



苏英钰,谢金生,程彬彬,等.红嘴相思鸟贸易种群性比调查[J].江西农业大学学报,2021,43(2):389-395.

SU Y Y,XIE J S,CHENG B B,et al.Investigation on sex ratio of trade population of *Leiothrix lutea*[J].Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis,2021,43(2):389-395.

## 红嘴相思鸟贸易种群性比调查

苏英钰<sup>1</sup>,谢金生<sup>1</sup>,程彬彬<sup>1</sup>,徐永涛<sup>1</sup>,胡晓龙<sup>1</sup>,张微微<sup>1\*</sup>,王丹<sup>1,2</sup>

(1.江西农业大学 林学院/野生动植物与自然保护地研究中心,江西 南昌 330045;2.盘锦职业技术学院,辽宁 盘锦 124000)

**摘要:**【目的】红嘴相思鸟(*Leiothrix lutea*)属雀形目噪鹛科鸟类,因其叫声婉转悦耳,颜色艳丽,是我国传统观赏鸟类,长时间大量的贸易导致资源破坏严重,现已被列入濒危野生动植物种国际贸易公约(CITES)附录II,同时也被列为国家II级重点保护动物。通过分子生物学手段对国内市场上贸易的红嘴相思鸟进行性别鉴定,一方面可以了解我国红嘴相思鸟野生种群性比状况;另一方面,性别鉴定结果可用于评估其贸易捕捉是否存在性别选择偏好;同时还可验证市场摊主利用形态鉴定红嘴相思鸟性别的准确率,为红嘴相思鸟保护和贸易管理提供基础资料。【方法】调查我国14个省份14个鸟市是否存在红嘴相思鸟贸易情况,同时采集各个鸟市的红嘴相思鸟血液样本10~20 μL,共361份。利用Ezup柱式血液基因组DNA抽提试剂盒提取DNA,基于通用引物P2/P8及新设计引物对样本DNA进行PCR扩增,通过电泳条带数进行性别鉴定,每个样本至少重复3次,结果一致后判定性别,计算各鸟市及整体性比,分析其贸易种群性比情况及形态学性别鉴定准确率。【结果】在鸟类性别鉴定通用引物P2基础上改进获得新引物A1,利用引物A1/P8进行性别鉴定得到的扩增条带更清晰、稳定,并成功鉴定出361份样本的性别:雄鸟163只,雌鸟198只。红嘴相思鸟贸易种群整体性比为0.45,偏雌;但各个鸟市性比差异较大,除2处市场性比基本平衡之外,其余7个市场性比偏雌,5个市场性比偏雄。形态学鉴定性别的准确率为0.79,其中雌性0.74,雄性0.82。【结论】整体性比结果表明红嘴相思鸟贸易捕捉中应无普遍的性别选择,推测红嘴相思鸟不同地理群体本身可能性比偏倚现象。与分子生物学方法相比,通过形态特征进行性别鉴定存在误差,一定程度上可减弱贸易捕捉雄性偏好对红嘴相思鸟种群性比的影响。

**关键词:**红嘴相思鸟;性比;性别鉴定;贸易种群

中图分类号:Q959.7\*39 文献标志码:A 文章编号:1000-2286(2021)02-0389-07

### Investigation on Sex Ratio of Trade Population of *Leiothrix lutea*

SU Yingyu<sup>1</sup>, XIE Jinsheng<sup>1</sup>, CHENG Binbin<sup>1</sup>, XU Yongtao<sup>1</sup>,  
HU Xiaolong<sup>1</sup>, ZHANG Weiwei<sup>1\*</sup>, WANG Dan<sup>1,2</sup>

(1.College of Forestry/Center for Wildlife Source Conservation Research, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; 2.Panjin Vocational Technical Collge, Panjin, Liaoning 124000, China)

收稿日期:2020-10-08 修回日期:2021-01-24

基金项目:国家自然科学基金项目(31660608)、江西省科技项目(2012BAC11B02,20161BAB204181)和教育部博士点基金项目(20123603120003)

Project supported by the National Natural Science Foundation of China(31660608), Science and Technology Projects of Jiangxi Province(2012BAC11B02, 20161BAB204181) and Doctoral Program Fund of Ministry of Education(20123603120003)

作者简介:苏英钰,orcid.org/0000-0003-1130-2453,suyingyu2020@163.com; \*通信作者:张微微,副教授,博士,主要从事鸟类研究,orcid.org/0000-0001-8949-4702,zhangweiwei\_nefu@163.com。

**Abstract:** [Objective] *Leiothrix lutea* belongs to Leiothrichidae Family of Passeriformes, which is an important traditional ornamental bird in China, because of its melodious song and bright color. A long period of massive trade leads to the population decline, and it has been listed in the appendix II of Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES), and is also listed as the National Key Protected Animals (Class II). Sex identification and sex ratio test of the trade *Leiothrixes* based on molecular method, will provide a way to investigate the sex ratio of the wild population as the trade individuals were all captured in the field, on the other hand, the results of sex identification can be used to evaluate whether there is a preference for sex selection in its trade capture; at the same time, it can verify the accuracy of market stall owners in using morphological method to identify the sex of the *Leiothrixes*. The results will provide basic information for bird protection and its trade management. [Method] 14 bird markets with *Leiothrix lutea* in 14 provinces in China were investigated, 10–20  $\mu\text{L}$  blood samples of *Leiothrix lutea* were collected, with a total of 361 samples. The whole genome DNA was extracted by the Ezup column type blood genome DNA extraction kit, and then amplified by PCR based on general sex identification primers P2/P8, the primer P2 was improved, and a new primer A1 was designed. All the samples were tested for at least 3 times till the results were consistent. The sex ratio of the trade population of the *Leiothrix* was calculated, meanwhile the accuracy of morphological identification was compared with that of the molecular method. [Result] Using primer A1/P8 to identify the sex can get clearer bands and higher amplification success rate. In total, 361 individuals were successfully identified, including 163 males and 198 females. The sex ratio of *Leiothrix lutea* trade population was 0.45, which was female biased. However, the sex ratios in the bird markets varied, only sex ratios in two markets were balanced, they were female biased in seven markets and male biased in five markets. The accuracy rate of morphological sex identification was 0.79, the value was 0.74 for female and 0.82 for male, indicating that there was a certain error in the sex identification through morphological characteristics. [Conclusion] The results of the sex ratio identification in the bird markets indicated that there was no universal sex selection in the trade capture of the *Leiothrix lutea*. It is speculated that sex ratio might be biased in different geographical populations of the *Leiothrix lutea* in the wild. Compared with molecular biological sex identification method, there are some mistakes in gender identification based on morphology, which can weaken the impact of trade sex selection bias on the sex ratio of the whole population of the *Leiothrix lutea*.

**Keywords:** *Leiothrix lutea*; sex ratio; sex identification; trade population

【研究意义】红嘴相思鸟 (*Leiothrix lutea*) 是雀形目 (Passeriformes) 噪鹛科 (Leiothrichidae) 鸟类<sup>[1]</sup>。广泛分布于我国南方各省以及越南北部、缅甸西部和北部, 并在日本、美国夏威夷群岛以及欧洲中西部有稳定的人工引入种群<sup>[2]</sup>。红嘴相思鸟叫声婉转悦耳, 颜色艳丽, 是重要的观赏鸟类<sup>[3]</sup>。过去红嘴相思鸟的贸易量很大, 据统计, 仅 1991—1995 年 4 年时间合法出口量就在 45 万只以上, 导致资源破坏严重<sup>[4]</sup>, 因此被列入濒危野生动植物种国际贸易公约 (CITES) 附录 II, 也被列入我国“三有”保护物种名录<sup>[5]</sup>。其研究主要集中在消化系统<sup>[6-7]</sup>, 神经系统<sup>[8]</sup>, 繁殖生态<sup>[9]</sup>、寄生虫<sup>[10-11]</sup>等方面, 性比方面研究缺乏报道。性比 (sex ratio) 是指种群中雄性个体数目和雌性的数目的比例, 通常也指雄性个体在群体中的比例<sup>[12]</sup>, 是反映动物种群状况的基本特征参数之一, 可分为初级性比 (卵性比) 和次级性比 (雏鸟性比) 以及成年性比 (Adult Sex Ratio, ASR)。种群水平的成年性比对种群配偶关系及繁殖潜力有很大影响, 它决定有效种群的大小, 是种群走向繁荣还是没落的一个重要指标<sup>[13]</sup>。因此, 性比是动物种群生态中的重要研究内容, 特别是濒危物种。【前人研究进展】了解鸟类种群性比状况, 首先要鉴定鸟类性别, 其方法主要包括形态学方法、细胞生物学方法 (染色体核型分析) 和分子生物学方法, 但形态学方法与细胞生物学方法对鸟类的伤害性较大<sup>[14]</sup>, 而分子生物学方法更安全可靠, 特别是聚合酶链式反应 (PCR) 扩增法。Ellegren 等<sup>[15]</sup>克隆了第一个定位在鸟类 W 染色体的基因 CHD1-W。由于 CHD1 基因的高度保守性, 所以一对引物可以用于

多种非平胸目鸟的性别鉴定;Griffiths等<sup>[16]</sup>设计了P2/P8引物可用于绝大多数鸟类的性别鉴定,至今仍广泛应用于鸟类性别鉴定和性比研究<sup>[17-19]</sup>。利用分子生物学手段对单态型鸟类进行性别鉴定,具有准确性高、简便、成本低且伤害较小等优点<sup>[17]</sup>。【本研究切入点】红嘴相思鸟属单型性鸟类,雌雄形态差异不显著<sup>[20]</sup>,但市场上仍采用形态鉴定性别的方法。因此,本研究拟通过分子生物学手段对红嘴相思鸟进行性别鉴定,探讨不同市场上红嘴相思鸟种群性比。【拟解决的关键问题】研究主要通过分子生物学手段对红嘴相思鸟进行性别鉴定,探讨全国范围内不同市场上的红嘴相思鸟种群性比,同时验证市场利用形态鉴定红嘴相思鸟性别的准确率,以此来评估其种群整体性比状况及其贸易捕捉是否存在性别选择,为野生红嘴相思鸟种群的保护和管理提供基础资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 血液样本采集

2018年11月—2019年6月,实地调查市场中红嘴相思鸟的贸易现状及部分鸟市基于形态特征的性比状况,并采集红嘴相思鸟血液样本10~20  $\mu\text{L}$ 用于分子生物学实验。共采集到血液样本361份,采集地分布见表1。

表1 采集地分布表  
Tab.1 Distribution of collection sites

编码 Code	采集地 Distribution	位置坐标 Coordinate	
		经度 Longitude	纬度 Latitude
NC	南昌市	115°54'4.38"	28°33'40.82"
HF	合肥市	117°16'39.08"	31°51'47.47"
WH	武汉市	114°20'9.08"	30°32'54.89"
WZ	梧州市	108°18'7.91"	22°50'1.00"
NB	宁波市	119°38'41.27"	29°5'32.96"
BJ	北京市	116°31'9.71"	39°55'23.80"
XA	西安市	108°56'36.06"	34°15'53.05"
KF	开封市	103°52'15.11"	36°2'17.07"
GY	贵阳市	106°42'5.38"	26°36'13.91"
LZ	兰州市	103°52'15.11"	36°2'17.07"
CD	成都市	104°4'26.14"	30°39'14.79"
CQ	重庆市	106°32'48.28"	29°33'49.79"
SH	上海市	121°28'8.89"	31°13'56.35"
GZ	广州市	113°15'41.06"	23°8'9.53"

### 1.2 分子生物学方法性别鉴定

1.2.1 DNA提取 采用Ezup柱式血液基因组DNA抽提试剂盒(上海生工)提取样本DNA,4℃保存待用。

1.2.2 引物设计及PCR反应条件优化 在通用引物P2/P8基础上,对扩增片段进行测序,再用获得序列重新设计专一性更高的引物,引物设计在NCBI网站完成。为保证鉴定体系的稳定性,实验中对PCR体系进行不同设定以摸索出最优反应条件。

PCR反应产物进行2%琼脂糖凝胶电泳。个体性别判断标准为雄性1条条带,雌性2条条带,每个样本电泳结果3次一致则确定其性别,对于不能成功扩增或结果不一致的个体则舍弃。

### 1.3 形态学性别鉴定

14个采样组中有7组进行了红嘴相思鸟的形态学性别鉴定,通过询问市场摊主,由其根据经验进行

性别判定,即:(1)胸部红色区域更宽者为雄;(2)翅膀上黄色斑块更大为雄;(3)具黄色眼纹为雄等。

### 1.4 数据分析

以分子生物学鉴定性别的结果为标准,计算市场上形态学鉴定方法的准确率( $A$ ),雄性鉴定准确率( $A_M$ )和雌性鉴定准确率( $A_F$ )<sup>[21]</sup>,并计算红嘴相思鸟贸易种群的实际性比( $R$ )。

$$A = (N_F + N_M) / N_T \tag{1}$$

$$A_M = N_M / N_{M0} \tag{2}$$

$$A_F = N_F / N_{F0} \tag{3}$$

$$R = N_{M1} / N_{T1} \tag{4}$$

式中, $N_M$ 、 $N_F$ 、 $N_T$ 分别为雄性鉴定正确个数、雌性鉴定正确个数和样本总数, $N_{M0}$ 、 $N_{F0}$ 分别为用于性别鉴定的雄性个体数和雌性个体数。 $N_{M1}$ 和 $N_{T1}$ 分别为分子生物学成功鉴定的雄性个数和样本总数。

所有数据均在Excel2013及SPSS19.0软件中进行处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 性别鉴定引物及其效果

对原P2引物序列进行了改进,获得了新引物A1,引物序列见表2。

表2 引物序列

Tab.2 Primer sequence

引物名称 Primer name	引物来源 Primer source	引物序列 Primer sequence
A1	CHD基因	5'-GAATAGTTCGCGGTCTTCCA-3'
P2	CHD基因	5'-TCTGCATCGCTAAATCCTTT-3'
P8	CHD基因	5'-CTCCCAAGGATGAGRAACTG-3'

PCR扩增的反应体系为10 μL,含2×GoTaq® Green Master Mix 5μL, Nuclease-Free Water 3 μL,上下游引物各0.5 μL, DNA模板1 μL;PCR扩增程序为94 °C预变性5 min,94 °C变性1 min,退火温度1 min,循环35次,72 °C延伸10 min,A1/P8退火温度(51±1)°C。

利用A1/P8引物对红嘴相思鸟性别进行分子生物学鉴定,结果与P2/P8引物的鉴定结果一致,但A1/P8引物PCR扩增条带更清晰、稳定(图1)。

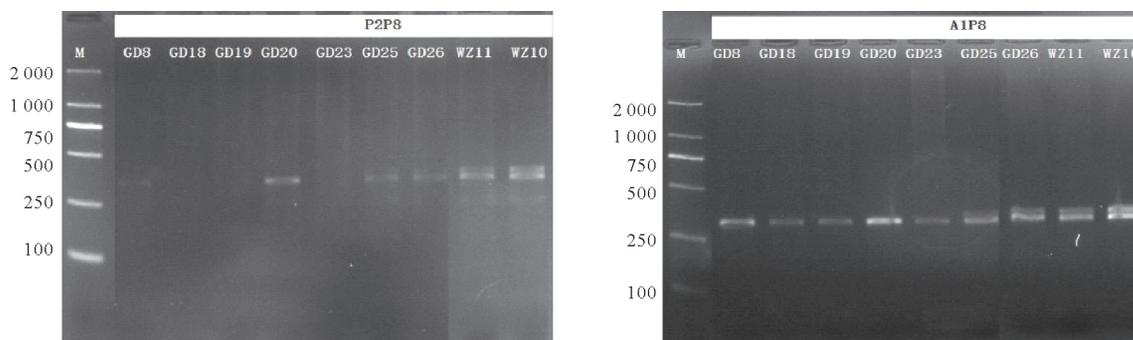


图1 不同引物的扩增结果比较

Fig.1 Comparison of amplification results of different primers

### 2.2 性比结果

利用新的引物成功鉴定出361份样本的性别,成功率100%。其中雄鸟163只,雌鸟199只。整体性比为0.45,偏雌。在14个采样组中有5组性比偏雄,7组性比偏雌,2组性比基本平衡(表3,图2)。

### 2.3 分子鉴定与形态学鉴定比较

7个采样组的红嘴相思鸟形态学性别鉴定结果为雄性114只,雌性65只。由表3可知,形态性别鉴定的总准确率为0.79,其中雄性准确率为0.82,高于雌性(0.74);7个采样组的性别鉴定准确率不同,仅有1组准确率达到100%。

表 3 分子生物学性别鉴定结果  
Tab.3 Results of sex identification in molecular biology

采集地点 Collection sites	样本数量 Sample sizes	雄性个体 No. of male	雌性个体 No. of female	采集地点 Collection sites	样本数量 Sample sizes	雄性个体 No. of male	雌性个体 No. of female
南昌 NC	56	4	52	贵阳 GY	30	16	14
合肥 HF	28	1	27	兰州 LZ	33	25	8
武汉 WH	17	3	14	成都 CD	21	20	1
梧州 WZ	13	1	12	重庆 CQ	29	8	21
宁波 NB	8	2	6	上海 SH	12	4	8
北京 BJ	31	17	14	广州 GZ	25	19	6
西安 XA	29	25	4	总计 Total	361	163	198
开封 KF	29	18	11				

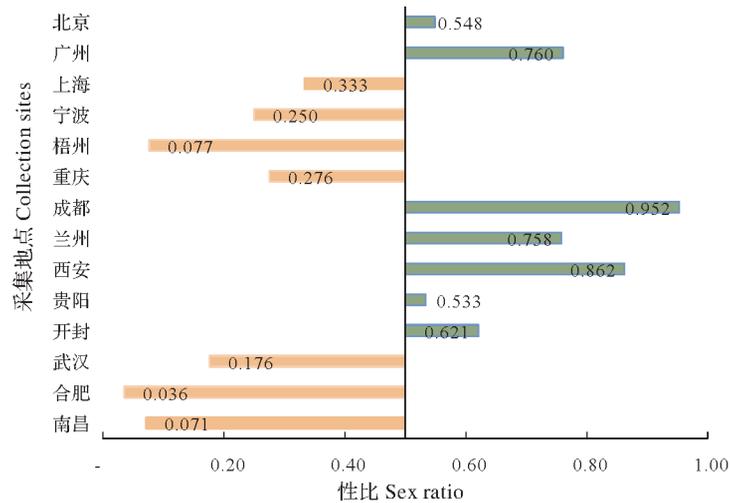


图 2 不同采集点红嘴相思鸟性比结果

Fig.2 Sex ratio of *Leiothrix lutea* collected from different sites

表 4 形态学性别鉴定准确率

Tab.4 Accuracy rate of morphological sex identification

采集地点 Collection sites	雄性准确率 Male accuracy rate	雌性准确率 Female accuracy rate	总准确率 Overall accuracy rate
开封 KF	0.94±0.25	0.77±0.44	0.86±0.35
贵阳 GY	0.87±0.35	0.80±0.41	0.83±0.38
兰州 LZ	0.85±0.36	0.67±0.52	0.82±0.39
成都 CD	1	1	1
重庆 CQ	0.36±0.50	0.78±0.43	0.62±0.49
上海 SH	0.33±0.50	0.67±0.58	0.42±0.52
广州 GZ	0.94±0.25	0.56±0.53	0.80±0.41
总计 Total	0.82±0.39	0.74±0.44	0.79±0.41

### 3 讨论

红嘴相思鸟雌雄在形态上的差别很难通过肉眼进行有效分辨<sup>[22]</sup>。尽管市场认为不同性别红嘴相思鸟在形态上存在差异,但这些差别的可靠性没有经过科学验证。有研究采用比色法来检验红嘴相思鸟雌雄的体色差异,结果显示众多测量参数中没有任何形态学参数证明在雌雄间存在显著差异,采用单一形态参数预测雌雄的结果准确率很低<sup>[23]</sup>。本文在验证形态性别鉴定法的准确率时,同样发现其准确率达不到 100%,个别鸟市不足 50%,说明形态学鉴定方法严重依赖于鉴定者的经验,存在不确定性和显著的个体差异,且对雌性的误判率更高。因此,采用分子生物学方法对红嘴相思鸟进行性别鉴定仍然是最

可靠的方法。本文利用引物 A1/P8 进行分子生物学性别鉴定,鉴定结果准确,扩增条带清晰、稳定,优于通用引物,可以应用于红嘴相思鸟及其近源物种的性别鉴定。

成年性比呈雄性偏倚现象在许多鸟类中已被证明是普遍存在的,特别是在受威胁的物种和小的或分散的种群中<sup>[24-28]</sup>。Emilio 等<sup>[23]</sup>在西班牙东北部的巴塞罗那采用陷阱法和雾网法分别在不同地点捕捉了 57 只红嘴相思鸟,其中 33 只为雄鸟,24 只为雌鸟,性比为 0.579,略偏雄。本研究中红嘴相思鸟整体成年性比略偏雌,与 Emilio 等的结果相反。但不同市场上的性比结果差异很大,例如南昌、合肥和梧州等鸟市的性比结果严重偏雌,西安和成都等鸟市性比结果则严重偏雄。

宠物鸟常常因雄鸟颜色更为艳丽,叫声更为悦耳,导致价格更高,有可能会诱使捕鸟人偏好捕捉雄鸟。经市场调查结果统计,部分市场雄性红嘴相思鸟价格更高,且数量更多。因此,部分市场上红嘴相思鸟性比偏雄的原因可能与非法捕捉中的性别筛选有关,但该理由不能解释雌鸟更多的市场结果;实际上,红嘴相思鸟雌雄差异整体不显著,多数市场上红嘴相思鸟的价格也没有雌雄差异,所以由选择偏好导致的捕捉上的性比偏倚应不是普遍现象。考虑到红嘴相思鸟的捕捉上市时间以秋季为主,此时红嘴相思鸟常成群活动,采用网捕法很难筛选性别,因此,市场上红嘴相思鸟的性比结果可以反映野外种群的实际状况,即很可能存在地区性性比偏倚现象。红嘴相思鸟为留鸟,但季节性集群垂直迁移明显<sup>[3,29]</sup>,诱引众多捕鸟人前往其活动点张网捕捉,且捕获数量大<sup>[2]</sup>,网捕个体来自同一群体的概率大,推测单次购买的鸟有很高概率是来自同一地区。从每个市场的统计结果来看,大部分存在性比上的显著差异,仅 2 个采集地性比平衡。因此,推测红嘴相思鸟不同地理群体的成年性比存在差异,其中个别地理种群性比偏倚可能较为严重。

成年性比(ASR)会影响个体的繁殖或社会地位,以及终生的繁殖成功<sup>[30]</sup>,且会对种群数量产生深远影响。然而在多数物种的保护当中成年性比没有得到足够的重视。红嘴相思鸟作为我国重要的观赏鸟类,滥捕滥猎情形仍然严重,其野外资源亟需保护。本研究结果是红嘴相思鸟贸易种群成年性比的情况,虽然会受无法排除的人为因素影响(例如多来源、人工筛选等),仍可一定程度上反映出野外群体性比的实际状况及贸易对种群性比的影响,但仍需野外种群调查结果的验证。

致谢:中国科学院动物所雷富民研究员、宋刚副研究员、贵州大学粟海军教授、陕西动物所罗磊副研究员、刘涛、塔旗等在样品采集中提供了帮助,谨致谢意!

## 参考文献 References:

- [1] 郑光美. 中国鸟类分类与分布名录[M]. 3版. 北京: 科学出版社, 2011.  
ZHENG G M. A checklist on the classification and distribution of the birds of China[M]. 3rd ed. Beijing: Science Press, 2017.
- [2] 张志强, 杨道德, 张正旺. 红嘴相思鸟(*Leiothrix lutea*)的研究与保护现状[C]//第七届全国野生动物生态与资源保护学术研讨会论文摘要集, 2011.  
ZHANG Z Q, YANG D D, ZHANG Z W. Current situation of research and protection of *Leiothrix lutea*[C]//Abstracts of the 7th National Symposium on wildlife ecology and resource protection, 2011.
- [3] 马敬能, 菲利普斯, 何芬奇. 中国鸟类野外手册[M]. 长沙: 湖南教育出版社, 2000: 414.  
MA J N, PHILLIPS, HE F Q. A field guide to the birds of China[M]. Changsha: Hunan Education Press, 2000: 414.
- [4] 郭工场, 周淑荣, 包秀芳, 等. 红嘴相思鸟饲养管理[J]. 特种经济动植物, 2009, 12(9): 9-11.  
GUO W C, ZHOU S R, BAO X F, et al. Feeding management of *Leiothrix lutea*[J]. Special economic animals and plants, 2009, 12(9): 9-11.
- [5] 王志宝. 国家林业局令第七号: 国家保护的有益的或者有重要经济、科学研究价值的陆生野生动物名录[J]. 野生动物, 2000(5): 49-82.  
WANG Z B. Order No. 7 of the State Forestry Administration—a list of terrestrial wild animals that are beneficial to national protection or have important economic and scientific research value[J]. Chinese journal of wildlife, 2000(5): 49-82.
- [6] 齐赛飞, 袁施彬, 袁红, 等. 红嘴相思鸟的消化系统形态学研究[J]. 四川动物, 2010, 29(4): 601-604.  
QI S F, YUAN S B, YUAN H, et al. Morphological observation on the digestive system of *Leiothrix lutea*[J]. Sichuan journal of zoology, 2010, 29(4): 601-604.
- [7] 黄铨, 袁施彬, 方静, 等. 消化道嗜银细胞在红嘴相思鸟胚后发育过程中的分布规律[J]. 吉林畜牧兽医, 2019, 40(6): 5-6.  
HUANG C, YUAN S B, FANG J, et al. Distribution of argyrophil cells in the digestive tract during the postembryonic development of *Leiothrix lutea*[J]. Jilin animal husbandry and veterinary medicine, 2019, 40(6): 5-6.
- [8] 吴邦元, 李小聪, 彭西. 红嘴相思鸟雏鸟间脑动眼神经核团的组织结构[J]. 动物学杂志, 2018, 53(6): 924-930.

- WU B Y, LI X C, PENG X. Histological observation on the diencephalic oculomotor nucleus in *Leiothrix lutea* nestling[J]. Chinese journal of zoology, 2018, 53(6): 924-930.
- [9] 周明强, 袁施彬, 周材权, 等. 四川老君山自然保护区红嘴相思鸟繁殖生态初报[J]. 四川动物, 2012, 31(6): 965-969.  
ZHOU M Q, YUAN S B, ZHOU C Q, et al. The Preliminary study on breeding habit of *Leiothrix lutea* at Laojunshan Nature Reserve, Sichuan[J]. Sichuan journal of zoology, 2012, 31(6): 965-969.
- [10] 王素华, 杜爱芳, 顾建宏, 等. 首次在红嘴相思鸟体内发现多变环肠吸虫[J]. 中国兽医杂志, 2004, 40(8): 9-10.  
WANG S H, DU A F, GU J H, et al. Detection of cyclocoelum mutabile *Leiothrix lutea*[J]. Chinese journal of veterinary medicine, 2004, 40(8): 9-10.
- [11] YOSHINO T, KAWAKAMI K, SASAKI H, et al. A parasitological survey of Hwamei *Garrulax canorus* and Red-billed *Leiothrix lutea* (Passeriforms: Terimiidae). [J]. Japanese journal of ornithology, 2003, 52(1): 39-42.
- [12] FISHER R A. The genetical theory of natural selection[M]. London: Oxford University Press, 1930.
- [13] 霍雅鹏, 万冬梅. 鸟类性别鉴定的方法及性比研究的进展[J]. 辽宁大学学报, 2008, 35(4): 358-362.  
HUO Y P, WAN D M. Methods of bird sex identification and progress of sex ratio research[J]. Journal of Liaoning university, 2008, 35(4): 358-362.
- [14] 胡锐颖, 李仲逵, 丁小燕. 鸟类性别决定机制及性别鉴定的研究进展[J]. 遗传, 2005, 27(2): 297-301.  
HU R Y, LI Z K, DING X Y. Progress in the investigation of avian sex determination and sex identification[J]. Hereditas, 2005, 27(2): 297-301.
- [15] ELLEGREN H. First gene on the avian W chromosome (CHD) provides a tag for universal sexing of non-ratite birds[J]. Proceedings biological sciences, 1996, 263(1377): 1635-1641.
- [16] GRIFFITHS R, DOUBLE M C, ORR K, et al. A DNA test to sex most birds[J]. Molecular ecology, 1998, 7(8): 1071-1075.
- [17] CERIT H, AVANUS K. Sex identification in avian species using DNA typing methods[J]. World's poultry science journal, 2008, 63: 91-99.
- [18] 孟莉, 张建新, 潘馥君, 等. 黄腹山鹧鸪和纯色山鹧鸪性别的分子鉴定[J]. 四川动物, 2010, 29(4): 547-550.  
MENG L, ZHANG J X, PAN H J, et al. Molecular sexing of the Yellow-bellied Prinia and Plain Prinia[J]. Sichuan journal of zoology, 2010, 29(4): 547-550.
- [19] 于海龙, 张剑峰, 何宗亮, 等. 戴冕鹤性别的分子鉴定[J]. 四川动物, 2011, 30(2): 195-197.  
YU H L, ZHANG J F, HE Z L, et al. Molecular sex identification of *Grus nigricollis*[J]. Sichuan journal of zoology, 2011, 30(2): 195-197.
- [20] 盖玉林, 路迪, 周材权. 两种观赏鸟性别的快速鉴定研究[J]. 西华师范大学学报(自然科学版), 2014, 35(2): 166-171.  
GAI Y L, LU D, ZHOU C Q. Rapid sex identification in two species of ornamental birds[J]. Journal of China west normal university(natural science edition), 2014, 35(2): 166-171.
- [21] 柯婉娟, 张守栋, 马强, 等. 基于形态特征判定五种鹬类性别的可靠性[J]. 动物学杂志, 2017, 52(4): 555-564.  
KE Y J, ZHANG S D, MA Q, et al. Reliability of identifying gender of five sandpipers using morphologic measurements[J]. Chinese journal of zoology, 2017, 52(4): 555-564.
- [22] MAIER E J. To deal with the invisible-on the biological significance of ultraviolet sensitivity in birds [J]. Naturwissenschaften, 1993, 80(10): 476-478.
- [23] EMILIO P, JUAN C S, JOSÉ L T. Red-billed *Leiothrix* sexing is a matter of colour[J]. Bird study, 2013, 60(2): 285-288.
- [24] FRETWELL S D, CALVER J S. On territorial behavior and other factors influencing habitat distribution in birds [J]. Acta biotheoretica, 1969, 19(1): 37-44.
- [25] DONALD P F, HILLE S, BROOKE M D L, et al. Sexual dimorphism, niche partitioning and social dominance in the feeding ecology of the critically endangered Raso Lark *Alauda razae*[J]. Ibis, 2007, 149(4): 848-852.
- [26] LIANA Z. Indicators of habitat quality and the reproductive output of a forest songbird in small and large fragments [J]. Journal of avian biology, 2001, 32(1): 38-46.
- [27] SVEIN D. Female-biased dispersal, low female recruitment, unpaired males, and the extinction of small and isolated bird populations[J]. Oikos, 2001, 92(2): 344-356.
- [28] WOOLFENDEN B E, GIBBS H L, SEALY S G. Demography of brown-headed cowbirds at delta marsh, manitoba [J]. The auk, 2001, 118(1): 156-166.
- [29] 刘小华, 龙国珍. 红嘴相思鸟繁殖习性的初步研究[J]. 广西科学院学报, 1986(1): 17-21.  
LIU X H, LONG G Z. A preliminary study on the breeding habits of the *Leiothrix lutea*[J]. Journal of Guangxi academy of sciences, 1986, 2(1): 17-21.
- [30] BERTRAM B C R. The ostrich communal nesting system [J]. Journal of animal ecology, 1994, 62(4): 792.