

祁连山荒漠草原优势啮齿动物及其捕食者 时空重叠度

马义杰, 楚彬, 叶国辉, 蔡斌, 马翔, 王怡菲, 张雅, 孙炳堂, 李治, 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:【目的】明晰啮齿动物及其捕食者时空分布特征, 理解其种间关系。【方法】于2020年12月至2022年1月, 在祁连山荒漠草原布设22台红外相机, 以研究区主要优势啮齿动物大沙鼠(*Rhombomys opimus*)和子午沙鼠(*Meriones meridianus*)及其天敌兔狲(*Otocolobus manul*)和赤狐(*Vulpes vulpes*)为研究对象, 基于获取的目标动物独立有效照片数据, 分析4个物种活动节律及空间分布。【结果】1) 兔狲全年均有活动, 月活动强度高高峰期出现在5月和10月; 赤狐冷季活动强度较高, 暖季活动强度较低; 子午沙鼠在3月和10月活动强度较高; 大沙鼠活动时间主要集中在12月至次年5月。2) 子午沙鼠和赤狐主要在夜间活动, 大沙鼠和兔狲主要在昼间活动。3) 兔狲与子午沙鼠活动节律重叠指数最高, 其次为赤狐和子午沙鼠、兔狲和大沙鼠、赤狐和大沙鼠。4) 兔狲和大沙鼠的空间重叠系数最高(0.92), 其次为赤狐和大沙鼠(0.84)、兔狲和子午沙鼠(0.83)、赤狐和子午沙鼠(0.82)。【结论】兔狲与子午沙鼠和大沙鼠的时空重叠度均高于赤狐。

关键词: 红外相机; 啮齿动物; 食肉动物; 时空重叠度; 捕食关系

中图分类号: S812 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2024)06-0072-07

DOI: 10.13817/j.cnki.cycp.2024.06.008



生态位是指在生态系统中, 一个种群在时间和空间上的占据位置及其与相关种群之间的功能关系和作用^[1], 对研究动物种间关系、生物多样性保护等具有重要作用^[2]。不同物种的生态位分化促进了区域内物种多样性^[3], 而生态位分化包括时间生态位、空间生态位以及资源生态位分化等。因此, 探究物种生态位分化特征对于明晰物种共存机制具有重要意义^[4]。

红外相机技术是一种定性定量结合的非损伤性调查技术, 因其可以记录动物活动节律和分布范围, 故被大量应用于动物时空利用特征的研究中^[4-7]。已有研究表明, 同域共生的食肉动物之间往往通过调

整时间和空间资源利用方式, 降低物种间的竞争关系, 达到区域内共存的目的^[6]。啮齿动物与其天敌两者食性不同, 占据不同的营养生态位, 具有明显的捕食与被捕食关系^[8]。二者时空利用特征是否存在分化, 有关研究还较少。

本研究应用红外相机技术对祁连山荒漠草原野生动物资源进行调查, 选取研究区两种优势小型食肉动物兔狲(*Otocolobus manul*)和赤狐(*Vulpes vulpes*), 两种优势啮齿动物子午沙鼠(*Meriones meridianus*)和大沙鼠(*Rhombomys opimus*), 通过分析啮齿动物和其天敌时空分布特征, 探讨它们在时空生态位的分化, 以期了解捕食者对啮齿动物作用机制, 为当地鼠害天敌防控和生物多样性保护提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

研究区位于祁连山北麓中段, 隶属于甘肃省肃南

收稿日期: 2023-03-03; 修回日期: 2023-05-29

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: 马义杰(1997-), 男, 甘肃平凉人, 硕士研究生。

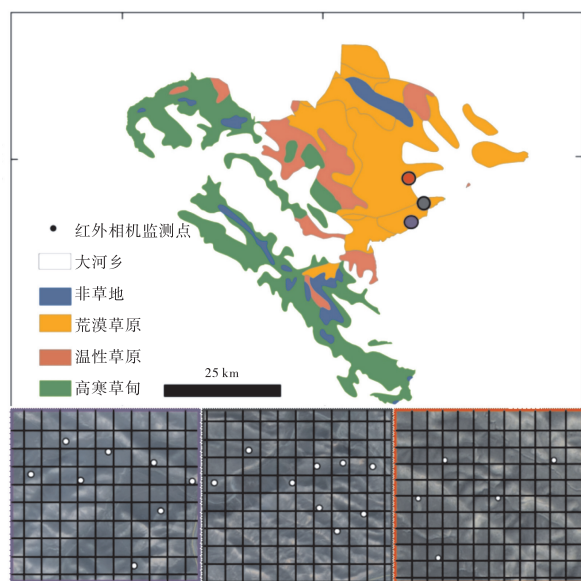
E-mail: mayj_gsau@163.com

*通信作者。E-mail: hualm@gsau.edu.cn

县大河乡(38°30′~39°15′ N, 99°0′~100°02′ E), 海拔1 650~5 009 m, 复杂的地理条件使得该区域拥有高寒草原、温性草原和荒漠草原3种草地类型, 其中荒漠草原自2007年开始实施禁牧, 海拔2 100~2 300 m, 年均温4℃左右, 年降水量253 mm, 主要集中在6~8月。植被盖度低, 多为旱生灌木和半灌木, 优势植物为碱韭(*Allium polyrhizum*)、合头草(*Sympegma regelii*)和新麦草(*Psathyrostachys juncea*)^[9]。

1.2 红外相机布设与调试

在研究区鼠害危害严重区选择3个监测区域(图1), 根据啮齿动物活动范围选择相机间距^[10], 用ArcGIS10.1软件(ESRI Inc, Redlands, CA, USA)将每个调查区划分为100 m×100 m的监测网格, 在网格内选取啮齿动物活动洞口布设红外相机, 相机拍摄范围兼顾动物兽道、粪便等痕迹明显处, 累计布设红外相机(Ltl-6210PLUS)22台, 相机高度距地面0.5~1.0 m, 相机参数设置为拍照模式, 3连拍, 无触发间隔。布设完成后记录每台相机编号、地理坐标和海拔。监测时间为2020年12月至2022年1月, 期间每隔2个月进行数据收集和电池更换。



审图号:GS(2019)3333号

图1 红外相机布设图

Fig. 1 The infrared camera locations

注:不同颜色边框代表不同调查区

1.3 物种识别

将红外相机拍摄的照片中的动物进行物种鉴定。物种鉴定参照《中国兽类野外手册》^[11]《中国鸟类野外

手册》^[12]。物种分类体系参考《中国兽类名录(2021版)》^[13]《中国鸟类分类与分布名录(第三版)》^[14]。由于啮齿动物个体小, 分类特征在红外相机下不明显, 所以分别在监测开始前和监测结束后于每个红外相机周边布置鼠夹, 累计100个鼠夹, 共计4夹日^[15], 捕获后根据外部形态特征结合头骨鉴定。

1.4 数据分析

1.4.1 昼夜相对多度指数 单台相机在野外工作24 h记作1个有效工作日, 照片内有动物出现, 则记为1张有效照片。同一相机位点30 min内拍摄到的同一物种动物照片记为该物种的1个独立有效照片(Independent Photograph, IP)。以独立有效照片数(IP)计算各研究物种的昼夜相对多度指数(daytime-and-night relative abundance index, DRAI)^[4]:

$$DRAI = D_{ij} / N_i \times 100 \quad (1)$$

式中: D_{ij} 为物种*i*在*j*时间段(昼间、夜间和晨昏)的独立有效照片数, N_i 为物种*i*的总独立有效照片数。

利用昼夜相对多度指数表示物种在昼间(日出至日落)、夜间(天黑至天亮)和晨昏(晨昏为每日天亮后至日出前和日落后至天黑前)的活动强度, 相对多度指数越高则动物在特定时间内活动越频繁。研究区日出、日落时间来源于中国慧聚气象网(<https://airwise.hjhj-e.com>)。

1.4.2 物种间时间重叠 采用核密度估计方法(kernel density estimation)分析物种间时间重叠度并分析其显著性^[5], 时间重叠指数(Δ_i)表示各物种间活动节律的时间重叠程度。 $\Delta_i=0$ 表示完全不重叠, $\Delta_i=1$ 表示完全重叠, 用activity包的compareCkern函数对各物种间的循环预测值进行概率检验, $P<0.05$ 表示物种间活动节律曲线差异显著^[5,16]。用R软件的overlap包、activity包和circular包进行绘图和数据分析。

1.4.3 物种间空间重叠 根据物种出现位点差异, 量化空间利用竞争特征, 以空间重叠度系数(OI)来反应物种间的空间利用重叠程度:

$$OI = O_{ij} / (O_i \times O_j)^{1/2} \quad (2)$$

式中: OI 为空间重叠度系数; O_{ij} 为任意2个物种共同出现的相机位点数; O_i 和 O_j 为两个物种各自出现的相机位点数。

空间重叠度系数越高则物种间空间利用重叠程度越高^[6-7]。

2 结果与分析

2.1 红外相机监测结果

调查期间,22台红外相机累计工作8 052个相机工作日,共拍摄到照片553 814张,其中可鉴定物种的有效照片35 971张,有效照片率为6.5%。获得独立有效照片4 982张,其中大沙鼠3 586张,子午沙鼠1 055张,兔狲34张,赤狐33张。

2.2 啮齿动物与其天敌时间重叠度

2.2.1 日活动节律重叠特征 根据昼夜相对多度指数,发现兔狲在昼夜间均有活动,其中昼间相对多度指数占比为61.8%,是夜间相对多度指数的1.8倍(图2),兔狲日活动强度一直维持在较高水平,活动高峰期出现在昼间;赤狐夜间相对多度指数占比为81.5%,是昼间相对多度指数的6.5倍,赤狐在日落后活动强度迅速增加,在午夜前达到活动高峰,随后活动强度逐渐降低;大沙鼠日活动时间主要在昼间,呈单峰型,中午12:00活动强度最高;子午沙鼠日活动时间主要集中在夜间,昼间无活动。

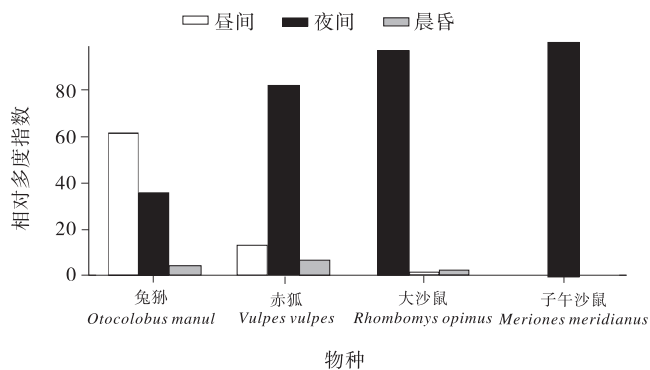


图2 大沙鼠、子午沙鼠、兔狲和赤狐昼夜活动节律

Fig. 2 The daytime-and-night activity rhythms of *Rhombomys opimus*, *Meriones meridianus*, *Otocolobus manul* and *Vulpes vulpes*

大沙鼠与兔狲(图3-A)、大沙鼠与赤狐(图3-B)日活动重叠时间集中在昼间;子午沙鼠与兔狲(图3-C)、子午沙鼠与赤狐(图3-D)日活动重叠时间集中在夜间。根据4个物种时间重叠系数可知,兔狲与大沙鼠日活动节律重叠系数(0.48)高于赤狐与大沙鼠日活动节律重叠系数(0.22),日活动节律曲线差异显著($P < 0.001$);子午沙鼠与兔狲、子午沙鼠与赤狐日活

动节律重叠系数相同(0.67),且日活动节律曲线差异显著($P < 0.01$)。

2.2.2 月活动节律重叠特征 通过分析各物种月活动节律,大沙鼠月活动节律呈单峰型,3月活动强度最高;兔狲在全年12个月均有活动,其月活动强度呈现出2个高峰期,第1个高峰期出现在5月,第2个高峰期出现在10月;赤狐月活动节律呈“U”字形,冷季活动强度较高,暖季活动强度较低;子午沙鼠的月活动强度表现出两个高峰,第1个高峰期出现在3月,第2个高峰期出现在10月(图4)。

兔狲和大沙鼠月活动重叠时间集中在1~8月(图4-A),兔狲与子午沙鼠月活动重叠时间覆盖全年(图4-C);赤狐和大沙鼠月活动重叠时间集中在1~5月(图4-B),赤狐与子午沙鼠月活动重叠时间集中在冷季(图4-D)。根据时间重叠系数可知,大沙鼠与兔狲月活动节律重叠系数(0.52)高于大沙鼠与赤狐月活动节律重叠系数(0.47),月活动节律曲线差异显著($P < 0.001$);子午沙鼠与兔狲的月活动节律重叠系数(0.73)高于子午沙鼠与赤狐的月活动节律重叠系数(0.61),但子午沙鼠与兔狲月活动节律曲线差异不显著($P = 0.28$),而子午沙鼠与赤狐月活动节律曲线差异显著($P < 0.001$)。

2.3 啮齿动物及其天敌空间重叠度

布设的22个相机位点中,其中有10个位点拍摄到赤狐,16个位点拍摄到兔狲和子午沙鼠,22个位点拍摄到大沙鼠。同一位点拍摄到大沙鼠和兔狲、大沙鼠和赤狐、子午沙鼠和兔狲、子午沙鼠和赤狐的相机个数分别为16个、11个、11个和9个。空间重叠系数分析结果表明,大沙鼠与兔狲的空间重叠系数最高(0.92),其次为大沙鼠与赤狐(0.84)、子午沙鼠与兔狲(0.83)、子午沙鼠与赤狐(0.82)。

3 讨论

动物的活动节律是动物遗传机制和生境共同作用下的行为特征^[17],明晰动物活动节律可以了解动物时间资源的利用方式,进而分析物种间的相互作用^[18]。以往研究表明,兔狲活动节律会因生境不同表现出差异性^[6],赵栋等^[19]发现贡嘎山国家级自然保护区兔狲主要在夜间活动,而蒙古国兔狲以晨昏活动为主^[20]。本研究结果表明,祁连山荒漠草原兔狲主要以

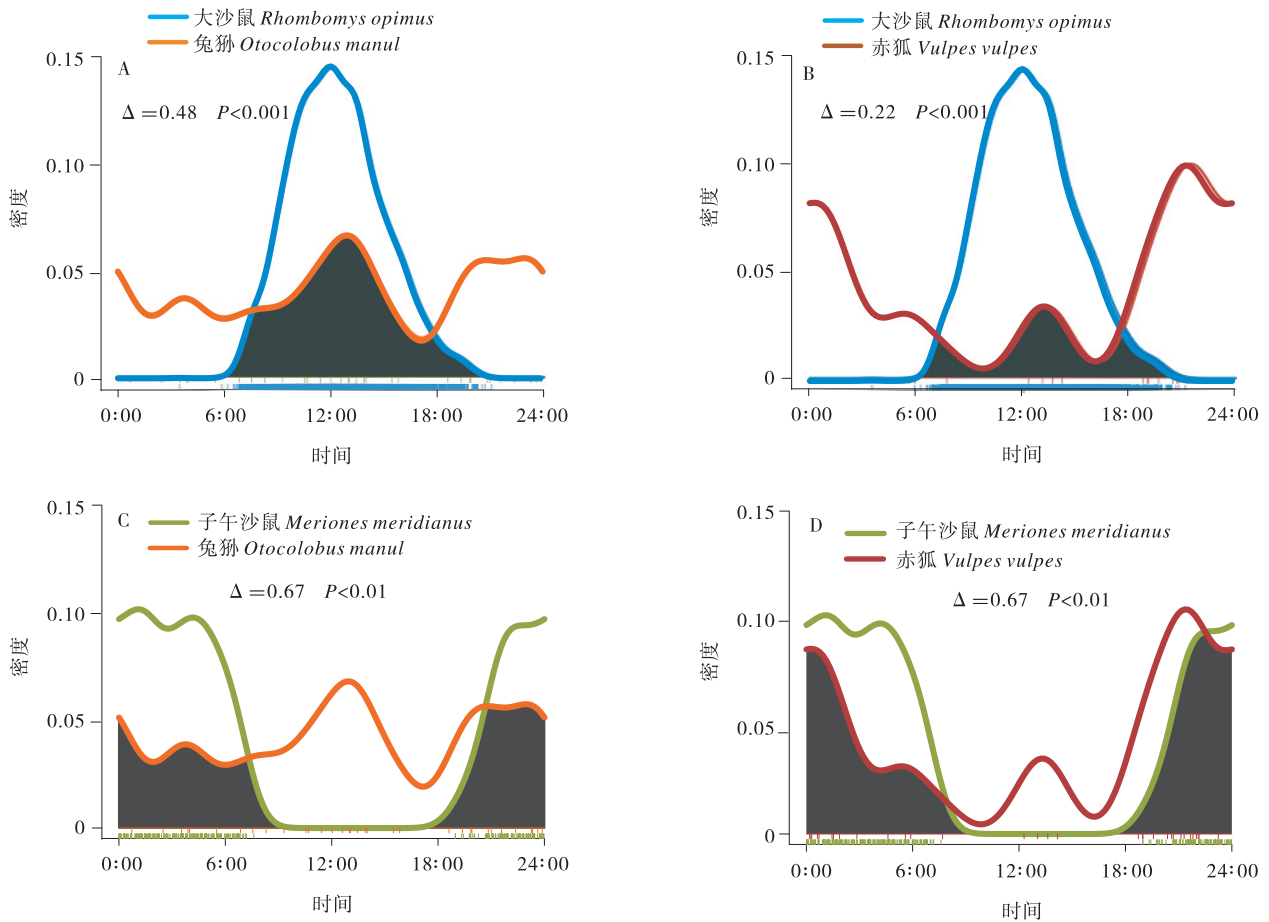


图3 大沙鼠、子午沙鼠、兔狲和赤狐的日活动节律特征

Fig. 3 Characteristics of daily activity rhythm of *Rhombomys opimus*, *Meriones meridianus*, *Otolobus manul* and *Vulpes vulpes*

注:图中黑色重叠部分为2个物种日活动节律重叠部分,横轴细线代表相应时段数据密度。

昼行性为主。研究区海拔低,气候干冷,加之大沙鼠种群密度高,兔狲在昼间活动更易提高捕食效率。赤狐主要在夜间活动,这与以往的研究结果一致^[21],但月活动强度在季节间差异较大,这可能与研究区所处的地理位置有关。大河乡西依祁连山,草原类型丰富,暖季赤狐选择在高海拔的草甸草原中栖息,避开荒漠草原炎热的夏季,冷季赤狐选择在低海拔的荒漠草原栖息,避开高海拔地区寒冷的冬季。因此,本研究暖季赤狐活动强度明显低于冷季。子午沙鼠活动时间均在日落之后,日出之前,且活动开始时间随日落时间的推迟而推迟,活动结束时间随日出时间的提前而提前,这表明子午沙鼠是夜行性啮齿动物,这与李鑫等^[22]的研究结果一致。大沙鼠昼间活动且正午活动强度达到最高值,这与前人研究结果相似^[10,23-24]。兔狲与两种啮齿动物的活动节律重叠度指数均高于赤狐,说明兔狲与两种啮齿动物的时间生态位高度重叠。赤狐为夜行性且主要在冷季活动,使得其与大沙鼠的时

间重叠度较低,兔狲活动强度在全年均保持在较高水平,因此兔狲与两种啮齿动物的时间重叠度更高。

作为生态系统的重要组成部分,食肉动物对维持群落结构和生物多样性保护具有重要意义^[18]。赤狐可以适应多样的环境条件,广泛分布于典型草原、高寒草甸等生境中,是我国的广布种,但生境选择与食物资源紧密相关^[25]。食物因子可能是赤狐等食肉动物在研究区分布的主要原因,研究区内啮齿动物相对多度指数高,加之该区域长期禁牧^[9],人为干扰小,为赤狐等食肉动物提供了良好的生境条件,促进了物种多样性。但啮齿动物种群密度超过一定阈值,会导致草原退化,严重影响生物多样性保护。研究区内食肉动物资源丰富,在调控啮齿动物种群数量进而保护草地健康发展方面具有广泛前景。研究区内兔狲、赤狐与两种啮齿动物的空间重叠度指数均高于0.82,说明兔狲和赤狐在空间上对两种啮齿动物有较强的追随关系。食肉动物不仅可以直接捕杀啮齿动物,还可以通过捕

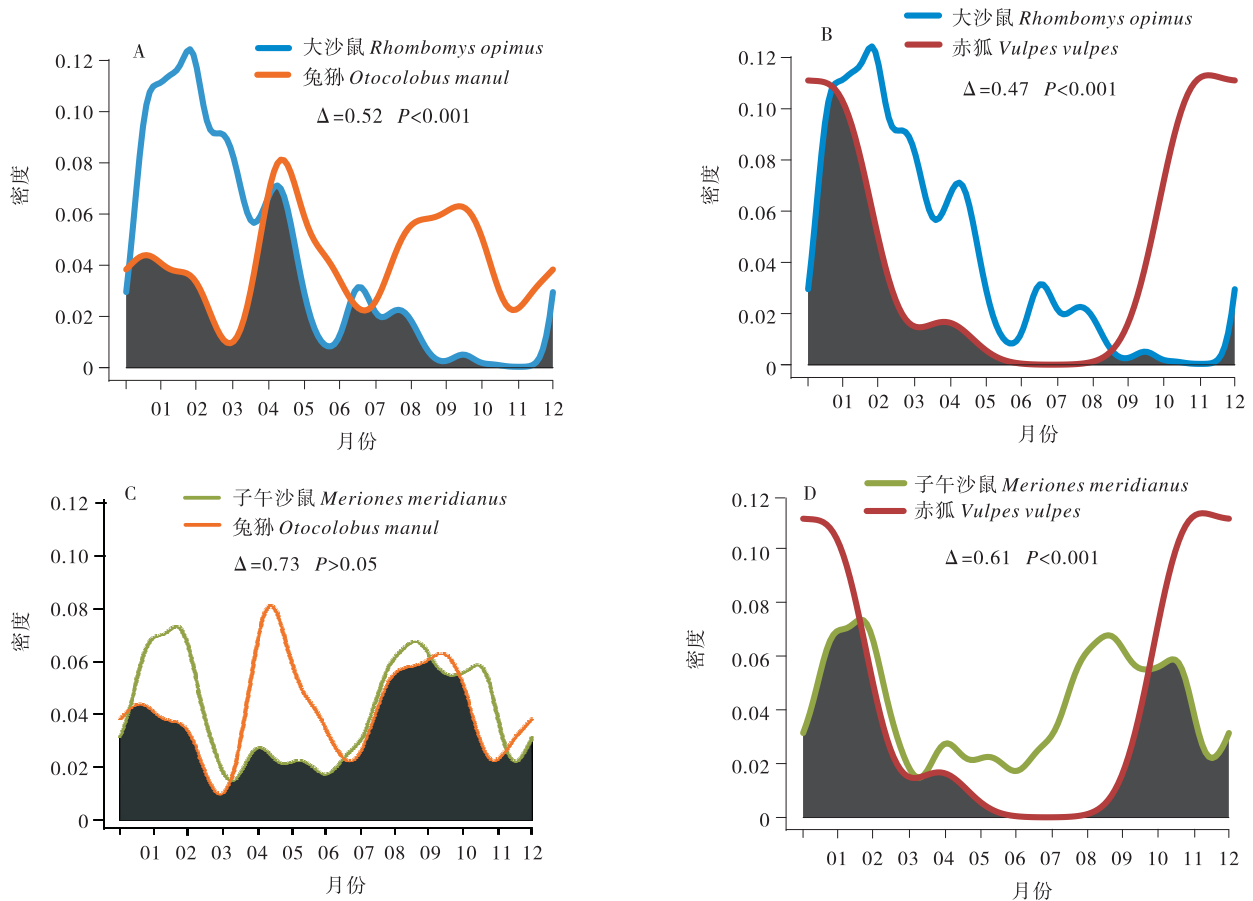


图4 大沙鼠、子午沙鼠、兔狲和赤狐的月活动节律特征

Fig. 4 Characteristics of monthly activity rhythm of *Rhombomys opimus*, *Meriones meridianus*, *Otolobus manul* and *Vulpes vulpes*

注:图中黑色重叠部分为两个物种月活动节律重叠部分

食风险效应影响啮齿动物种群动态^[26-28]。兔狲和赤狐作为小型啮齿动物主要天敌^[6,8],通过占据与啮齿动物相同的时间生态位和空间生态位捕食啮齿动物,而较强的时空追随能力可以增加其与两种啮齿动物的时空重叠度,进而通过捕食行为捕杀啮齿动物,提高自己的捕食效率^[29]。大沙鼠与两种天敌的空间重叠度高于子午沙鼠,这与大沙鼠是研究区啮齿动物优势种有关,大沙鼠分布点多于子午沙鼠,使得其独立有效照片数是子午沙鼠的3.4倍,故大沙鼠与天敌空间重叠度更高。

荒漠草原生态系统由于其环境的严酷性决定了该生态系统的脆弱性和不稳定性^[30-31],食肉动物作为该生态系统重要生物类群,具有调控生态系统结构功能,维持生态系统平衡的重要作用。因此,利用兔狲等本地优势种控制啮齿动物种群数量具有广泛前景。但由于红外相机布设范围和数量有限,获得天敌独立

有效照片较少,难以准确反映其与啮齿动物的时空分布关系。今后应扩展红外相机覆盖范围,并整合多种调查手段进行长期监测,为科学高效推动鼠害天敌调控提供基础数据。

4 结论

兔狲主要在白天活动,活动强度季节间分布均匀;赤狐主要在夜间活动,冷季活动强度明显高于暖季;子午沙鼠主要在夜间活动,活动强度在3月和10月各表现出1个活动高峰;大沙鼠主要在白天活动,活动高峰期主要集中在12月至次年5月。兔狲与子午沙鼠和大沙鼠的时空重叠度均高于赤狐。

参考文献:

- [1] 求锦津,王咏雪,李铁军,等. 舟山长白海域主要游泳动物生态位及其分化研究[J]. 生态学报, 2018, 38(18): 6759-6767.

- [2] 覃林. 统计生态学[M]. 北京:北京林业出版社,2009.
- [3] 罗莲莲,周宏,唐俊峰,等. 大熊猫与同域动物在海拔分布上的生态位分化[J]. 兽类学报,2020,40(4):337-345.
- [4] 刘小斌,赵凯辉,王勳. 利用红外相机监测数据分析佛坪国家级自然保护区豹猫和黄喉貂活动节律及空间分布[J]. 动物学杂志,2022,57(1):9-18.
- [5] 陈立军,束祖飞,肖治术. 应用红外相机数据研究动物活动节律——以广东车八岭保护区鸡形目鸟类为例[J]. 生物多样性,2019,27(3):266-272.
- [6] 王东,赛青高娃,王子涵,等. 长江源区同域分布兔狲、藏狐和赤狐的时空重叠度[J]. 生物多样性,2022,30(9):123-132.
- [7] 王盼,白文科,黄金燕,等. 同域分布大熊猫和水鹿生境利用分异特征[J]. 生态学报,2018,38(15):5577-5583.
- [8] 马勇,孙兆惠,刘振生,等. 赤狐食性的研究进展[J]. 经济动物学报,2014,18(1):53-58.
- [9] 祁晓梅. 大沙鼠对肃南县山地荒漠化草原的危害现状调查及成因分析[J]. 畜牧兽医杂志,2017,36(1):86-89.
- [10] 乔洪海,刘伟,杨维康,等. 大沙鼠行为生态学研究现状[J]. 生态学杂志,2011,30(3):603-610.
- [11] 解焱. 中国兽类野外手册[M]. 长沙:湖南教育出版社,2009.
- [12] 约翰·马敬能,卡伦·菲利普斯,何芬奇. 中国鸟类野外手册[M]. 长沙:湖南教育出版社,2000.
- [13] 魏辅文,杨奇森,吴毅,等. 中国兽类名录(2021版)[J]. 兽类学报,2021,41(5):487-501.
- [14] 郑光美. 中国鸟类分类与分布名录(第三版)[M]. 北京:科学出版社,2017.
- [15] 周恩芳,姜树珍,张夏刚,等. 山西灵丘县草地鼠类群落划分及多样性研究[J]. 草原与草坪,2016,36(3):78-83.
- [16] Cavalcanti F, Lemos F, Junior M, et al. Puma activity patterns and temporal overlap with prey in a human-modified landscape at Southeastern Brazil[J]. Journal of Zoology, 2018, 305(4):246-255.
- [17] 周世强,张晋东, HULL V, 等. 野生大熊猫与放牧家畜的活动格局比较[J]. 生态学报, 2019, 39(3):1071-1081.
- [18] 李治霖,多立安,李晟,等. 陆生食肉动物竞争与共存研究概述[J]. 生物多样性,2021,29(1):81-97.
- [19] 赵栋,杨创明,和梅香,等. 贡嘎山国家级自然保护区兔狲的活动节律与适宜栖息地预测[J]. 四川动物,2019,38(3):320-327.
- [20] Murdoch J, Tserendorj M, Reading R. Pallas' Cat ecology and Conservation in the Semi-desert Steppes of Mongolia[J]. CAT News, 2006, 45(45):18-19.
- [21] 施小刚,史晓昀,胡强,等. 四川邛崃山脉雪豹与赤狐时空生态位关系[J]. 兽类学报,2021,41(2):115-127.
- [22] 李鑫,袁帅,付和平,等. 荒漠区两种优势鼠种的活动节律及其影响因子[J]. 兽类学报,2020,40(6):585-594.
- [23] Wen X Y, Cheng X T, Dong Y Q, et al. Analysis of the activity rhythms of the great gerbil (*Rhombomys opimus*) and its predators and their correlations based on infrared camera technology[J]. Global Ecology and Conservation, 2020, 24:e01337.
- [24] Kitchen A M, Gese E M, Schauster E R. Changes in coyote activity patterns due to reduced exposure to human persecution [J]. Canadian Journal of Zoology, 2000, 78(5):853-857.
- [25] 张洪海,李成涛,窦华山,等. 内蒙古达赉湖地区赤狐生境选择及生境景观特征分析[J]. 生态学报,2012,32(8):2342-2350.
- [26] 贾举杰,李锋,倪亦非,等. 内蒙古典型草原区狭颅田鼠集群数量与被捕食风险的关系[J]. 生态学报,2016,36(24):8128-8135.
- [27] 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):115-120.
- [28] 魏万红,曹伊凡,张堰铭,等. 捕食风险对高原鼠兔行为的影响[J]. 动物学报,2004(3):319-325.
- [29] 石建斌. 捕食风险的种群动态效应及其作用机理研究进展[J]. 动物学杂志,2013,48(1):150-158.
- [30] 焦越佳,张佳雨,黄馨慧,等. 内蒙古荒漠草原东部植被指标动态变化及其与气候变化的关系[J]. 草地学报,2022,30(1):153-160.
- [31] 沈婷婷,王悦骅,韩国栋. 短花针茅草原生态系统稳定性对放牧的响应[J]. 草原与草坪,2022,42(6):88-94.

Spatio temporal overlap of dominant rodents and their predators in desert steppe of Qilian Mountains

MA Yi-jie, CHU Bin, YE Guo-hui, CAI Bin, MA Xiang, WANG Yi-fei, ZHANG Ya, SUN Bing-tang, LI Zhi, HUA Li-min*

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

Abstract: [Objective] Understanding the spatial and temporal distribution characteristics of rodents and their predators is essential for exploring the interspecific relationships. [Method] In this study, 22 infrared cameras were set up in desert steppe of Qilian Mountains from December 2020 to January 2022 to capture independent and reliable photographic data of animals. The dominant rodents in the study area were *Rhombomys opimus* and *Meriones meridianus*, with their natural predators being *Otocolobus manul* and *Vulpes vulpes*. The activity patterns and spatial distributions of these four target species were analyzed based on their independent photographic data. [Result] 1) *Otocolobus manul* was active all year round, with peaks in activity intensity occurring in May and October. *Vulpes vulpes* showed higher activity in colder seasons and lower in warmer seasons. *Meriones meridianus* had higher activity intensity in March and October; while *Rhombomys opimus* was mainly active from December to May of the following year. 2) *Meriones meridianus* and *Vulpes vulpes* were primarily nocturnal, while *Rhombomys opimus* and *Otocolobus manul* were primarily diurnal. 3) The overlap in activity rhythm was highest between *Otocolobus manul* and the *Meriones meridianus*, followed by *Vulpes vulpes* and *Meriones meridianus*, *Otocolobus manul* and *Rhombomys opimus*, and *Vulpes vulpes* and *Rhombomys opimus*. 4) The spatial overlap coefficient was the highest between *Otocolobus manul* and *Rhombomys opimus* (0.85), followed by *Vulpes vulpes* and *Rhombomys opimus* (0.71), *Otocolobus manul* and *Meriones meridianus* (0.69), and *Vulpes vulpes* and *Meriones meridianus* (0.68). [Conclusion] The spatiotemporal overlap between *Otocolobus manul* and *Meriones meridianus*, as well as *Rhombomys opimus*, was higher than that between *Vulpes vulpes* and *Meriones meridianus* or *Rhombomys opimus*.

Key words: infrared camera; rodent; carnivores; spatiotemporal overlap; predator-prey relationship

(责任编辑:康宇坤)