

北方刺参池塘混养中间球海胆的研究

海航瑜¹, 林威港², 李子骥¹, 汪成梁³, 马得友^{1*}

¹大连海洋大学水产与生命学院, 农业农村部北方海水增养殖重点实验室, 辽宁 大连

²上海市水产研究所, 上海

³广东汉渔生态科技有限公司, 广东 广州

收稿日期: 2025年2月13日; 录用日期: 2025年3月5日; 发布日期: 2025年3月13日

摘要

为提高北方刺参(*Apostichopus japonicus*)池塘的经济效益, 我们开展了刺参池塘套养中间球海胆(*Strongylocentrotus intermedius*)的试验, 试验设置养殖密度梯度, 并投放大型藻类。结果表明, 每公顷投放40万枚规格为~2.1 cm胆苗的生态混养效果最优, 此密度下海胆的存活率达90%以上, 壳径、湿体重分别达到3.65 cm、13.0 g。由此可知, 与传统养殖相比, 秋季北方刺参池塘混养中间球海胆能够显著降低饲料和人工控藻的成本投入, 明显提升刺参养殖池塘的经济效益和生态价值。

关键词

刺参, 中间球海胆, 池塘养殖, 生态混养

Research on the Mixed Culture of Northern *Apostichopus japonicus* and *Strongylocentrotus intermedius* in Ponds

Hangyu Hai¹, Weigang Lin², Ziji Li¹, Chengliang Wang³, Deyou Ma^{1*}

¹Key Laboratory of Northern Mariculture, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, College of Fisheries and Life Science, Dalian Ocean University, Dalian Liaoning

²Shanghai Fisheries Research Institute, Shanghai

³Guangdong Hanyu Ecological Technology Co., Ltd., Guangzhou Guangdong

Received: Feb. 13th, 2025; accepted: Mar. 5th, 2025; published: Mar. 13th, 2025

Abstract

In order to improve the economic benefits of *Apostichopus japonicus* ponds in the north, we

*通讯作者。

文章引用: 海航瑜, 林威港, 李子骥, 汪成梁, 马得友. 北方刺参池塘混养中间球海胆的研究[J]. 海洋科学前沿, 2025, 12(1): 70-75. DOI: 10.12677/ams.2025.121008

conducted an experiment of intercropping *Strongylocentrotus intermedius* with sea urchins in the sea cucumber ponds. The experiment set up a breeding density gradient and introduced large algae. The results showed that the ecological intercropping effect was optimal when 400,000 gallbladder seedlings with a size of ~2.1 cm were planted per hectare. At this density, the survival rate of sea urchins reached over 90%, and the shell diameter and wet weight reached 3.65 cm and 13.0 g, respectively. From this, it can be seen that compared with traditional aquaculture, the mixed cultivation of intermediate sea urchins in northern sea cucumber ponds in autumn can significantly reduce the cost of feed and artificial algae control, and significantly improve the economic benefits and ecological value of sea cucumber aquaculture ponds.

Keywords

Apostichopus japonicus, *Strongylocentrotus intermedius*, Pond Culture, Ecological Mixed Breeding

Copyright © 2025 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

中间球海胆(*Strongylocentrotus intermedius*)是海胆纲中食用价值最高的种类,具有营养丰富、性腺色泽好、口感佳等优势,消费需求旺盛[1]。自引种以来,已成为我国最重要的经济海胆[2]。中间球海胆喜食石莼、裙带菜等大型藻类,能够在-2℃~25℃水温下生活,15℃以下进食活跃,20℃以上则食欲降低[2]。我国海胆的养殖以工厂化、筏式、底播为主[3]。相对于单品种养殖,多营养级养殖模式具有成本降低、资源利用率和经济效益提高等优点[4]。近年来,科研人员开展了海胆与刺参等其他生物混养[5][6],取得了良好的效果。

刺参(*Apostichopus japonicus*)为药食同源的滋补佳品,营养价值高[7]。刺参养殖是中国海水养殖产业的重要部分[8]。刺参属于沉积食性动物,主要以栖息地沉积物中有机碎屑、底栖硅藻、细菌等为营养[9][10]。该品种的生态位及习性决定其适合同其他生物混养。池塘是养殖刺参的主要水体,许多混养研究在其中实施。在夏季参塘中套养对虾,既不会对刺参造成大的影响,还可以改善塘底环境,收获附加产品[11][12]。在刺参夏眠期,利用池塘上层水体阶段性轮养海蜇,不仅能大幅增加出塘产量,而且能增加水体中沉降物质通量,为底层的刺参提供营养物质,利于其机能恢复[13]。在4~11月进行刺参-海蜇-对虾复合养殖,可以实现池塘养殖空间的充分利用,优化了塘底刺参的营养源,提高了单位水体渔业产出[14]。

辽宁、河北、山东沿海是优质刺参的主产地,这些区域普遍在纳潮型和围堰型池塘养殖刺参。早春、秋天参塘中石莼、刚毛藻等大型藻类(俗称青苔)经常性爆发[5]。此竞争性抑制了底栖微藻的生长繁殖,造成塘底环境恶化,刺参食物减少,生物活动空间被压缩,甚至导致其死亡[5]。因此,这两种养殖模式都迫切需要搭配对青苔有良好摄食能力的冷水性物种。作为新兴的增养殖品种,中间球海胆被选为北方参塘的混养对象,科研人员分别投放了壳径~1 cm [5]和≥3.5 cm [6]的苗种用于低温期(≤25℃)池塘中石莼、刚毛藻、浒苔的生物防控,在经济上和生态上都取得了良好的效益。本研究选择~2.2 cm 规格的胆苗,设置套养密度,旨在查明不同密度下中间球海胆的成活率、增长率以及转化参塘水体中天然饵料的利用情况,对比不同模式下刺参的增重情况,填充中规格中间球海胆池塘苗种培育的技术参数,丰富刺参池塘生态增效养殖技术。

2. 材料与方法

2.1. 养殖池塘

实验设置在大连庄河市大郑镇黄咕咀村纳潮型刺参养殖池塘进行,池塘长 190 m、宽 85 m、水深 1.5~2 m。

2.2. 刺参与中间球海胆投放规格

2.2.1. 刺参苗种

刺参规格为 600 头/kg, 活力好、规格均一、雌雄不可辨。

2.2.2. 中间球海胆苗种

胆规格为壳径 2.19 ± 0.15 cm, 购买于大连市旅顺口区大连海宝渔业有限公司, 体表完整、摄食能力强、活泼健康、雌雄不可辨。

2.3. 刺参与中间球海胆苗种的投放时间和密度

2.3.1. 刺参的投放时间和密度

春季当水温在 16°C 左右时, 按照 230 kg/hm^2 的密度, 投放刺参幼苗至养殖池塘, 投放当天避免极端天气, 防止刺参投放过程中发生应激损伤。

2.3.2. 中间球的投放时间和密度

秋季, 当水温在 $10^{\circ}\text{C}\sim 18^{\circ}\text{C}$ 时, 向刺参池塘投放中间球海胆, 设置低、中、高三个养殖密度, 分别以每公顷 20 万枚、40 万枚、60 万枚胆苗与刺参混养, 对照组为单养, 投放当日天气要求同上。

2.4. 试验设计与日常管理

刺参苗入塘后, 不投喂配方饵料, 以塘底有机质为食。胆苗入塘后, 需要监测并统计刺参池塘中石莼、刚毛藻、浒苔等大型藻类的数量, 计算出中间球海胆在刺参池塘的摄食量; 当中间球海胆的摄食量超过大型藻类的数量时, 向池塘中投放大型藻类, 避免中间球海胆摄食不足; 中间球海胆的颗粒状排泄物可以为刺参提供丰富的有机碎屑, 无需为刺参投放其他饵料。监测水温、盐度、溶解氧、pH 等其他养殖条件, 确保其数值均在生态阈值范围内。

2.5. 采收

次年在水温上升到 24°C 前, 采收中间球海胆, 并将壳径未达到商品规格(壳径 45 mm)的中间球海胆转移至海区进行筏式养殖。每年春秋两季, 采捕达到商品规格的刺参。

3. 结果

通过统计阶段性套养中间球海胆幼苗存活率、生长情况后发现, 在零投饵、零用药的基础上, 三种密度套养都能够收获活力好的海胆, 明显节省饵料投入费用、人工捞除大型藻类费用等。

综合海胆存活率以及生长情况来看, 按照每公顷 40 万枚的密度投放胆苗, 可以获得极佳的经济、生态效益(见表 1)。该密度下, 海胆成活率高达 $90.3\% \pm 0.42\%$, 略低于 20 万枚低密度养殖组($94.45\% \pm 3.18\%$)的成活率, 远超高密度养殖后 78.7% 的存活率。生长方面, 此密度下采收后测得海胆壳径、湿重分别为 3.65 ± 0.22 cm、 13.02 ± 2.42 g (见图 1)。壳体增长率接近低密度组(3.82 ± 0.24 cm、 17.29 ± 3.29 g)的增长率, 比高密度养殖的个体重 8% 以上(3.56 ± 0.26 cm、 12.05 ± 2.65 g)。每 0.067 hm^2 海水池塘投放 300 头规

格为 12 kg 的刺参，秋季套养 2 cm 左右的海胆 26,700 枚，每 0.067 hm² 可以收获刺参 173 kg，中间球海胆 313 kg，海胆成活率达 90% 以上，壳径达到 3.6 cm，每 0.067 hm² 经济收入至少增加 10,000 元，转化孔石莼等自然生产力 846 kg，显著提高了海水刺参养殖池塘的经济效益和生态价值。

Table 1. Survival and growth statistics of *Strongylocentrotus intermedius* under different aquaculture densities

表 1. 不同养殖密度下中间球海胆的存活与生长统计情况

养殖密度枚/hm ²	存活率/%	壳径长/cm	壳径增长率/%	湿体重/g
20 万	94.45 ± 3.18	3.82 ± 0.24	74.42	17.29 ± 3.29
40 万	90.3 ± 0.42	3.65 ± 0.22	66.66	13.02 ± 2.42
60 万	78.7 ± 0.28	3.56 ± 0.26	62.55	12.05 ± 2.65



Figure 1. Stocking size (left) and harvested shell diameter (right) of *Strongylocentrotus intermedius* co-cultured in *Apostichopus japonicus* ponds

图 1. 混养在刺参池塘的中间球海胆投放规格(左)和采收时的壳径(右)

4. 讨论

在基于生态学原理的多营养层次综合养殖模式中[15]，不同营养级的物种按照适当的比例进行混合养殖，可以实现系统资源的充分利用和转化[16]，相较于传统单一养殖，能够实现生态和经济效益双丰收。

以往，春秋季节刺参池塘中的天然大型藻类等营养得不到有效利用，反而会造成水质降低、刺参食物短缺的危害。人工或药物处理既带来环境风险又增加养殖成本，池塘养殖刺参的模式亟待升级。胡伦超[17]通过模拟池塘盐度、水温变化实验，发现中间球海胆具有良好的存活、摄食表现，可以在每年的 10 月到来年 5 月期间适养于辽宁、河北、山东的海水池塘中。

出于市场需求，中间球海胆苗经“温室”培育后，投入近海中以浮筏吊笼的方式养成销售。在春夏交替时的低温期，高传染性、致死率的黑嘴病频繁暴发，已严重制约了中间球海胆的养殖[18]。本研究数据显示，中、低密度下，池塘养殖海胆幼苗的存活率都在九成以上，表现出良好的胆苗中间培育效果，这为我国中间球海胆养殖业的健康发展提供重要的借鉴和参考。

研究表明，光棘球海胆(*Strongylocentrotus nudus*)、紫海胆(*Anthocidaris crassispina*)分别与其他生物的混养，可以很好地防治污损生物，明显地提升养殖效益，降低生产成本[19][20]。中间球海胆混养在刺参池塘，不仅可以优化养殖塘的底质和水质[21]，提高胆苗的存活率，还可以起到一定促熟刺参的作用[22]。更有趣的是，海胆摄食大型藻类后排泄的有机碎屑是刺参适合和主动选择的食物，在低水温下能够增强

其消化能力和酶活性,有益于刺参的生长和抗逆能力的提高,优化了物质循环和能量流动,有效解决冬季部分刺参不摄食、摄食量低的问题[23],两者之间也存在行为互作,二者可通过藻类摄食和警报信号调节种间关系[24]。海参可以转化海胆粪便中 54%的有机物[25],促进了池塘养殖系统的能量流动和物质循环。

5. 结论

本研究明确了 40 万枚/hm² 是刺参池塘套养中间球海胆的最佳密度。该养殖密度下,可以较好地规避种内竞争导致的胆苗死亡率明显升高,这与海胆特定生长率及增重率均随混养比例降低而递增相一致[26]。该模式不仅显著提高了海胆的成活率(超过 90%),并实现了较好的壳径和湿重增长(壳径达 3.65 cm,湿重达 13.0 g),相比于单养,与海胆混养既增益了刺参池塘的经济产出,也大幅减少了饵料、除草等投入,还为胆苗的生态养殖拓展空间以及参胆养殖系统养殖容量的确定提供了数据参考,对经济棘皮动物健康养殖与可持续发展具有积极作用。

未来研究建议进一步从生态互作机制层面分析海胆与刺参的共生关系及其对池塘生态系统的影响,以明确物质循环与能量流动路径,提升混养模式的理论深度和实际推广价值。

基金项目

辽宁省教育厅科研计划(JYTMS20230476)。

参考文献

- [1] Han, Y., Sun, Z., Chang, S., Wen, B., Song, J., Zuo, R., et al. (2021) Application of SNP in Genetic Sex Identification and Effect of Estradiol on Gene Expression of Sex-Related Genes in *Strongylocentrotus Intermedius*. *Frontiers in Endocrinology*, **12**, Article 756530. <https://doi.org/10.3389/fendo.2021.756530>
- [2] 刘鹏, 王文配, 金鑫, 等. 中间球海胆人工养殖及增殖技术[J]. 科学养鱼, 2023(6): 66-68.
- [3] 常亚青, 赵冲, 胡方圆, 等. 福建沿海试养中间球海胆的初步研究[J]. 南方水产科学, 2020, 16(3): 1-9.
- [4] 吴洪喜, 丁理法, 金朋, 等. 海水池塘多营养级循环水养殖试验[J]. 中国水产, 2021(9): 64-67.
- [5] 侯仕营, 董华伟, 谭林涛, 等. 刺参池塘青苔生物综合防控技术[J]. 科学养鱼, 2017(1): 50-51.
- [6] 宋坚, 常亚青, 张伟杰, 等. 可避免大型藻类泛滥的刺参池塘分段式混养方法[P]. 中国专利. CN201510875792.1. 2019-01-22.
- [7] Lu, C., Wang, X., Ma, J., Wang, M., Liu, W., Wang, G., et al. (2023) Chemical Substances and Their Activities in Sea Cucumber *apostichopus Japonicus*: A Review. *Archiv der Pharmazie*, **357**, e2300427. <https://doi.org/10.1002/ardp.202300427>
- [8] 李成林, 胡炜. 我国刺参产业发展状况、趋势与对策建议[J]. 中国海洋经济, 2017(1): 3-20.
- [9] Ma, B., Liu, Y., Pan, W., Li, Z., Ren, C., Hu, C., et al. (2022) Integrative Application of Transcriptomics and Metabolomics Provides Insights into Unsynchronized Growth in Sea Cucumber (*Stichopus monotuberculatus*). *International Journal of Molecular Sciences*, **23**, Article 15478. <https://doi.org/10.3390/ijms232415478>
- [10] Gao, Q., Wang, Y., Dong, S., Sun, Z. and Wang, F. (2011) Absorption of Different Food Sources by Sea Cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) (*Echinodermata*: *Holothuroidea*): Evidence from Carbon Stable Isotope. *Aquaculture*, **319**, 272-276. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.06.051>
- [11] 卞宏娣. 刺参的习性及其与参虾混养[J]. 齐鲁渔业, 2003, 20(6): 8.
- [12] 曲晓, 张芬. 虾塘混养刺参技术浅析[J]. 科学养鱼, 2002(6): 18.
- [13] Ren, Y., Dong, S., Wang, X., Gao, Q. and Jiang, S. (2012) Beneficial Co-Culture of Jellyfish *Rhopilema esculenta* (Kishinouye) and Sea Cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka): Implications for Pelagic-Benthic Coupling. *Aquaculture Research*, **45**, 177-187. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03225.x>
- [14] 王永香, 任貽超, 王立萍, 等. 刺参-海蜇-对虾复合养殖系统颗粒物沉降通量研究[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版), 2016, 33(3): 219-223.
- [15] Troell, M., Joyce, A., Chopin, T., Neori, A., Buschmann, A.H. and Fang, J. (2009) Ecological Engineering in Aquaculture—Potential for Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) in Marine Offshore Systems. *Aquaculture*, **297**, 1-9.

- <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.09.010>
- [16] Chopin, T., Buschmann, A.H., Halling, C., Troell, M., Kautsky, N., Neori, A., *et al.* (2001) Integrating Seaweeds into Marine Aquaculture Systems: A Key toward Sustainability. *Journal of Phycology*, **37**, 975-986.
<https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.2001.01137.x>
- [17] 胡伦超. 刺参养殖池塘混养新品种的相关基础研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连海洋大学, 2016.
- [18] 刘岩松, 张伟杰, 王中, 等. 中间球海胆黑嘴病病原菌的分离与鉴定[J]. 大连海洋大学学报, 2022, 37(5): 793-801.
- [19] 王琦, 孔泳滔, 程振明, 等. 皱纹盘鲍与光棘球海胆筏式混养研究[J]. 水产科学, 2000, 19(3): 15-18.
- [20] 叶孝飞, 陆慧琳, 曾靖, 等. 马氏珠母贝混养紫海胆对污损生物防除效果的研究[J]. 水产科技情报, 2022, 49(4): 181-186.
- [21] 王吉桥, 程鑫, 杨义, 等. 不同密度的虾夷马粪海胆与仿刺参混养的研究[J]. 大连水产学院学报, 2007, 22(2): 102-108.
- [22] 王丽梅, 王笑月. 海参与海胆混养的对比试验[J]. 齐鲁渔业, 2007, 24(3): 6-7.
- [23] 喻雨诗. 海胆粪便提高刺参摄食、消化、生长和抗逆的研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连海洋大学, 2024.
- [24] 孙江南. 刺参和中间球海胆行为互作及适宜养殖区域研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连海洋大学, 2022.
- [25] Grosso, L., Rakaj, A., Fianchini, A., Morroni, L., Cataudella, S. and Scardi, M. (2021) Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) System Combining the Sea Urchin *Paracentrotus Lividus*, as Primary Species, and the Sea Cucumber *Holothuria Tubulosa* as Extractive Species. *Aquaculture*, **534**, Article 736268.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736268>
- [26] 时嘉赓. 马粪海胆与刺参池塘混养的生理基础研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海海洋大学, 2019.