

INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID

RAPPORT 3-1973

FACTOREN VAN INVLOED OP HET CALCIUM- EN FOSFORGEHALTE
VAN GRAS

with a summary:

Factors influencing the calcium and phosphorus content of grass

door
J. Prummel

1973

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, Haren(Gr.)

Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 3-1973

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS



0000 0571 7018

INHOUD

- I. Inleiding
- II. Calcium- en fosforbehoefte van het rund
- III. Factoren die invloed hebben op het calcium- en fosforgehalte van het gras
 - 1. Groeistadium
 - 2. Botanische samenstelling van het weidebestand
 - 3. Bemesting en bemestingstoestand van de grond
 - a. Stikstofbemesting
 - b. Fosfaatbemesting
 - c. Kalium- en natriumbemesting
 - d. Magnesiumbemesting
 - e. Kalktoestand en bekalking
 - 4. Invloed van het seizoen en van de vochtvoorziening
- IV. Samenvatting en conclusie
- V. Summary
- VI. Literatuur

I. INLEIDING

Bij de voorziening in de voederbehoefte van het rundvee neemt het op het bedrijf zelf gewonnen voer nog altijd verreweg de belangrijkste plaats in. Het grasland levert hiervoor in ons land het overgrote deel, ongeveer 70 à 80%. Gedurende de weideperiode bestaat het rantsoen zelfs overwegend of vrijwel geheel uit vers gras. Van de totale grasopbrengst wordt naar schatting ongeveer 60 à 70% als weidegras benut. Van het overige deel dient ca. 70% als hooi en ca. 30% als kuilgras voor het winterrantsoen. In de stalperiode is 60 à 70% van het rantsoen afkomstig van het ruwvoer.

Naast de voederwaarde is de minerale samenstelling van het gras sterk in de belangstelling gekomen, omdat dit van groot belang is gebleken voor de produktiviteit en de gezondheidstoestand van het vee. Een tekort of een teveel aan één of meer elementen kan bij het rundvee afwijkingen in de groei en de stofwisseling veroorzaken. Een evenwichtige samenstelling van het gras is vooral van belang in de weideperiode, omdat het vee dan voor zijn mineralenvoorziening, zoals wij hebben gezien, geheel of grotendeels is aangewezen op de minerale bestanddelen van het gras.

De betekenis van calcium en fosfor als voedingselementen kan worden afgeleid uit het voorkomen ervan in het dierlijk organisme. Beide vervullen de rol van bouwstofmineralen, die nodig zijn voor de vorming en de groei van het skelet. Daarnaast hebben zij een functie bij de stofwisselingsprocessen. Bij ernstige tekorten kunnen beengebreken en stoornissen in de vruchtbaarheid optreden. Extreem hoge gehalten aan calcium en fosfor kunnen de beschikbaarheid van verschillende spoorelementen in ongunstige zin beïnvloeden. Een extreme verhouding tussen beide mineralen kan bovendien leiden tot een extra slechte benutting van het element dat in het minimum is.

Om in de behoefte van het rundvee aan calcium en fosfor te voorzien, moet het gras aan bepaalde minimumeisen wat betreft het gehalte voldoen. Het is daarom van belang na te gaan welke factoren van invloed zijn op het calcium- en fosforgehalte van gras en ruwvoerders afkomstig van het grasland. In het nu volgende worden de gegevens hierover uit de literatuur besproken en waar mogelijk aangevuld met resultaten van eigen onderzoek. Een samenvatting van hoofdzakelijk Duitse literatuurgegevens over hetzelfde onderwerp werd reeds eerder door Munk (1965) gegeven. Voor de samenstelling van dit rapport is o.a. hiervan gebruik gemaakt.

II. CALCIUM- EN FOSFORBEHOEFTE VAN HET RUND

Het dier bezit in zijn geraamte een belangrijke reserve aan calcium en aan fosfor. Van alle aanwezige calcium is 99% in het skelet aanwezig, voor fosfor is dit 80%. Het lichaam is dan ook geruime tijd in staat regelend op te treden door gebruik te maken van deze reserves in de beenweefsels. Een tekort openbaart zich bij het dier slechts langzaam en in een vorm, die veelal geen duidelijke aanwijzing is voor de oorzaak. Tijdelijke tekorten zijn daarom niet onoverkomelijk. Een negatieve balans aan het begin van de lactatieperiode, wanneer met de melk veel calcium en fosfor worden uitgescheiden (1,2 g Ca en 0,99 g P per liter), kan zonder nadeel worden gecompenseerd in de tweede helft van de lactatieperiode en tijdens de droogstand als het rantsoen dan voldoende calcium en fosfor bevat.

Bij het vaststellen van de behoeftenormen van het rundvee en daarmee de gehalten in het voer wordt uitgegaan van de noodzaak de calcium- en fosforbalans over een langere periode, bv. een volledige lactatieperiode, in evenwicht te houden. Hierbij wordt een bepaald verlies gedurende de eerste helft toelaatbaar geacht. Er bestaat evenwel onzekerheid hoe groot dit verlies mag zijn, zonder dat nadelen ontstaan voor het dier en zijn productie. Als gevolg van deze onzekerheid, alsmede van die omtrent de vraag welke onderhoudsbehoefte en welke benutting door het dier voor calcium en fosfor dienen te worden aangehouden, lopen de calcium- en fosfornormen in verschillende landen nogal uiteen. Bovendien zijn deze normen afhankelijk van de melkproductie. De thans in ons land aanbevolen veilige behoeftenormen voor het rundvee sluiten goed aan bij de Engelse en de herziene Amerikaanse normen. Afhankelijk van de melkproductie en de daarmee veranderende drogestofopname resulteren deze normen in een gehalte in de droge stof van het rantsoen van 0,45 tot 0,60% Ca en 0,35 tot 0,45% P.

In de literatuur wordt nogal eens betekenis toegekend aan de Ca/P-verhouding in het rantsoen. Volgens bovenstaande normen zou deze ca. 1,3 bedragen. In de laatste tijd wordt hier echter minder de nadruk opgelegd dan vroeger (Hartmans, 1964; Fleischel, 1965). De Ca/P-verhouding zou binnen ruime grenzen geen invloed hebben op de groei, gezondheid en productiviteit van het dier, mits aan een minimumbehoefte aan calcium en fosfor wordt voldaan (en de voorziening met vitamine D voldoende is). Vooral naar boven toe wordt een ruime verhouding als onschadelijk beschouwd, als er voldoende fosfor wordt verstrekt. Wanneer de absolute hoeveelheden calcium en fosfor voldoende zijn, kan worden aangenomen dat de Ca/P-verhouding mag oplopen tot 2,5 à 3. Onder Nederlandse omstandigheden ligt de verhouding meestal tussen 1 en 3.

III. FACTOREN DIE INVLOED HEBBEN OP HET CALCIUM- EN FOSFORGEHALTE VAN GRAS

Gras en hooi kunnen sterk in calcium- en fosforgehalte variëren. Dit is zelfs het geval met gras afkomstig van wat Brandsma (1954) gezonde bedrijven heeft genoemd. Bij een groot aantal gegevens uit verschillende delen van ons land vond hij als gemiddelde 0,69% Ca en 0,42% P in de droge stof van gras. Dit is ruim voldoende tot voldoende vergeleken met de eerder genoemde behoeftenormen.

Het calciumgehalte kan variëren van ongeveer 0,25 tot 1,50% Ca en het fosforgehalte van ongeveer 0,16 tot 0,63% P (o.a. Sjollema, 1931a; 't Hart, 1941, 1944/45; Bakker, 1955; Van der Kley, 1956a; Lengauer en Schiller, 1964; Devuyt en Vanbelle, 1965; Rameau, 1967). Extreem lage fosforgehalten van 0,09 tot 0,17% P werden aangetroffen in hooi van onbemeste blauwgraslanden ('t Hart en Van der Woerdt, 1949). Deze verschillen in gehalten worden hoofdzakelijk bepaald door het groeistadium waarin het gras wordt geoogst, de botanische samenstelling van het weidebestand, het seizoen, de vochtvoorziening, de bemesting en de bemestingstoestand van de grond. De invloed van deze factoren op de gehalten zal achtereenvolgens worden besproken.

1. Groeistadium

Met het ouder worden van het gras daalt over het algemeen het gehalte aan fosfor. Stikstof en fosfor spelen beide een rol bij de opbouw van de eiwitstoffen. Beoordeeld naar de fysiologische ouderdom van het gras zijn beide daarom nauw met elkaar gecorreleerd. Naarmate het gras ouder en eiwitarmer wordt, loopt het fosforgehalte terug, parallel met de daling van het stikstofgehalte. In het begin van de groei overweegt de opname van mineralen en stikstof, later overheerst de vorming van koolhydraten en ruwe vezelstoffen. De gehalten dalen uiteraard als de drogestofproductie sneller verloopt dan de opname.

Een positieve correlatie tussen het stikstofgehalte (ruw-eiwitgehalte) en het fosforgehalte van gras is bij verschillende onderzoeken aangetoond. Gegevens hierover worden o.a. vermeld door Sjollema (1931d), Frankena (1934), Brandsma (1954), Knoch (1961), Whitehead (1966) en Rameau (1967).

Zelf hebben wij het verband tussen het ruw-eiwitgehalte (berekend uit het stikstofgehalte door vermenigvuldiging met 6,25) en het gehalte aan fosfor afgeleid uit ruim 2600 grasmonsters, afkomstig van praktijkpercelen, proefpercelen en proefvelden. De gemiddelde samenhang is als volgt:

$$\% P = 0,0729 + 0,0236 \times re - 0,0003 \times re^2$$

Dit verband is in fig. 1 weergegeven. Ter vergelijking zijn gegevens van enkele andere onderzoeken opgenomen die hiermee goed overeenstemmen. Hieruit blijkt, dat het fosforgehalte in sterke mate afhangt van het tijdstip waarop het gras geoogst wordt. Jong,

eiwitrijk gras heeft gemiddeld een hoog fosforgehalte; oud, eiwitarm gras een laag fosforgehalte. Hooi is dus duidelijk fosforarmer dan weidegras. Per 10 procent ruw-eiwitstijging neemt het P-gehalte gemiddeld toe met ongeveer 0,1 à 0,2 %. De gemiddelde samenhang tussen het gehalte aan ruw eiwit en het fosforgehalte wordt vermeld in tabel I.

TABEL I. Gemiddelde samenhang tussen het ruw-eiwitgehalte en het fosforgehalte van gras in de droge stof

% re (crude protein)	5	10	15	20	25	30
% P	0,18	0,28	0,36	0,43	0,48	0,51

TABLE I. Relation between crude protein and phosphorus content of gras (DM).

Uit deze tabel blijkt, dat een voldoende hoog fosforgehalte verwacht mag worden bij jong gras (ca. 0,50% P bij 25 à 30% re), bij 15 à 20% re zal het gehalte ongeveer gelijk zijn aan de eerder gestelde normen (0,35 à 0,45% P), bij lagere ruw-eiwitgehalten daalt het fosforgehalte beneden deze normen. Dit betekent, dat tijdens de weideperiode het gras meestal een voldoende hoog gehalte zal hebben. In hooi zijn niet spoedig hoge gehalten te verwachten (bij 10% re ongeveer 0,30 % P), zodat bij uitsluitend hooivoeding de fosforvoorziening van het dier onvoldoende kan zijn. De eiwitvoorziening van het vee is dan in de regel ook onvoldoende. In de praktijk worden dan eiwitrijke krachtvoerders bijgevoerd, met meestal ruim voldoende fosforgehalten om een eventueel tekort in het ruwvoer te compenseren.

Het calciumgehalte van afzonderlijke graslandplanten neemt eveneens toe met het stikstofgehalte (De Vries, 1934). De samenhang is evenwel minder nauw als bij fosfor (Knauer, 1963; Whitehead, 1966). Sjollema (1931a), Frankena (1934), 't Hart (1944/45), Brandsma (1954) en Knoch (1961) vonden geen of slechts een zeer zwakke positieve correlatie tussen het ruw-eiwit- en het calciumgehalte. Kirchgessner (1956) constateerde zelfs een toename van het calciumgehalte met het ouder worden van het gras, wat verklaard moet worden door een verandering van de botanische samenstelling van het bestand (toename van calciumrijkere klavers en kruiden gedurende het groeiseizoen).

2. Botanische samenstelling van het weidebestand

Verschillen in botanische samenstelling van het weidebestand hebben een belangrijke invloed op het calciumgehalte. In klavers en kruiden is het gehalte 3 à 4 maal zo hoog als in gras dat op dezelfde plaats groeit. In tabel II wordt het calciumgehalte van gras, klavers en kruiden volgens gegevens uit de literatuur vermeld.

Volgens door ons bewerkte gegevens van het BPD-onderzoek te Borculo in 1959 bedroeg het Ca-percentages van gras gemiddeld 0,49, dat van klavers gemiddeld 1,72 en van kruiden gemiddeld 1,33. Per 10% stijging van het gewichtsdeel aan klavers en kruiden neemt het Ca-gehalte van het weidebestand volgens dit onderzoek gemiddeld toe met 0,12% (fig. 2). Brünner (1953) vond een vrijwel even sterke invloed van het percentage klavers en kruiden op het calciumgehalte van

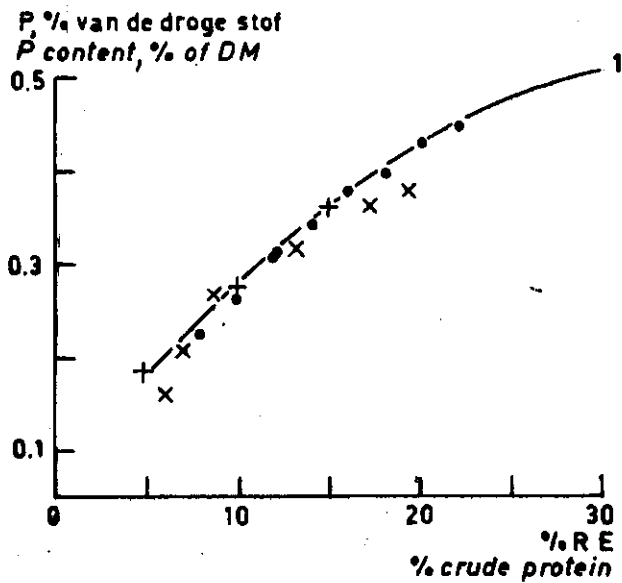


Fig. 1. Verband tussen ruw-eiwit- en fosforgehalte van gras.
1 = deze publikatie / this publication x = Kummer en Polheim (1965)
• = 't Hart (1944/45) + = Kirchgessner en Friesecke (1963)

Relation between crude protein and phosphorus in grass.

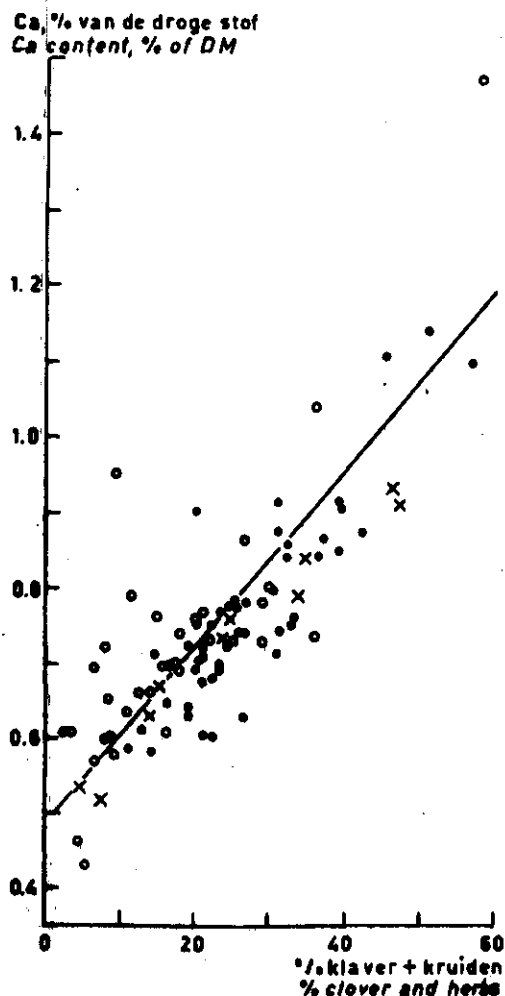


Fig. 2. Verband tussen percentage klavers en kruiden en calciumgehalte van het grasbestand.

- = Onderzoek Borculo 1959 / Borculo project 1959
- x = Brünner (1953)
- o = Van Itallie (1938)

Relation between percentage clover and herbs and calcium content of herbage.

TABEL II. Calciumgehalte in de droge stof van gras, klavers en kruiden volgens literatuurgegevens

	Truninger en von Grünigen (1935)	König (1950)	Klapp (1951)	Gericke (1957)	Wöhlbier en Kirchgessner (1957)
	% Ca				
Gras (Grass)	0,47	0,43	0,52	0,49-0,57	0,42
Klavers (Clovers)	1,73	2,31	1,63	1,99-2,04	1,41
Kruiden (Herbs)	1,29	1,54	1,79	1,75-1,88	1,49

TABLE II. Calcium in grass, clovers and herbs (DM). Data from literature

het bestand. Schiller en Lengauer (1968) vonden eveneens een sterke correlatie tussen het calciumgehalte en het percentage klavers en kruiden. De verschillen in calciumgehalte tussen de drie hoofdbestanden van het weidebestand en de verbeterende werking van klavers en kruiden op de minerale samenstelling van het gras zijn het kleinst als in een jong stadium wordt geoogst, wanneer het eiwitrijke gras een hoog gehalte aan mineralen bevat (Van der Kley, 1957). Een verhoging van het calciumgehalte via een groter aandeel van klavers en kruiden zou voornamelijk bewerkstelligd kunnen worden door een verlaging van de stikstofbemesting. Dit is bij de huidige intensivering van de graslandbedrijven echter niet mogelijk.

De verschillen in calciumgehalte tussen de grassoorten onderling zijn veel minder groot als tussen de grassen, klavers en kruiden. In het algemeen zijn de gehalten aan mineralen bij de matige en minderwaardige grassen lager dan bij de goede grassen. De opgave hierover loopt bij de verschillende onderzoekers echter uiteen. Roodzwenkgras, beemdvossestaart, reukgras, fiorien en veldbeemdgras hebben volgens Van Itallie (1934) en Kauter (1935) een relatief laag calciumgehalte; witbol, Engels raaigras en ruwbeemdgras een relatief hoog gehalte. Zürn (1958) vermeldt lagere gehalten bij timothee, kropbaar en Frans raaigras en hogere gehalten bij Engels raaigras, beemdlandbloem en roodzwenkgras. Ondergrassen met meer blad zouden volgens deze onderzoeker een hoger gehalte hebben dan bovengrassen met meer stengels. Het verschil tussen beide soorten zou gedeeltelijk terug te voeren zijn tot verschillen in minerale samenstelling tussen bladeren en stengels. Het is bekend dat bladeren meer calcium bevatten dan stengels (Fagan et al., 1928; Kemp en Dijkshoorn, 1956). Het verschil in gehalte tussen bovengenoemde groepen van grassoorten bedraagt ongeveer 0,15 à 20% Ca.

Het fosforgehalte van graslandplanten loopt over het algemeen weinig uiteen. Kruiden zijn weliswaar iets fosforrijker dan grassen, maar het verschil is veel kleiner dan bij calcium. Het verschil in fosforgehalte tussen grassoorten en klavers is te verwaarlozen, kruiden bevatten gemiddeld 1,3 à 1,5 maal zoveel fosfor als grassen en klavers (Van Itallie, 1934; Truninger en von Grünigen, 1935; König,

1950; Klapp, 1951; Brünner, 1954; Van der Kley, 1956a; Geriche, 1957; Wöhlbier en Kirschgessner, 1957; Schineis, 1958; Bruggink, 1960; Knauer, 1963).

Ook tussen de grassoorten bestaan slechts geringe verschillen in fosforgehalte (Van Itallie, 1934; Whitehead, 1966). Kauter (1935) vermeldt dat grasland met overwegend Frans raaigras, goudhaver, witbol en ruwbeemdgras minder fosfor bevat dan grasland met overwegend kropbaar, Engels raaigras en ruwbeemdgras. Hierbij zal sprake zijn geweest van een verschil in gebruik tussen de percelen waarop beide groepen voorkomen, nl. overwegend als hooiland en als weiland. Er zal dus tevens een verschil in groeistadium en in bemestingstoestand zijn geweest. Volgens Zürn (1958) zouden bladrijkere grassoorten fosforrijker zijn dan bladarmere soorten. Kemp en Dijkshoorn (1956) vonden in dit opzicht geen verschillen. Hun scheiding tussen bladrijk en bladarm (resp. het bovenste en het onderste deel van de monsters) was echter vrij grof. Daar het stikstof- en het fosforgehalte aan elkaar gecorreleerd zijn, ligt een hoger fosforgehalte in de eiwitrijkere bladeren vergeleken met de eiwitarmere stengels wel voor de hand. Lambert en Denudt (1971) vonden verschillen in fosforgehalte tussen enkele grassoorten afhankelijk van het groeistadium. Engels raaigras, beemdlangbloem en roodzwenkgras hadden een iets hoger fosforgehalte dan timothee en Italiaans raaigras. In het begin van de groei had Italiaans raaigras een hoger gehalte (vergeleken met de andere soorten in het begin misschien bladrijker?). De verschillen zijn echter niet groot.

3. Bemesting en bemestingstoestand van de grond

a. Stikstofbemesting

De minerale samenstelling van het gras kan belangrijk beïnvloed worden door de stikstofbemesting, deels als gevolg van een directe invloed, deels als gevolg van een indirecte invloed. Stikstofbemesting geeft een bladrijker gewas en verhoogt bij een versterkte stikstofopname in het algemeen de gehalten aan anorganische bestanddelen, althans als het betreffende element in voldoende mate in de grond ter beschikking staat. Hunt (1970) constateerde met een hogere stikstofbemesting zowel een hoger fosfor- als een hoger calciumgehalte.

Voor het gehalte aan fosfor wordt dit bij verschillende maaitijden gedemonstreerd in fig. 3, door ons ontleend aan gegevens van Mulder (1949). Indien de fosfaatvoorziening voldoende is, verhoogt de stikstofbemesting samen met het gehalte aan ruweiwit het fosforgehalte. De invloed van de stikstofbemesting op het fosforgehalte gaat daarbij onafhankelijk van de maaitijd volledig samen met zijn invloed op het ruw-eiwitgehalte. Bij een onvoldoende fosfaatvoorziening heeft de stikstofbemesting volgens deze gegevens geen invloed. Met toenemende stikstofgiften kan het gehalte dan zelfs dalen als gevolg van een verhoogde groei van het gras en dientengevolge een verdunning van de door de planten opgenomen hoeveelheid voedingsstof.

Naast deze directe invloed op de chemische samenstelling is er een belangrijke indirecte beïnvloeding door de stikstofbemesting via een aanzienlijke wijziging in de botanische samenstelling van het weidebestand. Door stikstof worden de calciumrijkere klavers en kruiden verdrongen en vervangen door de calciumarmere grassen. Bij een

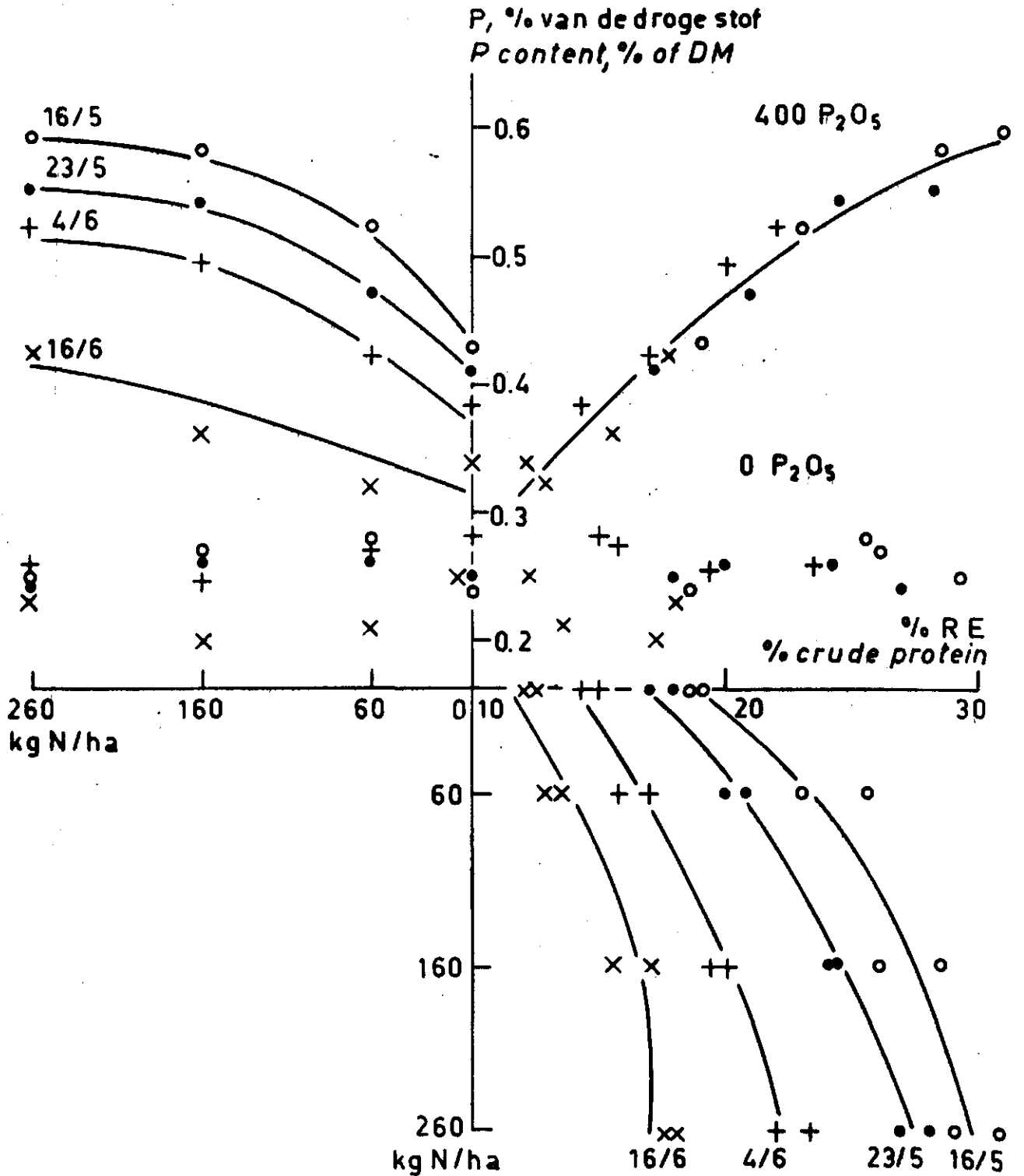


Fig. 3. Verband tussen stikstofbemesting, ruw-eiwit- en fosfor-
 gehalte van gras bij vier maaitijden (naar Mulder, 1949).

Relation between nitrogen dressing, crude protein and phosphorus
 in grass at four dates of cutting (Mulder, 1949).

ruim gebruik van stikstof kan dan ook via de botanische samenstelling een verlaging van het calciumgehalte van het weidebestand verwacht worden, hoewel stikstofbemesting direct een enigszins verhogende invloed kan hebben op het calciumgehalte.

Nitraatbemesting stimuleert de opneming van kationen, ammoniumbemesting die van de anionen. De vorm van de stikstofbemesting op de chemische samenstelling van het gras heeft echter meestal slechts geringe praktische betekenis, omdat in de bodem over het algemeen een snelle nitrificatie van het ammonium plaats vindt. Een uitzondering vormt chilisalpeter, dat een verlagende invloed heeft op het calciumgehalte (tot ca. 0,10% Ca lager vergeleken met andere stikstofvormen). Om het calciumgehalte van het gras niet extra te verlagen, moet het gebruik van deze meststof op zandgrasland dan ook worden ontraden. Kalksalpeter geeft iets hogere calciumgehalten (ca. 0,02% Ca meer). Met stikstof in ammoniumvorm (zwavelzure ammoniak en mengmeststoffen) worden soms iets hogere fosforgehalten gevonden (ca. 0,04% P meer) en iets lagere calciumgehalten (ca. 0,06% Ca minder) ten opzichte van andere stikstofvormen.

b. Fosfaatbemesting

De fosfaatbemesting en de fosfaattoestand van de grond verhogen beide het fosforgehalte van het gras. Fig. 3 geeft hiervan een voorbeeld. Het effect van een betere fosfaatvoorziening is groter naarmate het gras jonger en eiwitrijker is, hetgeen ook door Knauer (1965) werd vastgesteld. Een laag fosforgehalte wijst op een onvoldoende fosfaatvoorziening, vooral bij een hoog ruweiwitgehalte. Volgens Whitehead (1966) steeg het fosforgehalte op fosfaatarme grond door fosfaatbemesting van 0,2% tot 0,35 à 40% P.

In fig. 4 is de invloed van de fosfaattoestand van de grond (P-AL-cijfer) en van de fosfaatbemesting op het fosforgehalte van gras weergegeven, door ons afgeleid uit proefveldgegevens. De voor deze figuur geldende fosforgehalten zijn herleid op 15% ruweiwit volgens het eerder vermelde gemiddelde verband tussen fosfor en ruw eiwit. De stijging van het gehalte door een betere fosfaatvoorziening is aanvankelijk vrij duidelijk, maar neemt af bij hogere bemesting en bij ruimere fosfaattoestand van de grond tot op den duur een maximum wordt bereikt. De gemiddelde stijging van het fosforgehalte per 10 P-AL-eenheden en per 50 kg P_2O_5 per ha bij verschillende fosfaattoestanden van de grond wordt vermeld in tabel III.

Bij toepassing van het fosfaatbemestingsadvies voor grasland bij eenmaal maaien en daarna weiden volgens de "Adviesbasis" (Anon., 1967) kunnen de in tabel IV vermelde gemiddelde gehalten in afhankelijkheid van het ruw-eiwitgehalte worden verwacht. Het gras zal tijdens de weideperiode bij opvolging van het advies meestal een voldoende hoog gehalte hebben (ca. 0,45% P en hoger). Bij een ruweiwitgehalte lager dan 15% zal het gehalte beneden de eerder gestelde norm van 0,35 tot 0,45% P dalen. Hieruit volgt dat een laag gehalte in hooi niet een gevolg behoeft te zijn van een onvoldoende fosfaatvoorziening. In hooi zijn in verband met de lagere ruw-eiwitgehalten geen hoge fosforgehalten te verwachten. Hooi is altijd duidelijke fosfor-artermer dan weidegras van hetzelfde perceel.

TABEL III. Stijging van het fosforgehalte van gras bij 15% re in de droge stof door fosfaatbemesting en fosfaattoestand van de grond

P-AL	Stijging % P per 50 kg P ₂ O ₅ /ha (Increase of P-percentage per 50 kg P ₂ O ₅ /ha)		
	0-50 kg P ₂ O ₅ /ha	50-100 kg P ₂ O ₅ /ha	100-150 kg P ₂ O ₅ /ha
10	0,04	0,025	0,02
20	0,02	0,015	0,015
30	0,015	0,01	0,01

P-AL	Stijging % P per 10 P-AL-eenheden (Increase of P-percentage per 10 P-AL units)				
	5-15	15-25	25-35	35-55	>55
% P	0,07	0,03	0,02	0,01	0,005

TABLE III. Increase in phosphorus content of grass at 15% crude protein (DM) as affected by phosphate dressing and phosphate status of the soil

TABEL IV. Te verwachten fosforgehalte van gras in de droge stof bij bemesting volgens het bemestingsadvies

P-AL	kg P ₂ O ₅ /ha*	Te verwachten P-gehalte (%) bij een % re van (P-content to be expected (%) of grass at a crude-protein percentage of:)				
		10	15	20	25	30
10	200	0,29	0,37	0,44	0,49	0,52
14	150	0,29	0,37	0,44	0,49	0,52
18	90	0,29	0,37	0,44	0,49	0,52
18/29	70	0,29	0,37	0,44	0,49	0,52
30/39	45	0,30	0,38	0,45	0,50	0,53
40/55	25	0,30	0,38	0,45	0,50	0,53
>55	0	0,30	0,38	0,45	0,50	0,53
gem. average		0,29	0,37	0,44	0,49	0,52

* Bemestingsadvies bij eenmaal maaien + weiden
(Recommended for: first cut for hay, aftermath grazed)

TABLE IV. Phosphorus content to be expected in grass (DM) dressed according to current fertilizer recommendations

c. Kalium- en natriumbemesting

Een kalibemesting en een hoge kalitoestand van de grond verlagen beide het calciumgehalte van gras. Hetzelfde is het geval met natrium.

Eenwaardige kationen worden gemakkelijker door het gras opgenomen dan tweewaardige kationen en werken daarbij de opneming van andere kationen tegen. Het kaliumgehalte van gras neemt duidelijk toe naarmate de kalitoestand van de grond hoger is en meer kali met bemesting wordt gegeven. Hierdoor wordt de opneming van

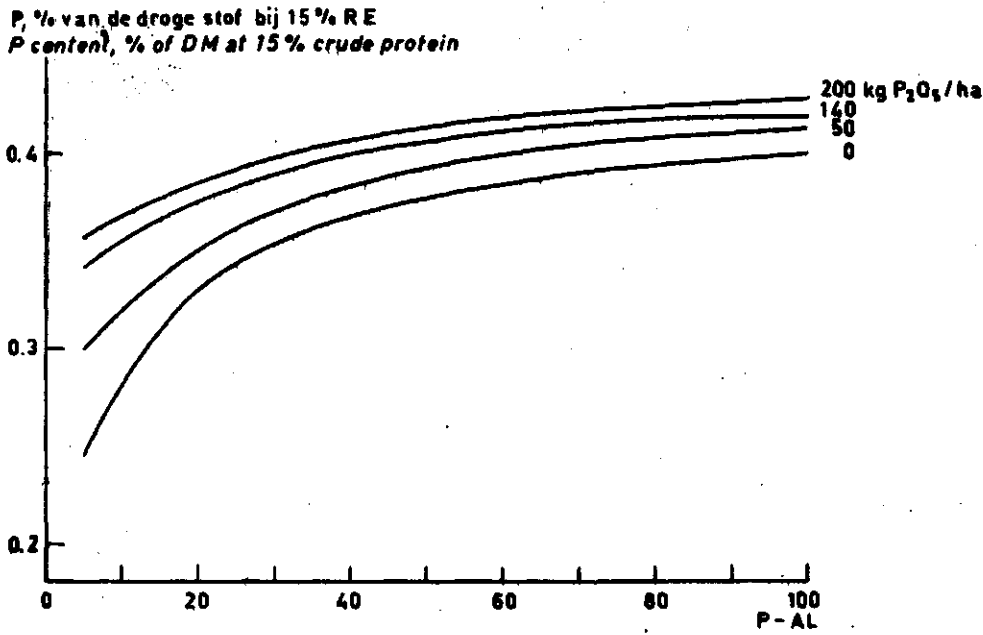


Fig. 4. Invloed van fosfaatbemesting en fosfaattoestand van de grond (P-AL) op het fosforgehalte van gras.

The effect of phosphate dressing and phosphate status of the soil (P-AL) on phosphorus in grass.

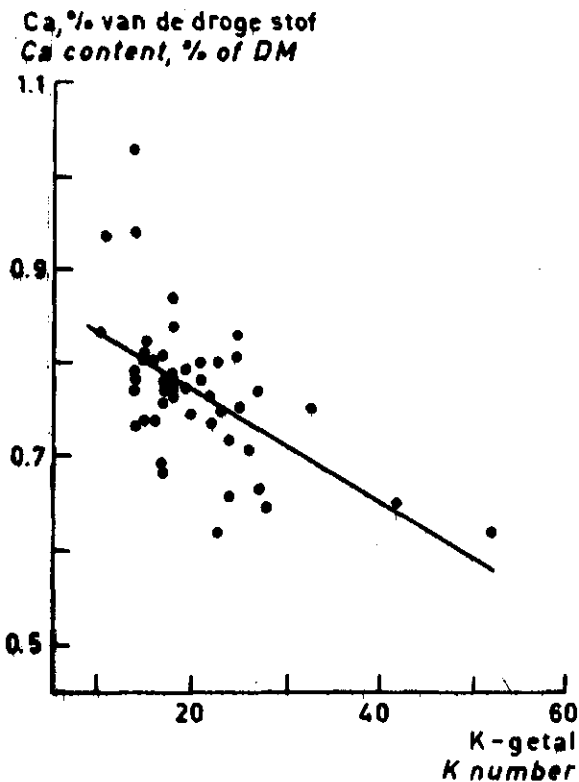


Fig. 5. Verband tussen de kalitoestand van de grond (K-getal) en het calciumgehalte van gras (onderzoek Borculo 1959).

Relation between the potassium status of the soil (K-number) and calcium in grass (Borculo project 1959).

calcium gedrukt. Dit is vooral nadelig als calcium slechts in beperkte mate in de grond ter beschikking staat (vooral op zandgronden) en het gehalte bovendien moeilijk verhoogd kan worden. Bij hoge kaliumgehalten in de grond vindt men dan ook vaak lage calciumgehalten in het gras tengevolge van de concurrentie die tussen deze mineralen optreedt bij de opname door de plant. Een voorbeeld hiervan wordt gegeven in fig. 5 voor het BPD-onderzoek te Borculo in 1959. Per 10 eenheden K-getalstijging daalt het Ca-gehalte volgens dit onderzoek gemiddeld met 0,06%. Kemp (1957) vermeldt gegevens over het calciumgehalte van weidegras, waaruit eveneens blijkt dat het gehalte afneemt met het hoger worden van de kalitoestand van de grond (monsternamen in het voorjaar tijdens of vlak voor het weiden). Met toenemende kalitoestand daalde het calciumgehalte op zandgrond van 0,57 tot 0,47 en op rivierklei van 0,64 tot 0,52% Ca.

Een verlaging van het calciumgehalte van gras door kalibemesting wordt door verschillende onderzoekers geconstateerd, o.a. door 't Hart en Van der Frauw (1942), Whitehead (1966) en Mudd (1970). Kemp en Geurink (1970) vonden op zandgrond een daling van 0,10% Ca bij een zware kalibemesting, die bijna 200 kg K_2O per ha meer bedroeg dan voor een optimale opbrengst nodig was.

De daling van het calciumgehalte onder invloed van de kalitoestand van de grond en de kalibemesting, afgeleid uit gegevens van Sluijsmans (1967), is voor zand, veen en kleigrond weergegeven in tabel V.

TABEL V. Invloed van de kalitoestand van de grond en de kalibemesting op het calciumgehalte van gras in de droge stof (Sluijsmans, 1967).

Grondsoort (soil type)	Ca-gehalte van gras (%)* bij een K-getal van de grond van			
	(Ca-content of grass (%)*) at a K-number of the soil of:			
	11-17	18-25	26-52	
zand (sand)	0 K_2O	0,63	0,56	0,54
	100 K_2O	0,56	0,51	0,48
veen (peat)	0 K_2O	0,62	0,60	0,52
	100 K_2O	0,58	0,56	0,51
klei (clay)	0 K_2O	0,66	0,68	0,63
	100 K_2O	0,62	0,63	0,61

* Gemiddelde van 3 jaar, voor- en najaarssnede, per grondsoort 20 proeven.

(Average of 3 years, spring and autumn cut, 20 trials per soil type.)

TABLE V. Effect of potassium status of the soil and potassium dressing on calcium content of grass (DM).

De daling van het calciumgehalte door kalibemesting is op zandgrond groter dan op veengrond en op kleigrond. Dit hangt waarschijnlijk ten dele samen met het feit, dat het adsorptiecomplex op veen en kleigrond reeds meer kalium en andere kationen bevat, waardoor eenzelfde kalibemesting de verhoudingen minder sterk verschuift dan op

zandgrond. Zandgronden hebben bovendien een minder sterk bufferend vermogen om de extra toegediende kali in een minder voor de plant opneembare vorm vast te leggen. Uit deze gegevens, aangevuld met die van andere onderzoeken, kan worden afgeleid dat de daling van het Ca-gehalte per 10 eenheden K-getal op zand- en veengrond 0,06 en op kleigrond 0,04% bedraagt, en per 100 kg K₂O per ha op zandgrond 0,06 en op veen- en kleigrond 0,03%.

Om te lage calciumgehalten in het gras te voorkomen moet daarom gestreefd worden naar een niet te hoge kalitoestand van de grond. De kalibemesting moet niet hoger zijn dan voor een goede grasgroei noodzakelijk is. Dit wordt bereikt door te bemesten volgens de normen van de "Adviesbasis" (Anon., 1967). Er resulteert dan een kaliumgehalte in het gras dat, afhankelijk van het groeiseizoen, de groeisnelheid en het groeistadium, globaal gesteld kan worden op 2,5 à 3,0% K in de droge stof van weidegras en iets lager in kuil en hooi. Een te hoge kalitoestand van de grond kan verlaagd worden door het grasland extra te maaien.

Op zandgrond verlaagt een natriumbemesting in de vorm van chilisalpeter het calciumgehalte van gras (Van Itallie, 1938; Te Velde, 1960). Henkens (1965) vermeldt gegevens van Lehr, waaruit blijkt dat bemesting met chilisalpeter het Ca-gehalte verlaagt met 0,07% (stikstofgift 60 kg N per ha). Van Itallie (1938) vond een overeenkomstige daling. Zoals reeds eerder is vermeld, is het gebruik van chilisalpeter op zandgrond daarom af te raden, in verband met de daling van het calciumgehalte van het gras, die daarvan het gevolg is. Natriumchloride verlaagt, in tegenstelling met chilisalpeter, het calciumgehalte niet van betekenis, waarschijnlijk omdat tegenover het vergrote aanbod aan kationen (Na) tegelijkertijd een groter aanbod aan gemakkelijk opneembare anionen (Cl) staat.

d. Magnesiumbemesting

Met een stijging van het magnesiumgehalte van het gras gaat een daling van het calciumgehalte gepaard. Een verlaging van het gehalte door magnesiumbemesting doet zich vooral voor op zandgrond en in mindere mate op veen en kleigrond, zoals blijkt uit tabel VI.

Een eenmalige bemesting naar 100 kg MgO/ha in de vorm van kieseriet verlaagde het Ca-gehalte van gras op zandgrond in het voorjaar gemiddeld met 0,04% en in het najaar met 0,02% (gegevens ontleend aan Sluijsmans, 1967). De daling ging in volgende jaren duidelijk door als opnieuw met magnesium werd bemest. De daling bedroeg na drie jaar ongeveer 0,10% Ca. Dilz en Arnold (1970) vonden na bemesting gedurende drie jaar met magnesamon (150 tot 190 kg MgO per ha en per jaar) een daling van eveneens ongeveer 0,10% Ca. Kemp en Geurink (1970) gingen in een proef op zandgrond de invloed van een herhaalde magnesiumbemesting met magnesamon gedurende acht jaar na op het calciumgehalte van gras, nadat in de eerste twee jaren bovendien in totaal 176 kg MgO per ha als kieseriet was gegeven. Per jaar werd met magnesamon gemiddeld 136 kg MgO per ha toegediend. Het bleek dat het calciumgehalte van het gras onder invloed van magnesiumbemesting duidelijk daalde. Gemiddeld over acht jaar bedroeg de daling in het voorjaar, zomer en herfst 0,12% Ca. De daling bedroeg in het

TABEL VI. Invloed van de magnesiumbemesting op het calciumgehalte van gras in de droge stof (Sluijsmans, 1967).

Grondsoort (Soil type)		Ca-gehalte van gras (%) [*] (Ca-content [*] of grass)	
		0	100
		kg MgO/ha	kg MgO/ha
zand (sand)	0 K ₂ O	0,60	0,55
	100 K ₂ O	0,54	0,50
veen (peat)	0 K ₂ O	0,58	0,56
	100 K ₂ O	0,56	0,53
klei (clay)	0 K ₂ O	0,65	0,63
	100 K ₂ O	0,62	0,62

*Gemiddelde van 3 jaar, voor- en najaarsnede, per grondsoort 20 proeven.

(Average of 3 years, spring and autumn cut, 20 trials per soil type.)

TABLE VI. Effect of magnesium dressing on calcium content of grass (DM).

voorjaar en zomer aanvankelijk ca. 0,05% en nam geleidelijk toe tot ca. 0,20% als geregeld met magnesium werd bemest.

Hoge magnesiumgiften, die nodig zouden zijn voor een voldoende magnesiumgehalte van het gras om hypomagnesaemie te voorkomen, zouden op zandgrond een zodanige verlaging van het calciumgehalte kunnen veroorzaken, dat dit gehalte beneden de gestelde norm van 0,45 à 0,60% Ca zou kunnen dalen. Het bemestingsadvies voor magnesium op zandgrasland is er daarom op gericht de verlaging van het calciumgehalte van het gras tot een minimum te beperken. Dit wordt bereikt door slechts een matige onderhoudsbemesting van 50 kg MgO per ha te adviseren, nadat door extra magnesiumbemesting een voldoende hoge magnesiumtoestand van de grond is bereikt (150 mg MgO per kg grond, zie Anonymus, 1967).

e. Kalktoestand en bekalking

Uit de meeste onderzoeken blijkt dat de kalktoestand van de grond en een bekalking slechts een gering effect hebben op het calciumgehalte van gras. De verhoging van het gehalte door bekalking bedraagt meestal niet meer dan ca. 0,10% Ca. De veranderingen in het gehalte hangen veelal samen met wijzigingen in de botanische samenstelling door bekalking, omdat het calciumgehalte in hoofdzaak bepaald wordt door de verhouding in het weidebestand tussen grassen, klavers en kruiden.

Een bekalking kan zowel het aandeel van kruiden en klavers verhogen als verlagen. Indien het aandeel van klavers en kruiden met toenemende pH stijgt, neemt ook het calciumgehalte van het bestand toe (Kauter, 1935; Brunner, 1950; Salvadori, 1964), indien het daalt, neemt het gehalte af (Schineis, 1958). Het is bij deze onderzoeken echter niet zeker of wij hier met een zuivere pH-invloed te maken hebben ge-

had, omdat de percelen behalve in pH ook in andere factoren kunnen verschillen. Gegevens hierover ontbreken.

Uit gegevens van Brünner (1953) blijkt, dat in één van de vier door hem genoemde onderzoeken het Ca-gehalte van percelen met een voldoende kalktoestand 0,11% hoger is dan op percelen met een onvoldoende kalktoestand. In drie gevallen is het gehalte bij een voldoende kalktoestand echter lager dan bij een onvoldoende kalktoestand (gemiddeld 0,05% Ca lager). Burbach (1955) vond een maximum in gehalte bij pH 5,6 tot 6,0. Bij lagere en hogere pH was het gehalte 0,1 à 0,2% Ca lager. Trüninger en von Grünigen (1935) vonden geen invloed van de pH op het calciumgehalte van gras. In deze gevallen werden echter geen gegevens over de botanische samenstelling vermeld.

Naast de onderzoeken over de invloed via de botanische samenstelling zijn er ook gegevens over een directe invloed van bekalking en pH op het gehalte. Zürn (1951) vermeldt gegevens waaruit blijkt dat de verschillende plantesoorten verschillend op een bekalking reageren. De invloed was het grootst bij klavers (stijging door bekalking met 0,48% Ca, bij grassen met 0,06% en bij kruiden met 0,10%). Volgens Brünner (1954) was het effect van een bekalking bij witte klaver en leeuwentand daarentegen slechts gering. Bij goudhaver met een zeer laag calciumgehalte werd het Ca-gehalte pas noemenswaard verhoogd van 0,33 tot 0,43% door een zware kalkbemesting gedurende drie jaar van jaarlijks 3000 kg CaCO_3 per ha. Bij een gelijk blijvende verhouding tussen de hoofdplantengroepen vond Brünner (1953) een stijging van 0,04% Ca met toenemende pH. Mückenberger (1953) constateerde op proefvelden, waar de gewichtsverhouding tussen grassen, klavers en kruiden na bekalking vrijwel gelijk bleef, een stijging van het Ca-gehalte met ca. 0,03% per 1000 kg CaCO_3 . Uit bovenstaande blijkt wel, dat een verhoging van het calciumgehalte door bekalking zonder een verandering in de botanische samenstelling van het bestand meestal slechts gering is.

Over de invloed van de kalktoestand van de grond op het fosforgehalte van gras staan gegevens ter beschikking van Van der Paauw (1943) en Van der Paauw et al. (1951). Hoewel een invloed niet altijd aantoonbaar was, verkregen zij uit statistisch onderzoek dikwijls aanwijzingen dat de opneming van fosfaat optimaal was bij een pH-HCl van 4,8 tot 5,5. Bij lagere of hogere pH was het gehalte meestal iets lager. Het fosfaat wordt dan blijkbaar minder goed opgenomen, waardoor een daling van het gehalte optreedt. Bij lage pH is dit waarschijnlijk mede een gevolg van minder gunstige groeiomstandigheden. Onderzoek van Schineis (1958) bevestigt dit. Het pH-traject voor de maximale opneming van fosfaat lag bij zijn onderzoek echter hoger dan hierboven is vermeld. Hij vond een maximumgehalte bij een pH-KCl 5,3 tot 6,1, ondanks een afname in het aandeel van fosfaatrijkere kruiden in het bestand.

4. Invloed van het seizoen en van de vochtvoorziening

Een invloed van het seizoen treedt zowel op bij het gehalte aan calcium als bij dat aan fosfor. Deze schommelingen zijn gedeeltelijk terug te voeren tot verschillen in botanische samenstelling van het bestand gedurende het groeiseizoen en tot verschillen in groeistadium van het gras. Ook spelen mogelijk temperatuur- en vochtinvloeden een rol.

Het calciumgehalte is in april vrij hoog en vertoont een lichte daling in mei en juni. Deze daling in het voorjaar is mogelijk een gevolg van een Ca/K-antagonisme, waardoor de opname van calcium wordt gedrukt (Deys en Bosch, 1951; Kemp en 't Hart, 1957). Het gras is dan bovendien minder bladrijk en meer stengelig, en daardoor armer aan calcium. In de loop van de zomer vertoont het calciumgehalte een stijging en in september en later weer een daling. De stijging in de zomer wordt veroorzaakt door het optreden van de calciumrijkere klavers en kruiden, die zomers in het algemeen meer op de voorgrond treden dan in het voorjaar en in het najaar (Deys en Bosch, 1951; 't Hart, 1944/45; Kemp en 't Hart, 1957).

Het verloop van het gehalte aan fosfor gedurende het groeiseizoen gaat samen met dat van het gehalte aan ruw eiwit. Beide vertonen ongeveer dezelfde schommelingen (Brandsma, 1954). In het voorjaar (mei) en in de herfst (september) is het gehalte hoog, in de zomer (juni) daarentegen laag. Verschillen in vochtvoorziening spelen hierbij waarschijnlijk ook een rol. De daling van het fosforgehalte in de zomer is vermoedelijk het grootst na perioden van droogte.

Onder droge omstandigheden en in droge jaren daalt het fosforgehalte en stijgt het calciumgehalte, bij een betere vochtvoorziening is het omgekeerde het geval. Fosforgebrek kan dus vooral optreden in droge jaren. Salvadori (1964) nam waar, dat een hoger calciumgehalte in droge jaren samenging met een lager kaliumgehalte en een hoger percentage klavers in het bestand. Het fosforgehalte was in droge jaren lager dan in natte jaren. Sjollema (1931b) constateerde eveneens lage fosforgehalten na perioden van droogte en lage calciumgehalten bij veel regen. Whitehead (1966) vond bij bedekt houden van de grond, waarbij de regen werd afgeschermd, lagere fosfor- en kaliumgehalten en hogere calcium- en natriumgehalten. Nehring (1958) onderzocht de invloed van de vochtvoorziening op het calcium- en fosforgehalte bij drie grassoorten. Naarmate de vochtvoorziening beter werd, daalde het Ca-gehalte van 1,08 tot 0,79% en steeg het P-gehalte van 0,21 tot 0,31%. Bosch (1954) vermeldt eveneens een stijging van het fosforgehalte bij betere vochtvoorziening (onderzoek in lysimeters met zomerwaterstanden van 125 en 50 cm beneden het maaiveld en berekening met 20 tot 150 mm water). De verhoging van het fosforgehalte door een betere watervoorziening was vooral groot tijdens de warme zomermaanden met sterke verdamping. In het voorjaar en in het najaar waren de verschillen kleiner. Waarschijnlijk waren ook de drogere objecten toen vrij vochtig, zodat een grotere hoeveelheid water weinig reactie meer gaf. Bij de vrijwel gelijke botanische samenstelling van het bestand werd het calciumgehalte bij dit onderzoek weinig beïnvloed door verschillen in vochtvoorziening.

Ook tijdens het weiden kan de minerale samenstelling van het te nuttigen voer in korte tijd wisselen. Een factor die hierbij een rol speelt, is de selectie die het vee bij het grazen uitoefent. Na eerst de malse, eiwitrijke toppen gegeten te hebben, kan binnen 5 dagen een daling optreden, o. a. van het fosforgehalte en soms ook van het calciumgehalte, als daarna ook de eiwitarmere bladdelen en stengels worden genuttigd (Van der Kleij, 1956b).

IV. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Aan de hand van een literatuurstudie, aangevuld met de bewerking van gegevens van enkele proefnemingen, worden de belangrijkste factoren die het calcium- en fosforgehalte van het weidebestand beïnvloeden, besproken.

Voor calcium zijn dit de botanische samenstelling en de bemesting met kali, natrium en magnesium, voor fosfor de ouderdom van het gras, de stikstof- en de fosfaatbemesting.

(1) Klavers en kruiden hebben een 3 à 4 maal zo hoog calciumgehalte als grassen. Per 10% meer klavers en kruiden in het bestand stijgt het Ca-gehalte met gemiddeld 0,12%. De mogelijkheid om het calciumgehalte te verhogen door een groter aandeel klavers en kruiden, is moeilijk te realiseren door de ruime stikstofbemesting die bij het huidige streven naar intensivering wordt toegepast.

Het fosforgehalte van kruiden is ongeveer 1,5 maal zo hoog als van grassen en klavers. De verschillen in calcium- en fosforgehalte tussen grassoorten zijn betrekkelijk gering en meestal niet van praktische betekenis.

(2) Een ruime kalibemesting en een hoge kalitoestand van de grond verlagen beide het calciumgehalte, evenals een ruime magnesiumbemesting en een bemesting met chilisalpeter. De daling van het calciumgehalte bedraagt per 10 eenheden K-getalstijging en per 100 kg K₂O per ha in beide gevallen op zandgrond ca. 0,06% en op kleigrond ca. 0,03% Ca. Ruime magnesiumbemesting verlaagt het calciumgehalte op zandgrond met 0,05 à 0,10% Ca en bij herhaalde toepassing met 0,15 à 0,20% Ca. Chilisalpeter verlaagt het Ca-gehalte met ca. 0,10%. Een te ruime kalibemesting en een te hoge kalitoestand van de grond moeten daarom worden vermeden, evenals op zandgrond een te ruime magnesiumbemesting en een bemesting met chilisalpeter.

(3) Het fosforgehalte daalt naarmate het gras ouder en eiwitarm wordt. Eiwitarm hooi is derhalve armer aan fosfor dan eiwitrijk weidegras. Per 10% ruw eiwit stijgt het P-gehalte met 0,1 à 0,2%. De invloed van de stikstofbemesting op het fosforgehalte hangt samen met zijn invloed op het ruw-eiwitgehalte. Vroeg maaien en een ruime stikstofbemesting verhogen derhalve het fosforgehalte. Lage fosforgehalten en hooi zullen in de regel echter niet tot een te krappe fosforvoorziening van het vee leiden, omdat dit wordt aangevuld met eiwit- en daarmee fosforrijke krachtvoerders.

(4) De fosfaatbemesting en de fosfaattoestand van de grond hebben, behalve bij lage fosfaatvoorziening, slechts een betrekkelijk geringe verhogende invloed op het fosforgehalte van gras. Bij ruime fosfaatvoorziening is door bemesting geen evenredige verhogende invloed op het fosforgehalte te verwachten. Het effect van een betere fosfaatvoorziening is groter naarmate het gras jonger en eiwitrijker is.

(5) Bekalking en pH-verhoging hebben, zonder wijziging in de botanische samenstelling van het bestand, meestal slechts een geringe verhogende invloed op het calciumgehalte. Een optimale fosfaatopneming vindt plaats bij een pH-KCl van ca. 5,5.

(6) Onder droge omstandigheden en in droge jaren daalt meestal het fosforgehalte en stijgt het calciumgehalte, bij een betere vochtvoor-

ziening is het omgekeerde het geval. In de loop van de zomer vertoont het calciumgehalte meestal een stijging door het optreden van meer calciumrijkere klavers en kruiden in het bestand, het fosforgehalte vertoont dan daarentegen een daling, vooral na perioden van droogte.

Op grond van bovenstaande gegevens zijn op intensief gevoerde graslandbedrijven derhalve hoge fosforgehalten en lage calciumgehalten in het weidebestand te verwachten.

V. SUMMARY

Factors influencing the calcium and phosphorus content of grass

A review of the literature on the influence of various factors on calcium and phosphorus in herbage is given, supplemented with results of own investigations.

The calcium content of grass is largely determined by the botanical composition and the application of potassium, sodium and magnesium. The phosphorus content depends mainly on the age of the grass and on nitrogen and phosphorus fertilization.

The following conclusions may be drawn.

(1) The calcium content of clovers and herbs is 3 to 4 times as high as of grass. On the average, the calcium content increases 0.12% for each 10% increase in clovers and herbs. Intensive farming with high nitrogen dressing in modern livestock husbandry prevents an increase in calcium by means of more clovers and herbs. The phosphorus content of herbs is about 1.5 times as high as of grass and clovers. The differences in calcium and phosphorus contents between grass species are relatively small and mostly not of practical importance.

(2) An ample supply of potassium and a high potassium status of the soil decrease the calcium content, as well as an ample magnesium dressing and an application of Chilean nitrate.

On the average, the calcium content is reduced on sandy soils by about 0.06% and on clay soils by about 0.03% Ca for each 10% increase in soil potassium and for each 100 kg K₂O per ha applied. An ample supply of magnesium decreases the calcium content on sandy soils by 0.05 to 0.10% Ca and upon repeated application by 0.15 to 0.20% Ca. Chilean nitrate decreases the calcium content by about 0.10% Ca. Therefore an ample potassium dressing and a high potassium status of the soil should be avoided, as well as an ample magnesium dressing and application of Chilean nitrate on sandy soils.

(3) The phosphorus content decreases with increasing age of the grass and decreasing content of crude protein. For this reason hay that is low in crude protein contains less phosphorus than young grass high in crude protein. Per 10% increase in crude protein the phosphorus content increases by 0.1 to 0.2% P. The influence of the nitrogen dressing on phosphorus content is correlated with its influence on crude protein. For this reason a higher phosphorus content is obtained when the grass is cut at an early stage of growth and when an ample supply of nitrogen is given. However, low-phosphate hay will generally not lead to a phosphorus deficiency in cattle, because it is supplemented by concentrates high in crude protein and high in phosphorus.

(4) Phosphorus fertilization and the phosphorus status of the soil have little effect on the phosphorus content of the grass, except when the soil-phosphorus supply is low. The effect of an improved phosphorus supply is greater as the grass is younger and higher in crude protein.

(5) In general, liming and an increase in pH without a change in botanical composition of the grass have mostly a small influence on the

calcium content of herbage. Optimum uptake of phosphorus occurs at pH-KCl of approximately 5.5.

(6) Under dry conditions and in dry years the phosphorus content decreases and the calcium content increases; under moist conditions the reverse occurs. In summer the calcium content mostly increases as a result of an increased percentage in the sward of clover and herbs high in calcium, but the phosphorus content decreases, especially after a dry period. These indicate that herbage of high phosphate and low calcium content may be expected under conditions of intensive farming.

VI. LITERATUUR

- Anonymus, 1967. Adviesbasis voor landbouwgronden. Rijkslandbouwconsulentschap voor Bodem en Bemesting, z. pl.
- Bakker, IJ. Tj., 1955. De minerale samenstelling van weidegras. Stikstof 8: 255-266.
- Bosch, S., 1954. Enige gegevens betreffende de invloed van de waterhuishouding op de gehalten aan mineralen van gras. Versl. Cent. Inst. Landbouwkd. Onderz. 1953: 59-63.
- Brandsma, S., 1954. Over de minerale bestanddelen en hun onderlinge betrekkingen in weidegras van "normale" bedrijven. Meded. Landbouwhogesch. Wageningen 54 (6): 245-309.
- Bruggink, E.G.J., 1960. Enkele gegevens betreffende de macro- en micro-elementen in grassen, klavers en kruiden op dezelfde standplaats. Landbouwkd. Tijdschr. 72: 635-643.
- Brunner, F., 1950. Mineral- und Nährstoffgehalt des Heues süd-württembergischer Wiesen und deren botanische Zusammensetzung. Z. Acker- Pflanzenbau 92: 306-349.
- Brunner, F., 1953. Der Einfluss der Düngung und der Nährstoffe des Bodens auf Ertrag und Güte des Wiesenheus. Z. Acker- Pflanzenbau 96: 309-332.
- Brunner, F., 1954. Nährstoff- und Mineralstoffgehalt einiger Grundlandpflanzen. Phosphorsäure 14: 131-144.
- Burbach, H., 1955. Der Einfluss von Nährstoffgehalt des Bodens und Düngung auf Ertrag und Mineralstoffgehalt von Wiesenheu. Phosphorsäure 15: 98-111.
- Devuyt, A. en Vanbelle, M., 1965. De minerale toestand van de bedrijfsveevoeders in België. Agricultura 13: 389-430.
- Deys, W.B. en Bosch, S., 1951. Voorlopige mededeling betreffende seizoenschommelingen in gehalten aan minerale bestanddelen van weidegras. Landbouwvoorlichting 8: 381-387.
- Dilz, K. en Arnold, G.H., 1970. De magnesiumvoorziening van grasland. Stikstof 6: 150-157.
- Fagan, T.W., Milton, W.E.J. and Provan, A.L., 1928. The effect of nitrate of soda on the yield and chemical composition of a simple seeds mixture in the first harvest year. Welsh Plant Breed. Stn. Bull. Ser. H, No. 9: 5-27.
- Fleischel, H., 1965. Das Verhältnis von Calcium und Phosphor im Futter, sein Einfluss und seine Beeinflussung. Phosphorsäure 25: 49-65.
- Frankena, H.J., 1934. Over stikstofbemesting op grasland. I. Verslag van een stikstof- maaitijdsproefveld. Versl. Landbouwkd. Onderz. 40 (A): 23-49.
- Gericke, S., 1957. Düngung, Pflanzenbestand und Mineralstoffgehalt von Wiesenheu. Phosphorsäure 17: 106-119.
- 't Hart, M.L., 1941. Rapport over het onderzoek door het Centraal Veevoeder Bureau naar de kwaliteit van het Nederlandsche hooi. Landbouwvoorlichtingsdienst Meded. 16.
- 't Hart, M.L., 1944/45. Over de gehalten aan enkele minerale bestanddelen in gras. Landbouwkd. Tijdschr. 56/57: 477-487.

- 't Hart, M. L. en Van der Paauw, F., 1942. Kalibemesting op grasland. Landbouwvoorlichtingsdienst Meded. 30.
- 't Hart, M. L. en Van der Woerdt, D., 1949. Over de verbetering van verwaarloosd grasland. Landbouw No. 5.
- Hartmans, J., 1964. Verslag van een studiereis naar de Verenigde Staten van Amerika ter bestudering van enkele aspecten van de samenstelling van het rantsoen in verband met de gezondheid en produktiviteit van het rund. Inst. Biol. Scheikd. Onderz. Landbouwgewassen Wageningen, Versl. No. 32.
- Henkens, Ch. H., 1965. Factors influencing the sodium content of meadow grass. Neth. J. Agric. Sci. 13: 21-47.
- Hunt, I. V., 1970. Fundamentals of grassland management. 8. Principles of manuring grassland. Scott, Agric. 49: 117-127.
- Itallie, Th. B. van, 1934. De chemische samenstelling van een aantal afzonderlijke grassoorten in verschillende groeistadia. Versl. Landbouwkd. Onderz. 40 (A): 639-693.
- Itallie, Th. B. van, 1938. Het chemisch onderzoek van grasmonsters bij de Staatsmijnproeven. Versl. Landbouwkd. Onderz. 44 (18) A: 939-953.
- Kauter, A., 1935. Der Aschengehalt des Heugrases in seiner Abhängigkeit von Pflanzenbestand und Bodenreaktion. Landwirtsch. Jahrb. Schweiz 49: 69-86.
- Kemp, A., 1957. Over de invloed van de bemesting van het grasland en de weersomstandigheden op het optreden van kopziekte bij melkvee. Inst. Biol. Scheikd. Onderz. Landbouwgewassen, Wageningen, Versl. No. 2.
- Kemp, A. en Dijkshoorn, W., 1956. Het verschil in de minerale samenstelling van het bovenste en van het onderste deel van een snede weidegras. Versl. Cent. Inst. Landbouwkd. Onderz. 1955: 100-104.
- Kemp, A. en Geurink, J. H., 1970. Invloed van magnesiumbemesting op het magnesiumgehalte van de grond, het gras en het bloedserum bij melkkoeien. Versl. Landbouwkd. Onderz. 747.
- Kemp, A. and 't Hart, M. L., 1957. Grass tetany in grazing milking cows. Neth. J. Agric. Sci. 5: 4-17.
- Kirchgessner, M., 1955. Mineralstoff- und Spurenelementenuntersuchungen von Milch und Blut beim Rindvieh, sowie von wirtschaftseligen Futtermitteln unter besonderer Berücksichtigung des Wiesenheues im Hinblick auf Gebärpäresse und Festliegen während der Maternität. Schriftenreihe Mangelkrankheiten, 6. Fird, Stuttgart-Pflichtingen.
- Kirchgessner, M. und Friesecke, H., 1963. Zur Weiterentwicklung des 3 teiligen DLG Heubewertungsschlüssels. Wirtschaftseigene Futter 9: 242.
- Klapp, E., 1951. Grundlagen und Beeinflussung des Gehaltes von Grünlandfutter. Vorträge 5. Hochschultagung Landwirtschaft. Fak. Bonn-Poppelsdorf.
- Kley, F. van der, 1956a. On the variations in contents and in interrelations of minerals in dandelion (*Taraxacum officinale* Weber) and pasture grass. Neth. J. Agric. Sci. 4: 314-332.
- Kley, F. van der, 1956b. Veranderingen in de minerale samenstelling van gras tijdens het rondweiden van rundvee. Landbouwkd. Tijdschr. 68: 940-946.

- Kley, F. K. van der, 1957. De betekenis van tweezaadlobbige graslandplanten voor de minerale samenstelling van weidegras. Thesis Landbouwhogeschool, Wageningen.
- Knauer, N., 1963. Einfluss der Düngung mit Phosphat, Kalium und Kalzium auf Pflanzenbestand und Mineralstoffgehalt von Wiesen- und Weidefutter. *Wirtschaftseigene Futter* 9: 28.
- Knauer, N., 1965. Zusammenhang zwischen Düngung und P-Gehalt der Grünlandpflanzen. *Phosphorsäure* 25: 1-11.
- Knoch, G., 1961. Mineralstoffgehalt von Wiesenheu bei verschiedenen Schnittzeiten. *Phosphorsäure* 21: 64-73.
- König, F., 1950. Die Rolle der Nährstoffversorgung bei der Leistungssteigerung der Wiese. *Landwirtsch. Jahrb. Bayern* 27: 1.
- Kummer, K. und Polheim, P. von. Ergebnisse vieljähriger Untersuchungen über den Phosphorgehalt und das Ca/P-Verhältnis im Wiesenheu von Baden-Württemberg. *Phosphorsäure* 25: 289-314.
- Lambert, J. and Denudt, G., 1971. Influence of various factors on the phosphorus content of herbage. *Agri Digest* 22: 22-34.
- Lengauer, E. und Schiller, H., 1964. Verfahren zur Ermittlung von Zusammenhängen zwischen Boden und Wiesenfutter. *Bodenkultur* 15: 241-253.
- Mückenberger, K., 1953. Lasst sich der Kalkgehalt des Heues durch Düngung verbessern? *Grünland* 2 (3): 23-24.
- Mudd, A. J., 1970. The influence of heavily fertilized grass on mineral metabolism of dairy cows. *J. Agric. Sci.* 74: 11-21.
- Mulder, E. G., 1949. Onderzoekingen over de stikstofvoeding van landbouwgewassen I. Proeven met kalkammonsalpeter op grasland. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 55. 7.
- Munk, H., 1965. Die Versorgung der Wiederkäuer mit Phosphor und Calcium auf dem Grünland. *Phosphorsäure* 25: 26-48.
- Nehring, K., 1958. Der Einfluss der Wasserversorgung auf den P-Gehalt in Futterpflanzen. *Assoc. Int. Etud. Phosphatières*, 3e Congr. Int., pp. 253-265.
- Paauf, F. van der, 1943. Grondonderzoek naar fosfaat- en kalitoeestand op grasland. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 49 (17) A.
- Paauf, F. van der, Lande Cremer, L. Ch. N. de la en Ris, J., 1951. Toetsing van grondonderzoek naar fosfaattoestand op Nederlands grasland. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 57. 15.
- Rameau, J. Th. L. B., 1967. Het mineralengehalte van Nederlands hooi. *Bedrijfslab. Grond- en Gewasonderzoek, Oosterbeek.*
- Salvadori, C., 1964. Der Einfluss der Wiesendüngung mit Phosphorsäure, Kali und Kalk auf den Mineralstoffgehalt des Futters, die Bodenreaktion sowie den Phosphat- und Kaligehalt des Bodens. *Z. Acker- Pflanzenbau* 119: 159-177.
- Schiller, H. und Lengauer, E., 1968. Der Zusammenhang zwischen Calciumdüngung und Calciumgehalt im Wiesenfutter als Beispiel für die Art, in der das Kausalitätsprinzip in der Natur verwirklicht ist. *Veröff. Landwirtsch.-chem. Bundesversuchsanst. Linz/Donau* 8: 40-53.
- Schineis, W., 1958. Ueber die Verwertbarkeit der Heuanalyse nach Paul Wagner zur Feststellung des Nährstoffgehaltes des Bodens. *Phosphorsäure* 18: 99-114.
- Sjollema, B., 1931a. De minerale samenstelling van een aantal weidegrasmonsters. *Landbouwk. Tijdschr.* 43: 593-610.

- Sjollema, B., 1931b. Beschouwingen over de doelmatigheid der minerale samenstelling van jong weidegras en van het stalvoeder, in het bijzonder voor melkvee. *Landbouwkd. Tijdschr.* 43: 793-815.
- Sluismans, C.M.J., 1967. Invloed van bemesting met kieseriet en kalizout op het magnesiumgehalte van weidegras. Proefstn. Akker- Weidebouw (Wageningen), Gestencilde Versl. Interprovinciale Proeven, No. 120: 58 pp.
- Truninger, E. und Von Grünigen, F., 1935. Ueber den Mineralstickstoffgehalt einiger unserer wichtigsten Wiesenpflanzen mit besonderer Berücksichtigung der physiologischen Bedeutung des Kalis im Wiesenfutter. *Landwirtsch. Jahrb. Schweiz* 49: 101-127.
- Velde, H.A. te, 1960. Resultaten van enkele onderzoeken betreffende het fosfaatgehalte van gras. *Landbouwkd. Tijdschr.* 72: 156-165.
- Vries, O. de, 1934. Einige Beiträge zur Kalkfrage auf Grasland. *Verhandlungsber. 3. Grünland-Kongr. Nord-Mitteleuropäischen Länder Schweiz*, p. 53.
- Whitehead, D.C., 1966. Data on the mineral composition of grassland herbage from the Grassland Research Institute, Hurley, and the Welsh Plant Breeding Station, Aberystwyth. *Grassl. Res. Inst. (Hurley), Tech. Rep.* 4.
- Wohlbier, W. und Kirchgessner, M., 1957. Der Gehalt von einzelnen Gräsern, Leguminosen und Kräutern an Mengen- und Spurenelementen. *Landwirtsch. Forsch.* 10: 240-251.
- Zurn, F., 1951. De Nährstoff- und Mineralstoffgehalt von Gräsern, Leguminosen und Kräutern auf Wiesen. *Z. Acker- Pflanzenbau* 93: 444-463.
- Zurn, F., 1958. Mineralstoffgehalt von Gräserarten und Gräserarten. *Phosphorsaure* 18: 86-98.