

饲料微量元素不同用量组合对黄羽肉鸡生产性能、 胴体指标及肉品质的影响

王一冰 王薇薇 苟钟勇 李龙 林厦菁 范秋丽 叶金玲 崔小燕 蒋守群*

(广东省农业科学院 动物科学研究所/畜禽育种国家重点实验室/农业部华南动物营养与饲料重点实验室/
广东省动物育种与营养公共实验室/广东省畜禽育种与营养研究重点实验室,广州 510640)

摘要 为探究饲料中微量元素不同用量组合对黄羽肉鸡生长性能、胴体指标与肉品质的影响,选用1日龄岭南黄鸡为试验鸡,共设3个处理:组1饲料微量元素水平参照NRC(1994)^[14]的营养需要量;组2参照广东典型市售鸡矿产品的微量元素水平;组3参考本课题组前期的微量元素需要量的研究结果。饲喂周期63 d。结果表明:1~21日龄阶段,与组1试鸡相比,组3和组2试鸡的平均日增重与平均日采食量均得到显著提高($P<0.05$);22~42日龄阶段,与组1试鸡相比,组3的末重显著增加($P<0.05$)、料重比显著降低($P<0.05$),组1与组2试鸡的各项指标均无显著差异($P>0.05$);43~63日龄阶段,组3试鸡的末重较组1、组2试鸡均显著提高($P<0.05$)。组3试鸡的半净膛率相较于组1显著增加($P<0.05$)。63日龄胸肌肉品质分析表明,与组1试鸡相比,组2与组3试鸡的肉色红度值显著提高($P<0.05$)、滴水损失显著降低($P<0.05$),且组2试鸡剪切力、组3试鸡的肉色黄度值显著降低($P<0.05$)。综上,饲料微量元素不同组合对黄羽肉鸡生长性能、胴体指标与肉品质影响显著,组2和组3均可提高肉鸡生长性能、改善肉品质,其中组3对生长性能的促进作用优于组2。

关键词 黄羽肉鸡;微量元素;生长性能;肉品质;胴体指标

中图分类号 S831.5

文章编号 1007-4333(2019)03-0060-11

文献标志码 A

Effects of different combinations of dietary trace elements on the growth performance, carcass trait and meat quality of yellow-feathered broilers

WANG Yibing, WANG Weiwei, GOU Zhongyong, LI Long, LIN Xiajing, FAN Qiuli,
YE Jinling, CUI Xiaoyan, JIANG Shouqun*

(Institute of Animal Science/State Key Laboratory of Livestock and Poultry Breeding/Key Laboratory of Animal Nutrition and Feed Science in South China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Guangdong Public Laboratory of Animal Breeding and Nutrition/Guangdong Key Laboratory of Animal Breeding and Nutrition, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract The purpose of this experiment was to explore the effects of different combinations of dietary trace elements on the growth performance, carcass trait and meat quality and provide theoretical and technical support for safe and efficient breeding of yellow-feathered broilers. One-day-old chicks were selected and randomly divided into three

收稿日期:2019-09-29

基金项目:国家重点研发计划(2018YFD0500600);国家肉鸡产业技术体系项目(CARS-41-G10);国家自然科学基金青年基金(31802104);广东省自然科学基金项目(2017A030310096);国家“十二五”科技支撑计划项目子课题(2014BAD13B02);广东省科技计划项目(2017B020202003);广州市科技计划重点项目(201804020091);广东省农业科学院院长基金项目(201620,201805,201807B,201809B,201908);广东省农业科学院乡村振兴地方分院与专家工作站经费项目(2018驻点12-29)

第一作者:王一冰,助理研究员,主要从事黄羽肉鸡营养与免疫研究,E-mail:wangyibing77@163.com

通讯作者:蒋守群,研究员,主要从事黄羽肉鸡营养与饲料研究,E-mail:jsqun3100@sohu.com

groups; Group 1 was similar to NRC (1994)^[14]; Group 2 was one typical product in Guangdong; Group 3 was referred to our previous researches. The feeding period was 63 days. The results showed that: Compared with broilers in group 1, the average daily gain and average daily feed intake of broilers in group 3 and group 2 were increased significantly ($P < 0.05$) at 1–21 days; At the stage of 22–42 days, the final weight of broilers in group 3 was increased significantly ($P < 0.05$) and the feed weight ratio was decreased significantly ($P < 0.05$) compared with those in group 1, but there was no significant difference in growth performance between group 1 and group 2 ($P > 0.05$); The final weight of broilers aged 43–63 days in group 3 was significantly higher than that in group 1 and 2 ($P < 0.05$). The half-eviscerated rate of broilers in group 3 was significantly higher than that of group 1 ($P < 0.05$). The analysis of meat quality showed that compared with broilers in group 1, the meat color redness value was increased significantly ($P < 0.05$) and the drip loss was decreased significantly ($P < 0.05$) in both group 2 and 3. Furthermore, the shear force in group 2 and the meat color yellowness value in group 3 were decreased significantly ($P < 0.05$). In conclusion, different dosage combinations of dietary iron, copper, zinc, manganese, selenium and iodine displayed significant effects on the growth performance, carcass trait and meat quality of yellow-feather broilers. The dosage of dietary iron, copper, zinc, manganese, selenium and iodine in group 3 and 2 both improved the growth performance and meat quality of broilers compared with that in group 1. Group 3 was better in promoting growth performance than group 2.

Keywords yellow-feathered broiler; trace element; growth performance; carcass trait; meat quality

微量元素是动物生长发育及维持正常生理活动所必需的营养素,其在肉鸡体内的含量低于0.01%,但作为酶、激素等活性物质的组成成分或激活剂,是维持正常生命活动不可缺少的营养成分。铁是合成血红蛋白、呼吸酶类和细胞色素的原料,对营养物质代谢极为重要,饲料添加铁可以改善肉鸡生长性能^[1,2];铜是金属酶的组成成分,直接参与蛋白质、脂肪、碳水化合物等的代谢^[1,3],饲料添加铜可提高肉鸡生产性能、降低肉鸡血脂和组织胆固醇含量^[4-6];锌是羧基酶、胶原酶等多种酶类的结构成分或辅助因子,通过影响酶活发挥生物学功能^[1],饲料添加锌可以提高肉鸡肌肉的抗氧化性能,促进肉鸡免疫反应^[7,8];锰可以促进骨骼发育、影响畜禽繁殖性能,饲料添加锰可以提高肉鸡生长性能和免疫功能^[9-11];硒具有抗氧化、提高繁殖性能的作用^[12];碘具有抗氧化功能,且是合成甲状腺激素的主要成分^[13]。以上元素的摄入过量、不平衡或缺乏都会不同程度地引起机体生理的异常或疾病的发生,所以,在设计鸡的日粮配方时,适宜的微量元素添加量变得尤为重要。近年来,已有研究认为NRC(1994)^[14]所推荐的家禽微量元素添加量难以满足实际生产需要;Gajula等^[8]研究表明,应对肉鸡施以高于NRC推荐的水平的锰和锌以提高免疫反应;研究证明畜禽体内微量元素间存在交互作用,比如协同和拮抗作用,饲料添加的微量元素在机体内互相促进与制约彼此发挥生物学功能^[15-16]。因此,确定适宜的微量元素用量组合,提高微量元素的利用

率,从而最大限度地发挥鸡只生长潜能、改善肉鸡健康状况,对提高肉鸡养殖效益意义重大。黄羽肉鸡是我国特有的养殖品种,2018年出栏量达40亿只,但对黄羽肉鸡营养需要量的研究与白羽肉鸡相比起步较晚,尚无深入研究。因此,本研究拟以快速型岭南黄羽肉鸡为研究对象,通过饲养试验、屠宰试验并结合肉品质测定,探究饲料中微量元素不同用量组合对其生长性能、胴体指标与肉品质的影响,以期为黄羽肉鸡安全高效养殖提供理论与技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验设计

本试验在广东省农业科学院动物科学研究所家禽营养与饲料研究室试验场开展,试验选用快速型(63日龄出栏)岭南黄鸡作为试验鸡。试验共选取1日龄雏鸡540只,设3组,每组设6重复,每个重复30只鸡。组1为对照组,其饲料微量元素水平参照NRC(1994)中肉鸡的微量元素营养需要量设计;组2参照广东典型市售鸡矿产品的微量元素水平;组3参考本课题组前期的营养需要研究结果。具体水平见表1。

1.2 试验饲料

试验采用玉米—豆粕型基础饲料,除铁、铜、锰、锌、硒、碘外,其他营养水平参考《鸡饲养标准》(NY/T33—2004)^[17]设置。1~21日龄、22~42日龄和43~63日龄3个阶段的基础饲料配方及营养水平见表2,预混料配方见表3,铁、铜、锰、锌、硒、碘的添加形式及添加量见表4。

表1 不同阶段黄羽肉鸡饲料微量元素水平

Table 1 Trace element levels of diets of yellow feathered chickens at different stages mg/kg

微量元素 Trace element	1~21日龄			22~42日龄			43~63日龄		
	1-21 days of age			22-42 days of age			43-63 days of age		
	组1	组2	组3	组1	组2	组3	组1	组2	组3
	Group 1	Group 2	Group 3	Group 1	Group 2	Group 3	Group 1	Group 2	Group 3
铁 Fe	80	120	120	80	120	120	80	120	120
铜 Cu	8	12	12	8	12	12	8	12	12
锰 Mn	60	60	60	60	60	60	60	60	90
锌 Zn	40	60	120	40	60	120	40	60	120
硒 Se	0.15	0.30	0.30	0.15	0.30	0.30	0.15	0.30	0.30
碘 I	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35

表2 饲料组成与营养水平(干物质基础)

Table 2 Composition and nutrient levels of the basal diets (air-dry basis)

项目 Item	1~21日龄	22~42日龄	43~63日龄
	1-21 days of age	22-42 days of age	43-63 days of age
原料/% Ingredients			
玉米 Corn	63.00	65.28	72.70
鱼粉 Fish meal	2.50	0.00	0.00
豆粕 Soybean meal	28.30	26.50	16.80
玉米蛋白粉 Corn protein meal	1.50	1.80	4.50
豆油 Soya bean oil	0.60	2.20	2.00
L-赖氨酸盐酸盐 L-Lys · HCl	0.00	0.06	0.19
DL-蛋氨酸 DL-Met	0.10	0.09	0.04
石粉 Limestone	1.30	1.23	1.20
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1.40	1.54	1.27
食盐 Salt	0.30	0.30	0.30
预混料 Premix ¹⁾	1.00	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrition level			
代谢能/(Mcal/kg) ME	2.90	3.00	3.10
粗蛋白质/% CP	21.00	19.00	17.00
赖氨酸/% Lys	1.15	1.00	0.85
蛋氨酸/% Met	0.45	0.40	0.34
胱氨酸/% Cys	0.35	0.34	0.32
钙/% Ca	1.00	0.90	0.80
总磷/% P	0.68	0.62	0.54
有效磷/% AP	0.45	0.40	0.35

注: 1~21日龄通过预混料向每 kg 饲料中提供: VA 15 000 IU、VD₃ 3 300 IU、VE 20 IU、VK₃ 6 mg、VB₁ 1.8 mg、VB₂ 9 mg、VB₅ 3.5 mg、VB₁₂ 0.01 mg、氯化胆碱 500 mg、烟酸 60 mg、泛酸 16 mg、叶酸 0.55 mg、生物素 0.15 mg; 22~42日龄通过预混料向每 kg 饲料中提供: VA 15 000 IU、VD₃ 3 300 IU、VE 20 IU、VK₃ 6.0 mg、VB₁ 3.0 mg、VB₂ 9.0 mg、VB₅ 6.0 mg、VB₁₂ 0.03 mg、氯化胆碱 1 000 mg、烟酸 60 mg、泛酸 18 mg、叶酸 0.75 mg、生物素 0.10 mg; 43~63日龄通过预混料向每 kg 饲料中提供: VA 10 000 IU、VD₃ 1 000 IU、VE 20 IU、VK₃ 4 mg、VB₁ 1.8 mg、VB₂ 8 mg、VB₅ 3.5 mg、VB₁₂ 0.01 mg、氯化胆碱 500 mg、烟酸 44 mg、泛酸 10 mg、叶酸 0.55 mg、生物素 0.15 mg。

Note: Premix provided the following per kilogram of diets during 1 to 21 days of age: VA 15 000 IU, VD₃ 3 300 IU, VE 20 IU, VK₃ 6 mg, VB₁ 1.8 mg, VB₂ 9 mg, VB₅ 3.5 mg, VB₁₂ 0.01 mg, choline chloride 500 mg, niacin 60 mg, pantothenic acid 16 mg, folic acid 0.55 mg and biotin 0.15 mg. Premix provided the following per kilogram of diets during 22 to 42 days of age: VA 15 000 IU, VD₃ 3 300 IU, VE 20 IU, VK₃ 6.0 mg, VB₁ 3.0 mg, VB₂ 9.0 mg, VB₅ 6.0 mg, VB₁₂ 0.03 mg, choline chloride 1 000 mg, niacin 60 mg, pantothenic acid 18 mg, folic acid 0.75 mg and biotin 0.10 mg. Premix provided the following per kilogram of diets during 43 to 63 days of age: VA 10 000 IU, VD₃ 1 000 IU, VE 20 IU, VK₃ 4 mg, VB₁ 1.8 mg, VB₂ 8 mg, VB₅ 3.5 mg, VB₁₂ 0.01 mg, choline chloride 500 mg, niacin 44 mg, pantothenic acid 10 mg, folic acid 0.55 mg and biotin 0.15 mg.

表3 预混料配方(每1 t 饲料中)

Table 3 Composition of the premix (per 1 t feed)

g

项目 Item	1~21 日龄 1-21 days of age	22~42 日龄 22-42 days of age	43~63 日龄 43-63 days of age		
			组 1	组 2	组 3
			Group 1	Group 2	Group 3
鸡多维(C428+) Multivitamins	300.00	300.00	250.00	250.00	250.00
小苏打 Sodium bicarbonate	1 000.00	1 000.00	1 500.00	1 500.00	1 500.00
多矿 Minerals	1 000.00	1 000.00	1 000.00	1 000.00	1 500.00
氯化胆碱(50%) Choline chloride	1 300.00	1 300.00	750.00	750.00	750.00
球痢灵 Zoalene	125.00	125.00	125.00	125.00	125.00
恩拉鼎(4%) Enramycin	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
克氧 Ke Yang	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
露保细盐 Exposed salt	1 500.00	1 500.00	1 500.00	1 500.00	1 500.00
沸石粉 Zeolite	4 475.00	4 475.00	4 575.00	4 575.00	4 075.00
合计 Total	10 000.00	10 000.00	10 000.00	10 000.00	10 000.00

1.3 饲养管理

本试验在广东省农业科学院动物科学研究所动物营养研究室试验场进行,试验鸡自由采食和饮水,其他按常规饲养操作规程饲养,并按常规免疫程序进行免疫。

1.4 指标测定

1.4.1 生长性能

饲养期间以重复为单位,记录每天的采食量。在每阶段试验结束前一天,20:00 断料供水,于次日清晨以重复为单位称鸡空腹重、结料,用于计算平均日增重、平均日采食量和饲料转化率。试验每日观察鸡只健康状况、精神状态;记录死亡数,及时对死亡鸡及其所在栏剩料量称重。

1.4.2 胴体品质

第三阶段试验结束后,每重复选接近平均体重试鸡两只,称重后放血致死,去羽毛、脚皮、趾壳、喙壳后称重,得到屠体重,计算屠体率(100%)。屠体去气管、食道、嗦囊、肠、脾、胰和生殖器官,得到半净膛重。半净膛去心、肝、腺胃、肌胃、腹脂及头脚重量,得全净膛重。以屠体重为基础,计算半净膛率(100%)和全净膛率(100%)。分割胸肌、腿肌和腹脂(含肌胃周围脂肪),并称重,计算以全净膛重为基础的胸肌率(100%)、腿肌率(100%)和腹脂率(100%)。

1.4.3 肉质指标

取屠宰后的试鸡的左侧胸肌,测定宰后 45 min 的 pH 和肉色、宰后 24 h 的剪切力和滴水损失。肉质测定方法参考本课题组前期发表的成果^[18]。

1.5 数据统计及分析

试验数据以平均值±标准误表示,采用 SPSS 16.0 分析软件中的 one-way ANOVA 进行单因素方差分析,Duncan 氏法进行各组间多重比较,以 $P < 0.05$ 作为差异显著性判断标准。

2 结果与分析

2.1 饲料微量元素不同用量组合对 1~63 日龄黄羽肉鸡生长性能的影响

饲料微量元素不同用量组合对 1~63 日龄黄羽肉鸡生长性能的影响如表 5 所示。1~21 日龄阶段:与组 1 试鸡相比,组 3 和组 2 试鸡的平均日增重与平均日采食量均得到显著提高($P < 0.05$);但组 2 与组 3 试鸡平均日采食量与平均日增重无显著差异($P > 0.05$),各组试鸡的末重、料重比也无显著差异($P > 0.05$)。22~42 日龄阶段:与组 1 试鸡相比,组 3 试鸡的末重显著增加($P < 0.05$)、料重比显著降低($P < 0.05$);组 3 试鸡的平均日采食量较组 1($P < 0.05$)、组 2($P < 0.05$)试鸡均显著提高,而组 1 与组 2 试鸡的各项指标均无显著差异($P > 0.05$)。43~

表5 饲料微量元素不同用量组合对1~63日龄黄羽肉鸡生长性能的影响

Table 5 Effects of different dosage combinations of dietary trace elements on performance of yellow-feathered broilers aged from days 1 to 63

阶段 Stage	项目 Item	组1 Group 1	组2 Group 2	组3 Group 3	P值 P value
1~21 日龄 1-21 days of age	始重/g Initial weight	37.61±0.01	37.60±0.01	37.61±0.01	0.661
	末重/g Final weight	421.98±3.01	433.71±3.87	433.25±1.95	0.412
	平均日采食量/g Average daily feed intake	30.63±0.15 b	31.37±0.19 a	31.63±0.26 a	0.025
	平均日增重/g Average daily gain	18.40±0.14 b	18.86±0.18 a	18.84±0.09 a	0.048
	料重比 F/W	1.68±0.01	1.66±0.01	1.66±0.01	0.386
22~42 日龄 22-42 days of age	末重/g Final weight	1 048.61±8.59 b	1 055.28±17.13 ab	1 092.31±12.90 a	0.047
	平均日采食量/g Average daily feed intake	78.43±0.65	76.30±1.03	77.18±0.99	0.339
	平均日增重/g Average daily gain	29.02±0.34 b	29.10±0.75 b	30.81±0.63 a	0.046
	料重比 F/W	2.70±0.02 a	2.63±0.07 ab	2.51±0.07 b	0.139
43~63 日龄 43-63 days of age	末重/g Final weight	1 740.43±17.42 b	1 733.32±11.98 b	1 817.56±19.87 a	0.009
	平均日采食量/g Average daily feed intake	111.50±1.56	108.97±1.48	114.45±1.42	0.237
	平均日增重/g Average daily gain	32.94±0.79	32.29±0.97	34.54±0.74	0.090
	料重比 F/W	3.39±0.08	3.40±0.13	3.32±0.07	0.849

注:同行数据相同小写字母或者未标注表示差异不显著($P>0.05$),不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下表同。

Note: Within same row, values with no letter or same letter represent no significant differences ($P>0.05$), while with different small letters mean significant differences ($P<0.05$). The same below.

63日龄阶段:组3试鸡的末重较组1($P<0.05$)、组2($P<0.05$)试鸡均显著提高,各组试鸡的平均日增重、平均日采食量与料重比均无显著差异($P>0.05$)。

2.2 饲料微量元素不同用量组合对黄羽肉鸡胴体品质的影响

对于63日龄黄羽肉鸡,相较于组1,组3的饲料微量元素用量组合显著提高了试鸡半净膛率($P<0.05$)(表6)。饲料微量元素不同用量组合对屠体重、全净膛率、胸肌率、腿肌率及腹脂率均无显

著作用($P>0.05$)(表6)。

2.3 饲料微量元素不同用量组合对黄羽肉鸡肉品质的影响

对63日龄黄羽肉鸡进行胸肌肉品质分析发现与组1试鸡相比,组2试鸡的肉色红度值与pH均显著提高($P<0.05$)、剪切力与滴水损失均显著降低($P<0.05$),组3试鸡的肉色红度值显著提高($P<0.05$)、黄度值与滴水损失均显著降低($P<0.05$);而组3试鸡的黄度值较组2试鸡显著降低($P<0.05$)(表7)。

表6 饲料微量元素不同用量组合对黄羽肉鸡胴体品质的影响

Table 6 Effects of different dosage combinations of dietary trace elements on carcass quality of yellow-feathered broilers

项目 Item	组1 Group 1	组2 Group 2	组3 Group 3	P值 P value
屠体率 Carcass rate	88.59±0.35	88.65±0.28	89.39±0.56	0.056
半净膛率 Half-eviscerated rate	80.40±0.29 b	81.23±0.34 ab	82.13±0.56 a	0.031
全净膛率 Eviscerated rate	66.57±0.38	66.44±0.52	67.74±0.63	0.199
胸肌率 Breast muscle rate	17.26±0.19	17.32±0.40	17.16±0.19	0.802
腿肌率 Leg muscle rate	20.35±0.19	20.35±0.18	19.45±0.46	0.757
腹脂率 Abdominal fat rate	4.79±0.25	5.37±0.27	5.01±0.34	0.612

表7 饲料微量元素不同用量组合对黄羽肉鸡肉品质的影响

Table 7 Effects of different dosage combinations of dietary trace element on meat quality of yellow-feathered broilers

项目 Item	取样时间 Sample time	指标 Index	组1 Group 1	组2 Group 2	组3 Group 3	P值 P value
肉色 Meat color	45 min	亮度 L*	57.33±0.27	57.27±0.29	57.08±0.27	0.811
		红度 a*	13.01±0.20 b	14.63±0.18 a	14.15±0.27 a	<0.001
		黄度 b*	14.93±0.36 a	14.25±0.44 a	12.27±0.51 b	0.001
pH	45 min		5.79±0.04 b	5.87±0.04 a	5.83±0.04 ab	0.109
剪切力/kg Shear force	24 h		5.01±0.19 a	3.43±0.25 b	4.15±0.33 ab	0.002
滴水损失/% Drip loss	24 h		2.96±0.11 a	2.56±0.10 b	2.79±0.07 b	<0.001

3 讨论

3.1 饲料微量元素不同用量组合对黄羽肉鸡生长性能的影响

NRC(1994)对肉鸡铁、铜、锰、锌、硒、碘的推荐量分别为80、8、60、40、0.15、0.35 mg/kg,由于品种和生活习性的差别,黄羽肉鸡与白羽肉鸡的营养需要量不尽相同^[19]。李龙等^[20-22]研究表明,适宜的铜添加水平可以显著改善黄羽肉鸡生长性能,10.80 mg/kg铜水平可以显著提高1~21日龄黄羽肉鸡生长性能和免疫器官发育、抗氧化性能,13.38 mg/kg可以显著提高血清CuZn-SOD活性;6.85~10.85 mg/kg铜水平可以改善22~42日龄黄羽肉公鸡生长性能;以生长性能和肝脏CuZn-SOD(超氧化物歧化酶)活性为依据,回归分析得43~63日龄黄羽肉公鸡铜需要量分别为19.94和38.34 mg/kg。以上结果均高于NRC推荐的

8 mg/kg铜水平。对黄羽肉鸡的锌需要量的研究多集中于改善肉种鸡的繁殖性能。刘小燕等^[23]研究发现,以血清AKP(碱性磷酸酶)活性、胫骨锌含量为指标,22~42日龄阶段试鸡日粮锌适宜水平分别为83和70 mg/kg。该结果也超过NRC推荐的40 mg/kg锌水平。陈芳等^[24]研究表明,综合分析生长性能、骨骼发育等各项指标,在1~21日龄饲料中锰的适宜水平为84.5 mg/kg;以骨骼发育和抗氧化性能为指标,22~42日龄黄羽肉鸡饲料中锰适宜水平64.5 mg/kg;以肉品质指标分析,43~63日龄黄羽肉鸡饲料中锰适宜水平64.5 mg/kg。研究表明,60 mg/kg的锰添加量可以满足肉鸡生长和骨发育^[8,25],这些结果与NRC锌推荐量60 mg/kg一致。范秋丽等^[26]发现氧化油脂饲料中硒含量为0.30 mg/kg时提高了1~21日龄黄羽肉鸡免疫功能、肠道抗氧化和吸收性能。蒋宗勇等^[27]发现以抗氧化性能进行分析,43~63日龄黄羽肉鸡硒需要量为

0.186 mg/kg。本研究设计是依据上述研究结果,在 NRC 推荐量的基础上适当提高肉鸡饲料中铁、铜、锌、硒的水平,作为组 3 的微量元素的参考用量(1~42 日龄:铁,120 mg/kg;铜,12 mg/kg;锰,60 mg/kg;锌,120 mg/kg;硒,0.30 mg/kg;碘,0.35 mg/kg;43~63 日龄:铁,120 mg/kg;铜,12 mg/kg;锰,90 mg/kg;锌,120 mg/kg;硒,0.30 mg/kg;碘,0.35 mg/kg),可以显著提高黄羽肉鸡的生长性能。

在微量元素用量组合的研究中,试验结果经回归分析发现当饲料中铜、铁、锌、锰的含量分别为 16.96、166.66、46.01、60.26 mg/kg,1~21 日龄肉鸡获得最优平均日增重^[15]。刘雪兰等^[28]研究不同水平的铜(0.4、5.2、10.0 mg/kg)、铁(35.0、77.5、120.0 mg/kg)、锌(55.0、87.5、120.0 mg/kg)和锰(72、91、110 mg/kg)对 1~6 周龄爱拔益加(AA)肉鸡的生产性能和免疫功能的影响,发现铜、铁、锰、锌分别为 10.0、35.0、110.0、87.5 mg/kg 的添加量组合获得最高饲料效率。孙翔骁^[29]发现不同水平的铜(0、10、20、30 mg/kg)、铁(0、50、100、200 mg/kg)、锌(0、30、60、120 mg/kg)和锰(0、40、80、160 mg/kg)的添加量组合显著影响 AA 肉鸡日增重、采食量、料重比,且铜、铁、锌、锰交互作用是影响肉鸡日增重的主要因素。本研究中,对于黄羽肉鸡生长性能来说,不同阶段饲料微量元素不同用量组合具有明显作用。与组 1 相比,组 2 与组 3 对 1~63 日龄黄羽肉鸡生长均有促进作用,组 3 对 1~21 日龄肉仔鸡生长性能作用最明显,且作用优于组 2。微量元素的不同用量组合影响肉鸡生长,原因可能为微量元素间存在交互作用,比如协同和拮抗作用。已有研究表明,饲料中过量锰添加会抑制铁吸收,而饲料中铁含量对肉鸡粪便锰含量也有显著影响,二者呈现拮抗作用^[15];饲料中缺乏铜阻碍铁的吸收^[8],铜过量也会影响机体对铁的吸收^[30],其产生交互作用可能是因为微量元素竞争肠道绒毛上相同的结合位点^[16],从而相互影响吸收、转运及生物学利用率^[31]。在肉鸡饲料中的铜和锌也会产生交互作用,机制可能为锌过量形成金属硫蛋白阻碍了肠上皮细胞转运铜^[32、33]。因此,饲料微量元素存在复杂的交互作用,单一元素最适需要量的叠加并不一定会产生最优的效果,在实际生产中,采用适宜的营养元素组合方案十分必要。

已有研究表明饲料铜、铁、锌、锰含量在 NRC

推荐量至 2 倍 NRC 推荐量范围时,对 22~42 日龄 AA 肉鸡的平均日增重和料重比无显著影响^[34],对 0~3 周龄艾维茵肉仔鸡日增重、耗料量、料肉比、死淘率及免疫器官发育均无显著影响^[35],表明微量元素组合对肉鸡的影响可能和肉鸡品种、生活环境等有关,所以针对地方品种,优化微量元素用量组合更显重要。

3.2 饲料微量元素不同用量组合对黄羽肉鸡胴体品质的影响

本试验中所使用的饲料微量元素不同用量组合对 63 日龄黄羽肉鸡屠体重、全净膛率、胸肌率、腿肌率及腹脂率均无显著作用,但组 3 的饲料微量元素用量组合相较于组 1,提高了试鸡半净膛率。对 7 周龄艾维茵肉鸡,不同组合的添加剂(复合维生素、矿物质、生物活性物质等)对屠宰率、全净膛率和腿肌比例均无显著作用,但提高胸肌比例、降低腹脂率,其可能作用机制为添加剂组合促进蛋白质沉积、提高能量转化效率^[36]。

3.3 饲料微量元素不同用量组合对黄羽肉鸡肉品质的影响

微量元素对肉品质的作用已被诸多研究证实。刘泽辉^[37]发现饲料加锌可以提高 AA 公鸡肌肉脂肪含量,降低腿肌黄度值和剪切力,降低胸、腿肌的滴水损失,改善肉品质。马春艳等^[38]表明,饲料铁水平为 107 mg/kg 时,肉鸡腿肌剪切力显著降低。廖秀冬等^[39]发现,167.66 mg/kg 锌水平可以显著提高 4~6 日龄 AA 肉仔鸡肉色亮度值。田金可等^[40]也发现饲料提高硒水平可以显著影响 AA 肉鸡肉品质。而饲料中微量元素对黄羽肉鸡肉品质的作用的相关研究较少,洪平等^[41]研究表明,饲料中添加硒可提高肉鸡机体抗氧化能力、改善屠宰后胸肉品质,获得较好机体抗氧化性能和肉品质的饲料硒添加水平适宜饲料硒水平为 0.19 mg/kg。对微量元素组合的研究表明,不同水平的铜(0、10、20、30 mg/kg)、铁(0、50、100、200 mg/kg)、锌(0、30、60、120 mg/kg)和锰(0、40、80、160 mg/kg)组合显著影响 8~21 d、22~42 d AA+肉鸡的肉品质,且铜、铁、锌、锰交互作用是影响其胸、腿肉品质的决定因素^[29]。本研究发现同阶段饲料微量元素不同用量组合显著影响黄羽肉鸡肉品质,与组 1 相比,组 2 和组 3 的用量组合显著改善了胸肌肉色、降低滴水损失与剪切力,改善了肉品质与本试验结果一致。

4 结 论

在本试验条件下,组3的微量元素用量(1~42日龄:铁,120 mg/kg;铜,12 mg/kg;锰,60 mg/kg;锌,120 mg/kg;硒,0.30 mg/kg;碘,0.35 mg/kg;43~63日龄:铁,120 mg/kg;铜,12mg/kg;锰,90 mg/kg;锌,120 mg/kg;硒,0.30 mg/kg;碘,0.35 mg/kg);

1)与组1(NRC推荐水平)及组2(广东典型市售产品)相比,可有效提高黄羽肉鸡生长性能;

2)与组1(NRC推荐水平)相比,可有效改善黄羽肉鸡肉品质。

参考文献 References

[1] 杜长水,沈家财,徐小平. 鸡微量元素需要量的研究进展[J]. 中国畜禽种业, 2010, 6(9): 146-149
Du C S, Shen J C, Xu X P. Research progress of trace element requirements in chicken[J]. *The Chinese Livestock Breeding*, 2010, 6(9): 146-149 (in Chinese)

[2] Yang X J, Sun X X, Li C Y, Wu X H, Yao J H. Effects of copper, iron, zinc, and manganese supplementation in a corn and soybean meal diet on the growth performance, meat quality, and immune responses of broiler chickens[J]. *Journal of Applied Poultry Research*, 2011, 20(3): 263-271

[3] 李同华,马德磊,李福昌. 微量元素铜的研究综述[J]. 山东畜牧兽医, 2009, 30(4): 40-41
Li T H, Ma D L, Li F C. Summary of research on trace element copper [J]. *Shandong Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2009, 30(4): 40-41 (in Chinese)

[4] Samanta B, Biswas A, Ghosh P R. Effects of dietary copper supplementation on production performance and plasma biochemical parameters in broiler chickens[J]. *British Poultry Science*, 2011, 52(5): 573-577

[5] Skrivan M, Skrivanova V, Marounek M, Tumova E, Wolf J. Influence of dietary fat source and copper supplementation on broiler performance, fatty acid profile of meat and depot fat, and on cholesterol content in meat [J]. *British Poultry Science*, 2000, 41(5): 608-614

[6] 陈常秀,秦四海. 柠檬酸铜对肉鸡生产性能、血脂指标和组织胆固醇含量的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2009, 37(11): 43-46
Chen C X, Qin S H. Effects of citrate on performance, blood lipid index and tissue cholesterol content in broilers [J]. *Journal of Northwest University of Agriculture and Forestry Science and Technology: Natural Science Edition*, 2009, 37(11): 43-46 (in Chinese)

[7] Feng J, Ma W Q, Niu H H, Wu Y, Feng J. Effects of zinc

glycine chelate on growth, hematological, and immunological characteristics in broilers [J]. *Biological Trace Element Research*, 2010, 133(2): 203-211

[8] Gajula S S, Chelasani V K, Panda A K, Mantena R, Savaram R R. Effect of supplemental inorganic Zn and Mn and their interactions on the performance of broiler chicken, mineral bioavailability, and immune response [J]. *Biological Trace Element Research*, 2011, 139(2): 177-187

[9] 王夕国,李光玉,钟伟,孙伟丽,杜继红. 锰的生物学功能及在畜禽中的研究进展[J]. 经济动物学报, 2011, 15(4): 216-220
Wang X G, Li G Y, Zhong W, Sun W L, Du J H. Biological function of manganese and research progress on function for the livestock and poultry[J]. *Journal of Economic Animal*, 2011, 15(4): 216-220 (in Chinese)

[10] Ghosh A, Mandal G P, Roy A, Patra A K. Effects of supplementation of manganese with or without phytase on growth performance, carcass traits, muscle and tibia composition, and immunity in broiler chickens[J]. *Livestock Science*, 2016(191): 80-85

[11] 马娅娅, Sidoeun B, 刘丹, 芮于明, 曹宏, 郭福存. 不同水平有机锰(明微矿锰)对肉鸡生长、免疫力和抗氧化活性的影响[J]. 中国家禽, 2011, 33(13): 18-22
Ma Y Y, Sidoeun B, Liu D, Guo Y M, Cao H, Guo F C. Effects of mintrex on growth performance, immunity and anti-oxidation activity in broilers [J]. *China Poultry*, 2011, 33(13): 18-22 (in Chinese)

[12] Surai P F, Fisinin V I. Selenium in poultry breeder nutrition: An update [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2014(191): 1-15.

[13] 江青艳,傅伟龙,陈鹭江. 日粮中高碘对母鸡繁殖性能的影响[J]. 华南农业大学学报, 1996, 17(3): 33-38
Jiang Q Y, Fu W L, Chen L J. Effects of high dietary iodine on the reproductive performance of hens[J]. *Journal of South China Agricultural University*, 1996, 17(3): 33-38 (in Chinese)

[14] Dale N. National research council nutrient requirements of poultry-ninth revised edition[J]. *Journal of Applied Poultry Research*, 1994, 3(1): 101

[15] 田佳. 肉鸡微量元素平衡模式的研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2016
Tian J. Study on the ideal balance profile of primary metal trace elements for broilers [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2016 (in Chinese)

[16] Baker D H, Halpin K M. Manganese and iron interrelationship in the chick [J]. *Poultry Science*, 1991, 70(1): 146-152 (in Chinese)

[17] NY/T 33—2004 鸡饲养标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004
NY/T 33—2004 Chinese Chicken Feeding Standard [S]. Beijing: China Agricultural Press, 2004 (in Chinese)

- [18] 林厦菁, 苟钟勇, 李龙, 黄丹红, 范秋丽, 蒋守群. 饲料营养水平对中速型黄羽肉鸡生长性能、胴体品质、肉品质、风味和血浆生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2018, 30(12): 4907-4921
Lin X J, Gou Z Y, Li L, Huang D H, Fan Q L, Jiang S Q. Effects of dietary nutrient level on growth performance, carcass quality, meat quality, flavor and plasma biochemical parameters of medium-growing yellow-feathered broilers[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2018, 30(12): 4907-4921 (in Chinese)
- [19] 林厦菁, 蒋守群, 洪平, 苟钟勇, 陈芳, 李龙, 丁发源. 黄羽肉鸡与白羽肉鸡胃肠道消化酶活性比较研究[J]. 中国家禽, 2017, 39(13): 26-30
Lin X J, Jiang S Q, Hong P, Gou Z Y, Chen F, Li L, Ding F Y. Comparison on gastrointestinal digestive enzymes between Ross white chicken and yellow-feather chicken [J]. *China Poultry*, 2017, 39(13): 26-30 (in Chinese)
- [20] 李龙, 蒋守群, 郑春田, 苟钟勇, 陈芳, 阮栋, 余德谦. 1~21日龄黄羽肉鸡饲料铜营养需要量的研究[J]. 动物营养学报, 2015, 27(2): 578-587
Li L, Jiang S Q, Zheng C T, Gou Z Y, Chen F, Ruan D, Yu D Q. Copper requirement of yellow-feathered broilers aged from 1 to 21 days[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2015, 27(2): 578-587 (in Chinese)
- [21] 李龙, 蒋守群, 郑春田, 苟钟勇, 陈芳, 阮栋, 林厦菁. 22~42日龄快大型黄羽肉鸡铜需要量的研究[C]. 第四届中国黄羽肉鸡行业发展大会论文集. 宁波, 2014: 105-111
Li L, Jiang S Q, Zheng C T, Gou Z Y, Chen F, Ruan D, Lin X J. Copper requirement of yellow-feathered broilers aged from 22 to 42 days[C]. In: *Proceedings of the Fourth China Yellow Feather Broiler Industry Development Conference*, Ningbo, 2014: 102-108 (in Chinese)
- [22] 李龙, 蒋守群, 郑春田, 苟钟勇, 陈芳, 阮栋, 林厦菁. 43~63日龄黄羽肉公鸡铜需要量[J]. 动物营养学报, 2014, 26(11): 3266-3275
Li L, Jiang S Q, Zheng C T, Gou Z Y, Chen F, Ruan D, Lin X J. Copper requirement of male yellow-feathered broilers aged from 43 to 63 days[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2014, 26(11): 3266-3275 (in Chinese)
- [23] 刘小雁, 蒋宗勇, 蒋守群, 周桂莲, 林映才, 郑春田, 陈芳. 22~42日龄黄羽肉鸡日粮锌营养需要量的研究[J]. 中国粮油学报, 2011, 26(6): 66-72
Liu X Y, Jiang Z Z, Jiang S Q, Zhou G L, Lin Y C, Zheng C T, Chen F. Study on zinc requirement for yellow broilers from twenty-two to forty-two days of age [J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2011, 26(6): 66-72 (in Chinese)
- [24] 陈芳, 周桂莲, 蒋宗勇, 林映才, 蒋守群. 黄羽肉鸡锰需求参数研究[C]. 中国畜牧兽医学会动物营养学分会第十一次全国动物营养学术研讨会论文集, 长沙, 中国农业科技出版社, 2012: 449
Chen F, Zhou G L, Jiang Z Y, Lin Y C, Jiang S Q. Study on manganese demand parameters of yellow feather broilers[C]. In: *Eleventh National Symposium on Animal Nutrition, Society of Animal Nutrition, Chinese Society of Animal Husbandry and Veterinary Medicine*. Changsha: China Agricultural Science and Technology Press, 2012: 449 (in Chinese)
- [25] 李耀华, 单安山, 高鹏飞. 锰在肉鸡生产中的应用研究[J]. 饲料研究, 2011(2): 47-49
Li Y H, Shan A S, Gao P F. Application of manganese in broiler production [J]. *Feed Research*, 2011(2): 47-49 (in Chinese)
- [26] 范秋丽, 蒋守群, 林厦菁, 苟忠勇, 李龙, 王一冰. 维生素E和不同来源硒对1~21日龄黄羽肉鸡生长性能和肠道功能的影响[J]. 饲料研究, 2018(5): 39-44
Fan Q L, Jiang S Q, Lin X J, Gou Z Y, Li L, Wang Y B. Effects of vitamin E and selenium from different sources on growth performance and intestinal function of yellow feather broilers aged 1-21 days [J]. *Feed Research*, 2018(5): 39-44 (in Chinese)
- [27] 蒋宗勇, 刘小雁, 蒋守群, 周桂莲, 林映才, 陈芳. 1~21日龄黄羽肉鸡锌需要量的研究[J]. 动物营养学报, 2010, 22(2): 301-309
Jiang Z Z, Liu X Y, Jiang S Q, Zhou G L, Lin Y C, Chen F. Zinc requirement of yellow feather broilers aged 1-21 days [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2010, 22(2): 301-309 (in Chinese)
- [28] 刘雪兰, 井庆川, 魏祥法, 张燕, 石天虹, 阎佩佩, 董以雷, 刘瑞亭. 肉鸡饲料铜、铁、锌、锰添加水平对生产性能及免疫功能的影响[J]. 家禽科学, 2017(6): 3-7
Liu X L, Jing Q C, Wei X F, Zhang Y, Shi T H, Yan P P, Dong Y L, Liu R T. Effects of dietary levels of copper, iron, zinc and manganese on growth performance and immune function of broilers [J]. *Poultry Science*, 2017(6): 3-7 (in Chinese)
- [29] 孙翔骁. 日粮铜、铁、锌、锰水平对肉鸡生产性能、肉品质量及免疫机能的影响[D]. 杨陵: 西北农林科技大学, 2009
Sun X X. Effects of supplementing copper, iron, zinc, and manganese on growth performance, meat quality, and immunity of broilers [D]. Yangling: Northwest A & F University, 2009 (in Chinese)
- [30] 周明, 李湘琼. 日粮铜水平对铁、锌生物效价影响的研究[J]. 安徽农业大学学报, 1996, 23(2): 137-140
Zhou M, Li X Q. Effect of dietary copper levels on biological value of iron and zinc [J]. *Journal Of Anhui Agricultural University*, 1996, 23(2): 137-140 (in Chinese)
- [31] 马德磊. 日粮铜水平对生长肉兔生产性能、消化代谢、血液生化指标和 MT- I mRNA 表达量的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2009
Ma D L. Effect of dietary copper supplement on growth performance, digestion, blood biochemical parameters and

- liver MT-I mRNA expression of growing meat rabbits[D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2009 (in Chinese)
- [32] Ao T, Pierce J L, Power R, Pescatore A J, Cantor A H, Dawson K A, Ford M J. Effects of feeding different forms of zinc and copper on the performance and tissue mineral content of chicks[J]. *Poultry Science*, 2009, 88(10): 2171-2175
- [33] Bremner I, Beattie J H. Copper and zinc metabolism in health and disease: Speciation and interactions[J]. *Proceedings of the Nutrition Society*, 1995, 54(2): 489-99
- [34] 田佳, 刘国华, 蔡辉益, 常文环, 张姝, 刘伟. 22~42日龄肉鸡铜、铁、锌、锰不同用量组合的研究[J]. *动物营养学报*, 2016, 28(11)
Tian J, Liu G H, Cai H Y, Chang W H, Zhang S, Liu W. Research on different combination contents of Cu, Fe, Zn and Mn for boilers aged from 22 to 42 days[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2016, 28(11): 3660-3668 (in Chinese)
- [35] 孙小琴, 王义辉, 谭静, 邢向明, 赵彦军. 铜、铁、锌、锰添加量对0~3周龄肉鸡生产性能和免疫器官发育的影响[J]. *中国饲料*, 2007(13): 21-24
Sun X Q, Wang Y H, Tan J, Xing X M, Zhao Y J. Effects of copper, iron, zinc and manganese additions on growth performance and immune organs development of broiler with 0-3 weeks age[J]. *Chinese Feed*, 2007(13): 21-24 (in Chinese)
- [36] 王晓明. 试验预混合饲料对肉鸡生产性能、胴体特性和肌肉品质的影响研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2004
Wang X M. A study on the effects of experimental premix on production performance, carcass characteristics and meat quality in broilers [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2004 (in Chinese)
- [37] 刘泽辉. 饲料添加不同锌源和锌水平对肉鸡肉品质的影响及其机理研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2011
Liu Z H. Effects and mechanism of supplemental zinc on carcass traits and meat quality of broilers[D]. Yaan: Sichuan Agricultural University, 2011 (in Chinese)
- [38] 马春艳, 罗绪刚, 张丽阳, 吕林. 饲料铁水平对22~42日龄肉仔鸡生长性能和胴体性能及肌肉品质的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2014, 50(17): 53-58
Ma C Y, Luo X G, Zhang L Y, Lv L. Effect of dietary iron level on growth performance, carcass traits and meat quality of broilers from 22 to 42 days of age [J]. *Nutrition and Feedstuffs*, 2014, 50(17): 53-58 (in Chinese)
- [39] 廖秀冬, 吕林, 王光瑛, 李昂, 李素芬, 刘松柏, 张丽阳, 罗旭刚. 日粮锌水平对4~6周龄肉仔鸡生长性能、胴体性能及肉品质的影响[J]. *中国畜牧兽医*, 2011, 38(9): 5-9
Liao X D, Lv L, Wang G Y, Li A, Li S F, Liu S B, Zhang L Y, Luo X G. Effect of dietary zinc level on growth performance, carcass traits and meat quality of broilers at 4 to 6 weeks [J]. *Chinese Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2011, 38(9): 5-9 (in Chinese)
- [40] 田金可, Ahmad Hussain, 张婧菲, 张腾, 董文超, 王恬. 不同硒源及水平对肉鸡肉品质的影响[C]//中国畜牧兽医学会动物营养学分会第十一次全国动物营养学术研讨论文集, 长沙: 中国农业科技出版社, 2012
Tian J K, Ahmad H, Zhang J F, Zhang T, Dong W C, Wang T. Effects of different selenium sources and levels on the quality of broiler meat[C]. In: *Eleventh National Symposium on Animal Nutrition, Society of Animal Nutrition, Chinese Society of Animal Husbandry and Veterinary Medicine*. Changsha: China Agricultural Science and Technology Press, 2012 (in Chinese)
- [41] 洪平, 周桂莲, 蒋守群, 阮栋, 陈芳. 饲料硒添加水平对43~63日龄黄羽肉鸡生长性能、抗氧化性能和肉品质的影响[C]//中国畜牧兽医学会动物营养学分会第十一次全国动物营养学术研讨会论文集, 长沙, 中国农业科技出版社, 2012: 466
Hong P, Zhou G L, Jiang S Q, Ruan D, Chen F. Effects of dietary selenium level on growth performance, antioxidant performance and meat quality of yellow feather broilers aged 43-63 days [C]. In: *Eleventh National Symposium on Animal Nutrition, Society of Animal Nutrition, Chinese Society of Animal Husbandry and Veterinary Medicine*. Changsha: China Agricultural Science and Technology Press, 2012 (in Chinese)

责任编辑: 杨爱东