

农用地生态功能价值的评估

——以宜兴农用地系统固定CO₂ 释放O₂ 生态价值评估为例

魏波 张建新 吴绍华 (南京大学国土资源与旅游学系, 江苏南京210093)

摘要 借鉴了生态系统生态价值评估的理论, 对农用地的生态价值、价值评估作了简要介绍。以宜兴市农用地作为实例研究, 运用植被第一性生产力的Mami模型计算了农用地净第一性产量, 根据光合作用方程式计算了固定CO₂ 释放O₂ 的量。最后, 采用造林成本法、碳税率法、工业制氧法对宜兴农用地固定CO₂ 释放O₂ 生态价值进行评估, 宜兴市农用地系统固定CO₂ 释放O₂ 生态价值评估结果为102 951.29万元/a。

关键词 农用地; 生态功能; 价值; 评估; 宜兴

中图分类号 F301.2 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)19-05847-03

Assessment of Value of Ecological Function in Farmland

WEI Bo et al (Department of Land Resources and Tourism Sciences, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093)

Abstract The ecological value of farmland and the value assessment was introduced using the ecological value assessment theory of the ecosystem. Taking the farmland in the city of Yixing as an example, the Mami model in the primary productivity of the vegetation was used to assess the net primary output of the farmland, and the equation was used to calculate the amount of O₂ released from fixed amount of CO₂. Finally, the ecological value of the O₂ released by the certain amount of CO₂ was assessed by afforestation cost, carbon tax rate and industry making oxygen. The results showed that the assessment in Yixing was 1 029 512.9 million RMB per year.

Key words Farmland; Ecological function; Value; Assessment; Yixing

从土地资源、资产、生态系统功能角度, 农用地资源具有一定的再生性。只要利用得当, 它们不仅可以自行恢复和再生, 而且可以永续利用。农用地是一个复杂的生态系统, 其资源价值取决于系统循环状况。农用地是一类特殊的资源。它不仅能产生经济效益, 而且能产生社会效益和生态环境效益。因此, 农用地全部价值应该是体现经济效益的农用地经济价值、体现社会效益的农用地社会价值以及体现生态环境效益的农用地生态环境价值3项之和, 即

$$\text{农用地价值} = \text{农用地经济价值} + \text{农用地社会价值} + \text{农用地生态价值} \quad (1)$$

而目前的《农用地估价规程》中所设定的农用地价格重点是从资产的角度评估农用地价格的各个组成部分。在农用地生产力价格评估中所确定的价格体现的是经济使用价值, 即用于农业生产的质量价格, 而农用地的社会效益价值主要是从广大失地农民安置的角度进行计算的。而农用地在转用时不仅涉及到农民集体利益的补偿, 而且关系到城市甚至全社会公共利益的丧失。该部分价格的评估方法和相关技术细则在现有的农用地估价规程中没有做出详细的内涵解释和评估方法。可见, 以往对农用地征用价格的评估, 主要注重了农用地的生产力价值和安置农村劳动力的价值。从费用角度出发, 它只是农用地资源价格体系中的一部分, 忽视了农用地的生态价值。农用地生态价值是整个社会公共利益的体现, 具有明显的经济外部性, 特别是在公众环保意识日益加强的今天。

因此, 农用地生态服务价值的评估对农用地价格体系的构建有重要的理论意义, 对农用地转用补偿有重要的实践意义。借助生态系统服务价值定量评价的现有成果, 结合农用地生态服务功能的特点, 笔者探讨了农用地生态服务功能的

测算方法, 并以宜兴市为例对农用地固定CO₂ 释放O₂ 生态价值进行评估。

1 生态系统服务价值的评估方法

目前, 生态科学工作者提出多种生态系统效益的评价方法, 并得出相应的结果。Costanza等发表的论文《全球生态系统服务价值和自然资本》, 被认为是近年来生态学界最有影响力的科研成果^[1-2]。该文认为, “生态系统的服务价值和产生这种价值的自然资本积累对地球生命支持系统的功能至关重要, 它们直接或间接地为人类提供福利, 因此是全球经济总价值的一部分。”该文对全球海洋和陆地中16种生态群落的17类功能和服务价值进行了估算, 为定量地认识生态系统提供了科学依据。

生态系统服务功能的价值^[3]可分为直接利用价值(直接实物价值和直接服务价值, 指生态系统产品所产生的价值), 间接利用价值(生态功能价值, 指无法商品化的生态系统服务功能), 选择价值(潜在利用价值, 指人们为了将来能直接利用或间接利用某种生态系统服务功能的支付意愿), 存在价值(内在价值, 指生态系统本身具有的价值)。生态系统服务功能价值的评估方法有市场价值法、替代市场法、假想市场法等。

1.1 市场价值法 市场价值法^[3]是对具有实际市场的生态系统产品和服务以其市场价格作为其经济价值, 以人们对某种生态系统服务功能的支出费用来表示其经济价值的。市场价值法包括生产率变动法、人力资本法、机会成本法、影子工程法等。生产率变动法^[3]是利用生产率的变动来评价环境状况变动的的影响的方法。该方法就是用计算出的产品产量变化的货币值来评价生态系统服务功能的价值。如, 水土流失导致农作物产量的减少, 则可用农作物减产的价值作为森林涵养水源、保持水土的价值。影子工程法^[4]是当市场价格不存在或扭曲时, 对现有价格进行调整, 以“影子价格”来估算其经济价值的方法。如, 计算森林固碳价值, 可将森林

涵养水源的量(m^3)与建设相同库容的水库的影子价格相乘而得^[5]。

1.2 替代市场法 替代市场法^[3] 是对于无直接的市场交易和价格的生态系统服务功能,以其替代品的价值来代替其经济价值,即以使用技术手段获得与某种生态系统服务相同的结果所需的生产费用为依据,间接估算其经济价值,包括旅行费用法、资产价值法、防护支出法等。旅行费用法常被用来评价那些没有市场价格的自然景点或者环境资源的价值。它将旅游者对旅游场所的环境商品或服务的支付意愿作为其经济价值,而支付意愿又由实际支出和消费者剩余两部分组成。旅游者的实际支出包括往返交通费、餐饮费、住宿费、门票费、设施使用费以及旅游者所花费的时间成本等。通过抽样调查获得的数据可以推导出需求曲线,由需求曲线可以估算出消费者剩余部分,最后旅游者的实际支出与消费者剩余的和可作为旅游景点的价值。

1.3 假想市场法 假想市场法^[4] 是对于没有市场交易和实际市场价格的生态系统产品和服务(纯公共物品)人为地构造假想市场来衡量其价值。假想市场法的主要方法是意愿调查法。它是一种直接调查方法,即直接询问人们对某种生态系统服务的支付意愿或对某种生态系统服务损失的接受赔偿意愿,以此来估计其经济价值。意愿调查法受很多因素的影响,如受调查者的知识水平、环保意识、生活水平等,而且在支付意愿与接受赔偿意愿之间存在着极大的不对称性。意愿调查评估法研究表明,支付意愿比接受赔偿意愿数量低几倍(通常为1/3)。这可能是由于与人们对尚未拥有的某物的评价相比,人们对其已有之物的损失会有更高的评估^[6]。生态系统服务功能的价值并不是固定不变的^[4],会随着社会经济不断发展、人民生活水平的不断提高而逐渐增加。生态系统服务功能的价值随着恩格尔系数的降低而增加。

2 农用地生态服务功能和价值评估

严格地讲,农用地资源的生态价值应该是农用地及农用地上的生物构成的生态系统的生态价值。生态系统的基本功能包括生物生产功能,物质和能量的传输与转化功能,系统的自组织功能。人类利用农用地的首要目的,是运用农用地系统的生物生产功能提供人类生活必需的粮食和其他生物产品,并在长期的利用中使耕地在自组织功能的作用下形成一种特殊的人工生态系统。这一生态系统在供给人类稳定的粮食和其他生物产品的同时,又提供了一种新的生物生存环境,形成农用地生态系统特有的生物种群结构和食物链,为生物多样性的存续与发展提供了条件;并且运用物质和能量的传输转化功能,一方面通过生物的光合作用与呼吸作用改变空气中物质成分构成,另一方面通过生物和土壤的吸附功能净化环境中的有害物质;此外,还具有涵养水源的功能。正是由于这一功能,农用地生态系统与城市生态系统在环境质量、景观上完全不同,成为城市居民向往的休闲环境。可见,人类创造了耕地这一特殊的人工生态系统,并从中得到了众多的收益^[7]。可将农用地生态服务价值归为以下几类: 气体调节价值(主要指二氧化碳固定和氧气释放); 涵养水源价值; 净污价值; 土壤保育价值; 生物多样性价值; 休闲游憩价值。参考生态系统的生态价值评

估方法,讨论农用地资源生态价值评估的方法与途径。农用地各种生态价值评估建议采用的方法见表1。

表1 农用地各种生态价值评估建议方法

价值类型	建议方法	方法简介
气体调节价值、涵养水源价值	影子价格法	把农用地的生态效益作为可以在市场上交换的商品,以市场上交换的氧气和水的价格 P 作为耕地农用地造氧和涵养水源的影子价格,再根据农用地系统的造氧量和涵养水源量 Q 确定农用地的造氧价值和涵养水源价值,即 $V = P \times Q$
土壤保育价值、净污价值	影子工程法	假设建设一项与农用地系统的净污能力相同的工程的投资来表示农用地系统的净污价值
生物多样性价值	支付意愿法	以人们对农用地系统的生物多样性的续存而愿意支付的货币量来表达生物多样性的价值,支付意愿法有支付意愿、补偿意愿两种表达方式
休闲游憩价值	消费者剩余法	以人们在农用地系统的休闲游憩的实际货币支付意愿的差来表示耕地资源的休闲游憩值的方法

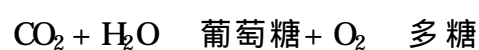
农用地生态环境价格就是指上述环境价值的综合体现,将其货币化就是其相应的生态价格。自1992年联合国气候变化公约(UNFCCC)签订到1997年通过的“京都议定书”,从目前国际环境界关注的焦点和评估技术实施的可行性来看,农用地生态价格的评估重点之一应该放在对有害气体的吸收和减少温室效应上,特别是对 CO_2 的固定和 O_2 的释放。 CO_2 的固定和 O_2 的释放的价值在自然植被生态系统中已经有较为深入的研究。鉴于 CO_2 的固定和 O_2 的释放在生态系统功能中的重要地位和估算方法的可移植性,下面以宜兴农用地为例,对固定 CO_2 释放 O_2 的生态价值进行评估。

3 实例分析

3.1 研究区概况 宜兴市位于江苏省最南部,自然地理条件优越,属海洋性季风气候,四季分明,温和湿润,适宜多种农作物生长,区内地形复杂,地类齐全,植被多样。近年来宜兴市经济体制改革力度加大,国民经济增长较快。据土地详查资料,截止2005年底宜兴市土地总面积221 499.74 hm^2 ,其中耕地65 278.99 hm^2 ,园地10 258.05 hm^2 ,林地33 177.59 hm^2 ,牧草地2.63 hm^2 ;城镇及工矿用地21 328.85 hm^2 ,交通过地5 830.31 hm^2 ,水域83 486.91 hm^2 ,未利用地2 136.41 hm^2 。

3.2 农用地生态服务功能价值评估 根据植物光合作用的方程式求出每生产1 g干物质所需吸收的 CO_2 的量,算出植被固定 CO_2 的价值;并根据农用地的生产力,算出其固定 CO_2 量及释放 O_2 量;在计算得到农用地作物每年固定的总量后,与碳税率或生产的成本的替代标准相乘得到植被固定 CO_2 的价值。

3.2.1 农用地生物量计算。光合作用方程式为



由光合作用方程式可知,植物每生产162 g干物质可固定264 g CO_2 ,即植物每生产1 g的干物质需要1.63 g CO_2 。

农用地系统是一个半自然的生态系统。植被利用太阳能将无机化合物等合成有机质,为人类提供最初的第一性有机质和能量。它的产量称为第一性生产力(NPP),是绿色植物在单位面积、单位时间内产生的有机质的产量,包括枝、叶和根等生物物质。它反映了植物类型在一定环境条件下的生产能力。

研究植被第一性生产力(NPP)的模型有水热双因子复合模型、Thornthwaite 纪念模型、Chikugo 模型、综合自然植被模型^[9]等。Mami 模型是利用世界五大洲约50个地点植被的NPP的实测资料和与之相匹配的年平均气温、年平均降水资料,根据最小二乘法拟合建立。由于该模型采用的参数易获得,且对亚热带地区的植被第一性生产力模拟与实测值误差较小,故该研究采用Mami模型乘以校正系数得到农作物的第一性生产力模型。

$$NPP_t = 3\ 000 / (1 + e^{1.315 - 0.119t}) \quad (2)$$

$$NPP_r = 3\ 000 / (1 - e^{-0.000\ 664r}) \quad (3)$$

式中, NPP_t 、 NPP_r 分别为年均温、降水量求得的第一性生产力 $[g/(m^2 \cdot a)]$; t 为作物第一性生产力修正系数。根据Liebig最小因子定律,选择由温度和降水所计算出的农作物NPP中较低者为当地的农作物的NPP值。

根据宜兴农用地面积 $65\ 278.99\ \text{hm}^2$,年均温 16.8 ,年降水量 $1\ 489\ \text{mm}$,计算得到农作物 NPP_t 及 NPP_r 分别为 $1\ 695.43$ 、 $1\ 695.43\ \text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

由此可见,宜兴市农作物第一性生产力为 $1\ 695.43\ \text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,计算结果与相关的农作物第一性生产力实测值较为接近,因此宜兴市第一性生产力的测算结果是可信的。用作物生产力与宜兴的农用地(耕地)面积测算出的第一性干生物量 $1\ 106\ 762.08\ \text{t}$,可作为测算宜兴市农作物 CO_2 固定与 O_2 释放的参数。

3.2.2 CO_2 固定与 O_2 释放与价值评估。该次价值评估以宜兴市农作物净第一性生产力为基础。根据光合作用方程式,从农作物第一性生产力物质质量可以测算出宜兴市农作物固定 CO_2 的物质质量,从作物第一性生产力物质质量可以推算出宜兴农作物系统释放 O_2 的物质质量。经测算,宜兴市农作物每年 CO_2 固定的总量为 $1\ 804\ 022.20\ \text{t}$, O_2 释放的总量为 $1\ 317\ 046.88\ \text{t}$ 。

目前森林的 CO_2 固定与 O_2 释放价值评估研究较多。该次农用地的 CO_2 固定与 O_2 释放价值评估借鉴森林生态价值的评估方法。采用造林成本法和碳税率法分别估算 CO_2 固定价值,其平均值作为 CO_2 固定价值。根据造林成本 256.24 元/ $\text{t}\ \text{CO}_2$ 和 CO_2 固定的总量,计算出固定 CO_2 价值。西方国家使用碳税限制温室气体的排放,环境经济学家们往往使用瑞典碳税 150 美元/ t 碳,将固二氧化碳的量换算为固碳量,再与碳税相乘得到固二氧化碳的生态价值。 O_2 释放价值评估采用成本法和工业制氧影子价格法。目前造林成本 352.93 元/ $\text{t}\ \text{O}_2$ ^[10]、工业制氧成本为 400 元/ t ,通过宜兴农用地释放的氧气 $180.4 \times 10^4\ \text{t}$,可以得到造林成本法、碳税率法测算的 O_2 释放价值分别为 $46\ 225.70$ 万、 $60\ 516$ 万元/ a 。造林成本

法、工业制氧法测得的释放 O_2 价值分别为 $46\ 480.88$ 万、 $52\ 680$ 万元/ a 。

CO_2 固定与 O_2 释放的生态价值的估算分别采用了2种方法,取其平均值,最后将 CO_2 固定的平均价值与 O_2 释放的平均价值相加得到 CO_2 固定与 O_2 释放的生态价值,测算结果为 $102\ 951.29$ 万元/ a 。

4 小结与讨论

研究表明,将生态系统生态服务功能评价的方法移用于农用地的生态价值功能评价是可行的。但在研究过程中发现以下问题值得深入探讨。

(1) 农作物净第一性总生物产量的估算问题。通过农作物净第一性总生物产量来估算农作物 CO_2 固定与 O_2 释放量从理论上说是可行的,但农作物第一性生物产量的估算却不是很容易的。这是由于农作物净第一性生物产量除受到自然条件的影响外,还在很大程度上受到人为因素的影响,如耕作作物的选择、复种等。

(2) 农用地其他生态价值的估算问题。农用地的生态价值估算受到数据资料的限制。该文只是估算了农用地固定 CO_2 释放 O_2 的生态价值,农用地其他方面生态价值的评估方法还有待于进一步研究。

(3) 农用地转用的生态价值补偿问题。我国正处于城市化和工业化的加速阶段,农用地转为建设用地难以避免,农用地转用的价值补偿也成为了很现实的问题。农用地生态价值的估算可以为完善农用地的价格体系提供理论基础。但是将生态价值的评估与农用地转用的补偿衔接的问题有待于进一步研究。

参考文献

- [1] COSTANZA R, DARGE R, RUDOLF D G, et al. The value of the world's ecosystems service and natural capital[J]. *Nature*, 1997, 387: 253-260.
- [2] 程国栋, 徐中民, 张志强. 生态系统服务与自然资本价值评估[J]. *生态学报*, 2001, 21(11): 1918-1926.
- [3] 马中. 环境与资源经济学概论[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999: 93-134.
- [4] 陈光清, 亢新刚. 五道河林场森林生态效益价值评估及调整[J]. *北京林业大学学报*, 2001(5): 56-59.
- [5] 薛达远, 包浩生, 李文华. 长白山自然保护区森林生态系统间接经济价值评估[J]. *中国环境科学*, 1999, 19(3): 247-252.
- [6] PEARE D W, MARKANDYA A. The benefits of environmental policy: Monetary valuation[M]. Paris: OECD, 1989.
- [7] 车裕斌. 论耕地资源的生态价值及其实现[J]. *生态经济*, 2004(1): 224-228.
- [8] 樊巍, 高喜荣, 郭良, 等. 灌木状白蜡——农作物间作系统的生物量及养分配的初步研究[J]. *林业科学*, 2000, 36(9): 109-113.
- [9] 周广胜, 郑元润, 陈四清. 自然植被第一性生产力模型及其应用[J]. *林业科学*, 1998(34): 2-11.
- [10] 任志远, 李晶. 秦巴山区植被固定 CO_2 释放 O_2 生态价值测评[J]. *地理研究*, 2004(23): 769-775.
- [11] 陈仲新, 张新时. 中国生态价值[J]. *科学通报*, 2000, 45(1): 17-22.
- [12] 阎庆文, 谢高地, 胡聃, 等. 青海草地生态系统服务功能的价值评估[J]. *资源科学*, 2004, 26(3): 56-61.