

EFFETS D'HÉTÉROSIS SUR LES POIDS A LA NAISSANCE ET AU SEVRAGE DANS LE CROISEMENT *CHAROLAIS* × *ABERDEEN ANGUS*

Héctor Ariel MOLINUEVO (*)

*Instituto nacional de Tecnología agropecuaria
Balcarce (Argentine)*

RÉSUMÉ

Des croisements de femelles *Angus* et *F 1* (♂♂ *charolais* × ♀♀ *A. Angus*) avec des mâles *Angus*, *charolais* et *F 1* ont permis d'estimer la vigueur hybride en comparant pour chaque groupe de mères (*Angus* et *F 1*) les résultats des taureaux *F 1* avec la moyenne pondérée des résultats des autres taureaux (*Angus* et *charolais*). La vigueur hybride ainsi estimée est importante.

INTRODUCTION

Les croisements entre les races à viande *anglo-saxonne* et le *Charolais* ont pris une grande extension au cours des dernières années. Néanmoins très peu d'études réalisées sur ces croisements permettent une estimation de l'hétérosis indépendamment de l'effet maternel en raison de l'effectif très limité des femelles *charolaises* disponibles dans les pays intéressés. En outre, comme l'effet maternel peut être considérable sur le poids à la naissance et au sevrage, il ne semble pas possible, pour l'instant, d'estimer valablement la vigueur hybride en l'absence de croisements réciproques.

En complément des travaux effectués en Argentine (LOPEZ SAUBIDET *et al.*, 1963) sur l'intérêt de la race *charolaise* en croisement de 1^{re} génération, on s'est précisément intéressé à l'estimation des effets non additifs intervenant dans ces croisements : estimation particulièrement importante en vue d'orienter les

(*) Adresse actuelle : Station centrale de génétique animale, Centre national de Recherches zootechnique, 78 - Jouy-en-Josas. Institut national de la Recherche agronomique.

programmes d'amélioration génétique. On a utilisé dans ce but des vaches *Aberdeen-Angus* (A) et *FI* ($\sigma\sigma$ *charolais* \times ♀♀ *Aberdeen Angus*) d'une part, des taureaux A, *FI* et *charolais* (C) d'autre part. Dans chaque groupe de mères on compare les performances des animaux issus des taureaux *FI* avec celles des produits des taureaux A et C.

De tels accouplements permettent de réaliser une estimation minimum de la vigueur hybride correspondant au croisement $C \times A$. La présente étude rassemble les résultats partiels relatifs au poids à la naissance et au poids au sevrage.

MATÉRIEL, ET MÉTHODES

Les effectifs de veaux nés par type d'accouplement réalisé figurent sur le tableau I. On a utilisé six taureaux de chaque race chaque année; les taureaux A et *FI* étaient produits en Argentine tandis que les taureaux C étaient représentés par de la semence importée de France et issue d'un nombre équivalent de mâle en cours de contrôle de descendance. On a observé au total 350 veaux à la naissance correspondant à trois saisons de vêlage et 97 veaux au sevrage relatifs à deux saisons seulement. Dans le cas des accouplements $\sigma\sigma$ *FI* \times ♀♀ A on ne disposait en fin que de deux saisons de vêlage pour le poids à la naissance; les données relatives au poids au sevrage étaient en nombre trop limité pour permettre une conclusion valable.

TABLEAU I
Répartition des vêlages

Année		1966	1967	1968	1969	1967	1968	1966	1967	1968
		A			FI			C		
♀	♂									
		A			FI			C		
A	Nombre de vêlages	18	30	25		34	23	23	30	26
	Vêlages aidés	0	0	0		1	1	1	1	1
	Veaux morts.	1	0	1		2	1	2	4	2
FI	Nombre de vêlages	23	18	20	21	21	19	31	25	31
	Vêlages aidés	1	0	0	1	1	1	12	5	0
	Veaux morts.	3	0	1	2	2	2	21	4	0

Les vêlages ont eu lieu chaque année pendant une période de deux mois et demi; on a enregistré les cas d'assistance au vêlage et de mortalité ainsi que le poids à la naissance des veaux (pris dans un délai maximum de 14 heures si la naissance est pendant le soir ou la nuit, et de 3 heures si elle est pendant la journée). Les mâles sont castrés dès la 1^{re} semaine, le sevrage intervient à 240 j. \pm 7 j., le poids au sevrage est ajusté à l'âge moyen correspondant par interpolation linéaire entre les poids à la naissance et au sevrage.

Au début de l'expérience les vaches A avaient déjà effectué au moins un vêlage; les femelles *FI* étaient des primipares. Pour cette raison les résultats des deux groupes de vaches ne sont pas comparables entre eux; on fera donc une analyse séparée pour chaque groupe. On a aussi analysé en raison de leur incidence pratique les difficultés liées au vêlage, de ces femelles dans

le cas des trois types d'accouplements. En raison de la faible fréquence des difficultés observées dans l'un des groupes comparés et du faible nombre d'observations, on a exprimé l'intervalle de confiance de cette fréquence au seuil de probabilité $1 - \alpha$:

$$1 - \alpha = P \left[\hat{p} - a \sqrt{\frac{pq}{n}} < p < \hat{p} + a \sqrt{\frac{pq}{n}} \right]$$

selon une relation définie par LEFORT (1967) :

$$\frac{(\hat{p} - p)^2}{pq/n} < a^2$$

avec \hat{p} = fréquence estimée
 p = fréquence théorique
 $q = 1 - p$
 n = nombre d'observations
 a = valeur ayant la probabilité d'être dépassée en valeur absolue par une variable normale réduite.

En vue de tester la signification statistique de l'effet d'hétérosis sur les poids à la naissance et au sevrage, on compare à 0, pour chaque groupe de femelles, la différence (D) entre la moyenne des veaux issus des taureaux *F 1* ($Cr =$ « groupe croisé ») et celle des deux autres groupes issus des taureaux *charolais* et *Aberdeen Angus* (« groupes parentaux » P_1 et P_2) $D = Cr - \frac{1}{2}(P_1 + P_2)$.

On considère qu'il y a hétérosis si $D \neq 0$; par contre si $D = 0$ on ne peut conclure car les groupes parentaux, P_1 et P_2 , pris comme base de comparaison peuvent exprimer eux-mêmes un effet d'hétérosis. Ainsi, on cherche ce que nous appelons hétérosis « minimum », car il y a une certaine portion d'hétérosis qu'on ne peut pas détecter.

Le test statistique est obtenu en calculant $t = \frac{D}{\sigma_D}$ qui peut être considéré comme distribué normalement lorsque, comme c'est le cas pour le poids à la naissance, le nombre d'observations est supérieur à 60. En pratique, la valeur D est calculée en cumulant les différences ci-dessus relatives à chaque sexe dans chaque année et en les pondérant par l'inverse de leurs variances (on effectue une combinaison linéaire des différences moyennes élémentaires de variances minimum) :

$$D = \frac{\sum_i \frac{d_i}{\sigma_i^2}}{\sum_i \frac{1}{\sigma_i^2}}$$

avec d_i = différence moyenne relative à la i ème combinaison sexe × années
 σ_i^2 = variance de cette différence.

Un test global de vigueur hybride a été établi à partir des mères *A* et *F 1* en combinant toutes les probabilités (P_m) liées aux différences D_m enregistrées. On s'est servi du test décrit par KENDALL (1946) : $M^2 = 2 \sum_m \log_e p_m$, ou p_m est la probabilité liée à chaque situation M^2 étant distribué comme χ^2 .

RÉSULTATS

a) Parturition

Les fréquences des vêlages difficiles, de mortalité (comprenant en fait la mortinatalité et la mortalité périnatale étendue à la première semaine) ainsi que les intervalles de confiance correspondants sont rassemblés sur le tableau 2 pour les accouplements concernant les génisses *F 1* qui étaient les seuls à présenter des difficultés de vêlage avec une fréquence notable.

On observe que les difficultés de vêlage et les cas de mortalité des veaux liés aux traumatismes consécutifs à ces vêlages sont importants quand ces génis-

ses sont accouplées à des taureaux *charolais*. Les fréquences de ces incidents sont par contre faibles et comparables sur les deux types d'accouplements : génisses $FI \times$ taureaux A ou FI .

TABLEAU 2
Fréquence des vêlages difficiles et des cas de mortalité des veaux
chez les génisses FI

Type d'accouplement	vêlages difficiles		Veaux morts	
	fréquence	intervalle de confiance	fréquence	intervalle de confiance
$A \times FI$ $FI \times FI$	0,04	0,02 ; 0,11	0,11	0,06 ; 0,19
$C \times FI$	0,39	0,29 ; 0,45	0,68	0,56 ; 0,76

b) Hétérosis sur les poids à la naissance et au sevrage

Poids à la naissance

Les différences, $D = Cr - \frac{1}{2} (P_1 + P_2)$, entre le « groupe croisé » et les « groupes parentaux » figurent sur le tableau 3 pour les femelles A et FI .

Lorsque l'on considère les mères A , la valeur de D n'est pas significativement différente de 0; on enregistre, en fait, un faible écart négatif pour les mâles et positif pour les femelles. Par contre, dans le cas des mères FI , l'hypothèse d'un effet d'hétérosis doit être acceptée avec une très faible probabilité d'erreur.

Il est difficile de donner une explication biologique à cette différence de comportement entre les mères A et FI ; peut-être s'agit-il tout simplement d'un phénomène lié à l'échantillonnage.

La signification de la différence entre les deux échantillons de mères a été testée suivant le critère M^2 décrit ci-dessus. La valeur obtenue $M^2 = 39,82$ correspond à $\chi^2_{(8; 0,01)} = 20,09$ ce qui conduit à considérer comme hautement probable l'hypothèse d'un effet d'hétérosis.

On constate, enfin, que l'hétérosis est plus grand chez les femelles que chez les mâles à la fois pour les mères A et FI , ce qui est en accord avec l'hypothèse de STONAKER (1963).

TABLEAU 3

Nombre d'observations (n), moyennes (\bar{x}) des poids à la naissance et différences liées à l'hétérosis (D)

Sexe des produits			Mâles			Femelles		
père	Année de vêlage		1966	1967	1968	1966	1967	1968
	mère							
A	A	n		14	9		16	16
		\bar{x}		29,6	27,4		26,8	25,2
F I	A	n		20	11		14	12
		\bar{x}		33,1	32,5		31,2	31,4
C	A	n		17	18		13	8
		\bar{x}		38,9	38,4		36,0	33,2
D			- 1,6			+ 1,7		
D %			- 4,8			5,8		
A	F I	n	11	11	13	12	7	7
		\bar{x}	32,9	32,4	32,5	27,5	32,4	31,7
F I	F I	n	12	13	8	9	8	11
		\bar{x}	37,8	38,7	38,9	35,9	36,2	39,0
C	F I	n	9	11	10	5	14	11
		\bar{x}	39,1	43,7	38,6	38,7	41,7	39,2
D			3,8**			4,5**		
D %			10,5			12,9		

** Différences significatives au seuil de probabilité de 0,01.

Poids au sevrage

Comme nous l'avons déjà signalé, seules ont été analysées suivant le même processus les données relatives aux veaux issus des mères *F I* et ceci sur les deux années. Toutefois en raison du nombre plus restreint de données, les conditions d'application du test M^2 (distribution normale de $t = \frac{D}{\sigma D}$) ne sont pas exactement remplies : l'approximation qui en résulte augmente le risque de 1^{re} espèce.

Les résultats obtenus ont été néanmoins présentés sur le tableau 4. La valeur trouvée pour $M^2 = 27,78$ correspond à $\chi^2_{(4; 0,01)} = 13,28$. On peut là aussi conclure, malgré les limitations théoriques précédentes, à un effet d'hétérosis.

Contrairement à ce qui a été observé pour le poids à la naissance, les mâles semblent présenter un hétérosis supérieur à celui des femelles.

TABLEAU 4
 Nombre d'observations (n), moyennes (\bar{x}) et différences liées à l'hétérosis (D)
 pour le poids au sevrage

Père	Sexe des produits		Mâles		Femelles	
	mère	année de naissance	1966	1967	1966	1967
A	F I	n	9	11	9	7
		\bar{x}	183	192	173	188
F I	F I	n	9	10	9	8
		\bar{x}	196	216	170	202
C	F I	n	4	8	3	12
		\bar{x}	198	202	176	207
D			3,88**		1,38*	
D %			12,6		4,3	

* Différence significative au seuil de probabilité de 0,05.

** Différence significative au seuil de probabilité de 0,01.

DISCUSSION ET CONCLUSION

a) Parturition

Les difficultés observées dans les accouplements $C \times$ génisses FI peuvent être liées à un développement insuffisant du bassin de ces femelles par rapport au poids élevé des veaux. Nos résultats sont en accord à cet égard avec ceux trouvés par LOPEZ SAUBIDET *et al.* (1963) et par SAGEBIEL *et al.* (1969) qui ont travaillé sur femelles *Angus* croisées avec des mâles *charolais*. SAGEBIEL *et al.* trouvent une fréquence de vêlages difficiles de 58 p. 100 pour les femelles primipares de race *Angus*; ce chiffre est légèrement supérieur à celui que nous avons trouvé pour les femelles FI au premier vêlage. MONTEIRO (1969) signale de son côté la relation étroite qui existe entre les poids du veau et les difficultés de vêlages à partir de femelles *Frisonnes*, *Ayrshire* et *Jersey*. Il trouve également une diminution importante de la fréquence des vêlages difficiles en deuxième mise-bas, par rapport à la première.

Les difficultés de vêlages et la mortalité des veaux issus du croisement : $\text{♂♂ charolais} \times$ génisses FI interdisent de recommander l'utilisation d'un tel type de croisement dans la pratique. Au contraire, ce croisement semble intéressant avec des femelles FI au deuxième vêlage.

b) *Hétérosis*

Si on compare nos résultats avec ceux qui, dans la bibliographie (tableau 5) se rapportent à des croisements réciproques entre le *charolais* et les races anglo-saxonnes (SAGEBIEL *et al.*, 1967 *a* et *b*; KLOSTERMAN *et al.*, 1968 et PAHNISH *et al.*, 1969), on constate que certaines de nos estimations figurent parmi les plus élevées; c'est le cas en particulier pour les estimations de vigueur hybride relatives au poids :

a) à la naissance des produits des mères *FI*.

b) au sevrage des veaux mâles issus du même groupe de mères.

TABLEAU 5

Valeurs extrêmes de vigueur hybride pour le poids à la naissance et au sevrage
(Expériences comportant des croisements réciproques exclusivement)

Races employées	Poids à la naissance	Poids au sevrage	Auteurs
	Vigueur hybride (%) comprise entre		
<i>Charolais</i> . . <i>Hereford</i> . . <i>Aberdeen</i> . . <i>Angus</i> . .	1,0 et 6,4	1,7 et 6,4	KLOSTERMAN <i>et al.</i> (1968); SAGEBIEL <i>et al.</i> (1967); PAHNISH <i>et al.</i> (1969).
<i>Aberdeen</i> . . <i>Angus</i> . . <i>Hereford</i> . . <i>Shorthorn</i> . .	— 0,4 et 7,7	— 2,5 et 6,1	GAINES <i>et al.</i> (1966); GREGORY <i>et al.</i> (1965, 1966); ROLLINS <i>et al.</i> (1969); DAMON <i>et al.</i> (1959, 1961); LOPEZ SAUBIDET <i>et al.</i> (1963).
<i>Aberdeen</i> . . <i>Angus</i> . . <i>Hereford</i> . . <i>Brangus</i> . . <i>Brahman</i> . .	2,0 et 10,8	0,6 et 10,9	DAMON <i>et al.</i> (1959, 1961); ELLIS <i>et al.</i> (1965).

Ce n'est qu'avec les croisements entre *Brahman* et *Hereford* ou entre *Brahman* et *Angus* que l'on trouve des effets d'hétérosis du même ordre de grandeur que ceux que nous enregistrons (DAMON *et al.*, 1959 et 1961; ELLIS *et al.*, 1965).

En fait, la valeur élevée de nos estimations prend toute sa signification si on considère que les comparaisons effectuées sous-estiment la vigueur hybride réelle, les « groupes parentaux » étant constitués d'animaux qui peuvent exprimer eux-mêmes des effets d'hétérosis.

Néanmoins, on peut penser à priori qu'il y aura davantage de vigueur hybride dans le croisement *Charolais* × races anglo-saxonnes que dans le cas d'un croisement entre ces dernières races; cela s'expliquerait par les différences d'origine, de format et de structure corporelle qui existent entre ces deux types d'animaux. Dans ces conditions, il nous paraît vraisemblable de trouver des estimations de la vigueur hybride plus élevées que celles qui ont été établies dans le cas du croisement entre races anglo-saxonnes par différents auteurs (DAMON *et al.*, 1959 et 1961; LOPEZ SAUBIDET *et al.*, 1963; GREGORY *et al.*, 1965 et 1966; GAINES *et al.*, 1966; ROLLINS *et al.*, 1969). Par contre, les résultats de SAGEBIEL *et al.*, (1967); KLOSTERMAN *et al.*, (1968) et PAHNISH *et al.*, (1969), relatifs au croisement *Charolais* × races anglo-saxonnes, sont du même ordre de grandeur que ceux des auteurs que nous venons de citer.

Certaines justifications peuvent être invoquées pour expliquer les divergences observées :

a) Nous avons travaillé avec de la semence de taureaux *charolais* directement importée de France tandis que les expériences faites au États-Unis concernaient des taureaux *Charolais* issus de croisements d'absorption avec des mères d'origines variées. Les différences entre les deux types de *Charolais* peuvent être assez importantes pour intervenir dans l'estimation des effets d'hétérosis.

b) La vigueur hybride dans le cas du croisement *Charolais* × *Aberdeen Angus* peut être plus élevée que dans le cas du croisement *Charolais* × *Hereford* (quoi que les résultats de PAHNISH *et al.*, 1969, soient d'une tendance contraire). Si cette hypothèse est vraie, elle explique le fait que nos estimations sont plus élevées que celles de SAGEBIEL *et al.*, (1967 a et b) qui donnent les résultats moyens des croisements réciproques suivants : *Charolais* × *Aberdeen Angus*, *Charolais* × *Hereford* et *Aberdeen Angus* × *Hereford* et celles de KLOSTERMAN *et al.*, (1968) qui ont étudié le croisement *Charolais* × *Hereford*.

c) Il peut également exister des différences génétiques entre les troupeaux d'origine des mères en Argentine et aux États-Unis.

d) La mortalité des veaux nés de pères *Charolais* entraîne une sélection des veaux survivants, les veaux les plus lourds ayant plus de chances de mourir au vêlage. Dans notre expérience ce fait devrait conduire à surestimer la vigueur hybride. Par contre dans les croisements réciproques classiques tels que ceux mentionnés ci-dessus, si ce phénomène de mortalité des veaux les plus lourds apparaissait, la vigueur hybride aurait été de ce fait sous-estimée. Néanmoins les valeurs d'hétérosis que nous avons obtenues ne semblent pas plus élevées l'année où la mortalité des veaux a été la plus importante.

e) Enfin, les milieux sur lesquels toutes ces expériences ont été faites sont très différents; or, les variations de milieu peuvent expliquer les divergences constatées entre les résultats, notamment s'il existe pour les caractères étudiés des interactions génotype × milieu importantes.

Tout en tenant compte des résultats antérieurs nous devons donc conclure à un effet d'hétérosis important dans les conditions et les types de croisements avec lesquels nous avons travaillé.

Il convient enfin de signaler que le procédé utilisé pour mettre en évidence la présence d'hétérosis semble être intéressant dans plusieurs cas où les croisements réciproques sont difficiles à réaliser, du fait du faible nombre et du coût élevé des femelles de race étrangère.

Reçu pour publication en janvier 1970.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier MM. ROUVIER, B. VISSAC, R. et C. LEGAULT, Station centrale de Génétique animale, CNRZ pour leurs suggestions et leurs critiques sur l'analyse et la rédaction de ce travail dont l'exécution nous a été facilitée par la collaboration de MM. R. SULLIVAN et R. SOFIKAK (I.N.T.A., Balcarce).

SUMMARY

HETEROSIS EFFECTS ON BIRTH AND WEANING WEIGHTS IN CROSSES OF CHAROLAIS × ABERDEEN ANGUS

It has been made an application of contemporary comparison to estimate the hybrid vigour in the mating of females *Aberdeen Angus* and *F 1* (*Charolais* × *Aberdeen Angus*) with males *Aberdeen Angus*, *F 1* and *Charolais*.

Because the difference in age between the two groups of dams (*A. Angus* and *F 1*) each group is analyzed separately. Only the values of probability linked with each estimation are pooled for an overall test of heterosis.

In its simplest term, there are heterosis if $D = Cr - \frac{1}{2}(P_1 + P_2) \neq 0$, where Cr = mean of the progeny of *F 1* sires; P_1 and P_2 = means of the progeny of *Angus* and *Charolais* sires, respectively. On the contrary, if $D = 0$ it is not possible to conclude that heterosis is absent. The heterosis estimated is, in fact, due to recombinations and associations of chromosomes in the progeny of *F 1* sires, rising epistatic effects which are not possibles in the *F 1* generation, nor they are in the progeny of the *Angus* or *Charolais* sires.

The estimated hybrid vigour is of the order of — 4,8 % and 5,8 % for the birth weight of males and females respectively, out of *A. Angus* dams, and 10,5 % and 12,9 % for the same weight of males and females out of *F 1* dams. For weaning weight, the hybrid vigour of males and females, respectively, was of the order of 12,6 % and 4,3 % for the progeny of *F 1* females.

When the probability values were conveniently pooled for an overall test of heterosis, the hypothesis of its presence seems to be acceptable with very little risk of error.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DAMON R. A. jr, Mc CRAINE S.E., CROWN R.M., SINGLETARY C.B., 1959. Performance of crossbred beef cattle in the Gulf Coast Region. *J. animal. Sci.*, **18**, 437-447.
- DAMON R.A. jr., HARVEY W.R., SINGLETARY C.B., McCRAINE S.E., CROWN R.M., 1961. Genetic analysis of crossbreeding beef cattle. *J. animal. Sci.*, **4**, 849-857.
- ELLIS G.F. jr., CARTWRIGHT T.C., KRUSE W.E., 1965. Heterosis for birth weight in Brahman - Hereford crosses. *J. animal. Sci.*, **24**, 93-96.
- GAINES J.A., McCLURE W.H., VOGT D.W., CARTER R.C., KINKAID C.M., 1966. Heterosis from crosses among british breeds of beef cattle : fertility and calf performance to weaning. *J. animal. Sci.*, **25**, 5-13.
- GREGORY K.E., SWIGER L.A., KOCH R.M., SUMPTION L.J., ROWDEN W.W., INGALLS J.E., 1965. Heterosis in preweaning traits of beef cattle. *J. animal. Sci.*, **24**, 21-28.
- GREGORY K.E., SWIGER L.A., KOCH R.M., SUMPTION L.J., INGALLS J.E., ROWDEN W.W. ROTHLSBERGER J.A. 1966 a. Heterosis effects on growth rate of beef heifers. *J. animal. Sci.*, **25**, 290-298.

- GREGORY K.E., SWIGER L.A., SUMPTION L.J., KOCH R.M., INGALLS J.E., ROWDEN W.W., ROTHLIBERGER J.A., 1966 b. Heterosis effects on growth rate and feed efficiency of beef steers. *J. animal. Sci.*, **25**, 299-310.
- KENDALL M.G., 1946. *The advance theory of statistics*, vol. **2**, 132-133, Charles GRIFFIN and company limited, London.
- KLOSTERMAN E.W., CAHILL V.R., PARKER C.F., 1968. A comparison of the *Hereford* and *Charolais* breeds and heir crosses under two systems of management. *Res. Bull.*, **1011**, Ohio Agr. Res. and Dev. Center Wooster, Ohio.
- LEFORT G., 1967. *Mathématiques pour les sciences biologiques et agronomiques*, 554-555, Armand COLIN, Paris.
- LOPEZ SAUBIDET C., CAVANDOLI C.H., IGARTUA O.A., JOANDET G.E., CABRINI E.J., VILLAR J.A., SIVORI I.H., HERNANDEZ O., COVAS G., KUGLER W.F., 1963. Cruzas con *Charoles* en la Region Pampeana. *Bol. Técnico* (6), Estación Experimental Balcarce, Balcarce Argentine.
- MONTEIRO L.S., 1969. The relative size of calf and dam and the frequency of calving difficulties. *Animal Prod.*, **11**, 293-306.
- PAHNISH O.F., BRINKS J.S., URICK J.J., KNAPP B.W., RILEY T.M., 1969. Results from crossing beef × beef and beef × dairy breeds calf performance to weaning. *J. animal. Sci.*, **28**, 291-299.
- ROLLINS W.C., LOY R.G., CAROLL F.D., WAGNON K.A., 1969. Heterotic effects in reproduction and growth to weaning in crosses of the *Angus*, *Hereford* and *Shorthorn* breeds. *J. animal. Sci.*, **28**, 431-436.
- SAGEBIEL J.A., LANGFORD L.L., SIBBIT W.R., COMFORT J.E., DYER A.J., LASLEY J.F., 1967 a. Heterosis in preweaning traits in beef cattle. *J. animal. Sci.*, **26**, 888.
- SAGEBIEL J.A., SIBBIT W.R., LANGFORD L.L., DYER A.J., COMFORT J.E., LASLEY J.F., 1967 b. Heterosis in weaning, postweaning and slaughter traits of beef heifers. *J. animal. Sci.*, **25**, 889.
- STONAKER H.H., 1963. A genetic hypothesis for sex mating systems interactions in growth of cattle and poultry. *J. animal. Sci.*, **22**, 320-325.