

亢志华, 刘华周. 基于成本-收益分析法的太湖氮磷污染物去除生态补偿[J]. 江苏农业学报, 2015, 31(4): 942-945.
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2015.04.037

基于成本-收益分析法的太湖氮磷污染物去除生态补偿

亢志华, 刘华周

(江苏省农业科学院农业经济与信息研究所, 江苏 南京 210014)

摘要: 本研究以江苏省农业科学院水葫芦资源化利用示范工程为研究对象, 运用成本-收益分析法, 对利用人工种植水葫芦为氮磷富集载体, 能源化、肥料化利用水葫芦, 达到消减太湖氮磷污染物的示范工程进行实证研究, 测算太湖氮磷去除成本和资源化利用收益, 同时运用比较分析法对其他太湖治理工程成本进行比较研究。结果表明, 从太湖氮磷的去除成本考虑, 江苏省农业科学院水葫芦资源化利用示范工程项目优于无锡市太湖蓝藻水分离站杨湾站工程项目和贡湖湾湿地退渔还湖示范项目。综合考虑氮磷总去除成本, 得出太湖氮磷污染物生态补偿标准为每 1 t 4.2×10^4 元; 补偿的主体是太湖流域各省市县和太湖治理工作领导小组及相关职能部门, 补偿的客体是按照自愿原则承担水体污染物去除工作的单位或组织; 补偿资金可来源于财政补贴、水污染治理专项资金、生态补偿专项资金。

关键词: 成本-收益分析法; 太湖; 氮磷污染物; 生态补偿

中图分类号: X524 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2015)04-0942-05

Eco-compensation for removal of nitrogen and phosphorus from Lake Taihu using cost-benefit analysis

KANG Zhi-hua, LIU Hua-zhou

(*Institute of Agricultural Economy and Information, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China*)

Abstract: In the demonstration project of water hyacinth resource utilization carried out by Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, resource utilization of water hyacinth which serves as the carrier of concentrated nitrogen and phosphorus was implemented for the removal of nitrogen and phosphorus from Lake Taihu. In this research, the costs of removal and the benefits of resource utilization were estimated by empirical analysis and the eco-compensation of the project was achieved as a result, which was 42 000 yuan (RMB) per ton of N and P. Compensation subjects are governmental organizations of Lake Taihu clean-up, and the objects are the agents taking part in the pollution control. Funding could come from financial subsidy and special funds for water pollution control and eco-compensation.

Key words: cost-benefit analysis; Taihu lake; nitrogen and phosphorous pollution; ecology compensation

太湖流域是中国经济最发达, 大中城市最密集的地区之一, 以占全国 0.4% 的土地和 3.8% 的人

口, 创造了占全国 11% 的 GDP。经济快速发展的同时, 太湖流域的生态环境也日渐恶化。据太湖流域水资源保护局 2012 年 12 月的《太湖流域及东南诸河省界水体水资源质量状况通报》^[1] 显示: 太湖水质评价总体为 V 类, 营养状态属中度富营养。水质分 9 个湖区按代表面积评价: III 类占 7.4%, IV 类占 27.2%, V 类占 0, 劣于 V 类占 65.4%; 太湖 41.6% 的水域为轻度富营养, 其余水域为中度富营养。与

收稿日期: 2014-11-10

基金项目: 江苏农业科技自主创新项目 [CX(12)5058]

作者简介: 亢志华, (1981-), 女, 内蒙古乌兰察布人, 助理研究员, 主要从事农业经济和生态农业方面研究 (Tel) 025-84390986; (E-mail) kzh_mm@126.com

通讯作者: 刘华周, (E-mail) liuhz01@sina.com

2011 年同期相比,Ⅲ类水面积比例减少了 11.7%,Ⅳ类水面积比例增加了 13.3%,Ⅴ类水面积比例减少了 64.1%,劣于Ⅴ类水面积比例增加了 62.5%;富营养化状况有所恶化,且未达到地表水Ⅲ类水质标准的原因主要是总氮和总磷超标。因此,太湖氮磷污染物的去除是解决太湖水质问题的关键。

1 太湖氮磷污染物去除、资源化利用工程成本收益分析

过量的氮磷会造成太湖水体污染,但氮磷同时也是农作物生长发育的主要营养元素,可作为重要资源利用。由此看来,太湖既是氮磷的“富集库”,也是氮磷的“资源库”。通过政府扶持、企业化运作的方式,以水葫芦等水生植物为载体,将太湖中严重超标的氮磷“提取”出来,作为一种生物能源应用在工业和农业生产中,以达到变废为宝和彻底治理太湖富营养化问题的目的。江苏省农业科学院研究结果^[2]显示,水葫芦对水体中氮磷钾吸附能力特别强,1 hm²水葫芦全年生长周期生物量(鲜质量)可达 750 t(折合干质量 37.5 t),能吸收 76.8 kg 氮、11.5 kg 磷。将水葫芦当“海绵”把污染物吸附,达到水体自然净化。本研究以江苏省农业科学院水葫芦资源化利用示范工程为例,测算太湖氮磷去除成本和资源化利用收益。

1.1 太湖氮磷去除成本测算

(1)示范工程水葫芦生产能力:根据相关试验

结果^[2],水葫芦控制性种养单产 750 t/hm²,鲜质量,示范工程水葫芦拟种养面积 200 hm²,年产 1.5×10⁵ t(鲜质量)。

(2)示范工程固定资产投资概算:工程固定资产投资总计 2.209 8×10⁷元,土建工程按 15 年折旧,主要设备按 5 年折旧,水葫芦种养设施按 3 年折旧。折合示范工程固定资产投资为每年 3.354 0×10⁶元。

(3)示范工程年度运行费用估算:示范项目运行费用主要包括购买原辅材料、外购燃料动力、劳务费、工资及福利费、修理费和其他管理费用等。其中水葫芦控制性种养环节运行费用约每年 2.85×10⁶元,采收转运环节运行费用约每年 1.60×10⁶元,固液分离环节运行费用为每年 1.62×10⁶元,厌氧发酵环节运行费用为每年 5.00×10⁴元,堆肥环节运行成本估计为每年 6.00×10⁴元,沼液灌溉系统运行成本为每年 6.00×10⁵元。此外,工程设备改造、维护、修理费用估算为每年 5.00×10⁵元,工程管理及人员工资福利费为每年 3.50×10⁵元,工程总运行费用为每年 7.63×10⁶元(表 1)。

(4)示范工程处理氮磷成本估算:按照示范工程投资测算,年处理 1.5×10⁵ t(鲜质量)水葫芦总成本 1.098 4×10⁷元(表 1),即每处理 1 t 水葫芦(鲜质量)成本为 73.2 元。根据江苏农业科学院试验结果^[2],水葫芦干物质含量为 5%,氮含量为 3.07%,磷含量 0.46%,计算每年每处理 1 t 氮磷的成本为 4.1×10⁴元。

表 1 200 hm²水葫芦资源化利用示范工程生产成本及成本结构

Table 1 Costs and cost structures of the demonstration project of water hyacinth resource utilization planted in an area of 200 hm²

生产环节	控制性 种养	采收 转运	固液 分离	厌氧 发酵	堆肥	沼液 灌溉	配套 设施	合计	成本结构 (%)
固定成本 总投资(×10 ⁴ 元)	378.0	406.6	248.2	238.0	675.0	114	150.0	2 209.8	
折旧后年投资(×10 ⁴ 元)	87.6	81.3	25.6	39.2	77.7	14	10.0	335.4	30.5
运行费用(×10 ⁴ 元)	285.0	160.0	162.0	5.0	6.0	60	85.0	763.0	69.5
合计(×10 ⁴ 元)	372.6	241.3	187.6	44.2	83.7	74	85.0	1 098.4	100.0

1.2 太湖氮磷资源化利用收益测算

示范工程产品总收益主要为有机肥、沼液、沼气 3 个部分(表 2):

(1)示范工程可年产 1×10⁴ t 有机肥,其有机质含量为 61%,总养分含量(即 N+P₂O₅+K₂O 含量)为 2.5%,均符合国家有机肥标准(有机质≥35,总养分≤4%)。目前市场上无补贴的有机肥价格在 1 t

520 元左右,有补贴的有机肥价格在 1 t 370 元左右,按 1 t 300 元计算,示范工程产生的有机肥收益为每年 3×10⁶元。

(2)示范工程产生的沼气能源,按示范工程满负荷运行 180 d 计算,每天可产生 1 000 m³的沼气,每立方沼气可发电 2 kWh,共计产生 3.6×10⁵ kWh,按 0.5 元/kWh 计算,示范工程产生的沼气收益为

1.8×10^5 元。

(3) 示范工程所产生的沼液直接灌溉农田, 根据相关试验结果^[3], 用于茼蒿种植, 可节省肥料成本 $1 \text{ hm}^2 3.6 \times 10^3$ 元, 纯利润增加 $1 \text{ hm}^2 7 200$ 元; 用于桃树种植, 可增加收益 $1 \text{ hm}^2 6 \times 10^4$ 元。按照示范工程 1 hm^2 生产 750 t 新鲜水葫芦计算, 1 t 新鲜水葫芦通过固液分离后可产生 750 kg 挤压汁, 1 t 水葫芦挤压汁可产沼液 800 kg, 共约产生 9×10^4 t 沼液, 约可灌溉 375 hm^2 蔬菜地, 按 667 m^2 效益 480 元计算, 共

增加收益 2.70×10^6 元。

按此测算, 示范工程运行后, 生产的有机肥、沼液及沼气等产品收益可达每年 5.88×10^6 元。年处理 1.5×10^5 t (鲜质量) 水葫芦总成本 $1.098 4 \times 10^7$ 元, 故示范工程运行后年亏损约 5.104×10^6 元。若按处理 1 t 氮磷生态补偿费用 5×10^4 元计算, 年补偿金为 $1.323 8 \times 10^7$ 元, 企业每年可赢利 8.134×10^6 元 (其中没有包含利息支出、摊销费及其他无形资产等成本)。

表 2 200 hm^2 水葫芦资源化利用示范工程投入产出测算

Table 2 Estimation of the cost and benefit of the demonstration project of water hyacinth resource utilization planted in an area of 200 hm^2

示范工程 3 个环节		水葫芦控制性种养	水葫芦机械化采收转运	水葫芦资源化利用
总投入	固定资产折旧 ($\times 10^4$ 元)	87.6	81.3	166.5
	运行成本 (设备维护、能源、劳动力投入) ($\times 10^4$ 元)	285.0	160.0	318.0
	合计	372.6	241.3	484.5
总产出	有机肥 ($\times 10^4$ 元)			300
	沼液 ($\times 10^4$ 元)			270
	沼气 ($\times 10^4$ 元)			18
	合计			588

2 其他太湖治理工程成本比较

2.1 无锡市太湖蓝藻水分离站杨湾站工程

水葫芦示范工程与蓝藻水分离站的比较: 根据《无锡市太湖蓝藻水分离站杨湾站工程实施方案》的数据, 工程建设固定资金为 $4.074 5 \times 10^7$ 元, 项目正常年运行费用为 4.774×10^6 元, 估算项目实施后, 可以从太湖水体中每年带走氮约 87 t, 磷约 6 t, 固定资产按 10 年折旧计算的话, 氮、磷处理成本为 $1 \text{ t } 9.5 \times 10^4$ 元。

2.2 贡湖湾湿地退渔还湖示范项目

贡湖湾湿地退渔还湖示范项目是国家《太湖水污染防治“十五”计划》和《无锡市太湖水污染防治“十五”实施计划》的重点项目之一, 是太湖综合整治工作的重要环节, 是无锡市太湖新城区域建设的重要组成部分。贡湖湾位于无锡市太湖新城中心区南侧, 是无锡市重要的饮用水来源地, 本项目区域总面积约 141.6 hm^2 , 其中退渔还湖面积 129.1 hm^2 , 工程示范区内清淤约 $6.0 \times 10^5 \text{ m}^3$, 并逐步实现生态清淤—底泥干化—资源化利用—削浪除藻—生态修复的系统退渔还湖综合治理。本项目采用江苏江达生态科技有

限公司自主研发的“CWJZ 河海湖泊生态修复与资源化利用一体化技术”为核心进行项目实施。

成本-收益情况: 项目总投资 2.836×10^7 元, 可处理 $6.0 \times 10^5 \text{ m}^3$ 淤泥, 直接从项目区削减氮磷 (全氮+全磷) 约 802 t, 折合每处理 1 m^3 淤泥 (含泥率 15%) 成本为 47.3 元, 每处理 1 t 氮磷成本为 3.54×10^4 元。

按本示范工程所处理的贡湖湾鱼塘底泥测算, 1 t 氮磷处理成本为 3.54×10^4 元; 按本示范工程处理一般太湖底泥测算, 1 t 氮磷处理成本为 1.02×10^5 元。

太湖不同区域、不同深度的底泥氮磷含量差别很大, 刘凌等^[4]的研究结果表明, 太湖底泥表层 (0~5 cm) 总氮含量最小值为 0.031 1%、最大值为 0.470 9%, 全湖底泥第 2 层 (5~10 cm) 总氮含量最小值为 0.014 9%、最大值为 0.280%, 全湖底泥第 3 层 (10~20 cm) 总氮含量最小值为 0.012 6%、最大值为 0.250%, 全湖底泥第 4 层 (20~50 cm) 总氮含量最小值为 0.016 3%、最大值为 0.249%, 全湖底泥第 5 层 (50~100 cm) 总氮含量最小值为 0.010 2%、最大值为 0.268 0%, 以上几个层面的均值大约在 0.13%~0.25%。常规的工程疏浚深度为 20~50 cm。本研究根据鱼塘和太湖有机质含量的比例, 将

底泥总氮含量估为 0.17%,总磷含量估为 0.11%。

从太湖氮磷的去除成本考虑,江苏省农业科学院水葫芦资源化利用示范工程项目优于无锡市太湖蓝藻水分离站杨湾站工程项目和贡湖湾湿地退渔还湖示范项目。

3 太湖氮磷去除生态补偿办法

太湖氮磷污染物去除及资源化利用可作为一项新型环保产业来运作,工程实施后,对太湖流域会产生良好的生态效益和社会效益。通过项目实施去除太湖水体中的氮磷,将促进太湖水质的改善,对整个流域生态环境都将产生积极的影响。本项目的实施可每年从水体中带走氮 230 t、磷 34.5 t。通过生物修复受污染的水体,去除富营养化水体中的氮磷,降低了富营养化程度,有效促进水质的改善,可以避免蓝藻暴发等生态危机事件,将对整个区域的生态环境产生积极的影响,保障社会公众的用水安全。因此,要对其进行生态补偿。

3.1 补偿主客体

补偿者:太湖流域各省市县和太湖治理工作领导小组及相关职能部门。

被补偿者:按照自愿原则承担水体污染物去除工作的单位或组织,获得补偿需具备以下条件:

- (1) 具有企业、事业或社会团体法人资格;
- (2) 拟承担项目按照基本建设程序已至少完成至可行性研究报告阶段;
- (3) 具备较好的经营管理水平和健全的财务核算管理体系;
- (4) 具备承担项目所需的技术能力和经济实力;
- (5) 按期提交项目基本材料和必要的辅助材料。

3.2 补偿标准

按照水污染防治的要求和治理成本,补偿资金以考核因子去除量作为补偿标准基数乘以等级系数计算(具体公式为:补偿资金=补偿标准基数×等级系数)。

补偿标准基数和等级系数由太湖水体污染物去除补偿工作领导小组根据项目类型、去除区域、国民经济发展状况及社会承受能力等因素确定。考核因子可根据水质变化及实际需要适当调整。

3.2.1 补偿标准基数 补偿标准基数(A)以考核因子去除量为基准设定,考核因子可以为总氮(TN)、总磷(TP)单因子或双因子。补偿标准基数

(A)的确定以江苏省农业科学院“水葫芦资源化利用示范工程”的氮磷处理成本为准,工程总成本为 1.0984×10^7 元,可处理 1.5×10^5 t 新鲜水葫芦,相当于处理 230 t 氮、34.5 t 磷。

(1) 以总氮(TN)单因子为考核因子

$1 \text{ t TN 去除成本} = \text{工程总成本} / \text{TN 去除总量} = 1.0984 \times 10^7 \text{ 元} / 230 \text{ t} = 4.8 \times 10^4 \text{ 元}$

(2) 以总磷(TP)单因子为考核因子

$1 \text{ t TP 去除成本} = \text{工程总成本} / \text{TP 去除总量} = 1.0984 \times 10^7 \text{ 元} / 34.5 \text{ t} = 3.18 \times 10^5 \text{ 元}$

(3) 以总氮(TN)、总磷(TP)双因子为考核因子

$Mw(\text{总费用}) = MTN(\text{TN 处理成本}) \times \text{TN 去除总量} + MTP(\text{TP 处理成本}) \times \text{TP 去除总量} \dots\dots\dots \textcircled{1}$

$MTP(\text{TP 处理成本}) = (31.8 / 4.8) MTN(\text{TN 处理成本}) = 6.625 MTN \dots\dots\dots \textcircled{2}$

将②式代入①式, $1.0984 \times 10^7 \text{ 元} = MTN \times 230 \text{ t} + 6.625 MTN \times 34.5 \text{ t}$

求解得: $1 \text{ t } MTN = 2.4 \times 10^4 \text{ 元}, 1 \text{ t } MTP = 1.59 \times 10^5 \text{ 元}。$

$1 \text{ t (TN + TP) 去除成本} = \text{工程总成本} / (\text{TN} + \text{TP}) \text{ 去除总量} = 1.0984 \times 10^7 \text{ 元} / (230 + 34.5) \text{ t} = 4.2 \times 10^4 \text{ 元}$

3.2.2 等级系数 等级系数可根据项目类型、氮磷去除流域、国民经济发展状况及社会承受能力等因素确定。

依据太湖不同区域及河道的水质情况、水体对景观及居民生活的重要性以及所属区域的社会经济发展情况和社会承受能力确定不同的等级系数。

3.3 补偿资金来源

补偿资金可来源于财政补贴、水污染治理专项资金、生态补偿专项资金,补偿资金可通过财政转移支付或其他有效的支付方式支付。

参考文献:

- [1] 水利部太湖流域管理局. 太湖流域及东南诸河省界水体水资源质量状况通报[R]. 上海:水利部太湖流域管理局,2012.
- [2] 亢志华,唐 剑,袁 伟,等. 构建太湖富营养化循环环保产业的可行性分析[J]. 江苏农业学报,2012,28(3):560-564.
- [3] 汪吉东,马洪波,高秀美,等. 水葫芦发酵沼液对紫叶莴苣生长和品质的影响[J]. 土壤,2011,43(5):787-792.
- [4] 刘 凌,崔广柏,王建中. 太湖底泥氮污染分布规律及生态风险[J]. 水利学报,2005,36(8):900-905.

(责任编辑:陈海霞)