

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2011.01.015

# 苏州市东山镇池塘养蟹面源污染现状及控制

宋学宏, 郭培红, 孙丽萍, 朱 江

(苏州大学基础医学与生物科学学院, 江苏 苏州 215123)

**摘要** 结合全国污染源普查活动,以苏州市养殖老区东山镇养殖池塘为典型,调查其现行养殖模式、经济效益、养殖污染状况。调查结果显示,东山镇现有养殖面积为 2253.33 hm<sup>2</sup>,主养品种为河蟹。1 个养殖周期中,养殖池塘通过沟渠排入外界的 TN、TP 含量分别平均为 21.25 kg/hm<sup>2</sup>、2.34 kg/hm<sup>2</sup>;密度为 9000 只/hm<sup>2</sup> 的低密度养殖池外排的 TN 含量为 16.79 kg/hm<sup>2</sup>,而无 TP 排出。分析苏州地区池塘养殖产生水环境污染的主要原因,从池塘管理体制改革、科学生态养殖技术及养殖尾水处理等方面探讨池塘养殖污水零排放技术,为苏州市养殖业面源污染的控制提供对策和措施。

**关键词** 池塘养殖;面源污染;生态养殖;养殖模式;苏州市

中图分类号:X714 文献标识码:A 文章编号:1004-6933(2011)01-0063-04

## Current status and control strategies of non-point source pollution from pond aquaculture in Dongshan town of Suzhou

SONG Xue-hong, GUO Pei-hong, SUN Li-ping, ZHU Jiang

(School of Basic Medicine and Biological Sciences, Suzhou University, Suzhou 215123, China)

**Abstract**: Combining with national census of pollution sources and using large-scale pond aquaculture in Dongshan town in Suzhou as a case study, the current cultural modes, economic benefits, and aquaculture pollution were surveyed. The results showed that there were 2253.33 hm<sup>2</sup> of aquaculture in Dongshan town, and the Chinese mitten crab was the main specie. In a single aquaculture period, the discharged total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP) from pounds to outside through canals and ditches were on average 21.25 kg/hm<sup>2</sup> and 2.34 kg/hm<sup>2</sup> respectively. However, in a low-density crab raising pond of 9000 ind/hm<sup>2</sup>, the discharged TN was 16.79 kg/hm<sup>2</sup>, and no TP was found to be discharged. Based on the case study, the main reasons for the water environment pollution by pond aquaculture were analyzed, and the zero discharge technologies for the waste water of pond aquaculture were discussed from aspects of the management system reform for pond, the scientific and ecological raising technique, and the aquaculture wastewater treatment. The possible strategies and countermeasures for controlling the aquacultural non-point source pollution in Suzhou were also provided.

**Key words**: pond aquaculture; non-point source pollution; ecological culture; cultural mode; Suzhou City

严重的水体富营养化是太湖、巢湖、滇池等湖泊蓝藻不断暴发的直接诱因。太湖之滨的苏州市素以“鱼米之乡”著称,太湖、阳澄湖沿岸池塘星罗棋布,水产养殖业十分发达。调查分析表明,主要污染源对太湖水体富营养化贡献的顺序依次为:畜禽业面

源(包括高密度水产养殖)、农田面源、生活污水、工业点源污染<sup>[1]</sup>。

苏州市吴中区东山镇位于苏州市城南,距苏州城区 37 km,是太湖东侧(东太湖)的一座湖中半岛,三面临湖,一面连接陆地,总面积 63 km<sup>2</sup>。全镇以果

基金项目:江苏省社会发展项目(BS2007031)苏州市软科学研究项目(SRA0812)

作者简介:宋学宏(1963—),女,江苏南通人,博士研究生,副教授,研究方向为水产动物健康养殖与水生态修复。E-mail: xuehongsong0943@sina.com

通讯作者:朱江 教授。E-mail: zjiang@suda.edu.cn

树和蔬菜种植业和淡水养殖业为主要产业。20世纪60年代,东山的万顷鱼池已成了苏州及周边地区的四大家鱼商品鱼供应基地,也是全国的草鱼养殖示范基地,养殖产量一度高达11250~15000 kg/hm<sup>2</sup>。随着生态渔业的发展,东山镇养殖模式发生变化,20世纪90年代后,逐渐从密度养鱼转变为鱼、虾、蟹混养的养殖模式。因此,东山镇的水产养殖是苏州市水产养殖业的一个缩影,其养殖、经营模式在相当程度上代表了目前苏州市的养殖情况。

笔者结合全国污染源普查活动,以苏州市传统养殖区东山镇养殖池塘为具体对象,调查其现行的养殖模式、经济效益、养殖污染状况。以点带面,分析苏州地区池塘养殖产生水环境污染的主要原因,从池塘管理体制改革、科学生态养殖技术及养殖尾水处理等方面探讨池塘养殖污水零排放技术,为苏州市的养殖业面源污染控制提供资料。

### 1 调查方法与内容

调查时间:2008年5月10日—2008年11月30日。

在不同的养殖模式中各抽查5家养殖户,对其养殖模式、养殖技术、管理水平、养殖效益作详细调查,同时,在5、7、9、11四个月对这些养殖户的池塘及水源的水质进行水化学指标检测。其中,水样按文献[2]的方法采集,水环境化学指标的测定方法分别为:采用碘量法(GB 7489—1989)测定DO、碱性高锰酸钾法测定COD<sub>Mn</sub>、钼酸铵分光光度法(GB 11893—1989)测定TP、碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法测定TN、水杨酸分光光度法(GB 7481—1987)测定NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、重氮耦合比色法测定NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N、乙醇萃取法<sup>[3]</sup>测定(Chl-a)。

通过2008年全市水产养殖污染源调查数据及文献[4]获得苏州市池塘养殖面积。

各养殖模式营养贡献份额计算:水产养殖的营养贡献份额是指养殖活动给养殖水体带入的有机污染物的量,包括沉在池底的残饵、养殖动物的排泄物及溶解在池水中的有机物。因池中残存的水草及活螺蛳能作为下一轮河蟹养殖时的活饵料,因而可以将这两部分的TN、TP算入输出部分。所以本文不同养殖模式对水体的营养贡献份额计算公式为:

$$u(TN)_{\text{贡献份额}} = u(TN_1) + u(TN_2) - u(TN_3) - u(TN_4) \quad (1)$$

$$u(TP)_{\text{贡献份额}} = u(TP_1) + u(TP_2) - u(TP_3) - u(TP_4) \quad (2)$$

式中:放养时各组分的总氮、总磷含量分别为u(TN<sub>1</sub>)、u(TP<sub>1</sub>);投入品的总氮、总磷含量分别为

u(TN<sub>2</sub>)、u(TP<sub>2</sub>);收获产品的总氮、总磷含量分别为u(TN<sub>3</sub>)、u(TP<sub>3</sub>);留存塘底的水草、螺蛳的总氮、总磷含量分别为u(TN<sub>4</sub>)、u(TP<sub>4</sub>)。公式中各物质的氮、磷含量是根据有关文献给出的各种有机物质的TN、TP含量(表1)。水产养殖的营养贡献(有机污染物)可通过池塘微生物的降解自净和抽水至外界而输出池塘。

表1 养殖相关生物的TP、TN干物质含量 g/kg

名称	u(TN)	u(TP)	数据来源
河蟹	22.40	1.5	参考文献5]
玉米	15.36	2.0	参考文献5]
鱼	27.50	4.0	参考文献5]
水草	2.00	0.9	参考文献5]
螺蛳	4.61	0.22	参考文献6]
青虾	28.34	1.7	参考文献7-8]

各养殖模式年排出养殖废水(尾水)的TN、TP含量计算是根据各模式池塘的水质检测结果的平均值及其一个养殖周期的换水量和清塘时全部排出的水量计算而得,即:

$$u(TN)_{\text{尾水排出量}} = u((TN_1') - u(TN_2'))Q + u(TN_1')q \quad (3)$$

$$u(TP)_{\text{尾水排出量}} = u((TP_1') - u(TP_2'))Q + u(TP_1')q \quad (4)$$

式中:u(TN<sub>1</sub>')、u(TP<sub>1</sub>')分别为池塘水中的TN、TP, g/t; u(TN<sub>2</sub>')、u(TP<sub>2</sub>')分别为水源水中的TN、TP, g/t; Q为年换水量, t; q为清塘水量, t。

### 2 结果与分析

#### 2.1 东山镇养殖总面积、户均养殖规模和现有的主要养殖模式

结合2008年全国污染源摸底调查,对东山镇所有养殖户进行了全面调查。按普查规定,将面积在0.33 hm<sup>2</sup>以上的养殖水体列入调查范围,则东山镇现有池塘养殖面积为1502.53 hm<sup>2</sup>,加上未统计在内的面积在0.33 hm<sup>2</sup>以下的养殖池塘,东山镇实际池塘养殖面积可达2253.33 hm<sup>2</sup>。本次共调查1249个养殖户,均以河蟹养殖为主,搭养少量日本沼虾和滤食性鱼类调节水质。具体养殖模式及投入品、投入量见表2、表3。河蟹养殖池塘平均水深为1.0 m。

#### 2.2 不同养殖模式下的池塘水质状况

在2008年5、7、9、11月,分别对3种养殖模式的池塘及其水源水的水化学指标进行了检测,测定结果见表4。表4显示,不同养殖模式对水体的水环境化学指标有显著差异,其中,高密度养殖模式(模式3)的水体TN、TP、COD<sub>Mn</sub>、Chl-a含量均显著高于模式1和模式2。3个模式的水源水质也有不同,模式1与2的外河水水质显著好于模式3的水源水,

表 2 东山镇池塘养殖模式

养殖模式		河蟹		虾		草鱼		鲢鳙鱼		鳊鱼		养殖面积/ hm <sup>2</sup>	所占比例/ %
		只/hm <sup>2</sup>	kg/hm <sup>2</sup>	万只/hm <sup>2</sup>	kg/hm <sup>2</sup>	尾/hm <sup>2</sup>	kg/hm <sup>2</sup>	尾/hm <sup>2</sup>	kg/hm <sup>2</sup>	尾/hm <sup>2</sup>	kg/hm <sup>2</sup>		
放养 (平均)	模式 1	9000	75	75	75	180	9	150	9	225	12	509	40
	模式 2	12000	102	60	60	180	9	300	18	—	—	752	50
	模式 3	15000	126	45	45	180	9	300	18	—	—	242	16
收获 (平均)	模式 1	5085	788	13	450	150	600	150	375	195	195		
	模式 2	6180	958	9	300	150	525	300	750	—	—		
	模式 3	7605	1065	12	300	150	450	300	750	—	—		

表 3 东山镇池塘各养殖模式下各投入品的投入量

养殖模式	螺蛳	淡水鱼	海水鱼	玉米	生石灰	种草	年换水量/ 每次 15%	效益/ (元·hm <sup>-2</sup> )	收蟹后草 残存量	收蟹后螺 蛳残存量
模式 1	1920	1755	420	2025	900	1500	3 次	37500	9000	900
模式 2	1980	2025	375	1830	900	1500	6 次	22500	4500	300
模式 3	2250	2580	450	2400	900	1500	9 次	15000	3000	0

表 4 不同养殖模式下的水质状况

养殖模式	$\rho(\text{TP})$ / (mg·L <sup>-1</sup> )	$\rho(\text{TN})$ / (mg·L <sup>-1</sup> )	$\rho(\text{NH}_4^+-\text{N})$ / (mg·L <sup>-1</sup> )	$\rho(\text{NO}_3^--\text{N})$ / ( $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ )	$\rho(\text{DO})$ / (mg·L <sup>-1</sup> )	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$ / (mg·L <sup>-1</sup> )	$\rho(\text{Chl-a})$ / ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )
模式 1	0.08 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.19 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.15 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.60 ± 0.11 <sup>ab</sup>	5.26 ± 0.11 <sup>b</sup>	4.21 ± 0.05 <sup>a</sup>	12.74 ± 0.21 <sup>a</sup>
水源	0.07 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.11 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.14 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.73 ± 0.02 <sup>a</sup>	5.63 ± 0.16 <sup>b</sup>	4.23 ± 0.03 <sup>a</sup>	8.21 ± 0.11 <sup>a</sup>
模式 2	0.12 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.43 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.17 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.80 ± 0.09 <sup>ab</sup>	5.58 ± 0.12 <sup>b</sup>	4.43 ± 0.01 <sup>a</sup>	13.41 ± 0.14 <sup>a</sup>
水源	0.08 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.22 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.15 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.84 ± 0.03 <sup>a</sup>	5.34 ± 0.10 <sup>b</sup>	4.49 ± 0.02 <sup>a</sup>	10.32 ± 0.14 <sup>a</sup>
模式 3	0.41 ± 0.01 <sup>c</sup>	3.35 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.57 ± 0.01 <sup>b</sup>	4.40 ± 0.13 <sup>b</sup>	3.90 ± 0.09 <sup>a</sup>	5.58 ± 0.31 <sup>b</sup>	45.20 ± 1.25 <sup>b</sup>
水源	0.13 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.69 ± 0.03 <sup>ab</sup>	0.23 ± 0.00 <sup>ab</sup>	1.02 ± 0.03 <sup>a</sup>	4.93 ± 0.15 <sup>b</sup>	5.23 ± 0.02 <sup>b</sup>	41.20 ± 0.91 <sup>b</sup>

注:同一列上标字母相同表示差异不显著,上标字母不同表示差异显著( $P < 0.05$ )。

表 5 不同养殖模式的氮、磷收支

养殖模式	养殖面积/ hm <sup>2</sup>	$u(\text{TN}_{\text{输入}})$ / (kg·hm <sup>-2</sup> )	$u(\text{TN}_{\text{输出}})$ / (kg·hm <sup>-2</sup> )	$u(\text{TN}_{\text{贡献份额}})$ / (kg·hm <sup>-2</sup> )	$u(\text{TN}_{\text{收支}})$ / kg	$u(\text{TP}_{\text{输入}})$ / (kg·hm <sup>-2</sup> )	$u(\text{TP}_{\text{输出}})$ / (kg·hm <sup>-2</sup> )	$u(\text{TP}_{\text{贡献份额}})$ / (kg·hm <sup>-2</sup> )	$u(\text{TP}_{\text{收支}})$ / kg
模式 1	763.88	107.51	90.72	16.79	12825.55	14.90	14.93	-0.03	-22.92
模式 2	1126.67	110.97	81.41	29.57	33304.37	15.41	13.86	1.55	1746.34
模式 3	362.79	138.41	71.36	67.04	24325.07	19.14	9.62	9.52	3453.76
总计	2253.33				70454.99				5177.18

采样时发现模式 1 外河水中的轮叶黑藻、金鱼藻、芦苇、菖蒲、野菱、茭白等高等水生植物量较高,模式 2 其次,而模式 3 的外河水中水生植物较少,造成这一结果的原因,是高密度区有机污染较高,每个池塘经常换水,将高有机负荷的池水换入外河,造成外河的有机污染明显增高,水生植物减少,致使水体净化能力下降,水体中 TN、TP 含量增加。

### 2.3 现有养殖模式的营养贡献份额

不同养殖模式下的营养贡献份额,也称池塘养殖氮、磷收支,是根据含氮、磷营养物质进入池塘后的流动方向,估算出某养殖模式向外排放的 TN、TP 等污染物量。本次调查的各养殖模式的氮、磷收支见表 5。养殖面积依实际面积 2253.33 hm<sup>2</sup> 计算,并根据各模式的比例得出东山镇各养殖模式实际养殖面积,模式 1 为 763.88 hm<sup>2</sup>,模式 2 为 1126.67 hm<sup>2</sup>,模式 3 为 362.79 hm<sup>2</sup>。表 5 显示,不同养殖模式下的氮、磷收支差异极大,其中模式 1 对环境压力较小,TP 出现了负值,但这并不表示池塘内缺磷,因池塘

中活的水草、螺蛳中含有大量的磷。表 4 中池塘的水化学指标也印证了这一结果。说明低密度河蟹养殖几乎对环境无影响,甚至还可净化一部分环境中的磷。

依公式(3)(4)的计算方法,可计算出东山镇养殖尾水排出的 TN 量和 TP 量。计算结果显示,在目前的养殖模式下,整个东山镇池塘养殖每年向外界排出的总氮量为:

$$\text{TN}_{\text{总排}} = [(1.19 - 1.11) \times 763.88 \times 10^4 \times 1 \times 3 \times 15\% + 1.19 \times 763.88 \times 10^4 \times 1] + [(1.43 - 1.22) \times 1126.67 \times 10^4 \times 1 \times 6 \times 15\% + 1.43 \times 1126.67 \times 10^4 \times 1] + [(3.35 - 1.69) \times 362.79 \times 10^4 \times 1 \times 9 \times 15\% + 3.35 \times 362.79 \times 10^4 \times 1] \div 10^6 = 47.89(\text{t})$$

$$\text{TN}_{\text{平均}} = 21.25(\text{kg}/\text{hm}^2)$$

$$\text{TP}_{\text{总排}} = [(0.08 - 0.07) \times 763.88 \times 10^4 \times 1 \times 3 \times 15\% + 0.08 \times 763.88 \times 10^4 \times 1] + [(0.12 - 0.08) \times 1126.67 \times 10^4 \times 1 \times 6 \times 15\% + 0.12 \times 1126.67 \times 10^4 \times 1] + [(0.41 - 0.13) \times 362.79 \times 10^4 \times 1 \times 9 \times 15\% +$$

$0.41 \times 362.79 \times 10^4 \times 1] \div 10^6 = 5.26\text{t}$

$\text{TP}_{\text{平均}} = 2.34(\text{kg}/\text{hm}^2)$

式中:  $\text{TN}_{\text{总排}}$  中的“(1.19 - 1.11)(1.43 - 1.22)(3.35 - 1.69)”为表4中不同模式的池塘与水源中的总氮差,  $\text{mg}/\text{L}$ ; “ $763.88 \times 10^4$ 、 $1\ 126.67 \times 10^4$ 、 $362.79 \times 10^4$ ”为3个不同养殖模式的实际面积,  $\text{m}^2$ ; “1”为平均水深,  $\text{m}$ ; “3、6、9”为换水次数; 15%为换水量。  $\text{TP}_{\text{总排}}$ 亦然。

由此可见, 东山镇池塘养蟹产生的  $\text{TN}$  量中有  $47.49(\text{kg}/\text{hm}^2)$  通过沟渠排入外界,  $70.46 - 47.89 = 22.97\text{t}$  留在塘底或被浮游生物及细菌消耗; 产生的  $\text{TP}$  中有  $5.26(\text{kg}/\text{hm}^2)$  排入外界,  $0.08\text{t}$  留在塘底或被浮游生物及细菌消耗。与20世纪70—80年代的高密度精养鱼塘(排放量  $\text{TN}$  为  $100.95\text{kg}/\text{hm}^2$ ,  $\text{TP}$  为  $10.95\text{kg}/\text{hm}^2$ )<sup>[7]</sup>相比, 现行的生态养蟹对环境的压力仅为精养池塘的  $1/4$  到  $1/5$ 。同时, 可以发现, 低密度生态养蟹不仅对环境污染小, 而且经济效益较高(表3)。

2008年全市水产养殖污染源调查数据及2007年苏州市年鉴统计显示, 目前苏州市池塘养殖面积为  $40\ 733.33\text{hm}^2$ 。如采用东山模式, 苏州市池塘养殖尾水每年的  $\text{TN}$  和  $\text{TP}$  排放量分别为  $865.583\text{t}$  和  $95.316\text{t}$ 。

### 3 现有养殖模式对水环境污染的影响

调查结果表明, 水产养殖正逐步向生态养殖方式转变, 现有养殖模式下养殖污染比20世纪80—90年代的精养鱼池下降了3~5倍。生态养殖  $0.067\text{hm}^2$  河蟹排出的  $\text{TN}$ 、 $\text{TP}$  量低于养殖1头牛、1头猪, 甚至1头羊的排放量<sup>[9]</sup>, 几乎实现了零排放。但是, 人们的养殖观念和技术很不一致, 其中, 有33.9%的养殖户走“稀、大、高”生态养殖之路, 养殖密度低, 河蟹规格大, 价格高, 经济效益好, 对环境污染小,  $\text{TP}$  甚至达到零排放, 而16.1%的养殖户, 养殖观念保守, 担心稀放后成活率低。因而, 放养密度增加到  $15\ 000\text{只}/\text{hm}^2$ , 大量投饵, 加上管理不善, 水质败坏, 诱发疾病, 河蟹成活率低, 规格小, 最终效益低、污染重。这一现象的出现可能与以下因素有关:

a. 我国现行的农村土地资源管理体制是家庭联产承包责任制, 每个家庭都有独立决定自家池塘养殖品种和数量的权利, 面积小于  $0.33\text{hm}^2$  的小水面多达30%, 池塘星罗棋布, 池塘基础设施年久失修, 水系紊乱, 许多池塘迄今尚无电力供应, 难以实行规模化养殖, 现代养殖技术的应用和推广、养殖面源污染点源化处理更无法实施。

b. 拥有2000多  $\text{hm}^2$  池塘和1333多  $\text{hm}^2$  网围养

殖的养殖大镇东山镇, 其农业推广部门尚无专职的从事水产养殖专业的技术人员, 养殖户遇到技术难题无法找到正确和科学的答案, 大多养殖户凭老经验进行传统养殖。

## 4 控制池塘养殖污染的措施

### 4.1 改小土池为规模化养殖基地, 走农村合作社与现代水产业道路

苏州市种植业现状表现为家庭小面积分散经营, 这种散、小、低的经营格局存在明显的弊端。水产养殖业同样如此, 规模小而散, 基础设施差, 科技含量低, 产量和质量低水平徘徊, 销售渠道不畅。苏州水产养殖业发展规模经营是迈进现代渔业的第一步。2007年先行启动了“百万亩现代农业规模化示范区”建设工程。目前, 已基本建成和在建的规模化示范区面积近6万多  $\text{hm}^2$ , 其中, 吴中区临湖镇  $333\text{hm}^2$  太湖蟹池塘示范区已建成, 集苗种培育、特种水产养殖、新技术新模式开发、市场销售等一体, 年产“绿色”水产品1000多  $\text{t}$ , 采用“公司+合作社+基地+农户”的协作模式, 带动周边农户250户, 取得了较好的社会效益; 并且推广河蟹生态养殖模式, 实现了养殖尾水的低排放或零排放, 同样取得了理想的生态效益。苏州池塘面积现有  $40\ 667\text{hm}^2$ , 环太湖乡镇池塘面积近  $8\ 667\text{hm}^2$ <sup>[4]</sup>, 规模化经营的潜力巨大, 地方政府应加大力度积极稳妥地推进规模水产产业的建设。

### 4.2 利用高校和科研、技术推广部门的技术力量, 推动渔业规模化、科技化

本次调查中发现, 许多养殖户对河蟹生态养殖关键技术的掌握不全面。对于水草的种植面积、螺蛳的投放量、饵料的投喂技巧、养殖水体的管理及病害防治等知识了解较少。有些养殖户缺乏基本的养殖技术, 只是盲目模仿其他养殖户进行养殖, 不但增大了养殖风险, 还造成严重的养殖尾水污染。建议加大培训力度, 建立从村、镇到县(区)一级的技术培训网络, 不仅要对学生进行培训, 还要对一些养殖大户、合作社社长、经纪人进行培训, 组织他们进行实地考察和参观; 及时收集并发放一些新技术资料。切实做好现代养殖技术、经营理念的培训, 为规模化、科技化的现代水产养殖业的全面实施储备技术力量。

同时, 应加大科技投入, 组织科研人员进行环境友好型养殖模式、生态养殖技术、养殖尾水零排放技术的攻关, 积极引导水产科研成果的转化, 使一些先进的科研成果第一时间应用到生产中去, 促进现代渔业的快速发展。

(下转第72页)

电荷多于负电荷,硝酸盐本身带有负电荷,所以硝酸盐大量减少是由于结合水强化的电性吸附造成的。

d. 在研究中硫酸盐对硝酸盐的异化还原反应具有较弱的阻滞作用,氯离子与硝酸盐之间显示微弱竞争吸附关系。

#### 参考文献:

- [1] KATTA J R, LIN Jian-ping. Nitrate removal from groundwater using catalytic reductor[J]. Water Research 2000, 34(3):995-1001.
- [2] WIDORY D, KLOPPMANN W, CHERY L, et al. Nitrate in groundwater: an isotopic multi-tracer approach[J]. Journal of Contaminant Hydrology 2004, 72(1-4):165-188.
- [3] 张建伟, 王艳秋, 张洪斌. 水分及污染质在弱透水层的饱和黏性土层中渗透与浓度变化规律研究[J]. 吉林水利, 2003, 25(3):23-25.
- [4] 周德庆. 微生物学教程[M]. 北京:高等教育出版社,

2002:266.

- [5] RAINA M, MAIER JAN L, et al. 环境微生物学(下册)[M]. 北京:科学出版社, 2004:443-455.
- [6] DESIMONE L A, HOWES B L. Nitrogen transport and transformation in a shallow aquifer receiving wastewater discharge: a mass balance approach[J]. Water Resour Res, 1998, 34(2):271-285.
- [7] 高茂生, 李明, 刘宝林, 等. 反硝化在土壤及地下水中的净化作用[J]. 再生资源研究, 2003, 6:38-40.
- [8] CHIDTHAISONG A. Turnover of glucose and acetate coupled to reduction of nitrate, ferric iron and sulfate and to methanogenesis in anoxic rice field soil[J]. FEMS Microbiology Ecology 2000, 31(1):73-86.
- [9] ACHTINICH C B, CONRAD R F. Competition for electron donors among nitrate reducers, ferric iron reducers, sulfate reducers and methanogens in anoxic paddy soil[J]. Biol Fertil Soils, 1995, 19:65-72.

(收稿日期:2010-05-11 编辑:高渭文)

(上接第66页)

致谢:苏州市东山镇农林服务中心俞仕福副主任、顾秋明技术员为面源污染调查提供大力帮助,特此致谢。

#### 参考文献:

- [1] 张维理, 武淑霞, 冀宏杰, 等. 中国农业面源污染形势估计及控制对策 I: 21 世纪初期中国农业面源污染的形势估计[J]. 中国农业科学, 2004, 37(7):1008-1017.
- [2] 金相灿, 屠清英. 湖泊富营养化调查规范[M]. 北京:中国环境科学出版社, 1990.
- [3] 杨彩根, 宋学宏, 孙丙耀. 浮游植物叶绿素 a 含量简易测定方法的比较[J]. 海洋科学, 2007, 31(1):6-9.
- [4] 苏州统计局. 2008 年苏州统计年鉴[M]. 北京:中国统计

出版社, 2008.

- [5] 陈家长, 胡庚东, 瞿建宏, 等. 太湖流域池塘河蟹养殖向太湖排放氮磷的研究[J]. 农村生态环境, 2005, 21(1):21-23.
- [6] 李炜, 孙晓贤. 螺狮的养殖与饲用[J]. 饲料博览, 1999, 11(11):37.
- [7] 李林春. 南湾水库日本沼虾和克氏螯虾肌肉营养成分分析[J]. 水利渔业, 2005, 25(3):28-29.
- [8] 徐杰. 饲料中添加维生素 D 对日本沼虾生长的影响[D]. 保定:河北大学, 2001.
- [9] 李荣刚, 夏源陵, 吴安之, 等. 江苏太湖地区水污染物及其向水体的排放量[J]. 湖泊科学, 2000, 12(2):147-152.

(收稿日期:2009-12-17 编辑:高渭文)

· 简讯 ·

## 实行最严格水资源管理制度先行先试工作座谈会在京召开

2010 年 1 月 5 日, 水利部在京召开实行最严格水资源管理制度先行先试工作座谈会。水利部副部长胡四一出席会议并作讲话。水资源司司长孙雪涛主持会议。

在谈到实行最严格水资源管理制度的目标和任务时, 胡四一强调, 实行最严格水资源管理制度关键是围绕水资源配置、节约和保护, 建立水资源管理的三条控制红线, 完善各级政府责任制, 提高水资源科学化、精细化管理水平, 全面推进节水型社会建设。一要建立水资源开发利用的控制红线, 严格实行用水总量控制。推进从供水管理向需水管理转变。二要建立用水效率控制红线, 坚决遏制用水浪费。三要建立水功能区限制纳污红线, 严格控制入河排污总量。四要以水利科技进步为支撑, 不断提高水资源管理水平。五要健全水资源管理责任制, 保障水资源管理红线制度的落实。水资源管理红线指标体系要纳入各地经济社会发展综合评价体系, 地方人民政府对本地区水资源管理负总责。

座谈会上, 江苏、山东、河北、浙江、上海、天津、北京等七个先行先试省、直辖市水利(水务)厅(局)以及甘肃省、新疆维吾尔自治区水利厅负责同志介绍了实行最严格水资源管理制度工作进展情况, 水利部有关司局和负责同志作了发言。

(本刊编辑部供稿)