

# 蛋鸭营养研究进展

张亚男 陈伟 阮栋 王爽 夏伟光 郑春田\*

(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, 广东省动物育种与营养公共实验室, 广东省畜禽育种与营养研究重点实验室, 广州 510640)

**摘要:** 蛋鸭养殖业已发展成我国畜牧业的重要部分。随着产业进步、环境和生态发展的要求, 蛋鸭养殖逐渐由传统的水养向笼养方式转变, 相应的营养研究也需不断发展和完善。本文从饲料营养素需要量、非常规饲料原料的利用、蛋壳品质的营养调控、应激对蛋鸭的影响及其营养调控 4 个方面, 简述了蛋鸭营养的研究进展, 以为蛋鸭养殖业的健康可持续发展提供技术支持。

**关键词:** 蛋鸭; 营养需要; 非常规原料; 蛋壳品质; 应激

**中图分类号:** S834

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-267X(2020)10-4637-09

近年来, 蛋鸭养殖业已发展成我国畜牧业的重要部分, 随着产业转型升级和环保等问题, 蛋鸭养殖逐渐由传统水养方式向笼养方式转变。笼养蛋鸭可提高生产效率和蛋品质, 减少脏蛋, 提高经济效益, 具有广阔的发展前景。据统计, 近几年我国的鸭蛋年均产量已达 400 万 t, 产值 300 多亿元, 并具有继续增长的趋势。除品种的选育优化, 环境和管理水平的提高及蛋鸭的营养研究也是促进蛋鸭业健康发展的重要因素。因此, 本文从饲料营养素需要量、非常规饲料原料的利用、蛋壳品质的营养调控、应激对蛋鸭的影响及其营养调控 4 个方面, 综述了蛋鸭营养的研究进展, 以为蛋鸭养殖业的健康可持续发展提供技术支撑。

## 1 饲料营养素需要量的研究

确定饲料营养素的需要量是保证蛋鸭健康、高效生产的基础。与蛋鸡相比, 蛋鸭营养素的需要量研究较晚, 学者曾综述了中大体型(金定鸭和绍兴鸭)蛋鸭营养需要的研究进展<sup>[1-2]</sup>。本文主要

总结了近几年关于小体型蛋鸭和种鸭(龙岩山麻鸭)的营养需要量研究结果(表 1), 并与中大体型蛋鸭进行比较, 以期完善蛋鸭的营养需要量研究, 为蛋鸭合理高效的生产提供科学依据。

采用能量(10.88、10.46、10.04 MJ/kg)×蛋白质水平(18.26%、17.07%、16.42%)双因子试验研究, 结果表明饲料能量和蛋白质水平对开产期蛋鸭(16~18 周龄)的产蛋性能无显著影响; 但在高峰期, 能量水平的降低会显著降低平均蛋重; 在产蛋后期, 蛋白质和能量水平降低, 产蛋率和日产蛋重均降低, 料蛋比升高。以产蛋性能为评价指标, 龙岩山麻鸭产蛋初期饲料适宜的能量和蛋白质水平分别为 10.88 MJ/kg 和 17.07%, 即每天每只鸭的需要量分别为 1.47 MJ 和 23.04 g; 高峰期饲料适宜的能量和蛋白质水平分别为 10.46 MJ/kg 和 17.07%, 即每天每只鸭的需要量分别为 1.60 MJ 和 26.12 g; 后期饲料适宜的能量和蛋白质水平分别为 10.04 MJ/kg 和 16.42%, 即每天每只鸭的需要量分别为 1.48 MJ 和 25.75 g<sup>[3]</sup>。由此可见, 高

收稿日期: 2020-08-12

基金项目: 国家自然科学基金(31802082); 国家现代农业产业技术体系(CARS-42-13); 国家重点研发项目(2018YFD0501504); 动物健康养殖国际科技合作示范基地(2019A050505007); 广东省自然科学基金(2018A030310198, 2019A1515012231, 2019A1515010912); 广东省水禽产业技术体系创新团队(2019KJ137); 广州市科技计划重点项目(201804020091, 201904020001)

作者简介: 张亚男(1988—), 女, 山东德州人, 副研究员, 博士, 从事蛋品质营养调控研究。E-mail: zyn3299@126.com

\* 通信作者: 郑春田, 研究员, 硕士生导师, E-mail: zhengchuntian@gdaas.cn

峰期能量和蛋白质每日需求量最高,前期和后期能量和蛋白质需求量降低;前期和后期能量需求相近,后期蛋白质需求量高于前期。采用能量(2 600、2 500、2 400 kcal/kg)(1 kcal=4.186 8 kJ)×蛋白质水平(19%、18%、17%)的双因素试验,研究结果表明饲料含有19%蛋白质和2 451 kcal/kg的能量,能最大限度地提高种鸭的繁殖性能和孵化效果,即每天每只鸭的需要量分别为402 kcal和28.4 g<sup>[4]</sup>。综上所述,与中大体型蛋鸭相比,小体型蛋鸭能量、蛋白质需求降低;与蛋鸭相比,蛋种鸭的能量需求低于小体型鸭,但蛋白质需求高于中大体型鸭。中大体型蛋鸭能量需要量为2 700 kcal/kg,蛋白质需要量为18%;小体型蛋鸭开产前期饲料能量需要量为2 500 kcal/kg,高峰期和后期能量需要量为2 600 kcal/kg,开产前期和高峰期饲料蛋白质需要量为17%,后期蛋白质需要量为18%;蛋种鸭饲料能量需要量为2 451 kcal/kg,蛋白质需要量为19%。

氨基酸营养需要量及不同氨基酸之间的平衡对于动物的生长和饲料粗蛋白质利用效率具有决定意义,更是研究理想蛋白质模式的基础。饲料添加蛋氨酸(0.26%~0.51%)可显著提高高峰期蛋鸭的平均蛋重和日产蛋重,降低料蛋比,增加蛋清重量,并随水平增加呈二次曲线变化,但却降低了蛋壳厚度。以最佳平均蛋重、日产蛋重、饲料转化率和蛋清重量为评价指标,建议高峰期蛋鸭饲料的蛋氨酸的水平分别为0.429、0.413、0.411和0.457%,即每只鸭每天蛋氨酸的需要量分别为686、661、658和731 mg<sup>[5-6]</sup>。蛋种鸭饲料添加蛋氨酸(0.200%~0.575%)可线性提高蛋重和饲料转化率,提高孵化率,建议蛋种鸭的饲料蛋氨酸水平为0.4%,即每天每只鸭需要量为672 mg<sup>[7]</sup>。饲料添加赖氨酸(0.75%~0.95%)对蛋鸭的产蛋率、日产蛋重和料蛋比无显著影响,但是显著提高了平均蛋重,线性降低了蛋壳厚度和壳重比例。以获得最佳平均蛋重,且不降低蛋壳品质为评价指标,建议饲料赖氨酸水平为0.80%,即每只鸭每天赖氨酸的需要量为1 280 mg<sup>[8]</sup>。蛋种鸭饲料添加赖氨酸(0.64%~1.01%)可提高蛋鸭的产蛋性能、孵化性能及后代雏鸭的蛋白质周转速度,综合分析建议蛋种鸭饲料赖氨酸水平为0.86%,即每天每只鸭赖氨酸需求量为1 376 mg<sup>[9]</sup>。饲料添加苏氨酸(0.39%~0.64%)显著影响蛋鸭的产蛋率、平

均蛋重、日产蛋重和料蛋比,并随水平增加呈线性和二次曲线变化;提高了蛋清重及其比例,降低了蛋黄重及其比例。建议高峰期蛋鸭饲料苏氨酸水平为0.57%~0.58%,即每天每只鸭苏氨酸的需要量为912~928 mg<sup>[10]</sup>。饲料添加精氨酸(0.66%~1.46%)线性提高了高峰期和全期的平均蛋重,线性提高蛋壳厚度和蛋黄颜色,二次曲线性提高了蛋黄比例;提高次级卵泡数目和重量及其与卵巢重的比例;提高了次级卵泡膜中极低密度脂蛋白的基因表达,并随水平增加呈线性和二次曲线变化。二次曲线性提高了血浆精氨酸的含量,线性降低了血浆孕酮含量。以最佳蛋黄比例、次级卵泡数量、重量及其与卵巢重的比值为评价指标,建议蛋鸭饲料精氨酸水平分别为1.06%、1.13%、1.22%和1.11%,即每天每只鸭精氨酸的需要量分别为1 696、1 808、1 952、1 776 mg<sup>[11]</sup>。饲料添加色氨酸(0.12%~0.32%)对蛋鸭的产蛋性能无显著影响,但显著提高了蛋黄颜色和肝脏中总抗氧化物酶的活性,建议蛋鸭饲料色氨酸水平为0.20%,即每天每只鸭色氨酸的需要量为320 mg<sup>[12]</sup>。

矿物质元素是畜禽生长发育不可缺少的营养物质,其饲喂量的高低不仅影响蛋鸭的正常生长,还与产蛋性能和蛋品质密切相关。随着饲料钙水平(2.8%~4.4%)的增加,线性提高了产蛋率和日产蛋重,降低了料蛋比,线性提高了血清钙和降钙素的含量,提高了新鲜胫骨的重量,以产蛋性能、蛋壳品质和胫骨质量为评价指标,建议蛋鸭高峰期饲料钙水平分别为3.6%、4.0%和3.2%,即每天每只鸭钙的需要量分别为5.76、6.40和5.44 g<sup>[13]</sup>。随着蛋种鸭饲料钙水平分别(2.8%~4.4%)的增加,线性提高了产蛋量、蛋重和饲料转化率,改善种鸭的蛋壳品质和胫骨性能;综合分析建议饲料钙水平为3.86%~4.00%,即每天每只种鸭钙的需要量为6.18~6.40 g<sup>[14]</sup>。饲料磷水平(0.20%~0.45%)对产蛋性能和蛋品质无显著影响,以骨密度和骨矿盐含量为评价指标,得出蛋鸭饲料适宜磷水平为0.33%~0.38%,即每天每只鸭磷需要量为544.5~627.0 mg。生产中,仅考虑生产性能,建议饲料磷水平为0.20%,即每天每只鸭磷需要量为330 mg<sup>[15]</sup>。饲料添加锌(15~90 mg/kg)显著影响了产蛋初期和高峰期的产蛋率和日产蛋重,改善了血浆和肝脏的抗氧化状态,综合产蛋性能和机体抗氧化性能,推荐在基础饲料(37 mg/kg)

中锌的添加量为 30~45 mg/kg,即每天每只鸭锌的需要量为 9.05~11.07 mg(开产期),高峰期的需要量为 10.05~12.30 mg<sup>[16]</sup>。对蛋种鸭而言,饲料添加锌(10~160 mg/kg)可影响产蛋性能、蛋壳厚度、胫骨性能、血浆抗氧化水平和锌沉积,综合得出,在基础饲料(锌含量为 27.7 mg/kg)中添加 70~80 mg/kg 锌,可满足种鸭产蛋期的需要<sup>[17]</sup>。在基础饲料(锰含量为 19.1 mg/kg)中添加 15~90 mg/kg 锰对产蛋性能和蛋品质无显著影响,但显著提高了机体抗氧化能力,建议锰的添加量为 90 mg/kg,饲料锰水平为 109.1 mg/kg,即每天每只鸭锰的需要量为 15.86 mg<sup>[18]</sup>。在蛋种鸭上,在基础饲料(锰含量为 17.5 mg/kg)中添加 85~95 mg/kg 锰,可满足蛋种鸭产蛋期的需要,即每天每只鸭锰的需要量为 13.6~15.2 mg<sup>[19]</sup>。饲料添加硒(0.08~0.40 mg/kg)显著影响了产蛋初期的产蛋率、日产蛋重和料蛋比,但对高峰期的产蛋性能无显著影响,但可改善机体的抗氧化状态,以达到最佳产蛋性能,建议开产期和高峰期饲料硒水平分别为 0.17 和 0.20 mg/kg,即每天每只鸭硒需要量分别约为 0.024 和 0.030 mg<sup>[20]</sup>。饲料添加硒(0.19~0.30 mg/kg)可提高蛋种鸭的蛋硒沉积率、种蛋受精率和肝脏的抗氧化能力,当饲料中硒含量为 0.19 mg/kg 时,即可提高蛋种鸭及其后代的抗氧化能力,当饲料中硒含量为 0.27 mg/kg 时,蛋种鸭受精率和孵化率最高;建议种鸭饲料硒的水平为 0.19~0.27 mg/kg,即每天每只鸭硒的需要量为 0.030~0.048 mg<sup>[21]</sup>。基础饲料(铁含量为 52.2 mg/kg)中添加铁(15~75 mg/kg)显著影响了产蛋初期蛋鸭的平均蛋重,通过建立二次曲线模型估测产蛋初期蛋鸭的饲料铁适宜水平为 73.9 mg/kg,即每天每只鸭铁的需要量约为 9.31 mg;产蛋高峰期,综合考虑产蛋性能、蛋品质、肝脏和血液指标以及生产成本,山麻鸭饲料铁适宜水平为 52.2 mg/kg,即每天每只鸭铁的需要量约为 6.84 mg<sup>[22]</sup>。在基础饲料(铜含量为 4.6 mg/kg)中添加铜(0~24 mg/kg)对产蛋性能、蛋品质和血液脂质代谢指标无显著影响,建议饲料铜水平为 4.6 mg/kg,即每天每只鸭铜需要量为 0.69 mg<sup>[23]</sup>。综上所述,与中大型鸭相比,小型鸭矿物元素需求量降低,蛋种鸭的矿物元素需求量基本介于前两者之间。中大体型蛋鸭饲料需要量:钙为 3.18%,磷为 0.37%,锌为 113 mg/kg,铜

为 10 mg/kg,硒为 0.25 mg/kg,铁为 75 mg/kg,锰为 100 mg/kg;小体型蛋鸭饲料需要量:钙为 3.6%,磷为 0.20%,锌为 67 mg/kg,铜为 4.6 mg/kg,硒为 0.20 mg/kg,铁为 52 mg/kg,锰为 109 mg/kg;蛋种鸭饲料需要量:钙为 3.48%,锌为 98~108 mg/kg,硒为 0.19~0.30 mg/kg,锰为 103~113 mg/kg。

维生素是维持蛋鸭正常生长、免疫和健康的重要营养素。饲料添加维生素 A(2 000~120 00 IU/kg)对产蛋性能和蛋品质无显著影响,但显著提高了血浆谷胱甘肽过氧化物酶和总超氧化物歧化酶的活性,高峰期维生素 A 添加量为 8 000 IU/kg 时,生产性能较好,即每天每只鸭维生素 A 需要量约为 1 343 IU<sup>[24]</sup>。饲料添加烟酸(15~90 mg/kg)对开产蛋鸭的产蛋性能无显著影响,提高了蛋壳厚度和蛋黄中胆固醇的含量,降低了血浆胆固醇、甘油三酯、低密度脂蛋白的含量,增加了高密度脂蛋白含量。综合产蛋性能、蛋品质和血液生化指标的结果,建议蛋鸭产蛋初期饲料烟酸的适宜添加水平为 15 mg/kg,即每天每只鸭烟酸的需要量为 2.1 mg<sup>[25]</sup>。饲料添加叶酸(0.5~8.0 mg/kg)对产蛋性能无显著影响,但显著影响了蛋壳厚度和蛋壳相对重,提高了优势卵泡的重量及与卵巢重的比例及血浆孕酮和促黄体生成素的含量。以蛋壳相对重和蛋壳厚度为评价指标,建议玉米-豆粕型饲料叶酸适宜添加水平为 1.0 mg/kg,即每天每只鸭叶酸的需要量为 0.145 mg<sup>[26]</sup>。饲料添加核黄素(3~18 mg/kg)对产蛋性能无显著影响,但提高了哈氏单位和蛋白高度,有提高蛋黄色泽的趋势,提高了血浆和肝脏的抗氧化能力,饲料核黄素水平为 6 mg/kg 时,蛋鸭可获得较好的产蛋性能和蛋品质,即每天每只鸭核黄素的需要量约为 0.882 mg;提高核黄素水平,可显著提高蛋鸭机体抗氧化能力,且添加水平不低于 12 mg/kg,即每天每只鸭核黄素的需要量约为 1.764 mg<sup>[27]</sup>。

与中大体型蛋鸭相比,小体型蛋鸭饲料能量、蛋白质、微量元素需求降低,而维生素和部分氨基酸需要量相似。中大体型蛋鸭饲料需要量:能量为 2 700 kcal/kg,粗蛋白质为 18%,锌为 113 mg/kg,铜为 10 mg/kg,硒为 0.25 mg/kg,铁为 75 mg/kg<sup>[1]</sup>,小体型蛋鸭开产前期饲料能量需要量为 2 500 kcal/kg,高峰期和后期饲料能量需要

量为 2 600 kcal/kg, 开产前期和高峰期饲粮蛋白质需要量为 17%, 后期蛋白质为 18%, 锌为 67 mg/kg, 铜为 4.6 mg/kg, 硒为 0.20 mg/kg, 铁为 52 mg/kg。小体型蛋鸭蛋氨酸需要量较高(0.40% vs. 0.35%), 其他氨基酸基本一致。

## 2 非常规饲料原料的利用

非常规饲料资源的开发利用(包括提取分离、脱毒和改性等关键技术)是缓解常规能量和蛋白质饲料资源不足、降低饲养成本、提高经济效益的重要途径<sup>[28]</sup>。蛋鸭耐粗饲, 抗逆性强, 非常规饲料原料在蛋鸭生产中的应用具有重要意义。

### 2.1 能量饲料替代类

米糠作为次级能量饲料, 是良好的玉米替代品<sup>[29]</sup>。米糠是大米最有营养的部分, 是生物活性植物化学物质的良好来源, 如  $\gamma$ -谷维素、生育酚和生育三烯醇。米糠(6%~30%) 在蛋鸭生产试验中的研究表明, 饲粮使用 18% 的米糠不会影响蛋鸭(19~31 周龄) 的产蛋性能、蛋品质和机体的抗氧化状态, 而使用量  $\geq$  24%, 会降低蛋品质<sup>[30]</sup>。

高粱的营养成分类似于玉米, 相比于玉米原料, 高粱皮下含有较多单宁(又叫鞣酸或单宁酸)和多酚, 不仅影响味觉和营养价值, 还对动物机体产生直接的毒性作用。目前经过遗传选育后, 高粱中单宁成分已经降低到 0.06%~1.50%, 低单宁高粱在家禽中代谢能与玉米无显著差异<sup>[31]</sup>。高粱(10%~60%) 在蛋鸭生产试验中结果表明, 蛋鸭饲粮中使用 20% 低单宁高粱时, 蛋鸭高峰期产蛋性能最佳, 30% 高粱组平均蛋重最低, 40% 高粱组产蛋率最低, 但高粱膨化后, 可减少蛋重的降低<sup>[32]</sup>。

油菜籽因种皮中含有硫甙、单宁等抗营养物质, 生产中很少直接用作动物饲料。膨化加工后, 可改变物料的物理、化学性质, 从而改善物料的适口性, 提高物料的消化利用率。油菜籽经膨化后, 粗脂肪和粗蛋白质的消化率分别提高了 120% 和 55% 以上<sup>[33]</sup>。油菜籽(1.5%~7.5%) 在蛋鸭生产试验中表明, 蛋鸭饲粮中添加 3.5%~5.5% 的膨化油菜籽能有较好的产蛋性能, 并改善蛋黄色泽, 并随膨化油菜籽用量的增加, 蛋黄色泽逐渐加深<sup>[34]</sup>。

### 2.2 蛋白质饲料替代类

玉米干酒精糟及其可溶物(DDGS) 是酒精行业玉米发酵的副产品, 已被广泛用作家禽饲料的饲料原料。玉米 DDGS(6%~30%) 在蛋鸭生产试

验中表明, 随玉米 DDGS 使用量的增加, 蛋鸭的平均蛋重、哈氏单位、蛋白含量和蛋白比例线性降低, 蛋黄颜色呈线性增加。玉米 DDGS 使用量 > 18%, 哈氏单位显著降低, 玉米 DDGS 使用量 > 24% 时, 蛋白重量显著降低, 玉米 DDGS 使用量 > 30%, 蛋鸭的抗氧化能力显著下降。在不影响产蛋性能、蛋品质和抗氧化能力的情况下, 建议蛋鸭饲粮中玉米 DDGS 的使用量不高于 18%<sup>[35]</sup>。

饼粕类非常规原料为油料作物去油后的副产物, 通常蛋白质含量高, 作为饲料蛋白质来源具有较高的利用价值, 主要包括棉籽粕、棕榈粕等。棉籽粕(4.5%~22.5%) 在蛋鸭生产试验中表明, 饲粮棉籽粕水平低于 9% 时不影响高峰期蛋鸭产蛋性能、蛋品质, 组织无损伤, 胸肌及蛋中未检测出棉酚残留。与对照组相比, 13.5%、18.0% 和 22.5% 组显著降低了平均蛋重, 22.5% 组显著降低了平均蛋重和日产蛋重并显著提高了料蛋比<sup>[36]</sup>。棕榈粕(3%~12%) 在蛋鸭生产的应用, 棕榈粕使用量在 6%~12% 时, 可降低平均蛋重, 但不影响蛋鸭机体抗氧化功能和器官发育; 以平均蛋重为评价指标, 推荐蛋鸭饲粮中棕榈粕使用量不高于 3%<sup>[37]</sup>。

发酵饲料是利用益生菌对饲料进行发酵得到的一种新型微生物类饲料, 其生产过程中微生物发酵可产生大量有益于动物健康的代谢产物, 具有提高饲料利用率、改善肠道健康等特点<sup>[38]</sup>。饲粮发酵酒糟(0、2%、4%) 在蛋鸭生产中应用研究表明, 4% 发酵酒糟可改善蛋鸭(35~46 周龄) 的产蛋性能, 提高日产蛋重, 降低料蛋比, 改善蛋黄颜色, 这可能是通过增加蛋鸭空肠糜蛋白酶、胰蛋白酶活性而提高对蛋白质的利用效率, 进而降低了后肠段残留蛋白质含量<sup>[39]</sup>。

非常规植物蛋白质饲料还包括一些草粉类。苜蓿含有丰富的蛋白质、膳食纤维、矿物质和维生素等营养成分。紫花苜蓿营养物质含量: 粗蛋白质 18.0%、粗纤维 35.7%、粗脂肪 2.4%、钙 1.46%、磷 0.22%。苜蓿草粉(1%、3%、5%、7%) 在蛋鸭生产试验中表明, 饲粮中添加 5% 苜蓿草粉可以改善蛋鸭的产蛋性能, 增加蛋壳厚度, 加深蛋黄颜色, 但 7% 组产蛋性能比 5% 组有所下降<sup>[40]</sup>。西兰花茎叶粉中含有丰富的营养成分: 粗蛋白质 23%、粗纤维 7.4%、粗脂肪 4.25%、粗灰分 12.2%、钙 1.76%、总磷 0.59%。西兰花茎叶粉(0、4%、6%、8%) 在蛋鸭生产试验中表明, 饲粮中添加 6% 西兰

花茎叶粉改善了蛋鸭的蛋品质、蛋白高度、蛋黄颜色、哈氏单位、蛋壳强度和厚度均显著提高,蛋黄胆固醇含量显著降低,当添加到 8% 时,各指标就会有所降低<sup>[41]</sup>。

综上所述,蛋鸭饲料中使用米糠( $\leq 18\%$ )、高粱( $\leq 20\%$ 低单宁)、油菜籽(3.5%~5.5%)、玉米 DDGS( $\leq 18\%$ )、棕榈粕( $\leq 3\%$ )、棉籽粕( $\leq 9\%$ )、发酵酒糟( $\leq 4\%$ )、苜蓿草粉( $\leq 5\%$ )、西兰花茎叶粉( $\leq 6\%$ )可维持蛋鸭的正常生产需求,不会影响蛋鸭的产蛋性能和鸭蛋品质。上述非常规饲料原料在蛋鸭生产中的应用研究,多数未考虑到原料中营养成分的消化利用率。并且,非常规饲料资源品种繁多,营养成分差异大,组成不平衡,原料稳定性差。因此,准确评定非粮型饲料营养价值、饲用价值以及安全性,完善鸭饲料原料数据库,对高效的蛋鸭生产至关重要。

### 3 蛋壳品质的调控

近年来,由于蛋壳品质降低导致的蛋壳破损问题,已成为蛋鸭养殖业和鸭蛋加工业的重点关注问题,特别在产蛋后期,蛋壳质量变得薄而脆,蛋壳更易破损。蛋壳品质(裂纹或破损)也会影响鸭蛋制品的品质,产生坏蛋、臭蛋、蛋黄溶解等。因此,蛋壳品质的调控对蛋鸭养殖业和鸭蛋加工业具有重要意义。

蛋壳主要由碳酸钙(94%~97%)组成,还包含少量的有机基质(蛋白聚糖、基质蛋白等)。碳酸钙晶体以方解石的形式存在,晶体的大小、形状、排列方式能够决定蛋壳结构,影响蛋壳强度和厚度<sup>[42]</sup>。除厚度和强度外,蛋壳的韧性和超微结构也逐渐被作为评价蛋壳品质的重要指标。近期,本课题组对比研究了产蛋高峰期和后期蛋壳品质的差异,与高峰期相比,产蛋后期蛋壳的强度、厚度、蛋壳指数和韧性均显著降低;这主要与蛋壳超微结构致密性降低有关,例如乳突密度降低、乳突厚度升高、栅栏层厚度降低,原因是产蛋后期钙代谢降低导致的碳酸钙沉积减少有关。在蛋壳动态形成过程中采集鸭蛋进行测定,再次验证乳突层和栅栏层是导致产蛋后期蛋壳结构变差和品质降低的重要因素。因此,调控后期蛋鸭蛋壳在乳突和栅栏层的晶体形成,可有效改善蛋壳品质。前期试验发现,产蛋鸭饲料钙缺乏(0.38%)导致蛋壳厚度和强度降低,蛋壳结构损伤,外壳皴裂明

显,内壳乳突密度降低,与蛋壳腺内基质蛋白的基因表达降低有关,钙水平恢复正常后饲喂 60 d,蛋鸭的蛋壳品质恢复正常<sup>[43]</sup>。大粒(1.18~2.00 mm)钙源较小粒( $<0.10$  mm)可显著提高蛋壳强度,提高蛋壳中钙和磷含量,蛋壳的超微结构更加致密<sup>[44]</sup>。低磷饲料添加植酸酶可提高蛋壳厚度和强度,降低破蛋率<sup>[45]</sup>。因此,调控钙磷代谢是改善蛋鸭蛋壳品质,尤其是改善产蛋后期蛋壳品质的重要方向。

近来研究发现,饲料添加微量元素和微生物制剂、有机酸和中草药提取物等添加剂可改善蛋壳品质,且在产蛋后期效果显著,一方面可能是通过调控蛋壳中蛋白聚糖基质蛋白等有机基质的形成,另一方面可能是通过改善体内的钙磷代谢而调控蛋壳碳酸钙的沉积。在蛋壳形成过程中,基质蛋白可以磷酸化、糖基化的形式或与免疫相关的基质蛋白,参与蛋壳形成而调控蛋壳的结构和品质<sup>[46]</sup>。糖胺聚糖贯穿蛋壳形成的全过程,是蛋白聚糖的功能性区域,影响钙化组织结构的强度和韧性。在高峰期蛋鸭,饲料添加锌<sup>[17]</sup>或锰<sup>[19]</sup>对鸭蛋的蛋壳品质无显著影响。与高峰期相比,产蛋后期蛋鸭体内的代谢,包括能量、蛋白质、脂质代谢降低,在产蛋后期的调控较高峰期具有显著作用。

蛋壳的形成是动态时序性过程,在子宫内完成。经过钙化起始、线性沉积和钙化末期 3 个阶段完成蛋壳的钙化,期间需要子宫持续分泌大量的钙离子和有机基质。子宫内的钙离子一部分来源于肠道吸收,另一部分来源于髓骨的动员。因此,调控钙离子在肠道的吸收转运、髓骨的动员及子宫的分泌,是影响蛋壳形成钙代谢的重要部分。同时,基质蛋白、蛋白聚糖等有机基质的调控,也是改善蛋壳结构和品质的重要方向。

### 4 应激对蛋鸭的影响及其营养调控

应激是动物遇到刺激后做出的一种非特异性免疫反应,适当的刺激下,可以增强动物的生产力和抵抗力,但当环境变化过大或时间过长就会破坏机体内环境的稳定,造成组织和器官的病理性损伤,出现不正常的生理生化反应。随着蛋鸭采取网上、笼养饲养方式,蛋鸭更易受到应激的影响,如热应激、冷应激、上笼应激等。

热应激是蛋鸭养殖生产中常见的一种应激,

尤其在华南地区,持续的高温高湿环境,使蛋鸭处于热应激的状态,严重影响蛋鸭生产。研究表明,热应激会显著降低蛋鸭的产蛋性能,主要与采食量降低、蛋白质合成减少、内分泌功能紊乱、抗氧化能力降低以及钙磷平衡失调有关<sup>[47]</sup>。热应激还会导致蛋鸭血清中血清总蛋白、白蛋白和球蛋白的含量降低,血清谷草转氨酶、谷丙转氨酶和肌酸激酶的活性升高,导致免疫功能降低,肝脏和心脏功能受损<sup>[48]</sup>。高温破坏了蛋鸭下丘脑中氧化-抗氧化系统之间的平衡,导致下丘脑中谷胱甘肽还原酶、促氧化酶环氧合酶-1、促氧化酶环氧合酶-2和细胞色素 *P4507A1* 的基因表达下降,血浆谷胱甘肽含量和谷胱甘肽过氧化物酶活性降低,从而抑制蛋鸭的食欲<sup>[49]</sup>。高温会影响血清中腺垂体分泌的部分激素含量以及血管活性肠肽、下丘脑和腺垂体中部分激素的 mRNA 相对表达量,降低蛋鸭小黄卵泡数量,还会造成肝脏组织水肿、空泡等异常现象,十二指肠长绒毛长度有所下降,血清炎症因子白细胞介素-1 $\beta$  含量有升高趋势,引起肝脏炎症,降低蛋鸭产蛋性能<sup>[50]</sup>。热应激下,饲料中添加 0.15 mg/kg 酵母硒能提高蛋鸭平均日采食量、体重、饲料利用率和血清总胆固醇含量,降低血液中谷草转氨酶和乳酸脱氢酶活性,缓解对肝脏的损害作用<sup>[51]</sup>。育成期金定鸭饲料中添加 500 mg/kg 维生素 C 可显著增加高温环境下蛋鸭的采食量,提高胸腺指数,增强免疫功能,促进卵巢和输卵管的发育,保护肝脏<sup>[52]</sup>。饲料中添加 220 mg/kg 的维生素 E 可改善热应激下育成期蛋鸭的生长性能,保护肝脏功能,促进免疫器官和生殖器官的发育<sup>[53]</sup>。

冷应激是北方蛋鸭养殖中常见的应激之一,会导致蛋鸭体温降低、代谢受阻,采食量增加,饲料浪费严重,产生较多的粪便,使舍内环境更加的恶劣。在低温下,机体抗氧化状态失衡,谷胱甘肽过氧化物酶、超氧化物歧化酶活性和总抗氧化能力下降,丙二醛含量显著升高。在低温下,饲料中添加维生素 A (2 500、5 000、10 000 IU/kg) 能提高育成期蛋鸭在低温环境中的生长性能,增加输卵管的重量和长度<sup>[54]</sup>。饲料中添加核黄素 (16、32 mg/kg) 可以缓解机体冷应激导致的抗氧化状态失衡<sup>[55]</sup>。饲料添加 0.30 mg/kg 硒,可提高机体的抗氧化状态,一定程度上缓解冷应激,提高机体耐寒能力<sup>[56]</sup>。饲料中添加维生素 E (57 ~

143 IU/kg) 有利于初产蛋鸭卵泡刺激素、促黄体生成素、雌二醇的分泌和抗氧化能力的提高<sup>[57]</sup>。饲料中添加 200 mg/kg 的维生素 C 可减缓蛋鸭免疫器官(胸腺、脾脏和法氏囊)的萎缩,增加卵巢和输卵管的重量及输卵管的长度,提高机体的免疫功能和抗氧化能力<sup>[58]</sup>。

无论热或冷应激,都会导致机体的氧化状态失衡,产生氧化应激。重金属(如铅或镉)也会导致鸭卵巢氧化应激和细胞凋亡<sup>[59]</sup>,引起鸭肝脏热休克蛋白和炎症细胞因子相关基因的表达增加,导致鸭肝脏应激、炎症反应、组织损伤<sup>[60]</sup>。此外,笼养蛋鸭舍内各位置的细菌、气溶胶、有害气体和各种环境参数分布特征以及上笼等因素会造成蛋鸭应激,从而引起精神状态不佳,体温升高,食欲减退,产蛋率下降,呼吸道炎症以及自身的免疫功能发生紊乱。上笼应激导致蛋鸭十二指肠损伤,增加十二指肠的氧化应激损伤程度<sup>[61]</sup>。饲料中添加抗氧化剂(如 500 mg/kg 维生素 C、375 mg/kg 维生素 E、500 mg/kg 白藜芦醇、625 mg/kg 包被丁酸钠)可有效缓解上笼应激<sup>[62]</sup>。

笼养蛋鸭易受到刺激而产生应激,多数反映为体内氧化还原状态的失衡,在给予蛋鸭相应营养需要适应笼养的基础上,还应着重改善蛋鸭机体的免疫和抗氧化能力,减少应激反应,提高抗应激的能力,如添加抗应激的营养物质或添加剂等。

## 5 小 结

近年来,蛋鸭的营养研究取得了较大进展,蛋鸭营养素需要量研究不断完善,非常规饲料原料的使用更加合理规范,产蛋性能和蛋壳品质得到改善,增强蛋鸭的抗应激和抗氧化能力等营养调控措施不断增多,但仍有很多问题值得研究:1) 如何适应蛋鸭笼养的变化而调控改善产蛋性能、蛋品质、羽毛生长状况及机体的健康状况,是营养调控的研究重点;2) 在营养需要的基础上,利用理想氨基酸模式,研究开发低蛋白质饲料,减少环境氮排放,亦是蛋鸭营养研究的重要方向;3) 鸭蛋腥味的形成机制及调控措施亟需深入探究;4) 鸭蛋加工制品(咸蛋或皮蛋)的品质与鲜蛋品质和蛋壳品质有关,如何提高鲜蛋的抗氧化能力,减少脂质氧化会降低咸蛋的白心和硬心率,减少蛋黄的溶解;或通过蛋壳多孔性的超微结构的调控,直接影响咸蛋品质。因此,从咸蛋或皮蛋加工的角度出发,改善鸭蛋品质和蛋壳

品质,亦是蛋鸭营养研究的重要方向。

### 参考文献:

- [ 1 ] 林映才,蒋守群,张罕星.蛋鸭的营养需要研究进展 [C]//第二届广东饲料发展战略高层论坛暨 2009 广东省饲料行业年会论文集.广州:广东省饲料工业协会,2009.
- [ 2 ] FOUAD A M, RUAN D, WANG S, et al. Nutritional requirements of meat-type and egg-type ducks; what do we know? [J]. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 2018, 9:1.
- [ 3 ] 夏伟光,张罕星,林映才,等.饲料代谢能和粗蛋白质水平对蛋鸭产蛋性能的影响[J].*动物营养学报*, 2014, 26(12):3599-3607.
- [ 4 ] XIA W G, ABOUELEZZ K F M, FOUAD A M, et al. Productivity, reproductive performance, and fat deposition of laying duck breeders in response to concentrations of dietary energy and protein [J]. *Poultry Science*, 2019, 98(9):3729-3738.
- [ 5 ] 阮栋,林映才,张罕星,等.蛋氨酸水平对开产期麻鸭产蛋性能、蛋品质及卵巢形态的影响[J].*中国畜牧杂志*, 2012, 48(7):34-38.
- [ 6 ] FOUAD A M, RUAN D, LIN Y C, et al. Effects of dietary methionine on performance, egg quality and glutathione redox system in egg-laying ducks [J]. *British Poultry Science*, 2016, 57(6):818-823.
- [ 7 ] RUAN D, FOUAD A M, FAN Q L, et al. Effects of dietary methionine on productivity, reproductive performance, antioxidant capacity, ovalbumin and antioxidant-related gene expression in laying duck breeders [J]. *British Journal of Nutrition*, 2018, 119(2):121-130.
- [ 8 ] FOUAD A M, CHEN W, RUAN D, et al. Effects of dietary lysine supplementation on performance, egg quality, and development of reproductive system in egg-laying ducks [J]. *Journal of Applied Animal Research*, 2017, 46(1):386-391.
- [ 9 ] RUAN D, FOUAD A M, ZHANG Y N, et al. Effects of dietary lysine on productivity, reproductive performance, protein and lipid metabolism-related gene expression in laying duck breeders [J]. *Poultry Science*, 2019, 98(11):5734-5745.
- [ 10 ] FOUAD A M, ZHANG H X, CHEN W, et al. Estimation of *L*-threonine requirements for *Longyan* laying ducks [J]. *Asian-Australas Journal of Animal Science*, 2017, 30(2):206-210.
- [ 11 ] XIA W G, FOUAD A M, CHEN W, et al. Estimation of dietary arginine requirements for *Longyan* laying ducks [J]. *Poultry Science*, 2017, 96(1):144-150.
- [ 12 ] 张罕星,陈伟,李燕,等.蛋鸭产蛋高峰期色氨酸适宜需要量 [J]. *动物营养学报*, 2016, 28(4):1060-1067.
- [ 13 ] XIA W G, ZHANG H X, LIN Y C, et al. Evaluation of dietary calcium requirements for laying *Longyan* shelducks [J]. *Poultry Science*, 2015, 94(12):2932-2937.
- [ 14 ] XIA W G, CHEN W, MOHAMMED K F M, et al. Estimation of calcium requirements for optimal productive and reproductive performance, eggshell and tibial quality in egg-type duck breeders [J]. *Animal*, 2019, 13(10):2207-2215.
- [ 15 ] 张罕星,林映才,马现永,等.蛋鸭产蛋高峰期磷需求参数的研究 [C]//中国畜牧兽医学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.北京:中国畜牧兽医学,2012.
- [ 16 ] CHEN W, WANG S, ZHANG H X, et al. Optimization of dietary zinc for egg production and antioxidant capacity in Chinese egg-laying ducks fed a diet based on corn-wheat bran and soybean meal [J]. *Poultry Science*, 2017, 96(7):2336-2343.
- [ 17 ] ZHANG Y N, WANG S, LI K C, et al. Estimation of dietary zinc requirement for laying duck breeders: effects on productive and reproductive performance, egg quality, tibial characteristics, plasma biochemical and antioxidant indices, and zinc deposition [J]. *Poultry Science*, 2020, 99(1):454-462.
- [ 18 ] FOUAD A M, LI Y, CHEN W, et al. Effects of dietary manganese supplementation on laying performance, egg quality and antioxidant status in laying ducks [J]. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 2016, 11(9):570-575.
- [ 19 ] ZHANG Y N, WANG S, HUANG X B, et al. Estimation of dietary manganese requirement for laying duck breeders: effects on productive and reproductive performance, egg quality, tibial characteristics, serum biochemical and antioxidant indices [J]. *Poultry Science*, 2020, doi:10.1016/j.psj.2020.06.076.
- [ 20 ] CHEN W, ZHANG H X, WANG S, et al. Estimation of dietary selenium requirement for Chinese egg-laying ducks [J]. *Animal Production Science*, 2015, 55(8):1056-1063.
- [ 21 ] XIA W G, CHEN W, ABOUELEZZ K F M, et al. The effects of dietary Se on productive and reproductive performance, tibial quality, and antioxidant capacity in laying duck breeders [J]. *Poultry Science*, 2020, 99(8):3971-3978.

- [22] 夏伟光,林映才,郑春田,等.饲料铁水平对山麻鸭产蛋性能、蛋品质及肝脏和血液指标的影响[J].动物营养学报,2016,28(1):71-78.
- [23] FOUAD A M, LI Y, CHEN W, et al. Effects of dietary copper supplementation on laying performance, egg quality and plasma cholesterol fractions in laying ducks [J]. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2016, 15(9): 878-882.
- [24] 王爽,张罕星,陈伟,等.饲料维生素 A 水平对产蛋高峰期蛋鸭生产性能、蛋品质及血液抗氧化指标的影响[J].中国家禽,2016,38(13):26-30.
- [25] 王爽,张罕星,陈伟,等.饲料烟酸水平对产蛋初期蛋鸭生产性能、蛋品质及血液生化指标的影响[C]//全国动物生理生化第七届全国代表大会暨第十三次学术交流会论文摘要汇编.北京:中国畜牧兽医学会,2014.
- [26] 夏伟光,王胜利,陈伟,等.饲料叶酸添加水平对山麻鸭产蛋性能、蛋品质、生殖器官及血浆生殖激素指标的影响[J].动物营养学报,2016,28(7):2024-2031.
- [27] 王爽,张罕星,陈伟,等.饲料核黄素水平对蛋鸭生产性能、蛋品质、血液生化及抗氧化指标的影响[C]//全国动物生理生化第七届全国代表大会暨第十三次学术交流会论文摘要汇编.北京:中国畜牧兽医学会,2014.
- [28] 阮栋,林映才,郑春田,等.蛋鸭非粮型饲料资源利用技术研究进展[J].中国家禽,2015,37(16):44-48.
- [29] MOONGNARM A, DAOMUKDA N, KHUMPIKA S. Chemical compositions, phytochemicals, and antioxidant capacity of rice bran, rice bran layer, and rice germ [J]. *APCBEE Procedia*, 2012, 2: 73-79.
- [30] RUANG D, LIN Y C, CHEN W, et al. Effects of rice bran on performance, egg quality, oxidative status, yolk fatty acid composition, and fatty acid metabolism-related gene expression in laying ducks [J]. *Poultry Science*, 2015, 94(12): 2944-2951.
- [31] SAUVANT D, PEREZ J M, TRAN G. Tables of composition and nutritive value of feed materials: pig poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses, fish [M]. Versailles: Wageningen Academic Publishers, 2004.
- [32] 陈伟,阮栋,王爽,等.饲料中应用不同水平高粱对蛋鸭产蛋性能和蛋品质的影响[J].中国家禽,2016,38(15):31-36.
- [33] 张巍,严念东,郭万正,等.膨化菜子对肉鸡生产性能的影响[J].湖北农业科学,2014,53(18):4368-4370,4373.
- [34] 张巍,严念东,赵娜,等.饲料中添加不同比例膨化油菜籽对蛋鸭产蛋性能及蛋黄品质的影响[J].饲料工业,2018,39(18):40-42.
- [35] RUAN D, FOUAD A M, FAN Q L, et al. Effects of corn dried distillers' grains with solubles on performance, egg quality, yolk fatty acid composition and oxidative status in laying ducks [J]. *Poultry Science*, 2018, 97(2): 568-577.
- [36] 阮栋,林映才,张罕星,等.饲料棉籽粕水平对高峰期蛋鸭产蛋性能、蛋品质、血浆生化指标、卵巢形态及棉酚残留的影响[J].动物营养学报,2014,26(2):353-362.
- [37] 王爽,张亚男,FOUAD A M,等.饲料棕榈粕添加水平对产蛋期蛋鸭产蛋性能、蛋品质、器官发育及抗氧化功能的影响[J].动物营养学报,2020,32(3):1196-1203.
- [38] CHENG G Y, HAO H H, XIE S Y, et al. Antibiotic alternatives: the substitution of antibiotics in animal husbandry? [J]. *Frontiers in Microbiology*, 2014, 5: 217.
- [39] 阮栋,刘建高,陈伟,等.发酵饲料对蛋鸭产蛋性能、蛋品质、肠道消化酶活性及免疫功能的影响[J].动物营养学报,2019,31(12):5740-5749.
- [40] 袁旭红,张玲,张胜富,等.苜蓿草粉对“苏邮1号”蛋鸭生产性能及蛋品质的影响[J].中国家禽,2013,35(22):51-53.
- [41] 李志兰,左安燕,胡彩虹.西兰花茎叶粉对蛋鸭生产性能和蛋品质的影响[J].畜牧与兽医,2010,42(9):37-39.
- [42] HINCKE M T, NYS Y, GAUTRON J, et al. The eggshell: structure, composition and mineralization [J]. *Frontiers in Bioscience*, 2012, 17(1): 1266-1280.
- [43] CHEN W, ZHAO F, TIAN Z M, et al. Dietary calcium deficiency in laying ducks impairs eggshell quality by suppressing shell biomineralization [J]. *Journal of Experimental Biology*, 2015, 218(20): 3336-3343.
- [44] WANG S, CHEN W, ZHANG H X, et al. Influence of particle size and calcium source on production performance, egg quality, and bone parameters in laying ducks [J]. *Poultry Science*, 2014, 93(10): 2560-2566.
- [45] 李燕,张罕星,林映才,等.低磷饲料添加植酸酶对蛋鸭产蛋性能、蛋品质和胫骨指标的影响[J].中国家禽,2015,37(14):30-34.
- [46] 张亚男,陈伟,阮栋,等.基质蛋白对蛋壳品质的调控[J].动物营养学报,2019,31(1):24-31.
- [47] MA X Y, LIN Y C, ZHANG H X, et al. Heat stress impairs the nutritional metabolism and reduces the productivity of egg-laying ducks [J]. *Animal Reproduction Science*, 2014, 145(3/4): 182-190.

- [48] 唐雪峰,李建柱,赵存真,等.热应激对淮南麻鸭血清生化指标及肝脏与心脏 HSP70 mRNA 表达的影响[J].中国畜牧杂志,2018,54(6):61-64.
- [49] LUO X,ZHENG C T,XIA W G,et al.Effects of constant or intermittent high temperature on egg production,feed intake, and hypothalamic expression of antioxidant and pro-oxidant enzymes genes in laying ducks[J].Journal of Animal Science,2018,96(12):5064-5074.
- [50] 黄植霞.热应激对蛋鸭产蛋性能及组织损伤的影响[D].硕士学位论文.广州:仲恺农业工程学院,2018.
- [51] 陈希萍,王晔,景栋林,等.酵母硒对高温环境下笼养育成蛋鸭生长性能和部分血液生化指标的影响[J].中国畜牧兽医,2017,44(11):3208-3213.
- [52] 李浩杰,景栋林,王晔,等.维生素 C 对高温环境下笼养育成蛋鸭生长性能和生化指标的影响研究[J].中国饲料,2017(18):19-23.
- [53] 陈希萍,景栋林,李浩杰,等.维生素 E 对高温环境下笼养育成蛋鸭生长性能及血液生化指标的影响[J].中国畜牧杂志,2017,53(11):75-79.
- [54] 原立海,王安.低温和维生素 A 对育成蛋鸭生产性能及生化指标的影响[J].东北农业大学学报,2008,39(2):207-212.
- [55] 芦燕,王安.饲料粮核黄素和低温对育成蛋鸭抗氧化状况和性成熟的影响[C]//中国畜牧兽医学会动物营养学分会第十次学术研讨会论文集.北京:中国农业科学技术出版社,2008.
- [56] 王安,王宏强,范承浩.冷应激对后备蛋鸭生长的影响及微量元素硒对其作用[J].饲料工业,2013,34(2):9-13.
- [57] 靳峰涛.低温环境维生素 E 对初产蛋鸭激素分泌和生化指标的影响[D].硕士学位论文.哈尔滨:东北农业大学,2012.
- [58] 宋树豪.低温和维生素 C 对笼养育成蛋鸭生产性能及生化指标的影响[D].硕士学位论文.哈尔滨:东北农业大学,2009.
- [59] CAO H B,XIA B,ZHANG M M,et al.Changes of antioxidant function and the mrna expression levels of apoptosis genes in duck ovaries caused by molybdenum or/and cadmium[J].Biological Trace Element Research,2016,171(2):410-418.
- [60] CAO H B,GAO F Y,XIA B,et al.Alterations in trace element levels and mRNA expression of Hsps and inflammatory cytokines in livers of duck exposed to molybdenum or/and cadmium[J].Ecotoxicology and Environmental Safety,2016,125:93-101.
- [61] 顾天天,田勇,周玮,等.上笼应激对绍兴鸭十二指肠组织结构、抗氧化能力及基因 mRNA 表达量的影响[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2020,46(2):234-242.
- [62] 刘香杉.抗应激剂对上笼应激蛋鸭肝脏和十二指肠损伤的影响[D].硕士学位论文.哈尔滨:东北农业大学,2019.

## Nutritional Research Progress of Laying Ducks

ZHANG Yanan CHEN Wei RUAN Dong WANG Shuang XIA Weiguang ZHENG Chuntian\*

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

**Abstract:** Laying duck production has been an important part of animal breeding in China. With the development of industry and environmental problems, laying ducks have been transported to the cages for feeding, and the nutritional researches need further study. The article was focused on the nutrition requirements studies, the use of non-regular feed materials, nutritional modulation of eggshell quality and stress in laying ducks, hoping to provide technical supports for laying ducks development. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(10):4637-4645]

**Key words:** laying ducks; nutrition requirement; unconventional feed material; eggshell quality; stress