

基于有机水产养殖减轻农业面源污染的研究

李廷友^{1,2}, 林振山¹, 尹静秋³

(1. 南京师范大学地理科学学院, 江苏 南京 210046;

2. 连云港师范高等专科学校, 连云港市应用生物技术重点实验室, 江苏 连云港 222006;

3. 南京信息工程大学遥感学院, 江苏 南京 210044)

摘要:我国农业面源污染的核心问题是水体的氮、磷富集, 目前尚无有效的工程治理方法, 本研究通过有机水产养殖减轻水体的氮、磷污染。结果表明, 有机水产养殖可以有效降低养殖水体的 COD、无机氮和无机磷的浓度, 有机海水养殖控制污染物排放的效果较有机淡水养殖更明显; 有机养殖方式下严格而系统的管理措施及饵料质量的控制可能是减少氮、磷富集的主要因素。

关键词:农业面源污染; 有机水产养殖; 常规养殖系统

中图分类号: X196, X592, S19 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2009)06-0067-04

面源污染也称为非点源污染(Non-point Source, NPS), 在美国清洁水法修正案中定义为“以广义的、分散的、微量的形式进入地表及水体的污染物”。全球有 30% ~ 50% 的地表水体受到面源污染的影响(Line D E, 1998)。由于农业活动的广泛性和普遍性, 农业面源污染是造成水体环境隐患的最主要的面源污染形式(张志剑等, 1999), 表现为以氮、磷等富营养形式污染水体, 它主要来自农用化肥、畜禽粪便和生活污水; 以有机磷、有机氯、重金属等毒害形式污染水体, 它主要来自农药、除草剂和部分肥料(朱有为和段丽丽, 2004)。我国农业面源污染的核心问题是水体的氮、磷富集(全为民和严力蛟, 2002)。我国的面源污染研究始于 20 世纪 80 年代初, 至今在面源污染负荷模型计算与评价、GIS 技术模拟、控制农业面源污染的经济手段等方面取得了一定研究成果(吕耀和程序, 2000; 张巍等, 2001; 刘岩等, 2003), 但对于农业面源污染工程技术控制研究却十分薄弱, 至今没有行之有效的方法。

为了有效保护生态环境及维护食品安全, 减少面源污染, 实现农业可持续发展, 在多种农业发展新途径中有机农业得到国际社会的广泛认可。有机水产养殖是指建立的一种水产品养殖系统, 该系统致力于从依靠外部能量和物质投入的常规养殖向光合

作用、废物重新利用以及尽可能利用本系统中的可再生资源的转变, 在养殖过程中不投入任何化学合成物质和常规饵料(Bergleiter S, 2001)。有机水产养殖对食品安全和疾病预防的作用有一些研究(Bergleiter S, 2001; Huitric M, 1998), 但其对环境的影响研究则鲜见报道。

连云港市近岸海域的海水富营养化已达一定程度, 海水中无机氮、无机磷、重金属超标, 成为重要的特征污染物。连云港市水产养殖面积近 7 万 hm^2 , 并有扩大的趋势。该市于 2003 年开始进行有机水产养殖项目试点, 海水养殖基地于 2003 年、淡水扣蟹养殖基地于 2004 年获得国家环保总局有机食品认证中心(OFDC)颁发的有机农场证书, 产品获准使用“有机食品”商标。本文通过对连云港市有机水产养殖的效果分析, 对基于有机水产养殖治理农业面源污染进行初步的探讨。

1 材料与方法

1.1 试验材料

淡水养殖以中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*, 俗称河蟹)大眼幼体长成扣蟹为试验阶段, 大眼幼体购自赣榆县金兴育苗场(该企业为 2004 年度江苏优质蟹苗生产企业), 规格为 1.8×10^5 个/kg。试验池 10 m $\times$ 50 m, 共 8 个, 池埂 2 m(上面按有机方式种植庄稼)。养殖用水为井水, 经检测符合《渔业水质标准》(GB11607-89); 养殖池底质中药物残留、农药残留和重金属含量经检测符合《土壤环境质量标准》(GB15618-1995)中的一级标准。

海水养殖以梭鱼(*Liza haematocheila*)—中国对

收稿日期: 2008-07-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(40871083, 40901094), 江苏省“青蓝工程”优秀骨干教师项目(2006)资助。

作者简介: 李廷友, 1968 年生, 男, 江苏连云港人, 副研究员, 博士, 南京师范大学自然地理学博士后, 研究方向为水生态与渔业生态。E-mail: tingyoul@hotmail.com

虾 (*Fenneropenaeus chinensis*)—缢蛏 (*Sinonovacula constricta*)混养至成体为试验阶段。养殖池面积 1.33 hm² 的 20 个, 3.33 hm² 的 8 个。缢蛏苗 4 000 只/kg, 梭鱼苗 20 尾/kg, 对虾苗体长 1.7 mm/尾。养殖用水为天然海水, 经检测符合《海水水质标准》(GB3097-1997) 二类标准。

1.2 试验设置

淡水扣蟹有机养殖池 8 个, 另设常规养殖池 2 个。常规养殖组用常规水产饵料喂养, 常规饵料为连云港市苏兰林饵料有限公司提供。有机养殖组采用有机合成饵料, 为自行研制, 成分为获得 OFDC 有机认证的有机大豆、有机小麦、有机大米、有机面粉以及天然鱼粉、天然鱼杂碎并添加有机添加剂, 按一定的比例混合粉碎制粒而成(已获国家发明专利)。试验时间为 2004 年 5~9 月, 大眼幼体于 2004 年 5 月 13 日入池, 投放密度为 270 只/m³。

海水养殖试验有机养殖池共 26 个, 另设常规养殖池 2 个。有机养殖池用天然饵料喂养, 常规养殖池用连云港华云饲料有限公司的复合饲料喂养。有机养殖组缢蛏苗于 2003 年 2 月 5 日投入, 规格为 138.75 kg/hm²; 梭鱼苗于 3 月 5 日投入, 22.5 kg/hm²; 对虾苗于 4 月 2 日投入, 22.5 × 10⁵ 只/hm²。同年 8 月 25 日收获对虾, 9 月 5 日收获缢蛏和梭鱼。

试验过程中严格按技术规范执行, 并记录投入饵料量及水产品产量, 于试验结束时计算投入

产出比。

1.3 采样及分析

按照国家环保总局规定的《地表水环境质量标准》(GBZB1-1999) 和《海水水质标准》(GB3097-1997) 规定的方法进行采样和分析, 具体方法和标准见表 1。有机养殖池和常规养殖池每 40 d 采水样 1 次, 采样时间为 10:00 和 14:00, 取 2 次的平均值。

表 1 水质指标测定方法和依据

Tab.1 Variables studied and corresponding methodology

指标	方法	标准
温度	温度计法	GB13195-91
pH	玻璃电极法	GB6920-86
DO	电化学探头法	GB11913-89
COD _{Mn}	水质高锰酸盐指数法	GB11892-89
NO ₃ ⁻ -N	酚二磺酸分光光度法	GB7480-87
NO ₂ ⁻ -N	N-(1-萘基)-乙二胺分光光度法	GB7493-87
NH ₄ ⁺ -N	水杨酸分光光度法	GB7481-87
无机磷	钼酸铵分光光度法	GB11893-89

2 结果与讨论

2.1 有机养殖和常规养殖的污染物排放量比较

有机养殖和常规养殖在淡水和海水中的 COD、无机氮(氨氮+亚硝酸盐氮+硝酸盐氮)和无机磷的月平均浓度值见图 1。

根据养殖过程中的养殖用水换水量和水质指标的监测数据, 计算 2 种养殖方式的污染物排放量, 见表 2。

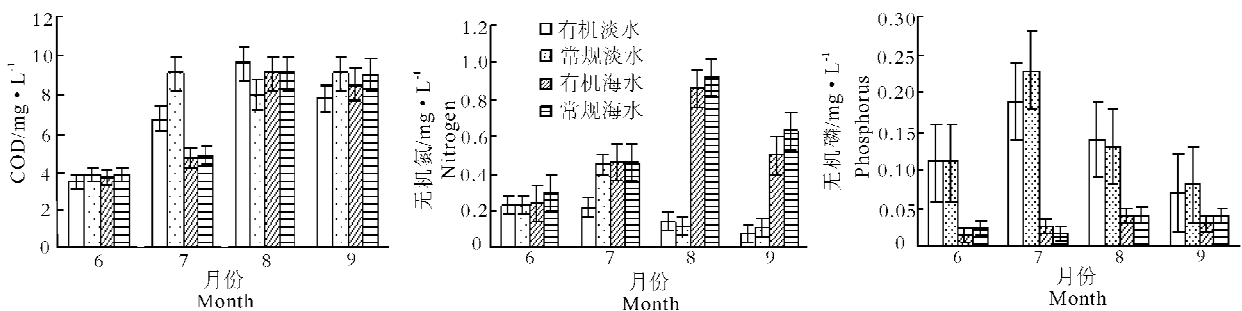


图 1 2 种养殖方式下海水和淡水中 COD、无机氮和无机磷的比较

Fig.1 Comparison COD, inorganic nitrogen and inorganic phosphorus between organic and conventional farming in fresh water and sea water

有机水产养殖的 COD、无机氮和无机磷排放浓度低于常规养殖(图 1)。以 2005 年连云港市淡水养殖面积 2.84 万 hm², 海水养殖面积 4.10 万 hm² 计, 通过有机水产养殖方式, 连云港市 2005 年水产养殖 COD 排放量减少 4 914.80 t, 无机氮排放量减少 1 052.88 t, 无机磷排放量减少 66.88 t。与常规养殖相比, COD 排放量减少 4.32%, 无机氮排放量

减少 12.54%, 无机磷排放量减少 7.76%。

养殖系统排放的废水含有大量的悬浮有机固体、碳、氮和磷, 使得沿海环境的营养物负荷不断上升(Dierberg F E & Kiattisimkul W, 1996), 且这些营养物大部分是源于外部投入的养殖饲料, 结果导致沿海水体富营养化(Kautsky N et al, 2000)。在某些采用精细模式养殖的地区, 由于富含大量化学和生

物污染物的污水在养殖场内循环使用,水产养殖业自身污染和疾病传播问题非常严重,导致水产品质量下降(Smith P T,1998)。本研究表明,通过有机水产养殖,可有效地减少养殖过程中的污染物排放,从而减少了面源污染。这与谢标等(2009)研究有机对虾养殖对海水水质的影响结果是一致的。

表 2 2 种养殖方式在淡水和海水中的 COD、无机氮和无机磷排放量

Tab.2 COD, inorganic nitrogen and inorganic phosphorus emissions from organic and conventional farming system in fresh water and sea water

养殖组	污 染 物	淡水养殖		海水养殖	
		浓度/ mg · L ⁻¹	排放量/ t · hm ⁻²	浓度/ mg · L ⁻¹	排放量/ t · hm ⁻²
有机 养殖组	COD	27.600	0.828	26.020	2.080
	无机氮	0.679	0.020	2.060	0.165
	无机磷	0.510	0.015	0.110	0.009
常规 养殖组	COD	30.000	0.900	26.820	2.150
	无机氮	0.952	0.029	2.310	0.185
	无机磷	0.550	0.017	0.120	0.010

注:无机氮 = 氨氮(NH₄⁺ - N) + 亚硝酸盐氮(NO₂⁻ - N) + 硝酸盐氮(NO₃⁻ - N)。淡水和海水养殖排水量分别为 3 万 m³/hm² 和 8 万 m³/hm²。

2.2 淡水养殖与海水养殖的污染物排放量比较

淡水养殖中无机磷的排放浓度高于海水养殖,而无机氮的排放浓度则相反,COD 的排放浓度与海水养殖中的持平。但由于海水养殖换水量大,其产生的污染物排放总量相对的大于淡水养殖(表 2)。

沿海水域生态环境的恶化除了来自农用化肥、畜禽鱼粪尿和生活污水等的污染外,海水养殖产生的污染也十分巨大。据翟美华(1996)研究烟台市海水养殖排放情况时,发现仅莱州、牟平县所在的莱州湾和象岛湾年接纳海水养殖废水 230 300 万 t,其中 COD 排放量约占烟台北部海域入海总量的 10% 以上。本研究中海水养殖排放的 COD、无机氮和无机磷,分别达 2.150、0.185 和 0.010 t/hm²;而有机养殖方式可将其分别降低 0.07、0.02 和 0.001 t/hm²。

2.3 有机水产养殖环境效益控制

本试验过程中记录了有机和常规养殖的投入和产出情况(表 3)。通过计算得出 2 种养殖方式下的饵料系数,淡水扣蟹有机养殖为 1.59,常规养殖为 1.82;海水有机养殖为 0.94,常规养殖为 1.00。海水养殖中,由于缢蛏以底栖微小生物和腐殖质为食,故没有将缢蛏的生长量计算在饵料系数内,另外养殖过程中泼洒了发酵的鸡粪用以肥水,这均不影

响 2 种养殖方式饵料系数的比较。

表 3 有机和常规养殖方式投入产出分析 kg/hm²
Tab.3 Analysis of input and output for organic and conventional farming systems

养殖水体	投入	产出	有机养殖组	常规养殖组
淡水	蟹苗		15	15
	饵料		3 762	4 125
		扣蟹	2 386	2 284
		缢蛏苗	139	143
海水		梭鱼苗	23	23
		对虾苗	1.9	1.9
	饵料		1 012	1 049
	淡水蚤		20	-
		缢蛏	6 218	6 150
		梭鱼	185	180
		对虾	938	898

淡水扣蟹养殖中,有机养殖的饵料系数明显小于常规养殖;海水养殖中,有机养殖的饵料系数比常规养殖的略低。说明饵料的营养质量和组成可能是影响氮、磷富集的主要因子之一。与常规饵料相比,有机饵料在受农药及其它化学合成物质的污染风险方面比常规饵料小。在本研究中,有机养殖过程投入物仅为天然的生物饵料和经过认证的有机原料,没有使用任何化学合成物质。

有机养殖系统建立了严格的养殖系统内外的环境监测网络,总污染或能源消耗的降低一般可以通过系统而严格的有机管理措施获得(如增加劳动力),而常规养殖方法则更多的依靠技术措施。有机养殖系统中良好的水环境条件和有机饵料质量可能是其取得较高经济效益的主要因素(李廷友等,2006)。在消费者的心目中,有机食品肯定比常规食品质量好并对人体更健康,这也是消费者愿意出高价购买有机食品的主要动机(Lockie S et al, 2000)。因此,产品质量问题已经成为开展常规和有机食品比较研究的主要议题(Worthington V, 1998)。通过有机水产养殖,能够减少污染物排放,减少治污成本,增加经济收入,实现社会收益最大化,保证农业可持续发展(李廷友等,2005)。

本研究说明,系统而严格的有机管理措施及科学的饵料质量可能是影响氮、磷富集的主要因素;有机水产养殖方式对氮、磷富集的控制效果明显,是控制农业面源污染的重要手段之一。

参考文献:

李廷友,谢标,阎斌伦,等. 2006. 有机饵料常规饵料对扣蟹品质的比较研究[J]. 海洋湖沼通报, (2):82-87.
李廷友,阎斌伦,田永祥,等. 2005. 有机养殖扣蟹对养殖水体水环境质量的影响研究[J]. 连云港师范高等专科学校

- 校学报, (4): 85-89.
- 刘岩, 张天柱, 陈吉宁, 等. 2003. 滇池流域农业非点源污染治理的收费政策研究[J]. 厦门大学学报, 42(6): 788-790.
- 吕耀, 程序. 2000. 湖地区农田氮素非点源污染及环境经济分析[J]. 上海环境科学, 19(4): 143-148.
- 全为民, 严力蛟. 2002. 农业面源污染对水体富营养化的影响及其防治措施[J]. 生态学报, (3): 291-299.
- 翟美华. 1996. 烟台市养虾废水排放及控制[J]. 海洋环境科学, 15(4): 58-61.
- 张巍, 王学军, 李莹. 2001. 在总量控制体系下实施点源与非点源排污交易的理论研究[J]. 环境科学学报, 21(6): 749-750.
- 张志剑, 胡勤海, 朱荫渭. 1999. 农业面源污染与水体保护[J]. 杭州科技, (6): 23-24.
- 朱有为, 段丽丽. 2004. 浙江省农业面源污染现状与对策[C]//农业部科技教育司, 中国农学会. 农业面源污染与综合防治: 全国农业面源污染与综合防治学术研讨会论文集. 北京: 中国农学通报期刊社: 51-52.
- Bergleiter S. 2001. Organic Shrimp Production[J]. Ecology and Farming, (5): 22-23.
- Dierberg F E, W Kiattisimkul. 1996. Issues, impacts and implications of shrimp aquaculture in Thailand[J]. Environmental Management, 20: 649-666.
- Huitric M. 1998. The Thai shrimp farming industry: historical development, social drivers and environmental impacts. MSc Thesis[J]. Dept. Systems Ecology, Stockholm University, 13: 1-51.
- Kautsky N, Ronnback P, Tedengren M. 2000. Ecosystem perspectives on management of disease in shrimp pond farming[J]. Aquaculture, 191: 145-161.
- Line D E. 1998. Non-point sources pollution[J]. Water Environ Res., 70(4): 895-911.
- Lockie S, Lyons K, Lawrence G, et al. 2000. Constructing "green" foods: Corporate capital, risk, and organic farming in Australia and New Zealand[J]. Agriculture and Human Values, 17, 315-322.
- Smith P T. 1998. Effect of removing accumulated sediments on the bacteriology of ponds used to culture *Penaeus monodon* [J]. Asian Fisheries Science, 10: 355-370.
- Worthington V. 1998. Effect of agricultural methods on nutritional quality: a comparison of organic with conventional crops[J]. Alternative Therapies, 4, 58-69.
- X Biao, L Tingyou, W Xipei, et al. 2009. Variation in the water quality of organic and conventional shrimp ponds in a coastal environment from Eastern China [J]. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 15(1): 47-59.

(责任编辑 杨春艳)

Agricultural Non-point Source Pollution Reduce through Developing Organic Agriculture

LI Ting-you^{1,2}, LIN Zhen-shan¹, YIN Jing-qiu³

(1. School of Geographical Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China;

2. Lianyungang Key Laboratory of Application Biotechnology,

Lianyungang Teacher's College, Lianyungang 222006, China;

3. School of Remote Sensing, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China)

Abstract: The core issue of Chinese agricultural non-point source pollution is water nitrogen and phosphorus eutrophication, and there is no effective engineering treatment methods still now. In this paper, organic aquaculture methods to reduce agricultural non-point source pollution were researched. The results showed that, organic aquaculture farming could reduce water concentration of COD, inorganic nitrogen and inorganic phosphorus, and under organic farming, the effect of controlling pollutant discharge in mariculture was more obvious than in fresh water aquaculture. Under the organic farming, strict and systematic organic management and the fish food quality are possibly the primary factors to reduce enrichment of nitrogen and phosphorus.

Key words: Agricultural non-point source pollution; Organic agriculture; Conventional farming system