

放牧干扰下高原鼢鼠栖息地选择因素

刘 丽 花立民* 杨思维 周建伟 王巧玲 王贵珍 楚 彬 周延山

甘肃农业大学草业学院 甘肃农业大学-新西兰梅西大学草地生物多样性研究中心 兰州 730070

摘要: 以祁连山东段高寒草甸栖息的高原鼢鼠 (*Myospalax baileyi*) 为研究对象, 探讨放牧干扰下高原鼢鼠适合栖息地选择的影响因素, 为合理控制草原鼠害和保护生物多样性提供科学依据。在5个不同放牧强度小区中, 连续3年监测高原鼢鼠相对种群密度变化, 同时获取植被和土壤的变化数据。分析高原鼢鼠相对种群密度、植被 (盖度、高度、频度、植被生物量、植被均匀度、丰富度、多样性和地下根系生物量) 和土壤 (紧实度、容重、水分) 之间的关系。中度放牧干扰下, 高原鼢鼠相对种群密度最低, 不利于对栖息地的选择, 轻度、次轻度放牧区的高原鼢鼠相对种群密度高于重度、次重度放牧区的; 轻度放牧干扰的草地有利于高原鼢鼠种群数量的增加。高原鼢鼠相对种群密度与土壤紧实度、容重呈显著负相关 ($R = -0.921$ 、 -0.883 , $P < 0.05$); 与土壤水分呈显著正相关 ($R = 0.879$, $P < 0.05$); 高原鼢鼠相对种群密度与地下根系生物量呈极显著正相关 ($R = 0.982$, $P < 0.01$), 与植被丰富度呈显著正相关 ($R = 0.921$, $P < 0.05$), 与地上植被总盖度呈显著正相关 ($R = 0.909$, $P < 0.05$), 与地上生物量、均匀度、多样性呈不显著正相关 ($P > 0.05$)。在草地放牧干扰系统中, 非生物因素土壤紧实度、水分可能是高原鼢鼠栖息地选择的首要选择因素, 食物资源也许是次要选择因素。

关键词: 高原鼢鼠; 放牧干扰; 植被性状; 土壤特性

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2015) 05-725-10

The Habitat Selection of Plateau Zokor (*Myospalax baileyi*) under Grazing Disturbance

LIU Li HUA Li-Min* YANG Si-Wei ZHOU Jian-Wei WANG Qiao-Ling
WANG Gui-Zhen CHU Bin ZHOU Yan-Shan

College of Grassland Science, Gansu Agricultural University, Grassland Biodiversity Research Center of Gansu Agricultural University-New Zealand Massey University, Lanzhou 730070, China

Abstract: The paper studied the influence factors of habitat selection by the plateau zokor (*Myospalax baileyi*) in alpine meadow in eastern Qilian Mountain under five grazing intensity with consideration of providing a scientific basis for control grassland pest reasonably and protecting biodiversity. The relative population density indicated by the number of mounds per unit area (Table 1), vegetation and soil change were

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 31460635), 甘肃省国际科技合作项目 (No. 2013GS06893);

* 通讯作者, E-mail: hualm@gsau.edu.cn;

第一作者介绍 刘丽, 女, 硕士研究生; 研究方向: 草地生态; E-mail: liull022013@126.com。

收稿日期: 2015-04-24, 修回日期: 2015-06-25 DOI: 10.13859/j.cjz.201505008

monitored for three consecutive years in the the area grazed heavily (I), secondary heavily (II), moderate heavily (III), light heavily (IV), and most light heavily (V) with the aim to analyze the relationship between the population density of plateau zokor with the characteristics of vegetation (coverage, height, frequency, aboveground biomass and plant roots' biomass) and soil (tightness, bulk density and water content). The plateau zokor density was lowest in the area grazed moderate heavily, while the population density in the area grazed most light and light was higher than that in the area grazed heavily and secondary heavily (Fig. 1). Between the population density and soil characteristics, plateau zokor was negatively related with soil tightness and capacity ($R = -0.921$, $R = -0.883$, $P < 0.05$), positively related with soil water content ($R = 0.879$, $P < 0.05$) (Fig. 3); the population density was significant positively relationship to plant roots' biomass ($R = 0.982$, $P < 0.01$), to the vegetation diversity ($R = 0.921$, $P < 0.05$), to the total vegetation coverage ($R = 0.909$, $P < 0.05$) (Fig. 2). No any significant relationship was found between the population density of plateau zokor to the above ground biomass, vegetation evenness and diversity ($P > 0.05$) (Fig. 2). In the grazing system, the soil compaction may be the key factor that influence the habitat selection of the plateau zokor and the food would be a secondary factor in the grassland grazing systems.

Key words: Plateau zokor (*Myospalax baileyi*); Grazing disturbance; Vegetation characteristics; Soil characteristics

高寒草甸是青藏高原面积最大的草地类型 (苏大学 1994), 其结构和功能对于维持青藏高原生态系统稳定具有重要意义 (谢高地等 2003)。近年来, 由于气候变化和人为因素, 高寒草甸生态系统结构失衡, 生产和生态功能受损, 其已成为生态学等学科的研究热点 (刘兴元等 2013, Wang et al. 2013, 毛绍娟等 2015)。在高寒草甸诸多的影响因子中, 放牧家畜和啮齿类由于种群数量大而对草地产生重要的干扰作用 (赵新全等 2000)。家畜放牧对地上植被群落结构、地下根系生物量、根系类型 (Rosiere 1987), 以及土壤理化性质产生较大的影响 (刘亚军等 2008)。由于草原啮齿动物和家畜的部分生态位重合 (Steen et al. 2005, Melladoa et al. 2005), 它们共同影响高寒草甸植被结构和物种的变化, 这些变化也会影响啮齿类动物对栖息地的选择 (韩天虎等 1999)。草原啮齿动物种群数量超过环境容量时会导致草地退化 (王权业等 1987, 樊乃昌等 1989), 而啮齿类种群栖息地面积增加、条件恶化是草原退化的主要原因之一。

高原鼯鼠 (*Myospalax baileyi*) 是青藏高原优势鼠种之一, 营地下生活, 主要采食植物根系 (王权业等 2000, 张堰铭等 2002)。它在挖掘过程中向地表推出土丘, 覆盖植物造成植物死亡, 因而对草地生产和植物再生等产生负面影响 (萧运峰等 1981)。但是高原鼯鼠也是高寒草甸的“生物工程师” (周建伟等 2013), 它对植物群落演替、土壤更新以及水分涵养等有重要作用。在草地生态系统中影响高原鼯鼠活动与栖息地选择的因素众多 (周建伟等 2013)。以往对高原鼯鼠栖息地的研究主要集中在高原鼯鼠种群密度与生物因子和非生物因子之间的关系, 而且这些研究大多选择冬季牧场, 以静态调查取样研究为主, 即取样时期没有家畜放牧, 只是通过调查已定居的高原鼯鼠栖息地要素, 进而分析它们之间的关系 (魏万红等 1998, 韩天虎等 1999, 张堰铭等 2002, 张军等 2011)。刘伟等 (1999) 的研究是按照高寒草原传统的两季轮牧制度, 仅选择在 5 个月的夏秋季牧场研究不同放牧强度对高原鼯鼠数量的影响。以上研究的主要结论有: 放牧强度增加会引起草地退化, 草地退化导致杂类草

增加，由于杂类草的多汁地下根是高原麝鼠喜爱的食物，进而导致高原麝鼠种群数量增加，进而会挖掘洞道、推土丘又加剧草地退化。但地上同时存在全年放牧干扰时研究高原麝鼠栖息地选择特点未见报道。本研究通过设立 5 个不同放牧强度的可控试验，连续 3 年监测不同放牧强度区的高原麝鼠种群密度变化，同时获取植被和土壤各指标的变化数据。探讨该条件下高原麝鼠栖息地选择是否与前人的研究结果一致，并分析可能的原因。进一步为合理控制草原鼠害和保护生物多样性提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验区介绍

本试验在青藏高原东北缘的甘肃省天祝县甘肃农业大学高山草原试验站进行。该区位于东祁连山的天祝金强河河谷，南北宽约 5 ~ 15 km，东西长约 30 km。地理坐标为 37°11' ~ 37°14'N，102°40' ~ 102°47'E，海拔 2 710 ~ 3 080 m。境内地形受马牙雪山和雷公山隆起的影响，形成东西向的峡谷地带，西高东低。气候寒冷潮湿，太阳辐射强。年均温 - 0.1℃，大于 0℃积温 1 380℃；年降水量 416 mm，多为地形雨，集中于 7 ~ 9 三个月。无绝对无霜期，仅分冷热两季。天然草地主要为高寒草甸。主要植物有垂穗披碱草 (*Elymus dahuricus*)、矮嵩草 (*Kobresia humilis*)、线叶嵩草 (*K. capillifoli*)、二裂委陵菜 (*Potentilla bifurca*)、秦艽 (*Gentiana macrophylla*)、扁蓿豆 (*Ruthenian medic*)、早熟禾 (*Poaceae annua*)、狗娃花 (*Heteropappus hispidus*)、黄芪 (*Astragalus membranaceus*)、棘豆 (*Oxytropis bella*) 等。试验站所属牧场上高原麝鼠为绝对优势鼠种，还有少量达乌尔黄鼠 (*Spermophilus dauricus*) 分布。

1.2 研究方法

1.2.1 放牧强度梯度设置 放牧试验实施于 2012 年到 2014 年，放牧制度为全年放牧，放牧家畜为成年细毛羊 (*Ovis aries*)，跟据退化

草地分级方法 (李博 1997)，结合甘肃天祝草原合理载畜量，上下浮动共设置 5 个放牧强度等级，分别为重度放牧 (I)、次重度放牧 (II)、中度放牧 (III)、次轻度放牧 (IV)、轻度放牧 (V) (表 1)。放牧细毛羊每天 7:00 时进入各自放牧小区，20:00 时进圈舍。

1.2.2 高原麝鼠相对种群密度调查与统计 本试验采用单位面积上高原麝鼠新土丘数来表示每个放牧区的相对鼠群密度 (何俊龄等 2006)。新土丘标准是无植物生长，土丘表面有龟裂 (何俊龄等 2006)。新土丘数量调查采用实时动态定位 (real-time kinematic, RTK) 技术。RTK 是目前使用测绘、建筑等方面的快速高精度定位技术，利用 RTK 移动站标记调查区的高原麝鼠新土丘。这种移动站轻便 (大约 2 kg)、高效 (1 个基准站可以同时连接多个移动站，意味着可以同时用多个移动站进行鼠丘标记) (吴娇等 2009)。首先设置 RTK 基准站，并将手持移动站与基准站建立通讯联系。然后将手持移动站放置在每个新土丘上，并记录其准确的经纬度位置。5 个放牧区的新土丘标记完成后，将其导入 ArcGIS 软件分别统计不同区新土丘的位置和数量。2012、2013、2014 年分别在 10 月份统计各放牧区的新土丘数 (表 1)。高原麝鼠相对种群密度为牧后 3 年内增加新土丘数总和与小区面积的比值。

1.2.3 地上植物群落结构和地下根系调查 2014 年 8 月份，在每个放牧区内沿着各样地长边在其内部等距离设置 3 个样带，每条样带上等距离设置 3 个样方 (0.5 m × 0.5 m)，调查地上植物群落的盖度、高度、生物量；频度的测定是在整个样地中抛 30 次样圆所得。调查方法参照《草地工作技术指南》(师尚礼等 2009)。同时在每条样带上等距离设置 6 个样点，调查地下根系生物量，地下植物根系用直径为 10 cm 的根钻采集，采集深度为 0 ~ 20 cm，将土冲洗干净，将其根系烘干并称重。

1.2.4 植物均匀度、丰富度和多样性计算方法 物种均匀度、丰富度和多样性分别用均匀度指数

表 1 放牧小区种群数量及土丘信息

Table 1 The information of different grazing intensity areas' populations and mounds

放牧区 Grazing area	放牧强度 Grazing intensity (只/hm ²)	土丘数量 The number of mounds (个)				样地面积 Sample size (hm ²)	种群相对密度 Relative density of population (只/hm ²)
		2012 年 Year	2013 年 Year	2014 年 Year	总量 Total		
I	5.19	60	57	54	171	2.50	68
II	4.78	44	49	38	131	1.26	104
III	4.36	48	15	13	76	1.61	47
IV	3.63	127	34	59	220	1.10	200
V	2.75	110	78	102	290	2.18	133

(J_e)、丰富度指数 (H_e')、辛普森指数 (λ) 表示 (吴甘霖 2004)。丰富度指数: $H_e' =$

$$-\sum_{i=1}^S P_i \log 2P_i \quad (P_i = n_i/N), \text{ 均匀度指数:}$$

$$J_e = H_e' / H'_{\max} \quad (H'_{\max} = \ln S), \text{ 多样性指数:}$$

$$\lambda = \sum_{i=1}^S P_i^2 \quad P_i^2 = [n_i(n_i - 1)] / [N(N - 1)],$$

式中, S 为物种数目, N 为所有物种的个体数之和, n_i 为 i 物种的个体数量。

以相对盖度、相对频度、相对高度为基础计算重要值, 重要值 = (相对盖度 + 相对频度 + 相对高度) / 3, 获得每一样地中每一种植物的重要值, 再根据重要值计算出物种均匀度、丰富度和多样性指数 (张堰青 1990, 孔凡洲等 2012)。

1.2.5 土壤紧实度、容重、水分测定 同样于 2014 年 8 月用土壤紧实度仪 (SC-900, 美国 SPECTRUM), 在每个放牧区内沿着各样地长边在其内部等距离设置 4 个样带, 每条样带上等距离设置 10 个样点, 深度为 0 ~ 20 cm, 每一采样点处重复 3 次; 土壤容重和水分测定在同一样点采用环刀取样, 深度为 0 ~ 20 cm, 每一采样点取 3 个平行样, 将所取的土样装入铝盒中, 先称土壤湿重再在 85°C 下烘 72 h, 称其铝盒和土重, 计算土壤容重和水分。计算公式为: 土壤含水量 (%) = [(原土重 - 烘干土

重) / 烘干土重] × 100%; 土壤容重 (g/cm^3) = 环刀内干土重 (g) / 环刀容重 (cm^3), 环刀容重 = 100 cm^3 , 环刀内干土重 (g) = 土壤含水量 (%) × 环刀内湿土重 (g)。

1.2.5 数据的整理和分析 利用 SPSS 软件作不同放牧强度下其他各指标的区间差异性分析, 高原麴鼠相对种群密度与植被、土壤等各指标间的相关性分析和组间单因素方差分析。

2 结果

2.1 放牧强度与高原麴鼠相对种群密度的关系

在中度放牧区 III 中高原麴鼠相对种群密度最低, 最高值出现在次轻度放牧区。轻度、次轻度放牧区的高原麴鼠相对种群密度高于重度、次重度放牧区 (图 1)。

2.2 高原麴鼠相对种群密度与植物地上、地下生物量的关系

地上生物量随放牧强度的减轻而增加 (图 2a), 在轻度放牧区达到最高 (238 g/m^2), 重度放牧区最低 (87 g/m^2)。重度、次重度、中度放牧区的地上生物量低于轻度和次轻度放牧区, 并且轻度放牧区与重度、次重度、中度放牧区差异显著 ($P < 0.05$), 次轻度放牧区与重度、次重度放牧区差异显著 ($P < 0.05$)。在不同放牧区中高原麴鼠相对种群密度与地上生物量呈不显著正相关 ($R = 0.841, P > 0.05$)。

高原麴鼠相对种群密度与地下 0 ~ 20 cm

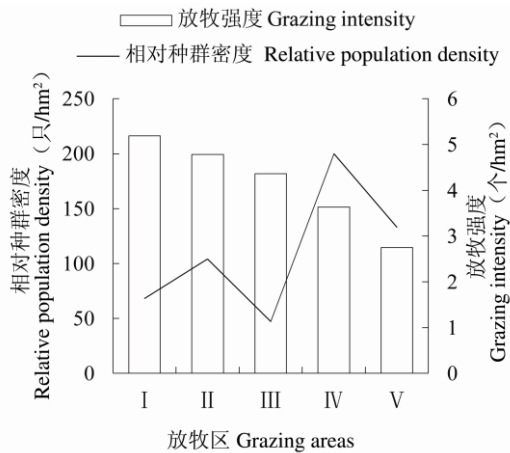


图 1 放牧强度与相对种群密度的关系

Fig. 1 The relationship between grazing intensity and relative population density of zokor

根系生物量的关系 (图 2b), 在中度放牧区地下生物量值最低 (29.4 g), 在次轻度放牧区其值最高 (34.7 g)。轻度、次轻度放牧区的地下生物量高于重度、次重度放牧区的, 但只有次轻度放牧区与重度、次重度、中度放牧区之间存在显著差异。在不同放牧强度下, 高原麝鼠相对种群密度与地下生物量呈极显著正相关 ($R = 0.982, P < 0.01$)。

2.3 高原麝鼠相对种群密度与植被性状的关系

植被均匀度在重度放牧区最低 (0.895), 在次轻度放牧区达到最高 (0.926), 轻度、次轻度放牧区植被均匀度高于重度、次重度放牧区的, 但不同放牧区间植被均匀度差异不显著 (图 2c)。高原麝鼠相对种群密度与草地植被均匀度呈不显著正相关关系 ($R = 0.873, P > 0.05$)。

随着放牧强度的减轻, 植被丰富度的变化趋势是先降低到最低, 然后升高达到最大后又降低 (图 2d), 中度放牧区植被丰富度最低 (2.89), 次轻度放牧区最大 (3.24)。植被丰富度在轻度、次轻度放牧区明显高于重度、次重度和中度放牧区, 中度放牧区与轻度、次轻度放牧区存在显著差异 ($P < 0.05$)。高原麝鼠相对种群密度与植被丰富度呈显著正相关 ($R =$

0.921, $P < 0.05$)。

轻度、次轻度放牧区的植被多样性指数高于中度、重度和次重度放牧区的 (图 2e), 轻度、次轻度放牧区的植被多样性与中度放牧区的存在显著差异 ($P < 0.05$), 次轻度放牧区的与重度、次重度、中度放牧区的存在显著差异 ($P < 0.05$), 其他区间有差异但不显著。高原麝鼠相对种群密度与植被多样性呈不显著正相关 ($R = 0.921, P > 0.05$)。

随着放牧强度的减轻, 地上植被总盖度有升高的趋势 (图 2f), 重度、次重度放牧区与中度、轻度、次轻度放牧区间差异显著 ($P < 0.05$), 其他各区间差异不显著。高原麝鼠相对种群密度与地上植被总盖度呈显著正相关 ($R = 0.909, P < 0.05$)。

2.4 高原麝鼠相对种群密度与土壤特性的关系

随着放牧强度的减轻, 土壤紧实度有降低趋势 (图 3a), 重度、次重度、中度放牧区的土壤紧实度显著高于轻牧、次轻牧区的土壤紧实度 ($P < 0.05$)。在不同放牧强度区, 高原麝鼠相对种群密度与土壤紧实度呈显著负相关 ($R = -0.921, P < 0.05$)。在不同放牧区, 土壤容重的变化与紧实度的相似 (图 3b), 不同放牧强度间土壤容重有差异, 但仅重度放牧区与轻度、次轻度放牧区间差异显著 ($P < 0.05$)。高原麝鼠相对种群密度与土壤容重呈显著负相关关系 ($R = -0.883, P < 0.05$)。不同放牧区土壤水分 (图 3b) 随着放牧强度的减轻表现为增加的趋势, 次轻度、轻度放牧区的土壤水分显著高于重度、中度放牧区的。在不同放牧区, 高原麝鼠相对种群密度与土壤水分呈显著正相关 ($R = 0.879, P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 高原麝鼠种群密度与放牧强度的关系

刘伟等 (1999) 研究表明, 随着放牧强度的增加, 草地退化导致杂类草增加, 由于杂类草多汁地下根是高原麝鼠喜爱的食物, 进而导

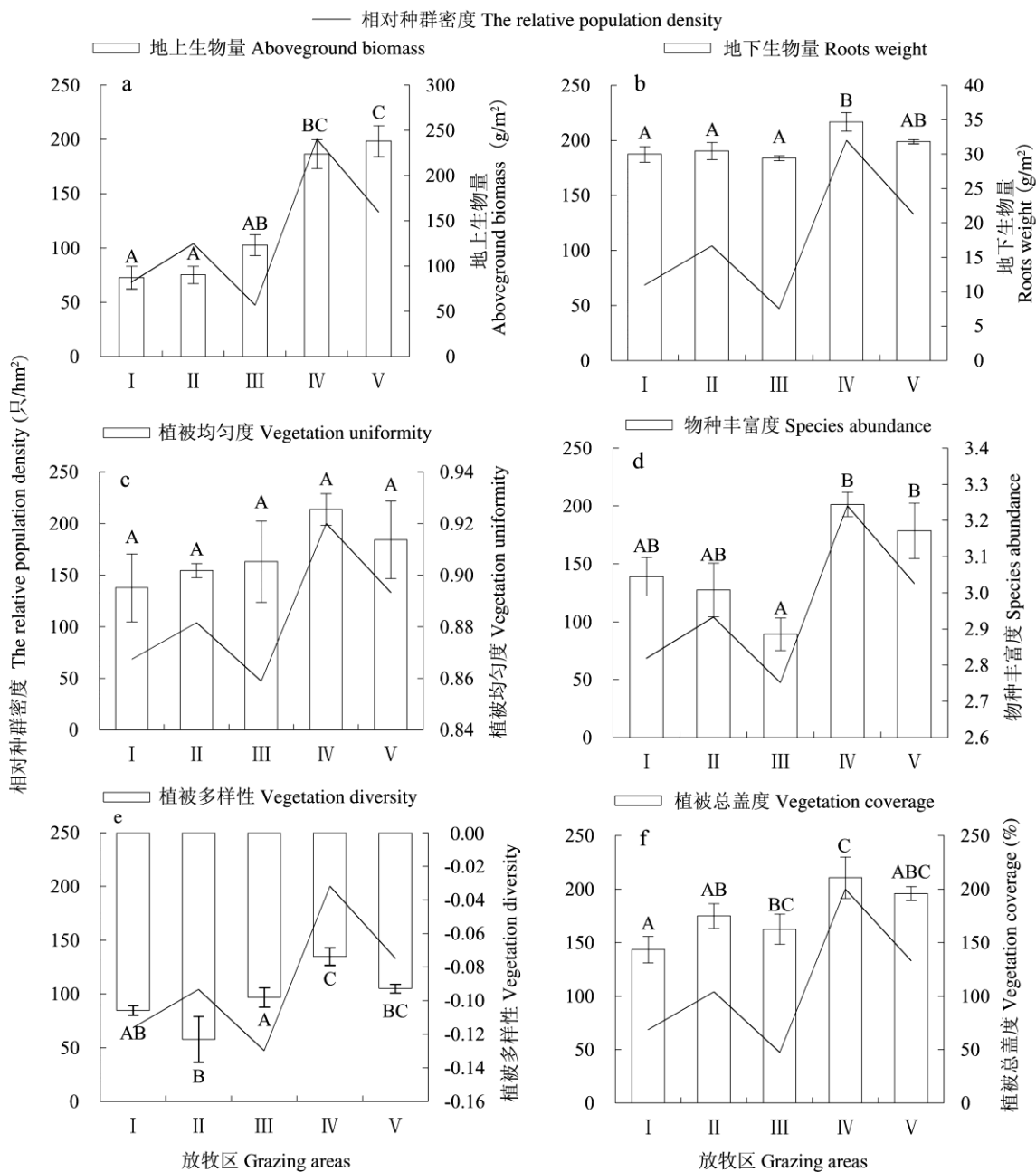


图 2 高原麝鼠相对种群密度与植被各指标的关系

Fig. 2 The relationship between relative population density and all vegetation indexes

a. 地上生物量; b. 地下生物量; c. 植被均匀度; d. 物种丰富度; e. 植物多样性; f. 植被总盖度。

a. Biomass aboveground; b. Total weight of roots; c. Vegetation Evenness; d. Species abundance; e. Vegetation diversity; f. Vegetation coverage. 标注完全不同的字母表示差异显著 ($P < 0.05$) ; 标注字母相同字表示差异不显著 ($P > 0.05$) 。

Different capital letters mean significant difference ($P < 0.05$); There are the same letters in different combinations that are no significant difference ($P > 0.05$).

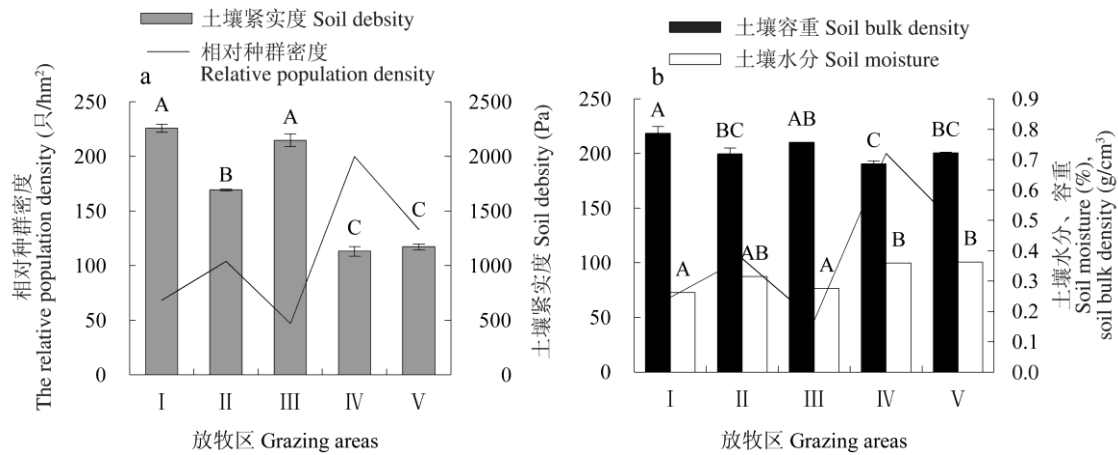


图 3 相对种群密度与土壤特性的关系

Fig. 3 The relationship between relative population density and soil characteristics

a. 土壤紧实度; b. 土壤容重、水分。a. Soil density; b. Soil bulk density, Soil moisture.

标注完全不同的字母表示差异显著 ($P < 0.05$)；标注字母相同字表示差异不显著 ($P > 0.05$)。Different capital letters mean significant difference ($P < 0.05$); The same letters in different combinations mean no significant difference ($P > 0.05$).

致高原麝鼠种群数量增加(张堰铭 2002)。高原麝鼠种群数量的增加又加剧草地退化(王权业等 1987, 樊乃昌等 1989)。这一研究成果也是目前高寒草甸高原麝鼠治理的理论依据之一。但是,在本试验中,我们并没有发现同样的结果。5个不同的放牧强度小区中,高原麝鼠种群密度在次轻度、轻度放牧区增加较大,而不是重度、次重度放牧区。动物在栖息地选择中,食物资源和环境安全性是其优先原则之一(Lövy et al. 2012)。本试验中,次轻度、轻度放牧区的植物地下生物量比重度、次重度放牧区高(图 2b),为高原麝鼠提供了充足的食物资源,有利于高原麝鼠种群增加。土壤紧实度方面,也是轻度和次轻度放牧区比重度和次重度放牧区松软(图 3a)。高原麝鼠生活于地下,挖掘会消耗很多能量(Zelová et al. 2010),因此松软的土质会节省自身能量。轻度放牧草地上草原植被有利于土壤水分的保持,而充足的水分又保证了土壤的疏松(Zhang et al. 2003, 张卫国等 2004),这与本试验的结果一致(图 3a, b)。因此,丰富的食物资源、疏松的土壤,这为高原麝鼠提供了一个宜居的栖息地,这也

是本研究中高原麝鼠种群密度增高出现在放牧强度低的小区中的原因。高原麝鼠对栖息地的选择受多种因素的影响,因此在该试验中,中等放牧条件下(III区)高原麝鼠种群数量较低并不能说明高原麝鼠种群分布不符合“中等干扰理论”。

3.2 食物资源、土壤条件对高原麝鼠的栖息地选择的影响

结合上述讨论,食物和土壤是决定高原麝鼠栖息地选择的重要因素。但哪方面是优先考虑的因素?本研究中,III区放牧强度中等,但是高原麝鼠种群密度最小。其地上生物量与重度和轻度放牧区的都有差异,而且与轻度放牧区差异显著($P < 0.05$)(图 2a),但是,其地下生物量与重牧区的没有差异,与轻牧区的有差异但不显著($P > 0.05$)(图 2b)。结合土壤水分和紧实度数据(图 3a, b),中度放牧区土壤水分、紧实度与重度放牧区的没有差异。因此,中等放牧区高原麝鼠种群密度低,土壤环境条件的影响大于食物资源的影响。可能是环境条件对动物生存的威胁更加持久的缘故。我们在日常工作中发现一个现象,高原麝

鼠会沿着铁丝围栏正下方掘进(图 4), 而围栏内由于季节性休牧(冬季草场)草丛茂密, 生物量高; 围栏外部是牧道, 家畜过度采食, 导致草地生物量低, 多样性减少。如果食物资源是高原鼯鼠主要的优先选择因素, 那么高原鼯鼠要么朝着相对茂密草地的地方前进, 要么朝着放牧较重的低矮草地前进。但是, 高原鼯鼠却沿着铁丝围栏的下方掘进。我们分析可能是由于铁丝围栏对降雨的凝结, 使围栏正下方土壤含水量相对较高且疏松, 适宜高原鼯鼠活动。并且脊椎动物化石记录数据分析显示, 物种的存在与更潮湿的环境有关(Tonni et al. 1999)。并且在欧洲鼯鼠(*Talpa europaea*)中也有类似的情况发生(Nicholls 2008)。结合本研究数据, 我们认为高原鼯鼠在栖息地选择时土壤条件优先于食物资源。

3.3 高原鼯鼠栖息地研究的复杂性

尽管动物栖息地一直是动物生态学、行为学等的研究热点(樊乃昌等 1996, 郑祥等 2005, 杨勇等 2012)。但到目前为止, 动物栖息地选择的理论研究不够系统, 由此招致一些讨论(崔庆虎等 2005, 戴强等 2007)。无论是理想自由分布模型还是空间直观的栖息地选择模型, 对于栖息地适合度与动物种群密



图 4 高原鼯鼠土丘在围栏下方(2014年8月拍摄于甘肃省天祝藏族自治县抓喜秀龙乡南尼沟村)

Fig. 4 The mounds of plateau zokor found under the iron fence on the alpine meadow in Nannigou Village, Tianzhu County, Gansu, China (August 2014)

度的关系分析上争议颇多(戴强等 2007)。但是, 不管是生境适宜度指数模型的研究还是动物栖息地选择的评估方法研究(金龙如等 2008, 赵青山等 2013), 动物种群密度或对栖息地选择的次数依然是研究动物栖息地选择的重要指标之一。特别对高原鼯鼠这一类地下啮齿类动物来说, 由于其活动范围有限, 种群密度相对较低, 本试验将相对种群密度作为高原鼯鼠栖息地选择的重要指标, 这与目前大多数学者研究的方法一致(王权业等 1987, 李金钢等 1999, 刘伟等 1999)。高原鼯鼠特殊的地下生活环境, 给研究其种群栖息地选择特点带来诸多不便。目前对高原鼯鼠栖息地研究多集中在已定居群体的栖息地要素调查和静态草场的种群变化情况(樊乃昌等 1989, 韩天虎等 1999, 王权业等 2000, 张军等 2011, 周建伟等 2013), 而对动态放牧干扰下高原鼯鼠栖息地选择过程并没有过多重视。空间直观的栖息地选择模型认为, 个体的栖息地选择过程不但与栖息地类型有关, 还取决于栖息地斑块的位置、活动区、竞争者、捕食者位置以及其他景观特征(如景观边界、廊道等)之间的空间关系(Rhodes et al. 2005)。本研究只开展了放牧干扰下, 土壤和植被对高原鼯鼠栖息地选择的影响, 对于栖息地安全性、栖息地斑块并没有研究, 这也是我们下一步即将开展的研究重点。

参 考 文 献

- Lövy M, Šklíba J, Burda H, et al. 2012. Ecological characteristics in habitats of two African mole-rat species with different social systems in an area of sympatry: implications for the mole-rat social evolution. *Journal of Zoology*, 286(2): 145–153.
- Melladoa M, Olverab A, Querob A, et al. 2005. Dietary overlap between prairie dog (*Cynomys mexicanus*) and beef cattle in a desert rangeland of northern Mexico. *Journal of Arid Environments*, 62(3): 449–458.
- Nicholls J. 2008. *Mole Catching: A Practical Guide*. England: The Crowood Press, 68–89.
- Rhodes J R, McAlpine C A, Lunney D, et al. 2005. A spatially

- explicit habitat selection model incorporating home range behavior. *Ecology*, 86(5): 1199–1205.
- Rosiere R E. 1987. An evaluation of grazing intensity influences on California annual range. *Journal of Range Management*, 40(2): 160–165.
- Steen H, Mysterud A, Austrheim G. 2005. Sheep grazing and populations: Evidence of negative interaction from a landscape scale experiment. *Oecologia*, 143(3): 357–364.
- Tonni E P, Cione A L, Figini A J. 1999. Predominance of arid climates indicated by mammals in the Pampas of Argentina during the late Pleistocene and Holocene. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 147(3/4): 257–281.
- Wang J B, Zhang D G, Cao G M, et al. 2013. Regional characteristics of the alpine meadow degradation succession on the Qinghai-Tibetan Plateau. *Acta Prataculturae Sinica*, 22(3): 1–10.
- Zelová J, Šumbera R, Okrouhlik J, et al. 2010. Cost of digging is determined by intrinsic factors rather than by substrate quality in two subterranean rodent species. *Physiology and Behaviour*, 99(1): 54–58.
- Zhang Y M, Liu J K. 2003. Effects of plateau zokors (*Myospalax fontanierii*) on plant community and soil in an alpine meadow. *Journal of Mammalogy*, 84(2): 664–651.
- 崔庆虎, 蒋志刚, 连新明, 等. 2005. 根田鼠栖息地选择的影响因素. *兽类学报*, 25(1): 45–51.
- 戴强, 顾海军, 王跃招. 2007. 栖息地选择的理论与模型. *动物学研究*, 28(6): 681–688.
- 樊乃昌, 王权业, 周文扬, 等. 1989. 高原鼯鼠种群数量与植被破坏程度的关系 // 夏武平. 高寒草甸生态系统国际学术讨论会文集. 北京: 科学出版社, 109–114.
- 樊乃昌, 张道川. 1996. 高原鼠兔与达乌尔鼠兔的摄食行为及对栖息地适应性的研究. *兽类学报*, 16(1): 48–53.
- 韩天虎, 张卫国, 丁连生. 1999. 高原鼯鼠栖息地的植被特征. *草业学报*, 8(2): 43–49.
- 何俊龄, 张金沙, 杨莹博, 等. 2006. 高原鼯鼠土丘空间格局及主要特征研究. *草业学报*, 15(1): 107–112.
- 金龙如, 孙克萍, 贺红土, 等. 2008. 生境适宜度指数模型研究进展. *生态学杂志*, 27(5): 841–846.
- 孔凡洲, 于仁成, 徐子钧, 等. 2012. 一种用电子表格快速计算生物多样性指数的方法. *海洋科学*, 36(4): 57–62.
- 李博. 1997. 我国草地资源现况、问题及对策. *中国科学院院刊*, (1): 49–51.
- 李金钢, 王廷正, 李金铭, 等. 1999. 甘肃鼯鼠种群动态及其影响因素的初步分析. *兽类学报*, 19(2): 158–159.
- 刘伟, 周立, 王溪. 1999. 不同放牧强度对植物及啮齿动物作用的研究. *生态学报*, 19(3): 376–382.
- 刘兴元, 王玮. 2013. 藏北草地生态系统可持续发展能力评价. *自然资源学报*, 28(7): 1209–1220.
- 刘亚军, 张英杰, 刘月琴. 2008. 放牧对草地的影响及合理利用政策 // 全国养羊生产与学术研讨会论文集. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 45–47.
- 毛绍娟, 吴启华, 祝景彬, 等. 2015. 藏北高寒草原群落维持性能对封育年限的响应. *草业学报*, 24(1): 21–30.
- 师尚礼, 张虎. 2009. 草地工作技术指南. 北京: 金盾出版社, 65–71.
- 苏大学. 1994. 中国草地资源的区域分布与生产力结构. *草地学报*, 2(1): 71–77.
- 王权业, 樊乃昌. 1987. 高原鼯鼠 (*Myospalax baileyi*) 的挖掘活动及其种群数量统计方法的探讨. *兽类学报*, 7(4): 283–290.
- 王权业, 张堰铭, 魏万红, 等. 2000. 高原鼯鼠食性的研究. *兽类学报*, 20(3): 193–199.
- 魏万红, 王权业, 周文扬, 等. 1998. 捕食干扰对 *Myospalax baileyi* 种群繁殖力的影响. *生态学报*, 18(2): 176–180.
- 吴甘霖. 2004. 生态系统多样性的测度方法及其应用分析. *安庆师范学院学报: 自然科学版*, 10(3): 18–21.
- 吴娇, 王军成. 2009. RTK工作原理及优缺点. *中国勘察设计*, (9): 52–53.
- 萧运峰, 梁杰荣, 乐炎舟, 等. 1981. 木格滩地区中华鼯鼠的分布及其对草场植被的影响. *兽类学报*, 1(1): 57–66.
- 谢高地, 鲁春霞, 肖玉, 等. 2003. 青藏高原高寒草地生态系统服务价值评估. *山地学报*, 21(1): 50–55.
- 杨勇, 温俊宝, 胡德夫. 2012. 鸟类栖息地研究进展. *林业科学*, 47(11): 172–180.
- 张军, 葛庆征, 张卫国, 等. 2011. 植被性状与高原鼯鼠栖息地适合度的关系. *草业科学*, 28(5): 836–840.
- 张卫国, 江小蕾, 王树茂, 等. 2004. 鼯鼠的造丘活动及不同休牧方式对草地植被生产力的影响. *西北植物学报*, 24(10): 1882–1887.

- 张堰铭, 刘季科. 2002. 高原鼢鼠挖掘对植物生物量的效应及其反
应格局. 兽类学报, 22(4): 292-298.
- 张堰青. 1990. 不同放牧强度下高寒灌丛群落特征和演替规律的
数量研究. 植物生态学与地植物学学报, 14(4): 358-365.
- 赵青山, 楼瑛强, 孙悦华. 2013. 动物栖息地选择评估的常用统计
方法. 动物学杂志, 48(5): 732-741.
- 赵新全, 张耀生, 周兴民. 2000. 高寒草甸畜牧业可持续发展: 理
论与实践. 资源科学, 22(4): 50-61.
- 郑祥, 鲍毅新, 葛宝明. 2005. 中国有蹄类栖息地选择研究进展.
浙江师范大学学报: 自然科学版, 27(4): 392-397.
- 周建伟, 花立民, 左松涛, 等. 2013. 高原鼢鼠栖息地的选择. 草
业科学, 30(4): 647-653.