

A 9411

ACIDES AMINÉS BASIQUES ET CATIONS

Interrelations entre la lysine et l'arginine, et la lysine et le potassium et le sodium.

J. LOUGNON

A.E.C. - Service Développement Alimentation Animale - 03600 COMMENTRY

Avec la collaboration technique de J. MATHÉ.

La spécialisation des recherches nutritionnelles et de leurs auteurs fait parfois oublier que la nutrition constitue un ensemble aux aspects multiples et révélateur d'innombrables interactions.

Les problèmes de nutrition azotée n'échappent pas à la règle. Si l'équilibre nécessaire entre l'apport d'acides aminés et l'apport énergétique est fondamental dans la conception d'une ration pour les animaux domestiques, le porc en particulier, bien d'autres équilibres ne doivent pas être négligés.

L'un des plus importants concerne les rapports des acides aminés entre eux. La définition d'une protéine idéale pour la croissance (HENRY, 1980) ne doit pas laisser dans l'ombre les difficultés soulevées par l'utilisation de certaines matières premières : déséquilibres, antagonismes sont, à côté de la toxicité, des notions bien caractérisées (AUSTIC, 1981 a) qui ne sont pas sans importance dans la nutrition porcine (BAKER, 1982).

L'un des antagonismes les plus « classiques » est celui de la lysine et de l'arginine mis en évidence, chez les volailles, depuis un quart de siècle. Une publication de HARMON (1980) a insisté sur l'importance pratique qui en découlerait dans l'alimentation du porc. Deux expériences (A et B) ont été réalisées pour tenter d'apporter des éléments au débat.

Un autre équilibre dont l'étude expérimentale se révèle d'une grande actualité, spécialement aux U.S.A., est celui de la lysine avec les cations minéraux, le potassium notamment. Dans l'expérience C nous avons étudié l'effet éventuel de l'addition de ce minéral (associé ou non au sodium) à une ration déficiente en lysine.

I — RELATIONS ENTRE LYSINE ET ARGININE (EXPÉRIENCES A et B)

EXPÉRIENCE A (Porcelets sevrés)

• Modalités Expérimentales

L'expérience est destinée à comparer 5 régimes ayant les caractéristiques théoriques suivantes :

		A	AL	B	C	CA
Composants		Blé Lait écrémé T. arachide	Blé Lait écrémé T. arachide LYSINE	Blé Lait écrémé T. arachide	Blé Lait écrémé	Blé Lait écrémé ARGININE
Lysine	p. 100	0,95	1,60	0,95	0,95	0,95
Arginine	p. 100	1,60	1,60	0,95	0,67	0,95
Arginine/Lysine		1,68	1,00	1,00	0,70	1,00

180 porcelets d'un poids moyen de 10,8 kg (43 jours d'âge en moyenne) sont répartis en 18 blocs complets homogènes constitués chacun de 5 paires d'animaux.

Ceux-ci reçoivent ad libitum l'un des 5 régimes expérimentaux, (sous forme de granulés de 5 mm de diamètre) dont la composition et les caractéristiques sont présentées dans le tableau 1.

TABLEAU 1
EXPÉRIENCE A
COMPOSITION CENTÉSIMALE ET CARACTÉRISTIQUES DES RÉGIMES

		A	AL	B	C	CA
Blé		58	58	67	70	70
Lait écrémé		15	15	22	25	25
Tourteau d'arachide		22	22	6	—	—
Composé Minéral et Vitaminique A (1)		4	4	—	—	—
Composé Minéral et Vitaminique B (1)		—	—	4	—	—
Composé Minéral et Vitaminique C (1)		—	—	—	4	4
Amidon de maïs		1	—	1	1	—
Prémélange AL (2)		—	1	—	—	—
Prémélange CA (3)		—	—	—	—	1
CARACTÉRISTIQUES CALCULÉES						
Energie digestible	kcal./kg	3 400	3 400	3 400	3 400	3 400
Energie nette	U.F./kg	1,02	1,02	1,05	1,05	1,05
Méthionine + Cystine	p. 100	0,64	0,64	0,59	0,57	0,57
Thréonine	p. 100	0,67	0,67	0,62	0,60	0,60
Tryptophane	p. 100	0,24	0,24	0,21	0,20	0,20
CARACTÉRISTIQUES DOSÉES						
Matières azotées	p. 100	20,0	21,5	17,8	16,4	16,8
Lysine	p. 100	0,96	1,56	0,95	0,98	0,98
Arginine	p. 100	1,53	1,53	0,95	0,72	0,93
Arginine/Lysine		1,59	0,98	1,00	0,73	0,95

(1) Composés ne différant que par l'apport de calcium,

(2) Prémélange contenant 80 p. 100 de L-Lysine monochlorhydrate,

(3) Prémélange contenant 30 p. 100 de L-arginine

La durée de l'essai est de 28 jours.

● **Résultats**

Les résultats moyens sont indiqués dans le tableau 2.

TABLEAU 2
EXPÉRIENCE A
RÉSULTATS MOYENS

Lots - Régimes	A	AL	B	C	CA	Analyse statistique (1)
Nombre de répétitions	18	18	18	18	18	
Poids initial kg	10,8	10,8	10,9	10,8	10,8	
Consommation moy. g/jour	801 ^{Aa}	807 ^{Aa}	784 ^{Aa}	811 ^{Aa}	826 ^{Aa}	B**
Gain moyen g/jour	413 ^{Aa}	465 ^{Ac}	417 ^{Aab}	441 ^{Aabc}	452 ^{Abc}	B** R*
Indice de consommation	1,95 ^{Aa}	1,76 ^{Cc}	1,89 ^{ABab}	1,86 ^{ABCb}	1,83 ^{BCbc}	B** R**

(1) B : différences entre blocs,
R : différences entre régimes,
* : différences significatives au seuil de probabilité de 0,05,
** : différences significatives au seuil de probabilité de 0,01.

La nature du régime alimentaire n'affecte pas significativement la consommation. Elle exerce par contre un effet significatif sur la vitesse de croissance et hautement significatif sur l'indice de consommation. Ces deux critères ont la meilleure valeur dans le lot AL.

A taux de lysine égal, les régimes A, B et C se classent dans cet ordre par valeur croissante.

EXPÉRIENCE B (Porcs en croissance)

● **Modalités Expérimentales**

On compare 5 régimes dont un régime témoin T, à base de maïs et de tourteau de soja, présentant un déficit de 25 à 30 p. 100 en lysine par rapport au besoin et 4 régimes supplémentés en Lysine ou/et Arginine :

	Lysine		Arginine		Arginine Lysine
	Suppl.	Régime (%)	Suppl.	Régime (%)	
T	-	0,60	-	0,79	1,32
TL	+	0,84	-	0,79	0,94
TA	-	0,60	+	1,39	2,32
TLA	+	0,84	+	1,39	1,65
TLLA	++	1,08	+	1,39	1,29

L'expérience est réalisée avec 50 porcelets d'un poids moyen de 21,4 kg répartis en 10 blocs homogènes de 5 animaux (5 blocs de mâles castrés et 5 de femelles).

La durée de l'essai est de 42 jours.

TABLEAU 3
EXPÉRIENCE B
COMPOSITION CENTÉSIMALE ET CARACTÉRISTIQUES DES RÉGIMES

	T	TL	TA	TLA	TLLA
Maïs	80,5	80,5	80,5	80,5	80,5
Tourteau de soja	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5
Composé Minéral et Vitaminique	4	4	4	4	4
Amidon de maïs	2	—	—	—	—
Prémélange TL (1)	—	2	—	—	—
Prémélange TA (2)	—	—	2	—	—
Prémélange TLA (3)	—	—	—	2	—
Prémélange TLLA (4)	—	—	—	—	2
CARACTÉRISTIQUES CALCULÉES					
Energie digestible kcal./kg	3 400	3 390	3 380	3 370	3 360
Energie nette U.F./kg	1,09	1,09	1,08	1,08	1,08
Lysine p. 100	0,60	0,84	0,60	0,84	1,08
Méthionine + Cystine p. 100	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Thréonine p. 100	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
Tryptophane p. 100	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Arginine p. 100	0,79	0,79	1,39	1,39	1,39
Arginine/Lysine	1,32	0,94	2,32	1,65	1,29
CARACTÉRISTIQUES DOSÉES					
Matières azotées p. 100	14,0	14,6	14,9	15,4	15,5

(1) (2) (3) (4) Prémélanges contenant

TL : 15 p. 100 de L-Lysine HCl,

TA : 30 p. 100 de L-arginine,

TLA : 15 p. 100 de L-Lysine HCl + 30 p. 100 de L-arginine,

TLLA : 30 p. 100 de L-Lysine HCl + 30 p. 100 de L-arginine

Le tableau 3 donne la composition centésimale et les caractéristiques des 5 régimes expérimentaux, présentés sous forme de granulés de 5 mm de diamètre.

TABLEAU 4
EXPÉRIENCE B
PLAN DE RATIONNEMENT

Poids vif (kg)	Ration (g/jour)
20	950
25	1 150
30	1 350
35	1 600
40	1 750
45	1 900
50	2 050
55	2 200
60	2 350

Logés et alimentés individuellement, les animaux sont rationnés selon le plan indiqué dans le tableau 4, les rations journalières étant distribuées en deux repas égaux, le matin et le soir.

• **Résultats**

Les résultats sont résumés dans le tableau 5.

On constate que :

1/ les **consommations journalières** moyennes ne sont pas significativement différentes d'un lot à l'autre (avec une consommation des femelles inférieure de 4 p. 100 à celle des mâles castrés)

2/ les **gains de poids et indices de consommation** permettent de distinguer nettement deux catégories de régimes : d'une part T et TA et d'autre part les trois autres qui assurent des vitesses de croissance supérieures de 20 à 25 p. 100 et des indices inférieurs de 15 à 17 p. 100.

TABLEAU 5
EXPÉRIENCE B
RÉSULTATS MOYENS

Lots	T	TL	TA	TLA	TLLA	Analyse statistique (1)
Nombre d'animaux	10	10	10	10	10	
Poids initial kg	21,6	21,2	21,2	21,2	21,4	
Poids final kg	44,4	48,6	44,8	49,5	50,0	
Consommation moyenne kg/j.	1,44	1,48	1,44	1,49	1,50	S*
Gain poids moyen g/j.	543 ^{Aa}	652 ^{Bb}	560 ^{Aa}	674 ^{Bb}	680 ^{Bb}	R**
	100	120	103	124	125	
Indice de consommation	2,66 ^{Aa}	2,27 ^{Bb}	2,59 ^{Aa}	2,21 ^{Bb}	2,22 ^{Bb}	R**
	100	85	97	83	83	

(1) S : différences entre sexes,

R : différences entre régimes,

** : différences significatives au seuil de probabilité de 1 p. 100

* : différences significatives au seuil de probabilité de 5 p. 100

II – RELATIONS ENTRE LYSINE ET POTASSIUM ET SODIUM (EXPÉRIENCE C)

● Modalités Expérimentales

On compare 6 régimes ayant les caractéristiques suivantes :

	Lysine naturelle p. 100	Lysine ajoutée p. 100	Lysine totale p. 100	K naturel p. 100*	K ajouté p. 100	K total p. 100	Na naturel p. 100*	Na ajouté p. 100	Na total p. 100
B	0,60	–	0,60	0,47	–	0,47	0,07	0,08	0,15
BK	0,60	–	0,60	0,47	0,57	1,04	0,07	0,08	0,15
BN	0,60	–	0,60	0,47	–	0,47	0,07	0,49	0,56
BL	0,60	0,30	0,90	0,47	–	0,47	0,07	0,08	0,15
BLK	0,60	0,30	0,90	0,47	0,57	1,04	0,07	0,08	0,15
BLN	0,60	0,30	0,90	0,47	–	0,47	0,07	0,49	0,56

* Calcul approximatif

Ces régimes, dont la composition et les caractéristiques sont indiquées dans le tableau 6, sont distribués (sous forme de granulés de 2,5 mm de diamètre) à 180 porcelets répartis en 15 blocs constitués chacun de 6 paires de porcelets.

TABLEAU 6
EXPÉRIENCE C
COMPOSITION CENTÉSIMALE ET CARACTÉRISTIQUES DES RÉGIMES

		B	BK	BN	BL	BLK	BLN
Blé		52	52	52	52	52	52
Orge		20	20	20	20	20	20
Gluten de maïs		13	13	13	13	13	13
Tourteau de soja		8	8	8	8	8	8
Composé Minéral et Vitaminique		4	4	4	4	4	4
Amidon de maïs		3	—	—	—	—	—
Prémélange BK	(1)	—	3	—	—	—	—
Prémélange BN	(2)	—	—	3	—	—	—
Prémélange BL	(3)	—	—	—	3	—	—
Prémélange BLK	(4)	—	—	—	—	3	—
Prémélange BLN	(5)	—	—	—	—	—	3
CARACTÉRISTIQUES CALCULÉES							
Energie digestible	kcal./kg	3 365	3 365	3 365	3 365	3 365	3 365
Energie nette	U.F./kg	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Lysine	p. 100	0,60	0,60	0,60	0,90	0,90	0,90
Méthionine + Cystine	p. 100	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
Thréonine	p. 100	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
Tryptophane	p. 100	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
CARACTÉRISTIQUES DOSÉES							
Matières azotées	p. 100	19,7	19,2	19,6	19,5	20,0	19,9
Potassium	p. 100	0,50	0,99	0,52	0,51	1,00	0,54
Sodium	p. 100	0,09	0,09	0,45	0,11	0,09	0,47

(1) (2) (3) (4) (5) Prémélanges contenant :
 BL - BLK - BLN : 12,7 p. 100 de L-Lysine monochlorhydrate,
 BK - BLK : 33,3 p. 100 de Carbonate de potassium (CO₃K₂),
 BN - BLN : 50,0 p. 100 de Bicarbonate de sodium (CO₃H Na)

Ces porcelets ont un poids moyen de 10,6 kg (43 jours d'âge en moyenne) au début de l'expérience qui dure 28 jours. Ils sont alimentés ad libitum.

● Résultats

Les résultats sont rapportés dans le tableau 7.

Globalement, la supplémentation en lysine améliore tous les critères :

- la consommation est augmentée en moyenne de 39 p. 100,
- le gain de poids est augmenté en moyenne de 96 p. 100,
- l'indice de consommation est diminué en moyenne de 30 p. 100.

L'addition de potassium ou de sodium a tendance à restreindre ces performances, principalement dans le cas du sodium ajouté au régime carencé en lysine : la consommation est alors réduite de 11 p. 100 (différence significative), la vitesse de croissance est diminuée de 15 p. 100, l'indice de consommation est augmenté de 5 p. 100.

TABLEAU 7
EXPÉRIENCE C
RÉSULTATS MOYENS

Lots - Régimes	B	BK	BN	BL	BLK	BLN	Analyse statistique (1)
Nombre de répétitions	15	15	15	15	15	15	
Poids initial kg	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	
Consommation moyenne g/j.	607 ^{Ab}	575 ^{Aab}	544 ^{Aa}	803 ^{Bc}	785 ^{Bc}	807 ^{bc}	B** L**
	100	95	89	132	129	133	
Gain poids moyen g/j.	233 ^A	211 ^A	198 ^A	432 ^B	406 ^B	422 ^B	B** L**
	100	91	85	186	175	182	
Indice de consommation	2,65 ^A	2,74 ^A	2,78 ^A	1,84 ^B	1,94 ^B	1,92 ^B	L**
	100	103	105	69	73	72	

(1) B : différences entre blocs,
L : effet Lysine (lots BL - BLK - BLN vs B - BK - BN)

DISCUSSION

Les résultats de notre première expérience (A) montrent que pour un taux de lysine fixe (légèrement inférieur au besoin) les performances du porcelet sont légèrement améliorées lorsqu'on augmente la quantité de lait écrémé dans la formule alimentaire, en raison vraisemblablement d'une meilleure « disponibilité » de la lysine de cette matière première par rapport à celle du tourteau d'arachide. Le simple rapport Arginine/Lysine ne paraît pas avoir d'effet spécifique dans les limites étudiées.

Les résultats de l'expérience B amènent à des conclusions analogues. La similitude des performances dans les lots T et TA d'une part, TL, TLA et TLLA d'autre part, ne permet pas, en particulier, de mettre en évidence un effet du rapport Arginine/Lysine pour un taux de lysine donné.

Les conclusions de HARMON (1980) selon lesquelles un accroissement du rapport Arginine/Lysine entraîne une diminution de l'efficacité alimentaire et du gain de poids sont basées sur divers résultats d'expériences conçues en général dans un objectif différent. Les plus démonstratifs sont probablement ceux de BATTERHAM *et al.*, (1978) qui ont comparé huit protéines différentes en complément du blé chez le porc en croissance, de manière à apporter dans la ration des taux équivalents de lysine. Les différences au niveau des performances des animaux paraissent s'expliquer, en fait, avant tout par une différence de disponibilité de cet acide aminé. Des critiques analogues peuvent être faites aux conclusions tirées des travaux de AJEANI *et al.*, (1979) ou ceux de ERICKSON *et al.*, (1979) qui ont utilisé des régimes expérimentaux de compositions variables. Parmi les autres essais apparemment favorables à la thèse de HARMON, ceux de MILLER *et al.*, (1981 b) ont une signification insuffisante.

La majorité des résultats permettant de conclure, au contraire, à une absence d'effet du rapport entre arginine et lysine ont été — sauf ceux de ANDERSON et LEWIS (1982) — réalisés avec addition d'arginine libre à un régime de base, qu'il s'agisse d'études sur porcelets (TANKSLEY, 1981 — ROSELL et ZIMMERMAN, 1983) ou sur porcs en « croissance » (CROMWELL *et al.*, 1982 — ROSELL et ZIMMERMAN, 1982). Cette différence de « réponse » peut s'expliquer partiellement si l'on admet que l'antagonisme entre les deux acides aminés basiques se manifeste essentiellement au niveau de l'absorption par la paroi duodénale (BURACZEWSKI *et al.*, 1970) et que cette absorption serait plus rapide pour l'arginine libre que pour l'arginine des protéines naturelles.

Des essais aux conclusions plus nuancées il est intéressant de noter ceux de EASTER et BAKER (1977) et de HAGEMIER *et al.*, (1983) montrant qu'un effet néfaste d'un rapport Arginine/Lysine trop élevé n'apparaît que lorsque la ration est déficitaire en lysine.

Signalons enfin que des travaux de SOUTHERN et BAKER (1982), qui ont étudié une gamme étendue du rapport considéré, on peut retenir que les performances ne sont affectées que si ce rapport atteint une valeur supérieure à 2 et que, d'autre part, dans ce cas la diminution de la vitesse de croissance est affectée essentiellement par la consommation sans modification sensible de l'efficacité alimentaire.

De nombreux travaux et plusieurs revues ont souligné l'importance des électrolytes en nutrition animale (AUSTIC, 1981 b) et de leurs interactions avec les acides aminés (AUSTIC et CALVERT, 1981)

Dans le cas du porc, l'accent a été mis surtout sur les relations entre le potassium et la lysine (MILLER et FROSETH, 1982).

La publication de LEIBHOLZ *et al.*, (1966) semble être la première à avoir démontré une action favorable de l'addition de potassium à une ration déficiente en lysine mais les résultats des différents essais rapportés sont relativement divergents. Depuis trois ans ce thème a connu un regain d'intérêt, essentiellement aux U.S.A.. Si, comme les précédents, beaucoup de travaux indiquent une incidence au niveau des concentrations plasmatiques des modifications des teneurs du régime en lysine et en potassium, ils aboutissent à des conclusions contradictoires concernant les performances zootechniques.

En accord avec nos propres résultats, FROSETH *et al.*, (1982 a et b), ZIMMERMAN (1982), FROSETH *et al.*, (1983), KEPHART et SHERRITT (1983), WAHLSTROM *et al.*, (1983) ne trouvent pas d'amélioration significative de la vitesse de croissance ou de l'efficacité alimentaire en supplémentant en potassium des régimes pauvres en lysine.

Parmi les publications qui indiqueraient un rôle d'épargne de la lysine par le potassium figurent celles de MABUDUIKE *et al.*, (1980), de MILLER *et al.*, (1981 a), de AUSTIC *et al.*, (1983), de MIYADA et CLINE (1983).

La complexité de la question et la variabilité des résultats liée à celle des conditions expérimentales incitent à poursuivre les recherches avant de proposer des conclusions précises et, a fortiori, des conséquences au niveau de la formulation.

En **CONCLUSION**, si les interactions des acides aminés entre eux et avec les minéraux constituent une réalité certaine, il apparaît prématuré de vouloir en évaluer les incidences pratiques.

Les essais partiels rapportés ci-dessus contredisent en particulier les affirmations selon lesquelles le besoin en lysine pourrait être accru par une augmentation de la teneur en arginine et diminué par une augmentation de la teneur en potassium de la ration.

BIBLIOGRAPHIE

- AJEANI Y.J., MAXWELL C.V., OWENS F.N., HOLBERT D., POLING K.B., SCHOOLEY J.S., 1979. Whey-grown yeast as a protein source for baby pigs. *Animal Sci. Rpt.*, Oklahoma State Univ., 166.
- ANDERSON L.C., LEWIS A.J., 1982. Lysine and arginine in growing-finishing diets. *Nebraska Swine Report*, 3-4.
- AUSTIC R.E., 1981 a. On the nature of amino acid interactions. *Proc. Cornell Nutrition Conference Feed Manufacturers*, 5-13.

- AUSTIC R.E., 1981 b. Importance of electrolytes in animal nutrition. Proc. Nutrition Conference Feed Manufacturers, 114-121.
- AUSTIC R.E., CALVERT C.C., 1981. Federation Proceedings, **40**, 63-67.
- AUSTIC R.E., BOYD R.D., KLASING K.C., RILLEY W.W.Jr., 1983. J. Animal Sci., **57**, (suppl.1), 236 (abstr.).
- BAKER D.H., 1982. Amino acid balance and imbalance : importance in swine rations. 43rd Minnesota Nutrition Conference, 156-161.
- BATTERHAM E.S., MURISON R.D., LEWIS C.E., 1978. Brit. J. Nutrition, **40**, 23-28.
- BURACZEWSKI S., CHAMBERLAIN A.G., HORSZCZARUK F., ZEBROWSKA T. Proc. Nutrition Soc., **29**, 51 A - 52 A.
- CROMWELL G.L., STAHLY T.S., OVERFIELD J.R., 1982. J. Animal Sci., **55**, (suppl.1) 41 (abstr.).
- EASTER R.A., BAKER D.H., 1977. J. Animal Sci., **45**, 108-112.
- ERICKSON J.P., MILLER E.R., ELLIOTT F.C., KU P.K., ULLREY D.E., 1979. J. Animal Sci., **48**, 547-553.
- FROSETH J.A., KU P.K., MILLER E.R., 1982 a. J. Animal Sci., **55**, (suppl.1), 97 (abstr.).
- FROSETH J.A., MILLER E.R., KU P.K., BERGEN W.G., 1982 b. J. Animal Sci., **55**, (suppl.1), 271 (abstr.).
- FROSETH J.A., KU P.K., BERGEN W.G., MILLER E.R., 1983. J. Animal Sci., **57**, (suppl.1), 245 (abstr.).
- HAGEMEIERS D.L., LIBAL G.W., WAHLSTROM R.C., 1983. J. Animal Sci., **57**, 99-105.
- HARMON B.G., 1980. The role of amino acid balance in practical swine rations. Minnesota Nutrition Conference.
- HENRY Y., 1980. Journées Rech. Porcine en France, **12**, 183-194.
- KEPHART K.B., SHERRITT G.W., 1983. J. Animal Sci., **57**, (suppl.1), 119 (abstr.).
- LEIBHOLZ J.M., McCALL J.T., HAYS V.W., SPEER V.C., 1966. J. Animal Sci., **25**, 37-43.
- MABUDUIKE F.N., CALVERT C.C., AUSTIC R.E., 1980. J. Animal Sci., **51** (suppl.1), 210 (abstr.).
- MILLER E.R., FROSETH J.A., 1982. Interaction of lysine and potassium in swine nutrition. 5th annual International Minerals Conference, 47-64.
- MILLER E.R., SKOMIAL J., KU P.K., HOGBERG M.G., 1981 a. J. Animal Sci., **53**, (suppl.1), 90 (abstr.).
- MILLER E.R., SKOMIAL J., KU P.K., HOGBERG M.G., 1981 b. J. Animal Sci., **53**, (suppl.1), 93-94 (abstr.).
- MIYADA V.S., CLINE T.R., 1983. J. Animal Sci., **57**, (suppl.1), 87 (abstr.).
- ROSELL V.L., ZIMMERMANN D.R., 1982. J. Animal Sci., **55**, (suppl.1), 294-295 (abstr.).
- ROSELL V.L., ZIMMERMAN D.R., 1983. J. Animal Sci., **57**, (suppl.1), 266-267 (abstr.).
- SOUTHERN L.L., BAKER D.H., 1982. J. Animal Sci., **55**, 857-866.
- TANKSLEY T.D., 1981. Feed Management, **32**, 16-18.
- WAHLSTROM R.C., SIYOTO S.L., HAGEMEIERS D.L., CHRISTOPHERSON R.A., LIBAL G.W., 1983. J. Animal Sci., **57**, (suppl.1), 87 (abstr.).
- ZIMMERMAN D.R., 1982. J. Animal Sci., **55**, (suppl.1), 97-98 (abstr.).