

DOI: 10.5846/stxb201708231520

郝海广, 勾蒙蒙, 张惠远, 张强, 刘煜杰. 基于生态系统服务和农户福祉的生态补偿效果评估研究进展. 生态学报, 2018, 38(19): - .

Hao H G, Gou M M, Zhang H Y, Zhang Q, Liu Y J. Assessing ecological compensation policies based on ecosystem services and human wellbeing: A review of recent progress. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(19): - .

基于生态系统服务和农户福祉的生态补偿效果评估研究进展

郝海广, 勾蒙蒙, 张惠远*, 张 强, 刘煜杰

中国环境科学研究院, 北京 100012

摘要:生态补偿是以经济手段为主调节相关者利益关系的制度安排, 最终实现区域生态系统服务和居民福祉“双赢”。尽管我国在生态补偿效果评估方面已开展了大量的研究, 但更多关注的是生态系统服务功能的提升, 忽略了生态补偿对社区居民福祉的影响及其反馈关系。围绕生态补偿效果评估中涉及到的主要内容和关键的科学问题, 对相关研究进行了归纳总结, 认为: 生态补偿、农户福祉、生态系统服务三者之间的耦合关系是生态补偿效果评估研究的重要科学问题; 生态系统服务、农户生计、成本效益是评估生态补偿效果的 3 个核心指标; 综合自然、人文两个因素统一的生态补偿评估与调控模型与方法体系, 是亟待研究探索的重要方向。

关键词:生态补偿; 生态系统服务; 农户福祉; 效果评估; 研究进展

Assessing ecological compensation policies based on ecosystem services and human wellbeing: A review of recent progress

HAO Haiguang, GOU Mengmeng, ZHANG Huiyuan*, ZHANG Qiang, LIU Yujie

Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China

Abstract: Ecological compensation policies use economic incentives to influence stakeholders' choices. These policies aim to achieve a win-win solution that can improve regional ecosystem services and residents' wellbeing. Many studies have assessed the effectiveness of ecological compensation policies, but most of them focused on the improvement of ecosystem services. In contrast, relatively fewer studies have examined the influences of ecological compensation policies on residents' well-being and how they feed back to residents' decisions. In this study, we reviewed studies that assessed ecological compensation policies based on scientific questions and major indicators. We found that the critical research question lies in the coupling relationships among ecological compensation, farmers' wellbeing, and ecosystem services. Based on the review, we developed a comprehensive theoretical framework that includes three main indexes for evaluating ecological compensation policies: ecosystem services, farmers' livelihoods, and cost-effectiveness. Accordingly, we argue that appropriate methodology and modeling that consider both natural and human systems are crucial for future studies assessing ecological compensation policies.

Key Words: ecological compensation policy; ecosystem services; human wellbeing; policy assessment; recent progress

生态补偿作为联系生态系统服务提供者和受益者、整合生态保护与经济社会发展的有效途径, 在全球范

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41501095, 41471092); 国家重点研发计划项目 (2016YFC0503504)

收稿日期: 2017-08-23; 网络出版日期: 2018-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhanghy@craes.org.cn

围内得到了广泛应用^[1-3]。为保障国家生态安全,我国实行了天然林资源保护、退耕还林还草、森林生态效益补偿、草原生态保护补助奖励、重点生态功能区转移支付等一系列生态补偿政策,影响范围广,资金总量大,在国际上引起了高度关注^[4-6]。生态补偿政策实施效果如何?是否能够达到生态补偿政策制定的目标?这逐渐引起学术界和管理层的重视,关于生态补偿效果评估的研究成果日趋丰富。

生态补偿政策通过调整生态保护利益相关方的利益关系,以达到生态保护的目的,即生态补偿政策实施的目的和手段是利益调控和效益权衡。生态补偿政策实施效率主要体现为成本收益的关系,也就是生态补偿能否以最小的代价获取最大的效果。

生态补偿以保护生态系统、提升生态系统服务功能为基本出发点和目标,以往研究通常注重对生态系统服务的评价及由此制定和调整生态补偿政策。然而,生态补偿的途径和手段是协调利益相关方关系,生态补偿政策的成功与否在很大程度上取决于利益相关者对其的态度和参与程度^[7-8],生态补偿机制的建立与完善需要充分重视利益相关者的角色和作用^[9]。在我国,生态补偿的对象一般是生态保护区内的农户,其在生态保护政策执行中扮演着关键角色,生态补偿政策的实施必然会对农户生计和福祉产生一定的影响,并最终关系到生态补偿政策的成效和可持续性。因此,生态系统服务和农户福祉是验证生态补偿是否能达到“双赢”的目标的重要指标,也是体现自然生态系统与社会经济系统最为直接的指标,生态补偿的效果也在这两个方面体现最为充分。是否达到生态系统服务功能提升和农户福祉水平可持续提高,是评估生态补偿政策效果的主要依据,也逐渐成为了生态补偿政策设计与优化重要的科学命题。

为了明确生态补偿效果评估的关键指标和内容,本文对生态补偿政策制定和实施的根本目标进行分析,进而总结出生态补偿效果评估理论框架及其涉及的科学问题,并以此为依据对相关文献进行梳理,明确当前研究进展和未来需要深入研究的重点方向,以期对生态补偿政策评估研究提供新的视角,为进一步完善我国生态补偿政策提供理论依据。

1 生态补偿效果评估框架与关键问题

伴随着生态补偿项目的实施,生态补偿的相关研究也在不断推进^[10]。目前对生态补偿的研究可分为生态补偿理论探索、补偿标准、补偿方式等方面的政策实施前期研究及生态补偿政策实施后效果评估研究两个方面^[11]。经过几十年的理论与实践,国内外学者在生态补偿的制定与应用方面进行了大量的研究,但对现有生态补偿项目效果评估等后期阶段的研究相对较少。为此众多学者倡导应加强生态补偿效果评估的相关研究,构建系统、完整的生态补偿效果评估框架。

学者们普遍将生态补偿效果定义为“额外增益”。即在评估生态补偿效果时,首先强调生态系统服务这一最初的目标^[12-14],其中额外性和成本有效性是衡量生态补偿效果的重要指标,包括通过付费所购买的生态系统服务以及在给定的预算约束下所能获得的生态系统服务^[15]。围绕“额外增益”,王飞等^[16]基于GIS技术对黄土高原生态系统服务价值对生态补偿的响应进行了空间分析,Wang等^[17]通过比较西双版纳地区退耕还林还草工程实施前后生态系统服务的变化评估了区域生态补偿的效果。除改善生态系统服务外,生态补偿效果还体现在改善当地社区居民的生计结构上。从成本-效益的角度来看,对农户生计的补贴(包括金钱补贴、技术补贴、物质补贴等)是生态补偿成本的主要支出范围^[18]。大多数研究通过调查问卷和实地访谈的形式,对农户生计改善情况及参与生态补偿的意愿等方面进行了定性和定量的分析^[19],是对生态补偿效果评估的重要组成部分。

总的来说,生态补偿政策实施效果评估涉及生态系统服务评估和农户福祉评估两个过程,虽然不同研究对生态补偿效果评估框架内两个过程的评估持不同的观点,但框架核心内容和关键科学问题可概述为5个方面,即生态补偿对提升区域生态系统服务的综合评价、生态补偿政策实施的成本效益、生态补偿对于改善当地农户福祉的作用、农户参与生态补偿的意愿、生态补偿综合优化调控技术。围绕这5个方面,下文对相关文献进行搜集和梳理,归纳总结已有研究进展及需要深入研究的问题,提出基于生态系统服务和农户福祉的生

态补偿效果评估研究重点方向。

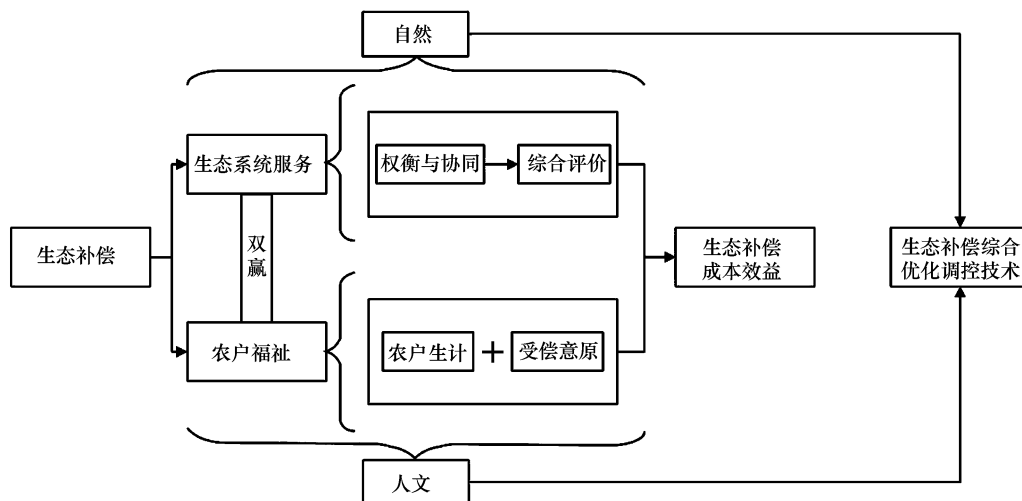


图1 生态补偿效果评估框架

Fig.1 Framework of assessment on the performances of ecological compensation policy

2 生态补偿效果评估研究进展

2.1 生态补偿对生态系统服务的影响是效果评估的热点,但缺乏对生态系统服务权衡关系的考虑

生态补偿以保护生态系统、提升生态系统服务功能为基本出发点和目标,通过调控生态系统结构和布局,对区域内的生态系统服务产生影响^[20]。因此,生态系统服务提升是衡量生态补偿效果最重要的指标。自我我国实施生态补偿政策以来,许多学者已经在国家^[21]及区域^[22]尺度上对生态补偿实施前后生态系统服务的变化进行了全面研究,且大多数研究结果表明生态补偿政策实施提升了区域生态系统服务功能。然而在生态补偿实践中,并非所有的生态系统服务都会得到提升,如 Sun 等^[23]研究表明森林面积的增加可能导致流域产流减少,尤其是在半干旱地区^[24]。退耕还林还草工程增加了黄土高原植被覆盖率,但流域产流和土壤含水量却显著下降^[25]。Wang 等^[17]对西南地区的研究也发现退耕还林政策的实施在小流域尺度内提高了土壤保持功能,但净初级生产力和流域产流则表现为下降趋势。

上述研究结果说明,生态系统服务并不是孤立存在的,而是彼此关联,表现出不同程度此消彼长的权衡关系。生态补偿政策实施在提升某些生态系统服务的同时,可能导致其他生态系统服务降低。厘清生态系统服务之间的关系,不仅关乎生态补偿政策的适用性,更关乎政策实施的效果^[20]。目前,在生态补偿实施效果评估过程中,对生态系统服务变化机理、不同生态系统服务之间的权衡与取舍方面的研究仍然相对缺乏。今后相关研究需要在深入分析生态补偿实施前后生态系统服务变化机理的基础上,充分考虑生态系统服务之间的关系、生态补偿实施的机会成本等,对生态补偿政策及其布局进行优化,使生态补偿的效益达到最大化^[7,26-28]。

2.2 生态补偿政策实施的成本效益评估逐渐受到重视,理论方法应用存在一定局限

生态补偿政策实施的成本效益比值决定了这一政策的成败和资金使用效率^[29]。Zheng 等^[2]发现“稻改旱”工程生态补偿项目的成本效益比为 1:1.5,认为“稻改旱”项目是一个成功的生态补偿项目。马庆华等^[30]对新安江流域生态补偿政策实施的成本和效益进行定性和定量分析,对黄山市实施新安江流域生态补偿政策的成效比以及外部效应内部化程度指数进行计算,进而衡量新安江流域生态补偿政策的实施效果。也有研究从农户的角度,模拟分析农户参与生态补偿政策的成本收益,进而指出可以有效降低政策投入成本的生态补偿标准^[31]。

生态补偿成本效益评估研究已取得了一定进展,但仍存在一定的缺陷。一方面,生态系统服务价值是最

重要的生态补偿收益,但科学界对生态系统服务的供给、流动、需求及其之间的关系还缺乏系统化的界定^[32],在价值评估与核算方面还未形成统一标准,导致价值评估方法和结果大相径庭,与实际偏离较多,对生态补偿政策制定和生态系统管理实践作用有限^[15]。尽管众多学者从生态系统服务供需方面构建并逐步完善了生态系统结构、过程、功能、服务与价值的级联式框架^[33-34],但由于生态系统服务供需之间存在空间间隔^[35],简单的供需平衡研究依然存在供需时空不匹配的问题^[36-37]。因此,基于生态系统服务机制及过程的评估方法仍需进一步研究^[38]。另一方面,生态补偿最终目的是调节利益相关方的关系^[39],在生态系统服务价值评估过程中应遵循利益相关方高度接受和认可的原则。由于利益相关方关联的不确定性、非市场性和被动性特征,基于利益相关方的生态系统服务价值评估仍然具有局限性。戴君虎等^[40]总结出以人类的支付意愿为基本原则的生态系统服务价值评估理论框架,并将各项服务的具体价值分配到不同尺度的利益相关者,增强了价值评估结果的应用价值和可操作性,为确定生态补偿标准及对象、评估生态补偿效益奠定了基础。

2.3 生态补偿政策对农户生计的影响存在不确定性,并最终决定生态补偿的成效

尽管生态补偿政策的初衷是为了提升生态系统服务和实现生态系统服务的流动、供应和市场化^[20,41],但在生态补偿实践中还对改善农户生计和减贫具有重要作用^[42]。有的学者甚至将生态补偿的特性归纳为现实性、资源型、条件性和有利于穷人 4 个方面^[43]。从客观上来讲,我国中西部贫困地区往往是生态系统服务功能重要区域,也是生态补偿政策实施的重点地区。农户作为生态补偿重要的主体之一,其生计能力的大小直接或间接影响着生态环境保护和自然资源利用,事关生态补偿的成效,甚至决定着生态补偿政策的持续性和有效性^[19]。生态补偿主要向农户提供实物、资金、智力与政策等方面的支持,且往往导致农户耕地、林地、草地、鱼塘等生产用地面积减少,两个方面共同影响农户的生计资本与生计策略^[44]。量化生态补偿政策对农户生计资本的影响,对系统优化生态补偿设计、科学指导生态补偿实施、切实保障农户利益具有十分重要的现实意义^[45]。

自英国国际发展署(DFID)提出可持续生计分析框架以来,国内外众多学者在这一框架下系统分析了生态补偿政策对农户生计资本的影响^[45]。大多数研究结果表明生态补偿政策的实施调整了农民的收入结构,并在一定程度上增加了农民的经济收入^[46-47]。然而受到研究对象、研究角度及研究区域异质性的影响,生态补偿对农户生计资本影响的研究结果往往没有一致的结论。如姜冬梅等^[48]的研究结果表明生态补偿对农牧民收入不存在显著影响,也有结果表明生态补偿政策实施后,大部分农户的总体收入水平反而呈现下降趋势^[49]。事实上,单一的框架并不一定适用于所有的地区及特定的情况,由于可持续生计分析框架过度依赖“资本概念”,局限于经济水平的分析,未充分考虑时间维度与历史因素,未能融入生态环境变迁等长期变化趋势,导致了研究结论存在较大的不确定性^[50-52]。除此之外,生态补偿对农户生计类型转变的影响目前还未有清晰、统一的结论^[53]。

2.4 农户参与生态补偿的意愿和受偿意愿受多种因素影响,定量模拟是研究趋势

作为调节利益相关者之间利益关系的经济手段,生态补偿政策制定及其实施过程中农户参与意愿和受偿意愿正日益受到学者和决策者的重视。国际森林中心(CIFOR)在定义生态补偿时指出,生态补偿应以自愿性为基础^[54],Wunder^[55]也认为生态补偿中应遵守利益相关方自愿交易的原则。农户作为生态补偿的最初动力和推广者,其参与生态补偿的意愿和受偿意愿是制定生态补偿政策重要的参考依据^[4]。对农户受偿意愿进行调查是生态补偿政策成效评估的重要组成部分,分析不同农户受偿意愿之间的差异及其原因,有利于推动实行差别化的生态补偿,提高生态补偿资金的效率^[56]。

对农户参与意愿和受偿意愿的研究主要通过调查问卷和实地访谈分析农户的偶然行为^[57],采用条件价值法(CVM)、Logistic 模型、样本选择模型及多元线性回归模型等分析方法对农户意愿及其驱动力进行综合分析。农户受偿意愿的形成具有系统复杂性、多因素关联性、区域差异性和特殊性等特征,是多因素综合影响的结果,但最根本因素是利益因素^[8]。学术界普遍认为机会成本是农户参与生态补偿意愿的决定性因素^[9,56],自身家庭状况、资源禀赋、生计类型、生态资本和受教育程度等也会对农户参与生态补偿意愿产生一定的影

响^[45]。此外,农户对生态保护的认识、生态补偿资金分配的公平性、土地的空间条件、产权和土地承包权、对土地的依赖程度等因素都会对农户参与意愿产生重要的影响^[58-62]。

虽然对农户参与生态补偿意愿及受偿意愿已有了深入的研究,但能综合体现自然禀赋和经济条件的空间差异性和受偿者本身差异性,在确定生态补偿标准和具体实践应用中,仍然难以实行。以退耕还林工程为例,补偿金额只在不同的区域上做了微小的区分,对不同区域类型和补偿对象之间的差异考虑不够,因此很难调动农户参与的积极性^[63],其深层次的原因在于没有定量模拟生态补偿实施区域具体的社会经济、环境和政治条件以及各种驱动力的综合作用。

2.5 生态补偿政策优化是研究的重点方向,但缺乏较为主流和统一的理论框架和分析工具

在生态补偿效果评估过程中,理论框架起到简化人文与生态系统之间的关系、组织评估思路与结构的作用。为此,众多学者从综合生态系统服务与人类福祉的生态补偿机制和生态系统管理途径入手,对人文-自然系统的耦合关系进行了研究^[29]。如 Sun 等^[64]建立了基于主体的模型、贝叶斯信念网络模型及舆论动力学模型在内的生态补偿框架,揭示了生态补偿对土地利用和农户生计潜在的影响。Bailey 等^[65]将弹性概念作为生态系统管理的重要工具,在概念框架中着重强调农业生态系统、农户生计和相关机构之间的动态关系,为产品供给、农户生计保障以及生态系统服务的提高提供了巨大的潜力。Li 等^[66]综合运用 InVEST 模型和成本收益模型,将生态系统服务与多个尺度利益相关者的福祉有机联系起来,为综合自然与人文两个方面评估生态保护政策提供了框架和方法。胡振通等^[67]从生态绩效、收入影响、政策满意度三个方面对草原生态补偿政策进行了评估,并进一步分析了三者之间的关系。

尽管这些框架的建立为生态补偿政策设计和效果评估提供了更为综合的视角,然而集成地球系统的综合模型还处于起步阶段^[68],探讨社会人文过程与生态系统结构、过程 and 功能的协同进化关系是今后研究的关键问题之一,区域生态系统综合模型将是未来研究的重点^[69]。

3 研究展望

生态系统服务和农户福祉是生态补偿政策制定和效果评估的重要依据,生态补偿、生态系统服务、农户福祉三者之间的耦合关系是贯穿生态补偿设计和成效评估过程中关键的科学问题。千年生态系统评估报告明确指出生态系统的状态和变化趋势与人类福祉具有密切关系,并指出生态系统服务对人类福祉的影响及其相互作用的研究具有广泛的社会需求和应用前景,可为生态补偿等政策的制订提供科学依据^[70]。

生态补偿是涉及生态学、经济学、社会学等多学科领域的系统工程,但关于生态补偿的多学科交叉研究和政策实践仍处于起步阶段^[71]。现有的研究多侧重于比较政策实施前后生态系统结构、服务功能的变化,或偏向于生态补偿产生的社会经济效应方面,鲜见统筹生态系统服务和农户福祉的生态补偿效果评估与优化调控的理论方法与实证研究^[72]。在基础理论和技术层面存在的问题主要表现为:(1)生态系统服务变化及其权衡机制不明确,生态系统服务价值化方法和标准不统一;(2)以生态效益评估为主,对农户福祉和农户生计等社会效益的评估相对较少;(3)生态补偿的生态效益存在不确定性,从成本效益的角度分析生态补偿效率的研究尚不多见;(4)生态补偿与农户生计及其生态补偿意愿之间的耦合机制尚不明确,定量研究仍是难点问题;(5)鲜见同时考虑生态补偿对生态系统服务功能与农户生计影响的综合研究,造成研究结果不能很好为生态补偿政策制定和实施提供有力支撑。

综合生态系统服务与农户福祉的生态补偿效果评估,是研究的前沿。在今后研究工作中,需注重对生态系统服务之间权衡关系、生态系统服务价值的科学计算、政策实施的机会成本核算及人类福祉的科学定量等研究,加强综合自然、人文两个因素的生态补偿评估与调控模型与方法体系方面的研究,将生态系统服务和人类福祉作为未来生态补偿政策评估的基本考量,通过综合两方面在政策实施后的变化情况、以及带来的效益与投入成本之间的比例,反映生态补偿政策实施的效果和效率,最终实现生态系统服务功能提升和农户福祉水平可持续提高“双赢”。

参考文献 (References):

- [1] 李文华, 刘承承. 关于中国生态补偿机制建设的几点思考. 资源科学, 2010, 32(5): 791-796.
- [2] Zheng H, Robinson B E, Liang Y C, Polasky S, Ma D C, Wang F C, Ruckelshaus M, Ouyang Z Y, Daily G C. Benefits, costs, and livelihood implications of a regional payment for ecosystem service program. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2013, 110(41): 16681-16686.
- [3] Liu C L, Liu W D, Lu D D, Chen M X, Dunford M, Xu M. Eco-compensation and harmonious regional development in China. *Chinese Geographical Science*, 2016, 26(3): 283-294.
- [4] Zhen L, Li F, Huang H Q, Dilly O, Liu J Y, Wei Y J, Yang L, Cao X C. Households' willingness to reduce pollution threats in the Poyang Lake region, southern China. *Journal of Geochemical Exploration*, 2011, 110(1): 15-22.
- [5] 欧阳志云, 郑华, 岳平. 建立我国生态补偿机制的思路与措施. 生态学报, 2013, 33(3): 686-692.
- [6] Xie G D, Cao S Y, Lu C X, Zhang C S, Xiao Y. Current status and future trends for eco-compensation in China. *Journal of Resources and Ecology*, 2015, 6(6): 355-362.
- [7] Xu J Y, Chen L D, Lu Y H, Fu B J. Sustainability evaluation of the grain for green project: from local people's responses to ecological effectiveness in Wolong Nature Reserve. *Environmental Management*, 2007, 40(1): 113-122.
- [8] Sommerville M, Jones J P G, Rahajaharison M, Milner-Gulland E J. The role of fairness and benefit distribution in community-based payment for environmental services interventions: a case study from Menabe, Madagascar. *Ecological Economics*, 2010, 69(6): 1262-1271.
- [9] Greiner R, Gregg D. Farmers' intrinsic motivations, barriers to the adoption of conservation practices and effectiveness of policy instruments: empirical evidence from northern Australia. *Land Use Policy*, 2011, 28(1): 257-265.
- [10] 徐大伟, 李斌. 基于倾向值匹配法的区域生态补偿绩效评估研究. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(3): 34-42.
- [11] 张思雪, 林汉川, 方巍, 胡海晨. 生态补偿价值评估体系研究. 资源科学, 2015, 37(10): 1912-1919.
- [12] García-Amado L R, Pérez M R, Iniesta-Arandia I, Dahringer G, Reyes F, Barrasa S. Building ties: social capital network analysis of a forest community in a biosphere reserve in Chiapas, Mexico. *Ecology and Society*, 2012, 17(3): 3.
- [13] Wünscher T, Engel S. International payments for biodiversity services: review and evaluation of conservation targeting approaches. *Biological Conservation*, 2012, 152: 222-230.
- [14] 袁伟彦, 周小柯. 生态补偿问题国外研究进展综述. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(11): 76-82.
- [15] 柳荻, 胡振通, 靳乐山. 生态保护补偿的分析框架研究综述. 生态学报, 2018, 38(2): 380-392.
- [16] 王飞, 高建恩, 邵辉, 张通, 张元星, 许秀泉, 赵春红, 王宏杰. 基于 GIS 的黄土高原生态系统服务价值对土地利用变化的响应及生态补偿. 中国水土保持科学, 2013, 11(1): 25-31.
- [17] Wang J T, Peng J, Zhao M Y, Liu Y X, Chen Y Q. Significant trade-off for the impact of grain-for-green programme on ecosystem services in North-western Yunnan, China. *Science of the Total Environment*, 2017, 574: 57-64.
- [18] 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.
- [19] 庞雯, 王成超. 生态补偿对农户生计的影响研究综述. 农村经济与科技, 2016, 27(23): 23-26.
- [20] 徐建英, 刘新新, 冯琳, 恒玉婷. 生态补偿权衡关系研究进展. 生态学报, 2015, 35(20): 6901-6907.
- [21] Ouyang Z Y, Zheng H, Xiao Y, Polasky S, Liu J G, Xu W H, Wang Q, Zhang L, Xiao Y, Rao E, Jiang L, Lu F, Wang X K, Yang G B, Gong S H, Wu B F, Zeng Y, Yang W, Daily G C. Improvements in ecosystem services from investments in natural capital. *Science*, 2016, 352(6292): 1455-1459.
- [22] Lu C X, Yu F Q, Liu X J, Dhruva B G C. Responses of ecosystems to ecological compensation in a key ecological function Area of the Loess Plateau. *Journal of Resources and Ecology*, 2015, 6(6): 369-374.
- [23] Sun G, Zhou G Y, Zhang Z Q, Wei X H, McNulty S G, Vose J M. Potential water yield reduction due to forestation across China. *Journal of Hydrology*, 2006, 328(3/4): 548-558.
- [24] Cao S X, Ma H, Yuan W P, Wang X. Interaction of ecological and social factors affects vegetation recovery in China. *Biological Conservation*, 2014, 180: 270-277.
- [25] Feng X M, Fu B J, Piao S L, Wang S, Ciais P, Zeng Z Z, Lü Y H, Zeng Y, Li X, Jiang X H, Wu B F. Revegetation in China's Loess Plateau is approaching sustainable water resource limits. *Nature Climate Change*, 2016, 6(11): 1019-1022.
- [26] Calvet-Mir L, Corbera E, Martin A, Fisher J, Gross-Camp N. Payments for ecosystem services in the tropics: a closer look at effectiveness and equity. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2015, 14: 150-162.
- [27] 王振波, 于杰, 刘晓雯. 生态系统服务功能与生态补偿关系的研究. 中国人口·资源与环境, 2009, 19(6): 17-22.

- [28] Turner R K, Daily G C. The ecosystem services framework and natural capital conservation. *Environmental and Resource Economics*, 2008, 39 (1): 25-35.
- [29] 郑华, 李屹峰, 欧阳志云, 罗跃初. 生态系统服务功能管理研究进展. *生态学报*, 2013, 33(3): 702-710.
- [30] 马庆华, 杜鹏飞. 新安江流域生态补偿政策效果评价研究. *中国环境管理*, 2015, 7(3): 63-70.
- [31] 王学, 李秀彬, 辛良杰, 谈明洪, 李升发, 王仁靖. 华北地下水超采区冬小麦退耕的生态补偿问题探讨. *地理学报*, 2016, 71(5): 829-839.
- [32] 刘慧敏, 范玉龙, 丁圣彦. 生态系统服务流研究进展. *应用生态学报*, 2016, 27(7): 2161-2171.
- [33] Burkhard B, Kandziora M, Hou Y, Müller F. Ecosystem service potentials, flows and demands-concepts for spatial localisation, indication and quantification. *Landscape Online*, 2014, 34: 1-32.
- [34] 傅伯杰, 杨丹丹. 生态系统服务权衡与集成方法. *资源科学*, 2016, 38(1): 1-9.
- [35] Brauman K A, Daily G C, Duarte T K, Mooney H A. The nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services. *Annual Review of Environment and Resources*, 2007, 32(1): 67-98.
- [36] Kroll F, Müller F, Haase D, Fohrer N. Rural-urban gradient analysis of ecosystem services supply and demand dynamics. *Land Use Policy*, 2012, 29(3): 521-535.
- [37] 刘慧敏, 刘绿怡, 丁圣彦. 人类活动对生态系统服务流的影响. *生态学报*, 2017, 37(10): 3232-3242.
- [38] Palmer M A, Filoso S. Restoration of ecosystem services for environmental markets. *Science*, 2009, 325(5940): 575-576.
- [39] Brown M A, Clarkson B D, Barton B J, Joshi C. Implementing ecological compensation in New Zealand: Stakeholder perspectives and a way forward. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 2014, 44(1): 34-47.
- [40] 戴君虎, 王焕炯, 王红丽, 陈春阳. 生态系统服务价值评估理论框架与生态补偿实践. *地理科学进展*, 2012, 31(7): 963-969.
- [41] Cheng S H, Ahlroth S, Onder S, Shyamsundar P, Garside R, Kristjanson P, Mckinnon M C, Miller D C. What is the evidence for the contribution of forests to poverty alleviation? A systematic map protocol. *Environmental Evidence*, 2017, 6: 10.
- [42] 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.
- [43] Van Noordwijk M, Leimona B, Emerton L, Tomich T P, Velarde S J, Kallesoe M, Sekher M, Swallow B. Criteria and indicators for environmental service compensation and reward mechanisms: realistic, voluntary, conditional and pro-poor // *Proceedings of 2007 CES Scoping Study Issue Paper Nairobi, Kenya: ICRAF*, 2007.
- [44] 苏芳, 尚海洋. 生态补偿方式对农户生计策略的影响. *干旱区资源与环境*, 2013, 27(2): 58-63.
- [45] 王一超, 郝海广, 张惠远, 翟瑞雪, 吕海亮, 周美华. 自然保护区农户参与生态补偿的意愿及其影响因素. *生态与农村环境学报*, 2016, 32(6): 895-900.
- [46] 支玲, 李怒云, 王娟, 孔繁斌. 西部退耕还林经济补偿机制研究. *林业科学*, 2004, 40(2): 2-8.
- [47] 赵雪雁, 张丽, 江进德, 侯成成. 生态补偿对农户生计的影响——以甘南黄河水源补给区为例. *地理研究*, 2013, 32(3): 531-542.
- [48] 姜冬梅, 张微, 王亚梅. “退牧还草”工程在牧户中的响应. *林业经济*, 2007, (4): 67-70.
- [49] 侯成成, 赵雪雁, 张丽, 江进德, 李巍, 严江平. 生态补偿对区域发展的影响——以甘南黄河水源补给区为例. *自然资源学报*, 2012, 27(1): 50-61.
- [50] Adato M, Meinzen-Dick R. Assessing the Impacts of Agricultural Research on Poverty Using the Sustainable Livelihoods Framework. Washington: International Food Policy Research Institute, 2002.
- [51] Scoones I. Livelihoods perspectives and rural development. *The Journal of Peasant Studies*, 2009, 36(1): 171-196.
- [52] 李雪萍, 王蒙. 多维贫困“行动-结构”分析框架的建构——基于可持续生计、脆弱性、社会排斥三种分析框架的融合. *江汉大学学报(社会科学版)*, 2015, 32(3): 5-12.
- [53] Pagiola S, Arcenas A, Platais G. Can payments for environmental services help reduce poverty? An exploration of the issues and the evidence to date from Latin America. *World Development*, 2005, 33(2): 237-253.
- [54] Wunder S. Payments for Environmental Services: Some nuts and bolts. Jakarta: Center for International Forestry Research, 2005.
- [55] Wunder S. Revisiting the concept of payments for environmental services. *Ecological Economics*, 2015, 117: 234-243.
- [56] Newton P, Nichols E S, Endo W, Peres C A. Consequences of actor level livelihood heterogeneity for additionality in a tropical forest payment for environmental services programme with an undifferentiated reward structure. *Global Environmental Change*, 2012, 22(1): 127-136.
- [57] Broch S W, Strange N, Jacobsen J B, Wilson K A. Farmers' willingness to provide ecosystem services and effects of their spatial distribution. *Ecological Economics*, 2013, 92: 78-86.
- [58] Herzon I, Mikk M. Farmers' perceptions of biodiversity and their willingness to enhance it through agri-environment schemes: a comparative study from Estonia and Finland. *Journal for Nature Conservation*, 2007, 15(1): 10-25.

- [59] 姜波, 姚顺波, 王怡菲. 农户参与公益林建设意愿影响因素的实证分析——基于广西、湖南、河南 3 省调查问卷. 林业经济, 2011, (3): 59-64.
- [60] Moon K, Cocklin C. Participation in biodiversity conservation: motivations and barriers of Australian landholders. *Journal of Rural Studies*, 2011, 27(3): 331-342.
- [61] 孙芳, 冯开文. 农牧交错带农户退耕还草意愿分析. 中国农业资源与区划, 2008, 29(2): 54-57.
- [62] 庞森. 后退耕还林时期生态补偿模式的实证研究——基于四川布拖县乐安湿地保护区案例的实证研究. 农村经济, 2011, (5): 50-53.
- [63] 王欧, 宋洪远. 建立农业生态补偿机制的探讨. 农业经济问题, 2005, (6): 22-28.
- [64] Sun Z L, Müller D. A framework for modeling payments for ecosystem services with agent-based models, Bayesian belief networks and opinion dynamics models. *Environmental Modelling & Software*, 2013, 45: 15-28.
- [65] Bailey I, Buck L E. Managing for resilience: a landscape framework for food and livelihood security and ecosystem services. *Food Security*, 2016, 8(3): 477-490.
- [66] Li C, Zheng H, Li S Z, Chen X S, Li J, Zeng W H, Liang Y C, Polasky S, Feldman M W, Ruckelshaus M, Ouyang Z Y, Daily G C. Impacts of conservation and human development policy across stakeholders and scales. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2015, 112(24): 7396-7401.
- [67] 胡振通, 柳荻, 靳乐山. 草原生态补偿: 生态绩效、收入影响和政策满意度. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(1): 165-176.
- [68] Guerrini A. Sustainability or Collapse? An integrated history and future of people on earth. *Annals of Science*, 2009, 66(2): 292-294.
- [69] 傅伯杰. 我国生态系统研究的发展趋势与优先领域. 地理研究, 2010, 29(3): 383-396.
- [70] Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press, 2005.
- [71] Daily G C, 欧阳志云, 郑华, 李树苗, 王玉宽, Feldman M, Kareiva P, Polasky S, Ruckelshaus M. 保障自然资本与人类福祉: 中国的创新与影响. 生态学报, 2013, 33(3): 669-676.
- [72] Guillem E E, Murray-Rust D, Robinson D T, Barnes A, Rounsevell M D A. Modelling farmer decision-making to anticipate tradeoffs between provisioning ecosystem services and biodiversity. *Agricultural Systems*, 2015, 137: 12-23.