

饲料中添加复合酶对仔猪生长性能、血液生化指标和养分消化率的影响

郭玉光, 杜红方*, 王敏, 冯新雨, 陈书琴, 郝甜甜
(广东溢多利生物科技股份有限公司, 广东珠海 519060)

摘要: 本试验旨在研究饲料中添加不同水平的复合酶对仔猪生长性能、血液生化指标和养分消化率的影响。选取360头健康的35日龄杜×长×大三元仔猪, 随机分为4个处理, 每个处理3个重复, 每个重复30头仔猪。对照组饲喂基础饲料, 试验1、2、3组分别在基础饲料中添加300、500、1000 g/t的复合酶(溢多酶A-F888S, 主要成分为木聚糖酶、蛋白酶、甘露聚糖酶、纤维素酶、 α -淀粉酶、葡聚糖酶)。预试期7 d, 正式试验期30 d。结果表明: 与对照组相比, 试验2组日增重(ADG)显著提高($P<0.05$), 耗料增重比(F/G)显著降低($P<0.05$), 其余各组间ADG和F/G没有显著差异($P>0.05$); 试验1、2、3组腹泻率显著低于对照组($P<0.05$); 试验2组血清中总蛋白(TP)、球蛋白(GLB)和三碘甲状腺原氨酸(T3)浓度显著高于对照组($P<0.05$), 尿素氮(UN)含量显著低于对照组($P<0.05$); 试验2组的干物质、粗蛋白和能量表观消化率显著高于对照组($P<0.05$), 其余各组间差异不显著($P>0.05$)。本试验结果表明, 饲料中添加复合酶对仔猪生长性能、腹泻率、养分消化率均有不同程度的改善作用, 其中500 g/t的添加效果最佳。

关键词: 仔猪; 复合酶; 生长性能; 血液生化指标; 养分消化率

中图分类号: S828.5

文献标识码: A

DOI 编号: 10.19556/j.0258-7033.2018-02-065

乳仔猪消化系统发育不完善, 消化酶活性低, 对植物性养分的有效利用率存在功能性障碍, 断奶前主要依靠母乳的营养, 断奶后, 仔猪内源酶活性大幅下降, 在随后的2周内逐渐恢复^[1], 但对固体饲料的消化利用率仍然较低, 无法利用的营养物质被后肠有害微生物发酵利用, 极易导致腹泻^[2]。因此, 寻找改善仔猪消化功能、

降低腹泻率、促进生长的方案尤为重要。

研究表明, 饲料中添加酶制剂能够补充内源酶的不足, 消除饲料中非淀粉多糖等抗营养因子, 提高干物质、粗蛋白和总能的表现消化率, 改善机体健康状况^[3-4]。叶楠等^[5]研究发现, 当饲料中的木聚糖含量达到7.54%时, 添加木聚糖酶能够显著提高仔猪回肠内容物乙酸等挥发性脂肪酸含量, 显著降低盲肠内容物氨浓度, 显著增加盲肠内容物双歧杆菌数量, 提高仔猪日增重。边连全等^[6]报道, 在仔猪饲料中复合添加0.008%的木聚糖酶和0.008%的 α -半乳糖苷酶, 能够显著提高仔猪粗蛋白、粗脂肪和粗纤维的消化率, 降低腹泻率。本试验通

收稿日期: 2017-12-21; 修回日期: 2018-01-10

作者简介: 郭玉光(1987-), 男, 山东青岛人, 博士, 主要从事酶制剂应用研究与微生物营养与健康调控的研究, E-mail: 284390994@qq.com

* 通讯作者: 杜红方(1976-), 男, 河北隆尧人, 博士, 从事饲料用酶制剂研发工作, E-mail: 382109463@qq.com

Abstract: The trial was conducted to determine the effect of vitamin E on testosterone synthesis in sheep primary leydig cells. Dorper×thin tailed Han male sheeps were slaughtered to obtain testicular tissue. Seperating the Leydig cells, and the cells were randomly divided into four groups, each with age of 2 months groups was treated with different concentrations of vitamin E (0, 40, 80, 160 $\mu\text{g/mL}$). Enzyme (3β -HSD, 17β -HSD, P450scc, CYP17) content and genes (3β -HSD, 17β -HSD, P450scc, CYP17, StAR) relative expression related to testosterone synthesis were measured after the completion of the culture. The results showed that compared with control group, supplementation with different doses of vitamin E tended to increase testosterone synthesis ($P=0.061$). The relative expression of P450scc mRNA and 3β -HSD mRNA ($P<0.05$) and the enzyme content of P450scc and 3β -HSD ($P<0.05$) were significantly increased by adding 40 $\mu\text{g/mL}$ vitamin E.

Keywords: Vitamin E; Testosterone synthesis; Leydig cell; Ovine

过分析不同添加水平的复合酶对仔猪的生长性能、血液生化指标和养分消化率的影响,探究复合酶制剂的最适添加量,为常规仔猪日粮中复合酶的添加提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料 试验用复合酶(溢多酶 A-F888S)由广东溢多利生物科技股份有限公司提供,主要成分为木聚糖酶 3 000 U/g、蛋白酶 5 000 U/g、甘露聚糖酶 200 U/g、纤维素酶 2 000 U/g、 α -淀粉酶 250 U/g、葡聚糖酶 10 000 U/g。

1.2 试验设计及试验日粮 选取 360 头 35 日龄的健康、长势均匀的杜×长×大三元仔猪,随机分为 4 个处理,每个处理 3 个重复,每重复 30 头(公母各半)。对照组饲喂基础饲料,试验 1 组、2 组、3 组分别在基础饲料的基础上添加 300、500、1 000 g/t 复合酶。预试期 7 d,正式试验期为 30 d。基础饲料参照 NRC (2012) 标准配制,原料组成及营养成分见表 1。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 生长性能 分别于试验开始和结束时,逐头空腹称量仔猪初始体重和终末体重,计算仔猪平均日增重(ADG);试验期间以栏为单位记录喂料量和剩余料量,计算仔猪平均日采食量(ADFI)、ADG 和耗料增重比(F/G)。计算公式如下:

$$ADG = \text{增重} / (\text{试验天数} \times \text{试验猪头数})$$

$$ADFI = \text{耗料量} / (\text{试验天数} \times \text{试验猪头数})$$

$$F/G = \text{耗料量} / \text{增重}$$

试验期间,观察并记录仔猪腹泻情况,计算腹泻率。

$$\text{腹泻率} = [(\text{腹泻仔猪头数} \times \text{仔猪腹泻天数}) / (\text{试验仔猪总头数} \times \text{试验天数})] \times 100\%$$

1.3.2 血液生化指标 于试验第 30 天,每个重复挑选 1 头接近平均体重的试验猪,称重后每头猪前腔静脉采血 5 mL,3 000 r/min 离心 10 min 制备血清样品,分装后存放于 -20℃待测。

采用放射免疫法测定三碘甲状腺原氨酸(T3)和甲状腺素(T4),使用日立 7600 全自动生化仪测定总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、球蛋白(GLB)和尿素氮(UN)的含量。采用猪免疫球蛋白酶联免疫反应试剂盒检测血清免疫球蛋白 A(IgA)和免疫球蛋白 G(IgG)含量,试剂盒由南京建成生物工程研究所提供,具体操作按试剂盒说明进行。

1.3.3 养分消化率 于试验第 23 天,从各处理组的每

表 1 基础饲料组成及营养成分(风干基础)

项目	含量
原料组成, %	
玉米(CP8%)	45.07
膨化玉米	15.00
豆粕(CP46%)	14.00
膨化大豆	10.00
葡萄糖	2.50
鱼粉	4.00
乳清粉	5.00
豆油	0.80
磷酸氢钙	0.70
石粉	0.50
食盐	0.20
氧化锌	0.25
复合氨基酸	0.58
氯化胆碱	0.10
酸化剂	0.30
预混料 ^①	1.00
合计	100.00
营养成分 ^②	
消化能, MJ/kg	14.45
粗蛋白, %	18.10
钙, %	0.68
总磷, %	0.55
可消化赖氨酸, %	1.19
可消化蛋氨酸, %	0.33
可消化苏氨酸, %	0.70
可消化色氨酸, %	0.20

注: ①预混料为每千克饲料提供: 维生素 A 12 000 IU, 维生素 D₃ 2 000 IU, 维生素 E 60 IU, 维生素 K₃ 3 mg, 维生素 B₁₂ 25 μg, 维生素 B₂ 8 mg, 泛酸 20 mg, 烟酸 30 mg, 叶酸 0.7 mg, 维生素 B₁ 2.0 mg, 维生素 B₆ 5.0 mg, 生物素 0.3 mg, 锰 40 mg, 铁 100 mg, 锌 2 250 mg, 铜 100 mg, 碘 0.4 mg, 硒 0.35 mg; ②粗蛋白、钙和总磷为实测值, 其余为计算值

个重复中选择接近平均体重、健康的公母仔猪各 1 头, 移入猪代谢笼中(购自北京环宇中科净化工程有限公司), 预试 5 d 后, 在试验第 28、29、30 天用 0.25% 三氧化二铬作为外源指示剂, 采用全收粪法测定饲料中总能、粗蛋白、干物质的消化率。收粪时间为每天 08:00、12:00 和 16:00。粪便收集后直接移入 60~65℃ 烘箱中干燥至恒重, 取出后粉碎过 40 目筛待测。饲料和粪样中的粗蛋白用凯氏定氮法测定, 能量用全自动氧弹测热仪测定。养分消化率计算公式如下:

$$\text{某养分消化率}(\%) = [1 - (b \times c) / (a \times d)] \times ad$$

式中, a 为饲料中某养分含量(%); b 为粪样中某养

分含量(%)；c为饲料中铬含量(%)；d为粪样中铬含量(%)。

1.4 统计分析 试验数据经过 Excel 处理后，利用 SPSS 20.0 统计软件进行方差分析，差异显著时采用 Duncan's 方法进行多重比较，试验结果以平均值 ± 标准差表示。

2 结果与分析

2.1 复合酶对仔猪生长性能的影响 如表 2 所示，加酶试验组仔猪生长性能较对照组有不同程度的改善，其中试验 2 组效果最佳。与对照组相比，试验 2 组末重提高了 5.47% ($P<0.05$)，日增重提高了 9.05% ($P<0.05$)，F/G 降低了 3.25% ($P<0.05$)。试验各组间的日采食量没有显著差异 ($P>0.05$)。试验 1、2、3 组腹泻率较对照组分别降低了 3.83%、4.76%、4.17% ($P<0.05$)。

2.2 复合酶对仔猪血液生化指标的影响 如表 3 所示，与对照组相比，试验 2 组血清中 T3 提高 24.09% ($P<0.05$)、TP 提高 16.66% ($P<0.05$)、GLB 提高 20.96% ($P<0.05$)，UN 降低 11.73% ($P<0.05$)，IgG

提高 10.58% ($P=0.08$)。其余各组间血液生化指标没有显著差异 ($P>0.05$)。

2.3 复合酶对仔猪养分消化率的影响 如表 4 所示，与对照组相比，试验 2 组干物质消化率提高 8.79% ($P<0.05$)，粗蛋白提高 10.43% ($P<0.05$)，能量表观消化率提高 7.13% ($P<0.05$)。其余各组间养分消化率差异不显著 ($P>0.05$)。

3 讨论

3.1 饲料中添加复合酶对仔猪生长性能的影响 本研究发现，饲料中添加复合酶能够有效改善仔猪的 ADG，提高饲料转化效率。在饲料中添加机体不能自行分泌的非淀粉多糖酶，能够消除饲料中非淀粉多糖造成的黏度效应和笼蔽效应，间接提高养分消化率；此外，饲料中添加蛋白酶和淀粉酶，能够有效弥补仔猪消化道发育不健全造成的内源酶不足，直接提高干物质、粗蛋白等养分的消化利用率，改善仔猪生长性能。同类研究中，刘利等^[7]报道，在玉米-豆粕型饲料中添加 1 000 g/t 复

表 2 复合酶对仔猪的生长性能的影响

项目	对照组	试验 1 组	试验 2 组	试验 3 组
初重,kg	8.80±0.27	8.76±0.30	8.75±0.27	8.78±0.22
末重,kg	23.59±0.58 ^b	24.23±0.46 ^{ab}	24.88±0.43 ^a	24.44±0.62 ^{ab}
ADG,g	493.0±30.3 ^b	515.6±28.5 ^{ab}	537.6±31.2 ^a	522.0±35.8 ^{ab}
ADFI,g	759.2±23.9	778.6±21.2	801.0±28.4	783.9±28.7
F/G	1.54±0.03 ^a	1.51±0.04 ^{ab}	1.49±0.03 ^b	1.50±0.04 ^{ab}
腹泻率,%	11.98±2.53 ^a	7.39±3.06 ^b	6.28±2.56 ^b	6.98±1.53 ^b

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

表 3 复合酶对仔猪血液生化指标的影响

项目	对照组	试验 1 组	试验 2 组	试验 3 组
T3,ng/mL	2.20±0.16 ^b	2.31±0.22 ^{ab}	2.73±0.33 ^a	2.29±0.27 ^{ab}
T4,ng/mL	98.89±9.57	102.11±9.31	109.03±6.48	106.29±7.69
UN,mg/dL	4.69±0.24 ^a	4.38±0.31 ^{ab}	4.14±0.30 ^b	4.54±0.25 ^{ab}
TP,g/L	48.74±7.11 ^b	53.03±3.19 ^{ab}	56.86±4.57 ^a	51.89±1.46 ^{ab}
ALB,g/L	24.74±3.76	26.50±1.23	27.82±1.77	24.42±0.66
GLB,g/L	24.00±3.99 ^b	26.53±3.43 ^a	29.03±4.29 ^a	27.48±2.06 ^{ab}
IgG,ng/mL	23.91±3.06	24.95±3.31	26.44±2.10	25.90±3.14
IgA,ng/mL	0.46±0.06	0.47±0.07	0.47±0.09	0.47±0.06

表 4 复合酶对仔猪干物质、粗蛋白和能量表观消化率的影响

项目	对照组	试验 1 组	试验 2 组	试验 3 组
干物质	72.10±1.69 ^b	74.85±1.87 ^{ab}	78.44±1.46 ^a	75.37±1.51 ^{ab}
粗蛋白	62.41±1.75 ^b	65.69±1.44 ^{ab}	68.92±1.97 ^a	65.73±1.19 ^{ab}
能量	61.39±1.15 ^b	62.93±1.86 ^{ab}	65.77±1.69 ^a	63.94±1.35 ^{ab}

合酶（蛋白酶、淀粉酶、木聚糖酶和纤维素酶组成），仔猪 ADG 提升了 44.1 g/d，F/G 降低 0.13；任建波等^[8]研究发现，在饲料中添加组成酶种不同的复合酶，均对仔猪的生产性能有所改善，但改善幅度存在较大差异，预示着复合酶的应用效果与组成酶种及搭配比例相关。

本试验还发现，复合酶的作用效果同样与添加水平有关，1 000 g/t 复合酶添加组的仔猪生长性能高于 300 g/t 复合酶添加组，但低于 500 g/t 复合酶添加组，过高剂量的复合酶对仔猪生长性能并没有进一步的改善效果。类似研究中，边连全等^[6]报道，饲料中添加 0.008% α -半乳糖苷酶和 0.008% 木聚糖酶，断奶仔猪 ADG 和 ADFI 显著高于添加 0.012% α -半乳糖苷酶和 0.012% 木聚糖酶组。非淀粉多糖酶将底物酶解成相应的单糖和寡糖，消除了非淀粉多糖的抗营养作用，同时寡糖的生成有助于改善肠道菌群结构，促进有益菌增殖，抑制有害菌在肠壁的黏附。研究证实，在饲料中添加非淀粉多糖酶能够有效降低断奶仔猪粪便中的大肠杆菌数量^[9]，提高乳酸菌和双歧杆菌的数量^[10]。但是，高剂量的非淀粉多糖酶没有表现出进一步的促生长效果，可能与酶解产物更倾向于生成单糖，而相应的寡糖生成量减少，益生效果减弱有关。另一方面，有试验发现在饲料中添加 1 000 U/kg 和 3 000 U/kg 的淀粉酶能够提高肉鸡前肠内容物淀粉酶、总蛋白酶和胰蛋白酶活性，但高剂量的淀粉酶（9 000 U/kg）添加组总蛋白酶和淀粉酶活性呈下降趋势^[11]。综上所述，高剂量的复合酶可能会弱化酶解产物的益生效果，并影响机体内源酶活性，不利于畜禽生产性能的提高。

3.2 饲料中添加复合酶对仔猪腹泻的影响 本研究结果显示，饲料中添加复合酶能够显著降低仔猪的腹泻率。腹泻是仔猪断奶后的常见疾病，根据产生原因可分为营养性腹泻和病理性腹泻两大类。过往报道显示，断奶仔猪腹泻多与断奶过程中受到的应激有关，其中以食物由液体乳汁转变为固体饲料导致的营养性应激最突出。此前研究中，许梓荣等^[12]报道，稻谷型饲料中添加复合酶能够有效提高断奶仔猪对固体饲料中养分的消化率，降低营养性腹泻率；Omogbenigun 等^[13]研究证实，玉米-豆粕型日粮中添加复合酶同样能够显著改善仔猪的营养消化率，降低腹泻发生率。王向荣等^[14]进一步研究发现，仔猪腹泻率和腹泻指数的变化是通过提高饲料养分利用率实现的。本研究中，复合酶添加组干物质、

粗蛋白、能量表观消化率均明显高于对照组，同时腹泻率显著低于对照组，与王向荣等^[14]的研究一致。

3.2 饲料中添加复合酶对仔猪血液生化指标的影响 本研究结果显示，饲料中添加复合酶能够显著提高血清中的 TP 浓度，降低 UN 含量。血清中的 TP 和 UN 是反映动物机体蛋白质代谢状况的有效指标。UN 作为机体蛋白质代谢的终产物之一，能够反映机体内蛋白质分解代谢水平，而血清中 UN 含量提高，则意味着氨基酸沉积为体蛋白的效率下降^[15]。血清中的 TP 浓度是评价机体蛋白质合成代谢水平的有效指标，通常 TP 浓度越高则体蛋白合成效率越高。乔家运等^[16]报道，在饲料中添加由木聚糖酶和甘露聚糖酶组成的复合酶，能够有效提高血清中的 TP 浓度，降低 UN 含量，并且不同来源的复合酶对血清中蛋白质代谢的调节效果具有一致性，与本研究结果相似。可见，饲料中添加复合酶不仅能够提高蛋白质消化率，而且会改善机体内氨基酸的沉积效率和体蛋白的合成效率。

血清中 TP 和 UN 浓度的变化可能与甲状腺激素浓度变化有关。甲状腺激素是维持机体生长发育的重要激素，主要包含 T3 和 T4。在机体内 T3 的活性是 T4 的 6~7 倍，因此 T3 是机体内发挥作用的主要甲状腺激素^[17]。甲状腺激素具有调节蛋白质代谢的重要作用，机体内甲状腺激素浓度的提高能够增强促生长因子（IGF-1）作用效果，促进蛋白质沉积，协同并加强外周组织对糖的利用。本研究中，饲料中添加复合酶显著提高了仔猪血清中 T3 浓度，可能预示着复合酶对机体蛋白质代谢的调控是通过影响甲状腺激素的分泌实现的。

4 结论

饲料中添加复合酶能够有效提高仔猪粗蛋白、干物质和能量的表观消化率，增加血清 TP 含量，降低血清 UN 浓度，提高 ADG 和饲料转化效率，改善仔猪生长性能，其中以添加 500 g/t 复合酶的效果最佳。

参考文献：

- [1] 王艳玲, 杨雪峰, 李宏基, 等. 仔猪断奶前后消化酶活性变化的初步探讨 [J]. 中国畜牧杂志, 2005, 41(8): 14-17.
- [2] Cera K R, Mahan D C, Cross R F, et al. Effect of age, weaning and postweaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine[J]. J Anim Sci, 1988, 66(2): 574-584.

下转第 72 页

- (Boehmeria nivea) hay in substitution to alfalfa (Medicago sativa) hay[A]. Proceedings of the 9th World Rabbit Congress[C]. Verona, Italy: World Rabbit Science Association, 2008: 827-830.
- [11] Gabbi A M, Viégas J, Toledo G S P, et al. Increasing levels of ramie (Boehmeria nivea) hay on the diets of fattening rabbits [A]. Proceedings of the 8th World Rabbit Congress[C]. Pueblo, Mexico: World Rabbit Science Association, 2005: 839-844.
- [12] Maknev K, Slavchev G, Donev N, et al. Comparison of ramie and lucerne in calf rearing[J]. Nau Tru Sel Insti, 1970, 19(5): 57-64.
- [13] 张彬, 李丽立. 苕麻叶粉对生长肥育猪饲用效果研究 [J]. 饲料研究, 1999 (5): 33-34.
- [14] 陈惠娜, 郭志强, 郭春华, 等. 桑树茎叶饲料对肉兔生产性能和肉品质的影响 [J]. 动物营养学报, 2016, 28(1): 109-116.
- [15] 梁茂文, 任克良, 郑建婷, 等. 饲料中添加不同水平醋糟对獭兔肉品质的影响研究 [J]. 中国养兔, 2014 (5): 13-16.
- [16] 王二燕, 康怀彬, 任广跃, 等. 真空后喷涂玉米秸秆颗粒饲料对兔肉品质的影响 [J]. 饲料工业, 2014, 35(11): 61-64.



上接第 68 页

- [3] 张丽娜, 陈代文, 余冰, 等. 不同能量水平饲料中添加脂肪酶对断奶仔猪生长性能、养分表现消化率和血清生化指标的影响 [J]. 动物营养学报, 2015, 27(12): 3854-3860.
- [4] 蒋小丰, 戴求仲, 蒋桂韬, 等. α -半乳糖苷酶对断奶仔猪生产性能、血液生化指标和营养物质消化率的影响 [J]. 家畜生态学报, 2009, 30(6): 44-49.
- [5] 叶楠, 陈代文, 毛湘冰, 等. 不同木聚糖水平饲料中添加木聚糖酶对断奶仔猪生长性能及肠道微生态环境的影响 [J]. 动物营养学报, 2011, 23(11): 1961-1969.
- [6] 边连全, 白东伟, 刘显军, 等. α -半乳糖苷酶和木聚糖酶在断奶仔猪日粮中的应用效果评价 [J]. 动物营养学报, 2010, 22(2): 437-443.
- [7] 刘利, 严文恒. 两种复合酶对断奶仔猪生长性能、营养物质消化率和肠道形态的影响 [J]. 家畜生态学报, 2015, 36(3): 43-48.
- [8] 任建波, 胡忠宏, 张立彬, 等. 不同复合酶对断奶仔猪生产性能和饲料养分利用率影响的研究 [J]. 中国畜牧杂志, 2012, 48(14): 67-70.
- [9] Zhou T X, Jung J H, Zhang Z F, et al. Effect of dietary β -glucan on growth performance, fecal microbial shedding and immunological responses after lipopolysaccharide challenge in weaned pigs[J]. Anim Feed Sci Tech, 2013, 179(1-4): 85-92.
- [10] 李学俭. β -甘露聚糖酶对断乳仔猪生产性能的影响及其机理的研究 [D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2008: 78-79.
- [11] 蒋正宇, 周岩民, 王恬. 外源 α -淀粉酶对 21 日龄肉鸡消化器官发育、肠道内源酶活性的影响 [J]. 畜牧兽医学报, 2007, 38(7): 672-677.
- [12] 许梓荣, 卢建军. 酶制剂 GXC 对生长猪稻谷型饲料消化率的影响 [J]. 浙江大学学报 (农业与生命科学版), 2001, 27(5): 559-564.
- [13] Omogbenigun F O, Nyachoti C M, Slominski B A. Dietary supplementation with multienzyme preparations improves nutrient utilization and growth performance in weaned pigs[J]. J Anim Sci, 2004, 82(4): 1053-1061.
- [14] 王向荣, 蒋桂韬, 张旭, 等. 四种复合酶制剂对断奶仔猪生长性能及养分消化率的影响 [J]. 家畜生态学报, 2010, 31(5): 35-40.
- [15] Liu H, Ji H F, Zhang D Y, et al. Effects of lactobacillus brevis preparation on growth performance, fecal microflora and serum profile in weaned pigs[J]. Livest Sci, 2015, 178(1): 251-254.
- [16] 乔家运, 张蕊驿, 李海花, 等. 复合非淀粉多糖酶对断奶仔猪生长性能和血清生化指标的影响 [J]. 畜牧与兽医, 2014, 46(7): 80-82.
- [17] 张晶, 李牧, 单安山, 等. 大豆活性肽对 14 日龄早期断奶仔猪生长性能和甲状腺素分泌的影响 [J]. 东北农业大学学报, 2005, 36(4): 467-471.