

白尾松田鼠穴居栖息地利用的影响因子分析

王振宇¹ 李叶¹ 张翔² 时磊^{1*}

(1 新疆农业大学动物科学学院, 乌鲁木齐 830052) (2 阿尔金山国家级自然保护区管理局, 库尔勒 841000)

摘要: 2011-2013年夏季, 在阿尔金山国家级自然保护区高山草甸和高山荒漠区, 累计调查样方 261 个, 其中白尾松田鼠穴居地洞群利用样方 40 个。利用主成分分析法、Vanderloeg 和 Scavia 选择指数分析白尾松田鼠穴居栖息地选择的影响因子。结果表明, 穴居地和对照样方在植物种类、植被高度、植被盖度和土壤硬度等方面差异极显著 ($P < 0.01$)。主成分分析表明, 影响白尾松田鼠穴居地利用的主要因子为隐蔽级、植物高度、植物种类和土壤硬度。白尾松田鼠喜欢选择少于 4 种植物、高度小于 8 cm、土质较软 ($3-4 \text{ kg/cm}^2$)、隐蔽级在 8 cm 以下的栖息地。白尾松田鼠更偏爱植物种类较少, 植被高度更低, 隐蔽级更低, 土壤更软的栖息地。

关键词: 白尾松田鼠; 栖息地选择; 主成分分析; 选择指数

中图分类号: Q143

文献标识码: A

文章编号: 1000-1050 (2015) 03-0280-08

Factors influencing nest site selection by Blyth's vole (*Phaiomys leucurus*)

WANG Zhenyu¹, LI Ye¹, ZHANG Xiang², SHI Lei^{1*}

(1 College of Animal Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

(2 Administrative Bureau of the Altun Mountain National Nature Reserve, Korla 841000, China)

Abstract: The key factors for nest site selection of Blyth's vole (*Phaiomys leucurus*) were analyzed in the Altun Mountain National Nature Reserve, Ruoqiang County, Xinjiang. A total of 261 sample areas, each consisting of $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ quadrants, were selected between 2011 and 2013. Of these 40 sample areas contained a vole nesting site. The degree of canopy cover, the number of plant species, vegetation cover, vegetation height, vegetation density, soil hardness, and distance to the nearest road were determined for each area. The Vanderloeg and Scavia Election Index, and Principle Component Analyses (PCA) were used to identify the principle components in habitat selection by Blyth's vole. The results showed that there were highly significant differences in vegetation height and density, in the numbers of the plant species, and in soil hardness ($P < 0.01$) when comparing the nest sites and the random sites. According to Principal Component Analysis (PCA), the main factors affecting the nest site choice by Blyth's vole were canopy cover, vegetation height, the number of differing plant species, and soil hardness. The Vanderloeg and Scavia Election Index indicated that Blyth's vole prefers to burrow into areas with softer soil ($3-4 \text{ kg/m}^2$), areas whose vegetative microhabitat stands at a height of less than 8 cm, and areas with a section of low-lying canopy which provides hiding cover whose height is also less than 8 cm. Blyth's vole preferred locations with fewer plant species, with canopy cover and vegetation low in height, and with softer soil.

Key words: Blyth's vole (*Phaiomys leucurus*); Election index; Habitat selection; Principal component analysis

动物在与自然界相互作用过程中, 能判断其栖息地的好坏, 选择对自身适合度最大的栖息地, 这种选择行为是在长期的进化过程中, 与自然环境相互作用的产物 (Rosenzweig, 1981)。小哺乳动物穴居地的选择应理解为偏好那些具有与一般可用地点不同的某些环境因子特征 (Skórka *et al.*, 2011)。

洞穴提供动物个体休息、育幼、躲避天敌和逃避恶劣天气的地方 (Juškaitis *et al.*, 2013)。动物穴居地选择应满足捕食风险、食物可利用性和小气候需求之间的权衡 (Cudworth and Koprowski, 2011; Rosalino *et al.*, 2011)。了解穴居地选择的重要栖息地特征信息是物种管理和保护的关键 (Cudworth

基金项目: 公益性行业 (农业) 科研专项 (201203041); 阿尔金山国家级自然保护区综合科考项目

作者简介: 王振宇 (1990-), 男, 硕士研究生, 主要从事动物生态学研究. E-mail: 545306621@qq.com

收稿日期: 2014-11-07; 修回日期: 2015-04-05

* 通讯作者, Corresponding author, E-mail: shileixj@126.com

and Koprowski, 2011; Skórka *et al.*, 2011; Atiénzar *et al.*, 2012)。

白尾松田鼠 (*Pitmys leucurus*) 是青藏高原的特有种之一, 集群穴居, 昼间活动, 并密集占领生存最有利的栖息地, 形成高山高原种群的零散分布特性 (郑昌琳和汪松, 1980)。它们栖息于山间盆地、湖泊和河流沿岸的草甸、沼泽草甸或盐生草甸等 (郑昌琳和汪松, 1980; 罗泽珣等, 2000)。白尾松田鼠对农作物和农牧民仓储危害极大 (郭永旺, 2009), 是河谷地区危害人工林的主要害鼠 (唐晓琴等, 2011), 目前对其研究仅限于分类、分布和生态习性描述 (郑昌琳和汪松, 1980; 罗泽珣等, 2000)。本文对新疆维吾尔自治区若羌县阿尔金山国家级自然保护区白尾松田鼠穴居地选择进行研究, 拟回答以下问题: (1) 影响白尾松田鼠穴居栖息地选择的主导因子有哪些? (2) 穴居栖息地选择偏好哪些生态因子?

1 研究方法

1.1 自然概况

阿尔金山国家级自然保护区 (以下简称保护区) 位于新疆维吾尔自治区若羌县南部、东昆仑山中段北坡大型凹陷的封闭性山间盆地——库木库里盆地之中, 海拔 4 000 m 以上, 总面积 45 000 km²。本区地貌、地势特点是整个盆地由数个湖面海拔高度相差悬殊的湖盆所组合。阿牙克库木湖海拔 3 870 m, 阿其格湖 4 250 m, 而鲸鱼湖和贝勒克勒湖分别达到 4 708 m 和 4 850 m。最低和最高湖面海拔高度相差近 1 000 m, 这种巨大的垂直差异是各湖盆之间自然环境分异的主要因素。保护区主要受两大气候系统影响, 秋、冬和早春由西风带控制, 春末和夏季则主要受东南向水汽影响。降水量 100–300 mm, 主要集中在 6、7、8 月。平均气温 0℃–1℃, 最热月均温 8℃ (李维东等, 2013)。青藏高原成分占据着本区其它绝大部分地方, 它们构成高寒荒漠、高寒荒漠草原、高寒草原, 甚至高山草甸。其它植被类型还包括湖滨盐化草甸、沼泽以及高山岩屑稀疏植被带等 (张百平, 1991)。由于地处偏远、自然条件恶劣的亚欧大陆高寒腹地, 加之道路艰险、高原缺氧, 这里至今人迹罕至, 成为地球上少有的地理空白区之一, 高原生态系统基本上保持着原始状态, 为中外学者所瞩目 (李维

东等, 2013)。

1.2 方法

1.2.1 样方设置及生态因子调查

2011–2013 年夏季, 在保护区采用样线法和样方法相结合调查白尾松田鼠的栖息地。调查样线 19 条, 总长 190 km, 确保样线覆盖保护区主要植物类型, 包括高寒草原、荒漠、草甸、落叶灌丛植被。在样线上累计调查样方 261 个, 其中白尾松田鼠穴居地利用样方 40 个。以发现有白尾松田鼠活动个体或新鲜活动迹象 (跑道、抛土或采食痕迹等) 的洞群作为穴居地利用样方, 其余为对照样方, 分别设置 5 m × 5 m 的大样方, 在大样方的四个角及中央各设置 1 m × 1 m 的小样方用于调查各类生态因子。

记录样方所在地的植物种数、植被盖度、植被高度、土壤硬度以及距道路距离等指标, 具体如下。

土壤类型: 按土壤剖面特征分为高寒草原土、高寒荒漠土、风沙土。

植物类型: 根据《中国植被》的分类学原则, 分为高寒草地、荒漠、草甸、落叶灌丛。

生物量 (Biomass, B): 剪取 5 个 1 m × 1 m 样方内的全部植物, 烘干恒重后测算其平均值作为大样方的植物生物量数据。生物量分为 < 20 g/m²、20–30 g/m²、30–40 g/m² 3 个等级。

植物种数 (No. of plant species, NPS): 测定 5 个 1 m × 1 m 样方内的植物种类数, 之后计算其平均值作为大样方的植物种数。植物种类分为 < 2 种、2–4 种、4–6 种、> 6 种 4 个等级。

植被盖度 (Vegetation cover, VC): 测算 5 个 1 m × 1 m 样方内的植被盖度, 之后计算其平均值作为大样方的植被盖度数据。植被盖度分为 < 25%、25%–50%、50%–75%、75%–100% 4 个等级。

植被高度 (Vegetation height, VH): 测算 5 个 1 m × 1 m 样方内的植被高度, 之后计算其平均值作为大样方的植被高度数据。植被高度分为 < 4 cm、4–8 cm、8–12 cm、12–16 cm、16–20 cm、> 20 cm 6 个等级。

植被密度 (Vegetation density, VD): 统计 5 个 1 m × 1 m 样方内的植株数量, 之后计算其平均值作为大样方的植被密度数据。植被密度分为 < 40 株/m²、40–80 株/m²、80–120 株/m²、

>120 株/m² 4 个等级。

土壤硬度 (Soil hardness, SH): 采用 CY-3 型土壤硬度计实测, 每个 1 m × 1 m 样方测量 3 次, 之后计算其平均值作为大样方的土壤硬度。分为 <2 kg/cm²、2-3 kg/cm²、3-4 kg/cm²、4-5 kg/cm²、5-6 kg/cm²、>6 kg/cm² 6 个等级。

距道路距离 (Distances to roads, DR): 以离研究地区内的简易道路或传统牧道的距离确定, 测算小样方到道路的垂直距离。距道路距离分为 <10 m、10-20 m、20-30 m、30-40 m、40-50 m、>50 m 6 个等级。

隐蔽级 (Canopy cover, CC): 在样方中心树立一根 1 m 的木杆, 在东、南、西、北 4 个方向距离 20 m 处测量能见木杆长度, 然后计算平均数。隐蔽级分为 <4 cm、4-8 cm、8-12 cm、12-16 cm、16-20 cm、>20 cm 6 个等级。

1.2.2 数据分析

先对数值型生态因子数据分别进行描述性统计分析, 确定其各自的均值及标准差。之后对数据进行单个样本 Kolmogorov-Smirnov Test 检验, 以判定数据是否符合正态分布, 对于经检验不符合正态分布 ($P < 0.05$) 的数据, 利用非参数估计中的 2 个独立样本的 Mann-Whitey U 检验生态因子数据的差异性。而对于经过检验符合正态分布 ($P > 0.05$) 的数据, 利用独立样本 T 检验分析生态因子数据的差异性。

对栖息地因子数据进行主成分分析 (Principal component analysis, PCA)。在主成分分析过程中, 根据样本数据矩阵计算出样本相关矩阵, 求出相关矩阵的特征根和特征向量。根据特征根和特征向量求出各主成分及贡献率。通过主成分分析可以确定在白尾松田鼠穴居地选择上起主要作用的生态因子。

采用 Vanderloe 和 Scaviag 选择系数 W_i 和选择指数 E_i (Lechowicz, 1982) 作为衡量白尾松田鼠对栖息地偏好程度的指标 (Xie *et al.*, 2012; 游章强等, 2014)。计算方法如下:

$$W_i = (r_i / p_i) / \sum (r_i / p_i)$$

$$E_i = (W_i - 1/n) / (W_i + 1/n)$$

其中 W_i 为选择系数, E_i 为选择指数; i 为特征值, n 为特征值总数 ($i = 1, 2, 3 \dots n$); p_i 为环境中具 i 特征的样方所占比例; r_i 为白尾松田鼠所选择具有 i 特征的样方占选择样方总数的比例; E_i 值介于 -1-1 之间, $E_i < 0$ 表示回避, $E_i = -1$ 表示不选择, $E_i = 0$ 为随机选择, $E_i > 0$ 为选择。

野外数据的录入在 Excel 表格中进行, 数据的统计分析全部利用 SPSS 19.0 for Windows 进行。

2 结果

2.1 穴居地选择的相关生态因子

白尾松田鼠穴居地选择相关生态因子的描述性统计和差异性比较结果见表 1。

表 1 阿尔金山白尾松田鼠的穴居地选择相关生态因子的描述性统计和差异性比较

Table 1 Comparison and description of ecological factors influencing nest site selection by Blyth's vole (*Pitmys leucurus*) in the Altun Mountain National Nature Reserve

生态因子 Ecological factors	穴居地 Nest sites (n=40)	对照 Control (n=221)	Mann-Whitey U 检验 Z 值	t	P
	平均值 ± 标准误 (Mean ± SE)	平均值 ± 标准误 (Mean ± SE)			
生物量 B (g)	23.28 ± 0.47	19.48 ± 0.88	-3.46	-	<0.001
植物种数 NPS (种/m ²)	2.50 ± 0.08	3.68 ± 0.13	-3.46	-	0.001
植被高度 VH (cm)	3.85 ± 0.07	20.52 ± 1.69	-5.56	-	<0.001
植被盖度 VC (%)	72.50 ± 0.40	53.89 ± 1.83	-5.32	-	<0.001
植被密度 VD (株/m ²)	65.91 ± 5.35	62.48 ± 4.22	-	0.73	-
土壤硬度 SH (kg/cm ²)	2.65 ± 0.01	4.88 ± 0.22	-4.75	-	<0.001
距道路距离 DR (m)	26.68 ± 2.13	28.59 ± 1.49	-0.30	-	0.763
隐蔽级 CC (cm)	3.96 ± 0.01	9.03 ± 0.64	-4.28	-	<0.001

B: Biomass; NPS: No. of plant species; VH: Vegetation height; VC: Vegetation cover; VD: Vegetation density; SH: Soil hardness; DR: Distances to roads; CC: Canopy cover

白尾松田鼠穴居地与对照地在数值型生态因子 2 个独立样本的 Mann-Whitney U 检验表明, 白尾松田鼠穴居地与对照地在生物量、植物种类、植被高度、植被盖度、土壤硬度和隐蔽级方面差异极显著 ($P < 0.01$), 而距道路距离差异不显著。独立样本 T 检验得出与植被密度差异不显著 ($P > 0.05$)。

白尾松田鼠在穴居地的选择上更偏爱生物量较多, 植物种类较少, 植被高度更低, 而植被盖度更大, 土壤更软的栖息地。

2.2 主成分分析

通过主成分分析, 我们得出阿尔金山保护区白尾松田鼠穴居地选择的特征值 (表 2), 白尾松田

鼠穴居地选择的相关矩阵前 5 个主成分的累积贡献率为 85.86%。说明前 5 个因子包含了基本信息, 可以较好地反映白尾松田鼠的穴居地特征, 因此, 只选用前 5 个主成分进行分析, 其相应的因子负载见表 3。第一主成分的贡献率为 26.68%, 其中隐蔽级 (0.942)、植被高度 (0.909) 绝对值权数系数较大。第二主成分贡献率为 23.30%, 其中距道路距离 (0.814) 的绝对值权数系数较大。第三主成分贡献率为 17.39%, 其中植物密度 (0.919) 的绝对值权数系数较大。第四主成分贡献率为 10.44%, 其中植物种数 (0.923) 绝对值权数系数较大。第五主成分贡献率为 8.04%, 其中土壤硬度 (0.953) 绝对值权数系数较大。

表 2 阿尔金山白尾松田鼠的穴居地选择主成分分析特征值和贡献率

Table 2 Eigenvalues and contribution ratios of ecological factors influencing nest site selection by Blyth's vole (*Pitmys leucurus*) during summer in the Altun Mountain National Nature Reserve

因子 Factors	特征值 Eigenvalue	贡献率 Contribution ratio (%)	累计贡献率 Accumulated contribution ratio (%)
1	2.134	26.678	26.678
2	1.864	23.301	49.979
3	1.392	17.398	67.377
4	0.835	10.438	77.814
5	0.644	8.045	85.860
6	0.598	7.471	93.330
7	0.340	4.244	97.575
8	0.194	2.425	100.000

表 3 阿尔金山白尾松田鼠穴居地选择各因子的因子负载表

Table 3 Loading of ecological factors influencing nest site selection by Blyth's vole (*Pitmys leucurus*) in the Altun Mountain National Nature Reserve

穴居地变量 Nest site variables	F1	F2	F3	F4	F5
植物种数 No. of plant species	0.029	0.268	0.033	0.923	-0.099
植被高度 Vegetation height	0.909	0.082	0.016	0.104	0.194
植被盖度 Vegetation cover	0.060	0.457	0.752	-0.260	0.132
植被密度 Vegetation density	-0.104	-0.143	0.919	0.180	-0.044
土壤硬度 Soil hardness	0.227	-0.092	0.029	-0.096	0.953
距道路距离 Distances to roads	-0.165	0.814	0.021	0.091	-0.207
隐蔽级 Canopy cover	0.942	-0.071	-0.085	-0.065	0.088
生物量 Biomass	0.165	0.744	0.035	0.246	0.073

2.3 穴居地偏好

从选择指数的结果 (表 4) 得知, 白尾松田鼠喜欢选择 4 种以下植物, 高度小于 8 cm, 土质较

软 ($3 - 4 \text{ kg/cm}^2$), 隐蔽级在 8 cm 以下的高寒草原土的高寒草地栖息地。

表4 阿尔金山自然保护区白尾松田鼠对穴居地的选择

Table 4 Nest site selection by Blyth's vole (*Pitmys leucurus*) in the Altun Mountain National Nature Reserve

项目 item	<i>i</i>	P_i	r_i	W_i	E_i	穴居地偏好 Nest site preference
土壤类型 Soil type	高寒草原土 Alpine steppe soil	0.73	1.00	1.00	0.50	P
	高寒荒漠土 Alpine desert soil	0.20	0.00	0.00	-1.00	N
	风沙土 Aeolian sandy soil	0.07	0.00	0.00	-1.00	N
植被类型 Vegetation type	高寒草地 Alpine steppe	0.38	1.00	1.00	0.60	P
	荒漠 Desert	0.26	0.00	0.00	-1.00	N
	草甸 Meadow	0.19	0.00	0.00	-1.00	N
	落叶灌丛 Deciduous shrub	0.16	0.00	0.00	-1.00	N
植物种类 No. of plant species	<2	0.35	0.50	0.55	0.37	P
	2-4	0.43	0.50	0.45	0.29	P
	4-6	0.09	0.00	0.00	-1.00	N
	>6	0.13	0.00	0.00	-1.00	N
植被高度 Vegetation height (cm)	<4	0.30	0.50	0.47	0.48	P
	4-8	0.26	0.50	0.53	0.52	P
	8-12	0.10	0.00	0.00	-1.00	N
	12-16	0.07	0.00	0.00	-1.00	N
	16-20	0.03	0.00	0.00	-1.00	N
	>20	0.21	0.00	0.00	-1.00	N
植物盖度 Vegetation cover	<25%	0.21	0.00	0.00	-1.00	N
	25%-50%	0.21	0.00	0.00	-1.00	N
	50%-75%	0.39	1.00	1.00	0.60	P
	75%-100%	0.19	0.00	0.00	-1.00	N
植物密度 Vegetation density (ind./m ²)	<40	0.41	0.28	0.15	-0.24	N
	40-80	0.20	0.38	0.44	0.27	P
	80-120	0.24	0.33	0.35	0.16	P
	>120	0.15	0.03	0.06	-0.61	N
土壤硬度 Soil hardness (kg/cm ²)	<2	0.18	0.00	0.00	-1.00	N
	2-3	0.11	0.00	0.00	-1.00	N
	3-4	0.28	1.00	0.96	0.71	P
	4-5	0.11	0.00	0.00	-1.00	N
	5-6	0.05	0.00	0.00	-1.00	N
	>6	0.26	0.00	0.00	-1.00	N
距道路距离 Distances to roads (m)	<10	0.30	0.13	0.04	-0.59	NP
	10-20	0.11	0.25	0.22	0.14	P
	20-30	0.07	0.23	0.33	0.33	P
	30-40	0.19	0.18	0.09	-0.28	NP

续表 4 Continued from table 4

项目 item	i	P_i	r_i	W_i	E_i	穴居地偏好 Nest site preference
隐蔽级 Canopy cover (cm)	40 - 50	0.07	0.23	0.31	0.30	P
	>50	0.19	0.00	0.00	-1.00	N
	<4	0.34	0.50	0.54	0.53	P
	4 - 8	0.41	0.50	0.46	0.47	P
	8 - 12	0.09	0.00	0.00	-1.00	N
	12 - 16	0.05	0.00	0.00	-1.00	N
	16 - 20	0.02	0.00	0.00	-1.00	N
生物量 Biomass (g/m ²)	>20	0.09	0.00	0.00	-1.00	N
	<25	0.72	0.63	0.38	0.07	R
	25 - 50	0.27	0.38	0.62	0.30	P
	50 - 75	0.02	0.00	0.00	-1.00	N

P: 选择; NP: 回避; R: 随机选择; N: 不选择

P: Preferred; NP: Not preferred; R: Random selection; N: Not selected

3 讨论

生态因子的差异性检验，主成分分析及栖息地选择指数分析的结果表明，植物种类、植物高度、土壤硬度、隐蔽级是影响白尾松田鼠对穴居地选择的主导因子，表现为白尾松田鼠更偏爱植物种类较少 (<4 种)，植被高度更低 (<8 cm)，隐蔽级更低 (4 - 8 cm)，土壤更软 (3 - 4 kg/cm²) 的穴居地。上述因子可分为食物因子 (植物种类和植被高度)、隐蔽因子 (隐蔽级) 及土壤因子 3 个方面。

由于缺乏深入的研究，田鼠穴居地偏好和选择不为人所熟知 (Hansson, 1977)。黑田鼠 (*Microtus agrestis*) 表现出明显的偏好潜在食物资源丰富的栖息地 (Borowski, 2003)。食物资源，而不是捕食者，决定繁殖季节末期黑田鼠的运动和社会行为 (Agrell, 1995)。白尾松田鼠穴居地样方比对照样方中植物种类少 (<4 种)，高度更低 (<8cm)。最有代表性的植物是垫状驼绒藜 (*Ceratocarpus compacta*)，为多年生小灌木，其植株矮小、垫状、具密集的分枝，叶小、密集、营养丰富，含有较多的粗蛋白 (易津等, 2003)。由于白尾松田鼠体型较小，不冬眠，能量消耗相对较高，必须经常取食，垫状驼绒藜作为其穴居栖息地中的优势种，是白尾松田鼠全年稳定的食物来源。

白尾松田鼠昼夜活动，不冬眠，夏季上午、下午各有 1 个活动高峰 (罗泽珣等, 2000)。野外观察发现白尾松田鼠在冬季只有中午 1 个活动高峰，气温较高的时候在洞口附近晒太阳和觅食。有研究表明，白天活动的啮齿类动物回避盖度减少或裸露的区域 (Kaufman *et al.*, 1983; Anderson, 1986)，因为这类开放的栖息地是与相对较高的猛禽捕食风险相关 (Halle, 1993)。白尾松田鼠偏好隐蔽级相对较低 (4 - 8 cm) 的栖息地，面临较高的捕食风险。白尾松田鼠采用高频而快速的采食模式，快速进食几口后返回洞口；地面活动时很少在远离洞口的开阔地停留，长距离的移动通过地下的洞系进行，都是对高捕食风险的适应性行为。

小气候条件影响堤岸田鼠 (*Myodes glareolus*) 的栖息地偏好 (Torre and Arrizabalaga, 2008)，土壤湿度是森林中堤岸田鼠栖息地选择的重要因子 (van Appeldoorn *et al.*, 1992)，甚至在高纬度地区也是如此 (Olsson *et al.*, 2005)。研究表明，土壤含水量增加导致食物资源和草本层植被郁闭性增加，土壤的硬度下降，有利于根田鼠 (*Microtus oeconomus*) 建造其主要的隐蔽所——洞穴，降低其被天敌捕食的风险 (崔庆虎等, 2005)。白尾松田鼠选择土壤硬度偏软 (3 - 4 kg/cm²) 的栖息地挖掘洞穴。由于野外工作条件的限制，我们没有测量土壤含水量，但是相对同域分布的高原鼠兔

(*Ochotona curzoniae*) (李叶等, 2014), 白尾松田鼠的洞穴更靠近湿地。

结果表明, 白尾松田鼠对栖息地选择的宽度较窄, 在高寒荒漠、土质较硬、植被较高、种类较多的地方看不到它们的活动痕迹, 从而在保护区的高寒生态系统中呈斑块状分布格局。小型哺乳动物栖息地选择主要是根据其对安全和食物的要求 (Mazurkiewicz, 1994), 但还有许多其他因素, 如栖息地特化和行为 (领域和竞争程度), 也对个体的分布有影响 (Wolff, 1999)。许多受威胁的物种是栖息地特化种, 由于栖息地丧失、片段化和退化而受到负面影响 (Kerbiouri *et al.*, 2009; Magnusson *et al.*, 2013)。一般认为, 全球气候变化对极地和高纬度地区影响更大 (Kausrud *et al.*, 2008), 可能导致高海拔特有物种的灭绝 (Dirnböck *et al.*, 2011)。建议在全球气候变化的背景下, 应该加强对白尾松田鼠这类以往关注甚少的物种种群分布和数量变化的监测。我们对白尾松田鼠栖息地利用的初步研究结果可以为后续研究提供重要参考。

致谢: 野外工作得到阿尔金山国家级自然保护区管理局的大力支持; 新疆林业科学院的林宣龙同志和司机王松同志参与部分野外工作, 特此一并致谢。

参考文献:

- Agrell J. 1995. A shift in female social organization independent of relatedness: an experimental study on the field vole (*Microtus agrestis*). *Behavioral Ecology*, **6**: 182–191.
- Anderson P K. 1986. Foraging range in mice and voles: the role of risk. *Canadian Journal of Zoology*, **64**: 2645–2653.
- Atiénzar F, Antón-Pardo M, Armengol X, Barba E. 2012. Distribution of the white-headed duck *Oxyura leucocephala* is affected by environmental factors in a Mediterranean wetland. *Zoological Studies*, **51**: 783–792.
- Borowski Z. 2003. Habitat selection and home range size of field voles *Microtus agrestis* in Sowiski National Park. Poland. *Acta Theriologica*, **48**: 325–333.
- Cudworth N L, Koprowski J L. 2011. Importance of scale in nest-site selection by Arizona gray squirrels. *Journal of Wildlife Management*, **75**: 1668–1674.
- Cui Q H, Jiang Z G, Lian X M, Zhang T Z, Su J P. 2005. Factors influencing habitat selection of root voles (*Microtus oeconomus*). *Acta Theriologica Sinica*, **25** (1): 45–51. (in Chinese)
- Dirnböck T, Essl F, Rabitsch W. 2011. Disproportional risk for habitat loss of high-altitude endemic species under climate change. *Global Change Biology*, **17**: 990–996.
- Guo Y W, Shi D Z, Wang Y. 2009. Rodent problem in Qinghai-Tibet Plateau and its control measure. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, **20** (3): 268–270. (in Chinese)
- Halle S. 1993. Diel pattern of predation risk in microtine rodents. *Oikos*, **68**: 510–518.
- Hansson L. 1977. Spatial dynamics of field voles *Microtus agrestis* in heterogeneous landscapes. *Oikos*, **29**: 539–544.
- Juškaitis R, Balčiauskas L, Šiožinyte V. 2013. Nest site selection by the hazel dormouse *Muscardinus avellanarius*: is safety more important than food? *Zoological Studies*, **52**: 53.
- Kaufman D W, Peterson S K, Fristick R, Kaufman G A. 1983. Effect of microhabitat features on habitat use by *Peromyscus leucopus*. *The American Naturalist*, **24**: 239–248.
- Kausrud K L, Mysterud A, Steen H, Vik J O, Ostbye E, Cazelles B, Framstad E, Eikeset A M, Mysterud I, Solhoy T, Stenseth N C. 2008. Linking climate change to lemming cycles. *Nature*, **456**: 93–97.
- Kerbiouri C, Le Viol I, Jiguet F, Devictor V. 2009. More species, fewer specialists: 100 years of changes in community composition in an island biogeographical study. *Diversity Distribution*, **15**: 641–648.
- Lechowicz M J. 1982. The sampling characteristics of electivity indices. *Oecologia*, **52**: 22–30.
- Li Y, Wang Z Y, Zhang X, Shi L. 2004. Analysis of dominant factors affecting microhabitat selection of plateau pika (*Ochotona curzoniae*) during summer in Altun Mountain National Nature Reserve, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, **25** (1): 28–31. (in Chinese)
- Li W D, Zhang X, Zhang H B. 2013. Comprehensive Survey of the Altun Mountain National Nature Reserve. Urumqi: Xinjiang Science and Technology Press. (in Chinese)
- Luo Z X, Chen W, Gao W. 2000. Fauna Sinica (Mammalia Vol. 6 Rodentia II Cricetidae). Beijing: Science Press. (in Chinese)
- Magnusson M, Bergsten A, Ecke F, Bodin Ö, Bodin L, Hörnfeldt B. 2013. Predicting grey-sided vole occurrence in northern Sweden at multiple spatial scales. *Ecology and Evolution*, **3** (13): 4365–4376.
- Mazurkiewicz M. 1994. Factors influencing the distribution of the bank vole in forest habitats. *Acta Theriologica*, **39**: 113–126.
- Olsson G E, White N, Hjalten J, Palo R T, Ahlm C. 2005. Habitat factors associated with bank voles (*Clethrionomys glareolus*) and concomitant hantavirus in northern Sweden. *Vector-borne and Zoonotic Diseases*, **5**: 315–323.
- Rosalino L M, Ferreira D, Leitco I, Santos-Reis M. 2011. Selection of nest sites by wood mice *Apodemus sylvaticus* in a Mediterranean agro-forest landscape. *Ecological Research*, **26**: 445–452.
- Rosenzweig M L. 1981. A theory of habit at selection. *Ecology*, **62** (2): 327–335.
- Skórka P, Martyka R, Wójcik J D, Lend M. 2011. Site parameters' variance—a missing dimension in the studies of nest-site selection?

- Polish Journal of Ecology*, **59**: 423–426.
- Tang X Q, Qin Y L, Lu J, Zang J C. 2011. Investigation and control experiment of rodent (rabbit) pests in the newly planted forests in semiarid valley in Lhasa. *Forest Pest and Disease*, **30** (6): 31–34. (in Chinese)
- Torre I, Arrizabalaga A. 2008. Habitat preferences of the bank vole *Myodes glareolus* in a Mediterranean mountain range. *Acta Theriologica*, **53**: 241–250.
- van Apeldoorn R C, Oostenbrink W T, van Winden A, van der Zee F F. 1992. Effects of habitat fragmentation on the bank vole, *Clethrionomys glareolus*, in an agricultural landscape. *Oikos*, **65**: 265–274.
- Wolff J O. 1999. Behavioral Model Systems. New York: Springer, 11–40.
- Xie D M, Lu J Q, Sichilima A M, Wang B S. 2012. Patterns of habitat selection and use by *Macaca mulatta tcheliensis* in winter and early spring in temperate forest, Jiyuan, China. *Biologia*, **67** (1): 234–239.
- Yi J, Wang X M, Uranchimeg, Zhang L J. 2003. Advances in the study of biological characteristics of genus *Ceratoides*. *Acta Agrestia Sinica*, **11** (2): 87–94. (in Chinese)
- You Z Q, Tang Z H, Yang Y B, Yang L H, Shi H Y, Liu H, Gan X, Zheng T C, Jiang Z G. 2014. Summer habitat selection by white-lipped deer (*Cervus albirostris*) in Chaqingsongduo White-lipped Deer National Nature Reserve. *Acta Theriologica Sinica*, **34** (1): 46–53. (in Chinese)
- Zhang B P. 1991. Physical environment and animal resources in the Altun Mountain National Nature Reserve (Kumukule basin). *Journal of Arid Land Resources and Environment*, **5** (1): 87–95. (in Chinese)
- Zheng C L, Wang S. 1980. On the taxonomic status of *Pitymys leucurus* Blyth. *Acta Zootaxonomica Sinica*, **5** (1): 106–111. (in Chinese)
- 李叶, 王振宇, 张翔, 时磊. 2014. 阿尔金山自然保护区高原鼠兔夏季微栖息地选择的主导因子分析. 中国媒介生物学及控制杂志, **25** (1): 28–31.
- 李维东, 张翔, 张会斌. 2013. 新疆阿尔金山国家级自然保护区综合科学考察. 乌鲁木齐: 新疆科学技术出版社.
- 张百平. 1991. 阿尔金山自然保护区库木库勒盆地的自然环境和动物资源. 干旱区资源与环境, **5** (1): 87–95.
- 易津, 王学敏, 乌仁其木格, 张力君. 2003. 驼绒藜属植物生物学特性研究进展. 草地学报, **11** (2): 87–94.
- 罗泽珣, 陈卫, 高武. 2000. 中国动物志—兽纲. 第六卷, 啮齿目(下), 仓鼠科. 北京: 科学出版社.
- 郑昌琳, 汪松. 1980. 白尾松田鼠分类志要. 动物分类学报, **5** (1): 106–111.
- 郭永旺, 施大钊, 王勇. 2009. 青藏高原的鼠害问题及其控制对策. 中国媒介生物学及控制杂志, **20** (3): 268–270.
- 唐晓琴, 秦元丽, 卢杰, 臧建成. 2011. 拉萨半干旱河谷新植林鼠(兔)害调查及防治试验. 中国森林病虫, **30** (6): 31–34.
- 崔庆虎, 蒋志刚, 连新明, 张同作, 苏建平. 2005. 根田鼠栖息地选择的影响因素. 兽类学报, **25** (1): 45–51.
- 游章强, 唐中海, 杨远斌, 杨丽红, 石红艳, 刘昊, 甘潇, 郑天才, 蒋志刚. 2014. 察青松多白唇鹿国家级自然保护区白唇鹿对夏季生境的选择. 兽类学报, **34** (1): 46–53.