

根田鼠栖息地选择的影响因素

崔庆虎^{1, 2} 蒋志刚³ 连新明¹ 张同作¹ 苏建平^{1 *}

(1 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁, 810008)

(2 中国科学院研究生院, 北京, 100039) (3 中国科学院动物研究所, 北京, 100080)

摘要: 2002 年 7~9 月在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站地区对根田鼠的栖息地选择进行了研究。对根田鼠栖息地利用强度变量(一定面积内的跑道长度、跑道分叉数、洞口数)与 12 个栖息地特征变量进行多元线性逐步回归分析表明:显著影响跑道长度的变量为灌丛高度、竞争性啮齿类、电线杆、早熟禾、围栏、灌丛间距和双子叶植物生物量;显著影响跑道分叉数的变量为灌丛高度、竞争性啮齿类、电线杆、早熟禾和围栏;显著影响洞口数的变量为灌丛高度、土壤含水率和围栏。对影响利用强度变量的因素进行综合生态学分析表明,在小生境尺度上,研究期间影响根田鼠栖息地选择的因素主要为捕食风险和种间竞争,食物资源和土壤硬度也有一定程度的影响。

关键词: 根田鼠; 栖息地选择; 捕食风险; 种间竞争

中图分类号: Q958.1

文献标识码: A

文章编号: 1000 - 1050 (2005) 01 - 0045 - 07

Factors Influencing Habitat Selection of Root Voles (*Microtus oeconomus*)

CUI Qinghu^{1, 2} JIANG Zhigang³ LIAN Xinming¹ ZHANG Tongzuo¹ SU Jianping^{1 *}

(1 Northwest Plateau Institute of Biology, The Chinese Academy of Sciences, Xining, 810008)

(2 Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100039)

(3 Institute of Zoology, The Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100080)

Abstract: We studied habitat selection of root voles (*Microtus oeconomus*) at Haibei Alpine Meadow Ecosystem Research Station, the Chinese Academy of Sciences, July - September 2002. Stepwise regression indicated that shrub height, dicotyledon biomass, number of competing rodent species, *Poa* density, and distances from power line poles, pasture fences, and shrubs significantly influenced runway length. Significant factors influencing runway branch number were shrub height, number of competing rodent species, *Poa* density, and distances from power line poles, and pasture fences. Factors significantly influencing burrow number were shrub height, soil moisture, and distance from pasture fences. The influences of most habitat variables on vole habitat selection were directly or indirectly related to interspecific competition and predation risk. Risk of predation increased and habitat utilization decreased with decreased shrub height and *Poa* dominance, and with increased proximity of pasture fences and power lines. The presence of plateau pikas (*Ochotona curzoniae*) resulted in increased habitat openness, thus increased risk of predation and decreased habitat utilization by root voles. Overall, at a microhabitat scale, risk of predation and interspecific competition were the main factors which influenced habitat selection by root voles during the study period.

Key words: Root vole (*Microtus oeconomus*); Habitat selection; Predation risk; Inter specific competition

研究动物的栖息地选择具有十分重要的意义 (Krebs, 1994), 国内外对不同动物类群在不同空间尺度上开展了大量研究。众多研究表明, 在不同空间尺度上影响动物栖息地选择的主要因素也有所不同 (Johnson, 1980; Morris, 1987; Orians and Wit-

tenberger, 1991; Powell, 1994; 杨维康等, 2000; 魏辅文等, 1998)。在小生境尺度上, 多数非生物因子的作用是相似的, 栖息地空间结构的差异主要表现在植被上, 而植被又为动物提供食物和活动场所, 它对动物栖息地选择的影响在很大程度上取决

基金项目: 中国科学院“西部之光”人才培养计划项目“青藏高原草地鼠害的生态治理”

作者简介: 崔庆虎 (1976 -), 男, 博士研究生, 主要从事动物生态学和保护生物学的研究。

收稿日期: 2004 - 04 - 26; 修回日期: 2004 - 06 - 11

* 通讯作者, correspondence author, E-mail: jpsu@nwipb.ac.cn

于其资源水平和活动场所的安全性,直接或间接地与竞争和捕食风险有关。在小生境尺度上种间竞争和捕食风险是影响动物栖息地选择最重要的生物因子(苏建平, 2001)。根田鼠(*Microtus oeconomus*)是青藏高原的优势小哺乳动物(刘季科等, 1982; 夏武平等, 1991), 对其野外研究, 主要集中在食性和种群调节方面(Tast, 1974; 刘季科等, 1991, 1994; 胡德夫和王祖望, 1991; 聂海燕等, 1995), 栖息地选择方面的研究还未见报道。为此, 笔者于2002年7~9月在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站地区, 在小生境尺度上研究了影响根田鼠栖息地选择的因素。

1 研究地区概况与方法

1.1 研究地区概况

研究地区地处北纬 $37^{\circ}29' \sim 37^{\circ}45'$, 东经 $101^{\circ}12' \sim 101^{\circ}33'$, 海拔约3200 m, 气候为明显的高原大陆性气候。该地区主要的植被类型为高寒灌丛(Alpine shrub)、高寒草甸(Alpine meadow)和沼泽(Swamp), 高寒灌丛以金露梅(*Dasiphora fruticosa*)灌丛最为普遍(周兴民和李建华, 1982)。近年来随着人类活动的增多, 该地区还出现了人工燕麦草植被和弃耕地植被。分布于该地区的小哺乳动物除根田鼠外还有高原鼢鼠(*Myospalax baileyi*)、甘肃鼠兔(*Ochotona cansus*)、高原鼠兔(*O. curzoniae*)、高原兔(*Lepus oiostolus*)等。兽类捕食者有香鼬(*Mustela altaica*)、艾虎(*Mustela eversmanni*)、狼(*Canis lupus*)等(刘季科等, 1982)。常见的鸟类捕食者有大鸮(*Buteo hemilasius*)、雕鸮(*Bubo bubo*)、红隼(*Falco tinnunculus*)等(崔庆虎等, 2003)。该地区还有众多的人工设施如电线杆和围栏。

1.2 研究方法

沿永安城——窑沟口——海北站——鱼儿山——乱海子方向, 选取了1条长25 km宽100 m的样带, 该样带涵盖了当地的所有植被类型。在样带上根据植被类型的差异, 共选取了23种栖息地亚型。在每一栖息地亚型中, 选取了距离较远的5个30 cm × 30 cm的小样方, 在小样方的对应位置又选取了5个5 m × 5 m的大样方, 即小样方在大样方之中, 大样方之间不重叠。

1.2.1 栖息地特征变量的选取与测定

栖息地的一些特征变量, 如灌丛高度、灌丛间距、草本层植物高度、草本层植物盖度以及早熟禾(*Poa* spp.), 都与动物的隐蔽条件和视觉障碍有关, 还有猛禽喜栖的围栏和电线杆的存在, 直接或间接地反映了捕食风险的效应, 加上生物量等变量, 共选取了12个栖息地特征变量, 各变量的具体测定方法如下:

草本层植物高度: 小样方中草本层建群种的平均高度。

草本层植物盖度: 小样方中, 草本层植物覆盖地表面积占该样方总面积的百分率。参照武吉华和刘濂(1983)介绍的方法测定。

早熟禾: 根据早熟禾在大样方中的优势度, 划分为2个等级: 0表示无早熟禾; 1表示早熟禾为伴生种。

灌丛: 根据灌丛在大样方中出现的高度和间距划分等级。钢卷尺测量灌丛高度, 并分为4个等级: 0为无灌丛; 1为平均高度<30 cm; 2为平均高度30~50 cm; 3为平均高度>50 cm。灌丛间距分为3个等级: 0为无灌丛; 1为间距平均值<50 cm; 2为间距平均值50 cm。

围栏: 根据围栏距大样方中心的距离划分为3个等级: 0表示>20 m; 1表示10~20 m; 2表示<10 m。样方中心距围栏的距离用步测法测定。

电线杆: 根据电线杆距离大样方中心的距离划分为3个等级: 0表示>50 m; 1表示20~50 m; 2表示<20 m。测定方法同围栏。

竞争性啮齿类: 本研究中的竞争性啮齿类主要是指高原鼠兔。根据高原鼠兔在取样区的数量状况赋予2个值, 0表示没有高原鼠兔分布, 1表示有少量的高原鼠兔分布。

生物量: 取样在小样方中进行, 每一栖息地亚型取样5个。由于早熟禾和灌丛已被视为独立的栖息地特征变量, 所以在测定植物生物量时避免小样方中出现早熟禾和灌丛。单子叶植物生物量(Monocotyledon biomass)指草本层单位面积(1 m²)上禾本科和莎草科草本植物地上部分的烘干重。双子叶植物生物量(Dicotyledon biomass)指草本层单位面积(1 m²)上双子叶草本植物(杂类草)地上部分的烘干重。总生物量即为草本层单位面积上单子叶草本植物生物量与双子叶草本植物生物量之和。用千分之一电子天平测量。

土壤含水率测定：土壤水分占土壤总重量的百分比为土壤含水率。用土钻钻取深度为 5 ~ 10 cm 的土样测定土壤含水率：土壤含水率 = 100 % × (土样湿重 - 土样干重) / 土样湿重。重量用千分之一电子天平测量。每一小样方中取一土样测定其土壤含水率。

1.2.2 根田鼠利用强度变量的选取与测定

研究表明用啮齿类的活动强度或对生境的利用强度可以很好地反映动物的栖息地选择 (Abramsky *et al.*, 1989, 1990; Mitchell *et al.*, 1990), 本研究选取一定面积内的洞口数、跑道长度和跑道分叉数来反映根田鼠对栖息地的利用强度。跑道和洞口的确定主要依据洞口处和跑道上是否有根田鼠新鲜粪便以及它们的形状来判断。根田鼠栖息地利用强度变量的具体测定方法如下：

洞口数：采用逐一排查法测定大样方中的总洞口数，包括正在使用的洞口和没有使用的旧洞口，野外观察发现随着种群密度的增加，所有的洞口都会被使用，有时还会增加一些新的洞口。

跑道长度：用软皮尺拟合大样方中所有洞口之间的根田鼠跑道，并逐一测量长度，最后计算总长度。

跑道分叉数：采用直接记数法统计跑道交叉的个数。

1.3 数据处理与统计分析

多元线性逐步回归分析和相关分析都由大型统计软件 SPSS for Windows 10.0 完成。

2 结果

2.1 利用强度变量间的相关关系

对一定面积内的跑道长度、跑道分叉数和洞口数进行相关分析表明，三个变量两两之间均呈极显著的正相关关系 ($P < 0.001$)，其中又以跑道长度和跑道分叉数的相关系数最大 ($r = 0.965\ 2$)，两者与洞口数的相关系数接近 ($r = 0.769\ 5$, $r = 0.725\ 4$)。

2.2 栖息地特征变量对利用强度变量的影响

2.2.1 栖息地特征变量对跑道长度的影响

跑道长度与 12 个栖息地特征变量的多元线性逐步回归分析表明，跑道长度受 7 个栖息地特征变量显著影响 ($R = 0.821$, $F = 31.569$, $df = 7, 114$, $P < 0.001$)。从表 1 可以看出，随着灌丛高度、灌丛间距、早熟禾优势度和双子叶植物生物量的增加，跑道长度增加；而随着电线杆、围栏距离的靠近和竞争性啮齿类优势度的增加，跑道长度降低；这些栖息地特征变量对跑道长度的影响强度均达到了显著水平。

2.2.2 栖息地特征变量对跑道分叉数的影响

跑道分叉数与 12 个栖息地特征变量的多元线性逐步回归分析表明，跑道分叉数受 5 个栖息地特征变量的显著影响 ($R = 0.775$, $F = 32.697$, $df = 5, 114$, $P < 0.001$)。跑道分叉数随着灌丛高度和

表 1 跑道长度与栖息地特征变量的回归分析
Table 1 Multiple linear regression of habitat variables on runway length

模型 Model	回归系数 Regression coefficients		<i>t</i> 测验 <i>t</i> -test	显著性 Significance
	非标准化 Unstandardized (±SE)	标准化 Standardized		
常数项 Constant	2047.486 ±269.281		7.604	$P < 0.001$
灌丛高度 Shrub height	1193.585 ±229.654	0.424	5.197	$P < 0.001$
竞争性啮齿类 Competitive rodent species	- 2792.448 ±358.575	- 0.491	- 7.788	$P < 0.001$
电线杆 Power pole	- 1454.071 ±210.054	- 0.431	- 6.922	$P < 0.001$
早熟禾 <i>Poa</i> spp.	1073.581 ±266.890	0.247	4.023	$P < 0.001$
围栏 Pasture fences	- 615.468 ±166.230	- 0.230	- 3.703	$P < 0.001$
灌丛间距 Inter-shrub distance	500.623 ±228.494	0.179	2.191	$P = 0.031$
双子叶植物生物量 Biomass of dicotyledon	40.585 ±19.886	0.123	2.041	$P = 0.044$

早熟禾优势度的增加而增加，而随着电线杆、围栏距离的靠近和竞争性啮齿类优势度的增加而减少，这些栖息地特征变量对跑道分叉数的影响强度均达到了显著水平（表 2）。

表 2 跑道分叉数与栖息地特征变量的回归分析

Table 2 Multiple linear regression of habitat variables on runway branch number

模型 Model	回归系数 Regression coefficients		<i>t</i> 测验	显著性
	非标准化 Unstandardized (±SE)	标准化 Standardized	<i>t</i> -test	Significance
常数项 Constant	18.851 ±2.051		9.192	<i>P</i> < 0.001
灌丛高度 Shrub height	11.996 ±1.471	0.522	8.155	<i>P</i> < 0.001
竞争性啮齿类 Competitive rodent species	- 20.833 ±3.021	- 0.449	- 6.896	<i>P</i> < 0.001
电线杆 Power pole	- 10.897 ±1.812	- 0.396	- 6.014	<i>P</i> < 0.001
早熟禾 <i>Poa</i> spp.	8.704 ±2.327	0.245	3.741	<i>P</i> < 0.001
围栏 Pasture fences	- 3.580 ±1.410	- 0.164	- 2.539	<i>P</i> = 0.013

2.2.3 栖息地特征变量对洞口数的影响

洞口数与 12 个栖息地特征变量的多元线性逐步回归分析表明，洞口数受 3 个栖息地特征变量的显著影响（*R* = 0.781，*F* = 57.891，*df* = 3，114，*P* < 0.001）。洞口数随着灌丛高度和土壤含水率的

增加而增加，而距离围栏越近洞口数越少，这些栖息地特征变量对洞口数的影响强度均达到了显著水平，而灌丛高度变量又以绝对优势（标准化回归系数为 0.727）作用于洞口数（表 3）。

表 3 洞口数与栖息地特征变量的回归分析

Table 3 Multiple linear regression of habitat variables on number of barrow entrances

模型 Model	回归系数 Regression coefficients		<i>t</i> 测验	显著性
	非标准化 Unstandardized (±SE)	标准化 Standardized	<i>t</i> -test	Significance
常数项 Constant	- 3.398 ±4.174		0.814	<i>P</i> = 0.417
灌丛高度 Shrub height	24.382 ±2.011	0.727	12.122	<i>P</i> < 0.001
土壤含水率 Soil moisture	24.617 ±10.295	0.148	2.391	<i>P</i> = 0.018
围栏 Pasture fences	- 4.526 ±1.953	- 0.142	- 2.317	<i>P</i> = 0.022

3 讨论

3.1 食物资源对根田鼠栖息地选择的影响

从生理限制到生态限制，很多变量都影响着动物个体的栖息地选择，但最常讨论的是营养资源（Krebs，1994）。食物的类型及其丰富度直接影响着环境中动物的多度与分布。盛和林和陆厚基（1982）的研究表明，食物丰富度高的环境中黄鼬数量较高。香鼬主要捕食鼠兔，因此选择鼠兔密度较高的地方栖息（魏万红等，1994）。额外添加食物也能使得根田鼠的种群密度升高（刘季科等，1994；聂海燕等，1995）。一些研究认为，根田鼠主要取食单子叶植物（Batzli *et al.*，1980，1985；Tast，1974），而刘季科等（1991）的研究则表明根

田鼠取食单子叶和双子叶植物的量分别为 55.65 % 和 44.35 %。当然，动物在特定生境中所采食的植物种类，在不同的物候期也不完全相同（胡德夫和王祖望，1991）。本试验进行期间，植物正处于花果期，此时根田鼠对单子叶植物的摄食量逐渐下降，而对双子叶植物的摄食量则逐渐上升。野外观察还发现，根田鼠经常啃食一些双子叶植物的花蕾，如风毛菊属植物。回归分析结果表明，跑道长度随双子叶植物生物量的增加而增加，但它对跑道长度的作用强度最小（标准化系数仅为 0.123）。

3.2 捕食风险对根田鼠栖息地选择的影响

3.2.1 栖息地郁闭性对根田鼠栖息地选择的影响

就地面鼠而言，植物群落的结构特征在很大程度上决定着小哺乳动物种群的数量和分布（Grant

et al., 1982,; Pele and Barrett, 1996; 边疆晖等, 1994), 尤其是栖息地的郁闭性对动物的栖息地选择有着重要的影响 (Briney *et al.*, 1976; Van den Berg *et al.*, 2001)。Lima 和 Dill (1990) 研究表明, 不同类型的动物对郁闭栖息地有着不同的反应, 一些动物视之为隐蔽所, 而另一些动物视之为风险源。一般而言, 对于体重较大、奔跑速度快且具有明显警戒行为的动物, 郁闭栖息地是一种风险源, 而对体型小、奔跑速度慢的动物, 郁闭栖息地则为一种有效的隐蔽所。捕食的风险会导致一些体型较小的哺乳动物特化栖息于郁闭栖息地 (Kotler, 1984)。对高原鼠兔的研究 (边疆晖等, 1999; 苏建平, 2001; 施银柱, 1983; 樊乃昌和张道川, 1996) 表明, 郁闭栖息地限制了高原鼠兔的视野, 妨碍其探测和逃避天敌。栖息地郁闭性增加, 抑制高原鼠兔密度增加。而对草原田鼠 (*Microtus pennsylvanicus*) 的研究表明, 动物密度随栖息地郁闭性的增加而增加 (Pele and Barrett, 1996)。Lagos 等 (1995) 研究表明, 在半干旱环境中, 智利八齿鼠 (*Octodon degus*) 偏爱选择覆盖度较大的栖息地, 除部分原因是高温的制约外, 主要还是由于捕食风险的制约。姜兆文等 (1998) 研究也表明, 紫貂 (*Martes zibellina*) 回避树冠盖度低的地区, 是为了躲避空中的天敌 (鹰类), 以降低被捕食的风险。

在本研究中, 早熟禾一般呈丛状分布, 植株较高, 是根田鼠良好的隐蔽场所。金露梅灌丛为低矮的木本植物, 根田鼠通常不取食灌丛植物, 灌丛的作用也是构成隐蔽场所。早熟禾的优势度、灌丛的高度以及草本层植物的高度和盖度都直接影响着栖息地的郁闭性。在本研究中, 灌丛高度增加, 跑道长度、跑道分叉数和洞口数增加; 早熟禾优势度增加, 跑道长度和跑道分叉数也相应增加。灌丛高度和早熟禾优势度的增加代表了栖息地隐蔽条件的改善, 根田鼠被捕食的风险降低, 表现为对栖息地的利用强度增加。回归分析结果表明, 跑道长度随着灌丛间距的增加也增加, 其原因可能是由于灌丛高度和灌丛间距的显著正相关关系 ($R = 0.670$, $P < 0.01$) 所导致的统计学现象; 也可能是由于在一定范围内, 由灌丛间距加大导致的栖息地郁闭度下降, 被草本层植物高度、盖度增加所引起的郁闭度上升所抵消, 但这需要进一步的试验验证。

3.2.2 围栏、电线杆对根田鼠栖息地选择的影响

研究地区近年来出现的很多围栏和电线杆, 是猛禽类捕食者在捕食间歇经常利用的栖息场所 (崔庆虎等, 2003), 而且居高临下的位置也有利于猛禽在隐蔽条件较好的环境中发现猎物。崔庆虎等 (2003) 研究表明, 以根田鼠为主的田鼠科动物是大鸮和雕鸮最主要食物资源之一; 其个体数在两猛禽食物中出现的频率均超过半数以上 (分别为 55.34 % 和 55.45 %), 其对两猛禽食物的生物量贡献率也分别达到 26.99 % 和 16 %。围栏和电线杆的存在使得根田鼠被猛禽捕食的风险大大增加, 直接抑制了根田鼠对栖息地的选择利用强度, 逐步回归分析结果也表明, 跑道长度和跑道分叉数随着围栏和电线杆距离的靠近而减少, 洞口数也随围栏距离的靠近而减少。

3.3 竞争啮齿类对根田鼠栖息地选择的影响

种间竞争是影响动物栖息地选择的一个非常重要的因素之一 (Abramsky and Pinshow, 1989; Morris, 1996; 苏建平, 2001)。樊乃昌和张道川 (1996) 研究表明, 在牧草生长繁盛期常发现高原鼠兔将一些较高的植株咬断后弃置一旁的情景, 类似现象也在我们的野外观察中经常见到。这种对小生境中较高植株的刈割, 能使高原鼠兔保持开阔的防御视野, 从而降低高原鼠兔被天敌捕食的风险; 但是, 对于根田鼠来说, 这种栖息地改变却意味着郁闭性降低, 被捕食风险增加。因此当竞争性啮齿类优势度升高时, 根田鼠的栖息地利用强度降低。樊乃昌和张道川 (1996) 研究表明, 高原鼠兔对达乌尔鼠兔有竞争抑制作用; 苏建平 (2001) 的研究也表明高原鼠兔对甘肃鼠兔有较强的竞争排斥作用。本研究中所选取的一部分样地中有高原鼠兔栖息, 而有高原鼠兔栖息的样地中根田鼠的数量较少或无, 逐步回归分析的结果也表明随竞争性啮齿类优势度的增加, 根田鼠的跑道长度和跑道分叉数显著降低。

3.4 土壤含水率对根田鼠栖息地选择的影响

土壤含水率一方面与植被特征密切相关, 另一方面也影响土壤的硬度等特征, 这些特征的变化都可能不同程度地影响动物的栖息地选择 (Nevo *et al.*, 1979)。Nevo 等 (1979) 对以色列 4 种鼯鼠的栖息地选择研究表明, 生境湿度是影响栖息地选择的主导因子, 而且还有可能是导致鼯鼠物种分化并形成现存地理分布格局的重要驱动力。本研究中,

随着土壤含水率的增加, 洞口数显著增加, 根田鼠对栖息地利用的强度增加, 这是由于在一定范围内随着土壤含水率的增加, 一方面禾本科、莎草科优良牧草增加 (萧运峰等, 1982), 食物资源和草本层植被郁闭性增加, 另一方面土壤的硬度下降, 有利于根田鼠建造其主要的隐蔽所——洞穴, 降低其被天敌捕食的风险。

根田鼠根据对栖息地斑块质量的评估, 决定在哪些地方挖掘洞口、挖掘多少, 朝哪些方向开垦跑道、开垦多长, 在什么位置分叉、分叉多少, 这些都体现了根田鼠对栖息地的选择性利用。质量差的栖息地斑块中, 跑道只是简单的穿越通道, 甚至没有洞口和分叉, 累计跑道长度也就较小, 利用强度也较小; 质量较好的栖息地斑块中, 洞口和分叉数就较多, 累计跑道长度也就较大, 利用强度也较大。对影响利用洞口数、跑道长度和跑道分叉数的因素综合分析表明, 影响根田鼠栖息地选择利用的因素是多方面的, 包括土壤硬度 (土壤含水率反映的物理因子)、捕食风险、种间竞争和食物资源 (双子叶植物生物量)。总的看来, 小生境尺度上, 影响根田鼠栖息地选择的因素主要为捕食风险和种间竞争, 食物资源和土壤硬度对其也有一定程度的影响。

致谢: 感谢中国科学院西北高原生物研究所张堰铭博士在野外工作中提供的帮助。

参考文献:

- Abramsky Z, Pinshow B. 1989. Changes in foraging effort in two gerbil species correlate with habitat type and intra and interspecific activity. *Oikos*, **52**: 43 - 53.
- Abramsky Z, Rosenzweig M, Pinshow B, Brown J S, Kotler B, Mitchell W A. 1990. Habitat selection: an experimental field test with gerbil species. *Ecology*, **71** (6): 2358 - 2369.
- Batzli G O, Jung H G. 1980. Nutrition ecology of microtine rodents: resource utilization near Atkasook, Alaska. *Arctic Alpine Res*, **12**: 483 - 499.
- Batzli G O. 1985. Nutrition, In *Biology of New World Microtus*. *Spec Publ Amer Soc Mamm*, **8**: 779 - 811.
- Birney E C, Grant W E, Baird D D. 1976. Importance of vegetation cover to cycles of *Microtus* populations. *Ecology*, **57**: 1043 - 1051.
- Grant W E, Birney E C, French N R. 1982. Structure and productivity of grassland small mammal communities related to grazing-induced changes in vegetation cover. *J Mamm*, **63**: 248 - 260.
- Johnson D H. 1980. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology*, **61**: 65 - 71.
- Krebs C J. 1994. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*, 4th Edition. New York: Harper Collins College Publishers.
- Kotler B P. 1984. Risk of predation and the structure of desert communities. *Ecology*, **65**: 689 - 701.
- Lima S L, Dill M L. 1990. Behavioral decision made under the risk of predation: a review and prospectus. *Can J Zool*, **68**: 619 - 640.
- Lagos V O, Bozinovic F, Contreras L C. 1995. Microhabitat use by a small diurnal rodent (*Octodon degus*) in a semi-arid environment: thermoregulatory constraints or predation risk? *J Mamm*, **76** (3): 900 - 905.
- Mitchell W A, Abramsky Z, Kotler B P. 1990. The effect of competition on foraging activity in desert rodents: theories and experiments. *Ecology*, **71** (3): 844 - 854.
- Morris D W. 1987. Ecological scales and habitat use. *Ecology*, **68**: 362 - 369.
- Morris D W. 1996. Coexistence of specialist and generalist rodents via habitat selection. *Ecology*, **77** (8): 2352 - 2364.
- Nevo E, Guttman R, Haber M, Erez E. 1979. Habitat selection in evolving mole rats. *Oecologia*, **43**: 125 - 138.
- Orians G H, Wittenberger J F. 1991. Spatial and temporal scales in habitat selection. *Amer Nat*, **137**: S29 - 49.
- Powell R A. 1994. Effects of scale on habitat selection and foraging behavior of fishers in winter. *J Mamm*, **75** (2): 349 - 356.
- Pele J D, Barrett G W. 1996. Effects of vegetation cover on the population dynamics of meadow voles. *J Mamm*, **77** (3): 857 - 869.
- Tast J. 1974. The food and feeding habits of the root vole, *Microtus oeconomus*, in Finnish Lapland. *Aquilo Ser Zool*, **15**: 25 - 32.
- Van den Berg L J L, Bullock J M, Clarke R T, Langston R H W, Rose R J. 2001. Territory selection by the Dartford warbler (*Sylvia undata*) in Dorset, England: the role of vegetation type, habitat fragmentation and population size. *Biological conservation*, **101**: 217 - 218.
- 边疆晖, 樊乃昌, 景增春. 1994. 高寒草甸地区小哺乳动物群落与植物群落演替关系的研究. 兽类学报, **14** (3): 209 - 216.
- 边疆晖, 景增春, 樊乃昌. 1999. 地表覆盖物对高原鼠兔栖息地利用的影响. 兽类学报, **19** (3): 212 - 220.
- 刘季科, 梁杰荣, 周兴民, 李建华. 1982. 高寒草甸生态系统定位站地区的啮齿动物群落与数量. 见: 夏武平主编, 高寒草甸生态系统 (第一集). 兰州: 甘肃人民出版社, 34 - 43.
- 刘季科, 王溪, 刘伟. 1991. 植食性小哺乳类营养生态学的研究 I 根田鼠和甘肃鼠兔的食物选择及资源利用模式. 见: 刘季科, 王祖望主编, 高寒草甸生态系统 (3). 北京: 科学出版社, 111 - 123.
- 刘季科, 苏建平, 刘伟. 1994. 小型啮齿动物种群系统调节复合因子理论的野外实验研究: 食物可利用性和捕食对根田鼠种群动态作用的分析. 兽类学报, **14** (2): 117 - 129.
- 苏建平. 2001. 高原鼠兔和甘肃鼠兔栖息地选择的比较研究. 中国科学院西北高原生物研究所博士论文, 2001.
- 杨维康, 钟文勤, 高行宜. 2000. 鸟类栖息地选择研究进展. 干旱区研究, **17** (3): 71 - 78.

- 周兴民, 李建华. 1982. 海北高寒草甸生态系统定位站的主要植被类型及其地理分布规律. 见: 夏武平主编, 高寒草甸生态系统 (第一集). 兰州: 甘肃人民出版社, 9 - 18.
- 武吉华, 刘濂. 1983. 植物地理实习指导. 北京: 高等教育出版社, 229.
- 胡德夫, 王祖望. 1991. 根田鼠对天然食物的摄取、利用及其对策. 见: 刘季科, 王祖望主编, 高寒草甸生态系统 (3). 北京: 科学出版社, 149 - 166.
- 姜兆文, 徐利, 马逸清. 1998. 大兴安岭地区紫貂冬季生境选择的研究. 兽类学报, 18 (2): 112 - 119.
- 施银柱. 1983. 草场植被影响高原鼠兔的探讨. 兽类学报, 3 (2): 181 - 187.
- 夏武平, 周兴民, 刘季科. 1991. 高寒草甸地区的生物群落. 见: 刘季科, 王祖望主编, 高寒草甸生态系统 (3). 北京: 科学出版社, 1 - 7.
- 聂海燕, 刘季科, 苏建平. 1995. 小型啮齿动物种群系统调节复合因子理论的野外实验研究: 食物可利用性和捕食对根田鼠种群空间行为的作用模式及其对种群调节的探讨. 兽类学报, 15 (1): 41 - 52.
- 崔庆虎, 连新明, 张同作, 苏建平. 2003. 青海门源地区大鸺和雕鸮的食性比较. 动物学杂志, 38 (6): 57 - 63.
- 盛和林, 陆厚基. 1982. 黄鼬的产仔环境和鼬巢密度调查. 兽类学报, 2 (1): 29 - 34.
- 萧运峰, 梁杰荣, 沙渠. 1982. 高寒草甸弃耕地内鼠类的数量配置及对植被演替的影响. 兽类学报, 2 (1): 73 - 80.
- 樊乃昌, 张道川. 1996. 高原鼠兔和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.
- 魏辅文, 冯祚建, 王祖望. 1998. 野生动物对生境选择的研究概况. 动物学杂志, 33 (4): 48 - 52.
- 魏万红, 周文扬, 樊乃昌. 1994. 香鼬的栖息地选择、觅食和育幼行为. 兽类学报, 14 (3): 184 - 188.