in procenten op drogen grond (105° C.) aan					pH van de waterige grond suspensie.
			Humus.	Klei.	Zand.	$CaCO_3$.	Uitwisselbare kalk (CaO).	
I	1946	O.	1.8	56.8	40.8	0.57	0.608	7.7
	1944	B.	2.2	54.3	42.2	1.29	0.665	8.0
II	1751/52	O.	2.9	66.2	29.6	1.25	0.747	8.2
	1750/53	B.	2.8	66.1	29.5	1.66	0.751	8.2
III	1939	O.	8.8	73.2	17.8	0.19	0.849	6.4
	1937	B.	8.5	70.0	20.0	1.49	1.139	7.4
IV	1697	O.	12.6	63.7	23.7	0	0.366	5.0
	1698	B.	9.7	59.2	31.1	0	0.791	6.9
V	1857/59	O.	48.1	21.3	30.6	0.51	1.390	5.3
	1856/58	B.	44.9	17.7	37.4	0.53	1.605	6.1
VI	1869/71	O.	42.6	23.1	34.3	0.50	1.715	6.2
	1868/70	B.	43.0	20.2	36.8	0.68	1.815	6.8
VII	1724	O.	50.0	29.9	20.1	0.60	1.104	4.8
	1718	B.	50.0	31.3	18.7	0.76	1.734	5.6

De resultaten van het onderzoek van den bovengrond (0—18 à 25 cm.) van de bekalkte en de onbekalkte perceelen zijn in tabel A opgenomen. De gehalten aan humus, klei, zand, koolzure kalk en uit-

wisselbare kalk zijn opgegeven in procenten op drogen grond [7]). Verder bevat Tabel A de pH-cijfers van de waterige grondsuspensie [8]). Met uitzondering van proefveld IV is er weinig of geen verschil in de gehalten aan klei en humus tusschen het bekalkte en het onbekalkte perceel.

§ 4. Verschil in kalkgehalte tusschen den grond van de bekalkte en de onbekalkte perceelen (Tabel B).

TABEL B.

Proefveld N°.	Verschillen in grammen CaO tusschen bekalkt (B) en onbekalkt (O) per 100 gram drogen grond (105° C) in den vorm van			Dat is in procenten	
	$CaCO_3$.	uitwisselbare CaO.	som.	$CaCO_3$.	uitwisselbare CaO.
I	0.403	0.057	0.460	88	12
II	0.230	0.004	0.234	98	2
III	0.728	0.290	1.018	72	28
IV	0.0	0.425	0.425	0	100
V	0.011	0.215	0.226	5	95
VI	0.101	0.100	0.201	50	50
VII	0.090	0.630	0.720	12	88

Zooals uit tabel A blijkt, is het verschil in het gehalte aan koolzure kalk tusschen het bekalkte en het onbekalkte perceel van proefveld I 1,29 — 0,57 = 0,72 % $CaCO_3$, dat is 0,403 % CaO. Het verschil in het gehalte aan uitwisselbare of kleihumuskalk bedraagt 0,665 — 0,608 = 0,057 % CaO. Er heeft dus eene vermeerdering aan CaO van 0,403 + 0,057 = 0,460 gram CaO per 100 gram drogen grond plaatsgevonden. In procenten uitgedrukt, blijft dus 100 × 0,403 : 0,460 = 88 % van de meerdere kalk in den vorm van koolzure kalk in den grond achter, terwijl 100 × 0,057 : 0,460 = 12 % door den grond als kleihumuskalk wordt vastgelegd. Deze procentcijfers zijn mede in tabel B opgenomen.

In de procentencijfers treden zeer groote verschillen tusschen de verschillende proefvelden op. De grond van de proefvelden IV, V en VII legt nagenoeg alle kalk in den vorm van kleihumuskalk vast (100 %, 95 % en 88 %), terwijl weinig of niets in den vorm van koolzure kalk achterblijft (0 %, 5 % en 12 %). In den grond van de proefvelden I en II daarentegen blijft nagenoeg alle kalk in den vorm van koolzure kalk in den grond achter (88 % en 98 %), terwijl slechts een klein gedeelte van de gegeven kalkbemesting door de kleihumus-

substantie wordt geadsorbeerd (12 % en 2 %). De proefvelden III en VI staan tusschen deze uitersten in (28 %, resp. 50 % wordt vastgelegd en 72 %, resp. 50 % blijft als $CaCO_3$ in den grond achter).

Waaraan zijn deze verschillen in het lot van de kalkbemesting toe te schrijven? Om deze vraag te beantwoorden, dienen we de volgende factoren, die van invloed zijn op wat er met de kalk in den grond plaats vindt, afzonderlijk te bespreken:

1. de hoeveelheid kalk, die de grond onder natuurlijke omstandigheden als kleihumuskalk kan opnemen (adsorbeeren);
2. de hoeveelheid kalk, die per H.A. gegeven is;
3. de vorm en de fijnheid van de kalk, alsmede de wijze van vermenging van de kalk met den grond en de tijd van inwerking.

§ 5. De K (klei) — en K (humus) — waarden en de verzadigingstoestand (V) van den grond (Tabel C).

De bestanddeelen in den grond, die de kalk kunnen vastleggen (adsorbeeren) zijn de klei en de humus; zand legt geen kalk vast. Het spreekt dus vanzelf, dat het antwoord op de eerste vraag, hoeveel kalk de grond kan adsorbeeren, in de eerste plaats van de gehalten aan klei en humus afhangt. Maar het is duidelijk, dat ook de rijkdom van de kleihumussubstantie van den onbekalkten grond aan basen van invloed is op de hoeveelheid kalk, die de grond nog kan vastleggen. Naarmate de kleihumussubstantie minder basen bevat, m.a.w. naargelang zij minder verzadigd is, zal zij — onder overigens gelijke omstandigheden — meer kalk kunnen opnemen (adsorbeeren). Voor de beantwoording van de hierboven sub 1 gestelde vraag is het dus niet alleen noodig de gehalten aan klei en humus te kennen (zie Tabel A), maar ook te weten in welke mate de kleihumussubstantie met basen verzadigd is.

Tengevolge van gebrek aan tijd is alleen het gehalte aan kalk in de kleihumussubstantie bepaald. In de normale gronden speelt evenwel de kalk onder de uitwisselbare of adsorptief gebonden basen de hoofdrol; op 100 adsorptief gebonden basen komen gemiddeld ongeveer 79 Ca, 13 Mg, 2 K en 6 Na voor [9]). Uit het gehalte aan kleihumuskalk kunnen dus reeds met groote waarschijnlijkheid vrij verstrekkende gevolgtrekkingen gemaakt worden.

De uitwisselbare kalk komt gedeeltelijk in de klei, gedeeltelijk in de humussubstantie voor. Tot nu toe bezitten wij geen methode, om deze twee vormen van adsorptief gebonden kalk afzonderlijk te bepalen. Er bestaat evenwel eenig verband tusschen de pH van humusgronden en het gehalte van den humus aan kalk. Ik heb dit gehalte uitgedrukt in grammen uitwisselbare CaO per 100 gram humus en deze grootheid de K(humus) genoemd. Voor een vrij groot aantal humusgronden, die geen of slechts weinig klei bevatten, heb ik daarna dit verband graphisch geteekend door op de horizontale as de K(humus) en op de verticale as de pH af te zetten. Er treden dan inderdaad soms vrij groote verschillen in de pH-waarden bij gronden met dezelfde

K(humus)-waarde op en omgekeerd, maar men kan toch een gemiddelde K(humus)—pH-curve teekenen, zoodat men tenminste bij benadering de K(humus) kan berekenen, als de pH bekend is. Zoo is bijv. de K(humus) ongeveer 5 bij een pH = 7; ongeveer 4 bij een pH = 6. Zooals reeds gezegd, zijn deze cijfers slechts bij benadering juist, maar wij kunnen ze — zonder al te groote fouten te maken — gebruiken, om de K (klei) van humusarme kleigronden te berekenen. Deze berekening vindt op de volgende wijze plaats (zie B 1946 van Tabel C).

Aangezien de pH van B 1946 gelijk 7,7 is, wordt de K(humus) op 5,0 aangenomen. Het humusgehalte is 1,8 % (zie Tabel A), zoodat per 100 gram grond 0,018 × 5,0 = 0,090 gram CaO in den humus gebonden is. Voor de klei blijft er dan 0,608 — 0,090 = 0,518 gram CaO over. Het gehalte aan klei is 56,8 % (Tabel A); dus 100 gram klei houden gebonden 100 × 0,518 : 56,8 = 0,91 gram CaO. Dit cijfer is als K (klei) in tabel C opgenomen.

TABEL C.

Proefveld n°.	Grondmonster n°. B.	pH (Tabel A).	gr. humuskalk per 100 gr. humus = K (humus).	per 100 gr. drogen grond (105° C) gr. Humus (Tabel A).	CaO in den humus.	CaO in klei + humus (Tabel A).	CaO in klei (verschil).	Klei. (Tabel A).	gr. kleikalk (CaO) per 100 gr. klei = K (klei).	Verzadigingstoestand = V.
Kleigronden:	De K(humus) is uit den zuurgraad (pH) geschat; met behulp van deze K(humus) en het humusgehalte is het aantal gr. CaO in den humus berekend.									
I	1946	7.7	5.0	1.8	0.090	0.608	0.518	56.8	0.91	52
	1944	8.0	5.0	2.2	0.110	0.665	0.555	54.3	1.02	53
II	1751/52	8.2	5.0	2.9	0.145	0.747	0.602	66.2	0.91	49
	1750/53	8.2	5.0	2.8	0.140	0.751	0.611	66.1	0.92	50
III	1939	6.4	4.0	8.8	0.352	0.849	0.497	73.2	0.68	40
	1937	7.4	5.0	8.5	0.425	1.139	0.714	70.0	1.02	50
IV	1697	5.0	2.3	12.6	0.290	0.366	0.076	63.7	0.12	17
	1698	6.9	4.8	9.7	0.466	0.791	0.325	59.2	0.55	38
Humus gronden:	Voor de berekening van K(humus) is aangenomen, dat alle kleihumuskalk in den humus is vastgelegd.									
V	1857/59	5.3	2.89	48.1	—	1.390	—	—	—	23
	1856/58	6.1	3.57	44.9	—	1.605	—	—	—	29
VI	1869/71	6.2	4.03	42.6	—	1.715	—	—	—	34
	1868/70	6.8	4.22	43.0	—	1.815	—	—	—	36
VII	1724	4.8	2.21	50.0	—	1.104	—	—	—	17
	1718	5.6	3.47	50.0	—	1.734	—	—	—	26

Voor de kleigronden van de proefvelden I, II, III en IV is op deze wijze de K(humus) aangenomen en daaruit de K (klei) berekend.

Voor de humusrijke laagveengronden van de proefvelden V, VI en VII kan deze wijze van berekening niet gevolgd worden. Bij deze gronden speelt de kalk in den humus evenwel een zóó voorname rol, dat het mij het beste voorkwam de kleikalk hier te verwaarloozen en eenvoudig aan te nemen, dat alle uitwisselbare kalk in den humus gebonden is. Zoo bevat bijv. B 1857/59 met 48,1% humus 1,390 % CaO, zoodat de K(humus) wordt 100 × 1,390 : 48,1 = 2,89. Voor B 1856/58 wordt de K(humus) = 100 × 1,605 : 44,9 = 3,57, enz.

Dat men geen groote fout maakt, door bij deze berekening de klei te verwaarloozen, moge uit het volgende voorbeeld blijken. B 1856/58 bevat 17,7 % klei (Tabel A). Deze grond reageert zwak zuur (pH = 6,1). In twee zwak zuur reageerende humushoudende kleigronden (B 1939 en B 1698) is de K(klei) gevonden = 0,68 en 0,55. Neem ik nu de K(klei) in B 1856/58 op hoogstens 0,7 aan, dan krijg ik voor de K(humus): [1,605 — (0,177 × 0,7)] : 44,9 = 3,3, een waarde, die slechts weinig van de in Tabel C opgenomen K(humus) = 3,57 verschilt.

In Tabel C is ook de verzadigingstoestand V van de verschillende gronden opgenomen. Den verzadigingstoestand heb ik gedefinieerd als de verhouding van de hoeveelheid adsorptief gebonden basen, die de grond bevat, tot de hoeveelheid, die de grond bij volkomen verzadiging bevatten kan. Een verzadigingstoestand van 52 van B 1946 wil dus zeggen, dat deze grond 52 % van de hoeveelheid basen bevat, die hij bij volkomen verzadiging bevatten kan [10]).

Ik heb er reeds vroeger op gewezen [11]), dat er tusschen de K- en de V-waarden verband bestaat. Dit verband blijkt ook uit tabel C. Bij de veengronden (proefveld V, VI en VII) zijn de V-waarden in opklimmende volgorde: 17 — 23 — 26 — 29 — 34 — 36; en de bijbehoorende K(humus)-waarden: 2,21 — 2,89 — 3,47 — 3,57 — 4,03 — 4,22. Voor de kleigronden (proefveld I—IV) zijn de V-waarden in opklimmende volgorde: 17 — 38 — 40 — 49 — 50 — 50 — 52 — 53; en de bijbehoorende K (klei)-waarden: 0,12 — 0,55 — 0,68 — 0,91 — 0,92 — 1,02 — 0,91 — 1,02.

Ik voeg hier nog aan toe, dat de verzadigingstoestand van goed verzadigde kleigronden met weinig humus op hoogstens ongeveer 55 gevonden is [12]), terwijl de verzadigingstoestand van goed verzadigde humusgronden met weinig klei ongeveer 40 bedraagt.

Wanneer we nu de cijfers van de twee laatste kolommen van Tabel B met de K- en V-waarden van de onbekalkte gronden vergelijken, dan valt hier een duidelijk verband in het oog. De gronden, die nagenoeg alle kalk als kleihumuskalk adsorbeeren (IV voor 100%; V voor 95 % en VII voor 88 %) zijn juist de gronden met lage K- en V-waarden (B 1697 met K(klei) = 0,12 en V = 17; B 1857/59 met K(humus) = 2,89 en V = 23; B 1724 met K(humus) = 2,21 en

V = 17). De beide kleigronden I en II met hooge K- en V-waarden nemen slechts geringe hoeveelheden kalk als kleihumuskalk op (12 % en 2%), terwijl de onbekalkte gronden van de proefvelden III en VI in beiderlei opzicht tusschen deze twee uitersten inliggen. Ik kom hierop nader terug.

§ 6. Hoeveel kleihumuskalk bevatte de bekalkte grond vóór de bekalking; hoeveel kalk heeft deze grond tengevolge van de bekalking opgenomen, zoowel in den vorm van kleihumuskalk (actueele adsorptie) als van $CaCO_3$? (Tabel D).

Volgens tabel A bevat het bekalkte perceel (B 1944) van proefveld I 0,665% kleihumuskalk; het onbekalkte perceel (B 1946) 0,608 % kleihumuskalk. Het verschil 0,665 — 0,608 = 0,057 % is in tabel B opgenomen. Aangezien de gronden B 1946 en B 1944 niet precies evenveel klei en humus bevatten (zie Tabel A) geeft dit cijfer van 0,057 gram niet nauwkeurig de hoeveelheid kalk weer, die de bekalkte grond B 1944 door de bekalking heeft geadsorbeerd.

We kunnen iets nauwkeuriger cijfers verkrijgen, door aan te nemen, dat de bekalkte grond B 1944 vóór de bekalking dezelfde K-waarden bezat als de onbekalkte thans bezit. Voor proefveld I wordt de berekening dan als volgt.

De K-waarden van den onbekalkten grond B 1946 (zie tabel C) zijn 5,0 en 0,91. Indien B 1944 vóór de bekalking deze K-waarden gehad heeft, is in 100 gram drogen grond aanwezig geweest:

in de 2,2 gram humus 2,2, × 5,0 : 100 = 0,110 gram CaO,
en in de 54,3 gram klei 54,3 × 0,91 : 100 = 0,494 gram CaO,
samen 0,110 + 0,494 = 0,604 gram kleihumuskalk. Aangezien de bekalkte grond B 1944 thans 0,665 gram kleihumuskalk bevat (zie Tabel A), is er 0,665 — 0,604 = 0,061 gram kleihumuskalk opgenomen. Dit cijfer is als de *actueele adsorptie* in Tabel D opgenomen; dat is dus het aantal grammen kalk, dat ten gevolge van de kalkbemesting door de kleihumussubstantie per 100 gram drogen grond is geadsorbeerd.

Dit cijfer 0,061 gram verschilt iets van het cijfer 0,057 gram, dat in Tabel B is opgenomen. Groot zijn de verschillen over het algemeen niet. Alleen bij de proefvelden IV en V, waar het bekalkte en het onbekalkte perceel nogal in de gehalten aan humus en klei verschillen, loopen de cijfers wat meer uiteen, het meest bij V (0,308 gr. in Tabel D tegen 0,215 gram in Tabel B).

In tabel D zijn mede de verschillen in de $CaCO_3$-gehalten tusschen bekalkt en onbekalkt, uitgedrukt in grammen CaO per 100 gram grond, uit Tabel B overgenomen. Voor proefveld I is dit cijfer 0,403 gr. CaO. Het kalkgehalte van den bekalkten grond B 1944 van proefveld I is dus door de bekalking met 0,403 + 0,061 = 0,464 gram CaO per 100 gram drogen grond toegenomen (zie Tabel D). We kunnen

nu verder uitrekenen hoeveel K.G. CaO dit per H.A. voor de bemonsterde laag bedraagt. Het volumegewicht van den grond van proefveld I bedraagt 1,252, d. w. z., dat 1 dM^3. drogen grond — in zijn natuurlijke ligging — 1,252 K.G. weegt. Per H.A. is dus in de bemonsterde laag van 0 — 20 cm. aanwezig 2 000 000 × 1,252 K.G. = 2 504 000 K.G. drogen grond. Per 100 K.G. drogen grond bedraagt de vermeerdering 0,464 K.G. CaO, dat is per H.A. 25040 × 0,464 K.G. = 11620 K.G. CaO, welk getal nagenoeg gelijk is aan de gegeven bemesting van 12 000 K.G. CaO per H.A. (zie blz. 199 sub proefveld I). Voor de overige proefvelden is de overeenstemming (met uitzondering van n°. IV) ook vrij goed. Hieruit volgt tevens, dat de onderstelling, dat de gegeven kalkbemesting, in hoofdzaak althans, voor de vermeerdering van het kalkgehalte van den grond gediend heeft, juist is en dat inderdaad de op blz. 198, sub *a* en *b* genoemde verschillen tusschen de bekalkte en onbekalkte perceelen verwaarloosd mogen worden. Op grond hiervan zijn deze cijfers (0,464 enz.) in tabel D als „gegeven *kalkbemesting* per 100 gram grond" opgenomen.

§ 7. Hoeveel CaO kan de grond onder natuurlijke omstandigheden als kleihumuskalk opnemen (potentieele adsorptie)? Uitwerkingscoefficient. (Tabel D).

Ik kom thans tot de beantwoording van de hierboven gestelde vraag, hoeveel kalk de gronden in Nederland, onder natuurlijke omstandigheden, hoogsten in den vorm van kleikalk en humuskalk kunnen vastleggen. Wanneer de goed verzadigde kleisubstantie en de goed verzadigde humussubstantie in normale Nederlandsche gronden, onder natuurlijke omstandigheden, neutraal reageerde (pH = 7), zou men de gestelde vraag kunnen beantwoorden door met behulp van een potentiometrische titratie te bepalen, hoeveel kalk de grond moet vastleggen (adsorbeeren) om een pH = 7 te bereiken. Ik heb vroeger reeds opgemerkt, dat de kleisubstantie van goed verzadigde kleigronden vrij wat kalk verliezen kan, zonder nog zuur te gaan reageeren [13]). Men treft dan ook tal van kleigronden in ons land aan, wier kleisubstantie reeds bezig is te ontkalken en die toch nog eene alkalische reactie bezitten [14]). Voor kleigronden kan deze weg dus niet worden ingeslagen. Ik heb daarom ter beantwoording van de gestelde vraag ten opzichte van de kleikalk een anderen weg ingeslagen en nagegaan, wat de hoogste K(klei)-waarden in goed verzadigde, normale Nederlandsche kleigronden ongeveer zijn. Ik heb daartoe gekozen de jonge Nederlandsche poldergronden, die nog rijk aan koolzure kalk en arm aan humus zijn en ik heb hier een maximale K(klei)-waarde van ongeveer 1,1 gevonden; d. w. z., dat in dergelijke kleigronden per 100 gram kleisubstantie [15]) hoogstens ongeveer 1,1 gram CaO in den vorm van kleikalk, dus adsorptief gebonden, voorkomt [16]).

Voor de humusgronden is nagegaan, hoeveel kalk de humussubstantie nog moet vastleggen om de neutrale reactie (pH = 7) te bereiken en bij dit getal is daarna de reeds in den grond aanwezige

kalk (omgerekend in gr. CaO per 100 gr. humus) opgeteld. Op deze wijze verkregen Dr. VAN DER SPEK en ik [17]) een gemiddelde K(humus)-waarde = 4,8 [18]). Verder is de K(humus) van enkele goed met kalk verzadigde humusgronden onderzocht; zoo geeft bijv. B 1609 een K(humus) = 5,0. Ten slotte is, met behulp van de K(klei) = 1,1, de K(humus) van enkele goed verzadigde kleihumusgronden (die koolzure kalk bevatten) berekend, met het onderstaande resultaat.

Grondmonster N°. B.	Per 100 gr. drogen grond (105°C) gram.					K (humus) (berekend).
	Klei.	Humus.	Kleihumus-CaO.	Kleikalk, berekend met K(klei) = 1,1.	Humuskalk (verschil van de 2 vorige kolommen).	
885	53.0	12.7	1.22	0.58	0.64	5.0
1735	26.1	47.5	2.72	0.29	2.43	5.1

Op grond van deze gegevens meen ik voorloopig eene maximale K(klei)-waarde = 1,1 en K(humus)-waarde = 5,0 te mogen aannemen.

Ik herhaal, dat dit voorloopige cijfers zijn, die bij verder voortgezet onderzoek ongetwijfeld nog wijzigingen zullen kunnen ondergaan. Mogelijk zal daarbij blijken, dat voor verschillende grondtypen verschillende K-waarden moeten worden aangenomen.

Er mag hier wel in het bijzonder de aandacht op gevestigd worden, dat het dus vooral de humus is, die de kalk vasthoudt. 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 [19]).

Met behulp van deze twee maximum K (waarden) 5,0 en 1,1 kan nu berekend worden, hoeveel gram CaO de kleihumussubstantie per 100 gram drogen grond onder de in Nederland heerschende klimatologische omstandigheden nog kan vastleggen. Deze berekening wordt voor B 1944 als volgt: 100 gram van dezen grond bevatten 2,2 gram humus en 54,3 gram klei. 2,2 gram humus kan adsorbeeren 2,2 × 5,0 : 100 = 0,110 gram CaO en 54,3 gram klei 54,3 × 1,1 : 100 = 0,597 gram CaO; totaal 0,110 + 0,597 = 0,707 gram kleihumuskalk.

Aangezien 100 gram drogen grond B 1944 in den onbekalkten toestand 0,604 gram kleihumuskalk bevatten, kan nog worden geadsorbeerd: 0,707 — 0,604 = 0,103 gram CaO. Dit cijfer is in Tabel D als de *potentieele adsorptie* opgenomen. Het is dus het aantal gr. CaO, dat 100 gram van B 1944 in den onbekalkten toestand onder natuurlijke omstandigheden als kleihumuskalk kan adsorbeeren [20]).

Zooals in § 6 is aangetoond, heeft de kleihumussubstantie per 100 gr. grond B 1944 geadsorbeerd 0,061 gr. CaO (actueele adsorptie), terwijl er 0,103 gr. CaO kon worden geadsorbeerd (potentieele adsorptie). Er is dus 100 × 0,061 : 0,103 = 59 % van de kalk geadsorbeerd, die als kleihumuskalk vastgelegd kon worden. Dit cijfer is in Tabel D als de uitwerkingscoefficient van de kalkbemesting opgenomen.

§ 8. De hoeveelheid kalk, die per H.A. gegeven wordt. De kalkverhouding (Tabel D).

Het ligt voor de hand, dat ook de hoeveelheid kalk, die per H.A. gegeven wordt, van invloed is op het lot, dat de kalk in den grond ondergaat. In het algemeen zal de hoeveelheid kalk, die in den vorm van koolzure kalk in den grond achterblijft — onder overigens gelijke omstandigheden — des te grooter zijn, naarmate de kalkbemesting grooter is geweest. Het komt er nu op aan een juiste omschrijving van het begrip „grootte der kalkbemesting" te geven, zoodat de kalkbemestingen op verschillende gronden met elkander vergeleken kunnen worden. Dit kan geschieden door als maat voor de kalkbemesting van de potentieele adsorptie uit te gaan.

TABEL D.

Proefveld N°.	Grondmonster N°. B.	Per 100 gram drogen grond (105° C)								Kalkverhouding.
		grammen kleihumuskalk, die de grond van het bekalkte perceel					Uitwerkingscoefficient.	vermeerdering aan gr. CaO van het bekalkte perceel.		
		bevatte vóór de bekalking (berekend).	bevatte nà de bekalking (Tabel A).	kan bevatten.	heeft geadsorbeerd nà de bekalking = actueele adsorptie.	in den onbekalkten toestand totaal kon adsorbeeren = potentieele adsorptie.		in den vorm van $CaCO_3$ (Tabel B).	totaalgegeven kalkbemesting.	
I	1944	0.604	0.665	0.707	0.061	0.103	59	0.403	0.464	4.5
II	1750/53	0.742	0.751	0.867	0.009	0.125	7	0.230	0.239	1.9
III	1937	0.816	1.139	1.195	0.323	0.379	85	0.728	1.051	2.8
IV	1698	0.294	0.791	1.136	0.497	0.842	59	0	0.497	0.6
V	1856/58	1.297	1.605	2.440	0.308	1.143	27	0.011	0.319	0.3
VI	1868/70	1.733	1.815	2.372	0.082	0.639	13	0.101	0.183	0.3
VII	1718	1.105	1.734	2.844	0.629	1.789	36	0.090	0.719	0.4

Volgens Tabel D bedroeg de gegeven kalkbemesting op proefveld I per 100 gram grond 0,464 gram CaO, terwijl de kleihumussubstantie in deze 100 gram grond 0,103 gram CaO (potentieele adsorptie) kon binden. Er is dus een groote overmaat aan kalk gegeven en wel is er 0,464 : 0,103 = 4,5 maal zooveel kalk gegeven als de kleihumussubstantie onder natuurlijke omstandigheden kon adsorbeeren. Deze verhouding is als de kalkverhouding in Tabel D opgenomen.

Zooals uit Tabel D (de laatste kolom) blijkt, ontvingen de proefvelden I, II en III een overmaat aan kalk, terwijl de proefvelden IV, V, VI en VII minder kalk ontvingen, dan de kleihumussubstantie kon binden.

§ 9. De vorm en de fijnheid van de kalkbemesting, alsmede de wijze van vermenging van de kalk met den grond en de tijd van inwerking.

Het ligt voor de hand, dat de hierboven genoemde factoren ook een rol bij de opname van de kalk door de kleihumussubstantie van den grond spelen. Ik merk hier alleen het volgende op. De oplosbaarheid van gebluschte kalk (de calciumoxyde-vorm) in water is aanzienlijk grooter dan die van de koolzure kalk [21]). Nu is mij evenwel gebleken, dat de calciumoxyde-vorm op het land vrij snel in koolzure kalk overgaat. In April 1923, dus twee maanden nà de bemesting met ,,gebluschte kalk'', verzamelde ik op het bekalkte perceel van proefveld II stukjes kalk, die bij onderzoek reeds uit 82 % koolzure kalk bleken te bestaan. Aangezien de werking van de koolzure kalk, dat wil zeggen de overgang van de koolzure kalk in kleihumuskalk mede in verband staat met de fijnheid van dit materiaal, heb ik verschillende koolzure kalkverbindingen op hun fijnheidsgraad onderzocht en wel:

1. een versch monster schuimaarde van de fabriek;
2. een monster van eenige kluiten schuimaarde, genomen in April 1923 van een perceel, dat in den herfst van 1922 schuimaarde ontvangen had;
3. de kluiten, genomen in April 1923 op het bekalkte perceel van proefveld II en welke bij onderzoek uit 82 % $CaCO_3$ bleken te bestaan (zie boven);
4. een monster kalkmergel van de fabriek.

De deeltjes, kleiner dan 0,02 millimeter middellijn, worden ,,fijn'' genoemd; de deeltjes tusschen 0,02—2 mm. middellijn ,,grof''. Het resultaat van het onderzoek was het volgende:

N°.	Omschrijving.	Fijn.	Grof.
1.	Versche schuimaarde	97	3
2.	Schuimaarde terrein	88	12
3.	Kalkproefveld II	55	45
4.	Kalkmergel fabriek	10	90

Ik kan hier nog aan toevoegen, dat de fijne deeltjes van de schuimaarde meer in de fractie ,,zeer fijn'' (kleiner dan 0,002 millimeter middellijn) en die van het kalkproefveld II (N°. 3) meer in de fractie ,,fijn'' (0,002—0,02 millimeter middellijn) zaten. Het onderzoek wijst uit, dat de schuimaarde aanzienlijk fijner is en ook op het land fijner blijft. Mede aan deze omstandigheid schrijf ik de goede werking van schuimaarde, ook op zware kleigronden ter verbetering van de structuur, toe.

§ 10. Overzicht van de resultaten (Tabel E).

We hebben nu voldoende gegevens, om de verkregen resultaten te kunnen bespreken. Ten einde deze besprekingen te vergemakkelijken, zijn de voornaamste resultaten nog eens in Tabel E bijeengevoegd. De gehalten aan $CaCO_3$ zijn opgegeven in procenten CaO, zoodat het verschil (voor proefveld I 0,722 — 0,319 = 0,403) het aantal grammen CaO geeft, dat per 100 gram grond in den vorm van koolzure kalk is achtergebleven. Dit getal plus de actueele adsorptie geeft de hoeveelheid CaO in grammen, die per 100 gram grond gegeven is (0,403 + 0,061 = 0,464, proefveld I). Verder zijn dan de cijfers van de beide laatste kolommen uit deze twee cijfers berekend (100 × 0,061 : 0,464 = 13 en 100 × 0,403 : 0,464 = 87). Er zij nog op gewezen, dat de actueele en de potentieele adsorptie de hoeveelheid CaO in grammen aangeven, die 100 gram van den bekalkten grond in den *onbekalkten toestand* resp. heeft opgenomen en kon opnemen.

Tenslotte zij nog herhaald, dat voor de hoogste K-waarden in Nederlandsche gronden onder natuurlijke omstandigheden aangenomen is K (klei) = 1,1 en K (humus) = 5,0, terwijl de V-waarden voor goed verzadigde kleigronden met weinig humus bij ongeveer 55 en voor goed verzadigde humusgronden met weinig klei bij ongeveer 40 liggen.

TABEL E.

Grondmonster N°. B.	Waarden van den grond vóór en nà de bekalking.				Koolzure kalk (in gr. CaO per 100 gr. grond).	Proefveld n°.	Actueele en potentieele adsorptie van den bekalkten grond in den onbekalkten toestand.	Grammen CaO waarmede 100 gr. grond bemest is. Kalkverhouding.	Resultaten van de bekalking.		
									Uitwerkingscoefficient.	Van de 100 gram CaO van de kalkbemesting *)	
	pH.	K (humus).	K (klei).	V.						werden gr. CaO door de kleihumus geadsorbeerd.	bleven gr. CaO in den vorm van $CaCO_3$ in den grond achter.
1946	7.7	5.0	0.91	52	0.319	I	0.061	0.464	59	13	87
1944	8.0	5.0	1.02	53	0.722		0.103	4.5			
1751/52	8.2	5.0	0.91	49	0.700	II	0.009	0.239	7	4	96
1750/53	8.2	5.0	0.92	50	0.930		0.125	1.9			
1939	6.4	4.0	0.68	40	0.106	III	0.323	1.051	85	30	70
1937	7.4	5.0	1.02	50	0.834		0.379	2.8			
1697	5.0	2.3	0.12	17	0.0	IV	0.497	0.497	59	100	0
1698	6.9	4.8	0.55	38	0.0		0.842	0.6			
1857/59	5.3	2.89	—	23	0.286	V	0.308	0.319	27	97	3
1856/58	6.1	3.57	—	29	0.297		1.143	0.3			
1869/71	6.2	4.03	—	34	0.280	VI	0.082	0.183	13	45	55
1868/70	6.8	4.22	—	36	0.381		0.639	0.3			
1724	4.8	2.21	—	17	0.386	VII	0.629	0.719	36	87	13
1718	5.6	3.47	—	26	0.426		1.739	0.4			

*) Berekend uit de cijfers van Tabel D.

Bij beschouwing van de cijfers van Tabel E springt direct de invloed van de bekalking op de vier waarden: pH, K (humus), K (klei) en V in het oog. Bij alle proefvelden gaan al deze cijfers bij kalkbemesting, zonder één enkele uitzondering, omhoog. Hoe meer de grond evenwel reeds vóór de bekalking met kalk verzadigd is, m.a.w. hoe hooger de K- en V-waarden, en ook de pH-waarden, van den onbekalkten grond reeds zijn, des te geringer is de toename van de vier waarden bij bekalking. Men moet hierbij evenwel bedenken, dat verschillen in V als op veld I (52—53), II (49—50) en VI (34—36) verkregen zijn, binnen de grenzen van de fouten van de methode ter bepaling van V vallen.

Proefveld I en II. Humusarme, zware kleigronden. Hoewel ze geen of slechts weinig koolzure kalk meer bevatten, bezitten ze in den onbekalkten toestand (B 1946 en B 1751/52) nog hooge pH-, K- en V-waarden (7,7 — 5,0 — 0,91 — 52; 8,2 — 5,0 — 0,91 — 49). Zij vallen in de groep: kleigronden van middelmatigen ouderdom [22]). Niettegenstaande hun hoog gehalte aan klei, kunnen deze gronden tengevolge van hun hoogen verzadigingstoestand geen groote hoeveelheden kalk meer vastleggen (potentieele adsorptie: 0,103 en 0,125). Beide gronden ontvingen een overmaat aan kalk (kalkverhouding 4,5 en 1,9), die in hoofdzaak in den vorm van koolzure kalk in den grond achterbleef (87—96), terwijl slechts een klein percentage als kleihumuskalk werd geadsorbeerd (13 — 4). Naast deze groote overeenkomst valt er ook verschil tusschen I en II waar te nemen. De grond van proefveld I nam 0,061 gram CaO op, dat is 59 % van wat kon worden vastgelegd (potentieele adsorptie = 0,103); de grond van proefveld II nam 0,009 gram CaO op, dat is slechts 7 % van de potentieele adsorptie (0,125 gram).

Proefveld III. Zeer zware kleigrond, met betrekkelijk veel humus, vrij van koolzure kalk, met vrij lage waarden in den onbekalkten toestand (6,4 — 4,0 —0,68 — 40). In overeenstemming hiermede kan deze grond vrij veel kalk adsorbeeren (potentieele adsorptie = 0,379). Van dit bedrag wordt 85 % door de kleihumussubstantie vastgelegd (actueele adsorptie = 0,323 gram CaO). De grond ontving een overmaat aan kalk (kalkverhouding = 2,8), waarvan 30 % door de kleihumussubstantie geadsorbeerd werd en 70 % in den vorm van koolzure kalk in den grond achterbleef.

Proefveld IV. Zware kleigrond, met betrekkelijk veel humus, vrij van koolzure kalk, met lage waarden in den onbekalkten toestand (5,0 — 2,3 — 0,12 — 17). Tengevolge hiervan kan deze grond veel kalk adsorbeeren (potentieele adsorptie = 0,842). Er werd minder kalk gegeven dan de grond kon adsorbeeren (kalkverhouding = 0,6) en al deze kalk werd als kleihumuskalk geadsorbeerd (100 %), terwijl geen kalk in den vorm van koolzure kalk achterbleef (0 %). De actueele adsorptie (0,497) is 59 % van de potentieele adsorptie (0,842).

Proefveld V. Humusrijke veengrond zonder koolzure kalk, met lage waarden in den onbekalkten toestand (5,3 — 2,89 — 23). Tengevolge van het hooge humusgehalte en den lagen verzadigingstoestand kan deze grond veel kalk adsorbeeren (potentieele adsorptie = 1,143). Er is minder kalk gegeven dan kon worden vastgelegd (kalkverhouding = 0,3); nagenoeg alle kalk werd geadsorbeerd (97 %), terwijl slechts 3 % in den vorm van koolzure kalk achterbleef. Er werd 0,308 gr. CaO vastgelegd (actueele adsorptie), dat is 27 % van wat kon worden vastgelegd (1,143 gram).

Proefveld VI. Humusrijke veengrond, zonder koolzure kalk, met reeds vrij hooge waarden in den onbekalkten toestand (6,2 — 4,03 — 34). Tengevolge van deze hooge waarden kan deze grond, niettegenstaande zijn hoog humusgehalte, betrekkelijk weinig kalk vastleggen (potentieele adsorptie = 0,639). Er is minder kalk gegeven dan kon worden vastgelegd (kalkverhouding = 0,3). Van de gegeven kalkbemesting (0,183 gram) is slechts 0,082 gram als kleihumuskalk vastgelegd (actueele adsorptie), dat is 45 %, terwijl 55 % in den vorm van koolzure kalk in den grond achterbleef. De actueele adsorptie (0,082) is slechts 13 % van de potentieele adsorptie (0,639).

Proefveld VII. Zeer humusrijke veengrond, vrij van koolzure kalk, met zeer lage waarden in den onbekalkten toestand (4,8—2,21—17). Tengevolge hiervan kan deze grond een groote hoeveelheid kalk adsorbeeren (potentieele adsorptie = 1,739 gram). Er is minder kalk gegeven dan de grond kon vastleggen (kalkverhouding = 0,4); 87 % van deze kalk werd geadsorbeerd, terwijl slechts 13 % in den vorm van koolzure kalk achterbleef. De actueele adsorptie (0,629) is 36 % van de potentieele adsorptie (1,739).

§ 11. Bespreking van de resultaten en gevolgtrekkingen.

Zooals reeds op blz. 203 is opgemerkt, oefenen de volgende drie factoren, afgezien van de oogst en het regenwater, invloed uit op hetgeen met de kalkbemesting in den grond plaats vindt:

1. de hoeveelheid kalk, die de grond onder natuurlijke omstandigheden nog als kleihumuskalk kan vastleggen, en die in cijfers door de potentieele adsorptie wordt uitgedrukt;
2. de hoeveelheid kalk, die per H.A. gegeven is en die in cijfers door de kalkverhouding wordt uitgedrukt;
3. de vorm en de fijnheid van de kalk, alsmede de wijze van vermenging van de kalk met den grond en de tijd van inwerking.

Conclusie's ten opzichte van den invloed van één dezer drie factoren kunnen natuurlijk alleen dan getrokken worden, wanneer de beide andere gelijk zijn. Het is mijn hoofddoel, den invloed van de potentieele adsorptie op de actueele adsorptie na te gaan en dan dienen

dus de factoren 2 en 3 gelijk of althans nagenoeg gelijk te zijn. De eerste drie proefvelden ontvingen een overmaat aan kalk (kalkverhouding 4,5 — 1,9 —2,8) en kunnen dus niet met de vier andere proefvelden IV—VII vergeleken worden, die minder kalk ontvingen dan geadsorbeerd kon worden (kalkverhouding 0,6 — 0,3 — 0,3—0,4). Eene vergelijking van deze laatste vier is nog wel mogelijk. De kalkverhouding is resp. 0,6 — 0,3 — 0,3 — 0,4, gemiddeld 0,4. De kalk is in den vorm van schuimaarde gegeven en onmiddellijk goed met den grond vermengd. Op de proefvelden V, VI en VII werd goed droge, poedervormige schuimaarde gegeven en was de tijd van inwerking resp. 10, 10 en 11 maanden; op IV werd de schuimaarde in den in de praktijk gebruikelijken vorm gegeven, doch was de tijd van inwerking ongeveer twee jaar.

Hiéronder volgt een tabelletje, vermeldende de potentieele adsorptie, de actueele adsorptie, de uitwerkingscoefficient, de hoeveelheid kalk, die gegeven werd en de hoeveelheid kalk, die werd opgenomen in procenten van de hoeveelheid, die gegeven werd.

VI.	0,639	0,082	13	0,183	45
IV.	0,842	0,497	59	0,497	100
V.	1,143	0,308	27	0,319	97
VII.	1,739	0,629	36	0,719	87

Deze cijfers wijzen er niet op, dat de potentieele adsorptie *zonder meer* de opname van de kalk door de kleihumussubstantie, dat is de actueele adsorptie, beheerscht. Er is overeenstemming tusschen de proefvelden IV, V en VII, die alle of nagenoeg alle kalk, die gegeven is, als kleihumuskalk geadsorbeerd hebben (100 — 97 — 87). Maar men vraagt zich af, waarom de grond VI, die toch 0,639 gram kalk kon adsorbeeren van de 0,183 gram aangeboden kalk slechts 0,082 gram geadsorbeerd heeft (45 %).

Nu wordt het cijfer van de potentieele adsorptie door twee andere grootheden beheerscht, nl. het kleihumusgehalte en de verzadigingstoestand van de kleihumussubstantie. Ten opzichte van de eerste van deze twee grootheden — het gehalte aan klei en humus — loopt de scheidingslijn tusschen IV aan de eene zijde en V, VI, VII aan de andere zijde; IV is een kleigrond met iets humus; V, VI en VII zijn humusrijke laagveengronden.

Ten opzichte van de tweede grootheid, de verzadigingstoestand van de kleihumussubstantie, loopt de scheidingslijn evenwel tusschen VI eenerzijds en IV, V, VII anderzijds. De onbekalkte gronden van de proefvelden IV, V en VII bezitten lage waarden (pH, K en V), d.w.z. dat deze drie proefvelden sterk onderverzadigd zijn met kalk. De onbekalkte grond van VI daarentegen heeft vrij hooge waarden, is vrij goed met kalk verzadigd. Hier vinden we dus de bijzondere positie van VI ten opzichte van IV, V en VII terug.

Ik meen op grond hiervan de conclusie te mogen trekken, dat het vooral de verzadigingstoestand (V) van den grond is — en de hiermede samenhangende waarden (K en pH) — die een overwegenden invloed op het lot van de kalkbemesting hebben. Gronden met lage waarden (V, K, pH) leggen in den tijd van omstreeks een jaar nagenoeg alle toegediende kalk in den vorm van kleihumuskalk vast (100 — 97 — 87), terwijl geen of nagenoeg geen kalk als koolzure kalk achterblijft, altijd voor het geval de kalkverhouding ongeveer 0,3 — 0,6 is. Daartegenover heeft de vrij goed verzadigde grond van het proefveld VI in ongeveer denzelfden tijd en bij een zelfde kalkverhouding slechts 45 % van de gegeven kalkbemesting vastgelegd, terwijl meer dan de helft (55 %) als koolzure kalk achterbleef. De grond van VI kon per 100 gram drogen grond 0,639 gram CaO adsorbeeren; er werd 0,183 gram CaO gegeven en toch werd er slechts 0,082 gram CaO van deze 0,183 gram vastgelegd.

Wat dit zeggen wil, dat de V- en K-waarden de factoren zijn, die in de eerste plaats het lot van de kalkbemesting beheerschen, moge aan een denkbeeldig voorbeeld worden toegelicht. Men denke zich twee gronden, die alleen zand en humus bevatten, dus geen klei, en die dezelfde potentieele adsorptie bezitten, bijv. 0,639 als veld VI. De eene grond (*a*) heeft echter 43 % humus en de andere (*b*) 15 % humus. Laat ons verder aannemen, dat de K (humus)-waarde bij beide gronden op dezelfde wijze berekend mag worden [23]), dan is: voor *a*) K (humus) = 5,0 — 100 × 0,639 : 43 = 3,51 en voor *b*) K (humus) = 5,0 — 100 × 0,639 : 15 = 0,74.

Grond *a* blijkt dus een vrij goed met kalk verzadigden grond te zijn (K = 3,51), terwijl grond *b* sterk onderverzadigd is (K = 0,74). Onderstel nu verder, dat de beide gronden bijv. met 0,32 gram CaO per 100 gram grond bemest worden (kalkverhouding 0,32 : 0,639 = 0,5), dat verder alle omstandigheden dezelfde zijn en dat nà één jaar bepaald wordt, hoeveel kalk de humussubstantie in beide gronden heeft opgenomen (actueele adsorptie). Indien nu de potentieele adsorptie, die bij beide gronden dezelfde is, de overheerschende factor ware, dan zouden beide gronden nagenoeg evenveel kalk als humuskalk moeten vastleggen. Dit zal evenwel niet het geval zijn. Grond *a* met de vrij hooge K (humus)-waarde 3,51 zal minder kalk als humuskalk adsorbeeren dan grond *b* met de zeer lage K(humus)-waarde 0,74.

De oorzaak van dit verschijnsel moet wel gezocht worden in de concurrentie, die het koolzuur in den grond de klei- en humuszuren aandoet. Beide groepen van zuren — de klei- en humuszuren en het koolzuur — voeren een strijd om het bezit van de kalk. Zijn de bodemzuren sterk onderverzadigd (lage V, K en pH-waarden), dan maken zij zich onmiddellijk van de kalk, als deze in den vorm van calciumoxyde wordt aangeboden, meester, terwijl zij, wanneer de kalk als koolzure kalk gegeven wordt, zelfs in staat zijn het koolzuur uit de koolzure kalk te verdrijven en de kalk als kleihumuskalk vast te leggen. Naarmate de klei- en humuszuren echter meer met kalk ver-

zadigd zijn (hoogere V, K en pH-waarden), valt het hun moeilijker om den strijd tegen het koolzuur te winnen. Bij bekalking zal een bepaalde grond dus vrij vlug van bijv. pH = 4 op 5 stijgen; de stijging van pH 5 op 6 zal al minder vlug gaan, de stijging van 6 op 7 langzaam en natuurlijk het traject 6,5 — 7 zeer langzaam [24]). Om verder dan 7 te komen duurt nog weer langer. Ook het feit, dat de hoeveelheid kalk noodig voor het tot stand brengen van een zekere verandering in de pH, des te grooter wordt, naarmate men meer in de buurt van de pH = 7 komt [25]), speelt hier natuurlijk een rol; er moet meer kalk worden geadsorbeerd.

Hieruit zijn ook conclusie's te trekken ten opzichte van de hoeveelheid CaO, die in de praktijk gegeven moet worden om den grond de neutrale reactie (pH = 7) te geven, de waarde B dus uit de verhandeling van Dr. VAN DER SPEK en mij [26]). Wanneer men de hoeveelheid kalk, die de kleihumussubstantie volgens de kalktitratie's moet opnemen om de neutrale reactie (pH = 7) te bereiken, de grootheid A dus uit de publicatie van Dr. VAN DER SPEK en mij (blz. 186), aan den grond toedient, dan zal — ook al wordt deze kalk zoo fijn mogelijk gegeven en zoo innig mogelijk met den grond vermengd — toch slechts een deel van A als kleihumuskalk worden vastgelegd, terwijl de rest als koolzure kalk achterblijft. De pH = 7 wordt dan niet bereikt. De kleihumussubstantie zal nu wel trachten uit deze resteerende koolzure kalk de CaO te adsorbeeren, maar wordt hierin door het CO_2 tegen gewerkt. Onderwijl wordt een gedeelte van de koolzure kalk en ook van de kleihumuskalk door het koolzuurhoudende regenwater uitgespoeld, alsmede door de planten opgenomen. Er moet dus in de praktijk meer dan A K.G. CaO gegeven worden om de pH = 7 te bereiken. CHRISTENSEN [27]) vond voor eenige gronden zelfs B gemiddeld ongeveer = 3 A.

Aan deze werking van het koolzuur is mede toe te schrijven, dat de K (klei)- en K (humus)-waarden en eveneens de V-waarden zekere maximale waarden bereiken. Dergelijke goed verzadigde gronden kunnen bij bemesting met kalk aanvankelijk wel eenige kalk in de kleihumussubstantie vastleggen; deze kalk zal echter weer spoedig door het koolzuur gepakt en in calciumcarbonaat, resp. calciumbicarbonaat worden omgezet [28]).

De drie kleiproefvelden (I, II, III) loopen ten opzichte van de op blz. 213 genoemde factoren 2 en 3 vrij ver uit elkander. Proefveld I ontving een groote overmaat van kalk (kalkverhouding = 4,5) in den vorm van schuimaarde; II een kleinere overmaat (1,9) in den vorm van gebluschte kalk, die evenwel op het tijdstip, dat ze met den grond vermengd werd grootendeels in vrij grof korrelig $CaCO_3$ was omgezet. Op beide proefvelden werden de grondmonsters korten tijd nà de bekalking genomen (9 en 19 maanden). Op het proefveld III is de kalk als gebluschte kalk in drie giften gegeven, resp. 10 jaar, 5 jaar en 2 jaar vóór de grondmonsters genomen werden. De kalkverhouding was 2,8, terwijl de kalk niet met den grond vermengd werd (grasland).

De factoren 2 en 3 zijn dus bij deze drie kleiproefvelden verre van gelijk en onder deze omstandigheden is het niet goed mogelijk den invloed van factor 1, dat is van de potentieele adsorptie, op de actueele adsorptie met zekerheid vast te stellen. Toch valt het op, dat de grond van proefveld III met vrij lage waarden (6,4 — 4,0 — 0,68 — 4,0) de zeer hooge uitwerkingscoefficient van 85 bezit. Deze grond ontving 1,051 gram CaO, waarvan 0,323 gram is vastgelegd, terwijl er 0,379 gram kon worden vastgelegd. Zonder twijfel heeft ook de langdurige tijd van inwerken hier invloed uitgeoefend, maar hiertegenover staat weer, dat de kalk *niet* met den grond vermengd is. Het wil mij voorkomen, dat de vrij lage verzadigingstoestand van de kleihumussubstantie op proefveld III wederom een voorname rol heeft gespeeld.

Het resultaat van de proefvelden I en II is zeer leerrijk. Proefveld I ontving 0,464 gram CaO; de grond kon 0,103 gram vastleggen en heeft 0,061 gram vastgelegd, dat is 59 % (100 × 0,061 : 0,103). Dit bewijst, dat dergelijke kleigronden met vrij hooge waarden, wier kleisubstantie dus slechts weinig onderverzadigd is, in den betrekkelijk korten tijd van 9 maanden toch nog heel wat kalk kunnen vastleggen, *mits deze kalk op oordeelkundige wijze wordt toegediend*, d.w.z. zooals in dit geval in den vorm van goed droge schuimaarde, die direct flink met den bovengrond werd vermengd.

De grond van proefveld II bezit vrijwel dezelfde waarden als de grond van I; ook de kleisubstantie van dezen grond is slechts weinig onderverzadigd. De grond II kan nog 0,125 gram CaO vastleggen, dat is nog iets meer dan I (0,103 gram); er werd op II 0,239 gram CaO gegeven en nà 19 maanden was van deze 0,239 gram nog slechts 0,009 gram door de kleisubstantie gebonden, terwijl er 0,125 gram gebonden kon worden. De oorzaak van deze geringe uitwerking van de kalkbemesting (uitwerkingscoefficient 7 %) moet gezocht worden in de onoordeelkundige wijze, waarop de kalk is toegediend. De slecht gebluschte kalk is in natten, eenigszins klonterigen toestand, op het bevroren land gebracht en daar eenige weken blijven liggen. Gedurende dien tijd is de kalk overgegaan in vrij grof korrelige koolzure kalk en deze vorm werkt blijkbaar zeer langzaam op deze gronden in. Vooral dergelijke, nog vrij goed verzadigde kleigronden, moeten op oordeelkundige wijze bekalkt worden.

§ 12. Verder onderzoek.

Er moet thans nog nader worden onderzocht, wat er met de koolzure kalk, die in de gronden op de proefvelden I, II, III en IV is achtergebleven, in den loop der jaren plaats vindt. Ik onderstel, dat deze $CaCO_3$ slechts voor een gering bedrag en dan eerst nà vrij langen tijd door de kleihumussubstantie zal worden geadsorbeerd.

Het onderzoek zal verder moeten worden uitgebreid over humuszandgronden en over klei- en leemgronden met lage waarden (sterk onderverzadigd).

En ten slotte zal het noodig zijn de proeven op nauwkeuriger wijze te herhalen. Reeds zijn eenige proefvelden tot dit doel aangelegd.

OVERZICHT.

De kleisubstantie en de humussubstantie bezitten het vermogen basen vast te leggen, te adsorbeeren. Onder de adsorptief gebonden basen speelt de kalk, in de normale Nederlandsche gronden althans, de hoofdrol.

De rijkdom van de kleihumussubstantie aan basen wordt uitgedrukt door den verzadigingstoestand V van den grond, dat is de verhouding van de hoeveelheid adsorptief gebonden basen, die de kleihumussubstantie bevat tot de hoeveelheid, die zij totaal, tot volkomen verzadiging, kan binden. De rijkdom van de kleisubstantie aan kleikalk (adsorptief gebonden kalk) kan mede door de K (klei)-waarde worden uitgedrukt, dat is het aantal grammen kleikalk per 100 gram klei (fractie I + II, d. z. deeltjes kleiner dan 0,02 millimeter diameter). Evenzoo vindt de rijkdom van den humus aan humuskalk zijn uitdrukking in de K (humus)-waarde, dat is het aantal grammen humuskalk per 100 gram humus.

De planten onttrekken jaarlijks een gedeelte van de adsorptief gebonden basen aan het kleihumuscomplex, terwijl in ons humied klimaat het regenwater — onder medewerking van het koolzuur — geregeld een gedeelte van de adsorptief gebonden basen uit den grond uitspoelt.

Het gevolg hiervan is, dat de waarden V en K (klei) en K (humus) dalen. Met deze daling gaat een stijging van den zuurgraad van den grond, dus eene daling van de pH-waarde, gepaard. Reeds meermalen is er op gewezen, dat de vermindering van het kalkgehalte van de kleisubstantie, dus de daling van de K (klei)-waarde, zich in de eerste plaats — nog vóórdat de kleigrond zuur gaat reageeren — in eene verslechtering van de structuur van de kleigronden kenbaar maakt [29]).

Het doel eener kalkbemesting is nu in de eerste plaats om het kalkgehalte van de klei- en van de humussubstantie te verhoogen. Deze vermeerdering aan kalk zal uit de toename van de K (klei)- en K (humus)-waarden en de V-waarden blijken. Met de toename van deze waarden gaat eene verhooging van de pH-waarde, dus eene daling van den zuurgraad van den grond gepaard. Bovendien treedt bij de kleigronden eene structuurverandering op. Natuurlijk kunnen onder invloed van deze veranderingen, zoowel van de structuur als van den zuurgraad van den grond, de oogstopbrengsten gewijzigd worden.

Het gedeelte van eene gegeven kalkbemesting, dat niet door de kleihumussubstantie wordt vastgelegd (geadsorbeerd), blijft — althans voorloopig — in den grond in den vorm van koolzure kalk achter. Deze koolzure kalk is als een voorraadschuur te beschouwen, waaruit de kleihumussubstantie zijn kalk halen kan. Het is dus geen verloren kalkkapitaal, maar zoolang de kleihumussubstantie nog kalk kan adsorbeeren, brengt het kapitaal, dat nà eene bekalking in den grond in den vorm van koolzure kalk is achtergebleven, niet zijn hoogste rente op.

Het is dus van belang na te gaan, welke factoren de opname van de kalk door de kleihumussubstantie beheerschen. De resultaten van eenige bekalkingsproefvelden, door mijn Instituut genomen, kunnen eenig materiaal voor de beantwoording van deze vraag geven.

Het zijn 7 proefvelden, waarvan het bekalkte en het onbekalkte perceel korten tijd (ongeveer 1 à 2 jaar) nà de bekalking bemonsterd werd. Alleen op proefveld III werd de kalk vrij langen tijd, vóórdat de grondmonsters genomen werden, toegediend. De grondmonsters werden onderzocht op humus, klei, zand, koolzure kalk, uitwisselbare kalk (dat is kleihumuskalk), pH (Tabel A) en verzadigingstoestand (Tabel C). Met behulp van deze gegevens werden de waarden K (klei) en K (humus) berekend.

Uit de resultaten (zie Tabel E) blijkt nu in de eerste plaats, dat bij alle proefvelden alle vier waarden — pH, K (klei), K (humus) en V — zonder één enkele uitzondering ten gevolge van de kalkbemesting stijgen. Tevens blijkt uit Tabel E, dat de gehalten aan koolzure kalk, op alle proefvelden, met uitzondering van proefveld IV, tengevolge van de kalkbemesting omhoog gingen. Op proefveld IV is dus alle toegediende kalk in den vorm van kleihumuskalk vastgelegd, terwijl op de overige proefvelden slechts een gedeelte van de gegeven kalk in den vorm van kleihumuskalk werd geadsorbeerd en een gedeelte in den vorm van koolzure kalk in den grond achterbleef. De twee laatste kolommen van Tabel E drukken dit resultaat in procentcijfers uit. Per 100 gram gegeven kalk (CaO) heeft de grond van proefveld I 13 gram CaO als kleihumuskalk vastgelegd, terwijl 87 gram CaO in den vorm van koolzure kalk achterbleef. Wij zien hier groote verschillen optreden en het is nu de vraag, waaraan deze verschillen zijn toe te schrijven. Ter beantwoording van deze vraag zijn de volgende vier nieuwe grootheden ingevoerd.

1. *De actueele adsorptie*, dat is de hoeveelheid CaO in grammen, die nà de bekalking per 100 gram drogen grond door de kleihumuskalk is geadsorbeerd;
2. *De potentieele adsorptie*, dat is de hoeveelheid CaO in grammen, die de kleihumussubstantie per 100 gram grond onder de in Nederland heerschende klimatologische omstandigheden kan opnemen. Om deze hoeveelheid te berekenen, moesten de hoogste K (klei)- en K (humus)-waarden onder de in Nederland heerschende klimatologische omstandigheden bekend zijn. Op grond van verschillende overwegingen zijn deze voorloopig op resp. 1,1 en 5,0 aangenomen. De potentieele adsorptie wordt dan verder uit de gehalten aan klei en humus en de verschillen van de K (klei) en de K (humus) met resp. 1,1 en 5,0 berekend.
3. De *uitwerkingscoefficient*, dat is de actueele adsorptie in procenten van de potentieele adsorptie.
4. De *kalkverhouding*, dat is het quotient van de per 100 gram grond gegeven hoeveelheid CaO in grammen en de potentieele adsorptie.

Deze cijfers zijn in Tabel E verzameld. Ze mogen hier aan één voorbeeld worden toegelicht. De bekalkte grond van proefveld I kon in den onbekalkten toestand 0,103 gram CaO in de kleihumussubstantie vastleggen (potentieele adsorptie); door de bekalking werd 0,061 gram CaO per 100 gram grond in den vorm van kleihumuskalk geadsorbeerd (actueele adsorptie); van de gegeven kalkbemesting bleef per 100 gram grond 0,722 — 0,329 = 0,403 gram CaO in den vorm van koolzure kalk achter; totaal is per 100 gram grond gegeven 0,061 + 0,403 = 0,464 gram CaO. De kalkverhouding is 0,464 : 0,103 = 4,5, d.w.z. er is 4,5 × meer kalk gegeven dan kon worden opgenomen. De uitwerkingscoefficient is 100 × 0,061 : 0,103 = 59, d.w.z., dat 59 % van de kalk, die als kleihumuskalk kon worden vastgelegd, werkelijk als zoodanig is geadsorbeerd. Van de 0,464 gram CaO, waarmede per 100 gram grond bemest is, is 0,061 gram of 13 % door de kleihumussubstantie geadsorbeerd en 0,403 gram of 87 % op het tijdstip, waarop de grondmonsters genomen zijn, in den vorm van koolzure kalk in den grond achtergebleven.

Het doel van de kalkbemesting is nu, om bij zoo gering mogelijke overmaat aan kalkbemesting en in den kortst mogelijken tijd een zoo groot mogelijk actueele adsorptie te verkrijgen.

Hoewel de proeven niet met de grootst mogelijke nauwkeurigheid genomen zijn, kunnen de volgende conclusie's toch wel met vrij groote zekerheid getrokken worden.

Het ligt voor de hand, dat een grond — onder overigens gelijke omstandigheden — des te meer kalk zal opnemen, naarmate hij meer kalk binden kan, d. w.z. de actueele adsorptie zal van de potentieele adsorptie afhangen. De potentieele adsorptie is het produkt van twee grootheden, het gehalte aan klei, resp. humus en de onderverzadiging aan kalk van de kleisubstantie, resp. van de humussubstantie. Deze onderverzadiging wordt in cijfers uitgedrukt door het verschil 1,1 min K (klei), resp. 5,0 min K (humus). Dat de gehalten aan klei en humus van invloed zijn op de hoeveelheid kalk, die wordt vastgelegd — dus op de actueele adsorptie — was reeds bekend. Mijne onderzoekingen hebben nu evenwel aangetoond, dat het in de voornaamste plaats de verzadigingstoestand van de klei- en de humussubstantie is, die de actueele adsorptie bepaalt. Wanneer twee gronden gelijke potentieele adsorptie bezitten, d.w.z. evenveel kalk kunnen vastleggen, zal — onder overigens gelijke omstandigheden — de grond met den laagsten verzadigingstoestand, resp. met de laagste K (klei)- en K (humus)-waarden, de grootste hoeveelheden kalk adsorbeeren.

Dit is de reden, waarom de grond van de proefvelden IV, V en VII met zeer lage K- en V-waarden nagenoeg alle kalk in den vorm van kleihumuskalk vastlegt (100 % — 97 % — 87 %); terwijl daarentegen de vrij goed verzadigde kleigronden I en II slechts 13 % en 4 % van de kalkbemesting in den vorm van kleihumuskalk adsorbeeren. De gronden III en VI staan tusschen beide in. Natuurlijk oefent ook het kalkverhoudingscijfer hier zijn invloed uit.

Wat ik hier wil zeggen, kan het beste aan proefveld VI worden toegelicht. De grond van dit proefveld reageert in den onbekalkten toestand zwak zuur (pH = 6,2) en is vrij goed verzadigd (K = 4,03 en V = 34). Tengevolge van het groote humusgehalte kan deze grond — niettegenstaande zijn vrij goeden verzadigingstoestand — toch nog vrij wat kalk binden (potentieele adsorptie = 0,639 gram). Toch wordt van de 0,183 gram aangeboden kalk slechts 0,082 gram als kleihumuskalk geadsorbeerd (uitwerkingscoefficient = 13). Daartegenover neemt de sterk onderverzadigde grond IV (K = 2,3 en 0,12 en V = 17 en pH = 5,0), die 0,842 gram CaO kan opnemen, alle aangeboden kalk (0,497 gr.) op. De grond van proefveld VI stijgt van een verzadigingstoestand 34 tot 36; de grond van proefveld IV van V = 17 tot 38. Blijkbaar kost het veel moeite om de laatste hoeveelheden kalk in de kleihumussubstantie te brengen; het is het koolzuur van het grondwater, dat zich dan van de kalk meester kan maken en deze in koolzure kalk kan overvoeren. In de sterk onverzadigde en zure gronden wint de sterk zure kleihumussubstantie het in den strijd om het bezit van de kalk van het koolzuur (zie de uitvoerige beschouwingen op blz. 215—216).

Ter beantwoording van de vraag, wat er met de kalk in den grond gebeurt, zal men dus naast de gehalten aan klei en humus den verzadigingstoestand en de daarmede samenhangende grootheden (K, pH) moeten bepalen.

Eene vergelijking van de resultaten op de proefvelden I en II leert verder, dat ook de wijze, waarop de kalkbemesting toegediend wordt, op de actueele adsorptie van invloed is. Het zijn beide vrij goed verzadigde, humusarme, zware kleigronden, die nagenoeg evenveel kalk kunnen adsorbeeren (potentieele adsorptie 0,103 en 0,125). De actueele adsorptie bij I is nog 0,061 gram; bij II slechts 0,009. Zonder twijfel speelt ook de grootte van de kalkbemesting hier een rol (bij I werd 0,464, bij II 0,239 gram CaO gegeven; kalkverhouding resp. 4,5 en 1,9), Maar dit kan toch niet verklaren, waarom de grond van proefveld II, die 0,125 gram CaO kon vastleggen, van de aangeboden 0,239 gram CaO nà 19 maanden slechts 0,009 gram CaO geadsorbeerd heeft. De uitwerkingscoefficient is hier al bijzonder laag (7 %); slechts 4 % van de gegeven kalk wordt in de kleihumussubstantie vastgelegd, terwijl niet minder dan 96 % in den vorm van koolzure kalk achterblijft. De oorzaak van dit slechte resultaat [30]) van de kalkbemesting moet wel liggen in de onoordeelkundige wijze, waarop de kalk is toegediend (slecht gebluschte kalk, die in eenigszins natten, klonterigen toestand eenigen tijd op den bevroren grond bleef liggen, in dien tijd in grofkorrelige koolzure kalk overging en daarnà niet op voldoende wijze met den grond gemengd kon worden). Het nut van eene oordeelkundige wijze van bekalking (fijn poedervormige kalk, direct met de bovenlaag vermengen) was reeds bekend; door mijne onderzoekingen wordt het, voor zoover mij bekend voor de eerste maal, in cijfers uitgedrukt.

De beide hierboven verkregen resultaten geven mij aanleiding er nog eens op te wijzen, dat de kalk *vooral* op vrij goed verzadigde gronden (als I, II, VI), wier kleihumussubstantie zich slechts langzaam van de kalk uit de koolzure kalk meester kan maken, op oordeelkundige wijze (in fijn verdeelden toestand direct en innig met den grond vermengen) moet worden toegediend.

Zusammenfassung.

Was findet bei einer Bekalkung des Bodens mit der Kalkdüngung statt?

What happens to the lime when soil is limed?

Que devient la chaux apportée au sol comme fumure?

Diese Verhandlung ist eine holländische Uebersetzung meiner Arbeit „What happens to the lime when soil is limed?", erschienen in den Verhandlungen der zweiten Kommission der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft, Groningen, 1926, Teil A, Seite 174—197. In dieser holländischen Arbeit sind die pH—Zahle verbessert (siehe Teil A, Seite 197, Postscriptum), ist weiter der maximale K (humus)-Wert auf 5,0 angenommen und ist bei der Berechnung der potentiellen Adsorption von den drei Humusböden (V, VI, VII) auch der Tongehalt in Rechnung getragen.

NOTEN.

[1]) Zie de Engelsche publicatie in Deel A, blz. 197, Postscriptum.

[2]) Adsorptie is eene scheikundige verbinding aan de oppervlakte van de deeltjes. Bij de adsorptie van de kalk door de kleihumussubstantie vormen zich dus scheikundige verbindingen van de kleizuren, resp. van de humuszuren met de base kalk.

[3]) Zie de resultaten van het proefveld bij den heer VAN DER GRIFT in de Verslagen van Ir. C. K. VAN DAALEN.

[4]) Volgens Tabel A zouden de gehalten aan $CaCO_3$ van de onbekalkte gronden B 1857/59, 1869/71 en 1724 ongeveer 0,5 % bedragen. Het is de vraag, of dit zoo is. Vermoedelijk ontstaat bij het koken van dergelijke sterk humushoudende gronden met HC_1 een weinig CO_2 door oxydatie van de koolstof, hoewel volgens SÜCHTING deze oxydatie in een zuur milieu niet zou plaats vinden.

[5]) Ook in het Landbouwkundig Tijdschrift van 1925 en 1926 is eene beschrijving van deze proefvelden opgenomen.

[6]) Zie deze Verslagen, N°. XXXI, blz. 164—197 (1926).

[7]) Onder klei wordt verstaan het gehalte aan fractie I en II, d. z. deeltjes kleiner dan 0,02 millimeter middellijn (deze Verslagen, N°. XXX, blz. 195—196). Hierbij zij nadrukkelijk opgemerkt, dat de resultaten, die de mechanische bodemanalyse oplevert (gehalten aan klei en zand) in hooge mate van de vóórbewerking, die het grondmonster vóór het slibben ondergaat, afhangen. Voor de aan het Bodemkundig Instituut te Groningen gevolgde werkwijze zie de Mitt. Int. Bodenk. Gesellsch. Deel I, blz. 149—169 (1925). Voor de methode ter bepaling van de uitwisselbare kalk zie deze Verslagen, N°. XXIV, blz. 169 (1920).

[8]) Deze pH-cijfers zijn met behulp van de BIILMANN-elektrode bepaald; zie Verhandlungen der zweiten Kommission, Groningen, 1926, Deel A, blz. 29—40. De in Tabel A op blz. 201 vermelde cijfers zijn met behulp van de juiste formule berekend.

[9]) Zie deze Verslagen, N°. XXIV, blz. 173 (1920).

[10]) Voor de beteekenis van de grootheid V en de wijze, waarop deze bepaald wordt, zie deze Verslagen N°. XXX, blz. 115—141 (1925).

[11]) Zie o. m. deze Verslagen, N°. XXX, blz. 140 (1925); ook mijn Faraday-lecture.

[12]) Zie deze Verslagen, N°. XXX, blz. 125, Tabel III; ook mijn Faraday-lecture.

[13]) Zie reeds mijne in Maart 1918 te Delft gehouden voordracht over „Adsorptief onverzadigde gronden", blz. 141.

[14]) Zie bijv. „Resultaten van het onderzoek van eenige kleigronden uit de provincie Groningen" door Dr. D. J. HISSINK en Dr. JAC. VAN DER SPEK, Groninger Landbouwblad van 12 en 19 December 1925. De bovengronden van het bouwland onder Ten Boer (B 2081 en 2086) hebben een K (klei) = 0,85 en 0,79, dus vrij wat lager dan de jonge normale poldergronden ($\pm$ 1,1); zij kunnen ongeveer een 4000 à 5000 K.G. CaO in de laag van 0—20 cm. vastleggen en hebben deze bekalking ter verbetering van de structuur ook noodig. Ze reageeren evenwel nog alcalisch (pH ongeveer 7,5).

[15]) Klei is fractie I + II; ziet noot 7.

[16]) Zie noot 12, Tabel III. Ter voorkoming van misverstand zij hier er nog aan herinnerd, dat de kweldergronden vrij arm aan kleikalk zijn (zie deze Verslagen, N°. 29, blz. 177, Tabel II). Onmiddellijk nà de inpoldering is dus de K (klei) van den jongen poldergrond nog vrij laag, om langzaam aan tot ongeveer 1,1 te stijgen. Nà uitspoeling van de koolzure kalk daalt dan de K (klei)-waarde weer.

[17]) Deze Verslagen, N°. XXXI, blz. 164—197, (1926).

[18]) In tabel IX van de publicatie van Dr. VAN DER SPEK en mij is gemiddeld 4,81 gevonden; in onze Duitsch publicatie (Groningen, April 1926, Deel A, blz. 86, Tabelle IX) is nog 5,2 opgegeven.

[19]) Als gevolg hiervan stijgt het gehalte aan uitwisselbare kalk onder overigens gelijke omstandigheden sterk met het humusgehalte; zie o. m. deze Verslagen, N°. XXX, blz. 138 (1925).

[20]) In den onbekalkten toestand kan B 1944 nog 0,103 gram CaO vastleggen; door de bekalking is 0,061 gram CaO vastgelegd; de potentieele adsorptie van den bekalkten grond B 1944 is dus geworden 0,103 — 0,061 = 0,042.

[21]) Zie deze Verslagen, N°. XXX, blz. 136 (1925). Per liter water kan 1250 milligram CaO oplossen en slechts 8 mgr. $CaCO_3$ (= 5 mgr. CaO).

[22]) Zie deze Verslagen, N°. XXX, blz. 128, Tabel IV.

[23]) De berekening is als volgt. Per 100 gram grond kan nog 0,639 gram kalk gebonden worden. Aangezien 100 gram grond 43 gram humus bevatten, bindt dus 100 gram humus 100 × 0,639 : 43 = 1,49 gram kalk. De K (humus) gaat dus 1,49 omhoog en aangezien ze 5,0 wordt, was ze 5,0 — 1,49 = 3,51.

[24]) Dit gedrag moet physisch-chemisch uit de sterkte van de bodemzuren en de koolzuren verklaard kunnen worden; van de bodemzuren is de sterkte evenwel niet bekend.

[25]) Zie de publicatie van Dr. VAN DER SPEK en mij in deze Verslagen, blz. 196, noot 12.

[26]) Zie de publicatie van Dr. D. J. HISSINK en Dr. JAC. VAN DER SPEK in deze Verslagen, blz. 186.

[27]) Verhandlungen der zweiten Kommission, Groningen, 1926, Deel A, blz. 105, Tabel 2; mede blz. 97 en 104.

[28]) Zie deze Verslagen, N°. XXX, blz. 132.

[29]) Zie noot 14.

[30]) Zooals reeds vroeger is opgemerkt (zie o. a. mijn Slotwoord op blz. 346 van het Landbouwkundig Tijdschrift, 1925) is met ,,een slecht resultaat van de kalkbemesting'' hier de mindere overgang van de kalk in de kleihumussubstantie bedoeld. De vraag, of de bekalking van invloed op den oogst is, blijft hierbij geheel buiten beschouwing.