

王 欣, 杨 君, 李 婷. 基于生态服务价值的生态补偿——以长沙市为例 [J]. 江苏农业学报, 2019, 35 (4) : 965-972.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2019.04.031

基于生态服务价值的生态补偿——以长沙市为例

王 欣, 杨 君, 李 婷

(湖南农业大学资源环境学院, 湖南 长沙 410128)

摘要: 耕地资源日益紧缺, 人地矛盾突出, 全面揭示耕地资源生态服务价值, 开展耕地生态补偿量化, 有利于正确认识耕地利用中造成的环境问题, 协调各区县经济与生态发展。本研究以长沙市为例, 采用瑞典碳税法、工业制氧成本法、替代成本法等方法, 充分考虑耕地资源生态服务惠益价值和环境污染治理成本, 构建耕地生态服务价值核算体系, 并量化生态补偿额。结果表明, 2011–2017 年长沙市耕地资源提供的生态服务惠益价值由 1.0795×10^{10} 元增长到 2017 年的 1.1166×10^{10} 元, 而环境污染治理成本由 6.226×10^9 元减少到 5.881×10^9 元, 耕地资源的生态服务惠益价值远远大于其环境污染治理成本; 2011–2017 年长沙市耕地生态补偿额均值为 4.396×10^9 元。各区县的生态补偿额存在较大的差异, 宁乡市、浏阳市及长沙县为整个长沙市提供了良好的生态服务, 是生态补偿的核心。

关键词: 耕地; 生态服务价值; 生态补偿; 长沙市

中图分类号: F301 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2019)04-0965-08

Study on ecological compensation based on ecological service value: a case study of Changsha City

WANG Xin, YANG Jun, LI Ting

(College of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: Cultivated land resources are increasingly scarce in our country, and the contradiction between people and land is prominent. Comprehensively revealing the ecological service value of cultivated land resources and carrying out the quantification of cultivated land ecological compensation will help to correctly understand the environmental problems in the use of cultivated land and coordinate the economic and ecological development of all districts and counties. Taking Changsha City as an example, Swedish carbon tax method, industrial oxygen cost method and substitute cost method were used to fully consider the value of ecological services benefit and the cost of environmental pollution control for cultivated land, construct an ecological value accounting system for the utilization of cultivated land resources, and quantify ecological compensation. The results showed that the value of ecological services provided by cultivated land resources in Changsha City increased from 1.0795×10^{10} yuan to 1.1166×10^{10} yuan in 2011–2017, while the cost of environmental pollution control was reduced from 6.226×10^9 yuan to 5.881×10^9 yuan. The benefit value of ecological services for cultivated land resources was greater than the cost of environmental pollution control. The average compensation for cultivated land in Changsha City in 2011–2017 was 4.396×10^9 yuan. There were great differences in the ecological compensation among districts

收稿日期: 2018-12-08

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41171176)

作者简介: 王 欣 (1993-), 女, 河北滦南人, 硕士研究生, 研究领域: 土地利用与规划。 (E-mail) 823218955@qq.com

通讯作者: 杨 君, (E-mail) yangjun_ly@163.com

and counties. Ningxiang City, Liuyang City and Changsha County provide good ecological services for Changsha City and are the core districts of ecological compensation.

Key words: cultivated land; ecological service value; ecological compensation; Changsha City

耕地作为一个半人工半自然的生态系统,对环境和人类社会的影响具有复杂性。长期以来,人们仅认识到耕地的生产功能,从而提高资源及环境的投入,以期提高耕地的经济产出。具体表现为大量农药化肥的投入,以及机械、灌溉等设施的建设。尽管高强度的资源投入给中国农业带来了强有力的发展,但资源的消耗及农药的推广使用使耕地的生态问题愈演愈烈。

长期以来学者们对耕地资源利用的生态外部性价值做了大量的研究,谢高地等^[1]基于 Costanza 的研究构建了单位面积价值当量因子法,对中国陆地生态系统服务价值进行评估。任平等^[2]基于 IBIS 模型对成都崇州市耕地生态价值进行了研究。陈艳蕊采用 CVM 对河南省耕地资源利用进行了简单的估算^[3]。汤进华等通过测算气体调节价值、大气净化价值、水源涵养价值、土地保持价值、土壤营养保持价值和维持生物多样性功能价值这 6 种服务功能价值核算武汉城市圈耕地生态服务价值^[4]。宋敏测算了武汉市耕地利用中的环境成本,指出应提高耕地资源利用者的综合素质^[5]。

文献梳理结果表明,目前,学者们对于耕地生态价值的研究主要集中于耕地的气体调节价值、水源涵养价值等单一价值^[6-12]或耕地生态服务正外部性价值或负外部性价值的同一价值^[13-19]取向,对耕地利用生态外部性价值综合评估案例较少。本研究构建了耕地生态外部价值综合评价体系,并以长沙市为例,采用瑞典碳税法、工业制氧成本法、替代成本法、影子工程法等方法对耕地生态服务价值正负效应进行综合评估,核算了各区县生态补偿标准,旨在正确认识耕地利用中的环境问题及全面揭示耕地资源生态服务价值,为资源合理配置和各区域生态补偿提供科学依据,协调各区县共同发展。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

长沙市位于 111°53'~114°15'E, 27°51'~28°41'N, 西接娄底, 东面毗邻江西萍乡, 南边依傍株洲、湘潭, 北面与岳阳接壤, 是湖南省的省会。2017 年全市土地面积 1.18×10⁴ km², 全境辖芙蓉、天心、岳麓、开福、雨花、望城 6 区及长沙县、宁乡市、浏阳市, 其土地利用呈现明显的区域分布特点。2011-2017 年长沙市耕地面积减少 5.9×10³ hm², 占长沙市耕地总

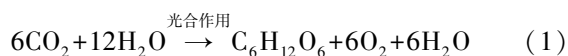
面积的 2.15%。耕地资源稀缺, 明确耕地的生态外部性价值, 合理开展生态补偿对长沙市的可持续发展和建设具有重要的意义。

1.2 模型构建

1.2.1 评价指标体系构建 本研究在参考相关研究结果的基础上, 构建了以气体调节、水源涵养、固土保肥、净化环境及生物多样性保持与景观功能等生态服务惠益功能和以农用地膜污染、温室气体排放及化肥污染的环境污染治理成本组成的耕地资源利用外部性价值核算研究模型。

1.2.2 耕地资源生态惠益价值核算方法 耕地的生态服务惠益价值是指耕地能为人类提供调节气候、净化与美化环境、防止水土流失、维护物种多样性等方面所具有的功能价值^[20]。本研究根据获取的有效数据及长沙市耕地生态系统的实际情况, 将长沙市耕地生态服务功能惠益价值界定为气体调节、水源涵养、净化环境、固土保肥及维护物种多样性与景观 5 种功能价值的总和。

1.2.2.1 气体调节功能价值 耕地对气体的调节作用主要体现在耕地上农作物的光合作用是固定二氧化碳和释放氧气实现气体调节的过程。根据光合作用公式:



每生产 1.00 t 的干物质会固定 1.63 t 二氧化碳, 并释放 1.20 t 氧气^[21]。因此通过成本法分别测算耕地的固碳功能和释氧功能来估算耕地的气体调节价值。

$$V_{\text{气}} = Q_i EP_1, Q_i = B_i \times (1 - R_i) / f_i \quad (2)$$

式中: $V_{\text{气}}$ 为耕地的气体调节价值; Q_i 为耕地净第一生产力; B_i 为长沙市主要农作物的经济产量 [$\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$]; R_i 为作物产量含水率 (%); f_i 为经济系数, 文中选择了水稻、玉米、烟叶、蔬菜、红薯和花生这 6 种作物为主要农作物; E 为固碳或制氧系数; P_1 为固碳或制氧价格。

1.2.2.2 水源涵养功能价值 采用水量平衡法计算长沙市耕地生态系统涵养水源的总量, 然后根据每立方米水库库容造价进行涵养水源价值量的估算, 公式为:

$$V_{\text{水}} = (1 - \theta) \times R \times S \times P_2 \quad (3)$$

式中: θ 为耕地蒸散系数, 根据其他学者的研究, θ 取 0.84; R 为降雨量; S 为耕地面积; P_2 为单位

蓄水量水库建造成本,取 $1 \text{ m}^3 6.48 \text{ 元}$ [22]。

1.2.2.3 固土保肥功能价值 耕地中农作物覆盖在土壤上,一方面可以减少土壤侵蚀量,减少土壤损失面积,保持耕地资源的直接经济价值;另一方面可以保持因土壤侵蚀使泥沙淤积在水库、江河、湖泊的间接经济价值。因此耕地的土壤保持功能包括减少表层土壤的损失和土壤肥力保持 2 个方面 [12]。采用替代市场法和影子工程法来计算耕地的这两方面价值。

$$V_{\text{固}} = V_{\text{土}} + V_{\text{肥}} \quad (4)$$

式中: $V_{\text{固}}$ 为耕地的固土保肥价值; $V_{\text{土}}$ 为土壤保持价值; $V_{\text{肥}}$ 为保持肥力价值。

取土壤的有效耕作层以及耕地面积来测算土壤保持量,公式为:

$$A = S \times (E_p - E_r), V_{\text{土}} = A \times B \times (h_2 \times C \times 10\,000)^{-1} \quad (5)$$

式中: A 为土壤保持量 (t); S 为耕地面积 (hm^2); E_p 为土壤潜在侵蚀量 [$\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$]; E_r 为土壤现实侵蚀量 [$\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$]; B 为扣除成本后的平均收益, h_2 为有效耕作层厚度 (本研究取 0.5 m 进行计算), C 为土壤容质量,根据学者的研究 [23], 取 $1.2 \text{ t}/\text{m}^3$ 。

土壤侵蚀带走了大量的土壤营养物质,主要是氮、磷、钾元素。根据相关学者对湖南省土壤养分的研究结果可知土壤中水解氮含量平均为 146.67 mg/kg ,有效磷含量为 17.01 mg/kg ,速效钾含量为 90.07 mg/kg [24]。

$$V_{\text{肥}} = \sum A \times S_i \times Q_i \times P_i \quad (6)$$

式中: S_i 为土壤营养物质平均含量; Q_i 为营养物质量折算系数; P_i 为营养物质市场价格。

1.2.2.4 净化环境功能价值 耕地净化大气功能主要是耕地能减少空气中的硫化物、氮化物、卤素等有害物质和滞尘所实现的价值。采用恢复成本法测算耕地吸收硫化物、氮化物、卤素及滞尘的价值。

$$V_{\text{净}} = S(U_1 C_1 + U_2 C_2 + U_3 C_3 + U_4 C_4) \quad (7)$$

式中: U_1 为单位面积吸收 SO_2 的量; U_2 为单位面积吸收 NO_x 的量; U_3 为单位面积吸收 HF 的量; U_4 为单位面积滞尘的量; C_1 为治理 SO_2 的成本,取每 $1 \text{ t } 3\,000 \text{ 元}$; C_2 为治理 NO_x 的量,取每 $1 \text{ t } 16\,000 \text{ 元}$; C_3 为治理 HF 的量,取每 $1 \text{ t } 600 \text{ 元}$; C_4 为治理滞尘的量,取每 $1 \text{ t } 170 \text{ 元}$ [25]。

1.2.2.5 维持生物多样性和景观休闲价值 耕地生态系统为生物进化和生物多样性提供了条件,其形

成的独特优美自然景观可以为公众提供休闲娱乐场所,传播农业文化知识和习俗等 [26]。根据当量因子法可知维护生物多样性和景观休闲价值当量因子分别为 0.71 和 0.01 [27]。

$$V_{\text{维}} = \lambda \times (\alpha_1 + \alpha_2) \times S \quad (8)$$

式中: α_1 、 α_2 分别为维护生物多样性和景观休闲的单位面积价值量, λ 为湖南省生物量因子。

综上所述,耕地资源生态服务惠益价值为上述各价值之和:

$$V_{\text{正}} = V_{\text{气}} + V_{\text{水}} + V_{\text{固}} + V_{\text{净}} + V_{\text{维}} \quad (9)$$

1.2.3 耕地利用环境污染成本核算方法 耕地生态系统在提供服务功能过程中,由于不合理的农事操作也会造成诸如温室气体排放、农用地膜污染、化肥面源污染等引发的一系列环境污染问题成为耕地外部不经济的主要关注点 [28]。为此在测算耕地资源生态服务功能正外部性的同时也必须对农业活动造成的温室气体排放、环境污染等负外部性进行估算,以便更加客观地认识耕地资源的生态服务价值。

1.2.3.1 农用地膜造成的污染 地膜具有保墒、保肥、改善土壤结构、提高土壤肥力、抑制杂草等作用,已经成为中国农业生产的一项重要基本技术,但残留地膜会造成土壤结构破坏,透气性下降等问题,对农田环境造成极大影响 [29]。采用杨志新等 [30] 的恢复费用法估算农用地膜污染的损害:

$$V_{\text{维}} = S_{\text{地}} \times T \times P_{\text{劳}} + S_{\text{地}} \times T \times P_{\text{劳}} \times 23\% \quad (10)$$

式中: $S_{\text{地}}$ 为地膜使用面积, T 为清除每公顷残膜劳动时间, $P_{\text{劳}}$ 为雇佣一个农民工的工时费。

1.2.3.2 温室气体排放损害 耕地生态系统在提供服务功能时会伴随 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 等温室气体的排放,加速温室效应,采用增温潜势法计算:

$$V_{\text{农}} = P_C \times \sum GWP_i \times W_i \times S \quad (11)$$

式中: P_C : 单位 CO_2 当量排放治理成本, GWP_i 为第 i 类温室气体致使全球变暖潜势, W_i 为第 i 类温室气体量。

1.2.3.3 化肥污染 化肥的投入一定程度上能维持土壤肥力提高农业产量,同时一部分化肥进入水体造成富营养化,本研究采用化肥流失成本代替:

$$V_{\text{化}} = \sum U_i \times (1-u) \times P_i' \quad (12)$$

式中: U_i 为第 i 种化肥使用量, u 为第 i 种化肥利用率, P_i' 为第 i 种化肥价格。根据农业部发布的《中国三大粮食作物肥料利用率研究报告》,目前中国三大粮食作物氮肥、磷肥和钾肥当季平均利用率

分别为 33%、24%、42%。

1.2.3.4 耕地资源利用的生态补偿方法 耕地资源利用中不但会产生惠益功能同时还会产生环境影响,因此选择通过生态服务惠益价值与环境治理成本来计算生态补偿。

$$P_{\text{补}} = P_{\text{惠}} - P_{\text{成}} \quad (13)$$

式中: $P_{\text{补}}$ 为耕地生态补偿额, $P_{\text{惠}}$ 为耕地生态服务惠益价值, $P_{\text{成}}$ 为环境污染治理成本。

1.2.4 生态补偿优先级研究 在财政经费和支持力度一定的前提下,区域生态补偿可能出现不能全面补偿的情况,这时就需要考虑区域的经济发展水平与区域提供生态服务价值大小及区域对生态补偿的迫切程度,因此在进行生态补偿的同时还应该考虑区域的经济发展水平,对生态补偿需求高的区域优先补偿。区域生态补偿优先级计算公式为:

$$\text{区域耕地补偿优先级} = \frac{\text{单位面积生态补偿额}}{\text{单位区域面积 GDP}} \quad (14)$$

2 实证研究及其分析结果

2.1 耕地生态服务价值

对长沙市 2017 年耕地资源利用外部性价值测算(表 1),并对生态服务功能惠益价值及环境污染治理成本各部分进行排序,可以发现耕地生态服务惠益价值中气体调节价值(49.15%)>水源涵养价值(44.38%)>生物多样性维持与景观价值(3.34%)>净化环境价值(1.68%)>固土保肥价值(1.45%)。耕地环境污染治理成本中温室气体排放治理成本(87.30%)>农用地膜污染治理成本(11.70%)>化肥污染治理成本(1.00%)。

2.2 生态服务惠益价值

由表 2 可知 2011 年长沙市耕地面积为 $2.83 \times 10^5 \text{ hm}^2$,2017 年为 $2.77 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 。7 年间长沙市耕地面积持续减少,但是耕地的气体调节价值基本维持不变,表明耕地的气体调节功能受农业生产技术和管理水平提高的影响较大。水源涵养功能价值在 2011–2017 年呈波动状态,考虑其因为耕地面积的下降以及降水丰、枯年的交替,使得水源涵养价值也呈不规则变化。耕地的固土保肥价值呈现波动性上涨趋势,其中耕地的固肥价值在 2011–2017 年持续下降,由 2011 年的 6.00×10^7 元下降到 2017 年的 5.87×10^7 元。土壤量保持价值在 2011–2017 年处于不断上升趋势,由 2011 年的 2.24×10^7 元上涨到 2017

年的 1.03×10^8 元。表明耕地肥力保持功能价值下降是由于耕地面积的减少。而土壤量保持价值功能却不断上升,可知虽然耕地面积不断下降,但是农产品收益的增加弥补了耕地面积减少的影响,使土壤量保持功能价值仍保持上升趋势。长沙市耕地资源净化环境的总价值呈逐年下降趋势,2017 年同比 2011 年下降 4.00×10^6 元,且净化环境价值的下降与耕地面积减少直接相关。生物多样性维持与景观功能也逐年减少,总价值从 3.81×10^8 元下降到 3.73×10^8 元。由于耕地水源涵养价值的波动性,在不考虑耕地水源涵养功能时,耕地的生态服务惠益价值呈波动性上升趋势,表示农业生产水平的提高弥补了耕地面积的减少,使长沙市耕地资源生态惠益价值基本保持稳定。

表 1 耕地资源利用外部性价值测算结果

Table 1 Calculation results of ecological externalities of arable land utilization

| | 生态服务功能 | 总价值量 | 比例(%) |
|----------|------------|-------|-------|
| 生态服务惠益价值 | 气体调节 | 54.89 | 49.15 |
| | 水源涵养 | 49.56 | 44.38 |
| | 固土保肥 | 1.62 | 1.45 |
| | 净化环境 | 1.87 | 1.68 |
| | 生物多样性维持与景观 | 3.73 | 3.34 |
| 环境污染治理成本 | 温室气体排放 | 51.34 | 87.30 |
| | 农用地膜污染 | 6.88 | 11.70 |
| | 化肥污染 | 0.59 | 1.00 |
| 净生态服务价值 | — | 52.86 | — |

2.3 环境污染治理成本

由表 3 可知长沙市耕地生态系统 2011–2017 年年均生态服务环境损害治理成本为 5.989×10^9 元,由 2011 年的 6.226×10^9 元下降到 2017 年的 5.881×10^9 元,总量上下降了 3.450×10^8 元。其中农用地膜污染治理成本年均值为 4.1×10^7 元,由 2011 年的 2.5×10^7 元增长到 2017 年的 5.9×10^7 元,增长率为 136%,考虑其是因为农用塑料膜带来的巨大经济效益使农用塑料膜的使用面积迅速增加,农用地膜的污染治理成本逐年上升,温室气体排放治理年均成本为 5.214×10^9 元,变幅为 2.000×10^8 元,处于不断下降趋

势,考虑其是由于耕地面积的不断减少引起的;化肥污染治理成本年均值为 7.340×10^8 元,总量上呈波动性下降趋势,考虑其因为耕地面积的下降及化肥施

用量的波动性,使得化肥污染治理成本也呈波动性减少。

表 2 长沙市耕地资源利用惠益价值 ($\times 10^8$ 元)
Table 2 Benefit value of cultivated land resources utilization in Changsha

| 生态服务惠益功能 | 耕地资源利用惠益价值 ($\times 10^8$ 元) | | | | | | |
|------------|-------------------------------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|
| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| 气体调节 | 54.38 | 55.09 | 54.46 | 54.25 | 55.05 | 54.39 | 54.89 |
| 水源涵养 | 47.03 | 28.99 | 50.40 | 36.28 | 40.08 | 41.40 | 49.56 |
| 固土保肥 | 0.82 | 0.96 | 1.25 | 1.47 | 1.43 | 1.53 | 1.61 |
| 净化环境 | 1.91 | 1.90 | 1.90 | 1.89 | 1.88 | 1.88 | 1.87 |
| 生物多样性维持与景观 | 3.81 | 3.79 | 3.79 | 3.76 | 3.76 | 3.74 | 3.73 |
| 合计 | 107.95 | 90.73 | 111.80 | 97.65 | 102.20 | 102.94 | 111.66 |

表 3 长沙市环境损害治理成本
Table 3 The cost of environmental pollution in Changsha

| | 环境污染治理成本 ($\times 10^8$ 元) | | | | | | | |
|--------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 年均 |
| 农用地膜 | 0.25 | 0.30 | 0.39 | 0.43 | 0.43 | 0.50 | 0.59 | 0.41 |
| 温室气体排放 | 54.44 | 52.17 | 52.11 | 51.71 | 51.70 | 51.49 | 51.34 | 52.14 |
| 化肥污染 | 7.57 | 7.22 | 7.64 | 7.45 | 7.35 | 7.24 | 6.88 | 7.34 |
| 合计 | 62.26 | 59.69 | 60.14 | 59.60 | 59.48 | 59.23 | 58.81 | 59.89 |

2.4 耕地生态补偿研究

2011-2017 年长沙市耕地生态补偿额净增 5.1647×10^8 元,代表耕地的生态贡献力在增强,农民承担的外部性成本也在增加,将影响农民的生产积极性。2011-2017 年长沙市耕地生态补偿额的均值为 4.3960×10^9 元,仅占 2017 年长沙市财政收入的 2.41%。基于“谁受益谁补偿”,“谁污染谁付费”的原则,农民为全社会提供了生态服务,也应受到生态补偿。由表 4 可知,各区县生态补偿价值差异明显,宁乡市可获得生态补偿费为 1.5700×10^8 元,占长沙市总补偿费用的 35.77%,其次是浏阳市,占总补偿费用的 25.38%。占比最少的为芙蓉区和雨花区。宁乡市和浏阳市为整个长沙市提供了良好的生态服务,其经济发展相对落后,是耕地生态补偿的核心区域,芙蓉区、天心区、开福区、雨花区经济发展较好,生态服务功能较弱。由图 1 可见长沙市各区县

之间生态外部性价值存在区域差异性,其中开福区、岳麓区、望城区、长沙县、宁乡市和浏阳市的变化趋势相同,都经过一次波动性变化后呈缓慢增加趋势。而芙蓉区、雨花区的生态服务惠益价值及生态补偿额总量呈下降趋势,说明芙蓉区与雨花区的生态服务功能正在逐渐减弱。其中 2016 年雨花区的生态补偿额为 -7.71×10^6 元,说明 2016 年雨花区出现生态赤字,耕地资源利用对生态环境造成了巨大压力,究其原因是雨花区化肥施用量过大造成了浪费和温室气体的大量排放。

如图 2 所示,长沙市各区县需要生态补偿的优先依次为宁乡市、浏阳市、长沙县、望城区、岳麓区、开福区、天心区、芙蓉区、雨花区。其中宁乡市的生态补偿优先级最高,其次是浏阳市。而天心区、芙蓉区和雨花区为“生态消费区”,这 3 个区域经济发展水平相对较高,应率先进行生态支付。

表 4 2011–2017 年长沙市各区县生态补偿量

Table 4 Ecological compensation amount in Changsha from 2011 to 2017

| 区域 | 生态补偿量(×10 ⁶ 元) | | | | | | | 均值 |
|-----|---------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | |
| 芙蓉区 | 8.42 | 3.35 | 6.60 | 2.96 | 3.02 | 4.66 | 3.60 | 4.66 |
| 天心区 | 13.89 | 7.26 | 11.21 | 9.53 | 10.37 | 0.02 | 13.12 | 9.34 |
| 开福区 | 59.24 | 37.2 | 64.64 | 48.52 | 54.03 | 55.26 | 60.02 | 54.13 |
| 岳麓区 | 179.38 | 122.95 | 202.57 | 156.08 | 175.00 | 174.35 | 228.15 | 176.93 |
| 雨花区 | 3.20 | 1.24 | 0.56 | 0.53 | 1.35 | -7.71 | 1.43 | 0.09 |
| 望城区 | 542.23 | 331.76 | 600.72 | 443.94 | 504.44 | 500.27 | 596.14 | 502.79 |
| 长沙县 | 1 027.21 | 681.38 | 1 135.78 | 838.27 | 942.02 | 957.98 | 1 135.02 | 959.67 |
| 宁乡市 | 1 696.23 | 1 111.24 | 1 810.89 | 1 416.48 | 1 499.83 | 1 578.26 | 1 895.78 | 1 572.67 |
| 浏阳市 | 1 239.67 | 806.93 | 1 333.16 | 887.88 | 1 083.96 | 1 107.58 | 1 352.68 | 1 115.98 |
| 长沙市 | 4 769.47 | 3 103.31 | 5 166.16 | 3 805.43 | 4 274.02 | 4 370.68 | 5 285.94 | 4 396.43 |

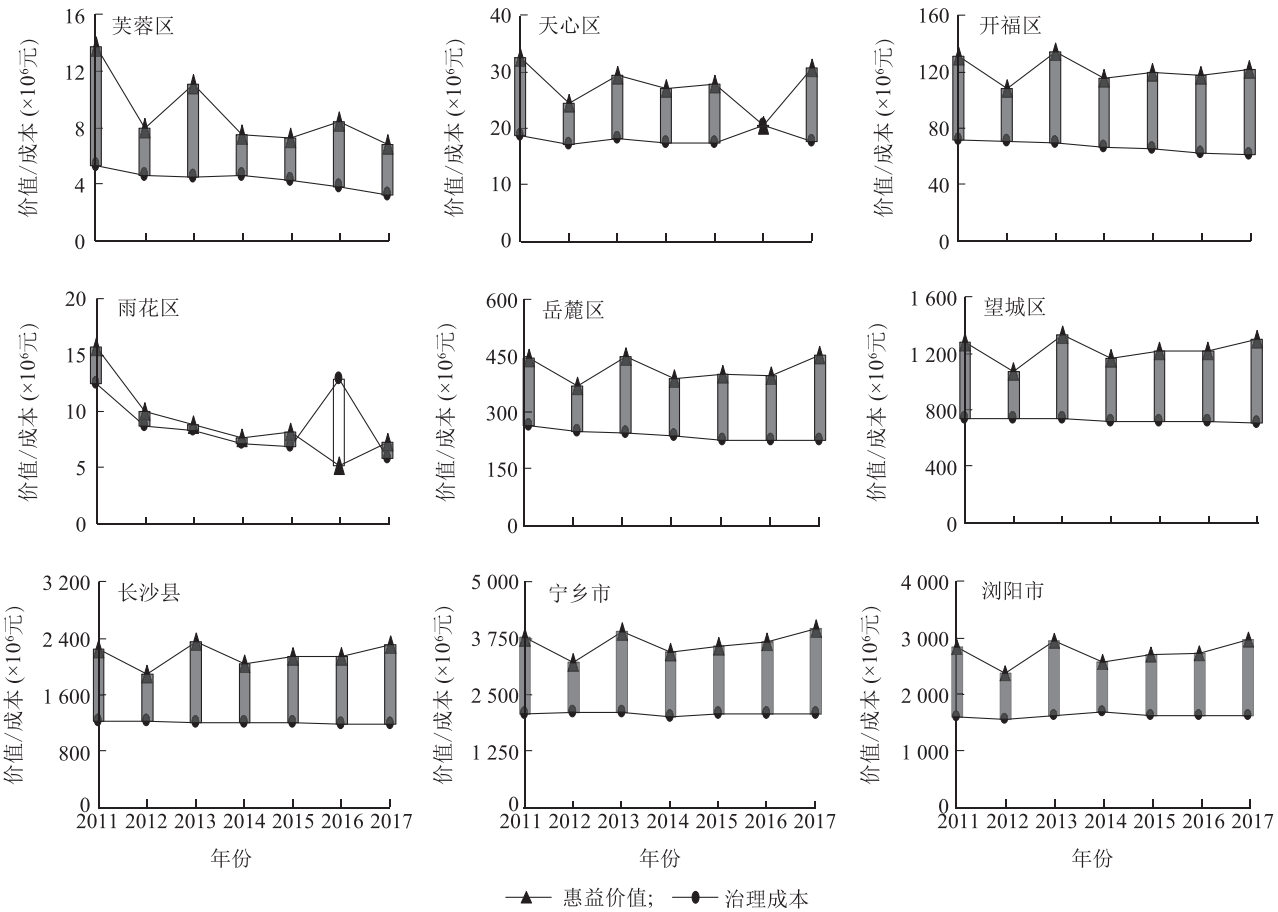


图 1 2011–2017 年长沙市各区县耕地生态服务惠益价值及环境污染治理成本

Fig.1 Value of ecological services benefit and the cost of environmental pollution control for cultivated land in Changsha from 2011 to 2017

3 讨论

本研究利用长沙市数据,对耕地利用生态服务

价值及生态补偿进行了实证研究。重点研究了耕地利用中的生态服务惠益价值,环境污染治理成本及生态补偿量化。得出以下结论:

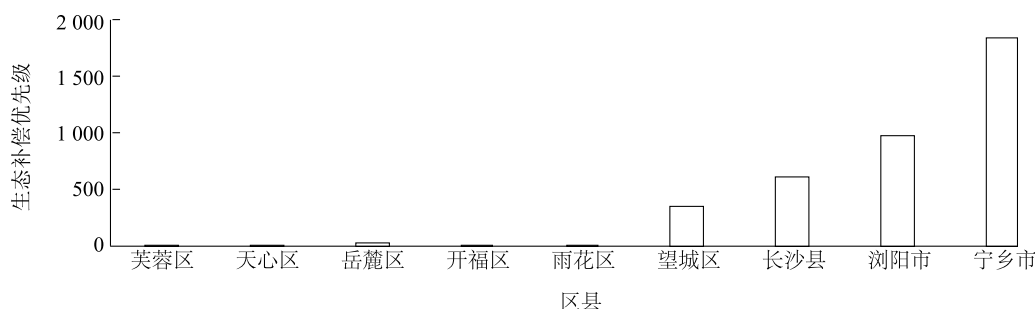


图2 长沙市各区县生态补偿优先级

Fig.2 Ecological compensation priority level in Changsha

(1)2011–2017 年长沙市耕地资源提供的生态服务惠益价值由 2011 年的 $1.079\ 5\times 10^{10}$ 元增长到 2017 年的 $1.116\ 6\times 10^{10}$ 元,而环境污染治理成本由 6.226×10^9 元减少到 5.881×10^9 元,耕地资源的生态服务正效应远远大于其负效应,因此需要对耕地资源合理利用以发挥其生态服务功能。

(2)2011–2017 年长沙市耕地生态补偿额均值为 4.396×10^9 元,生态补偿额测算结果表明宁乡市与浏阳市提供了良好的生态服务功能,雨花区的生态补偿额最小,各区县之间的生态补偿额存在较大差异。区县生态补偿优先级最高的是宁乡市、浏阳市与长沙县,其经济发展相对滞后,在制定生态补偿措施时应优先补偿宁乡市、浏阳市与长沙县,以促进其区域经济和生态环境协调发展。而芙蓉区、天心区及雨花区的生态补偿优先级较低,应率先进行生态支付并严格监督其耕地利用方式。

考虑各区之间发展方向不相同,政府应大力推进生态补偿政策,量化生态补偿有助于推进精准扶贫,提高农民的种粮积极性与资源保护效率,缩小各区之间的经济差距。通过确定区域生态补偿优先顺序,可以最大程度发挥生态补偿的效用,协调经济发展与生态保护之间的关系,维持经济与生态环境可持续发展。不同经济发展地区受生态补偿影响也不相同,生态补偿优先级低的地区应当率先进行生态支付,这也可以为政府制定生态补偿措施,协调各区县共同发展提供参考。

参考文献:

[1] 谢高地,张彩霞,张昌顺,等.中国生态系统服务的价值[J]. 资源科学, 2015, 37(9): 1740-1746.

[2] 任 平,洪步庭,马伟龙,等.基于 IBIS 模型的耕地生态价值估算——以成都崇州市为例[J]. 地理研究, 2016, 35(12):

2395-2406.

[3] 陈艳蕊. 基于耕地资源利用外部性价值评价的绿色账户核算研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2011.

[4] 汤进华,陈 志,朱俊成,等.武汉城市圈耕地资源生态服务价值核算[J]. 中国农学通报, 2015, 31(4): 237-244.

[5] 宋 敏.耕地资源利用中的环境成本分析与评价——以湖北省武汉市为例[J]. 中国人口·资源与环境, 2013, 23(12): 76-83.

[6] 欧阳东,陈玉成,严素定.重庆市化肥使用与残留的时空分异特征研究[J]. 水土保持学报, 2004(5): 43-45, 119.

[7] 张 锋. 中国化肥投入的面源污染问题研究[D]. 南京:南京农业大学, 2011.

[8] 向平安,周 燕,燕惠民,等.湿地水稻生产外部成本的主要成因案例研究[J]. 长沙: 湖南农业大学学报(自然科学版), 2006, 32(1): 32-36.

[9] 刘亚男,李淑杰,孙 博,等. 扶余市生态服务价值对土地利用变化的响应[J]. 江苏农业学报, 2017, 33(3): 592-597.

[10] 马伟龙,任 平,陶晓明.四川省耕地生态系统涵养水源价值评估及其空间特征[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(9): 399-403.

[11] 马伟龙,任 平,曾雨晴.成都平原经济区耕地生态系统涵养水源价值时空演变特征[J]. 中国土地科学, 2015, 29(10): 85-94.

[12] 宋振江,杨 俊,李 争.长江中下游粮食主产区耕地生态安全评价——基于省级面板数据[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(20): 290-294.

[13] 刘祥鑫,蒲春玲,刘志有,等.区域耕地生态价值补偿量化研究——以新疆为例[J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(5): 84-90.

[14] 赵涛涛,王 旺.钟祥市耕地生态价值时空分异研究[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(9): 8-11.

[15] 刘祥鑫,蒲春玲,刘志有,等.基于乌鲁木齐市耕地资源综合价值的征地补偿标准研究[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(4): 56-61, 84.

[16] 胡 蓉,邱道持,谢德体,等.我国耕地资源的资产价值核算研究[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2013, 35(11): 127-132.

[17] 曹志宏,郝晋珉,梁流涛.黄淮海地区耕地资源价值核算[J]. 干旱区资源与环境, 2009, 23(9): 5-10.

- [18] 唐 建,沈田华,彭 珏.基于双边界二分式 CVM 法的耕地生态价值评价——以重庆市为例[J].资源科学,2013,35(1): 207-215.
- [19] 陈 丽.黄淮海平原耕地多功能效应及保护补偿研究[D].北京:中国农业大学,2016.
- [20] 李 佳,南 灵.耕地资源价值内涵及测算方法研究——以陕西省为例[J].干旱区资源与环境,2010,24(9):10-15.
- [21] 尚倩倩.巴彦县耕地资源价值构成及定量测算[D].哈尔滨:东北农业大学,2012.
- [22] 唐秀美,潘瑜春,刘 玉.北京市耕地生态价值评估与时空变化分析[J].中国农业资源与区划,2018,39(3):132-140.
- [23] 黄 燕.株洲市耕地生态系统服务功能价值测算及耕地保护经济补偿研究[D].长沙:湖南师范大学,2012.
- [24] 肖志鹏,张杨珠,尹力初,等.湖南省主要类型水稻土的基本养分状况与肥力质量评价[J].湖南农业科学,2008(2):71-74.
- [25] 李先涛.耕地生态服务功能价值的时空演变研究——以武汉城市圈为例[D].武汉:华中农业大学,2017.
- [26] 刘利花,尹昌斌,钱小平.稻田资源价值体系构建及价值评估——以南京市为例[J].中国农业资源与区划,2015,36(2):29-37.
- [27] 谢高地,张彩霞,张雷明,等.基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J].自然资源学报,2015,30(8):1243-1254.
- [28] 杨 友,杨 宁,邹冬生.张家界市农田生态系统服务功能价值损益特征分析[J].农业现代化研究,2015,36(1):132-136.
- [29] 武继承,管秀娟,杨永辉.地面覆盖和保水剂对冬小麦生长和降水利用的影响[J].应用生态学报,2011,22(1):86-92.
- [30] 杨志新,郑大玮,文 化.北京郊区农田生态系统服务功能价值的评估研究[J].自然资源学报,2005,20(4):564-571.

(责任编辑:陈海霞)