

脂肪粉对黑凤鸡繁殖性能、蛋品品质及血清生化指标的影响

王俊锋, 连慧香, 章 平

(信阳农林学院 动物科学系, 河南 信阳 464000)

摘要: 为探讨脂肪粉对家禽生长的作用机制, 选取 800 只体质量、产蛋率相近的 300 日龄黑凤鸡, 随机分成 4 组, 研究脂肪粉对黑凤鸡繁殖性能、蛋品品质及相关血清指标的影响。对照组饲喂基础日粮, 试验 I 组、II 组、III 组分别饲喂添加 1%、3%、5% 脂肪粉的基础日粮, 测定种蛋合格率、受精蛋孵化率、健雏率、蛋黄色泽级数、蛋壳厚度及血清指标等。结果显示, 各试验组的种蛋合格率、受精蛋孵化率和健雏率均较对照组有一定程度的提高, 其中试验 II 组的鸡蛋种蛋合格率、受精蛋孵化率和健雏率最高, 分别显著高于对照组 3.45%、2.78%、3.98%; 各试验组的蛋黄色泽级数和蛋壳厚度均不同程度高于对照组, 其中试验 III 组的蛋黄色泽级数和蛋壳厚度显著高于对照组 17.24% 和 8.82%, 鸡蛋哈氏单位值以试验 II 组最高, 显著高于其他组; 各试验组的血清总胆固醇(TC)含量和血清甘油三酯(TG)含量均较对照组有一定程度的降低, 其中试验 II 组的血清总胆固醇(TC)含量和血清甘油三酯(TG)含量最低, 分别显著低于对照组 4.86% 和 2.43%; 各试验组的血清磷(P)含量分别显著高于对照组 2.59%、7.33% 和 3.88%, 血清钙含量以试验 III 组最高, 显著高于其他各组。由此可见, 饲料中添加脂肪粉能够提高黑凤鸡的繁殖性能和蛋品品质、影响机体物质代谢, 综合考虑, 饲料中添加 3% 脂肪粉效果较好。

关键词: 脂肪粉; 黑凤鸡; 繁殖性能; 蛋品品质; 血清生化指标

中图分类号: S831.99 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2014)09-0151-05

Effects of Fat Powder on Reproductive Performance, Egg Quality and Relative Blood Indices of Black-boned Chicken with Black Feather

WANG Jun-feng, LIAN Hui-xiang, ZHANG Ping

(Department of Animal Science, Xinyang College of Agricultural and Forestry, Xinyang 464000, China)

Abstract: To investigate the action mechanism of fat powder on growth of poultry, eight hundred 300-day-old black-boned chicken with black feather were randomly divided into four groups, to study the effects of fat powder on reproductive performance, egg quality and relative blood indices of black-boned chicken with black feather. The control group were fed with the based diet, and the trial group I, II and III were fed with the based diets containing 1%, 3% and 5% fat powder, respectively. Hatchable egg rate, hatchability of fertile eggs, rate of healthy chick, the yolk color series, the shell thickness relative serum indices and other indices were determined, respectively. The results showed that compared with the control group, hatchable egg rate, hatchability of fertile eggs and rate of healthy chick of all the trial groups increased, particularly, hatchable egg rate, hatchability of fertile eggs and rate of healthy chick of the trial group II were the highest in all groups and significantly increased by 3.45%, 2.78%, 3.98%; the

收稿日期: 2014-04-12

基金项目: 信阳农林学院青年教师科研基金项目(201101005)

作者简介: 王俊锋(1977-), 男, 河南信阳人, 讲师, 硕士, 主要从事动物营养与饲料研究。E-mail: junphoon@163.com

网络出版时间: 2014-09-05 16:19:00

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/41.1092.S.20140905.1637.002.html>

yolk colour series and the shell thickness of all the trial groups increased, particularly, the yolk colour series and the shell thickness of the trial group III were significantly 17.24% and 8.82% higher than those of the control group, and haugh unit of the trial group II was the highest in all groups and was significantly higher than those of other three groups; the content of total cholesterol (TC) and total triglyceride (TG) in serum of all the trial groups decreased, and the content of total cholesterol (TC) and total triglyceride (TG) in serum of the trial group II were the lowest in all groups and significantly decreased by 4.86% and 2.43% compared with the control group; the content of phosphorus in serum of all the trial groups were significantly 2.59%, 7.33% and 3.88% higher than that of the control group, and the content of calcium in serum of the trial group III was the highest in all groups. The results indicated that fat powder could improve the reproductive performance, egg quality and material metabolism of black-boned chicken with black feather, and the effects of adding 3% fat powder were better than those of adding 1% and 5% fat powder.

Key words: fat powder; black-boned chicken with black feather; reproductive performance; egg quality; blood biochemical indices

脂肪粉是一种新型能量饲料添加剂,由各种油脂(棕榈油、椰子油等)与乳化剂等经过特殊工艺加工制成,呈粉末状。与普通油脂相比,这类油脂富含不饱和脂肪酸,代谢能值大,脂肪的利用率高,且在包装、运输、储存、称量及使用等过程中更为方便,同时还具有夏季不氧化、冬季不凝固等优点^[1-2]。生产中人们已将脂肪粉应用于动物饲料,并取得了良好的效果。研究表明,脂肪粉能够提高肉鸡体质量,降低料肉比^[3-5],改善胴体品质,提高鸡肉抗氧化能力等^[6]。另有报道表明,脂肪粉可以显著提高蛋鸡的产蛋率和蛋质量,明显改善其饲料报酬^[7]。但有关脂肪粉的应用效果及作用机制还有待进一步探讨,尤其是在黑凤鸡饲料中的添加效果及作用机制研究报道甚少。鉴于此,研究了饲料中添加不同水平脂肪粉对黑凤鸡繁殖性能、蛋品质及血液指标的影响,旨在为探讨其添加效果和作用机制提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试动物:800只300日龄的黑凤鸡购自固始倪岗某育种场。

试验材料:乳化油脂粉为大豆油乳化均衡油脂粉,规格为25 kg/袋;组成:粗脂肪 $\geq 60\%$,粗蛋白 $\geq 3.2\%$;颜色为浅黄色;总能量为6 750 kcal/kg;脂肪酸组成:棕榈酸11%,油酸12%,次亚麻油酸3.5%,硬脂酸2.3%,亚麻油酸30.2%。

1.2 试验设计及日粮组成

将800只供试黑凤鸡随机分成4组,每组设4个重复,每个重复50只鸡。对照组饲喂基础日粮(即该场的蛋鸡专用饲料534B),试验I组、II组、III组分别在基础日粮中添加1%、3%、5%的脂肪粉。试验期为30 d。

1.3 饲养管理

试验采用半开放式鸡舍,3层全阶梯笼养,每笼4只,每天饲喂2次,自由采食、饮水。自然光照,早、晚辅以人工光照(光照时间为16 h/d,光照强度为14 lx)。试验期间保持鸡舍内卫生,及时清粪,定期消毒,常规免疫程序免疫。鸡舍温度、湿度、通风等条件控制依常规确定,各组饲养环境条件一致。

1.4 样品采集与处理

试验结束,于早晨饲喂前每组随机抽取4只鸡(每个重复1只),从翅静脉采血5 mL注入试管中,倾斜试管,4℃静置30 min后,3 500 r/min离心15 min,吸取0.5~1 mL上清液(血清),注入血清分析样品管,-20℃冰箱保存备用。

1.5 测定指标及方法

1.5.1 繁殖指标的测定 每天按重复记录产蛋数和合格种蛋数,统计并计算种蛋合格率。试验结束前3 d连续收集各组种蛋,将合格种蛋进行孵化。分别在第8天和第18日照蛋,观察鸡胚发育情况,挑出无精蛋、死精蛋。孵化结束后,统计种蛋受精率、受精蛋孵化率和健雏率。

1.5.2 蛋品质的测定 试期第15天和第30天分别从各重复中随机抽取5枚蛋,称其质量后,测定蛋形指数、哈氏单位、蛋黄色泽级数和蛋壳厚度。测定方法参见《畜禽遗传资源调查技术手册》^[8]。

1.5.3 血清生化指标的测定 委托信阳市中心医院采用全自动生化分析仪测定血清总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、钙(Ca)以及磷(P)的含量。

1.6 数据处理和统计分析

所有数据经Excel软件初步处理后,应用SPSS 11.5软件的ANOVA模块进行方差分析,并用Duncan法进行差异显著性比较,试验结果以平均值±标准误表示。

2 结果与分析

2.1 脂肪粉对黑凤鸡繁殖性能的影响

由表 1 可以看出,试验 II 组的种蛋合格率显著高于对照组 3.45%,试验 I 组和 III 组高于对照组

0.99%和 0.58%,但差异不显著;脂肪粉对种蛋受精率无显著性影响,且呈现不规律性变化;脂肪粉可不同程度地提高受精蛋孵化率和健雏率,其中均以试验 II 组最高,分别显著高于对照组 2.78%和 3.98%。

表 1 脂肪粉对黑凤鸡繁殖性能的影响 %

项目	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
种蛋合格率	93.34±0.73b	94.26±0.75b	96.56±0.23a	93.88±0.33b
种蛋受精率	92.81±1.00a	92.40±0.41a	93.84±0.46a	92.54±0.36a
受精蛋孵化率	89.86±0.43b	91.34±0.67ab	92.36±0.74a	92.11±1.04ab
健雏率	92.17±0.74b	93.82±0.80ab	95.84±0.69a	94.84±0.38a

注:同行数据后不同字母表示差异显著(P<0.05),下同。

2.2 脂肪粉对黑凤鸡种蛋品质的影响

由表 2 可以看出,脂肪粉对种蛋蛋形指数无明显影响,且蛋形指数未呈现与脂肪粉添加水平有关的规律性变化;试验 II 组的哈氏单位值最大,显著高于其他各组;试验 I 组、II 组、III 组的蛋黄色泽级数

分别高于对照组 3.45%、13.79%、17.24%,其中仅试验 III 组与对照组差异显著;各试验组的蛋壳厚度均高于对照组,且随着脂肪粉添加水平的增高呈增加趋势,其中试验 III 组最高,显著高于对照组 8.82%,试验 I 组和 II 组与对照组差异均不显著。

表 2 脂肪粉对黑凤鸡种蛋品质的影响

项目	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
蛋形指数	1.32±0.004a	1.33±0.01a	1.30±0.01a	1.31±0.02a
哈氏单位	72.56±0.03b	72.98±0.41b	74.62±0.82a	72.47±0.40b
蛋黄色泽级数	7.25±0.48b	7.5±0.29ab	8.25±0.25ab	8.50±0.29a
蛋壳厚度/mm	0.34±0.01b	0.35±0.003ab	0.36±0.01ab	0.37±0.01a

2.3 脂肪粉对黑凤鸡血清生化指标的影响

由表 3 可以看出,与对照组相比,各试验组血清 TC 含量均降低,以试验 II 组最低,显著降低 4.86%;各试验组的血清 TG 含量均显著低于对照组,但各试验组间差异不显著;各试验组

血清 P 含量均显著提高,试验 I 组、II 组、III 组分别提高了 2.59%、7.33%、3.88%,其中以试验 II 组最高。血清 Ca 含量以试验 III 组最高,显著高于对照组和试验 I 组,但与试验 II 组差异不显著。

表 3 脂肪粉对黑凤鸡血清生化指标的影响 mmol/L

项目	对照组	试验 I 组	试验 II 组	试验 III 组
TC 含量	2.47±0.04a	2.39±0.03ab	2.35±0.03b	2.46±0.02a
TG 含量	9.89±0.05a	9.72±0.04b	9.65±0.03b	9.75±0.02b
Ca 含量	4.65±0.01b	4.62±0.01b	4.74±0.03a	4.76±0.04a
P 含量	2.32±0.01c	2.38±0.01b	2.49±0.02a	2.41±0.02b

3 结论与讨论

3.1 脂肪粉对黑凤鸡繁殖性能的影响

据报道,在鹌鹑基础日粮中添加玉米油、棕榈酸、油酸或亚油酸可以提高孵化率,降低孵化后期胚胎死亡率^[9]。本试验在确保遗传因素、种蛋保存、消毒、排放及孵化条件等一致的条件下,向日粮中添加不同水平的脂肪粉,结果表明,脂肪粉可不同程度地

提高受精蛋孵化率,其中以试验 II 组最高,显著高于对照组 2.78%,其原因可能是脂肪粉改善了家禽日粮脂肪酸的组成,从而影响蛋黄脂肪酸的构成,进而影响胚胎发育和孵化率^[10],但具体原因还有待进一步研究,因为生产中影响种蛋孵化率的因素复杂,其中任一因素的不适宜,都会影响孵化效果。

此外,种蛋受精率在正常情况下也是决定孵化率的最重要因素之一。生产中,影响种蛋受精率的

因素复杂,除公鸡精液品质及人工受精技术等因素外,母鸡营养及健康状况也会对种蛋受精率产生一定影响^[11]。日粮中添加脂肪粉,可提高黑凤鸡的抗氧化功能,促进其机体蛋白质的合成代谢,从而改善黑凤鸡机体的营养和健康状况^[12]。但本试验中,脂肪粉对黑凤鸡种蛋受精率无显著性影响,且呈现不规律性变化,其具体原因还有待进一步研究。

3.2 脂肪粉对黑凤鸡种蛋品质的影响

蛋形指数是鸡种分类的指标之一,特定的鸡种往往具有一定的蛋形指数。本试验中,脂肪粉对黑凤鸡蛋形指数无显著影响,各组的蛋形指数均在正常鸡蛋的蛋形指数范围内。哈氏单位是衡量蛋白质品质的重要指标。张兰威^[13]认为,哈氏单位值越大,说明蛋白质黏稠度越高,蛋白质品质越好。本试验中,添加不同水平的脂肪粉,哈氏单位值增高,说明脂肪粉对改善鸡蛋蛋白质品质有一定的积极作用。这可能与脂肪粉具有提高畜禽营养物质消化、吸收利用方面的作用有关。蛋黄颜色是衡量禽蛋质量的重要感官指标之一。通常认为,蛋黄颜色与日粮中叶黄素的含量有关,而叶黄素属于脂溶性物质,因此日粮中添加脂肪可促进叶黄素类物质的吸收,提高蛋黄颜色^[14]。本试验结果显示,日粮中添加脂肪粉可不同程度地提高蛋黄色泽级数,这与 Hamilton 等^[14]和赵月平等^[15]报道的研究结果相似,但目前关于脂肪粉对蛋黄中色素吸收和沉积的影响机制还不清楚,有待进一步研究。蛋壳厚度是衡量蛋壳质量的重要指标。本试验中,日粮中添加脂肪粉显著地提高了蛋壳厚度,与对照组相比,分别提高了 2.94%、5.88% 和 8.82%,这与麻丽坤等^[16]报道的研究结果一致。王修启等^[17]认为,蛋壳厚度主要受饲料中 Ca、P、微量元素和维生素等影响,正常范围为 0.20~0.50 mm,厚度微小的变化对蛋壳的破损率有很大的影响。在本试验条件下,脂肪粉可能促进了日粮中 Ca、P 的吸收,使得形成蛋壳的钙源增加,有利于蛋壳形成,从而增加了蛋壳厚度,这与本试验中血清 Ca、P 含量的升高是一致的。血清 Ca、P 的含量反映了蛋壳形成中 Ca、P 的代谢状况^[18],血清 Ca、P 含量上升,蛋壳质量提高。但脂肪粉是否通过其他途径影响其 Ca、P 代谢,进而影响蛋壳钙的沉积还有待进一步研究。

3.3 脂肪粉对黑凤鸡血清生化指标的影响

血清 TC 和 TG 含量是反映动物机体脂类代谢功能正常与否的重要生化指标。正常情况下,这些指标易受饲料成分及体内代谢的影响。研究表明,不饱和脂肪酸有降低 TC 和 TG 的作用^[19-20]。夏中

生^[21]研究结果表明,在饲料中添加富含 n-3PUFA 的亚麻油和鱼油能在一定程度上降低血液中的 TC 含量,同时还发现添加不同的油脂能不同程度地降低血液中的总甘油三酯含量。本试验通过添加富含不饱和脂肪酸的大豆油乳化均衡油脂粉发现,各试验组的血清 TC 和 TG 的含量分别比对照组下降了 0.41%~4.86% 和 1.42%~2.43%,说明适宜水平的脂肪粉对降低血脂具有一定作用,这与卢建等^[22]的研究结果基本一致。其原因可能是日粮中添加脂肪粉使肝脏合成脂肪受到抑制,但肝脏对外源脂肪的利用能力却明显增加,增加了载脂蛋白由肝脏向肝外组织转运脂肪的数量^[23]。另外,也有相反的报道,在万载康乐黄产蛋鸡日粮中添加 4% 菜油和 4% 鱼油,血清中 TC 和 TG 的含量略有上升,但组间差异均不显著^[24],这可能是由试验条件、脂肪类型及个体差异所致。而本试验中,随着饲料中脂肪粉水平的提高,血清 TC 和 TG 含量也有回升的趋势,但仍低于对照组。这可能是脂肪粉提高了日粮中的有效能量,因为高能量日粮中一般都含有较为充足的脂肪或脂肪酸,日粮脂肪越高,血脂含量越高^[25],但具体机制还有待进一步研究。

本试验结果表明,脂肪粉影响黑凤鸡繁殖性能,可不同程度地提高种蛋合格率、受精蛋孵化率及健雏率,但对种蛋受精率无明显影响;脂肪粉影响黑凤鸡蛋品质,可提高蛋壳厚度和蛋黄色泽级数,但对蛋形指数无显著性影响;脂肪粉影响黑凤鸡机体相关物质代谢,可降低血清 TC 和 TG 的含量,提高血清 Ca、P 的含量。综合考虑,在本试验条件下以 3% 的添加剂量效果较好。

参考文献:

- [1] 陈丽玲,过玉英,熊智辉. 新型能量添加剂——脂肪粉[J]. 江西畜牧兽医杂志,2007(3):24.
- [2] 蔡锐芳,张亚智,李鹏,等. 乳化脂肪粉对断奶仔猪生长性能的影响[J]. 饲料工业,2011,32(14):49-50.
- [3] 赵剑,秦定益,拜锦美,等. 脂肪粉和熟豆油对肉用仔鸡增重效果的研究[J]. 中国家禽,2000,22(8):20.
- [4] 曹进,陈灿,张崢. 脂肪粉对养殖业能量缺口的应用研究[J]. 饲料广角,2005(23):24-25.
- [5] 乔岳,张长海,张国昆,等. 在肉鸡饲料中添加脂肪粉的效果[J]. 黑龙江畜牧兽医,1998(8):14.
- [6] 姜鹏,王金荣,任皓,等. 脂肪粉对肉鸡胴体品质和抗氧化性能的影响[J]. 饲料研究,2010(10):46-48.
- [7] 景翠,陈宝江,许晴,等. 脂肪粉对蛋鸡生产性能及相关理化指标的影响[J]. 新饲料,2009(4):13-16.
- [8] 陈伟生. 畜禽遗传资源调查技术手册[M]. 北京:中国

- 农业出版社,2005.
- [9] Vilchez C, Touchburn S P, Chavez E R, *et al.* Effect of feeding palmitic, oleic, and linoleic acids to Japanese quail hens (*Coturnix coturnix japonica*). 2. Maternal diets and stage of incubation on the lipid metabolism of quail embryos[J]. *Poult Sci*, 1992, 71(6): 1032-1042.
- [10] Vilchez C, Touchburn S P, Chavez E R, *et al.* The influence of supplemental corn oil and free fatty acids on the reproductive performance of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) [J]. *Poult Sci*, 1990, 69(9): 1533-1538.
- [11] 彭焕伟, 张克英, 白世平, 等. 维生素组合对 54~69 周龄青脚麻肉种鸡繁殖性能及雏鸡质量的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2012, 48(1): 46-50.
- [12] 王俊锋, 章平. 脂肪粉对黑凤鸡抗氧化性能、蛋白质代谢及甲状腺激素水平的影响[J]. *河南农业科学*, 2014, 43(4): 119-122, 132.
- [13] 张兰威. 蛋与蛋制品工艺学[M]. 哈尔滨: 东北农业大学出版社, 1995.
- [14] Hamilton P B, Parkhurst C R. Improved deposition of oxycarotenoids in egg yolks by dietary cottonseed oil [J]. *Poult Sci*, 1990, 69(2): 354-359.
- [15] 赵月平, 耿光瑞, 马翠云, 等. 玉米油对蛋鸡生产性能及蛋品质的影响[J]. *饲料研究*, 2012(12): 8-10.
- [16] 麻丽坤, 尹兆正, 卫振, 等. 鱼油替代菜籽油对蛋鸡生产性能及脂质代谢的影响[J]. *中国粮油学报*, 2006, 21(5): 124-128.
- [17] 王修启, 郑海刚, 安汝义. 影响蛋壳质量的因素及改善措施[J]. *中国家禽*, 1999, 21(7): 39-41.
- [18] 余东游, 邹晓庭. 杆菌肽锌和金霉素对蛋鸡产蛋性能和蛋品质的影响机理[J]. *浙江大学学报: 农业与生命科学版*, 2000, 26(2): 169-172.
- [19] 戴军, 苏宜香, 凌文华, 等. II 型糖尿病患者膳食脂肪酸构成比推荐值研究[J]. *营养学报*, 2000, 22(3): 256-260.
- [20] Hensley K, Robinson K A, Gabbita S P, *et al.* Reactive oxygen species, cell signaling, and cell injury[J]. *Free Radical Biology and Medicine*, 2000, 28(10): 1456-1462.
- [21] 夏中生. 饲料中不同油脂对生长鸡组织脂质含量及其脂肪酸组成的影响[J]. *广西农业大学学报*, 1998, 17(4): 323-332.
- [22] 卢建, 王克华, 曲亮, 等. 饲料中不同水平芝麻油对苏禽青壳蛋鸡产蛋性能、蛋品质、血清脂质指标和蛋黄胆固醇含量的影响[J]. *动物营养学报*, 2013, 25(10): 1-7.
- [23] 林海, 杜来臻, 吴庆鹤, 等. 蛋鸡育成后期日粮中添加脂肪对脂肪代谢及产蛋期生产性能的影响[J]. *动物营养学报*, 1999, 11(3): 25-28.
- [24] 周德红, 瞿明仁. 产蛋鸡日粮添加不同油脂对生产性能、血脂及蛋黄胆固醇的影响[J]. *江西农业大学学报: 自然科学版*, 2002, 24(2): 159-163.
- [25] 李振. 鸡蛋中胆固醇含量的营养调控措施[J]. *饲料工业*, 2004, 25(3): 13-16.

(上接第 150 页)

同时也提高了对其他营养物质的吸收利用,这与已有研究结果^[10]基本一致。由于断奶仔猪消化道比较特殊,在断奶后第 1 周,常出现腹泻或暴发其他疾病,不能有效吸收饲料中非淀粉多糖,故本研究中添加的复合酶制剂中包含了一定量的木聚糖酶、甘露聚糖酶,保证仔猪肠道对非淀粉多糖的利用率。本研究从生态养殖、环境保护角度出发,以断奶后 10 日龄到生长至体质量约 25 kg 阶段仔猪的日粮配方为研究对象,在获得最佳低蛋白日粮的基础上,添加一定组成、一定量的复合酶制剂,大大提高了仔猪的生产性能和粗蛋白表观消化率,降低了环境中的氮排放量,为开发高效生态环保型仔猪饲料提供了可靠数据。

参考文献:

- [1] 李丽萍. 断奶仔猪饲养及管理技术[J]. *现代农业科技*, 2011(14): 338, 343.
- [2] 丁伟, 田为庚. 断奶仔猪消化率的影响因素及提高消化率的措施[J]. *现代农业科技*, 2009(19): 310, 314.
- [3] 何颖, 赵武, 陈忠伟, 等. NS 复合乳酸菌对断奶仔猪生产性能、血液生化指标和腹泻率的影响[J]. *华北农学报*, 2011, 26(B12): 248-252.
- [4] 付水广, 王自蕊, 游金明, 等. 复合酶制剂对断奶仔猪生长性能和养分消化率的影响研究[J]. *饲料工业*, 2010, 30(1): 10-22.
- [5] 陈娥英, 杨玉芬, 乔建国. 仔猪不同低蛋白日粮添加赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸和色氨酸的效果研究[J]. *江西农业大学学报*, 2005, 27(5): 764-768.
- [6] 邱玉朗, 万伶俐, 刘海燕, 等. 杂粕日粮中添加复合酶制剂对仔猪生长、代谢和血液指标的影响[J]. *中国畜牧兽医*, 2010, 34(7): 55-66.
- [7] 陈国华. 生长猪环保型饲料的研究与应用[D]. 福州: 福建农林大学, 2011: 1-46.
- [8] 赵俭波, 侯振中. 复合酶制剂对断奶仔猪生长性能的影响[J]. *养殖技术顾问*, 2012(11): 226.
- [9] 于桂阳, 张昊, 郭武生, 等. 断奶仔猪日粮中添加复合酶制剂的研究效果[J]. *家畜生态学报*, 2005, 5(4): 27-35.
- [10] 韩美兰, 周来宝. 新型环保饲料对肥猪增重及日粮消化率的影响[J]. *延边大学农学学报*, 2007, 9(1): 58-62.