

◆ 研究类 ◆

广西废弃虾塘红树林恢复时的纳潮生态混养探索研究^{*}范航清^{**}, 钟云旭, 苏治南, 罗 砚, 倪孔平, 王 欣

(广西科学院广西红树林研究中心, 广西红树林保护与利用重点实验室, 广西北海 536000)

摘要:为了在废弃虾塘红树林恢复中获得一定的经济效益, 2017年2月到2020年1月在广西防城港1.1927 hm²的废弃虾塘内进行7种肉食性和2种杂食性鱼类的纳潮生态混养试验研究。在塘底挖掘0.8-1.2 m深的庇护沟、水面设置植物遮阴浮床、塘内设红树林造林监测样地。在塘底基础水位设为0.5 m深的条件下, 年均渔获生物量为691 kg/(hm²·a), 饵料综合效率为35.09%。3年中9种鱼类成活率、占渔获总尾数和占总生物量比例最高的均是黄鳍鲷(*Sparus latus*), 分别达到38.16%、65.2%和35.28%。2020年1月的全捕渔获显示, 鲮鱼(*Mugil cephalus*)、斑鲮(*Clupanodon punctatus*)和灰鳍鲷(*Sparus berda*)等野生经济鱼苗可随潮水进入塘内生长, 个体数可占渔获总尾数的16.9%。在全日潮15 d的潮汐周期中, 塘底淹水日数小于6 d时木榄幼苗可正常生长, 成活率93.5%。扩大废弃虾塘红树林恢复及生态养殖的规模可有效降低成本, 提高社会对红树林良好环境及高质量产品的认识, 可显著增加经济效益。

关键词:红树林 废弃虾塘 退塘还林 生态混养 可持续发展

中图分类号: Q14 文献标识码: A 文章编号: 1002-7378(2021)03-0195-09

DOI: 10.13657/j.cnki.gxkxyxb.20210927.004

0 引言

随着我国经济社会的进步, 一方面国家要求沿海养殖减量增效^[1,2], 降低养殖尾水排放对近海生态环境的保护压力, 另一方面由于严重缺乏宜林滩涂, 沿海废弃虾塘成为今后一段时期内我国红树林恢复的重要空间^[3,4]。在生态价值实现^[5-7]和碳中和^[8]成为国家可持续发展战略的今天, 如果能在退塘还林的同

时合理利用虾塘红树林, 则可创造沿海农村生态就业机会, 缓解废弃虾塘尖锐的权属矛盾, 促进社会安定。本文的“废弃虾塘”指沿海多年荒废的养殖池塘和环保要求清退的违规池塘。

涨潮进水、退潮排水的纳潮养殖(Tide-driving culture)是我国华南沿海的一种传统养殖方式。纳潮养殖的池塘必须始终保证一定深度的水体才能进行养殖, 即基础水位, 基础水位通过控制水门的闸板高

收稿日期: 2021-08-10

^{*} 广西创新驱动发展专项(桂科 AA17204074-2), 国家海洋公益性行业科研专项(201505028)和广西特聘专家科研经费项目(2017-2020)资助。

【作者简介】

范航清(1964-), 男, 博士, 研究员, 主要从事红树林保护恢复与合理利用研究, E-mail: fanhq666@126.com。

【**通信作者】

【引用本文】

范航清, 钟云旭, 苏治南, 等. 广西废弃虾塘红树林恢复时的纳潮生态混养探索研究[J]. 广西科学院学报, 2021, 37(3): 195-203.

FAN H Q, ZHONG Y X, SU Z N, et al. An Exploratory Study on the Tide Driving Eco-Polyculture in an Abandoned Shrimp Pond with Mangrove Restoration in Guangxi, China [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2021, 37(3): 195-203.

度来实现。一般而言,基础水位比水门前的海滩涂高 1.3–1.5 m。纳潮养殖时过高的基础水位虽然可提高养殖容量和产量,但不利于红树植物的生长;过低的基础水位尽管为红树林生长创造了可能,却极大降低了养殖容量,增大了如极端水温等的养殖胁迫风险。此外,纳潮养殖的水质虽然接近于自然海区,但养殖种群结构和数量不稳定,产量较低。香港及珠江三角洲的红树林基围养殖原理上就是纳潮养殖^[9-12],但基围内的红树林存在不同程度的退化、稳定性差、养殖产量低(每公顷几十到几百公斤)。基围养殖源自于历史上在红树林内挖掘养殖沟^[13-15],其实质为切割连片红树林的破坏性过程^[14-16],而本文关注的是在没有红树林生长的虾塘内重建(Rehabilitation)红树林的建设性过程。

如何协调养殖的高水位要求和红树林种植的低水位要求之间的矛盾,是废弃虾塘红树林恢复生态混养的关键技术环节。为在退塘还红树林中获取一定的经济效益,本文通过塘底挖掘庇护沟、水面设置耐盐植物遮阴浮床、采取捕大放小的管理方法、布设红树植物苗圃等方式,在 2017 年 2 月到 2020 年 1 月间开展为期 3 年的野外试验。本文探讨了生态混养的适宜品种、产量、养殖动物种群配置及红树林生长淹水时长阈值等科学与工程参数问题,为可持续地实施退塘还林提供工程案例。

1 材料与方 法

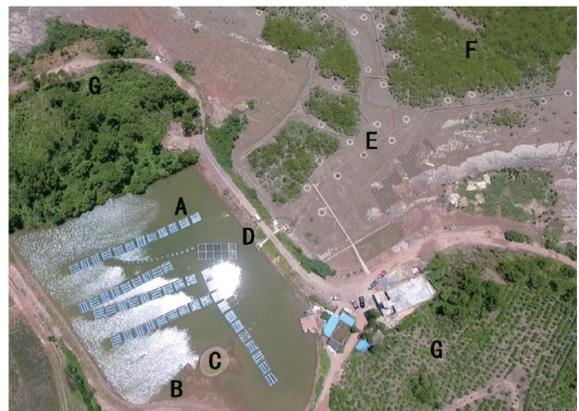
1.1 自然条件与试验地点

1.1.1 自然条件概况

开沟纳潮生态混养在广西北仑河口国家级自然保护区的珍珠湾实验区开展(21°37'11"N, 108°14'30"N)。该自然保护区位于广西防城港市,毗邻越南,主要保护对象是红树林生态系统。保护区共有红树林 1 230 hm²^[17],其中 939.97 hm²分布在珍珠湾内^[18]。保护区共有红树植物 16 种,红树林优势种为木榄(*Bruguiera gymnorrhiza*)、桐花树(*Aegiceras corniculatum*)、秋茄(*Kandelia obovata*)和白骨壤(*Avicennia marina*)^[19]。该地年均气温 22.5℃,年均降雨量 2 220.5 mm,年均湿度 81%;海区潮汐为正规全日潮,平均潮高 2.4 m,最大潮差 5.05 m,海水年平均盐度 29^[20]。

1.1.2 废弃虾塘情况

试验用废弃虾塘为 1980s 砍伐红树林围海而成的陆基土塘,后因连续多年养殖失败而废弃。废弃虾塘的海侧为天然红树林,陆侧为农田,两翼为陆生植被(图 1)。废弃虾塘占地面积 1.192 7 hm²(其中塘底面积 0.865 3 hm²),通过水门与自然海区连通。如果没有水门控制,让海水自由进出,废弃虾塘内的水体在高潮时可深达 2 m,低潮时塘底裸露。以往虾塘长期保持 1.5 m 左右深的基础水位进行对虾养殖,塘内无红树林生长。



A: 遮阴浮床;B: 红树林造林监测样地;C: 半红树植物小岛;D: 水门;E: 红树林地理管道原位养殖系统;F: 潮间带原生红树林;G: 陆地植被

A: Shading flotages; B: Monitoring sites of mangrove rehabilitation; C: Small islet for associate mangroves; D: Sluice gate; E: In-situ cultivation system of mangrove buried pipelines; F: Intertidal natural mangroves; G: Terrestrial vegetation

图 1 退潮时的纳潮生态混养塘及周边形势

Fig. 1 Tide driving eco-polyculture pond and its surrounding situation during low tide

1.2 方法

1.2.1 庇护沟的构建

低水位时为了给鱼类提供充分与稳定的水体,在废弃虾塘底部挖掘庇护沟(图 2)。庇护沟分为主沟和支沟,主沟宽 6 m,深 1.2 m,长 100 m;支沟沿主沟两侧成羽状布局,宽 2 m,深 0.8 m,合计长 208 m。主沟与水门连接,有利于水体交换和养殖对象的捕捞。挖掘庇护沟的土方主要用于提高一部分塘底的高程,为红树林生长创造适宜生境,少部分用于加固塘堤。虾塘堤岸用耐盐植物海马齿(*Sesuvium portulacastrum*)护坡,以减少水土流失,改善景观。



图2 纳潮生态混养塘的庇护沟构建

Fig. 2 Shelter ditches construction of tide driving eco-polyculture pond

1.2.2 遮阴浮床

低基础水位时,夏季水体高温会严重威胁鱼类生存。为给鱼类提供局部的稳定环境,降低风险,在庇护沟区邻近水面布设遮阴浮床(图1)。遮阴浮床正方形,边长4 m,由直径50 mm PVC管材组成框架,套尼龙网后缝合,网上种植海马齿。浮床依4条浮片(长400 cm×宽30 cm×厚2 cm的泡沫)漂浮于水面,并用尼龙绳系于塘堤上的木桩固定。

1.2.3 纳潮生态混养

1.2.3.1 水位控制

传统纳潮养殖的基础水位一般1.3–1.5 m(水

深),本试验将基础水位设为0.5 m,为红树林在部分塘底的生长创造条件(图3)。纳潮生态混养塘每日随潮汐进排水,即在15 d的潮汐周期内,纳潮生态混养塘塘底的最小水深为0.5 m(人为控制水门闸板实现),高潮时最大水深可达2 m;主庇护沟的最小水深为1.7 m,最大水深为3.2 m。水门的虾塘内侧设置进水拦截网和排水隔离网。进水拦截网长8 m,前端网目2 cm,末端网眼0.5 cm,用于拦截自然海区的漂浮物及成熟杂鱼;排水隔离网网眼1 cm,防止养殖对象的逃逸。

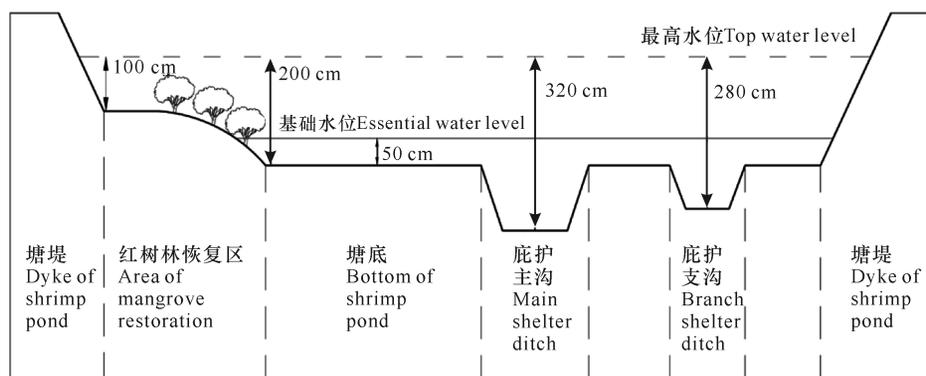


图3 废弃虾塘纳潮生态混养各生境的水深示意图

Fig. 3 Water depth map of each habitat in tide driving eco-polyculture in an abandoned shrimp pond

1.2.3.2 混养品种

根据已有经验和人工鱼苗的市场供应情况,选择7个肉食性物种和2个杂食性物种的人工鱼苗进行混养。肉食性种类为黄鳍鲷(*Sparus latus*)、日本花鲈(*Lateolabrax japonicus*)、美国红鱼(*Sciaenops ocellatus*)、赤点石斑鱼(*Epinephelus akaara*)或青石斑鱼(*E. awoara*)、斑节对虾(*Penaeus monodon*)、细鳞鲷(*Therapon jarbua*)、珍珠龙胆石斑鱼(*E. fuscoguttatus* ♀ × *E. lanceolatus* ♂);杂食性种类为大鳞鲷(*Liza macrolepis*)和金钱鱼(*Scatophagus ar-*

gus)。2017年2–6月间分9次进行不同鱼种人工鱼苗的投放。

1.2.3.3 投饵

从2017年2月27日开始投苗到2020年1月4日全捕,整个试验为期3年。投喂的饵料为广东粤海饲料集体股份有限公司生产的粤海牌海水膨化配合浮性饲料。根据养殖容量、鱼类生长情况、天气、水位及摄食情况等,经验式调整每日的投饵量并进行记录。小潮期、暴雨期不投喂饵料,每月平均投饵的日数在17 d左右。

1.2.3.4 捕获

2017年12月23日开始,根据市场需求进行不定期捕获。除2019年1月27日为人工拉网外,其余均为搬箬网诱捕,所得渔获大的出售,小的继续养殖。2020年1月4日,用人工拉网对虾塘和庇护沟的鱼类进行全捕后结束研究。搬箬网的网目为3 cm,规格为6 m×6 m×2 m。每次渔获现场分类后称鲜重,选代表性个体5-10尾分别称重,通过平均尾重估算尾数。各物种累计养成尾数占相应投苗量的百分比为该种鱼苗的成活率。

1.2.3.5 红树林恢复潜力

采集北仑河口自然保护区木榄的成熟胚轴1500条,2018年5月12日在废弃虾塘B区的不同地势塘

底进行插植(图3),观测幼苗成活率和生长指标。2020年1月现场测量存活幼苗的株高、茎高、基径、分枝数、叶片数。随后选取30株幼苗洗净分解为根、茎枝、叶和胚轴4部分,吸干表面水分称量鲜重,带回实验室以60℃烘干至恒重并称干重。采用SPSS 21.0计算各指标的平均值和均值的标准误差。

2 结果与分析

生态混养试验开始于2017年2月,红树植物幼苗生长试验开始于2018年5月,2020年1月结束试验工作。2020年1月木榄幼苗的平均株高为77.08 cm,全捕渔获的总生物量为437 kg/hm²,总尾数为1960 ind./hm²(图4)。



图4 2020年1月废弃虾塘纳潮生态混养的红树植物幼苗生长及全捕鱼获情况

Fig. 4 Seedling growth and total fishing of mangrove plants through tide-driving eco-polyculture in an abandoned shrimp pond in January 2020

2.1 纳潮生态混养

2.1.1 投饵量

纳潮生态混养每月的投饵量见图5。2017-2019每年投饵量分别是2569.87,2630.45,705.14 kg/hm²,合计5905.46 kg/hm²,年均1968.49 kg/hm²,日均5.39 kg/hm²。由表1的纳潮生态混养3年渔获的累积生物量(2072 kg/hm²)计算得到综合饵料效率为35.09%。2019年投饵量大幅度下降的原因是2019年1月进行了人工拉网捕获,纳潮生态混养塘内只留未达商品规格的小鱼。试验养殖的大多是肉食性鱼类,再加上经验不足,浪费了不少饵料,导致3年的综合饵料效率较低。试验最后一年减少

了饵料投放量,饵料效率估计在50%以上。

2.1.2 鱼苗成活率

各养殖种类的投苗时间、投苗量及渔获尾数见表1。结果表明,黄鳍鲷鱼苗的成活率最高(38.16%),其次是美国红鱼(24.64%)、日本花鲈(18.63%)和大鳞鲮(11.2%)。金钱鱼、赤点石斑鱼和细鳞鲷鱼苗的成活率极低,仅为0.01%-1.96%。渔获中未发现斑节对虾和珍珠龙胆石斑鱼,说明这两个物种不适合纳潮生态混养。试验发现鲮鱼(*Mugil cephalus*)、斑鲮(*Clupanodon punctatus*)和灰鳍鲷(*Sparus berd*)等自然海区野生鱼苗可随潮水进入纳潮生态混养塘内生长。

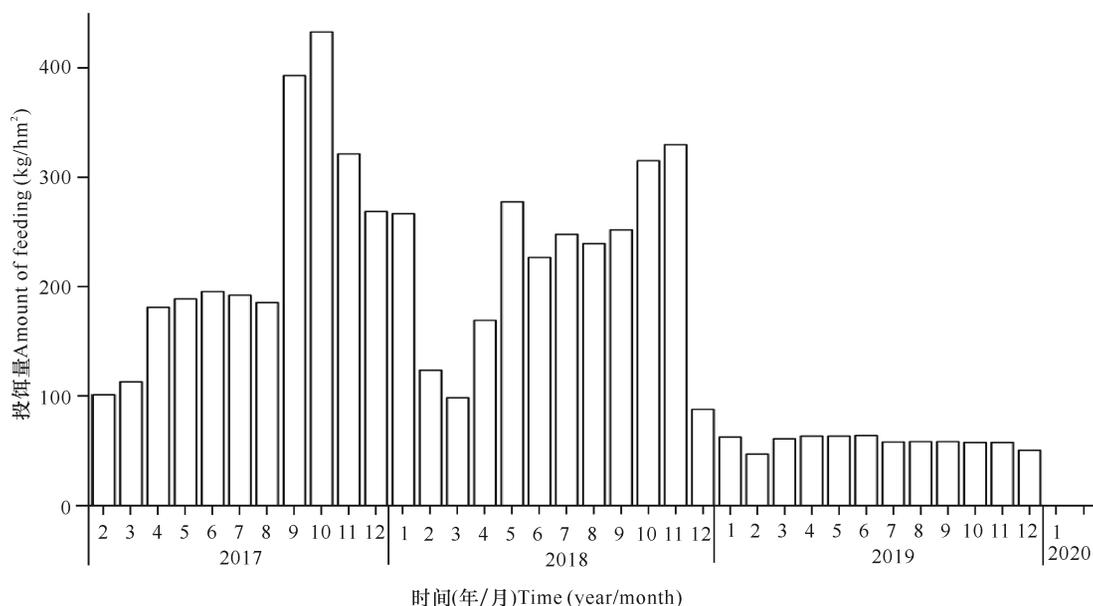


图5 纳潮生态混养的每月饵料投放量

Fig. 5 Monthly feeding amount for eco-polyculture driven by tides

表1 2017年2月-2020年1月红树林区纳潮生态混养结果与评估

Table 1 Results and evaluation of tide driving eco-polyculture in mangrove area from February 2017 to January 2020

种类 Species	生活型 Habit	鱼苗 Fish seedling			渔获 Fish catch			评估 Evaluation		
		来源 Source	体长 Length of body (cm)	投放日期 Releasing date	密度 Density (ind./hm ²)	生物量 Biomass (kg/hm ²)	个体数 Number of individual (ind./hm ²)	成活率 Survival rate (%)	生物量组成 Component of biomass (%)	个体组成 Component of individual (%)
黄鳍鲷 <i>Sparus latus</i>	C	A	2.0-3.0	2017-02-27	12 577	731	4 799	38.16	35.3	65.2
日本花鲈 <i>Lateolabrax japonicus</i>	C	A	3.0-5.0	2017-02-27	1 677	384	312	18.63	18.5	4.2
美国红鱼 <i>Sciaenops ocellatus</i>	C	A	3.0-5.0	2017-02-27	1 677	620	413	24.64	29.9	5.6
大鳞鲷 <i>Liza macrolepis</i>	O	A	3.0-4.0	2017-02-27	3 186	210	357	11.20	10.1	4.8
金钱鱼 <i>Scatophagus argus</i>	O	A	0.5-1.5	2017-02-27 2017-06-03	4 192 5 375	28	188	1.96	1.3	2.6
赤点石斑鱼 (或青石斑鱼) <i>Epinephelus akaara</i> (or <i>E. awoara</i>)	C	A	4.0-6.0	2017-02-27 2017-04-07	168 210	34	20	0.05	1.6	0.3
斑节对虾 <i>Penaeus monodon</i>	C	A	0.7-1.0	2017-02-27 2017-05-21	8 385 16 769	0	0	0	0	0
细鳞鲷 <i>Therapon jarbua</i>	C	A	0.5-1.5	2017-06-03	3 522	4	30	0.01	0.2	0.4
珍珠龙胆石斑鱼 <i>Epinephelus fus-</i> <i>coguttatus</i> ♀ × <i>E. lan-</i> <i>ceolatus</i> ♂	C	A	4.0-5.0	2017-04-07	335	0	0	0	0	0
野生种 Wild species	O	W	/	/	/	62	1 243	/	3.0	16.9
合计 Total		/	/	/	/	2 072	7 362	/	100.0	100.0

注:C,肉食;O,杂食;A,人工苗;W,野生苗

Note:C,carnivore;O,omnivore;A,artificial fish fry;W,wild seedling

2.1.3 渔获生物量

图6为每月渔获中各物种的生物量(鲜重)记录。2019年1月和2020年1月的两次人工拉网所得到的渔获量最大;搬箬网对黄鳍鲷和野生鱼具有较好的诱捕效果。单位面积的渔获量显示,3年内渔获总生物量为2 072 kg/hm²,年均691 kg/hm²(表1)。跟

鱼苗成活率相似,黄鳍鲷3年的累计生物量最高(731 kg/hm²),占总生物量的35.28%,其次分别是美国红鱼(620 kg/hm²)、日本花鲈(384 kg/hm²)和大鳞鲷(210 kg/hm²)。野生种赤点石斑和金钱鱼的渔获生物量为28-62 kg/hm²。

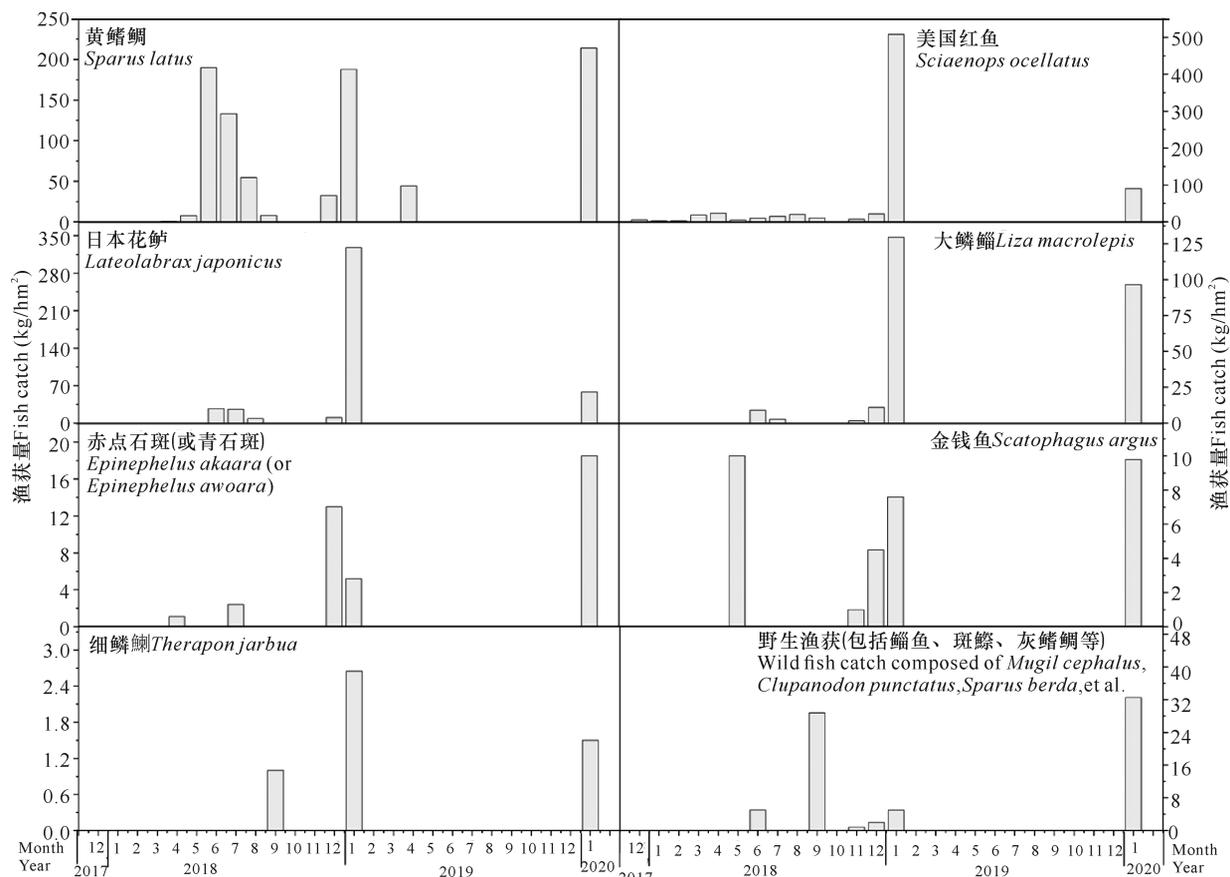


图6 3年纳潮生态混养连续捕获的渔获中各物种的生物量

Fig.6 Biomass of various species in the fish catches continuously captured by tide driving eco-polyculture for three years

2.1.4 渔获的物种数量构成

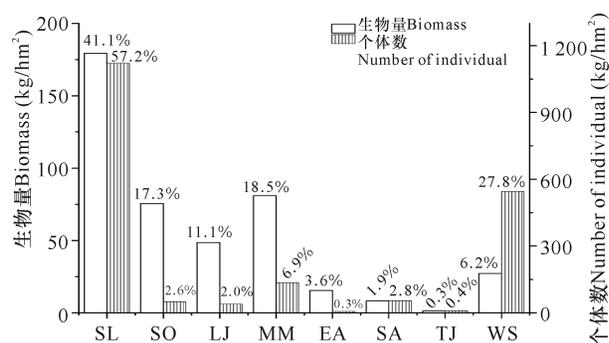
3年渔获的总尾数为7 362尾/hm²(表1),个体数占总尾数比例最高的是黄鳍鲷(65.2%),其次是野生鱼类(16.9%)。金钱鱼、日本花鲈、大鳞鲷和美国红鱼的个体数占总尾数的比例为2.6%~5.6%。

从2020年1月4日全捕渔获看(图7),总生物量为437 kg/hm²,总尾数为1 960 ind./hm²,其中黄鳍鲷的生物量和尾数占比最高,分别为41.1%和57.2%;大鳞鲷的生物量次之,占18.5%,但尾数比例仅为6.9%。美国红鱼和日本花鲈的生物量居中,但尾数占比仅为2%左右。在全捕渔获中,野生鱼的尾数比例高达27.8%,高于其在3年累计渔获中所占的比例(16.9%)(表1),说明野生鱼类在生态纳潮

生态混养塘内具有成为优势种群的趋势。

2.2 红树植物幼苗生长情况

试验显示,在全日潮的15 d潮汐周期中,塘底淹水日数大于6 d时木榄幼苗无法正常生长,绝大部分死亡;塘底淹水日数小于6 d,或者偶尔才被海水淹没时木榄幼苗可正常发育生长,成活率高达93.5%,说明只要废弃虾塘塘底被海水淹没的日数小于一定的阈值红树林就可以生长。正常生长20个月的木榄幼苗的平均株高为(77.08 ± 1.03) cm,平均实生株高(扣除胚轴高度)为(58.49 ± 0.91) cm,平均基径为(12.24 ± 0.29) mm,平均分枝数为1.82 ± 0.11,平均叶片数为16.26 ± 0.84。苗木平均鲜重生物量为139.14 g,平均干重生物量为40.31 g(表2)。



SL: 黄鳍鲷 *Sparus latus*; SO: 美国红鱼 *Sciaenops ocellatus*; LJ: 日本花鲈 *Lateolabrax japonicus*; MM: 大鳞鲷 *Liza macrolepis*; EA: 赤点石斑鱼 (或青石斑鱼) *Epinephelus akaara* (or *Epinephelus awoara*); SA: 金钱鱼 *Scatophagus argus*; TJ: 细鳞鲷 *Therapon jarbua*; WS: 野生种 Wild species

图7 经过3年竞争后2020年1月4日全捕渔获各种群的生物量、个体数及其相对组成

Fig. 7 Biomass, individual number and relative composition of fish populations entirely collected on 4 January 2020 after three-year competition

表2 2018年5月到2020年1月纳潮生态混养塘内红树植物木榄幼苗的生物量

Table 2 Biomass of mangrove *B. gymnorhiza* seedlings planted in an eco-polyculture pond from May 2018 to January 2020

植物器官 Plant organ	平均鲜重 Average fresh weight (g)	平均干重 Average dry weight (g)
根 Root	38.37 ± 3.93	8.85 ± 0.86
茎枝 Stem and branch	38.27 ± 2.91	13.80 ± 1.07
叶 Leaf	33.35 ± 2.45	8.26 ± 0.65
胚轴 Hypocotyle	29.15 ± 2.51	9.40 ± 0.56

2.3 投入产出

由于租用的试验场地不符合要求,废弃虾塘的堤坝加固(6.5万元)、水门改造(5.1万元)和塘底挖沟(7.8万元)构成了本试验的一次性投入主要成本。本试验研究生态混养不计人工成本的投入分别为鱼苗2.01万元、饵料3.66万元、遮阴浮床1.07万元、零星材料与工具1.55万元,合计8.29万元。按2020年1月当地平均零售价45元/kg计,3年渔获的鱼类市场总价值为9.32万元。

3 讨论

3.1 养殖动物配置

试验期的后2年虽然采取了捕大放小的收获方式,但是最终全捕的渔获是种群经过3年充分竞争的结果,所以依然能很好地表征纳潮生态混养最终的动物群落结构,对指导废弃虾塘红树林生态农场建设具有重要的参考价值。综合生物量、个体数量、稳定性和成本因素,黄鳍鲷适合于纳潮生态混养。对于纳潮养殖中出现的野生种群应给予高度重视,因为野生种群抗逆性强,适应虾塘红树林环境,成活率高。此外,随着经济社会的发展,市场也在发生变化,一些原本被认为低质廉价的鱼类,只要其生长环境良好,就可获得较高的生态溢价,市场价格不菲。生态溢价是维系生态产业的关键^[21,22],否则任何生态产业都难以以为继。

本试验除了养殖鱼类外,还在废弃虾塘靠近水门的主庇护沟水域成功吊养400串香港牡蛎(*Crasostrea hongkongensis*)。牡蛎生长需急流,因此临近废弃虾塘水门的水体适合牡蛎生长,而废弃虾塘其他区域流缓,不适合牡蛎的生长。

3.2 废弃虾塘红树林恢复

本试验显示,如果要在海水盐度29的全日潮海区废弃虾塘内重建木榄红树林,在15d的潮汐周期内,塘底淹水日数以小于6d为宜。遗憾的是,本试验没有同时开展广西其他常用红树植物造林树种幼苗生长的研究,有待今后补充开展。海水盐度会影响红树植物的耐淹能力^[23,24],因此在河口地区废弃虾塘内恢复木榄红树林时,必须对立地水淹阈值进行必要的观察与修正。

3.3 投入成本

对于我国的绝大部分废弃虾塘而言,塘堤和水门条件良好,一般不需要大的修缮投入,因此废弃虾塘红树林恢复的纳潮生态混养主要投入为塘底挖沟、苗种和饵料的采购以及红树林造林支出。本研究规模小(1.1927 hm²),侧重技术问题而不是经济问题,因此收益不高。如果扩大生态混养规模,合理规划,科学养殖,打造品牌应可显著降低成本,提高经济收益。

3.4 发展理念与政策建议

养殖对象的高产是传统水产养殖追求的目标。本模式不是单纯追求高产的集约化养殖,而是配套退塘还林的辅助性合理利用方式,即在满足废弃虾塘红树林人工重建的前提下,充分利用红树林湿地环境,

建立环境友好、适应与稳定的生态农场,获取一定的经济效益^[25]。本研究结果表明,利用废弃虾塘开展兼顾红树林恢复与经济动物生态养殖发展是可能的。退塘还林(还湿地)是一项生态公益事业,不是单纯追求经济利益的商业行为,国家应该给予废弃虾塘红树林可持续生态恢复一定的财政补贴和生态产业引导资金支持。

致谢:

感谢广西科学院广西红树林研究中心珍珠港滨海生态实验站的钟云平、李如仙对野外采样的帮助。

参考文献

- [1] 农业农村部渔业渔政管理局. 2018年全国渔业经济统计公报[N]. 中国渔业报,2019-06-10(A01).
- [2] 陈宁,孙圆圆. 中国水产养殖减量增效分析与展望[J]. 农业展望,2018(7):38-42.
- [3] 自然资源部,国家林业和草原局. 红树林保护修复专项行动计划(2020-2025年)[EB/OL]. (2020-08-28). http://gi.mnr.gov.cn/202008/t20200828_2544810.html.
- [4] 王文卿,张林,张雅棉,等. 红树林退塘还林研究进展[J]. 厦门大学学报:自然科学版,2021,60(2):348-354.
- [5] 中共中央办公厅,国务院办公厅. 关于建立健全生态产品价值实现机制的意见[EB/OL]. (2021-04-26). http://www.gov.cn/zhengce/2021-04/26/content_5602763.htm 2021.
- [6] 蒲雪娟. 生态价值及其实现路径[D]. 西安:长安大学,2018.
- [7] 孙志. 生态价值的实现路径与机制构建[J]. 中国科学院院刊,2017,32(1):78-84.
- [8] UNEP. Emissions gap report 2020 [M]. United Nations Environment Programme (UNEP) and UNEP DTU Partnership (UDP),2020.
- [9] 黄凤莲,陈桂珠,夏北成,等. 滩涂海水养殖生态模式研究[J]. 海洋环境科学,2005,24(1):16-20.
- [10] 彭友贵,陈桂珠,余忠明,等. 红树林滩涂海水种植-养殖生态耦合系统初步研究[J]. 中山大学学报:自然科学版,2004,43(6):150-154.
- [11] CHA M W, YOUNG L, WONG K M. The fate of traditional extensive (gei wai) shrimp farming at the Mai Po Marshes Nature Reserve, Hong Kong [J]. Hydrobiologia,1997,352:295-303.
- [12] BOSMA R H, NGUYEN T H, SIAHAINENIA A J, et al. Shrimp-based livelihoods in mangrove silvo-aquaculture farming systems [J]. Reviews in Aquaculture, 2016,8(1):43-60.
- [13] 张乔民,施祺,余克服. 珠江口红树林基围养殖生态开发模式评述[J]. 热带海洋学报,2010,29(1):8-14.
- [14] VNFF. Organic shrimp certification: A new approach to PES [R]. [S.l. :s.n.]2014.
- [15] TRAN N H. Effects of mangrove leaf litters on the integrated mangrove-shrimp farming systems in Ca Mau province, Vietnam [D]. Thailand: Asian Institute of Technology,2005.
- [16] TRUONG T D, DO L H. Mangrove forests and aquaculture in the Mekong river delta [J]. Land Use Policy,2018,73:20-28.
- [17] 贾明明. 1973~2013年中国红树林动态变化遥感分析[D]. 长春:中国科学院研究生院(东北地理与农业生态研究所),2014.
- [18] 陶艳成,葛文标,刘文爱,等. 基于高分辨率卫星影像的广西红树林面积监测与群落调查[J]. 自然资源学报,2017,32(9):1602-1614.
- [19] 范航清,王欣,何斌源,等. 人工生境创立与红树林重建[M]. 北京:中国林业出版社,2014.
- [20] 邱广龙,范航清,李蕾鲜,等. 潮间带海草床的生态恢复[M]. 北京:中国林业出版社,2014.
- [21] ASCHEMANN - WITZEL J, ZIELKE S. Can't buy me green? A review of consumer perceptions of and behavior toward the price of organic food [J]. Journal of Consumer Affairs,2017,51(1):2011-2251.
- [22] TRAN THI THU H, BUSH S R, MOL A P J, et al. Organic coasts? Regulatory challenges of certifying integrated shrimp-mangrove production systems in Vietnam [J]. Journal of Rural Studies,2012,28(4):631-639.
- [23] 游惠明. 秋茄幼苗对盐度、淹水环境的生长适应[J]. 应用生态学报,2015,26(3):675-680.
- [24] 谭芳林,游惠明,黄丽,等. 秋茄幼苗对盐度-淹水双胁迫的生理适应[J]. 热带作物学报,2014(11):2179-2184.
- [25] DOLOROSA E, MASYHURI, LESTARI, et al. Sustainability of fishery pond polyculture with and without mangrove integration [J]. Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis,2016,8(2):655-670.

An Exploratory Study on the Tide Driving Eco-Polyculture in an Abandoned Shrimp Pond with Mangrove Restoration in Guangxi, China

FAN Hangqing, ZHONG Yunxu, SU Zhinan, LUO Yan, NI Kongping, WANG Xin

(Guangxi Key Lab of Mangrove Conservation and Utilization, Guangxi Mangrove Research Center, Guangxi Academy of Sciences, Beihai, Guangxi, 536000, China)

Abstract: In order to obtain certain economic benefits in the mangrove restoration in abandoned shrimp ponds, a tide driving eco-polyculture experiment of seven carnivorous and two omnivorous fishes was conducted in an abandoned shrimp pond of 1.1927 hm² in Fangchenggang, Guangxi from February 2017 to January 2020. A 0.8–1.2 m deep shelter ditch was excavated at the bottom of the pond, a plant shading floating bed was set on the water surface, and a mangrove afforestation monitoring plot was set up in the pond. The average annual catch biomass was 691 kg/hm² · a, and the comprehensive feed efficiency was 35.09% under the condition of 0.5 m deep essential water level. In the three years, *Sparus latus* had the highest survival rate, the highest proportion of total catch tails and the highest proportion of total biomass of nine species of fish, which reached 38.16%, 65.2% and 35.28%, respectively. The total catch in January 2020 showed that wild economic fish such as *Mugil cephalus*, *Clupanodon punctatus* and *Sparus berda* could grow in ponds with tides, and the number of individuals could account for 16.9% of the total catch. In the 15 d tidal cycle of diurnal tide, the *Bruguiera gymnorhiza* seedlings could grow normally and the survival rate was 93.5% when the flooding days were less than 6 days. Expanding the scale of mangrove restoration and ecological breeding in abandoned shrimp ponds can effectively reduce costs, improve social understanding of mangrove good environment and high-quality products, and significantly increase economic benefits.

Key words: mangrove, abandoned shrimp pond, conversion of pond to mangrove, eco-polyculture, sustainable development

责任编辑: 陆 雁



微信公众号投稿更便捷

联系电话: 0771-2503923

邮箱: gxxkxyxb@gxas.cn

投稿系统网址: <http://gxxkx.ijournal.cn/gxxkxyxb/ch>