

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)
- 钝叶枥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/stxb201112312021

张国坤, 卢京花, 宋开山, 张树清, 梁雨华. 吉林省镇赉县近 10 年景观格局变化. 生态学报, 2012, 32(12): 3958-3965.

Zhang G K, Lu J H, Song K S, Zhang S Q, Liang Y H. The Change of landscape pattern in Zhenlai Xian, Jilin Province in recent ten years. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(12): 3958-3965.

吉林省镇赉县近 10 年景观格局变化

张国坤¹, 卢京花², 宋开山³, 张树清³, 梁雨华^{1,*}

(1. 吉林师范大学旅游与地理科学学院, 四平 136000; 2. 淮北市实验高级中学, 淮北 235000;

3. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012)

摘要:以吉林省镇赉县 2000 年、2005 年、2009 年三期 TM 遥感影像为信息源,在小尺度下通过 RS 解译,对 GIS 建立的空间数据模型叠加分析和景观特征指数计算,结合自然与人文要素,具体分析镇赉县土地利用景观格局的变化情况。分析结果表明:近 10a 间研究区景观斑块面积和斑块的数量发生明显变化,水体景观类型斑块数量呈现大幅度增加,研究区各景观面积动态变化显著,耕地面积大幅度增加,而草地和未利用土地面积大幅度减少。研究区景观破碎化程度较低、景观分维数较小且变化不大、景观异质性低,景观较为完整,该地区生态表现出明显的脆弱性和易恢复性。自然环境的制约、人为活动的干扰、政策的导向等因素决定和影响了该地区景观格局的变化趋势。

关键词:遥感;景观格局;景观指数;驱动力;镇赉县

The Change of landscape pattern in Zhenlai Xian, Jilin Province in recent ten years

ZHANG Guokun¹, LU Jinghua², SONG Kaishan³, ZHANG Shuqing³, LIANG Yuhua^{1,*}

1 The Faculty of Tourism and Geographical Science in Jilin Normal University, Siping 136000, China

2 The Huaibei Experimental High School, Huaibei 235000, China

3 The Institute of Northeast Geography and Agricultural ecology, Changchun 130012, China

Abstract: This paper concretely analyzes the change of landscape pattern of land use in Zhenlai Xian, Jilin Province. The analysis combines natural elements and humanistic elements. The information source is TM remote sensing image of 2000, 2005 and 2009 in Zhenlai Xian. Through the interpretation of RS on small scales, this essay superimposes and analyzes the spatial data model established by GIS. Moreover, the paper calculates the landscape characteristic indexes of the spatial data model. The analysis shows that the area and number of landscape patches in research district changed obviously in the past ten years. The patch number of water landscape has increased substantially. The dynamic degree of different landscape area has changed enormously in study district. The area under cultivation has increased by a large margin while the areas of grassland and unused land have decreased by a large margin. In the study district, the fragmentation degree of landscape is lower. The fractal dimension of landscape is smaller and changes little. The heterogeneity of landscape is low. The landscape is relatively integrated. The ecology in this district shows obvious vulnerability and easy resilience. Three main driving forces affected the change of landscape pattern of land use in this district — restriction of natural environment, interference of human activities and policy direction. The three factors decide and affect the changing trend of landscape pattern.

基金项目:国家自然科学基金项目(40871188);中国科学院知识创新工程重点项目(KZCX2-YW-340);吉林师范大学博士启动基金项目(2008009)

收稿日期:2011-12-31; 修订日期:2012-04-24

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

Key Words: remote sensing; landscape pattern; landscape index; driving force; Zhenlai Xian

景观是自然综合体,其表达有多种形式,土地利用是其中一种。土地利用是地球表面的社会利用状态,是人类对土地进行长期或周期性的经营所表现的景观^[1]。景观发生变化是内外驱动力对景观组成要素的干扰作用,最终导致景观空间格局发生变化^[2],当前景观格局动态变化与过程的研究已成为国内外景观生态学研究的重点内容之一^[3-5],其意义在于了解景观形成的机制,帮助人类调整社会经济活动、有效地优化景观结构,为进一步合理利用资源提供科学依据^[6]。本文选取镇赉县为研究区,以遥感和地理信息系统技术为支撑,借助各种景观指数,定量和定性地分析该区土地利用景观格局变化,为现有土地资源的有效保护和合理利用提供科学依据。

1 研究区域概况

镇赉县位于吉林省西北部、白城市东北部,处于松嫩平原的西部边缘上,地理范围在 $122^{\circ}47' - 124^{\circ}04'E$ 、 $45^{\circ}28' - 46^{\circ}18'N$,总面积 5286.22km^2 ,全县辖 7 个镇、4 个乡,总人口 31 万。平均海拔 158m,地势由西北向东南倾斜,主要地貌类型为台地、冲积平原和沙丘;土壤以草甸土、淡黑钙土为主。镇赉县地处中纬度内陆地区,属于温带大陆性季风气候,四季分明。年平均气温 4.9°C ,年平均降水量 402mm,年平均无霜期 152d。全年盛行北风,年平均风速 3.1m/s 。镇赉县境内有嫩江、洮儿河、二龙涛河、呼尔达河等主要河流,湖泊众多,我国著名的莫莫格湿地自然保护区就在该境内。镇赉县处于我国地势由一级阶梯向二级阶梯的过渡带,处于湿润的东亚季风和干旱内陆之间的气候过渡带,是从半湿润森林草原向半干旱草原和沙漠之间的过渡带,自然地理条件具有边缘性和过渡性特点,生态环境较脆弱,属于土地利用变化的一级敏感区,是全球变化响应比较突出的区域^[7-10]。

2 吉林省镇赉县景观格局变化研究方法

2.1 数据来源及处理

该研究采用 2000 年、2005 年、2009 年夏季(7 月份或 8 月份)的 TM 遥感影像数据为主要数据源。在遥感处理软件 ENVI 的支持下,经过几何校正、行政界限、地貌资料的提取、坐标变换和增强处理后,以 2、3、4 波段(RBG)进行组合得到合成假彩色遥感影像图。参照国家土地资源遥感宏观调查的土地利用分类系统,进行土地利用景观类型划分,既景观类型的判定。依据国土资源部 2007 年公布的《土地利用现状分类》及镇赉县的土地利用特征,将其划分:耕地、林地、草地、水体、城乡居民点及工矿用地、未利用土地 6 个一级景观类型。最后根据建立的解译标志,在 ArcGIS 9.3 中进行人机交互式判读解译,解译出 2000 年、2005 年和 2009 年镇赉县景观类型的矢量数据(图 2—图 4),并对结果进行了野外验证。非遥感数据源选用了镇赉县地形图(1:50000),镇赉县土地利用现状图(1:100000),将上述图件采用扫描、矢量化方式输入 Arc/Info 系统,经编辑、拓扑、编码、匹配和投影处理,使其地理坐标同校正后的 TM 遥感影像的地理坐标相一致,以此作为生态环境特征遥感解译的辅助资料。通过野外实际调绘、核实,此次遥感解译精度在 92% 左右。

2.2 对土地利用景观指数选取与计算

景观指数高度浓缩了景观格局信息,反映景观的结构组成和空间配置特征,使用景观指标定量分析景观格局的特征与变化是景观生态学研究的核心之一^[11]。通过对镇赉县各景观类型的景观指标计算,定量分析该地区的景观格局特征。该研究在斑块类型尺度上分析景观指标,选取了斑块类型面积、斑块类型所占景观

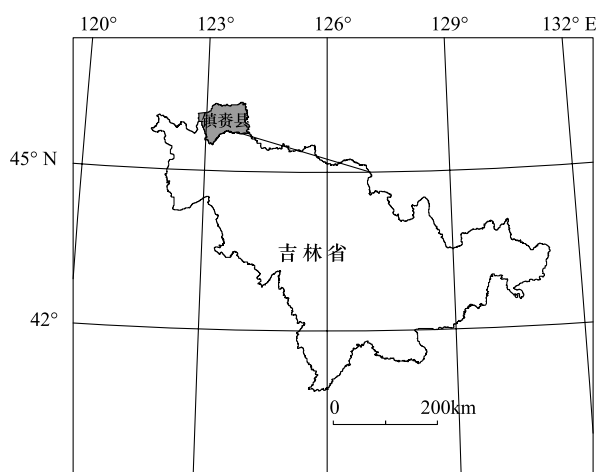


图 1 镇赉县在吉林省的地理区位图

Fig. 1 The location of Zhenlai County in Jilin Province

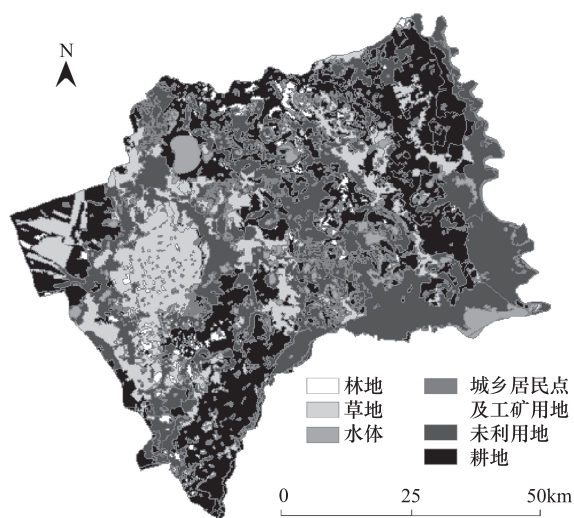


图2 2000年镇赉县土地利用图

Fig.2 Types of use-land in Zhenlai Country in 2000

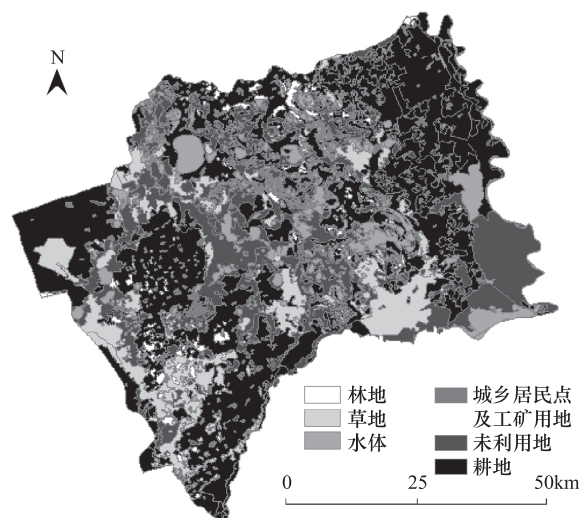


图3 2005年镇赉县土地利用图

Fig.3 Types of use-land in Zhenlai Country in 2005

面积的比例、斑块类型个数、斑块密度指数、香农多样性指数、均匀度指数等指数体系作为景观格局的评价指标,其概念、计算方法、以及生态学意义详见表1,并借助 Fragstats 3.3 软件和 EXCEL 软件来完成其计算过程。

3 景观格局变化分析

3.1 景观斑块特征分析

景观斑块特征对其内部及斑块之间的物质和能量交换、斑块稳定性与周转率、斑块的生物多样性等都有重要影响,通过分析可以了解各景观要素的复杂性、破碎化程度以及受干扰情况^[17]。该研究选择的景观斑块特征指数有各景观类型斑块数、斑块面积及其所占斑块总数的比例、斑块密度,利用遥感解译的结果,得到计算结果见表2。

从各景观斑块数来看,2000—2009年水体、耕地和居民工矿用地分别增加209块、4块、1块,未利用土地、

林地和草地分别减少75块、17块、16块,水体和未利用土地的斑块数变化最为显著。在不同时段各景观斑块数量变化有升有降。2000—2005年水体、耕地、未利用土地、林地的斑块分别增加了231块、91块、79块、38块,主要是草地的开垦、未利用地的植树造林工程实施;草地、居民工矿用地斑块数变化最小,分别减少了10块和1块;2005—2009年除居民工矿用地增加2块外,其余都有所减少,未利用土地、耕地、林地、水体、草地的斑块分别减少154块、87块、55块、22块和6块,退耕还草还林,使分散的草地和林地合并斑块减少。

从各景观斑块数所占比例来看,居民工矿用地占有绝对优势、草地最少,主要是受人类长期活动繁衍生存的影响,人口增加乡镇占地扩张和草原的开垦所造成的。从变化幅度来看,依次为水体>居民工矿用地>未利用土地>草地>耕地>林地,总体来看,水体增加11.35%,未利用土地、居民工矿用地、林地、草地和耕地分别减少了5.63%、1.74%、1.73%、1.53%、0.72%,主要原因是在原有的湖泊地貌形态基础上2000年后气候变化比以前降雨量增加所致。

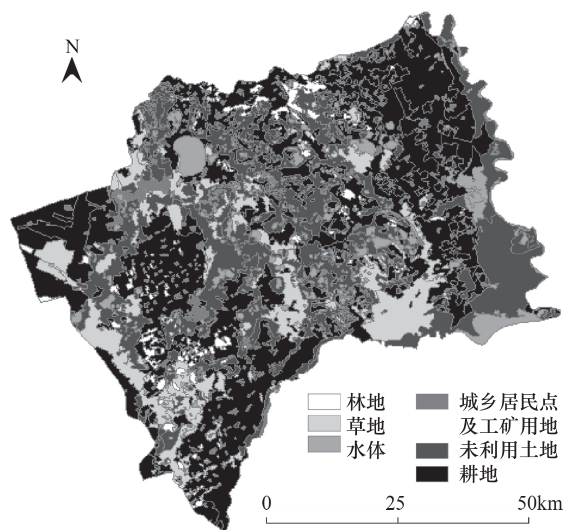


图4 2009年镇赉县土地利用图

Fig.4 Types of use-land in Zhenlai Country in 2009

表 1 景观空间格局特征指标及其生态涵义^[12-16]

Table 1 The diagnostic index and ecological meaning of the spatial pattern of landscape		
名称 Name	计算方法 Calculation method	生态涵义 Ecological meaning
斑块密度 Patch density PD	$PD = N/A$	斑块数 N , 景观斑块面积 A ; PD 反映斑块的分布密度
香农多样性指数 Shannon diversity index H	$H = - \sum_{i=1}^m P_i \times \ln P_i$	m 为景观斑块类型的数目, P_i 为第 i 类斑块面积占景观总面积的比例; 反映要素的多少及其所占比例的变化
优势度指数 Dominance index D	$D = H_{\max} - H$	用于测量景观多样性对最大多样性偏离程度; $H_{\max}$ 为景观最大多样性指数, $H_{\max} = \ln(n)$
均匀度指数 Evenness index E	$E = (H/H_{\max}) \times 100\%$	反映景观中各斑块在面积上分布不均匀程度
平均斑块形状指数 Mean shape index MSI	$MSI = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (0.25P_{ij} / \sqrt{a_{ij}}) / N$	n 为 i 类景观类型斑块总数, P_{ij} 为每一斑块的周长, a_{ij} 为该斑块面积; 当景观中所有斑块为正方形时, $MSI = 1$; 当景观斑块的形状偏离正方形时, MSI 值增大
平均斑块分维数 Mean patch fractal dimension MPFD	$MPFD = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left[\frac{2\ln(0.25P_{ij})}{\ln(a_{ij})} \right] / N$	MPFD 取值范围为 1—2, 是景观中各个斑块的分维数相加后再取算术平均值
破碎化指数 Fragmentation index FN	$FN = (N_f - 1) / MPS$	反映人类活动对景观干扰的强度; FN 为区域内某一景观类型的斑块破碎度指数; N_f 为景观中某一景观类型斑块总数; MPS 为整个景观的平均斑块面积 (图精度为 1mm^2 相当 10000m^2)
动态度 Dynamic degree K	$K = \frac{Z_{ib} - Z_{ia}}{Z_{ia}} \times \frac{1}{T} \times 100\%$	Z_{ia} 为 i 景观类型研究初期 a 年的面积; Z_{ib} 为该景观在研究末期 b 年的面积; $T = b - a$ 。 K 描述某个区域内景观类型面积的变化速率

表 2 镇赉县景观斑块特征指数

Table 2 Character index of landscape patch of Zhenlai												
景观类型 Landscape types	2000 年				2005 年				2009 年			
	斑块数目	斑块面积	斑块所占比	斑块密度	斑块数目	斑块面积	斑块所占比	斑块密度	斑块数目	斑块面积	斑块所占比	斑块密度
耕地 Cultivated land	235	1874.71	15.07	0.13	326	2602.54	16.41	0.13	239	2415.01	14.35	0.1
林地 Forest land	173	126.37	11.1	1.37	211	118.39	10.62	1.78	156	144.97	9.37	1.08
草地 grassland	140	958.16	8.98	0.15	130	644.32	6.54	0.2	124	665.40	7.45	0.19
水体 Water	294	259.64	18.86	1.13	525	497.18	26.42	1.06	503	344.59	30.21	1.46
居民工矿用地 Residents mining land	442	116.47	28.35	3.8	441	117.81	22.19	3.74	443	165.19	26.61	2.68
未利用土地 Unused land	275	1950.87	17.64	0.14	354	1305.98	17.82	0.27	200	1551.06	12.01	0.13
总计 Total	1559	5286.22	100	—	1987	5286.22	100	—	1665	5286.22	100	—

斑块数目 Patch number; 斑块面积 Patcharea; 斑块所占比 Patch Proportion; 斑块密度 Patch density

从斑块密度来看,居民工矿用地、林地和水体的斑块密度较大且波动也大,其余的斑块密度较小且波动也小,说明居民工矿用地、林地和水体分布集中程度较高,生态脆弱程度有所增加,主要受人为因素的影响所致。

从 2000—2009 年镇赉县景观斑块特征比较发现,景观斑块总体呈增加趋势,但是波动较大,景观类型虽然没有增减,但景观格局还是发生了一定的变化。从景观斑块总数来看,2000—2005 年增加了 428 块,2005—2009 年年减少 322 块,总体来看增加了 106 块。总之,该县景观斑块特征指数的变化状况,说明在受到人为作用、自然作用的干扰下,该地区景观有明显的破碎化趋势,生态表现脆弱性。

3.2 景观多样性分析

景观多样性主要指景观单元或生态系统在结构、功能以及随时间变化方面的多样性,反映了景观的复杂性。当景观是由单一要素构成时,景观是均质的,其多样性指数为零;由两个以上的要素构成的景观,当各景观所占比例相等时,其景观多样性为最高;各景观类型所占比例差异增大,则景观的多样性下降。

对镇赉县 2000、2005、2009 年的景观多样性进行比较研究可以发现(表 3):景观整体多样性变化不大,与

最大多样性指数相比,2000、2005 和 2009 年的景观多样性都比较低,2005 年景观多样性最低,总体起伏较小。从计算结果表明,三期的景观多样性呈递增趋势、优势度低、均匀度中等,这反映出景观多样性对最大多样性的偏离程度大,主要由耕地、未利用土地两种景观类型控制,面积比例占绝对优势,总体上各景观类型所占比例差异大,说明该地区景观的多样性下降,加上该地区处于半干旱草原破坏严重,该地区生态脆弱性日益突显,影响了当地的农业发展和环境的质量。

表 3 镇赉县景观多样性指数计算结果

Table 3 The result of landscape diversity in Zhenlai

景观指标 Landscape index	2000 年	2005 年	2009 年
景观整体多样性指数 The whole diversity index of landscape	1.366	1.340	1.363
最大景观多样性指数 The biggest landscape diversity index	2.079	2.075	2.078
景观整体优势度 The whole advantage degrees of landscape	0.424	0.450	0.427
景观整体均匀度 The overall uniformity of landscape	0.763	0.748	0.762

3.3 景观破碎化分析

3.3.1 景观破碎度分析

描述景观里某一景观类型在给定时间里和给定性质上的破碎化程度和景观异质性的高低,可以通过景观破碎化指数表达。景观的破碎程度越大,景观异质性越高,破碎化指数取值范围在 0—1 之间,0 代表无破碎化存在,而 1 则代表给定性质已完全破碎化^[18]。对镇赉县 2000、2005、2009 年的景观破碎化进行比较研究可以发现(表 4):各种景观类型的破碎化程度都比较低,景观异质性低,在单一景观斑块类型中,居民工矿用地景观的破碎度及变化明显,特别是 2005—2009 年从 0.165 降低到 0.119,可以反映出居民工矿用地越来越集中连片,其他的景观斑块类型的破碎度指数较小,变化不明显,景观较为完整。

3.3.2 景观形状分析

景观形状特征一般用斑块的分维数来表示,目的在于反映景观斑块形状的复杂程度,从而为分析隐含在形状特征之下的景观斑块的生态学意义提供量化标准。分维数取值介于 1—2 之间,其值愈接近 1,则斑块形状就愈简单,表明受人类干扰的程度愈小;其值愈接近 2,则斑块形状愈复杂,受人类活动干扰程度愈大^[19-20]。对镇赉县 2000、2005、2009 年的平均斑块分维数进行比较研究可以发现(表 4):各种景观类型的分维数接近于 1 且变化都比较小,说明镇赉县景观形状较为简单,受人类干扰的程度小。从平均斑块形状指数来看,变化最大的为草地和水体,其中草地的斑块形状呈简单、规则化趋势发展,水体的斑块形状在 2000—2005 年趋于复杂,而在 2005—2009 年其复杂度有所恢复。耕地、居民工矿用地和未利用土地的斑块形状变化较小。

表 4 镇赉县景观格局指标计算结果

Table 4 The result of landscape pattern index in Zhenlai

景观类型 Landscape types	平均斑块形状指数 Mean shape index			平均斑块分维数 Mean patch fractal dimension			景观类型破碎度 Landscape type fragmentation index		
	2000 年	2005 年	2009 年	2000 年	2005 年	2009 年	2000 年	2005 年	2009 年
耕地 Cultivated land	1.730	1.690	1.703	1.060	1.060	1.056	0.003	0.004	0.002
林地 Forest land	1.360	1.300	1.280	1.040	1.040	1.031	0.024	0.037	0.017
草地 Grassland	2.000	1.790	1.703	1.080	1.070	1.062	0.002	0.003	0.002
水体 Water	1.340	1.500	1.259	1.040	1.050	1.029	0.033	0.055	0.073
居民工矿 Residents mining land	1.140	1.140	1.125	1.020	1.020	1.017	0.167	0.165	0.119
未利用土地 Unused land	1.880	1.860	1.866	1.070	1.070	1.067	0.004	0.010	0.003

3.4 景观面积动态度分析

景观类型面积变化动态度直观、准确地反映了景观面积的变化趋势及程度。对镇赉县 2000—2005 年、2005—2009 年、2000—2009 年的景观面积动态度进行比较研究可以发现(表 5):在各种景观类型中,2000—

2005 年期间,草地、未利用土地和林地动态度分别为-0.066、-0.051、-0.013,顺次呈减少趋势,与此相反,耕地、水体、居民工矿用地的动态度分别为 0.078、0.019、0.002,呈增加趋势;2005—2009 年期间,水体、耕地动态度分别为-0.077、-0.018,顺次呈减少趋势,与此相反,居民工矿用地、林地、未利用土地、草地的动态度呈增加趋势;2000—2009 年期间,草地和未利用土地动态度为-0.034、-0.023,顺次呈减少趋势,与此相反,居民工矿用地、水体、耕地、林地的动态度呈增加趋势。

表 5 镇赉县主要景观类型面积变化

Table 5 The landscape types area change of Zhenlai

时段 Time	景观类型 Landscape types	耕地 Cultivated land	林地 Forest land	草地 Grassland	水体 Water	居民用地 Residents land	未利用土地 Unused land
2000—2005 年	变化面积/km ²	727.830	-8.010	-313.840	44.040	1.330	-451.370
	平均年变化面积/km ²	145.566	-1.602	-62.768	8.808	0.266	-90.274
	动态度	0.078	-0.013	-0.066	0.019	0.002	-0.051
2005—2009 年	变化面积/km ²	-187.530	26.600	21.080	-153.270	47.380	245.080
	平均年变化面积/km ²	-46.882	6.650	5.270	-38.318	11.845	61.270
	动态度	-0.018	0.056	0.008	-0.077	0.101	0.047
2000—2009 年	变化面积/km ²	540.300	18.590	-292.760	83.910	48.720	-399.810
	平均年变化面积/km ²	60.033	2.066	-32.523	9.323	5.413	-44.423
	动态度	0.032	0.016	-0.034	0.036	0.046	-0.023

通过对镇赉县景观面积动态变化分析,发现镇赉县 2000—2009 年期间居民工矿用地持续增加,在 2000—2005 年增幅小,2005—2009 年增幅大,说明房地产业及城市化进度比较快;耕地面积大幅增加,在 2000—2005 年增幅最大,2005—2009 年呈小减幅,说明后期政府政策导向退耕还林还草等措施实施卓有成效的结果;水体面积大幅增加,在 2000—2005 年增幅较大,2005—2009 年呈较小减幅,说明与当地冷湿气候变化有一定的关系,以及与后期大幅度利用水资源有关;林地面积增幅小,在 2000—2005 年较小减幅,2005—2009 年有较大的增幅,说明后期退耕还林的政策实施有利的结果;而草地和未利用土地面积大幅减少,在 2000—2005 年减幅最大,2005—2009 年有增幅,说明这与人类活动过度开垦关系密切。人类干扰强度增强或减弱,会导致生态脆弱性的变化,顺应自然规律的干扰增强会使生态向好的方向转变,自然作用恢复能力起主要作用,相反会加速脆弱性生态的破坏,造成严重的生态失调。

3.5 景观格局变化驱动力分析

3.5.1 自然环境的制约作用

镇赉县地处松嫩平原和科尔沁草原交融汇聚地带。地势由西北向东南倾斜。西北部与大兴安岭外围台地相接地势较高,海拔 160—210m;中部多连绵起伏的漫岗地,海拔 131—170m;东部与南部有嫩江、洮儿河环绕,江河沿岸是比较肥沃的冲击平原,海拔 128—150m。土壤以草甸土、淡黑钙土为主,局部地方还有黑钙土、风沙土、栗钙土。过去,这一地区因地势平坦、半湿润气候等自然条件,形成的半湿润森林草原景观,由于气候变化及人为活动,使其向干旱草原和沙漠景观演变,由于气候不断的恶化及人为活动破坏不断加剧,造成草原开垦、草原退化、草原沙化、草原盐碱化,草地面积不断缩小,而未利用地(沙地、盐碱地、耕地的撂荒地等)不断的增加。根据 1982—1999 年调查统计,该县的土地利用景观类型主要由草地、耕地、水体为主^[6-7],而从 2000—2009 年期间,2000、2005、2009 年耕地和未利用土地占全县面积的 72.36%、73.94%、75.03%;草地占全县面积的 18.13%、12.19%、12.59%;水体占全县面

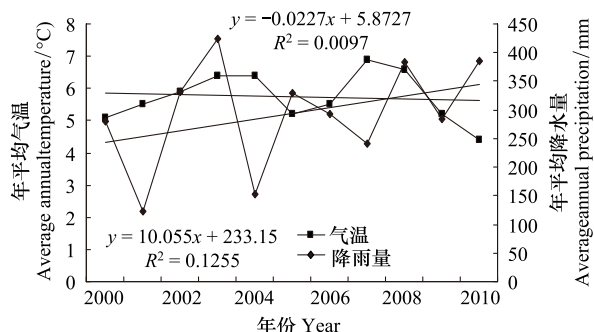


图 5 镇赉县过去 10 年气温及降水变化趋势曲线图

Fig. 5 temperature and precipitation changing trend in the Zhenlai County in the past 10 years

积的 4.91%、9.41%、6.52%；居民工矿用地占全县面积的 2.20%、2.23%、3.12%；林地占全县面积的 2.39%、2.24%、2.74%，说明耕地和未利用土地在这一区域的景观类型中占有统治地位，草地排列在第三位，其中未利用地中的沙地和水体增加，草地虽有减少，但有回升趋势，这于 10a 期间该地区的气候变化（图 5）从过去的暖干转化冷湿趋势影响有一定的关系。总体而言，耕地景观比例呈上升趋势，未利用土地比例有呈下降趋势，草地比例有所回升，林地和居民工矿用地在 2000—2009 年变化较小，除了气候等自然条件影响之外，人为活动的影响也是重要原因之一。

3.5.2 人为活动干扰作用

景观格局、功能和变化是自然、社会和生物圈相互作用的结果，其中，人类活动是引起景观结构、功能及其变化的主要因子^[21]。研究区独特的过渡性自然地理特征限制了区域经济的发展，当地居民为了生存和发展，大面积毁林开荒、毁草开荒，导致林草覆盖面积锐减，2000—2005 年期间由 1084.54 km² 减少到 726.71 km²，减少 29.67%，而在 2005—2009 年期间政府环保措施实施毁草毁林有所控制，增加了 47.66 km²，比 2000 年增加幅度 4.39%；与此同时耕地面积 2000—2005 年期间由 1874.71 km² 增加到 2602.54 km²，增加 38.82%，2005—2009 年期间政府退耕还林还草政策实施，减少 187.53 km²。总体来看，人类长期农业活动、城镇化及工业发展，特别是“三废”的影响，使该县生态环境及景观格局处于严重不合理的状态，土地退化、草地退化比较严重。

3.5.3 政策导向作用

2005—2009 年林草覆盖面积由 762.69 km² 增加到 810.37 km²，增加了 47.68 km²，增幅为 6.25%；耕地面积由 2602.54 km² 减少到 2415.01 km²，减少了 187.53 km²，增幅为 -7.21%。这一期间由于国家对这一区域生态环境问题的重视，尤其是自 2005 年 9 月“引嫩入白”工程实施以来，生态环境建设力度加大，退耕还林还草、天然林保护等生态工程的相继实施，使得当地群众的环保意识大为增强，人为活动逐渐由破坏转向治理，导致林地、草地面积增加，耕地面积减少，使得区域景观类型面积发生较大变化，生态环境有所改善，这说明政策导向作用可以降低人为活动对景观格局的干扰作用。

总体来看，2000—2009 年吉林省镇赉县土地利用景观格局结构日趋不合理，耕地和未利用土地占地面积最大，林地占地最小，草地退化严重，生态环境质量整体向恶化方向发展。该县土地利用景观格局的变化，是自然环境的制约、人为活动干扰和政策导向等多种因素共同作用的结果。该县生态系统脆弱，虽然近年来气候变冷湿，人为因素引起的植被破坏，以及掠夺式的大面积旱作种植业的经济活动地强烈干扰，仍然使该县生态环境急剧变化，不仅导致未利用地（主要是沙地）草地农业生态系统的破坏，而且给农牧业生产带来了严重的危害，并引起整体环境的恶化。

4 结论

（1）景观格局结构不合理，景观有破碎化趋势，生态表现脆弱性。

2000—2009 年 10a 来研究区各景观类型所占比例差异大，且耕地、未利用土地、草地面积比例占绝对优势，反映出景观格局结构不合理，耕地、草地、林地所占比例严重失调，生态环境质量整体向恶化方向发展。景观斑块面积和斑块的数量发生明显变化，耕地动态度呈增加趋势，其面积大幅增加，而草地和未利用土地动态度呈减少趋势，其面积大幅度减少；景观斑块数量总体呈增加趋势，特别是水体呈现大幅度增加。景观多样性呈递增趋势、优势度低、均匀度中等，这反映出景观多样性对最大多样性的偏离程度大，生态脆弱。

（2）景观异质性低，且各斑块形状呈简单化、规则化发展趋势，生态表现易恢复性。

景观虽然有破碎化趋势，但其程度都比较低，居民工矿用地越来越集中连片，其他的景观较为完整。

各种景观类型的分维数接近于 1 且变化都较小，景观形状较为简单；各景观平均斑块形状指数中变化最大的为草地和水体，其中草地的斑块形状呈简单、规则化趋势发展，水体的斑块形状先趋于复杂后趋于简单，其他景观变化较小。景观形状简单且变化小，说明人类干扰强度减弱，自然作用恢复能力起主要作用。

（3）景观格局是受自然环境的制约、人为活动的干扰和政策导向等多种因素共同作用的结果。

镇赉县土地利用景观格局在时间和空间上均发生了较大变化,是人为因素和自然因素共振迭加的结果,其中自然因素是限制因素,决定了研究区景观格局的基础,人为因素是主导因素,政策导向作用则降低了人为活动对景观格局的干扰作用。

References:

- [1] Zhang G K, Deng W, Song K S, Liu J P, Zhang L H, Li F. On the land-use pattern shifting in Xinkai River Basin and its ecological significance. *Acta Ecologica Sinica*, 2006,26(9): 3025-3034.
- [2] Fu B J, Cheng L D, Ma K M, et al. Principle and application of landscape ecology. Beijing: Science Press, 2001:73-80,117-125.
- [3] Wu J G. Landscape ecology: pattern, process, structure and scale. Beijing: Higher Education Press,2000:97-118.
- [4] ANDRE BL, JACK A. Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 2002,59:65-93.
- [5] Robert TW and William DS. Managing Land Use and Land-cover Change: The New Jersey Pinelands Biosphere Resrerve. *Annals of the Associations of Amarican*, 1999, 89(2): 220-237.
- [6] Zou Y R. Analysis on Driving Forces of Typical Zones Land Use Change in Ecotone Between Agriculture and Animal Husbandry and Its Impacts on Soil Erosion. Beijing: Cartography and Geographical Information System From Institute of Remote Sensing Applications Chinese Academy of Sciences, 2003:80-93.
- [7] Lin Z P. Illustrating the Effect of Land Use Change on Eco-environment in the Ecotone between Agriculture and Animal Husbandry in Northeast China Based on GIS. , *Areal Research and Development*, 2002.21(4):51-54.
- [8] Zhang Y, Yang Z F, Li W. Revelation of Ecological Evaluation of the Farming-pastoral Transitional Zone to Land Arrangement—A Case Study on Zhenlai County. *Journal of Natural Resources*, 2005,20(4):555-563.
- [9] Cui H S, Zhang B, Liu X N. Forecast of Land Desertification in Northern Jilin Province of China — Taking Zhenlai County as Example. *Journal of Desert Research*, 2004,24(4):235-239.
- [10] Lin Z P, Liu X N. A Case Study on Land Use Pattern under Ecological Security in Ecotone between Agriculture and Animal Husbandry in Northeastern China. *Chinese Journal of Ecology*, 2002,21(6):15-19.
- [11] Xiao D N. Principle,Method nd application of landscape ecology. Beijing: forestry Press, 1991.186-195.
- [12] You C, Zhou Y B, Yu L F. An Introduction of Quantitative Methods in Landscape Pattern Fragmentation. *Chinese Agricultural Science Bulletin*. 2006,22(5): 146-151.
- [13] Zhang J T, Qiu Y,Zheng F Y. Quantitative methods in landscape pattern analysis. *Journal of Mountain Research*,2000,18(4):346-352.
- [14] Fu B J. The Spatial Pattern Analysis of Agricultural Landscape in the Loess Area. *Acta Ecologica Sinica*,1995,15(2):113-120.
- [15] Li H B,Wu Y G. The Quantity Method for Landscape Ecology//Liu J G. *Generak Discussion of Modern Ecology*. Beijing: Chinese Science and Technology Press. 1992.209-233.
- [16] Turner M G, Spatial and temporal analysis of landscape patterns. *Landscape Ecology*,1990,4(1):21-30.
- [17] Wang J X, Sun H, Li J L, Peng H. An Analysis on the Landscape Pattern Changes and Driving Force in Medium Mountain Areas of the Qinling Mountains—A Case Study of Chang'an River Basin of Ningshan County. *Journal of Mountain Research*,2008,26(5):546-552.
- [18] Li X B. A review of the international Researches on land use/Land Cover Change. *Acta Geographica sinica*,1996,51(6): 553-558.
- [19] Chang X L,Wu J G. Fractal Models and Their Ecological Applications. *Chinese Journal of Ecology*, 1996,15(3): 35-42.
- [20] Ye Y Q, Chen G J. An. Analysis On The Landscape Patterns Based On The Gis Technology In The Upper Min River Basin. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2006,15(1): 112-115.
- [21] Zhang Q L, Ma J H,Zhao C Y. Analyze Landscape Pattern Changes Of Xinglong Mountains And Driving Force. *Acta Ecologica Sinica*,2007,27(8): 3206-3214.

参考文献:

- [1] 张国坤,邓伟,宋开山,刘吉平,张力宏,李方. 新开河流域土地利用格局变化及其生态学意义. *生态学报*, 2006,26(9): 3025-3034.
- [2] 傅伯杰,陈利顶,马克明,等. 景观生态学原理及应用. 北京:科学出版社,2001:73-80,117-125.
- [3] 邬建国. 景观生态学-格局、过程、尺度与等级. 北京:高等教育出版社,2000:97-118.
- [6] 邹亚荣. 中国农牧交错带典型区土地利用变化驱动力分析及其对土壤侵蚀的影响[D]. 北京:中国科学院研究生院, 2003:80-93.
- [7] 林彰平. 基于 GIS 的东北农牧交错带土地利用变化的生态环境效应案例分析. *地域研究与开发*, 2002.21(4):51-54.
- [8] 张 妍,杨志峰,李巍. 农牧交错地带的生态评估对土地整理的启示. *自然资源学报*, 2005,20(4):555-563.
- [9] 崔海山,张柏,刘湘南. 吉林西部土地荒漠化预测研究——以吉林省镇赉县为研究区. *中国沙漠*, 2004,24(4):235-239.
- [10] 林彰平,刘湘南. 东北农牧交错带土地利用生态安全模式案例研究. *生态学杂志*, 2002,21(6):15-19.
- [11] 肖笃宁. 景观生态学理论、方法及应用. 北京:中国林业出版社, 1991.186-195.
- [12] 由畅,周永斌,于丽芬. 景观破碎化数量分析方法概述. *中国农学通报*, 2006,22(5): 146-151.
- [13] 张金屯,邱扬,郑凤英. 景观格局的数量研究方法. *山地学报*,2000,18(4):346-352.
- [14] 傅伯杰. 黄土区农业景观空间格局分析. *生态学报*,1995,15(2):113-120.
- [15] 李哈滨,伍业刚. 景观生态学的数量研究方法//刘建国主编. 当代生态学博论. 北京:中国科学技术出版社,1992.209-234.
- [17] 王继夏,孙虎,李俊霖,彭鸿. 秦岭中山区山地景观格局变化及驱动力分析——以宁陕县长安河流域为例. *山地学报*,2008,26(5): 546-552.
- [18] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域-土地利用/土地覆被变化的国际研究的动向. *地理学报*, 1996,51(6): 553-558.
- [19] 常学礼,邬建国. 分形模型在生态学研究中的应用. *生态学杂志*, 1996,15(3): 35-42.
- [20] 叶延琼,陈国阶. GIS 支持下的岷江上游流域景观格局分析. *长江流域资源与环境*, 2006,15(1): 112-115.
- [21] 张秋玲,马金辉,赵传燕. 兴隆山地区景观格局变化及驱动因子. *生态学报*,2007,27(8): 3206-3214.

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 Qunjun, 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: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