

肉鸡饲养密度研究进展

袁艳枝^{1,2}, 魏凤仙², 王琳焱², 席燕燕², 李绍钰^{2*}

(1. 河南农业大学牧医工程学院, 河南郑州 450002;

2. 河南省农业科学院畜牧兽医研究所, 河南郑州 450002)

摘要:肉鸡饲养密度深受养殖业的关注,其大小直接影响生产总利润,且对肉鸡的生长、健康和福利状况起着重要作用。文章在简述饲养密度对肉鸡生产性能、免疫机能、肠道健康状况、腿部健康状况和行为变化影响的基础上,介绍了品种、性别、饲养方式、群体规模、环境条件对肉鸡饲养密度的影响,以期后续相关研究提供理论支持。

关键词:肉鸡; 饲养密度; 影响因素; 舒适环境; 动物福利

中图分类号 S815

文献标识码 A

文章编号 :1004-6364(2020)06-96-06

Research Progress on Stocking Density of Broilers

YUAN Yanzhi^{1,2}, WEI Fengxian², WANG Linyi², XI Yanyan², LI Shaoyu^{2*}

(1.College of Animal Husbandry and Veterinary Medicine,

Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002;

2. Institute of Animal Husbandry and Veterinary Science,

Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou, Henan 450002)

Abstract:The density of broiler breeding is deeply concerned by the agriculture industry. Its size directly affects the total production profit and plays an important role in the growth, health and welfare of broilers. This article reviewed the effects of feeding density on broiler performance, immune function, intestinal health, leg health and behavioral changes of broilers, and introduced the effects of breed, sex, feeding method, group size and environmental conditions on broiler feeding density. The study would provide theoretical support for the following related research.

Key words:broiler; stocking density; influencing factors; animal welfare

生产实践中,生产者为了以尽可能低的成本获得更大的产出通常采用高密度饲养模式。但大量研究发现,高密度饲养可能会导致家禽发生氧化应激,降低肉鸡生产性能,影响肉鸡肠道菌群,损害家禽健康^[1-4]。而改善养殖环境,注重动物福利又是当前畜牧业关注热点。如何在有限的空间内提高饲养密度,增加经济效益的同时注重动物福利、减小应激是目前研究重点。目前关于饲养

密度的研究多集中于其对肉鸡生长及健康状况的影响,探讨其他因素对肉鸡饲养密度可能存在的影响较少。而品种、性别、饲养方式、规模大小、环境条件等因素均会对肉鸡饲养密度产生影响^[5,6]。明确饲养密度对肉鸡生产的影响,确立不同养殖条件下的适宜饲养密度标准,是目前需要解决的问题之一。文章综述了饲养密度对肉鸡生产性能、免疫机能、肠道健康状况、腿部健康状况、

收稿日期:2019-10-10;修回日期:2019-12-04

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFD0500509);现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-41)

作者简介:袁艳枝(1993-),女,硕士研究生,研究方向为动物营养与饲料科学,E-mail:1316488622@qq.com

*通讯作者:李绍钰(1965-),男,博士,研究员,主要从事动物营养与畜禽生产过程控制研究,E-mail:lisy9617@aliyun.com



行为变化的影响,并探讨品种、性别、饲养方式、规模大小、环境条件等对最适饲养密度的影响,期望可以为肉鸡养殖产业采取合理饲养密度、提高家禽生产性能、改善动物福利提供理论依据。

1 饲养密度对肉鸡的影响

1.1 生产性能

饲养密度对肉鸡生产性能的影响现已做了大量研究,但诸多研究结果不一致。研究普遍认为饲养密度影响肉鸡的采食量和体增重,高饲养密度会降低肉鸡的生产性能和存活率。Cengiz等^[2]研究发现,高饲养密度(20只/m²同10只/m²相比)对肉鸡生产性能产生不利影响,使肉鸡日采食量和体增重显著降低,饲料转化率减小。邵丹等^[3]探究饲养密度(8、16和24只/m²)对黄羽肉鸡生产性能的影响时发现,降低饲养密度,肉鸡的出栏体重、平均日增重和平均日采食量极显著增加。范庆红等^[4]研究发现,高饲养密度(42 kg/m²)降低肉鸡的平均日增重,增加料重比。这些研究说明,饲养密度过高导致肉鸡日采食量、日增重和饲料转化率下降,对其生产性能有明显的负面影响。但国内外也有研究发现,高密度饲养并不都引起显著的负面影响。如汤建平等^[7]、Simitzis等^[8]、Beaulac等^[9]研究表明,高密度饲养对肉鸡的料重比或死亡率影响不显著。研究结果出现相互矛盾可能由于饲养密度差值、品种、群体大小、饲养管理、试验季节、环境条件等各种因素的不同和限制。

1.2 免疫机能

饲养密度是引起家禽应激的因素之一,而应激会影响机体的免疫和抗氧化功能。高密度饲养易使鸡舍环境变差,降低鸡的免疫力,诱发呼吸道疾病,导致鸡群对疾病更加敏感。随着饲养密度的增大,肉鸡之间发生摩擦、碰撞和惊扰的次数增加^[10];肉鸡的免疫性能受到影响,其免疫器官的绝对和相对重量显著下降^[11]。研究发现,高饲养密度会加剧热应激的不利影响,进而对机体的抗氧化功能产生影响^[12]。Heckert等^[13]研究发现,随着饲养密度的增加,肉鸡法氏囊重量和法氏囊指数显著降低,当饲养密度超过15只/m²时,机体将产生较大的应激。秦琴等^[14]研究发现,高饲养密度(14只/m²)虽然对肉鸡的生产性能没有显著影响,但增加了氧化应激反应。皮质酮是应激敏感

指标,提高饲养密度容易引起肉鸡发生应激,引起皮质酮等血液指标的改变。然而有研究认为,饲养密度的改变使肉鸡皮质酮代谢水平产生差异的原因并非是饲养密度的直接影响而是由于饲养环境不同导致^[15,16],其作用机理还需进一步深入研究。

1.3 肠道健康状况

饲养密度过高对肉鸡肠道健康状况有着不利影响。肠道健康对肉鸡的正常生长至关重要,而肠道黏膜组织形态和肠道内细菌菌群区系对营养物质的消化吸收也起到很大的作用,是评价动物健康状况的重要指标。饲养密度的改变,会对肉鸡肠道组织形态和细菌菌群区系产生影响。厉秀梅^[17]研究发现,同中、低密度组相比,高密度组显著降低肉鸡肠道绒毛高度,增加隐窝深度。肠道微生物对于营养物质消化吸收、免疫系统发育、机体能量代谢等具有重要的生理调节作用^[18]。常双双等^[19]研究发现,饲养密度可改变肉鸡盲肠菌群多样性与结构,6只/m²饲养密度组肉鸡盲肠菌群丰富度和多样性高于其他两组(8只/m²和10只/m²),更有利于肉鸡维持盲肠菌群生长与保持平衡。此外,也有研究发现,饲养密度增加会导致肠道中病原体数量的增加,与15只/m²饲养密度相比,密度过大(30只/m²)会增加鸡患坏死性肠炎的可能性,对动物肠道健康和生长都有负面影响^[20]。乳酸菌属于肠道有益菌,不仅能抑制有害菌在肠道内的定植和繁殖,减少细菌对小肠绒毛的损害和对营养物质的消耗,而且对肉鸡肠道黏膜屏障具有一定的保护作用。另有研究发现,与10只/m²饲养密度相比,高饲养密度(20只/m²)会对Ross 308雄性肉鸡的肠道中乳酸杆菌数量产生不利影响^[2]。

1.4 腿部健康状况

腿部健康状况是影响肉鸡生产的重要因素之一。高密度饲养条件下,肉鸡容易患上腿部疾病,影响行走能力。腿部健康状况与行走能力是评价笼养肉鸡福利水平的重要指标^[5]。肉鸡的福利状况受运动限制,缺乏运动将导致骨质量降低,使腿病的发生率增加,这也可能导致肉鸡在抓捕和运输过程中骨折,高饲养密度会削弱肉鸡行走能力,加重脚垫损伤^[11]。Hall等^[21]研究发现,增加饲养密度会对肉鸡骨骼生长产生不利影响,因为密度增加导

致活动减少,从而导致腿疾。而肉鸡腿疾又会产生较高的死亡率、淘汰率以及软腿症所诱发的胸部囊肿。Buijs等^[22]研究发现,饲养密度增加对骨质量(胫骨曲率和剪切强度)和波动性不对称均有负面影响。高密度组的胫骨较短,可能是由于胫骨弯曲度增加所致;波动不对称性的综合指数有随饲养密度增加的趋势,这种波动不对称性的增加可能表明福利下降。厉秀梅^[17]研究发现,高密度(18.75只/m²)可显著降低肉鸡胫骨生长板甲状旁腺激素相关肽蛋白表达,降低胫骨长和胫骨重。说明饲养密度过高将导致肉鸡腿部骨折及胸部囊肿的发生,对肉鸡生长及健康产生不利影响,生产中应控制饲养密度,关注动物福利。

1.5 行为变化

高密度饲养条件下,肉鸡的行为变化主要表现为行动减少和骚动增加。空间狭小使肉鸡行动受阻易造成拥挤、摩擦,并会改变肉鸡的初始状态,增加能量消耗;较高的骚动频率会造成胴体划痕增多,导致福利状况和胴体品质的下降。Elfa-dil等^[23]研究发现,肉鸡42日龄时,高饲养密度对肉鸡腹部擦伤和严重擦伤的发生率均有显著影响,高饲养密度组(0.07 m²/只)肉鸡擦伤发生率为71%,严重擦伤发生率为30%;正常饲养密度组(0.14 m²/只)肉鸡擦伤发生率为43%,严重擦伤发生率为12%。卢营杰等^[24]研究发现,随着饲养密度的增加,肉鸡沙浴、修饰羽毛频次显著减少。在正常饲养密度下,畜禽通常不会表现如啄羽、啄肛等异常攻击行为。但在高密度饲养下,肉鸡啄羽、啄肛、异食癖、惊厥等行为的发生率显著高于低密度饲养。董晓等^[25]研究认为,随着饲养密度的提高,肉鸡的饮水、采食、运动等各项活动都会受到不同程度影响,同时会引起肉鸡行为和环境的改变,营养物质的摄入量可能也因此而改变。事实上,饲养密度影响养殖环境和肉鸡的行为表达,是通过改变肉鸡生长的微环境进而影响肉鸡的生长和健康。因此,探究饲养密度在实际生产中是如何作用于微环境进而影响肉鸡生长和健康状况更为至关重要。

2 影响最适肉鸡饲养密度的因素

2.1 品种

常见的饲养密度评定方法主要有只/m²、m²/只、kg/m²等。对于肉禽来说,国际上更多采用

单位面积的出栏活重表示饲养密度,即kg/m²。由于不同品种肉禽生长速度不同,不同饲养阶段导致其体重产生差异,尤其是出栏时体重差异很大,因此不同品种肉鸡间的最适饲养密度可能存在差异。但现有的研究往往忽略了品种对肉鸡饲养密度的影响,试验设计局限于单一品种的研究。

2.2 性别

在家禽中,蛋鸡群主要由母鸡组成,而在肉鸡群中,雄性和雌性通常一起饲养。雄性肉鸡通常表现出更高的生长率和更低的料肉比。范庆红等^[4]研究发现,高饲养密度(42 kg/m²)降低肉鸡的平均日增重,增加料重比;35日龄前,公鸡比母鸡所需的饲养空间更高。韩进诚等^[26]研究表明,1~6周龄公鸡生长速度、胫骨重量、胴体重量及肝脏、小肠重量均高于母鸡。王军等^[27]研究发现,21~42日龄AA肉公鸡的平均日采食量、平均日增重和料重比均极显著高于母鸡($P<0.01$)。研究结果说明,在一定饲养阶段,公鸡比母鸡所需的饲养空间更大,公母分饲、公母混饲的情况下,性别影响肉鸡最适饲养密度。

2.3 饲养方式

现今,肉禽饲养方式由传统的散养、地面平养、网上平养向笼养(包括直立式、半阶梯式及阶梯式三种)发展。不同的饲养方式和饲养密度会影响家禽的生长发育。秦鑫等^[28]研究表明,饲养密度和饲养方式对爱拔益加肉鸡料重比有极显著的影响,网上平养低密度组(10只/m²)肉鸡耗料增重比最高,笼养相对于平养可以降低耗料增重比,与张双玲等^[29]研究结果一致。笼养可提高单位空间利用率,但笼养肉鸡由于活动受限,会增加肉鸡胸部囊肿和腿部发病的几率^[30]。李建慧等^[31]研究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发现,饲养方式和饲养密度均会影响肉鸡生长性能,但两者不存在交互作用;在垫料平养和网上平养方式中提高饲养密度会对腿肌肉品质有显著影响。

2.4 群体规模

家禽的福利状况是由群体间的相互作用和活动空间决定的^[32],活动空间的缩小和活动频率的降低可能会造成肉鸡的侵略性行为和应激反应,使得肉鸡福利状况下降。有建议提出,饲养密度的提高可以通过改变群体规模的大小来改善肉鸡

舒适环境。但Hansen等^[33]研究发现,增加饲养空间并不能抵消种群密度增加所带来的增长抑制效应。卢莹杰等^[34]研究发现,一定饲养密度条件下,笼具尺寸的不同会对肉鸡生产性能(平均日增重、平均日采食重、料重比)及免疫因子含量产生影响,可引起肉鸡的应激免疫反应;随着笼具尺寸的增大,肉鸡的运动、展翅频次显著增多,说明适当增加群体规模对笼养肉鸡的福利状况有改善作用。此外,有研究发现,群体规模的大小对肉鸡死亡率的影响并没有显著差异^[35]。Estevez等^[36]研究群体大小对肉鸡攻击性行为发生的影响,一定饲养密度下(5只/m²),将15、30、60和120只雄性肉鸡分别饲养在3、6、12和24 m²的围栏中。结果发现,随着群体规模的增加,肉鸡间互动频率降低,并且会减少相互啄食。此外,肉鸡步态评分也受群体规模的影响。较小群体的肉鸡行走能力较好,这表明群体规模的减少可能有助于运动,群体规模的增加也导致更严重的飞节损伤;规模越大,胫骨软骨发育不全越为严重,同时羽毛清洁度越差^[37]。饲养密度对肉鸡的影响受群体规模的限制,但目前的相关研究报道较少,现有研究结论存在差异的主要原因可能与群体规模的大小差值有关。后期的研究中,应设计合理群体规模梯度试验进行较为全面系统的研究。

2.5 饲养环境

肉鸡饲养环境是指与肉鸡生产关系极为密切的一切自然和人为因素,主要包括温度、湿度、光照、饲养方式、饲养密度、环境设施条件等。饲养密度虽然是一个饲养量的问题,但取决于饲养环境条件的控制。饲养密度的不同会直接影响畜舍的温度、湿度、空气等环境质量,通过这些因素的相互作用,间接对畜禽的生产与健康产生影响。在适宜的环境温度下,禽类饮水量和采食量通常呈正相关,因饮水量或供水点不足而造成的供水不足会降低鸡的采食量和生长速度^[38]。Dozier等^[39]研究认为,高饲养密度(35 kg/m²、40 kg/m²)导致每只鸡平均占有的饮水和采食空间相对较小,平均日采食量低于或较低于正常饲养密度(30 kg/m²)的肉鸡,营养摄入量不足,所以鸡的出栏体重会受到影响。大量研究表明,高饲养密度所带来的环境差异是影响肉鸡生长的主要原因。即使供给足够的采食和饮水空间,鸡的出栏体重仍然达不到

正常或低饲养密度的水平。高密度饲养导致生产性能的降低可能是由于空气流动不良的情况下,单位面积鸡群呼吸产热增多、鸡舍温度升高导致的采食下降^[40]。在通风条件得到改善的情况下有助于缓解高饲养密度所带来的负面影响。李建慧等^[31]研究表明,因饲养密度增加导致的应激,会破坏肉鸡的生理机能、行为习惯和环境之间的动态平衡,从而严重影响肉鸡的健康,制约肉鸡生长性能的发挥。Pettit-Riley等^[41]研究发现,饲养密度由10只/m²提高到20只/m²时,肉鸡的料重比和终体重并没有显著差异;当饲养密度超过15只/m²时,由于热应激而导致的肉鸡死亡率升高。饲养密度并不是影响肉鸡生长及福利状况的主要因素,饲养环境条件才是影响肉鸡生长及福利状况的主要因素,现已得到论证^[15,42]。

3 展望

在经济效益与动物福利双重条件约束下,开展肉鸡饲养密度的系统性研究显得尤为重要。多种因素(品种、性别、饲养方式、群体规模、环境条件等)会对肉鸡饲养密度造成影响,仅考虑改变饲养密度的高低而忽略其他因素的间接影响是片面的。综合现有的研究结论,肉鸡饲养密度存在的问题及未来研究方向可以从以下三点进行努力:①目前关于饲养密度对肉鸡生产和健康状况的影响研究多集中于表观性能的研究,其作用机理及与不同影响因素间的互动机制还需系统性研究;②在增加经济效益的同时注重动物福利,探讨肉鸡舒适环境的适宜参数及其限值是当前研究方向,需要在不同的试验条件下(品种、性别、饲养方式、群体规模、饲养环境等)制订可行的饲养密度标准;③随着科学技术的发展,组学技术在动物生产上的应用逐渐普及,应利用组学技术全面分析饲养密度对肉鸡营养及代谢调控机制的影响。

综上,在提高生产效率、降低饲养成本、满足市场需求的同时,注重肉鸡福利并全面考虑肉鸡饲养密度影响因素,利用组学技术从全局出发进行肉鸡饲养密度系统性研究,确定不同条件下肉鸡饲养密度标准值,为今后肉鸡养殖产业的可持续发展提供理论依据和技术支持。

参考文献:

- [1] WU Y Q, WANG Y L, YIN D F, et al. Effect of supplementation of nicotinamide and sodium butyrate on the

- growth performance, liver mitochondrial function and gut microbiota of broilers at high stocking density[J]. Food & function, 2019.
- [2] CENGIZ O, KOKSAL B H, TATL O, et al. Effect of dietary probiotic and high stocking density on the performance, carcass yield, gut microflora, and stress indicators of broilers[J]. Poultry science, 2015, 94(10): 2395-2403.
- [3] 邵丹,张珊,施寿荣,等. 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.
- [4] 范庆红,王晓晓,董晓,等. 饲养密度和高蛋白质饲料代谢能水平对公母分饲肉鸡生长性能和腿部健康的影响[J]. 动物营养学报, 2017, 29(10):3530-3540.
- [5] 李绍钰,徐彬,魏凤仙. 饲养密度对肉鸡生产性能及福利指标的影响[J]. 中国家禽, 2017, 39(20):1-5.
- [6] 冯培功,郭艳丽,杨华明,等. 畜禽饲养密度对畜禽生产性能及健康影响的研究进展[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2018(7): 34-38.
- [7] 汤建平,蔡辉益,常文环,等. 饲养密度与饲料能量水平对肉仔鸡生长性能及肉品质的影响[J]. 动物营养学报, 2012, 24(2):239-251.
- [8] SIMITZIS P E, KALOGERAKI E, GOLIOMYTIS M, et al. Impact of stocking density on broiler growth performance, meat characteristics, behavioural components and indicators of physiological and oxidative stress[J]. British poultry science, 2012, 53(6): 721-730.
- [9] BEAULAC K, CLASSEN H, GOMIS S, et al. The effects of stocking density on turkey tom performance and environment to 16 weeks of age[J]. Poultry science, 2019, 98(7): 2846-2857.
- [10] ESTEVEZI. Effects of density and available space on the behavior and use of space by broiler chickens[D]. Cordoba: University of Cordoba, 1994.
- [11] 孙作为. 饲养密度和饲料营养影响肉鸡生长、胴体组成及腿部健康的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2013.
- [12] 冯京海. 环境高温对肉鸡线粒体功能及胸肌品质的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2006.
- [13] HECKERT R A, ESTEVEZ I, RUSSEKCOHEN E, et al. Effects of density and perch availability on the immune status of broilers[J]. Poultry science, 2002, 81(4): 451-457.
- [14] 秦鑫,卢营杰,苗志强,等. 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[J]. 中国农业大学学报, 2018, 23(12):66-74.
- [15] DAWKINS M S, DONNELLY C A, JONES T A. Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density[J]. Nature, 2004, 427(6972): 342-344.
- [16] JONES T A, DONNELLY C A, STAMP D M. Environmental and management factors affecting the welfare of chickens on commercial farms in the United Kingdom and Denmark stocked at five densities [J]. Poultry science, 2005, 84(8): 1155-1165.
- [17] 厉秀梅. 饲养密度与偏热环境对肉鸡骨骼和肌肉生长、氧化及肠道形态的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2018.
- [18] PAN D, YU Z. Intestinal microbiome of poultry and its interaction with host and diet[J]. Gut microbes, 2013, 5(1): 108-119.
- [19] 常双双,柳青秀,张敏红,等. 饲养密度对肉鸡盲肠菌群多样性、挥发性脂肪酸和血清脑肠肽的影响[J]. 动物营养学报, 2018, 30(3):938-946.
- [20] TSIOURIS, GEORGOPOULOU, BATZIOS, et al. High stocking density as a predisposing factor for necrotic enteritis in broiler chicks[J]. Avian pathology, 2015, 44(2): 59-66.
- [21] HALL A L. The effect of stocking density on the welfare and behaviour of broiler chickens reared commercially[J]. Animal welfare, 2001, 10(1): 23-40.
- [22] BUIJS S, POUCKE E V A N, DONGEN S V A N, et al. The influence of stocking density on broiler chicken bone quality and fluctuating asymmetry [J]. Poultry science, 2012, 91(2): 1759-1767.
- [23] ELFADIL A A, VAILLANCOURT J P, MEEK A H. Impact of stocking density, breed, and feathering on the prevalence of abdominal skin scratches in broiler chickens[J]. Avian disease, 1996(40): 546-552.
- [24] 卢营杰,苗志强,李建慧,等. 饲养密度与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.
- [25] 董晓,赵向远,孙作为. 饲养密度对肉鸡营养需要量的影响[J]. 中国家禽, 2017, 39(9):46-49.
- [26] 韩进诚,瞿红侠,张春梅,等. 不同性别肉鸡生长速度、产肉性能、骨骼矿化和器官发育的差异[J]. 中国饲料, 2013(12):14-17.
- [27] 王军,田玉民,苏玉虹,等. 性别对3~6周龄AA肉鸡生产性能、血液指标的影响[J]. 现代畜牧兽医, 2014(1):22-26.
- [28] 秦鑫,卢营杰,苗志强,等. 饲养方式和密度对爱拔益加肉

- 鸡生产性能、肉质及应激的影响[J]. 中国农业大学学报, 2018, 23(12):66-74.
- [29] 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.
- [30] 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.
- [31] 李建慧, 苗志强, 杨玉, 等. 不同饲养方式和饲养密度对肉鸡生长性能及肉质品质的影响[J]. 动物营养学报, 2015, 27(2):569-577.
- [32] LEESON S, WALSH T. Feathering in commercial Poultry II: Factors influencing feather growth and feather loss[J]. World's poultry science journal, 2004, 60: 52-64.
- [33] HANSEN R S, BECKER W A. Feeding space, population density and growth of young chickens[J]. Poultry science, 1960, 39(3): 654-661.
- [34] 卢营杰. 笼具尺寸和饲养密度对肉鸡生产性能、免疫应激与福利状况的影响[D]. 晋中: 山西农业大学, 2016.
- [35] RODENBURG T B, KOENE P. The impact of group size on damaging behaviours, aggression, fear and stress in farm animals[J]. Applied animal behaviour science, 2007, 103(3-4): 205-214.
- [36] ESTEVEZ I, KEELING L J, NEWBERRY R C. Decreasing aggression with increasing group size in young domestic fowl[J]. Applied animal behaviour science, 2003, 84(3): 213-218.
- [37] KIANI A, BORSTEL U K V. Impact of different group sizes on plumage cleanliness and leg disorders in broilers[J]. Livestock science, 2019, 221: 52-56.
- [38] 耿爱莲, 赵芙蓉, 李保明. 规模饲养环境条件对肉鸡健康、福利以及鸡肉品质的影响[J]. 中国家禽, 2007, 29(4): 57-63.
- [39] DOZIER W A, THAXTON J P, PUBSWELL J L, et al. Stocking density effects on male broilers grown to 1.8 kilograms of body weight[J]. Poultry science, 2006, 85(2): 344-351.
- [40] FEDDES J J R, EMMANUEL E J, ZUIDHOFT M J. Broiler performance, body weight variance, feed and water intake, and carcass quality at different stocking densities[J]. Poultry science, 2002, 81(6): 774-779.
- [41] PETTIT-RILEY R, ESTEVEZ L. Effects of density on perching, behavior of broiler chickens[J]. Applied animal behaviour science, 2001, 71(2): 127-140.
- [42] BLATCHFORD R A. Animal behavior and well-being symposium: Poultry welfare assessments: current use and limitations[J]. Animal science, 2017, 95(3): 1382-1387. 