

夏季海兰褐蛋种鸡适宜环境温湿度研究*

尤桂爽¹, 代进², 田尧夫¹, 王彦¹, 朱庆¹, 李地艳¹, 曾治国², 赵小玲^{1**}

(1. 四川农业大学 动物科技学院, 四川 成都 611130; 2. 重庆华裕耀新农业科技有限公司, 重庆 408200)

摘要:【目的】研究海兰褐蛋种鸡夏季适宜环境温湿度。【方法】在6栋有环控系统的鸡舍中,测定6—8月鸡舍的温度和湿度,记录30000羽0~26周龄海兰褐蛋种鸡的体质量、开产日龄、产蛋量、破蛋数和蛋总数,以及180000羽种鸡的孵化性能和60枚蛋的200日龄蛋品质;计算鸡舍日平均温度、湿度和温湿指数(temperature-humidity index, THI)、体质量均匀度和变异系数;分析种鸡适宜的THI范围。【结果】6—8月日平均温度、湿度和THI分别为22.07~30.51℃、61.88%~93.20%和70.70~82.46。种鸡育雏和育成期体质量及均匀度均可达标。种鸡开产日龄140 d,220日龄内平均产蛋率93.93%、破蛋率0.50%、受精率94.49%、受精蛋孵化率91.20%和受精蛋健雏率92.51%。舍内温度和THI均与产蛋率呈极显著正相关($P<0.01$),湿度与产蛋率和蛋总数均呈极显著正相关($P<0.01$);温度、湿度和THI均与破蛋率呈极显著负相关($P<0.01$)。蛋品质分析结果显示:平均蛋质量59.21 g、蛋壳强度5.45 kg/cm²、蛋壳厚度0.39 mm、蛋形指数1.28、蛋黄颜色6.10、蛋黄比率27.78%和哈氏单位80.42。【结论】夏季海兰褐蛋种鸡在THI为70.70~82.46的环境下,生长发育、孵化性能和蛋品质良好。

关键词: 海兰褐蛋种鸡; 高温高湿气候; 生产性能; 孵化性能; 蛋品质

中图分类号: S 831.43

文献标志码: A

文章编号: 1004-390X(2020)06-0990-06

Study on the Suitable Environmental Temperature and Humidity for Hy-line Brown Layer Breeders in Summer

YOU Guishuang¹, DAI Jin², TIAN Yaofu¹, WANG Yan¹, ZHU Qing¹,

LI Diyan¹, ZENG Zhiguo², ZHAO Xiaoling¹

(1. College of Animal Science and Technology, Sichuan Agriculture University, Chengdu 611130, China;

2. Chongqing Huayuyaoxin Agricultural Technology Co., Ltd., Chongqing 408200, China)

Abstract: [Purpose] To investigate the appropriate environmental temperature and humidity in summer for Hy-line brown layer breeders. [Methods] In 6 henhouses with environmental control system, we recorded the room temperature and humidity from June to August, the body mass, age of first laying, egg production, number of broken eggs and total number of eggs of 30 000 Hy-line brown layer breeders from 0 to 26 weeks, the hatching performance of 180 000 parental breeders and the egg quality of 60 eggs at the age of 200 days, calculated the daily average temperature, humidity, temperature-humidity index (THI), uniformity of body mass and coefficient of variation and analyzed the suitable THI range for breeders. [Results] The daily average temperature, humidity and THI from June to August were 22.07-30.51℃, 61.88%-93.20%, and 70.70-82.46, respectively. The body

收稿日期: 2020-01-15

修回日期: 2020-08-04

网络首发时间: 2020-11-09 14:32:09

*基金项目: 现代农业产业技术体系(CARS-41); 国家自然科学基金项目(31872347)。

作者简介: 尤桂爽(1995—),女,河南驻马店人,在读硕士研究生,主要从事畜牧学研究。

E-mail: 2376853306@qq.com

**通信作者 Corresponding author: 赵小玲(1979—),女,重庆人,博士,教授,主要从事家禽遗传育种与繁殖研究。E-mail: zhaoxiaoling@sicau.edu.cn

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.s.20201106.0920.002.html>



weight and uniformity of chickens can reach the standard at the brooding and finishing periods. The age at first laying was 140 days. Within the age of 220 days, the average laying rate, broken egg rate, fertilized egg rate, hatching rate, and healthy hatching rate were 93.93%, 0.50%, 94.49%, 91.20%, and 92.51%, respectively. Indoor temperature and THI were significantly positively correlated with laying rate ($P<0.01$), while humidity was positively correlated with laying rate and total number of eggs ($P<0.01$). Temperature, humidity, and THI were negatively correlated with breaking egg rate ($P<0.01$). The results of 200-day old egg quality analysis indicated that the average egg weight, eggshell strength, eggshell thickness, egg shape index, yolk color, yolk ratio, and Haugh unit were 59.21 g, 5.45 kg/cm², 0.39 mm, 1.28, 7.58, 27.78% and 80.42, respectively. [Conclusions] In summer, the growth and development, hatchability performance and egg quality of Hy-line brown layer breeders were good in the environment with THI from 70.70 to 82.46.

Keywords: Hy-line brown layer breeder; hot and humid environment; production performance; hatchability; egg quality

在高温高湿地区的夏季,热应激是影响动物舒适程度的重要因素。过高的温度和相对湿度会扰乱自由基的稳态浓度,导致细胞和线粒体的氧化损伤,并且持续时间和严重程度决定了热应激的影响^[1]。温湿度指数 (temperature-humidity index, THI) 主要用来反映家畜的热应激强度^[2]。近年来,对热应激的研究大多集中在奶牛、兔和猪。研究表明:奶牛在 THI 为 35~72 条件下产奶量最佳, THI>72 时出现热应激^[3]; THI<27.80 时,兔子的生长环境最舒适^[4];猪在热应激下的生长和繁殖性能都将受到危害^[5]; THI>20.8 会导致 3 周龄肉鸡出现热应激^[6]。蛋鸡在热应激下生产效率下降,但是夏季蛋鸡适应的 THI 范围未见报道。

鸡汗腺不发达,主要通过呼吸蒸发散热,自身调节能力有限,因此夏季蛋鸡的适宜 THI 研究对其生产十分重要。中国南方地区夏季炎热潮湿,日平均气温高于 30℃,相对湿度可达 78%。高温应激影响蛋鸡采食量、饲料转换率、产蛋性能和免疫功能,高湿环境使鸡散热困难,降低生产性能。海兰褐蛋种鸡是美国海兰国际公司培养的四系配套蛋鸡品种,是目前国际公认的优良褐壳蛋鸡品种,具有饲料报酬高、成活率高、适应性和生产性能优越等特点,在全国很多地区均有饲养,如北京、陕西、山东、福建和海南^[7]等,是中国饲养较多的褐壳蛋鸡品种之一。本研究以重庆市丰都县某场夏季的海兰褐父母代蛋种鸡为研究对象,通过研究其生长发育、孵化性能和蛋

品质,分析在南方夏季海兰褐蛋种鸡适宜的 THI 范围,为海兰褐父母代蛋种鸡对温湿度的适应性提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验鸡舍及试验动物

重庆某蛋鸡养殖基地提供的 6 栋鸡舍,每栋 33000 羽健康海兰褐蛋种鸡,饲养管理方式相同。实行全舍饲养管理;本交笼养,每笼 100 羽,其中公母比例 1:10;使用意大利 FACCO 公司提供的环境控制设施。饲喂方法按照《海兰褐父母代饲养管理手册(2016)》^[8]执行,即:0~3 周龄饲料配方为粗蛋白 20%、钠 0.18%、钙质 1.1% 和磷 0.5%;4~6 周龄饲料配方为粗蛋白 18%、钠 0.18%、钙质 1.1% 和磷 0.49%;7~12 周龄饲料配方为粗蛋白 16%、钠 0.18%、钙质 1.1% 和磷 0.47%;13~17 周龄饲料配方为粗蛋白 15.5%、钠 0.18%、钙质 1.1% 和磷 0.46%;17~30 周龄饲料配方为粗蛋白 18 g/d、钠 0.18 g/d、钙质 4.1 g/d 和磷 0.46 g/d,钙质颗粒大小 50%。在每一栋最中间悬挂温湿度计,鸡舍外阴凉处悬挂 1 个温湿度计,分别测量舍内外温湿度。

1.2 环境参数和种鸡性能的测定与方法

1.2.1 环境参数

干球温度(℃)、相对湿度(%)使用“秒听”第二代精密型自动温湿度记录仪(型号 TH20R,干球温度精度±0.2℃,相对湿度精度±2%)记录。测定时间为 6—8 月,每 5 min 记录 1 次,每天的干球温度(T)和相对湿度(RH)取当天的平均值,

并根据公式计算 THI^[2]。

$THI = (1.8 \times T + 32) - [(0.55 - 0.0055 \times RH) \times (1.8 \times T - 26)]$ ^[2], THI 标准线为 73^[9]。

1.2.2 生长发育性能

采用第 1 鸡舍的母鸡和公鸡为试验材料。母鸡存栏量 30 000 羽, 公鸡存栏量 3 000 羽。统计 2018 年 12 月 28 日—2019 年 6 月 27 日, 种鸡 1、29、57、90、119、149 和 182 d 的体质量, 计算体质量均匀度和体质量变异系数, 具体方法如下:

(1) 体质量 (g): 使用电子秤称量, 每次测量母鸡 150 羽、公鸡 50 羽;

(2) 体质量均匀度=(所抽样本中平均体质量上下 10% 范围内的鸡数/所抽样本的个体总数)×100%;

(3) 体质量变异系数=(标准差/平均数)×100%。

1.2.3 产蛋性能

采用第 1 鸡舍的 30 000 羽母鸡为试验材料, 记录 2019 年 5 月 20 日—8 月 15 日 (100~210 d) 的繁殖性能, 包括开产日龄、产蛋率、破蛋率、总蛋数等, 以分析产蛋性能。

开产日龄=鸡群日产蛋率达 50% 时的日龄;

产蛋率=(产蛋总数/鸡总数)×100%;

破蛋率=(破蛋数/产蛋数)×100%;

总蛋数=每栋舍每日所有鸡蛋总数。

1.2.4 孵化性能

记录 6 栋鸡舍共 180 000 羽母鸡和 18 000 羽公鸡的本交笼的受精蛋数、入孵蛋数、出雏数和健雏数, 以分析种蛋孵化性能, 上孵日期为 2019 年 6—7 月, 上孵种蛋每批次 30 000 枚, 累计上孵次数 104 次。

受精率=受精蛋数/入孵蛋数×100%;

受精蛋孵化率=出雏数/受精蛋数×100%;

受精蛋健雏率=健雏数/出雏数×100%。

1.2.5 蛋品质

200 日龄时, 每栋收集 10 枚种蛋, 共 60 枚, 测量和计算以下指标:

(1) 蛋形指数=长径/短径, 用游标卡尺测量鸡蛋的长径与短径, mm;

(2) 蛋壳强度: 用蛋壳强度仪器测量, kg/cm²;

(3) 蛋壳厚度: 用游标卡尺测量蛋壳的钝端、中部和锐端, 求取平均值, μm;

(4) 蛋黄颜色: 用罗氏比色扇测量;

(5) 蛋黄比率=(蛋黄重/蛋重)×100%;

(6) 哈氏单位: 用蛋白高度测定仪测定蛋黄边缘与浓蛋白边缘的中点, 测量 3 个点, 计算平均值 (单位: mm)。根据蛋重和蛋白高度, 计算哈氏单位值。

哈氏单位=100×log ($H - 1.7W^{0.37} + 7.57$)

式中, H 为浓蛋白高度, mm; W 为蛋质量, g。

1.3 数据的统计与分析

采用 Excel 2010 整理数据, 使用 Graphpad Grim 5 制作公、母鸡生长发育图, 使用 SPSS 19.0 计算温度、湿度、THI、生产性能和孵化性能的平均值和标准差, 同时分析这些因素的 Pearson 相关性, 结果以“mean±SD”表示。

2 结果与分析

2.1 温湿度变化

由图 1 可知: 6—8 月, 舍外的整体温度、湿度和 THI 的平均值分别为: 28.30 ℃、70.83% 和 78.86。其中, 6 月平均温度为 26.94 ℃, 平均湿度为 74.66%, 平均 THI 为 77.30; 7 月平均温度为 29.15 ℃, 平均湿度为 69.11%, 平均 THI 为 79.92; 8 月平均温度为 29.46 ℃, 平均湿度为 66.71%, 平均 THI 为 80.07。由此可见, 6—8 月的舍外温度逐渐升高, 湿度逐渐降低, THI 逐渐升高, 且 THI 均高于标准线。

6—8 月, 舍内的整体温度、湿度和 THI 的平均值分别为: 25.26 ℃、85.93% 和 75.99。其中, 6 月平均温度为 23.93 ℃, 平均湿度为 82.46%, 平均 THI 为 73.44; 7 月平均温度为 25.54 ℃, 平均湿度为 87.60%, 平均 THI 为 76.61; 8 月平均温度为 27.20 ℃, 平均湿度为 91.62%, 平均 THI 为 79.90。可见, 6—8 月的舍内温度逐渐升高, 湿度逐渐升高, THI 逐渐升高。6 月 2 日—7 月 12 日 THI 在 73 左右波动, 7 月 13 日以后大于 73。舍内与舍外相比, 温度整体降低了 3.04 ℃, 湿度整体升高了 15.1%, THI 整体降低了 2.86。

2.2 种鸡生长发育性能

由图 2 可知: 母鸡体质量高于《海兰褐父母代饲养管理手册 (2016)》^[8]中的标准体质量, 0~26 周体质量均匀度为 (85.76±2.80)%, 变异系数为 (7.4±1.2)%; 公鸡体质量与标准体质量相比, 17 周以前略重, 17 周以后略轻, 0~26 周体质量均匀度为 (87.14±5.24)%, 变异系数为 (6.53±0.63)%。

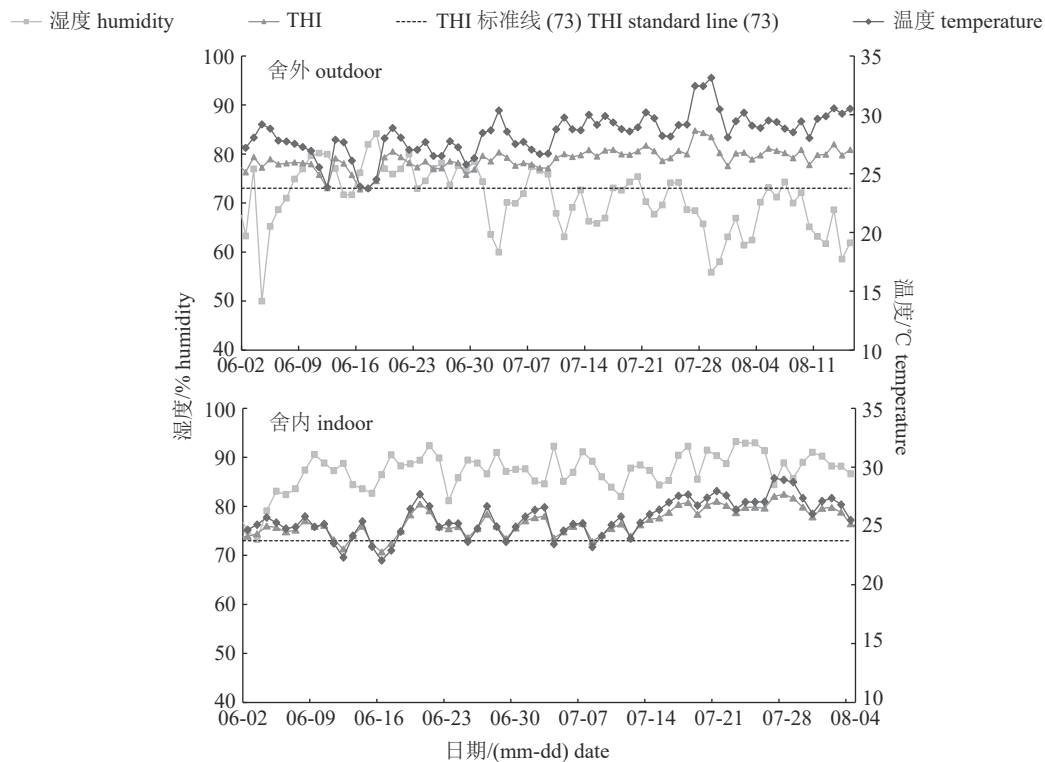


图 1 舍外和舍内环境温度和湿度波动

Fig. 1 Temperature and humidity fluctuations in outdoor or indoor environment

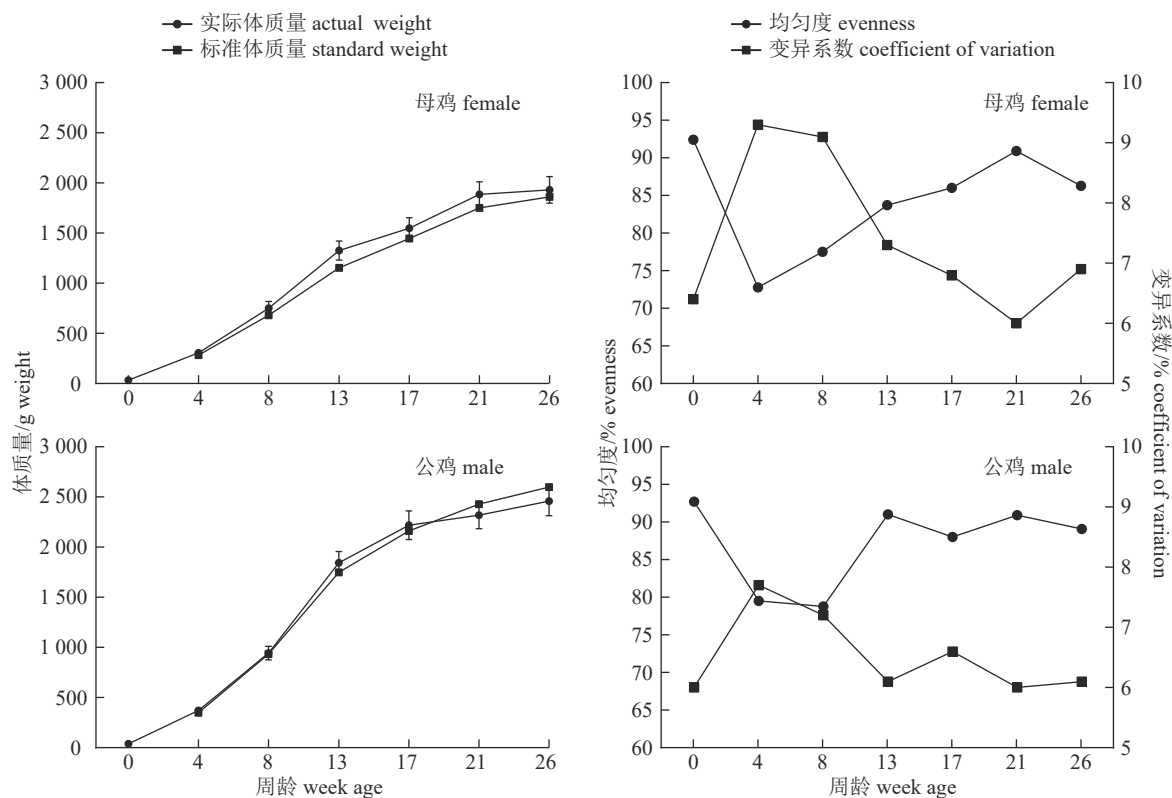


图 2 种鸡体质量、体质量均匀度和变异系数

Fig. 2 Body mass, body mass uniformity and coefficient of variation for breeders

2.3 高温高湿下种鸡的产蛋性能和孵化性能

种鸡产蛋率达到 50% 时为 140 日龄。种鸡平均产蛋率 (93.93±3.40)%, 破蛋率 (0.50±0.20)%, 蛋总数 (27192±941) 枚; 受精蛋的平均受精率 (94.49±2.70)%, 孵化率 (91.20±2.90)%, 健雏率 (92.51±2.70)%。

2.4 鸡舍内部温、湿度与种鸡产蛋性能和孵化性能的相关性

由表 1 可知: 温度与产蛋率、湿度与产蛋率和蛋总数、THI 与产蛋率均呈极显著正相关 ($P<0.01$); 温度、湿度和 THI 均与破蛋率呈极显著负相关 ($P<0.01$)。

表 1 鸡舍内部温、湿度与种鸡产蛋性能和孵化性能的相关性

Tab. 1 Correlation analysis of temperature and humidity in indoor environment with reproductive performances of breeders

性状 traits	温度/℃ temperature	湿度/% humidity	THI
产蛋率/% laying rate	0.296**	0.501**	0.339**
破蛋率/% broken egg rate	-0.469**	-0.543**	-0.526**
蛋总数 total egg number	0.163	0.392**	0.198
受精率/% fertilization rate	-0.168	0.062	-0.150
受精蛋健雏率/% hatchability of fertilized eggs	-0.141	-0.031	-0.143
受精蛋出雏率/% healthy chick rate of fertilized egg	-0.187	-0.016	-0.185

注: “**”表示极显著相关($P<0.01$)。
Note: “**” indicates significant correlation ($P<0.01$).

2.5 海兰褐壳蛋种鸡蛋品质

由表 2 可知: 蛋形指数的变异系数在 5% 以内; 蛋壳强度的变异系数大于 10%; 蛋质量、蛋

表 2 海兰褐壳蛋种鸡 200 日龄蛋品质

Tab. 2 Egg quality of Hy-line layer at 200-day old

性状 traits	数值 value	变异系数/% CV
蛋质量/g egg weight	59.21±3.93	6.64
蛋形指数 egg shape index	1.28±0.04	2.77
蛋壳强度/(kg·cm ⁻²) eggshell strength	5.45±0.87	16.03
蛋黄质量/g yolk weight	16.42±1.17	7.15
蛋壳厚度/mm eggshell thickness	0.39±2.39	6.15
蛋黄色 yolk color	6.10±1.04	7.12
蛋壳质量/g shell weight	7.58±0.64	8.44
蛋黄比率/% yolk ratio	27.78±1.85	6.65
哈氏单位 Haugh unit	80.42±4.61	5.73

黄质量、蛋壳厚度、蛋黄色、蛋壳质量、蛋黄比率 and 哈氏单位的变异系数为 5%~10%。

3 讨论

蛋鸡产蛋期间最适宜的温度范围一直以来有不同的研究结果, 包括 13~23 ℃、15~25 ℃ 和 14~25 ℃ 等^[10], 蛋鸡舍内最适宜的相对湿度为 60%~70%^[11]。本试验经过湿帘的降温过程是等焓降温过程, 一般情况下, 通过湿帘后空气每降低 1 ℃, 湿度将增加约 4%~5%^[12]。THI 综合了温度和湿度, 一般认为 THI<72 时, 动物适应良好; THI>72 时, 动物有热应激反应; 73≤THI<79 时, 动物体质量增长率下降; 79≤THI<84 时, 动物可能死亡^[9]。本试验从 6 月 2 日持续到 8 月 15 日。与舍外相比, 舍内环境使用了有效的环境控制设施, 使温度降低, 湿度升高, THI 值降低。在这种环控设施下, 鸡舍内部环境 THI 值基本在 73 以上, 7 月中旬以后达到 80, 并持续到试验结束。从鸡群的日常活动和生产数据表现来看, 室内环境的 THI 值控制在 73~80 比较适宜。

在本试验温湿度环境下, 海兰褐母鸡和 17 周龄前公鸡的体质量高于标准体质量, 17 周龄后的公鸡体质量比标准体质量略低。李贵霞等^[13]研究发现: 体质量在群体平均体质量 90%~120% 的鸡具有适宜的开产日龄和产蛋期蛋质量。本试验海兰褐蛋种鸡体质量的变异系数和均匀度符合其分别应小于 10% 和大于 80% 的标准^[14], 故本试验蛋鸡育成期整体和个体体质量控制良好。

本试验群体的开产日龄比《海兰褐父母代饲养管理手册 (2016)》^[8]标准开产日龄 147 d 早 7 d, 在本试验温湿度环境下, 可以增加鸡群产蛋量。变异系数说明所得数据之间的相对变异程度, 200 日龄海兰褐蛋种鸡所产鸡蛋蛋形指数的变化较小, 而蛋壳强度的变化较大。本试验的产蛋率为 93.93%, 已知海兰褐蛋种鸡产蛋高峰的产蛋率能达到 93.12%^[15], 刁华杰等^[16]选取 28 周龄的海兰褐蛋种鸡在温度 21 ℃、湿度 60% 的环控舱中的产蛋率为 87.65%; 吕梅等^[17]在夏季高温多雨的山东对海兰褐蛋种鸡进行半开放式鸡舍的中型笼养试验, 产蛋率为 83.75%; 这表明本试验在重庆高温高湿地区的产蛋率高。生产中破蛋率一般在

2%~5%,吕梅等^[17]研究中的破蛋率为0.63%,而本次试验破蛋率仅为0.50%,说明本试验海兰褐蛋种鸡的孵化性能良好。此外,本研究的受精率和受精蛋孵化率比河北地区23~29周龄的海兰褐蛋鸡^[18]高。蛋品质中,蛋壳强度和蛋壳厚度达到《海兰褐父母代饲养管理手册(2018)》^[19]28周龄蛋壳强度标准4.56 kg/cm²和蛋壳厚度标准0.37 mm;根据标准哈氏单位评级^[20],本试验鸡蛋为AA级;早期蛋形指数为1.28,与唐修君等^[21]的研究结果一致;蛋黄颜色正常^[22];蛋黄比率为27.78%,比一般鸡蛋的30%^[23]要低。

4 结论

本试验在温度22.07~30.51℃、湿度73.02%~93.20%和THI 70.70~82.46条件下,三者均与产蛋率呈极显著正相关,且生产性能、孵化性能和蛋品质表现良好,表明海兰褐蛋种鸡的适宜THI值上限可延伸至82.46。

[参考文献]

- [1] SLIMEN B, NAJAR T, GHARAM A, et al. Heat stress effects on livestock: molecular, cellular and metabolic aspects, a review[J]. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2016, 100(3): 401. DOI: 10.1111/jpn.12379.
- [2] TUCKER C B, ROGERS A R, SCHÜTZ K E. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system[J]. *Applied Animal Behaviour Science*, 2008, 109(2/4): 141. DOI: 10.1016/j.applanim.2007.03.015.
- [3] SAPUTRA F, SURJOWARDOJO P, IRDAF. Morning temperature and humidity compatibility status of dairy cows using temperature humidity index: a case study in Jongbiru village, Kediri regency[C/OL]//IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.(2019-06-12) [2020-01-15].
- [4] JIMOH O A, EWUOLA E O. Thermophysiological traits in four exotic breeds of rabbit at least temperature-humidity index in humid tropics[J]. *The Journal of Basic and Applied Zoology*, 2018, 79(1): 18. DOI: 10.1186/s41936-018-0031-9.
- [5] HUO C Y, XIAO C, SHE R P, et al. Chronic heat stress negatively affects the immune functions of both spleens and intestinal mucosal system in pigs through the inhibition of apoptosis[J]. *Microbial Pathogenesis*, 2019, 136: 103672. DOI: 10.1016/j.micpath.2019.103672.
- [6] SINKALU V O, AYO J O, ADELAIYE A B, et al. Ameliorative effects of melatonin administration and photoperiods on diurnal fluctuations in cloacal temperature of Marshall broiler chickens during the hot dry season[J]. *International Journal of Biometeorology*, 2015, 59(1): 79. DOI: 10.1007/s00484-014-0826-4.
- [7] 谭红建, 蔡榕硕. 2000年以来福州地区夏季极端高温的新特征及成因探讨[J]. *大气科学*, 2015, 39(6): 1179.
- [8] 海兰国际育种公司. 海兰褐父母代饲养管理手册(2016)[EB/OL]. [2020-01-15]. <https://www.hyline.com/filesimages/Hy-Line-Products/Hy-Line-Product-PDFs/Brown/BRN%20PS%20CHI.pdf>.
- [9] LACETERA N, SEGALINI M, BERNABUCCI U, et al. Climate induced effects on livestock population and productivity in the Mediterranean area[M]//Regional assessment of climate change in the Mediterranean. Dordrecht: Springer, 2013.
- [10] 李石友, 吉丽, 胡小九, 等. 最适温度范围内温度突降对蛋鸡生产性能的影响[J]. *养殖与饲料*, 2018(5): 9.
- [11] 金濯. 封闭式鸡舍冬季温湿度分布规律[J]. *中国家禽*, 2008, 30(23): 68.
- [12] 郭玲, 徐友祯, 邵继元. 湿帘降温效果的影响因素分析[J]. *中国家禽*, 2019, 41(3): 68.
- [13] 李贵霞, 赵玉青. 鸡育成期控制体重对生产性能的影响[J]. *现代畜牧兽医*, 2001(6): 10. DOI: 10.3969/j.issn.1672-9692.2001.06.008.
- [14] 李剑虹, 李林, 姚昆, 等. 饲养方式对蛋鸡产蛋前期生产性能的影响[J]. *家畜生态学报*, 2011(1): 62. DOI: 10.3969/j.issn.1673-1182.2011.01.015.
- [15] 武斌, 张芳毓, 班志彬, 等. 产蛋高峰期吉林芦花鸡与海兰褐鸡饲料净能效率比较研究[J]. *动物营养学报*, 2020, 32(3): 1172. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2020.03.024.
- [16] 刁华杰, 冯京海, 张敏红, 等. 循环高温对蛋鸡生产性能、蛋壳品质及钙磷代谢的影响[J]. *动物营养学报*, 2017, 29(8): 2689. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2017.08.011.
- [17] 吕梅, 殷太岳, 李文立. 不同季节蛋种鸡产蛋性能的测定分析[J]. *畜牧与饲料科学*, 2015, 36(5): 10.
- [18] 李蕴玉, 李素芬, 高新华, 等. 海兰褐种鸡不同产蛋阶段的种蛋孵化效果比较[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2004(7): 35. DOI: 10.3969/j.issn.1004-7034.2004.07.024.
- [19] 海兰国际育种公司. 海兰褐商品代饲养管理手册(2018)[EB/OL]. [2020-01-15]. <https://www.hyline.com/filesimages/Hy-Line-Products/Hy-Line-Product-PDFs/Brown/BRN%20COM%20CHI.pdf>.
- [20] 李花妮, 吴桂琴, 赵向朋, 等. 京粉1号商品代蛋鸡不同周龄蛋品质分析[J]. *中国家禽*, 2018(15): 13.
- [21] 唐修君, 高玉时, 葛庆联, 等. 海兰褐壳蛋鸡不同周龄鸡蛋品质比较[C]//中国畜牧兽医学会第十六次全国家禽学术讨论会, 2013.
- [22] 张佳兰. 新杨蛋鸡蛋品质研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2004.
- [23] ROBERTS J, 尹利超. 影响鸡蛋内部质量和蛋壳质量的因素[J]. *国外畜牧学-猪与禽*, 2006, 26(2): 48. DOI: 10.3969/j.issn.1001-0769.2006.02.014.

责任编辑: 何馨成