

ONDERZOEKINGEN OVER DE METHODIEK BIJ
KALIBEPALINGEN IN GROND

DOOR

O. DE VRIES en C. W. G. HETTERSCHIJ

(ingezonden 27 April 1944)

Kalibepalingen in grond — voornamelijk om te dienen bij adviezen over de kalibemesting — worden door het Rijkslandbouwproefstation en Bodemkundig Instituut, en door het Bedrijfslaboratorium voor Grondonderzoek volgens eenige verschillende methoden verricht. Bij de klei- en zavelgronden wordt het kaligehalte bepaald, uitgedrukt in een percentage-cijfer; bij de zanden dalgronden is sinds dertien jaar het kaligetel in gebruik, dat betrokken wordt op den humus. Dit laatste cijfer werd aanvankelijk bepaald door den grond te behandelen met waterstofperoxyde; later is daarvoor een extractie met verdund zoutzuur in de plaats gekomen, zooals die ook voor de bepaling van het kaligehalte gebruikt wordt.

In verband met het groote belang, dat dit kali-onderzoek voor de praktijk heeft, zijn door het Rijkslandbouwproefstation en Bodemkundig Instituut verschillende onderzoekingen van methodischen aard verricht, die de basis vormden voor de geleidelijk ingevoerde wijzigingen en uitbreidingen, of die moesten dienen om zoo mogelijk tot betere onderzoekingsmethoden te komen. Dit laatste punt was vooral aan de orde bij de klei- en zavelgronden; daarbij werd over de kali-, en tegelijkertijd over de fosfaathuishouding, een uitgebreid onderzoek verricht ¹⁾ om na te gaan welke analyse-methode het meest geschikt is om een basis voor de bemestingsadviezen te vormen.

De hier volgende mededeelingen geven een samenvatting van wat er bij de onderzoekingen over de methodiek van de kalibepaling van zoodanig algemeen en blijvend belang leek, dat het verdiende om door den druk te worden vastgelegd en ter beschikking van andere onderzoekers en belangstellenden gebracht te worden.

VORMEN, WAARIN DE KALI IN DEN GROND VOORKOMT

Kali komt in den grond in zeer verschillende vormen voor, van de in water vlot en glad oplopende zouten uit de kalimeststoffen tot de zeer moeilijk en langzaam oplopende kali in sommige minerale bestanddeelen van den grond;

¹⁾ Zie de samenvattende bewerking „De nauwkeurigheid van verschillende methoden van grondonderzoek ter beoordeeling van den kali- en fosforzuurrijke”, W. C. VISSER, *Verslag, Landb. Onderzoek*. N°. 49 A, 1943, blz. 185; eveneens „Een onderzoek naar de kali- en fosforzuurhuishouding van de Groninger klei- en zavelgronden”, W. C. VISSER, *Verslag, Landb. Onderzoek*. N°. 48 A, 1942, blz. 87.

uitwisseling van in het bodemvocht opgeloste kali met andere basen, die door het sorptiecomplex gebonden zijn, en omzettingen van kali uit stalmest, wortel- en stoppelresten, gier en dergelijke, compliceeren het beeld nog verder. Het is niet mogelijk om deze bestanddeelen van den grond te scheiden en bij elk apart het kaligehalte te bepalen; men moet den grond als geheel met een extractiemiddel behandelen en trachten om zich uit de verkregen cijfers een beeld over het gecompliceerde mengsel te vormen.

Wanneer de grond kort geleden met een kalizout bemest werd en dit bij het onderzoek ten deele nog onveranderd aanwezig is, zal dit in water of verdund zuur ongetwijfeld vlot en restloos oplossen, maar gedurende de analyse, waarbij de grond al naar de gevolgde methode een tijd lang met het extractiemiddel in aanraking blijft en daarmee geschud wordt, zal deze opgeloste kali in uitwisseling kunnen treden met andere basen, zoodat er, op den keper beschouwd, tijdens de analyse een andere toestand ontstaat en een (gedeeltelijk?) evenwicht bereikt wordt, dat in den grond zelf mogelijk niet of nog niet tot stand was gekomen. Omgekeerd zal van de moeilijk oplosbare kali uit de minerale bestanddeelen bij korten extractieduur wellicht minder oplossen dan wanneer deze gronddeeltjes langer met de extractie-vloeistof in aanraking zijn; in den grond zelf blijft het bodemvocht langen tijd met de gronddeeltjes in aanraking, en indien dit zich verplaatst, gaat dat slechts langzaam. Men zal dus in den grond zelf aan een langzame, langdurige extractie hebben te denken, waarmee uiteraard niet gezegd is, dat er geen snelle uitwisselingen plaats vinden. Plaatselijke evenwichten, ook die zich slechts langzaam instellen, zullen in den grond dus vrij aardig bereikt kunnen zijn, maar van plaats tot plaats kunnen verschillen voorkomen, die slechts gaandeweg door verplaatsing van bodemvocht (en nog langzamer door diffusie) genivelleerd worden. Bij de analyse wordt krachtig ingegrepen en komt door mengen en schudden een dooreenmenging en daardoor een zekere nivelleering van de samenstelling van het extract tot stand; er worden een gelijkmatigheid en een evenwicht bereikt, die van den werkelijken, mogelijk zeer gedifferentieerden toestand in den grond in meerdere of mindere mate een schijnbeeld geven. Men moet zich bij al dergelijk grondonderzoek steeds voor oogen houden, dat het niet mogelijk is den werkelijken toestand ook slechts benaderend in cijfers weer te geven; men verschaft zich, op de een of andere conventioneel vastgestelde wijze, een of meer cijfers, maar kan daaruit niet door redeneering een conclusie trekken: men moet aan de hand van proefveldonderzoek en praktijkervaring, door de verkregen analysecijfers met opbrengstcijfers, kwaliteits- of gehaltecijfers van het gewas in correlatie te brengen, nagaan welke praktische beteekenis zij hebben voor de beoordeeling van de kalihuishouding van den grond en de toe te dienen kalibemesting. Vast gebonden en moeilijk of langzaam oplosbare kali, uitwisselbare kali, kali, die door den plantenwortel ontsloten kan worden (door het uitgeademde koolzuur, of als gevolg van de uitwisselingsreacties bij de voedselopname door de wortels, waardoor in sommige gevallen de pH merkbaar kan dalen en er in de directe omgeving van de uitwisselende wortelzone bodembestanddeelen door dit zuurder vocht in oplossing gaan) en gemakkelijk in water oplosbare kali uit mestzouten worden alle tegelijk door het extractiemiddel opgenomen; uit het verkregen cijfer moet men zich dan een beeld vormen omtrent de beschik-

baarheid van de kali en de beteekenis, die deze voor de voeding van het gewas heeft.

Wanneer men het vraagstuk zoo in zijn gecompliceerdheid overziet, doen zich verschillende werkwijzen voor die dienstig zouden kunnen zijn om een differentiatie in de kalcijfers te verkrijgen.

Men zou eerst met water kunnen extraheeren, ten einde de hoeveelheid gemakkelijk oplosbare kali te leeren kennen; dit zou men zekerheidshalve nog één of twee keer kunnen herhalen. Dit extract zou zeker ook wat van de moeilijk oplosbare kali bevatten, maar latere extracten zouden alleen aanwijzingen over de minder gemakkelijk oplosbare kaliverbindingen geven.

Men zou vervolgens zure extractievloeistoffen kunnen gebruiken, die in toenemende mate de in water niet of moeilijk oplosbare kali in oplossing brengen; men zou ook zoutoplossingen kunnen gebruiken, die uitwisseling van kationen geven en zonder verandering van den pH (zuurgraad) een beeld van de tegen basen uitwisselbare kali geven. Ook hier kan men herhaalde extractie, of in sommige gevallen beter percolatie, toepassen, om tot een zeker eindpunt te komen.

Een verder hulpmiddel is het veranderen van de verhouding grond: oplosmiddel. De gemakkelijk oplosbare verbindingen zullen bij enge schudverhouding geheel of bijna geheel oplossen; bij ruimer schudverhouding zullen zij absoluut in gelijke hoeveelheid oplossen, en daardoor relatief een kleiner deel vormen van wat er in oplossing gegaan is. De moeilijk oplosbare verbindingen zullen bij uiteenlopende schudverhoudingen tot een (vrijwel) gelijke evenwichtsconcentratie oplossen, en dus, absoluut gerekend, meer geëxtraheerde kali geven, hoe ruimer de schudverhouding is. Eenvoudig en scherp van elkaar gescheiden zullen de gevallen echter niet zijn: ongetwijfeld zullen zij op allerlei wijzen in elkaar overgaan en door elkaar loopen, terwijl er ook steeds een (grooter of kleiner) invloed van de andere opgeloste stoffen op de oplosbaarheid van de kali zal zijn.

Ten slotte kan men trachten bepaalde bodembestanddeelen aan te tasten en zoo de daarin aanwezige kali in oplossing te brengen. Bij verdunde zuren zal men, althans hoofdzakelijk, aan een uitwisseling tusschen kali- en waterstofionen te denken hebben; bij sterker zuren, en vooral bij hooger temperatuur, zal eene ontleding van minerale bodembestanddeelen kunnen plaats vinden. Door den grond met waterstofperoxyde te behandelen, worden organische bestanddeelen ontleed, waardoor andere verhoudingen kunnen ontstaan.

Zoo kan men dus bij dergelijk onderzoek variëren:

het extractiemiddel (water, koolzuurhoudend water, zoutoplossing, zuur van verschillende sterkte)

de schudverhouding grond: oplosmiddel

de schudduur (van belang bij evenwichten, die zich langzaam instellen)

de schudtemperatuur

herhaalde extractie, op een bepaalde wijze uitgevoerd

percolatie met een bepaald extractiemiddel

eventueel daarna extractie met een sterker middel

destructie van grondbestanddeelen (waterstofperoxyde, sterke zuren, verhitten of gloeien).

Wij zullen de gegevens, die wij over deze punten verzamelden, achtereenvolgens bespreken, om daarna eenige punten van meer algemeen aard (uitdrukken der resultaten als gehalte of als peil; kali-eenheid; midden-kaligetal; invloed van humus- en kleigehalte op de kalicijfers) te behandelen.

Aan het slot voegen wij daaraan toe een bespreking van de methoden voor de bepaling van de kali in de extracten, en een beschrijving van de uitvoering, zooals die thans bij het Bedrijfslaboratorium voor Grondonderzoek in gebruik is.

1. *Extractie van den grond met water*

Door F. VAN DER PAAUW¹⁾ is aangetoond, dat op de lichte gronden een gegeven kalibemesting bij het grondonderzoek op kaligetal (extractie met verdund zoutzuur van 0,1 norm.) meermalen volledig wordt teruggevonden, zoodat er dus in den tijd van een maand of wat nòch vastlegging van de kali, nòch wegspoelen naar diepere lagen in merkbare mate heeft plaats gehad. Men vraagt zich natuurlijk af of in zoo'n geval de kunstmest-kali ook in water oplosbaar gebleven is en of deze aangetoond zou kunnen worden door den grond met water uit te trekken.

Wij hebben in enkele gevallen daarover onderzoek gedaan, en wel bij perceelen zandgrond, waar kort na de kalibemesting een grondmonster genomen was, en eenige maanden later ook weer. Daarbij werden de in Tabel I vermelde cijfers verkregen, die alle in de maat van het kaligetal (K_2O op humus) uitgedrukt zijn, zoodat zij onderling vergelijkbaar zijn; het waterig extract werd echter niet in de gebruikelijke schudverhouding bereid, maar in alle drie gevallen in de verhouding 1 grond met 5 water, één uur geschud en na 24 uur staan nogmaals een uur.

TABEL I

Perceel	Harfsen I	Harfsen II	Dinxperlo
Humus %	6½	4	8½
Aard van de kalibemesting . . .	20 % kalizout	20 % kalizout	gier
Kaligetal kort na de kalibemesting	45	42	51
Kaligetal eenige maanden later .	27	26	29
Vershil	18	16	22
Waterig extract van het eerste monster	17	18	17
Kaligetal in dit eenmaal met water geëxtraheerde monster	28	28	19

Zoo oogenschijnlijk is er een aardige overeenkomst tusschen het „verschil” — dat zou dus zijn de kali, die tusschen de eerste en tweede bemonstering door het gras is opgenomen plus degene, die is uitgespoeld of vastgelegd — en het waterig extract van de eerste monsters, terwijl de kaligetallen van die met water geëxtraheerde monsters in twee van de drie gevallen goed overeenkomen met de kaligetallen van de tweede bemonstering. Tegen dit schijnbaar

¹⁾ *Verslag. Landb. Onderzoek, N°. 42 (1936) blz. 408—410.*

TABEL II

Kaligetal, gevonden bij herhaalde extractie van den grond met water

	Humus %	Bemesting	Waterige extracten										Som van alle waterige extracten	Som van de vijf eerste waterige extracten	Kaligetal van het oorspronkelijke monster				
			1e	2e	3e	4e	5e	6e	7e	8e	9e	10e				11e	12e		
Harfsen I	64	—	18	18	10	7	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	58	58	45
Pr 8, Sappermeer	29	geen kali kali	3 4	3 4	3 4	2 3	2 3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13 18	13 18	11 20
OO 51, Markelo	7	geen kali 100 240	3 5 8	3 4 5	2 4 8	3 5 5	3 5 4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14 23 30	14 23 30	18 24 31
OO 63, de Krim (O.)	18	geen kali	3	3	2	3	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13	13	14
Pr 100, Emmercompascuum	4	geen kali 300	3,5 11,7	2,7 5,7	2 3,5	1,8 3,2	1,2 2,2	1,8 3,0	1,3 2,3	—	—	—	—	—	—	—	14,3 31,6	11,2 26,3	11,3 41,3
ZGr 1, Borgecompagnie	12	geen kali kali	3,0 5,0	2,6 4,2	2,6 3,1	1,1 2,1	2,0 1,5	0,8 2,5	—	—	—	—	—	—	—	—	12,1 18,4	11,3 15,9	8,6 15,7
NGe 63, Epe	6	geen kali kali	3,6 9,1	2,6 5,5	2,5 3,9	1,2 2,9	1,6 2,3	1,2 2,4	1,3 3,2	1,4 2,6	1,6 2,5	1,4 1,5	1,6 1,5	—	—	—	18,4 35,9	11,5 23,7	15 40
NGe 67, Hummelo	5	geen kali kali	2,5 15,1	1,8 8,7	2,1 7,5	1,7 6,2	1,7 5,3	1,6 4,8	1,7 4,5	1,4 3,9	1,7 3,3	1,3 3,0	1,4 3,5	0,8 2,4	—	—	19,7 68,2	10,8 42,8	11 77

eenvoudige beeld van de kalihuishouding rijzen echter bedenkingen, o.a. wanneer men overweegt, dat de grond bij de tweede bemonstering toch ook nog wel kali in het waterig extract zal vertoonen (wat in deze gevallen niet bepaald werd).

En behalve dit, is het probleem in zijn geheel veel gecompliceerder dan men uit zoo'n eenvoudig voorbeeld misschien zou willen opmaken. Zoo geeft het waterig extract van een grondmonster volstrekt niet uitsluitend de „in water oplosbare kali” aan, wat wel blijkt wanneer men hetzelfde monster daarna nog eens met water uittrekt: dit tweede, en evenzoo volgende, extracten bevatten ook kali, en soms in verhouding tot het eerste extract een zeer aanzienlijke hoeveelheid.

2. Herhaalde extractie met water

Van deze herhaalde extractie met water geeft Tabel II een aantal voorbeelden.

Bij deze serie werd bij de behandeling met water telkens dezelfde schudverhouding genomen als bij de bepaling van het kaligetal in het betreffende monster (dus voor elk monster verschillend, afhankelijk van het humusgehalte); alle cijfers werden weer in vergelijkbare maat uitgedrukt (kali op humus).

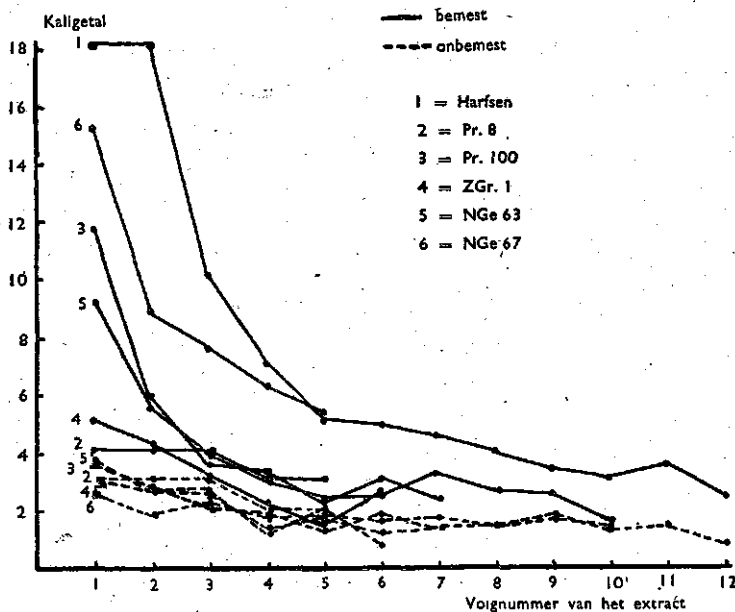


Fig. 1

Herhaalde extractie met water.

De curven hebben een geleidelijk verloop, waaruit blijkt, dat niet achtereenvolgens verschillende soorten van kali in oplossing gaan, doch dat bij de extractie een geleidelijke overgang van gemakkelijk tot moeilijker oplosbare kali plaats heeft.

Het meereendeel van deze lijnen is in fig. 1 afgebeeld. Zooals men ziet, hebben de meeste daarvan een geleidelijk verloop, toonende, dat er niet achter-eenvolgens verschillende soorten van kali in oplossing gaan. Zou men eerst gemakkelijk oplosbare kali extraheeren en vervolgens moeilijk oplosbare, dan zou de lijn een duidelijken knik moeten vertoonen. Bij een tweetal monsters (Harfsen I en Pr 8) vindt men aanwijzingen voor iets dergelijks.

Bij beschouwing van Tabel II blijkt de som van de in water bij herhaalde extractie opgeloste hoeveelheden kali in de meeste gevallen gelijk of hooger te zijn dan het kaligetel. Dit wijst er al op, dat bij de herhaalde extractie met water behalve de direct in water oplosbare kalizouten, ook kali uit andere verbindingen oplost. Dit behoeft niet te verwonderen: ook wanneer men den grond voor de eerste maal met water schudt, zal daarin, behalve de in water oplosbare kalizouten ook kali uit de andere verbindingen in oplossing gaan, althans zal er een evenwicht met deze verbindingen tot stand komen. Men kan daarbij geen scheiding maken tusschen de verschillende soorten: bij het uiteindelijke evenwicht (of wat er aan evenwicht bereikt wordt) staan alle bestanddeelen van den grond met elkaar in wisselwerking. Bij een volgende extractie gaan er echter andere bestanddeelen in oplossing, zoodat de extractie vloeistof een andere samenstelling krijgt en er daardoor ook een ander evenwicht tusschen de opgeloste stoffen onderling en met de vaste bestanddeelen ontstaat: in de tweede hoeveelheid water zullen behalve andere hoeveelheden kali, ook hoeveelheden van de overige zouten (ionen) in oplossing gaan, in andere verhouding dan in het eerste extract, waarmede ook een deel van deze werd verwijderd.

Overeenkomstige ingewikkelde verhoudingen vindt men steeds bij herhaalde extracten; wij wezen daarop reeds bij de herhaalde bepaling van het P-getal in een zelfde monster¹⁾.

Telt men nu in tabel II de cijfers voor de eerste vijf waterige extracten bij elkaar op, dan blijkt de som in de meeste gevallen van dezelfde orde van grootte te zijn als het kaligetel. Een uitzondering maakt o.a. het monster Harfsen I, het reeds beschreven graslandmonster, waarbij de bemonstering plaats had kort na de kalibemesting. Hier loste dus, naast de in water oplosbare kali, in de eerste extracten meer van de overige verbindingen op dan bij eenmalige extractie met 0,1 normaal zoutzuur het geval was.

Het valt verder op, dat bij de vrij sterk met kali bemeste objecten van de proefvelden Pr 100, NGe 63 en NGe 67 in vijf extracties met water belangrijk minder kali wordt opgelost dan door het kaligetel wordt aangegeven, terwijl bij de nul-objecten de som van de kaligetallen in vijf opeenvolgende waterige extractie weinig verschilt van het kaligetel. Men kan zich voorstellen, dat bij de zwaar met kali bemeste objecten een deel van de kali (waarvan de laatste jaarlijksche portie in het voorjaar of het voorafgaande najaar gegeven werd, terwijl de grondmonsters na het oogsten genomen werden) intusschen zal zijn geadsorbeerd en niet meer zoo gemakkelijk in water oplost, terwijl die kali door zuur wel in oplossing gebracht wordt.

Extractie met water stelt ons derhalve niet in staat om ons een duidelijk en eenvormig beeld te vormen van de hoeveelheid in water oplosbare kali,

¹⁾ O. DE VRIES und C. W. G. HETTERSCHIJ, *Der Phosphorsäure-Haushalt in moorkoloniale Boden, Die Phosphorsäure* 5 (1935) 41.

naast de overige soorten kaliverbindingen. Men zal steeds kali, afkomstig uit allerlei verbindingen, tegelijkertijd mede bepalen, volgens gecompliceerde evenwichten, die zich daarbij telkens naar omstandigheden zullen instellen. De aanwijzingen, die men op deze manier over de oplosbaarheid in water van de in den grond aanwezige kali krijgt, zullen dus slechts globaal en oriënterend zijn, maar als zoodanig kunnen deze, vooral als er gróóte verschillen voorkomen, toch wel van nut zijn. Voor te ver gaande conclusies zal men zich echter zeer moeten hoeden; de gecompliceerdheid van het vraagstuk houde men zich steeds voor oogen.

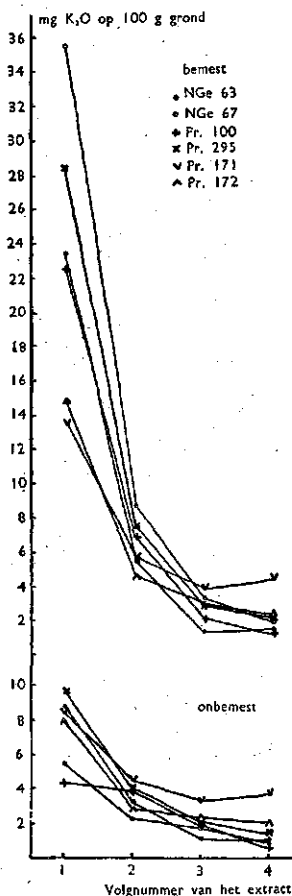


Fig. 2

Herhaalde extractie met
0,1 n HCl

Na twee of drie extracties worden de onttrokken hoeveelheden kali verder van ongeveer gelijke grootte

3. Herhaalde extractie met verdund zoutzuur

Bij extractie van den grond met water gaan telkens weer kleine hoeveelheden kali in oplossing; tabel II geeft voorbeelden, waarbij dit in het tiende en in het twaalfde extract nog het geval was. Tot op zekere hoogte gaan de gemakkelijk oplosbare kaliverbindingen in het eerste, of in de paar eerste extracten, terwijl er in de latere extracten kali uit de moeilijk oplosbare kaliverbindingen in oplossing gaat. Blijkens tabel II en fig. 1 is het verloop bij dit in oplossing gaan niet bij alle gronden hetzelfde; met name gaat er bij de veldjes, die geregeld met kali bemest werden, meer kali niet alleen in de eerste, maar ook in de latere extracten, in vergelijking met de veldjes, die eenigé jaren geen kali ontvingen.

Men vraagt zich nu af hoe de verhoudingen zijn bij een sterker inwerkend extractiemiddel, zooals b.v. een verdund zuur. Wij gingen dit bij een aantal gevallen na voor 0,1 normaal zoutzuur, dat voor kalibepalingen in grond veel gebruikt wordt; de resultaten vindt men in tabel III.

Men ziet hoe na 2 of 3 extracties de onttrokken kalihoeveelheden verder ongeveer van gelijke grootte worden; echter zijn zij bij de verschillende grondtypen niet gelijk, terwijl van totale uitputting van den grond zelfs bij acht- of negenmaal extraheeren nog geen sprake is.

Het zou interessant zijn, de kali-concentraties, die bij de latere extracties verkregen worden, in verband te brengen met aard en mineralogische samenstelling van de betreffende grondsoorten; dit mineralogisch onderzoek kon echter nog niet verwezenlijkt worden.

TABEL III
Kaligehalte bij herhaalde extractie met n/10 HC I

Grondsoort en proefveld	Humus %	Object	mg K ₂ O per 100 g grond in de zoutzure extracten									Som van alle extracten	Som van 6 eerste extracten	1e extract in procent van som 6 extracten	
			1e	2e	3e	4e	5e	6e	7e	8e	9e				
N. dalgrond Pr 100	5½	geen K ₂ O	4,2	3,9	2,0	0,7	0,8	0,7	0,6	—	—	—	13,3	12,3	34,1
		180 "	13,8	5,1	2,0	0,9	1,0	1,0	0,7	0,6	—	—	25,1	23,8	58,0
		300 "	22,5	6,8	2,1	1,2	1,2	1,0	1,0	0,7	—	—	36,5	34,8	64,7
Zandgrond NGe 67	5	geen kali	5,5	2,3	1,8	1,0	0,9	0,8	—	—	—	—	12,3	12,3	44,7
		veel "	35,5	8,6	3,2	1,9	1,4	1,0	—	—	—	—	51,6	51,6	68,8
Zandgrond NGe 68	6	geen kali	8,7	3,2	1,2	1,1	1,6	0,8	—	—	—	—	16,6	16,6	52,4
		veel "	23,4	5,4	1,3	1,4	1,7	0,9	—	—	—	—	34,1	34,1	68,6
Zavelgrond Pr 171		geen kali	8,5	4,5	3,4	3,9	3,9	2,6	2,3	2,3	2,3	3,0	33,6	26,8	31,7
		matig "	10,7	4,8	3,8	3,4	3,9	2,3	2,3	2,3	2,3	3,0	35,7	28,9	37,0
		veel "	13,5	5,6	3,8	4,5	4,5	2,6	2,3	2,3	2,3	3,0	41,7	34,5	39,1
Zavelgrond Pr 172		geen kali	8,0	2,8	2,4	2,1	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	28,0	20,5	39,5
		matig "	9,7	3,9	2,6	2,1	2,6	2,2	2,2	2,6	2,6	1,9	30,2	23,1	42,0
		veel "	14,9	4,5	3,0	2,3	3,0	2,4	2,6	2,6	3,0	2,4	38,1	30,1	49,5
Zavelgrond Pr 295		geen kali	9,7	4,0	2,1	1,5	1,9	1,1	1,5	1,5	1,5	—	21,8	20,3	47,8
		300 "	14,6	5,5	2,1	1,7	1,7	1,1	1,5	1,5	—	—	28,2	26,7	54,7
		600 "	19,7	4,9	2,9	1,7	1,9	1,3	1,5	1,5	—	—	33,8	32,3	61,0
900 "	28,3	7,4	2,9	2,1	1,7	1,3	1,5	1,5	—	—	45,2	43,7	64,8		

In fig. 2 is een deel der in tabel III vermelde cijfers uitgezet, waardoor het verloop dezer cijfers nog duidelijker uitkomt.

Beschouwen wij de cijfers van tabel III nog eens nader, dan zien wij in de laatste kolom, dat bij stijgende kalibemesting de hoeveelheid kali, welke in het eerste extract oplost, uitgedrukt in procenten van de som der eerste zes extracten, toeneemt. Bij onbemest lost in het eerste extract steeds het kleinste deel van de som op. Dit zal wel daaraan zijn toe te schrijven, dat bij het nul-object de in verdund zoutzuur oplosbare kali moeilijker oplosbaar — vaster gebonden — is, terwijl kali uit moeilijk oplosbare verbindingen er naar verhouding een grooter rol speelt en in water oplosbare kali er in het geheel niet aanwezig is. Bij de veldjes, die jaarlijks kalibemesting kregen, lost naar verhouding in het eerste en tweede extract veel meer op.

De curven in fig. 2 kunnen ons een indruk geven van de mate, waarin de kali vast of minder vast gebonden is. Zoo is er bij Pr 100, waarvoor de curven

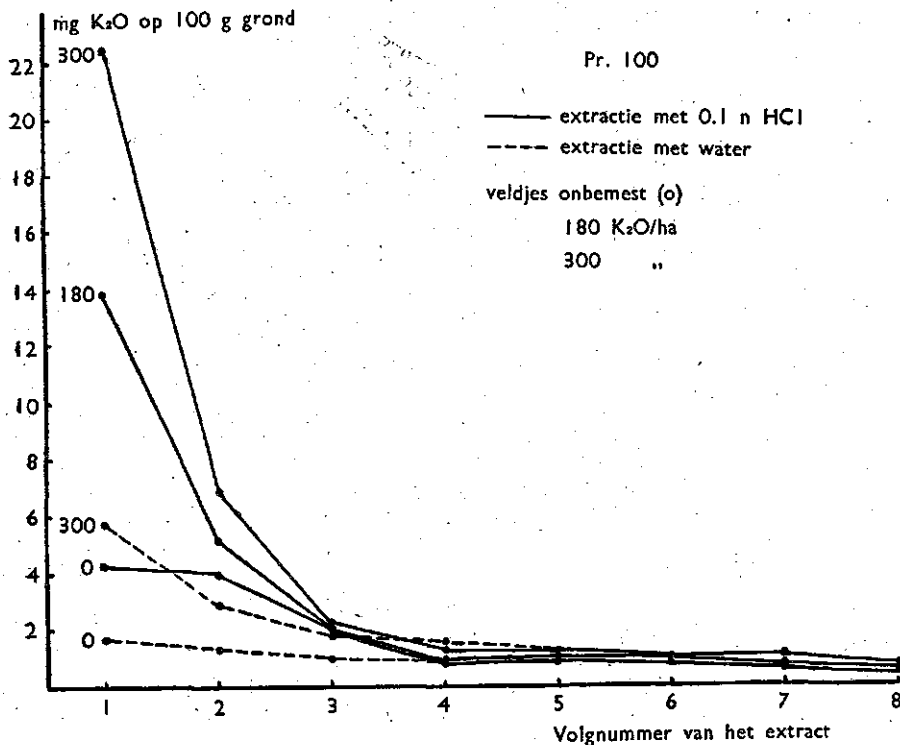


Fig. 3

Herhaalde extractie met 0,1 n HCl en met water bij proefveld Pr 100 op nieuwen dalgrond. Bij de bemeste objecten daalt na de eerste extractie het kaligehalte veel sterker dan bij het onbemeste object.

Met verdund zoutzuur wordt belangrijk meer geëxtraheerd dan met water. Zelfs in dezen grond is de beweeglijkheid van de kali beperkt en gaat lang niet alles in het eerste extract.

afzonderlijk in fig. 3 zijn afgebeeld, een groot verschil in helling tusschen het eerste deel, van de curven voor bemest en onbemest. Van deze grondsoort — nieuwe dalgrond — is bekend, dat de kali er zeer mobiel in is, de kunstmest-kali wordt er slechts zwak in gebonden, zoodat deze gemakkelijk reeds in het eerste extract oplost; derhalve daalt de curve voor de bemeste veldjes aanvankelijk sterk. Bij de onbemeste veldjes daarentegen is geen gemakkelijk oplosbare kali aanwezig; de curve voor dit object loopt bijna horizontaal. De curven voor herhaalde extractie met water, die in fig. 3 nogmaals afgebeeld zijn, toonen duidelijk, dat er in dezen grond door verdund zoutzuur heel wat meer in oplossing wordt gebracht, en dat de beweeglijkheid van de kali ook in dezen grond slechts betrekkelijk is.

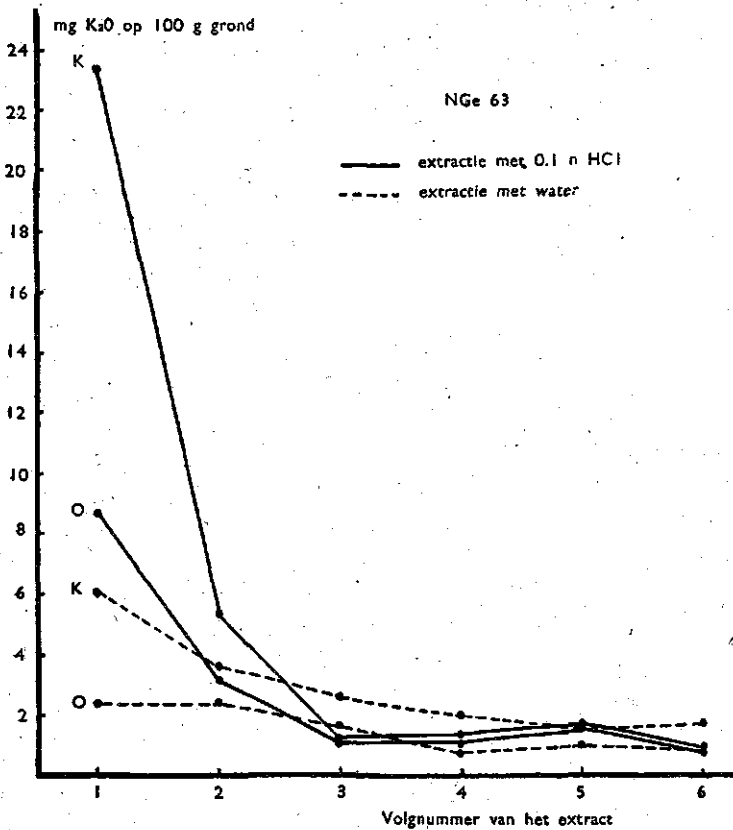


Fig. 4

Herhaalde extractie met 0,1 n HCl en met water bij proefveld NGe 63 op leemhoudenden zandgrond.

De curve voor onbemest bij de extractie met zoutzuur loopt steiler dan bij Pr 100, doordat er bij volgende extracten kali in oplossing komt, die sterker gebonden is dan bij den sterk uitgespoelden grond van Pr 100.

Een veel gevarieerd sprekend beeld geven de in fig. 4 afgebeelde curven van proefveld NGe 63. De curve voor onbemest loopt hier steiler dan bij Pr 100, wat er op wijst, dat er hier geleidelijk kali in oplossing komt, die sterker gebonden is dan bij den sterk uitspoelenden nieuwen dalgrond van Pr 100. Deze zandgronden zijn ook inderdaad wat leemhoudend.

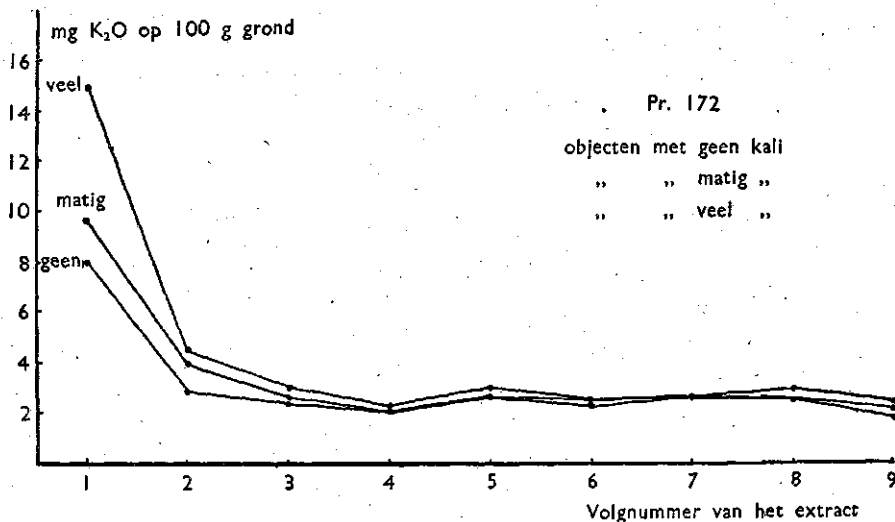


Fig. 5

Herhaalde extractie met 0,1 n HCl bij proefveld Pr 172 op lichten zavelgrond.

Het verschil in daling van de curven na de eerste extractie tusschen den onbemesten en den bemesten grond is veel kleiner dan bij Pr 100 en NGe 63. De versche bemesting wordt snel gebonden, terwijl er bij den onbemesten grond blijkbaar nog een zekere hoeveelheid in verdund zoutzuur oplosbare kali voorhanden is.

Van de zavelgronden geeft fig. 5 een afzonderlijk beeld voor Pr 172. Hier komt het onbemeste veldje in type der lijn nog meer met de bemeste overeen. De versche bemesting wordt hier blijkbaar sneller gebonden, terwijl daarentegen bij het onbemeste object er toch een zekere hoeveelheid in verdund zoutzuur oplosbare kali voorhanden is. Van deze zavelgronden is het bekend, dat een vroegere kalibemesting nog jarenlang nawerkt en zich in den oogst bemerkbaar maakt; uitspoeling van kali, zooals die in zoo sterke mate bij den nieuwen dalgrond (Pr 100) voorkomt, vindt men hier niet.

Het zesde geval in tabel III heeft betrekking op proefveld Pr 295 op lichten zavelgrond, van overeenkomstig kleigehalte als Pr 171 en 172. Dit proefveld werd kort na den aanleg bemonsterd, en wel twee maanden nadat er verschillende voorraadsbemestingen gegeven waren. In overeenstemming met de grootere hoeveelheden kali, die gegeven werden, blijkt het verschil in helling tusschen de curven van de kali-objecten en die van het nul-object (fig. 6) grooter dan bij Pr 171 en 172. Ook hier is de helling bij het nulobject

vrij steil, evenals bij de andere zavelgronden. Uit de herhaalde extractie blijkt dus duidelijk, dat de kali op de zavelgronden sterker is gebonden dan op dal- en zandgronden. Bij extractie met 0,1 norm. zoutzuur vindt men na den oogst dikwijls weer een bepaalde kaliwaarde, die vrij constant is. De met de bemesting gegeven kali wordt zoo sterk gebonden, dat zij slechts gedeeltelijk

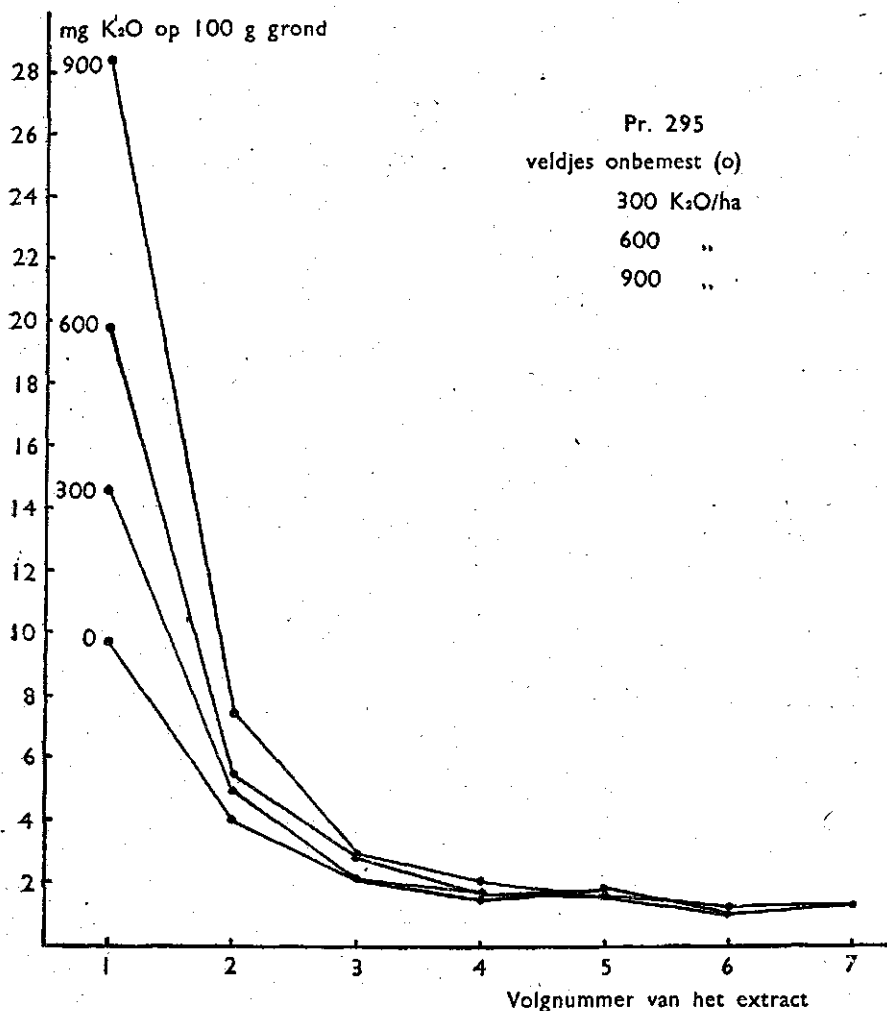


Fig. 6

Herhaalde extractie met 0,1 n HCl bij proefveld Pr 295 op lichten zavelgrond. Door de zware voorraadsbemesting is het verschil tusschen de eerste extracties, maar ook dat in helling tusschen de curven van de bemeste objecten en het onbemeste, grooter dan bij Pr 172.

De helling van het nul-object is, evenals bij Pr 172, vrij steil.

bij extractie met 0,1 norm. zoutzuur vrij komt. Ook de oogsten blijven hier meevallen, wanneer men de kalibemesting eens weglaat, in tegenstelling b.v. met den nieuwen dalgrond, waar reeds spoedig na weglating van de kalibemesting een sterke oogstdepressie optreedt.

In fig. 7 geven wij nu van alle zes proefvelden nog eens weer de waarden voor het eerste en tweede extract voor de onbemeste objecten en voor die met de hoogste kaligift; om het verschil in helling beter te kunnen vergelijken zijn de lijnen van de bemeste objecten verschoven zoodat de punten voor het tweede extract samenvallen, terwijl die voor het eerste in dezelfde verhouding verlaagd zijn. Men krijgt aldus een samenvattend beeld van het boven besprokene, waarbij vooral het sterk afwijkende figuurtje van den nieuwen dalgrond op Pr 100 opvalt.

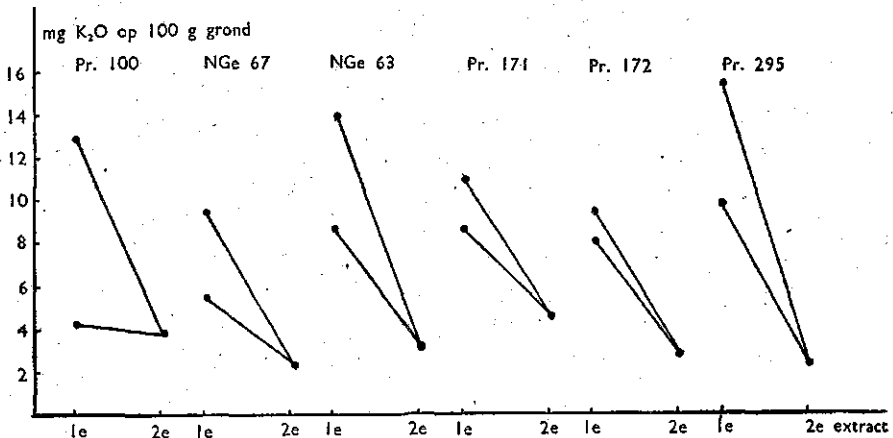


Fig. 7

De waarden voor alle zes proefvelden van tabel III voor het eerste en het tweede extract. Voor een betere vergelijking zijn de lijnen voor de bemeste objecten verschoven, zoodat de punten voor het tweede extract samenvallen, waarbij de cijfers voor het eerste extract bij „bemest” in dezelfde verhouding verlaagd zijn.

De sterk afwijkende figuur van den nieuwen dalgrond valt in het bijzonder op.

4. Veranderingen in de kalivoorziening bij percelen op nawerking

Van het proefveld Pr 171 op lichten zavelgrond lag in 1939 de helft op nawerking, terwijl de andere helft naar 100 K₂O/ha werd bemest. Zoowel op de helft, welke in 1939 op nawerking lag (eerste helft in tabel IV) als op de in 1939 versch naar 100 kg K₂O/ha bemeste (tweede gedeelte) vertoonen de K-HCl (= kaligehalte-) cijfers een neiging tot dalen van September 1938 tot Mei 1939 en tot Augustus 1939. Na den oogst op 7 Augustus 1939 zijn voor alle objecten, behalve die met den grootsten voorraad, de cijfers van gelijke orde van grootte geworden en naderen die van het nulobject. Het weglaten van de kali heeft de opbrengst nagenoeg niet beïnvloed. Voor de wel en niet bemeste helften zijn de korrelopbrengsten gelijk. Bij het stroo gaf

TABEL IV

Kaliënishouding op de bemeste helft van groebeld Pr 171 en op de helft, die in 1939 op naverking lag

q/ha K ₂ O in 1934 t/m 1938	0	2	4	7	7½	11	15	2	4	7	7½	11	15
" " " 1939	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
K-HCl op 16 Sept. 1938	7	7	7	7½	8	10	16	7	8	7½	8	13	14
" " 23 Mei 1939	6½	6	7	8	7	10	13	8	9	9	9	11	15
" " 7 Aug. 1939	7	7	8	8	7	8	11	7	7	9	8	11	14
Opbrengst korrel; 100 = 57,1 quint.	91½	98	93½	99½	100	99½	99	98½	93	99½	101	99½	100
" " stroo; 100 = 69,4 "	72½	86½	79	93	93	96½	94½	89	85	98½	96	96	100
K ₂ O % in de droge stof van de korrel	0,68	0,71	0,69	0,69	0,73	0,71	0,72	0,67	0,73	0,71	0,71	0,69	0,77
" " " " " het stroo.	0,78	0,78	0,73	1,15	1,07	1,70	2,13	1,24	1,23	1,65	1,38	2,06	2,81

de versche kali eenige verhooging in opbrengst; elk object vertoont een hooger cijfer dan het overeenkomstige, dat op nawerking lag. Bij het kaligehalte van het stroo komt dit nog sterker tot uiting; op de bemeste helft was de kali-onttrekking, voor zoover die uit de stroocijfers voor opbrengst en gehalte van het stroo blijkt, aanmerkelijk grooter en stijgt ook met toenemende voorraadsbemesting, hoewel de K-HCl cijfers voor den grond dezen voorraad niet meer aantonen. Hieruit, en uit de geringe oogstdepressie bij het achterwege laten van de kalibemesting, blijkt duidelijk, dat een deel van de sterker gebonden kali, die in 0,1 normaal zoutzuur niet voldoende meer oplost, voor de planten gemakkelijk beschikbaar is.

Bij nieuwen dalgrond is de kali veel zwakker gebonden. Weglating van de kalibemesting geeft hier spoedig oogstdepressie. De planten kunnen hier voor hun kalibehoeft niet voldoende putten uit nog aanwezige sterker gebonden kali, daar de uitspoeling op dit grondtype groot is. In de tabel V ziet men het effect van 2 jaar weglating der kali op de beide objecten, die zes jaar achtereen 60, resp 180 kg/ha K_2O ontvingen.

TABEL V

Effect van weglaten gedurende twee jaar van de kalibemesting bij twee objecten van Pr 100

Objecten		Opbrengst 1938 (Petkuser Rogge)			K ₂ O % van de droge stof		K getal 31-8-1938
		korrel quint./ha	stroo + kaf quint./ha	hectoliter- gewicht/kg	korrel	stroo + kaf	
1931 t/m 1936	1937 en 1938						
Jaarlijks 0 kg/ha K ₂ O	0 kg/ha K ₂ O	3,2	29,5	62,8	0,81	0,31	7
60 "	0 "	5,3	33,6	62,4	0,86	0,32	8
120 "	120 "	32,2	61,0	74,4	0,80	0,91	14
180 "	0 "	22,2	51,8	70,5	0,80	0,56	9
240 "	180 "	31,7	62,1	74,5	0,88	1,15	20
300 "	300 "	32,0	63,1	75,3	0,81	1,32	22

De objecten 60 en 180 K₂O op nawerking geven een sterk verlaagde opbrengst zoowel aan korrel als aan stroo. Ook in het hectolitergewicht en in het kaligehalte van het stroo komt de minder goede kalivoorziening duidelijk tot uiting.

Hoewel de kali op nieuwen dalgrond veel beweeglijker is dan op kleigrond, is de naar diepere lagen uitgespoelde kali toch niet geheel voor de planten verloren. Zoo was de depressie voor het object 180 op nawerking in 1937, dus het eerste jaar na de weglating, veel kleiner dan in het tweede, hoewel na den oogst het kaligetal 10 was, dus praktisch gelijk was aan dat in den herfst van 1938, nl. 9. De zetmeelopbrengst was echter slechts 10 % lager dan die van het hoogste kali-object. Waarschijnlijk hebben de aardappelen nog in voldoende mate het tekort kunnen aanvullen uit den naar diepere lagen weggevoerden kalivoorraad. Een door Dr. M. A. J. GOEDEWAAGEN ingesteld

wortelonderzoek wees dan ook uit, dat een klein aantal wortels, doch voldoende voor eventueele kali-opnamen tot op ongeveer 24 cm diep in den grond doordringen. Daar beneden wordt het veen zeer nat, zoodat door zuurstofgebrek de groei tot stilstand komt.

5. Vastlegging van kali

De uitwisselbare kali wordt in den grond betrekkelijk snel in niet uitwisselbaren vorm omgezet. Afwisselend bevochtigen en drogen bevordert het proces. Te velde kan dit ook het geval zijn. Zooals wij op blz. 149 reeds opmerkten dalen de K-HCl cijfers, die na de gegeven bemesting een duidelijke verhooging gaven, daarna dikwijls weer vrij snel tot hetzelfde niveau als voor de bemesting. Tabel VI geeft hiervan nog een voorbeeld bij het proefveld Pr 172 op lichten zavelgrond.

TABEL VI

Geleidelijke daling der K-HCl getallen na een gegeven bemesting

Pr 172 ZAVELGROND Objecten	Bouwvoor				Ondergrond			
	vóór de bemesting	6 weken na de bemesting	3 maanden na de bemesting	5 maanden na de bemesting	vóór de bemesting	6 weken na de bemesting	3 maanden na de bemesting	5 maanden na de bemesting
Geen K ₂ O	8½	8	7	8½	7½	7½	7½	7½
200 „ (oude nul-object)	11	14	12	10½	8	8	8	7½
200 „ („ K-object).	11	16	13½	12	10	9½	9½	8

De K-HCl cijfers, die na de bemesting 3 tot 5 eenheden waren gestegen, zijn 5 maanden later weer van gelijke orde van grootte geworden als vóór de bemesting. Het zou natuurlijk mogelijk zijn, dat de daling van de in 0,1 normaal zoutzuur oplosbare kali niet zoozeer het gevolg was van vastlegging als wel van uitspoeling of althans van beide.

Hoewel uitspoeling bij een zavelgrond niet in sterke mate te verwachten is, hebben wij, om dit na te gaan, ook den ondergrond bemonsterd tegelijk met de bouwvoor.

Uit tabel VI ziet men, dat van een verplaatsing van de kali naar den ondergrond niets blijkt: van een verrijking van den ondergrond is geen sprake. De bemesting heeft in die lagen het gehalte aan uitwisselbare kali zelfs niet tijdelijk verhoogd.

Dat de grond gemakkelijk kali vast kan leggen, kan men aantonen, door hem te mengen met een kali-oplossing en in glasdoozen eenige weken te bewaren. Tegelijk bewaart men een tweede portie grond, die met dezelfde hoeveelheid water is behandeld, doch zonder kali. Bepaalt men dan later de kali-getallen van beide grondporties, dan kan men berekenen wat er aan kali uit de oplossing is vastgelegd in procenten van de toegevoegde hoeveelheid kali.

TABEL VII

Vastlegging van uitwisselbare kali
(Extractie met ammoniumacetaat van grond, die met een kali-oplossing, resp. met water gestaan had)

Monster	Herkomst	Afslibbaar %	Humus %	Zonder KCl	Met KCl	Vastlegging %
105321	Zoutkamp	13	1,6	10,5	56	25
104051	Molenrij	16	2,6	6	45	35
104842	Uithuizerveeden	17	2,4	7	40	45
105277	Uithuizen	22	1,9	9,5	41	50
105308	Spijk	22	2,0	11,5	48	40
104053	Warfhuizen	29	1,6	9	34	60
105287	Oosterburen	33	1,8	13,5	42	55
105304	Spijk	33	1,6	11,5	46	40
105283	Huizinge	40	2,3	16	43	55
104764	Meeden	42	3,3	6	42	40
104756	Finsterwolde	51	4,1	39	50	80
104840	Uithuizerveeden	54	2,6	23	55	45
104860	Garmerwolde	54	8,8	14,5	44	50
104758	Midwolda	60	3,7	20	40	65
106135	Hamdijk	66	4,6	27	67	35
104856	Schildwolde	68	9,2	16	49	45
104877	Westerleé	70	6,1	15	39	60
104761	Scheemda	72	3,7	21	50	50
104759	Midwolda	74	3,5	28	39	80
104857	Schildwolde	78	4,0	20	47	55

Die vastlegging kan vrij groot zijn. In tabel VII laten wij eenige voorbeelden zien, waarbij per 100 gr grond 60 mg K_2O werd toegevoegd. De uitwisselbare kali is hier in plaats van met 0,1 normaal zoutzuur door extractie van den grond met 1 normaal ammoniumacetaat bepaald: een eventueële zure werking van het extractiemiddel werd op die wijze vermeden. Uit de aldus bepaalde gehalten aan uitwisselbare kali is de vastlegging berekend; (bij monster 105321 b.v. meer teruggevonden $56 - 10,5 = 45,5$ mg kali, ontbreekt 14,5 van $60 = 25$ %). Zoals men ziet, kan de vastlegging vrij aanzienlijk zijn, al moet men er mede rekening houden, dat in werkelijkheid de berekende getallen iets te hoog zijn, omdat bij een tweede en soms ook bij een derde extractie met ammoniumacetaat nog eenige kali vrijgekomen zou zijn. Doch veel is 'dit meestal niet.

Eenig verband met het kleigehalte blijkt uit deze cijfers niet, waaruit zou volgen, dat de gronden, naarmate zij zwaarder zijn, wat meer met kali verzaaid zouden zijn.

6. Verplaatsing van kali naar diepere lagen

Bij nieuwen dalgrond, waar de kali zeer mobiel is, neemt het kaligehalte van de bouwvoor eveneens snel af. Men heeft hier zooals uit laagsgewijze bemønstering blijkt, in de eerste plaats met uitspoeling te maken. Bij een bemønstering van het proefveld Pr 100 bleken 2 maanden na de kalibemesting

de kaligetallen voor de bouwvoor niet veel hooger te zijn dan vóór de bemesting. Dit zou kunnen zijn door sterkere binding, zooals wij dat bij het proefveld Pr 172 op lichten zavelgrond zagen, doch de vrij groote kaligetallen van de diepere lagen wezen hier meer op uitspoeling. Om dit na te gaan werden 3 laagsgewijze bemonsteringen uitgevoerd en wel 2, 5 en 11 maanden na de toediening van de kalibemesting. In de bouwvoor daalden de kaligetallen nog verder, terwijl in de laag 0—5 cm onder de bouwvoor deze bij de tweede bemonstering gestegen waren en bij de derde weer gedaald. In de daaronder volgende lagen bleven de waarden op gelijke hoogte. De daling in de bouwvoor is naast uitspoeling en vastlegging ook het gevolg van de onttrekking door het gewas. De tijdelijke verhooging in de laag 0—5 cm onder de bouwvoor wordt gevolgd door een nog sterkere daling, welke wel in hoofdzaak op rekening

TABEL VIII.

Kaligetallen bij laagsgewijze bemonstering op het kaliproefveld Pr 100

6 jaren achtereen, kg/ha K ₂ O	Humus %	0			60			120			180			240			300		
		2	5	11	2	5	11	2	5	11	2	5	11	2	5	11	2	5	11
Bouwvoor	51	9	10	10	15	12	14	22	19	18	30	27	19	39	32	26	43	37	27
0—5 cm onder bouwvoor . .	38	5	8	6	8	10	7	12	18	8	15	18	12	19	25	16	26	27	17
5—10 " " "	79	5	5	6	6	7	6	9	11	8	11	12	12	14	14	15	19	18	19
10—15 " " "	78											10	12		12	14		15	16
15—20 " " "	85												10			13		14	14
20—25 " " "	83																		13
25—30 " " "	88																		11

van de onttrekking tijdens den groei zal komen; immers, zooals uit een door Dr. M. A. J. GOEDEWAAGEN uitgevoerd wortelonderzoek bleek, dringen de wortels ook in deze laag en daaronder door en kunnen de planten uit deze lagen voor een deel hun voedsel opnemen. Niettemin is het duidelijk, dat, naarmate de bemestingen zwaarder zijn, ook sterkere benedenwaartsche beweging van de kali plaats heeft, vooral als men rekening houdt met de veel grootere kali-eenheid in de lagen onder de bouwvoor, waar het humusgehalte vele malen grooter is dan dat van de bouwvoor. Deze kali is dus, hoewel vrij beweeglijk, althans voor een deel nog in gemakkelijk uitwisselbaren vorm aanwezig.

Ook bij zandgrond kan er op deze wijze een verrijking van den ondergrond aan gemakkelijk opneembaar kali plaats hebben. Wij geven hiervan een voorbeeld, ontleend aan een onderzoek van Dr. VAN DER PAAUW¹). (Tabel IX).

Van 1929 t/m 1934 werd er jaarlijks 0,250 en 500 kg/ha kali gegeven. In 1935 werd op het zwaarst bemeste object de kali weggelaten.

Door de bemesting op 20 Maart 1936, direct na de bemonstering, was op 3 Mei het kaligetal in de bouwvoor op het object 250 K₂O flink gestegen. Op

F. VAN DER PAAUW, *Het kalivraagstuk op de zand- en dalgronden. Verslag Landbouwk. Onderzoek.* 42 (1936), 436.

TABEL IX

Kaligetallen van drie verschillende bodemlagen op drie tijdstippen, bij een proefveld (Pr 266) op zandgrond

Datum 1936	Bouwvoor 0—12 cm			Laag 12—22 cm			Laag 22—32 cm		
	0 K ₂ O	250 K ₂ O	500 K ₂ O ¹⁾	0 K ₂ O	250 K ₂ O	500 K ₂ O ¹⁾	0 K ₂ O	250 K ₂ O	500 K ₂ O ¹⁾
20 Maart .	14,5	28,5	43	7,5	17,5	33,5	6	11,5	21,5
3 Mei . . .	14,5	43	36,5	7	18	31,5	7	11	23
7 Aug. . .	10	34,5	35	5,5	19,5	33	4,5	12,5	21

¹⁾ In 1935 geen kali.

7 Augustus is het alweer aanmerkelijk gedaald. Er is dus kali uit de bouwvoor naar den ondergrond verplaatst. Bezieet men de cijfers voor de beide lagen onder de bouwvoor, dan blijken door de 6, resp. 5 jaar volgehouden verschillende kalibemesting groote verschillen in de kaligetallen te zijn ontstaan. Vergeleken met de kaligetallen in den ondergrond bij het proefveld Pr 100 is hier de stijging van de kaligetallen aanmerkelijk grooter. Dit behoeft nog niet op een grootere benedenwaartsche verplaatsing te wijzen, daar de kali-eenheid van den ondergrond op Pr 100 veel grooter is dan op Pr 266 het geval is ($\pm 9\%$ humus tegen ± 80 bij Pr 100).

7. Herstel der kalicijfers door vochtig worden en opdrogen

Bij het beoordeelen van cijfers als de zoo juist besprokene, die in denzelfden grond op verschillende tijdstippen werden bepaald, heeft men te bedenken, dat hierbij bepaalde, in hun aard nog weinig bekende factoren in het spel kunnen zijn. In § 9 zullen wij bespreken, dat een herhaaldelijk geëxtraheerde grond, na vochtig staan en opdrogen, weer een hooger kalicijfer kan vertoonen dan bij de laatste extracties. Een dergelijke uitputting, gevolgd door een tijdelijk herstel, komt ook op het veld voor. Fig. 8 geeft daarvan een voorbeeld bij het kaliproefveld Pr 171 op lichten zavelgrond. Voor vier verschillende kali-objecten zijn hier de K-HCl cijfers uitgezet op verschillende tijdstippen vóór en na de bemesting en na den oogst. Na de kalibemesting op 14 October 1935 waren de kalicijfers bij de bemonstering op 29 November sterk gestegen. Daarna daalden zij door vastlegging en opname door het gewas en werd voor de beide hoogste kali-objecten op 5 Juni een minimum bereikt. Na de periode van sterke onttrekking door het gewas heeft er weer een stijging van de kalicijfers plaats (waarbij mogelijk een terugkomen van kali uit het afstervende gewas een rol speelt), zoodat deze op 10 Augustus, een dag na het zichten van de wintertarwe, weer aanmerkelijk hooger waren dan op 5 Juni. De stijging is maar tijdelijk, daar door de voortgaande vastlegging het gehalte aan uitwisselbare kali weer afneemt; voor het minst bemeste object treedt geen verhooging meer op, daar de vastlegging hier blijkbaar overweegt. Het niet met kali bemeste object vertoont een min of meer constant verloop; de schommelingen kunnen het gevolg zijn van kleine afwijkingen bij de bemonstering

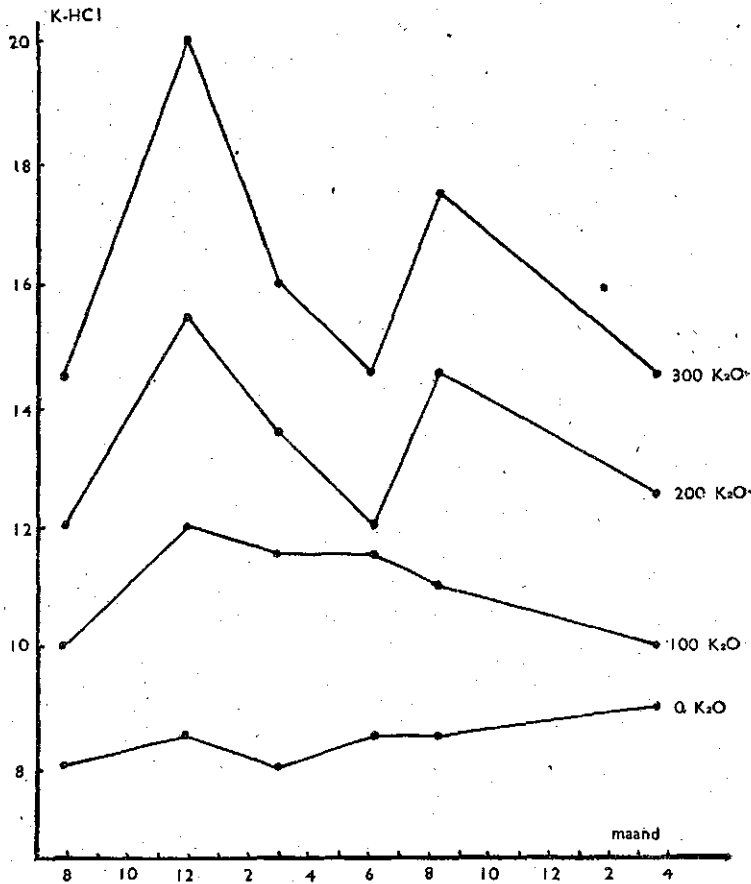


Fig. 8

K-HCl cijfers op verschillende tijdstippen van het jaar bij verschillende objecten van proefveld Pr 171 op zavelgrond.

Sterke stijging, ten gevolge van de kalibemesting op 14 October 1935, bij de bemonstering op 29 November. Daarna daling door vastlegging en onttrekking door het gewas. Na een periode van sterke onttrekking vervolgens weer tijdelijke stijging bij de het zwaarst bemeste objecten, met een maximum op 10 Augustus, één dag na den oogst. Vervolgens door verdere vastlegging een voortgaande daling.

en de analyse. Het gewas gaf een volkomen misoogst, zoodat de kali-opname gering was. Ook de vermindering van uitwisselbare kali zal onbeduidend zijn geweest, daar het object in een reeks van jaren geen kali ontving en derhalve de vastlegging vrijwel haar eindpunt zal hebben bereikt.

8. *Extractie met citroenzuur*

Wij hebben ook een aantal bepalingen gedaan met 1 % citroenzuur, dat bij het grondonderzoek een der vanouds gebruikelijke extractie-middelen is. De

pH hiervan is 2,1, en de normaliteit 0,14; het heeft dus een iets hooger pH dan 0,1 norm. zoutzuur. Eene vergelijking bij 58 monsters van zand- en dalgronden gaf de in fig. 9 afgebeelde resultaten. Het 1 % citroenzuur geeft — zooals de iets hogere pH zou doen verwachten — lager cijfers, maar de correlatie is zeer goed en bepaalde gezichtspunten doen zich niet voor.

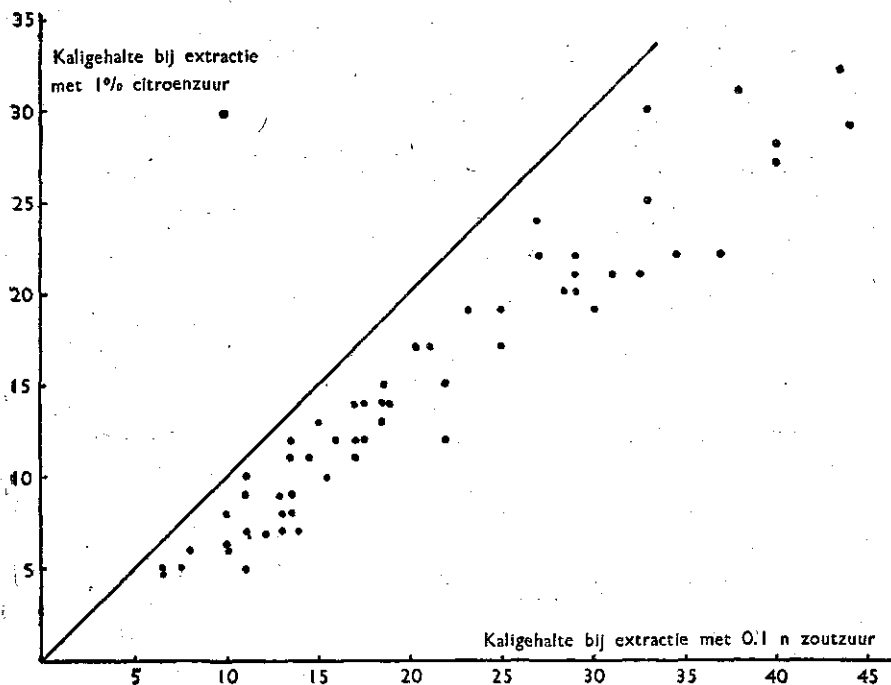


Fig. 9

Extractie van 58 grondmonsters met 1 % citroenzuur, vergeleken met extractie met 0,1 norm. zoutzuur.

Het 1 % citroenzuur geeft — zooals de iets hogere pH zou doen verwachten — lager cijfers, maar de correlatie is goed.

Extractie met citroenzuur heeft het analytisch bezwaar, dat het extract na indampen gegloeid moet worden om het citroenzuur te destrueeren, wat, zooals wij bij de waterstofperoxydebepaling zullen zien, gemakkelijk aanleiding kan geven tot foutieve uitkomsten, hetzij doordat wegens te weinig gloeien de sedimentrische kalibepaling te hoog uitvalt, hetzij doordat bij te sterk gloeien er kali verloren gaat. Om deze redenen is extractie met 0,1 norm. zoutzuur, waarbij gloeien niet noodig is, te verkiezen.

9. *Behandeling van den grond met eene zoutoplossing: herhaalde extractie met ammoniumacetaat*

Bij het grondonderzoek op kali hebben verschillende onderzoekers gebruik gemaakt van zoutoplossingen, voornamelijk van ammoniumzouten

(b.v. chloride, acetaat): door uitwisseling tusschen ammonium en kalium gaat een deel van de kali in oplossing, zonder dat daarbij de concentratie van de vloeistof verandert en zonder dat zuren een rol spelen. Men is in het algemeen tot de conclusie gekomen, dat het evenwicht bij de uitwisseling der kationen zich snel instelt, en men stelt zich gewoonlijk voor, dat deze „uitwisselbare kali” een bepaalde beteekenis voor de plantenvoeding heeft.

Om ook op dit punt eenigszins georiënteerd te zijn, behandelden wij een aantal grondmonsters met een 1 norm. ammoniumacetaat-oplossing, en wel eenige malen achtereen. Uit de cijfers, die in tabel X vermeld zijn, ziet men, dat in vele gevallen bij de derde behandeling geen kali meer in de vloeistof

TABEL X

Herhaalde extractie van den grond met ammoniumacetaat-oplossing

Perceel	Humus	Klei	Behandeling met ammoniumacetaat			K-HCl kali-gehalte
			1e	2e	3e	
Posterholt, zandgrond	3,3	—	5,7	0,6	0	6
Pey-Echt, „	4,1	—	5,3	0,6	0	6
De Lutte, „	5,4	—	7,0	1,3	0	8
Haarlo, „	4,2	—	4,6	0	0	5
Noordlaren, „	6,0	—	4,5	0	0	6
Veelerveen, „	9,7	—	4,2	0	0	6
Kloosterburen, zavelgrond	2,4	17	5,9	1,3	0	7
Afferden, rivierklei	2,4	36	7,9	1,3	0	10
Nieuw Beerta, Dollardklei	5,2	73	23,9	1,3	0	26
Pr 201, zavelgrond geen kali	—	26	5	4	0	10
id. bij Pieterzijl 120 „	—	—	6	4	0	11
id. „ „ 300 „	—	—	7	3	0	13
id. „ „ 480 „	—	—	9	3	0	15
Pr 171, zavelgrond geen „	2,0	17	4	1	0	7½
id. bij Hornhuizen matig „	—	—	6	1	0	14
id. „ „ veel „	—	—	13	1	0	20
Pr 172, zavelgrond geen „	1,9	18	4	1	0	9
id. bij Eenrum matig „	—	—	8	1	0	14
id. „ „ veel „	—	—	14	0	0	23
Pr 295, zavelgrond geen „	2,6	17	9	1	0	13
id. bij Kloosterburen 300 „	—	—	11	½	0	18
id. „ „ 600 „	—	—	17	½	0	29
id. „ „ 900 „	—	—	20	0	0	37
Hornhuizen, zavelgrond N°. 104056	2,3	18	9	1,8	1,6	10
Kloosterburen, „ „ 104057	1,9	15	5,8	1,9	2,2	8
Hornhuizen, „ „ 104060	1,8	26	10,4	2,5	2,6	15½
Pieterburen, „ „ 104066	2,0	19	7,9	2,4	0,4	11½
Loppersum, klei „ „ 104071	2,6	38	13,6	1,5	1,0	14½
Warfhuizen, „ „ 104074	2,0	36	14,7	1,0	1,1	17
Nieuwolda, „ „ 104748	5,1	58	40,2	1,4	2,5	47
Finsterwolde, „ „ 104755	3,4	73	32	2,2	2,2	38
Scheemda, „ „ 104761	3,7	72	19	1,4	1,5	12
Meeden, „ „ 104764	3,3	42	8,5	1,5	0	10½
Uithuizermeeden, „ „ 104839	2,0	40	12,7	2,1	0	22½
Rottum, „ „ 104847	2,4	36	11,6	0,4	0	16½

overging, zoodat al de onder de gekozen omstandigheden „uitwisselbare” kali bij twee behandelingen gewonnen werd. Dit zou een voordeel kunnen beteekenen tegenover de behandeling met water, waarbij volgende extracties steeds weer betrekkelijk kleine hoeveelheden kali in oplossing doen gaan; wij zagen in § 3 dat hetzelfde het geval is bij behandeling met verdund zuur.

Echter zijn de verhoudingen niet altijd zoo eenvoudig. Tabel X vermeldt ook een aantal gevallen (Groninger zavel- en kleigronden), die in het derde extract ongeveer evenveel kali gaven als in het tweede; vermoedelijk zou ook het vierde, en misschien evenzoo volgende extracten, kali bevat hebben.

Ter vergelijking zijn in tabel X vermeld de cijfers, volgens de gebruikelijke methode bepaald (kaligehalte in 0,1 norm. zoutzuur, zie ook § 21); zooals men ziet zijn deze door een zuur extractiemiddel verkregen cijfers merkbaar hooger dan de met ammoniumacetaat bepaalde.

Wij vermelden de cijfers, verkregen na extractie met ammoniumacetaat, hier als voorbeeld van bepaalde verhoudingen. Op de mogelijke beteekenis van uitwisseling met een zoutoplossing gaan wij in algemeenen zin hier niet in. Hoewel bij driemaal extraheeren in de meeste gevallen in het derde extract geen of zoo goed als geen kali meer oplost, wil dat niet zeggen, dat dan alle uitwisselbare kali aan den grond is onttrokken. Door de herhaalde extractie

TABEL XI

Gedeeltelijk herstel van het gehalte aan uitwisselbare kali van door herhaalde extractie uitgeputten grond, door langzaam opdrogen aan de lucht

Perceel	Humus %	Klei %	K-ammoniumacetaat			
			extract			
			1e	2e	3e	4e
Zoutkamp 105321	1,6	13	10	0,7	0	1,3
Houwerzijl 104068	1,5	15	5,3	0,8	0	1,7
Molenrij 104051	2,6	16	5,9	0	0	1,1
Uithuizermeeden 104842	2,4	17	6,4	0	0	0,9
Uithuizen 105277	1,9	22	9,4	0	0	0,4
Spijk 105306	2,3	25	8,6	0	0	2,1
Hornhuizen 104060	1,8	26	11,2	0,4	0	0,7
Oosterburen 105287	1,8	33	13,2	0,4	0	2,6
Stedum 105289	2,2	38	14,5	0,6	0	2,6
Huizinge 105283	2,3	40	14,7	0,4	0	3,0
Meeden 104764	3,3	42	10,5	0,4	0	1,4
Finsterwolde 104756	4,1	51	37,5	0	0	1,1
Garmerwolde 104860	8,8	54	13,8	1,2	0	1,9
Tuikwerd 104869	4,7	60	12,7	0,7	0	1,6
Nieuw-Beerta 106138	4,0	63	17,4	0	0	3,9
Bellingwolde 108317	4,7	64	13,6	0,2	0	1,5
Schildwolde 104856	9,2	68	17,8	0	0	0,9
Nieuwolda 104852	3,3	69	31,0	0,2	0	3,3
Westerlee 104877	6,1	70	14,0	0,4	0	1,2
Scheemda 104761	3,7	72	16,1	0,4	0	1,4
Midwolda 104759	3,5	74	28	1,2	0,7	3,8

is de grond tijdelijk uitgeput, maar deze kan zich daarna weer herstellen. Laat men den op het filter achtergebleven vochtigen grond eenige weken bij kamertemperatuur staan, en extraheert men daarna den opgedroogden grond nog een vierde maal, dan lost weer een vrij groote hoeveelheid uitwisselbare kali in de extractievloeistof op. In tabel XI laten wij eenige voorbeelden volgen.

Terwijl bij herhaalde extractie met ammoniumacetaat dikwijls in het derde, en soms al in het tweede extract geen kali meer wordt gevonden, is dit zooals wij zagen met 0,1 n zoutzuur wel het geval. Ook in volgende extracten losten telkens weer kleine hoeveelheden op. Bovendien zijn de in de eerste extracties vrijgemaakte hoeveelheden meestal grooter dan bij extractie met ammoniumacetaat. Ter vergelijking hebben wij cijfers voor een tiental monsters in tabel XII bij elkaar gebracht. Deze resultaten toonen, dat 0,1 norm. zoutzuur krachtiger werkt. Vermoedelijk heeft men, naast een uitwisselende, ook met een zure werking te maken.

TABEL XII

Herhaalde extractie met 0.1 norm. zoutzuur en 1 norm. ammonium-acetaat

Perceel	Humus %	Klei %	Extractie met zoutzuur			Extractie met ammoniumacetaat		
			1e extract	2e	3e	1e extract	2e	3e
Zoutkamp 105321. . .	1,6	13	10,5	2,8	1,3	10,0	0,7	0
Molenrij 104051. . .	2,6	16	6,5	2,9	0,7	5,9	0	0
Uithuizen 105277. . .	1,9	22	10,2	2,5	1,1	9,4	0	0
Hornhuizen 104060. . .	1,8	26	11,9	3,4	2,6	11,2	0,4	0
Huizinge 105283. . .	2,3	40	14,8	4,9	4,0	14,7	0,4	0
Finsterwolde 104756. . .	4,1	51	40,7	11	6,5	37,5	0	0
Tuikwerd 104869. . .	4,7	60	13,5	5,4	3,5	12,7	0,7	0
Bellingwolde 108317. . .	4,7	64	13,4	6,2	3,0	13,6	0,2	0
Nieuwolda 104852. . .	3,3	69	33,5	9,2	6,0	31,0	0,2	0
Scheemda 104761. . .	3,7	72	17,2	6,4	4,3	16,1	0,4	0

10. *Extractie met 5 % zoutzuur*

In bepaalde gevallen, wanneer men iets meer van de moeilijker, doch nog wel beschikbare kali in den grond wil weten, kan men extraheeren met een sterker zuur. Extractie met 0,1 norm. zoutzuur geeft, zooals wij zagen, reeds een iets hogere oplosbaarheid dan met 1 norm. ammoniumacetaat en met 1 % citroenzuur en een veel hogere dan met water. Behandelt men den grond met 5 % zoutzuur, dan lost 10 tot 20 maal meer kali op dan met 0,1 norm. zoutzuur. Geheel op rekening van de hogere zuurconcentratie kan dit echter niet gesteld worden, daar de uitvoering van beide bepalingen ook nog in andere opzichten verschilt: bij de bepaling met 0,1 norm. zoutzuur wordt 1 uur geschud bij kamertemperatuur, bij die met 5 % zoutzuur wordt 2 uur gekookt.

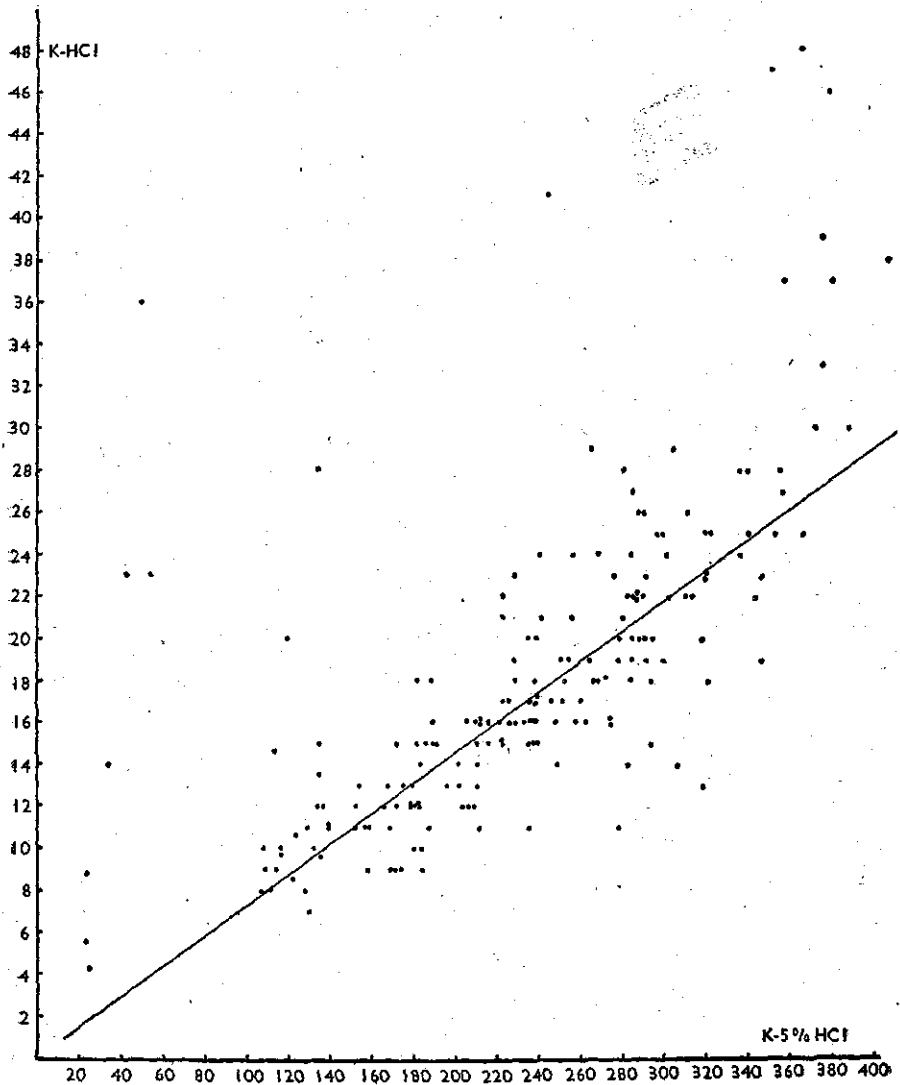


Fig. 10

Extractie van 190 grondmonsters met 0,1 norm. zoutzuur, vergeleken met extractie met 5 % zoutzuur.

Voor de groote meerderheid der gevallen is het verband min of meer lineair. Belangrijke afwijkingen komen echter voor.

Tusschen de beide kaligehalten (K-HCl en K-5 % HCl) bestaat een duidelijk verband. In fig. 10 zijn voor 190 monsters, grootendeels zavel en klei uit de provincie Groningen, de bedoelde kalicijfers tegen elkaar uitgezet.

Bij het grootste aantal punten kan men aan een lineair verband denken; er zijn echter een aantal uitzonderingen. De afwijking naar rechts betreft kleimonsters uit Groningen, waarbij de reden niet is aan te geven, en de afwijking ook niet zoo heel groot is. De afwijkers naar links boven geven de kaligehalten van de kali-objecten van eenige proefvelden weer. Zooals uit de tabel XIII duidelijk blijkt, wordt de verhouding tusschen K-HCl en K-5 %

TABEL XIII

Verhouding tusschen K-HCl en K-5 % HCl bij eenige kaliproefvelden

Proefveld	Object	K-HCl	K-5 % HCl	Verhouding
Pr 100.	0 K ₂ O	4,2	25	17 %
	100 id.	14	34	41
	300 id.	23	54	43
NGe 67	geen kali	5,5	23	24
	veel kali	36	49	73
NGe 63	geen kali	8,7	24	36
	veel kali	23	42	54
Pr 171.	geen kali	8,5	121	7
	matig kali	10,7	123	9
	veel kali	13,5	134	10
Pr 172.	geen kali	8	128	6
	matig kali	9,7	135	7
	veel kali	15	135	11
Pr 295.	0 K ₂ O	9,7	116	8
	300 id.	14,6	113	13
	600 id.	20	119	17
	900 id.	28	134	21

HCl grooter naarmate de kalibemesting zwaarder is geweest. Dit is begrijpelijk, aangezien van de als kalimestzout aanwezige kali de oplosbaarheid in het zwakke zuur het grootst zal zijn en het sterke zuur meer van de andere kali-verbindingen in oplossing zal brengen. Tusschen de proefvelden onderling is er echter ook verschil: voor den dalgrond van Pr 100 en de beide zandgronden (NGe 63 en NGe 67) zijn de relatieve oplosbaarheden belangrijk groter dan bij de drie zavelgronden, wat ongetwijfeld het gevolg zal zijn van de sterkere binding van de kali bij de laatste. In elk geval blijkt uit deze voorbeelden wel, dat men niet in het algemeen kan zeggen, dat er een lineair verband tusschen beide K-gehalten bestaat; het verband hangt zonder twijfel van verschillende factoren af en groote afwijkingen zijn mogelijk. De in figuur 10 aangegeven monsters zijn grootendeels zavel- en kleimonsters, en al loopt het kleigehalte ook sterk uiteen, nl. van 13 tot 80 % afslibbaar, zoo vormen zij toch een min of meer homogene groep. Verder zijn het de beginmonsters van proefvelden, d.w.z. gewone praktijkmonsters, waarbij de grond steeds

op de normale wijze was behandeld en de bemonstering plaats had na den oogst, dus geruimen tijd na de toediening van de kalibemesting. Hierdoor is het verband tusschen de beide kaligehalten in deze serie betrekkelijk eenvoudig en is de spreiding, enkele uitzonderingen daargelaten, niet al te groot. Worden de omstandigheden minder gelijkvormig, dan is, zooals wij zagen, het verband zeker minder eenvoudig: vermoedelijk zal men voor de verschillende grondtypen en dan vooral bij praktijkmonsters verschillend verloopende gemiddelde lijnen verkrijgen (waarbij extreme kalitoestanden minder voorkomen, terwijl deze bij proefvelden met opzet worden teweeggebracht).

11. *Behandeling van den grond met waterstofperoxyde*

Naast de zeer zachte behandeling van den grond met water (zie § 1) of met een zoutoplossing (zie § 9), de iets sterker aangrijpende behandeling met een verdund zuur of een iets geconcentreerder zuur (zie § 2 en § 10), kan men verder gaan en den grond krachtig aangrijpen, waarbij grondbestanddeelen worden ontleed en eventueel vaster gebonden kali vrijgemaakt wordt, zoodat deze bij de verdere analyse mede bepaald wordt.

Een van de daarvoor gebruikelijke methoden is de behandeling van den grond met waterstofperoxyde, dat organische bestanddeelen oxydeert en de daaraan gebonden basen dus vrijmaakt. Neemt men aan, dat men in de humuszandgronden en de dalgronden vrijwel alleen met kwarts en met humus te maken heeft — schakelt men dus de andere bodemmineralen, de klei en het leem uit — dan zou de behandeling met waterstofperoxyde een geschikte zijn om alle kali te bepalen, aangezien het kwarts (SiO_2) geen kali bevat en de humus zoodanig aangetast zou worden, dat men wel mag aannemen, dat alle er in aanwezige kali vrijkomt, althans in water oplosbaar wordt. Behandeling van de humuszandgronden en de dalgronden met waterstofperoxyde vormde in feite de basis voor de methode, die ter bepaling van het kaligetal oorspronkelijk werd uitgewerkt.

Deze bepaling werd bij het Bedrijfslaboratorium voor Grondonderzoek in het najaar van 1930 ingevoerd door den toenmaligen Directeur J. HUDIG, volgens wiens aanwijzingen de landbouwkundig ingenieur Ir. L. F. J. M. VAN DER VEN de methode nader uitwerkte en de toepassing op praktijkschaal voorbereidde. Daarbij werd het volgende voorschrift gevolgd.

Een hoeveelheid grond, waarin voorkomen 6250 mg humus (bepaald als gloeiverlies), wordt, na aangezuurd te zijn met 7 à 8 druppels sterk zoutzuur, zoolang gekookt met 300 cc H_2O_2 van 6 % tot de vloeistof regelmatig begint te stooten, doordat er geen oxydatie van de organische stof meer plaats vindt.

Het filtraat wordt ingedampt in een porceleinen schaal, vervolgens zwak gegloeid op een paddestoelbrander, en naderhand wat sterker, tot het residu een geelbruine kleur heeft.

Het residu wordt nu voorzichtig losgekrabd en zoolang gegloeid tot een er boven gehouden vochtig lakmoespapiertje niet meer blauw gekleurd wordt.

Vervolgens opnemen in een 250 cc maatkolf en kalkmelk toevoegen; het gevormde neerslag affiltreeren, en daarna 200 cc in een porceleinen schaal droogdampen en zwak gloeien.

Residu opnemen in $7\frac{1}{2}$ cc water; hiervan $1\frac{1}{2}$ cc in een haematokriet brengen, cobalt reagens toevoegen en het gevormde neerslag afcentrifugeeren.

Bij voortzetting van het onderzoek bleek al spoedig, dat het gloeien van het residu in porceleinen schalen — gekozen om de uitvoering goedkooper te maken

en dure kwarts-, platina- of nikkelen schalen te vermijden — althans voor een werkwijze, als in het Bedrijfslaboratorium moest worden toegepast, niet geschikt was: de gevonden kaligetallen waren onregelmatig en onbetrouwbaar, waarbij de fout duidelijk naar den hoogen kant lag, wat dus op onvoldoende weggloeien van humus en ammoniumverbindingen wees.

Verbetering kon slechts verkregen worden door over te gaan tot het uitgloeien in nikkelen schalen; voor vele tientallen monsters moest de bepaling op deze wijze overgedaan worden om de juiste cijfers te krijgen.

Door het invoeren van uitgloeien in nikkelen schalen werd een groote verbetering bereikt; echter deed zich op den duur, vooral toen het aantal bepalingen, dat per dag verricht moest worden, toenam, meer er meer als een bezwaar gevoelen de grilligheid van de inwerking van waterstofperoxyde op verschillende gronden. Soms treedt de opbruising reeds direct, bij kamertemperatuur op en verloopt glad; soms is deze wat stormachtig en moet men voorzichtig zijn bij de toevoeging, of wel wat water toevoegen om het schuim te laten zakken. Maar bij andere gronden treedt de inwerking pas op bij verwarmen, soms geleidelijk, maar in andere gevallen hinderlijk snel, waarbij gevaar voor overbruisen ontstaat, wat de bepaling verloren doet gaan. Meermalen begint de opbruising pas bij koken. Dit maakt, dat men de kolven niet aan zich zelf kan overlaten, maar dat deze voortdurend bewaakt moeten worden, waardoor het personeel al dien tijd in beslag genomen is. Maar ook dan blijven ongelukken niet uit, en een mislukkende bepaling is nu eenmaal bij seriewerk extra lastig, omdat het betreffende monster daardoor achterop komt en niet alleen zelf later klaarkomt, maar vaak ook de afdoening van de geheele betreffende inzending ophoudt.

Deze bezwaren deden zich op den duur bij het seriewerk zoodanig gevoelen, dat naar een andere bepalingswijze moest worden uitgekeken. Aangezien het voor de praktijk hinderlijk is, als men, in plaats van de cijfers, waaraan men gewend is geraakt en waarvan men de beteekenis uit ervaring heeft leeren kennen, andere cijfers krijgt, en aangezien dit bij langjarig onderzoek, b.v. op proefvelden, ook storend werkt, werd nagegaan of het mogelijk zou zijn om met een andere bepalingsmethode nagenoeg dezelfde cijfers te krijgen. Daarvoor werd de karakteristiek van de destructie met waterstofperoxyde eerst nader bestudeerd.

12. *Destructie van de organische stof*

Zooals boven vermeld, bedoelt de behandeling met waterstofperoxyde den grond, en wel in de eerste plaats de organische bestanddeelen (humus, plantenresten enz.), zoodanig te destrueeren, dat de gebonden kali vrijkomt en bij de verdere behandeling in het extract oplost.

Het was bij het uitwerken van de methode — meer in het bijzonder bij het opsporen van de fout, die door het gloeien in porceleinen schalen werd veroorzaakt — reeds duidelijk gebleken, dat — zooals trouwens wel te verwachten was — de mate, waarin uitgelooid werd, een zeer grooten invloed op het kaligetal heeft. Bij zwak gloeien geeft het residu een geel gekleurde oplossing, bij sterker gloeien een kleurlooze. De volgende voorbeelden toonen de verschillen in kaligetal.

*Kaligetal in
gekleurd filtraat*43
21
26
33
30
46*Kaligetal in
kleurloos filtraat*12
11
13
14
23
35 en 44

Het is bekend, dat organische stof bij de kalibepaling storend kan werken doordat deze in het preparaat geoccludeerd wordt;¹⁾ dit zal dan een hooger kaligetal geven. Aan den anderen kant kan bij sterk gloeien er kaliverlies door vervluchtiging optreden. Bij verschillende mate van gloeien gaf een der standaardmonsters met een kaligetal van 23 de volgende waarden:

zwak gegloeid	28
gewoon gegloeid	24
sterk gegloeid	20

zoodat dus een weggloeien van kali bij sterk gloeien zeker wel aan te nemen is.

De juiste mate van gloeien is aan de kleur van de gloeirest niet te beoordeelen: deze blijft bruin of zwart. Tot een kleurlooze asch mag men zeker niet uitgloeien, aangezien er dan stellig kali, en in niet geringe mate, weggegloeid wordt. Echter kan een bruine gloeirest een geel filtraat geven, terwijl een zwarte gloeirest soms een kleurloos filtraat geeft. Behalve koolresten uit den humus zullen de metalen in den grond de kleur zeker ook beïnvloeden.

Een verbetering bleek te bereiken, wanneer men vóór het indampen reeds de benodigde kalkmelk toevoegde in plaats van daarna: men heeft dan het gloeien beter in de hand. De kalk kan dan reeds bij het indampen op den humus inwerken, terwijl het gloeien door de kalk, die door de massa gemengd is, gelijkmatiger plaats heeft en de kans op kaliverliezen in het alkalische milieu kleiner is. Men verkrijgt dan kleurlooze filtraten, terwijl de hierin bepaalde K-getallen als regel hooger zijn dan bij gloeien zonder dat kalk toegevoegd was. Wij zagen boven reeds, dat bij gloeien zonder dat kalk toegevoegd was juist de heldere filtraten de lagere K-getallen geven, wat er op zou wijzen, dat er door te sterk gloeien kaliverliezen optraden.

Intusschen bleken ook na deze verbetering in de werkwijze de duplobepalingen toch nog niet voldoende overeen te stemmen.

Bij de behandeling met H_2O_2 zullen de inwerkingsduur en de concentratie van het peroxyde volstrekt niet steeds bij dezelfde monsters dezelfde zijn. Door vlugger of langzamer koken, door kleine verschillen in het glas of in het monster kan de katalytische ontleding van het H_2O_2 sterk beïnvloed worden, waardoor de activiteit in de eene kolf aanmerkelijk van die in een andere zal verschillen. Ook het bijvoegen van wat water aan de kolven, die dreigen over te bruisen, maakt de omstandigheden ietwat ongelijk. De destructie van den humus zal dus niet in alle gevallen even ver gaan. Op dit punt

¹⁾ Zie o.a. SCHUELER AND THOMAS, *Determination of Potassium by Sodium Cobalt-nitrite. Ind. and Engineering Chemistry Analytical Edition* 5, (1933) 163.

nader ingaande bleek nu, dat bij de behandeling met waterstofperoxyde slechts een deel van de humusstoffen aangetast wordt. Bij een tweede extractie wordt een deel van den overgebleven humus gedestruerd en daarbij blijkt dan ook

TABEL XIV

Tweemalige extractie met H₂O₂

% Gloeiverlies van den drogen grond	Humus		Weggegloeid van de 6,25 g humus		Kaligetal	
	na eerste behandeling	na tweede behandeling	door eenmaal behandelen %	door tweemaal behandelen %	gewoon, na eerste behandeling	na tweede behandeling
17,0	1,33	0,63	79	90	21½	7½
15,9	1,17	0,61	81	90	17	7
7,0	1,58	0,91	75	85	19	6½
6,4	2,16	1,17	66	81	14	8
5,1	1,94	1,07	69	83	13	6½
4,8	2,13	1,18	66	81	13	8
4,6	1,74	0,98	72	84	16	7½
4,5	1,64	1,21	74	81	19½	8
	Gemiddeld		73	84		

weer kali vrij te komen. Zoo vonden wij bij een serie gronden met afnemend humusgehalte (gloeiverlies) de in tabel XIV vermelde humusgehalten (gloeiverlies) bij eenmaal, resp. bij tweemaal met waterstofperoxyde behandelde

TABEL XV

Herhaalde extractie met H₂O₂

Perceel	Humus %	Object	Kaligetal				
			1e	2e	3e	4e	5e
			extract				
OO 63, de Krim.	19	weinig K	12½	6	6½	6	4½
		veel K	17½	6½	6	5	4½
Pr 100, Emmerecompascuum . . .	4½	0	13	6½	6½	3	4½
		300	58	9	5½	4	5
Hebrecht	9	0 } ch	9½	6	4½	3	4
		500 } ch	35	7½	6	3½	4
		0 } za	10	6½	6	3½	4½
		500 } za	39	7½	6	3½	4½
NGE 1, Groot Graffel I	5	—	23	7	7	5	—

monsters, waarbij, volgens het voorschrift voor de bepaling van het kaligetel, de eerste behandeling steeds plaats vond in zooveel grond als 6,25 g gloeiverlies gaf.

Het blijkt dus, dat bij eenmalige behandeling met waterstofperoxyde slechts omstreeks 73 % van den humus gedestruerd wordt en bij een tweede behandeling ca. 11 %. Bij de tweede behandeling komt ook opnieuw kali vrij. Waarmee natuurlijk niet gezegd is, dat deze kali inderdaad aan de bij de tweede behandeling gedestruerde organische stof gebonden was: het kan ook kali uit bodemmineralen of klei zijn. Ook bij volgende extracties wordt nog kali vrijgemaakt. In tabel XV geven wij daarvan eenige voorbeelden naast de reeds in tabel XIV vermelde. Het is wel zeker, dat de in de derde en volgende extracten opgeloste kali andere dan organisch gebonden kali is.

13. Zuurvorming bij de behandeling met waterstofperoxyde

Wanneer men den grond met waterstofperoxyde behandelt en de organische stoffen zonder opbruising ontleed worden, ontstaan er uit deze organische stoffen zuren in zoodanige hoeveelheid, dat men in feite met een behandeling van den grond in zuur milieu te maken heeft. Wij hebben bij een aantal gronden de pH bepaald in de vloeistof, nadat de behandeling met waterstofperoxyde beëindigd was, en voordat tot indampen werd overgegaan. Men vindt deze cijfers in tabel XVI, waarbij tevens eenige eigenschappen van de betreffende gronden (humus, pH en kaligetel) zijn vermeld.

Daarbij is op te merken, dat wij aanvankelijk niet de apparatuur hadden voor de bepaling van pH's beneden $3\frac{1}{2}$; in deze gevallen is in de tabel alleen aangegeven, dat de pH van de vloeistof lager lag dan 3,5 ($< 3,5$), terwijl de zuurheid te beoordeelen is door het cijfer voor de titratie van het zuur, die met kaliloog en broomthymolblauw geschiedde. Bij een serie latere bepalingen

TABEL XVI

Zuurvorming bij de behandeling met waterstofperoxyde

Grondtype	Humus %		Kaligetel	pH in extract	Milliequiv.zuur in extract	Grondtype	Humus %		Kaligetel	pH in extract	Milliequiv.zuur in extract
	Humus %	pH					Humus %	pH			
Oude dalgrond	30	4,8	8	2,9	12½	Zandgrond . . .	13½	5,5	11	2,4	38½
" "	14	5,3	21	2,2	17½	" "	12½	5,7	32	2,4	25
" "	19	5,2	14	<3,5	46	Ontgonnen heide.	4½	5,4	12	<3,5	34
" "	13	5,1	12	<3,5	42	" "	5	4,9	12	<3,5	39½
Nieuwe "	5	5,3	13	2,6	12½	Eschgrond. . .	7	5,5	13	<3,5	38
" "	4½	5,2	58	2,2	24½	Oude natuurgrond	9½	4,8	13	<3,5	21½
" "	17½	4,8	13	2,6	18	Ontgonnen bosch	5	4,8	7	3,7	38
" "	11	6,1	19	<3,5	26	Kasgrond . . .	38	5,2	8	<3,5	27½
Laagveengrond.	8½	4,7	19	<3,5	40½	Bezand hoogveen	9½	5,3	10	2,4	14½
Broekgrond . .	32	4,9	14	<3,5	36	" "	9	4,9	35	2,4	17½
Bouwtgrond . .	7½	4,8	11	<3,5	29½	" "	8½	4,3	10	2,2	18
Zandgrond . .	5	6,7	23	3,2	26	" "	9	4,3	39	2,2	19½

kon ook de pH in de vloeistof worden vastgesteld en is deze in Tabel XVI aangegeven.

De pH van het extract wordt dus vrij laag, vrijwel steeds kleiner dan $3\frac{1}{2}$, tot 2,2 toe. De normaliteit van de vloeistof kan men op 0,05 tot 0,2 normaal zuur stellen daar tijdens de destructie, door inkoken, het volume kleiner dan 300 cc (en wel omstreeks 200 cc) wordt. Men kan hiermee vergelijken de zuurheid van het bij het grondonderzoek veel toegepaste extractiemiddel 1 % citroenzuur, dat een normaliteit van 0,14 heeft en een $\text{pH} = 2,1$. Het blijkt dus dat de behandeling met waterstofperoxyde niet zooveel verschilt van die met 1 % citroenzuur. In werkelijkheid zal de zuurheid van de vloeistof na behandeling met waterstofperoxyde nog iets grooter zijn dan in de tabel vermeld. Immers bij deze onderzoeken werd, om de eigen zuurvorming door het H_2O_2 na te gaan, dit laatste toegevoegd zonder de 7 à 8 druppels HCl van 38 %, die het voorschrift aangeeft en die gewenscht zijn om de ontleding in te leiden. Dit komt overeen met 4 à 5 milliaequivalenten zuur, die er dus eigenlijk nog bij gerekend moeten worden.

14. Zuurgraad van waterstofperoxyde zelf

Het waterstofperoxyde uit den handel bevat op zich zelf al eenig zuur dat daaraan toegevoegd is om het te conserveeren; echter is dit slechts een betrekkelijk kleine hoeveelheid. Wij vonden de volgende cijfers.

TABEL XVII

Zuurgraad van waterstofperoxyde oplossingen

		Milliaeq. zuur	pH
300 cc	technisch H_2O_2 (6 %) getitreerd	0,80	2,8
300 "	idem (6 %) ingekookt tot 134 cc en getitreerd	0,62	2,5
60 "	idem (30 %) tot droog ingedampt en de rest opgenomen in 300 cc uitgekookt gedestilleerd water en getitreerd	0,45	2,9
300 "	idem (30 %) met 100 g kwartszand gekookt en afgezogen. De 132 cc filtraat getitreerd	0,53	2,5 ^s
300 "	zuiver „Perhydrol” (6 %) getitreerd	0,80	3,2 ^s
60 "	idem (30 %) ingedampt tot droog en opgenomen in 300 cc uitgekookt gedestilleerd water	0,60	3,3 ^s

Het technisch H_2O_2 bevat zwavelzuur, toegevoegd als conserveermiddel of achtergebleven uit de persulfaten waaruit het is bereid, en blijkbaar ook een vluchtig zuur: door inkoken daalt het zuurgehalte van 0,80 tot 0,62, en door indampen tot droog tot 0,45 milliaequivalenten. Echter blijkt ook dat de hoeveelheid zuur in elk geval onbeduidend is. Ook bij inkoken met zuiver kwartszand is het aantal milliaequivalenten zuur (0,53) van dezelfde orde als bij inkoking van het H_2O_2 alleen (0,62).

De pH van het zuivere „Perhydrol” is hooger dan die van het technisch

H_2O_2 . Perhydrol bevat geen zwavelzuur; het wordt dikwijls geconserveerd met barbituurzuur.

De in het waterstofperoxyde zelf aanwezige hoeveelheid zuur is derhalve van geen belang tegenover de hoeveelheid, die bij de ontleding van de organische stof gevormd wordt.

Terwijl er bij de eerste behandeling, zooals in § 13 is uiteengezet een aanmerkelijke hoeveelheid zuur wordt gevormd, neemt bij volgende behandelingen met waterstofperoxyde de zuurvorming met de daling van het humusgehalte sterk af; deze daalt tenslotte tot de hoeveelheid die in het peroxyde zelf aanwezig is. Niettemin wordt er ook dan nog kali geëxtraheerd, zooals uit de hier volgende voorbeelden blijkt. Van zure extractie zooals in het eerste extract kan hier echter geen sprake meer zijn.

TABEL XVIII

Zuurvorming bij herhaalde behandeling met waterstofperoxyde.

Proefveld	1e behandeling			2e behandeling			3e behandeling			4e behandeling		
	Milliaeq. zuur	pH van filtraat	Gevonden K-getal	Milliaeq. zuur	pH van filtraat	Gevonden K-getal	Milliaeq. zuur	pH van filtraat	Gevonden K-getal	Milliaeq. zuur	pH van filtraat	Gevonden K-getal
Pr 268, Harpel . .	38½	2,4	11	4,4	3,6	6½	1,6	3,3	6½	0,7	3,8	7
	25	2,4	32	4,0	3,6	6½	1,4	3,3	6	0,2	3,8	7
ZGe 1, Borgercompagnie	18½	2,2	10	1,2	3,6	5½	1,1	3,4	5	0,5	3,6	6½
	17½	2,2	21	1,1	3,6	—	1,0	3,4	6½	0,4	3,4	6
Pr 9, Sappemeer . .	17½	2,3	24	1,7	4,3	6½	0,4	4,3	6	0,4	4,6	6
	12½	2,9	8	1,4	4,5	5½	0,4	—	6	0,3	4,3	5½

Uit bovenstaande voorbeelden blijkt tevens dat bij de behandeling met H_2O_2 ook andere kali in oplossing gaat dan degene die gemakkelijk oplosbaar of uitwisselbaar is. Men kan daarbij denken aan kali uit de minerale bestanddeelen of aan kali die vast aan humus of organische stof gebonden is. Hoeveel kali, die uit een dergelijke bron afkomstig is, er in het eerste extract, hoeveel in het tweede en volgende extracten voorkomt, valt niet te zeggen, en zal van geval tot geval, verschillend zijn. Een bijzondere betekenis, anders dan die van kali welke door de gebruikelijke zure extractievloeistoffen in oplossing gebracht wordt, zal men aan de door waterstofperoxyde opgeloste kali niet mogen toekennen.

16. *Behandeling met H_2O_2 na herhaalde extractie met water*

De betekenis als zuur extractie middel van de behandeling van den grond met H_2O_2 — en meer in het algemeen het conventioneel karakter van de methoden van grondonderzoek — blijkt ook duidelijk uit de cijfers in Tabel XIX. Een aantal, reeds in Tabel II genoemde grondmonsters werd eerst

vijf maal achtereenvolgens met water geëxtraheerd (zie § 1) volgens de bij de bepaling van het kaligetal gebruikelijke werkwijze, en daarna nog een zesde maal behandeld en wel met H_2O_2 ; de resultaten zijn steeds op humus uitgedrukt, zooals bij het kaligetal, en dus onderling, vergelijkbaar. Men ziet dat

TABEL XIX

Herhaalde extractie met water gevolgd door een met waterstofperoxyde

Monster of proefveld	Omschrijving (bemesting enz.)	Kali bij vijf behandelingen met water	Kali bij zesde behandeling met H_2O_2	Kaligetal van het oorspronkelijk monster
Pr 8, Algemeen	geen kali	13	7	11
Bemestingsproefveld	kali	18	11	20
Proefveld OO 51 te Markelo	geen kali	14	14	18
	120 kg "	23	14	24
	240 " "	30	16	31
Proefveld OO 63 te de Krim	geen kali	13	8	14
Grond van Loman te Harfsen	kali	58	17	45
Mengmonster van eenige kaliproefvelden	—	40	26	52

door vijfmaal extraheeren met water, er kalihoeveelheden onttrokken werden ongeveer even groot als door eenmalige behandeling met waterstofperoxyde (kaligetal laatste kolom); en verder dat de vijfmaal met water behandelde grond vervolgens met waterstofperoxyde weer een aanzienlijke hoeveelheid kali gaf, die in enkele gevallen (veldjes die verscheidene jaren geen kali gekregen hadden) ongeveer gelijk was aan het kaligetal.

17. *Vervanging van de behandeling met waterstofperoxyde door extractie met verdund zuur*

Waar de behandeling met waterstofperoxyde derhalve in wezen grotendeels een extractie met vrij sterk zuur blijkt te zijn, terwijl de bepalingwijze allerlei praktische bezwaren had, hebben wij onderzocht of deze werkwijze niet te vervangen was door een extractie met verdund zuur. 1 % citroenzuur zou hierbij het bijkomstige voordeel hebben, dat dit ook als extractiemiddel voor de fosfaatbepaling wordt gebruikt. Een nadeel is echter dat het ingedampte extract gegloeid moet worden om het citroenzuur te destrueeren (wat bij gebruik van zoutzuur niet noodig is), waardoor een van de bezwaren tegen de waterstofperoxyde-methode niet opgeheven zou worden. Wij vermelden reeds in § 8 dat er een vrij nauwe correlatie bestaat tusschen de hoeveelheden kali, geëxtraheerd met 1 % citroenzuur en 0,1 normaal zoutzuur; wij hebben ons derhalve beperkt tot het extraheeren met verdund zoutzuur, en nagegaan of dit resultaten geeft die voldoende parallel loopen met die van de H_2O_2 -methode, daarbij werd voornamelijk onderzocht, welke normaliteit van het zoutzuur zich bij de resultaten van de laatste methode het best aansloot.

18. *Vergelijking tusschen 0,1 norm. zoutzuur- en H_2O_2 -methode*

Ter vergelijking van beide extractiemethoden werden 218 monsters onderzocht, grootendeels afkomstig van proefvelden op zand- en dalgrond. Bijna de helft der monsters was uit Overijssel; de rest kwam uit Noord- en Oost-

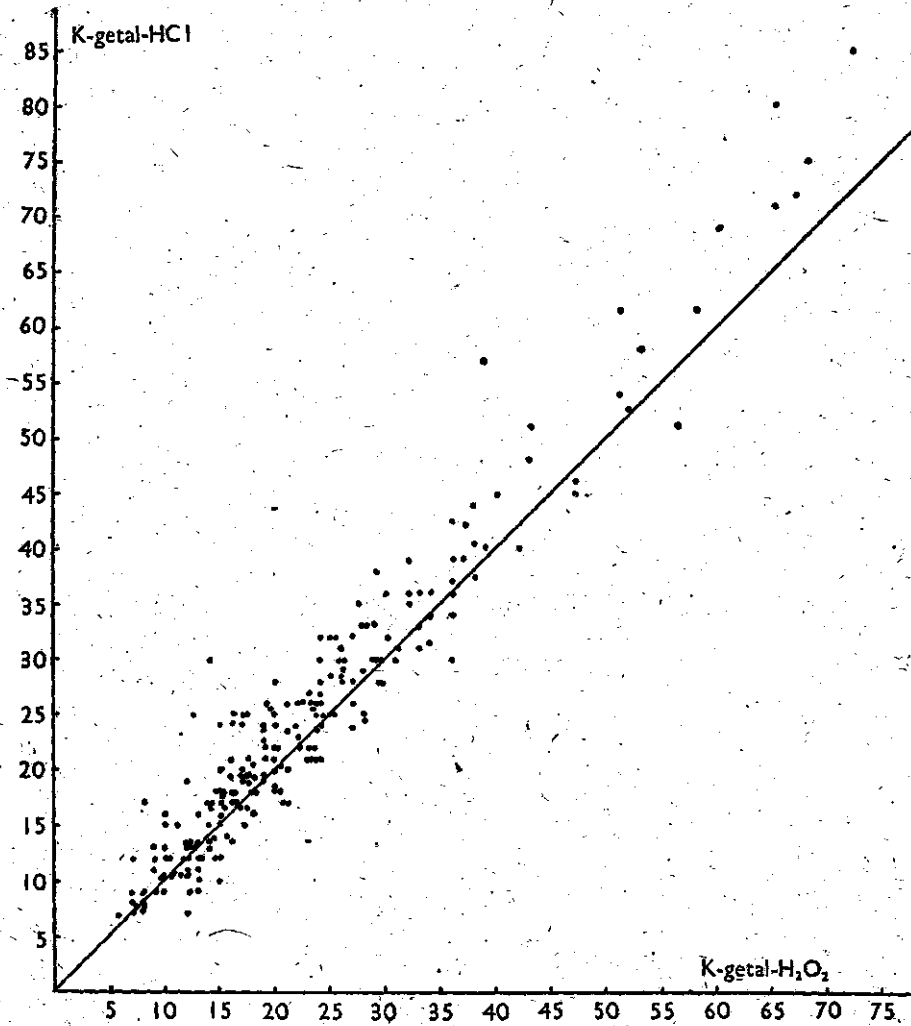


Fig. 11

Verband tusschen de met waterstofperoxyde en de met 0,1 norm. zoutzuur bepaalde kaligetallen bij 218 grondmonsters, grootendeels van proefvelden op zand- en dalgrond. De stippen liggen vrijwel in een rechte lijn, die iets van de 45° -lijn afwijkt, daar de met waterstofperoxyde bepaalde kaligetallen iets kleiner zijn dan die van de met zoutzuur bepaalde. Overigens geven beide methoden praktisch dezelfde resultaten.

Gelderland, Drente, Zuid-Oost Groningen, en voorts nog enkele monsters uit Brabant, Friesland, Holland en Utrecht. In figuur 11 zijn de met waterstofperoxyde en 0,1 norm. zoutzuur bepaalde kaligetallen tegen elkaar uitgezet. De extractie werd in gelijke schudverhouding uitgevoerd nl. $6\frac{1}{4}$ gram humus op 300 cc extractie-vloeistof. Voor het peroxyde geldt dit slechts bij het begin der extractie, daar door inkoken het volume belangrijk vermindert.

De stippen liggen vrijwel in een rechte lijn, die iets van de 45° lijn afwijkt, d.w.z. de met waterstofperoxyde bepaalde kaligetallen zijn iets kleiner dan die met zoutzuur. Groot zijn de verschillen tusschen beide kaligetallen echter niet; de twee methoden geven praktisch dezelfde resultaten. Het kleiner worden der schudverhouding tijdens de extractie met waterstofperoxyde is wellicht verantwoordelijk voor de kleinere kaligetallen, die met dit extractiemiddel verkregen worden. Hoe ruimer de schudverhouding hoe grooter de per eenheid humus vrijgemaakte hoeveelheid kali. Voor een aantal monsters liggen de stippen beneden de 45° lijn; dit zijn in de eerste plaats de nieuwe dalgronden, doch ook bij enkele zandmonsters is dit het geval. Zoo geven de boven- en de ondergrondmonsters van het graslandproefveld 00 22 te Vriezeveen met waterstofperoxyde hoogere kaligetallen dan met zoutzuur.

TABEL XX

Kaligetallen met waterstofperoxyde en met zoutzuur bij proefveld 00 22 te Vriezeveen

Laag	0—5 cm				5—10 cm			
	0	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$
Object (kaligift)								
K-getal met H_2O_2	15	16	23	20	12	13	17	16
" " HCl	12	14	22	18	9	12	15	14

De grond bestaat uit geel zand met een veenachtigen ondergrond; het humusgehalte in de zodelaag bedraagt ongeveer 24 %, in de 5-10 cm laag ongeveer 29 %. De samenstelling van dezen zandgrond is vermoedelijk vergelijkbaar met die van een dalgrond. Het hooge humusgehalte op zich zelf kan de oorzaak van deze afwijking niet zijn, daar bij de extractie steeds dezelfde hoeveelheid humus op een bepaald volume extractie-vloeistof komt. De aard van den humus (hooger gehalte aan adsorbeerenden humus in procenten van den totalen humus (gloeiverlies), betere aantastbaarheid door het waterstofperoxyde) kan tot verhooging van het kaligetal bij extractie met H_2O_2 leiden. Van de hier onderzochte monsters gaven juist de nieuwe dalgronden een hooger kaligetal met waterstofperoxyde dan met zoutzuur, de oude daarentegen niet. Deze laatste staan in karakter tusschen de zandgronden en de nieuwe dalgronden. De verhouding K-getal- H_2O_2 en K-getal-HCl is bij de oude dalgronden zeer nabij 1; het proefveld Pr 8 h.v. op ouden dalgrond te Sappemeer, met een humusgehalte van dezelfde grootte ($\pm 27\%$) als de grond van het bovenbesproken proefveld 00 22, gaf de hiervolgende cijfers.

TABEL XXI

Hetzelfde voor proefveld Pr 8 op ouden dalgrond te Sappemeer

Object	Onbemest	Kali
K-getal-H ₂ O ₂	7	20
K-getal-HCl	7	22

Het vrij kleine verschil in uitkomst tusschen de beide methoden blijkt dus afhankelijk van den aard van den humus, maar praktisch geven zij hetzelfde resultaat, wat, gezien de overeenkomst in zuurheid, van de beide extractiemiddelen, ook wel te verwachten was. De gemiddelde normaliteit van het eindextract met H₂O₂ is ongeveer 0,1, de pH ligt in de buurt van 2½; dit laatste is wel hooger dan bij 0,1 normaal zoutzuur waarbij de pH 1,1 is, maar beide pH's liggen toch in het sterk zure gebied.

18. *Schudverhouding*

Voor de bepaling van de opneembare kali is de schudverhouding — dus de verhouding tusschen hoeveelheid grond en hoeveelheid extractievloeistof — van groot belang. Bij de klei- en venige gronden wordt, voor de bepaling van het kaligehalte, 60 gram grond geschud met 600 cc 0,1 norm. zoutzuur. Men bepaalt dus het gehalte van den grond aan kali. Bij de zand- en dalgronden wordt het peil van verzadiging van den humus bepaald. Zooveel grond, als correspondeert met 6½ gram humus, wordt geschud met 300 cc 0,1 norm. zoutzuur. Er is daardoor tusschen diverse gronden een groot verschil in schudverhouding, afhankelijk van het humusgehalte. Men zou natuurlijk ook voor de klei- en venige gronden het peil van verzadiging van het adsorbeerende complex kunnen bepalen, maar het staat geenszins a priori vast dat dit een verbetering zou blijken te zijn. Een zeker verband tusschen het kaligehalte-cijfer en het klei- resp. het klei-humusgehalte, van den grond is bij die grondsoorten echter wel aanwezig, en wel in dien zin dat kleirijke gronden al van nature wat hogere kalicijfers geven, terwijl omgekeerd de lichtere zavelgronden lagere cijfers vertoonen. Fig. 12 toont het verband, dat gevonden werd bij een 160-tal monsters, verspreid over het kleigebied van Groningen.

Uiteraard zal er op de betreffende perceelen nogal een groote verscheidenheid geweest zijn in de grootte van de jaarlijksche kalibemesting. Mede hierdoor is de spreiding der punten groot. Niettemin treedt duidelijk naar voren, dat de kalicijfers stijgen naarmate het klei-humusgehalte toeneemt, met eenige neiging tot daling bij de hooge klei-humusgehalten. Bij deze laatste gronden zou het complex dus minder aan kali verzadigd zijn.

Bij de interpretatie van de kalicijfers zal men met den invloed van het kleigehalte of het klei-humusgehalte rekening hebben te houden.

Bij kleigronden van verschillende herkomst kan er bovendien een verschillend type van samenhang tusschen het gehalte aan afslibbare deelen en het kaligehalte optreden; de Zeeuwsche klei is b.v. zeer rijk vergeleken met de Groningsche klei.¹⁾

¹⁾ Zie VISSER, W. C. *Over den kalirijkdom van kleigronden. Verslag Landb. Onderzoek.* 48 (13) A, 1942, 729.

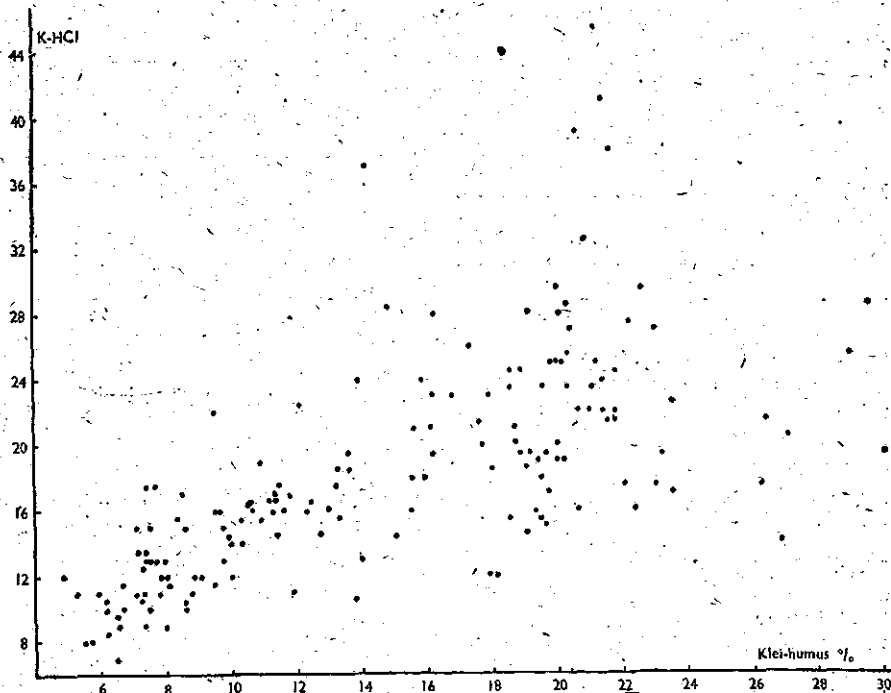


Fig. 12

Verband tusschen kaligehalte (K-HCl) en klei-humusgehalte bij 160 monsters, verspreid over het kleigebied van de provincie Groningen.

Hoewel de spreiding groot is, blijkt toch duidelijk dat de kalicijfers stijgen met toenemend klei-humusgehalte, met eenige neiging tot daling bij de hooge klei-humusgehalten.

In het midden latend welke schudverhouding, een constante verhouding grond: extractiemiddel of basenbindend vermogen: extractiemiddel, de voorkeur verdient, zou het in elk geval voor de interpretatie der bij het grondonderzoek verkregen cijfers van belang zijn indien men door eenvoudige omrekening de eene K-waarde uit de andere zou kunnen afleiden. Vooral bij overgangsgonden en bij gebieden, waar klei- en zandgronden beide voorkomen, zou dit een groot gemak zijn. Echter is die niet door een eenvoudige omrekening mogelijk. De hoeveelheden kali, die bij verschillende schudverhouding uit gelijke hoeveelheden gronden worden vrijgemaakt, zijn in sterke mate van de schudverhouding afhankelijk. Wij laten in tabel XXII eenige voorbeelden volgen waaruit dit voldoende duidelijk zal zijn.

Hoe ruimer de schudverhouding, des te hooger derhalve het kaligehalte van den grond. Wil men door omrekening van de eene schudverhouding op de andere overstappen, dan moet men niet alleen rekening houden met de verschillende hoeveelheden grond waarop de K-waarde (K-gehalte of Kgetal) wordt berekend, maar ook met het verband tusschen de schudverhouding

TABEL XXII

Invloed van de schudverhouding op het kaligehalte (mg K_2O per 100 g grond)

	Grammen grond per 300 cc 0,1 n. HCl					
	2½	5	10	20	40	80
Pr 200 mengmonster	61	51½	42½	36½	30½	38
Pr 92 zonder kali.	—	65	57	50	43	38
met kali	—	68	60	50½	43	36

en de geëxtraheerde hoeveelheid kali per eenheid grond. Wij hebben als oriënterend onderzoek daartoe in het niet en wel met kali bemeste object van een zavelgrond met 15 % klei en 2,1 % gloeiverlies, een kleigrond met 66 % klei en 5,8 % gloeiverlies, een humeuze kleigrond met 33 % klei en 46 % gloeiverlies en een kleigrasland met 51 % klei en 16 % gloeiverlies het kaligehalte bij verschillende schudverhoudingen bepaald. De schudverhoudingen werden zoo gekozen dat zij zich onderling verhieldden als 1 : 2 : 4 : 8 : 16. Bij den humeuzen kleigrond was slechts één object beschikbaar. In plaats van de kaligehalten uit te

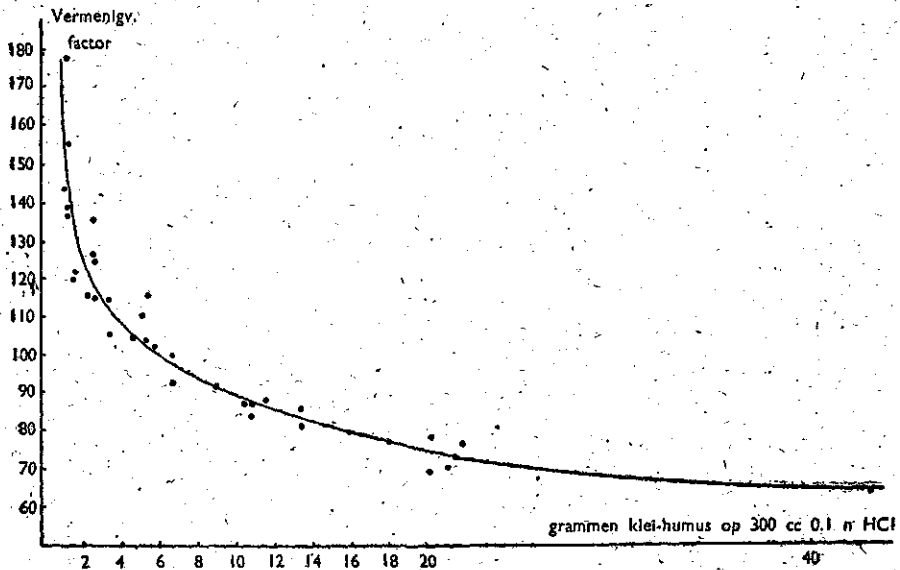


Fig. 13

Invloed van de schudverhouding op de hoeveelheid geëxtraheerde kali. Grammen klei-humus, die per 300 cc 0,1 n HCl genomen werden, uitgezet tegen den vermenigvuldigingsfactor.

In aanmerking genomen het heterogeen materiaal, waarvan is uitgegaan, is het resultaat zeer bevredigend.

zetten tegen het aantal grammen grond per 300 cc 0,1 HCl, kan men dit ook doen tegen het aantal grammen klei-humus, dus het absorptiecomplex per 300 cc HCl. Hierbij wordt dan de klei-humus berekend uit: $\frac{\text{klei}}{4} + \text{humus}$. Op deze wijze verkrijgt men een aantal curven, die men door procentueele verschuiving op één punt kan laten samenvallen, zoodat wanneer er werkelijk een nauw verband bestaat onafhankelijk van de gebruikte grondtypen men een gemiddelde kromme zou kunnen trekken. In fig. 13 geven wij het resultaat van het hier beschreven onderzoek; voor de duidelijkheid zijn de zeven afzonderlijke curven weggelaten en alleen de daarop betrekking hebbende punten en de gemiddelde curve afgebeeld. Uit deze curve kan men dus direct aflezen met welken factor men het berekende kaligehalte moet vermenigvuldigen wanneer men van de eene schudverhouding op de andere wil overstappen, in plaats van de schudverhouding uit te drukken in grammen klei-humus per 300 cc vloeistof, kan men deze ook omrekenen in liters 0,1 n HCl per 100 g klei-humus. Dit is in zooverre juist, omdat, men bij de uitwisseling van de kali met waterstofionen te maken heeft en het dus beter is de waterstofionen-concentratie (liters HCl per 100 g klei-humus) tegen de kaligehalten uit te zetten. De curve krijgt dan de gedaante van een uitwisselingskromme (zie fig. 14). Voor de praktische toepassing beteekent deze omzetting natuurlijk geen verschil.

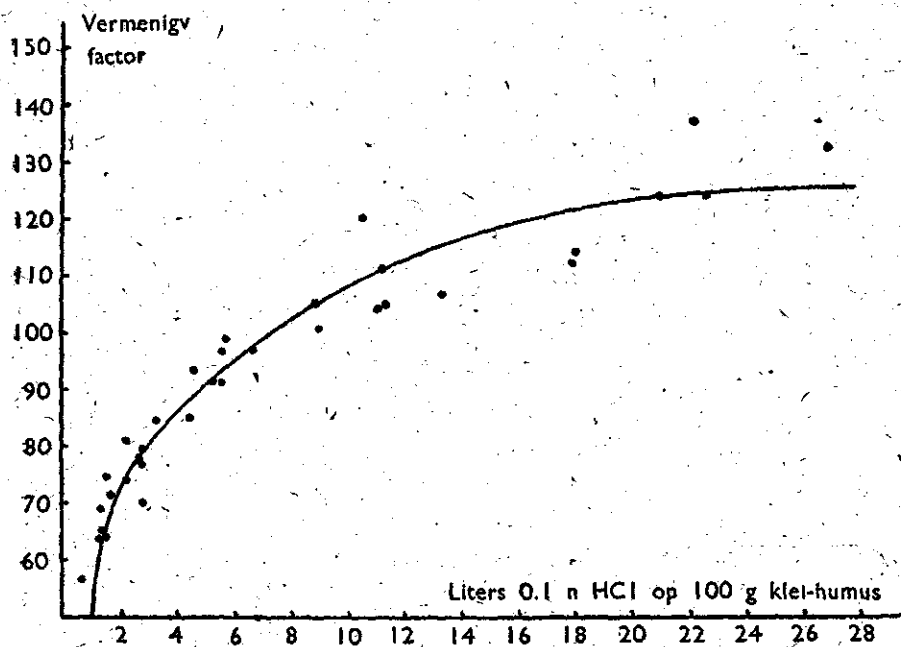


Fig. 14

Aantal liters 0,1 norma. zoutzuur per 100 gram klei-humus, uitgezet tegen den vermenigvuldigingsfactor.

Op deze wijze krijgt de curve de normale gedaante van een uitwisselingscurve.

Gezien het heterogene materiaal waarvan bij het opmaken van deze grafiek was uitgegaan, leek het resultaat aanvankelijk zeer bevredigend. Door verdere mathematische uitwerking zou men het gevonden verband tusschen kaligehalte en schudverhouding kunnen vastleggen in een nomogram, waarmede gemakkelijker te werken valt dan met de in fig. 13 of 14 afgebeelde curve. Ir. W. C. VISSER heeft dit nomogram voor het hier behandelde materiaal uitgevoerd; het is eenigen tijd met succes in het Bedrijfslaboratorium voor Grondonderzoek in gebruik geweest. ¹⁾

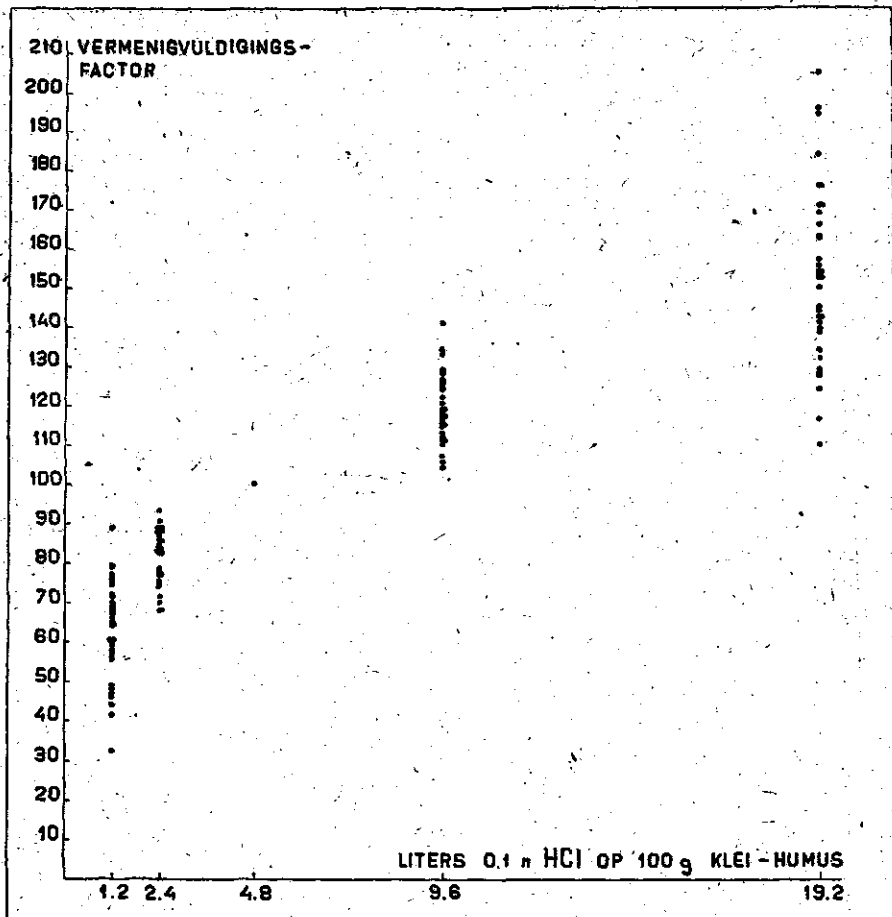


Fig 15

Verband tusschen schudverhouding en hoeveelheid geëxtraheerde kali. Het hierbij verwerkte materiaal is veel omvangrijker en veel heterogener van samenstelling dan dat van fig. 14. De spreiding der punten is nu zeer groot en een gemiddelde lijn kan niet worden getrokken. Een differentiatie naar grondtypen zou noodig zijn.

W. C. VISSER, I.c. 48 (13) A, 1942, 763.

Intusschen is bij voortgezet onderzoek met een veel uitgebreider materiaal wel gebleken dat de samenhang tusschen de geëxtraheerde hoeveelheid kali en de schudverhouding niet zoo eenvoudig is als de geringe spreiding van de stippen in figuur 13 en 14 doet veronderstellen. Bij dit onderzoek werden 36 grondmonsters, afkomstig van 21 proefvelden van verschillend grondtype, verdeeld over het grootste deel van het land, in 5 schudverhoudingen met 0,1 normaal HCl geëxtraheerd. Zooveel mogelijk is van elk proefveld een bemest en een onbemest object gekozen. Geschud werden ongeveer $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, 1, 2 en 4 maal $6\frac{1}{4}$ gram klei-humus met 300 cc 0,1 norm. zoutzuur. Door procentueele verschuiving van de verkregen 36 curven zoodat zij bij de schudverhouding 1 maal $6\frac{1}{2}$ gram klei-humus per 300 cc vloeistof in één punt samenvallen, is wederom getracht een gemiddelde curve te verkrijgen die het verband tusschen schudverhouding en K-waarde aangeeft. In de fig. 15 is het resultaat afgebeeld. Voor de duidelijkheid zijn de curven zelf weggelaten.

Het resultaat is teleurstellend. Vergeleken met het resultaat van het vorige onderzoek is de spreiding der punten zeer groot en kan er van het trekken van een gemiddelde lijn geen sprake zijn. Bij de grootste schudverhouding blijken de bemeste objecten te lage K-waarden te geven, terwijl bij de kleinste het omgekeerde het geval is. Men zou dus een gunstiger toestand verkrijgen, door afzonderlijk curven voor de niet en wel met kali bemeste objecten te teekenen, doch ook in dat geval blijft de spreiding zeer groot. Verdere differentiatie naar grondtypen zou noodig zijn, wat in de praktijk weer andere bezwaren heeft, zoodat voor praktische doeleinden van het omrekenen der cijfers afgezien moet worden.

19. Kalifactor en kali-eenheid

Tot goed begrip vermelden wij hier ook nog even dat men, naar analogie van de bij de kalkhuishouding van den grond ingevoerde begrippen, ook bij de kalihuishouding kan spreken van kalifactor en kali-eenheid. Met kalifactor wordt dan bedoeld de hoeveelheid kali (hier in den vorm van K_2O) in kg, die per hectare en 10 cm dikte theoretisch noodig zou zijn om het kaligetal met een eenheid te verhoogen; dit is dus 0,09 kg K_2O per 1000 kg humus (bepaald als gloeiverliés) die in een hoeveelheid van een millioen liter luchtdrogen grond aanwezig zijn.

$$\text{Aldus: kalifactor} = 1\,000\,000 \times \text{vol. gew.} \times \frac{\text{humusgehalte in \%}}{100} \times \frac{0,09}{1000} \text{ kg } K_2O = \text{vol. gew.} \times \text{humusgehalte in \%} \times 0,9 \text{ kg } K_2O.$$

Kali-eenheid is de overeenkomstige hoeveelheid per hectare en bouwvoordikte, dus de kalifactor vermenigvuldigd met de bouwvoordikte in dm.

Ter voorkoming van verkeerd begrip vestigen wij er de aandacht op dat deze begrippen wel analoog zijn aan die bij de kalkhuishouding, maar daarmee niet identiek of geheel overeenkomstig. Zoo wordt de kalifactor uitgedrukt in kg K_2O , de kalkfactor in kg $CaCO_3$; voorts wordt de kalkfactor empirisch bepaald door $CaCO_3$ op den grond te laten inwerken en de pH-verhooging te bepalen, terwijl de kalifactor theoretisch berekend wordt naar het aantal kg humus (dus alsof opname van 0,09 kg K_2O per 1000 kg humus inderdaad

het kaligetel met I zou verhoogen, waarvoor als regel meer kali noodig zal zijn). Voor zoover beide begrippen in de praktijk van het grondonderzoek reeds vergeleken zijn, is de invloed van deze verschillen niet overwegend.

20. Peil en gehalte

Meestal wordt bij het grondonderzoek de hoeveelheid, die men van een zekere stof geëxtraheerd en bepaald heeft, uitgedrukt als percentage op den (luchtdrogen, of bij 105° C gedroogden) grond. Men gaat uit van een bepaald gewicht aan grond, dat in een vaste verhouding met de extractievloeistof behandeld wordt. Zoo wordt het kaligehalte, dat wij bij de zware gronden bepalen, uitgedrukt in procenten op den geheel drogen grond, en bepaald door dezen in de verhouding 1 : 10 (60 gr luchtdroge grond met 600 cc 0,1 normaal zoutzuur) met de extractievloeistof één uur bij kamertemperatuur te schudden en direct af te filtreren.

Bij de bepaling van het kaligetel werd door J. HUDIG een ander principe ingevoerd. Uitgaande van de gedachte dat in de humuszandgronden en de dalgronden voor het gewas voornamelijk van beteekenis is de kali, die door den humus gebonden wordt en door dezen gemakkelijk ter beschikking van het gewas gesteld wordt — terwijl het overgrootste deel van de minerale bestanddeelen van het zand kwarts is, dat geen kali bevat — achtte hij niet zoozeer het gehalte van den grond aan kali, als wel het peil, waartoe de humus met kali bezet of verzadigd was, van belang voor de plantenvoeding. Immers naarmate de humus meer met kali verzadigd is, mag men aannemen dat deze de kali makkelijker en rijkelijker afstaat. Om dit peil van de kaliverzadiging van den humus — ook wel de „kalitoestand van den humus” genoemd — bij gronden met verschillend humusgehalte zoo vergelijkbaar mogelijk tot uitdrukking te brengen, was het gewenscht niet een vaste verhouding grond: extractievloeistof te gebruiken, maar humus: extractievloeistof. Het voorschrift (zie ook blz. 164) luidt dan ook dat voor de bepaling van het kaligetel zooveel grond, als 6,25 gram humus (bepaald als gloeiverlies van den bij 105° gedroogden grond, door dezen in een moffeloven te gloeien) bevat, met 300 cc extractievloeistof wordt behandeld.

Terwijl deze bepalingsmethode in den loop van dertien jaren haar praktische bruikbaarheid heeft bewezen en bij 53641 praktijk en 23136 proefveldmonsters is toegepast, en terwijl deze zeker nog verder met veel nut voor de praktijk gebruikt zal worden, mag met niet zeggen dat hierdoor is komen vast te staan dat zij inderdaad de beste of de eenig goede methode is. Een uitvoerige vergelijking met andere methoden (b.v. gehalte; of gehalte bij constante schudverhouding grond: vloeistof, omgerekend op humus) heeft nog niet plaats gevonden.

Men kan bij de overwegingen van dit punt theoretische gezichtspunten in discussie brengen en op praktische bezwaren wijzen. Theoretisch wordt wel zoo geredeneerd dat de plantenwortel te maken heeft met de samenstelling van de bodemvloeistof, en dat deze laatste samenhangt met de hoeveelheid grond per hectare, en niet met de hoeveelheid humus per hectare. Wel houdt de grond te velde, onder overigens gelijke omstandigheden, meer vocht naarmate het humusgehalte hooger is, maar het vochtgehalte stijgt niet evenredig met het humusgehalte. Te overwegen is verder dat de redeneering, die tot het kiezen van de vaste verhouding humus: vloeistof leidde, zwakker staat

naarmate het gehalte aan bestanddeelen, die kali bevatten (klei, leem, bodem-mineralen andere dan kwarts; kali uit kunstmest, stalmest en andere bronnen), een grooter beteekenis heeft voor de plantenvoeding. Men zou het gebruik van een vaste verhouding humus: vloeistof kunnen beperken tot de slib-arme humuszandgronden en dalgronden, maar in de praktijk van het massa-grond-onderzoek is het zeer lastig om dan een rationeele grens te trekken en daaraan vast te houden.

Als praktisch bezwaar komt daarbij dat in vele gronden het humusgehalte zoo laag is, dat de hoeveelheid grond die 6,25 gr humus bevat, hinderlijk groot wordt. Met 300 cc vloeistof kan men niet veel meer dan 150 gr grond behandelen; dat is dus een grond met 4,2 % humus. Bij gronden met een lager humusgehalte dan 4,2 % wordt dan ook in de praktijk van het grondonderzoek steeds slechts 150 gr grond genomen. Het resultaat van het onderzoek wordt door omrekening gecorrigeerd.

Een verder praktisch bezwaar is dat men deze zelfde methode niet ook kan toepassen bij de zware gronden: daar zou men op de — op een of andere wijze bepaalde — klei of op de klei-humus (sorptiecomplex) moeten betrekken. In het overgangsgedied — leemig zand, zandige klei of zavel — moet men dus ergens een sprong maken, of wel beide methoden naast elkaar toepassen, wat bij grondonderzoek in het groot ook alweer allerlei bezwaren geeft, zoowel bij het analysewerk als bij de interpretatie der resultaten voor de praktijk.

Dit bezwaar heeft men bij een vaste verhouding grond: vloeistof niet, omdat deze bij alle gronden kan worden toegepast.

Voortgezet onderzoek zal moeten uitmaken welke wegen en methoden uiteindelijk de voorkeur zullen verdienen; wij hebben dit punt hier ietwat uitvoeriger besproken omdat men bij het bestudeeren van het grondonderzoek op kali daarop steeds ten zeerste bedacht moet blijven en de consequentie's van het verschil in methode (schudverhouding) steeds in het oog moet houden.

21. *Wijze, waarop de kalibepalingen worden uitgevoerd*

Bepaling van de kali in extracten

De hoeveelheid kali, die in het grondextract voorkomt, wordt bepaald volgens de sedimentrische methode van HAMBURGER¹⁾ zooals deze door ARRHENIUS²⁾ is gewijzigd en aangepast aan het grondonderzoek.

Het gefiltreerde extract wordt tot droog ingedampt met een weinig waterstofperoxyde van 30 % ter verwijdering van organische verbindingen. Vervolgens wordt het opgenomen in water en behandeld met kalkmelk, waarbij fosforzuur en sesquioxyden worden neergeslagen. Na indamping en opname in water verkrijgt men een ammoniakvrije oplossing waarin door toevoeging van het natriumcobaltnitrietreagens de kali als complexe verbinding neerslaat. Dit laatste geschiedt in gecalibreerde capillairen met een verwijld bovenstuk (haematokrieten) waarbij men, na centrifugeeren, uit het volume van het neerslag de hoeveelheid K_2O afleest (Fig. 16).

¹⁾ H. J. HAMBURGER. *Bioch. Ztschr.* 71, (1915) 415.

²⁾ O. ARRHENIUS und H. RIEHM. *Meddelanden fran K. Vetenskapsakademiens Nobel-institut*, Band 6, N^o. 14 (1926).

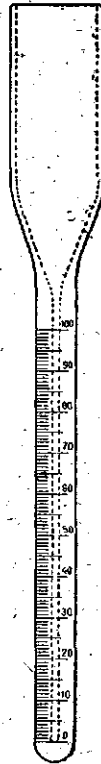


Fig. 16

Haematokriet

Deze methode is door de eenvoudige en snelle werkwijze voor massabepalingen bijzonder geschikt. Men moet echter enkele voorzorgsmaatregelen in acht nemen.

Allereerst is het gewenscht dat men de haematokrieten met kwik iijkt. Sommige fabrikaten kunnen zeer onnauwkeurig zijn. Zoo kwamen b.v. bij een afgekeurde zending de volgende afwijkingen voor.

TABEL XXIII

Mogelijke fouten in de capillairen van haematokrieten

Aflezing	Afwijkingen in deelstreepjes									
20 deelstreepjes	-4	-2	+2	+3	-2	-5	+2	-2	-4	+2
50 „	-5	-7	+9	+7	-9	-9	+6	-8	-13	+5

Het kan echter veel beter. Tabel XXIV geeft de afwijkingen van een serie, die aan de eischen voldoet welke men redelijkerwijze stellen kan.

TABEL XXIV

Fouten bij een serie zeer goede haematokrieten

N°.	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609
Aflezing	Afwijkingen in deelstreepjes									
10 deelstreepjes	+0,2	-0,2	-0,2	+0,4	+0,2	-0,6	+0,5	-0,8	-0,2	-0,4
20 "	+0,1	+0,3	0,0	+0,1	+0,2	-0,5	+0,3	-0,8	-0,4	-0,5
90 "	+0,5	+1,1	+0,9	-0,1	+0,4	+0,2	+0,1	-0,2	+0,1	+1,3

De thans in gebruik zijnde haematokrieten hebben een schaalverdeling van 100 streepjes en een bovenstuk van 6 cc inhoud. Een deelstreep moet 5,14 mg kwik (bij 18° C) kunnen bevatten, overeenkomend met een hoeveelheid cobaltnitrietneerslag, dat 0,09 mg K_2O bevat.

Toegestane afwijking

bij 0—25	deelstrepen	$\frac{1}{2}$	deelstreep
25—50	"	1	"
50—75	"	$1\frac{1}{2}$	"
75—100	"	2	"

Het is noodzakelijk dat de capillair geleidelijk overgaat in het mondstuk, daar anders ook bij centrifugeeren het gevormde neerslag gedeeltelijk in den hals van het mondstuk blijft liggen in plaats van in de capillair te zakken.

Het cobaltnitrietreagens is eenige weken houdbaar, mits men na de bereiding een uur lang lucht doorleidt ter verwijdering van de nitreuse dampen, en vervolgens door filtratie de eventueel uit het natriumnitriet neergeslagen kaliumverbinding verwijderd.

Aanwezigheid van ammoniakdamp in het werklokaal kan groote fouten geven, daar NH_4 dezelfde reactie met het cobaltreagens geeft als kalium.

Een belangrijke afwijking kan ontstaan door een te groote concentratie aan Ca-ionen in het extract. Bij de extractie van kalkrijke gronden met 0,1 norm. zoutzuur is het dikwijls noodig om extra zoutzuur toe te voegen, daar anders al het zoutzuur voor ontleding van $CaCO_3$ en omwisseling met Ca gebruikt zou worden. In zoo'n geval kan het voorkomen dat bij de kalibepaling in de haematokrieten een dik schilferachtig neerslag ontstaat. Bij voorafgaande verwijdering van de kalk met ammoniumcarbonaat treedt dit verschijnsel niet op. De overmaat $CaCl_2$ stoort niet alleen bij de vorming van het kalium-natriumcobaltnitrietneerslag, doch geeft ook volumevergrooting bij het oplossen van het residu in water voor de kalibepaling.

De invloed van het chloorcalcium op het volume van de oplossing en op het volume van het neerslag blijkt uit onderstaande tabel XXV.

Een KCl-oplossing, overeenkomend met 100 deelstreepjes neerslag, werd met stijgende hoeveelheden van een chloorcalciumoplossing van bekende sterkte en met de bij de kalibepaling benodigde overmaat $Ca(OH)_2$ tot droog ingedampt en vervolgens in 15 cc water opgenomen; in 3 cc van dit filtraat werd de kali bepaald.

Wordt de chloorcalcium-concentratie nog grooter, dan treedt na toevoeging van het cobaltreagens uitkristalliseeren van chloorcalcium op. Daar 15 cc

TABEL XXV

Vergrooting van het volume van het kalineerslag en dat van de kalieplossing door bijmenging van chloorcalcium

CaCl ₂	K-aflezing	Volume van de oplossing
0 milli aequivalent	20,5 deelstreepjes	15 cc
20 "	20,3 "	15 "
30 "	20,7 "	15 "
40 "	20,3 "	15,2 "
50 "	22,5 "	15,4 "
70 "	21,8 "	16,1 "

oplossing bij de gevolgde bepalingswijze overeenkomen met 40 gram grond, moet men dus bij alle gronden, die per 1 gram grond of (daar de grond in de verhouding 1 : 10 met 0,1 norm. zoutzuur geschud wordt) per 10 cc van het zoutzure extract, meer dan 1 milliaequivalent base bevatten de kalk uit het extract verwijderen.

Naarmate de gronden meer met kalk verzadigd zijn, wordt natuurlijk het 0,1 normaal zoutzuur, waarmee de grond geschud wordt, in meerdere mate

TABEL XXVI

Verlaging van het kaligehalte van het extract door gedeeltelijke neutralisering van het 0.1 norm. zoutzuur

Eindnormaliteit zonder extra zout- zuur	Beginnormaliteit Eindnormaliteit na extra zoutzuur-toevoeging		mg K gevonden per 100 g grond	
			zonder extra HCl	met extra HCl
0,08	0,12	0,09	30	29
0,08 ^s	0,11 ^s	—	10	10
0,09 ^s	0,10 ^s	—	22	21
0,09	0,11	—	21	22
0,07	0,13	—	9	10
0,06 ^s	0,13 ^s	0,09 ^s	13	13
0,06 ^s	0,13 ^s	0,10	9	8
0,05 ^s	0,14 ^s	0,10 ^s	10	10
0,05 ^s	0,14 ^s	0,10	8	9½
0,05	0,15	0,10	9	10
0,05	0,15	0,10	13	13
0,05	0,15	0,10	12½	12½
0,05	0,15	0,10	11½	12½
0,04 ^s	0,15 ^s	0,09	9	9½
0,03	0,17	0,10	11	12
0,02	0,18	0,10	14	15½
0,02	0,18	0,09 ^s	12	13½
0,02	0,18	0,09 ^s	10	11
0,01 ^s	0,18 ^s	0,10	8½	10½
0,01 ^s	0,18 ^s	0,10	13	15
0,01 ^s	0,18 ^s	0,09 ^s	12½	15

geneutraliseerd en het extract dus minder zuur. Dit heeft tengevolge dat het kalicijfer lager uitvalt. Daalt de eindconcentratie van het extract beneden 0,05 normaal zuur, dan wordt de invloed op de kalibepaling te groot en moet men extra zoutzuur toevoegen. Om de schudverhouding zoo min mogelijk te veranderen wordt dit zoutzuur toegevoegd in den vorm van 10-normaal HCl.

Tabel XXVI geeft een indruk van den invloed van een concentratievermindering van het zoutzuur op het kaligehalte van het extract.

22. *Bepaling van het kaligetal bij zand- en dalgronden*

Voor de kalibepaling in een zand- of dalgrond wordt zooveel grond, als overeenkomt met 6,25 gram humus (gloeiverlies), gedurende 1 uur bij kamertemperatuur geschud met 300 cc 0,1 norm. zoutzuur. Daarna wordt direct gefiltreerd in maatkolfjes van 200 cc en ingedampt op het waterbad met 1½ cc kalivrij waterstofperoxyde van 30 % tot geheel droog. Vervolgens wordt het residu met kokend gedestilleerd water opgenomen, waarbij de schaalpjes met een glasstaaf, bekleed met een stukje gummislang, goed worden schoongemaakt. Het geheel wordt dan overgebracht in een maatkolf van 250 cc; na toevoeging van 4 à 5 druppels phenolphtaleïne wordt kalkmelk toegevoegd tot roodkleuring. (Volgens het oorspronkelijk voorschrift voor de kalibepaling met waterstofperoxyde werd een lakmoespapiertje toegevoegd. Het is echter gebleken, dat men door afscheiding van alkali uit het lakmoespapiertje een fout van 1 à 2 eenheden in kaligetal kan maken). Daarna 1 uur in een kokend waterbad en na afkoeling in koelbak aanvullen tot 250 cc. Filtreeren in kolfjes van 200 cc. Indampen in platte schalen op Argandbranders en nog eenige druppels waterstofperoxyde van 30 % toevoegen. Wanneer het residu geheel droog is, dit na afkoeling opnemen in 15 cc gedestilleerd water. Het schaalpje goed schoonwrijven met glasstaafje waaraan gummiring, en het mengsel filtreeren in een reageerbuis. Hieruit 3 cc in duplo pipeteeren in haematokrieten en 1 cc van het cobaltnitrietreagens toevoegen. Met een platinadraadje en daarna met een ebonieten staafje het neerslag losmaken van den wand en de haematokrieten 1½ uur laten staan. 15 minuten centrifugeeren bij een toerental van omstreeks 3500 per minuut. Men leest dan de hoeveelheid kali per 2/3 gram humus (= 3 cc in de haematokriet gebrachte oplossing) direct af, waarbij 1 deelstreep neerslag = 0,09 mg K₂O.

23. *Bepaling van het kaligehalte bij zavel- en kleigronden*

Bij deze gronden wordt 60 gram grond met 600 cc 0,1 norm. zoutzuur 1 uur bij kamertemperatuur geschud. Direct affiltreeren en 500 cc filtraat op het waterbad in een porceleinen schaal indampen. Bij de laatste bijvulling van de schaal 1½ cc, en wanneer het extract donker is gekleurd 3 cc, 30 % waterstofperoxyde toevoegen. Na indampen tot droog opnemen in kolfjes van 250 cc en verder handelen als bij de bepaling voor de zand- en dalgronden.

De gebruikte 3 cc corresponderen met 8 gram grond. Uitgedrukt in mg K₂O per 100 gram drogen grond wordt derhalve de berekening:

$$12,5 \times \text{aantal streepjes neerslag} \times 0,09 \frac{100}{100 - \% \text{ vocht}} =$$

$$\frac{112,5 \times \text{aantal streepjes neerslag}}{100 - \% \text{ vocht}}$$

Bij alle kleigronden, en bij zandgronden met meer dan $\frac{1}{2}$ % CaCO_3 , wordt vóór de kalibepaling door titratie bepaald hoeveel van het 0,1 norm. zoutzuur wordt gebonden. Bedraagt dit meer dan de helft, dan wordt extra 10 norm. zoutzuur toegevoegd. Bij zulke gronden wordt de kalk in het extract neerslagen. Daartoe wordt de oplossing, die een uur in het waterbad heeft gestaan, na afkoeling weer is aangevuld tot 250 cc en in een maatkolf tot 200 cc gefiltreerd, niet direct ingedampt, doch eerst behandeld met ammoniumcarbonaat (1 : 5); na deze behandeling wordt de bepaling als boven verder afgewerkt.

De haematokrieten moeten natuurlijk na elke bepaling goed schoongemaakt worden. Dit gaat gemakkelijk door het neerslag met een glazen capillair met behulp van de waterstraalluchtpomp er uit te zuigen. Een enkele maal blijft wel eens wat neerslag aan den wand plakken. Dit wordt door wrijven met een metaaldraadje losgemaakt. Het is gewenscht eenmaal per 2 of 3 weken de haematokrieten gevuld met zoutzuur van Zaterdag tot Maandag te laten staan.

Bereiding der oplossingen.

Kalkmelk:

350 gram ongebluschte kalk worden met weinig gedestilleerd water gebluscht, vervolgens fijngewreven en met 5 liter leidingwater vermengd. Na bezinken wordt de bovenste vloeistof achtmaal afgeheveld en telkens door nieuw water vervangen. Deze behandeling wordt nog twee à drie keer met gedestilleerd water herhaald waarna de kalkmelk kalivrij is.

Cobaltnitrietreagens:

A. 100 gram gekristalliseerd cobaltnitrat wordt in 200 cc gedestilleerd water opgelost en bij de oplossing 50 cc ijszijn gevoegd.

B. 500 gram kalivrij natriumnitriet wordt opgelost in 1000 cc water.

Voor het reagens worden 6 volumina A en 10B gemengd. Dit mengsel blijft overnacht staan, den volgenden morgen wordt $1\frac{1}{2}$ uur lucht doorgezogen. De oplossing wordt gefiltreerd en direct gebruikt. Om den anderen dag wordt het nog aanwezige reagens vóór het gebruik opnieuw gefiltreerd.

SAMENVATTING

Een samenvatting is gegeven van wat bij de onderzoekingen over de methodiek van de kalibepaling van algemeen en blijvend belang werd geacht

Extractie met water Het waterig extract geeft niet alleen de in water oplosbare kali. Dit blijkt bij herhaalde extractie van den grond. Het tweede en volgende extracten bevatten dikwijls nog aanzienlijke hoeveelheden kali in verhouding tot die in het eerste extract.

De som van de kaligetallen van de waterige extracten is meestal gelijk of hooger dan het met 0,1 n-HCl bepaalde kaligetal, wat ook al er op wijst dat er bij herhaalde extractie met water, behalve de direct in water oplosbare kali, ook kali uit andere verbindingen wordt geëxtraheerd. Het evenwicht zal steeds veranderen bij de volgende extracten.

Extractie met water stelt ons derhalve niet in staat om een duidelijk en eënvormig beeld te verkrijgen van de hoeveelheid in water oplosbare kali naast de overige soorten van kaliverbindingen. Men zal steeds kali afkomstig

uit allerlei verbindingen tegelijkertijd mede bepalen volgens gecompliceerde evenwichten, die zich daarbij telkens naar omstandigheden zullen instellen. Men krijgt dus slechts globale en oriënteerende aanwijzingen over de oplosbaarheid in water van de in den grond aanwezige kali, die echter als zoodanig toch wel van nut zijn, vooral bij groote verschillen.

Extractie met verdund zoutzuur. Bij herhaalde extractie met 0,1 n HCl zijn na twee of drie extracties de onttrokken hoeveelheden verder van ongeveer gelijke orde van grootte geworden; van totale uitputting is zelfs na acht of negen maal extraheeren nog geen sprake. Met stijgende kalibemesting neemt de hoeveelheid kali opgelost in het eerste extract, uitgedrukt in procenten van de som van de extracten, toe. Bij den onbemesten grond lost in het eerste extract steeds het kleinste deel van de som op. Tusschen de verschillende grondtypen bestaat hierin verschil. Zoo is bij nieuwen dalgrond, waarin de kali zeer mobiel is, het in het eerste extract opgeloste percentage bij den bemesten grond zeer groot ten opzichte van den onbemesten. Bij zavelgrond is het percentage in het eerste extract betrekkelijk groot bij onbemest en klein bij bemest, omdat op dezen grond de met de bemesting gegeven kali wel wordt gebonden (vastgelegd). De aan zavel- of kleigrond toegevoegde kali wordt spoedig zoo sterk gebonden dat zij nog slechts gedeeltelijk in 0,1 n HCl oplost. Niettemin blijkt uit de proeven met perceelen op naderking dat de planten dikwijls nog in belangrijke mate van deze gebonden kali kunnen profiteren. Uitspoeling van de kali heeft op dit grondtype blijkens laagsgewijze bemonstering niet noemenswaard plaats. Bij nieuwen dalgrond, waar de kali veel zwakker gebonden wordt, is de daling van het kaligetel niet het gevolg van vastlegging doch van uitspoeling, wat uit de oogstdepressies blijkt. Geheel verloren is de naar dieper lagen verplaatste kali niet. Een wortelonderzoek, ingesteld door M. A. J. GOEDERWAAGEN, wees uit dat een deel der wortels tot ongeveer 25 cm kunnen doordringen.

Van de *vastlegging* kan men in het laboratorium een indruk verkrijgen door den grond met een kalizoutoplossing te mengen en na eenige weken de vastlegging te bepalen. Deze varieert bij kleigrond van 25 tot 80 %.

Terwijl de daling van de K-HCl cijfers op kleigrond het gevolg is van vastlegging en niet van uitspoeling, kan de verplaatsing naar diepere lagen bij zand- en dalgrond aanmerkelijk zijn.

Laat men een herhaalde malen geëxtraheerden grond *vochtig staan en opdrogen aan de lucht*, dan blijkt dat bij een nieuwe extractie weer een hooger kalicijfer wordt gevonden dan bij de laatste extractie het geval was. Iets dergelijks treft men ook op het veld aan. Na de periode van zeer sterken groei treedt soms een belangrijke daling van de kalicijfers op, welke daarna weer door een tijdelijke stijging wordt gevolgd, om vervolgens weer door vastlegging of uitspoeling een daling te geven.

Extractie met 1 % citroenzuur. Deze geeft wat lager cijfers dan met 0,1 n HCl, maar de correlatie is zeer goed. Uit analytische overwegingen wordt het citroenzure extract van de fosforzuurbepaling echter niet voor de kalibepaling gebruikt.

Extractie met 1 n ammoniumacetaat. Bij extractie met amoniumacetaat heeft er in vele gevallen in het derde extract geen oplossing van kali meer plaats, terwijl het overgrootste deel reeds in het eerste extract oplost. Bij 0,1

norm. zoutzuur is dit niet het geval. Vermoedelijk heeft men hier ook met een zure werking te maken. Het blijkt echter dat in bepaalde gevallen in het derde extract nog belangrijke hoeveelheden, soms gelijk aan die van het tweede extract, oplossen. Na driemaal extraheeren is de grond in vele gevallen schijnbaar uitgeput. Zooals reeds vermeld kan er na vochtig bewaren en opdrogen van den grond bij een vierde extractie tocht weer kali onttrokken worden.

Extractie met 5 % zoutzuur. Tusschen de met 5 % en 0,1 norm. zoutzuur geëxtraheerde hoeveelheden bestaat een eenigszins lineair verband, hoewel groote afwijkingen voorkomen. Een differentieering naar grondtypen zal wel noodig zijn. In 5 % zoutzuur lost 10 à 20 maal zoveel op als in 0,1 n HCl, waarbij men in acht heeft te nemen, dat de gevolgde werkwijzen niet geheel dezelfde zijn en dat groote afwijkingen voorkomen.

Extractie met waterstofperoxyde. De extractie met waterstofperoxyde werd nader onderzocht. Hierbij bleek o.a. dat door onvoldoende of te sterk gloeien de kaligetallen te hoog of te laag uitvielen. Ook was de inwerking van het peroxyde tijdens de extractie zeer verschillend. Hard of zacht koken gaf wisselend eindvolume van het extract, dus wisselende extractieverhouding. Bij herhaalde extractie bleek in het eerste extract lang niet alle kali te worden opgelost. Bij de eerste extractie wordt ongeveer 70 % en bij de tweede nog eens een 10 % van den humus gedestruceerd. Maar ook de volgende extracten leveren steeds weer kali, voor een deel vermoedelijk niet organisch gebonden kali.

De pH-bepaling in de extracten wees uit, dat de pH van het eerste extract tusschen 2 en $3\frac{1}{2}$ lag met een normaliteit van 0,05 tot 0,2 n. Deze zuurheid kan niet afkomstig zijn uit het peroxyde zelf, daar dit slechts onbeduidende hoeveelheden zuur bevat in vergelijking met die in het extract. In de volgende extracten neemt tegelijk met de vermindering van het humusgehalte ook de hoeveelheid zuur snel af en daalt tot de in het peroxyde aanwezige hoeveelheid. Niettemin wordt ook dan nog kali geëxtraheerd. Het blijkt derhalve, dat ook andere kali in oplossing gaat dan oplosbare of uitwisselbare. De behandeling van den grond met waterstofperoxyde heeft blijkbaar geen andere beteekenis dan een zure extractie. Dit blijkt ook nog wanneer men den grond eenige malen b.v. vijf maal met water extraheert en daarna een zesde maal met H_2O_2 . De som van de kaligetallen in de vijf waterige extracten is dan ongeveer even groot als het oorspronkelijke kaligetal met H_2O_2 , terwijl in het zesde extract met H_2O_2 weer een aanmerkelijke hoeveelheid kali vrij komt.

Om bovengenoemde redenen is onderzocht of extractie met 1 % citroenzuur, dat een pH van 2,1 en een normaliteit van 0,14 heeft, de blijkbaar zure extractie met H_2O_2 niet kan vervangen. Daar het een bezwaar is dat men dan het citroenzuur weer moet weggloeien en er een nauwe correlatie bleek te bestaan tusschen de hoeveelheden kali geëxtraheerd met 1 % citroenzuur en 0,1 norm. zoutzuur, werd de correlatie tusschen de met 0,1 n. HCl en met peroxyde bepaalde kaligetallen nagegaan. De stippen lagen vrijwel in een rechte lijn, alleen zijn de K-getallen met zoutzuur iets hooger dan met waterstofperoxyde. Praktisch zijn de resultaten dezelfde.

Schudverhouding. De hoeveelheid onttrokken kali hangt uiteraard sterk van de schudverhouding af. Voor het omrekenen van kaligetal in kaligehalte en omgekeerd, zou het gemakkelijk zijn indien er een goed verband tusschen schudverhouding en kaligehalte bestond. Aanvankelijk leek dit aanwezig.

Bij verder onderzoek met een veel uitgebreider materiaal bleek de spreiding zoo groot te zijn dat een verdere differentiatie naar grondtypen noodig zou zijn, wat weer andere bezwaren heeft, zoodat voor praktische doeleinden van het omrekenen der cijfers moest worden afgezien.

Kalifactor en kali-eenheid. De beteekenis van deze begrippen werd nog eens in het kort uiteengezet.

Peil en gehalte. Op het verschil tusschen peil (kaligetal) en gehalte (K-HCl) werd uitvoeriger ingegaan. De bezwaren, die aan het begrip kaligetal zijn verbonden, worden, hoewel de bepaling wel degelijk haar praktische bruikbaarheid heeft bewezen, nog eens onder oogen gezien. Afgezien van deze onvolkomenheden blijft het ongewenscht, dat de verschillende gronden volgens twee methoden (kaligetal en K-HCl) worden onderzocht.

Uitvoering van de kalibepaling. Besproken wordt de sedimentrische K-bepaling, zooals deze voor de vaststelling van het kaligehalte van de grondextracten wordt toegepast. Gewezen wordt op eenige voorzorgsmaatregelen, die men in acht moet nemen om met deze eenvoudige en snelle werkwijze bevredigende resultaten te verkrijgen. B.v. het zorgvuldig ijken van de haematokrieten, de gewenschte vorm van deze apparaatjes, de wijze van reinigen na de bepaling, de bevordering van de houdbaarheid van het cobaltnitriet-reagens, de storende werking van eventuele ammoniakdampen in het lokaal, de fouten die men kan maken door een te groote Ca-concentratie in het extract en hoe daarin voorzien wordt. Dit laatste vooral bij kalkhoudende gronden, waarbij extra toevoeging van zoutzuur noodig is omdat anders de kalicijfers door neutralisatie van het zoutzuur te laag uitvallen.

Bijgevoegd is een uitvoerig voorschrift voor de bepaling van het kaligetal en het kaligehalte (K-HCl) zooals thans in gebruik.

Prijs

Eenige ervaringen bij de bepaling van Fe_2O_3 en Al_2O_3 met ortho-oxychinoline, door J. TEN HAVE, en De bepaling van Al_2O_3 en Fe_2O_3 in zoutzure grondextracten, door Dr. JAC. v. D. SPEK (L. O. n ^o . 49 (8) A)	f 0,35 *
Boekelscheurbacteriën, door J. W. PETTE en J. VAN BEYNUM (L. O. n ^o . 49 (9) C)	„ 0,85 *
Over bijvoeding van het melkvee in de weide met copra, voederbieten en aardappelen in verband met de stevigheid van de geproduceerde boter door E. BROUWER, N. D. DIJKSTRA en A. M. FRENS (L. O. n ^o . 49 (10) C)	„ 1,20 *
Verslag omtrent de eiwitwerking van ureum en ammoniumlactaat bij melkkoeien, samengesteld door E. BROUWER, A. M. FRENS en B. STONEBRINK (L. O. n ^o . 49 (11) G)	„ 2,55 *
Over den invloed van toediening van basen op de verteerbaarheid van mineraal-zuur-silage, door N. D. DIJKSTRA (L. O. n ^o . 49 (12) C)	„ 0,35 *
Proefnemingen over ensileeren met mierenzuur II, door N. D. DIJKSTRA en J. C. DE RUYTER DE WILDT (L. O. n ^o . 49 (13) C)	„ 0,95 *
Over de ongunstige voederwerking van rauwe aardappelen bij mestvarkens, door A. M. FRENS (L. O. n ^o . 49 (14) C)	„ 0,80 *
Een kaartering van den kalk- en fosfaattoestand, benevens een oriënteerende opname van de bodemgesteldheid en den landbouwkundigen toestand in de gemeenten Eersel en Riethoven (N.Br.) door O. DE VRIES, H. KOORNNEEF en F. J. A. DECHERING (L. O. n ^o . 49 (15) A)	„ 2,— *
Bijdragen tot de kennis van eenige natuurkundige grootheden van den grond. N ^o . 8. De Bodemgesteldheid van de Veenkoloniën; de doorlatendheid van de watervoerende laag tot maximaal 20 m onder het maaiveld, en de daaruit af te leiden algemeene conclusies met betrekking tot de ontwatering van de Veenkoloniën, door Dr. S. B. HOOGHOUDT (L. O. n ^o . 49 (16) A)	„ 3,— *
Grondonderzoek naar fosfaat- en kalitoestand op grasland, door Dr. F. VAN DER PAAUW (L. O. n ^o . 49 (17) A)	„ 1,50 *
Over correlaties en regressies bij de kenmerkende getallen van het botervet, door B. v. D. BURG, E. BROUWER en C. A. KOPPEJAN (L. O. n ^o . 50 (1) G)	„ 0,50 *
Onderzoek naar het smaakbederf van boter door opslag bij lage temperatuur, door M. VAN DER WAARDEN (L. O. n ^o . 50 (2) G)	„ 0,80 *
Onderzoek naar de voederwaarde van ontsloten stroo voor herkauwers, door N. D. DIJKSTRA (L. O. n ^o . 50 (3) C)	„ 1,10 *

N. B. Voor verdere publicaties op het gebied van den Landbouw raadplege men den Catalogus van Rijksuitgaven, welke aan de loketten der postkantoren ter inzage ligt of tegen den prijs van f 0,37* bij de Rijksuitgeverij verkrijgbaar is.

Z. O. Z.

Bij de Rijksuitgeverij te 's-Gravenhage zijn mede verkrijgbaar:

Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen der Rijkslandbouwproefstations:

	Prijs
Een vakkenproef over den invloed van verschillende waterstanden op den grasgroei bij drie grondsoorten, door Dr. Ir. H. J. FRANKENA en Dr. M. A. J. GOEDEWAAGEN (L. O. n°. 48 (6) A)	f 0,75 *
Onderzoekingen over de kalihuishouding op zandgrond en bezand hoogveen. Resultaten van een drietal meerjarige kaliproefvelden in Westerwolde, door Dr. F. VAN DER PAAUW (L. O. n°. 48 (7) A)	„ 0,45 *
Eenige proeven over den invloed van den dispersiegraad van roomvet op de kristallisatie van dat vet, door H. MULDER (L. O. n°. 48 (8) C)	„ 0,35 *
Mierenzuur als toevoeging bij het inkuilen, door Ir. J. F. VAN RIEMSDIJK (L. O. n°. 48 (9) B)	„ 0,35 *
Onderzoekingen betreffende de aardappelplant, door Dr. K. ZIJLSTRA (L. O. n°. 48 (10) B)	„ 0,80 *
De granulaire samenstelling van Nederlandsche grondsoorten, door Prof. Dr. O. DE VRIES (L. O. n°. 48 (11) A)	„ 2,— *
De bepaling van fosphatiden in karnemelk, door H. MULDER (L. O. n°. 48 (12) C)	„ 0,35 *
Over den kalirijkdom van kleigronden, door Ir. W. C. VISSER (L. O. n°. 48 (13) A)	„ 0,50 *
Het aantoonen van gasvormende bacteriën in kaas, door Ir. J. VAN BEYNUM en Dr. J. W. PETTE (L. O. n°. 48 (14) C)	„ 0,75 *
Overzicht van de resultaten, verkregen bij het onderzoek van baggermonsters, door Ir. F. J. A. DECHERING (L. O. n°. 48 (15) A)	„ 0,75 *
Kalktoestand en Oogstopbrengst III haver, IV Aardappelen, door Ir. W. C. VISSER (L. O. n°. 49 (1) A)	„ 0,40 *
Voederproef met graslandproducten zonder gebruikmaking van eenig krachtvoeder bij melkvee, door N. D. DIJKSTRA (L. O. n°. 49 (2) C)	„ 0,75 *
Onderzoekingen betreffende eenige kalktoestandskarakteristieken, door Ir. W. C. VISSER (L. O. n°. 49 (3) A)	„ 0,75 *
Over het verband tusschen onderwater-gewicht, droge-stofgehalte en zetmeelgehalte bij fabrieksaardappelen, door Dr. A. H. A. DE WILLIGEN (L. O. n°. 49 (4) A)	„ 0,70 *
De nauwkeurigheid van verschillende methoden van grondonderzoek ter beoordeeling van den kali- en fosforzuur-rijkdom, door Ir. W. C. VISSER (L. O. n°. 49 (5) A)	„ 0,65 *
Eenige proeven over den invloed van den reëelen zuurheidsgraad op de rijping van Edammer kaas, door H. A. SIRKS (L. O. n°. 49 (6) C)	„ 0,75 *
Proefnemingen over ensileering met mierenzuur I, door J. C. DE RUYTER DE WILDT en N. D. DIJKSTRA (L. O. n°. 49 (7) C)	„ 0,65 *

N.B. Men raadplege ook de vorige pagina.