

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 24 期 Vol.33 No.24 **2013**

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 33 卷 第 24 期 2013 年 12 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 中国南方红壤生态系统面临的问题及对策 赵其国, 黄国勤, 马艳芹 (7615)
- 《生态学基础》: 对生态学从传统向现代的推进——纪念 E.P. 奥德姆诞辰 100 周年
..... 包庆德, 张秀芬 (7623)
- 食物链长度理论研究进展 张 欢, 何 亮, 张培育, 等 (7630)

个体与基础生态

- 天山盘羊夏季采食地和卧息地生境选择 李 叶, 余玉群, 史 军, 等 (7644)
- 松果梢斑螟对虫害诱导寄主防御的抑制作用 张 晓, 李秀玲, 李新岗, 等 (7651)
- 菹草附着物对营养盐浓度的响应及其与菹草衰亡的关系 魏宏农, 潘建林, 赵 凯, 等 (7661)
- 濒危高原植物羌活化学成分与生态因子的相关性 黄林芳, 李文涛, 王 珍, 等 (7667)
- 四年 O₃ 熏气对小麦根际土壤氮素微生物转化的影响 吴芳芳, 郑有飞, 吴荣军, 等 (7679)
- 重金属 Cd²⁺ 和 Cu²⁺ 胁迫下泥蚶消化酶活性的变化 陈肖肖, 高业田, 吴洪喜, 等 (7690)

种群、群落和生态系统

- 不同生境中橘小实蝇种群动态及密度的差异 郑思宁 (7699)
- 亚热带樟树-马尾松混交林凋落物量及养分动态特征 李忠文, 闫文德, 郑 威, 等 (7707)

景观、区域和全球生态

- 中国陆地生态系统通量观测站点空间代表性 王绍强, 陈蝶聪, 周 蕾, 等 (7715)
- 雅鲁藏布江流域 NDVI 变化与风沙化土地演变的耦合关系 李海东, 沈渭寿, 蔡博峰, 等 (7729)
- 高精度遥感影像下农牧交错带小流域景观特征的粒度效应 张庆印, 樊 军 (7739)
- 高寒草原土壤有机碳及土壤碳库管理指数的变化 蔡晓布, 于宝政, 彭岳林, 等 (7748)
- 芦芽山亚高山草甸、云杉林土壤有机碳、全氮含量的小尺度空间异质性
..... 武小钢, 郭晋平, 田旭平, 等 (7756)
- 湘中丘陵区不同演替阶段森林土壤活性有机碳库特征 孙伟军, 方 晰, 项文化, 等 (7765)
- 东北黑土区片蚀和沟蚀对土壤团聚体流失的影响 姜义亮, 郑粉莉, 王 彬, 等 (7774)
- 滇西北高原纳帕海湿地土壤氮矿化特征 解成杰, 郭雪莲, 余磊朝, 等 (7782)
- 红壤区桉树人工林炼山后土壤肥力变化及其生态评价 杨尚东, 吴 俊, 谭宏伟, 等 (7788)
- 2000—2010 年黄河流域植被覆盖的时空变化 袁丽华, 蒋卫国, 申文明, 等 (7798)
- 庐山森林景观格局变化的长期动态模拟 梁艳艳, 周年兴, 谢慧玮, 等 (7807)

暖温带-北亚热带生态过渡区物种生境相关性分析 袁志良,陈 云,韦博良,等 (7819)

不同生境和去趋势方法下的祁连山柏径向生长对气候的响应 张瑞波,袁玉江,魏文寿,等 (7827)

资源与产业生态

大小兴安岭生态资产变化格局 马立新,覃雪波,孙 楠,等 (7838)

生态环境移动数据采集系统研究与实现 申文明,孙中平,张 雪,等 (7846)

城乡与社会生态

城市遥感生态指数的创建及其应用 徐涵秋 (7853)

研究简报

大明竹属遗传多样性 ISSR 分析及 DNA 指纹图谱研究 黄树军,陈礼光,肖永太,等 (7863)

干旱胁迫下 4 种常用植物幼苗的光合和荧光特性综合评价 卢广超,许建新,薛 立,等 (7872)

基于 ITS2 和 16S rRNA 的西施舌群体遗传差异分析 孟学平,申 欣,赵娜娜,等 (7882)

两种苔藓无机碳利用对温度响应的机制 徐军田,王学文,钟志海,等 (7892)

北京山区侧柏林冠层对降雨动力学特征的影响 史 宇,余新晓,张建辉,等 (7898)

学术信息与动态

景观生态学研究:传统领域的坚守与新兴领域的探索——2013 厦门景观生态学论坛述评
..... 杨德伟,赵文武,吕一河 (7908)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 296 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 33 * 2013-12



封面图说:黄土丘陵农牧交错带——黄土丘陵是中国黄土高原的主要地貌形态,由于黄土质地疏松,加之雨季集中,降水强度较大,地表流水冲刷形成很多沟谷,斜坡所占的面积很大。这里千百年来的农牧交错作业,地表植被和生态系统均遭受了严重的破坏。利用高精度影像对小流域景观的研究表明,这里耕地、林地和水域景观相对比较规则简单,荒草地和人工草地景观比较复杂。农牧交错带小流域景观形态具有分形特征,各类景观斑块的分维数对粒度变化的响应不同,分维数随粒度的增大呈非线性下降趋势。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@ 163.com

DOI: 10.5846/stxb201306081468

李叶, 余玉群, 史军, 时磊. 天山盘羊夏季采食地和卧息地生境选择. 生态学报, 2013, 33(24): 7644-7650.

Li Y, Yu Y Q, Shi J, Shi L. Foraging and bed site selection of Tianshan argali (*Ovis ammon karelini*) in Central Tianshan Mountains in Summer. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(24): 7644-7650.

天山盘羊夏季采食地和卧息地生境选择

李 叶¹, 余玉群², 史 军³, 时 磊^{1,*}

(1. 新疆农业大学动物科学学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 秦岭国家植物园, 西安 710061;
3. 新疆维吾尔自治区林业厅野生动植物保护处, 乌鲁木齐 830000)

摘要: 2010 年 7—8 月采用样线调查法及直接观察法对天山中部古仁郭楞高山区的盘羊天山亚种采食地和卧息地生境进行了研究。共调查 5 条沟系的 12 条样线, 测量天山盘羊 147 个采食地和 136 个卧息地样方, 分析了 13 类生态因子对天山盘羊采食地和卧息地选择的影响。研究结果表明, 天山盘羊夏季采食地与卧息地在坡位、坡向、地貌类型、海拔高度、距最近家畜距离、距道路距离和距居民点距离差异极显著 ($P < 0.01$), 植被高度差异显著 ($P < 0.05$), 而其它生态因子差异性不显著 ($P > 0.05$); 相对卧息地的选择而言, 夏季盘羊采食地的选择更偏爱海拔较低, 植被高度低, 距离道路、居民点和最近家畜距离近的半阴半阳坡, 山体中下位的高山草甸缓坡生境。逐步判别分析表明, 距道路距离、距居民点距离、植被高度、距家畜距离 4 个生态因子可以用于判别夏季天山盘羊采食地与卧息地生境, 正确区分率达到 90.6%。

关键词: 天山; 盘羊; 采食地; 卧息地; 逐步判别分析

Foraging and bed site selection of Tianshan argali (*Ovis ammon karelini*) in Central Tianshan Mountains in Summer

LI Ye¹, YU Yuqun², SHI Jun³, SHI Lei^{1,*}

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

2 Qinling National Botanical Garden, Xi'an 710061, China

3 Wildlife Protection Division, Forestry Department of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830000, China

Abstract: Foraging and bed sites are the two key habitats for the ungulate, but researches on the differences between these two habitats are little. During the summer we studied the foraging and bed sites selection for Tianshan argali (*Ovis ammon karelini*) in Gurenguleng areas of Central Tianshan Mountains, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China. According to the population and distribution of Tianshan argali in this region, we collected the ecological factors via line transect and quadrat sampling methods. During July and August in 2010, we investigated the Tianshan argali among 12 lines transects in total along 5 ditches. Line transects were allocated from the bottom to the ridge of the mountain covering all typical vegetation in this region. Due to the huge mountain and wide basin in the studied area, direct observation method can be used to determine Tianshan argali's habitat. We stood far away from the argali pack to observe their foraging or bed sites via the telescope until the targeted argali left. Then one of colleagues was responsible for guiding the other person to find the targeted area by the telescope. Some of the bed sites were confirmed by trace detection by the surrounding factors such as the fresh bed trace and fecal pellet, footprint, urine, hair, etc. The foraging and bed track of Tianshan argali was marked as the center for a 10 m × 10 m quadrat when it was found during the field investigation, and the quadrat center was located with Garmin-72 GPS. In this field investigation we observed 157 foraging and 136 bed sites for Tianshan argali with 13

基金项目: 国家国际科技合作计划 (2010DFA92720)

收稿日期: 2013-06-08; 修订日期: 2013-10-08

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

ecological factors: elevation, slope, slope direction, slope location, landscape type, vegetation height, vegetation coverage, hiding level, distance from road, distance to water resource, distance to livestock, distance to human settlements and number of plant species on habitat selection by Tianshan argali were thoroughly evaluated in this research. The results showed that there were no significant differences between foraging and bed sites for Tianshan argali to live among the factors in slope, hiding cover level, distance to water resource, number of plant species and vegetation coverage in summer ($P > 0.05$), however, the factors in altitude, distance to livestock ($P < 0.01$); vegetation height ($P < 0.05$), slope location, slope direction and landscape types ($P < 0.01$) were the significant factors for the Tianshan argali to live. Compared with bed sites, Tianshan argali preferred to choose the foraging sites at lower elevation, lower vegetation height, closer to roads, human settlements and livestock, habitats of a mountain alpine meadow in the semi-shaded slope and grassland in gentle slope in summer. During the long field investigation and observation we could find that there were 4 essential ecological factors play an important role in distinguishing the foraging and bed sites. We ordered them according to their contribution value index: distance to road, distance from the settlements, vegetation height and distance to livestock. Based on the mentioned ecological factors variables, the accurate rate for distinguishing the foraging and bed sites of Tianshan argali reached 90.6%. The results fully demonstrated that there was obvious habitat separation between foraging and bed sites for Tianshan argali to live during summer. Therefore, the pattern of habitat selection by Tianshan argali seemed to be strongly influenced by food, predator and disturbance.

Key Words: Tianshan mountains; tianshan argali (*Ovis ammon karelini*); foraging sites; bed sites; stepwise discriminant analysis

生境选择是动物生态学研究的重要课题之一^[1],生境选择是野生动物与其环境之间的基本关系,对于野生动物的保护和管理有重要的意义^[2]。动物的生境及资源选择发生在不同的时空尺度上^[3]。采食地的选择研究是野生动物保护的基础和野生动物生境管理、恢复的前提^[4],卧息地的选择一直被视为是反捕食、储存能量及抵御恶劣气候的策略^[5-6],不同的动物在长期进化过程中,形成对环境选择的遗传性,但同时动物对环境的选择具有可塑性^[7]。

盘羊(*Ovis ammon*)俗称羴羊,是国家Ⅱ级保护野生动物,列入CITES附录I、Ⅱ。世界上盘羊主要分布在中国西部地区,临近国家也有少量分布^[8-9]。新疆境内分布5个盘羊亚种^[10],本次研究的是盘羊天山亚种(*O. a. karelini*),分布在天山山脉,目前仅有少量资源调查^[11]和行为方面的研究^[12-13]。近年来,盘羊不同亚种的生境研究涉及盘羊帕米尔亚种(*O. a. polii*)^[14]、蒙古亚种(*O. a. darwini*)^[15]、准噶尔亚种(*O. a. sairensis*)^[8]和西藏亚种(*O. a. hodgsoni*)^[16];盘羊和其他有蹄类的生境重叠问题也有涉及^[17]。由于气候条件及地理环境的差异,各个地区分布的盘羊不同亚种采取的生境选择策略存在明显的不同,此外,上述研究均未对同一季节盘羊采食地和卧息地生境进行比较分析。天山地处中亚腹地干旱区,其独特的高山地貌以及特殊的极端温湿度、降水以及植被特征^[18]对于盘羊天山亚种生境选择的影响尚未见报道。研究盘羊天山亚种采食地与卧息地的选择差异,对于了解该亚种夏季的生境质量和生存状态以及环境适应性具有重要的理论意义,同时对今后的保护实践及开发利用具有指导意义。基于此,于2010年7—8月对天山腹地古仁郭楞地区的盘羊天山亚种采食和卧息生境选择进行了研究。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

研究地区位于新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州和静县西北依连哈比尔尕山腹地(N43°07'—43°27', E86°01'—86°29'),主要包括古仁沟,金箍儿沟,那仁牧提沟及阿乎合头沟等(图1)。区内群山起伏,高山沟谷交错,溪流萦绕。地貌类型包括山间盆地及山地峡谷。当地最高峰海拔4 537 m,平均海拔3 669 m。海拔3 000 m以上地区多为冰川作用的高山区,雪线3 900 m,部分地区常年冰雪覆盖,海拔3 500 m以上多为高

山流石坡草甸。高山区年平均气温为 -4.7°C , 8月平均温度为 20°C 。年降水量 100mm , 连续降水最长发生在6—8月份。夏季温凉多雨, 天气多变, 午后多阵性天气, 日平均气温相对较稳定。中高山区植被发育良好, 植被类型属亚高山、高山高寒草甸草原, 狭长的山间盆地边缘山麓为平缓的倾斜小平原, 溪流曲折迂回穿越其中, 和缓的山坡和谷地是良好的牧场。土壤为高山草甸土。野生动物包括雪豹 (*Uncia uncia*)、狼 (*Canis lupus*)、金雕 (*Aquila chrysaetos*)、胡兀鹫 (*Crypaetus barbatus*) 等。

1.2 研究方法

1.2.1 野外调查

2010年7—8月采用样线调查法及直接观察法对研究地区内盘羊分布和数量情况进行初步调查, 重点调查了盘羊集中活动的古仁沟、金箍儿沟、那仁牧提沟及阿乎合头沟等5条沟系的12条样线。由于高山区的地形特点, 在尽量保证随机性的前提下, 样线按照从谷底至山脊的方式布设。确保样线覆盖了该地区盘羊分布的所有生境类型。由于研究地区山体巨大, 山间盆地视野开阔, 用望远镜发现采食或卧息的盘羊个体后, 进行远距离生态观察, 并定位其活动区域, 待目标个体离去后, 两人分工合作, 一人负责用望远镜引导另一人找到该定位区域。

1.2.2 生态因子测定

以盘羊活动痕迹为中心取1个 $10\text{m}\times 10\text{m}$ 的正方形大样方, 在其中心及4个角各设置一个 $1\text{m}\times 1\text{m}$ 的正方形小样方, 测量并记录样方内13种生态因子, 包括在大样方内测定6种生态因子(坡位、坡向、地貌特征类型、距居民点距离、距道路距离、距家畜距离)和在小样方内测定7种生态因子(海拔高度、坡度、距水源距离、植被高度、植被盖度、隐蔽级、植物种数)。调查期间共测量盘羊147个采食地和136个卧息地样方。各生态因子的划分^[19-22]如下:

坡位 将盘羊栖息地区的山体划分为3部分。山体上部 $1/3$ 的坡为上坡; 山体中部 $1/3$ 的坡为中坡; 山体下部 $1/3$ 的坡为下坡。

坡度 测算5个 $1\text{m}\times 1\text{m}$ 小样方的坡度。其平均值作为大样方的坡度值。

坡向 将研究地区内山体分为3种坡向, 阳坡($\text{S}67.5^{\circ}\text{E}-\text{S}22.5^{\circ}\text{W}$)、半阴半阳坡($\text{N}22.5^{\circ}\text{E}-\text{S}67.5^{\circ}\text{E}$ 、 $\text{S}22.5^{\circ}\text{W}-\text{N}67.5^{\circ}\text{W}$)、阴坡($\text{S}67.5^{\circ}\text{W}-\text{S}22.5^{\circ}\text{E}$)。

海拔 通过GPS记录样方的海拔高度。

地貌特征类型 将研究地区内的地貌特征分为4种, 高山草甸缓坡、高山草原缓坡、碎石陡坡、裸岩崖壁。

距居民点距离 居民点包含牧民敖包、矿点等人类从事生产生活的地点, 测算小样方到居民点的垂直距离。

距道路距离 以离在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。

距家畜距离 测算夏季研究地区内无牧民驱赶情况下的自由放牧家畜距离盘羊活动生境的最近距离。

距水源距离 夏季测算小样方到研究区域内的最近河流的垂直距离。

植被高度 测算5个 $1\text{m}\times 1\text{m}$ 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。

植被盖度 测算5个 $1\text{m}\times 1\text{m}$ 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。

隐蔽级 在5个小样方中心树立一个 1m 高的标杆, 在其东、西、南、北4个方向距离中心 20m 处测量标杆的能见度, 即可以看到的标杆高度占总高度的百分比, 然后取平均值作为大样方的隐蔽级。

植物种数 测定5个 $1\text{m}\times 1\text{m}$ 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。

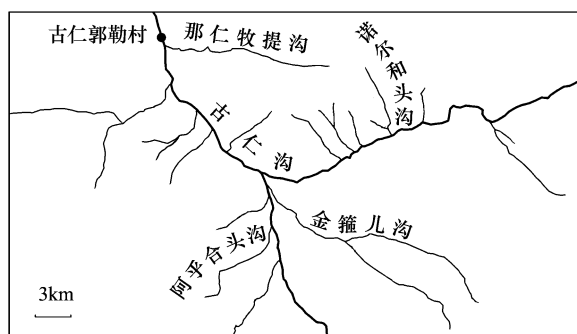


图1 天山盘羊研究区域及调查沟系分布示意图

Fig.1 Study region showing a total of 5 ditches to investigate Tianshan argali in GuRenGuoLeng areas of Central Tianshan Mountains, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China

1.2.3 数据处理

先对天山盘羊不同生境类型的海拔高度、坡度、距水源距离、距道路距离、距居民点距离、植被高度、隐蔽级、植被盖度、植物种数、距家畜距离等 10 种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 10 个数值型生态因子的数据进行单个样本 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,采用非参数估计中的 2 个独立样本的 Mann-Whitey U 检验对生态因子差异性进行检验分析。而对于经过检验符合正态分布($P>0.05$)的数据,采用独立样本 t 检验对生态因子差异性进行检验分析。对坡位、坡向、地貌特征类型 3 种非数值型生态因子数据进行卡方检验。对天山盘羊采食地与卧息地的 10 个数值型生态因子进行判别分析,对其中不符合正态分布的数据利用 Johnson 分布体系标准化,然后采用逐步判别分析对采食地与卧息地的生态因子进行分析,以确定影响盘羊采食地与卧息地生境选择的决定性因子,通过逐步判别分析后获得其正确率。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。

3 结果

3.1 天山盘羊夏季采食地与卧息地的生境因子比较

天山盘羊夏季采食地与卧息地不同生境类型数值型生态因子的差异性检验结果见表 1。独立样本 t 检验表明,夏季盘羊采食地与卧栖地在坡度、隐蔽级、植被盖度等方面差异不显著($P>0.05$);在海拔高度、距最近家畜距离上差异极显著($P<0.01$);植被高度上差异显著($P<0.05$)。2 个独立样本的 Mann-Whitey U 检验表明,夏季盘羊采食地与卧息地在距水源距离、植物种数上差异不显著($P>0.05$);距道路距离和距居民点距离上差异极显著($P<0.01$) (表 1)。卡方检验表明天山盘羊夏季采食地与卧息地在坡位($\chi^2 = 22.17$, $df = 2$, $P < 0.001$)、坡向($\chi^2 = 15.23$, $df = 2$, $P < 0.001$)和地貌类型的选择上均存在极显著差异($\chi^2 = 20.91$, $df = 3$, $P < 0.001$)。盘羊在夏季相对于卧息地的选择而言,其采食地的选择更偏爱海拔更低,植被高度更低,距离道路、居民点和最近家畜距离更近的半阴半阳坡,山体中下位的高山草甸缓坡生境。

表 1 天山盘羊夏季采食地与卧息地的描述性统计和差异性比较

Table 1 Comparison and description significance of foraging and bed sites of Tianshan argali in summer

生态因子 Ecological factors	采食地 Foraging site 平均值±标准误 (Mean ± SE)	卧息地 Bed site 平均值±标准误 (Mean ± SE)	Mann-Whitey U 检验 z 值	t	P
海拔 Altitude/m	3299.08±72.28	3391.28±142.23	—	-3.080	0.004 **
坡度 Slope / (°)	19.05±7.48	16.80±8.40	—	1.218	0.227
距水源距离 Distance to water resource (DWR)/m	284.38±217.62	263.97±178.97	-0.960	—	0.337
距道路距离 Distances to roads (DR)/m	953.15±168.05	1660.68±733.12	-4.434	—	0.000 **
距居民点距离/m Distances to human settlements (DHS)	2743.33±298.22	3180.00±195.79	-5.703	—	0.000 **
植被高度 Vegetation height (VH)/cm	15.01±6.90	19.05±8.73	—	-2.270	0.026 *
隐蔽级 Hiding cover level (HCL)	6.66±2.46	6.74±2.85	—	-0.134	0.893
植物种数 Number of plant species (NPS)	8.00±1.95	7.76±2.67	-0.761	—	0.446
植被盖度 Vegetation cover (VC)/%	75.83±14.99	69.16±27.98	—	1.127	0.269
距最近家畜距离 Distances to livestock (DL)/m	215.45±76.19	376.00±123.12	—	-5.286	0.000 **

* $P<0.05$, ** $P<0.01$

3.2 天山盘羊夏季采食地与卧息地生态因子的逐步判别分析

逐步判别分析表明在辨别夏季天山盘羊采食地与卧栖地生境方面有一系列生态因子发挥作用,按照其贡献值的大小排序为:距居民点距离、植被高度、距道路距离和距家畜距离。上述 4 个生态因子变量构成的方程对天山盘羊夏季采食与卧息地生境的正确区分率达到 90.6% (表 2)。

表 2 夏季盘羊采食地与卧息地生境因子逐步判别分析

Table 2 Regression Discriminant analysis of foraging and bed sites of Tianshan argali in summer

变量序号 No.	变量名称 Variable	判别系数 Discriminant coefficient	Wilks' λ	F	P
1	距道路距离 DR/m	0.480	0.622	50.341	0.000
2	距居民点距离 DS/m	0.519	0.493	42.128	0.000
3	植被高度 VH/cm	0.500	0.424	36.608	0.000
4	距家畜距离 DL/m	0.462	0.403	29.602	0.000

4 讨论

动物对生境和资源的选择通常关注于食物生物量、捕食者空间利用、森林覆盖和雪况^[23-24]。有蹄类动物生境和资源选择常通过捕食风险和食物数量或质量的权衡来解释^[25-27]。盘羊在夏季相对于卧息地的选择而言,其采食地的选择更偏爱海拔更低、植被高度更低、距离道路、居民点和最近家畜距离更近的半阴半阳坡,山体中下位的高山草甸、草地缓坡生境。逐步判别分析的结果也表明夏季不同生态因子在天山盘羊卧息地和采食地的生境选择上贡献不同。采食地和卧息地之间的生境选择差异反映了盘羊不同生理活动对环境需求的差异。

夏季盘羊采食地与卧息地相比更愿选择在半阴半阳坡是为了避免在夏季高温天气下阳光直射,有利于盘羊的降温。同时,半阴半阳坡的植物种类会比阳坡或阴坡多,可为盘羊提供更多食物种类。阳坡光线充足,地表温度较高而干燥,适合盘羊卧息。与平原地区不同,天山山地生活着大量如高山兀鹫、金雕等大型猛禽。初夏为产羔季节,盘羊选择在坡位较高处卧息是和能够为新生羔羊提供隐蔽场所联系在一起的^[16]。较高的坡位意味着更加宽阔的视野,有助于及时发现敌害。西藏盘羊(*O. a. hodgsoni*)选择更多的是缓坡,这可能是由于该地地形特点和岩羊(*Pseudois nayaur*)竞争的双重因素导致^[29]。天山腹地山体之间存在宽广的盆地,山体下部坡度较缓,盘羊采食地主要位于这一区域,而盘羊和其他食草有蹄类动物一样卧息地通常选择局部平坦的地方^[30]。这就解释了天山盘羊采食地与卧息地在坡度选择上差异不显著。

水是动物生境选择的三大决定因素之一。甘肃马鬃山地区进行的研究发现盘羊选择接近水源的生境作为卧息地,证明水源对盘羊生境选择具有限制性^[15]。本次研究区域内虽然有几条永久性河流,但由于海拔较高,在山顶或阴坡的低洼处会存在大量的冰川或积雪。笔者在野外曾多次发现盘羊在阴坡积雪地带饮水。这在一定程度上满足了对水的需求,盘羊不必为了饮水而下山。因此水对该地区盘羊采食地或卧栖地的选择影响不大。

天山中部地区大型肉食性动物密度较大,在研究中曾多次发现狼群以及盘羊被捕杀后的残骸,捕食压力的存在使得被捕食者必须选择适宜生境作为避难场所从而减少被捕食的风险^[31]。盘羊卧息地选择山体上位,这一地区崖壁较多,地势复杂,有利于躲藏天敌^[17,19],而采食地选择植被高度较低的区域则可能是在采食过程中能够及时发现天敌进行逃避。

一般而言,大尺度的生境选择取决于地形、捕食、距水源距离以及人为干扰等,而小的斑块尺度及植物物种选择常可以用草料特征、营养需求、种间关系来加以解释。初红军等^[8]和边坤等^[15]的研究区域海拔较低,属于荒漠生境,气候干旱。对分布于印度喜马拉雅地区盘羊的研究^[29],无论在海拔高度还是季节都与本次研究相似,但是其气候也较干旱,属于高山荒漠。上述研究区域内植被条件均较差,对盘羊的生境选择有限制作用。本次研究区域位于天山腹地高山草原草甸,夏季降水量大,气候湿润,正逢植物的生长季,是有蹄类动物食物种类最为多样的季节,牧草资源丰富,能为有蹄类动物提供充足的牧草,食物资源方面的生境因子对盘羊采食地或卧息地的选择影响较小。一般认为灌丛可为动物提供隐蔽场所,降低捕食风险,同时挡风遮阳,改变环境小气候,特别是对于卧息地的选择具有积极意义。与其他山地食草动物的研究不同^[28,32],天山腹地高山区植被最大的特点在于缺乏灌木,这在一定程度上导致隐蔽性因素对盘羊采食地和卧息地选择的影响不大。

逐步判别分析可以对盘羊采食地和卧息地进行更加有效的区分。显然天山盘羊在采食与卧息生境选择

上更多的体现在应对各种干扰因素。一直以来,家畜放牧对野生动物的影响了解较少且其中存在很多争论^[33]。Namgail 等^[34]认为家畜的竞争对盘羊的生境利用有重要影响。印度拉达克高山区家畜的进入将西藏盘羊排挤到坡度更陡,植被更稀疏的生境条件下。自古天山腹地就是牧民的传统牧场。野外观察发现研究区域内家畜的放牧活动有两种类型:一种是牧民骑马跟随驱赶家畜;另一种为无牧民跟随驱赶,家畜在一定范围内自由采食。前者由于家畜的移动速度较快以及人的驱赶声,对盘羊的采食产生较大影响,在较远的距离盘羊就已经警戒或逃离。后者家畜移动缓慢且活动区域较为固定,对盘羊采食活动影响小。高山区家畜放牧活动对野生动物的影响主要体现在垂直空间上。研究区域家畜的放牧区域主要集中在山体的下位,盘羊卧息地选择比采食地更高的山体中上位,离家畜活动较远,以此避免家畜和牧民的干扰。由于牧草资源最丰富的地区集中在山体中下位的高山草原和草甸地区,盘羊为了获取食物资源与家畜在采食区域上发生重叠。同域分布的有蹄类动物在生境选择上会产生相互影响,这在很多研究中已经得到证实^[35-36]。印度喜马拉雅山区同域分布的西藏盘羊亚种与岩羊的生境研究表明岩羊对盘羊具有一定的排挤作用^[29]。本研究区域内北山羊的密度较大,夏季其活动区域主要在山体中上位和盘羊的卧息地存在一定的重叠。因此,可以推测在垂直空间上家畜和北山羊与盘羊的采食地选择上有竞争关系,而北山羊和盘羊在卧息地选择上有竞争关系。

研究区内铁矿开采业在近几年迅速发展,对原有盘羊栖息环境造成一定的破坏,矿区生产作业,特别是大型运输车辆的行驶,导致盘羊对人类的干扰更为敏感、警惕。卧息地选择偏好在距离居民点和道路更远的地方,避免人类活动的干扰。

天山盘羊采食地和卧息地的生境选择是否具有季节差异性以及同域分布北山羊和天山盘羊的种间关系有待进一步研究。

致谢:新疆观鸟会林宣龙同志协助外业调查,新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州和静县林业局野生动植物保护办协助野外调查,特此致谢。

References:

- [1] Manly B F J, Mcdonald L L, Thomas D L. Resource Selection by Animals: Statistical Design and Analysis for Field Studies. London: Chapman & Hall, 1993.
- [2] Yang Z Q, Xie J R, Gu S G. Research on the habitat selection and vertical distribution of Gansu Red deer (*Cervus elaphus kansuensis*) during winter in Qilian Mountains, China. Journal of Hexi University, 2004, 20 (5): 46-48.
- [3] Boyce M S. Scale for resource selection functions. Diversity and Distributions, 2006, 12(3): 269-276.
- [4] Buckley N J. Spatial-concentration effects and the importance of local enhancement in the evolution of colonial breeding in seabirds. American Naturalist, 1997, 149(6): 1091-1112.
- [5] Teng L W, Liu Z S, Zhang E D, Ma J Z. Winter bed-site selection of *Capreolus capreolus* in low mountain areas of southern Xiaoxing'anling Mountains. Chinese Journal of Ecology, 2007, 26(2): 213-218.
- [6] Chen H P, Gao Z X. Animals Ecology. Harbin: Northeast Forestry University Press, 1992.
- [7] Liu Z S, Cao L R, Wang X M. Management and conservation of blue sheep population in Helan Mountain. Chinese Journal of Wildlife, 2004, 25 (1): 57.
- [8] Chu H J, Jiang Z G, Qi Y J, Tao Y S, Li B. Winter bed-site selection by argali *Ovis ammon sairensis*, *O. a. darwini* in Mt. Kekesen and Mt. Kalamaili in southern Altai Mountains. Acta Theriologica Sinica, 2009, 29 (2): 125-132.
- [9] Guo S T, Yu Y Q, Li B G, Gu Z Q, Tu X J, Wang X J. Study on herd structure and daytime activity rhythm of Argali (*Ovis ammon karelini*) in autumn of Tianshan. Acta Theriologica Sinica, 2003, 23(1): 27-30.
- [10] Shackleton D M. Wild sheep and Goats and their Relatives. Oxford: Information press, 1997.
- [11] Ablimit A, Shi K, Tursun T, Gao X Y, Abdurusul, Hashim Y. Distribution and Population Resources of Argali Sheep and Ibex in Baicheng of Aksu Tianshan Mountains. Chinese Journal of Wildlife, 2010, 31(5): 270-275.
- [12] Yu Y Q, Liu C G, Guo S T, Gu Z Q, Tu X J, Cai D, Wang X J. A study on the aggregate behavior of argali (*Ovis ammon*) in Tianshan mountains. Acta Theriologica Sinica, 2000, 20(2): 101-107.
- [13] Li Y, Ding X M, Hao J X, Shi J, Shi L. Behavior of free ranging Argali in Tianshan Wildlife Park in Summer. Chinese Journal of Wildlife, 2011, 32(6): 299-301.
- [14] Gong M H, Dai Z G, Zeng Z G, Zhang Q, Song Y L. A preliminary survey of population size and habitats of Marco Polo sheep (*Ovis ammon polii*) in Taxkorgan Nature Reserve, Xinjiang, China. Acta Theriologica Sinica, 2007, 27 (4): 317-324.
- [15] Bian K, Liu C G, Wang K F. Bed-site utilization of *Ovis ammon darwini* during spring in Mazong Mountain. Sichuan Journal of Zoology, 2012, 31 (4): 660-664.

- [16] Singh N J, Yoccoz N G, Lecomte N, Fox J L. Scale and selection of habitat and resources: Tibetan argali (*Ovis ammon hodgsoni*) in high-altitude rangelands. *Canadian Journal of Zoology*, 2010, 88: 436-447.
- [17] Harris R B, Miller D J. Overlap in summer habitats and diets of Tibetan Plateau ungulates. *Mammalia*, 1995, 59(2): 197-212.
- [18] Rawat G S, Adhikari B S. Floristics and distribution of plant communities across moisture and topographic gradients in Tso Kar basin, Changthang Plateau, eastern Ladakh. *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, 2005, 37(4): 539-544.
- [19] Oil M K. Seasonal patterns in habitat use of blue sheep *Pseudois nayaur* (Artiodactyla, Bovidae) in Nepal. *Mammalia*, 1996, 60(2): 187-193.
- [20] Zhang M H, Xiao Q Z. A study on foraging and bed habitat selection by red deer in winter. *Acta Theriologica Sinica*, 1990, 10(3): 175-183.
- [21] Zhang H H, Ma J Z. Preliminary research on the habitat selection of sable in spring and summer. *Acta Zoologica Sinica*, 2000, 46(4): 399-406.
- [22] Liu Z S, Cao L R, Wang X M, Li T, Li Z G. Winter bed-site selection by blue sheep (*Pseudois nayaur*) in Helan mountains, Ningxia, China. *Acta Theriologica Sinica*, 2005, 25(1): 1-8.
- [23] Schaefer J A, Messier F. Habitat selection as a hierarchy: the spatial scales of winter foraging by muskoxen. *Ecography*, 1995, 18(4): 333-344.
- [24] Marell A, Edenius L. Spatial heterogeneity and hierarchical foraging habitat selection by reindeer. *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, 2006, 38(3): 413-420.
- [25] Rettie W J, Messier F. Hierarchical habitat selection by woodland caribou: its relationship to limiting factors. *Ecography*, 2000, 23(4): 466-478.
- [26] Grignolio S, Rossi I, Bussano B, Apollonio M. Predation risk as a factor affecting sexual segregation in alpine ibex. *Journal of Mammalogy*, 2007, 88(6): 1496-1497.
- [27] Hamel S, Cote S D. Habitat use patterns in relation to escape terrain: are alpine ungulate females trading off better foraging sites for safety? *Canadian Journal of Zoology*, 2007, 85(9): 933-943.
- [28] Liu Z S, Wang X M, Li Z G, Cui D Y. Summer foraging and bed habitat selection by blue sheep (*Pseudois nayaur*). *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(9): 4277-4285.
- [29] Namgail T, Fox J L, Bhatnagar Y V. Habitat segregation between sympatric Tibetan argali *Ovis ammon hodgsoni* and blue sheep *Pseudois nayaur* in the Indian Trans-Himalaya. *Journal of Zoology*, 2004, 262(1): 57-63.
- [30] Tull J C, Krallsnlan P R, Steidl R. Bed-site selection by desert mule deer in southern Arizona. *Southwest Naturalist*, 2001, 46(3): 354-357.
- [31] Houtman R, Dill L M. The influence of predation risk on diet selectivity: a theoretical analysis. *Evolutionary Ecology*, 1998, 12(3): 251-262.
- [32] Zhu H Q, Ge Z Y, Liu G, Jiang C Y, Zhang D D, Zhang X D, Chang S H, Mao Z X. Winter bed-site selection by roe deer (*Capreolus capreolus*) in Huangnihe Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(7): 2054-2061.
- [33] Mishra C, Rawat G S. Livestock grazing and biodiversity conservation: comments on Saberwal. *Conservation Biology*, 1998, 12(3): 712-717.
- [34] Namgail T, Fox J L, Bhatnagar Y V. Habitat shift and time budget of the Tibetan argali: the influence of livestock grazing. *Ecological Research*, 2007, 22(1): 25-31.
- [35] Wu P J, Guo G P, Zhang E D. Study on interspecific relationship of habitat use by *Budorcas taxicolor* and *Capricornis sumatraensis* in south east Tibet, China. *Chinese Journal of Zoology*, 2009, 44(4): 64-69.
- [36] Namgail T. Winter Habitat partitioning between Asiatic Ibex and blue sheep in Ladakh, northern India. *Journal of Mountain Ecology*, 2006, 8(1): 7-13.

参考文献:

- [2] 杨忠庆, 谢建荣, 顾生贵. 祁连山寺大隆林区甘肃马鹿夏季生境选择及垂直分布的研究. *河西学院学报*, 2004, 20(5): 46-48.
- [5] 滕丽微, 刘振生, 张恩迪, 马建章. 小兴安岭南低山丘陵地区狍冬季卧息地选择. *生态学杂志*, 2007, 26(2): 213-218.
- [6] 陈化鹏, 高中信. *野生动物生态学*. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1992.
- [7] 刘振生, 曹丽荣, 王小明. 宁夏贺兰山岩羊种群的管理和保护. *野生动物*, 2004, 25(1): 57.
- [8] 初红军, 蒋志刚, 戚英杰, 陶永善, 李斌. 阿尔泰山南部科克森山和卡拉麦里山盘羊冬季卧息地的选择. *兽类学报*, 2009, 29(2): 125-132.
- [9] 郭松涛, 余玉群, 李保国, 顾正勤, 吐逊江, 王新军. 天山盘羊秋季集群习性和日活动节律初步观察. *兽类学报*, 2003, 23(1): 27-30.
- [11] 阿布力米提·阿布都卡迪尔, 时琨, 吐尔讯·吐拉克, 高行宜, 阿不都如苏力, 阿西木·亚森. 阿克苏拜城天山区盘羊和北山羊的分布与种群资源现状. *野生动物*, 2010, 31(5): 270-275.
- [12] 余玉群, 刘楚光, 郭松涛, 顾正勤, 吐逊江, 才代, 王新军. 天山盘羊集群行为的研究. *兽类学报*, 2000, 20(2): 101-107.
- [13] 李叶, 丁新民, 郝建新, 史军, 时磊. 新疆天山野生动物园散放盘羊夏季昼间活动节律及时间分配. *野生动物*, 2011, 32(6): 299-301.
- [14] 龚明昊, 戴志刚, 曾治高, 张琼, 宋延龄. 新疆塔什库尔干自然保护区马可波罗盘羊种群数量和栖息地初步调查. *兽类学报*, 2007, 27(4): 317-323.
- [15] 边坤, 刘楚光, 王开峰. 甘肃马鬃山盘羊春季卧息地的利用. *四川动物*, 2012, 31(4): 660-664.
- [20] 张明海, 肖前柱. 冬季马鹿采食生境和卧息生境选择的研究. *兽类学报*, 1990, 10(3): 175-183.
- [21] 张洪海, 马建章. 紫貂春季和夏季生境选择的初步研究. *动物学报*, 2000, 46(4): 399-406.
- [22] 刘振生, 曹丽荣, 王小明, 李涛, 李志刚. 贺兰山岩羊冬季对卧息地的选择. *兽类学报*, 2005, 25(1): 1-8.
- [28] 刘振生, 王小明, 李志刚, 崔多英. 贺兰山岩羊(*Pseudois nayaur*)夏季取食和卧息生境选择. *生态学报*, 2008, 28(9): 4277-4285.
- [32] 朱洪强, 葛志勇, 刘庚, 姜春艳, 张冬冬, 张香东, 常素慧, 毛之夏. 黄泥河自然保护区狍冬季卧息地选择. *生态学报*, 2013, 33(7): 2054-2061.
- [35] 吴鹏举, 郭光普, 张恩迪. 藏东南地区羚牛和鬃羚栖息地利用的种间关系. *动物学杂志*, 2009, 44(4): 64-69.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.24 Dec., 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- The problems in red soil ecosystem in southern of China and its countermeasures ZHAO Qiguo, HUANG Guoqin, MA Yanqin (7615)
- Fundamentals of Ecology: promoting ecology from tradition to modern: To Commemorate The 100th Anniversary of E. P. Odum's Birthday BAO Qingde, ZHANG Xiufen (7623)
- Food chain length theory: a review ZHANG Huan, HE Liang, ZHANG Peiyu, et al (7630)

Autecology & Fundamentals

- Foraging and bed site selection of Tianshan argali (*Ovis ammon karelini*) in Central Tianshan Mountains in Summer LI Ye, YU Yuqun, SHI Jun, et al (7644)
- Inhibition of pine coneworm, larvae *Dioryctria pryeri*, on herbivore-induced defenses of *Pinus tabulaeformis* ZHANG Xiao, LI Xiuling, LI Xingang, et al (7651)
- Response of periphyton to nutrient level and relationships between periphyton and decay degree of *Potamogeton crispus* WEI Hongnong, PAN Jianlin, ZHAO Kai, et al (7661)
- Correlative study between chemical constituents and ecological factors of *Notopterygii Rhizoma* Et Radix of endangered plateau plant HUANG Linfang, LI Wentao, WANG Zhen, et al (7667)
- Induced changes in soil microbial transformation of nitrogen in maize rhizosphere by 4-year exposure to O₃ WU Fangfang, ZHENG Youfei, WU Rongjun, et al (7679)
- Changes of digestive enzyme activity of *Tegillarca granosa* exposed to cadmium and copper CHEN Xiaoxiao, GAO Yetian, WU Hongxi, et al (7690)

Population, Community and Ecosystem

- Population dynamics and density of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in different habitats ZHENG Sining (7699)
- Litter fall production and nutrient dynamic of *Cinnamomum camphora* and *Pinus massoniana* mixed forests in subtropics China LI Zhongwen, YAN Wende, ZHENG Wei, et al (7707)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Assessing the spatial representativeness of eddy covariance flux observation stations of terrestrial ecosystems in China WANG Shaoqiang, CHEN Diecong, ZHOU Lei, et al (7715)
- The coupling relationship between variations of NDVI and change of aeolian sandy land in the Yarlung Zangbo River Basin of Tibet, China LI Haidong, SHEN Weishou, CAI Bofeng, et al (7729)
- Effects of higher resolution image and spatial grain size on landscape pattern in a small watershed of the farming-pastoral zone ZHANG Qingyin, FAN Jun (7739)
- The changes of soil organic carbon and carbon management index in alpine steppe CAI Xiaobu, YU Baozheng, PENG Yuelin, et al (7748)
- Spatial heterogeneity of soil organic carbon and total nitrogen at small scale in subalpine meadow and *Picea meyeri* forest in Luya Mountain WU Xiaogang, GUO Jinping, TIAN Xuping, et al (7756)
- Active pools of soil organic carbon in subtropical forests at different successional stages in Central Hunan, China SUN Weijun, FANG Xi, XIANG Wenhua, et al (7765)
- The impact of sheet and gully erosion on soil aggregate losses in the black soil region of Northeast China JIANG Yiliang, ZHENG Fenli, WANG Bin, et al (7774)
- Net nitrogen mineralization in soils of Napahai wetland in Northwest Yunnan XIE Chengjie, GUO Xuelian, YU Leichao, et al (7782)

- Variation of soil fertility in *Eucalyptus robusta* plantations after controlled burning in the red soil region and its ecological evaluation YANG Shangdong, WU Jun, TAN Hongwei, et al (7788)
- The spatio-temporal variations of vegetation cover in the Yellow River Basin from 2000 to 2010 YUAN Lihua, JIANG Weiguo, SHEN Wenming, et al (7798)
- Long-term dynamic simulation on forest landscape pattern changes in Mount Lushan LIANG Yanyan, ZHOU Nianxing, XIE Huiwei, et al (7807)
- Species habitat correlation analysis in temperate-subtropical ecological transition zone YUAN Zhiliang, CHEN Yun, WEI Boliang, et al (7819)
- Responses of Qilian junipers radial growth of different ecological environment and detrending method to climate change in Qinghai Province ZHANG Ruibo, YUAN Yujiang, WEI Wenshou, et al (7827)
- Resource and Industrial Ecology**
- The pattern of ecological capital in Daxiaoxinganling, Heilongjiang Province, China MA Lixin, QIN Xuebo, SUN Nan, et al (7838)
- Research and implementation of mobile data collection system for field survey of ecological environment SHEN Wenming, SUN Zhongping, ZHANG Xue, et al (7846)
- Urban, Rural and Social Ecology**
- A remote sensing urban ecological index and its application XU Hanqiu (7853)
- Research Notes**
- Genetic diversity and DNA fingerprint of *Pleioblastus* by ISSR HUANG Shujun, CHEN Liguang, XIAO Yongtai, et al (7863)
- Comprehensive evaluation on photosynthetic and fluorescence characteristics in seedlings of 4 drought resistance species LU Guangchao, XU Jianxin, XUE Li, et al (7872)
- Stock difference of *Coelomactra antiquata* based on nuclear (ITS2) and mitochondrial (16S rRNA) DNA sequence and secondary structure MENG Xueping, SHEN Xin, ZHAO Nana, et al (7882)
- The mechanism of the characters of inorganic carbon acquisition to temperature in two *Ulva* species XU Juntian, WANG Xuwen, ZHONG Zhihai, et al (7892)
- Research on changes of dynamic characteristics of rainfall though *Platycladus Orientalis* plantation canopy in Beijing Mountain Area SHI Yu, YU Xinxiao, ZHANG Jianhui, et al (7898)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 丁 平

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 33 卷 第 24 期 (2013 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 24 (December, 2013)

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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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@ cspg. net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@ cspg. 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

国内外公开发刊

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元