

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 23 期 Vol.31 No.23 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 23 期 2011 年 12 月 (半月刊)

目 次

不同海拔高度高寒草甸光能利用效率的遥感模拟·····	付 刚,周宇庭,沈振西,等 (6989)
天山雪岭云杉大气花粉含量对气温变化的响应·····	潘燕芳,阎 顺,穆桂金,等 (6999)
春季季风转换期间孟加拉湾的初级生产力·····	刘华雪,柯志新,宋星宇,等 (7007)
降水量对川西北高寒草甸牦牛粪分解速率的影响·····	吴新卫,李国勇,孙书存 (7013)
基于 SOFM 网络对黄土高原森林生态系统的养分循环分类研究·····	陈 凯,刘增文,李 俊,等 (7022)
不同油松种源光合和荧光参数对水分胁迫的响应特征·····	王 琰,陈建文,狄晓艳 (7031)
盐生境下硅对坪用高羊茅生物学特性的影响·····	刘慧霞,郭兴华,郭正刚 (7039)
高温胁迫对不同种源希蒙得木叶片生理特性的影响·····	黄激激,张念念,胡庭兴,等 (7047)
黄土高原水土保持林对土壤水分的影响·····	张建军,李慧敏,徐佳佳 (7056)
青杨雌雄群体沿海拔梯度的分布特征·····	王志峰,胥 晓,李霄峰,等 (7067)
大亚湾西北部春季大型底栖动物群落特征·····	杜飞雁,林 钦,贾晓平,等 (7075)
湛江港湾浮游桡足类群落结构的季节变化和影响因素·····	张才学,龚玉艳,王学锋,等 (7086)
台湾海峡鲈鱼种群遗传结构·····	张丽艳,苏永全,王航俊,等 (7097)
洱海入湖河流苴河下游氮磷季节性变化特征及主要影响因素·····	于 超,储金宇,白晓华,等 (7104)
转基因鱼试验湖泊铜锈环棱螺种群动态及次级生产力·····	熊 晶,谢志才,蒋小明,等 (7112)
河口湿地植物活体-枯落物-土壤的碳氮磷生态化学计量特征·····	王维奇,徐玲琳,曾从盛,等 (7119)
EDTA 对铅锌尾矿改良土壤上玉米生长及铅锌累积特征的影响·····	王红新,胡 锋,许信旺,等 (7125)
不同包膜控释尿素对农田土壤氮挥发的影响·····	卢艳艳,宋付朋 (7133)
垄作栽培对高产田夏玉米光合特性及产量的影响·····	马 丽,李潮海,付 景,等 (7141)
DCD 不同施用时间对小麦生长期 N ₂ O 排放的影响·····	纪 洋,余 佳,马 静,等 (7151)
氮肥、钙肥和盐处理在冬小麦融冻胁迫适应中的生理调控作用·····	刘建芳,周瑞莲,赵 梅,等 (7161)
东北有机及常规大豆对环境影响的生命周期评价·····	罗 燕,乔玉辉,吴文良 (7170)
土壤施硒对烤烟生理指标的影响·····	许自成,邵惠芳,孙曙光,等 (7179)
不同种植方式对花生田间小气候效应和产量的影响·····	宋 伟,赵长星,王月福,等 (7188)
西花蓟马的快速冷驯化及其生态学代价·····	李鸿波,史 亮,王建军,等 (7196)
温度对麦长管蚜体色变化的影响·····	邓明明,高欢欢,李 丹,等 (7203)
不同番茄材料对 B 型烟粉虱个体发育和繁殖能力的影响·····	高建昌,郭广君,国艳梅,等 (7211)
基于生态系统受扰动程度评价的白洋淀生态需水研究·····	陈 贺,杨 盈,于世伟,等 (7218)
两种典型养鸡模式的能值分析·····	胡秋红,张力小,王长波 (7227)
四种十八碳脂肪酸抑藻时-效关系分析的数学模型设计·····	何宗祥,张庭廷 (7235)
流沙湾海草床重金属富集特征·····	许战州,朱艾嘉,蔡伟叙,等 (7244)
基于 QuickBird 的城市建筑景观格局梯度分析·····	张培峰,胡远满,熊在平,等 (7251)
景观空间异质性及城市化关联——以江苏省沿江地区为例·····	车前进,曹有挥,于 露,等 (7261)
基于 CVM 的太湖湿地生态功能恢复居民支付能力与支付意愿相关研究·····	于文金,谢 剑,邹欣庆 (7271)
专论与综述	
北冰洋海域微食物环研究进展·····	何剑锋,崔世开,张 芳,等 (7279)
城市绿地的生态环境效应研究进展·····	苏泳娴,黄光庆,陈修治,等 (7287)
城市地表灰尘中重金属的来源、暴露特征及其环境效应·····	方凤满,林跃胜,王海东,等 (7301)
研究简报	
三峡库区杉木马尾松混交林土壤 C、N 空间特征·····	林英华,汪来发,田晓堃,等 (7311)
广州小斑螟发生与环境因子的关系·····	刘文爱,范航清 (7320)



封面图说: 黄河的宁夏段属于中国的半荒漠地区,这里气候干燥、降水极少(250mm 以下)、植被缺乏、物理风化强烈、风力作用强劲、其蒸发量超过降水量数十倍。人们从黄河中提水引水灌溉土地,就近形成了荒漠中的绿洲。有水就有生命,有水就有绿色。这种独特的条件形成了人与沙较量的生态关系——不是人逼沙退就是沙逼人退。

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

罗燕, 乔玉辉, 吴文良. 东北有机及常规大豆对环境影响的生命周期评价. 生态学报, 2011, 31(23): 7170-7178.

Luo Y, Qiao Y H, Wu W L. Environment impact assessment of organic and conventional soybean production with LCA method in China Northeast Plain. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(23): 7170-7178.

东北有机及常规大豆对环境影响的生命周期评价

罗 燕, 乔玉辉*, 吴文良

(中国农业大学资源与环境学院, 北京 100094)

摘要: 选择我国主要有机出口农产品之一——大豆作为研究对象, 采用生命周期评价、DNDC 模型、实地调研等方法建立大豆生命周期资源消耗和环境排放清单, 分析比较了出口型有机大豆、国内消费型有机大豆以及国内消费型常规大豆的生命周期环境影响。结果表明: 3 种不同生产消费型大豆生命周期中资源消耗、酸化以及全球变暖对综合环境影响贡献最明显, 基本上占到综合环境影响评价的 30% 左右, 而富营养化和生态毒性的贡献率较低, 小于 10%。从生命周期的不同阶段分析, 3 种消费模式的大豆其运输阶段对于各分类环境影响的贡献率最大, 都在 50% 以上, 对资源消耗的贡献率更是在 80% 以上。从 2 种不同的生产模式看无论是全球变暖、酸化、资源消耗还是生态毒性都是有机大豆的环境影响综合指数小于常规大豆, 对环境产生的负面影响较小。综合比较 3 种不同生产消费型大豆, 国内消费的有机大豆生命周期综合环境影响最小, 其环境影响综合指数比常规大豆的减少 31%。但是出口有机大豆由于出口使运输距离延长, 其生命周期综合环境影响最大。因此, 环境管理关键是提倡有机产品本地消费以缩短运输距离, 或者采用环保型能源以减少环境排放。

关键词: 生命周期评价; 有机大豆; 常规大豆; 环境影响

Environment impact assessment of organic and conventional soybean production with LCA method in China Northeast Plain

LUO Yan, QIAO Yuhui*, WU Wenliang

Department of Environment and Resources, China Agriculture University, Beijing 100094, China

Abstract: The environmental impacts of the growing global trade with organic products during both production and transport have gained increasing attention. One of main organic export products in China namely soybean was studied using the life cycle assessment method, the DNDC model and on site survey in the northeastern region to quantify the impact of resource depletion and environmental impact. The environment hotspots in the life cycle for three different types of soybean production were identified: Exported Organic Soybean (EOS), Locally-consumed Organic Soybean (LOS) and Locally-consumed Conventional Soybean (LCS).

Data for agricultural inputs were obtained directly from 29 organic and 14 conventional soybean farmers who filled in questionnaires for the growing season 2006—2007. Data on the transportation and fertilizers were obtained from the retailers and the trade company. For the DNDC model, data for soil conditions and climate were obtained from the local government, own analysis selected samples and from the organic trade company. This study focused on global warming, resource depletion, eutrophication, acidification and ecological toxicity as impact categories for LCIA. Normalization references for global warming, eutrophication and acidification are specific for China whereas normalization references for resource depletion and ecological toxicity are global due to lack of emission data for those two categories. Expert judgment was used to get the weighting factors.

基金项目: 中丹国际合作项目——全球有机农业: 从全球食物链角度评价有机农业的可持续性; 北京市生态重点学科资助项目(XK10019440)

收稿日期: 2010-10-26; 修订日期: 2011-05-30

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

The results showed that resource depletion, acidification and global warming potential accounted for a considerable fraction of total environment impact with about 30% for each item while eutrophication and eco-toxicity only accounted for less than 10% respectively. EOS showed the highest value for energy consumption compared to LOS and LCS. Transportation contributed the most and the fraction in EOS can reach as high as 95%, but it was also considerable for LCS and LOS. Besides, production of fertilizer depleted 11% of the resource for LCS. The EOS and LCS showed almost the same acidification potential followed by LOS. SO₂ emitted from transport stage was the main reason for this, which was due to energy consumption and burning of fuel. During production, conventional soybeans emitted 716 gSO₂-equiv./t compared to 590 gSO₂-equiv./t from organic soybeans mainly due to more machinery hours in the field. The agricultural input production stage emitted 788 g SO₂-equiv./t for conventional soybeans, especially for the production of phosphorous fertilizer. EOS had the highest global warming potential and locally-consuming soybeans minimized carbon dioxide emission. The carbon dioxide emission from transport ranged from 784 kg CO₂-equiv./t to 1477 kg CO₂-equiv./t which accounted for a large fraction in the life cycle. Eutrophication potential of LCS was 1.8 and 1.4 times greater than that from LOS and EOS. The agricultural input production stage was the most significant and contributes to 55% of the total amount. In the farming stage, organic soybeans emitted almost 640 g NO₃-equiv./t which was greater than conventional soybeans because of higher input of N. In LCS, ecological toxicity potential accounts for 8% of environmental impact. Considering all the factors for environment impact, LOS was most environment-friendly option which can reduce the environmental impacts by 33% and 31% compared to EOS and LCS. Locally produced organic soybeans consumed in China could reduce CO₂ emission and energy consumption by 47% and 33% respectively. This could also decrease acidification and eutrophication risk by 19% and 46% compared to EOS and LCS. LOS would therefore not only decrease resource depletion, but also met the requirements for pollution reduction. Thus, locally consumed organic products are environmentally favorable.

Key Words: life cycle assessment; organic soybean; conventional soybean; environmental impact

近年来,中国有机农业发展迅速,据估算,2004年全国有机产品出口额约为3.5亿美元^[1]。贸易和出口是中国有机农业的主要驱动因素,主要贸易产品为大豆、南瓜籽、葵花籽等籽仁类产品,产品主要销往北美、欧洲和日本^[2]。

随着农业环境问题凸显,国内外农业环境学家纷纷研究迅速发展的有机农业对环境的影响。研究表明有机农业在维持土壤肥力、提高生物多样性及降低水体富营养化方面有积极作用^[3]。但是这种环境影响评价仅限于农业生产的各个环节,并没有进行综合评价,随着有机农业贸易的发展,农产品长距离运输带来环境影响不可忽视^[4]。

在此需求下,生命周期评价(Life Cycle Assessment, LCA)作为一种更加全面的环境影响评价方法开始从工业领域引入农业领域,该方法可以综合地定量评价与分析农业生产全生命周期过程的资源利用与环境负荷^[5]。目前,LCA案例研究主要集中在中欧、北欧地区,主要目的在于识别农业系统的环境热点以及比较不同农业生产体系(有机农业、集约化农业)对于环境的影响^[6]。国内王明新曾运用LCA方法评价华北冬小麦生命周期的环境影响^[7],但还没有人运用LCA方法,对比研究同一种农产品在不同的生产消费模式下对于环境的影响。

本研究选择我国主要有机出口农产品之一——大豆为研究对象,采用生命周期评价方法、DNDC模型、实地调研以及查阅文献等方式建立大豆生命周期资源消耗和环境排放清单,分析比较国内消费型常规大豆、国内消费型有机大豆以及出口型有机大豆的生命周期环境影响,旨在为东北地区大豆可持续的生产和生产消费模式提供决策支持。

1 调查方案及研究方法

1.1 调查方案

本研究调查的区域位于吉林省敦化市盆地东部,属中温带湿润季风气候,当地土壤肥沃,以暗棕壤为主,

土壤有机质含量较高,森林资源丰富,森林覆盖率达72%。农业主产大豆、玉米,兼产水稻、烟叶、蔬菜,是吉林省大豆主产区之一。当地主要有两种农业种植体系:有机种植体系以及常规种植体系。我们所调查的有机种植体系是有机贸易公司于1998年在当地建立有机生产基地,采用公司加农户的合作形式,农户按照有机贸易公司的年度种植计划进行生产,公司为农户提供种子、技术培训、承诺产品收购,产品主要销往欧美市场。所调查的有机农场共有52块地块,主要种植作物是大豆和玉米,调查结果表明,有机地块平均面积为16.57 hm²,地块和农户住所的平均距离是1.42 km,农业机械有拖拉机、播种机、犁等,主要燃料是柴油,样本中农户家的动物粪便主要用于还田。所调查的常规种植体系位于同一区域,常规农户平均地块面积为5.46 hm²,地块和住所的平均距离为2.98 km,主要机械类型同上,在调查的常规农户中,农户主要使用化肥,无需使用农家堆肥,粪便一般不用于还田,施在房前屋后的菜园里。

大豆生产阶段分为有机及常规两种种植模式,主要区别在于不同的投入物及数量,运输阶段分为国内及出口两种模式,主要区别在于不同的运输距离及运输工具(表1)。本研究中有有机大豆的农田生产环节信息来源于随机抽取的15个村庄29户农户的投入产出调查,运输环节信息来源于有机贸易公司问卷调查,出口有机大豆的运输路线为:从镇仓库出发经汽车运输至敦化市火车站,运程约102 km,后由铁路运输至大连,运程约为2000 km,再经海上货轮运至荷兰鹿特丹港,运程为22555 km。常规大豆的农田生产环节信息来源于随机抽取的12个村庄14户农户的投入产出调查,运输环节信息来源于对当地零售商调查,产品主要供应华北以及华南地区的压榨企业及消费市场,国内消费有机大豆的运输信息与常规大豆相同。农业投入物的生产、运输信息来源于对当地农资销售点调查,调查农户所用化肥来自山东某肥料生产厂。

表1 不同大豆生命周期描述

Table 1 LCA descriptions of different soybean

生命周期 Life cycle	项目 Item	LCS	LOS	EOS	生命周期 Life cycle	项目 Item	LCS	LOS	EOS
	农机/(h/hm ²) Machine	37.1	24.2	24.2		货车/km Truck	103	103	102
	堆肥/(m ³ /hm ²) Compost	0	13.6	13.6	晕运输阶段 Transportation stage	火车/km Train	3773	3772	2000
	化肥/(kg/hm ²) Fertilizer	148	0	0		渡轮/km Tanker	0	0	22555
生产阶段 Production stage	种子/(kg/hm ²) Seeds	55.38	56.79	56.79		煤/kg Coal	21.14	0	0
	除草剂/(L/hm ²) Herbicide	2	0	0	农业投入物生产 阶段 Farming input production stage	电力(kW·h) Electricity	29.30	0	0
	杀虫剂/(kg/hm ²) Pesticide	0.8	0	0		磷矿/kg Phosphorus	36.21	0	0
	产量/(kg/hm ²) Yield	3125	2822	2822		原油/kg Oil	2.34	0	0

1.2 研究方法

农业生命周期评价就是解析伴随农业生产活动而引起的所有物质和能量的投入、产出与可计量的环境负荷之间的关系,以评价农业生产活动的资源消耗、能源消耗以及对环境的综合影响^[5]。

1.2.1 目标定义与范围界定

研究以生产1 t大豆为评价的功能单元,评价生命周期是从生产到目标市场的全过程。主要包括大豆的生产、运输及农业投入物的生产、运输等阶段(图1)。

1.2.2 清单分析

清单分析是进行生命周期评价的基础,它的核心是建立以功能单元表达的产品系统的输入输出。本研究数据收集共分两个阶段,第一阶段是通过调查问卷收集输入系统的数据,调查问卷包括基本信息、地块信息、农事操作信息、产品输出及产品加工信息共计5个模块,可收集农户地块面积、农机燃料使用情况、农事操作

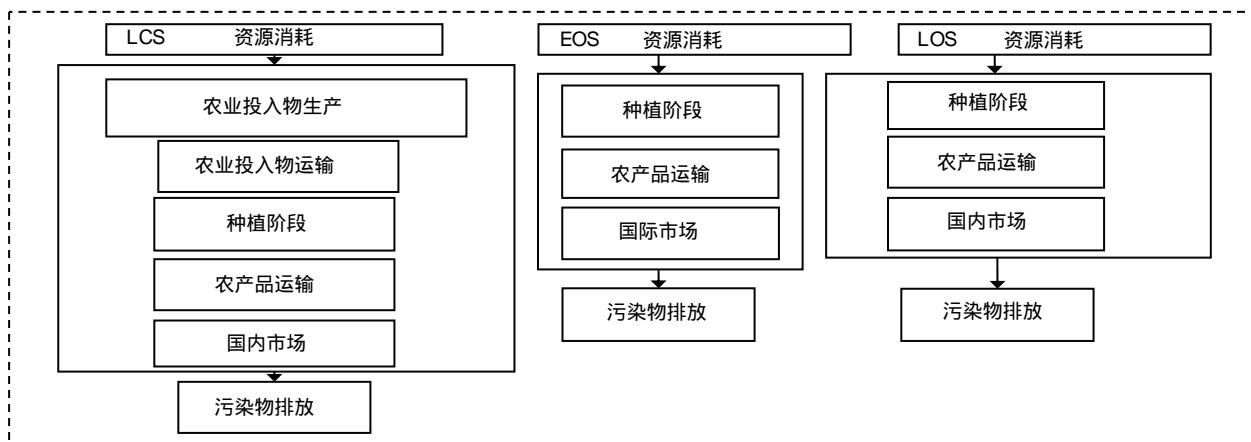


图1 目标定义框架

Fig. 1 LCA system boundary of soybean

投入物的名称及数量、单位面积产量、残茬处理方式、农资生产厂家信息、运输工具及距离等详细情况,涵盖大豆生命周期所有环节(表1)。第二阶段是核算输出系统数据,本研究分别计算了农资生产环节、运输环节及农业生产环节的资源消耗量和环境排放量。农业生产环节氮、磷养分平衡从鲁如坤等对我国典型地区农业生态系统养分循环和平衡研究^[8]及DNDC模型得出,从张颖等人的研究获得大气氮沉降量^[9],农机排放系数从《环境保护实用数据手册》获得^[10],农资生产环节从《化肥企业清洁生产审核指南》^[11]、环评报告获得生产单位质量尿素、磷酸二铵所消耗资源量及污染物排放量(表2)。运输环节从《环境保护实用数据手册》^[10]及Simapro软件数据库获得运输1 km·kg消耗资源量及污染物排放量(表2)。农业生产环节采用DNDC模型,模拟氮素平衡(表5)。

表2 生产1t大豆农资生产环节、农业生产环节及运输环节的输入输出信息

Table 2 Input-output inventory of farming input production, production and transportation for 1t soybean

农资生产环节* Farming input production stage	项目 Item	量 Amount	运输环节 Transportation stage	项目 Item	有机大豆 Organic soy	常规大豆 Conventional soy
输入 Input	煤/kg Coal	21.14	火车 Train	电力/MJ Electricity	27.80	20.97
	电/(kW/h) Electricity	29.30		煤/MJ Coal	549.40	414.47
	磷矿/kg Phosphorus	36.21	货车 Truck	柴油/MJ Diesel	216.80	163.55
	原油/kg Oil	2.34		汽油/MJ Oil	183.10	2439.80
	COD/g	65.06		柴油/MJ Diesel	121.15	1614.26
输出 Output	CO ₂ /kg	84.25	油轮 Tanker	柴油等/MJ Diesel	5864.00	0
	CO/g	48.78		CO ₂ /kg	829.04	495.57
	NH ₄ ⁺ -N/g	110.40		CO/kg	0.73	2.11
	N ₂ O/g	251.55		氮氧化物/kg	2.48	1.20
	SO ₂ /g	213.55		SO ₂ /kg	4.39	3.74
	NO/g	210.18		NH ₄ ⁺ -N/g	0.28	5.50
	CH ₄ /g	23.54		NO ₃ ⁻ /g	3.52	11.40

* 农资生产环节输入及输出数据仅适用于常规大豆

1.2.3 影响评价

环境影响是各种环境干扰因子综合作用的结果,本研究仅选择资源消耗、全球变暖、富营养化、水体酸化

以及生态毒性 5 方面进行环境影响评价。特征化模型采用的是当量因子法,运用目前已经达成统一的全球变暖、富营养化、酸化以及资源消耗等环境影响特征化模型(表 3)。生态毒性特征化模型采用 M. A. J. Huijbregts 等提出的全球嵌套式多媒体全周期排放和影响模型 USES-LCA,模型以 1,4-DCB 为基准当量因子^[12]。

标准化基准的选择需要考虑经济发展水平、人口以及政策等多方面的因素,故本研究标准化基准采用杨建新以 1990 年为基准年建立的中国环境影响评价标准化基准(表 4)^[13],另外,因尚未建立中国资源消耗和生态毒性标准,二者的基准以 1995 年以世界人均环境影响潜力为基准^[14]。

在确定不同环境影响权重时,采用专家打分法,即请经验丰富的相关专家根据自己的经验对上述几种不同的环境影响进行加权打分,采用正反矩阵表示,遵循相应的打分准则和打分尺度,最后和法进行计算。

表 3 环境影响特征化模型

Table 3 Character model of environment impact

全球变暖 Global warming		酸化 Acidification		富营养化 Eutrophication		资源消耗 Resource depletion	
分子式 Molecular formula	kg CO ₂ /kg	分子式 Molecular formula	kg SO ₂ /kg	分子式 Molecular formula	kg NO ₃ /kg	单位能源 1 kg Resource	转化因子/MJ Factor
CO ₂	1	SO ₂	1	NO ₃	1	煤 Coal	20.209
CO	2	NH ₃	1.88	NO	2.07	柴油 Diesel	42.652
N ₂ O	290	NO	1.07	NH ₃	3.64	原油 Oil	41.816
CH ₄	25			CN	2.38	1kW·h	3.6

表 4 中国环境影响评价标准化基准

Table 4 Normalization values for different impact categories

环境影响类型 Impact categories	单位 Units	基准值 Normalization values
全球变暖 Global warming	kg CO ₂ -当量/a	8700
富营养化 Eutrophication	kg NO ₃ -当量/a	62
酸化 Acidification	kg SO ₂ -当量/a	41
资源消耗 Resource depletion	MJ/a	56877.88
生态毒性 Ecological toxicity	1,4-DCB-当量/a	24.56

表 5 DNDC 模型运行结果

Table 5 The result of DNDC model

项目 Property	N 输入/(kg/hm ²) N input				N 输出/(kg/hm ²) N output				N 平衡 N balance	
	肥料 Fertilizer/ compost	生物固氮 N fixation	氮沉降 N deposit	种子 Seeds	植物 Plant	NO ₃ ⁻	N ₂ O	N ₂	NO	总量 Total
有机大豆 Organic soy	100.2	139.4	11.4	3.6	223.4	1	5.4	14.1	0.4	+10.3
常规大豆 Conventional soy	46.1	138.3	11.4	3.7	248.8	0.8	4.3	11.2	0.3	-65.9

1.2.4 DNDC 模型

DNDC 模型是田间尺度的生物地球化学过程模型。DNDC 模型将生态驱动因素(即气候、土壤、植被及人为活动)、环境营力(即辐射、温度、湿度、pH 值、Eh 和有关化合物的浓度梯度等)及有关生物化学及地球化学反应联系起来,从而达到预测 C、N 和水分生物地球化学循环的目的^[15]。该模型始于 1989 年,在过去的 10 多年,该模型已在中国黄淮海平原、华北平原、东北地区等区域得到应用和检验^[15-17]。本研究采用随机抽样的办法,抽取 8 个有机土样及 3 个常规土样进行养分分析,其中有机地块土壤有机质平均含量为 42.96 g/kg,全

氮平均含量为 3.1 g/kg,常规地块土壤有机质平均含量为 37.20 g/kg,全氮平均含量为 1.53 g/kg。本文将模型运行结果与文献数据及经验数值进行比较,模型运行的结果在合理范围内。

2 结果分析

2.1 分类环境影响评价

2.1.1 全球变暖潜值

从图 2 中可以看出,EOS 生命周期全球变暖环境影响潜值最大,可以达到 2171 kg CO₂-当量/t,分别是 LOS、LCS 的 1.47 倍和 1.42 倍,其中,有机大豆的长距离运输对全球变暖贡献率最大,全球变暖的环境影响潜值占总值的 52%—68%,以出口的有机大豆所占比例最大。农田生产阶段大豆全球变暖潜值占总值的 32%—47%,有机大豆生产的全球变暖潜值是常规大豆的 1.2 倍;对于常规大豆生产来说,由于化肥等农资的投入,农资的生产过程也增加了其全球变暖的环境影响潜值,占到了全球变暖潜值的 11%。

2.1.2 富营养化潜值

从总体上可以看出(图 3),LCS 富营养化环境影响潜值最大,达到了 1639.35 g NO₃-当量/t,分别是 LOS、EOS 的 1.77 倍和 1.42 倍,其中农田生产及农资生产阶段对富营养化贡献率最显著。对于出口的有机大豆来说,生产阶段占 55%;国内消费的有机大豆生产阶段的贡献占到了 70%。常规生产的大豆农资生产阶段对环境富营养化的影响最大,占总影响潜值的 55%,而生产和运输阶段只占到了 28% 和 17%。所以常规大豆的农资生产阶段对富营养化环境影响潜值最大。

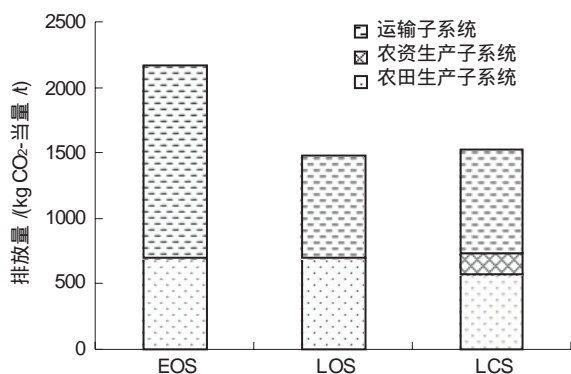


图 2 全球变暖环境影响潜值

Fig. 2 Life cycle global warming impact index of soybean

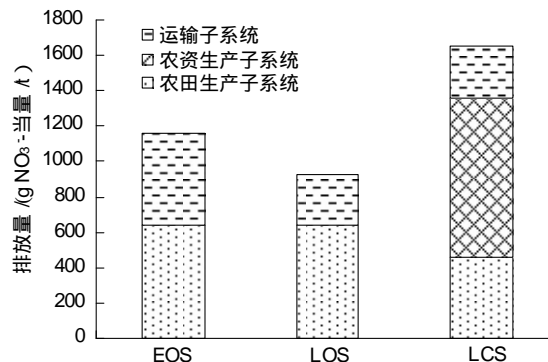


图 3 富营养化环境影响潜值

Fig. 3 Life cycle eutrophication impact index of soybean

2.1.3 资源消耗潜值

从图 4 中可以看出,EOS 资源消耗环境影响最大,分别是 LCS、LOS 的 1.26 倍和 1.46 倍,其中运输阶段对资源消耗贡献最大。该阶段 EOS 的资源消耗占到其生命周期的 95%,是国内消费大豆的 1.5 倍,常规大豆的运输阶段的资源消耗值也达到了 80% 多。农田生产阶段,常规大豆因为单位面积农机使用时间长等原因,在农田中资源消耗是有机大豆的 1.4 倍,此外,常规大豆农业投入物生产资源消耗量占整个生命周期 11%,主要是氨合成阶段对电力和煤炭的消耗。

2.1.4 酸化潜值

EOS 和 LCS 的酸化环境影响潜值相近,约是 LOS 的 1.17 倍,从总体上看主要是运输环节排放的 SO₂ 对酸化影响最大(图 5),占总酸化影响潜值的 72%—89%。农业生产阶段常规大豆酸性气体的排放量是有机大豆的 1.2 倍,因为地块面积小而分散等原因单位面积农机使用时间达到 37.1 h,比有机大豆多 12.9 h,因此大豆生命周期中会释放更多的 SO₂。农业投入物生产尤其是磷肥生产中释放的酸性气体对酸化环境影响贡献率为 15.01%。

生态毒性影响评价考虑常规大豆生产过程中农药及除草剂的使用对环境造成的影响。

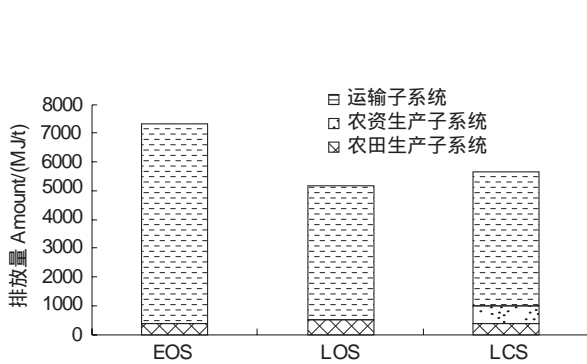


图4 资源消耗环境影响潜值

Fig. 4 Life cycle energy depletion potential of soybean

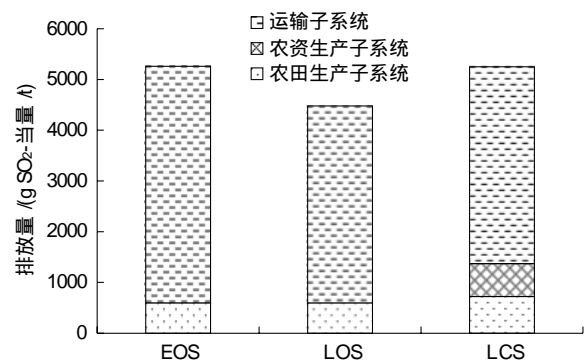


图5 酸化环境影响潜值

Fig. 5 Life cycle acidification impact index of soybean

2.2 不同大豆生命周期环境影响综合指数

从表6中可以看出, EOS生命周期综合环境影响最大, 在五大类环境影响类型中, 全球变暖、资源消耗以及酸化对综合环境影响贡献最明显, 分别达到了32%、31%以及30%, LOS生命周期综合环境影响最小, 比EOS、LCS分别低了33%、31%。LCS生命周期综合环境影响略低于EOS, 其中生态毒性贡献率为8%, 全球变暖、酸化以及资源消耗贡献率为71%。

表6 大豆生命周期环境影响综合指数

Table 6 Life cycle aggregate environmental impact index of soybean

环境影响类型 Environmental impact	特征化指数 Normalization values	权重 Weight	EOS	LOS	LCS
全球变暖 Global warming	8700	0.18	0.02311	0.01583	0.01826
富营养化 Eutrophication	62000	0.24	0.004505	0.003564	0.006401
酸化 Acidification	41000	0.17	0.02181	0.01858	0.02177
资源消耗 Energy depletion	56878	0.18	0.02266	0.01608	0.01850
生态毒性 Ecological toxicity	24.56	0.23	0	0	0.005849
综合指数 Aggregate index	—	—	0.07208	0.05405	0.07078

3 讨论与结论

本研究运用生命周期评价方法、DNDC模型对3种不同生命周期大豆(LOS、EOS、LCS)的生产、运输以及农资生产环节的资源消耗以及污染物排放进行了清单分析及影响评价。3种不同生产消费型大豆生命周期中资源消耗、酸化以及全球变暖对综合环境影响贡献最明显, 基本上占到综合环境影响评价的30%左右, 而富营养化和生态毒性的贡献率较低, 小于10%。

从生命周期的不同阶段分析, 3种生产消费模式的大豆其运输阶段对于环境影响的贡献无论是全球变暖、酸化还是资源消耗的环境影响其贡献率都在50%以上, 特别是资源消耗的影响, 运输阶段的贡献率达到了80%以上。所以运输环节在大豆生命周期中环境贡献最大, 如果有机大豆进行本地消费, 可以减少47%和33%的温室气体排放量, 同时降低19%及46%的酸化和富营养化风险, 鼓励有机食品本地消费, 缩短运输的距离, 采用新型能源可以减少运输阶段对环境造成的负面影响。

Andy Jones研究发现英国的进口苹果在运输阶段能源消耗以及二氧化碳的排放量大于其生产阶段的能耗, 从环境保护的角度出发, 他提出提倡消费本地生产的新鲜农产品以减少运输环节对于环境的影响^[18]。Michael M.等的研究也支持了上述观点, 他分析比较了德国本地生产的苹果与从新西兰进口的苹果生命周期对于环境的影响, 研究发现尽管本地生产的苹果在收获后需要消耗更多的能量进行为期5个月的保存, 但是相对于进口苹果28 d的海上运输, 其能耗还是降低了27%^[19]。

在农田生产阶段,有机大豆全球变暖和富营养化作用较常规大豆明显,主要是因为较高的氮素背景下, N_2O 排放量呈上升的趋势,该现象在东北三江平原氮素模拟过程也得到证实^[17],林志刚的研究同样表明土壤硝酸盐淋失量随着施氮量的增加而增加^[20]。农资生产环节仅涉及常规大豆,化学品的投入对其富营养化贡献率达到 54.61%,主要是氮肥合成阶段氨氮和硝酸盐的排放导致。

从两种不同的生产模式分析,对于环境影响的贡献无论是全球变暖、酸化、资源消耗的还是生态毒性都是有机大豆的环境影响小于常规大豆。国内消费的有机大豆生命周期综合环境影响比常规大豆的影响低 31%。尽管在讨论中提到农田生产阶段有机大豆全球变暖和富营养化影响大于常规大豆,但综合运输阶段以及农资生产阶段所产生的环境影响,有机大豆对环境的影响只有常规大豆的三分之二左右。Haas G. 用生命周期评价方法评价了德国南部集约化程度不同的草场(集约型、粗放型、有机型)对于环境的影响,研究结果表明有机草场对环境最为友好,从而为农业政策的制定提供科学的依据^[21]。

综上所述,3 种不同生产消费型大豆生命周期中资源消耗、酸化以及全球变暖对综合环境影响贡献最明显,基本上占到综合环境影响评价的 30% 左右,而富营养化和生态毒性的贡献率较低,小于 10%。从生命周期的不同阶段分析,3 种消费模式的大豆其运输阶段对于各分类环境影响的贡献率最大,都在 50% 以上,对资源消耗的贡献率更是在 80% 以上。从两种不同的生产模式看无论是全球变暖、酸化、资源消耗还是生态毒性都是有机大豆的环境影响综合指数小于常规大豆,对环境产生的负面影响较小。综合比较 3 种不同生产消费型大豆,国内消费的有机大豆生命周期综合环境影响最小,其环境影响综合指数比常规大豆的减少 31%。但是出口有机大豆由于出口使运输距离延长,其生命周期综合环境影响最大。因此,环境管理关键是提倡有机产品本地消费以缩短运输距离,或者采用环保型能源以减少环境排放。

References:

- [1] Sheng J P, Shen L, Qiao Y H, Yu M M, Fan B. Market trends and accreditation systems for organic food in China. *Trends in Food Science & Technology* 2009, 20(9): 396-401.
- [2] Kledal P R, Qiao Y H, Egelyng H, Xie Y G, Halberg N, Li X J. Country report: organic food and farming in China//Willer H, Yussefi M, eds. *The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2007*. IFOAM and FiBL, 2007: 114-119.
- [3] Stolze M, Piorr A, Häring A, Dabbert S. *The Environmental Impacts of Organic Farming in Europe: economics and policy*. Germany: University of Hohenheim, 2000.
- [4] Andy J. An environmental assessment of food supply chains; a case study on dessert apples. *Environmental Management* 2002, 30(4): 560-576.
- [5] Yang Y S, Sheng G H, Lu G H. The suggestion for application LCA in the agriculture in China. *Soft Science*, 2003, (5): 7-11.
- [6] Cederberg C, Mattsson B. Life cycle assessment of milk production — a comparison of conventional and organic farming. *Journal of Cleaner Production*, 2000, 8(1): 49-60.
- [7] Wang M X, Bao Y H, Wu W L, Liu W N. Life cycle environmental impact assessment of winter wheat in North China Plain. *Journal of Agro-Environment Science*, 2006, 25(5): 1127-1132.
- [8] Lu R K, Liu H X, Wen D Z, Qin S W, Zheng J Y, Wang Z Q. The research on the nutrient cycling and balance in the agriculture system in the typical area. *Chinese Journal of Soil Science*, 1996, 27(4): 145-151.
- [9] Zhang Y, Liu X J, Zhang F S, Ju X T, Zou G Y, Hu K L. Spatial and temporal variation of atmospheric nitrogen deposition in North China Plain. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(6): 1633-1638.
- [10] Hu M C. *Handbook of Practical Data of Environmental Protection*. Beijing: Machinery Industry Press, 1990: 103-106.
- [11] Duan N. *Guidelines for Fertilizer Cleaning Production*. Beijing: Xinhua Publishing House, 2006: 33-40.
- [12] Huijbregts M A J, Breedveld L, Huppes G, de Koning A, van Oers L, Suh S. Normalization figures for environmental life-cycle assessment: the Netherlands (1997/1998), Western Europe (1995) and the world (1990 and 1995). *Journal of Cleaner Production*, 2003, 11(7): 737-748.
- [13] Yang J X, Xu C, Wang R S. *The Method and Application of Life Cycle Assessment*. Beijing: Meteorological Press, 2002: 113-113.
- [14] Huijbregts M A J, Breedveld L, Huppes G, de Koning A, Van Oers L, Suh S. Normalization figures for environmental assessment The Netherlands (1997/1998), Western Europe (1995) and the world (1990 and 1995). *Journal of Cleaner Production*, 2003, 11(7): 737-748.
- [15] Li C S, Xiao X M, Froking S, Moore B, Salas W, Qiu J J, Zhang Y, Zhuang Y H, Wang X K, Dai Z H, Liu J Y, Qin X G, Liao B H, Sass R. Research on the emission of greenhouse gas in China. *Quaternary Sciences*, 2003, 23(5): 493-502.

- [16] Han B, Wang X K, Ouyang Z Y, Cao Z Q, Zou D Y, Sun H D, Zhu P, Zhou B K. The carbon pools and changes in the agroecosystem in the northeast China. *Chinese Journal of Soil Science*, 2004, 35(4): 405-407.
- [17] Wang Y Y, Yang Q, Wang R S. Simulating study on nitrogen circulation of soybean field in the Sanjiang Plain. *Scientia Geographica Sinica*, 1999, 19(6): 555-558.
- [18] Jones A. An environmental assessment of food supply chains: a case study on dessert apples. *Environmental Management*, 2002, 30(4): 560-576.
- [19] Michael M B, Berhard B. Food miles for thought energy balance for locally-grown versus imported apple fruit, *Environ sci & Pollu res*, 2005, 12(3): 125-127.
- [20] Lin Z G, Zhao Y H, Xue Y Y. Study on Mechanism of Nitrate Accumulation and Adjustment Methods for Vegetable. *Chinese Journal of Soil Science*, 1993, 24(6): 253-255.
- [21] Haas G, Wetterich F, Geier U. Framework in agriculture on the farm level framework in agriculture on the farm level. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 2000, 5(6): 345-348.

参考文献:

- [5] 杨印生, 盛国辉, 吕广宏. 我国开展农业 LCA 研究的对策建议. *中国软科学*, 2003, (5): 7-11.
- [7] 王明新, 包永红, 吴文良, 刘文娜. 华北平原冬小麦生命周期环境影响评价. *农业环境科学学报*, 2006, 25(5): 1127-1132.
- [8] 鲁如坤, 刘鸿翔, 闻大中, 钦绳武, 郑剑英, 王周琼. 我国典型地区农业生态系统养分循环和平衡研究 I 农田养分支出参数. *土壤通报*, 1996, 27(4): 145-151.
- [9] 张颖, 刘学军, 张福锁, 巨晓棠, 邹国元, 胡克林. 华北平原大气氮素沉降的时空变异. *生态学报*, 2006, 26(6): 1633-1639
- [10] 胡名操. 环境保护实用数据手册. 北京: 机械工业出版社, 1990: 103-106.
- [11] 段宁. 化肥企业清洁生产审核指南. 北京: 新华出版社, 2006: 33-40.
- [13] 杨建新, 徐成, 王如松. 产品生命周期评价方法及应用. 北京: 气象出版社, 2002: 113-113.
- [15] 李长生, 肖向明, Froking S, Moore B, Salas W, 邱建军, 张宇, 庄亚辉, 王效科, 戴昭华, 刘纪远, 秦小光, 廖柏寒, Sass R. 中国农田的温室气体排放. *第四纪研究*, 2003, 23(5): 493-502.
- [16] 韩冰, 王效科, 欧阳志云, 曹志强, 邹德乙, 孙宏德, 朱平, 周宝库. 中国东北地区农田生态系统中碳库的分布格局及其变化. *土壤通报*, 2004, 35(4): 405-407.
- [17] 王毅勇, 杨青, 王瑞山. 三江平原大豆田氮循环模拟研究. *地理科学*, 1999, 19(6): 555-558.
- [20] 林志刚, 赵仪华, 薛耀英. 叶菜类蔬菜的硝酸盐积累规律及其控制方法研究. *土壤通报*, 1993, 24(6): 253-255.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 23 December, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Satellite-based modelling light use efficiency of alpine meadow along an altitudinal gradient FU Gang, ZHOU Yuting, SHEN Zhenxi, et al (6989)

Changes in the concentrations of airborne *Picea schrenkiana* pollen in response to temperature changes in the Tianshan Mountain area PAN Yanfang, YAN Shun, MU Guijin, et al (6999)

Primary production in the Bay of Bengal during spring intermonsoon period LIU Huaxue, KE Zhixin, SONG Xingyu, et al (7007)

Effect of rainfall regimes on the decomposition rate of yak dung in an alpine meadow of northwest Sichuan Province, China WU Xinwei, LI Guoyong, SUN Shucun (7013)

SOFM-based nutrient cycling classification of forest ecosystems in the Loess Plateau CHEN Kai, LIU Zengwen, LI Jun, et al (7022)

Characterization of the responses of photosynthetic and chlorophyll fluorescence parameters to water stress in seedlings of six provenances of Chinese Pine (*Pinus tabulaeformis* Carr.) WANG Yan, CHEN Jianwen, et al (7031)

Effect of silicon supply on Tall Fescue (*Festuca arundinacea*) growth under the salinization conditions LIU Huixia, GUO Xinghua, GUO Zhenggang (7039)

Effects of high-temperature stress on physiological characteristics of leaves of *Simmondsia Chinensis* seedlings from different provenances HUANG Weiwei, ZHANG Niannian, HU Tingxing, et al (7047)

Soil moisture dynamics of water and soil conservation forest on the Loess Plateau ZHANG Jianjun, LI Huimin, XU Jiajia (7056)

The distribution of male and female *Populus cathayana* populations along an altitudinal gradient WANG Zhifeng, XU Xiao, LI Xiaofeng, et al (7067)

Analysis on the characteristics of macrobenthic community in the North-west Daya Bay of South China Bay in spring DU Feiyan, LIN Qin, JIA Xiaoping, et al (7075)

The effects of season and environmental factors on community structure of planktonic copepods in Zhanjiang Bay, China ZHANG Caixue, GONG Yuyan, WANG Xuefeng, et al (7086)

Population genetic structure of *Pneumatophorus japonicus* in the Taiwan Strait ZHANG Liyan, SU Yongquan, WANG Hangjun, et al (7097)

Seasonal variation of nitrogen and phosphorus in Miju River and Lake Erhai and influencing factors YU Chao, CHU Jinyu, BAI Xiaohua, et al (7104)

Population dynamics and production of *Bellamyia aeruginosa* (Reeve) (Mollusca: Viviparidae) in artificial lake for transgenic fish, Wuhan XIONG Jing, XIE Zhicai, JIANG Xiaoming, et al (7112)

Carbon, nitrogen and phosphorus ecological stoichiometric ratios among live plant-litter-soil systems in estuarine wetland WANG Weiqi, XU Linglin, ZENG Congsheng, et al (7119)

Effects of EDTA on growth and lead-zinc accumulation in maize seedlings grown in amendment substrates containing lead-zinc tailings and soil WANG Hongxin, HU Feng, XU Xinwang, et al (7125)

Effects of different coated controlled-release urea on soil ammonia volatilization in farmland LU Yanyan, SONG Fupeng (7133)

Effects of ridge planting on the photosynthetic characteristics and yield of summer maize in high-yield field MA Li, LI Chaohai, FU Jing, et al (7141)

Effect of timing of DCD application on nitrous oxide emission during wheat growing period JI Yang, YU Jia, MA Jing, et al (7151)

The role of the fertilizing with nitrogen, calcium and sodium chloride in winter wheat leaves adaptation to freezing-thaw stress LIU Jianfang, ZHOU Ruilian, ZHAO Mei, et al (7161)

Environment impact assessment of organic and conventional soybean production with LCA method in China Northeast Plain LUO Yan, QIAO Yuhui, WU Wenliang (7170)

Effects of selenium added to soil on physiological indexes in flue-cured tobacco XU Zicheng, SHAO Huifang, SUN Shuguang, et al (7179)

Influence of different planting patterns on field microclimate effect and yield of peanut (*Arachis hypogea* L.) SONG Wei, ZHAO Changxing, WANG Yuefu, et al (7188)

Rapid cold hardening of Western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, and its ecological cost LI Hongbo, SHI Liang, WANG Jianjun, et al (7196)

- Effects of temperature on body color in *Sitobion avenae* (F.) DENG Mingming, GAO Huanhuan, LI Dan, et al (7203)
- Development and reproduction of *Bemisia tabaci* biotype B on wild and cultivated tomato accessions
 GAO Jianchang, GUO Guangjun, GUO Yanmei, et al (7211)
- Study on ecological water demand based on assessment of ecosystem disturbance degree in the Baiyangdian Wetland
 CHEN He, YANG Ying, YU Shiwei, et al (7218)
- Emergy-based analysis of two chicken farming systems; a perspective of organic production model in China
 HU Qihong, ZHANG Lixiao, WANG Changbo (7227)
- Mathematical model design of time-effect relationship analysis about the inhibition of four eighteen-carbon fatty acids on toxic
Microcystis aeruginosa HE Zongxiang, ZHANG Tingting (7235)
- Enrichment of heavy metals in the seagrass bed of Liusha Bay XU Zhanzhou, ZHU Aijia, CAI Weixu, et al (7244)
- A gradient analysis of urban architecture landscape pattern based on QuickBird imagery
 ZHANG Peifeng, HU Yuanman, XIONG Zaiping, et al (7251)
- Landscape spatial heterogeneity is associated with urbanization; an example from Yangtze River in Jiangsu Province
 CHE Qianjin, CAO Youhui, YU Lu, et al (7261)
- CVM for Taihu Lake based on ecological functions of wetlands restoration, and ability to pay and willingness to pay studies
 YU Wenjin, XIE Jian, ZOU Xinqing (7271)
- Review and Monograph**
- Progress in research on the marine microbial loop in the Arctic Ocean HE Jianfeng, CUI Shikai, ZHANG Fang, et al (7279)
- Research progress in the eco-environmental effects of urban green spaces
 SU Yongxian, HUANG Guangqing, CHEN Xiuzhi, et al (7287)
- Source, exposure characteristics and its environmental effect of heavy metals in urban surface dust
 FANG Fengman, LIN Yuesheng, WANG Haidong, et al (7301)
- Scientific Note**
- Spatial structures of soilcarbon and nitrogen of China fir and Masson pine mixed forest in the Three Gorges Reservoir Areas
 LIN Yinghua, WANG Laifa, TIAN Xiaokun, et al (7311)
- The relationship between *Oligochroa cantonella* Caradja and environmental factors LIU Wenai, FAN Hangqing (7320)

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 23 期 (2011 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 23 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@espg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@espg.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 70.00 元