

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

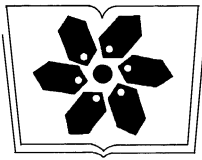
Acta Ecologica Sinica



第31卷 第7期 Vol.31 No.7 **2011**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 7 期

2011 年 4 月 (半月刊)

目 次

川南天然常绿阔叶林人工更新后土壤氮库与微生物的季节变化·····	龚 伟,胡庭兴,王景燕,等 (1763)
IBIS 模拟东北东部森林 <i>NPP</i> 主要影响因子的敏感性·····	刘 曦,国庆喜,刘经纬 (1772)
不同坡位沙棘光合日变化及其主要环境因子·····	靳甜甜,傅伯杰,刘国华,等 (1783)
氮、硫互作对克隆植物互花米草繁殖和生物量累积与分配的影响·····	甘 琳,赵 晖,清 华,等 (1794)
海岛棉和陆地棉叶片光合能力的差异及限制因素·····	张亚黎,姚贺盛,罗 毅,等 (1803)
遮荫对连翘光合特性和叶绿素荧光参数的影响·····	王建华,任士福,史宝胜,等 (1811)
3 种木本植物在铅锌和铜矿砂中的生长及对重金属的吸收·····	施 翔,陈益泰,王树凤,等 (1818)
施氮水平对小麦籽粒谷蛋白大聚合体粒径分布的调控效应·····	王广昌,王振林,崔志青,等 (1827)
强光下高温与干旱胁迫对花生光系统的伤害机制·····	秦立琴,张悦丽,郭 峰,等 (1835)
环境因子和干扰强度对高寒草甸植物多样性空间分异的影响·····	温 璐,董世魁,朱 磊,等 (1844)
利用 CASA 模型模拟西南喀斯特植被净第一性生产力·····	董 丹,倪 健 (1855)
北京市绿化树种紫玉兰的蒸腾特征及其影响因素·····	王 华,欧阳志云,任玉芬,等 (1867)
平衡施肥对缺磷红壤性水稻土的生态效应·····	陈建国,张杨珠,曾希柏,等 (1877)
冬小麦种植模式对水分利用效率的影响·····	齐 林,陈雨海,周勋波,等 (1888)
黄土高原冬小麦地 N_2O 排放·····	庞军柱,王效科,牟玉静,等 (1896)
花前渍水预处理对花后渍水逆境下扬麦 9 号籽粒产量和品质的影响·····	李诚永,蔡 剑,姜 东,等 (1904)
低硫氮比酸雨对亚热带典型树种气体交换和质膜的影响·····	冯丽丽,姚芳芳,王希华,等 (1911)
夹竹桃皂甙对福寿螺的毒杀效果及其对水稻幼苗的影响·····	戴灵鹏,罗蔚华,王万贤 (1918)
海河流域景观空间梯度格局及其与环境因子的关系·····	赵志轩,张 彪,金 鑫,等 (1925)
中国灌木林-经济林-竹林的生态系统服务功能评估·····	王 兵,魏江生,胡 文 (1936)
城郊过渡带湖泊湿地生态服务功能价值评估——以武汉市严东湖为例·····	王凤珍,周志翔,郑忠明 (1946)
黄河三角洲植物生态位和生态幅对物种分布-多度关系的解释·····	袁 秀,马克明,王 德 (1955)
基于景观可达性的广州市林地边界动态分析·····	朱耀军,王 成,贾宝全,等 (1962)
红脂大小蠹传入中国危害特性的变化·····	潘 杰,王 涛,温俊宝,等 (1970)
基于线粒体 <i>Cyt b</i> 基因的西藏马鹿种群遗传多样性研究·····	刘艳华,张明海 (1976)
不同干扰下荒漠啮齿动物群落多样性的多尺度分析·····	袁 帅,武晓东,付和平,等 (1982)
秦岭鼯鼠的洞穴选择与危害防控·····	鲁庆彬,张 阳,周材权 (1993)
京杭运河堤坝区域狗獾的栖息地特征·····	殷宝法,刘宇庆,刘国兴,等 (2002)
专论与综述	
微生物胞外呼吸电子传递机制研究进展·····	马 晨,周顺桂,庄 莉,等 (2008)
厌氧氨氧化菌脱氮机理及其在污水处理中的应用·····	王 惠,刘研萍,陶 莹,等 (2019)
问题讨论	
海河流域森林生态系统服务功能评估·····	白 杨,欧阳志云,郑 华,等 (2029)
研究简报	
体重和盐度对中国蛤蚧耗氧率和排氨率的影响·····	赵 文,王雅倩,魏 杰,等 (2040)
虾塘养殖中后期微型浮游动物的摄食压力·····	张立通,孙 耀,赵从明,等 (2046)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 290 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 33 * 2011-04



封面图说:日斜茅荆坝·河北茅荆坝——地处蒙古高原向华北平原过渡地带的暖温带落叶阔叶林,色彩斑斓,正沐浴着晚秋温暖的阳光。

彩图提供:国家林业局陈建伟教授 E-mail: cites.chenjw@163.com

秦岭鼯鼠的洞穴选择与危害防控

鲁庆彬^{1,2}, 张 阳¹, 周材权^{1,*}

(1. 西华师范大学生命科学院珍稀动植物研究所, 西南野生动植物资源保护教育部重点实验室,
四川省环境科学与生物多样性保护重点实验室, 四川南充 637009;
2. 浙江农林大学林业与生物技术学院, 浙江临安 311300)

摘要:从2009年6—9月,在平河梁自然保护区对秦岭鼯鼠(*Myospalax rufescens*)进行了调查研究,采用固定样线取样法,根据实际情况挑选了13个生境变量。共设置了302个样方,同时也发现93个正在被利用的鼯鼠洞穴,并予以取样。利用Byers分析法、One-Way ANOVA检验法和主成分分析法等获取结果。研究表明,秦岭鼯鼠明显选择荒草地和萝卜地,回避小麦地、竹林地和灌木林地,随机选择马铃薯地和玉米地;选择非常松软的和含石少的土壤,回避硬质的和含石较多的土壤;选择受人类干扰较小的阳坡,回避几乎无人干扰的半阴半阳坡。结合主成分分析,秦岭鼯鼠倾向于选择灌木稀疏的洞穴,离公路的距离较近。上述研究结果揭示出两条鼠害防控建议:一是在森林经营过程中,应采取间伐的策略,然后补苗,并尽量密植;如果是荒草地改造,也应先植入一些较粗大的或对鼯鼠有毒害作用的树种,待它们成活后,再补幼苗密植,同时应适当增加土壤含石量。二是在农业生产过程中,应采用多种经营的策略;在所种植的庄稼中,间种一些根系发达的作物或对鼯鼠有毒害作用的作物,同时应勤除杂草。

关键词:秦岭鼯鼠;洞穴;鼠害防控;间伐策略;多种经营策略

Cave-site selection of Qinling zokors with their prevention and control

LU Qingbin^{1,2}, ZHANG Yang¹, ZHOU Caiquan^{1,*}

1 Institute of Rare Animal and Plants, College of Life Sciences, China West Normal University, Key Laboratory of Southwest China Wildlife Resources Conservation (Ministry of Education) China West Normal University, Sichuan Provincial Key Laboratory of Environmental Science and Biodiversity Conservation, China West Normal University, Nanchong Sichuan 637009, China

2 School of Forestry and Bio-Technology Zhejiang Agriculture and Forestry University Linan Zhejiang 311300, China

Abstract: Qinling zokors (*Myospalax rufescens*) had been studied at Pingheliang Natural Reserve in Shanxi Province during June to September in 2009. According to the local situations, 13 habitat factors were considered in fixed line-sampling. 302 samples have been set up with a spacing of 5 m, and 93 new cave-sites being used by zokors were also found and sampled. It is shown that vegetation-type selectivity is determined by zokor's feeding preference. Qinling zokors select grass and radish sites, avoid the wheat, bamboo and shrub sites, and randomly use potato and maize sites. Although zokor's cave-paths are segregated with deep soil layers, which are hardly affected by wind, frost, rain and dew, zokors still select the appropriate cave-hatches in order to push soil outside easily or perform their outside-cave activities expediently. Zokors mainly select sunny slopes as their cave-hatches, avoid half-gloomy and half-sunny slope and randomly select gloomy slope. Sunny slopes have short water-collecting time if it rains, and receive more sunshine than other slopes, so they are beneficial to zokor's activities. Especially, flourishing plants show such high diversity that their roots provide rich nutrients in sunny slopes, which are favorable to zokor's survival and multiplication. It is found that soil rigidity and stone-percentage determine the direction of zokor cave-path and selection of cave-sites. In terms of effects of soil factors, Qinling zokors select their cave-sites in soft and low stone-percentage soils, and avoid hard and high stone-percentage soils. Human

基金项目:中国鼯鼠亚科的分子系统地理发育研究(30770256);浙江省教育厅资助项目(2451001068);浙江省杭州市林水局资助项目(2411001324)

收稿日期:2010-03-12; **修订日期:**2010-05-24

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: drcqzhou1@163.com

disturbance is often an important factor affecting the habitat selection of many animals. The cave-site selection of Qinling zokors is relatively different from other animals in that they prefer intermediate human-disturbed sites, avoid sites without human disturbance, and randomly selected strongly disturbed sites. Principle component analyses indicated that the most important factors influencing zokor's cave-site selection include (in order of decreasing importance): distance to water resource, distance to residence, distance to highway, herbage density, herbage cover, shrub cover and shrub density. In conclusion, zokors are inclined to select cave-sites with sparse shrubs and close to highway, but other habitat factors (i. e., distance to water resource, distance to residence, herbage density and herbage cover) have nearly no influence on zokor's cave-site selection. Based on the aforementioned results, two suggestions are proposed for prevention and control of zokors. Firstly, intermediate-cutting strategies should be used in the process of forest management, and young seedlings should be planted as densely as possible; for reforestation of grass sites, some bulky trees (especially poisonous trees to zokors) should be planted at first, then young seedlings need to be reinforced, and stone-percentage of soil should be improved through laying some big stones in the soil after the trees survive. Secondly, multi-cropping strategies should be used in the process of agricultural production, and some crops with developed root systems (or poisonous crops to zokors) should be intercropped with the main crops. Moreover, weeds should be removed frequently, which not only benefits the growth of crops, but also is an effective means for rodent pest control.

Key Words: Qinling zokor; cave-site; prevention and control; intermediate-cutting strategy; multi-cropping strategy

啮齿动物种群动态及影响因素的研究是害鼠预测预报的基础。鼢鼠以地下掘土活动为主,依靠其强健的前爪构筑洞道系统,并以此作为栖息场所和获取食物的通道。它们主要以根为食,不仅损害了植物本身,也改变和破坏植物的生存环境。高原鼢鼠(*Myospalax baileyi*)在挖掘活动过程中,将大量沃土推向地面形成土丘,覆盖草场导致优良牧草减产^[1-2];而秦岭鼢鼠(*Myospalax rufescens*)主要毁坏萝卜(*Raphanus sativus*)、马铃薯(*Solanum tuberosum*)等块根和块茎类农作物,严重影响退耕还林地幼苗的成活率和保存率^[3]。

秦岭鼢鼠的分类问题现在还有一些争议,一些专家认为它是甘肃鼢鼠的一个亚种^[4-5],另一些专家认为秦岭鼢鼠应单独列为一个种^[6-8]。但它们的危害却是相似的,都是危害植物的根系。目前,鼢鼠危害和防治的主要观点是针对3a内的幼苗,采用化学灭杀法和人工捕打法,灭鼠的时间多在4月份;这是因为,造林后3a内鼢鼠危害最为严重,待树木郁闭成林后,鼢鼠危害逐步降低^[3],且4月份时,鼢鼠的冬粮耗尽,鼢鼠开始进入繁殖期,4月份的平均怀孕率和平均胎仔数均高于5月份^[9]。但是,上述两种防治方法并不是想象的那么好,其实从可持续的发展角度出发,采用生态治理的方法才是上策。本文侧重于秦岭鼢鼠的生态习性方面,通过对鼢鼠洞穴选择的分析,探讨洞穴与生境因子的关系,揭示出鼢鼠的危害机理,分析其防治对策。其研究成果为理解鼠害状态下植被的演替进程、农田耕种方式以及指导鼠害荒地治理提供依据。

1 研究地区

2006年10月23日,经陕西省人民政府批准建立了平河梁省级自然保护区(108°22'30"—108°41'15"E, 33°25'00"—33°37'30"N),总面积172.76 km²,其中,林地面积170.86 km²,占98.9%;农田面积为1.90 km²,仅占1.1%(图1)。它位于秦岭东段南坡的陕西省安康市宁陕县境内,以秦岭南坡东段的大支梁——平河梁

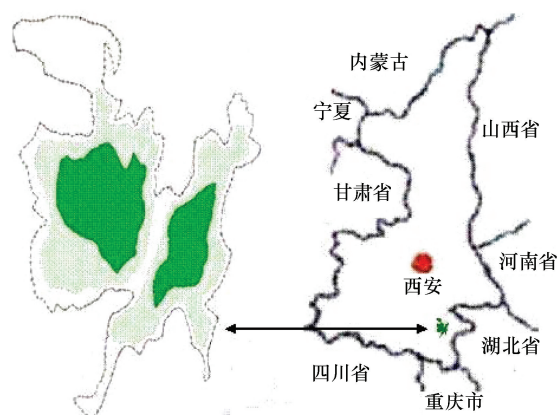


图1 陕西平河梁自然保护区

Fig. 1 Pingheliang National Reserve in Shanxi Province

色深的是核心区,有52.52 km²,占30.4%;色浅的是缓冲区,有62.54 km²,占36.2%;无色的是实验区,有57.70 km²,占33.4%

为中心,呈西北—东南走向,北以月河梁为界,南以宁陕县胭脂坝、火地塘为界,西与宁陕皇冠乡和省宁西林业局相连,东至镇安县鹰嘴石保护区。在中国动物地理区划上,它属于东洋界华中区西部山地高原亚区的秦岭南坡山地支脉,地处北亚热带北缘。区内坡度一般在 15—35°,海拔 1800—2900 m 的山地,为亚高山区,山坡陡峻,山顶突兀尖削,多齿状和刀状山脊;海拔 800—1800 m,为中山区,分布于亚高山外围,即林区山腰地带,山坡平缓,起伏较小,局部地区有陡峭孤峰^[10]。

由于区内高差悬殊,地形复杂,其亚热带季风性湿润的气候特征使季节性变化明显,故有温暖湿润、雨量充沛等特点。在海拔 2000 m 以上,年平均气温 9℃,极端最高气温 31℃,极端最低气温 -28℃;年降水量 800—1200 mm,夏季降水量占年降水量的 58% 以上^[10]。在 1998 年天然林禁伐前,因多年的采伐其森林植被遭受过不同程度的破坏,1998 年禁伐后,植被得到逐步恢复,现存森林植被主要为次生林,属暖温带针阔叶混交林型的山地森林生态系统,植物种类繁多,垂直分布明显。植被从低至高依次为:海拔 1500m 以下为落叶阔叶林带,海拔 1500—1900 m 为松栎林带,海拔 1900—2400 m 为桦杉林带,海拔 2400—2900 m 为冷杉林带^[10]。

2 研究方法

由于鼯鼠的洞道和洞口具有永久性,即不存在季节变化,故鼯鼠洞穴选择基本不存在季节差异,所以研究工作在一年中气候适宜的夏秋季节进行,在 2009 年 7—8 月间取样。调查发现,鼯鼠主要活动在农耕区及附近灌丛草地,密林中不见鼯鼠踪迹。农耕区位于保护区东北部和南部的实验区,面积不到 2 km²,加上周边环境,面积大约有 5 km²是鼯鼠主要活动的区域。选取一块鼯鼠活动明显的区域,面积约 0.1 km²,所以抽样密度超过 2%。根据当地鼯鼠分布的主要生境类型,可划分为灌木地(包括有一些高大的乔木)、竹林地、荒草地(包括有一些小灌木)、马铃薯地、萝卜地、玉米(*Zea mays*)地和小麦(*Triticum vulgare*)地等 7 种。设置一定的调查线路,每隔 5m 设置一个 2m×2 m 的样方,以反映鼯鼠的可获得资源状况,共设置了 302 个样方。当发现一个活动的鼯鼠洞口时,以洞口为中心设置一个 2m×2 m 的样方,共设置了 105 个样方。样方参数(生境因子)包括灌木密度、灌木盖度、草本密度、草本盖度、坡度、坡向、土壤硬度、土壤含石量、离住宅距离、离公路距离、离水源距离和人为干扰程度。

除定量因子直接测定外,有 3 个生境因子定性测定。

土壤硬度的测定分为 3 类 (1)硬度大,人站在其上,无明显压痕;(2)硬度适中,人站在其上,有较小的压痕,地陷深度不超过 2cm;(3)硬度小,人站在其上,有明显的压痕,地陷深度超过 2cm。

土壤含石量分为 3 个等级 (1)含石多,土壤直径>2cm 的石子体积超过总体积的 1/3;(2)含石较少,土壤中直径>2cm 的石子体积不到总体积的 1/3;(3)含石极少,土壤中几乎没有直径>2cm 的石子。

人为干扰程度也分为 3 个等级 (1)强烈干扰,样方中人类活动十分频繁,经常有人来往;(2)轻度干扰,样方中较少有人活动,偶有人来往;(3)无干扰,样方中没有人活动痕迹,基本无人来往。

动物的生境选择取决于生境的利用与生境的可用性之间的关系,当被利用的资源与生境的可用性不成比例时,这种生境利用被认为是具有选择性的^[11]。在进行统计分析时,利用 Byers 等^[12]的分析方法来分析鼯鼠生境选择中的植被类型、坡向、土壤硬度、土壤含石量和人为干扰程度等分类生境因子的选择或回避。计算公式为:

$$p_i - Z_{\alpha/2k} \sqrt{p_i(1-p_i)/n} \leq p_i \leq p_i + Z_{\alpha/2k} \sqrt{p_i(1-p_i)/n}$$

式中, n 为样方数, k 是生境因子的分类数,置信水平 $\alpha=0.05$, $Z_{\alpha/2k}$ 是 $\alpha/2k$ 下的正态分布函数值。

除此之外,利用单个样本的 Kolmogorov-Smirnov Test 检验数据是否呈正态分布。经检验所有的数据均符合进行参数分析的条件($P>0.05$),故采用 One-Way ANOVA 检验对鼯鼠生境选择的数量化生境因子(灌木密度、灌木盖度、草本密度、草本盖度、坡度、离公路距离、离住宅距离和离水源距离)的差异进行分析。对各数量因子进行主成分分析,确定其对鼯鼠洞穴选择的贡献大小。

所有统计检验都用 STATISTICA for Windows 6.0 和 Excel for Windows 2003 软件包进行,并借助标准生物

统计书和研究文献来解释结果^[13-14]。

3 结果及结论

沿调查样线行走,秦岭鼯鼠的可利用样方设置了 302 个,同时有 105 个鼯鼠洞穴被发现,并设置了样方。判别洞穴正在被利用的依据是:洞外有新鲜土壤堆积,洞壁鼯鼠啃噬的齿印湿润新鲜,有活的植物根外露,有的洞道中有青草叶散落。经细致地鉴别,认定有 93 个洞穴正在被利用。

3.1 分类因子的作用

从植被类型上看,秦岭鼯鼠选择植被类型中的萝卜地和荒草地生境,回避竹林、小麦地和灌木林生境,随机选择玉米地和马铃薯地(表 1)。

表 1 秦岭鼯鼠对植被类型的选择

Table 1 Selectivity of Qinling zokor with vegetation types in Pingheliang Reserve

		洞穴地 Cave-site						
因子 Factor	项目 Item	实际利用 样方数 Actual samples of usage	期望利用 样方数 Expected samples of usage	实际利用比例 of usage/%	期望利用比例 Expected proportion of usage /%	Bonferroni 置信区间 Bonferroni intervals for pi		选择性 Selectivity
植被类型 Vegetation type	萝卜地	23	32	0.247	0.106	0.127	0.368	+
	荒草地	43	55	0.462	0.182	0.323	0.602	+
	竹林	0	26	0.000	0.086	0.000	0.000	—
	小麦地	0	62	0.000	0.205	0.000	0.000	—
	玉米地	11	43	0.118	0.142	0.028	0.209	0
	马铃薯地	16	43	0.172	0.142	0.066	0.278	0
	灌木林	0	41	0.000	0.136	0.000	0.000	—

+表示选择;-表示回避;0表示随机选择

以上结果说明,鼯鼠的食性偏好决定了其对植被类型的选择性。在农耕地,鼯鼠选择萝卜地,回避小麦地。有些植物具有贮藏根,营养丰富,其他植物主要把营养物质用在地上部分,根部营养少^[15],所以萝卜的块根属于贮藏根,营养丰富,而小麦的须根则营养价值低。因此,鼯鼠选择根系营养丰富的农田,回避根系营养不丰富的农田。所以在进行农业耕种时,为了降低鼯鼠破坏的程度,可以采用套种的形式,即在根系营养丰富的作物中间,间种根系营养不丰富的作物,如萝卜+小麦、马铃薯+高粱等。在林地,鼯鼠选择荒草地,回避竹林和灌木林。由于贮藏根常见于 2 年生或多年生的草本植物,而竹林和大多数灌木的根系营养价值低^[15],所以鼯鼠也是选择根系营养丰富的生境,回避根系营养不丰富的生境。一些高大乔木根粗硬,营养少,故一般较少受到鼯鼠的影响,而小树苗根细嫩,含营养较多,受鼯鼠影响较大。所以在林地经营时,林地里一定要保持部分粗大的老树,其发达的根系可以限制鼯鼠的洞穴生活。这样在老树间播种一定的小树苗,就可以降低小树苗受鼯鼠的损坏。

分析发现,鼯鼠主要选择阳坡作为洞的开口,而回避半阴半阳坡,随机选择阴坡(表 2)。鼯鼠洞道有厚厚的土层隔离作用,几乎不受风、霜、雨、露的影响,但是还是要选择一个合适的洞穴开口,以利于进行洞外活动。阳坡受太阳光照射较多,即使下雨地面积水的时间短,利于鼯鼠活动;更主要的是该处植物茂盛,种类丰富,其根部营养也应十分充足,较更有利于鼯鼠生存和繁衍。

在有关土壤因子方面,秦岭鼯鼠的洞穴选择土壤硬度小和土壤含石量少的生境,回避土壤硬度大和土壤含石量较多的生境,随机选择土壤硬度较大的生境(表 3)。土壤硬度和含石量决定了鼯鼠洞道的挖掘方向,从而也决定了洞穴的选择。鼯鼠的这种选择性提示人们,植树造林时,应在树苗周围地下增加一些石子以提高含石量,同时应填实增加土壤硬度。应该注意的是,既要保证树苗根部通气良好,保持良好的土壤理化性质,又要保持一定的土壤硬度和土壤含石量,阻碍鼯鼠的地下活动。

表 2 秦岭鼯鼠对坡向的选择

Table 2 Selectivity of Qinling zokor with slope direction in Pingheliang Reserve

洞穴地 Cave-site								
因子 Factor	项目 Item	实际利用 样方数 Actual samples of usage	期望利用 样方数 Expected samples of usage	实际利用比例 Actual proportion of usage /%	期望利用比例 Expected proportion of usage /%	Bonferroni 置信区间 Bonferroni intervals for pi		选择性 Selectivity
坡向	阳坡	48	116	0.516	0.384	0.392	0.640	+
Slope direction	半阴半阳坡	33	147	0.355	0.487	0.236	0.474	-
	阴坡	12	39	0.129	0.129	0.046	0.212	0

表 3 秦岭鼯鼠对土壤硬度和含石量的选择

Table 3 Selectivity of Qinling zokor with soil rigidity and stone percentage in Pingheliang Reserve

因子 Factor	项目 Item	洞穴地 Cave-site				Bonferroni 置信区间 Bonferroni intervals for pi		选择性 Selectivity
		实际利用 样方数 Actual samples of usage	期望利用 样方数 Expected samples of usage	实际利用比例 Actual proportion of usage /%	期望利用比例 Expected proportion of usage /%			
		土壤硬度 Soil rigidity	大 较大 小	0 33 60	47 117 138	0.000 0.355 0.645	0.156 0.387 0.457	
土壤含石量 Stone percentage of soil	多 较多 少	0 11 82	88 106 108	0.000 0.118 0.882	0.291 0.351 0.358	0.000 0.038 0.802	0.000 0.198 0.962	- - +

人为干扰是许多动物生境选择的一个重要影响因素^[16-17]。秦岭鼯鼠的洞穴选择比较特别,它们选择人类轻度干扰的生境,回避没有人干扰的生境,随机选择人类强烈干扰的生境(表 4)。

表 4 秦岭鼯鼠对人类干扰影响的选择

Table 4 Selectivity of Qinling zokor with human disturbance in Pingheliang Reserve

洞穴地 Cave-site								
因子 Factor	项目 Item	实际利用 样方数 Actual samples of usage	期望利用 样方数 Expected samples of usage	实际利用比例 Actual proportion of usage /%	期望利用比例 Expected proportion of usage /%	Bonferroni 置信区间 Bonferroni intervals for pi		选择性 Selectivity
人类干扰程度	强烈	27	75	0.290	0.248	0.178	0.403	0
Human	轻度	62	130	0.667	0.430	0.550	0.784	+
disturbance	无	4	97	0.043	0.321	0.000	0.093	-

3.2 数量化因子的作用

用 One-Way ANOVA 检验数量化因子,它们是灌丛和草本密度与盖度、坡度和 3 个距离。灌丛较草本的根系发达,但是鼯鼠主要以地下根茎为食,而营养价值最高的是块根茎,这主要是草本类植物,如萝卜、番薯等。分析发现,秦岭鼯鼠选择灌丛密度($t=24.797$, $P<0.01$)和盖度($t=19.121$, $P<0.01$)较小的生境;但是,在草本密度($t=1.673$, $P>0.05$)和草本盖度($t=3.416$, $P>0.05$)方面,秦岭鼯鼠则没有明显的选择性(表 5)。很明显,并不是根系越多越好,如灌木密度大和盖度大的生境根系发达,但鼯鼠要回避;也不是越少越好,因为鼯鼠并不回避各类草本密度和盖度的生境。这说明鼯鼠的选择取决于根的种类,种类不同,根部的营养状况也不同。

对地面活动的动物来说,坡度是一个重要因素,同时离公路距离、离住宅距离和离水源距离也是影响动物活动的重要因素。但是,对地下活动的动物来说,特别是夜间活动的动物,这些因素似乎影响不大。分析发现,秦岭鼯鼠坡度($t=26.362$, $P<0.01$)较小、离公路较近($t=11.933$, $P<0.01$)的生境;对离住宅距离($t=1.772$, $P>0.05$)和离水源距离($t=0.274$, $P>0.05$)则没有选择性。说明坡度大不利于鼯鼠出洞外活动。至于为什么选择离公路近,很可能与植被状况有关,一般随着离公路的距离增加,植被越来越茂密,植物的高度和胸径也越大,其根系也越发达。

表5 数量化因子对秦岭鼯鼠洞穴生境选择的影响

Table 5 Quantitative factor influencing on cave-site selection of Qinling zokor in Pingheliang Reserve of Shanxi Province

因子 Factor	洞穴地 Cave-site	对照样方 Contrast site	t	P
灌木密度 Shrub density	0.54±0.94	2.15±3.08	24.797 **	0.000
灌木盖度 Shrub cover	3.55±6.54	11.32±16.75	19.121 **	0.000
草本密度 Herbage density	72.53±20.69	75.82±21.69	1.673	0.197
草本盖度 Herbage cover	49.52±25.69	55.30±26.63	3.416	0.065
坡度 Slope angle	5.61±1.62	8.54±5.43	26.362 **	0.000
离公路距离 Distance to highway	29.68±14.82	35.58±14.28	11.933 **	0.001
离住宅距离 Distance to residence	55.54±12.61	53.13±18.48	1.772	0.184
离水源距离 Distance to water resource	72.20±11.17	72.11±15.27	0.274	0.601

t 检验 * 为差异显著 ($P<0.05$), ** 为差异极显著 ($P<0.01$)

3.3 数量因子的贡献

主成分分析结果中特征值大于1的主成分有3个,累积贡献率达到近92.27% (表6)。第一主成分的离水源距离、离住宅距离和离公路距离因子载荷量均大于0.8,成为第一主成分主要得分变量;第二主成分的草本密度和草本盖度的因子载荷量均大于0.9,成为第二主成分主要得分变量;第三主成分的灌木盖度和灌木密度的因子载荷量均大于0.8,故成为第三主成分主要得分变量。主成分分析表明,影响鼯鼠洞穴选择的诸因素重要性依次为:离水源距离、离住宅距离、离公路距离、草本密度、草本盖度、灌木盖度和灌木密度 (表6)。综合来看,鼯鼠倾向于选择灌木稀疏的洞穴,并离公路的距离较近。

表6 平河梁自然保护区鼯鼠洞穴选择的主成分分析

Table 6 Principle component analysis of sokor cave-site selection in Pingheliang Natural Reserve

洞穴特征 Cave-site characteristics	PC1	PC2	PC3
灌木密度 Shrub density	0.35	-0.03	0.88
灌木盖度 Shrub cover	0.33	-0.06	0.90
草本密度 Herbage density	0.24	0.96	-0.02
草本盖度 Herbage cover	0.40	0.90	-0.06
坡度 Slope angle	0.12	0.05	-0.04
离公路距离 Distance to highway	0.82	0.41	0.38
离住宅距离 Distance to residence	0.84	0.36	0.33
离水源距离 Distance to water resource	0.85	0.31	0.35
特征值 Eigenvalue	4.55	1.75	1.08
贡献率/% Total variance	56.82	21.92	13.52
累积贡献率/% Accumulated variance	56.82	78.75	92.27

4 讨论

食物的可获得性常被用来作为动物生境选择最重要的生态因子之一^[18],如美国的麋鹿 (*Cervus elaphus*) 和黑尾鹿 (*Odocoileus hemionus columbianus*) 的生境选择就与它们的食物质量有关^[19]。在研究秦岭鼯鼠对植被类型的选择性上,结果显示,它们明显选择荒草地和萝卜地,回避灌木林、竹林和小麦地,反映了食物资源

对鼯鼠选择作用的影响。鼯鼠是穴居动物,主要食物是地下植物的根茎。萝卜、红薯等植物的贮藏根营养丰富,应该是鼯鼠不错的选择。至于它们选择荒草地,如前所述,某些2年生或多年生草本植物的贮藏根能够满足鼯鼠的营养需要,而且多种草本植物的根系组成还能够满足它们的各种营养需要,能够保持鼯鼠的营养平衡。灌木植物,包括竹类(春季竹笋虽然有很好的营养价值,但其他季节比较缺乏营养),下面粗大的根系一方面可能缺乏足够的营养元素,另一方面这些根系在鼯鼠开掘洞道时,能阻碍其挖掘活动。即便是其他植被类型,如荒草地(含有少量灌木),它们也选择灌木密度小和灌木盖度低的生境,也是同样道理。而小麦的须根系也没什么营养,如同刘仁华等报道的,须根类杂草多的地方,可供鼯鼠食用的轴根很少,因而该处鼯鼠数量也少,故这些都是鼯鼠回避的原因^[20]。以上结论说明,动物的生境选择和利用经常反映了食物资源的多样性^[21-22]。

鼯鼠以地下根茎为食,但它们常常出洞口到地面上来活动,因为当地人都是在地面洞口设套来捕捉鼯鼠的。鼯鼠出洞活动的原因尚未完全清楚,可能的原因是鼯鼠打洞需要把土推到地面上来;其次,地面上有它们必需的某些营养成分,为了寻找这些营养物质,它们需要合适的行走路径。因此,它们应该选择合适的洞穴开口,来满足上述需要。鼯鼠是夜晚出来活动的,这时人们大都回家安歇了,所以人类对鼯鼠的干扰较小。但是它们却回避人类无干扰的生境。一个可能的原因是人类干扰对鼯鼠有一定的影响,但总的来说人类对它们的影响不大;而人类难以企及的生境,鼯鼠也似乎是行动不便,所以也采取回避的策略。这说明,要保持足够的植被多样性和密度,才能妨碍鼯鼠的地面活动,所以适当的密植各种幼树,有利于降低鼯鼠的破坏。

穴居动物的挖掘活动对微立地环境和土壤营养状态等有直接或间接的干扰,改变植物群落的结构及演替进程,并对生态系统的结构和功能产生作用,故它们是空间异质性的重要贡献者^[23-26]。调查发现,鼯鼠主要分布在农田及周围灌草丛(一些有人工种植的幼苗),而真正的乔木树林并未发现它们的踪迹。因此,鼯鼠对幼苗破坏更为严重,致使植被自然更新和新陈代谢受阻,出现“年年植苗年年无苗”和人工种植庄稼年年减产的窘境。究其具体破坏部位来看,以根系被啃噬居多,故“挖洞噬根”是它们的主要破坏手段。这也说明,鼯鼠在建造洞系的过程中,改变了小尺度的地貌和资源状况,增加了环境异质性^[27]。鼯鼠营造的环境斑块对生物体和生态过程产生强烈的影响,导致物种丰富度和群落结构格局的改变^[28-30]。鼯鼠的这种活动行为,对人类来说,是违背了人类的意愿,降低了生产经济效益。从生态价值的角度来看,如果任其发展,最终可以预见的结果是不利于生态系统的平衡,因为根系遭到破坏,植物难以生存,土地因缺乏植物的覆盖和固着作用而最终沙漠化。

调查还发现,如果土壤太硬,或者石子过多,给鼯鼠的挖掘和推土活动造成困难,其洞道难以形成,洞穴活动受到阻碍,所以这些生境是它们回避的,而选择土壤硬度小和土壤含石量少的生境,有利于挖掘洞道,实施洞穴活动。对高原鼯鼠的研究也表明,土壤硬度是影响高原鼯鼠对栖息地选择的一个重要因素,高原鼯鼠明显选择土壤硬度较小、而杂草类生物量较高的地方栖息^[31]。

上述分析不难得出两点重要结论。一是在森林经营过程中,不可一气砍尽所有树木,再来植苗,而应该采取间伐的策略,然后补苗,这样就能阻止鼯鼠的入侵;如果是荒草地改造,也应先植入一些比较粗大的树种,特别是对鼯鼠有毒害作用的树种,如紫苏 *Perilla frutescens*^[22, 32],待它们成活后,再补充幼苗,同时在幼苗四周填埋一些较大的石块,以适当增加土壤含石量,尽管这不太有利于幼苗的生长。二是在农业生产过程中,应采用多种经营的策略,在所种植的庄稼中,间种一些根系发达的作物(如小麦)或对鼯鼠有毒害作用的作物(如蓖麻 *Ricinus communis*)。据研究,杂草是鼯鼠生命活动中主要的食物来源,鼯鼠明显回避无草环境^[33]。因此,在农业生产中,勤除杂草不仅有利于作物高产丰产,也是一种控制鼠害的必要手段。

References:

- [1] Wang Q Y, Bian J H, Shi Y Z. Influence of plateau zokors on the vegetation and soil nutrients in alpine meadow. *Acta Theriologica Sinica*, 1993, 13(1): 31-37.
- [2] Fan N C, Wang Q Y, Zhou W Y, Jing Z C. Relationship between the density of plateau zokors (*Myospalax baileyi*) and the severity of damage to

- vegetation //Xia W P, ed. From the proceeding of the international symposium of alpine meadow ecosystem. Beijing: Science Press, 1988; 77-84.
- [3] Jiang T A, Wang S Q, Xue Z D. Correlation between vegetation coverage and zokor population quantity. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2005, 25 (5): 24-27.
- [4] Fan N C, Shi Y Z. Taxonomy study of subgenus *Eospalax* in China. Acta Theriologica Sinica, 1982, 2(2): 183-197.
- [5] Han C X, Li J G, Yang X J. Integration management of agriculture and forestry rodents in China. Yang Ling: Northwest Agriculture and Forestry University Press, 2005.
- [6] Song S Y. A taxonomic revision of two species of zokors. Animal World, 1986, 23 (3): 31-38.
- [7] Li X C, Wang T Z. Taxonomy and phylogeny of subgenus *Eospalax*. Journal of Shanxi Normal University (Natural Science Edition), 1996, 24 (3): 75-78.
- [8] Zhou C Q, Zhou K Y. The validity of different zokor species and the genus *Eospalax* inferred from mitochondrial gene sequences. Integrative Zoology, 2008, 3(4): 290-298.
- [9] Jin T Z, Wu X M, Zhang H F, Liu C G, Wang K F, Wu Y P, Zhang Y, Wang Y, Ji M Z, Shen J L, Dang R Y, Yang C L. Analysis of the major cause of Gansu zokor disaster and its countermeasures in Hongzhuang forest farm in Guyuan City. Journal of Shanxi Normal University (Natural Science Edition), 2007, 35: 139-142.
- [10] Shaanxi Nindong Forestry Bureau. Manage plan of Shanxi Pingheliang natural reserve to be built. Ningdong: Shaanxi Ningdong Forestry Bureau, 2004.
- [11] Manly B F J, McDonald L L, Thomas D L. Resource Selection by Animals: Statistical Design and Analysis for Field Studies. London: Chapman and Hall, 1993: 177-177.
- [12] Byers C R, Steinhart R K, Krausman P R. Clarification of a technique for analysis of utilization-availability data. Journal of Wildlife Management, 1984, 48(3): 1050-1053.
- [13] Wu M L. Application of SPSS Statistics. Beijing: China Railway Publishing House, 2000.
- [14] Pierre L, Louis P. Numerical ecology. Amsterdam: Elsevier Science B V, 2004.
- [15] Ye C X, Zhu N D, Liao W B, Liu W Q. Botany. Beijing: Higher Education Press, 2007.
- [16] Zhang H H, Li F, Gao Z X. An analysis on the spacing pattern and habitat selection of wolf dens in the eastern region of Inner Mongolia. Acta Theriologica Sinica, 1999, 19(2): 101-106.
- [17] Wu S B, Liu N F, Ma G Z, Xu Z R, Chen H. Studies on habitat selection by Chinese pangolin (*Manis oientactyla*) in winter in Dawuling Natural Reserve. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(6): 1079-1086.
- [18] Cransac N, Hewison A J M. Seasonal use and selection of habitat by mouflon (*Ovis gmelini*): comparison of the sexes. Behavioral Processes, 1997, 41(1): 57-67.
- [19] Hanley T A. Habitat patches and their selection by wapiti and black-tailed deer in coastal montane coniferous forest. Journal of Applied Ecology, 1984, 21: 423-436.
- [20] Liu R H, Liu B Y, Zhao X C, Liu J S, Wang J S. The basic characteristics of the zokor pests and the ecological strategies of controlling in forest area. Acta Theriologica Sinica, 1997, 17(4): 272-278.
- [21] Clutton-Brock T H, Albon S D. Red Deer in the Highlands. Oxford: BSP Professional Books, 1989: 260-260.
- [22] Hjeljord O, Hovik N, Pedersen H B. Choice of feeding sites by moose during summer, the influence of forest structure and plant phenology. Holarctic Ecology, 1990, 13: 281-292.
- [23] Huntley N, Inouye R. Pocket gophers in ecosystems: patterns and mechanisms. BioScience, 1988, 38: 786-793.
- [24] Whicker A D, Detling J K. Ecological consequences of prairie dog disturbances. BioScience, 1988, 38: 778-785.
- [25] Hansell M H. The ecological impact of animal nests and burrows. Functional Ecology, 1993, 7: 5-12.
- [26] Zhang Y M, Liu J K. Excavating effects of plateau zokor on the plant biomass and their response patterns in alpine meadow. Acta Theriologica Sinica, 2002, 22(4): 292-298.
- [27] Inouye R S, Huntly N, Wasley G A. Effects of pocket gophers (*Geomys bursarius*) on microtopographic variation. Journal of Mammalogy, 1997, 78(4): 1144-1148.
- [28] Watt A S. Pattern and process in the plant community. Journal of Ecology, 1947, 35(1/2): 1-22.
- [29] Horn H S, MacArthur R H. Competition among fugitive species in a harlequin environment. Ecology, 1972, 53(4): 749-752.
- [30] Denslow J S. Disturbance-mediated coexistence of species // Pickett STA, White PS. The ecology of natural disturbances and patch dynamics. Fla. Orlando: Academic Press, 1985: 307-323.
- [31] Wang Q Y, Zhou W Y, Wei W H, Zhang Y M, Fan N C. The burrowing behavior of *Myospalax bailey* and its relation to soil hardness. Acta Theriologica Sinica, 2000, 20(4): 277-277.

- [32] Wang L, Zhou Y X, Yang H J. Types of forest mouse pests and their ecological control. *Heilongjiang Environmental Journal*, 2006, 30(2): 43-44.
- [33] Jiang T A. The fauna of rodents on loess plateau of northern Shanxi and population control of zokor (*Myospalax cansu*). *Bulletin of soil and Water Conservation*, 1998, 18(1): 48-53.

参考文献:

- [1] 王权业, 边疆晖, 施银柱. 高原鼯鼠土丘对矮嵩草草甸植被演替及土壤营养元素的作用. *兽类学报*, 1993, 13(1): 31-37.
- [2] 樊乃昌, 王权业, 周文扬, 景增春. 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论文集. 北京: 科学出版社, 1988: 77-84.
- [3] 江延安, 王胜琪, 薛志德. 陕北黄土高原退耕还林地甘肃鼯鼠数量与植被覆盖度的相关性研究. *水土保持通报*, 2005, 25(5): 24-27.
- [4] 樊乃昌, 施银柱. 中国鼯鼠(*Eospalax*)亚属分类研究. *兽类学报*, 1982, 2(2): 183-197.
- [5] 韩崇选, 李金钢, 杨学军. 中国农林啮齿动物综合管理. 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2005.
- [6] 宋世英. 两种鼯鼠的分类订正. *动物世界*, 1986, 23(3): 31-38.
- [7] 李晓晨, 王廷正. 论鼯鼠属 *Eospalax* 亚属的分类及系统演化. *陕西师范大学学报(自然科学版)*, 1996, 24(3): 75-78.
- [9] 靳铁治, 吴晓民, 张洪峰, 刘楚光, 王开锋, 吴永朋, 张莹, 王艳, 姬明周, 沈均梁, 党蕊叶, 杨存良. 固原市红庄林场甘肃鼯鼠 (*Myospalax cansus*) 灾害分析及对策. *陕西师范大学学报(自然科学版)*, 2007, 35: 139-142.
- [10] 陕西省宁东林业局. 陕西平河梁拟建自然保护区管理计划. 宁东: 陕西省宁东林业局, 2004.
- [13] 吴明隆. SPSS 统计应用务实. 北京: 中国铁道出版社, 2000.
- [15] 叶创兴, 朱念德, 廖文波, 刘蔚秋. 植物学. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [16] 张洪海, 李枫, 高中信. 狼洞穴空间格局及生境选择的分析. *兽类学报*, 1999, 19(2): 101-106.
- [17] 吴诗宝, 刘迺发, 马广智, 徐昭荣, 陈海. 大雾岭保护区穿山甲冬季生境选择. *生态学报*, 2003, 23(6): 1079-1086.
- [20] 刘仁华, 刘柄友, 赵秀成, 柳劲松, 王俊森. 林区鼯鼠鼠害的主要特征及其生态控制对策. *兽类学报*, 1997, 17(4): 272-278.
- [26] 张堰铭, 刘季科. 高原鼯鼠挖掘对植物生物量的效应及其反应格局. *兽类学报*, 2002, 22(4): 292-298.
- [31] 王权业, 周文扬, 魏万红, 张堰铭, 樊乃昌. 高原鼯鼠的挖掘行为及其与土壤硬度的关系. *兽类学报*, 2000, 20(4): 277-277.
- [32] 王丽, 周玉祥, 杨洪军. 齐齐哈尔市林木鼠害种类及生态控制. *黑龙江环境通报*, 2006, 30(2): 43-44.
- [33] 江延安. 陕北黄土高原啮齿动物的区系及鼯鼠的防治对策. *水土保持通报*, 1998, 18(1): 48-53.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 7 April, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Seasonal variation of soil nitrogen pools and microbes under natural evergreen broadleaved forest and its artificial regeneration forests in Southern Sichuan Province, China	GONG Wei, HU Tingxing, WANG Jingyan, et al (1763)
Sensitivity analysis for main factors influencing <i>NPP</i> of forests simulated by IBIS in the eastern area of Northeast China	LIU Xi, GUO Qingxi, LIU Jingwei (1772)
Diurnal changes of photosynthetic characteristics of <i>Hippophae rhamnoides</i> and the relevant environment factors at different slope locations	JIN Tiantian, FU Bojie, LIU Guohua, et al (1783)
Interactive effects of nitrogen and sulfur on the reproduction, biomass accumulation and allocation of the clonal plant <i>Spartina alterniflora</i>	GAN Lin, ZHAO Hui, QING Hua, et al (1794)
Difference in leaf photosynthetic capacity between pima cotton (<i>Gossypium barbadense</i>) and upland cotton (<i>G. hirsutum</i>) and analysis of potential constraints	ZHANG Yali, YAO Hesheng, LUO Yi, et al (1803)
Effects of shades on the photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters of <i>Forsythia suspensa</i>	WANG Jianhua, REN Shifu, SHI Baosheng, et al (1811)
Growth and metal uptake of three woody species in lead/zinc and copper mine tailing	SHI Xiang, CHEN Yitai, WANG Shufeng, et al (1818)
GMP particles size distribution in grains of wheat in relation to application of nitrogen fertilizer	WANG Guangchang, WANG Zhenlin, CUI Zhiqing, et al (1827)
Damaging mechanisms of peanut (<i>Arachis hypogaea</i> L.) photosystems caused by high-temperature and drought under high irradiance	QIN Liqin, ZHANG Yueli, GUO Feng, et al (1835)
The effect of natural factors and disturbance intensity on spacial heterogeneity of plant diversity in alpine meadow	WEN Lu, DONG Shikui, ZHU Lei, et al (1844)
Modeling changes of net primary productivity of karst vegetation in southwestern China using the CASA model	DONG Dan, NI Jian (1855)
The characteristics of <i>Magnolia liliflora</i> transpiration and its impacting factors in Beijing City	WANG Hua, OUYANG Zhiyun, REN Yufen, et al (1867)
Ecological effects of balanced fertilization on red earth paddy soil with P-deficiency	CHEN Jianguo, ZHANG Yangzhu, ZENG Xibai, et al (1877)
Effects of planting patterns on water use efficiency in winter wheat	QI Lin, CHEN Yuhai, ZHOU Xunbo, et al (1888)
Nitrous oxide emissions from winter wheat field in the Loess Plateau	PANG Junzhu, WANG Xiaoke, MU Yujing, et al (1896)
Effects of hardening by pre-anthesis waterlogging on grain yield and quality of post-anthesis waterlogged wheat (<i>Triticum aestivum</i> L. cv Yangmai 9)	LI Chengyong, CAI Jian, JIANG Dong, et al (1904)
Effects of simulated acid rain with lower S/N ratio on gas exchange and membrane of three dominant species in subtropical forests	FENG Lili, YAO Fangfang, WANG Xihua, et al (1911)
Molluscicidal efficacy of <i>Nerium indicum</i> cardiac glycosides on <i>Pomacea canaliculata</i> and its effects on rice seedling	DAI Lingpeng, LUO Weihua, WANG Wanxian (1918)
Spatial gradients pattern of landscapes and their relations with environmental factors in Haihe River basin	ZHAO Zhixuan, ZHANG Biao, JIN Xin, et al (1925)
The assessment of forest ecosystem services evaluation for shrubbery-economic forest-bamboo forest in China	WANG Bing, WEI Jiangsheng, HU Wen (1936)
Evaluation on service value of ecosystem of Peri-urban transition zone lake: a case study of Yandong Lake in Wuhan City	WANG Fengzhen, ZHOU Zhixiang, ZHENG Zhongming (1946)
Explaining the abundance-distribution relationship of plant species with niche breadth and position in the Yellow River Delta	YUAN Xiu, MA Keming, WANG De (1955)
Forestland boundary dynamics based on an landscape accessibility analysis in Guangzhou, China	ZHU Yaojun, WANG Cheng, JIA Baoquan, et al (1962)
Changes in invasion characteristics of <i>Dendroctonus valens</i> after introduction into China	PAN Jie, WANG Tao, WEN Junbao, et al (1970)
Population genetic diversity in Tibet red deer (<i>Cervus elaphus wallichi</i>) revealed by mitochondrial <i>Cyt b</i> gene analysis	LIU Yanhua, ZHANG Minghai (1976)
Multi-scales analysis on diversity of desert rodent communities under different disturbances	YUAN Shuai, WU Xiaodong, FU Heping, et al (1982)
Cave-site selection of Qinling zokors with their prevention and control	LU Qingbin, ZHANG Yang, ZHOU Caiquan (1993)
The habitat characteristics of Eurasian badger in Beijing-Hangzhou Grand Canal embankment	YIN Baofa, LIU Yuqing, LIU Guoxing, et al (2002)
Review and Monograph	
Electron transfer mechanism of extracellular respiration: a review	MA Chen, ZHOU Shungui, ZHUANG Li, et al (2008)
The biochemical mechanism and application of anammox in the wastewater treatment process	WANG Hui, LIU Yanping, TAO Ying, et al (2019)
Discussion	
Evaluation of the forest ecosystem services in Haihe River Basin, China	BAI Yang, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua, et al (2029)
Scientific Note	
Effects of body size and salinity on oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of <i>Macra chinensis</i> Philippi	ZHAO Wen, WANG Yaqian, WEI Jie, et al (2040)
Study on microzooplankton grazing in shrimp pond among middle and late shrimp culture period	ZHANG Litong, SUN Yao, ZHAO Congming, et al (2046)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1~9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任:孔红梅

执行编辑:刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 7 期 (2011 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 7 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元