

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第20期 Vol.31 No.20 **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 20 期 2011 年 10 月 (半月刊)

目 次

- 洋山港潮间带大型底栖动物群落结构及多样性..... 王宝强,薛俊增,庄 骅,等 (5865)
- 天津近岸海域夏季大型底栖生物群落结构变化特征..... 冯剑丰,王秀明,孟伟庆,等 (5875)
- 基于景观遗传学的滇金丝猴栖息地连接度分析..... 薛亚东,李 丽,李迪强,等 (5886)
- 三江平原湿地鸟类丰富度的空间格局及热点地区保护..... 刘吉平,吕宪国 (5894)
- 江苏沿海地区耕地景观生态安全格局变化与驱动机制 王 千,金晓斌,周寅康 (5903)
- 广州市主城区树冠覆盖景观格局梯度..... 朱耀军,王 成,贾宝全,等 (5910)
- 景观结构动态变化及其土地利用生态安全——以建三江垦区为例 林 佳,宋 戈,宋思铭 (5918)
- 基于景观安全格局的香格里拉县生态用地规划..... 李 晖,易 娜,姚文璟,等 (5928)
- 苏南典型城镇耕地景观动态变化及其影响因素..... 周 锐,胡远满,苏海龙,等 (5937)
- 放牧干扰下若尔盖高原沼泽湿地植被种类组成及演替模式..... 韩大勇,杨永兴,杨 杨,等 (5946)
- 放牧胁迫下若尔盖高原沼泽退化特征及其影响因素..... 李 珂,杨永兴,杨 杨,等 (5956)
- 近 20 年广西钦州湾有机污染状况变化特征及生态影响..... 蓝文陆 (5970)
- 万仙山油松径向生长与气候因子的关系 彭剑峰,杨爱荣,田沁花 (5977)
- 50 年来山东塔山植被与物种多样性的变化 高 远,陈玉峰,董 恒,等 (5984)
- 热岛效应对植物生长的影响以及叶片形态构成的适应性..... 王亚婷,范连连 (5992)
- 遮荫对濒危植物崖柏光合作用和叶绿素荧光参数的影响..... 刘建锋,杨文娟,江泽平,等 (5999)
- 遮荫对 3 年生东北铁线莲生长特性及品质的影响..... 韩忠明,赵淑杰,刘翠晶,等 (6005)
- 云雾山铁杆蒿茎叶浸提液对封育草地四种优势植物的化感效应..... 王 辉,谢永生,杨亚利,等 (6013)
- 杭州湾滨海滩涂盐基阳离子对植物分布及多样性的影响 吴统贵,吴 明,虞木奎,等 (6022)
- 藏北高寒草原针茅属植物 AM 真菌的物种多样性..... 蔡晓布,彭岳林,杨敏娜,等 (6029)
- 成熟马占相思林的蒸腾耗水及年际变化..... 赵 平,邹绿柳,饶兴权,等 (6038)
- 荆条叶性状对野外不同光环境的表型可塑性..... 杜 宁,张秀茹,王 炜,等 (6049)
- 短期极端干旱事件干扰后退化沙质草地群落恢复力稳定性的测度与比较..... 张继义,赵哈林 (6060)
- 滨海盐碱地土壤质量指标对生态改良的响应..... 单奇华,张建锋,阮伟建,等 (6072)
- 退化草地阿尔泰针茅与狼毒种群的小尺度种间空间关联..... 赵成章,任 珩 (6080)
- 延河流域植物群落功能性状对环境梯度的响应 龚时慧,温仲明,施 宇 (6088)
- 臭氧胁迫使两优培九倒伏风险增加——FACE 研究 王云霞,王晓莹,杨连新,等 (6098)
- 甘蔗//大豆间作和减量施氮对甘蔗产量、植株及土壤氮素的影响 杨文亭,李志贤,舒 磊,等 (6108)
- 湿润持续时间对生物土壤结皮固氮活性的影响..... 张 鹏,李新荣,胡宜刚,等 (6116)
- 锌对两个品种茄子果实品质的效应..... 王小晶,王慧敏,王 菲,等 (6125)
- Cd²⁺ 胁迫对银芽柳 PS II 叶绿素荧光光响应曲线的影响 钱永强,周晓星,韩 蕾,等 (6134)
- 紫茉莉对铅胁迫生理响应的 FTIR 研究 薛生国,朱 锋,叶 晟,等 (6143)

结缕草对重金属镉的生理响应	刘俊祥,孙振元,巨关升,等 (6149)
两种大型真菌子实体对 Cd ²⁺ 的生物吸附特性	李维焕,孟凯,李俊飞,等 (6157)
富营养化山仔水库沉积物微囊藻复苏的受控因子	苏玉萍,林慧,钟厚璋,等 (6167)
一种新型的昆虫诱捕器及其对长足大竹象的诱捕作用	杨瑶君,刘超,汪淑芳,等 (6174)
光周期对梨小食心虫滞育诱导的影响	何超,孟泉科,花蕾,等 (6180)
农林复合生态系统防护林斑块边缘效应对节肢动物的影响	汪洋,王刚,杜瑛琪,等 (6186)
中国超大城市土地利用状况及其生态系统服务动态演变	程琳,李锋,邓华锋 (6194)
城市综合生态风险评价——以淮北市城区为例	张小飞,王如松,李正国,等 (6204)
唐山市域 1993—2009 年热场变化	贾宝全,邱尔发,蔡春菊 (6215)
基于投影寻踪法的武汉市“两型社会”评价模型与实证研究	王茜茜,周敬宣,李湘梅,等 (6224)
长株潭城市群生态屏障研究	夏本安,王福生,侯方舟 (6231)
基于生态绿当量的城市土地利用结构优化——以宁国市为例	赵丹,李锋,王如松 (6242)
基于 ARIMA 模型的生态足迹动态模拟和预测——以甘肃省为例	张勃,刘秀丽 (6251)
专论与综述	
孤立湿地研究进展	田学智,刘吉平 (6261)
甲藻的异养营养型	孙军,郭术津 (6270)
生态工程领域微生物菌剂研究进展	文娅,赵国柱,周传斌,等 (6287)
我国生态文明建设及其评估体系研究进展	白杨,黄宇驰,王敏,等 (6295)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 440 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 49 * 2011-10	



封面图说: 壶口瀑布是黄河中游流经秦晋大峡谷时形成的一个天然瀑布。此地两岸夹山,河底石岩上冲刷成一巨沟,宽达 30 米,深约 50 米,最大瀑面 3 万平方米。滚滚黄水奔流至此,倒悬倾注,若奔马直入河沟,波浪翻滚,惊涛怒吼,震声数里可闻。其形其声如巨壶沸腾,故名壶口。300 余米宽的滚滚黄河水至此突然收入壶口,有“千里黄河一壶收”之说。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

程琳, 李锋, 邓华锋. 中国超大城市土地利用状况及其生态系统服务动态演变. 生态学报, 2011, 31(20): 6194-6203.

Cheng L, Li F, Deng H F. Dynamics of land use and its ecosystem services in China's megacities. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(20): 6194-6203.

中国超大城市土地利用状况及其 生态系统服务动态演变

程琳¹, 李锋^{2,*}, 邓华锋¹

(1. 北京林业大学, 北京 100083; 2. 中国科学院生态环境研究中心, 城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085)

摘要:随着城市的快速发展,城市用地及其生态服务功能也在不断发生变化。近十几年间,中国城市发展迅速,超大规模城市的土地利用以及生态系统服务动态演变的一般特征以及差异值得关注。研究以中国 1995 年非农业人口超过 200 万的 9 个超大城市为研究对象(包括上海、北京、天津、重庆、南京、西安、哈尔滨、武汉和广州),对各城市不同用地类型在 1995 年至 2008 年这一阶段的利用动态进行分析。然后以用地结构和谢高地等^[1]提出的大陆生态系统服务价值当量表为基础估算了城市土地生态系统服务价值,并且对城市土地利用结构与生态系统服务之间的关系进行了分析。最后为证明研究结果可信,对每种用地类型对单位面积生态系统服务价值系数的依赖性进行了敏感性分析。结果表明,9 个超大城市用地结构变化趋势总体一致,主要缩减地类为农田和水体,增长地类为建设用地、林地和城市绿地。单位面积生态系统服务价值量 1995 年总体范围为 4996—8854 元/hm²,排序为广州>武汉>哈尔滨>南京>西安>天津>北京>上海>重庆,2008 年范围为 4746—8777 元/hm²,排序为广州>哈尔滨>西安>上海>重庆>北京>武汉>南京>天津,各城市均值由 1995 年的 7189 元/hm²降到 2008 年的 6987 元/hm²。人均享有生态系统服务价值量 1995 年总体范围为 284—7983 元/人,排序为哈尔滨>西安>北京>广州>武汉>南京>天津>重庆>上海,2008 年范围为 305—4538 元/人,排序为哈尔滨>重庆>西安>广州>武汉>北京>南京>天津>上海,各城市平均值由 1995 年的 1677 元/人降到 2008 年的 1230 元/人。超大城市土地生态系统服务动态演变的一致特征是人均享有生态系统服务价值下降,主要减弱的生态系统服务为水文调节和粮食生产,增强的服务为娱乐文化和废物处理,而单位面积生态系统服务价值与生态系统服务结构 9 个城市之间存在差异。敏感性分析结果显示所有土地类型的敏感度指数皆小于 1,证明研究结果可信。研究结果说明城市可持续发展主要面临的问题之一是建设用地无序扩张和各类生态用地的配置不均衡,可为中国迅速城市化的新兴大型城市的生态建设提供参考和指导。

关键词:土地利用;生态用地;城市化;生态系统服务;超大城市

Dynamics of land use and its ecosystem services in China's megacities

CHENG Lin¹, LI Feng^{2,*}, DENG Huafeng¹

¹ Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

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

Abstract: With rapid urban development, land use and its ecosystem services in large cities change accordingly. During the latest decades, urban development boomed in China. Researchers and decision makers have increasingly paid attentions to the characteristics and variations of land use and its ecosystem services among megacities. We conducted the current study to understand the dynamics of land use and its ecosystem services in China's megacities. We firstly analyzed changes in land use in nine cities with over two million nonagricultural inhabitants (in 1995), including Shanghai, Beijing, Tianjin, Chongqing, Nanjing, Xian, Harbin, Wuhan and Guangzhou. We then modified the criteria proposed by Xie

基金项目:国家自然科学基金项目(70803050);国家“十一五”科技支撑计划课题资助(2008BAJ10B05, 2009BAD2B03, 2007BAC28B04)。

收稿日期:2011-06-20; **修订日期:**2011-07-23

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

et al^[1] in 2010 regarding to the equivalent values per unit area of land ecosystem services and used the modified version to translate land uses in the nine surveyed cities into values of ecosystem services. In addition, we examined the relationship between urban land use structure and ecosystem services. To test the reliability of the results, sensitivity analysis was conducted to examine the dependency of each class of land use on the coefficient of ecosystem service values per unit area. The results showed generally similar trends of land use structure changes among the surveyed megacities. Reduced land types mainly included cultivated land and water area. In contrast, lands were increasingly used for construction, urban greening and forest. The values of ecosystem services per unit area differed among the nine cities. It ranged from 4 996 to 8 854 Yuan/hm² in 1995 with the highest value in Guangzhou followed by Wuhan, Harbin, Nanjing, Xian, Tianjin, Beijing, Shanghai and Chongqing. The range in 2008 was from 4 746 to 8 777 Yuan/hm² and the descending rank was Guangzhou, Harbin, Xian, Shanghai, Chongqing, Beijing, Wuhan, Nanjing and Tianjin. The average value of ecosystem services per unit area across the nine surveyed cities dropped to 6 987 Yuan/hm² in 2008 from 7 189 Yuan/hm² in 1995. Per capita values of ecosystem services across the megacities dropped. It ranged from 284 Yuan to 7 983 Yuan in 1995 with a descending rank of Harbin, Xian, Beijing, Guangzhou, Wuhan, Nanjing, Tianjin, Chongqing and Shanghai. The rank in 2008 changed into Harbin, Chongqing, Xian, Guangzhou, Wuhan, Beijing, Nanjing, Tianjin and Shanghai with a range from 305 to 4 538 Yuan. The average per capita value of ecosystem services was 1 677 Yuan in 1995 which decreased to 1 230 Yuan in 2008. Hydrological regulation and food production were the first two weakened services. The services of culture, entertainment and waste disposal were, however, improved. The sensitivity analysis showed less dependency (<1) for all classes of land uses in both 1995 and 2008, which indicated high reliability of our results. We suggested disordered expansion of construction lands and imbalance of ecological lands as main problems impeding the harmonious urban development. Given the similar social environment across the Chinese mainland, the findings in our study might have important implications for the sustainable development of other rising cities.

Key Words: land use; ecological land; urbanization; ecosystem services; megacity

城市的土地系统是一个自然-经济-社会复合生态系统^[2],当前快速城市化导致的城市大规模建设和各种人类活动对土地复合生态系统影响深刻^[3]。随着城市的发展,城市居民在追求经济发展的同时,开始追求城市生态系统的优化,人居环境的舒适感以及身心的健康^[4],因此对城市用地类型的研究开始由建设用地转向能够提供各种生态系统服务的用地类型^[5-7]。许多学者基于城市的土地利用状况对城市系统的总体生态系统服务价值进行了核算和评估^[8-9],然而这些研究大多针对某一个城市进行,或针对某一区域范围内城市进行^[10-11]。目前还没有研究专门针对某一发展类别的城市群体进行横向比较,探讨某一规模城市群的整体土地资源变化特征。

以城市非农业人口为依据,我国城市被划分为超大、特大、大、中和小城市 5 个等级,《中国城市统计年鉴》中定义超大城市为“城市市区非农业人口达到 200 万以上的城市”。超大城市在国家区域发展中具有重要的政治和经济地位,而且超大城市的城市人口规模大,城市土地系统受人类影响大,这一类城市的土地利用变化状况以及相应的生态系统服务特征可以间接反映中国城市发展到一定规模后的城市建设在生态系统服务价值变化上的响应状况,以及同一规模等级下不同地域城市的发展道路的区别。为此,本文在分析各超大规模城市的土地利用状况以及相应的生态系统服务价值变化的基础上探讨大规模城市建设对城市土地生态系统的影响,以期为其他新兴城市在城市化发展道路上协调人地矛盾提供参考和指导。

1 研究对象

方创琳等^[12]在中国城市化发展进程的研究中指出,1995 年是我国城市化发展进入成长阶段的分水岭,因此本文采用 1995 年市区非农业人口已经超过 200 万人的城市作为研究对象,包括上海、北京、天津、重庆、南京、西安、哈尔滨、武汉、广州和沈阳,其中沈阳数据缺失,在此仅讨论其他九个城市。这 9 个城市除北京、上

海、天津和重庆 4 个直辖市,其他都为省会城市,直辖市和省会城市作为各区域的行政、文化中心,这些城市代表中国城市化进程最前端的城市群,其土地利用变化状况能够反映出城市化发展最迅速的城市的建设对土地生态系统服务的影响。

2 研究方法

2.1 数据收集和地类划分

本研究以 1995 年和 2008 年九个城市各种土地利用类型的面积作为研究的基础数据,其中 1995 年采用中国科学院地理资源与科学研究所建立的中国土地资源数据库的数据,2008 年数据采用各城市国土部门土地面积调查数据(其中上海和西安未公布,分别用 2007、2005 的数据代替)。国土资源数据库中土地资源统计资料的数据来源为国家农业统计资料和土地利用调查,数据来源可靠,且土地类型划分与国土部门土地面积调查数据一致。各用地类型的数据统计范围为包括辖县的整个城市地区范围。

各市土地面积调查数据的土地分类方法都采用了中国国土资源部颁布的《全国土地分类》(过渡期适用)。本研究依据用地类型的主要生态系统服务特征对土地调查的分类体系进行调整,将城市绿地这一重要的城市生态用地类型从建设用地中抽离,单独列为一种生态用地类型,本研究的土地类型划分见表 1。

表 1 城市土地利用类型划分
Table 1 Classification of urban land use

土地利用类型 Land use type	内容描述 Definition
农田 Cultivated land	包括耕地(灌溉水田、望天田、水浇地、旱地、菜地)和园地(果园、桑园、茶园、橡胶园及其它园地)
林地 Forest land	包括有林地、灌木林、疏林地、未成林造林地、迹地以及苗圃
草地 Grassland	即牧草地,包括天然牧草地、改良牧草地和人工牧草地
水体 Water area	包括未利用地类型中的其他用地(河流水面、湖泊水面、苇地和滩涂 ^a)以及建设用地中的水利设施用地 ^b
城市绿地 Urban green land	包括城市园林绿地和公园绿地,即为市区公共绿地
未利用地 Unused land	包括荒草地、盐碱地、沼泽地、沙地、裸土地、裸岩石砾地和其他未利用地
建设用地 Construction land	包括居民点及工矿用地和交通运输用地

由于苇地和滩涂所占比重较小,且附属于湖泊和河流,故一并划为水体;建设用地中的水利设施用地很大比例为水库,在此考虑水库作为水体的生态系统服务价值,将其从建设用地中划出

2.2 土地利用动态度

由于 1995 年至 2008 年 9 个城市的城市范围都有不同程度的扩张,单纯地比较用地类型的面积变化难以客观地反映城市土地资源配置的变化状况,因此以各用地类型面积占城市总面积的比例反映城市的土地利用状况。

某一土地利用类型的动态度是用来描述区域一定时间范围内某种土地利用类型数量的变化速度,可以用来比较不同区域土地利用变化的差异^[13]。本文用各用地类型面积占总面积的比例来代表土地类型数量,土地利用动态度的公式如下^[13]:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中, K 为土地利用动态度, U_b 和 U_a 分别为研究初期和末期某一类型的土地面积占城市总面积的比例, T 为 a 到 b 的时间跨度。

2.3 城市土地生态系统服务价值估算

2.3.1 生态系统服务价值系数

1997 年 Constanza 等^[14]对全球生态系统服务价值进行了定量估算,明确了生态系统服务评估的方法,但该研究中的生态系统服务价值系数对于中国陆地系统缺乏针对性。2007 年谢高地等^[1]根据中国的实际情况,制定了中国陆地系统单位面积生态系统服务价值表,将中国陆地生态系统划分为农田、森林、草地、湿地、水体和荒漠 6 类,将生态系统服务划分为气候调节、气体调节、水源涵养、土壤形成与保护、废物处理、生物多

样性保护、食物生产、原材料生产和娱乐休闲九项服务。本研究中城市土地利用类型划分与谢高地等关于中国生态系统类型的划分不完全一致,需要将两者的生态系统类型进行对照,并且依据城市具体特征进行调整,其中城市绿地系统结构较为复杂,其由森林、草地以及水体等不同种类的生态系统组成,依据其他生态系统进行综合调整。

城市绿地指城市公共绿地,其统计范围包括市区内的街边绿地、公园绿地以及其范围内的水域,本文将城市绿地简化为以乔木为主的林地、以草坪为代表类型的草地和水域组成,并参考有关城市绿地结构的研究成果^[15-16]假设林地、草地和水域的面积比值为5:4:1。由此将城市绿地的当量调整为:

$$VC_{\text{城市绿地}} = VC_{\text{森林}} \times 0.5 + VC_{\text{草地}} \times 0.4 + VC_{\text{水域}} \times 0.1$$

式中, VC 为生态系统服务价值系数。

此外,由于城市绿地的主要服务是为城市居民提供休闲游憩的场所而不提供原材料和食物,将食物生产、原材料的单位面积生态系统服务价值调整为等于荒漠的单位面积生态系统服务价值,娱乐文化调整为等于生态系统服务价值最高的水域。由于已将建设用地中能够提供生态系统服务的城市绿地以及水利设施中的水库划出,本研究中建设用地生态系统服务价值为零,调整后各用地类型单位面积生态系统服务价值表如下(表2),研究中假设不同年份各用地类型单位面积生态系统服务价值保持一致。

表2 各土地类型单位面积生态系统服务价值量表(元·hm⁻²·a⁻¹,2007年)

Table 2 Equivalent values per unit area of land ecosystem services

	农田 Cultivated land	林地 Forest land	草地 Grassland	水体 Water area	城市绿地 Urban green land	未利用地 Unused land
食物生产 Food production	449.1	148.2	193.11	238.02	8.98	8.98
原材料生产 Raw materials production	175.15	1338.32	161.68	157.19	17.96	17.96
气体调节 Gas regulation	323.35	1940.11	673.65	229.04	1279.48	26.95
气候调节 Climatic regulation	435.63	1827.84	700.6	925.15	1389.88	58.38
水文调节 Hydrological regulation	345.81	1836.82	682.63	8429.61	1986.55	31.44
废物处理 Waste treatment	624.25	772.45	592.81	6669.14	1286.22	116.77
保持土壤 Soil conservation	660.18	1805.38	1005.98	184.13	1337.69	76.35
维持生物多样性 Biodiversity conservation	458.08	2025.44	839.82	1540.41	1505.02	179.64
娱乐文化 Culture and entertainment	76.35	934.13	390.72	1994	1994	107.78
总计 Gross	3547.89	12628.69	5241	20366.69	10805.78	624.25

2.3.2 生态系统服务价值估算

根据各土地利用类型的生态系统服务价值系数,分别计算各城市1995年和2008年各用地类型的生态系统服务价值。考虑到各城市总体土地面积和人口规模不同,且1995年至2008年9个城市的城市范围有不同程度的扩张,城市人口也有不同程度的增长,以单位面积生态系统服务价值和人均享有价值来反映城市的土地生态系统服务,以消除城市范围对结果可信度的影响^[14]:

$$ESV_k = \sum_{i=1}^n VC_{ik} \times U_i$$

$$ESV_{kU} = \frac{ESV_k}{U}$$

$$ESV_{kP} = \frac{ESV_k}{P}$$

式中, ESV_k 为某类生态系统服务的价值量, VC_{ik} 为第 i 类用地类型的第 k 种生态系统服务的价值系数, U_i 为一种用地类型的面积, ESV_{kU} 为某类生态系统服务的单位面积价值量, ESV_{kP} 为某类生态系统服务的人均享有价值量, P 为城市总人口数, U 为城市总面积。

2.4 生态系统敏感性分析

敏感性分析是一种定量描述模型输出变量对输入变量依赖程度的方法^[17]。通过敏感度指数的计算,一方面可以反映不同用地类型的面积变化对城市总体生态系统服务价值的影响程度,另一方面可以检验结果产生的生态系统服务价值量对价值系数的依赖程度。这里将各土地利用类型的生态价值系数分别上调 1% (调整其他比例亦可,结果一样),来分析 6 种用地类型的敏感度指数^[17]:

$$CS = \left| \frac{(ESV_j - ESV_i) / ESV_i}{(VC_{jk} - VC_{ik}) / VC_{ik}} \right|$$

式中,CS 为敏感度指数。

3 结果与讨论

3.1 土地利用变化

由表 3,1995 至 2008 年 9 个城市各土地类型变化主要有以下几点特征:

(1)所有城市的建设用地和城市绿地动态度都为正值,说明 1995 年至 2008 年这一阶段所有超大城市的建设用地和城市绿地面积都呈增加趋势,建设用地的增加与这 9 个超大城市的城市化水平由 1995 年到 2008 年的显著增加吻合^[12]。各城市城市绿地变化的平均水平远高于其他用地类型,一方面由于城市绿地的统计范围为市区范围,从 1995 到 2008 年城市的市区范围不断扩大,绿地面积相应增加,另一方面城市绿地面积的基数小也造成其动态度大。城市绿地是与城市居民生活联系最为紧密的生态用地类型,说明目前城市建设对于城市人居环境愈加关注。

(2)林地比例变化除广州的林地比例略有下降,其他城市都为增长状况,其中仅上海和重庆的林地动态度超过 10,林地比例增加显著。上海的林地比例显著增长是由于上海林地面积比例本底值极低,虽 2008 年仍处于 9 个城市的最低水平 2.9%,相对 1995 年的 0.8% 增长幅度较大。重庆市林地面积比例的显著增长主要是由其行政区划变迁造成的,1995 至 1996 年重庆市辖 11 个区、7 个县、3 个县级市,1997 年第八届全国人民代表大会第五次会议通过,撤销原重庆市,设立重庆直辖市,经过不断变更至 2008 年重庆市辖 19 个区、17 个县、4 个民族自治县,与其他城市扩张不同的是,重庆市增加的管辖范围主要是普通县和民族自治县,这些地区多位于山区,城市化程度低,建设用地比例低,林地比例大,造成重庆市林地比例显著增长,鉴于重庆市范围扩张主要受政策影响而非城市发展造成,下文中重庆市生态系统服务价值变化特征不列为判断超大城市整体生态系统服务价值变化总体特征的依据。此外,1999 年退耕还林试点开始,2002 年国务院正式推行退耕还林政策,这导致了在建设用地大量侵占其他用地类型的城市快速发展期,大部分超大城市的林地比例却有不同程度的增长。

表 3 中国超大城市 1995-2008 年土地利用变化动态度/%

Table 3 Land use dynamic degrees of nine megacities in China between 1995 and 2008

	农田 Cultivated land	林地 Forest land	草地 Grassland	水体 Water area	城市绿地 Urban green land	未利用地 Unused land	建设用地 Construction land
上海	-2.85	20.26	0.00	2.53	24.90	0.00	2.85
北京	-1.62	4.54	-7.65	-2.25	11.21	9.07	5.10
天津	-0.66	1.49	-0.15	-3.73	36.60	-3.88	7.05
重庆	-2.86	10.53	8.30	-2.90	6.03	-5.08	5.69
南京	-1.61	1.41	-7.48	-4.11	48.29	-3.60	10.23
西安	-0.79	0.16	-0.42	-1.95	116.67	-0.34	3.52
哈尔滨	-0.08	0.04	-0.35	7.06	13.56	-3.14	2.18
武汉	-1.34	1.64	-7.37	-2.40	22.13	-4.06	11.35
广州	-1.58	-0.52	-3.49	-3.26	28.36	-5.44	12.83

(3)农田、草地、水体和未利用地四种用地类型的土地利用动态度基本为负值。由于草地和未利用地本

身比例小,相同数值的动态度下,农田和水体的变化程度远大于草地和未利用地,因此农田和水体是城市主要缩减的土地资源。9个城市农田都有不同程度的缩减,一方面原因是建设用地的侵占以及退耕还林政策,另一方面原因是城市化进程中大量农业人口涌入城市,耕地荒废。水体的缩减一方面原因是人为填埋水体,另一方面原因是气候变化,水体干涸。

3.2 城市土地生态系统服务的价值分析

由于各城市的总体土地面积和人口规模不同,为横向比较各城市的土地系统提供的生态系统服务价值,利用单位面积生态系统服务价值量和人均享有生态系统服务价值量来反映各城市土地生态系统服务特征。

3.2.1 基于土地面积的城市土地生态系统服务特征

表4展示了1995年和2008年中国9个超大城市土地系统的单位面积生态系统服务价值量。由表4,9个城市土地生态系统服务的共同特征为水文调节服务的价值量最大,食物生产和原材料生产服务的价值量则最小。各城市土地利用特征不同,因而主要生态系统服务有所差异,主要有3种类型:(1)广州和重庆各类生态系统服务较为均衡,广州土地系统单位面积总体生态系统服务价值量最高,除食物生产之外,各类生态系统服务价值量都处于9个城市的前列,重庆各种生态系统服务价值量也较为均衡,但由于其行政范围变化大1995年和2008年价值总量变化显著;(2)哈尔滨和西安在保持土壤、气体调节、气候调节和原材料生产方面占优势,食物生产、废物处理和娱乐文化3种类型的生态系统服务为其薄弱点,总体生态系统服务在9个城市中处于中上等;(3)上海、天津、北京、南京和武汉的生态系统服务结构相似,以水文调节、废物处理和维持生物多样性为主,食物生产和原材料生产方面则较为薄弱,总体生态系统服务价值处于9个城市中的中下等。

表4 1995年和2008年九个城市土地系统单位面积生态系统服务价值量(元/hm²)

Table 4 Land ecosystem services' values per unit area of nine megacities in 1995 and 2008

年份 Year	食物生产 Food production	原材料生产 Raw materials production	气体调节 Gas regulation	气候调节 Climatic regulation	水文调节 Hydrological regulation	废物处理 Waste treatment	保持土壤 Soil conservation	维持生物 多样性 Biodiversity conservation	娱乐文化 Culture and entertainment	价值 总量 Gross	
上海	1995	280	132	240	427	1774	1579	407	556	436	5830
	2008	211	136	273	482	2322	1922	371	652	626	6995
北京	1995	218	446	773	815	1152	843	907	942	466	6561
	2008	168	605	903	908	1150	708	923	1030	503	6898
天津	1995	265	154	257	489	2419	2056	394	673	593	7300
	2008	218	133	240	379	1365	1199	368	482	361	4746
重庆	1995	256	323	511	585	886	772	662	683	318	4996
	2008	207	599	908	920	1114	720	967	1036	483	6956
南京	1995	285	247	415	617	2255	1888	559	790	608	7664
	2008	214	235	525	642	1462	1181	643	753	593	6248
西安	1995	242	628	943	963	1167	782	1021	1084	492	7322
	2008	224	631	956	966	1119	722	1020	1083	497	7218
哈尔滨	1995	236	728	1087	1088	1228	763	1143	1217	546	8036
	2008	240	733	1095	1109	1405	897	1148	1248	589	8464
武汉	1995	297	242	397	622	2492	2089	546	813	644	8142
	2008	241	237	403	562	1855	1536	521	704	526	6585
广州	1995	250	601	944	1023	1838	1313	1015	1184	686	8854
	2008	202	547	1033	1089	1644	1109	1091	1227	835	8777
平均值	1995	259	389	618	737	1690	1343	739	882	532	7189
	2008	214	429	704	784	1493	1110	784	913	557	6988

将9个城市各类生态系统服务价值量进行平均,比较1995和2008年各类生态系统服务价值量,发现原料生产、水文调节和废物处理三方面的生态系统服务价值量减少,其他方面服务的价值量增加,娱乐文化方面

的增加尤其显著。考虑到农用地主要提供原料生产服务,水体主要提供水文调节服务,城市绿地主要提供娱乐文化服务,评估结果与各城市农用地和水面面积减少,城市绿地面积增加的土地利用变化状况相一致。9个城市单位面积总体生态系统服务价值量的平均值由1995年的7189元/hm²降到2008年的6987元/hm²,中国超大城市土地系统单位面积生态系统服务价值整体上2008年低于1995年降低了3%。

2008年与1995年相比,单位面积总生态系统服务价值下降的城市有天津、南京、西安、武汉和广州5个城市,除西安和广州其他城市显著降低;价值量增加的城市有上海、北京、重庆和哈尔滨,其中重庆2008年价值量显著大于1995年,主要由于重庆市林地面积比例的增长幅度大于建设用地,前文已对重庆市范围显著扩张以及土地资源变迁原因进行阐述。林地和城市绿地的增加是上海、北京和哈尔滨生态系统服务价值增加的主要原因,弥补了其他类型的生态用地减少造成的生态系统服务的损失,也间接说明一些类型生态用地的丧失可能并不完全是建设用地侵占,也有一部分转化为其他类型的生态用地,从而使城市的生态系统服务结构发生了变化。

3.2.2 基于人口数量的城市土地系统生态系统服务特征

由表5可以了解9个超大城市人均享有的生态系统服务价值状况,人均享有生态系统服务价值量反映城市土地生态系统服务的结构特征与单位面积生态系统服务相同,有关人均享有生态系统服务价值量的结构特征不再赘述。对人均和单位面积生态系统服务价值估算结果进行比较可以看出,相较于单位面积生态系统服务价值,不同城市各类型人均生态系统服务价值量差异较大,而且各市总体价值量排序发生了显著变化,可见人口密度的差异造成各城市居民享有的生态系统服务质量不同。

表5 1995和2008年九个超大城市人均享有生态系统服务价值量/(元/人)

Table 5 Land ecosystem services' values per capita of nine megacities in 1995 and 2008

年份 Year	食物生产 Food production	原材料生产 Raw materials production	气体调节 Gas regulation	气候调节 Climatic regulation	水文调节 Hydrological regulation	废物处理 Waste treatment	保持土壤 Soil conservation	维持生物 多样性 Biodiversity conservation	娱乐文化 Culture and entertainment	价值 总量 Gross	
上海	1995	14	6	12	21	86	77	20	27	21	284
	2008	9	6	12	21	101	84	16	28	27	305
北京	1995	33	68	118	124	176	129	138	144	71	1001
	2008	16	59	87	88	111	69	89	100	49	668
天津	1995	35	20	34	65	321	273	52	89	79	968
	2008	22	14	24	38	138	122	37	49	37	481
重庆	1995	39	50	79	90	137	119	102	105	49	771
	2008	60	173	263	267	323	209	280	300	140	2016
南京	1995	36	31	52	78	285	239	71	100	77	969
	2008	23	25	55	68	154	124	68	79	62	659
西安	1995	38	98	147	150	182	122	159	169	77	1142
	2008	29	83	125	126	146	94	134	142	65	945
哈尔滨	1995	235	723	1079	1081	1220	758	1136	1209	543	7983
	2008	128	393	587	595	753	481	615	669	316	4538
武汉	1995	36	29	48	75	300	252	66	98	78	980
	2008	25	24	41	58	190	158	53	72	54	676
广州	1995	28	68	106	115	207	148	114	133	77	997
	2008	18	49	93	98	147	99	98	110	75	787
平均	1995	55	122	186	200	324	235	206	231	119	1677
	2008	37	92	143	151	229	160	155	172	92	1230

1995和2008年之间人均享有生态系统服务价值量仅重庆市有显著增长。重庆市人均生态系统服务价值显著增长是由于其城市大幅扩张,且扩张区域多为山区,林地比例大且人口密度较小。上海人均生态系统

服务价值量 2008 年相较于 1995 年略有增长,作为中国人口密度最大的城市之一,上海市的人均生态系统服务价值本底值远低于其他城市,2008 年亦低于其他城市,虽然增长幅度较小,在近年来上海市人口密度逐年增长的情况下,人均生态系统服务价值量依然有所增长,说明上海市近年来加大城市生态建设取得了一定的成果。其他 7 个城市人均生态系统服务价值有不同程度的下降,降低幅度在 15%—50% 之间,说明超大城市在这一时期的城市建设中整体特征是居民人均享有的生态系统服务价值量下降。

各城市的平均值由 1995 年的 1677 元/人降到 2008 年的 1230 元/人,减少了 27%。1995 年和 2008 年各城市人均享有生态系统服务价值量分布位置较为集中,1995 年集中于 1000 元/人左右,2008 年集中于 700 元/人左右,这从一个侧面反映了中国一定规模等级城市的土地系统能够提供的人均生态系统服务是相似的,人均享有生态系统服务受城市人口规模的影响较大。

3.3 敏感性分析

通过敏感度指数公式得出各城市各种土地类型的敏感度指数(表 6)。利用表 6 首先分析不同生态用地类型的面积变化对城市总体生态系统服务价值的影响程度:(1)草地和未利用地由于面积比例小,各市的敏感度指数都低于 0.01,在此不加讨论;(2)城市绿地的敏感度指数也很低,1995 年范围为 0.001—0.046,2008 年范围为 0.02—0.217,但 2008 年城市绿地的敏感度增加显著,说明随着城市的发展城市绿地不断增加,城市绿地对城市总体生态系统服务的影响力正在增加;(3)农田的敏感度各城市之间的差异不大且都发生了不同程度的降低,其中上海和重庆的降低量最大,说明各城市对农用地都有不同程度的侵占,农用地对城市总体生态系统服务影响力降低;(4)各城市林地和水体的敏感度指数差异较大,上海、天津、南京和武汉的水体的敏感度高,水体面积的改变对整体生态系统服务价值的影响较大,北京、重庆、西安、哈尔滨和广州的林地敏感度高,林地对于这些城市的整体生态状况更为重要,9 个城市林地和水体的敏感度都略有增加。

总体来看,各城市的不同地类敏感度的变化趋势一致,随城市发展农用地的生态敏感度降低,其他用地类型的生态敏感度增加。各城市不同用地类型的敏感度指数皆小于 1,说明生态系统服务价值对于价值系数缺乏弹性,价值系数的微小变化不会引起生态系统服务价值总量的大幅变化,说明本文忽略 9 个城市土地系统的生态系统服务价值系数的区别对结果影响不大,分析结果可信。

表 6 1995 年和 2008 年各生态用地类型的敏感度指数

Table 6 Sensitivity degrees of six types of ecological land of megacities in 1995 and 2008

	年份 Year	农田 Cultivated land	林地 Forest land	草地 Grassland	水体 Water area	城市绿地 Urban green land	未利用地 Unused land
上海	1995	0.318	0.017	0.000	0.646	0.018	0.000
	2008	0.167	0.053	0.000	0.716	0.064	0.000
北京	1995	0.147	0.507	0.187	0.150	0.005	0.005
	2008	0.110	0.767	0.001	0.101	0.012	0.010
天津	1995	0.214	0.044	0.000	0.732	0.004	0.005
	2008	0.301	0.081	0.001	0.580	0.033	0.004
重庆	1995	0.340	0.427	0.015	0.188	0.007	0.024
	2008	0.154	0.726	0.022	0.084	0.008	0.006
南京	1995	0.224	0.155	0.002	0.592	0.024	0.003
	2008	0.217	0.226	0.000	0.338	0.217	0.002
西安	1995	0.184	0.712	0.009	0.087	0.001	0.006
	2008	0.167	0.738	0.009	0.066	0.014	0.006
哈尔滨	1995	0.152	0.776	0.010	0.057	0.001	0.005
	2008	0.143	0.740	0.009	0.103	0.002	0.003
武汉	1995	0.216	0.131	0.005	0.637	0.008	0.003
	2008	0.220	0.197	0.000	0.542	0.039	0.002
广州	1995	0.148	0.552	0.000	0.252	0.046	0.002
	2008	0.119	0.518	0.000	0.147	0.215	0.001

4 结论

通过对中国 9 个超大城市 1995 年与 2008 年土地利用结构进行比较,各城市土地利用变化特征一致——建设用地和城市绿地大幅增长,林地稍有增长,农用地和水体缩减严重,而各城市的土地利用结构差别较大。

人口聚集和土地需求是城市化的基本特征^[18],从土地面积和人口数量角度来看,中国超大城市整体生态系统服务都呈弱化趋势,但生态系统服务价值量减少程度不显著,且有几个城市 2008 年生态系统服务价值大于 1995 年,可能原因在于超大城市作为区域经济文化的中心,对周边城市具有凝聚效应,周边城市会有生态系统服务的输入,例如北京水资源短缺,大量的水资源由河北省调入,即其水体提供的部分生态系统服务是由其他城市输入的,也强化了本市的生态系统服务。9 个城市土地系统的生态系统服务结构之间的差异主要由于城市的地理位置和功能区位的差异造成其土地利用方式不同。

本研究由于研究对象全部为超大城市,主要不足之处在于缺乏和中等城市和小城市的比较,无法得出超大城市的生态系统服务在全国范围内的定位。目前对中国大规模城市生态系统的生态系统服务价值量的评估研究多是对单个城市进行,本研究以一个规模类别的城市作为研究对象,结果显示超大规模城市在土地利用结构方面呈相似的变化特征,而生态系统服务方面人均享有生态系统服务价值量变化特征较为一致,单位面积生态系统服务价值量差异较大,大规模城市发展主要面临的问题之一是土地资源利用不平衡造成的各项生态系统服务价值不均衡。当前中国跨入超大城市行列的城市不断增加,早期大规模城市的建设轨迹可以为新兴大型城市的发展提供指导和参考,在未来城市建设中建设用地的扩张是城市发展的必然趋势,应当注意的问题是建设用地无序扩张的防治以及各类提供生态系统服务的用地类型的轻重权衡,从而实现的可持续城市发展。

References:

- [1] Xie G D, Zhen L, Lu C X, Xiao Y, Li W H. Applying value transfer method for eco-service valuation in China. *Journal of Resources and Ecology*, 2010, 1(1): 51-59.
- [2] Wang R S, Hu D, Li F, Liu J R, Ye Y P. *Integrative Ecological Management for Regional Urbanization*. Beijing: China Meteorological Press, 2010: 111-119.
- [3] Wang R S, Hu D, Wang X R, Tang L J. *Urban Eco-Service*. Beijing: China Meteorological Press, 2004: 97-97.
- [4] Maas J, van Dillen S M E, Verheij R A, Groenewegen P P. Social contacts as a possible mechanism behind the relation between green space and health. *Health and Place*, 2009, 15(2): 586-595.
- [5] Gidlöf-Gunnarsson A, Öhrström E. Noise and well-being in urban residential environments; the potential role of perceived availability to nearby green areas. *Landscape and Urban Planning*, 2007, 83(2/3): 115-126.
- [6] Liu X, Gu Y, Deng H B. Importance assessment of ecological land protection in Jiangxi Province. *China Environmental Science*, 2010, 30(5): 716-720.
- [7] Yu K J, Li D H. Landscape ecological model in rural and urban regional planning. *Overseas Urban Planning*, 1997, 3: 27-31.
- [8] Zeng Z B, Chen X M, Li Y S, Qiu Y R, Fang K. Study on the evaluation index system of ecological land in Qingpu District in Shanghai. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2007, 23(11): 328-332.
- [9] Zhao B, Kreuter U, Li B, Ma Z J, Chen J K, Nakagoshi N. An ecosystem service value assessment of land-use change on Chongming Island, China. *Land Use Policy*, 2004, 21(2): 139-148.
- [10] Mao C B, Chen Y. The driving force and prediction of the evolution of land use and ecosystem services value—a case study of Jiangsu Province. *Research of Soil and Water Conservation*, 2010, 17(4): 269-275.
- [11] Zong Y G, Chen H C, Guo R H, Xu H Y. The systematic analysis on value of regional ecosystem services—a case study of Lingwu City. *Geographical Research*, 2000, 19(2): 148-155.
- [12] Fang C L. *Report about Urbanization Process and Resource and Environment Safeguard in China*. Beijing: Science Press, 2009: 52-55.
- [13] Wang X L, Bao Y H. Study on the methods of land use dynamic change research. *Progress in Geography*, 1999, 18(1): 81-87.
- [14] Costanza R, d'Arge R, De Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387(6630): 253-260.
- [15] Xu F, Zhang G L, Wang Y P, Liu W H, Yu X Q, Wang K Y. Primary analysis of urban green space composition of Shanghai. *Anhui Agriculture*,

2008, (14): 70-71.

- [16] Zhu N, Li M, Wang C, Zhou H Z. Primary analysis of urban Greenland system of Harbin. *Journal of Northeast Forestry University*, 2002, 30(3): 127-130.
- [17] Cai Y, Xing Y, Hu D. On sensitivity analysis. *Journal of Beijing Normal University: Natural Science*, 2008, 44(1): 9-16.
- [18] Shen Y, Liu M L. Optimized allocation of land resources in the process of urbanization in the Hunan province. *Yunnan Geographic Environment Research*, 2007, 19(2): 49-52.

参考文献:

- [2] 王如松, 胡聃, 李锋, 刘晶茹, 叶亚平. 区域城市发展的复合生态管理. 北京: 气象出版社, 2010: 111-112.
- [3] 王如松, 胡聃, 王祥荣, 唐礼俊. 城市生态服务. 北京: 气象出版社, 2004: 97-97.
- [6] 刘昕, 谷雨, 邓红兵. 江西省生态用地保护重要性评价研究. *中国环境科学*, 2010, 30(5): 716-720.
- [7] 俞孔坚, 李迪华. 城乡与区域规划的景观生态学模式. *国外城市规划*, 1997, (3): 27-31.
- [8] 曾招兵, 陈效民, 李英升, 邱尧荣, 方堃. 上海市青浦区生态用地建设评价指标体系研究. *中国农学通报*, 2007, 23(11): 328-332.
- [10] 崑长宝, 陈勇. 土地利用及其生态服务价值演变的驱动力与预测研究——以江苏省为例. *水土保持研究*, 2010, 17(4): 269-275.
- [11] 宗跃光, 陈红春, 郭瑞华, 徐宏彦. 地域生态系统服务功能的价值结构分析——以宁夏灵武市为例. *地理研究*, 2000, 19(2): 148-155.
- [12] 方创琳. 中国城市化进程及资源环境保障报告. 北京: 科学出版社, 2009: 52-55.
- [13] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨. *地理科学进展*, 1999, 18(1): 81-87.
- [15] 徐飞, 张桂莲, 王亚萍, 刘为华, 余雪芹, 王开运. 上海城市绿地结构初步分析. *现代农业科技*, 2008, (14): 70-71.
- [16] 祝宁, 李敏, 王成, 周洪泽. 哈尔滨市绿地系统结构初步分析. *东北林业大学学报*, 2002, 30(3): 127-130.
- [17] 蔡毅, 邢岩, 胡丹. 敏感性分析综述. *北京师范大学学报: 自然科学版*, 2008, 44(1): 9-16.
- [18] 沈彦, 刘明亮. 城市化进程中的土地资源优化配置研究——以湖南省为例. *云南地理环境研究*, 2007, 19(2): 49-52.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31 ,No. 20 October ,2011 (Semimonthly)

CONTENTS

- Community structure and diversity of macrobenthos in the intertidal zones of Yangshan Port WANG Baoqiang, XUE Junzeng, ZHUANG Hua, et al (5865)
- Variation characteristics of macrobenthic communities structure in tianjin coastal region in summer FENG Jianfeng, WANG Xiuming, MENG Weiqing, et al (5875)
- Analysis of habitat connectivity of the Yunnan snub-nosed monkeys (*Rhinopithecus bieti*) using landscape genetics XUE Yadong, LI Li, LI Diqiang, WU Gongsheng, et al (5886)
- Study on the spatial pattern of wetland bird richness and hotspots in Sanjiang Plain LIU Jiping, LÜ Xianguo (5894)
- Dynamic analysis of coastal region cultivated land landscape ecological security and its driving factors in Jiangsu WANG Qian, JIN Xiaobin, ZHOU Yinkang (5903)
- Landscape pattern gradient on tree canopy in the central city of Guangzhou, China ZHU Yaojun, WANG Cheng, JIA Baoquan, et al (5910)
- Research on dynamic changes of landscape structure and land use eco-security; a case study of Jiansanjiang land reclamation area LIN Jia, SONG Ge, SONG Siming (5918)
- Shangri-La county ecological land use planning based on landscape security pattern LI Hui, YI Na, YAO Wenjing, WANG Siqi, et al (5928)
- Changes of paddy field landscape and its influence factors in a typical town of south Jiangsu Province ZHOU Rui, HU Yuanman, SU Hailong, et al (5937)
- Species composition and succession of swamp vegetation along grazing gradients in the Zoige Plateau, China HAN Dayong, YANG Yongxing, YANG Yang, et al (5946)
- Characteristics and influence factors of the swamp degradation under the stress of grazing in the Zoige Plateau LI Ke, YANG Yongxing, YANG Yang, et al (5956)
- Variation of organic pollution in the last twenty years in the Qinzhou bay and its potential ecological impacts LAN Wenlu (5970)
- Response of radial growth Chinese pine (*Pinus tabulaeformis*) to climate factors in Wanxian Mountain of He'nan Province PENG Jianfeng, YANG Airong, TIAN Qinhua (5977)
- Vegetation and species diversity change analysis in 50 years in Tashan Mountain, Shandong Province, China GAO Yuan, CHEN Yufeng, DONG Heng, et al (5984)
- Effect of urban heat island on plant growth and adaptability of leaf morphology constitute WANG Yating, FAN Lianlian (5992)
- Effects of shading on photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters in leaves of the endangered plant *Thuja sutchuenensis* LIU Jianfeng, YANG Wenjuan, JIANG Zeping, et al (5999)
- Effects of shading on growth and quality of triennial *Clematis manshurica* Rupr. HAN Zhongming, ZHAO Shujie, LIU Cuijing, et al (6005)
- Allelopathic effect of extracts from *Artemisia sacrorum* leaf and stem on four dominant plants of enclosed grassland on Yunwu Mountain WANG Hui, XIE Yongsheng, YANG Yali, et al (6013)
- Effects of soil base cation composition on plant distribution and diversity in coastal wetlands of Hangzhou Bay, East China WU Tonggui, WU Ming, YU Mukui, et al (6022)
- Species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi of *Stipa* L. in alpine grassland in northern Tibet in China CAI Xiaobu, PENG Yuelin, YANG Minna, et al (6029)
- Water consumption and annual variation of transpiration in mature *Acacia mangium* Plantation ZHAO Ping, ZOU Lvliu, RAO Xingquan, et al (6038)
- Foliar phenotypic plasticity of a warm-temperate shrub, *Vitex negundo* var. *heterophylla*, to different light environments in the field DU Ning, ZHANG Xiuru, WANG Wei, et al (6049)

An case study on vegetation stability in sandy desertification land; determination and comparison of the resilience among communities after a short period of extremely aridity disturbanc	ZHANG Jiyi, ZHAO Halin (6060)
Response of soil quality indicators to comprehensive amelioration measures in coastal salt-affected land	SHAN Qihua, ZHANG Jianfeng, RUAN Weijian, et al (6072)
Fine-scale spatial associations of <i>Stipa krylovii</i> and <i>Stellera chamaejasme</i> population in alpine degraded grassland	ZHAO Chengzhang, REN Heng (6080)
The response of community-weighted mean plant functional traits to environmental gradients in Yanhe river catchment	GONG Shihui, WEN Zhongming, SHI Yu (6088)
Ozone stress increases lodging risk of rice cultivar Liangyoupeijiu; a FACE study	WANG Yunxia, WANG Xiaoying, YANG Lianxin, et al (6098)
Effect of sugarcane//soybean intercropping and reduced nitrogen rates on sugarcane yield, plant and soil nitrogen	YANG Wenting, LI Zhixian, SHU Lei, et al (6108)
Effect of wetting duration on nitrogen fixation of biological soil crusts in Shapotou, Northern China	ZHANG Peng, LI Xinrong, HU Yigang, et al (6116)
Effects of zinc on the fruits' quality of two eggplant varieties	WANG Xiaojing, WANG Huimin, WANG Fei, et al (6125)
Rapid light-response curves of PS II chlorophyll fluorescence parameters in leaves of <i>Salix leucopithecia</i> subjected to cadmium-ion stress	QIAN Yongqiang, ZHOU Xiaoxing, HAN Lei, et al (6134)
Physiological Response of <i>Mirabilis jalapa</i> Linn. to Lead Stress by FTIR Spectroscopy	XUE Shengguo, ZHU Feng, YE Sheng, et al (6143)
Physiological response of <i>Zoysia japonica</i> to Cd ²⁺	LIU Junxiang, SUN Zhenyuan, JU Guansheng, et al (6149)
Biosorption of Cd ²⁺ using the fruiting bodies of two macrofungi	LI Weihuan, MENG Kai, LI Junfei, et al (6157)
Factors regulating recruitment of <i>Microcystis</i> from the sediments of the eutrophic Shanzai Reservoir	SU Yuping, LIN Hui, ZHONG Houzhang, et al (6167)
A new type of insect trap and its trapping effect on <i>Cyrtotrachelus buqueti</i>	YANG Yaojun, LIU Chao, WANG Shufang, et al (6174)
Photoperiod influences diapause induction of Oriental Fruit Moth(Lepidoptera: Tortricidae)	HE Chao, MENG Quanke, HUA Lei, et al (6180)
Influence of edge effects on arthropods communities in agroforestry ecological systems	WANG Yang, WANG Gang, DU Yingqi, et al (6186)
Dynamics of land use and its ecosystem services in China's megacities	CHENG Lin, LI Feng, DENG Huafeng (6194)
Comprehensive assessment of urban ecological risks; the case of Huaibei City	CHANG Hsiaoifei, WANG Rusong, LI Zhengguo, et al (6204)
The dynamics of surface heat status of Tangshan City in 1993—2009	JIA Baoquan, QIU Erfa, CAI Chunju (6215)
A projection-pursuit based model for evaluating the resource-saving and environment-friendly society and its application to a case in Wuhan	WANG Qianqian, ZHOU Jingxuan, LI Xiangmei, et al (6224)
Research on ecological barrier to Chang-Zhu-Tan metropolitan area	XIA Benan, WANG Fusheng, HOU Fangzhou (6231)
Optimization of urban land structure based on ecological green equivalent; a case study in Ningguo City, China	ZHAO Dan, LI Feng, WANG Rusong (6242)
Dynamic ecological footprint simulation and prediction based on ARIMA Model; a case study of Gansu Province, China	ZHANG Bo, LIU Xiuli (6251)
Review and Monograph	
A prospect for study on isolated wetland	TIAN Xuezhi, LIU Jiping (6261)
Dinoflagellate heterotrophy	SUN Jun, GUO Shujin (6270)
Research progress of microbial agents in ecological engineering	WEN Ya, ZHAO Guozhu, ZHOU Chuanbin, et al (6287)
The progress of ecological civilization construction and its indicator system in China	BAI Yang, HUANG Yuchi, WANG Min, et al (6295)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 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 20 期 (2011 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 20 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

主 编 冯宗炜
主 管 中国科学技术协会
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

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂
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@espg.net

订 购 全国各地邮局
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

广告经营
许 可 证 京海工商广字第 8013 号

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

Editor-in-chief FENG Zong-Wei
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel:(010)64034563
E-mail:journal@espg.net

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China



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