

高原鼠兔长鸣鸣声分析及行为学观察

华铄泽,周睿,叶国辉,花蕊,包达尔罕,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/甘肃省草业工程实验室/中-美草地畜牧业可持续发展研究中心,甘肃 兰州 730070)

摘要:长鸣是雄性高原鼠兔雄性个体特有的鸣声,且与其繁殖有关。研究高原鼠兔长鸣的声学特征及其行为对于理解其繁殖策略有重要意义。2018年3~5月,采用数码录音笔连接指向性话筒与数码摄像机同时记录的方法,在甘南州玛曲县河曲马场录制了7只雄性高原鼠兔的长鸣鸣声及其行为,利用语音分析软件Wavesurfer对所录制的长鸣进行分析,结合其长鸣行为将繁殖期雄性高原鼠兔长鸣分为示警鸣声、求偶鸣声和领域鸣声,并获取了3种鸣声的音节间隔时间、音节持续时间、主频、语谱图。研究发现:(1)雄性高原鼠兔的长鸣具有30种音节型;(2)雄性高原鼠兔的长鸣具有较强的复杂性;(3)领域鸣声和求偶鸣声具有相似的声学特征

关键词:高原鼠兔;长鸣声;行为

中图分类号:S442.9;Q959.837 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2020)06-0001-09

DOI: 10.13817/j.cnki.cyyep.2020.06.001

动物通过鸣叫传递性别、繁殖状态、所处位置以及社会等级等诸多信息。鸣声是一种非常有效的社会交流信号,在动物的生活史中具有重要意义^[1]。动物的鸣声复杂多样,特别是在繁殖期,已有研究发现为求偶和保护领域发出的鸣声是动物鸣声中最常见的类型。大部分繁殖期鸟类、哺乳动物以及两栖蛙类均会利用鸣叫,甚至配合一些动作吸引配偶完成交配^[2-4]。动物的领域保护鸣声也极具特色,在骨顶鸡^[5](*Fulica atra*)和西黑冠长臂猿^[6](*Nomascus concolor*)等动物的鸣声研究中均发现领域保护的鸣叫行为。除了求偶和领地保护的鸣叫,警戒鸣声大多出现在群居动物中,如草原犬鼠(*Cynomys*)针对不同类型的天敌发出警报提示声、遇险求救声等警戒鸣声^[7-8]。

科学家研究动物的鸣声行为,最初是通过人耳辨别后绘制成乐谱的方法。后来出现了用集音器和胶片

来记录动物鸣叫声的方法。但是这些方法只能记录到动物声音的3个要素(时间、音阶和音强),无法记录音质和发音,且具有主观意识强、人耳误听等不足,并不能详细反映动物声音的特质和信息。随着数字录音设备和音频分析仪的出现,极大地促进了动物鸣声研究的发展。

高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)是青藏高原地区特有的小型哺乳类动物^[9],也是高寒草甸生态系统的關鍵种,因其叫声独特,又被称为“鸣声鼠”^[10]。SMITH等^[11]通过高原鼠兔鸣声的基频和谐波等数据,定义了7种鸣声类型,并初步谱写测定高原鼠兔的声音谱以及鸣声发生时的动作。他将10~25 s的高原鼠兔鸣声定义为长鸣,并发现长鸣常伴随领域护卫的行为,且长鸣仅由种群中的雄性发出。SMITH虽然对高原鼠兔的鸣声进行了初步分析,但是鉴于当时的设备和技术的限制,未能对高原鼠兔的鸣声行为进行深度挖掘。本试验基于前人对高原鼠兔鸣声的研究结果,采用了数字录音机结合强指向性话筒录取鸣声、数码摄像机同期录制行为的方法,并结合计算机软件分析高原鼠兔长鸣的特征,以期对高原鼠兔的鸣声行为进行更深一步的研究,解析其长鸣的生物学信息。

收稿日期:2020-01-16; 修回日期:2020-03-31

基金项目:科技部重点研发计划(2017YFC0504803);甘肃省重点研发计划(17YF1NA059)

作者简介:华铄泽(1994-),男,甘肃兰州人,硕士研究生。

E-mail:huaxianze_gsau@163.com

花立民为通讯作者。

E-mail:Hualm@gsau.edu.cn

1 材料和方法

1.1 样地概况

研究区位于青藏高原东缘甘南藏族自治州玛曲县河曲马场以东约 4 km 处的高寒草甸 (N 33°50'23", E 102°08'48", 海拔 3 434 m)。气候属大陆性季风型, 冬季漫长而寒冷, 夏季短暂而凉爽, 年平均气温 1.2℃, 降水主要集中在暖季。主要植被类型包括高山草甸, 高山灌木和沼泽草甸。植物有垂穗披碱草 (*Elymus nutans*)、紫花针茅 (*Stipa purpurea*)、早熟禾 (*Poa annua*)、禾叶嵩草 (*Kobresia graminifolia*)、鹅绒委陵菜 (*Potentilla anserina*)、条叶银莲花 (*Anemone trullifolia*)、莓叶委陵菜 (*Potentilla fragarioides*) 等。

1.2 试验设计

1.2.1 鸣声采集行为观察 2018 年 3~5 月, 在研究区选取远离公路且地势平坦, 面积为 0.25 hm² 的样地。通过绳套法捕捉高原鼠兔 16 只, 其中雄性 7 只, 雌性 9 只。为了观察不同性别个体发出的鸣声行为类型, 在样地捕捉高原鼠兔后, 将雄性头部皮毛均染成黑色, 雌性头部不染, 身体和尾部分别用红色、蓝色、绿色染发剂组合标记编号。利用 SONY 公司的 PCM-D100 数字录音机 (频响范围为 0.04~1.5 kHz), 连接 SY-322 强指向变焦电容式外接话筒录制繁殖期高原雄性高原鼠兔个体长鸣声。同时用 Nikon 单反相机连接 Nikon HB-24 长焦镜头调节至摄像模式进行视频焦点记录。选择晴天无风时间, 上午 7:00 到 12:00, 下午 14:00 到 18:00 进行鸣声录制。录音时, 将录音机固定在 30 cm 高的三角架上, 置于样地坡位, 同时记录标记高原鼠兔鸣声的时间点与录音机录制时间对应。

1.2.2 模拟天敌 用大疆精灵 3 无人机模拟高原鼠兔的飞行天敌, 以每日随机时间共 8 次, 每次 5 min 的频率在同块样地对标记高原鼠兔进行干扰。飞行高度 50 m, 录制高原鼠兔的示警鸣声及其行为。示警鸣声和行为同期录制共 3 d, 累计 24 次。

1.3 鸣声术语定义

借鉴鸟类鸣声研究, 本研究定义了高原鼠兔鸣声术语。鸣声: 高原鼠兔在正常活动中发出人耳可听的叫声。音素: 声谱图上一段连续的曲线痕迹, 是鸣声的最基本结构。音节: 一个或多个独立的音素固定组合在一起构成音节, 通常在句子中重复多次。音节型: 音节的形态特征, 主要包括音节的组成和排列顺序。句

子: 一个或多个音节的重复集合构成句子。句式: 音素或音节在句子中的排列顺序。节奏: 音节的持续时间和间隔时间, 代表了鸣声的节奏特征。

1.4 长鸣鸣声的定义

本研究根据高原鼠兔发出的鸣声时长和音节数为依据, 将大于 8 s 且具有多音节特征的鸣声均定义为高原鼠兔的长鸣鸣声。长鸣鸣声发生在高原鼠兔不同的行为活动中, 在不同的情形下表现为不同的生物学含义, 高原鼠兔在发出长鸣鸣声时呈现不同的发声姿态。

1.5 鸣声参数测量和统计

将录制为 "*.wav" (16 bit/48 kHz) 格式的鸣声导入笔记本电脑, 用 Adobe Audition 降噪和截取, 选择清晰的 211 个鸣声, 利用 Wavesurfer 软件进行分析。打开 Wavesurfer 软件, 导入目标声音, 配置菜单 (choose configuration) 选标准, 在概览图单击鼠标右键选 Creatpane 菜单栏分别得到语图和波形图。语图参数设置为: sampling rate, 22 kHz; sample size, 16 bit; Analysis window length 64。根据句式结构划分句子, 将重复连续出现的音节视为一个音节型, 单个或多个音节型组合视为一个句子; 语图进一步展开得到功率频谱图, 分析选择 FFT (快速傅立叶变换); 窗口选择 Hamming; FFT Point 在预览时选择 512, 最终处理时 FFT Point 选择 2048。通过语图统计数据: 每个句子的音节个数。测量参数包括: 句子持续时间、音节持续时间、音节间隔时间 (图 1)。通过功率频谱图统计数据: 每个句子的主频率, 每种鸣声的频率范围。

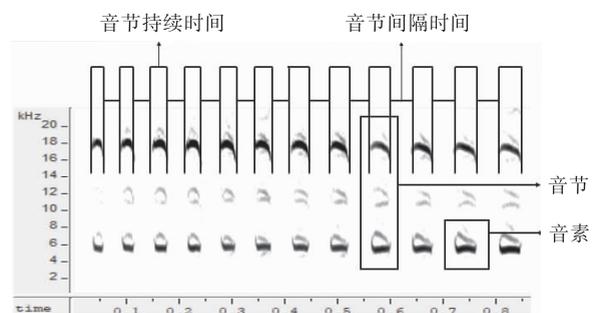


图 1 参数测量示意图

Fig. 1 Parameter measurement diagram

1.6 数据分析

利用 SPSS 19.0 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。文中平均数以 Mean ± SE 的方式表示。文中图形由 Windows 10 自带的截图工具从 Wavesurfer 截取。数据统计图及相关性分

析由 Graph Pad Prism 8.0 分析并获得图像。

2 结果与分析

2.1 鸣声的生物学含义和信号特征

本研究在高原鼠兔的繁殖期共录制到 409 段高原鼠兔的长鸣鸣声,结合其行为发现这些长鸣具有不同的生物学含义,根据其生物学含义将其分为 3 个类型,并分别定义为示警长鸣、领域长鸣、求偶长鸣。其中示警长鸣共 17 次,总计时长 222.46 s,占到全部长鸣鸣声时长的 3.2%;领域长鸣 371 次,总计时长 6 487.78 s,占到全部长鸣鸣声时长的 93.2%;求偶长鸣 15 次,总计时长 146.15 s,占到全部长鸣鸣声时长的 2.1%。其它未确定含义长鸣 6 次,总计时间 105.11 s,占到总鸣声时长的 1.51%(图 2)。

分析 3 种长鸣鸣声的语谱图(Spectrogram)发现,这 3 种类型的长鸣共有 30 种音节(图 3)。

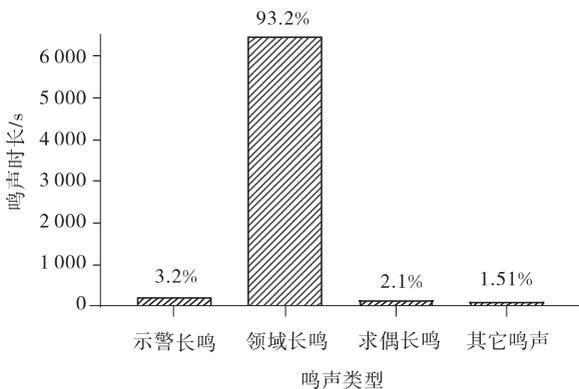


图 2 繁殖期高原鼠兔长鸣类型各自总计时长和占比

Fig. 2 Total duration and proportion in different types of plateau pika long call during breeding period

表 1 高原鼠兔 3 种鸣声中音节出现的位置

Table 1 The position of syllables in three kinds of calls of plateau pika when in different sentence patterns

鸣声行为	句式				
	前部句子	过渡句子	中部句子	后部句子	尾句
示警	F1	T1~T3	M1~M3	R1~R2	E1
领域	F2	T4	M4~M6	R3~R6	E2~E3
求偶	F3	T5~T7	M7~M8	R7	E4~E5

2.2 示警长鸣

高原鼠兔在发现空中天敌或模拟天敌时,停止采食,伫立观望,继而发出鸣声行为,此时发出的鸣声,定义为示警长鸣。示警长鸣仅有种群中的雄性个体发出。在无人机模拟天敌持续 3 d 随机 8 次/d,每次持

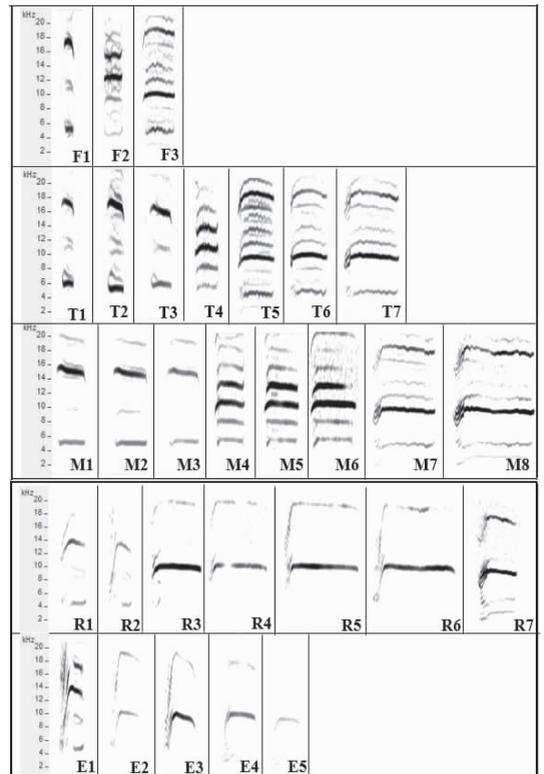


图 3 繁殖期高原鼠兔 30 种音节型

Fig. 3 30 types of syllables in plateau pika long call during breeding period

为了方便对鸣声结构进行分析,根据各鸣声分析的语图特征及其参数,将每段鸣声分为 5 个部分:前部句子(Forward Sentence),过渡句子(Transition Sentence),中部句子(Middle Sentence),后部句子(Rear Sentence)和尾句(End Sentence)。每个句子中出现的音节用每个句子的英文名称的大写首字母加阿拉伯数字的方式依次命名。根据句式的划分,每种音节在鸣声行为中的位置如表 1 所示。发现每种行为对应下的鸣声的音节均不相同(图 3)。

续 5 min 的干扰中,发现在无人机距离高原鼠兔 50 m 左右持续的干扰下,7 只雄性高原鼠兔中的 3 只发出示警长鸣,24 次的模拟天敌干扰下高原鼠兔发出示警长鸣的次数为 11 次,即有 45.83% 的概率警戒示警。

高原鼠兔的示警长鸣持续时间为 9~17 s。从示

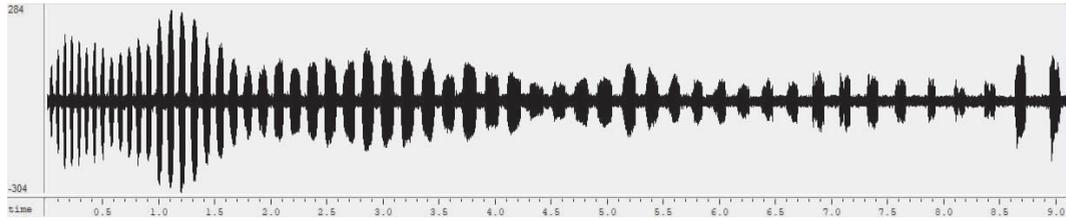


图 4 高原鼠兔示警鸣声波形图

Fig. 4 The wave form of alarm calls in plateau pika

警长鸣的波形图和鸣声的参数图中可示,鸣声起先发展急促,然后逐渐演化平缓,继而音节间的停顿逐步变长直至结束(图 4,表 2)。

2.3 领域长鸣

高原鼠兔在采食间隙直立上身、下身蹲坐、昂头背耳发出的鸣声。这种鸣声仅由种群中的成年雄性个体发出。高原鼠兔在发出此种长鸣声后其周围的高原鼠

兔都无发出回应,但是多次观察到发出这种鸣声的 6 只雄性高原鼠兔均有驱逐其他高原鼠兔的行为。高原鼠兔发出这种鸣声来宣示和维护领域,警告其他高原鼠兔不要侵入其领域,故把这种鸣声定义为领域。

高原鼠兔的领域鸣声持续时间为 10~25 s,前半段高昂急促,3 s 左右后节奏突然变得缓慢,声音分贝也明显降低(图 5,表 3)。

表 2 高原鼠兔示警鸣声参数

Table 2 The parameter of alarm calls in plateau pika

	音节个数/个	句子持续时间/s	音节持续时间/s	音节间隔时间/s
前部句子	6~8	0.56±0.026	0.04±0.004	0.03±0.002
过渡句子	16~17	2.28±0.032	0.06±0.002	0.05±0.002
中部句子	14~17	3.31±0.058	0.13±0.002	0.07±0.001
后部句子	8~9	2.67±0.024	0.11±0.003	0.13±0.008
尾句	6~7	4.09±0.025	0.11±0.001	0.31±0.021

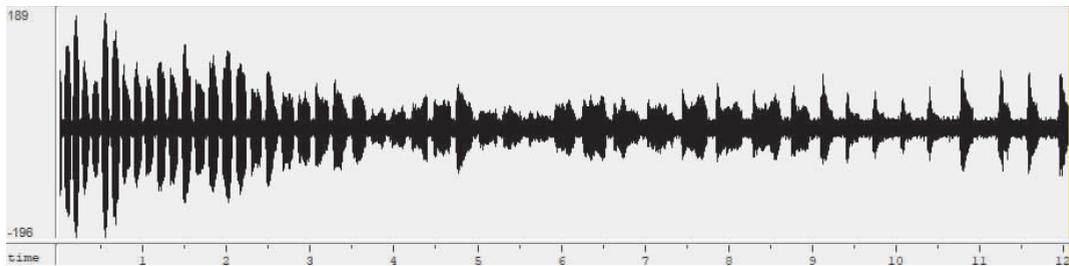


图 5 高原鼠兔领域鸣声波形图

Fig. 5 The wave form of defense calls in plateau pika

表 3 高原鼠兔领域鸣声参数

Table 3 The parameter of defense calls in plateau pika

	音节个数/个	句子持续时间/s	音节持续时间/s	音节间隔时间/s
前部句子	5~7	0.56±0.013	0.07±0.001	0.03±0.001
过渡句子	7~9	0.90±0.052	0.09±0.001	0.04±0.000
中部句子	13~16	2.63±0.032	0.14±0.006	0.06±0.001
后部句子	12~15	4.61±0.090	0.22±0.003	0.08±0.003
尾句	10~13	3.34±0.189	0.16±0.006	0.21±0.010

2.4 求偶长鸣

高原鼠兔在发出此种鸣声后,发生交配行为,或有

交配倾向如长时间追逐嬉戏、趴跨等行为,此种鸣声定义为求偶。在对标记高原鼠兔的观察中发现 7 只雌性

中的 2 只发出求偶鸣声后多次与雌性鼠兔发生交配或长时间与其它鼠兔有追逐嬉戏、亲昵和趴腾的行为。

鸣声相对于示警鸣声节奏较为缓慢,但总体还是呈先急促、后逐渐变得缓慢的趋势,后音和尾音整体强度低于示警鸣声,但与领域鸣声相似(图 6,表 4)。

高原鼠兔的求偶鸣声持续时间为 8~13 s。求偶

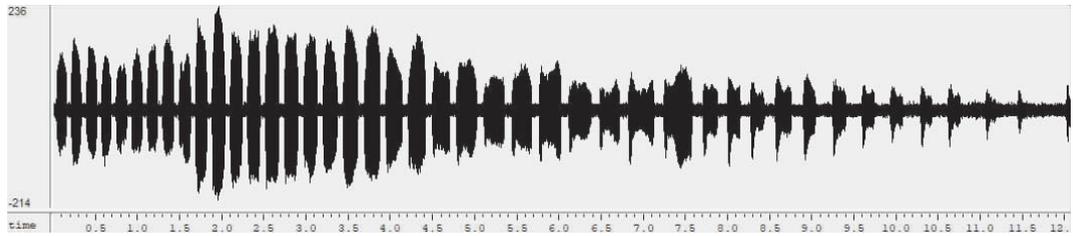


图 6 高原鼠兔求偶鸣声波形图

Fig. 6 The wave form of mating calls in plateau pika

表 4 高原鼠兔求偶鸣声参数

Table 4 The parameter of mating calls in plateau pika

	音节个数/个	句子持续时间/s	音节持续时间/s	音节间隔时间/s
前部句子	6~7	1.46±0.121	0.12±0.001	0.06±0.002
过渡句子	14~17	3.80±0.050	0.16±0.006	0.07±0.002
中部句子	6~9	2.90±0.176	0.28±0.015	0.10±0.003
后部句子	3~5	1.28±0.115	0.17±0.002	0.12±0.001
尾句	7~8	3.38±0.140	0.14±0.007	0.30±0.038

2.5 3 种鸣声的声学特征对比

2.5.1 频率范围和主频的对比 分析发现,鸣声初始时,领域鸣声表现出最高的频率,达到 12 113 Hz,求偶鸣声次之,达到 9 824 Hz,示警鸣声最小,达到 5 526 Hz。求偶鸣声和领域鸣声的初始发声高昂。总体来看,领域鸣声和求偶鸣声的主频变化平缓,而示警鸣声的主频跌宕起伏,最大的主频出现在中部句子,达到 1 5797 Hz,而后又在后部句子跌至最小,为 4 521 Hz,尾句又变得高昂,为 14 002 Hz(图 7)。

3 种鸣声的频率范围相差不大,示警鸣声频率范围在 55~19 984 Hz,领域鸣声在 97~18 533 Hz,求偶鸣声在 111~20 197 Hz。

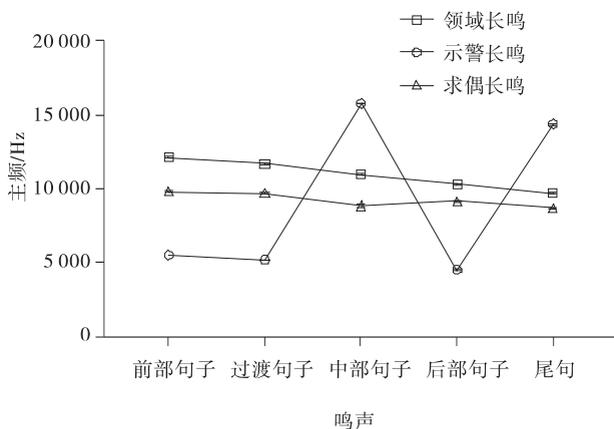


图 7 高原鼠兔 3 种鸣声主频变化

Fig. 7 Changes in the main frequency of three calls of plateau pika

2.5.2 音节持续和间隔时间对比及二者相关性 示警长鸣的音节持续时间和间隔时间均呈上升的趋势,在尾句部分其音节间隔时间呈指数型上升,而其前部句子相比于领域长鸣和求偶长鸣更为急促(图 8A, 8C, 8E)。领域长鸣的音节持续时间和音节间隔时间均表现出相似的趋势(图 8C, 8E)。但是整体来看,领域长鸣音节持续时间的最高峰出现在后部句子,而求偶长鸣的音节持续时间的高峰出现在中部句子,求偶长鸣整个鸣声的音节持续时间和音节间隔时间相较于领域长鸣都更长。求偶长鸣音节持续时间和音节间隔时间的均方差($\sigma_{持}=0.058, \sigma_{隔}=0.098$)均大于领域长鸣($\sigma_{持}=0.053, \sigma_{隔}=0.064$),说明领域长鸣的节奏更加平缓,而求偶长鸣的节奏更加急促。

分析每种鸣声音节持续时间和音节间隔时间的关联性,发现示警长鸣(图 8B, $r=0.39, P=0.003$)和领域长鸣(图 8D, $r=0.31, P=0.030$)的音节持续时间和音节间隔时间均存在相关性,说明这两种声音的音节排列时长更加匀称。而求偶长鸣(图 8F, $r=-0.17, P=0.268$)的音节持续时间和音节间隔时间不存在相关

性,说明其音节的时间排列无序,也可说明虽然求偶长鸣和领域长鸣在鸣声特征上存在一定的相似性,但是

还是可以结合行为特征和音节数据的相似性的关系把二者区分开来。

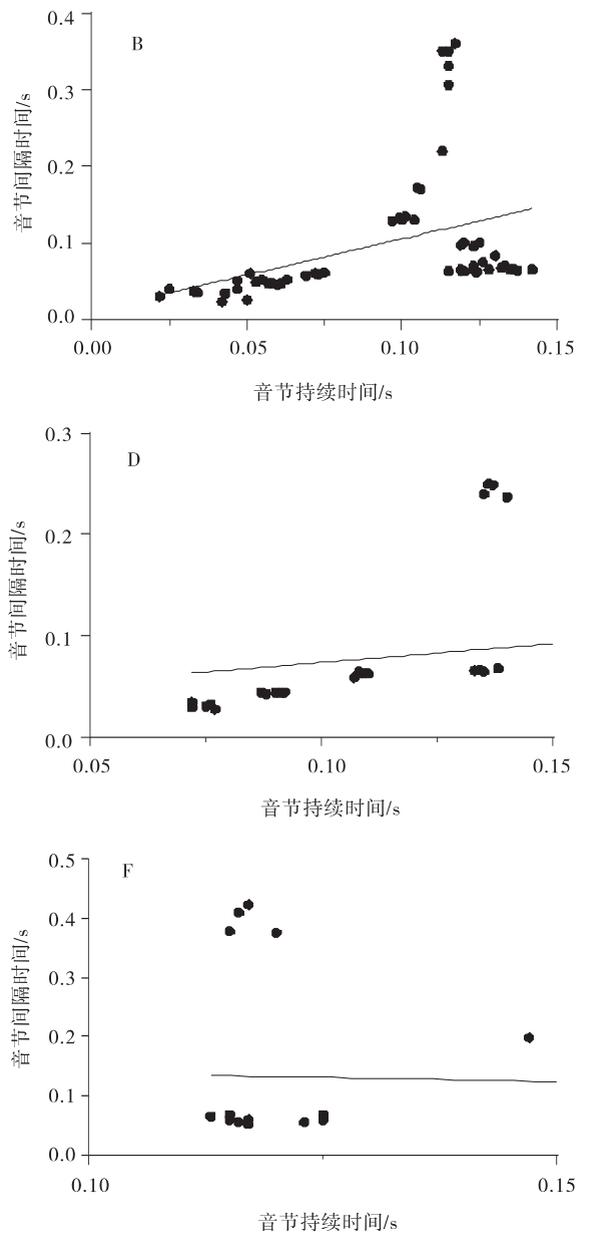
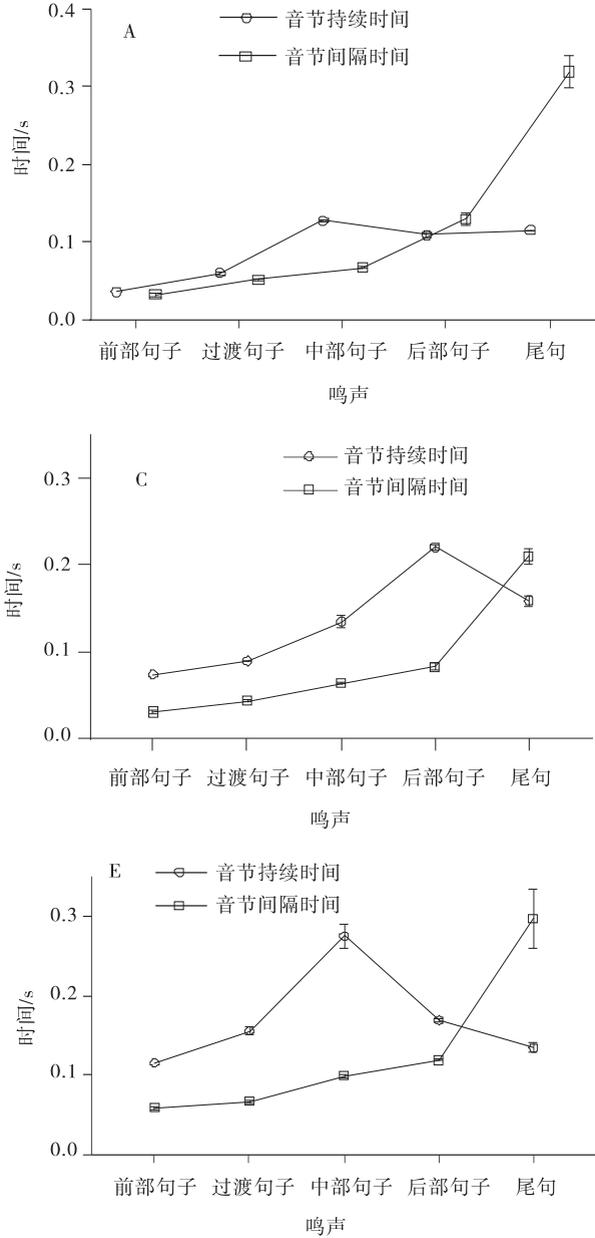


图 8 高原鼠兔鸣声音节持续时间和间隔时间的相关性

Fig. 8 The correlation between syllable duration and syllable interval of the calls of plateau pika

注:A:高原鼠兔示警鸣声音节参数图;B:高原鼠兔示警鸣声音节持续时间和音节间隔时间相关性图;C:高原鼠兔领域鸣声音节参数图;D:高原鼠兔领域鸣声音节持续时间和音节间隔时间相关性图;E:高原鼠兔求偶鸣声音节参数图;F:高原鼠兔求偶鸣声音节持续时间和音节间隔时间相关性图

3 讨论

研究发现,在繁殖期具有维护领域意义的长鸣出现频数最高,其总计时长达到繁殖期长鸣总时长的93.2%;其次是示警鸣声;求偶鸣声占到繁殖期长鸣总时长的2.1%。高原鼠兔在繁殖期的长鸣主要为雄性的领域维护鸣声,从资源获取的角度来说,雄性高原鼠

兔要通过更多的领域维护行为保护领域内的食物资源和与配偶资源,所以要投入更多的能量用于领域维护。

通过这3种长鸣鸣声的分析发现,示警长鸣、领域长鸣和求偶长鸣从声讯号特征上分别对应SMITH等在1986年对高原鼠兔7种鸣声定义中的变调鸣声、长鸣和哀鸣^[11]。SMITH等认为高原鼠兔的长鸣与其领域维护有关,本研究结果与他的观点一致。SMITH

等未发现变调鸣声的生物学含义,本文通过模拟天敌发现变调鸣声和高原鼠兔的示警行为有关。SMITH等发现刚性成熟的高原鼠兔在发生社会行为如亲昵行为时发出哀鸣。本研究发现,哀鸣是种群中雄性在交配和求偶前发出的求偶鸣声。亲昵行为是高原鼠兔求偶的一种方式,种群中雄性发出此种鸣声,表示它做好了繁殖准备并通过亲昵和互相追逐嬉戏的方式吸引和选择雌性个体与其交配。何其超等^[12]定义高原鼠兔的长鸣为几秒到十几秒的多音节叫声,并且他认为长鸣含义单一,仅仅只有领域维护的作用,这与本研究结果相差较大,可能是因为领域长鸣、示警长鸣、求偶长鸣的持续时间相似,但是示警长鸣和求偶长鸣所占比例太小或由于当时分析技术的限制,未能将这3种相似持续时间的长鸣类型分开,导致结果不完整。

相对于其他啮齿动物,高原鼠兔的鸣声较为复杂。褐家鼠(*Rattus norvegicus*)的鸣声时长只有473毫秒左右,鸣声只有3~5个音节^[13],远远小于雄性高原鼠兔的长鸣时长和音节数。高原鼠兔长鸣的主峰频率(9 772±809)Hz也远远大于褐家鼠鸣声的主峰频率(1 700±141)Hz^[13]和棕色田鼠(*Lasiopodomys mandarinus*)(1 200±300)Hz^[14]。高原鼠兔是群居性地上穴居啮齿动物,具有相对严密的社会等级制度^[15],地上生活和严密的社会结构意味着声音通信对高原鼠兔的生存和繁殖具有更为重要的作用。特殊的社会结构要求高原鼠兔的鸣声需携带更多的信息。高原鼠兔的长鸣主要为示警、求偶和领域防卫。鸣叫声的结构复杂程度取决于叫声的作用。功能复杂,鸣声的结构也复杂;功能单一,鸣叫声结构也简单^[16],这可能是高原鼠兔长鸣更加复杂的原因。

BLUMSTEIN^[17]发现啮齿动物在发现天敌后,通过视觉评估和对天敌的定位观察发现无风险后才会发出警示的鸣声,而这种鸣叫其实是为了降低自身的被捕食风险^[17],其实是与天敌交流,提醒潜在的捕食者它已经被检测到了。在我们的研究中,高原鼠兔在对模拟天敌发出警示声音后,其他高原鼠兔并没有逃跑行为,因此本研究认为,高原鼠兔发出的警示鸣声的对象是它的天敌,是在告诉天敌自己已经发现了天敌的活动,已经开始防备。高原鼠兔警示鸣声的前部句子到中部句子更加急促,这表明了鸣声所包含信息的紧

迫性。后部句子和尾句与前半部分有很大的不同,音节间的间隔变得异常大,主峰频率却波动性增高。频率波动极大的声音会对受听对象造成听觉上的不舒适性,使其厌恶声音的来源,放弃去声音来源处捕食。SMITH等发现高原鼠兔的短鸣和警戒有关,但是在本研究中几乎没有发现短鸣,SMITH等的研究地在1985年的青海省,本研究在2018年的甘肃省玛曲县,因此有可能是栖息地环境差异导致了不同种群高原鼠兔警戒鸣声的分化。因为栖息地环境的差异导致动物警戒鸣声发生频率改变的现象早有发现^[18]。

高原鼠兔的交配制度为多配偶制(polygamy)。在家群结构中,从属的雄性个体也可以获得交配的资格^[19]。求偶长鸣由种群中的雄性发出,但是发出求偶鸣声的雄性只占种群中雄性的28.6%。因此,这些发出求偶鸣声的高原鼠兔很可能是种群中处于从属地位但获得种群中首领认同交配的雄性高原鼠兔。因此,推测种群中这些雄性的求偶长鸣,可能是释放自身已具备繁殖资格的信号以吸引雌性,获取更多的交配机会,达到基因传播的目的。这些雄性发出求偶鸣声表示已经可以进入繁殖状态,吸引雌性与其互相追逐,交配成功后会与雌性共同建立新的巢区,并且发出领域长鸣维护新的巢区和保护雌鼠、驱逐外来雄鼠^[20]。在交配成功后增加亲昵行为,以颌下腺的分泌物为标记在家庭成员之间相互识别,同时增强领域的维护^[20]。我们发现1只雄性高原鼠兔既发出求偶长鸣也发出领域长鸣,这就是一些雄性高原鼠兔在交配成功后会与雌性共同建立新的巢区,继而进行领域维护的证据。

王学高^[20]发现在野外雄性高原鼠兔的领域长鸣全年都可听到,但在繁殖期长鸣频次显著增加。北美鼠兔(*Ochotona princeps*)、日本鼠兔(*Ochotona hyperborea*)也会在繁殖期出现大量长鸣,这说明领域长鸣的大量出现与鼠兔进入繁殖期有关。本研究发现领域长鸣和求偶长鸣虽然有在行为特征上存在本质的区别,但在声学特征上依然存在大量的相似性。这说明这两种鸣声在功能上或许存在相同的目的,或者存在一个关联关系。领域鸣声宣示领域主权,包括领域内的雌性,其他未经认可进入领域内的雄性高原鼠兔会被驱逐,雄性高原鼠兔可与领域内的雌性高原鼠兔交配繁殖。本研究发现,发出求偶鸣声的雄性鼠兔与远

处的雌性有过交配行为,即远处的雌性高原鼠兔进入雄性的领域与其发生交配行为,从而推测雄性的求偶鸣声是为了吸引其他领域的雌性来交配,从而获得更多的基因流动机会。所以在繁殖期,领域鸣声成为雄性鼠兔巩固繁殖地位的鸣声,而求偶鸣声是为了增加繁殖机会促进个体基因流动的鸣声,二者在功能上都是为了保证繁殖的顺利进行,从而表现出声学特征上的相似性。

4 结论

繁殖期高原鼠兔的长鸣根据其生物学含义划分为3个类型,分别为示警长鸣、领域长鸣和求偶长鸣;3种类型的鸣声均由种群中的雄性个体发出。其特征正好对应 SMITH 等定义的高原鼠兔鸣声中的变调鸣声、长鸣和哀鸣。3种鸣声由不同频率的数量、音节排列组合而成,其信号的物理参数也有明显的差异。对鸣声含义进行区分和定义,有助于了解高原鼠兔繁殖期种群结构的变化和求偶的模式,阐释繁殖期高原鼠兔的部分生殖策略和生存策略。

参考文献:

[1] 尚昌玉. 行为生态学[M]. 北京:北京大学出版社,1998.

[2] CATCHPOLE C K, SLATER P J B. Bird Song; Biological Themes and Variations[J]. 2008, 100(4): 1-248.

[3] 李春旺, 蒋志刚, 曾岩. 雄性麋鹿的吼叫行为、序位等级与成功繁殖[J]. 动物学研究, 2001, (6): 449-453.

[4] KELLEY D B. Vocal communication in frogs[J]. Current Opinion in Neurobiology, 2004, 14(6): 751-757.

[5] 张微微. 骨顶鸡的繁殖行为及其对人为干扰的响应[D]. 哈尔滨:东北林业大学, 2010.

[6] 孙国政. 西黑冠长臂猿(*Nomascus concolor*)栖息地与鸣叫特征分析[D]. 北京:中国科学院研究生院, 2010.

[7] BRIGGS W R. The alarm calls and escape behaviors of the black-tailed prairie dog (*Cynomys ludovicianus*) [J]. 2012, 24(4): 609-621.

[8] PLACER J, SLOBODCHIKOFF C N. A method for identifying sounds used in the classification of alarm calls[J]. Behavioural Processes, 2004, 67(1): 90-98.

[9] LIU Y, HUI-XIAN W U. The Ecology of Invasions by Animals and Plants[J]. Journal of Range Management, 2001, 10(9): 1601-1601.

[10] 刘荣堂. 草地保护学—草原啮齿动物学[M]. 北京:中国农业大学出版社, 2000: 273.

[11] 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, 6(1): 33-43.

[12] 何其超, 房斌, 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(S1): 679-684.

[13] 姜仕仁, 郑肖锋, 翁天方, 等. 褐家鼠的声行为研究[J]. 浙江科技学院学报, 2007, 19(4): 256-261.

[14] 邵发道, 王廷正, 闵一建. 棕色田鼠的发声及其频谱分析[J]. 动物学研究, 1999(4): 38-43.

[15] 聂海燕. 植食性小哺乳动物种群进化生态学研究: 高原鼠兔种群生活史进化对策[D]. 杭州: 浙江大学, 2005.

[16] KAPLAN G. Alarm calls and referentiality in Australian magpies; Between midbrain and forebrain, can a case be made for complex cognition[J]. Brain Research Bulletin, 2008, 76(3): 0-263.

[17] BLUMSTEIN D T. The evolution of functionally referential alarm communication; Multiple adaptations; multiple constraints[J]. Evolution of Communication, 1999, 3(2): 135-147.

[18] SHELLEY E L, BLUMSTEIN D T. The evolution of vocal alarm communication in rodents[J]. Behavioral Ecology, 2005, 16(1): 169-177.

[19] 殷宝法, 魏万红, 张堰铭, 等. 微卫星技术在高原鼠兔行为学研究中的应用[C]//野生动物生态与资源保护第三届全国学术研讨会, 2006: 1.

[20] 王学高, 戴克华. 高原鼠兔的繁殖空间及其护域行为的研究[J]. 兽类学报, 1990, 10(3): 203-209.

Analysis and Observation of behavior in plateau pika

HUA Xian-ze, ZHOU Rui, YE Guo-hui, HUA Rui, BAO Daerhan,
TANG Zhuang-sheng, HUA Li-min

(College of Grassland Science, Gansu Agricultural University/Key Laboratory for Grassland Ecosystem
of Ministry of Education/Pratacultural Engineering Laboratory of Gansu Province/Sino-U. S.
Centers for Grazing Land Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Long call is a peculiar type of sound uttered by male plateau pika and it is related to its reproduction. It is important to understand its reproductive strategy by studying the acoustic characteristics and behavior of plateau pika. In this study, we used a digital recorder with directional microphone and video camera to record the long call and behavior of seven male plateau pikas simultaneously in Maqu County, Ganan Tibetan autonomous prefecture, during March to May in 2018; used the voice analysis software Wavesurfer to analyze the recorded long calls, and according to the behavior of the long calls, they were divided into alarm calls, mating calls, and defense calls, meanwhile the syllable interval, syllable duration, main frequency, and spectrogram of these long calls were obtained. The results showed: (1) There were 30 syllables in the long calls sounded by male plateau pika; (2) The long call of male plateau pikas had a strong complexity; (3) The mating calls and defense calls had the similar acoustic characteristics.

Key words: plateau pika; long call; behavior

近日,中国知网正式公布了《2020 中国学术期刊影响因子年报(自然科学与工程技术版)》。年报客观、全面、规范、准确地报道了中文期刊的计量统计指标,并对每个学科期刊按照影响力指数排序,并按期刊数量等分为 4 个区,即 Q1、Q2、Q3 和 Q4,《草原与草坪》首次进入 Q1 区。

S8 畜牧、兽医科学

1 草业学报	1414.214	8591	2.605	1/68	2.285	2.885	0.296	5397	1.913	1.594	1.983	0.193	Q1
2 草业科学	1041.110	7100	2.152	2/68	1.788	1.972	0.210	4541	1.617	1.254	1.405	0.161	Q1
3 动物营养学报	995.459	8257	2.003	4/68	1.591	1.946	0.483	5287	1.539	1.127	1.331	0.397	Q1
4 草地学报	731.454	4496	1.807	5/68	1.326	1.851	0.285	2950	1.428	0.947	1.363	0.276	Q1
5 中国畜牧兽医	645.320	5473	1.369	6/68	1.039	1.054	0.277	3690	1.113	0.782	0.794	0.259	Q1
6 中国草地学报	642.601	3251	2.119	3/68	1.414	1.917	0.320	2024	1.610	0.905	1.367	0.273	Q1
7 畜牧兽医学报	572.392	3487	1.244	8/68	1.014	1.058	0.164	2304	1.003	0.773	0.797	0.132	Q1
8 中国畜牧杂志	571.933	4475	1.151	9/68	1.044	0.995	0.251	2776	0.878	0.771	0.670	0.209	Q1
9 饲料工业	489.193	3911	0.904	17/68	0.836	0.833	0.151	2432	0.697	0.629	0.594	0.125	Q1
10 中国饲料	450.961	2823	1.114	10/68	0.993	0.867	0.124	1850	0.882	0.761	0.651	0.103	Q1
11 中国兽医学报	403.016	3197	1.091	11/68	0.732	0.873	0.127	2092	0.894	0.535	0.664	0.098	Q1
12 中国预防兽医学报	363.737	2362	0.956	16/68	0.819	0.847	0.087	1352	0.758	0.621	0.619	0.083	Q1
13 动物医学进展	363.125	3229	0.762	24/68	0.681	0.715	0.138	1852	0.589	0.508	0.496	0.103	Q1
14 草原与草坪	352.740	1261	1.084	12/68	0.921	0.850	0.088	770	0.899	0.736	0.609	0.077	Q1
15 粮食与饲料工业	349.121	2521	0.838	19/68	0.791	0.829	0.235	1531	0.665	0.617	0.589	0.199	Q1
16 畜牧与兽医	339.232	2599	0.651	29/68	0.610	0.535	0.140	1640	0.512	0.471	0.378	0.109	Q1
17 中国家禽	328.960	3057	0.798	21/68	0.636	0.703	0.093	1958	0.607	0.446	0.502	0.081	Q1