

# The Preliminary Study on Polyculture Model of *Macrobrachium rosenbergii* and *Alosa sapidissima* under Greenhouse Pond

Gaohua Yao<sup>\*#</sup>, Yuanfei Huang, Fan Zhou, Xiaoming Chen, Peng Jin, Qinghui Meng, Hongxi Wu, Xueyan Ding

Zhejiang Fisheries Technical Extension Center, Hangzhou Zhejiang  
Email: #zhoufan0302@126.com

Received: Feb. 26<sup>th</sup>, 2020; accepted: Mar. 12<sup>th</sup>, 2020; published: Mar. 19<sup>th</sup>, 2020

## Abstract

(Objective) The present study was conducted to explore the effects of polyculture model of *Macrobrachium rosenbergii* and *Alosa sapidissima* under greenhouse pond. (Method) Three ponds were stocked 40 thousands per 666 m<sup>2</sup> of *M. rosenbergii* respectively (T1 - T3), and 6 thousands per 666 m<sup>2</sup> of *A. sapidissima* were cultured in T3 pond as polyculture test group. The total feeding trial lasted 210 days, and 135 days were polyculture. (Result) The results showed that the survival rate (SR), final body weight and average product of *M. rosenbergii* in T3 pond increased with 4.3%, 17.3% and 22.4% than those of mean data in T1 and T2 ponds, respectively, while the lowest feed conversion rate (FCR) was found in T3 pond. The SR and the specific growth rate of *A. sapidissima* in T3 pond were 95.5% and 3.54%/day, and the average product was 399.2 kg per 666 m<sup>2</sup>. The highest output profit of *M. rosenbergii* (9.9 thousands per 666 m<sup>2</sup>) was also observed in T3 pond. (Conclusion) The results generated from the current study suggested that the polyculture model of *M. rosenbergii* and *A. sapidissima* under greenhouse pond was practicable.

## Keywords

*Macrobrachium rosenbergii*, *Alosa sapidissima*, Greenhouse, Polyculture, Effect

## 温棚罗氏沼虾与美国鲈鱼混养效果初探

姚高华<sup>\*#</sup>, 黄元飞, 周凡, 陈小明, 金朋, 孟庆辉, 吴洪喜, 丁雪燕

浙江省水产技术推广总站, 浙江 杭州  
Email: #zhoufan0302@126.com

\*第一作者。

#通讯作者。

收稿日期：2020年2月26日；录用日期：2020年3月12日；发布日期：2020年3月19日

## 摘要

[目的]探索研究在温棚池塘罗氏沼虾养殖模式下开展美国鲥鱼混养的效果。选取3个温棚池塘，其中T1和T2对照池塘单养罗氏沼虾(放养密度4万尾/亩)，T3试验塘放养相同密度罗氏沼虾，并混养美国鲥鱼苗种6000尾/亩。总养殖时间210天，其中混养期135天。[结果]结果发现，混养模式下罗氏沼虾的存活率、起捕规格和亩均产量比单养模式池塘平均值分别提高4.3%，17.3%和22.4%，而饲料系数则是最低值。美国鲥鱼幼鱼的存活率和特定生长率分别为95.5%和3.54%/day，亩均产量达到399.2 kg。T3试验塘罗氏沼虾亩均利润最高，达到0.99万元。[结论]本试验表明通过温棚池塘养殖开展罗氏沼虾和美国鲥鱼混养模式具有可行性。

## 关键词

罗氏沼虾，美国鲥鱼，温棚，混养，效果

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)，隶属长臂虾科(*Palaemonidae*)、沼虾属(*Macrobrachium*)，原产于东南亚和印度，具有食性广、病害少、生长快、营养价值高等优点；目前我国罗氏沼虾养殖面积超过3万公顷，总产量15万吨以上，已成为我国重要的淡水经济虾类[1]。但经过多年累代人工繁育与养殖，罗氏沼虾的病害增多、个体小型化、生长缓慢、抗病能力下降等现象日渐突出，尤其是近年来池塘罗氏沼虾生长缓慢现象连续多年大面积发生，严重影响了产业的发展[2]。开展罗氏沼虾与其他水产动物的生态混养，已被证实是提高罗氏沼虾养殖综合效益的有效举措；目前已有关于罗氏沼虾-南美白对虾[3]、罗氏沼虾-中华鳖[4]、罗氏沼虾-河蟹[5]、罗氏沼虾-珍珠蚌+鱼[6]等生态混养模式的研究报道。

美国鲥鱼(*Alosa sapidissima*)，隶属于鲱形总目(*Clupeomorpha*)，鲱形目(*Clupeiformes*)，鲱科(*Clupeidae*)，西鲱属(*Alosa*)，原分布在北美洲大西洋西岸的河流和海洋中，是一种广温溯河性洄游鱼类，具有肉质细嫩鲜美，营养价值好、市场售价高等特点[7][8]。本文在河口咸淡水域环境下，探索开展了基于温棚池塘的罗氏沼虾和美洲鲥鱼混养试验，旨在为促进罗氏沼虾养殖业可持续健康发展和丰富美国鲥鱼的养殖技术提供参考。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 试验地点

本试验场地为浙江省水产技术推广总站萧山综合试验基地，位于杭州萧山围垦外六工段，交通便利；基地水质为微咸水，盐度常年稳定在0.8‰~1.5‰，水量充足。养殖试验选择薄膜钢架温棚3座，大棚池塘面积1.85亩/个，水深2.0米。大棚四周设通风口，高温季节为避免水温过高、光线过强，通风口以上部位覆盖遮阳网，遮阳网面积为池塘面积的70%左右，确保空气能充分流通，并能降低光照强度。其中1号和2号温棚为对照组，开展罗氏沼虾单养(分别命名为T1和T2)，3号温棚为试验组(T3)，开展罗氏沼虾与美国鲥鱼混养。

每个池塘配置 1.5 千瓦水车式增氧机 2 台, 1.1 千瓦底增氧机一台, 纳米曝气盘 18 只, 确保各池塘水体溶氧  $\geq 6 \text{ mg/L}$ ; 尾水全部纳入基地的尾水系统综合处理后循环使用。

## 2.2. 试验动物

罗氏沼虾苗购自浙江省湖州市某规模化罗氏沼虾苗种场, 初始规格 1.85 万尾/kg, 放养密度 4 万尾/亩, 放养时间为 4 月 26 日。美国鲟鱼苗种购自江苏省苏州市某养殖场, 初始规格为 4.3 cm, 平均体重为 0.59 g/尾, 放养密度为 6000 尾/亩。苗种要求规格整齐、游动活泼, 体质健壮, 无损伤、无疾病、无畸形。混养池塘的美国鲟鱼苗种在罗氏沼虾苗养殖 60 天后, 于 6 月 25 日放养。

## 2.3. 养殖管理

### 2.3.1. 饲料投喂

本养殖试验虾饲料使用浙江某品牌的罗氏沼虾专用配合饲料投喂, 美国鲟鱼使用某品种的大口黑鲈膨化配合饲料投喂。混养期, 每次投喂时先投喂鱼饲料, 等鲟鱼摄食完成后, 再投喂虾饲料。养殖试验初期, 鲟鱼按照少量多餐方式投喂, 每天投喂三次以上, 日投喂总量控制在鱼体重的 8% 左右。进入高温期(水温  $28^{\circ}\text{C}\sim 31^{\circ}\text{C}$ ), 改成每日投喂两次, 为避免光线过强影响摄食, 早上宜早, 傍晚宜迟, 日投喂量为鱼体重的 1.5%~2%, 投喂时间一般在 1 小时左右, 遵循“少-多-少”的原则, 投料时, 先投喂少量饲料诱鱼摄食, 待鱼集中时再多投, 而后等大部分鱼饱食后再少投。摄食期间, 尽量扩大投喂面积, 防止美国鲟鱼集中在饲料区域快速游动, 相互冲撞, 导致鳞片脱落造成鱼体受伤。

### 2.3.2. 水质管理

池塘水质管理基本参照罗氏沼虾的日常管理[9]。待美国鲟鱼苗种入池后, 需每天换注新水, 日换水量控制在池水的 20%~30%。视情况每 7~10 天泼洒生物制剂和底质改良剂, 生物制剂以芽孢杆菌、EM 菌为主, 底改用过硫酸氢钾为主, 以确保水质稳定和底质干净。池塘的溶氧和 pH 指标分别使用希玛(AR8010)便携式溶氧仪和南京特安便携式参数水质分析盒检测, 氨氮采用纳氏试剂比色法, 亚硝态氮采用磺胺试剂分光光度计比色法, 定期同时监测。

### 2.3.3. 病害防治

坚持“以防为主, 防治结合”的原则; 定期在鲟鱼饲料中添加免疫多糖、恩诺沙星等, 有效增加鱼体的免疫力, 预防细菌性疾病的发生。发现病鱼及时打捞处理, 防止传染。试验期间没有大规模病害爆发。

### 2.3.4. 锻网和起捕分养

美国鲟鱼培育至 70~80 g 时需起捕分养。起捕前一星期需先进行锻网操作。本试验共进行锻网 3 次, 每次间隔一天。为防止鲟鱼起捕擦伤, 网具要求为专门定制的涤纶软网。锻网前需提前泼洒 Vc 或姜液等抗应激产品, 以减少鲟鱼应激。第一次锻网鱼群在网内的范围尽量大, 锻网时间要短, 控制在网内 3 分钟左右, 即将鱼群放回池塘; 第二次和第三次的锻网可逐步缩小鱼群在网内的范围, 锻网时间为 10 分钟左右, 锻网时要开启增氧机, 预防缺氧。美国鲟鱼在分养到外塘养殖前, 需停食 24 小时以上, 确保鱼肠胃处在排空状态。鲟鱼鳞片比较细, 容易脱落, 在分养的过程中需全程带水操作, 运输时对鱼体进行 5‰ 的盐度浸泡。待美国鲟鱼起捕分养之后 15 天, 使用底部拖网对罗氏沼虾进行清塘捕捞。根据养殖实际情况, 本试验的混养期持续了 135 天, 罗氏沼虾的养殖期总计为 210 天。

## 2.4. 指标测算

养殖期间每月进行抽样检测, 试验结束时进行测产。相关指标与计算公式如下[10]:

- ① 存活率(SR, %) =  $100 \times (\text{结束时试验鱼数量} / \text{初始时试验鱼数量})$ ;
- ② 特定生长率(SGR, %/day) =  $100 \times [\text{Ln 末均重(g)} - \text{Ln 初均重(g)}] / \text{投喂天数(day)}$ ;
- ③ 总增重量( $\Delta W$ , kg) = 结束时试验鱼总重量(kg) - 初始时试验鱼总重量(kg);
- ④ 饲料系数(FCR) =  $100 \times \text{饲料摄入量(g)} / (\text{末体重 g} - \text{初体重 g})$ 。

### 3. 结果

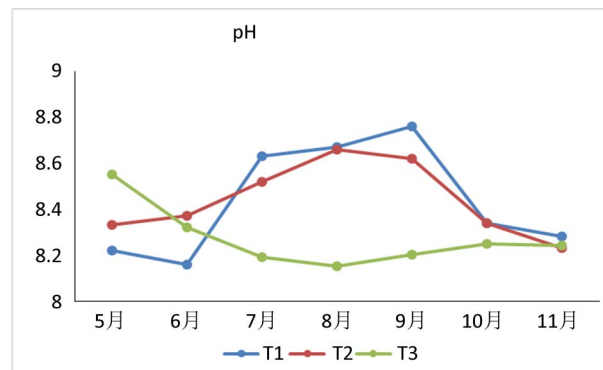
表 1 所示为两种不同养殖模式对温棚池塘生产性能的影响。单养模式下罗氏沼虾存活率(T1 和 T2 对照塘)分别为 58.1% 和 56.8%，平均值为 57.5%，而混养模式下罗氏沼虾的存活率为 60.0%，增加了 4.3%。T1 和 T2 对照塘的罗氏沼虾起捕平均规格分别为 20.52 g/尾和 20.08 g/尾，平均值为 20.30 g/尾；而混养模式下，T3 试验塘的罗氏沼虾起捕规格达到 23.81 g/尾，比单养模式平均规格增加 17.3%。罗氏沼虾特定生长率最高值出现在 T3 组，为 2.94%/天；饲料系数则以 T3 试验塘最低，为 2.23。测算亩均产量，混养模式下罗氏沼虾亩产 571.3 kg，相比于单养模式下罗氏沼虾的平均产量 466.8 kg/亩，提高 22.4%，增产效果明显。

此外，混养模式下培育成的美国鲈鱼鱼种规格为 70.13 g/尾，存活率达到 95.5%，特定生长率为 3.54%/天，饲料系数为 1.23，亩均产量 399.2 kg (表 1)。T3 试验塘总计产出水产品 970.5 kg/亩，相比于罗氏沼虾单养池塘，单位水体水产品总产出增加 107.9%。

**Table 1.** The effects of different aquaculture models on production of the ponds

**表 1.** 不同养殖模式对池塘生产性能的影响

指标	单养模式			混养模式	
	罗氏沼虾(T1)	罗氏沼虾(T2)	平均值	罗氏沼虾(T3)	美国鲈鱼(T3)
初始规格(IBW, g/尾)	0.05	0.05	/	0.05	0.59
起捕规格(FBW, g/尾)	20.52	20.08	20.30	23.81	70.13
存活率(SR, %)	58.1	56.8	57.5	60.0	95.5
特定生长率(SGR, %/day)	2.87	2.85	/	2.94	3.54
总增重量( $\Delta W$ , kg)	878.5	840.5	859.5	1053.4	735.0
投喂量(FI, kg)	2260	2180	/	2357	900
饲料系数(FCR)	2.56	2.58	2.57	2.23	1.23
亩产量(kg/亩)	477.0	456.5	466.8	571.3	399.2



**Figure 1.** Changes in pH in there experimental ponds

**图 1.** 三个养殖池塘 pH 变化图

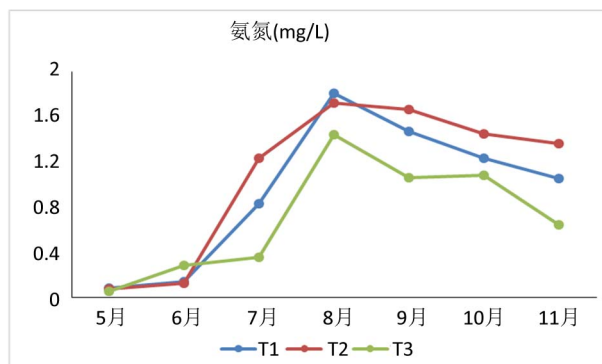


Figure 2. Changes in ammonia nitrogen in there experimental ponds

图 2. 三个养殖池塘氨氮变化图

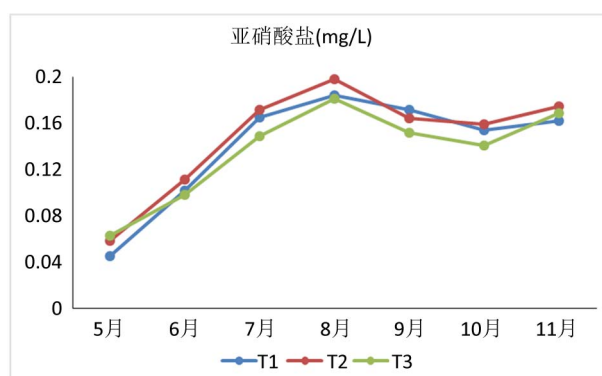


Figure 3. Changes in nitrite nitrogen in there experimental ponds

图 3. 三个养殖池塘亚硝酸盐变化图

图 1~3 所示为养殖期间, 3 个池塘水体的 pH、氨氮和亚硝酸盐的变化趋势图。试验期间, 3 个池塘的 pH 在 8.15~8.76 之间; 其中 T3 试验塘 pH 在 8.15~8.55 之间, 在 7 月~10 月数值均低于单养模式的 T1 和 T2 对照塘(图 1)。三个池塘水体氨氮含量在养殖期间变化趋势基本一致, 均呈现先快速升高后平缓下降的变化, 变化范围为 0.05 mg~1.81 mg/L, 且均在 8 月份达到峰值; T3 试验塘水体氨氮含量在 7 月~11 月均低于两个对照塘的氨氮含量(图 2)。三个池塘水体的亚硝酸含量在 0.045 mg~0.198 mg/L 范围内波动, 均呈现先上升后下降再上升的变化趋势; T3 试验塘水体亚硝酸含量在 7 月~10 月均低于两个对照塘的亚硝酸含量(图 3)。

不同养殖模式对池塘养殖的经济效益影响如表 2 所示。因美国鲟鱼未养至商品规格, 暂用目前该规格鱼种的售价进行估算。单养模式下罗氏沼虾的产出投入比分别为 1.17 (T1)和 1.14 (T2), 而混养模式下的罗氏沼虾投入产出比则为 1.53 (T3)。罗氏沼虾养殖的亩均利润最高值同样出现在混养池塘, 为 0.86 万元, 比单养罗氏沼虾的亩均利润分别提高了 0.63 万元和 0.70 万元(表 2)。另外, 美国鲟鱼产出投入比为 1.60, 亩均利润(估算值)为 6.74 万元。

Table 2. The effects of different aquaculture models on economic benefit of the ponds

表 2. 不同养殖模式对温棚养殖效益的影响

指标	单养模式		混养模式	
	罗氏沼虾(T1)	罗氏沼虾(T2)	罗氏沼虾(T3)	美国鲟鱼(T3)



## Continued

苗种费(万元)	0.30	0.30	0.30	4.40
饲料成本(万元)	1.81	1.74	1.89	1.08
电费(万元)	0.60	0.60	0.40	0.40
人工费(万元)	0.50	0.50	0.50	0.50
试剂费(万元)	0.05	0.05	0.10	0.10
折旧费(万元)	0.50	0.50	0.25	0.25
总成本(万元)	3.76	3.69	3.44	6.73
亩均成本(万元)	2.03	1.99	1.86	3.64
售价(元/kg)	50	50	50	260.0(估)
亩均产值(万元)	2.39	2.28	2.85	10.38(估)
产出投入比	1.17	1.14	1.53	1.60
亩均利润(万元)	0.36	0.29	0.99	6.74

#### 4. 讨论

通常在池塘混养模式的品种搭配中,不同养殖品种需具有不同的摄食特性和生存区域。本养殖试验发现罗氏沼虾与美国鲢鱼在混养过程下,呈现出一个良好的共生互促状态,生产效益比罗氏沼虾单养模式显著提升。美国鲢鱼是一种滤食性鱼类,自然环境下以浮游生物特别是浮游动物为主,有时也吃小鱼虾和藻类等[11];美国鲢鱼喜在水体中不停游动,投喂时则游至到水体表层摄食膨化饲料。而罗氏沼虾喜欢在底部活动与摄食,也会摄食美国鲢鱼在抢食过程中掉落到水体底层的饲料,从而减少了饲料的浪费,减轻了残饵在池底的积累。同时,鱼类的运动对于加快促进底泥有机物质的氧化、无机盐的释放,对于改善水质,切断病害传播途径,增加水体中溶氧和浮游生物含量也有积极的作用[6] [12]。这也可能是本试验中混养池塘的罗氏沼虾饲料系数相对较低,存活率相对较高的原因之一。

在设施化高密度养殖的水体中,过剩的饲料和鱼虾的代谢废物均为含氮有机物[13]。经微生物异养菌的氨化作用,含氮有机物先转为氨氮(包括离子态氨和非离子态氨);在溶氧充足条件下,氨氮在水体中经硝化反应氧化为亚硝酸盐和硝酸盐;同时,氨氮与高 pH 有互相加强的作用。其中离子铵和硝酸盐可作为营养盐被浮游植物吸收利用,而非离子氨和亚硝酸盐会影响摄食率和饲料利用率,生长速度减缓,甚至会削弱虾的呼吸机能,降低血蓝蛋白的携氧能力,使虾缺氧甚至窒息死亡[9] [14]。本试验中加强了对混养模式下池塘的换水频率和换水量,高温期的水体氨氮和亚硝酸盐含量均比单养池塘下降,还有助于加快罗氏沼虾蜕壳频率和生长速度[15];相比于单养模式的对照塘,本混养模式下罗氏沼虾的起捕平均规格有所增加,亩均产量和亩均效益更是有显著提升。需要说明的是,本试验中罗氏沼虾由于养殖周期长,中途没有进行捕大留小的操作,饲料系数的数值整体上相比于已有报道(1.36~1.76)要高[6] [16];在今后的混养过程中,需及时将混养的美国鲢鱼进行分养,适当缩短罗氏沼虾的投喂周期,进一步提高养殖效益。此外,本试验测得美国鲢鱼的特定生长率为 3.54%/day,要高于已有的工厂化养殖试验的美国鲢鱼特定生长率结果 1.30%/day [17];也高于未遮阴池塘养殖美国鲢鱼的特定生长率 2.98%~3.01%/day,而与遮阴池塘的结果 3.71%/day 相近[8];表明在目前的养殖环境和模式下,美国鲢鱼表现出了较好的生长性能。

#### 5. 结论

本试验表明通过温棚池塘养殖系统开展罗氏沼虾和美国鲢鱼混养模式的可行性。该模式对于提高罗

氏沼虾养殖效益具有积极的作用,同时也成功实现了美国鲥鱼苗种到幼鱼期的培育。本试验结果为丰富罗氏沼虾和美国鲥鱼的健康养殖技术,促进养殖业的提质增效提供参考。

## 基金项目

浙江省农业农村厅“三农六方”科技协作项目-鲥鱼咸淡水养殖技术开发与示范、浙江省水产产业技术创新与推广服务团队、浙江省“现代农业-生态渔业技术创新推广与病害防控”专项支持。

## 参考文献

- [1] 陈雪峰,王春琳,顾志敏,等.罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)卵巢发育不同时期转录组分析[J].海洋与湖沼,2019,50(2):398-408.
- [2] 周俊名,戴习林,蒋飞,等.池养罗氏沼虾生长缓慢原因初步分析[J].上海海洋大学学报,2017,26(6):855-861.
- [3] 陆珠润,王琼毓,陆文燕,贝亦江,陈明方,周凡.“南美白对虾+罗氏沼虾+鳊鲌”混养模式研究[J].安徽农业科学,2019,47(14):88-90.
- [4] 徐培品,谢俊刚,翁如柏.罗氏沼虾与中华鳖生态混养技术[J].海洋与渔业,2017(4):51-53.
- [5] 叶金明,孙桂尧,董学洪,等.罗氏沼虾与河蟹混养技术[J].水产养殖,2013(3):34-35.
- [6] 刘其根,杨洋,唐永涛,等.罗氏沼虾与三角帆蚌、鲢和鳊混养模式优化[J].水产学报,2014,38(11):1855-1863.
- [7] Hasselman, D.J., Bentzen, P., Narum, S.R., et al. (2018) Formation of Population Genetic Structure Following the Introduction and Establishment of Non-Native American Shad (*Alosa sapidissima*) along the Pacific Coast of North America. *Biological Invasions*, **20**, 3123-3143. <https://doi.org/10.1007/s10530-018-1763-7>
- [8] 施永海,徐嘉波,刘永士,等.敞口池塘和遮荫池塘养殖美洲鲥当年鱼种的生长规律和差异[J].上海海洋大学学报,2019,28(2):161-170.
- [9] 郑善坚,李明,沈铭浩,等.罗氏沼虾温棚水质调控试验[J].科学养鱼,2019(7):26-27.
- [10] 李会涛,陈京华,刘宝良,等.工厂化流水养殖条件下大菱鲆幼鱼的适宜投喂率研究[J].水产研究,2019,6(3):131-134.
- [11] 黄顺良,熊付益,马水龙,等.美国鲥鱼苗种生产技术[J].中国水产,2004(11):47-48.
- [12] Milstein, A. and Svirsky, F. (1996) Effect of Fish Species Combinations on Water Chemistry and Plankton Composition in Earthen Fish Ponds. *Aquaculture Research*, **27**, 79-90. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.1996.tb00970.x>
- [13] 王树庆,范维江,张红平,等.亚硝酸盐对鱼类生长的影响[J].水产研究,2017,4(2):39-43.
- [14] 朱其建,鞠波,戴习林.硝态氮对罗氏沼虾存活率、生长及能量代谢的影响[J].水产科技情报,2019,46(1):14-18.
- [15] 辛建美,李倩,周志明,等.罗氏沼虾育苗系统中生物滤池对水质的净化作用[J].环境科学,2014(5):850-854.
- [16] 程海华,郭建林,顾志敏,等.混养鲫鱼对罗氏沼虾种虾培育效果的影响[J].水产科学,2019,38(3):416-419.
- [17] 李林,金庭海,韩立忠,等.美国鲥鱼工厂化养殖试验[J].渔业致富指南,2017(2):49-50.