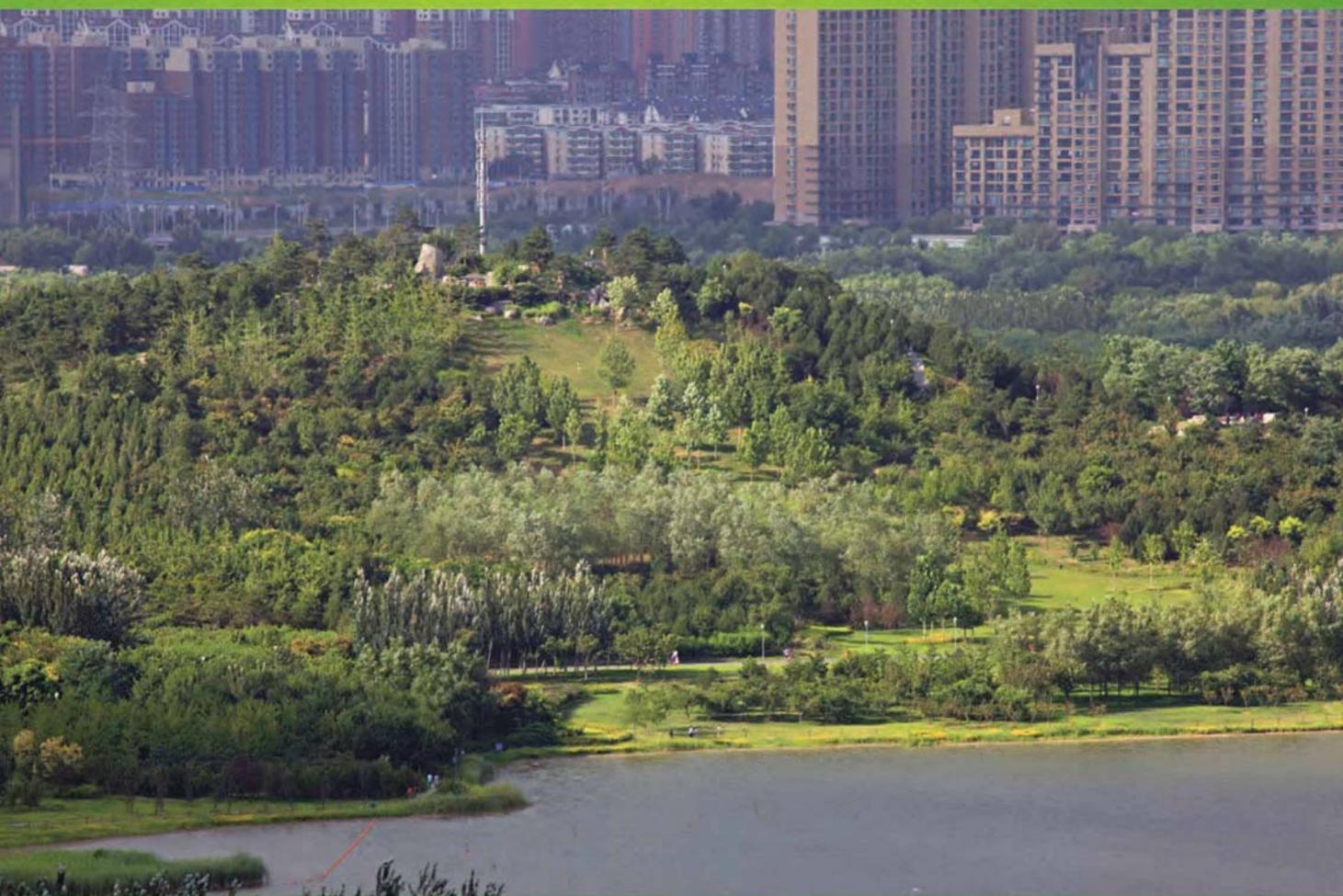


ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica



第34卷 第1期 Vol.34 No.1 **2014**

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 34 卷 第 1 期      2014 年 1 月    (半月刊)

## 目 次

|                                    |                       |
|------------------------------------|-----------------------|
| 卷首语: 复杂与永续.....                    | ( I )                 |
| <b>前沿理论与学科综述</b>                   |                       |
| 城市复合生态及生态空间管理 .....                | 王如松,李 锋,韩宝龙,等 ( 1 )   |
| 海洋生态系统固碳能力估算方法研究进展 .....           | 石洪华,王晓丽,郑 伟,等 ( 12 )  |
| 城市生态系统灵敏度模型评述 .....                | 姚 亮,王如松,尹 科,等 ( 23 )  |
| 城市生活垃圾代谢的研究进展.....                 | 周传斌,徐琬莹,曹爱新 ( 33 )    |
| <b>个体与基础生态</b>                     |                       |
| 胶州湾生物-物理耦合模型参数灵敏度分析.....           | 石洪华,沈程程,李 芬,等 ( 41 )  |
| 渤海湾大型底栖动物调查及与环境因子的相关性 .....        | 周 然,覃雪波,彭士涛,等 ( 50 )  |
| 生物扰动对沉积物中污染物环境行为的影响研究进展 .....      | 覃雪波,孙红文,彭士涛,等 ( 59 )  |
| <b>种群、群落和生态系统</b>                  |                       |
| 密云水库上游流域生态系统服务功能空间特征及其与居民福祉的关系 ... | 王大尚,李屹峰,郑 华,等 ( 70 )  |
| 长岛自然保护区生态系统维护的条件价值评估 .....         | 郑 伟,沈程程,乔明阳,等 ( 82 )  |
| 海岛陆地生态系统固碳估算方法 .....               | 王晓丽,王 媛,石洪华,等 ( 88 )  |
| <b>景观、区域和全球生态</b>                  |                       |
| 区域生态文明建设水平综合评估指标 .....             | 刘某承,苏 宁,伦 飞,等 ( 97 )  |
| 基于生境质量和生态响应的莱州湾生态环境质量评价 .....      | 杨建强,朱永贵,宋文鹏,等 ( 105 ) |
| 1985 年以来黄河三角洲孤东海岸演变与生态损益分析 .....   | 刘大海,陈小英,徐 伟,等 ( 115 ) |
| 基于复合生态系统理论的海洋生态监控区区划指标框架研究 .....   | 徐惠民,丁德文,石洪华,等 ( 122 ) |
| 我国环境功能评价与区划方案 .....                | 王金南,许开鹏,迟妍妍,等 ( 129 ) |
| <b>资源与产业生态</b>                     |                       |
| 生态产业园的复合生态效率及评价指标体系 .....          | 刘晶茹,吕 彬,张 娜,等 ( 136 ) |
| 我国农业生态效率的时空差异.....                 | 程翠云,任景明,王如松 ( 142 )   |
| 内蒙古半干旱生态脆弱矿区生态修复耦合机理与产业模式 .....    | 陈玉碧,黄锦楼,徐华清,等 ( 149 ) |
| 基于物质流分析方法的生态海岛建设研究——以长海县为例 .....   | 陈东景,郑 伟,郭惠丽,等 ( 154 ) |
| 再生(污)水灌溉生态风险与可持续利用 .....           | 陈卫平,吕斯丹,张炜铃,等 ( 163 ) |
| 基于流域单元的海湾农业非点源污染负荷估算——以莱州湾为例.....  | 麻德明,石洪华,丰爱平 ( 173 )   |

集约用海对海洋生态环境影响的评价方法 ..... 罗先香,朱永贵,张龙军,等 (182)

## 城乡与社会生态

基于生态系统服务的城市生态基础设施:现状、问题与展望..... 李 锋,王如松,赵 丹 (190)

北京城区道路系统路网空间特征及其与 LST 和 NDVI 的相关性 ..... 郭 振,胡 聃,李元征,等 (201)

基于复合生态功能的城市土地共轭生态管理 ..... 尹 科,王如松,姚 亮,等 (210)

重庆市森林生态系统服务功能价值评估 ..... 肖 强,肖 洋,欧阳志云,等 (216)

渤海湾港口生态风险评估 ..... 彭士涛,覃雪波,周 然,等 (224)

达标污水离岸排海末端处置技术研究综述 ..... 彭士涛,王心海 (231)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 238 \* zh \* P \* ¥90.00 \* 1510 \* 28 \* 2014-01



**封面图说:** 北京奥林匹克公园——在高楼林立的大城市中,办公楼、居民区、学校、路网系统、公园以及各种水泥、沥青硬路面和树木、绿草地、土面、水面等等组成了复杂多样的城市生态景观,居住着密集的人口并由于人们不断的、强烈的干预,使这个城市生态系统显得尤其复杂而又多变。因此,系统复杂性及灵敏度是困扰城市生态系统研究和管理的重要因素,建立灵敏度模型是致力于解决城市规划管理中的复杂性问题的有效方法,网状思维与生物控制论观是其核心,也是灵敏度模型的思想基础。图为北京中轴线北端被高楼簇拥着的奥林匹克公园的仰山和龙型水系。

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/stxb201304280851

程翠云,任景明,王如松.我国农业生态效率的时空差异.生态学报,2014,34(1):142-148.

Cheng C Y, Ren J M, Wang R S. Spatial-temporal distribution of agricultural eco-efficiency in China. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(1): 142-148.

## 我国农业生态效率的时空差异

程翠云<sup>1,3</sup>,任景明<sup>2</sup>,王如松<sup>1,\*</sup>

(1. 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;

2. 环境保护部环境工程评估中心,北京 100012; 3. 环境保护部环境规划院,北京 100012)

**摘要:**农业生态效率是按照量化的方式反映区域农业发展可持续发展水平,可以作为决策者制定政策的一个抓手。利用基于机会成本的经济核算方法对我国 2003—2010 年的农业生态效率进行总体分析与评价,并利用回归模型分析农业生态效率的影响因素。结果表明:我国农业生态效率总体水平比较低,但呈逐年好转的趋势,其中劳动力资源和 COD 环境要素在不同时期对生态价值增长起到关键性作用;农业生态效率空间分布特征显著,秦岭-淮河以北的省市区和传统粮食主产区的农业生态效率相对较低;区域资源禀赋条件有助于农业生态效率的提高,但是农资投入和农业政策支持与农业生态效率呈显著负相关,未来进一步提升农业生产资源与环境要素合理配置是保障农业生产可持续发展的必然选择。

**关键词:**生态效率;农业生产;资本

## Spatial-temporal distribution of agricultural eco-efficiency in China

CHENG Cuiyun<sup>1,3</sup>, REN Jingming<sup>2</sup>, WANG Rusong<sup>1,\*</sup>

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

2 Appraisal Center for Environment & Engineering, Ministry of Environmental Protection, Beijing 100012, China

3 Chinese Academy for Environmental Planning, Beijing 100012, China

**Abstract:** Combining a strong economic performance and a sustainable use of natural resources is one of the major objectives of current Chinese agricultural policy. Agricultural eco-efficiency facilitates assessing sustainable development of agriculture in an integrated way, thus providing good guidance for decision making. For panel data from 2003 through 2010, a valuation approach—based on a capital analysis and the concept of opportunity costs—is used to assess agricultural eco-efficiency in China. In addition, benchmarking is an important component of the approach, because it reflects a judgment in determining the cost of all capital forms. These capital forms are land, labor, agricultural water consumption, chemical fertilizer, plastic film, pesticide, diesel, gross power of agricultural machinery, chemical oxygen demand (COD) and total nitrogen. Two benchmarks were chosen, the weighted average return on capital and the best economic performance of each capital form. Depending on the applied benchmark, it was found that the two measures of eco-efficiencies differed, but the variations were similar year to year. Because the main objective of this paper is to understand why evaluation objects differ in their eco-efficiency, our assessment adopted the first benchmark. A regression model was then introduced to analyze the determinants of eco-efficiency. The key results are as follows: (1) Using the weighted average return on capital form as a benchmark, the average ecological value is negative in 2003, increasing to a maximum in 2010. The value went from negative to positive in 2007. Among the ten capital forms considered, labor capital and COD capital proved to be the critical resources and drivers for value creation in different years. Agricultural eco-efficiency in China is low, but recorded significant progress over the observed period. A low average eco-efficiency of 0.7 was calculated in 2003, increasing to

**基金项目:**国家自然科学基金重点资助项目(71033005);国家环保公益性行业科研专项资助项目(201309035)

**收稿日期:**2013-04-28; **修订日期:**2013-11-08

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

almost 1.34 in 2010. (2) Spatial distribution characteristics are also significant. The agro-ecological areas in the Northeast Zone, Loess Plateau Zone and Huang-Huai-Hai Plain Zone, which are the traditional major grain-producing areas in China, have a low rate of eco-efficiency. Provinces located north of the Qinling Mountains-the Huaihe River line, comprising the Heilongjiang, Shanxi, Ningxia, Gansu and Xinjiang main grain-producing areas, recorded lower values of eco-efficiency in 2010 than in 2003. Conversely, southern provinces such as Sichuan and Hainan had a high eco-efficiency rate. The reasons behind these regional differences are explained in the study. (3) Taking into account the resource endowment of agricultural production, the characteristics of labor, the input of resources, and the effects of agricultural policy, our empirical model shows that both structural and managerial characteristics have an impact on eco-efficiency. For example, cultivation area per crop and education level of farmers have a significant positive effect on eco-efficiency. A managerial characteristic is chemical fertilizer application per area. More chemical fertilizer application per area leads to a lower eco-efficiency rating in China. The gross power of agricultural machinery, agricultural water consumption, and subsidy levels show similar results as chemical fertilizer application per area. Overall, the study is useful in its identification of weak points in agriculture development in China, information that may support future development of relevant policies and government interventions.

**Key Words:** agricultural eco-efficiency; agricultural production; capital

农业是人类赖以生存和发展的物质基础,同时也容易会对环境产生损害。农业生产能力的显著提高往往伴随着土壤损失、环境污染和资源消耗等增加<sup>[1-4]</sup>。由于长期以来我国农业追求生产效益的单一性,在保障粮食安全的同时,也带来了生态环境的日益恶化与资源的严重浪费等问题,严重制约了农业的稳定、持续发展。《中国 21 世纪议程》中指出:“农业与农村的可持续发展,是中国可持续发展的根本保证和优先领域”。生态效率强调经济效益和环境效益的统一,可以成为不同层次上定量化度量可持续发展水平的重要切入点<sup>[5-8]</sup>。

目前已有的研究针对不同评价对象的特点提出了很多生态效率测度方法<sup>[9]</sup>,但是国内对农业生态效率的研究尚处于初级阶段<sup>[10-12]</sup>,仅有的研究或是偏重通过实验手段获取数据,难以在宏观研究上得以推广,或是选取的投入指标不能充分代表农业生产实际情况,且不能从时间和空间维度研究生态效率的动态变化。因此,本文将静态研究与动态研究相结合,采用基于机会成本的生态价值核算方法度量我国 2003—2010 年农业生态效率的时空变化,并探讨其驱动因素,旨在明确农业生产的环境恶化趋势与根源,为决策者提供优化农业生产与经营方式、促进农业的可持续发展提供参考。

## 1 研究方法数据来源

### 1.1 研究方法

标杆学习(Benchmarking)也称为水平对比,是

企业绩效评估管理的一种工具。对于投入农业生产过程的各项资源与环境要素可视为不同形式的资本投入要素,若评价对象(如某一区域或企业)利用各种投入要素的效率高于基准,则具备更强的可持续发展能力。但是,在评价过程中往往会遇到评价对象的不同资本投入要素效率高低不同的情况,利用机会成本的概念将所有资源环境问题综合规避这类问题<sup>[13-14]</sup>。美国经济学家 Samuelson 认为做一件事的成本可以被认为他为此而失掉的可能用同样时间做成另一件事,或者是他为此而牺牲掉的闲暇,这种被牺牲掉的其他的事中收益最大的那个收益被称为“机会成本”<sup>[15]</sup>。本文将机会成本(OC)定义为一个评价对象使用单位资本投入要素( $C_0$ )所获得的资本增加值( $V_0$ ),计算公式如下<sup>[14,16]</sup>:

$$OC = \frac{V_0}{C_0} \quad (1)$$

衍生价值( $VS_i$ )是评价对象*i*的单位资源环境要素利用效率与参考标杆的机会成本间的差值,主要反映了评价对象利用资源环境要素的超效率<sup>[14]</sup>,计算如下:

$$VS_i = \frac{V_i}{C_i} - \frac{V_0}{C_0} \quad (2)$$

如果将评价对象的某种资源环境要素衍生价值与该要素投入资本的乘积定义为要素的价值贡献量(Value contribution),那么生态价值( $SV_i$ )即为评价对象的*n*个资源价值贡献量的算术平均值( $s \in [1,$

$n]$ ):

$$SV_i = \frac{1}{n} \sum_{s=1}^n (VS_i^s \times C_i^s) \quad (3)$$

消耗资本与获得有用价值二者之间的关系可以用效率指标表示,根据 Figge 和 Hahn 的理论<sup>[14]</sup>,生态效率计算如下:

$$EE_i = \frac{V_i}{V_i - SV_i} \quad (4)$$

评价对象的生态效率( $EE_i$ )值越大,表明按其生产方式而获取的资本增加值超过其投入资源环境要素的资本基准机会成本值的部分就越大。将生态成本定义为资本增加值与其生态价值的差值。如果资本增加值等于投入要素所有资本形式的生态成本,那么生态效率就为 1。如果评价对象的生态效率大于 1,那么意味着相对与参考标杆评价对象的生产方式获得了更大的效率。与单一的资本效率不同,生态效率不仅同时考虑了评价对象的所有投入资本,而且将投入资本与获取的资本价值联系起来。

标杆选取的是否恰当决定了生态价值分析结果的可信度,也反映了对评价对象所有投入要素成本的抉择<sup>[17]</sup>。生态效率计算的目标不同,考虑的标杆尺度可以不同(国家、区域、部门等)。本文主要考虑两种可能:第一,将多年的全国资源环境要素的平均值作为标杆;第二,对比不同年份各省份资源环境要素的机会成本值,将机会成本值最大者作为资源环境要素的标杆。在计算过程中,优先考虑第一种标杆情况,主要原因是本文研究的目的是探究不同省市区的生态效率差异性和时间分布特征,使用第一种更能反映资本使用的实际情况。第二种情况作为参考,检验参考标杆的不同,生态效率会发生伴之何种变化。

## 1.2 数据来源

农业资本增加值来源于各年份《中国农村统计年鉴》中的农林牧渔业增加值数据,此数据需采用相应年份 GDP 平减指数进行修正,剔除价格因素影响。

农业生产的“投入”是指在农业生产过程中以各种资本形式投入使用的资源环境要素,可分为资源能源投入和污染物排放量两个部分,其中资源能源投入可用土地、劳动力、水资源、化石能源和资本投入的数量来表征。鉴于数据的可获得性,以农作物

播种面积来表示土地的投入,以第一产业的乡村就业人员数来表示劳动力的投入,以农业用水量来表示水资源的投入,化石能源的投入以农用化肥施用量、薄膜使用量、农药使用量和农业柴油使用量来表示,资本的投入用农业机械总动力来表示,各数据主要来源于《中国农村统计年鉴》和《中国环境统计年鉴》。

环境污染物是在农业生产活动中不希望看到的输出,实际上可以看作是一个环境资源的投入,因此,将农业生产中排放主要污染物化学需氧量(COD)和总氮(TN)作为环境要素的投入。由于农业源排放的 COD 和 TN 目前无系统监测数据,大多数学者目前常采用营养物质平衡模型、物理或者机理模型、输出系数模型和前 3 类方法以不同方式组合的“混合方法”等方法<sup>[18-19]</sup>定量模拟农业污染,计算参数需求多,且计算过程较为复杂。本文利用 2007 年全国第一次污染源普查的农业源排放数据,将其与不同年份的农用化肥施用量、肉类和水产养殖产量的关系,估算不同年份农业生产的主要环境污染物排放量<sup>[20]</sup>。

## 2 计算结果

### 2.1 农业资源环境要素价值贡献、平均生态价值与生态效率的时间分布特征

以全国多年平均资本收益率为基准,利用我国 31 个省份(除台湾、香港、澳门)2003—2010 年之间的面板数据,采用公式(2)和公式(3)即可计算得到每年各个省份各种投入资源环境要素的价值贡献和生态价值。几种主要农业投入要素资本的平均价值贡献值和平均生态价值计算结果如图 1 所示。

平均价值贡献是指全部评价对象获得平均资本增加值高于或低于参考标杆的部分,对其进行分析的目的是按照获得价值的方式识别各时期不同投入要素对生态价值的贡献大小。我国在 2005—2007 年期间农业资本增加的最重要驱动要素为 COD,反映出农业生产过程应该加强环境污染物排放管理的重要性。除此之外的其他年份,农业劳动力数量成为农业资本增加的最重要驱动要素。

平均生态价值是当年所有投入资源环境要素资本价值贡献值的平均值,主要反映了在标杆为参考的前提下农业生产利用各种资源环境要素获得的资

本增加值。从图 1 中可知,我国农业生产的平均生态价值在 2003 年为最小负值,到 2010 年达到最大值。就各项资源环境要素投入资本而言,自 2003 年起其价值贡献值基本呈增长趋势,但增长幅度不一,增幅最大的为劳动力资本的产出,由 2003 年的负 378 亿元提高到 2010 年的 462 亿元,每年递增约 105 亿元,农业机械总动力资本的增幅最小,自 2003 年到 2010 年 8 年间增加了约 360 亿元,年平均增长率为 2.6%。与此同时,各项资源环境要素的价值贡献值以 2007 年为转折点,在此之前基本为负值,之后各要素均扭转为正值,本研究的计算结果以货币价值的形式呈现不同资源环境要素在农业生产过程中对生态价值增长的贡献多寡。

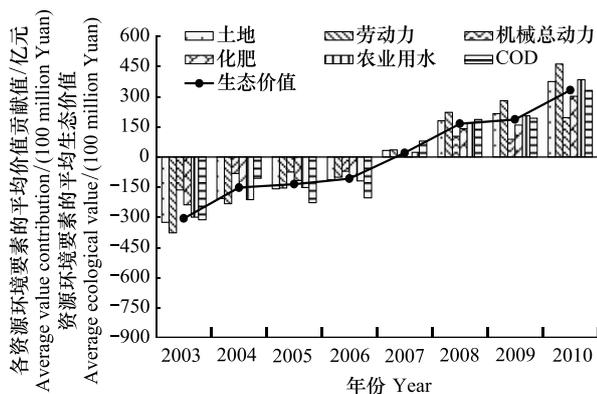


图 1 我国农业资源环境要素价值贡献和平均生态价值时序变化

Fig.1 The average value contribution of each capital form and the ecological value of Chinese agricultural system

在计算生态价值和生态效率指标时,评价基准的选择至关重要。为分析生态效率计算的糙率,给出了两个基准,一种是将各项资源环境要素多年平均单位投入获得的平均资本增加值的平均状态,另一种是以各项资源环境要素的单位资本获得最大资本增加值的理想状态。依据不同基准参考计算获得的各年份平均生态效率值由图 2 所示,从中可知,虽然不同年份的生态效率在两种情况下得到不同数值,但走势非常相似,均呈增长变化趋势,这也意味着在计算农业生态效率时选择不同的参考标杆对不同评价对象的排序不会有变化。农业生态效率的变化说明伴随着我国经济社会的发展,农业资源环境的综合利用率得到大幅度提升。

## 2.2 农业生态效率空间分布格局

借助 Arcgis 空间分析功能,按照“低、较低、一

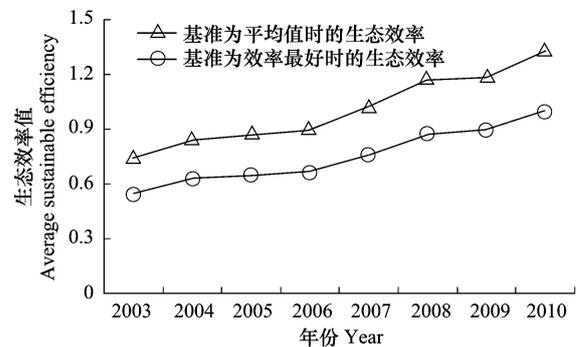


图 2 不同参考标杆的 2003—2010 年我国农业生态效率

Fig.2 The average ecological efficiency using different benchmarks in the period 2003—2010

般、较高和高”5 个等级刻画 2003—2010 年我国农业生态效率空间变化趋势,结果如图 3 所示。

从图 3 可见,我国各地农业生态效率形势显著改善,但整体水平比较低,省际间差异显著。2003—2010 年我国生态效率值较低的省市区数量从 2003 年的 6 个较少至 2010 年的 4 个;处于较高等级的省市区从 2003 年的 5 个增加至 2010 年的 10 个;生态效率值高的省市区数量保持不变。占我国省市区总数约 26% 的生态效率得到改善,仅西藏的生态效率出现恶化趋势,我国农业生态效率整体得到改善。2010 年处于农业生态效率低等级的包括黑龙江、山东、山西、宁夏、甘肃和新疆 6 个省市区,而四川和海南 2 个省农业生态效率值达到 1.5 左右,相对处于高的等级。总体来说,农业生态效率基本以秦岭—淮河为分界线,生态效率值较低的省市区普遍分布于该线以北,南方地区省市区农业生产普遍获得较好的经济与资源环境效益。

为了进一步反映农业生态效率与农业生产状况的关系,将农业综合区划范围叠加到各省农业生态效率图上(图 3),从中可以看出我国西南区和长江中下游区的农业生态效率提高显著,但是甘新区、东北区、黄土高原区和黄淮海区这 4 个地区农业生态效率水平依旧相对较低,除了黄土高原区,其他三区都是我国传统的粮食主产区。各区生态效率值偏低的原因不一:东北区农业生产资本要素投入水平偏低、耕作方式粗放,以“资源低投入、低利用和高产出”为特征;黄淮海区布局比较混乱,依赖“资源的高投入、高利用和高产出”的生产方式实现的农业增产;黄土高原区和甘新区是我国传统粮食种植区,农业生产自然基础差,以广种薄收为主要特征。我国

主要农业区农业生态效率低下状态不利于该区农业生产的可持续发展,那么势必会对我国粮食安全产

生严重威胁。

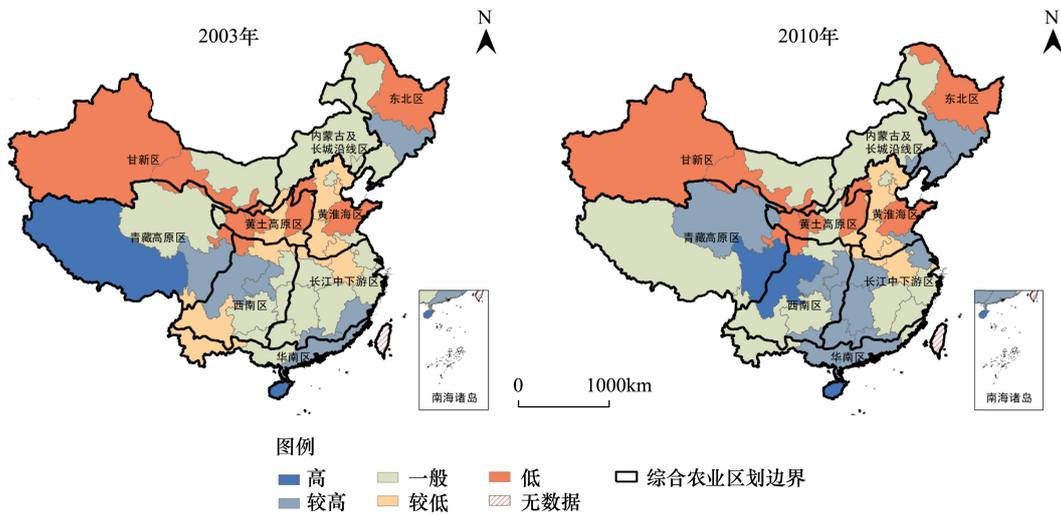


图3 我国农业生态效率空间分布格局

Fig.3 Spatial distribution of agricultural eco-efficiency in China

2.3 农业生态效率演变的驱动因素

驱动因素是指导致农业生产方式和目的发生变化的主要自然和社会经济因素,是影响农业生态效率演变的动力因素。其中,自然因素主要指各地农业生产资源禀赋条件,是农业生产的基础。社会经济因素对农业生产具有约束作用,一般包括农业生产投入的劳动力、生产资料和相关政策手段等。

将不同时期的农业生态效率作为因变量,利用我国 31 个省份 2003—2010 年之间面板数据,将农

业生产资源禀赋、劳动力特征、农业生产资料投入、农业政策支持四方面各指标进行 Logistic 回归分析,通过 F-test 和 Hausman 检验筛选对农业生态效率有显著影响的解释变量。结果表明农业生产资源禀赋条件(人均农作物播种面积指标)、劳动力特征的接收初中及以上教育人群的比重指标、农资投入(地均化肥施用量、农用机械投入和农业用水量三项指标)农业政策支持(各地支持农业生产和事业的财政支出指标)对农业生态效率具有显著影响水平(表 1)。

表 1 我国农业生态效率驱动因素回归结果

Table 1 Regression result of the factors influencing the agricultural eco-efficiency (2003—2010)

| 变量<br>Variable                                     | 系数<br>Coefficient | 标准误差<br>Standard error     | t-统计量<br>t-statistics |
|--|-------------------|----------------------------|-----------------------|
| 常数项 Contant  | 60.1891           | 4.3688                     | 13.7770 *             |
| 地均化肥施用量 Applied amount per unit area of fertilizer | -10.8172          | 1.0312                     | -10.4900 *            |
| ln(农业财政支出)ln(Fiscal expenditure for agriculture)   | -1.0888           | 0.0682                     | -15.9667 *            |
| 教育状况 Education                                     | 6.2433            | 0.8155                     | 7.6561 *              |
| 人均土地面积 Land area per capita                        | 1.3771            | 0.0644                     | 21.3988 ***           |
| ln(机械总动力)ln(Farm machinery production)             | -2.0856           | 0.2439                     | -8.5525 *             |
| ln(农业用水量)ln(Agricultural water consumption)        | -5.6333           | 0.3252                     | -17.3211 ***          |
| 样本容量 Sample size                                   | 248               |                            |                       |
| R <sup>2</sup>                                     | 0.97              | 回归标准差<br>S.E of regression | 0.0034                |
| F-statistic  | 4733.766 * * *    | D.W statistics             | 2.2044                |

\* 和 \* \* \* 分别表示是在 0.1 和 0.01 水平下统计显著

### 2.3.1 农业生态效率与农业生产资源禀赋条件的关系

农业生产资源禀赋与农业生态效率呈正相关关系。人均农作物播种面积越大,越有助于农业生态效率的提高,可能原因是越容易推行土地适度规模经营,从而能够增加农业生产资料的利用效率,进而减少了农业污染物的排放。

### 2.3.2 农业生态效率与劳动力特征的关系

农业从业人员接受教育状况与农业生态效率也呈正相关关系,符合预期判断,农业从业人员接受教育水平的提高能够提升他们接受新技术、新知识和各种信息的能力,有利于增进农业生态效率的耕作技术、种植技术及农田技术管理技术等实施与推广。

### 2.3.3 农业生态效率与农业生产资源投入的关系

地均化肥施用量、机械总动力和农业用水量这三项农资投入指标与农业生态效率呈负相关关系,表明投入农业生产资料越多越不利于提高农业生态效率。

我国粮食的增产与化肥的施用量增加紧密相关,但是随着我国粮食生产中化肥施用量的不断增大,2010 年化肥施用量是 2004 年的 1.20 倍,但粮食的增产幅度仅为 1.16 倍,化肥的增产效果在下降,但产生的农业面源污染问题逐渐加重;农业机械总动力与农业生态效率的相关性说明一味追求其投入并不会带来农业生态效率的增加,盲目过多增加农业机械总动力反而会造成农业生态效率的下降,从而造成动力资源的浪费;农业用水量与地均化肥施用量相似,利用效率低下,2010 年农业用水量占总用水量的 61.26%,而当年第一产业增加值仅占国民生产总值的 3.9%。

### 2.3.4 农业生态效率与农业政策支持力度的关系

农业政策支持与农业生态效率呈负相关关系。虽然近些年国家支持“三农”的强农惠农政策不断完善,支持资金不断增强,但是总量很大的农业补贴平均到每个农民身上就很小,加上除了口粮和因习惯外,外出打工机会的增加使农民越来越在意从事农业生产的机会成本,因此,国家农业补贴政策是不能对农民的农业生产行为产生关键性决定作用的因素。

## 3 结论和讨论

### 3.1 结论

(1)本研究综合资本核算方法和机会成本的概念基于 2003—2010 年各省市区的面板数据对我国农业生产生态效率进行分析,结果表明虽然我国区域农业生态效率总体水平比较低,但农业生态效率正逐年好转,劳动力资源和 COD 环境要素在不同时期对我国农业生态价值起到最主要贡献作用。

(2)就农业生态效率空间分布格局而言,省际差异显著,农业生态效率低的省市区主要是分布在北方地区的黑龙江、山西、宁夏、甘肃和新疆,秦岭—淮河以南的省市区农业生态效率相对较高。另外,从中国农业综合区划上来看,传统粮食主产区的农业生态效率比非主产区要低。

(3)通过回归模型对我国农业生态效率演变的驱动力进行定量分析,农业生态效率逐年增长的驱动因子影响贡献率从大到小分别为地均化肥施用量、接收初中及以上教育人群的比重指标、农业用水量、农用机械投入、人均农作物播种面积指标和各地支持农业生产和事业的财政支出指标。总体上,农业生产资源禀赋条件越优越有利于农业生态效率的提高,但是农资投入和农业政策支持与农业生态效率呈显著负相关。未来进一步引导各个区域合理配置农业生产资源与环境要素是保障我国农业生产可持续性的重要选择。

### 3.2 讨论

农业生态效率核算的意义与难点。农业生态效率是定量化刻画农业生产可持续发展状态的一种工具。基于机会成本的农业生态效率核算方法能够以较为简单的方式定量描述复杂的农业生产系统,并将资源环境消耗信息以货币的方式传递给政策的制定者。生态价值和生态效率对应系统的可持续发展,可以降低决策者考虑标准的维数,便于实际的应用管理。但是,由于我国农业环境监管体系不健全,某些反映农业生态效率的指标信息难以直接获取,比如我国农业生产污染物排放水平尚且没有系统数据,实际操作过程中只能通过估算方式获取,导致农业生产效率在应用尺度、精度等方面受阻。尽管如此,本研究基本反映了我国在 2003—2010 年时期的农业生态效率时空变化态势,为我国农业可持续发

展的调控提供一定参考依据。

农业生产部门差异性对农业生态效率的影响。由于数据的限制,文中在计算农业生态效率时,使用的数据基本是评价对象的整个农业体系综合性数据,选择的指标更多的偏重种植业,没有考虑农业生产内部结构的差异对农业生态效率影响。种植业、畜牧业、水产养殖业等各生产部门采用不同的生产方式,导致利用资源环境资本存在差异性,理想的农业生态效率核算方式是要充分考虑评价对象农业生产系统不同部门组合方式的影响,即农业结构的动力学的的作用,这也将是值得进一步研究的方向。

#### References:

- [ 1 ] Berry W. The Unsettling of America: Culture & Agriculture. San Francisco: Sierra Club, 1978: 27-48.
- [ 2 ] Sampson R N. Farmland or Wasteland: A Time to Choose. Pennsylvania: Rodale Press, 1981.
- [ 3 ] Gordon R C, Barbier E R. After the Green Revolution: Sustainable Agriculture for Development. London: Earthscan Publications Ltd., 1990.
- [ 4 ] Shiva V. The Violence of the Green Revolution: Third World Agriculture, Ecology and Politics. New York: Zed Books, 1991.
- [ 5 ] Schmidheiny S. Changing Course: A Global Business Perspective on Development and the Environment. Cambridge: MIT Press, 1992: 350-350.
- [ 6 ] World Business Council for Sustainable Development. Eco-efficiency: creating more value with less impact. Conches-Geneva, WBCSD, 2000.
- [ 7 ] LüB, Yang J X. Review of methodology and application of eco-efficiency. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(11): 3898-3906.
- [ 8 ] JollandN, Lermitt J, Patterson M. Aggregate eco-efficiency indices for New Zealand—a principal components analysis. Journal of Environmental Management, 2004, 73(4): 293-305.
- [ 9 ] Yin K, Wang R S, Zhou C B, Liang J. Review of eco-efficiency accounting method and its applications. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(11): 3595-3605.
- [ 10 ] Wu X Q, Xu Y C, Lu G F. The evaluation of agricultural eco-efficiency: a case of rice pot-experiment. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(5): 2481-2488.
- [ 11 ] Chen Z Y. Evaluation on Anhui agricultural eco-efficiency based on DEA method. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2012, 40(17): 9439-9440, 9443-9443.
- [ 12 ] Wu X Q, Wang Y P, He L M, Lu G F. Agricultural eco-efficiency evaluation based on AHP and DEA model—a case of Wuxi City. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2012, 21(6): 714-719.
- [ 13 ] Figge F, Hahn T. Sustainable value added—measuring corporate contributions to sustainability beyond eco-efficiency. Ecological Economics, 2004, 48(2): 173-187.
- [ 14 ] Figge F, Hahn T. The cost of sustainability capital and the creation of sustainable value by companies. Journal of Industrial Ecology, 2005, 9(4): 47-58.
- [ 15 ] Tian Y J, Li X B, Xin L J, Ma G X, Li Z M. Impacts of the rise of labor opportunity cost on agricultural land use changes: a case study of Ningxia Hui Autonomous Region. Journal of Natural Resources, 2009, 24(3): 369-377.
- [ 16 ] van Passel S, Nevens F, Mathijs E, van Huylenbroeck G. Measuring farm sustainability and explaining differences in sustainable efficiency. Ecological Economics, 2007, 62(1): 149-161.
- [ 17 ] Krut R, Munis K. Sustainable industrial development: benchmarking environmental policies and reports. Greener Management International, 1998, 21: 87-98.
- [ 18 ] Alexander R B, Johnes P J, Boyer E W, Smith R A. A comparison of models for estimating the riverine export of nitrogen from large watersheds. Biogeochemistry, 2002, 57-58: 295-339.
- [ 19 ] Norvell W A, Frink C R, Hill D E. Phosphorus in Connecticut lakes predicted by land use. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 1979, 76(11): 5426-5429.
- [ 20 ] Li J, Zhuang G T. Features of Environmental Kuznets Curve (EKC) of output of major agricultural pollutants vs. economic development level in China. Journal of Ecology and Rural Environment, 2011, 27(6): 19-25.

#### 参考文献:

- [ 7 ] 吕彬, 杨建新. 生态效率方法研究进展与应用. 生态学报, 2006, 26(11): 3898-3906.
- [ 9 ] 尹科, 王如松, 周传斌, 梁菁. 国内外生态效率核算方法及其应用研究述评. 生态学报, 2012, 32(11): 3595-3605.
- [ 10 ] 吴小庆, 徐阳春, 陆根法. 农业生态效率评价——以盆栽水稻实验为例. 生态学报, 2009, 29(5): 2481-2488.
- [ 11 ] 陈遵一. 安徽农业生态效率评价——基于 DEA 方法的实证分析. 安徽农业科学, 2012, 40(17): 9439-9440, 9443-9443.
- [ 12 ] 吴小庆, 王亚平, 何丽梅, 陆根法. 基于 AHP 和 DEA 模型的农业生态效率评价——以无锡市为例. 长江流域资源与环境, 2012, 21(6): 714-719.
- [ 15 ] 田玉军, 李秀彬, 辛良杰, 马国霞, 李占明. 农业劳动力机会成本上升对农地利用的影响——以宁夏回族自治区为例. 自然资源学报, 2009, 24(3): 369-377.
- [ 20 ] 李君, 庄国泰. 中国农业源主要污染物产生量与经济发展水平的环境库兹涅茨曲线特征分析. 生态与农村环境学报, 2011, 27(6): 19-25.

**ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.1 Jan., 2014 (Semimonthly)**  
**CONTENTS**

|  |  |
|--|--|
| <b>Foreword: Complexity and Sustainability</b> .....   | ( I )  |
| <b>Frontiers and Comprehensive Review</b>  |  |
| Urban eco-complex and eco-space management .....   | WANG Rusong, LI Feng, HAN Baolong, et al ( 1 )           |
| Review of carbon sequestration assessment method in the marine ecosystem .....   | .....  |
| .....  | SHI Honghua, WANG Xiaoli, ZHENG Wei, et al ( 12 )        |
| A review of sensitivity model for urban ecosystems .....   | YAO Liang, WANG Rusong, YIN Ke, et al ( 23 )             |
| Urban ecological metabolism of municipal solid waste; a review .....   | ZHOU Chuanbin, XU Wanying, CAO Aixin ( 33 )              |
| <b>Autecology &amp; Fundamentals</b>   |  |
| Parameter sensitivity analysis of a coupled biological-physical model in Jiaozhou Bay .....  | .....  |
| .....  | SHI Honghua, SHEN Chengcheng, LI Fen, et al ( 41 )       |
| Macroinvertebrate investigation and their relation to environmental factors in Bohai Bay .....   | .....  |
| .....  | ZHOU Ran, QIN Xuebo, PENG Shitao, et al ( 50 )           |
| Review of the impacts of bioturbation on the environmental behavior of contaminant in sediment .....   | .....  |
| .....  | QIN Xuebo, SUN Hongwen, PENG Shitao, et al ( 59 )        |
| <b>Population, Community and Ecosystem</b>   |  |
| Ecosystem services' spatial characteristics and their relationships with residents' well-being in Miyun Reservoir watershed .....                    | .....  |
| .....  | WANG Dashang, LI Yifeng, ZHENG Hua, et al ( 70 )         |
| Contingent valuation of preserving ecosystem of Changdao Island Nature Reserve .....   | .....  |
| .....  | ZHENG Wei, SHEN Chengcheng, QIAO Mingyang, et al ( 82 )  |
| Discussion of carbon sequestration estimates in the island terrestrial ecosystems .....  | .....  |
| .....  | WANG Xiaoli, WANG Ai, SHI Honghua, et al ( 88 )          |
| <b>Landscape, Regional and Global Ecology</b>  |  |
| An integrated indicator on regional ecological civilization construction .....   | LIU Moucheng, SU Ning, LUN Fei, et al ( 97 )             |
| The eco-environmental evaluation based on habitat quality and ecological response of Laizhou Bay .....   | .....  |
| .....  | YANG Jianqiang, ZHU Yonggui, SONG Wenpeng, et al ( 105 ) |
| Analysis of the evolution and value of coastal ecosystem services at Gudong Coast in the Yellow River Delta since 1985 .....                         | .....  |
| .....  | LIU Dahai, CHEN Xiaoying, XU Wei, et al ( 115 )          |
| Research of index system framework in marine ecology monitoring & regulation areas division based on complex ecosystem of nature-human-society ..... | .....  |
| .....  | XU Huimin, DING Dewen, SHI Honghua, et al ( 122 )        |
| The environmental function assessment and zoning scheme in China .....   | WANG Jinnan, XU Kaipeng, CHI Yanyan, et al ( 129 )       |
| <b>Resource and Industrial Ecology</b>   |  |
| Definition and evaluation indicators of ecological industrial park's complex eco-efficiency .....  | .....  |
| .....  | LIU Jingru, LÜ Bin, ZHANG Na, et al ( 136 )              |
| Spatial-temporal distribution of agricultural eco-efficiency in China .....  | CHENG Cuiyun, REN Jingming, WANG Rusong ( 142 )          |
| The coupling mechanism and industrialization mode of ecological restoration in the weak semi arid mining area of Inner Mongolia .....                | .....  |
| .....  | CHEN Yubi, HUANG Jinlou, XU Huaqing, et al ( 149 )       |
| Evaluation of ecological marine islands construction based on material flow analysis; a case study of Changhai County .....                          | .....  |
| .....  | CHEN Dongjing, ZHENG Wei, GUO Huili, et al ( 154 )       |
| Ecological risks and sustainable utilization of reclaimed water and wastewater irrigation .....  | .....  |
| .....  | CHEN Weiping, LÜ Sidan, ZHANG Weiling, et al ( 163 )     |

---

|   |  |
|---|--|
| Estimation of agricultural non-point source pollution based on watershed unit: a case study of Laizhou Bay .....            | MA Deming, SHI Honghua, FENG Aiping (173)              |
| The evaluation method in the impact of intensive sea use on the marine ecological environment .....                         | LUO Xianxiang, ZHU Yonggui, ZHANG Longjun, et al (182) |
| <b>Urban, Rural and Social Ecology</b>  |  |
| Urban ecological infrastructure based on ecosystem services; status, problems and perspectives .....                        | LI Feng, WANG Rusong, ZHAO Dan (190)                   |
| Spatial features of road network in Beijing built up area and its relations with LST and NDVI .....                         | GUO Zhen, HU Dan, LI Yuanzheng, et al (201)            |
| The conjugate ecological management model for urban land administration based on the land complex ecological function ..... | YIN Ke, WANG Rusong, YAO Liang, et al (210)            |
| Value assessment of the function of the forest ecosystem services in Chongqing .....  | XIAO Qiang, XIAO Yang, OUYANG Zhiyun, et al (216)      |
| Ecological risk evaluation of port in Bohai Bay .....   | PENG Shitao, QIN Xuebo, ZHOU Ran, et al (224)          |
| Research review of the tail disposal technology of the standard sewage offshore outfall .....                               | PENG Shitao, WANG Xinhai (231)                         |

# 《生态学报》2014 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,280 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 34 卷 第 1 期 (2014 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 1 (January, 2014)

**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** 王如松

**主 管** 中国科学技术协会

**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

**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@cspg.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** 京海工商广字第 8013 号  
**许 可 证**

**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** WANG Rusong

**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@cspg.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 90.00 元