

郑筱峰, 王莉, 王丽, 等. 单色绿光补光对泰州鹅体重、屠宰性能、肉品质和血清生化指标的影响 [J]. 畜牧与兽医, 2026, 58 (5): 29–34.
ZHENG X F, WANG L, WANG L, et al. Effects of monochromatic green light supplemental illumination on body weight, slaughter performance, meat quality and serum biochemical parameters of Taizhou geese [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2026, 58 (5): 29–34.

单色绿光补光对泰州鹅体重、屠宰性能、肉品质和血清生化指标的影响

郑筱峰, 王莉, 王丽, 孙凡
(江苏农牧科技职业学院, 江苏 泰州 225300)

摘要: 旨在研究单色绿光补光对泰州肉鹅生长性能、屠宰性能、肉品质和血清生化指标的影响。将 400 只 1 日龄泰州鹅母雏随机分为 2 组, 每组 5 个重复, 每个重复 40 只雏鹅, 将 2 组雏鹅分别置于结构相同的半开放舍内养殖, 采用自然光照加人工补光, 人工补光分别采用 LED 白光 (对照组) 和绿光 (试验组), 2 组光照强度均为 40 lx, 1~7 日龄采用 24 h 光照 (24L; 0D), 8~15 日龄的光照时间每天减少 1 h, 16~70 日龄采用 16 h 光照 (16L; 8D)。结果: 绿光补光极显著提升肉鹅在 35~55 日龄的体重 ($P<0.01$), 在 65~70 日龄增速减慢, 但仍显著高于白光补光 ($P<0.05$); 绿光组肉鹅胸肌重显著高于白光组 ($P<0.05$), 2 组间屠宰率、全净膛率、半净膛率、腿肌重、胸肌率和腿肌率等指标差异不显著 ($P>0.05$); 绿光补光可以改善红度 (a^*) 值 ($P<0.05$), 但也显著增加肌肉剪切力 ($P<0.05$); 绿光补光显著提升血清中甘油三酯 (TG) 含量 ($P<0.05$)。综上, 绿光补光可以促进肉鹅的生长, 改善屠体鹅肉可利用率, 对肉品质的改善还需进一步验证。

关键词: 单色绿光; 泰州鹅; 屠宰性能; 肉品质; 血清生化指标

中图分类号: S835 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-5130(2026)05-0029-06

Effects of monochromatic green light supplemental illumination on body weight, slaughter performance, meat quality and serum biochemical parameters of Taizhou geese

ZHENG Xiaofeng, WANG Li, WANG Li, SUN Fan

(Jiangsu Vocational College of Agriculture and Animal Husbandry, Taizhou 225300, China)

Abstract: To investigate the effects of monochromatic green light supplemental lighting on the growth performance, slaughter performance, meat quality, and serum biochemical indicators of Taizhou geese, 400 one-day-old female Taizhou geese were randomly divided into two groups, with five replicates per group and 40 goslings per replicate. The two groups of goslings were raised in semi-open sheds with identical structures, using natural light plus artificial lighting. For artificial lighting, LED white light (the control group) and green light (the experimental group) were used, respectively. The light intensity for both groups was 40 lx. When the geese were 1 to 7 days old, 24 hours of light (24L; 0D) was used; and when they were 8 to 15 days old, the light duration was reduced by 1 hour per day. When they were 16 to 70 days old, 16 hours of light (16L; 8D) was used. The results showed that green light supplemental lighting significantly increased the body weight of the geese aged 35–55 days ($P<0.01$), with a slower growth rate at 65–70 days, but it was still significantly higher than that of the geese under white light supplemental lighting ($P<0.05$). The breast muscle weight of the geese in the green light group was significantly higher than that in the white light group ($P<0.05$). However, there were no significant differences between the two groups in dressing percentage, eviscerated percentage, semi-eviscerated percentage, leg muscle weight, breast muscle percentage, and leg muscle percentage ($P>0.05$). Green light supplemental lighting improved the redness (a^*) value ($P<0.05$), but also significantly increased the muscle shear force ($P<0.05$). Green light supplemental lighting significantly increased the serum triglyceride (TG) levels ($P<0.05$). This study indicated that green light supplemental lighting promoted the growth of geese, improved the usability of slaughtered goose meat, and might promote fat storage in their liver. Further verification would be needed regarding the effect of this supplemental lighting on meat quality improvement in Taizhou geese.

Keywords: monochromatic green light; Taizhou goose; slaughter performance; meat quality; serum biochemical indicators

收稿日期: 2025-07-16; 修回日期: 2026-02-25

基金项目: 江苏农牧科技职业技术学院横向课题 (11710125026)

第一作者: 郑筱峰, 男, 硕士, 讲师, 主要从事动物营养方向研究, E-mail: 765708816@qq.com。

肉鹅产业是我国的特色产业，也是非常重要的富民产业，2024年商品鹅出栏5.69亿只，产值达到592亿元，出栏量和产值在最近5年保持了持续高增长^[1]。伴随养殖规模的扩大，研发商品肉鹅规模化高效养殖关键技术已经成为产业面临的重要问题，目前，已经在营养调控^[2]、养殖密度^[3]、养殖模式^[4-5]等方面获得进展。

光照是影响家禽规模化高效养殖的重要环境因素之一，而且禽类具有比哺乳动物更敏感的视觉机能^[6]。因此，研究单色光在家禽集约化生产中的作用成为行业热点。研究表明，短波长光照（蓝光、绿光）可以促进肉鸡生长^[7]；LED蓝光和黄光可以改善肉杂鸡屠宰性能^[8]；孵化期给予胚蛋绿光刺激，出雏后肉鸡生长性能、胸肌重、饲料转化率显著提升^[9-10]；绿光和蓝光刺激可以显著提高肉鸡胸肌和腿肌肉品质^[11]；蓝光和绿光可以提高鸭和鹌鹑的生长性能、改善肌肉脂肪酸组成^[12-13]。

鹅是典型的季节性繁殖禽类，视网膜中4种锥细胞对绿光和蓝光非常敏感，且光感受器吸收光谱种类与小型禽类不同^[14]。前期研究发现，雏鹅（1~30日龄）在全舍内饲养条件下，绿光显著提升采食行为，蓝光显著抑制采食行为，红光、绿光和蓝光显著抑制雏鹅免疫能力，白光、红光促使雏鹅采食、站立行为表达频繁^[15]。同样在全封闭舍内饲养条件下，绿光可以提高扬州鹅出栏重、饲料转化率以及胸肌总氨基酸和必需氨基酸含量，显著增加胸肌肌苷酸含量^[16]。上述研究结果表明，鹅对单色光的刺激响应可能更复杂，绿光在肉鹅的生长发育中可能发挥积极的促进作用。

泰州鹅是由江苏养殖户自行选育的中型鹅种，是优良的肉蛋兼用型地方品种资源，具有遗传性能稳定、生长快、适应性强等优点，在华东地区广泛养殖。肉鹅的集约化养殖以半封闭舍内养殖为主要趋势，但针对这一模式的研究还未见报道。为了进一步规范泰州鹅养殖标准，提高养殖效益，开展了泰州鹅营养需求、种鹅反季节生产等研究^[17]。单色光在泰州鹅集约化养殖中的应用研究尚未见报道，本研究旨在探讨单色绿光对泰州鹅肉鹅的生长性能、屠宰性状、肉品质和血液生化指标的影响，为单色绿光在肉鹅生产中的应用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验分组及饲养管理

400只体重均一、健康的1日龄泰州鹅母苗，购自泰州金鹏鹅业专业合作社。鹅苗随机平均分为2组，每组5个重复，每个重复40只雏鹅。将2组雏

鹅分别置于结构相同大棚鹅舍饲养，7日龄脱温，采用相同饲养管理程序。试验期共70 d，分为1~15日龄和16~70日龄2个阶段，全价颗粒饲料由江苏某公司提供，日粮组成及营养水平见表1。试验过程中，自由采食和饮水，采用高架床网养模式。

表1 日粮组成及营养水平（风干基础）

项目	1~15日龄	16~70日龄
玉米	43.00	37.00
豆粕	23.00	10.00
玉米蛋白粉	2.00	2.00
玉米干酒糟及可溶物	5.00	7.00
麦麸	6.00	9.00
全脂米糠	16.57	22.01
稻糠	—	7.00
原料组成/%	—	2.00
豆油	—	2.00
石粉	1.50	1.30
磷酸氢钙	1.20	1.10
DL-蛋氨酸	0.08	0.07
L-赖氨酸	0.80	0.70
苏氨酸	0.05	0.02
食盐	0.30	0.30
预混料 ^①	0.50	0.50
营养成分 ^②		
消化能/(MJ·kg ⁻¹)	11.10	11.73
粗蛋白/%	18.82	14.50
粗纤维/%	4.05	7.10
赖氨酸%	1.31	0.99
蛋氨酸+胱氨酸/%	0.60	0.45
钙/%	0.97	0.85
总磷%	0.35	0.33

注：①预混料为每千克日粮提供：VD 400 000 IU，VA 1 200 000 IU，VE 1 800 IU，VK₃ 3 150 mg，VB₁ 90 mg，VB₂ 800 mg，VB₆ 320 mg，VB₁₂ 1.013 mg，叶酸 50 mg，烟酸 3 g，钙 18 mg，生物素 4 mg，Fe 60 mg，Cu 7.5 mg，Mn 110 mg，Zn 65 mg，I 1.1 mg，Se 0.2 mg；②营养成分为理论计算值。

鹅舍大棚东西走向，南北侧无卷帘，檐高1.5 m，为半开放舍内养殖，自然光照加人工补光。对照组补光使用白色LED灯，试验组补光使用560 nm绿色LED灯，1~7日龄光照时间为24 h（24L: 0D），8~15日龄的光照时间每天减少1 h，16~70日龄的光照时间维持在16 h（16L: 8D），人工光照时，鹅头部位置光强度约为40 lx。试验日期2024年10月4日至12月12日，日照时长范围10 h 2 min~11 h 44 min，夜间补光至标准时长。

1.2 检测指标与方法

1.2.1 生长性能测定

在试验第5、15、25、35、45、55、65和70天，每组随机抽取8只鹅进行体重测定（称重前禁食12 h）。

1.2.2 屠宰性能测定

第70天试验结束时，对所有试验鹅空腹称重，每个重复剔除最大和最小个体后随机取2只鹅，每个处理10只鹅，共计屠宰20只鹅。参照NY/T 823—2020《家禽生产指标名称和计算方法（试行标准）》测定屠体重、全净膛重、胸肌重和腿肌重，并计算屠宰率、全净膛率、胸肌率和腿肌率。

1.2.3 肉色测定

取前端胸大肌为肉样，宰后45 min测定肉色亮度（ L^* ）值，红度（ a^* ）值和黄度（ b^* ）值。每个样品测2次，取平均值。

1.2.4 pH值测定

屠宰后45 min，在胸肌选取3处，用便携式pH探针插入测定pH值，取3次测定平均值。

1.2.5 蒸煮损失

屠宰后1 h，取25 g胸肌，修整为规则形状后放于密封袋中，水浴30 min煮熟，冷却后擦干表面的水分再称重。

$$\text{蒸煮损失} = \frac{\text{煮前肉样重} - \text{煮后肉样重}}{\text{煮前肉样重}} \times 100\%$$

1.2.6 剪切力测定

将测过蒸煮损失的肉样取出，用质构仪剪切6次，取6次剪切力的平均值^[9]。

1.2.7 血清生化指标测定

第70天试验结束时，每个重复随机抽取7只，翅下静脉采血10 mL，倾斜放置6 h，血清析出后，3 000 r/min离心15 min，收集血清于-20℃保存，用于测定血清生化指标。

检测丙氨酸氨基转移酶（ALT）、天冬氨酸氨基转移酶（AST）、乳酸脱氢酶（LDH）活性及甘油三酯（TG）、葡萄糖（GLU）、高密度脂蛋白胆固醇（HDL-C）、低密度脂蛋白胆固醇（LDL-C）、总蛋白（TP）、球蛋白（GLO）和白蛋白（ALB）含量。所有血清生化指标采用试剂盒检测，试剂盒均购自南京建成生物工程研究所，检测方法严格按照试剂盒说明书推荐的方法。

1.3 数据统计与分析

原始数据采用Excel处理，用SPSS 19.0软件进行单因素方差分析（One-way ANOVA）。试验结果均采用“平均数±标准误”表示， $P < 0.05$ 为差异显著， $P < 0.01$ 为差异极显著。

2 结果与分析

2.1 绿光补光对肉鹅体重的影响

由表2可知，试验组肉鹅在35~55日龄的体重极显著高于对照组（ $P < 0.01$ ），在65~70日龄的体重显著高于对照组（ $P < 0.05$ ）。

表2 绿光对肉鹅不同日龄平均体重的影响 g

日龄	对照组	试验组
1	98.88±0.611	99.26±0.50
5	260.85±5.32	268.13±6.11
15	652.24±11.20	676.00±10.44
25	1 012.25±32.55	1 053.09±36.91
35	1 420.83±23.40 ^B	1 675.95±22.197 ^A
45	1 750.77±37.38 ^B	1 944.00±32.99 ^A
55	2 004.70±20.59 ^B	2 261.68±47.32 ^A
65	2 846.27±38.14 ^b	2 961.31±29.73 ^a
70	3 802.60±65.31 ^b	3 990.80±64.23 ^a

注：同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（ $P < 0.05$ ），不同大写字母表示差异极显著（ $P < 0.01$ ）。下同。

2.2 绿光补光对肉鹅屠宰性能的影响

绿光对肉鹅屠宰性能的影响见表3。试验组肉鹅胸肌重显著高于对照组（ $P < 0.05$ ），而屠宰率、全净膛率、半净膛率、腿肌重、胸肌率和腿肌率等指标组间差异不显著（ $P > 0.05$ ）。试验组全净膛率和腿肌重均呈现大于对照组的趋势。

表3 绿光对肉鹅屠宰性能的影响

指标	对照组	试验组
活体重/kg	3.86±0.13	4.07±0.08
屠宰率/%	89.76±0.01	89.31±0.01
半净膛率/%	80.99±1.31	81.44±0.24
全净膛率/%	70.02±1.18	72.35±0.58
腿肌重/g	89.68±2.60	92.88±2.00
胸肌重/g	117.33±2.68 ^b	127.19±1.96 ^a
腿肌率/%	13.38±0.66	12.62±0.31
胸肌率/%	8.73±0.28	8.63±0.18

2.3 绿光补光对肉品质的影响

绿光对肉鹅肉品质的影响见表4。试验组胸肌 a^* 值和剪切力2个性状值显著高于对照组（ $P < 0.05$ ）， L^* 值、 b^* 值、pH值和蒸煮损失组间差异不显著（ $P > 0.05$ ）。

表 4 绿光对肉品质的影响

指标	对照组	试验组
L^* 值	38.76±0.86	36.60±0.87
a^* 值	19.62±0.56 ^b	22.07±0.96 ^a
b^* 值	2.49±0.09	2.47±0.05
pH 值	6.24±0.04	6.30±0.05
剪切力/N	34.85±2.00 ^b	40.86±1.53 ^a
蒸煮损失/%	14.08±1.77	13.75±0.98

2.4 绿光补光对肉鹅血清生化指标的影响

绿光对肉鹅血清指标的影响见表 5。试验组的 TG 含量显著高于对照组 ($P<0.05$)，其他血清生化指标组间差异不显著 ($P>0.05$)。

表 5 绿光对肉鹅血清生化指标的影响

指标	对照组	试验组
TP/ ($g \cdot L^{-1}$)	44.41±1.08	46.65±0.85
ALB/ ($g \cdot L^{-1}$)	16.19±0.60	17.20±0.54
GLO/ ($g \cdot L^{-1}$)	32.50±0.44	32.40±0.39
ALB/GLO	0.50±0.02	0.53±0.02
LDL-C/ ($mmol \cdot L^{-1}$)	1.96±0.06	1.84±0.05
HDL-C/ ($mmol \cdot L^{-1}$)	1.31±0.03	1.38±0.04
GLU/ ($mmol \cdot L^{-1}$)	11.35±0.30	12.09±0.35
TG/ ($mmol \cdot L^{-1}$)	1.88±0.03 ^b	2.02±0.04 ^a
TC/ ($mmol \cdot L^{-1}$)	4.07±0.05	3.90±0.04
ALT/ ($U \cdot L^{-1}$)	9.62±0.02	9.76±0.04
AST/ ($U \cdot L^{-1}$)	37.11±0.47	39.05±0.57
LDH/ ($U \cdot L^{-1}$)	740.63±4.66	754.84±6.11

3 讨论

3.1 绿光补光对肉鹅生长性能的影响

光照是影响禽类生长发育重要因素之一。辛海瑞等研究发现，北京鸭育雏期 16 h 短光照 (16L: 8D) 不利于采食量和体增重，24 h 连续光照会降低全净膛率^[18]；马淑梅等^[19]发现采用间歇节律光照 (14L: 4D: 2L: 4D) 的复合光源会显著提升白羽肉鸡生长性能、免疫功能和福利水平；采用自然光照或者短光照间歇 (12L: 3D: 2L: 3D: 2L: 2D) 有利于岭南黄羽鸡抗应激能力和免疫功能的发挥^[20]。上述光照制度对于以半开放式鹅舍为主的我国养鹅行业而言，难以执行和推广，因此，寻求一种适用于肉鹅行业现状的简单易操作的光照制度更具有实际意义。

本研究中，以“自然光照+绿光补光”可以显著提升肉鹅生长性能，符合当前肉鹅产业发展需求。绿

光可以通过刺激肌卫星细胞的增殖，进而促进肌源细胞的数量增加^[21]，也可以经视网膜感光细胞介导，影响“神经-内分泌-性腺”轴激素分泌^[22-23]。本研究中，与白光相比，绿光可以极显著提升 35~55 日龄肉鹅生长速度，但在 55 日龄后增速降低，这一现象在扬州鹅^[24]和马冈鹅^[25]均有发现，是目前肉鹅养殖产业面临的共性问题。从本研究结果推测，可能需要从营养、饲养管理等角度进一步探索。

3.2 绿光补光对肉鹅屠宰性能的影响

屠宰性能是加工环节和消费环节最为关注的指标，其中，屠宰率、全净膛率、胸肌率和腿肌率指标反映禽肉可利用率^[26]。泰州鹅胴体肌肉主要包括胸肌和腿肌。绿光对肉鸡和肉杂鸡屠宰性能的影响报道较多，但结果并不一致^[8,27]，不同光色对北京鸭胸肌率、腿肌率均无显著影响^[18]。单色光应用于肉鹅生产的研究较少。本研究发现，绿光补光仅显著提升肉鹅胸肌重，对其余指标的影响不显著，这与封闭舍内绿光刺激扬州鹅^[16]的研究结果相似。2 种光照模式下，绿光组半净膛率、全净膛率和腿肌重均大于白光组，肌肉利用率有一定提升，这也符合前人研究结果的预期，绿光促进禽类肌肉生长，尤其对胸肌促进作用更强^[10]。

3.3 绿光补光对肉品质的影响

目前绿光对禽肉品质的影响结论尚不统一^[18,27]。蒸煮损失与 L^* 值密切相关，蒸煮损失越高，表明系水力越低，低系水力容易引起肌肉表面渗出水分，从而导致 L^* 值升高。本研究中，对照组蒸煮损失和亮度 L^* 值都表现出高于试验组的趋势，说明绿光对鹅肉蒸煮损失和肌肉亮度有潜在改善的效果。对照组和试验组的 pH 差异不显著，说明 2 组胸肌中糖原的累积和糖酵解速率不受光色的影响。

肉色直接影响消费者的直观感受和购买欲。 a^* 值反映鹅肉中血红蛋白含量， a^* 值越大，肉色越好^[28]。本研究中，试验组 a^* 值显著高于对照组，表明绿光能提升肌肉内血红蛋白含量。肌肉的嫩度主要以剪切力来衡量，剪切力越高，肌肉嫩度越低，本试验结果表明，试验组剪切力值显著高于对照组，表明绿光补光虽然加速肉鹅生长速度，提高肌肉含量，但同时有可能影响肌肉品质，但 Duclos 等^[29]认为，生长速度或肌肉发育与肉品质参数之间不存在拮抗关系。因此，可能需要进一步通过加工或其他肉品质参数综合验证绿光对鹅肉品质的影响。

3.4 绿光补光对血清生化指标的影响

机体物质代谢和健康状况可以通过血清生化指标反映^[30]。家禽脂质代谢的关键指标是 TC 和 TG 含量，TC 含量越低表明机体脂肪代谢越好，TG 是家禽

体内贮存能量的主要形式, 血液中 TG 含量与肝脏中脂肪量呈正相关^[31]。本研究发现, 2 种补光条件下, TC 含量差异不显著, 这与任亦会^[23]研究结果不同, 推测是本试验绿光光照时长不足, 不能显著抑制胆汁分泌导致。试验组 TG 含量显著高于对照组, 结合肉品质测定结果, 推测绿光补光促进了肉鹅肝脏脂肪沉积, 但对肌内脂肪沉积无影响, 这与肉鸡试验结果相似^[31]。血清 GLU 主要作用是调节家禽机体能量代谢, 是反映能量平衡状态的直观指标。TP 含量反映了机体内蛋白质和氨基酸的利用状况^[32], 本研究中, 试验组肉鹅血清 TP 和 GLU 含量均大于对照组, 但差异不显著, 推测绿光有促进糖代谢, 提高蛋白质利用率的潜力。在本研究中, ALB/GLO 比值差异不显著, 说明绿光补光不影响泰州鹅免疫系统, 但是宋文等^[15]通过完全舍内养殖发现, 绿光可以改善 30 d 雏鹅血清免疫能力, 推测是养殖模式差异导致。

4 结论

在本试验条件下, LED 绿光补光显著提高肉鹅体重, 增加胸肌重量, 鹅肉红度得到改善, 但降低了肌肉嫩度, 同时, 提升了肉鹅血清 TG 含量。

参考文献:

- [1] 侯水生, 刘灵芝. 2023 年水禽产业与技术发展报告 [J]. 中国畜牧杂志, 2024, 60 (3): 318-321.
- [2] 周国徽, 安长飞, 刘恒晨, 等. 日粮代谢能水平对生长后期泰州鹅生长性能、屠宰性能、血清生化指标、肉品质和肠道菌群的影响 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2025 (11): 137-145.
- [3] 刘洪洋, 应诗家, 奚雨萌, 等. 饲养密度对肉鹅生长性能、血清生化指标和抗氧化能力的影响 [J]. 家畜生态学报, 2020, 41 (10): 42-48.
- [4] 王金辉, 唐黄益, 陈文俊, 等. 半早养模式下不同换水频率对马冈鹅雏鹅胸腿肌发育的影响 [J]. 中国畜牧杂志, 2023, 59 (4): 279-286.
- [5] 戴久丽, 周潇, 宋佳巍, 等. 橘园生态养鹅模式对浙东白鹅生长性能、屠宰性能和血清生化指标的影响 [J]. 饲料研究, 2024, 47 (24): 42-45.
- [6] 陈哲, 于建宁, 朱欢喜, 等. 单色红光影响家禽繁殖性能的研究进展 [J]. 中国家禽, 2016, 38 (23): 41-45.
- [7] 曹静, 陈耀星, 王子旭, 等. 单色光对肉鸡生长发育的影响 [J]. 中国农业科学, 2007, 40 (10): 2350-2354.
- [8] 武晓红, 席磊, 祁艳霞, 等. LED 光色对肉杂鸡屠宰性能、肉品质和血液生化指标的影响 [J]. 中国家禽, 2016, 38 (22): 36-40.
- [9] 张林, 张海军, 武书庚, 等. 单色光间歇性刺激胚蛋对肉仔鸡胸肉生长及肉品质的影响 [J]. 中国农业科学, 2012, 45 (5): 951-957.
- [10] HALEVY O, PIESTUN Y, ROZENBOIM I, et al. *In ovo* exposure to monochromatic green light promotes skeletal muscle cell proliferation and affects myofiber growth in posthatch chicks [J]. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 2006, 290 (4): R1062-R1070.
- [11] KE Y Y, LIU W J, WANG Z X, et al. Effects of monochromatic light on quality properties and antioxidation of meat in broilers [J]. *Poult Sci*, 2011, 90 (11): 2632-2637.
- [12] EMAM A. Effects of selection for increasing early growth rate on growth and carcass characteristics of Japanese quail [J]. *Egypt Poult Sci J*, 2020, 40 (1): 1-14.
- [13] HASSAN M R, SULTANA S, RYU K S. Effect of various monochromatic LED light colors on performance, blood properties, bone mineral density, and meat fatty acid composition of ducks [J]. *J Poult Sci*, 2017, 54 (1): 66-72.
- [14] MOORE B A, BAUMHARDT P, DOPPLER M, et al. Oblique color vision in an open-habitat bird: spectral sensitivity, photoreceptor distribution and behavioral implications [J]. *J Exp Biol*, 2012, 215 (Pt 19): 3442-3452.
- [15] 宋文, 尹国安. 不同光色对雏鹅生长、血液生理及行为的影响 [J]. 畜牧与兽医, 2025, 57 (2): 32-37.
- [16] 李瀚清. 单色光调控扬州鹅生长、肉品质及生长轴基因表达研究 [D]. 合肥: 安徽农业大学, 2020.
- [17] 牛加兴. 饲料蛋白水平对生长期泰州鹅生产性能、肉品质和肠道发育的影响 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2023.
- [18] 辛海瑞. 不同光照因素对北京鸭生产性能、胴体性能、肉品质及抗氧化性能的影响 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2016.
- [19] 马淑梅, 孙研研, 李冬立, 等. 不同光谱组合 LED 灯对白羽肉鸡生长、免疫力、屠宰性能和福利的影响 [J]. 畜牧兽医学报, 2016, 47 (10): 2037-2044.
- [20] 郭艳丽, 邢瑞虎, 马淑梅, 等. 不同光照周期对快速黄羽肉鸡抗应激、免疫和胫骨特性的影响 [J]. 畜牧兽医学报, 2015, 46 (12): 2307-2313.
- [21] BAI X, WANG Y, WANG Z, et al. *In ovo* exposure to monochromatic lights affect posthatch muscle growth and satellite cell proliferation of chicks: role of IGF-1 [J]. *Growth Factors*, 2016, 34 (3/4): 107-118.
- [22] 刘文杰, 陈耀星, 王子旭, 等. 单色光对肉鸡肌肉生长、肌纤维发育及血清睾酮水平的影响 [J]. 畜牧兽医学报, 2008, 39 (12): 1759-1764.
- [23] 任奕会. 不同光照因素调控扬州鹅生长、肉品质及机制研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2021.
- [24] 戴子淳, 尉传坤, 杨智青, 等. 发酵床网养在肉鹅完全舍内饲养的应用研究 [J]. 中国家禽, 2017, 39 (18): 40-44.
- [25] 张锐毅. 全程早养马冈鹅早期生长性能测定与分析 [D]. 湛江: 广东海洋大学, 2020.
- [26] 董福禄, 李进军, 胡晓青, 等. 永康灰鹅和太湖鹅体尺及屠宰性能的比较分析 [J]. 畜牧与兽医, 2010, 42 (9): 40-42.
- [27] 胡陈明, 熊霞, 宋小燕, 等. 单色光对优质肉鸡商品代屠宰性能、器官指数及肉质的影响 [J]. 江苏农业科学, 2020, 48 (13): 185-187.
- [28] 梁懿, 樊懿莹, 周晓铤, 等. 日粮中添加三丁酸甘油酯对湖羊生长性能、屠宰性能、肉品质及血清指标的影响 [J]. 南京农业大学学报, 2026, 49 (2): 416-424.
- [29] DUCLOS M J, BERRI C, LE BIHAN-DUVAL E. Muscle growth and meat quality [J]. *J Appl Poult Res*, 2007, 16 (1): 107-112.

[30] LIU H, ZHA X, DING C, et al. AST/ALT ratio and peripheral artery disease in a Chinese hypertensive population: a cross-sectional study [J]. *Angiology*, 2021, 72 (10): 916-922.

[31] 刘文洋, 杨紫宣, 赵静, 等. 不同 LED 光色对肉鸡生长性能、养分表观代谢率、肉品质及血清生化指标的影响 [J]. *中国畜牧杂志*, 2023, 59 (5): 307-311.

[32] ZHANG Q, ZHANG S, CONG G, et al. Effects of soy protein concentrate in starter phase diet on growth performance, blood biochemical indices, carcass traits, immune organ indices and meat quality of broilers [J]. *Animals*, 2021, 11 (2): 281.

· 信息 ·

