

DOI:10.13350/j.cjpb.220525

• 综述 •

黑腹绒鼠的研究现状及进展*

陈雁翎^{1,2}, 郭宪国^{1,2,*}

(1. 大理大学病原与媒介生物研究所, 云南大理 671000; 2. 云南省自然疫源性疾病预防控制技术重点实验室)

【摘要】 黑腹绒鼠是啮齿目仓鼠科田鼠亚科绒鼠属的鼠种之一, 属于东洋界种类, 分布广泛, 多栖息于海拔较高的山区山地, 是农林业的主要害鼠之一, 且传播多种人畜共患病。本文从历史演化及种下分类、形态鉴别特征、年龄鉴定、生理和生态、黑腹绒鼠的危害、监测与控制和其他研究进展等方面, 对黑腹绒鼠的研究现状及进展进行了综述。

【关键词】 黑腹绒鼠; 啮齿动物; 研究进展; 综述

【中图分类号】 R37

【文献标识码】 A

【文章编号】 1673-5234(2022)05-0615-05

[Journal of Pathogen Biology. 2022 May;17(5):615-619.]

Research Status and Progresses of *Eothenomys melanogaster*

CHEN Yan-ling^{1,2}, GUO Xian-guo^{1,2} (1. Vector Laboratory, Institute of Pathogens and Vectors, Dali, Yunnan 671000, China; 2. Yunnan Provincial Key Laboratory for Zoonosis Control and Prevention, Dali University)

【Abstract】 *Eothenomys melanogaster* is a rodent species of the genus *Eothenomys* in the subfamily Arvicolinae, the family Cricetidae and the order Rodentia. It is a widely distributed rodent species in the Oriental Realm. It is mainly distributed in the mountainous areas with high altitudes. *Eothenomys melanogaster* is an important pest in agriculture and forestry, destroying crops and forests in the distributed areas. Besides, *E. melanogaster* is also the reservoir host of some zoonotic diseases. Based on domestic and foreign literatures, this paper reviewed the research status and progresses on *E. melanogaster*, which involves the following aspects of *E. melanogaster*: the evolution history, differentiation of subspecies, morphological identification, age identification, ectoparasites and epidemiology, the harm to crops and forests, control strategies, and some other research advances. In the end, the paper points out some insufficiency of previous studies and puts forward some perspectives for further studies.

【Key words】 *Eothenomys melanogaster*; rodent; research progress; review

***黑腹绒鼠(*Eothenomys melanogaster* Milne-Edwards, 1871)为我国南方常见鼠种之一, 在动物分类上属于啮齿目(Rodentia)、仓鼠科(Cricetidae)、田鼠亚科(Arvicolinae)、绒鼠属(*Eothenomys*)中的小型兽类, 属于典型的野栖鼠种, 主要栖息于海拔较高的山地, 是山地林区和旱地耕作区的常见鼠种之一。该鼠广泛分布于我国浙江、福建、湖北、湖南、广东、安徽、江西、四川、贵州、云南、甘肃、陕西、西藏和台湾等省区^[1-6], 在国外主要分布于印度阿萨姆北部、缅甸北部和印度支那等^[1,7], 但种群数量较少^[2,3,8-9]。黑腹绒鼠经常啃食杉木、柳杉、油松和银杏等树木, 还经常盗食玉米和洋芋等农作物, 对农业和林业危害较大^[2,10-11]。除了对农业和林业的危害之外, 黑腹绒鼠还与多种人畜共患病的传播相关, 是钩端螺旋体病、流行性出血热病、巴尔通体病和恙虫病等人畜共患病的重要动物传染源和储存宿主之一^[5,10,12]。结合所检索到的国内外相关文献资料, 本文对黑腹绒鼠的研究动态综述如下。

1 黑腹绒鼠的历史演化及种下分类

黑腹绒鼠可能出现在距今大约 250 万年的第四纪更新世早期的大庙期, 其祖先类型尚不明确。在我国最早发现的 *Clethrionomys* 属化石中, *C. sebaldi* 与黑腹绒鼠都发现于更新世大庙期的同一地层^[13]。四川和安徽两地均发现了黑腹绒鼠的化石^[13]。刘春燕等^[13]指出黑腹绒鼠更新世化石首先在云南发现, 随后逐步向云南外扩散。

由于黑腹绒鼠的分布广泛和变异较大, 关于黑腹绒鼠种下分类问题, 目前仍存在较大争议。黄文几等^[1]对黑腹绒鼠种下分类资料进行整理后认为, *Eothenomys melanogaster* 可分为 8 个亚种, 我国存在黑腹绒鼠指名亚种(*E. m. melanogaster*)、华南亚种(*E. m. colurnus*)和台湾亚种(*E. m. kanoi*) 3 个亚种。Yukibumi^[14]整合多人研究成果后将 *Eothenomys melanogaster* 划分为以下 12 个亚种, 即: *E. m. melanogaster*、*E. m. eleusis*、*E. m. aurora*、*E. m. colurnus*、*E. m. kanoi*、*E. m. mucronatus*、*E. m. libonotus*、*E. m. confinii*、*E. m. cachinus*、*E. m. miletus*、*E. m. fidelis* 和 *E. m. chengduensis*。王应祥^[15]的研究将 *Eothenomys melanogaster* 分为 6 个亚种, 即: 黑腹绒鼠指名亚种(*E. m. melanogaster*)、滇西亚种(*E. m. libonotus*)、台湾亚种(*E. m. kanoi*)、福建亚种(*E. m. colurnus*)、甘洛亚种(*E. m. mucronatu*)和成都亚种(*E. m. chengduensis*)^[15]。刘少英等^[16]根据采集到的 *Eothenomys melanogaster* 外部形态特征和阴茎

* **【基金项目】** 国家自然科学基金项目(No. 81960380); 大理大学创新团队项目(No. ZKLX2019104)。

** **【通讯作者】** 郭宪国, E-mail: xgguo2002@163.com

【作者简介】 陈雁翎(1998-), 女, 广东汕尾人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 病原生物学研究。

E-mail: 185299589@qq.com

形态,认为黑腹绒鼠甘洛亚种(*E. m. mucronatus*)、成都亚种(*E. m. chenduensis*)和滇西亚种(*E. m. libonotes*)不能成为亚种,并提出成立黑腹绒鼠的3个新亚种,分别是黑腹绒鼠重庆亚种(*E. m. chongqingensis*)、大巴山亚种(*E. m. dabashanica*)和川北亚种(*E. m. chuanbeiensis*)。孟杨等^[17]则根据*Eothenomys melanogaster*线粒体细胞色素b(cytb)序列及标本形态学数据后,将黑腹绒鼠分为7个亚种,分别为:黑腹绒鼠指名亚种(*E. m. melanogaster*)、甘洛亚种(*E. m. mucronatus*)、滇西亚种(*E. m. libonotes*)、福建亚种(*E. m. colurnus*)、台湾亚种(*E. m. kanoi*)、重庆开县亚种和夹金山亚种,经数据分析,推测夹金山地区黑腹绒鼠或为新亚种。

2 黑腹绒鼠的形态特征与鉴别

黑腹绒鼠的主要形态特征是:体长87~108 mm,体背面呈暗褐色,毛端多数赤褐色,体腹面深灰色,胸部有时略带浅棕色,足背面黑褐色。尾短(30~42 mm),尾长一般不及体长的1/2,尾上面呈暗褐色,下面较浅。两性之间体长、尾长无显著性差异,不同年龄之间存在显著差异。成年乳头2对,位于鼠蹊部。颅骨相当扁,但上部略呈均匀弧形。鼻骨后端为前颌骨后端所超越。眶间宽阔,几乎扁平,在中间无纵嵴汇合。眶后嵴不发达。颧骨后端无骨桥。第一臼齿有4个内凸角和3个外凸角。第二臼齿有3个内凸角和3个外凸角。第三上臼齿也有3个内凸角和3个外凸角,其后端形成1长跟。第一下臼齿包含4个外凸角和5个内凸角。第二和第三臼齿相似,各包含3个横棱柱^[1,5,6,18]。黑腹绒鼠的形态特征在不同地域、生境和季节存在一定的差异^[19,5-6],不同亚种之间形态特征也存在差异^[14]。在实际鉴定中,要注意黑腹绒鼠与其他鼠种之间的形态区别。刘春燕等^[13]通过聚类分析发现,黑腹绒鼠与滇绒鼠(*E. eleusis*)关系较近,头骨形态上没有明显区别,在外部形态上出现了重叠。沐远等^[20]调查发现,黑腹绒鼠可能与栖息环境有关,云南横断山区黑腹绒鼠与滇绒鼠形态差异不显著。Ren等^[21]提出,可通过头骨形态对绒鼠属的*E. fidelis*、*E. melanogaster*、*E. chinensis*、*E. proditor*、*E. custos*、*E. cachinus*、*E. eleusis*、*E. miletus*和*E. olitor*进行鉴别,并提出可通过颅骨背面和腹面将*E. melanogaster*与上述物种明显区分。曹焯等^[22]提出可通过阴茎头表皮棘对长爪沙鼠、子午沙鼠、大沙鼠、甘肃绒鼠和黑腹绒鼠进行分类鉴别,蔡文凤等^[9]提出,通过上、下颌骨臼齿内外侧突出角的数量,黑腹绒鼠可以与玉龙绒鼠、大绒鼠和西南绒鼠相鉴别。在安徽、四川和浙江等地,还先后发现了变异的白化黑腹绒鼠^[23-26],周身毛通白,头身尾及背腹、四肢足背毛色、胡须一致,可与正常的黑腹绒鼠鉴别^[23-26]。

3 黑腹绒鼠的年龄鉴定

啮齿动物的年龄划分方法有多种,可以用臼齿的磨损程度、体重、体长、胴体重、晶体干重、雌性阴茎骨近支基底高等指标鉴定年龄,不同学者的观点差异较大^[27-31]。黑腹绒鼠臼齿无根,无法以臼齿和齿根鉴定年龄^[3,31]。考虑到体重易受多种因素的影响,鲍毅新等^[3]提出用体长指标将黑腹绒鼠划分为4个年龄组。结合生殖器官发育情况,刘春生等^[8]用胴体重指标将黑腹绒鼠分为5个年龄组。刘少英等^[31]用雌鼠阴茎骨近支基底高将黑腹绒鼠划分为5个年龄组,并制定了各年龄组的划分

标准。按体重指标,杨再学等^[6]对贵州省黑腹绒鼠进行了种群年龄划分,依据体重频次分布特征并参考繁殖状况,将黑腹绒鼠分为5个年龄组,并指出不同组之间体重、胴体重、体长、尾长有差异,以体重作为划分黑腹绒鼠年龄可行、简便合理,操作简便。

4 黑腹绒鼠的生理和生态

4.1 食性和食量 黑腹绒鼠为杂食性动物,食性较广^[8,10],刘春生等^[8]对安徽天目山野猪垭地区的调查发现,黑腹绒鼠所食植物达到27种。黑腹绒鼠取食不分昼夜,无贮食习性,在冬天仍摄食^[10-11,32-33]。通过观察胃内容物和洞道与洞口的食物残渣分析,黑腹绒鼠主要取食多种植物的根、茎、叶^[1,8,10,34],喜食绿色植物和淀粉类植物,如玉米、大米、洋芋^[3,10,12,34]。在不同光照条件下,黑腹绒鼠的日食量无明显差异,在多种食物条件下的总日食量为17.7 g^[10]。

4.2 生长、发育与繁殖 黑腹绒鼠寿命一般为1~2年^[11],其种群繁殖力与年龄成正比,成年组和老年组为种群繁殖的主体^[5-6]。鲍毅新等^[35]通过研究推断,黑腹绒鼠繁殖期可能在10月到翌年3月期间。在不同地区,黑腹绒鼠的繁殖期有所区别^[1,3,8]。浙江省天目山野猪垭的黑腹绒鼠一年仅出现一个春季繁殖高峰^[8]。浙江省金华北山和天目山的黑腹绒鼠一年出现春、秋两个繁殖高峰^[3],情况同四川省黑腹绒鼠^[11]。江西武夷山保护区黑腹绒鼠无明显繁殖高峰期^[19]。对皖南西部、贵州省庆余县、浙南龙泉和浙江西天目山研究资料进行整合分析后发现,黑腹绒鼠胎仔数较其他鼠种少,每胎通常为2~4只,这可能与黑腹绒鼠的乳头数较少有关,也可能是动物与环境长期相互作用的结果^[1,3-5,11]。不同地区黑腹绒鼠的胎仔数存在一定差异^[4,8,36],如:台湾中部山区的黑腹绒鼠平均胎仔数为1.86只^[36],四川省绵竹市黑腹绒鼠的胎仔数为3~9只^[18],贵州省庆余县的黑腹绒鼠胎仔数最少1只^[5]。

肥满度是衡量啮齿动物身体生长发育状况的常用指标之一^[4]。啮齿动物的体重容易受外界因素和不同发育阶段的影响,不同地区黑腹绒鼠的体重、体长和尾长等具有差异性,其体重还会受食物和环境因素影响而发生变化^[4-5,18-19,37]。杨再学等^[4]的研究发现黑腹绒鼠平均肥满度为(3.03±0.06) g/cm³,胴体重长指标为(2.05±0.05) g/cm,雌雄鼠之间差异不显著;不同年龄组之间的肥满度差异较少,但胴体重长指标存在差异,且随种群年龄增长而不断增加;肥满度的季节性差异不显著,但胴体重长指标的季节性差异显著。

4.3 能量代谢和体温调节 动物的代谢产热特征和体温调节反映了动物的生理特性以及对环境的适应模式,还体现了生物多样性与环境之间适应性关系^[38]。生理生态学研究表明,为适应外界环境变化,黑腹绒鼠在生理上表现出较强的适应能力^[32-33,38-39]。为适应光周期的变化,黑腹绒鼠在生理上表现出了适应性调节,对其自身的能量平衡和产热调节具有重要的意义。研究光周期变化对黑腹绒鼠能量代谢、体重和产热的影响,可深入理解小型哺乳动物的生活史对策及其对环境适应策略^[32]。黑腹绒鼠的代谢和产热模式与其生活习性及其生境条件有关^[38]。黑腹绒鼠的基本热生物学特征为较高的BMR、热传导率和体温以及较宽的热中性区,这可能与其生活习性和栖息生境等因素有关^[33]。为了适应不同的季节和温度环境,黑腹绒鼠通过调控自身的能量代谢和产热活力来维持其体温和生

理机能,这对生存、繁殖和进化具有重要意义。许婧等^[39]研究了冷驯化对黑腹绒鼠能量代谢和产热的影响,结果显示在寒冷环境下,黑腹绒鼠可通过增加能量摄入和提高产热能力等对策来维持能量的收支平衡。

4.4 环境选择与洞道结构 黑腹绒鼠广泛分布于我国浙江、福建、湖北、湖南、广东、安徽、江西、四川、贵州、云南、甘肃、陕西、西藏和台湾等省区^[1-3],国外主要分布于印度阿萨姆北部、缅甸北部和印度支那等^[1]。在生境选择上,黑腹绒鼠主要选择各种野外生境,如树林、灌丛、草丛以及种植有农作物的山地、丘陵地和农田等^[1,12,40]。生境是动物生存的空间,可为动物提供食物、水源、隐蔽条件和繁殖场所等所需的资源条件。黑腹绒鼠自身代谢水平较高,常需要食物资源丰富的生境维持^[33,38],其空间分布可能受食物丰富度及捕食两方面选择的影响^[12]。该鼠常栖息于树林中草本植物丰富、草木盖度较高的生境^[12,19,41],此类生境可能对降低黑腹绒鼠被捕食风险、保障种群安全、保障长期繁衍和增加食物来源有利^[12,19]。有研究表明,坡向也是影响黑腹绒鼠夏季生境选择的重要生态因子之一,阳坡可能可为黑腹绒鼠提供较多的食物资源^[12]。张曼等^[42]在对地震滑坡生境小型兽类的研究中发现,黑腹绒鼠既是无滑坡生境中的优势种,也是滑坡生境小型兽类群落的主要种类,该鼠在促进灾后群落重建和维持区域内群落多样性等方面起着重要作用。

黑腹绒鼠大多栖息于海拔较高的山地^[3,8,19,32,43],特别是海拔800 m以上的山地^[11],且捕获率常与海拔高度成正相关^[3,44],但不同地区的黑腹绒鼠对海拔的选择存在一定差异^[11,20,34,37,45]。诸葛阳^[45]对浙江省啮齿动物调查发现,黑腹绒鼠从300~400 m到1000 m以上高山均有分布^[45]。鲍毅新等^[3]对浙江西天目山和北山研究发现,黑腹绒鼠主要分布在1000 m以上的山地^[3],粤西地区捕获的黑腹绒鼠主要集中在海拔约1650 m地带^[34]。雷平等^[19]和许鹏等^[44]对江西武夷山地区的研究均发现,黑腹绒鼠主要分布于1800 m以上的生境中。在华南地区,中高海拔地带为黑腹绒鼠的首选栖息地,但高海拔地带却阻碍了该鼠种群间的基因交流^[46]。

洞道是鼠类长期定居的洞穴,洞道结构是黑腹绒鼠生态学研究的重要内容之一,也是对黑腹绒鼠危害机理研究的重要内容^[11]。黑腹绒鼠的洞道结构简单,通常长1~2 m,离地面一般10~15 mm,较深的可达30 cm以上,可有若干洞口^[1],但在不同地区的洞口数和洞道结构存在一定差异^[1,11]。刘铭泉等^[34]对广东省黑腹绒鼠的研究表明,该鼠的洞口有4~8个,且洞道有离地表浅,洞道长,分叉多,呈网状分布的特点。然而,冉江洪等^[11]对四川省黑腹绒鼠的研究却发现,该鼠洞口一般为2~4个,洞道主要分布在腐殖质及枯死杂草下方,结构简单,无明显功能区分,黑腹绒鼠于样地内迁入迁出较频繁。

4.5 种群数量动态 鼠类数量的季节变动通常受其本身繁殖规律和外界因素的共同影响^[28]。黑腹绒鼠在不同地区的种群数量变化存在一定差异,可能与不同地区的地理环境条件、气候条件、食物条件和农业生产活动等影响因素有关^[2]。浙江省西天目山黑腹绒鼠全年种群数量变化较稳定,全年种群年龄遵循“年龄锥体”的基本规则,全年数量高峰集中在5~6月和9~10月,冬季捕获率较低^[3]。四川绵竹市黑腹绒鼠在2~3月和

7~9月出现两个数量高峰^[18]。贵州省凯里市黑腹绒鼠在不同月份的种群数量波动较大,在5~6月和9~11月出现2个高峰^[2]。雷平等对江西武夷山保护区黑腹绒鼠研究发现,不同季节各生境黑腹绒鼠种群数量较稳定^[19]。

5 黑腹绒鼠的危害

黑腹绒鼠对农业和林业都有危害^[2,6,12,16],其危害季节与繁殖时间有关^[47]。该鼠是多种人工林群落的优势种,是山区林地的主要害鼠之一,危害地区广泛^[11,18,31,47-49]。黑腹绒鼠主要啃食幼林的根、茎、枝、叶等,甚至将树基部直接被啃断,轻者影响树林正常生长,重者可造成植株死亡,对新造林地的危害严重^[37,49],且被害的树种较多^[18,47,49]。黑腹绒鼠喜食柳杉、杉木和银杏,对这三种林的危害率较高^[18,49]。陈文等对四川省天全县农田鼠类的调查发现,黑腹绒鼠是重要的农田害鼠之一^[50]。在贵州省,黑腹绒鼠也是稻田和旱地耕作区的常见鼠种^[2,6]。在粤西地区,黑腹绒鼠对蕉芋等农作物和田七等中药材苗造成了一定危害^[34],还可盗食山区农作物如豆类、小麦、红薯、玉米、大米和洋芋等^[10,12]。

除了对农业和林业的危害以外,黑腹绒鼠还可以作为多种人兽共患病的动物传染源和储存宿主^[51-56]。夏建华等^[51]在浙江省的调查中发现,黑腹绒鼠可作为流行性出血热(肾综合征出血热)的动物宿主。在此之后,陈志清等^[52]和周济华等^[53]在浙江省金华市和云南省的调查均发现,黑腹绒鼠血清中存在汉坦病毒(HV)特异性抗体,该鼠在汉坦病毒的保存和传播中具有流行病学意义。孙继民等^[54]和俞丹^[55]研究发现黑腹绒鼠存在巴尔通体的自然感染,且携带人类致病性巴尔通体,存在向人群传播的风险。Masuzawa等^[57]对我国台湾阿里山附近的小型哺乳动物调查发现,黑腹绒鼠未感染伯氏疏螺旋体。马婷等^[58]对浙江省发热伴血小板减少综合征布尼亚病毒的调查显示,黑腹绒鼠感染为阴性。董进军等^[56]的研究指出黑腹绒鼠存在恙虫病东方体感染,是恙虫病东方体的主要储存宿主之一。Wang等^[59]通过研究指出黑腹绒鼠体内可检测到HEV的相关序列,说明黑腹绒鼠体内存在正型乙型肝炎病毒。吴美忠^[60-65]对浙江省东阳市鼠疫历史疫区进行连续监测,发现黑腹绒鼠均为野外优势种,但未发现鼠间鼠疫流行,该鼠的鼠疫抗体及病原学监测均呈阴性。黑腹绒鼠体表主要有蚤类、恙螨、革螨、蜱类等几大类体表寄生虫^[66-71],且蚤类所占比例相对较高^[70]。

6 黑腹绒鼠的监测与控制

黑腹绒鼠的防治须遵循“预防为主,综合治理”的方针^[49],其防治成效取决于黑腹绒鼠发生量的准确预测^[18]。在实际防治工作中,应结合当地的地理生态条件和生产活动等因素对黑腹绒鼠发生量和危害情况进行预测测报,以指导防治工作^[2,18]。杨再学等^[2]的研究发现贵州省凯里市的最佳防治时期为4月和8月。刘德斌等^[18]的研究发现四川省绵竹市黑腹绒鼠的危害规律与当地冬季降水量存在较大关联性,由此建立了较实用的预测模型^[18]。张金钟等^[37]对3种毒饵进行试验,发现氯敌鼠母油与碎玉米拌成毒饵的效果较好,可作为防治黑腹绒鼠的首选药物。从方便、价廉、喜食3方面考虑,玉米是最适合的毒饵饵料,每只鼠的投放量5 g即可^[48]。

7 黑腹绒鼠的其他研究进展

Masashi等^[72]对黑腹绒鼠核型进行了研究,发现黑腹绒鼠的核型是 $2n=56, FN=56$,与鼯属的种类具有相同的 $2n$ 和

FN,常染色体由26对从大到小的端着丝粒和1对小的偏着丝粒组成,X和Y染色体分别是大的和小的端着丝粒染色体。Masashi等^[72]在研究中指出关于绒鼠属的核型信息极少,只有日本的*E. smithii*通过常规和/或差异染色方法进行了核型分析,*E. melanogaster*的核型与*E. smithii*相比,其核型中不含亚端着丝粒。黑腹绒鼠线粒体全基因组(16331bp;基因库:No. KP997311)包含一套13个蛋白质编码基因、2个核糖体RNA基因、22个转运RNA基因和一个控制区^[73]。Li等^[74]通过研究指出,DNA条形码可对田鼠亚科部分种类进行高效准确的识别和鉴定,可以应用于黑腹绒鼠的分类鉴别,但仍然需要结合更多的采样和形态学、核学、分类学、生态学和其他分子标记,*E. melanogaster* (NC_027418)的相关信息可通过基因库数据库进行查询^[75]。

8 结语

本文通过对目前能够检索到的关于黑腹绒鼠的研究文献分析后发现,目前对黑腹绒鼠的研究已经涉及到黑腹绒鼠历史演化及种下分类、形态鉴别特征、年龄鉴定、生理和生态、黑腹绒鼠的危害、监测与控制等方面。迄今为止黑腹绒鼠的种下分类目前还未形成统一的说法。但随着分子生物学和细胞生物学技术的深入发展,在今后的研究中,有望通过分子生物学和细胞生物学手段确证目前稳定的黑腹绒鼠亚种。

【参考文献】

[1] 黄文儿,陈延熹,温业新.中国啮齿类[M].上海:复旦大学出版社,1995,1-300.

[2] 杨再学,雷邦海,金星,等.凯里市黑腹绒鼠种群数量变动规律[J].中国农学通报,2013,29(36):378-381.

[3] 鲍毅新,诸葛阳.黑腹绒鼠生态学的研究[J].兽类学报,1986,6(4):297-305.

[4] 杨再学,郑元利,郭永旺,等.黑腹绒鼠肥满度和胴体重指标变化规律[J].贵州农业科学,2009a,37(3):58-61.

[5] 杨再学,郑元利,郭永旺,等.黑腹绒鼠的形态及其种群生态特征[J].山地农业生物学报,2009b,28(3):218-224.

[6] 杨再学,郑元利,郭永旺,等.黑腹绒鼠(*Eothenomys melanogaster*)种群年龄的研究[J].西南农业学报,2009,22(2):487-491.

[7] Wilson DE,Reeder DAM.(Eds),Mammal species of the world. A taxonomic and geographic reference. 3rd Edition[J]. Baltimore: Johns Hopkins University Press,2005,956-1039.

[8] 刘春生,郭世坤,吴万能,等.天目山野猪挡黑腹绒鼠种群食性及繁殖生态学研究[J].中国媒介生物学及控制杂志,1993,4(3):186-191.

[9] 蔡文凤,张福新,王国良,等.丽江鼠疫疫源地绒鼠头骨鉴定结果及其群落多样性特征[J].疾病预防控制通报,2015,30(3):1-4.

[10] 赵定全,李成智.黑腹绒鼠日食量测定及社鼠等食性观察[J].四川林业科技,1994,15(4):38-41.

[11] 冉江洪,刘少英,余明忠,等.黑腹绒鼠的洞道结构[J].四川林业科技,1998,19(3):38-41.

[12] 黎运喜,张泽钧,孙宜然,等.四川唐家河自然保护区黑腹绒鼠对夏季生境的选择[J].四川动物,2011,30(2):161-165.

[13] 刘春燕.云南横断山地区绒鼠和高山姬鼠系统发生及形态适应研究[D].云南师范大学,昆明.2007.

[14] Yukibumi K. Morphological variation and geographical and

altitudinal distribution in *Eothenomys melanogaster* and *E. mucronatus* (Rodentia, Arvicolinae) in China, Taiwan, Burma, India, Thailand, and Vietnam[J]. Mam Societ Japan, 2002, 27(1):31-63.

[15] 王应祥.中国哺乳动物种和亚种分类名录与分布大全[M].北京:中国林业出版,2003,1-394.

[16] 刘少英,刘洋.绒鼠属(*Eothenomys* Miller, 1896)系统学研究概况[J].四川动物,2005,24(1):98-103.

[17] 孟杨,岳碧松,刘少英.黑腹绒鼠 *Eothenomys melanogaster* 的形态分化与亚种分类[C]//. 第三届中国西部动物学学术研讨会论文集摘要集,2014,51-52.

[18] 刘德斌,尹明光,唐礼贵.绵竹市黑腹绒鼠预测技术初步研究[J].现代农业科技,2010:186-189.

[19] 雷平,程松林,程林.基于生境与季节变化的江西武夷山黑腹绒鼠形态及种群特征[J].江西科学,2019,37(4):530-535.

[20] 沐远,朱万龙.云南省绒鼠属(*Eothenomys*)的形态适应研究[J].生物学杂志,2015,32(1):14-17,21.

[21] Ren XY,Zhang D,Zhu WL. Geometric Morphometry of skulls characteristics of nine species of *eothenomys*[J]. Pakis J Zool, 2019,51(2):467-474.

[22] 曹焯,刘少英,杨安峰.长爪沙鼠阴茎头的组织学研究及五种鼠阴茎头的扫描电镜观察[J].兽类学报,1995,15(2):137-140.

[23] 刘春生,吴万能,郭世坤.安徽发现白化黑腹绒鼠(*Eothenomys melanogaster*)个体[J].兽类学报,1990(2):103.

[24] 肖兴德,刘运奎,赵定全.安县发现变异黑腹绒鼠[J].四川动物,1993,12(2):10.

[25] 卢苗贵,姚兆华,王德岳,等.白化黑腹绒鼠一例[J].动物学杂志,1997,32(1):51.

[26] 卢苗贵,董选军,王令宇,等.浙江省发现白化黑腹绒鼠[J].中国地方病防治杂志,2017,32(2):154.

[27] 张洁.北京地区黑线仓鼠年龄鉴定及种群年龄组成的研究[J].兽类学报,1985,5(2):141-149.

[28] 鲍毅新,诸葛阳.社鼠的年龄鉴定与种群年龄组成[J].兽类学报,1984,4(2):127-137.

[29] 王岐山,叶文虎,谭明文,等.用体重和体长鉴定黑线姬鼠年龄方法的商榷[J].兽类学报,1984,4(2):117-126.

[30] 卢浩泉,李玉春,张学栋.黑线仓鼠种群年龄组成及其数量季节消长的研究[J].兽类学报,1987,8(1):28-34.

[31] 刘少英.应用阴茎骨形态指标划分黑腹绒鼠年龄的研究[J].兽类学报,1994,14(4):281-285.

[32] 汪晓琳.光周期对黑腹绒鼠能量收支和产热的影响[D].浙江师范大学,2008a.

[33] 汪晓琳,鲍毅新,柳劲松,等.黑腹绒鼠的代谢产热特征及其体温调节[J].兽类学报,2008b,28(3):293-299.

[34] 刘铭泉,刘振华.粤西发现的黑腹绒鼠及其生态学的初步调查报告[J].动物学杂志,1983(5):20-22.

[35] 鲍毅新,诸葛阳.天目山自然保护区啮齿类的研究[J].兽类学报,1984b,4(3):197-205.

[36] Yu HT. Natural history of small mammals of subtropical montane areas in central Taiwan[J]. J Zool, 1993, 231(3):403-422.

[37] 张金钟,赵定全.三种灭鼠毒饵对黑腹绒鼠毒杀作用的试验[J].四川林业科技,1993,14(4):58-59.

[38] 许婧.黑腹绒鼠能量代谢对不同季节和温度的响应[D].浙江师范大学,2010.

- [39] 许婧,鲍毅新,谢鸿锴,等.冷驯化对黑腹绒鼠能量代谢和产热的影响[J].浙江师范大学学报(自然科学版),2010,33(3):310-316.
- [40] 颜忠诚,陈永林.动物的生境选择[J].生态学杂志,1998,17(2):43-49.
- [41] 杨锡福,谢文华,陶双伦,等.森林演替对都江堰鼠类多样性的影响[J].生态学杂志,2015,34(9):2546-2552.
- [42] 张曼,李波,王彬,等.地震滑坡生境小型兽类群落多样性及影响因素[J].应用与环境生物学报,2013,19(2):300-304.
- [43] 肖树生,肖宜英,林柳英.福建高海拔山区啮齿动物的调查报告[J].动物学杂志,1997,32(4):43-44.
- [44] 许鹏.江西武夷山国家级自然保护区小型哺乳动物多样性分析[D].江西师范大学,2016.
- [45] 诸葛阳.浙江省啮齿动物的分布及局部的群落动态[J].生态学杂志,1984,2(1):19-23.
- [46] Lv X, Cheng J, Meng Y, et al. Disjunct distribution and distinct intraspecific diversification of *Eothenomys melanogaster* in South China. [J]. Bmc Evolut Biol, 2018, 18(1): 50.
- [47] 林强,冉江洪,刘少英.四川省、重庆市人工林鼠害危害区划[J].四川林业科技,1999,20(3):29-31.
- [48] 赵定全,刘少英,张金钟,等.川西北盆周山区鼠类群落结构研究[J].四川林业科技,1993,14(1):63-66.
- [49] 洪定安,唐源盛,赖绪林,等.什邡市国营林场黑腹绒鼠危害及防治对策[C].四川省中青年专家学术大会,2009.
- [50] 陈文.农田鼠类种群和发生规律初报[J].四川农业大学学报,1999,17(1):118-120.
- [51] 夏建华,陈作良.浙江省1989年流行性出血热监测[J].浙江预防医学与疾病监测,1990,2(6):3-5.
- [52] 陈志清,庞志峰.金华市2011-2012年鼠间肾综合征出血热监测结果分析[J].中国预防医学杂志,2014,15(8):778-780.
- [53] 周济华,张海林,王静林,等.云南省四县啮齿动物自然感染汉坦病毒及基因分型研究[J].中国预防医学杂志,2009,10(11):984-986.
- [54] 孙继民,宋秀平,傅桂明,等.浙江省鼠形动物巴尔通体的遗传进化分析[J].中国人兽共患病学报,2010,26(6):532-534,545.
- [55] 俞丹.云南鼠疫自然疫源地野外小型兽类巴尔通体感染状况及影响因素分析[D].大理大学,2019.
- [56] 董选军,楼挺,楼诚,等.浙江中部地区啮齿动物恙虫病东方体分子流行病学调查[J].国际流行病学传染病学杂志,2018,45(5):297-300.
- [57] Masuzawa T, Pan MJ, Yu Q, et al. Negative incidence of lyme disease-related *Borrelia Spp.* in Alishan, Taiwan [J]. Microb Immun, 2001, 45(5): 387-391.
- [58] 马婷,龚震宇,张严峻,等.浙江省发热伴血小板减少综合征布尼亚病毒的宿主媒介调查[J].中国媒介生物学及控制杂志,2015,26(4):353-356.
- [59] Wang B, Li W, Zhou JH, et al. Chevrier's Field Mouse (*Apodemus chevrieri*) and Père David's Vole (*Eothenomys melanogaster*) in China Carry Orthohpeviruses that form Two Putative Novel Genotypes Within the Species Orthohpevirus C [J]. Virologica Sinica, 2018, 33(1): 44-58.
- [60] 吴美忠.东阳市1997-1998年鼠疫监测报告[J].医学动物防制,1999,15(12):644-645.
- [61] 吴美忠.东阳市鼠疫历史疫区啮齿动物生态调查[J].医学动物防制,2000,16(11):605-606.
- [62] 吴美忠.东阳市2000-2001年鼠疫宿主动物监测报告[J].医学动物防制,2002,18(7):343-344.
- [63] 吴美忠,王光铨.东阳市2002-2004年鼠疫宿主动物监测结果分析[J].医学动物防制,2006,5(9):648-650.
- [64] 吴美忠,王光铨,鲁世俊.2005-2006年浙江省东阳市鼠疫宿主动物监测情况分析[J].中国媒介生物学及控制杂志,2009,20(4):363-364.
- [65] 吴美忠,王光铨,方芳芳.2007-2009年浙江省东阳市鼠疫疫源地鼠类及其寄生蚤调查[J].疾病监测,2010,25(7):566-568.
- [66] 樊培方,陈黛霞.安徽省蚤类初步调查[J].蚌埠医学院学报,1978,9(3):37-39.
- [67] 陈兴保,樊培方,陈黛霞.安徽省恙螨初步调查和四新种简述[J].蚌埠医学院学报,1979,8(4):13-14,26.
- [68] 周培隆,刘龙庆,朱立德,等.湖南省南部山区鼠螨及恙虫病调查(摘要)[J].广后医学资料,1983,5(1):95-97.
- [69] 王自存,陈家齐.六盘山自然保护区啮齿动物及体外寄生蚤调查[J].四川动物,1989,8(3):38.
- [70] 杨国华,郭天宇,吴厚永,等.川西南地区小兽体表寄生虫调查报告[J].寄生虫与医学昆虫学报,2011,18(4):236-241.
- [71] 郭天宇,杨国华,潘凤庚,等.川西南地区小型兽类体外寄生革螨群落研究[J].四川动物,2001,20(4):198-201.
- [72] Masashi H, Akiro A, Lin LK, et al. Karyotypes of the Taiwan Vole *Microtus kikuchii* and the Père David's Vole *Eothenomys melanogaster* from Taiwan [J]. Mam Soci Japan, 1991, 16(1): 41-45.
- [73] Chen S, Chen G, Wei H, et al. Complete mitochondrial genome of the P re David's Vole, *Eothenomys melanogaster* (Rodentia: Arvicolinae) [J]. Mitochondrial DNA, 2016, 27(4): 2496-2497.
- [74] Li J, Zheng X, Cai Y, et al. DNA barcoding of Murinae (Rodentia: Muridae) and Arvicolinae (Rodentia: Cricetidae) distributed in China [J]. Molecul Ecolog Res, 2015, 15(1): 153-167.
- [75] Cao W, Xia Y, Dang X, et al. The first complete mitochondrial genome of the *Microtus ochrogaster* [J]. Mitochondrial DNA, 2015, 27(5): 1-2.

【收稿日期】 2021-12-21 【修回日期】 2022-03-05