

基于昆山地区的水葫芦问题解决方案研究

何 骋, 沈 磊, 张 颖, 韩 超, 徐玉良, 王乙江

(昆山市周庄水利站, 江苏 昆山 215325)

摘要: 以昆山市为例简要阐述了水葫芦在生态环境及社会经济方面的危害, 并以水葫芦的生长周期为主线, 分别在早期、中期及后期不同介入时机上列举阐述了其具体解决措施。通过详细分析论证, 筛选提出了适合昆山地区的综合性解决方案建议。同时, 模拟了在昆山市急水港周庄段引入水葫芦产沼气项目, 以净现值(NPV)法进行了经济可行性分析得出, 当以现有能力打捞的全部水葫芦用于产沼气项目且社会贴现率为 6% 时, 项目可在投入运营后 6 年内实现盈利, 项目运营 15 年时可实现净现值 178 万元。

关键词: 水葫芦; 解决方案; 沼气; 净现值(NPV)法

中图分类号: X705

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2018) 06-0042-04

Study on the solution of water hyacinth problem based on Kunshan area

HE Cheng, SHEN Lei, ZHANG Ying, HAN Chao, XU Yuliang, WANG Yijiang

(Zhouzhuang Water Conservancy Station of Kunshan, Suzhou 215325, Jiangsu)

Abstract: Taking Kunshan City as an example, the harm of water hyacinth in the ecological environment and socio economic aspects was briefly described. Taking the growth cycle of water hyacinth as the main line, the specific solutions were listed in the early, middle and late stages of different interventions. Through detailed analysis and demonstration, comprehensive solution proposal for Kunshan area was proposed. At the same time, water hyacinth producing biogas project in Zhouzhuang section of Jishui port in Kunshan City was simulated. The economic feasibility analysis based on the NPV method showed that when all the water hyacinths salvaged from existing capacity were used in biogas projects and the social discount rate was 6%, the project could be profitable within 6 years after it was put into operation, and it would achieve a net present value of 1.78 million yuan in 15 years of operation.

Key words: water hyacinth; solution; biogas; net present value (NPV) method

水葫芦, 学名凤眼莲, 多年生浮水向阳草本植物, 原产南美, 19 世纪初从日本作为景观植物引入我国台湾地区, 50 年代作为畜禽饲料引入我国内地, 而后逐步逃逸为野生。水葫芦作为典型的入侵植物, 因其繁殖速度快, 适应能力强、在我国缺乏天敌等因素, 如今已在我国南方大部分地区造成泛滥, 带来诸如生态破坏、水体污染、航道

堵塞等一系列问题, 给水利、环保等工作带来诸多不利。受影响地区每年需要花费大量的人力物力进行打捞。就昆山市而言, 仅 2017 年开展水葫芦突击打捞出动人员 13 万余人次, 船只 6 万余船次, 突击打捞水葫芦 35 万余 t, 耗用大量人力物力。而现有的人工及机械打捞等措施, 形式较为单一, 对于大面积爆发的水葫芦问题效果非常有限。因

收稿日期: 2018-01-19

作者简介: 何骋 (1983-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事水环境及水利工程运行管理工作。

此, 找到一个经济可行、技术成熟、绿色环保且切合地方实际的综合性解决方案具有一定现实意义。本文旨在以昆山市为例, 通过文献调研的方式分别从水葫芦生长繁殖不同阶段列举阐述其可能的解决方式, 并通过详细分析论证, 筛选提出较为可行的综合性解决方案建议。

1 解决方案研究的方法和思路

以水葫芦的生长周期为主线, 通过文献调研的方式, 分别在早期、中期及后期不同介入时机上列举阐述可能的具体解决措施, 并结合昆山地区实际, 充分考虑技术、社会及政策可行性, 同时辅以项目模拟对解决方案经济可行性进行论证, 从而筛选提出较为可行的综合性解决方案建议。

2 可能的解决措施阐述

2.1 前期介入

以源头防控为主要手段, 开展水体富营养化控制, 从而削减水葫芦生存物质基础, 主要措施有: 逐步削减工业排污量; 加强农药、化肥的使用监管和技术革新, 控制农业面源污染; 加快城镇生活污水治理, 控制生活污水污染; 防止畜禽养殖污染; 防治水产养殖污染等。

2.2 中期介入

2.2.1 打捞和拦截

采取人工或机械手段对区域水葫芦进行打捞, 或采用设置拦筛等形式对部分水域水葫芦进行拦截防控。

2.2.2 化学防治

使用各种除草剂对水葫芦进行杀灭, 常用的除草剂有农达、草甘膦、克无踪等。

2.2.3 生物防治

主要从原产地引进天敌(如水葫芦象甲等), 建立种群, 对水葫芦实施控制。目前在国外有多个国家和地区引种释放, 并建立了种群, 部分国家成功控制了水葫芦的危害, 我国在海南、湖北等地应用也取得了较好的效果。

2.3 后期介入

根据 Poddar 等人^[1]的分析可知, 水葫芦(以干重计)中纤维素、半纤维素、木质素等多糖类物质占了较大比重, 其余粗蛋白、粗纤维、粗脂肪也占有一定比例, 另外还含有丰富的氮、磷、钾等营

养元素。因此, 以水葫芦的综合利用为主要手段, 从需求侧入手, 拉动水葫芦治理内在动力具有理论依据。

2.3.1 造纸

水葫芦中纤维素、半纤维素含量达到 40% 以上^[1], 因此充分利用水葫芦中纤维素成分造纸具有一定的技术可行性, 印度、菲律宾等地已建立以水葫芦为原料的造纸厂, 我国也开展了相关应用研究。

2.3.2 制备生物乙醇

水葫芦中的纤维素可经纤维素酶水解作用降解为还原糖, 再经发酵制备生物乙醇。研究表明水葫芦是一种适合纤维素酶转化为可发酵性糖类的生物质^[2], 且选用合理的预处理方式, 还原糖产量可达到 197.60 mg/g 水葫芦^[3], 可为生物乙醇等生物质能源的开发和利用提供保障。同时, Mishima 等^[4]研究还表明, 利用水葫芦生产乙醇在条件上具有可行性, 且与其他农业废弃物生产乙醇的产量相当。

2.3.3 发酵产沼气

水葫芦中的纤维素等可作为良好的发酵底物, 经微生物的厌氧发酵制备沼气, 产气量可达 0.344 L/g 干水葫芦^[5], 利用水葫芦与动物粪便以合适比例混合发酵能提高沼气产率。另外, 沼渣和沼液也是良好的有机肥料, 若利用沼气发电还可提高能源的适用范围和利用程度。

2.3.4 有机堆肥

水葫芦含有丰富的氮、磷、钾等植物必需的营养元素, 水葫芦堆肥能保留大部分营养元素, 且水葫芦降解使得营养元素矿化更有利于植物吸收。研究表明^[6-7], 使用水葫芦堆肥能提升水稻产量, 也能促进玉米和芝麻产量增加以及微量元素吸收。

2.3.5 其他利用方式

水葫芦可干燥后直接用作燃料或制作木炭^[8], 另因其具有发达的根系, 可用于水质净化, 对重金属和有机物的去除具有良好的效果^[9]。同时, 水葫芦含有丰富的粗蛋白、粗纤维以及氨基酸等, 可食用或开发为药用^[5, 10], 也可替代部分稻草用于草菇栽培^[11], 将水葫芦发酵后脱木质素处理还可制备易于反刍动物的高蛋白饲料^[12], 也有部分企业用水葫芦编织工艺品或制作家具, 获得了较好的市场效果。

3 分析总结

3.1 方案介入时机及具体方式综合分析

通过对前、中、后 3 个阶段介入时机及其具体介入方式进行比较分析得出(见表 1),宜将中期介入手段作为应急处置方式持续介入的同时,应将前期介入方式纳入中长期规划并持续介入,同时,在当下富营养化总体趋势不可逆的不利情势下,应以水葫芦资源化利用为主要内容的后期介入作为重点,从需求侧入手大力推进。在具体介入方式上,通过对几种较为可行的综合利用方式进行比较分析得出,水葫芦产沼气、制备有机堆肥等利用方式绿色环保、技术成熟、低成本、高附加值,与昆山市产业转型发展升级和新农村建设总体思路相吻合,具有一定可行性,建议因地制宜,在吴淞江、急水港等骨干外河沿线推广应用。

3.2 经济可行性分析(以产沼气为例)

情景模拟:拟在昆山市急水港周庄段上游投入水葫芦产沼气项目。据经验数据,该流域每年水葫芦过境量(包括上游来量和本地产量)约为 25000 t(以新鲜水葫芦含水率 90% 折算成干重,下

同),年打捞量约为 2500 t。

分析方法:采用净现值法(NPV),分析所模拟项目投资后不同寿命周期的净现值,以此判断该项目经济可行性。

$$NPV=\sum^n P_i/(1+R)^i=\sum^n (CI-CO)/(1+R)^i \quad (1)$$

式中:

P_i —第 i 年的净现金流量, $P_i=CI-CO$;
 CI —第 i 年的现金流入,主要包括:沼气收益,参照昆山市当地民用天然气价格 2.45 元 / m^3 ,沼气甲烷含量按 65% 计算,折算沼气售价为 1.6 元 / m^3 。
 CO —第 i 年的现金流出,主要包括:水葫芦打捞及运输成本,按 30 元 / t 计算;沼气池建设固定资产投资,沼气池总容积按日产气量的 1.2 倍计算,造价按普通钢筋混凝土结构沼气池总容积 $\times 1200$ 元 / m^3 计算;运维成本,主要包含人员工资、电费及设备折旧等,按 0.5 元 / m^3 计算。

R —社会贴现率,本文采用 6% 的贴现率为基准^[13],并选取不同贴现率进行了对比分析。

当以现有打捞力量,将打捞上岸的水葫芦全部用于产沼项目时,(按水葫芦产气量 0.34 L/g、产

表 1 方案介入时机和方式分析结果

介入 时机	介入方式	技术可行性	社会经济可行性	政策可行性
前期 介入	富营养化控制	削减了水葫芦繁殖生长的物质基础,是最为彻底的解决方案,但技术难度大	涉及面广,耗时长,中短期内难见成效	需流域性统筹协调,宜纳入中长期规划
	突击打捞	简单易行,见效较快,但治标不治本,不适用于大面积水域	耗用大量人力物力,且打捞上来的水葫芦易造成二次污染。	宜作为应急处置方案
中期 介入	除草剂杀灭	简便快速,易于大面积应用	成本低,无法清除水葫芦种子,效果不持久、易造成二次污染	环境风险较高,与昆山市可持续发展策略不符
	引入天敌	无污染、效果持久	成本低,见效较慢,具有一定生态风险	生态风险较高,与昆山市可持续发展策略不符
后期 介入 (资 源化 利用)	造纸	技术成熟,工艺完备,已有成功案例	一次性投入较高,产品市场需求大,但生产过程易带来二次污染	与昆山产业转型升级总体思路及可持续发展策略不符
	制备生物乙醇	技术难度高,已有较为成熟的技术储备和相近成功应用案例	绿色环保,应用前景广泛,但目前成本较高,经济可行性不强	与昆山产业转型升级的总体思路吻合
	生产沼气、堆肥等	技术成熟,工艺完备,绿色环保,利用率高,已有较多成功案例	成本低、可带来高附加产值	符合昆山市新农村建设思路,具有可行性
	其他利用方式 (饲料、药用、食用、工艺品等)	大多技术成熟,有较多成功案例	成本低、但附加产值不高,且大多产品市场需求不大,对水葫芦的需求量较小,难以形成水葫芦问题解决的拉动力	难以融入昆山市现有产业格局

沼日 340 d 计算, 日产沼气约 2500 m³), 考虑建设 3000 m³ 容积普通钢混结构沼气池, 项目投资后 1 年建成, 并投入运行获益。不同社会贴现率情况下 (如图 1), 随着社会贴现率的逐步减小, 投资回收期不断缩短, 净现值不断增大, 当社会贴现率取值为 6% 时, 项目可在投入运营后 6 年内实现盈利, 项目运营 15 年时净现值为 178 万元。由于该区域水葫芦过境量远大于现有打捞能力, 故打捞量存在较大提升空间, 产沼规模亦随之存在较大扩充空间, 当社会贴现率取一定时 (取值 5%), 随着产气规模的不断加大, 投资回收期有所缩短, 净现值增加明显 (如图 2)。另外, 沼液和沼渣是功能良好的有机肥料, 若将其充分开发利用可创造一定经济价值, 能进一步缩短项目投资回收期, 增加净现值。因此, 所模拟水葫芦产沼气项目具有一定经济可行性, 且通过提升打捞量、扩大产气规模以及开发利用沼液和沼渣等副产物能进一步提升项目经济可行性。

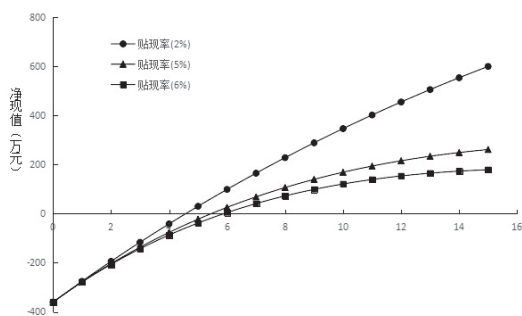


图 1 不同贴现率取值下的净现值

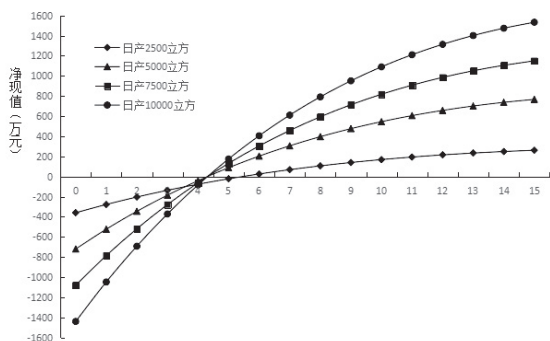


图 2 不同产气规模的净现值

4 结论与建议

作为典型入侵生物, 水葫芦的危害日益显著, 对生态环境、社会经济等多方面带来深远影响, 当因地制宜, 从源头控制到末端处理即资源化利用

全过程多方位入手, 积极探寻适合当地实际的综合性解决方案。

在方案介入时机上, 宜两端发力, 一方面宜从早期源头控制端入手, 以河长制改革为契机, 建立完善流域性的统筹协调机制, 将水体富营养化治理纳入中长期规划, 并持续推进。另一方面在富营养化趋势短期内不可逆转的情况下, 宜从需求侧发力, 因地制宜大力推进水葫芦综合利用推广应用。

在具体方案选择上, 宜在做好人工、机械打捞等应急方案的基础上, 以我市吴淞江、急水港等骨干外河上游地区为中心, 择优选择水葫芦堆肥、沼气等综合利用方式大力推广, 拉动水葫芦解决的市场需求。同时, 宜将水葫芦制备生物乙醇等作为高新技术项目引入, 与相关科研机构开展应用推广研究, 助推我市产业发展升级。

在开展资源化综合利用项目上, 水葫芦产沼气是当下与昆山地区经济社会现状以及经济发展转型升级和新农村建设整体思路相符的综合利用方式之一, 在社会、政策、技术以及经济方面均具有较高的可行性。以昆山市急水港周庄段为例, 以现有能力打捞的全部水葫芦用于产沼气项目, 当社会贴现率为 6% 时, 项目可在投入运营后 6 年内实现盈利, 项目运营 15 年时可实现净现值 178 万元。同时还能带来调整农村能源结构、降低碳排放、减少农业面源污染等多方面巨大生态环境效益。

本研究主要探索分析了水葫芦造成的危害及其可能的解决方案, 提出了以水葫芦资源化综合利用为主要内容的综合性解决方案建议。但是如何进一步完善外来物种的准入和监管制度, 加强源头管控, 从根本上避免水葫芦等外来生物入侵造成的不利影响, 以及如何结合地方实际对沼气等水葫芦综合利用所开发产品加以全面推广利用, 这些都值得进一步加以研究。

参考文献:

- [1] 徐祖信, 高月霞, 王晟. 水葫芦资源化处置与综合利用研究评述[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(2): 201-205.
- [2] 张森翔. 纤维素酶水解水葫芦研究[D]. 武汉: 武汉科技大学, 2015.

(下转第 49 页)

- [3] 翁辰, 黄慧琴, 侯进菊, 等. 不同预处理方式对凤眼莲水解产还原糖的影响 [J]. 环境科学与技术, 2017 (4):152-157 .
- [4] Misima D, Kuniki M, Sei K.Ethanol production from candidate energy crops:water hyacinth (eichhornia crassipes) and water lettuce (pistia stratiotes L) [J]. Bioresource Technology, 1990 (3):2092-2096 .
- [5] 朱磊, 胡国梁, 卢剑波, 等. 水葫芦的资源化利用 [J]. 浙江农业科学, 2006 (4):460-463 .
- [6] Sharma A R, Mittra B N.Response of rice to rate and time of application of organic materials[J]. The Journal of Agricultural Science, 1990 (114) : 249-252 .
- [7] Abdel-Sabour, Mamdouh F, Abdel-Shafy, et al . Heavy metals and plant-growth-yield as affected by water hyacinth compost applied t o sandy soil [J]. Environment Protection Engineering, 2001, 27 (2):43-53 .

- [8] 蒋伟军, 颜幼平, 李萍. 水葫芦资源化利用综述[J]. 水资源保护, 2010, 26(6):79-83.
- [9] 江洪涛, 张红梅. 国内外水葫芦防治研究综述[J]. 中国农业科技导报, 2003, 5(3):72-75.
- [10] 王万贤, 毕光扬, 张光明, 等. 洞庭湖区药用植物资源及开发利用[J]. 长江流域资源与环境, 1995, 4(4):315-321.
- [11] 张祖堂, 林革, 方金辉, 等. 利用水葫芦栽培草菇试验初报[J]. 福建农业科技, 1997(6):15.
- [12] Mukherjee R, Nandi B.Improvement of in vitro digestibility through biological treatment of water hyacinth biomass by two pleurotus species[J]. International Biodeterior&Biodegradation , 2004 (53):7-12.
- [13] 王赞信. 利用水葫芦治理水体富营养化与生产沼气的环
境经济学分析[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(8):972-978.