

# 饲养方式和密度对爱拔益加肉鸡生产性能、肉品质及应激的影响

秦鑫<sup>1</sup> 卢莹杰<sup>1</sup> 苗志强<sup>1</sup> 袁建敏<sup>2</sup> 武玉钦<sup>2</sup> 张雪<sup>1</sup>  
张可可<sup>1</sup> 杨玉<sup>1</sup> 田文霞<sup>1</sup> 施寿荣<sup>3</sup> 李建慧<sup>1\*</sup>

(1. 山西农业大学 动物科技学院,山西 太谷 030801;  
2. 中国农业大学 动物科技学院/动物营养学国家重点实验室,北京 100193;  
3. 中国农业科学院 家禽研究所,江苏 扬州 225125)

**摘要** 为探讨饲养方式和饲养密度对爱拔益加肉鸡生产性能、肉品质及应激反应的影响,本研究设置2种饲养方式(网上平养和笼养)和2个饲养密度(14和10只/m<sup>2</sup>),采用2×2因子设计,共分4个处理组进行研究。结果表明:1)饲养密度和饲养方式对肉鸡耗料增重比有极显著的互作效应,网上平养低密度组耗料增重比极显著高于笼养高、低密度组,网上平养日采食量极显著高于笼养,日增重和平均体重显著高于笼养;2)网上平养肉鸡胸肌率、腿肌率显著高于笼养,胸肌和腿肌剪切力极显著高于笼养,胸肌滴水损失显著高于笼养。低密度组肉鸡腿肌pH<sub>24</sub>极显著高于高密度组;3)笼养肉鸡血清总抗氧化能力(T-AOC)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-PX)显著高于网上平养,高密度组T-AOC显著低于低密度。网上平养血浆白细胞介素-6(IL-6)显著高于笼养。饲养方式和饲养密度对肉鸡血浆肌酸激酶(CK)的互作效应显著。笼养高、低密度组CK显著低于网上平养高密度组。综上,14只/m<sup>2</sup>饲养密度虽然对肉鸡生产性能没有显著影响,但是增加了肉鸡氧化应激反应;网上平养肉鸡在生长性能和产肉性能方面优于笼养,但在肉品质、耗料增重比、免疫应激和抗氧化方面较差。

**关键词** 爱拔益加肉鸡; 饲养方式; 饲养密度; 生产性能; 肉品质; 免疫应激

**中图分类号** S831; S815.5 **文章编号** 1007-4333(2018)12-0066-09 **文献标志码** A

## Effects of rearing system and stocking density on the growth performance, meat quality and stress response of Arbor Acres broilers

QIN Xin<sup>1</sup>, LU Yingjie<sup>1</sup>, MIAO Zhiqiang<sup>1</sup>, YUAN Jianmin<sup>2</sup>, WU Yuqin<sup>2</sup>, ZHANG Xue<sup>1</sup>,  
ZHANG Keke<sup>1</sup>, YANG Yu<sup>1</sup>, TIAN Wenxia<sup>1</sup>, SHI Shourong<sup>3</sup>, LI Jianhui<sup>1\*</sup>

(1. College of Animal Science and Technology, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China;  
2. College of Animal Science and Technology/State Key Laboratory of Animal Nutrition, China Agricultural University, Beijing 100193, China;  
3. Poultry Institute, Chinese Academy of Agriculture Science, Yangzhou 225125, China)

**Abstract** A 2×2 factor experiment was conducted to explore the effect of rearing system and stocking density on the growth performance, meat quality and stress response of Arbor Acres broilers. The broilers were arranged in two rearing systems: Battery rearing and net rearing and two stocking densities (10 and 14 broilers per m<sup>2</sup>). The results showed that: 1) The feed/gain of broilers in net rearing of low stocking density group was significantly higher than those in battery rearing in high stocking density and low stocking density. The average daily feed intake of broilers in net rearing was significantly higher than those in battery rearing. The daily gain and the average weight of broilers in net rearing were significantly higher than those in battery rearing. 2) The breast muscle rate and leg muscle rate of broiler

收稿日期: 2018-03-18

基金项目: 山西农业大学青年拔尖创新人才项目(BJRC201603); 山西省基础研究计划(青年科技研究基金)(201601D202065); 国家重点研发计划(2016YFD0500509-06)

第一作者: 秦鑫, 硕士研究生, E-mail: 1938524271@qq.com

通讯作者: 李建慧, 副教授, 主要从事家禽营养与调控研究, E-mail: jianhui19840717@163.com

in net rearing was significantly higher than those in battery rearing. The breast muscle and leg muscle shear force of broilers in net rearing was significantly higher than those in battery rearing. The breast muscle drip loss of broilers in net rearing was significantly higher than those in battery rearing. The leg muscle pH<sub>24</sub> of broilers with low stocking density was great significantly higher than those with high stocking density. 3) The T-AOC, GSH-PX of broilers in battery rearing was significantly higher than those in net rearing, the T-AOC of broilers with high stocking density was significantly lower than those with low stocking density. The IL-6 of broilers in net rearing was significantly higher than battery rearing. Rearing system and stocking density had significant effect on CK. The CK of broilers in battery rearing with high and low stocking density was significantly lower than those in net rearing with high stocking density. In conclusion, the stocking density of 14 birds per m<sup>2</sup> had no significant effect on the production performance, but increased oxidative stress response. The growth performance and meat production performance of broilers in net rearing were better than those in battery rearing, but the meat quality, feed to gain ratio, immune stress and antioxidant were relatively poor.

**Keywords** Arbor Acres broilers; rearing system; stocking density; growth performance; meat quality; immune stress

为了追求更高的生产效率和经济效益,肉鸡的饲养密度越来越高。高密度饲养虽然提高了肉鸡的产量,但对肉鸡的健康造成一定程度的影响,同时显著降低鸡肉品质<sup>[1]</sup>。目前肉鸡养殖方式有多种,已有研究表明:网上平养肉鸡的日增重高于半舍饲<sup>[2]</sup>;笼养方式肉鸡活体体重、出栏率和饲料转化率显著高于地面平养<sup>[3]</sup>;地面平养肉鸡的日增重和平均体重显著低于网上平养<sup>[4]</sup>。为节约土地资源,笼养将是我国未来肉鸡养殖的主要模式。对饲养密度和饲养方式 2 个因素的研究结果表明,饲养方式和饲养密度没有对肉鸡的生长性能产生交互作用,但提高饲养密度会显著影响垫料平养和网上平养肉鸡腿肌的肉品质<sup>[5]</sup>。饲养方式和饲养密度可对肉鸡生产性能产生影响,在肉鸡生长前后影响有所不同<sup>[6]</sup>。鉴于已有研究的结论不完全一致,本试验拟以爱拔益加肉鸡为研究对象,研究笼养和网上平养及饲养密度对肉鸡生长性能、肉品质、免疫应激的影响,以期为本地养鸡产业提供可靠指导。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验动物及试验设计

试验采用 2×2 因子设计,包括 2 个不同的饲养方式,网上平养(单笼面积 2.88 m<sup>2</sup>)和笼养(单笼面积 0.7 m<sup>2</sup>),以及 2 个不同的饲养密度(14 和 10 只/m<sup>2</sup>)。选取 1 日龄爱拔益加(AA<sup>+</sup>)公雏 516 只,随机分为 4 个处理,每个处理包括 6 个重复。平养低密度组每个重复 28 只鸡,平养高密度组每个重复 40 只鸡。笼养低密度组每个重复 8 只鸡,笼养高密度组每个重复 10 只鸡。

各组肉鸡饲养管理和免疫与常规的饲养管理一致,舍内环境温度 34 ℃(1~4 日龄),在 4 日龄以后每周降低 2~3 ℃,当舍内温度将至 22 ℃后保持不变。舍内每天 23 h 光照,1 h 黑暗。

### 1.2 日粮组成与营养成分

试验基础日粮配制参照 NY/T 33—2004 标准见表 1。

表 1 爱拔益加肉鸡基础日粮组成的原料配比及营养水平质量分数

Table 1 Composition of the basal diet of Arbor Acres broiler

项目 Item	%	
	0~21 日龄 0—21 days of age	22~42 日龄 22—42 days of age
原料配比 Ingredient proportion		
玉米 Corn	52.02	58.50
豆粕 Soybean meal	38.71	32.90
大豆油 Soybean oil	4.83	4.70
磷酸氢钙 Dicalcium phosphate	1.90	1.31

表1(续)

项目 Item	0~21日龄 0—21 days of age	22~42日龄 22—42 days of age
石粉 Limestone	1.30	1.40
食盐 NaCl	0.35	0.35
微量元素 Trace mineral <sup>1)</sup>	0.20	0.20
50%氯化胆碱 Choline chloride	0.20	0.16
肉鸡多维 Vitamin permix <sup>2)</sup>	0.02	0.02
抗氧化剂 Antioxidant	0.03	0.03
99%蛋氨酸 Met	0.20	0.10
赖氨酸 Lys	0.10	0.10
麦饭石 Medical stone	0.14	0.23
总计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient level		
粗蛋白质 CP	21.09	19.04
赖氨酸 Lys	1.25	1.11
蛋氨酸 Met	0.50	0.40
赖氨酸+半胱氨酸 Lys+Cys	0.70	0.65
钙 Ca	0.99	0.89
有效磷 Available phosphorus	0.45	0.35
总磷 Total phosphorus	0.69	0.58
苏氨酸 Thr	0.89	0.80
色氨酸 Trp	0.28	0.25

注:1)每千克日粮含有:铜 8 mg; 锌 75 mg; 铁 80 mg; 锰 100 mg; 硒 0.15 mg; 碘 0.35 mg。2)每千克日粮含有:维生素 A 12 500 IU; 维生素 D<sub>3</sub> 2 500 IU; 维生素 K<sub>3</sub> 2.65 mg; 维生素 B<sub>1</sub> 2 mg; 维生素 B<sub>2</sub> 6 mg; 维生素 B<sub>12</sub> 0.025 mg; 维生素 E 30 IU; 生物素 0.0325 mg; 叶酸 1.25 mg; 泛酸 12 mg; 烟酸 50 mg。

Note: 1) Provided per kilogram of complete feed: Cu, 8 mg; Zn, 75 mg; Fe, 80 mg; Mn, 100 mg; Se, 0.15 mg; I, 0.35 mg. 2) Provided per kilogram of complete feed: vitamin A, 12 500 IU; vitamin D<sub>3</sub>, 2 500 IU; vitamin K<sub>3</sub>, 2.65 mg; vitamin B<sub>1</sub>, 2 mg; vitamin B<sub>2</sub>, 6 mg; vitamin B<sub>12</sub>, 0.025 mg; vitamin E, 30 IU; biotin, 0.0325 mg; folic acid, 1.25 mg; pantothenic acid 12 mg; niacin, 50 mg.

### 1.3 测定指标与方法

#### 1.3.1 生产性能

42日龄(提前断料12h)对各组肉鸡的体重和料重进行称量,记录采食量,计算出各组肉鸡的平均日采食重(ADFI)、日均增重(ADG)、耗料增重比(F/G)和平均体重(ABW),同时,记录试验期间各组肉鸡死亡情况,计算各组成活率。

#### 1.3.2 血液相关指标

达42日龄时,在每个重复里随机挑选1只鸡,每个处理共选6只鸡,采用翅静脉采血10 mL,在3 500 r/min的转速下离心15 min,分离血清,分为2份。其中1份测定血液中的应激指标和相关的免疫因子,由北京华英生物技术研究所进行测定,利用放射免疫法测定皮质酮(CORT)、白细胞介素-1β

(IL-1 $\beta$ )、白细胞介素-6(IL-6);使用全自动生化分析仪测定肌酸激酶(CK)、游离脂肪酸(FFA);另外 1 份使用购买自南京建成生物工程研究所的试剂盒测定血清总抗氧化力(T-AOC)、超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-PX)、葡萄糖(Glu)和丙二醛(MDA)的浓度。

### 1.3.3 屠体性能

翅静脉采血后,采用颈部放血法处死所选鸡,脱毛后去除内脏,再进行分割,对胴体、左侧的胸肌、腿肌、腹脂进行称重,并分别计算质量分数,计算公式如下:

$$\text{屠体率} = (\text{胴体重} / \text{活重}) \times 100\%$$

$$\text{胸肌率} = (\text{胸肌重} / \text{胴体重}) \times 100\%$$

$$\text{腿肌率} = (\text{腿肌重} / \text{胴体重}) \times 100\%$$

$$\text{腹脂率} = (\text{腹脂重} / \text{胴体重}) \times 100\%$$

### 1.3.4 肉品质

在屠宰后 45 min 之内,在肉鸡的左侧胸肌和腿肌上 1/3 处选取 3 点用探头式 pH 计对 pH<sub>1</sub> 进行测定,测定后把测定的肉样放置于 4 °C 冰箱中,在 24 h 后进行 pH<sub>24</sub> 的测定。

用取样器在肉鸡的右侧腿肌和胸肌上 1/3 处顺着肌肉纤维的方向采集长和宽都是 3 cm 的肌肉样品,在 70 °C 的水浴锅中加热,当肉样的中心温度达到 70 °C 时取出,按肌纤维的方向切成长度 3 cm,横截面为 1 cm×1 cm 的待测肉条,使用剪切力测定仪测量 3 次,结果取 3 次测量的平均值。

肉鸡的右侧腿肌和胸肌在下 1/3 处,切取大小为 5 cm×5 cm×1 cm 的样品,准确称重,然后用细绳系在肉样的一端,置于密封袋子中,用注射器向袋中注入空气使得肉样与袋子分离,然后悬挂在 4 °C 冰箱中,待 24 h 后取出样品,使用吸水纸把肉样表

面的水分吸干,再称重,计算公式如下:

$$\text{滴水损失率} = [(\text{悬挂前肉样重} - \text{悬挂后肉样重}) / \text{悬挂前肉样重}] \times 100\%$$

## 1.4 统计分析

试验数据按“平均值±标准差”的形式列出,使用 SPSS 17.0 分析软件进行统计,按 2×2 因子设计分析饲养方式和饲养密度的主效应及 2 者的交互作用。当 *F* 检验差异显著时采用 Duncan 法进行多重比较,*P*<0.05 表示差异显著,*P*<0.01 表示差异极显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同饲养方式与饲养密度对爱拔益加肉鸡生产性能和屠体性能的影响及互作效应分析

对肉鸡生产性能进行统计分析结果见表 2。网上平养肉鸡的日采食量极显著高于笼养(*P*<0.01),日增重和平均体重显著高于笼养(*P*<0.05)。不同饲养密度之间日采食量、日增重、平均体重、成活率的差异不显著(*P*>0.05)。在进行统计分析过程中发现饲养密度和饲养方式对肉鸡的耗料增重比互作效应极显著(*P*<0.01)。网上平养低密度组耗料增重比极显著高于笼养高、低密度组(*P*<0.01)。饲养密度和饲养方式对日采食量、日增重、平均体重、成活率无互作效应(*P*>0.05)。

对肉鸡的屠体性能进行统计分析结果见表 3。不同饲养密度之间肉鸡的屠体率、胸肌率、腿肌率、腹脂率差异不显著(*P*>0.05)。网上平养肉鸡的胸肌率和腿肌率分别显著(*P*<0.05)和极显著(*P*<0.01)高于笼养肉鸡,其他指标无显著差异(*P*>0.05)。在统计分析后发现饲养密度和饲养方式对肉鸡的屠体率、胸肌率、腿肌率、腹脂率无互作效应(*P*>0.05)。

表 2 不同饲养方式和饲养密度以及互作效应对爱拔益加肉鸡生产性能的影响

Table 2 Effects of different stocking density and rearing system and their interaction on the growth performance of Arbor Acres broilers

处理 Treatment	日采食量/g ADFI	日增重/g ADG	耗料增重比 F/G	平均体重/kg ABW	成活率/% Survival rate
网上平养 Net rearing	118.66±4.86 A	66.30±2.21 a	1.79±0.01 A	2.78±0.09 a	95.21±3.30
笼养 Battery rearing	107.01±4.58 B	63.24±2.26 b	1.69±0.02 B	2.66±0.10 b	96.50±7.33
10 只/m <sup>2</sup>	114.67±8.46	64.58±2.54	1.77±0.09 A	2.71±0.10	95.72±7.35
14 只/m <sup>2</sup>	111.00±6.41	64.96±2.94	1.70±0.03 B	2.73±0.12	96.00±3.72

注:同列数据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)。下表同。

Note: Values with different small letters mean significant differences at *P*<0.05 level and different capital letters mean significant differences at *P*<0.01 level. The same below.

表3 不同饲养方式和饲养密度以及交互效应对爱拔益加肉鸡屠宰性能的影响  
Table 3 Effect of different stocking density, rearing system and the interaction on slaughter performance of Arbor Acres broilers

处理 Treatment	屠体率 Proportion of carcass	胸肌率 Proportion of breast	腿肌率 Proportion of thigh	腹脂率 Proportion of abdominal fat
网上平养 Net rearing	80.76±0.59	19.57±1.14 a	21.77±0.78 A	2.36±0.52
笼养 Battery rearing	82.02±1.15	18.37±1.38 b	19.11±1.59 B	2.20±0.36
10 只/m <sup>2</sup>	81.51±1.03	18.44±1.34	20.28±1.90	2.31±0.59
14 只/m <sup>2</sup>	81.27±0.47	19.47±1.21	20.59±1.85	2.25±0.24

## 2.2 方式与饲养密度对爱拔益加肉鸡肉品质的影响及交互效应分析

肉鸡的胸肌肉品质测定分析结果见表4。网上平养胸肌剪切力和滴水损失分别极显著( $P<0.01$ )和显著( $P<0.05$ )高于笼养。不同饲养密度之间肉鸡胸肌 pH<sub>1</sub>、pH<sub>24</sub>、剪切力、滴水损失无显著差异( $P>0.05$ )。不同饲养方式下,肉鸡胸肌 pH<sub>1</sub>、pH<sub>24</sub>差异不显著( $P>0.05$ )。统计分析结果显示饲养方式和饲养密度对肉鸡胸肌 pH<sub>1</sub>、pH<sub>24</sub>、剪切力、滴水

损失无显著交互效应( $P>0.05$ )。

肉鸡的腿肌肉品质测定分析结果见表5。低密度腿肌 pH<sub>24</sub>极显著高于高密度( $P<0.01$ ),网上平养的剪切力极显著高于笼养( $P<0.01$ ),其它指标没有显著的差异( $P>0.05$ )。不同的饲养方式下,肉鸡腿肌 pH<sub>1</sub>、pH<sub>24</sub>、滴水损失无显著差异( $P>0.05$ )。经过统计分析发现饲养方式和饲养密度对肉鸡腿肌 pH<sub>1</sub>、pH<sub>24</sub>、剪切力、滴水损失无交互效应( $P>0.05$ )。

表4 不同饲养方式和饲养密度以及交互效应对爱拔益加肉鸡胸肌肉品质的影响  
Table 4 Effect of different stocking density, rearing system and the interaction on carcass quality of chest muscle of Arbor Acres broilers

处理 Treatment	pH <sub>1</sub>	pH <sub>24</sub>	剪切力/kg Shear force	滴水损失/% Drip loss rate
网上平养 Net rearing	5.88±0.14	5.32±0.06	2.88±0.51 A	1.56±0.33 a
笼养 Battery rearing	6.01±0.28	5.34±0.11	1.61±0.53 B	1.25±0.40 b
10 只/m <sup>2</sup>	5.92±0.26	5.34±0.11	2.48±0.78	1.41±0.22
14 只/m <sup>2</sup>	5.97±0.20	5.33±0.07	2.15±0.52	1.40±0.46

表5 不同饲养方式和饲养密度以及交互效应对爱拔益加肉鸡腿肌肉品质的影响  
Table 5 Effect of different stocking density, rearing system and the interaction on carcass quality of thigh muscle of Arbor Acres broilers

处理 Treatment	pH <sub>1</sub>	pH <sub>24</sub>	剪切力/kg Shear force	滴水损失/% Drip loss rate
网上平养 Net rearing	5.88±0.29	5.35±0.08	4.30±1.15 A	1.26±0.26
笼养 Battery rearing	5.97±0.26	5.42±0.14	1.54±0.59 B	1.49±0.33
10 只/m <sup>2</sup>	5.95±0.29	5.46±0.12 A	2.90±1.67	1.31±0.31
14 只/m <sup>2</sup>	5.91±0.27	5.32±0.07 B	2.79±1.76	1.40±0.32

### 2.3 不同饲养方式与饲养密度对爱拔益加肉鸡应激反应的影响及互作效应分析

对肉鸡血液样本测定分析结果见表 6。笼养肉鸡血清的 T-AOC、GSH-PX 活性极显著高于网上平养 ( $P < 0.01$ ), 高密度组的 T-AOC 极显著低于低密度组 ( $P < 0.01$ )。不同饲养方式的 MDA、SOD 差异不显著 ( $P > 0.05$ )。不同饲养密度之间 GSH-PX、MDA、SOD 活性无显著差异 ( $P > 0.05$ )。经过分析饲养方式和饲养密度对肉鸡抗氧化指标无显著

互作效应 ( $P > 0.05$ )。

分析测定血液样本结果见表 7。笼养肉鸡血清的 IL-6 和 CK 显著低于网上平养 ( $P < 0.05$ )。高密度组肉鸡 CK 显著高于低密度组 ( $P < 0.05$ )。不同饲养方式和不同的饲养密度均未对肉鸡的白细胞介素-1 $\beta$ 、促肾上腺皮质激素、皮质酮、游离脂肪酸、血糖造成显著影响 ( $P > 0.05$ )。统计分析后发现 CK 受到饲养方式和饲养密度的互作效应显著 ( $P < 0.05$ )。

表 6 不同饲养方式和饲养密度以及互作效应对爱拔益加肉鸡血清中抗氧化指标的影响

Table 6 Effect of stocking density, rearing system and the interaction on antioxidant function of Arbor Acres broiler

处理 Treatment	总抗氧化力/ (U/mL) T-AOC	谷胱甘肽过氧 化酶/(U/mL) GSH-PX	丙二醛/ (nmol/mL) MDA	超氧化物 歧化酶/(U/mL) SOD
网上平养 Net rearing	5.09±5.02 B	1 018.78±197.49 B	4.72±1.41	343.65±107.23
笼养 Battery rearing	11.52±4.97 A	1 356.13±302.79 A	4.21±1.02	287.79±81.18
10 只/m <sup>2</sup>	11.25±5.97 A	1 098.87±229.56	4.56±1.04	329.41±76.04
14 只/m <sup>2</sup>	5.37±4.24 B	1 274.04±305.36	4.38±1.08	297.42±116.83

表 7 不同饲养方式和饲养密度以及互作效应对爱拔益加肉鸡血浆中应激免疫指标的影响

Table 7 Effect of stocking density, rearing system and the interaction on stress index and immune index of Arbor Acres broiler

处理 Treatment	白细胞 介素-1 $\beta$ / (pg/mL) IL-1 $\beta$	白细胞介素-6/ (pg/mL) IL-6	促肾上腺 皮质激素/ (pg/mL) ACTH	皮质酮/ (ng/mL) CORT	游离脂肪酸/ (mmol/L) FFA	肌酸激酶/ (U/L) CK	葡萄糖/ (mmol/L) Glu
网上平养 Net rearing	2.42±0.41	137.80±17.17 a	23.28±4.38	4.24±0.51	0.38±0.03	9 856.10±1 350.34 a	9.83±1.01
笼养 Battery rearing	2.56±0.52	118.19±10.28 b	19.68±2.75	4.46±1.20	0.38±0.01	5 713.98±1 565.39 b	9.24±0.55
10 只/m <sup>2</sup>	2.58±0.54	128.81±13.55	21.08±3.40	4.09±0.60	0.38±0.03	6 714.00±1 223.38 b	9.34±0.63
14 只/m <sup>2</sup>	2.56±0.52	127.19±13.87	21.89±3.78	4.61±1.10	0.37±0.02	8 864.56±1 692.35 a	9.80±1.05

## 3 讨论

### 3.1 不同饲养方式和饲养密度对爱拔益加肉鸡生产性能和屠宰性能的影响

本试验结果表明, 饲养密度和饲养方式对耗料增重比有极显著的互作效应, 网上平养低密度组肉鸡耗料增重比最高, 笼养相比于平养可以降低耗料增重比, 和张双玲<sup>[3]</sup>研究结论一致。在网上平养和低的饲养密度下, 便于肉鸡采食, 采食量会大于笼养肉鸡; 另

外, 由于平养肉鸡的活动空间相对来说比笼养肉鸡大, 所以运动量也会大于笼养肉鸡, 因而不利于能量的积累, 因此耗料增重比变大, 饲料转化效率较低。本研究发现网上平养组肉鸡的日增重和平均体重显著高于笼养, 这与肖小珺等<sup>[7]</sup>研究结果相吻合。笼养的肉鸡由于活动受限, 会增加肉鸡胸囊肿和腿部疾病发病的几率<sup>[8]</sup>。本试验中笼养肉鸡由于腿部疾病, 可能影响了肉鸡的采食, 导致了笼养肉鸡采食量和体重都低于平养肉鸡。邵丹等<sup>[1]</sup>认为与高的饲养密度相

比,饲养密度不超过 16 只/m<sup>2</sup> 时肉鸡有较好的生产性能,而 Dozier<sup>[9]</sup>认为饲养密度超过 16 只/m<sup>2</sup> 后会严重影响肉鸡的出栏体重,说明 16 只/m<sup>2</sup> 是影响肉鸡生产性能的饲养密度的一个临界值。本试验中 2 个不同的饲养密度 10 和 14 只/m<sup>2</sup> 未对肉鸡的生产性能造成显著影响,这与 Dozier<sup>[9]</sup>和邵丹等<sup>[1]</sup>的研究结论也基本一致。

不同饲养方式下,肉鸡屠宰率、腹脂率无显著的差异,但平养肉鸡的胸肌率、腿肌率却显著高于笼养,这与袁建敏<sup>[10]</sup>和李建慧<sup>[5]</sup>的研究相一致。笼养肉鸡可能由于胸囊肿和腿部疾病,影响生长,导致胸肌率和腿肌率低于平养肉鸡。另有研究表明平养可以降低肉鸡的腹脂率<sup>[11]</sup>,笼养肉鸡的屠宰率优于平养<sup>[12]</sup>,与本试验结果不一致,可能与本试验中网上平养肉鸡采食量高于笼养有关,网上平养肉鸡采食量高,积累的能量就多,研究结果出现不同。

### 3.2 不同饲养方式和饲养密度对爱拔益加肉鸡肉品质的影响

肉的品质会受到多方面因素的影响包括肉鸡的饲养密度、饲养方式、环境因素和饲养管理等。通常可以用肉的 pH 值、肉的颜色、剪切力和肉的滴水损失等指标来表示。肌肉 pH 值是肉品的一个重要指标,它与肌肉糖酵解的速率有关,糖酵解越快,产生的乳酸越多,pH 值越低。滴水损失是肌肉保持水分性能的指标,剪切力是肌肉嫩度的指标。研究表明,肌肉中的肌纤维越细,肉越嫩;反之,肉越硬<sup>[13]</sup>;而肌纤维的粗细又受到品种、年龄、增长速度、运动量多少、营养状况等因素的影响,日增重越快、运动量越大,肌纤维越粗<sup>[14]</sup>;滴水损失则与肌肉组织中的结缔组织含量有关,结缔组织含量越丰富,肌肉保水能力越强<sup>[14]</sup>。本试验中网上平养胸肌滴水损失大于笼养,胸肌和腿肌剪切力也大于笼养。杨烁等<sup>[15]</sup>研究发现平养使得鸡的胸肌和腿肌剪切力变大,肌肉中肌纤维直径变粗。这个结果与本试验的结果一致,可能与平养肉鸡运动量相对较大有关,运动量大可能会导致其肌纤维变粗,从而剪切力变大;肌纤维变粗,结缔组织含量降低,保水力变差,使得肌肉滴水损失大<sup>[14]</sup>。杨小娇等<sup>[16]</sup>发现肉鸡宰前受到应激会明显提高宰后肉鸡肌肉的剪切力,本试验中平养肉鸡肌肉剪切力高于笼养肉鸡,可能与平养肉鸡受到的应激程度较高有关。肉的 pH 值分为宰后 45 min 之内测定的 pH<sub>1</sub> 和宰后 24 h 测定的 pH<sub>24</sub> 2 种。本试验中,不同的饲养方式未对肌肉 pH

值造成影响,低密度组肉鸡腿肌 pH<sub>24</sub> 极显著高于高密度组。pH<sub>24</sub> 的高低主要取决于肌肉中的初始糖原含量<sup>[17]</sup>。应激会使得肌肉糖原含量升高,pH<sub>24</sub> 值降低<sup>[18]</sup>。从本试验结果看,低密度组肉鸡腿肌 pH<sub>24</sub> 高,说明产生的乳酸少,初始糖原含量低于高密度组,可能是由于高密度引起了应激所致。

### 3.3 不同饲养方式和饲养密度对爱拔益加肉鸡应激反应的影响

T-AOC 可以克服单一指标的不足,对机体总抗氧化能力进行全面反映,是衡量机体总抗氧化能力的指标<sup>[19]</sup>。CK 又称肌酸磷酸激酶,在 pH 中性条件下以生成 ATP 为主,以保证组织细胞的供能。CK 广泛地存在于骨骼肌、心肌和脑组织中,血液中 CK 升高一般提示已有或正发生肌肉损伤<sup>[20-21]</sup>。武书庚<sup>[22]</sup>研究结果表明,肉鸡受到氧化应激后血液中的 MDA 含量升高,而 T-AOC、GSH-Px 和 SOD 含量降低。也有研究发现高的饲养密度会使得肉鸡产生免疫应激反应<sup>[23]</sup>。应激状态下,IL-1 和 IL-6 被显著上调,分泌量持续性增多<sup>[24,25]</sup>,血液中 CK 活性升高<sup>[20,21]</sup>。本试验中高密度下血浆 CK 显著上升,说明高的饲养密度对肉鸡造成了应激反应。网上平养的 T-AOC、GSH-PX 显著低于笼养,IL-6、CK 显著高于笼养,说明网上平养也可导致动物处于应激状态,因此推断:平养肉鸡肌肉剪切力和滴水损失高于笼养肉鸡,可能与平养肉鸡受到的应激程度较高有关,从而也降低了饲料的转化效率。笼养条件有利于肉鸡抗氧化性能的发挥,具体原因还需要进一步研究。

## 4 结论

在本试验条件设置下,14 只/m<sup>2</sup> 饲养密度虽然对生产性能没有显著影响,但是增加了肉鸡氧化应激反应。网上平养肉鸡在生长性能和屠宰性能方面优于笼养,但在肉品质、耗料增重比、免疫应激和抗氧化方面较差。

## 参考文献 References

- [1] 邵丹,张珊,施寿容,王强,常玲玲,童海兵. 饲养密度对黄羽肉鸡生产性能、免疫器官指数和肉品质的影响[J]. 动物营养学报, 2015, 27(4): 1230-1235
- Shao D, Zhang S, Shi S R, Wang Q, Chang L L, Tong H B. Effects of stocking density on performance, immune organ index and meat quality of Yellow Feather broilers[J]. *Journal*

- of *Animal Nutrition*, 2015, 27(4): 1230-1235 (in Chinese)
- [2] 卢庆萍, 张宏福, 姜旭明, 郝靖宇. 不同饲养方式对肉鸡生产性能、肉质性状及肌肉组织学特性的影响[J]. *动物营养学报*, 2010, (05): 1237-1242  
Lu Q P, Zhang H F, Jiang X M, Hao J Y. Effects of different rearing system on performance, meat quality traits and muscle histology of broiler[J]. *Journal of Animal Nutrition*, 2010, (05): 1237-1242 (in Chinese)
- [3] 张双玲, 施云平, 陈洪林. 不同饲养方式对肉鸡生产性能的影响[J]. *畜禽业*, 2010, (12): 8-9  
Zhang S L, Shi Y P, Chen H L. Effects of different rearing system on broiler performance [J]. *Livestock and Poultry Industry*, 2010, (12): 8-9 (in Chinese)
- [4] 孙楼. 不同饲养方式对肉鸡生产效果的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2005  
Sun L. Study on effect of different rearing system on broiler production[D]. Beijing: China Agricultural University, 2005 (in Chinese)
- [5] 李建慧, 苗志强, 杨玉, 张华, 张俊珍, 卢营杰, 杨鹰. 不同饲养方式和饲养密度对肉鸡生长性能及肉品质的影响[J]. *动物营养学报*, 2015, 27(02): 569-577  
Li J H, Miao Z Q, Yang Y, Zhang H, Zhang J Z, Lu Y J, Yang Y. Effects of different rearing system and stocking density on growth performance and meat quality of broilers [J]. *Journal of Animal Nutrition*, 2015, 27(02): 569-577 (in Chinese)
- [6] 汤建平. 饲养方式与饲养密度及饲粮能量对肉鸡生长的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2015  
Tang J P. Effects of rearing system, stocking density and dietary energy on broiler growth [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2015 (in Chinese)
- [7] 肖小珺, 陈国宏, 王克华, 李碧春, 陆俊贤. 不同饲养方式对鸡肉品质和屠宰性能的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2004, (08): 50-51  
Xiao X J, Chen G H, Wang K H, Li B C, Lu J X. Effect of different rearing system on meat quality and slaughter performance of broilers [J]. *Journal of Chinese Animal Husbandry*, 2004, (08): 50-51 (in Chinese)
- [8] 陈继兰. 白羽肉鸡笼养研究现状与发展趋势[J]. *中国家禽*, 2016, 38(18): 1-4  
Chen J L. Research status and development trend of white feather broiler cage breeding [J]. *The Chinese Poultry*, 2016, 38(18): 1-4 (in Chinese)
- [9] Dozier W A, Thaxton J P, Purswell J L, Qlanrewaju H A, Branton S L, Roush W B. Stocking density effects on male broilers grown to 1.8 kilograms of body weight[J]. *Poultry Science*, 2006, 85(2): 344-351
- [10] 袁建敏, 冯于明, 李庆云, 杨鹰, 王忠. 笼养和地面平养对肉鸡胴体品质的影响[J]. *家畜生态学报*, 2007, 28(02): 44-47  
Yuan J M, Guo Y M, Li Q Y, Yang Y, Wang Z. Effect to the carcass quality of broilers reared in coops and on floor[J]. *Journal of Domestic Animal Ecology*, 2007, 28(02): 44-47 (in Chinese)
- [11] 郑云峰. 不同饲养方式对肉鸡胴体品质、脂肪代谢的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2005  
Zheng Y F. Effects of different rearing system on carcass quality and fat metabolism of broilers [J]. Yanglin: Northwest A&F University, 2005 (in Chinese)
- [12] 余鹏. 不同饲养方式对优质鸡的生长性能、屠宰性能以及肉质性状的影响[D]. 雅安: 四川农业大学, 2012  
Yu P. Research the effect of housing systems on the growth performance, carcass trait and meat quality traits of quality chicken [D]. Yaan: Sichuan Agricultural University, 2012 (in Chinese)
- [13] 蔡志华, 蔡旭冉. AA肉鸡肌纤维直径、嫩度变化与相关性分析[J]. *中国畜牧兽医*, 2007, 34(2): 36-38  
Cai Z H, Cai X R. Changes of the diameter, tenderness of myofibers and correlation analysis of AA broiler[J]. *Animal Husbandry and Veterinary*, 2007, 34(2): 36-38 (in Chinese)
- [14] 高儒松, 张春霞, 赵红艳. 肌肉组织学特性与肉品质的关系[J]. *肉类研究*, 2009, (5): 11-15  
Gao R S, Zhang C X, Zhao H Y. Muscular histological characteristics and meat quality [J]. *Meat Research*, 2009, (5): 11-15 (in Chinese)
- [15] 杨烁, 方桂友, 李忠荣, 廖伏荣, 冯玉兰. 不同饲养方式对肉鸡肌纤维组织学特性及肌肉嫩度影响的研究[J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(27): 13101-13102  
Yang S, Fang G Y, Li Z R, Liao F R, Feng Y L. Effects of different feeding methods on histological and muscular tenderness of muscle fiber in broilers [J]. *Journal of Anhui Agricultural Science*, 2009, 37(27): 13101-13102 (in Chinese)
- [16] 杨小娇, 许静, 宗凯, 张黎莉, 刘国庆. 不同温度热应激对肉鸡血液生化指标及肉品质的影响[J]. *家禽科学*, 2011, (3): 10-14  
Yang X J, Xu J, Zong K, Zhang L L, Liu G Q. Different temperature heat stress on broiler blood biochemical indicators and meat quality [J]. *Poultry Science*, 2011, (3): 10-14 (in Chinese)
- [17] 魏凤仙. 湿度和氨暴露诱导的慢性应激对肉仔鸡生长性能、肉品质、生理机能的影响及其调控机制[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012  
Wei F X. Effects of exposure to humidity and ammonia-induced chronic stress on growth performance, meat quality, physiological function in broilers and its regulating mechanism [D]. Yanglin: Northwest A&F University, 2012 (in Chinese)
- [18] 付晓. 运输和抗应激添加剂对肉仔鸡生理生化指标和肝脏HSP70基因表达及肉质的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2008



- Fu X. The effect of simulating transportation stress and anti-stress additives on the physiology and biochemistry and gene expression of HSP70 of broiler [D]. Lan zhou: Gansu Agricultural University, 2008 (in Chinese)
- [19] 黄芳芳. 间歇性低温刺激对肉鸡生产性能、抗氧化功能和组织结构的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2012
- Huang F F. Effects of intermittent low temperature stimulation on growth performance, antioxidative function and organization structure of broilers [D]. Haerbin: Northeast Agricultural University (in Chinese)
- [20] 叶应妩, 王毓三. 全国临床检验操作规程[M]. 南京: 东南大学出版社, 1991: 186-209
- Ye Y F, Wang Y S. *National Clinical Inspection Procedures* [M]. Nan jing: Southeast University Press, 1991: 186-209 (in Chinese)
- [21] 王小龙. 兽医临床病理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 114-148
- Wang X L. *Veterinary Clinical Pathology* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1995: 114-148 (in Chinese)
- [22] 武书庚. 肉仔鸡氧化应激模型的研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2007
- Wu S G. Study of oxidative stress model in broiler chicks [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2007 (in Chinese)
- [23] 卢营杰, 苗志强, 李建慧, 杨鹰, 杨玉. 饲养密度和活动空间对肉鸡免疫和应激指标的影响[J]. 动物营养学报, 2016, 28(9): 2927-2935
- Lu Y J, Miao Z Q, Li J H, Yang Y, Yang Y. Influence of Breeding Density and Space Allowance on Immune and Stress Indexes of Broilers[J]. *Journal of Animal Nutrition*, 2016, 28(9): 2927-2935 (in Chinese)
- [24] Hartmann G, Tschop M, Fischer R, Bidlingmaier C, Riepl R, Tschop K, Hautmann H, Endres S, Toerfer M. High altitude increases circulating interleukin-6, interleukin-1 receptor antagonist and creatine protein. [J]. *Cytokine*, 2000, 12(3): 246-252
- [25] Appels A, Bar F W, Bar J, Bruggeman C, Baets M. Inflammation, depressive symptomatology, and coronary artery disease[J]. *Psychosomatic Medicine*, 2000, 62(5): 601-605

责任编辑: 杨爱东