

环境友好农业生产方式生态补偿标准探讨 ——以崇明岛东滩绿色农业示范项目为例

沈根祥¹, 黄丽华¹, 钱晓雍¹, 潘丹丹², 施圣高³, M. L. Gullino⁴

(1.上海市环境科学研究院, 上海 200233; 2.浙江大学环境与资源学院, 浙江 杭州 310004; 3.上海上实现代农业开发有限公司, 上海 202183; 4.意大利都灵大学农业环境能力创新中心, 意大利 都灵 10095)

摘要:以崇明岛东滩绿色农业示范项目为研究案例,在定量监测环境友好型肥料管理方式对化肥污染控制效果的基础上,运用相关经济学方法,从环境友好肥料管理方式所创造的生态效益价值和实际投入的额外成本两个角度出发,探讨了生态补偿标准的理论上限值和下限值,同时讨论了在实际制定补偿标准时需要考虑的其他因素和采取的补偿方式。结果表明,环境友好型肥料管理方式可有效削减氮素流失负荷和温室气体排放通量,削减率分别达到 46.6%~61.8% 和 23.4%~46.7%;在梨园所创造的生态效益价值和实际额外投入成本分别为 10 135.6 和 3 066.1 元(RMB)·hm⁻²·a⁻¹,在蔬菜田所创造的生态效益价值和实际额外投入成本分别为 7 640.1 和 3 165.2 元(RMB)·hm⁻²·a⁻¹。因此,梨园和蔬菜田由于应用环境友好型肥料管理方式可获得的生态补偿理论值范围分别为 3 066.1~10 135.6 元(RMB)·hm⁻²·a⁻¹ 和 3 165.2~7 640.1 元(RMB)·hm⁻²·a⁻¹。

关键词:环境友好农业;生态补偿;生态效益;额外成本

中图分类号:S181 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2043(2009)05-1079-06

Ecological Compensation Criteria for Environmental-Friendly Agriculture Production ——Case Study of Green Agriculture Demonstration Project in Dongtan, Chongming Island

SHEN Gen-xiang¹, HUANG Li-hua¹, QIAN Xiao-yong¹, PAN Dan-dan², SHI Sheng-gao³, M. L. Gullino⁴

(1.Shanghai Academy of Environmental Sciences, Shanghai 200233, China; 2.College of Environmental and Resource Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310004, China; 3.SIIC Modern Agriculture Development Co.Ltd, Shanghai 202183, China; 4.AGROINNOVA, University of Torino, Grugliasco(TO)10095, Italy)

Abstract: Ecological compensation mechanism has been considered as an effective way to promote the environmental-friendly agriculture in recent years. In the case of the green agriculture demonstration project in Dongtan, Chongming Island, the theoretical upper and lower limits of the compensation criteria were quantified based on the value of environmental benefits and the cost of realizing those benefits. Thanks to the application of innovative fertilizer management in the project, the nitrogen loss and greenhouse gas emission were significantly mitigated by 46.6%~61.8% and 23.4%~46.7%, respectively. The corresponding environmental benefits, which were monetized with opportunity cost method and shadow price method, were 10 135.6 RMB·hm⁻²·a⁻¹ in pear orchard and 7 640.1 RMB·hm⁻²·a⁻¹ in vegetable field. While the additional production costs in pear orchard and vegetable field were 3 066.1 RMB·hm⁻²·a⁻¹ and 3 165.2 RMB·hm⁻²·a⁻¹, respectively. Consequently, the theoretical compensation criteria in pear orchard should be 3 066.1~10 135.6 RMB·hm⁻²·a⁻¹, and in vegetable field should be 3 165.2~7 640.1 RMB·hm⁻²·a⁻¹. Furthermore, other factors relevant to the determination of compensation criteria in reality were also discussed.

Keywords: environmental-friendly agriculture; ecological compensation; environmental benefits; additional costs

为减轻高投入、高产出的常规农业生产对生态环境的破坏,国内外一致倡导发展环境友好型农业,强

调在生产的同时保护环境和生态。经过多年的发展,环境友好农业技术体系日益成熟,许多研究也表明该体系可有效削减氮磷流失、改善土壤质量、提高农产品安全性并减少农田温室气体排放^[1-4]。但由于环境友好农业生产成本较高,对技术投入和管理水平都有额外要求^[5],因此农民自愿进行环境友好生产的积极性

收稿日期:2008-08-07

基金项目:中国·意大利环境保护合作项目

作者简介:沈根祥(1965—),男,博士,教授级高级工程师,主要从事农村生态和环境保护研究。E-mail:shengx@saes.sh.cn

不高。在欧美等发达国家,政府通常采取税收优惠或财政补贴等经济激励措施,以此鼓励农民转变生产方式^[6-7]。如德国鼓励处于水源保护区的农民减少肥料用量,当农民把肥料用量降低到某一阈值以下时,政府将按一定金额标准补偿给农民,取得了良好的效果^[8]。

欧美发达国家所采取的农业补偿措施的实质,是将农业生态环境改善的外部成本内部化,即对环境友好农业生产的非市场化产品 (Non-market Output) 进行生态补偿^[9]。随着我国农业污染问题日益突出,以高投入获得高产出的常规农业生产方式急需向环境友好农业生产方式转变,并尽快研究制定相应的农业生态补偿机制。在生态补偿机制研究中,制定补偿标准即补偿定价是其中的关键。研究者们虽然提出了效益补偿、价值补偿和成本补偿等生态补偿定价原则,但在实际操作中如何货币化计量生态效益或外部成本仍然是一个难点^[10-11]。尤其在我国的农业生态补偿标准的量化研究报道甚少。因此,结合环境友好农业生产方式,研究其生态补偿的定价方法,对于突破农业生态补偿机制的瓶颈问题具有重要意义。

崇明岛东滩位于长江入海口,东滩湿地在 2002 年被列为国际重要湿地,属国家级自然保护区。鉴于崇明东滩的重要生态区位,东滩地区农业必须坚持可持续发展道路。本文以崇明岛东滩中-意合作绿色农业项目为研究案例,依据氮磷流失、 N_2O 排放等农业污染定量监测数据,运用机会成本法、影子价格法等经济学方法,从生态效益货币化和额外成本量化两个方面探讨了农业生态补偿的定价方法,以期为我国研究制定农业生态补偿标准提供参考借鉴。

1 材料和方法

1.1 项目实施概况

中-意合作绿色农业项目在上海上实东滩现代农业园区 ($120^{\circ}57.21'E, 31^{\circ}30.43'N$) 内进行,试验田包括 4 hm^2 梨园和 1 hm^2 蔬菜田,其中一半为示范区,另一半为常规对照区。项目主要通过采取环境友好的农业生产技术措施,包括养分平衡施肥、精确滴灌施肥、病虫害综合防治等,以削减肥料和农药用量,控制化肥和化学农药污染,从而达到保护生态环境的目的。化学农药污染控制的效果主要体现在农产品安全性提高方面,而化肥污染控制技术则有助于减少农田氮磷流失和温室气体排放,具有显著的生态效益。本文着重针对化肥污染控制所创造的生态效益进行讨论。

2007 年梨园和蔬菜田常规区分别施用了 $37.5\text{ t}\cdot$

hm^{-2} 和 $22.5\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的有机肥 (N:P:K 为 0.75:1.47:0.66, OM 为 17.4%)。梨园示范区施用了 $20\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的有机肥 (N:P:K 为 1.33:2.31:1.23, OM 为 28.0%), 而蔬菜田示范区没有使用有机肥。在化肥管理上,常规区根据当地常规生产方式进行,即主要利用穴施和撒施等方式把肥料分 3 到 4 次集中施用到农田中,施用量与当地常规生产保持一致。而示范区采用了环境友好型的化肥污染控制技术,首先利用农田养分平衡经验公式计算各作物的最佳肥料投入量,再应用精确滴灌施肥系统把溶解态的化肥少量多次输送到农作物根部,以提高肥料利用率并减少氮磷对环境的污染。2007 年,梨园和蔬菜田分别种植梨和西瓜-玉米(轮作),示范区和常规区的化肥施用量如表 1 所示。

表 1 示范区和常规区化学氮肥及磷肥施用量对比

Table 1 Comparison of fertilizer consumption in demonstration and conventional plot

处理	化学氮肥施用量/ $\text{kg N}\cdot\text{hm}^{-2}$		化学磷肥施用量/ $\text{kg P}_2\text{O}_5\cdot\text{hm}^{-2}$	
	梨园	蔬菜田	梨园	蔬菜田
常规区	239.1	363.5	142.5	197.7
示范区	76.6	303.7	34.5	152.0

1.2 农田氮磷流失及温室气体排放的监测与模拟

旱田常规生产所引起的主要环境问题是农田暴雨氮磷流失对地表水和地下水的污染,以及温室气体排放对全球温室效应的贡献。因此,研究环境友好农业的潜在生态效益,有必要对示范区和常规区的氮磷径流负荷、渗漏负荷及温室气体排放通量进行定量监测和对比,监测期为 2007 年。

在梨园和蔬菜田常规和示范区分别设立暴雨径流监测小区和渗漏收集管,全年监测降雨所引起的地表径流量、径流水和渗漏水中的氮磷浓度,以计算氮磷径流和渗漏年流失负荷^[12]。

农田的肥料管理对于土壤 N_2O 排放和农田系统碳库储存量有着重要的影响。为了比较常规农业生产和环境友好型农业生产在土壤 N_2O 排放通量和农田碳库储存变化量等方面的差异,利用静态箱-GC 法在田间监测 N_2O 和土壤 CO_2 的日排放通量,并以此检验 DNDC 模型,再根据 DNDC 模型的模拟结果计算梨园和蔬菜田常规和示范区的 N_2O 排放通量和碳收支情况。

1.3 氮磷流失削减生态效益货币化计量

运用机会成本法对氮磷径流负荷削减所创造的生态效益进行货币化计量,具体方法为:根据《上海市

水环境功能区划》,东滩地区属自然保护区范围,地表水环境应符合《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中的Ⅱ类水标准,即 $TN \leq 0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $TP \leq 0.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。为使农田暴雨径流水不对该地区地表水体造成污染,利用自来水把氮磷流失量“稀释”为Ⅱ类标准浓度所需要的自来水价格,可近似替代氮磷流失的污染治理成本。而径流负荷削减所创造的生态效益则可用常规区与示范区的污染治理成本的差值来表示,如式(1)和(2)所示。式(1)是以氮径流负荷削减所计算的生态效益,式(2)是以磷径流负荷削减所计算的生态效益,取金额较大者作为最终结果。

$$Q_{TN} = (TN_c - TN_i) / S_{TN} \times W \times 10^3 \quad (1)$$

$$Q_{TP} = (TP_c - TP_i) / S_{TP} \times W \times 10^3 \quad (2)$$

式中: Q_{TN} (Q_{TP})——总氮(总磷)径流削减所产生的生态效益,元(RMB)· $\text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$;

TN_c (TP_c)——常规区总氮(总磷)径流负荷, $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$;

TN_i (TP_i)——示范区总氮(总磷)径流负荷, $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$;

S_{TN} (S_{TP})——总氮(总磷)标准浓度,在此取 0.5 (0.1) $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$;

W ——当地自来水价格,在此取 0.6 元(RMB)· t^{-1} 。

氮磷渗漏负荷削减的生态效益计量方法与径流负荷相类似。由于《地下水环境质量标准》(GB 14848—1993)只对硝氮浓度作出了规定,因此以硝氮渗漏负荷的削减量作为地下水环境质量改善的生态效益的计量依据,如式(3)所示。

$$K_N = (N_c - N_i) / S_N \times W \times 10^3 \quad (3)$$

式中: K_N ——硝氮渗漏负荷削减所产生的生态效益,元(RMB)· $\text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$;

N_c ——常规区硝氮渗漏负荷, $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$;

N_i ——示范区硝氮渗漏负荷, $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$;

S_N ——地下水硝氮标准浓度,在此取 $5.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$;

W ——当地自来水价格,在此取 0.6 元(RMB)· t^{-1} 。

1.4 温室气体减排生态效益货币化计量

利用影子价格法对温室气体减排所创造的生态效益进行货币化计量。基于目前全球通行的碳排放交易机制,可将当前发达国家与我国的 CO_2 交易价格(CDM 项目)作为 CO_2 的影子价格,并以此计算温室气体减排所创造的生态效益价值,如式(4)所示。

$$F_{\text{CHGs}} = (GWP_c - GWP_i) \times P_{\text{CO}_2} \times 10^{-3} \quad (4)$$

式中: F_{CHGs} ——温室气体减排所产生的生态效益,元(RMB)· $\text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$;

GWP_c ——常规区温室气体排放通量的全球增温潜势, $\text{kg CO}_2\text{-equivalent} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$;

GWP_i ——示范区温室气体排放通量的全球增温潜势, $\text{kg CO}_2\text{-equivalent} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$;

P_{CO_2} ——2007 年中国 CDM 项目的 CO_2 平均价格^[13],取 100 元(RMB)· t^{-1} 。

1.5 环境友好农业额外投入成本定量

在该项目中,为了在保持农作物产量和品质的前提下实现污染削减,示范区引入了精确滴灌施肥系统并对肥水进行科学化管理,相比常规农业生产方式,增加了额外的生产成本。这部分额外成本可根据式(5)计算。

$$C_A = C_E + C_0 + C_L + C_F \quad (5)$$

式中: C_A ——示范区污染削减额外成本,元(RMB)· $\text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$;

C_E ——固定设备投资(精确滴灌施肥系统)年平均成本,元(RMB)· $\text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$;

C_0 ——固定设备运行费及维修费,元(RMB)· $\text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$;

C_L ——肥水管理额外人工费(示范区-常规区),元(RMB)· $\text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$;

C_F ——肥水管理额外物资费(示范区-常规区),元(RMB)· $\text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

2 结果与分析

2.1 环境友好农业面源污染削减效果

2007 年梨园和蔬菜田氮磷流失负荷如表 2 所示。由表中可知,示范区的总氮径流负荷和硝氮渗漏负荷相比常规区都有极为明显的削减,削减率达 46.6%~61.8%。由于氮素易溶于水,因此施用的氮肥极易随暴雨径流和渗漏水流失,而试验结果(表 2)说明环境友好农业技术措施可有效减少氮素流失,减轻对地表和地下水的污染威胁。由于磷素在土壤中以固定态存在,难溶于水,因此磷的径流和渗漏流失负荷较

表 2 示范区和常规区氮磷流失负荷($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)

Table 2 Nitrogen & phosphorus loss load in demonstration and conventional plot($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)

处理区	TN 径流负荷		TP 径流负荷		硝氮渗漏负荷		TP 渗漏负荷	
	梨园	蔬菜田	梨园	蔬菜田	梨园	蔬菜田	梨园	蔬菜田
常规区	9.58	5.58	1.95	0.37	51.61	67.25	1.18	0.78
示范区	4.64	2.98	1.34	0.35	19.70	31.62	1.07	0.76
削减量	4.94	2.60	0.61	0.02	31.91	35.63	0.11	0.02

表 3 示范区和常规区温室气体年排放通量

Table 3 Annual GHGs flux in demonstration and conventional plot

处理区	N ₂ O/kg N·hm ⁻² ·a ⁻¹		C 收支 ^a / kg C·hm ⁻² ·a ⁻¹		GWP ^b /kg CO ₂ - equivalent·hm ⁻² ·a ⁻¹	
	梨园	蔬菜田	梨园	蔬菜田	梨园	蔬菜田
常规区	14.7	12.9	255	1 231	8 096	10 447
示范区	6.0	6.1	383	1 356	4 312	8 002
削减量	8.7	6.8	-128	-125	3 784	2 445

注:a* 碳收支是指农田生态系统碳库储存变化量,正值表示农田系统损失了碳,负值表示农田系统增加了碳。b* GWP(全球增温潜势)是指统一以 CO₂ 当量表示的对地球温室效应的贡献量,此处 GWP 值是 GWP(N₂O)和 GWP(C 支出)之和,N₂O 的 GWP 是等质量 CO₂ 的 310 倍。

小,示范与常规区的流失负荷差异也不如氮素显著。

梨园和蔬菜田的温室气体年排放通量如表 3 所示。从表中可以看出,梨园和蔬菜田示范区的温室气体 GWP(全球温室潜势)明显低于常规区,削减率分别为 46.7%和 23.4%。

由此可见,在环境友好农业体系中,通过精确计算减少了肥料施用量,并应用精确滴灌施肥系统,减少了农业生产对地表水、地下水和大气环境的影响,具有显著的生态效益。

2.2 环境友好农业生态效益价值和额外投入成本

根据 1.3、1.4 和表 2、表 3,可将示范区氮磷流失削减和温室气体减排所创造的生态效益货币化,结果如表 4 所示。表中数据显示梨园和蔬菜田示范区由于应用了环境友好农业技术分别创造了相当于 10 135.6 和 7 640.1 元(RMB)·hm⁻²·a⁻¹ 的生态效益,以氮磷流失负荷削减获得的生态效益为主。

实现污染削减生态效益的额外投入成本见表 5。固定设备年平均成本主要是精确滴灌施肥系统的费用。其中,全自动滴灌施肥控制系统和预处理系统的总价格为 300 000 元·套⁻¹,使用寿命为 20 a,残值为 35 000 元,可服务 5 hm² 的农田面积;滴灌管成本为

表 4 梨园和蔬菜田示范区生态效益价值[元(RMB)·hm⁻²·a⁻¹]

Table 4 Value of the ecological benefits of the demonstration plot (RMB·hm⁻²·a⁻¹)

试验区	梨园示范区	蔬菜田示范区
径流负荷削减效益 *	5 928.0	3 120.0
渗漏负荷削减效益	3 829.2	4 275.6
温室气体减排效益	378.4	244.5
总效益	10 135.6	7 640.1

注:* 根据计算结果,TN 径流负荷削减的生态效益价值大于 TP 径流负荷削减,以 TN 径流负荷削减效益为准。

表 5 梨园和蔬菜田示范区额外生产成本[元(RMB)·hm⁻²·a⁻¹]

Table 5 Additional production cost of the demonstration plot (RMB·hm⁻²·a⁻¹)

试验区	梨园示范区	蔬菜田示范区
固定设备年平均成本	3 316.7	3 316.7
固定设备运行及维修费	575.0	620.0
额外人工费用	-532.0	-404.0
额外物资费用	-293.6	-367.5
总额外成本	3 066.1	3 165.2

20 000 元·hm⁻²,使用寿命为 3 a。固定设备运行及维修费中,维护维修费用平均每年为 400 元·hm⁻²,电费根据 2007 年田间试验记录计算。额外人工费是示范区与常规区肥水管理人工费的差值,根据 2007 年田间试验记录计算。结果表明,在应用了精确滴灌施肥系统后,施肥和灌溉都可以通过自动化运行,节省了人力投入。额外物资费用是示范区与常规区肥料和灌溉水费用的差值,根据两处理区的肥料品种和各品种用量计算。由此经统计,梨园和蔬菜田示范区的额外投入总成本分别为 3 066.1 和 3 165.2 元(RMB)·hm⁻²·a⁻¹。

2.3 环境友好农业生态补偿标准确定

如前所述,进行农业生态补偿的关键是确定生态补偿的标准,表 4 和表 5 已分别列出环境友好农业所创造的生态效益价值以及实现生态效益所需要的额外成本。根据环境经济学理论,生态补偿就是要使外部效益内部化,因此,外部效益的货币价值是生态补偿额度的理论上限值^[4]。而实现生态效益所需要投入的额外成本则应该是补偿金额的下限值,这是由于污染削减的生态效益无法在销售农产品过程中体现,如补偿金额低于额外成本,从经济角度出发,农民没有动力转换生产方式。按照以上分析,较为理想的补偿金额范围应该介于额外投入成本和生态效益价值之间。因此,根据表 1、表 4 和表 5,梨园应用的化肥污染控制技术的生态补偿应为 3 066.1~10 135.6 元(RMB)·hm⁻²·a⁻¹,蔬菜田为 3 165.2~7 640.1 元(RMB)·hm⁻²·a⁻¹。

3 讨论

3.1 制定生态补偿标准需考虑的其他因素

一直以来,生态补偿标准制定是整个生态补偿体系的难题,也是较容易引起争议的焦点。本文基于崇明东滩绿色农业项目,运用机会成本法和影子价格法等经济学方法,计算了该项目农业污染削减所创造的生态效益价值和额外投入成本,并细化成为可具体衡

量的氮肥减量理论补偿金额,为制定农业生态补偿标准提供了参考依据。但需要注意的是,在计算过程中,存在一些可变因素,如所在地区的生态区位、农作物种植类型、所实施的环境友好农业技术和管理措施等。一旦这些因素发生改变,所得出的补偿金额将有所不同。因此,在实际操作中,除考虑生态效益的货币价值和实现生态效益的成本以外,还应结合其他因素,包括公众的支付意愿和生产者的受偿意愿等^[15]。支付意愿是从生态服务的获益方即公众角度出发,了解他们为了享受生态环境改善所带来的福利愿意付出多少代价。受偿意愿则是从生态服务的提供方即农业生产者出发,明确他们在获得多少补偿后才愿意进行环境友好农业生产。对支付意愿和受偿意愿的评估是通过公众参与机制来进行的。有学者认为,通过评估生态效益价值和实现生态效益的成本可为生态补偿定价提供理论依据或技术依据,而生态服务供需方的支付意愿和受偿意愿则为生态补偿定价提供了市场依据^[16]。

总而言之,农业生态补偿标准的制定是一个复杂的决策过程,只有当补偿金额合理反映了生态效益价值、额外投入成本并为市场所接受时,生态补偿机制才能正常运行并真正发挥其作用。

3.2 环境友好农业生态补偿方式

在确定环境友好农业的生态补偿标准后,补偿方式是另一个需要着重考虑的因素,采取的补偿方式正确与否,将直接影响生态补偿机制的效果。就环境友好农业的生态补偿方式而言,若简单采取金钱补偿的方式,效果不一定理想。如前所述,在环境友好农业体系中,要在不影响农作物产量和品质的基础上减轻对生态环境的污染,对农民的技术能力和管理水平都有一定要求,因此,技术补偿显得尤为重要。以化肥污染控制措施为例,只有当农民掌握了提高肥料利用率和减少污染物流失的技术及管理措施后,才有可能真正实现肥料减量的生态效益。除此以外,通过采取一些扶持性政策,如优先帮助采用环境友好农业生产方式的农民通过食品安全认证或开拓国内外市场,使环境友好农业的一部分外部效益得以市场化体现,也将提高农民进行环境友好农业生产的积极性。

4 结论

(1)在崇明东滩绿色农业示范项目中,由于应用了环境友好的肥料管理技术和措施,有效削减了氮素流失负荷和温室气体排放通量,削减范围分别达

46.6%~61.8%和23.4%~46.7%。环境友好农业生产方式减少了对地表水、地下水和大气环境的污染,具有良好的生态效益,应获得生态补偿。

(2)通过环境友好农业生态效益价值货币化和额外投入成本定量化,确定了生态补偿标准的理论上限值和下限值。在崇明东滩绿色农业项目的例子中,在应用化肥污染控制技术后,梨园可获得的生态补偿理论值范围是3 066.1~10 135.6元(RMB)·hm⁻²·a⁻¹;蔬菜田可获得的生态补偿理论值范围是3 165.2~7 640.1元(RMB)·hm⁻²·a⁻¹。

(3)在实际制定农业生态补偿标准时,还应当考虑公众对生态服务的支付意愿和生产者的受偿意愿,同时,要因地制宜地采用不同的补偿方式,以达到生态补偿的最佳效果。

参考文献:

- [1] Hansen B, Kristensen E S, Grant R, et al. Nitrogen leaching from conventional versus organic farming systems a systems modelling approach[J]. *European Journal of Agronomy*, 2000, 13: 65–82.
- [2] 王长永, 王光, 万树文, 等. 有机农业与常规农业对农田生物多样性影响的比较研究进展[J]. *生态与农村环境学报*, 2007, 23(1): 75–80.
WANG Chang-yong, WANG Guang, WAN Shu-wen, et al. Effects of organic and conventional farming systems on farmland biodiversity[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2007, 23(1): 75–80.
- [3] De Jong F M W, De Snoo G R. A comparison of the environmental impact of pesticide use in integrated and conventional potato cultivation in the Netherlands[J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2002, 91: 5–13.
- [4] Syvasalo E, Regina K, Turtola E, et al. Fluxes of nitrous oxide and methane, and nitrogen leaching from organically and conventionally cultivated sandy soil in western Finland[J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2006, 113: 342–348.
- [5] Maggio A, Carillo P, Bulmetti G S, et al. Potato yield and metabolic profiling under conventional and organic farming[J]. *Europ J Agronomy*, 2008, 28: 343–350.
- [6] 邢可霞, 王青立. 德国农业生态补偿及其对中国农业环境保护的启示[J]. *农业环境与发展*, 2007(1): 1–3.
XING Ke-xia, WANG Qing-li. Ecological compensation of agriculture in Germany and the inspiration to China[J]. *Agro-Environment & Development*, 2007(1): 1–3.
- [7] 高彤, 杨姝影. 国际生态补偿政策对中国的借鉴意义[J]. *环境保护*, 2006, 10(A): 72–76.
GAO Tong, YANG Zhu-ying. The reference significance of international ecological compensation policies to China[J]. *Environmental Protection*, 2006, 10(A): 72–76.
- [8] Link J, Graeff S, Batchelor W D, et al. Evaluating the economic and environmental impact of environmental compensation payment policy un-

- der uniform and variable-rate nitrogen management[J]. *Agricultural Systems*, 2006, 91:135-153.
- [9] 郭升选. 生态补偿的经济学解释[J]. 西安财经学院学报, 2006, 19(6):43-48.
- GUO Sheng-xuan. Economic explanation of ecological compensation[J]. *Journal of Xi'an Institute of Finance and Economics*, 2006, 19(6):43-48.
- [10] 陈源泉, 高旺盛. 基于生态经济学理论与方法的生态补偿量化研究[J]. 系统工程理论与实践, 2007(4):165-170.
- CHEN Yuan-quan, GAO Wang-sheng. How to determine the payment amount of ecological compensation: based on the theories and methods of ecological economics[J]. *System Engineering Theory & Practice*, 2007(4):165-170.
- [11] 陈 钦, 魏远竹. 公益林生态补偿标准、范围和方式探讨[J]. 科技导报, 2007, 25(10):64-66.
- CHEN Qin, WEI Yuan-zhu. Standard, scope and method of ecological compensation related with non-commercial forest[J]. *Science & Technology Review*, 2007, 25(10):64-66.
- [12] 黄丽华, 沈根祥, 钱晓雍, 等. 砂质梨园和蔬菜地氮素流失及其影响因素研究[J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(2):687-691.
- HUANG Li-hua, SHEN Gen-xiang, QIAN Xiao-yong. Nitrogen loss in sandy pear orchard and vegetable field and impact factors[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2008, 27(2):687-691.
- [13] 龙腾发, 李明顺, 温桂清, 等. 中国 CDM 项目开发现状及展望[J]. 污染防治技术, 2007, 20(6):65-68.
- LONG Teng-fa, LI Ming-shun, WEN Gui-qing, et al. Present status and prospect of clean development mechanism projects in China[J]. *Pollution Control Technology*, 2007, 20(6):65-68.
- [14] 吴水荣, 马天乐, 赵 伟. 森林生态效益补偿政策进展与经济分析[J]. 林业经济, 2001(4):20-24.
- WU Shui-rong, MA Tian-le, ZHAO Wei. Policy progress and economic analysis of ecological compensation of forest[J]. *Forestry Economy*, 2001(4):20-24.
- [15] 杨光梅, 闵庆文, 李文华, 等. 我国生态补偿研究中的科学问题[J]. 生态学报, 2007, 27(10):4289-4300.
- YANG Guang-mei, MIN Qing-wen, LI Wen-hua, et al. Scientific issues of ecological compensation research in China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(10):4289-4300.
- [16] 张翼飞, 陈红敏, 李 瑾, 等. 应用意愿价值评估法, 科学制订生态补偿标准[J]. 生态经济, 2007(9):28-31.
- ZHANG Yi-fei, CHEN Hong-min, LI Jin, et al. Applying the CVM to make the standard of ecological compensation reasonable[J]. *Ecological Economy*, 2007(9):28-31.