

# 降低饲料氮或/和磷含量并添加复合酶对生长猪生长性能、养分消化率和血清生化指标的影响

毛江笛<sup>1</sup> 唐仁龙<sup>1</sup> 王 翀<sup>1</sup> 汪海峰<sup>1, 2\*</sup>

(1. 浙江农林大学动物科技学院 杭州 311300; 2. 浙江大学动物科学学院 杭州 310058)

**摘要:** 本试验旨在研究降低饲料氮或/和磷含量并添加复合酶对生长猪生长性能、养分消化率和血清生化指标的影响。试验选择 96 头体重为(36.0±4.8) kg 的生长猪, 随机分为 4 组(每组 3 个重复, 每个重复 8 头猪), 分别饲喂不添加复合酶的正常饲料(对照组)、添加复合酶的低氮饲料(低氮组)、添加复合酶的低磷饲料(低磷组)和添加复合酶的低氮低磷饲料(低氮低磷组), 试验期为 37 d。结果显示: 各组间平均日采食量、平均日增重和料重比均无显著差异( $P>0.05$ )。低磷组和低氮低磷组生长猪的磷消化率显著高于对照组和低氮组( $P<0.05$ )。除半胱氨酸(Cys)、蛋氨酸(Met)和酪氨酸(Tyr)的消化率低氮低磷组显著高于对照组( $P<0.05$ )外, 其他氨基酸的消化率各组间均无显著差异( $P>0.05$ )。低氮低磷组生长猪血清中钙含量显著高于对照组和低磷组( $P<0.05$ )。A 组之间血清中总蛋白、磷、尿素氮含量与碱性磷酸酶活性均无显著差异( $P>0.05$ )。结果表明, 在适量降低生长猪饲料中氮和磷含量的同时添加复合酶对生长猪的生长性能无显著影响, 还可以提高磷的利用效率, 减少粪便中氮和磷的排放。

**关键词:** 生长猪; 氮; 磷; 复合酶; 生长性能; 养分消化率

中图分类号: S816

文献标识码: A

随着养猪业的不断发展, 猪场运营过程中所造成的环境污染也越来越受到社会的关注。而氮、磷是生猪养殖过程中产生的排泄物中的主要污染源<sup>[1]</sup>。氮的过量排放主要是由于猪对饲料中的蛋白质消化利用率较低引起的, 原因主要有: 1) 饲料中有些原料蛋白质的氨基酸序列或者三维结构对消化降解有抵抗作用<sup>[2]</sup>; 2) 饲料中氨基酸不平衡导致动物氮利用率降低以及大量尿氮排出<sup>[3]</sup>; 3) 饲料中其他物质含量不适宜导致蛋白质消化率降低, 如饲料粗纤维含量较高时<sup>[4]</sup>。植物性饲料中普遍存在抗营养因子植酸, 使得大部分磷都以不易被动物消化吸收的植酸磷的形式存在, 动物消化率低是造成磷过量排放主要原因。为了保证猪能消化吸收足够的磷, 实际生产中在

饲料中补充了大量的磷酸氢钙<sup>[5]</sup>, 进一步导致了猪排泄物中磷的过量排放。饲料中不能消化的氮、磷随粪便排放到环境中, 容易造成水体富营养化等环境问题。目前, 有不少研究利用降低生长猪饲料氮、磷含量的方式来达到降低猪粪中氮、磷排放量的目的<sup>[6-8]</sup>。但单纯以降低饲料中氮、磷含量的方式来降低猪生产过程中的氮、磷排放, 往往会对猪的健康生长造成一定的负面影响<sup>[9]</sup>。

有研究表明, 饲料中添加外源酶, 不但可以通过消除抗营养因子来提高饲料的利用率<sup>[10-12]</sup>, 还可以通过促进内源酶分泌<sup>[13-17]</sup>、改善肠道内环境<sup>[18-22]</sup>显著提高动物体对饲料中营养成分的消化率。研究显示植酸酶可以有效水解植物中的植酸, 使植物性饲料中的磷被有效地释放出来, 以便

收稿日期: 2018-11-28

基金项目: 国家科技支撑计划课题(2015BAD03B01-09); 国家自然科学基金面上项目(31672430)

作者简介: 毛江笛(1994—), 男, 浙江温州人, 硕士研究生, 从事生物饲料开发利用研究。E-mail: jiangdimao@126.com

\* 通信作者: 汪海峰, 研究员, 博士生导师, E-mail: haifengwang@zju.edu.cn

动物机体吸收利用,不仅提高了饲料原料中磷的利用率,而且减轻了养殖业对环境的污染<sup>[11,20,22]</sup>。然而,目前有关猪饲料中添加外源酶的研究主要是在各组饲料均为较高氮、磷含量下添加外源酶,往往未见显著提高氮、磷消化吸收或减排的效果<sup>[23-24]</sup>。减少养殖过程中的氮、磷排放,本试验通过比较饲喂添加复合酶的低氮和/或低磷饲料和不添加复合酶的基础饲料的生长猪之间生长性能、养分消化率和血清生化指标的差异,研究通过添加复合酶提高饲料氮、磷利用效率的可行性,为低氮低磷饲料在养猪生产中的应用提供科学依据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 试验动物、分组与饲养管理

动物试验在浙江省某牧场进行。选择平均体重为(36.0±4.8) kg 的杜长大生长猪 96 头,采用

随机分组原则分为 4 组,分别为对照组(饲喂不添加复合酶的正常饲料)、低氮组(粗蛋白质含量较对照组饲料降低约 10%,并添加 0.01%复合酶)、低磷组(磷含量较对照组饲料降低约 20%,同时钙含量降低约 16%,并添加 0.01%复合酶)和低氮低磷组(粗蛋白质含量较对照组饲料降低约 10%,磷含量降低约 20%,同时钙含量降低约 16%,并添加 0.01%复合酶),每组 3 个重复(栏),每个重复 8 头。各组试验饲料均以颗粒料形式进行饲喂,试验期为 37 d。

复合酶由某生物科技有限公司提供,由木聚糖酶(≥37 000 U/g)、蛋白酶(≥2 500 U/g)、β-甘露聚糖酶(≥2 000 U/g)、β-葡聚糖酶(≥1 000 U/g)、淀粉酶(≥150 U/g)、植酸酶(≥10 000 U/g)组成。参照 NRC(2012)猪营养需要标准并结合生产实践配制试验饲料,其组成及营养水平见表 1。

表 1 试验饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)

%

项目 Items	对照组 CON group	低氮组 LN group	低磷组 LP group	低氮低磷组 LNP group
原料 Ingredients				
玉米 Corn	62.01	66.90	62.50	67.40
豆粕 Soybean meal	25.00	20.00	25.00	20.00
小麦麸 Wheat bran	3.00	3.00	3.00	3.00
鱼粉 Fish meal	1.00	1.00	1.00	1.00
脂肪粉 Fat powder	2.00	2.00	2.00	2.00
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	0.80	0.80	0.30	0.30
钙粉 Calcium powder	1.20	1.20	1.20	1.20
食盐 NaCl	0.30	0.30	0.30	0.30
复合酶 Compound enzyme		0.01	0.01	0.01
赖氨酸盐酸盐 L-Lys·HCl	0.14	0.24	0.14	0.24
氯化胆碱 Choline chloride	0.10	0.10	0.10	0.10
霉可吸 Mycosorb	0.08	0.08	0.08	0.08
利舒宝 LYSOFORTE™	0.07	0.07	0.07	0.07
肽能健 Tainengjian	3.00	3.00	3.00	3.00
预混料 Premix <sup>1)</sup>	1.00	1.00	1.00	1.00
百福菌 BIOSAF®	0.10	0.10	0.10	0.10
蒙脱石 Montmorillonite	0.20	0.20	0.20	0.20
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels <sup>2)</sup>				
代谢能 ME/(MJ/kg)	14.48	14.48	14.48	14.48
粗蛋白质 CP	17.47	15.70	17.47	15.70
中性洗涤纤维 NDF	10.24	10.03	10.24	10.03

续表 1

项目 Items	对照组 CON group	低氮组 LN group	低磷组 LP group	低氮低磷组 LNP group
酸性洗涤纤维 ADF	4.37	4.02	4.37	4.02
粗脂肪 EE	2.54	2.36	2.54	2.36
钙 Ca	0.92	0.90	0.77	0.75
总磷 TP	0.56	0.54	0.45	0.43
赖氨酸 Lys	1.02	1.00	1.02	1.00
蛋氨酸 Met	0.26	0.24	0.26	0.24

<sup>1)</sup> 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets: Cu ( as basic copper chloride) 20 mg ,Zn ( as zinc sulfate) 100 mg ,Fe ( as ferrous sulfate) 80 mg ,Mn ( as manganese sulfate) 30 mg ,Se ( as sodium selenite) 0.3 mg ,I ( as potassium iodide) 0.4 mg ,VA 7 500 IU ,VD 350 IU ,VE 25 IU ,VK<sub>3</sub> 2.0 mg ,VB<sub>1</sub> 1.875 mg ,VB<sub>2</sub> 3.75 mg ,VB<sub>6</sub> 2.19 mg ,VB<sub>12</sub> 0.025 mg ,烟酸 nicotinic acid 25 mg ,泛酸 pantothenic acid 15.6 mg ,叶酸 folic acid 2.0 mg ,生物素 biotin 0.187 5 mg。

<sup>2)</sup> 代谢能、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维和粗脂肪为计算值,其余为实测值。ME, NDF, ADF and EE were calculated values, while the others were measured values.

试验期间猪自由采食、饮水,按常规程序进行驱虫免疫。参照猪场的常规饲养管理规程,严格按照试验要求进行管理。

## 1.2 样品采集与指标测定

### 1.2.1 生长性能

在试验开始和结束当天的 09:00 对试验猪进行空腹称重(以头为单位),计算平均日增重(ADG)。以栏为单位记录饲粮消耗量,计算每只猪的平均日采食量(ADFI)。根据平均日增重和平均日采食量计算料重比(F/G)。

### 1.2.2 养分消化率

本试验中用酸不溶性灰分(AIA)作为内源指示剂测定生长猪的养分消化率。采集饲粮样品用于营养成分含量的测定。在试验第 35 天,每栏随机选择 3 头猪采集新鲜粪便样品,并于 -20℃ 保存,用于养分含量的测定。测定前先在粪便样品中按 5% 的比例加入 6 mol/L 的盐酸进行固氮,然后于 55℃ 烘箱中烘 48 h 至恒重后粉碎,过 60 目筛,制得风干粪样。饲粮和粪样测定指标包括粗蛋白质、钙、磷、氨基酸和酸不溶性灰分含量。养分消化率的计算公式如下:

$$\text{某养分消化率}(\%) = 100 - 100 \times \left[ \frac{\text{饲粮中 AIA 含量}}{\text{粪样中 AIA 含量}} \times \left( \frac{\text{粪样中该养分含量}}{\text{饲粮中该养分含量}} \right) \right]$$

### 1.2.3 血清生化指标

试验第 35 天,每栏随机选择 2 头猪,每组 6 头,颈静脉采集血液 10 mL,3 000 r/min 离心制备

血清。血清检测指标有尿素氮(UN)、总蛋白(TP)、磷(P)、钙(Ca)含量及碱性磷酸酶(AKP)活性,试剂盒购自南京建成生物工程研究所。

## 1.3 统计分析

数据采用 SAS 9.1.3 统计软件的一般线性模型(GLM)进行统计处理,并采用 Duncan 氏新复极差法对试验各组的数据进行差异显著性检验,结果以平均值±标准差表示, $P < 0.05$  表示差异显著,统计数据皆以栏为单位,即  $n = 3$ 。

## 2 结果

### 2.1 降低饲粮氮或/和磷含量并添加复合酶对生长猪生长性能的影响

由表 2 可知,对照组的平均日采食量高于低氮组和低磷组,而对照组和低氮低磷组的平均日增重高于低氮组和低磷组,但差异均不显著( $P > 0.05$ )。

### 2.2 降低饲粮氮或/和磷含量并添加复合酶对生长猪养分消化率的影响

由表 3 可知,4 组之间钙、氮的消化率均无显著差异( $P > 0.05$ ),但低磷组和低氮低磷组磷的消化率显著高于对照组和低氮组( $P < 0.05$ )。

由表 4 可知,低氮低磷组半胱氨酸(Cys)、蛋氨酸(Met)和酪氨酸(Tyr)的消化率显著高于对照组( $P < 0.05$ ),其他氨基酸的消化率各组间均无显著差异( $P > 0.05$ )。

表2 饲喂不同饲料对生长猪生长性能的影响

Table 2 Effects of feeding different diets on growth performance of growing pigs

项目 Items	对照组 CON group	低氮组 LN group	低磷组 LP group	低氮低磷组 LNP group
初始体重 IBW /kg	35.96±0.35	36.65±0.80	35.29±0.76	36.08±0.76
结束体重 FBW /kg	58.53±2.89	56.96±2.23	55.59±4.75	59.02±4.82
平均日采食量 ADFI/( kg/d)	1.82±0.04	1.58±0.01	1.66±0.13	1.72±0.27
平均日增重 ADG/( kg/d)	0.61±0.07	0.55±0.06	0.55±0.11	0.61±0.12
料重比 F/G	3.01±0.36	2.90±0.31	3.08±0.45	2.84±0.23

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著 ( $P>0.05$ ) ,不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ ) 。下表同。

In the same row , values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference ( $P>0.05$ ) , while with different small letter superscripts mean significant difference ( $P<0.05$ ) . The same as below .

表3 饲喂不同饲料对生长猪钙、磷和氮消化率的影响

Table 3 Effects of feeding different diets on digestibility of Ca , P and N of growing pigs

项目 Items	对照组 CON group	低氮组 LN group	低磷组 LP group	低氮低磷组 LNP group
钙 Ca	39.84±6.37	45.00±6.53	40.13±6.80	42.74±12.41
磷 P	47.92±4.37 <sup>b</sup>	48.73±5.76 <sup>b</sup>	59.40±7.20 <sup>a</sup>	59.77±4.15 <sup>a</sup>
氮 N	84.67±2.38	87.80±1.11	88.19±3.06	87.46±3.08

表4 饲喂不同饲料对生长猪氨基酸消化率的影响

Table 4 Effects of feeding different diets on digestibility of amino acids of growing pigs

氨基酸 Amino acids	对照组 CON group	低氮组 LN group	低磷组 LP group	低氮低磷组 LNP group
天冬氨酸 Asp	82.52±0.45	83.20±1.90	82.80±0.18	83.32±0.65
苏氨酸 Thr	80.08±0.69	80.76±2.68	80.68±0.05	81.31±0.83
丝氨酸 Ser	83.31±0.40	84.00±1.67	83.68±0.15	84.25±0.56
谷氨酸 Glu	85.02±0.39	85.66±1.09	85.13±0.22	85.62±0.44
甘氨酸 Gly	80.63±0.35	81.34±2.46	81.33±0.04	81.96±0.84
丙氨酸 Ala	82.50±0.72	81.68±0.30	82.09±2.04	81.14±0.59
半胱氨酸 Cys	85.44±0.16 <sup>b</sup>	86.18±1.08 <sup>ab</sup>	86.86±0.51 <sup>a</sup>	86.95±0.32 <sup>a</sup>
缬氨酸 Val	81.69±0.44	82.29±2.14	82.17±0.29	83.03±0.71
蛋氨酸 Met	78.40±0.22 <sup>b</sup>	79.92±2.96 <sup>ab</sup>	81.06±0.26 <sup>ab</sup>	81.63±0.32 <sup>a</sup>
异亮氨酸 Ile	81.38±0.55	81.55±2.52	81.63±0.23	82.51±0.75
亮氨酸 Leu	83.69±0.54	84.35±1.47	83.89±0.29	84.55±0.60
酪氨酸 Tyr	79.61±0.53 <sup>b</sup>	81.84±2.14 <sup>ab</sup>	81.46±0.70 <sup>ab</sup>	82.10±0.20 <sup>a</sup>
苯丙氨酸 Phe	82.80±0.45	83.36±1.73	83.04±0.44	83.76±0.65
赖氨酸 Lys	84.82±0.93	83.40±1.73	83.47±0.36	83.67±0.57
组氨酸 His	84.82±0.93	85.25±1.23	84.95±0.29	85.41±0.54
精氨酸 Arg	85.60±0.30	85.89±1.11	85.69±0.28	86.17±0.12
脯氨酸 Pro	84.12±0.51	84.65±1.34	84.35±0.13	84.58±0.58

### 2.3 降低饲料氮或/和磷含量并添加复合酶对生长猪血清生化指标的影响

由表5可知4组之间血清中总蛋白、磷、尿素

氮含量与碱性磷酸酶活性均无显著差异( $P > 0.05$ ),但低氮低磷组生长猪血清中钙含量显著高于对照组和低磷组( $P < 0.05$ )。

表5 饲喂不同饲料对生长猪血清生化指标的影响

Table 5 Effects of feeding different diets on serum biochemical parameters of growing pigs

项目 Items	对照组 CON group	低氮组 LN group	低磷组 LP group	低氮低磷组 LNP group
总蛋白 TP/(g/L)	79.41±3.27	87.06±4.52	85.19±2.85	82.85±6.02
碱性磷酸酶 AKP/(U/L)	80.33±23.13	80.97±22.85	95.60±16.85	127.95±43.41
尿素氮 UN/(mmol/L)	5.72±1.52	4.62±0.05	5.22±1.15	4.91±1.65
钙 Ca/(mmol/L)	2.60±0.08 <sup>b</sup>	2.90±0.14 <sup>ab</sup>	2.56±0.31 <sup>b</sup>	3.09±0.12 <sup>a</sup>
磷 P/(mmol/L)	3.04±0.53	3.12±0.28	3.06±0.22	3.44±0.67

### 3 讨论

已有大量研究表明,在生长猪饲料中添加复合酶可以显著提高生长猪的生长性能。黄怡等<sup>[25]</sup>发现,在饲料中添加复合酶后,生长猪的日增重和饲料转化率都显著提高。杨文娇等<sup>[26]</sup>在生长猪饲料中添加不同剂量复合蛋白酶,随着复合蛋白酶添加量的增加,料重比显著降低。但在本试验中,由于添加复合酶的各组饲料中的氮、磷含量相对于对照组饲料都有所下降,所以虽然复合酶促使了生长猪消化率的提高,但4组之间的生长性能还是无显著差异。生长性能这一结果与Mc Alpine等<sup>[27]</sup>和O'Shea等<sup>[24]</sup>的研究结果一致。通常来说,当基础饲料营养水平较低或者品质较差时,补充酶更容易使生长猪的生长性能和养分消化率有较大改善<sup>[23]</sup>。同时,也有研究表明,添加复合酶后额外释放的营养物质可能会触发动物的一种反馈机制,以减少葡萄糖与氨基酸的过量摄入<sup>[28]</sup>。在本试验中,虽然4组生长猪之间的平均日采食量无显著差异,但从实际试验期间饲料消耗总量来看,饲料中添加了复合酶的3组生长猪试验期间饲料消耗总量均小于对照组生长猪。Saarelainen等<sup>[29]</sup>和Saleh等<sup>[30]</sup>的研究表明,在蛋白酶存在的情况下,碳水化合物酶的水解活性可能会被抑制,甚至碳水化合物酶本身也可能被酶解。这也可能是本试验中4组生长猪生长性能未能有显著差异的原因之一。

本试验中使用的复合酶由木聚糖酶、蛋白酶、 $\beta$ -甘露聚糖酶、 $\beta$ -葡聚糖酶、淀粉酶和植酸酶组

成,其中除了蛋白酶和植酸酶以外的酶的主要作用都是促进动物机体对能量物质的消化吸收。植酸酶的主要作用是水解植物中的植酸,使饲料中的磷被有效的释放出来,从而促进动物机体对植物性饲料中磷的吸收。本试验中低磷组和低磷低氮组生长猪的磷消化率显著高于另外2组,可见复合酶中的植酸酶起到了降解植酸的作用,从而释放了更多自由磷,便于生长猪吸收,提升了生长猪的磷消化率,该结果与Cromwell等<sup>[11]</sup>、Dersjant-Li等<sup>[31]</sup>和Humer等<sup>[32]</sup>的研究结果一致。王晶等<sup>[33]</sup>的研究还表明,在生长猪饲料中添加植酸酶,不但能提高生长猪对磷的消化率,还能显著提高生长猪对铜、铁、锰、镁和钴等金属元素的消化率,从而达到降低生长猪粪便中这些金属的排泄量的效果。低氮组饲料虽然也加了植酸酶,但磷消化率却没有显著提高,可能是因为低氮组饲料与对照组饲料中磷含量足量,即使添加植酸酶释放出游离磷,磷的吸收利用并没有增加。结果提示,添加复合酶可能只在一定的低磷饲料下可以提高生长猪对磷的吸收率,并有效降低磷的排放。蛋白酶主要作用则是提高动物机体对饲料中蛋白质的消化吸收率,从而达到降低氮排放的目的。本试验中,与对照组相比,添加了含蛋白酶的复合酶的3组生长猪氮消化率无显著差异。同时,4组生长猪的氨基酸消化率整体上也无显著差异,仅有低氮低磷组的半胱氨酸、蛋氨酸和酪氨酸消化率显著高于对照组,但提升率也均未超过5%。一方面,可能是因为本试验中试验饲料以豆粕作为主要蛋白质饲料,而豆粕中蛋白质本身氨基酸较为

平衡,因此较为容易吸收<sup>[34]</sup>;另一方面,可能是生长猪自身可以产生和分泌多种蛋白酶,故而添加复合酶的生长猪的氮消化率没有得到提高。O'Shea等<sup>[24]</sup>研究也表明,在粗蛋白质含量较高,品质较好的饲料中添加蛋白酶并不能显著提高生长猪的氮消化率。因此,本试验中低氮饲料的粗蛋白质含量或许还有进一步下降的空间,以在不影响生长猪健康生长的前提下更好地配合复合酶的作用,降低饲料成本。

动物血清中的总蛋白和尿素氮含量与其蛋白质代谢有着非常密切的关系。尿素氮是动物机体中蛋白质、氨基酸代谢产生的终产物,其在血清中的含量往往与动物体内的氮沉积、蛋白质利用率呈负相关关系<sup>[35]</sup>。在本试验中,添加复合酶的3组生长猪的血清尿素氮和总蛋白含量与对照差异均不显著,显示低氮和低氮低磷组的饲料粗蛋白质含量降低但并未对机体营养代谢造成不利影响。本试验中4组生长猪血清中碱性磷酸酶活性和磷含量无显著差异,进一步表明低氮低磷饲料中添加复合酶在降低饲料氮、磷含量的同时并未造成生长猪氮或磷元素的缺乏。

## 4 结 论

与常规氮、磷含量的饲料相比,饲料中粗蛋白质或磷含量分别降低10%和20%(低氮低磷饲料)同时添加0.01%复合酶对生长猪的生长性能无显著影响,还可显著提高生长猪的磷消化率,对减少氮、磷排放具有积极作用。

## 参考文献:

- [1] JONGBLOED A W, LENIS N P. Environmental concerns about animal manure [J]. *Journal of Animal Science*, 1998, 76(10): 2641-2648.
- [2] PEDERSEN M B, YU S, PLUMSTEAD P, et al. Comparison of four feed proteases for improvement of nutritive value of poultry feather meal [J]. *Journal of Animal Science*, 2012, 90 Suppl 4: 350-352.
- [3] PFEIFFER A, HENKEL H, VERSTEGEN M W A, et al. The influence of protein intake on water balance, flow rate and apparent digestibility of nutrients at the distal ileum in growing pigs [J]. *Livestock Production Science*, 1995, 44(2): 179-187.
- [4] WONG K H, CHEUNG P C K. Effect of fiber-rich brown seaweeds on protein bioavailability of casein in growing rats [J]. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 2003, 54(4): 269-279.
- [5] 刘景,叶鼎承,方桂友,等.规模猪场氮磷排泄减量化技术的研究与应用进展 [J]. *福建畜牧兽医*, 2009, 31(6): 22-24.
- [6] VIGORS S, SWEENEY T, O'SHEA C J, et al. Pigs that are divergent in feed efficiency differ in intestinal enzyme and nutrient transporter gene expression, nutrient digestibility and microbial activity [J]. *Animal*, 2016, 10(11): 1848-1855.
- [7] MONTEIRO A N T R, BERTOL T M, DE OLIVEIRA P A V, et al. The impact of feeding growing-finishing pigs with reduced dietary protein levels on performance, carcass traits, meat quality and environmental impacts [J]. *Livestock Science*, 2017, 198: 162-169.
- [8] OSTER M, GERLINGER C, HEIDE K, et al. Lower dietary phosphorus supply in pigs match both animal welfare aspects and resource efficiency [J]. *Ambio*, 2018, 47(Suppl.1): 20-29.
- [9] 潘杰,黄瑞林,孔祥峰,等.不同氮、磷水平日粮对肥育猪生长性能及营养物质代谢的影响 [J]. *家畜生态学报*, 2008, 29(4): 43-46.
- [10] SIMONS P C M, VERSTEEGH H A J, JONGBLOED A W, et al. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs [J]. *British Journal of Nutrition*, 1990, 64(2): 525-540.
- [11] CROMWELL G L, STAHLY T S, COFFEY R D, et al. Efficacy of phytase in improving the bioavailability of phosphorus in soybean meal and corn-soybean meal diets for pigs [J]. *Journal of Animal Science*, 1993, 71(7): 1831-1840.
- [12] BEDFORD M R, SCHULZE H. Exogenous enzymes for pigs and poultry [J]. *Nutrition Research Reviews*, 1998, 11(1): 91-114.
- [13] MORAN E T, Jr. Starch digestion in fowl [J]. *Poult Science*, 1982, 61(7): 1257-1267.
- [14] SCHNEEMAN B O, LYMAN R L. Factors involved in the intestinal feedback regulation of pancreatic enzyme secretion in the rat [J]. *Experimental Biology and Medicine*, 1975, 148(3): 897-903.
- [15] OWSLEY W F, ORR D E, Jr, TRIBBLE L F. Effects of age and diet on the development of the pancreas and the synthesis and secretion of pancreatic enzymes in the young pig [J]. *Journal of Animal Science*, 1986, 63(2): 497-504.
- [16] 王晓亮,付大波,周樱.饲料中添加外源酶对动物内

- 源酶活性影响的研究进展[J].饲料工业,2012,33(6):41-42.
- [17] O'NEILL H V M ,SMITH J A ,BEDFORD M R. Multicarbohydrase enzymes for non-ruminants [J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences ,2014 , 27( 2) : 290-301.
- [18] DIEBOLD G ,MOSENTHIN R ,PIEPHO H P ,et al. Effect of supplementation of xylanase and phospholipase to a wheat-based diet for weanling pigs on nutrient digestibility and concentrations of microbial metabolites in ileal digesta and feces [J]. Journal of Animal Science ,2004 ,82( 9) : 2647-2656.
- [19] PETTEY L A ,CARTER S D ,SENNE B W ,et al. Effects of beta-mannanase addition to corn-soybean meal diets on growth performance ,carcass traits ,and nutrient digestibility of weanling and growing-finishing pigs [J]. Journal of Animal Science ,2002 ,80( 4) : 1012-1019.
- [20] OLUKOSI O A ,SANDS J S ,ADEOLA O. Supplementation of carbohydrases or phytase individually or in combination to diets for weanling and growing-finishing pigs [J]. Journal of Animal Science ,2007 ,85( 7) : 1702-1711.
- [21] PASSOS A A ,PARK I ,FERKET P ,et al. Effect of dietary supplementation of xylanase on apparent ileal digestibility of nutrients ,viscosity of digesta ,and intestinal morphology of growing pigs fed corn and soybean meal based diet [J]. Animal Nutrition ,2015 ,1( 1) : 19-23.
- [22] YÁÑEZ J L ,LANDERO J L ,OWUSU-ASIEDU A , et al. Growth performance ,diet nutrient digestibility , and bone mineralization in weaned pigs fed pelleted diets containing thermostable phytase [J]. Journal of Animal Science ,2013 ,91( 2) : 745-754.
- [23] ADEOLA O ,COWIESON A J. Board-invited review: opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production [J]. Journal of Animal Science ,2011 ,89( 10) : 3189-3218.
- [24] O'SHEA C J ,ALPINE P O M ,SOLAN P ,et al. The effect of protease and xylanase enzymes on growth performance ,nutrient digestibility ,and manure odour in grower-finisher pigs [J]. Animal Feed Science and Technology ,2014 ,189: 88-97.
- [25] 黄怡,李贤刚,李兴芳,等.玉米-豆粕型日粮中添加复合酶对仔猪生长性能及养分消化率的影响[J].中国饲料,2007(24):19-21.
- [26] 杨文娇,宋春阳,于振洋,等.复合蛋白酶添加量对鲁烟白猪生产性能、养分消化率及血液生化指标的影响[J].中国饲料,2018(7):59-63.
- [27] MC ALPINE P O ,O'SHEA C J ,VARLEY P F ,et al. The effect of protease and xylanase enzymes on growth performance and nutrient digestibility in finisher pigs [J]. Journal of Animal Science ,2012 ,90 Suppl 4: 375-377.
- [28] NORTEY T N ,PATIENCE J F ,SIMMINS P H ,et al. Effects of individual or combined xylanase and phytase supplementation on energy ,amino acid ,and phosphorus digestibility and growth performance of grower pigs fed wheat-based diets containing wheat millrun [J]. Journal of Animal Science ,2007 ,85( 6) : 1432-1443.
- [29] SAARELAINEN R ,PALOHEIMO M ,FAGERSTR M R ,et al. Cloning ,sequencing and enhanced expression of the *Trichoderma reesei* endoxylanase II ( pI 9) gene *xln2* [J]. Molecular and General Genetics Mgg , 1993 ,241( 5/6) : 497-503.
- [30] SALEH F ,OHTSUKA A ,TANAKA T ,et al. Carbohydrases are digested by proteases present in enzyme preparations during *in vitro* digestion [J]. The Journal of Poultry Science ,2004 ,41( 3) : 229-235.
- [31] DERSJANT-LI Y ,AWATI A ,SCHULZE H ,et al. Phytase in non-ruminant animal nutrition: a critical review on phytase activities in the gastrointestinal tract and influencing factors [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture ,2015 ,95( 5) : 878-896.
- [32] HUMER E ,SCHWARZ C ,SCHEDLE K. Phytate in pig and poultry nutrition [J]. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition ,2015 ,99( 4) : 605-625.
- [33] 王晶,季海峰,王四新,等.低磷饲料添加植酸酶对生长猪生长性能、营养物质表观消化率和排泄量的影响[J].中国畜牧杂志,2017,53(4):70-75.
- [34] 吴慧.乳酸菌固态发酵植物饼粕饲料的研究[D].硕士学位论文.泰安:山东农业大学,2016.
- [35] 赵国先,张正珊,王余丁,等.低蛋白日粮添加氨基酸对肉兔生产性能及血液生化指标的影响[J].饲料与畜牧,1997(2):9-11.

# Effects of Reducing Dietary Nitrogen or/and Phosphorus Contents with Compound Enzyme on Growth Performance , Nutrient Digestibility and Serum Biochemical Parameters of Growing Pigs

MAO Jiangdi<sup>1</sup> TANG Renlong<sup>1</sup> WANG Chong<sup>1</sup> WANG Haifeng<sup>1,2\*</sup>

( 1. College of Animal Sciences and Technology , Zhejiang A&F University , Hangzhou 311300 , China; 2. College of Animal Sciences , Zhejiang University , Hangzhou 310058 , China)

**Abstract:** This experiment was conducted to investigate the effects of reducing dietary nitrogen or/and phosphorus contents with compound enzyme on growth performance , nutrient digestibility and serum biochemical parameters of growing pigs. Ninety-six growing pigs with the body weight of (  $36.0\pm 4.8$  ) kg were randomly divided into four groups with three replicates in each group and eight pigs in each replicate. Pigs in those four groups were fed a normal diet without complex enzyme ( CON group) , a low nitrogen diet with compound enzyme ( LN group) , low phosphorus diet with complex enzyme ( LP group) and low nitrogen and phosphorus diet with compound enzyme ( LNP group) , respectively. The feeding trial lasted for 37 days. There were no significant differences in average daily feed intake , average daily gain and feed/gain among four groups of growing pigs (  $P>0.05$  ) . The phosphorus digestibility of growing pigs in LP group and LNP group was significantly higher than that in CON group and LN group (  $P<0.05$  ) . The digestibility of cysteine ( Cys) , methionine ( Met) , tyrosine ( Tyr) in LNP group was significantly higher than that in CON group (  $P<0.05$  ) , while the digestibility of other amino acids had no significant difference among four groups of growing pigs (  $P>0.05$  ) . The calcium content in serum of growing pigs in LP group and LN group was significantly higher than that in CON group and LP group (  $P<0.05$  ) , but there were no significant differences in serum total protein , phosphorus , urea nitrogen contents and alkaline phosphatase activity among four groups of growing pigs (  $P>0.05$  ) . The results indicate that appropriately reducing dietary phosphorus and nitrogen contents with complex enzyme will not affect the growth performance of growing pigs , and can improve the phosphorus utilization efficiency and reduce the nitrogen and phosphorus excretion in feces. [*Chinese Journal of Animal Nutrition* , 2019 , 31( 6) ]

**Key words:** growing pigs; phosphorus; nitrogen; complex enzyme; growth performance; nutrient digestibility

\* Corresponding author , professor , E-mail: haifengwang@zju.edu.cn