

GENETIESE PARAMETERS VAN SPEENEIENSKAPPE BY AFRIKANERKALWERS

H. Heyns

Ontvangs van MS. 25.5.1977

Landbou fakulteit, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Bloemfontein, 9300

SUMMARY: GENETIC PARAMETERS OF WEANING TRAITS OF AFRIKANER CALVES

The inheritance and interassociation of weaning traits of 1142 Afrikaner calves, the progeny of 27 sires, were studied over a period of 25 years. The estimates of heritability of the weaning traits were as follows: $0,184 \pm 0,071$ for birth mass; $0,189 \pm 0,072$ for 90 day mass; $0,051 \pm 0,045$ for weaning mass; $0,087 \pm 0,052$ for increase in mass to 90 days; $-0,049 \pm 0,025$ for increase in mass to weaning. The genetic, phenotypic and environmental correlations between the traits studied were generally statistically significant.

OPSOMMING:

'n Studie oor die erfbaarheid en die onderlinge verhouding van speeneienskappe van 1142 Afrikanerkalwers, die nageslag van 27 vaars, is oor 'n periode van 25 jaar uitgevoer. Die beraming van oorerfbaarheid van die verskillende speeneienskappe was as volg: $0,184 \pm 0,071$ vir geboortemassa; $0,189 \pm 0,072$ vir 90-dae-massa; $0,051 \pm 0,045$ vir speenmassa; $0,087 \pm 0,052$ vir toename tot 90-dae; $-0,049 \pm 0,025$ vir toename tot speen. Die genetiese, fenotipiese en omgewingskorrelasies tussen die speeneienskappe is oor die algemeen statisties betekenisvol.

Beramings van die oorerfbaarheid van ekonomiese eienskappe by vleisbeeste is deur baie navorsers gedoen. Groot variasies tussen die bevindings kom voor, soos die $0,00$ tot $0,52$ vir speenmassa soos aangehaal deur Pahnish, Roberson, Taylor, Brinks, Clark & Roubicek (1964) uit 'n lang lys van literatuur.

In Suid-Afrika is die eerste beraming van die oorerfbaarheid van ekonomiese eienskappe van vleisbeeste deur Schutte (1935) op 333 kalwers gedoen. Lombard (1963) het byna 30 jaar later beramings op 644 kalwers uit 16 vaars gedoen, gevolg deur Van Marle (1964) op 610 Afrikanerkalwers uit 21 bulle en 310 Sussexkalwers uit 10 bulle, Heydenrych (1965) op 688 kalwers uit 18 vaars en die jongste werk van Lombard (1971) op 954 kalwers uit 10 vaars en die van Hartzenberg (1971) op 644 Afrikaner-, 145 Hereford- en 2,134 kruisgeteelde kalwers.

Die beskikbaarheid van voldoende getalle vir die beraming van die genetiese parameters van vleisbeeste is seker die grootste enkele rede waarom so min beramings gedoen is. 'n Groot getal diere is 'n baie belangrike vereiste vir die betroubare beraming van graad van oorerfbaarheid en genetiese korrelasies.

Vir dié rede bestaan daar nog behoefte vir 'n meer uitgebreide ondersoek wat in sekere streke en kuddes van toepassing sal wees.

Die doel van die studie is om die genetiese faktore wat 'n invloed op die produksie-eienskappe van Afrikanerkalwers het, te ondersoek om sodoende 'n beter beplanning van die teel- en seleksieprogram te kan bewerkstelling.

Prosedure

Diere van die geregistreerde Afrikanerkudde van die Landbounavorsingsinstituut, Glen, is vir hierdie

studie gebruik. Die gegewens van die 1142 kalwers is oor 'n periode van 25 jaar versamel en is die nageslag van 27 bulle.

Die massas van elke kalf in die Afrikanerkudde is twee-weekliks op Dinsdag bepaal nadat hul oornag van voer en water weerhou is. Die speenmassa van die kalf soos aangedui, is die massa op 210 dae ouderdom.

Weens die ongelyke getalle binne sub-klasse is die kleinste kwadrate metode van Harvey (1960) vir die variansie-analise gebruik om die effekte van die onafhanklike veranderlikes te bepaal. 'n Rekenaarsprogram opgestel deur die Biometriese Dienste van die Departement van Landbou van die V.S.A., Beltsville, Maryland, is by die data aangepas. Die program is gewysig om by 'n I.C.L. 1900 rekenaar van die Universiteit van die Oranje-Vrystaat aan te pas. Die oorerfbaarheid van die verskillende eienskappe is beraam volgens die standaard prosedures van vaar en half-sib analise terwyl die genetiese, fenotipiese en omgewingskorrelasies beraam is met behulp van die variansie en kovariansie van die vaar en half-sib komponente.

Die liniêre model wat gebruik is in die kleinste kwadraat ontleding het voorsiening gemaak vir jare (25), vaars (27), seisoen (7), ouderdom/produksie van moeder (13), geslag (2) en massa van moeder (1 - die liniêre regressie van massa van moeder by kalwing op massa van kalf).

Resultate

Die oorerfbaarheidsberamings van die speeneienskappe by die Afrikanerbul- en -verskalwers word in Tabel 1 aangegee. Behalwe vir geboortemassa, is die beramings vir die eienskappe van die verse hoër as dié van die bulle.

Tabel 1

Die oorerfbaarheid van speeneienskappe van Afrikanerbul en -verskalwers afsonderlik

Eienskap	Bulle (n = 635)	Verse (n = 507)
Geboortemassa	0,302 ± 0,118	0,184 ± 0,108
90-dae-massa	0,101 ± 0,085	0,388 ± 0,150
Speenmassa	0,067 ± 0,078	0,210 ± 0,114
Toename: geb.-90-dae	-0,044 ± 0,057	0,289 ± 0,130
Toename: geb.-speen	-0,151 ± 0,036	0,098 ± 0,089

Die oorerfbaarheidsberamings van die speeneienskappe by die bul- en verskalwers saam sowel as die genetiese korrelasies met standaardfoute en die fenotipiese en omgewingskorrelasies tussen die speeneienskappe word in Tabel 2 aangegee.

Die oorerfbaarheid van geboorte- en 90-dae-massa is laag met lae standaardfoute terwyl dié van speenmassa (0,051 ± 0,045) baie laag is en byna dieselfde as dié van die 2 toenames.

Die genetiese, fenotipiese en omgewingskorrelasies tussen geboorte-, 90-dae- en speenmassa is hoog en betekenisvol. Die korrelasies tussen geboorte en toenames tot 90-dae en speen is óf nie betroubaar óf negatief van aard.

Tabel 3

Die oorerfbaarheid van speenmassa uit die literatuur

Outeur	h ²	
1. Martin, Srinivasan & Garwood (1970)	0,41	& 0,78
2. Stout, Simpsom, Wilson, Zeigler, Watkins, Rugh, Purdy & Barela-Alvarez (1970)		0,58
3. Willham (1970)	0,27	& 0,25
4. Vesely & Robison (1971)		0,34
5. Hohensboken & Brinks (1971)	0,13	tot 0,24
6. Hartzenberg (1971)	0,27	& 0,23
7. Wilson <i>et al.</i> (1972)	0,22	& 0,25
8. Chapman, Clyburn & McCormick (1972)		0,34
9. Dinkel & Busch (1973)		0,40
10. Scarth <i>et al.</i> (1973)		0,57
11. Cundiff, Gregory & Long (1975)	0,14	& -0,24
12. Wilson, McCurley, Ziegler & Watkins (1976)		0,35

Tabel 2

Die oorerfbaarheid van en die genetiese, fenotipiese en omgewingskorrelasies tussen speeneienskappe van kalwers

		Geboortemassa	90-dae-massa	Speenmassa	Toename geb.-90-dae	Toename geb. - speen
	h ²	0,184 ± 0,071				
Geboortemassa	rg		0,820 ± 0,212	0,792 ± 0,449	0,684 ± 0,420	0,000 ± 0,001
	rf		0,265	0,209	-0,086	0,022
	re		0,138	0,150	-0,200	-0,002
	h ²		0,189 ± 0,072			
90-dae-massa	rg			1,122 ± 0,337	1,035 ± 0,074	0,000 ± 0,020
	rf			0,495	0,857	0,279
	re			0,439	0,842	0,304
	h ²			0,051 ± 0,045		
Speenmassa	rg				1,194 ± 0,424	0,000 ± 0,000
	rf				0,415	0,551
	re				0,360	0,540
	h ²				0,087 ± 0,052	
Toename geb.-90-dae	rg					0,000 ± 0,000
	rf					0,188
	re					0,191
	h ²					-0,049 ± 0,025
Toename geb. - speen						

Geboortemassa

Die verwantskap tussen die massa van die kalf by geboorte en fisiologiese volwassenheid is belangrik vir oorlewings en toekomstige ontwikkeling. 'n Lae geboortemassa mag 'n aanduiding van fisiologiese onvolwassenheid by geboorte wees en sodoende 'n laer weerstand teen ongunstige toestande bied. In 'n uitgebreide studie deur Joubert & Bonsma (1957), Koger, Mitchell, Kidder, Burns, Hentges & Warnick (1967) en Tudor (1972) is gevind dat kalwers met geboortemassas so na as moontlik aan die gemiddelde van die ras, die laagste mortaliteitsyfer getoon het teenoor dié met lae of hoë geboortemassas.

Volgens Brown & Galvez (1969) is daar verskeie ekonomiese aspekte in verband met die geboortemassa van die kalf wat 'n studie daarvan die moeite werd maak. Dit is 'n indikatie van die grootte en groeikrag van die kalf na geboorte. Groter kalwers het 'n groter kapasiteit vir melk, handhaaf die volhouvermoë van die laktasie van die moeder en het ook 'n invloed op die interkalf periode. Dit is ook nodig om die toename in massa vanaf geboorte tot speen te bepaal.

Die beraming van die oorerfbaarheid van geboortemassa is van belang veral by kruisteling waar rasse bekend is vir kleiner kalwers by geboorte of waar vaars bekend is vir teel van kalwers met lae geboortemassas vir gebruik op verse wat op vroeë ouderdom gedek word.

Die herhaalbaarheid van die geboortemassa varieer in die literatuur soos die 0,14 van Botkin & Whatley (1953), 0,30 van Taylor, Carter, Gaines & Kincaid (1957), 0,06 tot 0,29 van Taylor, Carter, Kincaid, Priode & Gaines (1960) en 0,23 van Van Arle (1964) en die 0,27 van Kress & Burfening (1972).

Die omgewing voorsien deur die baarmoeder mag 'n belangrike invloed op die geboortemassa van die kalf hê. Daar kom nogtans redelike hoë beramings van oorerfbaarheid van die geboortemassa in die literatuur voor soos die 0,72 van Shelby, Clark & Woodward, (1955), 0,58 van Scarth, Alford & McCampbell (1973), 0,49 van Vesely & Robinson (1971) en die 0,41 tot 0,39 van Warwick (1958) wat die gemiddelde beramings van 15 navorsers bereken het, Beruecos & Robinson (1968) en Wilson (1973). Laer beramings van 0,23 is aangegee deur MacDonald & Turner (1969) en 0,26 deur Wilson, Rishel & Harvey (1972) op suiwer Aberdeen-Angusbeeste. Waardes wat min of meer ooreenstem met die 0,18 van die huidige proef is die 0,20 van Pahnish *et al.* (1964), die 0,13 van suiwer Afrikanerkalwers van Van Marle (1964) en die 0,10 en 0,20 van Brown & Galvez (1969).

Die hoër beraming van oorerfbaarheid van die geboortemassa van die bulkalwers se 0,30 teenoor die 0,18 van die verse stem ooreen met die hoër beramings van 0,32 van bulle en 0,14 van verse van Pahnish *et al.* (1964). Die groter groeivermoë van die bulle kom alreeds geneties tot uiting in die baarmoeder en 'n vinniger

vordering met die verhoging van geboortemassa by bulle as verse kan verwag word.

Groei tot speen en speenmassa

Groei tot speen en speenmassa word alreeds vir jare as een van die belangrikste basiese maatstawwe van seleksie vir verhoogde vleisproduksie beskou. Speenmassa bied 'n groter geleentheid vir die verhoging van meer doeltreffende produksie as enige ander faktor waarop seleksie gebaseer word in die beesvleisbedryf (Lindholm & Stonaker (1957)). Dit is 'n eienskap wat positief gekorreleer is met eienskappe van groot ekonomiese belang in die vleiskudde (Gregory, 1964). Waar die neiging deesdae is om kalwers op 'n jonger ouderdom te bemark, verteenwoordig speenmassa 'n groter verhouding van die totale massa van die dier by bemarking. Volgens Knapp & Black (1941) het die kalf by speen alreeds 80% van die volwasse geraamte bereik en 40% van die volwasse massa. Dit verhoog sodoende nog meer die relatiewe ekonomiese belangrikheid van die speenmassa. Produseerders van slagvee stel ook belang in hierdie massa daar hul inkomste hoofsaaklik bepaal word deur die grootte en massa beskikbaar. Hierdie eienskap is ook hoog gekorreleer met die ekonomiese eienskappe in die koeikudde self (Maddox & Thompson, 1958). Deur te selekteer vir verhoogde speenmassa wat saamgaan met verhoogde melkproduksie, kan die melkproduksie en die grootte van die koei verhoog word (Harville & Henderson, 1963) asook beide 'n verhoogde genetiese vermoë vir groei en moederlike vermoë van die koei (Koch & Clark, 1955). Die ontwikkeling van speenmassa en eienskappe wat bydra tot die volume of doeltreffendheid van produksie en tot die prys of inkomste is dus belangrik (Pahnish *et al.*, 1964).

Beramings van die oorerfbaarheid van die 90-dae-massa by kalwers kom min in die literatuur voor. Die beraming van oorerfbaarheid van 0,39 vir verse van die huidige proef is heelwat hoër as die 0,10 van die bulkalwers en 0,19 van die twee geslagte saam. Laasgenoemde beraming is laer as die 0,28 van Van Marle (1964), dit stem ooreen met die 0,19 van Brown & Bacula (1964) maar is heelwat hoër as die 0,03 van Brown (1963). Die oorerfbaarheid van die toename tot 90-dae is by albei geslagte gesamentlik laag wat 'n aanduiding is dat die melk van die moeder gedurende hierdie stadium 'n groot invloed uitoefen.

Die beraming van die oorerfbaarheid van die toename vanaf geboorte tot speen is by die 2 geslagte apart en gesmanetlik laag. Dit val binne die grense van 0,02 tot 0,45 en gemiddelde 0,16 soos aangehaal deur Pahnish *et al.* (1964) uit 'n lang lys van literatuur en 0,05 van MacDonald & Turner (1969), maar is laer as die beramings van 0,18 tot 0,49 en gemiddeld 0,20 van Lehman, Gaines, Carter, Bovard & Kincaid (1961), 0,18 tot 0,49 van Meyerhoeffer, Carter & Priode (1963), 0,31 tot 0,49 van Marlowe & Vogt (1963), 0,39 van Loganathan, Cooper & Hobbs (1965), 0,38 van Marlowe & Vogt (1965), 0,43 van Berruecos & Robison (1968) en die 0,23 van Shrode, Brown & Hobbs (1969).

Volgens Koch, Cundiff, Gregory & Dickerson (1973) is dit by genetiese studies nodig dat daar tussen bul- en verskalwers onderskei word om sodoende 'n beter vergelyking van teelwaardes te kan doen. Laasgenoemde navorsers het hoër beramings van die oorerfbaarheid van die speenmassa van verse as bulkalwers gerapporteer wat dan ook ooreenstem met die beramings van die huidige proef. Ander navorsers wat ook hoër beramings vir verse as bulle gerapporteer het is (verse eerste) die 0,69 en 0,08 van Carter & Kincaid (1959), die 0,43 en 0,08 soos aangehaal deur Pahnish *et al.* (1964) uit 'n lang lys literatuur, die 0,67 en 0,18 van Dunn, Magee, Gregory, Cundiff & Koch (1970) en verder Blackwell, Knox, Shelby & Clark (1962), Marlowe & Vogt (1965) en Francoise, Vogt en Nolan (1973).

Volgens 'n variansie-analiese op die huidige gegewens (Heyns, 1974), het die vaars geen statistiese betekenisvolle invloed op die speeneienskappe van die bulkalwers gehad nie behalwe op die geboortemassa en die speenmassa van die verse wat ook ooreenstem met die resultate van Pahnish *et al.* (1961 en 1964). Laasgenoemde navorsers en Carter & Kincaid (1959) meen dat verse by dié betrokke fisiologiese ouderdom beter geskik is vir die uitdrukking van genetiese verskille in speenmassa en ander eienskappe. Dit kan aanvaar word dat die verse fisiologies meer gevorderd by speen is aangesien die diere 'n meer volwasse voorkoms by speen as bulle het. Volgens Brown, Brown & Butts (1972) het die verse by speen 'n hoër persentasie van hul vovasse massa as die bulle bereik. Indien dit vasgestel kan word dat die oorerfbaarheid van speenmassa en ander eienskappe by verse hoër is as by bulle, mag die verse 'n beter maatstaf van die teelwaarde van 'n bul ten opsigte van die betrokke eienskappe voorsien as bulkalwers. Dit mag veral waardevol wees onder sub-optimum toestande.

In die huidige geval waar die oorerfbaarheid van speenmassa by die geslagte apart en gesamentlik beraam is, naamlik die beramings van $0,067 \pm 0,078$ vir bulle, die $0,210 \pm 0,114$ vir verse en $0,051 \pm 0,045$ vir albei geslagte saam, val dit nog binne die grense van 0,00 tot 0,52 soos aangehaal deur Pahnish *et al.* (1964) uit 'n lang lys van literatuur. Dit is oor die algemeen laer as die meeste beramings soos aangegee in Tabel 3 waarvan net die beramings vana 1970 aangehaal is weens die baie verwysings voor laasgenoemde periode.

Sommige oorerfbaarheidsberamings in die literatuur is nie op dieselfde wyse beraam nie terwyl dit ook op verskillende vleisrasse en kruise gedoen is wat aan verskillende bestuurspraktyke onderwerp is en in verskillende streke. Volgens Dunn *et al.* (1970) was die oorerfbaarheid van speenmassa van kruisgeteelde kalwers 0,34 teenoor die 0,18 van suiwergeteelde wat ook ooreenstem met die resultate van Blackwell *et al.* (1962), Basset & Shelton (1966), Lombard (1971) en Hohenboken & Brinks (1971). Martin *et al.* (1970) het die oorerfbaarheid van speenmassa van kalwers wat kruipvoeding ontvang het op 0,78 beraam, teenoor die 0,41 van dié wat nie gevoer is nie wat ooreenstem met die resultate van Gregory (1965) en die lae beramings van 0,00 tot

0,210 van Swiger, Koch, Gregory, Arthaud, Rowden & Ingalls (1962) van beeste op natuurlike weiding.

Al die kuddes in die literatuur was ook nie aan dieselfde seleksiedruk onderwerp nie. Seleksie in die huidige geval kon die additiewe variansie verminder het en derhalwe tot 'n laer graad van oorerfbaarheid gelei het. Die Glen Afrikanerkudde waarop die beramings gedoen is, is 'n stoetkudde en kan feitlik as 'n geslote kudde beskou word. Die grootste aantal bulle wie se kalwers in hierdie proef gebruik is, is uit een oorspronklike bloedlyn afkomstig. Lyntelling is binne die kudde toegepas met die gevolg dat die toename in inteling tot 'n laer oorerfbaarheid kan lei.

Die graad van oorerfbaarheid is 'n maatstaf van teelwaarde wat op die gemiddelde effekte van gene gebaseer is. Dit is nie sodanig 'n eienskap van 'n individu nie maar ook van die populasie en die omgewing waarin die dier aangehou word (Falconer, 1961). Streng gesproke is 'n beraming van oorerfbaarheid dus net van toepassing op die bepaalde kudde en omstandighede waaronder dit bepaal is.

Die beraming van genetiese korrelasies op die gegewens van beide geslagte saam is redelik hoog en veral dié tussen geboorte-, 90-dae- en speenmassa. Hierdie hoë genetiese korrelasies tussen die speeneienskappe van kalwers stem ooreen met die werk van Lasley, Day & Comfort (1961), Lehman *et al.* (1961), Brinks, Clark, Kieffer, Urick (1964) en Pahnish *et al.* (1964). Dit dui daarop dat dieselfde gene verantwoordelik is vir die hoë massas by verskillende stadiums van ontwikkeling. Shelby, Harvey, Clark, Quesenberry & Woodward (1963) meen dat wanneer dieselfde gene die uitdrukking van twee eienskappe beheer, seleksie vir een die ander sal beïnvloed. Deur te selekteer vir hoë speenmassa in die kudde kan geboorte- en 90-dae-massa indirek verhoog word wat beter is as om direk vir geboortemassa te selekteer. Die belangrikheid van die genetiese verwantskap tussen ekonomiese eienskappe word ook deur Dickerson (1969) beklemtoon omdat dit nodig is om doeltreffende seleksieprosedures te formuleer en om responsie op seleksie te kan voorspel.

Die fenotipiese- en omgewingskorrelasies tussen die massas van die diere by verskillende stadiums voor en by speen is oor die algemeen statisties betekenisvol wat kan meehelp om seleksie meer doeltreffend te maak aangesien die genetiese korrelasies ook hoog is. Die hoë fenotipiese korrelasies tussen die massas van die kalwers dui daarop dat die swaarder kalf by geboorte hierdie voordeel tot speen behou. Hierdie resultate stem ook ooreen met die werk van Gregory, Blunn & Baker (1950), Nelms & Bogart (1956) en Christian, Hause & Chapman (1965).

Die negatiewe of nie-betekenisvolle korrelasies tussen die geboortemassa en toenames van die kalf tot 90-dae en speenouderdom dui op die belangrike rol van melkproduksie van die moeder na geboorte van die kalf (Heyns, 1974).

Gevolgtrekking

Die oorerfbaarheid van die speeneienskappe van die Afrikanerkalwers is oor die algemeen laag en laer as die gemiddelde in die literatuur. Die nie-additiewe bron van variasie soos jare en veral die seisoen van geboorte het 'n groot invloed op die spendata van die kalwers ge-

had en kon hierin 'n groot rol gespeel het. Die hoë genetiese korrelasies tussen die massas van die kalwers by die verskillende stadiums van ontwikkeling dui daarop dat deur die seleksie vir verhoogde speenmassa, die geboorteen 90-dae-massa ook indirek verhoog kan word. Die hoë fenotipiese en omgewingskorrelasies tussen die betrokke eienskappe sal help om die seleksie meer doeltreffend te maak.

Verwysings

- BASSET, J.W. & SHELTON, M., 1966. Crossbreeding influence on heritability estimates. *J. Anim. Sci.* 25, 877 (Abstr.)
- BERRUECOS, J.M. & ROBISON, O.W., 1968. Prewaning growths in Brahmans. *J. Anim. Sci.* 27, 1124 (Abstr.).
- BLACKWELL, R.L., KNOX, J.H., SHELBY, C.E. & CLARK, R.T., 1962. Genetic analysis of economic characteristics of young Hereford calves. *J. Anim. Sci.* 21, 101.
- BOTKIN, M.P. & WHATLEY, J.A., 1953. Repeatability of production in range beef cows. *J. Anim. Sci.* 12, 552.
- BRINKS, J.S., CLARK, R.T., KIEFFER, N.M. & URICK, J.J., 1964. Estimates of genetic, environmental and phenotypic parameters in range Hereford females. *J. Anim. Sci.* 23, 711.
- BROWN, C.J., 1963. Heritability of feedlot performance of beef bulls. *J. Anim. Sci.* 22, 238 (Abstr.).
- BROWN, C.J. & GACULA, M., 1964. Estimates of heritability of beef cattle performance traits by regression of offspring on sire. *J. Anim. Sci.* 23, 321.
- BROWN, C.J. & GALVEZ, V., 1969. Maternal and other effects on birthweight of beef calves. *J. Anim. Sci.* 28, 162.
- BROWN, J.E., BROWN, C.J. & BUTTS, W.T., 1972. Relationships among weights, gains and earliness of maturity in Hereford and Angus females. *J. Anim. Sci.* 35, 507.
- CARTER, R.C. & KINCAID, C.M., 1959. Estimates of genetic and phenotypic parameters in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 18, 323.
- CHAPMAN, H.D., CLYBURN, T.M. & McCORMICK, W.C., 1972. Comparison of criteria for selecting introduced sires. *J. Anim. Sci.* 35, 321.
- CHRISTIAN, L.L., HAUSER, E.R. & CHAPMAN, A.B., 1965. Association of preweaning and post weaning traits with weaning weight in cattle. *J. Anim. Sci.* 24, 652.
- CUNDIFF, L.V., GREGORY, K.E. & LONG, C.R., 1975. Genetic variation among and within herds of Angus and Hereford cattle. *J. Anim. Sci.* 41, 1270.
- DICKERSON, G.E., 1969. Techniques for research in quantitative animal genetics. Techniques and procedures in animal science research. New York: Am. Soc. Anim. Sci.
- DINKEL, C.A. & BUSCH, D.A., 1973. Genetic parameters among production, carcass composition and carcass quality traits of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 37, 832.
- DUNN, R.J., MAGEE, W.T., GREGORY, K.E., CUNDIFF, L.V. & KOCH, R.M., 1970. Genetic parameters in straightbred and crossbred beef cattle. *J. Anim. Sci.* 32, 656.
- FALCONER, D.S., 1961. *Introduction to quantitative genetics*. London: Oliver & Boyd.
- FRANCOISE, J.J., VOGT, D.W. & NOLAN, J.C., Jr., 1973. Heritabilities of and genetic and phenotypic correlations among some economically important traits in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 36, 635.
- GREGORY, K.E., 1964. Beef cattle breeding. *United States Dept. of Agric. Information Bull.* No. 286.
- GREGORY, K.E., 1965. Symposium on performance testing in beef cattle: evaluating postweaning performance in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 24, 248.
- GREGORY, K.E., BLUNN, C.T. & BAKER, M.L., 1950. A study of some of the factors influencing the birth and weaning weights of beef calves. *J. Anim. Sci.* 9, 338.
- HARTZENBERG, F., 1971. 'n Statistiese analise van faktore wat die vroeë groei by vleisbeeste beïnvloed. D.Sc. (Agric.) proefskrif, Univ. Pretoria.
- HARVEY, W.R., 1960. Least-square analysis of data with unequal subclass numbers. U.S.D.A., ARS - 20 - 8.
- HARVILLE, D.A. & HENDERSON, C.B., 1963. Interrelationships between body size and milk production. *J. Anim. Sci.* 23, 849 (Abstr.).
- HEYDENRYCH, H.J., 1965. *Oorerflikheidsberamings van eienskappe by Afrikanerbeeste*. M.Sc. (Landbou) verhandeling, Univ. Stellenbosch.
- HEYNS, H., 1974. *Genetiese en omgewingsparameters van 'n Afrikanerbeeskudde*. D.Sc. (Agric.) proefskrif, U.O.V.S., Bloemfontein.
- HOHENBOKEN, W.D. & BRINKS, J.S., 1971. Relationships between direct and maternal effects on growth in Herefords: 11. Partitioning of covariance between relatives. *J. Anim. Sci.* 32, 26-34.

- JOUBERT, D.M. & BONSMAN, F.N., 1957. Die uitwerking van voeding op geboortegewig van kalwers. *Wet. Pam. No.* 371.
- KNAPP, B., Jr. & BLACK, W.H., 1941. Factors influencing rate of gain of beef calves during the suckling period. *J. Agr. Res.* 63, 249–354.
- KOCH, R.M. & CLARK, R.T., 1955. Genetic and environmental relationship among economic characters in beef cattle. 111. Evaluating maternal environment. *J. Anim. Sci.* 14, 979.
- KOCH, R.M., CUNDIFF, L.V., GREGORY, K.E. & DICKERSON, G.E., 1973. Genetic and phenotypic relations associated with preweaning and postweaning growth of Hereford bulls and steers. *J. Anim. Sci.* 36, 235.
- KOGER, M., MITCHELL, J.S., KIDDER, R.W., BURNS, W.C., HENTGES, J. Jr. & WARNICK, A.C., 1967. Factors influencing survival in beef calves. *J. Anim. Sci.* 26, 205 (Abstr.).
- KRESS, D.D. & BURFENING, P.J., 1972. Weaning weight related to subsequent most probable producing ability in Hereford cows. *J. Anim. Sci.* 35, 327.
- LASLEY, J.F., DAY, B.N. & COMFORT, J.E., 1961. Some genetic aspects of gestation length and birth and weaning weights in Hereford cattle. *J. Anim. Sci.* 20, 737.
- LEHMAN, R.P., GAINES, J.A., CARTER, R.C., BOVARD, K.P. & KINCAID, C.M., 1961. Selection indexes for weaning traits in beef calves. *J. Anim. Sci.* 20, 53.
- LINDHOLM, H.B. & STONAKER, H.H., 1957. Economic importance of traits and selection indexes for beef cattle. *J. Anim. Sci.* 16, 998.
- LOGANATHAN, S., COOPER, R.J. & HOBBS, C.S., 1965. Factors affecting preweaning performance of Hereford calves. *J. Anim. Sci.* 24, 849 (Abstr.).
- LOMBARD, J.H., 1963. *An investigation of environmental and genetic-causes of variation in beef cattle traits.* M.Sc. (Agric.) thesis, Univ. Pretoria.
- LOMBARD, J.H., 1971. *Genetic and environmental factors affecting production of beef cattle in the Highland Sourveld areas.* D.Sc. (Agric.) thesis. Univ. Pretoria.
- MACDONALD, R.P. & TURNER, J.W., 1969. Parental breed and weight effects on beef calves. *J. Anim. Sci.* 28, 130 (Abstr.).
- MADDOX, L.A. & THOMPSON, U.D., 1958. Breeding program for registered beef herds. *Texas Agric. Ext. Serv. Bul. No.* 909.
- MARLOWE, T.J. & VOGT, D.W., 1963. Within sex heritability estimates in beef calves. *J. Anim. Sci.* 23, 852 (Abstr.).
- MARLOWE, T.J. & VOGT, D.W., 1965. Heritabilities, phenotypic correlations and genetic correlations involving preweaning gain and weaning grade of beef calves. *J. Anim. Sci.* 24, 502.
- MARTIN, T.G., SRINIVASAN, G. & GARWOOD, V.A., 1970. Creep feed as a factor affecting cow and calf performance. *J. Anim. Sci.* 31, 166 (Abstr.).
- MEYERHOEFFER, D.C., CARTER, R.C. & PRIODE, B.M., 1963. Sex differences in heritability of traits in beef calves. *J. Anim. Sci.* 22, 240 (Abstr.).
- NELMS, G.E. & BOGART, R., 1956. The effect to birth weight, age of dam and time of birth on suckling gains of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 15, 662.
- PAHNISH, O.F., STANLEY, E.G., BOGART, R. & ROUBICEK, B., 1961. Influence of sex and sire on weaning weights of southwestern range calves. *J. Anim. Sci.* 20, 454.
- PAHNISH, O.F., ROBERSON, R.L., TAYLOR, R.L., BRINKS, J.S., CLARK, R.T. & ROUBICEK, C.B., 1964. Genetic analysis of economic traits measured in range-raised Herefords at preweaning and weaning ages. *J. Anim. Sci.* 23, 562.
- SCARTH, R.D., ALFORD, C.F., DORTON, H.L. & MCCAMPBELL, H.C., 1973. Phenotypic and genetic parameters in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 36, 198 (Abstr.).
- SCHUTTE, D.J., 1935. Factors affecting the growth of range cattle in semi-arid regions. *Onderstepoort J. Vet. Sci. Anim. Ind.*, 5, 535.
- SHELBY, C.E., CLARK, C.T. & WOODWARD, R.R., 1955. The heritability of some economic characteristics of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 14, 372.
- SHELBY, C.E., HARVEY, W.R., CLARK, R.T., QUESENBERY, J.R. & WOODWARD, R.R., 1963. Estimates of phenotypic and genetic parameters in ten years of Miles City R O P steer data. *J. Anim. Sci.* 22, 346.
- SHRODE, R.R., BROWN, W.L. & HOBBS, C.S., 1969. Cow weight, cow weight change and calf traits in an Angus Herd. *J. Anim. Sci.* 29, 112 (Abstr.).
- STOUT, J.M., SIMPSON, M.J., WILSON, L.L., ZIEGLER, J.H., WATKINS, J.L., RUGH, M.C., PURDY, H.R. & VARELA-ALVAREZ, H., 1970. Genetic parameters of body measurements, growth and carcass characters. *J. Anim. Sci.* 31, 168 (Abstr.).
- SWIGER, L.A., KOCH, R.M., GREGORY, K.E., ARTHAUD, V.H., ROWDEN, W.W. & INGALLS, J.E., 1962. Evaluating preweaning growth of beef calves. *J. Anim. Sci.* 21, 781.
- TAYLOR, J.C., CARTER, R.C., GAINES, J.A. & KINCAID, C.M., 1957. Repeatability of performance in the beef cow. *J. Anim. Sci.* 16, 1925 (Abstr.).

- TAYLOR, J.C., CARTER, R.C., KINCAID, C.M., PRIODE, B.M. & GAINES, J.A., 1960. Estimates of genetic and phenotypic parameters in beef cattle. IV. Repeatability of cow performance. *J. Anim. Sci.* 19, 700.
- TUDOR, G.D., 1972. The effect of pre- and postnatal nutrition on the growth of beef cattle. 1. The effect of nutrition and parity of dam on calf birth weight. *Aust. J. Agric. Res.* 23, 389–395.
- VAN MARLE, J., 1964. Untersuchegen über Einfläse von Umwelt und Erbanlage auf die Gewichtsentwicklung van Fleisschriden inter extensiven Weidebedingungen der Versuchsstation Armoedsvlakte in Südafrika. Dissertasie, Univ. van Göttingen.
- VESELY, J.A. & ROBISON, O.W., 1971. Conventional selection indexes for birth and weaning traits in beef calves. *J. Anim. Sci.* 33, 537.
- WARWICK, E.J., 1958. Fifty years of progress in breeding beef cattle. *J. Anim. Sci.* 18, 922.
- WILLHAM, R.L., 1970. Heritability of weaning weight ratio in Angus cattle. *J. Anim. Sci.* 31, 171 (Abstr.).
- WILSON, L.L., 1973. Effects of sire, calf sex and age and age of dam on birth weight and body measurements at one and three days of age. *J. Anim. Sci.* 36, 452.
- WILSON, L.L., RISHEL, W.H. & HARVEY, W.R., 1972. Influence of herd, sire and herd x sire interactions on live and carcass characters of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 35, 502.
- WILSON, L.L., McCURLEY, J.R., ZIEGLER, J.H. & WATKINS, J.L., 1976. Genetic parameters of live and carcass characters from progeny of polled Hereford sires and Angus-Holstein cows. *J. Anim. Sci.* 43, 569.