



黄川腾, 徐瑞晶, 翟翠花, 等. 广东北江流域沉水植物群落物种多样性及生境特点研究[J]. 华南农业大学学报, 2016, 37(2): 89-95.

广东北江流域沉水植物群落物种多样性及生境特点研究

黄川腾^{1,2}, 徐瑞晶¹, 翟翠花¹, 郑明轩¹, 洪文君¹, 庄雪影¹

(1 华南农业大学 林学与风景园林学院, 广东 广州 510642;

2 海南省林业科学研究所, 海南 海口 571100)

摘要:【目的】为广东省北江流域及其邻近地区沉水植物资源的保护提供参考。【方法】采用实地踏查和样方调查法,于2009—2013年调查了广东北江上游的沉水植物群落多样性及其所在水域的水质。【结果】在韶关市浈水(SG1)、北江(SG2)、武江(SG3)和南水(SG4和SG5)等5个调查点,共记录了沉水植物12种,其中包括11种被子植物和1种藻类植物,均为广域分布种;群落以竹叶眼子菜 *Potamogeton wrightii*、黑藻 *Hydrilla verticillata*、密刺苦草 *Vallisneria denseserrulata* 和穗状狐尾藻 *Myriophyllum spicatum* 为优势种,微齿眼子菜 *P. maackianus* 为广东省首次记录。水质检测结果表明,北江流域水质变化较大的指标主要是总氮(TN)、总磷(TP)、氨氮($\text{NH}_4^+\text{-N}$)含量和化学需氧量(COD_{Cr})。南水2个调查点除TN和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 外,其余指标达到或接近国家Ⅰ级质量水平,其余调查点的TN含量和 COD_{Cr} 处于国家水质标准Ⅱ~Ⅲ级。TP、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量和 COD_{Cr} 以冬季较高,TN含量以夏季较高。【结论】北江流域沉水植物物种丰富度较低,其群落的物种丰富度与所在流域的人为活动密切相关,水质最佳的南水物种丰富度和多样性最高,水质最差的浈江物种丰富度最低。工业污染、水电站大坝建设和挖沙等因素是导致北江流域沉水植物物种多样性下降的主要原因。

关键词:沉水植物;物种多样性;生境;水质;干扰;北江流域

中图分类号:S718.43

文献标志码:A

文章编号:1001-411X(2016)02-0089-07

Species diversities and habitat characteristics of submerged plant communities in Beijiang River valley, Guangdong

HUANG Chuanteng^{1,2}, XU Ruijing¹, ZHAI Cuihua¹, ZHENG Mingxuan¹,
HONG Wenjun¹, ZHUANG Xueying¹

(1 College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2 Forestry Research Institute of Hainan Province, Haikou 571100, China)

Abstract:【Objective】To provide references for protection of submerged plant resources in Beijiang River valley and surrounding areas, Guangdong. 【Method】The species diversity of submerged plant communities and the water quality where these plants grow were investigated from 2009 to 2013 using on-site survey and quadrat survey methods. 【Result】A total of 11 angiosperms and one macro-alga were recorded at five sites, Zhengjiang of Renhua County (SG1), Beijiang of Qujiang District (SG2), Wujiang of Zhengjiang District (SG3), and Nanshui of Ruyuan County (SG4 and SG5). All recorded plants belong

收稿日期:2015-05-14 优先出版时间:2016-01-18

优先出版网址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.s.20160118.1651.022.html>

作者简介:黄川腾(1984—),男,硕士,E-mail: huangchuanteng@126.com;通信作者:庄雪影(1961—),女,教授,博士,
E-mail: xyzhuang@scau.edu.cn

基金项目:与欧盟合作项目“河流上游水域资源的保护与可持续利用(213015)

to widespread species. The dominant species were *Potamogeton wrightii*, *Hydrilla verticillata*, *Vallisneria denserrulata*, and *Myriophyllum spicatum*. It was the first time that *P. maackianus* was recorded in Guangdong. The water quality test results showed that the major pollutions in Beijiang River valley were TN, TP, NH_4^+ -N and COD_{Cr} . Except for TN and NH_4^+ -N, the contents of the other parameters at two sites (SG4, SG5) of Nanshui met or approached the class I level of National Water Quality Standard, and the contents of TN and COD_{Cr} at the other sites were between class II and III. The contents of TP, NH_4^+ -N and COD_{Cr} were relatively high in winter, while TN contents were relatively high in summer. 【Conclusion】 The species richness of submerged plants in Beijiang River valley is relatively low. The species diversity of the plant community is closely related to local human activities, with the species richness and diversity being the highest in Nanshui where the water quality is the best, and the lowest in Zhengjiang where the water quality is the worst. Industrial pollution, building of hydropower station dam and sand-excavating are the major factors causing declining of the species diversity of the submerged plants in Beijiang River valley.

Key words: submerged plant; species diversity; habitat; water quality; disturbance; Beijiang River valley

珠江是中国境内第3长河流,全长2 400 km,为中国第2大年流量的河流,为西江、北江、东江和珠江三角洲诸河的总称。其干流西江发源于云南省东北部马雄山,流经云南、贵州、广西、广东4省(区)及香港、澳门特别行政区,北江和东江水系几乎全部在广东境内。珠江流域在中国境内面积44.21万 km^2 ,另有1.1万余 km^2 在越南境内。颜素珠等^[1-2]于20世纪80年代末就开展了广东省珠江流域水生植物资源调查,共调查到水生维管植物131种,隶属44科81属,其中沉水植物33种,挺水植物70种,浮水植物28种。据国家林业局统计,我国沉水植物约有49种2变种,隶属11科15属^[3]。北江地处珠江上游地区,为珠江三大水系之一,流域面积广阔,但有关水生植物资源的研究报道很少。本项目组(藉欧盟国际合作项目“河流上游水域资源的保护与可持续利用”)在广东省韶关市北江流域主要河段开展了沉水植物群落物种多样性及保护现状调查研究。本研究结果可为广东省韶关市及其邻近地区沉水植物资源的保护提供参考。

1 研究地概况

北江为珠江水系支流,发源于江西省信丰县石碣大茅山,流入广东省南雄县境内称浈江(又名浈水),至韶关武江汇合后始称北江,此以下为中游,流至清远白庙后为下游,在佛山三水思贤窖与西江汇合注入珠江三角洲河网区流入南海,主要支流有武江、连江、潞江、滘江、滨江、绥江等。北江干流长468 km,集水面积86 710 km^2 ,广东省境内为42 879 km^2 ,纵贯韶关、清远、佛山和广州,占粤境内珠江流域面积的38%。韶关市为广东省境内北江源头流域,面积18 463 km^2 ,年平均气温19.20 $^{\circ}\text{C}$,极高温42 $^{\circ}\text{C}$,极低温-4 $^{\circ}\text{C}$,年平均降水量1 200~1 600 mm。

http://xuebao.scau.edu.cn

2 研究方法

2.1 野外调查方法

在踏查的基础上,在广东省韶关市沉水植物群落较集中的地段设置样带进行物种调查。每隔2 m设置1个面积为1 m $\times$ 1 m的小样方,记录样方中的沉水植物种类、高度、盖度和水深。5个点分别位于北江浈水水域仁化县周田(SG1)、曲江区北江水域曲江区大坑口(SG2)、浈江区武江水域犁市(SG3)、乳源县南水(SG4和SG5)。

2.2 重要值和物种多样性

重要值(IV) = 相对高度 + 相对盖度 + 相对频度。其中:相对高度 = (某一物种高度/全部物种高度) $\times$ 100%,相对盖度 = (某个物种的盖度/所有物种的总盖度) $\times$ 100%,相对频度 = (某一物种的频度/所有物种的频度之和) $\times$ 100%。

物种多样性包括丰富度(S)、多样性指数(H)和均匀度指数(E)。其中: S = 物种数, $H = -\sum P_i \ln P_i$, $E = H/\ln S$ 。重要值能较综合地衡量其多样性,选用IV进行 P_i 计算,即 $P_i = \text{IV}_i/\text{IV}$ 。

2.3 水样采集与检测

用水流测速计(南京圣荣仪器设备有限公司)分别在有草区和无草区测量水流速,每隔30 s读数1次,连续测量3 min,同时取水样3份,水的透明度使用透明度仪测量。

水样检测方法^[4]:水样的pH测试使用玻璃电极

法;化学需氧量(COD_{Cr})使用重铬酸钾法;NH₄⁺-N 使用纳氏试剂分光光度法;总氮(TN)使用过硫酸钾氧化-紫外分光光度法;总磷(TP)使用过硫酸钾氧化-钼锑抗分光光度法;铜(Cu)、锌(Zn)使用火焰原子吸收分光光度法;铅(Pb)、镉(Cd)、镍(Ni)使用石墨炉原子吸收分光光度法;六价铬(Cr)使用二苯碳酰二肼分光光度法。

2.4 数据分析

将调查样方与其沉水植物重要值建立数据库。应用 SPSS 19.0 软件中的系统聚类分析法(Hierarchical cluster)进行样点物种相似性的聚类分析,不同样点物种相似性的差异采用离差平方和法(Ward 法)^[5]进行计算。

3 结果与分析

3.1 调查区的沉水植物种类、分布及重要值

北江流域的沉水植物群落呈零星分布,仅见于人为活动较少的河岸边或河中央小岛周围,在水面交通和挖沙较频繁的区域少见。分布区域的水深约 0.1~1.3 m,但在水体透明度较高的水域,沉水植物可生长在水深 2~3 m 的区域。在韶关市属县市 5 个调查区域的水域中,共记录了 12 种沉水植物,隶属于 6 科 7 属,包括 11 种被子植物和 1 种轮藻科植物(表 1)。在 5 个调查样点中,以眼子菜科植物种类最丰富,水鳖科和茨藻科次之。其中,水鳖科黑藻 *Hydrilla verticillata* 的出现频率最高,穗状狐尾藻 *Myriophyllum spicatum* 和菹草 *Potamogeton crispus* 次之,密刺苦草 *Vallisneria denseserrulata* 普遍见于韶关各水域(表 1)。

表 1 调查样点的沉水植物种类及分布
Tab.1 The species and distribution of submerged plants at survey sites

植物名称	学名	科名	出现样点数 ¹⁾
大茨藻	<i>Najas marina</i>	茨藻科	2
小茨藻	<i>N. minor</i>	茨藻科	2
金鱼藻	<i>Ceratophyllum demersum</i>	金鱼藻科	2
轮藻	<i>Chara</i> sp.	轮藻科	2
黑藻	<i>Hydrilla verticillata</i>	水鳖科	4
密刺苦草	<i>Vallisneria denseserrulata</i>	水鳖科	5
穗状狐尾藻	<i>Myriophyllum spicatum</i>	小二仙草科	4
菹草	<i>Potamogeton crispus</i>	眼子菜科	3
眼子菜	<i>P. distinctus</i>	眼子菜科	2
微齿眼子菜	<i>P. maackianus</i>	眼子菜科	2
小眼子菜	<i>P. pusillus</i>	眼子菜科	2
竹叶眼子菜	<i>P. wrightii</i>	眼子菜科	5

1) 总样点数为 5,即 5 个调查样点;SG1、SG2、SG3、SG4 和 SG5。

物种丰富度和多样性以韶关市浈江区武江 SG3、乳源县南水 SG4 和 SG5 群落最高,共 9 种;韶关仁化浈水 SG1 群落的种类最贫乏,为密刺苦草单优群落,仅偶见少量的菹草。其中,微齿眼子菜 *Potamogeton maackianus* (黄川腾等,201108002, CANT),为广东省新记录。

重要值分析结果表明:北江流域沉水植物群落以竹叶眼子菜 *P. wrightii*、黑藻和密刺苦草为优势,以竹叶眼子菜的重要值最大,黑藻和密刺苦草次之,金鱼藻 *Ceratophyllum demersum* 最小(表 2)。

表 2 调查样点沉水植物的重要值
Tab.2 Importance value of submerged plants at survey sites

植物名称	相对盖度	相对高度	相对多度	重要值
竹叶眼子菜	20.51	31.52	54.23	106.26
黑藻	22.01	13.27	43.09	78.37
密刺苦草	25.59	9.68	41.86	77.13
穗状狐尾藻	4.95	11.64	22.06	38.65
微齿眼子菜	7.02	10.87	13.20	31.08
大茨藻	5.37	5.74	18.14	29.25
小眼子菜	5.54	5.80	17.32	28.66
轮藻	3.67	2.91	14.85	21.43
小茨藻	1.43	3.24	11.34	16.00
眼子菜	2.04	2.27	5.57	9.88
菹草	0.69	2.01	2.89	5.59
金鱼藻	1.20	1.05	2.06	4.31

3.2 调查区沉水植物的地理成分分析

在所记录的 6 个沉水植物科中,除水鳖科为泛热带分布外,其余的科均为世界分布型;在所记录的 6 个沉水植物属中,除黑藻属为旧世界分布和苦草属为泛热带分布外,其余的金鱼藻属和大茨藻属 2 属均为世界分布。

从种的全球分布来看,竹叶眼子菜、密刺苦草、微齿眼子菜、眼子菜 *Potamogeton distinctus* 和小茨藻 *Najas minor* 5 种为亚洲特有种,其余种类均为跨洲分布(表 3)。其中,金鱼藻和大茨藻均为世界分布,但在调查区极少见;小眼子菜 *P. pusillus* 的全球分布也很广泛,除澳洲以外的大洲均有分布,但在本调查区中的分布面积较小;菹草的全球分布也较广,见于非洲以外的各大洲,在北江流域有分布,但种群通常较小;除了微齿眼子菜外,亚洲分布的眼子菜、密刺苦草和竹叶眼子均较常见,为北江流域的优势种(表 3)。

表 3 北江流域沉水植物种的地理成分¹⁾

Tab. 3 The geographical composition of submerged plant species in Beijiang River valley

植物名称	亚洲	欧洲	非洲	美洲	澳洲
金鱼藻	+	+	+	+	+
大茨藻	+	+	+	+	+
小眼子菜	+	+	+	+	-
菹草	+	+	-	+	+
黑藻	+	+	-	-	+
穗状狐尾藻	+	+	-	-	-
眼子菜	+	-	-	-	-
密刺苦草	+	-	-	-	-
小茨藻	+	-	-	-	-
竹叶眼子菜	+	-	-	-	-
微齿眼子菜	+	-	-	-	-

1) + 表示有分布, - 表示无分布。

表 4 沉水植物的物候观察¹⁾

Tab. 4 The phenological observation of submerged plants

植物名称	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
黑藻	-	-	-	-	+	+	+	+	*	*	*	○
密刺苦草	-	-	-	-	+	+	+	+	+	*	*	○
竹叶眼子菜	-	-	-	-	+	+	*○	*○	*○	*○	*○	-
微齿眼子菜	-	-	-	-	+	+	*○	*○	*○	*○	*○	-
小眼子菜	-	-	-	-	+	+	*○	*○	*○	*○	*○	-
眼子菜	-	-	-	-	-	*○	*○	*○	*○	*○	*○	-
菹草	-	-	-	+	+	+	*○	*○	*○	*○	*○	-
大茨藻	-	-	-	-	+	+	+	+	+	*○	*○	-
小茨藻	-	-	-	+	+	*○	*○	*○	*○	*○	-	-
金鱼藻	-	-	-	+	+	+	+	+	*	○	○	-
穗状狐尾藻	-	-	-	+	+	*	*○	*○	*○	*○	-	-

1) - 表示衰亡期, + 表示生长期, * 表示花期, ○ 表示果期, *○ 表示花果同期。

表 5 各样点的沉水植物丰富度及多样性

Tab. 5 Species richness and diversity of the submerged plants at different survey sites

样点	样方数	物种丰 富度(S)	多样性 指数(H)	均匀度 指数(E)
仁化县淡水 SG1	102	1	0	0
曲江区北江 SG2	42	5	1.34	0.69
浈江区武江 SG3	138	8	1.76	0.84
乳源县南水 SG4	158	10	1.96	0.85
乳源县南水 SG5	73	7	1.69	0.87

理位置相近的植物群落的物种相似性较高,如乳源南水水域的 2 个样点(SG4 和 SG5)物种相似性较高,优先聚在一起;曲江区大坑口(SG2)与武江水域(SG3)的沉水植物群落相似性也较高,它们先聚在一起;浈江区水域(SG1)物种最贫乏,最后才与其他样点聚在一起。

3.3 调查区沉水植物的物候特点

实地调查发现,北江流域的沉水植物均为 1 年生草本植物,冬季至早春为衰亡期,花期或果期在夏季至秋季,眼子菜科植物和穗状狐尾藻通常是花果同期,多集中在 7—11 月(表 4)。

3.4 调查区沉水植物的物种多样性比较

物种多样性分析结果(表 5)表明,北江流域调查样点的沉水植物,除仁化县淡水水域 SG1 仅 1 物种外,其余 4 水域物种丰富度为 5~10,多样性指数为 1.34~1.96,均匀度指数为 0.69~0.87,以韶关南水水域 SG4 和 SG5 的沉水植物群落的物种最丰富,物种多样性也高,淡水水域的物种丰富度和多样性最低。

3.5 调查区各样点的沉水植物群落的物种相似性

聚类分析结果(图 1)也表明,除单优群落外,地

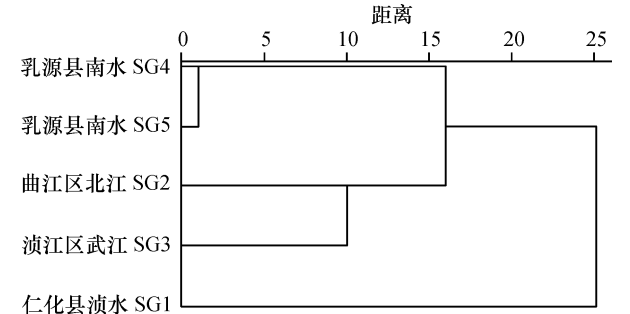


图 1 基于沉水植物重要值的群落相似性的聚类分析

Fig. 1 Clustering analysis on the community similarities based on importance value of submerged plants

3.6 调查区沉水植物群落区的水流及水质特性

5 个调查区的水草区和非水草区的水质特性调查结果(表 6~表 8)表明,除了 SG4 水域为人工硬质护岸,水流较快外,其余水域均为自然的土质护岸,水草生境的水流较慢。水草通常生长在水位小于

1.1 m、水流较缓、可透光的区域。除 SG1 外,冬季和夏季的水位稍有变化;SG4 和 SG5 以夏季水位较高,SG2 和 SG5 的水位冬季较高(表6)。

表 6 不同季节水草群落水流速度、水位和透明度
Tab.6 Comparisons of water speed, height, and transparency of the survey sites in different seasons

样点	流速/(m·s ⁻¹)		透明度/m		水深/m	
	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季
仁化县浈水 SG1	0	0	1.10	0.38	1.30	1.30
曲江区北江 SG2	0.10	0	0.56	0.50	0.68	0.55
浈江区武江 SG3	0	0	0.50	0.60	0.50	0.88
乳源县南水 SG4	0.07	0.83	0.38	0.85	0.38	0.85
乳源县南水 SG5	0.07	0	1.03	0.40	1.80	0.40

不同水样的 pH、总氮(TN)、总磷(TP)、铵氮(NH₄⁺-N)含量和化学需氧量(COD_{Cr})见表7。不同

调查点的水质有所不同,同一调查点夏季与冬季的水质也有不同程度的变化。各调查点水样呈中性,pH 6.93~7.61,以大坑口样点 SG2 的 pH 最低,南水水域的 pH 稍高,不同季节间的变化趋势不明显。变化较大的指标为 TN、TP、NH₄⁺-N 含量和 COD_{Cr}。整体来看,南水 2 个调查点 SG4 和 SG5 的水质最好,除总氮和铵氮外,其余指标均达到或接近国家 I 级地表水的质量水平(国家地表水环境标准 GB3828-2002);其余调查点水质的总氮和化学需氧量处于国家地表水 II~III 级之间。从同一水域不同季节的变化情况来看,TP、NH₄⁺-N 含量和 COD_{Cr} 以冬季较高,TN 则以夏季稍高。

所有样本的重金属含量均达到国家 I 级水的标准。在冬季,多数重金属元素含量高于夏季,但也有例外(表8)。

表 7 调查群落水域的水质比较
Tab.7 Comparison of water quality of the survey sites

样点	pH		ρ/(mg·L ⁻¹)						COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	
	冬季	夏季	NH ₄ ⁺ -N		TN		TP		冬季	夏季
			冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季		
仁化县浈水 SG1	7.59	7.13	0.287	0.215	1.292	1.149	0.042	0.042	15.28	3.25
曲江区北江 SG2	7.25	6.93	0.215	0.287	0.790	1.436	0.035	0.030	16.81	5.20
浈江区武江 SG3	6.97	7.15	0.287	0.287	1.077	1.220	0.016	0.023	7.64	5.20
乳源县南水 SG4	7.35	7.60	0.215	0.144	0.574	0.718	0.009	0.009	9.17	3.25
乳源县南水 SG5	7.57	7.61	0.215	0.287	0.359	0.718	0.009	0.004	4.58	9.76

表 8 调查群落水域的水质微量元素比较
Tab.8 Comparisons of water trace elements of the survey sites

样点	生境	$\rho/(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$											
		总 Cu		总 Zn		总 Pb		总 Cd		Cr^{6+}		总 Ni	
		冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季
仁化县浈水 SG1	水草区	0.6	9.0	3.0	10.9	1.7	2.9	0.1	0.4	0.8	0.7	0.8	0.7
	无草区	1.2	9.0	5.9	10.8	1.6	2.9	0.1	0.5	0.6	1.0	0.8	1.5
曲江区北江 SG2	水草区	0.8	2.3	3.4	12.7	0.6	3.9	0.1	0.3	0.2	0.7	0.8	0.9
	无草区	1.2	2.0	13.6	14.7	3.2	3.9	0.4	0.4	0.8	1.0	0.7	0.2
浈江区武江 SG3	水草区	0.8	0.7	7.8	3.3	1.8	1.0	0.2	<0.1	0.6	1.0	0.2	0.1
	无草区	0.8	3.0	5.8	4.7	0.6	3.9	<0.1	<0.1	0.8	1.0	0.2	0.2
乳源县南水 SG4	水草区	0.5	0.3	1.1	2.0	0.3	0.2	0.1	0.1	0.8	1.3	0.2	0.1
	无草区	0.6	0.4	1.3	1.7	0.6	0.2	0.1	<0.1	0.8	1.3	0.2	0.1
乳源县南水 SG5	水草区	0.6	2.3	2.5	1.0	0.7	2.9	<0.1	0.1	0.8	1.0	0.2	0.4
	无草区	0.6	1.0	3.0	1.2	1.9	1.0	<0.1	<0.1	0.4	1.3	0.2	0.1

4 讨论

4.1 北江沉水植物的资源保护及其影响因素

在 5 个样点中,共记录了沉水植物 12 种,包括 11 种被子植物和 1 种轮藻。其中,微齿眼子菜为广

东省首次记录。北江流域的沉水植物以世界广布型地理成分为主。其原因一方面是河流的水生环境比较稳定,缺少天然屏障,有利于沉水植物的扩散;另一方面也可能与人为干扰和环境退化导致沉水植物群落物种日益衰退甚至消失有关。

沉水植物完全依赖水生环境,对环境胁迫的反应最敏感^[6]。城市化与工业化导致的河流水体受污染和采沙筑坝等人为活动是河流生物多样性发展的主要威胁^[7-11]。而水体总磷、正磷酸盐、化学需氧量、透明度和水深等环境因子均与沉水植物群落分布密切相关^[12-15]。许振成等^[16]、吕文英等^[17]检测分析了北江中上游底泥的重金属污染情况,揭示了本研究所涉及的几条北江支流(南水、武江、浈水和大坑口)底泥均存在不同程度的镉污染,以大坑口水域的潜在生态危害指数最高(1374.3),反映了其潜在生态危害已达到很强的程度;浈江水域的潜在生态危害指数次之(529.8),其潜在生态危害程度为强;南水和武江水域的潜在生态危害指数分别为293.5和290,潜在生态危害强度中等。杨晓云等^[18]揭示了北江底栖动物也表现出与底泥相似的重金属污染。本研究结果揭示了曲江区北江水域的大坑口(SG2)和仁化浈水水域的周田(SG1)水域水质较差,总磷、总氮和 COD_{Cr} 均较高,重金属含量也明显高于南水区,反映了这些水域的水质受到一定的农业和工业污染,再加上周边洗矿的污染,导致其沉水植物物种丰富度和多样性较低。与大坑口、周田和犁市相比,南水(SG4和SG5)水域的水体很清澈,主要污染源来源于生活污水,除了总氮外,水质均达到Ⅰ级水的质量标准,其沉水植物丰富度和多样性较高,反映了水质较好的水域有利于沉水植物多样性的发展。武江犁市(SG3)沉水植物群落的干扰主要来自挖沙和大坝提升了水位(物理因素的干扰),其总磷低于大坑口和周田,其沉水植物群落的物种丰富度和多样性均居中等水平。由此可见,北江的水质污染、挖沙和大坝均影响着当地沉水植物多样性的发展,是造成北江上游水生生态资源退化的主要原因,而水质污染的影响更严重。

王书航等^[19]研究了蠡湖水体氮、磷时空变化及差异性,发现蠡湖水体中氮、磷浓度不稳定,TN和TP含量呈现自东向西依次递减的趋势,在季节上,TN和TP含量呈现夏季、秋季较高,而冬季、春季低的特点。本研究结果显示,总氮也具有夏季高于冬季的趋势,但TP、 NH_4^+-N 含量及 COD_{Cr} 、多数重金属含量则呈现冬季高于夏季的趋势。王书航等^[19]认为蠡湖水体在秋冬季出现较高总磷浓度的原因与秋季藻类大量死亡有关。而本研究区水体中的藻类相对较少,影响水体总磷和总氮的因素主要来自农业和生活污水,而冬季水流动缓慢,是导致冬季水中磷浓度高于夏季的主要原因。

4.2 北江流域的物种相似性及与邻近水域的比较

曾宪锋^[20]在粤东地区记录了金鱼藻、穗状狐尾

藻和菹草等6种沉水植物种类,它们在北江流域均有出现,相似度较高。与长江流域的武汉东湖^[21]和广西钦州市^[22]比较,北江流域沉水植物的种类也比较接近,即均由适应性较强、分布较广的物种组成。北江流域沉水植物群落均为泛化种的原因:一方面是由水域环境自然条件差异较小的特性所决定,另一方面也与长期的人为活动,对自然水域环境干扰频繁,导致一些特化或适应性窄的物种衰退或消失有关。

4.3 加强北江流域沉水植物保护的建议

水生植物(特别是沉水植物)依赖水环境,它们不仅可为鱼类等各种水生动物提供良好的栖息环境,而且还可为其提供食物,而鱼类等水生动物也可通过与沉水植物的相互作用调节沉水植物的种群结构。此外,水生植物对修复和改善水环境也有重要作用^[23-24]。因此,保护沉水植物群落及其物种多样性对维持江河流域水生资源多样性及渔业资源的可持续发展具有重要的意义。为了促进北江渔业的可持续发展,韶关市每年举行“休渔放生节”。休渔、放生等活动对北江上游渔业资源的维持有一定的作用,但对水生植物群落的保护也应该受到重视。基于本研究结果,我们对于北江流域水生植物资源的保护提出以下几点建议:

1)加强合理规划,减少对自然水域的人为干扰,为北江上游水生生物资源的可持续发展提供良好的生态环境。近年北江上游已建立了多个大型水电站,对当地自然资源利用和减灾防灾具有重要的战略意义,但过多的水电站大坝导致河流潮汐和水量的剧烈变化,会直接或间接地影响水生生物种群的自然繁衍。因此,水电站的建设必须综合考虑其对周边水生生物资源的影响,尽可能地避免或减缓水电站建设工程对当地水生资源的破坏。此外,北江上游的挖沙活动较频繁,挖沙不仅会影响河床的地质结构,而且对水生植物及其他底栖类动物也有严重的干扰,建议将一些水生生物资源较丰富的重要区域列为禁止挖沙区。根据韶关市“十二五”林业发展规划,韶关市将在2011—2015年期间拟新建“乐昌峡省级湿地公园”、“武江区龙湾省级湿地公园”等10个湿地公园,这些湿地公园的建立将有利于北江上游地区水生资源的有效保护和可持续利用。

2)减少污染也是保护北江水生资源的迫切需要。北江上游有大宝山铁矿、韶关冶炼厂、韶关钢铁厂等多个大型企业和多个小型私有工矿企业。大多数大型国企在加强对污染物的处理,禁止工业废水、

废渣往河道排放均已做了大量设备更新和改进,但一些小型私有企业还存在着违规排放污染物的现象,极需严格监管。

3)水生生物的生态学研究 and 生态学观念的宣传教育对北江上游水生资源的保护与发展也具有重要的意义。目前,有关北江流域水生资源的研究不多,大众对北江水生植物和水生动物的认识也不多。因此,应加强对北江上游水生生态系统,特别是沉水植物及其他水生动物资源的生态学研究,为珠江上游水生资源的保护与利用提供科学依据。

致谢:在实地调查中得到了韶关渔政支队、犁市渔业队、周田渔业队、坑口渔业队、韶关市林业局和乳源县林业局等单位的支持和协助,特此感谢!

参考文献:

[1] 颜素珠,陈秀夫,范允平,等. 广东河网地带的水生植被[J]. 暨南理医学报(理科专版),1988(3):73-79.

[2] 颜素珠. 广东境内珠江流域水生维管束植物区系的探讨[J]. 水生生物学报,1989,13(4):305-311.

[3] 张树仁. 中国常见湿地植物[M]. 北京:科学出版社,2008.

[4] 余瑞宝,陆正龙. 水质污染的分析方法和仪器[M]. 上海:上海科学技术出版社,1985.

[5] 方开泰. 聚类分析(1)[J]. 数学的实践与认识,1978(1):66-80.

[6] 苏胜齐,姚维志. 沉水植物与环境关系评述[J]. 农业环境保护,2002,21(6):570-573.

[7] 谢平,陈宜瑜. 我国内陆水体中的“魔鬼四重奏”:生物多样性的丧失与人类活动[J]. 水生生物学报,1996,20(S):6-21.

[8] 简永兴,王建波,何国庆,等. 湖北省海口湖、太白湖与武山湖水生植物多样性的比较研究[J]. 生态学报,2001,21(1):1815-1824.

[9] 简永兴,王建波,何国庆,等. 洞庭湖区三个湖泊水生植物多样性及其长期变化研究[J]. 水生生物学报,2002,26(2):160-167.

[10] LAMBERT S J, DAVY A J. Water quality as a threat to aquatic plants: Discriminating between the effects of nitrate, phosphate, boron and heavy metals on charophytes

[J]. New Phytologist, 2011, 189(4):1051-1059.

[11] 王钦,何萍,徐杰,等. 北京市河流沉水植物水环境适应性研究[J]. 环境科学学报,2012,32(1):30-36.

[12] ZHU B, RUDSTAM L G, MILLS E L, et al. A comparison of irradiance and phosphorus effects on the growth of three submerged macrophytes [J]. Aquatic Botany, 2008, 88(4):358-362.

[13] 任艳芹,陈开宁. 巢湖沉水植物现状(2010年)及其与环境因子的关系[J]. 湖泊科学,2011,23(3):409-416.

[14] 崔丽娟,李伟,赵欣胜,等. 北京西卓家营湿地沉水植物群落组成与水环境因子的关系[J]. 林业科学,2012,48(6):18-23

[15] 袁婧,崔国发,雷霆. 影响北京地区湿地沉水植物群落组成的主要水环境因子[J]. 生态学杂志,2009,28(11):2189-2196.

[16] 许振成,杨晓云,温勇,等. 北江中上游底栖泥重金属污染及其潜在生态危害评价[J]. 环境科学,2009,30(11):3262-3268.

[17] 吕文英,汪玉娟,刘国光. 北江底泥中重金属污染特征及生态危害评价[J]. 中国环境监测,2009,25(3):69-72.

[18] 杨晓云,温勇,陈晓燕,等. 重金属在北江鱼类和底栖动物体内的富集及污染评价[J]. 环境科学与技术,2010,33(6):194-198.

[19] 王书航,王雯雯,姜霞,等. 蠡湖水体氮、磷时空变化及差异性分析[J]. 中国环境科学,2014,34(5):1268-1276.

[20] 曾宪锋. 粤东植物多样性编目[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2008:229-230.

[21] 陈洪达. 武汉东湖水生维管束植物群落的结构和动态[J]. 海洋与湖沼,1980,11(3):276-284.

[22] 郭晓丽,林清,李宁,等. 广西钦州市钦南区和钦北区沉水植物分布与多样性研究[J]. 安徽农业科学,2010,38(13):6778-6780.

[23] 田琦,王沛芳,欧阳萍,等. 5种沉水植物对富营养化水体的净化能力研究[J]. 水资源保护,2009,25(1):14-17.

[24] 任文君,田在锋,宁国辉,等. 4种沉水植物对白洋淀富营养化水体净化效果的研究[J]. 生态环境学报,2011,20(2):345-352.

【责任编辑 李晓卉】