J. Lake Sci.(湖泊科学), 2008, **20**(4): 544-548
http://www.jlakes.org. E-mail: jlakes@niglas.ac.cn
©2008 by *Journal of Lake Sciences*

沂河流域浮游植物与水质评价*

高　远，苏宇祥，亓树财
(山东省临沂市科学探索实验室，临沂 276000)

摘　要：通过 2006 年 7 月至 2007 年 5 月首次对沂河流域水体浮游植物展开的周年调查，结果表明：该流域共有浮游植物 7 门 73 属 181 种及变种，以绿藻和硅藻种类最多，其中沂河 7 门 137 种、祊河 7 门 134 种、东汶河 7 门 75 种、蒙河 6 门 67 种、涑河 6 门 70 种、柳青河 7 门 80 种．应用污染指示种、污染指示群落和浮游植物综合指数评价沂河流域水质，综合评价其水质分别为：东汶河、涑河、蒙河、祊河和沂河均为β-中污，柳青河为α-β-中污；水质从优至劣排序为：涑河>东汶河>祊河>沂河>蒙河>柳青河．橡胶坝建设改变了沂河和祊河的水量时空调配，严重降低了其水流速度，导致浮游植物群落从河流相向湖泊相转变；对东汶河、蒙河、涑河、柳青河四条河流影响相对较小．
关键词：沂河流域；浮游植物；污染指示种；污染指示群落；浮游植物综合指数；水质评价

Phytoplankton and evaluation of water quality in Yi River watershed

GAO Yuan, SU Yuxiang & QI Shucai
(*Linyi Scientific Exploration Laboratory*, *Linyi* 276000, *P.R.China*)

Abstract: Water samples were collected by using standard methods at ten locations in Yi River watershed from July 2006 to May 2007. Yi River watershed contains 181 species and varieties, 73 genera, and 7 divisions of phytoplankton, among which Chlorophyta and Bacillariophyta are the most important component. Within the watershed, there are 137 species and varieties, and 7 divisions of phytoplankton in Yi River; 134 species and varieties and 7 divisions in Beng River; 75 species and varieties, and 7 divisions in Dongwen River; 67 species and varieties, and 6 divisions in Meng River; 70 species and varieties, and 6 divisions in Su River; and 80 species and varieties, and 7 divisions in Liuqing River. Water quality assessment was calculated by using saprobic indicator, saprobic indicator commuuity, and phytoplankton general index. Overall evaluation result of Yi River watershed water quality is: Dongwen River, Su River, Meng River, Beng River and Yi River are β-ms, and Liuqing River is α-β-ms. The water quality orders are: Su River> Dongwen River> Beng River> Yi River> Meng River> Liuqing River. Building rubber dams has changed the rearrangement of the water yield in Yi River and Beng River, which has reduced their streams speed greatly and caused the change of phytoplankton community from fluvial facies to the lake facies. However, it has less effect on Dongwen River, Meng River, Su River and Liuqing River, relatively.
Keywords: Yi River watershed; phytoplankton; saprobic indicator; saprobic indicator community; phytoplankton general index; water quality assessment

大型水利工程对水域生态系统中浮游植物影响及相应的水质评价是目前的研究热点，比如评估三峡大坝建设[1-4]和南水北调工程[5-6]．沂河是淮河流域中较大河流，位于山东省南部与江苏省北部(34°23′–36°20′N，117°25′–118°42′E)，源出山东省沂源县，至江苏省邳县吴楼村入新沂河(沂河分洪河道)，抵燕尾港入黄海，全长 574km，流域面积 1.73×10^4km^2．淮河流域水污染防治“十五”计划[7]将沂河列为重要控制河流．1997 年沂河中游小埠东处建成亚洲最长的橡胶坝，全长 1135m，2001 年被水利部评为首批国家级水利风景区．橡胶坝建成后，沂河中游水位明显升高，改变了原湿地状态，下游水流量明显减少，

* 国务院淮河流域水污染防治“十五”计划地方配套项目(Q130206)和山东省科协 2007 年度学术重点项目(2007A42)联合资助．2007–06–25 收稿；2007–11–25 收修改稿．高远，男，1982 年生，助理研究员；E-mail: gaoyuan1182@tom.com.

部分河段出现常期断流状态. 目前对于沂河流域的研究限于其分洪河道——新沂河, 如关于人工湿地[8]、植物—微生物系统对污水净化治理[9]和河道稳定塘[10]等方面的研究已有报道, 但关于橡胶坝工程对沂河流域浮游植物及相应的水质评价至今尚未见研究报道. 于 2006 年 7 月至 2007 年 5 月进行周年调查, 据此结果对沂河流域目前水质状况作出初步评价, 并对橡胶坝建设对流域浮游植物影响作出评估.

1 材料与方法

1.1 研究流域概况

沂河流域在地貌上属构造剥蚀堆积平原区, 岩性复杂, 以灰岩为主, 富含岩溶水. 流域内年平均降水量 850mm, 年平均水面蒸发量为 1000–1150mm. 小埠东橡胶坝区最大蓄水量为 $2.83\times10^7m^3$, 回水面积 $10.8km^2$. 将与沂河桃园橡胶坝、祊河角沂橡胶坝和刘家道口枢纽相连成面积 $3.6km^2$ 的沂蒙湖, 蓄水达 $1\times10^8m^3$, 沂河主要支流祊河、东汶河、蒙河、涑河、柳青河均在橡胶坝区上游. 其中祊河全长 155km, 流域面积 $3.38\times10^3km^2$; 东汶河全长 132km, 流域面积 $2.43\times10^3km^2$; 蒙河全长 62km, 流域面积 $632km^2$; 涑河全长 60km, 流域面积 $262km^2$; 柳青河全长 34km, 流域面积 $258km^2$.

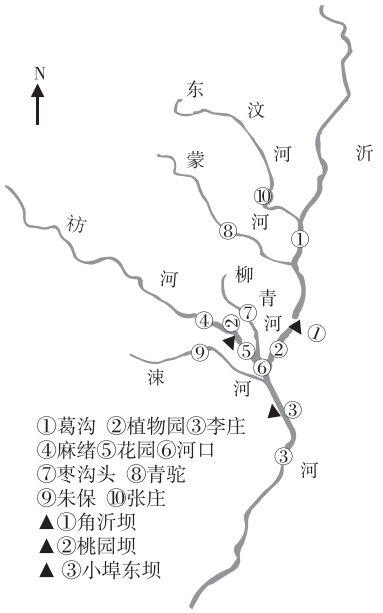


图 1 沂河流域采样点位置

Fig.1 Distribtion of sampling sites in Yi River

1.2 样品采集与鉴定

本次调查在沂河、祊河、东汶河、蒙河、涑河、柳青河共设置了 10 个采样点(图 1), 采样于 2006 年 7 月、10 月、11 月和 2007 年 2 月、5 月共 5 次完成. 水样采集两份, 常规固定, 实验室静置沉淀 24h, 在普通显微镜和相位显微镜下鉴定到种. 其中一份采用 25#浮游生物网拖捞, 作定性用; 另一份为自制采水器直接采水 500ml, 作定量用. 500ml 定量水样先进行 10 倍浓缩后, 再进行细胞分类计数统计.

2 结果与分析

2.1 浮游植物种类组成

沂河流域共检测出浮游植物 7 门 73 属 181 种及变种, 其中沂河 7 门 137 种、祊河 7 门 134 种、东汶河 7 门 75 种、蒙河 6 门 67 种、涑河 6 门 70 种、柳青河 7 门 80 种, 整体上沂河流域以绿藻和硅藻种类最多, 甲藻和隐藻种类稀少, 这些河流浮游植物常见种季节变化明显, 而不同河段在相同季节时的河流间的差异相对较小(图 2 和表 1).

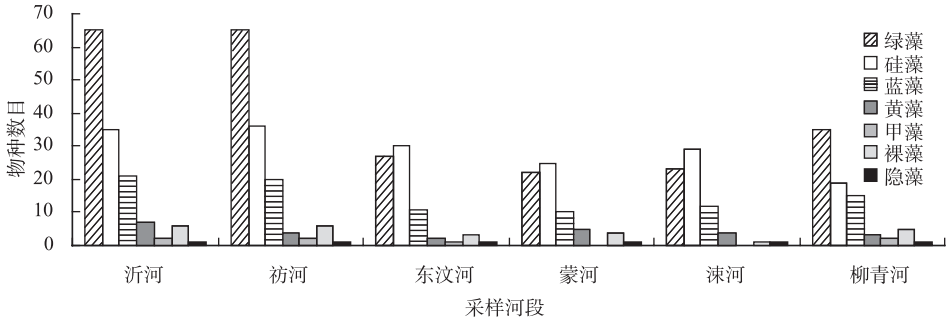


图 2　沂河流域浮游植物物种组成

Fig.2　Composition of phytoplankton species in Yi River watershed

表 1 不同河流浮游植物常见种季节变化

Tab.1 Seasonal changes of the common sorts of phytoplankton in different rivers

取样河段	浮游植物常见种
沂河	(夏季) 集星藻(*Actinastrum hantzschii*)、梅尼小环藻(*Cyclotella meneghiniana*)、煤黑厚皮藻(*Pleurocapsa fuliginosa*)
	(秋季) 窗格平板藻(*Tabellaria fenestrata*)、钝脆杆藻(*Fragilaria capucina*)、普通等片藻(*Diatoma vulgare*)
	(冬季) 梅尼小环藻、扭曲小环藻(*Cyclotella comta*)、啮蚀隐藻(*Cryptomonas erosa*)、尾裸藻(*Euglena caudata*)
	(春季) 小箍藻、煤黑厚皮藻、球形念珠藻(*Nostoc sphaeroides*)
祊河	(夏季) 梅尼小环藻、四尾栅藻(*Scenedesmus quadricauda*)、集星藻、水生集胞藻(*Synechocystis aquetilis*)
	(秋季) 窗格平板藻、普通等片藻、小颤藻(*Oscillatoria tenuis*、钝脆杆藻
	(冬季) 梅尼小环藻、啮蚀隐藻、隐头舟形藻(*Navicula cryptocephala*)、小球藻(*Cholrella vulgaris*)
	(春季) 狭形纤维藻(*Ankistrodesmus angustus*)、梅尼小环藻
东汶河	(夏季) 煤黑厚皮藻、溪生瘤皮藻(*Oncobyrsa rivularis*)、尾裸藻
	(秋季) 钝脆杆藻、普通等片藻、小颤藻、大螺旋藻(*Spirulina major*)
	(冬季) 小颤藻、隐头舟形藻
	(春季) 小颤藻
蒙河	(夏季) 集星藻、单角盘星藻具孔变种(*Pediastrum simplex* var. *duodenarium*)
	(秋季) 普通等片藻、大螺旋藻、小颤藻、为首螺旋藻(*Spirulina princeps*)
	(冬季) 肘状针杆藻(*Synedra ulna*)、隐头舟形藻、谷皮菱形藻(*Nitzschia palea*)
	(春季) 球形念珠藻、啮蚀隐藻
涑河	(夏季) 双对栅藻(*Scenedesmus bijuga*)、二形栅藻(*S. dimorphus*)、单角盘星藻具孔变种
	(秋季) 窗格平板藻、钝脆杆藻、普通等片藻、绿色黄丝藻(*Tribonema viride*)、尾裸藻
	(冬季) 小颤藻、梅尼小环藻
	(春季) 窗格平板藻
柳青河	(夏季) 煤黑厚皮藻、尾裸藻、四尾栅藻
	(秋季) 普通等片藻、尾裸藻、水网藻(*Hydrodictyon reticulatum*)
	(冬季) 尾裸藻
	(春季) 尾裸藻、啮蚀隐藻

2.2 浮游植物污染指示种

根据国内外学者资料[4-5,11-13]并结合实际, 利用浮游植物污染指示种对水质进行评价. 沂河流域主要河流中, 各级污染指示种共计 147 种(图 3, 含同物种对应多种污染指示情况), 沂河、祊河、东汶河、蒙河、涑河均为β-中污-寡污, 柳青河为α-β-中污; 河流水质从优至劣排序为: 涑河>东汶河>祊河>沂河>蒙河>柳青河.

2.3 浮游植物污染指示种群

根据郭沛涌等[14]和詹玉涛等[15]利用指示性浮游植物群落划分的污染等级, 评价沂河流域水质状况: 蓝藻门占 70%以上, 耐污种大量出现为多污带; 蓝藻门占 60%左右, 藻类较多为α-中污带; 硅藻门及绿藻门为优势类群, 各占 30%左右为β-中污带; 硅藻门为优势类群, 占 60%以上为寡污带. 据此标准, 沂河、祊河、东汶河和涑河为β-中污, 蒙河为α-β-中污, 柳青河为α-中污-多污; 河流水质从优至劣排序为: 涑河>东汶河>沂河>祊河>蒙河>柳青河.

参考况琪军等[16]利用浮游植物细胞数量评价水质: 细胞密度在 1×10^6–9×10^6cells/L 时水质为寡污-β-中污型, 10×10^6–40×10^6cells/L 时水质为β-中污型, 41×10^6–80×10^6cells/L 时水质为α-β-中污型, 81×10^6–99×10^6cells/L 时水质为α-中污型, ≥100×10^6cells/L 时水质为 ps 型. 评价结果为: 涑河和东汶河为β-中污, 蒙河、祊河、沂河和柳青河为α-β-中污. 河流水质从优至劣排序为: 涑河>东汶河>祊河>蒙河>沂河>柳青河(表 2).

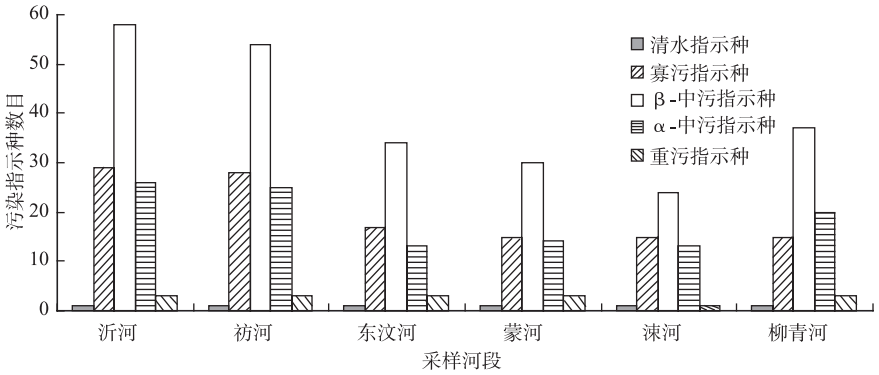


图 3　沂河流域污染指示种

Fig.3　Saprobic indicator in Yi River watershed

表 2 沂河流域浮游植物平均细胞数量* (× 10^6cells/L)

Tab.2 phytoplankton average celldensitie in Yi River watershed (× 10^6cells/L)

采样河段	绿藻		硅藻		蓝藻		隐藻		裸藻		黄藻		甲藻		合计	
	数量	百分比(%)	数量	百分比(%)	数量	百分比(%)	数量	百分比(%)	数量	百分比(%)	数量	百分比(%)	数量	百分比(%)	数量	百分比(%)
沂河	33.20	59.4	6.26	11.2	4.70	8.4	8.38	15.0	1.70	3.0	1.44	2.6	0.09	0.2	55.88	100
祊河	26.91	63.1	4.26	10.8	2.65	6.2	4.44	10.4	2.69	6.3	0.69	1.6	0.68	1.6	42.68	100
东汶河	6.31	21.0	13.57	45.1	6.86	22.8	1.62	5.4	0.01	0	0.41	1.4	0	0	30.10	100
蒙河	11.29	23.0	10.31	21.0	21.6	44.0	5.39	11.0	0.49	1.0	0.07	0.1	0.03	0.1	49.09	100
涑河	7.33	40.7	7.81	43.3	0.76	4.2	1.78	9.9	0	0	0.36	2.0	0	0	18.03	100
柳青河	10.85	15.6	6.89	9.9	47.5	68.1	1.16	1.7	3.36	4.8	0	0	0	0	69.76	100

* 由于 2006 年 7 月部分数据记录缺失, 故本数据统计计算时未将其记入.

2.4 浮游植物综合指数

根据胡鸿钧和魏印心[17]和陈椽等[18]利用浮游植物综合指数区分水质污染等级. 浮游植物综合指数=(蓝藻门+绿藻门+中心纲硅藻+裸藻)种数/鼓藻目种数. 当综合指数值＜1 时为寡污, 1–2.5 为寡污-β-中污, 3–5 为β-中污, 5–20 为α-中污. 经计算, 沂河流域主要河流中, 沂河浮游植物综合指数为 6, 属α-β-中污; 祊河为 5.47, 属α-β-中污; 东汶河为 3.67, 属β-中污; 蒙河为 4.75, 属β-中污; 涑河为 4.00, 属β-中污; 柳青河为 19.3, 属α-中污. 河流水质从优至劣排序为: 东汶河＞涑河＞蒙河＞祊河＞沂河＞柳青河.

2.5 沂河流域调查样点的理化性质

根据地表水环境质量标准 GB3838-2002, 显示沂河水质为Ⅱ类–劣Ⅴ类, 主要影响因素为 COD_{Cr} 指标; 祊河水质为Ⅱ类–Ⅳ类, 主要影响因素为 COD_{Cr} 指标; 东汶河水质为Ⅱ类–Ⅲ类; 蒙河水质为劣Ⅴ类, COD_{Cr} 和 NH_3-N 指标均超标; 柳青河水质为Ⅳ类–劣Ⅴ类, COD_{Cr} 和 NH_3-N 指标均超标. 河流水质从优至劣排序为: 东汶河>祊河>沂河>柳青河>蒙河(涑河未监测). 该项水质监测排序与我们采用浮游植物各指标评价结果相似, 但与蒙河水质偏差明显. 原因是蒙河师古庄段(理化采样点, 距离蒙河青驼段——浮游植物采样点 10km)接纳了一处化工厂污水, 导致水质变差(表 3).

3 结论

(1)沂河流域共检测出浮游植物 7 门 181 种及变种, 其中沂河 7 门 137 种、祊河 7 门 134 种、东汶河 7 门 75 种、蒙河 6 门 67 种、涑河 6 门 70 种、柳青河 7 门 80 种. 整体上沂河流域以绿藻和硅藻种类最多, 甲藻和隐藻种类稀少, 浮游植物种类和数量季节变化显著. 从种类数目上看, 沂河和祊河为绿藻—硅藻型, 东汶河、蒙河和涑河为硅藻—绿藻型, 柳青河为蓝藻—绿藻型. 从细胞密度上看, 沂河和祊河为

绿藻型, 东汶河为硅藻型, 涑河为硅藻—绿藻型, 蒙河为为蓝藻—绿藻型, 柳青河为蓝藻型.

表 3 李庄沂河流域部分调查样点的理化性质*

Tab.3 Water physical and chemical characters in the sampling sites

河流	断面	2006 年 7 月		2006 年 10 月		2006 年 11 月		2007 年 2 月		2007 年 5 月	
		COD_{Cr}	NH_3-N	COD_{Cr}	NH_3-N	COD_{Cr}	NH_3-N	COD_{Cr}	NH_3-N	COD_{Cr}	NH_3-N
沂河	葛沟	23.2	0.74	15.2	0.98	17.1	0.95	35	9.25	67	4.62
沂河	小埠东	19.8	1.1	21.7	0.71	21	0.96	44.8	0.21	49	0.38
	李庄	35	0.69	-	-	-	-	-	-	17	0.38
祊河	麻绪	12.8	0.41	10.3	0.46	10.9	0.44	11	0.52	-	-
祊河	河口	17.6	1.04	9.31	0.22	23.9	0.18	41	0.99	28	0.46
东汶河	黄埠	16.8	0.55	19.3	0.59	14.9	0.16	17.5	0.82	16	0.21
蒙河	师古庄	74.3	3.84	-	-	68.2	7.25	83	3.61	252	15
柳青河	植物园	26.7	1.13	-	-	51.3	3.93	89.4	6.29	55	2.76

*-表示数据未监测, COD_{Cr} 和 NH_3-N 单位均为 mg/L. 本数据由临沂市环境监测站提供.

(2)应用污染指示种、污染指示群落、细胞密度和浮游植物综合指数评价沂河流域水质状况, 评价结果与临沂市环境监测站监测的部分河段理化水质评价基本吻合, 显示出这几个指标对沂河水质评价有较强的适用性, 其中污染指示种评价吻合度最高, 其次为污染指示群落和细胞密度这两种评价指标, 而浮游植物综合指数评价吻合度相对差些. 水质综合评价排序为: 涑河β-中污>东汶河β-中污>祊河β-中污>沂河β-中污>蒙河β-中污>柳青河α-β-中污.

(3)橡胶坝建设改变了沂河和祊河的水量时空调配, 严重降低了水流速度, 导致浮游植物群落从河流相向湖泊相转变, 对东汶河、蒙河、涑河、柳青河四条河流影响较小.

致谢: 临沂市环境监测站提供沂河流域部分调查样点的理化监测资料, 中国海洋大学唐学玺教授和董树刚教授审阅本文初稿并提出修改建议, 特此致谢!

4 参考文献

[1] 张 远, 郑丙辉, 刘鸿亮. 三峡水库蓄水后的浮游植物特征变化及影响因素. 长江流域资源与环境, 2006, **15**(2): 254-258.

[2] 周广杰, 况琪军, 胡征宇等. 三峡库区四条支流藻类多样性评价及"水华"防治. 中国环境科学, 2006, 26(3): 337-341.

[3] 况琪军, 毕永红, 周广杰等. 三峡水库蓄水前后浮游植物调查及水环境初步分析. 水生生物学报, 2005, **29**(4): 353-357.

[4] 况琪军, 胡征宇, 周广杰等. 香溪河流域浮游植物调查与水质评价. 武汉植物学研究, 2004, **22**(6): 507-513.

[5] 张乃群, 杜敏华, 庞振凌等. 南水北调中线水源区浮游植物与水质评价. 植物生态学报, 2006, **30**(**4**): 650-654.

[6] 李运贤, 张乃群, 李玉英等. 南水北调中线水源区浮游植物. 湖泊科学, 2005, **17**(3): 219-225.

[7] 中华人民共和国国务院. 淮河流域水污染防治"十五"计划. 中华人民共和国国务院, [2003]5 号.

[8] 吴建强, 黄沈发, 阮晓红等. 江苏新沂河河漫滩表面流人工湿地对污染河水的净化试验. 湖泊科学, 2006, **18**(3): 238-242.

[9] 卢 军, 张利民, 岳 强等. 秋冬季节植物-微生物系统治理新沂河效果分析. 南京农业大学学报, 2005, **28**(3): 58-62.

[10] 唐 亮, 左玉辉. 新沂河河道稳定塘工程研究. 环境工程, 2003, **21**(2): 75-77.

[11] B.福迪(捷)著, 罗迪安译. 藻类学. 上海: 上海科学技术出版社, 1980.

[12] 陈朝阳, 谢进金, 卢海声等. 福建晋江水系浮游植物调查及水质状态的评价. 中国环境监测, 2006, **22**(5): 82-84.

[13] 张茹春, 牛玉璐, 赵建成等. 北京怀沙河、怀九河自然保护区藻类组成及时空分布动态研究. 西北植物学报, 2006, **26**(8): 1663-1670.

[14] 郭沛涌, 林育真, 李玉仙. 东平湖浮游植物与水质评价. 海洋湖沼通报, 1997, **19**(4): 37-42.

[15] 詹玉涛, 杨昌述, 范正年. 釜溪河浮游植物分布及其水质污染的相关性研究. 中国环境科学, 1991, **11**(1): 29-33.

[16] 况琪军, 马沛明, 胡征宇等. 湖泊富营养化的藻类生物学评价与治理研究进展. 安全与环境学报, 2005, **5**(2): 87-91.

[17] 胡鸿钧, 魏印心编著. 中国淡水藻类——系统、分类及生态. 北京: 科学出版社, 2006.

[18] 陈 椽, 胡晓红, 刘美珊等. 红枫湖浮游植物分布(1995-1996)与水质污染评价初步研究. 贵州师范大学学报(自然科学版), 1998, **16**(2): 5-10.