

INCIDENCE DU TAUX D'ACIDES AMINÉS DANS L'ALIMENT, SUR LES PERFORMANCES DU PORC CHARCUTIER.

J. CHAUVEL (1) ; R. GRANIER (2)

Institut Technique du Porc

(1) Domaine de la Motte au Vicomte B.P. 3, 35650 LE RHEU.

(2) Station Expérimentale, Les Cabrières, 12200 VILLEFRANCHE DE ROUERQUE.

Avec la participation technique de A. BOUBY et Y. CANTALOUBE.

Soixante quatre mâles castrés et soixante quatre femelles ont été utilisés pour comparer les croissances et les carcasses que permettent quatre régimes à taux croissants en acides aminés équilibrés : 2,4, 2,7, 3,0, 3,3 g lysine/1000 kcal ED en période de croissance et 2,1, 2,4, 2,7, 3,0 g en période de finition. Les rapports méthionine + cystine/lysine, thréonine/lysine, tryptophane/lysine sont les mêmes dans les quatre traitements, respectivement 60 %, 65 % et 19 %. L'aliment est distribué suivant un plan de rationnement avec plateau : 8200 Kcal ED et 9300 Kcal ED respectivement pour les mâles castrés et pour les femelles.

Les croissances optimales sont obtenues avec 16,5 g de lysine/j pour les deux sexes jusqu'à 40 kg, avec 17,5 et 18,5 g/j respectivement pour les mâles castrés et les femelles de 40 à 50 kg et avec 20 g et 23 g/j au delà de 50 kg. Le taux d'acides aminés n'a aucune influence sur les caractéristiques de carcasses.

Effect of amino acids levels in the diet on the performance of growing pigs.

Sixty four castrated males and sixty four gilts were used to evaluate the effect of lysine levels on growth and carcass characteristics. Four concentrations were tested : 2,4, 2,7, 3,0, 3,3 g/1000 Kcal DE from 30 to 60 kg, 2,1, 2,4, 2,7, 3,0 from 60 kg to slaughter. Increases in dietary lysine were associated with concomitant increases in the other essential amino acids, so as to provide an ideal protein (60 %, 65 %, 19 % for methionine + cystine/lysine, thréonine/lysine and tryptophane/lysine respectively). Pigs were fed twice daily on a restricted scale with a plateau : 8200 kcal DE and 9300 kcal DE for castrated males and gilts respectively.

The best results about growth are observed with lysine daily intakes of 16,5 g for both sexes until 40 kg, 17,5 and 18,5 g for castrated males and gilts respectively from 40 to 50 kg, and 20 and 23 g beyond 50 kg. Carcass characteristics are not affected by amino acids concentration.

INTRODUCTION

Les élevages de production produisent presque exclusivement des animaux croisés (provenant éventuellement de schémas de sélection). Pourtant, les recommandations alimentaires (en particulier matière azotée totale et acides aminés) actuellement vulgarisées ont le plus souvent été déterminées à partir d'animaux de race pure, de plus faible teneur en muscle. Compte tenu de leur fort pourcentage de muscle et donc de leur capacité élevée de synthèse de tissu musculaire, il se peut que les animaux issus de souche améliorée soient susceptibles de mieux valoriser des aliments riches en acides aminés limitants, lysine en particulier.

Les références bibliographiques à ce sujet sont assez rares. Les essais ont plus concerné les différences entre sexes que les différences entre souches. Il a été montré que le mâle entier ou la femelle, animaux à teneur en muscle supérieure au mâle castré ont des besoins en acides aminés supérieurs (CAMPBELL et al 1982, 1983, YEN et al 1986, GILES et al 1987, LOUGNON 1987, BOURDON, HENRY 1988). En croissance l'effet de la quantité de lysine est linéaire, pour des animaux plus âgés l'effet varie en fonction du niveau de performances des animaux et du niveau d'alimentation. En ce qui concerne les carcasses, l'effet est linéaire jusqu'à un plateau. Ces essais, comparaient ou bien des régimes équilibrés en acides aminés selon les normes ARC 1981 ou bien uniquement des taux de lysine.

GATEL et GROSJEAN (1987) ont comparé trois niveaux de lysine sur des animaux de deux types génétiques LARGE WHITE et PEN AR LAN. Les performances en période de croissance sont améliorées par l'augmentation du taux de

lysine pour les deux souches, globalement les différences sont faibles. En ce qui concerne les carcasses le taux de lysine a un léger effet sur le pourcentage de muscle chez le LARGE WHITE et aucun effet sur le PEN AR LAN. Les régimes ne différaient que par leur teneur en lysine, l'équilibre en acides aminés n'était pas le même dans tous les régimes.

Des essais récents (GATEL et FEKETE 1987, 1988) montrent chez les porcelets, qu'un rapport thréonine/lysine de 65 %, supérieur aux normes ARC, entraîne une réponse positive des animaux à une élévation du taux de lysine dans l'aliment au delà du taux considéré jusqu'ici comme optimum.

Le but de l'essai rapporté ci-dessous, mis en place en collaboration avec les sociétés SANOFI Santé Nutrition Animale et Eurolysine, est d'estimer la réponse du porc charcutier à une élévation du taux des principaux acides aminés essentiels dans l'aliment, ces acides aminés présentant des rapports constants entre eux.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Les animaux

128 animaux, 64 mâles castrés et 64 femelles sont répartis en 4 traitements alimentaires selon un dispositif factoriel à 2 facteurs étudiés : 4 aliments x 2 sexes en blocs complets équilibrés. Les animaux sont de type croisé (LW x L) x (LW x P). Le poids moyen des porcelets au début de l'essai est de 31 kg en moyenne. Les animaux sont abattus vers 101 kg de poids vif.

1.2. Aliments et conduite de l'alimentation

TABLEAU 1
SCHÉMA EXPÉRIMENTAL

Facteur 1 Sexe - 2 niveaux	1- Mâles castrés					2- Femelles			
Facteur 2		1	2	3	4	1	2	3	4
Lysine/ED (g/1000 kcal) 4 niveaux	C* F**	2,39 2,10	2,70 2,41	3,01 2,70	3,29 3,01	2,39 2,10	2,70 2,41	3,01 2,70	3,29 3,01

* Aliment croissance

** Aliment finition

1.2.1. Aliments expérimentaux

Les quatre régimes sont formulés pour présenter des teneurs différentes en lysine avec des teneurs en matières azotées totales identiques et les mêmes rapports méthionine + cystine/lysine (60 %), thréonine/lysine (65 %), tryptophane/lysine (19 %).

Deux aliments sont utilisés : un aliment croissance pendant les

42 premiers jours, un aliment finition de 42 jours à l'abattage.

1.2.2. Plan de rationnement (tableau 3)

L'aliment est distribué sous forme de farine humidifiée, en 13 repas par semaine, selon un plan d'alimentation progressif et plafonné. Il est basé sur un apport énergétique croissant en fonction du poids vif de l'animal. Le plafond est fixé à 8200 Kcal ED/j pour les mâles castrés à 60 kg de poids vif et à 9300 Kcal pour les femelles.

TABLEAU 2
COMPOSITION ET CARACTÉRISTIQUES DES ALIMENTS

Aliment	1	2	3	4
Régime croissance				
Composition (%)				
Maïs	65.32	65.31	65.41	65.43
Pois	20.00	20.00	20.00	20.00
T. Arachide	11.00	10.70	10.30	10.00
Lysine industrielle	0.15	0.29	0.43	0.56
Méthionine	-	0.07	0.14	0.20
Thréonine	-	0.08	0.15	0.22
Tryptophane	0.03	0.05	0.07	0.09
CMV	3.50	3.50	3.50	3.50
Caractéristiques				
Energie digestible(Kcal/kg)	3320	3320	3325	3330
Lysine/ED (g/1000 kcal)	2.39	2.70	3.01	3.29
MAT (g)	159	159	159	160
Aliment finition				
Composition (%)				
Maïs	68.40	68.47	68.57	68.66
Pois	20.00	20.00	20.00	20.00
T. Arachide	8.00	7.70	7.30	6.90
Lysine	0.08	0.22	0.35	0.49
Méthionine	-	0.03	0.10	0.17
Thréonine	-	0.04	0.11	0.19
Tryptophane	0.02	0.04	0.07	0.09
CMV	3.50	3.50	3.50	3.50
Caractéristiques				
Energie digestible(kcal/kg)	3310	3315	3315	3320
Lysine/ED (g/1000 Kcal)	2.10	2.41	2.70	3.01
MAT (g)	145	146	146	147

TABLEAU 3
PLAN DE RATIONNEMENT

Poids vif (kg)	ED (Kcal/ j/p)	Aliment (kg/j)	Lysine (g/j)			
			1	2	3	4
20-25	3800	1.14	9.08	10.26	11.44	12.50
25-30	4400	1.32	10.52	11.88	13.24	14.48
30-35	5000	1.50	11.95	13.50	15.05	16.45
35-40	5600	1.68	13.38	15.12	16.86	18.42
40-45	6200	1.87	14.82	16.74	18.66	20.40
45-50	6750	2.03	16.13	18.23	20.32	22.21
50-55	7300	2.20	17.45	19.71	21.97	24.02
55-60	7800	2.35	18.64	21.06	23.48	25.66
60-65(1)	8200	2.47	17.22	19.76	22.14	24.68
65-70	8550	2.57	18.00	20.61	23.09	25.74
70-75	8850	2.66	18.59	21.33	23.90	25.64
75-80	9100	2.74	19.11	21.93	24.57	27.39
> 80 (2)	9300	2.80	19.53	22.41	25.11	27.99

(1) Plafond pour les mâles castrés

(2) Plafond pour les femelles

1.2.3. Conduite

L'essai est conduit dans un bâtiment fermé, isolé et ventilé, sol plein, alimentation à l'auge.

1.3. Mesures effectuées

1.3.1. Sur les animaux

- Pesée individuelle des animaux en début, en fin d'essai et tous les quatorze jours.
- Consommation journalière par loge.
- A l'abattage mesure du rendement d'abattage, estimation du pourcentage de muscle par la méthode de Boër revue par NAVEAU et mesure par le Fat O Meter.

Le lendemain de l'abattage, après la découpe de la carcasse mesure de trois critères indicateurs de la qualité technologique de la viande sur un des deux jambons de chaque animal : pH ultime du muscle adducteur, couleur du muscle Long Vaste, capacité de rétention d'eau du muscle Long Vaste.

1.3.2. Sur les aliments

Analyse chimique des matières premières pour la fabrication des aliments, analyse chimique des aliments complets. Dosage des acides aminés : lysine, méthionine, cystine, thréonine, tryptophane.

2. RÉSULTATS

2.1. Performances d'engraissement (tableau 4)

2.1.1. Période de croissance (début essai - 42 jours)

Les valeurs énergétiques présumées étant identiques, le rationnement est le même pour les quatre régimes. Malgré cela la consommation de l'aliment 4, le plus riche en acides aminés, est légèrement supérieure (2 %) à celle des autres aliments.

L'augmentation du taux de lysine dans l'aliment entraîne une augmentation linéaire de la vitesse de croissance pour les deux sexes. Le passage d'un rapport de lys/ED de 2,4 à 2,7, de 2,7 à 3, de 3 à 3,3 entraîne des vitesses de croissance

supérieures respectivement de 3, 5 et 5 %, différences statistiquement significatives. Dans le dernier traitement la consommation d'aliment étant plus élevée celle de lysine a été d'autant plus élevée.

Les consommations étant voisines les indices de consommation réagissent aux taux de lysine de la même façon que la vitesse de croissance : diminution de 3, 4,3 et 3 % quand le rapport lysine/ED passe respectivement de 2,4 à 2,7, de 2,7 à 3 et de 3 à 3,3. Les résultats sont très proches pour les deux sexes en moyenne, mais, si l'on décompose cette période de croissance, il apparaît une différence : l'effet du taux de lysine s'estompe chez les mâles castrés après 28 jours d'essai, vers 48 kg de poids vif alors que chez les femelles il ne diminue qu'après 42 jours, vers 60 kg de poids vif.

2.1.2. Période de finition (42 j. d'essai - abattage)

La consommation est identique pour les quatre aliments avec une différence de 10 % entre les mâles castrés et les femelles en raison du rationnement.

Pendant cette période les vitesses de croissance obtenues avec les différents régimes sont très proches aussi bien chez les mâles castrés que chez les femelles. Par conséquent les indices de consommation sont également très proches. Les femelles ont une vitesse de croissance supérieure de 16 % à celle des mâles castrés et un indice de consommation inférieur de 6 %.

2.1.3. Période totale d'engraissement

Les différences observées pendant la période de croissance sont «tamponnées» par les résultats de finition et globalement les différences entre traitements, si elles sont notables, ne sont plus statistiquement significatives. Les régimes 3 et 4, où les taux de lysine sont les plus élevés, permettent une croissance en moyenne supérieure de 4 % à celle des régimes contenant le moins de lysine, ceci plus chez les femelles (+ 5,3 %), que chez les mâles castrés (+ 3,5 %), l'interaction n'est pas significative. Les tendances sont les mêmes pour l'indice de consommation.

2.2. Performances de carcasses (tableau 5)

TABLEAU 5
RÉSULTATS D'ABATTAGE

Taux Lysine	1	2	3	4	CV	Test statistique	
	2.4/2.1	2.7/2.4	3.0/2.7	3.3/3.0		S	TL
Rendement (%)	78.7	78.8	79.1	78.9	1.0	0.00	
MC	78.9	78.9	78.8	79.0			
F	78.5	78.8	79.4	78.5			
% muscles (FOM)	48.9	49.2	49.6	50.2	6.1		
MC	47.7	47.6	47.8	48.8			
F	50.1	50.7	51.4	51.6			
% muscles (MDB)	48.8	49.5	49.3	49.4	5.6	<0.001	
MC	47.7	48.9	48.0	48.4			
F	49.9	50.1	50.7	50.5			
Ep. lard (mm)					18.2	0.056	
* Rein	20.8	20.1	20.8	20.8			
MC	21.7	20.9	21.6	20.9			
F	19.9	19.4	20.0	20.7	17.8	<0.001	
* Dos	20.4	21.5	22.0	21.8			
MC	21.9	23.5	23.3	22.9			
F	18.9	19.6	20.8	20.7			

TABEAU 4
RÉSULTATS DE CROISSANCE

Aliment	1	2	3	4	CV	Test statistique (2)	
Taux Lysine	2.4/2.1	2.7/2.4	3.0/2.7	3.3/3.0	(1)	S (3)	TL (4)
Croissance (42 j)							
Poids début (kg)	31.2	31.3	30.8	30.9	4.7		
MC	31.1	31.1	31.1	30.7			
F	31.3	31.4	30.6	31.1			
Poids fin (kg)	58.9 b	59.8 b	60.8 ab	62.4 a	5.8		<0.001
MC	58.8	59.5	60.0	62.0			
F	59.0	60.1	60.8	62.8			
Consommation (kg/j)	1.89	1.89	1.90	1.93	0.9		0.05
MC	1.90	1.88	1.91	1.92			
F	1.89	1.90	1.90	1.94			
GMQ (g)	659c	679 c	714 b	751 a	9.5		0.000
MC	659	677	710	746			
F	659	682	719	756			
IC (kg)	2.87 c	2.78 bc	2.66 ab	2.58 a	3.2		0.008
MC	2.88	2.78	2.69	2.58			
F	2.87	2.79	2.64	2.57			
Finition							
Poids abattage (kg)	101.5	100.5	100.6	100.6	3.8	0.069	
MC	99.7	100.4	100.8	99.8			
F	103.3	100.7	100.3	101.4			
Durée	56.6	54.3	51.2	51.0			
MC	58.3	58.7	55.4	55.8			
F	54.9	49.4	47.0	46.1			
Consommation (kg/j)	2.62	2.62	2.63	2.64	0.5	0.000	0.137
MC	2.50	2.50	2.51	2.51			
F	2.74	2.75	2.76	2.78			
GMQ (g)	768	770	791	770	12.4	0.000	0.736
MC	718	714	734	695			
F	817	826	849	844			
C (kg)	3.48	3.48	3.39	3.50	5.0	0.035	0.773
MC	3.56	3.58	3.48	3.68			
F	3.41	3.38	3.29	3.33			
Période Totale							
Durée (j)	98.6 b	96.3 ab	93.2 a	93.0 a	8.2	0.000	0.011
MC	100.3	100.7	97.4	97.8			
F	96.9	91.4	89.0	88.1			
Consommation (kg/j)	2.31	2.30	2.30	2.32	0.6	0.000	0.294
MC	2.25	2.25	2.25	2.26			
F	2.37	2.36	2.35	2.38			
GMQ (g)	720	727	754	758	9.4	0.000	0.065
MC	692	696	722	715			
F	748	759	786	801			
IC (kg)	3.24	3.19	3.08	3.09	4.6	0.100	0.355
MC	3.28	3.25	3.14	3.19			
F	3.20	3.13	3.01	2.98			

(1) Coefficient de variation résiduel

(2) Probabilité sous Ho = probabilité d'égalité des moyennes

(3) Sexe

(4) Taux de lysine

Aucun des critères de carcasse n'est influencé par le niveau du rapport lysine/ED. Les pourcentages de muscles sont particulièrement faibles aussi bien chez les femelles que chez les mâles castrés. Ceci peut être dû au rationnement appliqué : libéral pour les mâles castrés et pratiquement à volonté pour les femelles. Les épaisseurs de lard élevées sont le signe d'un niveau d'alimentation très libérale.

3. DISCUSSION

Nous pouvons considérer que cet essai donne la réponse du porc en croissance à une augmentation de l'ingestion de lysine en présence d'un apport équilibré des autres acides aminés. Nous ne parlerons que de lysine mais c'est l'ensemble des acides aminés méthionine, thréonine et tryptophane qui varie quand le taux de lysine varie. Avec l'augmentation du taux de lysine, nous obtenons dans cet essai, en début d'engraissement, une amélioration des performances de croissance de manière linéaire aussi bien chez les mâles castrés que chez les femelles. En finition les croissances sont proches dans tous les traitements. Globalement sur la période totale les différences sont faibles.

Etant donné que les niveaux d'alimentation peuvent être variables, il est préférable de raisonner en quantités de lysine

par jour. En croissance jusqu'à environ 40 kg de poids vif le niveau de lysine qui permet les performances de vitesse de croissance optimales des animaux est identique pour les deux sexes, environ 16,5 g/jour. Entre 40 et 50 kg une petite différence apparaît : les mâles castrés obtiennent leur meilleure croissance avec 17,8 à 19,7 g de lysine par jour, les femelles l'obtiennent avec 19-20 g. Au delà de 50 kg les croissances sont très proches chez le mâle castré quel que soit le régime. Les femelles réagissent encore positivement jusqu'à une quantité de lysine de 22 à 23 g par jour.

Les références bibliographiques donnent peu de résultats par tranches de 10 kg de poids. VAN DER PEET (1989) ne constate aucune différence, entre des animaux alimentés à volonté, recevant un aliment post-sevrage jusqu'à 35 ou 45 kg. Dans le tableau 6 sont rapportées en g de lysine par jour les recommandations ou les quantités qui permettent les meilleures vitesses de croissance. Si l'on considère les références en période de croissance (25-55 kg) : 16,5 g pour les mâles castrés et 17,5 pour les femelles, nos résultats sont sensiblement supérieurs, respectivement 19 et 19,9 g pour les mâles castrés et pour les femelles. En finition les références vont de 18,5 à 20 g de lysine par jour pour les mâles castrés et de 21 à 23 g pour les femelles, nos résultats ne permettent pas de déterminer des optimums pour la vitesse de croissance en finition, tout au plus de fixer une fourchette entre 22,5 et 25 g pour les femelles.

TABLEAU 6
LYSINE (g/j) PERMETTANT LA MEILLEURE CROISSANCE (g/j)
Résultats de divers auteurs

Auteurs	Croissance			Finition		
	Mâles Entiers	Mâles Castrés	Femelles	Mâles Entiers	Mâles Castrés	Femelles
BATTERHAM (1985)	17.3		16.4			
CAMPBEL (1985,1984)	17.5					23.1
GATEL (1987)			19.6			
GILES (1986)	21		17.7			
GILES (1985) Recommand.			16			
HENRY (1988) Recommand.					19.7	21.1
LOUGNON (1987)		16	16.9		19.4	22.4
YEN (1979)	18.2		17.7			
YEN (1986)	18.0	16.7	17.6	22.9	18.6	21.6
WILLIAMS (1984)	19			21.1		
Nos résultats		19	19.9			

Les valeurs données par les différents auteurs peuvent être obtenues dans des conditions différentes. Il se peut que la zone d'apport de lysine testée ne soit pas suffisamment large pour permettre à l'animal d'extérioriser ses capacités de croissance, ceci en liaison avec le niveau d'alimentation (CAMPBEL 1982). L'apport de lysine nécessaire peut alors être sous estimé ou sur estimé. La disponibilité globale de la lysine peut être un élément de variation. Plus la lysine est disponible, avec par exemple un apport de lysine industrielle, moins la quantité de lysine totale par jour pour obtenir les performances optimales sera élevée. Pour transposer les résultats d'un essai à des recommandations pratiques, il faut tenir compte de cet élément (BOURDON, HENRY 1988).

L'équilibre entre acides aminés et le niveau d'apport des acides aminés essentiels est également important. Nos résultats sensiblement supérieurs à la moyenne des autres références montrent que les animaux réagissent positivement à un apport supérieur de lysine quand l'apport des autres acides aminés essentiels est également augmenté.

Sur les caractéristiques des carcasses, les animaux n'ont pas donné les résultats escomptés. Le pourcentage de muscles moyen est d'environ 50 % alors que le schéma utilisé peut obtenir des pourcentages de 53-54 %. Le niveau d'alimentation correspond à un rationnement libéral pour les mâles castrés et à une alimentation à volonté pour les femelles. Les

épaisseurs de lard en moyenne supérieures à 20 mm attestent d'un niveau d'alimentation élevé. Ce type d'alimentation ne permet pas des taux de muscles élevés. De plus le faible niveau de protéines dans les régimes peut avoir eu un effet améliorateur sur l'utilisation de l'énergie (NOBLET 1987) et entraîner un dépôt de gras supplémentaire. Dans ces conditions, les performances étant de faibles niveaux il n'est pas possible d'établir une liaison entre l'apport de lysine et les résultats de carcasse des animaux.

CONCLUSION

Dans les conditions de cet essai, alimentation libérale, acides aminés équilibrés, les taux élevés de lysine se justifient en

début de croissance jusqu'à 40 kg pour les mâles castrés et 50 kg pour les femelles. Le taux de lysine dans l'aliment doit être fixé en fonction du niveau d'alimentation, les besoins étant une quantité par jour à apporter.

Le fractionnement de l'engraissement en deux sous périodes (croissance et finition) qui n'est pourtant pas généralisé, paraît indispensable pour mieux approcher les besoins des animaux.

REMERCIEMENTS

Nous remercions les sociétés SANOFI Santé Nutrition Animale et EUROLYSINE pour leur participation financière à ces travaux.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BATTERHAM E.S., GILES L.R., DETTMANN B.E., 1985. Anim. Prod., 40, 331-343.
- BOURDON D., HENRY Y., 1988. Journées Rech. Porcine en France, 20, 409-414.
- CAMPBELL R.G., KING R.H., 1982. Anim. Prod., 35, 177-184.
- CAMPBELL R.G., TAVERNER M.R., CURIC D.M., 1983. Anim. Prod., 36, 193-199.
- CAMPBELL R.G., TAVERNER M.R., CURIC D.M., 1984. Anim. Prod., 38, 233-240.
- CAMPBELL R.G., TAVERNER M.R., CURIC D.M., 1985. Anim. Prod., 40, 489-496.
- GATEL F., GROSJEAN F., 1987. Journée Rech. Porcine en France, 19, 239-248.
- GATEL F., FEKETE J., 1987. Journées Rech. Porcine en France, 19, 265-270.
- GATEL F., FEKETE J., 1988. Techni-Porc, 11 (2), 35-40.
- FULLER M.F., CADENHEAD A., PENNIE K., 1984. Anim. Prod., 39, 449-553.
- GILES L.R., BATTERHAM E.S., DETTMANN B.E., 1986. Anim. Prod., 42, 133-144.
- GILES L.R., BATTERHAM E.S., DETTMANN B.E., LOWER F., 1987. Anim. Prod., 45, 493-502.
- LOUGNON J., KIENER T., 1987. Journées Rech. Porcine en France, 19, 249-258.
- NOBLET J., HENRY Y., DUBOIS S., 1987. J. Anim. Sci., 65, 717-726.
- VAN DER PEET - SCHWERING C.M.C., 1989, Varkensproefbedrijf Noord en Oost - Nederland. Proefverslag. n° P1 - 33.
- WILLIAMS W.D., CROMWELL G.L., STAHLY T.S., OVERFIELD J.R., 1984. J. Anim. Sci., 58, 657-665.
- YEN H.T., COLE D. J.A., LEWIS D., 1986. Anim. Prod., 43, 155-165.