

DOI: 10.11686/cyxb2025082

http://cyxb.magtech.com.cn

安有萍, 张蓉, 赵久淇, 等. 准噶尔盆地南缘荒漠区大沙鼠和红尾沙鼠头骨特征比较. 草业学报, 2026, 35(2): 120—130.

AN You-ping, ZHANG Rong, ZHAO Jiu-qi, et al. Comparison of skull characteristics between *Rhombomys opimus* and *Meriones libycus* in the southern desert of the Junggar Basin. Acta Prataculturae Sinica, 2026, 35(2): 120—130.

准噶尔盆地南缘荒漠区大沙鼠和红尾沙鼠头骨特征比较

安有萍¹, 张蓉², 赵久淇¹, 陈蝶¹, 杨素文^{1*}, 王晓慧¹, 苏比努尔·加帕尔¹, 王大伟³

(1. 新疆农业大学草业学院, 新疆草地资源与生态重点实验室, 西部干旱荒漠区草地资源与生态教育部重点实验室, 新疆乌鲁木齐 830052; 2. 内蒙古农业大学草业学院, 内蒙古呼和浩特 010010; 3. 中国农业科学院植物保护研究所植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193)

摘要:为了探究准噶尔盆地南缘荒漠区同域分布的大沙鼠和红尾沙鼠头骨形态特征的差异及其与体重之间的关系, 探究其是否存在对荒漠区高温干旱环境的趋同性适应。本研究使用夹日法对新疆维吾尔自治区准噶尔盆地南缘荒漠区啮齿动物群落进行调查, 测量捕获标本的颅全长、基长、腭长、颧宽、眶间宽等13个头骨指标, 并针对上述特征的种间差异及头骨指标与体重间的关系进行分析。结果表明: 1) 除鼻骨长外($P=0.276$), 其余12项指标在两种鼠种间均具有极显著差异($P<0.01$); 2) 13项头骨指标中, 仅红尾沙鼠的下齿列长在种内性别间存在极显著差异($P<0.05$), 而其他头骨指标在种内性别间无显著差异($P>0.05$); 3) 头骨形态指标随体重的变化趋势显示, 大沙鼠的颅全长与体重增长呈极显著正相关($R^2=0.4808, P<0.01$), 红尾沙鼠的基长($R^2=0.3214$)、颧宽($R^2=0.6020$)、下颌长($R^2=0.5656$)与体重增长呈极显著正相关关系($P<0.01$)。综上所述, 大沙鼠和红尾沙鼠在多个头骨指标中表现出种间差异, 大沙鼠颅全长, 红尾沙鼠基长、颧宽以及下颌长3项指标至成体时期仍保持生长状态, 其余指标均未表现出明显规律。本研究结果可以补充大沙鼠与红尾沙鼠的分类学基础数据, 并为两者的物种分类鉴定和形态学研究提供参考。

关键词: 头骨形态; 大沙鼠; 红尾沙鼠; 近缘种; 协方差分析

Comparison of skull characteristics between *Rhombomys opimus* and *Meriones libycus* in the southern desert of the Junggar Basin

AN You-ping¹, ZHANG Rong², ZHAO Jiu-qi¹, CHEN Die¹, YANG Su-wen^{1*}, WANG Xiao-hui¹, SUBINUER·jiapaer¹, WANG Da-wei³

1. College of Grassland Industry, Xinjiang Agricultural University, Xinjiang Key Laboratory of Grassland Resources and Ecology, Key Laboratory of Grassland Resources and Ecology, Ministry of Education of Western Dry Desert Region, Urumqi 830052, China; 2. College of Grassland Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010010, China; 3. State Key Laboratory of Plant Disease and Pest Biology, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China

Abstract: To investigate the differences in skull morphological characteristics and their relationship with body weight between the sympatric desert rodents *Rhombomys opimus* and *Meriones libycus* in the southern margin of the Junggar Basin, and to explore whether they exhibit convergent adaptations to the hyperarid and high-temperature desert environment, this study conducted a rodent community survey using the snap-trapping method in the desert region of

收稿日期: 2025-03-11; 改回日期: 2025-06-05

基金项目: 新疆农业大学大学生创新项目(dxscx2023054)和2023年度国家级大学生创新项(202310758005)资助。

作者简介: 安有萍(2002—), 女, 回族, 新疆沙湾人, 在读硕士。E-mail: 18399820280@163.com

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: yangsuwen2014@126.com

the southern Junggar Basin, Xinjiang Uygur Autonomous Region. Thirteen skull morphological indices, including total skull length, basal length, median palatal length, zygomatic width, and least breadth between the orbits, were measured from captured specimens. The interspecific differences in skull traits and their correlations with body weight were analyzed. Results indicated that: 1) Except for greatest length of the nasals ($P=0.276$), all 12 other skull indices exhibited highly significant interspecific differences ($P<0.01$); 2) Among the 13 skull indices, only the length of the down tooth row of *M. libycus* showed a significant intraspecific sexual dimorphism ($P<0.05$), while other indices displayed no significant sex-based differences ($P>0.05$); 3) Skull morphology trends relative to body weight revealed an extremely significantly positive correlation between profile length and body weight in *R. opimus* ($R^2=0.4808$, $P<0.01$). For *M. libycus*, basal length ($R^2=0.3214$), zygomatic breadth ($R^2=0.6020$), and lower jaw length ($R^2=0.5656$) exhibited extremely significant positive correlations with body weight ($P<0.01$). In conclusion, *R. opimus* and *M. libycus* display distinct interspecific differences in multiple skull traits. Notably, profile length in *R. opimus*, and basal length, zygomatic breadth, and total length in *M. libycus* showed continued growth into adulthood, while other traits lacked clear patterns. These findings supplement taxonomic and morphological data for both species and provide a reference for species identification and evolutionary studies.

Key words: skull morphology; *Rhombomys opimus*; *Meriones libycus*; closely related species; analysis of covariance

大沙鼠(*Rhombomys opimus*)和红尾沙鼠(*Meriones libycus*)是分布于荒漠和半荒漠地区典型的群栖性鼠类^[1],是我国林草生态系统的重要生物类群,其种群密度过高时会严重危害荒漠林的生长,间接导致荒漠化加剧^[2-4]。两种沙鼠的尾长和毛色、耳朵大小均存在差异,但同一物种的不同地理种群和季节间毛色差异较大,单凭外部形态很难准确将两种沙鼠区分。

动物在适应性进化过程中,头骨的外形也在不断改变,最终固定成为经典的形态学分类指标之一^[5]。在啮齿动物的分类中,头骨常被用于不同分布地区啮齿动物的形态学差异比较^[6-9],进而用于年龄结构^[10-12]、鼠害防治^[13](农田、草原、森林)等多个领域的研究。长期的地理隔离造成近缘种为适应当地环境而发生适应性进化,使其体型、骨骼发育等方面产生差异^[7]。同一物种在异域分布的种群之间头骨形态往往会表现出一定差异,如川西四大山系间的高山姬鼠(*Apodemus chevrieri*)^[14]、高原鼯鼠(*Eospalax fontanierii*)^[15]和中国巨松鼠(*Ratufa bicolor*)^[16](李松)等,由于长期的地理隔离形成空间距离,致使在多数头骨形态指标上存在显著差异。不同物种异域分布的种群之间在头骨形态上也存在着一定的差异,如外形相似的中华姬鼠(*Apodemus draco*)与大林姬鼠(*Apodemus peninsulae*)^[17]和中缅树鼯(*Tupaia belangeri*)与其他树鼯^[18-19]。同一物种在同域分布的种群之间头骨形态也会存在一定的差异,如生活在横断山 5 个不同地区的大绒鼠(*Eothenomys miletus*)^[7]在头骨背面的鼻骨处和颧弓处存在显著差异^[7]。尽管存在这些差异,从地理空间范围来看,这 5 个地区的大绒鼠实际上属于同域分布。这是因为横断山地区独特的地理环境,其山体南北走向及海拔的变化主导着地区间的环境因子。邻域分布的近缘种在头骨形态上亦存在一定的差异,这表明不同物种在形态特征上具有各自的独特性。如东北鼯鼠(*Myospalax psilurus*)和草原鼯鼠(*Myospalax aspalax*)^[20]在多项头骨指标中存在显著差异。而年龄鉴定是不同动物后续相关研究的最基本资料,因为动物的年龄往往与它们的生理状态、繁殖能力以及生态行为密切相关。其中,颅全长被作为兔属动物年龄鉴定的最佳指标^[21]。

综上,针对啮齿动物头骨特征分化的研究,主要集中于同一鼠种及不同鼠种在不同生境间的差异性,且多集中于草原和林区^[22-24]。关于荒漠区同域分布的近缘物种头骨差异的研究甚少。为了探究准噶尔盆地南缘荒漠区同域分布的大沙鼠和红尾沙鼠头骨特征的差异性,及其是否存在对荒漠区高温干旱环境的趋同性适应特征,本研究采用夹日法对该地区啮齿动物群落进行调查,采集颅全长、基长、腭长、颧宽等 13 项头骨形态指标,并记录其体重、胴体重、体尺特征等数据,以期探明两者之间头骨特征的差异及其与体重之间的关系。研究结果可以为荒漠

区同域分布的近缘种头骨形态对生境的趋同适应性进化研究提供数据,同时补充两鼠头骨形态学特征量化指标,为野外调查研究工作提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 研究对象及研究区概况

1.1.1 研究对象 1) 大沙鼠 大沙鼠属于体型较大的鼠种,体长 >150 mm,尾长近于体长,平均为体长的92.5%,尾粗大,上下被毛一色棕黄,尾之背面自中部开始生有黑毛,且趋尾端愈浓密,及至尾端则形成黑色毛束。头骨坚实,在新疆分布广泛,栖息地主要为梭梭(*Haloxylon ammodendron*)荒漠,洞道结构十分复杂,地面出口甚多,形成明显的密集洞群,地下通道分支甚多,且曲折交错,相互联通。典型的昼间活动鼠类,大沙鼠对栖息地的各种植物均不拒食,最乐于取食的是梭梭、猪毛菜(*Salsola collina*)、琵琶柴(*Reaumuria songonica*)、假木贼(*Anabasis brevifolia*)等灌木和半灌木的枝条。4—7月为大沙鼠繁殖季节,繁殖高潮为5—7月,每年至少繁殖两窝,每窝产仔鼠1~11只,一般为4~7只^[1](图1)。

2) 红尾沙鼠 红尾沙鼠体长较大,体长120~180 mm,尾长等于或略大于体长,尾毛棕黄,其上面从尾基部开始夹杂黑毛,且愈向后愈加浓密,在尾端处形成黑色或黑褐色长毛束。在新疆亦分布广泛,典型栖息地为生长蒿属(*Artemisia*)、猪毛菜,以及各种短命植物的山前荒漠草原,通常有两种洞穴类型,一种为洞道交错、出口较多的复杂洞,另一种是洞道分支不多、出口较少的简单洞。为昼夜活动鼠类,基本食物为多种禾本植物、蒿属、猪毛菜,以及各种沙生灌木种籽。5月初开始分娩,一窝产仔鼠通常为5~8只,两个繁殖高峰分别是5和8月^[1](图2)。

1.1.2 研究区概况 本研究区域位于新疆维吾尔自治区北部准噶尔盆地南缘以红尾沙鼠和大沙鼠为主要优势鼠种的典型荒漠区(88°30′—89°30′ E, 43°30′—45°30′ N),海拔800 m左右,该地区四季分明,光照强度和日温差较大,年均气温7.0℃,无霜期170 d。自然植被主要为梭梭、红砂(*Reaumuria songarica*)、短叶假木贼(*Anabasis brevifolia*)、骆驼刺(*Alhagi camelorum*)和麻黄(*Ephedra sinica*)等;红尾沙鼠、大沙鼠、三趾跳鼠(*Dipus sagita*)、子午沙鼠(*Meriones meridianus*)等为主要鼠种(图3)。

1.2 动物标本采集

本研究于2022年8月以及2023年4月,在准噶尔盆地南缘荒漠生境沙鼠类典型分布区使用夹日法对当地啮齿动物进行捕获,最终得到红尾沙鼠48只,大沙鼠83只。为了明确大沙鼠与红尾沙鼠在头骨上的差异点,依据体重指标^[10],结合鼠体解剖所记录的繁殖状况,选取红尾沙鼠成体共计23只(12♀, 11♂),体重71.9~118.7 g;大沙鼠成体共计30只(20♀, 10♂),体重90.7~187.4 g。取沙鼠头部,经冷冻后制成头骨标本并标记,以便进行形态学分析(表1)。



图1 大沙鼠野外实体

Fig. 1 *R. opimus* field entities



图2 红尾沙鼠野外实体

Fig. 2 *M. libycus* field entities

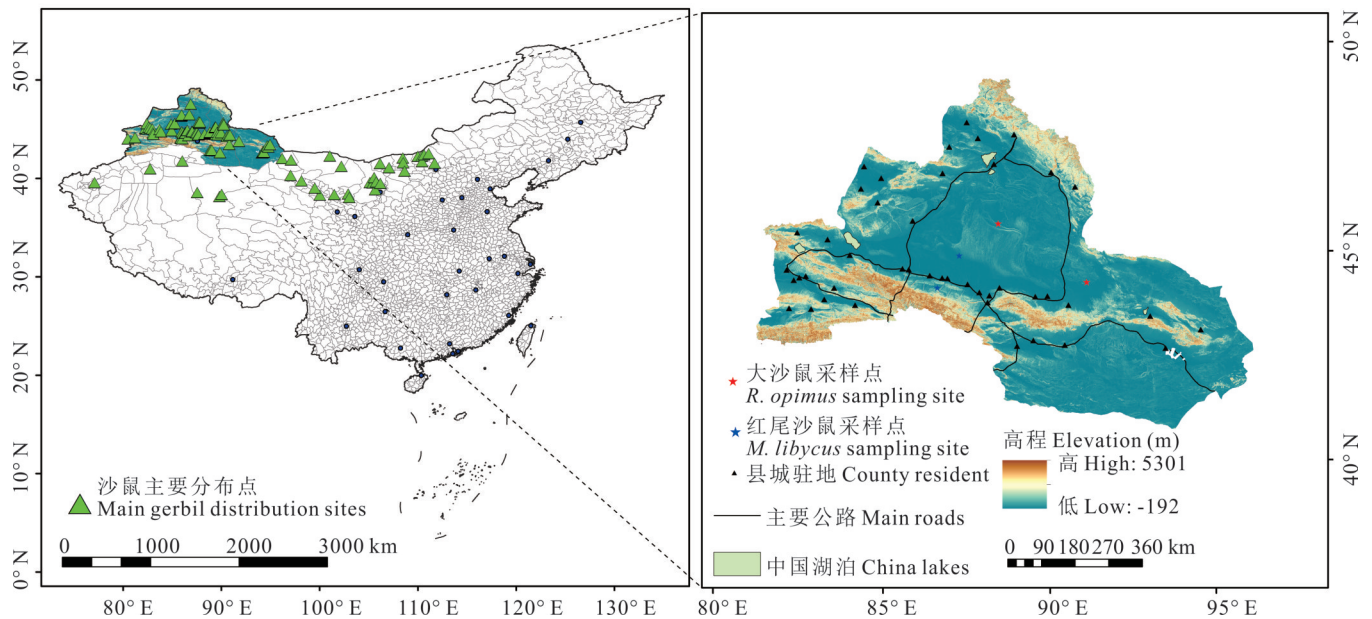


图3 研究区概况

Fig. 3 Overview of the study area

审图号:GS(2024)0650号 底图无修改。Review drawing No. GS(2024)0650 modification to the base drawing.

表 1 沙鼠标本采集信息

Table 1 Simplified information of gerbils sample

鼠种 Rodent species	体重 Weight (g)			标本数量 The number of rodent (No.)	
	最大值 Max	最小值 Min	平均值±标准差 Mean±SE	雌性 Female	雄性 Male
大沙鼠 <i>R. opimus</i>	187.4	90.7	127.6±50.13	20	10
红尾沙鼠 <i>M. libycus</i>	118.7	71.9	89.0±18.00	12	11

Max: Maximum; Min: Minimum; SE: Standard error.

1.3 头骨数据测量

本研究以夏霖等^[25]所建立的动物头骨尺寸测定方法作为头骨标本测量依据。为了减小人为操作带来的偶然误差,本研究数据由同一人、短时间内集中完成测量。使用游标卡尺进行测定,精度为0.01 mm,测定颅全长、基长、腭长、颧宽、眶间宽、齿隙长、鼻骨长、听泡长、听泡宽、上齿列长、下齿列长等13项基本参数(图4和图5)。

1.4 数据分析

使用SPSS 26.0对形态指标数据进行分析。采用Shapiro-Wilk检验数据的正态分布,在数据满足正态分布的情况下,将两个鼠种的各项头骨形态指标分为雌性和雄性两个组别,以独立样本 T 检验对比种内头骨形态性别差异性,显著水平为 $\alpha=0.05$ 。利用GraphPad Prism 9.4.1软件对不同骨骼结构参数与体重变化的相关性进行多元线性回归,并绘制出相应的离散性图。

2 结果与分析

2.1 种内性别间头骨形态的方差分析

两种沙鼠的头骨形态指标性别间独立样本 T 检验结果表明,红尾沙鼠下齿列长性别间存在显著差异($P<0.05$),其余指标均无显著差异($P>0.05$)。大沙鼠颅全长、基长、腭长、颧宽等13项头骨形态指标在性别间($P>0.05$)均无显著差异(表2)。

2.2 两种沙鼠头骨形态指标的方差分析

两种沙鼠头骨形态指标的差异性分析结果表明,腭长、颧宽、眶间宽、听泡长、上齿列长、下齿列长、后头宽、下

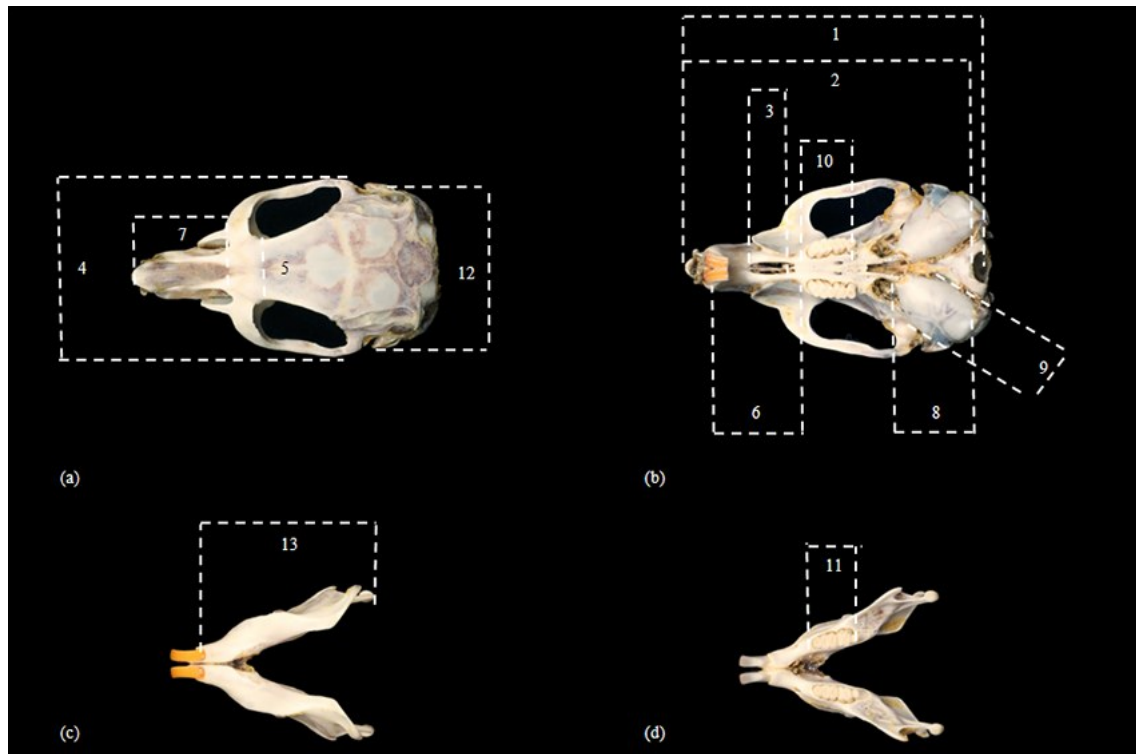


图4 大沙鼠头骨测量指标

Fig. 4 *R. opimus* skull measurement indicators

(a)大沙鼠颅骨背面观 Dorsal view of the skull of *R. opimus*; (b)大沙鼠颅骨腹面观 Ventral view of the skull of *R. opimus*; (c)大沙鼠下颌骨内侧面观 Internal view of *R. opimus* mandible; (d)大沙鼠下颌骨外侧面观 External view of *R. opimus* mandible. 1. 颅全长 Profile length; 2. 基长 Basal length; 3. 腭长 Median palatal length; 4. 颧宽 Zygomatic breadth; 5. 眶间宽 Least breadth between the orbits; 6. 齿隙长 Diastema length; 7. 鼻骨长 Greatest length of the nasals; 8. 听泡长 Length of tympanic bulla; 9. 听泡宽 Width of tympanic bulla; 10. 上齿列长 Length of the up tooth row; 11. 下齿列长 Length of the down tooth row; 12. 后头宽 Greatest mastoid breadth; 13. 下颌长 Lower jaw length.

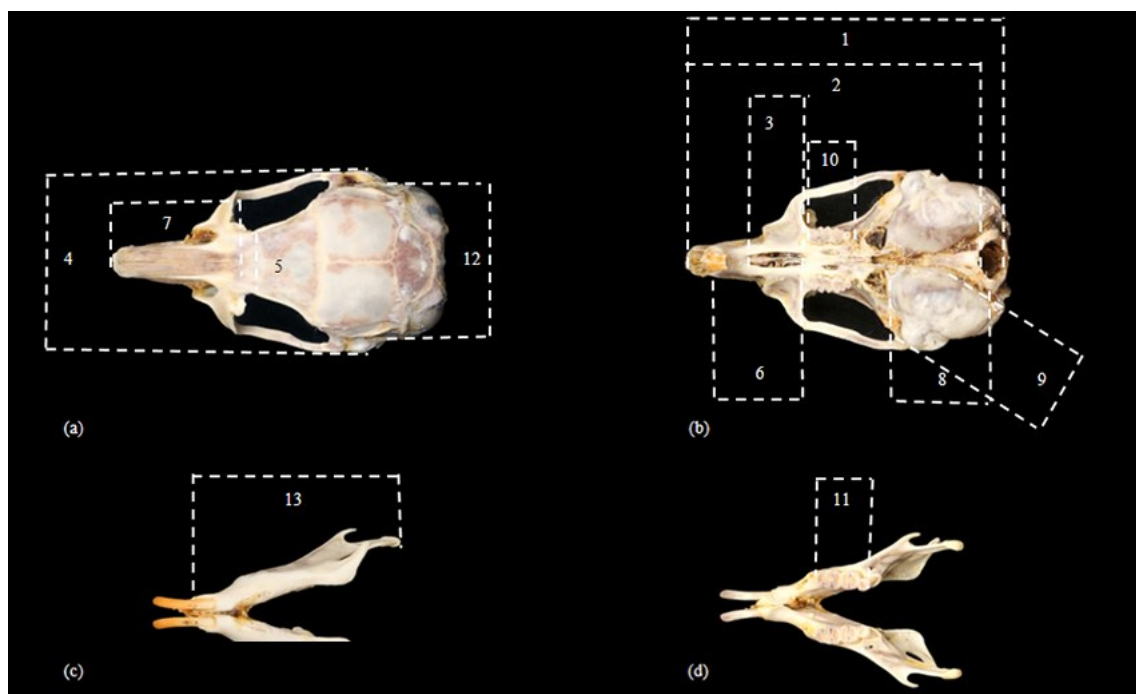


图5 红尾沙鼠头骨测量指标

Fig. 5 *M. libycus* skull measurement indicators

(a)红尾沙鼠颅骨背面观 Dorsal view of the skull of *M. libycus*; (b)红尾沙鼠颅骨腹面观 Ventral view of the skull of *M. libycus*; (c)红尾沙鼠下颌骨内侧面观 Internal view of *M. libycus* mandible; (d)红尾沙鼠下颌骨外侧面观 External view of *M. libycus* mandible.

表 2 红尾沙鼠与大沙鼠头骨形态指标性别间差异分析

Table 2 Sex-based differences in skull morphological parameters between *R. opimus* and *M. libycus* (mm)

头骨形态指标 Skull morphological parameter	红尾沙鼠 <i>M. libycus</i>		大沙鼠 <i>R. opimus</i>	
	雌性 Female ♀ (n=12)	雄性 Male ♂ (n=11)	雌性 Female ♀ (n=20)	雄性 Male ♂ (n=10)
颅全长 Profile length	35.77±0.39a	36.74±0.45a	37.62±0.41a	38.47±0.84a
基长 Basal length	29.59±0.44a	30.71±1.18a	32.40±0.75a	32.54±1.07a
腭长 Median palatal length	17.18±0.33a	17.00±0.44a	18.68±0.34a	18.84±0.56a
颧宽 Zygomatic breadth	21.12±0.23a	21.14±0.27a	22.86±0.30a	23.80±0.67a
眶间宽 Least breadth between the orbits	7.03±0.13a	6.91±0.13a	7.68±0.11a	7.80±0.20a
齿隙长 Diastema length	8.90±0.16a	9.09±0.21a	8.38±0.20a	8.75±0.36a
鼻骨长 Greatest length of the nasals	13.39±0.37a	14.10±0.14a	13.34±0.26a	13.47±0.43a
听泡长 Length of tympanic bulla	14.67±0.21a	14.76±0.16a	13.85±0.19a	14.10±0.30a
听泡宽 Width of tympanic bulla	10.67±0.10a	10.61±0.07a	10.04±0.16a	10.36±0.16a
上齿列长 Length of the up tooth row	16.64±0.29a	16.93±0.25a	19.74±0.28a	20.07±0.56a
下齿列长 Length of the down tooth row	12.02±0.29b	13.19±0.23a	13.56±0.20a	13.71±0.37a
后头宽 Greatest mastoid breadth	14.27±0.12a	14.30±0.13a	13.04±0.16a	12.93±0.21a
下颌长 Lower jaw length	18.35±0.43a	18.77±0.50a	21.86±0.45a	23.42±0.69a

注: 显著性水平为 0.05, n 为对应样本数量。同行同一鼠种、同一指标数据后不同小写字母表示差异显著。下同。

Note: The significance level was 0.05, and n is the number of corresponding samples. Different lowercase letters after the data of the same indicator for the same rodent species in the same peer group indicate significant differences. The same below.

颌长 8 项指标, 在两种沙鼠间均具有极显著差异 ($P \leq 0.001$)。鼻骨长 ($P=0.276$) 在两种沙鼠之间无显著差异。颅全长、基长、齿隙长、听泡宽 4 项指标在两鼠之间均具有极显著差异 ($P \leq 0.01$)。其中, 红尾沙鼠齿隙长、鼻骨长、听泡长、听泡宽、后头宽大于大沙鼠, 其余指标为大沙鼠大于红尾沙鼠(表 3)。

2.3 头骨形态指标与体重的关系

本研究分别对 13 项头骨形态指标与体重进行了线性回归分析, 结果表明, 两种沙鼠的头骨形态指标随体重变化的趋势存在差异。大沙鼠的颅全长 ($R^2=0.4808, P<0.0001$) 与体重之间呈极显著正相关。基长 ($R^2=0.0115, P=0.5731$)、腭长 ($R^2=0.0413, P=0.2813$)、颧宽 ($R^2=0.0010, P=0.8666$)、眶间宽 ($R^2=0.0408, P=0.2845$)、齿隙长 ($R^2=0.0098, P=0.6031$)、鼻骨长 ($R^2=0.0170, P=0.4922$)、听泡长 ($R^2=0.0168, P=0.4949$)、听泡宽 ($R^2=0.0103, P=0.5940$)、上齿列长 ($R^2=0.00, P=0.9706$)、下齿列长 ($R^2=0.0402, P=0.2882$)、后头宽 ($R^2=0.0010, P=0.8686$) 以及下颌长 ($R^2=0.0292, P=0.3666$) 12 项指标与其体重无显著相关性。红尾沙鼠基长 ($R^2=0.3214, P=0.0048$)、颧宽 ($R^2=0.6020, P<0.0001$)、下颌长 ($R^2=0.5656, P<0.0001$) 3 项指标与其体重呈显著正相关, 颅全长 ($R^2=0.0722, P=$

表 3 红尾沙鼠与大沙鼠两种沙鼠头骨形态指标的差异

Table 3 Differences in skull morphological parameters between two gerbils (mm)

头骨形态指标 Skull morphological parameter	红尾沙鼠 <i>M. libycus</i>	大沙鼠 <i>R. opimus</i>
颅全长 Profile length	36.24±0.31b	37.90±0.39a
基长 Basal length	30.13±0.60b	32.45±0.60a
腭长 Median palatal length	17.09±0.27b	18.74±0.29a
颧宽 Zygomatic breadth	21.13±0.17b	23.17±0.30a
眶间宽 Least breadth between the orbits	6.98±0.09b	7.72±0.10a
齿隙长 Diastema length	9.00±0.13a	8.50±0.18b
鼻骨长 Greatest length of the nasals	13.73±0.21a	13.38±0.22a
听泡长 Length of tympanic bulla	14.71±0.13a	13.93±0.16b
听泡宽 Width of tympanic bulla	10.64±0.06a	10.15±0.12b
上齿列长 Length of the up tooth row	16.78±0.19b	19.85±0.26a
下齿列长 Length of the down tooth row	12.58±0.22b	13.61±0.18a
后头宽 Greatest mastoid breadth	14.28±0.09a	13.00±0.12b
下颌长 Lower jaw length	18.55±0.32b	22.38±0.40a

0.2150)、腭长($R^2=0.1581, P=0.0603$)、眶间宽($R^2=0.1220, P=0.1023$)、齿隙长($R^2=0.0098, P=0.0993$)、鼻骨长($R^2=0.0361, P=0.3849$)、听泡长($R^2=0.00, P=0.9958$)、听泡宽($R^2=0.1048, P=0.1319$)、上齿列长($R^2=0.0009, P=0.8891$)、下齿列长($R^2=0.0006, P=0.9094$)、后头宽($R^2=0.0007, P=0.9032$) 10项指标与其体重无显著相关关系(图6)。

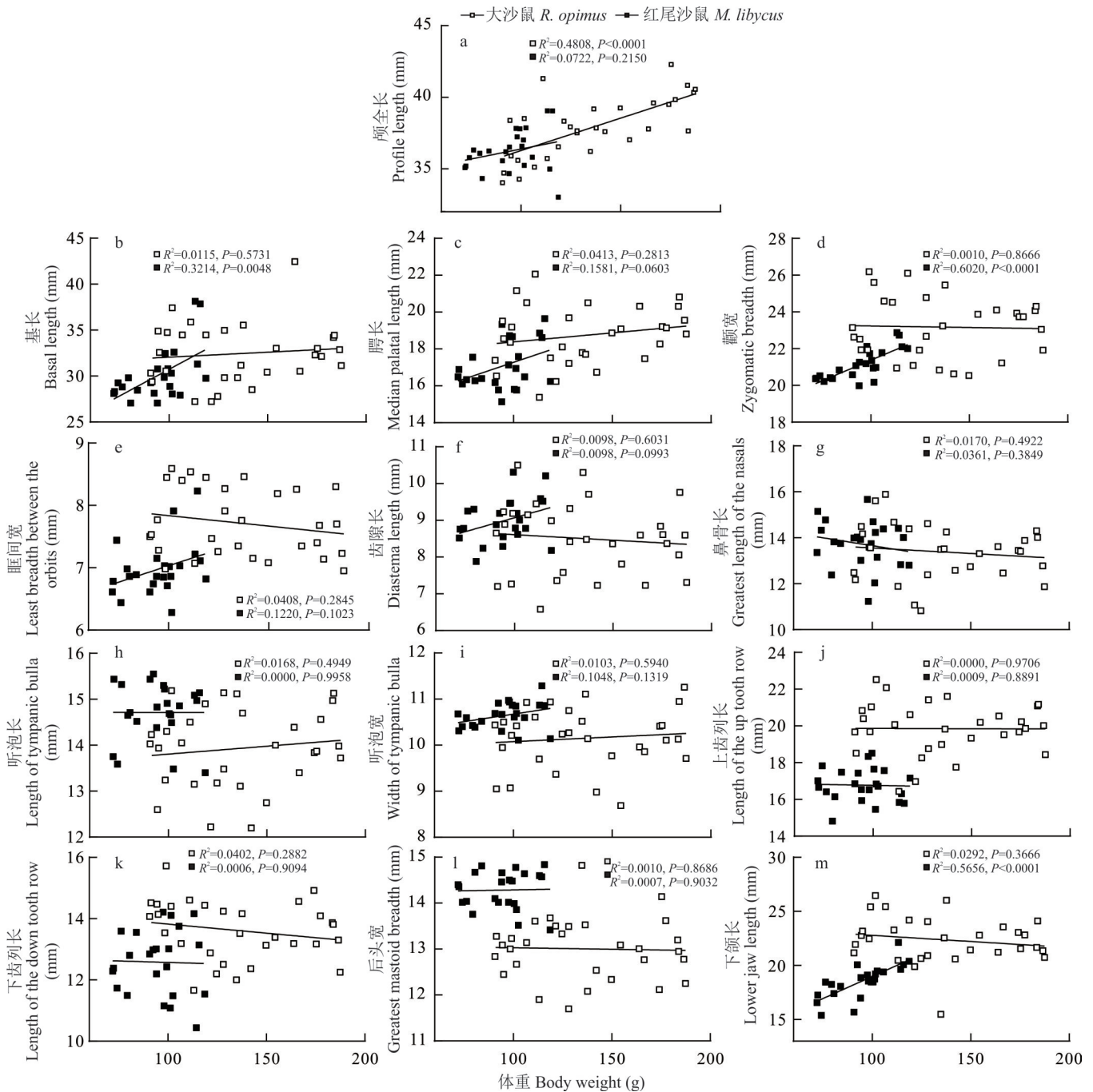


图6 两种沙鼠头骨形态指标与体重增长的关系

Fig. 6 Relationship between skull morphology indicators and weight gain in two gerbils

3 讨论

长期的地理隔离造成近缘种为适应当地环境而发生适应性进化,使其体型、骨骼发育等方面产生差异^[7]。啮齿动物关键外部形态和头骨形态特征差异是物种快速准确分类鉴定的可靠依据^[5]。本研究通过对大沙鼠和红尾

沙鼠头骨的具有代表性的 13 项指标进行差异性分析,发现两种沙鼠在全部指标中均存在显著差异。禹翰^[26]和杨学贵等^[27]认为在进行形态指标差异比较分析时,性别因素往往是不可忽视的,故本研究先将两种沙鼠头骨形态进行种内性别差异性比较,仅红尾沙鼠雌雄间下齿列长存在显著差异,这可能与不同性别沙鼠咀嚼食物的时间长短和数量多少有一定程度的关系^[28]。同时,雌雄鼠在生殖中的代价是明显不同的,通常雌性哺乳动物所消耗的能量远远高于雄性,雌性所摄入的食物量以及咀嚼食物的时间也高于雄性^[29]。

除鼻骨长外,其余指标在两鼠种间均具有极显著差异,这可能是大沙鼠和红尾沙鼠处于类似的半荒漠生活环境所引起的^[1],康宇坤^[30]的研究表明温度和降水是导致头骨形态变异的重要环境变量,其一为降水通过影响土壤含水量引起土壤硬度变化,该变化是地下啮齿动物必须应对的选择压力,而使用头部挖掘是地下啮齿动物挖掘洞穴的方式之一,因此其鼻骨在挖掘过程中产生的形态变化可能是对土壤硬度的适应过程。另一方面,通过鼻腔通道,哺乳动物的鼻骨在温度调节中起着不可或缺的作用,较长的鼻骨可能有助于在呼吸过程中对空气进行预热和加湿,减少呼吸道受到干燥空气的刺激^[31-32],这种趋同进化造成两种沙鼠鼻骨长无显著差异。康宇坤等^[33]的研究发现高海拔地区甘肃鼯鼠鼻骨显著长于低海拔地区,推断可能是由于较长的鼻骨会赋予甘肃鼯鼠更强的呼吸能力,来应对高海拔的低氧环境,以上结论证明了无论是在荒漠区还是高海拔地区,地下啮齿动物为适应外界环境都会做出适应性进化,本研究结论与其一致。结果显示红尾沙鼠的齿隙长、听泡长、听泡宽、后头宽的均值显著大于大沙鼠,红尾沙鼠齿隙长显著大于大沙鼠可能是由于两种沙鼠的食性不同所造成的。红尾沙鼠的食物来源较为广泛,主要以禾本科植物、蒿属、猪毛菜,以及各种沙生灌木种籽为食^[1],大沙鼠摄食植物种类共计 13 种。春季主要食物是囊果苔草(*Carex physodes*)(45.21%)等,夏季主要食物是虫实(*Consperrum* sp.)(28.16%)等,秋冬季主要食物是梭梭,分别占食物组成的 81.53% 和 79.95%。大沙鼠食性季节性变化与其栖息环境中植物物候的季节性变化规律相吻合,梭梭仅在秋冬季成为大沙鼠的主要食物,而在春夏季节鲜被采食^[34]。梭梭的质地较为坚硬,在采食时,需要进行大量的啃咬和撕扯动作,长期通过这种采食方式,食用具有特定适口性的食物,导致大沙鼠头骨在咀嚼相关部位产生适应性变化。而红尾沙鼠为了采食不同食物,适应不同食物的适口性,其头骨没有像大沙鼠那样过度特化于处理某一种坚硬食物,其头骨形态可能在一定程度上兼顾了处理软硬不同食物的需求。同时,张堰铭等^[35]认为不同种鼠类头骨形态结构与其食性密切相关,康宇坤等^[33]也认为食物资源在不同海拔下的种类和性状差异对甘肃鼯鼠的头骨有一定影响,表明本研究结论与其一致。同时听泡和后头宽比较大,这与王思博等^[1]在《新疆啮齿动物志》中所述的头骨结果一致,马勇等^[36]也曾提出听泡大小与其生活的环境有一定的关系,生活环境越开阔,听泡越大。Webster 等^[37]的研究也表明,小型啮齿动物的听泡越大,其听力越敏锐,由此可见红尾沙鼠的听力相较于大沙鼠更好。另外,同时推测也与沙鼠本身活动节律有一定关系。王思博等^[1]在《新疆啮齿动物志》中提到跳鼠的听泡异常膨大,也可能与跳鼠为适应夜间活动有一定关系,本研究推测结果与此一致。

头部是容纳大脑和其他重要器官的部分,颅全长是最具有代表性的年龄鉴定指标^[21],大沙鼠的颅全长与体重变化相关性极显著,可能与所捕获鼠的年龄有关,本研究捕获的大沙鼠可能处于不同的年龄阶段,随着年龄的增长,大沙鼠的身体发育包括头部也会逐渐成熟和长大,从而导致颅全长与体重呈显著的相关性。年龄较大的大沙鼠可能身体更为强壮,体重也相对较重,同时颅全长也会更长。也可能与大沙鼠的食性相关,大沙鼠主要采食植物的茎叶部分,这些植物含有大量的纤维素成分,营养成分比较高。高营养的食物摄入可能有助于大沙鼠的生长发育,包括头部的生长。长期食用富含纤维素的植物茎叶,可能会促使大沙鼠的身体和头部结构适应这种食性,从而使得颅全长与体重之间产生紧密的联系^[1, 37]。朱晗羽^[38]发现鼠类头骨特征与其食性食量是相适应的,红尾沙鼠的基长、颧宽、下颌长 3 项数据指标与体重显著相关,这可能是红尾沙鼠适应其食物资源特点(如采食半灌木种籽)以及所处生态环境的表现,具有与体重相匹配且适合采食的头部结构,能够让红尾沙鼠在生态系统中更好地获取能量、占据生存空间,实现种群的繁衍。此外,大沙鼠颅全长与体重变化的拟合度($R^2=0.4808$)较高,可作为生长发育阶段判断的标准之一。红尾沙鼠颧宽与体重有较高的拟合度($R^2=0.6020$),也可作为判断标准之一。

4 结论

1)红尾沙鼠与大沙鼠性别间除鼻骨长外其余各项头骨指标均有显著差异;2)除红尾沙鼠下齿列长在种内性别间存在极显著差异外,其他头骨指标在大沙鼠和红尾沙鼠种内性别间无显著差异;3)红尾沙鼠的颅全长、基长、颧宽、下颌长和大沙鼠颅全长在成体阶段仍保持生长状态,其余指标未表现出明显规律。大沙鼠颅全长与红尾沙鼠颧宽可作为生长发育阶段判断标准之一,本研究可为荒漠区同域分布的近缘种头骨形态对生境的趋同适应性进化研究提供数据,同时补充两鼠头骨形态学特征量化指标,为野外调查研究工作提供基础数据。

参考文献 References:

- [1] Wang S B, Yang Y Y. Xinjiang rodent fauna. Urumqi: Xinjiang People's Publishing House, 1983: 136–146.
王思博, 杨一源. 新疆啮齿动物志. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1983: 136–146.
- [2] Cheng X T, Cao Q, Liao L F, *et al.* Research progress in ecology and control strategies of *Rhombomys opimus*. Gansu Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2023, 53(1): 140–143.
程晓甜, 曹骞, 廖力夫, 等. 大沙鼠生态学及防治措施研究进展. 甘肃畜牧兽医, 2023, 53(1): 140–143.
- [3] Qiao X L. Study on geographical distribution pattern of *Rhombomys opimus* in desert ecological forest. Urumqi: Xinjiang University, 2021.
乔雪丽. 荒漠生态林区大沙鼠地理分布格局研究. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2021.
- [4] Nuerguli·Mahan, Zhao M, Zhang X P, *et al.* Regulation of harming agricultural crops of *Merioness libycus* lichtenstein and its control measures in Karamay district. Xinjiang Agricultural Sciences, 2007(1): 96–98.
努尔古丽·马汗, 赵梅, 张新平, 等. 克拉玛依地区红尾沙鼠发生危害规律及防治措施. 新疆农业科学, 2007(1): 96–98.
- [5] Cheng Y, Yue Y X, Wang T, *et al.* Screening the critical morphology and skull indices for identifying *Rattus norvegicus* and *Rattus tanezumi*. Acta Theriologica Sinica, 2023, 43(3): 322–332.
程燕, 岳亚先, 王涛, 等. 褐家鼠和黄胸鼠体型和头骨物种鉴定特征值筛选. 兽类学报, 2023, 43(3): 322–332.
- [6] Yao J. The status and prospect of collecting vertebrate specimen in Xinjiang. Arid Zone Research, 1998(2): 40–45.
姚军. 新疆脊椎动物标本收藏现状与展望. 干旱区研究, 1998(2): 40–45.
- [7] Zhang H J, Zhang H, Qin X X, *et al.* Geometric morphometric analysis of skull dimensions of *Eothenomys miletus* from five areas of the Hengduan Mountains. Chinese Journal of Wildlife, 2019, 40: 51–61.
张海姬, 张浩, 秦雪雪, 等. 横断山五个地区大绒鼠头骨的几何形态学研究. 野生动物学报, 2019, 40: 51–61.
- [8] Alhajeri B H. A morphometric comparison of the cranial shapes of Asian dwarf hamsters (*Phodopus*, Cricetinae, Rodentia). Zoologischer Anzeiger, 2021, 292: 184–196.
- [9] Alhajeri B H. Cranial variation in geographically widespread dwarf gerbil *Gerbillus nanus* (Gerbillinae, Rodentia) populations: Isolation by distance versus adaptation to local environments. Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research, 2019, 57(1): 191–203.
- [10] Yang H F. A brief comment on age methods for small mammals. Chinese Journal of Ecology, 1990, 9(2): 56–57.
杨荷芳. 小型兽类年龄鉴定方法简评. 生态学杂志, 1990, 9(2): 56–57.
- [11] Bao Y X, Zhuge Y. Age determination and population age structure of *Niviventer confucianus*. Acta Theriologica Sinica, 1984, 4(2): 127–137.
鲍毅新, 诸葛阳. 社鼠的年龄鉴定与种群年龄组成. 兽类学报, 1984, 4(2): 127–137.
- [12] Xiong M T, Zhao H, Yang G R, *et al.* Study on population age of three rodent species in Western Yunnan. Chinese Journal of Zoology, 1998(2): 26–28.
熊孟韬, 赵侯, 杨光荣, 等. 云南西部三种鼠类种群年龄研究. 动物学杂志, 1998(2): 26–28.
- [13] Ma L X, Wang X F, Hou L X, *et al.* Investigation and classification of rodent damage in eastern Xinjiang grasslands. Journal of Northwest University for Nationalities, 1996(1): 47–50.
马良贤, 王学锋, 侯兰新, 等. 新疆东部草原鼠害的调查及危害类型的划分. 西北民族学院学报, 1996(1): 47–50.
- [14] Zhang M C, Zhang Z J, Mu H Q, *et al.* Geographical differentiation in skull morphology of isolated *Apodemus chevrieri* populations in western Sichuan. Acta Theriologica Sinica, 2008, 28(4): 395–401.
张明春, 张泽钧, 母华强, 等. 川西四大山系间高山姬鼠头骨特征的地理分化. 兽类学报, 2008, 28(4): 395–401.
- [15] Su J H, Nan Z B, Ji W H, *et al.* Morphological analysis of the skull of plateau zokors (*Eospalax baileyi*) from different

- geographical populations. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(1): 325–332.
- 苏军虎, 南志标, 纪维红, 等. 高原鼯鼠(*Eospalax baileyi*)头骨形态的地理分化. *生态学报*, 2018, 38(1): 325–332.
- [16] Li S, Yang J X, Jiang X L, *et al.* Geographic variation in giant squirrels *Ratufa bicolor* (Sciuridae: Ratufinae) from China based on cranial measurable variables. *Acta Theriologica Sinica*, 2008, 28(2): 201–206.
- 李松, 杨君兴, 蒋学龙, 等. 中国巨松鼠(*Ratufa bicolor*)(Sciuridae: Ratufinae)头骨形态的地理学变异. *兽类学报*, 2008, 28(2): 201–206.
- [17] Yang H, Zhang Z H. The geometric morphometric research on the skull of *Apodemus draco* and *Apodemus peninsulae*. *Sichuan Journal of Zoology*, 2011, 30(5): 691–695.
- 杨红, 张子慧. 中华姬鼠与大林姬鼠头骨的几何形态学研究. *四川动物*, 2011, 30(5): 691–695.
- [18] Zhu W L, Fu J H, Yang X M, *et al.* Skull traits of the tree shrews (*Tupaia belangeri*). *Journal of Biology*, 2015, 32(5): 40–42.
- 朱万龙, 付家豪, 杨晓蜜, 等. 中缅树鼩(*Tupaia belangeri*)头骨特征的研究. *生物学杂志*, 2015, 32(5): 40–42.
- [19] Zhu W L, Jia T, Huang C M, *et al.* Morphometrics investigation of the skulls, mandibles and molar in *Tupaia belangeri* from Yunnan, Guizhou, Guangxi. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(6): 1721–1730.
- 朱万龙, 贾婷, 黄春梅, 等. 中缅树鼩(*Tupaia belangeri*)头骨及下臼齿几何形态与环境的关系. *生态学报*, 2013, 33(6): 1721–1730.
- [20] Shang Z H N, Manduhu, Yuan S, *et al.* Characteristics and differences between skulls of *Myospalax psilurus* and *Myospalax aspalax*. *Pratacultural Science*, 2022, 39(8): 1643–1652.
- 商正昊妮, 满都呼, 袁帅, 等. 东北鼯鼠与草原鼯鼠头骨特征及差异. *草业科学*, 2022, 39(8): 1643–1652.
- [21] Dai H Y, Shan W J. Age identification of Xinjiang hare based on skull morphology indexes. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2021(1): 138–141.
- 代慧英, 单文娟. 基于头骨形态指标的新疆野兔年龄鉴定. *黑龙江畜牧兽医*, 2021(1): 138–141.
- [22] Wu S Y, Zhang F C, Edwards S V, *et al.* The evolution of bipedalism in jerboas (Rodentia: Dipodoidea): Origin in humid and forested environments. *Evolution*, 2014, 68(7): 2108–2118.
- [23] Moore T Y, Organ C L, Edwards S V, *et al.* Multiple phylogenetically distinct events shaped the evolution of limb skeletal morphologies associated with bipedalism in the jerboas. *Current Biology*, 2015, 25(21): 2785–2794.
- [24] Zhao T B, Li X M, Duan Q H, *et al.* Cluster analysis of skeletal structures in jerboas. *Endemic Diseases Bulletin of Inner Mongolia*, 1994(2): 82–84.
- 赵天飙, 李新民, 段全红, 等. 几种跳鼠骨骼结构的聚类分析. *内蒙古地方病防治研究*, 1994(2): 82–84.
- [25] Xia L, Yang Q S, Ma Y, *et al.* Standard measurements for mammalian skulls III: Rodentia and Lagomorpha. *Chinese Journal of Zoology*, 2006(5): 68–71.
- 夏霖, 杨奇森, 马勇, 等. 兽类头骨测量标准 III: 啮齿目、兔形目. *动物学杂志*, 2006(5): 68–71.
- [26] Yu H. Sexual dimorphism in skull morphology of *Myospalax epslanus*. *Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition)*, 1958(2): 41–61.
- 禹瀚. 陕北鼯鼠(*Myospalax epslanus*)两性头骨形态及差异的研究. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 1958(2): 41–61.
- [27] Yang X G, Zhang Z J, Liu X Y, *et al.* Comparison of white-bellied rat skull variables between Qinling and Qionglai Mountains and their relationship with body size. *Journal of China West Normal University (Natural Sciences)*, 2011, 32(1): 16–22.
- 杨学贵, 张泽钧, 刘新玉, 等. 秦岭、邛崃山系社鼠(*Niviventer confucianus*)头骨形态指标比较及与体型大小之间的关系. *西华师范大学学报(自然科学版)*, 2011, 32(1): 16–22.
- [28] Li X C, Xue X X. Comparison of structure and function on masticatory apparatus between Chinese bamboo rat and common Chinese zokors. *Journal of Northwest University (Natural Science Edition)*, 1999(6): 585–589.
- 李晓晨, 薛祥煦. 中华竹鼠与甘肃鼯鼠咀嚼肌结构和功能的比较. *西北大学学报(自然科学版)*, 1999(6): 585–589.
- [29] Bai X C. Geographic variation in the skull of the Siberian weasel (*Mustela sibirica manchurica*) among different ecotypes. Harbin: Northeast Forestry University, 2015.
- 白晓晨. 黄鼬东北亚种(*Mustela sibirica manchurica*)不同生态型头骨形态特征的比较. 哈尔滨: 东北林业大学, 2015.
- [30] Kang Y K. Adaptive evolution of Myospalacinae based on morphological and molecular characteristics. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2023.
- 康宇坤. 基于形态和分子特征的鼯鼠亚科(Myospalacinae)动物适应性进化研究. 兰州: 甘肃农业大学, 2023.

- [31] Morrison E E, Costanzo R M. Morphology of the human olfactory epithelium. *Journal of Comparative Neurology*, 1990, 297(1): 1–13.
- [32] Zhao L M. Morphogeographic variation and subspecies classification of *Meriones meridianus* in China. Lanzhou: Lanzhou University, 2013.
赵黎明. 中国子午沙鼠(*Meriones meridianus*)形态地理变异及亚种分类研究. 兰州: 兰州大学, 2013.
- [33] Kang Y K, Pu Q S, Wang Z C, *et al.* Geographical differentiation of geometric morphology in *Eospalax cansus* skull and influencing factors. *Grassland and Turf*, 2024, 44(5): 1–13.
康宇坤, 蒲强胜, 王志成, 等. 甘肃鼯鼠头骨几何形态地理分异及其影响因素分析. *草原与草坪*, 2024, 44(5): 1–13.
- [34] Liu W, Guo C, Yang W K. Feeding habits of *Rhombomys opimus* and their impacts on desert soil properties and plant communities//Abstracts of the Chinese western zoology symposium. Chengdu: Sichuan University, 2012: 39.
刘伟, 郭聪, 杨维康. 大沙鼠(*Rhombomys opimus*)食性研究及其对荒漠土壤性质和植物群落结构的影响. 中国西部动物学学术研讨会论文摘要汇编. 成都: 四川大学, 2012: 39.
- [35] Zhang Y M, Liu J K. Biological characteristics and ecological roles of subterranean rodents. *Acta Theriologica Sinica*, 2002, 22(2): 144–154.
张堰铭, 刘季科. 地下鼠生物学特征及其在生态系统中的作用. *兽类学报*, 2002, 22(2): 144–154.
- [36] Ma Y, Wang F G, Jin S K, *et al.* Classification and distribution of rodents in the Northern region. Beijing: Science Press, 1987: 195–200.
马勇, 王逢桂, 金善科, 等. 北部地区啮齿动物的分类和分布. 北京: 科学出版社, 1987: 195–200.
- [37] Webster D B, Webster M. Auditory systems of heteromyidae: Functional morphology and evolution of the middle ear. *Journal of Morphology*, 1975, 146(3): 343–376.
- [38] Zhu H Y. On functional morphology in skulls of mandarin vole and brandt's vole. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2014.
朱晗羽. 棕色田鼠和布氏田鼠头骨的功能形态学研究. 郑州: 郑州大学, 2014.