南疆三地州草原鼠害发生情况和鼠类物种的调查及鉴定

黄孝文[1] 闫浩杰[1] 应亚奇[1] 杨素文[2] 吴建国[3] 李 璇[3] 刘晓辉[1]
王大伟[1,4] 林 峻[3*] 宋 英[1*]

（1. 中国农业科学院植物保护研究所，北京 100193；2. 新疆农业大学草业学院，乌鲁木齐 830052；3. 新疆维吾尔自治区草原生物灾害防控中心，乌鲁木齐 830000；4. 中国农业科学院西部农业研究中心，新疆 昌吉 831100）

摘要：为明确南疆三地州草原鼠害发生情况并为其防控措施制订提供依据，于2023年在南疆克孜勒苏柯尔克孜自治州、和田地区和喀什地区共设置910个踏查点，83个夹捕样方，调查鼠害发生等级、主要害鼠种类和发生密度等，结合DNA条形码技术明确当地主要鼠种的种类。结果显示：在910个踏查点中，0~2级鼠害发生等级的踏查点为766个（和田地区291个，喀什地区172个，克孜勒苏柯尔克孜自治州303个），其余均为3~5级鼠害发生等级的踏查点。4~5级鼠害发生等级的区域集中在和田地区的皮山县、策勒县、民丰县、墨玉县和于田县，喀什地区的塔什库尔干塔吉克自治县，克孜勒苏柯尔克孜自治州的阿克陶县、乌恰县、阿合奇县和阿图什县。和田地区的皮山县、喀什地区的麦盖提县和塔什库尔干塔吉克自治县的鼠类种群密度偏高，夹捕率超过10.00%。经形态学鉴定和*COI*基因条形码鉴定，夹捕样方捕获的212只鼠隶属3科7属7种，其中子午沙鼠内蒙古亚种*Meriones meridianus psammophilus*在和田地区和喀什地区的占比分别高达74.70%和51.30%，是两地州的优势种。综上，南疆三地州鼠害呈现整体轻发生、局部为害重的特点，对鼠害为害严重的区域应该重点防治。

关键词：南疆；草原；鼠；鼠害发生等级；DNA条形码；调查

Investigation and identification of grassland rodent infestations and rodent species in the three prefectures of southern Xinjiang

Huang Xiaowen[1] Yan Haojie[1] Ying Yaqi[1] Yang Suwen[2] Wu Jianguo[3] Li Xuan[3]
Liu Xiaohui[1] Wang Dawei[1,4] Lin Jun[3*] Song Ying[1*]

（1. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. College of Grassland Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China; 3. Center for Grassland Biological Disaster Prevention and Control of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830000, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China; 4. Western Agricultural Research Center, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changji 831100, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China）

Abstract: To provide a scientific basis for rodent control strategies in the three prefectures of southern Xinjiang, a field survey was conducted in 2023 across Kezilesu Kirgiz Autonomous Prefecture, Hotan (Hetian) Prefecture, and Kashgar (Kashi) Prefecture. A total of 910 survey points and 83 snap-trap quadrats were established to assess rodent infestation levels, dominant rodent species and their population densities. The results showed that 766 of the 910 survey points exhibited low infestation levels (0−2),

基金项目：国家重点研发计划项目（2024YFD1400500），新疆维吾尔自治区2023年第二批天山英才培养计划青年托举人才项目（2023TSYCQNTJ0019），新疆维吾尔自治区“天池英才”引进计划项目

* 通信作者（Authors for correspondence），E-mail：songying01@caas.cn，xjcy2009@163.com

收稿日期：2025-03-26

including 291 in Hotan Prefecture, 172 in Kashgar Prefecture and 303 in Kezilesu Kirgiz Autonomous Prefecture. The remaining points displayed moderate-to-severe infestation levels (3−5). Areas with the most severe rodent damage (levels 4−5) were concentrated in Pishan, Cele, Minfeng, Moyu, and Yutian counties of Hotan Prefecture; Tashikuergan Tajik Autonomous County of Kashgar Prefecture, and Aketao, Wuqia, Aheqi and Atushi in Kezilesu Kirgiz Autonomous Prefecture. Snap-trap data revealed locally high rodent population densities in Pishan County (Hotan Prefecture), Maigaiti County and Tashikuergan Tajik Autonomous County (Kashgar Prefecture), where trapping rates exceeded 10%. Morphological identification and *COI* barcoding of 212 trapped rodents assigned them to seven species belonging to seven genera in three families. Among these, the midday gerbil (Meriones meridianus psammophilus) was the dominant species in Hotan and Kashgar prefectures, accounting for 74.70% and 51.30% of captures, respectively. Overall, rodent infestations in the three prefectures of southern Xinjiang were generally light but exhibited severe outbreaks in localized areas. Therefore, rodent control efforts should prioritize regions experiencing high infestation levels.

Key words: southern Xinjiang; grassland; rodent; infestation level; DNA barcoding; survey

鼠类是中国草原生态系统中一类重要的生物，在维护草原生物多样性及生态系统平衡中扮演着重要角色（刘晓辉，2022），但当鼠类种群密度过大时，通过打洞、盗食牧草等方式破坏草原植被，造成草原裸斑，导致草场产量降低，加剧草原退化。此外，部分草原鼠类如喜马拉雅旱獭*Marmota himalayana*、灰旱獭*Marmota baibacina*、达乌尔黄鼠*Spermophilus dauricus*等会传播疾病（Duan et al.，2024），对人类健康构成极大威胁。因此，监测草原鼠类的种类、发生和为害情况并采取有效的防控措施，对于维护草原生态系统的健康和稳定发展具有重要意义。

传统的物种鉴定主要采用形态学鉴定手段。啮齿动物主要依靠外部形态、头骨形态、牙齿与齿式、外形与头骨测量法等进行形态学鉴定（王思博和杨赣源，1983）。在野外实地调查工作中形态学鉴定是鼠类物种鉴定的首选（Panti-May et al.，2023）。然而由于部分鼠种的形态学相似度过高或者种内存在隐种等（Antil et al.，2023），仅依靠形态学很难对其准确鉴定。在形态学鉴定基础上，采用DNA条形码技术可以更加精准地对其物种进行鉴定（Hebert et al.，2003）。线粒体细胞色素C氧化酶亚基I（cytochrome C oxidase subunit I，COI）基因序列常被用作啮齿类动物物种鉴定的DNA条形码（杨倩倩等，2018；姜洪雪等，2022），通常认为同一物种的*COI*基因种内p-距离不超过2.00%，并且种间的遗传距离远远大于种内的遗传距离（Hebert et al.，2004）。因此通过分析和比较待鉴定物种与数据库中不同物种*COI*序列的相似性可实现对物种的鉴定（Kress & Erickson，2012；杨倩倩等，2018；Antil et al.，2023）。例如，孙婷等（2024）采用*COI*基因序列对广东省捕获的鼠类物种进行DNA条形码鉴定，发现广东省大鼠属*Rattus*不同鼠种间的p-距离为6.86%~11.43%，远远超过2.00%；Ojeda et al.（2022）通过分析南非*Tympanoctomys*鼠类和*Abrothrixhirta*鼠类的*COI*序列发现，*Phyllotis xanthopygus*物种复合体的种内Kimura参数（Kimura-2-parameter，K2P）遗传距离明显高于部分属内种间的遗传距离，表明该物种可能存在多个隐种。

新疆维吾尔自治区（简称新疆）的地理特征是“三山夹两盆”，天山以南、昆仑山以北称之为南疆。据记载南疆啮齿目动物有19种，其中跳鼠科3种，鼠科5种，仓鼠科8种，松鼠科3种（钱燕文，1965；王思博和杨赣源，1983；Cheng et al.，2018）。随着全球气候变暖，草原啮齿动物的发生与分布处于动态变化中，目前关于南疆三地州草原鼠类的发生情况尚不明确，致使整体规划草原鼠害防治计划时缺乏数据支撑，因此，了解该区域草原鼠种的组成及鼠害发生情况，对于当地草原鼠害的防治有重要参考意义。为明确南疆三地州草原鼠害发生情况，于2023年5—7月在南疆和田地区、喀什地区和克孜勒苏柯尔克孜自治州（简称克州）设置910个踏查点和83个夹捕样方，调查其鼠害发生等级、主要害鼠种类、数量和发生密度等，并结合形态学鉴定和DNA条形码技术对当地主要鼠种进行鉴定，以期为后续草原有害生物监测与防治的开展、灾害早期预防和及时控制提供基础数据和决策依据。

1 材料与方法

1.1 材料

研究区域概况：新疆三地州包括喀什地区、和田

地区及克州。克州位于新疆西南部，地跨天山山脉西南部、帕米尔高原东部、昆仑山北坡和塔里木盆地西北缘，全州地域面积7.25万km²，山地占90.00%。喀什地区位于新疆西南部，总面积16.20万km²，西邻帕米尔高原，南部是喀喇昆仑山，东部为塔克拉玛干大沙漠。和田地区位于新疆最南端，南枕昆仑山，北部深入塔克拉玛干沙漠腹地，总面积24.74万km²，山地占33.33%，沙漠戈壁占63.00%，绿洲仅占3.70%，被沙漠和戈壁分割成大小不等的300多块。

试剂及仪器：所有试剂均为国产分析纯。FastPure®细胞/组织基因组DNA提取试剂盒，南京诺唯赞生物科技有限公司；Mastercycler® nexus X2 PCR仪，德国Eppendorf公司；JY600MCS-3型脉冲场凝胶电泳系统，北京君意东方电泳设备有限公司；ABI3730测序仪，美国Thermo Fisher Scientific公司。

1.2 方法

1.2.1 南疆三地州草原鼠类踏查点与样方设置

根据三地州草原分布特点和路网交通情况，共设计踏查路线101条，涵盖910个踏查点，设置83个夹捕样方，共布夹4 991个，相邻两个踏查点距离为1~10 km，每个踏查点设置3~4条500 m左右长的样线，样线间距为10~50 m。克州共设计踏查路线44条，涵盖370个踏查点，设置11个夹捕样方，共布夹900个；喀什地区共设计踏查路线21条，涵盖195个踏查点，设置31个夹捕样方，共布夹1 801个；和田地区共设计踏查路线36条，涵盖345个踏查点，设置41个夹捕样方，共布夹2 290个。

1.2.2 南疆三地州草原鼠害发生等级和夹捕率确定方法

对于低密度的零星鼠洞，通过人工目测洞口有无明显鼠类活动痕迹来判断洞口有效性；对于高密度大量鼠洞，使用堵洞开洞法判断有效洞口数，即将洞群内所有鼠洞填埋，并记录总洞口数，24 h后统计开洞数量即为有效洞口数。人工观测鼠洞及周围半径约25 m范围内的植被情况，并对比相同生境下无鼠害发生区域，目测估计草地秃斑率。根据草地有害生物防治指标中洞口数、秃斑率（岳方正等，2022）以及新疆北部草原鼠害调查中鼠害发生等级的评定方法（闫浩杰等，2024），本研究确定了6级鼠害发生等级标准，标准如下：0级，未观察到任何鼠类活动和为害痕迹；1级，有废弃鼠洞，但无鼠类活动痕迹；2级，偶见有效鼠洞，0<草地秃斑率≤10%；3级，可见少量的活动鼠洞，10%<草地秃斑率≤20%，即轻度为害；4级，可见明显活动鼠洞或洞群，20%<草地秃斑率≤30%，即中度为害；5级，可见大量活动鼠洞或洞群，草地秃斑率>30%，即重度为害（岳方正等，2022；闫浩杰等，2024）。根据鼠害发生等级标准，通过目测对每个踏查点的草地鼠害发生程度进行评估并确定鼠害发生等级。在鼠害发生程度3级及以上区域设立0.5~1.0 hm²的调查样方，样方间距大于1 000 m，每个样方设两条样线，间距40 m，在每条样线上布置中号捕鼠夹（120 mm×65 mm），以新鲜花生做诱饵，夹距5 m，布夹50~100个（闫浩杰等，2024）。根据样方捕鼠数量和样方有效夹数量估算夹捕率，夹捕率=样方捕鼠数量/样方有效夹数量×100%。

1.2.3 南疆三地州草原鼠种样本收集及形态学鉴定

将1.2.2样方调查中捕获的鼠类置于−20℃冰箱保存。同时，截取部分鼠类1~2 cm的鼠尾组织置于75%酒精中，于−20℃冰箱保存，用于后续DNA条形码分析。参考《新疆啮齿目检索表》（黄文几等，1995）及魏辅文等（2025）分类系统，根据捕获鼠类样本的外形、头骨、牙齿等对其进行形态学鉴定。

1.2.4 南疆三地州草原鼠种DNA条形码鉴定和分析

为进一步确定形态学的鉴定结果及夹捕残肢的鼠种，采用DNA条形码进行鉴定。根据形态学鉴定结果，从不同样方捕获的每种鼠各随机挑选1~2只作为样本进行分子鉴定，共挑选了29个样本，其中12只子午沙鼠*Meriones meridianus*、3只乌拉尔姬鼠*Apodemus uralensis*、2只短耳沙鼠*Brachiones przewalskii*、4只帕米尔田鼠*Microtus juldaschi*、3只塔里木跳鼠*Dipus deasyi*、3只长耳跳鼠*Euchoreutes naso*、2只灰仓鼠*Cricetulus migratorius*。此外，夹捕过程中共采集了3个残肢样本。

利用FastPure®细胞/组织基因组DNA提取试剂盒提取32个样本的基因组DNA，置于TE缓冲液（pH 8.0）中，于−20℃冰箱保存备用。利用引物BatL5310（5′-CCTACTCRGCCATTTTACCTATG-3′）/R6036R（5′-ACTTCTGGGTGTCCAAAGAATCA-3′）（Robins et al.，2007）扩增所有样品的*COI*基因序列，引物由生工生物工程（上海）股份有限公司合成。25 μL PCR反应体系：正、反向引物各1.5 μL、2× Rapid *Taq* Master Mix 12.5 μL、模板1 μL、ddH_2O 8.5 μL。PCR反应条件：95 ℃预变性5 min；95 ℃变性45 s，54 ℃退火1 min，72 ℃延伸1 min，35个循环；72 ℃终延伸1 min（李争光等，2018）。采用1%琼脂糖凝胶电泳检测扩增产物质量，取检测合格的PCR产物利用ABI3730测序仪进行双向测序。使

用Lasergene 7.0软件（Burland，2000）查看*COI*序列峰图，并进行人工矫正、拼接。将拼接的序列提交至NCBI数据库中并进行BLAST序列比对，获得与数据库中序列最高的相似度，相似度大于98%一般认为是同一物种。以奥林匹克旱獭*Marmota olympus*和中亚兔*Lepus tibetanus*为外类群，利用MEGA 11.0软件（Tamura et al.，2021）中Clustal W程序对序列进行比对后，采用邻接法对32条*COI*基因序列进行聚类分析，进行1 000次自展检验（孙婷等，2024）；同时，利用p-距离模型分析不同鼠类种间和种内的遗传距离（Tomasco et al.，2024）。

2 结果与分析

2.1 南疆三地州草原鼠害发生等级

2.1.1 和田地区草原鼠害发生等级

在345个踏查点中，0~2级鼠害发生等级的踏查点有291个，占比为84.35%；3~4级鼠害发生等级的踏查点有54个，占比15.65%，5级鼠害发生等级的踏查点为0。在和田地区8个县（市）中，在皮山、策勒和民丰县0级鼠害发生等级的踏查点较多，分别为30、35和75个；在墨玉县0级鼠害发生等级的踏查点占比最高；在洛浦县2级鼠害发生等级的踏查点占比最高；在于田县0级和2级鼠害发生等级的踏查点占比相对较高；在策勒、民丰和于田县3级和4级鼠害发生等级的踏查点占比相对较高。在策勒、墨玉、民丰、皮山和于田县4~5级鼠害发生等级的踏查点分别为6、2、1、1和1个（表1）。

2.1.2 喀什地区草原鼠害发生等级

在195个踏查点中，0~2级鼠害发生等级的踏查点有172个，占比为88.21%；3~5级鼠害发生等级的踏查点有23个，占比为11.79%。在喀什地区12个县（市）中，在叶城县和塔什库尔干塔吉克自治县3级及以上鼠害发生等级的踏查点最多，分别为10个和9个。塔什库尔干塔吉克自治县的鼠害发生较重，4~5级鼠害发生等级的踏查点有3个，其中2个踏查点为中度为害，1个踏查点为重度为害（表1）。

2.1.3 克州草原鼠害发生等级

在三地州中克州的草原鼠害发生情况整体较轻。在370个踏查点中，3级及以上鼠害发生等级的踏查点仅有67个，占比为18.11%；其余303个踏查点全部为0~2级鼠害发生等级。在克州4个县中，在阿合奇县3级及以上鼠害发生等级的踏查点数量最多，为26个，占比为27.95%；在阿克陶县3级及以上鼠害发生等级的踏查点占比最高，为36.36%（表1）。4~5级鼠害发生等级的踏查点在4个县均有分布，其中，阿合奇县有13个，乌恰、阿克陶和阿图什县分别有8、7和2个（表1）。

2.2 南疆三地州草原捕获鼠数量和种类

在南疆三地州83个夹捕样方中，共布夹4 991个，其中有效夹4 959个，共捕鼠212只，总夹捕率为4.17%（表1）。

在和田地区8个县（市）内共设置夹捕样方41个，共布夹2 290个，有效夹2 283个，捕获鼠类83只，均为地上鼠。皮山县的夹捕率最高，为12.06%，高于三地州总夹捕率；洛浦县的夹捕率最低，为1.67%，其他6个县（市）的夹捕率介于2.00%~5.00%之间（表1）。和田地区地上鼠的发生情况整体较轻，部分地区严重，捕获的83只鼠分属2科4属4种，其中子午沙鼠62只，占比达74.70%，在7个县（市）中均有分布；短耳沙鼠11只，占比13.25%；三趾跳鼠4只，占比4.82%；长耳跳鼠3只，占比3.61%；鼠类动物残肢3只，占比3.61%（图1），需通过DNA条形码进一步进行物种鉴定。

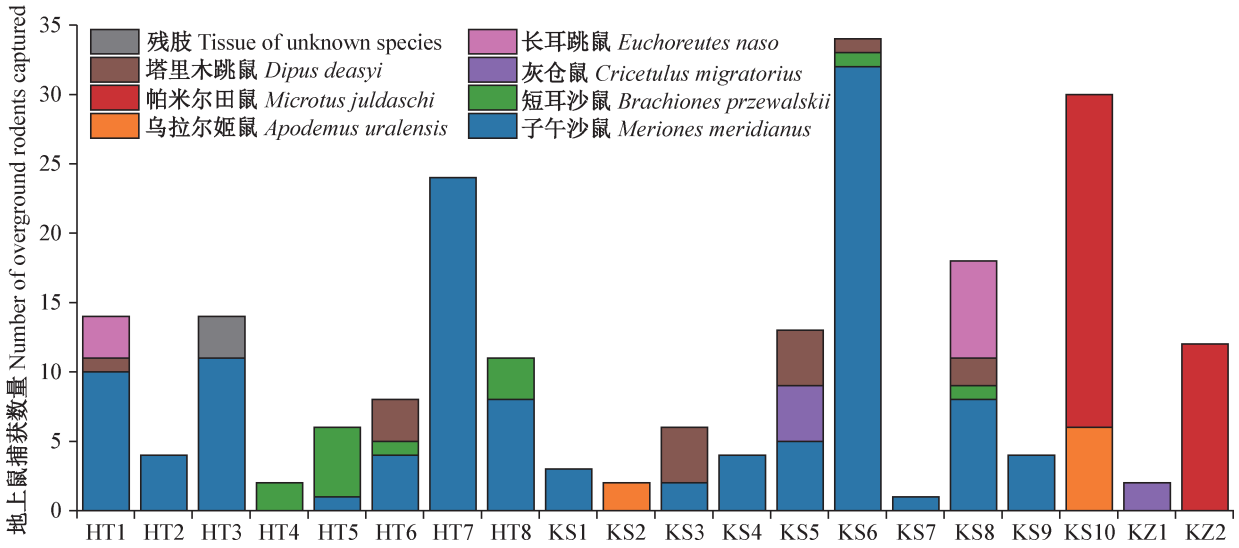
在喀什地区12个县（市）内共设置夹捕样方31个，布夹总数1 801个，有效夹总数1 776个，捕获鼠类115只，均为地上鼠。麦盖提县和塔什库尔干塔吉克自治县的夹捕率相对较高，分别为11.49%和12.55%，伽师县、泽普县、喀什市和疏勒县夹捕率次之，分别为9.00%、8.00%、6.12%和6.12%，高于三地州总夹捕率，其余县（市）的夹捕率均低于4.00%，尤其是莎车县和英吉沙县的夹捕率为0（表1）。喀什地区鼠害发生情况整体较轻，局部地区严重，捕获的115只鼠分属3科7属7种，其中子午沙鼠数量最多，为59只，占比达51.30%，在8个县（市）中均有分布；帕米尔田鼠24只，占比20.87%，该鼠只在塔什库尔干塔吉克自治县有分布；灰仓鼠4只，占比3.48%；短耳沙鼠2只，占比1.76%；三趾跳鼠11只，占比9.57%；长耳跳鼠7只，占比6.09%；乌拉尔姬鼠8只，占比6.96%（图1）。

在克州4个县内共设置夹捕样方11个，其布夹900个，有效夹900个，捕获鼠类14只，均为地上鼠。克州鼠害发生情况整体较轻，除阿克陶县（4.80%）外，其他3个县的夹捕率均低于三地州总夹捕率。阿合奇县的夹捕率为0，阿克陶县的夹捕率最高，为4.80%（表1）。捕获的14只啮齿动物分属2科2属，其中帕米尔田鼠12只，占比高达85.71%；其余2只均为灰仓鼠，占比14.29%（图1）。

表1 南疆三地州草原鼠害发生等级及地上鼠发生密度

Table 1 Rodent infestation levels and densities of ground-dwelling rodents in the grasslands of the three prefectures in southern Xinjiang

地州 Prefecture	县(市) County (city)	踏查点数量 No. of survey points	不同鼠害发生等级踏查点的数量 No. of survey points at different rodent infestation levels						样方总面积 Total quadrat area/hm^2	样方数 No. of quadrats	布夹数 No. of traps set	有效夹数 Effective no. of traps	捕鼠数 No. of captured rodents/%	夹捕率 Capture rate/%
			0级 Level 0	1级 Level 1	2级 Level 2	3级 Level 3	4级 Level 4	5级 Level 5						
和田地区	策勒县 Cele County	64	35	8	5	10	6	0	6.5	11	650	650	14	2.15
Hetian Prefecture	和田市 Hetian City	6	4	1	0	1	0	0	1.0	2	100	100	4	4.00
	和田县 Hetian County	41	25	5	4	7	0	0	3.5	5	350	346	13	3.76
	洛浦县 Luopu County	7	2	0	3	2	0	0	1.0	3	120	120	2	1.67
	民丰县 Minfeng County	130	75	9	31	14	1	0	3.0	4	299	299	6	2.01
	墨玉县 Moyu County	10	7	0	0	1	2	0	3.0	5	300	300	9	3.00
	皮山县 Pishan County	44	30	1	11	1	1	0	2.0	4	200	199	24	12.06
	于田县 Yutian County	43	17	6	12	7	1	0	2.5	7	271	269	11	4.09
小计 Subtotal		345	195	30	66	43	11	0	22.5	41	2 290	2 283	83	3.63
喀什地区	喀什市 Kashi City	5	1	0	3	1	0	0	0.5	1	50	49	3	6.12
Kashi Prefecture	疏附县 Shufu County	10	7	1	2	0	0	0	1.0	2	100	98	2	2.04
	疏勒县 Shule County	10	1	2	4	3	0	0	1.0	2	100	98	6	6.12
	英吉沙县 Yingjisha County	5	5	0	0	0	0	0	0.5	1	50	50	0	0.00
	泽普县 Zepu Country	6	2	4	0	0	0	0	0.5	1	50	50	4	8.00
	莎车县 Shache County	13	8	4	1	0	0	0	1.0	2	100	100	0	0.00
	叶城县 Yecheng County	47	24	7	6	10	0	0	4.0	7	401	396	13	3.28
	麦盖提县 Maigaiti County	12	4	2	6	0	0	0	3.0	5	300	296	34	11.49
	岳普湖县 Yuepuhu County	3	3	0	0	0	0	0	0.5	1	50	50	1	2.00
	伽师县 Jiashi County	14	14	0	0	0	0	0	2.0	2	200	200	18	9.00
	巴楚县 Bachu County	12	8	3	1	0	0	0	1.5	3	150	150	4	2.67
	塔什库尔干塔吉克自治县 Tashikuergan Tajik Autonomous County	58	46	2	1	6	2	1	2.5	4	250	239	30	12.55
小计 Subtotal		195	123	25	24	20	2	1	18.0	31	1 801	1 776	115	6.47
克孜勒苏柯尔克孜自治州 Kezilesu Kirgiz Autonomous Prefecture	阿图什县 Atushi County	111	78	16	7	8	2	0	1.5	3	150	150	2	1.33
	阿克陶县 Aketao County	33	17	1	3	5	7	0	2.5	3	250	250	12	4.80
	阿合奇县 Aheqi County	93	48	6	13	13	4	9	3.0	3	300	300	0	0.00
	乌恰县 Wuqia County	133	87	15	12	11	0	8	2.0	2	200	200	0	0.00
小计 Subtotal		370	230	38	35	37	13	17	9.0	11	900	900	14	1.55
总计 Total		910	548	93	125	100	26	18	49.5	83	4 991	4 959	212	4.17



HT1：策勒县；HT2：和田市；HT3：和田县；HT4：洛浦县；HT5：民丰县；HT6：墨玉县；HT7：皮山县；HT8：于田县；KS1：喀什市；KS2：疏附县；KS3：疏勒县；KS4：泽普县；KS5：叶城县；KS6：麦盖提县；KS7：岳普湖县；KS8：伽师县；KS9：巴楚县；KS10：塔什库尔干塔吉克自治县；KZ1：阿图什县；KZ2：阿克陶县。HT1: Cele County; HT2: Hetian City; HT3: Hetian County; HT4: Luopu County; HT5: Minfeng County; HT6: Moyu County; HT7: Pishan County; HT8: Yutian County; KS1: Kashi City; KS2: Shufu County; KS3: Shule County; KS4: Zepu County; KS5: Yecheng County; KS6: Magaiti County; KS7: Yuepuhu County; KS8: Jiashi County; KS9: Bachu County; KS10: Tashikuergan Tajik Autonomous County; KZ1: Atushi County; KZ2: Aketao County.

图1 南疆三地州各县市鼠类捕获数量

Fig. 1 Number of rodents captured in different counties and cities of the three prefectures in southern Xinjiang

2.3 南疆三地州草原鼠种DNA条形码鉴定

BLAST比对结果显示32条序列的平均值为99.35%。形态学鉴定为塔里木跳鼠的样本在NCBI数据库中与三趾跳鼠的相似率最高，均在99.00%以上。除跳鼠属塔里木跳鼠外，其他28条序列与NCBI数据库中*COI*序列的最高相似率均大于98.00%，且BLAST比对结果与形态学鉴定结果一致。BLAST搜索结果显示和田地区残肢样本XJ2023072503与三趾跳鼠的相似率最高，为99.23%，样本XJ2023072518和XJ2023072519与子午沙鼠内蒙古亚种*Meriones meridianus psammophilus*的相似率最高，均为99.57%。聚类分析结果显示同一物种的样本分别聚为一支，支持率均大于99.00%。本次调查收集的子午沙鼠*COI*序列，包括和田地区2个残肢的*COI*序列形成一个子午沙鼠内蒙古亚种的单系群，支持率为99.00%（图2）。

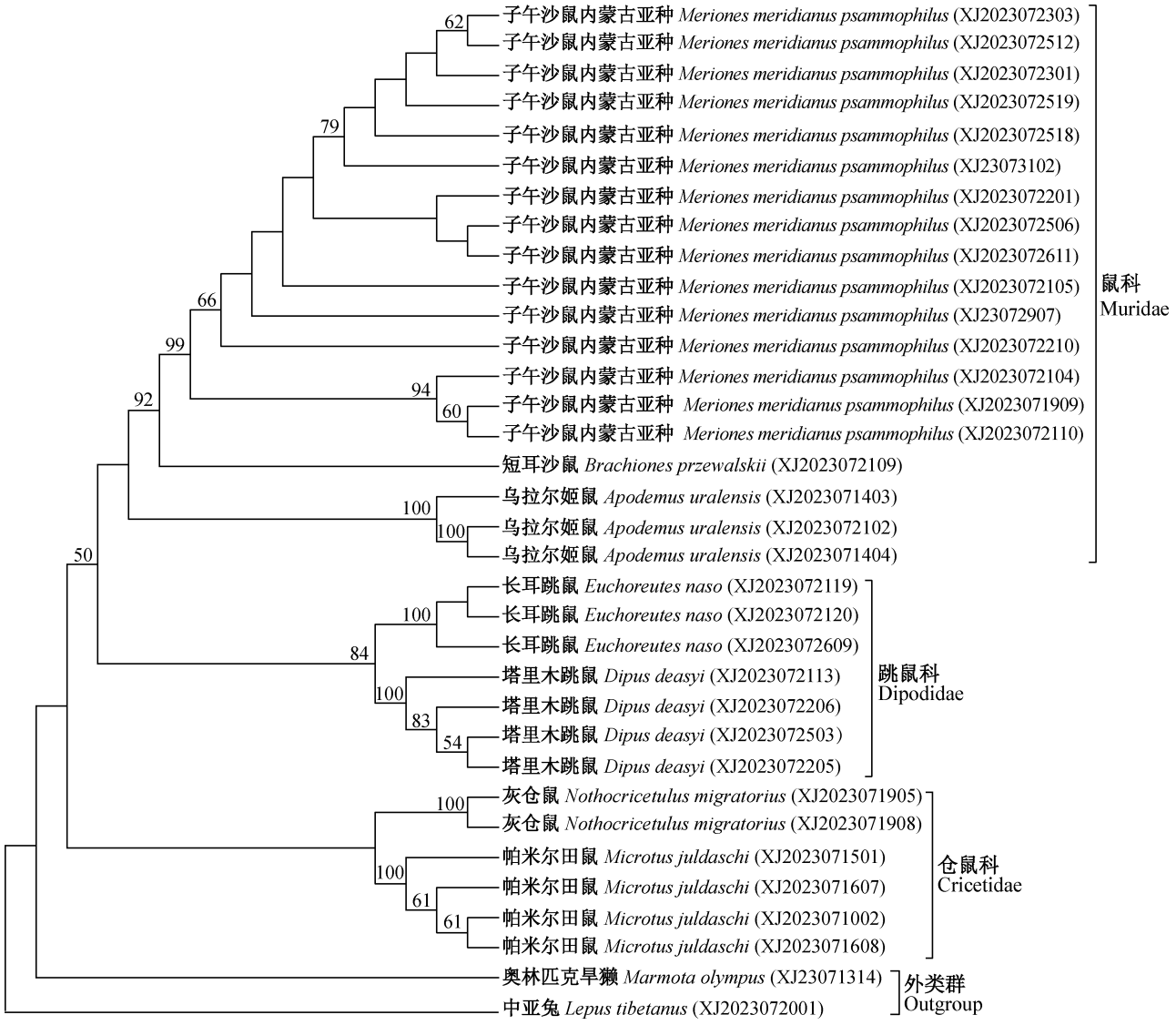
2.4 南疆三地州草原鼠种遗传距离

帕米尔田鼠种内遗传距离为0~0.17%，塔里木跳鼠种内遗传距离为0.51%~1.02%，子午沙鼠内蒙古亚种种内遗传距离为0.17%~2.56%，其中样本XJ2023072104与其他样本的相似率偏低，表明南疆三地州的子午沙鼠内蒙古亚种种群间可能存在一定程度的遗传分化。鼠种间的平均遗传距离为19.72%，其中子午沙鼠内蒙古亚种和短耳沙鼠之间的遗传距离最小，为15.10%；短耳沙鼠和帕米尔田鼠之间的遗传距离最大，为23.42%。鼠科子午沙鼠内蒙古亚种、短耳沙鼠和乌拉尔姬鼠的种间遗传距离为15.10%~20.17%；仓鼠科灰仓鼠和帕米尔田鼠的种间遗传距离为19.79%；跳鼠科长耳跳鼠和塔里木跳鼠的种间遗传距离为17.22%。

3 讨论

本研究结果表明南疆三地州鼠害呈现整体轻发生、局部为害重的特点，3级及以上鼠害发生等级的踏查点占比为11.79%~18.11%，其中和田地区和克州的鼠害发生面积占比略高于全国草原鼠害年平均发生面积比例（13.77%）（花立民和柴守权，2022）。本研究结果显示在部分鼠害重发生区踏查法和样方夹捕法的调查结果基本一致。例如，和田地区皮山县、喀什地区塔县和克州阿克陶县均存在4~5级鼠害发生区，夹捕率也高。然而在部分鼠害发生区踏查法和样方夹捕法的调查结果存在偏差。例如，和田地区的策勒、墨玉、民丰和于田县及克州地区的阿克陶县均存在4~5级鼠害发生区，但夹捕率不

高;喀什地区的麦盖提县等夹捕率高,但踏查法的调查结果显示鼠害发生等级较低。究其原因可能是,两种调查方法从不同维度反映鼠类种群的状况,踏查法不区分活跃或者非活跃鼠洞,重点关注生境长时间累积的受害情况,适合大面积的快速评估,而样方夹捕法重点反映当前鼠类种群的密度,适合小范围精确调查。踏查法所观察到的严重为害可能是过去种群高峰期留下的,当前鼠群数量已大幅下降,但旧洞仍存在,导致踏查法的结果高于夹捕率;但如果鼠群正处于快速增长初期,但它们对草地植被的破坏尚未达到严重为害的程度,则表现为夹捕率高,但鼠害发生等级较低。此外,在和田地区的皮山县、喀什地区的塔县和克州的阿克陶县,旱獭数量较多,旱獭体型巨大,常规夹捕法不易捕捉,进而造成夹捕率低。当前南疆和田地区、喀什地区与克州草原鼠害总体轻度发生,局部重度为害,对于无鼠害或鼠害轻度发生区,应以监测预警为主要手段,避免因过度防控引发不必要的生态风险,对于皮山县、塔县及阿克陶县等鼠害重发区应重点防控。



括号内为鼠类样本编号。Sample identification numbers are shown in parentheses.

图2 基于*COI*基因序列采用邻接法构建南疆三地州草原鼠类样本的聚类图

Fig. 2 Neighbor-joining clustering tree of rodent samples from the three prefectures in southern Xinjiang based on *COI* gene sequences

本研究结果显示南疆三地州捕获的7种常见鼠的种间遗传距离为17.50%~28.60%,远大于通常公认的2.00%种间遗传距离(Hebert et al.,2004)。在全球子午沙鼠有10多个亚种,其中中国有7个亚种,

在南疆三地州仅分布两个亚种，分别为子午沙鼠叶城亚种 *M. m. cryptorhinus* 和子午沙鼠塔里木亚种 *M. m. lepturus*（钱燕文，1965；黄文几等，1995）。赵黎明（2013）通过分析子午沙鼠不同亚种体尺特征和颅全长、颅基长、鼻骨长等头骨的测量指标认为子午沙鼠叶城亚种和子午沙鼠塔里木亚种是内蒙古亚种的同物异名。本研究调查获得的子午沙鼠种群经形态学和DNA条形码鉴定均为子午沙鼠内蒙古亚种，但该亚种内遗传距离最大为2.56%，超过通常公认的2.00%种内遗传距离，表明南疆三地州的子午沙鼠种群间可能存在一定程度的遗传分化。塔里木跳鼠是近年来从三趾跳鼠中独立出的新种。与三趾跳鼠相比，塔里木跳鼠体背毛色更浅，第一上臼齿形式不同（程继龙等，2021；隋璐璐等，2022）。本研究野外捕获的跳鼠经形态学鉴定为塔里木跳鼠，但BLAST比对结果显示该跳鼠与部分三趾跳鼠的相似率也较高，这可能是因为NCBI数据库中部分三趾跳鼠序列上传于塔里木跳鼠成为独立种之前（Cheng et al.，2018），导致BLAST比对结果将塔里木跳鼠鉴定为三趾跳鼠。综上，*COI* 基因能较好地区分南疆三地州的7种主要害鼠，并且也对夹捕过程中收集的残肢进行了鉴定，提升了夹捕率计算的准确度。

综合形态学分类和DNA条形码技术，本研究在南疆三地州共捕获鼠类动物212只，涉及3科7属7种，其中捕获数量最多的为子午沙鼠，其次是帕米尔田鼠。南疆和田地区、喀什地区和克州草原记载的啮齿类动物有19种，其中在草原区分布的有17种（钱燕文，1965；王思博和杨赣源，1983；Cheng et al.，2018）。本研究调查的主要目的是评估南疆三地州草原鼠类的为害程度，所以有些物种未夹捕到，如鼠科的印度地鼠 *Nesokia indica*、松鼠科的灰旱獭、喜马拉雅旱獭和长尾旱獭 *Marmota caudata* 以及仓鼠科的藏仓鼠 *Cricetulus kamensis*、狭颅田鼠 *Lasiopodomys gregalis*、白尾松田鼠 *Neodon leucurus*、银色高山鼢 *Alticola argentatus*、小毛足鼠 *Phodopus roborovskii* 和麝鼠 *Ondatra zibethicus*。这可能是因为印度地鼠为地下分布害鼠，地上夹捕样方较难捕获；灰旱獭、喜马拉雅旱獭和长尾旱獭个体较大，常规夹捕法也很难捕获，后续可以优化捕捉方法。

本研究调查了南疆三地州鼠害的发生情况，采用形态学和DNA条形码技术相结合的方法明确了主要害鼠种类、鼠害发生情况及为害严重的区域，对鼠害为害严重的区域应重点防治。本研究采用了踏查法和夹捕法，这两种方法的侧重点不同，这也导致评估结果存在一定差异，并且这两种方法都需要投入大量的人力、物力和时间，未来可以结合无人机及遥感技术，构建针对不同生态位鼠种的多元化监测体系，从而更快速、精准地监测和评估不同鼠种的为害情况。

参 考 文 献（References）

Antil S, Abraham JS, Sripoorna S, Maurya S, Dagar J, Makhija S, Bhagat P, Gupta R, Sood U, Lal R, et al. 2023. DNA barcoding, an effective tool for species identification: a review. Molecular Biology Reports, 50(1): 761−775

Burland TG. 2000. DNASTAR's Lasergene sequence analysis software. Methods in Molecular Biology, 132: 71−91

Cheng JL, Ge DY, Xia L, Wen ZX, Zhang Q, Lu L, Yang QS. 2018. Phylogeny and taxonomic reassessment of jerboa, *Dipus* (Rodentia, Dipodinae), in inland Asia. Zoologica Scripta, 47(6): 630−644

Cheng JL, Xia L, Wen ZX, Zhang Q, Ge DY, Yang QS. 2021. Review on the systematic taxonomy of Dipodoidea in China. Acta Theriologica Sinica, 41(3): 275−283 (in Chinese) [程继龙, 夏霖, 温知新, 张乾, 葛德燕, 杨奇森. 2021. 中国跳鼠总科物种的系统分类学研究进展. 兽类学报, 41(3): 275−283]

Duan Q, Zheng XJ, Gan ZQ, Lyu DY, Sha HY, Lu XM, Zhao XL, Bukai A, Duan R, Qin S, et al. 2024. Relationship between climate change and marmot plague of *Marmota himalayana* plague focus: the Altun mountains of the Qinghai-Xizang Plateau, China, 2000—2022. China CDC Weekly, 6(4): 69−74

Hebert PDN, Cywinska A, Ball SL, DeWaard JR. 2003. Biological identifications through DNA barcodes. Proceedings of the Royal Society of London: Biological Sciences, 270(1512): 313−321

Hebert PDN, Penton EH, Burns JM, Janzen DH, Hallwachs W. 2004. Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the neotropical skipper butterfly *Astraptes fulgerator.* Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 101(41): 14812−14817

Hua LM, Chai SQ. 2022. Rodent pest control on grasslands in China: current state, problems and prospects. Journal of Plant Protection, 49(1): 415−423 (in Chinese) [花立民, 柴守权. 2022. 中国草原鼠害防治现状、问题及对策. 植物保护学报, 49(1): 415−423]

Huang WJ, Chen YX, Wen YX. 1995. Rodents in China. Shanghai: Fudan University Press (in Chinese) [黄文几, 陈延熹, 温业新. 1995. 中国啮齿类. 上海: 复旦大学出版社]

Jiang HX, Yao DD, Lin SL, Feng ZY. 2022. DNA barcoding analysis of small mammals in the agricultural area in Nanxiong of Guangdong Province based on four mitochondrial gene sequences. Chinese Journal of Vector Biology and Control, 33(1): 48−53 (in Chinese) [姜洪雪, 姚丹丹, 林思亮, 冯志勇. 2022. 基于4种线粒体基因序列的广东省南雄市农区小型兽类DNA条形码分析. 中国媒介生物学及控制杂志, 33(1): 48−53]

Kress WJ, Erickson DL. 2012. DNA barcodes: methods and protocols.

Methods in Molecular Biology, 858: 3−8

Li ZG, Cong L, Wang DW, Luo C, Tian L, Geng YZ, Song Y, Ma XH, Li N, Liu XH. 2018. Species identification of main pest rodents by DNA barcoding and their occurrence characteristics from croplands in Heilongjiang Province. Plant Protection, 44(6): 145−151, 167 (in Chinese) [李争光, 丛林, 王大伟, 罗婵, 田林, 耿远昭, 宋英, 马晓慧, 李宁, 刘晓辉. 2018. 黑龙江地区农田害鼠发生特点及DNA条形码鉴定技术的应用. 植物保护, 44(6): 145−151, 167]

Liu XH. 2022. Discrepancy, paradox, challenges, and strategies in face of national needs for rodent management in China. Journal of Plant Protection, 49(1): 407−414 (in Chinese) [刘晓辉. 2022. 中国鼠害防控需求的差异、矛盾、挑战与对策. 植物保护学报, 49(1): 407−414]

Ojeda AA, Novillo A, Lanzone C, Rodríguez MD, Cuevas MF, Jayat JP, Teta P, Ojeda RA, Borisenko A. 2022. DNA barcodes highlight genetic diversity patterns in rodents from lowland desert and Andean areas in Argentina. Molecular Ecology Resources, 22(6): 2349−2362

Panti-May JA, Gómez Muñoz MÁ, Yeh-Gorocica AB, Hernández-Betancourt S, Milano F, Galliari C, Robles MR. 2023. Morphological and molecular characterization of *Trichuris muris* (Nematoda: Trichuridae): studies from two commensal rodent species. Journal of Helminthology, 97: e38

Qian YW. 1965. Birds and beasts in southern Xinjiang. Beijing: Science Press (in Chinese) [钱燕文. 1965. 新疆南部的鸟兽. 北京: 科学出版社]

Robins JH, Hingston M, Matisoo-smith E, Ross HA. 2007. Identifying *Rattus* species using mitochondrial DNA. Molecular Ecology Notes, 7(5): 717−729

Sui LL, Cheng JL, Xia L, Yang QS. 2022. Phylogeny and distribution patterns of Dipodoidea in China. Acta Theriologica Sinica, 42(2): 131−143 (in Chinese) [隋璐璐, 程继龙, 夏霖, 杨奇森. 2022. 中国跳鼠总科物种系统发育与分布格局. 兽类学报, 42(2): 131−143]

Sun T, Yao DD, Qiao YT, Yan HJ, Li TT, Xu JT, Ying YQ, Wang DW, Liu XH, Song Y. 2024. Species identification and assessment of resistance levels of rodents captured in Leizhou City, Guangdong Province. Plant Protection, 50(5): 120−128 (in Chinese) [孙婷, 姚丹丹, 乔妍婷, 闫浩杰, 李彤彤, 徐建婷, 应亚奇, 王大伟, 刘晓辉, 宋英. 2024. 广东省雷州市捕获鼠的物种鉴定及抗性水平评估. 植物保护, 50(5): 120−128]

Tamura K, Stecher G, Kumar S. 2021. MEGA11: molecular evolutionary genetics analysis version 11. Molecular Biology and Evolution, 38(7): 3022−3027

Tomasco IH, Ceballos SG, Austrich A, Brook F, Caraballo DA, Fernández GP, Lanzone C, Mora MS, Parada A, Sánchez RT, et al. 2024. Underground speciation: unraveling the systematics and evolution of the highly diverse tuco-tucos (genus *Ctenomys*) with genomic data. Molecular Phylogenetics and Evolution, 199: 108163

Wang SB, Yang GY. 1983. Rodent fauna of Xinjiang. Urumqi: Xinjiang People's Publishing House (in Chinese) [王思博, 杨赣源. 1983. 新疆啮齿动物志. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社]

Wei FW, Yang QS, Wu Y, Jiang XL, Liu SY, Hu YB, Ge DY, Li BG, Yang G, Li M, et al. 2025. Catalogue of mammals in China (2024). Acta Theriologica Sinica, 45(1): 1−16 (in Chinese) [魏辅文, 杨奇森, 吴毅, 蒋学龙, 刘少英, 胡义波, 葛德燕, 李保国, 杨光, 李明, 等. 2025. 中国兽类名录(2024版). 兽类学报, 45(1): 1−16]

Yan HJ, Wang DW, Abuduwufuer A, Lin J, Wu JG, Wang XT, Kader A, Yi GP, Wang J, Song Y, et al. 2024. Survey of grassland rodent damage and analysis of rodent diversity in Altay Prefecture, Xinjiang. Journal of Plant Protection, 51(5): 1108−1116 (in Chinese) [闫浩杰, 王大伟, 阿帕尔·阿布都吾甫尔, 林峻, 吴建国, 王晓彤, 阿布都克尤木·卡德尔, 易光平, 王健, 宋英, 等. 2024. 新疆阿勒泰地区草原鼠害现状调查及鼠类多样性分析. 植物保护学报, 51(5): 1108−1116]

Yang QQ, Liu SW, Yu XP. 2018. Research progress on DNA barcoding analysis methods. Chinese Journal of Applied Ecology, 29(3): 1006−1014 (in Chinese) [杨倩倩, 刘苏汶, 俞晓平. 2018. DNA条形码分析方法研究进展. 应用生态学报, 29(3): 1006−1014]

Yue FZ, Li X, Yang D, Wang ZP, Xu ZT, Hua LM, Tu XB, Wang BY, Han HB, Chai SQ. 2022. Establishment and analysis of key pest control indicators in grasslands in China. Pratacultural Science, 39(9): 1773−1781 (in Chinese) [岳方正, 李璇, 杨鼎, 王志鹏, 徐震霆, 花立民, 涂雄兵, 王炳煜, 韩海斌, 柴守权. 2022. 我国主要草原有害生物防治指标制定与分析. 草业科学, 39(9): 1773−1781]

Zhao LM. 2013. Geographic variation and subspecies taxonomic based on morphological characters of midday gerbil (*Meriones meridianus*) in China. PhD thesis. Lanzhou: Lanzhou University (in Chinese) [赵黎明. 2013. 中国子午沙鼠形态地理变异及亚种分类研究. 博士学位论文. 兰州: 兰州大学]

（责任编辑：张俊芳）