

RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION EN BODEMKUNDIG INSTITUUT
TE GRONINGENHET TER BESCHIKKING KOMEN VAN KALI IN STERK
UITGEPUTTEN GROND

DOOR

Dr. F. VAN DER PAAUW

Inleiding

Een grond, waaraan door geregelde verbouw van cultuurgewassen voortdurend voedingsstoffen onttrokken worden, zal, indien de opgenomen stoffen niet of in onvoldoende mate door de bemesting worden toegevoerd, na korteren of langeren tijd in een toestand van uitputting geraken. Dit verschijnsel zal zich des te eerder voordoen, naarmate de bodemvoorraden aan bepaalde stoffen betrekkelijk gering zijn en de behoefte van de verbouwde gewassen in verhouding groot is. Zeker is dit bij verschillende grondsoorten voor de voedingsstof kali het geval, waarvan de gewassen onder gunstige culturomstandigheden groote hoeveelheden behoeven, terwijl de in den bodem beschikbare voorraden dikwijls vrij gering zijn.

Terwijl daarom een zeer spoedig intreden van ernstig kaligebrek bij weglaten van de kalibemesting op onze lichte gronden geenszins verwondering zou wekken, vinden wij veeleer op onze kaliproefvelden, dat de verschijnselen van kaligebrek soms bij uitboeren nog verscheidene jaren uitblijven; tegelijkertijd leert ons het geregelde jaarlijksche grondonderzoek, dat de kalitoestand veel langzamer terugloopt, dan een eenvoudige berekening van de voor het gewas beschikbare hoeveelheid kali zou doen vermoeden. Het bleek hierbij zelfs, dat de kalitoestand van niet met kali bemesten grond soms practisch eenige jaren lang op een constant peil kan blijven, zoodat tijdelijk de indruk ontstond, dat een laagste peil bereikt was, waar beneden de kalitoestand niet zou kunnen dalen. Zooals echter in het volgende blijken zal, was deze conclusie bij voortgezette proefneming in geen der onderzochte gevallen houdbaar.

Hoewel de kalihuishouding van het gewas zelf een zekere aanpassing vertoont en de plant bij teruggaanden kalitoestand aanvankelijk met een geringere hoeveelheid kali weet uit te komen, zonder dat dit tot het optreden van uiterlijke verschijnselen van kaligebrek of van opbrengstdepressies behoeft te leiden, blijkt bij het berekenen van de door het gewas onttrokken hoeveelheden kali, dat de uitsluitende oorzaak van den zeer langzamen achteruitgang van den kalitoestand niet in dit verminderde kaliverbruik gezocht kan worden.

Het is dus niet mogelijk op grond van de kennis van de beschikbare kali en de door het gewas onttrokken hoeveelheid een sluitende kalibalans van

INHOUD

	Blz.
Inleiding	365
Literatuuroverzicht	367
De veranderingen van den kalitoestand van den grond op kaliproef- velden, als deze in sterk uitgeputten staat verkeert	369
De achteruitgang bij uitboeren	369
De stijging van het kaligetal in den winter	379
Het verloop van den kalitoestand bij intensieve bebouwing onder de omstandigheden van een potproef	382
Onderzochte grondsoorten	382
Eigenschappen van de onderzochte gronden	384
Opzet van de potproef	387
Waarnemingen aan de gewassen	388
Opbrengsten, kaligehalten en kalionttrekking van de verbouwde gewassen	390
Het verloop van het kaligehalte van den grond tijdens de potproef	395
Beschouwingen	400
Samenvatting	402
Summary	403
Literatuur	405

RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION EN BODEMKUNDIG INSTITUUT
TE GRONINGEN

HET TER BESCHIKKING KOMEN VAN KALI IN STERK
UITGEPUTTEN GROND

DOOR

Dr. F. VAN DER PAAUW

Inleiding

Een grond, waaraan door geregelde verbouw van cultuurgewassen voortdurend voedingsstoffen onttrokken worden, zal, indien de opgenomen stoffen niet of in onvoldoende mate door de bemesting worden toegevoerd, na korteren of langeren tijd in een toestand van uitputting geraken. Dit verschijnsel zal zich des te eerder voordoen, naarmate de bodemvoorraden aan bepaalde stoffen betrekkelijk gering zijn en de behoefte van de verbouwde gewassen in verhouding groot is. Zeker is dit bij verschillende grondsoorten voor de voedingsstof kali het geval, waarvan de gewassen onder gunstige culturomstandigheden groote hoeveelheden behoeven, terwijl de in den bodem beschikbare voorraden dikwijls vrij gering zijn.

Terwijl daarom een zeer spoedig intreden van ernstig kaligebrek bij weglaten van de kalibemesting op onze lichte gronden geenszins verwondering zou wekken, vinden wij veeleer op onze kaliproefvelden, dat de verschijnselen van kaligebrek soms bij uitboeren nog verscheidene jaren uitblijven; tegelijkertijd leert ons het geregelde jaarlijksche grondonderzoek, dat de kalitoestand veel langzamer terugloopt, dan een eenvoudige berekening van de voor het gewas beschikbare hoeveelheid kali zou doen vermoeden. Het bleek hierbij zelfs, dat de kalitoestand van niet met kali bemesten grond soms practisch eenige jaren lang op een constant peil kan blijven, zoodat tijdelijk de indruk ontstond, dat een laagste peil bereikt was, waar beneden de kalitoestand niet zou kunnen dalen. Zooals echter in het volgende blijken zal, was deze conclusie bij voortgezette proefneming in geen der onderzochte gevallen houdbaar.

Hoewel de kalihuishouding van het gewas zelf een zekere aanpassing vertoont en de plant bij teruggaanden kalitoestand aanvankelijk met een geringere hoeveelheid kali weet uit te komen, zonder dat dit tot het optreden van uiterlijke verschijnselen van kaligebrek of van opbrengstdepressies behoeft te leiden, blijkt bij het berekenen van de door het gewas onttrokken hoeveelheden kali, dat de uitsluitende oorzaak van den zeer langzamen achteruitgang van den kalitoestand niet in dit verminderde kaliverbruik gezocht kan worden.

Het is dus niet mogelijk op grond van de kennis van de beschikbare kali en de door het gewas onttrokken hoeveelheid een sluitende kalibalans van

den grond op te stellen, hoewel ditzelfde bij behoorlijk met kali bemeste, in goeden kalitoestand verkeerende gronden bij ruwe benadering wel mogelijk is. Voorbeelden van het laatste werden in een vroegere publicatie gegeven (48).

Ook in lichte gronden zijn dus kali-reserves aanwezig, die door de gebruikelijke bepaling van de oplosbaarheid in verdund zoutzuur niet aan het licht worden gebracht. Het is nu mogelijk, dat deze reserve zich buiten de bouwvoor in den ondergrond bevindt, waaruit de wortels de kali zouden betrekken en wellicht gedeeltelijk weer aan de bouwvoor afgeven, of van waaruit door capillaire opstijging in droge tijden opgeloste kali naar de bouwvoor zou bewegen; ofwel dat deze kali zou vrijkomen uit reserves, die zich in de bouwvoor zelf bevinden, en waarin de kali in een moeilijk toegankelijken vorm aanwezig is, maar waaruit deze toch langzaam ter beschikking zou kunnen komen.

Dat de in minerale bestanddeelen voorkomende kali voor het gewas beschikbaar kan worden is lang bekend (zie blz. 367—368) en vele nieuwere onderzoekingen hebben bevestigd, dat de zoogenaamde niet uitwisselbare, niet adsorptief gebonden kali, die bij het gebruikelijke grondonderzoek met 0,1 n zoutzuur of andere oplosmiddelen niet in vrijheid wordt gesteld, tot op zekere hoogte voor de planten opneembaar is. Het is echter bijzonder opmerkelijk, dat deze reserve op onze zandgronden van zoodanige beteekenis zou zijn, dat ook de kalitoestand van deze gronden er verscheidene jaren door op peil zou kunnen worden gehouden.

Het geregelde grondonderzoek van de proefvelden op deze grondsoorten levert echter, zooals later zal worden aangetoond, een duidelijke aanwijzing, dat aan het vrijkomen van moeilijk beschikbare kali een vrij belangrijke beteekenis moet worden toegekend. Vergelijkt men nl. de resultaten van in het voorjaar uitgevoerd grondonderzoek met die van het onderzoek in het voorafgaande najaar, dan blijkt er op de objecten van de proefvelden, waarop kali is weggelaten, vaak een geringe stijging van het kaligetal, resp. kaligehalte te hebben plaatsgevonden, terwijl daarentegen op de ruim met kali bemeste objecten van het proefveld gewoonlijk eenige achteruitgang van het kaligetal is opgetreden, die aan uitspoeling, of aan een geringe vastlegging in den winter, moet worden toegeschreven. Het is duidelijk, dat de eerstgenoemde stijging niet door een toevoer van kali uit den ondergrond veroorzaakt kan zijn.

Teneinde een nader inzicht te krijgen in de beteekenis, die het vrijkomen van bodemkali in onze gronden heeft, leek het interessant de verschijnselen, die bij het uitboeren van den grond op kali optreden, te bestudeeren onder omstandigheden, waarbij de invloed van den ondergrond uitgeschakeld is. Er is daarom een potproef uitgevoerd met gronden, die van een aantal kali-proefvelden afkomstig waren, waar een opvallend langzame achteruitgang

van den kalitoestand bij volledig weglaten van de kalibemesting opgevallen was.

Naar aanleiding van de resultaten van het jaarlijksche grondonderzoek van deze proefvelden had tevens de meening postgevat, dat het kaligetal van een grond op den duur een onderste grenswaarde nadert. Deze schijnbare grenswaarde lag bij enkele proefvelden op een hoog peil, nl. hoger dan een kaligetal 20, het getal waarboven volgens andere ervaringen kaligebrek zelden of niet zou optreden (48). Kaligebrek trad, in overeenstemming hiermee, inderdaad op de betreffende proefvelden niet op, zoodat er blijkbaar ook enkele lichte gronden schenen te bestaan, die zichzelf, evenals kalirijke kleigronden, voldoende van beschikbare kali kunnen voorzien. Het leek in verband daarmee van bijzonder belang na te gaan, of deze grenswaarde zich ook bij zeer intensieve cultuur zonder ondergrond zou handhaven. Hoewel bovenbedoelde veronderstelling van een vaste onderste grenswaarde bij verdere voortzetting van de proefvelden niet houdbaar bleek en het kaligetal op den duur toch tot lagere waarden daalde, blijft het van belang om het verloop van den kalitoestand van deze gronden bij intensieve bebouwing vast te stellen.

In het volgende zal nu, nadat eerst een kort overzicht gegeven zal worden over hetgeen in de literatuur bekend is over het ter beschikking komen van minerale kali, een uitvoeriger beschrijving volgen van de verschijnselen, die op een aantal kaliproefvelden op zandgronden bij weglaten van de kalibemesting zijn gevonden, waarbij in het bijzonder op die proefvelden zal worden ingegaan, waarvan de grond gebruikt is voor de uitgevoerde potproef. Vervolgens zullen de uitkomsten van de potproef vermeld worden.

Literatuuroverzicht

De mogelijkheid voor het gewas om kali aan den bodem te onttrekken, welke daaruit niet door uitwisseling met oplossingen van neutrale zouten of extractie met zwakke oplossingen van zuren te verwijderen is, en dus niet in opgelosten of adsorptief gebonden vorm voorkomt, is door verschillende onderzoekingen bekend (9, 18, 20, 32, 35, 42, 54, 55, 59).

In niet uitwisselbaren vorm gebonden kali, die zich binnen de kalihoudende mineralen moet bevinden, blijkt dus toch tot op zekere hoogte voor het gewas beschikbaar te zijn. Dit is ook gebleken bij een recent onderzoek van KOLODNY en ROBBINS (36), die een matige opneembaarheid konden aantonen van aan bentoniet in niet uitwisselbaren vorm gebonden kali. Bijzonder duidelijk kwam de opname van deze kali voor den dag bij de onderzoekingen van HOAGLAND en MARTIN (31), en van ABEL en MAGISTAD (1), die eenzelfde grond vele malen achtereen bebouwden, totdat er geen groei meer mogelijk was. Door de opeenvolgende beplantingen was een aanmerkelijke hoeveelheid kali onttrokken. Ook de gelijksoortige proeven van

SCHACHTSCHABEL (54), uitgevoerd volgens de bekende kiemplanten-methode van NEUBAUER, leidden tot een zelfde resultaat. Voor Nederlandsche kleigronden blijkt uit de door MASCHHAUPT (43, 44) o. a. aan de hand van lysimeterproeven opgestelde berekeningen, dat voortdurend kali uit niet uitwisselbare bron voor het gewas beschikbaar wordt. Dit geldt zelfs voor de niet in 5 % zoutzuur oplosbare kali.

Dat kalihoudende mineralen in staat zijn om de benodigde kali aan het gewas te leveren, is reeds vroegtijdig aangetoond (7, 8, 17, 19, 49, 50, 52, 53, 55, 57). Overigens dient opgemerkt te worden, dat minerale kali niet altijd niet-uitwisselbaar behoeft te zijn: bij de kali van zeer fijn verdeeld muskoviet is dit althans volgens de onderzoekingen van KELLEY en JENNY (33) grotendeels wel het geval; beide termen, minerale en niet-uitwisselbare kali, duiden dus niet geheel hetzelfde aan. Door BREAZEALE en MAGISTAD (10) is gevonden, dat aan den grond toegevoegde, niet-uitwisselbare minerale kali in uitwisselbaren vorm kan overgaan, terwijl BARTHOLOMEW en JANSSEN (5) op grond van hun proeven van meening zijn, dat een dergelijk proces in beide richtingen kan verlopen. Goede overzichten van de beteekenis van kalihoudende mineralen voor de plantenvoeding worden gegeven door VAN BAREN (4) en DE LEENHEER (40), waarnaar hier verder verwezen mag worden.

Dezelfde opvatting als van BARTHOLOMEW en JANSSEN wordt voorgestaan door HOAGLAND en MARTIN (31) en HAUSER (29). Laatstgenoemde ziet de levering van kali uit de kristallen en omgekeerd de vastlegging van toegevoegde kali in het kristalrooster, als een evenwichtsreactie, welk evenwicht zich evenwel bij gronden, waarin de mineralen reeds vergaand aan kali verarmd zijn, veel sneller instelt in de richting van vastlegging, doordat het kalium gemakkelijker op zijn natuurlijke plaats binnen het rooster terugkeert, dan dat het hieruit te verwijderen is.

De vastlegging van kali is volgens HAUSER afhankelijk van den aard van de kleifractie; de grootte van het kleigehalte is hiervoor niet in de eerste plaats bepalend; humeuze gronden vertoonen geen vastlegging (ook GILLIGAN, 24). Vermoedelijk zal daarom omgekeerd de levering van kali ook in hoofdzaak door de kleifractie verzorgd worden. Het is waarschijnlijk, dat de aard hiervan, nl. de kalirijkdom van de mineralen en het vermogen deze kali af te staan, eveneens van meer beteekenis is dan het gehalte aan kleideelen.

Verschillende factoren zouden op het vrijkomen van kali invloed kunnen hebben. In het bijzonder is in dit opzicht veel aandacht besteed aan den invloed van de kalk. Aangezien echter de gedeeltelijk elkaar tegensprekende resultaten op verschillende oorzaken kunnen berusten, zal hierop niet nader worden ingegaan en wordt verwezen naar de betreffende literatuur (1, 2, 3, 9, 11, 12, 21, 22, 23, 24, 25, 30, 34, 37, 38, 41, 45, 49, 56).

Een tweede factor, die genoemd wordt, is de organische stof. Toevoeging van organische stof heeft in het algemeen niet tot een in belangrijke mate vrijkomen van kali geleid (27, 39, 46, 56). Zooals gezegd wordt kali door den humus niet in niet-uitwisselbaren vorm vastgelegd. HAUSER (29) is evenwel tot de conclusie gekomen, dat de humus gedeeltelijk een bestanddeel is van de hydrolysefilm, die zich om de minerale deeltjes heenlegt. Een verstoring van deze laag, bijv. door onttrekking van den humus, kan een verstoring van de toegangswegen tengevolge hebben. Hij vond eveneens, dat een toevoeging van organische stof niet in staat is om den ouden toestand te regenereren, d. w. z. het vrijkomen, resp. de vastlegging, van kali hiermede te beïnvloeden. Dit zou echter wel het geval zijn bij toevoeging van zgn. actieve, kunstmatig bereide humusstoffen. Deze zouden de toegangswegen tijdelijk kunnen versperren en daardoor de vastlegging van kali door gronden, die deze eigenschap in sterke mate bezitten, kunnen matigen. Omgekeerd zal dan o. i. vermoedelijk te verwachten zijn, dat zij op kalirijkere gronden het vrijkomen van kali zullen belemmeren en dat zij dus geen mobilisatie van kalireserves kunnen teweegbrengen.

In hoeverre tenslotte het gewas de onttrekking van kali bevordert door directe aantasting van de mineralen, dan wel alleen door het continu verwijderen van de vrijgekomen kali, waardoor de concentratie buiten de mineralen laag blijft, is niet uitgemaakt. Wel is bekend, dat het vermogen om kali uit armen grond op te nemen bij verschillende gewassen sterk uiteenloopt.

De veranderingen van den kalitoestand van den grond op kaliproefvelden, als deze in sterk uitgeputten staat verkeert

De achteruitgang bij uitboeren

Zooals in de inleiding werd gezegd, loopt de kalitoestand van den grond, uitgedrukt in het kaligetal, bij weglaten van de kalibemesting veel langzamer terug, dan men op grond van de door het gewas onttrokken hoeveelheden zou mogen verwachten. Om dit feit vast te stellen is het noodig om, behalve het kaligetal, ook regelmatig de onttrekking aan kali te bepalen en deze om te rekenen in de eenheden, waarin het kaligetal wordt uitgedrukt. Voor deze berekening wordt gebruik gemaakt van het begrip kali-eenheid, dat de hoeveelheid kali voorstelt, die theoretisch per hectare toegediend moet worden om het kaligetal van den grond met 1 te verhoogen.

Het kaligetal wordt, zooals bekend, bepaald door een hoeveelheid grond, die een bepaalde hoeveelheid humus bevat, met een vastgestelde hoeveelheid 0,1 n HCl te extraheeren. De aldus gevonden hoeveelheid kali wordt op den humus herleid en in een cijfer, het kaligetal, uitgedrukt. De kali-eenheid

wordt berekend door de hoeveelheid humus in de bouwvoor per ha in kg (aldus te berekenen: humusgehalte in percenten $\times$ volumegewicht van den grond $\times$ bouwvoordikte in cm $\times 10^3$), met het getal 0,00009 te vermenigvuldigen.

De resultaten van een aantal, verscheidene jaren voortgezette proefvelden op zand- en dalgrond, zijn in tabel 1 bijeengebracht. Hierin zijn de in opeenvolgende proefjaren verbouwde gewassen, de onttrekking aan kali, voor zoover deze uit de opbrengstbepaling en de chemische bepaling van het kaligehalte van het gewas berekend kon worden (zoowel in kg/ha K_2O als in kali-eenheden) en de steeds onmiddellijk na den oogst bepaalde kali-getallen vermeld.

TABEL 1 *Table 1*

Kalionttrekking door de verbouwde gewassen en verloop van het kaligetal bij weglaten van de kalibemesting bij een aantal proefvelden op zand- en dalgrond
Comparison between the withdrawal of potassium (in kg/ha K_2O and in unities of the potassium number) and the course of the potassium number, determined annually at harvest time, after ceasing the fertilization with potassium on several experiment fields on sandy soil or reclaimed moor soil („dalgronden” or „moorcolonial soils”) respectively

Proefveld <i>Experiment field</i>	Eigenschappen grond <i>Properties of the soil</i>	Jaar <i>Year</i>	Gewas <i>Crop</i>	Onttrekking <i>Withdrawal</i>		Kali- getal na oogst <i>K-number at har- vest</i>
				in kg/ha K_2O	in kali- een- heden in unities of K- number	
Pr 8, A. G. Mulder, later A. Doornbos, Sappemeer; eerste proefjaar 1881	oude dalgrond humus 27 % pH 5,4 kali-eenheid 25 kg	1925	haver	—	—	8
		1926	aardappelen	—	—	8
		1927	haver	—	—	—
		1928	aardappelen	—	—	8
		1929	rogge	—	—	8
		1930	aardappelen	—	—	8
		1931	haver	—	—	8
		1932	aardappelen	32	1	8
		1933	zomertarwe	19	1	—
		1934	aardappelen	13	0,5	6
Pr 100, Proefboer- derij Emmercom- pascuum; eerste proefjaar 1931	nieuwe dalgrond humus 4,5 % afslibbaar 3 % pH 5,2 kali-eenheid 6 kg	1931	aardappelen	—	—	13
		1932	rogge	18	3	13
		1933	aardappelen	73	12	12
		1934	tarwe	—	—	11
		1935	aardappelen	51	9	9,5
		1936	tarwe	—	—	10
		1937	aardappelen	25	4	8
		1938	rogge	—	—	7
		1939	aardappelen	30	5	7
		1940	rogge	—	—	7

TABEL 1 (Vervolg)

Proefveld <i>Experiment field</i>	Eigenschappen grond <i>Properties of the soil</i>	Jaar <i>Year</i>	Gewas <i>Crop</i>	Onttrekking <i>Withdrawal</i>		Kali- getal na oogst K- number at har- vest
				in kg/ha K ₂ O	in kali- heden in units of K- number	
Pr 266, D. Flink, Veelerveen; eerste proefjaar 1929	zandgrond humus 10 % afslibbaar 4 % pH 6,1 kali-eenheid 12 kg	1929	aardappelen	—	—	19
		1930	rogge	—	—	21
		1931	suikerbieten	—	—	16,5
		1932	tarwe	132	11	15
		1933	gras + klaver	± 260	21	8,5
		1934	aardappelen	163	13	10
		1935	haver	108	9	11
		1936	rogge	51	4	10
		1937	aardappelen	90	7	9
		1938	haver	84	7	6
Pr 267, W. Jansen, daarna v. Klinken, Hebrecht; eerste proefjaar 1929	bezand hoogveen humus 12 % afslibbaar 5 % pH 5,2 kali-eenheid 14 kg	1929	aardappelen	—	—	13
		1930	rogge	—	—	10
		1931	aardappelen	135	10	13
		1932	haver	74	5	11,5
		1933	aardappelen	86	6	8,5
		1934	rogge	—	—	8,5
Pr 268, J. v. Hoorn, daarna K. A. Bos- schers, daarna G. ten Have, Har- pel (Gr.); eerste proefjaar 1929	zandgrond humus 14 % afslibbaar 7 % pH 5,6 kali-eenheid 16,5 kg	1929	aardappelen	—	—	—
		1930	zomergerst	—	—	17
		1931	wintertarwe	—	—	14
		1932	maïs	± 260	16	10,5
		1933	zomertarwe	—	—	8,5
		1934	aardappelen	103	6	7
		1935	aardappelen	111	7	12,5
		1936	haver	86	5	9
		1937	aardappelen	74	4,5	7,5
		1938	aardappelen	86	5	6
ZGr 1, Proefboerderij, Borgercompagnie; eerste proefjaar 1918	oude dalgrond humus 13 % pH 5,3 kali-eenheid 13 kg	1925	rogge	—	—	7,5
		1926	aardappelen	—	—	8,5
		1927	rogge	—	—	8,5
		1928	aardappelen	—	—	8,5
		1929	rogge	—	—	—
		1930	aardappelen	—	—	12,5
		1931	rogge	—	—	—
		1932	aardappelen	42	3	—
		1933	tarwe	—	—	7,5
		1934	aardappelen	—	—	—
		1935	tarwe	—	—	—
		1936	aardappelen	40	3	9,5

TABEL 1 (Vervolg)

Proefveld <i>Experiment field</i>	Eigenschappen grond <i>Properties of the soil</i>	Jaar <i>Year</i>	Gewas <i>Crop</i>	Onttrekking <i>Withdrawal</i>		Kalk- getal na oogst <i>K- number at har- vest</i>
				in kg/ha K_2O	in kall- een- heden in units of K - number	
WO 105, „de Eese”, Willemsoord; eer- ste proefjaar 1933	zandgrond humus 6,5 % afslibbaar 11 % pH 5,3 kali-eenheid 15 kg	1932	—	—	—	18
		1933	rogge	—	—	18
		1934	aardappelen	180	12	16
		1935	rogge	80	5	11
		1936	erwtten	—	—	12
		1937	rogge	75	5	11
		1938	aardappelen	82	5	7
		1939	rogge	—	—	—
		1940	rogge	—	—	8
WO 119, J. Hoving, Dedemsvaart; eer- ste proefjaar 1929	vrij nieuwe dal- grond humus 11 % afslibbaar 3 % pH 5,5 kali-eenheid 25 kg	1930	aardappelen	160	6	17
		1931	rogge	—	—	13
		1932	aardappelen	159	6	—
		1933	tarwe	—	—	12
		1934	aardappelen	154	6	12
		1935	zomertarwe	52	2	11
		1936	aardappelen	78	3	10
		1937	zomertarwe	—	—	8
		1938	aardappelen	60	2	6
OO 51, Ver. v. O.L., Markelo; eerste proefjaar 1928	eschgrond humus 7 % afslibbaar 9 % pH 5,5 kali-eenheid 13 kg	1928	aardappelen	—	—	15
		1929	rogge	—	—	15
		1930	aardappelen	—	—	—
		1931	rogge + knollen	—	—	15
		1932	aardappelen	92	7	12
		1933	rogge	—	—	—
		1934	aardappelen	—	—	11
		1935	rogge	—	—	15
		1936	haver	35	3	14
		1937	aardappelen	84	6,5	12
		1938	rogge	40	3	—
		1939	maïs	—	—	9
		1940	rogge	—	—	9
OO 58, G.L. Scholten, Beuningen; eerste proefjaar 1932	eschgrond humus 5 % afslibbaar 7 % pH 5,0	1931	mislukt	—	—	17
		1932	tarwe	—	—	16
		1933	rogge	—	—	—
		1934	haver	—	—	—
		1935	rogge + knollen	—	—	15
		1936	rogge	—	—	15,5
		1937	rogge	—	—	13

TABEL 1 (Vervolg)

Proefveld <i>Experiment field</i>	Eigenschappen grond <i>Properties of the soil</i>	Jaar <i>Year</i>	Gewas <i>Crop</i>	Onttrekking <i>Withdrawal</i>		Kali- getal na oogst K- number at har- vest
				in kg/ha K ₂ O	in kali- een- heden in units of K- number	
OO 61, J. E. Welhuis, de Lutte; eerste proefjaar 1932	leemige eschgrond humus 5 % afslibbaar 11 % pH 4,9 kali-eenheid 9,5 kg	1931	—	—	—	34
		1932	aardappelen	180	19	28
		1933	wintertarwe	—	—	29
		1934	rogge	—	—	29
		1935	rogge	—	—	—
		1936	aardappelen	—	—	42?
		1937	rogge	—	—	21
		1938	rogge	90	9,5	—
		1939	voederbieten	185	19	21
		1940	maïs	—	—	16
		1941	rogge	—	—	17
NGe 63, P. Bonhof, Epe; eerste proef- jaar 1931	eschgrond humus 6 % afslibbaar 9 % pH 5,4 kali-eenheid 15 kg	1930	—	—	—	19
		1931	voederbieten	±280	19	15
		1932	zomergerst + knollen	88	6	11
		1933	aardappelen	184	12	12
		1934	koolraap	—	—	15
		1935	mergstamkool	—	—	16
		1936	zomertarwe	—	—	10
		1937	aardappelen	—	—	9
NGe 67, G. H. Nus- selder, Hummelo; eerste proefjaar 1931	eschgrond humus 5 % afslibbaar 8 % pH 5,8 kali-eenheid 12,5 kg	1930	—	—	—	±20
		1931	haver	—	—	15
		1932	voederbieten	350	27	13
		1933	zomertarwe	60	5	12
		1934	aardappelen	128	10	11
		1935	rogge	50	4	10
		1936	vlinderbloemi- gen	—	—	13
		1937	rogge	—	—	10
		1938	aardappelen	—	—	9
		1939	rogge	—	—	7
		1940	haver	—	—	7
NGe 73, Ver. Oud- leerl., Ruurlo; eer- ste proefjaar 1931	eschgrond humus 9 % pH 5,4 kali-eenheid 20 kg	1930	—	—	—	17
		1931	haver	—	—	11
		1932	aardappelen	—	—	11
		1933	bieten (ziek)	37	2	10
		1934	koolrapen	56	3	12
		1935	haver	—	—	8
		1936	rogge	—	—	10
		1937	haver	—	—	8
		1938	maïs	—	—	10
		1939	rogge	—	—	6
		1940	voederbieten	—	—	7

TABEL 1 (Vervolg)

Proefveld <i>Experiment field</i>	Eigenschappen grond <i>Properties of the soil</i>	Jaar <i>Year</i>	Gewas <i>Crop</i>	Onttrekking <i>Withdrawal</i>		Kali- getal na oogst <i>K- number at har- vest</i>
				in kg/ha <i>K₂O</i>	in kali- een- heden in units of K- number	
NGe 81, Proefboer- derij Haarlo; eer- ste proefjaar 1932	eschgrond humus 4 % afslibbaar 8 % pH 5,5 kali-eenheid 11 kg	1931	—	—	—	36
		1932	rogge	78	7	26,5
		1933	tarwe	—	—	28,5
		1934	voederbieten	—	—	29
		1935	zomergerst	—	—	21
		1936	aardappelen	—	—	18,5
		1937	rogge	—	—	17
		1938	rogge	—	—	14
NGe 83, E. Willems, Hierden; eerste proefjaar 1932	zandgrond humus 5 % afslibbaar 6 % pH 6,2 kali-eenheid 8 kg	1931	—	—	—	16
		1932	erwten + aard- appelen	—	—	13
		1933	wintergerst	51	6	7
		1934	maïs	—	—	11
		1935	zomerrogge	45	6	10,5
		1936	wintergerst + groenbem.	—	—	10
		1937	rogge	—	—	9
L 2, H. Bruekers, Posterholt; eerste proefjaar 1932	leemige zandgrond humus 3 % afslibbaar 13 % pH 5,9 kali-eenheid 9 kg	1932	voederbieten	—	—	37
		1933	rogge	—	—	—
		1934	aardappelen	—	—	—
		1935	rogge	—	—	29
		1936	koolraap	—	—	28
		1937	rogge	59	6,5	21
		1938	aardappelen	—	—	22
		1939	haver	91	10	15
		1940	koolrapen	—	—	17
L 4, G. H. Kuipers, Pey-Echt; eerste proefjaar 1932	leemige zandgrond humus 4 % afslibbaar 12 % pH 5,9 kali-eenheid 10 kg	1931	—	—	—	37
		1932	haver	—	—	38
		1933	voederbieten	—	—	—
		1934	boonen	—	—	—
		1935	aardappelen	—	—	—
		1936	tarwe	—	—	24
		1937	aardappelen	124	12	17
		1938	haver	61	6	20
		1939	rogge	52	5	21
		1940	stamboonen	—	—	21

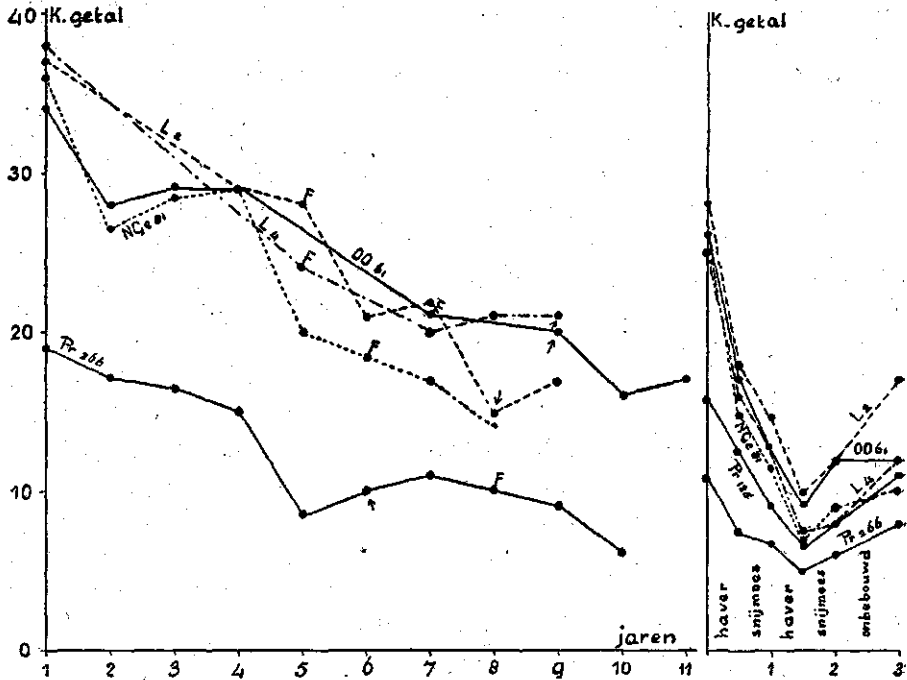
Het blijkt, dat het kaligetel over het algemeen zeer langzaam daalt, en dat deze daling veel geringer is dan de onttrekking, uitgedrukt in kali-eenheden. De opgenomen hoeveelheid kali, die in vele gevallen ondanks

het lage kaligetal nog zeer aanzienlijk kan zijn (zie bijv. Pr 266, 1933; Pr 268, 1932; NGe 67, 1932), moet dus uit een andere bron afkomstig zijn, dan uit de, door het kaligetal aangeduide, direct beschikbare kali van de bouwvoor.

Een nauwkeuriger beschouwing van de kaligetallen toont aan, dat de daling van het kaligetal niet geheel regelmatig, maar integendeel met zekere schommelingen verloopt. Gedeeftelijk zullen deze aan onvermijdelijke bemonsteringson nauwkeurigheden en analysefouten toe te schrijven zijn. In aanmerking genomen evenwel, dat de vermelde cijfers steeds gemiddelden van een aantal gelijktijdig uitgevoerde analyses van de parallellen van het nul-object voorstellen, zal aan deze fouten geen groote beteekenis toe te kennen zijn. Het blijkt dus, dat het kaligetal in sommige jaren weer iets gestegen is, of soms voor een reeks van jaren op een betrekkelijk constante hoogte blijft. Een en ander is duidelijk voorgesteld in het linker gedeelte van fig. 1, waarin het verloop van het kaligetal op eenige proefvelden ¹⁾ grafisch is weergegeven. Uit deze grafiek blijkt bijv., dat het kaligetal van Pr 266 vanaf het tweede tot het vijfde proefjaar betrekkelijk snel daalt; de sterke daling in het laatste jaar zou aan de sterke onttrekking door het verbouwde gras-klaver-mengsel kunnen worden toegeschreven (zie tabel 1). Daarna vindt echter in de beide volgende jaren weer een zeker herstel plaats en eerst daarop volgt een hernieuwde, langzame daling. Gedurende de periode van het vijfde tot en met het negende proefjaar wekt het echter geheel den schijn, dat het kaligetal een constant peil van ongeveer 9—11 heeft bereikt en hier beneden bij voortgezette onttrekking niet verder zal dalen. Een dergelijk constant blijven van het kaligetal, evenwel op een veel hooger peil, wordt ook aangetroffen bij andere proefvelden, zooals NGe 81 en OO 61 (fig. 1). Het kaligetal handhaaft zich hier van het tweede tot vierde proefjaar op een peil van 27-29; bij het proefveld L 4 van het achtste tot het tiende (op het oogenblik het laatste) proefjaar op een peil van 20—21. Ook bij andere proefvelden, waarvan de gegevens niet grafisch voorgesteld zijn, o. a. Pr 268 (derde tot zevende proefjaar), WO 105 (vierde tot zesde), OO 51 (vijfde tot tiende), NGe 63 (tweede tot zesde), NGe 67 (derde tot zevende), NGe 83 (derde tot zevende), Pr 267 (eerste tot zevende), ZGr 1 (achtste tot negentiende), vinden wij iets dergelijks (tabel 1). Opvallend in dit verband is ook het zeer oude proefveld Pr 8 op dalgrond te Sappemeer, waarop van het 45ste tot 52ste proefjaar op het object zonder kali steeds een kaligetal 8 bepaald is; alleen in het allerlaatste jaar van deze proef is een nog lager getal gevonden.

¹⁾ Grond van deze proefvelden is gebruikt voor de hieronder beschreven potproef (blz. 382).

Overziet men alle waarnemingen, die op de verschillende proefvelden zijn uitgevoerd, dan wordt het onwaarschijnlijk, dat door uitboeren werkelijk



Figuur 1

Verloop van het kaligetal van het niet met kali bemeste object van een aantal proefvelden op zandgrond (links) en van het kaligetal van dezelfde gronden (en bovendien van het proefveld Pr 125) bij intensieve bebouwing met 2 gewassen per seizoen in een potproef (rechts). De kaligetallen zijn op de proefvelden bepaald na afloop van de opeenvolgende proefjaren, te beginnen met het eerste; bij de potproef is het bij het begin van deze proef bepaalde kaligetal aangegeven en vervolgens de na den oogst van de opeenvolgend verbouwde gewassen bepaalde getallen. Het laatste getal is bepaald, nadat de grond gedurende een jaar in onbebouwd toestand heeft vertoefd. In het linker gedeelte van de figuur geven pijltjes het oogstjaar aan, waarin op het betreffende proefveld het kaligebrek voor de eerste maal tot een belangrijke oogstdepressie aanleiding gaf; vlaggetjes geven het jaar aan, waarin een hoeveelheid grond van het proefveld genomen is voor de uitvoering van de potproef. Het aangegeven punt correspondeert dus ongeveer met den begintoestand van de potproef.

Figure 1

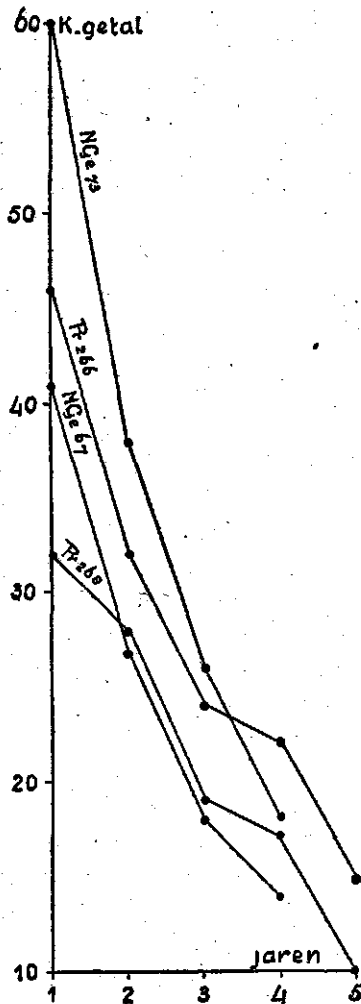
At left: Decrease of the potassium number of sandy soils under field conditions after ceasing the fertilization with potassium. To the right: The same soils under intensive cropping in a pot experiment. Under fallow conditions the potassium number slowly recovers.

een laagste grenswaarde, waar beneden het kaligetal niet verder zou kunnen dalen, bereikt zou kunnen worden; afgezien van schommelingen en schijnbaar constant blijven over een reeks van jaren, treedt meestal op den

duur een verdere daling op, die niet meer geheel door een herstel wordt teniet gedaan (tabel 1 en fig. 1.)

Deze langzame daling, soms afgewisseld met een tijdelijken stilstand of hiernieuwde stijging, staat wel sterk in contrast met hetgeen men kan waarnemen, als de grond tevoren door een zeer zware kalibemesting kunstmatig in een hoogen kalitoestand is gebracht en vervolgens zonder kalibemesting wordt gelaten. Het kaligetal daalt dan belangrijk sneller, zooals blijken kan door fig. 1 te vergelijken met fig. 2, waarin eenige van dergelijke gevallen zijn afgebeeld, betrekking hebbende op twee proefvelden van I.R. CLEVERINGA (nl. NGe 67 te Hummelo en NGe 73 te Ruurlo, beide gelegen op zandgronden met humusgehalten van resp. 5 en 9 %, zie tabel 1), en op twee proefvelden van het Rijkslandbouwproefstation te Groningen (Pr 266 te Veelerveen, een zandgrond met 10 % humus, van welk proefveld het verloop van het kaligetal op het kalilooze object in fig. 1 is afgebeeld, en Pr 268 te Harpel, een zandgrond met 14 % humus). Op de beide Noord-Geldersche proefvelden was het kaligetal door bemestingen naar resp. 520 en 1120 kg K_2O /ha ineens in den vorm van potasch, met voorafgaande minder zware bemestingen, op een hoog peil gebracht; op beide proefvelden van het Rijkslandbouwproefstation was het door een gedurende 6 jaren volgehouden zware jaarlijksche bemesting naar 500, resp. 400 kg K_2O /ha geleidelijk op een hoog peil gekomen. Het eerste in de grafiek weergegeven kaligetal betreft de bemonstering na afloop van den eersten oogst, die op de voorraadsbemesting volgde. Hoewel de daling van het kaligetal op de zwaar bemeste objecten van deze proefvelden dus zeer snel verloopt, mogen deze dalingen toch geenszins als abnormaal beschouwd worden, want bij berekening van de werkelijk door het gewas opgenomen hoeveelheden kali, en de uitspoeling in aanmerking genomen, is er een, naar de orde van grootte gerekend, behoorlijke overeenstemming. De afwijking begint eerst als na eenige jaren uitboeren het kaligetal op een lager peil is aangeland en de daling, wel belangrijk minder wordt dan volgens een globale berekening te verwachten is.

Het is verder interessant, dat op de proefvelden L 2, L 4, OO 61 en NGe 81 — waarvan de resultaten in fig. 1 zijn afgebeeld, en die zich van de overige onderscheiden door het hooge peil, waarop het kaligetal zich over een lang tijdvak weet te handhaven — in een vrij lange reeks van jaren bij weglaten van kalibemesting geen verschijnselen van kaligebrek of oogstdepressies zijn opgetreden. In fig. 1 is het eerste jaar, waarin een oogstdepressie optrad, aangeduid door een pijl. Bij L 2 treedt het gebrek voor het eerst zwak aan den dag in het zevende proefjaar met aardappelen en zeer duidelijk in het achtste proefjaar met haver, waarin de opbrengst zonder kali 19 % onder de maximale blijft. Ook het daarop-



Figuur 2

Verloop van het kaligetal bij weglaten van de kalibemesting bij een aantal kaliproefvelden op zandgronden, nadat de kalitoestand tevoren door zeer zware bemestingen op een hoog peil was gebracht.

Figure 2

Rapid decrease of a high potassium number of some sandy soils, caused by preceding heavy fertilization with potassium, when the fertilization with potassium has been ceased.

volgende jaar met koolrapen geeft een sterke reactie. Het proefveld L 4 reageert pas in het tiende jaar en wel met het minder gebruikelijke proefgewas stam-boonen. Het proefveld OO 61 heeft na het tweede proefjaar, waarin met het voor dezen grond vrij ongebruikelijke gewas tarwe een depressie bij weglaten van kali gevonden was, met de hier gebruikelijke gewassen aardappelen en rogge geen reactie op den verschillende kalitoestand gegeven, en eerst in het negende jaar is met de veel kali eischende voederbieten een scherpe oogstdepressie bij weglaten van kali opgetreden. Niettemin wisten deze bieten nog 185 kg/ha K_2O aan den grond te onttrekken.

Bij het proefveld NGe 81 zijn niet geregeld opbrengsten bepaald. Ook hier bleef evenwel in de eerste jaren een duidelijke reactie op het weglaten van de kali achterwege. Zoo gaven de in het 5de proefjaar verbouwde aardappelrassen in het algemeen de beste opbrengsten op het object zonder kali, waarvan het kaligetal toen voor den oogst 21, en er na 19 bedroeg, terwijl de kaligehalten van deze aardappelen nog volkomen normaal waren.

Het kaligebrek begint dus op deze proefvelden niet op te treden, voordat het kaligetal tot ongeveer 20 is gedaald. In dit opzicht bestaat goede overeenstemming met wat op andere proefvelden gevonden is: een kaligetal van ongeveer 20 bleek in den regel de kritische waarde te zijn, waarbij kaligebrek bij weglaten van de kalibemesting begint op te treden (49). Ongetwijfeld is deze vaststelling voor de praktische toepassing van het kaligetal van

het grootste belang, aangezien de samenstelling van den grond van de proefvelden L 2, L 4 en OO 61 nogal verschilt van die van gewone zand- en dalgronden, waar dit grenscijfer het eerst is vastgesteld. De grond van deze proefvelden wijkt namelijk af door een betrekkelijk hoog leemgehalte; het percentage aan afslibbare deelen bedraagt resp. 11, 11 en 13, terwijl het humusgehalte op beide Limburgsche proefvelden vrij laag is (3—4 %). De grond van het Overijsselsche proefveld, OO 61, bevat 5 % humus. Naarmate het humusgehalte lager is, ligt het grenscijfer gewoonlijk wat hooger (49). Bij de vrij humusarme gronden van deze proefvelden wordt hetzelfde gevonden, immers een kaligetal van 20, dat hier juist onvoldoende is, kan op humusrijkere gronden nog als veilig beschouwd worden. Het vermoeden, dat het hooge gehalte aan afslibbare deelen de bepaling van het kaligetal onbetrouwbaar zou kunnen maken, blijkt daarom ongegrond.

De grond van het proefveld NGe 81, waar het kaligetal zich eveneens vrij lang op een hoog peil handhaaft, is minder leemhoudend, het gehalte aan afslibbare deelen bedraagt nl. slechts 8 %, het gehalte aan humus 4,5.

Bij de overige proefvelden, waar het kaligetal bij het begin van de proef reeds belangrijk lager was, trad het kaligebrek niet altijd eerder op. Zoo bij het eveneens in fig. 1 opgenomen proefveld Pr 266 pas in het zesde proefjaar, waarin aardappelen werden verbouwd.

De uitsluitend in tabel 1, en niet in fig. 1 vermelde proefvelden, reageerden echter in het algemeen vroeger; de op zandgronden gelegen proefvelden Pr 268, WO 105, OO 51, OO 58, NGe 67, NGe 73, NGe 83 gaven resp. in het derde, tweede, eerste, vijfde, tweede, derde en eerste proefjaar een duidelijke depressie bij weglaten van de kali; de proefvelden Pr 100 en WO 119 op dalgrond en Pr 267 op bezand hoogveen resp. in het eerste, vijfde en vierde proefjaar. Overigens wil dit niet zeggen, dat soms niet reeds eerder zwakke aanwijzingen voor kaligebrek werden geconstateerd, en evenmin, dat er na dit eerste jaar met sterke reactie geen jaren meer voorgekomen zijn, waarin in het geheel geen verschillen optraden. Blijkbaar hangt het optreden van verschillen in groote mate af van toevallige omstandigheden (weer, gewas, enz.), en mogen er geen vergaande conclusies over de mate van uitputting mee verbonden worden. Een zekere aanwijzing, dat kaligebrek bij de eerstgenoemde proefvelden met hoog kaligetal, L 2, L 4, OO 61 en NGe 81, niet zoo vroeg optreedt, kan men er echter wel in vinden.

De stijging van het kaligetal in den winter

Terwijl de in verhouding tot de door het gewas opgenomen hoeveelheid veel te langzame daling van het kaligetal ons leert, dat het gewas over andere kali, dan de in den bouwvoorgrond in verdund zoutzuur oplosbare, d. w. z.

in uitwisselbaren vorm aanwezige kali, beschikt, kan de vergelijking van in het najaar en het daaropvolgende voorjaar verrichte grondonderzoekingen iets leeren over mogelijke veranderingen van den kalitoestand van den grond, als deze in rust verkeert. Aangezien het bodemwater zich in den herfst en den winter in nederwaartsche richting verplaatst en oplosbare bestanddeelen medevoert, wat vermoedelijk meestal de voornaamste oorzaak is van de daling van het kaligetal van grond met hooger kalitoestand, die gewoonlijk bij dergelijke gronden in den winter vastgesteld kan worden, zou in het algemeen ook bij uitgeputten grond een lichte daling te verwachten zijn. Het tegendeel is echter het geval, hetgeen blijkt uit de beschouwing van tabel 2, waarin al het thans beschikbare materiaal is samengevat. In 14 van de 20 gevallen, waarin het resultaat van een onderzoek in het najaar

TABEL 2 Table 2

Vergelijking van het kaligetal onmiddellijk na den oogst met het kaligetal in het daaropvolgende voorjaar

Comparison between the potassium number at harvest and in the next spring

Proefveld en grondsoort <i>Experiment field and soil</i>	Winter <i>Winter</i>	Kaligetal Potassium number		Tijds- verschil in maanden <i>Time dif- ference in months</i>	Toename in kg/ha K ₂ O <i>Increase in kg/ha K₂O</i>	
		na oogst at harvest	volgend voorjaar next spring		in winter	per jaar per annum
Pr 100, Proefboerderij Emmer- compascuum, nieuwe dalgrond	1934-'35	10,5	13	7	15	26
	1935-'36	10	10	6	0	0
Pr 125, Noordlaren, eschgrond	1932-'33	6,5	9	5½	25	53
	1933-'34	10,5	13	9	25	33
Pr 266, Veelerveen, zandgrond	1934-'35	10	14,5	6½	56	103
	1935-'36	10	12	6	25	50
	1936-'37	10	12,5	7	31	53
	1934-'35	8,5	14,5	9	84	112
Pr 267, Hebrecht, bezand hoogveen	1934-'35	8,5	14,5	9	84	112
Pr 268, Harpel, zandgrond	1934-'35	7	12	8½	82	118
	1935-'36	12,5	11,5	3½	— 16	— 52
	1936-'37	9	8,5	7½	— 8	— 13
	1937-'38	7,5	8	5	8	19
NGe 63, Epe, eschgrond	1932-'33	11	12,5	5	22,5	54
	1933-'34	12	12	6	0	0
NGe 67, Hummelo, eschgrond	1933-'34	12	11,7	7	— 4	— 7
NGe 73, Ruurlo, eschgrond	1932-'33	11	10,5	7	— 10	— 17
	1933-'34	10	11	7	20	34
NGe 81, Proefboerderij Haarlo, eschgrond	1933-'34	28	38,5	6½	115	212
NGe 83, Hierden, eschgrond	1933-'34	7,5	12	7	44	75

met dat van een onderzoek in het voorjaar vergeleken wordt, is het kaligetal in het voorjaar hooger dan in den herfst, in 2 gevallen is het gelijk, en slechts in 4 gevallen gaf het onderzoek in het najaar hoogere cijfers. Deze dalingen zijn evenwel alle van geringe beteekenis, in tegenstelling met de stijgingen, waaronder er verschillende belangrijk zijn. Om dit uit te doen komen zijn de veranderingen in het kaligetal in tabel 2 tevens omgerekend in kg/ha K_2O , en om verder een indruk te verkrijgen met welke snelheid er kali in uitwisselbaren vorm zou overgaan, en ter onderlinge vergelijking van de resultaten, zijn deze bedragen bovendien over een tijdsbestek van een jaar berekend. Aan deze laatste cijfers kleeft uiteraard een vrij groote onnauwkeurigheid. Bovendien is het aan twijfel onderhevig of kali voortdurend met een ongeveer gelijke snelheid zal vrijkomen. In geval dit in vrijheid komen een gevolg is van de verbreking van bestaande evenwichten, zal dit zeker niet het geval zijn. Ondanks de genoemde bezwaren wordt men getroffen door de belangrijkheid van deze bedragen, die wat orde van grootte betreft in sommige gevallen niet ver afwijken van de hoeveelheden kali, die door een gewas per seizoen uit een sterk uitgeboerden grond wordt opgenomen. Als voorbeeld is wel zeer illustratief het proefveld Pr 226 te Veerle, waar in drie opeenvolgende jaren een stijging van het kaligetal is waargenomen. In totaal bedraagt de in deze jaren vrijgekomen hoeveelheid kali, waarmede deze stijging zou correspondeeren, 206 kg/ha K_2O , of wel 69 kg/ha K_2O per jaar. In dit drietal jaren werd door de gewassen haver rogge en aardappelen bij weglaten van de kalibemesting in totaal 248 kg/ha K_2O opgenomen, waarbij dan bovendien nog in aanmerking genomen kan worden, dat het kaligetal in 3 jaren met een eenheid daalde, wat met 12 kg/ha K_2O overeenkomt, zoodat slechts iets meer (30 kg) dan de theoretisch vrijgekomen hoeveelheid door het gewas zou zijn onttrokken. Hoewel deze balans, zooals gezegd, weinig nauwkeurig is, wekt de gevonden overeenstemming toch vertrouwen in de realiteit van de vastgestelde stijging van het kaligetal in den winter. Hierin ligt dus een vrij sterke aanwijzing, dat er zelfs op onze lichte zandgronden een gestadig vloeiende, geenszins te verwaarloozen bron van voor de planten ter beschikking komende kali aanwezig is, die de voornaamste leverancier is van de kali, die door het gewas nog aan deze uitgeputte gronden onttrokken wordt.

In hoeverre een dergelijke bron ook werkzaam is op gronden, waaraan wel geregeld door bemesting kali wordt toegevoerd, valt niet met zekerheid te zeggen. De uitspoeling van kali speelt in de neerslagrijke wintermaanden een dusdanig belangrijke rol, dat een dergelijk verschijnsel hierdoor geheel overdekt zal worden. Overigens is het waarschijnlijk, dat dit vrijkomen van kali sterk in de hand gewerkt wordt door de voorafgegane sterke

onttrekking, waardoor de concentratie van vrije, in het bodemvocht aanwezige of de hoeveelheid adsorptief gebonden kali, zeer verminderd is.

Het verloop van den kalitoestand bij intensieve bebouwing onder de omstandigheden van een potproef

Nadat het op de proefvelden gebleken was, dat de kalitoestand van den grond bij uitboeren veel langzamer terugloopt dan op grond van de berekende onttrekking door het gewas te verwachten is, en tevens aanwijzingen verkregen waren, dat het kaligetal tijdens een periode zonder bebouwing weer omhoog kan loopen, wat dus op een gestadig ter beschikking komen van een zelfs op zandgronden niet te verwaarloozen hoeveelheid, aanvankelijk niet direct voor de planten beschikbare kali uit de minerale reserve van den grond zou wijzen, is de vraag gesteld welke beteekenis aan dit proces in normale zandgronden mag worden toegekend. Ter beantwoording hiervan is een potproef uitgevoerd, waarin de grond door intensieve bebouwing in sterke mate aan uitputting werd blootgesteld en vervolgens in normalen vochtigen toestand aan zich zelf werd overgelaten, en waarbij de storende invloed, die de ondergrond op de juiste bepaling kan hebben, vanzelfsprekend is uitgeschakeld. Het doel was hierbij tevens na te gaan of een intensieve bebouwing wellicht een sneller vrijkomen van kali zou bevorderen.

Onderzochte grondsoorten

De gronden, die voor deze proef zijn uitgekozen, zijn alle afkomstig van Nederlandsche proefvelden, die met uitzondering van het twee-jarige proefveld Pr 125, S. J. KRUISINGA, te Noordlaren, dat bij den aanvang van de potproef reeds was opgeheven, alle verscheidene jaren zijn voortgezet.

Het vraagstuk is, zooals gezegd, gesteld naar aanleiding van op zandgrond genomen proeven; ter vergelijking zijn evenwel ook eenige kleigronden onderzocht, waarvoor een lichte en een zware Groningsche zeekleigrond, benevens een Geldersche rivierkleigrond, alle afkomstig van proefvelden, uitgekozen zijn.

De monsters grond zijn genomen van deelen van het proefveld, waarop de kalibemesting reeds over een reeks van jaren is weggelaten of nooit gegeven is; de zandgrond uit Noordlaren is evenwel als een matig bemeste praktijkgrond te beschouwen. De vergeleken gronden zijn dus, met uitzondering van dezen Noordlarenschen grond, alle reeds jarenlang op kali uitgeboerd. Deze laatste verkeerde echter eveneens in een zeer matigen kalitoestand.

Bij de keuze van de zandgronden werden met opzet ook eenige min of meer leemhoudende zandgronden genomen, die zich van normale zand-

gronden schenen te onderscheiden door het slechts langzame terugloopen van het kaligetal bij weglaten van de kalibemesting, dat zich hierbij jarenlang op een betrekkelijk hoog peil wist te handhaven. Dit was het geval bij den grond van de Limburgsche proefvelden L 2, H. BRUNKERS, te Posterholt en L 4, Abdij „Lilbosch” te Pey-Echt, en bij den Overijsselschen zandgrond van het proefveld OO 61, J. E. WELHUIS, te de Lutte. Hetzelfde verschijnsel deed zich ook voor op den niet aan leemige bestanddeelen bijzonder rijken grond van het proefveld NGe 81, op de proefboerderij te Haarle; ook deze grond werd ter vergelijking genomen. Eenige niet leemige, humeuze zandgronden uit het Noorden des lands, nl. de genoemde eschgrond uit Noordlaren (Gr) en een oudere ontginning uit Veelerveen (Gr), waarop het proefveld Pr 266, D. FLINK, gelegen was, zijn verder in de serie opgenomen. Op beide grondsoorten heeft het kaligetal wel spoedig een laag peil bereikt.

Over het optreden van kaligebrek op deze zandgronden is reeds hierboven het een en ander gezegd (blz. 377—379). Er kan aan toegevoegd worden, dat op den grond uit Noordlaren, de eenige die hierboven niet besproken is, bij weglaten van de kalibemesting vrijwel dadelijk symptomen van kaligebrek begonnen op te treden.

De uitgekozen zware zeekleigrond is afkomstig van het kalk-kali-proefveld Pr 80 op de proefboerderij te Nieuw-Beerta, en wel van het in 1928 zwaar bekalkte gedeelte. Het K-HCl-cijfer bedroeg in dat jaar 0,031, in 1931 0,035, in 1936 0,024, in 1938 0,025 en in 1941 0,029. Het heeft zich dus, behoudens eenige schommelingen, bij volledig weglaten van de kalibemesting, practisch op hetzelfde peil gehandhaafd. Ook voor 1928 was deze grond nooit met kali bemest. Een reactie op de van 0—500 kg/ha K_2O jaarlijks gevarieerde kalibemesting trad op het bekalkte gedeelte in eenige jaren op, die echter afgewisseld zijn door verscheidene jaren zonder eenige reactie. Vrij duidelijke verschillen werden geconstateerd in het jaar 1935 met erwten, en vrij zwakke in 1937 met wintergerst. De grond lijkt echter in het algemeen wel voldoende met kali voorzien, zoodat weglating van de kalibemesting geoorloofd is.

De lichtere zavelgrond is afkomstig van het proefveld Pr 295, W. R. FEDDEMA, te Kloosterburen, dat slechts 2 jaren als proefveld aangehouden is. Er wordt op dezen grond nooit met kali bemest. In het eene proefjaar met rogge is een duidelijke, hoewel niet bijzonder sterke reactie op kalitoediening vastgesteld, maar in het andere met haver bleef elke reactie uit.

De rivierklei is van het kaligedeelte (ZGe 17) van het Centrale proefveld te Afferden genomen. Deze Maaskleigrond, die als een zware kalkhoudende zavelgrond te beschouwen is, is sterk behoeftig aan kali; bij alle op het proefveld verbouwde gewassen zijn sterke reacties op de kalibemesting verkregen.

In het laatste proefjaar met aardappelen werd de opbrengst door een hooge kaligift zelfs meer dan verdubbeld. Des te opvallender is het, dat het K-HCl-cijfer onder invloed van de uiteenlopende kalibemesting niet merkbaar is veranderd, wat op beide bovengenoemde zeekleigronden wel degelijk het geval was. Wij hebben hier dus te doen met een kali sterk vastlegenden grond, waaruit kali moeilijk door het gewas wordt opgenomen.

Het is bekend, dat de Nederlandsche rivierkleigronden een sterke behoefte aan kali hebben. Door VAGELER en ALTEN (58) en HAUSER (29) zijn hiervan eenige voorbeelden genoemd.

Eigenschappen van de onderzochte gronden

Bij alle gronden zijn de hoofdreacties en de zand- en kleifractionen bepaald. Beide eerste werden bepaald volgens de methode KOPECKY—ATTERBERG, de laatste volgens de bij het Rijkslandbouwproefstation in gebruik zijnde pipet-methode. Verder zijn bepaald de pH in water en in KCl-oplossing, het totaal basenbindend vermogen T en de verzadigingsgraad V; tenslotte het totaal kaligehalte in 25 % HCl-oplossing en het kaligehalte in 0,1 normaal HCl; bij de zandgronden bovendien nog het op humus herleide kaligetal. Alle resultaten zijn vermeld in tabel 3.

Het humusgehalte is voor de kleigronden normaal, bij de zandgronden

TABEL 3 *Table 3*

Bodemkundige eigenschappen van de
Properties of the soils used

Grond Soil	Samenstelling Soil fractions					Zandfracties (volgens Kopecky) Sand fractions				
	humus <i>humus</i>	zand <i>sand</i>	afslibbaar < 15 μ		CaCO ₃	< 90 μ	90-72 μ	72-48 μ	48-32 μ	32-15 μ
			volgens Kopecky <i>Kopecky method</i>	volgens pipetteer- methode <i>pipet method</i>						
1. Nieuw-Beerta . .	5,0	24,9	70,0	70,7	0,1	0,5	0,2	1,6	5,6	17,0
2. Afferden . . .	2,5	63,2	33,0	32,2	1,3	30,8	4,5	8,5	8,2	11,1
3. Kloosterburten .	3,8	84,9	11,3	12,8	—	25,3	25,1	21,9	8,0	4,6
4. Posterholt . . .	3,2	85,8	11,0	13,3	—	68,0	4,3	5,0	4,6	3,8
5. Pey-Echt . . .	4,0	85,2	11,0	13,9	—	54,5	4,9	8,0	8,4	9,4
6. De Lutte . . .	5,3	81,9	13,0	13,8	—	50,0	7,4	13,7	6,9	4,0
7. Haarlo	4,2	90,7	5,3	6,1	—	74,3	7,3	5,4	1,8	2,0
8. Noordlaren . . .	5,9	89,6	4,7	—	—	64,4	10,3	9,6	2,9	2,4
9. Veelerveen . . .	9,8	85,4	5,0	5,7	—	61,2	12,0	7,1	2,3	2,9

eenigszins aan den lagen kant, behalve bij den grond uit Veelerveen, die tamelijk humusrijk is.

Het gehalte aan afslibbare deelen loopt bij het drietal kleigronden sterk uiteen. Een ongeveer even groot gehalte als bij den zavelgrond uit Kloosterburen komt voor bij het drietal leemige zandgronden, resp. uit Posterholt, Pey-Echt en de Lutte. De overige drie zandgronden hebben een belangrijk lager gehalte, dat onderling eveneens weinig uiteenloopt.

Kalk komt in sporen voor in den zwaren kleigrond uit Nieuw-Beerta en in een grootere hoeveelheid in den grond uit Afferden.

De zware klei uit Nieuw-Beerta bevat weinig grofzandige bestanddeelen, bij beide andere kleien is dit gehalte hooger. Bij de zandgronden overheerscht het grove zand. Er komen evenwel nog noemenswaardige verschillen tusschen de fijnere fracties voor. Zoo blijken de fijnste fracties in den grond van Pey-Echt belangrijk sterker vertegenwoordigd dan in den verwanten grond van Posterholt. Ook de grond uit de Lutte is tamelijk fijnzandig, met een overwegend voorkomen van de fractie 48—72 μ .

Volgens de pipet-methode zijn iets hogere waarden verkregen dan volgens de slibmethode. De fijnste fractie ($< 2\mu$) is vanzelfsprekend sterk vertegenwoordigd bij de kleigronden, maar ook bij de leemige zandgronden is een vrij aanzienlijk gehalte aanwezig.

in de potproef onderzochte gronden

in the pot experiment

Kleifracties (volgens pipetmethode) <i>Clay fractions</i>			Basentoestand <i>Base state</i>				Kaliegehalte in 0,001 % <i>Potassium content</i> in 0,001 %		
16—9 μ	9—2 μ	< 2 μ	pH water	pH HCl	V	T	in 25 % HCl	in 0,1 n HCl	K-getal <i>K-number</i>
10,2	15,0	45,5	7,2	6,0	97	39,0	980	37	—
5,7	7,3	19,2	7,9	7,25	—	26,9	461	11	—
0,5	3,1	9,2	5,55	4,3	72	11,7	276	10	—
2,6	3,1	6,6	5,6	4,3	51	7,6	115	12	31
3,6	3,1	7,2	5,7	4,6	43	9,9	102	12	28,5
1,0	4,6	8,2	4,7	3,8	23	12,8	177	16,5	27
1,0	1,0	4,1	4,9	3,9	29	8,5	65	13	27
0,5	2,1	2,1	5,3	4,15	41	11,8	65	9	16
1,0	2,1	2,6	5,5	4,6	58	20,7	66	10	12

Beide kalkhoudende kleigronden hebben een alkalische reactie, de overige gronden zijn zuur. De pH- en V-waarden van de gronden uit de Lutte en Haarlo zijn aan den lagen kant; de basentoestand van de andere zandgronden is normaal. De zavelgrond uit Kloosterburen is ver ontkalkt.

Het totale kaligehalte is verreweg het grootst bij de kleigronden. Ook het gehalte van den lichten zavelgrond uit Kloosterburen is belangrijk hooger dan van de evenveel, of zelfs iets meer afslibbare deelen bevattende leemige zandgronden. Deze laatste, en in het bijzonder de grond uit de Lutte, zijn echter weer aanzienlijk kalirijker dan de gewone zandgronden van Haarlo, Noordlaren en Veelerveen.

Het met 0,1 normaal HCl bepaalde kaligehalte, dat bij benadering de adsorptief gebonden kali vertegenwoordigt, loopt niet geheel met het totale kaligehalte parallel. Een belangrijke afwijking wordt gevonden bij de kleigronden Afferden en Kloosterburen, die wat totaal kaligehalte betreft, aanmerkelijk verschillen, maar blijkbaar bijna evenveel uitwisselbare kali bevatten. Dit wijst op een sterkere binding van de kali in den rivierkleigrond, waarop hierboven (blz. 384) reeds gewezen werd.

Opmerkelijk is echter, dat het totale kaligehalte van den rivierkleigrond in vergelijking met dat van beide zeekleigronden geenszins buitengewoon laag te noemen is, als het kleigehalte in aanmerking genomen wordt. Aangenomen mag immers worden, dat de kali in hoofdzaak in de fijnste bodemfracties zal voorkomen. Met 33 % afslibbare deelen, waarvan 19 % kleiner dan 2μ is het totale kaligehalte (0,461 %) relatief niet lager dan van den grond uit Nieuw-Beerta, die met 70 % afslibbare deelen, waarvan 45 % kleiner dan 2μ , een totaal kaligehalte van 0,980 % heeft. De grond uit Kloosterburen is echter met een belangrijk lager gehalte aan afslibbare deelen, nl. 12 %, waarvan 9 % kleiner dan 2μ , en een totaal kaligehalte van 0,276 % wel relatief iets rijker aan kali. Hoewel de grond van Afferden zich dus niet onderscheidt door een belangrijk lager totaal kaligehalte, is zooals gezegd wel het gehalte aan direct beschikbare kali duidelijk lager, wat vergezeld gaat van een veel grooter kaligebrek van het gewas, dat op dezen grond verbouwd wordt. HAUSER (29) neemt aan, naar aanleiding van onderzoeken van FAVBJEN (16), dat de rivierkleigronden in het voorkomen van kalihoudende mineralen weinig van de zeekleigronden verschillen, maar dat het verschil in eigenschappen berust op de veel grootere kaliarmoede van deze mineralen op de rivierkleigronden, of wel in een werking van den humus (blz. 369). De vergelijking tusschen de gronden uit Afferden en Nieuw-Beerta zou echter mogelijk tegen de eerste mogelijkheid pleiten, verondersteld althans, dat de oude Dollardklei in tegenstelling tot den grond uit Kloosterburen, niet ook reeds in een staat van vergaande uitputting zou verkeeren. Hiertegen

pleiten evenwel zoowel de landbouwkundige gegevens als het groote verschil in 0,1 n HCl oplosbare kali.

Bij de zandgronden is er in verhouding tot de vrij lage totale kaligehalten relatief vrij veel kali in adsorptieven vorm aanwezig, sommige der in 0,1 n KCl gevonden waarden zijn hooger dan de bij beide lichtere kleigronden gevonden cijfers, ondanks het lagere totale kaligehalte.

Het kaligetal is tenslotte betrekkelijk hoog bij de leemige zandgronden en den grond uit Haarlo. Hoewel rekening gehouden moet worden met de betrekkelijk lage humusgehalten, kan de kalitoestand van deze gronden nog als voldoende beoordeeld worden. De gronden uit Noordlaren en Veelerveen lijden echter reeds bij den aanvang van de proef aan kaligebrek.

Opzet van de potproef

In den winter van 1936—1937 zijn van de beschreven proefvelden partijtjes grond van ongeveer 40 l naar het Rijkslandbouwproefstation gezonden, waar ze gedroogd en gehomogeniseerd werden.

Deze partijtjes zijn hierna aan intensieve uitputting op kali onderworpen door middel van bebouwing in Mitscherlich-potten, die behoorlijk bemest en in goeden vochtigheidstoestand gehouden werden. In beide jaren, dat de proef duurde, is als eerste gewas Sterhaver verbouwd; hierna volgde snijmoes (*Brassica Napus*, var. *Blauwe Groningsche*) als nagewas. Van haver is bekend, dat het een sterk vermogen heeft om kali op te nemen; snijmoes vormt een flink gewas, dat zich goed op potten verbouwen laat.

Van den grond zijn, behalve bij het begin van de proef, na elken oogst monsters genomen, bovendien nog een keer nadat de grond in vochtigen toestand den winter van 1937—1938 had doorgebracht. Na den laatsten oogst in 1938 is de na de bemonstering overgeschoten grond in vochtigen toestand in kistjes bewaard en na een jaar rust opnieuw bemonsterd. Met dit laatste grondonderzoek werd de proef beëindigd.

Het gewas werd in groenen staat geoogst, waardoor verliezen aan kali door uitspoeling en afvoer uit de afstervende plantendeelen zooveel mogelijk voorkomen werden. Vergelende bladeren van het snijmoes werden afgeplukt, gedroogd, en later bij den oogst gevoegd; het kon evenwel niet voorkomen worden, dat enkele bladen door den wind werden afgerukt en verloren gingen.

Het geoogste materiaal werd luchtdroog gewogen en vervolgens gebruikt voor de bepaling van het K_2O -gehalte. Uit beide werd de totale kali-onttrekking berekend.

De porties grond, waarvan uitgegaan is, werden over 5 potten verdeeld, de iets kleinere portie van Pey-Echt over 4 potten. Door de herhaalde bemonstering verminderde de hoeveelheid grond, zoodat de series in het

tweede proefjaar uit 4, resp. 3 potten bestonden. Voordat een nieuw gewas werd gezaaid, werd de grond uit de potten verwijderd, zoo noodig ingedroogd, opnieuw gemengd, en weer los in de potten ingevuld.

Per pot werden steeds 24—26 haver- en 3 snijmoesplanten gekweekt.

Stikstof- en fosfaatbemesting zijn steeds in den vorm van zuivere zouten toegediend. In totaal is gedurende de geheele proef naar 400 kg/ha P_2O_5 gegeven in den vorm van diammoniumfosfaat en naar 348 kg/ha N in verschillende vormen, nl. als diammoniumfosfaat, ammonium-, calcium- en natriumnitraat. Alle series kregen steeds een gelijke bemesting.

De haver is in 1937 gezaaid op 30 Maart, behalve bij de later ingezette serie met grond van Nieuw-Beerta, die op 15 April werd bezaaid. De ongeveer in pluim gekomen planten werden op 30 Juni afgesneden, de planten van de serie Nieuw-Beerta op 5 Juli. Snijmoes werd op 12 Juli gezaaid, op 4/5 October werden de planten geoogst, de hoofdwortel inbegrepen.

In 1938 vond het zaaien van de haver plaats op 22 Maart en het zeer ongelijktijdig, vanaf ongeveer 19 Juni, in pluim gekomen gewas werd op 15 Juli geoogst. Snijmoes is gezaaid op 28 Juli en op 25 October geoogst.

De potten zijn steeds behandeld op de gebruikelijke wijze; zij zijn steeds buiten opgesteld en werden door geregeld gieten op voldoende vochtigheid gehouden. Het na zware regenbuien doorgespoelde water werd aan de potten teruggegeven.

Waarnemingen aan de gewassen

Het vermoeden, dat men uit den stand van de gewassen gevolgtrekkingen zou kunnen maken over de mate van kaligebrek, wordt in het algemeen niet bewaarheid. Integendeel blijkt er een zeer groote variabiliteit te bestaan: dezelfde grond kan zoowel een vrij normaal, als een zeer gebrekkig gewas leveren, en nog merkwaardiger is, dat het beeld van het gewas zich in den loop van de ontwikkeling sterk kan wijzigen, zoodat bijv. de stand van een serie, die aanvankelijk zeer slecht is, later belangrijk beter kan worden dan die van een andere, die aanvankelijk goed is geweest. Kaligebreksymptomen zijn in allerlei vormen en op verschillende tijdstippen van de ontwikkeling in meer of mindere mate voorgekomen. De verklaring voor dit eigenaardige gedrag wordt waarschijnlijk gegeven door den uiterst labielen toestand, waarin het gewas op deze sterk uitgeputte gronden verkeert.

De grond uit Nieuw-Beerta bleek, zooals te verwachten, het beste van kali te zijn voorzien. Gebreksverschijnselen traden bij de drie eerste gewassen niet op; de vuil-purpere verkleuring van het loof van de snijmoes in 1938 is echter als een typisch verschijnsel van kaligebrek te beschouwen.

In alle overige series kreeg de haver in 1937 een lichte tint van het loof, samengaand met afsterven van de oudere bladen onder gele, oranje en roestbruine verkleuring. Het is niet geheel zeker, of dit verschijnsel alleen met kaligebrek, of ook met de in dat jaar lichte N-bemesting (59 kg/ha N, wat voor een potproef weinig is) samenhangt. Het ver-

schijnsel was zeer sterk in de series Posterholt en Pey-Echt, sterk bij de series Afferden, de Lutte, Haarlo, Noordlaren, matig bij de series Kloosterburen en Veelerveen; het trad niet op in de serie Nieuw-Beerta. Opvallend was wel de vrij goede stand op den zeer kaliarmen grond van Veelerveen, in tegenstelling met den zeer slechten stand op het drielal leemhoudende zandgronden. Verschijnselen van getijgerd loof (Hooghalensche ziekte) hebben zich voorgedaan bij de beide zuurste gronden van Haarlo en de Lutte.

Bij het snijmoes werd reeds in een zeer jong stadium een opvallend verschijnsel waargenomen. Het blad toonde in veel gevallen een mozaïk van groen en geelgroen. Het trad niet op bij den grond van Nieuw-Beerta, waar de stand dadelijk goed was; in slechts lichte mate bij het vrij goede gewas op den grond van Afferden, en bij de matige gewassen van de series Kloosterburen, Pey-Echt en Posterholt. In iets sterkere mate deed het verschijnsel zich voor bij de vrij slecht ontwikkelde plantjes van de gronden de Lutte en Noordlaren; vrij sterk trad het op bij het slechte gewas van de serie Haarlo. Tenslotte is de eerste ontwikkeling op de serie Veelerveen, die een vrij goede haver gegeven had, zeer slecht geweest: het zeer kleine en gekroesde blad toonde het mozaïekachtige beeld zeer sterk.

In een later stadium is dit verschijnsel weer verdwenen, hoewel de planten van de serie Veelerveen te licht groen bleven. Een ander verschijnsel, dat zeker als kaligebreksymptoom te beschouwen is, namelijk een vuil-violet verkleuring, overgaand in een geel afsterven van het blad, deed zich in een later stadium voor. Een dergelijke verkleuring kwam niet voor bij de serie Nieuw-Beerta, maar wel opvallend in de series Afferden, Kloosterburen, Posterholt, Pey-Echt, de Lutte en Haarlo. Bij de serie Noordlaren werd een ander verschijnsel gevonden, namelijk een afsterven van de bladen, dat in de bladranden begon, zondet dat dit met verkleuring gepaard ging. Bij de serie Veelerveen trad het evenmin op; hier bleef het blad nog eenigszins het mozaïekachtige voorkomen behouden. Terwijl de oudere bladen afstierven, bleef het hart van de plante van alle series frisch groen.

De haver had in 1938, behalve op den grond van Nieuw-Beerta, ook een goede ontwikkeling zonder teekenen van K-gebrek op den grond van Afferden, wat wel merkwaardig is, daar zich op dezen grond in 1937, zoowel bij haver als bij snijmoes, gebreksymptomen voordeden.

Een doffe, geelgroene tint van het loof met afsterven van de bladtoppen kwam reeds in een vroeg stadium voor bij alle overige series, het ergst bij de gronden uit Haarlo en Noordlaren. Bij de serie Haarlo leidde dit zelfs tot een geheel verdrogen van vele bladen, bij de serie Noordlaren in mindere mate. Opmerkelijk is nu evenwel, dat het gewas van de serie Haarlo zich mettertijd weer eenigszins herstelde, zelfs nadat het bovendien nog verschijnselen van tijgering van het blad had vertoond. In andere, aanvankelijk vrij goede series, liep de stand echter sterk terug. Niet oninteressant in dit opzicht is het verloop van de standcijfers, die op verschillende data gegeven zijn. Wij geven dit hieronder ter illustratie (tabel 4):

TABEL 4 Table 4

Op verschillende data gegeven standcijfers van de in 1938 verbouwde gewassen
State of the crops cultivated in 1938 at subse quent dates, expressed in relative figures

Grond Soil	Haver Oats				Snijmoes Rape	
	25-4	27-5	7-6	16-6	20-8	18-9
1. Nieuw-Beerta	9	10	10	9	10	7½
2. Afferden	8	9	9	8	6	7
3. Kloosterburen	7	8	8½	7½	8	8
4. Posterholt	7	4½	5½	6	3½	5½
5. Pey-Echt	7	4½	3	1½	5	5
6. De Lutte	6	7	7	7	1	4
7. Haarlo	4	2	5	5	1½	2
8. Noordlaren	5	3	4	1	5	9
9. Veelerveen	6½	6½	5	3½	6	5

Een vergelijking van de vrij gelijkwaardige series Posterholt en Pey-Echt toont ons, dat de stand op beide in April en Mei gelijk was; einde Mei vertoonden beide een inzinking, waarvan het gewas in de serie Posterholt zich echter wist te herstellen, terwijl het gewas van de serie Pey-Echt daarentegen mislukte. Ook valt op het vrij gunstige verloop in de serie de Lutte, op welken grond in 1937 sterke gebreksverschijnselen waren opgetreden.

Het snijmoes gaf in 1938 eveneens een ander beeld dan in het voorgaande jaar. Terwijl toen de grond van Veelerveen een zeer achterlijk gewas gaf, was nu de serie de Lutte in den aanvang zeer achterlijk met kleine, gevlekte plantjes. Ook de serie Haarlo gaf een zeer slecht gewas, dat zich niet herstelde. Merkwaardig is de forsche ontwikkeling in de serie Noordlaren, hoewel de voorafgaande haver zeer achterlijk was. De twee maal gegeven standoijfers geven een duidelijk beeld van de optredende veranderingen (tabel 4).

Toch kan hier reeds opgemerkt worden, dat de op 19 September gegeven standoijfers geenszins in alle opzichten parallel loopen aan de op 25 October verkregen opbrengsten (vergelijk tabel 5). Het in September goede gewas van de serie Noordlaren bracht b.v. belangrijk minder op dan de als matig beoordeelde serie Veelerveen. Deze laatste heeft in October een herstel gegeven, hoewel geconstateerd is, dat het loof in deze serie in die maand een eenigszins vale tint had.

Samenvattend kan gezegd worden, dat de gewassen aan ernstige gebreksverschijnselen hebben geleden, met uitzondering van de gewassen op de zware zeeklei van Nieuw-Beerta en misschien in wat mindere mate de gewassen op de beide andere kleigronden. De verschijnselen op de zandgronden zijn van zoo uiteenlopenden aard geweest, dat zij ons niet in staat stellen om een vergelijkende beoordeeling te geven over de mate van kaligebrek van de verschillende gronden. Blijkbaar is de sterkte, waarin het kaligebrek van het gewas, dat op een, wat kali betreft, uitgeputten grond verbouwd wordt, optreedt zeer afhankelijk van bijomstandigheden, een verschijnsel dat ons trouwens van de kaliproefvelden eveneens bekend is.

Opbrengsten, kaligehalte en kalionttrekking van de verbouwde gewassen

De beschikbare porties grond, die per serie over een aantal van 3—5 Mitscherlich-potten verdeeld waren, namen door het geregelde bemonsteren in hoeveelheid af. Om vergelijkbare cijfers te verkrijgen zijn daarom de gevonden opbrengsten en kali-onttrekkingscijfers in tabel 5 (blz. 392 en 393) herleid op opbrengsten en onttrekkingen per 100 kg grond.

Deze tabel vermeldt verder nog, behalve de gevonden kaligehalten van de (absoluut) droge stof, in de laatste kolommen achtereenvolgens de som van de opbrengsten van het viertal verbouwde gewassen en de totale hoeveelheid opgenomen kali, beide uitgedrukt in grammen per 100 kg grond, bovendien dit laatste uitgedrukt per oppervlaktemaat in kg/ha K_2O .

Uit de opbrengsten kan over het algemeen evenmin een goed inzicht over de mate van kaligebrek van de verschillende grondsoorten verkregen worden, als uit de tijdens den groei verrichte waarnemingen. Wel blijkt de grond uit Nieuw-Beerta verreweg de hoogste opbrengsten opgeleverd te hebben, gevolgd door den zavelgrond uit Kloosterburen. Verrassend

is echter de betrekkelijk hoge opbrengst van den zeer kaliarmen zandgrond van Veelerveen, die zelfs iets meer opbracht dan de rivierklei uit Afferden, en belangrijk meer dan de kalirijkere leemhoudende zandgronden. Blijkbaar oefenen andere vruchtbaarheidsfactoren, ondanks de sterke kaliarmoede, nog een overwegenden invloed uit.

Een geheel ander beeld geven de kaligehalten. Deze zijn in alle gevallen het hoogst op den kleigrond uit Nieuw-Beerta. Bij het eerste gewas haver worden echter ook bij andere gronden nog betrekkelijk hoge gehalten gevonden. Zij zijn vrij gelijkwaardig op de lichtere kleigronden, de leemige zandgronden en den grond uit Haarlo, waarbij op den leemhoudenden grond uit de Lutte zelfs een vrij hoog cijfer gevonden wordt, terwijl bij het gewas op den grond uit Pey-Echt een vrij laag gehalte met een lage opbrengst gepaard gaat. Opvallend geringe gehalten worden gevonden bij de beide kaliarme, niet leemige zandgronden van Veelerveen en Noordlaren. De opbrengsten waren in deze gevallen echter in het geheel niet laag.

Een vrij goed hiermede overeenkomend resultaat wordt met het snijmoes verkregen. Het kaligehalte is nu bij den rivierkleigrond van Afferden in verhouding wat hooger, maar de kalirijkere zandgronden geven, wederom met uitzondering van den grond uit Pey-Echt, cijfers, die ongeveer van dezelfde grootte zijn als op den zavelgrond uit Kloosterburen. De grond uit de Lutte valt weer op door een gewas met een wat hooger, en de grond uit Pey-Echt door een gewas met een wat lager gehalte. Zeer lage gehalten worden aangetroffen op de zandgronden van Noordlaren en Veelerveen.

De kaligehalten van de in 1938 verbouwde haver zijn aanmerkelijk lager uitgevallen, hoewel de opbrengsten in sommige gevallen nog gelijkwaardig met die van het eerste proefjaar zijn geweest. Behalve het vrij hoge gehalte bij den grond van Nieuw-Beerta, wordt een iets hooger gehalte aangetroffen bij den grond uit Afferden. De overige cijfers zijn echter alle zeer laag, waarbij het evenwel opvalt, dat de leemige grond van de Lutte, evenals de zavelgrond van Kloosterburen, bij een redelijke opbrengst nog het hoogste kaligehalte hebben gegeven. De gronden uit Pey-Echt en Noordlaren geven zeer lage gehalten, samengaand met minimale opbrengsten.

Bij het snijmoes van 1938 worden opvallende verschillen aangetroffen tusschen de kleigronden eenerzijds en de zandgronden anderzijds. Bij deze laatste gronden zijn de gehalten en opbrengsten bijzonder laag. De grond uit de Lutte, die tot dusverre ongeveer gelijken tred hield met den zavelgrond uit Kloosterburen, blijft nu duidelijk achter. Het gehalte is op laatstgenoemden grond wederom lager dan bij de rivierklei uit Afferden; de opbrengst is evenwel geregeld hooger geweest, zoodat de kalionttrekking op beide gronden vrijwel gelijk is.

TABEL 5. Table 5

Opbrengsten van de bij de potproef verbouwde gewassen in grammen luchtdroge stof, gerekend grammen per 100 kg grond. In de laatste kolommen de totale met 4 oogsten verkregen op-
Yield, potassium content and intake of potassium

Grond Soil	Haver, 1937 Oats			Snijmoes, 1937 Rape		
	Opbrengst in g/100 kg grond Yield in g/100 kg soil	K ₂ O % droge stof K ₂ O % dry substance	K ₂ O- opname g/100 kg grond Intake of K ₂ O in g/100 kg soil	Opbrengst in g/100 kg grond Yield in g/100 kg soil	K ₂ O % droge stof K ₂ O % dry substance	K ₂ O- opname g/100 kg grond Intake of K ₂ O in g/100 kg soil
1. Nieuw-Beerta	1109	1,99	18,7	464	1,75	6,9
2. Afferden	746	1,31	8,3	389	1,65	5,5
3. Kloosterburen	852	1,27	9,2	588	1,12	5,6
4. Posterholt	677	1,30	7,5	462	1,10	4,3
5. Pey-Echt	703	1,07	6,4	411	0,84	2,9
6. de Lutte	678	1,67	9,6	399	1,41	4,9
7. Haarlo	725	1,35	8,3	428	1,08	3,9
8. Noordlaren	734	0,83	5,2	444	0,59	2,2
9. Veelerveen	991	0,85	7,2	479	0,67	2,7

Terwijl de kaligehalten ons een wat duidelijker inzicht geven over den kalirijkdom van de verschillende gronden dan de opbrengsten aan droge stof, komt misschien de grootste betekenis toe aan de hoeveelheden kali, die door het gewas aan den grond onttrokken zijn. Het is wellicht goed er even op te wijzen, dat dit alleen de hoeveelheid kali betreft, die zich in de bovenaardsche deelen der planten bevindt. Kali in de wortels wordt weer aan den grond afgegeven en staat voor een opvolgend gewas ter beschikking.

Uit de onttrekkingscijfers blijkt, dat het eerste gewas haver vrij aanzienlijke hoeveelheden kali heeft onttrokken. Op de zandgronden bedraagt deze hoeveelheid evenveel of zelfs iets meer dan door de drie opeenvolgende gewassen in totaal opgenomen is. In het algemeen geldt verder, dat de opeenvolgende oogsten steeds minder kali onttrekken. Dit geldt ook voor de lichte kleigronden, hoewel de achteruitgang veel minder snel verloopt dan bij de zandgronden. Alleen bij den zwaren kleigrond schijnt het vermogen om kali aan het gewas af te staan door de herhaalde bebouwing nauwelijks achteruit te gaan. De onttrekking door de haver is in het tweede jaar geringer, maar door de snijmoes belangrijk meer.

De totale onttrekking door het viertal gewassen loopt op de verschillende

per 100 kg grond, kaligehalte van de absoluut droge stof, en opgenomen hoeveelheden K_2O in brengsten en onttrekkingen aan K_2O , de laatste zowel in grammen per 100 kg grond als in kg/ha from the crops in the pot experiment

Haver, 1938 Oats			Snijsmoes, 1938 Rape			Totale opbrengst in g/100 kg grond Total yield in g/100 kg soil	Totale onttrekking K_2O Total intake of K_2O	
Opbrengst in g/100 kg grond Yield in g/100 kg soil	K_2O % droge stof K_2O % dry substance	K_2O - opname g/100 kg grond Intake of K_2O in g/100 kg soil	Opbrengst in g/100 kg grond Yield in g/100 kg soil	K_2O % droge stof K_2O % dry substance	K_2O - opname g/100 kg grond Intake of K_2O in g/100 kg soil		in g/100 kg grond in g/100 kg soil	in kg/ha in kg/ha
1497	1,31	16,6	676	2,04	11,7	3746	53,9	790
970	0,63	5,2	398	1,38	4,7	2503	23,7	430
1092	0,45	4,2	586	0,93	4,6	3118	23,6	353
649	0,38	2,1	288	0,54	1,3	2076	15,2	261
358	0,41	1,2	318	0,43	1,2	1790	11,7	217
850	0,46	3,3	266	0,51	1,2	2193	19,0	334
616	0,38	2,0	127	0,47	0,5	1896	14,7	261
215	0,37	0,7	320	0,40	1,1	1713	9,2	143
663	0,37	2,1	460	0,43	1,7	2593	13,6	191

gronden sterk uiteen. De grond uit Nieuw-Beerta leverde verreweg de grootste hoeveelheid kali, op vrij grooten afstand gevolgd door de beide andere kleigronden die in dit opzicht gelijk zijn. In de groep zandgronden heeft de leemige grond uit de Lutte de grootste hoeveelheid kali afgegeven. Geringere hoeveelheden zijn opgenomen bij den leemigen grond uit Posterholt en den grond uit Haarlo. Opvallend is de geringere opname uit den leemigen grond van Pey-Echt vergeleken met den vrij gelijkwaardigen grond van Posterholt. Verder heeft ook de kaliarme grond uit Veelerveen een betrekkelijke groote hoeveelheid kali afgestaan. De grond uit Noordlaren, die aanvankelijk een hooger kaligehalte had, is hierbij achtergebleven. Het is van belang er de aandacht op te vestigen, dat bij de gronden uit Veelerveen en vooral uit Haarlo, die slechts een geringen totalen kalivoorraad bevatten (vergelijk tabel 3) een belangrijk gedeelte, nl. meer dan 20 % van dezen voorraad, door het gewas is opgenomen.

Het blijkt dus, dat de onttrekking bij de intensieve bebouwing in een potproef in het eerste jaar bij zandgronden zeer veel verder gaat dan op het veld. Duidelijk komt dit tot uiting bij de vergelijking van de lijnen in fig. 1 (blz. 376), waarvan de linksche op de veldproeven, de rechtsche op

de potproeven betrekking hebben. Na één oogst is in het laatste geval zelfs bij eenige gronden, die van de proefvelden NGe 81 te Haarlo en L 4 te Pey-Echt genomen zijn, een kaligetal bereikt, zooals ook thans nog niet op die proefvelden voorkomt.

Berekent men echter de totale kalionttrekking om op de bij proefvelden gebruikelijke maat van kg/ha K_2O (tabel 5 laatste kolom), dan worden bedragen gevonden, die voor vier, onder de omstandigheden van een potproef verkregen oogsten, zeker niet hoog te noemen zijn. Alleen de onttrekking op den grond uit Nieuw-Beerta is vrij normaal. Bij de zavelgronden en reeds in wat mindere mate bij de leemige zandgronden, geldt dit alleen voor den eersten oogst. Deze uitkomst wijst er op, dat men door middel van een intensieve potcultuur weliswaar sneller tot een laag peil kan geraken dan op het veld, maar dat het toch niet gelukt om door middel hiervan aan de minerale kaliereserves van den grond blijvend belangrijke hoeveelheden kali te onttrekken. Een gedeelte van de door de latere gewassen opgenomen kali zal trouwens niet uit deze bodemdeelen, maar uit de overgebleven wortelresten van het voorgaande gewas afkomstig zijn geweest. Op grond van deze uitkomst is het niet waarschijnlijk, dat de mineralen zelf door het gewas worden aangetast. Het feit, dat de kali in veel sterkere mate door het eerst verbouwde gewas onttrokken is, geeft een aanwijzing, dat het vrijkomen van kali het gevolg is van een verschuiving van een bestaand evenwicht en niet in de eerste plaats een gevolg is van een regelmatig voortgaande verweering van de mineralen.

TABEL 6 Table 6

Kaligehalte in 0,1 normale HCl- en in 1 normale ammoniumacetaat-oplossing en Potassium content (exchangeable K) in 0,1 normal HCl solution and 1 normal ammonium acetate

Grond Soil	17-3 -37 (en 15-4 -37 ¹⁾)			30-6 -37		6-10 -37		
	HCl	NH ₄ -ac.	K-getal K- number	HCl	NH ₄ -ac.	HCl	NH ₄ -ac.	K-getal K- number
1. Nieuw-Beerta . . .	37 ¹⁾	31 ¹⁾	—	31	26	26	19	—
2. Afferden . . .	11	10	—	10	9	12	8	—
3. Kloosterburen . . .	10	8	—	8	7	8,5	6	—
4. Posterholt . . .	12	6	31	7,5	6	7	5	13
5. Pey-Echt . . .	12	8	25,5	7	7	7	6	11
6. de Lutte . . .	16,5	14	27	10	11	9	7	12
7. Haarlo . . .	13	10,5	27	7,5	7	6	6	11
8. Noordlaren . . .	9	7	16	7	6	6	3	9
9. Veerlerven . . .	10	6	12	6	5	7	3	8

De orde van grootte van deze opgenomen hoeveelheden is dezelfde, als die van de kaliopname te velde. Dit lijkt een belangrijk argument ten gunste van de opvatting, dat de kali in beide gevallen in hoofdzaak uit gelijke bronnen afkomstig is, nl. uit de langzaam ter beschikking komende minerale reserve van de bouwvoor. Hiernaast is misschien nog de ondergrond van beteekenis, doch zeker is deze niet alleen aansprakelijk voor het feit, dat op kali uitgeputte zandgronden nog jaren lang de voor vrij normale oogsten benodigde kali kunnen leveren.

Het verloop van het kaligehalte van den grond tijdens de potproef

In alle, in totaal 7 maal genomen grondmonsters, is het kaligehalte in een 0,1 normale HCl-oplossing, en de adsorptief gebonden, uitwisselbare kali in een normale ammoniumacetaatoplossing (pH 7,0) bepaald, bij de zandgronden bovendien meestal het op humus herleide kaligetal, volgens de gebruikelijke methode (tabel 6). De bepaling van het totale kaligehalte in een 25 % HCl-oplossing gebeurde alleen bij het begin (tabel 3).

Een vergelijking van de gehaltecijfers in zoutzuur- en in ammoniumacetaatoplossing toont, dat er tusschen beide een vergaande paralleliteit bestaat. Het verband tusschen beide groepen van waarden is rechtlijnig, de HCl-methode geeft echter iets hogere cijfers. Met een gehaltecijfer van 20 in zoutzure oplossing correspondeert bijv. een cijfer van 17 in een oplossing van ammoniumacetaat. Door het zoutzuur wordt dus, behalve de adsorptief gebonden kali, nog eenige sterker gebonden kali in oplossing gebracht.

het kaligetal bij de opeenvolgende bemonsteringen van den grond bij de potproef

solution, and the potassium number from the soils used in the pot experiment at various dates

17-3 -38			29-7 -38			7-11 -38			8-11 -39		
HCl	NH ₄ -ac.	K-getal K-number	HCl	NH ₄ -ac.	K-getal K-number	HCl	NH ₄ -ac.	K-getal K-number	HCl	NH ₄ -ac.	K-getal K-number
26	25	—	23	20	—	23	23	—	24	26	—
10	9	—	8	7	—	8	7	—	10,5	8	—
6,5	7	—	6	5	—	6	5	—	7	8	—
5,5	6	13	5	2,5	10	5	5	11	6	—	18
6	6	11	4	2	8	4	4	8	6	5	11,5
8	8	12	6	4	9	8	7	11	8	6,5	12,5
5	5	11	4	2	8	5	4	8	6	5	9
6	4,5	8	5	0	8	5	4	7	6	5,5	11
6	4	6	5	2,5	5	6	4	5	8	5	7

De overeenstemming tusschen beide bepalingswijzen is zoo goed, dat de volgens beide methodes uitgevoerde bepalingen practisch als duplo's te beschouwen zijn. Bij het grafisch voorstellen in fig. 3 is hiervan gebruik gemaakt door de HCl-cijfers op de acetaatcijfers te herleiden en vervolgens het gemiddelde van het herleide en bepaalde cijfer te berekenen. De figuur geeft dus de veranderingen in de adsorptief gebonden, uitwisselbare kali (K-uitw.) in verloop van den tijd.

Op duidelijke wijze brengt deze grafiek tot uitdrukking, dat de uitwisselbaar gevonden kali een sterke daling ondergaat na den verbouw van het eerste gewas haver, gevolgd door een zwakkere daling na den verbouw van snijmoes. Deze daling is van zeer geringe beteekenis bij den grond uit Afferden, die zooals reeds eerder opgemerkt werd (blz. 384), ook op de objecten van het op dezen grond gelegen kaliproefveld weinig variaties in het kaligehalte vertoonde. De zavelgrond uit Kloosterburen vertoont evenmin een bijzonder sterke daling.

In de daaropvolgende winterperiode schijnt er weinig verandering op te treden; bij den kleigrond uit Nieuw-Beerta treedt eenig herstel op.

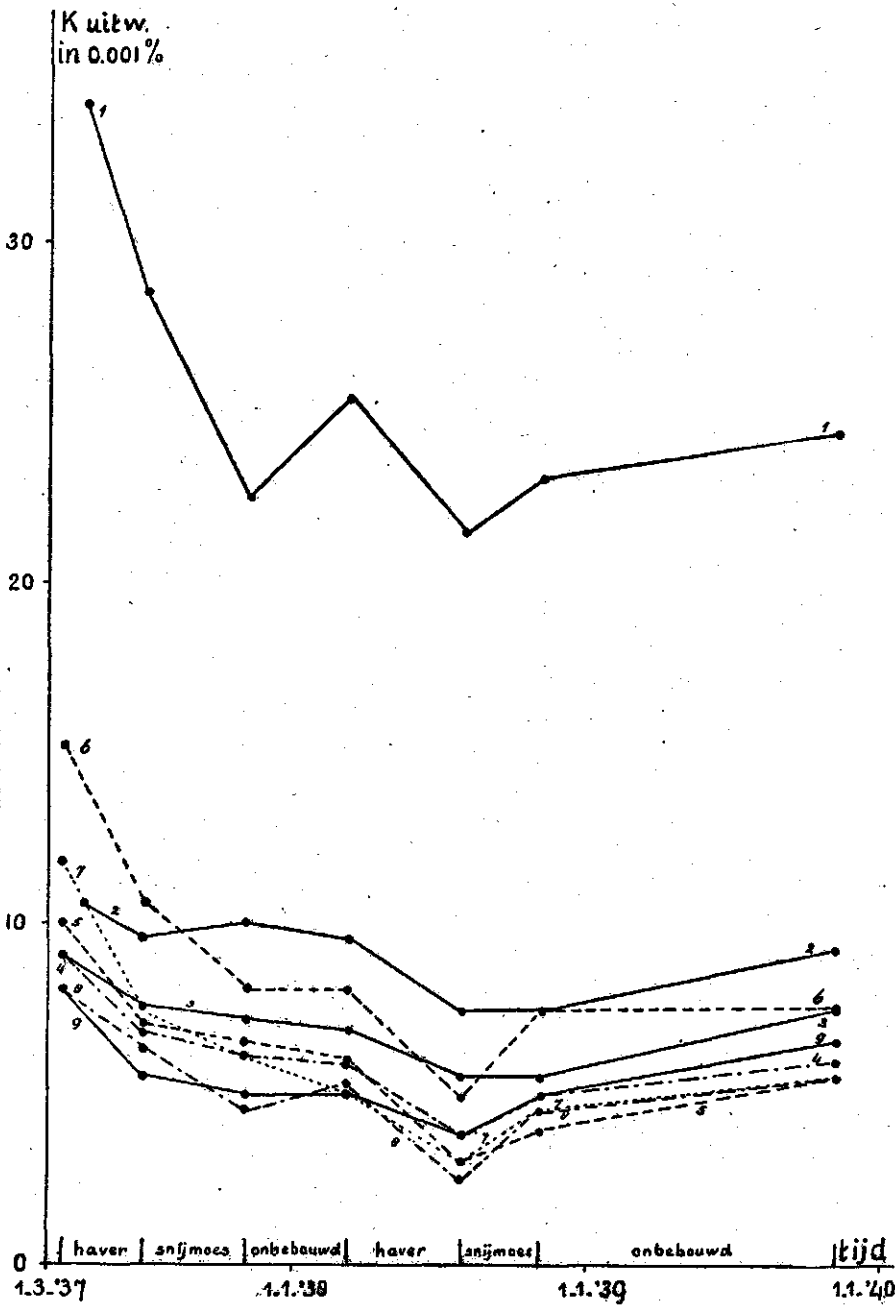
Het tweede gewas haver veroorzaakt een hernieuwde daling. Hiermede is echter in vrijwel alle gevallen een dieptepunt bereikt, want ondanks de onttrekking door het hierna verbouwde snijmoes is de hoeveelheid uitwisselbare kali na den oogst van dit gewas iets toegenomen.

Dit herstel zet zich voort in het jaar, waarin de grond zonder bebouwing is bewaard, zoodat aan het einde hiervan opnieuw een peil is bereikt, dat bij alle gronden ongeveer even hoog ligt als in de periode tusschen het eerste en tweede proefjaar. De achteruitgang, die in dit tweede jaar vooral na den verbouw van haver is opgetreden, is dus weer practisch geheel opgeheven.

Zooals uit tabel 6 blijkt, zijn deze verschijnselen met alle toegepaste bepalingsmethodes geconstateerd, zoodat zij met groote zekerheid vaststaan. Zij komen vanzelfsprekend ook duidelijk tot uiting in het rechter gedeelte van fig. 1, waarin de veranderingen van het kaligetal tijdens de potproef zijn afgebeeld.

In potten treden dus dezelfde verschijnselen voor den dag als op het veld. Het staat dus vast, dat er in den bouwvoorgrond, als deze in uitgeputten toestand verkeert, niet direct beschikbare kali in een uitwisselbaren vorm overgaat.

Na de intensieve onttrekking, die bij den verbouw van een gewas optreedt, zal weliswaar het gehalte aan uitwisselbare kali dalen, maar hierna herstelt zich blijkbaar het verstoorde evenwicht. Heel duidelijk blijkt dit bijv. bij den grond uit Nieuw-Beerta, waar het gehalte in zoutzuur blijft schommelen tusschen 23 en 26, onder welke waarden dit cijfer te velde evenmin daalde (vergelijk blz. 383). Ook fig. 1 geeft hiervan duidelijke voorbeelden. Het



Figuur 3. Het verloop van het gehalte aan uitwisselbare kali (K uitw.) bij intensieve bebouwing van het negental in de potproef onderzochte gronden. De elkaar van links naar rechts opvolgende en door een lijn verbonden stippen geven K-uitw. achtereenvolgens aan bij aanvang van de proef, na verbouw van haver, na verbouw van snijmoes, na de winterrustperiode, na verbouw van haver en snijmoes in het tweede proefjaar, en tenslotte na een rustperiode van een jaar. Grondsoorten: 1. zware klei Nieuw-Beerta, 2. rivierklei Afferden, 3. zavelgrond Kloosterburen, 4. leemige zandgrond Posterholt, 5. leemige zandgrond Pey-Echt, 6. leemige zandgrond de Lutte, 7. zandgrond Haarlo, 8. zandgrond Noordlaren, 9. zandgrond Veelerveen.

Figure 3. Changes in the content of exchangeable potassium (K uitw.) under intensive cropping in a pot experiment. The potassium content of all soils diminishes in the first years under cropping, but slowly recovers in the last year under fallow conditions (1 and 3 marine, 2 fluviatile clay soil, 4-6 sandy loam soils, 7-9 sandy soils).

kaligetal van de verschillende gronden is onder de omstandigheden van de potproef weliswaar tijdelijk gedaald beneden het peil, dat op de proefvelden tot dusverre is bereikt, maar na verloop van tijd is in sommige gevallen het gehalte weer op dit peil teruggekomen (bijv. Pr 266 en L 2), of is dit althans benaderd.

Onze aanvankelijk, op grond van de voorloopige resultaten van eenige kaliproefvelden, gemaakte veronderstelling (blz. 367), dat het kaligetal bij uitputten van den grond een laagste waarde zou bereiken, waar beneden het niet meer zou kunnen dalen, is in dezen absoluten vorm weliswaar onjuist gebleken, daar op den duur ongetwijfeld eenige verdere verlaging optreedt, maar wel is het juist, dat het kaligetal (resp. kaligehalte) ten gevolge van de ondergane inwerkingen om een slechts uiterst langzaam dalende waarde schommelt. Er schijnt dus door de onttrekking een evenwicht verschoven te worden, dat bestond tusschen de minerale, niet uitwisselbare, en de adsorptief gebonden uitwisselbare kali, maar dat zich mettertijd weer herstelt, zij het meestal op een iets lager peil.

De daling van het kaligehalte is belangrijk geringer dan op grond van de plaatsgevonden onttrekking verwacht zou mogen worden. Een daling van het gehalte met 0,001 % zou overeen moeten komen met een kalionttrekking van 1 g K_2O per 100 kg grond. Een vergelijking tusschen de in fig. 3 afgebeelde daling van het kaligehalte en de in tabel 5 (voorlaatste kolom) vermelde kali-onttrekking door het gewas in grammen toont echter aan, dat de laatste cijfers de eerstgenoemde belangrijk overtreffen. Ter verduidelijking worden de beide in het eerste proefjaar verkregen groepen van cijfers in tabel 7 naast elkaar gesteld.

Op grond van deze cijfers is het zonder meer niet uit te maken of het gewas zelf een actieve rol speelt door aantasting van bodemdeeltjes, dan wel dat het alleen een sterke verschuiving van een evenwicht bewerkstelligt. Het oploopen van het kaligehalte bij onbebouwden, in rust verkeerenden grond wijst er sterk op, dat de verschuiving van een evenwicht hoofdzaak is en niet het langzaam door verweering vrij komen van een minerale bodemreserve. Indien dit eerst het geval is, dan zou het vrijkomen van kali uit de bodemreserve een verschijnsel zijn, dat typisch is voor in staat van uitputting verkeerende gronden, terwijl bij normaal bemeste gronden in veel mindere mate kali uit deze reserve zou vrijkomen. Zelfs zou daar zeer goed het omgekeerde, vastlegging van de toegevoegde kali, kunnen plaatsvinden (zie o. a. HAUSER 29). Het is gewenscht, dat over deze punten nog nadere opheldering verkregen wordt, zoodat een vollediger inzicht in de kalihuishouding van verschillende gronden ontstaat. De geringe stijging van het kaligehalte op proefvelden van het Rijkslandbouwproefstation te

TABEL 7 Table 7

Vergelijking tusschen de kali-onttrekking door het gewas en de daling van het kaligehalte van den grond, bepaald in 0,1 n HCl

Grond Soil	Kali-onttrekking in g/100 kg grond = 0,001 % <i>K-withdrawal in g/100 kg soil = 0,001 %</i>	Daling kaligehalte in 0,001 % <i>Fall of potassium content in 0,001 %</i>	Verschil Difference
1. Nieuw-Beerta	25,6	10,6	15,0
2. Afferden	13,8	0,5	13,3
3. Kloosterburen	14,8	1,6	13,2
4. Posterholt	11,8	2,8	9,0
5. Pey-Echt	9,3	3,2	6,1
6. De Lutte	14,5	6,7	7,8
7. Haarlo	12,2	5,3	6,9
8. Noorderen	7,4	3,2	4,2
9. Veelerveen	9,8	2,8	7,0

Groningen op zavelgrond, die onder leiding van Dr. C. W. G. HETTERSCHIJ worden uitgevoerd, en vooral op het hierboven besproken proefveld op rivierklei, ZGe 17 te Afferden, wijzen er eveneens op, dat vastlegging van kali op deze gronden van groote beteekenis is. In hoeverre dit echter in belangrijke mate ook op zandgronden, waaronder vooral de leemhoudende, het geval is, zal door nader onderzoek moeten blijken.

De onderlinge vergelijking tusschen de in deze potproef met de verschillende grondsoorten verkregen resultaten toont, dat de verschijnselen, die bij uitputting van den grond optreden, voor alle onderzochte grondsoorten in principe dezelfde zijn. Zoowel bij zware als lichte kleigronden, leemhoudende en normale humeuze zandgronden is de kalionttrekking/groter dan met de daling aan uitwisselbare kali in overeenstemming is. Bij alle grondsoorten is verder gevonden, dat na een sterke onttrekking een herstel van het gehalte aan uitwisselbare kali optreedt. Dit gehalte schommelt om een bijna constante, althans bij sterke uitputting slechts langzaam dalende waarde. De klei- en zandgronden verschillen alleen daarin, dat de kali-reserve op eerstgenoemde gronden klaarblijkelijk veel grooter is, zoodat het kaligehalte en de door de opeenvolgende oogsten onttrokken hoeveelheden veel langzamer achteruitgaan. Vooral de zware kleigrond uit Nieuw-Beerta blijkt over een zeer belangrijken voorraad te beschikken.

De rivierklei uit Afferden verschilt van de beide Groningsche zeeklei-

gronden, doordat de op zichzelf vrij aanzienlijke kalivoorraad relatief belangrijk moeilijker ter beschikking komt.

De zandgronden verschillen onderling eenigszins in de mate, waarin zij kali ter beschikking stellen. De vrij kalirijke grond uit de Lutte heeft ook de meeste kali geleverd. Verder is opvallend de grootere afgifte uit den grond van Posterholt, vergeleken met den naar herkomst en eigenschappen overeenkomstigen Limburgschen grond van Pey-Echt, hoewel laatstgenoemde iets fijner van samenstelling is, zoodat eerder het omgekeerde te verwachten was. Opmerkelijk is verder de gemakkelijke kali-afgifte uit de weinig leemige gronden van Haarlo en Veelerveen. Hoewel het totale kaligehalte van beide gronden laag is, doet de onttrekking weinig onder voor die van de kalirijkere leemige gronden. De grond uit Noordlaren gaf de minste onttrekking. Er zijn geen bepaalde redenen aan te wijzen voor deze verschillen. Het langdurig op voldoende peil blijven van den grond op het proefveld NGe 81 te Haarlo en tot op zekere hoogte ook bij den armeren grond van het proefveld Pr 266 te Veelerveen, is waarschijnlijk te verklaren door het gemak, waarmee deze gronden kali afstaan, hoewel de totale kalivoorraad aanmerkelijk geringer is dan van de leemige zandgronden (vergelijk tabel 3).

Beschouwingen

Zandgronden beschikken, evenals kleigronden, over het vermogen bij geregelde verbouw zonder toediening van een kalibemesting kali uit de minerale bodemreserve ter beschikking te stellen. De kali, die door het gewas uit een op kali uitgeputten grond wordt opgenomen, zal in hoofdzaak uit deze bron afkomstig zijn. Deze jaarlijks vrij komende hoeveelheid kan betrekkelijk groot zijn; in den regel zal ze op den duur meestal niet voldoende zijn voor het verkrijgen van een volledigen oogst, hetgeen op den zwaren zeekleigrond uit Nieuw-Beerta, en zelfs op den belangrijk kaliarmeren zavelgrond uit Kloosterburen wel veelal het geval is. Bij deze beide gronden is niet alleen de kalivoorraad veel hooger dan bij de zandgronden, maar komt deze kali ook betrekkelijk gemakkelijk ter beschikking. De rivierkleigrond uit Afferden is hiermee in tegenstelling; weliswaar is ook hier de totale kalivoorraad behoorlijk, maar de beschikbaarheid hiervan is veel geringer, zoodat een weglaten van de kalibemesting geregeld tot ernstige misoogsten leidt.

De zandgronden lijken in dit opzicht meer op de Groningsche kleigronden; de aanwezige minerale kali wordt in het algemeen verhoudingsgewijs zelfs gemakkelijker afgestaan, doch de voorraad is uiteraard geringer. Toeh komen er in Nederland zandgronden voor die jarenlang het gewas op eigen kracht van voldoende kali kunnen voorzien. In het bijzonder geldt dit voor

de onderzochte min of meer leemige zandgronden. Is op deze gronden de kalitoestand eenmaal in orde, dan behoeft geen vrees voor een snellen achteruitgang te bestaan. Bij gronden, waar het kaligetal bijv. hooger dan 30 is, kan het verscheidene jaren duren voordat het ook voor deze gronden kritische punt van een kaligetal 20 bereikt wordt.

De praktische beteekenis van deze vaststelling is, dat zandgronden met een hoog kaligetal onderscheiden zullen kunnen worden in een groep, waarbij het kaligetal door toevallige omstandigheden hoog is, zooals door een in verhouding tot de onttrekking te zware kalibemesting, of een kort tevoren toegediende bemesting met stalmest, en waar het kaligetal dan ook in den regel ver zal uitsteken boven dat van belendende perceelen met eenigszins andere behandeling, en een andere groep, waarbij het kaligetal van alle steeds behoorlijk bemeste perceelen over het algemeen ruim voldoende is. Bij de eerste groep mag men verwachten, dat het kaligetal bij vermindering van de bemesting weer vrij spoedig op een belangrijk lager peil zal dalen; bij de tweede groep is een reserve aanwezig, die tot een langjarige besparing op de kalibemesting in staat stelt. Een grondonderzoek op kali is dus vooral voor deze laatste grondsoorten van beteekenis, want terwijl in het eerste geval hoogstens tot een eenmaal weglaten van de kalibemesting en een in het vervolg wat zuiniger gebruik geadviseerd zou mogen worden, zal de kali bij de tweede groep van gronden gedurende eenige jaren weglaten kunnen worden, waarna met een matige bemesting kan worden volstaan.

Op deze plaats mag daarom de aandacht van de landbouwvoorlichters wel op de beteekenis van dit punt gericht worden: het is zeker van belang, dat het karakter van een kleiner of grooter gebied, waar grondonderzoek op kali gebeurt, nader bepaald wordt, zoodat uitgemaakt kan worden welke adviezen aan den uitslag van het onderzoek zullen mogen worden vastgeknoot.

Het moet zeer wenschelijk geacht worden, dat de wetenschappelijke basis, welke aan deze beoordeeling van onze zandgronden ten grondslag behoort te liggen, nader gefundeerd wordt. Hiervoor zal noodig zijn een mineralogisch onderzoek van deze gronden, gepaard gaande met een studie van de chemische samenstelling en de physische eigenschappen, ten opzichte van oplosbaarheid en vastlegging van kali, van de aanwezige mineralen.

Een poging onzerzijds, om althans een mineralogisch onderzoek van de in deze publicatie beschreven grondsoorten te laten verrichten, kon tot op heden nog niet tot verwerkelijking komen ¹⁾.

¹⁾ Bij het in druk gaan van dit artikel was een onderzoek hierover begonnen.

Samenvatting

Het kaligetal van jarenlang niet met kali bemeste zandgronden schommelt om een gemiddelde waarde, die veel langzamer daalt dan op grond van de door het gewas onttrokken hoeveelheden te verwachten is. Het in het voorjaar bij in den voorafgaanden winter niet bebouwden grond bepaalde kaligetal is meestal iets hoger dan het kaligetal, dat onmiddellijk na den vorigen oogst bepaald is. De vrijkomende hoeveelheden kali zijn ongeveer van dezelfde orde van grootte als de hoeveelheden, die door het gewas onttrokken worden.

Sommige zandgronden, vooral leemige gronden, onderscheiden zich, doordat het kaligetal zich bij uitboeren jarenlang op een betrekkelijk hoog niveau kan handhaven. Deze gronden zijn dus, evenals goede Groninger kleigronden, tot op zekere hoogte in staat het gewas uit eigen kracht van kali te voorzien, in tegenstelling met andere zandgronden, waar een door hoge bemesting op een hoog peil gebrachte kalitoestand, bij weglaten van deze bemesting, weer vrij spoedig op een belangrijk lager peil terugvalt. De beschikbaarheid van de minerale reserve, waaruit deze langzaam ter beschikking komende kali afkomstig is, is — zooals bij een uitgevoerde potproef bleek — bij de zandgronden over het algemeen verhoudingsgewijs zeker niet minder dan bij de genoemde kleigronden; daarentegen stelde een rivierkleigrond de kali veel moeilijker ter beschikking, hoewel de totale voorraad van dezen grond in vergelijking met die van de Groningsche gronden niet laag te noemen was.

Het ter beschikking komen van kali is waarschijnlijk meer toe te schrijven aan het vrijkomen van kali uit mineralen, waarbij deze mineralen zelf intact blijven, dan aan een verweering van deze mineralen, zoodat het verschijnsel zich vooral voor zal doen op gronden, die geleidelijk aan kali verarmen, en minder op geregeld met kali bemeste gronden.

Door een enkele intensieve bebouwing, zooals bij een potproef het geval is, kan het kaligetal vrij sterk verlaagd worden, bij in rust laten van den grond treedt een langzaam herstel op. Deze verschijnselen komen zoowel voor bij zand- als bij kleigronden, en gelden behalve voor het kaligetal, ook voor het kaligehalte-cijfer, bepaald met 0,1 n HCl, en voor de uitwisselbare kali, bepaald in een 1-normale oplossing van ammoniumacetaat.

Ondanks het sterke kaligebrek van sommige der onderzochte grondsoorten blijkt de grootte van de verkregen opbrengst en de mate, waarin zich kaligebrekssymptomen voordoen, ook sterk van andere groeifactoren afhankelijk te zijn.

Het practische belang van dit onderzoek is, dat de aandacht gevestigd

wordt op het voorkomen in Nederland van zandgronden, die in staat zijn gedurende een betrekkelijk lange periode voldoende kali voor het gewas te leveren. De kalitoestand van deze gronden gaat bij uitboeren langzamer achteruit dan bij een andere groep van kalirijke zandgronden, waar deze kalirijkdom incidenteel, door te zware bemesting, is opgetreden. Het is van belang om bij de voorlichting beide typen te onderscheiden. Een nadere mineralogisch-scheikundige bestudeering van de verschillende zandgronden wordt om deze reden wenschelijk geacht.

Hoewel de leemhoudende zandgronden in bepaalde eigenschappen afwijken, kan het kaligetal op gelijke wijze gewaardeerd worden als bij andere zandgronden. Indien dit getal grooter dan 20 is, is de kalitoestand bij alle zandgronden in het algemeen als voldoende te beschouwen.

SUMMARY

AVAILABILITY OF NON-REPLACEABLE POTASSIUM IN SANDY SOILS DEFICIENT IN POTASSIUM

The agricultural value of clay soils in the Netherlands is characterized in a satisfactory way by the amount of potassium soluble in 0.1 N HCl solution, this amount being practically equal to the amount of potassium exchangeable in 1 N ammonium acetate solution. The status of sandy soils is characterized by the „potassium number”, which gives the exchangeable potassium in relation to the humus content of the soil.

It has been found that the potassium number only slowly diminishes with time (table 1, fig. 1), when manuring with potassium has been omitted, though the total amount of potassium present in these soils is generally rather small (table 3). Especially the sandy loam soils are able to furnish sufficient potassium to the crop for a considerable time. No deficiency symptoms are practically observed as long as the potassium number remains above 20 (fig. 1), which is also the critical value for normal sandy soils. The potassium number is lowest at harvest time and undergoes a small rise in winter (table 2).

In a pot experiment performed with two marine and one fluviatile clay soils (1—3, table 3) and six sandy soils (4—9), subjected to intensive cropping (two crops annually), the amount of exchangeable potassium decreased considerably (fig. 3), but a slow recovery set in under fallow conditions, showing that replaceable potassium was made available from non-replaceable reserves. In this respect no differences between sandy soils and marine clay soils were observed, but the latter contain a much higher total content of potassium. The potassium content of the fluviatile clay soil, on the other

hand, is of the same order of magnitude as that from the marine soils, but the availability is much smaller.

A differentiation between sandy soils in respect to potassium status may be made as follows. A first group contains those sandy soils and sandy loam soils which show a rather considerable potassium content of their own; in a second group, a high potassium status originates from fertilizing only. The soils of the first group may be cultivated with moderate or without potassium fertilization for several years, and the same is true in a greater extent for the marine clay soils. In the second group of sandy soils the symptoms of potassium deficiency appear in a few years under the same conditions.

Literatuur

1. ABEL, F. A. E. en MAGISTAD, O. C.: *J. Am. Soc. Agr.* 27, 437 (1935).
2. ALLAWAY, R. en PIERRE, W. H.: *J. Am. Soc. Agr.* 31, 940 (1939).
3. ANDRÉ, G.: *Compt. Rend. Ac. Sci.* 157, 856 (1913).
4. BAREN, F. A. VAN: Dissertatie Wageningen (1934).
5. BARTHOLOMEW, R. P. en JANSSEN, G.: *Ark. Agr. Exp. Sta. Bul.* 265 (1931).
6. BAUER, F. C.: *Soil Sc.* 12, 21 (1921).
7. BLANCK, E.: *Journ. f. Landw.* 60, 97 (1912).
8. —: Idem 61, 1 (1913).
9. BOGUSLAWSKI, E. VON: *Landw. Jahrb.* 83, 711 (1936).
10. BREAZEALE, J. F. en MAGISTAD, O. C.: *Ariz. Agr. Exp. Sta. Techn. Bul.* 24 (1928).
11. BRIGGS, L. J. en BREAZEALE, J. F.: *J. Agr. Res.* 8, 21 (1917).
12. BURDENSKEI, D.: Dissertatie Königsberg (1937).
13. CHAMINADE, R.: *Ann. agron.* 4, 626, 781 (1934).
14. —: Idem 6, 818 (1936).
15. CRANNER, B. H.: *Norg. Geol. Undersök.* 114 (1922).
16. FAVEJEE, J. CH. L.: *Meded. Landbouwhoogeschool* 43, n° 5 (1939).
17. FEILITZEN, H. VON: *Svenska moss-kulturför. Tidskr.* 33 (1904).
18. FRAPS, G. S.: *Tex. Agr. Exp. Sta. Bul.* 391 (1929).
19. —: Idem 428 (1931).
20. GEDROIZ, K. K.: *Soil Sc.* 32, 51 (1931).
21. GILLIGAN, G. M.: *J. Agr. Res.* 53, 61 (1936).
22. —: *Del. Agr. Exp. Sta. Bul.* 192 (1934).
23. —: Idem 200 (1936).
24. —: Idem 215 (1938).
25. GISIGER, L.: *Bodenk. u. Pfl.* 2, 23 (1937).
26. HALEY, D. E.: *Soil Sc.* 15, 167 (1923).
27. HARRIS, H. C.: *Del. Agr. Exp. Sta. Bul.* 192 (1934).
28. HARTZELL, C. D.: *Iowa St. Coll. J. Sci.* 10, 73 (1935).
29. HAUSER, G. F.: Dissertatie Wageningen (1941).
30. HISSINK, D. J.: *Versl. Landb. onderz.* 47 (5) B 531 (1941).
31. HOAGLAND, D. R. en MARTIN, J. C.: *Soil Sc.* 36, 1 (1933).
32. HORNER, J. A.: *Univ. Hawaii Pineapple Exp. Sta. Bul.* 13 (1930).
33. KELLEY, W. P. en JENNY, H.: *Soil Sc.* 41, 367 (1936).
34. KIRSSANOFF, A. F.: *Chem. of soc. Agric.* 2—3, 43 (1940) *Ref. Ann. agr.* 141 (1941)
35. KIVINEN, E.: *Maataloustk. Maatutkim. Agrogeol. Julk.* 52, 3 (1941).
36. KOLODNY, L. en ROBBINS, W. R.: *Soil Sc.* 49, 303 (1940).
37. KÖTTGEN, P.: *Ern. d. Pfl.* 36, 114 (1940).
38. KÖTTGEN, P. en JUNG, L.: *Bodenk. u. Pfl.* 25, 58 (1941).
39. LAMB, J.: *Soil Sc.* 40, 365 (1935).
40. LEENHEER, L. DE: *Med. Landb. Hoogeschool. Opz. stat. Staat Gent* 8, 43 (1940).
41. MACINTIRE, W. H., SHAW, W. M., YOUNG, J. B. en ROBINSON, B. J.: *J. Am. Soc. Agr.* 28, 202 (1936).
42. MARTIN, J. C.: *Soil Sc.* 27, 123 (1929).
43. MASCHHAUPT, J. G.: *Versl. Landb. onderz.* 42 (14) A, 543 (1936).
44. —: Idem 47 (4) A, 165 (1941).

45. MILLER, H. R.: *J. Agr. Res.* 14, 61 (1918).
46. OBERHOLZER, P. C. J.: *Soil Sci.* 42, 359 (1936).
47. OPITZ, K., MORGENROTH, E. en KNIES, W.: *Forsch. dienst* 7, 243 (1939).
48. PAAUW, F. VAN DER: *Versl. Landb. onderz.* 42 (12) A, 393 (1936).
49. PLUMMER, J. K.: *J. Agr. Res.* 5, 569 (1918).
50. POPP, M.: *Mitt. d. D. L. G.* 49, 724 (1909).
51. POPP, M. en CONTZEN, J.: *Z. Pflanzenern. D. u. B. A* 22, 1 (1931).
52. PRIANISCHNIKOV, D.: *Landw. Vers. Stst.* 63, 151 (1906).
53. —: *Idem* 77, 399 (1912).
54. SCHACHTSCHABEL, P.: *Bodenk. u. Pfl.* 3, 107 (1937).
55. —: *Idem* 5, 375 (1937).
56. STURGIS, M. B. en MOORE, J. R.: *Proc. Assoc. South Agr. Workers* 40, 56 (1939).
57. TURK, E. DE: *Soil Sc.* 8, 269 (1919).
58. VAGELER, P. en ALTEN, F.: *Z. Pflanzenern., D. u. B. A* 29, 65 (1933).
59. WIESZMANN, H. en LEHMANN, W.: *Z. Pflanzenern. D. u. B. A* 35, 129 (1934).