文章编号: 1674－7054(2023)02－0179－10

万泉河雅寨流域水生生物资源调查与多样性分析

黄　丹[1], 王蕴婷[2], 王　旭[1], 李卫东[1]
(1. 海南大学 生态与环境学院, 海口 570228; 2. 海南热带海洋学院, 三亚 572022)

摘　要: 为了掌握万泉河流域水生生物多样性及生态系统的健康状况, 以万泉河雅寨流域水生生物作为研究对象, 采用实地监测、市场调查、走访了解等方法对该流域的水生生物及相关的生态学进行系统研究。调查结果表明: 万泉河雅寨水域水质较好, 处于地表水Ⅲ类标准, 水生生物的种类和数量较多, 生物量较高。在万泉河雅寨流域设置的 6 个采样点中, 共采集到浮游植物 7 门 137 种, 其中绿藻门种数最多, 有 60 种, 占种数的 40.80%; 浮游动物 6 类 30 种, 其中轮虫类种数最多, 有 13 种, 占种数的 43.33%; 底栖动物 4 类 14 种, 其中节肢动物种数最多, 有 6 种, 占种数 42.86%; 鱼类 12 目 41 科 68 属 82 种 , 鲈形目和鲤形目的数量最多, 分别占总数的 45% 和 27%; 水生维管束植物 18 科 48 种, 其中禾本科植物种类最多, 有 12 种, 占种类的 25%。笔者结合浮游动植物、底栖动物、鱼类多样性指数综合分析, 判断出万泉河雅寨段水生生物多样性丰富。

关键词: 万泉河; 水生生物; 生物多样性; 调查及保护
中图分类号: X 176　　**文献标志码:** A
引用格式: 黄丹, 王蕴婷, 王旭, 等. 万泉河雅寨流域水生生物资源调查与多样性分析 [J]. 热带生物学报, 2023, 14(2): 179−188. DOI: 10.15886/j.cnki.rdswxb.2023.02.007

生物多样性的内涵十分丰富, 水生生物多样性更是其中的重要内容, 水生生物多样性研究的基础是水生生物调查。国外对于水生生物多样性研究主要是通过生物调查采样和数据统计分析等手段, 研究某地的某一类水生生物多样性和分布, 并分析其分布格局、丰富度和生存状况等[1], 由于研究比较成熟, 许多国外学者还会针对环境因素是如何影响水生生物的多样性展开细致的研究。国内开展水生生物的调查研究起步较晚, 最早进行水生生物多样性调查工作的是中国科学院水生生物研究所在 1959 年对长江三峡和丹江口的水生物调查, 研究人员根据调查结果对研究区域提出了渔业发展规划意见[2－3]。随着对水生生物多样性调查研究的进一步认识, 相继有学者对国内的重点流域开展了水生生物多样性调查, 研究分析调查河段的水生生物种类组成和优势种, 利用 Shannon-Wiener 生物多样性指数等指标, 对流域水环境质量和生态现状进行综合评价[4－6]。这些工作不仅丰富和发展了水生生物学的知识、方法和原理, 为全面开展水生生物多样性调查与评估提供经验, 也使得调查水生生物资源, 评估流域水生生物多样性成为当前主流的研究热点。

河流是自然生态系统中人类赖以生存的自然单元之一, 为植物和动物提供栖息地, 可以作为能量、物质和生物流动的通路, 起着过滤器和屏障作用进而可以减少水体污染[7]。万泉河是海南岛的三大河流之一, 发源于五指山凤门岭, 干流全长 157 km, 流域面积 3 693 km^2, 由西向东依次流经琼中、万宁和琼海等市县, 于博鳌港汇入南海[8]。近年来, 有不少学者对该流域开展了调查研究, 但以往研究者多从河流植被生态景观特征、营养盐动力学、流域生态敏感性、流域污染防治与生态修复等[8－11] 角度对万泉河流域进行研究, 其流域的水生生物资源调查研究却鲜有报道。本研究选取万

收稿日期: 2022－04－21　　**修回日期:** 2022－06－20
基金项目: 海南大学高层次人才启动经费—热带区域生态渔业与环境保护
第一作者: 黄丹(1994−), 女, 海南大学 生态与环境学院 2019 级硕士研究生. E-mai: 384939064@qq.com
通信作者: 李卫东(1978−), 男, 教授, 研究方向: 海洋生态学. E-mai: 994362@Hainanu.edu.cn

泉河流域雅寨河段水生生物作为研究对象，从生物多样性和环境生态敏感性的角度出发，系统地对该流域水生生物多样性及相关的生态学进行研究，研究结果对评估该河段的生态系统健康具有重要的理论意义和实践意义。

1 材料与方法

1.1 采样点设置 调查范围主要为万泉河国家级种质资源保护区实验区的雅寨河段，该河段长度约为 18.3 km，共设置 6 个采样断面，每个采样断面设置 3 个采样点。采样断面自上游到下游具体位置为 S1(中原镇蓬莱村点)、S2(中原镇龙池港下点)、S3(中原镇丹溪三村点)、S4(中原镇沙坡村点)、S5(博鳌镇留客上村点)、S6(博鳌镇下园村点)，调查时间在非汛期 2020 年 3—4 月和汛期 2020 年 6—7 月 2 个时段采集水样及水生生物(表 1)。

表 1 万泉河雅寨河段调查点位

断面编号	监测断面名称	经纬度	调查项目
S1	中原镇蓬莱村	19°18′29.03″N，110°48′14.89″E	水质+生态
S2	中原镇龙池港下	19°16′46.00″N，110°49′7.00″E	水质+生态
S3	中原镇丹溪三村	19°14′33.03″N，110°51′13.03″E	水质+生态
S4	中原镇沙坡村	19°14′17.02″N，110°53′19.00″E	水质+生态
S5	博鳌镇留客上村	19°13′58.00″N，110°52′36.00″E	水质+生态
S6	博鳌镇下园村	19°14′26.00″N，110°54′42.00″E	水质+生态

1.2 调查与监测方法

1.2.1 水质指标监测 水质调查共监测 18 项指标，主要为温度、pH、叶绿素 a、溶解氧 (DO)、总氮 (TN)、总磷 (TP)、五日生化需氧量 (BOD5)、高锰酸盐指数 (CODMn) 等指标。水样按水质调查监测分析方法采样分析，现场勘察、样品采集、保存和实验室检测工作均严格按照《水质河流采样技术指导》(HJ/T52—1999)、《水环境监测规范》(SL219—98)、《地表水环境质量标准(GB3838—2002)》《环境监测分析方法》[12] 执行。

1.2.2 水生生物资源调查 水生生物调查主要包括浮游植物、浮游动物、底栖动物、水生维管束植物、鱼类等的种属名称、组成、数量、优势种、密度等；珍稀、特有和濒危水生生物；鱼类等水生生物生态功能区等内容。对水生生物的调查主要通过采样调查、走访调研和志书查阅等形式进行，调查方法均采用国内对于水生生物研究中的常用方法；鱼类主要通过自主捕捞、聘请当地渔民进行捕捞，此外，在捕捞的同时访问与市场调查同步进行，包括对一些周边鱼集市场，当地渔民的访问调查，必要时将鱼集市场的鱼样带回一并检测。水生生物项目的监测频次为 1 年 2 次，分别在非汛期 3—4 月和汛期 6—7 月开展监测，在此期间共调查 4 个批次，每个批次平均 5~6 d；严格依照统一、规范的监测技术方法，开展采样和分析工作，并选取 10% 的样品进行交叉复检。

水生生物样本采集参照《淡水浮游生物调查技术规范(SC/T9402—2010)》[13]，物种鉴定参考各类生物分类鉴定图册及专业书籍[14－17]。外来物种的鉴定参照文献 [18－20]。鱼类分布和多样性数据分析参照已有文献进行，对采集到的渔获物进行现场分拣、统计数目、鉴定、拍照、测量鱼类全长、体长和体质量等基础数据。采集到的所有土著鱼类，在完成现场测量和拍照后均被放生到采集地。采集到的外来鱼类，均被制作成标本或进行无害化处理。

1.3 数据处理 采用 Shannon-Wiener 多样性指数(H)反映河流水生生物个体出现的紊乱和不确定性；Margalef 指数(D)反映水生生物的物种丰富度；Pielou's 均匀度指数(J)反映水生生物的均匀度[21－23]。计算公式如下：

$$H = -\sum S_i = 1 P_i \log_2 P_i \ ,$$
$$P_i = N_i / N \ ,$$
$$D = (S - 1)/\ln N \ ,$$
$$J = H' / \ln S \ ,$$

式中，N 为水生生物总个体数；S 为水生生物总物种数；P_i 为第 i 物种的个体数与样品个体数的比值

(N_i /N), N_i 为 i 物种的个体数; H' 为 Shannon-Wiener 多样性指数。

2　结果与分析

2.1　水环境质量　对照《地表水环境质量标准》(GB3838—2002), 评价区水质 (表 2) 总体处于地表水Ⅲ类水质。从空间分布来看, 不同采样点间各理化指标存在差异, 但变化不大。各采样点的水质呈弱碱性; 溶解氧在 7.9 ~ 9.1 mg·L^{-1} 之间变动; 高锰酸盐指数在 1.2 ~ 2.2 mg·L^{-1} 之间; 五日生化需氧量在 0.4 ~ 1.4 mg·L^{-1} 之间变动; 各点位铅浓度均小于 0.03; 总氮浓度在 0.3 ~ 0.8 mg·L^{-1} 之间变动; 总磷浓度在 0.07 ~ 0.20 mg·L^{-1} 之间变动; 叶绿素 a 含量在 0.004 ~ 0.008 mg·L^{-1} 之间变动; 监测的其他指标均符合地表水水质Ⅲ类标准, 该河段水质符合渔业水质标准。

表 2　万泉河雅寨流域水质理化指标监测结果

监测项目	调查点位					
	S1	S2	S3	S3	S5	S6
pH值	7.50	7.48	7.56	7.27	7.15	7.36
溶解氧/(mg·L^{-1})	9.1	8.3	8.0	8.6	7.9	8.6
镉/(mg·L^{-1})	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
铅/(mg·L^{-1})	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
铜/(mg·L^{-1})	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
锌/(mg·L^{-1})	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
总氮/(mg·L^{-1})	0.30	0.35	0.41	0.41	0.63	0.80
总磷/(mg·L^{-1})	0.13	0.12	0.20	0.07	0.13	0.08
高锰酸盐/(mg·L^{-1})	1.2	1.3	1.5	1.7	1.6	2.2
硫化物/(mg·L^{-1})	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
悬浮物/(mg·L^{-1})	8	6	7	6	9	6
石油类/(mg·L^{-1})	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
浑浊度(NTU)	2.94	4.23	2.83	3.59	7.63	4.79
汞/(ug·L^{-1})	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
砷/(ug·L^{-1})	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
五日生化需氧量/(mg·L^{-1})	1.4	1.4	0.4	0.6	0.6	1.2
溶解性总固体	155	154	132	124	156	180
叶绿素a/(mg·L^{-1})	0.006	0.007	0.004	0.008	0.008	0.007

2.2　浮游植物　本次调查共检出浮游植物 7 门, 137 种。绿藻门有 60 种, 占总种数的 40.80%; 硅藻门有 45 种, 占总种数的 32.85%; 蓝藻门有 8 种, 占总种数的 6.84%; 甲藻门有 4 种, 占总种数的 2.92%; 裸藻门有 13 种, 占总种数的 11.48%; 隐藻门有 4 种, 占总种数的 2.92%; 黄藻门有 3 种, 占总种数的 2.19%(图 1)。浮游植物在调查的各个站位的分布都比较均匀, S5 的浮游植物种类数最多, 有 104 种; 其次是 S1, 有 94 种; S2 和 S4 均有 87 种; S3 有 81 种, S6 有 63 种。

2.3　浮游动物　本次调查共检出浮游动物 6 类, 30 种。轮虫类有 13 种, 种类数最多, 占种类数的 43.33%; 种数占比第二多的是浮游幼体、桡足类、原生动物和枝角类, 这 4 类均有 4 种; 占比最少的是介形类, 仅有 1 种, 占浮游动物总种数的 3.33%。S3 的种类最多, 有 17 种; 其次是 S5 和 S6 均有 15 种; S1 和 S4 有 14 种; S2 的种类最少, 有 11 种(图 2)。调查流域内分布最广的是浮游幼

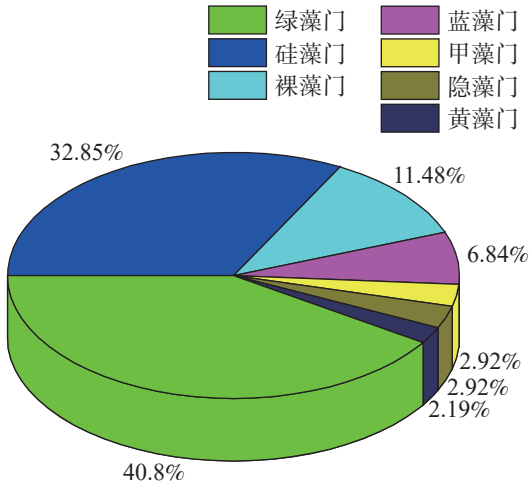

图 1 雅寨流域浮游植物种类组成

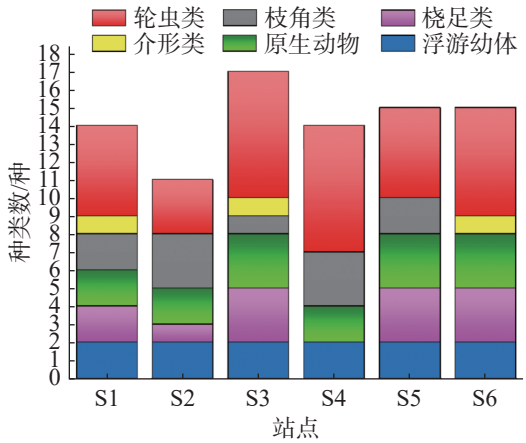

图 2 雅寨流域浮游动物各类群种类数的空间分布

体、原生动物和轮虫类，出现率为 100%；桡足类和枝角类 2 种浮游动物也有较高的出现率，均为 83.33%；介形类出现率为 50.00%。

2.4 底栖动物 本次调查共采集到底栖动物 4 类，14 种。节肢动物有 6 种，占总种数 42.86%；软体动物有 5 种，占总种数的 35.71%；环节动物有 2 种，占总种数的 14.29%；扁形动物有 1 种，占总种数的 7.14%。各调查站位中，S6 种类数有 11 种；S5 有 3 种；S2 和 S3 均有 2 种；S1 和 S4 有 1 种。节肢动物在各调查站位中出现率为 100%，环节动物和软体动物出现率均为 33.33%，扁形动物出现率为 16.67%。

2.5 水生维管束植物 本次实地调查结果显示水生维管束植物 18 科，48 种，其中，禾本科植物种类最多，为 12 种，占鉴定种类的 25%；菊科次之，为 10 种，占总种类的 21.3%；其他科种类均少于 5 种。在调查站位中，S1 鉴定种类最多，为 21 种；S2 有 17 种；S3 有 15 种；S4 有 19 种；S5 有 16 种；S6 种类最少，为 10 种。主要优势种类包括雨久花科的凤眼蓝（*Polygonum hydropiper*）、苋科的空心莲子草，禾本科的芒（*Miscanthus sinensis*）、菊科的假臭草（*Praxelis clematidea*）等，以湿生植物为主。

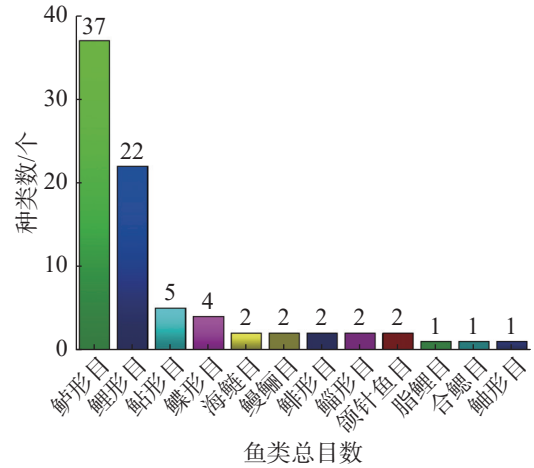

图 3 雅寨流域鱼类区系构成（目级）

2.6 雅寨水域鱼类资源现状 在评价区域共采集到鱼类 1 078 尾，总计 113.5 kg。采集到的鱼类隶属 12 目 41 科 68 属 82 种，调查所采集到的鱼类情况详见图 3 和表 3，其中，鲈形目和鲤形目的数量最多，分别占到总数的 45% 和 27%。

2.6.1 主要优势物种调查 根据优势种判定方法，对雅寨流域调查到的鱼类进行优势种种类构成及优势度分析，共有广东鲂、鲤、条纹狭鳅虎鱼、尼罗罗非鱼、黑点无须鮈、晴斑阿胡鳅虎鱼、鲻、齐氏罗非鱼、长棘银鲈、黄尾鲴、纹唇鱼、鲻、马那瓜丽体鱼 13 种优势种，其中，尼罗罗非鱼、黑点无须鮈、齐氏罗非鱼和花身副丽鱼 4 种为外来鱼类。在资源量上，以鲤、鲇、草鱼、鲢、鲮、青鱼、革胡子鲇、尼罗罗非鱼等捕获量最大（表 4）。

根据对当地渔民的详细询问和查询资料，调查河段无珍稀种和特有种的越冬场存在。调查过程中采集到的鱼卵和仔鱼主要为纹唇鱼、马口鱼等常见本土种和黑点无须鮈、尼罗罗非鱼、云斑尖塘鳢、齐氏罗非鱼等外来种。

2.7 雅寨流域水生生物物种多样性 万泉河雅寨段各调查点位浮游植物 Shannon-Wiener 生物多样性指数（H）在 3.32 ~ 3.85 之间波动，平均值为 3.50；Pielou's 均匀度（*J*）在 0.81 ~ 0.87 之间，平均值为 0.84。浮游动物 Shannon-Wiener 多样性指数（*H*）变化范围在 1.93 ~ 3.74 之间，平均值为 2.82；

表 3　雅寨流域各调查站位鱼类种类组成

序号	目	科	属	种	样点						访查
					S1	S2	S3	S4	S5	S6	
1	海鲢目	海鲢科	海鲢属	海鲢	+		+	+		+	+
	Elopiformes	Elops	*Elops*	*Elops lsaurus*							
		大海鲢科	大海鲢属	大海鲢	+	+	+	+	+	+	+
		Megalopidae	*Megalops*	*Megalops cyprinoid*							
2	鳗鲡目	鳗鲡科	鳗鲡属	花鳗鲡							+
	Anguilliformes	Anguillidae	*Anguilla Shaw*	*Anguilla nigricans*							
		蛇鳗科	须鳗属	中华须鳗		+		+			+
		Ophichthyidae	*Moravius*	*Cirrhimuraena chinensis*							
3	鲱形目	鲱科	鳀属	花鳀	+		+	+			+
	Clupeiformes	Clupeidae	*Anodontostoma*	*Clupanodon thrissa*							
				斑鰶		+	+	+	+	+	+
				Clupanodon punctatus							
		鳀科	公鱼属	中华小公鱼	+			+	+		+
		Anchovy	*Stolephorus*	*Stolephorus chinensis*							
4	鲤形目	鲤科	马口鱼属	马口鱼	+	+		+	+		+
	Cypriniformes	Cyprinidae	*Opsariichthys Bleeker*	*Opsariichthys bidens*							
			颌须鮈属	点纹颌须鮈	+	+	+				+
			Gnathopogon	*Opsariichthys bidens*							
			草鱼属	草鱼	+			+	+	+	+
			Ctenopharyngodon	*Gnathopogon wolterstorffi*							
			鲂属	广东鲂	+	+	+	+	+	+	+
			Megalobrama	*Ctenopharyngodon idellus*							
			拟餐属	南方拟餐				+	+		+
			Pseudohemiculter dispar	*Megalobrama hoffmanni*							
			华鳊属	海南华鳊	+	+					+
			Sinibrama	*Pseudohemiculter dispar*							
			红鲌属	海南红鲌		+	+	+	+		+
			Erythroculter	*Sinibrama melrosei*							
			鲌属	红鳍鲌	+	+		+			+
			Culter	*Erythroculter psaudobrevicauda*							
			餐属	餐	+						+
			Hemiculter	*Culter erythropterus*							
			海南餐属	锯齿海南餐		+		+			+
			Hainania serrata	*Hemiculter leucisulus*							
			青鱼属	青鱼	+	+	+		+	+	+
			Mylophatyngodon	*Hainania serrata*							
			鲴属	黄尾鲴		+			+		+
			Xenocypris	*Xenocypris davidi*							
				银鲴	+		+		+		+
				Xenocypris argentea							
			刺鳑鲏属	大鳍刺鳑鲏							+
			Acanthorhodeus	*Acanthorhodeus macroprerus*							
			无须鱊属	黑点无须鱊	+	+	+	+	+	+	+
			Puntius	*Puntius filamentosus*							
			鲮属	鲮		+		+		+	+
			Labeo	*Cirrhina molitorella*							

续表 3

序号	目	科	属	种	样点						访查
					S1	S2	S3	S4	S5	S6	
			纹唇鱼属 *Osteochilus*	纹唇鱼 *Osteochilus salsburyi*	+		+	+	+		+
			鲫属 *Carassius*	鲫 *Carassius auratus*	+	+			+	+	+
			鲤属 *Cyprinus*	鲤 *Cyprinus carpio*	+	+		+	+	+	+
			鲢属 *Hypophthalmichthys*	鲢 *Hypophthalmichthys molitrix*	+		+	+	+	+	+
			鳙属 *Aristichthys*	鳙 *Aristichthys nobilis*	+	+			+	+	+
		鳅科 Cobitidae	副泥鳅属 *Paramisgurnus*	大鳞副泥鳅 *Paramisgurnus dabryanus*		+			+	+	+
5	鲇形目 Siluriformes	胡子鲇科 Clarias gariepinus	胡子鲇属 *Clarias*	胡子鲶 *Clarias fuscus*	+	+	+			+	+
				革胡子鲶 *Clarias lazera*		+		+		+	+
		鲿科 Bagridae	黄颡鱼属 *Pelteobagrus*	黄颡鱼 *Pelteobagrus fulvidraco*		+			+		+
		甲鲇科 Loricariidae	翼甲鲶属 *Pterygoplichthys*	豹纹翼甲鲶 *Hypostomus spp*		+		+		+	+
		鲇科 Siluridae	鲇属 *Arius*	鲇 *Silurus asotus*	+		+	+		+	+
6	脂鲤目 Characoidei	脂鲤科 Characin	巨脂鲤属 *piranha*	短盖巨脂鲤 *Colossoma brachypomum*		+			+		+
7	合鳃目 Synbranchiformes	合鳃科 Synbranchidae	黄鳝属 *Monopterus albus*	黄鳝 *Monopterus albus*	+	+		+	+	+	+
8	鲈形目 Perciformes	双边鱼科 Ambassidae	双边鱼属 *Ambassis*	眶棘双边鱼 *Ambassis gymnocephaius*	+			+			+
		银鲈科 Gerres oyena	银鲈属 *Gerres*	长棘银鲈 *Gerres filamentosus*		+	+		+		+
				短棘银鲈 *Gerres lucidus*	+	+					+
		笛鲷科 Lutjanidae	笛鲷属 *Tangia*	紫红笛鲷 *Lutianus argentimaculatus*	+		+	+	+		+
				勒氏笛鲷 *Lutjanus russelli*	+	+			+		+
		鸢鱼科 Psettidae	大眼鲳属 *perciformes*	银大眼鲳 *Monodactylus argenteus*	+	+		+	+		+
		鲷科 Sparidae	鲷属 *Hapalogenys*	灰鳍鲷 *Sparus berda*		+			+		+
				黄鳍鲷 *SParus latus*			+	+	+		+
		鳊科 Leiognathidae	鳊属 *Leiognathus*	短棘鳊 *Leiognathus equulus*				+			+
		鲹科 Carangidae	鲹属 *Caranx*	六带鲹 *Caranx sexfasciatus*					+		+

续表 3

序号	目	科	属	种	样点						访查
					S1	S2	S3	S4	S5	S6	
				竹筴鱼 *Trachurus japonicus*				+	+		+
		鮨科 Serranidae	尖吻鲈属 *Centropomidae*	尖吻鲈 *Lates calcarifer*		+	+				+
		鲷科 Theraponidae	鲷属 *Terapon*	尖吻鲷 *Therapon oxyrhynchus*				+	+		+
				细鳞鲷 *Therapon jarbua*			+	+			+
		鳠科 Sillaginidae	鳠属 *Sillago*	多鳞鳠 *Sillago sihama*		+		+	+		+
		丽鱼科 Cichlaidae	口孵罗非鱼属 *Emberizaspp*	尼罗罗非鱼 *Oreochromis niloticus*	+	+	+	+	+	+	+
			罗非鱼属 *Oreochromis spp*	齐氏罗非鱼 *Tilapia zillii*	+	+	+	+	+	+	+
				布氏罗非鱼 *Tilapia buttikoferi*	+			+	+	+	+
		慈鲷科 Cichlidae	石斑鱼属 *Epinephelus*	花身副丽鱼 *Cichlasomamanaguense*	+			+			+
		蓝子鱼科 Siganidae	蓝子鱼属 *Siganus*	点篮子鱼 *Siganus guttatus*		+			+	+	+
		塘鳢科 Eleotridae	尖塘鳢属 *Obstinatus est*	云斑尖塘鳢 *Oxyeleotris marmoratus*		+	+	+	+		+
			须鲫属 *Carassioides*	须鲫 *Carassioides cantonensis*	+			+	+	+	+
9	鲻形目 Mugiliformes	鲻科 Mugilidae	鲻属 *Mugil*	鲻 *Mugil cephalus*			+	+	+		+
			鲮属 *Liza carinata*	鲮 *Liza haematocheila*		+			+	+	+
10	颌针鱼目 Beloniformes	鱵科 Hemiramphus far	吻鱵鱼属 *Hemirhamphus sajori*	乔氏吻鱵鱼 *Rhynchorhamphus georgii*	+	+	+	+			+
		颌针鱼科 Belonidae	圆颌针鱼属 *Tylosurus melanotus*	圆颌针鱼 *Tylosurus strongylurus*	+		+	+			+
11	鲽形目 Pleuronectiformes	鲆科 Bothidae	花鲆属 *Tephrinectes sinensis*	花鲆 *Tephrinectes sinensis*		+	+		+	+	+
			斑鲆属 *Pseudorhombus*	南海斑鲆 *Pseudorhombus neglectus*		+	+	+	+		+
		鳎科 Soleidae	箬鳎属 *Brachirus*	箬鳎 *Brachirus orientalis*	+		+	+			+
		舌鳎科 Cynoglossidae	舌鳎属 *Cynoglossus semilaevis*	斑头舌鳎 *Cynoglossus puncticeps*		+	+		+	+	+
12	鲉形目 Scorpaeniformes	鲬科 Cociellacrocodilus	鲬属 *Grammoplites scaber*	鲬 *Platycephalus indicus*	+	+		+	+		+

注: +代表该样点调查到该种鱼类。

表 4 调查流域数量最多的 10 种鱼类

种类	数量/尾	比例/%
大海鲢	104	9.64
广东鲂	63	5.84
黑点无须鮈	50	4.64
尼罗罗非鱼	46	4.27
黄鳝	36	3.34
点纹颌须鮈	34	3.15
长棘银鲈	34	3.15
鲻	31	2.88
斑头舌鳎	30	2.78
海南华鳊	29	2.69

Pielou's 均匀度(J)范围在 0.51 ~ 0.92 之间，平均值为 0.73。大型底栖生物 Shannon-Wiener 多样性指数(H)在 0.68 ~ 1.75 之间波动，平均为 1.01；Pielou's 均匀度(J)范围在 0.40 ~ 1.00 之间，平均值为 0.71。万泉河雅寨河段鱼类资源较为丰富，鱼类 Shannon-Wiener 多样性指数(H)为 5.662，Pielou's 均匀度(J)为 0.891，丰富度指数(D)为 8.040。

3 讨 论

3.1 万泉河雅寨流域水质特点与浮游植物关系

浮游植物是水域中的初级生产者，对维持水域环境生态平衡起着重要的作用，其种类组成和物种的丰富度是水域生态系统重要的生物学指标。浮游生物的群落组成反应了水体所处的营养化状态[24]，藻类的数量和种类在一定程度上可以直接反应水体污染状况，其中，中营养化和富营养化水体中绿藻门和硅藻门种类占比较大[25]。此次调查结果说明雅寨流域浮游植物多样性指数(H)和均匀度(J)均属于较高水平状态，水域浮游植物生长分布比较均匀，水域生态环境适宜生物生长繁殖；但在此次调查的浮游植物组成中，绿藻门占总种数的 40.80%；硅藻门占总种数的 32.85%，也有较大量蓝藻存在，比如平裂藻、微囊藻、鱼腥藻等，说明万泉河雅寨流域处于富营养化状态，对水域的生态环境状况评估需持续跟踪进行。

3.2 万泉河雅寨段水生生物多样性分析 水生生物的分布与水环境质量密切相关，水生生物成为评价水环境质量的重要标准[26]。生物多样性指数可以在一定程度反映水体水质情况，水体水生生物群落结构越复杂，稳定性越高，水质越好；均匀度指数也是反映生物群落结构特征的重要指标[27]。根据陈清潮等[28]提出的生物多样性阈值评价标准，对万泉河雅寨段浮游动植物、底栖动物、鱼类多样性进行评价。根据调查结果，万泉河雅寨段浮游植物、浮游动物和底栖动物的多样性指数和均匀度指数均表明万泉河雅寨流域的水质总体上呈良好状态，水生生物群落结构较为稳定，水生生物多样性丰富。

3.3 万泉河雅寨流域鱼类种类及多样性分析

此次调查河段鱼类资源丰富度较高，群落较为完整，生物多样性较高，但从渔获物数量来看，珍稀、特有和濒危鱼类的数量较少。生物入侵将会严重破坏全球生态系统结构和功能，鱼类入侵大多是由有意引种或者随有意引种的无意带入造成的，入侵种进入水域系统后将会与土著鱼类竞争生态位，严重破坏鱼类种群结构[29]。胡国成等[30]的研究结果表明罗非鱼、云斑尖塘鳢、下口鲇等外来鱼类会直接捕食本地土著鱼类的鱼卵和幼鱼，影响本土鱼类的生存和种群延续，降低了物种多样性，改变了捕食地水域生态系统的结构和功能。本次调查研究结果表明，罗非鱼、云斑尖塘鳢为万泉河雅寨流域优势种，因此，笔者推测罗非鱼、云斑尖塘鳢的成功入侵可能破坏了万泉河雅寨流域原有鱼类结构。同时，由于万泉河雅寨流域鱼类资源缺乏前期的研究基础，黑点无须鮈、齐氏罗非鱼和花身副丽鱼是否同样作为入侵种出现在万泉河流域也值得进一步关注。

为保护万泉河水产种质资源保护区水生生物多样性资源，笔者建议：(1)应加强万泉河中上游生境保护，水生生物多样性的监测管理；(2)加强渔政队伍建设，落实涉水工程的渔业保护措施；(3)实施万泉河流域禁渔期制度，控制渔业捕捞强度，遏制非法捕捞行为，积极开展渔业资源增殖放流活动；(4)建立生物多样性保护技术监测体系。

参考文献：

[1] 云鹏. 内蒙古重点流域水生生物多样性分析[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2020.

[2] E. B. 波鲁茨基, 王乾麟, 陈受忠, 等. 长江三峡水库库区水生生物调查和渔业利用的规划意见[J]. 水生生物学集刊, 1959(1): 1 − 32.

[3] E. B. 波鲁茨基, 伍献文, 白国栋, 等. 丹江口水库库区水生生物调查和渔业利用的意见[J]. 水生生物学集刊, 1959(1): 33 − 56.
[4] 张军燕. 玛曲至湖口段黄河干流浮游生物群落结构特征研究[D]. 西安: 西北大学, 2009.
[5] 王建福, 刘哲, 黄进强, 等. 黄河炳灵水电站库区水生生物资源调研分析[J]. 中国渔业经济, 2011, 29(1): 162 − 167.
[6] 茹辉军, 王海军, 赵伟华, 等. 黄河干流鱼类群落特征及其历史变化[J]. 生物多样性, 2010, 18(2): 169 − 176.
[7] 蔡晓辉. 河流的生态功能及水文变化的生物学效应[J]. 河南水利与南水北调, 2008(8): 23 − 24.
[8] 严雪丹. “自然人本”下的万泉河流域植被景观恢复性规划[D]. 长沙: 中南林业科技大学风景园林学院, 2013.
[9] 李瑞环. 海南东部近海地区营养盐动力学的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2010.
[10] 佘济云, 周丹华, 刘照程, 等. 基于 GIS 的万泉河流域生态敏感性分析[J]. 中国农学通报, 2012, 28(10): 69 − 73.
[11] 李钊. 万泉河流域污染防治与生态修复探析——基于琼海境内万泉河流域的调查[J]. 新东方, 2019, 10(1): 21 − 26.
[12] 奚旦立, 孙裕生. 环境监测[M]. 4 版. 北京: 高等教育出版社, 2017.
[13] 中华人民共和国农业部. 淡水浮游生物调查技术规范: SC/T9402—2010[S]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
[14] 胡鸿钧, 魏印心. 中国淡水藻类-系统、分类及生态中国淡水藻志[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
[15] 周凤霞, 陈剑虹. 淡水微型生物与底栖动物图谱[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.
[16] 中国水产科学研究院珠江水产研究所. 海南岛淡水及河口鱼类志[M]. 广州: 广东科技出版社, 1986.
[17] 中国水产科学研究院珠江水产研究所. 广东淡水鱼类志[M]. 广州: 广东科技出版社, 1991.
[18] 李家乐, 董志国, 李应森, 等. 中国外来水生动植物[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2007.
[19] 胡隐昌, 顾觉恩, 牟希东, 等. 我国常见外来水生生物识别手册[M]. 北京: 科学出版社, 2015.
[20] 全国水产技术推广总站, 中国水产学会. 中国常见外来水生动植物图鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2020.
[21] WILHM J L. Use of biomass units in Shannon’s formula [J]. Ecology, 1968, 49(1): 153 − 156.
[22] ULANOWICZ R E. Information theory in ecology [J]. Computers & Chemistry, 2001, 25(4): 393 − 399.
[23] PIELOU E C. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession [J]. Journal of Theoretical Biology, 1966, 10(2): 370 − 383.
[24] 袁聪, 陶诗雨, 张莹莹, 等. 安康水库表层浮游藻类群落结构及其与环境因子的关系[J]. 应用生态学报, 2015(7): 258 − 267.
[25] 况琪军, 周广杰, 胡征宇. 三峡库区藻类种群结构与密度变化及其与氮磷浓度的相关性分析[J]. 长江流域资源与环境, 2007, 16(2): 231 − 235.
[26] 吴金明, 李雷, 周运涛, 等. 长江葛洲坝至宜都段干支流及水库水生生物多样性调查[J]. 水产学杂志, 2019, 32(5): 38 − 46.
[27] 裴国霞, 郭琦, 魏乐, 等. 金海水库浮游植物调查及群落结构研究[J]. 水生态学杂志, 2014(2): 68 − 73.
[28] 陈清潮, 黄良民, 尹建强, 等. 南沙群岛海区浮游动物多样性研究[C]//中国科学院南沙综合科学考察队南沙群岛及其邻近海区海洋生物多样性研究. 北京: 海洋出版社, 1999: 42 − 50.
[29] SALA O E, CHAPIN F S, ARMESTO J J, et al. Global biodiversity scenarios for the year 2100 [J]. Science, 2000, 287(5459): 1770 − 1774.
[30] 胡国成, 许木启, 戴家银, 等. 我国外来水生生物入侵现状及其影响[J]. 生物学通报, 2007, 42(8): 1 − 3.

Survey and diversity analysis of aquatic bioresources in Yazhai section of Wanquan River Basin

HUANG Dan[1], WANG Yunting[2], WANG Xu[1], LI Weidong[1]
(1. School of Ecology and Environment, Hainan University, Haikou, Hainan 570228;
2. Hainan Tropical Ocean College, Sanya, Hainan 572022, China)

Abstract: Wanquan River Basin constitutes the most important ecological barrier of Hainan province, and its ecological environment in the national economy of Hainan province and social development plays a pivotal role. However, the aquatic biological research in the basin has been less made in recent years, which greatly affected the ecological environment protection and species conservation in the basin. Therefore, a survey was made of the aquatic species and their related ecology in Yazhai section of Wanquan River Basin by using the methods of field monitoring, market survey and interview. The survey showed that the water at the Yazhai section of Wanquan River is high in quality, meeting the Class 3 of the national surface water standards, and is abundant in aquatic species with high biomass. Among the six sampling sites set up in the Yazhai section of Wanquan River Basin a total of 137 phyla of phytoplankton were collected, of which green algae species are the most abundant (60 species), accounting for 40.80% of the total phytoplankton species, and 6 types and 30 species of zooplankton were collected, of which rotifer species were most abundant (13 species), accounting for 43.33% of the total zooplankton species. There were 4 types and 14 species of zoobenthos collected, of which arthropod species were most abundant (6 species), accounting for 42.86% of the total zoobenthos species. There were 12 orders, 41 families, 68 genera and 82 species of fish collected, of which the orders of perch and cyprinid were most abundant, accounting for 45% and 27% of the total fish orders, respectively. There were 18 families and 48 species of aquatic vascular plants, of which gramineous plant species were most abundant (12 species), accounting for 25% of the total species of aquatic vascular plants. Comprehensive analysis of the diversity indexes of zooplankton, phytoplankton, zoobenthos and fish showed that the aquatic biodiversity in Yazhai section of Wanquan River is rich.

Keywords: Wanquan River; aquatic bioresources; biodiversity; survey and conservation

(责任编辑:叶　静)