

# 高原鼠兔警戒鸣声识别

马梅娜,花蕊,包达尔罕,叶国辉,唐庄生,花立民\*

(甘肃农业大学草业学院,草业生态系统教育部重点实验室,国家林业草原高寒草地鼠害防控工程技术研究中心,甘肃 兰州 730070)

**摘要:**【目的】警戒行为是动物重要的反捕食策略之一。高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)鸣叫是其警戒行为的重要表现,研究高原鼠兔警戒鸣叫对于理解高原鼠兔生存策略,丰富啮齿动物声音通讯研究有着重要意义。【方法】本研究于2021年在甘肃省夏河县高原鼠兔分布区,选取20只高原鼠兔成体,用强指向话筒采集鸣叫声并用Adobe Audition 2020分析其警戒声讯信号特征;用单反相机记录鸣叫时伴随行为以识别警戒鸣声。【结果】1)高原鼠兔雌雄性个体均可发出警戒声,警戒声属于短鸣,警戒声发出后其他个体表现出停止采食、环顾四周的警戒行为;2)警戒短鸣由1个音节构成,时长0.1~0.3 s;3)在自然无干扰状态下和遥控模型干扰下获取的高原鼠兔警戒鸣声特征不同,将两种不同鸣声特征的警戒鸣声在野外回放后均可观察到高原鼠兔做出警戒行为响应。【结论】高原鼠兔可以利用声讯信号传递风险信息,其警戒鸣声是一种极为短促的短鸣鸣声,且在不同风险程度下警戒鸣声存在差异。

**关键词:**高原鼠兔;警戒鸣声;鸣声分析;行为验证

**中图分类号:**Q958 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2024)05-0166-08

**DOI:**10.13817/j.cnki.cyycp.2024.05.019



动物通讯是其生命活动中不可缺失的部分<sup>[1-2]</sup>,可在个体间实现信息传递及信息共享<sup>[3-4]</sup>。每种动物拥有独特的通讯系统来满足特定需求。根据通讯信号涉及的动物感觉通道,可分为视觉通讯、听觉通讯、嗅觉通讯和触觉通讯等<sup>[2,5]</sup>。在已知的通讯信号传递中,声音信号是一种高效直接的社会信号<sup>[6]</sup>。相比视觉、嗅觉、触觉信号,声音信号能同时在持续时间、发声频率以及包含音节上进行多维变化,可以携带大量的信息且不受地形限制,更加快速、长距离地传递个体所要传播的信息<sup>[7]</sup>。

啮齿动物是世界种类最多的小型哺乳动物<sup>[8]</sup>,多以穴居为主。早期研究认为啮齿动物主要依赖嗅觉通讯<sup>[9]</sup>,声音通讯无任何生物学意义<sup>[10]</sup>。然而,随着研

究技术和手段的不断提高,越来越多的研究表明声音通讯对群居型的啮齿动物尤为重要<sup>[11]</sup>。它们可发出不同声音来完成护域、警戒和求偶等活动<sup>[12]</sup>。如高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)在领域遭受入侵后会发出长鸣声宣示主权<sup>[13]</sup>;北美鼠兔(*O. princeps*)会对天敌出现发出连续地短鸣报警<sup>[14]</sup>;大沙鼠(*Rhombomys opimus*)受到惊吓时会发出短口哨音进行报警<sup>[15]</sup>;皮氏栉鼠(*Ctenomys pearsoni*)繁殖初期会频繁发出独特的求偶声音<sup>[16]</sup>。

高原鼠兔隶属于兔形目(Lagomorpha)、鼠兔科(Ochotonidae)、鼠兔属(*Ochotona*),是栖息于海拔3 000~5 100 m的群居性穴居啮齿动物<sup>[17]</sup>。高原鼠兔是有明显鸣叫行为的草地啮齿动物,被称为“鸣声鼠”<sup>[18]</sup>,其耳蜗结构更易接收高频声波信号<sup>[19]</sup>。高原鼠兔鸣声研究目前文献报道较少,在CNKI数据库中1976—2021年仅有5篇相关研究文章。早年研究鉴于设备和技术限制,仅记录了鸣叫类型及人为定义其鸣叫生物学含义。Smith<sup>[20]</sup>定义了高原鼠兔7种鸣声类型,但未对这些鸣声类型进行进一步分析,仅依靠描

收稿日期:2023-01-12;修回日期:2023-04-18

基金资助:甘肃省教育厅产业支撑项目(2021CYZC-05);  
国家自然科学基金项目(32160338)

作者简介:马梅娜(1994),女,甘肃兰州人,硕士研究生。

E-mail:M811979263@163.com

\*通信作者。E-mail:hualm@gsau.edu.cn

述性报道划分了鸣叫类型及其行为含义。何其超<sup>[21]</sup>与华铄泽<sup>[12]</sup>认为高原鼠兔不同鸣声代表了各自生物学含义,但未对定义的不同鸣声进行行为验证。分析上述研究可以发现,未能将高原鼠兔声讯信号分析与行为学分析结合,且缺乏声音回放验证试验,导致无法识别出其真实的鸣叫声含义。

综上,本研究以高原鼠兔为对象,通过观察录制野外自然状态下高原鼠兔鸣叫声及行为,利用鸣声及其伴随行为分析相结合的方法,分析高原鼠兔面对风险发出的警戒鸣声及伴随行为特征,通过遥控模型和野外回放鸣声的方法,对其警戒声讯信号进行验证,以期完善高原鼠兔声音生物学的基础研究,为利用声讯信号影响鼠群数量的可行性以及进一步开展防控实践提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 样地概况

研究区位于甘肃省甘南藏族自治州夏河县博拉乡(34°90' N, 102°76' E),海拔3 212 m,草地类型为高寒草甸。气候以寒冷、潮湿为特征,冷季长,暖季短,年均气温2.6℃(最高28.9℃,最低-24.6℃),年均降水量516 mm,年均无霜期56 d。植物有垂穗披碱草(*Elymus nutans*)、鹅绒委陵菜(*Potentilla anserina*)、禾叶嵩草(*Kobresia graminifolia*)、早熟禾(*Poa annua*)、莓叶委陵菜(*P. fragarioides*)、紫花针茅(*Stipa purpurea*)等<sup>[22-23]</sup>。

### 1.2 试验设计

选取高原鼠兔分布区,用绳套法捕捉高原鼠兔后,针对不同性别个体用不同颜色标记。根据高原鼠兔晨昏型活动节律<sup>[24]</sup>,在日出和日落前后2 h,采集高原鼠兔大量鸣叫声。采用声音采集和行为录制同步的方法,初判高原鼠兔鸣叫声及其生物学含义。通过对高原鼠兔鸣叫后伴随行为表现,初步识别高原鼠兔警戒鸣叫声,并用声音分析专业软件分析,找到高原鼠兔警戒鸣声声讯信号特征。利用自制遥控模型模拟天敌进入高原鼠兔群体中观察其是否会发出警戒鸣声,并对其进行录制,与之前获得的警戒鸣声进行对比,分析其声讯特征是否一致。为最终确定高原鼠兔的警戒鸣叫声,将分析得到的警戒鸣声降噪后,利用播放设备在野外环境进行回放,观察高原鼠兔在听

到该类鸣声后是否会发出与之前录制时观察到的警戒行为,进行警戒鸣声生物学含义验证。

根据Smith<sup>[25]</sup>、张卫国<sup>[26]</sup>和华铄泽<sup>[12]</sup>对高原鼠兔不同鸣叫伴随行为类型的划分,本研究将高原鼠兔在正常活动情况中突然脖子伸直坐在草地、停止采食伫立观望以及迅速向洞口逃逸或者直接进入洞穴等行为界定为警戒行为。

### 1.3 试验方法

1.3.1 高原鼠兔标记 本研究在2021年3月中旬至4月初,在20 m×20 m范围的样地选择绳套法捕捉高原鼠兔共20只,其中雄性15只,雌性5只。利用动物记号喷漆对捕捉到的高原鼠兔染色标记<sup>[12]</sup>。雄性在头、尾部皆做颜色标记,雌性只在尾部用颜色标记。

1.3.2 声音采集和行为记录 利用索尼A7R3相机组合转接环和Nikon HB-24长焦镜头,连接SY-322强指向电容式外接话筒,打开视频模式录制高原鼠兔不同性别个体鸣声及行为。同时利用索尼A6300相机打开视频模式录制样地内高原鼠兔其他个体的行为反应。在录制个体鸣叫过程中,需要将SY-322强指向电容式外接话筒架于索尼A7R3相机正上方卡扣处,以保证被观察个体声源与行为记录的一致性。

1.3.3 模拟天敌采集高原鼠兔鸣叫 以黄鼬(*Mustela sibirica*)为天敌模拟对象,自制有遥控功能的电池驱动小车,车外包裹与黄鼬毛色类似的短绒毛的材料。将模拟装置放在高原鼠兔不可见的地方,同时研究人员也在高原鼠兔视野范围之外。远程遥控启动模拟装置进入高原鼠兔栖息地中,观察高原鼠兔察觉模拟装置后是否会发出警戒鸣声及警戒行为,采集其鸣声带回实验室分析。连续3 d每天随机5次进行模拟干扰<sup>[24]</sup>。

1.3.4 野外回放验证 将野外随机采集和模拟天敌采集的拟警戒声,利用声音分析软件进行降噪后提取。使用蓝牙播放设备,选取在野外高原鼠兔活动区进行播放,播放员距离播放设备至少15 m,避免造成人为干扰。以播放设备为圆心,观察周围高原鼠兔听到鸣声后是否发生警戒行为响应。连续6天每天随机5次进行野外回放验证试验<sup>[24]</sup>。

1.3.5 数据分析方法 将录制为“\*.MP4”格式的视频导入电脑,利用Adobe Premiere Pro 2020软件将其中伴有明显警戒行为的鸣声片段挑出,将其转为所需

的“\*.wav”式音频文件,利用 Adobe Audition 2020 软件对这些音频文件降噪和截取。对降噪后的声音信号进行声音信号特征分析,获得鸣声时长、频率以及音节持续和间隔的时间等数据。所有数据由 Excel 2019 记录,利用 SPSS19.0 软件,计算不同鸣声音节持续时间和音节间隔时间的均方差。

## 2 结果与分析

### 2.1 高原鼠兔鸣声特征

高原鼠兔长鸣时间范围在 10~26 s(图 1),由较多音节构成。高原鼠兔短鸣持续时长小于 10 s,通常由 1 个或多个简单音节构成,短鸣中有一种特殊的极短短鸣鸣叫,时间范围在 0.1~0.3 s(图 2),通常只由 1 个简单音节构成。观察发现只有高原鼠兔雄性个体发出长鸣,未见雌性个体长鸣,但是雌性和雄性个体均可发出极短短鸣声。

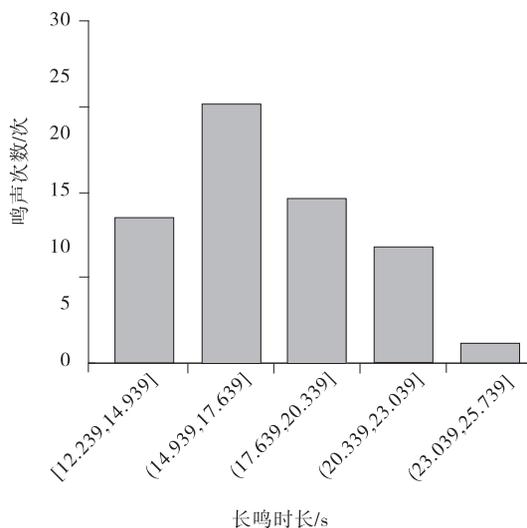


图 1 高原鼠兔长鸣时长

Fig. 1 Range of the duration of plateau pika's long chirp

### 2.2 警戒鸣声初判

通过野外录制视频观察,发现被观察的高原鼠兔在同伴发出极短短鸣后,会立即表现出脖子伸直坐在草地、停止采食伫立观望、迅速向洞口逃逸或者进入洞穴等行为(图 3)。这些行为均含有警戒意义,此时伴随警戒行为的极短短鸣声被定义为拟警戒鸣声。

### 2.3 模拟干扰采集鸣声

在野外利用遥控模型模拟天敌对高原鼠兔进行近距离干扰,发现干扰过程中高原鼠兔面对模拟天敌的靠近会发出极短的短鸣声,其余高原鼠兔会迅速进

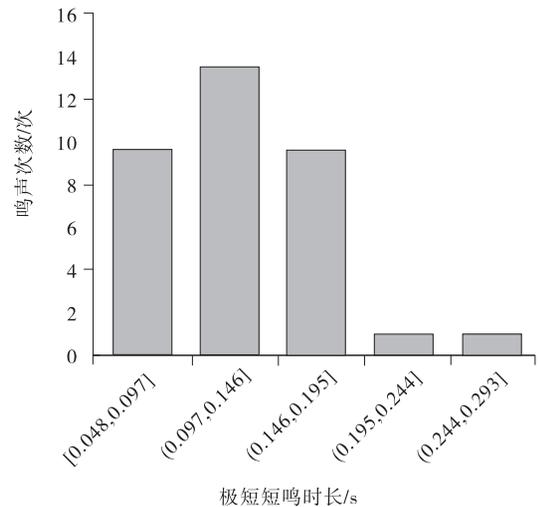


图 2 高原鼠兔极短短鸣时长

Fig. 2 Range of the duration of plateau pika's extremely short chirping

入警戒状态。当鸣声响起时,鸣声发出者会随着鸣叫抖动身体,其他个体会停止采食伫立观望、迅速逃逸或进入洞穴。这种鸣声是一种简短的、单音的口哨,与野外录制获得拟警戒鸣声特征一致,持续时间极短且只有一个简单音节(图 4)。

### 2.4 鸣声回放确定警戒声

将两种初判的拟警戒鸣声进行降噪处理后,在高原鼠兔活动区进行回放。回放模拟天敌采集鸣声时共观察到 92 只高原鼠兔,其中 84 只听到模拟天敌采集鸣声回放时做出警戒行为反馈;回放自然录制鸣声时共观察到 116 只高原鼠兔,其中 110 只听到模型干扰采集鸣声回放时做出警戒行为反馈。在回放过程中发现高原鼠兔在听到野外回放的两种拟警戒鸣声时大部分个体立即表现出停止采食、伫立观望或迅速逃逸进入洞穴的警戒行为(图 5),且两种回放鸣声后高原鼠兔反馈警戒行为的数量不存在显著差异。

### 2.5 高原鼠兔警戒声音信号特征

在高原鼠兔极短短鸣警戒鸣声分析中,发现高原鼠兔在面对不同风险时警戒鸣声存在信号特征差异。尽管高原鼠兔警戒鸣叫都只具有一个简单音节,但其音节型呈现出不同类型。在无干扰自然环境下录制的自发警戒鸣声相较于利用遥控模型近距离干扰下发出的警戒鸣声时长更长,自然发出的警戒鸣声时长为  $0.136 \pm 0.046$  s,遥控模型近距离干扰下发出的警戒鸣声时长为  $0.097 \pm 0.046$  s(图 6)。通过对无干扰自然环境下录制的自发警戒鸣声和遥控模型近距离

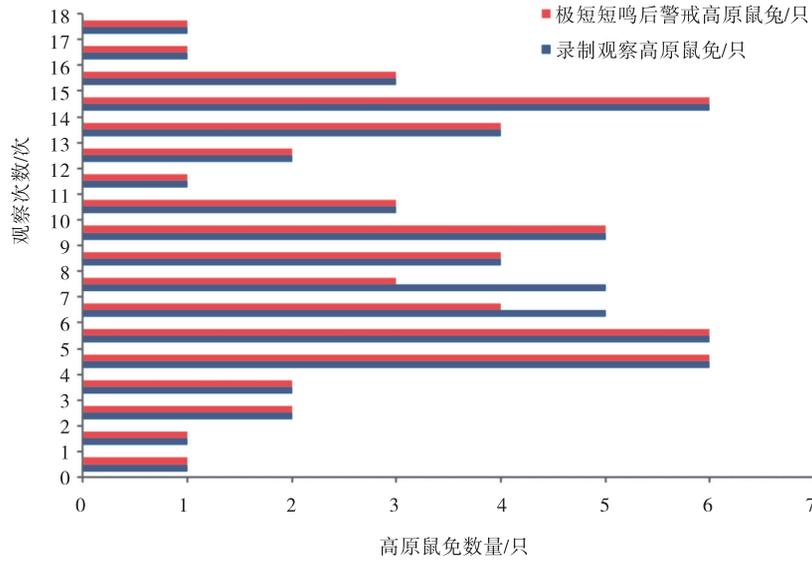


图 3 极短短鸣后高原鼠兔的警戒响应

Fig. 3 Alert response of plateau pika after very short chirp

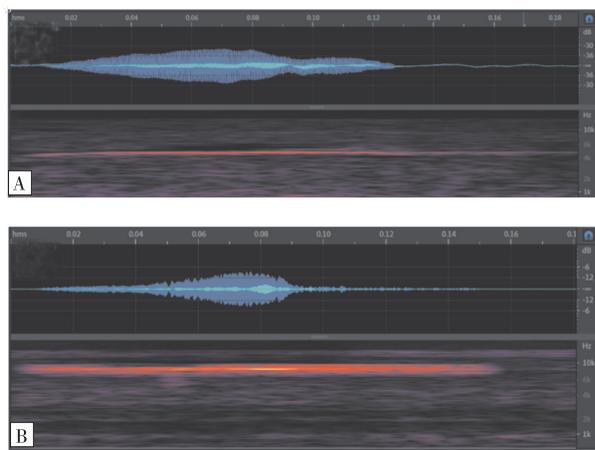


图 4 警戒鸣声频谱图

Fig. 4 Spectral chart of recording hypothetical alarm call

注:A:自然无干扰状态下录制拟警戒鸣声频谱图;B:遥控模型干扰下录制拟警戒鸣声频谱图。

干扰下发出的警戒鸣声持续时间比较发现,自然状态下警戒鸣声均值为 0.136 s,模型干扰下警戒鸣声均值为 0.097 s,自然状态下的持续时间显著高于遥模型干扰( $P < 0.05$ )。同时,在无干扰自然环境下录制的自发警戒鸣声相较于利用遥控模型近距离干扰下发出的警戒鸣声频率更低。自然发出的警戒鸣声频率为  $4623.923 \pm 18.136$  Hz,遥控模型近距离干扰下发出的警戒鸣声频率为  $7923.200 \pm 568.835$  Hz(图 7)。通过对无干扰自然环境下录制的自发警戒鸣声和遥控模型近距离干扰下发出的警戒鸣声基频比较发现,自然状态下警戒鸣声基频均值为 4623.9231 Hz,模型干扰下警戒鸣声基频均值为 7923.2000 Hz,模型干扰下警戒鸣声基频显著高于自然状态下警戒鸣声基频( $P < 0.05$ )。

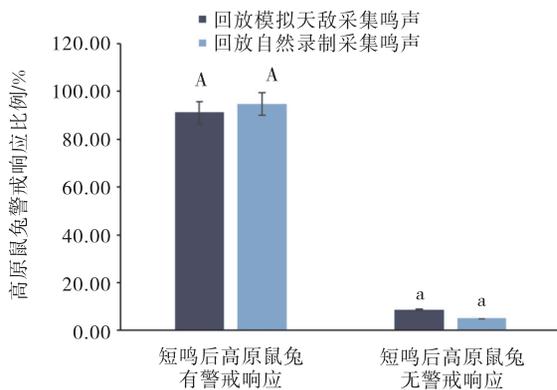


图 5 鸣声回放高原鼠兔警戒响应情况

Fig. 5 Vigilance response of plateau pika after song playback

### 3 讨论

动物声讯信号的研究方法,一类是结合功能解剖学进行研究,另一类是结合行为学进行研究。结合功能解剖学,可以寻找动物发声器官、信号接受器官以及声学参数与动物个体差异之间的关联。通过解剖发现高原鼠兔耳蜗结构相较于高原鼫鼠(*Eospalax baileyi*)更易接收高频声波信号<sup>[19,27]</sup>。结合行为学,可以从快速变化的声信号中提取有用信息,观测动物反应推断信号功能。通过对圈养的大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)新生幼仔声音回放,观察母兽间的互动

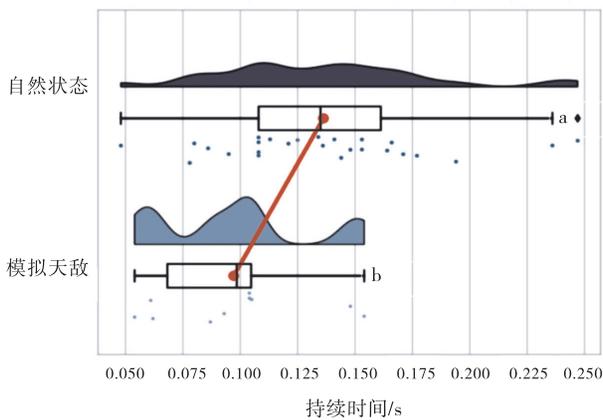


图6 高原鼠兔不同干扰下警戒鸣声时长

Fig. 6 Alarm call duration under different interference of plateau pika

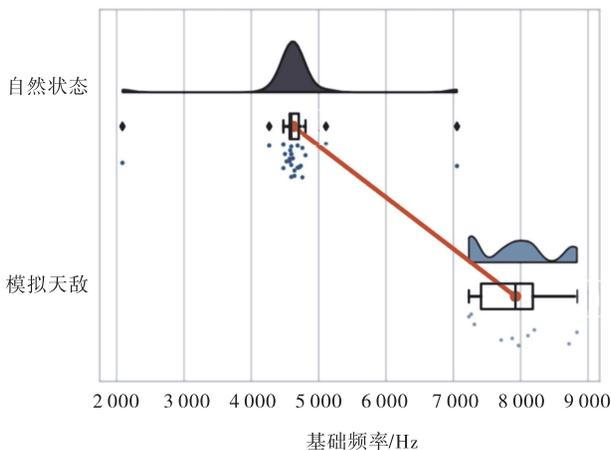


图7 高原鼠兔不同干扰下警戒鸣声频率

Fig. 7 Alarm call frequency of plateau pika under different interference

行为,确定幼仔声音功能<sup>[28]</sup>。本研究为更好地确定高原鼠兔警戒鸣声,选择声音信号分析与行为学结合进行,即可在分析鸣声声学特征同时通过动物反应确定信号功能。之前声学结合行为学的研究,常利用望远镜进行行为观察,手持录音笔外接指向话筒进行声音录制,这使音频和画面相互独立而不同步,行为记录在后期无法提供参考。与上述研究相比,本研究选择将相机结合长焦镜头与指向话筒连接,同步进行录制。长焦镜头保证了远距离录制清晰度,同时减少了人为观察对观察对象的干扰。话筒与相机一体式连接提高了录制过程中发声个体与观察个体的一致性,利用仪器进行录制在后期进行分析判定声讯功能时,可以提供完整的视频资料辅助参考。对鸣声功能的确定,之前的研究多利用人为观察行为法主观判定,在本研究中对于鸣声的警戒功能利用多种方法进行

了验证,确保鸣声功能判定的准确性。

报警作为动物通讯的重要功能之一,是动物对外界风险的预警<sup>[29]</sup>。在群居动物中最早察觉危险的个体向其他个体发出警戒信号,从而群体进入警戒状态选择停止活动或迅速逃跑。大多数动物选择用声音信号发出预警信息。麋鹿(*Elaphurus davidianus*)通过警戒吼叫告知其他个体危险信息<sup>[30]</sup>;叉角羚(*Antilocapra americana*)会发出吹气声音向附近同伴报警<sup>[31]</sup>;绿长尾猴(*Cercopithecus aethiops*)面对不同天敌可以发出不同的警戒鸣声告知同伴风险强度<sup>[5]</sup>;侏獭(*Helogale parvula*)会产生一种含有报警意义的复杂叫声,作为一个通用警报,响应广泛的威胁<sup>[32]</sup>。在啮齿动物中,也广泛存在利用声音信号发出警报。北美鼠兔会对天敌出现发出连续地短鸣报警<sup>[14]</sup>。大沙鼠受到惊吓时会发出短口哨音进行报警<sup>[15]</sup>。东部花栗鼠(*Tamias striatus*)可以发出3种不同的报警声<sup>[33]</sup>。古氏土拨鼠(*Cynomys gunnisoni*)可以根据捕食者类型发出不同叫声预警<sup>[34]</sup>。黑尾土拨鼠(*C. ludovicianus*)也有能力将捕食者信息通过警报声传递,根据捕食者种类做出不同逃逸行为<sup>[35]</sup>。动物的警戒行为被认为是获得社会认可和察觉捕食者的重要手段<sup>[36]</sup>。受时间和空间的影响,动物的警戒行为与捕食风险有密切关系的同时也受遗传影响。

何其超<sup>[21]</sup>认为高原鼠兔不同声学特征的鸣声代表了不同的生物学含义,但未曾对高原鼠兔不同鸣声生物学含义进行确定及验证。王学高和Smith<sup>[37]</sup>提出高原鼠兔鸣声中持续时长大于10 s的为高原鼠兔长鸣声,持续时长小于10 s的为高原鼠兔短鸣声,且只有雄性发出长鸣,而雌性和雄性均可发出短鸣,短鸣声或许含有警告内容,但并未对此进一步分析。本研究发现在高原鼠兔种群内部,高原鼠兔的确可以通过利用一种时长小于2 s的极短短鸣鸣声完成警戒信息传递,通过观察分析找到了高原鼠兔警戒短鸣,并用试验验证了其短鸣含有警戒功能。不同于华铎泽<sup>[12]</sup>在高原鼠兔鸣声分析中得出警戒鸣声是一种持续时间在10—17 s的长鸣鸣声的结果,本研究发现高原鼠兔警戒行为总是伴随其短鸣鸣声同时发生,且经过验证证实高原鼠兔警戒鸣声是一种持续时间在0.1~0.3 s的极为短促的短鸣声。基于高原鼠兔现有研究,认为短

鸣更符合高原鼠兔警戒鸣声。高原鼠兔在生态系统处于初级消费者的地位<sup>[38]</sup>,处于食物链底层,面对大量捕食者的存在,其需要在能量摄取的同时保持警觉<sup>[39]</sup>。相比于其他通讯,声音通讯更有利于在开阔环境中传递,有效提高种群间交流效率<sup>[40]</sup>,对潜在风险进行识别、评估并采取行为决策有着重要意义<sup>[41]</sup>。高原鼠兔在传递警戒信息时相较于其他方式倾向于利用声音信号进行传递。不同于只有雄性会发出的长鸣鸣声,短鸣鸣声是雌性和雄性都可以发出的鸣声,同时不同于在繁殖期明显增多地长鸣,短鸣在繁殖期和非繁殖期均会发出。考虑青藏高原高原鼠兔的被捕食地位和鸣叫的高耗能性,为尽可能地减少捕食风险和适应极端气候保持能量,高原鼠兔在发出警戒时应当选择简短且高频的鸣声。当鸣声时长过长时,在鸣叫过程中会增加暴露风险被捕食者追踪。

研究发现高原鼠兔在面对不同风险条件下发出的警戒鸣声存在差异,显然与高原鼠兔对风险程度的认定有关,这种判断能力来自于其生存本能和生存经验<sup>[24]</sup>。与张卫国<sup>[26]</sup>之前研究得出结果一致,在面对不同风险干扰时,高原鼠兔对同类发出的声音信号更为敏感。在利用遥控模型和野外回放警戒鸣声两种不同风险干扰下,野外回放高原鼠兔同类的警戒鸣声,更容易使其发出警戒行为。可能是由于在利用遥控模型干扰时,高原鼠兔视觉范围受限,而模型在草地行进过程中会沾染高原鼠兔气味形成干扰,所以使其反应迟钝,降低警戒。在回放同类警戒鸣声时,声音信号在野外的传播比起视觉信号受到的阻碍更小,不会被同类气味所覆盖,所以更容易接收到警戒信号发出警戒行为。这也验证了声音通讯对野外啮齿动物生存的重要性。在无人为风险干扰下,高原鼠兔凭借其生存本能和生存经验,可以在安全距离第一时间发现捕食风险,使用鸣叫时间较长且频率较低的警戒鸣声,减少被暴露的风险,再根据风险程度选择降低活动水平或立即逃跑。而在人为干扰条件下,高原鼠兔不能第一时间在安全距离发现捕食风险,当发现捕食风险时遥控模型与其距离较近,这时高原鼠兔会选择鸣叫时间较短且频率较高的警戒鸣声,即使会增加被暴露的风险,但由于距离风险更近,短促尖锐的鸣叫声可使其周围同伴更加快速地进入警戒状态。在黄

腹土拨鼠(*Marmota flaviventris*)的研究中发现,它们拥有3种不同警戒鸣声,可能包含不同威胁类型的信息<sup>[42]</sup>。而高原鼠兔鸣声持续时长、频率以及频谱图的不同,可能亦包含不同威胁类型的信息。

本研究由于时间有限只对警戒鸣声进行了初步研究,其他鸣声因其复杂多变,很难在短时间内对其生物学含义进行确定。在其鸣声生物学含义不确定时验证试验难度较大,需要更多时间收集大量鸣声进行分析,以便补充其他鸣声生物学含义。根据最适性理论的基本观点,自然选择总是有利于使动物最有效地利用时间分配和能量分配进行各种活动从而使它们达到最适状态<sup>[43-44]</sup>。及时发现风险的存在,做出迅捷有效的策略,调控不同行为的时间分配和能量分配,是高原鼠兔必须具备的生存能力。利用捕食风险对繁殖行为的影响,在高原鼠兔繁殖期模拟高原鼠兔警戒鸣声对其营造强风险环境,使其改变对繁殖行为的时间和能量分配,导致其产生繁殖抑制,降低其种群密度,是对其种群数量调控新途径的探索。

## 4 结论

研究发现高原鼠兔可以利用声讯信号传递信息,在拥有独特鸣声特性的同时,其鸣声类型依据持续时间主要分为长鸣和短鸣。通过野外回放验证试验,发现高原鼠兔警戒鸣声是一种极短鸣声,持续时间在0.1~0.3 s,且只由一个音节构成。在面对不同风险程度时其发出的警戒鸣声存在差异,相比于模拟天敌产生的警戒鸣声,在自然状态下产生的警戒鸣声时长更长且频率更低。

### 参考文献:

- [1] Bradbury J W, Vehrencamp S L. Principles of animal communication [J]. *Animal Behaviour*, 2012, 83(3): 865.
- [2] Lacey E A, Patton J L, Cameron G N. Life underground: the biology of subterranean rodents [J]. *Australian Mammalogy*, 2001, 23(1): 75-76.
- [3] 孙儒泳. 动物生态学原理. 第3版 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2001, 314-315.
- [4] 尚玉昌. 行为生态学 [M]. 北京: 北京大学出版社, 1998, 385-411.
- [5] 尚玉昌. 动物行为学 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2005, 302-390.

- [6] Cui J, Wang Y, Brauth S, *et al.* A novel female call incites male - female interaction and male - male competition in the emei music frog, *Babina daunchina* [J]. *Animal Behaviour*, 2010, 80(2): 181-187.
- [7] 宋金金. 雄性安徽树蛙(*Rhacophorus zhoukaiyae*)鸣叫竞争策略研究[D]. 合肥:安徽大学, 2020.
- [8] 郑智民, 姜志宽, 陈安国. 啮齿动物学[M]. 上海:上海交通大学出版社, 2008:1-10.
- [9] 张立, 房继明. 非繁殖期成年雄性布氏田鼠对群体气体的辨别[J]. *兽类学报*, 1996, 6(4):6.
- [10] Talice R V, Momigliano E. The particular appetite of *Ctenomys torquatus* (Tucutucu); experimental study [J]. *Comptes Rendus Des Séances De La Société De Biologie Et De Ses Filiales*, 1955, 149(15-18): 173.
- [11] Schleich C, Busch C. Acoustic signals of a solitary subterranean rodent *Ctenomys talarum* (Rodentia: Ctenomyidae): physical characteristics and behavioural correlates [J]. *Journal of Ethology*, 2002, 20(2): 123-131.
- [12] 华铄泽, 周睿, 叶国辉, 等. 高原鼠兔长鸣声分析及行为学观察[J]. *草原与草坪*, 2020, 40(6): 1-9.
- [13] 华铄泽, 周睿, 叶国辉, 等. 雄性高原鼠兔长鸣时间分配及其影响因素[J]. *兽类学报*, 2020, 40(6): 6-14.
- [14] Smith. Responses of pikas (*Ochotona princeps*, Lagomorpha) to naturally occurring terrestrial predators [J]. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 1983, 13(4): 277-285.
- [15] 李景俊. 大沙鼠种群生态及行为生态学研究进展[J]. *干旱区研究*, 2004, 21(4):4.
- [16] Francescoli G. Tuco-tucos' vocalization output varies seasonally (*Ctenomys pearsoni*; Rodentia, Ctenomyidae): implications for reproductive signaling [J]. *Acta Ethologica*, 2011, 14(1): 1-6.
- [17] 朱红娟, 钟亮, 余义博, 等. 不同海拔地区高原鼠兔热中性区及静止代谢率的差异[J]. *动物学杂志*, 2022, 57(1):11.
- [18] 刘荣堂, 武晓东. 草地保护学: 第一分册, 草地啮齿动物学[M]. 北京:中国农业出版社, 2011, 273.
- [19] 华铄泽. 高原鼠兔耳蜗结构和长鸣声讯信号研究[D]. 兰州:甘肃农业大学, 2020.
- [20] Smith A T, Smith H J, 王学高, 等. 草原栖息高原鼠兔的社会行为[J]. *兽类学报*, 1986(1):33-43.
- [21] 何其超, 龙建忠, 许天宏. 草原鼠兔鸣叫声的观察和声学特征分析[J]. *声学学报*, 1996, 21(4):6.
- [22] 徐正辉, 俞联平, 王汝富, 等. 夏河县天然草原资源及分布[J]. *中国草食动物科学*, 2020, 40(5):5.
- [23] 尚小生, 靳玉平. 甘南州夏河县天然草场植被类型特征及其分布规律[J]. *草业与畜牧*, 2012(1):2.
- [24] 周睿. 高原鼠兔个体和种群对捕食风险的响应及其栖息地植物群落的变化[D]. 兰州:甘肃农业大学, 2020.
- [25] Smith A T, Foggin J M. The plateau pika (*Ochotona curzoniae*) is a keystone species for biodiversity on the Tibetan plateau [J]. *Animal Conservation*, 1999, 2(4): 235-240.
- [26] 张卫国, 刘蓉, 江小雷. 风险性声讯信号对高原鼠兔行为模式的影响[J]. *草地学报*, 2010, 18(1):6.
- [27] 周建伟, 张飞宇, 楚彬, 等. 高原鼠兔震动通讯方式及信号研究[J]. *草原与草坪*, 2020, 40(4): 54-60.
- [28] 刘璇, 薛飞, 郭俊良, 等. 圈养大熊猫初生幼仔声音通讯行为研究[J]. *四川动物*, 2019, 38(6):6.
- [29] 车焯, 李忠秋. 动物的警戒行为——回顾及展望[J]. *四川动物*, 2014(1):7.
- [30] 郑炜. 半散养麋鹿的警戒行为[D]. 南京:南京大学, 2012.
- [31] Barnowe M, Kerey K. The behavioral ecology and population genetics of pronghorn (*Antilocapra americana*) in yellowstone national park, montana/wyoming, USA[D]. Idaho, USA:University of Idaho, 2009.
- [32] Katie C, Radford A N, Sabine S, *et al.* Dwarf mongoose alarm calls: investigating a complex non-human animal call [J]. *Proceedings Biological sciences*, 2021, 287(1935):20192514.
- [33] Mcrae T R. A review of squirrel alarm-calling behavior: What we know and what we do not know about how predator attributes affect alarm calls[J]. *Animal Behavior and Cognition*, 2020, 7(2):168-191.
- [34] Dennis P, Shuster S M, Slobodchikoff C N. Dialects in the alarm calls of Black-Tailed Prairie Dogs (*Cynomys ludovicianus*): a case of cultural diffusion? [J]. *Behavioural Processes*, 2020, 181:104243.
- [35] Briggs W R. The alarm calls and escape behaviors of the black-tailed prairie dog (*Cynomys ludovicianus*) [J]. *Dissertations & Theses - Gradworks*, 2012, 24(4): 609-621.
- [36] 何叶艳, 吕凯伦, 董加俊, 等. 梅花鹿华南亚种和东北亚种警戒声比较[J]. *四川动物*, 2019, 38(3):8.
- [37] 王学高, Smith A T. 高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)冬季

- 自然死亡率[J]. 兽类学报, 1988(2):152—156.
- [38] Naya D E. Gut size flexibility in rodents: what we know, and don't know, after a century of research [J]. Revista Chilena De Historia Natural, 2008, 81(4). 599—612.
- [39] Dill S. Behavioral decisions made under the risk of predation: a review and prospectus [J]. Canadian Journal of Zoology, 1990, 68 (4): 619—640.
- [40] Anson J R, Dickman C R. Behavioral responses of native prey to disparate predators: naiveté and predator recognition [J]. Oecologia, 2013, 171(2): 367—377.
- [41] Erkki K, Vesa K, Hani H. Microhabitat use and behavior of voles under weasel and raptor predation risk: predator facilitation?[J]. Behavioral Ecology, 1996(1): 30—34.
- [42] Blumstein D T, Armitage K B. Alarm calling in yellow-bellied marmots: 1. the meaning of situationally variable alarm calls [J]. Animal Behaviour, 1997, 53 (1) : 143—171.
- [43] 边疆晖, 景增春, 刘季科. 相关风险因子对高原鼠兔摄食行为的影响[J]. 兽类学报, 2001, 15(3): 187—194.
- [44] 潘文石. 继续生存的机会[M]. 北京: 北京大学出版社, 2001: 2—9.

## Recognition of alarm call of *Ochotona curzoniae*

MA Mei-na, HUA Rui, Baodaerhan, YE Guo-hui, TANG Zhuang-sheng,  
HUA Li-min\*

(College of Grassland Science, Gansu Agricultural University, Key Laboratory of Grassland Ecosystem of the Ministry of Education, Engineering and Technology Research Center for Alpine Rodent Pest Control, National Forestry and Grassland Administration, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** 【Objective】 Vigilance behavior is one of the important anti-predatory strategies for animals. The chirping of plateau pika is an important component of its vigilance behavior. Clarifying plateau pika's alert is of great significance for understanding plateau pika's survival strategy and enriching rodent voice communication research. 【Method】 In this study, 20 adult plateau pikas, including 15 males and 5 females, were selected from the distribution area of plateau pika in Xiahe County, Gansu Province in 2021. They were captured, color marked and released. The Shotgun Microphones and camera were used to record the chirping sound and accompanying behavior, and the alarm call was identified. Adobe Audit 2020 was used to analyze the characteristics of its alarm call signal. 【Result】 The results showed that: (1) Both male and female individuals of plateau pika could emit alarm call, which belonged to short sound. After the alarm call was issued, other individuals showed vigilance behavior of stopping feeding and looking around. (2) The alarm call tone is composed of one syllable and lasts 0.1~0.3s. (3) Under different disturbances obtained under natural and remote control model interference, the alert call characteristics of plateau pika are different. After playing back the alarm calls with two different sound characteristics in the field, the plateau pika can be observed to make alert behavior responses. 【Conclusion】 Therefore, the plateau pika can use acoustic signals to transmit risk information. Its alarm call is a very short call, and there are differences in the alarm call under different risk levels.

**Key words:** plateau pika; alarm call; sound analysis; behavior verification

(责任编辑 康宇坤)