

光照影响绿尾虹雉繁殖效果初报

陈冬梅^{1,2*}, 何松¹, 韦毅^{1,2}, 符明泰^{1,2}, 陈黎¹, 邓江宇³, 周材权^{1,2*}

(1. 西南野生动植物资源保护教育部重点实验室, 西华师范大学生命科学院, 四川南充 637002; 2. 西华师范大学生命科学院珍稀动植物研究所, 四川南充 637002; 3. 四川宝兴蜂桶寨国家级自然保护区, 四川宝兴 625700)

摘要: 为探讨繁殖期增加光照时间改善绿尾虹雉 *Lophophorus lhuysii* 繁殖性能的可行性, 于2016年2月26日—5月26日进行了人工补充光照试验。选择体质量相近的绿尾虹雉成体8只(4♂、4♀), 随机分成1个对照组和1个试验组, 每组4只(2♂、2♀), 每组2个重复, 每个重复2只(1♂、1♀)。对照组为自然光照, 试验组为自然光照结合人工补充光照达到每天16 h(16L:8D)的光照时间。结果表明: 试验组雌鸟血液雌二醇、雄鸟血液睾酮极显著高于对照组($P < 0.01$); 试验组血液黄体生成素、垂体泌乳素显著高于对照组($P < 0.05$)。试验组雄鸟的求偶行为较对照组出现更早, 频率更高; 试验组开产期比对照组提前了26 d, 产卵期延长了2 d, 受精率提高了80%, 平均卵质量增加了3.0 g, 产卵数增加了1枚。在绿尾虹雉季节性产卵习性的基础上, 本地日照环境下利用自然光照结合人工补充光照达到每天16 h(16L:8D)的光照时间, 可以使绿尾虹雉产卵早、产卵期延长、卵质量增加、受精率提高。

关键词: 绿尾虹雉; 繁殖期; 光照; 血液生殖激素; 繁殖性能

中图分类号: Q959.7 文献标志码: A 文章编号: 1000-7083(2017)01-0019-06

Preliminary Report on the Effects of Artificial Illumination on Reproduction of *Lophophorus lhuysii*

CHEN Dongmei^{1,2*}, HE Song¹, WEI Yi^{1,2}, FU Mingtai^{1,2}, CHEN Li¹, DENG Jiangyu³, ZHOU Caiquan^{1,2*}

(1. Key Laboratory of Southwest China Wildlife Resources Conservation (Ministry of Education), College of Life Sciences, China West Normal University, Nanchong, Sichuan Province 637002, China; 2. Institute of Rare Animals and Plants, College of Life Sciences, China West Normal University, Nanchong, Sichuan Province 637002, China; 3. Fengtongzhai National Nature Reserve, Baoxing, Sichuan Province 625700, China)

Abstract: This study investigated the possibility of increasing illumination time to improve the reproductive performance of the Chinese monals (*Lophophorus lhuysii*) during the breeding season. Artificial supplementary lighting tests were conducted during February 26 to May 26, 2016. A total of 8 adult *L. lhuysii* (4♂, 4♀) with the similar mass and size were chosen and randomly divided into an experimental group (2♂, 2♀) and a control group (2♂, 2♀). Natural lighting was used in the control group, and in the experimental group, the natural lighting and artificial supplementary lighting were combined and the illumination time was extended to 16 h (16L:8D) per day. The results showed that the blood estradiol of female *L. lhuysii* and the blood testosterone of male in the experimental group were extreme significantly higher than those in control group ($P < 0.01$). The blood luteinizing prime and prolactin in experimental group were significantly higher than those of control group ($P < 0.05$). The blood follicle stimulating hormone of experimental group was higher than that of control group, but the difference was not significant ($P > 0.05$). The courtship behavior of the males in experimental group appeared more early and frequently than that of control group. The first spawning date in experimental group was 26 d earlier than that of control group, the spawning period delayed 2 d, the fertility rate went up by 80%, the average egg mass increased 3.0 g, and the egg laying number increased 1. On the basis of *L. lhuysii* annual spawning, combined use of natural lighting and artificial supplementary lighting can promote *L. lhuysii* to lay eggs, increase the egg weight, and increase the fertility rate.

Keywords: *Lophophorus lhuysii*; breeding season; illumination; blood reproductive hormone; reproductive performance

收稿日期: 2016-08-10 接受日期: 2016-11-18

基金项目: 四川省应用基础研究项目(2015JY0249); 四川省教育厅项目(10ZX007)

作者简介: 陈冬梅, 女, 硕士, 副教授, 主要从事动物营养及饲养研究

* 通信作者 Corresponding author, E-mail: cdmfjm@163.com; drqzhou1@163.com

绿尾虹雉 *Lophophorus lhuysii* 隶属于鸡形目 Galliformes 雉科 Phasianidae 虹雉属 *Lophophorus*, 是我国特有的高原珍稀雉类, 国家 I 级重点保护野生动物, 被列入濒危野生动植物种国际贸易公约 (CITES) 附录 I 及世界自然保护联盟 (IUCN) 全球濒危物种红色名录“易危 (VU)”级别 (雷富民等, 2002; 郑光美, 2015)。人类活动干扰和自然灾害是绿尾虹雉野生种群主要的致危因素。探索建立人工种群并向自然界实施放归和复壮, 是近年国际上开展濒危物种保护的一种可行途径。

在人工饲养历史上, 绿尾虹雉是世界上最难饲养的种类及饲养记录极少的大型雉类之一, 其人工饲养研究历史较短, 饲养繁殖的单位也不多, 国内仅有四川宝兴蜂桶寨国家级自然保护区、北京动物园及北京濒危动物驯养繁殖中心开展过饲养繁殖。据了解, 目前北京濒危动物驯养繁殖中心曾拥有的全世界最大人工种群已经全部消失。四川宝兴蜂桶寨国家级自然保护区自 1993 年开始人工饲养, 截至 2015 年尚有 9 只 (4 ♂、5 ♀)。

已有的绿尾虹雉人工饲养繁殖研究结果显示, 每年所观察的参与繁殖个体数不及观察总数的 30%, 人工饲养的绿尾虹雉交配行为很少, 雌鸟不抱窝, 受精率和孵化率都明显低于野生种群 (程彩云等, 1996; 杨本清等, 2012)。四川宝兴蜂桶寨国家级自然保护区人工饲养的绿尾虹雉 2013—2015 年共产卵 48 枚, 其中受精卵仅 4 枚。研究表明, 受精率低是制约绿尾虹雉人工成功繁殖的最关键因子, 也是绿尾虹雉人工种群数量少的原因之一, 要实现绿尾虹雉的迁地保护, 就必须解决其繁殖难的问题。如果能在人工控制的条件下提高产卵数、受精率, 更大地发挥其繁殖潜力, 将有利于人工种群的建立。

光照是鸟类季节性繁殖的一个重要控制因子。已有研究证明, 增加光照时间可影响鸟类的繁殖生理 (内分泌、性腺等) 变化、提高繁殖性能 (Lewis & Perry, 1995; Bentley, 1997; Jacquet, 1997; 王学斌, 李东风, 2002)。采用合理的人工光照处理延长繁殖期的有关实验已在紫翅椋鸟 *Sturnus vulgaris*、树雀鹀 *Spizilla arborea*、卡纳丽岛丝雀 *Serinus canarius*、绿头鸭 *Anas platyrhynchos*、疣鼻栖鸭 *Cairina moschata*、环颈雉 *Phasianus colchicus*、红腹锦鸡 *Chrysolophus pictus*、树麻雀 *Passer montanus* 及黄腹角雉 *Tragopan caboti* 等多种鸟类上先后获得了成功并已应用于生产实践 (周宝仁, 李秋香, 1987; 丁长青等, 1992;

Bentley, 1997; Lewis & Perry, 1998; 张录强等, 2000; Tepeli *et al.*, 2002; 杨志宏等, 2010)。有关绿尾虹雉对光照刺激的反应, 迄今在国内外尚无报道。因此, 本试验首次尝试采用自然光照结合人工补充光照的处理方法以期提高绿尾虹雉的繁殖性能。

1 材料和方法

1.1 试验动物

本试验在四川蜂桶寨国家级自然保护区大水沟管护站 (102. 87795° E, 30. 57141° N, 海拔 1 610 m) 的绿尾虹雉人工饲养场进行。试验动物为该饲养场人工饲养的绿尾虹雉。饲养笼舍为半开放式, 坐落在溪水出山口处的河漫滩上, 两面是坡度超过 50° 的陡峭山坡和山崖, 植被为原始林和发育良好的次生林。单间笼舍长 20 m, 宽 5 m (室内 5 m × 5 m, 室外 5 m × 15 m)。每个笼舍置饮水器、料盘和产卵箱各 1 个, 自配混合饲料, 制粒后饲喂, 同时添加新鲜的时令蔬菜, 自由采食、饮水。

试验前对绿尾虹雉进行粪便寄生虫检测 (镜检) (赵小红, 2013) 以及血液禽流感病毒、新城疫病毒、传染性支气管炎病毒的检测 (四川成都正大集团检测中心检测)。粪便寄生虫检测和血液病毒检测皆呈阴性, 说明绿尾虹雉健康状况良好。

1.2 试验设计

选择体质量相近的健康成体 8 只 (4 ♂、4 ♀) (表 1), 随机分成 1 个对照组和 1 个试验组, 每组 4 只 (2 ♂、2 ♀), 每组 2 个重复, 每个重复 2 只 (1 ♂、1 ♀)。试验组的 2 个重复分别编号为 1 号笼、2 号笼, 对照组的 2 个重复分别编号为 3 号笼、4 号笼。试验组为自然光照结合人工补充光照达到每天 16 h (16L:8D) 的光照时间。

表 1 试验动物基本情况表
Table 1 The basic situation of experiment animals

笼号 ID	性别 Gender	体质量 Body mass/kg	体长 Body length/cm	翅长 Wing length/cm
1	♂	3.00	75	100
	♀	2.80	75	99
2	♂	3.15	78	101
	♀	3.05	73	95
3	♂	3.05	74	99
	♀	2.90	74	94
4	♂	2.80	73	95
	♀	2.80	74	92

2015年10月1日—12月31日观察发现,绿尾虹雉在冬季自然光照的时间大概是7 h,为达到繁殖期16 h的光照时间,采用逐渐增加人工光照时间的方法。试验分预试期和正试期,预试期进行光照的过渡调节(人工逐渐增加光照时间)和饲料的过渡调配(逐渐将休产期饲料换为繁殖期饲料)。

预试期(2016年1月1日—2月25日)每周增加1 h人工光照时间,光照强度为5 lx。正试期(2016年2月26日—5月26日)光照时间16 h(16L:8D),

光照强度为10~15 lx。采用白光LED节能灯悬挂于绿尾虹雉的舍内栖架的正上方,调节灯与栖架的垂直距离以达到所需光照强度(用泰仕TES-1332A照度计测定光照强度)。由于试验动物为半开放式饲养,试验组白天自然光照不足的在舍内用人工光照补充(光照时间由正泰KG316T时控开关控制)。试验期每天24 h全程监控观察并录像,以便确切掌握和调节光照时间、确切观察记录绿尾虹雉的活动情况(表2)。

表2 绿尾虹雉光照计划
Table 2 Lighting program of *Lophophorus lhuysii*

项目 Item	起止日期 Beginning and ending dates	增加时间 Increase hours/h	开灯的时间 Lighting-up time		
			早上 Morning	中午 Noon	晚上 Night
预试期	1月1—7日	1	06:30—07:00	—	18:00—18:30
	1月8—14日	2	06:00—07:00	—	18:00—19:00
	1月15—21日	3	06:00—07:00	11:00—12:00	18:00—19:00
	1月22—28日	4	05:30—07:00	11:00—12:00	18:00—19:30
	1月29日—2月4日	5	05:30—07:00	11:00—13:00	18:00—19:30
	2月5—11日	6	05:00—07:00	11:00—13:00	18:00—20:00
	2月12—18日	7	04:30—07:00	11:00—13:30	18:00—20:00
	2月19—25日	8	04:00—07:00	11:00—14:00	18:00—20:00
正试期	2月26日—5月26日	9	04:00—07:00	11:00—14:30	18:00—20:30

表3 日粮组成及营养水平
Table 3 Dietary composition and nutritive level

项目 Item	比例 Proportion/%	营养水平 Nutritive level	含量 Content
玉米	49.50	代谢能/(MJ·kg ⁻¹)	12.18
麦麸	1.72	粗蛋白/%	22.00
豆粕	30.00	钙/%	2.50
黄粉虫	10.00	有效磷/%	0.44
大豆油	1.50	赖氨酸/%	0.80
蛋氨酸	0.08	蛋氨酸/%	0.35
磷酸氢钙	1.60		
碳酸钙	4.80		
食盐	0.40		
维生素预混料	0.05		
微量元素预混料	0.20		
氯化胆碱	0.15		
总计	100.00		

注:每kg微量元素预混料中含有:铜:2 400~6 000 mg,铁:24 000~60 000 mg,锌:22 000~58 000 mg,锰:26 000~68 000 mg;每kg维生素预混料中含有:VA:5 000 000 IU,VD₃:1 562 500 IU,VE:12 500 mg,VK₃:1 000 mg,VB₁:1 300 mg,VB₂:3 125 mg,VB₆:1 875 mg,VB₁₂:94 mg,D-生物素:625 mg,D-泛酸:5 625 mg,烟酰胺:20 000 mg。

Notes: Provided per kg of trace mineral premix; Cu: 2 400~6 000 mg, Fe: 24 000~60 000 mg, Zn: 22 000~58 000 mg, Mn: 26 000~68 000 mg; provided per kg of vitamin premix; VA: 5 000 000 IU, VD₃: 1 562 500 IU, VE: 12 500 mg, VK₃: 1 000 mg, VB₁: 1 300 mg, VB₂: 3 125 mg, VB₆: 1 875 mg, VB₁₂: 94 mg, D-biotin: 625 mg, D-pantothenate: 5 625 mg, Nicotinamide: 20 000 mg.

1.3 日粮配制

试验组和对照组的日粮及营养水平一致(表3)。本试验中绿尾虹雉繁殖期日粮参照我国雉鸡(环颈雉)的种雉产蛋期的营养需要标准进行配制(丁伯良,2000)。将试验组日粮按配方配制加工制成颗粒料,每隔4 d制作一次。

1.4 测定指标

1.4.1 血液生殖激素指标 将试验动物禁食12 h后,2016年3月20日(正试期近1个月)08:00人工物理保定(用不透明口袋遮挡头部,并用一只手抓住腿),翅下静脉采血6~8 mL,分装在一次真空采血管中,静置2 h后离心取血清,测定血液生殖激素。采血方法参见何彦春(2013)。采用深圳新产业免疫MAGLUMI4000仪器,用放射免疫法测定生殖激素指标。测定项目包括卵泡生成素(FSH)、黄体生成素(LH)、垂体泌乳素(PRL)、雌鸟的雌二醇(E₂)和雄鸟的睾酮(T)。

1.4.2 繁殖性能指标 以每笼为单位记录试验动物的开产日期、总产卵数、产卵期、卵质量、卵的长短径、卵壳厚度、受精率和孵化率。卵进行人工孵化,孵卵第5天采用禽用照蛋器照卵,观察卵是否受精。

卵壳测定具体方法参见宾冬梅等(2006)。

1.5 数据处理与分析 试验结果采用 SPSS 18.0 进行方差分析, 差异有统计学意义的进一步用 Duncan's 法多重比较。数据用平均值 \pm 标准差 (Mean \pm SD) 表示。 $P < 0.01$ 表示差异有高度统计学意义, $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果分析与讨论

2.1 增加光照时间对绿尾虹雉繁殖期血液生殖激素水平的影响

光照是影响鸟类繁殖行为的一个重要的环境条件。研究表明, 光照是通过影响激素的分泌和行为来达到调控鸟类的生产繁殖的目的, 进而表现为刺激性腺的活动和产卵 (Etches, 1996; 王学斌, 李东风, 2002; 赵兴绪, 2009)。本试验结果表明 (表 4), 试验组雌鸟血液中的 E2、雄鸟血液中的 T 极显著高于对照组 ($P < 0.01$); 试验组血液中的 LH、PRL 显著高于对照组 ($P < 0.05$); 试验组血液中的 FSH 高于对照组, 但差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。说明增加光照时间可增加繁殖期绿尾虹雉生殖激素的分泌, 有利于绿尾虹雉性腺发育, 从而调控其生产繁殖。

表 4 增加光照时间对绿尾虹雉繁殖期血液生殖激素的影响
Table 4 Effect of increasing illumination time on the blood reproductive hormone of *Lophophorus lhuysii* in breeding season

指标 Index	试验组 Experimental group	对照组 Control group
卵泡生成素 FSH/(mIU \cdot mL ⁻¹) (n=4)	0.37 \pm 0.05	0.35 \pm 0.06
黄体生成素 LH/(mIU \cdot mL ⁻¹) (n=4)	0.76 \pm 0.05	0.31 \pm 0.04*
垂体泌乳素 PRL/(mIU \cdot mL ⁻¹) (n=4)	7.15 \pm 2.96	4.75 \pm 0.12*
雌二醇 E2/(pg \cdot mL ⁻¹) (n=2)	751.81 \pm 38.09	169.70 \pm 28.51**
睾酮 T/(ng \cdot mL ⁻¹) (n=2)	2.97 \pm 2.72	0.31 \pm 0.16**

注: **表示差异有高度统计学意义, *表示差异有统计学意义。

Notes: ** indicates there is an extremely significant difference, * indicates there is a significant difference.

2.2 增加光照时间对绿尾虹雉繁殖性能的影响

在试验进行中因试验组的 2 号笼所产卵摔碎, 对照组的 3 号笼未产卵, 所以本试验数据分析以试验组的 1 号笼与对照组的 4 号笼比较。结果表明, 试验组绿尾虹雉产第一枚卵的时间比对照组提前了 26 d (试验组 3 月 23 日, 对照组 4 月 18 日), 平均卵质量提高了 3.0 g (试验组 88.5 g, 对照组 85.5 g), 产

卵期延长了 2 d (试验组 22 d, 对照组 20 d), 窝卵数增加了 1 枚 (试验组 5 枚, 对照组 4 枚) (表 5, 表 6)。因试验组第一枚卵摔碎, 不清楚是否受精, 如果是受精卵, 故试验组受精卵为 5 枚, 受精率 100%。本试验不考虑这枚卵是受精卵, 故试验组受精卵为 4 枚, 受精率 80%, 对照组无受精卵。试验组和对照组卵的平均长、短径 (长径 \times 短径) 有差异, 分别是 67.33 mm \times 44.98 mm、65.1 mm \times 44.73 mm。试验组和对对照组的蛋壳厚度一致。对照组的 3 号笼未产卵的具体原因不清楚, 但已有的绿尾虹雉人工饲养繁殖研究结果显示, 每年所观察的参与繁殖个体数不及观察个体总数的 30% (程彩云等, 1996; 杨本清等, 2012), 所以本试验研究也表明在自然光照条件下绿尾虹雉没有全部参与繁殖。

试验组动物 (1 号笼) 2016 年与 2015 年、2014 年产卵情况比较, 产第一枚卵的时间分别提前了 21 d、22 d, 产卵期分别延长了 9 d、21 d, 总产卵量分别增加了 1 枚、4 枚, 平均卵质量分别提高了 1.6 g、2.6 g。2016 年受精卵 4 枚, 受精率 80%, 2015 年、2014 年没有受精卵。对照组动物 (4 号笼) 2016 年与 2015 年、2014 年产卵情况比较, 产第一枚卵的时间、产卵期相近或一致, 总产卵量为 2016 年是 4 枚, 2015 年、2014 年分别是 3 枚、5 枚, 对照组动物 2016 年、2015 年、2014 年都没有受精卵。尽管试验组和对照组动物有限, 但本研究提示, 采用自然光照结合人工补充光照达到每天光照 16 h (16L:8D), 可使绿尾虹雉产卵时间提前、卵质量增加、受精率提高。

本试验观察发现, 从人工补充光照 16 h 到产第一枚卵的时间为 27 d, 有研究认为, 对于野生鸟类或特禽品种, 原则上在施以刺激性光照后 30 ~ 40 d 开产比较合适 (周宝仁, 李秋香, 1987)。因而绿尾虹雉人工补充光照较为适宜的时间还有待进行较多的试验研究比较。

此外, 本试验观察发现, 增加光照时间对绿尾虹雉的繁殖行为有一定的影响。试验组的雄鸟比对照组更早出现正面炫耀, 求偶频率更高, 且试验组雌鸟的繁殖行为也比对照组的更多。本试验研究进一步提示, 采用人工补充光照增加光照时间可使绿尾虹雉提前进入繁殖期。

研究表明, 使鸟类在繁殖期处于一个相对恒定的长光照条件或逐渐延长的光照条件, 可以取得较好的繁殖效果, 但这个时期的光照时间不要超过 17 h, 通常采用 16L:8D 的光照制度 (张录强等, 2001)。

表5 试验分组及试验结果
Table 5 Experimental grouping and experimental results

处理 Treatment	产卵日期 Egg-laying date	卵质量 Egg mass/g	长径 Major axis/mm	短径 Minor axis/mm	蛋壳厚度 Shell thickness/mm	是否受精 Fertilized or not	孵化开始日期 Hatching start date	孵化结束日期 Hatching end date	死胎日期 Dead date	备注 Remark
1号笼	3月23日	—	—	—	0.39	—	—	—	—	卵摔碎
	3月26日	88.1	67.2	44.3	0.39	是	4月2日	4月11日	4月11日	胚胎早期死亡
	3月29日	88.6	67.4	45.4	0.39	是	4月2日	4月11日	4月11日	胚胎早期死亡
	4月11日	88.9	67.6	45.6	0.39	是	4月13日	5月12日	5月12日	未能出壳
试验组	4月13日	88.5	67.1	44.6	0.39	是	4月13日	5月12日	5月12日	未能出壳
	3月28日	—	—	—	0.39	—	—	—	—	卵摔碎
2号笼	4月3日	—	—	—	0.39	—	—	—	—	卵摔碎
	4月10日	—	—	—	0.39	—	—	—	—	卵摔碎
3号笼	—	—	—	—	—	—	—	—	—	未产卵
	4月18日	85.5	66.6	44.9	0.39	否	4月24日	5月1日	—	未受精
对照组	4月20日	84.4	65.1	44.3	0.39	否	4月24日	5月1日	—	未受精
	4月24日	86.5	66.8	45.1	0.39	否	4月24日	5月1日	—	未受精
	5月7日	85.4	65.1	44.6	0.39	否	5月9日	5月16日	—	未受精

表6 增加光照时间对绿尾虹雉繁殖性能的影响
Table 6 Effect of increasing illumination time on the reproductive performance of *Lophophorus lhuysii*

处理 Treatment	产第一枚卵的日期 Producing the first egg date	产最后一枚卵的日期 Producing the last egg date	产卵期 Spawning period/d	总卵量 Total spawn/枚	受精卵 Fertilized eggs/枚	受精率 Fertility rate/%	平均卵质量 Average egg mass/g	蛋壳厚度 Shell thickness/mm
1号笼	2016年 3月23日	4月13日	22	5	4	80	88.5	0.39
	2015年 4月13日	4月25日	13	4	0	0	86.9	0.38
	2014年 4月14日	4月14日	1	1	0	0	85.9	0.38
2号笼	2016年 3月28日	4月10日	14	3	不确定	不确定	—	0.39
	2015年 4月10日	4月10日	1	1	0	0	85.2	0.39
3号笼	2014年 —	—	—	0	0	0	0	0
	2016年 —	—	—	0	0	0	0	0
	2015年 4月14日	5月2日	19	4	0	0	85.8	0.39
4号笼	2014年 4月10日	4月29日	20	3	0	0	84.5	0.39
	2016年 4月18日	5月7日	20	4	0	0	85.5	0.39
	2015年 4月20日	5月6日	17	3	0	0	83.3	0.38
2014年 4月18日	5月7日	20	5	0	0	79.8	0.38	

注: 2014、2015年试验动物产卵资料(自然光照)来源于四川蜂桶寨国家级自然保护区绿尾虹雉人工饲养场记录的原始数据。

Notes: Spawning data of experimental animals in 2014, 2015 (under the natural light) are from the original data recorded by *Lophophorus lhuysii* artificial breeding field of Sichuan Fengtongzhai National Nature Reserve.

本试验在本地日照环境下,利用自然光照结合人工补充光照,在繁殖期采用 16L:8D 的光照制度取得了较好的繁殖结果。由于本试验条件有限,以及试验动物较少等原因,试验中未进行光照时间对比试验,因而不能判断 16L:8D 的光照是否是最适光照制度。由于对绿尾虹雉休产期的光照制度缺乏系统的研究,雌雄鸟是否对光照刺激的反应同步,或也如其他鸟类对雄鸟提前几周实施刺激性光照(张录强等,2001),以及相关的详细生化反应、最佳的光照制度等有待在以后的试验中探讨。

本试验的受精卵为人工孵化,4 枚受精卵都没有孵化成功。导致孵化不成功的原因很多,例如卵壳质量、卵质量、卵的营养物质、孵化条件等,但本试验在孵化过程中没有控制好孵化条件也许是孵化不成功的主要原因。因试验场经常停电,停电后即使马上用柴油机发电,电源的不稳定性也许影响了孵化机正常工作。

本试验动物绿尾虹雉属于珍稀动物,数量有限,结果有待于进一步验证,但本试验初次尝试研究通过调节光照制度来提高人工饲养绿尾虹雉繁殖性能的可行性,可为进一步探究提高绿尾虹雉人工繁殖适宜的光照制度提供一定的参考。

致谢:本试验得到了四川宝兴蜂桶寨国家级自然保护区董伟、王勇、左林、马洪的支持和帮助,在此特表谢忱!

参考文献:

宾冬梅,钟金凤,戴文建,等. 2006. 蛋壳质量指标及测定方法[J]. 中国禽业导刊, (16): 37.

程彩云,李金录,刘凤玲. 1996. 绿尾虹雉迁地保护繁殖研究[J]. 动物学报, (S1): 54-61.

丁伯良. 2000. 特种禽类养殖技术手册[M]. 北京: 中国农业出版社: 55.

丁长青,聂学军,王凯力,等. 1992. 人工光照对黄腹角雉繁殖行为的影响[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 28(2): 240-244.

何彦春. 2013. 畜禽的真空管采血技术[J]. 畜牧兽医杂志, 32(5): 131-132.

雷富民,屈延发,卢建利,等. 2002. 关于中国鸟类特有种目录的核定[J]. 动物分类学报, 27(4): 857-864.

王学斌,李东风. 2002. 鸟类的周期性繁殖及其神经内分泌机制[J]. 动物学杂志, 37(3): 79-83.

杨本清,窦亮,马洪,等. 2012. 笼养绿尾虹雉繁殖参数的观察与分析[J]. 四川动物, 31(2): 264-265, 268.

杨志宏,邵淑丽,张伟伟,等. 2010. 光周期驯化对树麻雀性腺重量和基础能耗的影响[J]. 四川动物, 29(4): 551-554, 559.

张录强,杨振才,孙儒泳. 2000. 长光照诱导红腹锦鸡(*Chrysolophus pictus*)当年雌鸡冬季繁殖效果的实验研究[J]. 动物学研究, 21(3): 245-247.

张录强,杨振才,孙儒泳. 2001. 鸟类驯养中的光照管理[J]. 动物学杂志, 36(4): 70-73.

赵小红. 2013. 常用动物寄生虫的粪便检查技术[J]. 中国畜牧兽医文摘, 29(5): 47.

赵兴绪. 2009. 家禽的繁殖调控[M]. 北京: 中国农业出版社: 215-229.

郑光美. 2015. 中国雉类[M]. 北京: 高等教育出版社: 337-351.

周宝仁,李秋香. 1987. 人工光照对环颈雉繁殖性能的影响[J]. 野生动物, (3): 13-15.

Bentley GE. 1997. Thyroxine and photorefractoriness in starling [J]. Poultry and Avian Biology Reviews, 8(3/4): 123-139.

Etches RJ. 1995. Reproduction in poultry [J]. Walling UK: CABI International: 106-124, 263-278.

Jacquet JM. 1997. Photo-refractory period of the Muscovy duck (*Cairina moschata*): endocrine and neuro-endro-crine reponse to day length after a full reproduction cycle [J]. British Poultry Science, 38(2): 209-216.

Lewis PD, Perry GC. 1995. Effect of lighting on reproduction in poultry [M]// Hutton P. Poultry production. Amsterdam: Elsevier Science: 359-388.

Tepeli C, Cetin O, Kirikei K, et al. 2002. The effects of different light periods on some production characteristics of pheasants (*Phasianus colchicus*) [J]. Indian Journal of Animal Science, 72(11): 960-962.