

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

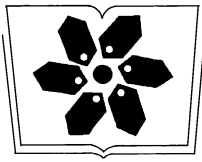
Acta Ecologica Sinica



第33卷 第14期 Vol.33 No.14 **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 14 期 2013 年 7 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

石鸡属鸟类研究现状..... 宋 森,刘迺发 (4215)

个体与基础生态

不同降水及氮添加对浙江古田山 4 种树木幼苗光合生理生态特征与生物量的影响.....
..... 闫 慧,吴 茜,丁 佳,等 (4226)

低温胁迫时间对 4 种幼苗生理生化及光合特性的影响..... 邵怡若,许建新,薛 立,等 (4237)

不同施氮处理玉米根茬在土壤中矿化分解特性..... 蔡 苗,董燕婕,李佰军,等 (4248)

不同生育期花生渗透调节物质含量和抗氧化酶活性对土壤水分的响应.....
..... 张智猛,宋文武,丁 红,等 (4257)

天山中部天山云杉林土壤种子库年际变化..... 李华东,潘存德,王 兵,等 (4266)

不同作物两苗同穴互作育苗的生理生态效应..... 李伶俐,郭红霞,黄耿华,等 (4278)

镁、锰、活性炭和石灰及其交互作用对小麦镉吸收的影响..... 周相玉,冯文强,秦鱼生,等 (4289)

CO₂ 浓度升高对毛竹器官矿质离子吸收、运输和分配的影响 庄明浩,陈双林,李迎春,等 (4297)

pH 值和 Fe、Cd 处理对水稻根际及根表 Fe、Cd 吸附行为的影响 刘丹青,陈 雪,杨亚洲,等 (4306)

弱光胁迫对不同耐荫型玉米果穗发育及内源激素含量的影响..... 周卫霞,李潮海,刘天学,等 (4315)

玉米花生间作对玉米光合特性及产量形成的影响..... 焦念元,宁堂原,杨萌珂,等 (4324)

不同林龄胡杨克隆繁殖根系分布特征及其构型..... 黄晶晶,井家林,曹德昌,等 (4331)

植被年际变化对蒸散发影响的模拟研究..... 陈 浩,曾晓东 (4343)

蝇蛹金小蜂的交配行为及雄蜂交配次数对雌蜂繁殖的影响..... 孙 芳,陈中正,段毕升,等 (4354)

西藏飞蝗虫粪粗提物的成分分析及其活性测定..... 王海建,李彝利,李 庆,等 (4361)

不同水稻品种对稻纵卷叶螟生长发育、存活、生殖及飞行能力的影响..... 李 霞,徐秀秀,韩兰芝,等 (4370)

种群、群落和生态系统

基于 *mtCOII* 基因对山东省越冬代亚洲玉米螟不同种群的遗传结构分析
..... 李丽莉,于 毅,国 栋,等 (4377)

太湖湿地昆虫群落结构及多样性..... 韩争伟,马 玲,曹传旺,等 (4387)

西江下游浮游植物群落周年变化模式..... 王 超,赖子尼,李新辉,等 (4398)

环境和扩散对草地群落构建的影响..... 王 丹,王孝安,郭 华,等 (4409)

黄土高原不同侵蚀类型区生物结皮中蓝藻的多样性..... 杨丽娜,赵允格,明 姣,等 (4416)

景观、区域和全球生态

基于景观安全格局的建设用地管制分区..... 王思易,欧名豪 (4425)

黑河中游湿地景观破碎化过程及其驱动力分析..... 赵锐锋,姜朋辉,赵海莉,等 (4436)

2000—2010 年青海湖流域草地退化状况时空分析 骆成凤,许长军,游浩妍,等 (4450)

基于“源”“汇”景观指数的定西关川河流域土壤水蚀研究 李海防,卫 伟,陈 瑾,等 (4460)

农业景观格局与麦蚜密度对其初寄生蜂与重寄生蜂种群及寄生率的影响 ... 关晓庆,刘军和,赵紫华 (4468)

CO₂ 浓度和降水协同作用对短花针茅生长的影响..... 石耀辉,周广胜,蒋延玲,等 (4478)

资源与产业生态

城市土地利用的生态服务功效评价方法——以常州市为例..... 阳文锐,李 锋,王如松,等 (4486)

城市居民食物磷素消费变化及其环境负荷——以厦门市为例..... 王慧娜,赵小锋,唐立娜,等 (4495)

研究简报

间套作种植提升农田生态系统服务功能..... 苏本营,陈圣宾,李永庚,等 (4505)

矿区生态产业评价指标体系 王广成,王欢欢,谭玲玲 (4515)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 308 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 32 * 2013-07



封面图说: 古田山常绿阔叶林景观——亚热带常绿阔叶林是我国独特的植被类型,生物多样性仅次于热带雨林。古田山地处中亚热带东部,浙、赣、皖三省交界处,由于其特殊复杂的地理环境位置,分布着典型的中亚热带常绿阔叶林,是生物繁衍栖息的理想场所,生物多样性十分突出。中国科学院在这里建立了古田山森林生物多样性与气候变化研究站,主要定位于研究和探索中国亚热带森林植物群落物种共存机制,阐释生物多样性对森林生态系统功能的影响,以及监测气候变化对于亚热带森林及其碳库和碳通量的影响。

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

DOI: 10.5846/stxb201204190568

阳文锐,李锋,王如松,熊侠仙,刘安生.城市土地利用的生态服务功效评价方法——以常州市为例.生态学报,2013,33(14):4486-4494.

Yang W R, Li F, Wang R S, Xiong X X, Liu A S. Eco-service efficiency assessment method of urban land use: a case study of Changzhou City, China. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(14): 4486-4494.

城市土地利用的生态服务功效评价方法 ——以常州市为例

阳文锐¹, 李 锋^{2,*}, 王如松², 熊侠仙³, 刘安生³

(1. 北京市城市规划设计研究院, 北京 100045; 2. 城市与区域生态国家重点实验室, 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085;

3. 常州市规划设计院, 常州 213003)

摘要:生态服务功能的产出是生态服务功效,分为正功效和负功效。快速城市化进程严重影响了土地的生态服务功能,导致城市人居环境的日益恶化,自然生态系统服务负功效逐渐增加。常州是我国东部沿海快速城市化的典型代表,城市化占用生态用地由此产生了一系列生态环境问题。在 GIS 和 RS 技术的支持下,采用网格分析法和复合生态评价的方法,建立了复合生态服务功效的空间评价指标体系,从正负生态功效两方面评价了当前土地利用的复合生态功效。结果表明当前常州市的土地复合生态服务功效 64.5% 为正功效,35.5% 的土地生态服务为负功效。按照当前的城市发展思路,新的土地利用规划将进一步导致自然生态服务正功效的衰退。该研究为城市土地利用规划管理提供了科学思路与决策依据。

关键词:土地利用;复合生态;生态服务功效;生态评价;生态用地

Eco-service efficiency assessment method of urban land use: a case study of Changzhou City, China

YANG Wenrui¹, LI Feng^{2,*}, WANG Rusong², XIONG Xiaxian³, LIU Ansheng³

1 Beijing Municipal Institute of City Planning & Design, Beijing 100045, China

2 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

3 Changzhou City Planning and Design Institute, Changzhou 213003, China

Abstract: The output of natural eco-service function is eco-service efficiency; it can be divided into positive and negative eco-services. Rapid urbanization occupies amounts of non-construction areas that are important for maintaining local favorable environment; this process affects the natural eco-service functions, and results in deterioration of city's eco-environment, in other words, the negative eco-service efficiency increases. As a typical rapidly urbanization city at the eastern of China, Changzhou's urbanization occupied lots of lands for eco-services, it caused many environmental problems. Under the support of GIS and RS technology, this paper used methods of grid analysis and complex ecological assessment, and established the spatial indexes system for complex eco-services efficiency assessment from both positive and negative eco-services of the current land use. The results show that there is about 64.5 percent land's complex eco-service is positive, and 35.5 percent land's complex eco-service is negative. According to the city's current land use planning trend, it would result in more lands changing from positive eco-services into negative efficiency. The results provide a scientific reference for decision-making of local land use planning and management for urban future development.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41101540, 71273254)

收稿日期:2012-04-19; 修订日期:2012-09-18

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lifeng@rcees.ac.cn

Key Words: land use; complex ecology; eco-service efficiency; ecological assessment; ecological land

我国正经历着前所未有的城市化进程,城市化率由 1978 年的 17.9% 上升至 2010 年的 47.6%^[1],并且这种快速城市化进程在未来的几十年中还将继续发展,至 2030 年我国城市人口的比例将达到总人口的 60%^[2]。有预测表明,至 2035—2040 年间,我国的城市化将达到 70% 的水平^[3],因此,在今后很长一段时间里,我国的城市化将保持较高的发展水平。城市化促进了社会和经济的快速发展,但与此同时,城市化也给城市带来了严重的环境问题,如热岛效应^[4-8],地表水污染^[9-11],土壤污染^[12-13]以及大气污染等,2007 年,我国 287 个大城市中只有 60.5% 的城市空气质量达到国家环保部的空气质量标准^[14]。城市化过程主要表现为土地利用的变化过程,这个过程直接改变了地表景观,影响了生物多样性和生态系统生产力、流域特征以及生物地球化学循环^[15-18],也间接的从不同的尺度改变了非生物环境条件;包括大气的化学组分、气候以及土壤特性等^[19-24],这些变化削弱了自然生态系统为城市提供的重要生态服务功能。

土地利用/土地覆盖的变化影响着生态系统的服务功能^[25]。Li 等^[26]对深圳的城市土地利用变化过程中的生态服务价值变化进行了分析,认为由于快速的城市化,深圳的土地生态服务损失了近 23 亿元。Bin 等^[27]利用 TM 和 ETM 遥感影像分析了上海东滩的土地利用变化,并利用生态服务功能的评价方法分析了土地的生态服务功能的变化,结果表明由于土地利用/土地覆盖的变化导致了土地生态服务功能的价值损失高达 61%。Yaoshida 等^[28]分析了 Lao PDR 北部罂粟生产区的土地利用变化和生态系统服务功能价值的变化。结果表明由于土地利用变化导致了土地生态服务功能价值损失了 11.74%。因此,在当前我国快速的城市化过程中,科学合理的土地利用是保证城市拥有良好人居环境和可持续发展环境的重要前提。

生态服务功能是“人类直接或间接地从生态系统功能得到的效益”^[29]。生态服务功能在一定的时空范围内为人类提供的产出构成生态服务功效,是生态服务功能实际发挥的效应,可分为正功效和负功效^[30]。如 Zhang 等^[31]认为土地整理复垦可以提高土地的碳汇储量,但是同时 Yu 等^[32]认为土地整理可以增加生态风险,导致生态系统不稳定。森林火灾能导致森林生态系统的结构发生变化,增加温室气体排放,但同时森林火灾可以森林促进或保持较高的第一生产力^[33]。湿地具有调节水文、涵养水源、保护生物多样性、促进生态系统碳氮循环等生态服务功能,但是湿地也是主要温室气体的“源”,是大气甲烷的主要来源,是气候变暖的因素之一^[34]。根据生态控制论原理,任何一种生态服务只能在一定范围内对人类社会有用。任何一种有害的生态现象,在一定的环境下都能变成对人直接或间接有用的服务^[30]。因此生态服务其产生的效应可分为正向和负向的功效。本研究基于城市化进程中的土地生态复合功效评价,探讨了土地复合生态调控的措施和方法,以期可为可持续的城市土地利用规划和管理提供研究思路和方法上的借鉴。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究地区概况

常州地处江苏省南部,位于北纬 31°09′至 32°04′,东经 119°08′至 120°12′之间,北倚长江天堑,南与安徽省交界,东濒太湖与无锡市相连,西与南京、镇江两市接壤。境内地势西南略高,东北略低,地貌类型属高沙平原,山丘平圩兼有。常州市属北亚热带季风性湿润气候区,气候温和湿润,年均气温 16.3℃;雨量充沛,年降水总量 1068.9mm;日照充足,年日照时间 2035h,无霜期长,年无霜期 237d;常年主导风向为东南风,春夏秋冬四季分明。常州市辖 5 个市辖区,代管 2 个县级市,即天宁区、钟楼区、戚墅堰区、新北区、武进区、溧阳市、金坛市。研究区为市区主要辖区,不包括县级市,即天宁、钟鼓、戚墅堰、新北和武进区,总面积 1864km²(图 1)。

1.2 数据来源

该研究基础数据来自于 2006 年 9 月 18 日的 LandsatTM 遥感影像,以 1:5 万地形图和常州市土地利用现状图作为参照。在 Erdas Imagine 9.2 的平台下,对影像进行合成、几何校正和配准后,参照地形图对数据进行目视解译和监督分类,将研究区分为林地、草地、农田、水域、建设用地四类,通过随机取样的方法对分类结果进行 Kappa 检验,达到 0.82,高于最低允许精度的要求。

其他数据分别来源于常州市环境质量报告(2006年)、土地利用规划(1996—2010年)、常州市统计年鉴(2006年)和常州市城市总体规划(2004—2020年)。

1.3 研究方法

1.3.1 评价指标和计算方法

指标体系的选取遵从全面性、客观性、可测性、可获得性和可操作性原则,将评价指标体系分为三级指标,第三级指标中分为属性指标和度量指标,度量指标直接对应于属性指标,用于表征土地生态服务的类型和特征。指标的选取充分考虑空间的可表达性,尽量将土地的生态服务进行空间的表达。所以本文对土地的评价选取了如表1指标,表1中各个指标的权重通过专家群决策打分,通过构造判断矩阵后进行层次分析法计算,通过一致性检验后分配各个指标的权。

1.3.2 标准化方法

S_i 为指标标准化值, $\max(\text{index})$ 为指标最大值, $\min(\text{index})$ 为指标最小值, index_i 为第 i 个指标值。

生态服务正效应指数为:

$$\text{Service_positive} = \sum p_i \times S_i$$

生态服务负效应指数为:

$$\text{Service_negative} = \sum p_i \times S_i$$

式中, Service_positive 为正效应综合指数, Service_negative 为负效应综合指数, p_i 为第 i 个指标的权重, S_i 为第 i 个指标的标准化值。

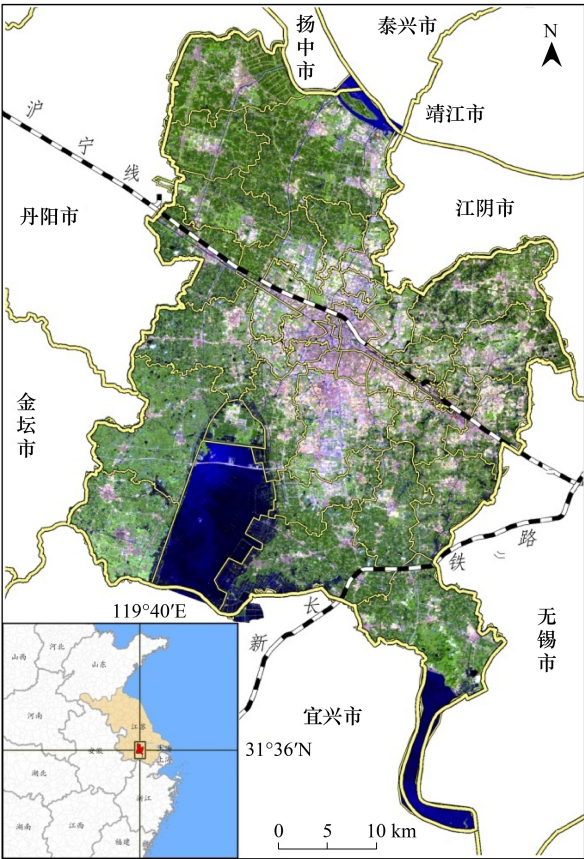


图1 研究区地理位置图

Fig.1 The location of study area

表1 土地生态服务功效评价指标
Table 1 Indices of land's eco-services efficiency assessment

一级指标 1 st indicator	二级指标 2 nd level indicator	指标权重 Weight	生态服务属性指标 Attribute indicator	三级指标(度量指标) 3 rd level indicator (Quantity indicator)	指标权重 Weight
复合生态服务功效 Complex eco-service efficiency	生态正效应 Positive	0.57	涵养水源、调蓄洪能力和环境净化	湿地面积	0.23
			气候调节、生物多样性维持和植被固碳释氧	NDVI 指数	0.17
			生物质生产	农田面积	0.15
			城市景观美学	公园绿地及服务范围占地面积	0.13
			边缘效应	非建设用地边缘周长/面积	0.15
			水土保持	土壤质地	0.17
			污染物扩散	交用地比例	0.28
	生态负效应 Negative	0.43	城市热岛	建设地比例	0.19
			景观破碎	人口密度	0.25
			能源消耗	工业用地比例	0.28

复合生态服务功效综合指数为:

$$\text{Service_total} = p_{\text{positive}} \times \text{Service_positive} - p_{\text{negative}} \times \text{Service_negative}$$

式中, p_{positive} 为正功效权重, p_{negative} 为负功效权重。

1.3.3 空间分析方法

遥感影像监督分类后,在 GIS Arcinfo 9.3 平台下,采用 Arc toolbox 中的 create fishnet 工具将市域土地划分为 $1\text{km}\times 1\text{km}$ 的单元网格,统计每个单元格内的生态服务评价指标,并进行综合计算。

2 结果与分析

2.1 土地生态服务正功效

(1) 涵养水源、调蓄洪能力和环境净化

常州市年平均降水量 1071.5mm ,市域水面总面积共 283.87km^2 ,其中太湖水面 37.5km^2 ,滆湖水面 110km^2 ,长江水面 14.8km^2 ,地表水资源量丰富,常年地表水资源总量约 42 亿 m^3 。由于常州市环境基础设施有限,水处理能力落后与工业发展的速度,水环境质量不容乐观,根据常州市环境质量报告,常州市主要河流上游水体质量基本维持在 V 类,而下游水体基本为 IV 类水质(图 2),根据叶亚平对水生态服务功能的算法^[35],常州市水体的净化能力大约为 $\text{NH}_3\text{-N}$, 5097.5t/a ; COD_{Cr} , 37148.1t/a 。

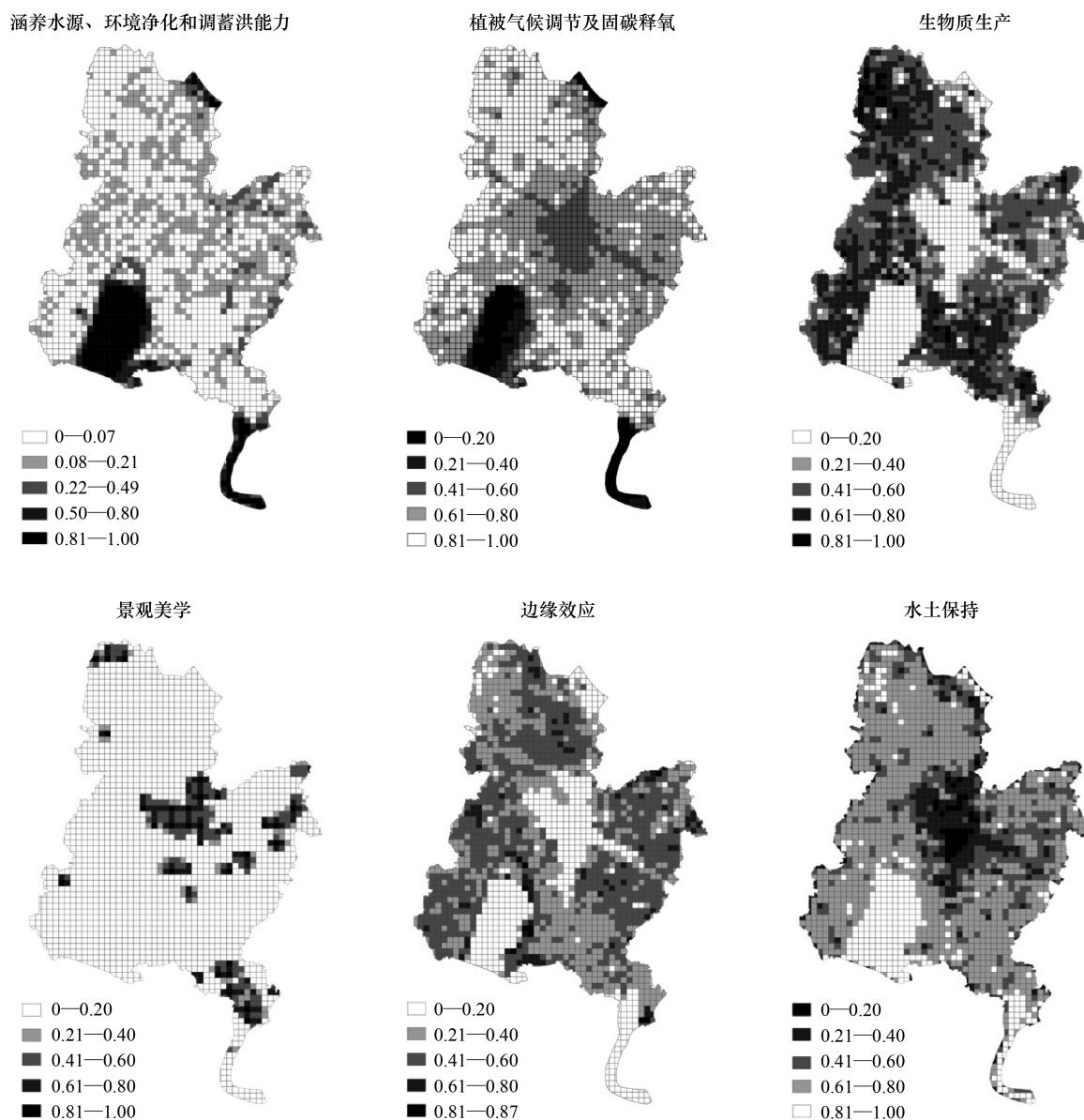


图 2 土地生态服务正功效图

Fig. 2 Land's positive eco-service efficiency

由于地处长江下游地区,在雨水集中的季节,特别是遇到暴雨或急骤融冰融雪等自然因素,城市易形成洪涝灾害。常州市湿地分布多,市区内坑塘、滩涂面积占到湿地总面积的 10% 左右。城市河网面积由 20 世纪 90 年代的 17% 下降到 2006 年的 8%,如果按照水位涨落 1m 计算,水域湿地的洪水调蓄功能损失达 1.55 亿 m^3 ,此外加上河道淤积的损失达 1.24 亿 m^3 ,而当前城市内的河网湖泊的调蓄功能仅为 1.57 亿 m^3 ,湿地水域的城市调蓄洪能力大大减少。

(2) 植被气候调节及固碳释氧能力

植被覆盖变化通过改变地表反照率、粗糙度和土壤湿度等地表属性,从而影响辐射平衡、水分平衡等过程,最终可以导致区域降水、环流形势及大气温度、湿度等气候变化。常州市的植被覆盖以西北和东南部为高,是常州的自然植被分布相对集中的区域,为常州区域小气候调节起到了一定的作用。利用前人文献中各类生态系统的净初级生产力数据^[36-37],根据光合作用反应方程式计算出各类用地的生态系统净初级生产力以及固定的二氧化碳和释氧的量(表 2)。

表 2 常州市植被释氧固碳功能
Table 2 Capacity of oxygen releasing and carbon sequestration of plants

用地类型 Land type	面积/ km^2 Area	净初级生产力 $/(\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1})$ NPP	吸收 CO_2 量/ (t/a) CO_2 Sequestration	释放 O_2 量/ (t/a) O_2 production
林地 Forest land	99.51	1912	310128.89	228315.77
草地 Grassland	4.74	900	6953.58	5119.2
耕地 Farmland	1016.38	650	1076854.61	729776.4

(3) 生物质生产能力

土地对于城市的生态服务功能中,生物质的生产能力是主要的功能之一。由于缺少耕地综合肥力的数据,在本研究中,常州市土地的生物质生产能力直接用耕地的分布面积来表示,未包含水域的水产品生产能力。结果如图 2。1991 年,常州市农田面积占市区总面积 64.9%,由于城市化和工业化进程,耕地面积不断减少,耕地主要转化为城市建设用地,耕地 2006 年降低到 43.9%。生物质生产能力处于不断下降趋势。

(4) 景观美学

绿地斑块的服务半径是绿地服务功能的重要指标,在不同空间尺度上有不同的服务半径。以市区的主要公园绿地景观服务半径作为生态用地景观生态服务功能的指标之一,本文以日本不同公园服务半径标准^[38]对主要城市公园绿地景观 1000m 缓冲分析,进行指标的标准化,如图 2。城市中心区城市公园相对集中,中心城市外围地区公园绿地则相对分散。结果表明,城市公园绿地及其服务范围的覆盖面积小而不均,仅占研究区面积的 18% 左右,由于城市中心区公园相对集中,为市中心区的人群提供了良好的景观生态服务。

(5) 边缘效应

城市生态学强调人与自然的最大程度的交流,认为城郊结合部相对市区有较大的边缘效应和较高的生态服务功能,其生态服务的强弱的高低与人与自然边缘线的长短呈正相关,即单位周长的边缘线服务的城市面积越大生态效益越差^[30]。本研究将水域和非建设用地的边缘提取后,利用边缘线长度与面积的比值作为衡量土地的边缘效应,两者等权加和后作为为其综合边缘效应。城市的中心区的边缘效应明显低于其外围的区域,开放空间以及河网湿地分布较多的东西部和北部区域的边缘效应较高(图 2)。

(6) 水土保持

土壤对水土流失的影响主要与土壤的质地有关^[39],根据常州市的土壤普查调查结果,常州市的土壤类型 99.89% 为水稻土类型。相关研究^[40-41]表明土壤的持水能力除了主要与土壤质地相关外,还与植被的类型相关。由于常州市土壤类型差异不大,所以在衡量土地的水土保持能力的生态服务功能时,本研究仅以土地的植被覆盖类型及面积来表示,单位面积蓄水模数林地>草地>耕地(图 2)。

2.2 土地生态服务负功效

(1) 大气污染物廊道

城市大气污染物主要来自汽车尾气,占到 50%–80% 甚至以上^[42-43]。本研究以道路交通网的占地作为衡量城市大气污染物廊道的主要指标,结果如图 3 所示。

(2) 热岛效应

城市的热岛效应与植被覆盖有直接的线性关系,植被覆盖度高则降温效果明显^[44-46]。城市中由于硬化地表的反射率高,更容易吸收太阳的辐射热,所以城市内部表现出与周围不同的热环境,本研究为了更直观的表达城市的热效应,以硬化地表的面积作为衡量热岛效应的指标,结果如图 3,绿色部分表示热效应不显著,红色表示热岛效应越明显。

(3) 景观破碎

运用 Fragstats 软件对土地的景观指数进行了分析,选用斑块数、斑块密度、景观形状指数和最大斑块指数来表征景观的破碎化。分析结果见表,相比其他几类用地,建设用地的斑块数最多,斑块密度最大,最大斑块指数最低,景观形状指数越大,说明斑块的形状越不规则,建设用地的形状指数最大,表明城市人类活动强烈,景观破碎化程度高。本研究为了表征景观的破碎度,选择了城市人口密度作为表征参数,人口密度越大表征其破碎化程度越高,反之亦然(图 3)。

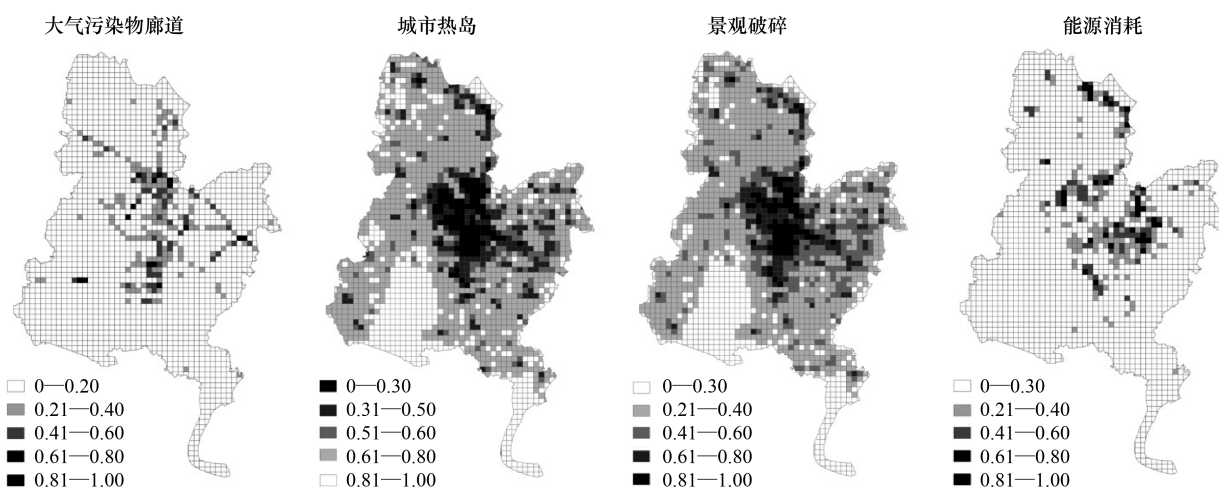


图 3 土地生态服务负功效图

Fig. 3 Land's negative eco-service efficiency

表 3 常州市土地景观格局指数

Table 3 Land's landscape pattern indices of Changzhou

类型 Types	斑块数 Number of Patches NP	斑块密度 Patch density PD	景观形状指数 LSI Landscape Shape Index	最大斑块指数 LPI Largest Patch Index
农地及未利用地 Arable land and unused land	14709	7.81	200.29	1.20
城镇建设用地 Urban construction land	57696	30.63	312.44	0.44
林地 Forest land	40742	21.63	289.16	0.63
湿地河流 Wetland and River	22491	11.94	124.72	7.98

(4) 能源消耗

在 2006 年常州市的国民经济收入中,第一产业占 3.79%,第二产业占 60.37%,第三产业占 35.85%。常州市正处于快速的工业化阶段,城市的发展需要大量能源的投入,而工业的能源投入占城市的能源消费的主要部分。为了便于空间量化的表达,本文采用工业用地的占有量来衡量城市的能源消耗强度具有一定的代表性(图 3)。

2.3 复合生态服务功效

将正负生态效应加权叠加后形成土地的复合生态功效,结果图 4 所示,在划分的 1km×1km 的土地格网

中,有 35.5% 的土地复合生态服务功效为负效应,而 64.5% 的生态服务用地为正效应。城市中心城地区及长江沿岸地区的复合生态服务功效较低。近年来,随着城市化进程的加速,常州市的建设用地需求日益增加,通过对比不同时期的土地利用图,从 1991—2006 年,常州市的建设用地量增加了 451km²,其中 90% 的用地增量是以农田的减少为代价的,其次是林地和水域。2006 年以前,市区东部地区分布着大量的小型水域湿地,但由于城市发展的空间战略向南北和东西方向扩展,大量湿地和其他非建设用地因转为建设用地而消失。城市东部地区土地的生态服务功能退化,呈负功效。

3 结论与讨论

由于城市化的发展和城市人口的急剧增长,人类活动影响了土地对城市的生态服务功效,生态正功效逐渐衰弱甚至演变为生态负功效,对城市的生态健康和生态安全构成了威胁,阻碍了和谐社会和生态文明建设。

常州市在过去近 20 年中经历了两次的城市规划方案的修编,但每次规划的用地方案都以最大程度的满足经济发展的需求,而忽视了对土地生态服务功能的保育。本文尝试建立了土地生态服务功效的评价指标体系,并应用 GIS 工具将其表达在空间上,分析了土地生态服务正负功效的空间结构。结果显示,常州市当前只有 64.5% 的土地为城市提供着正向生态服务。由于常州市东部毗邻无锡市,而且常州城市的发展是以穿越城市内部的运河沿岸而发展起来的,东部城市的吸引力和沿河发展的驱动力使得城市整体空间格局向东部延伸,城市化占用生态用地导致土地生态服务功能下降萎缩。最近的城市规划调整了城市空间发展思路,逐步向南北方向延伸,所以城市土地的生态服务负功效空间格局也与城市发展空间格局类似。如果按照当前的城市化发展思路,为城市提供生态服务正向功效的用地将持续减少,需要从空间上对城市的发展结构进行优化,保育 64.5% 的土地生态服务正功效,对生态服务负功效的地区进行调控和提升。

(1) 生态系统服务功效生态系统服务功能是当前生态研究的热点问题,从生态系统服务功能的概念产生以来,以 Constanza 为代表的生态服务功能价值评价理论成为当前评估生态系统服务功能的主要方法之一,评估的领域主要包含了 17 项生态系统的正向产出。然而,生态服务功能的产出为生态服务功效,包含了正功效和负功效,本文尝试了运用地理信息系统和遥感分析工具从空间的角度评价城市土地的复合生态服务功效,为生态服务功能评价提供了新的思路。

(2) 评价方法采用单元网格法分析城市土地生态系统服务功效的方法还尚未见到相关研究成果。采用 1km×1km 网格大小,分析每个网格内部的土地生态服务功效,便于土地管理者从空间上辨识每个地块的土地生态服务状态,有利于制定更好进行土地生态管理和城市土地可持续利用的决策。

(3) 评价指标体系的完整性建立了土地生态服务功效的属性指标体系,并建立了表征这些属性指标的度量指标,从空间的角度表征土地的生态服务,但是由于受到资料和数据可获得性的限制,度量指标并不能完整地体现土地生态服务。然而从研究的方法而言,该方法相比传统的生态服务功能价值计算方法更具有实用性和直观性。

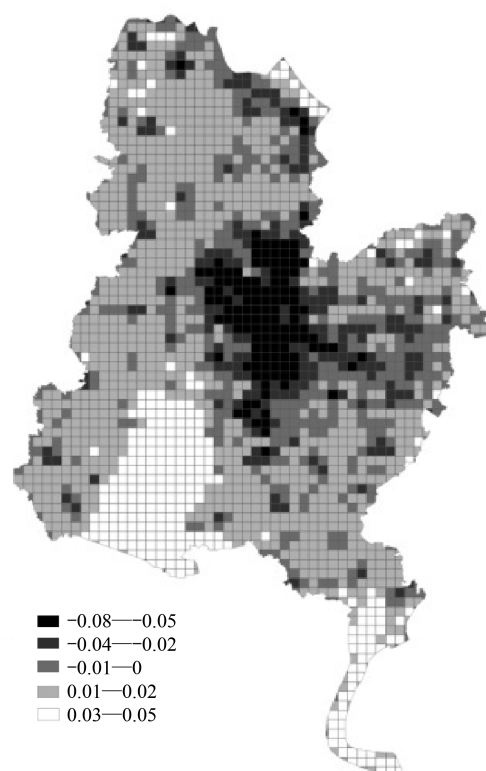


图4 土地复合生态服务功效图

Fig.4 Land's complex eco-service efficiency

References:

- [1] Fang C L. The Reflection on the Sub-health of Urbanization in China. *Urban Research*, 2011, 8: 4-11.
- [2] Chen J. Rapid urbanization in China: A real challenge to soil protection and food security. *CATENA*, 2007, 69(1): 1-15.
- [3] Liu X W, Zhang D X, Chen B M. Characteristics of China's Town-level Land Use in Rapid Urbanization Stage. *Acta Geographica Sinica*, 2008, 63(3): 301-310.
- [4] Gao H Y, Cai X L, He H, Wang L H, Kou X L, Zhang H. The Impact of Urbanization on the Surface Temperature in Xi'an. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(9): 1093-1102.
- [5] Yan Z, Xin F Q, Li H G, Yong J H, Wang K F. The urban heat island in Nanjing. *Quaternary International*, 2009, 208: 38-43.
- [6] Gridharan R, Ganesan S, Lau S S Y. Daytime urban heat island effect in high-rise and high-density residential developments in Hong Kong. *Energy and Buildings*, 2004, 36(6): 525-534.
- [7] Hu Z, Yu B, Chen Z, Li T, Liu M. Numerical investigation on the urban heat island in an entire city with an urban porous media model. *Atmospheric Environment*, 2012, 47(0): 509-518.
- [8] Jia B Q, Qiu E F, Cai C J. The dynamics of surface heat status of Tangshan City in 1993—2009. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(20): 6215-6223.
- [9] Bao L J, Maruya K A, Snyder S A, Zeng E Y. China's water pollution by persistent organic pollutants. *Environmental Pollution*, 2012, 163(0): 100-108.
- [10] Huang F, Wang X, Lou L, Zhou Z, Wu J. Spatial variation and source apportionment of water pollution in Qiantang River (China) using statistical techniques. *Water Research*, 2010, 44(5): 1562-1572.
- [11] Zhao Y, Yang Z, Li Y. Investigation of water pollution in Baiyangdian Lake, China. *Procedia Environmental Sciences*, 2010, 2(0): 737-748.
- [12] Chen T B, Zheng Y M, Lei M, Huang Z C, Wu H T, Chen H, Fan K K, Yu K, Wu X, Tian Q Z. Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China. *Chemosphere*, 2005, 60(4): 542-551.
- [13] Tan M Z, Xu F M, Chen J, Zhang X L, Chen J Z. Spatial Prediction of Heavy Metal Pollution for Soils in Peri-Urban Beijing, China Based on Fuzzy Set Theory. *Pedosphere*, 2006, 16(5): 545-554.
- [14] Fu B J. Blue skies for China. *Science*, 2008, 321: 611.
- [15] McDonnell M J, Pickett S T A, Groffman P, Bohlen P, Pouyat R V, Zipperer W C, Parmelee R W, Carreiro M M, Medley K, Marzluff J M, Shulenberg E, Endlicher W, Alberti M, Bradley G, Ryan C, Simon U, Zumbunnen C, Ecosystem Processes Along an Urban-to-Rural Gradient *Urban Ecology*. 2008, Springer US. 299-313.
- [16] Jenerette G D, Wu J. Analysis and simulation of land-use change in the central Arizona-Phoenix region, USA. *Landscape Ecology*, 2001, 16(7): 611-626.
- [17] McKinney M L. Urbanization, Biodiversity, and Conservation. *BioScience*, 2002, 52(10): 883-890.
- [18] Kaye J P, Groffman P M, Grimm N B, Baker L A, Pouyat R V. A distinct urban biogeochemistry? *Trends in Ecology & Evolution*, 2006, 21(4): 192-199.
- [19] Idso S B, Idso C D, Balling Jr R C. Seasonal and diurnal variations of near-surface atmospheric CO₂ concentration within a residential sector of the urban CO₂ dome of Phoenix, AZ, USA. *Atmospheric Environment*, 2002, 36(10): 1655-1660.
- [20] Lovett G M, Traynor M M, Pouyat R V, Carreiro M M, Zhu W X, Baxter J W. Atmospheric Deposition to Oak Forests along an Urban-Rural Gradient. *Environ. Sci. Technol.*, 2000, 34(20): 4294-4300.
- [21] Pouyat R, Groffman P, Yesilonis I, Hernandez L. Soil carbon pools and fluxes in urban ecosystems. *Environmental Pollution*, 2002, 116, Supplement 1(0): S107-S118.
- [22] Kalnay E, Cai M. Impact of urbanization and land-use change on climate. *Nature*, 2003, 423: 528-531.
- [23] Hope D, Gries C, Zhu W, Fagan W F, Redman C L, Grimm N B, Nelson A L, Martin C, Kinzig A. Socioeconomics drive urban plant diversity. *PNAS*, 2002, 100: 8788-8792.
- [24] Pataki D E, Alig R J, Fung A S, Golubiewski N E, Kennedy C A, McPherson E G, Nowak D J, Pouyat R V, Romero Lankao P. Urban ecosystems and the North American carbon cycle. *Global Change Biology*, 2006, 12(11): 2092-2102.
- [25] Ye Y Q, Zhang J E. Impact of land-use changes on the ecosystem service value in Guangzhou City. *Ecologic Science*, 2008, 27(2): 119-123.
- [26] Tianhong L, Wenkai L, Zhenghan Q. Variations in ecosystem service value in response to land use changes in Shenzhen. *Ecological economics*, 2010, 69(7): 1427-1435.
- [27] Zhao B, Kreuter U, Li. B. An ecosystem service value assessment of land-use change on Chongming Island. *China. Land Use Policy*, 2004, 21: 139-148.
- [28] Yoshida H C, Ye Y M. Ecosystem service values and land use change in the opium poppy cultivation region in Northern Part of Lao PDR. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30: 56-61.
- [29] Daily. *Nature's Service: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington DC, 1997.
- [30] Wang R S, Hu D, Wang X R, Tang L J. *Urban Eco-Service*. Beijing: Chinese Meteorological Press,
- [31] Zhang J, Ge Y, Chang J, Jiang B, Jiang H, Peng C, Zhu J, Yuan W, Qi L, Yu S. Carbon storage by ecological service forests in Zhejiang

- Province, subtropical China. *Forest Ecology and Management*, 2007, 245: 64-75.
- [32] Yu G, Feng J, Che Y, Lin X, Hu L, Yang S. The identification and assessment of ecological risk for land consolidation based on the anticipation of ecosystem stabilization: a case study in Hubei Province, China. *Land Use Policy*, 2010, 27(2): 293-303.
- [33] Seidl R, Fernandes P M, Fonseca T F. Modelling natural disturbances in forest ecosystems: a review. *Ecological Modelling*, 2011, 222: 903-924.
- [34] Fuchs V J, Mihelcic J R, Gierke J S. Life cycle assessment of vertical and horizontal flow constructed wetlands for wastewater treatment considering nitrogen and carbon greenhouse gas emissions. *Water Research*, 2011, 45(5): 2073-2081.
- [35] Ye Y P. The Study On the Assessment and Moderation Methodology for the Freshwater Eco—service in the Compound Ecosystem. Doctoral Dissertation of CAS, 2004.
- [36] Fang J Y, Liu G H, Xu S L. Biomass and Net Production of Forest Vegetation in China. *Acta Ecologica Sinica*, 1996, 16(5): 497-508.
- [37] Feng Z W, Wang X K. Biomass and Production of Chinese Forest Ecosystem. Beijing: Science Publishing Press, 1999.
- [38] Fang X F, Li H T. Greening Mode in Residential area. Tianjin: Tianjin University Publishing Press, 2001: 101-105.
- [39] Wang X K, Ouyang Z Y, Xiao H, Miao H, Fu B J. Distribution and division Of sensitivity to water—caused soil loss in China. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(1): 14-19.
- [40] Wang P C, Xiao W F, Zhang S G, Pan L, Shi Y H, Huang Z L. Study on Soil Infiltration in Some Main Vegetation Types in Three Gorges Reservoir Area. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2007, 21(6): 51-55.
- [41] Shi P L, Wu B, Chen G W, Luo J. Water retention capacity evaluation of main forest vegetation types in the upper Yangtze basin. *Journal of Natural Resources*, 2004, 19(3): 351-360.
- [42] Xie S D, Zhang Y H. Current Situation and Trend of Motor Vehicle Exhaust Pollution in Urban Areas of China. *Research of Environmental Sciences*, 2000, 13(4): 22-25.
- [43] Zhu L Z, Liu Y J. Source apportionment and pollution survey of polycyclic aromatic hydrocarbons of city communication. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2000, 20(2): 183-186.
- [44] Cheng C Q, Wu N, Guo S D, Li S D, Liu D P. A Study on the Interaction Between Urban Heat Island and Vegetation Theory, Methodology, and Case Study. *Research of Soil and Water Conservation*, 2004, 11(3): 172-174.
- [45] Zhou G S, Wang Y H. The feedback of land use/cover change on climate. *Journal of Natural Resources*, 1999, 14(4): 318-322.
- [46] Zhang H F, Lin W Y, Sheng W J, Feng L W, Guo L Z. Study on land surface temperature vegetation cover relationship in urban region: a case in Shenzhen City. *Geographical Research*, 2006, 25(3): 369-377.

参考文献:

- [1] 方创琳. 中国城市化进程亚健康的反思与警示. *现代城市研究*, 2011, 8: 4-11.
- [3] 刘新卫, 张定详, 陈百明. 快速城镇化过程中的中国城镇土地利用特征. *地理学报*, 2008, 63(3): 301-310.
- [4] 高红燕, 蔡新玲, 贺皓, 王骊华, 寇小兰, 张宏. 西安城市化对气温变化趋势的影响. *地理学报*, 2009, 64(9): 1093-1102.
- [8] 贾宝全, 邱尔发, 蔡春菊. 唐山市域 1993—2009 年热场变化. *生态学报*, 2011, 31(20): 6215-6223.
- [25] 叶延琼, 章家恩. 广州市土地利用变化对生态系统服务价值的影响研究. *生态科学*, 2008, 27(2): 119-123.
- [30] 王如松, 胡昉, 王祥荣, 唐礼俊. 城市生态服务. 北京: 气象出版社, 2004.
- [35] 叶亚平. 复合生态系统水生态服务功能评价及调控方法研究. 中国科学院博士论文, 2004.
- [36] 方精云, 刘国华, 徐嵩龄. 我国森林植被的生物量和净生产量. *生态学报*, 1996, 16(5): 497-508.
- [37] 冯宗炜, 王效科. 中国森林生态系统生物量和生产力. 北京: 科学出版社, 1999.
- [38] 方咸孚, 李海涛. 居住区的绿化模式. 天津: 天津大学出版社, 2001: 101-105.
- [39] 王效科, 欧阳志云, 肖寒, 苗鸿, 傅伯杰. 中国水土流失敏感性分布规律及其区划研究. *生态学报*, 2001, 21(1): 14-19.
- [40] 王鹏程, 肖文发, 张守攻, 潘磊, 史玉虎, 黄志霖. 三峡库区主要森林植被类型土壤渗透性能研究. *水土保持学报*, 2007, 21(6): 51-55.
- [41] 石培礼, 吴波, 程根伟, 罗辑. 长江上游地区主要森林植被类型蓄水能力的初步研究. *自然资源学报*, 2004, 19(3): 351-360.
- [42] 谢绍东, 张远航. 我国城市地区机动车污染现状与趋势. *环境科学研究*, 2000, 13(4): 22-25.
- [43] 朱利中, 刘勇建. 城市道路交通 PAHs 污染现状及来源解析. *环境科学学报*, 2000, 20(2): 183-186.
- [44] 程承旗, 吴宁, 郭仕德, 李树德, 刘大平. 城市热岛强度与植被覆盖关系研究的理论技术路线和北京案例分析. *水土保持研究*, 2004, 11(3): 172-174.
- [45] 周广胜, 王玉辉. 土地利用/覆盖变化对气候的反馈作用. *自然资源学报*, 1999, 14(4): 318-322.
- [46] 张小飞, 王仰麟, 吴健生, 李卫锋, 李正国. 城市地域地表温度-植被覆盖定量关系分析——以深圳市为例. *地理研究*, 2006, 25(3): 369-377.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 14 Jul. ,2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

A review of the researches on *Alectoris* partridge SONG Sen, LIU Naifa (4215)

Autecology & Fundamentals

Effects of precipitation and nitrogen addition on photosynthetically eco-physiological characteristics and biomass of four tree seedlings in Gutian Mountain, Zhejiang Province, China YAN Hui, WU Qian, DING Jia, et al (4226)

Effects of low temperature stress on physiological-biochemical indexes and photosynthetic characteristics of seedlings of four plant species SHAO Yiruo, XU Jianxin, XUE Li, et al (4237)

Decomposition characteristics of maize roots derived from different nitrogen fertilization fields under laboratory soil incubation conditions CAI Miao, DONG Yanjie, LI Baijun, et al (4248)

The responses of leaf osmoregulation substance and protective enzyme activity of different peanut cultivars to non-sufficient irrigation ZHANG Zhimeng, SONG Wenwu, DING Hong, et al (4257)

Interannual variation of soil seed bank in *Picea schrenkiana* forest in the central part of the Tianshan Mountains LI Huadong, PAN Cunde, WANG Bing, et al (4266)

Physiological & ecological effects of companion-planted grow seedlings of two crops in the same hole LI Lingli, GUO Hongxia, HUANG Genghua, et al (4278)

Effects of magnesium, manganese, activated carbon and lime and their interactions on cadmium uptake by wheat ZHOU Xiangyu, FENG Wenqiang, QIN Yusheng, et al (4289)

Effects of increased concentrations of gas CO₂ on mineral ion uptake, transportation and distribution in *Phyllostachys edulis* ZHUANG Minghao, CHEN Shuanglin, LI Yingchun, et al (4297)

Effects of pH, Fe and Cd concentrations on the Fe and Cd adsorption in the rhizosphere and on the root surfaces of rice LIU Danqing, CHEN Xue, YANG Yazhou, et al (4306)

Effects of low-light stress on maize ear development and endogenous hormones content of two maize hybrids (*Zea mays* L.) with different shade-tolerance ZHOU Weixia, LI Chaohai, LIU Tianxue, et al (4315)

Effects of maize || peanut intercropping on photosynthetic characters and yield forming of intercropped maize JIAO Nianyuan, NING Tangyuan, YANG Mengke, et al (4324)

Cloning root system distribution and architecture of different forest age *Populus euphratica* in Ejina Oasis HUANG Jingjing, JING Jialin, CAO Dechang, et al (4331)

Impact of vegetation interannual variability on evapotranspiration CHEN Hao, ZENG Xiaodong (4343)

Mating behavior of *Pachycrepoides vindemmiae* and the effects of male mating times on the production of females SUN Fang, CHEN Zhongzheng, DUAN Bisheng, et al (4354)

Component analysis and bioactivity determination of fecal extract of *Locusta migratoria tibetensis* (Chen) WANG Haijian, LI Yili, LI Qing, et al (4361)

Effects of different rice varieties on larval development, survival, adult reproduction, and flight capacity of *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) LI Xia, XU Xiuxiu, HAN Lanzhi, et al (4370)

Population, Community and Ecosystem

Genetic structure of the overwintering Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenée) collections in Shandong of China based on *mtCOII* gene sequences LI Lili, YU Yi, GUO Dong, TAO Yunli, et al (4377)

The structure and diversity of insect community in Taihu Wetland HAN Zhengwei, MA Ling, CAO Chuanwang, et al (4387)

Annual variation pattern of phytoplankton community at the downstream of Xijiang River WANG Chao, LAI Zini, LI Xinhui, et al (4398)

Effect of species dispersal and environmental factors on species assemblages in grassland communities WANG Dan, WANG Xiao'an, GUO Hua, et al (4409)

- Cyanobacteria diversity in biological soil crusts from different erosion regions on the Loess Plateau: a preliminary result YANG Lina, ZHAO Yunge, MING Jiao, et al (4416)
- Landscape, Regional and Global Ecology**
- Zoning for regulating of construction land based on landscape security pattern WANG Siyi, OU Minghao (4425)
- Fragmentation process of wetlands landscape in the middle reaches of the Heihe River and its driving forces analysis ZHAO Ruifeng, JIANG Penghui, ZHAO Haili, et al (4436)
- Analysis on grassland degradation in Qinghai Lake Basin during 2000—2010 LUO Chengfeng, XU Changjun, YOU Haoyan, et al (4450)
- Research on soil erosion based on Location-weighted landscape index (LWLI) in Guanchuanhe River basin, Dingxi, Gansu Province LI Haifang, WEI Wei, CHEN Jin, et al (4460)
- Effects of host density on parasitoids and hyper-parasitoids of cereal aphids in different agricultural landscapes GUAN Xiaoqing, LIU Junhe, ZHAO Zihua (4468)
- Effects of interactive CO₂ concentration and precipitation on growth characteristics of *Stipa breviflora* SHI Yaohui, ZHOU Guangsheng, JIANG Yanling, et al (4478)
- Resource and Industrial Ecology**
- Eco-service efficiency assessment method of urban land use: a case study of Changzhou City, China YANG Wenrui, LI Feng, WANG Rusong, et al (4486)
- Changes in phosphorus consumption and its environmental loads from food by residents in Xiamen City WANG Huina, ZHAO Xiaofeng, TANG Lina, et al (4495)
- Research Notes**
- Intercropping enhances the farmland ecosystem services SU Benying, CHEN Shengbin, LI Yonggeng, et al (4505)
- Assessment indicator system of eco-industry in mining area WANG Guangcheng, WANG Huanhuan, TAN Lingling (4515)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 骆世明

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 14 期 (2013 年 7 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 14 (July, 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