



刘水兵, 方文杰, 李兴辉, 等. 白背黄花稔环境和饲养方式对宁都黄鸡体尺、屠宰性能、肉品质以及血清生化指标的影响[J]. 江西农业大学学报, 2024, 46(1): 210–219.

LIU S B, FANG W J, LI X H, et al. Effects of *Sida rhombifolia* L. environment and raising modes on growth performance, meat performance and serum biochemical indices of Ningdu yellow chickens[J]. Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis, 2024, 46(1): 210–219.

白背黄花稔环境和饲养方式 对宁都黄鸡体尺、屠宰性能、肉品质 以及血清生化指标的影响

刘水兵^{1,2}, 方文杰^{1,2}, 李兴辉³, 李小卫³, 周明芳¹,
郭志豪^{1,2}, 刘三凤^{1,2}, 毛辉荣^{1,2*}, 陈彪^{1,2*}

(1. 江西农业大学 动物科学技术学院, 江西 南昌 330045; 2. 江西农业大学 家禽研究所, 江西 南昌 330045; 3. 江西省宁都县农业农村局, 江西 赣州 342800)

摘要:【目的】旨在探究种植白背黄花稔(*Sida rhombifolia* L.)的散养环境和不同饲养方式对宁都黄鸡体尺性状、屠宰性能、肉品质以及血清生化指标的影响, 为宁都黄鸡养殖模式选择和优化提供科学依据。【方法】选择180只72 d 宁都黄鸡母鸡, 随机分成3组: 白背黄花稔种植环境散养组(SF组)100只、不含白背黄花稔环境散养组(NSF组)50只、笼养组(CK组)30只。两个散养组饲养密度相同。121 d时, 每个组随机选取10只鸡测定体尺、屠宰性能、肉品质以及血清生化指标。【结果】(1)体尺性状方面, 与NSF组相比, SF组体斜长、龙骨长、胸宽显著升高($P<0.05$); CK组龙骨长、胸宽、胫长显著降低($P<0.05$)。 (2)屠宰性能与肉品质方面, 较之NSF组, CK组半净膛率、全净膛率、胸肌率、肌胃指数、脾脏指数、肌束内肌纤维数量显著降低($P<0.05$), 宰前体重、屠体重、肝脏指数、腹脂率、卵巢指数、输卵管指数、肠长、胸肌pH值、肌束膜厚度显著升高($P<0.05$); SF组肌胃指数显著降低($P<0.05$)。 (3)血清生化指标方面, 较之NSF组, CK组白蛋白(ALB)显著降低($P<0.05$), 尿素氮(BUN)和谷丙转氨酶(ALT-GPT)显著升高($P<0.05$); SF组尿素氮(BUN)和肌酐(CRE)显著降低($P<0.05$)。【结论】散养模式能促进宁都黄鸡体尺性状发育、提高屠宰性能和免疫器官发育, 可显著降低肉质pH值, 以及改善机体蛋白质代谢和肝脏代谢功能。白背黄花稔环境下散养可促进宁都黄鸡体尺发育, 可减缓宁都黄鸡肾脏损伤。

关键词: 宁都黄鸡; 白背黄花稔; 体尺; 屠宰性能; 肉品质; 血清生化指标

中图分类号: S831.4 文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文章编号: 1000-2286(2024)01-0210-10



Effects of *Sida rhombifolia* L. environment and raising modes on growth performance, meat performance and serum biochemical indices of Ningdu yellow chickens

LIU Shuibing^{1,2}, FANG Wenjie^{1,2}, LI Xinghui³, LI Xiaowei³, ZHOU Mingfang¹,
GUO Zhihao^{1,2}, LIU Sanfeng^{1,2}, MAO Huirong^{1,2*}, CHEN Biao^{1,2*}

收稿日期: 2023-07-18 修回日期: 2023-08-25

基金项目: 江西省现代家禽产业技术体系资助项目(JXARS-09)和江西省重点研发计划项目(20161BBF60087)

Project supported by the Technology System of Modern Agricultural Poultry Industry of Jiangxi Province(JXARS-09) and Science and Technology Department of Jiangxi Province(Grant 20161BBF60087)

作者简介: 刘水兵, 硕士生, orcid.org/0000-0003-4261-461X, 18879138275@163.com; *通信作者: 毛辉荣, 副教授, 博士, 主要从事家禽分子遗传育种研究, orcid.org/0000-0003-2588-1521, huirongm@jxau.edu.cn; 陈彪, 副教授, 博士, 主要从事家禽遗传育种与繁殖研究, orcid.org/0000-0003-1852-5289, chenbiao@jxau.edu.cn。

(1.College of Animal Science and Technology, Jiangxi Agricultural University, Nanchang, 330045, China; 2. Institute of Poultry, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; 3. Agricultural and Rural Affairs Bureau of Ningdu County, Ganzhou, Jiangxi 342800, China)

Abstract: [Objective] This experiment aims to investigate the impact of the free-rearing system supplemented with *Sida rhombifolia* L. and raising modes on body measurement, slaughter performance, meat quality and serum biochemical indices of Ningdu yellow chickens. [Method] A total of 180 female Ningdu yellow chickens at 72-day-old were randomly divided into 3 groups: 100 birds of free-rearing with *Sida rhombifolia* L. (SF), 50 birds of free-rearing without planting *Sida rhombifolia* L. (NSF) and 30 birds of cage-rearing system (CK). Two groups of free-ranging individuals were maintained at an equivalent population density. At the age of 121 days, a sample of ten chickens was randomly chosen from each group to undergo body measurement, slaughter performance evaluation, meat quality assessment, and analysis of serum biochemical indices. [Result] (1) For body measurement, SF group showed significantly increased body slope length, keel length, and chest width compared to the NSF group ($P<0.05$). Conversely, CK group exhibited significantly reduced keel length, chest width, and shank length compared with the NSF group ($P<0.05$). (2) For slaughter performance and meat quality, compared with those of NSF group, percentage of half-eviscerated yield with giblet, percentage of eviscerated yield, percentage of breast muscle yield, gizzard index, spleen index and number of fibers in muscle bundle were notably reduced in CK group ($P<0.05$) and live weight before slaughter, dressed weight, liver index, percentage of abdominal fat yield, ovary index, oviduct index, intestinal length, the pH value of breast muscle and perimysium thickness were dramatically increased in CK group ($P<0.05$); gizzard index was significantly reduced in SF group ($P<0.05$). (3) For serum biochemical indices, CK group exhibited a notable decrease in albumin (ALB) levels and a significant increase in blood urea nitrogen (BUN) levels and glutamic-pyruvic transaminase (ALT-GPT) levels compared with those of the NSF group ($P<0.05$). Compared with the NSF group, SF group displayed a significant reduction in blood urea nitrogen (BUN) levels and creatinine (CRE) levels ($P<0.05$). [Conclusion] The free-rearing system effectively improves body measurement, slaughter performance, immune organs development, reduces meat pH value, enhances protein metabolism and liver metabolic function. Supplementing *Sida rhombifolia* L. in the free-rearing system improves body measurements and potentially mitigates kidney damage in Ningdu yellow chickens.

Keywords: Ningdu yellow chickens; *Sida rhombifolia* L.; body measurement; slaughter performance; meat quality; serum biochemical indices

【研究意义】黄羽肉鸡产业是我国肉鸡产业中重要的支柱产业。随着国民生活水平的提高以及消费者对散养优质黄羽肉鸡的青睐,优质黄羽肉鸡的低密度散养依然是重要的养殖方式。通过改善散养场地环境和饲养方式,提高优质黄羽肉鸡的生长性能和动物福利对黄羽肉鸡养殖业的发展具有重要意义。【前人研究进展】研究^[2]发现,林下散养场地混种白三叶、黑麦草和鸭茅可改善鸡的生长性能和屠宰性能^[1]。林下分别种植反枝苋、菊苣和饲用油菜均对散养鸡的生长性能有促进作用。牧场混种菊苣、鸭茅、黑麦草有助于散养北京油鸡的整体生长和免疫力^[3]。根据《中国植物志》中记载,白背黄花稔(*Sida rhombifolia* L.)是一种锦葵科、黄花稔属植物,全草可入药,具备消炎解毒、祛除风湿等功效^[4]。在我国,白背黄花稔主要分布于台湾、福建、江西、湖南、广东、广西、云南、贵州、四川等省区。研究^[5-6]发现,在白背黄花稔的根和叶化学基质中存在不同的生物活性分子,包括多酚、类黄酮、类固醇、卟啉、生物碱、香豆素等。白背黄花稔中的化学成分可促进血管舒张^[7-8],具有抗氧化、抗炎症、抗细胞毒性的功能^[9-11],同时也具有良好的抗疟原虫活性^[12]。白背黄花稔常被用于治疗炎症,也可用做利胆、利尿、助消化、降血压、降血糖、降胆固醇的药物^[13]。陈维权等^[14]发现白背黄花稔中的化学成分对白纹伊蚊4 d幼虫有较好的杀虫活性。最近研究发现白背黄花稔的乙酸乙酯提取物能够通过调节线粒体途径诱导人肝癌 HepG2 细胞的凋亡,认为其具备抗肿瘤活性^[15]。【本研究切入点】目前,有研究^[16-17]表明,散养场地种植白背黄花稔可以促进宁

都黄鸡的生长,同时对散养场地的水土保持有较好的效果。但这些研究仅停留在白背黄花稔对宁都黄鸡生长以及散养场地水土保持等观察性的研究。白背黄花稔环境下对散养宁都黄鸡生长发育的系统性研究未见报道。【拟解决的关键问题】本试验拟以宁都黄鸡为试验对象,探究在白背黄花稔种植环境散养模式、无白背黄花稔种植环境散养模式和笼养饲养模式对宁都黄鸡体尺、屠宰性能、肉品质以及血清生化指标的影响,以期为宁都黄鸡养殖模式选择和优化提供实践指导和新思路。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于2021年9月在江西农业大学家禽研究所实验基地和江西农业大学动物科学技术学院动物房进行。试验鸡由江西省宁都县麒麟禽业有限公司提供。白背黄花稔种子由江西省宁都县农业农村局提供。试验鸡饲料为肉鸡全价配合饲料,营养水平见表1。

表1 日粮营养水平

Tab.1 Nutrient levels of diets

原料 Ingredients	含量/% Content	营养水平 Nutrient levels	含量 Content
玉米 Corn	51	代谢能/(MJ·kg ⁻¹) ME	12.13
豆粕 Soybean	23	粗蛋白质/% CP	19
玉米酒精糟 Corn DDGS	10	粗脂肪/% EE	5
米糠 Rice bran	3	粗纤维/% CF	5.3
喷浆玉米皮 Corn gluten	7	粗灰分/% Ash	5.8
精豆油 Soybean oil	1	钙/% Ca	0.8
预混料 Premix	5	总磷/% TP	0.58
合计 Total	100	氯化钠/% NaCl	0.52
		蛋氨酸/% Met	0.55

1.2 试验设计

试验开始前6月将白背黄花稔种子均匀播种在散养场地并精心管理,待正式试验时,白背黄花稔成株高1~1.5 m,腋生黄花,根系发达,主根长达30~40 cm。选用3 000只1 d健康的宁都黄鸡在同一条件下集中饲养至72 d后,将180只体况良好、体质量无显著性差异的72 d宁都黄鸡母鸡随机分成3组:白背黄花稔种植环境散养组(SF组)100只、不含白背黄花稔环境散养组(NSF组)50只、笼养组(CK组)30只。散养场地均含有开放式鸡舍,白背黄花稔种植环境散养场地约为1 000 m²、不含白背黄花稔环境散养场地约为500 m²,散养密度相同。笼养组使用3层阶梯式单笼饲养。试验期间宁都黄鸡按照常规饲养管理进行,自由采食和饮水。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 体尺测定

试验鸡群到121 d时,分别从SF组随机选取10只、NSF组10只、CK组10只,共30只宁都黄鸡。测量体尺,具体测量方法参照《家禽生产性能名词术语和度量计算方法》(NY/T823—2020)进行。

1.3.2 屠宰性能测定

随机挑选的30只宁都黄鸡,自由饮水、禁食12 h后,称量宰前体重并进行采血,屠宰性能参照《家禽生产性能名词术语和度量计算方法》(NY/T823—2020)操作步骤,测定各组的屠宰率、半净膛率、全净膛率、胸肌率等。器官指数计算公式如下:

$$\text{器官指数} = (\text{器官鲜重} / \text{宰前体质量}) \times 100\% \quad (1)$$

1.3.3 常规肉质测定

常规肉质测定方法参考《畜禽肉质的测定》(NY/T1333—2007)。

pH值测定:使用电极和仪器标准化后的pH计(PH-STAR CPU, MATTHAUS, 德国)在同侧胸肌外层肉最长轴的中线的3点约1 cm深处测量pH值,取平均值。

滴水损失测定:在屠宰 45 ~ 60 min 内,选取同侧等体积(长约 5 cm、宽约 3 cm、厚约 2 cm)胸肌称量(W_1)后,用细铁丝悬挂于塑料杯中保持肉样垂直向下,不接触杯壁并密封好,于 4 °C 储存 24 h 后取出用滤纸吸去肉样表面水分,称重(W_2)后,继续放置 4 °C 储存,48 h 后取出用滤纸吸去肉样表面水分,称重(W_3),每个个体取 3 个重复。分别计算 24 h、48 h 滴水损失率,求 3 次数值平均值。计算公式如下:

$$24\text{ h 滴水损失率}=[(W_1-W_2)/W_1]\times 100\% \quad (2)$$

$$48\text{ h 滴水损失率}=[(W_1-W_3)/W_1]\times 100\% \quad (3)$$

肌纤维组织学特性测定:采集每个个体胸肌相同部位肌肉样本,置于 4% 多聚甲醛溶液中固定 24 h,委托武汉赛维尔生物科技有限公司完成切片制作并用切片数字扫描仪(Pannoramic MIDI, 3DHISTECH, 匈牙利)进行扫描成像,形成 1 张全视野的数字化切片。使用 Case Viewer 2.4.0 软件对图片进行分析,具体方法如下:每张切片选取 3 个相同面积(S)的区域,统计每个区域内所有肌纤维数量(N);每个区域选取 20 根肌纤维,共 60 根,测定每根肌纤维横截面积(S_1);每个样品随机选取 5 个完整肌束,统计肌束纤维数量,取平均值;测量相邻两个肌束间的距离,每个样品测量 30 个数据,计算平均值作为该样品肌束膜厚度。计算公式如下:

$$\text{肌纤维直径}(L):L=2\times(S_1\times\pi)^{1/2} \quad (4)$$

$$\text{肌纤维密度}(D):D=N/S \quad (5)$$

1.3.4 血清生化指标

将 30 只宁都黄鸡的血液样本进行 2 500 r/min 离心 15 min,取上清,-80 °C 保存,用于测定血清生化指标。血清检测指标包括白蛋白(albumin, ALB)、谷丙转氨酶(glutamic-pyruvic transaminase, ALT-GPT)、谷草转氨酶(glutamic oxaloacetic transaminase, AST-GOT)、肌酐(creatinine, CRE)、碱性磷酸酶(alkaline phosphatase, AKP)、钠离子和尿素氮(blood urea nitrogen, BUN)。血清生化指标委托南昌康旭禾生物科技有限公司完成,使用南京建成生物工程研究所试剂盒。

1.4 数据统计与分析

由 Excel 2019 对试验数据进行初步整理分析,为保证单一变量进行比较,SF 组和 CK 组分别与 NSF 组进行比较,使用 SPSS 26.0 统计软件对数据进行独立样本 t 检验。结果以(平均值±标准差)表示,以 $P<0.05$ 、 $P<0.01$ 、 $P<0.001$ 作为差异显著性判断标准。

2 结果与分析

2.1 白背黄花稔环境和饲养方式对宁都黄鸡体尺性状的影响

与 NSF 组相比,SF 组宁都黄鸡体斜长、龙骨长和胸宽显著提高 7.1%、12.3% 和 3.9% ($P<0.05$) (表 2)。

表 2 白背黄花稔环境和饲养方式对宁都黄鸡体尺性状的影响

Tab.2 Effects of *Sida rhombifolia* L. environment and different raising modes on body measurement of Ningdu yellow chickens

项目 Items	NSF 组 NSF group	SF 组 SF group		CK 组 CK group	
		平均值±标准差	P 值	平均值±标准差	P 值
		mean ± SD	P values	mean ± SD	P values
体斜长/cm Body slope length	18.81±0.94	20.14±0.34**	0.001	18.55±0.46	0.446
胸围/cm Chest girth	29.49±2.32	30.77±3.03	0.303	29.46±1.31	0.972
龙骨长/cm Keel length	10.86±0.66	12.20±1.26*	0.010	10.16±0.42*	0.011
胫围/cm Shank girth	3.73±0.13	4.13±0.56	0.052	3.73±0.16	1.000
胸宽/mm Chest width	66.69±1.65	69.30±3.11*	0.034	65.18±1.48*	0.045
胸深/mm Chest depth	96.88±4.07	99.57±4.06	0.159	96.06±2.40	0.586
髋骨宽/mm Pelvis width	83.17±1.67	82.13±4.27	0.491	84.11±3.05	0.406
胫长/mm Shank length	80.57±3.58	83.13±4.03	0.151	76.74±2.37*	0.011
胸角/(°) Chest angel	90.69±4.11	92.25±3.76	0.388	91.89±3.21	0.476

*表示 $P<0.05$, **表示 $P<0.01$ 。

*means $P<0.05$, **means $P<0.01$.

CK组宁都黄鸡龙骨长、胸宽和胫长比NSF组显著降低6.4%、2.3%和4.8% ($P<0.05$)。SF组和CK组宁都黄鸡胸围、胫围、胸深、髌骨宽和胸角与NSF组无显著性差异 ($P>0.05$)。

2.2 白背黄花稔环境和饲养方式对宁都黄鸡屠宰性能和肉品质的影响

由表3可知,较之NSF组,SF组肌胃重、肌胃指数显著降低 ($P<0.05$)。CK组宁都黄鸡半净膛率、全净膛率、胸肌重、胸肌率、肌胃重、肌胃指数、脾重和脾脏指数与NSF组比显著降低 ($P<0.05$),其中半净膛率、全净膛率、胸肌率分别降低4.4%、6.6%、11.3%,宰前体重、屠体重、肝重、肝脏指数、腹脂率、卵巢重、卵巢指数、输卵管重、输卵管指数和肠长与NSF组比显著升高 ($P<0.05$),其中宰前体重、屠体重、腹脂率分别升高6.4%、7.5%、28.8%。由表4可知,较之NSF组,CK组胸肌pH值显著升高6.8% ($P<0.05$)。

表3 白背黄花稔环境和饲养方式对宁都黄鸡屠宰性能的影响

Tab.3 Effects of *Sida rhombifolia* L. environment and different raising modes on slaughter performance of Ningdu yellow chickens

项目 Items	NSF组 NSF group	SF组 SF group		CK组 CK group	
		平均值±标准差	P值	平均值±标准差	P值
		mean ± SD	P values	mean ± SD	P values
宰前体重/g Live weight before slaughter	1 572.00±65.68	1 639.90±101.36	0.092	1 680.00±42.41***	<0.001
屠体重/g Dressed weight	1 411.00±69.07	1 483.11±110.97	0.134	1 525.00±61.41**	0.002
屠宰率/% Dressed rate	89.90±0.95	90.10±1.30	0.720	90.76±2.12	0.308
半净膛重/g Half-eviscerated with giblet weight	1 301.46±72.56	1 346.28±105.93	0.284	1 329.65±84.80	0.435
半净膛率/% Half-eviscerated with giblet rate	82.78±2.63	82.04±1.88	0.479	79.11±3.86 ⁺	0.025
全净膛重/g Eviscerated weight	1 179.63±60.83	1 225.56±92.01	0.204	1 178.11±70.05	0.959
全净膛率/% Eviscerated rate	75.05±2.43	74.72±2.87	0.790	70.10±3.31**	0.001
胸肌重/g Breast muscle weight	197.46±11.76	198.52±16.84	0.872	174.82±16.12**	0.002
胸肌率/% Breast muscle rate	16.76±0.99	16.22±1.07	0.255	14.87±1.41**	0.003
腿重/g Thigh weight	360.40±30.88	364.56±38.18	0.792	349.12±31.44	0.429
腿比率/% Thigh rate	30.60±2.84	29.78±2.66	0.514	29.63±1.91	0.381
腿肌重/g Thigh muscle weight	226.58±18.65	241.04±25.80	0.168	216.12±24.14	0.293
腿肌率/% Thigh muscle rate	19.22±1.37	19.66±1.44	0.486	18.35±1.72	0.230
心重/g Heart weight	7.86±0.90	8.68±1.42	0.140	8.63±1.19	0.121
心脏指数/% Heart index	0.50±0.05	0.53±0.08	0.340	0.50±0.05	0.616
肝重/g Liver weight	28.82±4.76	30.87±5.19	0.369	41.11±9.98**	0.002
肝脏指数/% Liver index	1.83±0.26	1.89±0.33	0.663	2.45±0.59**	0.007
肌胃重/g Gizzard weight	25.94±3.56	21.16±4.41 ⁺	0.016	17.05±4.24***	<0.001
肌胃指数/% Gizzard index	1.65±0.23	1.29±0.25**	0.003	1.01±0.24***	<0.001
脾重/g Spleen weight	5.16±1.96	4.90±2.25	0.786	3.21±1.58 ⁺	0.025
脾脏指数/% Spleen index	0.33±0.13	0.30±0.14	0.658	0.19±0.10 ⁺	0.014
腹脂重/g Abdominal fat weight	59.21±26.97	60.01±31.93	0.952	84.75±23.67 ⁺	0.037
腹脂率/% Abdominal fat rate	4.74±2.01	4.61±2.30	0.896	6.66±1.64 ⁺	0.031
卵巢重/g Ovary weight	2.01±1.18	1.57±0.51	0.292	43.83±24.58**	0.001
卵巢指数/% Ovary index	0.13±0.07	0.10±0.03	0.231	2.64±1.49**	0.001
输卵管重/g Oviduct weight	4.33±4.09	2.95±2.40	0.375	36.19±6.51***	<0.001
输卵管指数/% Oviduct index	0.27±0.25	0.18±0.15	0.334	2.17±0.43***	<0.001
肠长/cm Intestinal length	115.10±8.75	127.20±16.6	0.061	128.20±10.93**	0.008

*表示 $P<0.05$, **表示 $P<0.01$, ***表示 $P<0.001$ 。

*means $P<0.05$, **means $P<0.01$, ***means $P<0.001$.

表 4 白背黄花稔环境和饲养方式对宁都黄鸡肉品质的影响
Tab.4 Effects of *Sida rhombifolia* L. environment and different raising
modes on meat quality of Ningdu yellow chickens

项目 Items	NSF 组 NSF group	SF 组 SF group		CK 组 CK group	
		平均值±标准差 mean ± SD	P 值 P values	平均值±标准差 mean ± SD	P 值 P values
pH	5.66±0.17	5.62±0.16	0.600	6.07±0.30**	0.002
24 h滴水损失率/% drop loss of breast muscle after 24 hours	2.74±0.30	3.15±0.73	0.129	2.75±0.41	0.932
48 h滴水损失率/% drop loss of breast muscle after 48 hours	4.33±0.45	4.95±0.82	0.051	4.63±0.57	0.210

**表示 $P<0.01$ 。
**means $P<0.01$.

由表 5 和图 1 可知,较之 NSF 组,SF 组胸肌肌纤维直径、肌束膜厚度分别显著升高 8.1%、13.0% ($P<0.05$),肌纤维密度显著降低 9.4% ($P<0.05$)。较之 NSF 组,CK 组肌束内肌纤维数量显著降低 20.3% ($P<0.05$),肌束膜厚度显著升高 46.7% ($P<0.05$)。

表 5 白背黄花稔环境和饲养方式对宁都黄鸡肌纤维组织学特性的影响
Tab.5 Effects of *Sida rhombifolia* L. environment and different raising modes on muscle fiber
histological characteristics of Ningdu yellow chickens

项目 Items	NSF 组 NSF group	SF 组 SF group		CK 组 CK group	
		平均值±标准差 mean ± SD	P 值 P values	平均值±标准差 mean ± SD	P 值 P values
肌纤维直径/ μm The diameter of muscle fiber	48.01±2.42	52.24±4.01*	0.011	48.67±1.94	0.514
肌纤维密度/(number·mm ⁻²) The density of muscle fiber	508.50±54.19	460.55±40.38*	0.038	503.05±49.87	0.818
肌束纤维数量/(number/bundle) Muscular bundle number	143.14±31.71	129.48±22.07	0.278	114.06±29.07*	0.046
肌束膜厚度/ μm Perimysium thickness	29.29±1.96	33.68±3.53**	0.003	42.97±3.67***	<0.001

*表示 $P<0.05$,**表示 $P<0.01$,***表示 $P<0.001$ 。
*means $P<0.05$,**means $P<0.01$,***means $P<0.001$.

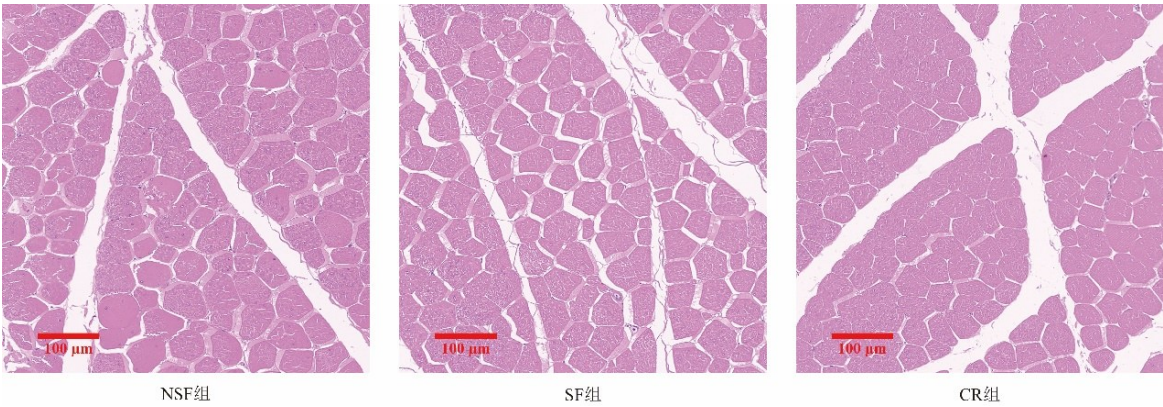


图 1 宁都黄鸡肌纤维超微结构图(×200)

Fig.1 The ultramicrostructure of muscle fiber in Ningdu yellow chickens(× 200)

2.3 白背黄花稔环境和饲养方式对宁都黄鸡血清生化指标的影响

由表6可知,SF组宁都黄鸡血清 CRE、BUN 显著降低($P<0.05$),CRE、BUN 分别比 NSF 组降低 28.9%、21.7%;与 NSF 组比,CK 组宁都黄鸡血清 ALB 显著降低 42.7%($P<0.05$),CK 组宁都黄鸡血清 BUN、ALT-GPT 显著升高($P<0.05$),BUN、ALT-GPT 分别升高 28.1%、27.7%。

表 6 白背黄花稔环境和饲养方式对宁都黄鸡血清生化指标的影响
Tab.6 Effects of *Sida rhombifolia* L. environment and different raising
modes on serum biochemical indices of Ningdu yellow chickens

项目 Items	NSF 组 NSF group	SF 组 SF group		CK 组 CK group	
		平均值±标准差	P 值	平均值±标准差	P 值
		mean ± SD	P values	mean ± SD	P values
白蛋白/(g·L ⁻¹) ALB	23.44±10.59	18.75±7.77	0.273	13.43±4.22 [*]	0.017
尿素氮/(mmol·L ⁻¹) BUN	1.84±0.54	1.44±0.15 [*]	0.048	2.56±0.71 [*]	0.019
谷丙转氨酶/(U·L ⁻¹) ALT-GPT	6.06±1.06	6.48±1.08	0.382	8.38±0.97 ^{***}	<0.001
谷草转氨酶/(U·L ⁻¹) AST-GOT	24.33±6.13	27.56±3.86	0.176	26.30±6.85	0.507
肌酐/(μmol·L ⁻¹) CRE	316.07±109.80	224.85±38.42 [*]	0.030	260.96±85.60	0.227
碱性磷酸酶/(King unit·L ⁻¹) AKP	33.66±20.73	21.21±4.56	0.094	23.40±7.04	0.278
钠/(mmol·L ⁻¹) Na	202.02±17.28	192.03±16.54	0.203	204.39±17.57	0.765

*表示 $P<0.05$,***表示 $P<0.001$ 。
*means $P<0.05$,***means $P<0.001$.

3 讨 论

3.1 白背黄花稔环境和饲养方式对宁都黄鸡体尺性状的影响

体尺性状是家禽育种中的重要表型性状,与家禽生长性能密切相关^[18]。本试验结果显示,较之无白背黄花稔散养组,白背黄花稔散养组宁都黄鸡的体斜长、龙骨长、胸宽显著升高,而笼养组龙骨长、胸宽、胫长显著降低。这与时凯等^[19]研究 3 种不同饲养模式下肉鸡体尺性状差异不显著的结果不同。可能的原因是白背黄花稔散养场地为宁都黄鸡提供了更舒适的活动空间,使宁都黄鸡的活动量更大,活动范围更广,因而体尺发育更优,而笼养组使用的是三层阶梯式单笼饲养,严重限制了宁都黄鸡的活动范围。

3.2 白背黄花稔环境和饲养方式对宁都黄鸡屠宰性能和肉品质的影响

肉鸡屠宰性能是反应肉鸡性能优劣的重要指标,是反映肉鸡产肉率简单、直接和有效的方法,有效提高肉鸡屠宰性能可以达到降本增效的目的^[20]。本试验各组宁都黄鸡的屠宰率和全净膛率分别达到 80% 和 60%,说明宁都黄鸡在不同饲养模式下均有良好的产肉性能。李文嘉等^[21]研究表明,散养显著提高了北京油鸡腿肌率,降低了腹脂率。徐振飞等^[22]研究发现笼养组黄羽肉鸡的活体重显著高于散养组,散养组腹脂率显著低于笼养组。本试验结果显示,笼养宁都黄鸡半净膛率、全净膛率、胸肌率、肌胃指数、脾脏指数显著降低,而宰前体重、肝脏指数、腹脂率、卵巢指数显著升高。邹文斌等^[23]研究发现笼养组京海黄鸡半净膛率显著高于散养组,与本研究结果不同。其原因可能是:一方面,本试验中笼养组宁都黄鸡腹脂率高、卵巢和输卵管发育更快,导致笼养宁都黄鸡半净膛率和全净膛率低于散养宁都黄鸡;另一方面,鸡群在散养条件下运动量有所提高,锻炼了腿部和胸部肌肉,有效减少腹脂沉积,同时运动有利于减少肉鸡应激,而笼养肉鸡胸肌重和胸肌率下降的原因可能与其运动量少、易应激有关^[24]。

内脏器官指数是动物生长发育和器官功能的重要指标^[25]。尤其是发育成熟且发育良好的内脏和免疫器官与动物机体免疫反应和生长性能密切相关^[26]。一般来说,器官指数越高,机体的发育越好。肌胃和肝脏都是消化系统的重要器官。本试验发现,笼养宁都黄鸡肝脏指数显著高于散养宁都黄鸡,出现该结果的原因可能是,在自由采食的条件下,笼养鸡运动量少,肝脏脂肪储存量高从而出现脂肪肝,导致肝脏指数升高。脾脏是动物机体免疫系统的关键角色之一,可参与动物机体的细胞免疫和体液免疫,保护家禽免受感染性病原菌和病毒的伤害^[27]。本研究中,笼养组脾脏指数显著低于散养组,卵巢指数和输

卵管指数均显著高于散养组,说明散养条件下宁都黄鸡免疫系统得到改善,饲养方式对鸡的繁殖系统影响较大。

不同饲养方式下家禽运动量的不同导致其肉质品质也有所不同。肉类的pH值与肌糖原储存高度相关,是禽肉加工和感官品质的关键因素^[28]。肉类pH值是评价肉质的重要指标之一,也是肉类保存的重要参数,pH值越高,肉的保质期越短^[29]。本试验胸肌pH值与本课题组前期研究不同体质量市售宁都黄鸡胸肌pH值结果有所差异^[30]。本研究结果发现,散养条件下宁都黄鸡胸肌pH值显著低于笼养条件下宁都黄鸡pH值,白背黄花稔环境对散养宁都黄鸡胸肌pH值影响不显著。肌肉组织主要由肌纤维和结缔组织构成,肌纤维是构成肌肉组织的基本单位,是评估肉品质的重要内容之一;肌纤维之间包含肌束膜和肌内膜等大量结缔组织可以在一定程度上增强肌肉系水力^[31]。肌纤维直径和密度是肌肉品质的重要特征,肌纤维直径越小且密度越高的肌肉的感官嫩度更优^[32]。本研究结果发现,笼养与散养之间,肌纤维直径与密度无显著性差异,与陈杰等^[33]研究认为散养贵妃鸡胸肌肌纤维直径显著高于笼养的结果不一致。笼养宁都黄鸡肌纤维中肌束纤维数量显著降低而肌束膜厚度显著升高,认为宁都黄鸡在笼养模式下可能提高了肌肉的系水力。

3.3 白背黄花稔环境和饲养方式对宁都黄鸡血清生化指标的影响

血清生化指标被认为是反映动物生理和代谢状态的重要指标,受多重因素影响,其中饲养方式是影响血清生化指标重要因素之一^[34]。血清中白蛋白和尿素氮含量是反映动物机体内蛋白质合成代谢动态平衡的重要指标。血清白蛋白是评估急性和慢性疾病患者营养状况的一个重要参数,在营养不良和急性疾病中,血清白蛋白水平会有所下降^[35]。尿素氮是蛋白质代谢的终产物之一,是反映肾脏功能的重要指标,低浓度的血清尿素氮表明蛋白质的氨基酸平衡状态较好^[36]。本试验结果显示,散养组宁都黄鸡血清白蛋白含量显著升高而尿素氮含量显著降低,白背黄花稔环境下散养可降低宁都黄鸡血清尿素氮含量,表明白背黄花稔散养模式可有效改善宁都黄鸡机体蛋白质代谢、营养状况和肾脏功能。肌酐主要通过肌肉代谢的肌酸产生,通过肾脏排出体外,是肾脏损伤的主要指标,临床上认为肌酐含量升高显示机体可能存在肾脏损伤^[37]。白背黄花稔散养组血清肌酐含量显著降低,提示白背黄花稔环境下散养可能缓解宁都黄鸡的肾脏损伤,这可能与宁都黄鸡采食环境中的白背黄花稔有关。肝脏是动物体内主要的代谢和解毒器官,是多种物质合成和分解的重要场所。谷丙转氨酶和谷草转氨酶是肝损伤标志物,是检测肝功能最常见的指标^[38]。血清中谷丙转氨酶和谷草转氨酶含量升高与肝脏炎症和肝脏脂肪累积密切相关^[39]。本试验结果显示,较之笼养,散养宁都黄鸡血清ALT含量显著降低,散养可有效改善宁都黄鸡肝脏代谢功能。

4 结 论

散养模式能促进宁都黄鸡体尺发育、提高屠宰性能和免疫器官发育,可显著降低肉质pH值,同时可有效改善机体蛋白质代谢和肝脏代谢功能。白背黄花稔环境下散养可促进宁都黄鸡体尺发育,可缓解宁都黄鸡肾脏损伤。

致谢:江西省赣州市宁都县麒麟禽业有限公司和赣州市宁都县农业农村局对本研究给予了帮助,谨致谢意!

参考文献 References:

- [1] 王霞霞.林下种草生态养鸡牧草品种选择及其组合试验分析[J].中国饲料,2021(6):25-28.
WANG X X. Analysis of forage variety selection and combination test for ecological chicken raising by planting grass under forest[J]. China feed, 2021(6):25-28.
- [2] 余春林,彭涵,张增荣,等.不同牧草对林下鸡生产性能的影响[J].中国家禽,2021,43(1):62-66.
YU C L, PENG H, ZHANG Z R, et al. Effects of different kinds of pastures on production performance of free-range chicken in the grove[J]. China poultry, 2021, 43(1):62-66.
- [3] ZHENG M L, MAO P C, TIAN X X, et al. Effects of grazing mixed-grass pastures on growth performance, immune responses, and intestinal microbiota in free-range Beijing-you chickens[J]. Poultry science, 2021, 100(2):1049-1058.
- [4] 中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志 第49卷 第2分册[M].北京:科学出版社,2016:17-27.

- The Editorial Committee of Flora of China, Chinese Academy of Sciences. Flora of China volume 49, division 2 [M]. Beijing: Science Press, 2016: 17-27.
- [5] MAH S H, TEH S S, EE G C L. Anti-inflammatory, anti-cholinergic and cytotoxic effects of *Sida rhombifolia* [J]. Pharmaceutical biology, 2017, 55(1): 920-928.
- [6] SELVADURAI S, SHANMUGAPANDIYAN P, BISWAS K, et al. Preliminary phytochemical analysis on the leaves extracts of *Sida acuta* Burm. f. and *Sida rhombifolia* Linn. family malvaceae [J]. Research journal of pharmacy and technology, 2022, 15(4): 1512-1516.
- [7] MARIA D F V D S, VALDIR A B, MARIA DE F A, et al. Secondary metabolites from *Sida rhombifolia* L. (Malvaceae) and the vasorelaxant activity of cryptolepinone [J]. Molecules, 2013, 18(3): 2769-2777.
- [8] OTEMBERG S C, YANNA C F T, MATHEUS M D O M, et al. Alkaloids and phenolic compounds from *Sida rhombifolia* L. (Malvaceae) and vasorelaxant activity of two indoquinoline alkaloids [J]. Molecules, 2017, 22(1): 94.
- [9] XU Z Y, GAO P Z, LIU D, et al. Chemical composition and in vitro antioxidant activity of *Sida rhombifolia* L. volatile organic compounds [J]. Molecules, 2022, 27(20): 7067.
- [10] ARCINIEGAS A, PÉREZ-CASTORENA A L, NIETO-CAMACHO A, et al. Anti-hyperglycemic, antioxidant, and anti-inflammatory activities of extracts and metabolites from *Sida acuta* and *Sida rhombifolia* [J]. Química nova, 2016, 40(2): 176-181.
- [11] NARENDHIRAKANNAN R T, LIMMY T P. Anti-inflammatory and anti-oxidant properties of *Sida rhombifolia* stems and roots in adjuvant induced arthritic rats [J]. Immunopharmacology and immunotoxicology, 2012, 34(2): 326-336.
- [12] KAMDOUM B C, SIMO I, WOUAMBA S C N, et al. Chemical constituents of two cameroonian medicinal plants: *Sida rhombifolia* L. and *Sida acuta* Burm. f. (Malvaceae) and their antiparasitic activity [J]. Natural product research, 2021, 36(20): 5311-5318.
- [13] JASMEET K A, SANJAY K, APARAJITA M. Ethnomedicinal, phytochemical and ethnopharmacological aspects of four medicinal plants of Malvaceae used in indian traditional medicines: a review [J]. Medicines, 2017, 4(4): 75.
- [14] 陈维权, 张恒, 徐汉虹. 白背黄花稔 *Sida rhombifolia* 的生物活性及化学成分研究 [J]. 农药学学报, 2012, 14(4): 377-382.
- CHEN W H, ZHANG H, XU H H. Study on bioactivity and chemical constituents of *Sida rhombifolia* [J]. Chinese journal of pesticide science, 2012, 14(4): 377-382.
- [15] AHMADI M, EBRAHIMZADEH M A, RAFIEI A, et al. *Sida rhombifolia* exerts anti-proliferative and pro-apoptotic effects in human liver cancer HepG2 cells in vitro [J]. Asian Pacific journal of cancer prevention, 2022, 23(11): 3677-3684.
- [16] 何清华, 杨小波, 曾振峰, 等. 白背黄花稔对散养宁都黄鸡生长影响的观察 [J]. 江西畜牧兽医杂志, 2018(6): 17-18.
- HE Q H, YANG X B, ZENG Z F, et al. Observation on the effect of *Sida rhombifolia* on the growth of free-range Ningdu yellow chicken [J]. Jiangxi journal of animal husbandry & veterinary medicine, 2018, (6): 17-18.
- [17] 郭小鸿, 李文, 李方新, 等. 白背黄花稔的人工种植对山地散养鸡场水土保持效果观察 [J]. 江西畜牧兽医杂志, 2019(1): 32-33.
- GUO X H, LI W, LI F X, et al. Observation on the effect of *Sida rhombifolia* of artificial planting on water and soil conservation of mountain free-range chicken farm [J]. Jiangxi journal of animal husbandry & veterinary medicine, 2019(1): 32-33.
- [18] 莫先艇, 张勇, 黄明捷, 等. 不同日龄乌蒙凤鸡体尺与屠宰性能相关性分析与主成分分析 [J]. 中国畜牧杂志, 2021, 57(2): 54-62.
- MO X T, ZHANG Y, HUANG M J, et al. Correlation between body size and slaughter performance and principal component analysis of Wumeng crested chickens of different ages [J]. Chinese journal of animal science, 2021, 57(2): 54-62.
- [19] 时凯, 杨智青, 陈长宽, 等. 不同养殖模式下肉鸡生长性状、体尺性状、屠宰性能及肉品质的研究 [J]. 江苏农业科学, 2018, 46(15): 129-131.
- SHI K, YANG Z Q, CHEN C K, et al. Study on growth traits, body size traits, slaughter performance and meat quality of broilers under different farming modes [J]. Jiangsu agricultural sciences, 2018, 46(15): 129-131.
- [20] 陈传斌, 瞿明仁, 梁欢, 等. 包被复合微量元素对黄羽肉鸡生长性能、屠宰性能及肉品质的影响 [J]. 中国兽医学报, 2022, 42(4): 793-799.
- CHEN C B, QU M R, LIANG H, et al. Effects of coated compound trace elements on growth performance, slaughter performance and meat quality of Yellow-feathered broilers [J]. Chinese journal of veterinary science, 2022, 42(4): 793-799.
- [21] 李文嘉, 孙全友, 魏凤仙, 等. 饲养方式对北京油鸡生长和屠宰性能、肉品质以及肌肉脂肪酸含量的影响 [J]. 动物营养学报, 2019, 31(4): 1585-1595.
- LI W J, SUN Q Y, WEI F X, et al. Effects of different feeding patterns on growth and slaughter performance, meat quality and muscular fatty acid content of Beijing-you chickens [J]. Chinese journal of animal nutrition, 2019, 31(4): 1585-1595.

- [22] 徐振飞,崔焕先,梁万鹏,等.不同饲养方式对京星黄鸡103屠宰性能和肉品质的影响[J].动物营养学报,2022,34(7):4331-4339.
- XU Z F, CUI H X, LIANG W P, et al. Effects of different feeding patterns on slaughter performance and meat quality of Jingxing-yellow 103 chickens[J]. Chinese journal of animal nutrition, 2022, 34(7): 4331-4339.
- [23] 邹文斌,杨建生,于海亮,等.不同饲养方式对京海黄鸡屠宰性能、血清抗氧化和抗应激指标的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2020(1):53-57.
- ZOU W B, YANG J S, YU H L, et al. Effects of different rearing methods on slaughter performance, serum antioxidants and stress index of Jinghai Yellow chickens[J]. Heilongjiang animal science and veterinary medicine, 2020(1): 53-57.
- [24] CASTELLINI C, MUGNAI C, DAL BOSCO A. Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality[J]. Meat science, 2002, 60(3): 219-225.
- [25] HU Q B, YIN F G, YANG L, et al. Dietary tributyrin intervention improves the carcass traits, organ indices, and blood biomarker profiles in broilers under the isocaloric diets administration[J]. Poultry science, 2022, 101(10): 102061.
- [26] SELIM S, ABDEL-MEGEID N S, ABOU-ELNAGA M K, et al. Early nutrition with different diets composition versus fasting on immunity-related gene expression and histomorphology of digestive and lymphoid organs of layer-type chicks[J]. Animals, 2021, 11(6): 1568.
- [27] LAN R X, LI S Q, ZHAO Z H, et al. Sodium butyrate as an effective feed additive to improve growth performance and gastrointestinal development in broilers[J]. Veterinary medicine and science, 2020, 6(3): 491-499.
- [28] ALNAHHAS N, LE BIHAN-DUVAL E, BAÉZA E, et al. Impact of divergent selection for ultimate pH of pectoralis major muscle on biochemical, histological, and sensorial attributes of broiler meat[J]. Journal of animal science, 2015, 93(9): 4524-4531.
- [29] WANG K H, SHI S R, DOU T C, et al. Effect of a free-range raising system on growth performance, carcass yield, and meat quality of slow-growing chicken[J]. Poultry science, 2009, 88(10): 2219-2223.
- [30] HU X L, WAN L, LIU S B, et al. Comparative analysis of meat quality and chemical composition among three weight groups of Chinese Ningdu yellow chicken: implications for customer choice[J]. Animal science journal, 2021, 92(1): e13638.
- [31] 宋淑珍,高良霜,李宏,等.相对饲养水平对绵羊肌肉组织结构及肌纤维组成相关基因的影响[J].中国农业科学,2022,55(21):4304-4314.
- SONG S Z, GAO L S, L H, et al. Effects of feeding levels on muscle tissue structure and muscle fiber composition related genes in sheep[J]. Scientia agricultura Sinica, 2022, 55(21): 4304-4314.
- [32] GUAN R F, LYU F, CHEN X Q, et al. Meat quality traits of four Chinese indigenous chicken breeds and one commercial broiler stock[J]. Journal of Zhejiang university-science B, 2013, 14(10): 896-902.
- [33] 陈杰,赵鸿杰,玄祖迎,等.不同养殖模式对贵妃鸡肌纤维特性和肉品质的影响[J].中国家禽,2015,37(18):28-31.
- CHEN J, ZHAO H J, XUAN Z Y, et al. Effect of different feeding modes on muscle fiber characteristics and meat quality of Houdan chicken[J]. China poultry, 2015, 37(18): 28-31.
- [34] REHMAN M S, MAHMUD A, MEHMOOD S, et al. Blood biochemistry and immune response in Aseel chicken under free range, semi-intensive, and confinement rearing systems[J]. Poultry science, 2017, 96(1): 226-233.
- [35] AKIROV A, MASRI-IRAQI H, ATAMNA A, et al. Low albumin levels are associated with mortality risk in hospitalized patients[J]. American journal of medicine, 2017, 130(12): 1465.e11-1465.e19.
- [36] BEIER K, EPPANAPALLY S, BAZICK H S, et al. Elevation of blood urea nitrogen is predictive of long-term mortality in critically ill patients independent of "normal" creatinine[J]. Critical care medicine, 2011, 39(2): 305-313.
- [37] 黄小燕.三聚氰胺对断奶仔猪的毒性效应和血浆清除规律的研究[D].雅安:四川农业大学,2009.
- HUANG X Y. Assessment of melamine toxicity and blood disappearance prediction model in weaned piglets[D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2009.
- [38] JIA J J, YANG Y, LIU F C, et al. The association between serum alanine aminotransferase and hypertension: a national based cross-sectional analysis among over 21 million Chinese adults[J]. BMC cardiovascular disorders, 2021, 21(1): 145.
- [39] FENG X R, WEN Y Q, PENG F F, et al. Association between aminotransferase/alanine aminotransferase ratio and cardiovascular disease mortality in patients on peritoneal dialysis: a multi-center retrospective study[J]. BMC nephrology, 2020, 21(1): 209.