

# Alimentation de porcelets avec addition de valine

Lukas Dissler<sup>1</sup>, Martin Häberli<sup>1</sup>, Stefan Probst<sup>2</sup> et Peter Spring<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Haute Ecole Suisse d'Agriculture HESA, 3052 Zollikofen

<sup>2</sup>Egli-Mühlen AG, 6244 Nebikon

Renseignements: Peter Spring, e-mail: peter.spring@bfh.ch, tél. +41 31 910 21 61



L'alimentation, un facteur-clé dans l'élevage de porcelets fraîchement sevrés. (Photo: SHL)

## Introduction

Un apport optimal en protéines est un facteur déterminant le succès de l'élevage de porcelets. D'une part, les animaux doivent recevoir un apport suffisant de tous les acides aminés (AA) pour pouvoir pleinement réaliser leur potentiel de croissance. D'autre part, la teneur en protéine brute (matière azotée totale, MA) ne doit pas être trop élevée, car des teneurs élevées en matière azotée augmentent le risque de maladies intestinales (Heo *et al.*, 2009). Une teneur faible en MA dans un aliment qui satisfait néanmoins les besoins en AA essentiels est

également désirable pour réduire les émissions d'ammoniac (Bracher et Spring 2010). Pour assurer un apport suffisant en AA malgré une teneur réduite en MA, les aliments pour porcelets ont été additionnés des AA essentiels lysine, méthionine, thréonine et tryptophane. Selon Figueroa *et al.* (2003), un autre AA pouvant limiter la croissance de jeunes porcs est la valine. L'isoleucine, qui peut aussi être limitant lors d'une réduction de la teneur en MA, n'est pas encore disponible en forme pure.

Un nombre croissant d'acides aminés essentiels est disponible en forme pure, facilitant la formulation de rations alimentaires couvrant les besoins en AA malgré une teneur faible en MA. L'admission de la valine comme additif alimentaire ouvre de nouvelles possibilités dans la formulation de la ration. Les essais présentés ici examinent l'influence d'aliments à teneur réduite en MA présentant différentes concentrations en MA, AA et adjonctions de valine sur la performance et la santé des porcelets.

Le tableau 1 donne un aperçu des rapports valine:lysine recommandés dans différents pays pour les porcs en croissance. Les recommandations varient de 62 % à 71 % (lysine = 100 %; la teneur en valine représente 62–71 % de la teneur en lysine). Les normes suisses comme beaucoup d'autres recommandations proposent un rapport de 70 %. Quelques essais publiés récemment ont obtenu une performance maximale avec des rapports valine:lysine supérieurs à 70 % (Ajinomoto 2009).

## Dispositif expérimental

Les deux essais de quatre semaines ont été réalisés dans l'étable expérimentale de la Haute Ecole Suisse d'Agriculture (HESA) en suivant le protocole expérimental 46/10 du canton de Berne. Les deux essais étaient conçus comme essais en blocs avec 90 porcelets (3 variantes réalisées dans 6 boxes avec 5 porcelets par box). Le poids des animaux (7,7 kg au premier essai et 8,1 kg au second) et leurs caractéristiques (portées) ont été pris en compte lors de la formation des blocs. Les animaux étaient détenus dans des boxes de 2,4 m<sup>2</sup> à caillebotis partiels. Ils avaient librement accès à la ration.

La consommation journalière, le gain de poids journalier et l'indice de consommation (IC) de la ration ont été enregistrés. Un score de diarrhée (échelle à trois points) a été évalué quotidiennement. Les teneurs des rations en énergie digestible porc (EDP), matière azotée totale (MA, protéine brute), cellulose brute (CB), matière grasse (MG), cendres (C) et acides aminés (AA) ont été analysées en laboratoire d'une part, et calculées sur la base de la composition d'autre part.

Les données ont été traitées au moyen d'une analyse de variance avec blocs et leurs moyennes comparées à l'aide du Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test. Lorsque les conditions pour l'ANOVA n'étaient pas remplies, le test de Friedman a été employé.

### Composition des rations

Les rations, basées sur l'orge, le maïs, le riz, les flocons d'avoine, les produits de blé, le lactose, la protéine de pommes de terre et le soja, étaient servies sous forme de poudre. Les aliments correspondaient à la protéine idéale pour les teneurs en AA essentiels lysine, méthionine+cystine, thréonine et tryptophane (Agroscope Liebefeld-Posieux, 2004). La formulation de la ration a été effectuée en se basant sur les digestibilités idéales standardisées des AA. Le premier essai a servi à comparer deux rations avec des teneurs différentes en MA et AA (180 contre 165 g MA et 12,5 contre 11,5 g de lysine avec 14,0 MJ EDP). Comme l'aliment avec les teneurs réduites en MA et AA était légèrement déficitaire en valine (68,5 %), il a été supplémenté en valine comme troisième variante (tabl. 2). Sur la base des résultats du premier essai, les teneurs en AA de la ration avec 165 g de MA ont été augmentées dans le second essai. L'augmentation des teneurs des quatre AA limitants principaux conduisait à un rapport valine:lysine de 64 %. Comme troisième variante de l'essai 2, une addition de valine a haussé ce rapport à 69 %.

### Déroulement de l'essai

Les teneurs calculées et analysées des rations correspondent généralement bien. Seules les teneurs en EDP analysées étaient systématiquement plus élevées que les valeurs calculées, avec des déviations de 0,2 – 0,4 MJ/kg d'aliment. Les deux essais se sont déroulés comme prévu. Les animaux étaient en bonne santé.

### Meilleure performance avec une teneur supérieure en MA et AA

Le tableau 4 montre les performances obtenues dans l'essai 1. Une teneur supérieure en MA et AA dans la ration conduit à un gain de poids journalier légèrement supérieur et à un indice de consommation

**Résumé** Deux essais en blocs réunissant 90 porcelets (3 traitements, 6 répétitions) sevrés pendant quatre semaines ont servi à tester l'effet de différents apports en acides aminés et du rapport valine:lysine sur la performance et la santé des porcelets. Toutes les rations présentaient 14,0 MJ EDP. Elles contenaient, dans l'essai 1: (i) 180 g MA, 12,5 g lysine, 8,6 g valine; (ii) 165 g MA, 11,5 g lysine, 7,9 g valine; (iii) 165 g MA, 11,5 g lysine, 8,5 g valine. Dans l'essai 2: (i) 180 g MA, 12,4 g lysine, 8,6 g valine; (ii) 165 g MA, 12,4 g lysine, 7,9 g valine; (iii) 165 g MA, 12,4 g lysine, 8,6 g valine. Dans le premier essai, des teneurs supérieures en matière azotée totale (MA) et en acides aminés ont amélioré significativement l'indice de consommation (1,43<sup>a</sup> contre 1,53<sup>b</sup> et 1,51<sup>b</sup> kg/kg; P<0.05). Dans le second essai, une augmentation de la teneur en acides aminés parallèlement à une réduction de la teneur en matière azotée a permis de maintenir la performance au niveau de la ration standard malgré la teneur réduite en matière azotée. L'addition de l'acide aminé essentiel valine n'a pas influencé les paramètres de performance.

Tableau 1 | Recommandations officielles de différents pays pour le rapport valine:lysine

Pays, institut	Date	Val:Lys
France, Institut National de la Recherche Agronomique (INRA)	1994	70%
USA, National Research Council (NRC)	1998	68%
Espagne, Fundation Espanola de la Nutriton Animal (FEDNA)	2006	71%
Brésil, Universidade Federal de Viçosa (Horacio Rostagno)	2005	69%
Grande Bretagne, British Society of Animal Science (BSAB)	2003	70%
Danemark, Danish Institute of Agricultural Sciences (DIAS)	2008	70%
Suisse, Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP)	2004	70%
Allemagne, Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE)	2006	62%

Tableau 2 | Composantes de la ration calculées et analysées pour l'essai 1

Essai 1		Std-1			MAr-AAr			MAr-AAr+Val			CH*
		cal	labo	labo AA:L	cal	labo	labo AA:L	cal	labo	labo AA:L	AA:L
MS	g/kg		878,2			883,5			881		
Cendres	g/kg	53	46,4		52	45,8		52	45,7		
MA	g/kg	180	182		165	166		165	166		179
CB	g/kg	30	27		30	26		30	26		
MG	g/kg	40	38		40	42		40	43		
MJ EDP	MJ/kg	14	14,2		14	14,4		14	14,4		
Lysine/EDP	g/MJ	0,89	0,85		0,82	0,77		0,82	0,77		0,88
Lysine digestible	g/kg	11			10,2			10,2			10,2
Lysine	g/kg	12,5	12	100 %	11,5	11,1	100 %	11,5	11,1	100 %	100 %
Met+Cys	g/kg	8	7,7	64 %	7,3	7,1	64 %	7,3	7	63 %	64 %
Tryptophane	g/kg	2,6	2,6	22 %	2,4	2,6	23 %	2,4	2,4	22 %	20 %
Thréonine	g/kg	8,2	7,8	65 %	7,6	7,3	66 %	7,6	7,2	65 %	68 %
Valine	g/kg	8,6	8,6	72 %	7,9	7,9	71 %	8,5	8,4	76 %	70 %
Isoleucine	g/kg	7,2	7,3	61 %	6,5	6,5	59 %	6,5	6,5	59 %	62 %
Leucine	g/kg	13,8	13,7	114 %	12,7	12,5	113 %	12,7	12,4	112 %	100 %
Arginine	g/kg	11,1	10,9	91 %	10	9,7	87 %	10	9,6	86 %	32 %
Histidine	g/kg	4,3	4,1	34 %	3,9	3,7	33 %	3,9	3,6	32 %	40 %
Phe+Tyr	g/kg	15,1	15,2	127 %	13,8	13,9	125 %	13,8	13,7	123 %	96 %

\* Recommandations Agroscope Liebefeld-Posieux, 2004. Std-1 = ration standard essai 1 ; MAr-AAr = teneurs réduites en MA et AA ; MAr-AAr+Val = teneurs réduites en MA et AA avec addition de valine ; cal= calculé ; labo = résultats d'analyses au laboratoire ; AA :L = rapport AA : lysine.

significativement meilleur par rapport aux variantes réduites en MA et AA. L'addition de valine, qui haussait le rapport valine:lysine dans la ration MAr-AAr de 69 % à 74 % (calculé), ou de 71 % à 76 % (analysé), n'a pas influencé les paramètres mesurés.

#### Pas d'amélioration de performance avec l'addition de valine

En pratique, il arrive souvent qu'une réduction de la teneur en MA conduise à des apports en valine et isoleucine inférieurs aux recommandations. Sur la base des résultats du premier essai, les teneurs en AA de la ration réduite en MA ont été augmentées au second essai pour correspondre à la ration standard. L'augmentation des teneurs des AA a empêché la baisse de performance observée dans l'essai 1 avec moins de protéines (tabl. 5). Cependant, l'augmentation de la teneur en lysine réduisait le rapport valine:lysine à 64 % (calculé) ou 65 % (analysé), ce qui est nettement inférieur aux recommandations suisses. L'addition de valine a haussé ce rapport à 69 % (calculé) ou 72 % (analysé). L'augmentation du rapport n'a cependant pas amélioré les performances. Pendant les deux premières semaines de l'essai, la ration

supplémentée en valine était significativement moins consommée. Cette ingestion inférieure était associée à des gains journaliers moindres de 18 g en moyenne. Cette différence n'était cependant pas significative, ( $p>0,05$ ) et sur l'ensemble de l'essai, il n'y a pas eu de différence due à l'addition de valine.

## Discussion

Comme observé par Bracher et Spring (2010), les teneurs en EDP analysées étaient supérieures de 0,2 - 0,4 MJ/kg aux valeurs calculées. Lorsque la valeur nutritive d'une ration est déterminée, les teneurs en protéines et acides aminés ainsi que celles en éléments majeurs sont évaluées par rapport à l'énergie. Les déviations des valeurs énergétiques devraient donc être examinées plus précisément. Une appréciation erronée de l'énergie empêche une adaptation précise des teneurs nutritives des rations aux besoins des animaux.

La teneur en MA et les teneurs des AA lysine, met+cys, thréonine et tryptophane des rations standard correspondaient aux normes suisses (Agroscope Liebefeld-Posieux, 2004). Les teneurs en acides aminés digestibles

**Tableau 3 | Composantes de la ration calculées et analysées pour l'essai 2**

Essai 2		Std-2			MAr			MAr+Val			CH*
		cal	labo	labo AA:L	cal	labo	labo AA:L	cal	labo	labo AA:L	AA:L
MS	g/kg		887,3			885,7			886		
Cendres	g/kg	53	49,2		52	47,1		52	47,2		
MA	g/kg	180	179		165	167		165	168		179
CB	g/kg	30	27		30	27		30	28		
MG	g/kg	40	41		40	39		40	33		
MJ EDP	MJ/kg	14	14,4		14	14,3		14	14,2		
Lysine/ EDP	g/MJ	0,89	0,86		0,89	0,88		0,89	0,88		0,89
Lysine digestible	g/kg	11			11			11			10,2
Lysine	g/kg	12,4	12,4	100%	12,4	12,6	100%	12,4	12,5	100%	100%
Met+Cys	g/kg	8	7,7	62%	8	7,8	62%	8	7,7	62%	64%
Tryptophane	g/kg	2,6	2,6	21%	2,6	2,6	21%	2,6	2,6	21%	20%
Thréonine	g/kg	8,2	8,1	65%	8,2	8,2	65%	8,2	8	64%	68%
Valine	g/kg	8,6	8,8	71%	7,9	8,2	65%	8,6	9	72%	70%
Isoleucine	g/kg	7,2	7,4	60%	6,5	6,8	54%	6,5	6,9	55%	62%
Leucine	g/kg	13,9	14	113%	12,7	13,1	104%	12,7	13,1	105%	100%
Arginine	g/kg	11,1	11	89%	9,9	10,1	80%	9,9	10,1	81%	32%
Histidine	g/kg	4,3	4,1	33%	3,9	3,8	30%	3,9	3,8	30%	40%
Phe+Tyr	g/kg	15,1	15,4	124%	13,7	14,3	113%	13,7	14,4	115%	96%

\* Recommandations Agroscope Liebefeld-Posieux, 2004. Std-2 = ration standard essai 2 ; MAr = teneur réduite en MA; MAr+Val = teneur réduite en MA avec addition de valine; cal= calculé; labo = résultats d'analyses au laboratoire.

étaient même supérieures aux normes pour des porcelets de 15 kg. Une réduction de ces teneurs, telle que pratiquée généralement pour des rations à MA réduite, a diminué les gains journaliers et le rendement d'utilisation de la ration. Les différences étaient dues à des différences de performance dans la deuxième phase de l'essai. Du point de vue physiologique, le besoin en protéines et en AA aurait dû être plus élevé pendant la première phase de l'essai. On se serait donc attendu à ce que la ration standard diffère de la ration MAr-AAr surtout pendant cette première phase. Il est possible qu'une teneur élevée en MA ait eu des effets négatifs sur la flore, l'anatomie et la physiologie de l'intestin pendant la phase de stress suivant le sevrage, et que ceci ait dissimulé un avantage possible dû à une valeur nutritive supérieure (Heo *et al.* 2009). Dans cet essai, aucune différence entre les variantes relative au score de diarrhée et à la santé animale n'a été observée, mais il est possible que de petites modifications dues à une teneur protéique élevée aient perturbé la fonction et donc l'efficacité de l'appareil digestif.

L'apport accru des quatre AA limitants principaux dans l'essai 2 a supprimé les différences de performance

**Tableau 4 | Influence des teneurs en MA et AA sur la performance de porcelets fraîchement sevrés dans l'essai 1**

Paramètre	Std-1	MAr-AAr	MAr-AAr+Val	SE	p
Poids initial, kg	7,64	7,65	7,65	0,01	0,73
Ingestion (d1–14), g	368	382	379	11,49	0,69
Ingestion (d14–28), g	795	743	739	22,9	0,21
Ingestion (d1–28), g	582	559	563	14,8	0,53
Gain journalier (d1–14), g	285	287	280	10,14	0,89
Gain journalier (d14–28), g	529 <sup>A</sup>	462 <sup>B</sup>	460 <sup>B</sup>	19,6	0,05
Gain journalier (d1–28), g	407	374	370	12,05	0,10
IC (d1–14), kg/kg	1,3	1,33	1,36	0,02	0,27
IC (d14–28), kg/kg	1,50 <sup>a</sup>	1,61 <sup>b</sup>	1,61 <sup>b</sup>	0,03	0,04
IC (d1–28), kg/kg	1,43 <sup>a</sup>	1,53 <sup>b</sup>	1,51 <sup>b</sup>	0,02	0,01
Score de diarrhée, % <sup>1</sup>	4,83	2,16	4,33	1,2	0,51

Srd-1 = ration standard essai 1 ; MAr-AAr = teneurs réduites en MA et AA; MAr-AAr+Val = teneurs réduites en MA et AA avec addition de valine; SE = erreur standard.<sup>a,b</sup> p<0.05, <sup>A,B</sup> p< 0.08. <sup>1</sup> Nombre moyen de jours avec diarrhée en pourcentage par animal.

entre la ration MA<sub>r</sub> et la ration standard. L'apport en MA de la ration MA<sub>r</sub>, avec des valeurs de 11,8 (calculé) ou 11,6 g/MJ EDP (analysé), était nettement inférieur à la valeur recommandée de 12,8 g/MJ EDP. Une teneur en MA est recommandée afin d'assurer un apport suffisant en AA qui ne sont pas considérés séparément dans la formulation, ainsi qu'en AA non-essentiels. Effectivement, la réduction en MA a conduit à des teneurs en valine et isoleucine inférieures aux normes établies pour la protéine idéale (Agroscope Liebefeld-Posieux, 2004). Néanmoins, l'addition de valine n'a pas amélioré les performances dans cet essai non plus, ce qui signifie que la valine n'était pas le facteur principal limitant la performance. Ceci contredit les résultats de Anjinomoto (2009) qui constatait une performance optimale lorsque le rapport valine:lysine était de 68–78 %.

Il est possible qu'un effet positif éventuel de la valine ait été dissimulé par un manque d'autres AA, en particulier la tryptophane dont les teneurs recommandées sont variables. Cependant, l'apport en tryptophane dans nos essais (tryptophane:lysine 21 %) était légèrement supérieur aux recommandations et donc probablement pas limitant. Un autre facteur limitant possible serait l'isoleucine. Dans l'essai 2, les rapports de 52 % (calculé) ou 54 % (analysé) étaient inférieurs à la recommandation suisse de 62 % (Agroscope Liebefeld-Posieux, 2004). Cette différence suggère une carence considérable, qui doit cependant être relativisée en considérant la recommandation très élevée pour l'isoleucine en Suisse par rapport aux autres pays. Néanmoins, il reste à examiner si dans des rations à MA réduite, l'addition simultanée de ces deux AA pourrait avoir une influence positive sur la performance.

## Conclusions

- Dans les rations pour porcelets avec un rapport valine:lysine de 64% (calculé) ou 65% (analysé), l'addition de valine n'améliore pas la performance.
- Dans une ration à MA réduite, une augmentation de la teneur en lysine de 11,5 g (0,82 g/ MJ EDP; 0,73 vLys/ MJ EDP) à 12,5 g (0,89 g/ MJ EDP; 0,79 vLys/MJ EDP) améliore la performance malgré un apport limité en MA. ■

**Tableau 5 | Influence des teneurs en MA et AA sur la performance de porcelets fraîchement sevrés dans l'essai 2**

Paramètre	Std-2	MA <sub>r</sub>	MA <sub>r</sub> +Val	SE	p
Poids initial, kg	8,12	8,11	8,12	0	0,68
Ingestion (d1–14), g	367 <sup>a</sup>	392 <sup>b</sup>	364 <sup>a</sup>	14,4	0,01
Ingestion (d14–28), g	646	658	629	28,75	0,73
Ingestion (d1–28), g	506	525	497	18,24	0,31
Gain journalier (d1–14), g	299	320	302	13,57	0,16
Gain journalier (d14–28), g	412	425	408	21,16	0,79
Gain journalier (d1–28), g	356	372	355	14,42	0,45
IC (d1–14), kg/kg	1,22	1,23	1,2	0,03	0,65
IC (d14–28), kg/kg	1,57	1,54	1,54	0,03	0,5
IC (d1–28), kg/kg	1,42	1,41	1,39	0,02	0,55
Score de diarrhée, % <sup>1</sup>	1,66	1,83	1,16	0,92	0,82

Srd-2 = ration standard essai 2 ; MA<sub>r</sub> = teneur réduite en MA; MA<sub>r</sub>+Val = teneur réduite en MA avec addition de valine; SE = erreur standard. <sup>a,b</sup> p<0,05. <sup>1</sup> Nombre moyen de jours avec diarrhée en pourcentage par animal.



**Riassunto****Suinetti alimentati con l'aminoacido essenziale valina**

Due studi che coinvolgevano 90 suinetti, svezzati da appena quattro settimane, sono stati utilizzati per provare l'effetto di differenti apporti di aminoacidi e del rapporto valina-lisina sulle prestazioni e la salute dei suinetti. Le due prove erano organizzate in blocchi con tre trattamenti e sei ripetizioni, per un totale di 18 box a cinque suinetti.

Le razioni confrontate erano nella *prova 1*: (i) 14,0 MJ DE, 180 g CP, 12,5 g lisina, 8,6 g valina; (ii) 14,0 MJ DE, 165 g CP, 11,5 g lisina, 7,9 g valina; (iii) 14,0 MJ DE, 165 g CP, 11,5 g lisina, 8,5 g valina.

*Prova 2*: (i) 14,0 MJ DE, 180 CP, 12,4 g lisina, 8,6 g valina; (ii) 14,0 MJ DE, 165 g CP, 12,4 g lisina, 7,9 g valina; (iii) 14,0 MJ DE, 165 g CP, 12,4 g lisina, 8,6 g valina.

Nella prima prova i valori più elevati di azoto totale (AD) e aminoacidi hanno notevolmente migliorato l'indice di alimentazione (1,43<sup>a</sup>, contro 1,53<sup>b</sup> e 1,51<sup>b</sup> kg/kg; P<0,05). Nella seconda prova un aumento del tenore in aminoacidi, parallelamente a una riduzione del tenore in materia azotata ha permesso di mantenere la prestazione a livello della razione standard, nonostante il ridotto tenore in materia azotata. L'aggiunta dell'aminoacido essenziale valina non influenza i parametri di prestazione e di salute misurate in entrambe le prove.

**Summary****Piglet nutrition with valine supplementation**

The goals of these trials were to investigate the effects of different dietary amino acid concentrations and valine:lysine ratios on piglet performance and health. Two 4-week trials with 90 weaned piglets (3 treatments and 6 replicates) each were conducted. All diets contained 14 MJ DE: Trial 1: (i) 180 g CP, 12,5 g lysine, 8,6 g valine; (ii) 165 g CP, 11,5 g lysine, 7,9 g valine; (iii) 165 g CP, 11,5 g lysine, 8,5 g valine. Trial 2: (i) 180 CP, 12,4 g lysine, 8,6 g valine; (ii) 165 g CP, 12,4 g lysine, 7,9 g valine; (iii) 165 g CP, 12,4 g lysine, 8,6 g valine. In trial 1, the higher crude protein and amino acid concentrations led to a significant improvement in FCR (1,43<sup>a</sup> vs 1,53<sup>b</sup> and 1,51<sup>b</sup> kg/kg; P<0.05). Increasing the amino acid concentrations in the treatment with reduced CP concentration allowed performance to be maintained at the level of the standard diet in trial 2. The supplementation of the essential amino acid valine did not affect animal performance.

**Key words:** weaning piglet, valine, amino acid.

**Bibliographie**

- Agroscope Liebefeld-Posieux, 2004. Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Schweine, LmZ, Zollikofen.
- Ajinomoto, 2009. L-Valin: Release the potential of your feed. Ajinomoto Eurolysin S.A.S, Information Nr 33, 30 S.
- Bracher A. & Spring P., 2010. Survey of current Swiss pig feeding practices and potential for ammonia emission reduction. *In*: Book of abstracts (EAAP). Heraklin, Greece, August 23–27. p 326.
- Figueroa J.L., Lewis A.J., Miller P.S., Fischer R.L. & Diedrichsen R.M., 2003. Growth, carcass traits and plasma amino acid concentration of gilts fed low-protein diets supplemented with amino acids including histidine, isoleucine and valine. *J. Anim. Sci.* **81**, 1529–1537.
- Heo J., Kim J.C., Hansen C.F., Mullan B.P., Hampson D.J. & Pluske J.R., 2009. Feeding a diet with decreased protein content reduces indices of protein fermentation and the incidence of postweaning diarrhea in weaned pigs challenged with an enterotoxigenic strain of *Escherichia coli*. *J. Anim. Sci.* **87**, 2833–2843.