

引用格式:

郭阳浩, 徐钰栋, 宋泽和, 刘自逵, 贺喜, 曹蓉. 日粮添加 V-E 和有机硒对肉种鸡繁殖性能及子代抗氧化能力和炎性因子表达的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2024, 50(6): 94–99.

GUO Y H, XU Y D, SONG Z H, LIU Z K, HE X, CAO R. Effects of vitamin-E and organic selenium supplementation in broiler breeder diets on breeding performance of the breeder and on antioxidant and inflammatory factors of the progeny[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2024, 50(6): 94–99.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



日粮添加 V-E 和有机硒对肉种鸡繁殖性能及子代抗氧化能力和炎性因子表达的影响

郭阳浩¹, 徐钰栋^{2,3}, 宋泽和^{1,3}, 刘自逵^{2,3}, 贺喜^{1,2,3}, 曹蓉^{1,3*}

(1.湖南农业大学动物科学技术学院, 湖南 长沙 410128; 2.饲料安全与高效利用教育部工程研究中心, 湖南 长沙 410128; 3.湖南家禽安全生产工程技术研究中心, 湖南 长沙 410128)

摘要: 选取 280 羽 38 周龄健康的黄羽肉鸡种母鸡, 随机均分成 4 组, A 组饲喂基础日粮, B 组日粮添加 125 mg/kg 的维生素 E(V-E), C 组日粮添加 0.3 mg/kg 的有机硒, D 组日粮同时添加 125 mg/kg V-E 和 0.3 mg/kg 有机硒, 于第 42 天每组收集 100 枚种蛋孵化至出苗, 统计受精率、孵化率和雏鸡质量, 测定 1 日龄雏鸡肌胃腺胃炎发病率及病理评分后, 每组选取 50 只测定肌胃抗氧化能力和炎性因子表达。结果表明: 1) 与 A 组相比, B、C、D 组均提高了母鸡产蛋率, C 组产蛋率提高了 5.31 个百分点、受精孵化率提高 4.69 个百分点, 效果最佳。2) B、C、D 组的 1 日龄雏鸡肌胃腺胃炎的患病率分别较对照组降低 25.4%、16.6%、21.8%。3) B、C、D 组 1 日龄雏鸡肌胃总抗氧化能力(T-AOC)较对照组分别降低 32.54%、27.22%、23.67%, B、D 组 1 日龄雏鸡丙二醛(MDA)含量分别降低 24.81%和 28.17%。4) B 组 1 日龄雏鸡肌胃中 *IL-1*、*IL-6*、*TNF- α* 的相对表达量显著下调, D 组 1 日龄雏鸡肌胃中仅 *TNF- α* 的相对表达量显著下调。综上, 日粮中添加 V-E 和有机硒可增强黄羽肉鸡种鸡的繁殖性能, 降低 1 日龄雏鸡肌胃腺胃炎发病率, 增强抗氧化能力, 降低炎性因子的表达。

关键词: 黄羽肉鸡; 维生素 E; 有机硒; 种鸡繁殖性能; 1 日龄雏鸡肌胃腺胃炎; 抗氧化能力; 炎性因子
中图分类号: S831.5 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2024)06-0094-06

Effects of vitamin-E and organic selenium supplementation in broiler breeder diets on breeding performance of the breeder and on antioxidant and inflammatory factors of the progeny

GUO Yanghao¹, XU Yudong^{2,3}, SONG Zehe^{1,3}, LIU Zikui^{2,3}, HE Xi^{1,2,3}, CAO Rong^{1,3*}

(1.College of Animal Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China; 2.Ministry of Education Engineering Research Center of Feed Safety and Efficient Use, Changsha, Hunan 410128, China; 3.Hunan Engineering Research Center of Poultry Production Safety, Changsha, Hunan 410128, China)

Abstract: Two hundreds and eighty healthy 38-week-old yellow-feathered broiler breeder hens were selected and randomly divided into 4 groups. Group A was fed a basal diet, group B was fed a basal diet supplemented with 125 mg/kg vitamin-E(V-E), group C was fed a basal diet supplemented with 0.3 mg/kg of organic selenium, and group D was fed a diet supplemented with both 0.3 mg/kg of organic selenium and 125 mg/kg V-E for 42 days. On the 42nd day, 100 breeder eggs were collected from each group and incubated until emergence. Fertilization rate, hatch ability and chick weight were recorded and the prevalence of inflammations in muscular stomach and glandular stomach and the pathologic scores

收稿日期: 2024-03-11

修回日期: 2024-09-18

基金项目: 湖南家禽产业技术体系(HARS-06)

作者简介: 郭阳浩(1998—), 男, 四川成都人, 硕士研究生, 主要从事动物营养与饲料学研究, 18890024248@163.com; *通信作者, 曹蓉, 硕士, 实验师, 主要从事单胃动物营养学研究, caorong19@126.com

were determined in 1-day-old chicks. Additionally, 50 1-day-old chicks from each group were selected to measure the antioxidant capacity of the muscular stomach and the expression of inflammatory factors. The results showed that 1) groups B, C, D increased egg production rate, and the group C exhibited the most notable effect, with an increase of 5.31 percentage points in egg production rate and an increase of 4.69 percentage points in fertilization and hatching rate; 2) The prevalence of inflammations of muscular stomach and glandular stomach in 1-day-old chicks in groups B, C and D were reduced by 25.4%, 16.6% and 22.4%, respectively, compared to the group A; 3) In groups B, C and D, the T-AOC contents in muscular stomach of 1-day-old offspring were reduced by 32.54%, 27.22% and 23.67%, respectively, compared to the control group, and in group B and group D, the MDA contents in 1-day-old offspring were significantly reduced the by 24.81% and 28.17%, respectively; 4) Group B significantly down-regulated the relative expression of *IL-1*, *IL-6*, and *TNF-α* in the muscular stomach, and group D significantly down-regulated the relative expression of *TNF-α* in the muscular stomach. In conclusion, the addition of V-E and organic selenium to the diets of yellow-feathered broiler breeders could improve the reproductive performance of breeders, reduce the incidence of inflammations in muscular stomach and glandular stomach, increase the antioxidant capacity and reduce the expression of inflammatory factors in the 1-day-old chicks.

Keywords: yellow-feathered broiler; vitamin E; organic selenium; breeder reproductive performance; inflammation of muscular stomach and glandular stomach in 1-day-old chicks; antioxidant capacity; inflammatory factors

自孵化第 18 天开始, 鸡胚在内部啄壳, 鸡胚转变为雏鸡, 从低氧环境向自然环境过渡^[1], 这一时期鸡胚会产生不同程度的氧化应激反应, 从而引起 1 日龄雏鸡肌胃腺胃炎^[2], 因此, 激活鸡胚抗氧化系统至关重要。1 日龄雏鸡可能由于种源霉菌毒素污染、网状内皮增生病毒感染等发生肌胃腺胃炎^[3]。另外, 雏鸡出壳后, 在从尿囊膜呼吸转变为肺呼吸的过程中容易发生氧化损伤^[4], 因此, 缓解雏鸡出壳前后因各种因素导致的氧化损伤非常重要^[5]。

研究表明, 在母代饲料中添加角黄素与 25-羟基 D3^[6]和茶多酚^[7]能有效增强家禽子代抗氧化能力。有机硒^[8]和维生素 E^[9]是效用良好且行业内公认的饲用抗氧化剂, 为此, 笔者研究在黄羽肉鸡种鸡日粮中分别添加维生素 E、有机硒以及维生素 E 和有机硒联用对种鸡繁殖性能及其子代 1 日龄雏鸡的肌胃腺胃炎发病、抗氧化能力以及炎症因子表达的影响, 以期降低 1 日龄雏鸡肌胃腺胃炎患病率提供有效方案。

1 材料与方法

1.1 材料

280 羽 38 周龄健康的黄羽肉鸡种母鸡由湖南吉泰农牧有限公司提供。有机硒(L-硒代蛋氨酸, 商品名珍硒, 含硒 0.2%), 维生素 E(V-E)由北京德元顺生物科技有限公司提供。

参考 NRC(1994)和 NY/T 33—2004《鸡饲养标准》配制基础日粮(表 1)。基础日粮由湖南新起点饲

料厂配制完成。

表 1 基础日粮的成分组成和营养水平

营养成分	占比/%	营养水平	数值
玉米	60.58	代谢能/(MJ·kg ⁻¹)	11.00
豆粕	20.00	粗蛋白含量/%	17.02
豆油	0.60	粗脂肪含量/%	3.44
麦麸	5.00	粗纤维含量/%	2.60
玉米蛋白粉	3.00	赖氨酸含量/%	0.76
石粉	8.00	蛋氨酸含量/%	0.30
磷酸氢钙	1.32	钙含量/%	3.55
预混料	1.50	总磷含量/%	0.64
总计	100.00		

每 kg 预混料含维生素 A 8 500 IU, 维生素 D3 2 400 IU, 维生素 K3 2.4 mg, 维生素 B1 1.20 mg, 维生素 B2 3.6 mg, 维生素 B6 1.2 mg, 维生素 E 20 IU 维生素 B12 0.01 mg, 叶酸 0.50 mg, 烟酸 26.70 mg, 泛酸 10.00 mg, 铁 80.00 mg, 铜 8.00 mg, 锰 64.00 mg, 锌 48.00 mg, 硒 0.30 mg, 碘 0.70 mg。代谢能和氨基酸含量为计算值, 其余营养成分为测定值。

1.2 试验设计

280 羽种母鸡随机均分成 4 组: A 组饲喂基础日粮; B 组饲喂添加 125 mg/kg 维生素 E 的日粮; C 组饲喂添加 0.3 mg/kg 有机硒的日粮; D 组饲喂添加 0.3 mg/kg 有机硒和 125 mg/kg 维生素 E 的日粮。于第 42 天, 每组收集 100 枚种蛋进行孵化, 直至出苗, 统计受精率、孵化率和雏鸡质量等指标。对 1 日龄雏鸡测定肌胃腺胃炎发病率及病理评分后, 每组选取 50 只 1 日龄雏鸡, 测定它们的器官指数、肌胃抗氧化指标及与肌胃内炎症因子相关基因的相对表达量。

1.3 测定项目和方法

1.3.1 肉种鸡繁殖性能的测定

试验期间每天记录种母鸡产蛋数,以周为单位计算产蛋率。于孵化第 18 天照蛋,记录已受精的蛋数,计算受精率。于出苗当天(孵化第 21 天)记录受精孵化率和入孵孵化率。

1.3.2 1 日龄雏鸡相关指标的测定

1) 于试验第 42 天,每组收集种蛋 100 枚进行孵化。出苗时对 1 日龄雏鸡称重,用二氧化碳窒息法致死,调查其肌胃腺胃炎流行病学发病率并进行病理评分。雏鸡肌胃和腺胃溃疡情况等级评分:0 分(正常),肌胃表面呈鲜黄色,无病斑;1 分(低程度患病),肌胃表面呈黄色,出现少许点状病斑;2 分(中程度患病),肌胃表面呈暗黄色或褐色,出现部分病斑;3 分(高程度患病),肌胃表面呈暗黄色、褐色甚至是黑色,出现大面积病斑。

2) 每组选取 50 只 1 日龄雏鸡,分离雏鸡心脏、肝脏、肺脏、肾脏、肌胃和腺胃,分别称重,计算各器官指数^[10]。

3) 取肌胃样品,于液氮中速冻后放置于 -80°C 冰箱,按照南京建成生物工程研究所试剂盒说明书进行肌胃蛋白定量后,测定其总抗氧化能力(T-AOC)、超氧化物歧化酶(SOD)活性、丙二醇(MDA)含量、谷胱甘肽(GSH)含量。

4) 肌胃组织样品均用 RNA 裂解液匀浆后,按照 SteadyPure 通用型 RNA 提取试剂盒说明书提取肌胃组织 RNA,测定其浓度和纯度,按照 Evo M-MLV 反转录试剂盒说明书进行反转录获取

cDNA。使用 SYBR Green 嵌合荧光法对提取的 cDNA 进行实时荧光定量 PCR 检测,引物序列列于表 2,以 β -肌动蛋白基因(β -actin)作为内参基因,根据 $2^{-\Delta\Delta C_t}$ 法计算定量结果。RNA 裂解液、反转录试剂盒和 SYBR Green 均购自湖南艾科瑞生物工程有限公司。

表 2 RT-qPCR 引物序列

基因	引物序列(5'-3')	登录号
β -actin	F: ATTGCTGCGCTCGTTGTT R: CTTTGTCTCTGGGCTTCA	NM-205518.1
<i>IL-1β</i>	F: TTCCGCTACACCGCTCACAGT R: CCGCTCATCACACACGACAT	NM-000576.2
<i>IL-6</i>	F: ATGGTGATAAATCCCGATGAAG R: CCTCACGGTCTTCTCCATAAAC	NM-204628.1
<i>TNF-α</i>	F: CAGATGGGAAGGGAATGAAC R: AGAGCATCAACGCAAAAGGG	NM-204267.1

1.4 数据处理

试验数据经 Excel 2016 整理后,采用 SPSS 22.0 软件进行单因素方差分析,选用 Duncan 多重比较法分析差异显著性。

2 结果与分析

2.1 日粮添加 V-E 和有机硒对黄羽肉鸡种母鸡繁殖性能的影响

如表 3 所示,与对照组相比,日粮添加 V-E、有机硒以及 V-E 有机硒联用,种母鸡产蛋率都提高了,其中添加有机硒组的产蛋率提高 5.31 个百分点,效果最佳;添加 V-E 组和 V-E 有机硒联用组的受精率分别提高 1.40 个百分点和 0.49 个百分点;添加有机硒组的受精孵化率提高 4.69 个百分点。

表 3 日粮添加 V-E 和有机硒的种鸡的繁殖性能

分组	产蛋率/%	受精率/%	受精孵化率/%	入孵孵化率/%
A	69.69 \pm 4.75	96.95 \pm 3.61	91.76 \pm 3.61	88.98 \pm 5.26
B	70.24 \pm 4.56	98.35 \pm 2.23	94.34 \pm 5.23	92.83 \pm 6.36
C	75.00 \pm 4.73	95.26 \pm 5.41	96.45 \pm 3.09	91.87 \pm 5.83
D	72.15 \pm 4.96	97.44 \pm 3.94	92.21 \pm 2.98	89.84 \pm 4.40
P 值	0.177	0.531	0.112	0.545

2.2 日粮添加 V-E 和有机硒对 1 日龄雏鸡器官指数的影响

如表 4 所示,日粮添加 V-E 和有机硒以及 V-E 有机硒联用对 1 日龄雏鸡的体质量、心脏指数、肺

脏指数、肾脏指数、腺胃指数均无显著影响($P>0.05$)。与对照组相比,日粮添加 V-E、有机硒以及二者联用时 1 日龄雏鸡的体质量分别增加 1.01、0.43、2.76 g,其中 V-E 有机硒联用组雏鸡体

质量增加效果最佳。添加 V-E、有机硒和 V-E 有机硒联用有降低肝脏指数的趋势($P=0.091$); 添加 V-E 和有机硒有增加肌胃指数($P=0.067$)的趋势。

表 4 日粮添加 V-E 和有机硒的 1 日龄雏鸡的器官指数

分组	雏鸡体质量/g	心脏指数/%	肝脏指数/%	肺脏指数/%	肾脏指数/%	肌胃指数/%	腺胃指数/%
A	38.40±5.16	0.74±0.16	2.79±0.42	0.99±0.17	0.69±0.11	5.14±0.55	0.75±0.10
B	39.41±2.94	0.70±0.12	2.71±0.07	0.89±0.22	0.71±0.14	5.72±0.42	0.73±0.11
C	38.83±4.39	0.76±0.16	2.59±0.19	0.89±0.25	0.61±0.12	5.51±0.45	0.69±0.09
D	41.16±2.05	0.79±0.15	2.40±0.36	0.71±0.19	0.56±0.26	5.07±0.55	0.69±0.09
P 值	0.560	0.711	0.091	0.127	0.306	0.067	0.584

2.3 种鸡日粮添加 V-E 和有机硒对 1 日龄雏鸡肌胃腺胃炎发病率的影响

如表 5 所示, 与对照组相比, 种鸡日粮添加 V-E、有机硒及 V-E 有机硒联用均降低了 1 日龄雏鸡肌胃腺胃炎的发病率。

表 5 种鸡日粮添加 V-E 和有机硒时 1 日龄雏鸡的肌胃腺胃炎发病率

分组	样本数/只	患病鸡只数	正常鸡只数	患病率/%
A	50	33	17	66.6
B	51	21	30	41.2
C	52	26	26	50.0
D	52	23	29	44.2

2.4 种鸡日粮添加 V-E 和有机硒 1 日龄雏鸡肌胃腺胃炎流行病学调查结果

如表 6 所示, 日粮添加 V-E、有机硒以及 V-E 有机硒联用可以有效缓解 1 日龄雏鸡肌胃腺胃炎患病程度。相比于对照组 17 只正常雏鸡, 添加 V-E 组、有机硒组以及联用组分别增加 13 只、9 只、12

只正常雏鸡, 且患病程度均较对照组有所减轻。

表 6 种鸡日粮添加 V-E 和有机硒 1 日龄雏鸡肌胃腺胃患病情况

分组	正常鸡只数	患病鸡只数		
		低患病程度	中患病程度	高患病程度
A	17	22	8	3
B	30	12	9	0
C	26	15	8	3
D	29	14	8	1

2.5 种鸡日粮添加 V-E 和有机硒对 1 日龄雏鸡肌胃抗氧化能力的影响

如表 7 所示, 种鸡日粮中添加 V-E、有机硒、V-E 有机硒联用 1 日龄雏鸡肌胃 T-AOC 水平较处理组分别降低 32.54%、27.22%、23.67%, 存在显著差异($P<0.05$)。日粮中添加 V-E、V-E 有机硒联用显著降低 1 日龄雏鸡肌胃 MDA 含量($P<0.05$), SOD 活性与 GSH 含量无显著差异($P>0.05$)。

表 7 日粮添加 V-E、有机硒对 1 日龄雏鸡肌胃抗氧化能力

分组	T-AOC 水平/(U·mg ⁻¹)	SOD 活性/(U·mg ⁻¹)	MDA 含量/(nmol·mg ⁻¹)	GSH 含量/(mg·mg ⁻¹)
A	(1.69±0.65)a	127.00±37.44	(3.87±0.98)a	15.39±5.48
B	(1.14±0.54)b	103.55±37.59	(2.91±1.13)b	12.19±4.63
C	(1.23±0.39)b	110.37±43.48	(3.36±1.14)ab	13.41±4.64
D	(1.29±0.46)b	122.55±56.49	(2.78±1.39)b	14.48±3.54
P 值	0.009	0.321	0.039	0.168

同列不同字母表示处理间的差异有统计学意义($P<0.05$)。

2.6 种鸡日粮添加 V-E 和有机硒对 1 日龄雏鸡肌胃炎性因子基因表达的影响

如表 8 所示, 相比于对照组, 种鸡日粮中添加 V-E 显著下调 1 日龄雏鸡肌胃中 *IL-1*、*IL-6*、*TNF- α* 的相对表达量, 分别下调 29%、38%、36%。种鸡日粮中 V-E 有机硒联用显著下调肌胃中 *TNF- α* 的相对表达量。

表 8 种鸡日粮添加 V-E 和有机硒的 1 日龄雏鸡肌胃炎性因子基因的相对表达量

Table 8 Gene relative expression of inflammatory factors in muscular stomach in 1-day-old chicks with breeder diets supplemented with V-E and organic selenium(Se)

分组	相对表达量		
	<i>IL-1</i>	<i>IL-6</i>	<i>TNF-α</i>
A	(1.00±0.35)a	(1.00±0.38)a	(1.00±0.22)a
B	(0.71±0.18)b	(0.62±0.26)b	(0.64±0.18)c
C	(0.83±0.38)ab	(0.94±0.25)a	(0.83±0.26)ab
D	(0.93±0.38)ab	(0.86±0.38)a	(0.71±0.36)bc
P 值	0.049	0.002	<0.001

同列不同字母表示处理间的差异有统计学意义($P < 0.05$)。

3 结论与讨论

试验结果表明, 黄羽肉鸡种母鸡日粮中添加 125 mg/kg 维生素 E、0.3 mg/kg 有机硒以及二者联用显著增强了其子代 1 日龄雏鸡抗氧化能力, 下调了炎性因子的表达, 1 日龄雏鸡肌胃腺胃炎发病率降低, 从而增强了黄羽肉种鸡的繁殖性能。

种鸡日粮中添加维生素 E 和有机硒能不同程度地增加种鸡产蛋率与受精孵化率, 但不存在统计学差异。外源 V-E 与硒可以调控动物的繁殖性能^[11-12], 朱冠宇等^[13]和吕鑫等^[14]的研究表明, 硒可以增强蛋鸡与蛋鸭繁殖性能, 但本试验结果与这些结果并不一致, 这可能因为鸡种不同, 鸡个体之间有差异, 有机硒的效果也存在差异。

黄羽肉种鸡日粮中添加 V-E 和有机硒, 能不同程度地降低 1 日龄雏鸡肌胃腺胃炎的发病率。有研究表明, 饲料中添加硒或 V-E 可以有效促进动物消化道组织形态学健康和生长发育健康^[15-18], 这些结果可以佐证 V-E 与有机硒对 1 日龄雏鸡肌胃腺胃炎的缓解作用。对肌胃抗氧化能力进行检测, 结果表明, 种鸡日粮中添加 V-E 和有机硒显著降低了 1 日龄雏鸡肌胃 T-AOC 含量与 MDA 的含量, 这可

能是因为 V-E 和有机硒能清除自由基, 从而减少了机体抗氧化系统的激活^[19-20]。詹腾飞等^[21]的研究表明, 日粮添加 V-E 可提高肉鸡血清 T-AOC 水平, 而本试验结果与其不一致, 可能是因为正常状态下动物机体内自由基消除与生产处于动态平衡, 需要 SOD、GSH 和 MDA 等共同作用。MDA 是脂质过氧化物的产物, 其含量的高低可以从侧面反映出机体氧化应激损伤的程度^[22]。本试验中, 在种鸡饲料中添加有机硒和维生素 E 可以显著降低 1 日龄雏鸡肌胃 MDA 含量, 证明这 2 种抗氧化剂有效缓解了子代雏鸡肌胃腺胃炎氧化应激损伤。维生素 E 和硒不仅可以作为基因调节剂, 调节内源性抗氧化酶的表达^[23]; 还可以降低肉鸡氧化敏感性从而改善种蛋品质^[24], 说明 V-E 和有机硒作为抗氧化剂在动物机体内具有多种作用。

检测 1 日龄雏鸡肌胃内炎性因子 *IL-1 β* 、*IL-6* 和 *TNF- α* 的表达情况, 结果表明, 相比于对照组, 种鸡日粮中基因添加 V-E 显著下调了 1 日龄雏鸡 *IL-1*、*IL-6* 和 *TNF- α* 的表达, V-E 与有机硒二者联用显著下调了 *TNF- α* 的表达, 说明 V-E 和有机硒对炎症有缓解作用。这可能是因为种鸡日粮添加 V-E 和有机硒, 增强了种母鸡的免疫力^[25-26], 从而提高了 1 日龄雏鸡的免疫能力。

参考文献:

- [1] VAN DEN BRAND H, MEIJERHOF R, HEETKAMP M J W, et al. Interaction between eggshell temperature and carbon dioxide concentration after day 8 of incubation on broiler chicken embryo development[J]. *Animal*, 2021, 15(6): 100223.
- [2] GUY J S, WEST M A, FULLER F J, et al. Detection of chicken proventricular necrosis virus(R11/3 virus) in experimental and naturally occurring cases of transmissible viral proventriculitis with the use of a reverse transcriptase-PCR procedure[J]. *Avian Diseases*, 2011, 55(1): 70-75.
- [3] LEMIERE S. 家禽腺胃炎和肌胃糜烂的研究动态[J]. *中国家禽*, 2010, 32(15): 42-44.
- [4] 孙丹彤, 何闪, MACHADO B, 等. 适时提高出雏器中二氧化碳的水平可生产出高质量的健康雏鸡[J]. *国外畜牧学(猪与禽)*, 2020, 40(8): 40-42.
- [5] YANG S H, WEI Z Q, WU J X, et al. Proteomic analysis of liver tissues in chicken embryo at Day 16 and Day 20 reveals antioxidant mechanisms[J]. *Journal of Proteomics*, 2021, 243: 104258.

- [6] 杨永杰. 母代饲料中添加角黄素和25-羟基胆固醇对子代鸭抗氧化和钙磷代谢的影响[J]. 广东饲料, 2018, 27(4): 51.
- [7] 付晶, 梁玉文, 刘旭霞, 等. 种鹅饲料添加茶多酚对1日龄雏鹅抗氧化能力和血清生化指标的影响[J]. 饲料博览, 2023(2): 7-12.
- [8] TIAN X Z, LI J X, LUO Q Y, et al. Effect of supplementation with selenium-yeast on muscle antioxidant activity, meat quality, fatty acids and amino acids in goats[J]. *Frontiers in Veterinary Science*, 2022, 8: 813672.
- [9] YANG J, DING X M, BAI S P, et al. Effects of maternal dietary vitamin E on the egg characteristics, hatchability and offspring quality of prolonged storage eggs of broiler breeder hens[J]. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2020, 104(5): 1384-1391.
- [10] 陈亚迎, 许祯莹, 邱时秀, 等. 复方中药制剂对彭县黄鸡生产性能、屠宰性能、器官指数及肉品质的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2022, 58(9): 286-289.
- [11] 魏雅婷, 徐泽君, 陈虹宇, 等. 外源维生素E和硒调控动物精液品质的研究进展[J]. 畜牧兽医学报, 2024, 55(4): 1389-1400.
- [12] 王爽, 陈伟, 黄雪冰, 等. 饲料维生素E添加水平对蛋种鸭繁殖性能及子代雏鸭生长性能、抗氧化性能的影响[J]. 动物营养学报, 2022, 34(12): 7781-7789.
- [13] 朱冠宇, 李征, 张立昌, 等. 硒代蛋氨酸对蛋用种公鸡繁殖性能及血液生殖激素的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医(上半月), 2017(11): 1-4.
- [14] 吕鑫, 姬红波, 刘剑, 等. 硒代蛋氨酸对樱桃谷肉种鸭生产性能、繁殖性能和血清生化指标的影响[J]. 中国家禽, 2024, 46(5): 25-31.
- [15] 官丽辉, 刘海斌, 张立永. 酵母硒-黄芪多糖浓缩料对坝上长尾鸡生长性能、肠道健康、屠宰性能及肉品质的影响[J]. 动物营养学报, 2023, 35(7): 4312-4320.
- [16] 沈雨甜, 张小东, 张玲, 等. 不同硒源对黄羽肉鸡生长性能和肠道形态及抗氧化功能、免疫功能和细胞凋亡的影响[J]. 动物营养学报, 2022, 34(12): 7711-7722.
- [17] 何羿文, 黄乐, 周锡红, 等. 硒和硒蛋白与宿主肠道健康的互作调节机制[J]. 中国科学(生命科学), 2023, 53(8): 1055-1066.
- [18] 潘雪男, 王晶晶, 王贤泽, 等. 鹅日粮中维生素A、维生素D和维生素E适宜添加水平研究进展[J]. 中国家禽, 2023, 45(7): 78-85.
- [19] 付文艳, 张勇刚. 酵母硒与维生素E联合添加对蛋鸡产蛋性能、蛋品质和抗氧化性能的影响[J]. 饲料研究, 2023, 46(4): 45-50.
- [20] 李蓉, 王国贵, 陈潇飞, 等. 维生素E和酵母硒对夏季蛋鸡产蛋性能、抗氧化性能及免疫功能的影响[J]. 中国家禽, 2022, 44(12): 80-86.
- [21] 詹腾飞, 韩云胜, 汤超华, 等. 富维生素E转基因玉米对肉鸡生长性能、生化指标及抗氧化功能的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2019, 46(9): 2608-2617.
- [22] 骆雪, 俞伟辉. 复方中草药添加剂对断奶仔猪生长性能、血清生化指标及免疫指标的影响[J]. 饲料研究, 2021, 44(18): 40-43.
- [23] URSO U R A, DAHLKE F, MAIORKA A, et al. Vitamin E and selenium in broiler breeder diets: effect on live performance, hatching process, and chick quality[J]. *Poultry Science*, 2015, 94(5): 976-983.
- [24] 令狐克川, 王超, 张瑞强, 等. 饲料添加天然维生素E对蛋鸡产蛋后期生产性能、维生素E沉积、抗氧化功能和鸡蛋品质的影响[J]. 动物营养学报, 2021, 33(12): 6771-6781.
- [25] 孙丹彤, 王晶晶, LITTA G. 日粮中添加维生素可改善肉鸡免疫力和肠道健康[J]. 国外畜牧学(猪与禽), 2024, 44(1): 47-51.
- [26] 杨佳, 赖世雄, 马维梅, 等. 蛋内注射硒代蛋氨酸对雏鸡生长发育、抗氧化及免疫性能的影响[J]. 中国家禽, 2023, 45(12): 27-33.

责任编辑: 罗慧敏
英文编辑: 罗维