P. de Vries

Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek van Landbouwgewassen, Wageningen

De beheersing van het kaligetal op blijvend grasland

With a summary:

Control of the potassium value on permanent pastures



1966 *Centrum voor landbouwpublikaties en landbouwdocumentatie*

Wageningen

460395

© Centrum voor Landbouwpublikaties en Landbouwdocumentatie, Wageningen, 1966

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.
No part of this book may be reproduced and/or published in any form, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publishers.

Inhoud

1 Inleiding 1
1.1 Het probleem 1
1.2 Het kaligetal 1
1.3 De factoren die het kaligetal bepalen 2
1.4 Het bemestingsadvies 4

2 De proeven 7

3 Grafische voorstelling van de waarnemingen van één der proefvelden 9

4 Het verloop van het kaligetal gedurende het bemestingsjaar 11
4.1 Grafische voorstelling 11
4.2 De periode tot het maaien van de eerste snede 12
4.3 De weideperiode 13
4.4 De winter 13
4.5 Abnormale weersomstandigheden 14
4.6 De buffering van het kaligetal 14

5 De factoren die de jaarlijkse afvoer bepalen 16

6 De verandering van het kaligetal met de jaren 20
6.1 De kalifactor 20
6.2 De onderhoudsbemesting 22
6.3 De evenwichtsbemesting 25
6.4 Abnormale weersomstandigheden 27
6.5 Het kaligetal van de laag van 5 tot 10 cm 28

7 Toepassing op praktijkproblemen 32
7.1 Toetsing van het bemestingsadvies 32
7.2 De definitie van een goed kaligetal 33

Samenvatting en conclusies 36

Summary 38

Literatuur 43

1 Inleiding

1.1 Het probleem

Kali is onontbeerlijk voor de groei van gras. Hij wordt met behulp van de wortels aan de bodem onttrokken.

De hoeveelheid, die de plant gedurende de groei ter beschikking staat, wisselt sterk van perceel tot perceel en verandert met de tijd onder invloed van verschillende factoren. Samen met andere groeifactoren bepaalt ze het gewicht en de minerale samenstelling van de te oogsten delen.

Met een toenemende kalivoorziening stijgt het kaligehalte in het gewas en dalen de gehalten aan natrium, calcium en magnesium. Hierdoor kunnen samenstellingen van het voer ontstaan, die bezwaarlijk zijn voor het dier. Dit geldt in het bijzonder voor weidegras, dat ongeveer 70% van de totale opbrengst van het grasland uitmaakt en dat gedurende een groot deel van het jaar het enige voedsel van het dier is. Zo geeft een te ruime kalivoorziening, vooral wanneer deze gepaard gaat met hoge stikstofgiften, kans op kopziekte (hypomagnesemie) bij rundvee ('T HART en KEMP, 1956; KEMP en 'T HART, 1957; KEMP, 1958 en 1960; KEMP c.s., 1961). Ook kan de natriumvoorziening van het rund lager zijn dan noodzakelijk voor een goede gezondheid (KEMP, 1964; HENKENS en VAN LUIT, 1963; OOSTENDORP, 1961).

Op een groot deel der percelen is de kalivoorziening te ruim en op een gering deel te krap (KOOPMANS, 1960: Tabel 1 onder 1.4).

Nog afgezien van de vraag naar het juiste niveau is het van groot praktisch belang om te weten, op welke wijze men de kalivoorziening op peil kan brengen en houden.

1.2 Het kaligetal

De hoeveelheid kali in de zodelaag is in het algemeen vele malen groter dan de hoeveelheid die het gewas gedurende één groeiseizoen aan deze laag onttrekt.

Kali komt voor: *(a)* in de bodemoplossing (voor een zeer klein deel), *(b)* in in water oplosbare vorm in plantaardige en dierlijke resten, *(c)* in direct uitwisselbare vorm aan het oppervlak van de minerale en organische bodemkolloïden, *(d)* in moeilijk uitwisselbare vorm, gebonden aan de minerale bodemkolloïden, *(e)* in niet-uitwisselbare vorm, gebonden in de kristalroosters van kaliumhoudende mineralen als glimmers en veldspaten en in bepaalde kleimineralen. Tussen deze vormen vinden voortdurend overgangen plaats. Al naar de sterkte van deze bindingen is de kali meer of minder of

in het geheel niet opneembaar voor de plant (DE VRIES en DECHERING, 1960: 92 e.v.; VAN DER SPEK, 1944).

De gebruikelijke maat voor de beschikbare hoeveelheid bodemkali is het *kaligetal* van de bovenste vijf cm. Dit getal wordt berekend uit de hoeveelheid kali die volgens een gestandaardiseerde methode met 0,1 n HCl extraheerbaar is, en uit het humusgehalte. De geëxtraheerde hoeveelheid in mg K_2O per 100 gram droge grond is het K-HCl-cijfer. Zij is bij benadering gelijk aan de direct uitwisselbare hoeveelheid. Het humusgehalte, uitgedrukt in gewichtsprocenten van de droge grond, is bij de interpretatie van het K-HCl-cijfer nodig, omdat de beschikbare hoeveelheid kali met toenemend humusgehalte afneemt. De berekening vindt plaats volgens de formule:

$$\text{kaligetal} = \frac{10 \times \text{K-HCl-cijfer}}{f \times \text{humusgehalte}} \qquad (1)$$

Hierin is f afhankelijk van humusgehalte en grondsoort. Op zand- en dalgrond varieert f van 1,2 bij laag humus tot 0,8 bij hoog humus en op de andere grondsoorten van 1,6 tot 0,8. Vóór de analyse worden alle delen groter dan 2 mm, waaronder ook planteresten, uit het monster verwijderd (Landelijke Adviesbasis Grondonderzoek; DE VRIES en DECHERING, 1960: 91 e.v.).

De plant neemt de kali echter niet uitsluitend uit de bovenste vijf cm op: GOEDEWAAGEN en SCHUURMAN (1950) vermelden van een vijftiental percelen oud blijvend grasland, dat gemiddeld 38% van de totale wortelmassa zich dieper dan vijf cm bevindt.

Hoewel dit kaligetal niet de voor de plant gedurende de groeitijd beschikbare hoeveelheid kali als zodanig weergeeft, blijkt uit proeven toch een verband te bestaan met het gewicht en de minerale samenstelling van de bovengrondse delen (VAN DER PAAUW, 1943, 1953).

DE VRIES (1961) onderzocht van een proefveld op zandgrond het verband tussen de hoeveelheid kali in het gemaaide gras van verschillende sneden en het kaligetal bij het begin van de groei van deze sneden. Hij vond over een kaligetaltraject van ca. 13 tot ca. 30 een nauw rechtlijnig positief verband. Boven 30 nam de meeropname met toenemend kaligetal snel af. Extrapolatie gaf een opname van nul aan bij een kaligetal van ca. 7. Binnen het traject van het rechte deel bleek een verhoging van het kaligetal met één eenheid gepaard te gaan met een meeropname van ca. 2 kg K_2O per ha per 30 dagen. Deze hoeveelheid is ongeveer een vierde van de toename in de extraheerbare hoeveelheid kali die met deze verhoging van het kaligetal gepaard ging. Er waren aanwijzingen, dat dit rechte deel van de curve de gedurende de groeitijd maximaal beschikbare hoeveelheid kali aangaf.

1.3 De factoren die het kaligetal bepalen

Het kaligetal van de bovenste vijf cm verandert onder invloed van wijzigingen in de

totale hoeveelheid kali in deze laag. Deze wijzigingen ontstaan door:

a *bemesting*,
b *onttrekking* door het gewas, voor zover deze aan de bovenste vijf cm plaatsvindt,
c *terugvoer* van reeds eerder door het gewas opgenomen kali en
d *uitspoeling* naar diepere lagen, waarbij men ook rekening moet houden met het omgekeerde, nl. opstijging met het bodemvocht uit diepere lagen.

Het is waarschijnlijk dat deze veranderingen aanvankelijk volledig, of althans overwegend, plaats vinden in de extraheerbare fractie. Toch zijn de wijzigingen in het kaligetal niet uit deze factoren te berekenen, ook al zouden al deze factoren te meten zijn, omdat er zich mede onder invloed van deze factoren voortdurend processen in de bodem voordoen, waarbij

a extraheerbare kali in niet-extraheerbare vormen overgaat (= *vastlegging*), of waarbij
b het omgekeerde gebeurt (= *nalevering*) (VAN DER SPEK, 1944).

Het kaligetal vlak na de bemesting vormt hierop de enige uitzondering. Geen der andere factoren heeft dan nog een rol kunnen spelen en de kali van de meststof is volledig oplosbaar in 0,1 n HCl.

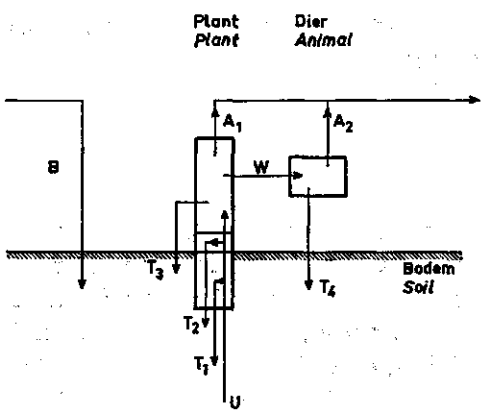
De uitspoeling uit en de onttrekking aan de bovenste vijf cm zijn niet te bepalen en derhalve kan ook de verandering in de hoeveelheid kali in de bovenste vijf cm niet bepaald worden. Wel kan er een vrij goede benadering gegeven worden van de wijziging in de totale hoeveelheid bodemkali gedurende het bemestingsjaar.

Figuur 1 geeft een schema van de verschillende 'kalistromen'.

De bemesting (B) is eenvoudig te meten.

Van de onttrekking (U) komt een deel in het maaibare gras terecht, een ander deel in de wortels en nog een ander deel in de stoppels, waaronder ook alle andere door de dieren tijdens het weiden versmade delen verstaan worden. Alleen de hoeveelheid in de maaibare delen is, vrij nauwkeurig, te bepalen.

Figuur 1 Schema van de verschillende 'kalistromen'



B = bemesting / *fertilization*
U = onttrekking door het gewas aan de bodem / *uptake by herbage from soil*
T_1 = terugvoer uit wortels naar de bodem / *return from roots to soil*
T_2 = terugvoer uit stoppels naar de bodem / *return from stubbles to soil*
A_1 = afvoer van het perceel met gras en hooi / *removal from pasture in grass and hay*
T_3 = terugvoer uit gemaaid gras tijdens oogst / *return from cut parts during harvest*
W = opname door dieren tijdens weiden / *intake by animals during grazing*
A_2 = afvoer van perceel met melk en in het dier / *removal from pasture in milk and in the animal* / $A_2 \simeq 0{,}05$ W
T_4 = terugvoer met urine en mest tijdens weiden / *return in urine and manure during grazing* / $T_4 \simeq 0{,}95$ W

Figure 1 Scheme of the different 'potassium flows'

De jaarlijkse wortelproduktie is aanzienlijk. Volgens GOEDEWAAGEN en SCHUURMAN (1950) ligt deze op oud blijvend grasland in de orde van 5000 kg droge stof per ha. De jaarlijkse vertering is echter, behoudens bijzondere omstandigheden, praktisch gelijk aan de produktie. Aangenomen dat er van jaar tot jaar geen verandering in het kaligehalte optreedt, betekent dit, dat er per jaar evenveel kali in de wortels wordt vastgelegd als er vanuit de wortels naar de bodem wordt teruggevoerd (T_1). De groei van de nieuwe wortels en de vertering van de oude gaan echter niet gelijk op. Volgens de aangehaalde schrijvers vertoont het wortelgewicht in mei een maximum en in de winter een minimum. Daardoor kan er over perioden korter dan een jaar wel verschil bestaan in de vastgelegde en de teruggevoerde hoeveelheid kali. Daar er van jaar tot jaar ook geen verandering optreedt in de hoeveelheid stoppels, is ook hier de onttrekking gelijk aan de terugvoer (T_2).

Na maaien wordt het grootste deel van de kali in de maaibare delen met gras en hooi van het perceel afgevoerd (A_1). Een klein deel blijft op het perceel achter door materiaalverlies en uitloging tijdens de oogst (T_3).

Er bestaat geen voldoend nauwkeurige methode om de door de dieren opgenomen hoeveelheid kali (W) te bepalen. Hiervan komt echter een 95% weer met urine en mest pleksgewijze op het perceel terecht (T_4), terwijl slechts een 5% met de melk en in het dier wordt afgevoerd (A_2).

Uit het voorgaande volgt, dat de jaarlijkse afvoer sterk afhankelijk is van de verhouding tussen maaien en weiden. Het gebruik, waarbij de eerste snede in hooistadium wordt gemaaid en de volgende worden geweid, noemen wij in het vervolg het *standaardgebruik*. Wij nemen aan, dat bij dit gebruik A_2 gelijk is aan T_3. De jaarlijkse afvoer van kali is dan gelijk aan de hoeveelheid kali in het pas gemaaide gras van de eerste snede. Voor uitsluitend weiden wordt aangenomen, dat de afvoer 10% is van die bij standaardgebruik.

Het is onbekend, of de kali die met de urine in zeer grote hoeveelheden per oppervlakte-eenheid wordt teruggevoerd, wel in gelijke mate het kaligetal van het perceel in zijn geheel verhoogt als de kali in kunstmest en stalmest. Bij de bespreking van de proefresultaten wordt dit wel aangenomen.

De bemesting minus de afvoer wordt in het vervolg de *netto-bemesting* (B_n) genoemd. Deze kan ook negatieve waarden aannemen.

1.4 Het bemestingsadvies

Op basis van het kaligetal heeft men met behulp van proefvelden bemestingsadviezen opgesteld. Hierbij heeft men zich in de eerste plaats laten leiden door de economisch optimale opbrengst van de eerste snede, gemaaid in hooistadium. De beperking tot de eerste snede vindt haar reden in de ervaring, dat het gewicht van de sneden volgende op een optimaal bemeste eerste snede niet, of althans niet duidelijk, op een aanvullende bemesting reageert ('T HART en VAN DER PAAUW, 1942; DE VRIES and DE WIT,1958). De optimale gift neemt af met toenemend kaligetal (VAN DER PAAUW, 1943: figuur 51).

De adviezen verschillen naar grondsoort en gebruikswijze. Het advies voor het standaardgebruik noemen wij het *standaardadvies*. Dit advies staat in de vijfde en de zesde kolom van tabel 1. De bemesting met kunstmestkali vindt doorgaans in het voorjaar plaats. Stalmest en gier worden ook wel op andere tijdstippen gegeven. (VAN DER PAAUW, 1943, 1953, 1956a, 1956b en 1958; Landelijke Adviesbasis Grondonderzoek).

Tabel 1 Het bemestingsadvies

Kaligetalklasse		Kwalificatie	Frequentie in % (alle grondsoorten)	Bemestingsadvies in kg K_2O/ha			
				standaardgebruik		uitsluitend weiden	
zand- en dalgrond	andere grondsoorten			zand- en dalgrond	andere gronden	zand- en dalgrond	andere gronden
<16	<13	laag/*low*	8	180	160	100	80
16-25	13-20	goed/*good*	27	140	100	60	20
26-35	21-28	hoog/*high*	28	80	60	0	0
36-45	29-36	te hoog/*too high*	15	40	30	0	0
>45	>36	veel te hoog/*much too high*	22	0	0	0	0
				sandy soils	*other soils*	*sandy soils*	*other soils*
sandy soils	*other soil types*		*Frequency % (all soil types)*	*standard management*		*grazing only*	
Potassium-value class		*Qualification*		*Fertilization advice in kg K_2O/ha*			

Table 1 The fertilization advice

Men heeft bij het opstellen van deze adviezen er ook naar gestreefd om het kaligetal op een bepaald niveau te brengen of te houden. In het algemeen vindt men een kaligetal 'goed', wanneer het bij de optimale gift in de loop der jaren ongeveer gelijk blijft, terwijl het weglaten van de bemesting niet meer dan 5% opbrengstderving mag geven (DE VRIES en DECHERING, 1960: 175). Op grasland houdt men bovendien rekening met de mogelijkheid tot ontwikkeling van de meest gewaardeerde graslandplanten (DE VRIES en KOOPMANS, 1949) en met de minerale samenstelling van het gras. De derde kolom van tabel 1 laat zien, hoe men de verschillende kaligetallen in dit opzicht beoordeelt.

Door meerdere malen per seizoen te maaien neemt de afvoer van kali toe. Daarom adviseert men voor elke snede die men meer maait dan bij standaardgebruik, een aanvullende bemesting, behalve bij die kaligetallen waarbij ook de eerste snede geen kali krijgt. Maar daar deze gift toch geen invloed heeft op de opbrengst van de extra snede kan men deze ook na het maaien geven.

Percelen die een te hoog kaligetal hebben om te beweiden, dient men zo veel mogelijk te maaien om het kaligetal zo snel mogelijk te doen dalen.

Daar bij uitsluitend weiden de afvoer aanmerkelijk geringer is dan bij het standaardgebruik, adviseert men voor eerstgenoemd gebruik een lagere gift. Een tweede reden ligt in de vrees, dat een niet verlaagde gift een ongezonde samenstelling van het voorjaarsweidegras geeft. Dit hangt samen met het feit, dat de mineralengehalten in het jonge weidegras aanmerkelijk hoger plegen te zijn dan in het hooigras. Het is echter niet uitgesloten, dat men hiermee iets op de opbrengst heeft toegegeven. Het advies voor dit gebruik staat in de twee laatste kolommen van tabel 1.

Men is echter nog te weinig ingelicht omtrent *(a)* de grootte van de bemesting die, in afhankelijkheid van grondsoort en gebruik, nodig is om het kaligetal op peil te houden, en omtrent *(b)* de snelheid waarmee het kaligetal bij een gegeven grondsoort, gebruik en bemesting verandert. Het bemestingsadvies heeft dan ook slechts een korte geldigheidsduur.

2 De proeven

Er zijn op acht praktijkpercelen proeven genomen op vier grondsoorten: zand, rivierklei-stroomruggrond, rivierklei-komgrond en kleihoudend veen. Op elke grondsoort lag één proefveld met een laag uitgangskaligetal en één met een hoog uitgangskaligetal. Op alle proefvelden werd, op enkele uitzonderingen na steeds, het standaardgebruik toegepast.

Elk proefveld bevatte twee objecten, waarvan één jaarlijks bemest werd met 120 kg K_2O per ha (K_1-object). Deze hoeveelheid komt ongeveer overeen met de jaarlijkse afvoer van het perceel. Het tweede object van de proefvelden met een hoog uitgangskaligetal kreeg geen kali (K_0-object) en dat van de proefvelden met een laag uitgangskaligetal kreeg jaarlijks 240 kg (K_2-object). Het proefveld met een hoog uitgangskaligetal op zand (CI 2226) vormt hierop een uitzondering met jaarlijkse giften van 40 en 140 kg K_2O per ha. De proefbemesting werd in het voorjaar als kunstmest gegeven; gier werd niet aangewend. Eens in de drie à vier jaar mochten de proefveldhouders stalmest geven. De hoeveelheid kali hierin werd, zo mogelijk, in mindering gebracht op de kunstmestgift. Bij aanwending in de zomer of later werd deze kali volledig tot de proefbemesting van het volgende jaar gerekend.

Beide objecten werden verder zo goed mogelijk gelijk behandeld. Fosfaat werd in het voorjaar gegeven op basis van het P-Al-getal. Alle sneden werden met stikstof bemest; de gemiddelde jaarlijkse hoeveelheid was in de eerste zeven proefjaren 136 kg N per ha, ongeacht de stikstof in de stalmest; de gemiddelde bemesting van de gemaaide eerste snede was 61 kg N/ha. De gemiddelde netto-zetmeelwaardeopbrengst bedroeg 4140 kg per ha per jaar.

Teneinde te voorkomen dat er tijdens het weiden met de urine en de mest overdracht van kali plaatsvindt van het ene object naar het andere en van en naar omringend weiland, werden de objecten afzonderlijk beweid en mochten de dieren gedurende een beweidingsperiode het betrokken object niet verlaten. Teneinde de onvermijdelijke kali-overdracht door het verweiden zo klein te houden als binnen de bedrijfsvoering mogelijk was, werd gestreefd naar beweidingsperioden van minimaal vijf dagen.

Afwijkingen van de proefopzet staan aan de voet van tabel 4.

De bovenste vijf cm van de bodem is per object drie tot acht maal per jaar bemonsterd; eerst in enkelvoud, na september 1957 in tweevoud. De laag van vijf tot tien cm is éénmaal per jaar bemonsterd. In deze monsters zijn het humusgehalte, het K-HCl-cijfer en het kaligetal bepaald. Vlak voordat de boer ging maaien is de hoeveelheid kali in het maaibare gras bepaald.

Tabel 2 geeft enkele eigenschappen van de proefvelden.

*Tabel 2 Enkele eigenschappen van de proefvelden**

Proef-veld	Object	Uitgangs-kaligetal[1]	Opper-vlakte in are	Samenstelling bovenste vijf cm				Gem. grondwater-stand in cm beneden maaiveld	
				% humus[2]	% slib	% grof zand	% totaal zand	zomer	winter
CI 2226	K_0	19,9	34	6,6	4	72	90	112	105
	K_1	20,8	36	6,5	8	73	80		
CI 2227	K_1	19,1	47	9,7	6	68	84	91	47
	K_2	19,1	47	9,5					
CI 2000	K_0	26,3	85	11,3	44	22	44	161	157
	K_1	24,9	93	11,2	38	32	50		
CI 2225	K_1	15,2	110	13,1	31	36	56	98	78
	K_2	16,5	99	12,4					
CI 2224	K_0	26,4	119	23,2	53	8	25	59	57
	K_1	24,6	113	23,6	54	8	24		
CI 2223	K_1	15,5	103	21,5	57	9	22	54	39
	K_2	16,2	103	22,8	56	8	21		
CI 2221	K_0	19,4	46	48,7	23	12	27	52	29
	K_1	24,6	46	45.9					
CI 2222	K_1	13,2	143	57,6	21	7	23	38	32
	K_2	13,0	143	48,1	26	12	26		
Trial field	*Treat-ment*	*Initial potassium value*[1]	*Area in are*	% *organic matter*[2]	% *clay* <16μ	% *sand* >105μ	% *sand* >16μ	*summer*	*winter*
				Composition upper 5 cm soil				*Av. groundwater table in cm below surface*	

* Voor de grondsoorten zie tabel 3 / *for the soil types see Tabel 3*

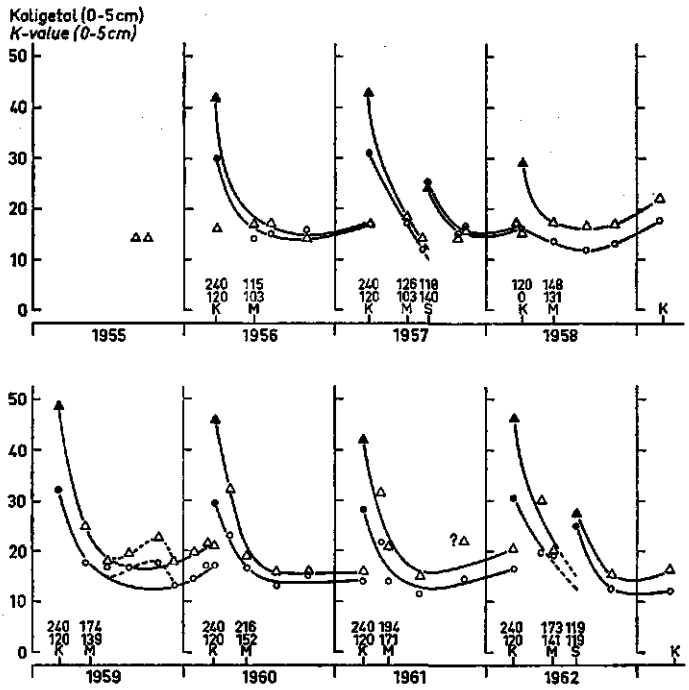
[1] Na vereffening (zie 6.2) / *after adjustment*

[2] Gemiddelde van alle waargenomen gehalten / *average of all observed data*

*Table 2 Some properties of the trial fields**

3 Grafische voorstelling van de waarnemingen van één der proefvelden

Figuur 2 Het kaligetal van de bovenste 5 cm in afhankelijkheid van de tijd; CI 2223, *rivierklei-komgrond*



o en / *and* ● = K_1-object / *K_1 treatment*
△ en / *and* ▲ = K_2-object / *K_2 treatment*
o en / *and* △ = Waargenomen kaligetal / *Observed potassium values*
● en / *and* ▲ = Kaligetal vlak na de bemesting, berekend uit het kaligetal vlak voor de bemesting en de kaligift / *Potassium values just after application, if all potassium in the manure contributes to the extractable fraction of the upper five cm*
K, S en/*and* M = Data van kunstmestgift, stalmestgift en maaien. De getallen geven de hoeveelheden kali in de mest of het gemaaide gras in kg K_2O per ha. Het bovenste getal heeft betrekking op het K_1-object / *Dates of application of inorganic fertilizer or farmyard manure, and of mowing. The figures represent the potassium content in kg K_2O per ha in the manure or in the cut parts of the herbage. The upper figures relate to the K_1 treatment*
Gestippelde lijndelen: afwijkend verloop gedurende de extreem droge zomer en herfst van 1959 / *Broken lines: deviating trend during the dry summer and autumn of 1959*

Figure 2 Potassium values in the upper 5 cm soil layer as dependent on time; CI 2223, *river basin clay soil*

De waargenomen kaligetallen van CI 2223 zijn in figuur 2 met open tekens tegen de tijd uitgezet. Langs de horizontale as is bovendien aangegeven, wanneer er kunstmest (K) en stalmest (S) is gegeven en wanneer er is gemaaid (M). De getallen boven de letters geven de hoeveelheid kali in de mest of in het gemaaide gras aan. Het bovenste getal heeft steeds betrekking op het K_2-object. Het kaligetal van vlak na de bemesting is met gesloten tekens aangegeven. Het is berekend uit het kaligetal van vlak voor de bemesting, de kaligift, het volumegewicht van de bovenste vijf cm en het humusgehalte van deze laag. De waarnemingen zijn per object vereffend volgens krommen die in hoofdstuk 4 nader worden besproken.

Er zijn drie bronnen van variatie in het kaligetal:

a Een toevallige fout, nl. bemonsteringsfouten in het veld en analysefouten in het laboratorium. De standaardafwijking, per object uit de duplo-monsters berekend, bedroeg gemiddeld 10% van het kaligetal. FERRARI en VERMEULEN (1955) vonden 14%.

b Een zich jaarlijks herhalend verloop, dat echter ernstig verstoord kan worden door abnormale weersomstandigheden.

c Een verandering met de jaren.

4 Het verloop van het kaligetal gedurende het bemestingsjaar

4.1 Grafische voorstelling

De figuren 3a, 3b en 3c geven het verloop van het kaligetal op de K_0-, de K_1- en de K_2-objecten weer. De kringetjes geven de gemiddelden van de waargenomen kaligetallen op vier tijdstippen weer, nl.:

A vlak voor de voorjaarsbemesting (ongeveer half maart),
B tijdens het maaien van de eerste snede (ongeveer half juni),
C aan het eind van het weideseizoen (oktober/november) en
D vlak voor de bemesting in het volgende voorjaar.

Voor het berekenen van deze gemiddelden zijn alleen die reeksen genomen, waarbij in het betrokken jaar

a geen stalmest is gegeven,
b de kalibemesting 0, 120 of 240 kg K_2O per ha was,
c de eerste snede, eventueel na kort voorweiden, gemaaid is en
d het kaligetal niet verstoord werd door abnormale weersomstandigheden.

Van de K_0-objecten voldeden hieraan vier reeksen, van de K_1-objecten twaalf en van de K_2-objecten acht.

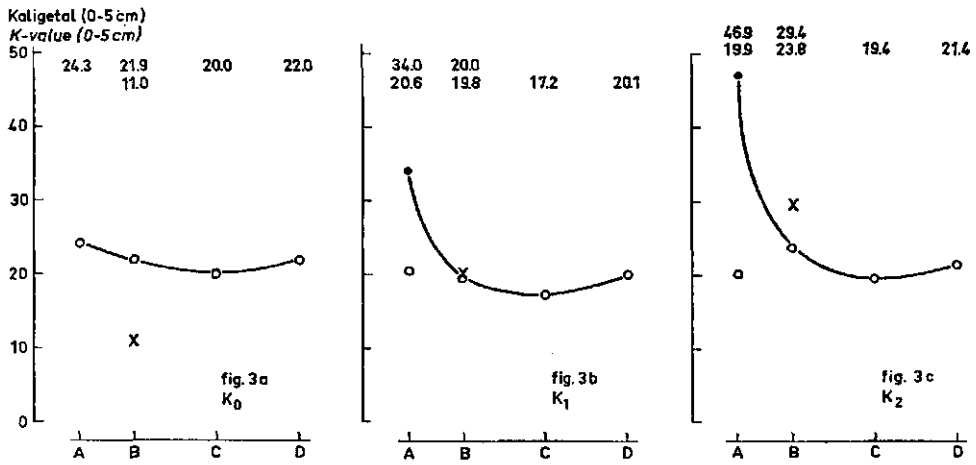
De stippen geven het berekende kaligetal van vlak na de bemesting. De kruisjes geven het kaligetal dat op het tijdstip van het maaien uit het (eventueel berekende) voorjaarskaligetal en de onttrekking zou volgen, wanneer:

a de hoeveelheid kali in het pas gemaaide gras gelijk zou zijn aan de totale onttrekking van de plant aan de bodem,
b deze onttrekking uitsluitend ten laste gekomen zou zijn van de extraheerbare fractie van de bovenste vijf cm en
c er zich verder geen veranderingen in deze fractie zouden hebben voorgedaan.

Hiermee zijn eventuele veranderingen in de hoeveelheid kali in de stoppels en de wortels verwaarloosd en is ook geen rekening gehouden met de enkele keren dat er is voorgeweid. De hoeveelheid kali in het gemaaide gras bedroeg op de K_0-, de K_1- en de K_2-objecten gemiddeld 115, 137 en 151 kg K_2O per ha.

De verschillende kaligetallen zijn bovendien in getallen in de figuren vermeld. In alle dalen ze vanaf de (eventueel na bemesting berekende) waarde in het voorjaar tot aan het einde van het weideseizoen; daarna stijgen ze weer iets. De waarnemingen van figuur 2 zijn per object volgens dergelijke krommen vereffend, behoudens enkele in 4.5 te bespreken uitzonderingen.

Figuren 3a, 3b en 3c. Het verloop van het kaligetal van de bovenste 5 cm op de K_0-, de K_1- en de K_2-objecten gedurende het bemestingsjaar



A = Tijdstip van de kalibemesting / *Date of potassium application*
B = Tijdstip van maaien van de eerste snede / *Date of mowing first cut*
C = Einde van het weideseizoen / *End of grazing season*
D = Tijdstip van kalibemesting in het volgende voorjaar / *Date of potassium application in next year*
o = Waargenomen kaligetal / *Observed potassium values*
● = Kaligetal vlak na de bemesting berekend uit het kaligetal vlak voor de bemesting en de kaligift / *Potassium values just after potassium application, if all potassium in the fertilizer is considered to contribute to the extractable fraction of the upper 5 cm*
x = Kaligetal tijdens maaien van de eerste snede, wanneer alle kali in de gemaaide delen aan de (eventueel na bemesting berekende) extraheerbare fractie van de bovenste vijf cm onttrokken zou zijn, en er zich verder geen veranderingen in deze fractie zouden hebben voorgedaan / *Potassium values at the time of the first cut, calculated on the assumption that* (a) *all the applied potassium contributes to the extractable fraction of the 0–5 cm soil layer,* (b) *the potassium in the cut parts of the herbage originates from this fraction and* (c) *no further gain or loss of potassium occurs in this fraction*

Figures 3a, 3b and 3c. Trend in the potassium values in the upper 5 cm soil layer of the K_0, K_1 and K_2 plots during the manurial year

4.2 De periode tot het maaien van de eerste snede

De daling van het waargenomen kaligetal is op de K_0-objecten 2,4 eenheden (figuur 3a). Dit is nog niet een vijfde van de daling die uit de onttrekking (115 kg) zou volgen (13,3 eenheden). Ongeacht de uitspoeling moet derhalve vier vijfde van de onttrekking uit andere bronnen dan de extraheerbare fractie van de bovenste vijf cm geleverd zijn. De daling van het kaligetal in de laag van 5 tot 10 cm in figuur 16a wijst op een onttrekking aan diepere lagen. Uit deze figuur blijkt ook, dat de daling in deze laag van gelijke orde van grootte is als die in de bovenste vijf cm. Boven bedoeld verschil kan derhalve slechts voor een klein deel verklaard worden uit onttrekking aan de ondergrond, ook als er nog enige rekening wordt gehouden met onttrekking uit nog

diepere lagen. Bovendien is het al zeer onwaarschijnlijk, dat zo'n groot deel afkomstig zou zijn uit lagen, dieper dan 5 cm, waar het kaligetal veel lager is en de zuurstofvoorziening slechter. Daar ook een opstijging van enige betekenis onwaarschijnlijk is, kan het grootste deel van het verschil tussen de waargenomen en de berekende verandering alleen verklaard worden uit een nalevering.

Op de K_2-objecten (figuur 3c) is het kaligetal na de berekende stijging in het voorjaar van 27,0 eenheden slechts 3,9 eenheden toegenomen ten opzichte van het kaligetal van voor de bemesting, terwijl uit de bemesting en de onttrekking een stijging zou moeten volgen van 9,5 eenheden. Op deze zwaar bemeste objecten moet derhalve (ongeacht de onttrekking aan diepere lagen) een vijfde van de gift, of drie vijfde van het verschil tussen gift en onttrekking (151 kg) zijn vastgelegd door de bodem en/of zijn uitgespoeld naar diepere lagen. De stijging van het kaligetal in de laag van 5 tot 10 cm in de figuren 16c en 17b wijst inderdaad op een uitspoeling die de onttrekking aan deze laag overtreft.

Op de K_1-objecten (figuur 3b) waar de bemesting en de onttrekking elkaar weinig ontlopen, is het verschil tussen het waargenomen en het berekende kaligetal ten tijde van het maaien (0,2 eenheden) en de verandering in het waargenomen kaligetal gedurende deze periode (–0,8 eenheden), overeenkomstig de verwachting bij de proefopzet, klein tot verwaarloosbaar. Het kaligetal van de laag van 5 tot 10 cm blijkt uit figuur 16b nagenoeg gelijk te blijven.

4.3 De weideperiode

De hoeveelheden kali, die gedurende deze periode zijn afgevoerd of met urine en mest zijn teruggevoerd, zijn onbekend evenals de verdeling van deze hoeveelheden over de tijd.

De daling is in alle drie gevallen van figuur 3 geringer en op de bemeste objecten zelfs veel geringer dan die gedurende de voorgaande periode. Zij lijkt met toenemende bemesting toe te nemen.

4.4 De winter

Het kaligetal stijgt gedurende de winter. Deze stijging blijkt, wanneer er in het voorjaar geen kali gegeven wordt, tot omstreeks april aan te houden. De neerslag is in deze maanden aanmerkelijk hoger dan de verdamping, zodat men een versterkte uitspoeling zou verwachten, resulterend in een lager kaligetal. De gevonden stijging bewijst dus, dat nog andere factoren een rol spelen. Zij kan (nog afgezien van de uitspoeling) niet verklaard worden uit terugvoer, daar volgens GOEDEWAAGEN c.s. (1950) het wortelgewicht in de winter reeds het minimum bereikt heeft. Ditzelfde geldt voor de stoppels. Nog afgezien hiervan is zelfs de totale hoeveelheid kali in de wortels en de stoppels zeer waarschijnlijk amper voldoende voor deze stijging, die gemiddeld

over alle jaren en proefvelden 2,8 eenheden bedroeg (verg. 6.1). Daar er in deze periode ook geen onttrekking plaatsvindt, moet de stijging verklaard worden uit een nalevering, die de uitspoeling overtreft.

Het tijdstip waarop in het voorjaar de stijging overgaat in een daling, en dat uiteraard alleen op de onbemeste objecten geconstateerd kan worden, hangt samen met het begin van de groei.

4.5 Abnormale weersomstandigheden

In de maanden juli/augustus 1959 trad op verschillende proefvelden een stijging van het kaligetal op in plaats van een daling. Op CI 2226, CI 2227 en CI 2223 deed zich dit op beide objecten voor, op CI 2000 alleen op het K_1-object. Deze stijging hield aan tot eind oktober/begin december, waarna het kaligetal ging dalen, totdat omstreeks december/januari weer een niveau was bereikt, dat men volgens het gewoonlijk optredende verloop zou verwachten. Figuur 2 toont dit verschijnsel voor CI 2223. Het afwijkende verloop is in deze figuur met een onderbroken lijn aangegeven, terwijl de vol getrokken lijn een benadering geeft van het gewoonlijke verloop in deze periode van het jaar. Dit verschijnsel houdt waarschijnlijk verband met de uitzonderlijk droge zomer en herfst van dit jaar. Het is opvallend, dat het zich tot enkele proefvelden beperkt. Hiervoor kon geen verklaring gevonden worden.

In de zeer natte winter van 1961 was er gemiddeld over alle proefvelden eerder sprake van een daling (–0,1 eenheid), tegen een stijging van gemiddeld 3,3 eenheden in de andere jaren. Hoewel er geen duidelijk verband bleek tussen de over alle proefvelden gemiddelde verandering in de verschillende winters (variërende van –0,1 tot +5,0 eenheden) en de neerslag in deze winters, is het uitblijven van de stijging in deze winter toch waarschijnlijk het gevolg van een versterkte uitspoeling door de abnormaal grote hoeveelheid neerslag. Deze bedroeg van december tot maart 321 mm tegen 228 normaal. De uitspoeling is waarschijnlijk nog bevorderd, doordat de bodem reeds aan het begin van de winter zeer nat was. In de vier voorafgaande maanden is er nl. 477 mm regen gevallen tegen 302 normaal.

4.6 De buffering van het kaligetal

In 1.3 is aangenomen, dat de jaarlijkse afvoer bij het standaardgebruik gelijk is aan de hoeveelheid kali in het vers gemaaide gras van de eerste snede. De netto-bemesting bedraagt dan op de K_0-objecten gemiddeld –115 kg K_2O per ha per jaar en op de K_2-objecten +89 kg (zie 4.1).

Wanneer deze netto-bemesting volledig ten laste of ten goede gekomen zou zijn aan de extraheerbare fractie van de bovenste vijf cm en geen der andere in 1.3 genoemde factoren een rol zou hebben gespeeld, dan zou de verandering in het kaligetal aan het eind van het bemestingsjaar gelijk geweest zijn aan de in 4.2 berekende verandering

ten tijde van het maaien van de eerste snede: –13.3 eenheden op de K_0-objecten en +9,5 eenheden op de K_2-objecten. De veranderingen zijn in werkelijkheid –2,3 en +1,5 eenheden, of slechts 17% en 16% van de berekende verandering. Het kaligetal blijkt dus door nalevering, vastlegging, uitspoeling en onttrekking aan diepere lagen sterk gebufferd te zijn. Deze buffering is even sterk bij dalen als bij stijgen.

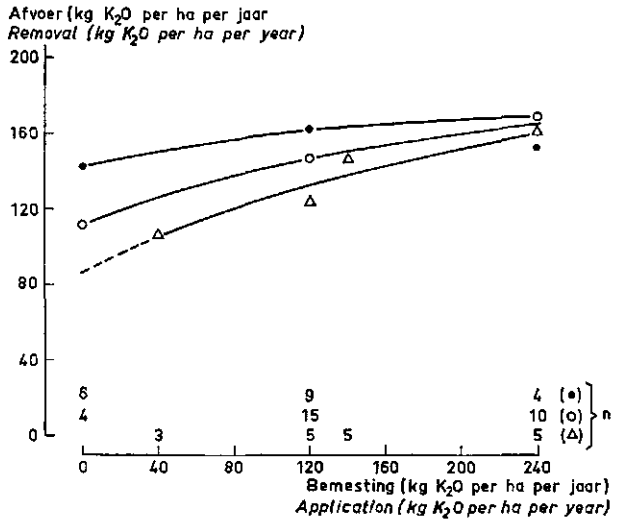
De tijdens het maaien waargenomen veranderingen in het kaligetal zijn 18% en 41% van de berekende verandering. Deze percentages wijzen erop dat de buffering zich grotendeels, zo niet volledig, voltrekt binnen enkele maanden nadat de bemesting is aangebracht of de onttrekking op de onbemeste objecten is begonnen. Zij lijkt zich sneller te voltrekken op de onbemeste objecten dan op de bemeste; in het bijzonder wanneer in aanmerking wordt genomen, dat het begin van de onttrekking ongeveer een maand later valt dan de bemesting.

5 De factoren die de jaarlijkse afvoer bepalen

De jaarlijkse afvoer bij het standaardgebruik is in 1.3 gelijk gesteld aan de hoeveelheid kali in het pas gemaaide gras van de eerste snede.

De gemaaide eerste sneden van deze proefvelden, die in het voorjaar 0, 40, 120, 140 of 240 kg K_2O per ha als kunstmest ontvingen, zijn in groepen ingedeeld naar bemesting, kaligetalklasse en grondsoort. Deze sneden zijn overwegend in hooistadium gemaaid. Bij de indeling naar grondsoort is die van tabel 1 aangehouden. Bij de indeling naar kaligetalklasse is uitgegaan van het gemiddelde kaligetal van het voorgaande bemestingsjaar, berekend op de wijze als in 6.2 aangegeven. Per groep is de gemiddelde hoeveelheid kali in het pas gemaaide gras berekend. De variatie binnen de groep is groot. De standaardafwijking van de individuele waarneming van de drie

Figuur 4 De jaarlijkse afvoer bij het standaardgebruik in afhankelijkheid van de bemesting



o = veen en rivierklei, kaligetalklasse 'goed' / *peat soil and river-clay soil, potassium-value class 'good'*

● = veen en rivierklei, kaligetalklasse 'hoog' / *peat soil and river-clay soil, potassium-value class 'high'*

Δ = zand, kaligetalklasse 'goed' / *sandy soil, potassium-value class 'good'*

n = aantal waarnemingen / *number of observations*

Figure 4 The annual potassium removal in the standard management depending on the potassium application

grootste groepen is: 35 ($n = 9$), 32 ($n = 15$) en 32 ($n = 10$) kg K_2O per ha.

De gemiddelden voor de kaligetalklasse 'goed' op zand en voor de klassen 'goed' en 'hoog' op de andere grondsoorten zijn in figuur 4 tegen de bemesting uitgezet. Het aantal waarnemingen per groep is in de figuur vermeld. De afvoer blijkt toe te nemen met toenemende bemesting en kaligetal; ze is op zand lager dan op de andere grondsoorten.

De twee belangrijkste oorzaken voor de variatie binnen de groep zijn waarschijnlijk: verschil in groeiduur en verschil in produktievermogen. Figuur 5 illustreert de invloed van het produktievermogen op de afvoer: ze geeft het verband tussen de kalibemesting en de hoeveelheid kali in een voorjaarssnede bij een lage en een hoge stikstofvoorziening. De gemiddelde droge-stofopbrengsten waren 2700 en 3700 kg per ha.

Men ziet in de figuren dat bij een zelfde bemesting (B) de afvoer (A) zeer verschillend kan zijn, en daarmee de verandering in de totale hoeveelheid bodemkali (B — A). Deze verandering is in 1.3 de netto-bemesting genoemd ($B_n = B - A$). Uit de vorm van de lijnen volgt verder dat het verschil in afvoer en daarmee het verschil in nettobemesting (ΔB_n) bij een gegeven verschil in bemesting (ΔB) afhankelijk is van het niveau van de bemesting, het produktievermogen en (hoewel minder) van de grondsoort en het kaligetal.

Figuur 5 De hoeveelheid kali in het gemaaide gras van een voorjaarssnede in afhankelijkheid van de kalibemesting, bij twee stikstofniveaus

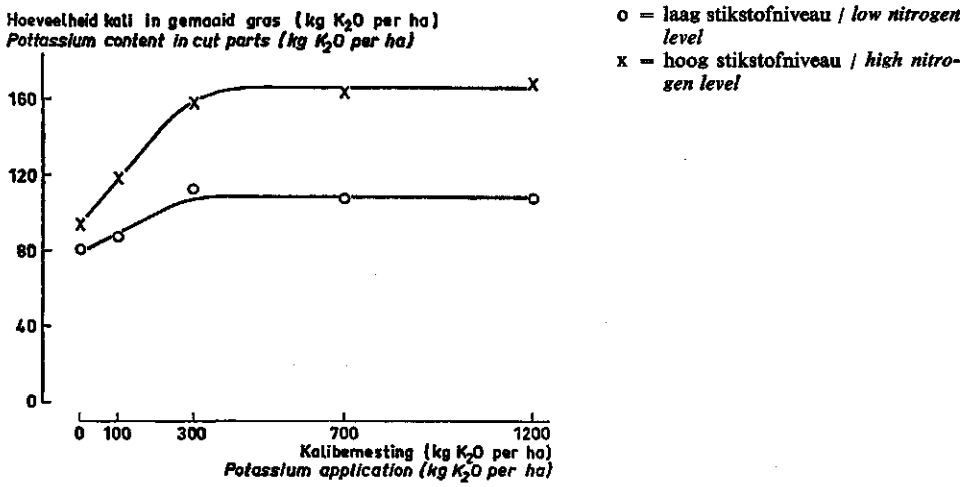


Figure 5 Potassium content in the herbage of a spring cut depending on the potassium application, at two nitrogen levels

Tabel 3 laat zien, dat er ook tussen de hier te bespreken proefvelden een grote variatie bestaat in het verschil in nettobemesting tussen de objecten. Bij de berekening hiervan is steeds het K_1-object als vergelijkingsobject genomen, omdat daar het kaligetal met de jaren ongeveer gelijk blijft (4). Ook hier is aangenomen dat de jaarlijkse

Tabel 3 Enkele uitkomsten van de proefvelden

Grondsoort	Proef-veld	$\overline{\Delta B}$	$\overline{\Delta O}$	$\overline{\Delta B_n}$	*p* in K-getaleenheden per 100 kg K_2O/ha	*q* in K-getaleenheden
		in kg K_2O/ha/jaar				
Zand/*Sandy soil*	CI 2226	− 93	−48(−47)[1]	− 45	1,0 ± 0,7	−0,8
	CI 2227	+119	+41	+ 78	2,0 ± 0,3**	−0,2
Rivierklei-stroomruggrond *River levee soil*	CI 2000	− 90	−14	− 76	1,0 ± 0,3*	+1,7
	CI 2225	+107	+31	+ 76	1,5 ± 0,4*	+1,2
Rivierklei-komgrond/*River basin clay soil*	CI 2224	−103	−(−1)[2]	−104	1,4 ± 0,3**	+2,1
	CI 2223	+117	+29	+ 88	0,8 ± 0,4	+0,1
Veen/*Peat soil*	CI 2221	− 96	−65(−53)[1]	− 31	2,0 ± 1,0	−5,0
	CI 2222	+120	+16	+104	1,8 ± 0,4**	−1,0
Soil type	*Trial field*	$\overline{\Delta B}$	$\overline{\Delta O}$	$\overline{\Delta B_n}$	*p in K-value units per 100 kg* K_2O/*ha*	*q in K-value units*
		in kg K_2O/*ha/year*				

* 0,05 > P > 0,01 ** P < 0,01

[1] Exclusief tweede gemaaide snede / *Exclusive second cut*

[2] Deze waarde is waarschijnlijk laag omdat er in één jaar niet is gemaaid en er drie jaren waren, waarin slechts een lichte snede is gemaaid / *This value is probably low because mowing was omitted during one year and the cuts were light during three years*

VERKLARING DER GEBRUIKTE SYMBOLEN / *Explanation of symbols:*

$\overline{\Delta B}$: Gemiddeld verschil in de jaarlijkse kalibemesting van het K_0- c.q. het K_2-object met het K_1-object / *Average difference in the annual potassium application between the* K_0 *c.q. the* K_2 *plots and the* K_1 *plots*

$\overline{\Delta O}$: Het overeenkomstige verschil in de hoeveelheid kali in het gemaaide gras / *The corresponding difference in the potassium content in the cut parts of the herbage*

$\overline{\Delta B_n}$: Het overeenkomstige verschil in de netto-bemesting / *The corresponding difference in the net application (In calculating these values it is not taken into account, that in few cases the standard management has not been applied (compare table 4); in all cases the annual removal (A) is supposed to be equal to O)*

p: De verandering van het kaligetal van de bovenste vijf cm door een verschil in netto-bemesting van 100 kg K_2O per ha / *Change in the potassium value by a difference in the net application of 100 kg* K_2O *per ha*

q: Het aanvankelijk verschil in kaligetal van het K_0- c.q. het K_2-object met het K_1-object / *Initial difference in potassium value between the* K_0 *c.q. the* K_2 *plots and the* K_1 *plots*

Table 3 Some results of the experiments

afvoer (A) bij het standaardgebruik gelijk is aan de hoeveelheid kali in het pas gemaaide gras (O). Er is geen rekening gehouden met de paar keren, dat op deze proefvelden niet het standaardgebruik is toegepast: in alle gevallen is A gelijk gesteld aan O. De derde kolom geeft het over alle proefjaren gemiddelde verschil in bemesting van het K_0- c.q. het K_2-object met het K_1-object ($\overline{\Delta B}$). Uit de wijze van berekenen volgt, dat dit verschil op de proefvelden met een K_0-object negatief is en op de proefvelden

met een K_2-object positief. De afwijkingen van $|\overline{\Delta B}|$ ten opzichte van de volgens de proefopzet beoogde verschillen (120 en 100 kg) zijn het gevolg van de stalmestgiften. De vierde kolom geeft het overeenkomstige verschil in de hoeveelheid kali in het pas gemaaide gras ($\overline{\Delta O}$). $|\overline{\Delta O}|$ vertoont een grote variatie. Deze is behalve van de variatie in $|\overline{\Delta B}|$ en van de in voorgaande alinea genoemde factoren (niveau van de bemesting, produktievermogen, grondsoort en kaligetal) waarschijnlijk voor een belangrijk deel het gevolg van verschillen in produktievermogen en kaligetal, die er, ondanks de selectie op gelijkmatigheid, tussen de objecten van één proefveld bestaan. De variatie in $|\overline{\Delta B_n}|$ is dus zowel een gevolg van variatie in $|\overline{\Delta B}|$ als van variatie in $|\overline{\Delta O}|$.

De invloed van de gebruikswijze op de afvoer is reeds in 1.3 besproken.

6 De verandering van het kaligetal met de jaren

6.1 De kalifactor

De netto-bemesting geeft de wijziging in de totale hoeveelheid bodemkali aan (1.3, 5). Het effect hiervan op het kaligetal van de bovenste vijf cm is per proefveld onderzocht door de jaarlijkse uitkomsten van het K_0-object (proefvelden met hoog uitgangskaligetal) of het K_2-object (proefvelden met laag uitgangskaligetal) te vergelijken met die van het corresponderende K_1-object, waarvan volgens 4 het kaligetal ongeveer gelijk blijft.

Het verschil in netto-bemesting van het K_0- c.q. het K_2-object met het K_1-object (ΔB_n) is per bemestingsjaar berekend op de wijze als in 5 aangegeven. Uiteraard zou nu het effect van B_n op het kaligetal gemeten moeten worden aan het eind van het bemestingsjaar. Uit figuur 3 blijkt echter dat het kaligetal aan het eind van het bemestingsjaar nagenoeg gelijk is aan het gemiddelde kaligetal van het gehele jaar, en om nu de berekening van het effect op zo veel mogelijk waarnemingen te doen berusten wordt uitgegaan van het gemiddelde van alle kaligetallen, die in de periode van het maaien van de eerste snede tot aan de bemesting in het volgende voorjaar waargenomen zijn ($\overline{K}$). Het verschil in dit gemiddelde kaligetal van het K_0- c.q. het K_2-object met het K_1-object wordt voorgesteld door $\Delta\overline{K}_j$. Hierin geeft j het proefjaar aan.

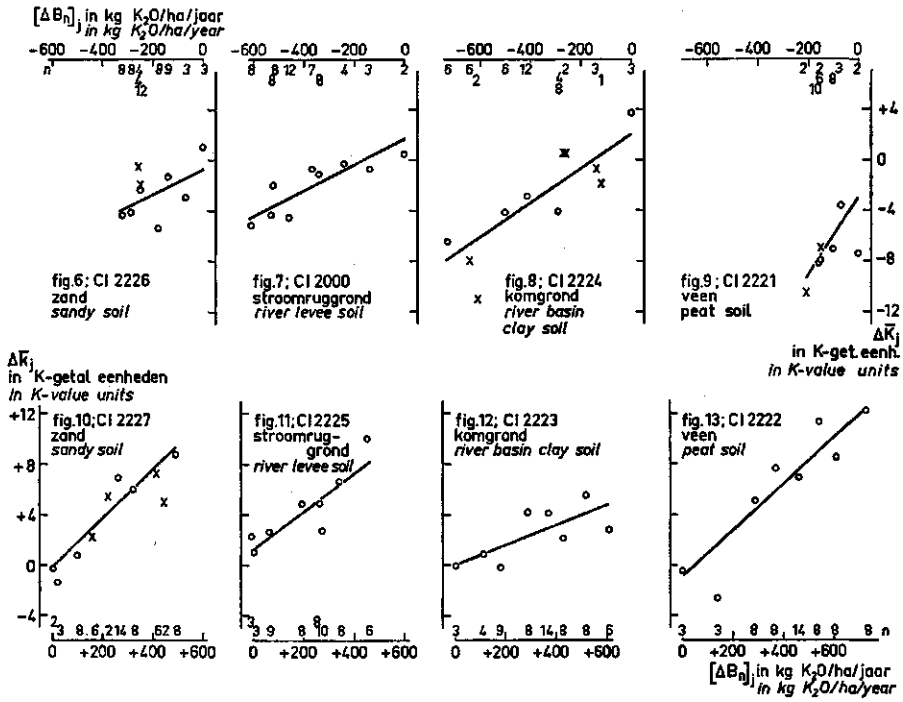
Daar de netto-bemesting een cumulatief effect heeft op het kaligetal moet $\Delta\overline{K}_j$ verklaard worden uit het tot en met het betrokken jaar gesommeerde verschil in netto-bemesting ($[\Delta B_n]_j$). $\Delta\overline{K}_j$ is in de figuren 6 tot 13 met kringetjes uitgezet tegen $[\Delta B_n]_j$. Wanneer er in de zomer gemaaid is, dan zijn de waarnemingen van dit jaar in twee perioden verdeeld; de ene periode beslaat de tijd vóór het maaien en de ander die erna. Van beide perioden is het verschil in het gemiddelde kaligetal uitgezet tegen het tot en met de betrokken periode gesommeerde verschil in netto-bemesting. Deze waarnemingen zijn in de figuren met kruisjes aangegeven.

De waarnemingen zijn vereffend volgens de functie

$$\Delta\overline{K}_j = p \times \frac{[\Delta B_n]_j}{100} + q \qquad (2)$$

Hierin is p de verandering van het kaligetal ten gevolge van een verschil in netto-bemesting van 100 kg K_2O per ha en q het aanvankelijke verschil in kaligetal van het K_0- of het K_2-object met het K_1-object. Aan $\Delta\overline{K}_j$ is een gewicht toegekend gelijk aan het aantal paren waarnemingen, waaruit het is berekend. Er is aangenomen, dat

Figuren 6 tot 13 Verschil in het gemiddelde kaligetal van het K_0- of het K_2-object met het K_1-object ($\Delta\overline{K_j}$) in afhankelijkheid van het gesommeerde verschil in netto-bemesting van het K_0- of het K_2-object met het K_1-object ($[\Delta B_n]_j$)



o = **Kaligetallen** per bemestingsjaar gemiddeld / *Potassium values averaged per experimental year*

x = Gemaaid in de zomer. **Kaligetallen** gemiddeld over de perioden voor en na het maaien / *Trial fields cut in summer. Potassium values averaged over the periods before and after cutting*

n = Aantal waarnemingen waaruit het gemiddelde kaligetal berekend is / *Number of observations used in calculating the average potassium values*

Figures 6 to 13 Difference in the average potassium values between the K_0 or the K_2 plots and the K_1 plots ($\Delta\overline{K_j}$) as dependent on the sum of the differences in the net application between the K_0 or the K_2 plots and the K_1 plots ($[\Delta B_n]_j$)

$[\Delta B_n]_j$ foutloos is. De uitkomsten van p en q staan in de twee laatste kolommen van tabel 3. Op vijf proefvelden is het effect betrouwbaar.

De relatieve daling van het kaligetal op de K_0-objecten is gemiddeld 1,4 eenheden en de relatieve stijging op de K_2-objecten 1,5 eenheden. Men verwacht in het algemeen, dat van de bemesting een belangrijk deel door uitspoeling uit de bovenste vijf cm verdwijnt (VAN DER PAAUW, 1944: 142 e.v.). De gelijke uitkomst van de gemiddelde p op beide groepen proefvelden geeft een aanwijzing, dat de uitspoeling proportioneel met de bemesting toeneemt. Het is ook mogelijk, dat een relatief grotere uitspoeling op de zwaar bemeste objecten gecompenseerd wordt door een relatief grotere onttrekking aan diepere lagen op de onbemeste objecten.

De grondsoorten lijken zich in twee groepen te rangschikken; in het bijzonder wanneer wij afzien van de zeer onbetrouwbare uitkomst van CI 2226. Op zand en veen is p gemiddeld 2,0 eenheden, op de rivierkleigronden 1,2 eenheden. De verschillen binnen deze groepen zijn zeker onbetrouwbaar.

De bemesting kan in het bijzonder op rivierklei zeer sterk worden vastgelegd, en wel zodanig dat naderhand slechts een klein deel ervan weer vrij te maken is (HAUSER, 1940; DE VRIES en DECHERING, 1960: 94 e.v.). Het langzamer stijgen van het kaligetal op de K_2-objecten is hiermee in overeenstemming. Het langzamer dalen op de K_0-objecten wijst daarentegen op een nalevering die sneller is dan op de andere grondsoorten.

$\overline{\Delta O}$ is op zand en veen gemiddeld 37% van $\overline{\Delta B}$ en op rivierklei 24%[1]. Ook dit is een aanwijzing, dat de bemesting op zand en veen minder sterk wordt vastgelegd dan op rivierklei.

Ook wanneer p voor twee grondsoorten (bijv. zand en veen) gelijk is, kan er toch nog een verschil bestaan in de wijze waarop de verandering van het kaligetal tot stand komt, omdat de verandering in de extraheerbare fractie, die nodig is voor de verandering van het kaligetal met één eenheid sterk afhankelijk is van het humusgehalte. Een p van 2,0 eenheden betekent, dat op de veen proefvelden 23% van de nettobemesting in de verandering tot uitdrukking komt en op de zand proefvelden 7%.

Uitgedrukt in het K-HCl-cijfer bedraagt p voor de verschillende proefvelden in de volgorde van tabel 3: 0,7, 1,9, 1,2, 1,9, 2,8, 1,6, 7,7 en 7,7.

De verhouding 100: p noemen wij de *kalifactor* (F). Zij geeft de toename (afname) in de jaarlijkse netto-bemesting aan, die nodig is om het kaligetal het volgende jaar één eenheid te doen stijgen (dalen) ten opzichte van het kaligetal, dat men zou hebben gekregen wanneer er geen wijziging in de netto-bemesting was aangebracht. Zij bedraagt volgens de onderhavige proeven voor zand en veen 50 kg K_2O per ha per kaligetaleenheid, en voor rivierklei 85 kg. In hoeverre het gebruik van het grasland nog invloed heeft op deze factor, valt uit deze proeven niet af te leiden.

6.2 De onderhoudsbemesting

De verandering in het absolute niveau van het kaligetal wordt onderzocht op de K_1-objecten.

Tabel 4 geeft per proefveld het per proefjaar gemiddelde kaligetal van het K_1-object. Teneinde de invloed van het verloop binnen het jaar zoveel mogelijk te elimineren, is als representatieve waarde genomen het gemiddelde van de gemiddelde kaligetallen in (a) de maanden juni, juli (en eventueel mei, wanneer er in die maand gemaaid is) in (b) de maanden oktober en november en in (c) de maanden februari en maart d.a.v. Teneinde deze gemiddelden op zoveel mogelijk waarnemingen te doen

[1] Bij de berekening van deze percentages is geen gebruik gemaakt van de gegevens van de tweede gemaaide sneden, noch van die van CI 2224. Zie de noten bij tabel 3.

Tabel 4 Het per proefjaar gemiddelde kaligetal van de bovenste 5 cm van het K_1 object

Proefveld / *trial field*	55/'56	'56/'57	'57/'58	'58/'59	'59/'60	'60/'61	'61/'62	'62/'63	'63/'64	
CI 2226	–	x19,7	s21,3[1]	18,5	d19,8	ts20,3[2]	17,3	18,3		
CI 2227	–	+18,2	(19,1)	zs20,1[3]	d19,7	19,5	18,2	19,0		
CI 2000	24,8	25,1	23,3	s27,6[4]	d25,3	23,9	s28,8[5]	23,9		
CI 2225	–	+x14,7	s15,2	16,6	x18,5	s14,5[6]	x16,7	sx17,3		s
CI 2224	–	z27,3	zx25,5	s26,2[7]	on27,6	oz25,9	28,7	xz31,2		s
CI 2223	–	15,5	(15,3)	s15,6[8]	d15,9	14,3	15,3	(15,0)		s
CI 2221	–	o25,1	(–)	s22,4[9]	26,2	–	–	–		
CI 2222	–	13,5	x13,6	os14,8	14,1	16,0	16,2	15,3		

De GEMIDDELDEN zijn berekend uit de gemiddelde waarden (a) in juni en juli (en mei, als het gras in deze maand gemaaid was), (b) in oktober en november, en (c) in februari en maart van het volgend jaar / *The averages have been calculated from the average values (a) in June and July (and May, if the herbage was cut in this month), (b) in October and November, and (c) in next February and March.*

AFWIJKINGEN VAN HET PROEFPLAN / *deviations from the experiment scheme:*

+ nog geen verschil in kalibemesting / *no difference in potassium application yet*
z niet de eerste snede is gemaaid, maar een volgende / *the first cut was not mown, but a succeeding*
n in het geheel niet gemaaid / *not mown at all*
t tweemaal gemaaid / *mown twice*
s proefbemesting geheel of gedeeltelijk in de vorm van stalmest / *potassium fertilization partly or completely as farmyard manure*
Als de stalmest werd gegeven in de loop van een bemestingsjaar werd de kali beschouwd als te behoren tot de proefbemesting van het volgende bemestingsjaar / *If farmyard manure was applied in the course of an experimental year the potassium was supposed te belong to the experimental application of the next experimental year.*

[1] = 75 en 175 kg K_2O/ha i.p.v. 40 en 140
[2] = 90 en 140 i.p.v. 40 en 140
[3] = 140 en 253 i.p.v. 120 en 240
[4] = 350 en 350 i.p.v. 0 en 120
[5] = 160 en 160 i.p.v. 0 en 120
[6] = 200 en 240 i.p.v. 120 en 240
[7] = 70 en 70 i.p.v. 0 en 120
[8] = 140 en 240 i.p.v. 120 en 240
[9] = 110 en 110 i.p.v. 0 en 120
(i.p.v. = *instead of*)

SCHATTINGEN BIJ DE BEREKENING VAN HET GEMIDDELDE JAARLIJKSE KALIGETAL / *estimates used in calculating the average annual potassium values:*

d herfstkaligetal sterk verhoogd door droogte; waarde na grafische vereffening / *potassium value in autumn much increased by drought; smoothened data*
o één der zomerkaligetallen wijkt sterk af, of er zijn in de zomer geen grondmonsters genomen; waarde na grafische vereffening / *one of the potassium values in summer deviates too much, or in summer no soil samples were taken; smoothened data*
x stalmest gedurende de winter gegeven; voorjaarskaligetal berekend uit herfstkaligetal en de gemiddelde stijging gedurende de andere, normale winters / *farmyard manure applied in winter; spring potassium values calculated from autumn values and the average increase during the other, normal winters*
( ) stalmest in de zomer gegeven; er kon geen jaargemiddelde berekend worden; waarden na rechtlijnige vereffening (verg. tabel 5) / *farmyard manure applied in summer; it was impossible to calculate an annual average; values after rectilinear adjustment (compare Table 5)*

Table 4 Average K values of the 5 cm top soil for K_1 plots in successive experimental years

berusten zijn ook de waarnemingen van het tweede object hierbij betrokken, nadat deze eerst met behulp van $[\Delta B_n]_j$, p en q op het niveau van het K_1-object zijn gebracht.

Enkele malen moesten er schattingen gedaan worden. Die gevallen zijn in de tabel omschreven.

De kaligetallen zijn per proefveld rechtlijnig vereffend, behalve die van CI 2221, waarvan de serie zeer incompleet is. Hierbij is aangenomen, dat de tijd foutloos is. De regressie-coëfficiënten *(a)* staan in tabel 5. Zij zijn, met uitzondering van die van CI 2222, zeer onbetrouwbaar.

Tabel 5 Berekening van de onderhoudsbemesting B_o

Proefveld	*a* in kaligetal-eenheden/jaar	$\overline{B}$	$\overline{O}$	$\overline{B_n}$	a_0 in kaligetal-eenheden/jaar	B_o in kg K_2O/ha/jaar
		in kg K_2O/ha/jaar				
CI 2226	$-0,4 \pm 0,2$	145	155	−10	−0,2	+ 9
CI 2227	$0,0 \pm 0,1$	123	116	+ 7	−0,1	+ 7
CI 2000	$+0,1 \pm 0,3$	154	171	−17	+0,3	−26
CI 2225	$+0,3 \pm 0,3$	133	159	−26	+0,7	−54
CI 2224	$+0,7 \pm 0,3$	113	91	+22	+0,4	−35
CI 2223	$-0,1 \pm 0,2$	123	134	−11	+0,1	− 6
CI 2221	− −	133	153	−20	−	−
CI 2222	$+0,4 \pm 0,1$*	119	138	−19	+0,8	−40
	in K *value units/year*	*in kg* K_2O*/ha/year*			*in* K *value units/year*	*in kg* K_2O*/ha/year*
Trial field	*a*	$\overline{B}$	$\overline{O}$	$\overline{B_n}$	a_0	B_o

* $0,05 > P > 0,01$

VERKLARING DER GEBRUIKTE SYMBOLEN / *Explanation of symbols:*

a = De jaarlijkse verandering van het kaligetal op het K_1-object / *Annual change in the potassium values on the* K_1 *plots*

$\overline{B}$ = De gemiddelde jaarlijkse bemesting op het K_1-object / *Average annual application on the* K_1 *plots*

$\overline{O}$ = De gemiddelde jaarlijkse hoeveelheid kali in het gemaaide gras op het K_1-object / *Average annual potassium content in the cut herbage on the* K_1 *plots*

$\overline{B_n} = \overline{B} - \overline{O}$ = de gemiddelde jaarlijkse netto-bemesting / *Average annual net application*

a_0 = De jaarlijkse verandering van het kaligetal bij een netto-bemesting van nul / *Annual change in the potassium values at a net application zero*

B_o = De onderhoudsbemesting / *Maintenance application*

Table 5 Calculation of maintenance application

Het uit deze vereffening volgende kaligetal van het K_1-object in het nulde jaar staat in tabel 2; voor CI 2221 is daar het gemiddelde aangegeven. De waarden van de K_0- en de K_2-objecten in deze tabel zijn die van het K_1-object vermeerderd met q.

De derde, vierde en vijfde kolom van tabel 5 geven de gemiddelde jaarlijkse bemesting op het K_1-object ($\overline{B}$), de gemiddelde jaarlijkse hoeveelheid kali in het gemaaide

gras (ongeacht of er een eerste, een volgende of meer dan één snede is gemaaid) ($\overline{O}$) en de gemiddelde jaarlijkse netto-bemesting ($\overline{B}_n$).

De zesde kolom geeft de jaarlijkse verandering van het kaligetal bij een netto-bemesting van nul (a_0). Deze is met behulp van p en $\overline{B}_n$ uit a berekend. Hierbij is aangenomen, dat p voor rivierklei een waarde van 1,2 heeft en voor de andere grondsoorten van 2,0.

De negatieve uitkomsten van a_0 op de zandpercelen tegenover de positieve op de andere grondsoorten wijzen op een verschil tussen de grondsoorten.

Voor een positieve a_0 zijn twee oorzaken aan te voeren. De eerste zou kunnen zijn, dat de onttrekking aan diepere lagen de uitspoeling uit de bovenste vijf cm overtreft. In dit verband moet rekening worden gehouden met de mogelijkheid, dat gedurende het weiden, wanneer een 95% van de door de dieren opgenomen kali weer aan het oppervlak van het perceel wordt afgezet, de bovenste vijf cm (ondanks de, zij het geringe, afvoer) rijker wordt aan kali. Figuur 3b geeft echter geen aanwijzing in deze richting. Een onttrekking aan diepere lagen, die de uitspoeling uit de bovenste vijf cm overtreft, zou dan een daling van het kaligetal in de diepere lagen doen verwachten. De gemiddelde kaligetallen van de laag van vijf tot tien cm van de proefvelden met een positieve a_0 vertonen echter een stijging (+0,13 eenheden per jaar).

De tweede oorzaak zou op deze slibrijke gronden kunnen liggen in het naleveren van kali. Iets dergelijks bleek ook gedurende de wintermaanden (4.4).

De negatieve a_0 op de humus- en slibarme zandgronden zou het gevolg kunnen zijn van een groter uitspoeling en een geringer nalevering. Wanneer a_0 inderdaad mede bepaald wordt door nalevering, dan is te verwachten, dat a_0 op slibarme veengronden lager zal zijn dan op slibrijke.

De laatste kolom geeft de *onderhoudsbemesting* (B_0). Dit is de hoeveelheid kali, die jaarlijks meer gegeven moet worden dan er van het perceel wordt afgevoerd om het kaligetal op peil te houden. Ze is berekend uit a_0 en p.

Een vergelijking van de onderhoudsbemesting op de proefvelden met een hoog uitgangskaligetal met die op de andere proefvelden laat geen duidelijke conclusie toe ten aanzien van de invloed van het kaligetal op de onderhoudsbemesting. Wel volgt uit het rechte verloop van de lijnen in de figuren 6 tot 13 een aanwijzing, dat de onderhoudsbemesting onafhankelijk is van het kaligetal.

De gemiddelde onderhoudsbemesting, afgerond op tientallen kilogrammen, is op de zandproefvelden +10 kg K_2O per ha per jaar. Bij de niet-zandgronden blijkt geen systematische invloed van de grondsoort. Het gemiddelde is –30 kg.

In hoeverre het gebruik nog invloed heeft op de onderhoudsbemesting, valt uit deze proeven niet af te leiden.

6.3 De evenwichtsbemesting

Uit 6.1 en 6.2 volgt, dat de jaarlijkse verandering in het kaligetal van de bovenste vijf cm berekend kan worden uit de volgende formule:

$$dK = \frac{B - B_0 - A}{F} \qquad (3)$$

Hierin is:

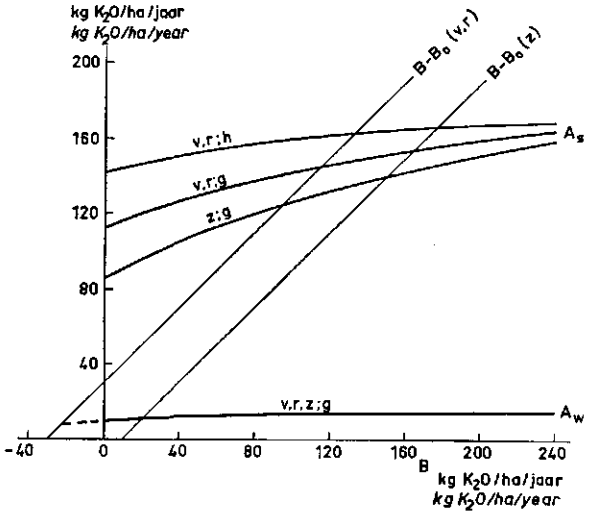
dK = de jaarlijkse verandering van het kaligetal; in kaligetaleenheden per jaar.
B = de bemesting; in kg K_2O per ha per jaar.
A = de afvoer; in kg K_2O per ha per jaar.
B_0 = de onderhoudsbemesting. Deze is volgens de besproken proeven op zand +10 kg K_2O per ha per jaar en op kleihoudend veen en rivierklei –30 kg.
F = de kalifactor. Deze bleek op zand en kleihoudend veen 50 kg K_2O per ha per kaligetaleenheid en op rivierklei 85 kg.

Van B_0 en F nemen wij, zolang het tegendeel niet blijkt, aan, dat zij alleen van de grondsoort afhankelijk zijn. A is zowel van de bemesting als van vele andere factoren afhankelijk (5).

Figuur 14 laat zien hoe B, B_0 en A zich tot elkaar verhouden bij verschillende gebruikswijzen, kaligetalklassen en grondsoorten.

Langs de horizontale as is de bemesting uitgezet. De drie bovenste krommen geven het verband tussen de bemesting en de afvoer bij het standaardgebruik; en wel voor de kaligetalklasse 'goed' op de zand- en de niet-zandgronden en voor de klasse 'hoog' op de niet-zandgronden. Zij zijn overgenomen van Figuur 4. De onderste kromme geeft de afvoer bij uitsluitend weiden in de klasse 'goed' op alle grondsoorten. Deze is berekend uit de afvoer bij het standaardgebruik door aan te nemen, dat de afvoer bij uitsluitend weiden 10% is van die bij het standaardgebruik (1.3). (Het verschil tussen

Figuur 14 Verband tussen de jaarlijkse bemesting, de jaarlijkse afvoer en de onderhoudsbemesting bij verschillende gebruikswijzen, kaligetalklassen en grondsoorten



B = jaarlijkse bemesting / *annual application*
A_s = jaarlijkse afvoer bij standaardgebruik / *annual removal at standard management*
A_w = jaarlijkse afvoer bij uitsluitend weiden / *annual removal at grazing only*
B_0 = onderhoudsbemesting / *maintenance application*
z = zand / *sandy soil*
v = veen / *peat soil*
r = rivierklei / *river clay*
g = kaligetalklasse 'goed' / *potassium-value class 'good'*
h = kaligetalklasse 'hoog' / *potassium-value class 'high'*

Figure 14 Relation between annual application, annual removal and maintenance application at different forms of management, soil types and potassium-value classes

de twee groepen grondsoorten is zo gering, dat volstaan kon worden met het gemiddelde.)

De rechten geven de bemesting minus de onderhoudsbemesting in afhankelijkheid van de bemesting, voor zand en voor de andere grondsoorten.

Het verschil tussen een kromme en de rechte voor dezelfde grondsoort geeft aan hoeveel kali er te weinig of te veel gegeven is om het kaligetal gelijk te houden. In het snijpunt is de bemesting gelijk aan de afvoer plus de onderhoudsbemesting en blijft het kaligetal gelijk. Deze bemesting noemen wij de *evenwichtsbemesting* (B_e).

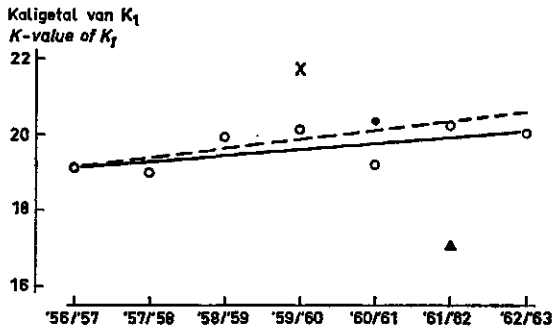
Uit de figuur volgt, dat de evenwichtsbemesting bij uitsluitend weiden veel geringer is dan bij het standaardgebruik. Zij neemt met het kaligetal toe en is voor zand groter dan voor de andere grondsoorten.

In 5 bleek de afvoer ook nog afhankelijk van het produktievermogen en van de groeiduur van de eerste snede. Dit betekent, dat de evenwichtsbemesting ook van deze factoren afhankelijk is.

6.4 Abnormale weersomstandigheden

De kaligetallen van tabel 4 zijn met uitsluiting van die van CI 2221 per jaar gemiddeld en in figuur 15 met kringetjes tegen het jaar uitgezet. Zij zijn rechtlijnig vereffend,

Figuur 15 Kaligetal van de K_1-objecten in afhankelijkheid van de tijd



o = Gemiddelde waarden van tabel 4, exclusief CI 2221 / *Average values of Table 4, exclusive* CI 2221

● = Uitkomst van 1960/1961, wanneer de stijging gedurende de winter gelijk geweest zou zijn aan de gemiddelde stijging van de andere winters / *Result of 1960/1961, assuming that the increase during the winter had been the same as the average increase during other winters*

▲ = Uitkomst van 1961/1962, wanneer het uitblijven van de stijging in de winter van 1960/1961 volledig zou hebben doorgewerkt in 1961/1962 en de onderbroken lijn bij niet-uitblijven de juiste geweest zou zijn / *Result of 1961/1962, assuming that the absence of the increase in the winter 1960/1961 were maintained in 1961/1962 and the dotted line were correct if the increase had been present in 1960/1961*

x = Uitkomst van 1959/1960 zonder correctie op het effect van de droge zomer en herfst / *Result of 1959/1960 without correction for the influence of the dry summer and autumn*

Figure 15 Potassium values of the K_1 plots as dependent on time

waarbij is aangenomen, dat de tijd foutloos is (vol getrokken lijn; de regressie-coëfficiënt is +0,16 kaligetaleenheden per jaar).

De waarneming van 1960/1961 met zijn uitzonderlijk natte herfst en winter ligt belangrijk lager dan uit de reeks waarnemingen van de vier voorgaande jaren zou volgen. Met een stip is aangegeven, wat het gemiddelde kaligetal in dat jaar geweest zou zijn, als de stijging gedurende de winter van dat jaar niet uitgebleven was, maar het gemiddelde geweest zou zijn van alle proefvelden in alle andere jaren (= 19.2 + [3,3 – (–0,1)]: 3 = 20,3; zie 4.5). Deze waarde rangschikt zich nauw langs de rechte door de waarnemingen van de vier voorgaande jaren. Door deze vijf waarnemingen is een rechte berekend (onderbroken lijn; de regressie-coëfficiënt is +0,25 kaligetaleenheden per jaar). Met een driehoekje is aangegeven, hoe groot het gemiddelde kaligetal in 1961/1962 geweest zou zijn, als de onderbroken lijn bij niet uitblijven van de stijging in 1960/1961 de werkelijkheid zou hebben weergegeven en het uitblijven van de stijging volledig doorgewerkt zou hebben op het kaligetal in 1961/1962 (= 20,4 – 3,4). De waargenomen gemiddelden van dit en het volgende jaar liggen wel onder de onderbroken lijn, maar de gemiddelde afstand van deze twee punten tot de lijn is slechts een achtste van die van het berekende punt van 1961/1962 tot de lijn. De doorwerking, zo deze al aanwezig is, is derhalve veel geringer dan uit het uitblijven zelf verwacht zou mogen worden. Dit wijst erop, dat de extra uitspoeling veel geringer is geweest, dan uit het uitblijven van de stijging en de waarden van p zou volgen (ca. 200 kg K_2O per ha). Dit neemt niet weg, dat het in zulke gevallen voor een optimale opbrengst van de eerste snede nodig zou kunnen zijn om de voorjaarskalibemesting iets op te voeren.

Het kruisje geeft het gemiddelde kaligetal van 1959/1960 aan, wanneer er voor de vier betrokken proefvelden geen correctie wordt toegepast op het effect van de droogte. De gecorrigeerde waarde blijkt zich goed bij de reeks aan te sluiten, welke lijn men ook als de juiste aanvaardt. De droogte blijkt geen invloed gehad te hebben op het kaligetal van de volgende jaren. Dit laatste valt bij een beschouwing per proefveld nog sterker op. Op CI 2226 was het kaligetal eind oktober zelfs een 15 eenheden hoger dan de gewoonlijk te verwachten waarde. Uit tabel 4 blijkt hiervan geen invloed op het kaligetal van de volgende jaren.

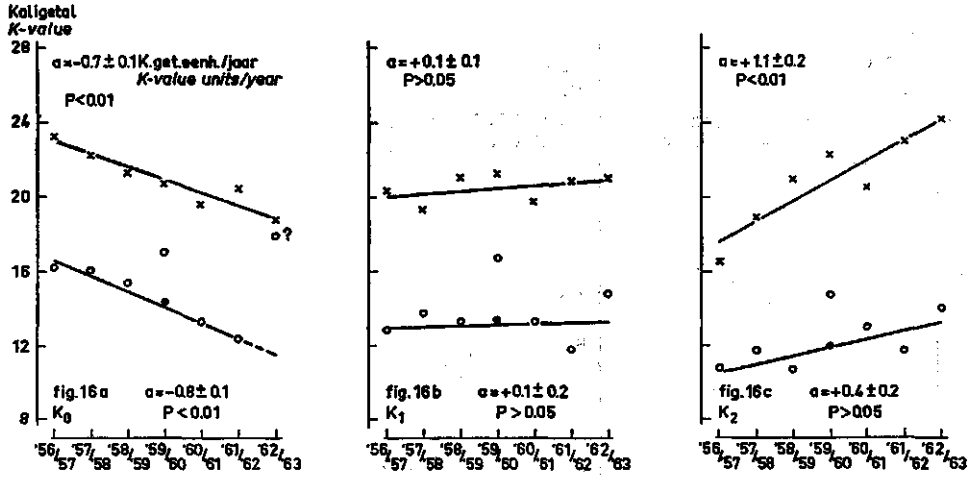
6.5 Het kaligetal van de laag van 5 tot 10 cm

Eénmaal per jaar is het kaligetal in de laag van vijf tot tien cm bepaald. Alleen in 1957 is het tweemaal bepaald. Tot en met 1960 zijn de monsters in de herfst genomen en daarna in de zomer. Op CI 2221 kon het echter slechts driemaal bepaald worden. De waarnemingen van dit proefveld doen daarom bij de volgende beschouwing niet mee.

Daar waar in 1959 een verhoging van het kaligetal in de bovenste vijf cm werd waargenomen (4.5), bleek tevens een duidelijke verhoging in de laag van vijf tot tien cm.

De spreiding der waarnemingen is in de meeste gevallen te groot voor een beschouwing per afzonderlijk object. Het gemiddelde waargenomen kaligetal van de K_0-, de K_1- en de K_2-objecten van de niet-veenpercelen is in de figuren 16a, 16b en 16c met

Figuren 16a, 16b en 16c Gemiddeld kaligetal van de lagen 0–5 cm en 5–10 cm van de K_0-, de K_1- en de K_2-objecten van de niet-veengronden in afhankelijkheid van de tijd



x = Kaligetal 0–5 cm / *Potassium values in the 0–5 cm layer*
o = Kaligetal 5–10 cm / *Potassium values in the 5–10 cm layer*
● = Kaligetal 5–10 cm van 1959/1960 na correctie op het effect van de droge zomer en herfst / *Potassium values in the 5–10 cm layer for 1959/1960 after correction for the effect of the dry summer and autumn, using the average of the preceding and following values of the plots under consideration*

Figures 16a, 16b and 16c Average potassium values of the 0–5 cm and the 5–10 cm soil layer of the K_0, the K_1 and the K_2 plots on the non-peat soils as dependent on time

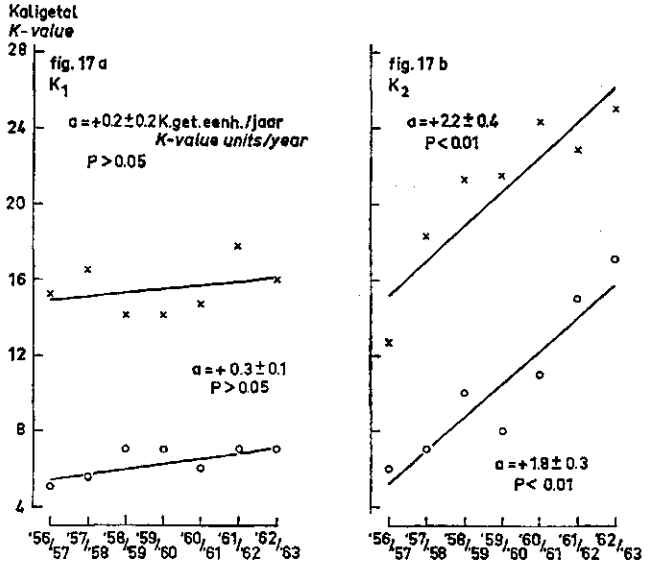
kringetjes tegen de tijd uitgezet. De stippen geven het gemiddelde kaligetal van 1959 weer, nadat voor elk van de objecten, waarop zich bovenvermelde verhoging voordeed, het gemiddelde van voorgaande en volgende jaren genomen is. De kruisjes geven ter vergelijking de gemiddelde kaligetallen van de bovenste vijf cm. De overeenkomstige waarnemingen van het K_1- en het K_2-object van het veenperceel wijken van die van de andere percelen af en zijn in de figuren 17a en 17b uitgezet.

De reeksen zijn rechtlijnig vereffend. Hierbij is aangenomen, dat de tijd foutloos is. De uitkomsten van 1959 van de laag van vijf tot tien cm zijn daarbij buiten beschouwing gelaten, evenals de met een vraagteken gemerkte waarneming in figuur 16a, die op onverklaarbare wijze sterk afwijkt van de reeks. De regressie-coëfficiënt *(a)* is in de figuren vermeld.

De gecorrigeerde waarden van 1959 in de laag van vijf tot tien cm blijken zich goed bij de reeksen aan te sluiten. Er blijkt geen duidelijke systematische invloed van de natte herfst en winter van 1960/1961 op het kaligetal van vijf tot tien cm.

De waarnemingen op de K_1-objecten van de niet-veengronden wijzen in beide lagen op een geringe, onbetrouwbare stijging. De verhouding tussen de kaligetallen van beide lagen vertoont slechts een verwaarloosbare verandering met de tijd: van 0,65 in 1955/1956 tot 0,64 in 1962/1963. Dit wijst op een evenwicht. Het betekent voor

Figuren 17a, 17b. Gemiddeld kaligetal van de lagen 0–5 cm en 5–10 cm van het K_1- en het K_2-object van CI 2222 (veen) in afhankelijkheid van de tijd



x = Kaligetal 0–5 cm / *Potassium values in the 0–5 cm layer*
o = Kaligetal 5–10 cm / *Potassium values in the 5–10 cm layer*

Figures 17a, 17b. Average potassium values of the 0–5 cm and the 5–10 cm soil layer of the K_1 and the K_2 plot of CI 2222 (peat soil) as dependent on time

de bepaling van de beschikbare hoeveelheid bodemkali, dat het, althans bij een behandeling als van deze objecten, in principe niet belangrijk is hoe diep men binnen de grenzen van deze lagen steekt, mits men maar steeds dezelfde dikte bemonstert. Gemiddeld over alle proefjaren is de verhouding van de kaligetallen in beide lagen voor de afzonderlijke objecten in de volgorde van tabel 5: 0,61, 0,66, 0,62, 0,69, 0,65 en 0,64. Dit wijst erop, dat het evenwicht binnen deze groep onafhankelijk is van de grondsoort. Het vereenvoudigt een onderlinge vergelijking.

Op de K_0-objecten van de niet-veenproefvelden vindt in beide lagen een duidelijke, nagenoeg even grote daling plaats. Na vereffening blijkt de verhouding tussen de kaligetallen te dalen van 0,74 in 1955/1956 tot 0,62 in 1962/1963.

Op de K_2-objecten van deze proefvelden vindt in beide lagen een duidelijke stijging plaats. Deze is in de bovenste laag aanmerkelijk groter dan in die van vijf tot tien cm. Zou de toename in het kaligetal in verhouding tot de toename in de totale hoeveelheid kali voor beide lagen gelijk zijn, dan volgt uit deze stijgingen, dat er van de bemesting, voor zover deze niet afgevoerd is, in de bovenste vijf cm vijf delen zijn vastgehouden tegen twee delen in de laag van vijf tot tien cm. De verhouding tussen de kaligetallen daalt van 0,62 in 1955/1956 tot 0,55 in 1962/1963.

De verandering in de verhouding tussen de kaligetallen op de K_0- en de K_2-objecten kan betekenen, dat het evenwicht zich op een ander niveau heeft ingesteld. Het kan ook betekenen, dat het zich na de ingreep nog niet heeft kunnen herstellen. Een herstel zou de uitkomsten van *p* waarschijnlijk slechts verwaarloosbaar hebben beïnvloed.

Op het veenperceel is de verhouding tussen de kaligetallen vóór de aanleg op beide objecten aanmerkelijk lager dan op de andere grondsoorten: 0,35 op het K_1-object en 0,26 op het K_2-object. Het kaligetal stijgt ook op dit K_2-object in beide lagen. De verhouding tussen de snelheden is echter veel nauwer (7:6). De verhouding tussen de kaligetallen van de twee lagen vertoont hier in tegenstelling met de andere grondsoorten een stijging: tot 0,56. Ook op het K_1-object stijgt deze verhouding: tot 0,45. De oorzaak van deze afwijkingen is niet duidelijk.

7 Toepassing op praktijkproblemen

7.1 Toetsing van het bemestingsadvies

Het bemestingsadvies is met behulp van Formule 3 getoetst. Wij namen hierbij aan:
a dat het verband tussen de bemesting en de afvoer, zoals dat door de gebogen lijnen in figuur 14 gegeven wordt, representatief is voor het Nederlandse grasland, en
b dat de onderhoudsbemesting en de kalifactor de in 6.3 vermelde waarden hebben.
Zowel (a) als (b) berusten echter nog op te weinig gegevens en te veel veronderstellingen voor een definitief oordeel.

Het standaardadvies voor de klasse 'goed' is op zandgrond 140 kg K_2O per ha per jaar en op de andere grondsoorten 100 kg (tabel 1 onder 1.4). Uit figuur 14 (onder 6.3) volgt, dat de evenwichtsbemesting voor het standaardgebruik in deze klasse op zand 150 kg K_2O per ha per jaar is en op de andere grondsoorten 115 kg. Het advies is derhalve op zand 10 kg lager dan nodig is voor het op peil houden van het kaligetal en op de andere grondsoorten 15 kg. Uit Formule 3 volgt, dat het kaligetal bij opvolging van het advies op zand (140–10–135): 50 = 0,1 eenheid daalt, op (kleihoudend) veen (100+30–140): 50 = 0,2 eenheden, en op rivierklei (100+30–140) : 85 = 0,1 eenheid.

Uit deze geringe verschillen blijkt, dat de kwalificatie 'goed', wat het op peil houden van het kaligetal betreft, behoorlijk op haar plaats is.

Het advies voor uitsluitend weiden in de klasse 'goed' is op zand 60 kg en op de andere grondsoorten 20 kg. De corresponderende evenwichtsbemesting is volgens figuur 14 op zand +20 kg en op de andere grondsoorten –20 kg. In beide gevallen is het advies dus 40 kg groter. Zou de afvoer bij uitsluitend weiden 30% zijn van die bij het standaardgebruik, dan zijn de evenwichtsbemestingen 40 en 0 kg en is het advies in beide gevallen 20 kg groter.

De kwalificatie 'goed' lijkt dus bij dit gebruik en dit advies niet op haar plaats.

Nemen wij aan, dat de jaarlijkse afvoer bij het standaardadvies in de klasse 'laag' 15 kg lager is dan bij toepassing van dezelfde gift in de klasse 'goed', dan zou het kaligetal bij het standaardadvies in de klasse 'laag' op zand [180–10–(145–15)]: 50 = 0,8 eenheden per jaar stijgen, op (kleihoudend) veen [160+30–(155–15) : 50 = 1,0 eenheden, en op rivierklei [160+30–(155–15)]: 85 = 0,6 eenheden.

Bij opvolging van het standaardadvies in de klasse 'hoog' neemt het kaligetal op (kleihoudend) veen jaarlijks af met (60 + 30 – 155) : 50 = 1,3 eenheden en op rivier-

klei met (60+30–155): 85 = 0,8 eenheden. Nemen wij voor zand aan, dat de afvoer bij het standaardadvies in de klasse 'hoog', als bij de andere grondsoorten, 20 kg groter is dan bij toepassing van deze gift in de klasse 'goed', dan betekent dit een daling van [80–10–(120+20)]: 50 = 1,4 eenheden.

Voor het berekenen van het effect van het standaardadvies in de andere klassen ontbreken gegevens. Wel is het duidelijk, dat het kaligetal in deze klassen sneller daalt dan in de klasse 'hoog'.

Het standaardadvies geeft dus overeenkomstig de bedoeling op alle grondsoorten in de klasse 'laag' een verhoging van het kaligetal en in de klassen 'hoog', 'te hoog' en 'veel te hoog' een verlaging.

7.2 De definitie van een goed kaligetal

Als eerste voorwaarde voor een goed kaligetal is in 1.4 gesteld dat het gelijk blijft bij de optimale bemesting. Dit kan nu ook zo gesteld worden: een kaligetal is goed, wanneer de corresponderende evenwichtsbemesting de optimale opbrengst geeft.

In 7.1 bleek, dat de evenwichtsbemesting bij uitsluitend weiden in de klasse 'goed' waarschijnlijk lager is dan de geadviseerde gift. Deze gift is, volgens 1.4, waarschijnlijk sub-optimaal. Het is derhalve des te waarschijnlijker, dat ook deze evenwichtsbemesting sub-optimaal is. In 7.1 bleek verder, dat de evenwichtsbemesting bij het standaardgebruik in de klasse 'goed' nagenoeg gelijk was aan het standaardadvies. Aannemende dat dit advies wel optimaal is, zou dit betekenen dat het kaligetal waarbij de evenwichtsbemesting tevens optimaal is, afhankelijk is van het gebruik. Teneinde te voorkomen, dat daardoor verschillende kaligetallen goed genoemd zouden moeten worden, wordt de definitie beperkt tot één gebruik, en wel tot het standaardgebruik.

De tweede voorwaarde was, dat het weglaten van de bemesting niet meer dan 5% opbrengstderving mag geven. Uit een onderzoek van VAN DER PAAUW (1953, figuur 1) blijkt, dat bij weglaten van de bemesting op zandgrond de opbrengst van de in hooistadium gemaaide eerste snede in de verschillende kaligetalklassen 27%, 15%, 4%, 0% en 0% achterblijft bij de maximaal met kali te bereiken opbrengst. Een globale bewerking van de opbrengsten van de acht besproken proefvelden duidt erop, dat het weglaten van de bemesting bij het standaardgebruik een relatieve depressie in de jaaropbrengst geeft van gelijke orde als die in de opbrengst van de gemaaide eerste snede. Deze depressie blijkt dus in de klasse 'goed' aanmerkelijk groter dan 5%. Dit betekent, dat men door het stellen van de tweede voorwaarde tot een hogere waarde komt, dan wanneer men als voorwaarde stelt, dat het kaligetal gelijk moet blijven. Deze twee voorwaarden kunnen derhalve niet naast elkaar gebruikt worden.

De derde voorwaarde betrof de botanische samenstelling.

De vierde voorwaarde betrof de minerale samenstelling van het gras. Deze is zeer belangrijk. De tweede en de derde kolom van tabel 6 geven het midden van de verschillende kaligetalklassen op zand- en dalgrond en op de andere grondsoorten. De drie laatste kolommen geven de kaligetallen, die men volgens de berekeningen van 7.1

Tabel 6 Het effect van het standaardadvies op het kaligetal

Klasse	Voorjaarskaligetal (= klassemidden)		Kaligetal eind bemestingsjaar (≃ gemiddeld kaligetal weideperiode)		
	zand- en dalgrond	alle andere grondsoorten	zand	(kleihoudend) veen	rivierklei
laag/*low*	12	10	12,8	11,0	10,6
goed/*good*	20	17	19,9	16,8	16,9
hoog/*high*	30	25	28,6	23,7	24,2
te hoog/*too high*	40	33	?	?	?
veel te hoog/*much too high*	50	40	?	?	?
	sandy soils	*all other soil types*	*sandy soils*	*(clay containing) peat soil*	*river clay*
Class	*Spring K-value (= class median)*		*K-value end manurial year (≃ average K-value grazing period)*		

Tabel 6 The effect of standard advise on potassium value

aan het eind van het bemestingsjaar op zand, (kleihoudend) veen en rivierklei krijgt, wanneer in het voorjaar wordt uitgegaan van het klassemidden, het standaardgebruik wordt toegepast en men volgens advies bemest. Uit figuur 3 kan afgeleid worden, dat bij het standaardgebruik het kaligetal aan het eind van het bemestingsjaar nagenoeg gelijk is aan het gemiddelde kaligetal van de weideperiode van dat jaar. Uit tabel 6 volgt dan, dat opvolging van het bemestingsadvies bij het standaardgebruik tot gevolg heeft, dat het kaligetal gedurende de weideperiode slechts weinig verschilt van het voorjaarskaligetal. Aannemende dat de geadviseerde bemesting optimaal is, betekent dit dat met afnemend voorjaarskaligetal de optimale opbrengst gepaard gaat met lager kaligehalten en hoger natrium-, calcium- en magnesiumgehalten in het gras van de weideperiode. Het bleek VAN DER PAAUW (1943: 53), dat ook het kaligehalte van het in hooistadium gemaaide gras van de eerste snede bij de optimale bemesting afneemt met afnemend voorjaarskaligetal. Het is dus voor de gezondheid van het dier gewenst om bij het streven naar de optimale opbrengst uit te gaan van een zo laag mogelijk voorjaarskaligetal.

Op grond van deze overwegingen luidt de volledige definitie: een kaligetal is goed, wanneer de evenwichtsbemesting, behorende bij dit kaligetal en het standaardgebruik, zowel de optimale jaaropbrengst als een goede minerale samenstelling van het gras gedurende de weideperiode geeft, en het de ontwikkeling van de meest gewaardeerde graslandplanten bevordert. Mocht er geen kaligetal zijn dat aan alle drie eisen voldoet, dan zullen de verschillende eisen tegen elkaar afgewogen moeten worden en is dat kaligetal goed, dat zo goed mogelijk aan de eisen voldoet.

De voor de jaaropbrengst optimale gift en de evenwichtsbemesting kunnen, zoals

reeds is uiteengezet (1.4 en 1.3), bij dit gebruik beide aan de eerste snede gemeten worden. Alleen moet voor de laatste grootheid de onderhoudsbemesting bekend zijn.

Er zij nog op gewezen, dat men per klasse en grondsoort alleen maar een globaal advies kan geven, omdat de evenwichtsbemesting ook nog van andere factoren afhankelijk is (6.3).

Wil men ook bij uitsluitend weiden in de klasse 'goed' het kaligetal gelijk houden, dan zal de gift bij dit gebruik, zoals nu ook gebeurt, aanmerkelijk lager moeten zijn dan bij het standaardgebruik. Mocht deze gift een te grote opbrengstdepressie met zich mee brengen, dan zou men deze, voor zover de minerale samenstelling van het gras dit toelaat, iets op kunnen voeren om later in het jaar een lichte snede te maaien teneinde de afvoer te vergroten. Dit zou dan in feite betekenen, dat men in de klasse 'goed' niet uitsluitend moet weiden.

De giften in de andere klassen zullen erop gericht moeten zijn om het kaligetal zo snel mogelijk naar een goed niveau te verschuiven.

Samenvatting en conclusies

Op acht meerjarige proefvelden op praktijkpercelen is het verloop van het kaligetal van de bovenste vijf cm van de bodem bij verschillende kaligiften onderzocht. Deze proefvelden lagen op vier grondsoorten: zand, rivierklei-stroomruggrond, rivierklei-komgrond en kleihoudend veen. Op elke grondsoort lag er één bij een hoog uitgangskaligetal en één bij een laag uitgangskaligetal. De eerste snede werd in hooistadium gemaaid en de volgende werden geweid: dit gebruik werd het standaardgebruik genoemd. Elk proefveld had twee objecten, waarvan één bemest werd naar 120 kg K_2O per ha per jaar. Het tweede object van de proefvelden met een hoog uitgangskaligetal kreeg geen kali en dat van de proefvelden met een laag uitgangskaligetal kreeg jaarlijks 240 kg K_2O per ha. De proefbemesting werd in het voorjaar als kunstmest gegeven. De objecten werden afzonderlijk beweid. De gemiddelde stikstofgift was 136 kg N per ha per jaar. Drie tot zestien maal per jaar is op elk object het kaligetal van de bovenste vijf cm bepaald. Van de laag van vijf tot tien cm werd het één- tot tweemaal per jaar bepaald. Van het gemaaide gras zijn het drooggewicht en het kaligehalte bepaald.

De uitkomsten van de eerste zeven proefjaren geven aanleiding tot de volgende conclusies:

1 Het kaligetal daalt vanaf de (eventueel na bemesting berekende) waarde in het voorjaar tot aan het eind van het weideseizoen om daarna te stijgen.
2 Tijdens abnormale weersomstandigheden treden afwijkingen in dit verloop op; deze lijken geen blijvende invloed te hebben.
3 Het kaligetal blijkt sterk gebufferd.
4 De jaarlijkse verandering in het kaligetal van de bovenste vijf cm kan voorgesteld worden door:

$$dK = \frac{B - B_0 - A}{F}$$

Hierin is:

- dK = de jaarlijkse verandering van het kaligetal; in kaligetaleenheden per jaar.
- B = de bemesting; in kg K_2O per ha per jaar.
- A = de hoeveelheid kali, die met gras, hooi, melk en in het dier wordt afgevoerd; in kg K_2O per ha per jaar.
- B_0 = de onderhoudsbemesting. Uit deze proeven bleek deze voor zand + 10 kg K_2O per ha per jaar en voor kleihoudend veen en rivierklei −30 kg.
- F = de kalifactor. Deze bleek op zand en kleihoudend veen 50 kg K_2O per ha per kaligetaleenheid en op rivierklei 85 kg.

De bemesting die gelijk is aan de onderhoudsbemesting plus de jaarlijkse afvoer wordt de evenwichtsbemesting genoemd.

5 Stijgingen en dalingen van het kaligetal in de bovenste vijf cm gaan gepaard met stijgingen en dalingen in de laag van vijf tot tien cm.

6 Uit een voorlopige toetsing blijkt, dat bemesten volgens de Landelijke Adviesbasis Grondonderzoek tot gevolg heeft, dat het kaligetal in de klasse 'goed' bij het standaardgebruik overeenkomstig de bedoeling op alle grondsoorten nagenoeg gelijk blijft. In de klasse 'laag' gaat het advies gepaard met een stijging, en in alle hogere klassen met een daling. Bij het gebruik waarbij uitsluitend wordt geweid, is het waarschijnlijk, dat de geadviseerde gift voor de klasse 'goed' een verhoging van het kaligetal bewerkstelligt.

Tenslotte gaven de resultaten aanleiding tot de volgende definitie: Een kaligetal is goed, wanneer de evenwichtsbemesting, behorende bij dit kaligetal en het standaardgebruik, zowel de optimale jaaropbrengst als een goede minerale samenstelling van het gras gedurende de weideperiode geeft, en het de ontwikkeling van de meeste gewaardeerde graslandplanten bevordert.

Summary

Dutch grassland almost entirely consists of permanent pastures, with only a few clovers and other non-graminaceae. About 60% of the roots are located in the five cm layer of topsoil.

A correct potassium supply of the herbage is considered most important. The amount of potassium available for the plant during its growth diverges widely in the different fields and changes with time under influence of different factors. Together with other growth factors it determines the production and mineral composition of the herbage. An increased potassium supply, for instance, will increase the potassium concentration in the above-ground parts and decrease the sodium, calcium and magnesium concentrations. A too liberal supply may cause serious disorders in cattle ('T HART en KEMP, 1956; KEMP and 'T HART, 1957; KEMP, 1958, 1960 and 1964; KEMP *et al.*, 1961). In this respect particular attention should be paid to the herbage in the grazing stage, since cattle feed on it almost exclusively from the end of April to October/November, and the mineral concentrations in this grass are usually higher than in the herbage cut in the haying stage. The soil potassium available to the herbage is too high in a great number of fields (Table 1).

The usual index of available soil potassium is the *potassium value* of the five cm layer of topsoil. This value is calculated from the potassium extractable with 0.1 n HCl[1] and from the organic matter content in this layer. The extracted potassium is expressed in mg of K_2O per 100 g dry soil (K-HCl-content). It is approximately equal to the directly exchangeable potassium. The organic matter content expressed in weight percentages of the dry soil is needed for interpreting the K-HCl content, because the available soil potassium also depends on it. It is calculated from the formula:

$$\text{K value} = \frac{10 \times \text{K-HCl-content}}{f \times \text{organic matter content}}$$

wherein f is dependent on the organic matter content and the soil type. On sandy soil its value varies from 1.2 at a low organic matter content to 0.8 at a high content, and on the other soil types from 1.6 to 0.8. Before the analysis all parts larger than 2 mm (including the plant residues) are removed from the sample. Experiments show that the K value is related to the weight and the mineral content of the above-ground parts (VAN DER PAAUW, 1943 and 1953). The relation between the K value and the K content in the overground parts has been investigated by DE VRIES (1961).

[1] One part of soil is shaken with 10 parts of 0.1 n HCl for 1 hour.

The K value in the five cm layer of topsoil varies under influence of changes in the total K content in this layer. These changes are due to the *application*, the *uptake* by the crop (in so far as this takes place in the five cm layer of topsoil), the *return* of potassium taken up earlier, and to *leaching*. But the change in the K value cannot be calculated from these factors (even if they could be measured), because under their influence extractable potassium continuously changes into non-extractable potassium *(fixation)*, or the reverse *(release)*. It is only possible to estimate the difference in total potassium content of the field between the beginning and the end of the fertilization year. Figure 1 shows the different 'potassium flows'. The quantity of potassium annually removed from the field very much depends on the management. That in which the first cut is mown for hay, followed by grazing for the remainder of the season, is called the *standard management*. The total annual *removal* of potassium from the field in this type of management is assumed to equal the potassium content in the fresh-cut herbage of the first cut. The K removal in exclusive grazing is assumed to be 10% of that in standard management. Fertilization minus removal is the *net application*.

Fertilization advices are drawn up on the basis of this K value. They vary according to management and soil type (VAN DER PAAUW, 1943, 1953 and 1956b; Landelijke Adviesbasis Grondonderzoek; Table 1). The advice for the standard management is called the *standard advice*. Potassium is usually applied in the early spring. Optimal dressing of the first cut is followed by an optimal annual yield without additional fertilization ('T HART en VAN DER PAAUW, 1942; DE VRIES and DE WIT, 1958). The advice also attemps to bring, or to keep the K value at a certain level. Generally a K value is considered good if it remains at the same level after an optimal ferilization. In grassland the development of the highly valued grass species (DE VRIES en KOOPMANS, 1949) and the mineral composition of the herbage are also taken into account.

Eight experiments were carried out on four soil types (Table 2). On each soil type was one trial field with a low initial K value and one with a high initial K value. Each field has two plots, of which one was fertilized with 120 kg K_2O per ha per year (K_1 plot). The second plot of the fields with a high initial K value was not fertilized (K_0 plot) and that of the fields with a low initial K value annually received 240 kg K_2O (K_2 plot). As an exception CI 2226 was annually dressed with 40 and 140 kg. The experimental dressing was applied as inorganic manure in the spring. The standard management was applied. Deviations from the experimental scheme are mentioned in Table 4. The plots ware separately grazed. The average amount of nitrogen applied was 136 kg N per ha per annum. The average net starch-equivalent yield was 4140 kg per ha per year. The K value of the five cm of layer of topsoil of each plot was determined 3 to 8 times a year, at first singly but after September 1957 in twofold. The K value in the 5–10 cm layer was determined once or twice a year. Dry weight and potassium concentration were estimated in the cut grass.

Figure 2 shows the trend in the K value on one of the experimental fields. The relative standard deviation of the K value was about 10%.

Figures 3a, 3b and 3c show the trend in the K value in the 0–5 cm layer of the K_0, K_1 and K_2 plots during the fertilization year. In drawing these figures only those

observational series were included in which the treatments were applied according to plan and which showed no irregularities due to weather conditions. The potassium contents in the cut parts averaged 115, 137 and 151 kg of K_2O per ha. The changes observed on the K_0 and K_2 plots at the end of the fertilization year were 17% and 16% of that which should follow the net application. This means the K value is much buffered. During the extremely dry summer and autumn of 1959 the K values on four experimental fields were much higher than could be expected from the usual trend (Figures 2 and 15). During the extremely wet winter of 1960/1961 the usual increase did not occur (Figures 2 and 15).

Figure 4 shows the relation between the annual removal (A) and the application (B) in various K-value classes on different soil types with standard management. The removal increases with the application and the K value; it is lower on sandy soil than on the other soil types. Moreover, the removal is dependent on the production rate (Figure 5) and the growing time of the first cut.

The influence of the net application ($B_n = B - A$) on the K value of the 0–5 cm layer was investigated per trial field by comparing the annual results of the K_0 plots (trial fields with high initial K values) or the K_2 plots (trial fields with low initial K values) with those of the corresponding K_1 plots, on which the K values remained approximately constant (Figure 3b). In the figures 6 to 13 the difference in the average annual K value of the K_0 or the K_2 plots and the corresponding K_1 plots ($\triangle\overline{K}_j$) has been plotted against the sum of the differences in the net application between the K_0 or the K_2 plots and the K_1 plots ($[\Delta B_n]_j$). $\overline{K}_j$ has been calculated from all K values observed in the period between mowing the first cut and fertilization in the next spring; it is approximately equal to the K value at the end of the manurial year (compare Figure 3). The series have been rectilinearly adjusted. The regression coefficients *(p)* are given in Table 3. The average relative decrease on the K_0 plots is almost the same as the average relative increase on the K_2 plots. The soil types seem to be divided into two groups (especially if the unreliable result of CI 2226 is left out of consideration). On sand and peat soil *p* averages 1.2 K-value units per 100 kg of K_2O/ha and on river clay 2.0 units. The ration 100: *p* is called the *K-factor* (F). According to these experiments F is 50 kg K_2O per ha per K-value unit on sand and peat, and 85 kg K_2O per ha on river-clay soil.

Table 4 shows the average K value of the K_1 plots per experimental year. The series have been rectilinearly adjusted. The regression coefficients *(a)* are included in the second column of Table 5. The sixth column shows how the K values change with a net application (B_n) of zero *(a_0)*. They have been calculated from the average net application ($\overline{B}_n$, fifth column), *p* and *a*. The final column shows the *maintenance application* (B_0); this is the potassium which has to be applied annually in excess of what has been removed to keep the potassium value constant (it is calculated from a_0 and *p*). It roughly averages + 10 kg K_2O per ha per year on sand and –30 kg on the other soil types. The positive result of a_0 may be due to an uptake from the deeper layers exceeding the leaching from the top layer. But the K value in the 5–10 cm layer of the corresponding K_1 plots shows no decrease. On these soils rich in silt it may also be a result

of release. A similar case occurred in winter (Figure 3). In this case a lower a_0 is to be expected on peat poor in silt. The negative result on the soils poor in both silt and humus may be caused by increased leaching and less release.

Consequently the annual change in the absolute level of the K value in the 0–5 layer (dK) can be calculated from:

$$dK = \frac{B - B_0 - A}{F}$$

Until the contrary is proved, B_0 and F are assumed to depend solely on the soil type. A is dependent on the application, the management, the production rate and the growing time of the cuts to be mown (Figures 4 and 5).

Figure 14 shows the relation between B, B_0 and A with different forms of management, K-value classes and soil types. The three uppermost curves have been copied from figure 4. The difference between a curve and the straight line of the same soil type indicates the excess or underdose of potassium applied for keeping the K value at the same level. At the intersection the application is equal to the removal plus the maintenance application, and the potassium value remains at the same level. This application is called the *equilibrium application* (B_e). B_e is dependent on the management, the K value and the soil type, and also on the production rate (Figure 5) and the growing time of the cuts to be mown.

Figure 15 proves that the absence of an increase in the K value during the winter of 1960/1961 had little or no effect on the K value in subsequent years. The drought in 1959 had no permanent effect.

An increase in the K value of the 0–5 cm layer in 1959 was attended by an increase in the 5–10 cm layer (Figure 16). This figure also proves that there is only a negligible change in the K value in both layers on the K_1 plots of the non-peat experimental fields. The K_0 plots show a distinct decrease and the K_2 plots a distinct increase. The ratios between the increases in both layers of the K_2 plots are more considerable on the non-peat fields (Figure 16c; 2: 5) than on the peat field (Figure 17b; 7: 6).

The second and third columns of Table 6 show the medians of the various K-value classes. The three last columns show the K values of the end of manurial year, under conditions that the spring K value is equal to the class median, that the standard management has been applied and that the potassium has been given according to the advice (see Table 1). These values have been calculated from the last formula and from figure 14. Apparently, application according to the advice keeps the K value in the 'good' class almost constant. The 'low' class shows an increase, the higher classes a decrease. The advice for exclusive grazing in the 'good' class will probably have to increase the K value.

With standard management, the K value of the end of the manurial year also approximates the average K value of the grazing period (Figure 3). Table 6 shows that with standard management and standard advice, the average K value of the grazing period differs only slightly from the spring K value. Assuming that the advice results in the optimal yield, this means that under optimal yield conditions, the potassium con-

centration of the herbage of the grazing period decreases with decreasing spring K value and that the sodium, calcium and magnesium concentrations increase. VAN DER PAAUW (1953: 53) found that the potassium concentration in the herbage of the first cut, harvested in the haying stage, also decreased under optimal yield conditions with decreasing spring K value. Consequently for the sake of the animals' health it is desirable to keep the spring K value as low as possible.

Finally, the following definition was drawn up: A K value is good when the equilibrium application associated with this K value and the standard management, results in both an optimal annual yield and a good mineral composition of the herbage of the grazing period, and when this K value stimulates the development of highly-valued grass-species.

Literatuur

ANONYMUS		Landelijke Adviesbasis Grondonderzoek. Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek, Oosterbeek.
FERRARI, TH. J. en F. H. B. VERMEULEN	1956	De betrouwbaarheid van het grondonderzoek, in het bijzonder onder invloed van de ongelijkmatigheid van de grond. Het chemisch bodemvruchtbaarheidsonderzoek. Min. van L. V. en V., 's-Gravenhage: 37–49.
GOEDEWAAGEN, M. A. J. en J. J. SCHUURMAN	1950	Wortelproductie op bouw- en grasland als bron van organische stof in de bodem. *Landbouwk. Tijdschr. 62:* 469–482.
HART, M. L. 'T en F. VAN DER PAAUW	1942	Kalibemesting op grasland. Directie van de Landbouw, Landbouwvoorlichtingsdienst, Med. nr. 30.
HART, M. L. 'T en A. KEMP	1956	Voorlopige resultaten van een onderzoek naar het optreden van kopziekte bij rundvee. *LandbVoorl. 13:* 114–120.
HAUSER, G. F.	1940	Het onwerkzaam worden van voedingsionen in de grond toegelicht aan fosfor- en kalifixatie. *Landbouwk. Tijdschr. 52:* 808–823.
HENKENS, CH. H. en B. VAN LUIT	1963	Bepaling van de natriumtoestand van grasland met behulp van grondonderzoek. Versl. Landbouwk. Onderz. 69. 13.
KEMP, A. and M. L. 'T HART	1957	Grass tetany in grazing milking cows. *Neth. J. agric. Sci. 5:* 4–17.
KEMP, A.	1958	Influence of fertilizer treatment of grassland on the incidence of hypomagnesaemia and hypomagnesaemic tetany (grass tetany) in milking cows. *Neth. J. agric. Sci. 6:* 281–297.
KEMP, A.	1960	Hypomagnesaemia in milking cows: The response of serum magnesium to alterations in herbage composition resulting from potash and nitrogen dressings on pasture. *Neth. J. agric. Sci. 8:* 281–304.
KEMP, A., *et al.*	1961	Hypomagnesaemia in milking cows: Intake and utilization of magnesium from herbage by lactating cows. *Neth. J. agric. Sci. 9:* 134–149.
KEMP, A.	1964	Sodium requirement of milking cows: Balance trials with cows on rations of freshly mown herbage and on winter rations. *Neth. J. agric. Sci. 12:* 263–280.
KOOPMANS, J.	1960	Het produktieniveau-onderzoek. II. De bemesting van grasland in de praktijk. Versl. Landbouwk. Onderz. 66.5.
OOSTENDORP, D.	1961	De natriumvoorziening van rundvee. *LandbVoorl. 18:* 609–614.
PAAUW, F. VAN DER	1943	Grondonderzoek naar fosfaat- en kalitoestand op grasland. Versl. Landbouwk. Onderz. 49. 17A.
PAAUW, F. VAN DER	1944	Kalitoestand van den grond en kalibemesting. *Landbouwk. Tijdschr. 56:* 141–150.
PAAUW, F. VAN DER	1953	Toetsing van het grondonderzoek naar kalitoestand op Nederlands grasland. Versl. Landbouwk. Onderz. 59.2.

PAAUW, F. VAN DER	1956a	De basis van het bemestingsonderzoek. *Kali* no. 27: 231–238.
PAAUW, F. VAN DER	1956b	Hoe komt de adviesbasis tot stand? Het chemisch bodemvruchtbaarheidsonderzoek. Min. van L. V. en V., 's-Gravenhage, 127–136.
PAAUW, F. VAN DER	1958	Bemesting van grasland op basis van grondonderzoek. Grasland en graslandprodukten. Min. van L. V. en V., 's-Gravenhage, 15–27.
SPEK, JAC. VAN DER	1944	Het voorkomen van kali in de bodem. *Landbouwk. Tijdschr. 56:* 124–140.
VRIES, D. M. DE en J. KOOPMANS	1949	Het verband tussen de hoedanigheidsgraad van grasland en de standplaatsfactoren. *Landbouwk. Tijdschr. 61:* 21–37.
VRIES, O. DE en F. J. A. DECHERING	1960	Grondonderzoek. 4e druk. Meppel.
VRIES, P. DE and C. T. DE WIT	1958	The effect of potash fertilization on dry matter production of permanent grassland throughout the season. *Neth. J. agric. Sci. 6:* 124–130.
VRIES, P. DE	1961	De voor het gras beschikbare hoeveelheid bodemkali en haar samenhang met het kaligetal. Jaarb. Inst. Biol. Scheik. Onderz. Landbouwgewassen: 107–114.

DRUK; H. VEENMAN EN ZONEN N.V. – WAGENINGEN