BEPALING VAN DE NATRIUMTOESTAND VAN GRASLAND MET BEHULP VAN GRONDONDERZOEK

WITH A SUMMARY

DETERMINATION OF THE SODIUM STATUS OF GRASSLAND WITH HELP OF SOIL ANALYSES

MIT EINER ZUSAMMENFASSUNG

BESTIMMUNG VON DER NATRIUMZUSTAND DES GRASES DURCH BODENANALYSEN

CH. H. HENKENS EN B. VAN LUIT

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Groningen

pudoc

CENTRUM VOOR LANDBOUWPUBLIKATIES EN LANDBOUWDOCUMENTATIE

INHOUD

blz.

1 Inleiding 1

2 Literatuuroverzicht 2

3 Bewerkte gegevens 4

4 Methode van bewerking 5

5 Resultaten 6
5.1 Zandgronden 6
5.2 Kleigronden 23

6 Adviesbasis 33
6.1 Invloed van kalibemesting op zandgronden 33
6.2 Invloed van kalibemesting op kleigronden 37
6.3 Invloed van natriumbemesting op zandgronden 39
6.4 Invloed van natriumbemesting op kleigronden 39

7 Botanische samenstelling 40

Discussie 44

Samenvatting en conclusies 46
Summary and conclusions 47
Zusammenfassung und Schlussfolgerungen 48

Appendix 50

Literatuur 52

Tabellen

1 INLEIDING

Het is reeds lang bekend dat natrium nodig is voor het dierlijke lichaam. De mens heeft zich in alle tijden veel moeite gegeven keukenzout te bemachtigen om het als voedsel te gebruiken. Ook wordt keukenzout reeds lang aan het dier verstrekt. De natriumvoorziening in de stalperiode is meestal wel voldoende omdat vrij algemeen mineralen worden gevoerd en de mengsels van mineralen meestal keukenzout bevatten. In de weideperiode is de voorziening met natrium echter veel minder zeker omdat dan geen mengsels worden verstrekt en het gebruik van likstenen en pekelbak niet algemeen en vrij willekeurig is. In verband hiermee is het van belang na te gaan welke factoren het natriumgehalte van het weidevoer beïnvloeden en welke maatregelen kunnen worden genomen om het natriumgehalte ervan te verhogen. In het volgende worden de invloeden van het natriumgehalte van de grond (bepaald door extractie met 1/10 N HCl) en van andere bodemfactoren op het natriumgehalte van gras besproken.

2 LITERATUUROVERZICHT

De natriumbehoefte van het dier is nog onvoldoende door proeven vastgesteld. FRENS (1950) komt tot de conclusie dat een koe van 500 kg lichaamsgewicht en met een melkproduktie van 20 liter per dag 23 g natrium (Na) moet opnemen. BROUWER en BRANDSMA (1953) schatten de dagelijkse natriumbehoefte van een dergelijke koe op 22 gram. SJOLLEMA (1951) is van mening dat een koe van 500 kg bij een produktie van 20 kg melk 29 gram natrium (Na) per dag moet opnemen. Hij neemt hierbij ongeveer dezelfde behoefte voor de produktie van melk aan als FRENS, maar die voor lichaamsonderhoud stelt hij hoger.

Het is echter moeilijker om het gewenste natriumgehalte van gras te bepalen. Indien men uitgaat van een bepaalde minimum opneming per dier per dag is het gewenste natriumgehalte in weidegras afhankelijk van de opneming van droge stof door het dier. Met 15 kg gras met 0,15 % Na zal een dier 22,5 g Na opnemen. Dezelfde hoeveelheid natrium zal worden opgenomen met 12 kg gras met 0,19 % Na. KEMP (nog niet gepubliceerd) komt op grond van balansproeven tot de conclusie dat de natriumbehoefte van de lacterende koe gedekt is als het gras minstens 0,15 % Na bevat.

LEHR (1961) heeft in een overzichtsartikel de verschijnselen van natriumgebrek bij het dier beschreven.

VAN ITALLIE (1934) wijst er op dat meer dan bij andere elementen bij natrium verschillen in gehalte te constateren zijn tussen de grassoorten onderling. *Holcus lanatus*, *Lolium perenne* en *Anthoxantum odoratum* bevatten gemiddeld veel meer natrium dan *Poa trivialis*, *Poa pratensis*, *Agrostis alba*, *Festuca rubra* en *Alopecurus pratensis*. LEHR (1960) vermeldt de volgende volgorde der grassen in hun vermogen natrium op te nemen: *Lolium perenne* > *Trifolium repens* > *Dactylis glomerata* > *Poa trivialis* > *Festuca pratensis* > *Phleum pratense* > *Poa pratensis*. VAN DER KLEY (1957) vermeldt grote verschillen tussen het natriumgehalte van grassen, klavers en kruiden. Grassen hebben een lager natriumgehalte dan klavers en deze weer lager dan kruiden. BRUGGINK (1960) komt tot dezelfde conclusies.

GARANDEAUX (1959) wijst erop dat er ook verschillen in natriumgehalte bestaan tussen de rassen van een soort.

De opneming van natrium is herhaaldelijk bestudeerd, vooral bij bieten in verband met de betekenis van natrium als vervanger van kalium (VAN ITALLIE, 1937). Een uitvoerig overzicht van de literatuur over de invloed van kalium op de opneming van natrium door de plant wordt gegeven door HEIMANN en RATNER (1962). Uit proeven van LEHR (1957) bleek dat een hoge kalibemesting in de vorm van kalizout 60 % het natriumgehalte sterk doet dalen. Bij gebruik van kalizout 20 %, dat 22 % Na bevat,

bleek het natriumgehalte van gras te stijgen, mits geen al te grote hoeveelheden werden gebruikt. Bij grote hoeveelheden daalde het natriumgehalte weer, vooral op natriumarme gronden. Uit proeven van de Kali Mij (ANONYMUS, 1954/56) blijkt dat het natriumgehalte van gras door een kalibemesting wordt verlaagd, doch dat deze verlaging afhankelijk is van het natriumgehalte van de gebruikte kalimeststof.

VAN ITALLIE (1938) constateerde in potproeven met Westerwolds raaigras dat het natriumgehalte in het gras afhankelijk is van de verhouding van de hoeveelheid oplosbaar en uitwisselbaar natrium t.o.v. die van kalium, calcium en magnesium in de grond $(\frac{10\ Na}{0{,}1\ Ca + 0{,}2\ Mg + 2\ K})$.

OOSTENDORP (1962) komt tot de conclusie dat de K_2O/Na_2O-verhouding (beide uitgedrukt in 0,001 % oplosbaar in 0,1 N HCl) van de grond bepalend is voor het natriumgehalte van gras.

3 BEWERKTE GEGEVENS

Voor de beantwoording van de in de inleiding gestelde vraag welke bodemfactoren het natriumgehalte van gras beïnvloeden hadden wij de beschikking over de gegevens van de volgende onderzoekingen:

a. De interprovinciale proefvelden op grasland (serie 68, 1958 en 1959). Op deze proefvelden werd de invloed van de stikstofsoort in de vorm van chilisalpeter en kalkammonsalpeter bij een hoeveelheid van 0 en 100 kg K_2O per ha op de minerale samenstelling van weidegras vergeleken. De analyseresultaten van het gras (eerste snede) zonder kalibemesting zijn gebruikt, waarbij alleen de gemiddelde resultaten van de objecten 30 en 60 kg/ha stikstof in de vorm van kas werden genomen. De uitkomsten van het grondonderzoek hebben betrekking op de monsters vóór de bemesting. De proefvelden waren gelegen op zand-, klei-, veen- en lössgronden.
b. Het zgn. Bodem-Plant-Dier (B.P.D.)-onderzoek in Woudenberg[1]. Dit onderzoek vond plaats in het voorjaar 1957. Van een groot aantal percelen grasland op zandgrond werden gelijktijdig grond- en gewasmonsters genomen, met het doel de resultaten met elkaar en met de gezondheidstoestand van het vee in verband te brengen.
c. Het B.P.D.-onderzoek in Borculo (zandgrond)[1]. Dit vond plaats in het voorjaar 1959 op dezelfde manier als het onder 2 genoemde onderzoek, met dit verschil dat in Borculo grassen, klavers en kruiden werden gescheiden.
d. Pr 1326 (1952), een serie kleine proefvelden op zandgrond. Hier werd de invloed van kali- en magnesiabemesting op de minerale samenstelling nagegaan. Van deze proefvelden werden alleen de resultaten van de eerste snede van de objecten zonder kali in beschouwing genomen. De grondmonsters werden na de eerste snede genomen.
e. De ruilverkavelingen Valkkoog en Waarland (zeeklei) 1955, Maas en Waal (rivierklei) 1957, Bommelerwaard (rivierklei) 1957. Grond- en gewasmonsters werden ongeveer gelijktijdig genomen.

[1] Wij zeggen dank aan het Instituut voor Moderne Veevoeding „De Schothorst" voor het ter beschikking stellen van deze gegevens

4 METHODE VAN BEWERKING

Bij de bewerking zijn de zandgronden gescheiden van de kleigronden. De gegevens van de onder 3 genoemde onderzoekingen zijn eerst afzonderlijk bewerkt, waarna per grondsoort ook een gezamenlijke bewerking is uitgevoerd. De gegevens zijn bewerkt volgens een grafische methode. Hierbij worden de invloeden van de verschillende factoren afzonderlijk bestudeerd. Nadat de invloeden bij de gezamenlijke gegevens waren vastgesteld, is getracht deze uit te drukken in één getal. Wegens het geringe aantal gegevens van veen- en lössgronden zijn deze grondsoorten buiten beschouwing gelaten.

5 RESULTATEN

5.1 ZANDGRONDEN

In totaal werd beschikt over 208 monsters van zandgronden, nl. 48 van het B.P.D.-onderzoek Borculo, 95 van het B.P.D.-onderzoek Woudenberg, 57 van Pr 1326 en 8 van serie 68. Daar het aantal monsters van serie 68 gering is, had een afzonderlijke bewerking van deze serie weinig zin. Deze monsters zijn echter wel in de gezamenlijke bewerking opgenomen.

a. B.P.D.-onderzoek Borculo

Voor de analyseresultaten van dit onderzoek zij verwezen naar tabel 1. Alleen de grasmonsters (zonder klavers en kruiden) zijn in beschouwing genomen. Figuur 1

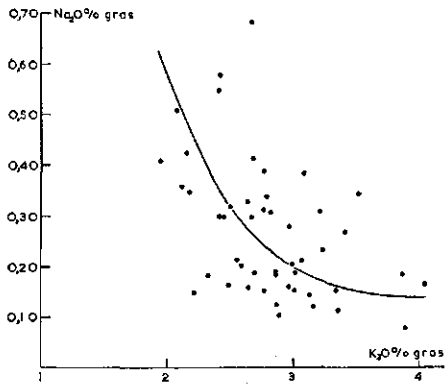

FIG. 1 Verband tussen kali- en natriumgehalte van gras in Borculo

FIG. 1 *Relation between potash and sodium content of grass in Borculo*
ABB. 1 *Zusammenhang zwischen Kalium- und Natriumgehalt des Grases in Borculo*

geeft het verband weer tussen het kaligehalte en het natriumgehalte van het gras. Hieruit blijkt dat het natriumgehalte lager is, naarmate het kaligehalte hoger is. In het voorgaande werd al gewezen op de grote invloed die kali meestal heeft op de opneming van natrium door de plant.

Het kaligehalte van het gras is afhankelijk van de kalitoestand van de grond. Deze kan worden aangegeven door kaligehalte (K-HCl) of door K-getal. Het K-getal geeft de in 0,1 N HCl oplosbare kali betrokken op het humusgehalte van de grond aan. Uit het onderzoek van VAN DER PAAUW (1953) is gebleken dat het K-getal geschikter is om de kalivoorziening van grasland uit te drukken dan K-HCl. Dat dit juist is, blijkt uit de figuren 2 en 3, waarin het verband tussen het kaligehalte van

FIG. 2 Verband tussen K-getal van grond en kaligehalte van gras (na correctie op ruw eiwit = 12,5 %) in Borculo

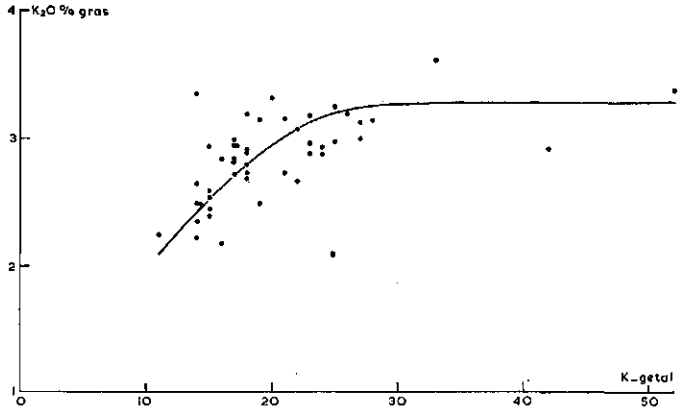

FIG. 2 *Relation between K-number of the soil and potash content of grass (after correction to equal crude protein content of 12,5%) in Borculo*
ABB. 2 *Zusammenhang zwischen K-Zahl des Bodens und Kaliumgehalt des Grases (nach Korrektion auf gleichem Gehalt an Roheiweiss = 12,5%) in Borculo*

FIG. 3 Verband tussen K-HCl van grond en kaligehalte van gras (na correctie op ruw eiwit = 12,5%) in Borculo

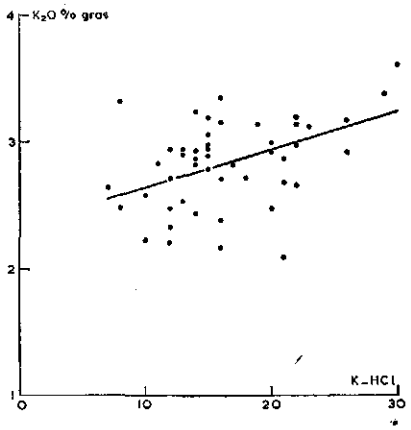

FIG. 3 *Relation between K-HCl of the soil and potash content of the grass (after correction to equal protein content of 12,5%) in Borculo*
ABB. 3 *Zusammenhang zwischen K-HCl des Bodens und Kaligehalt des Grases (nach Korrektion auf gleichem Gehalt an Roheiweiss = 12,5%) in Borculo*

gras met 12,5 % ruw eiwit en K-getal resp. kaligehalte van de grond wordt weergegeven. Het voordeel van het K-getal is, dat bij de waardering geen rekening behoeft te worden gehouden met het humusgehalte. Wij hebben gebruik gemaakt van het K-getal.

Er is een duidelijk verband tussen K-getal van de grond en natriumgehalte van het gras (figuur 4). De spreiding van de stippen om de lijn ontstaat onder invloed van andere factoren en fouten. Om de invloed van andere factoren na te gaan worden de loodrechte afstanden van de stippen tot de gemiddelde lijn tegen deze factoren uitge-

FIG. 4 Verband tussen K-getal van grond en natriumgehalte van gras in Borculo

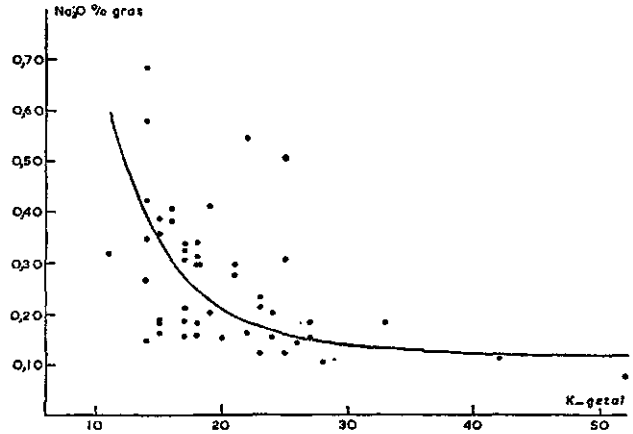

FIG. 4 *Relation between K-number of the soil and sodium content of the grass in Borculo*
ABB. 4 *Zusammenhang zwischen K-Zahl des Bodens und Natriumgehalt des Grases in Borculo*

zet. Het blijkt dat de afwijkingen geen verband houden met het gehalte aan ruw eiwit en het kaligehalte van het gras. Dit is enigszins bevreemdend, daar in deze uitkomsten wel een duidelijke invloed van het gehalte aan ruw eiwit op het K_2O-gehalte van het gras werd gevonden. Hieruit volgt dat het verband tussen het kaligehalte en het natriumgehalte van het gras (fig. 1) volledig wordt verklaard door het K-getal, ondanks het feit dat het kaligehalte van het gras afhankelijk is van het K-getal van de grond en het gehalte aan ruw eiwit in het gras.

FIG. 5 Invloed van het natriumgehalte van de grond op het verband tussen K-getal van grond en natriumgehalte van gras in Borculo bij K-getallen $\leqslant 20$ (verticale afwijkingen van de stippen in fig. 4 tot de gemiddelde kromme bij K-getallen $\leqslant 20$ zijn uitgezet tegen het natriumgehalte van de grond)

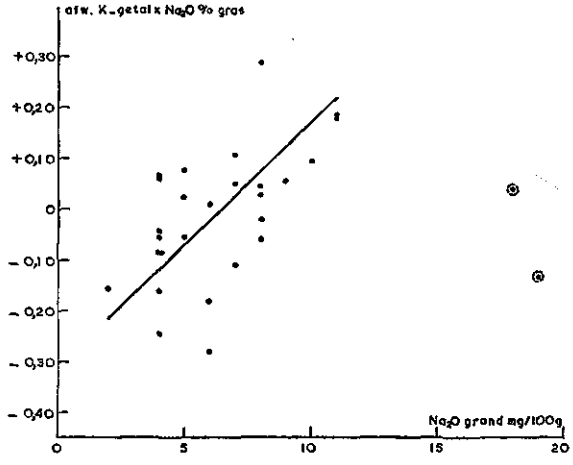

FIG. 5 *Effect of the sodium content of the soil on the relation between K-number of the soil and sodium content of the grass in Borculo at K-numbers $\leqslant 20$ (vertical deviations of the dots from average curve in fig. 4 at K-numbers $\leqslant 20$ have been plotted against the sodium content of the soil)*
ABB. 5 *Einfluss des Natriumgehalts des Bodens auf den Zusammenhang zwischen K-Zahl des Bodens und Natriumgehalt des Grases in Borculo bei K-Zahlen $\leqslant 20$ (vertikale Abweichungen von den Punkten zu der Kurve in Abb. 4 bei K-Zahlen $\leqslant 20$ sind ausgesetzt worden gegen den Natriumgehalt des Bodens)*

Om de invloed van het natriumgehalte van de grond na te gaan zijn de loodrechte afstanden van de stippen in figuur 4 met een K-getal $\leqslant 20$ uitgezet tegen het natriumgehalte van de grond (fig. 5). Hetzelfde is gedaan voor de stippen die betrekking hebben op een K-getal > 20 (fig. 6). Met enkele sterk afwijkende punten is in de fig. 5 en 6 geen rekening gehouden (in de figuren omcirkeld).

FIG. 6 Invloed van het natriumgehalte van de grond op het verband tussen K-getal van grond en natriumgehalte van gras in Borculo bij K-getallen > 20 (verticale afwijkingen van de stippen in fig. 4 tot de gemiddelde kromme bij K-getallen > 20 zijn uitgezet tegen het natriumgehalte van de grond)

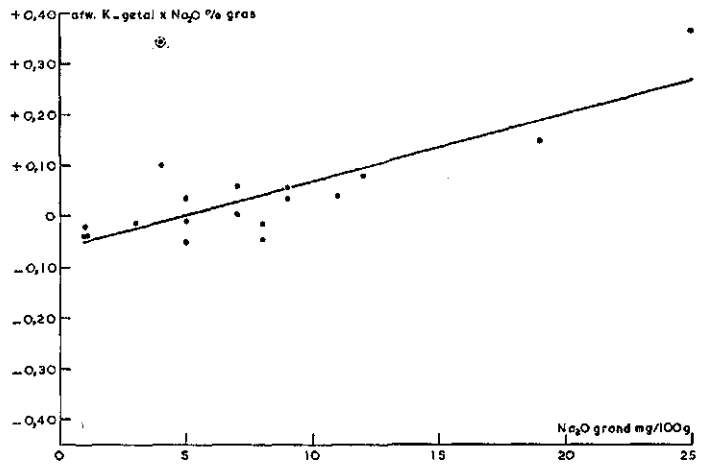

FIG. 6 *Effect of the sodium content of the soil on the relation between K-number of the soil and sodium content of the grass in Borculo at K-numbers > 20 (vertical deviations of the dots from average curve in fig. 4 at K-numbers > 20 have been plotted against the sodium content of the soil)*

ABB. 6 *Einfluss des Natriumgehalts des Bodens auf den Zusammenhang zwischen K-Zahl des Bodens und Natriumgehalt des Grases in Borculo bei K-Zahlen > 20 (vertikale Abweichungen von den Punkten zu der Kurve in Abb. 4 bei K-Zahlen > 20 sind ausgesetzt worden gegen den Natriumgehalt des Bodens)*

Bij vergelijking van beide figuren blijkt dat de invloed van het natriumgehalte van de grond bij laag K-getal veel groter is dan bij hoog K-getal. Het verband tussen het K-getal van de grond en het natriumgehalte van het gras na correctie op gelijk natriumgehalte van de grond (6,5 mg/100 g grond) wordt weergegeven in figuur 7.

Een invloed van pH en humusgehalte werd niet geconstateerd.

b. *B.P.D.-onderzoek Woudenberg*

De analyseresultaten zijn vermeld in tabel 2. Evenals bij het onderzoek Borculo is het natriumgehalte van het gras afhankelijk van het K-getal (fig. 8). Bij een K-getal > 27 heeft verhoging van het K-getal bij deze natriumtoestand van de grond (gem. Na_2O-gehalte mg/100 g $= 5{,}34$) geen invloed op het natriumgehalte van het gras. Bij het onderzoek Borculo werd ongeveer hetzelfde gevonden (fig. 4).

FIG. 7 Verband tussen K-getal van grond en natriumgehalte van gras in Borculo na correctie op gelijk natriumgehalte van de grond (6,5 mg/100 g grond). De in fig. 5 en 6 omcirkelde punten zijn niet in deze fig. opgenomen

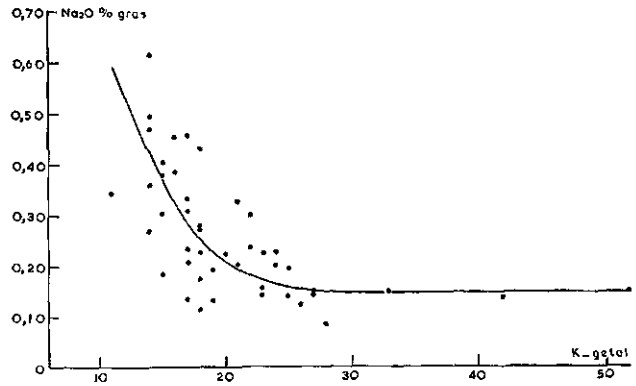

FIG. 7 *Relation between K-numbers of the soil and sodium content of the grass in Borculo after correction to equal sodium content of the soil (6,5 mg/100 g soil). The encircled dots of fig. 5 and 6 have not been inserted in this fig.*
ABB. 7 *Zusammenhang zwischen K-Zahl des Bodens und Natriumgehalt des Grases in Borculo nach Korrektion auf gleichem Natriumgehalt des Bodens (6,5 mg/100 g Boden). Die umkreisten Punkte in Abb. 5 und 6 sind in dieser Abb. ausgelassen*

Om de invloed van andere factoren na te gaan zijn de verticale afwijkingen van de stippen tot de gemiddelde lijn tegen deze factoren uitgezet. Een invloed van humusgehalte, pH-KCl en gehalte aan ruw eiwit werd niet gevonden. In de figuren 9 en 10 zijn de afwijkingen van de punten tot de lijn uitgezet tegen het natriumgehalte van de grond resp. bij K-getal $\leqslant 27$ en K-getal > 27. Ook hier blijkt dat de invloed van

FIG. 8 Verband tussen K-getal van grond en natriumgehalte van gras in Woudenberg

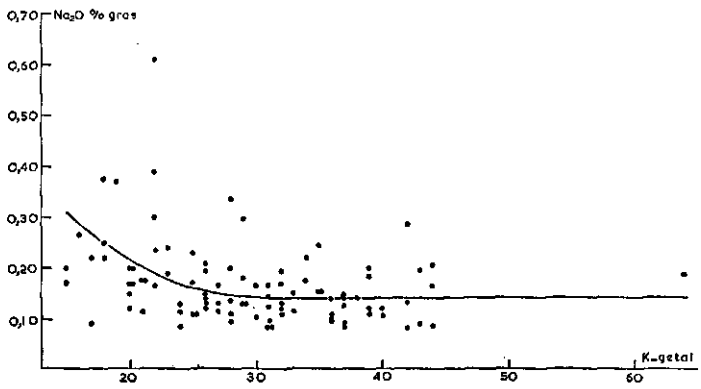

FIG. 8 *Relation between K-number of the soil and sodium content of the grass in Woudenberg*
ABB. 8 *Zusammenhang zwischen K-Zahl des Bodens und Natriumgehalt des Grases in Woudenberg*

het natriumgehalte van de grond bij een laag K-getal groter is dan bij een hoog. Het verschil is echter minder groot dan in Borculo, zodat wij voor de correctie de gemiddelde invloed van het natrium uit de figuren 9 en 10 hebben genomen. Het verband tussen K-getal en natriumgehalte van het gras na deze correctie is weergegeven in figuur 11.

FIG. 9 Invloed van het natriumgehalte van de grond op het verband tussen K-getal van grond en natriumgehalte van gras in Woudenberg bij K-getallen $\leqslant 27$ (verticale afwijkingen van de stippen in fig. 8 tot de gemiddelde kromme bij K-getallen $\leqslant 27$ zijn uitgezet tegen het natriumgehalte van de grond)

FIG. 9 *Effect of the sodium content of the soil on the relation between K-number of the soil and sodium content of the grass in Woudenberg at K-numbers* $\leqslant 27$ *(vertical deviations of the dots from average curve in fig. 8 at K-numbers* $\leqslant 27$ *have been plotted against the sodium content of the soil)*

ABB. 9 *Einfluss des Natriumgehalts des Bodens auf den Zusammenhang zwischen K-Zahl des Bodens und Natriumgehalt des Grases in Woudenberg bei K-Zahlen* $\leqslant 27$ *(vertikale Abweichungen von den Punkten zu der Kurve in Abb. 8 bei K-Zahlen* $\leqslant 27$ *sind ausgesetzt worden gegen den Natriumgehalt des Bodens).*

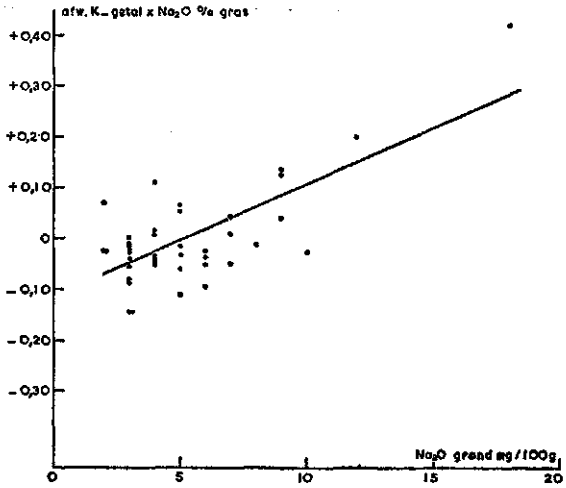

FIG. 10 Invloed van het natriumgehalte van de grond op het verband tussen K-getal van grond en natriumgehalte van gras in Woudenberg bij K-getallen > 27 (verticale afwijkingen van de stippen in fig. 8 tot de gemiddelde kromme bij K-getallen > 27 zijn uitgezet tegen het natriumgehalte van de grond)

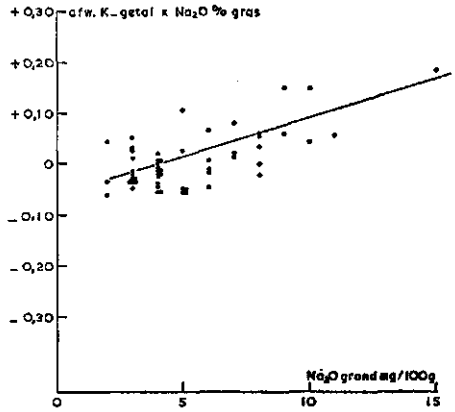

FIG. 10 *Effect of the sodium content of the soil on the relation between K-number of the soil and sodium content of the grass in Woudenberg at K-numbers* > 27 *(vertical deviations of the dots from average curve in fig. 8 at K-numbers* > 27 *have been plotted against the sodium content of the soil)*

ABB. 10 *Einfluss des Natriumgehalts des Bodens auf den Zusammenhang zwischen K-Zahl des Bodens und Natriumgehalt des Grases in Woudenberg bei K-Zahlen* > 27 *(vertikale Abweichungen von den Punkten zu der Kurve in Abb. 8 bei K-Zahlen* > 27 *sind ausgesetzt worden gegen den Natriumgehalt des Bodens)*

FIG. 11 Verband tussen K-getal van grond en natriumgehalte van gras in Woudenberg na correctie op gelijk natriumgehalte van de grond (5,0 mg/100 g grond)

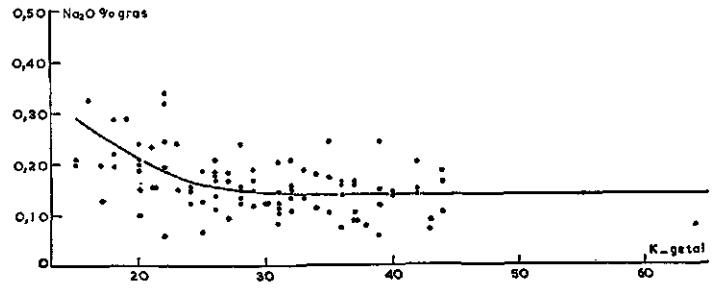

FIG. 11 *Relation between K-number of the soil and sodium content of the grass in Woudenberg after correction to equal sodium content of the soil (5,0 mg/100 g soil)*
ABB. 11 *Zusammenhang zwischen K-Zahl des Bodens und Natriumgehalt des Grases in Woudenberg nach Korrektion auf gleichem Natriumgehalt des Bodens (5,0 mg/100 g Boden)*

c. *Onderzoek Pr 1326*

De resultaten van dit onderzoek zijn vermeld in tabel 3. Het verband tussen K-getal en natriumgehalte van het gras is weergegeven in figuur 12. Evenals bij de onder a en b genoemde onderzoekingen daalt ook hier het natriumgehalte van het gras met toenemend K-getal, terwijl hoge K-getallen geen invloed meer hebben op het natriumgehalte van het gras. De spreiding van de stippen om de lijn kan niet worden verklaard uit verschillen in humusgehalte, pH-KCl en ruw eiwit. In figuur 13 zijn de vertikale afwijkingen van de stippen tot de gemiddelde lijn bij een K-getal < 19 uitgezet tegen het natriumgehalte van de grond. Hoewel uit deze figuur blijkt dat het natriumgehalte van de grond een positieve invloed heeft op het natriumgehalte van het gras, is het moeilijk een lijn te trekken die voor correctie te gebruiken is. Daarom is geen correctie uitgevoerd.

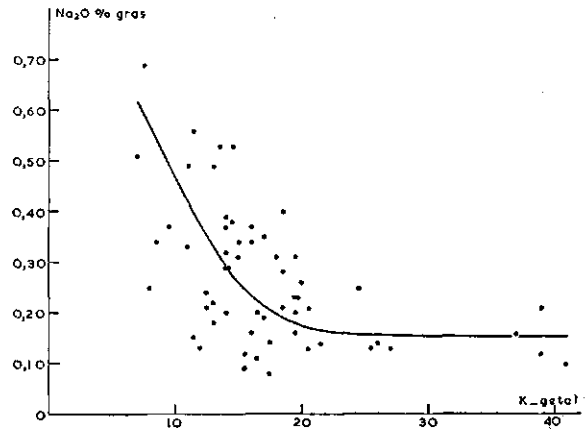

FIG. 12 Verband tussen K-getal van grond en natriumgehalte van gras bij Pr 1326

FIG. 12 *Relation between K-number of the soil and sodium content of the grass at Pr 1326*
ABB. 12 *Zusammenhang zwischen K-Zahl des Bodens und Natriumgehalt des Grases bei Pr 1326*

FIG. 13 Invloed van het natriumgehalte van de grond op het verband tussen K-getal van grond en natriumgehalte van gras bij Pr 1326 bij K-getallen $<$ 19 (verticale afwijkingen van de stippen in fig. 12 tot de gemiddelde kromme bij K-getallen $<$ 19 zijn uitgezet tegen het natriumgehalte van de grond)

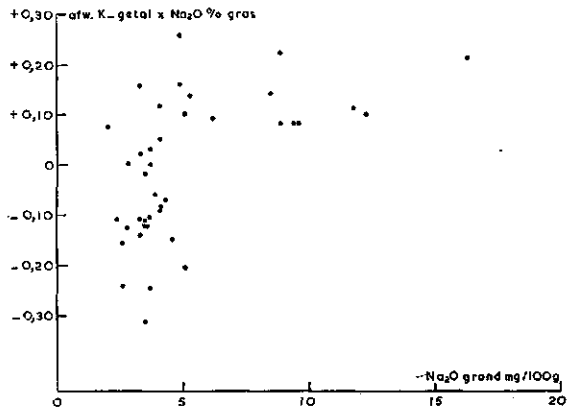

FIG. 13 *Effect of the sodium content of the soil on the relation between K-number of the soil and sodium content of the grass at Pr 1326 at K-numbers $<$ 19 (vertical deviations of the dots from average curve in fig. 12 at K-numbers $<$ 19 have been plotted against the sodium content of the soil)*

ABB. 13 *Einfluss des Natriumgehalts des Bodens auf den Zusammenhang zwischen K-Zahl des Bodens und Natriumgehalt des Grases bei Pr 1326 bei K-Zahlen $<$ 19 (vertikale Abweichungen von den Punkten zu der Kurve in Abb. 12 bei K-Zahlen $<$ 19 sind ausgesetzt worden gegen den Natriumgehalt des Bodens)*

d. *Gezamenlijk materiaal van zandgronden*

Bij de bestudering van de afzonderlijke onderzoekingen (a, b en c) bleek, dat de natrium- en de kalitoestand van de grond samen het natriumgehalte van het gras voor een belangrijk deel bepalen. Daarom zijn bij het gezamenlijke materiaal deze beide invloeden het eerst nagegaan. Omdat er een zij het gering verband bestond tussen K-getal en natriumgehalte van de grond, is het materiaal gesplitst in groepen waarin tussen beide factoren geen samenhang bestaat. Het voordeel van de samenvoeging van het gehele materiaal van de zandgronden is dat de interactie tussen kali- en natriumtoestand van de grond in verband met de opneming van natrium door het gras beter kan worden vastgesteld.

Om de invloed van het natriumgehalte van de grond op het natriumgehalte van het gras na te gaan werd het materiaal gesplitst in de volgende groepen:

1. K-getal $\leqslant$ 12,0 (gem. 9,9) 12 waarnemingen
2. K-getal 12,1-16,0 (gem. 14,5) 37 waarnemingen
3. K-getal 16,1-20,0 (gem. 18,4) 43 waarnemingen
4. K-getal 20,1-28,0 (gem. 24,4) 55 waarnemingen
5. K-getal $>$ 28,0 (gem. 37,0) 61 waarnemingen

Het verband tussen natriumgehalte van de grond en natriumgehalte van het gras in

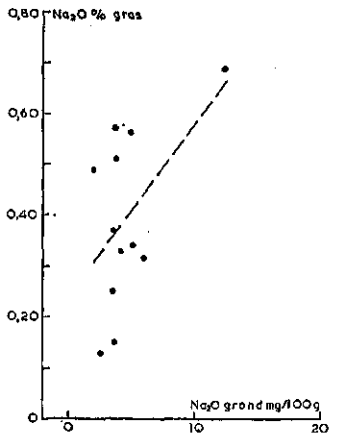

FIG. 14 Verband tussen natriumgehalte van grond en natriumgehalte van gras op zandgrond bij K-getallen $\leqslant 12$

FIG. 14 *Relation between sodium content of the soil and sodium content of the grass on sandy soils at K-numbers* $\leqslant 12$
ABB. 14 *Zusammenhang zwischen Natriumgehalt des Bodens und Natriumgehalt des Grases auf Sandböden bei K-Zahlen* $\leqslant 12$

FIG. 15 Verband tussen natriumgehalte van grond en natriumgehalte van gras op zandgrond bij K-getallen 12,1-16,0

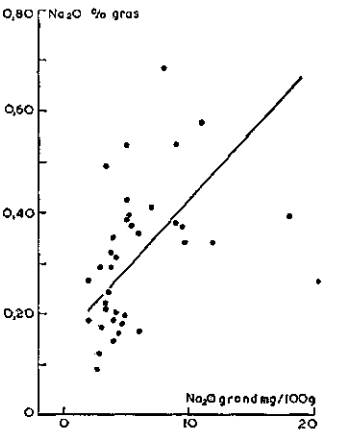

FIG. 15 *Relation between sodium content of the soil and sodium content of the grass on sandy soils at K-numbers 12,1-16,0*
ABB. 15 *Zusammenhang zwischen Natriumgehalt des Bodens und Natriumgehalt des Grases auf Sandböden bei K-Zahlen 12,1-16,0*

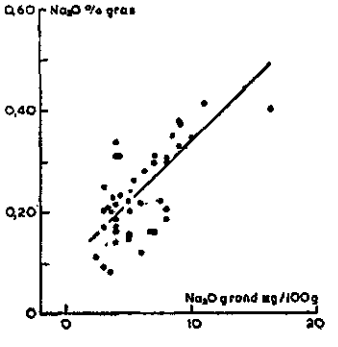

FIG. 16 Verband tussen natriumgehalte van grond en natriumgehalte van gras op zandgrond bij K-getallen 16,1-20,0

FIG. 16 *Relation between sodium content of the soil and sodium content of the grass on sandy soils at K-numbers 16,1-20,0*
ABB. 16 *Zusammenhang zwischen Natriumgehalt des Bodens und Natriumgehalt des Grases auf Sandböden bei K-Zahlen 16,1-20,0*

FIG. 17 Verband tussen natriumgehalte van grond en natriumgehalte van gras op zandgrond bij K-getallen 20,1-28,0

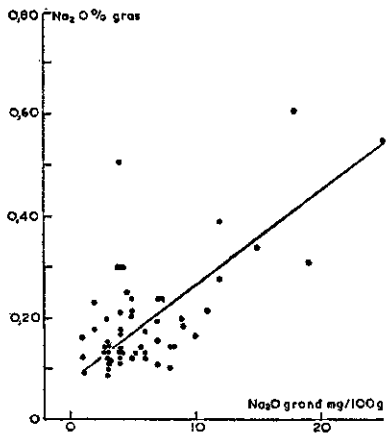

FIG. 17 *Relation between sodium content of the soil and sodium content of the grass on sandy soils at K-numbers 20,1-28,0*
ABB. 17 *Zusammenhang zwischen Natriumgehalt des Bodens und Natriumgehalt des Grases auf Sandböden bei K-Zahlen 20,1-28,0*

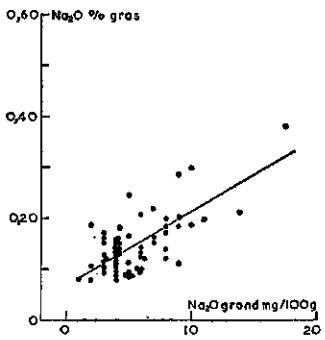

FIG. 18 Verband tussen natriumgehalte van grond en natriumgehalte van gras op zandgrond bij K-getallen > 28

FIG. 18 *Relation between sodium content of the soil and sodium content of the grass on sandy soils at K-numbers > 28*
ABB. 18 *Zusammenhang zwischen Natriumgehalt des Bodens und Natriumgehalt des Grases auf Sandböden bei K-Zahlen > 28*

de verschillende groepen is weergegeven in de figuren 14, 15, 16, 17 en 18. Uit deze figuren blijkt dat bij iedere K-getalgroep het natriumgehalte van het gras stijgt naarmate het natriumgehalte van de grond hoger is. Alleen in figuur 14 is de invloed van het natriumgehalte van de grond minder duidelijk. De variatie in natriumgehalte van de grond is in deze groep echter niet groot.

Om de invloed van het K-getal van de grond op het natriumgehalte van het gras na te gaan werd het materiaal gesplitst in de volgende groepen:

1. Na_2O-gehalte van de grond $\leqslant$ 3,0 mg/100 g (gem. 2,6) 42 waarnemingen
2. Na_2O-gehalte van de grond 3,1- 5,0 mg/100 g (gem. 4,1) 80 waarnemingen
3. Na_2O-gehalte van de grond 5,1- 8,0 mg/100 g (gem. 6,3) 38 waarnemingen
4. Na_2O-gehalte van de grond 8,1-10,0 mg/100 g (gem. 8,7) 31 waarnemingen
5. Na_2O-gehalte van de grond $>$ 10,0 mg/100 g (gem. 15,0) 17 waarnemingen

Het verband tussen K-getal van de grond en natriumgehalte van het gras in de verschillende groepen is weergegeven in de figuren 19, 20, 21, 22 en 23.

FIG. 19 Verband tussen K-getal van grond en natriumgehalte van gras op zandgrond bij natriumgehalten van de grond $\leqslant 3$

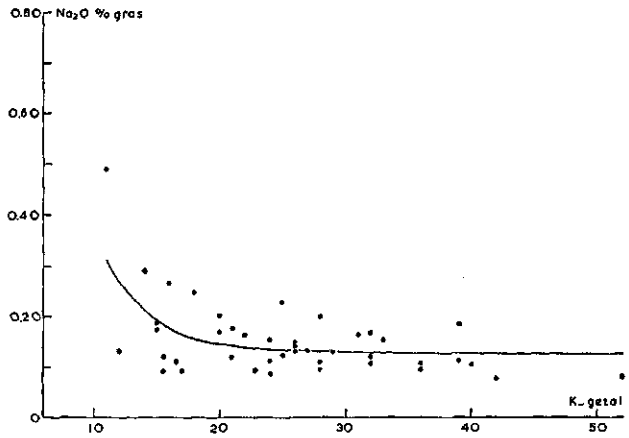

FIG. 19 *Relation between K-number of the soil and sodium content of the grass on sandy soils at sodium contents of the soil* $\leqslant 3$
ABB. 19 *Zusammenhang zwischen K-Zahl des Bodens und Natriumgehalt des Grases auf Sandböden bei Natriumgehalten des Bodens* $\leqslant 3$

FIG. 20 Verband tussen K-getal van grond en natriumgehalte van gras op zandgrond bij natriumgehalten van de grond 3,1-5,0

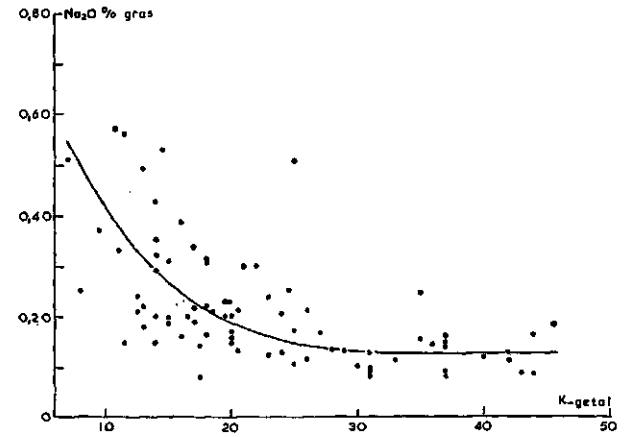

FIG. 20 *Relation between K-number of the soil and sodium content of the grass on sandy soils at sodium contents of the soil 3,1-5,0*
ABB. 20 *Zusammenhang zwischen K-Zahl des Bodens und Natriumgehalt des Grases auf Sandböden bei Natriumgehalten des Bodens 3,1-5,0*

FIG. 21 Verband tussen K-getal van grond en natriumgehalte van gras op zandgrond bij natriumgehalten van de grond 5,1-8,0

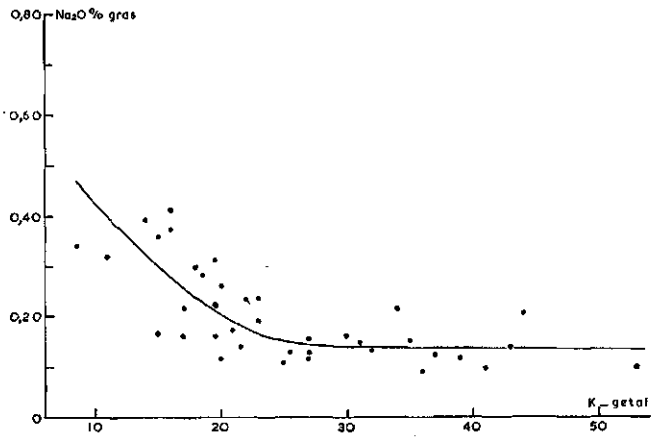

FIG. 21 *Relation between K-number of the soil and sodium content of the grass on sandy soils at sodium contents of the soil 5,1-8,0*
ABB. 21 *Zusammenhang zwischen K-Zahl des Bodens und Natriumgehalt des Grases auf Sandböden bei Natriumgehalten des Bodens 5,1-8,0*

FIG. 22 Verband tussen K-getal van grond en natriumgehalte van gras op zandgrond bij natriumgehalten van de grond 8,1-10,0

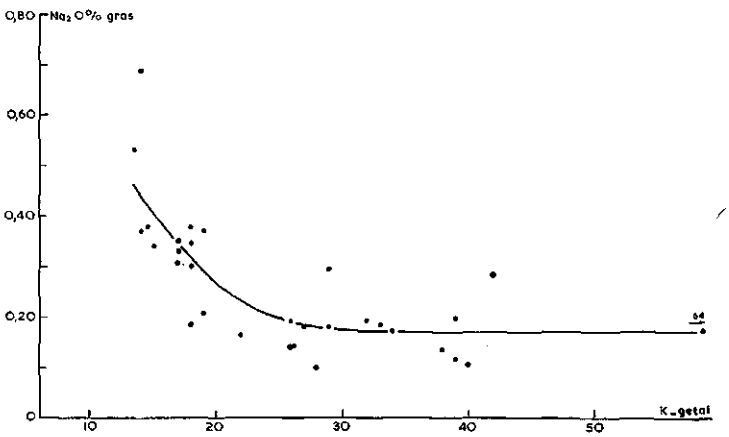

FIG. 22 *Relation between K-number of the soil and sodium content of the grass on sandy soils at sodium contents of the soil 8,1-10,0*
ABB. 22 *Zusammenhang zwischen K-Zahl des Bodens und Natriumgehalt des Grases auf Sandböden bei Natriumgehalten des Bodens 8,1-10,0*

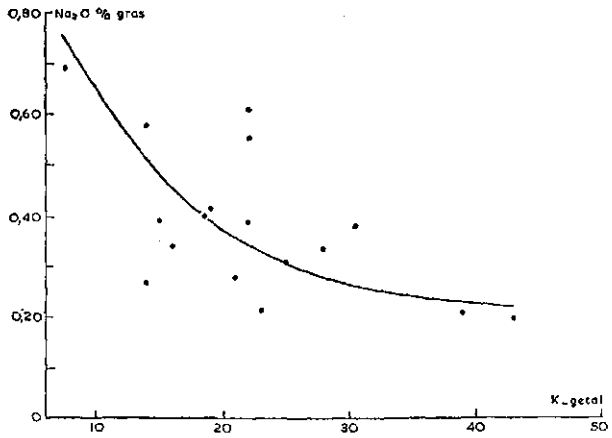

FIG. 23 Verband tussen K-getal van grond en natriumgehalte van gras op zandgrond bij natriumgehalten van de grond > 10

FIG. 23 *Relation between K-number of the soil and sodium content of the grass on sandy soils at sodium contents of the soil* > 10
ABB. 23 *Zusammenhang zwischen K-Zahl des Bodens und Natriumgehalt des Grases auf Sandböden bei Natriumgehalten des Bodens* > *10*

Vervolgens zijn de gevonden invloeden van natrium en kali wederzijds vereffend Het verband tussen natriumgehalte van de grond en natriumgehalte van het gras bij de verschillende K-getalgroepen is na deze vereffening weergegeven in figuur 24.

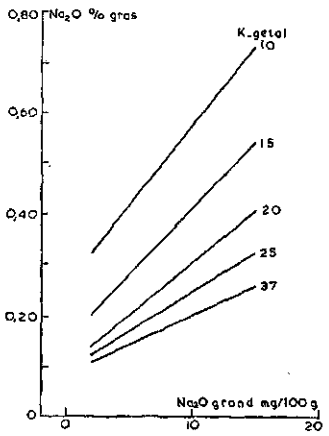

FIG. 24 Verband (vereffend) tussen natriumgehalte van grond en natriumgehalte van gras op zandgrond bij verschillende K-getallen

FIG. 24 *Relation (adjusted) between sodium content of the soil and sodium content of the grass on sandy soils at different K-numbers*
ABB. 24 *Zusammenhang (ausgeglichen) zwischen Natriumgehalt des Bodens und Natriumgehalt des Grases auf Sandböden bei verschiedenen K-Zahlen*

Figuur 25 toont het verband tussen K-getal van de grond en natriumgehalte van het gras bij verschillende natriumgehalten van de grond na wederzijdse vereffening. Uit beide figuren blijkt dat er een interactie bestaat tussen de natrium- en de kalitoestand van de grond ten aanzien van de opneming van natrium door het gras. Het verband tussen natriumtoestand van de grond en natriumgehalte van het gras wekt de suggestie dat het natriumgehalte van het gras onder invloed van die natriumtoestand ongelimiteerd kan stijgen. Wij moeten er echter op wijzen, dat in dit materiaal slechts één monster voorkwam met een natriumgehalte van de grond > 20 mg/100 g. Het grootste gedeelte van de geanalyseerde gronden had een na-

FIG. 25 Verband (vereffend) tussen K-getal van grond en natriumgehalte van gras op zandgrond bij verschillende natriumgehalten van de grond

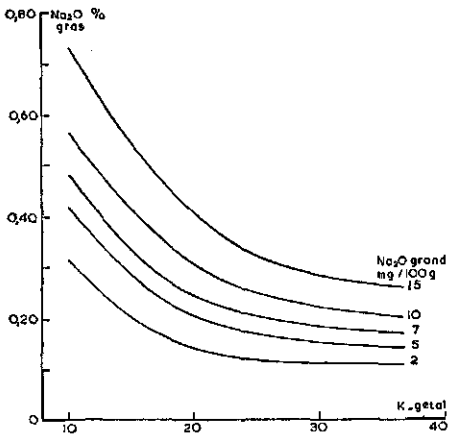

FIG. 25 *Relation (adjusted) between K-number of the soil and sodium content of the grass on sandy soils at different sodium contents of the soil*
ABB. 25 *Zusammenhang (ausgeglichen) zwischen K-Zahl des Bodens und Natriumgehalt des Grases auf Sandböden bei verschiedenen Natriumgehalten des Bodens*

triumgehalte < 10. Het is de vraag of de curve rechtlijnig zal blijven bij hoge natriumgehalten van de grond. Uit figuur 25 blijkt dat een K-getal van de grond groter dan 26 het natriumgehalte van het gras bij een lage natriumtoestand niet verder doet dalen. Wordt het natriumgehalte van de grond hoger dan hebben ook hogere K-getallen nog invloed. Op grond hiervan menen wij te mogen concluderen dat K-getallen groter dan 30 slechts een te verwaarlozen invloed hebben op het natriumgehalte van het gras. Dit was ook te verwachten. Zowel uit dit materiaal (fig. 2) als uit het onderzoek van VAN DER PAAUW (1956) blijkt, dat K-getallen > 30 het kaligehalte van het gras nauwelijks meer doen stijgen.

Wij hebben getracht de in het bovenstaande aangetoonde natrium- en kaliinvloed in één getal samen te vatten. Hiervoor hebben wij gebruik gemaakt van de door VAN DER PAAUW en RIS (1960) beschreven methode. Beide invloeden kunnen worden samengevat in de verhouding $\frac{15 \text{ K-getal}}{Na_2O + 6}$[1]. De verhouding is afgeleid bij lage K-getallen.

[1] De verhouding kan worden berekend met behulp van de figuren 24 en 25. Hieruit blijkt dat bij K-getallen van 12,1-16,0 (gem. K-getal en Na_2O-gehalte van de grond resp. 14,5 en 6,0) een verschil van één Na_2O-eenheid in de grond tegengesteld overeenkomt met het effect van 1,2 K-getal-eenheid op het natriumgehalte van het gras. Dit betekent dat bij herleiding van K-getal 14,5 op 6,0 Na_2O in de grond voor een afwijkend Na_2O-gehalte een correctie op het K-getal aangebracht moet worden van 1,2 (6—Na_2O) eenheden.
Door de positieve invloed van natrium in de grond op natrium in het gras komt een K-getal van 14,5 bij 6,0 Na_2O in de grond overeen met een K-getal van 14,5—1,2 (6—Na_2O) bij elk willekeurig Na_2O in de grond. De verhouding tussen beide K-getalwaarden is dus $\frac{14,5}{14,5 - 1,2\ (6 - Na_2O)} = \frac{12,1}{Na_2O + 6,1}$.
Als aangenomen wordt dat deze correctiefactor voor alle K-getalwaarden procentueel gelijk is, wordt de verhouding $\frac{12,1}{Na_2O + 6,1}$ x K-getal. Gebleken is dat deze veronderstelling bij het K-getal-traject van 16,1-20,0 goed aanvaardbaar is. In dit traject kwamen wij tot overeenkomstige verhoudingen. De coëfficiënt van de teller kan zonder bezwaar veranderd worden. Om verschillende redenen hebben wij de verhouding $\frac{15 \text{ K-getal}}{Na_2O + 6}$ genomen.

In dit materiaal is moeilijk na te gaan of deze verhouding ook bij hogere K-getallen goed voldoet. Hierop wordt nader ingegaan in hoofdstuk 6. Figuur 26 laat het verband tussen de aldus berekende waarden en het natriumgehalte van het gras zien. Hieruit blijkt dat het natriumgehalte van het gras sterk daalt met de stijging van de

FIG. 26 Verband tussen verhouding $\frac{15\ \text{K-getal}}{\text{Na}_2\text{O} + 6}$ in de grond en natriumgehalte van gras op zandgrond

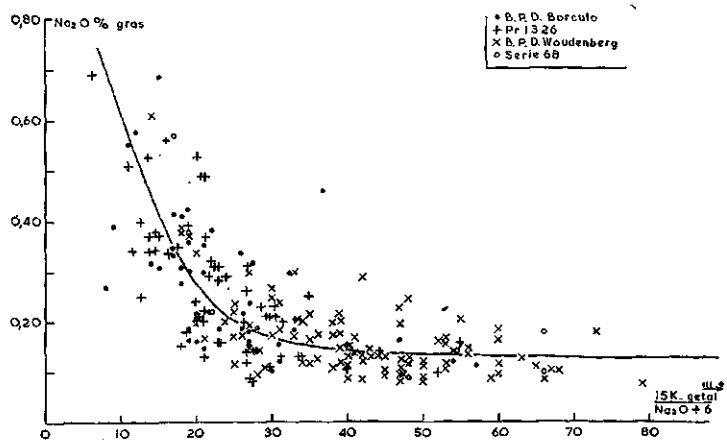

FIG. 26 *Relation between ratio* $\frac{15K\text{-number}}{Na_2O + 6}$ *in the soil and sodium content of the grass on sandy soils*

ABB. 26 *Zusammenhang zwischen Verhältnis* $\frac{15K\text{-Zahl}}{Na_2O + 6}$ *im Boden und Natriumgehalt des Grases auf Sandböden*

verhouding $\frac{15\ \text{K-getal}}{\text{Na}_2\text{O} + 6}$. Wordt de verhouding groter dan 25, dan daalt het natriumgehalte slechts weinig. Om de spreiding der punten in het gebied met een $\frac{15\ \text{K-getal}}{\text{Na}_2\text{O} + 6}$ verhouding kleiner dan 25 te verklaren, werden de loodrechte afstanden van de punten tot de lijn uitgezet tegen gehalte aan ruw eiwit, en kaligehalte van het gras, pH-KCl en humusgehalte van de grond. Geen van deze factoren bleek de nog aanwezige spreiding om de curve te kunnen verklaren.

Zoals in het literatuuroverzicht reeds werd vermeld komt OOSTENDORP (1961) tot de conclusie, dat de K_2O/Na_2O-verhouding (beide in 0,001 % oplosbaar in 1/10 N HCl) van de grond bepalend is voor het natriumgehalte van het gras.

In figuur 27 is het verband tussen het natriumgehalte van het gras en deze verhouding weergegeven. Vergelijking van deze figuur met figuur 26 laat zien dat de door ons afgeleide verhouding een beter verband geeft met het natriumgehalte van het gras dan de door OOSTENDORP gebruikte verhouding.

FIG. 27 Verband tussen verhouding K_2O/Na_2O in grond en natriumgehalte van gras op zandgrond

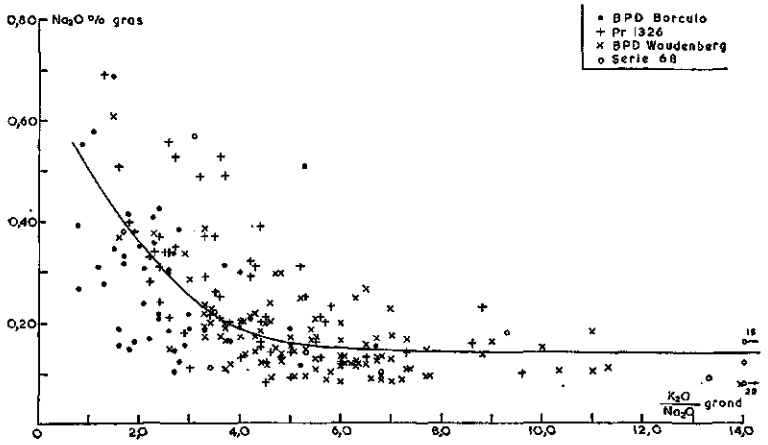

FIG. 27 *Relation between ratio K_2O/Na_2O in the soil and sodium content of the grass on sandy soils*
ABB. 27 *Zusammenhang zwischen Verhältnis K_2O/Na_2O im Boden und Natriumgehalt des Grases auf Sandböden*

FIG. 28 Invloed van het humusgehalte op het verband tussen K_2O/Na_2O-verhouding in grond en natriumgehalte van gras op zandgrond bij een verhouding $< 4,0$ (verticale afwijkingen van de stippen in fig. 27 tot de gemiddelde kromme bij verhouding $< 4,0$ zijn uitgezet tegen het humusgehalte)

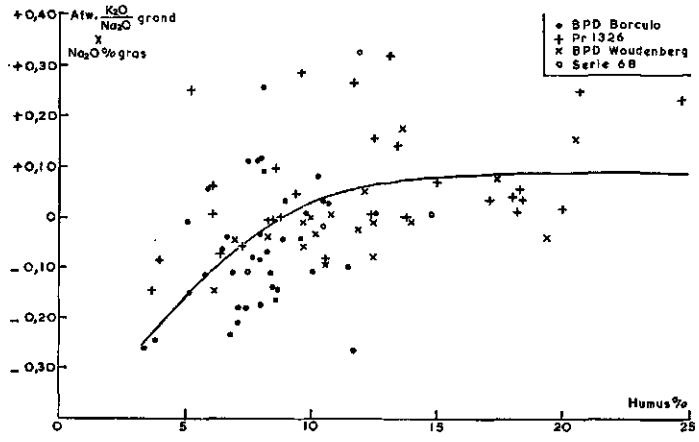

FIG. 28 *Effect of the humus content on the relation between K_2O/Na_2O ratio in the soil and sodium content of the grass on sandy soils at ratio $< 4,0$ (vertical deviations of the dots from average curve in fig. 27 at ratio $< 4,0$ have been plotted against humus content)*
ABB. 28 *Einfluss des Humusgehalts auf den Zusammenhang zwischen K_2O/Na_2O Verhältnis im Boden und Natriumgehalt des Grases auf Sandböden bei Verhältnis $< 4,0$ (vertikale Abweichungen von den Punkten zu der Kurve in Abb. 27 bei Verhältnis $< 4,0$ sind ausgesetzt worden gegen den Humusgehalt)*

De spreiding der punten om de curve in figuur 27 is vooral bij een K_2O/Na_2O-verhouding $< 4{,}0$ groot. Zoals in het voorgaande werd aangegeven, bestaat er een negatief verband tussen kali- en natriumgehalte van het gras. Het in de verhouding K_2O/Na_2O gebruikte kaligehalte van de grond geeft de kalitoestand van de grond onvoldoende weer. Dit gebeurt wel als het humusgehalte van de grond hierbij in rekening wordt gebracht. Daarom werden de afwijkingen van de punten tot de lijn (in vertikale richting gemeten bij een K_2O/Na_2O-verhouding $< 4{,}0$) uitgezet tegen het humusgehalte. Uit figuur 28 blijkt dat het humusgehalte een duidelijke invloed op de spreiding heeft. Naarmate het humusgehalte lager is, daalt het natriumgehalte van het gras. In figuur 29 zijn dezelfde afwijkingen uitgezet tegen het kaligehalte van

FIG. 29 Invloed van het kaligehalte van gras op het verband tussen K_2O/Na_2O-verhouding in grond en natriumgehalte van gras op zandgrond bij verhouding $< 4{,}0$ (verticale afwijkingen van de stippen in fig. 27 tot de gemiddelde kromme bij verhouding $< 4{,}0$ zijn uitgezet tegen het kaligehalte van het gras)

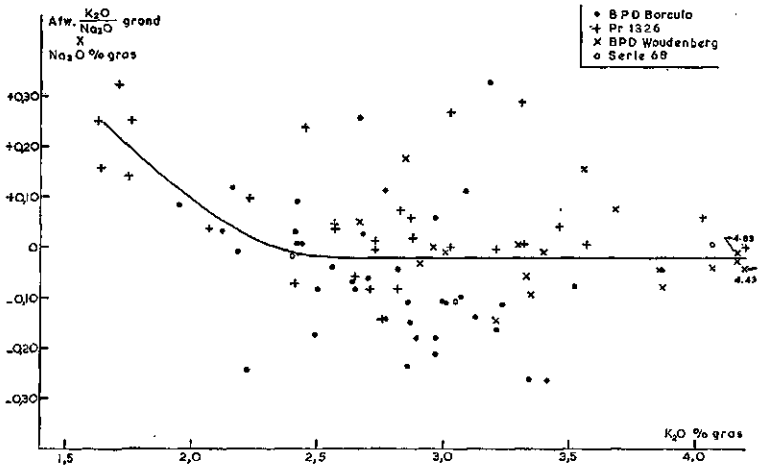

FIG. 29 *Effect of potash content of grass on the relation between K_2O/Na_2O ratio in the soil and sodium content of the grass on sandy soils at ratio $< 4{,}0$ (vertical deviations of the dots from average curve in fig. 27 at ratio $< 4{,}0$ have been plotted against the potash content of the grass)*

ABB. 29 *Einfluss des Kaliumgehalts des Grases auf den Zusammenhang zwischen K_2O/Na_2O-Verhältnis im Boden und Natriumgehalt des Grases auf Sandböden bei Verhältnis $< 4{,}0$ (vertikale Abweichungen von den Punkten zu der Kurve in Abb. 27 bei Verhältnis $< 4{,}0$ sind ausgesetzt worden gegen den Kaliumgehalt des Grases)*

het gras. Zoals op grond van figuur 28 al te verwachten was, blijkt een gedeelte van de spreiding verklaard te worden door het kaligehalte van het gras. Hieruit volgt dat door de K_2O/Na_2O-verhouding de negatieve invloed van kali op het natriumgehalte van het gras onvoldoende wordt weergegeven.

5.2 Kleigronden

In totaal waren 143 monsters afkomstig van kleigronden, waarvan 44 van zeeklei: Valkkoog (20), Waarland (20) en serie 68 (4) en 99 van rivierklei: Maas en Waal (49) en Bommelerwaard (50).

a. *Zeeklei* (Valkkoog, Waarland)

De analyseresultaten zijn vermeld in tabel 4. Het verband tussen het K-getal van de grond en het natriumgehalte van het gras is weergegeven in figuur 30. Evenals op zandgrond is dit gehalte lager, naarmate het K-getal van de grond hoger is, en hebben hoge K-getallen slechts weinig invloed op het natriumgehalte van het gras.

Fig. 30 Verband tussen K-getal van grond en natriumgehalte van gras op zeeklei (Valkkoog en Waarland)

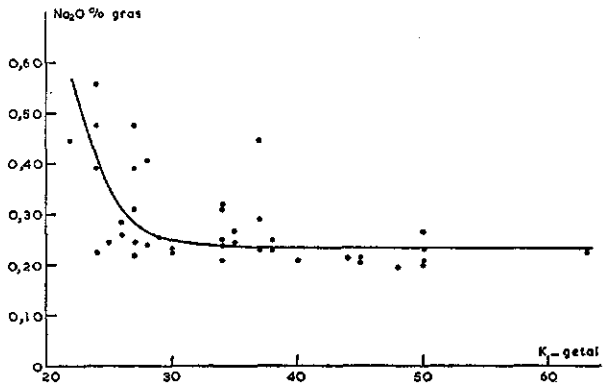

Fig. 30 *Relation between K-number of the soil and sodium content of grass on sea clay soils (Valkkoog and Waarland)*

Abb. 30 *Zusammenhang zwischen K-Zahl des Bodens und Natriumgehalt des Grases auf Marschtonböden (Valkkoog und Waarland)*

Bij een K-getal $\leqslant 28$ heeft het natriumgehalte van de grond een invloed (figuur 31). Bij K-getallen > 28 kon geen invloed van het natriumgehalte van de grond worden aangetoond. Figuur 32 laat het verband zien tussen natriumgehalte van het gras en K-getal van de grond nadat voor de monsters met een K-getal $\leqslant 28$ gecorrigeerd is op een natriumgehalte van de grond van 14,5 mg/100 g. Een invloed van het gehalte aan afslibbare delen, humus, pH-KCl van de grond en de gehalten aan ruw eiwit en kali van het gras kon niet worden aangetoond.

b. *Rivierklei* (Maas en Waal)

De analyseresultaten zijn vermeld in tabel 5. Evenals bij de andere onderzoekingen is ook hier het natriumgehalte van het gras lager, naarmate het K-getal hoger is

Fig. 31 Invloed van het natriumgehalte van de grond op het verband tussen K-getal en natriumgehalte van gras op zeeklei bij K-getallen $\leqslant 28$ (verticale afwijkingen van de stippen in fig. 30 tot de gemiddelde kromme bij K-getallen $\leqslant 28$ zijn uitgezet tegen het natriumgehalte van de grond)

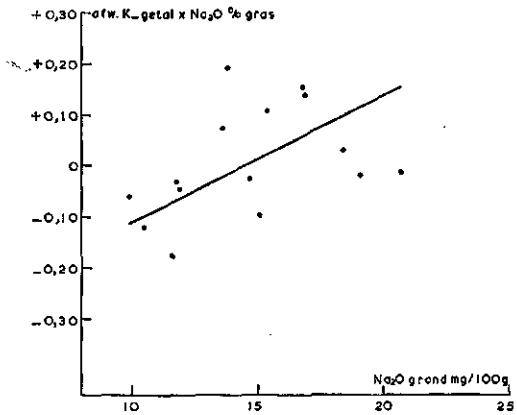

FIG. 31 *Effect of the sodium content of the soil on the relation between K-number and sodium content of the grass on sea clay soils at K-number* $\leqslant 28$ *(vertical deviations of the dots from average curve in fig. 30 at K-number* $\leqslant 28$ *have been plotted against the sodium content of the soil)*
ABB. 31 *Einfluss des Natriumgehalts des Bodens auf den Zusammenhang zwischen K-Zahl und Natriumgehalt des Grases auf Marschtonböden bei K-Zahlen* $\leqslant 28$ *(vertikale Abweichungen von den Punkten zu der Kurve in Abb. 30 bei K-Zahlen* $\leqslant 28$ *sind ausgesetzt worden gegen den Natriumgehalt des Bodens)*

FIG. 32 Verband tussen K-getal van grond en natriumgehalte van gras op zeeklei (Valkkoog en Waarland) na correctie op een gelijk natriumgehalte van de grond (14,5 mg/100 g grond) bij K-getallen $\leqslant 28$

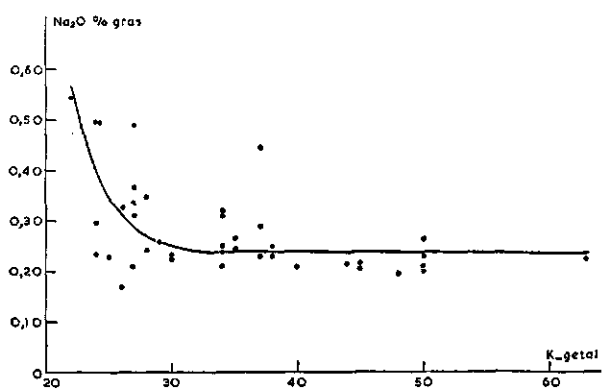

FIG. 32 *Relation between K-number and sodium content of the grass on marine clay soils (Valkkoog and Waarland) after correction to equal sodium content of the soil (14,5 mg/100 g soil) at K-numbers* $\leqslant 28$
ABB. 32 *Zusammenhang zwischen K-Zahl und Natriumgehalt des Grases auf Marschtonböden (Valkkoog und Waarland) nach Korrektion auf gleichem Natriumgehalt des Bodens (14,5 mg/100 g Boden) bei K-Zahlen* $\leqslant 28$

FIG. 33 Verband tussen K-getal van grond en natriumgehalte van gras in de ruilverkaveling Maas en Waal (rivierklei)

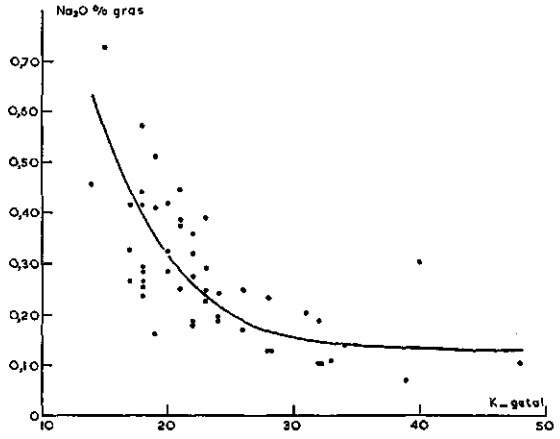

FIG. 33 *Relation between K-number of the soil and sodium content of the grass in the reallotment Maas and Waal (river clay)*
ABB. *33 Zusammenhang zwischen K-Zahl des Bodens und Natriumgehalt des Grases in der Bodenverkoppelung Maas und Waal (Flusstonboden)*

FIG. 34 Invloed van het natriumgehalte van de grond op het verband tussen K-getal en natriumgehalte van gras op rivierklei bij K-getallen < 24 (verticale afwijkingen van de stippen in fig. 33 tot de gemiddelde kromme bij K-getallen < 24 zijn uitgezet tegen het natriumgehalte van de grond)

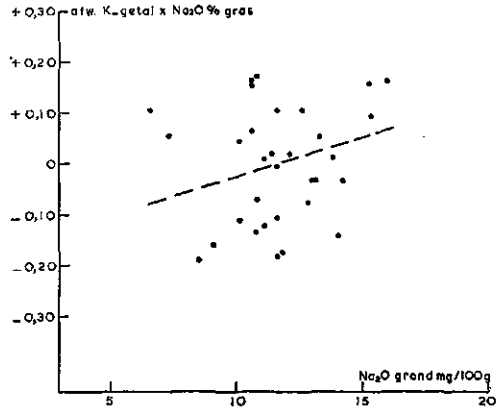

FIG. 34 *Effect of the sodium content of the soil on the relation between K-number and sodium content of the grass on river clay at K-numbers < 24 (vertical deviations of the dots from average curve in fig. 33 at K-numbers < 24 have been plotted against the sodium content of the soil)*
ABB. 34 *Einfluss des Natriumgehalts des Bodens auf den Zusammenhang zwischen K-Zahl und Natriumgehalt des Grases auf Flusstonböden bei K-Zahlen < 24 (vertikale Abweichungen von den Punkten zu der Kurve in Abb. 33 bei K-Zahlen < 24 sind ausgesetzt worden gegen den Natriumgehalt des Bodens)*

(fig. 33). K-getallen hoger dan 28 hebben slechts weinig invloed op het natriumgehalte van het gras. De spreiding van de punten om de lijn is niet groot, zodat eventuele invloeden van andere factoren slechts gering kunnen zijn. In figuur 34 zijn de loodrechte afstanden van de punten tot de lijn bij een K-getal < 24 uitgezet tegen het Na_2O-gehalte van de grond; in figuur 35 is hetzelfde gedaan voor de monsters met een K-getal $\geqslant 24$. Hoewel in beide figuren de invloed van het natriumgehalte van de grond onduidelijk is, geven zij dezelfde tendens als bij de andere onderzoekingen

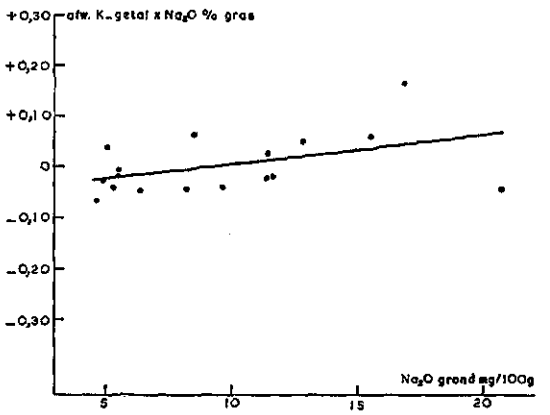

FIG. 35 Als fig. 34, maar bij K-getallen $\geqslant 24$

FIG. 35 *Like fig. 34, but at K-numbers* $\geqslant 24$

ABB. 35 *Wie Abb. 34, jedoch bei K-Zahlen* $\geqslant 24$

werd gevonden, nl. dat het natriumgehalte van de grond een positieve invloed heeft op het natriumgehalte van het gras en dat deze invloed bij hoge K-getallen geringer is dan bij lage. Er kon geen invloed van het gehalte aan afslibbare delen, humus en pH-KCl van de grond en ruw eiwit en kali in het gras worden aangetoond.

c. *Rivierklei* (Bommelerwaard)

De analyseresultaten zijn vermeld in tabel 6. Figuur 36 geeft het verband tussen K-getal van de grond en natriumgehalte van het gras. Hoewel het natriumgehalte van het gras bij een hoog K-getal ook hier gemiddeld lager is dan bij een laag, is het verband in vergelijking met de hierboven vermelde onderzoekingen niet fraai. De grote spreiding kan niet worden verklaard door verschillen in natriumgehalte, pH-KCl, humus en gehalte aan afslibbare delen van de grond en kali en ruw eiwitgehalte van het gras.

d. *Gezamenlijk materiaal van kleigronden*

Evenals bij de zandgronden hebben wij ook de gegevens van de kleigronden gezamenlijk bewerkt, waarbij de invloeden van de natrium- en kalitoestand van de grond het eerst zijn bestudeerd. Gezien de slechte correlatie tussen K-getal en natriumgehalte van het gras in de Bommelerwaard, hebben wij dit materiaal niet in de gezamenlijke

FIG. 36 Verband tussen K-getal van grond en natriumgehalte van gras in de ruilverkaveling Bommelerwaard (rivierklei)

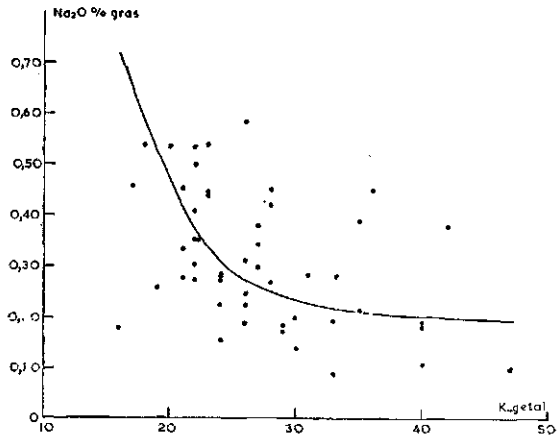

FIG. 36 *Relation between K-number of the soil and sodium content of the grass in the reallotment Bommelerwaard (river clay)*
ABB. 36 *Zusammenhang zwischen K-Zahl des Bodens und Natriumgehalt des Grases in der Bodenverkoppelung Bommelerwaard (Flusstonboden)*

bewerking opgenomen. Vervolgens werd ook hier getracht de invloed van K-getal en natriumgehalte van de grond in één getal weer te geven, waarna werd nagegaan in hoeverre het materiaal uit de Bommelerwaard hieraan voldeed.

Het materiaal is gesplitst in groepen, waarin tussen K-getal en natriumgehalte van de grond geen samenhang bestaat. Om de invloed van het natriumgehalte van de grond op het natriumgehalte van het gras na te gaan werd het materiaal gesplitst in de volgende groepen:

1. K-getal $<$ 22 (gem. 18,5) 23 waarnemingen
2. K-getal 22,0-27,9 (gem. 24,4) 30 waarnemingen
3. K-getal 28,0-35,9 (gem. 31,6) 21 waarnemingen
4. K-getal $\geqslant$ 36,0 (gem. 44,5) 19 waarnemingen

FIG. 37 Verband tussen natriumgehalte van grond en natriumgehalte van gras op kleigrond bij K-getallen $<$ 22

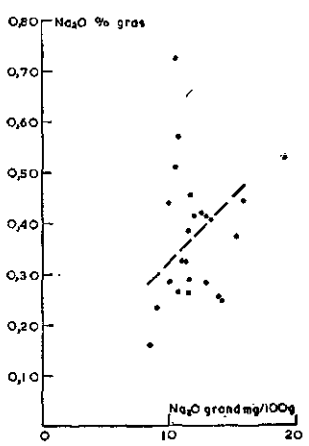

FIG. 37 *Relation between sodium content of the soil and sodium content of the grass on clay soils at K-numbers $<$ 22*
ABB. 37 *Zusammenhang zwischen Natriumgehalt des Bodens und Natriumgehalt des Grases auf Tonböden bei K-Zahlen $<$ 22*

Het verband tussen natriumgehalte van de grond en natriumgehalte van het gras in de verschillende groepen is weergegeven in de figuren 37, 38, 39 en 40.

Bij elke K-getalgroep is het natriumgehalte van het gras hoger, naarmate het natriumgehalte van de grond hoger is.

Om de invloed van het K-getal van de grond op het natriumgehalte van het gras na te gaan werd het materiaal gesplitst in de volgende groepen:

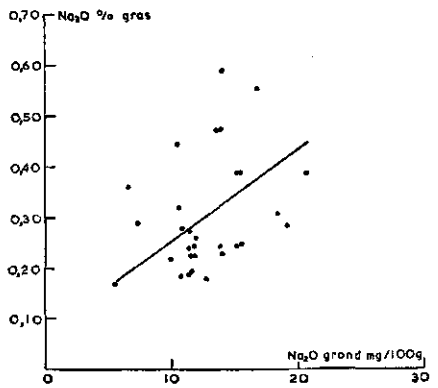

FIG. 38 Verband tussen natriumgehalte van grond en natriumgehalte van gras op kleigrond bij K-getallen 22,0-27,9

FIG. 38 *Relation between sodium content of the soil and sodium content of the grass on clay soils at K-numbers 22,0-27,9*

ABB. 38 *Zusammenhang zwischen Natriumgehalt des Bodens und Natriumgehalt des Grases auf Tonböden bei K-Zahlen 22,0-27,9*

1. Na_2O-gehalte van de grond $\leqslant$ 9,4 mg/100 g (gem. 6,8) 14 waarnemingen
2. Na_2O-gehalte van de grond 9,5-11,2 mg/100 g (gem. 10,4) 23 waarnemingen
3. Na_2O-gehalte van de grond 11,3-14,1 mg/100 g (gem. 12,6) 27 waarnemingen
4. Na_2O-gehalte van de grond $>$ 14,1 mg/100 g (gem. 17,9) 29 waarnemingen

FIG. 39 Verband tussen natriumgehalte van grond en natriumgehalte van gras op kleigrond bij K-getallen 28,0-35,9

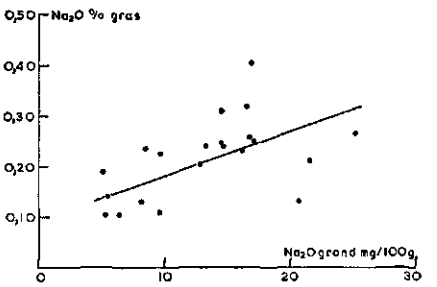

FIG. 39 *Relation between sodium content of the soil and sodium content of the grass on clay soils at K-numbers 28,0-35,9*

ABB. 39 *Zusammenhang zwischen Natriumgehalt des Bodens und Natriumgehalt des Grases auf Tonböden bei K-Zahlen 28,0-35,9*

Het verband tussen K-getal van de grond en natriumgehalte van het gras in de verschillende groepen is weergegeven in de figuren 41, 42, 43 en 44. De figuren 45 en 46 geven het verband tussen natriumgehalte van het gras en natriumgehalte resp. K-getal van de grond weer na wederzijdse vereffening. Uit beide figuren blijkt dat ook op kleigronden een interactie bestaat tussen de natrium- en kalitoestand van de grond ten aanzien van de opneming van natrium door het gewas. Evenals bij de

FIG. 40 Verband tussen natriumgehalte van grond en natriumgehalte van gras op kleigrond bij K-getallen $\geqslant 36$

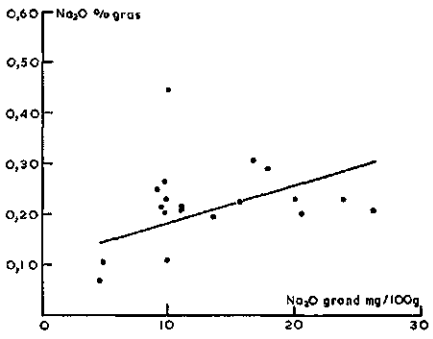

FIG. 40 *Relation between sodium content of the soil and sodium content of the grass on clay soils at K-numbers* $\geqslant 36$
ABB. 40 *Zusammenhang zwischen Natriumgehalt des Bodens und Natriumgehalt des Grases auf Tonböden bei K-Zahlen* $\geqslant 36$

zandgronden blijkt ook hier dat K-getallen > 30 slechts een te verwaarlozen invloed hebben op het natriumgehalte van het gras.

De boven vermelde natrium- en kalitoestand kunnen worden samengebracht in de verhouding $\frac{25 \text{ K-getal}}{Na_2O + 14}$.

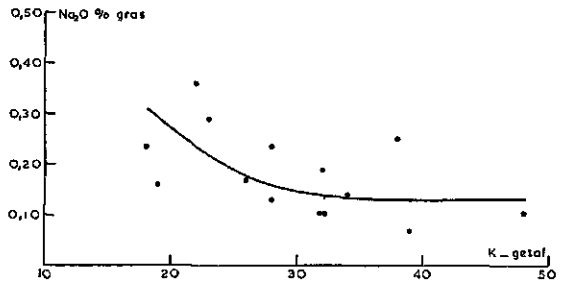

FIG. 41 Verband tussen K-getal van grond en natriumgehalte van gras op kleigrond bij natriumgehalten van de grond $\leqslant 9{,}4$

FIG. 41 *Relation between K-number and sodium content of the grass on clay soils at sodium contents of the soil* $\leqslant 9{,}4$
ABB. 41 *Zusammenhang zwischen K-Zahl und Natriumgehalt des Grases auf Tonböden bei Natriumgehalten des Bodens* $\leqslant 9{,}4$

FIG. 42 Verband tussen K-getal van grond en natriumgehalte van gras op kleigrond bij natriumgehalten van de grond 9,5-11,2

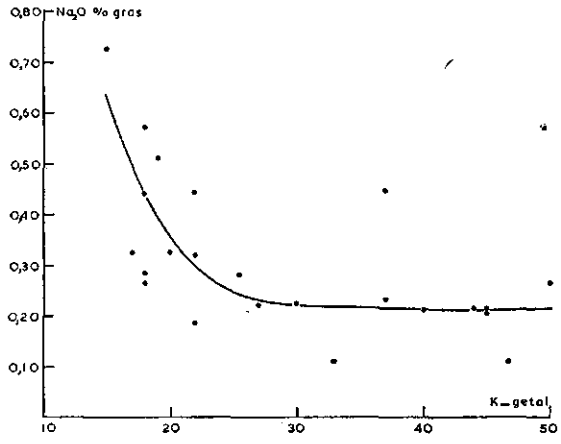

FIG. 42 *Relation between K-number and sodium content of the grass on clay soils at sodium contents of the soil 9,5-11,2*
ABB. 42 *Zusammenhang zwischen K-Zahl und Natriumgehalt des Grases auf Tonböden bei Natriumgehalten des Bodens 9,5-11,2*

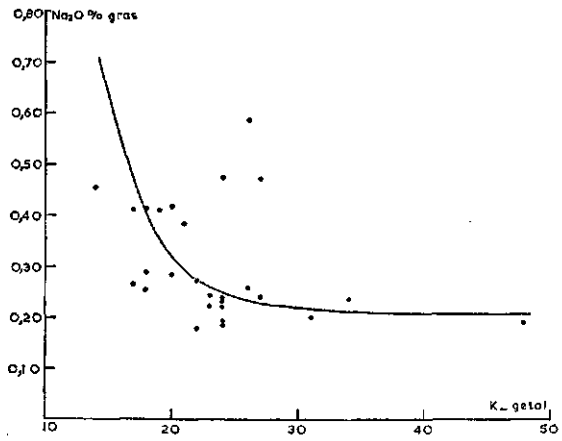

FIG. 43 Verband tussen K-getal van grond en natriumgehalte van gras op kleigrond bij natriumgehalten van de grond 11,3-14,1

FIG. 43 *Relation between K-number and sodium content of the grass on clay soils at sodium contents of the soil 11,3-14,1*
ABB. 43 *Zusammenhang zwischen K-Zahl und Natriumgehalt des Grases auf Tonböden bei Natriumgehalten des Bodens 11,3-14,1*

Deze verhouding is in hoofdzaak vastgesteld bij lage K-getallen. In dit materiaal is moeilijk na te gaan of deze verhouding ook bruikbaar is bij hogere K-getallen. Hierop wordt nader ingegaan in hoofdstuk 6. In figuur 47 is het verband tussen de genoemde verhouding en het natriumgehalte van het gras weergegeven.

Figuur 48 geeft het verband tussen de K_2O/Na_2O-verhouding in de grond (OOSTENDORP) en het natriumgehalte van het gras. Vergelijking van beide figuren toont, dat ook op kleigronden de door ons afgeleide verhouding de voorkeur verdient.

FIG. 44 Verband tussen K-getal van grond en natriumgehalte van gras op kleigrond bij natriumgehalten van de grond $>$ 14,1

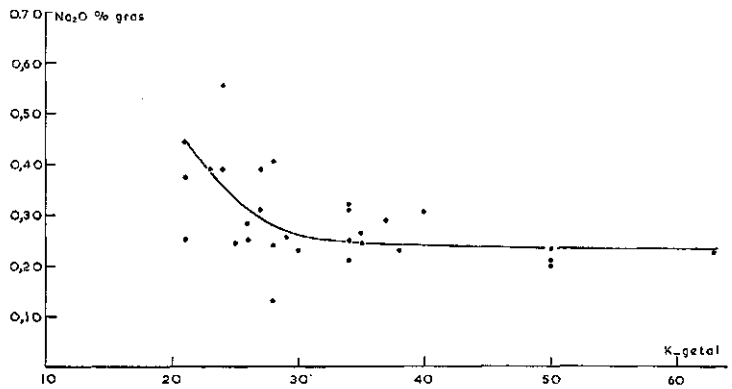

FIG. 44 *Relation between K-number and sodium content of the grass on clay soils at sodium contents of the soil* $>$ 14,1
ABB. 44 *Zusammenhang zwischen K-Zahl und Natriumgehalt des Grases auf Tonböden bei Natriumgehalten des Bodens* $>$ *14,1*

FIG. 45 Verband (vereffend) tussen natriumgehalte van grond en natriumgehalte van gras op kleigrond bij verschillende K-getallen

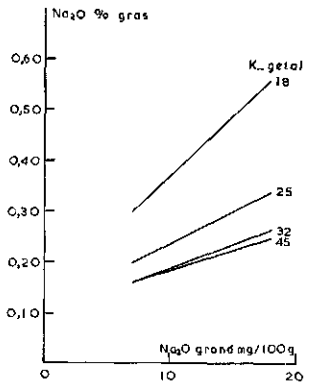

FIG. 45 *Relation (adjusted) between sodium content of the soil and sodium content of the grass on clay soils at different K-numbers*
ABB. 45 *Zusammenhang (ausgeglichen) zwischen Natriumgehalt des Bodens und Natriumgehalt des Grases auf Tonböden bei verschiedenen K-Zahlen*

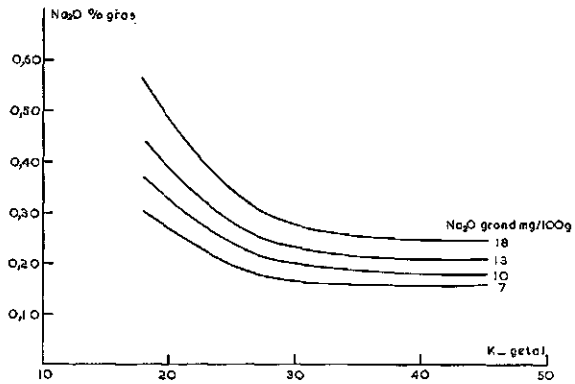

FIG. 46 Verband (vereffend) tussen K-getal van grond en natriumgehalte van gras op kleigrond bij verschillende natriumgehalten van de grond

FIG. 46 *Relation (adjusted) between K-number and sodium content of the grass on clay soils at different sodium contents of the soil*
ABB. 46 *Zusammenhang (ausgeglichen) zwischen K-Zahl und Natriumgehalt des Grases auf Tonböden bei verschiedenen Natriumgehalten des Bodens*

FIG. 47 Verband tussen verhouding $\frac{25K\text{-getal}}{Na_2O + 14}$ in de grond en natriumgehalte van gras op kleigrond

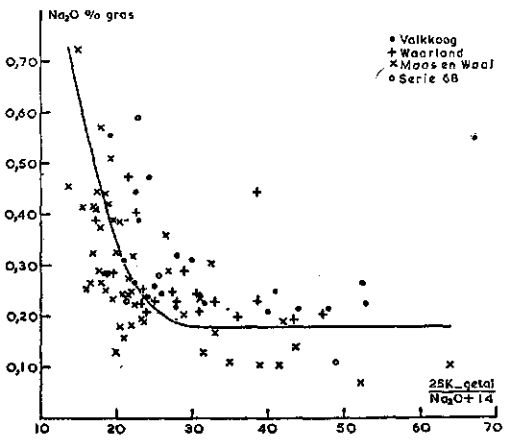

FIG. 47 *Relation between ratio* $\frac{25K\text{-number}}{Na_2O + 14}$ *in the soil and sodium content of the grass on clay soils*
ABB. 47 *Zusammenhang zwischen Verhältnis* $\frac{25K\text{-Zahl}}{Na_2O + 14}$ *im Boden und Natriumgehalt des Grases auf Tonböden*

FIG. 48 Verband tussen verhouding K_2O/Na_2O in de grond en natriumgehalte van gras op kleigrond

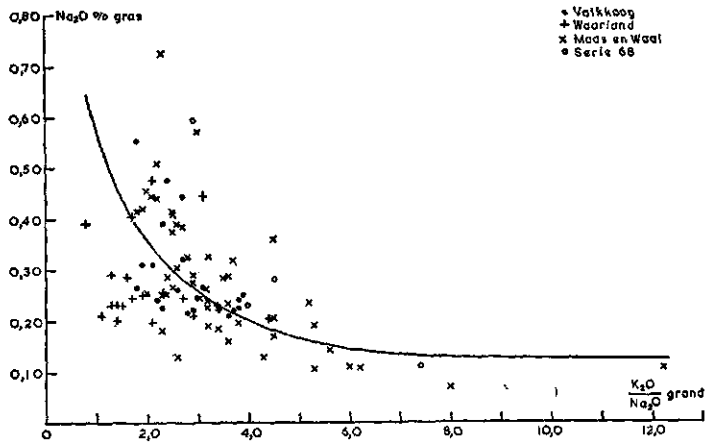

FIG. 48 *Relation between ratio K_2O/Na_2O in the soil and sodium content of the grass on clay soils*
ABB. 48 *Zusammenhang zwischen Verhältnis K_2O/Na_2O im Boden und Natriumgehalt des Grases auf Tonböden*

Zoals boven werd vermeld zijn in deze bewerking de gegevens uit de Bommelerwaard buiten beschouwing gelaten. In figuur 49 zijn deze monsters wel opgenomen, waarbij blijkt dat zij ook nu enigszins afwijkend zijn.

FIG. 49 Als figuur 47, waaraan de analyseresultaten van de Bommelerwaard zijn toegevoegd

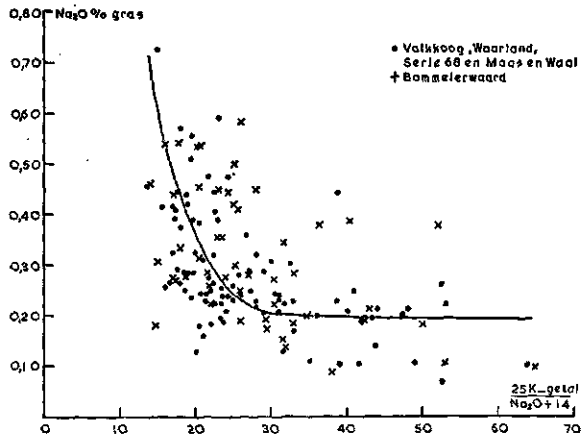

FIG. 49 *Like fig. 47, the analytical results from the Bommelerwaard included*
ABB. 49 *Wie Abb. 47, jedoch mit den Analysenergebnissen aus der Bommelerwaard*

6 ADVIESBASIS

Zoals uit het bovenstaande blijkt, bestaat er een goed verband tussen de verhoudingen $\frac{15\text{ K-getal}}{Na_2O + 6}$ resp. $\frac{25\text{ K-getal}}{Na_2O + 14}$ in de grond en het natriumgehalte van het gras op zand- resp. kleigronden. Bij het grootste gedeelte van het materiaal werden de grond- en gewasmonsters gelijktijdig genomen; bij de proefvelden van Pr 1326 en serie 68 werd alleen het materiaal van de veldjes zonder kali in beschouwing genomen (bij Pr 1326 grond- en gewasmonsters tegelijk).

Het is daarom de vraag of de genoemde verhouding op het ogenblik van de bemonstering in de praktijk (najaar) dezelfde invloed heeft op het natriumgehalte van het gras in het voorjaar als hier werd gevonden, m.a.w. of de genoemde verhoudingen kunnen dienen als een basis voor een advies voor bemesting met natrium. Bovendien wordt na de bemonstering dikwijls nog bemest, waardoor de verhouding weer verandert. Het is daarom wel interessant na te gaan hoe het verband is tussen de verhouding bepaald vóór de bemesting en het natriumgehalte van het gras en welke invloed bemesting met kali resp. met natrium hierop heeft.

6.1 Invloed van kalibemesting op zandgronden

Alvorens hierop in te gaan is het gewenst de verhouding $\frac{15\text{ K-getal}}{Na_2O + 6}$ aan een kritische beschouwing te onderwerpen.

Deze verhouding is in hoofdzaak afgeleid bij lage K-getallen. Door het geringe aantal waarnemingen was het niet mogelijk na te gaan of deze verhouding ook bruikbaar is bij hogere K-getallen. Dit lijkt niet aannemelijk (fig. 25), daar de daling van het natriumgehalte van het gras onder invloed van het K-getal bij K-getallen > 30 praktisch te verwaarlozen is (bij lagere natriumgehalten van de grond zelfs al eerder). Van der Paauw vond dat K-getallen > 30 het kaligehalte van het gras nauwelijks meer doen stijgen. Dit blijkt ook uit onze uitkomsten. Een en ander wijst er op dat de teller in de formule een constante waarde benadert bij K-getallen > 30, nl. $15 \times 30 = 450$.

Het verband tussen het natriumgehalte van het gras en de verhouding $\frac{15\text{ K-getal}}{Na_2O + 6}$ als voor de teller een constante waarde (450) wordt aangenomen bij K-getallen > 30 wordt weergegeven in figuur 50. Vergelijking van figuur 50 met figuur 26 toont, dat

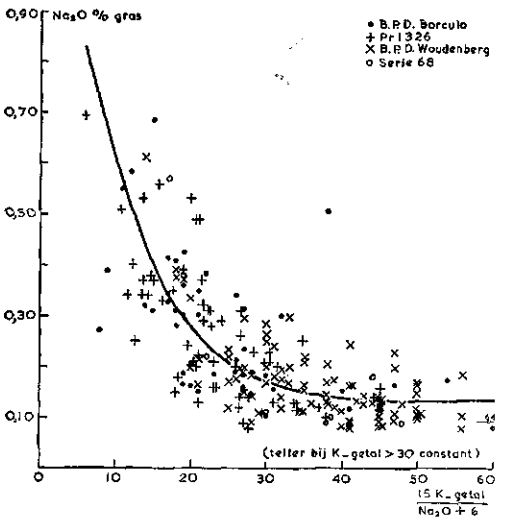

FIG. 50 Verband tussen verhouding $\frac{\text{15K-getal}}{Na_2O + 6}$ in de grond (teller bij K-getal > 30 constant) en natriumgehalte van gras op zandgrond

FIG. 50 *Relation between ratio* $\frac{15K\text{-number}}{Na_2O + 6}$ *in the soil (numerator at K-numbers* > 30 *constant) and sodium content of the grass on sandy soils*

ABB. 50 *Zusammenhang zwischen Verhältnis* $\frac{15K\text{-Zahl}}{Na_2O + 6}$ *im Boden (Zähler bei K-Zahlen* > 30 *konstant) und Natriumgehalt des Grases auf Sandböden*

de samenhang in de eerste iets beter is. Door het geringe aantal monsters met hoge K-getallen en hoge natriumtoestand is het verschil niet groot.

Op grond van het feit dat hoge K-getallen het natriumgehalte van het gras nauwelijks meer doen dalen, kan men verwachten dat een kalibemesting vooral van invloed is op het natriumgehalte van het gras bij lage K-getallen. Dit wordt gedemonstreerd in figuur 51. In deze figuur is het verschil tussen het natriumgehalte van het gras in

FIG. 51 Verband tussen K-getal van grond en daling van het natriumgehalte van gras bij twee natriumtoestanden onder invloed van 200 kg K_2O/ha (als kalizout 60%) bij Pr 1326

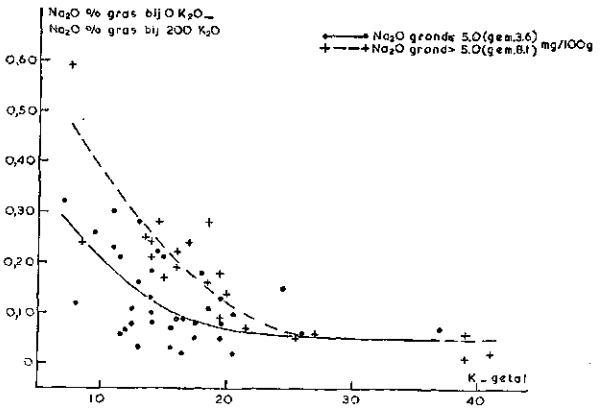

FIG. 51 *Relation between K-number of the soil and decrease of sodium content of the grass by a dressing of 200 kg* K_2O *per ha at two sodium levels (as potash salt 60%) at Pr 1326*

ABB. 51 *Zusammenhang zwischen K-Zahl des Bodens und Rückgang des Natriumgehalts des Grases durch eine Düngung mit 200 Kg* K_2O *pro ha (als Kalidüngesalz 60%) bei zwei Natriumzuständen auf Pr 1326*

het voorjaar 1952 van de veldjes zonder kalibemesting en van die met 200 kg K_2O/ha in de vorm van kalizout 60 % van de serie proefvelden Pr 1326 uitgezet tegen het K-getal van de onbemeste veldjes na de eerste snede. Uit deze figuur blijkt dat zowel bij lage als bij hogere natriumtoestand van de grond de kalibemesting het natriumgehalte van het gras alleen verlaagt bij een laag K-getal van de grond.

Om na te gaan of de verhouding $\frac{15 \text{ K-getal}}{Na_2O + 6}$ ook geldt indien met kali is bemest, kunnen wij gebruik maken van de proefvelden van Pr 1326 door deze verhouding van de veldjes zonder kali en die met 200 kg K_2O na de eerste snede te bepalen (tabel 3). In figuur 52 is het verband tussen de verhouding $\frac{15 \text{ K-getal}}{Na_2O + 6}$ (teller bij K-getal $>$ 30 is gelijk aan de waarde bij K-getal 30) en het natriumgehalte van het gras bij beide bemestingen weergegeven. Het blijkt dat beide groepen van stippen goed bij elkaar aansluiten, waaruit men kan afleiden dat de invloed van verse kalibemesting naar 200 kg K_2O/ha op het natriumgehalte van het gras gelijk is aan die van bodemkali.

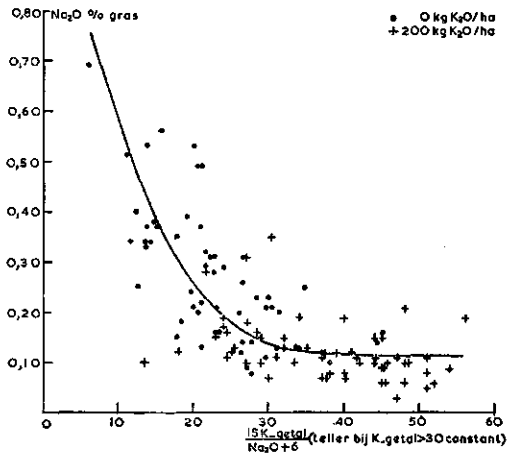

FIG. 52 Verband tussen verhouding $\frac{15\text{K-getal}}{Na_2O + 6}$ in de grond (teller bij K-getal $>$ 30 constant) en natriumgehalte van gras op zandgrond bij Pr 1326 (K-getal bepaald na de eerste snede)

FIG. 52 *Relation between ratio* $\frac{15K\text{-number}}{Na_2O + 6}$ *in the soil (numerator at K-numbers* $>$ *30 constant) and sodium content of the grass on sandy soils at Pr 1326 (K-number determined after the first cut)*

ABB. 52 *Zusammenhang zwischen Verhältnis* $\frac{15K\text{-Zahl}}{Na_2O + 6}$ *im Boden (Zähler bei K-Zahlen* $>$ *30 konstant) und Natriumgehalt des Grases auf Sandböden auf Pr 1326 (K-Zahl bestimmt nach dem ersten Schnitt)*

Doordat het K-getal van de grond per veldje vóór de bemesting ontbreekt, is het niet mogelijk de verhouding $\frac{15 \text{ K-getal}}{Na_2O + 6}$ te berekenen vóór de bemesting, zodat dit materiaal niet geschikt is om een antwoord te geven op de vraag of het natriumgehalte van het gras in het voorjaar beantwoordt aan de verhouding $\frac{15 \text{ K-getal}}{Na_2O + 6}$ vóór de bemesting.

De gegevens van de proefvelden op zandgrond van serie 68 zijn hiervoor geschikter. Van deze proefvelden zijn het K-getal en het natriumgehalte van de grond vóór de bemesting bekend. Enkele veldjes werden bemest met 100 kg K_2O in de vorm van kalizout 40 %. Het K-getal van de bemeste veldjes kan dus door middel van de kaligetaleenheid worden berekend. Daar de kali in de vorm van kalizout 40 % werd gegeven, werd door de kalibemesting niet alleen het K-getal maar ook het natriumgehalte van de grond verhoogd (kalizout 40 % bevat 18 % Na_2O[1]). Voor de met kali bemeste veldjes werd daarom ook het natriumgehalte van de grond berekend met behulp van het volumegewicht en de toegediende hoeveelheid natrium (tabel 7 en 7a). Figuur 53 geeft het verband weer tussen de aldus verkregen $\frac{15 \text{ K-getal}}{Na_2O + 6}$-verhouding (teller bij K-getal $>$ 30 is gelijk aan de waarde bij K-getal 30) en het natriumgehalte

FIG. 53 Verband tussen verhouding $\frac{15\text{K-getal}}{Na_2O + 6}$ in de grond (teller bij K-getal $>$ 30 constant) en natriumgehalte van gras op zandgrond bij serie 68 (K-getal bij 100 kg K_2O berekend uit K-getal voor de bemesting; hetzelfde geldt voor het natriumgehalte van de grond)

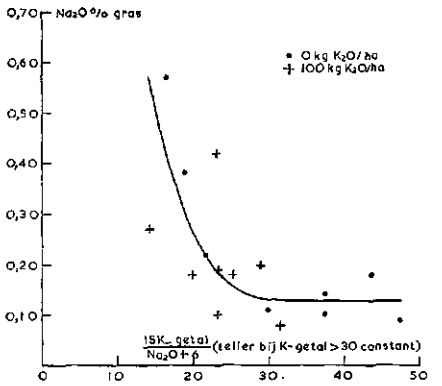

FIG. 53 *Relation between ratio* $\frac{15K\text{-number}}{Na_2O + 6}$ *in the soil (numerator at K-numbers* $>$ *30 constant) and sodium content of the grass on sandy soils at series 68 (K-number at 100 kg* K_2O *calculated from K-number before manuring; the same applies to the sodium content of the soil)*

ABB. 53 *Zusammenhang zwischen Verhältnis* $\frac{15K\text{-}Zahl}{Na_2O + 6}$ *im Boden (Zähler bei K-Zahlen* $>$ *30 konstant) und Natriumgehalt des Grases auf Sandböden bei Serie 68 (K-Zahl bei 100 Kg* K_2O *berechnet aus K-Zahl vor der Düngung; dasselbe gilt für den Natriumgehalt des Bodens)*

van het gras. Hoewel het slechts een gering aantal gegevens zijn, geeft figuur 53 een aanwijzing dat in de gebruikte verhouding de berekende invloed van de kalibemesting niet afwijkt van het effect van bodemkali.

[1] Ontleend aan Landbouwgids 1961

6.2 Invloed van kalibemesting op kleigronden

Evenals op zandgronden behoort ook bij de verhouding $\frac{25 \text{ K-getal}}{Na_2O + 14}$ op kleigronden een kanttekening. Uit figuur 46 is nl. gebleken dat ook op kleigronden de invloed van K-getallen > 30 op het natriumgehalte van het gras te verwaarlozen is, zodat bij deze K-getallen de teller een constante waarde benadert ($25 \times 30 = 750$). In figuur 54 is het verband tussen het natriumgehalte van het gras en de verhouding $\frac{25 \text{ K-getal}}{Na_2O + 14}$

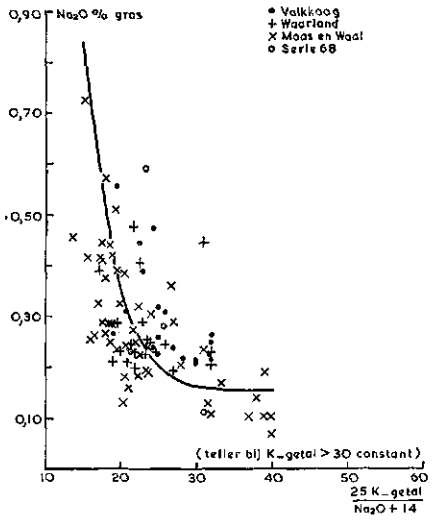

Fig. 54 Verband tussen verhouding $\frac{25\text{K-getal}}{Na_2O + 14}$ in de grond (teller bij K-getal > 30 constant) en natriumgehalte van gras op kleigrond

Fig. 54 *Relation between ratio* $\frac{25K\text{-number}}{Na_2O + 14}$ *in the soil (numerator at K-numbers* > 30 *constant) and sodium content of the grass on clay soils*

Abb. 54 *Zusammenhang zwischen Verhältnis* $\frac{25K\text{-}Zahl}{Na_2O + 14}$ *im Boden (Zähler bei K-Zahlen* > 30 *konstant) und Natriumgehalt des Grases auf Tonböden*

als de teller een constante waarde (750) krijgt, bij K-getallen > 30 weergegeven (zie ter vergelijking figuur 47).

Om na te gaan of de verhouding ook de invloed van een kalibemesting goed weergeeft, hebben wij de beschikking over vijf proefvelden op kleigrond van serie 68. Hierbij is op dezelfde manier tewerk gegaan als bij de hierboven beschreven proefvelden van serie 68 op zandgrond. Zoals uit figuur 56 blijkt, geven de resultaten van dit geringe aantal proefvelden een aanwijzing dat de verhouding $\frac{25 \text{ K-getal}}{Na_2O + 14}$ ook de invloed van de kalibemesting weergeeft als uit deze bemesting het K-getal berekend wordt (. en x in figuur 56).

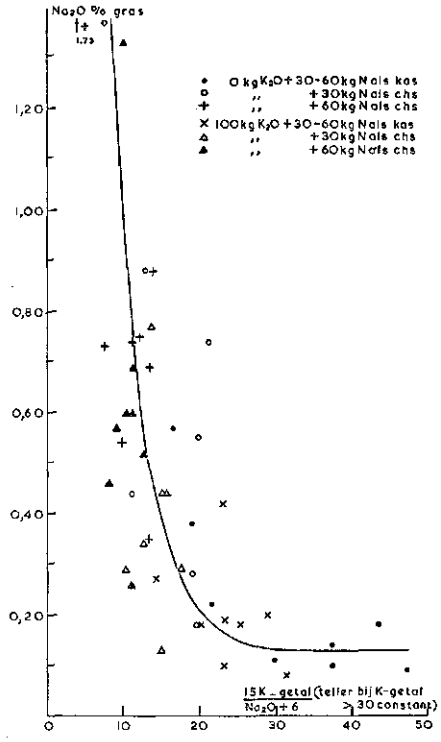

FIG. 55 Verband tussen verhouding $\frac{\text{15K-getal}}{\text{Na}_2\text{O} + 6}$ in de grond (teller bij K-getal $>$ 30 constant) en natriumgehalte van gras op zandgrond (K-getal en natriumgehalte van de grond op de bemeste veldjes zijn berekend)

FIG. 55 *Relation between ratio* $\frac{\textit{15K-number}}{Na_2O + 6}$ *in the soil (numerator at K-numbers* $>$ *30 constant) and sodium content of the grass on sandy soils (K-number and sodium content of the soil on the manured plots have been calculated)*

ABB. 55 *Zusammenhang zwischen Verhältnis* $\frac{\textit{15K-Zahl}}{Na_2O + 6}$ *im Boden (Zähler bei K-Zahlen* $>$ *30 konstant) und Natriumgehalt des Grases auf Sandböden (K-Zahl und Natriumgehalt des Bodens auf den gedüngten Teilparzellen sind berechnet worden)*

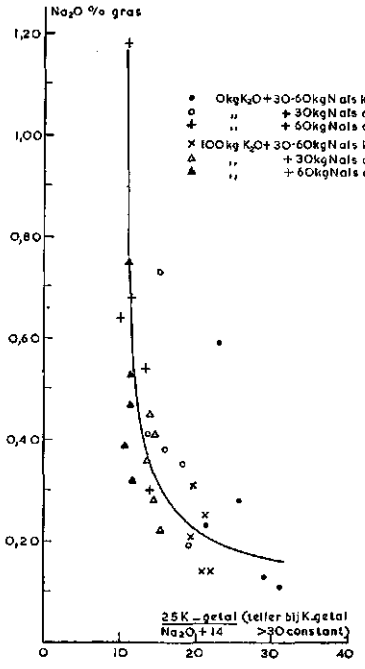

FIG. 56 Verband tussen verhouding $\frac{\text{25K-getal}}{\text{Na}_2\text{O} + 14}$ in de grond (teller bij K-getal $>$ 30 constant) en natriumgehalte van gras op kleigrond (K-getal en natriumgehalte van de grond op de bemeste veldjes zijn berekend)

FIG. 56 *Relation between ratio* $\frac{\textit{25K-number}}{Na_2O + 14}$ *in the soil (numerator at K-numbers* $>$ *30 constant) and sodium content of the grass on clay soils (K-number and sodium content of the soil on the manured plots have been calculated)*

ABB. 56 *Zusammenhang zwischen Verhältnis* $\frac{\textit{25K-Zahl}}{Na_2O + 14}$ *im Boden (Zähler bei K-Zahlen* $>$ *30 konstant) und Natriumgehalt des Grases auf Tonböden (K-Zahl und Natriumgehalt des Bodens auf den gedüngten Teilparzellen sind berechnet worden)*

6.3 Invloed van natriumbemesting op zandgronden

Op de proefvelden van serie 68 werden enkele veldjes met 200 en 400 kg chilisalpeter bemest. Van de bemeste veldjes werd het natriumgehalte van de grond berekend uit het volumegewicht en de hoeveelheid natrium toegediend in de vorm van chilisalpeter en van kalizout 40 %. Als Na_2O-gehalte van chilisalpeter en kalizout 40 % werd 33,7 % respectievelijk 18 % aangenomen. Vervolgens werd de verhouding $\frac{15 \text{ K-getal}}{Na_2O + 6}$ (teller bij K-getal > 30 is 750) berekend voor de objecten 0, 200 en 400 kg chilisalpeter bij 0 en 100 kg K_2O/ha. Voor het natriumgehalte van het gras van het object zonder chilisalpeter werd het gemiddelde natriumgehalte van de objecten met 30 en 60 kg stikstof als kalkammonsalpeter genomen. Uit figuur 55 blijkt, dat de objecten met en zonder bemesting gelijkelijk om de aldus verkregen kromme verspreid liggen.

6.4 Invloed van natriumbemesting op kleigronden

Om deze invloed na te gaan hebben wij de beschikking over vijf proefvelden van serie 68. Van deze is voor de verschillende objecten de verhouding $\frac{25 \text{ K-getal}}{Na_2O + 14}$ (teller bij K-getal > 30 is 750) berekend op de manier zoals bij de proefvelden op zandgrond is aangegeven. Figuur 56 geeft het verband weer tussen de aldus verkregen verhouding en het natriumgehalte van het gras. Evenals bij de zandgronden blijkt ook hier het natriumgehalte van het gras een goede samenhang te vertonen met de genoemde verhouding.

Op grond van het bovenstaande menen wij te mogen concluderen dat de waarden $\frac{15 \text{ K-getal}}{Na_2O + 6}$ en $\frac{25 \text{ K-getal}}{Na_2O + 14}$, waarbij de teller bij K-getallen > 30 gelijk is aan de waarde bij K-getal 30, als basis kunnen dienen voor de advisering van de bemesting van grasland met natrium op zandgronden resp. kleigronden.

7 BOTANISCHE SAMENSTELLING

In het literatuuroverzicht werd vermeld dat verschillende auteurs een verschil tussen het natriumgehalte van grassen, klavers en kruiden hebben geconstateerd. De vraag komt op of de bovenvermelde resultaten ook gelden voor deze drie componenten van het grasbestand. Van het grootste gedeelte van de gebruikte monsters was niet bekend hoe de botanische samenstelling was en van het B.P.D.-onderzoek Borculo zijn alleen de grasmonsters in beschouwing genomen. Van dit onderzoek is echter de botanische samenstelling bekend en bovendien zijn grassen, klavers en kruiden afzonderlijk bemonsterd. De verschillende soorten in de drie componenten zijn echter niet gescheiden.

In de figuren 57, 58 en 59 is het natriumgehalte van resp. grassen, klavers en kruiden uitgezet tegen de verhouding $\frac{15\text{K-getal}}{Na_2O + 6}$ (teller bij K-getal $>$ 30 gelijk aan de

FIG. 57 Verband tussen verhouding $\frac{15\text{K-getal}}{Na_2O + 6}$ in de grond (teller bij K-getal $>$ 30 constant) en natriumgehalte van gras op zandgrond

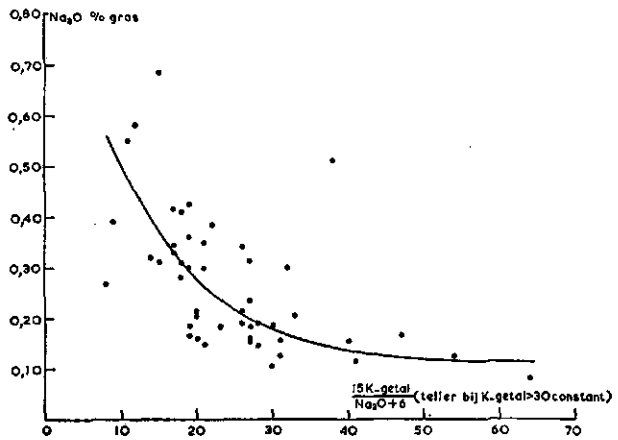

FIG. 57 *Relation between ratio* $\frac{15K\text{-number}}{Na_2O + 6}$ *in the soil (numerator at K-numbers* $>$ *30 constant) and sodium content of grass on sandy soils*

ABB. 57 *Zusammenhang zwischen Verhältnis* $\frac{15K\text{-Zahl}}{Na_2O + 6}$ *im Boden (Zähler bei K-Zahlen* $>$ *30 konstant) und Natriumgehalt des Grases auf Sandböden*

FIG. 58 Verband tussen verhouding $\frac{15\text{K-getal}}{Na_2O + 6}$ in de grond (teller bij K-getal > 30 constant) en natriumgehalte van klaver op zandgrond

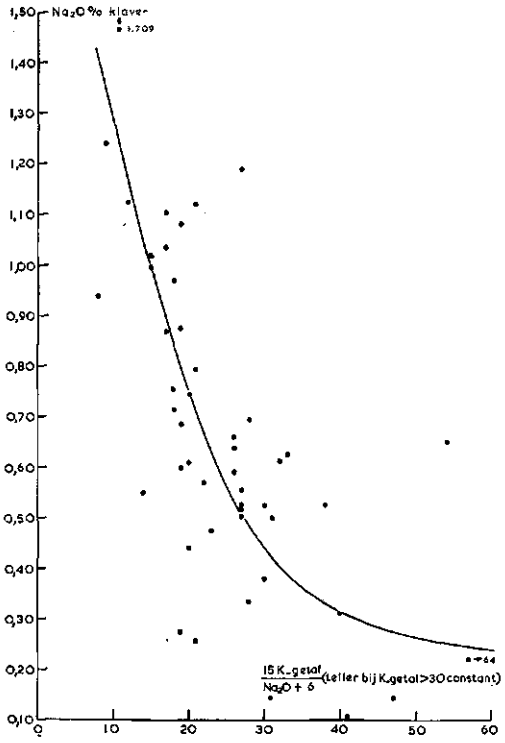

FIG. 58 *Relation between ratio* $\frac{15K\text{-number}}{Na_2O + 6}$ *in the soil (numerator at K-numbers* > 30 *constant) and sodium content of clover on sandy soils*
ABB. 58 *Zusammenhang zwischen Verhältnis* $\frac{15K\text{-Zahl}}{Na_2O + 6}$ *im Boden (Zähler bei K-Zahlen* > 30 *konstant) und Natriumgehalt des Klees auf Sandböden*

waarde bij K-getal 30). Op grond van de botanische samenstelling is van elk perceel het natriumgehalte van het grasbestand berekend en uitgezet tegen de verhouding $\frac{15\text{ K-getal}}{Na_2O + 6}$ (fig. 60). Uit de vier figuren blijkt, dat zowel het natriumgehalte van de drie componenten als dat van het mengsel samenhangt met de verhouding $\frac{15\text{ K-getal}}{Na_2O + 6}$.

De spreiding der punten om de gemiddelde curve is bij klavers en kruiden echter groter dan bij grassen. Het is mogelijk, dat met name bij de kruiden deze spreiding versterkt wordt door de aanwezigheid van plantensystematisch sterk afwijkende soorten. In overeenstemming met gegevens uit de literatuur blijken in kruiden de hoogste natriumgehalten voor te komen. Bij grassen zijn deze het laagst. Deze verschillen zijn het sterkst bij een lage $\frac{15\text{ K-getal}}{Na_2O + 6}$-verhouding en nemen af, naar mate de verhouding groter wordt (fig. 61).

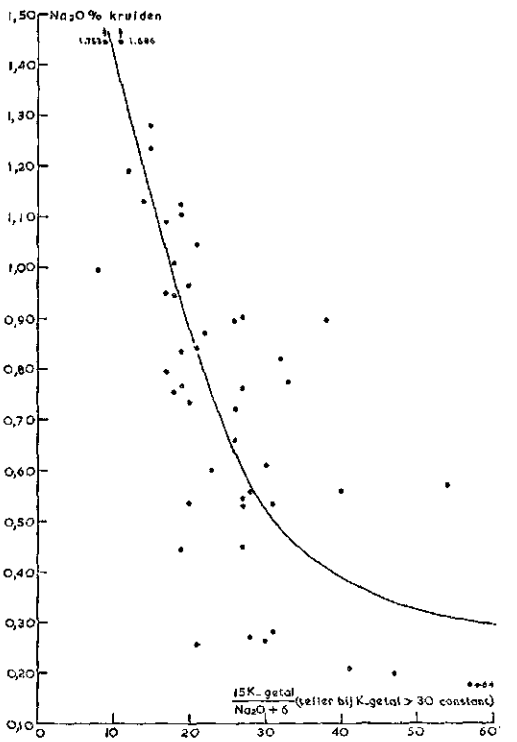

FIG. 59 Verband tussen verhouding $\frac{\text{15K-getal}}{\text{Na}_2\text{O} + 6}$ in de grond (teller bij K-getal > 30 constant) en natriumgehalte van kruiden op zandgrond

FIG. 59 *Relation between ratio* $\frac{\textit{15K-number}}{Na_2O + 6}$ *in the soil (numerator at K-numbers* > 30 *constant) and sodium content of herbs on sandy soils*
ABB. 59 *Zusammenhang zwischen Verhältnis* $\frac{\textit{15K-Zahl}}{Na_2O + 6}$ *im Boden (Zähler bei K-Zahlen* > 30 *konstant) und Natriumgehalt der Kräuter auf Sandböden*

FIG. 60 Verband tussen verhouding $\frac{\text{15K-getal}}{\text{Na}_2\text{O} + 6}$ in de grond (teller bij K-getal > 30 constant) en natriumgehalte van een grasbestand bestaande uit gras, klaver en kruiden op zandgrond

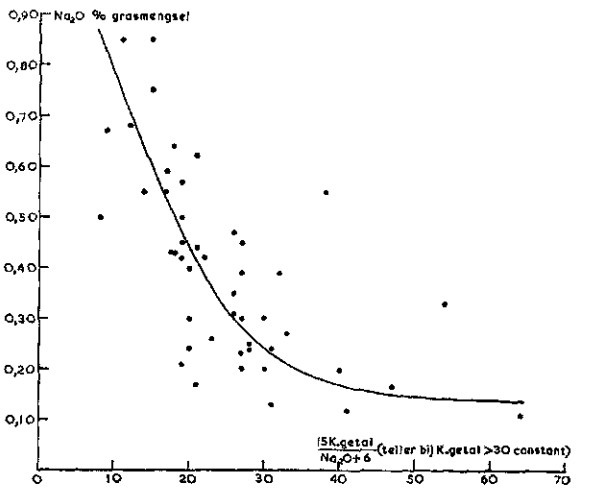

FIG. 60 *Relation between ratio* $\frac{\textit{15K-number}}{Na_2O + 6}$ *in the soil (numerator at K-numbers* > 30 *constant) and sodium content of meadow grass consisting of grasses, clover and herbs on sandy soils*
ABB. 60 *Zusammenhang zwischen Verhältnis* $\frac{\textit{15K-Zahl}}{Na_2O + 6}$ *im Boden (Zähler bei K-Zahlen* > 30 *konstant) und Natriumgehalt eines Grasbestands bestehend aus Gräsern, Klee und Kräutern auf Sandböden*

FIG. 61 Verband tussen verhouding $\frac{\text{15K-getal}}{\text{Na}_2\text{O} + 6}$ in de grond (teller bij K-getal $>$ 30 constant) en natriumgehalte van verschillende grascomponenten op zandgrond

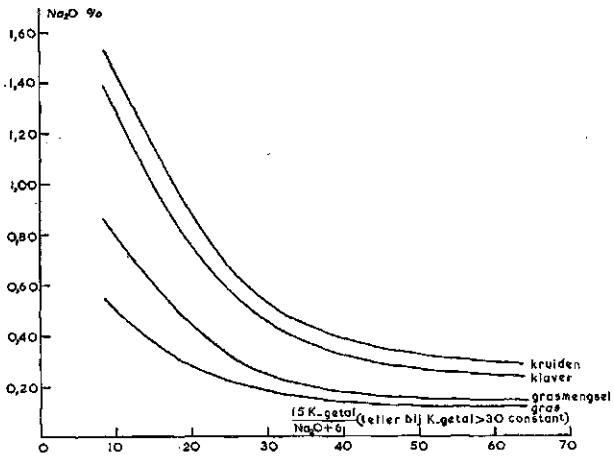

FIG. 61 *Relation between ratio* $\frac{15K\text{-number}}{Na_2O + 6}$ *in the soil (numerator at K-numbers* $>$ *30 constant) and sodium content of different grass components on sandy soils*

ABB. 61 *Zusammenhang zwischen Verhältnis* $\frac{15K\text{-Zahl}}{Na_2O + 6}$ *im Boden (Zähler bei K-Zahlen* $>$ *30 konstant) und Natriumgehalt verschiedener Graskomponenten auf Sandböden*

DISCUSSIE

Uit de boven beschreven onderzoekingen blijkt dat het natriumgehalte van het gras in hoofdzaak afhankelijk is van natrium- en kalitoestand van de grond. Er werd aangetoond dat beide invloeden op zandgronden kunnen worden weergegeven door de verhouding $\frac{15 \text{ K-getal}}{Na_2O + 6}$ en op kleigronden door $\frac{25 \text{ K-getal}}{Na_2O + 14}$. Het gebruik van deze verhouding verdient de voorkeur boven de door OOSTENDORP afgeleide verhouding $\frac{K_2O}{Na_2O}$ (beide in 0,001 % oplosbaar in 1/10 N HCl).

Bij de door ons afgeleide verhoudingen moeten echter ook enkele kanttekeningen worden geplaatst.

1. In deze verhouding wordt een te grote invloed aan een hoog K-getal toegekend. In hoofdstuk 6 (adviesbasis) is uiteengezet dat het aannemelijk is dat bij K-getallen $>$ 30 de teller gelijk zou moeten zijn aan die bij K-getal 30 (450 voor zandgronden en 750 voor kleigronden). Hierbij moet opgemerkt worden dat in het door ons bewerkte materiaal slechts weinig monsters voorkomen met K-getallen $>$ 30. Hoewel figuur 50 laat zien dat onze aanneming niet van grond is ontbloot, lijkt het ons gewenst proefvelden aan te leggen waarbij voldoende gevallen met een hoog K-getal zijn opgenomen.
2. De door ons afgeleide verhoudingen met constante teller suggereren dus dat bij K-getallen $\geqslant$ 30 bij een bepaalde natriumtoestand van de grond eenzelfde natriumbemesting nodig is om een bepaald natriumgehalte in het gras te bereiken. Hoewel de figuren 55 en 56 laten zien dat het verband tussen de genoemde verhoudingen en het natriumgehalte van het gras ook na bemesting met natrium goed is, lijkt het gewenst dit met proefvelden nader te toetsen. In de boven beschreven onderzoekingen hadden wij de beschikking over acht proefvelden op zandgrond en slechts vijf op kleigrond. Indien wij bedenken dat van de proefvelden op zandgrond er vier een K-getal $>$ 30 hadden en op kleigronden slechts twee, behoeft het geen betoog dat nader onderzoek gewenst is.
3. In hoofdstuk 6 (adviesbasis) hebben wij erop gewezen dat bij de beschreven onderzoekingen de grond- en gewasmonsters veelal gelijktijdig genomen zijn. Wij hebben laten zien dat de invloed van verse kalibemesting ook door de genoemde verhouding wordt weergegeven. Bij het materiaal van de zandgronden betrof het met kali bemeste veldjes waarvan het K-getal van de grond bepaald was op het

ogenblik dat de gewasmonsters werden genomen. Bij enkele zand- en bij de kleigronden hebben wij gewerkt met het berekende K-getal bij bemesting met kali. Dit K-getal werd berekend uit het K-getal vlak voor de bemesting. In de praktijk worden de monsters echter genomen in het najaar. Proefvelden met opklimmende hoeveelheden kali en natrium bij hoge en lage K-getallen en hoge en lage natriumtoestand zullen ons nader moeten leren of de beide verhoudingen bepaald in het najaar, een voldoende basis vormen voor een advies voor bemesting met natrium, indien in het voorjaar nog met kali wordt bemest. Dit is in feite terug te voeren op de vraag hoe sterk het in het najaar gevonden K-getal en het natriumgehalte van de grond onder invloed van bemesting en weersomstandigheden veranderen.

Ondanks de genoemde bezwaren zijn wij van mening dat de gevonden resultaten voorlopig kunnen dienen als basis voor een bemestingsadvies, maar dat het nodig is deze door verder onderzoek nader te toetsen.

SAMENVATTING EN CONCLUSIES

De voorziening van het rundvee met natrium is in de weideperiode afhankelijk van het natriumgehalte van het gras omdat dan geen mengsels van mineralen worden verstrekt en het gebruik van likstenen en pekelbak niet algemeen is. In verband hiermee werd onderzoek verricht naar de factoren die het natriumgehalte van het weidevoer beïnvloeden. Om dit na te gaan konden wij gebruik maken van de analyseresultaten van proefvelden op zand- en kleigronden. Deze proefvelden werden aangelegd om de invloed van bemesting op de minerale samenstelling van gras na te gaan. Tevens hadden wij de beschikking over de analyseresultaten van het zgn. Bodem-Plant-Dier (B.P.D.)-onderzoek in Woudenberg en in Borculo. Bij deze onderzoekingen werden gelijktijdig grond- en gewasmonsters genomen, teneinde de resultaten hiervan met elkaar en met de gezondheidstoestand van het dier in verband te brengen. Bovendien werd gebruik gemaakt van de analyseresultaten van ruilverkavelingen. Bij de uitvoering van de ruilverkaveling zijn grond- en gewasmonsters genomen om een oordeel te krijgen van de bemestingstoestand in de desbetreffende gebieden. De gegevens der verschillende onderzoekingen werden zowel afzonderlijk als gezamenlijk bewerkt volgens een grafische methode. De resultaten van de bewerking leidden tot een bruikbare basis voor een bemestingsadvies.

De volgende conclusies worden getrokken:

1. Het natriumgehalte van het gras wordt in belangrijke mate bepaald door het natriumgehalte en het K-getal van de grond.
2. Bij een bepaald natriumgehalte van de grond daalt het natriumgehalte van het gras, naarmate het K-getal van de grond stijgt. Deze daling van het natriumgehalte van het gras is bij hoge K-getallen nog slechts gering.
3. Het natriumgehalte van het gras stijgt bij oplopend natriumgehalte van de grond. De invloed van het natriumgehalte van de grond is bij lage kalitoestand groter dan bij hoge.
4. Beide invloeden kunnen op zandgronden worden uitgedrukt door de verhouding $\frac{15 \text{ K-getal}}{Na_2O + 6}$ en op kleigronden door $\frac{25 \text{ K-getal}}{Na_2O + 14}$, waarbij de teller bij K-getallen > 30 gelijk aan die bij K-getal 30 gesteld kan worden. Naarmate de verhouding hoger is, is het natriumgehalte van het gras lager.
5. Het natriumgehalte van kruiden is hoger dan van klavers en van deze weer hoger dan van grassen. Voor elk van deze groepen bestaat een duidelijk verband met de genoemde verhoudingen in de grond.
6. Nader onderzoek over de invloed van een verse kali- en natriumbemesting bij verschillend natriumgehalte en K-getal van de grond is gewenst.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

During the grazing period usually no minerals are supplied to cattle and the use of saltlick and pickle ($2^1/_2$ % solution of NaCl) is not common. So the sodium supply of the cattle during this period depends on the sodium content of the grass. In this connection a study has been made of the factors influencing the sodium content of the grass. For this purpose the analytical results of experiments on sandy- and clay soils could be used. These experiments were laid out to study the influence of manuring on the mineral composition of grass. Besides the analytical results of the so-called Soil-Plant-Animal investigations in Woudenberg and Borculo were available. In these investigations soil and plant samples were taken at the same time in order to bring the results in relation with each other and with animal health. Moreover the analytical results of samples taken in re-allotments were used. In re-allotments soil and plant samples are taken to get an outline of their soil fertility. The results of all these investigations have been fitted separately as well as together by a graphical method. They gave a good base for a fertilising advice.

The following conclusions are drawn:

1. The sodium content of the grass is to a great deal determined by the sodium content[1]) and the K-number of the soil.
2. At a certain sodium content of the soil the sodium content of the grass decreases with increasing K-number of the soil. This decrease of the sodium content of the grass is only small at high K-numbers.
3. The sodium content of the grass increases with increasing sodium contents of the soil. The influence of the sodium content of the soil is higher at a low than at a high potassium status of the soil.
4. Both influences can be expressed on sandy soils by the ratio $\frac{15 \text{ K-number}}{Na_2O + 6}$ and on clay soils by $\frac{25 \text{ K-number}}{Na_2O + 14}$ in which the numerator at K-number > 30 is the same as that at K-number 30. With increasing ratio the sodium content of the grass decreases.
5. The sodium content of herbs is higher than of clovers and of these on their turn higher than of grasses. The sodium content of each group is correlated with the above mentioned ratios in the soil.
6. A continued study about the influences of fresh potassium and sodium dressing at different sodium content and K-number of the soil is desirable.

[1] The sodium content is the amount of sodium soluble in 1/10 N HCl in mg/100 g soil.

ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Natriumernährung des Rindviehes ist in der Grasperiode abhängig vom Natriumgehalt des Grases da dann keine Mineralen verfuttert werden und die Verwertung von Lecksteine und Pökelwasser ($2^1/_2$ %) nicht allgemein ist. In diesem Betracht wurde eine Untersuchung über die Faktoren welche den Natriumgehalt des Grases beeinflussen, vorgenommen. Um dies zu untersuchen standen die Analysenergebnisse von Feldversuchen auf Sand- und Tonböden zur Verfügung.
Diese Feldversuche wurden ausgelegt zur Untersuchung des Einflusses der Düngung auf die minerale Zusammensetzung des Grases. Gleichzeitig konnte verfügt werden über die Ergebnisse der sog. Boden-Pflanz-Tier Untersuchungen in Woudenberg und Borculo. In diesen Untersuchungen wurden gleichzeitig Boden- und Gewächsproben entnommen, um deren Ergebnisse miteinander und mit dem Gesundheitszustand des Tieres in Verbindung zu bringen. Überdies wurden die Analysen der Bodenverkoppelungen benutzt. Bei der Ausführung der Verkoppelungen werden Proben entnommen um ein Urteil zu bekommen über die Bodenfruchtbarkeit in den diesbezüglichen Gegenden. Die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen sind sowohl separat als zusammen ausgewertet worden mittels einer graphischen Methode. Die Resultate geben eine genügende Grundlage für die Düngungsberatung.

Die folgenden Schlussfolgerungen konnten gemacht werden:

1. Der Natriumgehalt des Grases wird in hohen Masse bestimmt durch den Natriumgehalt[1]) und die K-Zahl des Bodens.
2. Bei einem bestimmten Natriumgehalt des Bodens senkt der Natriumgehalt des Grases je nachdem die K-Zahl zunimmt. Diese Senkung des Natriumgehalts des Grases ist bei hohen K-Zahlen noch nur gering.
3. Der Natriumgehalt des Grases nimmt mit wachsendem Natriumgehalt des Bodens zu. Der Einfluss des Natriumgehalts des Bodens ist bei niedrigem Kalizustand grösser als bei hohen Kalizustand.
4. Beide Einflüsse können auf Sandböden ausgedrückt werden durch das Verhältnis $\frac{15 \text{ K-Zahl}}{Na_2O + 6}$ und auf Tonböden durch $\frac{25 \text{ K-Zahl}}{Na_2O + 14}$, wobei der Zähler bei K-Zahlen $>$ 30 dem K-Zahl 30 gleich ist. Je höher dieses Verhältnis, je niedriger der Natriumgehalt des Grases ist.

[1] Der Natriumgehalt ist die Menge Natrium löslich in 1/10 N HCl in mg/100 g Boden.

5. Der Natriumgehalt der Kräuter ist höher als von Klee und von diesem wieder höher als von Gräsern. Der Natriumgehalt jeder Gruppe ist correliert mit den obengenannten Verhältnissen im Boden.
6. Weitere Untersuchungen über den Einfluss einer frischen Kali- und Natriumdüngung bei verschiedenem Natriumgehalt und K-Zahl im Boden sind erwünscht.

APPENDIX

Bij het gereedkomen van het manuscript kregen wij de beschikking over de gegevens van de interprovinciale proefvelden op grasland van serie 71. Deze proefvelden dienden o.a. om de grootte van de invloed van bemesting met magnesium op het magnesiumgehalte van weidegras in afhankelijkheid van grondsoort, kalibemesting en uitkomsten van grondonderzoek vast te stellen. Op deze proefvelden werden enkele veldjes zonder en met 100 kg K_2O in de vorm van kalizout 40 % bemest. 22 proefvelden waren gelegen op zandgrond en 17 op kleigrond. Op alle proefvelden werd vóór de aanleg een grondmonster genomen, waarin het K-getal en het natriumgehalte werden bepaald.

FIG. 62 Verband tussen verhouding $\frac{\text{15K-getal}}{Na_2O + 6}$ in de grond (berekend als in fig. 55, teller bij K-getal $>$ 30 constant) en natriumgehalte van gras in serie 71 op zandgrond (de gesloten lijn geeft de curve weer uit fig. 50 en de gebroken lijnen de daarbij aanwezige spreiding)

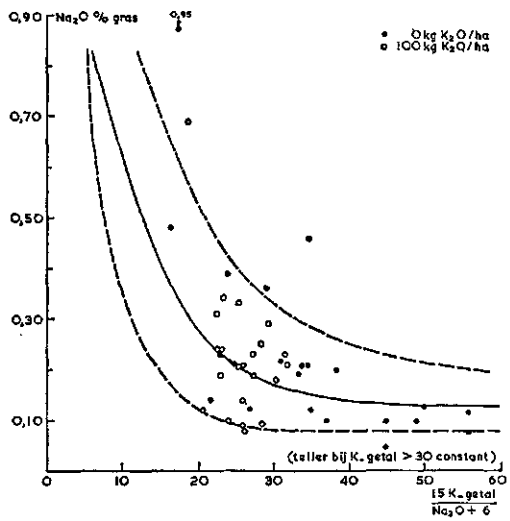

FIG 62 *Relation between ratio* $\frac{15K\text{-number}}{Na_2O + 6}$ *in the soil (calculated like fig. 55, numerator at K-numbers* $>$ *30 constant) and sodium content of the grass in series 71 on sandy soils (the unbroken line represents the curve from fig. 50 and the broken lines the variation around this line)*

ABB. 62 *Zusammenhang zwischen Verhältnis* $\frac{15K\text{-}Zahl}{Na_2O + 6}$ *im Boden (berechnet wie in Abb. 55, Zähler bei K-Zahlen* $>$ *30 konstant) und Natriumgehalt des Grases in Serie 71 auf Sandböden (die nicht zerbrochene Linie stellt die Kurve aus Abb. 50 dar und die zerbrochene Linien die dabei anwesende Streuung)*

Wij hebben bij dit materiaal nagegaan in hoeverre het natriumgehalte van het gras beantwoordt aan de door ons genoemde verhoudingen (tabel 8). In figuur 62 is het verband tussen de verhouding $\frac{15\ \text{K-getal}}{\text{Na}_2\text{O} + 6}$ en het natriumgehalte van het gras weergegeven. De getrokken lijn geeft de lijn uit figuur 50 en de stippellijnen de daarbij gevonden spreiding. De zwarte punten hebben betrekking op de niet met kali bemeste veldjes van serie 71, de open punten op de met kali bemeste. Van deze veldjes werd de verhouding berekend door eerst K-getal en natriumgehalte van de grond te berekenen uit K-getal en natriumgehalte vóór de bemesting en de gegeven hoeveelheid kali en natrium. Uit figuur 62 blijkt dat nagenoeg alle punten vallen binnen de in figuur 50 aangegeven spreiding. Hetzelfde geldt voor kleigronden (fig. 63). De resulaten van deze proefvelden vormen dus een bevestiging van de voorgaande.

Fig. 63 Als fig. 62 voor kleigrond (de gesloten lijn geeft de curve weer uit fig. 54 en de gebroken lijnen de daarbij aanwezige spreiding)

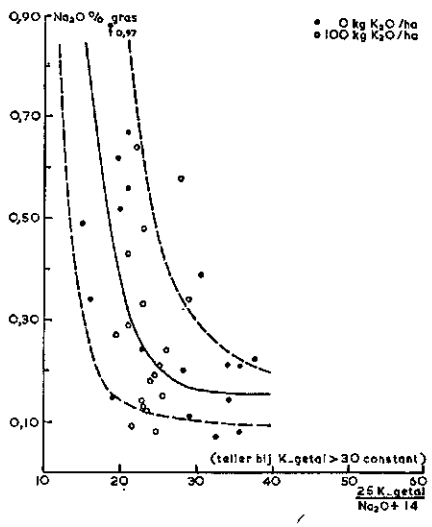

FIG. 63 *Like fig. 62 for clay soils (the unbroken line represents the curve from fig. 54 and the broken lines the variation around this line)*
ABB. 63 *Wie Abb. 62, jedoch für Tonböden (die nicht zerbrochene Linie stellt die Kurve aus Abb. 54 dar und die zerbrochene Linien die dabei anwesende Streuung)*

Het blijft echter nodig de werkelijke stijging van het natriumgehalte van de grond onder invloed van de bemesting te kennen. Het berekende natriumgehalte zal in veel gevallen te hoog zijn, waardoor men te snel tot een kleine verhouding komt. Voor het K-getal is dit minder urgent daar men onder invloed van bemesting meestal op een niveau komt waar de invloed van het K-getal nagenoeg constant wordt. Het duidelijkst komt dit naar voren in figuur 56 waar wij zien dat de curve in haar geheel links van die in figuur 54 ligt. Het is aannemelijk dat dit wordt veroorzaakt door een te hoog berekend natriumgehalte van de grond waardoor de verhouding kleiner wordt dan zij in werkelijkheid is. Ook bij zandgronden (verg. figuur 55 met 50) is dit het geval doch in mindere mate.

LITERATUUR

ANONYMUS	1954/56	Invloed van verschillende kalimeststoffen op het gehalte aan natrium en magnesium van gras. *Kali 3* (1954/1956) 340-344.
BROUWER, E & S. BRANDSMA	1953	Over de minerale bestanddelen en hun onderlinge verhoudingen in verschillende voedermiddelen en rantsoenen. *Med. v.d. Landbouwhogeschool 53 Wageningen* (1953) 31-73.
BRUGGINK, E. G. J.	1960	Enkele gegevens betreffende de macro- en micro-elementen in grassen, klavers en kruiden op dezelfde standplaats. *Landbk. Tijdschr. 72* (1960) 635-643.
FRENS, A. M.	1950	Over de kwantitatieve behoeften van het rundvee aan mineralen. *Landbk. Tijdschr. 62* (1950) 75-88.
GARAUDEAUX, J.	1959	Etude de la composition minérale de quelques souches de graminées. Rep. World Congr. Agric. Res. (Rome 1959) 593-597.
ITALLIE, TH. B. VAN	1934	Chemische samenstelling van een aantal afzonderlijke grassoorten in verschillende groeistadia. *Versl. Landbk. Onderz. 40* (1934) 639-693.
——	1937	Natrium- en kaliumopname bij verschillende bietenrassen. *Versl. Landbk. Onderz. 43* (1937) 721-766.
——	1938	Cation equilibria in plants in relation to the soil. *Soil Sci. 46* (1938) 175-186.
KLEY, F. K. VAN DER	1957	Betekenis van de tweezaadlobbige graslandplanten voor de minerale samenstelling van weidegras. Diss. Wageningen (1957) 50 blz.
LEHR, J. J.	1957	The sodium and potassium content of meadow grass under the influence of soil and fertilization. Comm. to the third Fertilizer World Congress Heidelberg (1957) 7 blz.
——	1960	The sodium content of meadow grass in relation to species and fertilization. Eighth International Grassland Congress (1960) Paper 3A/5, 101-103.
PAAUW, F. VAN DER	1953	Toetsing van grondonderzoek naar de kalitoestand op Nederlands grasland. *Versl. Landbk. Onderz. 59* 2 (1953) 40 blz.
——	1956	Bemesting van grasland op basis van grondonderzoek. Grasland en graslandprodukten (1956) 15-27.
PAAUW, F. VAN DER & J. RIS	1960	Een nieuw kaligetal voor bouwland op zand- en dalgrond. *Landbouwvoorl. 17* (1960) 719-725.
OOSTENDORP, D.	1961	De natriumvoorziening van rundvee. *Landbouwvoorl. 18* (1961) 609-614.
SJOLLEMA, B.	1951	Over de oorzaken en gevolgen bij melkkoeien van irrationele opname van de macro-elementen. *Landbk. Tijdschr. 63* (1951) 615-612.