

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

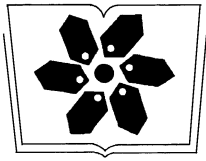
(Shengtai Xuebao)

第 31 卷 第 2 期
Vol.31 No.2
2011



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 31 卷 第 2 期 2011 年 1 月 (半月刊)

目 次

长白山山杨种群的性比格局及其空间分布	潘春芳,赵秀海,夏富才,等 (297)
冬季融冻过程中白三叶叶片抗氧化酶活力和渗透调节物含量变化与抗冻性的关系	赵 梅,周瑞莲,刘建芳,等 (306)
黄土高原主要森林类型自然性的灰色关联度分析	王乃江,刘增文,徐 钊,等 (316)
两种抗生素对龙须菜的光合生理效应	简建波,邹定辉,刘文华,等 (326)
典型喀斯特峰丛洼地植被群落凋落物 C:N:P 生态化学计量特征	潘复静,张 伟,王克林,等 (335)
塔里木河下游地下水埋深对胡杨气体交换和叶绿素荧光的影响	陈亚鹏,陈亚宁,徐长春,等 (344)
基于 MODIS/NDVI 的陕北地区植被动态监测与评价	宋富强,邢开雄,刘 阳,等 (354)
火因子对荒漠化草原草本层片植物群落组成的影响	贺郝钰,苏洁琼,黄 磊,等 (364)
4 种阔叶幼苗对 PEG 模拟干旱的生理响应	冯慧芳,薛 立,任向荣,等 (371)
城市带状绿地宽度与温湿效益的关系	朱春阳,李树华,纪 鹏,等 (383)
西藏斧钺水鸟多样性及斑头雁繁殖活动区的变化	张国钢,刘冬平,钱法文,等 (395)
王朗自然保护区大熊猫生境选择	康东伟,康 文,谭留夷,等 (401)
东方田鼠警觉对其功能反应的作用格局	陶双伦,杨锡福,邓凯东,等 (410)
台州市路桥区重金属污染对土壤动物群落结构的影响	白 义,施时迪,齐 鑫,等 (421)
青岛湾小型底栖生物周年数量分布与沉积环境	杜永芬,徐奎栋,类彦立,等 (431)
叉尾斗鱼种群遗传变异与亲缘地理	王培欣,白俊杰,胡隐昌,等 (441)
C ₃ 和 C ₄ 植物寄主对华北地区棉铃虫越冬代和第一代的影响	叶乐夫,付 雪,戈 峰 (449)
3 种海拔高度茶园中 2 种害虫与其天敌间的数量和空间关系	毕守东,柯胜兵,徐劲峰,等 (455)
坝上地区农田和恢复生境地表甲虫多样性	刘云慧,宇振荣,王长柳,等 (465)
若尔盖高寒湿地干湿土壤条件下微生物群落结构特征	牛 佳,周小奇,蒋 娜,等 (474)
红枣贮藏期果面微生物多样性	沙月霞 (483)
CO ₂ 和温度升高情况下白粉菌侵染对西葫芦生长特性的影响	刘俊稚,葛亚明, Pugliese Massimo, 等 (491)
丛枝菌根真菌对中性紫色土土壤团聚体特征的影响	彭思利,申 鸿,袁俊吉,等 (498)
新疆断裂带泉水中细菌群落结构的 PCR-DGGE 分析	吴江超,高小其,曾 军,等 (506)
石油污染对海洋浮游植物群落生长的影响	黄逸君,陈全震,曾江宁,等 (513)
不同耐性水稻幼苗根系对镉胁迫的形态及生理响应	何俊瑜,任艳芳,王阳阳,等 (522)
基于 CLUE-S 模型的密云县面源污染控制景观安全格局分析	潘 影,刘云慧,王 静,等 (529)
基于生态足迹的生态地租分析	龙开胜,陈利根,赵亚莉 (538)
深圳市植被受损分级评价及其与景观可达性的关系	刘语凡,陈 雪,李贵才,等 (547)
专论与综述	
美国、加拿大环境和健康风险管理方法	贺桂珍,吕永龙 (556)
植物蜡质及其与环境的关系	李婧婧,黄俊华,谢树成 (565)
油田硫酸盐还原菌酸化腐蚀机制及防治研究进展	庄 文,初立业,邵宏波 (575)
叶际微生物研究进展	潘建刚,呼 庆,齐鸿雁,等 (583)

基于 CLUE-S 模型的密云县面源污染 控制景观安全格局分析

潘 影^{1,2}, 刘云慧², 王 静², 宇振荣^{2,*}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193)

摘要:探讨了基于安全格局分析和“源-汇”生态过程理论,利用土地利用变化模型,研究以面源污染控制为目标的土地利用空间模拟情景分析。基于“源-汇”生态过程理论,利用空间数据库计算了密云县水库周围面源污染控制的景观安全格局,分析了低安全格局中的有较大面源污染风险的土地利用变化过程。基于现状社会经济驱动因子和邻域因子,利用 CLUE-S 模型模拟了 2 个情景下的土地利用发展:情景 1 为现状趋势发展,情景 2 为反规划途径,即限制低安全格局中具有面源污染风险的 land 转变过程,其余地区按现状趋势。结果表明:情景 1 现状趋势发展下,未利用地复垦和农业用地结构调整两种土地利用转变过程有较大面源污染风险。情景 2 低安全格局中被限制发展的耕地和果园在模型模拟中转移到了中安全格局内,低安全格局中植被恢复能够增强了对上游污染物的截留;虽然面源污染“源”类型土地总量没有发生变化,但是由于土地格局的优化,整体面源污染风险会降低。

关键词:反规划;景观安全格局;土地利用模型;CLUE-S;面源污染

Non-point pollution control for landscape conservation analysis based on CLUE-S simulations in Miyun County

PAN Ying^{1,2}, LIU Yunhui², WANG Jing², YU Zhenrong^{2,*}

1 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

2 College of Resources and Environmental sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China

Abstract: Miyun County located in the North-East of Beijing City. Miyun reservoir in the Miyun County is the major drinking water source of the Beijing residents. Non-point pollution control of Miyun reservoir is the primary task in the Miyun County, in the mean while, agricultural development is also important for the income increase of the local people. This study was seeking to optimize the land-use spatial distribution which is one of the important factors influencing the watershed hydrology. Land-use change scenarios for non-point pollution control adapted to Miyun County were generated. Integrating landscape security pattern analysis with a land-use explicit model based on the ‘Source-sink’ theory was chosen as one method. Landscape security pattern is one of the potential spatial patterns in this region. This potential pattern which composed of strategic portions and distributions of the landscape has crucial importance in controlling certain ecological processes. In our case study, landscape security pattern in the Miyun area was focused and analyzed for non-point pollution control of the Miyun reservoir. ‘Source-sink’ theory assumed the land-use can be classified into two types: ‘source’ and ‘sink’ land types, based on their functions in pollutant transport and detention. The land-use change processes which will potentially contribute to the non-point pollution were identified in the low security area. Next two scenarios were simulated using the CLUE-S model. Scenario one investigates the land-use change based on historical land-use dynamics. Scenario two examines the development obeyed to a negative planning approach, which focus on the conservation of low security area. In the model operation, applied land-use dynamics are identical for both scenarios except for a land-use change restriction

基金项目:国家科技支撑计划项目(2007BAD87B01);北京市课题(农业景观建设)

收稿日期:2009-11-23; **修订日期:**2010-09-14

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yuzhr@cau.edu.cn

within the low security pattern area which will probably increase the non-point pollution. Results for scenario one depict two processes, one is the unused land reclamation by arable land and second a transformation of arable land to orchard. These two processes might have a great potential to contribute to non-point pollution. In scenario two, these two processes were restricted to the low security pattern area. The increased arable land and orchard patterns were transferred to a moderate security pattern area by the model in the simulation process. Probably vegetation recovery within the low security pattern area may enhance as major process the interception of the pollutant of this region. Although the total area of “risk source land” keep unchanged in the study region, the optimization of land-use patterns reduces non-point pollution risks.

Key Words: negative planning; landscape security pattern; land use model; CLUE-S; non-point pollution

土地利用/覆盖的变化是全球变化研究的热点,其受到区域经济社会发展驱动和自然资源约束,也影响着区域中很多的生态过程^[1]。因而,量化模拟和预测土地利用变化过程是研究其他生态过程变化的基础,也被常用来预测和优化区域土地格局^[2-4]。

土地利用变化过程包括自发性过程和自组织过程^[5-7]。自发性过程由土地利用需求驱动,取决于土地供给、经济因素和区域自然条件。自组织过程则是土地利用单元自身与一定范围邻域内的其他土地利用单元的相互作用中产生。土地利用模型通过定量或空间化社会、经济驱动因子和邻域因子来模拟土地利用和格局变化的主要过程。

面源污染这一水文过程与区域土地利用变化密切相关^[8-9]。面源污染负荷不仅仅和区域土地面积结构有关,还与土地利用格局有很大关系^[10-12]。景观安全格局分析是一种针对某种目标,例如生物保护^[13],防汛^[14]等,对区域土地利用格局进行量化分析与评价的手段。陈利顶^[15]基于“源-汇”生态过程理论,将具有较高面源污染危险的农田、果园等用地划分为面源污染的“源”景观,林地、草地等对面源污染有一定截留作用的用地划分为“汇”景观,研究得出流域内不同源汇景观类型的空间分布特征对流域地表水中水溶性 N 的监测值有明显影响。通过景观安全格局分析得出需要加强生态基础设施建设的区域,遵循反规划途径^[14],引导或限制其发展;在空间上优化土地格局,会对区域面源污染控制产生影响。

景观安全格局分析优势在解释空间格局,将景观格局和生态过程联系起来;但在时间序列分析及预测方面能力不足。空间显性土地利用模型优势在动态空间模拟,但在解释土地格局及变化对环境和生态过程造成的影响方面能力不足。本研究以北京密云县为例,在“源-汇”生态过程理论的基础上分析密云县面源污染控制的景观安全格局,并结合 CLUE-S 土地利用模拟模型进行现状和反规划情景的模拟和预测,研究量化土地利用模拟和预测在区域土地格局空间优化、实现面源污染控制中的应用,评估土地利用变化对区域景观的影响。

1 研究区及数据

密云县(116.65°—117.5°E, 40.2°—40.8°N)为北京市远郊区县之一,地处北京东北部燕山山脉脚下。密云总面积 2226.5 km²,境内主要为山区。中部为密云水库,水库西南部为平原,西北东三面环山。密云县在北京市农业发展中被设定为半山区果园发展带和水源涵养区^[16],密云水库为北京市生活用水的主要来源。

本研究所用数据包括密云县 1991 年、2006 年 1:10000 土地利用图、交通图、数字高程(DEM)图、水系图,1:50000 土壤图以及 1991、2006 年统计年鉴。原土地利用图包括 48 种土地利用,在本研究将其合并成 6 种:水域、建设用地、耕地、园地、林地、未利用地。其中,建设用地、耕地、园地都属于典型的面源污染“源”性土地,林地、园地为面源污染主要的“汇”。

2 研究方法

2.1 结合景观安全格局分析的土地利用模拟方法

研究将景观安全格局分析和空间显性土地利用模拟模型结合进行密云县不同情景下的土地变化模拟。在土地变化模拟预测和景观安全格局分析基础上讨论利用区域土地空间格局优化减少或控制面源污染的可

行性,具体技术路线如图 1。

在此,土地利用模拟模型采用荷兰 Wageningen 大学建立的空间显性的土地利用动态模拟模型 CLUE-S^[17]。该模型通过引入社会经济驱动因子^[18-19]和邻域丰度因子^[20-21],综合考虑土地变化的自发性过程和自组织过程进行土地利用变化的空间模拟,其中,假设土地利用变化过程在短期内和驱动力的关系不变,通过历史土地格局与驱动力的回归关系预测和模拟短期内土地变化在空间上的表达。CLUE-S 模型主要包括 3 个模块:土地需求模块,空间分析模块以及空间分配模块。土地需求模块是一种土地变化的总量控制,空间分析是基于现状或历史土地格局及其驱动力因子进行回归分析,空间分配模块是基于空间分析模块结果对土地需求总量进行空间布局。CLUE-S 模型在国内外研究中应用广泛,很多学者利用情景设置和不同情境的各土地类型总量控制进行模拟^[18,20,22-23]。

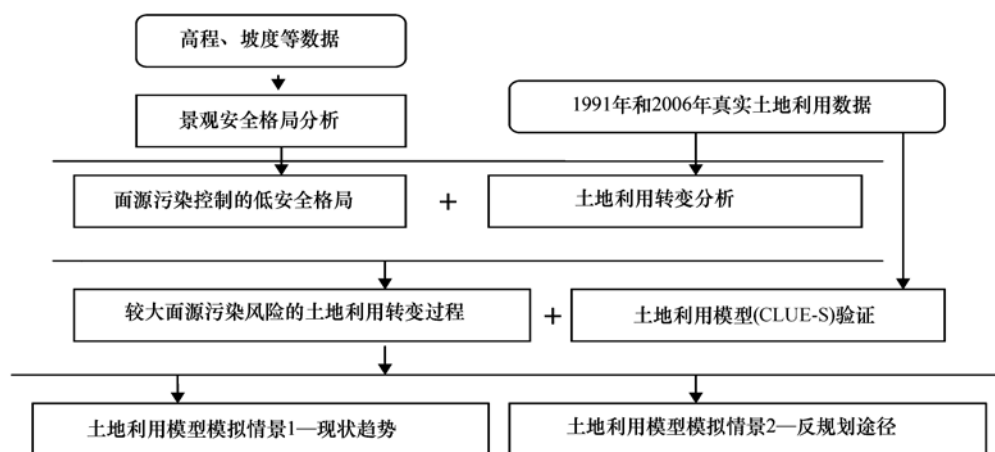


图 1 旨向面源污染控制的土地利用模拟方法框架

Fig. 1 Framework of the land use simulation to non-point pollution controlling

2.2 土地利用模型验证方法——驱动因子及参数验证

研究基于 1991 年真实土地利用和经济社会驱动因子及邻域因子模拟 2006 年土地利用空间格局,并与 2006 年真实土地利用格局比较;验证选用的驱动力因子和邻域因子是否能够反映和模拟出 1991 年到 2006 年密云县土地利用变化的主要过程。

密云县为北京市生态涵养区,在其城市化过程中同时兼顾农业结构调整和生态涵养。密云县自发性土地利用变化受到城市化与农业发展驱动和地形与自然资源制约。参考其他研究考虑的具体驱动因子^[18,20,23-24],本文中模拟土地变化自发性过程的因子有三方面:自然条件中海拔、坡度、距水体距离、土壤母质;交通通达性包括距国家、省、县各级公路及机动车路的距离;经济社会因子中到主城镇和各乡村居民点距离、人口密度、农业人口密度、GDP、二三产业产值、乡企总收入等共 15 个驱动因子(1991 年乡级统计数据)。

同时选择各地类邻域因子,反映了土地利用变化中的自组织效应。邻域因子使用邻域丰度计算^[20-21,25-26];通过量化 1991 年真实土地利用格局各地类的聚集和排斥关系,分析土地变化自组织过程的驱动力。

2.3 密云县面源污染风险的景观安全格局分析

利用水文模型(soil and water assessment tool, SWAT)基于数字高程(DEM)进行子流域划分并提取流域水系,将各流域支流最后汇集的干流的出水口设为汇水点。基于前人研究^[18],本文选取距水库水面距离、距汇水点距离、坡度和与水库水面高程差 4 个参数,通过栅格计算分析景观安全水平(SL),公式(1)。

$$SL = \frac{Slope \times DEM_{diff}}{DIS_{surface} \times DIS_{outlets}} \quad (1)$$

式中,SL 为景观安全水平, Slope 为坡度, DEM_{diff} 为与水库水面高程差, DIS_{surface} 为距水库水面距离, DIS_{outlets}

为据汇水点距离。景观安全水平计算值较低的区域即为低安全格局,为了控制面源污染,低安全格局区应减少“源”类景观。

2.4 密云县土地利用变化情景设置与模拟

2.4.1 现状趋势预测发展情景

按照现有经济社会发展趋势,假设密云县主要土地转变过程不发生改变。各土地面积按照 1991 年至 2006 年土地转变矩阵利用马尔可夫链预测 2015 年土地结构。2015 年土地水域占 6.3%,建设用地 7.9%,耕地 8.9%,园地 16.1%,林地 56.0%,未利用地 4.8%。根据 2006 年经济社会驱动因子及邻域因子,模拟 2006 年至 2015 年土地空间变化。

2.4.2 遵循反规划发展情景

基于反规划理念,在低安全格局中应限制发展、增强生态基础设施建设。本研究根据景观安全水平的分析,通过模型模拟区域参数的设置,设定低安全水平区域的栅格不能进行向果园或耕地等的转变,模拟低安全格局限制发展而进行植被恢复。其余区域仍按照情景 1 的参数设置进行模拟,总区域各土地类型总量和情景 1 相同。

3 结果与分析

3.1 模型模拟土地利用变化过程的验证结果

土地利用模型验证包括利用经济社会因子和邻域因子解释土地利用变化的回归模型的验证和利用这些因子和回归模型进行模拟的验证。

3.1.1 驱动因子筛选与验证

利用 1991 年土地利用图与 15 个驱动因子图层叠加,将相同栅格位置的土地利用代码与驱动因子数值输入统计软件进行逻辑斯蒂逐步回归,最终筛选出 10 个驱动因子^[27](表 1)。

表 1 密云县土地利用变化驱动因子
Table 1 Driving forces of Miyun land use change

驱动因子 Driving forces	水体 Water	建设用地 Construction land	耕地 Arable land	园地 Orchard	林地 Forest	未利用地 Unused land
常量值 Constant	4.0301	-2.9217	-3.3238	-4.6203	-1.9563	-3.3869
坡度 Slope	-0.1419	-0.1141	-0.1322	-0.0359	0.0537	0.0481
高程 DEM	-0.0187	-0.0025	-0.0056	-0.0055	0.0028	-0.0018
距水库距离 Distance to the reservoir	1.1885	0.2272	-0.1998	-0.0858	0.0010	-0.2764
距国家级道路距离 Distance to the national road	-0.0871	0.0161	0.0558	0.0068	0.0226	0.0008
距省级道路距离 Distance to the provincial road	0.0454	-0.1793	0.0228	0.0395	-0.0070	0.0610
距县级道路距离 Distance to the county level road	0.0344	-0.0866	0.0011	-0.1076	-0.0476	0.1247
距中心城镇距离 Distance to the township	-0.0051	0.0113	0.0355	0.0566	0.0063	0.0314
距农村居民点距离 Distance to the rural residence	0.0863	0.0097	0.0438	0.0550	0.0001	0.0000
总人口密度 Total population density	0.0083	0.0037	-0.0007	-0.0046	-0.0050	-0.0110
农业人口密度 Agricultural population density	-0.1365	-0.0020	0.0411	0.0396	0.0295	0.0692
ROC 曲线检验	0.8150	0.7560	0.7690	0.6570	0.7800	0.6300

3.1.2 邻域因子参数设定与验证

邻域因子参数包括邻域距离和邻域形状,这两个参数代表对中心土地转化有影响的邻域范围,对模型模拟结果精度会产生影响。本文基于选用了 1000m × 1000m 的面状邻域^[26],同样利用 1991 年土地利用和邻域

因子进行逻辑斯蒂回归,ROC 曲线检验平均值为 0.915。

3.1.3 模型模拟验证结果

模拟结果以 2006 年真实土地利用图为对照,使用 ENVI4.4 的混合矩阵功能计算 kappa 系数,得到 Kappa 指数为 0.7998,模拟结果比较理想(图 2)。结果表明,利用以上驱动因子和邻域因子的 CLUE-S 模型能在密云县较好的模拟土地利用/覆盖的变化。

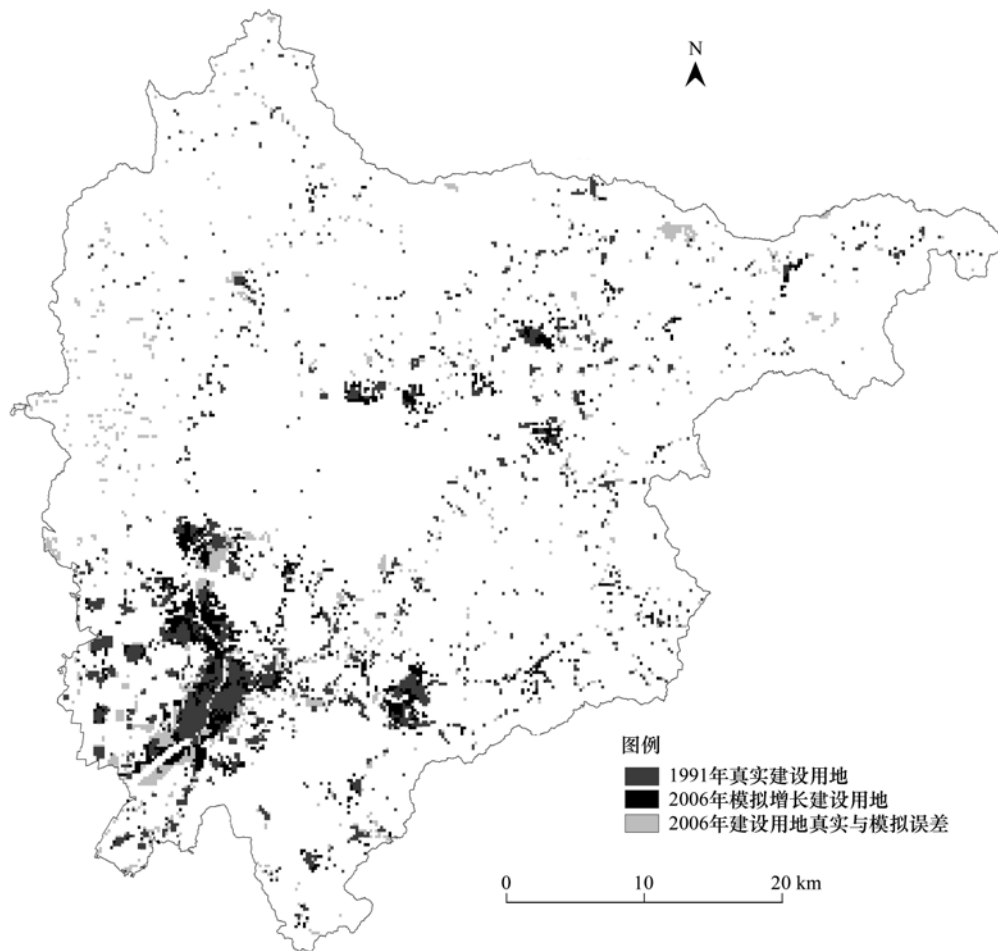


图 2 模拟结果验证(以建设用地为例)

Fig.2 The validation result of model simulation (take the construction land as a example)

3.2 景观安全格局分析结果

将景观安全水平(SL)值通过自然分割法方法分类,即根据统计值分级,使得同级内数值标准方差最小,不同级间标准方差最大。整个区域景观安全水平值标准方差为 0.48。通过自然分割法将景观安全水平分为 3 级(图 3),分级后低、中、高安全水平 3 组数值标准方差分别降到最低,为 0.049、0.16、0.25。从区域上来看,高安全格局面积占全县面积的 56%,主要为水库下游或上游但距水体有足够缓冲的地区,该区域土地利用方式的改变对面源污染控制影响较小。中安全格局占 38%,主要分布在水库水面流域分水岭的内侧,该地区产生的污染物会较易汇入水库;低安全格局占 6%,主要是在库北径流到达水库的汇水点附近,该地区本身产生的污染物最易汇入水库,也担负着缓冲上游污染物的任务。

3.3 密云县土地利用及景观安全格局变化

1991 年到 2006 年,密云县土地利用发生了巨大的变化(表 2)。建设用地和园地有大幅增加,耕地和未利用地有大幅缩减。

通过 1991 年与 2006 年土地利用图的叠加与转移矩阵(图 4)分析得出:密云土地利用变化主要包括占用

耕地的城镇扩张、农业用地结构调整(耕地转为果园)、退耕还林、未利用地复垦(河流和水库滩涂复耕);由于气候和水利等变化,密云水库水面面积有所缩减;其滩涂部分主要被复耕,小部分有自然植被和人工林种植。

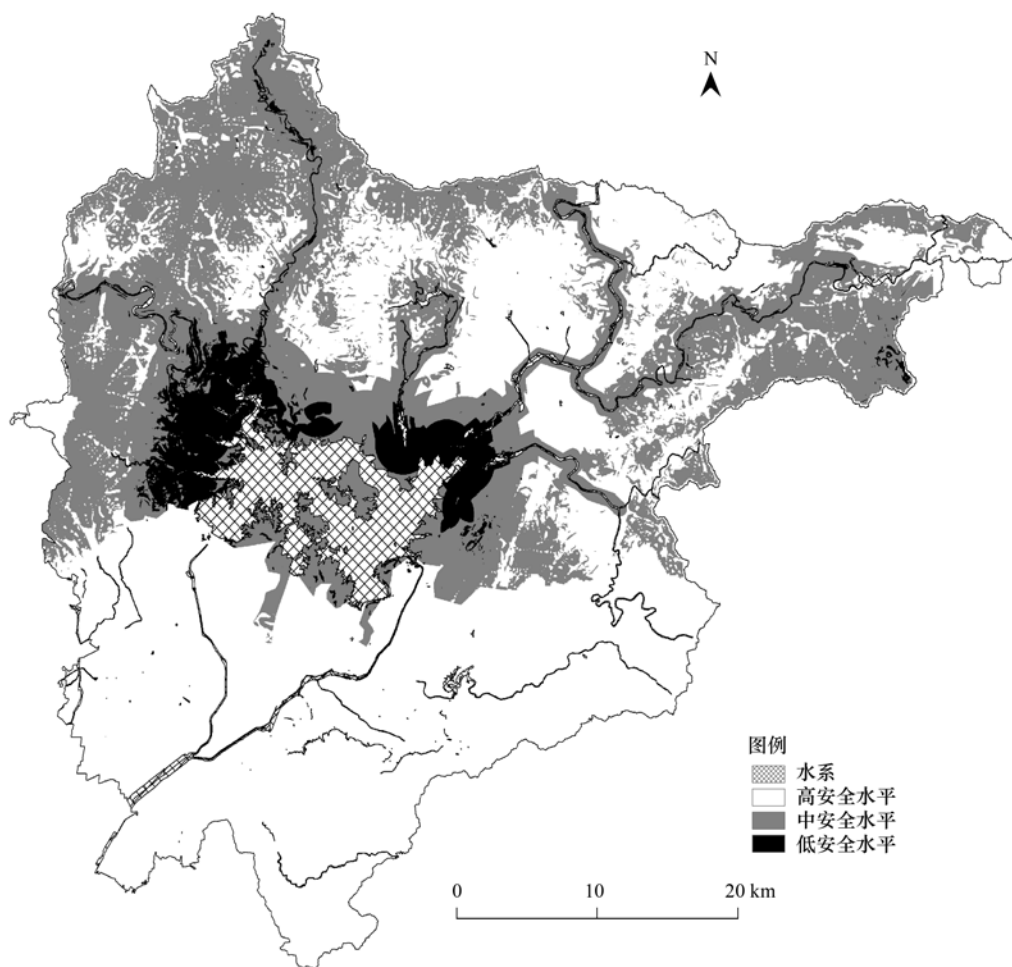


图3 密云县安全格局分析

Fig.3 Analysis of landscape security pattern of Miyun County

表2 密云县土地利用变化

Table 2 Land use change of Miyun county

项目 Item	水域/hm ² Water surface	建设用地/hm ² Construction land	耕地/hm ² Arable land	园地/hm ² Orchard	林地/hm ² Forest	未利用地/hm ² Unused land
1991 年 Year 1991	20084	9500	37480	8036	108316	39588
2006 年 Year 2006	13997	15541	23718	31759	123652	14338
增加面积 Increase of area	-6087	6041	-13762	23723	15336	-25250
增加比例 Increase proportion/%	-30.3	63.6	-36.7	295.2	14.2	-63.8

通过分别叠加 1991、2006 年土地利用与景观安全格局图,无论在低安全格局还是中安全格局内,面源污染“源”景观面积(耕地、果园)都有所增加(图 5)。结合土地利用转移矩阵(图 4)可以看出,对密云县面源污染风险较高的包括因水面降低产生的未利用地复垦和农业用地结构调整这两种土地变化过程。

3.4 不同土地利用变化情景下景观安全格局动态

现有土地利用变化的过程中,农业用地结构调整和未利用地复垦会产生较大面源污染风险。在现有社会经济条件和发展趋势下,密云县的主要土地利用变化过程不会发生大的改变;针对控制面源污染目标,只有通

过土地利用的空间优化解决问题。

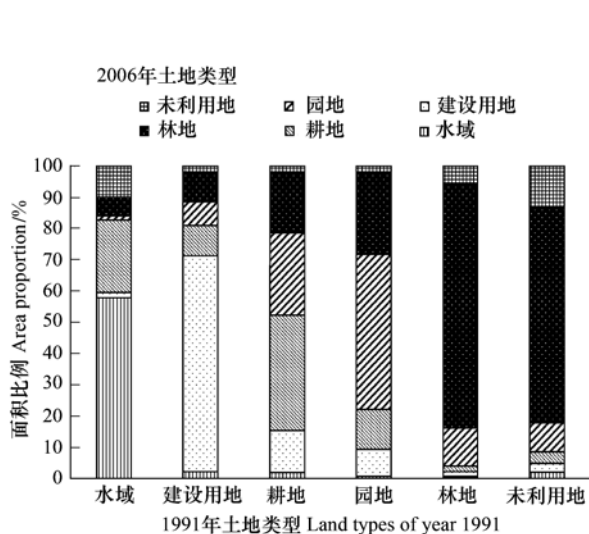


图4 密云县 1991—2006 年土地类型转化矩阵

Fig. 4 Land use transfer matrix of Miyun county from year 1991 to 2006

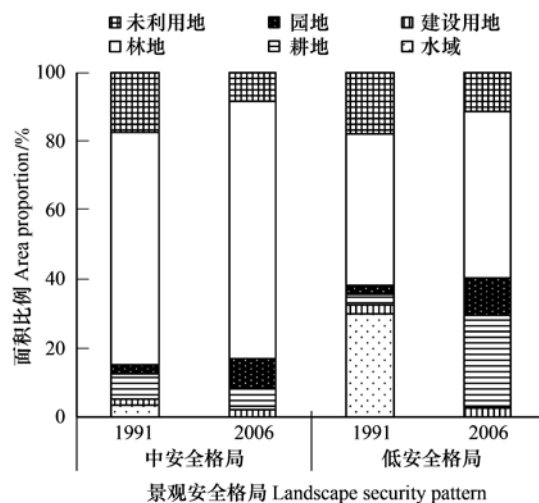


图5 1991 与 2006 年密云县中、低安全格局内土地利用面积

Fig. 5 Area of each land type in the low and moderate security pattern of year 1991 and 2006 in Miyun county

情景 1 的模拟结果中(图 6a),低安全水平区域的园地和耕地分别占低安全水平区域总面积的 12.3% 和 27.4%(图 7)。相比 2006 年真实土地利用,这两种用地面积都有所增长,分别为 1.8% 和 0.3%。作为面源污染“源”景观,两种用地的增长会导致整体区域面源污染风险继续增加。中安全水平的耕地相比 2006 年减少了 0.7%,园地增加了 0.9%。

情景 2 的模拟结果中(图 6b),低安全水平区域主要是林地,占到 86.7%,耕地和园地有大幅减少(图 7)。情景 2 的中安全格局内,耕地和园地相比 2006 年分别增加 0.9% 和 2.4%。虽然中安全格局内的“源”景观增多,但是由于汇水点(低安全格局)区域的植被恢复和林地增多,上游水体中的污染物质能得到一定的截留,从而降低整体区域的面源污染风险。

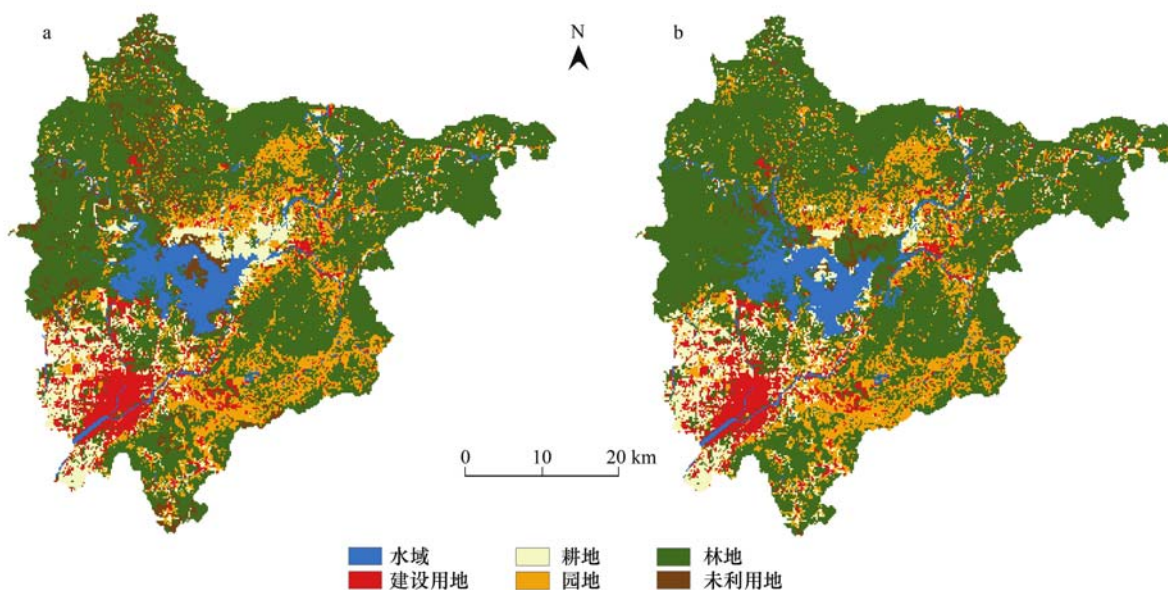


图6 两情景下模拟 2015 年土地利用格局 (a: 情景 1, b: 情景 2)

Fig. 6 Simulated layouts of land use in year 2015 of the two scenarios (a: scenario 1, b: scenario 2)

通过控制密云县低安全格局内未利用地复垦和农业用地结构调整过程,增强植被恢复;将低安全格局内的“源”景观转移到中或高安全格局内,对降低整个区域的面源污染风险会有所贡献。

4 结论

论文探讨了基于“源-汇”生态过程理论和景观安全格局分析,利用土地利用变化模型,实现了以控制面源污染为目标的土地利用空间布局量化模拟研究。利用此研究方法,可以充分结合安全格局分析对土地格局定量化和土地利用变化模型对空间动态模拟与预测的优势。但如何利用模型量化不同土地空间格局的面源污染贡献量还有待进一步研究。

通过景观安全格局分析,面源污染低安全格局主要在库北径流到达水库的汇水点附近,该地区本身产生的污染物最易汇入水库,也担负着缓冲和截留上游污染物的任务。

密云县土地利用变化主要包括城镇扩张、农业用地结构调整、退耕还林、未利用地复垦、水域缩减等。结合景观安全格局分析,对密云水库面源污染风险较大的土地利用转变过程主要是未利用地复垦(水库、河流滩涂复耕)和农用地结构调整(农田向果园转化)。通过情景1的土地利用模型模拟预测,在现有经济社会发展趋势下会促进该过程发展,需要制定合理的政策规避。

考虑到密云县农业和经济发展,在不减少农业用地总量的基础上,利用土地利用模型模拟了反规划途径下的区域发展情景。虽然整个区域的各类土地总量没有发生变化,但是低安全格局中的耕地和果园转移到中安全格局区域且恢复了林地等植被。面源污染高风险的区域内污染源的减少和对上游污染物的缓冲和截留能力的增加使得整个区域通过格局优化减少整体面源污染风险。

References:

- [1] Guo X D, Chen L D, Fu B J. Effects of land use/land cover changes on regional ecological environment. *Advances in Environmental Science*, 1999, 7 (6): 66-75.
- [2] Clarke K C, Gaydos L. Loose-coupling a cellular automaton model and GIS: long-term urban growth prediction for San Francisco and Washington/Baltimore. *Geographical Information Science*, 1998, 12 (7): 699-714.
- [3] White R, Engelen G. High-resolution integrated modeling of the spatial dynamics of urban and regional systems. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2000, 24: 383-400.
- [4] Barredo J I, Kasanko M, McCormick N, Lavallo C. Modelling dynamic spatial processes: simulation of urban future scenarios through cellular automata. *Landscape and Urban Planning*, 2003, 64:145-160.
- [5] Wu F L. Calibration of stochastic cellular automata: the application to rural-urban land conversions. *International Journal of Geographical Information Science*, 2002, 16 (8): 795-818.
- [6] Chen J, Gong P, He C, Luo W, Tamura M, Shi P. Assessment of the urban development plan of Beijing by using a CA-based urban growth model. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 2002, 68 (10): 1063-1071.
- [7] Duan Z Q. Land Use Change Analyses and Simulation — A Case Study in Haidian District, Beijing. Beijing: China Agricultural University, 2006.
- [8] Chang H. Spatial analysis of water quality trends in the Han River basin, South Korea. *Water Research*, 2008, 42, (13): 3285-3304.
- [9] Tong Susanna T Y, Chen W L. Modeling the relationship between land use and surface water quality. *Journal of Environmental Management*, 2002, 66: 377-393.
- [10] EPA. A Landscape Assessment of the Catskill/Delaware Watersheds 1975 — 1998. The U. S. Environmental Protection Agency, 2001 [access

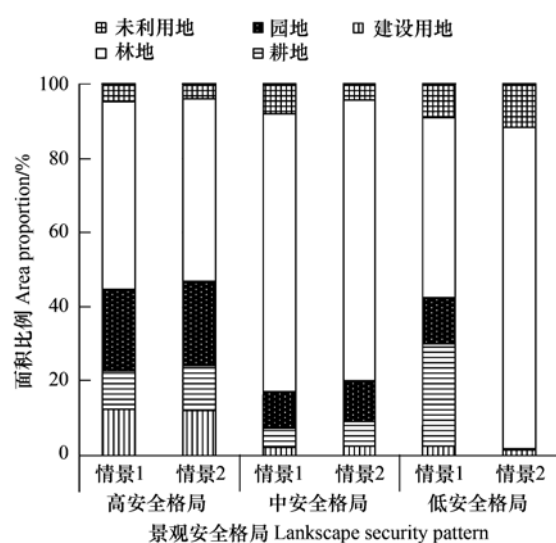


图7 两情景下土地利用模拟结果在不同安全格局内的土地结构

Fig.7 Simulated land structure in different landscape security patterns of the two scenarios

- date]. <http://www.epa.gov/nerlesd1/land-sci/ny.htm>.
- [11] Lenhart T, Fohrer N, Frede H G. Effects of land use changes on the nutrient balance in mesoscale catchments. *Physics and Chemistry of the Earth*, 2003, 28: 1301-1309.
- [12] Krause S, Jacobs J, Voss A, Bronstert A, Zehe E. Assessing the impact of changes in land-use and management practices on the diffuse pollution and retention of nitrate in a riparian floodplain. *Science of the Total Environment*, 2008, 389: 149-164.
- [13] Yu K J. Landscape ecological security patterns in biological conservation. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19 (1): 8-15.
- [14] Yu K J, Li D H, Liu H L, Cheng J. Growth pattern of Taizhou city based on ecological infrastructure: a negative approach physical urban planning. *City Planning Review*, 2005, 29(9): 76-80.
- [15] Chen L D, Fu B J, Zhang S R, Qiu J, Guo X D, Yang F L. Comparative study on the dynamics of non-point source pollution in a heterogeneous landscape. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(6): 808-816.
- [16] Zhang F R. Distribution of Modern Urban Agriculture. Beijing: China Agricultural University Press, 2008.
- [17] Verburg P H, de Koning G H J, Kok K, Veldkamp A, Bouma J. A spatial explicit allocation procedure for modelling the pattern of land use change based upon actual land use. *Ecological Modelling*, 1999, 116: 45-61.
- [18] Verburg P H, Veldkamp A, Fresco L O. Simulation of changes in the spatial pattern of land use in China. *Applied Geography*, 1999, 19: 211-233.
- [19] Wassenaar T, Gerber P, Verburg P H, Rosales M, Ibrahim M, Steinfeld H. Projecting land use changes in the Neotropics: The geography of pasture expansion into forest. *Global Environmental Change*, 2007, 17: 86-104.
- [20] Duan Z Q, Verburg P H, Zhang F R, Yu Z R. Construction of a land-use change simulation model and its application in Haidian district, Beijing. *Acta Geographica Sinica*, 2004, (6): 1037-1047.
- [21] Verburg P H, de Nijs Ton C M, van Eck J R, Visser H, de Jong K. A method to analyse neighbourhood characteristics of land use patterns. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2004, 28: 667-690.
- [22] Chen Y H, Li X B, Su W, Li Y. Simulating the optimal land-use pattern in the farming-pastoral transitional zone of Northern China. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2008, 32 (5): 407-414.
- [23] de Koning G H J, Verburg P H, Veldkamp A, Fresco L O. Multi-scale modelling of land use change dynamics in Ecuador. *Agricultural Systems*, 1999, 61: 77-93.
- [24] Peng J, Cai Y L, Verburg P H. Simulation of land use-cover change scenarios in Karst-mountain areas. *Transactions of the CSAE*, 2007, 23(7): 64-71.
- [25] Duan Z Q, Zhang F R, Miao L M. Neighborhood — based method for land — use spatial pattern analysis and its application. *Transactions of the CSAE*, 2006, 22(6): 71-76.
- [26] Pan Y, Yu Z R, Duan Z Q, Doluschitz R. The sensitivity of cellular automata model in land use simulation to the neighborhood distance. *Transactions of the CSAE*, 2010, 26(3): 309-315.
- [27] Verburg P H, Soepboer W, Veldkamp A, Limpitad R, Espaldon V, Mastura S. Modeling the Spatial Dynamics of Regional Land Use: The CLUE-S Model. *Environmental Management*, 2002, 30: 391-405.

参考文献:

- [1] 郭旭东, 陈利顶, 傅伯杰. 土地利用/土地覆被变化对区域生态环境的影响. *环境科学进展*, 1999, 7(6): 66-75.
- [7] 段增强. 土地利用变化分析与模拟研究——以北京市海淀区为例. 北京: 中国农业大学, 2006.
- [13] 俞孔坚. 生物保护的景观生态安全格局. *生态学报*, 1999, 19(1): 8-15.
- [14] 俞孔坚, 李迪华, 刘海龙, 程进. 基于生态基础设施的城市空间发展格局——“反规划”之台州案例. *城市规划*, 2005, 29(9): 76-80.
- [15] 陈利顶, 傅伯杰, 张淑荣, 丘君, 郭旭东, 杨福林. 异质景观中非点源污染动态变化比较研究. *生态学报*, 2002, 22(6): 808-816.
- [16] 张凤荣主编. 都市型现代农业产业布局. 北京: 中国农业大学出版社, 2008.
- [20] 段增强, Verburg P H, 张凤荣, 宇振荣. 土地利用动态模拟模型的构建及其应用——以北京市海淀区为例. *地理学报*, 2004, (6): 1037-1047.
- [24] 彭建, 蔡运龙, Verburg P H. 喀斯特山区土地利用/覆被变化情景模拟. *农业工程学报*, 2007, 23(7): 64-71.
- [25] 段增强, 张凤荣, 苗利梅. 基于邻域因子的土地利用空间格局分析——以北京市海淀区为例. *农业工程学报*, 2005, 22(6): 71-76.
- [26] 潘影, 宇振荣, 段增强, Doluschitz R. 邻域距离对细胞自动机模型模拟土地利用变化精度的影响. *农业工程学报*, 2010, 26(3): 309-315.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 2 January, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Sex ratio and spatial pattern in <i>Populus davidiana</i> in Changbai Mountain	PAN Chunfang, ZHAO Xiuhai, XIA Fucui, et al (297)
The relationship between freeze-tolerance and changes in activities of antioxidant enzymes and osmolyte content in the leaves of white clover during early winter freeze-thaw cycles	ZHAO Mei, ZHOU Ruilian, LIU Jianfang, et al (306)
Gray correlation analysis on naturalness of the primary forest types on the Losses Plateau	WANG Naijiang, LIU Zengwen, XU Zhao, et al (316)
Photosynthetic responses of <i>Gracilaria lemaneiformis</i> to two antibiotics	JIAN Jianbo, ZOU Dinghui, LIU Wenhua, et al (326)
Litter C:N:P ecological stoichiometry character of plant communities in typical Karst Peak-Cluster Depression	PAN Fujing, ZHANG Wei, WANG Kelin, et al (335)
Effects of groundwater depth on the gas exchange and chlorophyll fluorescence of <i>Populus euphratica</i> in the lower reaches of Tarim River	CHEN Yapeng, CHEN Yaning, XU Changchun, et al (344)
Monitoring and assessment of vegetation variation in Northern Shaanxi based on MODIS/NDVI	SONG Fuqiang, XING Kaixiong, LIU Yang, et al (354)
Effects of fire on the structure of herbage synusia vegetation in desertified steppe, North China	HE Haoyu, SU Jieqiong, HUANG Lei, et al (364)
Physiological responses of four broadleaved seedlings to drought stress simulated by PEG	FENG Huifang, XUE Li, REN Xiangrong, et al (371)
Effects of the different width of urban green belts on the temperature and humidity	ZHU Chunyang, LI Shuhua, JI Peng, et al (383)
Diversity of waterbirds and change in home range of bar-headed geese <i>Anser indicus</i> during breeding period at Hangcuo Lake of Tibet, China	ZHANG Guogang, LIU Dongping, QIAN Fawen, et al (395)
The habitat selection of Giant panda in Wanglang Nature Reserve, Sichuan Province, China	KANG Dongwei, KANG Wen, TAN Liuyi, et al (401)
Effects of vigilance on the patterns of functional responses of foraging in voles (<i>Microtus fortis</i>)	TAO Shuanglun, YANG Xifu, DENG Kaidong, et al (410)
Influence of heavy metal pollution on soil animal community in Luqiao, Taizhou City	BAI Yi, SHI Shidi, QI Xin, et al (421)
Annual quantitative distribution of meiofauna in relation to sediment environment in Qingdao Bay	DU Yongfen, XU Kuidong, LEI Yanli, et al (431)
Population genetic variations and phylogeography of <i>Macropodus opercularis</i>	WANG Peixin, BAI Junjie, HU Yinchang, et al (441)
Contribution of C ₃ and C ₄ host plants for the overwintering and 1 st generation of <i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner) in Northern China ..	YE Lefu, FU Xue, GE Feng (449)
Relationships between two species of insect pests and their natural enemies in tea gardens of three different altitudes	BI Shoudong, KE Shengbing, XU Jinfeng, et al (455)
The diversity of ground-dwelling beetles at cultivated land and restored habitats on the Bashang plateau	LIU Yunhui, YU Zhenrong, WANG Changliu, et al (465)
Characteristics of soil microbial communities under dry and wet condition in Zoige alpine wetland	NIU Jia, ZHOU Xiaoqi, JIANG Na, et al (474)
Microbial diversity of the jujube (<i>Zizyphus jujuba</i> Mill.) fruits surface during harvesting and storage stages	SHA Yuexia (483)
Effects of powdery mildew infection on zucchini growth under elevated CO ₂ and temperature	LIU Junzhi, GE Yaming, Pugliese Massimo, et al (491)
Impacts of arbuscular mycorrhizal fungi on soil aggregation dynamics of neutral purple soil	PENG Sili, SHEN Hong, YUAN Junji, et al (498)
The bacterial community structures in Xinjiang fault belt spring analyzed by PCR-DGGE	WU Jiangchao, GAO Xiaoqi, ZENG Jun, et al (506)
The impact of oil pollution on marine phytoplankton community growth change	HUANG Yijun, CHEN Quanzhen, ZENG Jiangning, et al (513)
Root morphological and physiological responses of rice seedlings with different tolerance to cadmium stress	HE Junyu, REN Yanfang, WANG Yangyang, et al (522)
Non-point pollution control for landscape conservation analysis based on CLUE-S simulations in Miyun County	PAN Ying, LIU Yunhui, WANG Jing, et al (529)
Analysis on ecological land rent based on ecological footprint	LONG Kaisheng, CHEN Ligen, ZHAO Yali (538)
Relationship of vegetation degradation classification and landscape accessibility classification in Shenzhen	LIU Yufan, CHEN Xue, LI Guicai, et al (547)
Review and Monograph	
Risk management approaches for environmental and human health risks in the United States and Canada	HE Guizhen, LÜ Yonglong (556)
Plant wax and its response to environmental conditions: an overview	LI Jingjing, HUANG Junhua, XIE Shucheng (565)
Acid corrosion mechanism of the sulfate-reducing bacteria and protecting studies in oilfield	ZHUANG Wen, CHU Liye, SHAO Hongbo (575)
Advance in the research of phyllospheric microorganism	PAN Jiangang, HU Qing, QI Hongyan, et al (583)

2009 年度生物学科总被引频次和影响力因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响力因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响力因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 31 卷 第 2 期 (2011 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 2 2011

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		

