

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2019.06.001

四川省岷山和邛崃山发现红耳鼠兔分布

刘少英^{1*}, 赵联军², 陈顺德³, 李晟⁴, 唐明坤¹, 刘滢珣¹, 廖锐¹

(1. 四川省林业科学研究院, 成都 610081; 2. 四川王朗国家级自然保护区, 四川平武 622550;

3. 四川师范大学生命与食品学院, 成都 610066; 4. 北京大学, 北京 100871)

摘要:红耳鼠兔(*Ochotona erythrotis*)是中国特有种,分布范围很狭窄,原记录仅分布于青海和甘肃,在四川仅记录于巴塘。该种分布区主要局限于以青海湖为中心的高原盆地及黄河上游的干流及支流两岸、河西走廊南部祁连山山地的红色土岩、土林、石壁、灌丛中。分布区域光照充足,全年无夏,降雨集中,湿度较小,蒸发强烈。2018年,在四川省王朗自然保护区再次采集到红耳鼠兔标本,并通过红外相机,在四川西部岷山、邛崃山海拔3 850 m以上的区域发现了红耳鼠兔几个种群,其栖息地气候特点和传统纪录区域迥异且相互隔离,但遗传距离和传统区域红耳鼠兔很小,有99.9%的相似性,其自然历史值得深入研究。

关键词:红耳鼠兔;新纪录;四川省

中图分类号:S718.65 **文献标识码:**A

文章编号:1003-5508(2019)06-0001-05

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



A New Distribution of *Ochotona erythrotis* Found in the Qionglai and Minshan Mountains, Sichuan Province

LIU Shao-ying^{1*} ZHAO Lian-jun² CHEN Shun-de² LI Sheng³ TANG Ming-kun¹

LIU Ying-xun¹ LIAO Rui¹

(1. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, China; 2. Wanglang National Reserve, Pingwu 622550, China;

3. Sichuan Normal University Chengdu 610066, China; 4. Beijing University, Beijing 100871, China)

Abstract: *Ochotona erythrotis* is endemic species in China, which is distributed in a very narrow region, including part of Qinghai and Gansu provinces. In Sichuan, It was only recorded in Batang county, west Sichuan. The core region of this species was reddish land rock, soil forest, cliff and shrub around Qinghai Lake, main streams and tributaries of the upper Yellow River and the Qilian Mountains of southern Hexi Corridor. In the distributing area of *O. erythrotis*, there were abundance of sunshine, no summer in whole year, concentrated rainfall, small humidity, strong evaporation. In 2018, *O. erythrotis* samples were collected in Wanglang Nature Reserve, and some pictures were obtained by infrared camera monitoring on the Minshan and Qionglai mountains with the elevation higher than 3 850 m. Those new distributing areas were largely different from traditional distributing areas in climate. But the new population had very closed relationship with the traditional population.

Key words: *Ochotona erythrotis*, New record, Sichuan province

收稿日期:2018-10-14

基金项目:国家自然科学基金项目(31272274, 31470110);四川省科技厅应用基础项目(2019YJ0571);王朗平财采代(2018)10号项目资助。

作者简介:刘少英(1964-),男,研究员,主要从事小型兽类分类与系统发育研究。

*通讯作者:shaoyliu@163.com。

红耳鼠兔 (*Ochotona erythrotis*) 是我国特有种, 局限在青藏高原东北部。其分布区域以青海湖为中心, 属于黄河上游干流及支流的河谷、高原盆地。分布区域光照充足, 太阳辐射较强; 温差大, 且“全年皆冬”或“长冬无夏, 春秋相连”; 冬干春旱, 降水集中, 降雨量在 650 mm 以上, 其中 6 月~9 月降水量占全年的 70% 左右, 尤其 7 月~8 月降水量可占全年降水总量的 40% 以上; 湿度小、蒸发大, 相对湿度在 60% 以下, 年蒸发量达 1 100 mm。红耳鼠兔多栖息于该区域红色岩土的石壁缝隙、天然风蚀及水蚀洞穴、石壁灌草丛中, 草食性。

红耳鼠兔在四川仅记录于川西高原的巴塘^[1~2], 且只有 1 号标本, 数量非常少。

2018—2019 年, 在开展王朗自然保护区小型兽类调查时, 在海拔 4 100 m 的流石滩采得 5 号标本 (见图 1), 形态鉴定为红耳鼠兔, 分子系统学亦证实为红耳鼠兔。另外, 在 2015—2019 年的红外相机监测中, 在位于邛崃山系的卧龙、黑水河、鞍子河及属于岷山山系的王朗 4 个自然保护区海拔 3 850 m 以上的流石滩区域亦拍摄到红耳鼠兔分布, 这样, 证实红耳鼠兔在四川西部的岷山和邛崃山高海拔流石滩区域广泛分布, 为多个隔离种群。采集标本保存于四川省林科院标本馆, 现报道如下:



图 1 岷山产红耳鼠兔

Fig. 1 *Ochotona erythrotis* from the Minshan Mountains

1 研究方法

1.1 形态学方法

标本的形态测量在野外进行, 样品取肌肉组织和肝脏组织用 95% 分析纯乙醇固定, $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下保存。外形测量内容包括体重 (Body weight, W)、头体长 (Head and body length, HBL)、后足长 (Hind foot length, HF)、耳长 (Ear length, EL)。头

骨测量按照刘少英等 (2016) 的方法, 用电子游标卡尺 (精确到 0.01 mm), 并辅助解剖镜测微尺 (精确到 0.01 mm)。测量内容包括颅全长 (Skull greatest length, SGL); 颅基长 (Skull basal length, SBL);

髁鼻长 (Occipital condyle to nasal bone length, OCNL): 枕髁后缘至鼻骨最前端; 颧宽 (Zygomatic breadth, ZB); 眶间宽 (IOW: minimal interorbital width, IOW)、颅高 (Skull height, SH)、后头宽 (Mastoidal breadth, MB): 两顶骨在听泡上方的最大宽; 听泡长 (Auditory bulla length, ABL); 上臼齿列冠长 (Upper molar occlusal surface length, UOSL): 上臼齿列咀嚼面最大长; 下臼齿冠长 (Lower molar occlusal surface length, LOSL): 下臼齿列咀嚼面最大长; 鼻骨长 (Nasal bone length, NBL); 下颌长 (Length of mandible, LM): 下颌骨处于水平状态时, 下门齿最前端到下颌骨最后段 (通常为关节突) 的水平投影距离。

形态的统计分析由 SPSS (v17.0) 软件完成。为确定岷山山系标本和黄河流域标本的差异性, 开展了主成分分析 (Principal component analysis, PCA), 并制作散点图。

1.2 分子系统学方法

采用标准的酚-氯仿法来抽提肌肉样品的总基因组 DNA^[3] (Sambrook and Russell, 2001)。选择 cytb 基因标记, 扩增 2 号采集于岷山山系的红耳鼠兔, 序列获取方法参见刘少英等^[4]。从 GenBank 种下载了红耳鼠兔、川西鼠兔等 16 种 45 条 cytb 序列 (见附表 1), 在 MEGA 5.0 进行了序列比对^[5], 计算岷山山系红耳鼠兔和黄河流域红耳鼠兔的遗传距离 (P-distance)。首先通过 j Modeltest 2.1.3 软件进行分子进化分模型检测, 模型的适合度利用 BIC 信息标准 (Bayesian inference criterion) 评估, 得到核苷酸的最适替换模型 HKY^[6]。以欧洲野兔为外群, 利用 BEAST v1.7.5 软件^[6] 构建系统发育树。参数的起始树使用随机生成树, 运行 100000000 代, 每 5000 代抽样一次。利用 Tracer version 1.5 软件^[7] 进行统计以确定所有参数都有大于 200 的有效统计样本 (Effective sample sizes, ESSs)。再使用 TreeAnnotator 中生成最大谱系置信树 (Maximum Clade Credibility Tree), 舍弃 (Burn-in) 每次运行的前 20%。

2 结果

2.1 形态学研究结果

岷山山系红耳鼠兔夏毛体背整体红褐色, 毛基

灰色,毛尖红褐色。耳及鼻部、额部、脸颊红褐色更显著。颈部有一块明显的灰色斑块。耳长大,背面及腹面均覆盖棕黄色短毛,耳前有一束白色长毛。身体腹面毛基灰黑色,毛尖灰白色,喉部至胸部中央有一条不规则的黄褐色带。背腹界限较明显。前后足背面毛色淡,灰白色为主,刷以少量红褐色。爪黑色。足底多毛,黑色,趾垫裸露,爪部分被毛覆盖。冬毛仅耳和头顶、脸颊等部位为红褐色,其余部分为灰色(见图1)。

头骨较隆突,最高点在额骨后缘。额骨上有两个明显的卵圆孔,鼻骨较长,前缘膨大,后三分之二几乎平行。上下门齿唇面白色。颧弓较强大。顶间骨较小,呈宝塔形(见图2)。

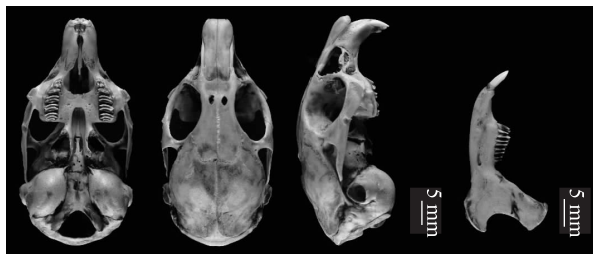


图2 岷山产红耳鼠兔的头骨

Fig. 2 Skull of *Ochotona erythrotis* from the Minshan Mountains

与黄河流域红耳鼠兔标本相比,岷山山系标本夏毛背部中央颜色略深,有一定的灰色色调。而黄河流域标本整体颜色更鲜亮,且背部一致。头骨上没有差别。

王朗采集标本和黄河上游红耳鼠兔量度比较见表1,主成分分析结果见图2和表2。从表1可以看出,除后足长和眶间宽指标外,其余14个测量指标上,黄河流域红耳鼠兔比岷山山系的均略大。主成分分析结果显示,分析的两个种群前两个主成分累积贡献率为74.854%,二者贡献率分别为58.168%和16.687%。对种群间形态差异分析贡献最大的指标为颅全长、颅基长、髁齿长、颧宽、鼻骨长、上白齿列长、下白齿列长、下颌骨长8个指标,这些指标的内容均与头骨大小有关,因此第一主成分反映的是头骨大小分布概况。而且所有分量的值都为正值,说明这些指标的变化都与主成分一致。第二主成分中负荷量绝对值较大的分量为体长、后足长和耳高,但第二主成分的特征值相对小,且贡献率小于16.687%,因此分析价值不大(见表2)。以第一主成分对第二主成分作散点图(见图3)结果表明,红耳鼠兔种群的分化成两个地域性群体,一个由岷山

(王朗)种群构成,另一个由黄河流域的种群构成,两种群没表现出重叠分布,能单独分开构成不同的独立群(见图3)。

表1 四川岷山山系红耳鼠兔和黄河流域红耳鼠兔量度对比(平均值±标准差;mm)

Tab. 1 Comparison of external and cranial measurements between the Minshan Mountains' population with the Yellow River's population of *Ochotona erythrotis* (Mean ± SD; mm)

	Minshan Mountains' population	Yellow river's Population
体重 W (g)	145.0 ± 17.34	187.75 ± 32.27
头体长 HB	189.25 ± 10.24	194.75 ± 19.92
后足长 HF	40.0 ± 1.41	39.0 ± 3.37
耳长 EL	30.75 ± 0.96	31.0 ± 1.41
颅全长 SGL	43.59 ± 0.22	46.61 ± 2.60
颅基长 SBL	37.03 ± 0.82	39.93 ± 2.54
髁鼻长 OCNL	41.06 ± 0.68	44.33 ± 2.80
颅高 SH	17.34 ± 0.26	18.25 ± 0.92
颧宽 ZM	21.53 ± 0.26	22.86 ± 0.61
眶间宽 IOB	5.90 ± 0.43	5.68 ± 0.34
后头宽 MB	20.84 ± 0.36	21.55 ± 1.19
鼻骨长 NBL	14.10 ± 0.12	14.54 ± 0.72
听泡长 ABL	14.21 ± 0.14	14.53 ± 0.89
上齿列冠长 UOSL	7.03 ± 0.14	8.49 ± 1.11
下齿列冠长 LOSL	6.97 ± 0.07	8.03 ± 0.80
下颌长	32.80 ± 0.42	35.06 ± 2.08

表2 红耳鼠兔两个种群主成分分析结果

Tab. 2 Results of PCA analysis between two populations of *Ochotona erythrotis*

变量 (Variations)	主成分1 (PC1)	主成分2 (PC2)
体重 (W)	0.791	0.377
体长 (HBL)	-0.045	0.812
后足长 (HFL)	-0.114	0.831
耳高 (EL)	0.157	0.878
颅全长 (SGL)	0.971	-0.024
颅基长 (SBL)	0.99	0.014
髁齿长 (OCNL)	0.989	0.026
颧宽 (ZB)	0.893	-0.205
眶间宽 (IOW)	-0.213	0.05
颅高 (SH)	0.55	-0.359
听泡长 (ABL)	0.589	0.404
后头宽 (MB)	0.742	-0.106
鼻骨长 (NBL)	0.973	-0.189
上白齿列长 (UOSL)	0.936	0.046
下白齿列长 (LOSL)	0.964	-0.071
下颌骨长 (LM)	0.973	0.124
特征值 Eigenvalues	9.307	2.670
解释的变量 Variance explained (%)	58.167	16.687

2.2 分子系统学研究结果

构建的系统发育树(见图4)显示,岷山山系产红耳鼠兔和 GenBank 中的红耳鼠兔(采集于青海, GenBank 号 MG051346 和 AF272999)聚成一支,且

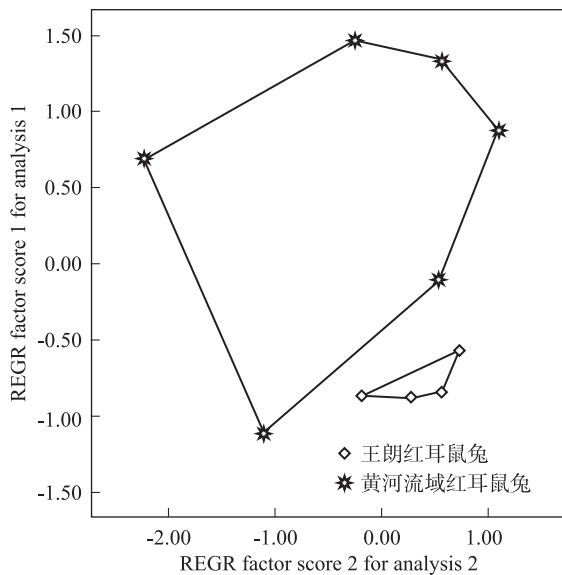


图3 岷山鼠兔和黄河流域鼠兔 PCA 散点图
Fig. 3 Scatter plots of PCA between the Minshan Mountains population and the Yellow River population

和 GenBank 中的红耳鼠兔的 *cytb* 遗传距离只有 1%,说明王朗产红耳鼠兔和青海的红耳鼠兔亲缘关系很近,从而证实王朗的标本是红耳鼠兔无疑。

3 讨论

3.1 红耳鼠兔在四川的记载

胡锦涛和王酉之在“四川资源动物志—兽类”中^[1],记载四川省有红耳鼠兔。但没有具体的地点、描述及参考文献。在“四川兽类原色图鉴”中再次描述了红耳鼠兔^[2],并指出分布于四川巴塘。张荣祖的“中国兽类地理分布”^[8],王应祥的“中国兽类种与亚种分布大全”^[9]中,红耳鼠兔均不分布于四川,仅分布于青海和甘肃。为了确认该物种在四川分布的准确性,查看了四川省疾控中心标本,有 1 号来自巴塘的标本确实是红耳鼠兔,证明王酉之和胡锦涛(1999)的记录是准确的。

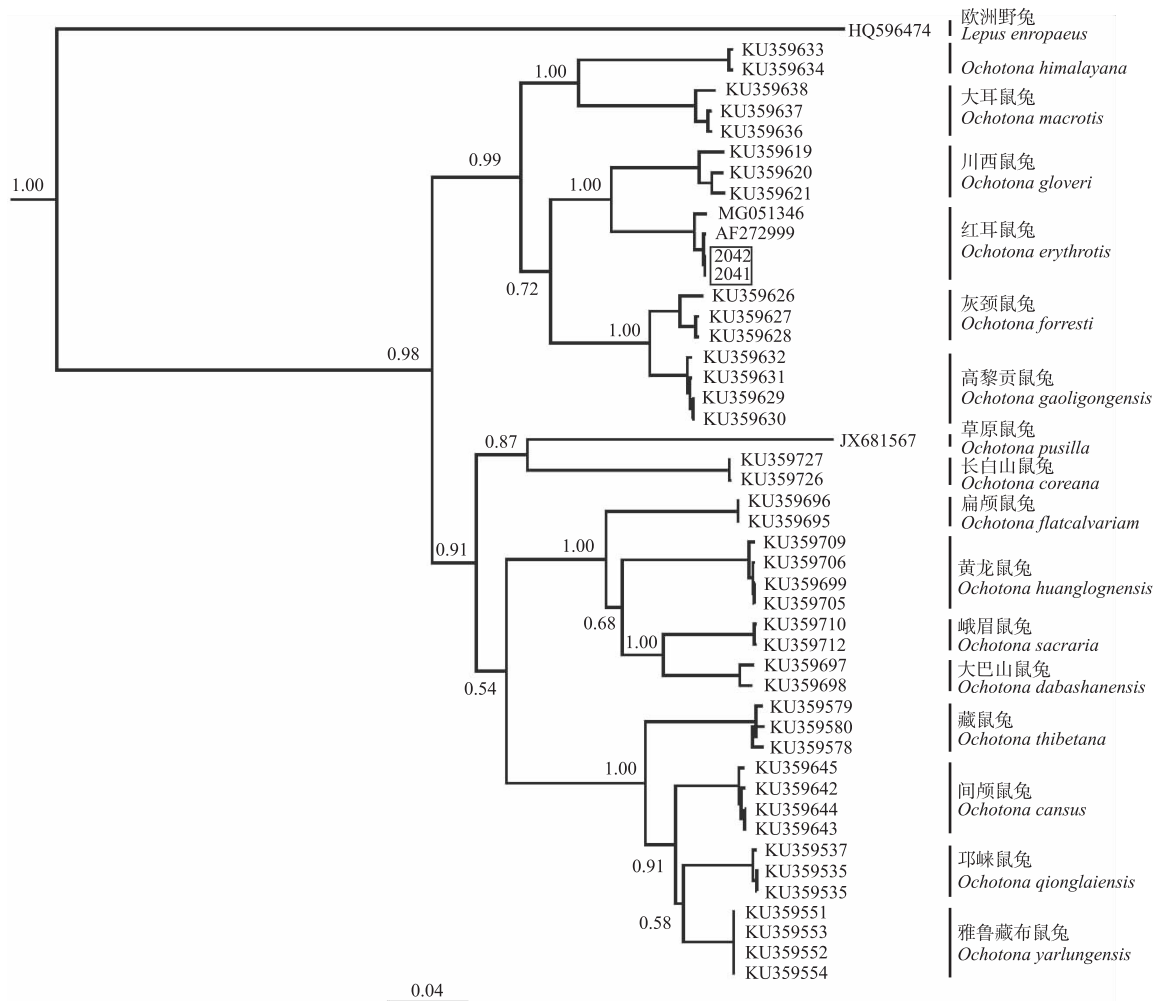


图4 基于 *Cytb* 的 16 种鼠兔系统发育树:示四川省红耳鼠兔位置
Fig. 4 Bayesian phylogenetic trees derived from *cytb* gene. Numbers above branches refer to Bayesian posterior probabilities

3.2 红耳鼠兔现存分布区讨论

如前面所述,红耳鼠兔记录于甘肃,青海及四川巴塘。新发现分布区是邛崃山和岷山的高海拔流石滩区域,这些区域彼此不连续,和传统分布区距离较远,且气候条件、植被条件和传统记录区域相差很大。虽然两个种群在形态上可以分开(见表1、表2和图3),但它们之间的遗传距离却很近,说明两个种群之间的隔离时间并不长。两个种群之间究竟是怎样分化的?分化时间究竟有多久?其起源中心在什么地方?经历了怎样的地质历史事件?这些都有待深入研究,且研究意义重大,其结果将复原横断山系和青藏高原之间生物多样性起源、演化地质历史过程,揭示两个区域之间物种的关系。

参考文献:

- [1] 胡锦矗,王西之. 四川资源动物志 第二卷 兽类[M]. 成都:四川科技出版社,1984:178~188.
- [2] 王西之,胡锦矗. 四川兽类原色图鉴[M]. 北京:中国林业出版社,1999:1~278.
- [3] Sambrook J, Russell D W. 2001. Molecular Cloning: A Laboratory Manual. New York; Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- [4] 刘少英,靳伟,廖锐等. 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[J]. 兽类学报, 2016.
- [5] Tamura K, Peterson D, Peterson N, Stecher G, Nei M, Kumar S. MEGA5: Molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. *Molecular Biology and Evolution*, 2011, 28 (10): 2731 ~ 2739.
- [6] Darriba D, Taboada G L, Doallo R, Posada D. JModel Test 2: More models, new heuristics and parallel computing. *Nature Methods*, 2012, 9: 772.
- [7] Drummond A J, Suchard M A, Xie D, Rambaut A. Bayesian Phylogenetics with BEAUti and the BEAST 1. 7. *Molecular Biology and Evolution*, 2012, 29 (8), 1969 ~ 1973.
- [8] Drummond A J, Rambaut A. Beast: Bayesian evolutionary analysis by sampling trees. *BMC Evolutionary Biology*, 2007, 7 (1), 1471 ~ 2148.
- [9] 张荣祖. 中国哺乳动物地理分布[M]. 北京:科学技术出版社, 1997.
- [10] 王应祥. 中国哺乳动物中和亚种分类与分布大全[M]. 北京:中国林业出版社, 2003: 223 ~ 235.

附表1 从 GenBank 下载的参与系统发育分析的鼠兔序列

Supplementary data 1 Accession numbers of cytb sequence of *Ochotona erythrotis* from Wanglang and comparative cyt b sequences from GenBank

物种 Species	拉丁名 Latin Name	Genbank Num.
间颅鼠兔	<i>Ochotona cansus</i>	KU359642
间颅鼠兔	<i>Ochotona cansus</i>	KU359643
间颅鼠兔	<i>Ochotona cansus</i>	KU359644
间颅鼠兔	<i>Ochotona cansus</i>	KU359645
邛崃鼠兔	<i>Ochotona qionglaiensis</i>	KU359535
邛崃鼠兔	<i>Ochotona qionglaiensis</i>	KU359536
邛崃鼠兔	<i>Ochotona qionglaiensis</i>	KU359537
雅鲁藏布鼠兔	<i>Ochotona yarlungensis</i>	KU359551
雅鲁藏布鼠兔	<i>Ochotona yarlungensis</i>	KU359552
雅鲁藏布鼠兔	<i>Ochotona yarlungensis</i>	KU359553
雅鲁藏布鼠兔	<i>Ochotona yarlungensis</i>	KU359554
藏鼠兔	<i>Ochotona thibetana</i>	KU359578
藏鼠兔	<i>Ochotona thibetana</i>	KU359579
藏鼠兔	<i>Ochotona thibetana</i>	KU359580
扁颅鼠兔	<i>Ochotona flatcalvariam</i>	KU359695
扁颅鼠兔	<i>Ochotona flatcalvariam</i>	KU359696
黄龙鼠兔	<i>Ochotona huanglognensis</i>	KU359699
黄龙鼠兔	<i>Ochotona huanglognensis</i>	KU359705
黄龙鼠兔	<i>Ochotona huanglognensis</i>	KU359706
黄龙鼠兔	<i>Ochotona huanglognensis</i>	KU359708
峨眉鼠兔	<i>Ochotona sacraria</i>	KU359710
峨眉鼠兔	<i>Ochotona sacraria</i>	KU359712
大巴山鼠兔	<i>Ochotona dabashanensis</i>	KU359697
大巴山鼠兔	<i>Ochotona dabashanensis</i>	KU359698
川西鼠兔指名亚种	<i>Ochotona gloveri gloveri</i>	KU359619
川西鼠兔指名亚种	<i>Ochotona gloveri gloveri</i>	KU359620
川西鼠兔指名亚种	<i>Ochotona gloveri gloveri</i>	KU359621
灰颈鼠兔	<i>Ochotona forresti</i>	KU359626
灰颈鼠兔	<i>Ochotona forresti</i>	KU359627
灰颈鼠兔	<i>Ochotona forresti</i>	KU359628
高黎贡鼠兔	<i>Ochotona gaoligongensis</i>	KU359629
高黎贡鼠兔	<i>Ochotona gaoligongensis</i>	KU359630
高黎贡鼠兔	<i>Ochotona gaoligongensis</i>	KU359631
高黎贡鼠兔	<i>Ochotona gaoligongensis</i>	KU359632
喜马拉雅鼠兔	<i>Ochotona himalayana</i>	KU359633
喜马拉雅鼠兔	<i>Ochotona himalayana</i>	KU359634
大耳鼠兔	<i>Ochotona macrotis</i>	KU359636
大耳鼠兔	<i>Ochotona macrotis</i>	KU359637
大耳鼠兔	<i>Ochotona macrotis</i>	KU359638
草原鼠兔	<i>Ochotona pusilla</i>	JX682567
长白山鼠兔	<i>Ochotona coreana</i>	KU359726
长白山鼠兔	<i>Ochotona coreana</i>	KU359727
欧洲野兔(外群)	<i>Lepus europaeus</i>	HQ596474
红耳鼠兔	<i>Ochotona erythrotis</i>	MG051346
红耳鼠兔	<i>Ochotona erythrotis</i>	AF272999
红耳鼠兔(王朗 CSD2041)	<i>Ochotona erythrotis</i>	MN015050
红耳鼠兔(王朗 CSD2042)	<i>Ochotona erythrotis</i>	MN015051