

阿拉善荒漠连续放牧对三趾跳鼠巢区的影响

袁帅^① 杨素文^① 付和平^① 李燕妮^① 武晓东^{①*} 岳秀贤^②

① 内蒙古农业大学草原与资源环境学院, 草地资源教育部重点实验室, 内蒙古农业大学啮齿动物研究中心 呼和浩特 010011;

② 内蒙古自治区林业监测规划院 呼和浩特 010020

摘要: 三趾跳鼠 (*Dipus sagitta*) 是内蒙古西部荒漠草原和沙地的优势害鼠, 巢区研究对了解探讨其繁殖策略和种群动态规律有着重要的理论和实践意义。本研究通过 2012~2014 年的野外标志重捕实验, 对三趾跳鼠的巢区在连续放牧和禁牧条件下的变动特征进行了分析。结果表明, 连续放牧区雌性三趾跳鼠在 6 月的巢区范围显著大于禁牧区 ($P < 0.05$); 禁牧区雄性三趾跳鼠的巢区仅在 7 月份显著大于连续放牧区 ($P < 0.05$), 其他季节没有显著差异 ($P > 0.05$)。放牧对雄性巢区无显著影响 ($P > 0.05$), 但连续放牧使雌性三趾跳鼠巢区范围显著大于禁牧区。雌性与雄性三趾跳鼠巢区均与一年生草本生物量存在正相关关系。这些结果表明, 相对于雄性三趾跳鼠来说, 雌性对由放牧导致的食物资源变化比较敏感, 这种现象在哺乳期更为显著; 繁殖是影响雄性三趾跳鼠巢区的因素之一。因此, 保卫资源假说的理论可能是放牧导致三趾跳鼠巢区变化的重要原因之一。

关键词: 三趾跳鼠; 放牧; 巢区; 偏冗余分析

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2017) 06-964-09

The Effect of Successive Grazing on the Home Range of Northern Three Toed Jerboa (*Dipus sagitta*) in Alax Desert

YUAN Shuai^① YANG Su-Wen^① FU He-Ping^① LI Yan-Ni^① WU Xiao-Dong^{①*} YUE Xiu-Xian^②

① College of Grassland, Resources and Environment; Rodent research center, Inner Mongolia Agricultural University; Key Laboratory of Grassland Resources, Ministry of Education, Hohhot 010011; ② The Institute of Forestry Monitoring and Planning of Inner Mongolia Autonomous Region, Hohhot 010020, China

Abstract: Northern Three Toed Jerboa (*Dipus sagitta*) is one of dominant rodent pests in the western desert in Inner Mongolia. Study on home range of *D. sagitta* have theoretical and practical significance in exploring rodent reproductive strategies and the population dynamics. An experiment was conducted in Alax desert in order to investigate home range of *D. sagitta* subjected to successive grazing during April to October between the year of 2012 to 2014. Rodent was captured by living trapping method. The influence of grazing treatment on the home range of Northern Three Toed Jerboa between each gender and seasons, were tested using mixed

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 31602003, 31560669);

* 通讯作者, E-mail: wuxiaodong_hgb@163.com。

第一作者介绍 袁帅, 男, 博士; 研究方向: 草地保护与草原啮齿动物生态; E-mail: yuanshuai2020@163.com。

收稿日期: 2017-05-23, 修回日期: 2017-08-10 DOI: 10.13859/j.cjz.201706005

effect model. Relation between plant factors and body mass within the home range was analyzed by partial redundancy analysis method. The results showed that the population density of *D. sagitta* in grazing exclusion sites was higher than that in successive grazing sites (Fig. 1). Successive grazing decreased height, coverage, density and biomass of herbage and shrub height significantly (Fig. 2). The home range of females in the field with successive grazing was larger significantly than that in grazing exclusion sites only on the month June ($P < 0.05$, Fig. 3a). The home range of males in grazing exclusion sites was significant larger than that in successive grazing sites on July ($P < 0.05$, Fig. 3b). No any remarkable difference was found between the habitat treatments in other seasons ($P > 0.05$, Fig. 3b). Although the treatment of successive grazing had no significant effect on the male's home range ($P > 0.05$), it did extended the female's home ranges ($P < 0.05$, Fig. 4, Table 2). Meanwhile, home ranges, both male and female were positive associated with the biomass of annual herbage (Fig. 5). It indicated that the home range of female jerboas was more sensitive to the food availability decreasing than males, especially during lactation period. While breeding was one important factors influencing the home range size for males. The Resources defending Hypothesis could be one for the home range change of *D. sagitta* due to grazing reducing the food availability.

Key words: *Dipus sagitta*; Grazing; Home range; Partial redundancy analysis

巢区是动物在完成生存和繁殖等必要活动中经常使用的区域 (Burt 1943)。鼠类巢区变化反映生活史策略及其种群的动态变化 (刘伟等 2002)。之前的研究表明, 啮齿动物的巢区常会受到来自个体水平和环境的多个因子影响, 这些因子包括资源可用性、季节、栖息地结构、捕食风险、个体性别和体重等 (Begg et al. 2005, Schradin et al. 2010, Godsall et al. 2014)。资源防卫假说认为资源可用性和可预见性是影响动物个体领域的主要因子 (Addison 2016), 这个因子对于繁殖期的雌性影响更加显著 (Ims 1987, Bilenka et al. 1992)。均质分布的资源会减小动物的资源防卫性 (Hinsch et al. 2013)。放牧是干旱和半干旱区草原影响最大的土地利用方式 (Frank et al. 2013)。选择放牧和高载畜量已经明显影响了干旱区植被的结构和多样性 (Kleiner 1972, Olf et al. 1998)。由放牧导致的植被变化必然导致动物所需资源的异质性。啮齿动物是干旱区生态系统中的重要组成部分和环境变化的重要指示者 (Ojeda et al. 2009)。有关放牧对啮齿动物的影响, 国内外集中了大量研究 (Keesing 1998, Lagesse et al. 2016, Li et al. 2016)。但是有关放牧对啮齿动

物巢区的影响研究较少。三趾跳鼠 (*Dipus sagitta*) 是内蒙古西部荒漠草原和沙地的害鼠之一, 同时也是蒙新亚区动物区系典型代表种类 (赵肯堂 1964), 巢区研究对了解其活动范围、空间资源的利用格局、社群关系 (包括婚配制度), 进而探讨其繁殖策略和种群动态规律有着重要的理论和实践意义 (刘伟等 2002), 但是有关三趾跳鼠巢区及放牧对巢区影响的研究并不多见。因此本文对三趾跳鼠巢区在放牧干扰下的变化进行了研究。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区 ($37^{\circ}24' \sim 38^{\circ}25'N$, $104^{\circ}10' \sim 105^{\circ}30'E$) 位于内蒙古自治区阿拉善左旗南部, 腾格里沙漠东缘。气候为典型高原大陆性气候。极端最低温和极端最高温分别为 $-36^{\circ}C$ 和 $42^{\circ}C$ 。年降雨量 $45 \sim 215$ mm, 约 70% 的降雨集中在 6~9 月。无霜期 156 d。地形起伏不平, 丘陵、沙丘与平滩相间。土壤为灰漠土和灰棕土。草地类型为沙质荒漠亚类, 属于温性荒漠类型。植物建群种以藜科 (Chenopodiaceae)、菊科 (Compositae) 和蒺藜科 (Zygophyllaceae)

物种为主,其次为蔷薇科(Rosaceae)、怪柳科(Tamaricaceae)物种。在这样的生境中,选择禁牧区和连续放牧区2种不同的生境作为取样区。禁牧区面积206.6 hm²,1997年开始围封。连续放牧区面积146.6 hm²,全年连续放牧,放牧550~620只羊(武晓东等2016)。

1.2 研究方法

1.2.1 数据采集方法 动物数据采集,是在每种生境中各选择3个取样区,在各取样区中心建立1个0.96 hm²的固定标志重捕样地。在每个样地中按7×8的方格布笼,每个网格点上放置1个活捕笼,行距及笼距均为15 m。使用新鲜花生作诱饵。2012~2014年连续3年每年的4~10月各月进行标记重捕,每次连捕4 d。记录捕获个体的种名、性别、繁殖状况和捕获位置,称量捕获个体体重,并对每个捕获个体进行标记,除跳鼠科啮齿动物用脚环标记外,其他啮齿动物均使用PIT芯片标记。

植物数据采集,2012~2014年连续3年的4~10月各月初进行植物取样。在每个动物取样样区内随机选取3个10 m×10 m样方进行灌木取样,在每个灌木样方中随机选取3个1 m×1 m的样方作为草本样方。在这些样方中测量植物的高度、盖度、密度和生物量。在灌木样方内对每种灌木分别选取大、中、小三个植株测量其高度(cm)以及最大和最小冠幅。记录灌木样方内各灌木物种的密度(株/m²),并取中等植株一定比例的当年生枝条称量其烘干后的干重(精度为0.01 g)。此外本研究还测量了1 m²样方内草本的密度(株/m²)、高度(cm),应用网格法估计盖度(%),并分别测量了一年生和多年生草本植物地上部分的干重(精度为0.01 g)。

1.2.2 数据分析 种群数量用公式 $C = (A/T) \cdot 100\%$ 计算,式中, C 表示百笼捕获率(%), A 为捕获三趾跳鼠的数量, T 为布放活捕笼的总次数。4 d中重捕到的同一个体只计为1只,各月的百笼捕获率分月独立计算。

本研究使用调整最大距离来衡量三趾跳鼠

的巢区。调整最大距离的原理与最小面积法发展为周边地带法的原理是相同的(Stickel 1954)。最大距离法与其他巢区面积计算方法相比,需要的重捕次数少,操作更加简单,计算便捷,并可进行显著性分析(郑生武等1982)。计算公式为 $H = L_{sc} + (L_{s+1} + L_{e+1})/2$,式中, H 表示调整最大距离, L_{sc} 为同一捕获期内距离最远的两个捕获点之间的距离, L_{s+1} 为起点与其最近的一个活捕笼之间的距离, L_{e+1} 为终点与其最近的一个活捕笼之间的距离。本研究所计算的调整最大距离是每个月4 d捕获期内三趾跳鼠活动的距离,各月独立计算。

对阿拉善荒漠地区的三趾跳鼠在不同放牧条件下巢区的季节差异进行检验;对性别与处理差异进行双因素方差分析,对三趾跳鼠在不同栖息地中的植物高度、盖度、密度和生物量进行方差分析,方差分析均选用混合效应模型,并将年份、月份、重复等作为随机效应,方差分析使用SAS 9.2。对三趾跳鼠的巢区、体重与植物各指标间的关系使用偏冗余分析,年份、月份均作为协变量,偏冗余分析使用Canoco4.5完成。显著性水平 $P = 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 连续放牧对三趾跳鼠种群数量及栖息地环境因子的影响

2012与2014年共布设32 928个笼日。捕获三趾跳鼠617只,其中雌性377只,雄性240只。三趾跳鼠的种群数量在连续放牧与禁牧区内的季节变化趋势基本一致,但禁牧区4~7月的种群数量大于连续放牧区(图1)。

连续放牧显著降低了一年生草本的高度、盖度、密度和生物量(图2);连续放牧显著降低了灌木的平均高度(图2a);多年生草本在连续放牧样地中的密度和生物量显著增加(图2c, d),这主要是由于连续放牧样地中出现了大量的牛心朴子(*Cynanchum komarovii*)等毒草。

2.2 不同放牧方式下巢区的季节差异

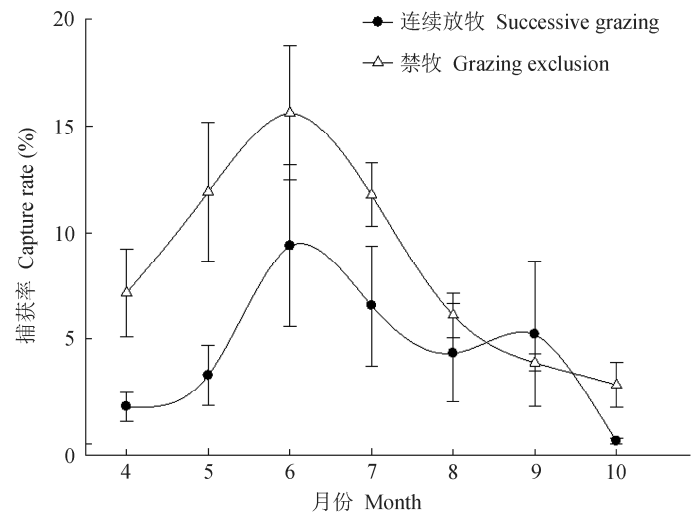


图 1 连续放牧干扰下三趾跳鼠种群动态
Fig. 1 Population dynamic of Northern Three Toed Jerboa under successive grazing

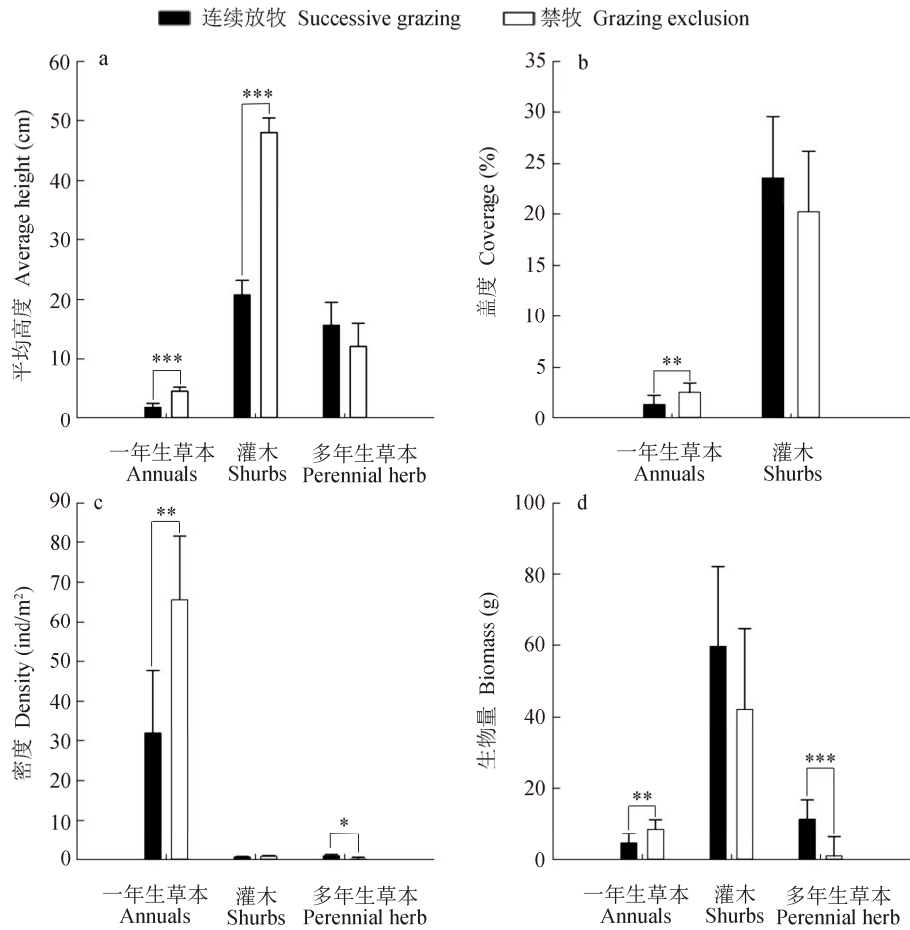


图 2 连续放牧对植被的影响
Fig. 2 The effect of successive grazing on vegetation
a. 平均高度; b. 盖度; c. 密度; d. 生物量。* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$.
a. Plant height; b. Plant coverage; c. Plant density; d. Plant biomass.

三趾跳鼠的活动季节从 4 月持续到 10 月份, 由于 4 月、5 月、9 月、10 月各月内捕获 3 次以上的个体数量较少, 因此我们将 4、5 月各月捕获 3 次以上的个体数量合并作为春季捕获量, 9、10 月合并作为秋季数量。连续放牧区雌性三趾跳鼠在整个活动季节的巢区范围均大于禁牧区, 但这一差异仅在 6 月份显著 ($P < 0.05$, 图 3a); 禁牧区雄性三趾跳鼠的巢区仅在 7 月份显著大于连续放牧区 ($P < 0.05$), 其他季节连续放牧与禁牧间雄性巢区没有显著差异 ($P > 0.05$, 图 3b)。连续放牧区捕获 3 次以上的雄性个体数量较少, 这可能是春季和 6 月雄性巢区误差较大的原因 (分别为 3 只和 4 只, 表 1)。虽然雄性在整个季节间巢区差异不明显, 但 4~6 月的巢区均值大于其他月份。

2.3 连续放牧方式下巢区的性别差异

三趾跳鼠巢区的放牧处理和性别的双因素分析结果表明: 放牧处理与性别对三趾跳鼠巢区的单因素作用均不显著。连续放牧和禁牧条件下, 三趾跳鼠巢区均无明显性别差异 ($P > 0.05$)。放牧处理对雄性巢区无显著影响 ($P > 0.05$), 但连续放牧使雌性三趾跳鼠巢区范围显著大于禁牧区 ($P < 0.05$, 表 2, 图 4), 这种情

况在 6 月份更加显著 ($P < 0.05$, 图 3a)。

2.4 三趾跳鼠巢区的影响因子

将三趾跳鼠与其栖息地中的植被进行偏冗余分析后发现: 雌性三趾跳鼠的活动距离与自身体重呈正相关; 栖息地生境中一年生草本高度和生物量及灌木高度均与雌性巢区呈正相关, 且对巢区变化具有较大的解释量。多年生草本高度、密度及生物量与雌性巢区呈负相关, 且对巢区变化有较大的解释量 (图 5a)。雄性三趾跳鼠的巢区与体重相关不显著; 但与一年生草本高度、密度和生物量呈正相关, 且这几个指标对巢区变化的解释量较大; 灌木密度和盖度及多年生草本的密度与雄性巢区呈负相关, 且对巢区变化有较大的解释量 (图 5b)。

3 结论与讨论

在本研究中体重越大的雌性三趾跳鼠表现出越大的活动距离, 但雄性巢区则与体重无显著关系。这表明巢区大小与体重的关系可能存在性别差异。Batzli 等 (1993) 认为动物的体重越大, 所需的巢区范围也就越大, 以保证充足的食物资源供给。雌性和雄性个体在体重与巢区大小的关系上会采取不同的策略 (Godsall

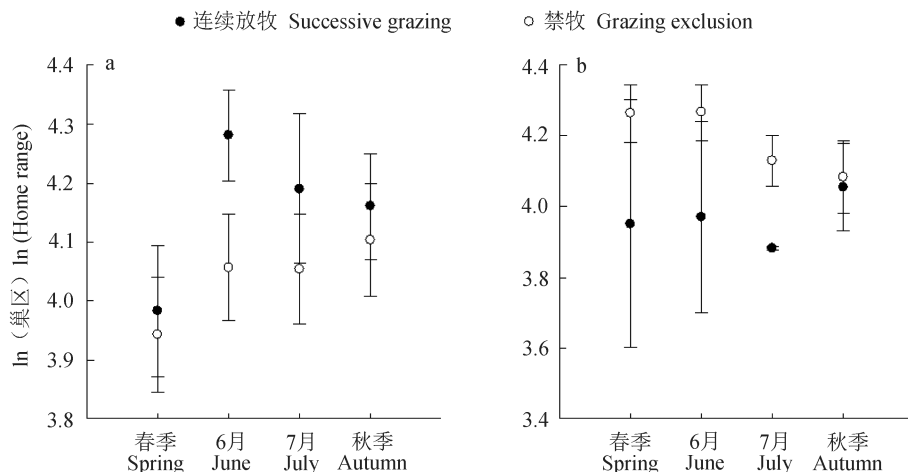


图 3 不同性别三趾跳鼠巢区的季节差异

Fig. 3 The seasonal home range difference of northern three toed jerboa

a. 雌性; b. 雄性。a. Female; b. Male.

表 1 不同季节内连续捕获 3 次及以上的三趾跳鼠数量

Table 1 The number of individual successive captured (≥3 times) in different seasons

性别 Sex	处理 Grazing treatment	春季 Spring	6 月 June	7 月 July	秋季 Autumn
雌性 Female	连续放牧 Successive grazing	8	21	12	21
	禁牧 Grazing exclusion	29	22	17	15
雄性 Male	连续放牧 Successive grazing	3	4	3	6
	禁牧 Grazing exclusion	19	18	24	17

表 2 混合效应模型分析结果

Table 2 The result of mix effects model

效应 Effects	自由度 Number of degree of freedom	自由度密度 Density of degree of freedom	F 值 F value	P 值 P value
处理 Treatment (Tr)	1	215	0.02	0.879 8
性别 Sex	1	242	0.01	0.931 2
处理×性别 Interaction of treatment with sex	1	234	5.13	0.024 4

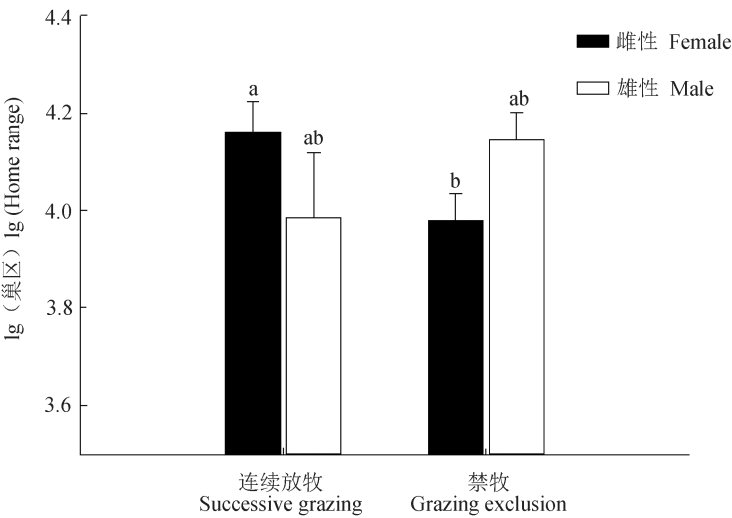


图 4 连续放牧对不同性别三趾跳鼠巢区影响

Fig. 4 Effects of successive grazing on home range of different gender for Northern three toed jerboa

图中不同字母代表差异性显著. Different letters show significant difference between successive grazing and grazing exclusion.

et al. 2014)，我们的研究支持这一结论。

本研究中雌雄三趾跳鼠巢区均对栖息地内的一年生草本做出了积极响应。而研究区内一年生草本以藜科的沙蓬（*Agriophyllum pungens*）、虫实（*Corispermum mongolicum*）、雾冰藜（*Bassia dasyphylla*）等为主，这些物种是三趾跳鼠喜食的植物。因此，食物是影响三

趾跳鼠巢区变化的因素之一。之前的研究表明，食物可用性的增加使巢区范围变小，资源分布是决定空间行为和领域的重要因子（Saïd et al. 2005, Schradin 2010, Frafjord 2016）；本研究中连续放牧导致一年生草本生物量、高度和密度等显著下降，从而影响三趾跳鼠的食物资源，而雌性在繁殖、育幼等过程中会消耗大量的能

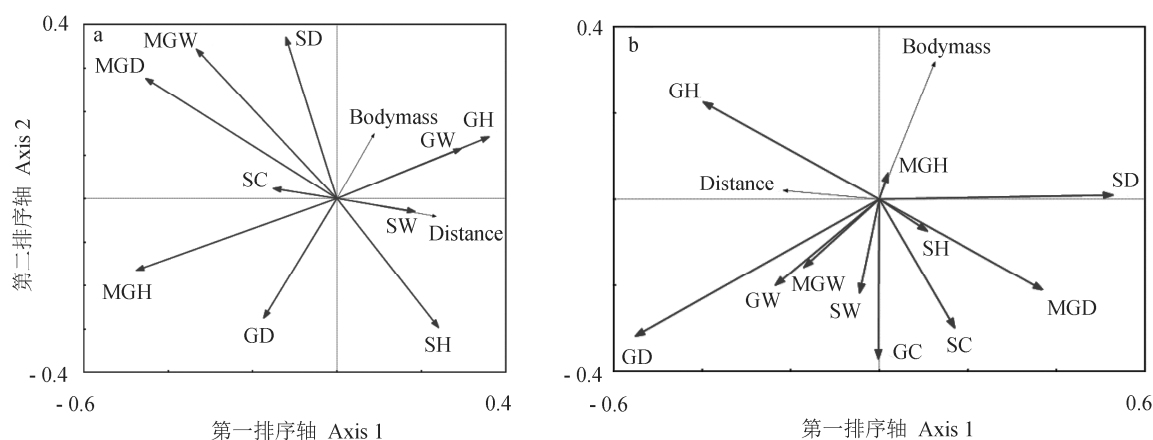


图 5 三趾跳鼠巢区偏冗余分析结果

Fig. 5 The results of PRDA for home range

a. 雌性; b. 雄性。a. Female; b. Male.

Distance. 活动距离; Bodymass. 个体体重; GH. 一年生草本高度; GC. 一年生草本盖度; GD. 一年生草本密度; GW. 一年生草本生物量; MGH. 多年生草本高度; MGD. 多年生草本密度; MGW. 多年生草本生物量; SH. 灌木高度; SC. 灌木盖度; SD. 灌木密度; SW. 灌木生物量。

GH. Annual herb height; GC. Annual coverage; GD. Annuals density; GW. Annual biomass; MGH. Perennial herb height; MGD. Perennial herb density; MGW. Perennial herb biomass; SH. Shrub height; SD. Shrub density; SW. Shrub biomass.

量, 因此在食物不够丰富的连续放牧区具有较大的活动距离以获得充足的食物。一些研究认为, 当食物可用性较高时, 个体可能在几乎不用付出代价的较小区域内即可满足自己的能量需求 (Dahle et al. 2003, Schradin et al. 2010)。那些不能保持能量储备的野生动物被迫增加觅食努力, 以达到再次获得关键能量储存的目的。那些具有较高脂肪储备的个体, 可能并不需要太远的距离来解决它们能量需要 (Godsall et al. 2014)。较低的能量储备会影响个体的竞争力, 这可能会导致由竞争得到的主要食物资源减少, 并迫使脂肪少的个体去更远的地方以获得充分的资源来避免死亡 (Briffa et al. 2007)。因此本研究中禁牧区雌性三趾跳鼠巢区显著小于连续放牧区的原因, 可能是由于禁牧区较高的食物资源可用性导致的。

食物与繁殖是影响啮齿动物活动的两个重要因子 (Powell 1979), 保卫资源假说认为, 雌性在繁殖季节会保卫食物可用性。在繁殖期间, 雌性的巢区选择会与食物可用性有关, 而

雄性的巢区选择则与食物可用性无关 (Ims 1987, Bilenca et al. 1992)。三趾跳鼠 3、4 月份出蛰, 出蛰后马上进入繁殖期, 妊娠期 28~30 d (赵肯堂 1964, 武晓东等 2009), 按此推算 6 月份为雌性抚幼和哺乳期, 这一时期可能需要更多的营养和能量, 因此连续放牧使栖息地条件恶化, 从而导致雌性巢区在繁殖期显著增加, 以此补偿资源的减少。本研究中雄性三趾跳鼠并没有因为食物资源的下降而增加相应的活动距离, 只是繁殖期巢区大于非繁殖期。三趾跳鼠并非全年繁殖, 所以繁殖对巢区的影响可能只会发生在特定时期, 而不是整个跳鼠活动季节。因此繁殖是影响雄性三趾跳鼠巢区的原因之一。导致连续放牧与禁牧间无差异的可能原因是雄鼠相对雌鼠所需要的能量较少, 在其活动范围内的食物可能就可以满足其需求, 故没有显著差异。此外在连续放牧区连续三次以上捕获的雄性三趾跳鼠样本量较少也可能是导致放牧与禁牧间雄性巢区无差异的原因。有关这方面的情况还需进一步研究。

本研究认为连续放牧会导致雌性三趾跳鼠巢区范围的增加, 雌性三趾跳鼠对由于连续放牧导致的食物资源可用性下降尤为敏感, 这一情况在哺乳期尤为显著。但连续放牧对雄性巢区影响不大, 繁殖是影响其巢区的原因之一。我们的研究支持资源保卫理论。从鼠害防治角度来看, 在三趾跳鼠哺乳期降低其食物可用性 & 增加有毒饵料的投放, 可能会更高效地抑制其种群数量。进一步通过精确定位连续放牧条件下三趾跳鼠的食物资源变动对其巢区的影响, 以及食物中关键成分所起的作用, 将更具现实意义。

参 考 文 献

- Addison J. 2016. The predictive value of resource defence theory in understanding resource user responses to climatic variability: implications for the viability of institutions in a resource dependent context. *Human Ecology*, 44(2), 137–152.
- Batzli G O, Henttonen H. 1993. Home rang and social organization of the singing vole (*Microtus miurus*). *Journal of Mammalogy*, 74(4): 868–878.
- Begg C M, Begg K S, Toit J T D, et al. 2005. Spatial organization of the honey badger *Mellivora capensis* in the southern Kalahari: home range size and movement patterns. *Journal of Zoology*, 265(1): 23–35.
- Bilenca D N, Kravetz F O, Zuleta G A, et al. 1992. Food habits of *Akodon azarae* and *Calomys laucha* in agroecosystems of central Argentina. *Journal of Mammalogy*, 56(3): 371–383.
- Briffa M, Sneddon L U. 2007. Physiological constraints on contest behaviour. *Functional Ecology*, 21: 627–637.
- Burt W H. 1943. Territoriality and home range concepts as applied to mammals. *Journal of Mammalogy*, 24(3): 346–352.
- Dahle B, Swenson J E. 2003. Home ranges in adult Scandinavian brown bears (*Ursus arctos*): effect of mass, sex, reproductive category, population density and habitat type. *Journal of Zoology*, 260(4): 329–335.
- Frafjord K. 2016. Influence of Reproductive Status: Home Range Size in Water Voles (*Arvicola amphibius*). *PLoS One*, 11(4): e0154338.
- Frank A S K, Dickman C R, Wardle G M, et al. 2013. Interactions of grazing history, cattle removal and time since rain drive divergent short-term responses by desert biota. *PLoS One*, 8(7): 1–13.
- Godsall B, Coulson T, Malo A F. 2014. From physiology to space use: energy reserves and androgenization explain home range size variation in a woodland rodent. *Journal of Animal Ecology*, 83(1): 126–135.
- Hinsch M, Pen I, Komdeur J. 2013. Evolution of defense against depletion of local food resources in a mechanistic foraging model. *Behavioral Ecology*, 24(1), 245–252.
- Ims R A. 1987. Responses in spatial organization and behavior to manipulation of food resource in the vole *Clethrionomys rufocanus*. *Journal of Animal Ecology*, 56(2): 585–596.
- Keesing F. 1998. Impacts of ungulates on the demography and diversity of small mammals in central Kenya. *Oecologia*, 116(3): 381–389.
- Kleiner E F, Harper K. 1972. Environment and Community Organization in Grasslands of Canyonlands National Park. *Ecology*, 53(2): 299–309.
- Lagesse J V, Thondhlana G. 2016. The effect of land-use on small mammal diversity inside and outside the Great Fish River Nature Reserve, Eastern Cape, South Africa. *Journal of Arid Environments*, 130: 76–83.
- Li G, Yin B, Wan X, Wei W, et al. 2016. Successive sheep grazing reduces population density of Brandt's voles in steppe grassland by altering food resources: a large manipulative experiment. *Oecologia*, 180(1): 149–159.
- Ojeda R A, Tabeni S. 2009. The mammals of the Monte Desert revisited. *Journal of Arid Environments*, 73(2): 173–181.
- Olf H, Ritchie M E. 1998. Effects of herbivores on grassland plant diversity. *Trends in Ecology & Evolution*, 13(7): 261–265.
- Powell R A. 1979. Mustelid spacing patterns: Variations on a theme by *Mustela*. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, (50): 153–165.
- Saïd S, Gaillard J M, Duncan P, et al. 2005. Ecological correlates of home range size in spring-summer for female roe deer (*Capreolus capreolus*) in a deciduous woodland. *Journal of Zoology*, 267: 301–308.
- Schradin C, Schmohl G, Rödel H G, et al. 2010. Female home range

- size is regulated by resource distribution and intraspecific competition: a long-term field study. *Animal Behaviour*, 79(1): 195–203.
- Stickel L F A. 1954. Comparison of certain methods of measuring ranges of small mammal. *Journal of Mammalogy*, 35(1): 1–15.
- 刘伟, 钟文勤, 宛新荣. 2002. 啮齿动物巢区研究进展. *生态学杂志*, 21(4): 36–40.
- 武晓东, 付和平, 杨泽龙. 2009. 中国典型半荒漠与荒漠啮齿动物研究. 北京: 科学出版社, 72–73.
- 武晓东, 袁帅, 付和平, 等. 2016. 不同干扰下阿拉善荒漠啮齿动物优势种对气候变化的响应. *生态学报*, 36(6): 1765–1773.
- 赵肯堂. 1964. 三趾跳鼠 (*Dipus sagitta* Pallas) 的生态研究. *动物学杂志*, (2): 12–15.
- 郑生武, 孙儒泳. 1982. 啮齿动物的巢区面积估算法. *兽类学报*, 2(1): 95–105.