

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第33卷 第3期 Vol.33 No.3 **2013**

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 33 卷 第 3 期 2013 年 2 月 (半月刊)

目 次

生态系统服务功能模拟与管理

- 保障自然资本与人类福祉:中国的创新与影响 Gretchen C. Daily, 欧阳志云, 郑 华, 等 (669)
- 建立我国生态补偿机制的思路与措施 欧阳志云, 郑 华, 岳 平 (686)
- 区域生态合作机制下的可持续农户生计研究——以“稻改旱”项目为例
..... 梁义成, 刘 纲, 马东春, 等 (693)
- 生态系统服务功能管理研究进展 郑 华, 李屹峰, 欧阳志云, 等 (702)
- 白洋淀流域生态系统服务评估及其调控 白 杨, 郑 华, 庄长伟, 等 (711)
- 汶川地震灾区生物多样性热点地区分析 徐 佩, 王玉宽, 杨金凤, 等 (718)
- 土地利用变化对生态系统服务功能的影响——以密云水库流域为例 李屹峰, 罗跃初, 刘 纲, 等 (726)
- 森林生态效益税对陕西省产业价格水平的影响 黎 洁, 刘峥男, 韩秀华 (737)
- 海南岛生态系统土壤保持功能空间特征及影响因素 饶恩明, 肖 燚, 欧阳志云, 等 (746)
- 居民对文化林生态系统服务功能的认知与态度 高 虹, 欧阳志云, 郑 华, 等 (756)
- 青海省三江源自然保护区生态移民补偿标准 李屹峰, 罗玉珠, 郑 华, 等 (764)
- 张家界武陵源风景区自然景观价值评估 成 程, 肖 燚, 欧阳志云, 等 (771)
- 国家生态保护重要区域植被长势遥感监测评估 侯 鹏, 王 桥, 房 志, 等 (780)
- 都江堰市水源涵养功能空间格局 傅 斌, 徐 佩, 王玉宽, 等 (789)
- 汶川地震重灾区生态系统碳储存功能空间格局与地震破坏评估 彭 怡, 王玉宽, 傅 斌, 等 (798)

前沿理论与学科综述

- “波特假说”——生态创新与环境管制的关系研究述评 董 颖, 石 磊 (809)
- 生态环境保护与福祉 李惠梅, 张安录 (825)
- 丛枝菌根真菌最新分类系统与物种多样性研究概况 王宇涛, 辛国荣, 李韶山 (834)

个体与基础生态

- “蒸发悖论”在秦岭南北地区的探讨 蒋 冲, 王 飞, 刘思洁, 等 (844)
- 内蒙古荒漠草原主要草食动物食性及其营养生态位 刘贵河, 王国杰, 汪诗平, 等 (856)
- 基于面向对象及光谱特征的植被信息提取与分析 崔一娇, 朱 琳, 赵力娟 (867)
- 桉树叶片光合色素含量高光谱估算模型 张永贺, 陈文惠, 郭乔影, 等 (876)
- 枫杨幼苗对土壤水分“湿-干”交替变化光合及叶绿素荧光的响应 王振夏, 魏 虹, 吕 茜, 等 (888)
- 模拟淹水对杞柳生长和光合特性的影响 赵竑绯, 赵 阳, 张 驰, 等 (898)
- 梨枣花果期耗水规律及其与茎直径变化的相关分析 张琳琳, 汪有科, 韩立新, 等 (907)
- 基于上部叶片 SPAD 值估算小麦氮营养指数 赵 犇, 姚 霞, 田永超, 等 (916)

种群、群落和生态系统

- 我国南亚热带几种人工林生态系统碳氮储量 王卫霞, 史作民, 罗 达, 等 (925)

低效柏木纯林不同改造措施对水土保持功能的影响..... 黎燕琼,龚固堂,郑绍伟,等 (934)

浙江紧水滩水库浮游植物群落结构季节变化特征..... 张 华,胡鸿钧,晁爱敏,等 (944)

黑龙江凤凰山国家级自然保护区野猪冬季容纳量及最适种群密度 孟根同,张明海,周绍春 (957)

云南苍山火烧迹地不同恢复期地表蜘蛛群落多样性..... 马艳滢,李 巧,冯 萍,等 (964)

景观、区域和全球生态

基于综合气象干旱指数的石羊河流域近 50 年气象干旱特征分析 张调风,张 勃,王有恒,等 (975)

基于 CLUE-S 模型的湟水流域土地利用空间分布模拟 冯仕超,高小红,顾 娟,等 (985)

研究简报

三大沿海城市群滨海湿地的陆源人类活动影响模式..... 王毅杰,俞 慎 (998)

洋河水库富营养化发展趋势及其关键影响因素..... 王丽平,郑丙辉 (1011)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 350 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 36 * 2013-02



封面图说:卧龙自然保护区核桃坪震后——汶川大地震是新中国成立以来破坏性最强、波及范围最大的一次地震,地震的强度、烈度都超过了 1976 年的唐山大地震。在这次地震中,震区的野外大熊猫受到不同程度的影响,卧龙自然保护区繁育中心的赠台大熊猫团团、圆圆居住的屋舍上方巨石垮塌,房舍全部毁坏,只因两只熊猫在屋外玩耍逃过一劫。不过,圆圆一度因惊恐逃走,失踪 5 天后才被找回来。由于繁育基地两面山体滑坡,竹子短缺等原因,繁育基地只能将大熊猫全部转移下山。

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

DOI: 10.5846/stxb201203260410

傅斌, 徐佩, 王玉宽, 彭怡, 任静. 都江堰市水源涵养功能空间格局. 生态学报, 2013, 33(3): 0789-0797.

Fu B, Xu P, Wang Y K, Peng Y, Ren J. Spatial Pattern of Water Retention in Dujiangyan County. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(3): 0789-0797.

都江堰市水源涵养功能空间格局

傅 斌^{1,2}, 徐 佩^{1,2}, 王玉宽^{1,2,*}, 彭 怡², 任 静²

(1. 中国科学院山地灾害与地表过程重点实验室, 成都 610041; 2. 中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041)

摘要: 水源涵养是生态系统的重要服务功能之一。识别水源涵养重要区对于制定水源保护规划, 落实陆域-水域综合保护, 防治水体污染, 保障区域用水安全具有重要意义。以 2008 年四川都江堰市为研究范围, 采用生态系统服务功能综合权衡工具-Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs (InVEST) 中的水源涵养模型对县域生态系统的水源涵养功能进行了空间制图, 然后采用综合指数法将水源涵养功能与植被减洪能力和水源地保护区进行叠加计算水源涵养重要性指数。结果表明: 尽管汶川地震导致都江堰市域部分地区水源涵养功能降低, 但都江堰市水源涵养功能整体仍然较高, 部分地区多年平均水源涵养量超过 200mm/a。都江堰市的水源涵养极重要区面积为 421km², 占全市总面积的 34.9%, 远大于目前县域的水源保护区面积, 未来应进一步加强对这些极重要区的保护, 以保证本市以及成都平原的供水安全。水域涵养功能及其重要性都存在较明显的空间分异, 大致呈现由西北向东南减少的趋势, 水源涵养重要性与水源地功能的分布密切相关, 但又不完全一致。因此, 在县域尺度上采用服务功能空间化评估结果进行重要性评价能够比较精细地反映生态系统水源涵养重要性的空间差异。但该方法还需要将人类用水需求进行空间表达, 与本文的方法进行结合, 以更准确反映水源涵养重要性的空间分异。

关键词: 生态服务; 水源涵养功能; 水源涵养重要性; InVEST; 都江堰

Spatial Pattern of Water Retention in Dujiangyan County

FU Bin^{1,2}, XU Pei^{1,2}, WANG Yukuan^{1,2,*}, PENG Yi², REN Jing²

1 Key Laboratory of Mountain Hazards and Earth Surface Process, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China

2 Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China

Abstract: Evaluation of water retention importance of the ecosystem is one of the key elements of ecological assessment and planning. The importance of water retention not only reflects the level of water retention function of the ecological system, but also reflects the water demand for human life and production on a regional scale. Identification of a water retention importance area is of great significance for the establishment of water source protection planning, the implementation of integrated protection of land and water areas, water pollution treatment, and the protection of regional water resource security. In this paper, the assessment of water retention importance of Dujiangyan where there was hit by earthquake in 2008 was carried out by using the InVEST (Integrated Valuation and Tradeoffs of Ecosystem Services) model on a county scale, then the water retention importance was assessed by using the composite index method in combination with the flood mitigation capacity of vegetation and the distribution of water source protection area. The results showed that although water retention functions in some places of Dujiangyan were impaired because of Wenchuan earthquake, water retention functions in Dujiangyan City as a whole are still high. In some areas, the average amount of water retention is over 200mm/a. The very important water retention area of Dujiangyan covers an area of 421km², and accounts for 34.9% of the total area of the city, which are much larger than the city's current water source protection area. Therefore, the protection of these very important areas should be further strengthened in the future, so as to ensure the water resource security of the city and the

基金项目: 中国科学院西部之光项目 (基于 GIS 的生态补偿标准研究); 全球环境基金项目 (GEF) (长江流域自然保护与洪水控制); 戈登和贝蒂摩尔基金

收稿日期: 2012-03-26; **修订日期:** 2013-01-06

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wangyukuan@imde.ac.cn

whole Chengdu Plain. The water retention functions and their importance show relatively obvious spatial variations, generally displaying a decreasing trend from northwest to southeast. Water retention importance is closely related to the distribution of water retention functions, but the case is not exactly the same. Therefore, on a county scale using the results of assessment of service function space to evaluate the importance can precisely reflect the spatial difference of water retention importance of ecosystems. However, this method can be improved by mapping the water demand of human.

Key Words: ecosystem service; water retention function; water retention importance; InVEST; Dujiangyan

生态系统服务功能重要性评价是根据生态系统结构、过程与生态服务功能的关系,分析生态服务功能特征,及其对全国或区域生态安全的重要程度^[1]。水源涵养重要性在于整个区域对于评价地区水资源的依赖程度,随所处流域级别等存在差异^[2]。生态系统通过林冠、枯落物、根系以及土壤将降水拦蓄在系统内部,不仅满足系统内各生态组分对水源的需要,同时持续地向外部提供水源,在众多生态服务功能中占有非常关键的地位。因此,在不同尺度的生态区划中,水源涵养重要性评价都是必不可少的内容^[3-6]。目前对水源涵养重要性评价的方法基本是按照环保部生态功能评估暂行规定,即按河流的上中游进行评价。这种评估主要考虑人类社会对水源的需求,没有考虑水源涵养功能的分布情况,在较大尺度上可行,但在县域一级尺度上就略显简单。此外,也有研究采用地形地貌、年降水量、植被类型为指标评价了区域生态系统的水源涵养重要性^[7]。

都江堰市位于成都市的上游,是举世闻名的都江堰水利工程所在地。都江堰已成为实灌面积 $67.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 的特大型灌区,不仅满足了成都平原和川中丘陵地区农业灌溉的需要,而且还为灌区提供了供水、发电、水产养殖、生态保护、旅游等综合服务^[8]。市域生态系统的水源涵养功能好坏不仅直接关系本市的供水安全,同时也对成都市乃至整个成都平原的社会经济都有重要的影响。汶川地震对都江堰市生态系统造成了巨大破坏^[9],直接影响水源涵养功能。准确评估震后市域生态系统的水源涵养重要性将对其创建国家级生态市,保障整个成都平原的生态安全具有重要意义。本文将采用 Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs (InVEST) 模型对水源涵养功能进行定量评估,在此基础上进行县域水源涵养重要性评价。

1 研究区概况

都江堰市位于四川盆地成都平原西北部,距离省会成都市 40 km (图 1),东经 $103^\circ 25' 42''$ — $103^\circ 47' 00''$,北纬 $30^\circ 44' 54''$ — $31^\circ 22' 09''$,面积 1207.5 km^2 。由于地处川西高原向四川盆地过渡区,地貌差异显著,北部为中山区,西南部为低山丘陵区,东部为丘陵即平原区,地势呈现西高东低的趋势。气候类型为亚热带湿润季风气候。多年平均气温为 15.2°C ,多年平均降水量为 1225.4 mm,最丰年为 1605.4 mm,最少年为 713.5 mm,降水季节分配不均,出现冬干、春旱、夏多暴雨、秋天阴雨连绵的特点,5—9 月降水量占全年总量的 77.8%。都江堰市处于川西平原的源头区,境内河渠纵横,均为岷江支流,水源涵养直接关系到下游生态系统服务功能的发挥。同时,都江堰市城镇及成都平原生活和工业用水基本都取用地表水作为水源,水源涵养和水质保护对保证区域人口的正常生活和工农业生产非常重要。

2 研究方法

2.1 InVEST 水源涵养模型

水源涵养功能的评价方法有土壤蓄水法^[10]、降水储存量法^[11]、区域水量平衡法^[12]和地下径流增长法^[13]。本文采用 InVEST 模型进行定量评估^[14-15]。该模型根据水量平衡原理计算流域产水量,在产水量的基础上再考虑土壤厚度、渗透性、地形等因素的影响,计算水源涵养量。具体计算方法如下:

$$WR = (1 - TI) \times \text{Min}(1, K_{\text{sat}}/300) \times \text{Min}(1, \text{TravTime}/25) \times \text{Yield} \quad (1)$$

式中,WR 为多年平均涵养水量 (mm);TI 为地形指数,无量纲,根据 DEM 计算; K_{sat} 为土壤饱和导水率 (cm/d);TravTime 为径流运动时间 (min),用坡长除以流速系数 (vel_coef) 得到。



图1 都江堰市区位图

Fig.1 location of Dujiangyan in Sichuan Province

$$TI = \log \left(\frac{\text{Drainage area}}{\text{Soil depth} \times \text{Percent slope}} \right) \quad (2)$$

式中, Drainage area 为集水区栅格数量, 无量纲, Soil depth 为土壤深度 (mm), Percent slope 为百分比坡度。

产水量 Yield 由下式计算:

$$Y_{jx} = \left(1 - \frac{AET_{xj}}{P_x} \right) P_x \quad (3)$$

式中, Y_{jx} 为年产水量, P_x 为栅格单元 x 的年均降雨量; AET_{xj} 为土地利用类型 j 上栅格单元 x 的年平均蒸散发量, 由(4)式计算:

$$\frac{AET_{xj}}{P_x} = \frac{1 + \omega_x R_{xj}}{1 + \omega_x R_{xj} + 1/R_{xj}} \quad (4)$$

式中, R_{xj} 为土地利用类型 j 上栅格单元 x 的干燥指数, 无量纲, 表示潜在蒸发量与降雨量的比值:

$$R_{xj} = \frac{k \times ET_0}{P_x} \quad (5)$$

式中, k (或 ETk) 为作物系数, 是作物蒸散量 ET 与潜在蒸散量 ET_0 的比值; 潜在蒸散发量 ET_0 , 是指假设平坦地面被特定矮杆绿色植物全部遮蔽, 同时土壤保持充分湿润情况下的蒸散量, 采用下式计算:

$$ET_0 = 0.0013 \times 0.408 \times RA \times (T_{avg} + 17) \times (TD - 0.0123P)^{0.76} \quad (6)$$

式中, ET_0 为潜在蒸散量 (mm/d); RA 太阳大气顶层辐射 ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$); T_{avg} 是日最高温均值和日最低温均值的平均值 ($^{\circ}\text{C}$); TD 是日最高温均值和日最低温均值的差值 ($^{\circ}\text{C}$)。

太阳大气顶层辐射用气象站太阳平均总辐射除以 50% 计算获得 (假设大气层顶的太阳辐射是 100%。那么太阳辐射通过大气后发生散射、吸收和反射, 向上散射占 4%, 大气吸收占 21%, 云量吸收占 3%, 云量反射

占 23%, 共约损失 50%)。

ω_x 为修正植被年可利用水量与降水量的比值, 无量纲:

$$\omega_x = Z \frac{AWC_x}{P_x} \quad (7)$$

式中, Z 为 Zhang 系数^[16], 是表征多年平均降水特征用一个常数, 是模型的关键参数, 默认值是 9.433; AWC_x 为可利用水;

$$AWC_x = \text{MIN}(\text{MaxSoilDepth}_x, \text{RootDepth}_x) \times \text{PWAC}_x \quad (8)$$

式中, MaxSoilDepth 为最大土壤深度; RootDepth 为根系深度; PWAC_x 为植被可利用水, 利用土壤质地计算^[17];

$$\text{PAWC} = 54.509 - 0.132\text{sand} - 0.003(\text{sand})^2 - 0.055\text{silt} - 0.006(\text{silt})^2 - 0.738\text{clay} + 0.007(\text{clay})^2 - 2.688\text{OM} + 0.501(\text{OM})^2 \quad (9)$$

式中, sand 为土壤砂粒含量(%); silt 为土壤粉粒含量(%); clay 为土壤粘粒含量(%); OM 为土壤有机质含量(%)。

2.2 重要性评价

水源涵养重要性评价采用综合指数法。同时考虑生态系统的供水功能, 以及对洪水的减缓作用。水源涵养功能用水源涵养量表示, 生态系统减洪作用用暴雨截流量表示。采用次降雨饱和截流量与多年平均暴雨日数相乘得到, 然后对水源涵养量和植被截流量进行分级赋值后相加, 结果按表 2 分级确定重要性。水源地保护区和饮用水水源地是水源涵养功能被利用的区域, 直接被认定为极重要区。

表 1 水源涵养功能分级

Table 1 Classification of water retention function

涵养量 Water retention/mm	>60	40—60	20—40	<20
截流量 Water interception/mm	>6	4—6	1—4	<1
分级赋值 Classfy	1	2	3	4

表 2 水源涵养重要性分级

Table 2 importance of water retention reclass

重要性指数 Importance index	0—4	5—7	>7
重要性级别 Importance level	极重要	重要	一般重要

2.3 参数与数据

InVEST 水源涵养模型需要输入的参数有蒸散系数 (ET_k), 根系深度, 流速系数 (表 3)。潜在蒸散发量 PET, 与模型中参考蒸散量 (ET_0) 概念相同, 是指假设平坦地面被特定矮杆绿色植物全部遮蔽, 同时土壤保持充分湿润情况下的蒸散量。估算潜在蒸散量的方法主要有 Penman-Monteith (PM)^[18]、Hargreaves (HG)^[19]、Thornthwaite 法^[20]、Modified-Hargreaves 法^[21]。InVEST 模型推荐数据难以获取的地区使用 Modified-Hargreaves 法。

最大根系深度表示植被能获得水的深度。各植被的最深根系可以由相关文献获得^[22-26]。作物系数是指一定时段内水分充分供应的农作物实际蒸散量与生长茂盛、覆盖均匀、高度一致 (8—15cm) 和土壤水分供应充足的开阔草地蒸散量的比值, 参照联合国粮农组织 (FAO) 出版的《作物蒸散量-作物需水量计算指南》模型提供的参考数据以及研究区地表植被覆盖实际情况确定^[26-32]。流速系数表示了不同的下垫面对地表径流运动的影响。以 USDA-NRCS 提供的国家工程手册上的流速-坡度-景观表格为基准, 乘以 1000 得到的。土壤饱和和导水率采用澳大利亚威尔士大学开发的 NeuroTheta 软件计算^[33]。

除上述参数外, 运行模型还需要土地利用、DEM、土壤质地和长期气象数据。其中气象数据通过中国气

象数据共享网获得,其他数据通过到都江堰市实地调查收集得到。

植被次暴雨截流量参考相关文献确定^[34-36]。暴雨日数为多年平均的日降雨量大于 50mm 的日数,采用四川省 1951—2005 年日降雨资料插值获得。

表 3 InVEST 模型参数表
Table 3 Parameters for InVEST model

土地利用 Land use	1000ETk	根系深度/mm root_depth	流速系数 vel_coef	土地利用类型	1000ETk	根系深度/mm root_depth	流速系数 vel_coef
灌溉水田 Rice field	700	300	2012	望天田 Rained paddy	750	300	900
水浇地 Irrigated land	750	300	900	旱地 Dryland	750	300	900
菜地 Vegetation land	750	300	600	园地 Garden	800	700	500
桑园 Mulberry filed	800	700	500	菜园 Vegetation garden	800	700	500
其他园地 Other garden	800	700	500	有林地 Forest	1000	5000	200
灌林地 Shrub forest	900	2000	249	疏林地 Open forest	900	3000	300
未成林地 Young forest	800	1500	400	迹地 Slash	800	1	2012
苗圃 Nursery garden	800	500	600	天然草地 Native grass	600	500	500
荒草地 Wild grass	650	500	400	农田水利用地 Water conservancy	500	1	2012
建制镇 Town	1	1	2012	农村居民地 Rural resident	1	1	2012
独立工矿 Mine	1	1	2012	特殊用地 Special area	1	1	2012
铁路用地 Railway	1	1	2012	公路用地 Road	1	1	2012
水库水面 Reservoir	700	1	2012	水工建设用地 Hydraulic construction land	1	1	2012
坑塘水面 Pond	500	1	2012	养殖水面 Aquiculture area	500	1	2012
沼泽地 Marsh	500	300	900	沙地 Sand	1	1	200
裸岩石砾地 Rock	1	1	1500	其他 Other	1	1	500
河流 River	1000	0	2012	塘库 Water pond	300	1	2012

3 结果

3.1 水源涵养功能

图 2 给出了都江堰市生态系统水源涵养功能评估结果。全市生态系统多年平均水源涵养量为 266mm/a,占年均降水量的 21.7%,水源涵养总量达到 3.21 亿 m³,为紫坪铺水库库容的 28.8%。水源涵养功能在市域内表现出明显的空间差异。水源涵养功能较高的区域有两个,其一为市域的北部中低山区,包括虹口乡与龙池镇的部分地区,多年平均水源涵养量在 200—260mm 之间;其二市域的西南部低山丘陵区,主要是青城山一带,多年平均水源涵养量在 150—220mm 之间,与北部山区不同的是该地区虽然水源涵养功能总体较高,但分布不及前者集中,在高涵养区中间同时还散布一些中低功能区。水源涵养功能较差的地区主要分布在北部高山区和东部平原区。前者主要是受地质影响,但是大面积的森林和草地被破坏,形成涵养能力极差的裸岩石砾地,但都江堰降水丰富,采用自然恢复为主结合人工植被重建应该能较快恢复。东部平原区是人口集中分布的区域,土地利用类型以耕地和建设用地为主,水源涵养能力较差。市域其他地区水源涵养功能处于中等。需要指出的是,都江堰水利工程以及紫坪铺水

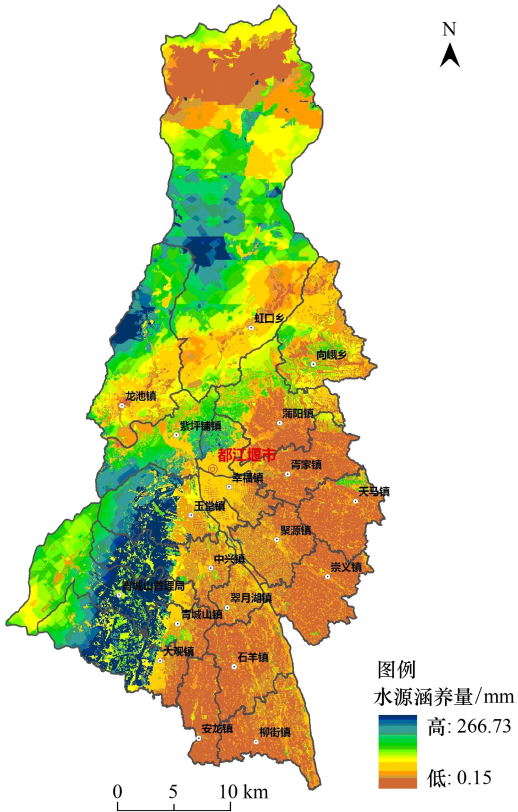


图 2 都江堰市水源涵养功能
Fig. 2 Water retention function of Dujiangyan

库所在地的紫坪铺镇水源涵养功能并不是最高,其原因是这一地区已处于岷江干旱河谷地区,植被稀疏、降雨偏少,因此生态系统水源涵养功能一般。

3.2 水源涵养重要性

由于地处成都市的上游,都江堰水源涵养整体上都属重要。图 3a 表明,都江堰市生态系统的减洪功能都重要,市域西部的青城山至虹口一带,是森林主要分布区,也是山区,其减洪功能对于缓解市域的洪灾极为重要,这主要由生态系统的分布与暴雨分布决定。与之类似,水源涵养重要区空间分异也较为明显(图 3b),极重要区主要集中在县域北部,包括龙池镇与虹口乡的大部分地区,以及市域西南的青城山风景区中部与大观镇的西部。由于紫坪铺水库对于下游的供水安全极为重要,因此尽管其水源涵养功能不是最高,其重要性等级仍然为极重要。市域东部的广大平原与丘陵区由于水源涵养功能较差,故水源涵养重要性等级最低。其余地区重要性处于中等。水源涵养重要性总体上与水源涵养功能的格局一致,这说生态功能评估结果在生态重要性评价中占有重要地位,因此在数据和方法可行的条件下,应尽量以水源涵养功能评估为基础进行水源涵养重要性评价。

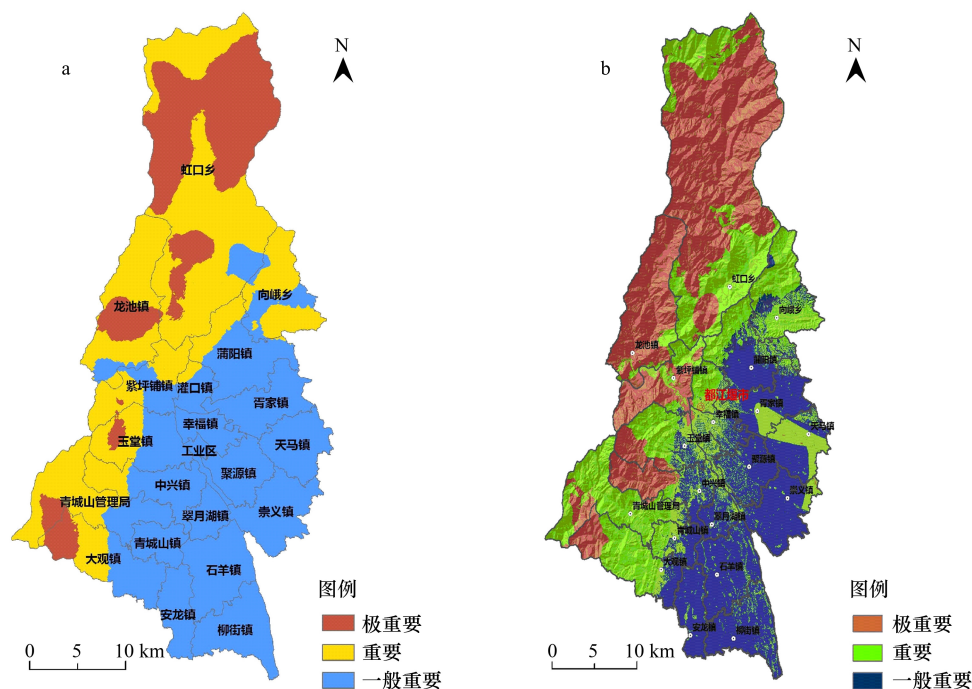


图 3 重要性评价

Fig. 3 water retention importance of Dujiayan

a. 植被减洪重要性, b. 水源涵养重要性

4 讨论与结论

采用 InVEST 模型可以对县域水源涵养功能进行定量评估,在此基础上开展的水源涵养重要性评价能够较为精细地反映水源涵养功能的空间差异及其对人类社会的重要性。根据本文的研究结果,都江堰市的水源涵养极重要区面积为 421 km^2 , 占全市总面积的 34.9% , 远大于目前县域的水源保护区面积。因此在灾后重建以及都江堰的生态市建设(2010—2020)中,需要围绕水源涵养功能的恢复,开展水源保护区建设。受地震破坏,县域北部水源涵养功能破坏较重,但由于都江堰地处川西高原向盆地过渡地区,地势西高东低,来自东部的季风县域西部和北部形成丰富的降水,有利于植被快速恢复,只要采取自然修复并辅以人工植被建设,就能在较短时间恢复该地区的水源涵养功能。

水源涵养重要性评价需要以水源涵养功能评估为基础。由于缺乏对水源涵养定量评价的方法,目前多数评估都采用替代的方式。如胡国红在评估长江上游森林生态系统水源涵养功能时,从拦截蓄水,调节径流和

净化水质 3 个方面构建了 11 个指标的评价体系,但对拦截蓄水采用的土壤孔隙度、厚度等参数,评价的是生态系统潜在的水源涵养功能,而不是实际能够提供的功能^[37]。王春菊采用地形地貌、年降水量、植被类型为指标评价了区域生态系统的水源涵养重要性^[7],实际上也是从生态系统涵养水源的能力角度出发,但没有明确计算水源涵养量。水源涵养重要性不仅要反映供水功能的差异,同时也要体现对缓解洪水的作用。在类似的评估中都没有进行区分。目前对水源涵养重要性的评价主要按生态系统处于流域中的位置关系进行评价^[2,4,6],并没有考虑功能的差异,适用于大尺度的评估。在县域评价时,特别是山区,其人口分布主要在下游,流域位置关系简单,仅用这种关系不能有精细的划分。而采用 InVEST 模型进行水源涵养重要性评价能够做到定量化和空间化,识别的重要区更为精细。

水源涵养重要性评价是制定水资源利用,生态保护等政策与规划的基础。水源涵养重要性的科学评价首先依赖水源涵养功能的准确评估,尽管本文采用 InVEST 模型进行了定量评估,但由于问题的复杂性,未来在以下方面还需要深入研究:1)水源涵养功能不仅反映了生态系统自身调节水分的能力,同时还受到气候条件的影响,如何在评估中区分生态水源涵养的潜在能力与生态系统实际能够提供的功能是评估中的关键问题;2)在水源涵养重要性评价中还需要定量考虑水源涵养区与下游需水区的关系,将下游地区对上游地区水源的需求在空间上和数量上进行计算,这将为实施生态补偿,切实保护水源地提供科学依据。

致谢:本文使用了美国斯坦福大学与世界自然基金会(WWF)以及大自然保护协会(TNC)联合开发的综合生态系统服务评估模型(InVEST),在模型调试与验证过程中得到了 Gretchen Daily 教授,Driss 博士的热情帮助,特此致谢。

References:

- [1] Ministry of Environmental Protection and Chinese Academic of Science. National ecological function zoning, 2008; 1-70.
- [2] Xu W H, Ouyang Z Y, Wang X Z, Wang W J, Dong R C, Bai Y. Assessment of ecological protection importance for ecological conservation in Wenchuan Earthquake hard-hit disaster areas. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(12):5820-5825.
- [3] Research Center for Eco-Environmental Sciences and Anhui Province Environmental Protection Bureau. Regionalization of ecological function in Anhui Province, 2003;1-146.
- [4] Tang X H. Regionalization of ecological function in Fujian Province[D]. Thesis of Fujian normal university, 2005;1-199.
- [5] Research Center for Eco-Environmental Sciences and Environmental Science Research Institute of Hainan Province. Regionalization of ecological function in Hainan Province, 2004;1-197.
- [6] Yang Y Q, Yu X X, Bian Y S, Tang D Y, Wang X L, Han B A. Study on the Eco-functional Regionalization of County Region by taking a case study of Tongbai. *Environmental Science Survey*, 2007(26supp):39-44.
- [7] Wang Ch J and Tang X H. A GIS-based Study on the Function of Water retention. *Research of Soil and Water retention*, 2008, 15(2):215-217.
- [8] Qing Sh Y and Ma G W. Preliminary analysis of water resources carrying capacity of Dujiangyan. *Sichuan Water Resources*, 2009,1: 33-36.
- [9] Xu X G, Yan L, Xu N A. Protection and restoration of natural heritages in post-earthquake reconstruction; a case of Dujiangyan City. *Acta Ecologica Sinica*. 2008,28(12):5862-5870.
- [10] Ma X H. *Forest Hydrology*. Beijing: China Forestry Press, 1993.
- [11] Zhang S H, Zhao G Zh, Tian Y Zh, Xuan L H. Study on value the ecological environment valuation of forestry resources-For case by Hunchun forestry in Changbai Mountain. *Journal of Yanbian University (Natural Science Edition)*, 2001, 27(2): 126-134.
- [12] Xiao H, OuYang Zh Y, Zhao J Zhu, Wang X K. Forest ecosystem services and their ecological valuationA case study of tropical forest in Jianfengling of Hainan island. *Chinese Journal of applied ecology*, 2000, 11(4): 481-484.
- [13] Hou Y Z, Zhang Y, Cao K Y. *Forest resources (volume 1)*. Beijing: China Science and Technology Press, 2005.
- [14] Erik Nelson, Guillermo Mendoza, James Regetz, Stephen Polasky, Heather Tallis, DRichard Cameron, Kai MA Chan, Gretchen C Daily, Joshua Goldstein, Peter M Kareiva, Eric Lonsdorf, Robin Naidoo, Taylor H Ricketts, and MRebecca Shaw. Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2009, 7(1): 4-11.
- [15] Peter Kareiva, Heather Tallis, Taylor H Ricketts, Gretchen C Daily, Stephen Polasky. *Natural Capital: Theory and Practice of Mapping Ecosystem Services*. Oxford University Press, 2011
- [16] Zhang L, Dawes W R, Walker G. R. Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale [J]. *Water Resource*

- Research, 2001, 37(3):701-708.
- [17] Zhou W Z, Liu G H, Pan J J. Soil Available Water Capacity and it's Empirical and Statistical Models-with a Special Reference to Black Soils in Northeast China, 2003, 17(4):88-93.
- [18] Gao G, Chen D L, Ren G Y, Chen Y, Liao Y M. Trend of potential evapo-transpiration over China during 1956 to 2000. Geographical Research, 2006, 25(3): 378-387.
- [19] Yu X X, Zhao Y T, Zhang Zh Q, Cheng G W. Characteristics of soil water infiltration in sub-alpine dark coniferous ecosystem of upper reaches of Yangtze River. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(1): 15-19.
- [20] Chen H. Southeastern Hubei red soil moisture characteristics and infiltration properties[D]. Wuhan: Master Thesis, Huazhong Agricultural University, 2003:1-54.
- [21] Chen F Q, Si H. A Primary Study on the relation of soil macropore and water infiltration in evergreen broad-leaved forest of Jinyun Mountain. Journal of Southwest China Normal University(Natural Science), 2005, 30(2): 350-353.
- [22] Milan K. Distribution of root biomass and length in Picea abies ecosystem under different immission regions. Plant and Soil, 1994, 167: 173-179.
- [23] Liu J M, An Sh Q, Liao R W, Ren S X, Liang H. Temporal variation and spatial distribution of the root system of corn in a soil profile. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2009, 17(3): 517-521.
- [24] Huang G, Zhao X Y, Su Y G. Root dynamics of three grasses in horqin sandy land of China. Journal of Plant Ecology, 2007, 31(6): 1161-1167.
- [25] Zhu X D, Tang S Q. Initial Discussion on Eco-Characteristics and Application of Vetiver in North Fujian Province Fujian Soil and Water retention, 2005, 17(2): 21-22, 70.
- [26] Li P, Li Zh B, Tan T Z. Dynamic distribution characters of herbaceous vegetation root systems in abandoned grasslands of Loess Plateau. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(5): 849-853.
- [27] Shao X M, Yan Ch R. Study on the pattern of water requirements of main crops and rainfall in the Yellow River Basin. Chinese Journal of Agrometeorology, 2007, 28(1): 40-44.
- [28] Li J, Zhang Y F, Ban X X. Study on corn crop coefficients in Liaoning. Liaoning Meteorological, 2000, 1: 18-20.
- [29] Peng S Z, Suo Li S. Water requirement model for crop under the condition of water-saving irrigation Journal of Hydraulic Engineering, 2004, 1: 17-21.
- [30] Li Y L, Cui J Y, Zhang T H. Measurement of evapo-transpiration and crop coefficient of irrigated spring wheat in Naiman sandy cropland, Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(6): 930-934.
- [31] Xie S H, Yang M G. Rengming Drainage Plain Irrigation water demand and water demand law. Sichuan Water Resoure, 2001, 1(11): 33-35.
- [32] Tian F Q, Hu H P, Yang S X. Computer Simulation of Irrigation Water Requirement for Paddy Rice. Transactions of the chinese society of agricultural engineering, 1999, 15(4): 100-103.
- [33] Minasny B, Mcbratney A B. Neuro Theta, pedotransfer functions for predicting soil hydraulic properties for australia soil[EB/OL]. Australian Centre for Precision Agriculture, The University of Sydney, 2003. <http://www.Usyd.edu.au/su/agric/aepa>.
- [34] Chang Z Y, Bao W K, He B H, Yang Y C, He Q H. Interception and Distribution Effects of Mixed Artificial *Pinus tabulaeformis* and *Pinus armandi* Forests on Precipitation in the Upper Reaches of Minjiang River. Journal of Soil and Water Conservation, 2006, 20(6): 37-40.
- [35] Gong H D, Wang K Y, Yang W Q, Wang Q, Zhang Y B. Throughfall and stem flow in a *Betula platyphylla* forest at the subalpine of Western Sichuan. Chinese Journal of Ecology, 2004, 23(4): 17-20.
- [36] Li Z X, Ouyang Z Y, Zheng H, Liu X L, Su Y M. Comparison of rainfall redistribution in two ecosystems In Minjiang upper catchments, china. Journal of Plant Ecology (formerly Acta Phytocologica Sinica), 2006, 30(5): 723-731.

参考文献:

- [1] 环境保护部, 中国科学院. 全国生态功能区划, 2008, 1-70
- [2] 徐卫华, 欧阳志云, 王学志, 王文杰, 董仁才, 白杨. 汶川地震重灾区生态保护重要性评价与对策, 生态学报, 2008, 28(12): 5820-5825.
- [3] 中国科学院生态环境研究中心, 安徽省环境保护局. 安徽省生态功能区划研究报告, 2003: 1-146.
- [4] 汤小华. 福建省生态功能区划研究[D]. 福建师范大学, 博士论文, 2005: 1-199.
- [5] 中国科学院生态环境研究中心, 海南省环境科学研究院. 海南省生态功能区划, 2004: 1-197.
- [6] 杨永强, 余新晓, 卞有生, 汤大友, 汪西林, 韩保安. 县域生态功能区划研究——以桐柏县为例. 环境科学导论, 2007(26)增刊: 39-44.
- [7] 王春菊, 汤小华. GIS 支持下的水源涵养功能评估. 水土保持研究, 2008, 15(2): 215-217.
- [8] 覃绍一, 马光文. 都江堰水资源承载力初步分析. 四川水利, 2009, 1: 33-36.
- [9] 许学工, 颜磊, 许诺安. 震后重建中的自然遗产保护——以都江堰市为例. 生态学报, 2008, 28(12): 5862-5870.
- [10] 马雪华. 森林水文学. 北京: 中国林业出版社, 1993.

- [11] 张三焕,赵国柱,田允哲,玄莲玉.长白山珥春林区森林资源资产生态环境价值的评估研究. 延边大学学报(自然科学版), 2001, 27(2): 126-134.
- [12] 肖寒,欧阳志云,赵景柱,王效科. 森林生态系统服务功能及其生态经济价值评估初探——以海南岛尖峰岭热带森林为例. 应用生态学报, 2000, 11(4): 481-484.
- [13] 侯元兆,张颖,曹克瑜. 森林资源核算(上卷). 北京:中国科学技术出版社,2005.
- [17] 周文佐,刘高焕,潘剑君. 土壤有效含水量的经验估算研究——以东北黑土为例. 干旱区资源与环境,2003,17(4):88-93.
- [18] 高歌,陈德亮,任国玉,陈峪,廖要明. 1956—2000 年中国潜在蒸散量变化趋势. 地理研究, 2006, 25(3): 378-387.
- [19] 余新晓,赵玉涛,张志强,程根伟. 长江上游亚高山暗针叶林土壤水分入渗特征研究. 应用生态学报, 2003, 14(1): 15-19.
- [20] 陈浩. 鄂东南红壤水分特征和入渗性能的研究[D]. 华中农业大学硕士论文, 2003;1-54.
- [21] 陈凤琴,石辉. 缙云山常绿阔叶林土壤大空隙与入渗性能关系初探. 西南师范大学学报, 2005, 30(2): 350-353.
- [23] 刘晶森,安顺清,廖荣伟,任三学,梁宏. 玉米根系在土壤剖面中的分布研究. 中国生态农业学报, 2009, 17(3): 517-521.
- [24] 黄刚,赵学勇,苏延桂. 科尔沁沙地 3 种草本植物根系生长动态. 植物生态学报,2007, 31(6): 1161-1167.
- [25] 朱秀端,唐松青. 香根草生态学特性及其在闽北的应用. 亚热带水土保持, 2005, 17(2): 21-22, 70.
- [26] 李鹏,李占斌,澹台湛. 黄土高原退耕草地植被根系动态分布特征. 应用生态学报, 2005, 16(5): 849-853.
- [27] 邵晓梅,严昌荣. 黄河流域主要农作物的降水盈亏格局分析中国农业气象, 2007, 28(1): 40-44.
- [28] 李晶,张运福,班显秀. 辽宁玉米作物系数研究. 辽宁气象,2000,1:18-20.
- [29] 彭世彰,索丽生. 节水灌溉条件下作物系数和土壤水分修正系数试验研究. 水利学报, 2004, 1: 17-21.
- [30] 李玉霖,崔建垣,张铜会. 奈曼地区灌溉麦田蒸散量及作物系数的确定. 应用生态学报, 2003. 14(6): 930-934.
- [31] 谢素华,杨明高. 人民渠平原灌区油菜需水量及需水规律研究, 四川水利, 2001, 1(11): 33-35.
- [32] 田富强,胡和平,杨诗秀. 水稻灌溉制度的计算机模拟. 农业工程学报,1999, 15(4): 100-103.
- [34] 常志勇,包维楷,何丙辉,杨以翠,何其华. 岷江上游油松与华山松人工混交林对降雨的截留分配效应. 水土保持学报,2006,20(6): 37-40.
- [35] 巩合德,王开运,杨万勤,王乾,张远彬. 川西亚高山白桦林穿透雨和茎流特征观测研究. 生态学杂志,2004,23(4):17-20.
- [36] 李振新,欧阳志云,郑华,刘兴良,宿以明. 岷江上游两种生态系统降雨分配的比较. 植物生态学报,2006,30(5):723-731.
- [37] 胡国红,彭培好,王玉宽,廖清泉. 基于 GIS 的长江上游生态系统水源涵养功能. 安徽农业科学,2008,36(21):8919-8921.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 3 February, 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Ecosystem Service Simulation and Management

Securing Natural Capital and Human Well-Being: Innovation and Impact in China	Gretchen C. Daily, Ouyang Zhiyun, Zheng Hua, et al (677)
Establishment of ecological compensation mechanisms in China: perspectives and strategies	OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua, YUE Ping (686)
Regional cooperation mechanism and sustainable livelihoods: a case study on paddy land conversion program (PLCP)	LIANG Yicheng, LIU Gang, MA Dongchun, et al (693)
Progress and perspectives of ecosystem services management	ZHENG Hua, LI Yifeng, OUYANG Zhiyun, et al (702)
Ecosystem services valuation and its regulation in Baiyangdian basin: Based on InVEST model	BAI Yang, ZHENG Hua, ZHUANG Changwei, et al (711)
Identification of hotspots for biodiversity conservation in the Wenchuan earthquake-hit area	XU Pei, WANG Yukuan, YANG Jinfeng, et al (718)
Effects of land use change on ecosystem services: a case study in Miyun reservoir watershed	LI Yifeng, LUO Yuechu, LIU Gang, et al (726)
Impacts of forest eco-benefit tax on industry price levels in Shaanxi Province, China	LI Jie, LIU Zhengnan, HAN Xiuhua (737)
Spatial characteristics of soil conservation service and its impact factors in Hainan Island	RAO Enming, XIAO Yi, OUYANG Zhiyun, et al (746)
Perception and attitudes of local people concerning ecosystem services of culturally protected forests	GAO Hong, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua, et al (756)
Standard of payments for ecosystem services in Sanjiangyuan Natural Reserve	LI Yifeng, LUO Yuzhu, ZHENG Hua, et al (764)
Natural landscape valuation of Wulingyuan Scenic Area in Zhangjiajie City	CHENG Cheng, XIAO Yi, OUYANG Zhiyun, et al (771)
Satellite-based monitoring and appraising vegetation growth in national key regions of ecological protection	HOU Peng, WANG Qiao, FANG Zhi, et al (780)
Spatial Pattern of Water Retention in Dujiangyan County	FU Bin, XU Pei, WANG Yukuan, et al (789)
Spatial distribution of carbon storage function and seismic damage in wenchuan earthquake stricken areas	PENG Yi, WANG Yukuan, FU Bin, et al (798)

Frontiers and Comprehensive Review

The Porter Hypothesis: a literature review on the relationship between eco-innovation and environmental regulation	DONG Ying, SHI Lei (809)
Ecological protection and well-being	LI Huimei, ZHANG Anlu (825)
An overview of the updated classification system and species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi	WANG Yutao, XIN Guorong, LI Shaoshan (834)

Autecology & Fundamentals

Evaporation paradox in the northern and southern regions of the Qinling Mountains	JIANG Chong, WANG Fei, LIU Sijie, et al (844)
The diet composition and trophic niche of main herbivores in the Inner Mongolia Desert steppe	LIU Guihe, WANG Guojie, WANG Shiping, et al (856)
Abstraction and analysis of vegetation information based on object-oriented and spectra features	CUI Yijiao, ZHU Lin, ZHAO Lijuan (867)
Hyperspectral estimation models for photosynthetic pigment contents in leaves of <i>Eucalyptus</i>	ZHANG Yonghe, CHEN Wenhui, GUO Qiaoying, et al (876)
Response of photosynthesis and chlorophyll fluorescence characteristics of <i>Pterocarya stenoptera</i> seedlings to submergence and drought alternation	WANG Zhenxia, WEI Hong, LÜ Qian, et al (888)

Effect of flooding stress on growth and photosynthesis characteristics of <i>Salix integra</i>	
.....	ZHAO Hongfei, ZHAO Yang, ZHANG Chi, et al (898)
Water consumption of pear jujube trees (<i>Ziziphus jujuba</i> Mill.) and its correlation with trunk diameter during flowering and fruit development periods	ZHANG Linlin, WANG Youke, HAN Lixin, et al (907)
Estimation of nitrogen nutrient index on SPAD value of top leaves in wheat	
.....	ZHAO Ben, YAO Xia, TIAN Yongchao, et al (916)
Population, Community and Ecosystem	
Carbon and nitrogen storage under different plantations in subtropical south China	
.....	WANG Weixia, SHI Zuomin, LUO Da, et al (925)
Impact on water and soil conservation of different bandwidths in low-efficiency cypress forest transformation	
.....	LI Yanqiong, GONG Gutang, ZHENG Shaowei, et al (934)
Seasonal changes of phytoplankton community structure in Jinshuitan Reservoir, Zhejiang, China	
.....	ZHANG Hua, HU Hongjun , CHAO Aimin, et al (944)
Winter carrying capacity and the optimum population density of wild boar in fenghuang Mountains National Nature Reserve of Heilongjiang Province	MENG Gentong, ZHANG Minghai, ZHOU Shaochun (957)
Diversity of ground-dwelling spider community in different restoring times of post-fire forest, Cangshan Mountain, Yunnan Province	
.....	MA Yanyan, LI Qiao, FENG Ping, et al (964)
Landscape, Regional and Global Ecology	
Drought characteristics in the shiyang river basin during the recent 50 years based on a composite index	
.....	ZHANG Tiaofeng, ZHANG Bo, WANG Youheng, et al (975)
Land use spatial distribution modeling based on CLUE-S model in the Huangshui River Basin	
.....	FENG Shichao, GAO Xiaohong, GU Juan, et al (985)
Research Notes	
Patterns of terrestrial anthropogenic impacts on coastal wetlands in three city clusters in China	WANG Yijie, YU Shen (998)
Eutrophication development and its key affected factors in the Yanghe Reservoir	WANG Liping, ZHENG Binghui (1011)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,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,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

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 3 期 (2013 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 3 (February, 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