

路淑敏, 吴薛蓓, 张弛, 等. 红光对产蛋间隔第7天白羽王鸽卵泡发育的影响 [J]. 畜牧与兽医, 2025, 57 (10): 31-35.

LU S M, WU X B, ZHANG C, et al. Effect of red light on follicle development of white pigeon in the late period of laying interval [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2025, 57 (10): 31-35.

红光对产蛋间隔第7天白羽王鸽卵泡发育的影响

路淑敏, 吴薛蓓, 张弛, 毛昕妍, 王健*, 王莹*

(扬州大学动物科学与技术学院, 江苏 扬州 225009)

摘要: 旨在探究红光对白羽王鸽卵泡壁层中各个结构组分的形态特点与发育规律。将54对白羽王鸽随机分为2组, 即白光组(对照组)和红光组, 饲养6个月后(产蛋间隔第7天)颈动脉放血处死, 采集卵泡, 测量红光和白光下F1卵泡(最大等级卵泡)、F2卵泡(第二大等级卵泡)和SF1卵泡(最大等级前卵泡)直径大小, 将卵泡放入10%的甲醛溶液中进行固定, 制作HE切片, 对2组卵泡的颗粒层、膜层、结缔层厚度进行测量和统计分析, 观察比较卵泡各层的形态结构。结果: 在产蛋间隔第7天, 红光组F1、F2和SF1卵泡直径显著高于白光组($P<0.05$); 红光组F1、F2卵泡颗粒层厚度大于白光组, 但差异不显著($P>0.05$), 膜层、结缔层厚度无显著性差异($P>0.05$); 白光组SF1卵泡颗粒层、膜层、结缔层厚度虽然都大于红光组, 但差异不显著($P>0.05$)。本试验通过分析鸽卵泡的组织形态和结构特点, 发现红光能促进卵泡的发育, 增加卵泡颗粒层的厚度, 说明红光能促进白羽王鸽卵泡的选择和分层。

关键词: 红光; 鸽; 卵泡发育; HE染色

中图分类号: S836.4 文献标志码: A 文章编号: 0529-5130(2025)10-0031-05

Effect of red light on follicle development of white pigeon in the late period of laying interval

LU Shumin, WU Xuebei, ZHANG Chi, MAO Xinyan, WANG Jian*, WANG Ying*

(College of Animal Science and Technology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract: In order to explore the morphological characteristics and development rules of various structural components in the follicular wall layer of white-feathered royal pigeons induced by red light, 54 pairs of white-feathered royal pigeons were obtained and randomly divided into 2 groups, with white light for the control group. The pigeons were fed under red light and white light, respectively. After 6 months of feeding, they were killed by carotid bloodletting. Follicles were collected from the birds; and the diameters of F1 (the first largest follicle), F2 (the second largest follicle) and SF1 (the small follicle) follicles under red light and white light were measured. The follicles were fixed in 10% formaldehyde solution, and HE sections were prepared. Then the thickness of the granular layer, membrane layer and connective layer of the follicles in the 2 groups were measured and statistically analyzed, and the morphological structure of each layer of the follicles was observed and compared. The results showed that the follicle diameters of F1, F2 and SF1 in the red light group were significantly higher than those in the white light group at the LI7 stage ($P<0.05$). The follicle granule layer thickness of F1 and F2 in the red light group was higher than that in the white light group, but the difference was not significant ($P>0.05$). There was no significant difference in the thickness of the membrane layer and the association layer ($P>0.05$). The thickness of the SF1 follicle granule layer, membrane layer and connective layer in the white light group was higher than that in the red light group, but the difference was not significant ($P>0.05$). In this study, the morphology and structure of pigeon follicles had been analyzed for the first time, and red light was found to be able to promote the development of follicles and increase the thickness of the follicle granule layer; which served as a basis for promoting the selection and stratification of follicles.

Keywords: red light; pigeon; follicle development; HE staining

收稿日期: 2024-11-15; 修回日期: 2025-07-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(32372875); 江苏高校优势学科建设工程四期项目(PAPD)

第一作者: 路淑敏, 女, 硕士研究生

*通信作者: 王莹, 副教授, 硕士生导师, 主要从事家禽繁殖研究工作, E-mail: dkwangying@yzu.edu.cn; 王健, 博士后, 讲师, 主要从事动物遗传育种与繁育方面的研究, E-mail: jianwang1223@163.com。

随着近年来鸽存栏量的不断增加, 鸽已成为继鸡、鸭、鹅之后的第四大家禽, 中国种鸽的存栏量和乳鸽的销售量居世界最高^[1]。鸽肉因其低胆固醇、高蛋白以及独特的风味和香气, 成为一种优质的营养食品, 因此, 养鸽业有很好的发展前景^[2]。白羽王鸽繁殖性能良好, 具有良好的产蛋率、种蛋受精率、孵化率和育雏率, 以及较强的环境适应能力^[3]。与其他家禽不同, 鸽是一夫一妻制, 母鸽的产蛋间隔为 8~12 d, 产蛋周期内仅产 2 枚蛋, 产蛋后由雌鸽和雄鸽共同孵化, 因乳鸽孵化后眼睛还未睁开, 不能独立采食, 所以亲鸽会分泌鸽乳哺育乳鸽^[4-5]。这些繁殖特性制约了养鸽业的发展^[6]。

禽类对光敏感, 光照时长、光波长、光照强度等都会影响禽类的生长发育、繁殖力、免疫力和行为等^[7]。可见光的波长在 380~760 nm, 禽类有比人类更广的可见光谱范围, 与短波长相比, 长波长更容易穿透下丘脑, 进而促进禽类的性腺发育, 提高产蛋量^[8]。禽类感知外界光刺激途径主要包括下丘脑光受体和视网膜光受体, 将光信息转化为电信号, 影响脑垂体释放激素调节机体生长发育、生产性能和行为活动^[9]。光通过刺激禽类视网膜上的光受体产生光信号, 光信号经视锥和视杆细胞转化为电信号后传递至大脑皮层形成视觉^[10]。光照也可作用于禽类视锥视杆细胞, 产生神经冲动传递到下丘脑, 促进下丘脑分泌促性腺激素释放激素, 刺激垂体前叶, 促进促卵泡素和促黄体素的分泌, 通过性腺轴促进卵泡的发育和成熟^[11-12]。据报道, 红光能显著增加蛋鸡血液中促卵泡激素 (FSH) 和促黄体激素 (LH) 的浓度, 缩短蛋鸡产蛋周期^[13]; 红光能延长扬州鹅的产蛋周期, 增加其产蛋量^[14], 在白羽王鸽上也得到相同的结果^[15]。

家禽卵泡发育是十分复杂的过程, 遵循等级顺序, 根据卵泡直径的大小将连续产蛋母鸡的卵泡分为等级前卵泡和等级卵泡^[16]。本课题组前期研究发现, 红光可以提高鸽的产蛋量, 每 100 对鸽子每月可多产 26.68 枚蛋^[15]。产蛋周期内仅有 2 个等级卵泡和数个等级前卵泡, 等级卵泡按直径大小分为 F1 卵泡 (最大等级卵泡) 和 F2 卵泡 (第二大等级卵泡); 等级前卵泡成对存在, 其中直径最大的等级前卵泡为 SF1 卵泡 (最大等级前卵泡)^[17]。红光能促进产蛋间隔第 3 天 (LI3 期) 等级卵泡的选择^[18], 但关于红光对产蛋间隔后期卵泡发育的影响报道较少。卵泡壁是卵泡的重要组成部分, 对卵泡的发育有重要作用。家禽卵泡壁层主要结构有颗粒层、膜层和结缔层, 膜层不只是为卵泡生长发育提供结构支持, 还负责将雄激素转化为雌激素^[19], 颗粒细胞和膜细胞对家禽卵泡

发育和成熟具有重要作用。本试验在种鸽产蛋间隔第 7 天 (LI7 期) 测量 F1、F2 和 SF1 卵泡的直径, HE 染色观察产蛋后期卵泡壁层的组织形态和结构特点, 以期为红光促进鸽卵泡的选择和分层提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物

从扬州大学动物房选择生产性能优良、产蛋规律、体重相近的 12 月龄白羽王鸽 54 对, 随机分为 2 组, 即白光组 (对照组) 和红光组, 每组 3 个重复, 每个重复 9 对, 分别在红光 (660 nm) 和白光 (400~760 nm) 条件下饲养。

1.2 饲养管理与试验设计

种鸽每日饲喂 3 次, 自由采食、饮水。采用数字式照度计 (TES-1336A) 测定光照强度, 光照强度为 (17.50±2.50) lx。光照时长从第 1 天 12 h, 每日增加 0.5 h 直至每日光照时长达 15 h。每个光色组设置单独隔间, 各组间采用双层遮阳窗帘对窗户和过道进行分隔。种鸽产蛋后, 利用假蛋置换, 试验周期为 6 个月 (LI7 期)。

1.3 样品采集及卵泡直径测量

在 LI7 期, 分别于红光组和白光组随机选择 9 只母鸽, 采血后立刻屠宰, 采集母鸽各级卵泡 (F1、F2 和 SF1), 先将卵泡置于预冷的 PBS 中冲洗干净, 游标卡尺测量卵泡直径, 然后将卵泡放入提前配好的 10% 甲醛溶液中固定。

1.4 不同等级卵泡颗粒层、膜层和结缔层厚度测量

将 F1、F2 和 SF1 卵泡进行 HE 染色, 显微镜下观察和测量不同等级卵泡颗粒层、膜层和结缔层的厚度。

1.5 数据统计和分析

用 Excel 整理, 数据均以“平均值±标准差”表示, 用 SPSS v25.0 软件对数据进行独立样本 *t* 检验, $P<0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

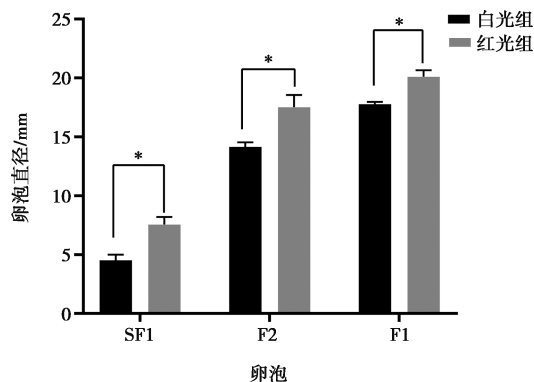
2.1 鸽 SF1、F2 和 F1 卵泡直径变化

如图 1 所示, LI7 期红光组 SF1、F2 和 F1 的卵泡直径分别为 7.557、17.530、20.107 mm, 白光组分别为 4.522、14.153、17.770 mm, 红光组 SF1、F2 和 F1 卵泡直径均显著高于白光组 ($P<0.05$)。

2.2 鸽 F1、F2 和 SF1 卵泡壁的形态特点

鸽卵泡壁层从内到外主要包括颗粒层、膜层、结缔层, 结果发现, 颗粒层细胞排列整齐, 细胞核呈立方状, 膜层和结缔层细胞核都呈梭状, 结缔层细胞排列比较松散。在 F1 卵泡中 (图 2A、B), 卵泡壁层

厚度逐渐增加，颗粒层细胞呈立方状，排列整齐，与膜层间的边缘清晰；在 F2 卵泡中（图 2C、D），颗粒层细胞结构呈扁平立方状，膜层、结缔层形态基本无变化，但红光组的卵泡各壁层相较于白光组厚度增加；在 SF1 卵泡中（图 2E、F），白光组的卵泡各壁层的厚度均比红光组高，但无显著差异，且两组卵泡壁层都较薄，颗粒层细胞的边缘界限不够清晰，膜层与结缔层相对其他大卵泡不发达，随着被选择卵泡的进一步发育，卵泡直径显著增加。红光组鸽卵泡壁各层厚度均高于白光组。



注：*表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图 1 鸽 SF1、F2 和 F1 卵泡直径变化

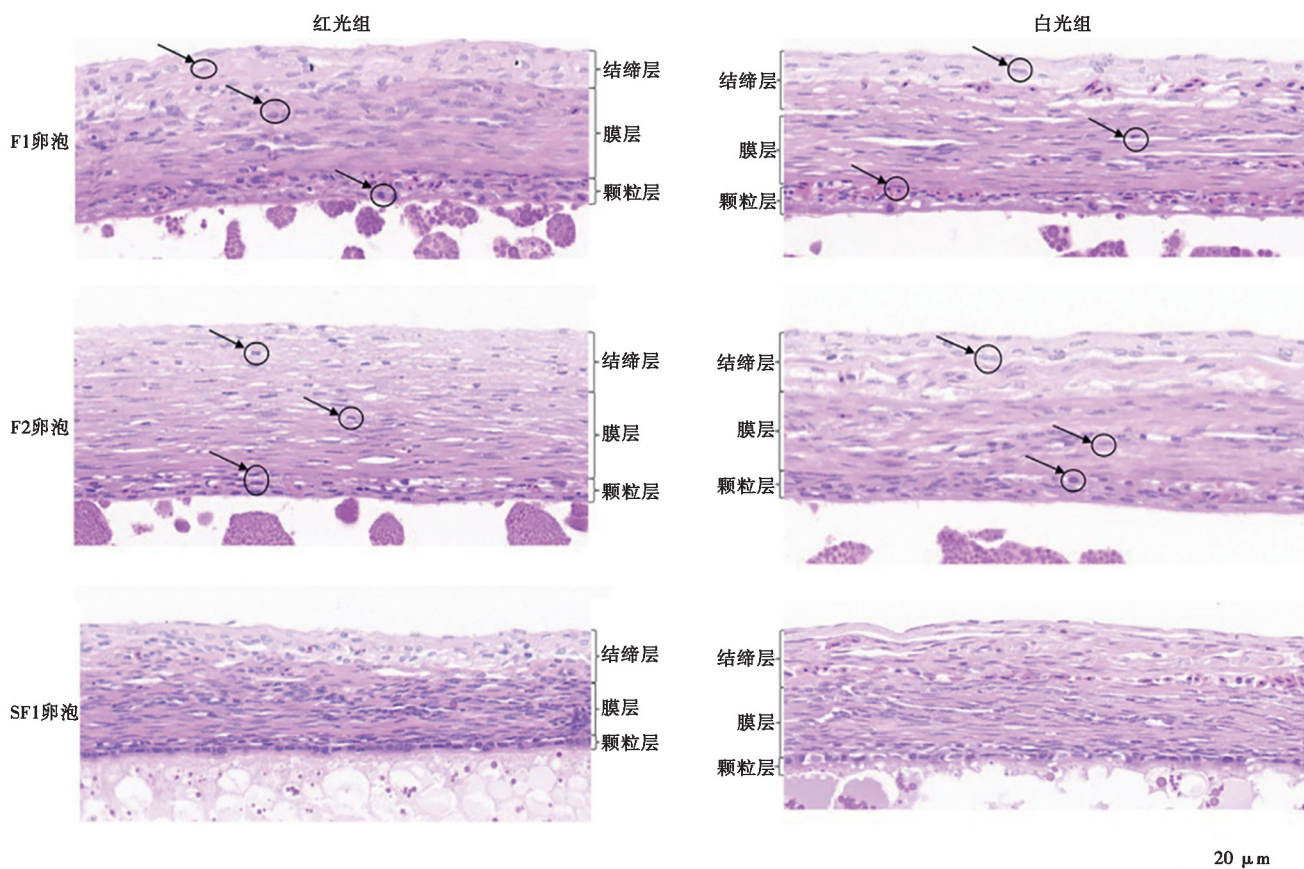


图 2 LI7 期红光与白光组鸽 F1、F2、SF1 卵泡颗粒层、膜层、结缔层形态差异对比

2.3 鸽 SF1、F2 和 F1 卵泡壁各层厚度变化

由图 3 可见，在 LI7 期，红光组 F1 卵泡颗粒层、膜层、结缔层厚度分别为 (16.567 ± 1.369) 、 (47.900 ± 3.874) 和 (35.633 ± 9.839) μm ，F2 卵泡分别为 (11.250 ± 2.450) 、 (37.200 ± 0.700) 和

(34.000 ± 4.600) μm ，均大于白光组，但均无显著差异 ($P > 0.05$)；红光组 SF1 卵泡颗粒层、膜层、结缔层厚度分别为 (6.809 ± 0.699) 、 (21.312 ± 11.100) 、 (22.900 ± 0.700) μm ，均小于白光组，但无显著差异 ($P > 0.05$)。

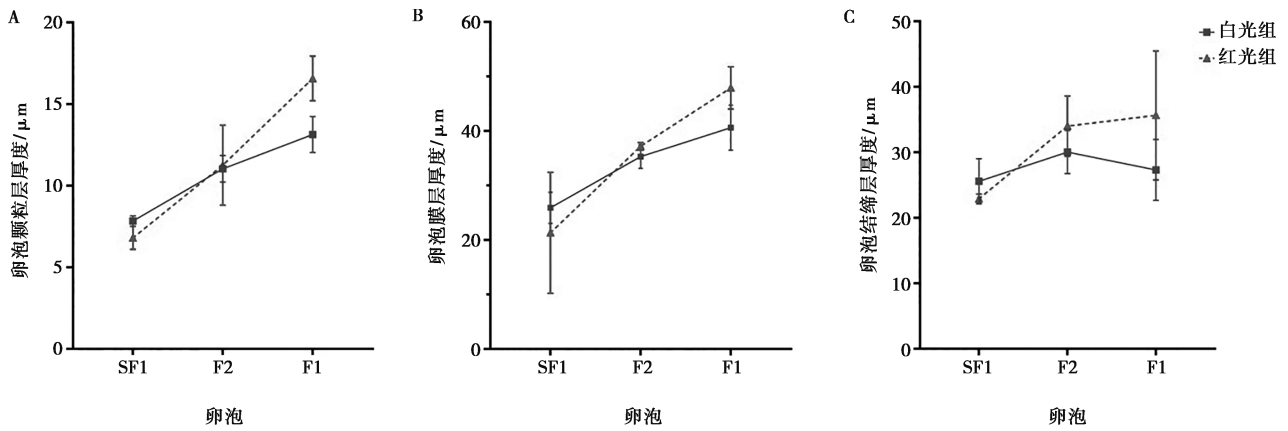


图3 鸽 SF1、F2 和 F1 卵泡颗粒层 (A)、膜层 (B) 和结缔层 (C) 厚度变化

3 讨论

禽类的卵泡发育有着独特的等级制度，即卵巢中的卵泡排卵严格按照卵泡从大到小排列，因此，分析不同阶段卵泡的形态和直径，能侧面反映卵泡的动态发育信息^[20]。在卵泡发育过程中，伴随着卵泡壁层的分化，卵泡壁层从内到外主要由颗粒层、膜层、结缔层组成，颗粒层细胞排列整齐，细胞核呈立方状，膜层和结缔层细胞核都呈梭状，结缔层细胞排列比较松散^[21]。Nie 等^[22]在鸡的小黄卵泡和大黄卵泡切片中能观察到血管，这可能与机体通过卵泡壁上的血管为卵泡提供营养来促进卵泡的发育和选择有关。随着等级前卵泡向等级卵泡发育，膜层和结缔层的厚度显著增加，在本试验中卵泡各壁层随着卵泡的发育都有增加的趋势，这与卵泡壁层中血管网的增加趋势相似，卵泡壁层细胞的分布从内到外逐渐由紧密变得松散，而血管网的密度也增加^[23]，因此，有研究推测在鹅卵泡壁中细胞的排列、分布等可能与卵泡血管网的形成、营养的代谢与运输有着紧密联系^[24]。随着卵泡的不断发育，等级卵泡壁层中的血管网不断扩大，密度不断增加，血液的流速加快，促进了卵黄的快速沉积，而此时颗粒层的排列较为松散，促进了大分子物质的运输^[22-25]。这些有关其他家禽卵泡发育的微观研究为鸽的研究提供了参考依据。

卵泡的颗粒层影响等级前卵泡向等级卵泡的发育，本研究比较 SF1 卵泡和 F2 卵泡的卵泡壁层的形态特征，发现 F2 卵泡直径增大，颗粒层的厚度被压缩，颗粒层细胞呈扁平状态，膜层和结缔层的厚度增加，这与相关文献报道一致^[24]。F2 卵泡的形态和功能都出现了明显的变化，表明卵泡的选择已经完成，F2 卵泡已进入等级卵泡阶段^[26]。F1 卵泡的颗粒层由被压缩状态恢复为松散的立方状，可能是在为排卵做准备。本课题组前期研究发现，红光提高了血清及

F1 和 F2 卵黄中 FSH 的浓度，能促进产蛋间隔后期 (LI7 期) F1、F2 和 SF1 卵泡的发育，与 Wang 等^[18]报道一致；不同等级卵泡的直径显著高于白光组，并且增加等级卵泡 (F1、F2 卵泡) 颗粒层和膜层厚度，与 Kim 等^[27]研究结果一致。这意味着红光通过影响颗粒层厚度促进卵泡发育，进而提高产蛋量^[28]。

综上，本试验通过观察红光和白光条件下 LI7 期不同等级卵泡直径的变化以及卵泡壁各层厚度的变化，结果表明红光能促进等级卵泡的选择和成熟，这为红光促进卵泡的生长发育提供了形态学依据和理论基础。

参考文献：

- [1] YAN L, FENG M, CHEN Z, et al. Research note: effect of different photoperiodic programs from rearing period on the reproductive performance and hormone secretion of White King pigeons [J]. *Poult Sci*, 2024, 103 (4): 103544.
- [2] 赵天枝, 陈诒伟, 张飞, 等. 塔里木鸽和白羽王鸽的生产性能分析 [J]. *畜牧兽医科技信息*, 2024 (4): 205-208.
- [3] 张宏宽, 赵延森, 童海兵, 等. 四个不同品系肉鸽繁殖性能比较研究 [J]. *家禽科学*, 2012 (3): 10-11.
- [4] KHARGHARIA G, GOSWAMI R N, DAS D. Performance of domestic pigeon in Assam with respect to some traits of reproduction [J]. *The Indian Veterinary Journal*, 2003, 80 (2): 163-165.
- [5] SALES J, JANSSENS G P J. Nutrition of the domestic pigeon (*Columba livia* Domestic) [J]. *World's Poult Sci J*, 2003, 59 (2): 221-232.
- [6] PARVIN R, MUSHTAQ M M H, KIM M J, et al. Light emitting diode (LED) as a source of monochromatic light: a novel lighting approach for behaviour, physiology and welfare of poultry [J]. *World's Poult Sci J*, 2014, 70 (3): 543-556.
- [7] BOUAOUICHE A, SALAH B M, ABDENNOUR C S. Influence of photoperiod and prolactin on reproductive pigeons *Columba livia* domestica [J]. *Eur J Sci Res*, 2009, 36 (2): 280-284.
- [8] WANG Y, CAO W, LI B, et al. Effects of exposure to monochro-

- matic light on pigeon squab performance and growth - related hormones [J]. *Avian Biol Res*, 2016, 9 (3): 147-151.
- [9] 王怀禹. 光色对家禽的影响研究进展 [J]. *当代畜禽养殖业*, 2012 (1): 16-18.
- [10] 潘承浩, 金定, 陈金田, 等. 禽类光谱敏感性研究进展 [J]. *东北农业大学学报*, 2021, 52 (12): 58-71.
- [11] 刘文奎. 鸡的光照管理技术 [J]. *国外畜牧学 (猪与禽)*, 1985, 5 (1): 18-23.
- [12] HAN S, WANG Y, LIU L, et al. Influence of three lighting regimes during ten weeks growth phase on laying performance, plasma levels- and tissue specific gene expression- of reproductive hormones in Pengxian yellow pullets [J]. *PLoS One*, 2017, 12 (5): e0177358.
- [13] HASSAN M R, SULTANA S, CHOIE H S, et al. Effect of monochromatic and combined light colour on performance, blood parameters, ovarian morphology and reproductive hormones in laying hens [J]. *Ital J Anim Sci*, 2013, 12 (3): e56.
- [14] ZHU H X, HU M D, GUO B B, et al. Effect and molecular regulatory mechanism of monochromatic light colors on the egg-laying performance of Yangzhou geese [J]. *Anim Reprod Sci*, 2019, 204: 131-139.
- [15] WANG Y, DING J T, YANG H M, et al. The effect of new monochromatic light regimes on egg production and expression of the circadian gene *BMAL1* in pigeons1 [J]. *Poult Sci*, 2015, 94 (5): 836-840.
- [16] WANG Y, LI Y B, YANG H M, et al. Effect of monochromatic lights on egg production, sex hormone levels, and expression of their receptors in pigeons [J]. *Livest Sci*, 2018, 216: 233-236.
- [17] WANG Y, GUO Z Y, ZHANG C, et al. Characterization of ovarian follicles, serum steroid hormone concentration, and steroidogenic gene expression profiles in the developing ovarian follicles in White King pigeons [J]. *Poult Sci*, 2023, 102 (7): 102673.
- [18] WANG Y, ZUO K, ZHANG C, et al. Histological characteristics of follicles, reproductive hormones and transcriptomic analysis of white king pigeon illuminated with red light [J]. *Animals (Basel)*, 2024, 14 (16): 2320.
- [19] SVOBODOVÁ J, TŮMOVÁ E, POPELÁŘOVÁ E, et al. Effect of light colour on egg production and egg contamination [J]. *Czech J Anim Sci*, 2015, 60 (12): 550-556.
- [20] ONAGBESAN O, BRUGGEMAN V, DECUYPERE E. Intra-ovarian growth factors regulating ovarian function in avian species: a review [J]. *Anim Reprod Sci*, 2009, 111 (2-4): 121-140.
- [21] MOBARKEY N, AVITAL N, HEIBLUM R, et al. The role of retinal and extra-retinal photostimulation in reproductive activity in broiler breeder hens [J]. *Domest Anim Endocrinol*, 2010, 38 (4): 235-243.
- [22] NIE R, ZHENG X, ZHANG W, et al. Morphological characteristics and transcriptome landscapes of chicken follicles during selective development [J]. *Animals (Basel)*, 2022, 12 (6): 713.
- [23] UTOMO S, ZAHRA D, RASMINATI N, et al. The effect of light color and lighting length on ovarium size and follicles amount of laying quail (*Coturnix coturnix japonica*) [J]. *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, 2024, 9 (2): 84-89.
- [24] 甘翔, 王继文, 李琴, 等. 鹅成熟卵泡壁层组织动态发育特点: 卵泡发育与分级的新视角 [J]. *畜牧兽医学报*, 2019, 50 (8): 1607-1613.
- [25] STEPHENS C S, JOHNSON P A. Occludin expression and regulation in small follicles of the layer and broiler breeder hen [J]. *Gen Comp Endocrinol*, 2017, 248: 106-113.
- [26] MIN J K, HOSSAN M S, NAZMA A, et al. Effect of monochromatic light on sexual maturity, production performance and egg quality of laying hens [J]. *Avian Biol Res*, 2012, 5 (2): 69-74.
- [27] KIM D, LEE J, JOHNSON A L. Vascular endothelial growth factor and angiopoietins during hen ovarian follicle development [J]. *Gen Comp Endocrinol*, 2016, 232: 25-31.
- [28] YANG Y Z, YAO Y, CAO Z F, et al. Histological characteristics of follicles and reproductive hormone secretion during ovarian follicle development in laying geese [J]. *Poult Sci*, 2019, 98 (11): 6063-6070.