

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

中国生态学会 2013 年学术年会专辑



第 33 卷 第 19 期 Vol.33 No.19 **2013**

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33卷第19期

2013年10月 (半月刊)

目次

中国生态学会 2013 年学术年会专辑 卷首语

- 生态系统服务研究文献现状及不同研究方向评述 马凤娇, 刘金铜, A. Egrinya Eneji (5963)
- 非人灵长类性打搅行为研究进展 杨 斌, 王程亮, 纪维红, 等 (5973)
- 密度制约效应对啮齿动物繁殖的影响 韩群花, 郭 聪, 张美文 (5981)
- 食物链长度远因与近因研究进展综述 王玉玉, 徐 军, 雷光春 (5990)
- AM 真菌在植物病虫害生物防治中的作用机制 罗巧玉, 王晓娟, 李媛媛, 等 (5997)
- 保护性耕作对农田碳、氮效应的影响研究进展 薛建福, 赵 鑫, Shadrack Batsile Dikgwatlhe, 等 (6006)
- 圈养大熊猫野化培训期的生境选择特征 张明春, 黄 炎, 李德生, 等 (6014)
- 利用红外照相技术分析野生白冠长尾雉活动节律及时间分配 赵玉泽, 王志臣, 徐基良, 等 (6021)
- 风速和持续时间对树麻雀能量收支的影响 杨志宏, 吴庆明, 董海燕, 等 (6028)
- 白马雪山自然保护区灰头小鼯鼠的巢址特征 李艳红, 关进科, 黎大勇, 等 (6035)
- 生境片段化对千岛湖岛屿上黄足厚结猛蚁遗传多样性的影响 罗媛媛, 刘金亮, 黄杰灵, 等 (6041)
- 基于 28S, COI 和 Cytb 基因序列的薛荔和爱玉子传粉小蜂分子遗传关系研究 吴文珊, 陈友铃, 孙伶俐, 等 (6049)
- 高榕榕果内 *Eupristina* 属两种榕小蜂的遗传进化关系 陈友铃, 孙伶俐, 武蕾蕾, 等 (6058)
- 镉胁迫下杞柳对金属元素的吸收及其根系形态构型特征 王树凤, 施翔, 孙海菁, 等 (6065)
- 邻苯二甲酸对萝卜种子萌发、幼苗叶片膜脂过氧化及渗透调节物质的影响 杨延杰, 王晓伟, 赵 康, 等 (6074)
- 极端干旱区多枝怪柳幼苗对人工水分干扰的形态及生理响应 马晓东, 王明慧, 李卫红, 等 (6081)
- 贝壳砂生境酸枣叶片光合生理参数的水分响应特征 王荣荣, 夏江宝, 杨吉华, 等 (6088)
- 陶粒覆盖对土壤水分、植物光合作用及生长状况的影响 谭雪红, 郭小平, 赵廷宁 (6097)
- 不同林龄短枝木麻黄小枝单宁含量及养分再吸收动态 叶功富, 张尚炬, 张立华, 等 (6107)
- 珠江三角洲不同污染梯度下森林优势种叶片和枝条 S 含量比较 裴男才, 陈步峰, 邹志谨, 等 (6114)
- AM 真菌和磷对小马安羊蹄甲幼苗生长的影响 宋成军, 曲来叶, 马克明, 等 (6121)
- 盐氮处理下盐地碱蓬种子成熟过程中的离子积累和种子萌发特性 周家超, 付婷婷, 赵维维, 等 (6129)
- CO₂ 浓度升高条件下内生真菌感染对宿主植物的生理生态影响 师志冰, 周 勇, 李 夏, 等 (6135)
- 预处理方式对香蒲和芦苇种子萌发的影响 孟 焕, 王雪宏, 佟守正, 等 (6142)
- 镉在土壤-金丝垂柳系统中的迁移特征 张 雯, 魏 虹, 孙晓灿, 等 (6147)
- 马尾松人工林近自然化改造对植物自然更新及物种多样性的影响 罗应华, 孙冬婧, 林建勇, 等 (6154)
- 濒危海草贝克喜盐草的种群动态及土壤种子库——以广西珍珠湾为例 邱广龙, 范航清, 李宗善, 等 (6163)
- 毛乌素沙地南缘沙丘生物结皮对凝结水形成和蒸发的影响 尹瑞平, 吴永胜, 张 欣, 等 (6173)
- 塔里木河上游灰胡杨种群生活史特征与空间分布格局 韩 路, 席琳乔, 王家强, 等 (6181)
- 短期氮素添加和模拟放牧对青藏高原高寒草甸生态系统呼吸的影响 宗 宁, 石培礼, 蔺 婧, 等 (6191)
- 松嫩平原微地形下土壤水盐与植物群落分布的关系 杨 帆, 王志春, 王云贺, 等 (6202)

广州大夫山雨季林内外空气 TSP 和 PM _{2.5} 浓度及水溶性离子特征	肖以华, 李 炯, 旷远文, 等 (6209)
马鞍列岛岩礁生境鱼类群落结构时空格局	汪振华, 赵 静, 王 凯, 等 (6218)
黄海细纹狮子鱼种群特征的年际变化	陈云龙, 单秀娟, 周志鹏, 等 (6227)
三种温带森林大型土壤动物群落结构的时空动态	李 娜, 张雪萍, 张利敏 (6236)
笔管榕榕小蜂的群落结构与物种多样性	陈友铃, 陈晓倩, 吴文珊, 等 (6246)
海洋生态资本理论框架下的生态系统服务评估	陈 尚, 任大川, 夏 涛, 等 (6254)
中国地貌区划系统——以自然保护区体系建设为目标	郭子良, 崔国发 (6264)
生态植被建设对黄土高原农林复合流域景观格局的影响	易 扬, 信忠保, 覃云斌, 等 (6277)
华北农牧交错带农田-草地景观镶嵌体土壤水分空间异质性	王红梅, 王仲良, 王 堃, 等 (6287)
中国北方春小麦生育期变化的区域差异性与气候适应性	俄有浩, 霍治国, 马玉平, 等 (6295)
中国南方喀斯特石漠化演替过程中土壤理化性质的响应	盛茂银, 刘 洋, 熊康宁 (6303)
气候变化对东北沼泽湿地潜在分布的影响	贺 伟, 布仁仓, 刘宏娟, 等 (6314)
内蒙古不同类型草地土壤氮矿化及其温度敏感性	朱剑兴, 王秋凤, 何念鹏, 等 (6320)
黑河中游荒漠绿洲区土地利用的土壤养分效应	马志敏, 吕一河, 孙飞翔, 等 (6328)
成都平原北部水稻土重金属含量状况及其潜在生态风险评价	秦鱼生, 喻 华, 冯文强, 等 (6335)
大西洋中部延绳钓黄鳍金枪鱼渔场时空分布与温跃层的关系	杨胜龙, 马军杰, 张 禹, 等 (6345)
夏季台湾海峡南部海域上层水体的生物固氮作用	林 峰, 陈 敏, 杨伟锋, 等 (6354)
北长山岛森林乔木层碳储量及其影响因子	石洪华, 王晓丽, 王 媛, 等 (6363)
植被类型变化对长白山森林土壤碳矿化及其温度敏感性的影响	王 丹, 吕瑜良, 徐 丽, 等 (6373)
油松遗传结构与地理阻隔因素的相关性	孟翔翔, 狄晓艳, 王孟本, 等 (6382)
基于辅助环境变量的土壤有机碳空间插值——以黄土丘陵区小流域为例	文 雯, 周宝同, 汪亚峰, 等 (6389)
基于生命周期视角的产业资源生态管理效益分析——以虚拟共生网络系统为例	施晓清, 李笑诺, 杨建新 (6398)
生态脆弱区贫困与生态环境的博弈分析	祁新华, 叶士琳, 程 煜, 等 (6411)
“世博”背景下上海经济与环境的耦合演化	倪 尧, 岳文泽, 张云堂, 等 (6418)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 464 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 55 * 2013-10



封面图说: 毛乌素沙地南缘沙丘的生物结皮——生物土壤结皮广泛分布于干旱和半干旱区, 它的形成和发育对荒漠生态系统生态修复过程产生重要的影响。组成生物结皮的藻类、苔藓和地衣是常见的先锋植物, 它们不仅能在严重干旱缺水、营养贫瘠恶劣的环境中生长、繁殖, 并且能通过其代谢方式影响并改变环境。其中一个重要的特点是, 生物结皮表面的凝结水显著大于裸沙。研究表明, 凝结水是除降雨之外最重要的水分来源之一, 在水分极度匮乏的荒漠生态系统, 它对荒漠生态系统结构、功能和过程的维持产生着重要的影响。

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/stxb201306011268

张明春, 黄炎, 李德生, 张和民, 周世强, 黄金燕, 刘 巖, 周小平. 圈养大熊猫野化培训期的生境选择特征. 生态学报, 2013, 33(19): 6014-6020.
Zhang M C, Huang Y, Li D S, Zhang H M, Zhou S Q, Huang J Y, Liu D, Zhou X P. Habitat selection of the pre-released giant panda in Wolong Nature Reserve. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(19): 6014-6020.

圈养大熊猫野化培训期的生境选择特征

张明春, 黄 炎, 李德生, 张和民*, 周世强, 黄金燕, 刘 巖, 周小平

(中国保护大熊猫研究中心, 汶川 623006)

摘要: 大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)是我国特有的珍稀物种,也是世界上最濒危的野生动物之一。为了将人工繁育的部分大熊猫个体重引入其历史分布区或复壮野生种群,中国保护大熊猫研究中心从 2003 年开始进行圈养大熊猫的野外放归工作,通过野化培训以提高圈养大熊猫适应和选择野外环境的能力。对野化培训大熊猫“淘淘”的生境选择研究表明:该野化培训大熊猫幼仔经常活动于新笋密度较大的区域[生境与对照:(2.68 ± 1.14)对(1.58 ± 0.66)],却避开成竹密度过大[(9.91 ± 2.51)对(12.18 ± 4.68)]、竹子较高[(4.57 ± 1.09) m 对(4.98 ± 0.66) m]以及枯死竹过多[(2.52 ± 0.86)对(3.39 ± 1.33)]的区域;喜欢活动于离水源[(1.59 ± 0.67)对(2.19 ± 0.87)]和隐蔽场所较近[(5.37 ± 2.14) m 对(8.35 ± 7.76) m],以及距离乔木较远[(3.09 ± 0.69) m 对(2.70 ± 0.42) m]和郁闭度较低[(1.85 ± 0.57)对(2.10 ± 0.47)]的区域($P < 0.05$),新笋密度大小是该栖息地在整个野化培训期间是否被利用的最重要因素。该野化培训大熊猫幼仔保持着与带仔母兽相近的生境选择特征,对竹子环境的选择也与卧龙野生大熊猫相似,野化培训对该大熊猫幼仔产生了积极的作用。野化培训大熊猫幼仔形成的家域和核域面积分别为 9.21 hm^2 和 1.93 hm^2 ,占野化培训圈面积的 51.95%和 10.89%,其中家域面积仅有卧龙野生大熊猫的 1.4%—2.4%,所以在以后的野化培训过程中需要采取增加野化培训圈中环境丰富度等方式,促进野化培训大熊猫形成较大的家域面积。

关键词: 大熊猫;野化培训;新笋密度;竹子密度;家域

Habitat selection of the pre-released giant panda in Wolong Nature Reserve

ZHANG Mingchun, HUANG Yan, LI Desheng, ZHANG Hemin*, ZHOU Shiqiang, HUANG Jinyan, LIU Dian, ZHOU Xiaoping

China Conservation and Research Center for the Giant Panda, Wenchuan 623006, China

Abstract: The giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*) is a rare endangered species listed on the IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) Red List of Threatened Species and in the Appendices of CITES (the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora). The giant panda has encountered risks of gene loss and local extinction of metapopulations due to habitat loss as a result of both biogeological and anthropogenic disturbance. One way to save endangered species is to reintroduce captive animals to sparsely populated regions of their historical distribution area. However, in order for reintroduction to succeed, captive animals must be able to select habitat that ensures their survival in the wild, a crucial skill that can be honed during pre-release training. We conducted research involving pre-release training of a giant panda in an enclosure in an area of natural habitat at the China Conservation and Research Center for the Giant Panda (CCRCGP) in Wolong Nature Reserve. We found that the panda selected areas with a high density of *Fargesia robusta* bamboo shoots (means \pm standard deviation of habitat plots and control plots: 2.68 ± 1.14 vs. 1.58 ± 0.66), but avoided areas with a high density of adult bamboo (9.91 ± 2.51 vs. 12.18 ± 4.68) dead bamboo (2.52 ± 0.86 vs. 3.39 ± 1.33) and areas with higher bamboo culms ((4.57 ± 1.09) m vs. (4.98 ± 0.66) m). The panda was found in areas near water ((1.59 ± 0.67) m vs. (2.19 ± 0.87) m) and shelter ((5.37 ± 2.14) m vs. (8.35 ± 7.76) m) more often than other areas, but avoided areas close to trees ((3.09 ± 0.69) m vs. (2.70 ± 0.42) m) and areas with higher canopy

基金项目:林业公益项目(201104050);大熊猫国际合作资金项目([2011] 285)

收稿日期:2013-06-01; 修订日期:2013-07-23

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

cover (1.85 ± 0.57 vs. 2.10 ± 0.47) ($P < 0.05$). Logistic regression showed that the density of new bamboo shoots was the main factor predicting habitat use by the pre-released giant panda. The pre-released giant panda had similar habitat selection patterns as its mother, suggesting that it may be able to learn skills from its mother, an important factor that can impact the success of the reintroduction. The pre-released giant panda also displayed similar habitat selection patterns as wild giant pandas in Wolong Nature Reserve, suggesting that it may be prepared for foraging in the wild. The fact that the pre-released giant panda selected areas close to the shelter suggests it might have learned predator avoidance skills from pre-release training, which could have a positive effect on its survival in the wild. Home range and home range core areas were 9.21 hm^2 and 1.93 hm^2 , about 51.95% and 10.89% of the pre-release training enclosure respectively, while the home range was only 1.4%—2.4% of home ranges of wild giant pandas in Wolong Nature Reserve. It is essential to enrich the bamboo species richness of the pre-release training enclosure (such as by including *Bashania faberi* in the enclosure) in the future.

Key Words: Giant panda; pre-released training; shoot density; bamboo density; home range

大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)是世界上最珍稀濒危的野生动物之一,世界自然保护联盟(IUCN)将其列入濒危物种目录^[1]。全球的野生大熊猫数量不足 2000 只,其栖息地被江河等地理障碍隔离成六块互不相连的部分^[2],这 6 块栖息地内部还被公路、矿山等人为干扰进一步破碎化,一些野生大熊猫小种群数量甚至仅有几只^[3],面临着遗传多样性丧失和种群局部绝灭的危险。为保护大熊猫这一物种免遭灭绝,中国保护大熊猫研究中心、北京动物园、成都大熊猫繁殖中心等单位从 20 世纪 60 年代起开始人工繁育大熊猫,在解决了发情、配种、育幼的“三难”问题后,圈养大熊猫的数量开始持续增长,仅卧龙中国保护大熊猫研究中心的圈养大熊猫数量就从 2001 年的 56 只增长到 2012 年的 175 只,圈养大熊猫种群已基本上能够实现自我维持,加之生存状况的不断改善,圈养大熊猫放归野外的条件已逐步成熟^[4]。大型兽类的圈养个体直接放归野外的成功率极低,在放归前对圈养个体进行野化培训,可以增强它们的运动能力和对野外环境的适应能力,从而增加放归成功的可能性^[5]。中国保护大熊猫研究中心从 2003 年开始,着手进行圈养大熊猫的野外放归工作^[6],建立野化培训圈以培训出能够适应野外环境的圈养大熊猫,用于复壮数量稀少地区的野生大熊猫种群,或在大熊猫的历史分布区重引入大熊猫。

生境是特定物种可以生活的生物物理环境^[7],不同的物种由于具有不同的生理和生态需求,因此也需要不同的生物物理环境^[8],足够维持各局域种群生存的优良生境对大熊猫来说固然极其重要^[9],在复杂的环境中选择出优质的栖息地同样是它们应该学会的生存技巧。大多数动物都对其家域内的部分区域有偏好性选择,卧龙野生大熊猫对其家域范围内的不同区域也不是平均利用,而是喜欢在有竹子分布、坡度较缓、水源较充分的地区活动^[10]。圈养大熊猫个体要融入野生大熊猫种群,达到“复壮”或“重引入”的目的,也需要适应野外环境,学会与野生大熊猫相似的对生境选择的技能。中国保护大熊猫研究中心 2006 年 4 月 29 日放归的圈养亚成体大熊猫“祥祥”,就因为不能融入野生大熊猫种群,不能完全适应当地的生活环境,在“五一棚”地区仅仅存活了 10 个月^[6]。所以通过对野化培训大熊猫生境选择特征的研究,了解其与野生大熊猫之间的异同,以评估野化培训效果及对进一步的野化培训工作进行指导。

1 研究材料与方法

1.1 研究对象

野化培训大熊猫“淘淘”,雄性,谱系号 777,2010 年 8 月 3 日出生于卧龙核桃坪野化培训基地,在经过第一期、第二期的野化培训后^[3],于 2012 年 5 月 3 日进入研究地点的野化培训圈。在圈养大熊猫“祥祥”的野化放归实验结束后,为使野化培训大熊猫幼仔能够在成年雌性大熊猫的帮助下适应野外环境并学习生活技巧,同时减少人为干预,中国保护大熊猫研究中心对放归前的幼体大熊猫采取母兽带仔,共同生活于野化培训圈中的培训方式。

1.2 研究区域

研究地点位于卧龙国家级自然保护区内的中国保护大熊猫研究中心核桃坪基地(图 1),该区域属青藏高原气候区,年均气温 $9.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$,最高气温发生于 7 月,平均 $17 \text{ }^{\circ}\text{C}$,最低气温发生于 1 月,平均 $-1.7 \text{ }^{\circ}\text{C}$,年均降雨量 1800 mm,年均蒸发量 874 mm,年日照时数 927 h^[11]。野化培训圈海拔 2100—2400 m,坡向 210° — 340° ,面积约 24 hm^2 (表面积),植被类型为落叶阔叶林,优势树种为野核桃(*Juglan scathayensis*)、红桤杨(*Rhus punjabensis var. sinica*)、华西枫杨(*Pterocarya insignis*)、连香树(*Crtvifiphyllum japonicum*)、扇叶槭(*Acer flabellatum*)、五裂槭(*A. oliverianum*)、大翅色木槭(*A. mono Maxim. var. macropterum*)、长序稠李(*Prunus brachypoda var. pseudossion*)、槐树(*Sophora japonica*),混生有少量人工栽植的麦吊云杉(*Picea brachytyla*)。林下分布有两种大熊猫主食竹种:拐棍竹(*Fargesia robusta*)和短锥玉山竹(*Yushania brevipaniculata*),拐棍竹为优势竹种,占竹林面积的 95%以上。

1.3 数据收集

2012 年 10 月 10 日至 10 月 30 日,在野化培训大熊猫“淘淘”迁出培训圈,放归栗子坪自然保护区后,根据野化培训圈地形,

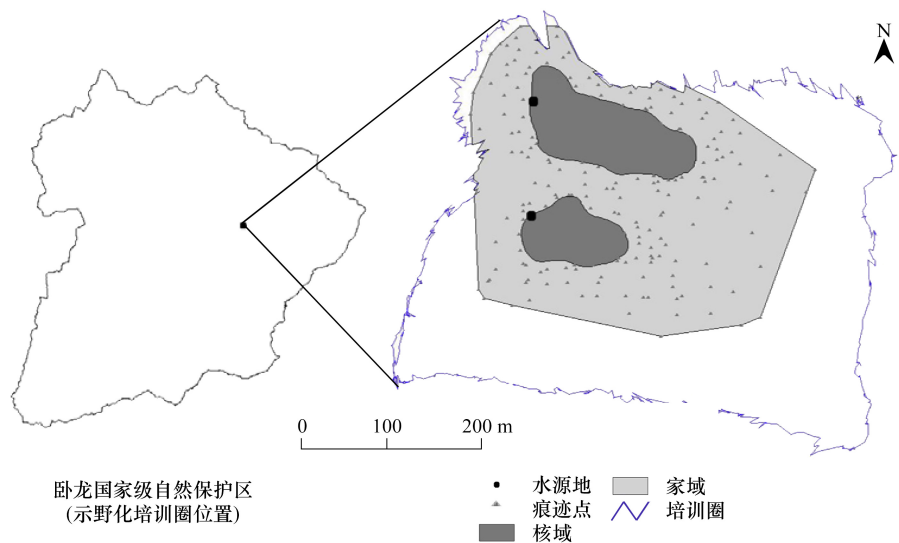


图 1 野化培训圈的位置,大熊猫在培训过程中形成的家域、核域及与水源地之间的关系
Fig.1 Location of the enclosure, home range and home range core of the pre-released giant panda

每间隔 60 m 设置一条样线,从海拔较低处(2103—2112 m)开始,海拔每上升 60 m,就参照 Wei 等^[12]方法设置一个 20 m×20 m 样方(图 2)。

若样方内没有野化培训大熊猫使用痕迹(粪便或取食场),则确定为对照样方,若有使用痕迹则确定为生境样方,并将样方的中心移动至痕迹发生点(若样方中有多处痕迹则以第一次发现的痕迹点为中心点),同时根据粪团形状大小将生境样方区分为被母兽利用、被幼仔利用,或者二者共同利用,再逐一收集表 1 中所列坡度、到水源距离等变量数据。将野化培训大熊猫利用过的所有痕迹点的经纬度坐标用手持 GPS(Global Positioning System;全球定位系统)仪进行记录。

1.4 数据分析

将数据进行单样本 Kolmogorov-Smirnov 检验,符合正态分布的数据采用单因素方差分析(One-Way ANOVA),不符合正态分布的数据采用 Mann-Whitney U 检验,以比较对照样方和生境样方之间的差异,以及母兽和幼仔在生境选择特征之间的差异。在用相关分析(Pearson 和 Spearman)排除相关性大于 0.6 的变量以后,利用逻辑思谛回归模型(Logistic Regression)找出引起对照样方和生境样方差异的主要变量^[13]。所有分析均在 SPSS 13.0 中完成,显著水平值设定为 0.05。

将所有野化培训大熊猫幼仔痕迹点的 GPS 坐标导入 Arcview3.2,利用 Movement 家域分析模块中的最小凸多边形法(MCP)确定野化培训大熊猫幼仔的家域面积^[10]。根据 Powell 和刘群秀等的核域判定方法^[14-15],利用固定核空间法(FKE),将密度分布的输出结果栅格化,根据某利用可能性条件下所包括的栅格数,确定野化培训大熊猫幼仔对某区域利用可能性与该利用可能性下所占家域面积之间的关系曲线,再找到其与斜率为-1 的直线相切的切点,将沿 X 轴延伸的部分确定为野化培训大熊猫幼仔的核域面积。所用参数均选用系统默认值,其中 FKE 通过最小平方交叉验证法(LSCV)来确定平滑度系数^[16]。

2 结果

调查中共设置生境样方 41 个(其中母仔共用样方 16 个,野化培训大熊猫幼仔单独利用样方 12 个,带仔母兽单独利用痕迹样方 13 个),对照样方 31 个。野化培训大熊猫母仔对竹子的各项特征(竹子高度、竹子密度、新笋和枯死竹密度)均具有偏好性选择($P<0.05$),仅喜欢新笋密度较大的区域,却避开竹子密度过大和枯死竹过多,以及竹子较高的区域;野化培训大熊猫母

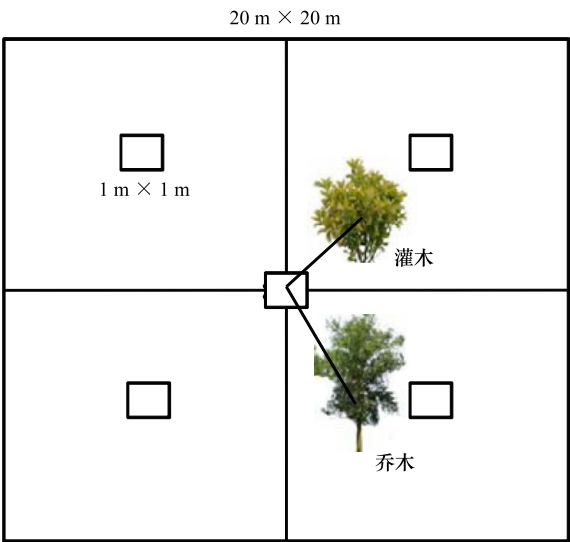


图 2 野化培训大熊猫微生境选择样方设置
Fig.2 Plot arrangements of microhabitats utilized by pre-released giant panda

表 1 野化培训大熊猫生境选择特征分析所用变量及定义

Table 1 Description and definition of variables in research

考察变量 Variables	变量描述 Description
郁闭度 Canopy	林冠层所形成的郁闭程度, $\leq 25\%$ 、 $26\%—50\%$ 、 $51\%—75\%$ 、 $>75\%$ 四级
坡度 Slope	$20 \times 20 \text{ m}^2$ 样方的坡度, $0—10^\circ$ 、 $11—20^\circ$ 、 $21—30^\circ$ 、 $31—40^\circ$ 、 $>40^\circ$ 五级
水源距离 Water distance	样方中心点到水源之间的距离, $\leq 100 \text{ m}$ 、 $100—200 \text{ m}$ 、 $>200 \text{ m}$ 三级
隐蔽地距离 Shelter distance	样方中心点到大熊猫的最近可隐蔽场所距离 (m)
竹林比例 Percent of bamboo	竹林面积在 $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ 样方中所占的比例, $\leq 50\%$ 、 $51—80\%$ 、 $>80\%$ 三级
乔木密度 Tree density	乔木在 $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ 样方中的密度 (株/ 100 m^2)
灌木密度 Shrub density	灌木在 $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ 样方中的密度 (株/ 100 m^2)
乔木距离 Tree dispersion	4 个 $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ 正方形中, 距离样方中心点最近乔木的平均距离 (m)
乔木胸径 Tree size	4 个 $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ 正方形中, 距离样方中心点最近乔木的平均胸径 (cm)
灌木距离 Shrub dispersion	4 个 $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ 正方形中, 距离样方中心点最近灌木的平均距离 (m)
灌木胸径 Shrub size	4 个 $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ 正方形中, 距离样方中心点最近灌木的平均胸径 (cm)
竹子密度 Bamboo density	5 个 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 竹子样方中竹茎的株数, 取平均值计算
竹子高度 Bamboo height	5 个 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 小样方中竹茎的平均高度 (每个样方中随机测量五株)
新笋密度 Shoot density	5 个 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 小样方中老笋的株数, 取平均值计算
枯竹数量 Died bamboo density	5 个 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 小样方中枯死竹的株数, 取平均值计算

表 2 野化培训大熊猫母仔生境选择特征统计及方差分析

Table 2 Pair-wise comparisons for variables between microhabitat and control plots

变量 Variables	平均值 \pm 标准差 Means \pm SD		统计检验 Tests	
	生境样方 Habitat plots	对照样方 Control plots	F 或 Z 值 F or Z	显著度 Sig.
乔木密度 Tree density	12.50 \pm 5.27	14.76 \pm 5.38	3.18	0.08
乔木距离 Tree dispersion	3.09 \pm 0.69	2.70 \pm 0.42	7.48	0.01
乔木胸径 Tree size	32.59 \pm 8.76	31.13 \pm 4.36	0.72	0.40
灌木距离 Shrub dispersion	2.25 \pm 0.63	2.18 \pm 0.52	0.26	0.62
灌木胸径 Shrub size	3.38 \pm 0.82	3.41 \pm 0.83	0.01	0.91
竹子密度 Bamboo density	9.91 \pm 2.51	12.18 \pm 4.68	7.00	0.01
新笋密度 Shoot density	2.68 \pm 1.14	1.58 \pm 0.66	23.25	0.00
枯死竹密度 Died bamboo density	2.52 \pm 0.86	3.39 \pm 1.33	11.52	0.00
郁闭度 Canopy	1.85 \pm 0.57	2.10 \pm 0.47	-2.19 a	0.03
坡度 Slope	2.90 \pm 1.14	3.45 \pm 1.09	-1.90 a	0.06
水源距离 Water distance	1.59 \pm 0.67	2.19 \pm 0.87	-3.00 a	0.00
隐蔽地距离 Shelter distance	5.37 \pm 2.14	8.35 \pm 7.76	-2.78 a	0.01
竹林比例 Percent of bamboo	2.41 \pm 0.55	2.58 \pm 0.72	-1.69 a	0.09
灌木密度 Shrub density	27.13 \pm 27.50	23.95 \pm 11.72	-0.10 a	0.92
竹子高度 Bamboo height	4.57 \pm 1.09	4.98 \pm 0.66	-3.04 a	0.00

a: 采用 Mann-Whitney U 检验

表 3 逻辑思谛回归分析结果表

Table 3 Variables to distinguish microhabitat from control plots through logistic regression

变量 Variables	分析结果 Results			
	回归系数 B	标准误 S.E.	Wald 值 Wald	显著度 Sig.
新笋密度 Shoot density	1.36	0.43	9.87	0.00
乔木距离 Tree dispersion	1.20	0.62	3.70	0.055
枯死竹密度 Died bamboo density	-0.69	0.39	3.11	0.08
隐蔽地距离 Shelter distance	-0.27	0.16	2.75	0.10
竹子高度 Bamboo height	-0.82	0.62	1.76	0.18
水源距离 Water distance	-0.62	0.50	1.54	0.22
常数 Constant	2.77	3.46	0.64	0.42

仔喜欢在距离水源和隐蔽地较近的地区活动,同时回避距离高大乔木和郁闭度过高区域较近的地区(表2),新笋密度大小是决定大熊猫母仔是否利用该栖息地的最重要因素(表3)。无论是在地形特征如坡度、隐蔽地和水源距离的选择上,还是对其食物(竹子)的生态学特征的偏好方面,或者周围的生物物理环境如乔木灌木生长发育程度,该野化培训大熊猫幼仔均与带仔母兽保持一致($P > 0.05$)(表4)。

表4 野化培训大熊猫幼仔与带仔母兽生境选择特征统计及方差分析

Table 4 Pair-wise comparisons between pre-released giant panda and mother giant panda

变量 Variables	平均值 \pm 标准差 Means \pm SD		统计检验 Tests	
	野化培训幼仔 Pre-released giant panda	带仔母兽 Mother giant panda	F 或 Z 值 F or Z	显著度 Sig.
乔木密度 Tree density	12.92 \pm 5.42	12.31 \pm 5.54	0.08	0.78
乔木距离 Tree dispersion	2.94 \pm 0.90	3.18 \pm 0.55	0.64	0.43
乔木胸径 Tree size	31.01 \pm 7.99	32.19 \pm 8.28	0.13	0.72
灌木距离 Shrub dispersion	1.97 \pm 0.73	2.40 \pm 0.47	3.10	0.09
灌木胸径 Shrub size	3.52 \pm 0.57	3.24 \pm 0.99	0.73	0.40
竹子密度 Bamboo density	9.73 \pm 3.78	10.32 \pm 2.18	0.23	0.63
新笋密度 Shoot density	3.08 \pm 1.33	2.26 \pm 0.98	3.15	0.09
枯死竹密度 Died bamboo density	2.5 \pm 1.22	2.51 \pm 0.65	0.00	0.98
郁闭度 Canopy	1.92 \pm 0.79	1.69 \pm 0.63	0.51 a	0.57
坡度 Slope	2.92 \pm 1.08	3.38 \pm 0.96	1.31	0.26
水源距离 Water distance	1.58 \pm 0.51	1.62 \pm 0.87	0.76 a	0.81
隐蔽地距离 Shelter distance	5.58 \pm 2.50	5.00 \pm 1.53	0.69 a	0.73
竹林比例 Percent of bamboo	2.50 \pm 0.67	2.15 \pm 0.38	0.08 a	0.14
灌木密度 Shrub density	31.25 \pm 47.52	22.88 \pm 5.58	0.26 a	0.27
竹子高度 Bamboo height	4.10 \pm 1.88	4.94 \pm 0.34	0.24 a	0.25

a: 采用 Mann-Whitney U 检验

野化培训大熊猫幼仔在整个野化培训期间形成的家域面积为 9.21 hm²,占野化培训圈总面积 17.73 hm²(均为投影面积)的 51.95%,仅为卧龙地区野生大熊猫家域面积(3.9—6.4 km²)的 1.4%—2.4%,根据面积-利用可能性曲线(图3),得到其经常活动的区域(核域)面积仅为 1.93 hm²,占野化培训圈总面积的 10.89%。

3 讨论

食物是大熊猫选择栖息地时的一个重要因素^[17],大熊猫喜食竹笋,在发笋季节结束后又喜欢以幼竹的枝、叶、茎为食^[10],所以它们的活动场所周边往往是幼竹密度较高的地区。大熊猫体型较大,拐棍竹基径较粗,竹茎又十分坚韧,过密的竹林会阻碍它们的行动,加之质量较好的竹笋(或幼竹)往往出现在竹林斑块之间,所以野生大熊猫很少到较密的拐棍竹林深处活动^[10],调查中发现野化培训大熊猫主要活动于较稀疏的竹林内,或是在竹林斑块间的“廊道”间觅食。水是大熊猫选择栖息地时需要考虑的另一个重要因子,大熊猫以竹为食,每天需要较多的水以帮助消化^[18],而圈养环境中的水源往往距离较近,该野化培训大熊猫幼仔跟随带仔母兽,保持了在水源附近区域活动的特性(图1)。野生大熊猫喜欢选择坡度较小的区域活动^[19-20],因为较大的坡度会增加它们行动中的能量消耗^[21],野化培训大熊猫体型与野生大熊猫相似,运动能力却可能会差一些,所以理论上会选择地势较平坦的区域活动。本次研究中没有发现野化培训大熊猫对坡度具有明显的选择性,可能在于培训圈内的地势整体较为平缓,事实上在培训圈东北角上有一片约 500 m²的区域,虽然竹笋的发育较好,离野化培训大熊猫幼仔的核域又近,但由于坡度较陡,在调查中没有发现它们的活动痕迹。

无论是在地形特征,还是食物丰富度的选择上,该野化培训大熊猫幼仔都与带仔母兽相似。哺乳动物的母兽不仅向幼兽提

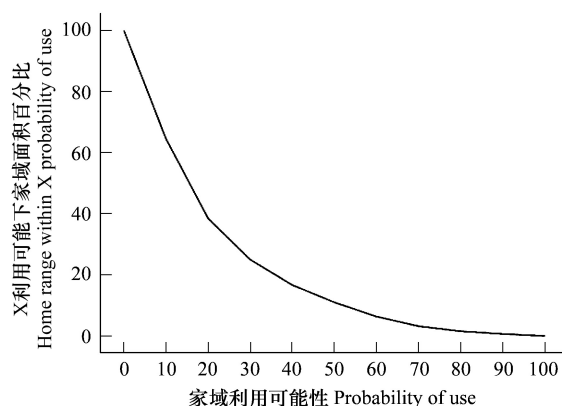


图3 野化培训大熊猫幼仔家域利用可能性与面积关系图

Fig.3 Relationships between probability of use and percentage of the home range with that probability of use

供母乳,负责保暖和清洁卫生,还在共同生活期间教会幼兽多种生活技能^[22],所以幼兽在成长以后仍会保持许多与母兽相似的生活习性。因此,采用生活能力较强,特别是在野外环境中能够独立生活的雌性大熊猫进行带仔培训,有助于野化培训大熊猫幼仔尽快适应野外环境。野化培训大熊猫幼仔常常活动于离隐蔽地较近的区域,有利于其在复杂多变的环境中躲避天敌,野化培训大熊猫幼仔学会了像野生大熊猫一样选择在当年新笋数量较多的地区活动,说明野化培训对其适应野外环境产生了积极的作用。野化培训大熊猫幼仔利用过的家域面积仅占培训圈整体面积的一半,说明培训圈内的食物等条件基本上能够满足该野化培训大熊猫母仔的生活需求。但野化培训大熊猫幼仔不到 10 hm²的家域面积,不仅远远小于卧龙野生大熊猫的家域面积^[10],甚至不足秦岭地区野生大熊猫家域面积的百分之一^[23-24]。这可能是由于长期的饲养环境,使圈养成年雌性大熊猫习惯了生活于一个较局限空间的生活方式,幼仔在带仔母兽的影响下也形成了这样的生活习性,也可能是由于培训圈的周边环境仅仅是大熊猫春季的适宜栖息地,而迁往夏季栖息地(通常是海拔较高的冷箭竹林)的途径被培训圈阻断。家域面积较小可能也是我们没有发现该野化培训大熊猫幼仔有如野生大熊猫那样对坡度、坡向或植被类型有明显倾向性选择^[17]的重要原因,也可能是引起该野化培训大熊猫幼仔在放归到栗子坪自然保护区后,活动范围较小(未发表数据)的一个重要影响因素。所以在以后的野化培训中,可以通过增加野化培训圈的面积和增加培训圈内的环境丰富度(如包括一部分冷箭竹林)等方式,以使野化培训大熊猫能够扩大活动范围,在培训期间就能够适应更复杂的环境并学会选择。由于本研究仅局限于一个大熊猫个体,该野化培训大熊猫幼仔一些特有的行为习惯可能会对研究结果产生较大的影响,不同性别的大熊猫也可能具有不同的家域范围和生活习性^[10,23],将在后续的研究中继续观察其它野化培训大熊猫的生境选择特征。

致谢:中国保护大熊猫研究中心核桃坪全体工作人员在圈养大熊猫野化培训的过程中付出了辛勤的劳动,并协助完成了数据的收集与整理,密执根州立大学 Vanessa Hull 博士对英文摘要润色,野外数据收集过程中得到杨文斌的大力帮助,特此致谢。

References:

- [1] IUCN. IUCN redlist categories. IUCN, Gland, Switzerland, 1996
- [2] State Forestry Administration. The third national survey report for giant panda in China. Beijing: Science Press, 2006.
- [3] Li D S, Huang Y, Zhou S Q, Zhang H M, Huang J Y, Liu D, Wu D F, Xie H, Deng L H, Li R G, Zhang G Q. Pre-release training for captive giant panda reintroduction at Wolong Nature Reserve. Bulletin of Biology, 2011, 46(7): 13-15.
- [4] Zhang Z J, Zhang S N, Wei F W, Wang H J, Li M, Hu J C. Translocation and discussion on reintroduction of captive giant panda. Acta Theriologica Sinica, 2006, 26(3): 292-299.
- [5] Kleiman D G. Reintroduction programs // Kleiman D G, Allen M E, Thompson K V, Lumpkin S, Harris H, eds. Wild Mammals in Captivity: Principles and Techniques. Chicago: University of Chicago Press, 1996: 297-305.
- [6] Zhou S Q, Huang J Y, Zhang Y H, Liu D, Li R G, Zhou X P, Huang Y, Tang C X, Wei R P, Zhang G Q, Li D S, Wang P Y, Zhang H M. Comparison of spatial positioning between radio telemetry (RT) and GPS in temperate mountain forests: A case study on tracking the reintroduction of captive giant pandas. Acta Theriologica Sinica, 2012, 32(3): 193-202.
- [7] Krebs C J. Ecology: the Experimental Analysis of Distribution and Abundance. 4th ed. New York: Harper Collins College Publishers, 1994.
- [8] Wendy E M, Chris R D. Competition and habitat use in native Australian *rattus*: is competition intense or important? Oecologia, 2001, 128(4): 526-538.
- [9] Harris R B. Insights into population dynamics of giant pandas gained from studies in North America. Acta Zoologica Sinica, 2004, 50(4): 662-668.
- [10] Hu J C, Schaller G B, Pan W S, Zhu J. The Giant Pandas of Wolong. Chengdu: Sichuan Scientific & Technological Press, 1985.
- [11] Zhou S Q, Huang J Y, Zhang Y H, Li R G, Li D S, Zhang H M. Effects of wilderness-training *Ailuropoda melanoleuca*'s feeding and artificial harvesting on population structure of *Fargesia robusta* clone. Chinese Journal of Applied Ecology, 2010, 21(7): 1709-1717.
- [12] Wei F W, Feng Z J, Wang Z W, Hu J C. Habitat use and separation between the giant panda and the red panda. Journal of Mammalogy, 2000, 81(2): 448-455.
- [13] Zhang Z J, Zhan X J, Yan L, Li M, Hu J C, Wei F W. What determines selection and abandonment of a foraging patch by wild giant pandas (*Ailuropoda melanoleuca*) in winter? Environmental Science and Pollution Research, 2009, 16(1): 79-84.
- [14] Powell R A. Animal home ranges and territories and home range estimators // Boitani L, Fuller T K, eds. Research Techniques in Animal Ecology, Controversies and Consequences. New York: Columbia State University, 2000.
- [15] Liu Q X, Harris R B, Wang X M, Wang Z H. Home range size and overlap of Tibetan foxes (*Vulpes ferrilata*) in Dulan County, Qinghai Province. Acta Theriologica Sinica, 2007, 27(4): 370-375.
- [16] Zhang M C, Li Z G, Hu T H, Wang J F, Wang X M. Distribution and group size of red deer (*Cervus elaphus*) in Ningxia Helan Mountain National Nature Reserve, China. Acta Theriologica Sinica, 2012, 32(4): 318-324.
- [17] Yang C H, Zhang H M, Zhou X P, Wang P Y, Wang X M. Review of habitat selection in the Giant Panda (*Ailuropoda melanoleuca*). Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(10): 3442-3453.

- [18] Chen H P, Gao Z X, eds. Wildlife Ecology. Harbin: Northeast Forestry University Press, 1992.
- [19] Wei F W, Feng Z J, Wang Z W. Habitat selection by Giant Pandas and Red Pandas in Xiangling Mountains. *Acta Zoologica Sinica*, 1999, 45(1): 57-71.
- [20] Wei F W, Zhou A, Hu J C, Wang W, Yang G. Habitat selection by giant pandas in Mabian Dafengding Reserve. *Acta Theriologica Sinica*, 1996, 16(4): 241-245.
- [21] Zhang Z J, Hu J C. A study on the Giant Panda's habitat selection. *Journal of Sichuan Teachers College: Natural Science*, 2000, 21(1): 18-21.
- [22] Sun R Y. Principles of Animal Ecology (Third Edition). Beijing: Beijing Normal University Press, 2001.
- [23] Pan W S, Lü Z, Zhu X J, Wang D J. A Chance for Lasting Survival. Beijing: Beijing University Press, 2001.
- [24] Zhang Z J, Sheppard J K, Swaisgood R R, Wang G, Nie Y G, Wei W, Zhao N X, Wei F W. Ecological scale and seasonal heterogeneity in the spatial behaviors of Giant Pandas. *Integrative Zoology*, doi:10.1111/1749-4877.12030.

参考文献:

- [2] 国家林业局. 2006 全国第 3 次大熊猫调查报告. 北京: 科学出版社, 2006: 16-188.
- [3] 李德生, 黄炎, 周世强, 张和民, 黄金燕, 刘巖, 吴代福, 谢浩, 邓林桦, 李仁贵, 张贵权. 卧龙圈养大熊猫母兽带仔野化培训. *生物学通报*, 2011, 46(7): 13-15.
- [4] 张泽钧, 张陕宁, 魏辅文, 王鸿加, 李明, 胡锦矗. 移地与圈养大熊猫野外放归的探讨. *兽类学报*, 2006, 26(3): 292-299.
- [6] 周世强, 黄金燕, 张亚辉, 刘巖, 李仁贵, 周小平, 黄炎, 汤纯香, 魏荣平, 张贵权, 李德生, 王鹏彦, 张和民. 高山峡谷地区无线电遥测与 GPS 空间定位的比较: 野外放归大熊猫的跟踪定位. *兽类学报*, 2012, 32(3): 193-202.
- [9] Harris R B. 从北美的研究看大熊猫的种群动态. *动物学报*, 2004, 50(4): 662-668.
- [10] 胡锦矗, Schaller G B, 潘文石, 朱靖. 卧龙的大熊猫. 成都: 四川科技出版社, 1985.
- [11] 周世强, 黄金燕, 张亚辉, 李仁贵, 李德生, 张和民. 野化培训大熊猫采食和人为砍伐对拐棍竹无性系种群结构的影响. *应用生态学报*, 2010, 21(7): 1709-1717.
- [15] 刘群秀, Harris R B, 王小明, 王正寰. 青海省都兰县藏狐家域范围及重叠度. *兽类学报*, 2007, 27(4): 370-375.
- [16] 张明春, 李志刚, 胡天华, 王继飞, 王小明. 宁夏贺兰山国家级自然保护区马鹿分布及集群特征的初步研究. *兽类学报*, 2012, 32(4): 318-324.
- [17] 杨春花, 张和民, 周小平, 王鹏彦, 王小明. 大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*) 生境选择研究. *生态学报*, 2006, 26(10): 3442-3453.
- [18] 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.
- [19] 魏辅文, 冯祚建, 王祖望. 相岭山系大熊猫和小熊猫对生境的选择. *动物学报*, 1999, 45(1): 57-71.
- [20] 魏辅文, 周昂, 胡锦矗, 王维, 杨光. 马边大风顶自然保护区大熊猫对生境的选择. *兽类学报*, 1996, 16(4): 241-245.
- [21] 张泽钧, 胡锦矗. 大熊猫生境选择研究. *四川师范学院学报: 自然科学版*, 2000, 21(1): 18-21.
- [22] 孙儒泳. 动物生态学原理. 北京: 北京师范大学出版社, 2001.
- [23] 潘文石, 吕植, 朱小健, 王大军. 继续生存的机会. 北京: 北京大学出版社, 2001.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.19 Oct., 2013 (Semimonthly)
CONTENTS

A review of ecosystem services and research perspectives	MA Fengjiao, LIU Jintong, A. Egrinya Eneji (5963)
Sexual interference in non-human primates	YANG Bin, WANG Chengliang, JI Weihong, et al (5973)
Density-dependent effect on reproduction of rodents; a review	HAN Qunhua, GUO Cong, ZHANG Meiwen (5981)
Proximate and ultimate determinants of food chain length	WANG Yuyu, XU Jun, LEI Guangchun (5990)
Mechanism of biological control to plant diseases using arbuscular mycorrhizal fungi	LUO Qiaoyu, WANG Xiaojuan, LI Yuanyuan, et al (5997)
Advances in effects of conservation tillage on soil organic carbon and nitrogen	XUE Jianfu, ZHAO Xin, Shadrack Batsile Dikgwatlhe, et al (6006)
Habitat selection of the pre-released giant panda in Wolong Nature Reserve	ZHANG Mingchun, HUANG Yan, LI Desheng, et al (6014)
Activity rhythm and behavioral time budgets of wild Reeves's Pheasant (<i>Syrnaticus reevesii</i>) using infrared camera	ZHAO Yuze, WANG Zhichen, XU Jiliang, et al (6021)
The energy budget of tree sparrows <i>Passer montanus</i> in wind different speed and duration	YANG Zhihong, WU Qingming, DONG Haiyan, et al (6028)
Nest site characteristics of <i>Petaurista caniceps</i> in Baima Snow Mountain Nature Reserve	LI Yanhong, GUAN Jinke, LI Dayong, HU Jie (6035)
Effects of habitat fragmentation on the genetic diversity of <i>Pachycondyla luteipes</i> on islands in the Thousand Island Lake, East China	LUO Yuanyuan, LIU Jinliang, HUANG Jiuling, et al (6041)
The molecular genetic relationship between the pollinators of <i>Ficus pumila</i> var. <i>pumila</i> and <i>Ficus pumila</i> var. <i>aukeotsang</i>	WU Wenshan, CHEN Youling, SUN Lingli, et al (6049)
The genetic evolutionary relationships of two <i>Eupristina</i> species on <i>Ficus altissima</i>	CHEN Youling, SUN Lingli, WU Leilei, et al (6058)
Metal uptake and root morphological changes for two varieties of <i>Salix integra</i> under cadmium stress	WANG Shufeng, SHI Xiang, SUN Haijing, et al (6065)
Effects of phthalic acid on seed germination, membrane lipid peroxidation and osmoregulation substance of radish seedlings	YANG Yanjie, WANG Xiaowei, ZHAO Kang, et al (6074)
The morphological and physiological responses of <i>Tamarix ramosissima</i> seedling to different irrigation methods in the extremely arid area	MA Xiaodong, WANG Minghui, LI Weihong, et al (6081)
Response characteristics of photosynthetic and physiological parameters in <i>Ziziphus jujuba</i> var. <i>spinosa</i> seedling leaves to soil water in sand habitat formed from seashells	WANG Rongrong, XIA Jiangbao, YANG Jihua, et al (6088)
Effects of ceramsite mulching on soil water content, photosynthetic physiological characteristics and growth of plants	TAN Xuehong, GUO Xiaoping, ZHAO Tingning (6097)
Dynamics of tannin concentration and nutrient resorption for branchlets of <i>Casuarina equisetifolia</i> plantations at different ages	YE Gongfu, ZHANG Shangju, ZHANG Lihua, et al (6107)
Sulfur contents in leaves and branches of dominant species among the three forest types in the Pearl River Delta	PEI Nancai, CHEN Bufeng, ZOU Zhijin, et al (6114)
Impacts of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus on growth dynamics of <i>Bauhinia faberi</i> seedlings	SONG Chengjun, QU Laiye, MA Keming, et al (6121)
Characteristics of ion accumulation and seed germination for seeds from plants cultured at different concentrations of nitrate nitrogen and salinity	ZHOU Jiachao, FU Tingting, ZHAO Weiwei, et al (6129)
Physio-ecological effects of endophyte infection on the host grass with elevated CO ₂	SHI Zhibing, ZHOU Yong, LI Xia, et al (6135)
Effects of pretreatment on germination of <i>Typha domingensis</i> and <i>Phragmites australis</i>	MENG Huan, WANG Xuehong, TONG Shouzheng, et al (6142)
Transfer characteristics of cadmium from soil to <i>Salix × aureo-pendula</i>	ZHANG Wen, WEI Hong, SUN Xiaocan, et al (6147)
Effect of Close-to-Nature management on the natural regeneration and species diversity in a masson pine plantation	LUO Yinghua, SUN Dongjing, LIN Jianyong, et al (6154)
Population dynamics and seed banks of the threatened seagrass <i>Halophila beccarii</i> in Pearl Bay, Guangxi	QIU Guanglong, FAN Hangqing, LI Zongshan, et al (6163)
Effects of biological crusts on dew deposition and evaporation in the Southern Edge of the Mu Us Sandy Land, Northern China	YIN Ruiping, WU Yongsheng, ZHANG Xin, et al (6173)
Life history characteristics and spatial distribution of <i>Populus pruinosa</i> population at the upper reaches of Tarim River	HAN Lu, XI Linqiao, WANG Jiaqiang, et al (6181)
Interactive effects of short-term nitrogen enrichment and simulated grazing on ecosystem respiration in an alpine meadow on the Tibetan Plateau	ZONG Ning, SHI Peili, JIANG Jing, et al (6191)

- The correlation between soil water salinity and plant community distribution under micro-topography in Songnen Plain YANG Fan, WANG Zhichun, WANG Yunhe, et al (6202)
- Comparison of TSP, PM_{2.5} and their water-soluble ions from both inside and outside of Dafushan forest park in Guangzhou during rainy season XIAO Yihua, LI Jiong, KUANG Yuanwen, et al (6209)
- Fish community ecology in rocky reef habitat of Ma'an Archipelago II. Spatio-temporal patterns of community structure WANG Zhenhua, ZHAO Jing, WANG Kai, et al (6218)
- Interannual variation in the population dynamics of snailfish *Liparis tanakae* in the Yellow Sea CHEN Yunlong, SHAN Xiujuan, ZHOU Zhipeng, et al (6227)
- Spatial and temporal variation of soil macro-fauna community structure in three temperate forests LI Na, ZHANG Xueping, ZHANG Limin (6236)
- Community structure and species biodiversity of fig wasps in syconia of *Ficus superba* Miq. var. *japonica* Miq. in Fuzhou CHEN Youling, CHEN Xiaoqian, WU Wenshan, et al (6246)
- Marine ecological capital: valuation methods of marine ecosystem services CHEN Shang, REN Dachuan, XIA Tao, et al (6254)
- Geomorphologic regionalization of China aimed at construction of nature reserve system GUO Ziliang, CUI Guofa (6264)
- Impact of ecological vegetation construction on the landscape pattern of a Loess Plateau Watershed YI Yang, XIN Zhongbao, QIN Yunbin, et al (6277)
- Spatial heterogeneity of soil moisture across a cropland-grassland mosaic: a case study for agro-pastoral transition in north of China WANG Hongmei, WANG Zhongliang, WANG Kun, et al (6287)
- The regional diversity of changes in growing duration of spring wheat and its correlation with climatic adaptation in Northern China E Youhao, HUO Zhiguo, MA Yuping, et al (6295)
- Response of soil physical-chemical properties to rocky desertification succession in South China Karst SHENG Maoyin, LIU Yang, XIONG Kangning (6303)
- Prediction of the effects of climate change on the potential distribution of mire in Northeastern China HE Wei, BU Rencang, LIU Hongjuan, et al (6314)
- Soil nitrogen mineralization and associated temperature sensitivity of different Inner Mongolian grasslands ZHU Jianxing, WANG Qiufeng, HE Nianpeng, et al (6320)
- Effects of land use on soil nutrient in oasis-desert ecotone in the middle reach of the Heihe River MA Zhimin, LÜ Yihe, SUN Feixiang, et al (6328)
- Assessment on heavy metal pollution status in paddy soils in the northern Chengdu Plain and their potential ecological risk QIN Yusheng, YU Hua, FENG Wenqiang, et al (6335)
- Relationship between the temporal-spatial distribution of longline fishing grounds of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and the thermocline characteristics in the Central Atlantic Ocean YANG Shenglong, MA Junjie, ZHANG Yu, et al (6345)
- Biological nitrogen fixation in the upper water column in the south Taiwan Strait during summer 2011 LIN Feng, CHEN Min, YANG Weifeng, et al (6354)
- Storage and drivers of forests carbon on the Beichangshan Island of Miaodao Archipelago SHI Honghua, WANG Xiaoli, WANG Ai, et al (6363)
- Impact of changes in vegetation types on soil C mineralization and associated temperature sensitivity in the Changbai Mountain forests of China WANG Dan, LÜ Yuliang, XU Li, et al (6373)
- Analysis of relationship between genetic structure of Chinese Pine and mountain barriers MENG Xiangxiang, DI Xiaoyan, WANG Mengben, et al (6382)
- Soil organic carbon interpolation based on auxiliary environmental covariates: a case study at small watershed scale in Loess Hilly region WEN Wen, ZHOU Baotong, WANG Yafeng, et al (6389)
- Eco-management benefit analysis of industrial resources from life cycle perspective: a case study of a virtual symbiosis network SHI Xiaoqing, LI Xiaonuo, YANG Jianxin (6398)
- The game analysis between poverty and environment in ecologically fragile zones QI Xinhua, YE Shilin, CHENG Yu, et al (6411)
- The coupling development of economy and environment under the background of World Expo in Shanghai NI Yao, YUE Wenzhe, ZHANG Yuntang, et al (6418)

《生态学报》2013 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,300 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 陈利顶

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 19 期 (2013 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 19 (October, 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

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元