

# 广东红树林区鱼类物种多样性\*

吴映明<sup>1</sup>, 郑培珊<sup>2</sup>, 刘妮<sup>1</sup>, 唐以杰<sup>1</sup>, 崔志民<sup>1</sup>, 黄飘平<sup>1</sup>, 黄芳<sup>1</sup>, 王晓萍<sup>1</sup>

(1. 广东第二师范学院生物与食品工程学院, 广东 广州 510303;

2. 广州市粤豪水产品检测有限公司, 广东 广州 510370)

**摘要:** 于2016年到2017年分4个季度对广东省8片红树林区中鱼类的多样性进行了研究, 共发现鱼类83种, 隶属于13目34科。8片红树林区渔获的鱼类多为小型鱼类或幼鱼, 且优势种存在差异。各红树林区渔获的鱼尾数、Shannon-Wiener多样性指数、Pielou均匀度指数和Margalef丰富度指数差异显著。对8片红树林区渔获鱼类进行聚类分析, 结果显示粤东的澄海澄饶围红树林和饶平浮任村红树林分为一组, 中部珠三角的深圳福田红树林保护区和惠州大亚湾红树林公园分为一组, 粤西的茂名市水东湾红树林和江门市广海湾红树林分为一组, 而红树林面积较大的粤西廉江市高桥红树林观光旅游区与中部的珠海淇澳岛红树林自然保护区分在一组。排序分析支持聚类分析结果。相关分析表明, 各红树林区渔获的鱼类尾数、捕获量、物种数、Shannon-Wiener多样性指数和Margalef丰富度指数均与相应红树林区的面积、林区中乡土红树植物面积和水温呈显著正相关。

**关键词:** 广东; 红树林; 鱼类物种多样性

**中图分类号:** S932.4    **文献标志码:** A    **文章编号:** 0529-6579(2018)05-0104-11

## Diversity of fish species in Guangdong mangrove areas

WU Yingming<sup>1</sup>, ZHENG Peishan<sup>2</sup>, LIU Ni<sup>1</sup>, TANG Yijie<sup>1</sup>, CUI Zhimin<sup>1</sup>,  
HUANG Piaoping<sup>1</sup>, HUNAG Fang<sup>1</sup>, WANG Xiaoping<sup>1</sup>

(1. School of Biotechnology and Food Engineering, Guangdong University of Education,  
Guangzhou 510303, China;

2. Guangzhou Yuehao Aquatic Products Detection Company, Guangzhou 510370, China)

**Abstract:** Diversity of fish species in eight Mangrove areas in Guangdong was investigated between 2016 and 2017 in four seasons. Eighty-three species were found, belonging to 13 orders and 34 families. There were differences in dominant species of the fish captured in the eight Mangrove areas, mainly small fish or baby fish. Significant differences existed not only in fish tails, catches and Shannon-Wiener diversity index, but also in Pielou evenness index and Margalef richness index. A cluster analysis was conducted on the catches in different groups: the group of Chengraowei, Chenghai and Huren Village, Raoping in the eastern part of Guangdong, the group of Futian, Shenzhen and Daya Bay, Huizhou in the Pearl River Delta, the group of Shuidong Bay, Mao ming and Guanghai Bay, Jiangmen in the west of Guangdong, and the group of Gaoqiao, Lianjiang and Qi Ao Island, Zhuhai. The Sequence analysis supported the results of cluster analysis. The correlation analysis showed that the fish tails, catches and the species numbers as well as Shannon-Wiener diversity index and Margalef richness index had significant correlations

\* 收稿日期: 2017-11-29

**基金项目:** 国家自然科学基金(31570525); 广东省科技计划项目(503232894062); 广东大学生科技创新培育专项资金(pdjh2017b0374, pdjhb0373, pdjhb0374); 广东省特色重点学科“生态学”项目(粤教研函[2017]1号)

**作者简介:** 吴映明(1963年生), 男; 研究方向: 生态学; E-mail: wuyingming@gdei.edu.cn

**通信作者:** 唐以杰(1972年生), 男; 研究方向: 生态学; E-mail: tjy@gdei.edu.cn

with the area of mangrove forests, the local mangrove plants and water temperature.

**Key words:** Guangdong; mangrove; fish species diversity

红树林生长在热带、亚热带陆海交汇的海湾河口区,具有食物来源丰富、隐蔽性强、捕食压力低等特点,使之成为鱼类洄游或迁移的重要场所<sup>[1]</sup>。此外,红树林中具有发达的潮沟,吸引鱼类到此进行繁殖,许多鱼类选择在其中度过部分或完整生活史。相比其它地区,红树林区鱼类物种多样性更加丰富<sup>[2]</sup>。广东省是我国红树林面积最大,分布最广的省份。有关广东红树林区域的生物研究多集中于红树林植物资源的调查和管理利用的探讨<sup>[3]</sup>,而对红树林区鱼类资源的研究甚少<sup>[4-5]</sup>,广东沿海大部分地方红树林区鱼类资源未见报道。因此,我们选取广东省沿海8片有代表性的红树林湿地作为试验地,对这些红树林区内鱼类资源进行采样调查研究,以期获知这些红树林区域鱼类的种类组成、优势种及物种多样性等情况,为科学保护和合理利用广东红树林湿地的渔业资源提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域

广东红树林区东起闽粤交界的大埕湾(东经109°45'),西至粤桂交界的英罗港(东经117°15'),东西相距超过800 km;南起北纬20°13',北至北纬23°40',南北相距400多 km。广东省现有红树林面积约22 757.2 hm<sup>2</sup>,几乎占全国现有红树林面积的42%,其中郁闭度大于0.2的红树林面积约5 021.1 hm<sup>2</sup>,人工造林未成林面积约275.8 hm<sup>2</sup>,天然更新未成林面积约498.3 hm<sup>2</sup><sup>[6]</sup>。广东沿海年平均气温为21.3~28.3℃。最冷月平均气温为13.1~17.2℃,极端最低温为1.9~2.8℃,海水表层平均温度为21.8~23.7℃,年降雨量为1 500~2 000 mm,终年几乎无霜,只有个别地区寒潮时会出现极短时间的轻霜<sup>[6]</sup>。本研究选取的是广东省沿岸8片代表性的红树林,位置从东到西排列为饶平浮任村红树林、澄海澄饶围红树林、惠州大亚湾红树林公园、深圳福田红树林保护区、珠海淇澳岛红树林自然保护区、江门市广海湾红树林、茂名市水东湾红树林以及廉江市高桥红树林观光旅游区。

### 1.2 采样方法

按季节周年采集鱼类样品。每季度选择1个代表月,分别为2016年3月(春)、8月(夏)、11月(秋)和2017年2月(冬),在代表月的1个

潮周期里(15 d),根据各红树林区植被类型,每片红树林区设置两个有代表性的调查断面。每个调查断面设置1个调查样带,每样带设置3个站点,分别位于红树林区的外侧、内侧和林区内潮沟。每个站点在当地渔民的协助下,于每日涨潮前布置1个“蜈蚣网”(一种定置串联倒须笼,总长约5 m,网目8 mm),退潮后收网,采集渔获物样品。该网对于红树林区水深较浅、红树植物气生根和支柱根众多的特殊生境,相对于其他网具而言更方便作业且能捕获更多种鱼类。从而较全面地反映该红树林区的鱼类群落情况<sup>[7]</sup>。同时,为捕获中上层鱼类,在每片红树林区域的外侧和内侧各设置1个围网采样点。所得的渔获物带回实验室分类到种,按种计数、称量鲜质量。在收获渔获物时,对各站点每个代表月1个潮周期里(15 d)的水温进行测定,将一年四季4个代表月的水温进行平均,得到各站点年平均水温。各红树林区6个站点年平均水温为各林区的年平均水温。

### 1.3 数据处理

#### 1.3.1 物种数和物种优势度指数(Y)

$$Y = P_i \times f_i \quad (1)$$

式中, $P_i$ 为研究区种*i*的个体数占总个体数的比例, $f_i$ 为种*i*在研究区内各站位出现的频率,当 $Y > 0.02$ 时,该种为优势种。物种数和物种优势度指数计算的数据取各红树林区3个站点的全年的平均值。

**1.3.2 渔获鱼类和捕获量的差异显著性分析** 以季节和生境为因素,用Excel 2010对广东省沿岸红树林8个代表性区域渔获鱼类的平均尾数和平均捕获量进行无重复双因素方差分析。

**1.3.3 多样性测度** 采用Margalef物种丰富度指数( $d$ )、Shannon-Wiener多样性指数( $H'$ )以及Pielou均匀度指数( $J'$ )。

Margalef物种丰富度指数:

$$d = (S - 1) / \log 2N \quad (2)$$

Shannon-Wiener指数:

$$H' = - \sum_{i=1}^s (P_i) (\ln P_i) \quad (3)$$

Pielou均匀度指数:

$$J' = H' / H'_{\max}; H'_{\max} = \ln S \quad (4)$$

式中, $S$ 为总种类数, $N$ 为总个体数, $P_i$ 为第*i*种的个体数与样品中的总个数的比值。

1.3.4 鱼类群落结构的分析 利用 PRIMER 软件包中的图形分析和多变量分析等方法对鱼类群落结构进行研究。先对各林区鱼类的丰度数据进行全年平均处理,为了减少机会种对群落结构的干扰,删除在总体中相对丰度 < 1% 的种类,但保留其中任一林区相对丰度 > 3% 的种类。根据各林区中累计占 86% 的鱼类种类丰度(经平方根转化)为基础构建 Bray-Curtis 相似性矩阵,再进一步进行类平均法站点等级 CLUSTER 聚类和非参数多变量排序(MDS)。

## 2 结果与分析

### 2.1 各红树林区植物组成及水温

从表 1 可见,按林区面积从小到大排列为:澄海澄饶围红树林(5 hm<sup>2</sup>) < 惠州大亚湾红树林公园(7.67 hm<sup>2</sup>) < 江门市广海湾红树林(22 hm<sup>2</sup>) < 饶平浮任村红树林(32 hm<sup>2</sup>) < 深圳福田红树林保护区(55.1 hm<sup>2</sup>) < 茂名市水东湾红树林(107 hm<sup>2</sup>) < 珠海淇澳岛红树林自然保护区(350 hm<sup>2</sup>) < 廉江市高桥红树林观光旅游区(445 hm<sup>2</sup>)<sup>[7]</sup>。红树林树种方面,粤东(饶平浮任

村红树林和澄海澄饶围红树林)的红树品种仅有外来引种的无瓣海桑 *Sonneratia apetala* 1 种。粤西地区(廉江市高桥红树林观光旅游区、茂名市水东湾红树林、江门市广海湾红树林)和珠三角地区(珠海淇澳岛红树林自然保护区、深圳福田红树林保护区、惠州大亚湾红树林公园)的红树品种丰富,除了无瓣海桑外,还有红海榄 *Rhizophora stylosa*、桐花树 *Aegiceras corniculatum*、秋茄 *Kandelia candel*、木榄 *Bruguiera gymnorrhiza*、白骨壤 *Avicennia marina*、海漆 *Excoecaria agallocha*、银叶树 *Heritiera littoralis*、榄李 *Lumnitzera littorea*、老鼠簕 *Acanthus ilicifolius* 和卤蕨 *Acrostichum aureum* 等 10 种乡土红树树种<sup>[6]</sup>。各红树林区中乡土红树树种的面积从小到大为:饶平浮任村红树林、澄海澄饶围红树林(0 hm<sup>2</sup>) < 惠州大亚湾红树林公园(5.46 hm<sup>2</sup>) < 江门市广海湾红树林(8 hm<sup>2</sup>) < 深圳福田红树林保护区(35.8 hm<sup>2</sup>) < 茂名市水东湾红树林(44 hm<sup>2</sup>) < 珠海淇澳岛红树林自然保护区(263 hm<sup>2</sup>) < 廉江市高桥红树林观光旅游区(358 hm<sup>2</sup>)。

表 1 各红树林区红树树种名以及各树种面积<sup>[6]1)</sup>

Table 1 Species of mangrove and their cultivated areas

hm<sup>2</sup>

树种	GQ	SD	CH	ZH	SZ	DYW	GH	RP	小计
红海榄							8.00		8.00
桐花树	142.0					1.26			143.26
老鼠簕				95.00	10.50	1.54			107.04
木榄	137.0					0.93			137.93
海漆	79.00					4.20	1.73		84.93
秋茄				79.00	14.70				93.7
银叶树				71.00					71.00
卤蕨				18.00					18.00
榄李						6.4			6.40
白骨壤		44.00							44.00
无瓣海桑*	87.00	63.00	5.00	87.00	19.30	2.21	14.00	32.00	309.51
总计	445.0	107.00	5.00	350.00	55.10	7.67	22.00	32.00	1 023.7

1) \* : 引进品种; RP: 饶平浮任村红树林; CH: 澄海澄饶围红树林; DYW: 惠州大亚湾红树林公园; SZ: 深圳福田红树林保护区; ZH: 珠海淇澳岛红树林自然保护区; GH: 江门市广海湾红树林; SD: 茂名市水东湾红树林; GQ: 廉江市高桥红树林观光旅游区。表 2-6, 图 1-2 相同

表 2 各红树林区年平均水温

Table 2 The annual average water temperature in every mangrove area

地方	GQ	SD	GH	ZH	SZ	DYW	CH	RP
水温/℃	23.3	22.7	21.8	22.5	22.4	21.7	21.4	21.4



续表

学 名	GQ	SD	GH	ZH	SZ	DYW	CH	RP	分布	适温性
圆颌针鱼 <i>Tylosurus shrongylurus</i>	+	+							ES	WW
无斑圆颌针鱼 <i>T. leiurus</i>	+								ES	WW
鱚科 Hemiramphidae										
异鳞鱚 <i>Zenarchopterus buffoni</i>	+								SS	WW
间鱚 <i>Hyporhamphus intermedius</i>								+	CC	WW
鲱形目 Clupeiformes										
鲱科 Clupeidae										
鳓鱼 <i>Ilisha elongata</i>				+					CC	WW
斑鲚 <i>Clupanodon punctatus</i>	+			+	+				ES	WW
花鲚 <i>C. thrissa</i>	+								ES	WW
圆吻海鲚 <i>Nematapsa nasus</i>								+	ES	WW
青鳞小沙丁鱼 <i>Sardinella zunasi</i>				+	++				CC	WW
鲷科 Engraulidae										
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	+								CC	WW
康氏小公鱼 <i>Stolephorus commersonii</i>	++		+	++	++				CC	WW
汉氏棱鲷 <i>Thrissa kammalensis</i>	+								ES	WW
黄吻棱鲷 <i>T. vitirostris</i>		+		+	+	+			SS	WW
鲻形目 Mugiliformes										
鲻科 Mugilidae										
梭鲈 <i>Liza carinatus</i>	+	+		++	+				ES	WW
鲈 <i>L. haematocheila</i>	+								CC	WW
鲻鱼 <i>Mugil cephalus</i>		++	++	++	++				CC	WW
前鳞鲻 <i>Osteomngil ophuyseni</i>	++								SS	WW
硬头鲻 <i>O. strongylocephalus</i>	+								ES	WW
班条鲻 <i>Sphyaena jello</i>							+	+	CC	WW
海龙目 Thalattosauria										
海龙科 Syngnathidae										
尖海龙 <i>Syngnathus acus</i>				+					CC	WW
勃氏鱼海龙 <i>Ichthyocampus belcheri</i>	+								SS	WW
鲈形目 Perciformes										
鱧科 Sillaginidae										
多鳞鱧 <i>Sillago sihama</i>	++	++		++					CC	WW
鲈科 Carangidae										
海南鲈 <i>Chorinemus ainanensis</i>	+								SS	WW
银鲈科 Gerridae										
长棘银鲈 <i>Gerres filamentosus</i>				+	++				SS	WW

续表

学 名	GQ	SD	GH	ZH	SZ	DYW	CH	RP	分布	适温性
强棘银鲈 <i>G. poeti</i>	+								SS	WW
短棘银鲈 <i>G. lucidus</i>				++					ES	WW
鲷科 Sparidae										
黄鳍鲷 <i>Sparus latus</i>	++			++			++	++	ES	WW
灰鳍鲷 <i>S. berda</i>	+								ES	WW
石鲈科 Pomadasysidae										
大斑石鲈 <i>Pomadasys maculatus</i>				+	+	+			ES	WW
断斑石鲈 <i>P. hasta</i>		+							ES	WW
尖吻鲷 <i>Therapon oxyrhynchus</i>		+		+					SS	WW
鲷科 Theraponidae										
细鳞鲷 <i>T. jarbua</i>	+								ES	WW
丽鱼科 Cichlidae										
尼罗罗非鱼 <i>Oreochromis niloticus</i>			+	+			+	+	SS	WW
金钱鱼科 Scatophagidae										
金钱鱼 <i>Scatophagus argus</i>	+			+					ES	WW
鸡笼鲷科 Drepanidae										
斑点鸡笼鲷 <i>Drepane punctata</i>	+								ES	WW
攀鲈科 Anabantidae										
攀鲈 <i>Anabas testudineus</i>	+								SS	WW
虾虎鱼科 Gobiidae										
犬牙细棘虾虎鱼 <i>Acentrogobius caninus</i>				+					ES	WW
绿斑细棘虾虎鱼 <i>A. chlorostigmatoides</i>		+							SS	WW
青斑细棘虾虎鱼 <i>A. viridipunctatus</i>	++								SS	WW
孔雀丝虾虎鱼 <i>Cryptocentrus pavoninoides</i>		++				+	++	++	SS	WW
斑纹舌虾虎鱼 <i>Glossogobius olivaceus</i>	++								ES	WT
舌虾虎鱼 <i>G. giuris</i>	+								ES	WW
鲷虾虎鱼 <i>Mugilogobius abei</i>		++							ES	WT
小鳞沟虾虎鱼 <i>Oxyurichthys microlepis</i>			++						ES	WW
爪哇拟虾虎鱼 <i>Pseudogobius javanicus</i>				++	+	++			SS	WW
大口髭虾虎鱼 <i>Gobiopsis macrostoma</i>	+								CC	WT
斑尾复虾虎鱼 <i>Synechogobius ommaturus</i>	++							++	CC	WT
髭缟虾虎鱼 <i>Triaenopogon barbatus</i>	+			+					CC	WT
纹缟虾虎鱼 <i>Tridentiger trigenocephalus</i>		++							CC	WT
鳗虾虎鱼科 Taenioididae										
红狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus rubicundus</i>				++	++	++		+	ES	WT
须鳗虾虎鱼 <i>Taenioides cirratus</i>	+			+					ES	WW

续表

学 名	GQ	SD	GH	ZH	SZ	DYW	CH	RP	分布	适温性
孔虾虎鱼 <i>Trypauchen vagina</i>				+	+				ES	WW
弹涂鱼科 Periophthalmidae										
大弹涂鱼 <i>Boleophthalmus pectinirostris</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	CC	WT
弹涂鱼 <i>Periophthalmus cantnensis</i>	+								CC	WT
青弹涂鱼 <i>Scartelaos histophorus</i>	+			+					ES	WW
塘鳢鱼科 Eleotridae										
中华乌塘鳢 <i>Bostrichthys sinensis</i>	++	++	++	++					CC	WW
嵴塘鳢 <i>Butis butis</i>	+								SS	WW
篮子鱼科 Siganidae										
褐篮子鱼 <i>Siganus fuscescens</i>	+								ES	WW
黄斑篮子鱼 <i>S. oramin</i>	+						+	+	ES	WW
鲉形目 Scorpaeniformes										
鲷科 Platycephalidae										
鲷 <i>Platycephalus indicus</i>	+								CC	WW
大鳞鳞鲷 <i>Onigocia macrolepis</i>		+		+					ES	WW
前鳍鲷科 Congiolodidae										
单棘鲷 <i>Acanthosphex leuymnis</i>		+							SS	WW
鲽形目 Pleuronectiformes										
鲽科 Soleidae										
卵鲽 <i>Solea ovata</i>	+								ES	WW
东方箬鲽 <i>Synaptura orientalis</i>	+								SS	WW
条鲽 <i>Zebrias zebra</i>						+			CC	WW
舌鲽科 Cynoglossidae										
中华舌鲽 <i>Cynoglossus sinicus</i>	+								ES	WW
斑头舌鲽 <i>C. bilineatus</i>		+		+					SS	WW
半滑舌鲽 <i>C. semilaevis</i>				+	+				CC	WT
鲑形目 Tetraodontiformes										
鲑科 Tetraodontidae										
弓斑东方鲑 <i>Takifugu ocellatus</i>		+		+	+				CC	WT
星点东方鲑 <i>Fugu niphobles</i>	+								CC	WT
合计	47	20	8	36	15	7	6	12		

1) +: 该红树林区有分布, ++: 该红树林区优势鱼种, CC: 中国沿海, ES: 南海、东海 (包括我国台湾及台湾海峡), SS: 南海, WW: 暖水性, WT: 暖温性

### 2.3 各红树林区不同季节捕获的鱼尾数和捕获量

8 片红树林区捕获鱼尾数和捕获量的季节变化见表 4, 以季节和生境为因素的尾数和捕获量无重复双因素方差分析显示捕获的鱼尾数在 8 片红树林

生境间差异显著 ( $F = 173.80, P < 0.05$ ), 季节间也差异显著 ( $F = 3.62, P < 0.05$ ); 捕获量在 8 个生境间差异显著 ( $F = 174.35, P < 0.05$ ), 季节间也差异显著 ( $F = 3.54, P < 0.05$ )。并

且，从表 4 可见，年平均鱼捕获尾数和捕获量，红树林面积较大的廉江市高桥红树林观光旅游区和珠海淇澳岛红树林自然保护区较高；而红树林面积较

小的澄海澄饶围红树林和惠州大亚湾红树林公园较低。一年四季中，各红树林区均是夏季鱼捕获尾数和捕获量最高，冬季最小。

表 4 广东省沿岸 8 片红树林区捕获鱼尾数和捕获量

Table 4 Fish tails and catches in 8 mangrove areas in the coastal regions of Guangdong Province

项目	季节	GQ	SD	GH	ZH	SZ	DYW	CH	RP
捕获尾数	春季	2722	496	148	1229	199	23	44	162
	夏季	3303	602	179	1492	241	28	54	196
	秋季	2558	466	139	1155	187	22	41	152
	冬季	2335	425	127	1054	170	20	38	139
	平均	2729	497	148	1232	199	23	44	162
捕获量/kg	春季	34.47	7.09	1.82	14.86	1.80	0.20	0.52	2.08
	夏季	41.79	8.60	2.20	18.01	2.18	0.24	0.63	2.52
	秋季	32.38	6.66	1.71	13.94	1.69	0.19	0.49	1.95
	冬季	29.56	6.06	1.56	12.72	1.54	0.17	0.45	1.78
	平均	34.55	7.10	1.82	14.88	1.80	0.20	0.52	2.08

### 2.4 各红树林区不同季节鱼类物种多样性

各红树林区不同季节鱼类物种多样性指数的变化见表 5，以季节和生境为因素的多样性指数无重复双因素方差分析显示鱼类 Shannon-Wiener 多样性指数在 8 个生境间差异显著 ( $F = 5587.25, P < 0.05$ )，季节间差异也显著 ( $F = 4.47, P < 0.05$ )；Pielou 均匀度指数生境间差异显著 ( $F = 210.13, P < 0.05$ )，季节间差异不显著 ( $F = 0.50, P > 0.05$ )；Margalef 丰富度指数生境间差

异显著 ( $F = 3183.20, P < 0.05$ )，季节间差异也显著 ( $F = 5.80, P < 0.05$ )。8 种生境中，全年平均的 Shannon-Wiener 多样性指数从小到大排列顺序为：CH < DYW < GH < RP < SZ < SD < ZH < GQ。Margalef 丰富度指数排列顺序为：CH < GH < DYW < RP < SZ < SD < ZH < GQ。除广海湾和大亚湾排列顺序相反外，其余排列顺序同 Shannon-Wiener 多样性指数相同。

表 5 广东省沿岸 8 片红树林区不同季节鱼类物种多样性

Table 5 Fish species diversity in different seasons in 8 mangrove areas

项目	季节	GQ	SD	GH	ZH	SZ	DYW	CH	RP
$H'$	春季	2.500	2.197	1.602	2.383	2.129	1.546	0.879	1.662
	夏季	2.503	2.211	1.610	2.388	2.135	1.623	0.949	1.679
	秋季	2.501	2.204	1.596	2.387	2.135	1.577	0.905	1.673
	冬季	2.502	2.192	1.606	2.385	2.129	1.556	0.926	1.656
	平均	2.502	2.201	1.604	2.386	2.132	1.576	0.915	1.668
$J'$	春季	0.657	0.776	0.771	0.676	0.807	0.795	0.546	0.693
	夏季	0.650	0.751	0.774	0.667	0.788	0.834	0.530	0.700
	秋季	0.657	0.778	0.767	0.677	0.809	0.811	0.563	0.673
	冬季	0.657	0.774	0.772	0.676	0.807	0.800	0.575	0.691
	平均	0.655	0.770	0.771	0.674	0.803	0.810	0.554	0.689
$d$	春季	5.563	2.580	1.399	4.639	2.458	1.914	1.057	1.968
	夏季	5.678	2.814	1.417	4.790	2.553	2.003	1.248	1.990
	秋季	5.608	2.603	1.349	4.680	2.488	1.941	1.070	2.086
	冬季	5.673	2.646	1.443	4.742	2.534	1.782	1.100	2.030
	平均	5.631	2.661	1.402	4.713	2.508	1.910	1.119	2.019

## 2.5 各红树林区鱼类群落结构

对 8 片红树林区渔获鱼类进行聚类分析, 结果如图 1 所示: 粤东的 CH 和 RP 的分为一组, 中部珠三角的 SZ 和 DYW 分为一组, 粤西的 SD 和 GH 分为一组。粤西的 GQ 没有同地理位置相近的 SD 分为一组, 中部 ZH 也没有同 SZ 和 DYW 等为一组, 而是 GQ 和 ZH 分在一组。

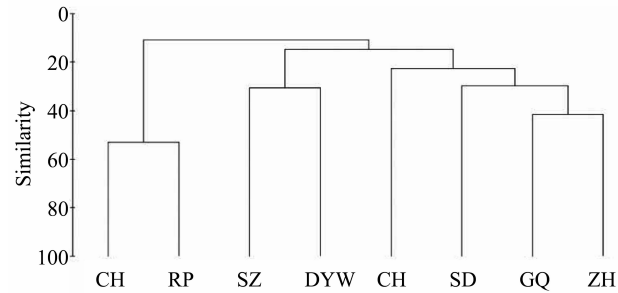


图 1 广东省沿岸 8 片红树林区鱼类群落系统聚类图  
Fig. 1 Phylogenetic dendrogram of fish communities in 8 mangrove areas

排序分析结果如图 2 所示: stress = 0.07 < 0.1 说明这个结果支持聚类分析结果。图中 RP 和 CH 之间的距离最小, 说明这两片红树林鱼类群落

结构最相似, 且与其他红树林区鱼类群落结构差异较大。

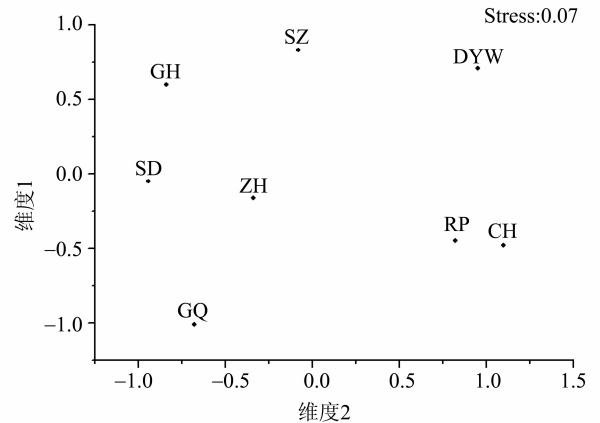


图 2 广东省沿岸 8 片红树林区鱼类的非参数多变量标序  
Fig. 2 Nonparametric multivariate sequence of fish in 8 mangrove areas

## 2.6 鱼类群落特征值同相应红树林区面积的关系

相关分析见表 6, 各红树林区鱼类的物种数, 捕获尾数, 捕获量和物种数 Shannon-Wiener 多样性指数、Margalef 丰富度指数均与红树林区面积的大小呈显著正相关 ( $P < 0.05$ )。

表 6 广东省沿岸 8 片红树林区不同季节鱼类群落特征值和红树林面积、乡土红树面积和水温相关性<sup>1)</sup>  
Table 6 The correlation between characteristic value of fish communities in different seasons, mangrove areas, native mangrove areas and water temperature in 8 mangrove areas

	项目	物种数	捕获尾数	捕获量	$H'$	$J'$	$d$
	$N$	8	8	8	8	8	8
红树林面积	Pearson 相关性	0.990**	0.957**	0.950**	0.772*	-0.290	0.981**
	显著性 (双侧)	0.000	0.000	0.000	0.025	0.486	0.000
乡土树面积	Pearson 相关性	0.977**	0.962**	0.954**	0.735*	-0.303	0.972**
	显著性 (双侧)	0.000	0.000	0.000	0.038	0.465	0.000
水温	Pearson 相关性	0.865**	0.822*	0.824*	0.891**	0.111	0.852**
	显著性 (双侧)	0.006	0.012	0.012	0.003	0.794	0.007

1) \*\*: 在 0.01 水平 (双侧) 上显著相关, \* : 在 0.05 水平 (双侧) 上显著相关

## 3 讨论

本次调查的 8 片红树林区, 廉江市高桥红树林观光旅游区和珠海淇澳岛红树林自然保护区两个地方捕获到的鱼类物种数较多, 分别为 47 和 36 种; 而其他地方较少, 如澄海澄饶围红树林、惠州大亚湾红树林公园和江门市广海湾红树林, 仅分别为 6、7、8 种。相比相邻省份红树林区域, 如广西英罗港红树林区渔获物 76 种<sup>[8]</sup>, 山口红树林自然保

护区湿地渔获物 95 种<sup>[9]</sup>, 钦州港红树林区渔获物 65 种<sup>[2]</sup>; 福建漳江口红树林湿地自然保护区渔获物 141 种<sup>[10]</sup>; 海南东寨港渔获物 68 种<sup>[7]</sup>; 广东红树林区域的鱼类物种数量较少。

8 片红树林区捕获到的鱼类多为小型鱼类或幼鱼, 尤其是春夏两季更加明显, 其他地区的红树林鱼类也呈现这样的规律<sup>[11-12]</sup>。这说明, 对大多数鱼类来说, 红树林是多种幼鱼的索饵场所和最好的庇护所。而对于红树林当地, 绝大部分小鱼市场价

格不高。因此，从鱼类资源可持续利用的角度来看，于春夏季度鱼类繁殖盛期在红树林区围网捕鱼是对资源的极大破坏，在经济上也是不合算的。

夏季同一红树林区鱼类的 Shannon-Wiener 多样性指数、Margalef 丰富度指数都要高于其他季节，这可能是经过了长达 2 个多月的南海伏季休渔，海洋渔业资源得到了恢复。而且相比其它海域，红树林区内鱼类的食物更加丰富，环境条件更适合鱼类的生长，因此休渔期间鱼类生长迅速，渔业资源得到了很好的增长。加上休渔期间，有更多的海洋鱼类随着潮水进入红树林区，此季节采集到的鱼类数量也就高于其他季节。可见，南海每年进行的伏季休渔，对于恢复红树林区鱼类资源是非常有意义的。

各红树林区鱼类的物种数，捕获尾数，捕获量和物种 Shannon-Wiener 多样性指数、Margalef 丰富度指数均与各红树林区面积正相关。譬如年均鱼捕获尾数和捕获量，红树林面积较大的廉江市高桥红树林观光旅游区和珠海淇澳岛红树林自然保护区较高；而红树林面积较小的澄海澄饶围红树林和惠州大亚湾红树林公园较低。年均的 Shannon-Wiener 多样性指数从小到大排列顺序为：CH < DYW < GH < RP < SZ < SD < ZH < GQ，与红树林区面积从小到大排列顺序相一致。这是因为：① 红树面积越大，其林区植物气生根、侧根、支柱根等形态多样、纵横交错，加上红树林下的落叶和沉积物显示了一种高度复杂的结构多相性，对鱼类有特殊的吸引力；② 红树林面积越大，其复杂的结构为幼鱼提供良好的栖息和逃避敌害的场所；③ 较大面积的红树林更能够为幼鱼提供更加丰富的食物<sup>[1,13]</sup>。在马来西亚，近岸渔业产量与红树林面积成正比<sup>[13]</sup>；印尼每年鱼类登陆量与红树林面积成正比，一定面积的红树林存在是维持鱼类高产的保证<sup>[13]</sup>。

各红树林区鱼类的物种数，捕获尾数，捕获量和物种 Shannon-Wiener 多样性指数、Margalef 丰富度指数均与各红树林区乡土红树林面积正相关。这是因为：虽然外来红树植物无瓣海桑引种后，植被

的快速恢复改变了林内的荫蔽状况及林内光强，给大型底栖动物提供了一个躲藏和逃避敌害的场所<sup>[14]</sup>，同时，红树植物提供的荫蔽可以减轻高温和水分蒸发对底栖动物的胁迫<sup>[15]</sup>。但是由于无瓣海桑人工林提供了与乡土红树植物不同营养水平（如 C/N 比）和单宁含量的“凋零物”，许多乡土底栖动物“不适应”或“不喜欢”；加上无瓣海桑的速生性，土壤的快速酸性化明显不利于底内型动物的生长<sup>[16]</sup>；同时，无瓣海桑的速生性使人工林郁闭度迅速升高，郁闭度过高会影响林下大型海藻、底栖微藻的光合作用，这对于以大型海藻、底栖微藻为食的动物会有不利影响。因此，5 年以上无瓣海桑人工林内底栖动物多样性明显低于同林龄的乡土红树林<sup>[17]</sup>。而底栖动物是许多鱼类的天然饵料。因此，各红树林区乡土红树林面积越多，底栖动物越丰富，鱼类也较多。

8 片红树林区鱼类群落结构差异显著，不同地点红树林区的优势鱼种均有较大差异（表 1），这主要是和不同红树林区海水的盐度、温度、潮汐规律以及底质等因素有关<sup>[18]</sup>。其中，水温是影响鱼类多样性的主要环境因子。从表 6 可见，林区水温越高，鱼类物种数，捕获尾数，捕获量和物种 Shannon-Wiener 多样性指数、Margalef 丰富度指数均越高。地理位置接近的地方，水温较为接近，故粤东的澄海澄饶围红树林和饶平浮任村红树林的分为一组，中部珠三角的深圳福田红树林保护区和惠州大亚湾红树林公园分为一组，粤西的茂名市水东湾红树林和江门市广海湾红树林分为一组。但这些红树林面积均小于 56 hm<sup>2</sup>。红树林面积较大的珠海淇澳岛红树林自然保护区和廉江市高桥红树林观光旅游区，即不受地理位置的影响，分在一组，这说明面积较大的红树林，可创建局部小环境，有利于鱼类生长发育，因此，这两个地方鱼类物种多样性较高。因此，恢复和保护大面积的红树林，对于保护其区域内的鱼类资源是十分有意义的。

## 参考文献：

[1] 徐楠楠,陈作志,李适宇. 红树林水生动物栖息地功能及其渔业价值[J]. 生态学报, 2010, 30(1): 186-196.  
XU S N, CHEN Z Z, LI S Y. The habitat functions of mangroves for aquatic fauna and fisheries[J]. Acta Eco-

logical Sinica, 2010, 30(1): 186-196.  
[2] 黄德练,吴志强,黄亮亮,等. 广西钦州港红树林区鱼类物种多样性分析[J]. 海洋湖沼通报, 2013(4): 135-142.  
HUANG D L, WU Z Q, HUANG L L, et al. The fish

- species diversity analysis in mangrove of Maowei gulf in Qinzhou, Guangxi Province[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2013 (4) : 135 - 142.
- [3] 陈德昌. 广东省红树林现状与恢复发展对策刍议[J]. 广东林业科技, 2005, 21(3) : 75 - 78.  
CHEN D C. The current situation and development measure of mangrove in Guangdong Province[J]. Guangdong Forestry Science and Technology, 2005, 21(3) : 75 - 78.
- [4] 吴晓东. 廉江高桥红树林国家自然保护区鱼类调查[J]. 林业实用技术, 2008, (10) : 37 - 40.  
WU X D. Survey of fishes in Lianjiang Gaoqiao mangrove national nature reserve[J]. Practical Forestry Technology, 2008, (10) : 37 - 40.
- [5] 叶宁, 吴晓东, 张苇. 湛江高桥红树林区鱼类调查[J]. 广东海洋大学学报, 2007, 27(6) : 55 - 61.  
YE N, WU X D, ZHANG W. Survey of fishes in Gaoqiao mangrove zone in Zhanjiang[J]. Journal of Guangdong Ocean University, 2007, 27(6) : 55 - 61.
- [6] 何斌源, 范航清, 莫竹承. 广西英罗港红树林区鱼类多样性研究[J]. 热带海洋学报, 2001, 20(4) : 74 - 79.  
HE B Y, FAN H Q, MO Z C. A study on species diversity of fishes in mangrove area in Yingluo Bay, Guangxi Province[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2001, 20(4) : 74 - 79.
- [7] 王瑁, 张尽函, 施富山. 海南东寨港红树林区的渔具及渔获物调查[J]. 水产科技情报, 2007, 34(1) : 6 - 9.  
WANG M, ZHANG J H, SHI F S. The investigation on fish gear and catches in Hainan Dongzai Mangrove area[J]. Information of Aquatic Science and Technology, 2007, 34(1) : 6 - 9.
- [8] 李娜, 陈丕茂, 乔培培, 等. 红树林生态系统碳素密度、贮量与分布[J]. 广东农业科学, 2014 (16) : 161 - 176.  
LI N, CHEN P M, QIAO P P, et al. Density, storage and distribution of carbon in mangrove ecosystem[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2014 (16) : 161 - 176.
- [9] 范航青. 山口红树林滨海湿地与管理[M]. 北京: 海洋出版社, 2005.  
FAN H Q. Shankou mangrove coastal wetland and its management[M]. Beijing: Maritime Press, 2005.
- [10] 林鹏. 福建漳江口红树林湿地自然保护区综合科学考察报告[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2001.
- LIN P. The investigation on wetland ecosystem services of Fujian Zhangjiang Estuary mangrove national nature reserve[M]. Xiamen: Xiamen University Press, 2001.
- [11] NAGELKERKEN I, FAUNCE C H. Colonisation of artificial mangroves by reef fishes in a marine seascape[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2007, 75 : 417 - 422.
- [12] LAEGDSGAARD P, JOHNSON C. Why do juvenile fish utilize mangrove habitats? [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2001, 257 : 229 - 253.
- [13] BLABER S J M. Mangroves and fishes: Issues of diversity, dependence, and dogma[J]. Bulletin of Marine Science, 2007, 80 : 457 - 472.
- [14] 唐以杰, 方展强, 钟燕婷, 等. 不同生态恢复阶段无瓣海桑人工林湿地中大型底栖动物群落的演替[J]. 生态学报, 2012, 32(10) : 3160 - 3169.  
TANG Y J, FANG Z Q, ZHONG Y T, et al. Succession of macrofauna communities in wetlands of *Sonneratia apetala* artificial mangroves during different ecological restoration stages[J]. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(10) : 3160 - 3169.
- [15] FRATINI S, CANNICCI S, VANNINI M. Feeding clusters and olfaction in the mangrove snail *Terebralia palustris* (Linnaeus) (Potamididae: Gastropoda) [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2001, 261 : 173 - 183.
- [16] TANG Y J, FANG Z Q, CHEN K, et al. Ecological influence of exotic plants of *Sonneratia apetala* on understory macrofauna [J]. Acta Oceanologica, 2012a, 31(5) : 115 - 125.
- [17] 唐以杰, 方展强, 何清, 等. 无瓣海桑与乡土红树植物混交对林地大型底栖动物的影响[J]. 生态学报, 2015, 35(22) : 7355 - 7366.  
TANG Y J, FANG Z Q, HE Q, et al. Effects on mixed plantations of *Sonneratia apetala* and indigenous mangrove species on understory macrofauna[J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(22) : 7355 - 7366.
- [18] 施富山, 王瑁, 王文卿, 等. 红树林与鱼类关系的研究进展[J]. 海洋科学, 2005, 29(5) : 54 - 59.  
SHI F S, WANG M, WANG W Q, et al. A review of the relationship between mangroves and fishes[J]. Marine Sciences, 2005, 29(5) : 54 - 59.