

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

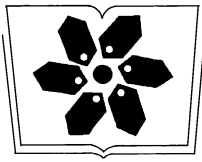
Acta Ecologica Sinica



第33卷 第2期 Vol.33 No.2 **2013**

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 33 卷 第 2 期 2013 年 1 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 岩溶山区水分时空异质性及植物适应机理研究进展..... 陈洪松, 聂云鹏, 王克林 (317)
- 红树林植被对大型底栖动物群落的影响 陈光程, 余 丹, 叶 勇, 等 (327)
- 淡水湖泊生态系统中砷的赋存与转化行为研究进展..... 张 楠, 韦朝阳, 杨林生 (337)
- 纳米二次离子质谱技术(NanoSIMS)在微生物生态学研究中的应用 胡行伟, 张丽梅, 贺纪正 (348)
- 城市系统碳循环: 特征、机理与理论框架 赵荣钦, 黄贤金 (358)
- 城市温室气体排放清单编制研究进展..... 李 晴, 唐立娜, 石龙宇 (367)

个体与基础生态

- 科尔沁沙地家榆林的种子散布及幼苗更新..... 杨允菲, 白云鹏, 李建东 (374)
- 环境因子对木棉种子萌发的影响 郑艳玲, 马焕成, Scheller Robert, 等 (382)
- 五花米草与短叶荳蔻落物分解过程中碳氮磷化学计量学特征 欧阳林梅, 王 纯, 王维奇, 等 (389)
- 性别、季节和体型大小对吐鲁番沙虎巢域的影响 李文蓉, 宋玉成, 时 磊 (395)
- 遮蔽行为对海刺猬摄食、生长和性腺性状的影响..... 罗世滨, 常亚青, 赵 冲, 等 (402)
- 水稻和玉米苗上饲养的稻纵卷叶螟对温度的反应 廖怀建, 黄建荣, 方源松, 等 (409)

种群、群落和生态系统

- 亚热带不同林分土壤表层有机碳组成及其稳定性 商素云, 姜培坤, 宋照亮, 等 (416)
- 禁牧条件下不同类型草地群落结构特征 张鹏莉 陈 俊 崔树娟, 等 (425)
- 高寒退化草地狼毒与赖草种群空间格局及竞争关系 任 珩, 赵成章 (435)
- 小兴安岭 4 种典型阔叶红松林土壤有机碳分解特性 宋 媛, 赵溪竹, 毛子军, 等 (443)
- 新疆富蕴地震断裂带植被恢复对土壤古菌群落的影响 林 青, 曾 军, 张 涛, 等 (454)
- 长期施肥对紫色土农田土壤动物群落的影响 朱新玉, 董志新, 况福虹, 等 (464)
- 潮虫消耗木本植物凋落物的可选择性试验 刘 燕, 廖允成 (475)
- 象山港网箱养殖对近海沉积物细菌群落的影响 裘琼芬, 张德民, 叶仙森, 等 (483)
- 2005 年夏季东太平洋中国多金属结核区小型底栖生物研究 王小谷, 周亚东, 张东声, 等 (492)
- 川西亚高山典型森林生态系统截留水文效应 孙向阳, 王根绪, 吴 勇, 等 (501)

景观、区域和全球生态

- 中国水稻生产对历史气候变化的敏感性和脆弱性 熊 伟, 杨 婕, 吴文斌, 等 (509)
- 1961—2005 年东北地区气温和降水变化趋势 贺 伟, 布仁仓, 熊在平, 等 (519)
- 地表太阳辐射减弱和臭氧浓度增加对冬小麦生长和产量的影响 郑有飞, 胡会芳, 吴荣军, 等 (532)

资源与产业生态

- 基于环境卫星数据的黄河湿地植被生物量反演研究 高明亮, 赵文吉, 官兆宁, 等 (542)
- 黄土高原南麓县域耕地土壤速效养分时空变异 陈 涛, 常庆瑞, 刘 京, 等 (554)

不同水稻栽培模式下小麦秸秆腐解特征及对土壤生物学特性和养分状况的影响..... 武 际,郭熙盛,鲁剑巍,等 (565)

施氮时期对高产夏玉米光合特性的影响 吕 鹏,张吉旺,刘 伟,等 (576)

城乡与社会生态

城市景观组分影响水质退化的阈值研究 刘珍环,李正国,杨 鹏,等 (586)

长株潭地区生态可持续性 戴亚南,贺新光 (595)

外源 NO 对镉胁迫下水稻幼苗抗氧化系统和微量元素积累的影响 朱涵毅,陈益军,劳佳丽,等 (603)

达里诺尔湖沉积物中无机碳的形态组成 孙园园,何 江,吕昌伟,等 (610)

绿洲土 Cd、Pb、Zn、Ni 复合污染下重金属的形态特征和生物有效性 武文飞,南忠仁,王胜利,等 (619)

柠檬酸和 EDTA 对铜污染土壤环境中吊兰生长的影响 汪楠楠,胡 珊,吴 丹,等 (631)

研究简报

海州湾生态系统服务价值评估 张秀英,钟太洋,黄贤金,等 (640)

内蒙古羊草群落、功能群、物种变化及其与气候的关系 谭丽萍,周广胜 (650)

氮磷供给比例对长白落叶松苗木磷素吸收和利用效率的影响 魏红旭,徐程扬,马履一,等 (659)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 352 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 38 * 2013-01



封面图说: 科尔沁沙地榆树——榆树疏林草原属温带典型草原地带,适应半干旱半湿润气候的隐域性沙地顶级植物群落,具有极强的适应性、稳定性,生物产量较高。在我国仅见于科尔沁沙地和浑善达克沙地。是防风固沙、保护沙区生态环境和周边土地资源的一种重要的植物群落类型,是耐旱沙生植物的重要物种基因库和荒漠野生动物的重要避难所和栖息地。这些年来,由于人类毁林开荒、过度放牧、甚至片面地建立人工林群落等的干扰,不同程度地破坏了榆树疏林的生态环境,影响了其特有的生态作用。

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

DOI: 10.5846/stxb201111221781

张秀英, 钟太洋, 黄贤金, 江洪, 丁晓东. 海州湾生态系统服务价值评估. 生态学报, 2013, 33(2): 0640-0649.

Zhang X Y, Zhong T Y, Huang X J, Jiang H, Ding X D. Values of marine ecosystem services in Haizhou Bay. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(2): 0640-0649.

海州湾生态系统服务价值评估

张秀英¹, 钟太洋^{2,*}, 黄贤金², 江洪^{1,3}, 丁晓东⁴

(1. 南京大学国际地球系统科学研究所, 南京 210093; 2. 南京大学国土资源与旅游学系, 南京 210093;

3. 浙江农林大学国际空间生态与生态系统研究中心, 杭州 311300;

4. 杭州师范大学遥感与地球科学研究院, 杭州 310029)

摘要: 参照千年生态系统评估的分类体系, 并考虑污染等因素引起生态系统服务的退化, 评估了海州湾生态系统的潜在和实际服务价值。结果表明, 2005 年海州湾的潜在服务价值为 16.64×10^8 元, 平均单位面积海域的服务价值为 1.90×10^6 元/ km^2 。潜在服务价值中, 供给服务、文化服务和调节服务分别占 53.39%、35.48% 和 10.84%。考虑赤潮、食品中累积的污染物超标以及温室气体排放等因素造成的生态服务质量和数量的退化, 2005 年海州湾生态系统提供的实际服务价值为 14.08×10^8 元, 平均单位面积海域的服务价值为 1.61×10^6 元/ km^2 。实际服务价值中, 供给服务、文化服务和调节服务分别占 48.32%、41.94% 和 9.74%。海水富营养化和污染等因素导致的生态服务价值降低 2.56×10^8 元, 影响最大的是食品供给和气候调节服务。

关键词: 潜在服务价值; 实际服务价值; 海湾生态系统; 海州湾

Values of marine ecosystem services in Haizhou Bay

ZHANG Xiuying¹, ZHONG Taiyang^{2,*}, HUANG Xianjin², JIANG Hong^{1,3}, DING Xiaodong⁴

1 International Institute for Earth System Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China

2 Department of Land Resource and Tourism Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China

3 International Center of Spatial Ecology and Ecosystem Ecology, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, China

4 Academy of Remote Sensing and Earth Sciences, College of Science, Hangzhou Normal University, Hangzhou 310029, China

Abstract: Off-shall seawater in China was often polluted and eutrophicated more or less because of human activities. The ecosystem services could be incorporated into the decision-making process by managers only if the ecosystem services were economically marked. Therefore, it was important to evaluate the value of ecosystem service (VES) and service value loss due to marine pollution and eutrophication. Taking Haizhou Bay as the study area, the potential and actual economic values of marine ecosystem were evaluated. The assessment results showed that the total potential value of ecosystem service of Haizhou Bay was 16.64×10^8 Yuan in 2005, with an average unit VES of 1.90×10^6 Yuan/ km^2 . Within the total potential VES, the provision services, culture services, and regulation services accounted for 53.39%, 35.48%, and 10.84%, respectively. Considering the service loss due to red tide, greenhouse gas emission, and pollutant accumulation in fish, alga, and shellfish, the actual VES was 14.08×10^8 Yuan in Haizhou Bay, with the average of 1.61×10^6 Yuan/ km^2 . The value of provision services, culture services, and regulation services accounted for 48.32%, 41.94%, and 9.74%, respectively, in total actual VES. The VES loss due to the eutrophication and seawater pollution was 2.56×10^8 Yuan, accounting for 15.41% of the potential VES. The deterioration of the marine environment greatly influenced the services of food provision and climate regulating at present. Moreover, the values provided by other services, such as tourism, would

基金项目: 海洋公益性项目 (20103182131359424); 杭州师范大学开放基金 (PDKF2012YG03); 杭州师范大学校级中青年培育项目 (2011XJPY08)

收稿日期: 2011-11-22; **修订日期:** 2012-10-23

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zty@nju.edu.cn

decrease if the marine environment is further deteriorated. Compared with the averaged service value of marine ecosystem in other areas of China, the VES in Haizhou Bay was relatively low. This indicated that there existed a big improvement space for development and utilization of ecosystem services in the study area. However, it could not be neglected that the development brought the ecosystem deterioration and decreased the marine ecosystem services in bay area, and it needs to trade off the benefit from development and the loss due to deterioration caused by human activities.

Key Words: potential service value; actual service value; marine ecosystem; Haizhou Bay

海湾处于陆地和海洋之交的纽带地位,具有优越的开发环境,然而海湾生态系统面临着越来越大的压力。《2010 年中国海洋环境质量公报》显示,海湾富营养化程度高、氮磷比失衡,栖息地破坏严重。这种情况大大制约了海湾经济的可持续发展。导致生态破坏、环境污染的一个重要原因是海湾生态系统提供的服务价值未市场化,只有环境资源的价值以货币形式表达出来,才能纳入决策过程^[1]。

自 Holder 等提出生态系统服务的概念以来,生态学、环境经济学等领域的众多学者开展了大量研究^[2],就海洋生态系统服务功能的定义、内涵、理论、方法等做了深入研究,并评估红树林、海草床、珊瑚礁、盐沼等典型海岸带生态系统的功能和服务价值^[3-7]。国内在这方面的研究起步稍晚,徐丛春和韩增林^[8]、彭本荣等^[1]、张朝晖等^[9]、陈尚等^[10-11]、王其翔和唐学玺^[12]等基于自然资本理论和生态系统服务理论,构建了海洋生态资本评估的基本框架。也有研究评估了红树林、盐沼、海湾等生态系统提供的服务价值^[13-17]。然而这些研究着重探讨海洋生态系统提供的潜在服务价值,没有考虑污染等因素引起的服务价值降低。实际上,由于人类过度开发或不合理开发引起的近海环境污染越来越严重,已经引起生态系统提供的某些服务退化并引起连锁反应。潜在服务价值与生态服务退化造成的价值降低之间的差值,为实际生态服务价值。实际服务价值对海洋生态系统的管理和规划具有更直接的指导意义。

本研究以海州湾为例,定量评估研究区域提供的潜在生态服务价值和实际生态服务价值,这对于进一步认识海州湾生态系统,协调用海需求,促进可持续发展具有重要意义。

1 数据和方法

1.1 研究区域和数据

海州湾北起山东省日照市岚山镇的佛手咀(35°05'55"N,119°21'53"E),南至江苏省连云港市连云区的高公岛(34°45'25"N,119°29'45"E),面临黄海,宽 42 km。海岸线长 86.81 km,其中山东日照市 8.36 km,连云港赣榆县 46.57 km,连云区 31.88 km。海湾面积 876.39 km²,是海床平缓、开放型的浅海性海域(图 1)。本研究所用数据主要来自赣榆市和连云区的统计年鉴和已发表论文。

2.2 海州湾生态系统服务功能分类

根据海州湾生态系统的结构组成、生态过程及生物多样性等服务的来源,并参照千年生态系统服务分类体系以及这些服务的相似作用与性质^[9],将海州湾生态系统服务归纳为供给、调节、文化、支持四种服务。考虑海州湾的实际情况及数据的可获取性,供给服务主要包括提供食品、原材料、天然产物;调节服务包括气候、空气质量、水质调节;文化服务主要包括知识扩展和娱乐旅游等。支持服务是其它 3 大类服务的基础,其价值可通过其它服务来体现^[18]。

3 结果与分析

根据海州湾生态系统提供的主要服务功能,以 2005 年作为评估基准年,用货币化的形式量化生态系统服务功能价值,主要采用市场价值法、成果参照法、替代工程法等核算价值。

3.1 供给服务

3.1.1 食品供给

海州湾的食品供给主要为养殖的海产品。

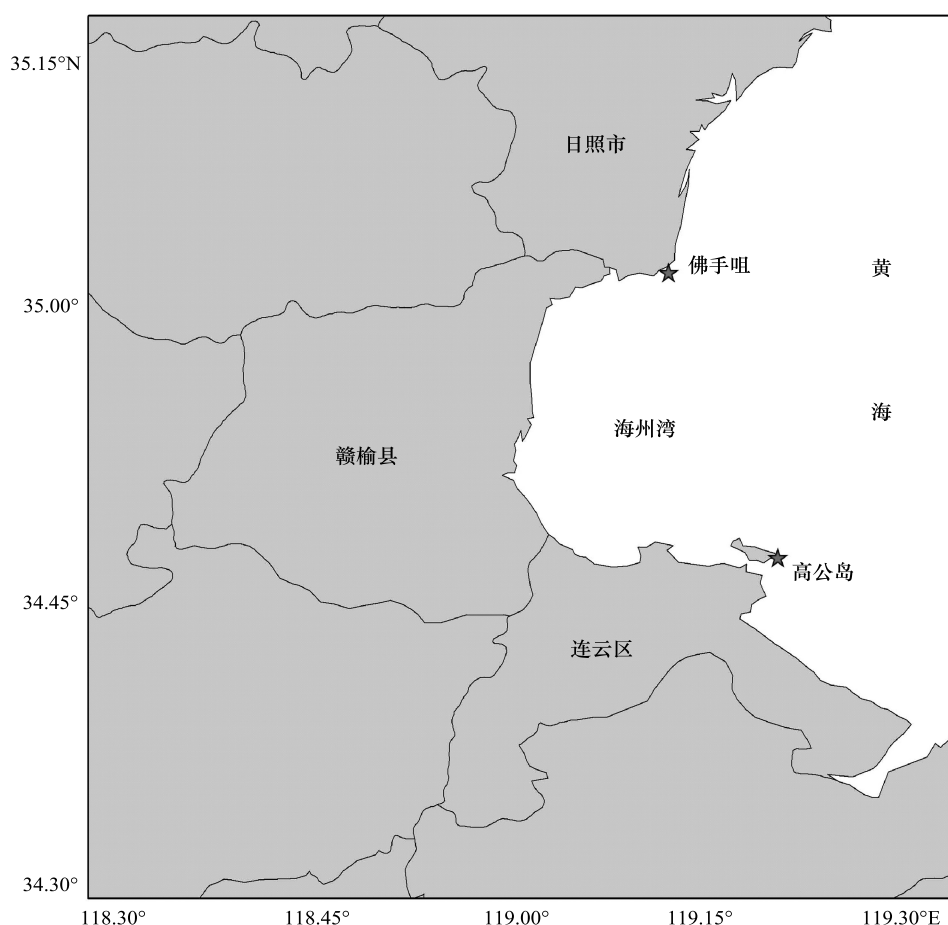


图1 海州湾区位图

Fig.1 Location of Haizhou Bay

(1) 海水养殖

海州湾可养殖海带、紫菜和贝类,是国家重点扩建的海洋渔港。2005 年赣榆县海水养殖鱼类 2960 t, 虾类 3350 t, 贝类 112553 t, 藻类 8812 t。连云区藻类干品 2042 t, 贝类 17696 t, 鱼类 1288 t, 虾类 559 t。由于没有藻类产品的具体产量值,以养殖面积划分海带和紫菜的产量比例。海带的养殖面积占总藻类的 0.90%,可食用部分按照总干重的 80% 计算。日照市没有相应区域的统计数据,考虑到日照市海州湾的海滩及近海的情况与赣榆县比较相似,两地又紧邻,日照市海水养殖产量按照赣榆县每公里海岸线的平均产量乘以日照市的海州湾海岸线长度计算,即海岸线比值法^[9, 19]。连云区海州湾的产量用连云区在海州湾内的养殖渔业面积占总养殖面积的百分比(56.36%)计算。

根据连云港海洋与渔业局的相关统计资料,鱼类、虾类、贝类、海带的价格和成本参考张朝晖等在桑沟湾 2003 年的调查数据^[9],乘以 2004 和 2005 年的价格指数(0.9877 和 1.0311)折现到 2005 年。贝类的成本和价格利用连云区贝类的产量加权平均计算。紫菜的成本和价格参考相关的研究报告(表 1)。据此,海州湾生态系统的食品供给服务价值为 4.48×10^8 元。

(2) 工厂化养殖海珍品

赣榆县 2005 年工厂化养殖面积 $28.45 \times 10^4 \text{ km}^2$, 产值达到 2.1×10^8 元,主要品种有大鲢鱼、漠斑牙鲆、河鲀等。本研究采用大鲢鱼的净利润与产值的比值(37.56%)^[20] 计算海州湾养殖海珍品的服务价值。连云区的海珍品养殖不在海州湾范围内,没有计入。海州湾工厂化养殖的服务价值为 7.89×10^7 元。

总计,海州湾生态系统提供的食物供给价值为 5.27×10^8 元。

表 1 海州湾 2005 年食品供给服务价值表

Table 1 Value of food provision services in 2005 at Haizhou Bay

项目 Item	产量 ^① Yield/t	价格 Price/(元/kg)	成本 Cost/(元/kg)	服务价值 VES/($\times 10^4$ 元)
鱼类 Fish	4217.28	40.23 ^②	28.73 ^②	4849.87
贝类 Shellfish	142731.38	3.26 ^②	1.98 ^②	18269.62
虾类 Shrimp	4266.43	25.46 ^②	16.19 ^②	3954.98
海带 Edible Kelp	82.76	2.44 ^②	1.11 ^②	11.04
紫菜 Laver	11441.30	23.27 ^③	7.76 ^④	17749.27
总计 Total				44834.78

① 此数据来自《连云区统计年鉴 2007》和《赣榆县统计年鉴 2007》;② 价格和成本参考张朝晖在桑洲湾 2003 年的调查数据^[9],经过折现计算到 2005 年;③ 紫菜的价格参考:http://www.gov.cn/banshi/2006-02/09/content_183348.htm;④ 紫菜的养殖效益为 0.6667,参考:<http://www.foodqs.cn/news/gnspzs01/20047269943.htm>

(3) 食品污染引起的退化的服务价值

随着海州湾沿海经济的快速发展,大量工业废水和城镇生活污水排入海,水产养殖和生态环境在一定程度上受到影响。根据食品安全的相关标准,海州湾 58.3% 的鱼类和 27.3% 的藻类砷超标;18.2% 的藻类锌超标;鱼类和藻类在其它重金属如铜、铅、镉、铬、汞等以及石油烃和长效有机物污染物等方面未超过食品安全要求(江苏 908 专项)。软体贝类的生长位置比较稳定,加上双壳贝类在滤食饵料生物时将有害物质也吸入体内,容易造成污染物超标。根据 2008 年对海州湾贝类重金属的调查,63.89% 的样品单种或多种重金属超过《农产品安全质量无公害水产安全要求》^[21]。

污染物超标的产品已经不适合食用。污染导致鱼类服务退化的价值为 2.83×10^7 元,藻类为 4.85×10^7 — 8.08×10^7 元,贝类为 1.17×10^8 元。总计,海州湾因污染引起的食物供给服务降低的价值为 1.93×10^8 — 2.26×10^8 元,平均值为 2.10×10^8 元。如果考虑污染物累积量超过无公害产品要求引起的服务价值的降低,海州湾生态系统提供的食物供给价值为 3.01×10^8 — 3.34×10^8 元,平均值为 3.18×10^8 元。

3.1.2 原材料供给

海州湾内原材料供给服务主要来自低质海带,以及扇贝和牡蛎养殖过程中死亡个体所剩下的贝壳。扇贝养殖过程中死亡率为 20%,牡蛎养殖过程中的死亡率为 5%,扇贝及牡蛎的总湿重与干壳重的比率参考张继红等的工作^[22]。赣榆县没有提供扇贝和牡蛎的具体产量,本研究按照扇贝和牡蛎在连云区产量的比例计算。日照市部分按照赣榆县的海岸线比值法计算。以上两项原材料供给服务的数量及其价值见表 2。

表 2 海州湾 2005 年原材料供给服务价值表

Table 2 Value of raw material provision services in 2005 at Haizhou Bay

项目 Item	干重 ^① Dry weight/t	价格 ^② Price/(元/t)	成本 ^② Cost/(元/t)	服务价值 VSE/ $\times 10^4$ 元
藻类 Alga	20.69	1323.94	1110.08	0.44
扇贝 Scallops	34.24	305.53	0.00	1.05
牡蛎 Oyster	736.53	152.76	0.00	11.25
总计 Total				12.74

① 扇贝和牡蛎的湿重和干壳重为 0.5660 和 0.6381,参考唐继红的实测数据^[22];② 价格和成本参考张朝晖在桑洲湾在 2003 年的调查数据^[9],经过折现计算得到 2005 年的价格

另外,重金属污染导致 90470.45 t 贝类不可食用,但是这部分可以作为原材料。按照扇贝和牡蛎占贝类总产量的 0.17% 和 15.36%,以及湿重和干重的比率,污染导致的贝类提供食品部分转移成原材料的服务价值为 1.39×10^6 元(表 3)。

表 3 由于重金属污染导致的可食用贝类作为原材料食用的服务价值

Table 3 Value of raw material provision services from food services due to heavy metal pollution in Haizhou Bay

项目 Item	产量 Yield/t	干重 ^① Dry weight/t	价格 ^② Price/(元/t)	成本 ^② Cost/(元/t)	服务价值 VES/ $\times 10^4$ 元
扇贝 Scallops	154.59	87.50	305.53	0	2.67
牡蛎 Oyster	14011.32	8940.62	152.76	0	136.58
总计 Total					139.25

① 扇贝和牡蛎的湿重和干壳重为 0.5660 和 0.6381,参考唐继红的实测数据^[21];② 价格和成本参考张朝晖等在桑洲湾 2003 年的调查数据^[9],经过折现计算得到 2005 年的价格

赣榆县沿海 6 镇工厂化育苗企业 186 家,育苗水体 $1.86 \times 10^5 \text{ m}^3$,育苗行业销售收人 3.2×10^8 元。连云区 2005 年全区育苗企业 49 家,育苗产值 1545×10^4 元。日照市育苗产值按照海岸线比值法计算,连云区育苗产值按照岸线长度的比率计算。据此,2005 年海州湾的育苗产值为 3.85×10^8 元。本研究参考鲍鱼的产值成本比值计算(<http://news.sina.com.cn/c/2004-08-20/08113442903s.shtml>),海州湾提供的育苗方面的服务价值为 3.59×10^8 元。

总计,如果不考虑污染,海州湾生态系统提供的原材料供给服务价值为 3.60×10^8 元;如果考虑贝类食品重金属含量不符合无公害要求的部分转移成原材料供给服务,海州湾生态系统提供的原材料供给价值为 3.61×10^8 元。

3.1.3 海洋天然产物

海洋天然产物主要表现在三个方面:药业、酶和化妆品^[23]。目前海州湾没有直接观测数据,采用全球的平均数据估算^[2, 24]。由于为酶生产提供的化学成分主要来自深海,而海州湾的海域比较浅,在本研究中这部分忽略不计。

2006 年全球用海洋生物化学成分生产的药品总值为 643×10^8 美元,全球海洋面积约为 $3.61 \times 10^8 \text{ km}^2$ 。按照 2006 年美元对人民币汇率 1:7.91 以及 2006 年价格指数(1.0842),单位面积海洋 2005 年提供的用药服务价值为 1299.48 元/ km^2 。据此,2005 年海州湾生态系统提供的用药服务价值为 1.14×10^6 元。

全球 2005 年用海洋生物化学成分生产的化妆品的服务价值为 231×10^8 美元。按照 2005 年美元对人民币汇率 1:8.11 计算,单位面积海洋提供的化妆品服务价值为 518.95 元/ km^2 。据此,2005 年海州湾生态系统提供的化妆品服务价值为 4.55×10^5 元。

总计,海州湾提供天然产物的服务价值为 1.59×10^6 元。

3.2 调节服务

3.2.1 气候调节服务

海州湾的气候调节服务主要来自对温室气体 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 的固定和释放,其他温室气体由于没有数据支持,在此不计。

(1) 固定 CO_2 的服务价值

海洋固定碳的生物主要有浮游藻类、微生物、大型藻类、贝类及其它生物。2003—2004 年海州湾的初级生产力为 $276.92 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ^[25]。大型藻类主要为人工养殖的海带和紫菜,通过光合作用将溶解的无机碳转化为有机碳,根据干物质量计算固定的碳量。贝类固定水体中的碳主要是通过摄食浮游藻类和颗粒有机碳或底栖藻类转化并固定碳或者直接吸收海水中碳酸氢根(HCO_3^-)形成碳酸钙(CaCO_3)贝壳。

海州湾海域固定的 CO_2 数量及其气候调节服务价值见表 4。按照现在比较通用的碳汇率 42 美元/t 计算(<http://www.sustainableprosperity.ca/article345>),海州湾生态系统通过固定 CO_2 提供的气候调节服务价值为 0.49×10^8 元。

(2) 排放 CH_4 和 N_2O 引起的服务价值损失

近海岸水体富营养化比较严重, CH_4 和 N_2O 的释放量远远高于远海。 CH_4 可以在富氧表层水中的生物

排泄物、悬浮和沉降的有机颗粒物、浮游动物或其他海洋生物肠道内的缺氧微环境内产生。 N_2O 主要是通过透光层底部的硝化作用和深层水中的硝化、反硝化过程产生并交换到上层水体。在河口和沿岸地区,由于有机颗粒、矿物颗粒和无机氮化合物的大量输入,为 N_2O 的现场生物生产提供了有利环境。

表 4 海州湾生态系统固定 CO_2 导致的气候调节服务的价值Table 4 Value of climate regulating services through fixing CO_2 in Haizhou Bay

项目 Item	初级生产力 ^① Primary Productivity /($g\ C\ m^{-2}\ a^{-1}$)	产量 Yield /t	干壳体质量系数 ^② Coefficient of shell and body mass	固定的碳量 Fixed carbon/t	服务价值 VES/($\times 10^4$ 元)
浮游藻类 Phytoplankton	101.08a			88581.82	3013.55
藻类 Alga		11544.75			174.60
扇贝 Scallops		241.97	0.566	136.96	4.66
牡蛎 Oyster		21930.75	0.6381	13994.01	476.08
蛎 Mussel		21164.51	0.4501	3820.19	129.96
蛤 Clam		72607.82	0.1805	32680.78	1111.80
总计 Total					4910.65

① 初级生产力参考张硕等在 2003—2004 的实地调查数据^[25];② 贝类的干壳体质量系数参考唐继红的实测数据^[22]

由于没有实测资料,采用胶州湾在 2001—2003 观测的海气交换通量计算海州湾生态系统排放 CH_4 和 N_2O 量^[26],并根据 CH_4 的温室效应是 CO_2 温室效应的 21 倍和 N_2O 的温室效应是 CO_2 的 310 倍,计算海州湾生态系统 CH_4 和 N_2O 调节气候的损失价值量(表 5)。

表 5 海州湾生态系统排放 CH_4 和 N_2O 导致的气候调节服务损失价值Table 5 Value loss of climate regulating services through emitting CH_4 and N_2O in Haizhou Bay

温室气体 Greenhouse gas	排放率* Emission rate /($\mu mol\ m^{-2}\ d^{-1}$)		排放量 Emission amount/t		CO_2 排放当量 Equivalent emission		价值损失 VES loss/($\times 10^4$ 元)	
	LM86	W92	LM86	W92	LM86	W92	LM86	W92
甲烷 CH_4	13.7	31.7	70.12	162.24	1472.48	3407.13	50.09	115.91
氧化亚氮 N_2O	19.5	37.7	274.52	530.74	85101.64	164529.85	2895.16	5597.31
总计 Total							2945.25	5713.22

* 数据来自张桂玲的实地调查数据^[26]

综合海州湾生态系统的 CO_2 固定作用减弱的温室效应以及排放 CH_4 和 N_2O 加剧温室效应产生的价值,海州湾在气候调节方面的服务价值为 -0.08×10^8 — 0.20×10^8 元。可见,富营养化等原因导致海州湾生态系统的气候调节服务价值远远低于预期的估计值。

3.2.2 空气质量调节

海州湾的空气质量调节服务主要表现为释放有益气体和吸收有害气体两个方面。有害气体的吸收方面缺乏数据,在本研究中没有计算。有益气体的释放主要计算各类藻类植物在光合作用过程中释放 O_2 的贡献。对生态系统释放 O_2 的价值估算以工业制氧成本为影子价格^[27],将浮游植物的年初级生产力转化为 O_2 的生产量,大型藻类则根据海带的产量计算 O_2 产生量,再计算服务价值。据此,海州湾的空气质量调节服务价值为 1.01×10^8 元(表 6)。

3.2.3 水质净化调节

海州湾内水质净化调节服务主要表现在对各种污染物质的消除分解能力,以达到处理废弃物与保持水质清洁的目的。本文仅考虑对氮(N)和磷(P)的生物净化调节服务。调节服务的计算主要参考张朝晖在桑沟湾的工作^[9],海州湾提供的水质净化调节服务价值为 0.30×10^8 元(表 7)。

表 6 海州湾空气质量调节服务价值

Table 6 Value of air quality regulating services in Haizhou Bay

项目 Items	年初级生产力 * Primary productivity /(g C m ⁻² a ⁻¹)	产量 Yield/t	产生的 O ₂ Production of O ₂ /t	服务价值 VES /(×10 ⁴ 元)
浮游藻类 Phytoplankton	101.08a		239124.40	9564.98
海带 Kelp		11544.75	13853.70	554.15
合计 Total				10119.12

* 初级生产力参考张硕等在 2003—2004 的实地调查数据^[23]

表 7 海州湾的水质净化调节服务价值

Table 7 Value of water-clean regulating services in Haizhou Bay

项目 Item	初级生产力或产量 * Primary production /Yield/t	移除的总氮数量 Removed total nitrogen /t	移除的总磷数量 Removed total phosphorus /t	服务价值 VES /(×10 ⁴ 元)
浮游藻类 Phytoplankton	88581.82a	15597.52	2154.82	2878.33
藻类 Alga	11544.75a	556.23	37.17	92.73
虾 Shrimp	4266.43a	117.41		17.61
海水鱼 Marine fish	4217.28a	116.03		17.41
合计 Total		16387.19	2192.00	3006.08

* 初级生产力参考张硕等在 2003—2004 的实地调查数据^[25]

3.3 文化服务

3.3.1 知识扩展服务

知识扩展服务的价值可以通过间接统计在该区域进行的科学研究项目以及经费投入来衡量。Zhang 和 Chen^[28] 估算了我国单位面积生态系统的平均科研文化价值为 3.55×10^4 元/km²。据此,海州湾的知识扩展服务价值为 3.11×10^6 元。

3.3.2 休闲娱乐服务

休闲娱乐功能价值评估参照福建省旅游用海调查的成果:2002—2004 年间旅游用海的年均纯收益为 51.51×10^4 元/km²,海州湾 2005 年的用海纯收益为福建和江苏两省的人均 GDP 比值修正并经折现得到,为 67.01×10^4 元/km²^[2]。据此,海州湾提供的休闲娱乐服务价值为 5.87×10^8 元。

3.4 赤潮造成的服务价值损失

大量含氮有机物排入海水,促使海水富营养化,这是赤潮藻类能够大量繁殖的重要物质基础。海洋浮游藻是引发赤潮的主要生物,在全世界 4000 多种海洋浮游藻中有 260 多种能形成赤潮,其中有 70 多种能产生毒素。根据《2005 年江苏省海洋环境质量公报》,海州湾的赤潮经济损失达到 0.5×10^8 元。这部分价值在食品和原材料供给服务中已经去除。

4 讨论

通过对 9 项生态系统服务价值分别进行评估和计算,不考虑海水污染和富营养化等因素的影响,海州湾生态系统 2005 年的潜在服务价值为 16.64×10^8 元。考虑污染等因素造成的服务质量或数量的降低,海州湾生态系统 2005 年的总服务价值为 14.08×10^8 元。由此可见,海州湾因海水污染及富营养等因素导致的生态服务价值降低 2.56×10^8 元,占总服务价值的 15.41%。实际上,受获取资料的限制,在本研究中只考虑了污染对鱼类、贝类和藻类的影响,以及由于富营养化导致的 CH₄ 和 N₂O 排放量的增加及引起的赤潮而造成的服务质量和数量的降低。如果全面考虑污染等引起的服务的退化以及引起的连锁反应,损失的价值可能会更高。

海州湾生态系统在供给服务方面占的比重最高,为 8.88×10^8 元,占总服务价值的 53.39%;其次是文化服务,为 5.90×10^8 元,占总服务价值的 35.48%;最后是调节服务, 1.80×10^8 元,占总服务价值的 10.84%。考

虑到目前海州湾的水质环境,海州湾生态系统实际的供给服务价值为 6.80×10^8 元,占总服务价值的 48.32%;其次是文化服务,占总服务价值的 41.94%;最后是调节服务,占总服务价值的 9.74%。由此可见,目前海水污染和富营养化只影响到生态系统的供给服务和调节服务,对文化服务还没有造成影响。但是随着污染程度的增加,环境日趋恶化,对文化传播和旅游娱乐等方面势必产生影响。

海州湾海洋生态系统潜在服务价值为 1.90×10^6 元/ km^2 ;实际服务价值为 1.41×10^6 元/ km^2 。张华等^[24]计算的辽宁近海海洋生态系统服务价值为 2.03×10^6 元/ km^2 ,折算到 2005 年为 1.92×10^6 元/ km^2 ;索安宁等^[18]计算的 2003—2005 年渤海海域平均服务价值为 0.73×10^6 元/ km^2 ;张朝晖等^[9]桑沟湾在 2003 年的评价结果为 4.24×10^6 元/ km^2 ,折现到 2005 年为 4.31×10^6 元/ km^2 ;李晓等^[29]计算的罗源湾的多年平均单位面积服务价值为 1.35×10^7 元/ km^2 ,吴珊珊等^[2]计算的渤海湾的生态系统服务价值为 1.06×10^8 元/ km^2 。本研究计算的海州湾的单位面积服务价值与辽宁近海的服务价值比较接近,与其它地区差异比较大,主要因为采用的指标体系和选用的参数不同。由于受实地数据获取的限制,各个评价选用的指标差异比较大,例如有的研究计算了支持服务^[2, 29],有的研究没有计算^[9, 18, 24]。即使只计算供给、调节和文化三方面的服务价值,选择的单个指标也有所不同。另外,各研究在参数选择上差异也比较大,比如碳税率,收益和成本的比率等。

表 7 海州湾 2005 年海洋生态系统服务价值
Table 7 Service value of marine ecosystem of Haizhou Bay

服务类型 Ecosystem services		潜在服务价值 potential VES			实际服务价值 Actual VES		
		潜在价值 potential VES /($\times 10^4$ 元)	比例 Percentage /%	单位面积价值 VES of unit area /($\times 10^4$ 元/ km^2)	实际价值 Actual VES /($\times 10^4$ 元)	比例 Percentage /%	单位面积价值 VES of unit area /($\times 10^4$ 元/ km^2)
供给	食品 Food	52722.85	31.68	60.16	31757.69	22.56	36.24
Provision	原材料 Material	35961.91	21.61	41.03	36113.91	25.65	41.21
service	天然产物 natural products	159.37	0.10	0.18	159.37	0.11	0.18
调解	气候调节 Climate regulating	4910.65	2.95	5.60	581.41	0.41	0.66
	空气质量调节 Air quality regulating	10119.12	6.08	11.55	10119.12	7.19	11.55
	水质调节 Water quality regulating	3006.08	1.81	3.43	3006.08	2.14	3.43
文化	知识扩展 Knowledge expanding	311.12	0.19	0.36	311.12	0.22	0.36
	旅游娱乐 Tourism and entertainment	58729.55	35.29	67.01	58729.55	41.72	67.01
	赤潮 Red tide	500.00	0.30	0.57	—		
总计 Total		166420.65		189.89	140778.25		160.63

本文对海州湾海洋生态系统服务功能的评估,参考了千年和桑沟湾的生态系统评估理念。但是由于受获取资料的限制,忽略了基因资源、干扰调节、有害生物与疾病生物调节与控制和精神文化服务 4 项服务,评估得到的结果会低于实际价值。在评估过程中,由于获取资料的多渠道性,也容易引起系统误差。另外,本研究只评估了一个年度的生态服务价值,不能清楚地表明不同管理措施和养殖活动如何影响服务价值,在今后的研究中应该对研究区域进行长时间尺度的动态评估。

5 结论

本文评估了海州湾生态系统的潜在服务价值和实际服务价值。海州湾生态系统 2005 年的潜在服务价值为 16.64×10^8 元。因海水污染和富营养化等原因导致的生态服务价值降低 2.56×10^8 元,占总服务价值的 15.41%,则实际服务价值为 14.08×10^8 元。因此,在海湾开发利用过程中,应该充分考虑开发收益与海洋污染之间的平衡。

References:

- [1] Peng B R, Hong H S. Evaluation of Coastal Ecosystem Service: Theory and Application. Beijing: Ocean Press, 2006.

- [2] Wu S S, Liu R Z, Qi L M, Liang X B. Value assessment of marine ecosystem service in Bohai Sea. *China Population Resources and Environment*, 2008, 18(2): 65-69.
- [3] Moberg F, Folke C. Ecological goods and services of coral reef ecosystems. *Ecological Economics*, 1999, 29(2): 215-233.
- [4] Holmulund C M, Hammer M. Ecosystem services generated by fish populations. *Ecological Economics*, 1999, 29(2): 253-268.
- [5] Moberg F, Rönnbäck P. Ecosystem services of the tropical seascape: interactions, substitutions and restoration. *Ocean and Coastal Management*, 2003, 46(1/2): 27-46.
- [6] Barbier E B, Koch E W, Silliman B R, Hacker S D, Wolanski E, Primavera J, Granek E F, Polasky S, Aswani S, Cramer L A, Stoms D M, Kennedy C J, Bael D, Kappel C V, Perillo G M E, Reed D J. Coastal ecosystem-based management with nonlinear ecological functions and values. *Science*, 2008, 319(5861): 321-322.
- [7] Luisetti T, Turner R K, Bateman I J, Morse-Jones S, Adams C, Fonseca L. Coastal and marine ecosystem services valuation for policy and management: managed realignment case studies in England. *Ocean and Coastal Management*, 2011, 54(3): 212-224.
- [8] Xu C C, Han Z L. Framework of marine ecosystem service value. *Ecological Economy*, 2003, 19(10): 199-202.
- [9] Zhang Z H, Lü J B, Ye S F, Zhu M Y. Values of marine ecosystem services in Sanggou Bay. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007, 18(11): 2540-2547.
- [10] Chen S, Ren D C, Xia T, Li J M, Du G Y, Wang D, Wang Q X, Ke S Y, Wang L, Wang M, Zhao Z Y. Marine ecological capital: its value's constituent and assessment indicators. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(23): 6331-6337.
- [11] Chen S, Zhang Z H, Ma Y, Shi H H, Ma A Q, Zheng W, Wang Q X, Peng Y L, Liu J. Program for service evaluation of marine ecosystems in China waters. *Advances in Earth Science*, 2006, 21(11): 1127-1133.
- [12] Wang Q X, Tang X X. Connotation and classification of marine ecosystem services. *Marine Environmental Science*, 2010, 29(1): 131-138.
- [13] Han W D, Gao X M, Lu C Y, Lin P. The Ecological values of mangrove ecosystems in China. *Ecologic Science*, 2000, 19(1): 40-46.
- [14] Li J L, Xu J Q, Zhang D F, Yang X P, Tong Y Q, Shen Y M. Function of *Spartina alterniflora* salt marsh and its eco-economic value in south coast of Hangzhou Bay. *Areal Research and Development*, 2005, 24(5): 58-62.
- [15] Li J L, Zhang R S. Function of *spartina alterniflora* salt marsh ecosystem services and evaluation of their ecological and economical value—a case of Jiangsu Province. *Marine Science*, 2003, 27(10): 68-72.
- [16] Han Q Y, Huang X P, Shi P, Zhang J P. Seagrass bed ecosystem service value — a case study on the Hepu seagrass bed in Guangxi Province. *Marine Science Bulletin*, 2007, 26(3): 33-38.
- [17] Xin K, Zhao G R, Sun J, Liu Q. Evaluation of ecological function value of mangrove soil on absorbing heavy metals — a case study of Dongzhaigang mangrove. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(2): 206-208.
- [18] Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington: Island Press, 2005.
- [19] Suo A N, Yu Y H, Miao L J. Assessment of ecosystem service value in the Bohai Sea. *Marine Economy*, 2011, 1(4): 42-47.
- [20] Huang S P, Yang Z Y. Economical analysis on the turbot industrial cultivation in China. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2011, 47(16): 113-116.
- [21] Chen X K, Tian H J, Liu J T, Wang W Z. Contents and distributions of heavy metals in Seawater, sediments and shellfishes in Haizhou Bay. *Journal of Inspection and Quarantine*, 2009, 19(5): 6-11.
- [22] Zhang J H, Fang J G, Tang Q S. The contribution of shellfish and seaweed mariculture in China to the carbon cycle of coastal ecosystem. *Advances in Earth Science*, 2005, 20(3): 359-365.
- [23] Erwin P M, López-Legentil S, Schuhmann P W. The pharmaceutical value of marine biodiversity for anti-cancer drug discovery. *Ecological Economics*, 2010, 70(2): 445-451.
- [24] Zhang H, Kang X, Wang L, Fu J. An assessment of offshore marine ecosystem value and services in Liaoning Province. *Resources Science*, 2010, 32(1): 177-183.
- [25] Zhang S, Zhu K W, Sun M C. Species composition and biomass variation in phytoplankton in artificial reef area in Haizhou Bay. *Journal of Dalian Fisheries University*, 2006, 21(2): 134-140.
- [26] Zhang G L. *Studies on Biogeochemistry of Dissolved Methane and Nitrous Oxide in the Coastal Waters of China* [D]. Beijing: Ocean University of China, 2004.
- [27] Lu C X, Xie G D, Xiao Y, Yu Y J. Ecosystem diversity and economic valuation of Qinghai-Tibet Plateau. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(12): 2749-2755.
- [28] Zhang X S, Chen Z X. Value of ecosystem services in China. *Chinese Science Bulletin*, 2000, 45(10): 870-876.
- [29] Li X, Zhang J L, Lin Z. Evaluation function of marine ecosystem service in Luoyuan Bay. *Marine Environmental Science*, 2010, 29(3): 401-405.

参考文献:

- [1] 彭本荣, 洪华生. 海岸带生态系统服务价值评估: 理论与应用研究. 北京: 海洋出版社, 2006.
- [2] 吴珊珊, 刘容子, 齐连明, 梁湘波. 渤海海域生态系统服务功能价值评估. 中国人口、资源与环境, 2008, 18(2): 65-69.
- [8] 徐丛春, 韩增林. 海洋生态系统服务价值的估算框架构筑. 生态经济, 2003, 19(10): 199-202.
- [9] 张朝晖, 吕吉斌, 叶属峰, 朱明远. 桑沟湾海洋生态系统的服务价值. 应用生态学报, 2007, 18(11): 2540-2547.
- [10] 陈尚, 任大川, 夏涛, 李京梅, 杜国英, 王栋, 王其翔, 柯淑云, 王丽, 王敏, 赵志远. 海洋生态资本价值结构要素与评估指标体系. 生态学报, 2010, 30(23): 6331-6337.
- [11] 陈尚, 张朝晖, 马艳, 石洪华, 马安青, 郑伟, 王其翔, 彭亚林, 刘健. 我国海洋生态系统服务功能及其价值评估研究计划. 地球科学进展, 2006, 11(21): 1127-1133.
- [12] 王其翔, 唐学玺. 海洋生态服务系统的内涵与分类. 海洋环境科学, 2010, 29(1): 131-138.
- [13] 韩维栋, 高秀梅, 卢昌义, 林鹏. 中国红树林生态系统生态价值评估. 生态科学, 2000, 19(1): 40-46.
- [14] 李加林, 许继琴, 张殿发, 杨晓平, 童亿勤, 沈永明. 杭州湾南岸互花米草盐沼生态系统服务价值评估. 地域研究与开发, 2005, 24(5): 58-62.
- [15] 李加林, 张忍顺. 互花米草海滩生态系统服务功能及其生态经济价值的评估——以江苏为例. 海洋科学, 2003, 27(10): 68-72.
- [16] 韩秋影, 黄小平, 施平, 张景平. 广西合浦海草床生态系统服务功能价值评估. 海洋通报, 2007, 26(3): 33-38.
- [17] 辛锟, 赵广儒, 孙娟, 刘强. 红树林土壤吸附重金属生态功能价值估算——以海南省东寨港红树林为例. 生态学杂志, 2005, 24(2): 206-208.
- [19] 索安宁, 于永海, 苗丽娟. 渤海海域生态系统功能服务价值评估. 海洋经济, 2011, 1(4): 42-47.
- [20] 黄书培, 杨正勇. 不同养殖规模下大菱鲆工厂化养殖经济效益分析. 广东农业科学, 2011, 47(16): 113-116.
- [21] 陈秀开, 田慧娟, 刘吉堂, 王维志. 海州湾近海海水、沉积物及贝类体内重金属的含量和分布特征. 检验检疫学刊, 2009, 19(5): 6-11.
- [22] 张继红, 方建光, 唐启升. 中国浅海贝藻养殖对海洋碳循环的贡献. 地球科学进展, 2005, 20(3): 359-365.
- [24] 张华, 康旭, 王利, 伏捷. 辽宁近海海洋生态系统服务及其价值测评. 资源科学, 2010, 32(1): 177-183.
- [25] 张硕, 朱孔文, 孙满昌. 海州湾人工渔礁区浮游植物的种类组成和生物量. 大连水产学院学报, 2006, 21(2): 134-140.
- [26] 张桂玲. 中国近海部分海域溶解甲烷和氧化亚氮的生物地球化学研究[D]. 北京: 中国海洋大学, 2004.
- [27] 鲁春霞, 谢高地, 肖玉, 于云江. 青藏高原生态系统服务功能的价值评估. 生态学报, 2004, 24(12): 2749-2755.
- [29] 李晓, 张锦玲, 林忠. 罗源湾生态系统服务功能价值评估研究. 海洋环境科学, 2010, 29(3): 401-405.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33 ,No.2 January ,2013(Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Spatio-temporal heterogeneity of water and plant adaptation mechanisms in karst regions; a review CHEN Hongsong, NIE Yunpeng, WANG Kelin (317)
- Impacts of mangrove vegetation on macro-benthic faunal communities CHEN Guangcheng, YU Dan, YE Yong, et al (327)
- Advance in research on the occurrence and transformation of arsenic in the freshwater lake ecosystem ZHANG Nan, WEI Chaoyang, YANG Linsheng (337)
- Application of nano-scale secondary ion mass spectrometry to microbial ecology study HU Hangwei, ZHANG Limei, HE Jizheng (348)
- Carbon cycle of urban system; characteristics, mechanism and theoretical framework ZHAO Rongqin, HUANG Xianjin (358)
- Research and compilation of urban greenhouse gas emission inventory LI Qing, TANG Lina, SHI Longyu (367)

Autecology & Fundamentals

- Seed dispersal and seedling recruitment of *Ulmus pumila* woodland in the Keerqin Sandy Land, China YANG Yunfei, BAI Yunpeng, LI Jiandong (374)
- Influence of environmental factors on seed germination of *Bombax malabaricum* DC. ZHENG Yanling, MA Huancheng, Scheller Robert, et al (382)
- Carbon, nitrogen and phosphorus stoichiometric characteristics during the decomposition of *Spartina alterniflora* and *Cyperus malaccensis* var. *brevifolius* litters OUYANG Linmei, WANG Chun, WANG Weiqi, et al (389)
- Home range of *Teratoscincus roborowskii* (Gekkonidae): influence of sex, season, and body size LI Wenrong, SONG Yucheng, SHI Lei (395)
- Effects of the covering behavior on food consumption, growth and gonad traits of the sea urchin *Glyptocidaris crenularis* LUO Shibin, CHANG Yaqing, ZHAO Chong, et al (402)
- Biological response of the rice leaffolder *Cnaphalocrocis medinalis* (Güenée) reared on rice and maize seedling to temperature LIAO Huaijian, HUANG Jianrong, FANG Yuansong, et al (409)

Population, Community and Ecosystem

- Composition and stability of organic carbon in the top soil under different forest types in subtropical China SHANG Suyun, JIANG Peikun, SONG Zhaoliang, et al (416)
- The community characteristics of different types of grassland under grazing prohibition condition ZHANG Pengli, CHEN Jun, CUI Shujuan, et al (425)
- Spatial pattern and competition relationship of *Stellera chamaejasme* and *Aneurolepidium dasystachys* population in degraded alpine grassland REN Heng, ZHAO Chengzhang (435)
- SOC decomposition of four typical broad-leaved Korean pine communities in Xiaoxing' an Mountain SONG Yuan, ZHAO Xizhu, MAO Zijun, et al (443)
- The influence of vegetation restoration on soil archaeal communities in Fuyun earthquake fault zone of Xinjiang LIN Qing, ZENG Jun, ZHANG Tao, et al (454)
- Effects of fertilization regimes on soil faunal communities in cropland of purple soil, China ZHU Xinyu, DONG Zhixin, KUANG Fuhong, et al (464)
- Woody plant leaf litter consumption by the woodlouse *Porcellio scaber* with a choice test LIU Yan, LIAO Yuncheng (475)
- The bacterial community of coastal sediments influenced by cage culture in Xiangshan Bay, Zhejiang, China QIU Qiongfeng, ZHANG Demin, YE Xiansen, et al (483)
- A study of meiofauna in the COMRA's contracted area during the summer of 2005 WANG Xiaogu, ZHOU Yadong, ZHANG Dongsheng, et al (492)
- Hydrologic regime of interception for typical forest ecosystem at subalpine of Western Sichuan, China SUN Xiangyang, WANG Genxu, WU Yong, et al (501)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Sensitivity and vulnerability of China's rice production to observed climate change XIONG Wei, YANG Jie, WU Wenbin, et al (509)

- Characteristics of temperature and precipitation in Northeastern China from 1961 to 2005 HE Wei, BU Rencang, XIONG Zaiping, et al (519)
- Combined effects of elevated O₃ and reduced solar irradiance on growth and yield of field-grown winter wheat ZHENG Youfei, HU Huifang, WU Rongjun, et al (532)
- Resource and Industrial Ecology**
- The study of vegetation biomass inversion based on the HJ satellite data in Yellow River wetland GAO Mingliang, ZHAO Wenji, GONG Zhaoning, et al (542)
- Temporal and spatial variability of soil available nutrients in arable Lands of Heyang County in South Loess Plateau CHEN Tao, CHANG Qingrui, LIU Jing, et al (554)
- Decomposition characteristics of wheat straw and effects on soil biological properties and nutrient status under different rice cultivation WU Ji, GUO Xisheng, LU Jianwei, et al (565)
- Effects of nitrogen application stages on photosynthetic characteristics of summer maize in high yield conditions LÜ Peng, ZHANG Jiwang, LIU Wei, et al (576)
- Urban, Rural and Social Ecology**
- The degradation threshold of water quality associated with urban landscape component LIU Zhenhuan, LI Zhengguo, YANG Peng, et al (586)
- Ecological sustainability in Chang-Zhu-Tan region; a prediction study DAI Yanan, HE Xinguang (595)
- The effect of exogenous nitric oxide on activities of antioxidant enzymes and microelements accumulation of two rice genotypes seedlings under cadmium stress ZHU Hanyi, CHEN Yijun, LAO Jiali, et al (603)
- Forms composition of inorganic carbon in sediments from Dali Lake SUN Yuanyuan, HE Jiang, LÜ Changwei, et al (610)
- Fractionation character and bioavailability of Cd, Pb, Zn and Ni combined pollution in oasis soil WU Wenfei, NAN Zhongren, WANG Shengli, et al (619)
- Effects of CA and EDTA on growth of *Chlorophytum comosum* in copper-contaminated soil WANG Nannan, HU Shan, WU Dan, et al (631)
- Research Notes**
- Values of marine ecosystem services in Haizhou Bay ZHANG Xiuying, ZHONG Taiyang, HUANG Xianjin, et al (640)
- Variations of *Leymus chinensis* community, functional groups, plant species and their relationships with climate factors TAN Liping, ZHOU Guangsheng (650)
- The effect of N:P supply ratio on P uptake and utilization efficiencies in *Larix olgensis* Henry. seedlings WEI Hongxu, XU Chengyang, MA Lüyi, et al (659)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,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,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 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 33 卷 第 2 期 (2013 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 2 (January, 2013)

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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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:100717	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 90.00 元