

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

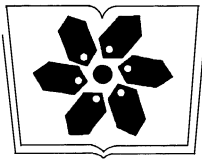
Acta Ecologica Sinica



第32卷 第15期 Vol.32 No.15 **2012**

中国生态学会
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 32 卷 第 15 期

2012 年 8 月 (半月刊)

目 次

放牧对青藏高原东部两种典型高寒草地类型凋落物分解的影响.....	张艳博, 罗 鹏, 孙 庚, 等 (4605)
北京地区外来入侵植物分布特征及其影响因素.....	王苏铭, 张 楠, 于琳倩, 等 (4618)
温带混交林碳水通量模拟及其对冠层分层方式的响应——耦合的气孔导度-光合作用-能量平衡模型	施婷婷, 高玉芳, 袁凤辉, 等 (4630)
洞庭湖景观格局变化及其对水文调蓄功能的影响	刘 娜, 王克林, 段亚锋 (4641)
大辽河口水环境污染生态风险评估.....	于 格, 陈 静, 张学庆, 等 (4651)
标准化方法筛选参照点构建大型底栖动物生物完整性指数	渠晓东, 刘志刚, 张 远 (4661)
不同年龄段大连群体菲律宾蛤仔 EST-SSR 多样性	虞志飞, 闫喜武, 张跃环, 等 (4673)
基于地统计分析西印度洋黄鳍金枪鱼围网渔获量的空间异质性	杨晓明, 戴小杰, 朱国平 (4682)
广东罗坑自然保护区鳄蜥生境选择的季节性差异.....	武正军, 戴冬亮, 宁加佳, 等 (4691)
甘肃兴隆山森林演替过程中的土壤理化性质.....	魏 强, 凌 雷, 柴春山, 等 (4700)
短轮伐期毛白杨不同密度林分土壤有机碳和全氮动态.....	赵雪梅, 孙向阳, 康向阳, 等 (4714)
放牧对呼伦贝尔草地植物和土壤生态化学计量学特征的影响.....	丁小慧, 官 立, 王东波, 等 (4722)
UV-B 辐射增强对抗除草剂转基因水稻 CH ₄ 排放的影响	娄运生, 周文麟 (4731)
基于核磁共振波谱的盐芥盐胁迫代谢组学分析.....	王新宇, 王丽华, 于 萍, 等 (4737)
广西甘蔗根际高效联合固氮菌的筛选及鉴定.....	胡春锦, 林 丽, 史国英, 等 (4745)
不同稻蟹生产模式对土壤活性有机碳和酶活性的影响.....	安 辉, 刘鸣达, 王耀晶, 等 (4753)
大兴安岭火烧迹地恢复初期土壤微生物群落特征.....	白爱芹, 傅伯杰, 曲来叶, 等 (4762)
川西北冷杉林恢复过程中土壤动物群落动态.....	崔丽巍, 刘世荣, 刘兴良, 等 (4772)
内生真菌角担子菌 B6 对连作西瓜土壤尖孢镰刀菌的影响	肖 逸, 戴传超, 王兴祥, 等 (4784)
西江颗粒直链藻种群生态特征.....	王 超, 赖子尼, 李跃飞, 等 (4793)
大型人工湿地生态可持续性评价.....	张依然, 王仁卿, 张 建, 等 (4803)
孢粉、炭屑揭示的黔西高原 MIS3b 期间古植被、古气候演变	赵增友, 袁道先, 石胜强, 等 (4811)
树干径流对梭梭“肥岛”和“盐岛”效应的作用机制	李从娟, 雷加强, 徐新文, 等 (4819)
豆科作物-小麦轮作方式下旱地小麦花后干物质及养分累积、转移与产量的关系	杨 宁, 赵护兵, 王朝辉, 等 (4827)
一次陆源降雨污水引起血红哈卡藻赤潮的成因.....	刘义豪, 宋秀凯, 靳 洋, 等 (4836)
盐城国家级自然保护区景观格局变化及其驱动力.....	王艳芳, 沈永明 (4844)
城市屋顶绿化资源潜力评估及绿化策略分析——以深圳市福田区为例.....	邵天然, 李超骥, 曾 辉 (4852)
黄河三角洲区域生态经济系统动态耦合过程及趋势.....	王介勇, 吴建寨 (4861)
重庆市生态功能区蝴蝶多样性参数	李爱民, 邓合黎, 马 琦 (4869)
专论与综述	
干旱半干旱区不同环境因素对土壤呼吸影响研究进展.....	王新源, 李玉霖, 赵学勇, 等 (4890)
土壤呼吸的温度敏感性——全球变暖正负反馈的不确定因素.....	栾军伟, 刘世荣 (4902)
森林土壤甲烷吸收的主控因子及其对增氮的响应研究进展.....	程淑兰, 方华军, 于贵瑞, 等 (4914)
湖泊氮素氧化及脱氮过程研究进展	范俊楠, 赵建伟, 朱端卫 (4924)
研究简报	
刈割对人工湿地风车草生长及污水净化效果的影响.....	吕改云, 何怀东, 杨丹菁, 等 (4932)
学术信息与动态	
全球气候变化与粮食安全——2012 年 Planet Under Pressure 国际会议述评	安艺明, 赵文武 (4940)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 338 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2012-08



封面图说: 水杉是中国特有种, 国家一级保护植物, 有植物王国“活化石”之称, 是 1946 年由中国的植物学家在湖北的利川磨刀溪发现的。水杉曾广泛分布于北半球, 第四纪冰期以后, 水杉属的其他种类全部灭绝, 水杉确在中国川、鄂、湘边境地带得以幸存, 成为旷世奇珍。水杉耐水, 适应力强, 生长极为迅速, 其树干通直挺拔, 高大秀颀, 树冠呈圆锥形, 姿态优美, 枝叶繁茂, 入秋后叶色金黄。自发现后被人们在中国南方广泛种植, 成为著名的绿化观赏植物, 现在中国水杉的子孙已遍及中国和世界 50 多个国家和地区。

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

DOI: 10.5846/stxb201105030579

武正军, 戴冬亮, 宁加佳, 黄乘明, 于海. 广东罗坑自然保护区鳄蜥生境选择的季节性差异. 生态学报, 2012, 32(15): 4691-4699.

Wu Z J, Dai D L, Nin J J, Huang C M, Yu H. Seasonal differences in habitat selection of the Crocodile lizard (*Shinisaurus crocodilurus*) in Luokeng Nature Reserve, Guangdong. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(15): 4691-4699.

广东罗坑自然保护区鳄蜥生境选择的季节性差异

武正军¹, 戴冬亮¹, 宁加佳¹, 黄乘明^{1,3,*}, 于海²

(1. 广西师范大学生命科学院, 广西珍稀濒危动物生态学重点实验室培育基地, 桂林 541004;

2. 广东省罗坑鳄蜥自然保护区, 韶关 512100; 3. 中国科学院动物研究所, 北京 100101)

摘要: 2006 年 3—10 月, 在广东省罗坑鳄蜥自然保护区利用直接观察法对鳄蜥春、夏、秋 3 季的生境选择进行研究。春、夏、秋 3 季各测定了 31、71、31 个有鳄蜥样方以及 50、90、51 个对照样方的 14 种生态因子。利用生态因子对比分析和逐步判别分析确定各季节生境选择的主要影响因素。结果表明, 春季影响鳄蜥生境选择的主要影响因素是溪沟底质中沙的含量和植被盖度, 正确判别率为 97.5%; 夏季影响鳄蜥生境选择的主要影响因素是溪沟底质中沙的含量、植被盖度、溪流宽度和枯枝百分比, 正确判别率为 94.4%; 秋季影响鳄蜥生境选择的主要影响因素是溪沟底质中沙的含量、植被盖度和可利用食物量, 正确判别率为 97.6%。在区分春、夏、秋 3 季鳄蜥生境选择方面有一系列生态因子发挥作用, 依照贡献值的大小依次为可利用食物量、干扰距离、枯枝百分比、溪水流速、溪沟坡度和溪宽等 6 个因子, 由这 6 个变量构成的方程对春、夏、秋 3 季鳄蜥生境的正确区分率达到 76.7%。判别函数的分析表明, 春、夏、秋 3 季鳄蜥的生境选择具有较高的差异性, 以判别函数建立的判别分类图表明, 春、夏季以及夏、秋季鳄蜥的生境选择重叠较多, 而秋季与春季的重叠较少。

关键词: 鳄蜥; 生境选择; 季节性

Seasonal differences in habitat selection of the Crocodile lizard (*Shinisaurus crocodilurus*) in Luokeng Nature Reserve, Guangdong

WU Zhengjun¹, DAI Dongliang¹, NIN Jiajia¹, HUANG Chengming^{1,3,*}, YU Hai²

1 College of Life Sciences, Guangxi Normal University and Key laboratory of Ecology of Rare and Endangered Animal, Guangxi Province, Guilin 541004, China

2 Luokeng Nature Reserve of *Shinisaurus Crocodilurus*, Guangdong, Shaoguan 512100, China

3 Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Abstract: From March to October 2006, habitat characteristics of 31, 71, 31 crocodile lizard (*Shinisaurus crocodilurus*) samples and 50, 90, 51 comparing samples (no crocodile lizard was found in these samples) were observed in Luokeng crocodile lizard Nature Reserve, Guangdong in spring, summer, and autumn respectively, to determine the main ecological factors affecting habitat selection in this species. The main ecological factors affecting crocodile lizard habitat selection in each season were determined by comparison and stepwise discriminant analysis of fourteen ecological factors measured in crocodile lizard samples and comparing samples in each of the respective seasons. Analysis showed that in spring, percentage of sand in the stream and vegetation coverage were the two main ecological factors affecting crocodile lizard habitat selection. A stepwise discriminant model including only these two factors yielded a predicted accuracy of 97.5%, the highest when compared to alternative models involving combinations of other sampled factors. In summer, percentage of

基金项目: 国家自然科学基金项目(30760039, 31060288); 教育部重点项目(209093); 广西高校人才小高地建设创新团队资助计划; 广东省林业科技创新专项资金(2008KJCX013)项目

收稿日期: 2011-05-03; 修订日期: 2012-06-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: cmhuang@ioz.ac.cn

sand in the stream, vegetation coverage, width of stream and percentage of dry branch were the main ecological factors affecting crocodile lizard habitat selection and the predicted accuracy of the model is 94.4%. In autumn, percentage of sand in the stream, vegetation coverage and food availability were the main ecological factors affecting crocodile lizard habitat selection and the predicted accuracy of the model is 97.6%. Habitats selected by *S. crocodilurus* in each season could be predicted with 76.7% accuracy by a model including six main ecological factors (in order of importance): food availability, distance to human disturbance, percentage of dry branch, velocity of stream water, slope of stream, and width of stream. Analysis also showed that *S. crocodilurus* spring, summer, and autumn habitats overlap to some extent, but that overlaps between spring and autumn were very low.

Key Words: Crocodile lizard (*Shinisaurus crocodilurus*); habitat selection; seasonal

动物的栖息地选择是一个非常复杂的决策过程,任何引起动物行为、生理和心理等改变的因素以及引起生境变化的因素均影响野生动物对生境的选择。伴随着季节更替和气候变迁,动物的生境选择也会相应发生变化,表现出季节性生境选择的特征^[1]。考虑并研究动物生境选择行为在时间上的动态变化,能更为全面客观地揭示具体物种的生境选择。因此,对动物生境选择季节性差异的报道也越来越多,多集中于对鸟兽的研究,如对马鹿(*Cervus elaphus*)^[2-3]、驯鹿(*Rangifer tarandus*)^[4]、鬣羚(*Capricornis sumatraensis*)^[5]、白颈长尾雉(*Symaticus ellioti*)^[6]以及黑颈长尾雉(*Symaticus humiae*)^[7]的研究发现它们的生境选择均存在季节性差异。而对爬行动物生境选择季节性变化的研究则相对较少,且多集中于对蛇类的研究,如:德州鼠蛇(*Elaphe obsoleta*)^[8]、东部侏响尾蛇(*Sistrurus c. catenatus*)^[9]、小响尾蛇(*Sistrurus catenatus*)^[10]、翘鼻蛙(*Vipera latastei*)^[11]等,对蜥蜴的相关研究则较少,仅见对角蜥(*Phrynosoma cornutum*)^[12]等少数蜥蜴的研究。

鳄蜥(*Shinisaurus crocodilurus* Ahl.)是第四纪冰川末期残留下来的古老爬行类,是我国Ⅰ级保护动物,有“活化石之称”。其在爬行纲动物的起源和演化、蜥蜴目各科分类等方面的研究上,有着重要的学术价值。因人为捕捉,栖息环境被污染、破坏,鳄蜥种群数量急剧下降,目前在我国已不足1000只,且分布在8个相互隔离的片区,数量最多的片区也仅350只^[13],已处于极度濒危的状况,急需加强对鳄蜥的研究和保护。对于鳄蜥的生境选择和利用已有一些相关的研究,然而这些研究对鳄蜥的特殊生境要求并未提供足够的信息,而且均未对鳄蜥生境选择的季节性变化进行研究。如曾志峰所选的因子不够全面^[14],于海等所采集的样本数较少^[15],宁加佳等只研究了鳄蜥的夏季生境特征^[16],而武正军等只研究了鳄蜥对溪沟林型的选择^[17]。正因为已有的研究不能全面反映鳄蜥的生境选择特点,难以对制定有效措施保护鳄蜥种群提供更为科学的依据。

1 研究方法

1.1 研究地点

广东罗坑鳄蜥自然保护区(24°36′—24°39′N, 113°13′—113°22′E)位于广东省韶关市南部,,总面积21471.7 hm²。境内最高峰船底顶海拔1587 m,最低海拔约200 m。保护区内地貌复杂,四周群山环抱,中部为较平坦的盆地,年平均气温20.1℃,年平均降雨量1640 mm。全年降水量主要集中在3—8月,其降水量占全年降水的75.6%^[18]。保护区属中亚热带湿润型季风气候区,一年四季均受季风影响,冬季盛行东北季风,夏季盛行西南和东南季风。四季特点为春季阴雨连绵,秋季降水偏少,冬季寒冷,夏季偏热。春季3—5月、夏季6—8月、秋季9—11月、冬季12—2月。植被以天然常绿阔叶林占绝对优势,此外还有部分针叶林、针阔混交林和竹林。全区森林覆盖率超过60%。

1.2 样方的确定

调查开始时间为2006年3月中旬,此时鳄蜥刚从冬眠状态出眠。结束时间为10月下旬,此时鳄蜥已完全进入冬眠。对分布区内所有可能有鳄蜥分布的溪沟(共计23条)进行调查。采用夜晚调查,从溪沟底部开始往上走,在发现鳄蜥的地方做一个标记。第2天白天以该标记为中心设10m×5m的样方,记录测量该样方中的各类生态因子。在没有鳄蜥的地方设对照样方,对照样方采用随机的方法选取。随机选取分布区内的一

条溪沟,将该溪沟按 10m 一段分成若干段,从中随机选取一段作为对照样方,若该样方与有鳄蜥的样方重叠,则舍去该样方,再重新随机选取。完成一个 10m×5m 随机样方的选取后,记录测量该样方中的各类生态因子。

1.3 生态因子的确定

每个样方共记录 14 类生态因子,根据野外调查及前人研究成果,同时参照宁加佳等^[8]的划分标准,将描述性变量划分等级,非描述性变量即以实测数值作为指标。

植被类型 依据该生境的特点划分为 3 类,(1)常绿阔叶林,(2)竹林,(3)针阔混交林;

植被盖度 根据目测估计样方垂直上方植物树冠的盖度,按百分比记录覆盖度;

可利用食物量 在每个样方内用网捕法捕一百网,在地面随机取 5 个 1m×1m 小样方,计算捕到的所有小型动物(包括节肢动物、两栖爬行动物以及环节动物等)的体积,再将总的食物体积进行 ln 转换,作为可利用食物量的指标。每个食物个体的体积用椭球体的体积公式进行计算^[19]:

$$V_i = 4/3\pi(L_i/2)(W_i/2)^2$$

式中, V_i 为食物体积(mm^3), L_i 为食物的长度(mm), W_i 为食物的宽度(mm)。

溪水流速 放一枯叶在溪沟中,计算其从样方上端漂流至下端所需的时间,同时测量样方内溪沟的长度。以溪沟的长度(m)/枯叶漂流的时间(s)作为溪水流速,每个样方重复测量 3 次,以平均值作为溪水流速指标;

回水塘有无 观察样方中是否有回水塘存在;

岸边条件 通过目测,根据样方中溪沟两侧生境的复杂程度(如落叶、石缝、遮蔽物等的多少)分为(1)溪沟两侧生境较复杂,(2)溪沟两侧生境复杂程度中等,(3)溪沟两侧生境较简单;

岸边坡度 实测值,指样方所处的坡度,用罗盘直接测量;

枯枝百分比 计算样方内枯枝占有可供鳄蜥攀爬利用树枝的百分比;

干扰距离 指鳄蜥生境与最近林间小路(路宽>1m)的直线距离,通过地形图和 GIS 计算。

溪沟坡度 实测值,指样方中溪沟的坡度,根据地形图计算得出。

溪沟坡位 样方在溪沟中的位置,根据地形图,将溪沟分为 3 段,(1)溪沟上部 1/3 划定为上坡位,(2)溪沟中部 1/3 划定为中坡位,(3)溪沟下部 1/3 划定为下坡位。

溪沟宽度 样方中溪水的平均宽度,在样方中溪沟的上、中、下三处分别测量溪水的宽度,取其平均值作为溪沟宽度指标,若样方中有回水塘,则只测溪沟宽度而不测回水塘宽度(cm)。

溪沟底质沙石比 根据目测估算样方内溪沟(含回水塘)底部的沙质覆盖的面积百分比。

水体深度 测量样方内溪沟或水塘的最大深度(cm)。

1.4 数据处理

利用卡方检验分析每个季节植被类型、回水塘有无、岸边条件、溪沟坡位 4 种非数值型生态因子在有鳄蜥样方和对照样方中的差异。对植被盖度、枯枝百分比、溪沟底质沙石比 3 个百分数型因子先作反正弦函数转换为角度型变量,然后用单个样本的 Kolmogorov-Smirnov Test 检验植被盖度、枯枝百分比、溪沟底质沙石比、食物丰富度、溪水流速、岸边坡度、干扰距离、溪沟坡度、溪沟宽度、水体深度等 10 种数值型生态因子的数据是否呈正态分布,对符合正态分布的数据用 T-test 检验有鳄蜥样方与对照样方的差异,不符合正态分布的用非参数检验中 Mann-Whitey U Test 检验有鳄蜥样方与对照样方的差异。对每一季的 10 种数值型生态因子进行判别分析,对于不符合正态分布的数据先进行标准化,然后采用逐步判别分析和典则判别分析对每季的生态因子进行分析,以确定影响鳄蜥每季生境选择的关键因子。对 3 个季节的 10 种数值型生态因子进行判别分析,对于不符合正态分布的数据先进行标准化,然后采用逐步判别分析和典则判别分析对 3 个季节的生态因子进行分析,以确定导致鳄蜥生境选择季节性差异的关键因子。所有数据均利用 SPSS13.0 进行分析。

2 结果

2.1 春季

春季共调查 50 个对照样方和 31 个有鳄蜥样方。在 4 种非数值型生态因子中,有鳄蜥样方与对照样方在

植被类型上差异显著 ($\chi^2 = 6.074$, $df = 2$, $P = 0.048$), 鳄蜥主要选择常绿阔叶林; 而在溪沟坡位 ($\chi^2 = 1.624$, $df = 2$, $P = 0.444$)、岸边条件 ($\chi^2 = 1.986$, $df = 2$, $P = 0.370$)、回水塘有无 (Fisher's Exact Test, $P = 0.196$) 三种生态因子上没有显著的差异性。在 10 种数值型生态因子中, 有鳄蜥样方与对照样方在植被盖度、溪流宽度、干扰距离、溪沟坡度、底质沙石比以及枯枝百分比等 6 种因子上差异显著, 而在水体深度、可利用食物量、岸边坡度以及溪水流速方面无显著差异 (表 1)。与对照样方相比, 鳄蜥在春季倾向于选择植被盖度较高、溪流宽度相对较小、干扰距离较短、溪沟坡度较小、溪沟底质中沙的含量较高、枯枝比例较高的常绿阔叶林生境。

表 1 春季有鳄蜥样方与对照样方十个数值型变量生态因子的比较

Table 1 Comparison of ten numeral ecological factors between selected samples of *Shinisaurus crocodilurus* and comparing samples in Spring

生态因子 Ecological factors	选择样方 Selected sample Mean±SD	对照样方 Comparing sample Mean±SD	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>P</i>
植被盖度/% Vegetation coverage	89.45±8.62	63.60±14.39	10.108		<0.001
水体深度/cm Depth of water	23.03±13.71	27.70±10.64	1.716		0.090
溪宽/cm Width of stream	135.55±65.77	162.34±39.59	2.050		0.046
干扰距离/m Distance to human disturbance	178.29±137.85	454.00±331.94	5.195		<0.001
食物量/(mm ³) Food availability	6.53±0.56	6.76±0.66	1.573		0.120
岸边坡度/(°) Slope of bank	37.74±16.92	40.20±11.56		0.065	0.948
溪沟坡度/(°) Slope of stream	8.23±7.70	9.90±6.19		2.233	0.026
底质沙石/% Percentage of sand	74.19±23.35	3.80±12.60		7.938	<0.001
溪水流速/(cm/s) Velocity of water	31.61±11.05	27.80±9.75		1.641	0.101
枯枝百分比/% Percentage of dry branch	34.52±16.09	24.20±9.50		3.194	0.001

从逐步判别函数分析的结果得出, 特征值为 0.149, 典则相关系数是 0.922, 这包含了所有的方差 (100%)。区分有鳄蜥样方与对照样方的判别函数方称为: $F_{\text{春季}} = 2.021 \times \text{底质沙石比} + 0.45 \times \text{植被盖度} - 3.318$ 。可见在春季, 通过底质沙石比和植被盖度两个生态因子即可区分有鳄蜥样方与对照样方, 正确判别率为 97.5%。

2.2 夏季

夏季共调查 90 个对照样方和 71 个有鳄蜥样方。在 4 种非数值型生态因子中, 有鳄蜥样方与对照样方在植被类型 ($\chi^2 = 13.411$, $df = 2$, $P = 0.001$)、岸边条件 ($\chi^2 = 87.824$, $df = 2$, $P < 0.001$) 上差异显著, 而在溪沟坡位 ($\chi^2 = 4.912$, $df = 2$, $P = 0.086$)、回水塘有无 ($\chi^2 = 3.106$, $df = 2$, $P = 0.078$) 上无显著差异性。在 10 种数值型生态因子中, 有鳄蜥样方与对照样方在植被盖度、水体深度、溪流宽度、干扰距离、可利用食物量、溪沟坡度、底质沙石比以及枯枝百分比等 8 种因子上差异显著, 而在岸边坡度以及溪水流速方面无显著差异 (表 2)。与对照样方相比, 鳄蜥在夏季倾向于选择植被盖度较高、水体深度较浅、溪流宽度相对较小、干扰距离较短、可利用食物量较高、溪沟坡度较小、溪沟底质中沙的含量较高、枯枝比例较高、岸边条件较复杂的常绿

阔叶林生境。

表 2 夏季有鳄蜥样方与对照样方 10 个数值型变量生态因子的比较
Table 2 Comparison of ten numeral ecological factors between selected samples of *Shinisaurus crocodilurus* and comparing samples in Summer

生态因子 Ecological factors	选择样方 Selected sample Mean±SD	对照样方 Comparing sample Mean±SD	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>P</i>
植被盖度/% Vegetation coverage	85.21±9.689	61.83±18.34		8.526	<0.001
水体深度/cm Depth of water	25.25±14.39	30.62±14.18	2.369		0.019
溪宽/cm Width of stream	195.52±147.23	218.52±101.66		3.737	<0.001
干扰距离/m Distance to human disturbance	273.59±286.83	411.89±271.27		4.174	<0.001
食物量/(mm ³) Food availability	6.16±0.80	5.81±1.08	2.320		0.022
岸边坡度/(°) Slope of bank	44.09±14.45	49.00±10.21		1.914	0.056
溪沟坡度/(°) Slope of stream	9.44±6.07	12.39±7.04		3.272	0.001
底质沙石/% Percentage of sand	64.51±23.77	3.56±6.41		11.106	<0.001
溪水流速/(cm/s) Velocity of water	29.23±10.58	28.49±8.53		0.157	0.875
枯枝百分比/% Percentage of dry branch	23.66±13.44	12.11±7.57		6.672	<0.001

从逐步判别函数分析的结果得出,特征值为 0.181,典则相关系数是 0.905,包含了所有的方差(100%)。区分有鳄蜥样方与对照样方的判别函数方称为: $F_{\text{夏季}}=2.029\times\text{底质沙石比}+0.340\times\text{植被盖度}+0.280\times\text{溪流宽}+0.253\times\text{枯枝百分比}+0.00$ 。可见在夏季,在区分有鳄蜥样方与对照样方上有 4 个生态因子发挥作用,依照贡献率的大小分别为底质沙石比、植被盖度、溪流宽度和枯枝百分比。在区分有鳄蜥样方和对照样方时的正确判别率为 94.4%。

2.3 秋季

秋季共调查 51 个对照样方和 31 个有鳄蜥样方。在 4 种非数值型生态因子中,有鳄蜥样方与对照样方在岸边条件($\chi^2=13.761$, $df=2$, $P=0.001$)上差异显著,而在植被类型($\chi^2=3.972$, $df=2$, $P=0.137$)、溪沟坡位($\chi^2=2.210$, $df=2$, $P=0.331$)、回水塘有无($\chi^2=2.293$, $df=2$, $P=0.130$)上没有显著的差异性。在 10 种数值型生态因子中,有鳄蜥样方与对照样方在植被盖度、干扰距离、可利用食物量、底质沙石比以及枯枝百分比等 5 种因子上差异显著,而在水体深度、溪流宽度、岸边坡度、溪沟坡度以及溪水流速方面无显著差异(表 3)。与对照样方相比,鳄蜥在秋季倾向于选择岸边条件较复杂、植被盖度较高、干扰距离较长、可利用食物量较高、溪沟底质中沙的含量较高、枯枝比例较高的生境。

从逐步判别函数分析的结果得出,特征值为 0.134,典则相关系数是 0.931,包含了所有的方差(100%)。区分有鳄蜥样方与对照样方的判别函数方称为: $F_{\text{秋季}}=2.319\times\text{底质沙石比}+0.327\times\text{植被盖度}+0.229\times\text{食物量}-1.595$ 。可见在秋季,在区分有鳄蜥样方与对照样方上有 3 个生态因子发挥作用,依照贡献率的大小分别为底质沙石比、植被盖度和可利用食物量。在区分有鳄蜥样方和对照样方时的正确判别率为 97.6%。

2.4 3 个季节的比较

从逐步判别函数分析的结果可见,有两个典型判别函数可以有效区分 3 个季节,第 1、2 个判别函数区分各季节生境效果均极显著,它们的贡献率分别为 87.37% 和 12.63%(表 4)。按照贡献率大小,判别鳄蜥各季节生境的因子依次为可利用食物量、干扰距离、枯枝百分比、溪水流速、溪沟坡度和溪宽等 6 个因子(表 3),由

这 6 个变量构成的方程对春、夏、秋三季鳄蜥生境的正确区分率达到 76.7%,其中对鳄蜥春季生境选择的正确判别率为 77.4%,对夏季的正确判别率为 73.2%,对秋季的正确判别率为 83.9%。以 2 个判别函数建立的判别分类图(图 1)表明,3 个季节的生境选择存在一定程度的重叠和分离,其中春、夏季以及夏、秋季的重叠较多,而秋季与春季的重叠较少。

表 3 秋季有鳄蜥样方与对照样方 10 个数值型变量生态因子的比较

Table 3 Comparison of ten numeral ecological factors between selected samples of *Shinisaurus crocodilurus* and comparing samples in Autumn

生态因子 Ecological factors	选择样方 Selected sample Mean±SD	对照样方 Comparing sample Mean±SD	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>P</i>
植被盖度/% Vegetation coverage	84.52±8.00	64.90±18.72		4.930	<0.001
水体深度/cm Depth of water	31.16±15.14	27.69±24.58		1.775	0.076
溪宽/cm Width of stream	226.19±143.40	236.00±130.68		0.383	0.702
干扰距离/m Distance to human disturbance	961.29±907.26	408.63±346.51	2.823		0.007
食物量/(mm ³) Food availability	8.19±1.42	6.22±0.85	6.991		<0.001
岸边坡度/(°) Slope of bank	46.77±12.01	47.06±18.00	0.078		0.938
溪沟坡度/(°) Slope of stream	11.61±6.63	10.39±6.62		1.024	0.306
底质沙石/% Percentage of sand	67.42±20.33	3.33±5.89		7.937	<0.001
溪水流速/(cm/s) Velocity of water	21.29±8.16	24.80±9.00		1.834	0.067
枯枝百分比/% Percentage of dry branch	18.71±9.22	8.82±9.09		4.336	<0.001

表 4 广东罗坑自然保护区不同季节鳄蜥生境数值型生态因子的逐步判别分析结果

Table 4 The results of stepwise discriminant analysis of numeral ecological factors of *shinisaurus crocodilurus*' habitat in different seasons

变量 Variable	判别函数系数		Wilks' Lambda	F	P
	Discriminant function coefficients				
	函数 1 Function 1	函数 2 Function 1			
可利用食物量 Food availability	0.884	0.763	0.457	30.599	<0.001
干扰距离 Distance to human disturbance	0.677	0.018	0.382	15.336	<0.001
枯枝百分比 Percentage of dry branch	-0.292	0.825	0.360	10.854	<0.001
溪水流速 Velocity of water	-0.444	0.360	0.346	8.109	<0.001
溪沟坡度 Slope of stream	0.365	-0.398	0.339	6.528	0.002
溪宽 Width of stream	0.289	-0.410	0.331	5.061	0.008
Wilks' Lambda	0.306	0.809	—	—	—
F, df, P	150.744, 12, <0.001	27.080, 5, <0.001	—	—	—
特征值 Eigenvalue	1.638	0.237	—	—	—
贡献率 Explained variance/%	87.37	12.63	—	—	—
累计贡献率 Cumulative variance/%	87.37	100.0	—	—	—

3 讨论

结果表明,尽管春、夏、秋 3 季广东罗坑自然保护区的鳄蜥在生境选择上存在一定的重叠(图 1),但不同季节影响鳄蜥生境选择的生态因子不尽相同,3 季节的逐步判别分析结果(表 4)也表明不同季节鳄蜥对生境

的选择还是存在较大差异的。该地区鳄蜥生活在温暖、湿润的亚热带南缘,由于受到该地区不同季节气候变化的影响,鳄蜥的食物、体温、自身生理状况等因素也发生相应的变化,罗坑自然保护区鳄蜥对生境的利用对策也随季节变化发生一定程度的改变。一些其他的蜥蜴在生境选择上也表现出了季节性差异,如墨西哥的 *Sceloporus melanorhinus* 和 *Urosaurus bicarinatus* 在干旱季节对落叶和较低树枝的利用更多^[20],角蜥在非活动季节对木本植被和落叶较多的生境利用更多^[21]。

判别分类图(图1)的结果显示鳄蜥春、夏、秋3季生境存在一定程度的重叠,产生这一现象的原因可能有以下几个方面:首先,罗坑自然保护区植被以常绿阔叶林占绝对优势,溪沟的植被盖度较高且常年变化不大,大部分溪沟常年有水,这些都是鳄蜥偏好的生境^[16-17],因此有不少栖息地在春、夏、秋3季的变化不明显,甚至有些鳄蜥常年在一个栖息地点活动^[22];其次,从春季到

秋季是一个逐步变化的过程,包括温度的升高、降雨量的变化等,因此有些鳄蜥在不同季节变换栖息地也有一个较长的时间,这点从春夏季以及夏秋季的重叠较多,而春秋季节的重叠较少(图1)也可以看出来。

在春季,尽管生态因子比较结果显示,有鳄蜥样方与对照样方在植被盖度、溪流宽度、干扰距离、溪沟坡度、溪沟底质沙石比、枯枝百分比以及植被类型等生态因子上有差异(表1),而判别函数的分析结果显示,春季对鳄蜥生境选择影响最大的2个生态因子分别为底质沙石比和植被盖度,正确区分率达97.5%。可见,相对于这两个生态因子,其他生态因子尽管在有鳄蜥样方与对照样方中有显著性差异,但对鳄蜥的生境选择影响较小。这两个因子可以归结为鳄蜥生存所需的隐蔽条件以及逃避敌害时的安全条件。较高的植被盖度一方面能使鳄蜥更好地躲避天敌;而另一方面,植被盖度较高也会遮挡阳光,影响鳄蜥通过晒太阳进行体温调节^[23]。面临这二者进行选择时,鳄蜥选择了前者,原因是:(1)鳄蜥相对于其他爬行动物有较强的生理调温能力^[24],(2)避免敌害比体温选择有更高的优先权^[25]。鳄蜥偏好选择水体底质含沙多的生境,是因为水体中沙多,可以起到一定的缓冲作用,同时也有利于鳄蜥从水体中爬到岸边。鳄蜥为了避敌,会直接从栖枝上跳入溪水中,栖枝的高度一般在1—2m,也有超过2m的,在野外观察中也发现过一只怀孕鳄蜥栖息在3m高的栖枝,遇到危险时,它就从3m多高的栖枝上跳入水体中,而水体深度通常较浅((25.25±14.39)cm),如果水体中沙含量太低,起不到缓冲作用。鳄蜥在春季选择常绿阔叶林,可能与常绿阔叶林涵养水源能力、保持水土以及物种多样性方面高于其他林型^[26]有关,一方面常绿阔叶林的溪水可长时间保持,另一方面常绿阔叶林可为鳄蜥提供较好的食物资源^[17]。

在夏季,生态因子分析表明有鳄蜥样方与对照样方在植被盖度、水体深度、溪流宽度相、干扰距离、可利用食物量高、溪沟坡度、溪沟底质中沙的含量、枯枝比例、岸边条件以及植被类型等10类因子中差异显著,而判别函数的分析结果显示,夏季对鳄蜥生境选择影响最大的4个生态因子分别为底质沙石比、植被盖度、溪流宽度和枯枝百分比,正确区分率达94.4%。与春季相似,鳄蜥对生境的选择首要还是考虑安全因素,底质沙石比和植被盖度仍然是影响鳄蜥生境选择的主要因素。对于较宽的溪沟,由于其上部的植被覆盖度往往较低,因此鳄蜥很少选择该生境。由于夏季很多树木已长出新枝,而相对于这些新树枝,枯枝的颜色更接近鳄蜥的体色,因此鳄蜥选择枯枝较多的生境^[16]。鳄蜥在夏季选择常绿阔叶林与武正军等^[17]的结果相同。而选择岸边条件较复杂的生境一方面是因为这类生境可为鳄蜥提供较多的躲藏条件,另一方面由于此类生境枯枝落叶量较多,蚯蚓等鳄蜥较喜好的食物较多^[27]。

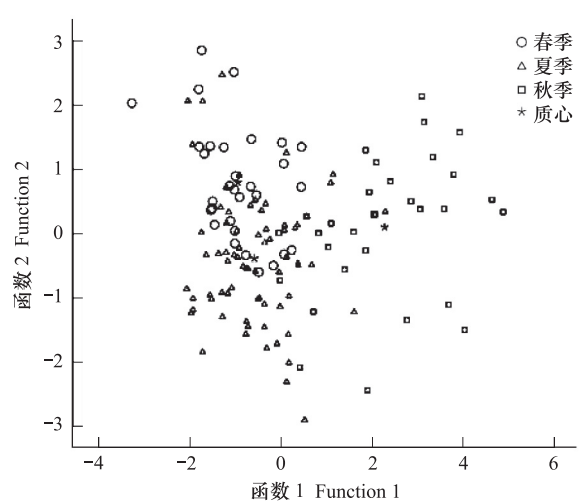


图1 罗坑自然保护区鳄蜥各季节生境判别分类图

Fig. 1 The scatter plot of discrimination of used plots of *shinisaurus crocodilurus* among seasons in Luokeng Nature Reserve

在秋季,生态因子分析表明有鳄蜥样方与对照样方在岸边条件、植被盖度、干扰距离、可利用食物量、溪沟底质中沙的含量、枯枝比例等 6 类因子中差异显著,而判别函数的分析结果显示,秋季对鳄蜥生境选择影响最大的 3 个生态因子分别为底质沙石比、植被盖度和可利用食物量,正确区分率达 97.6%。可见在秋季,鳄蜥对生境的选择除了安全因素外,食物也成为主要影响因素。在秋季,对岸边条件较复杂生境的选择除了与夏季相似的原因外,也有可能是鳄蜥为了找到适宜的越冬场所,而选择此类生境。为了满足冬眠期以及第 2 年产仔的能量需求^[28],鳄蜥需要在秋季蓄积较多的能量,因此在秋季选择可利用食物量较多的生境,以获取更多的食物。

鳄蜥春、夏、秋三季节生境选择的差异主要表现在食物量、干扰距离、枯枝百分比、溪水流速、溪沟坡度和溪宽等 6 个因子上(表 4)。这主要与鳄蜥的生活习性以及当地的环境条件变化有关。鳄蜥的活动季节在 4 月中旬—10 月上、中旬,而其他时间为冬眠期,在冬眠醒来后,怀孕雌蜥即产幼仔^[15],因此鳄蜥往往在秋季蓄积能量(见秋季的分析)。在分布区内,春夏季雨水较多,山间的很多溪沟水流充足,很多离林间小路较近的小溪沟都有鳄蜥分布,使其离林间小路的距离较近,而在秋季由于降水明显减少^[18],这些小溪沟水流太小或干枯而不适宜鳄蜥栖息,因此鳄蜥迁移到一些相对较大的溪沟,而这些较大的溪沟离林间小路往往较远。在春夏季,由于降雨量较高,可供鳄蜥栖息的溪沟较多,鳄蜥选择坡度较小的溪沟,因为这样的溪沟水流较缓慢^[16],而秋季可供选择的溪沟减少,尽管一些溪沟的坡度相对增加,但由于秋季较少的降雨量导致溪水的流速变慢,也成为鳄蜥选择的生境。在秋冬季随着旱季(9 月至第 2 年 2 月)的推移,枯枝逐渐增多,到第 2 年雨季来临之时达到高峰,这些枯枝在雨季随着气温的回升和降雨量的增大而凋落,在 5 月份出现凋落高峰^[29],因此,在春季,鳄蜥栖息地中枯枝的比例较夏季和秋季要高(表 1,表 2,表 3)。

鳄蜥的生境选择存在季节性差异,因此在对鳄蜥进行保护时,应根据其不同季节的特点,采取一些更有针对性的措施。如在春、夏季除了加强对一些主干溪沟内的鳄蜥以及相应生境的保护外,还应多注意对一些叉支溪沟内鳄蜥及其生境的保护。在秋季应特别注意对其食物资源的保护,以保证鳄蜥的安全越冬以及第 2 年顺利产仔。同时,要重点保护水源林和溪沟两侧的植被,避免因乱砍乱伐和大量毁林开荒使鳄蜥生境受到严重破坏。

References:

- [1] Jiang Z G. Principles of animal behavior and species protection method. Beijing: Science Press, 2004, 254-279.
- [2] Godvik I M R, Loe L E, Vik J O, Veiberg V, Langvatn R, Mysterud A. Temporal scales, trade-offs, and functional responses in red deer habitat selection. *Ecology*, 2009, 90(3): 699-710.
- [3] Luo Y, Zhang M M, Liu Z S, Li Z G, Hu T H, Zhai H. Winter and spring habitat selection of Red deer (*Cervus elaphus alxaicus*) in the Helan Mountains, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(5): 2757-2763.
- [4] Apps C D, McLellan B N, Kinley T A, Flaa J P. Scale-dependent habitat selection mountain caribou, Columbia mountains, British Columbia. *Journal of Wildlife Management*, 2001, 65(1): 65-77.
- [5] Wu P J, ZHANG E D. Habitat Selection and its Seasonal Change of Serow (*Capricornis sumatraensis*) in Cibagou Nature Reserve, Tibe. *Acta Theriologica Sinica*, 2004, 24(1): 6-12.
- [6] Yang Y W, Ding P, Jiang S R, Zhuge Y. Factors affecting habitat used by Elliot's pheasant in mixed coniferous and broadleaf forest. *Acta Zoologica Sinica*, 1999, 45: 279-286.
- [7] Li W, Zhou W, Liu Z, Li N. Habitat selection change of Mrs. Hume Pheasant (*Syrnaticus humiae*) in Dazhongshan during the year. *Zoological Research*, 2010, 31(5): 499-508.
- [8] Sperry J H and Weatherhead P J. Does Prey Availability Determine Seasonal Patterns of Habitat Selection in Texas Ratsnakes? *Journal of Herpetology*, 2009, 43(1): 55-64.
- [9] Marshall J R J C, Manning, J V, Kingsbury B A. Movement and Macrohabitat Selection of the Eastern Massasauga in a fen habitat. *Herpetologica*, 2006, 62(2): 141-150.
- [10] Harvey D S, Weatherhead P J. Habitat Selection as the Mechanism for Thermoregulation in a Northern Population of Massasauga Rattlesnakes (*Sistrurus catenatus*). *Ecoscience*, 2010, 17(4): 411-419.
- [11] Brito J C. Seasonal Variation in Movements, Home Range, and Habitat Use by Male *Vipera latastei* in Northern Portugal. *Journal of Herpetology*, 2003, 37(1): 155-160.
- [12] Burrow A, Kazmaier R, Hellgren E, Ruthven D. Microhabitat selection by texas horned Lizards in southern Texas. *The Journal of Wildlife*

- Management, 2001, 65(4): 645-652.
- [13] Gong M H, Huang C M. Study on crocodile lizard and its habitat. Beijing: Chinese Forestry Press, 2006.
- [14] Zeng ZF. Ecology, Status and Conservation of *Shinisaurus crocodilurus* Ahl. Dissertation, Guangxi Normal University, 2003.
- [15] Yu H, Huang C M, Chen Z, Su L N, Cao H M, Gong M H. Study on Current Population and Habitats of *Shinisaurus crocodilurus* in Guiping City, Guangxi. Sichuan Journal of Zoology, 2004, 24 (3): 395-400.
- [16] Ning J J, Huang C M, Yu H, Dai D L, Wu Z J, Zhong Y M. Summer Habitat Characteristics of the Chinese Crocodile Lizard (*Shinisaurus crocodilurus*) in the Luokeng Nature Reserve, Guangdong. Zoological Research, 2006, 27 (4): 419-426.
- [17] Wu Z J, Dai D L, Huang C M, Yu H, Ning J J, Zhong Y M. Selection of *Shinisaurus crocodilurus* on forest type in mountain streams in Luokeng Nature Reserve of Guangdong Province Chinese Journal of Ecology, 2007, 26 (11): 1777-1781
- [18] Wen X P. Analysis of distribution pattern and variation characteristic of rainfall in Shaoguan. Guangdong Water Resource and Hydropower, 2010 (5): 24-29.
- [19] Magnusson W E, Lima A P, Silva W A da, and Araújo M C de. Use geometric forms to estimate volume of invertebrates in ecological studies of dietary overlap. Copeia, 2003: 13-19.
- [20] García A. The use of habitat and time by lizards in a tropical deciduous forest in western Mexico. Studies on Neotropical Fauna and Environment. 2008, 43(2): 107-115.
- [21] Burrow A, Kazmaier R, Hellgren E, Ruthven D. Microhabitat selection by Texas horned Lizards in southern Texas. The Journal of Wildlife Management, 2001, 65(4): 645-652
- [22] Chen L. Pattern of movement and dispersal of *Shinisaurus crocodilurus* Ahl in the Luokeng Nature Reserve, Guangdong. Dissertation, Guangxi Normal University, 2009.
- [23] Zhang YX, The Biology in Crocodilian Lizard. Guilin: Guangxi Normal University Press, 2002.
- [24] Wang Z X, Wu Z J, Yu H, Huang C M, Zhong Y M. Thermoregulatory and thermal dependence of resting metabolic rates (RMR) in the Chinese crocodile lizard (*Shinisaurus crocodilurus*) in the Luokeng Nature Reserve, Guangdong. Acta Zoologica Sinica, 2008, 54(6): 964-971.
- [25] Downes S, Shine R. Heat, safety or solitude? Using habitat selection experiments to identify a lizard's priorities. Animal Behavior, 1998, 55: 1387-1396.
- [26] Shi Y S, Xu Y C, Chen J K, Zhang D Y, Hu S Z, Chen Q G, Liu Y M. Analysis on dominant ecological function of broad leaf evergreen forest compared with others. Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology, 2001, 21(2): 53-56.
- [27] Yu H, Huang C M, Wu Z J, Ning J J, Dai D L. Observation on habit of Chinese crocodilian lizard. Sichuan Journal of Zoology, 2006, 25(2): 364-366.
- [28] Naya D E, Veloso C, Bozinovic F. Physiological flexibility in the Andean lizard *Liolaemus bellii*: seasonal changes in energy acquisition, storage and expenditure. Journal of Comparative Physiology B, 2008, 178: 1007-1015.
- [29] Weng C, Li Z A, Tu M Z, Yao W H. Study on amount and nutrient contents of forest litter on Dinghushan. Journal of Plant Ecology, 1993, 17(4): 299-304.

参考文献:

- [1] 蒋志刚主编. 动物行为原理与物种保护方法. 北京: 科学出版社, 2004, 254-279.
- [3] 骆颖, 张明明, 刘振生, 李志刚, 胡天华, 翟昊. 贺兰山马鹿冬春季生境的选择. 生态学报, 2009, 29(5): 2757-2763.
- [5] 吴鹏举, 张恩迪. 西藏慈巴沟自然保护区鬣羚生境选择的季节性变化. 兽类学报, 2004, 24(1): 6-12.
- [6] 杨月伟, 丁平, 姜仕仁, 诸葛阳. 1999. 针阔混交林内白颈长尾雉栖息地利用的影响因子研究. 动物学报, 1999, 45(3): 279-286.
- [7] 李伟, 周伟, 刘钊, 李宁. 云南大中山黑颈长尾雉栖息地选择周年变化. 动物学研究, 2010, 31(5): 499-508.
- [13] 龚明昊, 黄乘明. 瑶山鳄鱼及栖息地研究. 2006, 北京: 中国林业出版社.
- [14] 曾志峰. 鳄鱼 (*Shinisaurus crocodilurus* Ahl.) 的生态、濒危现状及保育[D]. 桂林: 广西师范大学, 2003.
- [15] 于海, 黄乘明, 陈智, 苏立宁, 曹华猛, 龚明昊. 广西桂平市鳄鱼种群及栖息地现状的分析研究. 四川动物, 2005, 24(3): 395-400
- [16] 宁加佳, 黄乘明, 于海, 戴冬亮, 武正军, 钟移明. 广东罗坑自然保护区鳄鱼夏季生境特征. 动物学研究, 2006, 27(4): 419-426.
- [17] 武正军, 戴冬亮, 黄乘明, 于海, 宁加佳, 钟移明. 广东省罗坑自然保护区鳄鱼对溪沟林型的选择. 生态学杂志, 2007, 26(11): 1777-1781.
- [18] 文小平. 韶关市降水分布规律及变化特征分析. 广东水利水电, 2010(5): 24-29.
- [22] 陈亮. 广东罗坑自然保护区鳄鱼 (*Shinisaurus crocodilurus* Ahl) 的移动和扩散研究[D]. 桂林: 广西师范大学, 2009.
- [23] 张玉霞. 鳄鱼生物学. 桂林: 广西师范大学出版社, 2002.
- [24] 王振兴, 武正军, 于海, 黄乘明, 钟移明. 广东罗坑自然保护区鳄鱼的体温调节及静止代谢率的热依赖性. 动物学报, 2008, 54(6): 964-971.
- [26] 施玉书, 徐永成, 陈建坤, 章定义, 胡石忠, 陈庆刚, 刘跃明. 常绿阔叶林比较其他林种生态功能优势分析研究. 浙江林业科技, 2001, 21(2): 53-56.
- [27] 于海, 黄乘明, 武正军, 宁加佳, 戴冬亮. 鳄鱼生活习性的观察. 四川动物, 2006, 25(2): 364-366.
- [29] 翁车, 李志安, 屠梦照, 姚文华. 鼎湖山森林凋落物量及营养元素含量研究. 植物生态学与地植物学学报, 1993, 17(4): 299-304.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.32 ,No.15 August ,2012(Semimonthly)

CONTENTS

Effects of grazing on litter decomposition in two alpine meadow on the eastern Qinghai-Tibet Plateau	4605
..... ZHANG Yanbo, LUO Peng, SUN Geng, et al (4605)	
Distribution pattern and their influencing factors of invasive alien plants in Beijing	4618
..... WANG Suming, ZHANG Nan, YU Linqian, et al (4618)	
Simulation of CO ₂ and H ₂ O fluxes over temperate mixed forest and sensitivity analysis of layered methods: stomatal conductance-photosynthesis-energy balance coupled model	4630
..... SHI Tingting, GAO Yufang, YUAN Fenghui, et al (4630)	
Analysis on the responses of flood storage capacity of Dongting Lake to the changes of landscape patterns in Dongting Lake area	4641
..... LIU Na, WANG KeLin, DUAN Yafeng (4641)	
Integrated water risk assessment in Daliao River estuary area	4651
..... YU Ge, CHEN Jing, ZHANG Xueqing, et al (4651)	
Discussion on the standardized method of reference sites selection for establishing the Benthic-Index of Biotic Integrity	4661
..... QU Xiaodong, LIU Zhigang, ZHANG Yuan (4661)	
Genetic diversity analysis of different age of a Dalian population of the Manila clam <i>Ruditapes philippinarum</i> by EST-SSR	4673
..... YU Zhifei, YAN Xiwu, ZHANG Yuehuan, et al (4673)	
Geostatistical analysis of spatial heterogeneity of yellowfin tuna (<i>Thunnus albacares</i>) purse seine catch in the western Indian Ocean	4682
..... YANG Xiaoming, DAI Xiaojie, ZHU Guoping (4682)	
Seasonal differences in habitat selection of the Crocodile lizard (<i>Shinisaurus crocodilurus</i>) in Luokeng Nature Reserve, Guangdong	4691
..... WU Zhengjun, DAI Dongliang, NIN Jiajia, et al (4691)	
Soil physical and chemical properties in forest succession process in Xinglong Mountain of Gansu	4700
..... WEI Qiang, LING Lei, CHAI Chunshan, et al (4700)	
Dynamics of soil organic carbon and total nitrogen contents in short-rotation triploid <i>Populus tomentosa</i> plantations	4714
..... ZHAO Xuemei, SUN Xiangyang, KANG Xiangyang, et al (4714)	
Grazing effects on eco-stoichiometry of plant and soil in Hulunbeir, Inner Mongolia	4722
..... DING Xiaohui, GONG Li, WANG Dongbo, et al (4722)	
Effect of elevated ultraviolet-B (UV-B) radiation on CH ₄ emission in herbicide resistant transgenic rice from a paddy soil	4731
..... LOU Yunsheng, ZHOU Wenlin (4731)	
NMR spectroscopy based metabolomic analysis of <i>Thellungiella salsuginea</i> under salt stress	4737
..... WANG Xinyu, WANG Lihua, YU Ping, et al (4737)	
Screening and identification of associative nitrogen fixation bacteria in rhizosphere of sugarcane in Guangxi	4745
..... HU Chunjin, LIN Li, SHI Guoying, et al (4745)	
Effects of different rice-crab production modes on soil labile organic carbon and enzyme activities	4753
..... AN Hui, LIU Mingda, WANG Yaojing, et al (4753)	
The characteristics of soil microbial communities at burned forest sites for the Great Xingan Mountains	4762
..... BAI Aiqin, FU Bojie, QU Laiye, et al (4762)	
Changes of soil faunal communities during the restoration progress of <i>Abies faxoniana</i> Forests in Northwestern Sichuan	4772
..... CUI Liwei, LIU Shirong, LIU Xingliang, et al (4772)	
The effects of the endophytic fungus <i>Ceratobasidium stevensii</i> B6 on <i>Fusarium oxysporum</i> in a continuously cropped watermelon field	4784
..... XIAO Yi, DAI Chuanchao, WANG Xingxiang, et al (4784)	
Population ecology of <i>Aulacoseira granulata</i> in Xijiang River	4793
..... WANG Chao, LAI Zini, LI Yuefei, et al (4793)	
Evaluation of ecosystem sustainability for large-scale constructed wetlands	4803
..... ZHANG Yiran, WANG Renqing, ZHANG Jian, et al (4803)	
MIS3b vegetation and climate changes based on pollen and charcoal on Qianxi Plateau	4811
..... ZHAO Zengyou, YUAN Daoxian, SHI Shengqiang, et al (4811)	
The effects of stemflow on the formation of "Fertile Island" and "Salt Island" for <i>Haloxylon ammodendron</i> Bge	4819
..... LI Congjuan, LEI Jiaqiang, XU Xinwen, et al (4819)	
Accumulation and translocation of dry matter and nutrients of wheat rotated with legumes and its relation to grain yield in a dryland area	4827
..... YANG Ning, ZHAO Hubing, WANG Zhaohui, et al (4827)	
Occurrence characteristics of <i>akashiwo sanguinea</i> bloom caused by land source rainwater	4836
..... LIU Yihao, SONG Xiukai, JIN Yang, et al (4836)	
Analysis on landscape pattern change and its driving forces of Yancheng National Natural Reserve	4844
..... WANG Yanfang, SHEN Yongming (4844)	
Resource potential assessment of urban roof greening and development strategies: a case study in Futian central district, Shenzhen, China	4852
..... SHAO Tianran, LI Chaosu, ZENG Hui (4852)	
Analysis of the dynamic coupling processes and trend of regional eco-economic system development in the Yellow River Delta	4861
..... WANG Jieyong, WU Jianzhai (4861)	
The diversity parameters of butterfly for ecological function divisions in Chongqing	4869
..... LI Aimin, DENG Heli, MA Qi (4869)	
Review and Monograph	
Responses of soil respiration to different environment factors in semi-arid and arid areas	4890
..... WANG Xinyuan, LI Yulin, ZHAO Xueyong, et al (4890)	
Temperature sensitivity of soil respiration: uncertainties of global warming positive or negative feedback	4902
..... LUAN Junwei, LIU Shirong (4902)	
The primary factors controlling methane uptake from forest soils and their responses to increased atmospheric nitrogen deposition: a review	4914
..... CHENG Shulan, FANG Huajun, YU Guirui, et al (4914)	
The research progresses on biological oxidation and removal of nitrogen in lakes	4924
..... FAN Junnan, ZHAO Jianwei, ZHU Duanwei (4924)	
Scientific Note	
Cutting effects on growth and wastewater purification of <i>Cyperus alternifolius</i> in constructed wetland	4932
..... LÜ Gaiyun, HE Huaidong, YANG Danjing, et al (4932)	

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究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;新书评介和学术、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 70 元/册,全年定价 1680 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

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 32 卷 第 15 期 (2012 年 8 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32 No. 15 (August, 2012)

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:100071	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

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元