

# 饲料中添加甜菜碱对断奶仔猪生长性能和血清生化指标的影响

董冠<sup>1</sup> 杨维仁<sup>1\*</sup> 杨在宾<sup>1</sup> 姜淑贞<sup>1</sup> 张桂国<sup>1</sup> 郭凯<sup>2</sup>

(1. 山东农业大学动物科技学院, 泰安 271018; 2. 山东省济宁市南阳湖农场, 济宁 272000)

**摘要:** 本试验旨在研究饲料中添加甜菜碱对断奶仔猪生长性能和血清生化指标的影响。选用体重(7.12±0.11) kg 断奶后1周的“杜×长×大”仔猪160头, 随机分为4组, 每组4个重复, 每个重复10头。对照组饲喂基础饲料, 试验组分别饲喂在基础饲料上添加600、900、1200 mg/kg甜菜碱的试验饲料。试验期28 d。结果表明, 饲料中添加甜菜碱能够显著提高仔猪的平均日采食量和平均日增重( $P < 0.05$ ), 显著增加血清生长激素和胰岛素样生长因子I的含量( $P < 0.05$ )。600 mg/kg甜菜碱显著降低了血清尿素氮和低密度脂蛋白含量( $P < 0.05$ )。但饲料中添加甜菜碱对血清中总蛋白、白蛋白、甘油三酯、胆固醇、高密度脂蛋白含量和代谢酶的活性无显著影响( $P > 0.05$ )。由此可见, 饲料中添加甜菜碱可以提高断奶仔猪的生长性能, 促进蛋白质的沉积和脂肪代谢, 其中以添加量600 mg/kg效果最好。

**关键词:** 甜菜碱; 断奶仔猪; 生长性能; 血清代谢

**中图分类号:** S828

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-267X(2012)06-1085-07

甜菜碱又称三甲基甘氨酸, 其最普遍的形式是无水甜菜碱、硫酸甜菜碱和甜菜碱盐酸盐。甜菜碱作为甲基供体, 不仅与体内活性物质的合成和代谢有关, 也可以降低其他甲基供体的需求量<sup>[1-2]</sup>。具有调节机体渗透压<sup>[3]</sup>、改善饲料适口性<sup>[4]</sup>、提高畜禽生长<sup>[5-6]</sup>、降低脂肪<sup>[7]</sup>、改善肉质<sup>[8]</sup>等生物学功能。许梓荣等<sup>[9]</sup>研究表明, 在饲料中添加甜菜碱(600和800 mg/kg)显著提高了断奶仔猪的生长速度和饲料利用率。Huang等<sup>[10]</sup>和Young等<sup>[11]</sup>研究也发现甜菜碱可以促进猪不同阶段的生长发育。但国内外关于甜菜碱的研究也有不一致的结论, Martins等<sup>[12]</sup>和Matthews等<sup>[13]</sup>研究表明甜菜碱对仔猪的生长性能无显著影响。国内外关于甜菜碱的报道已较多, 但关于仔猪饲料中添加甜菜碱对血清代谢的研究报道较少。因此, 本试验拟研究饲料中添加甜菜碱对断奶仔猪的作用效果及其对血清蛋白质和脂肪代谢

的影响, 旨在为甜菜碱的生产应用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

饲料级95%盐酸甜菜碱, 由山东省潍坊祥维斯化学品有限公司提供。

### 1.2 试验动物及饲料

选用体重(7.12±0.11) kg、断奶后1周的“杜×长×大”仔猪, 基础饲料参照NRC(1998)仔猪营养需要量配制, 基础饲料组成及营养水平见表1。

### 1.3 试验设计与饲养管理

将160头断奶仔猪随机分为4组, 每组4个重复, 每个重复10头。对照组饲喂基础饲料, 试验组分别饲喂在基础饲料上添加600、900、1200 mg/kg甜菜碱的试验饲料。试验期28 d。

试验选择标准化猪场进行, 试验猪饲养在标

收稿日期: 2012-01-04

基金项目: 山东省现代农业产业技术体系生猪创新团队建设项目

作者简介: 董冠(1987—), 男, 山东淄博人, 硕士研究生, 研究方向为动物营养与饲料科学。E-mail: dongguan231@163.com

\* 通讯作者: 杨维仁, 教授, 博士生导师, E-mail: wryang@sdau.edu.cn

准保育猪舍内进行。料槽自由采食及饮水,保持圈舍干净和干燥,每天记录采食量及死亡猪数,观察猪的毛色、采食、活动状况、腹泻疾病情况等。试验开始和结束时称取每组总重量,计算平均日采食量 (average daily feed intake, ADFI)、平均日增重 (average daily gain, ADG) 和料重比 (feed/gain, F/G)。

表 1 基础饲料组成及营养水平 (风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis) %

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	66.33
豆粕 Soybean meal	26.00
豆油 Soybean oil	1.00
鱼粉 Fish meal	1.50
L-赖氨酸 L-Lys	0.45
苏氨酸 Thr	0.15
色氨酸 Try	0.05
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	1.70
碳酸钙 CaCO <sub>3</sub>	1.10
沸石粉 Zeolite	0.32
食盐 NaCl	0.40
预混料 Premix	1.00
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels	
消化能 DE/(MJ/kg)	13.82
粗蛋白质 CP	18.48
钙 Ca	0.92
磷 P	0.44
赖氨酸 Lys	1.37
蛋氨酸 Met	0.28
蛋氨酸 + 半胱氨酸 Met + Cys	0.60
苏氨酸 Thr	0.88
色氨酸 Try	0.26

预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of diet: VA 3 300 IU, VD<sub>3</sub> 330 IU, VE 24 IU, VK<sub>3</sub> 0.75 mg, VB<sub>1</sub> 1.50 mg, VB<sub>2</sub> 5.25 mg, VB<sub>6</sub> 2.25 mg, VB<sub>12</sub> 0.03 mg, D-泛酸 D-pantothenic acid 15.00 mg, 烟酸 nicotinic acid 22.5 mg, 生物素 biotin 0.08 mg, 叶酸 folic acid 0.45 mg, Mn 6.00 mg, Fe 150 mg, Zn 150 mg, Cu 9.00 mg, I 0.21 mg, Se 0.45 mg。

#### 1.4 样品的采集与制备

试验结束后空腹 12 h 称重,从每个重复中选择体重相近的仔猪 2 头,前腔静脉采血,分离血

清,进行激素和生化指标的测定。

#### 1.5 指标测定

##### 1.5.1 激素含量的测定

采用 DFM-96 型 10 管放射免疫  $\gamma$  计数器 (日立 H-7500) 测定血清中生长激素 (growth hormone, GH) 和胰岛素样生长因子 I (insulin and insulin-like growth factor I, IGF-I) 的含量,试剂盒由天津九鼎医学生物工程有限公司提供。

##### 1.5.2 血清生化指标的测定

采用全自动生化分析仪 (日立 HITACHI 7600-020) 测定血清中总蛋白 (total protein, TP)、白蛋白 (albumin, ALB)、球蛋白 (globulin, GLB)、尿素氮 (urea nitrogen, UN)、胆固醇 (cholesterol, CHOL)、甘油三酯 (triglyceride, TG)、高密度脂蛋白 (high-density lipoprotein, HDL)、低密度脂蛋白 (low-density lipoprotein, LDL)、极低密度脂蛋白 (very low density lipoprotein, VLDL) 含量以及谷草转氨酶 (glutamic oxalacetic transaminase, GOT)、谷丙转氨酶 (glutamic-pyruvic transaminase, GPT)、碱性磷酸酶 (alkaline phosphatase, ALP) 和肌酸激酶 (creatinase, CK) 活性。

#### 1.6 数据处理

数据采用 SAS 8.0 软件进行统计学处理,方差分析使用 one-way ANOVA,多重比较采用 Duncan 氏法,  $P < 0.05$  为差异显著。一次和二次效应分析采用 SAS 8.0 中正交多项式比较甜菜碱添加量的影响。

## 2 结果

### 2.1 饲料中添加甜菜碱对断奶仔猪生长性能的影响

由表 2 可知,添加甜菜碱显著提高了断奶仔猪的 ADG ( $P < 0.05$ ),且随着甜菜碱添加水平的提高,ADG 呈现二次曲线增高的效应趋势 ( $P < 0.10$ )。其中以 600 mg/kg 试验组效果最好,与对照组相比 ADFI 和 ADG 分别提高了 5.56% ( $P > 0.05$ ) 和 17.9% ( $P < 0.05$ ),F/G 降低了 10.7% ( $P < 0.05$ )。1 200 mg/kg 试验组 ADFI 最高,与对照组相比提高了 7.29% ( $P < 0.05$ )。其余各组间差异不显著 ( $P > 0.05$ ),且随着甜菜碱添加水平的提高,仔猪 ADFI 呈现一次线性增高的效应趋势 ( $P < 0.05$ )。

表2 甜菜碱对断奶仔猪生长性能的影响

Table 2 Effects of betaine on growth performance of weaner piglets

项目 Items	对照组 Control group	甜菜碱添加水平 Betaine supplemental level/(mg/kg)			P值 P-value	
		600	900	1 200	一次线性 Linear	二次曲线 Quadratic
平均日采食量 ADFI/g	709.24 ± 33.84 <sup>b</sup>	749.61 ± 55.19 <sup>ab</sup>	738.96 ± 38.83 <sup>ab</sup>	760.89 ± 18.99 <sup>a</sup>	0.053	0.137
平均日增重 ADG/g	419.31 ± 43.14 <sup>c</sup>	494.21 ± 47.53 <sup>a</sup>	461.38 ± 45.55 <sup>ab</sup>	464.48 ± 18.15 <sup>ab</sup>	0.234	0.075
料重比 F/G	1.69 ± 0.19 <sup>ab</sup>	1.51 ± 0.20 <sup>c</sup>	1.60 ± 0.11 <sup>bc</sup>	1.64 ± 0.04 <sup>abc</sup>	0.678	0.255

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

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

## 2.2 饲料中添加甜菜碱对断奶仔猪血清 GH 和 IGF- I 含量的影响

由表 3 可知, 饲料中添加甜菜碱各试验组均显著提高了断奶仔猪的 GH 和 IGF- I 含量 ( $P < 0.05$ )。与对照组相比, 各试验组血清 GH 含量分别提高了 64.1%、48.7% 和 38.5% ( $P < 0.05$ ), 血

清 IGF- I 含量分别提高了 68.3%、34.7% 和 56.0% ( $P < 0.05$ )。且随着甜菜碱添加水平的增加, GH 含量呈现二次曲线增高的效应趋势 ( $P < 0.05$ ), IGF- I 含量呈现一次线性效应或二次曲线增高的效应趋势 ( $P < 0.05$ )。

表3 甜菜碱对断奶仔猪血清 GH 和 IGF- I 含量的影响

Table 3 Effects of betaine on contents of GH and IGF- I in serum of weaner piglets

项目 Items	对照组 Control group	甜菜碱添加水平 Betaine supplemental level/(mg/kg)			P值 P-value	
		600	900	1 200	一次线性 Linear	二次曲线 Quadratic
生长激素 GH	0.39 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.64 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.58 ± 0.14 <sup>c</sup>	0.54 ± 0.05 <sup>c</sup>	0.128	0.004
胰岛素样生长因子 I IGF- I	26.78 ± 5.27 <sup>c</sup>	45.07 ± 2.05 <sup>a</sup>	36.08 ± 4.94 <sup>b</sup>	41.78 ± 2.06 <sup>a</sup>	0.038	0.023

## 2.3 饲料中添加甜菜碱对断奶仔猪血清代谢酶活性的影响

由表 4 可知, 饲料中添加甜菜碱提高仔猪血清中 GOT、GPT 和 ALP 活性, 但是各组间差异不

显著 ( $P > 0.05$ )。GOT 活性呈现一次线性增高的效应趋势 ( $P < 0.10$ )。饲料中添加甜菜碱对 CK 的活性也无显著影响 ( $P > 0.05$ )。

表4 甜菜碱对断奶仔猪血清代谢酶活性的影响

Table 4 Effects of betaine on serum metabolic enzyme activities of weaner piglets

项目 Items	对照组 Control group	甜菜碱添加水平 Betaine supplemental level/(mg/kg)			P值 P-value	
		600	900	1 200	一次线性 Linear	二次曲线 Quadratic
谷草转氨酶 GOT	49.75 ± 5.50	56.00 ± 4.55	54.00 ± 4.90	57.00 ± 2.94	0.076	0.173
谷丙转氨酶 GPT	40.75 ± 4.35	44.33 ± 4.18	43.67 ± 4.49	47.33 ± 7.76	0.117	0.307
肌酸激酶 CK	1 238.00 ± 74.35	1 306.00 ± 116.19	1 239.00 ± 94.28	1 198.00 ± 93.37	0.392	0.370
碱性磷酸酶 ALP	244.50 ± 16.05	269.33 ± 24.50	259.67 ± 6.02	261.00 ± 14.99	0.225	0.116

## 2.4 饲料中添加甜菜碱对断奶仔猪血清中蛋白质代谢的影响

由表 5 可知, 试验组血清 UN 含量显著低于对照组 ( $P < 0.05$ ), 600 mg/kg 试验组血清 UN 含量最低, 与对照组相比降低了 11.86% ( $P < 0.05$ )。

随着甜菜碱添加水平的升高, 血清 UN 含量呈现二次曲线增高的效应趋势 ( $P < 0.05$ )。各组 TP、ALB 和 GLB 含量差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 但添加甜菜碱后各项蛋白质指标均有所提高, 更高的添加量并没有产生更好的效果。

表 5 甜菜碱对断奶仔猪血清蛋白质代谢产物的影响

Table 5 Effects of betaine on serum protein metabolite of weaner piglets

项目 Items	对照组 Control group	甜菜碱添加水平 Betaine supplemental level/(mg/kg)			P 值 P-value	
		600	900	1 200	一次线性 Linear	二次曲线 Quadratic
尿素氮 UN/(mmol/L)	2.60 ± 0.11 <sup>a</sup>	2.29 ± 0.07 <sup>c</sup>	2.35 ± 0.02 <sup>bc</sup>	2.44 ± 0.13 <sup>b</sup>	0.225	0.002
总蛋白 TP/(g/L)	48.13 ± 7.57	56.00 ± 5.47	53.63 ± 5.11	54.23 ± 1.14	0.219	0.207
白蛋白 ALB/(g/L)	31.55 ± 5.49	34.27 ± 1.18	35.40 ± 2.95	34.70 ± 2.77	0.177	0.250
球蛋白 GLB/(g/L)	16.58 ± 11.43	21.73 ± 4.63	18.23 ± 2.82	19.53 ± 2.21	0.706	0.780

## 2.5 饲料中添加甜菜碱对断奶仔猪血清脂肪代谢的影响

由表 6 可知, 各组间血清 CHOL、HDL 和 VLDL 含量差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。而 600 mg/kg 试验组 TG 和 LDL 含量与对照组相比

降低了 24.7% ( $P < 0.05$ ), 其余各组 LDL 含量也有所降低, 但差异不显著 ( $P > 0.05$ )。随着甜菜碱添加水平的升高, TG 和 LDL 含量呈现二次曲线降低的效应趋势 ( $P < 0.10$ )。

表 6 甜菜碱对断奶仔猪血清脂肪代谢的影响

Table 6 Effects of betaine on serum fat metabolism of weaner piglets

项目 Items	对照组 Control group	甜菜碱添加水平 Betaine supplemental level/(mg/kg)			P 值 P-value	
		600	900	1 200	一次线性 Linear	二次曲线 Quadratic
胆固醇 CHOL	1.71 ± 0.24	1.51 ± 0.06	1.57 ± 0.24	1.58 ± 0.04	0.423	0.376
甘油三酯 TG	0.50 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.40 ± 0.05 <sup>b</sup>	0.43 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.45 ± 0.06 <sup>ab</sup>	0.378	0.054
高密度脂蛋白 HDL	0.56 ± 0.08	0.77 ± 0.16	0.74 ± 0.17	0.76 ± 0.15	0.120	0.137
低密度脂蛋白 LDL	0.97 ± 0.09 <sup>a</sup>	0.73 ± 0.08 <sup>b</sup>	0.78 ± 0.21 <sup>ab</sup>	0.81 ± 0.12 <sup>ab</sup>	0.223	0.091
极低密度脂蛋白 VLDL	0.19 ± 0.05	0.27 ± 0.08	0.22 ± 0.04	0.26 ± 0.07	0.302	0.489

## 3 讨论

### 3.1 饲料中添加甜菜碱对断奶仔猪生长性能的影响

本试验研究结果表明, 添加甜菜碱可以增加仔猪的 ADFI, 提高 ADG, 降低 F/G。以 600 mg/kg 的添加量效果最好, 其 ADG 和 F/G 均有显著改善。而 1 200 mg/kg 的添加量仔猪 ADFI 最高, 这可能是因为甜菜碱属于季胺型生物碱, 具有甜味和鱼虾敏感的鲜味, 能刺激动物的嗅觉和味觉。许梓荣等<sup>[9]</sup>的饲养试验结果显示, 添加甜菜碱

(600 和 800 mg/kg) 显著地提高了断奶仔猪的生长速度和饲料利用率。余东游等<sup>[14]</sup>研究也表明, 甜菜碱可显著提高猪不同阶段的生长速度、降低 F/G。但是更高的添加量并没有更好地改善仔猪生长性能, 如本试验中 900 和 1 200 mg/kg 2 个试验组。其可能的作用机理如下: 动物吸收的外源甜菜碱主要在肝脏中发挥甲基供体的作用, 并受甜菜碱 - 高半胱氨酸 - 甲基转移酶和胱硫醚 -  $\beta$  - 合成酶 (C $\beta$ S) 的双重调控。由于外源添加大量的甜菜碱, 肝脏通过提高 C $\beta$ S 活性, 使大部分高半胱氨酸通过转硫途径形成胱硫醚, 从而使机体

甲基代谢途径处于稳定的动态平衡。因此,更高的添加量并没有更好地改善仔猪生长性能。

### 3.2 饲料中添加甜菜碱对断奶仔猪蛋白质代谢的影响

研究表明,血清 TP 和 UN 含量是衡量机体蛋白质合成代谢的重要指标。本试验结果显示,添加甜菜碱使血清中 TP 含量升高,而 UN 含量显著降低。这与许梓荣等<sup>[9]</sup>、Matthews 等<sup>[13]</sup>和余东游等<sup>[14]</sup>的研究结果一致,证明猪体内氨基酸分解作用减弱,氮贮留增加,留存时间延长,意味着试验猪蛋白质沉积增加<sup>[15]</sup>。同时,血清 TP 含量与肌肉率呈正相关,血清 TP 含量升高,表明蛋白质合成代谢加强,使其与组织蛋白保持动态平衡正向作用加强,促进组织器官的生长<sup>[16]</sup>。甜菜碱作为甲基供体可以更有效地提供机体肌酸、肉碱、核酸和蛋白质等的合成代谢所需的甲基,从而满足仔猪快速生长的需要<sup>[17]</sup>。

本试验还发现,甜菜碱提高了仔猪血清中 GH、IGF- I 的含量,此结果与 Huang 等<sup>[10]</sup>的研究结果一致。动物体内这 2 种激素的提高,都会促进蛋白质合成代谢,增加蛋白质的沉积。GH 能增加细胞膜对氨基酸的通透性,促进氨基酸进入细胞,为蛋白质合成提高足够的原料,也能促进蛋白质合成,减少氨基酸的分解,使机体氮贮留增加,呈正氮平衡<sup>[18]</sup>。血浆中 IGF- I 含量与 ADG 之间呈显著的正相关,能够同时影响蛋白质的合成和降解过程,使机体蛋白质的降解过程减慢,使蛋白质的沉积增加<sup>[19]</sup>。

此外,血清 GOT、GPT 活性是反映肝脏、心脏功能的 2 个重要指标,其活性过高意味着肝脏、心脏可能有损伤。而本研究发现添加甜菜碱对血清 GOT、GPT 活性没有显著影响。说明甜菜碱对肝脏和心脏无有害影响,这与试验过程中猪只的健康状况相符。

### 3.3 饲料中添加甜菜碱对断奶仔猪脂肪代谢的影响

血清中 TG 和 CHOL 含量是反映脂肪代谢的重要指标。本试验结果显示,甜菜碱能够降低血清中 TG 和 CHOL 含量,提高 HDL 含量。这与王敏奇等<sup>[20]</sup>、张冬梅等<sup>[21]</sup>的研究一致。甜菜碱可通过自身代谢循环,完善与脂蛋白合成有关的细胞内膜的形成,从而使肝脏中 VLDL 合成增加,使 TG 迁移速度加快<sup>[22]</sup>。同时甜菜碱使血液游离脂

肪酸含量升高,而脂肪酸主要来自机体动员脂肪组织、乳糜微粒和 VLDL 中的 TG,甜菜碱促进 TG 向游离脂肪酸的转化从而更有效地进行  $\beta$  氧化,使血清中 TG 含量降低。HDL 与 CHOL 结合形成 HDL,以此运输脂类,说明血液输送胆固醇的能力增加,CHOL 总含量下降。表明甜菜碱可影响肝脏的脂质代谢,从而改变脂蛋白比例,并具有一定的抗脂肪肝脏作用。以上结果显示,甜菜碱作为有效地甲基供体能够加强肝脏脂肪酸的运载能力,起到降低或重新分配体内脂肪的作用。

## 4 结论

① 饲料中添加甜菜碱可以提高仔猪 ADG,降低 F/G,改善仔猪的生长性能。其中添加量以 600 mg/kg 为效果最好。

② 饲料中添加甜菜碱可以显著增加血清中 GH 和 IGF- I 含量,并且显著降低 UN 含量,促进机体蛋白质的合成和沉积。

③ 饲料中添加甜菜碱可以显著降低血清中 TG 和 LDL 含量,同时有提高 HDL 含量的趋势,促进猪体的脂肪代谢。

## 参考文献:

- [1] EKLUND M, BAUER E, WAMATU J, et al. Potential nutritional and physiological functions of betaine in livestock [J]. Nutrition Research Reviews, 2005, 18 (1): 31-48.
- [2] BUDAVARI S. The merck Index [M]. 11th ed. Rahway, N J: Merck and Co., Inc., 1989: 1201-1202.
- [3] RATRIYANTO A, MOSENTHIN R, BAUER E, et al. Metabolic, osmoregulatory and nutritional functions of betaine in monogastric animals [J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2009, 22: 1461-1476.
- [4] 尹海富, 韩英, 范兆廷, 等. 水产饲料诱食剂的应用 [J]. 水产学杂志, 2003, 16(2): 72-76.
- [5] 占秀安, 许梓荣. 甜菜碱在肉鸡体内供甲基代谢及其节约蛋氨酸效应机制 [M]. 中国粮油学报, 2004, 19(3): 78-81.
- [6] 汪以真, 占秀安. 甜菜碱对肉雏鸡作用效果的研究 [J]. 动物营养学报, 1998, 10(2): 45-51.
- [7] 王昕陟, 刘家胜. 甜菜碱对肥育猪生长性能及胴体品质的影响 [J]. 养猪, 2006(1): 33-34.
- [8] 边连全, 安磊旭, 张东梅, 等. 甜菜碱和胆碱对育肥猪胴体品质及肉品质的影响 [J]. 饲料工业, 2009,

- 30(4): 6-8.
- [9] 许梓荣,余东游. 甜菜碱对断奶仔猪的作用效果及其机理探讨[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版,1999,25(5):543-546.
- [10] HUANG Q C, XU Z R, HAN X Y, et al. Effect of betaine on growth hormone pulsatile secretion and serum metabolites in finishing pigs[J]. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2007, 91:85-90.
- [11] YOUNG H, SUN J H, GU B P, et al. Effects of dietary glycine betaine on blood characteristics and pork quality[J]. *Journal of Muscle Foods*, 2010, 21:87-101.
- [12] MARTINS J M, NEVES J A, FREITAS A, et al. Betaine supplementation affects the cholesterol but not the lipid profile of pigs[J]. *European Journal of Lipid Science Technology*, 2010, 112:295-303.
- [13] MATTHEWS J O, SOUTHERN L L, BIDNER T D. Estimation of the total sulfur amino acid requirement and the effect of betaine in diets deficient in total sulfur amino acids for the weanling pig[J]. *Animal Science*, 2001, 79:1557-1565.
- [14] 余东游,冯杰,许梓荣. 甜菜碱对猪不同阶段脂肪和蛋白质代谢的影响[J]. *中国兽医学报*, 2001, 21(2):200-203.
- [15] COMA J, CARRION D, ZIMMERMAN D R. Use of plasma urea nitrogen as a rapid response criterion to determine the lysine requirement of pigs[J]. *Animal Science*, 1995, 73:472-481.
- [16] 黄其春. 甜菜碱对育肥猪脂肪代谢及其关键酶基因表达的影响与机理研究[D]. 博士学位论文. 杭州:浙江大学,2006.
- [17] 余东游,许梓荣. 甲基供体促仔猪生长的内分泌机制的探讨[J]. *中国畜牧杂志*, 2000, 36(5):8-10.
- [18] 王明运. 激素化学[M]. 北京:人民卫生出版社, 1987.
- [20] PETER K, ELISABETH J, TOM O N, et al. The role of growth hormone in growth, lipid homeostasis, energy utilization and partitioning in rainbow trout: interactions with leptin, ghrelin and insulin-like growth factor I [J]. *General and Comparative Endocrinology*, 2011, 11:1-10.
- [20] 王敏奇,许梓荣. 甜菜碱对生长猪脂肪代谢的影响[J]. *浙江农业学报*, 2001, 13(6):339-342.
- [21] 张冬梅,边连全,安磊旭,等. 肉碱与甜菜碱对育肥猪生长性能及脂肪代谢的影响[J]. *河南农业科学*, 2009(4):111-114.
- [22] 陈剑杰. 甜菜碱对猪生长性能,体脂含量的影响及其机理探讨[J]. *山地农业生物学报*, 2003, 22(5):452-455.

## Effects of Betaine on Growth Performance and Serum Biochemical Parameters of Weaner Piglets

DONG Guan<sup>1</sup> YANG Weiren<sup>1\*</sup> YANG Zaibin<sup>1</sup> JIANG Shuzhen<sup>1</sup> ZHANG Guiguo<sup>1</sup> GUO Kai<sup>2</sup>

(1. Department of Animal Science and Technology, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China;

2. Nanyang Lake Farm Pig Breeding Farm, Jining 272000, China)

**Abstract:** This experiment was conducted to investigate the effects of dietary betaine on growth performance and serum biochemical parameters of weaner piglets. A total of 160 “Duroc × Yorkshire × Landrace” weaner piglets with an average body weight of  $(7.12 \pm 0.11)$  kg were randomly divided into 4 groups with 4 replicates per group and 10 piglets in each replicate. Piglets in control group were fed a basal diet, and the others in experimental groups were fed the basal diet supplemented with 600, 900 and 1 200 mg/kg betaine, respectively. The experiment lasted for 28 days. The results showed as follows: supplementation of betaine could significantly improve average daily feed intake and average daily gain ( $P < 0.05$ ), and significantly increase the contents of growth hormone and insulin-like growth factor I in serum ( $P < 0.05$ ). The supplementation of 600 mg/kg betaine was significantly reduced the contents of serum urea nitrogen and low-density lipoprotein in serum ( $P < 0.05$ ). However, supplementation of betaine had no significant effects on the contents of total protein, albumin, triglyceride, cholesterol, high-density lipoprotein in serum and metabolic enzyme activity ( $P > 0.05$ ). In conclusion, supplementation of betaine can improve growth performance of weaner piglets, promote protein deposition and fat metabolism, and the optimum supplemental level of betaine is 600 mg/kg. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2012, 24(6):1085-1091]

**Key words:** betaine; weaner piglets; growth performance; serum metabolism