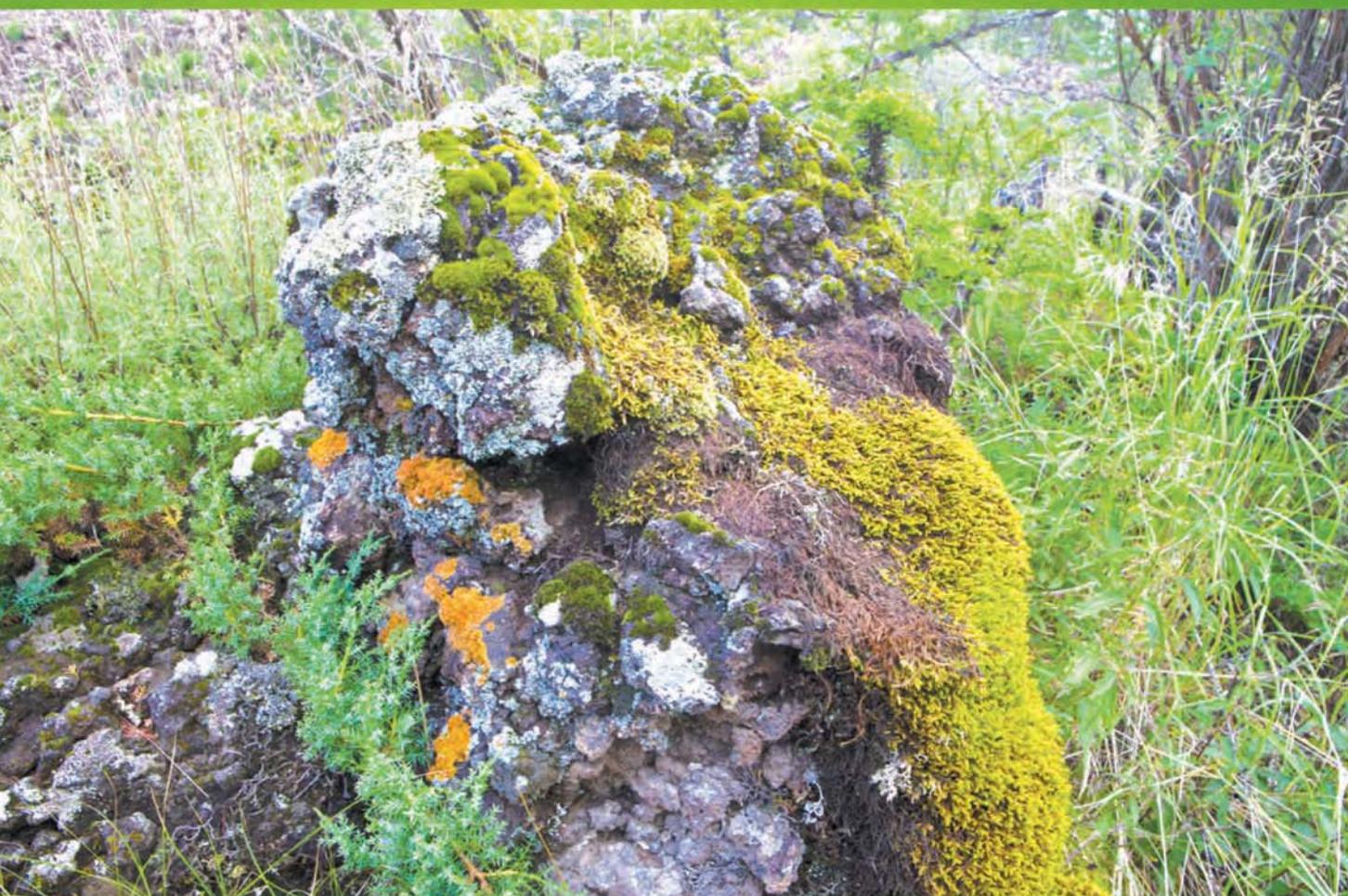


ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

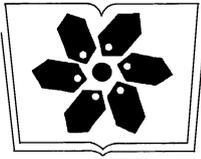
## Acta Ecologica Sinica



第32卷 第6期 Vol.32 No.6 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

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 6 期      2012 年 3 月 (半月刊)

## 目 次

高原草被退化程度的遥感定量监测——以甘肃省玛曲县为例.....	周坚华,魏怀东,陈芳,等 (1663)
基于着生藻类的太子河流域水生态系统健康评价.....	殷旭旺,渠晓东,李庆南,等 (1677)
哀牢山常绿阔叶林水源涵养功能及其在应对西南干旱中的作用.....	纪金华,章永江,张一平,等 (1692)
青岛沿岸水体原生生物群落与水质状况的关系.....	杨金鹏,姜勇,胡晓钟 (1703)
增温对青藏高原高寒草甸生态系统固碳通量影响的模拟研究.....	亓伟伟,牛海山,汪诗平,等 (1713)
三峡水库消落带植物叶片光合与营养性状特征.....	揭胜麟,樊大勇,谢宗强,等 (1723)
三峡库区澎溪河鱼类时空分布特征的水声学研究所.....	任玉芹,陈大庆,刘绍平,等 (1734)
强壮前沟藻化感物质分析.....	冀晓青,韩笑天,杨佰娟,等 (1745)
饥饿对中间球海胆 MYP 基因转录表达的影响.....	秦艳杰,孙博林,李霞,等 (1755)
贺兰山牦牛冬春季的生境选择.....	赵宠南,苏云,刘振生,等 (1762)
利用元胞自动机研究一类捕食食饵模型中的斑块扩散现象.....	杨立,李维德 (1773)
转 <i>Cry1Ab</i> 和 <i>Cry1Ac</i> 融合基因型抗虫水稻对田间二化螟和大螟种群发生动态的影响.....	李志毅,隋贺,徐艳博,等 (1783)
光谱和光强度对西花蓟马雌虫趋光行为的影响.....	范凡,任红敏,吕利华,等 (1790)
荧光素对舞毒蛾核型多角体病毒不同地理品系的增效与光保护作用.....	王树娟,段立清,李海平,等 (1796)
不同利用强度下绿洲农田土壤微量元素有效含量特征.....	李海峰,曾凡江,桂东伟,等 (1803)
稻田温室气体排放与土壤微生物菌群的多元回归分析.....	秦晓波,李玉娥,石生伟,等 (1811)
黄土高原典型区域土壤腐殖酸组分割面分布特征.....	党亚爱,李世清,王国栋 (1820)
紫色土菜地生态系统土壤 $N_2O$ 排放及其主要影响因素.....	于亚军,王小国,朱波 (1830)
中国亚热带典型天然次生林土壤微生物碳源代谢功能影响因素.....	王芸,欧阳志云,郑华,等 (1839)
基于 K-均值算法模型的区域土壤数值化分类及预测制图.....	刘鹏飞,宋轩,刘晓冰,等 (1846)
淹水条件下秸秆还田的面源污染物释放特征.....	杨志敏,陈玉成,张赞,等 (1854)
推迟拔节水对小麦氮素积累与分配和硝态氮运移的影响.....	王红光,于振文,张永丽,等 (1861)
江苏省冬小麦渍害的风险区划.....	吴洪颜,高苹,徐为根,等 (1871)
草原植物根系起始吸水层深度测定方法及其在不同群落状态下的表现.....	郭宇然,王炜,梁存柱,等 (1880)
亚热带 6 种树种细根序级结构和形态特征.....	熊德成,黄锦学,杨智杰,等 (1888)
高寒草原植物群落种间关系的数量分析.....	房飞,胡玉昆,张伟,等 (1898)
菊花近缘种属植物幼苗耐阴特性分析及其评价指标的确定.....	孙艳,高海顺,管志勇,等 (1908)
南方菟丝子寄生对喜旱莲子草生长及群落多样性的影响.....	王如魁,管铭,李永慧,等 (1917)
基于 cDNA 克隆的亚热带阔叶林和针叶林生态系统担子菌漆酶基因多样性及其群落结构研究.....	陈香碧,苏以荣,何寻阳,等 (1924)
细柄阿丁枫和米槠细根寿命影响因素.....	黄锦学,凌华,杨智杰,等 (1932)
基于 TM 遥感影像的森林资源线性规划与优化配置研究.....	董斌,陈立平,王萍,等 (1943)
基于 CFD 的城市绿地空间格局热环境效应分析.....	刘艳红,郭晋平,魏清顺 (1951)
<b>专论与综述</b>	
生态补偿效率研究综述.....	赵雪雁 (1960)
<b>研究简报</b>	
黄河三角洲石油生产对东营湿地底栖动物群落结构和水质生物评价的影响.....	陈凯,肖能文,王备新,等 (1970)



**封面图说:** 植物生命演进石——这不是一块普通的火山岩,而是一块集中展示植物“原生演替”过程最有价值的石头。火山熔岩冷却后的玄武岩是无生命无土壤的真正“裸石”,风力使地衣的孢子传入,在一定温湿度环境下,开始出现了壳状地衣,壳状地衣尸体混合了自然风化的岩石碎屑提供的条件使叶状、枝状地衣能够侵入,接着苔藓侵入,是它们启动了土壤的形成,保持了土壤的湿度,并使营养物质反复循环。于是蕨类定居,草丛长了起来,小灌木出现,直到树木生长,最终形成森林。

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

DOI: 10.5846/stxb201102270233

赵雪雁. 生态补偿效率研究综述. 生态学报, 2012, 32(6): 1960-1969.

Zhao X Y. Review of the ecological compensation efficiency. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(6): 1960-1969.

## 生态补偿效率研究综述

赵雪雁\*

(西北师范大学地理与环境科学学院, 兰州 730070)

**摘要:**作为一种处理环境问题的政策工具集,生态补偿的目的在于通过将生态系统外部价值转化为对参与者的财政激励而增加生态系统服务供给。因此,生态补偿项目能否实现预期目标就成为生态补偿理论研究者与实践者关注的焦点与热点。基于国际上生态补偿效率理论与实践进展,介绍了生态补偿效率分析框架,分析了生态补偿无效率状况,较为系统地总结了影响生态补偿效率的因素,提出应从建立准确的生态补偿基线、进行生态补偿对象空间定位、合理估算真实机会成本、降低交易成本等方面出发,提高生态补偿效率。提出了生态补偿效率研究中应进一步关注的问题。

**关键词:**生态系统服务;生态补偿效率;空间定位;信息租金;生态补偿基线

### Review of the ecological compensation efficiency

ZHAO Xueyan\*

College of Geography and Environment Science of North-west Normal University, Gansu 730070, China

**Abstract:** As a policy tool to deal with environmental problem, the purpose of ecological compensation is to translate external, non-market value of ecosystem into real financial incentives for local actors to increase the ecosystem service. Therefore, it is the focus and hotspot of the ecological theoretical researchers and practitioner whether the ecological compensation program achieves the expected goals. Based on the recent theoretical and empirical developments of ecological compensation efficiency, we introduce the framework to analyze the efficiency of ecological compensation and analyze various types of inefficiency that the ecological compensation program might experience. Then, we summarize systematically the influencing factors of ecological compensation efficiency, find that the ecological compensation efficiency is not only determined by the extent to which incremental ecosystem services are provided, but also by the cost at which this was achieved. Whether the ecological compensation program succeeds in generating the desired ecosystem service depends on the potential service providers must enroll in the program, providers must comply with the terms of their contract, additionality, the relationship between land use and ecosystem services, permanence, leakage and perverse incentives. And the costs include the opportunity cost of the benefits foregone from alternative activities, the implementation cost of making and maintaining those changes and the transaction costs of the program. At last, we provide the measures of improving the ecological compensation efficiency, which include establishing the accuracy ecological compensation baseline, spatial targeting of ecological compensation, estimating the real opportunity cost and reducing the transaction cost. Some potential improvements in some further researches is put forward in the last section.

**Key Words:** ecosystem service ; ecological compensation efficiency ; spatial targeting; information rent ; ecological compensation baseline

**基金项目:**国家自然科学基金项目(41061051, 91125019); 国家社科基金项目(10YJ140); 教育部科学技术重点项目(210231); 教育部新世纪优秀人才支持计划(2011)

收稿日期:2011-02-27; 修订日期:2011-08-01

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xbzhaoxy@163.com

自 1997 年纽约市在实施流域水资源保护规划中首次使用生态补偿概念以来,生态补偿就作为一种将外在的、非市场环境价值转化为当地参与者提供生态系统服务的财政激励机制引起了世界关注,目前已在发展中国家与发达国家实施了几百个补偿协议,例如哥斯达黎加的森林生态补偿项目(PSA)、墨西哥森林水文环境服务补偿项目(Payment for Hydrologica Environmental Services)、法国东部的 Vittel 流域保护项目、厄瓜多尔的水源保护区补偿项目、欧盟与美国的农业环境政策、玻利维亚的鸟类栖息地和集水保护区补偿项目、中国的退耕还林项目等。

作为一种处理世界各地环境问题的政策工具集,生态补偿的目的在于在资金约束条件下获取最大的环境效益<sup>[1-2]</sup>。那么,生态补偿项目究竟能在什么程度上满足它们的目标?生态补偿项目能够确保买来的生态系统服务改善原来情景吗?存在确保收益超过生态补偿项目持续时间的机制吗?生态补偿项目能够提供一种确保环境破坏不转移到其它地方去的机制吗?这些问题已成为近年来生态补偿理论研究者与实践者关注的焦点与热点,目前国际上已在生态补偿效率领域进行了一系列研究,例如 Alix Garcia 等比较分析了平均式付费和风险式付费两种补偿方案,发现后者在总体付费水平较低的基础上,针对贫困对象进行重点补偿,效率较一般补偿手段将得到很大提升<sup>[3]</sup>;Morris 等对东英格兰 Fenland 地区生态补偿对农户土地利用行为变化的影响及其引致的经济影响进行了情景分析,研究表明不同农场的利益偏好和补偿可行性往往不同,要达成生产和生态目标的协调,需充分考虑地点特性,一刀切的政策效果可能不佳<sup>[4]</sup>;Sierra 等检验了哥斯达黎加森林资源的生态补偿效率,发现由于土地覆被变化的滞后性以及土地所有者对土地利用决策扭转的非义务性,生态补偿的直接效果往往不够明显,指出高效的生态补偿应面向需补偿的人而非需补偿的地区<sup>[5]</sup>;Wunder 则强调了生态补偿效率的动态基线评估法则<sup>[6]</sup>。实践中,在 20 世纪 90 年代早期,环境成本有效就已成为美国农业环境政策开发的一个重要标准<sup>[7]</sup>。但是,国内对于生态补偿项目效率的研究仍很少,本文基于国际上生态补偿效率理论研究与实践进展,介绍了生态补偿效率分析框架,分析影响生态补偿效率的因素,探求提高生态补偿效率的切入点,旨在为我国生态补偿研究与实践提供理论借鉴。

### 1 生态补偿效率的分析框架

#### 1.1 分析框架

生态补偿效率主要取决于社会赢利情况(即新增生态服务的供给情况)和参与者的私人赢利情况。因此,生态补偿项目效率分析就是对参与者的个人收益与项目最终提供的生态服务数量之间的关系进行损益比较<sup>[8]</sup>。

Pagiola 提供了一个生态补偿效率分析框架(图 1)<sup>[9]</sup>。其中,横轴表示土地所有者的净私人盈利,纵轴表示土地利用产生的生态系统服务净价值。从土地所有者私人赢利和产生正外部性的角度来看,图 1 中右上象限里的任何土地利用实践都是双赢的;左下象限里的任何土地利用实践都是双失的;右下象限里的土地利用实践虽私下有利可图,但产生了负外部性;左上象限里的土地利用实践对土地使用者无利可图,但产生了正外部性。45°斜线将社会总价值分为正的(斜线上部)和负的(斜线下部)土地利用实践。虽然生态补偿的目的不是使私人获利,但是如果社会期望的土地利用实践对私人也有利可图,那就会促使私人采取社会期望的土地利用方式(如图 1 中的案例 A),从而增加生态系统服务供给量、提高社会福利,这种情形下的生态补偿项目

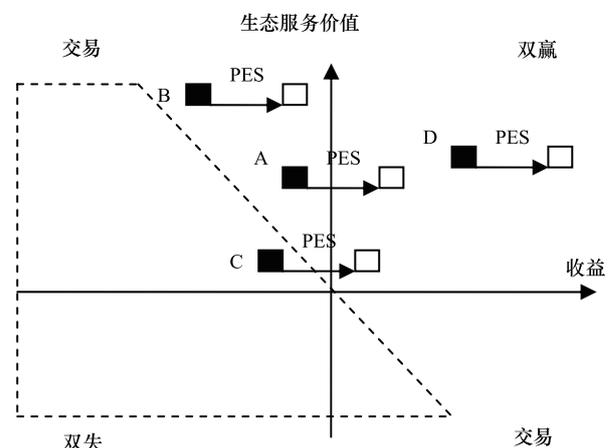


图 1 生态补偿效率的分析框架<sup>[9]</sup>

Fig. 1 A framework to analyze the efficiency of ecological compensation A: 提供的补偿足以使私人采取社会期望的土地利用方式; B: 提供的补偿不足以使私人采取社会期望的土地利用方式; C: 为社会福利低于社会成本的土地利用方式付费; D: 为到处都采取的土地利用方式付费; PES: 生态服务付费

具有社会效率。

## 1.2 生态补偿无效率状况

在生态补偿项目实施中可能会发生 3 种社会无效率状况:(1)提供的支付不足以让土地所有者采用社会期望的土地利用方式(图 1B),即支付的金钱数量低于土地所有者由现有的土地利用方式转化为社会期望土地利用方式所造成的损失;(2)参与者采用了社会福利小于社会成本的土地利用方式,尽管提供了服务,但成本高于提供服务的价值(图 1C);(3)对到处都采用的土地利用方式付费,即对不实施生态补偿项目也会采取的土地利用实践付费(图 1D)<sup>[9-10]</sup>。

其中,前两种情形(没有采用社会收益超过成本的实践活动或采用社会收益低于成本的实践活动)最终都会减少社会福利。生态补偿项目提供的付费类型和大小影响着这些问题出现的可能性。例如,哥斯达黎加的 PSA 项目,由于提供了一种较低的、无差异的,而且没有针对性的补偿<sup>[11]</sup>,因此只倾向于吸引机会成本较低或负的参与者。这种项目很可能因提供的补偿不充足,而使社会期望的土地利用实践活动不被采用。但与此同时,这种较低的补偿意味着该项目不可能使引起社会无效率的土地利用实践在大尺度上采用(第二类问题);第三种情形实际上是“钱花了,没发生什么变化”<sup>[12]</sup>,通常被看作“缺乏额外性”,从某种意义上说,这不是一个社会无效率问题(所采取的土地利用实践实际上具有社会效率),而是财政无效率问题。可是,在资金有限的情况下,这也会导致社会无效率,因为对到处都采取的土地利用实践付费必然会减少用于引起其他地方社会有效率土地利用变化的资金,而且浪费交易成本也是无效率的。

## 2 生态补偿效率的影响因素

生态补偿项目的效率如何,不仅取决于能否产生预期的生态系统服务,而且取决于提供这些新增生态系统服务的成本<sup>[13]</sup>。

### 2.1 预期生态服务的供给

生态补偿项目能否产生预期的生态服务,取决于潜在的生态服务提供者是否加入该项目、生态服务提供者是否遵守合同、遵守合同能否导致土地利用变化、引发的土地利用变化能否真正产生期望的生态服务、期望的生态服务是否有长期供给基础、生态补偿项目替代的破坏环境的土地利用实践是否会在别处发生、项目是否会引起不正当激励等问题<sup>[10,13]</sup>。

#### (1)潜在生态服务提供者的登记

潜在生态服务提供者必须加入生态补偿项目。目前,大多数生态补偿项目在吸引生态服务提供者参与方面不存在困难,很多情况下申请者远超过可用资金,但合适的潜在提供者是否愿意参与至关重要<sup>[13]</sup>。事实上,即使在总体参与程度很高的地区,也存在参与度不高的情况,例如哥斯达黎加 PSA 项目和墨西哥 PSAH 项目,尽管申请率非常高,但在其所覆盖的高价值水服务区域内,申请率存在很大差别,许多能提供高价值生态服务的提供者并没有登记参与,造成这种现象的主要原因是这些地方的机会成本超过了项目提供的支付水平,这就导致了生态补偿项目无效率。一般来说,一刀切的生态补偿项目最容易出现该问题,因为它们的补偿标准往往较低,提供的支付不足以引起社会期望的活动。

#### (2)生态服务提供者是否履约

生态服务提供者能否遵守合同直接影响着预期生态服务的供给。这就需要采取一些措施监测提供者的履约情况,并惩罚不遵守合同的行为。当前的生态补偿项目,除了一些面积非常大的项目通过遥感影像结合样方抽样进行监测外,大多数项目通过实地监测进行验收。受经费限制,即使发达国家也只进行有限度的监测,许多发达国家的农业环境项目年检率仅有 5% 左右。但监测本身并不能确保生态服务提供者遵守合同,除非有相应的惩罚措施。目前,大多数生态补偿项目主要通过暂时或永久地失去未来补偿进行惩罚,有时也要求偿还以前的补偿。原则上,更严厉的惩罚措施可以减少监测成本,但从政治和实际操作角度来看,这些严厉的措施通常不具有可行性,事实上,有些项目不愿意进行处罚,甚至连扣缴未来补偿的简单处罚都不愿意采取<sup>[13]</sup>。

### (3) 额外性

额外性是指实施生态补偿项目后新增加的生态服务量。即使能确保生态服务提供者遵守合同,也只有当生态补偿项目能真正引起期望的土地利用变化时,才能增加生态服务供给,产生额外性。如果按照合同,生态服务提供者需要保护林地,但其承诺,即使没有补偿也会从事完全相同的土地利用,那么该生态补偿项目的额外性为零。在实践中,如果为到处都采用的实践活动付费被看做缺乏额外性,这会导致生态补偿项目无效率,因此,生态补偿项目必须采用社会收益超过成本的实践活动。

### (4) 土地利用与生态服务之间的关系

要做到补偿有效,必须清楚哪些土地类型及土地利用方式能够产生期望的生态服务。然而,由于土地利用与所提供生态服务之间的生物物理联系非常复杂,目前尚不能很好地监测和评估二者之间的关系。因此,世界上开展的很多生态补偿项目都假设森林可以提供几乎所有期望的生态系统服务,但实际上对土地利用与生态服务之间的关系了解并不多,甚至存在很大争议<sup>[14-16]</sup>。如果不清楚土地利用与生态服务之间的关系,生态补偿项目很可能因他们想要的生态服务而采用错误的土地利用实践,例如在缺水地区鼓励增加森林覆盖面积,这将导致补偿项目无效率。

### (5) 项目的持久性

项目的持久性是指生态补偿项目实现环境服务供给长期改善的能力,外部条件变化或长期资金缺乏都会影响项目的持久性<sup>[17]</sup>。生态补偿项目收益的持久性往往依赖于资金的持续流入<sup>[18]</sup>,通常政府付费项目因受项目期限或政策周期的支配而缺乏长期资金,而使用者付费项目的资金来源受使用者对其得到的生态服务满意度的影响。生态补偿能够适应条件的变化,由于买卖双方的参与是自愿的,假如条件改变,双方都有权利在任何时刻退出。但是,当买卖双方具备重新协商契约的能力时(例如,定期重新谈判合同需求、设计灵活的合同等)<sup>[19]</sup>,就能保证项目的持久性。但是,如果条件变化太大,买卖双方之间的交易不再有空间,那么项目就应该停止,因为继续运行将导致社会无效率。

### (6) 泄露与不正当激励

如果项目实施区改善生态服务供给的结果是以其他地方的环境破坏活动增加为代价,这就产生了“泄漏”<sup>[20]</sup>。如果存在泄露,那么生态补偿项目带来的生态系统服务就有被高估的可能,它仅仅在项目区实现了高额外性,但没有更宽泛的、全球化目标。泄露可能直接发生,例如土地所有者在生态补偿项目的支持下保护了自己的森林,但将破坏活动转移到了其他地方;也可能通过市场机制间接发生,例如在生态补偿中为保护森林征收的土地可能会导致林产品或农产品价格上涨,从而鼓励了其它区域的森林向农业转化<sup>[21]</sup>。项目效益的泄露问题除了与生态服务类型有关外,主要与项目规模有关,一般小规模项目不太可能造成间接泄漏,而大规模项目的可能性较大。此外,如果过分强调额外性,生态补偿项目会引发不正当激励,例如为重新造林提供补偿,可能会引诱潜在申请人为获得补偿而故意砍伐森林<sup>[19]</sup>,这无疑会降低生态补偿效率。

## 2.2 提供预期生态服务的成本

通常,生态补偿项目设计时都需要寻求低成本的参与者。参与者的成本包括放弃替代活动收益的机会成本、维持土地利用变化的实施成本以及项目的交易成本。如果参与者是理性的决策者,只要参与是自愿的,生态服务提供者不可能接受低于他们的机会成本、实施成本、交易成本总和的支付<sup>[9]</sup>。

### (1) 交易成本

交易成本是指那些不属于正常支付的成本,之所以产生交易成本,是因为实施生态补偿项目需要一些信息,例如评估土地利用与生态系统服务之间的联系、建立底线情景、监测合同遵守情况都需要相关信息,而获取这些信息往往既耗时又费钱;另外,进行生态补偿交易也需要支付一定物流成本,包括项目运行前需要承担的启动成本(包括信息采购、项目设计和协调成本)和项目运行中的经常性成本(监测、制裁、管理成本等)<sup>[9,22]</sup>。确定交易成本非常重要,但由于交易成本并不总是完全可比的,而且明显的低交易成本可能会导致监测或其他重要活动的次开支,使得廉价项目有时也可能无效。因此,必须仔细解释交易成本数据。通常,规

模较小的使用者付费项目的启动成本较高,而政府付费项目由于规模大,且可通过公共部门来管理,交易成本较低,但有些政府付费项目因没有针对性、采用一刀切的支付标准、也不监测生态服务的产生,从而抵消了交易成本方面的优势。

### (2) 机会成本

机会成本是指为确保生态服务供给而放弃的收益<sup>[23]</sup>。如果支付水平低于参与者的机会成本,即使生态补偿项目存在,也很难引起社会期望的土地利用方式,尤其在发展中国家,农户收入主要来源于土地农业经营,如果不能弥补农民在土地经营上获得的收益,当地农民会选择继续经营土地而不参与生态补偿契约;但是,如果支付水平远超过参与者的机会成本,就会引起资金浪费,这两种现象都将造成补偿无效率。例如,我国退耕还林项目将补偿标准仅分为南方和北方,这种一刀切的补偿标准在一些地区导致了“过度补偿”现象,而在另一些地区却是“低补偿”,有的地区甚至出现“踩空”现象,导致补偿效率降低。

### (3) 实施成本

实施成本是指当土地利用必须变化的时候,决策和维持这些变化的费用,即为保护和恢复生态系统而花费的成本。例如,我国退耕还林工程的实施费用主要包括造林费用(补植、抚育)、森林管护费用等。如果补偿标准低于实施成本,项目的吸引力就会降低<sup>[24]</sup>,出现无效率状况。例如,哥斯达黎加对森林保护的补偿标准大约是 35—40  $\$/\text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$ ,而造林 5a 总计给予 538  $\$/\text{hm}^2$  的补偿,由于森林保护的补偿标准较高,吸引了众多参与者,但由于造林的补偿标准不足以补偿造林的投资,导致项目的吸引力不高。

## 3 提高生态补偿效率的关键问题

### 3.1 建立科学的生态补偿基线

既然生态系统一直提供着生态服务,那么就需要建立生态补偿基线,比较生态补偿干预前后的情景,以确定生态补偿项目是否有足够大的、与基线相比的额外效应,即生态补偿能否真的产生差异。

Seven Wunder 提出了 3 种不同的生态补偿基线<sup>[6]</sup>(图 2):(1) 例如京都议定书清洁发展机制(CDM)采用的就是静态基线,在这种情况下,假定森林碳汇存量保持恒定,与放任的历史情景相比,差异归因于特定的干预;(2) 动态、下降基线,例如在许多热带国家砍伐森林成为发展的一个组成部分,生态补偿基线呈下降趋势,如果停止砍伐森林或缓慢降低森林砍伐率都会产生额外性;(3) 动态、上升基线,例如处于“森林转变”过程前期阶段的地区,在土地节约、森林评价或甚至在没有特殊干预的情况下,森林覆盖率也会不断恢复,如哥斯达黎加在生态补偿项目实施前,开始于 1990 年代早期的森林砍伐现象开始逆转,生态补偿基线呈上升趋势。

基线选择对于生态补偿效率评价至关重要。Wunder 指出假如哥斯达黎加的生态补偿制度建立在静态基线上,那就意味着该制度可能为任何重新造林或保护活动付费,这就会高估额外性,导致生态补偿效率“虚高”,因为在现实中即使不实施生态补偿项目,森林覆盖度也在增加<sup>[6,25]</sup>。在这种情况下,就需要建立动态、上升性基线,把生态补偿产生的新增森林覆盖与常规情景下的森林盖度变化区分开;相反,假如采用了严格的静态基线,例如京都议定书清洁发展机制(CDM)则可能忽视通过经济激励减缓森林损失的重要机会,使得补偿效率低下;再如,法国东部的 Vittel 流域保护项目,采用了下降的基线,发现生态服务得到了改善,高生态服务价值使得投资有利可图,如果采用静态基线,则会低估额外性<sup>[25]</sup>。因此,采取错误的基线可能会降低生态补偿效率,还可能浪费资金,Wunder 提出在生态补偿效率评估中应采用动态基线<sup>[13]</sup>。目前,常利用卫星遥感数据来进行基线评估与监测<sup>[26]</sup>。

### 3.2 生态补偿对象的空间定位

由于不同区域提供的生态系统服务以及农户的经济行为都存在空间异质性<sup>[27]</sup>,而且生态补偿实施过程中可能会出现三类无效率问题,因而,为了提高生态补偿效率,需要在众多潜在生态服务提供者中,依据个体差异,选择最有效的生态服务供给者<sup>[28]</sup>。

生态服务提供者空间选择可以基于福利、成本或者二者的结合,也可以基于风险以及额外性的可能性。Babcock 等将参与者空间选择的研究工具和方法分为 3 种:(1) 福利法;(2) 成本法;(3) 福利成本比例法<sup>[29]</sup>。

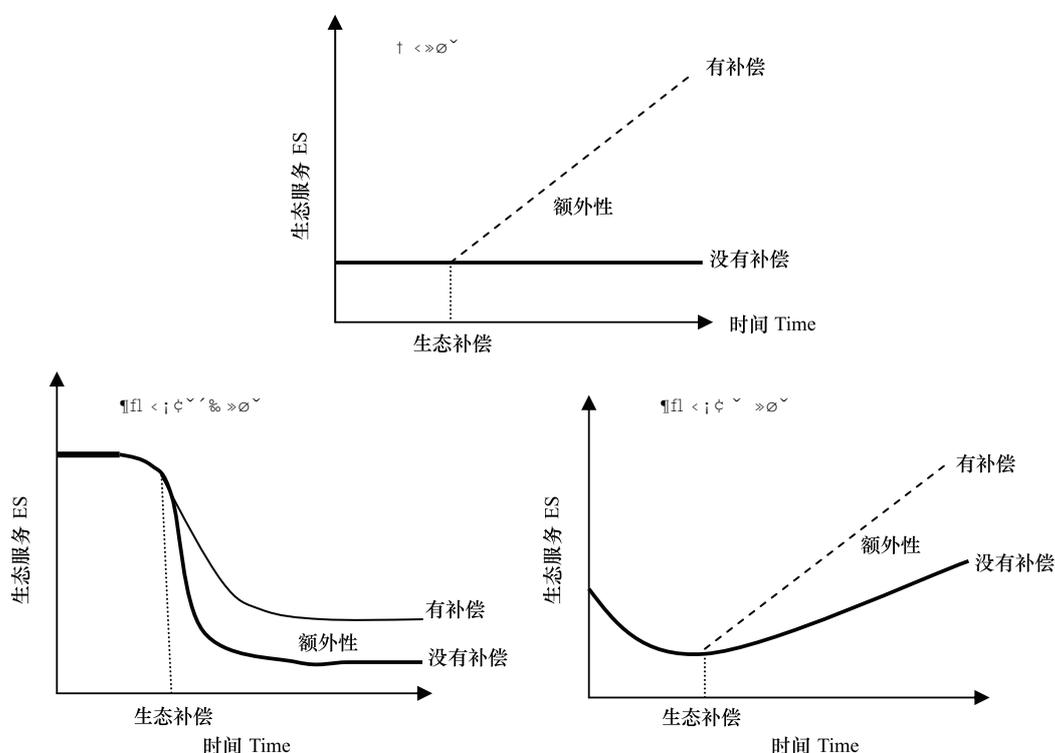
图 2 生态补偿基线<sup>[6]</sup>

Fig. 2 Three different ecological compensation baseline

Powell 和 Rodrigues 等采用效益标准定位原则,利用 GAP 分析法确定生物多样性保护的优先保护区域<sup>[30-31]</sup>; Chomitz 等采用成本法选择参与者,发现成本和生物多样性间存在负相关关系,提出了低成本高收益的最终解决方案<sup>[32]</sup>; Claassen 等利用线性得分函数并把成本作为得分方程中的一个因子进行了空间定位<sup>[33]</sup>; Ferraro<sup>[34]</sup>和 Barton<sup>[35]</sup>等采用成本福利比率标准,利用距离函数法,确定了生物多样性保护和流域保护的优先区域。然而,这些方法面临共同的问题,即很少考虑空间异质性,导致补偿效率虽比不进行生态服务提供者空间选择时有所提高,但并没有达到最优。在上述研究的基础上,Imbach 针对多种环境服务目标,考虑了毁林概率确定了 PES 项目的参与区域<sup>[36-37]</sup>; Alix-Garcia 等在成本效益定位法基础上考虑了森林采伐风险,并检验了方案的效率,发现每美元所购买的生态系统服务高出统一标准方案的四倍<sup>[3]</sup>;在 Imbach 和 Alix-Garcia 研究的基础上,Wunscher 进一步融合了生态系统服务的多目标性,将环境服务损失的风险做为一个空间变量,集成了微观水平的参与成本,以生态补偿项目对环境服务的贡献程度为标准选择补偿区域,发现选择方案成倍提高了森林保护项目的资金效率<sup>[38]</sup>。这就说明,考虑空间异质性的定位方法能够有效地避免生态补偿的低效率状况,显著提高补偿效率(表 1)。但是,这种考虑空间异质性的定位方法在实施过程中也面临着诸多问题,不仅需要科学确定不同区域所能提供的生态服务量、核算不同区域生态服务供给成本以及生态退化风险<sup>[39]</sup>,而且需要处理泄漏、不正当激励、效率与公平的博弈等问题,如果这些问题得不到很好解决,仍然会影响项目效率。

### 3.3 估计真实机会成本

由于生态服务提供者与购买者之间存在隐藏信息(例如,生态系统服务购买者不知道提供者的机会成本是高还是低)与隐藏行动(例如,生态服务购买者难以观察提供者的努力程度),土地所有者就有可能利用其掌握的私人信息从代理机构处提取信息租金,在签订合同时高报机会成本或合同签订后不执行合同规定,使得补偿效率降低。目前,已对农业环境补偿项目中的隐藏信息<sup>[40-42]</sup>与隐藏行动<sup>[43-44]</sup>进行大量理论研究,一些学者还试图同时模拟隐藏行动与隐藏信息<sup>[45]</sup>。其中,Shoemaker 分析了美国早期保护储备计划,发现由于大

量的信息租金流向了土地所有者,那些利润低于平均利润的土地因为按平均利润获得支付,获取到了信息租金,使得签订合同的土地价值增幅明显<sup>[46]</sup>;Choe 等从道德风险的角度,发现不对称信息导致较高的支付水平<sup>[44]</sup>;Smith 等发现由于土地所有者能够获得一些信息租金,对于同样的保护规模,信息不对称情况下的补贴水平要大于完全信息条件下的补贴水平<sup>[47]</sup>。因此,在生态补偿合同设计中,需要减少信息租金,确定真实机会成本,以免因对高机会成本类型进行低补偿或对低机会成本类型进行高补偿而降低补偿效率。

表 1 生态补偿对象空间选择方法

Table 1 Spatial targeting approach of the ecological compensation program

方法 Approach	定位原则 Spatial targeting principle	优缺点 Merits and demerits	补偿效率 Payment efficiency
福利法	福利最大化	未考虑空间异质性	较高
成本法	成本最小化	未考虑空间异质性	较高
福利成本比例法	福利成本比最大	未考虑空间异质性	较高
考虑空间异质性的定位选择模型	生态服务贡献程度与成本的比值最大	考虑了空间异质性,能很好地解决三类无效率问题	高

Ferraro 根据环境服务提供者和购买者之间的信息不对称,讨论了各种估计机会成本方法的优缺点<sup>[48]</sup>。目前,国际上常用信息披露、筛选合同、采购拍卖等 3 种方法减少信息租金,确定真实机会成本。其中:(1)信息披露。通过收集与生态系统服务提供者的机会成本有关的一些信息(不可能隐藏或隐藏成本太高的信息,例如土壤类型、森林类型、与主道路及市场的距离等信息)来确定真实机会成本<sup>[49-51]</sup>。例如,美国农业环境计划中的不同合约价格就反映着机会成本的区域差异;(2)筛选合同。提供低成本类型的高产出合同与高成本类型的低产出合同(即开发激励相容性合同),由生态系统服务提供者层层筛选合同,诊断生态系统服务提供者的机会成本类型,得到与生态系统服务提供者真实情况相近的合同,确定真实机会成本。然而,由于筛选合同的设计很复杂,设计一份能使参与约束与激励相容约束满意、最大化保护代理机构的目标函数的合同不仅需要了解土地所有者类型的分布,而且需要保护实践者进行复杂计算。因此,目前虽然已在农业环境补偿项目中进行了大量激励相容性合同的理论研究,但实践中尚未采用该方法,但这并不意味着筛选合同在实践中难以应用;(3)采购拍卖。通过生态服务购买者向提供者发出投标邀约,而后以最低标价购买合同,来确定真实的机会成本。例如,澳大利亚灌木保护采用反向拍卖方法,由愿意参加生态补偿项目的土地所有者投标,说明他们对于改变土地利用所期望得到的报酬,由于预算资金有限,仅资助成本效率最好的标书。这种方法不仅使沟通更有效率,而且减少了信息不对称,通过竞价的形式,反映了农户土地利用变更的真实机会成本(如表 2)。

表 2 生态补偿中确定机会成本的方法<sup>[48]</sup>

Table 2 Approaches to estimate opportunity cost in ecological compensation

方法 Approach	制度复杂性 Institutional complexity	信息复杂性 Informational complexity	技术复杂性 Technical complexity	租金减少 Rent reduction	备注 Comments
信息披露	低	中等	低	低	当信息与卖方成本间存在强相关性时效果好;信息的获得需要较大的成本
筛选合同	中等	高	高	中等	理论依据充分;技术要求高
采购拍卖	高	低	中等	中等	卖方向的竞争可以减少;能否在反复约定的情况下减少租金尚不知晓

### 3.4 降低交易成本

生态补偿合同的达成与执行,由于涉及众多的生态系统服务购买者与提供者、生态系统服务度量、监控并包含许多不确定因素等原因,会产生很高的交易费用。一项初步评估显示,森林碳汇交易中的交易费用占项目总支付的 50% 以上(有的甚至占到 90% 以上)<sup>[24]</sup>。因此,降低交易成本成为提高生态补偿效率的一个重

要途径。

由于生态补偿活动会经历一个干中学的过程,因此交易成本会随着生态补偿活动的增多、时间的推移而显著下降。为了降低生态补偿中的交易成本,联合国粮农组织提出,要尽量简化生态系统服务购买者与提供者之间的合约规则和履约机制,例如碳汇交易服务中,在确定基线和检测固碳服务结果时,可以通过制定标准化的措施并对其进行科学评估来替代详细的核查措施;可以通过为生态系统服务买卖双方之间的交易行为提供服务,促进他们之间的联系,以降低搜寻成本,例如一些国家为碳汇服务的潜在购买者建立专门的服务机构,购买者可以通过该机构了解相关规则,确定潜在卖方;也可以促进生态系统服务交易的规模化,将众多的生态系统服务提供者组织起来,与买方进行谈判。例如,在清洁发展机制(CDM)基础上形成的规划方案下的清洁发展机制(PCDM),可以将 CDM 情境下作为单个 CDM 项目开发经济效益低、市场开发潜力小的清洁技术如农村户用小沼气技术,以规划实施的形式,把实施主体由点(实施个体)扩展到面(规划实施的若干个体),形成规模效益,有效降低交易费用<sup>[24]</sup>。此外,由于社会资本能够降低交易成本,消除或大幅度减少昂贵契约协议的需要,增加决策的灵活性,因此,生态补偿项目实施过程中应充分发挥社会资本的作用<sup>[52-53]</sup>。

#### 4 结语

生态补偿作为一种解决环境问题的政策工具集,旨在通过将生态系统服务的外部价值转化为对参与者的财政激励而增加生态系统服务供给,因此,生态补偿效率成为生态补偿理论与实践领域关注的焦点与热点,提高生态补偿效率成为生态补偿实践者的目标。目前,尽管围绕生态补偿效率开展了许多研究,但尚不系统,提供给实践者的信息有限。今后,应在理论研究与实践中充分重视生态补偿效率提高过程中存在的困难,注重运用生态学、生态经济学等相关理论,将自然科学与社会科学有机地结合起来,从生态补偿基线的建立、生态系统服务供给量与生态服务供给成本的影响因素出发,分析各种因素对生态补偿效率的影响机制与作用大小,寻求提高生态补偿效率的方法;同时,还需要深入研究生态补偿效率与公平性之间的关系。

#### References:

- [ 1 ] Alix-Garcia J, de Janvry A, Sadoulet E. The role of deforestation risk and calibrated compensation in designing payments for environmental services. *Environment and Development Economics*, 2008, 13: 375-394.
- [ 2 ] Zhao C W, Wang S J. Benefits and standards of ecological compensation; international experiences and revelations for China. *Geographical Research*, 2010, 29(4): 597-606.
- [ 3 ] Alix-Garcia J, de Janvry A, Sadoulet E. The role of risk in targeting payments for environmental services. *Social Science Research Network (SSRN)*, 2005.
- [ 4 ] Morris J, Gowing D J G, Mills J, Dunderdale J A L. Reconciling agricultural economic and environmental objectives; the case of recreating wetlands in the Fenland area of eastern England. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2000, 79(2/3): 245-257.
- [ 5 ] Sierra R, Russman E. On the efficiency of environmental service payments: a forest conservation assessment in the Osa Peninsula, Costa Rica. *Ecological Economics*, 2006, 59(1): 131-141.
- [ 6 ] Wunder S. Payments for environmental services; some nuts and bolts. *CIFOR Occasional Paper*, No 42. Bogor: Center for International Forestry Research, 2005: 3-8.
- [ 7 ] Zhong F L, Xu Z M, Li X W. Theory and practice of the ecological compensation financial program in America. *Research of Finance and Accounting*, 2009, (18): 12-19.
- [ 8 ] Xu Z M, Zhong F L, Zhao X Y, Li X W. A summary on the advances of ecological compensation. *Research of Finance and Accounting*, 2008, (23): 67-72.
- [ 9 ] Pagiola S. Assessing the Efficiency of Payments for Environmental Services Programs: a framework for analysis. Washington DC: World Bank, 2005.
- [ 10 ] Engel S, Pagiola S, Wunder S. Designing payments for environmental services in theory and practice: an overview of the issues. *Ecological Economics*, 2008, 65(4): 663-674.
- [ 11 ] Pagiola S. Payments for environmental services in Costa Rica. *Ecological Economics*, 2008, 65(4): 712-724.
- [ 12 ] Ferraro P J, Pattanayak S K. Money for nothing? A call for empirical evaluation of biodiversity conservation investments. *PLoS Biology*, 2006, 4(4): e105-e105.

- [13] Wunder S, Engel S, Pagiola S. Taking stock: a comparative analysis of payments for environmental services programs in developed and developing countries. *Ecological Economics*, 2008, 65(4): 834-852.
- [14] Bruijnzeel L A. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees. *Agriculture, Ecosystems and Environments*, 2004, 104(1): 185-228.
- [15] Calder I R. *The Blue Revolution: Land Use and Integrated Water Resource Management*. London: Earthscan, 1999.
- [16] Chomitz K M, Kumari K. The domestic benefits of tropical forests: a critical review. *World Bank Research Observer*, 1998, 13(1): 13-35.
- [17] Swart J A A. Will direct payments help biodiversity? *Science*, 2003, 299(5615): 1981-1982.
- [18] Roberts M J, Lubowski R N. Enduring impacts of land retirement policies: evidence from the Conservation Reserve Program. *Land Economics*, 2007, 83(4): 516-538.
- [19] Pagiola S, Platais G. *Payments for Environmental Services: from theory to practice*. Washington DC: World Bank, 2007.
- [20] Robertson N, Wunder S. *Fresh tracks in the forest: assessing incipient payments for environmental services initiatives in Bolivia*. Bogor: CIFOR, 2005.
- [21] Chomitz K M. Baseline, leakage and measurement issues: how do forestry and energy projects compare? *Climate Policy*, 2002, 2(1): 35-49.
- [22] Cacho O J, Marshall G R, Milne M. Transaction and abatement costs of carbon-sink projects in developing countries. *Environment and Development Economics*, 2005, 10(5): 597-614.
- [23] Kosoy N, Martinez-Tuna M, Muradian R, Martinez-Alier J. Payments for environmental services in watersheds: insights from a comparative study of three cases in Central America. *Ecological Economics*, 2007, 61(2/3): 446-455.
- [24] Chen B B. *Ecological compensation in development priority zones*. Beijing: Social Science Literature Press, 2009.
- [25] Wunder S. The efficiency of payments for environmental services in tropical conservation. *Conservation Biology*, 2007, 21(1): 48-58.
- [26] Kalacska M, Sanchez-Azofeifa G A, Rivard B, Calvo-Alvarado J C, Quesada M. Baseline assessment for environmental services payments from satellite imagery: a case study from Costa Rica and Mexico. *Journal of Environmental Management*, 2008, 88(2): 348-359.
- [27] Antle J M, Valdivia R O. Modeling the supply of ecosystem services from agriculture: a minimum-data approach. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2006, 50(1): 1-15.
- [28] Wünscher T, Engel S, Wunder S. Spatial targeting of payments for environmental services: a tool for boosting conservation benefits. *Ecological Economics*, 2008, 65(4): 822-833.
- [29] Babcock B A, Lakshminarayan P G, Wu J J, Zilberman D. Targeting tools for the purchase of environmental amenities. *Land Economics*, 1997, 73(3): 325-339.
- [30] Powell G V N, Barborak J, Mario Rodriguez S. Assessing representativeness of protected natural areas in Costa Rica for conserving biodiversity: a preliminary gap analysis. *Biological Conservation*, 2000, 93(1): 35-41.
- [31] Rodrigues A S L, Andelman S J, Bakarr M I, Boitani L, Brooks T M, Cowling R M, Fishpool L D C, Da Fonseca G A B, Gaston K J, Hoffmann M, Long J S, Marquet P A, Pilgrim J D, Pressey R L, Schipper J, Sechrest W, Stuart S N, Underhill L G, Waller R W, Watts M E J, Yan X. Global gap analysis: towards a representative network of protected areas. *Advances in Applied Biodiversity Science 5*. Washington DC: Conservation International, 2003.
- [32] Chomitz K M, Da Fonseca G A B, Alger K, Stoms D M, Honzák M, Charlotte Landau E, Thomas T S, Wayt Thomas W, Davis F. Viable reserve networks arise from individual landholder responses to conservation incentives. *Ecology and Society*, 2006, 11(2): 40-40.
- [33] Claassen R, Cattaneo A, Johansson R. Cost-effective design of agri-environmental payment programs: U. S. experience in theory and practice. *Ecological Economics*, 2008, 65(4): 737-752.
- [34] Ferraro P J. Conservation contracting in heterogeneous landscapes: an application to watershed protection with threshold constraints. *Agricultural and Resource Economics Review*, 2003, 32(1): 53-64.
- [35] Barton D N, Faith D, Rusch G, Gjershaug J O, Castro M, Vega M, Vega E. Spatial prioritization of environmental service payments for biodiversity protection. Report SNR. Norway: NIVA (Norwegian Institute for Water Research), 2003: 64-64.
- [36] Imbach P, Coto O, Salinas Z. Valoración de los residuos biomásicos en costa rica usando sistemas de información geográfica. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 2005.
- [37] Imbach P. Priority Areas for Payment for Environmental Services (PES) in Costa Rica. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 2005.
- [38] Wünscher T, Engel S, Wunder S. Spatial targeting of payments for environmental services: a tool for boosting conservation benefits. *Ecological Economics*, 2008, 65(4): 822-833.
- [39] Dai Q W, Zhao X Y. Discussion on several key scientific issues of eco-compensation mechanism in Gannan Tibetan Autonomous Prefecture. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 65(4): 494-506.

- [40] Peterson J M, Boisvert R N. Incentive-compatible pollution control policies under asymmetric information on both risk preferences and technology. *American Journal of Agricultural Economics*, 2004, 86(2): 291-306.
- [41] Ozanne A, Hogan T, Colman D. Moral hazard, risk aversion and compliance monitoring in agri-environmental policy. *European Review of Agricultural Economics*, 2001, 28(3): 329-348.
- [42] Fraser I M. An analysis of management agreement bargaining under asymmetric information. *Journal of Agricultural Economics*, 1995, 46(1): 20-32.
- [43] Fraser R. Moral hazard and risk management in agri-environmental policy. *Journal of Agricultural Economics*, 2002, 53(3): 475-487.
- [44] Choe C, Fraser I. A note on imperfect monitoring of agri-environmental policy. *Journal of Agricultural Economics*, 1998, 49(2): 250-258.
- [45] White B. Designing voluntary agri-environmental policy with hidden and hidden action: a note. *Journal of Agricultural Economics*, 2002, 53(2): 353-360.
- [46] Shoemaker R. Agricultural land values and rents under the conservation reserve program. *Land Economics*, 1989, 65(2): 131-137.
- [47] Smith R B W, Shogren J F. Voluntary incentive design for endangered species protection. Paper Presented at the 1<sup>st</sup> World Congress on Environmental and Resources Economics. Venice, 1998.
- [48] Ferraro P J. Asymmetric information and contract design for payments for environmental services. *Ecological Economics*, 2008, 65(4): 810-821.
- [49] Bogetoft P. DEA and activity planning under asymmetric information. *Journal of Productivity Analysis*, 2000, 13(1): 7-48.
- [50] Naidoo R, Adamowicz W L. Modeling opportunity costs of conservation in transitional landscapes. *Conservation Biology*, 2006, 20(2): 490-500.
- [51] Spulber D F. Optimal environmental regulation under asymmetric information. *Journal of Public Economics*, 1988, 35(2): 163-181.
- [52] Gong Y, Bull G, Baylis K. Participation in the world's first clean development mechanism forest project: the role of property rights, social capital and contractual rules. *Ecological Economics*, 2010, 69(6): 1292-1302.
- [53] Vatn A. An institutional analysis of payments for environmental services. *Ecological Economics*, 2010, 69(6): 1245-1252.

#### 参考文献:

- [2] 赵翠薇, 王世杰. 生态补偿效益、标准——国际经验及对我国的启示. *地理研究*, 2010, 29(4): 597-606.
- [7] 钟方雷, 徐中民, 李兴文. 美国生态补偿财政项目的理论与实践. *财会研究*, 2009, 18: 12-19.
- [8] 徐中民, 钟方雷, 赵雪雁, 李兴文. 生态补偿研究进展综述. *财会研究*, 2008, (23): 67-72.
- [24] 陈冰波. 主体功能区生态补偿. 北京: 社会科学文献出版社, 2009.
- [39] 戴其文, 赵雪雁. 生态补偿机制中若干关键科学问题——以甘南藏族自治州草地生态系统为例. *地理学报*, 2010, 65(4): 494-506.

# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 6 March, 2012 (Semimonthly)

## CONTENTS

- Quantitatively monitoring undergoing degradation of plateau grassland by remote sensing data; a case study in Maqu County, Gansu Province, China ..... ZHOU Jianhua, WEI Huaidong, CHEN Fang, et al (1663)
- Using periphyton assemblages to assess stream conditions of Taizi River Basin, China ..... YIN Xuwang, QU Xiaodong, LI Qingnan, et al (1677)
- Water-holding capacity of an evergreen broadleaf forest in Ailao Mountain and its functions in mitigating the effects of Southwest China drought ..... QI Jinhua, ZHANG Yongjiang, ZHANG Yiping, et al (1692)
- The relationship between protistan community and water quality along the coast of Qingdao ..... YANG Jimpeng, JIANG Yong, HU Xiaozhong (1703)
- Simulation of effects of warming on carbon budget in alpine meadow ecosystem on the Tibetan Plateau ..... QI Weiwei, NIU Haishan, WANG Shiping, et al (1713)
- Features of leaf photosynthesis and leaf nutrient traits in reservoir riparian region of Three Gorges Reservoir, China ..... JIE Shenglin, FAN Dayong, XIE Zongqiang, et al (1723)
- Spatio-temporal distribution of fish in the Pengxi River arm of the Three Gorges reservoir ..... REN Yuqin, CHEN Daqing, LIU Shaoping, et al (1734)
- Analysis on allelochemicals in the cell-free Filtrates of *Amphidinium carterae* ..... JI Xiaoqing, HAN Xiaotian, YANG Baijuan, et al (1745)
- Effect of starvation on expression patterns of the MYP gene in *Strongylocentrotus intermedius* ..... QIN Yanjie, SUN Bolin, LI Xia, et al (1755)
- Habitat selection of feral yak in winter and spring in the Helan Mountains, China ..... ZHAO Chongnan, SU Yun, LIU Zhensheng, et al (1762)
- Using cellular automata to study patchy spread in a predator-prey system ..... YANG Li, LI Weide (1773)
- Effects of insect-resistant transgenic *Bt* rice with a fused *Cry1Ab+Cry1Ac* gene on population dynamics of the stem borers, *Chilo suppressalis* and *Sesamia inferens*, occurring in paddyfield ..... LI Zhiyi, SUI He, XU Yanbo, et al (1783)
- Effect of spectral sensitivity and intensity response on the phototaxis of *Frankliniella Occidentalis* (Pergande) ..... FAN Fan, REN Hongmin, LU Lihua, et al (1790)
- The synergistic action and UV protection of optical brightener on three different geographic isolates of Asian Gypsy Moth Nucleopolyhedrovirus (LdMNPV) ..... WANG Shujuan, DUAN Liqing, LI Haiping, et al (1796)
- The availability of trace elements in an oasis soil under different utilization intensity in an arid area in China ..... LI Haifeng, ZENG Fanjiang, GUI Dongwei, et al (1803)
- Multivariate regression analysis of greenhouse gas emissions associated with activities and populations of soil microbes in a double-rice paddy soil ..... QIN Xiaobo, LI Yu'e, SHI Shengwei, et al (1811)
- Distribution characteristics of humus fraction in soil profile for the typical regions in the Loess Plateau ..... DANG Ya'ai, LI Shiqing, WANG Guodong (1820)
- N<sub>2</sub>O emissions from vegetable farmland with purple soil and the main factors influencing these emissions ..... YU Yajun, WANG Xiaoguo, ZHU Bo (1830)
- Relationships between carbon source utilization of soil microbial communities and environmental factors in natural secondary forest in subtropical area, China ..... WANG Yun, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua, et al (1839)
- Numerical soil classification using fuzzy K-means algorithm and predictive soil mapping at regional scale ..... LIU Pengfei, SONG Xuan, LIU Xiaobing, et al (1846)
- Releasing characteristics of nonpoint source pollutants from straws under submerging condition ..... YANG Zhimin, CHEN Yucheng, ZHANG Yun, et al (1854)
- Effects of delayed irrigation at jointing stage on nitrogen accumulation and its allocation, and NO<sub>3</sub>-N migration in wheat ..... WANG Hongguang, YU Zhenwen, ZHANG Yongli, et al (1861)
- Risk division on winter wheat suffering from spring wet damages in Jiangsu Province ..... WU Hongyan, GAO Ping, XU Weigen, et al (1871)
- Determination of the initial depth of water uptake by roots of steppe plants in restored and overgrazed communities, Inner Mongolia, China ..... GUO Yuran, WANG Wei, LIANG Cunzhu, et al (1880)
- Fine root architecture and morphology among different branch orders of six subtropical tree species ..... XIONG Decheng, HUANG Jinxue, YANG Zhijie, et al (1888)
- Numerical analysis of inter-specific relationships in Alpine steppe community in Bayanbulak ..... FANG Fei, HU Yukun, ZHANG Wei, et al (1898)
- Analysis of shade-tolerance and determination of evaluation indicators of shade-tolerance in seedlings of *Chrysanthemum grandiflorum* and its closely related genera ..... SUN Yan, GAO Haishun, GUAN Zhiyong, et al (1908)
- Effect of the parasitic *Cuscuta australis* on the community diversity and the growth of *Alternanthera philoxeroides* ..... WANG Rukui, GUAN Ming, LI Yonghui, et al (1917)
- Diversity and community structure of basidiomycete laccase gene from subtropical broad-leaved and coniferous forest ecosystems based on cDNA cloning ..... CHEN Xiangbi, SU Yirong, HE Xunyang, et al (1924)
- Fine root longevity and controlling factors in subtropical *Alingia grilipes* and *Castanopsis carlesii* forests ..... HUANG Jinxue, LING Hua, YANG Zhijie, et al (1932)
- Linear programming and optimal distribution of the forest resources based on TM remote sensing images ..... DONG Bin, CHEN Liping, WANG Ping, et al (1943)
- Urban green space landscape patterns and thermal environment investigations based on computational fluid dynamics ..... LIU Yanhong, GUO Jinping, WEI Qingshun (1951)
- Review and Monograph**
- Review of the ecological compensation efficiency ..... ZHAO Xueyan (1960)
- Scientific Note**
- The effects of petroleum exploitation on water quality bio-assessment and benthic macro-invertebrate communities in the Yellow River Delta wetland, Dongying ..... CHEN Kai, XIAO Nengwen, WANG Beixin, et al (1970)

# 《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

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 6 期 (2012 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 6 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

**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

**出 版** 科 学 出 版 社  
地址:北京东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100071

**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:100071  
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** FENG Zong-Wei

**Supervised** by China Association for Science and Technology

**Sponsored** by Ecological Society of China  
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS  
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

**Published** by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,  
Beijing 100071, China

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

**Distributed** by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North  
Street, Beijing 100071, 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 70.00 元