

滇绒鼠在四川的分类与分布厘定

王旭明^① 刘明^① 赵送萍^② 刘莹洵^① 王新^① 陈顺德^{②*} 刘少英^{①*}

① 四川省林业科学研究院 成都 610081; ② 四川师范大学生命科学学院 成都 610101

摘要: 2019至2023年,在四川省珙县(104°50'05"E, 27°54'27"N,海拔1331m)和叙永县(105°32'05"E, 28°13'51"N,海拔1370m)分别采集到2号和4号绒鼠类成体标本。这些标本个体较小,尾长约为体长的41%,形态鉴定属于滇绒鼠(*Eothenomys eleusis*)。对所采标本的Cyt b基因进行PCR扩增和测序,并结合从GenBank下载的绒鼠属物种序列构建贝叶斯基因树,结果显示:所采标本与滇绒鼠指名亚种(*E. e. eleusis*)聚为一个支系(贝叶斯后验概率为1.0),遗传距离为0.8%,与滇绒鼠aurora亚种(*E. e. aurora*)的遗传距离为2.5%。根据标本形态、头骨特征,结合分子生物学证据,确定所采6号标本为滇绒鼠,是该物种在四川省的首次确认分布记录。标本现存于四川省林业科学研究院动物标本馆(编号分别为SAF19843、SAF19844、SAF220125、SAF220131、SAF23176和SAF23177)。

关键词: 滇绒鼠; 绒鼠属; 分类与分布; 四川省

中图分类号: Q959 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2024) 02-210-07

Determination of Classification and Distribution of *Eothenomys eleusis* (Thomas, 1911) from Sichuan Province

WANG Xu-Ming^① LIU Ming^① ZHAO Song-Ping^② LIU Ying-Xun^① WANG Xin^①
CHEN Shun-De^{②*} LIU Shao-Ying^{①*}

① Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081; ② College of Life Sciences, Sichuan Normal University, Chengdu 610101, China

Abstract: [Objectives] From 2019 to 2023, 2 specimens of the genus *Eothenomys* were collected from Gong County (104°50'05" E, 27°54'27" N, 1 331 m) and 4 from Xuyong County (105°32'05" E, 28°13'51" N, 1 370 m), both in southern Sichuan. These specimens were tentatively identified as *Eothenomys eleusis*, but their species status is controversial. Recently, *E. eleusis* has been confirmed as an independent species by morphological and molecular phylogenetics studies. Current research has shown that there are errors in the identification of *E. eleusis* distributed in Shimian, Meigu, Muli, and other places in Sichuan. In this study, we aim to identify these 6 specimens to update the records of the distribution range of *E. eleusis*. **[Methods]** The specimens (voucher numbers: SAF19843, SAF19844, SAF220125, SAF220131, SAF23176, and SAF23177) are stored at the Animal Herbarium of Sichuan Academy of Forestry. We measured the external measurement

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 31970399), 2023年四川省林业科学研究院基本科研项目 (No. 2023JBKY09);

* 通讯作者, E-mail: csd111@126.com, shaoyliu@163.com;

第一作者介绍 王旭明, 男, 助理研究员; 研究方向: 动物分类学; E-mail: wangxuming1994@163.com.

收稿日期: 2022-12-11, 修回日期: 2023-10-09 DOI: 10.13859/j.cjz.202422315

and skull measurement in 3 of these specimens and compared them with type specimens. Meanwhile, we sequenced the Cyt *b* gene in 4 of these specimens, and estimated Kimura 2-parameter (K2P) genetic distance using these sequences. In addition, we used the Cyt *b* gene sequences to construct a Bayesian phylogeny tree of the genus *Eothenomys*. [Results] According to the morphological description (Fig. 1) and comparison (Table 1) of 3 specimens collected in Sichuan, their tail lengths were about 41% of their body lengths, and the total length of cranium was less than 26.50 mm, which was consistent with that of the *E. eleusis*. In the phylogeny tree of the genus *Eothenomys*, the specimens collected in Sichuan and *E. e. eleusis* was the first cluster, which with *E. e. aurora* was the second cluster, and then with *E. miletus* to be the third cluster. The K2P genetic distance between the samples from Sichuan and *E. e. eleusis* is 0.8%, while between the samples from Sichuan and *E. e. aurora* is 2.5%. [Conclusion] The classification of *E. eleusis* is discussed in this paper and confirms the distribution of the *E. eleusis* in Sichuan. The morphological characteristics of *E. eleusis* in Sichuan are consistent with those of *E. e. aurora*, but their genetic relationship is closer to *E. e. eleusis* in terms of molecular genetic information, which indicate the differentiation of subspecies cannot be reflected in the genetic information of a single gene or several genes, and this discovery provides a reference for species classification research and zoogeography research.

Key words: *Eothenomys eleusis*; *Eothenomys*; Classification and distribution; Sichuan Province

绒鼠属 (*Eothenomys*) 隶属于哺乳纲 (Mammals) 啮齿目 (Rodentia) 仓鼠科 (Cricetidae), 最早由 Miller 于 1896 年作为田鼠属 (*Microtus*) 的一个亚属建立, 1923 年 Hinton 将其提升为属。该属主要分布于我国长江以南地区, 在长江以北地区仅分布于四川盆地周围山区、甘肃南部和陕西南部, 国外边缘性分布于缅甸北部。该属分布的生境类型多样, 海拔跨度较大, 300~3 700 m 均有分布。关于绒鼠属的属下分类系统, 长期以来各学者持不同意见 (Hinton 1923, Allen 1940, Corbet 1978, 马勇等 1996, 罗泽珣等 2000, 王应祥 2003)。最新的研究表明, 绒鼠属包含 3 亚属共 17 种 (Liu et al. 2019), 其中, 绒鼠属指名亚属 (*Eothenomys*) 包含丽江绒鼠 (*E. fidelis*)、滇绒鼠 (*E. eleusis*)、大绒鼠 (*E. miletus*)、石棉绒鼠 (*E. shimianensis*)、克钦绒鼠 (*E. cachinus*)、福建绒鼠 (*E. colurnus*) 和黑腹绒鼠 (*E. melanogaster*) 7 种; 川西绒鼠亚属 (*Ermites*) 包含螺髻山绒鼠 (*E. luojishanensis*)、金阳绒鼠 (*E. jinyangensis*)、康定绒鼠 (*E. hintoni*)、美姑绒鼠 (*E. meiguensis*) 和川西绒鼠 (*E.*

tarquinius) 5 种; 东方绒鼠亚属 (*Anteliomys*) 包含玉龙绒鼠 (*E. proditor*)、昭通绒鼠 (*E. olitor*)、中华绒鼠 (*E. chinensis*)、西南绒鼠 (*E. custos*) 和德钦绒鼠 (*E. wardi*) 5 种。除克钦绒鼠分布于中国云南和缅甸北部, 其余 16 种均为中国特有种 (魏辅文等 2022)。

滇绒鼠最早作为黑腹绒鼠的亚种被描记 (Thomas 1911), 其模式产地为云南昭通。Hinton (1923, 1926) 均认为滇绒鼠是大绒鼠的亚种。Allen (1940) 首次将其作为独立种。Ellerman 等 (1951) 以及 Corbet (1978) 认为滇绒鼠是黑腹绒鼠的亚种。Honacki (1982)、Musser 等 (1993, 2005) 和 Wilson 等 (2016) 将滇绒鼠作为黑腹绒鼠的同物异名。我国科学家大多认同滇绒鼠的独立物种地位 (胡锦涛等 1984, 罗泽珣等 2000, 王应祥 2003, 潘清华等 2007)。Liu 等 (2019) 通过线粒体基因和核基因构建的分子系统发育树及形态学研究, 最终确立滇绒鼠的种级地位。该种有 3 个亚种, 分别为指名亚种 (*E. e. eleusis*)、*aurora* 亚种 (*E. e. aurora*) 和 *yingjiangensis* 亚种 (*E. e. yingjiangensis*)。滇绒鼠曾记录分布于四川石

棉、美姑、布拖、木里和攀枝花等地(罗泽珣等 2000),但经过大量的采集和查阅标本,证实这些记录均不是滇绒鼠(Liu et al. 2019)。

2019 至 2023 年间,在四川南部的珙县(104°50'05" E, 27°54'27" N, 海拔 1 331 m)和叙永县(105°32'05" E, 28°13'51" N, 海拔 1 370 m)分别采集到 2 号和 4 号绒鼠标本,通过形态学鉴定及分子遗传分析,确定其为滇绒鼠,为该种在四川分布的首次确认记录,标本现保存于四川省林业科学研究院动物标本馆(编号分别为 SAF19843、SAF19844、SAF220125、SAF220131、SAF23176 和 SAF23177)。

1 研究方法

1.1 形态数据测量与分析

用卷尺对野外采集的标本进行外形测量,测量指标包括头体长、尾长、后足长及耳长。测量后取肝组织保存于 95%分析纯酒精中,样本身体用 10%福尔马林溶液保存。在实验室将 6 号标本制作成假剥制标本用于形态学研究。参照杨奇森等(2005)和 Allen(1940),用游标卡尺(上海阡齐,量程 0~200 mm,精度 0.01 mm)对 3 号(珙县 2 号,叙永县 1 号)完整头骨进行测量,另 3 号标本因头骨破损未纳入形态比较。头骨测量指标包括颅全长、基长、腭长、颧宽、颅高、眶间宽、听泡长、上臼齿列长和下臼齿列长 9 项。

1.2 遗传分析

从珙县和叙永县所采集绒鼠肝组织样品中各取 2 号(共 4 号),使用 DNA 快速提取试剂盒(成都福际生物技术有限公司)提取其总 DNA,利用通用引物 L14724/H15915 扩增线粒体细胞色素 *b* 基因(Cyt *b*, 1 140 bp),采用 Sanger 测序(成都擎科梓熙生物技术有限公司)获得其 Cyt *b* 全序列(GenBank 索引号 OP913410、OP913411、OR223816 和 OR223817)。自 NCBI 数据库下载甘肃绒鼠(*Caryomys eva*, GenBank 索引号 HM165402

和 HM165404)和棕背鼯(*Craseomys rufocanus*, GenBank 索引号 HM165374 和 HM165376) Cyt *b* 序列作为外群,下载中华绒鼠(GenBank 索引号 KY997392、KY997393 和 HM165434)、玉龙绒鼠(GenBank 索引号 KY997396、KY997397 和 KY997399)、川西绒鼠(GenBank 索引号 HM165369、HM165393 和 HM165398)、螺髻山绒鼠(GenBank 索引号 KY997337、KY997338 和 KY997339)、金阳绒鼠(GenBank 索引号 HM165365、HM165370 和 HM165416)、黑腹绒鼠(GenBank 索引号 KY997365、KY997382 和 KY997419)、福建绒鼠(GenBank 索引号 KY997350、KY997351 和 KY997352)、石棉绒鼠(GenBank 索引号 KY997410 和 KY997411)、克钦绒鼠(GenBank 索引号 KY997404、KY997405 和 KY997406)、大绒鼠(GenBank 索引号 AY426683、AY426684 和 AY426686)、丽江绒鼠(GenBank 索引号 AY426680、HM165377 和 HM165379)和滇绒鼠(GenBank 索引号 AY426675、HM165380、HM165383、KY997335、KY997361、KY997401、KY997402 和 KY997403) 12 个物种共 40 条 Cyt *b* 序列与本文测定的 4 条绒鼠属 Cyt *b* 序列进行遗传分析。

使用 Mega 5 软件(Tamura et al. 2011)对所有序列进行比对处理,并基于双参数模型(Kimura 2-parameter, K2P)计算绒鼠属物种间遗传距离。使用 Beast v1.7.5 软件(Drummond et al. 2012)构建贝叶斯系统发育树,构建方法参照刘少英等(2017)。

2 结果

2.1 形态特征

本次取自四川的绒鼠标本平均尾长约为体长的 41%,颅全长小于 26.50 mm。身体整体黑灰褐色调,毛基黑灰色,毛尖黄褐色或灰褐色。背腹颜色无明显界限。尾上下两色,背面灰褐色,腹面较淡。颅形较为低平。腭骨后缘截然中断,不形成中央纵脊。上臼齿列较粗壮,咀

嚼面由系列三角形齿环组成。第 1 上臼齿舌侧有 4 个角突，唇侧 3 个角突。第 2 上臼齿舌侧和唇侧均有 3 个角突。第 3 上臼齿舌侧有 4 个角突，唇侧有 4 个角突。第 1 下臼齿左右三角形齿环呈横的联合，相互融通，该齿舌侧有 6

个角突，唇侧有 5 个角突。第 2 下臼齿和第 3 下臼齿舌侧和唇侧均有 3 个角突（图 1）。这些特征和量度（表 1）与 Allen（1940）对滇绒鼠 *aurora* 亚种的描记基本一致，只在第 3 上臼齿唇侧略微变异。



图 1 四川省宜宾市珙县滇绒鼠标本（SAF220131 ♂）的头骨及下颌骨

Fig. 1 Cranium and mandible of *Eothenomys eleusis* from Gong County, Yibin City, Sichuan Province (SAF220131 ♂)

表 1 四川的滇绒鼠和滇绒鼠 3 个亚种的模式产地标本量度汇总（单位：mm）

Table 1 The summary of measurements of *Eothenomys eleusis* in Sichuan and the specimens from type locality of 3 subspecies of *E. eleusis* (Unit: mm)

测量指标 Measurements	四川标本 (n = 3) Sichuan 本研究 This study	模式产地标本 Specimens from type locality		
		指名亚种 云南昭通 (n = 10) <i>E. e. eleusis</i> Zhaotong, Yunnan Allen 1940	<i>aurora</i> 亚种 湖北长阳 (n = 4) <i>E. e. aurora</i> Changyang, Hubei Allen 1940	<i>yingjiangensis</i> 亚种 云南盈江 (n = 20) <i>E. e. yingjiangensis</i> Yingjiang, Yunnan 罗泽珣等 2000
头体长 Head and body length, HBL	106.0 ± 1.41	92.8 ± 0.66	101.8 ± 2.77	98.5 ± 0.97
尾长 Tail length, TL	43.0 ± 0.82	48.9 ± 0.84	43.0 ± 3.08	35.5 ± 0.36
后足长 Hind foot length, HFL	17.0 ± 0.00	16.9 ± 0.20	16.6 ± 1.29	15.4 ± 0.18
耳长 Ear length, EL	11.0 ± 0.00	11.3 ± 0.11		11.0 ± 0.26
颅全长 Total length of the cranium, TLC	24.9 ± 0.65	24.0 ± 0.41	24.7 ± 0.33	24.4 ± 0.14
基长 Basal length, BL	23.7 ± 0.59	22.2 ± 0.53	23.0 ± 0.33	22.4 ± 0.14
腭长 Palatoincislve length, PIL	12.9 ± 0.21	12.7 ± 0.22	12.8 ± 0.24	12.9 ± 0.19
颧宽 Zygomatic breadth, ZB	15.4 ± 0.25	14.3 ± 0.40	14.7 ± 0.29	14.2 ± 0.10
颅高 Cranial height, CH	9.5 ± 0.19			8.9 ± 0.13
眶间宽 Interorbital breadth, IOB	4.5 ± 0.01			4.4 ± 0.14
听泡长 Length of the tympanic bulla, LTB	7.6 ± 0.17			6.1 ± 0.06
上臼齿列长 Length of the maxillary molars, ULMM	6.0 ± 0.04	6.0 ± 0.19	6.2 ± 0.17	6.0 ± 0.04
下臼齿列长 Length of the mandibular molars, LLMM	6.1 ± 0.12	6.1 ± 0.24	6.3 ± 0.38	5.9 ± 0.09

2.2 系统发育分析

基于 *Cyt b* 基因的系统发育树显示(图 2), 采自四川的绒鼠样品与来自云南昭通的滇绒鼠指名亚种地模标本、湖北长阳的滇绒鼠 *aurora*

亚种地模标本和重庆的样品构成单系群(贝叶斯后验概率为 1.0), 四川样本与指名亚种更近。通过 MEGA 5 计算出四川的绒鼠样本与绒鼠属所有物种的平均遗传距离为 6.1%, 滇绒鼠物种

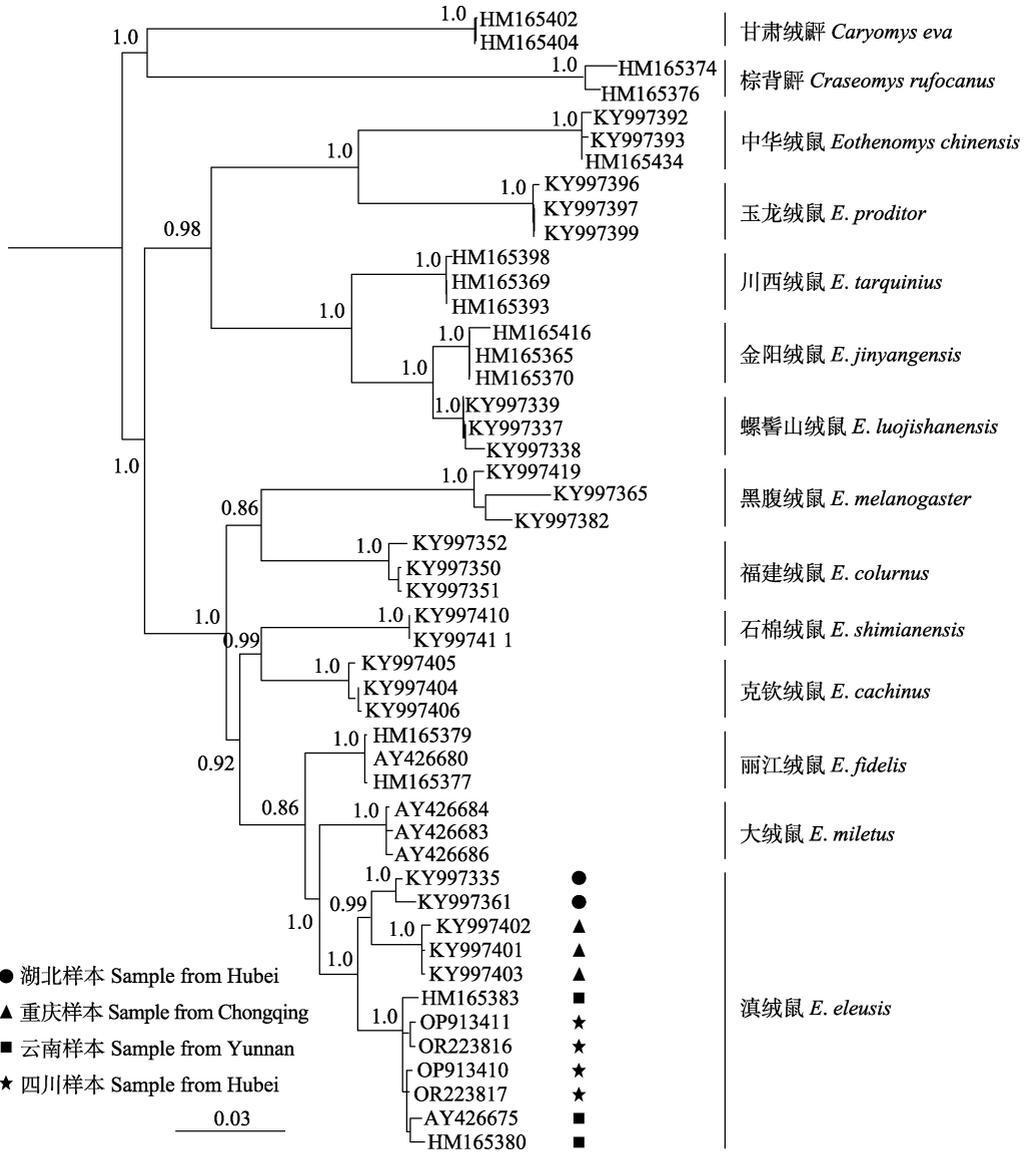


图 2 基于线粒体 *Cyt b* 基因构建的绒鼠属部分物种贝叶斯系统发育树

Fig. 2 The Bayesian phylogenetic tree based on complete mitochondrial *Cyt b* gene of selected *Eothenomys* species

节点数值表示后验概率, 当数值大于 0.95 时, 才能认为在该节点包含的类群作为单系得到了显著支持; 每一分支末端编号为该样本线粒体 *Cyt b* 基因序列的 GenBank 索引号; 距离标尺表示序列间差异数值的单位长度。

The numerical value of the node represents the posterior probabilities, when the value is greater than 0.95, we can think that the class contained in the node is significantly supported as a monophyly. The code after the branch end means the GenBank ID. Distance scale represents the unit length of the difference value between sequences.

内四川样本与指名亚种聚为一个支系, 遗传距离为 0.8%, 与 *aurora* 亚种的遗传距离为 2.5%; 除滇绒鼠外, 四川样本与绒鼠属物种间遗传距离最小的是丽江绒鼠, 为 3.8%, 最大的是康定绒鼠, 为 9.6%。

3 讨论

关于滇绒鼠在四川的分布问题, Allen (1940) 没有记录滇绒鼠分布于四川, 但明确记录四川木里有大绒鼠。胡锦涛等 (1984) 将 Allen 在四川木里记录的大绒鼠改为“滇绒鼠” (使用昭通绒鼠中文名, 滇绒鼠学名), 王酉之等 (1999) 重新记录四川凉山州有大绒鼠而没有滇绒鼠, 四川木里的绒鼠被改为昭通绒鼠。罗泽珣等 (2000) 将分布于四川石棉、美姑、布拖、木里和攀枝花等地的绒鼠改为滇绒鼠, 大绒鼠仍然记录于四川木里。分子系统学研究证实九龙和攀枝花的绒鼠是丽江绒鼠; 布拖的绒鼠是大绒鼠; 木里同时有丽江绒鼠和大绒鼠的分布; 石棉和美姑的绒鼠分别是石棉绒鼠和美姑绒鼠 (Liu et al. 2019)。本次发现于珙县和叙永县的滇绒鼠是四川首次确认记录。目前, 滇绒鼠已知的分布范围包括云南、四川、重庆、湖北、湖南和贵州 6 省、直辖市。

关于滇绒鼠第 3 上臼齿角突变异, Liu 等 (2019) 进行了详细的描述。滇绒鼠模式标本第 3 上臼齿唇侧只有 3 个角突, 但通过观察大量的地模标本发现, 部分标本第 3 上臼齿唇侧接近或明显形成了 4 个角突。而第 3 上臼齿唇侧有 4 个角突是克钦绒鼠、大绒鼠和黑腹绒鼠等物种的鉴别特征, 这就是滇绒鼠分类混乱的根本原因。本研究在四川采集的 6 号滇绒鼠标本中, 有 4 号存在该变异现象。

滇绒鼠 3 个亚种中 *yingjiangensis* 亚种尾长最短, 只有 35 mm 左右, 指名亚种与 *aurora* 亚种的鉴定特征在于指名亚种尾长等于或大于头体长之半, *aurora* 亚种尾长小于头体长之半 (罗泽珣等 2000)。本研究采集于四川的绒鼠标本尾长 42~44 mm, 约为体长的 41%, 形态

特征与滇绒鼠 *aurora* 亚种鉴别特征一致, 因此鉴定为滇绒鼠 *aurora* 亚种。但遗传分析结果显示, 四川样本在分子信息与指名亚种亲缘关系更为接近, 这说明亚种的分化并不能在单个或几个基因的遗传信息上体现, 该发现能为物种分类研究和动物地理研究提供参考。

参 考 文 献

- Allen G M. 1940. The Mammals of China and Mongolia, II. New York: American Museum of Natural History.
- Corbet G B. 1978. The Mammals of the Palaearctic Region: A Taxonomic Review. London: British Museum (Natural History), Cornell University Press.
- Drummond A J, Suchard M A, Xie D, et al. 2012. Bayesian phylogenetics with BEAUti and the BEAST 1.7. *Molecular Biology and Evolution*, 29(8): 1969–1973.
- Ellerman J R, Morrison-Scott T C S. 1951. Checklist of Palaearctic and Indian Mammals, 1758 to 1946. London: Order of the Trustees of the British Museum.
- Hinton M A C. 1923. XII.—On the voles collected by Mr. G. Forrest in Yunnan; with remarks upon the Genera *Eothenomys* and *Neodon* and upon their allies. *Annals and Magazine of Natural History*, 11(61): 145–162.
- Hinton M A C, British M M N H. 1926. Monograph of the Voles and Lemmings (Microtinae) Living and Extinct. London: British Museum (Natural History).
- Honacki J H, Kinman K E, Koepl J W. 1982. *Mammal Species of the World*. Lawrence Kansas: Allen Press and the Associated System.
- Liu S Y, Chen S D, He K, et al. 2019. Molecular phylogeny and taxonomy of subgenus *Eothenomys* (Cricetidae: Arvicolinae: *Eothenomys*) with the description of four new species from Sichuan, China. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 186(2): 569–598.
- Miller G S. 1896. The genera and subgenera of voles and lemmings. Washington: US Government Printing Office.
- Musser G G, Carleton M D. 1993. Subfamily Arvicolinae // Wilson D E, Reeder D M. *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference*. 2nd ed. Washington: Smithsonian Institution Press.

- Musser G G, Carleton M D. 2005. Family Cricetidae // Wilson D E, Reeder D M. *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference*. 3rd ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- Tamura K, Peterson D, Peterson N, et al. 2011. MEGA5: molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. *Molecular Biology and Evolution*, 28(10): 2731–2739.
- Thomas O. 1912. The Duke of Bedford's zoological exploration of eastern Asia.—XV. On mammals from the provinces of Szechwan and Yunnah, western China. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 82(1): 127–141.
- Wilson D E, Lacher T E, Mittermeier R A. 2016. *Handbook of the Mammals of the World: vol. 7: Rodents*. Barcelona: Lynx Edicions.
- 胡锦矗, 王西之. 1984. 四川资源动物志: 第二卷 兽类. 成都: 四川科学技术出版社.
- 刘少英, 靳伟, 廖锐, 等. 2017. 基于 *Cyt b* 基因和形态学的鼠兔属系统发育研究及鼠兔属 1 新亚属 5 新种描述. *兽类学报*, 37(1): 1–43.
- 罗泽珣, 陈卫, 高武, 等. 2000. 中国动物志: 兽纲 第六卷 啮齿目 下册 仓鼠科. 北京: 科学出版社.
- 马勇, 姜建青. 1996. 绒鼯属 *Caryomys* (Thomas, 1911) 地位的恢复(啮齿目: 仓鼠科: 田鼠亚科). *动物分类学报*, 21(4): 193–497.
- 潘清华, 王应祥, 岩崑. 2007. 中国哺乳动物彩色图鉴. 北京: 中国林业出版社.
- 王应祥. 2003. 中国哺乳动物种和亚种分类名录与分布大全. 北京: 中国林业出版社.
- 王西之, 胡锦矗. 1999. 四川兽类原色图鉴. 北京: 中国林业出版社.
- 魏辅文, 杨奇森, 吴毅, 等. 2022. 中国兽类分类与分布. 北京: 科学出版社.
- 杨奇森, 夏霖, 马勇, 等. 2005. 兽类头骨测量标准 I: 基本量度. *动物学杂志*, 40(3): 50–56.

~~~~~

(上接第 180 页)



图 1 豆雁与红胸黑雁(箭头)

Fig. 1 Bean Goose and Red-breasted Goose (arrow)

常佃学<sup>①②</sup> 蔡新斌<sup>②</sup> 徐峰<sup>①</sup> 苟军<sup>③</sup> 梅宇<sup>①\*</sup>

① 中国科学院新疆生态与地理研究所标本馆 乌鲁木齐 830011;

② 新疆林业科学院森林生态研究所 乌鲁木齐 830063; ③ 新疆观鸟会 乌鲁木齐 830000