

## NUUTSTE ONTWIKKELINGE IN KENNIS OOR DIE MINERAALMETABOLISME EN MINERAAL- VERSORGING VAN HERKOUERS

F.J. van der Merwe

*Departement Veekunde, Universiteit van Stellenbosch*

Om nuwe ontwikkelinge te waardeer is dit nodig om 'n goeie begrip te hê van die geskiedkundige agtergrond, ontwikkelinge en kennis daarvan. Dié onderwerp is in die geheel te groot en omvattend om volledig te behandel. Eerder sal daar gepoog word om die "ouer" kennis t.o.v. mineraalversorging van herkouters in Suid-Afrika in perspektief te stel.

### Mineraalmetabolisme en mineraalversorging op weiding

Die uitgestrekte natuurlike weivelde van Suider-Afrika verskaf die basiese plantemateriaal wat nodig is vir die produksie van vleis, wol, pels en bokhaar onder omgewings-toestande wat varieer ten opsigte van grondeienskappe, reënval en temperatuur. Die weidende dier is hier die produksie-eenheid binne 'n komplekse ekologiese sisteem.

Vroeg reeds het denkende persone kennis geneem van wat vandag bekend staan as biogeochemiese voedings-kettings (Kovalsky, 1970) asook van die feit dat swak skakels in die ketting teruggevoer kon word na die grond en die onvermoë van die gewasse wat daarin groei, om voldoende voedingstowwe veral proteïene en minerale, aan die weidende dier te voorsien. Die baanbrekerswerk t.o.v. die vasstelling van 'n fosfortekort in natuurlike weiding deur Theiler en sy medewerkers (Theiler, 1912; Theiler, 1920; Theiler, Green & du Toit, 1924; Theiler, 1927) is welbekend. Suid-Afrikaanse studies in verband met die sporelementinhoud van weidings en sporelementtekorte is saamgevat deur Van der Merwe & Perold (1967).

Die bewuswording van die nadelige gevolge van 'n fosfortekort by beeste het die aandag gevestig op weidingsmateriaal as die voorsiener van fosfor en ander minerale. Hoewel Lamsiekte slegs in bepaalde gebiede endemies was, het dit die kwessie van die fosforstatus van die Suid-Afrikaanse veld pertinent onder die soeklig gestel. Oor die jare heen het die ontleding van monsters van veldweiding, veral grasveld in verskillende jaarseisoene, dan ook 'n belangrike plek in voedingsnavorsing in Suid-Afrika (Theiler *et al.* 1924; Du Toit, Louw & Malan, 1949; Truter en Louw, 1959; Bisschop, 1964; Lombard, 1966), Suidwes-Afrika; Walter & Volk, 1954; Oelschläger & Schwertfeger, 1959; Fryer, 1967) en in Rhodesië (Husband & Taylor, 1931; Murray, Romyn, Haylett & Ericksen, 1936; Weinmann, 1948; Jones, 1963) ingeneem — om slegs 'n enkele van die meer bekende en omvattende ondersoekinge te noem.

Dié ontledingstudies het bevestig dat grasvelde veral in die winter, 'n lae fosforinhoud het. Nogtans het nie alle voedingstudies aangetoon dat vleisbeeste op winteraanvullings van fosfor reageer nie. Dit geld vir Rhodesiese ondersoekes waar Murray *et al.* (1936); Murray & Romyn (1937); Rhodes (1956); Elliot (1960) en Vorster (1963) nie af-

doende bewyse kon kry dat winteraanvullings van fosfor alleen, voordele inhou nie. Ward (1968) kon op Makoholi in die Rhodesiese Middellande aantoon dat beenmeelaanvulling deur die jaar asook oliekoekmeel gedurende die winter, die produktiwiteit van vleisraskoeie betekenisvol verhoog het. In Suid-Afrika het Bisschop (1964) op grond van vroeëre Armoedsvlakte studies tot die gevolgtrekking gekom dat "..... it is not necessary to supply growing, non-producing cattle at Armoedsvlakte and in areas with a similar or lesser phosphorus deficiency, with a phosphatic supplement during neutral or negative liveweight periods. The results strongly suggest that breeding and producing cattle i.e. cows and heifers in calf and cows in milk, should receive an adequate phosphatic supplement throughout the year".

Oor die kwessie van winter- en/of someraanvullings van fosfor op weidings is die laaste woord nog nie gespreek nie. Klaarblyklik hou dit verband met watter voedings-tekort soos proteïene of fosfor in winterweiding die swakste skakel in die ketting uitmaak. In die suur grasveldele, onderhewig aan strawwe winters, is dit waarskynlik proteïene. Daar is goeie aanduidinge dat, met 'n beter voorsiening van proteïene en energie, die fosforinhoud van grasveld in sommige streke selfs gedurende die somer te laag mag wees om optimum groei ten opsigte van produksie te verseker.

'n Ander vraag wat in besonder om beantwoording roep is of daar 'n verskil by die twee vernaamste herkoerspesies bestaan t.o.v. hulle aanvullende fosfaatbehoefes op veld. Na dié vroeë fosfaatwerk is die gunstige resultate wat met beeste verkry is, na skape oorgedra en oor die jare heen is daar rustig voortgegaan om aanvullende fosfaat aan skape te voer op grond van lae fosforwaardes in veldmonsters.

Reageer skape op veldweiding op fosfaataanvulling? Hierdie vraag word veral dringend in Australië gevra en daar word onder meer na Suid-Afrika opgesien vir die beantwoording daarvan. McDonald (1968) van Australië kom na deeglike besinning oor die beskikbare getuïenis tot die gevolgtrekking dat: "Soils and plants throughout many grazing areas of the world have a low phosphorus content and the response of cattle to phosphorus supplementation has been pronounced and has been repeated many times. This is in marked contrast to the response of grazing sheep where there has been no clear demonstration of a primary phosphorus deficiency". In Suid-Afrika is daar, met uitsondering van enkele populêr-wetenskaplike geskrifte, geen kritiese getuïenis hieroor nie. Kotze (1950) berig in sy pamflet wat handel oor skaapboerdery in die suur-grasveldgebied van Oos-Kaapland, oor veldproewe waarin ooie en hulle lammers gereageer het op beenmeelaanvullings in die vorm van 'n beenmeel-sout lek. Daar was egter geen vergelykbare proteïenaanvullings nie en geen besonderhede word verstrekk oor die hoeveelhede beenmeel

(wat ook proteïenhoudend is) wat ingeneem is nie. Aan die ander kant is daar blykbaar ook geen plaaslik gepubliseerde navorsingswerk wat toon dat skape nie reageer op fosfaat-aanvullings op veld nie.

Van der Vywer & van Niekerk (1966) het in 'n korttermynproef in Philipstown 'n gunstige reaksie op fosfaat-aanvulling by Merinolammers op veld gekry. Dit wil geensins sê dat skape nie aan 'n fosfortekort kan ly nie. Daar is talle buitelandse publikasies oor skape, veral lammers, wat in voerkrale (onder intensiewe voedingsomstandighede) duidelike fosfortekorte toon en ook op fosfaataanvullings skouspelagtig reageer t.o.v. voerinnam, groeiselheid, voeromsettingsdoeltreffendheid, beenabnormaliteite, ens.

Die vraag gaan oor 'n moontlike verskil wat daar tussen beeste en skape kan wees in hulle onderskeie dieet-fosfaatbehoefte op veld. Sommige navorsers wys hier op die relatiewe swaarder skelet van die bees (Van der Merwe, 1962). Die jongste gegewens hieroor is die van Günther (1972) wat in 'n Duitse publikasie aantoon dat (i) die liggaam van die pasgebore kalf hoër persentasies kalsium en fosfor bevat as dié van die lam; (ii) die totale kalsium- en fosforinhoud van die liggaam van beeste en skape tydens groei sigmoidaal toeneem maar dat die bees 'n steiler kurwe het; (iii) die spesifieke mineraalgehalte van die liggame van beeste en skape oor die groeiperiode daal en weer styg maar dat die kurwe vir die skaap altyd laer as die vir die bees verloop. Dit beteken dat (volgens Günther, 1972) die Ca- en P-inhoud van 'n eenheid massatoename kwadratiese verloop en nie op 'n dalende reguit lyn soos die ARC (1965) gegewens aandui nie.

Daar is dus 'n verskil tussen beeste en skape wat mineralisering van die skelet betref. 'n Tweede verskil in fosformetabolisme tussen beeste en skape, is geleë in die peile van die hersirkulering van fosfor na die spysverteringskanaal en meer spesifiek na die retikulorumen. In die skaap is die vermoë van die nierbuïes om fosfor te herabsorbeer waarskynlik besonder goed ontwikkel (Scott, 1970). Die vraag is egter of die hersirkulering van fosfor na die spysverteringskanaal dan op die lange duur onafhanklik kan wees van die dieetfosforinnam en of daar in hierdie opsig 'n groot verskil tussen beeste en skape is?

Clark (1953) toon aan dat skaapspeeksel gemiddeld 68 mg anorganiese P per 100 ml bevat (verspreiding 40–100) teenoor 'n gemiddelde van slegs 20 mg/100 ml by beeste (verspreiding 8–33). Hy kom tot die gevolgtrekking dat: "a high water-soluble phosphorus concentration of the ruminal ingesta is (thus) maintained irrespective of the diet or the phosphorus level of the blood". By implikasie sal dit by skape in 'n sterker mate geld as by beeste.

Latere ondersoeke (Preston & Pfander, 1964; Tomas, Moir & Somers, 1967) wat uitgevoer is met die doel om Clark (1953) se stelling te toets, het onder meer getoon dat by skape die totale berekende speekselfosforafskeiding gewissel het van 3,0 g/dag op die laagste P-inname tot 5,3 g/dag op die hoogste. Die ooreenstemmende verhoudings van speeksel P : rantsoen P het gewissel van 7,24 – 1,32 g/g. Met ander woorde die peil van hersirkulering van P deur speeksel is nie onafhanklik van die peil van dieet-P nie. Daar is ongelukkig nog nie voldoende navorsing in hierdie verband gedoen om 'n duidelike verskil tussen beeste en skape aan te toon nie.

'n Verder verskil tussen beeste en skape ten opsigte van fosfaatvoeding is geleë in hulle relatiewe vermoëns om, op natuurlike weiveld, plantemateriaal met 'n hoër proteïen- en fosforinhoud as gemiddelde beskikbare materiaal te selekteer. Verskeie deskundiges (Van der Merwe, 1962; Underwood, 1966; Cloete, 1972; en ander) het reeds hierop gewys. In Suid-Afrika is die verskil in seleksievermoë (ten gunste van die skaap) kwantitatief deur Engels (1972) aangetoon. Ten opsigte van fosfaaraanvullings aan beeste en skape op veld kan die aanbeveling dus op hierdie stadium gemaak word dat by beeste meer aandag geskenk word aan aanvullings in die somer en dat by skape daar 'n werklike behoefte is aan kritiese navorsing op verskillende veldtipes en onder verskillende omstandighede.

#### Mineraalmetabolisme en versorging van diere in intensiewe produksiestelsels

Bees- en skaapveisproduksie word in Suid-Afrika teen 'n toenemende tempo geïntensifiseer en ook in die voerkrale kan mineraalversorging en mineraalmetabolisme van kritiese belang wees. Reed, Elliott & Topps (1965) het bv. gevind dat by voerkraalbeeste op hoë kragvoerdiëte (hoofsaaklik mielies) fosforuitskeiding in die urine hoër as normaal was. Met die eerste oogopslag sou 'n mens dit in verband wou bring met die waarskynlike laer speekselafskeiding wat kenmerkend is van herkouers op hoë kragvoerdiëte. Wat skape betref stel Scott (1970) dit bv.: "that in sheep the capacity of the kidney tubule to reabsorb phosphorus is extremely high; and that surgical restriction of the salivary gland increases urinary P-excretion about 30-fold". In die lig van die belangrike funksies wat fosfor vervul in die benutting van energie is hierdie klaarblyklik 'n verskynsel wat verdere ondersoek verg.

Mineraalvoedingsprobleme kom dikwels in die eerste plek onder die aandag van die veearts. Vele van die abnormale toestande wat die gevolg is van mineraaltekorte, is metaboliese versteurings wat die gesondheid van die diere aantast. (Dit beteken natuurlik nie dat mineraalondersoekinge uitsluitlik by die veearts moet berus nie. Intendeel – die diervoedingskundige wat verantwoordelik is vir die formulering van rantsoene behoort netso bewus te wees van en belang te stel in voedingsmineraalnavorsing as enigiemand anders). Twee abnormale toestande wat tipies is van moderne, intensiewe produksiestelsels is die fosfaat-tipe van nier- en blaasstene en kopervergiftiging by lammers. Beide toestande is ook sprekende voorbeelde van die belangrikheid van voedingstofinterverwantskappe en meer in besonder onderlinge mineraalverhoudings. Volgens Jacobson, Hemken, Button & Hatton (1972) is daar meer as 70 bewese mineraalinterverwantskappe waarin die aanwesige of verhoogde hoeveelheid van een mineraal in die dieët die absorpsie of benutting van 'n ander beïnvloed.

Blaasstene (graweel) word direk bevorder deur droë diëte hoog in proteïen en fosfaatinhoud aan jong skape te voer, maar die voorkoms daarvan al dan nie word sterk beïnvloed deur die ooreenkomstige kalsium- en magnesiuminhoud van die dieët (Crookshank, Robbins & Kunkel, 1967). In die praktyk kan die toestand tot 'n groot mate beheer word deur die insluiting van 0,5% NH<sub>4</sub>Cl by die rantsoen (Bushman *et al.*, 1967; Crookshank, 1970; Scott, 1971).

Dit is 'n aanvaarde feit dat skape, veral lammers, wat in voerkrale en binnenshuis intensief gevoer word op die hoë-kragvoerdieëte, meer as ander plaasdiere onderhewig is aan kroniese kopervergiftiging. Skape wat potensieel gevaarlike hoeveelhede koper in hulle dieët ontvang (konsentrasies wat heel normaal mag wees volgens die standaard vir beeste) mag klinies normaal voorkom vir weke of selfs maande. Uiteindelik is daar 'n skielike hemolitiese krisis. Geelsug volg en die dood tree gewoonlik binne 2–3 dae in. 'n Geleidelike toename in plasma glutamien-oksalo-asynsuur transaminase (G.O.T.) konsentrasie kom gedurende die voor-krisis, klinies normale periode voor en dit kan gebruik word vir die vroeë diagnose van die toestand (Todd & Thompson, 1963; Ross, 1966). Ook in die geval van kopervergiftiging kan mineraalinterwantskappe 'n rol speel en wel in die opsig dat addisionele sinkvoorsiening d.w.s. 'n verhoging van die sinkkonsentrasie van die dieët, die abnormale verhoging in lewerkoperkonsentrasie kan teëwerk. Aan die ander kant van die skaal kon Boyazoglu, Barret & du Toit (1972) aantoon dat elementswaas wat by mineraaltekorte ingesluit word, 'n betekenisvolle verlaging in lewerkoperkonsentrasie van skape teweegbring. Waar koper dus by 'n tekort ingesluit word om 'n koperstekort te voorkom, kan die gelyktydige insluiting van swaas die doel verfyel.

Sink, as noodsaaklike spoorelement, het in die afgelope jare besondere aandag geniet. As voorbeeld kan genoem word dat uit 'n totaal van 86 referate wat in 1969 by die Internasionale Simposium oor Spoorelementmetabolisme voorgedra is, 20 regstreeks oor koper handel het, 17 oor sink en 13 oor selenium. Die hele kwessie van sinkbehoefes en die norme ten opsigte van sinkvoorsiening wat toegepas behoort te word, het nuwe betekenis gekry as gevolg van die ontdekking deur Pories & Strain (1966) dat sinkaanvulling teen 150 mg Zn/dag by die diëte van normale jong mans, die tempo van wondgenesing betekenisvol verhoog. Mills en sy medewerkers by die Rowett Navorsingsinstituut het oor die afgelope jare 'n besondere bydrae gemaak tot die kennis van sinkmetabolisme by herkouers (Mills, Dalgarno, Williams & Quarterman, 1966; Mills & Chesters, 1970) en Miller (1970) kom in sy uitstekende oorsig oor sink in die voeding van beeste tot die gevolgtrekking dat: "..... there are still many more unknowns in zinc nutrition, especially with ruminants, than there are established facts. The fact that a severe clinical

zinc deficiency under field conditions is not a major problem, does not preclude the possibility of a widespread mild or borderline deficiency which is economically important. The first effects of a mild zinc deficiency would be expected to be decreased feed intake, growth, feed efficiency, milk production, resistance to infection and stress and lower reproductive efficiency".

Die soektoeg na "nuwe" spoorelemente gaan steeds voort. Dit is miskien aan u minder bekend dat 'n funksionele rol vir kroom in normale glukose benutting reeds by rotte bewys is en dat daar sterk aanduidings is dat dit as 'n kofaktor met insulien optree (Underwood, 1970). Geen funksie vir kroom of aanduidings van 'n kroomtekort is egter nog by plaasdiere vasgestel nie. Ander minerale wat op die oomblik besondere aandag geniet is selenium, nikkell en kadmium. Dat selenium nog nie volwaardig aanvaar is as noodsaaklike spoorelement nie word deur Hogue (1970), in sy oorsig, bloot as 'n teken van die tye beskou en wel in die sin dat voedingskundiges huiwerig is om 'n element te aanvaar voordat daar nie bewyse is dat die element in die liggaam betrokke is by 'n spesifieke reaksie nie. Die outoriteit in die V.S.A. het egter pas besluit om hulle beperkinge t.o.v. die aanvulling van kommersiële voermengsels met selenium te verslap. Nuwe ontledingstegnieke en -metodes het na vore gekom. Tesame met 'n steeds groeiende besef van die gevaar van monsterkontaminasie in spoorelementwerk, maak dit die diagnose van tekorte in die vasstelling van die biochemiese afwykinge wat daarmee gepaard gaan, makliker en meer akkuraat. Een van die nuutste en mees elegante metodes vir die bepaling van minerale in mikrovolumes van biologiese materiaal *in situ*, maak bv. gebruik van die elektronstraal (elektron mikroskopie) gekombineer met X-straal spektroskopie. So is die lokalisering van sink in spermelle bv. kwantitatief bepaal en is dit aangetoon dat besondere hoë sinkkonsentrasies voorkom in dié gedeelte van die sel waar kop en middestuk aansluit.

Om terug te keer tot die weidende herkouer, is dit nou baie duidelik dat mineraalkonsentrasies in die weidingsmateriaal hoogstens onder gelokaliseerde toestande 'n aanduiding kan verskaf van die mineraalstatus van die dier. Dit moet gekombineer word met die vasstelling van metaboliese profiele m.a.w. met die bepaling van mineraalkonsentrasies in die bloed en ander liggaamsweefsels. Dan moet dit afgegrond word met vergelykende aanvullingsproewe waarin die dier op die aanvulling moet reageer voordat dit aanvaar kan word dat daar ekonomiese voordele in die aanvulling is.

#### Verwysings

- A.R.C., 1965. *The nutrient requirements of farm livestock. No. 2 Ruminants*. London: Agricultural Research Council.
- BISSCHOP, J.H.R., 1964. *Feeding phosphates to cattle*. Science Bull. no. 365. Pretoria: Dept. Agric. Tech. Serv.
- BOYAZOGLU, P.A., BARRET, E.L. & DU TOIT, J. de V., 1972. Sulphur containing licks and their effect on the mineral-vitamin balance of sheep. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 2, 65.
- BUSHMAN, D.H., EMBRY, L.B. & EMERICK, R.J., 1967. Efficacy of various chlorides and calcium carbonate in the prevention of urinary calculi. *J. Anim. Sci.* 26, 1199.
- CLARK, R., 1953. A study of the water-soluble P-concentration of the ruminal contents in normal and phosphorus deficient animals. *Onderstepoort J. vet. Res.* 26, 137.
- CLOETE, J.G., 1972. Nutrition and reproduction in sheep. *Jl. S. Afr. vet. med. Ass.* 43, 147.
- CROOKSHANK, H.R., 1970. Effect of ammonium salts on the production of ovine urinary calculi. *J. Anim. Sci.* 30, 1002.
- CROOKSHANK, H.R., ROBBINS, J.D. & KUNKEL, H.O., 1967. Relationship of dietary mineral intake to serum mineral level and the incidence of urinary calculi in lambs. *J. Anim. Sci.* 26, 1179.
- DU TOIT, P.J., LOUW, J.G. & MALAN, A.I., 1940. A study of the mineral content and feeding value of natural pastures in The Union of South Africa (Final Report). *Onderstepoort, J. Vet. Sci. & Anim. Indust.* 14, 123.

- ELLIOT, R.C., 1960. The utilization of low quality roughage by cattle. *Rhod. agric. J.* 57, 412.
- ENGELS, E.A.N., 1972. *A study of the nutritive value of pasture in central Orange Free State*. Ph.D.-proefskrif, Die Universiteit van Stellenbosch.
- FRYER, E., 1967. *Voedingswaarde van Palmvlakte-veldweiding in S.W.A. in beesvleisproduksie*. M.Sc.-skripsie, Die Universiteit van Stellenbosch.
- GÜNTHER, K.D., 1972. Wachstum und Mineralumsatz. In: *Handbuch der Tierernährung*. Ed. W. Lenkeit. Hamburg: Paul Parey.
- HUSBAND, A.D. & TAYLOR, A.P. 1931. Studies on the improvement of natural veld pastures. *Rhod. agric. J.* 28, 154.
- HOGUE, D.E., 1970. Selenium: a review. *J. Dairy Sci.* 43, 1135.
- JONES, D.I.H., 1963. The mineral content of six grasses from a Hyparrhenia-dominant grassland in Northern Rhodesia. *Rhod. J. agric. Res.* 1, 35.
- JACOBSON, D.R., HEMKEN, R.W., BUTTON, F.S. & HATTON, R.H., 1972. Calcium, phosphorus, magnesium and potassium interrelationships. *J. Dairy Sci.* 55, 935.
- KOTZE, J.J.J., 1950. *Sheep farming in the sour-grassveld area*. Bulletin No. 294, Pretoria: Dept. of Agriculture.
- KOVALSKY, V.V. 1970. The geochemical ecology of organisms under conditions of varying contents of trace elements in the environment. In: *Trace Element Metabolism in Animals*. Ed. C.F. Mills. Edinburgh: E & S. Livingstone.
- LOMBARD, P.E., 1966. *Nutritional value of the pastures of the O.F.S. region for beef cattle production*. D.Sc.-proefskrif: Universiteit van die O.V.S.
- MCDONALD, I.W., 1968. The nutrition of grazing ruminants. *Nutr. Abs. Rev.* 38, 381.
- MILLER, W.J., 1970. Zinc nutrition of cattle: a review. *J. Dairy Sci.* 53, 1123.
- MILLS, C.F., DALGARNO, A.C., WILLIAMS, R.B. & QUARTERMAN, J., 1967. Zinc deficiency and the zinc requirements of calves and lambs. *Br. J. Nutr.* 21, 751.
- MILLS, C.F. & CHESTERS, J.K., 1970. Problems in the execution of nutritional and metabolic experiments with trace element deficient animals. In: *Trace Element Metabolism in Animals*. ed. C.F. Mills, Edinburgh: E. & S. Livingstone.
- MURRAY, C.A., ROMYN, A.E., HAYLETT, D.G. & ERICKSEN, F., 1936. The supplementary feeding of mineral and protein supplements to growing cattle in Southern Rhodesia. *Rhod. agric. J.* 33, 422.
- MURRAY, C.A. & ROMYN, A.E., 1937. The feeding of phosphorus supplements to growing cattle. *Rhod. agric. J.* 34, 384.
- OELSCHLAGER, W. & SCHWERDTFEGGER, G., 1959. Mengen und Spurelementanalysen von Südwester Weidepflanzen. *Die S.W.A. Boer*, 45, 7.
- POPE, A.L., 1971. A review of recent mineral research with sheep. *J. Anim. Sci.* 33, 1332.
- PORIES, W.J. & STRAIN, W.H., 1966. Cited by E.J. Underwood, 1970. *Loc. cit.*
- PRESTON, R.L. & PFANDER, W.H., 1964. Phosphorus metabolism in lambs fed varying phosphorus intakes. *J. Nutr.* 83, 369.
- REED, W.D.G., ELLIOT, R.C. & TOPPS, J.H. 1965. Phosphorus excretion of cattle fed on high energy diets. *Nature (London)* 208, 953.
- RHODES, F.B., 1956. The effect of feeding mineral, protein and carbohydrate supplements to growing beef cattle in Mashonaland. *Rhod. agric. J.* 53, 969.
- ROSS, D.B., 1966. The diagnosis, prevention and treatment of chronic poisoning in housed lambs. *Br. vet. J.* 122, 279.
- SCOTT, D., 1970. Aspects of renal function in ruminants. *Rowett Res. Inst. Ann. Rep.* 26, 98.
- SCOTT, G.E., 1971. *The Sheepman's Production Handbook*. Denver: Abegg Printing Co.
- THEILER, A., 1912. Facts and theories about Stýfziekte and Lamziekte. *Second Report of the Director of Veterinary Research* pp. 7-78.
- THEILER, A., 1920. Oorsaak en Voorkoming van Lamsiekte. *Joernaal van die Departement van Landbou*, 1, 223-246.
- THEILER, A., 1927. Lamsiekte (Parabotulism) in cattle in South Africa. *11th and 12th Reports of the Director of Veterinary Education and Research* pp. 821.
- THEILER, A., GREEN, H.H. & DU TOIT, P.J., 1924. Fosfor in die veeboerdery. *Joernaal van die Departement van Landbou*, 8, 472.
- TOMAS, F.M., MOIR, R.J. & SOMERS, M., 1967. Phosphorus turnover in sheep. *Austr. J. agric. Res.* 18, 635.
- TODD, J.R. & THOMPSON, R.H. 1963. Studies on chronic copper poisoning: II. Biochemical study on the blood of sheep during the haemolytic crisis. *Br. vet. J.* 119, 161.
- TRUTER, G.J. & LOUW, J.G. 1959. Is daar 'n kopertekort in ons natuurlike weidings? *Boerd. S.A.* 35, (7), 14.
- UNDERWOOD, E.J., 1966. *The mineral nutrition of livestock*. Aberdeen: Commonwealth Agricultural Bureaux.
- UNDERWOOD, E.J., 1970. Progress and perspectives in the study of trace element metabolism in man and animals. In: *Trace Element Metabolism in Animals*. Ed. C.F. Mills, Edinburgh: E. & S. Livingstone.
- VAN DER MERWE, F.J. & PEROLD, I.S. 1967. Trace elements in natural pastures. *Jl. S. Afr. vet. med. Assoc.* 38, 355.
- VAN DER MERWE, P.K. 1962. *The mineral nutrition of stock*. Germiston: National Chemical products Ltd.
- VAN DER VYWER, P.H.B. & VAN NIEKERK, B.D.H., 1965. Karoo sheep thrive on phosphate. *Farming in S.A.* 41(5) 13.
- VORSTER, T., 1963. *Factors influencing growth, production and reproduction of different breeds of beef cattle under range conditions in Southern Rhodesia*. D.Sc.-proefskrif. Die Universiteit van Stellenbosch.
- WALTER, H. & VOLK, D.H., 1954. *Grundlagen der Weidewirtschaft in Südwestafrika*. Stuttgart/z Ludwigsburg: Eugen Ulmer.
- WARD, H., 1968. Supplementation of beef cows grazing on veld. *Rhod. J. agric. Res.* 6, 93.
- WEINMAN, H., 1948. Seasonal growth and change in the chemical composition of the herbage in Marandellas sandveld. *Rhod. agric. J.* 45, 119.