

张盛, 蒋守群. 黄羽肉种鸡营养需要量与饲料研究进展 [J]. 广东农业科学, 2022, 49 (12) : 124–134.

黄羽肉种鸡营养需要量与饲料研究进展

张 盛, 蒋守群

(广东省农业科学院动物科学研究所 / 畜禽育种国家重点实验室 /
农业农村部华南动物营养与饲料重点实验室 / 广东省畜禽育种与营养研究重点实验室,
广东 广州 510640)

摘要: 为促进我国黄羽肉鸡种业高效、健康发展, 解决目前存在的饲粮浪费、环境污染以及繁殖效能低下等问题尤为关键。总结了关于黄羽肉种鸡营养需要量和饲料研究方面的国内外相关文献, 从其代谢能、粗蛋白、主要必需氨基酸(蛋氨酸、赖氨酸、苏氨酸、色氨酸、精氨酸和异亮氨酸)、维生素(VA、VD、VE)和矿物元素(钙、磷、铁、铜、锌、锰和硒)的需要量, 饲料资源评价与利用, 生物活性添加剂益生素与益生菌, 植物提取物和中草药制剂, 抗应激剂应用等方面研究现状进行较全面的综述, 对存在问题和未来研发趋势进行分析。总体来看, 近年来在黄羽肉种鸡营养需要量和饲料添加剂的应用研究越来越多, 但主要集中在产蛋期, 研发亮点在于开展黄羽肉鸡代谢能每天需要量与代谢体重、平均日增重和产蛋量的相关性分析, 以代谢体重、平均日增重和产蛋量为变量, 建立了重型、中型和轻型3种类型黄羽肉种母鸡日粮氮校正代谢能需要量析因法预测模型。目前黄羽肉种鸡育雏期、育成期营养及限饲技术研究报道较少, 饲料资源评价与安全高效利用技术、繁殖性能提升关键技术等仍需进一步突破。

关键词: 黄羽肉种鸡; 营养调控; 代谢能; 氨基酸; 维生素 A; 预测模型

中图分类号: S831.5

文献标志码: A

文章编号: 1004-874X (2022) 12-0124-11

Research Progress in Nutritional Requirements and Feed for Yellow-feathered Broiler Breeders

ZHANG Sheng, JIANG Shouqun

(Institute of Animal Science, Guangdong Academy of Agricultural Sciences / State Key Laboratory of Livestock and Poultry Breeding / Key Laboratory of Animal Nutrition and Feed Science in South China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs / Guangdong Key Laboratory of Animal Breeding and Nutrition, Guangzhou 510640, China)

Abstract: In order to promote the efficient and healthy development of yellow-feathered broiler breeders, it is very important to solve the existing problems such as dietary waste, environmental pollution and low reproductive efficiency. The paper summarized the relevant domestic and foreign literature on nutritional requirements and application of feeds of yellow-feathered broiler breeders. It summed up studies about requirements of metabolic energy, crude protein, main essential amino acids (methionine, lysine, threonine, tryptophan, arginine and isoleucine), vitamins (VA, VD and VE), and

收稿日期: 2022-09-12

基金项目: 国家现代农业产业技术体系 (CARS-41); 广东省重点领域研发计划项目 (2020B0202090004); 国家重点研发专项 (2921YFD1300404)

作者简介: 张盛 (1995—), 男, 硕士, 研究实习员, 研究方向为黄羽肉鸡肠道健康与营养调控, E-mail: zhangszin@163.com

通信作者: 蒋守群 (1971—), 女, 博士, 研究员, 研究方向为家禽营养与饲料科学, E-mail: jiangshouqun@gdaas.cn

mineral elements (Ca, P, Fe, Cu, Zn, Mn and Se), feed resource evaluation and utilization, application of bioactive additives, probiotics, plant extracts and Chinese herbal preparations, anti-stress agents in breeders of yellow-feathered broiler, and analyzed the trend of future researches. On the whole, in recent years, there have been more and more researches on nutritional requirements and application of feed additives in yellow-feathered broiler breeders, but mainly concentrated in the egg-laying period. The highlight in the researches on nutritional requirements in recent years was correlation analysis between metabolic energy requirements per day and metabolic body weight, average daily gain, daily egg production. The prediction models of dietary nitrogen-corrected metabolic energy requirements for three types of breeder hens of yellow-feathered broilers were established with metabolic weight, average daily gain and egg production as variables. At present, there are few reports on nutrition and feed restriction technology in the brooding period and growing period of yellow-feathered broiler breeders. Key techniques for feed resource evaluation and safe & efficient utilization and reproductive performance improvement of breeder hens still need to be broken through.

Key words: yellow-feathered broiler breeder; nutritional regulation; metabolic energy; amino acid; vitamin A; prediction model

由于全球饲料资源短缺，我国玉米、豆粕等饲料资源过度依赖进口等因素，严重制约了养殖业发展。准确评定营养物质需要量能有效提高饲粮养分利用率，降低养分排泄，并改善养殖环境和鸡舍卫生状况，降低疫病发生。黄羽肉种鸡由我国地方品种鸡选育而来，其繁殖性能作为种业的重要经济性状之一，表现为选育时期短、产蛋周期长、产蛋高峰期短、总产蛋率低，这些问题严重制约了肉种鸡的生产效率。种鸡繁殖性能和种蛋品质关系到后代商品鸡的健康和生产性能，其性能的提升对黄羽肉鸡产业的发展至关重要。

据中国畜牧业协会统计，祖代和父母代在产黄羽肉种鸡年平均存栏约3 630万套，产值达4亿元以上。现有选育模式追求快速生长和高饲料报酬，使鸡种失去了通过采食量的自我调节来满足自身适宜需要的本能。对于肉种鸡，过度采食和快速生长不仅导致其饲料转化效率和繁殖性能低下，而且抗病及后代肉鸡性能等重要经济性状下降。此外，肉种鸡因采食量大、脂肪沉积能力过强导致体重超载，易发生脂肪肝综合征、机体氧化应激，导致产蛋和繁殖性能严重下降等问题。有研究报道，不同品种（配套系）、育雏季节影响黄羽肉种鸡的繁殖性能和种蛋的孵化^[1-2]，营养水平、营养平衡也是影响种鸡繁殖性能、雏鸡生长发育的关键因素^[3]。但目前黄羽肉种鸡的营养研究严重滞后，没有相应的营养标准参数参考，有关改善黄羽肉种鸡生产效率的营养调控手段与饲料研究技术仍滞后。实际生产中不合理营养比例或盲目提高营养水平导致黄羽肉种鸡饲粮养分过量，污染物排放增加，既不利于黄羽肉种鸡遗

传潜力的发挥，又导致环境污染加剧。

研究表明，种鸡饲喂高能量饲粮会导致肉种鸡及子代肥胖，适宜的能量和粗蛋白质水平可改善子代生长、胴体屠宰率和肉品质^[4]。饲粮添加维生素A可改善岭南黄羽肉鸡繁殖性能及后代初生重，提高肝脏维生素A含量，并通过其代谢产物视黄酸调控卵巢雌激素受体表达及抑制凋亡相关转录因子^[5]。近几年来，广东省农业科学院动物科学研究所动物营养与饲料研究团队一直致力于黄羽肉种鸡的营养研究，目前已在黄羽肉种鸡产蛋期代谢能、粗蛋白质、必需氨基酸、矿物元素钙和磷、微量元素和维生素等的营养需要量和繁殖性能营养调控研究上取得一些进展。本文在前期研究基础上，结合国内外相关文献报道，综述其代谢能、粗蛋白质、氨基酸、维生素和矿物元素需要量、生物活性添加剂应用等方面的研究进展，旨在为黄羽肉种鸡的高效生产和精准饲粮配制提供技术参考。

1 营养水平对黄羽肉种鸡繁殖性能的影响

1.1 能量和蛋白质

能量和蛋白质是家禽最基本的营养需求，其每日摄入的高低对肉种鸡的生产、繁殖性能及其后代肉鸡健康具有重要影响。鞠科等^[6] 研究报道，限饲情况下，广西三黄鸡肉种鸡育成期平均日增重随饲粮能量升高呈增加趋势，特别是育成后期高能组增重明显，饲料转化率改善，能量还显著影响血液总胆固醇、尿酸含量和胆碱酯酶活性，但过高能量对养分代谢不利，综合多项指标建议广西三黄鸡肉种鸡育成期（7~19周龄）饲粮

能量为 11.3~11.7 MJ/kg。朱翠等^[7]研究表明, 饲粮代谢能提高显著影响种鸡体增重、降低料蛋比, 提高了产蛋率和日产蛋重、平均蛋重, 但种蛋破损率提高, 代谢能和粗蛋白对合格蛋比率具有显著的互作效应, 随粗蛋白水平升高, 种蛋平均蛋重提高、破损率降低, 代谢能 11.92 MJ/kg 或粗蛋白水平 16.5% 时后代雏鸡初生重最高, 综合分析提出获得最佳生产性能, 30~39 周龄岭南黄羽肉种鸡饲粮适宜代谢能和粗蛋白水平分别为 11.92 MJ/kg 和 16.5%, 代谢能和粗蛋白每日需要量分别为 1.55 MJ 和 21.45 g。马杰等^[8]选取 55 周龄快大型黄羽肉种鸡在夏季高温环境下(平均舍温为 30.09 ± 3.12 °C) 试验表明, 饲粮粗蛋白质水平 15.5% 和 16.5% 处理与 17.5% 处理对比, 提高了种鸡日均采食量、产蛋率、合格种蛋率、受精率、活胚率和入孵蛋孵化率, 而能量的影响不显著, 过多蛋白摄入对种鸡产蛋和孵化性能不利, 并提出最适宜代谢能为 11.29~11.50 MJ/kg, 粗蛋白质水平 15.5%, 蛋能比为 13.48~13.73 g/MJ, 适当降低蛋能比可缓解高温热应激对种鸡的不利影响。

王钱保等^[9]报道, 饲粮 17.64% 粗蛋白质水平不

利于优质型肉种鸡 S3 系生产性能、繁殖性能和种蛋品质, 15.64% 粗蛋白质虽使产蛋率降低 4.7%, 但能显著改善肉种鸡死淘率, 并提高繁殖性能和种蛋品质。林厦菁等^[10]研究发现, 饲喂低蛋白氨基酸平衡饲粮改善了种蛋蛋黄颜色, 降低血浆尿素氮、尿酸含量和排泄物氮含量, 提出在氨基酸平衡饲粮(补充 7 种必需氨基酸)下, 30~40 周龄快大型岭南黄羽肉种鸡产蛋高峰期饲粮粗蛋白质可降低至 13%。研究结果也提示, 饲喂氨基酸平衡饲粮, 可适当降低粗蛋白质水平。

综上, 黄羽肉种鸡饲粮代谢能和粗蛋白质需要量受鸡只品种、周龄和饲养温热环境等多种因素的影响。Gou 等^[11]经多种模型分析得到, 黄羽肉鸡代谢能每日需要量与代谢体重、平均日增重和产蛋量密切相关, 最后以产蛋性能为判定指标, 采用析因法模型计算得到重体型、中体型和轻体型 3 种类型黄羽肉种母鸡最佳日粮氮校正代谢能需要量(表 1)。此模型对于黄羽肉种鸡精准营养供给和饲料配制, 以及通过动态调控营养需要, 充分发挥不同类型黄羽肉种鸡最大生产潜能具有重要指导意义。

表 1 不同品种类型黄羽肉种鸡氮校正代谢能需要预测模型
Table 1 Prediction model for nitrogen-corrected metabolic energy requirements in different types of yellow-feathered broiler breeders

品种类型 Classification	饲养阶段 Feeding stage	氮校正代谢能需要预测模型 Prediction model of nitrogen-corrected metabolic energy requirement	
		重型 Heavy type	中型 Medium type
重型 Heavy type	产蛋期	氮校正代谢能 (kcal/d) = 101 × 体重 (kg) ^{0.75} + 5.33 × 日增重 (g/d) + 2.55 × 日产蛋量 (g/d)	
中型 Medium type	产蛋期		氮校正代谢能 (kcal/d) = 101 × 体重 (kg) ^{0.75} + 5.33 × 日增重 (g/d) + 2.70 × 日产蛋量 (g/d)
轻型 Light type	产蛋期	氮校正代谢能 (kcal/d) = 101 × 体重 (kg) ^{0.75} + 5.33 × 日增重 (g/d) + 2.94 × 日产蛋量 (g/d)	

1.2 氨基酸

1.2.1 蛋氨酸需要量 蛋氨酸作为家禽饲粮中第一限制性氨基酸, 研究其需要量对于改善肉种鸡的生产性能至关重要。洪平等^[12]研究表明, 饲粮蛋氨酸水平显著影响 46~53 周龄岭南黄羽肉种鸡产蛋率和日产蛋重, 二次回归模型分析提出, 获得最大产蛋率和日产蛋重的蛋氨酸适宜添加水平分别为 0.39% 和 0.38%, 每日蛋氨酸需要量分别为 507、494 mg。李建民等^[13]研究认为, 在 30~39 周龄快大型岭南黄父母代种母鸡饲粮中添加适量蛋氨酸可提高产蛋量、蛋重和饲料报酬, 综合经济效益分析推荐产蛋高峰期饲粮适宜蛋氨酸水平同样为 0.38%。以上两个试验中种鸡平均产蛋率分别为 50.88% 和 71%, 两者得到饲粮蛋

氨酸适宜水平一致, 说明蛋氨酸需要量与产蛋率的相关性较低。刘文斐等^[14]在 39~47 周龄岭南黄肉用种母鸡上比较了蛋氨酸有效含量为 0.10% 的 DL- 蛋氨酸、羟基蛋氨酸钙和包膜蛋氨酸的差异, 结果发现, 在蛋氨酸缺乏饲粮中添加 3 种不同形式蛋氨酸源均可改善肉种鸡生产性能, 增强免疫力及提高抗氧化功能, 其中以包膜蛋氨酸效果最佳, 可获得最高产蛋率、饲料转化效率和蛋重。结果提示, 不同类型蛋氨酸吸收利用率不同, 导致作用效果存在明显差异。

1.2.2 赖氨酸、苏氨酸、色氨酸、精氨酸和异亮氨酸需要量 阮栋等^[15]根据产蛋性能、种蛋品质和孵化指标综合提出, 黄羽肉种鸡产蛋后期(60~67 周龄) 赖氨酸水平 0.68% 即可满足其生

产需要。Jiang 等^[16]报道, 饲粮补充苏氨酸可通过调控机体蛋白沉积和氨基酸转运相关基因表达, 改善黄羽肉鸡父母代种母鸡产蛋性能及其后代肉鸡生产性能, 29~38 周龄阶段饲粮苏氨酸适宜添加量为 0.68%。Jiang 等^[17]研究表明, 29~37 周龄饲粮色氨酸水平显著影响黄羽肉鸡父母代种母鸡繁殖性能及后代肉鸡生长性能, 综合考虑种母鸡产蛋性能、孵化性能、优势卵泡发育和后代肉鸡生长性能, 得到饲粮色氨酸适宜水平为 0.203%。马玉娥等^[18]研究表明, 饲粮添加色氨酸提高了肉种鸡平均日采食量、种蛋受精率、孵化率和出雏率, 添加色氨酸提高了初生雏鸡重 3.99%, 也提高了血清谷胱甘肽过氧化物酶活性、总蛋白和白蛋白含量, 综合各项指标推荐, 黄羽肉种鸡饲粮色氨酸适宜水平为 0.18%。上述两项试验得到色氨酸推荐量水平存在较大差异, 其原因可能与选用试验鸡产蛋率有关, 前者试验种鸡

平均产蛋率为 66.3%^[17], 后者选用鸡平均产蛋率仅为 51.9%^[18]。添加精氨酸能提高黄羽肉种鸡产蛋率、种蛋蛋壳强度和种鸡抗氧化能力, 综合分析多项指标, 饲粮粗蛋白 17.4% 和赖氨酸 0.8% 时, 快大型黄羽肉种鸡产蛋高峰期饲粮精氨酸推荐水平为 1.10%^[19]。孙步相^[20]在 36 周龄黄羽肉种鸡产蛋高峰期上试验也得到类似结论。Lin 等^[21]在 25~30 周龄快大型黄羽肉种鸡上研究发现, 饲粮异亮氨酸过低严重影响种鸡采食量, 导致体重下降和产蛋性能降低, 而添加异亮氨酸能调控机体糖脂代谢、免疫功能及抗应激能力, 根据生产性能指标得出异亮氨酸的适宜添加水平为 0.58%。

由以上报道可见, 目前关于氨基酸需要量研究主要集中在快大型岭南黄羽肉种鸡的产蛋阶段(表 2), 其他品种和饲养阶段报道较少, 且针对同一氨基酸需要量的研究报道结果基本一致。

表 2 岭南黄羽肉种鸡饲粮氨基酸适宜推荐量
Table 2 Recommended requirements of amino acid for Lingnan yellow-feathered broiler breeders

氨基酸 Amino acid	饲养阶段 (周龄) Feeding stage (week age)	氨基酸最适需要量 Optimal amino acid requirement		评定指标 Evaluation indicator	参考文献 Reference
		氨基酸水平 Amino acid level (%)	每日需要量 Daily requirement (g)		
蛋氨酸 Met	46~53	0.39	0.507	提高产蛋率	洪平等 ^[12]
	30~39	0.38	0.494	提高日产蛋重	李建民等 ^[13]
赖氨酸 Lys	60~67	0.68	0.714	提高产蛋量、蛋重和饲料报酬 满足生产需要量, 增加蛋黄颜色	阮栋等 ^[15]
苏氨酸 Thr	29~38	0.68	0.881	影响产蛋率和后代的生产性能, 提高苏氨酸脱氢酶 和氨基肽酶基因表达	Jiang 等 ^[16]
色氨酸 Trp	29~37	0.203	0.254	提高产蛋率、平均日产蛋量和饲料转化率	Jiang 等 ^[17]
	28~38	0.18		提高种蛋受精率、孵化率、出雏率和雏鸡出生重	马玉娥等 ^[18]
精氨酸 Arg	24~34	1.10		提高产蛋率以及种蛋蛋壳强度、蛋壳厚度、蛋黄比例和蛋白质含量	苟钟勇等 ^[19]
	36	1.10		提高产蛋率	孙步相 ^[20]
异亮氨酸 Ile	25~30	0.58		提高产蛋率、蛋重、卵黄重和雏鸡出生重	Lin 等 ^[21]

1.3 矿物元素

当肉种鸡从饲粮中摄取的矿物元素不足以满足其营养需要量时, 会导致发生相关的代谢紊乱, 从而影响生产性能。目前, 关于矿物元素钙、磷、铁、铜、锌、锰和硒的需要量均有相关研究报道。钙、磷方面, 洪平等^[22]研究发现, 饲粮钙在 3.00%~4.00% 之间对肉种鸡生产性能、繁殖性能、血清中钙和磷含量、胫骨性能指标均无显著影响, 运用双折线模型计算得出饲粮钙为 3.00% 时, 49~56 周龄快大型岭南黄羽肉种鸡获得最佳产蛋率和日产蛋重。蒋守群等^[23]在基础饲粮钙

为 3.3% 条件下研究表明, 非植酸磷 (NPP) 水平显著影响产蛋率、不合格蛋率、种蛋品质以及种鸡脱脂胫骨粗灰分中钙和磷的含量, NPP 升高提高了血浆甲状旁腺激素、降钙素含量, 提出 39~46 周龄黄羽肉鸡父母代种鸡饲粮 NPP 适宜水平为 0.40%~0.45%。李龙等^[24]通过综合生产性能、蛋品质和血液生化指标得出, 40~50 周龄黄羽肉鸡父母代种母鸡饲粮钙和非植酸磷适宜添加水平分别为 3.92% 和 0.475% (即最佳钙磷比为 8.25 : 1)。

微量元素方面, Gou 等^[25]表明, 在黄羽肉种鸡 55~65 周龄阶段, 铁缺乏会降低血液红细胞压积,

对种蛋蛋形指数、蛋黄颜色评分、胫骨强度和活胚孵化率产生不利影响，而摄入过量铁会提高血浆丙二醛含量，也影响红细胞压积、种蛋蛋形指数、蛋壳强度和活胚孵化率，经回归分析得到种母鸡适宜铁水平为 70~90 mg/kg。Li 等^[26]报道，与对照 22.81 mg/kg 锌处理比较，饲粮补充锌提高了产蛋率、产蛋量、蛋黄中锌含量、种蛋受精率和孵化率，也提高了血清、肝脏和卵巢抗氧化关键酶铜锌超氧化物歧化酶活性，经回归模型分析得到，以产蛋率、蛋黄锌含量、种蛋受精率和孵化率为评定指标，58~65 周龄阶段黄羽肉种鸡饲粮适宜锌添加量分别为 71.09、92.34、94.44、98.65 mg/kg。Abubakar 等^[27]报道，添加外源性锌和蛋氨酸可影响 14 周龄粤黄母鸡种蛋质量、受精率、孵化率以及血浆中孕酮和雌激素含量，但饲粮中锌和蛋氨酸高于 78.69 mg/kg 和 0.37% 对种鸡受精率、孵化率、产蛋量以及血浆中孕酮和雌激素均无促进作用。Gou 等^[28]在 30~45 周龄黄羽肉种母鸡上研究发现，饲粮铜不足（3.5 mg/kg）或过高（83.5 mg/kg）均造成母鸡机体氧化应激、降低种蛋品质，铜添加量过高降低孵化率和抑制后代雏鸡生长，考虑基础饲粮铜含量，推荐黄羽肉种母鸡产蛋期饲粮铜适宜水平为 15.7~21.2 mg/kg。王一冰等^[29]报道，饲粮添加 90 mg/kg 或 135 mg/kg 锰可在一定程度上提高种鸡产蛋率与平均日产蛋重，添加 135 mg/kg 锰降低胚胎中后期死亡率并提高受精蛋孵化率，

随着锰添加量升高，血浆促卵泡生成激素含量提高，添加 180 mg/kg 锰还降低了下丘脑酪氨酸羟化酶基因相对表达量，综合分析得出产蛋高峰期黄羽肉种鸡饲粮锰适宜添加水平为 90~135 mg/kg。

硒方面研究以有机硒形式产品应用报道较多。余丹等^[30]研究表明，在基础饲粮硒 0.12 mg/kg 上添加 0.10~0.25 mg/kg 蛋氨酸硒可提高入孵蛋受精率、孵化率，改善 32~38 周龄大恒肉种鸡种蛋孵化性能。武如娟等^[31]对比了不同构型硒代蛋氨酸对岭南黄父母代肉种鸡生产性能和组织硒沉积的影响，表明提高肉种鸡生产性能方面，L-型和 DL-型硒代蛋氨酸效果相当，适宜添加水平均 0.15 mg/kg，在提高硒沉积量方面，DL-型硒代蛋氨酸显著优于 L-型硒代蛋氨酸，添加 0.30 mg/kg 显著优于 0.15 mg/kg。对比亚硒酸钠，DL-硒代蛋氨酸还提高了后代肉鸡硒沉积量，上调肌肉组织相关抗氧化酶基因表达，增强抗氧化功能，改善了肉品质^[32]。总的来看，有机硒对种鸡繁殖性能改善和机体硒的沉积具有明显促进作用。

由以上研究可见，目前关于单一矿物元素的需要量研究较为丰富（表 3），两种或多种矿物元素的互作平衡研究报道较少，未来需考虑到矿物元素间的平衡及其与饲料其他营养组分的相互作用，以避免生产中因矿物元素缺乏或过量导致的系统性代谢性疾病和养分浪费。

表 3 黄羽肉种鸡矿物元素需要量
Table 3 Mineral element requirements for yellow-feathered broiler breeders

品种类型 Classification	饲养阶段（周龄） Feeding stage (week age)	矿物元素 Mineral element	评定指标 Evaluation indicator	推荐水平 Recommended level	参考文献 Reference
快大型岭南 黄羽肉种鸡	49~56	钙	产蛋率和日产蛋重	3.00% (每日需要量 3.75 g)	洪平等 ^[22]
Rapidly growing Lingnan yellow-feathered broile breeder	39~46	非植酸磷	产蛋性能和胫骨指标	0.40%~0.45% (每日需要量 0.49~0.55 g)	蒋守群等 ^[23]
	40~50	钙磷比	生产性能、蛋品质	钙磷比 8.25:1	李龙等 ^[24]
	55~65	铁	种蛋品质和孵化性能指标	70~90 mg/kg (每日需要量 8~11 mg)	Gou 等 ^[25]
	58~65	锌	产蛋率、蛋黄锌含量、种蛋受精率和孵化率	71.09~98.65 mg/kg	Li 等 ^[26]
	30~45	铜	种蛋品质、孵化性能	15.7~21.2 mg/kg (每日需要量 1.81 ~ 2.44 mg)	Gou 等 ^[28]
	41~51	锰	产蛋性能	90~135 mg/kg	王一冰等 ^[29]
大恒肉种鸡 Daheng broiler breeder	32~38	硒	孵化性能	0.10~0.25 mg/kg	余丹等 ^[30]

1.4 维生素

黄羽肉种鸡维生素需要量研究主要集中在维生素 A、D、E 上。Chen 等^[5]报道，饲粮添加维

生素 A 改善种鸡繁殖性能指标和肝脏维生素 A 贮存量，其机理可能与其调控卵巢激素受体和抑制凋亡基因转录有关，综合提出 46~54 周龄阶段快

大型黄羽肉种鸡（平均产蛋率为 43.85%）饲粮适宜维生素 A 添加水平为 10 800 IU/kg。王一冰等^[33]研究表明，添加维生素 A 显著影响种鸡产蛋性能、种蛋品质、孵化性能、血浆激素水平、肝脏与种蛋蛋黄中视黄醇含量和后代肉鸡生长性能，以产蛋性能、种蛋品质、子代肉鸡生长性能为评价指标由回归模型分析得到，25~37 周龄阶段快大型黄羽肉种鸡饲粮（平均产蛋率为 60.39%）最适维生素 A 添加量分别为 18 121~20 251 IU/kg、16 600~20 046 IU/kg 和 25 113~31 069 IU/kg，此结果远高于 Chen 等^[5]的推荐量，以上两个试验推荐维生素 A 水平存在较大差异的原因可能与其所用种鸡日龄和产蛋率不同有关：Chen 等^[5]试验选用产蛋后期种鸡，产蛋率平均为 43.85%，而王一冰等^[33]使用产蛋高峰期种鸡，平均产蛋率为 60.39%。王一冰等^[34~35]选用 48~56 周龄快大型岭南黄羽肉种母鸡研究发现，添加 VD₃ 影响产蛋性能、种蛋蛋壳品质、肉种鸡及其子代肉鸡生长性能、胫骨指标与钙磷代谢，经综合观测与回归模型提出，获最优产蛋性能、种蛋品质、种鸡和子代肉鸡最优胫骨性状的 VD₃ 添加水平分别为 800、1 650~1 828、4 000 IU/kg。林厦菁等^[36]报道，添加 40 IU/kg 维生素 E 提高黄羽肉种鸡机体抗氧化能力，维生素 E 和硒添加均影响种蛋维生素 E 和硒含量。彭焕伟等^[37]通过考察生产性能、蛋品质、种蛋受精率、孵化率、种鸡及后代雏鸡血清脂质过氧化反应多项指标提出 54~69 周龄青脚麻肉种鸡维生素组合。由上可见，维生素营养对黄羽肉种鸡产蛋性能、种蛋品质及后代肉鸡生长性能和健康起着至关重要的作用。但目前有关 B 族维生素需要量研究报道极少，为充分发挥肉种鸡遗传潜力、提高后代肉鸡生长性能，黄羽肉种鸡维生素需要量及多种维生素之间的互作、协同效应等尚需进一步研究。

2 黄羽肉种鸡饲料原料评定与资源利用

有关黄羽肉种鸡上饲料原料评定和利用的研究报道较少。杨瑛等^[38]在 30 周龄黄羽肉种鸡上采用无氮饲粮法评定了棉籽粕（新疆）、菜籽粕（内蒙）、禽副产品粉（山东）3 种原料在冬季和夏季的氨基酸消化率差异，3 种原料总氨基酸真消化率分别为棉籽粕 80.0%（夏季）和 81.3%（冬季）、菜籽粕 80.3%（夏季）和 80.8%（冬季）、

禽副产品粉 84.5%（夏季）和 87.0%（冬季），所有氨基酸中消化率最低的是组氨酸，其次是酪氨酸，消化率最高的是精氨酸。计成等^[39]通过探讨黄羽肉种鸡去盲肠后对棉籽粕、菜籽粕以及禽副粉氨基酸消化率的影响发现，与去盲肠鸡比较，正常鸡对棉籽粕中天冬氨酸、甘氨酸和酪氨酸的真消化率较高，胱氨酸的真消化率较低，正常鸡对菜籽粕中缬氨酸、苯丙氨酸和赖氨酸真消化率较高，而甘氨酸的真消化率较低，正常鸡对禽副粉中脯氨酸真消化率较高，天冬氨酸和赖氨酸的真消化率较低，此外，正常鸡与去盲肠鸡对棉籽粕、菜籽粕和禽副粉平均真氨基酸消化率以及内源氨基酸排泄量差异不显著。

黄正洋等^[40]对苏禽 3 号肉种鸡的研究发现，随着饲粮纤维水平增高，提高了蛋壳厚度和蛋黄颜色，对开产性能及其他蛋品质相关指标没有影响。殷勤等^[41]研究表明，在饲粮中添加 4%、8% 或 12% 菜籽粕对大恒肉种鸡产蛋率和蛋重、种蛋品质和孵化性能均无显著影响，添加 4% 和 12% 菜籽粕提高了入孵蛋受精率。可见，大恒肉种鸡饲粮中添加 12% 菜籽粕可行。

目前，黄羽肉种鸡饲粮配制所用的营养价值数据库仍沿用肉鸡相关研究结果，生产上使用的饲料原料较单一，相关饲料资源开发利用技术在种鸡上的应用较少见报道。我国可利用的饲料原料品种较丰富，准确评定各饲料原料营养价值、可利用氨基酸和纤维水平等，是优化肉种鸡饲料配方的关键。在此基础上，未来可研发非玉米-豆粕型肉种鸡饲粮配方技术。

3 黄羽肉种鸡生物活性添加剂应用

3.1 益生素和益生菌

益生素和益生菌的添加与肉种鸡肠道微生物之间存在一定联系，发挥影响宿主健康状态的作用，进而影响肉种鸡的生产性能。Wang 等^[42]研究表明，低、高浓度丁酸梭菌和丁酸甘油酯提高了黄羽肉种鸡产蛋性能和种蛋品质。添加丁酸梭菌提高输卵管相对重量、受精卵孵化率和后代肉鸡生长性能，改善肠道形态结构，此外，种鸡肠道微生物共生网络受高浓度丁酸梭菌和丁酸甘油酯调节。刘苑青等^[43]报道，添加 0.3% 酵母培养物时，岭南黄羽肉种鸡种蛋合格率提高，种蛋受精率提高 0.9%。杨昭远^[44]报道，添加

0.015%~0.06% 高活性酵母可在一定程度上提高肉种鸡产蛋率，添加 0.12%~0.24% 高活性酵母可降低血清甘油三酯水平，提高血清蛋白质含量。尚秀国等^[45]研究表明，添加 500 g/t 益生素（为多种菌株的复合菌，其中乳酸菌 1.5×10^7 CFU/g、酵母菌 1.5×10^6 CFU/g、抗氧化物质生成菌 1.5×10^6 CFU/g，光合成菌 1.5×10^6 CFU/g）可显著提高高温环境下黄羽肉种鸡采食量、蛋重和种蛋的合格率，改善饲料转化效率。说明益生素对高温集约化养殖模式下肉种鸡的生产性能有一定的改善作用。杨福剑等^[46]在基础饲粮中添加枯草芽孢杆菌 800 g/t 和植物精油 200 g/t。结果表明，35 周龄健康广西麻鸡产蛋率和种蛋孵化率显著提高，死淘率显著降低，可见，饲料中添加枯草芽孢杆菌与植物精油组合可改善种鸡生产性能。总之，益生素和益生菌作为安全有效的饲料添加剂之一，在改善肉种鸡生产性能和繁殖性能等方面均有良好效果。但目前生产中应用的益生素和益生菌种类繁多，应用剂量难以统一标准。

3.2 植物提取物和中草药制剂

植物提取物具有安全高效且摄入后体内残留量少等特点，适量添加能改善机体对营养物质的吸收利用，并提高肉种鸡繁殖性能。林厦菁等^[47]报道，添加植物精油（主效成分为百里香酚和香芹酚）可改善种蛋品质（蛋白高度和蛋壳厚度），提高孵化性能（孵化率、输卵管和卵巢重比例），降低血浆低密度脂蛋白胆固醇和肝脏甘油三酯含量，并建议 45~55 周龄阶段黄羽肉种鸡玉米-豆粕型饲粮条件下植物精油适宜添加水平为 10~20 mg/kg。詹勋等^[48]报道，28 周龄新广 K94 黄羽肉种鸡基础饲粮中添加 5 mg/kg 或 10 mg/kg 山楂叶总黄酮和 5 mg/kg 大豆异黄酮对平均日采食量、平均蛋重和种蛋受精率均有提高趋势。王钱保等^[49]报道，饲粮中最佳大豆黄酮添加量为 10 mg/kg，可显著提高优质肉种鸡 S2 系生产性能（产蛋率、日产蛋量）和繁殖性能（受精率、孵化率和健雏率），而过量添加则会使产蛋和繁殖性能呈现降低的趋势。蜂胶黄酮具有抗氧化、抗菌、调节血脂以及增强免疫等生物学功能^[50-51]。在 34 周龄新广 K96 黄羽肉种鸡基础饲粮中添加 300 g/t 或 500 g/t 蜂胶黄酮预混剂，能减缓持续高温所造成的采食量下降和死亡率上升，并显著提高种鸡蛋受精率和孵化率^[52]。贺长青等^[53]研制的淫

羊藿、党参、黄芪、当归、陈皮、补骨脂、益母草、山楂、麦芽等 12 味中药组方具有补气行气、滋阴活血、消食健脾的功效，在黄羽肉种鸡上试验表明，添加 0.4% 可提高种鸡产蛋率 7.02%，降低料蛋比 14.2%。

综上可见，植物提取物和中草药制剂在改善肉种鸡生产性能和繁殖性能的基础上，对于机体健康和养分代谢等方面同样具有积极作用，但在生产中应考虑到其与营养物质的拮抗作用以及过量添加而导致的负面影响，对其适宜添加量应提出更准确合理的建议。

3.3 抗应激剂

黄羽肉种鸡产蛋期尤其产蛋高峰期机体代谢旺盛，对外界环境也异常敏感，易受外界刺激而产生应激反应，导致的应激综合征发生，影响产蛋性能发挥。*L*-茶氨酸是茶叶中的一种特征性氨基酸，具有镇静、增强免疫、抗应激及抗氧化等作用。饲粮中添加 *L*-茶氨酸提高了产蛋后期岭南黄肉种鸡血清 IgM、IgG、IgA 和 IFN- γ 水平，提高了血清总抗氧化物能力、总超氧化物歧化酶（T-SOD）及肝脏 T-SOD 活性，添加 200 mg/kg 或 400 mg/kg *L*-茶氨酸可降低血清和肝脏中 MDA 含量，说明 *L*-茶氨酸可改善肉种鸡机体免疫性能和抗氧化能力，增强对疾病的抵抗能力^[54]。夏磊等^[55]报道，饲粮添加 γ -氨基丁酸能提高 28~36 周龄岭南黄肉种鸡机体抗氧化和免疫功能，有效缓解热应激对肉种鸡的不利影响，从而提高其产蛋性能和繁殖性能。在炎热夏季良凤铁脚麻花肉种鸡饲粮中添加含钾、硫、镁的复合电解质添加剂显著提高了种蛋品质和孵化性能指标^[56]。以上研究表明，抗应激剂可通过调节机体抗氧化功能，改善肉种鸡抗应激能力，提高生产性能。抗应激剂作为缓解和防治应激的饲料添加剂，在畜禽生产中的应用研究较为广泛，主要包括电解质类、矿物质、糖类、维生素和有机酸等物质，但此类物质在肉种鸡饲料中的开发利用仍需开展深入研究。

4 展望

饲粮精准营养供给和添加生物活性添加剂对黄羽肉种鸡产蛋性能、种蛋品质和孵化性能等繁殖性能指标具有重要影响。种母鸡营养如代谢能、必需氨基酸苏氨酸和色氨酸、维生素 A、矿物元素铜、硒和益生菌丁酸梭菌等能通过调控种蛋品

质和营养组成，促进雏鸡的生长发育，改善后代肉鸡性状，若亲代营养不足会导致后代营养代谢障碍或疾病。但目前黄羽肉种鸡营养与饲料研究主要集中在产蛋期阶段，而对育雏期、育成期营养以及限饲技术研究报道较少，且育雏期、育成期营养对后续产蛋期的影响也未见报道。大多数研究报道也仅仅选用了产蛋期的某一阶段（8~10周龄）指标观测来评定，而未考察饲养全程的差异。因此，为提升黄羽肉种鸡生产效率，未来须在高效繁育营养调控和健康养殖方面开展技术攻关和研发：

（1）为配合我国黄羽肉鸡育种和繁育进展，充分发挥优质鸡遗传潜力和优势，关于多种类型黄羽肉种鸡的个性化营养需要、营养调控技术及饲养管理技术研究将进一步加强；针对不同品种（或配套系）黄羽肉种鸡，开展饲养全程的精准营养需要量研究；并研究不同季节、不同温热环境下营养需要量，建立个性化精准营养需要量动态预测模型，制定适宜的饲养标准。

（2）为有效减少玉米、豆粕等饲料原料用量，减少我国对国外玉米、大豆的依存度，未来我国饲料资源开发与安全高效利用及其配套应用技术研究将受到重点关注并进一步发展。黄羽肉种鸡上也应建立完善的饲料原料营养价值和饲料来源危害因子参数动态数据库，研发饲料来源危害因子消减技术和饲料消化利用率提升技术，推广非玉米、豆粕型饲料原料应用配方技术体系。

（3）应用分子生物学、功能基因组学、代谢组学和基因芯片等新技术深入研究揭示黄羽肉种鸡卵泡发育机制、亲代营养传递、营养与环境的互作机制，充分挖掘种鸡的繁殖性能潜力。

（4）进一步开展微生态制剂、酶制剂和植物提取物等安全、高效、环保型饲料添加剂等的研发和应用^[57]，改善黄羽肉种鸡的肠道健康和免疫机能，减少抗菌药的应用。

参考文献 (References) :

- [1] 张绮琼, 周思婷, 张发良, 邓炳真, 林树茂. 不同育雏季节对南海黄鸡父母代种鸡产蛋性能的影响 [J]. 广东农业科学, 2016, 43(8): 158–162. DOI: 10.16768/j.issn.1004-874X.2016.08.026.
- ZHANG Q Q, ZHOU S T, ZHANG F L, DENG B Z, LIN S M. Effects of different brood seasons on laying performance of parental Nanhai yellow chicken [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2016, 43(8): 158–162. DOI: 10.16768/j.issn.1004-874X.2016.08.026.
- [2] 熊燕, 徐斌, 张细权, 舒鼎铭. 岭南黄鸡不同配套系种蛋孵化失重率比较 [J]. 广东农业科学, 2017, 44(8): 113–119. DOI: 10.16768/j.issn.1004-874X.2017.08.018.
- XIONG Y, XU B, ZHANG X Q, SHU D M. Comparison of hatching weight loss of egg from different parents stocks of Linnan yellow broiler [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2017, 44(8): 113–119. DOI: 10.16768/j.issn.1004-874X.2017.08.018.
- [3] 甘建仇, 詹勋, 刘雄, 罗庆斌. 黄羽肉种鸡主要繁殖性状的相关性分析 [J]. 广东农业科学, 2012, 39(6): 106–108. DOI: 10.16768/j.issn.1004-874X.2012.06.035.
- GAN J K, ZHAN X, LIU X, LUO Q B. Correlation analysis of main reproductive traits in yellow broiler breeders [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2012, 39(6): 106–108. DOI: 10.16768/j.issn.1004-874X.2012.06.035.
- [4] ZHU C, JIANG Z Y, JIANG S Q, ZHOU G L, LIN Y C, CHEN F, HONG P. Maternal energy and protein affect subsequent growth performance, carcass yield, and meat color in Chinese Yellow broilers [J]. *Poultry Science*, 2012, 91: 1869–1878. DOI: 10.3382/ps.2011-02059.
- [5] CHEN F, JIANG Z Y, JIANG S Q, LI L, LIN X J, GOU Z Y, FAN Q L. Dietary vitamin A supplementation improved reproductive performance by regulating ovarian expression of hormone receptors, caspase-3 and Fas in broiler breeders [J]. *Poultry Science*, 2015, 95: 30–40. DOI: 10.3382/ps/pev305.
- [6] 鞠科, 肖从兴. 不同能量水平对广西三黄鸡肉种鸡育成期的生产性能和血液生化指标影响 [J]. 畜牧与饲料科学, 2009, 30(10): 25–26. DOI: 10.16003/j.cnki.issn1672-5190.2009.10.038.
- JU K, XIAO C X. Effects of dietary different energy levels on performance and blood biochemical parameters of breed hens of Guangxi three yellow chicken during growing period [J]. *Animal Husbandry and Feed Science*, 2009, 30(10): 25–26. DOI: 10.16003/j.cnki.issn1672-5190.2009.10.038.
- [7] 朱翠, 蒋宗勇, 蒋守群, 周桂莲, 林映才, 陈芳, 郑春田, 洪平. 日粮代谢能和蛋白质水平对30~39周龄岭南黄羽肉种鸡繁殖性能的影响 [J]. 中国农业科学, 2012, 45(1): 159–169. DOI: 10.3864/j.issn.0578-1752.2012.01.019.
- ZHU C, JIANG Z Y, JIANG S Q, ZHOU G L, LIN Y C, CHEN F, ZHENG C T, HONG P. Effect of dietary metabolizable energy and crude protein levels on performance of Lingnan yellow-feathered broiler breeders [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2012, 45(1): 159–169. DOI: 10.3864/j.issn.0578-1752.2012.01.019.
- [8] 马杰, 陈鹏, 郭福有, 李春雨, 杨纯芬. 夏季高温环境下快大黄羽肉种鸡产蛋后期最适能量和蛋白质水平的研究 [J]. 饲料工业, 2008, 29(15): 8–11. DOI: 10.3969/j.issn.1001-991X.2008.15.003.
- MA J, CHEN P, GUO F Y, LI C Y, YANG C F. Research of the best energy and protein level of yellow broiler breeder hens under high temperature [J]. *Feed Industry*, 2008, 29(15): 8–11. DOI: 10.3969/j.issn.1001-991X.2008.15.003.
- [9] 王钱保, 黎寿丰, 赵振华, 黄华云, 李春苗, 薛龙岗. 饲粮不同粗蛋白水平对S3系肉种鸡生产性能、繁殖性能及蛋品质的影响 [J]. 动物营养学报, 2016, 28(5): 1377–1383. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2016.05.013.
- WANG Q B, LI S F, ZHAO Z H, HUANG H Y, LI C M, XUE L G. Effects of dietary different crude protein levels on performance, reproductive performance and egg quality of S3 broiler breeders [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2016, 28(5): 1377–1383. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2016.05.013.
- [10] 林夏菁, 范秋丽, 苟钟勇, 李龙, 王一冰, 蒋守群. 低蛋白质氨基酸平衡饲粮对黄羽肉种鸡产蛋性能、蛋品质、孵化性能和氮排放的影响 [J]. 动物营养学报, 2021, 33(2): 802–810. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2021.02.001.

- j.issn.1006-267x.2021.02.021.
- [1] LIN X J, FAN Q L, GOU Z Y, LI L, WANG Y B, JIANG S Q. Effects of low protein amino acid balance diet on laying performance egg quality, hatching performance and nitrogen excretion of yellow-feathered broiler breeders [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2021, 33(2): 802-810. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2021.02.021.
- [11] GOU Z, JIANG Z, ZHANG S, LIN X, WANG Y, RUAN D, FAN Q, YE J, MAO S, JIANG S. Modelling nitrogen-corrected apparent metabolisable energy requirement for egg production of 3 BW types of Yellow Broiler breeder hens during the egg-laying period [J]. *Animal*, 2022, 22: 100633. DOI: 10.1016/j.animal.2022.100633.
- [12] 洪平,蒋守群,胡友军,郑春田,阮栋,丁发源. 46~53周龄黄羽肉种鸡蛋氨酸需要量研究[J]. 中国畜牧杂志, 2013, 49(23): 31-35. DOI: 10.3969/j.issn.0258-7033.2013.23.008.
- HONG P, JIANG S Q, HU Y J, ZHENG C T, RUAN D, DING F Y. Methionine requirement of yellow-feathered broiler breeders aged from 46 to 53 Weeks [J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2013, 49(23): 31-35. DOI: 10.3969/j.issn.0258-7033.2013.23.008.
- [13] 李建民,侯玉泽,董淑丽,郑国清,王玉海. 岭南黄肉种鸡产蛋高峰期日粮适宜蛋氨酸含量的试验研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2002(4): 6-7. DOI: 10.13881/j.cnki.hljxmsy.2002.04.004.
- LI J M, HOU Y Z, DONG S L, ZHENG G Q, WANG Y H. Experimental study of dietary optimum methionine content in Lingnan yellow-feathered broiler breeders during peak period of laying [J]. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2002 (4): 6-7. DOI: 10.13881/j.cnki.hljxmsy.2002.04.004.
- [14] 刘文斐,刘伟龙,占秀安,浦琴华. 不同形式蛋氨酸对肉种鸡生产性能、免疫指标及抗氧化功能的影响[J]. 动物营养学报, 2013, 25(9): 2118-2125. DOI: 10.3969 /j.issn.1006-267x.2013.09.026.
- LIU W F, LIU W L, ZHAN X A, PU Q H. Effects of different methionine sources on performance, immune indices and antioxidant function of broiler breeders [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25(9): 2118-2125. DOI: 10.3969 /j.issn.1006-267x.2013.09.026.
- [15] 阮栋,周桂莲,蒋守群,陈芳,洪平. 饲粮赖氨酸水平对60~67周龄黄羽肉种鸡产蛋性能、蛋品质、血液生化及孵化性能的影响//中国畜牧兽医学会动物营养学分会第十一次全国动物营养学术研讨会论文集[C]. 2012:138.
- RUAN D, ZHOU G L, JIANG S Q, CHEN F, HONG P. Effects of dietary lysine level on laying performance, egg quality, blood biochemical parameters and hatching performance of yellow broiler breeder hens aged from 60 to 67 weeks// Animal nutrition branch of Chinese society of animal husbandry and veterinary medicine—Proceedings of the eleventh national symposium [C]. 2012:138.
- [16] JIANG S Q, HEBATALLAH K E, FAN Q L, LIN X J, GOU Z Y, LI L, WANG Y B, FOUAD A M, JIANG Z Y. Effects of dietary threonine supplementation on productivity and expression of genes related to protein deposition and amino acid transportation in breeder hens of yellow-feathered chicken and their offspring [J]. *Poultry Science*, 2019, 98: 6826-6836. DOI: 10.3382/ps/pez420.
- [17] JIANG S Q, GOU Z Y, LIN X J, LI L. Effects of dietary tryptophan levels on performance and biochemical variables of plasma and intestinal mucosa in yellow-feathered broiler breeders [J]. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2018, 102: e387-e394. DOI: 10.1111/jpn.12757.
- [18] 马玉娥,占秀安,朱巧明,刘伟龙. 饲粮色氨酸水平对黄羽肉种鸡生产性能、抗氧化功能及血清生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2011, 23(12): 2177-2182. DOI: 10.3969 /j.issn.1006-267x.2011.12.020.
- MA Y E, ZHAN X A, ZHU Q M, LIU W L. Dietary tryptophan level affects performance, antioxidant function and serum biochemical indices of yellow-feathered broiler breeders [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2011, 23(12): 2177-2182. DOI: 10.3969 /j.issn.1006-267x.2011.12.020.
- [19] 荀钟勇,蒋守群,蒋宗勇,郑春田,李龙,陈芳,林夏菁,范秋丽. 饲粮精氨酸水平对黄羽肉种鸡产蛋高峰期繁殖性能的影响 [J]. 动物营养学报, 2017, 29(6): 1904-1912. DOI: 10.3969 /j.issn.1006-267x.2017.06.011.
- GOU Z Y, JIANG S Q, JIANG Z Y, ZHENG C T, LI L, CHEN F, LIN X J, FAN Q L. Effects of dietary arginine levels on reproductive performance of Chinese yellow-feathered broiler breeders during peak period of laying [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2017, 29(6): 1904-1912. DOI: 10.3969 /j.issn.1006-267x.2017.06.011.
- [20] 孙步相. 饲粮精氨酸水平对于黄羽肉种鸡产蛋高峰期繁殖性能影响分析[J]. 吉林畜牧兽医, 2019, 7: 9-10. DOI: 10.3969 /j.issn.1672-2078.2019.07.002.
- SUN B X. Effects of dietary arginine levels on reproductive performance of yellow broiler breeders during peak period of laying [J]. *Jilin Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2019, 7: 9-10. DOI: 10.3969 /j.issn.1672-2078.2019.07.002.
- [21] LIN X J, LI L, GOU Z Y, FAN Q L, WANG Y B, JIANG S Q. Reproductive performance, metabolism and oxidative stress profile in Chinese yellow-feathered broiler breeder hens fed multiple levels of isoleucine [J]. *British Poultry Science*, 2021, 62(4): 509-516. DOI: 10.1080/00071668.2021.1894322.
- [22] 洪平,周桂莲,蒋守群,阮栋,陈芳. 饲粮钙水平对49~56周龄黄羽肉种鸡繁殖性能和胫骨性能的影响[J]. 动物营养学报, 2013, 25(2): 310-318. DOI: 10.3969 /j.issn.1006-267x.2013.02.011.
- HONG P, ZHOU G L, JIANG S Q, RUAN D, CHEN F. Effects of dietary calcium level on reproductive performance and tibia quality of yellow-feathered broiler breeders aged from 49 to 56 weeks [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25(2): 310-318. DOI: 10.3969 /j.issn.1006-267x.2013.02.011.
- [23] 蒋守群,蒋宗勇,郑春田,丁发源,阮栋. 饲粮非植酸磷水平对39~46周龄黄羽肉种母鸡繁殖性能、胫骨指标和血浆生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2015, 27(2): 559-568. DOI: 10.3969 /j.issn.1006-267x.2015.02.028.
- JIANG S Q, JIANG Z Y, ZHENG C T, DING F Y, RUAN D. Effect of dietary non-phytate phosphorus level on reproduction performance, tibial indexes and plasma biochemical indexes of yellow feathered broiler breeders aged from 39 to 46 weeks [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2015, 27(2): 559-568. DOI: 10.3969 /j.issn.1006-267x.2015.02.028.
- [24] 李龙,蒋守群,郑春田,丁发源,荀钟勇,陈芳,林夏菁. 不同钙磷比水平对黄羽肉种鸡生产性能和血浆生化指标的影响//中国畜牧兽医学会动物营养学分会第十二次动物营养学术研讨会论文集[C]. 2016:290.
- LI L, JIANG S Q, ZHENG C T, DING F Y, GOU Z Y, CHEN F, LIN X J. Effect of different calcium-phosphorus ratio level on production performance and plasma biochemical indexes of yellow feathered broiler breeders//Animal nutrition branch of Chinese society of animal husbandry and veterinary medicine—Proceedings of the twelfth national symposium [C]. 2016:290.
- [25] GOU Z Y, FAN Q L, LI L, JIANG Z Y, LIN X J, CUI X Y, WANG Y B, ZHENG C T, JIANG S Q. Effects of dietary iron on reproductive performance of Chinese yellow broiler breeder hens during the egg-laying period [J]. *Poultry Science*, 2020, 99: 3921-3929. DOI: 10.3382/ps/pez006.
- [26] LI L, ABOUELEZZ K F M, GOU Z, LIN X, WANG Y, FAN Q,

- CHENG Z, DING F, JIANG S, JIANG Z. Optimization of dietary zinc requirement for broiler breeder hens of Chinese yellow-feathered chicken [J]. *Animals*, 2019, 9: 472. DOI: 10.3390/ani9070472.
- [27] ABUBAKAR N S, FU W L, ZHU X T. Effects of supplemental dietary zinc-methionine on the reproductive performance and plasma levels of estrogen and progesterone of Yuehuang broiler breeders [J]. *Journal of South China Agricultural University (Natural Science Edition)*, 2004, 24(2): 67–72.
- [28] GOU Z Y, FAN Q L, LI L, WANG Y B, LIN X J, CUI X Y, YE J L, DING F Y, CHENG Z G, ABOUELEZZ K, JIANG S Q. High dietary copper induces oxidative stress and leads to decreased egg quality and reproductive performance of Chinese yellow broiler breeder hens [J]. *Poultry Science*, 2021, 100(3): 100779. DOI: 10.1016/j.psj.2020.10.033.
- [29] 王一冰, 陈芳, 蒋守群, 苟钟勇, 李龙, 林厦菁, 范秋丽, 崔小燕. 产蛋高峰期黄羽肉种鸡饲粮中锰适宜添加水平 [J]. 动物营养学报, 2019, 31(10): 4527–4536. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2019.10.016. WANG Y B, CHEN F, JIANG S Q, GOU Z Y, LI L, LIN X J, FAN Q L, CUI X Y. Dietary optimal supplemental level of manganese for Chinese yellow-feathered breeder hens during peak period of laying [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(10): 4527–4536. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2019.10.016.
- [30] 余丹, 邹成义, 殷勤, 申雅鸽, 宋小燕. 蛋氨酸硒对大恒肉种鸡繁殖性能的影响 [J]. 动物营养学报, 2014, 26(11): 3414–3419. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2014.11.030. YU D, ZOU C Y, YIN Q, SHEN Y G, SONG X Y. Effects of selenomethionine on reproductive performance in daheng broiler breeders [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2014, 26(11): 3414–3419. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2014.11.030.
- [31] 武如娟, 占秀安, 赵茹茜, 王永侠, 张习文, 鄢彦昭, 呼慧娟. 不同构型硒代蛋氨酸对岭南黄父母代肉种鸡生产性能和组织硒沉积的影响 [J]. 动物营养学报, 2010, 22(1): 151–156. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2010.01.023. WU R J, ZHAN X A, ZHAO R Q, WANG Y X, ZHANG X W, QIE Y Z, HU H J. Effect of different selenomethionine forms and levels on the performance and tissues Se deposition of Lingnan parental broiler breeders [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2010, 22(1): 151–156. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2010.01.023.
- [32] 刘伟龙, 占秀安, 王永侠, 鄢彦昭, 武如娟. 肉种鸡补充硒代蛋氨酸对后代肉鸡肉质的影响及作用机理 [J]. 动物营养学报, 2011, 23(3): 417–425. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2011.03.010. LIU W L, ZHAN X A, WANG Y X, QIE Y Z, WU R J. Dietary DL-selenomethionine supplementation of broiler breeder diets affects the meat quality of the progeny [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2011, 23(3): 417–425. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2011.03.010.
- [33] 王一冰, 李龙, 范秋丽, 林厦菁, 苟钟勇, 蒋守群. 快大型黄羽肉种鸡饲粮中维生素A最适添加量的研究 [J]. 动物营养学报, 2021, 33(4): 2001–2012. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2021.04.020. WANG Y B, LI L, FAN Q L, LIN X J, GOU Z Y, JIANG S Q. Optimal supplementation level of vitamin A in diets on fast-growing yellow-feathered breeder hens [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2021, 33(4): 2001–2012. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2021.04.020.
- [34] 王一冰, 陈芳, 苟钟勇, 李龙, 林厦菁, 张盛, 蒋守群. 快大型黄羽肉种鸡VD3需要量研究 [J]. 中国农业科学, 2021, 54(16): 3549–3560. DOI: 10.3864/j.issn.0578-1752.2021.16.016. WANG Y B, CHEN F, GOU Z Y, LI L, LIN X J, ZHANG S, JIANG S Q. Requirement of vitamin D3 on fast-growing yellow-feathered breeder hens [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2021, 54(16): 3549–3560. DOI: 10.3864/j.issn.0578-1752.2021.16.016.
- [35] 王一冰, 张盛, 陈志龙, 范秋丽, 陈芳, 丁发源, 程忠刚, 蒋守群. 维生素D3对黄羽肉种鸡生殖性状及其后代肉鸡生长性能、免疫器官发育、胫骨性状和肉品质的影响 [J]. 动物营养学报, 2022, 34(3): 1533–1546. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2022.03.017. WANG Y B, ZHANG S, CHEN Z L, FAN Q L, CHEN F, DING F Y, CHENG Z G, JIANG S Q. Effects of vitamin D3 on reproductive traits of yellow-feathered broiler breeders and the growth performance, immune organ development, tibia characteristics and meat quality of offspring broilers [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2022, 34(3): 1533–1546. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2022.03.017.
- [36] 林夏菁, 蒋守群, 李龙, 陈芳, 苟钟勇, 吴绮雯, 范秋丽, 蒋宗勇. 饲粮添加维生素E和酵母硒对黄羽肉种鸡产蛋性能、孵化性能及蛋中维生素E和硒沉积量的影响 [J]. 动物营养学报, 2017, 29(5): 1515–1526. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2017.05.009. LIN X J, JIANG S Q, LI L, CHEN F, GOU Z Y, WU Y W, FAN Q L, JIANG Z Y. Effects of Dietary vitamin E and selenoyeast on laying performance, hatching performance and vitamin E and selenium deposition in egg of yellow-feathered broiler breeders [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2017, 29(5): 1515–1526. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2017.05.009.
- [37] 彭焕伟, 张克英, 白世平, 丁雪梅, 朱庆, 邓伟. 维生素组合对54~69周龄青脚麻肉种鸡繁殖性能及雏鸡质量的影响 [J]. 中国畜牧杂志, 2012, 48(1): 46–50. DOI: 10.3969/j.issn.0258-7033.2012.01.012. PENG H W, ZHANG K Y, BAI S P, DING X M, ZHU Q, DENG W. Effect of vitamin combination on reproduction and chick quality of Blue-footed broiler breeders aged from 54 to 69 weeks [J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2012, 48(1): 46–50. DOI: 10.3969/j.issn.0258-7033.2012.01.012.
- [38] 杨瑛, 计成, 林影. 季节因素对黄羽肉种鸡氨基酸消化率的影响 [J]. 中国饲料, 2001(15): 3–5. DOI: 10.3969/j.issn.1004-3314.2001.15.003. YANG Y, JI C, LIN Y. Effect of seasonal factor on amino acid digestibility of yellow broiler breeders [J]. *China Feed*, 2001(15): 3–5. DOI: 10.3969/j.issn.1004-3314.2001.15.003.
- [39] 计成, 杨瑛, 马秋刚, 许万根. 去盲肠和正常黄羽肉种鸡对三种非常规蛋白饲料氨基酸消化率的比较研究 [J]. 中国农业大学学报, 2002, 7(1): 114–120. DOI: 10.3321/j.issn:1007-4333.2002.01.021. JI C, YANG Y, MA Q G, XU W G. Influence of cecectomy on the amino acid digestibility of three unconventional protein feedstuffs in Chinese yellow-feather broiler breeders [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2002, 7(1): 114–120. DOI: 10.3321/j.issn:1007-4333.2002.01.021.
- [40] 黄正洋, 李春苗, 王钱保, 顾云梦, 黄华云, 穆春宇, 梁忠, 段炼, 黎寿丰, 赵振华. 饲粮纤维水平对苏禽3号肉种鸡生产性能、肉品质、蛋品质及血清生化指标的影响 [J]. 中国家禽, 2021, 43(10): 48–53. DOI: 10.16372/j.issn.1004-6364.2021.10.007. HUANG Z Y, LI C M, WANG Q B, GU Y M, HUANG H Y, MU C Y, LIANG Z, DUAN L, LI S F, ZHAO Z H. Effects of dietary fiber level on production performance, meat quality, egg quality and serum biochemical index in Suqin No.3 broiler breeders [J]. *China Poultry*, 2021, 43(10): 48–53. DOI: 10.16372/j.issn.1004-6364.2021.10.007.
- [41] 殷勤, 余丹. 萍籽粕对大恒肉种鸡生产性能和孵化性能的影响研究 [J]. 四川畜牧兽医, 2016, (7): 29–31. DOI: 10.3969/j.issn.1001-8964.2016.07.011. YIN Q, YU D. Effect of rapeseed meal on production and hatching performance of Daheng broiler breeders [J]. *Sichuan Animal & Veterinary Medicine*, 2016, (7): 29–31. DOI: 10.3969/j.issn.1001-8964.2016.07.011.
- [42] WANG Y B, WANG Y, LIN X J, GOU Z Y, FAN Q L, JIANG S Q.

- Effects of *Clostridium butyricum*, sodium butyrate, and butyric acid glycerides on the reproductive performance, egg quality, intestinal health, and offspring performance of yellow-feathered breeder hens [J]. *Frontiers in Microbiology*, 2021, 12: 657542. DOI: 10.3389/fmicb.2021.657542.
- [43] 刘苑青, 郭福有, 杨纯芬. 酵母培养物对黄羽肉种鸡生产性能和孵化性能的影响[J]. 饲料工业, 2011, 32(24): 1-3. DOI: 10.3969/j.issn.1001-991X.2011.24.001.
- LIU Y Q, GUO F Y, YANG C F. Effect of yeast culture on production and hatching performance of broiler breeders [J]. *Feed Industry*, 2011, 32(24): 1-3. DOI: 10.3969/j.issn.1001-991X.2011.24.001.
- [44] 杨昭远. 高活性酵母对良凤肉种鸡生产性能、种蛋质量、孵化成绩及血清生化指标的影响[D]. 南宁: 广西大学, 2015. DOI: 10.7666/d.Y3086932.
- YANG Z Y. Effects of high-activity yeast on production performance, breeding egg quality, hatching performance, and serum biochemical parameters of Liangfeng broiler breeders [D]. Nanning: Guangxi University, 2015. DOI: 10.7666/d.Y3086932.
- [45] 尚秀国, 朱晓萍. 热应激状况下益生素对集约化饲养的黄羽肉种鸡生产性能的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2009, 45(11): 50-53.
- SHANG X G, ZHU X P. Effects of probiotics supplementation on production performance of intensive rearing yellow broiler breeders under heat stress [J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2009, 45(11): 50-53.
- [46] 杨福剑, 张宗尧, 何胜学, 龙升, 谢建华. 枯草芽孢杆菌与植物精油组合对广西地方肉种鸡生产性能的影响[J]. 饲料博览, 2020(11—): 6-9. DOI: 10.3969/j.issn.1001-0084.2020.11.002.
- YANG F J, ZHANG Z Y, HE S X, LONG S, XIE J H. Effect of the combination of *Bacillus subtilis* and plant essential oil on production performance of Guangxi local broiler breeders [J]. *Feed Review*, 2020 (11): 6-9. DOI: 10.3969/j.issn.1001-0084.2020.11.002.
- [47] 林夏菁, 苟钟勇, 范秋丽, 叶金玲, 王一冰, 蒋守群. 饲粮中添加植物精油对黄羽肉种鸡产蛋性能、孵化性能、生殖器官发育以及血浆和肝脏生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2022, 34(2): 888-896. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2022.02.022.
- LIN X J, GOU Z Y, FAN Q L, YE J L, WANG Y B, JIANG S Q. Effects of dietary plant essential oil on laying performance, egg quality, hatching performance, reproductive organ development and plasma and liver biochemical indices of yellow-feathered breeder hens [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2022, 34(2): 888-896. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2022.02.022.
- [48] 詹勋, 冯幼, 王修启, 罗庆斌, 曾佩玲, 于贵朝, 舒绪刚. 类黄酮对黄羽肉种鸡生产性能的影响[J]. 粮食与饲料工业, 2008 (11): 30-33. DOI: 10.3969/j.issn.1003-6202.2008.11.013.
- ZHAN X, FENG Y, WANG X Q, LUO Q B, ZENG P L, YU G C, SHU X G. Effect of flavonoids on production performance of yellow broiler breeders [J]. *Cereal and Feed Industry*, 2008, 11: 30-33. DOI: 10.3969/j.issn.1003-6202.2008.11.013.
- [49] 王钱保, 黎寿丰, 赵振华, 黄华云, 李春苗, 薛龙岗. 大豆黄酮对肉种鸡产蛋和繁殖性能的影响[J]. 动物营养学报, 2016, 28(2): 593-597. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2016.02.035.
- WANG Q B, LI S F, ZHAO Z H, HUANG H Y, LI C M, XUE L G. Effects of daidzein on laying and reproductive performance of broiler breeders [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2016, 28(2): 593-597. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2016.02.035.
- [50] 郭振环, 马霞, 王恬, 沈志强. 蜂胶黄酮对宿主细胞抗病毒能力的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2016, 43(8): 2190-2195. DOI: 10.16431/j.cnki.1671-7236.2016.08.036.
- GUO Z H, MA X, WANG T, SHEN Z Q. Effects of propolis flavone on antiviral ability of host cell [J]. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2016, 43(8): 2190-2195. DOI: 10.16431/j.cnki.1671-7236.2016.08.036.
- [51] 卢燕珊. 蜂胶黄酮类化合物的提取分离及其生物活性研究[D]. 广州: 广东药科大学, 2020. DOI: 10.27690/d.cnki.ggdyk.2020.000184.
- LU Y S. Study on the extraction, separation and bioactivities of propolis flavonoids [D]. Guangzhou: Guangdong Pharmaceutical University, 2020. DOI: 10.27690/d.cnki.ggdyk.2020.000184.
- [52] 詹勋, 曾佩玲, 王修启, 黎相广, 张军民. 蜂胶黄酮对黄羽肉种鸡生产性能的影响[J]. 中国饲料, 2010(13): 11-15. DOI: 10.15906/j.cnki.cn11-2975/s.2010.13.003.
- ZHAN X, ZENG P L, WANG X Q, LI X G, ZHANG J M. Effect of propolis flavone on production performance of yellow broiler breeders [J]. *Chinese Feed*, 2010 (13): 11-15. DOI: 10.15906/j.cnki.cn11-2975/s.2010.13.003.
- [53] 贺长青, 张金河, 曲湘勇, 董伟. 中草药制剂对黄羽肉种鸡产蛋后期生产性能的影响[J]. 湖南畜牧兽医, 2012(5): 16-19. DOI: 10.3969/j.issn.1006-4907.2012.05.008.
- HE C Q, ZHANG J H, QU X Y, DONG W. Effect of Chinese traditional medicine on production of yellow broiler breeders during late laying period [J]. *Hunan Journal of Animal Science and Veterinary Medicine*, 2012(5): 16-19. DOI: 10.3969/j.issn.1006-4907.2012.05.008.
- [54] 朱飞, 刘艳妍, 韩月, 邹梅, 邵强, 王友, 潘晓亮. L-茶氨酸对产蛋后期岭南黄肉种鸡免疫及抗氧化性能的影响[J]. 饲料研究, 2017(12): 13-17, 31. DOI: 10.13557/j.cnki.issn1002-2813.2017.12.003.
- ZHU F, LIU Y Y, HAN Y, ZOU M, SHAO Q, WANG Y, PAN X L. Effect of L-theanine addition on immunologic and antioxidant properties of Lingnan yellow broiler breeders during late laying period [J]. *Feed Research*, 2017(12): 13-17, 31. DOI: 10.13557/j.cnki.issn1002-2813.2017.12.003.
- [55] 夏磊, 占秀安, 朱巧明, 王永侠, 刘伟龙, 马玉娥. γ -氨基丁酸对热应激肉种鸡产蛋性能和繁殖性能的影响[J]. 动物营养学报, 2012, 24(1): 137-144. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2012.01.020.
- XIA L, ZHAN X A, ZHU Q M, WANG Y X, LIU W L, MA Y E. γ -aminobutyric acid affects laying and reproductive performance of broiler breeders under heat stress [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2012, 24(1): 137-144. DOI: 10.3969/j.issn.1006-267x.2012.01.020.
- [56] 梁明振, 许晟伟, 杨明柳, 韦颂汉, 覃小荣. 炎热夏季种鸡饲粮中添加电解质对生产繁殖性能的影响[J]. 广西农学报, 2011, 26(6): 54-56. DOI: 10.3969/j.issn.1003-4374.2011.06.016.
- LIANG M Z, XU S W, YANG M L, WEI S H, QIN X R. Effects of electrolyte supplementation in breeder diets on reproductive performance in hot summer [J]. *Journal of Guangxi Agriculture*, 2011, 26(6): 54-56. DOI: 10.3969/j.issn.1003-4374.2011.06.016.
- [57] 苟钟勇, 王一冰, 林夏菁, 李龙, 范秋丽, 叶金玲, 蒋守群. 黄羽肉鸡营养与饲料研究进展[J]. 广东农业科学, 2020, 47(11):125-134. DOI:10.16768/j.issn.1004-874X.2020.11.014.
- GOU Z Y, WANG Y B, LIN X J, LI L, FAN Q L, YE J L, JIANG S Q. Research progress in nutrition and feed of yellow-feathered broiler chickens [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2020,47(11):125-134. DOI:10.16768/j.issn.1004-874X.2020.11.014.

(责任编辑 崔建勋)