

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第11期 Vol.32 No.11 2012

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 (SHENTAI XUEBAO)

第32卷 第11期 2012年6月 (半月刊)

目 次

黑龙江省大兴安岭林区火烧迹地森林更新及其影响因子.....	蔡文华, 杨健, 刘志华, 等 (3303)
基于 B-IBI 指数的温榆河生态健康评价	杨柳, 李泳慧, 王俊才, 等 (3313)
川西亚高山暗针叶林不同恢复阶段红桦、岷江冷杉土壤种子损耗特征	马姜明, 刘世荣, 史作民, 等 (3323)
老龄阔叶红松林下层木空间分布的生境关联分析.....	丁胜建, 张春雨, 夏富才, 等 (3334)
内蒙古高原荒漠区四种锦鸡儿属植物灌丛沙包形态和固沙能力比较.....	张媛媛, 马成仓, 韩磊, 等 (3343)
角果藜的生长动态及其生殖配置.....	全杜娟, 魏岩, 周晓青, 等 (3352)
基于 MODIS/NDVI 时间序列的森林灾害快速评估方法——以贵州省为例	侍昊, 王笑, 薛建辉, 等 (3359)
祁连山西水林区土壤阳离子交换量及盐基离子的剖面分布.....	姜林, 耿增超, 李珊珊, 等 (3368)
水分和温度对春玉米出苗速度和出苗率的影响.....	马树庆, 王琪, 吕厚荃, 等 (3378)
施氮对水稻土 N ₂ O 释放及反硝化功能基因 (narG/nosZ) 丰度的影响	郑燕, 侯海军, 秦红灵, 等 (3386)
中国西北潜在蒸散时空演变特征及其定量化成因	曹雯, 申双和, 段春锋 (3394)
基于植被降水利用效率和 NDVI 的黄河上游地区生态退化研究	杜加强, 舒俭民, 张林波 (3404)
异速生长法计算秋茄红树林生物量.....	金川, 王金旺, 郑坚, 等 (3414)
乌兰布和沙漠沙蒿与油蒿群落的物种组成与数量特征.....	马全林, 郑庆中, 贾举杰, 等 (3423)
不同光强下单叶蔓荆的光合蒸腾与离子累积的关系.....	张萍, 刘林德, 柏新富, 等 (3432)
浑善达克沙地沙地榆种子雨的扩散规律.....	谷伟, 岳永杰, 李钢铁, 等 (3440)
咸水灌溉对沙土土壤盐分和胡杨生理生长的影响.....	何新林, 陈书飞, 王振华, 等 (3449)
外源 NO 对 NaHCO ₃ 胁迫下黑麦草幼苗光合生理响应的调节	刘建新, 王金成, 王鑫, 等 (3460)
呼伦贝尔草地植物群落与土壤化学计量学特征沿经度梯度变化.....	丁小慧, 罗淑政, 刘金巍, 等 (3467)
海南稻田土壤硒与重金属的含量、分布及其安全性.....	耿建梅, 王文斌, 温翠萍等 (3477)
江苏省典型区农田土壤及小麦中重金属含量与评价.....	陈京都, 戴其根, 许学宏, 等 (3487)
应用稳定同位素研究广西东方洞食物网结构和营养级关系	黎道洪, 苏晓梅 (3497)
利用细胞计数手段和 DGGE 技术分析松花江干流部分地区的细菌种群多样性	屠腾, 李蕾, 毛冠男, 等 (3505)
中国主要入海河流河口集水区划分与分类	黄金良, 李青生, 黄玲, 等 (3516)
基于 VGPM 模型和 MODIS 数据估算梅梁湾浮游植物初级生产力	殷燕, 张运林, 时志强, 等 (3528)
低温胁迫下虎纹蛙的生存力及免疫和抗氧化能力	王娜, 邵晨, 颜志刚, 等 (3538)
转 Bt 水稻土壤跳虫群落组成及其数量变化	祝向钰, 李志毅, 常亮, 等 (3546)
尼日利亚非洲蜂和安徽意大利蜜蜂及其杂交二代形态特征与微卫星 DNA 遗传多样性	余林生, 解文飞, 巫厚长, 等 (3555)
北京城市公园湿地休憩功能的利用及其社会人口学因素	李芬, 孙然好, 陈利顶 (3565)
基于协整理论的经济增长与生态环境变化关系分析——以重庆市渝东南地区为例	肖强, 胡聃, 肖洋, 等 (3577)
感潮河网区环境合作博弈模型及实证	刘红刚, 陈新庚, 彭晓春 (3586)
专论与综述	
国内外生态效率核算方法及其应用研究述评	尹科, 王如松, 周传斌, 等 (3595)
全球变化背景下的现代生态学——第六届现代生态学讲座纪要	温腾, 徐德琳, 徐驰, 等 (3606)
问题讨论	
流域环境要素空间尺度特征及其与水生态分区尺度的关系——以辽河流域为例	刘星才, 徐宗学, 张淑荣, 等 (3613)
研究简报	
不同光照强度对兴安落叶松几种主要防御蛋白活力的影响	鲁艺芳, 石蕾, 严善春 (3621)
木荷种源间光合作用参数分析	熊彩云, 曾伟, 肖复明, 等 (3628)
基于能值分析的深圳市三个小型农业生态经济系统研究	杨卓翔, 高阳, 赵志强, 等 (3635)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 342 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 37 * 2012-06



封面图说:爬升樟木沟的暖湿气流——樟木沟是中国境内横切喜马拉雅山脉南坡的几条著名大沟之一,它位于我国西藏聂拉木县境内的希夏邦马峰东南侧,延绵 5400km 的 318 国道在此沟中到达其最西头。从聂拉木县城到樟木口岸短短的 30km 中,海拔从 4000m 急降至 2000m。在大气环流作用下,来自印度洋的暖湿气流沿樟木沟不断费力地往上爬升,给该沟谷留下了大量的降水。尤其是在雨季到来时,山间到处是流水及悬垂崖头的瀑布,翠峰直插云霄,森林茂密苍郁,溪流碧澄清澈,奇花异葩繁多,风景美如画卷,气势壮丽非凡。

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

DOI: 10.5846/stxb201103080282

杨卓翔,高阳,赵志强,李双成.基于能值分析的深圳市三个小型农业生态经济系统研究.生态学报,2012,32(11):3635-3644.

Yang Z X, Gao Y, Zhao Z Q, Li S C. Research on three small-scale agricultural ecological-economic systems in Shenzhen City based on energy analysis. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(11): - .

基于能值分析的深圳市三个小型农业生态经济系统研究

杨卓翔^{1,2},高阳¹,赵志强¹,李双成^{1,*}

(1. 北京大学城市与环境学院资源与环境地理系 地表过程与模拟教育部重点实验室,北京 100871;

2. 北京大学深圳研究生院城市规划与设计学院 城市人居环境科学与技术重点实验室,深圳 518055)

摘要:应用能值分析方法,通过能值转换率,把深圳市3个农场生态经济系统的能量流、物质流、货币流和信息流转化为统一量纲——能值。在绘制能值系统概图和编制能值分析表的基础上,建立能值评价指标体系对3个系统的能值输入结构、生产效率、环境负载和可持续发展状况等进行分析和比较。此外,比较经济指标与能值分析结果,并采用情景分析对农场未来发展做出预测。能值分析方法不仅考虑环境及其服务功能对经济生产的贡献,同时能值交换率和能值产出率把系统经济流入和产出纳入分析过程,结合环境和经济评价,可用于综合分析农场生态效益和经济效益。研究结果表明:西丽果场是可持续发展能力最高的农场,碧岭现代农业科技园次之,而山海农场的可持续发展能力最低。都市农场应该大比例利用可更新资源,努力发展农业生产,并且积极提升农业的技术含量。在此基础上,控制规模合理地发展旅游经济,走高科技农业生态旅游之路。

关键词:小型农业生态经济系统;能值分析;情景分析;深圳市

Research on three small-scale agricultural ecological-economic systems in Shenzhen City based on energy analysis

YANG Zhuoxiang^{1,2}, GAO Yang¹, ZHAO Zhiqiang¹, LI Shuangcheng^{1,*}

1 College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China

2 The Key Laboratory for Environmental and Urban Sciences, Shenzhen Graduate School, Peking University, Shenzhen 518055, China

Abstract: The ability to transform different types of resource flows in energy, physical, capital and information into a unified standard—energy—makes energy analysis an appropriate tool for evaluating and comparing the structural characteristics of input, production efficiency, environmental load, economic viability and the overall sustainability of agricultural ecological-economic systems. The systems studied were Biling Modern Agricultural Technology Park (Biling Park), Xili Orchard and Shanhai Farm in Shenzhen, China. Based on a general energy system diagram and energy analysis table, we constructed an energy evaluation system to analyze and compare these three farms. As for energy input structure, Xili Orchard mainly relied on renewable resources, which accounted for 50.2% of its total energy input; Biling Park and Shanhai Farm depended mostly on purchased nonrenewable input. Xili Orchard had the lowest environment load ratio (ELR) value because of its relatively high renewable resources input and low level of purchased nonrenewable resource input. Unlike Xili's situation, Shanhai Farm's ELR value had the highest ELR because of its relatively low level of renewable resource input and high level of purchased nonrenewable resource input. The energy indices for sustainable development (EISD) value were 12.70, 2.47, and 0.52 for Xili Orchard, Biling Park and Shanhai Farm, respectively.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40971052)

收稿日期:2011-03-08; 修订日期:2012-02-14

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: scli@urban.pku.edu.cn

Although Shanhai Farm had a relatively high energy exchange ratio (EER), strong pressure on the environment limited its sustainability. Also, we compared the economic index analysis with energy analysis and found them to be consistent with each other. Xili Orchard had the highest economic output/input ratio and benefits density, while Shanhai Farm had the lowest values. The results show Xili Orchard was the most efficient system and Shanhai Farm was the least efficient system from both economically and ecologically. We then used scenario analysis to predict how the three farms would develop in the next ten years. The outlook for Biling Park gives it a bright future and an enormous potential for development. However, if the Shanhai Farm continues expanding its tourism resources blindly without making an effort to develop basic agricultural production, its pressure on the environment would continue to increase, preventing it from achieving sustainability. Xili Orchard was the most sustainable, followed by Biling Park and Shanhai Farm as least sustainable. Energy analysis was found to be an efficient method for evaluating ecological and economic benefits of these farms, because it not only accounted for the environment's support and contribution to these agricultural systems, but also linked the environment and economic evaluation with the Energy Exchange Ratio (EER) and Energy Yield Ratio (EYR). Energy analysis is a bridge between economics and ecology. Energy analysis will help show managers of city farms they should strive to make the best use of renewable resources which will facilitate agricultural production; city farms should also actively incorporate high technology agriculture into their operations and understand the scientific system standards. They can then develop tourism rationally. In summary, city farms should seek out new agricultural systems which combine high levels of technology and with ecological tourism.

Key Words: energy analysis; scenario analysis; Shenzhen; small-scale ecological-economic systems

随着社会经济的飞速发展,有限的资源和迅速膨胀的人口之间的矛盾日益严重。生态、经济以及区域可持续发展成为研究的热点^[1-4]。农业生态经济复合系统作为区域生态经济系统的重要组成部分,与人类生存息息相关。度量其可持续发展能力成为科学的重要课题^[5-6]。20世纪80年代提出的能值分析理论为农业生态经济系统的定量分析提供了研究方法。能值分析属于系统综合分析,通过使用能值综合指标,定量分析系统的结构功能特征和生态经济效益^[7]。国内外学者关于能值分析理论在农业领域的应用研究已经较为成熟,陆宏芳等^[8]对珠江口湿地的4个水果农业生产系统进行能值分析比较,结果表明新引进的3个系统由于较高的水果市场价格发展迅速,但以减少不可更新资源为代价。传统的操作技术(比如轮作)可以优化新引进的水果生产系统。Jay F. Martin^[9]选取全球3个农业系统进行能值分析的对比,结果证实产出巨大的生产系统更依赖于可更新资源。本文应用能值分析方法,研究快速城市化地区不同类型的农场,探索农业生产、旅游开发、现代科技等对小型农业生态经济系统可持续发展能力的影响,试图寻找适合都市农场的发展模式和优化途径,为其发展战略制定提供理论基础和决策依据。

1 研究方法

1.1 能值理论

美国著名生态学家 H. T. Odum 于 20 世纪 80 年代提出了能值概念,并将能值定义为^[10]:一种流动或储存的能量所包含的另一种类别能量(一般使用太阳能)的数量,单位为太阳能焦耳(Solar Emjoules; 缩写为 sej)。能值分析统一了能量流、物质流和货币流的量化指标,以能值为量纲作定量分析研究,是生态学和经济学交叉联系的纽带^[10]。

能值分析中常用能值转换率作为各能量或物质的转换单位。能值转换率是每单位某种类别的能量(J)或物质(g)所含太阳能值的数量,其表达式为^[10]:

A 种能量(或物质)的太阳能值转换率/[sej/J(A)] = 形成 1J 的 A 种能量(或物质)应用的太阳能焦耳

生态经济系统是一个具有耗散结构的自组织系统,各种生态系统的能流,从数量多、能质低的等级向数量少、能质高的等级流动和转化,能值转换率随着能量等级的提高而增加。能值分析中,货币流和能值流呈现反

向循环。对于经济子系统各生态流、自然子系统与经济子系统界面不宜用能值转换率进行转换度量的生态流,采用能值/货币比率(Energy/ \$ Ratio,即当年该国全年能值应用总量与当年该国国民生产总值的比)推算出其能值后进行统一分析,从而解决在分析评价和应用中自然环境与经济社会的对接难题^[11]。

1.2 本文能值分析方法步骤

能值分析的方法与步骤因研究者和研究对象而有所不同,本文参考蓝盛芳等人^[10]的总结,将采用以下四个部分进行分析:(1)基本资料的收集,收集研究对象的自然环境、社会资源以及经济活动的资料。包括平均降雨量以及平均风能等环境数据;各种经济活动指标等。(2)绘制概念型能量系统图,确定所研究系统外边界和系统内部组成,对其内部能量加以分类,利用各种“能量系统语言”图例将系统主要能流标注。(3)编制能值系统分析表,列举研究系统的主要分析项目,根据能值计算公式,求出各流量的原始数据,然后将各类别能量(J)、物质(g)和货币(\$)转换成共同的太阳能值(各流量原始数据×相应的太阳能值转换率)。(4)建立能值综合指标体系对系统进行分析和对比。本文采用表1所示的7个能值评价指标,主要衡量能值输入结构、生产效率、环境影响、经济可行性与可持续发展能力。

表1 能值分析指标

Table 1 Energy evaluation indices

能值指标 Energy indices	公式 Formula	意义 Meaning
能值密度 Empower density (EPD) ^[12]	U/area	评价能值集约度和强度,反映经济发展强度和等级
能值自给率 Energy Self-Sufficiency Ratio (ESR)	(R+N)/U	描述系统与外界的交流程度和经济发展水平
环境负载率 Environmental Loading Ratio (ELR)	(N+FN)/(R+FR)	反映系统对环境的压力和可持续性
能值产出率 Environmental Yield Ratio (EYR)	Y/(FN+FR)	反映系统反馈投入能值效益率和系统竞争力
能值交换率 Environmental Exchange Ratio (EER)	YM/Y	反映系统与外界交换中的实际效益
能值可持续性指标 Energy Sustainability Index (ESI) ^[13]	EYR/ELR	反映系统的可持续能力
能值可持续发展性能指标 Energy Index for Sustainable Development (EISD) ^[10]	EYR×EER/ELR	衡量系统的可持续发展性能

1.3 经济学评价指标

能值分析侧重环境对农场生态经济系统的支持和影响,经济分析侧重市场对农场的影响。整合能值分析和经济分析评价体系时,能值交换率(EER)和能值产出率(EYR)是能值和经济评估的桥梁^[8]。本文选用经济学中基本的投入产出比和收益密度来衡量3个农场经济运营效率和获利能力。

1.4 情景分析

由于本文研究建立在1a数据基础上,不具备较长的时间序列分析3个农场的发展情况。为探讨城市农场的未来发展前景,本文将设置情景分析,展望3个农场未来10a的环境负载率和可持续发展能力。

2 研究对象和数据获取

2.1 研究对象简介

深圳位于北回归线以南,东经113°46'—114°37',北纬22°27'—22°52',属南亚热带海洋性季风气候,年均降雨量1967 mm;年日照时数1929.80 h;多年平均风速2.50 m/s,有效风能密度100 W/m²。作为中国第一个经济特区和我国快速城市化的典型区域,深圳市由1980年一个总人口33万,年GDP1.50亿元的沿海小渔村^[14],30a间发展成为人口891.23万,年GDP8201.23亿元的大城市。但随着城市的快速发展,人口、经济活动在短时内大量聚集,为适应城市功能的改变与提升,城市建设用地急剧扩张,大面积占用农业生态用地,城市生态系统的结构和功能均发生了较大的变化。深圳高速的城市化过程给传统农业带来了极大的冲击,由于政府政策以及市场需求等原因,传统农业规模已经大大萎缩。如今的深圳农业是典型的都市农业,农业发展主要是农产品基地建设和生态风景林建设,为经济生态系统提供基石和生态保障。

本研究以深圳市碧岭现代农业科技园、西丽果场和山海农场(简称:碧岭、西丽、山海)作为研究对象,其

地理分布如图1所示。

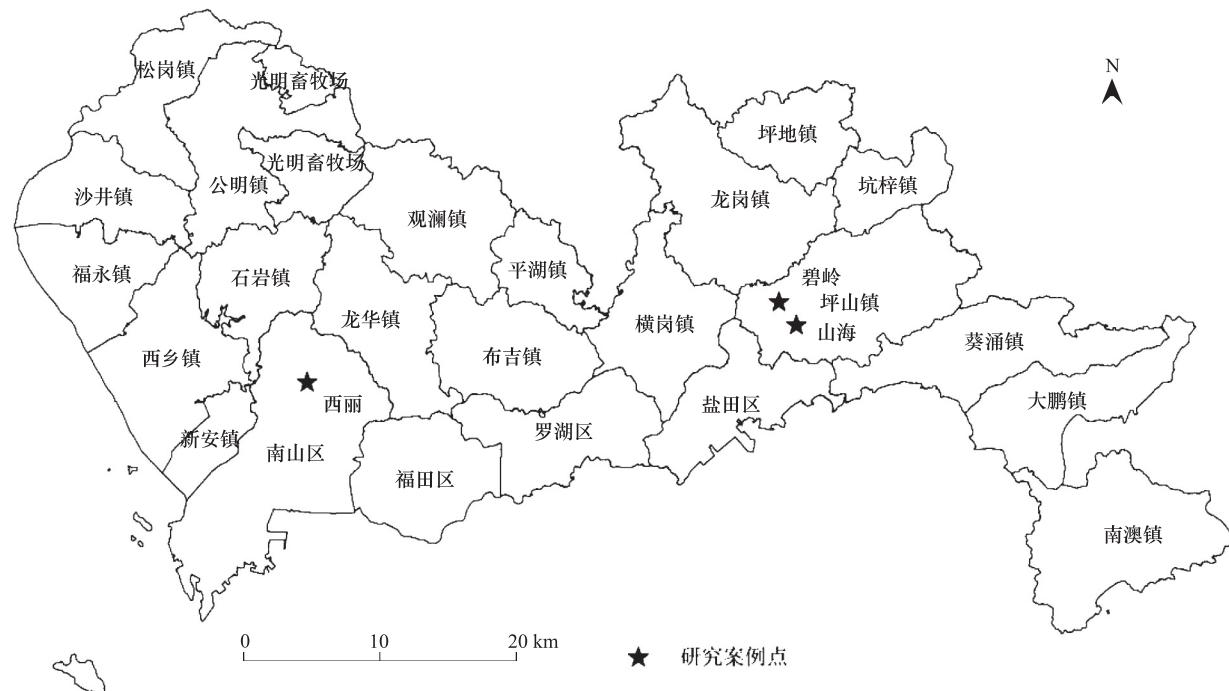


图1 研究农场的地理位置

Fig. 1 The location of studied farms

3个农场类型各不相同,碧岭是半经营性现代高新农业示范基地,西丽是对外经营性都市观光农场,山海是税务系统内定向经营性疗养度假基地,概况见表2。

表2 农场概况

Table 2 The overview of three farms

农场 Farm	地点 Location	建成时间 Construction completed year	占地面积/hm ² Area	直属单位 Affiliate to	运转模式 Operation mode	职能定位 Orientation
碧岭	龙岗区坪山镇	1995	256	深圳市龙岗区农林渔业局农业科技推广中心	半经营性、政府拨款	农业科研试验示范、技术培训、科普教育、旅游观光
西丽	南山区沙河西路 西丽湖畔	1989	287	南山区农业水务局	对外经营、自负盈亏	果树生产、科普教育、旅游观光
山海	龙岗区坪山镇汤坑村	1997	29	深圳市地方税务局	定向经营、自负盈亏	农牧生产、养殖、旅游观光

2.2 数据获取

作者于2010年8月赴深圳实地考察,系统地了解了深圳农业的发展现状,采取实地调研和访谈农场负责人方法,收集了3个研究系统的自然环境、社会资源以及经济资料。

3 结果

3.1 能值系统图

使用Odum创立的能量系统符号语言,绘制3个农场系统的能值系统概图,如图2。能值系统图包括了系统的主要组分及其相互关系,以及能量流、物质流和货币流的系统能量图解^[10]。R代表可更新资源,N代表不可更新资源,FN代表购入的不可更新资源,FR代表购入的可更新资源,Y代表系统输出。

3.2 能值系统分析表

本文能值分析采用 $9.44 \times 10^{24} \text{ sej/a}$ 的全球能值基准值。能值分析重视人在生态经济系统中的作用,将人

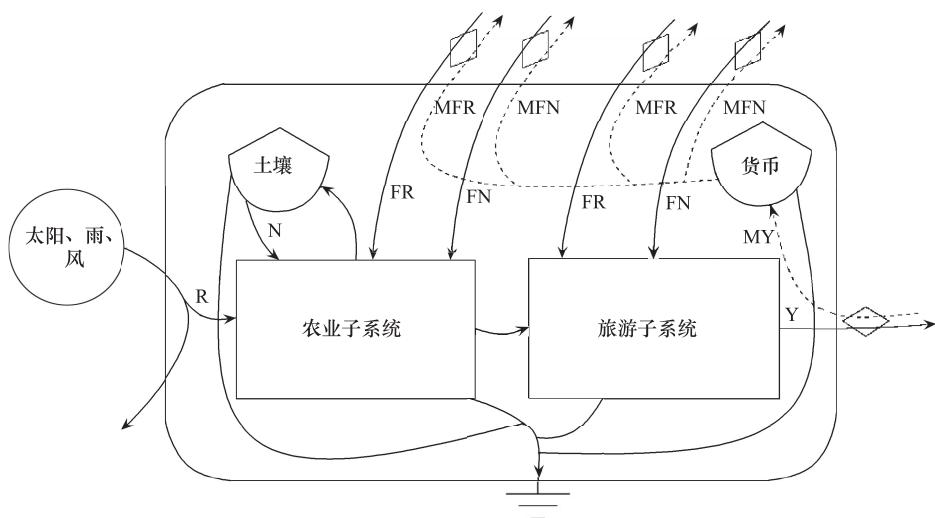


图2 3个农场的能值系统概图

Fig.2 The general energy system diagram of three farms

的劳务纳入到计算过程,归入进口能值项。劳务的投入10%计人购入的可更新资源,90%计人购入的不可更新资源^[8]。在厘清3个农场系统的能值系统结构后,根据文献中查找到的能值转换率,利用收集到的资料,编制3个农场的能值分析表(表3)。

表3 3个农场的能值分析表

Table 3 The energy analysis table of three farm systems

项目名称 Item	太阳能值 转换率 (sej/单位) Energy transformity	碧岭原始数据 Raw data of Biling	碧岭太阳 能值(sej) Energy of Biling	西丽原始数据 Raw data of Xili	西丽太阳 能值(sej) Energy of Xili	山海原始数据 Raw data of Shanghai	山海太阳 能值(sej) Energy of Shanghai
可更新资源(R)							
1 太阳能/J	1.00	7.87×10^{16}	7.87×10^{16}	8.83×10^{16}	8.83×10^{16}	8.88×10^{15}	8.88×10^{15}
2 风能/J	1.50×10^3	8.07×10^{15}	1.21×10^{19}	9.05×10^{15}	1.35×10^{19}	9.09×10^{14}	1.36×10^{18}
3 雨水化学能/J	1.82×10^4	1.79×10^{13}	3.26×10^{17}	2.01×10^{13}	3.66×10^{17}	2.02×10^{12}	3.68×10^{16}
4 雨水势能/J	1.05×10^4	3.11×10^{13}	3.26×10^{17}	3.49×10^{13}	3.66×10^{17}	3.51×10^{12}	3.68×10^{16}
小计				6.52×10^{17}		7.32×10^{17}	7.36×10^{16}
不可更新资源(N)							
5 表土层净损失	$6.25 \times 10^4 [10]$	2.14×10^{11}	1.34×10^{16}	2.40×10^{11}	1.50×10^{16}	2.41×10^{10}	1.51×10^{15}
购入的不可更新资源(FN)							
6 汽油/J	$6.60 \times 10^4 [10]$	9.68×10^{11}	6.39×10^{16}	9.68×10^{11}	6.39×10^{16}	1.21×10^{11}	7.99×10^{15}
7 电/J	$1.59 \times 10^5 [10]$	1.30×10^{12}	2.07×10^{17}	1.30×10^{12}	2.07×10^{17}	4.24×10^{11}	6.74×10^{16}
8 农药/g	$1.60 \times 10^9 [10]$	1.25×10^5	2.00×10^{14}	2.50×10^5	4.00×10^{14}	2.50×10^5	4.00×10^{14}
9 化肥/g	$2.80 \times 10^9 [10]$					5.00×10^5	1.40×10^{15}
10 人力(90%)/J	$3.80 \times 10^5 [10]$	1.49×10^{11}	5.66×10^{16}	3.55×10^{11}	1.35×10^{17}	5.91×10^{10}	2.25×10^{16}
11 政府扶持/\$	$1.02 \times 10^{12} [10]$	1.49×10^6	1.52×10^{18}				
12 旅游业投入/\$	$1.02 \times 10^{12} [10]$				2.84×10^5	2.90×10^{17}	7.24×10^5
小计				1.85×10^{18}		6.95×10^{17}	8.38×10^{17}
购入的可更新资源(FR)							
13 人力(10%)/J	$3.80 \times 10^5 [10]$	1.65×10^{10}	6.29×10^{15}	3.94×10^{10}	1.50×10^{16}	6.57×10^9	2.50×10^{15}
14 有机肥/g	$2.70 \times 10^6 [10]$	1.03×10^8	2.78×10^{14}	5.16×10^7	1.39×10^{14}	3.49×10^7	9.43×10^{13}
15 灌溉用水/J	$2.44 \times 10^4 [15]$	2.96×10^{11}	7.24×10^{15}	1.24×10^{10}	3.02×10^{14}	2.15×10^{10}	5.25×10^{14}

续表

项目名称 Item	太阳能值 转换率 (sej/单位) Emergy transformity	碧岭原始数据 Raw data of Biling	碧岭太阳 能值(sej) Emergy of Biling	西丽原始数据 Raw data of Xili	西丽太阳 能值(sej) Emergy of Xili	山海原始数据 Raw data of Shanghai	山海太阳 能值(sej) Emergy of Shanghai
16 种子/g	6.60×10^4 ^[10]	7.80×10^4	5.15×10^9			1.17×10^6	7.72×10^{10}
小计			1.38×10^{16}		1.54×10^{16}		3.11×10^{15}
系统总能值投入(U)			2.53×10^{18}		1.46×10^{18}		9.16×10^{17}
系统总能值产出(Y)							
水稻/J	3.59×10^4 ^[10]	1.30×10^{11}	4.67×10^{15}				
蔬菜/J	2.70×10^4 ^[10]	1.05×10^{10}	2.84×10^{14}			1.81×10^{11}	4.88×10^{15}
水果/J	5.30×10^5 ^[10]	3.56×10^{11}	1.89×10^{17}	1.48×10^{12}	7.83×10^{17}	5.34×10^{10}	2.83×10^{16}
肉类/J	1.71×10^6 ^[10]					8.42×10^{10}	1.44×10^{17}
鱼/J	2.00×10^6 ^[10]	1.62×10^{10}	3.24×10^{16}			8.10×10^{10}	1.62×10^{17}
旅游收入/\$	6.73×10^{11} ^[16]			3.55×10^5	2.39×10^{17}	7.47×10^5	5.03×10^{17}
服务与信息/\$	7.03×10^{12} ^[16]	3.06×10^5	2.16×10^{18}	7.47×10^4	5.26×10^{17}		
小计			2.38×10^{18}		1.55×10^{18}		8.43×10^{17}

3.3 能值指标

统计能值分析表中各系统能量的值,计算7个能值评价指标,如表4所示。本文研究数据来自2010年的实地调查,从文献^[17]中查找到广东省2003年的生态经济系统能值/货币比率,将2010年的当年价换算成2010年的可比价后再乘以能值/货币比率得到各经济量的能值量^[18]。

表4 3个农场的能值分析指标的比较

Table 4 Comparison of energy evaluation indices of three farms

项目 Item	碧岭 Biling	西丽 Xili	山海 Shanghai
1 可更新资源(R)	6.52×10^{17}	7.32×10^{17}	7.36×10^{16}
2 不可更新资源(N)	1.34×10^{16}	1.50×10^{16}	1.51×10^{15}
3 购入的不可更新资源(FN)	1.85×10^{18}	6.95×10^{17}	8.38×10^{17}
4 购入的可更新资源(FR)	1.38×10^{16}	1.54×10^{16}	3.11×10^{15}
5 系统总能值投入(U)	2.53×10^{18}	1.46×10^{18}	9.16×10^{17}
6 系统总能值产出(Y)	2.38×10^{18}	1.55×10^{18}	8.43×10^{17}
7 能值密度 EPD=(U/area)	9.90×10^{11}	5.09×10^{11}	3.18×10^{12}
8 能值自给率 ESR=(R+N)/U	2.63×10^{-1}	5.12×10^{-1}	8.20×10^{-2}
9 环境负载率 ELR=(N+FN)/(R+FR)	2.80	9.51×10^{-1}	1.09×10^1
10 净能值产出率 EYR=Y/(FR+FN)	1.28	2.18	1.00
11 能值交换率 EER=YM/Y	5.42	5.56	5.72
12 可持续指标 ESI=EYR/ELR	4.55×10^{-1}	2.29	9.16×10^{-2}
13 可持续发展性能指标 EISD=EYR×EER/ELR	2.47	1.27×10^1	5.24×10^{-1}

4 分析与讨论

4.1 3个农场能值系统输入结构比较

输入能值及其结构决定了生态经济系统的发展。可更新资源是系统运行的原始驱动力,一般来讲,大比例利用可更新资源的农业系统比主要利用不可更新资源的农业系统更易于实现可持续发展^[19]。3个农场地理位置邻近,接受的辐射强度、降雨量和风能密度保持一致,土壤表层的有机质平均量和侵蚀率也近似一致。

3个系统高度依赖购入的不可更新资源FN,高额的旅游业投入使山海农场的FN占输入总能值U的比例最大。由于最有效利用可更新资源R且FN的投入最小,西丽果场的R在U的比例远远高于其他两个农场。

人力、有机肥、灌溉用水和种子的少量购入,使3个农场购入的可更新资源FR的值较低(图3,图4)。

4.2 能值指标分析与比较

(1) EPD 由于投入FN值较大,碧岭和山海能值密度较高,分别是西丽的1.95倍和6.25倍,说明碧岭和山海经济开发程度较高。

(2) ESR 西丽果场高度依赖本地可更新自然资源,能值自给率最高。山海农场输入能值的90%以上依赖购入的不可更新资源,能值自给率最低,仅为西丽的0.16倍。

(3) ELR 3个系统的环境负载率分别是:碧岭(2.80)、西丽(0.95)和山海(10.90)。西丽果场有效的可更新资源利用和较小的FN投入导致其对环境的压力最小。山海与西丽情况相反,较大的FN和较小的R利用使其对环境系统产生较大的压力。

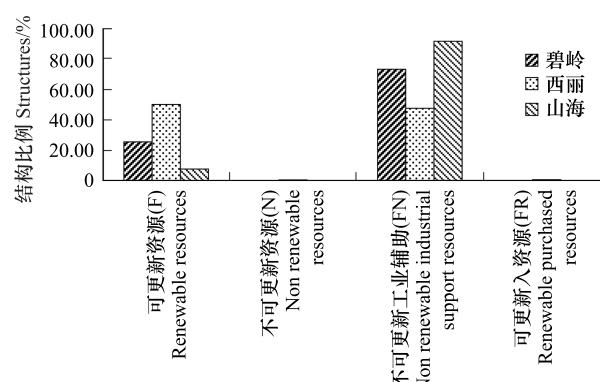


图3 3个农场系统的分类能值输入结构

Fig. 3 Structures of classified energy inputs to the three systems

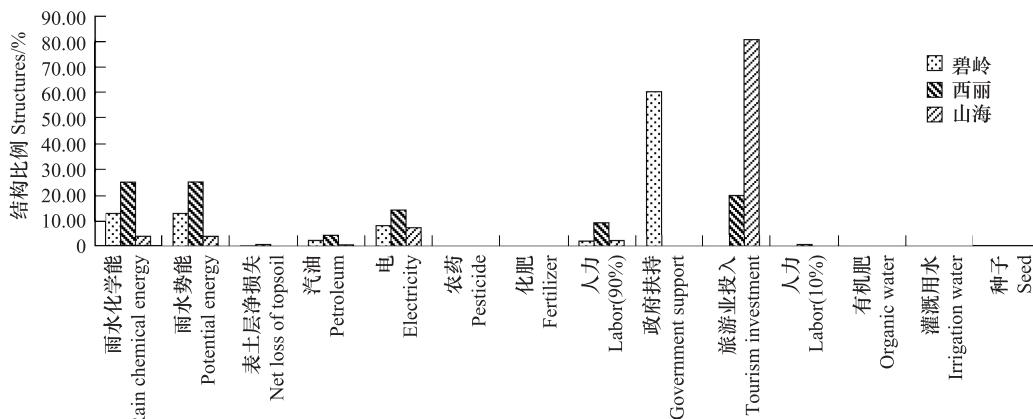


图4 3个农场系统详细的能值输入结构

Fig. 4 Structures of detailed energy inputs to the three systems

(4) EYR 西丽果场的净能值产出率明显高于其他两个农场,表明西丽系统的生产效率最高(EYR与经济分析中的“产投比”相似)。

(5) EER 3个生态经济系统的EER都大于5,说明农场所值收益良好。山海农场以发展旅游业为主,输出能值的货币收益较好,所以EER略高于其他两个农场。

(6) ESI 能值可持续指标由美国生态学家Brown. M. T 和意大利生态学家Ulgiati. S 提出,西丽果场的ESI值在1和10之间,表明经济系统富有活力和发展潜力。碧岭和山海的ESI值小于1,为消费型生态经济系统^[1-4]。

(7) EISD 3个农场的可持续发展性能指标从高到低排序依次是:西丽(12.70)、碧岭(2.47)和山海(0.52)。虽然山海农场拥有较高的能值交换律,但由于其环境负载较大,可持续发展能力受到限制。较高的能值产出和较低的环境负载,使西丽在单位环境压力下生态经济效益最高。

与西丽果场相比,碧岭和山海农场高度依赖经济资源投入。尤其是山海农场,没有合理地发展农业生产,转而大力投入FN发展旅游业,忽视了对环境造成的较大压力。经济系统发展的同时要兼顾农业生态系统的可持续发展,山海农场可以借鉴西丽果场的经验,积极发展农场的农业生产及废物的循环利用,更大比例地利用可更新资源。比如,可以利用砍掉的果树、修剪果树时的枝权,晒干、粉碎和堆肥后制成有机肥;扩大农作物的生产面积;精心培育作物以提高农作物的产量。

4.3 经济评价与基于能值可持续评价的对比

经济评价结果如表5所示。3个农场系统中,西丽果场较小的经济投入和荔枝较高的市场价格(40元/kg)使其拥有最高的经济投入产出比和收益密度。碧岭经济输出最高(其中包含巨大的科研价值),但同时经济投入值也最大,所以经济评价结果位居其次。山海农场的经济投入与产出基本一致,仅仅达到收支平衡,拥有最低的产投比和收益密度。经济分析的结果与能值分析结果保持一致。

表5 3个农场的经济结构与效益分析

Table 5 Economic structures and benefit analysis of three farms

项目 Item	碧岭	西丽	山海
经济流入/(万元/a)			
可更新资源输入(MR)	0	0	0
不可更新资源输入(MN)	0	0	0
购入的不可更新资源输入(MFN)	1192.75	538.25	544.24
购入的可更新资源输入(MFR)	51.81	12.30	8.43
总输入(MI=MFN+MFR)	1244.56	55.05	552.67
输出的市场价值(MY)	1500.00	1000.00	560.00
经济评价指标			
投入产出比(MY/MI)	1.21	1.82	1.01
效益密度(MY-MI)/area/(元·hm ⁻² ·a ⁻¹)	44.38	69.68	11.31

西丽果场经济效益与生态效益(本文主要指可持续发展能力和对环境的压力等)的双赢说明对生态效益的追求不一定以牺牲经济效益为代价。从经济学角度看,一个经济主体(生产者或消费者)从事一种影响旁观者福利的活动,而这种影响不是经济主体所承担时就产生了外部性。显然,生态效益属于外部性,对自然环境造成巨大压力损害了生态效益。以往农场发展评价中,并不考虑其对环境的影响和可持续发展能力,即生态效益不计入农场评价核算,不对农场决策产生直接影响。最常见的情况是,在逐利的农场发展过程中,给生态效益带来不利的影响。从本文研究结果看,西丽由于采用合理有效的资源利用方式,发展循环经济,有效利用可更新资源,在生态效益和经济效益方面均超过其他两个农场。可见,生态效益和经济效益并非相互排斥,而是相互制约、互为因果,只要合理利用资源,加大发展循环经济的力度,农场会在生态效益和经济效益两方面取得双赢。

4.4 基于能值情景的农场发展潜力分析

结合深圳市旅游业的整体发展速度和市政府2020年远景规划,假定3个农场的旅游收入以及服务与信息输出每年增加10%。依据访谈获得的情况,假设每年的旅游投入增加5%;假定碧岭第1年的旅游投入为100万,第1年旅游收入为150万,并且5a内碧岭不再需要政府扶持,其他情况不变的条件下,分别计算5a和10a后3个农场的ELR和ESI,如表6所示。

表6 情景分析下的能值分析指标比较

Table 6 Comparison of energy evaluation indices under scenario analysis

项目名称 Item	碧岭	西丽	山海
5a后环境负载率 ELR	0.79	1.06	13.60
5a后可持续发展指数 ESI	9.42	2.41	0.08
10a后环境负载率 ELR	0.87	1.19	16.99
10a后可持续发展指数 ESI	12.32	2.59	0.07

从表6可见,在设定的情景模式下碧岭现代农业科技园的发展前景最好,山海农场若不改变现有依靠旅游发展农场经济的模式,对环境造成压力将持续上升,可持续发展指数继续降低。情景分析的结果与实际调研情况基本相符。碧岭现处于建设发展的上升期,园区正在试验种植桐油树炼制生物柴油以代替部分能源

消耗;以渔业养殖为主的人工水库准备改为湿地;用于观光、培训和科研考察的酒店正在建造;同时还有大面积森林开发计划。碧岭的高科技农业研究具有正外部性,有利于农业进步和社会发展。由于目前正处于科技投入快速发展阶段,大量的资金流入尚未产生直接的效益,难以在经济指标和能值指标上得以体现。但结合情景分析,从长远角度看,碧岭的发展潜力巨大。而山海农场固守旅游经济投入模式,不重视农场基础的生产功能,只追求旅游业的发展,其前景必然是不可持续的。都市农业的前景应该是结合西丽和碧岭模式,既像西丽果场做出农业生产的特色,也积极发展高科技农业。在开发农业生产功能的基础上,合理地发展旅游经济。

4.5 讨论

经过近30a的发展,能值分析方法日渐成熟,但同时也在实际应用中暴露了一些问题:(1)忽视异质性,例如碧岭的有机龙眼和荔枝品质要明显高于山海和西丽,在核算中使用统一的转换率是不准确的。(2)能值指标体系需要进一步的发展和完善,比如系统对环境的影响不仅包括资源和能源的消耗,还包括系统对环境的污染性排放,这一点在Odum的能值分析指标体系、Brown. M. T 和意大利生态学家 Ulgiati. S 提出的 ESI^[13,20] 中均未体现^[11]。(3)能值指标是否存在临界值,比如对于不同系统,环境负载率分别达到多少为临界值,即超出这个值则环境无法承载,并会导致环境的恶化。

除此之外,本文在以下几点存在欠缺:(1)计算各种水果和蔬菜的能值时,由于没有准确地查找到所有水果和蔬菜的能值转换率,使用统一的能值转换率,给结果造成一定的误差(可控范围内)。(2)表土层损失采用默认的侵蚀率,也给结果造成一定的误差(可控范围内)。(3)对碧岭现代农业科技园的技术和信息输出价值进行估算,存在误差。(4)由于系统不是处于稳定状态,本文的研究又仅建立在1a数据基础上,没有时间序列对3个农场的能值变化做详尽的分析。后续的进一步跟踪和对能值变化的分析有助于准确而完整地描述生态经济系统特点。(5)深圳市农场的可持续发展受到外部许多限制因子的制约,比如深圳市农业政策的约束、市场的影响等。由于外部因素数据获取困难,本文没有纳入考虑范畴。

5 结论

能值分析把环境因素对经济的贡献纳入考虑范畴,通过把系统内单位不一、难以比较的能量流、物质流、货币流和信息流转化成统一的量纲能值加以衡量和分析,可以综合分析评价农场系统,平衡经济效益和生态效益,是连接经济学和生态学的桥梁^[21]。

在以往农场评价中,多以货币为计量单位,对农场进行经济核算。自然资源由于其公共物品性质,不计入农场经济成本,不能体现自然环境在整个农场流转运营过程中的重大作用,无法全面反映农场的投入与产出。能值分析方法把环境及其服务功能纳入到评价体系中,不仅考虑环境对经济生产的贡献,同时能值交换率EER和能值生产率EYR把系统的经济流入和产出纳入分析过程,把环境和经济评价结合在一起,弥补了传统经济评价指标片面性和主观性的不足,可以用于综合评价农场的生态效益和经济效益,分析农场的可持续发展能力,有助于政府部门制定农场发展政策。

本文对3个农场能值分析的结果表明:西丽是可持续发展能力最高的农场,碧岭次之,山海的可持续发展能力最低。根据深圳政府既定的产业政策,传统农场已经退出舞台,西丽和碧岭的发展模式值得推广。都市农场应努力发展农业生产,大比例利用可更新资源,并且积极提升农业的技术含量。在此基础上,控制规模合理地发展旅游经济,走高科技农业生态旅游之路。

References:

- [1] Li S C, Fu X F, Zheng D. Emergy analysis for evaluating sustainability of Chinese economy. Journal of Natural Resources, 2001, 16 (4): 297-304.
- [2] Zhang Y, Yang Z F, Yu X Y. Ecological network and emergy analysis of urban metabolic systems: model development, and a case study of four Chinese cities. Ecological Modelling, 2009, 220 (11): 1431-1442.
- [3] Ascione M, Campanella L. Environmental driving forces of urban growth and development: an emergy-based assessment of the city of Rome, Italy. Landscape and Urban Planning, 2009, 93 (3/4): 238-249.

- [4] Li S C, Cai Y L. Emergy-based analysis on land sustainability. *Economic Geography*, 2002, 22(3) : 346-350.
- [5] Wu G Q. Study on ecological safety and its evaluation of regional agricultural sustainable development. *Journal of Natural Resources*, 2001, 16(3) : 227-233.
- [6] Ma Q F, Huang X J, Peng B Z, Zhai W X, Liu L W. A positive study of the evaluation on the development of regional agricultural recycling economy. *Journal of Natural Resources*, 2005, 20(6) : 891-899.
- [7] Lan S F, Qin P. Emergy analysis of ecosystems. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, 12(1) : 129-131.
- [8] Lu H F, Kang W L, Campbell D E, Ren H, Tan Y W, Feng R X, Luo J T, Chen F P. Emergy and economic evaluations of four fruit production systems on reclaimed wetlands surrounding the Pearl River Estuary, China. *Ecological Engineering*, 2009, 35(12) : 1743-1757.
- [9] Martin J F, Diemont S A W, Powell E, Stanton M, Levy-Tacher S. Emergy evaluation of the performance and sustainability of three agricultural systems with different scales and management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2006, 115(1/4) : 128-140.
- [10] Lan S F, Qin P, Lu H F. *Emergy Analysis of Ecological-Economic System*. Beijing: Chemistry Industry Press, 2002:3-5, 167-175, 366-386.
- [11] Lu H F, Lan S F, Chen F P, Peng S L. Advances in energy analysis of agro-ecosystems. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(1) : 159-162.
- [12] Odum H T. *Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making*. New York: John Wiley, 1996 : 35-72.
- [13] Brown M T, Ulgiati S. Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation. *Ecological Engineering*, 1997, 9(1/2) : 51-69.
- [14] Shi P J, Chen J, Pan Y Z. Landuse change mechanism in Shenzhen city. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 55(2) : 151-160.
- [15] Jiang M M, Chen B, Zhou J B, Tao F R, Li Z, Yang Z F, Chen G Q. Emergy account for biomass resource exploitation by agriculture in China. *Energy Policy*, 2007, 35(9) : 4704-4719.
- [16] Jiang M M, Zhou J B, Chen B, Chen G Q. Emergy-based ecological account for the Chinese economy in 2004. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 2008, 13(10) : 2337-2356.
- [17] Sui C H, Lu H F, Zheng F Y. Integrative study of Guangdong ecological-economic system based on emergy analysis. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(11) : 2147-2152.
- [18] Wang Z H, Lu H F, Chen G Z, Tan Y W, Luo J T. Emergy synthesis of two tourism agriculture systems on the beach of Shenzhen. *Ecology and Environment*, 2008, 17(6) : 2458-2463.
- [19] Fan X S, Gao J X. Evolutionary tendency & current status of Chinese agricultural economic ecosystem. *Journal of Arid and Resources and Environment*, 2010, 24(7) : 1-9.
- [20] Ulgiati S, Brown M T. Monitoring patterns of sustainability in natural and man-made ecosystems. *Ecological Modelling*, 1998, 108(1/3) : 23-36.
- [21] Lu H F, Shen S R, Chen J, Lan S F. A synthesis evaluation method of economical-ecosystem: emergy theory and analysis method. *Ecology and Environment*, 2005, 14(1) : 121-126.

参考文献:

- [1] 李双成, 傅小锋, 郑度. 中国经济持续发展水平的能值分析. *自然资源学报*, 2001, 16(4) : 297-304.
- [4] 李双成, 蔡运龙. 基于能值分析的土地可持续利用态势研究. *经济地理*, 2002, 22(3) : 346-350.
- [5] 吴国庆. 区域农业可持续发展的生态安全及其评价研究. *自然资源学报*, 2001, 16(3) : 227-233.
- [6] 马其芳, 黄贤金, 彭补拙, 翟文侠, 刘林旺. 区域农业循环经济评价及其实证研究. *自然资源学报*, 2005, 20(6) : 891-899.
- [7] 蓝盛芳, 钦佩. 生态系统的能值分析. *应用生态学报*, 2001, 12(1) : 129-131.
- [10] 蓝盛芳, 钦佩, 陆宏芳. 生态经济系统能值分析. 北京: 化学工业出版, 2002 : 3-5, 167-175, 366-386.
- [11] 陆宏芳, 蓝盛芳, 陈飞鹏, 彭少麟. 农业生态系统能量分析. *应用生态学报*, 2004, 15(1) : 159-162.
- [14] 史培军, 陈晋, 潘耀忠. 深圳市土地利用变化机制分析. *地理学报*, 2000, 55(2) : 151-160.
- [17] 隋春花, 陆宏芳, 郑凤英. 基于能值分析的广东省生态经济系统综合研究. *应用生态学报*, 2006, 17(11) : 2147-2152.
- [18] 王卓晗, 陆宏芳, 陈桂珠, 谭耀文, 罗金堂. 深圳市滨海湿地两个观光农业系统的能值整合研究. *生态环境*, 2008, 17(6) : 2458-2463.
- [19] 范小杉, 高吉喜. 中国农业生态经济系统能值利用现状及其演变速势. *干旱区资源与环境*, 2010, 24(7) : 1-9.
- [21] 陆宏芳, 沈善瑞, 陈洁, 蓝盛芳. 生态经济系统的一种整合评价方法: 能值理论与分析方法. *生态环境*, 2005, 14(1) : 121-126.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32 ,No. 11 June ,2012(Semimonthly)
CONTENTS

Controls of post-fire tree recruitment in Great Xing'an Mountains in Heilongjiang Province	CAI Wenhua, YANG Jian, LIU Zhihua, et al (3303)
The assessment of river health using Benthic-Index of biotic integrity for Wenyu River	YANG Liu, LI Yonghui, WANG Juncai, et al (3313)
Consume of soil seeds of <i>Betula albo-sinensis</i> and <i>Abies faxoniana</i> in different natural successional stages of subalpine dark coniferous forest in western Sichuan, China	MA Jiangming, LIU Shirong, SHI Zuomin, et al (3323)
Habitat associations of understorey species spatial distribution in old growth broad-leaved Korean pine (<i>Pinus koraiensis</i>) forest	DING Shengjian, ZHANG Chunyu, XIA Fucai, et al (3334)
Nabkha morphology and sand-fixing capability of four dominant <i>Caragana</i> species in the desert region of the Inner Mongolia Plateau	ZHANG Yuanyuan, MA Chengcang, HAN Lei, et al (3343)
Growth dynamics, biomass allocation and ecological adaptation in <i>Ceratocarpus arenarius</i> L.	QUAN Dujuan, WEI Yan, ZHOU Xiaoqing, et al (3352)
A rapid assessment method for forest disaster based on MODIS/NDVI time series: a case study from Guizhou Province	SHI Hao, WANG Xiao, XUE Jianhui, et al (3359)
Soil cation exchange capacity and exchangeable base cation content in the profiles of four typical soils in the Xi-Shui Forest Zone of the Qilian Mountains	JIANG Lin, GENG Zengchao, LI Shanshan, et al (3368)
Impact of water and temperature on spring maize emergence speed and emergence rate	MA Shuqing, WANG Qi, LÜ Houquan, et al (3378)
Effect of N application on the abundance of denitrifying genes (<i>narG/nosZ</i>) and N ₂ O emission in paddy soil	ZHENG Yan, HOU Haijun, QIN Hongling, et al (3386)
Temporal-spatial variations of potential evapotranspiration and quantification of the causes in Northwest China	CAO Wen, SHEN Shuanghe, DUAN Chunfeng (3394)
Analysis of ecosystem degradation and recovery using precipitation use efficiency and NDVI in the headwater catchment of the Yellow River basin	DU Jiaqiang, SHU Jianmin, ZHANG Linbo (3404)
An assessment method of <i>Kandelia obovata</i> population biomass	JIN Chuan, WANG Jinwang, ZHENG Jian, et al (3414)
Quantitative characteristics and species composition of <i>Artemisia sphaerocephala</i> and <i>A. ordosica</i> communities in the Ulanbu Desert	MA Quanlin, ZHENG Qingzhong, JIA Jujie, et al (3423)
Photosynthesis and transpiration in relation to ion accumulation in <i>Vitex trifolia</i> under varied light intensity	ZHANG Ping, LIU Linde, BAI Xinfu, et al (3432)
Diffusion of elm seed rain in Otindag Sand Land	GU Wei, YUE Yongjie, LI Gangtie, et al (3440)
Effect of saline water irrigation on sand soil salt and the physiology and growth of <i>Populus euphratica</i> Oliv.	HE Xinlin, CHEN Shufei, WANG Zhenhua, et al (3449)
Regulation of exogenous nitric oxide on photosynthetic physiological response of <i>Lolium perenne</i> seedlings under NaHCO ₃ Stress	LIU Jianxin, WANG Jincheng, WANG Xin, et al (3460)
Longitude gradient changes on plant community and soil stoichiometry characteristics of grassland in Hulunbeir	DING Xiaohui, LUO Shuzheng, LIU Jinwei, et al (3467)
Concentrations and distributions of selenium and heavy metals in Hainan paddy soil and assessment of ecological security	GENG Jianmei, WANG Wenbin, WEN Cuiping, et al (3477)
Heavy metal contents and evaluation of farmland soil and wheat in typical area of Jiangsu Province	CHEN Jingdu, DAI Qigen, XU Xuehong, et al (3487)
The studies on the food web structures and trophic relationships in Guangxi Dongfang Cave by means of stable carbon and nitrogen isotopes	LI Daohong, SU Xiaomei (3497)
Analysis of bacterial diversity in the Songhua River based on nested PCR and DGGE	TU Teng, LI Lei, MAO Guannan, et al (3505)

Preliminary delineation and classification of estuarine drainage areas for major coastal rivers in China	HUANG Jinliang, LI Qingsheng, HUANG Ling, et al (3516)
Estimation of spatial and seasonal changes in phytoplankton primary production in Meiliang Bay, Lake Taihu, based on the Vertically Generalized Production Model and MODIS data	YIN Yan, ZHANG Yunlin, SHI Zhiqiang, et al (3528)
Viability and changes of physiological functions in the tiger frog (<i>Hoplobatrachus rugulosus</i>) exposed to cold stress	WANG Na, SHAO Chen, XIE Zhigang, et al (3538)
Community structure and abundance dynamics of soil collembolans in transgenic Bt rice paddyfields	ZHU Xiangyu, LI Zhiyi, CHANG Liang, et al (3546)
Morphological characteristics and microsatellite DNA genetic diversity of Nigeria African honey bee, Anhui <i>Apis mellifera</i> and theirs hybrid generation II	YU Linsheng, XIE Wenfei, WU Houchang, et al (3555)
Effects of social-demographic factors on the recreational service of park wetlands in Beijing	LI Fen, SUN Ranhai, CHEN Liding (3565)
Co-integration theory-based analysis on relationships between economic growth and eco-environmental changes: taking the south- east district in Chongqing city as an example	XIAO Qiang, HU Dan, XIAO Yang, et al (3577)
The cooperative environmental game model in the Tidal River Network Regions and its empirical research	LIU Honggang, CHEN Xingeng, PENG Xiaochun (3586)

Review and Monograph

Review of eco-efficiency accounting method and its applications	YIN Ke, WANG Rusong, ZHOU Chuanbin, et al (3595)
Overview on the 6th international symposium on modern ecology series of 2011	WEN Teng, XU Delin, XU Chi, et al (3606)

Discussion

Scale analysis of environmental factors and their relationship with the size of hierarchical aquatic ecoregion: a case study in the Liao River basin	LIU Xingcai, XU Zongxue, ZHANG Shurong, et al (3613)
---	--

Scientific Note

Effects of different light intensities on activities of the primary defense proteins in needles of <i>Larix gmelinii</i>	LU Yifang, SHI Lei, YAN Shanchun (3621)
An analysis of photosynthetic parameters among <i>Schima superba</i> provenances	XIONG Caiyun, ZENG Wei, XIAO Fuming, et al (3628)
Research on three small-scale agricultural ecological-economic systems in Shenzhen City based on energy analysis	YANG Zhuoxiang, GAO Yang, ZHAO Zhiqiang, et al (3635)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 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

(SHENTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 11 期 (2012 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 11 (June, 2012)

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
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

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

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:1000717

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 1000717, China

印 刷 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

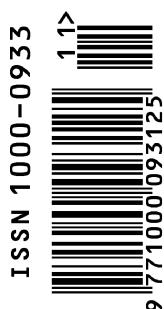
Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

订 购 国 外 发 行
全国各 地邮局
中国国际图书贸易总公司
地址:北京 399 信箱
邮政编码:100044

Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 1000717, China
Tel: (010) 64034563
E-mail: journal@cspg.net

广 告 经 营 许 可 证
京海工商广字第 8013 号

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