

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第12期 Vol.32 No.12 **2012**

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 32 卷 第 12 期

2012 年 6 月 (半月刊)

目 次

河口湿地人为干扰度时空动态及景观响应——以大洋河口为例·····	孙永光,赵冬至,吴涛,等 (3645)
鄱阳湖南矶湿地优势植物群落及土壤有机质和营养元素分布特征·····	张全军,于秀波,钱建鑫,等 (3656)
青岛市湿地生态网络评价与构建·····	傅强,宋军,毛锋,等 (3670)
大堤型湖滨带生态系统健康状态驱动因子——以太湖为例·····	叶春,李春华,王秋光,等 (3681)
绿色屋顶径流氮磷浓度分布及赋存形态·····	王书敏,何强,张峻华,等 (3691)
坡度对农田土壤动物群落结构及多样性的影响·····	何先进,吴鹏飞,崔丽巍,等 (3701)
枣园桃蛀果蛾寄生蜂种类及其与寄主的关系·····	姚艳霞,赵文霞,常聚普,等 (3714)
基于逻辑斯蒂回归模型的鹭科水鸟栖息地适宜性评价·····	邹丽丽,陈晓翔,何莹,等 (3722)
温度、盐度和 pH 对马氏珠母贝稚贝清滤率的联合效应·····	朱晓闻,王辉,刘进,等 (3729)
鸡桑药共生模式库区土壤养分变化及流失风险·····	赵丽平,杨贵明,赵同科,等 (3737)
黑河中游典型土地利用方式下土壤粒径分布及与有机碳的关系·····	张俊华,李国栋,南忠仁 (3745)
DEM 栅格分辨率和子流域划分对杏子河流域水文模拟的影响·····	邱临静,郑粉莉,Yin Runsheng (3754)
粒度变化对城市热岛空间格局分析的影响·····	郭冠华,陈颖彪,魏建兵,等 (3764)
基于景观连接度的森林景观恢复研究——以巩义市为例·····	陈杰,梁国付,丁圣彦 (3773)
城市能源利用碳足迹分析——以厦门市为例·····	林剑艺,孟凡鑫,崔胜辉,等 (3782)
高寒牧区村域生态足迹——以甘南州合作市为例·····	王录仓,高静 (3795)
太湖湖滨带生态系统健康评价·····	李春华,叶春,赵晓峰,等 (3806)
秦岭大熊猫栖息地巴山木竹生物量·····	党坤良,陈俊娴,孙飞翔,等 (3816)
盐胁迫对盐生植物黄花补血草种子萌发和幼苗生长的影响·····	尤佳,王文瑞,卢金,等 (3825)
海南霸王岭山地原始林与伐后林中木质藤本对支持木的选择·····	刘晋仙,陶建平,何泽,等 (3834)
闽楠幼树光合特性及生物量分配对光环境的响应·····	王振兴,朱锦懋,王健,等 (3841)
基于形态及分子标记的濒危植物夏蜡梅自然居群的遗传变异研究·····	金则新,顾婧婧,李钧敏 (3849)
不同径级油松径向生长对气候的响应·····	姜庆彪,赵秀海,高露双,等 (3859)
珍稀濒危植物长蕊木兰种群的年龄结构与空间分布·····	袁春明,孟广涛,方向京,等 (3866)
巨桉与 5 种木本植物幼树的耗水特性及水分利用效率的比较·····	胡红玲,张健,万雪琴,等 (3873)
银木凋落叶腐解过程对小白菜生长和抗性生理的影响·····	黄激激,胡庭兴,张念念,等 (3883)
基于氡示踪剂和热扩散技术的栓皮栎水分运输速率与效率研究·····	孙守家,孟平,张劲松,等 (3892)
石漠化干旱环境中石生藓类水分吸收特征及其结构适应性·····	张显强,曾建军,湛金吾,等 (3902)
含铜有机肥对土壤酶活性和微生物群落代谢的影响·····	陈琳,谷洁,高华,等 (3912)
钝叶枧不同性别花的花部形态与传粉特征比较·····	王茜,邓洪平,丁博,等 (3921)
我国春玉米潜在种植分布区的气候适宜性·····	何奇瑾,周广胜 (3931)
烯效唑干拌种对小麦氮素积累和运转及籽粒蛋白质品质的影响·····	樊高琼,杨恩年,郑亭,等 (3940)

专论与综述

中国产业共生发展模式的国际比较及对策·····	石磊,刘果果,郭思平 (3950)
-------------------------	-------------------

研究简报

吉林省镇赉县近 10 年景观格局变化·····	张国坤,卢京花,宋开山,等 (3958)
杨树人工林生态系统通量贡献区分析·····	金莹,张志强,方显瑞,等 (3966)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 330 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2012-06



封面图说: 鸳鸯——在分类上属雁形目,鸭科。英文名为 Mandarin Duck(即“中国官鸭”)。鸳指雄鸟,鸯指雌鸟,故鸳鸯属合成词。常常栖息于山地河谷、溪流、湖泊、水田等处,雌雄偶居,以植物性食物为主,也食昆虫等小动物。繁殖期 4—9 月间,雌雄配对后迁至营巢区。巢往往置于树洞中,用干草和绒羽铺垫,每窝产卵 7—12 枚。江西省婺源鸳鸯湖是亚洲最大的野生鸳鸯越冬栖息地。鸳鸯是一种美丽的禽鸟,中国传统文化又赋予它很多美好的寓意,因此,在许多文学艺术作品中经常用以表达爱情。

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

DOI: 10.5846/stxb201108171210

陈杰, 梁国付, 丁圣彦. 基于景观连接度的森林景观恢复研究——以巩义市为例. 生态学报, 2012, 32(12): 3773-3781.

Chen J, Liang G F, Ding S Y. Landscape connectivity analysis for the forest landscape restoration: a case study of Gongyi City. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(12): 3773-3781.

基于景观连接度的森林景观恢复研究 ——以巩义市为例

陈 杰^{1,2}, 梁国付^{1,2}, 丁圣彦^{1,2,*}

(1. 河南大学资源与环境研究所, 开封 475001; 2. 河南大学环境与规划学院, 开封 475001)

摘要:景观连接度是研究景观促进或阻碍生物体或某种生态过程在斑块间运动的程度。基于景观连接度原理,借用景观连接度指数,在地理信息系统支持下,探讨了巩义市丘陵和低山地区森林景观在不同景观距离阈值下连接度的变化,确定了分析森林景观连接度的合适距离阈值。在此基础上分析了要恢复为森林景观的农业斑块的重要值的大小,确定了对要恢复为森林景观的每一农业景观斑块对新形成的森林景观的连接度贡献大小,并结合区域地形特征,明确了森林恢复之初的重要斑块的选取及恢复的先后次序。结果显示,在不同的距离阈值下,低山地区森林景观的整体连通性指数值(IIC)都大于丘陵地区森林景观的IIC值;森林景观的适宜距离阈值,在丘陵地区可选择750 m,在低山地区可选择500 m,或者更小尺度;通过农业景观斑块重要值(dIIC)确定的对森林景观连接度作用起“非常高”和“高”的斑块的数量非常少,但对森林景观连接度的贡献作用却比较大。提出的基于景观连接来分析在森林恢复时重要斑块的选取的方法,具有一定的可操作性与实用性,对区域生态恢复和生态建设具有重要意义。

关键词:景观连接度;距离阈值;整体连通性指数值;巩义市

Landscape connectivity analysis for the forest landscape restoration: a case study of Gongyi City

CHEN Jie¹, LIANG Guofu^{1,2}, DING Shengyan^{1,2,*}

1 Institute of Natural Resources and Environmental Science Research, Henan University, Kaifeng 475001, China

2 College of Environment & Planning, Henan University, Kaifeng 475001, China

Abstract: Landscape connectivity is the degree to which the landscape facilitates or impedes the movement of organisms or ecological processes among patches. The maintenance of landscape connectivity is one of the key issues in ecological conservation and construction. The Conversion From Farmland to Forest is a long-term ecological project in China. However, along with the rapid urbanization and industrialization in China, the relationships between landscape connectivity and forest restoration has not been fully explored. The emergent questions concern the connectivity of restored forest landscapes, whether or not this connectivity benefits the local flora and fauna, and how to evaluate the importance of agricultural patches that are to be converted prior to the onset of forest restoration.

Based on the theory of landscape connectivity, the forest connectivity in Gongyi City, Henan Province is investigated using indicators such as the number of components (NC), the integral index of connectivity (IIC) and the importance value of IIC (dIIC). With the help of GIS, we examined how landscape connectivity of the forest in the hilly and low mountain areas varied according to distance threshold values ranging from 50 meters to 10000 meters, and identified the most

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41071118)

收稿日期:2011-07-17; 修订日期:2012-03-07

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: syding@henu.edu.cn

appropriate distance threshold values for analyzing forest landscape connectivity. On this basis, we then looked into the importance values of the agricultural patches that were to be converted, determined the contribution of each pre-conversion agricultural patch to the connectivity of the future forest landscape, and elucidated the selection criteria and restoration priorities of important patches in the early stages of forest restoration according to local topographical features.

The results show that the low mountain forest has higher IIC values than the forest in the hilly areas under all distance thresholds. The most appropriate distance threshold for hilly areas is 750 meters, and 500 meters or less for low mountains. The dIIC values indicate that few patches are in the “very high” and “high” categories of contribution to forest landscape connectivity: three arid land patches in the hilly areas (respectively 35.14, 20.16 km² and 15.39 km² in descending order of importance value, accounting for 17.06%, 9.79% and 7.47% of the total hilly arid land area) and five arid land patches in the low mountains (respectively 3.65, 2.47, 1.35, 1.96 km² and 1.15 km² in descending order of importance value, accounting for 10.05%, 6.80%, 3.71%, 5.38% and 3.167% of the total low mountain arid land area). We also determined the preferable sequence of converting farmland to forest according to the topographical features, especially the slope characteristics, of the arid land patches in the “very high” and “high” categories.

The case study shows that the analysis of landscape connectivity should be used as a criterion for selecting important patches in forest restoration planning. The analytical method introduced in this paper is relatively easy to implement, and thus has application potentials in ecological restoration management.

Key Words: landscape connectivity; distance threshold; integral index of connectivity; Gongyi City

景观连接度主要研究景观中同类斑块之间或异类斑块之间在功能和生态过程上的有机联系,即景观是促进或阻碍生物体或某种生态过程在斑块间运动的程度^[1-3],景观的结构特征和生物体行为特性共同决定生物群体在景观中的连接度高低^[4-6]。景观连接度于1984年首次被应用到景观生态学后,对于破碎景观中动植物栖息地和物种保护具有重要意义。景观连接度对森林生态系统功能,如种子迁移和扩散、动物迁移、基因流动、以及干扰渗透和土壤的侵蚀等具有重要影响,进而直接关系到森林生态系统完整性、可持续性和稳定性^[7-8]。研究表明,提高景观连接度可以有效地促进复合种群动态和物种扩散,从而减小局域种群的灭绝风险,如对鸟类^[9-11]、大型哺乳动物、啮齿类动物^[12-13]、植物授粉和种子传播^[14]、基因流的影响^[15]等研究。

退耕还林工程是我国乃至世界上投资最大、政策性最强、涉及面最广、群众参与程度最高的一项重大生态工程。河南省2000年开始启动退耕还林工程,2002年全面实施了退耕还林工程,生态环境得到改善。随着退耕还林工程的进一步实施,以及城镇化的发展,森林景观恢复将进一步加强。那么,恢复的森林景观的连接度是怎样的?是否更加有利于促进当地生物的生存和发展?在森林景观恢复之前应该怎样评价即将要恢复为森林景观斑块的农业景观斑块的重要性?这些都还是急需回答的问题,但相关研究还较少^[16-19]。

巩义市位于中岳嵩山北麓,从地貌类型多样,巩义市南高北低,山地、丘陵、平原类型齐全,经济实力强。近年来,该区域的土地利用发生了较大的变化,引起了很多学者的关注,特别是从村域和农户角度研究农田生态经济系统投入产出特征、农田系统能量投入产出特征、农户迁居模式等^[20-22],而从生态恢复的角度来研究森林景观的连接度的研究还比较少。本文基于景观连接度原理,利用组分数(NC)、整体连通性指数(IIC)、斑块重要值(dIIC)等对巩义市目前森林进行连接度进行了分析,探讨了森林景观连接度合适距离阈值的选取,进而分析了丘陵地区 and 低山地区的农业景观斑块若恢复为森林景观斑块时,农业景观每一斑块对新形成的森林景观连接度的提高的贡献程度,据此确定森林恢复之初的重要斑块的选取,以期为区域生态恢复提供依据。

1 研究区域概况

巩义市位于河南省西部,介于郑州和洛阳之间,地理位置位于北纬34°31′—34°52′和东经112°49′—113°17′之间,东西长43 km,南北宽39.5 km,总面积1052 km²。巩义市地处暖温带大陆性季风气候,光热资源丰富,可满足一年两熟作物生长需要。多年平均降水量为583 mm,年内降水多集中于7、8月和9月(占全年

70%)。从地貌类型看,巩义市南高北低,山地、丘陵、平原类型齐全,南依嵩山,北临黄河,南部和东部为山地,中部和北部为丘陵,伊洛河、黄河沿岸为冲积平原(图1),既有精耕细作的河谷地农业,又有保护较好的大面积林地,山地植被采用林场管理方式,低山区以经济林和人工林为主,丘陵和平原地区以农业为主,或者是农林间作,基本的景观类型有森林景观类型(自然林、人工林和灌木林等)、水域景观类型、农业用地景观类型(水浇地、旱地)、建设用地景观类型(居民点、工矿用地和交通用地)和荒草地景观类型。巩义市有常住人口80万,外来人口超过11万人,人口密度高达866人/km²。1992年以来,综合经济实力连续18a位居河南省首位,连续九届跻身全国百强县(市)。

2 研究方法

2.1 数据源和数据处理平台

研究数据源:研究区的2009年1:1万土地利用现状图,研究区1:5万数字高程模型图(DEM),自然地理基础数据(包括地形地貌、土壤、水文和植被的基本资料)。选取森林景观和农业景观旱地斑块面积大于30m²的斑块,用美国杜克大学研发的Conefor Sensinode 2.2软件计算各连接度指数,分析等采用ArcGis9.2和Spss10.0等软件。

2.2 研究区地貌分区

地貌是土地利用的重要基础,它直接或间接的影响各种土地类型的分布和利用水平。本研究中,运用ArcGIS 9.2空间分析功能,依据海拔高度的不同,将研究区进行了地貌分区(图2a),其中平原和河川地区海拔低于200m,丘陵地区海拔为200—500m,低山地区海拔为500—1000m,中山地区海拔大于1000m。研究中主要分析了丘陵地区和低山地区森林景观的连接度特征,以及该区农业景观斑块特征,因为在森林恢复时,农业旱地斑块最有可能恢复为森林斑块,所以研究中主要分析了农业旱地斑块对森林恢复的重要性(图2b)。

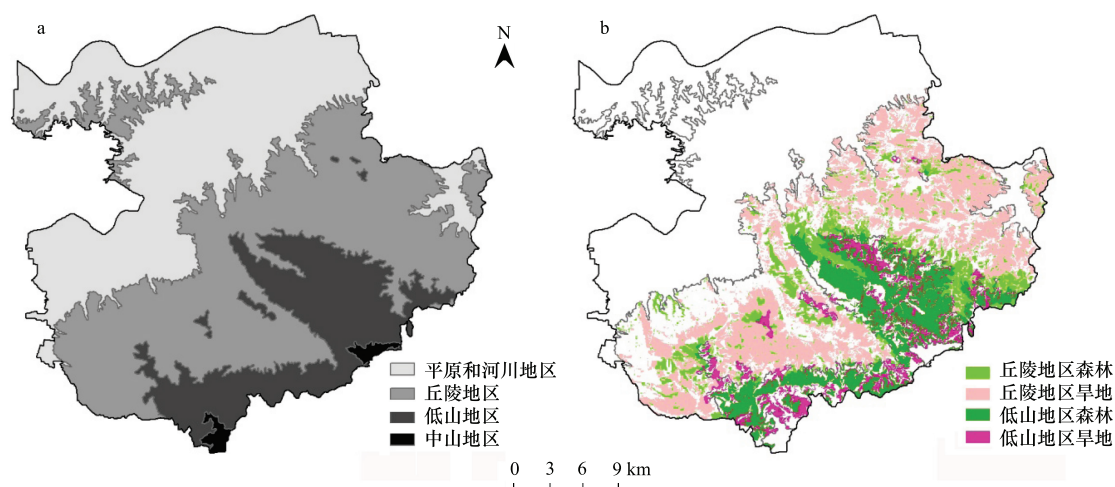


图2 研究区地貌分区图(a)丘陵和低山地区的森林和旱地景观类型图(b)

Fig. 2 Geomorphologic division of the study area(a), forest and arid field landscapes in the Hills and Low Mountains(b)

2.3 景观连接度指数选取

2.3.1 组分数(Number of Components, NC)

组分指一组互相连通的斑块,不同组分之间彼此孤立,景观组分越少,景观连接度越高。

2.3.2 整体连通性指数(Integral Index of Connectivity, IIC)

整体连通性指数(IIC)的算式如下:

$$IIC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{a_i \cdot a_j}{1 + nl_{ij}}}{A_L^2}$$

式中, a_i 和 a_j 分别为斑块 i 和 j 的面积, nl_{ij} 为斑块 i 与斑块 j 间最短路径上的链接数, A_L 为景观的总面积(包括林地斑块和非林地斑块)。 $0 \leq IIC \leq 1$, IIC 是基于二位连接模型, 即景观中的两个斑块只有连接或不连接两种情况, 随着景观连接度的增加而增加, 在距离阈值内, 则斑块连通, 距离阈值外, 则斑块不连通。 $IIC = 0$, 表示各生境斑块之间没有连接; $IIC = 1$, 表示整个景观均为生境斑块。

2.3.3 斑块重要值(dIIC)

通过对整体连通性指数(IIC)的计算, 可以得知目前森林景观的连接度(IIC)的高低, 森林景观的连接度(IIC)低的区域, 也是在进行森林恢复, 特别是农业景观斑块转化为森林景观斑块是应该优先考虑的区域。为了分析在农业景观恢复为森林景观中, 哪些农业景观斑块恢复为森林景观斑块后对森林景观的连接度提高最重要, 即应优先考虑的农业景观斑块或重要斑块, 选用斑块的重要值(dIIC)来衡量每一个恢复为森林景观斑块的农业景观斑块对森林景观的连接度提高的重要性。计算方法如下:

$$dIIC(\%) = \frac{IIC_{\text{reforested}} - IIC}{IIC} \times 100$$

式中, $IIC_{\text{reforested}}$ 为某一农业景观斑块恢复为森林景观斑块后形成的新的森林景观的整体连通性值, IIC 为 2.2.2 中计算的森林景观的整体连通性指数值。

为了分析每一农业景观斑块贡献程度, 即其重要性的高低, 对每一要恢复为森林斑块的农业景观斑块重要值(dIIC)的大小按照自然断点的方法分成 5 级, 分别为: 非常低、低、中等、高、非常高。

2.4 景观斑块距离阈值的选择

景观连接度指数的计算需要确定景观斑块连通的距离阈值, 当斑块间的距离大于阈值, 认为斑块间不连通, 当斑块间的距离小于或等于阈值, 则认为是连通的。斑块是否连通与生物的迁移扩散过程特性有关系。根据文献记载及对巩义市野生动物活动范围进行调查, 该区鸟类活动范围大约在 200—30000 m, 小型哺乳动物和两栖爬行动物活动范围大约在 50—1000 m, 在本研究中, 斑块的重要值(dIIC)的计算都在 50、100、250、500、750、1000、1250、1500、2500、5000、7500 m 和 10000 m 12 个不同的景观斑块距离阈值下进行, 以确定适宜的景观距离阈值。

3 研究结果

3.1 森林景观连接度变化分析

从表 1 可以看出, 随着景观距离阈值的增大, 不论是在丘陵地区还是在低山地区, 景观整体连通性指数值(IIC)都表现为逐渐增大。景观距离阈值从 50、100、500、750、1000、1250、1500、2500、5000、7500 m、增加到 10000 m, 丘陵地区森林景观的 IIC 值从最低值 0.0006 增加到 0.0082, 低山地区森林景观的 IIC 值从最低值 0.0748 增加到 0.1642, 且在不同的距离阈值下, 低山地区森林景观的 IIC 值都大于丘陵地区森林景观的 IIC 值。

景观斑块组分数值(NC)随着景观距离阈值的增大而减少, 最后减至 1, 在景观距离阈值为 50 m 时, 研究区域森林斑块间链接数较少, 此时存在大量独立的斑块, 景观中只有部分斑块间互相连接且属于同一个组分。在丘陵地区, 当景观距离阈值为 1500 m 时, NC 值等于 1; 在低山地区, 当景观距离阈值为 7500 m 时, NC 值等于 1, 说明此时景观中所有斑块能够互相连接, 且属于同一个组分。当景观距离阈值再增大时, NC 值不再发生变化。而随着景观距离阈值的增大, 搜索范围越大, 景观中任意两个斑块间的链接越容易建立, 景观整体连通性指数值(IIC)随着景观距离阈值的增大而增加。

3.2 景观连接度合适距离阈值的选取

分析景观不同距离阈值情况下,森林景观的组分数与最大组分中的斑块数量和面积的关系可知,当景观距离阈值为 50 m 时,丘陵地区 and 低山地区森林景观斑块的组分数分别为 761 和 152,丘陵地区最大组分中的斑块数为 17 块,占丘陵地区森林景观斑块总数的比例为 1.62%,最大组分中的斑块面积为 2.96 km²,占丘陵地区森林景观斑块总面积的比例为 4.92%;低山地区最大组分中的斑块数为 73 块,占低山地区森林景观斑块总数的比例为 24.58%,最大组分中的斑块面积为 58.97 km²,占低山地区森林景观斑块总面积的比例为 58.26%。

随着景观距离阈值的增大,丘陵地区 and 低山区森林景观斑块的组分数逐渐减少,最大组分中的斑块数目逐渐增多,最大组分中的斑块面积也逐渐增大。在景观距离阈值为 1500 m 和 7500 m 时,景观斑块的组分数减少为 1 时,最大组分中的斑块数目和最大组分中的斑块面积则不再变化,即斑块达到了全部连通的情况。

而在景观距离阈值为 750 m 时,丘陵地区最大组分中的斑块数为 947 块,占丘陵地区森林景观斑块总数的比例为 90.28%,最大组分中的斑块面积为 58.58 km²,占丘陵地区森林景观斑块总面积的比例为 97.19%。在景观距离阈值为 500 m 时,低山地区最大组分中的斑块数为 268 块,占低山地区森林景观斑块总数的比例为 90.24%,最大组分中的斑块面积为 99.61 km²,占低山地区森林景观斑块总面积的比例为 98.43%。可以认为,研究区域内,分析森林景观的适宜距离阈值,在丘陵地区可选择 750 m,在低山地区可选择 500 m,或者更小尺度,低的距离阈值能较好地反映景观斑块间更细微的关系。景观距离阈值越大,景观组分数越少,直至减少到 1 组分,不利于分析景观斑块间的细微关系。

3.3 农业景观斑块重要值分析

3.3.1 农业景观斑块重要值最大值(dIIC_{max})变化分析

在不同景观距离阈值下,丘陵地区 and 低山地区农业景观斑块重要值(dIIC)从最小值 0 变化到最大值。但在丘陵地区,随着景观距离阈值的增大,斑块重要值最大值(dIIC_{max})值逐渐减小。在低山地区,在景观距离阈值增大,对森林景观连接度起重要作用的旱地斑块的 dIIC_{max} 值变化比较小,变化范围为 6.32—7.72(表 2)。

表 1 不同距离阈值下森林景观连接度指数值
Table 1 Forest landscape Connectivity Index under different dispersal distance thresholds

距离 阈值/m Distance thresholds	丘陵地区 the Hills					低山地区 The low mountains		
	组分数 (NC) Number of Components	整体连通性 指数(IIC) Integral Index of Connectivity	最大组分中的 斑块数和 (比例/%) Patch density and proportion in the largest component	最大组分中的 斑块面积 /km ² 和 (比例/%) Patch area and proportion in the largest component	组分数(NC) Number of Components	整体连通性 指数(IIC) Integral Index of Connectivity	最大组分中的 斑块数和 (比例/%) Patch density and proportion in the largest component	最大组分中的 斑块面积/km ² 和(比例/%) Patch area and proportion in the largest component
50	761	0.0006	17(1.62)	2.96(4.92)	152	0.0748	73(24.58)	58.97(58.26)
100	579	0.0006	38(3.62)	4.08(6.78)	84	0.0812	123(41.41)	66.20(65.41)
250	294	0.0009	132(12.58)	11.37(18.86)	35	0.0872	159(53.54)	70.31(69.48)
500	91	0.0015	535(51.00)	39.26(65.14)	9	0.1106	268(90.24)	99.61(98.43)
750	32	0.0024	947(90.28)	58.58(97.19)	5	0.1162	268(90.24)	100.63(99.43)
1000	12	0.0028	1005(95.81)	59.39(98.54)	3	0.1226	285(95.96)	100.81(99.61)
1250	4	0.0032	1015(96.76)	59.47(98.67)	3	0.1280	285(95.96)	100.81(99.61)
1500	1	0.0036	1049(100)	60.27(100)	3	0.1284	285(95.96)	100.81(99.61)
2500	1	0.0046	1049(100)	60.27(100)	3	0.1309	285(95.96)	100.81(99.61)
5000	1	0.0063	1049(100)	60.27(100)	2	0.1465	291(97.98)	100.99(99.79)
7500	1	0.0074	1049(100)	60.27(100)	1	0.1583	297(100)	101.20(100)
10000	1	0.0082	1049(100)	60.27(100)	1	0.1642	297(100)	101.20(100)

表 2 不同景观距离阈值下农业斑块重要值最大值(dIIC_{max})变化表

Table 2 Maximum dIIC values for all the agricultural patches under different dispersal distances

	50 m	100 m	250 m	500 m	750 m	1000 m	1250 m	1500 m	2500 m	5000 m	7500 m	10000 m
丘陵地区 The hills	1347.76	1242.95	919.06	708.18	465.48	423.40	390.24	359.65	308.57	254.73	224.72	209.59
低山地区 The low mountains	7.72	7.25	6.99	6.32	7.26	6.74	6.65	6.66	7.35	6.88	6.70	6.88

3.3.2 重要斑块特征分析

为了分析每一农业景观斑块贡献程度,即其重要性的高低,对每一要恢复为森林斑块的农业景观斑块重要值(dIIC)的大小按照自然断点的方法分成5级,分别为:非常低、低、中等、高、非常高(图3),景观距离阈值在丘陵地区和低山地区分别为750 m和500 m。

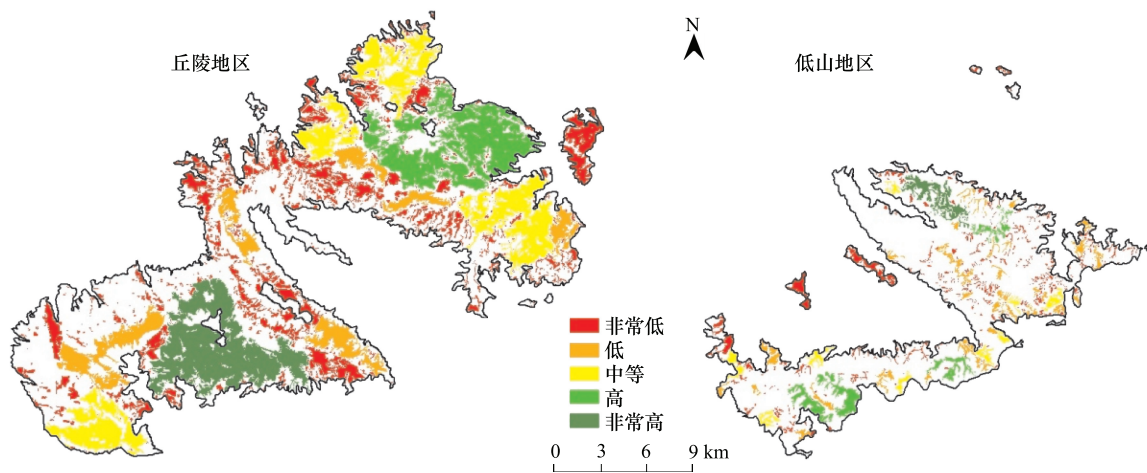


图 3 农业景观斑块对要恢复为森林景观的连接度作用大小图

Fig.3 Categorization of agricultural patches based on contribution to forest connectivity improvement if reforested

随着景观距离阈值的增大,对增强森林景观斑块连接度起重要作用的(“非常高”和“高”)旱地斑块保持不变。

经过对属性表的查询可知,丘陵地区,对森林景观连接度起“非常高”和“高”作用的旱地斑块数量共3块,按照其作用从高到低排列的斑块面积分别为35.14、20.16和15.39 km²,占丘陵地区旱地总面积的比例分别为17.06%、9.79%和7.47%,而斑块数目分别为1和2,占丘陵地区旱地斑块数目的比例分别为0.06%和0.32%。而对森林景观连接度起“中等”作用的旱地斑块数量共5块,按照其作用从高到低排列的斑块面积分别为11.97、11.19、8.97、7.87 km²和6.96 km²,占丘陵地区旱地总面积的比例分别为5.81%、5.43%、4.35%、3.82%和3.38%,斑块数目占丘陵地区旱地斑块数目的比例分别为0.32%。

在低山地区,和在丘陵地区相似,经过对属性表的查询可知,对森林景观连接度起“非常高”和“高”作用的旱地斑块数量共5块,按照其作用从高到低排列的斑块面积分别为3.65、2.47、1.35、1.96 km²和1.15 km²,占低山地区旱地总面积的比例分别为10.05%、6.80%、3.71%、5.38%和3.167%,而斑块数目分别为1和4,占低山地区旱地斑块数目的比例分别为0.15%和0.61%。而对森林景观连接度起“中等”作用的旱地斑块数量共9块,按照其作用从高到低排列的斑块面积分别为0.74、0.95、0.57、0.74、0.69、0.67、0.39、0.48 km²和0.39 km²,占低山地区旱地总面积的比例分别为2.05%、2.62%、1.56%、2.03%、1.91%、1.83%、1.07%、1.32%和1.06%,斑块数目占低山地区旱地斑块数目的比例分别为1.37%。

3.3.3 重要斑块重要值与其面积关系分析

农业景观斑块恢复为森林斑块时,每一农业景观斑块对新形成的森林景观的连接度所起的贡献是不同的,而且在不同景观距离阈值下,每一农业景观斑块的所起的贡献也是不同的。农业景观斑块重要值(dIIC)

的大小与斑块面积有关系。图 4 为在丘陵地区(750 m 距离阈值)和低山地区(500 m 距离阈值),对森林景观连接度起“非常高”和“高”作用的旱地斑块重要值最大值($dIIC_{max}$)与其对应斑块面积的关系,从图 5 可以看出,在丘陵地区和低山地区,农业景观斑块重要值($dIIC$)的大小与斑块面积关系并不是呈现为严格的正比例关系。表明,在森林景观中,确实有一些斑块面积虽然不是最大,但对森林景观连接度的贡献作用却比较大。

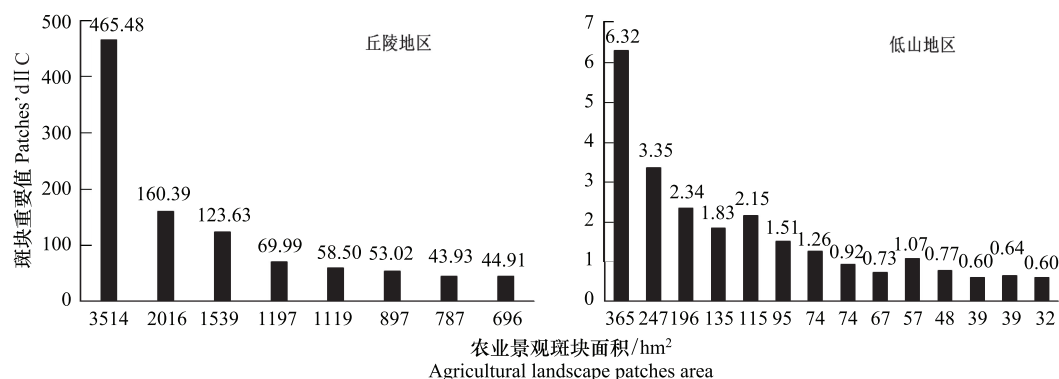


图 4 对森林景观连接度起“非常高”和“高”作用的旱地斑块的重要值最大值($dIIC_{max}$)与其对应斑块面积的关系(丘陵地区和低山地区距离阈值分别为 750m 和 500m)

Fig. 4 The relationship between patches' $dIIC_{max}$ and their areas, whose contribution to forest connectivity improvement were “very high” and “high” if reforested (dispersal distance thresholds were 750m and 500m in the Low Mountain and Hilly Area, respectively)

3.3.4 重要斑块与地形关系分析

农业景观斑块恢复为森林斑块时,除应考虑每一农业景观斑块对新形成的森林景观的连接度所起的贡献外,还应考虑农业景观斑块与地形之间的相互关系,特别是与坡度之间的关系。按照坡度大小为 0° — 5° 、 5° — 8° 、 8° — 15° 、 15° — 25° 和 $>25^{\circ}$ 共 5 个级别,对重要斑块所在区域进行分级(图 5)。

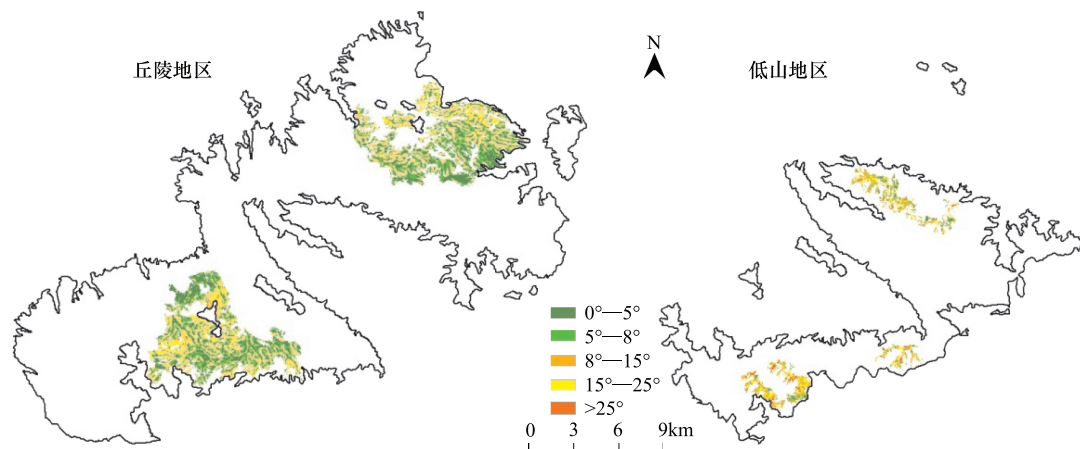


图 5 重要斑块对应的坡度分级图

Fig. 5 Slope grades of the high importance patches

查询属性表可知,丘陵地区,坡度大小 0° — 5° 、 5° — 8° 、 8° — 15° 、 15° — 25° 和 $>25^{\circ}$ 5 个级别内,重要斑块的面积分别为 15.87、19.40、28.12、6.87 km^2 和 0.43 km^2 ,占丘陵地区旱地总面积的比例分别为 22.45%、27.44%、39.78%、9.72% 和 0.61%。在低山地区,5 个坡度级别内,重要斑块的面积分别为 0.79、1.39、3.63、3.58 km^2 和 1.18 km^2 ,占低山地区旱地总面积的比例分别为 7.49%、13.12%、34.35%、33.86% 和 11.18%。依此可以更好地确定农业景观斑块恢复的向后顺序,特别是坡度比较大的区域应优先进行退耕还林工作。

4 讨论

研究表明对于森林景观连接度来说,农业景观旱地斑块的重要性差别较大,在进行森林恢复时,应首先考

虑这些重要性大的农业用地斑块。基于空间图论的景观连接度指数,为在森林恢复时提供了可操作性的、实用性的方法,尤其是针对扩散能力不同的物种。同一景观的连接度是不同的,景观的结构特征和生物体行为特性共同决定生物群体在景观中的连接度高低,扩散能力较高的物种,可以直接从一个斑块迁移到另外一个斑块,对于景观斑块之间的“踏脚石”需求较小,森林恢复时,要恢复为森林的农业斑块对森林景观连接度是否起重要作用可以忽略。而对于迁移能力较低的物种,则要考虑要恢复为森林的农业斑块是否对森林景观连接度起重要作用,因为物种在迁移的时候,相邻的森林斑块或“踏脚石”对其就比较重要,这些斑块是其成功迁移的保障。因此,不同的森林景观恢复目的不同,恢复后的森林景观的生态系统功能也不一样^[16]。

在本研究中,特别是在丘陵地区,由于森林面积小,分布分散,这些恢复后对森林景观连接度能起到重要作用(踏脚石)的农业斑块对生物多样性保护尤为重要,从表2可以看出,丘陵地区在景观距离阈值为750 m或更小距离下,其斑块重要值最大值($dIIC_{max}$)也最大,750 m左右或更小扩散距离,正好是小型啮齿类动物、爬行类和两栖类动物主要扩散距离,同时它们也处在食物链的低层次,对整个生态系统的稳定性作用较大。因此,森林景观恢复时,针对不同物种、不同的扩散能力,有目的的选择要恢复的或优先恢复的森林斑块或地区就显得尤为重要。

通过农业景观斑块重要值($dIIC$)确定的对森林景观连接度作用起“非常高”和“高”的斑块的数量非常少,而大部分斑块的重要值($dIIC$)都是比较小的,表明在实际森林恢复是要特别考虑这些作用“非常高”和“高”斑块。基于“斑块—廊道—基质”原理的景观生态学,特别注重研究的尺度性,斑块的划分本身就依赖于研究的尺度,本研究中最小斑块的划分,以及原始制图的精确程度,都会影响到研究结果,如在丘陵地区,森林斑块面积小而且分散,农业景观斑块面积大而且集中连片,农业景观中斑块重要值最大($dIIC_{max} = 919.06$,距离阈值为750 m)的斑块面积为3514.12 hm^2 ,因此在森林景观恢复时该斑块可能变成要恢复的区域。

本文中景观连接度的计算、斑块组分的划分是依据任何两个斑块间的几何距离,小于景观距离阈值,即认为景观斑块间是连接的,而没有考虑景观基质异质性的影响,特别是不同景观土地利用阻力效果不同。此外,区域物种的生物学特性、扩散能力也还需要进一步深入的考虑和分析,如何在更广大的区域,基于景观连接度方法,分析针对不同物种的景观连接度,将对深入理解生态系统功能有重要帮助。

5 结论

本研究提出的基于景观连接来分析在森林恢复时重要斑块的选取的方法,具有一定的可操作性与实用性,并非单单用景观指数来描述景观格局状况,而是明确指出了在森林恢复时,农业景观每一斑块对新形成的森林景观连接度提高的贡献程度,据此确定了森林恢复之初的重要斑块的选取及恢复的先后次序,对于区域生物多样性保护、森林生态系统功能的提高等研究实践具有借鉴意义。

References:

- [1] Taylor P D, Fahrig L, Henein K, Merriam G. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, 1993, 68(3): 571-573.
- [2] Tischendorf L, Fahrig L. On the usage and measurement of landscape connectivity. *Oikos*, 2000, 90(1): 7-19.
- [3] Chen L D, Fu B J. The ecological significance and application of landscape connectivity. *Chinese Journal of Ecology*, 1996, 15(4): 37-42.
- [4] With K A, Gardner R H, Turner M G. Landscape connectivity and population distributions in heterogeneous environments. *Oikos*, 1997, 78(1): 151-169.
- [5] Moilanen A, Hanski I. On the use of connectivity measures in spatial ecology. *Oikos*, 2001, 95(1): 147-151.
- [6] Saura S, Estreguil C, Mouton C, Rodríguez-Freire M. Network analysis to assess landscape connectivity trends: application to European forests (1990—2000). *Ecological Indicators*, 2011, 11(2): 407-416.
- [7] Crist M R, Wilmer B, Aplet G H. Assessing the value of roadless areas in a conservation reserve strategy: biodiversity and landscape connectivity in the northern Rockies. *Journal of Applied Ecology*, 2005, 42(1): 181-191.
- [8] Watts K, Handley P. Developing a functional connectivity indicator to detect change in fragmented landscapes. *Ecological Indicators*, 2010, 10(2): 552-557.
- [9] Urban D, Keitt T. Landscape connectivity: a graph-theoretic perspective. *Ecology*, 2001, 82(5): 1205-1218.

- [10] Uezu A, Metzger J P, Viellard J M E. Effects of structural and functional connectivity and patch size on the abundance of seven Atlantic Forest bird species. *Biological Conservation*, 2005, 123(4): 507-519.
- [11] Awade M, Metzger J P. Using gap-crossing capacity to evaluate functional connectivity of two Atlantic rainforest birds and their response to fragmentation. *Austral Ecology*, 2008, 33(7): 863-871.
- [12] Verbeylen G, de Bruyn L, Adriaensen F, Matthysen E. Does matrix resistance influence red squirrel (*Sciurus vulgaris* L. 1758) distribution in an urban landscape? *Landscape Ecology*, 2003, 18(8): 791-805.
- [13] Hamilton G S, Mather P B, Wilson J C. Habitat heterogeneity influences connectivity in a spatially structured pest population. *Journal of Applied Ecology*, 2006, 43(2): 219-226.
- [14] Sork V L, Smouse P E. Genetic analysis of landscape connectivity in tree populations. *Landscape Ecology*, 2006, 21(2): 821-836.
- [15] Nell M C. Patch connectivity and genetic diversity conservation in the federally endangered and narrowly endemic plant species *Astragalus albens* (Fabaceae). *Biological Conservation*, 2008, 141(4): 938-955.
- [16] García-Feced C, Saura S, Elena-Rosselló S R. Improving landscape connectivity in forest districts: a two-stage process for prioritizing agricultural patches for reforestation. *Forest Ecology and Management*, 2011, 261(1): 154-161.
- [17] Liu C F, Zhou B, He X Y, Chen W. Selection of distance thresholds of urban forest landscape connectivity in Shenyang City. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2010, 21(10): 2508-2516.
- [18] Hu W S, Wang S S, Li D H. Biological conservation security patterns plan in Beijing based on the focal species approach. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(16): 4266-4276.
- [19] Yue D P, Wang J P, Liu Y B, Li H L, Xie H C, Wang D M. Landscape pattern optimization based on RS and GIS in northwest of Beijing. *Acta Geographica Sinica*, 2007, 62(11): 1244-1231.
- [20] Li X J, Qiao J J. Impact of landform on input-output of man-land system in farmland of mountainous region: a micro-study of a small village in Wugou of Henan province. *Geographical Research*, 2004, 23(6): 717-726.
- [21] Qiao J J, Ding P F. Comparative study of energy input and output in villages farmland systems: the case of three types of villages in Gongyi county, Henan province. *Resources Science*, 2004, 26(5): 139-146.
- [22] Qiao J J, Li X J. Impact of LULC on human-land systems: a micro-study of three villages in Gongyi city, Henan province. *Research of Soil and Water Conservation*, 2006, 13(2): 91-94.

参考文献:

- [3] 陈利顶, 傅伯杰. 景观连接度的生态学意义及其应用. *生态学杂志*, 1996, 15(4): 37-42.
- [17] 刘常富, 周彬, 何兴元, 陈玮. 沈阳城市森林景观连接度距离阈值选择. *应用生态学报*, 2010, 21(10): 2508-2516.
- [18] 胡望舒, 王思思, 李迪华. 基于焦点物种的北京市生物保护安全格局规划. *生态学报*, 2010, 30(16): 4266-4276.
- [19] 岳德鹏, 王计平, 刘永兵, 李海龙, 谢怀慈, 王冬梅. GIS 与 RS 技术支持下的北京西北地区景观格局优化. *地理学报*, 2007, 62(11): 1244-1231.
- [20] 李小建, 乔家君. 地形对山区农田人地系统投入产出影响的微观分析——河南省巩义市吴沟村的实证研究. *地理研究*, 2004, 23(6): 717-727.
- [21] 乔家君, 丁鹏飞. 村域农田系统能量投入产出特征比较研究——以河南省巩义市 3 个不同类型村为例. *资源科学*, 2004, 26(5): 139-146.
- [22] 乔家君, 李小建. 土地利用/土地覆被对人地系统的影响分析——以河南省巩义市 3 个不同类型村为例. *水土保持研究*, 2006, 13(2): 91-94.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 12 June, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Temporal and spatial dynamic changes and landscape pattern response of Hemeroby in Dayang estuary of Liaoning Province, China	SUN Yongguang, ZHAO Dongzhi, WU Tao, et al (3645)
Distribution characteristics of plant communities and soil organic matter and main nutrients in the Poyang Lake Nanji Wetland	ZHANG Qianjun, YU Xiubo, QIAN Jianxin, et al (3656)
Evaluation and construction of wetland ecological network in Qingdao City	FU Qiang, SONG Jun, MAO Feng, et al (3670)
Driving forces analysis for ecosystem health status of littoral zone with dikes: a case study of Lake Taihu	YE Chun, LI Chunhua, WANG Qiuguang, et al (3681)
The concentrations distribution and composition of nitrogen and phosphorus in stormwater runoff from green roofs	WANG Shumin, HE Qiang, ZHANG Junhua, et al (3691)
Effects of slope gradient on the community structures and diversities of soil fauna	HE Xianjin, WU Pengfei, CUI Liwei, et al (3701)
Investigation of populations of parasitic wasps parasitizing <i>Carposina sasakii</i> Matsumura (Lepidoptera: Carposinidae) in jujube orchards in China, with respect to the wasp-host relationship	YAO Yanxia, ZHAO Wenxia, CHANG Jupu, et al (3714)
Assessment of ardeidae waterfowl habitat suitability based on a binary logistic regression model	ZOU Lili, CHEN Xiaoxiang, HE Ying, et al (3722)
Combined effects of temperature, salinity and pH on the clearance rate of juveniles of <i>Pinctada martensii</i> (Dunker)	ZHU Xiaowen, WANG Hui, LIU Jin, et al (3729)
Soil nutrient dynamics and loss risks in a chicken-forage mulberry-medicinal plant intercropping system	ZHAO Liping, YANG Guiming, ZHAO Tongke, et al (3737)
Soil particle size distribution and its relationship with soil organic carbons under different land uses in the middle of Heihe river	ZHANG Junhua, LI Guodong, NAN Zhongren (3745)
Effects of DEM resolution and watershed subdivision on hydrological simulation in the Xingzihe watershed	QIU Linjing, ZHENG Fenli, YIN Runsheng (3754)
Impacts of grid sizes on urban heat island pattern analysis	GUO Guanhua, CHEN Yingbiao, WEI Jianbing, et al (3764)
Landscape connectivity analysis for the forest landscape restoration: a case study of Gongyi City	CHEN Jie, LIANG Guofu, DING Shengyan (3773)
Carbon footprint analysis on urban energy use: a case study of Xiamen, China	LIN Jianyi, MENG Fanxin, CUI Shenghui, et al (3782)
The ecological footprint of alpine pastures at the village-level: a case study of Hezuo in Gannan Autonomous Prefecture, China	WANG Lucang, GAO Jing (3795)
The ecosystem health assessment of the littoral zone of Lake Taihu	LI Chunhua, YE Chun, ZHAO Xiaofeng, et al (3806)
The biomass of <i>Bashania fargesii</i> in giant pandas habitat in Qinling Mountains	DANG Kunliang, CHEN Junxian, SUN Feixiang, et al (3816)
Effects of salinity on seed germination and seedling growth in halophyte <i>Limonium aureum</i> (L.) Hill	YOU Jia, WANG Wenrui, LU Jin, et al (3825)
Liana-host tree associations in the tropical montane primary forest and post-harvest forest of Bawangling, Hainan Island, China	LIU Jinxian, TAO Jianping, HE Zeet al (3834)
The response of photosynthetic characters and biomass allocation of <i>P. bournei</i> young trees to different light regimes	WANG Zhenxing, ZHU Jinmao, WANG Jian, et al (3841)
Genetic variation among populations of the endangered <i>Sinocalycanthus chinensis</i> based on morphological traits and ISSR profiles	JIN Zexin, GU Jingjing, LI Junmin (3849)
Growth response to climate in Chinese pine as a function of tree diameter	JIANG Qingbiao, ZHAO Xiuhai, GAO Lushuang, et al (3859)
Age structure and spatial distribution of the rare and endangered plant <i>Alcimandra cathartii</i>	YUAN Chunming, MENG Guangtao, FANG Xiangjing, et al (3866)
The water consumption and water use efficiency of the seedlings of <i>Eucalyptus grandis</i> and other five tree species in Sichuan Province	HU Hongling, ZHANG Jian, WAN Xueqin, et al (3873)
Effects of leaf litter of <i>Cinnamomum septentrionale</i> on growth and resistance physiology of <i>Brassica rapa</i> in the decomposition process of litter	HUANG Weiwei, HU Tingxing, ZHANG Niannian, et al (3883)
Water transport velocity and efficiency in <i>Quercus variabilis</i> detected with deuterium tracer and thermal dissipation technique	SUN Shoujia, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (3892)
The saxicolous moss's features of absorbing water and its structural adaptability in the heterogeneous environment with rock desertification	ZHANG Xianqiang, ZENG Jianjun, CHEN Jinwu, et al (3902)
Effects of organic materials containing copper on soil enzyme activity and microbial community	CHEN Lin, GU Jie, GAO Hua, et al (3912)
Comparison of floral morphology and pollination characteristics between the sexes in <i>Eurya obtusifolia</i>	WANG Qian, DENG Hongping, DING Bo, et al (3921)
Climatic suitability of potential spring maize cultivation distribution in China	HE Qijin, ZHOU Guangsheng (3931)
Effects of uniconazole dry seed dressing on nitrogen accumulation and translocation and kernel protein quality in wheat	FAN Gaoqiong, YANG Ennian, ZHENG Ting, et al (3940)
Review and Monograph	
International comparison and policy recommendation on the development model of industrial symbiosis in China	SHI Lei, LIU Guoguo, GUO Siping (3950)
Scientific Note	
The Change of landscape pattern in Zhenlai Xian, Jilin Province in recent ten years	ZHANG Guokun, LU Jinghua, SONG Kaishan, et al (3958)
Footprint analysis of turbulent flux over a poplar plantation in Northern China	JIN Ying, ZHANG Zhiqiang, FANG Xianrui, et al (3966)

《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 12 期 (2012 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32 No. 12 (June, 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:1000717	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