

# 集优性状杂交刺参的健康生态养殖和示范推广

孙灵毅<sup>1</sup>, 赵强<sup>1</sup>, 徐惠章<sup>1</sup>, 王田田<sup>1</sup>, 任利华<sup>2</sup>, 曲海波<sup>1</sup>

(1. 烟台市海洋经济研究院 烟台 264003; 2. 山东省海洋资源与环境研究院 烟台 264006)

**摘要:**为提高我国刺参的健康生态养殖水平,文章分析韩国红刺参与中国刺参的杂交,通过优势性状的定向选择育种,获得具有集优性状的刺参新品系,兼具韩国红刺参和中国刺参的品质优势,充分发挥韩国红刺参耐高温、夏眠时间短、生长速度快和体壁厚实等优点。养殖实验和研究结果表明:刺参杂交组比刺参对照组的生长速度提高超过 25%,成活率提高超过 24%;温度和盐度对杂交刺参稚参生长发育的影响显著,稚参阶段的最适温度为 20℃~25℃,最适盐度为 28~30;刺参杂交组的夏眠时间延迟,内脏未完全消退。根据基础研究结果,应进一步熟化技术,以企业为载体,开展控温室内育苗工作。

**关键词:**刺参;遗传多样性;杂交;微卫星;生态养殖

中图分类号:S967 文献标志码:A 文章编号:1005-9857(2020)02-0078-05

## Hybrid Propagation Test and Demonstration of New Prime Characters between Korea Population and China Population of Sea Cucumber *Apostichopus japonicus*

SUN Lingyi<sup>1</sup>, ZHAO Qiang<sup>1</sup>, XU Huizhang<sup>1</sup>, WANG Tiantian<sup>1</sup>, REN Lihua<sup>2</sup>, QU Haibo<sup>1</sup>

(1. Yantai Marine Economic Research Institute, Yantai 264003, China;  
2. Shandong Marine Resource and Environment Research Institute, Yantai 264006, China)

**Abstract:** In order to improve the level of healthy and ecological breeding of sea cucumber in China, this paper analyzed the hybridization of Korean sea cucumber and Chinese sea cucumber, to obtain a new line of sea cucumber with superior traits, by the selective selection of dominant traits, which has both advantages of Korean sea cucumber and China sea cucumbers, with full play of the advantages of Korean red sea cucumbers, such as high temperature resistance, short aestivation time, fast growth rate and thick body wall. The experimental study of China's transformation culture found that the growth rate of hybrid was over 25% higher than that of control group, and the survival rate was over 24%. Temperature and salinity had significant effects on the growth and development of hybrid, and the optimum temperature was 20℃—25℃, and the optimum sa-

收稿日期:2019-07-26;修订日期:2020-02-08  
基金项目:山东省科技发展计划项目(2010GHY10519);山东省农业科技成果转化资金项目(SDNY201304).  
作者简介:孙灵毅,研究员,研究方向为遗传育种

linity was 28—30. The aestivation time of the sea cucumber hybrid group was delayed, and the internal organs did not completely disappear. According to the results of basic research, the technology should be further matured and the work of controlling seedlings in greenhouse should be carried out with enterprises as carriers.

**Key words:** Sea cucumber, Genetic diversity, Hybridization, Microsatellite, Ecological culture

## 0 引言

刺参(*Apostichopus japonicus*)具有较高的营养保健和药用价值,是我国重要的海洋经济动物之一<sup>[1-2]</sup>。刺参有多个不同的地理种群,本研究主要以韩国种群为研究对象。该种群取自韩国济州岛,其生活水温偏高,夏眠时间短,生长速度快,体色鲜艳,具有一定的耐高温特质,俗称“韩国红刺参”。将韩国红刺参与中国刺参进行种内杂交,选择获得具有杂交优势的新品系,可提高杂交苗种的孵化率、成活率和生长率,增强其抗病抗逆性,从而保证刺参杂交苗种的大规模生产和推广。

育种和分子生物学等技术在改良水产动物品种和预防种质退化等方面发挥巨大作用<sup>[3]</sup>。优良性状的杂交优势在鲤、鲫和罗非鱼等鱼类<sup>[4-6]</sup>,中国对虾和三疣梭子蟹等甲壳类<sup>[7-9]</sup>以及海湾扇贝和皱纹盘鲍等贝类<sup>[10-12]</sup>中均有较广泛的应用。在此基础上,胡美燕等<sup>[13]</sup>和孙秀俊等<sup>[14]</sup>通过观察上述杂交优势组合的杂交子代胚胎发育,并对比幼参培育期间杂交稚参和自交稚参的生长和成活情况,提出高温条件下杂交苗种较自交苗种具有明显的生长优势。因此,采用传统生物育种技术,借鉴农业和畜牧业品种改良和杂交育种的成功经验和技能,筛选异地优质健康野生参种,研究刺参良种培育技术,是当前刺参养殖科研工作的重中之重。

## 1 实验布局

### 1.1 实验地点

分别在烟台辰宇水产有限公司、烟台市水产研究所牟平基地和威海市乳山邢春海基地开展实验。挑选辰宇公司室内人工培育的稚参(1 000只/500 g),于2017年7月26日投放到牟平基地的池塘,每个网箱的投放密度为500 g/16 m<sup>2</sup>,池塘水深保持在2~3 m。选取同一批次的室内人工培育苗种移入邢春海基地进行围网养殖实验。余下的苗种在室

内继续养殖,开展杂交苗种优势组合与对照组刺参养殖生长情况的比较。

#### 1.1.1 池塘条件改造

牟平基地的池塘东西向长度为45 m,南北向宽度为80 m,深度为3 m,面积约为2.2万m<sup>2</sup>。池塘中的网箱由南向北依次排列,北侧为进水口,东侧为排水渠,均可自流水进、排水。培育器材即浮动网箱的长度和宽度均为4 m,深度掌握在池水最低水位时箱底不触底为宜。网箱壁前期使用30目,中期使用15~20目,后期使用小于15目;网箱底前期使用40目,后期使用30目,材质为尼龙。网箱框架采用直径为8~15 cm的圆木,框架面积大于网箱。网箱系挂在框架内侧,网箱上缘高出水面20~30 cm,网箱底距池底20~50 cm,在池塘内横向间隔设置若干对浮埂以定位。换水能力为日交换量超过0.6个量程。

#### 1.1.2 室内控温养殖

根据杂交刺参生长对温度的要求,使养殖水温保持在适宜刺参生长的范围内,以加快生长速度和缩短养殖周期。

养殖池以长条池为主。池内设有固定多层刺参的“隐蔽物”,便于管理和清理。水温保持在10℃~15℃。放养量以50~100只/m<sup>2</sup>为宜。日投饵量为刺参体重的1%~8%,投饵量的调节主要依据刺参对上一次投饵的摄食情况。定时观察刺参的活动和摄食情况,及时发现病害、清池和调节水温。

#### 1.1.3 池塘围网养殖

在邢春海养殖基地进行养殖,该基地位于乳山寨,养殖池塘分别约为24.3万m<sup>2</sup>和16.2万m<sup>2</sup>。网箱有100个,规格为4 m×8 m。网目为4 mm。于2017年5月底放苗,每箱放养40~50 kg,投喂天然饵料或少量人工配合饲料。夏季网箱的附着物较多,主要是玻璃海鞘和海草,约每12 d换网1次。

## 1.2 苗种来源

在室内 5 000 m<sup>3</sup> 水体开展韩国红刺参与中国刺参的杂交苗种培育,育出杂交稚参 1.25 亿只。利用表型可量化指标的特定生长率、成活率和饵料利用率等,作为评判选育效果的生物学标准<sup>[15-19]</sup>。通过种质资源的优化组合筛选,获得刺参杂交新品系。以优势生长、抗病性和出成率作为选择目标<sup>[20-24]</sup>,筛选具有优势性状的个体繁育子一代(F1)。利用微卫星等分子标记,对选育群体进行遗传结构变异分析和遗传潜力评价<sup>[25-28]</sup>,通过 15 对微卫星引物共扩增获得 60 个等位基因,平均等位基因数为 4,平均有效等位基因数为 2.585 5,平均杂合度为 0.557 4,多态性信息含量平均值为 0.486。在某些微卫星位点观测到的等位基因频率和基因型频率表现出与亲本的差异。

## 1.3 数据处理

将集优性状杂交刺参设为“杂交组”,本地刺参设为“对照组”。在每月的上旬、中旬和下旬对 3 种养殖方式的杂交组和对照组的刺参进行取样,测定杂交组的生长速度和体重,观察病害以及刺参的摄食和移动范围等情况,并与对照组进行比较。

## 2 实验结果

### 2.1 夏眠时间

于 2017 年 7 月 26 日在牟平基地池塘开展养殖对比实验,比较杂交组和对照组的生长速度和抗逆性差异。通过解剖观察发现:杂交组于夏季(18℃~28℃)未完全夏眠,内脏未完全消退;而对照组于夏季(21℃~28℃)完全夏眠,内脏完全消退,减重高达 45%。养成后测量,在同等条件下,单位水体杂交组的收获重量是对照组的 1.24 倍。

### 2.2 网箱养殖和工厂化养殖

在邢春海养殖基地进行杂交组和对照组的海上网箱养殖生长速度的对比实验,于 2017 年 5—6 月先后从辰宇公司引进实验组新品种 120 万只,养殖于 100 个网箱中,设立 2 个网箱对照组,同时放养相同规格的对照组刺参苗种,实验面积约 24.3 万 m<sup>2</sup>。经过 6 个月的对比实验,杂交组生长状况良好,生长速度较对照组快 1.2 倍,显现明显的生长优势,且成活率提高 10%。

工厂化养殖的实验时间为 2017 年 6 月 26 日至 11 月 2 日,历时 128 d。实验结果显示:杂交组的单位产量达到 1.5 kg/m<sup>2</sup>,成活率超过 95%;杂交组平均增重 64.80 g,而对照组平均增重 54.89 g;杂交组比对照组的增重率提高约 17%,其中皮重提高 15.4%,干重提高 11.0%。

网箱养殖和工厂化养殖的实验结果表明,与对照组相比,杂交组在生产上具有明显优势以及显著的提质增收效果,是值得大规模推广的刺参新品种。

## 3 讨论

### 3.1 杂交组与对照组的刺参生长情况对比

在不同的刺参养殖方式中,杂交组均表现出明显的生长优势,生长速率和成活率等各项指标远高于对照组。尤其在室内工厂化养殖模式中,杂交组的生长优势发挥得更加明显。

经过连续 2 年的养殖实验研究,杂交组比对照组的养殖生长速度提高超过 25%,成活率提高超过 24%。杂交组具有明显的生长快、适温范围广和抗逆能力强等优势特征,且较对照组健康体壮、活力强、肉刺硬直和肉质肥厚。

### 3.2 不同温度和盐度下的刺参生长情况对比

在开展优质刺参良种培育实验的同时,对比刺参在不同温度和盐度条件下的生长发育和成活率情况,以确定刺参的最佳生长和生活环境因子。实验结果表明:温度和盐度对杂交刺参稚参生长发育的影响显著,稚参阶段的最适温度为 20℃~25℃,最适盐度为 28~30。

在高温期,杂交组的池塘温度为 28℃~30℃,杂交组的死亡率明显低于对照组,夏眠时间也有延迟。同步实验进一步说明,杂交刺参在抗高温和抗逆性方面明显优于普通刺参。夏季持续高温的常态化再次凸显耐极端高温刺参良种选育的重要性。

### 3.3 不同模式刺参养殖实验

通过对比主要养殖模式下刺参的生长速率和成活率,分析温度、饲料和生长环境等因子对刺参生长的影响,为优化刺参养殖模式和研发高效刺参养殖技术提供理论依据和技术支撑。

## 4 展望

目前我国在刺参养殖方面取得举世瞩目的成

就,养殖产量逐年增加,但良种缺乏仍然是制约产业发展的关键因素之一。我国是全球最大的刺参生产国和消费国,但刺参分布还很有限,品系较为单一。同时,我国刺参养殖缺乏人工选育、性状稳定和适宜大面积推广的主流养殖品种,与种植业和畜牧业的生产对象基本为人工育成的品种相比,刺参养殖的主要对象仍是未经遗传改良的野生品种,这些品种在生产性状方面稳定性较差,但在生长速度、抗病能力和产量等经济性状方面遗传改良的潜力很大。因此,利用现代生物技术,结合有效的传统技术,开展优质高产抗逆品种的遗传改良,是当前刺参养殖业亟须解决的重大问题。

由于栖息环境的不同,我国各地的野生刺参和养殖刺参显示肉眼可见的体色变异和肉刺变异,但迄今为止国内尚无背腹部体色均呈红色的典型韩国红刺参的天然品系。鉴于韩国红刺参的肉体较厚和售价较高,将其作为新品种引进并开展杂交培育无疑具有重要价值,可丰富我国刺参品种,有助于我国进一步推动刺参养殖生产和繁荣刺参消费市场。刺参新品系具有生长速度快、成活率高、夏眠时间短和体壁厚实等优点,在刺参养殖业广受欢迎。集刺参良种选育、评价和健康生态养殖于一体的技术体系将进一步提高我国刺参养殖业的科技含量和养殖效益,促进渔业经济和渔民增收,保障刺参养殖业的健康可持续发展。

此外,进一步成熟化技术,以企业为载体,通过产业平台进行成果转化和应用,建立集优性状杂交刺参新品系的选育和养成技术体系。通过建立杂交优势苗种的规模生产技术工艺路线和养殖生产技术操作规范,针对杂交苗种培育、稚参生长性能和室内养殖进行研究,总结杂交苗种的饵料投喂技术和苗种培育过程的养殖水环境控制技术。建立养殖容量合理的投苗密度、人工参礁和藻相调控等多层面集成的刺参中间培育和养成的新模式,实现刺参的生态健康养殖。

参考文献

[1] 王远红,王聪,郭丽萍,等.海参科(Holothuriidae)中四种海参的营养成分分析[J].中国海洋大学学报(自然科学版),2010,40(7):111—114.

[2] 赵宇明.海参营养标签参数的实验分析[J].中国渔业质量与标准,2014,4(1):53—59.

[3] 吴仲庆.水产生物遗传育种学[M].第三版.厦门:厦门大学出版社,2000.

[4] 张岚岚,白俊杰.我国主要鱼类杂交种及其养殖状况[J].海洋渔业,2014,36(5):475—480.

[5] 王静,肖军,曾鸣,等.白鲫×红鲫杂交后代的遗传变异[J].中国科学:生命科学,2015,45(4):371—380.

[6] BRYDEN A C, HEATH W J, HEATH D D. Performance and heterosis in farmed and wild *Chinook salmon* (*Oncorhynchus tshawytscha*) hybrid and purebred crosses [J]. Aquaculture, 2004, 235: 249—261.

[7] 李素红,张天时,孟宪红,等.中国对虾杂交优势对自然感染白斑综合征病毒的抗病力分析[J].水产学报,2007,31(1):68—75.

[8] 高保全,刘萍,李健.三疣梭子蟹“黄选1号”生长和育种性能分析[J].中国水产科学,2015,22(1):44—50.

[9] 何玉英,李健,刘萍,等.中国对虾“黄海1号”与野生群体F1代生长发育规律比较[J].中国海洋大学学报(自然科学版),2009,39(3):413—420.

[10] 王宇,李莉,张守都,等.海湾扇贝杂交、近交和自交家系的微卫星标记偏分离分析[J].海洋科学,2012,36(8):109—115.

[11] 张守都.海湾扇贝的选择与杂交育种[D].青岛:中国科学院大学,2013.

[12] 张瑞,侯旭光,郭战胜,等.皱纹盘鲍(*Haliotis discus hannai*)、黑足鲍(*Haliotis iris*)及其杂交F1代同工酶比较分析[J].山东大学学报(理学版),2014,48(3):6—11.

[13] 胡美燕,李琪,孔令峰,等.中国刺参与日本红刺参杂交子一代的早期生长比较[J].中国海洋大学学报(自然科学版),2010,40(S2):375—380.

[14] 孙秀俊,李琪,孔令峰,等.中国刺参(♂)×日本红刺参(♀)杂交子代的胚胎、幼体发育及幼参生长性状的研究[J].中国海洋大学学报(自然科学版),2012,42(4):26—32.

[15] 潘传燕,臧云鹏,廖梅杰,等.仿刺参微卫星标记的筛选及群体遗传结构分析[J].渔业科学进展,2012,33(4):72—82.

[16] 孙国华,杨建敏,宋志乐,等.刺参(*Apostichopus japonicus*) EST 序列中微卫星分布分析及其标记的筛选[J].海洋与湖沼,2010,41(1):133—139.

[17] 谭杰,孙慧玲,刘萍,等.3 个仿刺参地理种群遗传变异的微卫星 DNA 分析[J].水产学报,2007,31(4):437—442.

[18] 李雪燕,孙国华,杨建敏,等.微卫星标记在刺参(*Apostichopus japonicus*)人工繁育中亲本识别的应用[J].海洋与湖沼,2013,44(5):1263—1269.

[19] 孙孝德,孙国华,袁延柱,等.刺参(*Apostichopus japonicus*)野生及两代选育群体间遗传变异的微卫星标记研究[J].海洋与湖沼,2011,42(3):380—386.

[20] 鄢静静.仿刺参(*Apostichopus japonicus*)分子标记的开发及应用[D].青岛:中国海洋大学,2013.

[21] 文亚峰,UCHIYAMA K,韩文军,等.微卫星标记中的无效等位基因[J].生物多样性,2013,21(1):117—126.

[22] 李红梅.基于基因组信息的大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)微卫星标记开发及应用[D].舟山:浙江海洋学院,2014.

[23] BARTLEY D M,RANA K,IMMINK A J.The use of inter-specific hybrids in aquaculture and fisheries[J].Reviews in Fish Biology and Fisheries,2001,10:325—337.

[24] 张卓慧,陈婕,黎玲,等.动物远缘杂交研究进展[J].中国科学:生命科学,2014,44:161—174.

[25] 孙灵毅,赵强,任利华,等.中国刺参与韩国红刺参杂交及子代发育特性的研究[J].大连海洋大学学报,2013,28(3):281—286.

[26] 张黎黎,曹学彬,李君华,等.俄罗斯仿刺参与中国仿刺参杂交F1幼参的早期生长比较[J].水产科学,2013,32(2):68—72.

[27] 李莉,李琪,胡美艳.刺参杂交子代的微卫星和 AFLP 分析[J].中国海洋大学学报(自然科学版),2010,40(7):53—58.

[28] 崔朝霞,张岷,宋林生,等.中国重要海洋动物遗传多样性的研究进展[J].生物多样性,2011,19(6):815—833.