

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第7期 Vol.32 No.7 **2012**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 7 期

2012 年 4 月 (半月刊)

目 次

城市生态景观研究的基础理论框架与技术构架	孙然好, 许忠良, 陈利顶, 等 (1979)
拟南芥芥子酸酯对 UV-B 辐射的响应	李 敏, 王 垠, 牟晓飞, 等 (1987)
蛋白核小球藻对 Pb(II) 和 Cd(II) 的生物吸附及其影响因素	姜 晶, 李 亮, 李海鹏, 等 (1995)
梨枣在果实生长期对土壤水势的响应	韩立新, 汪有科, 张琳琳 (2004)
产业生态系统资源代谢分析方法	施晓清, 杨建新, 王如松, 等 (2012)
基于物质流和生态足迹的可持续发展指标体系构建——以安徽省铜陵市为例	 赵卉卉, 王 远, 谷学明, 等 (2025)
河北省县域农田生态系统供给功能的健康评价	白琳红, 王 卫, 张 玉 (2033)
温郁金内生真菌 <i>Chaetomium globosum</i> L18 对植物病原菌的抑菌谱及拮抗机理	 王艳红, 吴晓民, 朱艳萍, 等 (2040)
基于稳定碳同位素技术的华北低丘山区核桃-小麦复合系统种间水分利用研究	 何春霞, 孟 平, 张劲松, 等 (2047)
云贵高原喀斯特坡耕地土壤微生物量 C、N、P 空间分布	张利青, 彭晚霞, 宋同清, 等 (2056)
水稻根系通气组织与根系泌氧及根际硝化作用的关系	李奕林 (2066)
苹果绵蚜对不同苹果品种春梢生长期生理指标的影响	王西存, 于 毅, 周洪旭, 等 (2075)
磷高效转基因大豆对根际微生物群落的影响	金凌波, 周 峰, 姚 涓, 等 (2082)
基于 MODIS-EVI 数据和 Symlet11 小波识别东北地区水稻主要物候期	 徐岩岩, 张佳华, YANG Limin (2091)
基于降水利用比较分析的四川省种植制度优化	王明田, 曲辉辉, 杨晓光, 等 (2099)
气候变暖对东北玉米低温冷害分布规律的影响	高晓容, 王春乙, 张继权 (2110)
施肥对巢湖流域稻季氨挥发损失的影响	朱小红, 马中文, 马友华, 等 (2119)
丛枝菌根真菌对枳根净离子流及锌污染下枳苗矿质营养的影响	肖家欣, 杨 慧, 张绍铃 (2127)
不同 R:FR 值对菊花叶片气孔特征和气孔导度的影响	杨再强, 张 静, 江晓东, 等 (2135)
神农架海拔梯度上 4 种典型森林凋落物现存量及其养分循环动态	刘 蕾, 申国珍, 陈芳清, 等 (2142)
黄土高原刺槐人工林地表凋落物对土壤呼吸的贡献	周小刚, 郭胜利, 车升国, 等 (2150)
贵州雷公山秃杉种群生活史特征与空间分布格局	陈志阳, 杨 宁, 姚先铭, 等 (2158)
LAS 测算森林冠层上方温度结构参数的可行性	郑 宁, 张劲松, 孟 平, 等 (2166)
基于 RS/GIS 的重庆缙云山自然保护区植被及碳储量密度空间分布研究	 徐少君, 曾 波, 苏晓磊, 等 (2174)

模拟氮沉降增加对寒温带针叶林土壤 CO₂ 排放的初期影响 温都如娜,方华军,于贵瑞,等 (2185)

桂江流域附生硅藻群落特征及影响因素..... 邓培雁,雷远达,刘 威,等 (2196)

小浪底水库排沙对黄河鲤鱼的急性胁迫..... 孙麓垠,白音包力皋,牛翠娟,等 (2204)

上海池塘养殖环境成本——基于双边界二分式 CVM 法的实证研究 唐克勇,杨正勇,杨怀宇,等 (2212)

稻纵卷叶螟绒茧蜂对寄主的搜索行为 周 慧,张 扬,吴伟坚 (2223)

农林复合系统中灌木篱墙对异色瓢虫种群分布的影响..... 严 飞,周在豹,王 朔,等 (2230)

苹果脱乙酰几丁质发酵液诱导苹果叶片对斑点落叶病的早期抗性反应.....
..... 王荣娟,姚允聪,戚亚平,等 (2239)

专论与综述

气候变化影响下海岸带脆弱性评估研究进展..... 王 宁,张利权,袁 琳,等 (2248)

外来红树植物无瓣海桑引种及其生态影响 彭友贵,徐正春,刘敏超 (2259)

问题讨论

城市污泥生物好氧发酵对有机污染物的降解及其影响因素..... 余 杰,郑国砥,高 定,等 (2271)

4 种绿化树种盆栽土壤微生物对柴油污染响应及对 PAHs 的修复 闫文德,梁小翠,郑 威,等 (2279)

研究简报

云南会泽铅锌矿废弃矿渣堆常见植物内生真菌多样性..... 李东伟,徐红梅,梅 涛,等 (2288)

南方根结线虫对不同砧木嫁接番茄苗活性氧清除系统的影响 梁 朋,陈振德,罗庆熙 (2294)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 322 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 37 * 2012-04



封面图说: 站立的仓鼠——仓鼠为小型啮齿类动物,栖息于荒漠、荒漠草原等地带的洞穴之中。白天他们往往会躲在洞穴中睡觉和休息,以避开天敌的攻击,偶尔也会出来走动,站立起来警惕地四处张望。喜欢把食物藏在腮的两边,然后再走到安全的地方吐出来,由此得仓鼠之名。它们的门齿会不停的生长,所以它们的上下门齿必须不断啃食硬东西来磨牙,一方面避免门齿长得太长,妨碍咀嚼,一方面保持门牙的锐利。仓鼠以杂草种子、昆虫等为食。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201110131510

唐克勇, 杨正勇, 杨怀宇, 范晓赞. 上海池塘养殖环境成本——基于双边界二分式 CVM 法的实证研究. 生态学报, 2012, 32(7): 2212-2222.

Tang K Y, Yang Z Y, Yang H Y, Fan X Y. Environmental cost of pond aquaculture in Shanghai: an empirical analysis based on double-bounded dichotomous CVM method. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(7): 2212-2222.

上海池塘养殖环境成本 ——基于双边界二分式 CVM 法的实证研究

唐克勇, 杨正勇*, 杨怀宇, 范晓赞

(中国水产养殖经济研究中心 上海海洋大学经济管理学院, 上海 201306)

摘要:池塘养殖具有食品供给、空气质量调节、文化服务等多重功能,但在其生产过程中也会产生环境成本。正确认识池塘养殖的正、负生态服务价值,对于避免养殖生产过程中存在的盲目和短视、保持水产养殖业本身的可持续发展、促进水产养殖经济与环境的和谐发展具有重要的现实意义。依据双边界二分式 CVM 法,通过随机抽样调查法获得当地居民对于环境污染时的受偿意愿(WTA)水平,利用 STATA10.0 软件定量核算了 2010 年上海环淀山湖地区的池塘养殖环境成本为 1982.26 万元/a,约合 5105 元·a⁻¹·hm⁻²)。研究表明,居民家庭收入、受教育程度、年龄等社会经济因素对居民的环境污染受偿意愿具有显著性的影响,但其具体的影响力大小和方向还有待进一步的探讨。研究同时表明,双边界二分式 CVM 法具有较强的稳定性,政府应综合考虑各种因素,制定并执行针对性、公平性的生态补偿政策。

关键词:池塘养殖;环境成本;双边界二分式 CVM 法;环境产权;生态补偿

Environmental cost of pond aquaculture in Shanghai: an empirical analysis based on double-bounded dichotomous CVM method

TANG Keyong, YANG Zhengyong*, YANG Huaiyu, FAN Xiaoyun

Research Center of Aquaculture Economy, College of Economics and Management, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

Abstract: At present, academics on the ecological services value research focus on the positive aspects, while the negative service values, such as environment cost, is received little attention. Pond aquaculture performs multiple functions, including aquatic products supply, air quality adjustment as well as culture service and so forth. As a kind of special ecological system, the pond aquaculture also has the environment cost in its production process. A clear cognition of the positive and negative ecological services values in pond aquaculture will be a great significance to avoid the blindness and short-term version in the process of production, keep the development of pond aquaculture sustainable and promote the development of aquaculture in harmony with the environment protection. This paper firstly adopts double-bounded dichotomous contingent valuation method (CVM) and random cluster sampling method to attain the local residents' willing to accept (WTA), 354 questionnaires were sent out and 340 effective questionnaires were returned, the effective response rate was therefore 96.05%. Then the paper adopt Logit and Biprobit regression models of econometrics and STATA10.0 software was utilized for analyzing the environment cost of pond aquaculture in the DianShan Lake, Shanghai. Through these methods adopted, the paper has summarized these results as following: 1) The ecological compensation $E(WTA)$ standard of Shanghai residents for the environment pollution damage is 104.89 RMB Yuan per person in Logit model and 121.89 RMB Yuan per person in Biprobit model; 2) In 2010, the total pond aquaculture environment cost is about 19.8226 million

基金项目:国家自然科学基金(70973075);上海市教育委员会科研创新项目(09ZZ169)

收稿日期:2011-10-13; **修订日期:**2012-02-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zyyang@shou.edu.cn

Yuan, namely 5105 RMB Yuan $\cdot$ a $^{-1}\cdot$ hm $^{-2}$); 3) The latest research released that several economic social factors such as the income of the household, education background and age lay a great influences on residents' willingness to accept the ecological compensation, but these factors will cause no strict trend influences on the residents' WTA at present. Such as the income of the household, education background of residents affect the E (WTA), which shows a positive effect on the relationship of E (WTA) standard. The 18—45 years old residents pay more attention to the environmental protection. If government takes the ecological compensation policy, they may be the main stakeholders. The paper also mentions the discussions: 1) Because these social economic factors have common influences on the E (WTA) standard of residents, but the size and direction of these influences are not absolute, it needs to do a further study based on the actual situation to establish a stable structure model to determine the size and direction of these influences; 2) By the *LR* and *WALD* test, the research indicates that the double-bounded dichotomous discrete CVM has a stronger stability than the single-bounded dichotomous discrete CVM, thus the double-bounded dichotomous discrete CVM can become a relatively stable research method for ecological system service value study; 3) The environment property right should be the applicable standard to WTA and WTP. Meanwhile, improving the questionnaire design accuracy, adjusting the research course etc can overcome the differences between WTA and WTP effectively; 4) Government should make and conduct a make-up policy for ecological compensation according to the real situation in order to achieve the environmental equity and sustainable development.

Key Words: pond aquaculture; environment cost; double-bounded dichotomous CVM method; environment property right; ecological compensation

池塘养殖在我国渔业生产体系中占有重要位置。据中国渔业统计年鉴(2010)^[1]显示,2009年我国淡水养殖面积约为5423.83 $\times 10^3$ hm 2 ,其中池塘养殖面积占42.99%。作为生态农业的组成部分,池塘养殖不仅为人类提供丰富的食物供给,促进农村经济发展,而且还具有气候调节、涵养水源、文化服务等多重服务价值^[2-3]。同时由于饵料、鱼药使用不规范等问题,易造成池塘水体污染^[4],既对农(渔)业生产、食品安全、生态环境等产生负面影响^[5-7],又可能通过生态系统的传播扩散,放大负生态服务的作用和影响。对人类社会而言,这些负生态服务即是生态环境成本。

长期以来,水产养殖政策往往考虑的是水产品的经济效益,而一系列的生态系统服务价值和环境成本则因为“外部性”而被忽略。目前学界关于生态系统服务价值的研究成果大多集中于生态系统正向价值的研究,如蔡邦成^[8]、梁守真^[9]、张文广、胡远满^[10]等。而对池塘养殖环境成本的研究少见报道,Seneca^[11]等人作为早期代表,在研究美国弗吉尼亚州西部水产养殖环境成本时,将环境成本分为污染防治成本(pollution prevention costs, PPP)、污染避免成本(pollution avoidance costs, PAC)和污染损害成本(pollution damage costs, PDC)3种类型。Asche^[12]等以1985—2005成本收益数据为基础分析了挪威三文鱼养殖环境成本的主要影响因素。舒廷飞、温琰茂等^[13]提出了水产养殖成本估算模型的理论构架,杨环宇^[14]、王春晓等^[15]对池塘养殖环境成本进行了初步分析,这是国内较早在该领域展开实证研究的案例。总体来看,该领域的研究还处于起步阶段。

加强对养殖环境成本的经济研究,不仅有利于正确认识水产养殖污染的危害,引导养殖渔民从社会整体角度考虑成本效益问题,合理发展养殖产业,从而实现外部行为的经济内在化,提高自身经济收入;而且有利于环境污染防治和生态补偿政策的设计,进而提高社会福利。就上海而言,上海市先后出台了《上海市黄浦江上游水源保护条例》、《关于本市建立健全生态补偿机制的若干意见》等一系列法规和政策,将防治水源污染视为上海城市安全的重要战略。然而这些法规(政策)并没有完全妥善解决池塘养殖污染与生态保护等方面的矛盾,随着社会经济的发展,池塘养殖业面临的各种问题亟待解决。因此在参考前人研究成果的基础上,本文尝试通过核算池塘养殖的环境成本,引起学者对生态负价值的关注和探讨。本文依据随机抽样原则调

查、获取数据,利用双边界二分式条件价值评估法和 STATA10.0 软件对上海环淀山湖区池塘养殖区的环境成本进行了研究,初步核算出该区域的池塘养殖环境成本,分析了居民生态补偿受偿意愿的影响因子,期望能为相关部门提供生态补偿政策设计和实施依据,并为后续研究提供参考。

1 研究方法

1.1 条件价值评估法原理

条件价值评估法(Contingent Valuation Method, CVM)亦称为意愿价值评估法。它是根据消费者效用最大化原理,通过设置虚拟市场交易环境,调查受访者对于环境或资源质量恶化(或改善)时的受偿意愿(willingness to accept, WTA)或支付意愿(willingness to pay, WTP),从而估算出生态服务的市场经济价值^[2]。1963 年, Davis^[16]首次将 CVM 法应用于林地游憩价值的研究,此后 CVM 法在生态服务价值研究领域得到广泛的推广和应用。根据张志强^[17]、程淑兰^[18]的介绍,双边界二分式 CVM 法最早由 Hahnemann 提出,并得到了美国 NOAA 和 CVM 高级委员会(Blue-Ribbon Panel)的推荐,成为目前 CVM 研究中最先进的方法^[19-20]。双边界二分式 CVM 法是在单边界二分式的基础上,通过受访者对封闭式投标值给出的 4 种回答:接受\接受(WILL21);接受\拒绝(WILL22);拒绝\接受(WILL23);拒绝\拒绝(WILL24)。建立起受访者反映结果的概率和投标值之间的函数关系,推导出受访者的 WTA 或 WTP。它有效的模拟了市场交易博弈行为,一定程度上消除了假想偏差和策略性偏差带来的误差影响,更加真实的反映了受访者的支付(受偿)意愿,提高了研究的科学性和准确性^[21]。

根据 Hahnemann^[22]的研究,当 $WTA \geq 0$ (或 $WTP \geq 0$) 时,受访者的受偿意愿呈 Logistic 分布,若以投标值 A 为解释变量,接受 A 的概率为被解释变量,可得双边界二分式 WTA 的数学期望公式:

$$E(WTA_i) = \frac{1}{\beta_1} \times \ln \frac{1 + e^{\beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i X_i + \beta_1 b_i d_{\max}}}{1 + e^{\beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i X_i}} \quad (1)$$

$$E(WTA) = \sum n E(WTA_i) \quad (2)$$

式中, $b_i d_{\max}$ 为最大投标值, β_0 为常数项, β_1 为初始投标值系数, β_i 为各意愿影响因子系数。

1.2 环境成本评价指标选择

以严格的经济学观点, CVM 法是采用假想市场的方法来评估消费者剩余价值,而假想市场与人们真实行为之间仍然存在差别,这成为了 CVM 法无法克服的缺陷^[23]。而 Hahnemann^[24]对同一个日用品进行的试验结果显示 WTA 是 WTP 的 2.4—61 倍,说明 WTA 与 WTP 之间存在较大的差异。

造成 WTA 与 WTP 差异的原因较多。刘亚萍等^[25]指出,自然环境的公共物品属性,使人们在认可其使用价值的同时往往故意贬低其经济价值,原因在于人们认为自然资源等公共物品不会随着个人的努力而实现额外的经济效益。政府对公共资源愈发重视,其投入的财政保护资金就会越多,相应的人们需要缴纳的费用就会越低,“搭便车”的行为也会越严重,即表现为受访者回答的 WTP 值往往会低于真实的 WTP 值。而本研究区域的社会经济总水平不高,因此受收入直接影响较小的 WTA 就更有可能接近真实的居民意愿水平。同时, WTA 或 WTP 的适用性取决于环境物品的财产权是否明晰,如果消费者对该环境物品拥有法定权利,要他放弃这种权利,则应该采用 WTA 进行衡量;反之则使用 WTP。本文遵循了以上观点,采用了 WTA 作为研究评价指标。

1.3 研究区域与数据来源

1.3.1 研究区域概况

本文研究区域主要为上海环淀山湖池塘养殖区,即上海青浦区的练塘、朱家角、金泽三镇。淀山湖在青浦境内的水域面积为 46.7 km², 约占该湖泊总面积的 75.3%。2009 年青浦区池塘养殖面积约为 3883 hm², 其中练塘、朱家角、金泽三镇的养殖面积分别为 1021、648.6、1525.4 hm², 三镇合计占全区池塘养殖面积的 82.28%^[1,26]。

1.3.2 问卷设计和调研方法

CVM 法本身存在多种偏差,如假想偏差、信息偏差、策略偏差、积极回答偏差等^[27]。为了尽量减少这些偏差,提高调研的有效性和可靠性,在问卷的设计和调研过程中,一方面依据鲁瑜^[28]提出的样本选取法,确定三镇的样本量为:练塘 58 份;朱家角 111 份;金泽 191 份。另一方面,采用面访的调研方式,由调研员现场记录受访者的回答,保证了问卷调研的透明性和准确性。同时,问卷的设计选取了个体特征指标,如性别、年龄、收入等,从而减少由于信息不对称所造成的偏差。

本文根据预调研结果并结合区域经济情况,以当地最低生活保障 20 元/d 为投标间距,选定初始投标值为 20—120 元;另两组较高(低)投标值分别为 40—140 元和 10—100 元。在调研过程中,根据受访者的社会特征随机选择初始投标值,各初始投标值基本分布均匀,但略有差异。

2 研究结果

2.1 样本数据统计特征

在实地调研中,笔者采用分组面谈的方式进行调查。实际发出问卷 354 份,回收 354 份,有效问卷 340 份,问卷有效率为 96.05%。受访者基本信息特征统计见表 1。

WTA 受访者的户籍差别比较明显,而性别分布差别不大。受访者中家庭年收入达 10000 元(含)以上的比例约为 86.18%;超过 30000 元(含)的家庭数约为 51.47%(2009 年上海人均年可支配收入为 28838 元;农村人均年收入约为 123 00 元^[1]),表明受访者的经济状况基本达到了社会平均水平。受访者受教育程度普遍不高,大学及以下文化程度占到 83.24%,可能对生态补偿等了解较少,在某种程度上也会对问卷质量产生影响。问卷统计显示,75% 的受访者对居住地周边河流、养殖池塘水质及环境美观表示不满;认为自身的生产、生活受到了负面影响的受访者达到 72.4%。有 261 位受访者选择采取措施防止环境污染对自身造成的损害,其中 101 人表示如果当地环境继续恶化,则会考虑迁居以避免自身福利受到进一步的损害,占到总体受访者的 29.7%,反映了当地居民对居住环境污染的强烈关注,也说明本文的研究问题具有较强的现实意义。同时,79.7% 的受访者期望得到“直接补贴”,而 21.3% 的受访者选择了“减免税费或其它”,表明大部分的受访者期望得到直接的补贴资金,政府在具体的生态补偿实施过程中应当注意此种要求。

2.2 变量选择

在变量指标体系的选择上,本文基于前人的研究成果,并进行了适当的调整,分别选取了特征变量及社会经济因子,如性别、年龄、受教育程度、家庭年收入等作为解释变量指标。问卷具体变量指标的设置如表 2。

表 1 样本基本特征描述表

Table 1 Basic statistical characteristics of the sample table

样本特征值 Statistical characteristics	WTA 问卷统计	
	样本数 Sample size	百分比/% Percent
性别 Gender	男	199 58.53
	女	141 41.47
户籍 Huji	上海	238 70
	外地	102 30
年龄/a	<18	7 2.06
	18—30	98 28.82
	30—45	109 32.06
	45—60	95 27.94
	≥60	31 9.12
家庭年收入/元 Inc	<5 000	20 5.88
	5 000—10 000	27 7.94
	10 000—20 000	57 16.76
	20 000—30 000	61 17.94
	30 000—40 000	47 13.82
	40 000—50 000	54 15.88
	50 000—80 000	51 15
	80 000—100 000	12 3.53
	≥100 000	11 3.24
受教育情况 Edu	未上过学	29 8.53
	小学	51 15
	中学	203 59.71
	大学及以上	57 16.76
投标意愿分布	WILL21	100 29.41
Bidding distribution	WILL22	52 15.29
	WILL23	55 16.18
	WILL24	133 39.12

表 2 双边界二分式相关变量指标说明

Table 2 Relevant variables and description of double-bounded dichotomous model

变量名称 Variable name	变量指标说明 Variable index explain
WILL1	双边界二分式初始投标值的意愿
WILL2	双边界二分式接受投标值的意愿,即 WILL21、WILL22、WILL23、WILL24
Bid1	双边界初始投标值(单边界投标值)
Bid2	双边界次轮投标值
Bid3	受访者期望的受偿金额
Gender	性别
Huji	户籍
Inc1-9	家庭年收入,Inc1-9 分别表示不同的家庭年收入
Age1-5	年龄,Age1-5 分别表示不同的年龄
Edu1-4	受教育程度,Edu1-4 分别表示不同的受教育程度
Fam1-3	家庭人口数,Fam1-3 分别表示不同的家庭人口数
Ocp1-5	职业,Ocp1-5 分别表示不同的职业
Lyear	居住在养殖区附近的时间(a)
Dis	居住地距最近河边的步行时间(min)
Type	受偿方式
Rcon	Rcon1-Rcon7 问卷名词解释及了解受访者对养殖环境污染态度等主观问题

2.3 受偿意愿统计描述

根据双边界二分式 CVM 法的逻辑原理,在初始投标值的基础上依次进行单位投标值递增(减),对 WTA 问卷进行统计整理,得到投标值意愿统计表 3。

表 3 WTA 投标样本情况的统计表

Table 3 The statistical sample table of WTA

投标项目(次) Bidding	1	2	3	4	5	6
初始投标值/元	20	40	60	80	100	120
较高投标值/元	40	60	80	100	120	140
较低投标值/元	10	30	50	60	80	100
WILL21/%	36.37	20.51	21.91	28.70	45.45	36.36
WILL22/%	—	20.51	13.33	16.67	9.1	18.18
WILL23/%	18.18	15.38	21.91	18.52	5.45	9.1
WILL24/%	45.45	43.59	42.86	35.19	40	36.36

统计显示,双边界二分式受访者回答受偿意愿为 WILL21、WILL22、WILL23、WILL24 的样本数分别为 100 份、52 份、55 份和 133 份。

2.4 研究结果

分别设置如下模型:模型 a(单边界二分式 Logit 模型);模型 b1—b4(双边界二分式 Biprobit 模型,其中模型 b1—b4 分别为 WILL21、WILL22、WILL23 和 WILL24)。利用 STATA10.0 软件对上述模型进行回归拟合,通过 *t* 和 *F* 检验减少变量因子多重共线性和自相关的影响。模型分析结果如表 4 所示。

参考 Robert S. Pindyck 等^[29] 关于计量经济模型的检验方法,对模型进行绝对似然比(LR)和沃尔德(WALD)检验,结果表明模型间变量的选取是有效的。从模型整体回归的效果看,上述模型均通过了相关检验,表明单边界和双边界二分式模型在池塘养殖环境成本分析中的应用是恰当和有效的。

LR 检验公式为:

$$-2[L(\beta_R) - L(\beta_{UR})]\chi^2_m$$

(3)

式中, $L(\beta_R)$ 为有限制条件下的对数似然函数的极大值; $L(\beta_{UR})$ 为无限制条件下的对数似然函数的极大值; χ^2_m 为服从自由度为 m 的 χ^2 分布在 5% 显著水平的临界值; m 为限制条件的个数, 模型 a 和 b1—b4 的 m 值分别为 14 和 13、13、16、17。

表 4 双边界二分式模型参数估计结果

Table 4 The parametric estimated results by double-bounded dichotomous models

变量名 Variable	WTA 不同模型参数估计 WTA different models parameter estimation				
	模型 a Model a	模型 b1 Model b1	模型 b2 Model b2	模型 b3 Model b3	模型 b4 Model b4
bid1	0.038(2.95)	0.019(2.99)	0.01(2.99)	0.002(2.06)	0.013(1.97)
bid2	—	0.007(2.70)	-0.001(2.70)	0.002(9.12)	0.017(8.91)
bid3	-0.011(3.52)	—	—	—	—
Inc1	1.963(2.11)	—	—	-0.176(1.09)	-1.176(1.39)
Inc2	0.485(1.87)	-0.831(1.82)	1.37(1.82)	-0.395(0.91)	-0.296(1.26)
Inc3	—	-1.048(3.00)	1.542(3.00)	-0.188(1.46)	-0.017(1.53)
Inc4	—	-0.788(1.45)	1.229(1.45)	—	0.065(0.85)
Inc5	0.974(3.19)	-0.417(1.16)	1.440(1.16)	—	-0.426(1.26)
Inc6	—	-0.425(0.55)	0.830(0.55)	-0.042(1.74)	-0.155(1.68)
Inc7	—	-0.660(0.97)	0.667(0.97)	0.041(2.05)	-0.053(1.86)
Age1	—	0.300(1.04)	-0.837(1.04)	0.576(1.01)	0.226(0.99)
Age2	0.593(0.86)	0.302(1.07)	-0.457(1.07)	—	—
Age3	—	0.422(1.34)	-0.599(1.34)	—	—
Age4	0.449(1.79)	0.408(0.88)	0.005(0.88)	0.017(1.10)	-0.350(1.17)
Gender	0.672(2.40)	—	—	—	—
Edu1	—	-0.782(1.12)	0.407(1.12)	—	—
Edu2	—	—	—	0.811(1.78)	—
Edu3	—	-0.463(0.99)	-0.270(0.99)	0.070(0.25)	—
Huji	-0.959(2.78)	-0.853(2.35)	0.194(2.35)	—	—
Fam1	—	—	—	-0.911(2.11)	—
Fam2	-1.194(3.12)	—	—	—	—
Fam3	-0.673(2.21)	0.271(1.47)	0.304(1.47)	—	—
Ocp1	—	—	—	-0.155(0.54)	-0.208(0.74)
Ocp2	—	0.132(1.28)	-0.325(1.28)	—	—
Ocp3	-0.384(0.53)	—	—	0.269(1.94)	—
Ocp5	-1.447(2.93)	—	—	—	0.554(1.56)
Lyear	0.027(0.71)	0.034(1.16)	-0.015(1.16)	—	—
Dis	0.037(1.26)	-0.058(1.27)	0.059(1.27)	-0.036(1.79)	0.053(1.86)
Type	-0.097(0.61)	—	—	-0.453(3.18)	0.406(3.22)
Rcon1	-0.24(0.72)	—	—	—	—
Rcon2	-0.157(0.66)	—	—	-0.300(2.65)	0.318(2.73)
Rcon3	—	0.514(2.58)	-1.289(2.58)	0.193(0.58)	-0.418(0.60)
Rcon4	-0.09(0.57)	0.029(0.57)	-0.057(0.57)	0.019(0.78)	0.032(0.70)
Rcon5	-0.106(0.93)	-0.304(2.08)	0.228(2.08)	—	—
Rcon6	0.102(1.06)	—	—	—	—
Rcon7	0.197(2.78)	0.119(0.90)	-0.143(0.90)	-0.036(0.93)	-0.278(0.92)
β_0	-0.086(1.38)	0.738(1.11)	0.085(1.11)	-1.035(3.79)	-2.3(2.95)
log-likelihood	-116.77	-188.99	-184.30	-189.73	-232.85
$b_i d_{\max}$	120	100	100	140	140
LR	202	77.69	54.6	90.7	36.68

括号内为 t 检验值; significant at 5%

表 5 模型的 LR 和 WALD 检验统计表
Table 5 The LR and WALD test of models

	模型 a Model a	模型 b1 Model b1	模型 b2 Model b2	模型 b3 Model b3	模型 b4 Model b4
$L(\beta_R)$	-116.77	-189	-184.30	-189.73	-232.85
$L(\beta_{UR})$	-217.77	-227.84	-211.6	-235.08	-251.22
LR	202	77.69	54.6	90.7	36.68
χ^2_m	23.68	22.36	22.36	26.30	27.08
WALD	—	124.48	159.65	121.59	135.88

从模型的各个变量看,在模型 a 中,收入、年龄、职业等指标均在 5% 的显著水平内显著;而在模型 b1—b4 中,收入、年龄、河边距离等几个变量因子相对显著。从模型估计的方向上看,模型 a 中主要变量的变化方向基本趋于一致,而模型 b1—b4 中的变量因子基本呈现出相互交叉变化的趋势:一方面是由于模型 b1—b4 所反映的投标意愿存在彼此相反的投标选择;另一方面则是双边界二分式方法能够减少受访者的策略性行为,提高了数据信息的科学性和有效性。在上述模型中把所有的变量值均按照一定区间转化为虚拟变量,因此,其反映的变化方向仅代表该区间的情况,不影响解释变量对被解释变量整体影响的趋势。

2.4.1 收入的影响

上述模型中的收入因子拥有较高的弹性系数,表明经济收入对受访者的受偿意愿的影响是显著的。从 b1(接受\接受)模型看,收入因子 Inc2—Inc7 的系数均为负数,表明该收入区间的受访者对于环境污染的受偿意愿是呈下降趋势的;而对应的模型 b2(接受\拒绝)的收入因子 Inc2—Inc7 的系数均为正,说明随着收入的增加受访者的受偿意愿是总是增加的。在模型 b3(拒绝\接受)和模型 b4(拒绝\拒绝)中,收入因子的系数基本为负数,表明在各自对应的收入区间受访者接受该投标值的意愿是降低的,即说明受访者不满足当前的投标选项,希望得到更多的补偿。排除其他因素影响,这可能是由于受访者处于较低收入阶段时,希望得到较多的补偿收入;当自身经济条件改善后,接受捐助的需求自动降低的原因。同时,在模型 b1 和 b4 中,其各自对应的收入系数基本均为负数,表明受访者对于环境污染的受偿意愿呈现明显的分化,即对于任意一个补偿金额,可能出现绝对接受和绝对拒绝两种完全相反的回答。一方面可能是源于 CVM 法自身的偏差;另一方面则说明了收入水平不是影响环境受偿意愿的唯一和决定性因素,在此基础上还需综合探讨其他因素的影响和作用。

2.4.2 年龄的影响

在模型 a 中,年龄对受偿意愿的影响是正向的,即不论年龄的大小,受访者总是倾向于获得生态补偿。在此基础上,考察模型 b1—b4 受访者期望接受的补偿金额时,年龄因子的影响力方向和大小发生了分化。同模型 a 一样,模型 b1 中的受访者总是乐于获得生态补偿。而在模型 b2 中,如果在初始补偿水平(模型 b1)上继续降低标准,则受访者产生明显的抵制意愿,表现为年龄因子的系数为负数,表明年龄区间对受访者接受相应投标值的意愿影响力是一致的,但方向是相反的。如何确定年龄的正反影响力对受偿意愿的影响,需要对稳定的受访群体展开多维度、长跨度的研究分析,可以成为后续深入研究的内容之一。

同时,上述模型的分析结果显示,年龄区间为 Age2 和 Age3,即 18—45 周岁的受访者更加环保方面的信息,也更加倾向于接受环境污染补偿,他们可能成为政府实施生态补偿政策的主要利益相关者。

2.4.3 受教育程度的影响

模型 b3 中的受教育程度因子 Edu2 和 Edu3 的影响系数为正,表明受访者的文化程度显著影响其受偿意愿:受教育程度越高,其受偿意愿金额就越大,反之则越小。这与预期和实际的情况基本一致。但是在模型 b1 和模型 b2 中,受教育程度的系数变化并不规则,呈现出正、负交替变化的现象,这和预测的结果并不一致,可能是由于生态环境公共物品的属性,部分受访者没有意识到自身的环境权利,忽视了环境污染的受偿意愿。同时,模型分析表明,初等教育的受访者对于环境污染的受偿意愿多是持肯定态度,而接受过高等教育的受访

者却态度消极,二者分化明显。即受教育程度较低者乐于接受生态补偿,但不追求补偿标准的高低;受教育程度高者期望较高的生态补偿金额,但抗拒较低的补偿标准。其中的差异原因可以成为后续探讨的方向,或者成为决策制定的参考依据。

2.4.4 性别、户籍的影响

从性别因素来看,女性受访者可以接受较高的投标值,其相应的受偿意愿也更积极。在中国社会传统中,女性更多的担负着家庭主妇的角色,其对居住环境的改变更加敏感,对接受生态补偿的意愿以及接受生态补偿的标准拥有较高的弹性。而户籍为上海的受访者接受补偿的意愿更加强烈,非上海户籍的受访者则缺乏热情,这可能和当地的户籍政策有一定的关系。一般同一生态环境中的生活者对于环境污染的福利损失是一致的,户籍政策可能人为的割裂了补偿的公平原则,这应当引起政府相关部门的重视。

2.4.5 其他因素影响

模型中还涉及如河边距、职业、受偿方式等因子,以及一些开放性的问题。这些因子对 WTA 模型分别产生不同程度的影响,各因子区间也与 CVM 法的估计基本一致,限于篇幅,在此暂不详细讨论。

将上述模型变量值带入公式(1)、(2),可以得到单边界 Logit 模型平均受偿意愿 $E(WTA)$ 约为 104.89 元/人;双边界二分式 Biprobit 模型平均受偿意愿 $E(WTA)$ 约为 121.89 元/人(其中, $E(WTA_{WILL21}) = 92.34$ 元/人; $E(WTA_{WILL22}) = 105.89$ 元/人; $E(WTA_{WILL23}) = 276.08$ 元/人; $E(WTA_{WILL24}) = 86.62$ 元/人)。根据青浦区 2010 年统计年鉴和相关部门调研结果,2009 年末本文研究区域总人口数为 172080 人,其中渔业从业人口数约为 9453 人。以非养殖渔业人数为基准,若以单边界二分式 $E(WTA)$ 约为 104.89 元/人为标准,则该区环境总成本为 17057,946.03 元;若以双边界二分式 $E(WTA)$ 121.89 元/人为标准,则该区的环境总成本为 19,822605.03 元,比单边界二分式方法估算结果高出 2764659 元。2010 年青浦区渔业总产值和环境污染治理投资总额分别为 42999 万元和 127819 万元,则该区的养殖环境成本占到渔业总产值和环境污染治理投资额的 4.6% 和 1.6%。

2.5 不同生态类型环境成本比较

本文研究表明环淀山湖区池塘养殖环境成本约为 1982.26 万元/a,约合 $5105 \text{ 元} \cdot \text{a}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$)。由于关于水产养殖环境成本的研究较少,不便直观比较其成本高低,为此本文选取与其类似的几种农业生产模式进行比较(以 2010 年为基期)(表 6)。

表 6 不同生态系统环境成本比较/(元 $\cdot \text{a}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$) [30-34]

Table 6 The environment cost at different ecosystem

生态系统类型 Ecological system types	养殖池塘 ^a Aquaculture pond	农作物灌溉 Crops irrigation	稻田水稻生产 Paddy rice production	湿地水稻生产 Wetland rice production	稻田养鱼 Rice-fish
环境成本 Environment cost	5105	4612.01	7605.38	4320.47	4833.33
转换结果 Converted results	5105	4814.48	7939.26	4516.19	5099.65
研究方法 Methods	CVM 法	疾病损害法	疾病损害法	外部成本法	成本-效益法

a 本研究数据

由表可见,养殖池塘环境成本高于一般的农业生产环境成本。一方面相比其他的农业类型,养殖池塘处于一个相对封闭的生态环境,其产生的污染更加直接和长期的影响环境水质,污染不易自我净化和消除;另一方面随着社会的发展,人们对渔产品的数量和质量的的要求都在不断的提高,因此池塘养殖污染的波及和影响范围也相对扩大。

从研究方法来看,其他几种生产类型的环境成本主要是从客观损害角度来衡量的,其损害周期相对较长;而本文采用的是主观评价法,通过样本分析来评估整体的环境成本,由于样本间的差异和方法稳定性等原因,不排除分析结果存在偏差的可能性。因此较好的环境成本估算方法是将二者有机结合,这也是今后研究的方向。

3 结论及建议

3.1 结论

本文以上海环淀山湖池塘养殖区为研究对象,通过双边界二分式 CVM 法调查了人们对池塘养殖环境污染成本的受偿意愿,间接估算池塘养殖污染成本。综合上文分析,可以得出如下结论:

(1)被调查者平均受偿意愿 $E(WTA)$ 约为 121.89 元/人,比单边界二分式方法高出 17 元/人。

(2)以双边界二分式 $E(WTA)$ 121.89 元/人作为该区的平均受偿 WTA 标准,以非养殖渔业人数为基准,则 2010 年青浦环淀山湖池塘养殖环境成本约为 1,982.26 万元/a,比单边界二分式方法估算结果高出 2764659 元。该成本约占当年该区渔业总产值的 4.6%,说明控制此类环境成本具有较强的经济和现实意义。

(3)综合不同模型的研究结果,年龄为 18—45 周岁的居民更加关注环保,也更倾向于接受生态补偿,他们可能成为政府实施生态补偿政策的主要利益相关者。处于不同家庭收入水平的居民对接受生态补偿的意愿产生比较大的分化,排除其他因素影响,大致呈现出低收入者希望得到较多的生态补偿;高收入者愿意接收较低补偿的趋势。同时,在单边界二分式模型中,受教育程度与接受生态补偿的意愿呈正相关的变化趋势,而在双边界二分式模型中,受教育程度则对居民的受偿意愿产生不规则的影响。初步研究表明,年龄、家庭收入、受教育程度等因素对居民的环境污染受偿意愿产生显著性的影响,而探究这些影响因素的变化规律,还需要进行更加全面、深入的研究和分析。

(4)研究表明单边界和双边界二分式均能有效的核算研究区域的池塘养殖环境成本。但双边界二分式是在单边界二分式的基础上,通过逐步聚焦投标值,尽可能的避免多种偏差,科学的调查了更多可能影响居民受偿意愿的变量和指标,研究结果更具有科学性、合理性。因此本文采取以双边界二分式 CVM 法核算的居民环境污染受偿意愿 $E(WTA)$ 121.89 元/人作为研究结论,则上海环淀山湖养殖区池塘养殖环境成本 1982.26 万元/a,约合 $5105 \text{ 元} \cdot \text{a}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。在此基础上还应探索如何构建更加科学、系统化的生态系统服务价值和环境成本评估体系。

3.2 建议

(1)养殖池塘产权归属于个体,但养殖池塘的环境污染必然会损害其他居民的生态福利,其污染的承担者却是整个社会。依据“污染者付费、保护者受偿”的原则,就需要对环境污染受损者(或环境保护者)进行补偿。研究结果表明,在作为上海重要水源保护区的淀山湖周边区域,被调查者对养殖污染具有一定的受偿意愿。目前上海正在试图建立生态补偿机制,在建立这一机制的过程中,这种类型的环境成本值得相关部门关注。

(2)与本文的研究一样,目前国内外水产养殖生态系统价值的研究往往还是分割开来研究,即要么研究环境成本,要么研究生态服务价值。这显然不利于完整地揭示此类系统的完全价值。因此建议在以后的研究中加强这方面的整合性研究。同时,探讨 CVM 法在评估环境成本和居民受偿意愿方面的稳定性、科学性和规律性,可以成为进一步深入研究的方向和思考。在实践层面上看,对于上海而言,建立生态补偿机制的过程中,应当充分考虑到池塘养殖系统提供生态服务所创造的价值,同时也应考虑到该系统可能会带来的环境成本。在此基础上,政府部门还需要进一步调研社会经济发展水平,结合各地区的实际情况,谨慎的采取单一指标作为政策制定和执行的依据,综合考虑对该区域的生态补偿问题。

References:

- [1] The Ministry of Agriculture Fisheries. The National Fisheries Statistical Reviews of 2009//2010 China Fishery Statistical Yearbook. Beijing: China's Agriculture Press, 2010;52,59-60.
- [2] Li S, Guo Z X, Yang H Y, Yang Z Y. Evaluation of cultural service value of aquaculture pond ecosystem: a case study in a water conservation area of Shanghai. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(12): 3075-3083.
- [3] Li S, Yang Z Y, Yang H Y, Zhang H Q, Guo Z X. Study on the ecosystem service value of micro-climate regulation service of pond aquaculture system. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2010, 19(4): 432-437.

- [4] Chen R S. The causes and prevention of the pollution aquaculture mountains. *Fishery Guide to be Rich*, 2009, 27(21): 52-54.
- [5] Xie L L. Water pollution and human health. *Popular Science and Technology*, 2009, (1): 103-104.
- [6] Zheng Q. Analyses the dangers of water pollution and treatment methods. *Science and Technology Information*, 2009, (31): 707-721.
- [7] Chen Y J. Investigation of our country's current water pollution situation and the countermeasures. *Science and Technology Information*, 2010, (11): 381-382.
- [8] Cai B C, Lu G F, Song L J, Chen K L. Eco-economy benefit evaluation of ecological construction in the water resource protection zone for eastern south-to-north water transfer project. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2006, 15(3): 384-387.
- [9] Liang S Z, Li R D, Zhu C H. Differentiation in ecosystem services value in different area of Dongting lake area. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2006, 15(2): 196-200.
- [10] Zhang W G, Hu Y M, Liu M, Yang Z P, Chang Y, Li X Z, Yang M, Wen Q C. Estimation of the gains and losses of ecosystem service values based on land use/coverage change — a case of upper reaches of Minjiang river. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2007, 16(6): 821-821.
- [11] Linthurst R A, Seneca E D. The effects of standing water and drainage potential on the *Spartina alterniflora*-substrate complex in a North Carolina salt marsh. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 1980, 11(7): 41-52.
- [12] Asche F, Roll K H, Tveteras R. Economic inefficiency and environmental impact; an application to aquaculture production. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2009, 58(1): 93-105.
- [13] Shu T F, Wen Y M, Yang J, Fang H Y. Research on full cost model of aquaculture. *Journal of Tongji University: Natural Science*, 2004, 32(12): 1661-1663.
- [14] Yang H Y, Wang C X, Guo Z X, Yang Z Y. Study on the value of gas regulation service of pond aquaculture ecosystem. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2009, 18(5): 432-438.
- [15] Wang C X, Yang H Y, Yang Z Y. Contingent valuation of the environmental damage costs of freshwater aquaculture ecosystem — A case study in Dianshan Lake water conservative area. *Chinese Fisheries Economics*, 2010, (2): 92-98.
- [16] Davis R K. Recreation planning as an economic problem. *Natural Resources Journal*, 1963, (3): 239-249.
- [17] Zhang Z Q, Xu Z M, Cheng G D. The updated development and application of contingent valuation method (cvm). *Advance in Earth Sciences*, 2003, 18(3): 454-463.
- [18] Cheng S L, Shi M J, Wang X Y, Youshita K. Eliminating errors in evaluating environmental monetary value through application of two-bounded dichotomous choice model of contingent valuation method. *Resources Science*, 2006, 28(2): 192-197.
- [19] Loomis J B, Walsh R G. *Recreation Economic Decisions: Comparing Benefits and Costs*. 2nd ed. Pennsylvania: Venture Publishing, 1997.
- [20] Asafu-Adjaye J. *Environmental Economics for Non-economists*. Singapore: World Scientific Publishing Co Pte Led, 2000.
- [21] Cai C G, Chen G, Qiao X C, Zheng X Y. Comparison of single bound and double bound dichotomous contingent valuation technique — a case of estimate health economic loss by air pollution of Beijing. *China Environmental Science*, 2007, 27(1): 39-43.
- [22] Hahnemann W M. Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses. *American Journal of Agricultural Economics*, 1984, 66(3): 332-341.
- [23] Mao X Q, Bao Q. Study progress on valuation of environmental economic profit and loss in China. *Shanghai Environmental Science*, 2000, (S1): 6-9.
- [24] Hahnemann M, Loomis J, Kanninen B. Statistical efficiency of double-bounded dichotomous choice contingent valuation. *American Journal of Agricultural Economics*, 1991, 73(4): 1225-1263.
- [25] Liu Y P, Li G, Chen X, Jin J X, Zhou W S, Yang Y D. Monetary valuation of the non-use value of recreational resources in Huangguoshu scenical resort based on WTP and WTA methods. *Resources Science*, 2008, 30(3): 432-437.
- [26] Qingpu statistical bureau. Output of aquatic products and aquaculture pond area, agricultural article. 2010 Statistical Yearbook Qingpu area, [2010-11-23]. http://stat.shqp.gov.cn/gb/content/2010-07/24/content_329317.htm
- [27] Holmes T P, Kramer R A. An independent sample test of yea-saying and starting point bias in dichotomous-Choice contingent valuation. *Journal of Environmental Economics and Management*, 1994, 29(1): 121-132.
- [28] Lu Y. The improvement and application based on the sampling error method. *Statistics and Decision*, 2009, (17): 164-165.
- [29] Pindyck R S, Rubinstein D L. *Econometric Models and Economic Forecasts*//Qian X J, tran. Beijing: Mechanical Industry Press, 2008, 5(1): 171-208.
- [30] Wu D M, Zhang C, Meng F Q. Economic loss evaluation of agricultural environmental pollution from wastewater irrigation in Hebei Province. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2004, 12(2): 176-179.
- [31] Li J, Jin B G, Cui Y T, Zou D S, Feng Z C, Han C R, Brett D, Norse D. Estimation on the environmental costs of rice production in China:

Hubei and hu'nan case study. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(9): 1475-1483.

- [32] Xiang P A, Zhou Y, Yan H M, Huang H. Major factors contributing to the exterior costs of rice production in wetland. *Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences*, 2006, 32(1): 32-36.
- [33] Mao X Q, Yang J R, Hu T, Hu T. Environmental economical analysis of Paddy-Fishery system. *Agro-Environmental Protection*, 1996, 15(6): 246-250.

参考文献:

- [1] 农业部渔业局. 2009 年全国渔业统计情况综述//中国渔业统计年鉴 2010. 北京: 中国农业出版社, 2010: 52, 59-60.
- [2] 李晟, 郭宗香, 杨怀宇, 杨正勇等. 养殖池塘生态系统文化服务价值的评估. *应用生态学报*, 2009, 20(12): 3075-3083.
- [3] 李晟, 杨正勇, 杨怀宇, 张海清, 郭宗香. 养殖池塘小气候调节生态服务价值的实证研究. *长江流域资源与环境*, 2010, 19(4): 432-437.
- [4] 陈仁收. 山区养殖水体污染的原因及防治对策. *渔业致富指南*, 2009, 27(21): 52-54.
- [5] 谢莉莉. 水污染与人体健康. *大众科技*, 2009, (1): 103-104.
- [6] 郑强. 浅析水污染的危害与治理方法. *科技信息*, 2009, (31): 707-721.
- [7] 陈永焦. 浅谈我国水污染现状及治理对策. *科技信息*, 2010, (11): 381-382.
- [8] 蔡邦成, 陆根法, 宋莉娟, 陈克亮. 南水北调东线水源地保护区生态建设的生态经济效益评估. *长江流域资源与环境*, 2006, 15(3): 384-387.
- [9] 梁守真, 李仁东, 朱超洪. 洞庭湖区生态服务价值变化区域差异研究. *长江流域资源与环境*, 2006, 15(2): 196-200.
- [10] 张文广, 胡远满, 刘森, 杨兆平, 常禹, 李秀珍, 杨孟, 问青春. 基于土地利用变化的生态服务价值损益估算——以岷江上游地区为例. *长江流域资源与环境*, 2007, 16(6): 821-821.
- [13] 舒廷飞, 温琰茂, 杨静, 房怀阳. 水产养殖完全成本模型的理论构建. *同济大学学报: 自然科学版*, 2004, 32(12): 1661-1663.
- [14] 杨怀宇, 王春晓, 郭宗香, 杨正勇. 池塘养殖生态系统空气调节服务价值的实证研究. *长江流域资源与环境*, 2009, 18(5): 432-438.
- [15] 王春晓, 杨怀宇, 杨正勇. 淡水养殖系统环境损害成本的条件价值评估——以淀山湖水源保护区为例. *中国渔业经济*, 2010, (2): 92-98.
- [17] 张志强, 徐中民, 程国栋. 条件价值评估法的发展与应用. *地球科学进展*, 2003, 18(3): 454-463.
- [18] 程淑兰, 石敏俊, 王新艳, 吉田谦太郎. 应用两阶段二分式虚拟市场评价法消除环境价值货币评估的偏差. *资源科学*, 2006, 28(2): 192-197.
- [21] 蔡春光, 陈功, 乔晓春, 郑晓瑛. 单边界、双边界二分式条件价值评估方法的比较——以北京市空气污染对健康危害问卷调查为例. *中国环境科学*, 2007, 27(1): 39-43.
- [23] 毛显强, 鲍强. 中国环境经济损益价值评估研究进展. *上海环境科学*, 2000, (S1): 6-9.
- [25] 刘亚萍, 刘罡, 陈训, 金建湘, 周武生, 杨永德. 运用 WTP 值与 WTA 值对游憩资源非使用价值的货币估价——以黄果树风景区为例进行实证分析. *资源科学*, 2008, 30(3): 432-437.
- [26] 青浦统计局. 水产品产量和精养塘面积, 农业篇. 青浦区 2010 年统计年鉴, [2010-11-23]. http://stat.shqp.gov.cn/gb/content/2010-07/24/content_329317.htm
- [28] 鲁瑜. 基于抽样误差方法的改进与应用. *统计与决策*, 2009, (17): 164-165.
- [29] Robert S. Pindyck Daniel L. Rubinstein. 计量经济模型与经济预测//钱小军译. 北京机械工业出版社, 2008, 5(1): 171-208.
- [30] 吴迪梅, 张从, 孟凡乔. 河北省污水灌溉农业环境污染经济损失评估. *中国生态农业学报*, 2004, 12(2): 176-179.
- [31] 李季, 靳百根, 崔玉亭, 邹冬生, 冯中朝, 韩纯儒, Brett D, Norse D. 中国水稻生产的环境成本估算——湖北、湖南案例研究. *生态学报*, 2001, 21(9): 1475-1483.
- [32] 向平安, 周燕, 燕惠民, 黄璜. 湿地水稻生产外部成本的主要成因案例研究. *湖南农业大学学报: 自然科学版*, 2006, 32(1): 32-36.
- [33] 毛显强, 杨居荣, 胡涛. 大足县稻田养鱼模式的环境经济学分析. *农业环境保护*, 1996, 15(6): 246-250.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 7 April, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Theoretical framework and key techniques of urban ecological landscape research	SUN Ranhao, XU Zhongliang, CHEN Liding, et al (1979)
Response of sinapate esters in <i>Arabidopsis thaliana</i> to UV-B radiation	LI Min, WANG Yin, MU Xiaofei, et al (1987)
Biosorption of lead (II) and cadmium (II) from aqueous solution by <i>Chlorella pyrenoidsa</i> and its influential factors	JIANG Jing, LI Liang, LI Haipeng, et al (1995)
Response of pear jujube trees on fruit development period to different soil water potential levels	HAN Lixin, WANG Youke, ZHANG Linlin (2004)
An approach for analyzing resources metabolism of industrial ecosystems	SHI Xiaoqing, YANG Jianxin, WANG Rusong, et al (2012)
Establishment of environmental sustainability assessment indicators based on material flow and ecological footprint model in Tongling City of Anhui Province	ZHAO Huihui, WANG Yuan, GU Xueming, et al (2025)
Health status evaluation of the farmland supply function at county level in Hebei Province	BAI Linhong, WANG Wei, ZHANG Yu (2033)
Inhibition effects and mechanisms of the endophytic fungus <i>Chaetomium globosum</i> L18 from <i>Curcuma wenyujin</i>	WANG Yanhong, WU Xiaomin, ZHU Yanping, et al (2040)
Water use of walnut-wheat intercropping system based on stable carbon isotope technique in the low hilly area of North China	HE Chunxia, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (2047)
Spatial heterogeneity of soil microbial biomass carbon, nitrogen, and phosphorus in sloping farmland in a karst region on the Yunnan-Guizhou Plateau	ZHANG Liqing, PENG Wanxia, SONG Tongqing, et al (2056)
Relationship among rice root aerenchyma, root radial oxygen loss and rhizosphere nitrification	LI Yilin (2066)
Effects of <i>Eriosoma lanigerum</i> (Hausmann) on physiological indices of different apple cultivars	WANG Xicun, YU Yi, ZHOU Hongxu, et al (2075)
Effects of P-efficient transgenic soybean on rhizosphere microbial community	JIN Lingbo, ZHOU Feng, YAO Juan, et al (2082)
Detecting major phenological stages of rice using MODIS-EVI data and Symlet11 wavelet in Northeast China	XU Yanyan, ZHANG Jiahua, YANG Limin (2091)
Cropping system optimization based on the comparative analysis of precipitation utilization in Sichuan Province	WANG Mingtian, QU Huihui, YANG Xiaoguang, et al (2099)
The impacts of global climatic change on chilling damage distributions of maize in Northeast China	GAO Xiaorong, WANG Chunyi, ZHANG Jiquan (2110)
Effect of fertilization on ammonia volatilization from paddy fields in Chao Lake Basin	ZHU Xiaohong, MA Zhongwen, MA Youhua, et al (2119)
Effects of arbuscular mycorrhizal fungus on net ion fluxes in the roots of trifoliate orange (<i>Poncirus trifoliata</i>) and mineral nutrition in seedlings under zinc contamination	XIAO Jiaxin, YANG Hui, ZHANG Shaoling (2127)
The effect of red:far red ratio on the stomata characters and stomata conductance of <i>Chrysanthemum</i> leaves	YANG Zaiqiang, ZHANG Jing, JIANG Xiaodong, et al (2135)
Dynamic characteristics of litterfall and nutrient return of four typical forests along the altitudinal gradients in Mt. Shennongjia, China	LIU Lei, SHEN Guozhen, CHEN Fangqing, et al (2142)
Aboveground litter contribution to soil respiration in a black locust plantation in the Loess Plateau	ZHOU Xiaogang, GUO Shenli, CHE Shengguo, et al (2150)
Life history and spatial distribution of a <i>Taiwania flousiana</i> population in Leigong Mountain, Guizhou Province, China	CHEN Zhiyang, YANG Ning, YAO Xianming, et al (2158)
The feasibility of using LAS measurements of the turbulence structure parameters of temperature above a forest canopy	ZHENG Ning, ZHANG Jinsong, MENG Ping, et al (2166)
Spatial distribution of vegetation and carbon density in Jinyun Mountain Nature Reserve based on RS/GIS	XU Shaojun, ZENG Bo, SU Xiaolei, et al (2174)
Early nitrogen deposition effects on CO ₂ efflux from a cold-temperate coniferous forest soil	WENDU Runa, FANG Huajun, YU Guirui, et al (2185)
Epilithic diatom assemblages distribution in Gui River basin, in relation to chemical and physiographical factors	DENG Peiyan, LEI Yuanda, LIU Wei, et al (2196)
Acute stress caused by sand discharging on Yellow River Carp (<i>Cyprinus carpio</i>) in Xiaolangdi Reservoir	SUN Luyin, Baiyinbaoligao, NIU Cuijuan, et al (2204)
Environmental cost of pond aquaculture in Shanghai: an empirical analysis based on double-bounded dichotomous CVM method	TANG Keyong, YANG Zhengyong, YANG Huaiyu, et al (2212)
Host searching behaviour of <i>Apanteles cypris</i> Nixon (Hymenoptera: Braconidae) ...	ZHOU Hui, ZHANG Yang, WU Weijian (2223)
The effect of hedgerows on the distribution of <i>Harmonia axyridis</i> Pallas in agroforestry systems	YAN Fei, ZHOU Zaibao, WANG Shuo, et al (2230)
Induction of early resistance response to <i>Alternaria alternata</i> f. sp. <i>mali</i> in apple leaves with apple and chitosan fermentation broth ...	WANG Rongjuan, YAO Yuncong, QI Yaping, et al (2239)
Review and Monograph	
Research into vulnerability assessment for coastal zones in the context of climate change	WANG Ning, ZHANG Liquan, YUAN Lin, et al (2248)
Introduction and ecological effects of an exotic mangrove species <i>Sonneratia apetala</i>	PENG Yougui, XU Zhengchun, LIU Minchao (2259)
Discussion	
Degradation of organic contaminants with biological aerobic fermentation in sewage sludge dewatering and its influencing factors	YU Jie, ZHENG Guodi, GAO Ding, et al (2271)
Remediation of soils contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) using four greening tree species	YAN Wende, LIANG Xiaocui, ZHENG Wei, et al (2279)
Scientific Note	
Diversity of endophytic fungi from six dominant plant species in a Pb-Zn mine wasteland in China	LI Dongwei, XU Hongmei, MEI Tao, et al (2288)
Effects of <i>Meloidogyne incognita</i> on scavenging system of reactive oxygen species in tomato seedlings grafted with different rootstocks ...	LIANG Peng, CHEN Zhende, LUO Qingxi (2294)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 7 期 (2012 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 7 2012

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:1000717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元