

日粮中添加复合酶对肉鸡生长性能、血液生化指标、肠道形态和屠宰性能的影响

杜红方^{*}, 郭玉光, 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: 本试验旨在研究在日粮中添加不同水平的复合酶对肉鸡生长性能、血液生化指标、肠道形态和屠宰性能的影响。试验选取 900 羽 1 日龄罗斯 308 肉仔鸡, 随机分为对照组、试验 1 组和试验 2 组, 每个处理 4 个重复, 每个重复 75 羽。对照组饲喂基础日粮, 试验 1 组和试验 2 组分别在基础日粮中添加 300、500 g/t 的复合酶。整个试验分为 1~21 日龄和 22~42 日龄。结果表明: 与对照组相比, 试验 2 组在 1~21 日龄和 22~42 日龄阶段末重、日增重显著提高 ($P < 0.05$), 耗料增重比显著下降 ($P < 0.05$); 22~42 日龄阶段, 试验 1 组肉鸡的耗料增重比显著低于对照组 ($P < 0.05$); 试验 1 组和试验 2 组十二指肠、空肠和回肠的绒毛高度、绒毛高度/隐窝深度 (VH/CD) 均有提高的趋势 ($P > 0.05$); 试验 2 组屠宰性能有所改善, 屠宰率、半净膛率、全净膛率、胸肌率、腿肌率均高于其他组, 其中胸肌率、腿肌率较对照组分别提高 3.88%、6.57%, 腹脂率较对照组降低 6.25% ($P > 0.05$)。本试验结果表明, 在日粮中添加复合酶对肉鸡生长性能、肠道形态和屠宰性能均有不同程度的改善作用, 其中 500 g/t 复合酶组效果优于 300 g/t 复合酶组。

关键词: 肉鸡; 复合酶; 生长性能; 血液生化指标; 肠道形态; 屠宰性能

中图分类号: S831.5

文献标识码: A

DOI 编号: 10.19555/j.0258-7033.2017-11-096

雏鸡孵出后前 3 d 能量主要由卵黄囊提供, 4~7 d 能量由饲料和卵黄囊共同提供^[1], 卵黄囊的吸收利用率影响到雏鸡消化道和免疫机能的发育程度^[2], 而卵黄囊提供的能量并不能提高机体的体重, 因此开食较差会限制育雏完成后的雏鸡体重^[1], 进而严重影响肉鸡后期的生长性能。研究表明, 雏鸡孵化后采食蛋白和淀粉能够促进卵黄囊的吸收利用和消化道的发育^[3], 而幼龄动物机体发育不完全, 消化功能尚不完善, 导致高生长潜力和对营养物质的需求与内源消化酶不足之间形成矛盾。通过补充外源酶制剂可以弥补内源消化酶不足, 同时消除抗营养因子, 能够显著促进雏鸡的生长发育。

复合酶能够通过降解饲料中的抗营养因子如非淀粉多糖 (NSP)、胰蛋白酶抑制因子等促进消化道内源酶分泌及活性^[4], 改善胃肠道发育及后肠微生物区系, 提高养分消化吸收, 有效解决饲料原料

抗营养成分对家禽幼龄阶段的不利影响, 同时为家禽后期顺利生长奠定基础, 从而提高饲料利用率和经济效益。为验证复合酶在实际生产中的应用效果、筛选最适添加量, 特开展本次试验。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验用复合酶溢多酶 A-F666S 由广东溢多利生物科技股份有限公司提供, 主要成分: 木聚糖酶 3 000 U/g, 蛋白酶 3 500 U/g, 甘露聚糖酶 300 U/g, 纤维素酶 2 000 U/g, α -淀粉酶 500 U/g, 葡聚糖酶 10 000 U/g。基础日粮配方见表 1。

1.2 试验设计 选用健壮、活泼、均匀的 1 日龄罗斯 308 肉仔鸡 900 羽, 随机分为 3 个处理, 每个处理 4 个重复, 每个重复 75 羽, 对照组饲喂基础日粮, 试验 1 组和试验 2 组分别在基础日粮中添加 300 g/t 和 500 g/t 的复合酶。整个试验过程分为前后 2 个阶段: 小鸡阶段 (1~21 日龄) 和中大鸡阶段 (22~42 日龄)。不同试验阶段开始和结束后均以重复为单位空腹称重。

1.3 饲养管理 试验在广东溢多利生物科技股份有限公司乾务动物试验基地进行。试验全期采用 3

收稿日期: 2017-09-30; 修回日期: 2017-10-17

作者简介: 杜红方 (1976-), 男, 河北邢台人, 博士, 高级工程师, 主要从事饲料酶制剂的应用研究, E-mail: dhfhbu@sina.com

* 通讯作者

表1 基础日粮组成及营养成分

项目	1~21 日龄	22~42 日龄
原料组成, %		
玉米 (8% 蛋白)	58.70	60.66
豆粕 (43% 蛋白)	29.20	25.40
DDGS (25% 蛋白)	2.00	4.00
玉米蛋白粉 (60% 蛋白)	3.40	3.30
鱼粉 (62% 蛋白)	1.50	0
豆油	1.60	3.20
食盐	0.25	0.30
磷酸氢钙	1.06	1.10
白石粉	1.40	1.20
80% 赖氨酸	0.24	0.26
98% 蛋氨酸	0.14	0.11
99% 苏氨酸	0.03	0.02
10% 硫酸抗敌素	0.02	0
15% 杆菌肽锌	0.03	0.03
植酸酶	0.01	0.01
50% 氯化胆碱	0.10	0.10
预混料 ^①	0.30	0.30
合计	100	100
营养成分 ^②		
代谢能, MJ/kg	12.34	12.76
粗蛋白, %	21.00	19.04
钙, %	1.00	0.87
有效磷, %	0.45	0.42
赖氨酸, %	1.20	1.06
苏氨酸, %	0.82	0.73
蛋氨酸, %	0.47	0.41
粗脂肪, %	4.76	6.50
粗灰分, %	5.48	5.02

注: ①预混料 (前期日粮) 为每千克日粮提供: 维生素 A 11 000 IU, 维生素 D₃ 2 400 IU, 维生素 E 30 mg, 维生素 K₃ 6 mg, 维生素 B₁₂ 25 μg, 核黄素 7 mg, 维生素 B₆ 5 mg, 烟酸 36 mg, 叶酸 1.9 mg, 维生素 B₁ 2.1 mg, 生物素 0.2 mg, 锰 110 mg, 铁 78 mg, 锌 120 mg, 铜 10 mg, 碘 1.2 mg, 硒 0.3 mg, 钴 0.6 mg。预混料 (后期日粮) 为每千克日粮提供: 维生素 A 10 000 IU, 维生素 D₃ 2 200 IU, 维生素 E 28 mg, 维生素 K₃ 5 mg, 维生素 B₁₂ 20 μg, 核黄素 7 mg, 维生素 B₆ 5 mg, 烟酸 30 mg, 叶酸 1.7 mg, 维生素 B₁ 2.1 mg, 生物素 0.2 mg, 锰 110 mg, 铁 78 mg, 锌 120 mg, 铜 10 mg, 碘 1.2 mg, 硒 0.3 mg, 钴 0.6 mg。②粗蛋白、钙和总磷为实测值, 其余为计算值

层笼养, 大生产方式管理, 自由采食和饮水。进雏前 1 周, 将鸡舍和舍内养殖设备进行严格清洗和消毒。采用红外灯控温, 进雏后前 3 d 温度控制在 34~36℃, 4~7 日龄舍温控制在 31~33℃; 第 2 周舍温 29.5℃, 第 3 周开始脱温, 舍内相对湿度 60%~65%。光照制度为 23 h 光照和 1 h 黑暗。按常规免疫程序接种鸡群: 1 日龄注射新城疫灭活疫苗和新支二联苗、法氏囊滴口, 14 日龄注射禽流感疫苗。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 生长性能 每日观察鸡只健康状况, 统计死亡率。分别在 22 日龄和 43 日龄 08:00 对提前禁食 (禁食 12 h, 仅供饮水) 的肉鸡以重复为单位空腹称重, 并称量剩余料重。计算各个阶段的平均日采食量、平均日增重、耗料增重比和死亡率。

1.4.2 血液生化指标及肠道形态 42 日龄时, 每个重复随机选取 10 只肉鸡进行颈静脉采血, 3 000 r/min 离心 10 min 分离血清, -20℃ 保存备用。检测血清中血糖、甲状腺素 T₃ 和 T₄、肌酸激酶、谷草转氨酶 (AST)、谷丙转氨酶 (ALT)、总蛋白、白蛋白、球蛋白、IgG、尿素氮、胆固醇、甘油三酯指标的浓度。采血完成后颈部放血处死, 分别取十二指肠和空肠各 2 cm, 浸入生理盐水刷洗掉内容物后, 贮存于 10% 中性福尔马林缓冲液中, 采用酒精脱水, 二甲苯透明, 石蜡包埋, 切成 4 μm 切片, 苏木精-伊红 (HE) 染色, 每个部位的组织切片上选取 5 个典型视野 (绒毛完整且走向平直), 分析绒毛高度和隐窝深度。

1.4.3 屠宰性能 饲养试验结束后, 从每个重复中分别选取 10 只体重接近、健康的肉鸡进行屠宰取样, 测定屠体重、全净膛重、胸肌重、腿肌重与腹脂重, 并计算屠宰率、全净膛率、腹脂率、腿肌率和胸肌率。计算公式: 屠宰率 = (屠体重 / 活体重) × 100%; 全净膛率 = (全净膛重 / 屠体重) × 100%; 胸肌率 = (胸肌重 / 全净膛重) × 100%; 腿肌率 = (腿肌重 / 全净膛重) × 100%; 腹脂率 = (腹脂重 / 全净膛重) × 100%。

1.5 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 复合酶制剂对肉鸡生长性能的影响 由表 2 可知, 基础日粮中添加复合酶对肉鸡全期生长性能有不同程度的提高, 其中试验 2 组效果最佳。与对照组相比, 试验 2 组肉鸡在 1~21 日龄阶段体重提高了 5.89% ($P < 0.05$), 日增重提高了 6.21% ($P < 0.05$), 耗料增重比降低了 2.75% ($P < 0.05$); 在 22~42 日龄阶段日增重提高了 6.36% ($P < 0.05$), 耗料增重比降低了 3.11% ($P < 0.05$), 日采食量提高了

3.05%。试验各组间的日采食量、成活率没有显著差异 ($P>0.05$)。

表2 日粮中添加复合酶对肉鸡生长性能的影响

项目	对照组	试验1组	试验2组
初重, g	46.6±0.2	46.9±0.1	46.8±0.2
1-21日龄			
21日龄末重, g	859.9±13.6 ^b	892.4±24.8 ^{ab}	910.5±18.5 ^a
日增重, g	38.7±0.6 ^b	40.3±1.2 ^{ab}	41.1±0.6 ^a
日采食量, g	48.3±1.0	50.1±1.1	49.9±0.9
耗料增重比	1.25±0.01 ^a	1.24±0.01 ^a	1.21±0.03 ^b
成活率, %	100	99.33±0.77	100
22-42日龄			
42日龄末重, g	2598.5±36.5 ^b	2687.1±33.1 ^{ab}	2759.8±26.8 ^a
日增重, g	82.8±2.1 ^b	85.5±2.6 ^{ab}	88.1±1.1 ^a
日采食量, g	146.1±11.5	148.1±3.8	150.6±9.2
耗料增重比	1.77±0.08 ^a	1.71±0.06 ^b	1.73±0.09 ^b
成活率, %	99.00±0.67	99.00±1.28	99.33±0.77

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

2.2 复合酶制剂对肉鸡血液生化指标的影响 由表3可知, 对照组的血清总蛋白、白蛋白、甘油三酯、

表3 日粮中添加复合酶对肉鸡血液生化指标的影响

项目	对照组	试验1组	试验2组
血糖, mmol/L	12.95±1.21	13.38±2.40	13.25±1.04
总蛋白, mg/mL	27.93±4.05 ^b	34.20±10.70 ^a	28.23±1.26 ^{ab}
白蛋白, g/L	11.20±0.99 ^b	13.38±0.73 ^a	13.83±0.96 ^a
球蛋白, g/L	16.73±6.66	20.83±11.31	14.40±0.52
尿素氮, mmol/L	0.37±0.04 ^a	0.24±0.03 ^b	0.20±0.01 ^b
甘油三酯, mmol/L	0.37±0.09	0.43±0.13	0.42±0.13
总胆固醇, mmol/L	3.03±0.29 ^b	3.63±0.23 ^a	3.52±0.33 ^a
肌酸激酶, U/mL	19.08±8.34	18.73±6.60	17.50±5.53
IgG, ng/mL	56.60±18.15	64.74±13.67	53.30±4.46
ALT, U/L	3.73±1.36	4.13±1.97	4.45±0.87
AST, U/L	513.13±254.57	518.05±264.26	353.55±69.14
T3, ng/mL	1.00±0.38	1.21±0.40	1.32±0.37
T4, ng/mL	15.04±1.29	15.72±4.09	19.41±3.82

总胆固醇、T3、T4含量均低于加酶组, 尿素氮水平显著高于加酶组 ($P<0.05$)。与对照组相比, 试验1、2组血清中白蛋白、总胆固醇显著提高 ($P<0.05$)。试验各组间血清中的血糖含量、球蛋白浓度等指标没有显著差异 ($P>0.05$)。

2.3 复合酶制剂对肉鸡肠道形态的影响 由表4可知, 试验1组回肠隐窝深度显著高于其他各组 ($P<0.05$), 试验2组回肠隐窝深度显著低于其他各组 ($P<0.05$)。其他指标各组间差异均不显著 ($P>0.05$)。

表4 日粮中添加复合酶对肉鸡小肠形态的影响 μm

项目	对照组	试验1组	试验2组
十二指肠			
绒毛高度	1490.62±130.22	1538.76±199.29	1562.49±172.86
隐窝深度	234.53±91.86	222.50±134.81	209.71±26.88
VH/CD	6.37±3.84	6.93±2.19	7.46±1.01
空肠			
绒毛高度	1028.65±43.13	1086.41±74.78	1095.94±66.37
隐窝深度	162.53±54.98	164.45±11.29	153.05±41.17
VH/CD	6.32±2.22	6.62±0.57	7.16±2.78
回肠			
绒毛高度	851.20±138.05	893.66±104.71	890.44±189.85
隐窝深度	167.59±39.52 ^b	204.03±46.87 ^a	128.22±20.26 ^c
VH/CD	5.51±0.59	4.97±1.65	7.15±1.80

2.4 复合酶制剂对肉鸡屠宰性能的影响 由表5可知, 试验各组间肉鸡的屠宰率、全净膛率、胸肌率、腿肌率均差异不显著 ($P>0.05$)。

表5 日粮中添加复合酶对肉鸡屠宰性能的影响 %

项目	对照组	试验1组	试验2组
屠宰率	92.51±1.94	92.47±1.10	93.09±1.32
全净膛率	73.58±1.57	73.51±0.91	74.33±1.57
腹脂率	2.08±0.64	1.96±0.08	1.95±0.59
胸肌率	25.02±1.35	25.40±3.63	25.99±2.57
腿肌率	21.17±0.72	21.24±1.15	22.56±2.88

3 讨论

3.1 日粮中添加复合酶对肉鸡生长性能的影响 大量研究证实, 日粮中添加复合酶能够有效改善肉鸡的生长性能^[5], 其改善机理大多与降解NSP和补充内源酶不足有关。日粮中的可溶性NSP会增加食糜粘性, 包裹营养物质^[6], 导致内源酶无法与营养物质顺利接触而影响营养物质消化率; 此外, 不溶性

NSP 是植物细胞壁的主要组分, 形成笼蔽效应, 同样不利于营养物质的消化^[7]。在日粮中添加 NSP 酶能够弥补机体不能分泌 NSP 酶的缺陷, 消除 NSP 的黏度效应和笼蔽效应, 间接提高营养物质消化率, 改善动物生长性能。Cowieson 等^[8] 研究发现, 在玉米-豆粕型日粮中添加木聚糖酶和葡聚糖酶, 能够有效提高肉鸡的饲料转化效率。Pack^[9] 研究同样发现, 在肉仔鸡日粮中添加木聚糖酶和葡聚糖酶能够显著提高肉仔鸡的采食量和饲料转化率。

陈昭琪等^[10] 研究发现, 肉鸡对玉米-豆粕型日粮中的蛋白消化率低于 70%, 对能量的表现消化率低于 79%。经过选育的肉鸡增重速度极快, 但消化系统发育并不完善, 通过补充外源消化酶(蛋白酶、淀粉酶等)能够弥补内源消化酶的不足, 提高营养物质消化率, 进而有效提高生产性能。Ghazi 等^[11] 研究发现, 在肉鸡日粮中添加曲霉真菌产蛋白酶处理后的豆粕, 能够显著提高 7~28 日龄肉鸡的日增重和饲料转化率。游金明等^[12] 研究发现, 在日粮中添加蛋白酶能够有效提高肉鸡生长后期和全期的日增重。刘迎春等^[13] 研究表明, 饲喂 α -淀粉酶组肉鸡 42 日龄体重、平均日增重和全期饲料转化率均显著改善, 体外仿生试验证实胃部和小肠消化阶段的还原糖生成量显著升高。

本试验结果显示, 添加含 NSP 的复合酶后肉鸡生产性能得到改善, 并且随着添加量的增加, 改善效果达到显著水平, 再次证实日粮中添加复合酶对肉鸡生产性能的积极影响。同类研究中, 汤海鸥等^[14] 研究发现, 饲料中添加由 NSP 酶和蛋白酶组成的复合酶能够显著提高肉鸡的日增重, 降低耗料增重比, 并且随着添加量的提升, 对生长性能的改善效果进一步提高。张会芳等^[15] 研究发现, 添加复合酶制剂有助于生长性能的改善, 但改善程度有差异, 并且均低于高代谢能的正对照组。添加酶制剂能够缓解降低能量对肉鸡生长性能带来的负面影响, 但不能盲目降能值降成本, 需要通过试验研究来确认降低的能值与添加的复合酶之间的对应关系。

此外, 本研究进一步发现, 日粮中添加复合酶对 1~21 日龄和 22~42 日龄肉鸡的日增重提高水平均为 6% 左右, 表明酶制剂对肉鸡全程生长性能的改善效果趋于一致。同类研究中均得出类似结论^[16], 可能预示着经过高度选育的肉鸡, 体重增加迅速, 但在整个生长周期消化系统发育并不完善, 与正常

成年动物存在差距, 或可将肉鸡饲养全程均视为处于幼龄期。

3.2 日粮中添加复合酶对肉鸡血液生化指标的影响 血清中的总蛋白和尿素氮能够反映动物体内蛋白质的代谢状况^[17]。尿素氮是机体蛋白质代谢的终产物之一, 被用作评价机体蛋白质分解代谢的程度^[18]。血清中尿素氮含量提高, 意味着机体蛋白质分解代谢旺盛, 氨基酸沉积为体蛋白的效率下降^[19]。贾红梅等^[20] 研究发现, 在玉米-豆粕型日粮中添加酶制剂具有降低肉鸡血清中尿素氮含量的趋势, 但并不显著。而本研究结果显示, 日粮中添加酶制剂, 血清中总蛋白浓度显著提高, 尿素氮含量显著下降, 这说明日粮中添加复合酶能够减少体蛋白的分解和氨基酸脱氨基供能途径的发生。

总蛋白浓度一定程度上能够为氨基酸的沉积提供良好的内环境, 因此血清中的总蛋白浓度可用作评价机体蛋白质合成代谢水平的有效指标, 总蛋白浓度越高代表体蛋白合成效率越高, 表现为肉鸡饲料转化效率的提高。刘燕强等^[21] 研究发现, 在玉米型日粮和大麦型日粮中添加复合酶, 均能够有效提高肉鸡血清中总蛋白浓度, 改善生长性能。血清中总蛋白和尿素氮指标的变化可能与 T3 和 T4 指标的提升有关。本研究发现, 复合酶添加组血清中的 T3 浓度有增加的趋势。而甲状腺激素是调节糖、脂肪、蛋白质代谢的重要激素, 能够促进蛋白质沉积, 加强外周组织对糖的利用。这与贾红梅等^[20] 的研究结果一致。

3.3 日粮中添加复合酶对肉鸡肠道形态的影响 肠道是动物最主要的消化器官, 肠道的完整性和健康程度与动物的生长性能密切相关。小肠绒毛是小肠吸收营养物质的主要部位; 肠道的隐窝是肠道绒毛基部上皮陷至固有层内形成的管状结构, 组成细胞多为未分化细胞, 可不断分化补充脱落或受损的肠道绒毛细胞, 因此隐窝深度的变化能够反映出肠上皮细胞的增殖率和成熟情况, 通常隐窝深度的降低表明肠道分泌功能提高, 吸收能力增强。Onderci 等^[22] 研究发现, 在日粮中添加 α -淀粉酶的发酵培养物能够提高肉鸡绒毛高度, 降低隐窝深度, 提高饲料转化效率。丁雪梅等^[23] 研究发现, 在小麦-豆粕日粮中添加木聚糖酶能够显著改善肉鸡肠道固有层厚度, 改善肠道形态。本研究结果显示, 复合酶添加组肉鸡十二指肠、空肠、回肠绒毛高度和 VH/CD

有增高的趋势, 隐窝深度有降低的趋势, 但差异不显著。

4 结论

在本试验条件下, 日粮中添加复合酶会显著提高肉鸡血清总蛋白、白蛋白、总胆固醇的含量。不同复合酶添加组可不同程度提高肉鸡日增重、降低耗料增重比, 其中添加 500 g/t 效果最佳。

参考文献:

- [1] 王和民, 霍启光, 李韶标, 等. 肉用雏鸡在采食条件下卵黄囊内营养素的转移和耗用[J]. 畜牧兽医学报, 1994, 25(2): 97-104.
- [2] 常文环, 王晓方, 刘国华. 肉雏鸡营养与开食料研究进展[J]. 中国家禽, 2011, 33(23): 48-50.
- [3] Longo F A, Menten J F M, Pedroso A A, et al. Performance and carcass composition of broilers fed different carbohydrate and protein sources in the prestarter phase[J]. J Appl Poult Res, 2007, 16(2): 171-177.
- [4] 赵红波, 盛清凯, 王星凌, 等. 早期饲喂与禁食对新生肉雏消化系统和免疫器官发育规律的研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2007, 38(3): 355-359.
- [5] 林谦, 戴求仲, 宾石玉, 等. 饲料添加益生菌与酶制剂对黄羽肉鸡生长性能的影响及相关机理[J]. 动物营养学报, 2012, 24(10): 1955-1965.
- [6] 乔永, Fuhai Z, 张芹, 等. 非淀粉多糖复合酶对饲喂低能量水平饲料肉鸡生长性能的影响研究[J]. 饲料工业, 2008, 29(12): 12-14.
- [7] 赵必迁, 张克英, 丁雪梅. 非淀粉多糖复合酶制剂对肉鸡养分表观利用率及肠道组织形态结构的影响[J]. 粮食与饲料工业, 2012, (10): 16-19.
- [8] Cowieson A J. Factors that affect the nutritional value of maize for broilers[J]. Anim Feed Sci Tech, 2005, 119(3-4): 293-305.
- [9] Pack M. Feed enzymes for corn-soybean broiler diets: A new concept to improve nutritional value and economics[J]. Afma Matrix, 1997: 76-85.
- [10] 陈昭琪, 丁之恩, 蔡海莹, 等. 发酵菜籽粕对肉鸡生长性能、营养物质消化吸收及肉品质的影响[J]. 动物营养学报, 2017, 29(8): 2969-2976.
- [11] Ghazi S, Rooke J A, Galbraith H, et al. The potential for the improvement of the nutritive value of soya-bean meal by different proteases in broiler chicks and broiler cockerels[J]. Brit Poult Sci, 2002, 43(1): 70-78.
- [12] 游全明, 瞿明仁, 黎观红, 等. 复合蛋白酶和甘露寡糖对肉鸡生长性能的影响及其互作效应研究[J]. 动物营养学报, 2008, 20(5): 567-571.
- [13] 刘迎春, 辛守帅, 张相伦, 等. 低温 α 温淀粉酶对饲料淀粉酶解及肉鸡生长性能的影响[J]. 中国家禽, 2016, 38(23): 24-27.
- [14] 汤海鸥, 高秀华, 姚斌, 等. 低能饲料中添加复合酶对肉鸡生长性能、肠道黏膜形态和食糜黏度的影响[J]. 动物营养学报, 2014, 26(1): 190-196.
- [15] 张会芳, 唐德富, 年芳, 等. 添加复合酶制剂对肉仔鸡生长性能和养分消化利用的影响[J]. 甘肃农大学学报, 2015, 50(2): 26-31.
- [16] 薛梅, 史雪萍, 徐玉, 等. 小麦-豆粕型饲料添加复合酶制剂对肉鸡生长和屠宰性能及血清生化指标的影响[J]. 饲料研究, 2015, (4): 12-17.
- [17] 高峰. 非淀粉多糖酶制剂对鸡、猪生长的影响及其作用机制研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2001: 101-102.
- [18] 张芹. 复合酶制剂对肉鸡生产性能及血液生化指标的影响[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(17): 9285-9287.
- [19] 杜继忠, 冯定远, 左建军, 等. 复合酶制剂对广东麻黄肉鸡血液生化指标和饲料养分代谢率的影响[A]. 全国酶制剂在饲料工业中的应用学术研讨会[C]. 广州: 中国农业科学技术出版社, 2009, 52-58.
- [20] 贾红梅, 由大鹏, 杨晓虹, 等. 酶制剂对肉仔鸡生理生化指标的影响研究[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2012, 33(4): 11-16.
- [21] 刘燕强, 韩正康. 粗酶制剂添加于大麦日粮中对鸡生长和血液生化值的影响[J]. 动物营养学报, 1999, 11(2): 30-37.
- [22] Onderci M, Sahin N, Sahin K, et al. Efficacy of supplementation of alpha-amylase-producing bacterial culture on the performance, nutrient use, and gut morphology of broiler chickens fed a corn-based diet[J]. Poult Sci, 2006, 85(3): 505.
- [23] 丁雪梅, 张克英. 小麦-豆粕型日粮中添加木聚糖酶对艾维茵肉鸡免疫指标、肠道形态和微生物菌群的影响[J]. 动物营养学报, 2009, 21(6): 931-937.

上接第 69 页

IV) MJ/kg, respectively. The adaptation period was 1 week, and the experimental period was 22 weeks. The results showed that there was no significant difference in performance among these 4 groups ($P>0.05$), but laying rate, average egg weight, daily egg production and the ratio of feed to egg of group II were better than that of group I, III, IV. Eggshell thickness of group IV was significantly lower than that of other three groups ($P<0.05$), and eggshell strength of group III was higher than that of group I ($P<0.05$). The Haugh unit of group IV was significantly lower than that of group I and II, and the Haugh unit decreased linearly with the increase of ME ($P<0.05$). Compared with group I, yolk color of group III was light ($P<0.05$), and yolk color decreased linearly with the increase of ME ($P<0.05$). Egg weight cost of group II was lowest compared with that of other three groups. In conclusion, 11.13 MJ/kg (CP/ME is 13.31g/MJ) is recommended as the suitable ME for 42~64 weeks Jing Hong laying hens.

Key words: Jing Hong laying hens; Late period of egg production; Metabolizable energy; Performance; Egg quality