

# 海州湾前三岛海域底播刺参群体特征初探

张宏晔<sup>1,2</sup>, 许强<sup>1</sup>, 刘辉<sup>1</sup>, 杨红生<sup>1</sup>

(1. 中国科学院海洋研究所海洋生态与环境科学重点实验室, 山东青岛 266071; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:** 海州湾前三岛海域是中国刺参(*Apostichopus japonicus*)自然分布的最南界, 2013年3月至2014年4月, 采用潜水样带法, 调查了前三岛海域底播刺参群体的体质量结构及季节变动特征, 结合水下观察和视频调查, 比较了不同生境类型中的刺参密度。结果表明, 前三岛海域刺参密度为0.4~1.33头/m<sup>2</sup>, 生物量为42.69~103 g/m<sup>2</sup>, 刺参群体相对稳定, 群体的体质量呈现冬春季节增长、夏秋季节下降的特点。不同生境类型中的刺参密度不同, 大型藻类分布的礁石区刺参密度明显大于没有藻类分布的礁石区和砂质区, 上述结果为揭示岛屿海域的刺参群体特征和资源养护提供了基础数据。

**关键词:** 刺参; 底播养殖; 群体特征; 生境选择性; 海州湾

中图分类号: Q938.1+5 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2015)06-0001-07

doi: 10.11759/hyxx20141216002

仿刺参 *Apostichopus japonicus* (Selenka), 又称刺参, 营底栖生活, 喜分布于藻床、礁石等生境中<sup>[1]</sup>, 是具有重要经济价值的水产养殖种类。刺参的主要养殖方式可分为: 池塘养殖、围堰养殖、沉笼养殖、浅海底播养殖等<sup>[2]</sup>; 其中底播养殖方式是将刺参苗种直接撒播到海底自然生长, 因此产品的品质较好<sup>[2]</sup>。底播养殖按照养殖海域可以分为近岸海域和岛屿海域。与近岸海域相比, 岛屿海域的潮流畅通, 受陆源输入影响小, 水质优良, 且大部分为岩礁底质, 适宜开展刺参的底播养殖。

目前, 国内有关刺参群体生物学特征的相关研究多集中在池塘、围堰等人工养殖系统<sup>[2-5]</sup>。国外对不同种类海参群体生物学特征与生境关系的研究较多, 如 Kazanidis 等<sup>[6]</sup>研究了爱琴海海参 *Holothuria tubulosa* 的种群动态, Toral-Granda 等<sup>[7]</sup>研究了加拉帕戈斯群岛海域海参 *Isostichopus fuscus* 的种群结构以及增殖特征, Ramón 等<sup>[8]</sup>研究了地中海海参 *Stichopus regalis* 的分布和资源开发, Navarro 等<sup>[9]</sup>研究了北美大加那利岛海参 *Holothuria arguinensis* 的生境选择特征, Ginny 等<sup>[10]</sup>研究了加州海峡群岛海参 *Pachythyone rubra* 的分布与环境因素的关系。

前三岛位于黄海海州湾内, 距内陆沿岸最近距离 41 km, 近岛海域大型藻类资源丰富, 是刺参在中国自然分布的最南界<sup>[1]</sup>。2003年起, 该海域就已成功开展刺参底播养殖, 但迄今尚无对其群体生物学特征的系统调查研究。该海域水深变化幅度大, 底质类

型复杂, 底栖生境多样, 养殖刺参群体分布与其所处生境类型之间的关系亟待揭示。

本研究采用潜水样带法, 研究了海州湾前三岛海域底播刺参群体的周年变动和体质量结构的变化, 比较了不同生境中刺参的分布密度, 探讨了刺参分布与生境类型的关系, 以期揭示该海域底播刺参群体变动规律, 同时也可作为岛屿刺参资源保护提供基础数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 海域位置

调查海域为海州湾前三岛(平岛、达山岛、车牛山岛)中的平岛海域(35°08'12"~35°08'36"N, 119°54'6"~119°55'0"E, 见图1)。2012年秋季, 在平岛北部东北湾和西北湾分别投放规格为10~25 g/头的刺参苗种 5 000 kg。

### 1.2 调查方法与内容

#### 1.2.1 环境因子调查

在刺参非夏眠期间 2013 年 3 月 26 日、5 月 2 日、

收稿日期: 2014-12-05; 修回日期: 2015-02-22

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2011BAD13B02); 国家自然科学基金委员会-山东省人民政府联合资助海洋科学研究中心项目(U1406403); 中国科学院战略性先导科技专项(XDA11020404)

作者简介: 张宏晔(1990-), 男, 内蒙古自治区通辽人, 硕士研究生, 研究方向: 养殖水域生态学; 杨红生, 通信作者, 研究员, 博士生导师, E-mail: hshyang@qdio.ac.cn

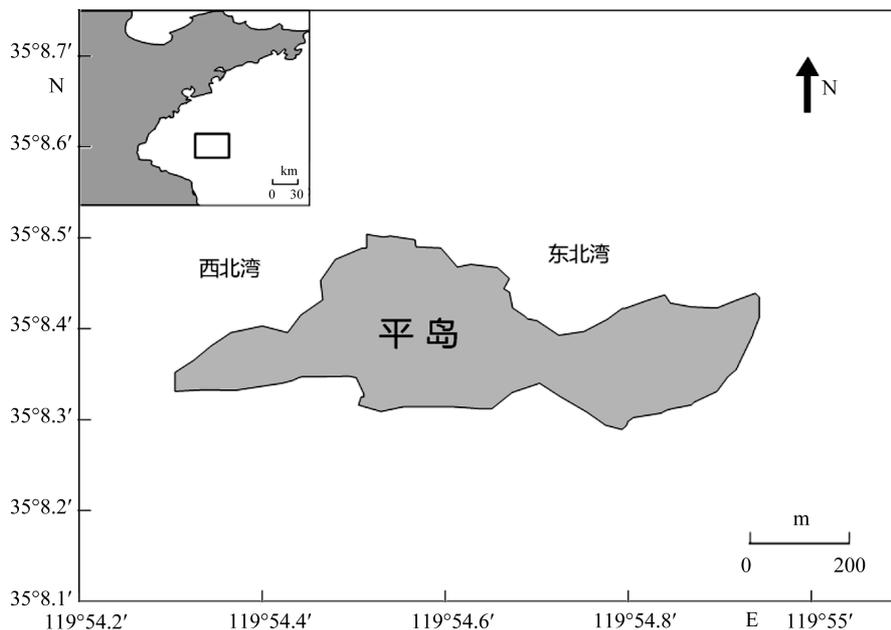


图1 研究区域及海湾示意图

Fig. 1 The sketch map of the research zone &amp; bay

11月16日和2014年4月5日在前三岛进行调查。在上述调查时间以及2013年8月15日对环境因子进行调查,用多参数水质测定仪(YSI-650)测定了两个海湾的表层(1 m)、中层(5 m)、底层(10 m)海水前三岛海域的水质特征(水温、盐度、溶解氧)。

### 1.2.2 刺参群体特征的调查

在4个调查季节对刺参进行潜水调查。除2014年4月养殖公司存在刺参采捕行为,其余时间刺参群体无人为扰动。

采用改进的样带调查法:使用长50 m、直径6 mm的钢丝绳,每5 m作一个标记、共10个标记,作为调查样带引导绳。在岛东北湾和西北湾内随机布设样带,并记录样带两端经纬度。样带上每个标记点周围形成以标记点为中心的2 m × 2 m的正方形样方,每条样带形成10个样方,面积共40 m<sup>2</sup>。潜水员在水下沿样带采集每个样方内所有刺参。取样后立即计数,并在0.5 h内称取个体质量(湿质量)。根据实际情况,每个海湾分别布设1~4条样带。

### 1.2.3 不同生境刺参密度的调查

2013年5月对不同生境中刺参的分布密度进行了调查。根据潜水员观察和下水录像分析,将前三岛海域底栖生境分为有藻类覆盖的礁石区、无藻类覆盖的礁石区和泥沙质区3种类型。潜水员在采集刺参的同时,记录每个样方内的主要生境类型。本次调查共记录了8条样带中80个样方的刺参密度和对应

的生境类型。

## 1.3 统计分析

采用SPSS v21数据统计软件进行数据分析。采用单因素方差分析法(ONE-WAY ANOVA)检验两个海湾水文指标之间的差异。由于刺参密度和生物量并不呈正态分布,所以对不同季节的刺参密度和生物量采用Kruskal-Wallis H非参数检验法,此方法在样本不呈正态分布的时候可以对样本之间的差异进行检验。不同调查时间内刺参群体湿质量结构用Kolmogorov-Smirnov单样本检验法检验其分布的正态性,然后采用LSD检验法进行比较<sup>[6]</sup>。不同类型生境间的刺参密度差异采用单因素方差分析法(ONE-WAY ANOVA),并且在两两不同类型间进行多重比较<sup>[11]</sup>,显著性水平均设置为0.05。

## 2 结果

### 2.1 前三岛海域水质特征

各个监测月份岛东北湾和西北湾之间水质指标无显著差异( $P > 0.05$ )。在5次监测中,3月水温最低为4.39℃,2013年8月水温最高为27.73℃。盐度为29.28~32.20,溶解氧为7.02~13.36 mg/L,最低均为2013年8月,最高均为2013年3月(表1)。

### 2.2 刺参密度和生物量的季节变化特征

对不同季节的刺参密度和生物量的Kruskal-Wallis

表 1 调查期间前三岛海域基本水质指标变动

Tab. 1 Basic water parameters of Qiansan Islands

年-月	温度(°C)	盐度	溶解氧(mg/L)
2013-03	4.43±0.45 <sup>e</sup>	32.13±0.30 <sup>a</sup>	12.43±0.60 <sup>a</sup>
2013-05	10.03±0.21 <sup>c</sup>	31.38±0.15 <sup>a</sup>	11.76±0.99 <sup>b</sup>
2013-08	24.05±3.18 <sup>a</sup>	29.87±0.53 <sup>a</sup>	7.86±0.76 <sup>e</sup>
2013-11	17.63±0.18 <sup>b</sup>	31.82±0.13 <sup>a</sup>	8.29±0.25 <sup>d</sup>
2014-04	7.39±0.76 <sup>d</sup>	30.37±0.14 <sup>a</sup>	10.96±0.49 <sup>c</sup>

注: 表中同一列内不同字母上标表示差异显著( $P < 0.05$ )

H 检验结果表明, 4 个调查时间内刺参的密度并无显著性差异( $\chi^2=6.557, P > 0.05$ ), 生物量差异也未达到显著性水平( $\chi^2=4.858, P > 0.05$ )。对两个海湾 4 个季节刺参的多重比较结果表明, 2013 年 11 月东北湾刺参密度和生物量显著高于其他调查月份( $P < 0.05$ ), 而西北湾刺参密度则没有显著差异( $P > 0.05$ ), 2013 年 3 月西北湾刺参生物量显著高于其他月份( $P < 0.05$ )。从空间对比上看, 除 2013 年 11 月东北湾的刺参生物量显著高于西北湾( $P < 0.05$ ), 其余调查时间两个海湾的生物量差异不显著(图 2)。从空间分布上看, 2013 年 11 月东北湾刺参较多, 其余季节刺参群体没有明显变化(图 3)。

### 2.3 不同规格刺参分布特征

不同调查时间刺参平均湿质量差异显著( $F=12.34, P < 0.05$ )。2013 年 5 月刺参群体总体湿质量水平较 3 月份高, 2013 年 11 月刺参湿质量水平虽较 5 月份低, 但是个体湿质量分布跨度较小, 2014 年 4 月刺参总体湿质量水平较 2013 年 11 月高, 个体湿质量分布跨度最小, 主要集中在 75~125g/头。两个海湾刺参湿质量组成, 除东北湾 2013 年 3 月刺参湿质量不呈正态分布以外( $P=0.023$ ), 其余时间两个海湾的刺参湿质量均呈正态分布( $P > 0.05$ ), 东北湾的刺参在 2013 年 5 月和 11 月湿质量分布与正态分布曲线拟合效果较好, 2014 年 4 月稍差。西北湾 2013 年 5 月份湿质量分布与正态分布曲线拟合最好, 其他月份拟合效果稍差(图 4)。

### 2.4 不同生境类型的刺参群体分布特征

单因素方差分析结果表明, 有藻类分布的礁石区的刺参密度显著高于无藻类分布的礁石区(东北湾  $F=12.06, P < 0.05$ , 西北湾  $F=71.70, P < 0.05$ ), 详见图 5。无藻类分布的礁石区刺参密度高于泥沙质平底区, 但差异并未达到显著性水平。

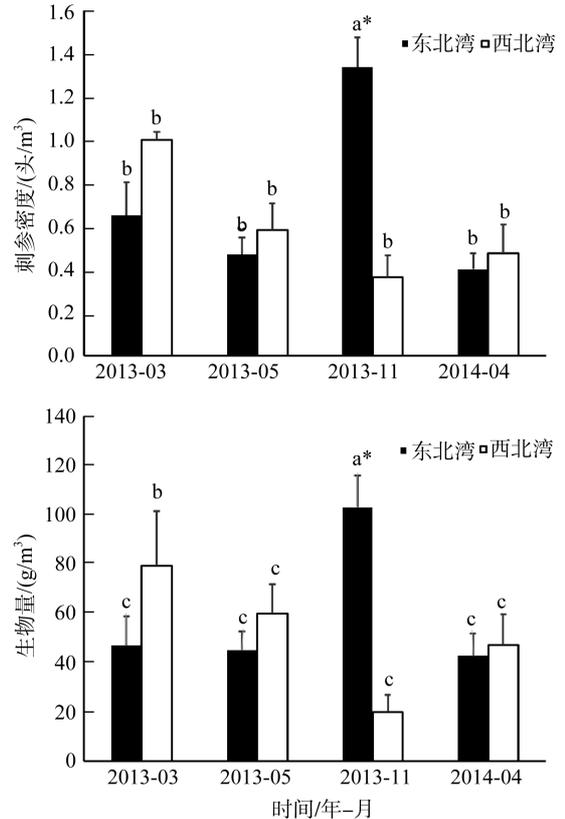


图 2 不同季节不同海湾的刺参密度及生物量统计

Fig.2 The population & biomass density of *Apostichopus japonicus* in different bays and different seasons

图中标有不同字母表示不同调查季节差异显著( $P < 0.05$ ), “\*”表示两个海湾之间差异显著( $P < 0.05$ )

The different letters indicate significant differences in different surveys( $P < 0.05$ ), “\*” indicate significant differences in two bays ( $P < 0.05$ )

## 3 讨论

### 3.1 底播养殖刺参群体特征

底播养殖刺参在自然环境中生长, 此过程与野生海参种群类似。野生海参的种群在自然状态下种群密度较低, 种群结构相对稳定<sup>[6-7]</sup>。本研究中, 前三岛海域底播养殖刺参密度和生物量在周年调查内虽

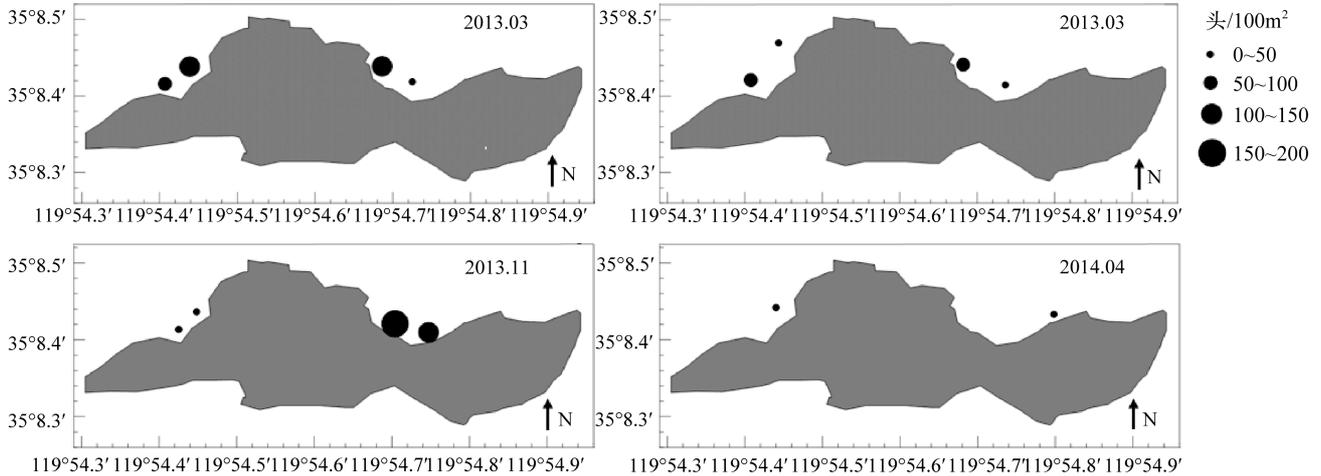


图3 4个调查时间刺参的空间分布  
Fig.3 Spatial distribution of *Apostichopus japonicus* in 4 survey season

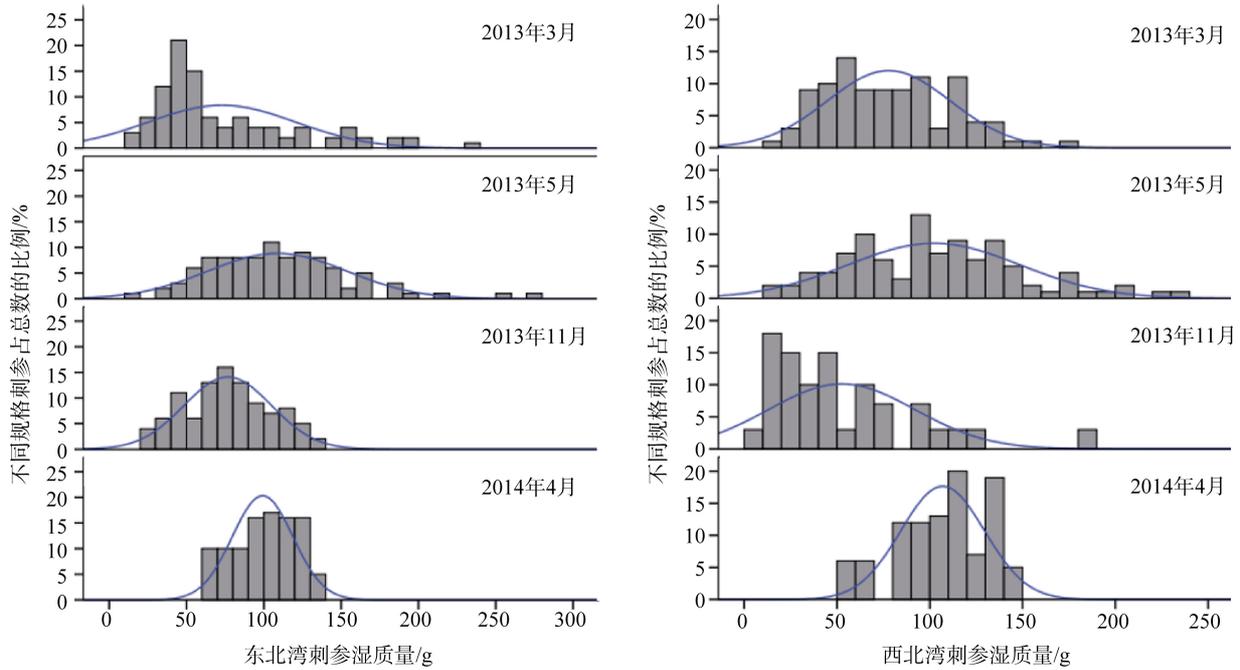


图4 调查时间内刺参不同湿质量组成分布  
Fig. 4 The wet weight distribution of *Apostichopus japonicus*

然表现一定季节变化,但是差异并不显著,可能是由于每次取样的地点数量不同而体现的差异。秋季东北湾的刺参较多,原因可能是调查样带所在底质类型符合刺参的偏好而出现刺参的聚集行为<sup>[12]</sup>。本研究中底播刺参的生物量为 42.69 ~103 g/m<sup>2</sup>,并未达到该海域的刺参养殖容量 109.4 g/m<sup>2</sup><sup>[13]</sup>,刺参密度为 0.4~1.33 头/m<sup>2</sup>,同为楯手目的海参 *Australostichopus mollis* 在野生条件下种群密度最高可以达到 0.6 头/m<sup>2</sup><sup>[11]</sup>,与本研究中的刺参密度接近。前三岛海域的刺参底播养

殖密度较低,接近野生状态海参,所以品质较好。

由于目前对海参的年龄缺乏统一的界定方法,所以关于海参的种群结构研究主要是利用体长、湿质量等生物学指标判别<sup>[14]</sup>。在野生海参群体的研究中,海参的湿质量组成近似正态分布<sup>[6-8]</sup>,海参的分布和湿质量也受到多种因素的影响,Navarro 等<sup>[9]</sup>的研究表明较高的 POM 含量对海参 *Holothuria arguinensis* 有吸引作用,Slate 等<sup>[15]</sup>的研究说明营养较丰富的底质类型有利于海参 *Australostichopus mollis*

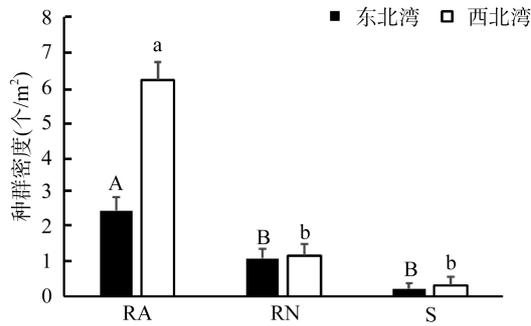


图 5 不同类型生境刺参密度

Fig. 5 The population density of *Apostichopus japonicus* in different habitats

RA.有藻类分布的礁石区;RN.无藻类分布的礁石区;S.泥沙质区。字母不同表示差异显著( $P<0.05$ )

RA.The reef area with algae distribution; RN.The reef area with no algae distribution; S.The flat sediments area. Different letters indicate significant different ( $P<0.05$ )

的生长,而刺参在夏眠过程中会出现能量的消耗而使得湿质量减小<sup>[5, 16]</sup>,恢复摄食以后,能量收入增加,湿质量也随之增加<sup>[17]</sup>。在本研究中,前三岛海域冬春季节(2013年3月到5月)水温上升,刺参摄食增加<sup>[18]</sup>,湿质量增长。秋季(2013年11月)降至 $18^{\circ}\text{C}$ 以下时,刺参由于夏眠期间身体消耗<sup>[16]</sup>较大且此时刚恢复摄食不久,因而湿质量较春季下降;2013年11月到2014年4月期间,刺参恢复正常摄食,湿质量快速增长。2013年3月,东北湾刺参湿质量分布并不符合正态分布,其原因是群体中有一部分个体是2012年前投入的较大规格的底播刺参。其他调查时间两个湾由于没有人为干扰及投放等因素,刺参湿质量均呈正态分布,符合一般海参的湿质量组成特征。

### 3.2 岛屿海域底播刺参分布与生境的关系

野生海参群体在自然状态下常呈不均匀的斑块状分布,其原因主要是不同生境类型在食物供给<sup>[10]</sup>,底质类型<sup>[11]</sup>,隐蔽场所<sup>[10, 19]</sup>等方面的差异导致了海参对不同生境的倾向性选择。已有研究发现在人工码头环境中,刺参选择易于躲避并且食物充足的码头地基生境<sup>[20]</sup>。在本研究的离岸岛屿生境中,底播养殖刺参对有藻类分布的礁石生境具有明显的倾向性,从实验结果看在西北湾倾向性比东北湾更明显,这可能是由于西北湾藻类较少导致刺参的聚集。海藻(草)床是刺参喜栖息的环境,多种来源的丰富的有机碎屑可为刺参提供充足的优质饵料<sup>[21-22]</sup>,而且大型藻类可以为刺参的活动、隐蔽、繁殖等提供丰富的栖息空间。本研究同时发现,刺参也倾向于选择无

藻床分布的礁石底质。自然或人工礁体环境不仅可为刺参提供丰富的栖息空间,而且可有效地存积水体自然沉积物,礁体基质也可附着底栖微藻和其他微型生物,大大促进刺参的摄食和生长<sup>[23-24]</sup>。在离岸岛屿这一特殊生境中,刺参对藻床、礁石区生境的选择性可让刺参能更有效获得优质饵料保证正常生长,更容易找到隐蔽场所躲避恶劣的海况,这对于刺参适应岛屿海域浪大流急、供饵力相对较低的特点十分重要。

## 4 结语

本研究中刺参群体变化规律以及的生境选择性可让刺参能更有效获得优质饵料保证正常生长,更容易找到隐蔽场所躲避恶劣的海况,对于刺参适应岛屿海域浪大流急供饵力相对较低的生境特征十分重要,同时也为合适的刺参底播养殖区开发以及优质人工刺参养殖设施的建设有一定意义。

### 参考文献:

- [1] 廖玉麟. 中国桶手目海参的研究[C]//中国科学院海洋研究所. 海洋科学集刊. 北京: 科学出版社, 1984: 231-247.
- [2] 杨红生, 周毅, 张涛, 等. 刺参生物学——理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2014: 276-277.
- [3] 乔聚海. 刺参池塘养殖技术的研究[J]. 海洋科学, 1988, 4: 1-5.
- [4] 常亚青, 隋锡林, 李俊. 刺参增养殖业现状、存在问题与展望[J]. 水产科学, 2006, 25(4): 198-201.
- [5] Qi Z, Wang J, Mao Y, et al. Feasibility of offshore co-culture of abalone, *Haliotis discus hannai* Ino, and sea cucumber, *Apostichopus japonicus*, in a temperate zone [J]. Journal of the World Aquaculture Society, 2013, 44(4): 565-573.
- [6] Kazanidis G, Antoniadou C, Lolas A P, et al. Population dynamics and reproduction of *Holothuria tubulosa* (Holothuroidea: Echinodermata) in the Aegean Sea [J]. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 2010, 90(5): 895-901.
- [7] Toral-Granda M V, Martínez P C. Reproductive biology and population structure of the sea cucumber *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) (Holothuroidea) in Caamaño, Galápagos Islands, Ecuador [J]. Marine

- Biology, 2007, 151: 2091-2098.
- [8] Ramón M, Lleonart J, Massutí E. Royal sea cucumber (*Stichopus regalis*) in the northwestern Mediterranean: Distribution pattern and fishery [J]. Fisheries Research, 2010, 105: 21-27.
- [9] Navarro P G, García-Sanz S, Tuya F. Contrasting displacement of the sea cucumber *Holothuria arguinensis* between adjacent nearshore habitats [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2014, 453: 123-130.
- [10] Eckert G L. Spatial patchiness in the sea cucumber *Pachythyone rubra* in the California Channel Islands [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2007, 348: 121-132.
- [11] Morgan A D. Patterns of distribution and abundance of the temperate sea cucumber *Australostichopus mollis* on a rocky subtidal reef [J]. New Zealand Journal of Zoology, 2011, 38(3): 195-206.
- [12] 张俊波, 梁振林, 黄六一, 等. 不同材料、形状和空隙的人工参礁对刺参诱集效果的试验研究[J]. 中国水产科学, 2011, 18(4): 899-907.
- [13] 邢坤. 刺参生态增殖原理及关键技术[D]. 青岛: 中国科学院海洋研究所, 2009.
- [14] Nelson E J, MacDonald B A, Robinson S M C. Robinson, et al. A review of the northern sea cucumber *Cucumaria frondosa* (Gunnerus, 1767) as a potential aquaculture species [J]. Reviews in Fisheries Science, 2012, 20(4): 212-219.
- [15] Slater M J, Jeffs A G. Do benthic sediment characteristics explain the distribution of juveniles of the deposit-feeding sea cucumber *Australostichopus mollis*? [J]. Journal of Sea Research, 2010, 64: 241-249.
- [16] Yang H, Yuan X, Zhou Y, et al. Effects of body size and water temperature on food consumption and growth in the sea cucumber *Apostichopus japonicus*(Selenka) with special reference to aestivation [J]. Aquaculture Research, 2005, 36: 1085-1092.
- [17] 汪洋, 郑志明, 周朝生等. 南移刺参摄食三种沉积物饵料下的生长和能量收支比较 [J]. 生态科学, 2012, 31(6): 613-618.
- [18] Dong Y, Dong S. Growth and oxygen consumption of the juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) at constant and fluctuating water temperatures [J]. Aquaculture Research, 2006, 37: 1327-1333.
- [19] Glenn R. Shiell, Brenton Knott. Diurnal observations of sheltering behavior in the coral reef sea cucumber *Holothuria whitmaei* [J]. Fisheries Research, 2008, 91: 112-117.
- [20] Yamana Y, Hamano T, Goshima S. Seasonal distribution pattern of adult sea cucumber *Apostichopus japonicus*(Stichopodidae) in Youshimi Bay, western Yamaguchi Prefecture, Japan [J]. Fisheries Science, 2009, 75: 585-591.
- [21] Liu Y, Dong S, Tian X, et al. The effect of different macroalgae on the growth of sea cucumbers (*Apostichopus japonicus* Selenka) [J]. Aquaculture Research, 2010, 41(11): 881-885.
- [22] 刘旭佳, 周毅, 杨红生, 等. 大叶藻碎屑作为刺参食物来源的实验研究 [J]. 海洋科学, 2011, 37(10): 30-36.
- [23] 秦传新, 董双林, 牛宇峰, 等. 不同类型附着基对刺参生长和存活的影响 [J]. 中国海洋大学学报, 2009, 39(3): 392-396.
- [24] 王吉桥, 张俊涛, 姜玉声, 等. 礁石堆密度对仿刺参幼参生长和存活的影响[J]. 渔业现代化, 2008, 35(6): 40-43.

# Preliminary study on the property of bottom mariculture sea cucumber (*Apostichopus japonicus*) group in Qiansan Islands, Haizhou Bay

ZHANG Hong-ye<sup>1, 2</sup>, XU Qiang<sup>1</sup>, LIU Hui<sup>1</sup>, YANG Hong-sheng<sup>1</sup>

(1. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. University of the Chinese Academic of Sciences, Beijing 100049, China)

**Received:** Dec., 5, 2014

**Key words:** *Apostichopus japonicas*; bottom mariculture; group characteristics; habitat selection; Haizhou Bay

**Abstract:** The sea area around Qiansan Islands in Haizhou Bay is the southmost boundary of sea cucumber (*Apostichopus japonicus*) natural distribution sea area in China. Weight structure and group seasonal fluctuation of bottom mariculture *A.japonicus* group in the above sea area were surveyed and analyzed by using the diving line transect sampling method from March 2013 to April 2014. Meanwhile, the group density of the *A.japonicus* group in different habitats of Qiansan Islands was further compared combining with above survey results and underwater video observation. The results showed that the density of *A.japonicus* group ranged from 0.4 to 1.33 ind./m<sup>2</sup> and the biomass ranged from 42.69 to 103 g/m<sup>2</sup>. The *A.japonicus* group was relatively stable, and the group weight showed an increasing trend in spring and winter yet decreased in summer and winter. It showed that *A.japonicus* has different distribution patterns in various habitats. The density of *A.japonicus* in the reef area with algae distribution was significantly higher than that in the reef area with no algae distribution and sediment area. In summary, this study provided basic data of the group feature of *A.japonicus* in Qiansan Islands and theoretical reference for resource conservation in the island sea area.

(本文编辑: 梁德海)