

沙溪水污染对微生物群落变化的影响

谢文斐¹, 杨开勋³, 黄耀坚^{1*}, 钱晓鸣¹, 郑忠辉¹, 赵玉芬²

(1. 厦门大学生命科学学院, 2. 厦门大学化学化工学院, 福建 厦门 361005;

3. 三明市环境监测站, 福建 三明 365000)

摘要: 沙溪是闽江上游 3 大支流之一。近年来, 随着三明市经济的发展, 局部污染事件仍时有发生。对沙溪三明河段的细菌、真菌、大肠菌群以及降解污染物的主要微生物进行了数量跟踪, 结合 *COD*、总氮和总磷等污染物对沙溪水环境与微生物群落变化的关系进行了初步的研究。结果表明: 各种微生物的数量变化与主要的有机污染物值之间存在显著的相关性, 所有的相关系数均大于 0.7, 表明微生物在降解与净化中起着重要的作用, 同时对水环境的污染状况具有一定的指示作用; 降解有机物的主要微生物的数量于 *COD* 显著相关, 可作为该河段有机污染物水平的指标; 研究结果还显示, 三化总口和三农电化口是主要的有机污染点, 应加强对这两个位点的监测和排污管理。

关键词: 有机污染; *COD*_{cr}; 总氮; 总磷; 相关系数

中图分类号: Q 938.1

文献标识码: A

文章编号: 0438-0479(2005)02-0250-05

近年来, 对污染水环境中微生物群落变化的研究日益引起人们的注意, 例如, Beatrice^[1] 对生产氮肥和磷肥的化肥厂所排放的废水中的微生物进行了研究。陈金霞等^[2] 对苏州河生态系统中的微生物进行分析。在上述研究中, 人们试图通过环境微生物群落变化, 来阐明特殊水环境中微生物群落对污染物降解能力的变化规律和响应能力, 以及污染程度对微生物分解能力的影响, 以此充分发挥微生物在保护和治理污染环境中的作用, 有效地控制和改造环境, 使它有利于人类生存和生产活动的发展。

沙溪是闽江上游 3 大支流之一, 纵贯三明市, 全长 200 多公里。近年来, 局部污染事件仍时有发生。2000 年 1~3 月, 沙溪河段至闽江干流的樟湖江段 149.5 公里河道, 发生特大水污染事件, 致使大量鱼类死亡。本实验以三明沙溪为对象, 结合污染物等特征对沙溪水环境与微生物群落变化的关系进行初步的研究, 为沙溪水环境的保护和治理提供必要的决策依据。

1 材料与方法

1.1 样品及采样方法

本实验在三明沙溪河段共设置了 8 个采样断面, 进行不同季节同步采样(2002-11、2003-03、2003-07、2003-09), 采样断面依次为沙 7、三化总口、列东大桥、

三钢总口、沙 8、三农电化口、三农下游及沙 9。每个样点断面采水样 1 L 于无菌塑料瓶中备用。

1.2 理化指标的测定方法

根据中华人民共和国国家标准 GB 3838-2002 地表水环境质量标准基本项目分析方法, 选择部分相关指标对水样进行测定, 主要包括: 化学需氧量(*COD*) 采用重铬酸盐法; 总磷采用钼酸铵分光光度法; 总氮采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法^[3]。

1.3 微生物指标的测定方法

微生物测定指标主要包括: 细菌总数、真菌总数、淀粉降解菌数、大肠菌群^[4]; 纤维素降解菌数^[5]; 解磷菌数和硝化细菌数的测定^[6]。

1.4 实验数据统计分析

鉴于水环境中微生物数量受到多因子的影响, 以及微生物计数本身的误差性较大, 本实验取每个样点年平均值进行相关性分析, 以观察全年的变化趋势。

2 结果与讨论

2.1 水环境中 *COD* 含量对有机碳代谢微生物数量变化的影响

化学需氧量(*COD*) 反映水受还原性物质污染的程度, 它可以用于估计污水中的总有机物含量。图 1 显示, 沙溪水环境中, 三化总口的有机污染物含量最高, 其次为三农电化口, 两点是沙溪的主要有机污染点。

对 1 年中不同断面的 *COD* 值(图 1) 和细菌总数(图 2) 进行相关性分析($r = 0.9804$, $p < 0.01$), 两者的相关性极显著, 说明沙溪水环境中细菌对有机污染

收稿日期: 2004-02-25

基金项目: 福建省重点项目(2002H011) 资助

作者简介: 谢文斐(1979-), 女, 硕士研究生。

* Corresponding author

表 1 三明沙溪不同断面的青霉和木霉等主要真菌种属数

Tab. 1 Total number of the main genera and the distributing of *penicillium* and *Trichoderma* at different transects of Shaxi river in Sanming (cfu/mL)

	2002-11-25	2003-03-04	2003-07-01	2003-09-02
沙 7	5(0, 1 ^b)	34	1(1 ^a , 0)	1(1 ^a , 0)
三化总口	60(10 ^a , 0)	6(0, 1 ^b)	10(0, 1 ^b)	2
列东大桥	9(0, 1 ^b)	4	2	2(0, 1 ^b)
三钢总口	2(1 ^a , 1 ^b)	2(1 ^a , 1 ^b)	2(0, 1 ^b)	3(1 ^a , 1 ^b)
沙 8	1	3(1 ^a , 0)	2(1 ^a , 0)	3(0, 1 ^b)
三农电化口	50(0, 50 ^b)	18(0, 2 ^b)	4	3(0, 1 ^b)
三农下游	30(0, 30 ^b)	2(1 ^a , 1 ^b)	5	3(1 ^a , 1 ^b)
沙 9	2(1 ^a , 1 ^b)	4(4 ^a , 0)	3(2 ^a , 1 ^b)	1(0, 1 ^b)

注: a: 青霉; b: 木霉.

物的降解起着积极的作用. 水环境中高含量的有机物, 为微生物提供了丰富的营养物质, 有利于微生物繁殖, 促进微生物数量增加. 三化总口和三农电化口的细菌总数远高于其它监测位点, 与 COD 测定趋势十分吻合, 从另一侧面也反映了三化总口和三农电化口是沙溪水环境的主要有机污染点.

COD 值(图 1)和真菌总数(图 3)的相关性分析($r = 0.7562, p < 0.05$)显示, 两者间存在相关性且相关性显著. 说明在水环境中, 真菌也是重要的有机物分解者. 我们发现 3 月份沙 7 水样的真菌数突然增多, 且全为酵母菌, 而三钢总口的真菌数量很低, 这可能与不同断面所含有有机物的类型不同有关.

对各点真菌的主要种属数进行了跟踪(表 1), 不同断面的真菌种类不同, 但主要以青霉和木霉为主. 三化总口的真菌数量最多并且物种多样性很丰富, 列东

大桥位于三化总口的下游, 受其影响, 多样性也比较丰富, 除木霉和青霉外还有很多未知的种类. 三农电化口的真菌数也较多, 但多样性不及三化总口, 主要以木霉为主. 表明不同河段中, 污染有机物的类型可能存在较大差别, 并影响了真菌种群的分布和数量的变化.

纤维素和淀粉是水体中常见的有机污染物. 图 4、5 分别为不同断面的纤维素降解菌数和淀粉降解菌数. 三明沙溪河段的纤维素降解菌是主要的有机物降解菌之一, 峰值出现在三农电化口, 高达 2.0×10^4 cfu/mL, 其次是三化总口. 不同断面的 COD 和纤维素、淀粉降解菌数的相关性分析结果显示 COD 与这两种微生物生理类群的相关性极为显著($r = 0.8431, r = 0.9828, p < 0.01$), 也就是说纤维素和淀粉可能是有机污染物的主要组分之一.

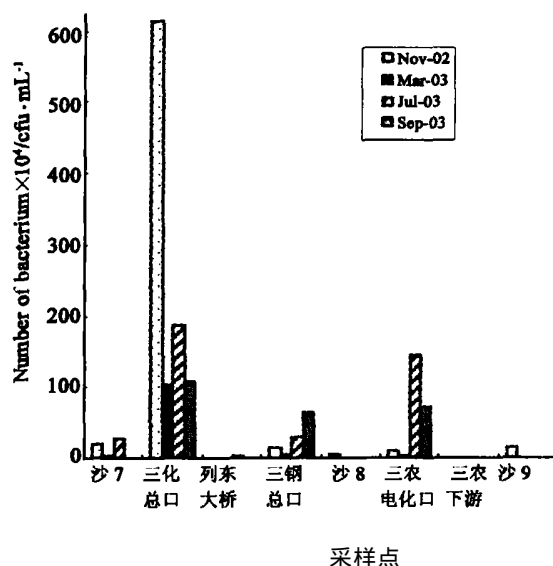
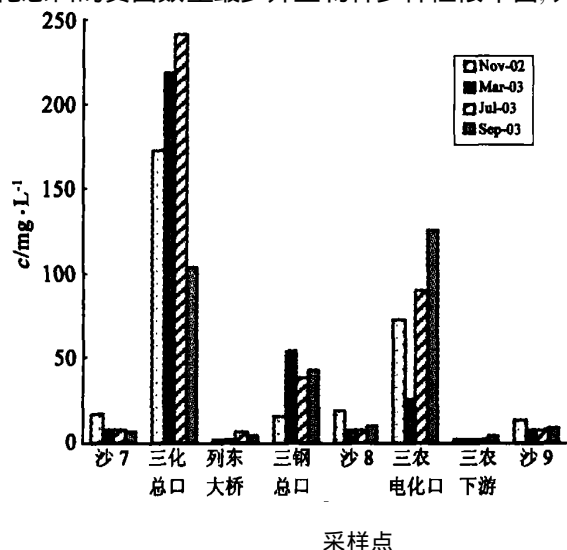


图 1 三明沙溪河不同断面 COD 值

Fig. 1 COD at different transects of Shaxi river in Sanming

图 2 三明沙溪河不同断面细菌总数

Fig. 2 Total number of bacterium at different transects of Shaxi river in Sanming

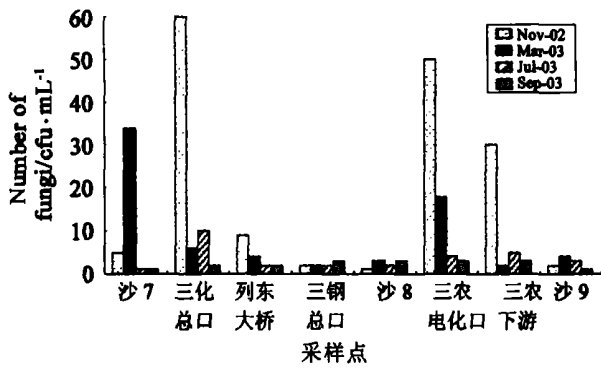


图3 三明沙溪河不同断面真菌数
Fig.3 Total number of fungi at different transects of Shaxi river in Sanming

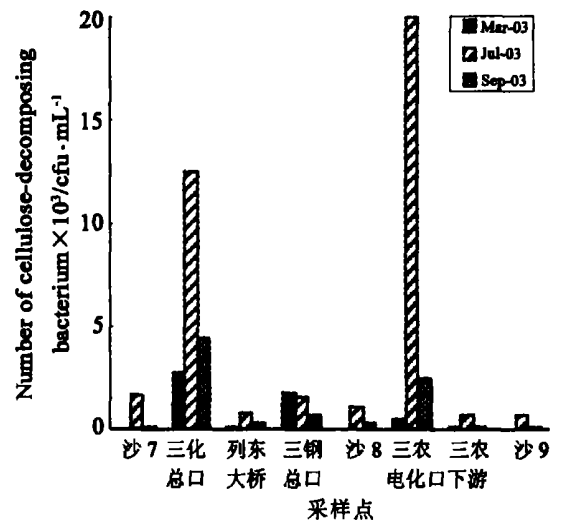


图4 三明沙溪河不同断面纤维素降解菌数
Fig.4 Total number of cellulose-decomposing bacterium at different transects of Shaxi river in Sanming

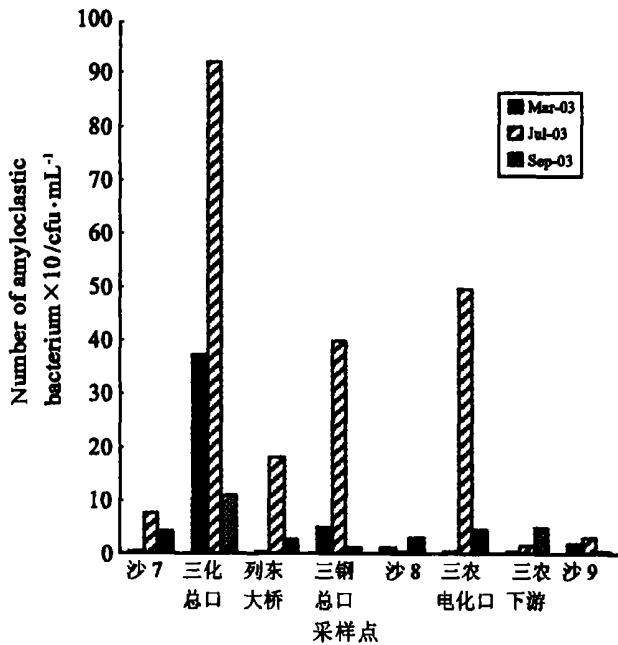


图5 三明沙溪河不同断面淀粉降解菌数
Fig.5 Total number of amyloclastic bacterium at different transects of Shaxi river in Sanming

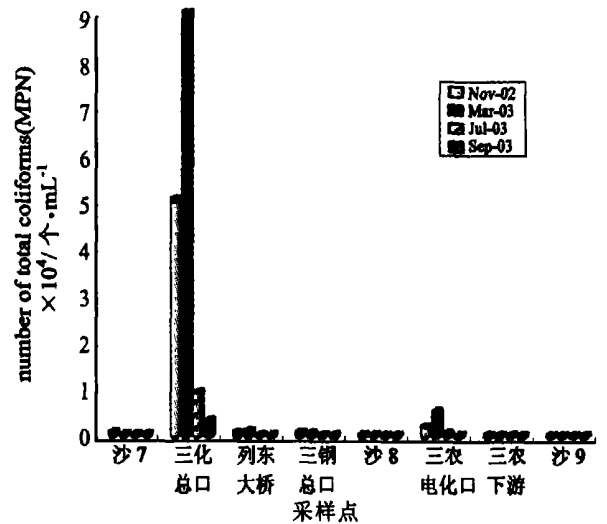


图6 三明沙溪河不同断面总大肠菌群计数
Fig.6 Total number of total coliforms at different transects of Shaxi river in Sanming

三明沙溪水环境的 COD、细菌、真菌总数以及纤维素、淀粉降解类群的测定结果显示, 该水域的有机污染主要发生在 7 月份, 由于今年丰水期并无大降水, 河水流量小, 污染物得以沉积, 反而成为今年污染最严重的时期. 考虑其原因, 除了水量外, 温度可能也是影响原因之一.

总大肠菌群(以下简称 TC)是目前国际上通行的断定一个水体是否适于生活用水、饮用水或其他用途的主要生物指标, 并且作为水体污染程度的卫生质量指标^[7].

虽然 TC 并不能完全反映水体受粪便污染的程度, 但 TC 数量与肠道致病菌出现几率有明显相关性.

TC 数目高, 表示水源受到人畜粪便的污染程度高, 病原菌存在的可能性也相对的增高. 我们对不同断面的 COD 和 TC 进行相关性分析($r = 0.9205, p < 0.01$), 相关性极为显著. 图 6 显示峰值出现在三化总口, 高达 9.0×10^4 个/mL, 可见三化总口不仅是有机污染最严重的位点, 也是病原微生物繁殖污染最严重的位点.

2.2 水环境中总氮和总磷对氮硝化细菌数和解磷细菌数变化的影响

水体中的氮为生物特别是微生物提供了丰富的氮源. 如果含量过盛, 将会导致水体富营养化, 使得水质恶化. 除沙 7、沙 8、沙 9 和三农下游外, 其它各点均有

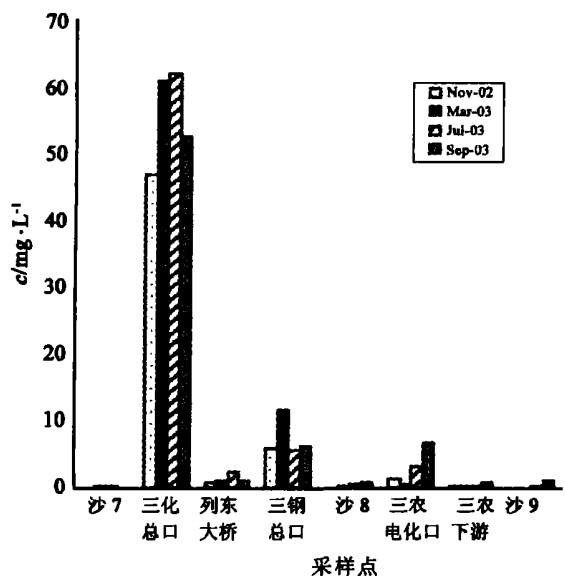


图 7 三明沙溪河不同断面总氮
Fig. 7 Total nitrogen at different transects of Shaxi river in Sanming

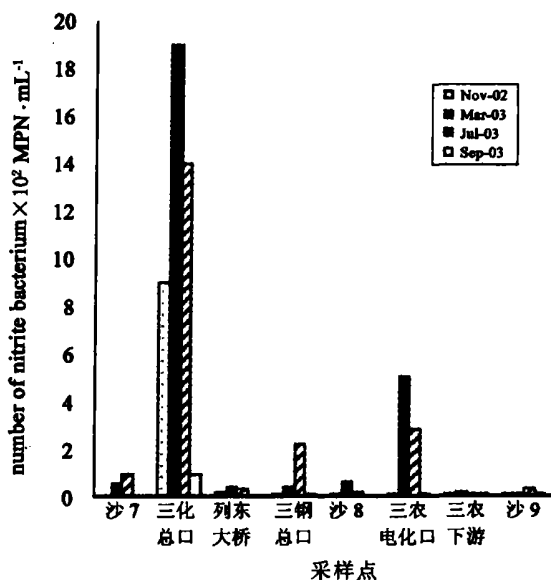


图 8 三明沙溪河不同断面亚硝化细菌数
Fig. 8 Total number of nitrite bacterium at different transects of Shaxi river in Sanming

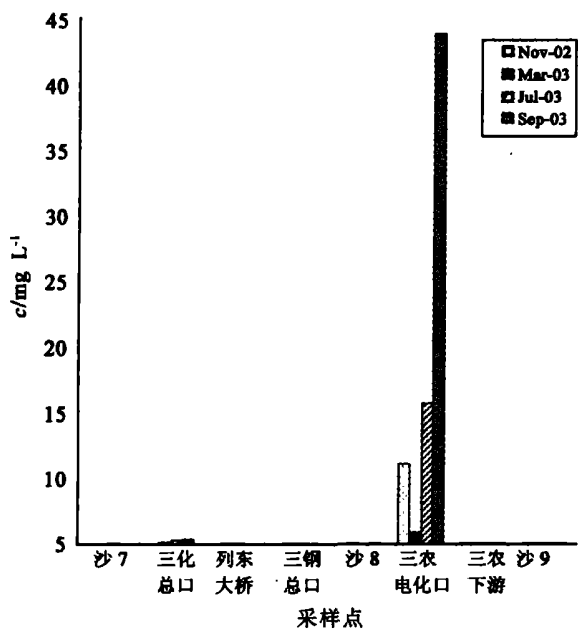


图 9 三明沙溪河不同断面总磷
Fig. 9 Total phosphorus at different transects of Shaxi river in Sanming

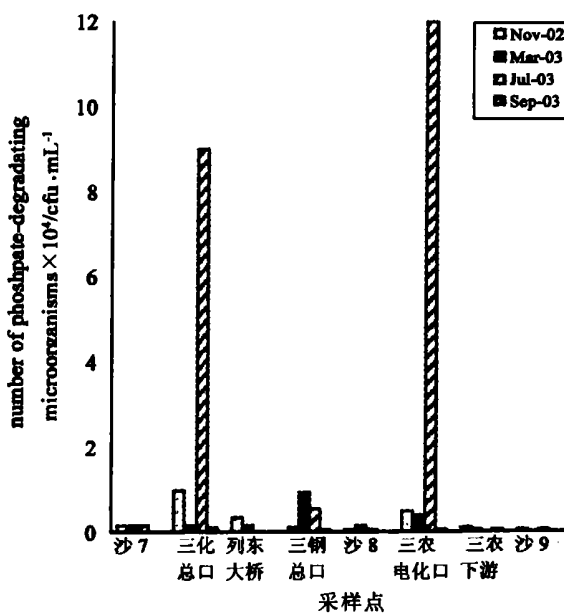


图 10 三明沙溪河不同断面解磷菌数
Fig. 10 Total number of phosphate-degradating microorganisms at different transects of Shaxi river in Sanming

不同程度的超标现象(图 7). 其中三化总口的含氮量最高, 最大值可达 61.844 mg/L. 超过 III 类水质标准^[8] 60 倍.

亚硝化细菌可以将环境中的氨氧化成亚硝酸盐, 常被用于作为检测环境有机氮污染的指示菌. 测定结果见图 8. 三化总口亚硝化细菌含量最高, 与总氮的测定结果十分吻合($r = 0.9831, p < 0.01$).

图 9 为各断面总磷的含量. 除三化总口和三农电

化口超标外, 其余各断面均较好. 峰值出现在三农电化口, 超过标准 200 倍以上. 这可能与其生产的农药中含磷有关. 三化总口也有超标现象, 峰值为 0.431 mg/L, 超过标准 2 倍左右.

以有机磷作为碳源的解磷菌可以作为指示菌来反应水体受磷污染的状况(图 10). 对 1 年中不同断面的总磷和解磷菌数进行相关性分析($r = 0.7621, p < 0.05$), 两者存在显著的相关性. 表明解磷菌对总磷的

积极响应。但三化总口 7 月份的解磷菌数剧增, 而总磷却含量较低, 其原因有待进一步研究。

3 结 论

综合以上的分析, 我们可以得出以下结论:

1) 8 个断面的 *COD*、总氮和总磷的测定值显示, 三化总口和三农电化口为主要的有机污染点, 尤其是 7 月份为全年污染最严重时期。

2) 沙溪水污染环境中的细菌总数、真菌总数、纤维素降解菌数和淀粉降解菌数、亚硝化细菌数等主要的有机物降解微生物数量与主要的有机污染物值存在显著或极显著的相关性。表明上述主要生理类群在有机物降解与净化中起着重要的作用。

3) 沙溪水环境中的细菌数、纤维素降解菌数和淀粉降解菌数与 *COD* 相关性极为显著, 其数量高低可作为该河段有机污染物水平的指标, 具有环境水污染监测的使用价值。

4) 沙溪水环境中大肠菌群的数量与 *COD* 值的相关性极为显著, 表明有机污染严重的位点也是病原菌含量高的地方, 尤其是三化总口和三农电化口。应加强对该两点有机物排放的管理和监测, 以保证沙溪水

质的卫生安全。

参考文献:

- [1] Beatrice N U. Microbiological characteristics of wastewater from a nitrogen- and phosphate-based fertilizer factory [J]. *Bio. Tec.*, 1995, 51: 144- 152.
- [2] 陈金霞, 徐亚同. 微生物在苏州河生态系统中的地位及作用[J]. *环境污染治理技术与设备*, 2002, 3(7): 71- 74.
- [3] 国家标准化管理委员会. 中国强制性国家标准汇编(环保卷)(第 3 版)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002. 213.
- [4] 沈萍, 范秀容, 李广武, 等. 微生物学实验(第 3 版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999. 214, 217.
- [5] Hendrick C W, Doyle J D, Hugley B. A new solid medium for enumerating cellulose-utilizing bacteria in soil [J]. *App. Env. Mic.*, 1995, 61(5): 2 016- 2 019.
- [6] 陈绍铭, 郑福寿. 水生微生物学实验法(上)[M]. 北京: 海洋出版社, 1985. 80- 81, 94.
- [7] 马宁, 肖利红. 不同污染指示菌对河流的细菌学评价[J]. *环境监测管理与技术*, 2002, 14(1): 24- 25.
- [8] 国家标准化管理委员会. 中国强制性国家标准汇编(环保卷)(第 3 版)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002. 209 - 211.

The Influence of Polluted Water on Changes in the Microorganic Community of the Shaxi River

XIE Wen-fei¹, YANG Kai-xun³, HUANG Yao-jian¹,
QIAN Xiaoming¹, ZHENG Zhong-hui¹, ZHAO Yufen²

(1. School of Life Sciences, Xiamen University, 2. College of Chemistry & Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China; 3. Environmental Monitoring Station of Sanming City, Sanming 365000, China)

Abstract: The Shaxi is one of the three major upper reaches of the Minjiang River, which traverses Sanming city. With the economic development in Sanming city, polluting incidents happen occasionally in the river. Our experiment takes the Shaxi river as an object and makes a preliminary study of the relationship between water environment and the community of microorganisms by tracking the number of bacteria, fungi, total coliforms and major degradation microorganisms with *COD*, and by evaluating its total concentration of nitrogen and phosphorus for the sake of protection and management of the river. The results show that there is a significant correlation between the number of different microorganisms and major organic pollutants, of which correlation coefficients are over 0.7 and even more than 0.9. In most cases, microorganisms play an important role in degradation and purification, meanwhile they are indicators of the pollution of water environment. The correlation between the major organic pollutants-degrading microorganisms and *COD* suggests that the species can indicate the degree of the organic pollution. Our findings also show that Sanhua and Sannong are the major organic pollution sites, because the amount of *COD*, the total contents of nitrogen and phosphorus is obviously higher than that of other sites. Therefore, the pollutant-discharge management and monitoring should be given top priority.

Key words: Organic pollutants; *COD*cr; total nitrogen; total phosphorus; correlation coefficient