



莱州湾“伏休”结束前三疣梭子蟹的资源状况及其分布特征

徐炳庆¹, 陈 玮¹, 王田田², 杨艳艳¹, 李 凡^{1*}, 刘淑德³

(1. 山东省海洋资源与环境研究院, 山东省海洋生态修复重点实验室, 山东 烟台 264006;

2. 烟台市海洋经济研究院, 山东 烟台 264003;

3. 山东省水生生物资源养护管理中心, 山东 烟台 264005)

摘要: 根据 2010—2017 年莱州湾“伏休”结束前底拖网调查资料, 通过轮廓系数法对莱州湾三疣梭子蟹资源的时空分布特征进行了研究, 并结合放流回捕资料对莱州湾三疣梭子蟹资源状况提出了建议。结果显示, 在空间分布上, 三疣梭子蟹南部资源明显优于北部; 依据 Rousseeuw 质量指数分为 3 组, 分别为近岸组、远岸组和深海组, 分组评估合理, 平均轮廓系数为 0.34, 组内相似性较高, 聚类效果较好; 从时间变化上, 三疣梭子蟹资源具有明显的年际波动性, 依据 Rousseeuw 质量指数分为 3 组, 分别为较好组、一般组和较差组, 分组评估合理, 平均轮廓系数为 0.15, 组内相似性较低, 聚类效果较差。另外, 空间分组的 Pearson 相关性分析结果表明, 三疣梭子蟹资源状况与“伏休”结束前近岸组资源密切相关; 时间分组的 SIMPER 分析结果同样显示, 三疣梭子蟹资源状况主要取决于“伏休”结束前的近岸资源。因此, “伏休”结束前三疣梭子蟹近岸资源的管理与保护对于三疣梭子蟹资源的影响至关重要, 建议在实施三疣梭子蟹增殖放流时, 不仅要保持增殖的规模, 还应重点关注前期资源的保护与管理, 从而有效增加近岸资源, 进一步实现三疣梭子蟹增殖放流修复的意义。

关键词: 三疣梭子蟹; 时空分布; 增殖放流; 聚类分析; 轮廓系数

中图分类号: S 932.5

文献标志码: A

三疣梭子蟹 (*Portunus trituberculatus*) 俗称枪蟹、海螃蟹、海蟹, 隶属于甲壳纲 (Crustacea) 十足目 (Decapoda) 梭子蟹科 (Portunidae) 梭子蟹属 (*Portunus*), 是我国近海一种较大的经济蟹类^[1], 广泛分布于我国渤海、黄海、东海及南海近海海域。由于生态习性、生活环境、水文因素以及各海区地理位置的差异造成我国三疣梭子蟹分属于不同的种群, 其中莱州湾三疣梭子蟹隶属于渤海群体, 是重要的地方性种群, 其越冬

场几乎遍及整个渤海中部 20~25 m 软泥底质的深水区^[2]。近年来, 随着三疣梭子蟹资源的严重衰退^[3-4], 三疣梭子蟹目前已成为我国沿海主要的增殖放流种类。莱州湾作为三疣梭子蟹重要的增殖海区, 其三疣梭子蟹的资源情况对莱州湾实施三疣梭子蟹资源管理与保护具有重要的意义。

伏季休渔 (简称“伏休”) 是实现渔业可持续发展, 保护渔业资源的重要措施, 目前是我国养护和合理利用海洋渔业资源的主要管理手段,

收稿日期: 2020-03-27 修回日期: 2020-06-02

资助项目: 山东省主要增殖资源调查项目 (SD2012-2019); 山东省重点研发项目 (2018GHY115014)

第一作者: 徐炳庆 (照片), 从事渔业资源与增殖修复研究, E-mail: x bq6688482@163.com

通信作者: 李凡, E-mail: lifan811230@126.com



其目的是有效控制一定时空范围内的捕捞强度,以保护繁殖亲体和幼鱼自然生长,促进渔业资源种群数量的增加和恢复^[5]。三疣梭子蟹作为莱州湾“伏休”重要的保护对象,每年5月底至7月是三疣梭子蟹的散仔孵化期^[6],也是其重要的增殖放流期,因时间正处于休渔期,禁止一切渔业活动,促使自然幼体和放流幼体获得庇护,资源得到补充,对莱州湾三疣梭子蟹资源产生了积极的影响^[7-8],而9月休渔结束后,渔船集中捕捞,导致莱州湾资源量迅速下降,严重影响了三疣梭子蟹资源调查的准确性,因此必须在莱州湾“伏休”结束前(8月)进行调查,获取更准确的资源数据,为三疣梭子蟹增殖放流效果评价和秋汛资源量的预报提供依据。

目前国内外对三疣梭子蟹资源的研究主要集中在养殖技术、繁育特征、生长特性、增殖放流、疾病防控、分子生物学等方面^[6-16],少量涉及到三疣梭子蟹资源的时空分布特征,主要体现在其季节性变化^[17],而涉及莱州湾三疣梭子蟹资源时空分布特征年际变化的研究还未见报道。考虑到放流和捕捞对三疣梭子蟹资源分布特征的影响,本研究选取2010—2017年莱州湾“伏休”结束前的调查资料,通过聚类分析的方法研究莱州湾三疣梭子蟹分布特征年际变化规律,同时结合“伏休”结束前(8月)调查的重要性,探讨其资源密度与放流数量、回捕产量的相关关系,并由此提出了莱州湾三疣梭子蟹资源修复与保护的建议,以期促进莱州湾三疣梭子蟹产业的健康发展和科学管理。

1 材料与方法

1.1 数据来源

三疣梭子蟹聚类分析数据来自2010—2017年每年莱州湾“伏休”结束前(8月1日—8月20日)单船底拖网调查资料;调查范围为119°05′~120°00′E, 37°12′~37°40′N的海域(图1),调查站位18个,调查船只功率260 kW,调查网具为单船底拖网,网口周长30.6 m,囊网网目20 mm。每站拖曳1 h,拖速3.5 kn。拖曳时,网口宽度约8 m。调查均在白天进行。记录每站三疣梭子蟹的重量和数量,并将其换算为单位时间的生物量(kg/h)和丰度(只/h)。调查依据海洋调查规范^[18]执行。

三疣梭子蟹放流数量和回捕产量数据来源于山东省水生生物资源养护管理中心的人工增

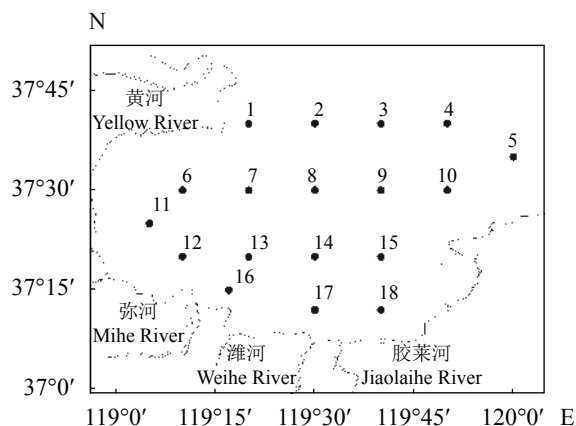


图1 三疣梭子蟹调查站位

Fig. 1 Investigation stations of *P. trituberculatus*

殖资源放流与回捕统计资料。

1.2 数据分析

数据标准化 根据各站位拖网时间和捕获种类的可捕系数,对调查数据进行标准化^[19]。三疣梭子蟹可捕系数取0.8^[3]。

聚类分析 采样数据的分析采用平均聚类分析方法。对资源密度进行距离转换,计算站位或年份之间的欧氏距离矩阵,然后进行非加权组平均法(unweighted pair-group method with arithmetic means, UPGMA)聚类,最后依据Rousseeuw质量指数^[20]选择最佳分组聚类数,并利用最终分组的轮廓图检验各分组是否合理,并判断聚类效果。采用相似性百分比分析(similarity percentage analysis, SIMPER)方法分析造成不同组间相异的分歧单元和平均相异性贡献率。

Rousseeuw 质量指数 依据轮廓系数图选择最优化的聚类簇数量。

轮廓系数(silhouette width)是聚类效果好坏的一种评价方式。最早由Peter J. Rousseeuw在1986年提出,它结合内聚度和分离度两种因素。

将采样数据进行聚类分簇后,对于簇中的每个向量*i*,分别计算它们的轮廓系数,然后将所有向量*i*的轮廓系数求平均值,就是该聚类结果总的轮廓系数。

i 向量的轮廓系数 S_i 计算公式:

$$S_i = \frac{b_i - a_i}{\max\{a_i, b_i\}}$$

式中, a_i 是*i*向量到所有它属于的簇中其他点的距离的平均值; b_i 是*i*向量到与它相邻最近的一簇内的所有点的平均距离的最小值。

轮廓系数 S_i 的值介于 $[-1, 1]$, 若 S_i 小于 0, 说明 i 与其簇内元素的平均距离小于最近的其他簇, 表示聚类效果不好。若 S_i 趋近与 1, 说明聚类效果比较好。

相关聚类分析使用 R 软件 (version 3.6.3) 的 `vegan`、`cluster` 等程序包进行^[21]。图件绘制使用 ArcGIS 10.6、Excel 2010 和 R 软件 (version 3.6.3) 完成。

2 结果

2.1 三疣梭子蟹资源密度

2010—2017 年 8 航次共捕获三疣梭子蟹 3 202 只, 合计 176.63 kg。从站位分布上, 18 站位的平均资源密度为 3.54~90.36 kg/km², 超过 50 kg/km² 的站位有 4 个, 依次为 18、17、2 和 14 号站, 位于 10~50 kg/km² 的站位有 8 个, 依次为 15、13、4、5、3、16、9 和 10 号站, 其余 6 个站位低于 10 kg/km²(图 2-a), 若以 37°25'N 为莱州湾南北分界线, 则资源密度分布表现为南部明显高于北部, 为北部的 2.12 倍; 从年间变化上, 8 年的平均资源密度以 2011 年的 86.75 kg/km² 最高, 2016 年的 4.71 kg/km² 最低, 其中有 6 年平均资源密度超过 10 kg/km², 有 4 年平均资源密度超过 20 kg/km² (图 2-b), 平均资源密度变化上表现为以不规则波浪型下降。

2.2 三疣梭子蟹放流与回捕

根据莱州湾渔业部门的统计资料 (图 3), 自 2010—2017 年山东省在莱州湾共放流三疣梭子蟹二期稚蟹 10.49×10⁸ 只, 年放流数量维持在 1.14×10⁸~1.44×10⁸ 只, 以 2017 年最高, 2010 年最低; 2010—2017 年莱州湾秋汛累计回捕三疣梭子蟹 4.96×10⁴ t, 年回捕产量维持在 0.36×10⁴~0.85×10⁴ t, 以 2011 年最高, 2015 年最低, 与放流数量存在差异。

2.3 聚类分组及评估

根据每年三疣梭子蟹调查资源密度数据, 对每个站的年资源密度和每一年的站位资源密度进行时空 UPGMA 聚类分析。依据 Rousseeuw 质量指数^[20], 绘制聚类数的轮廓系数图, 然后选择最大轮廓系数作为最佳分组结果^[21](图 4, 图 5)。

依据三疣梭子蟹资源密度的年际变化规律, 各站位按离岸远近在空间上大致可分为 3 个组 (图 5-a, 图 6), 远岸组 (组 1) 包括 1、7、8 和 10

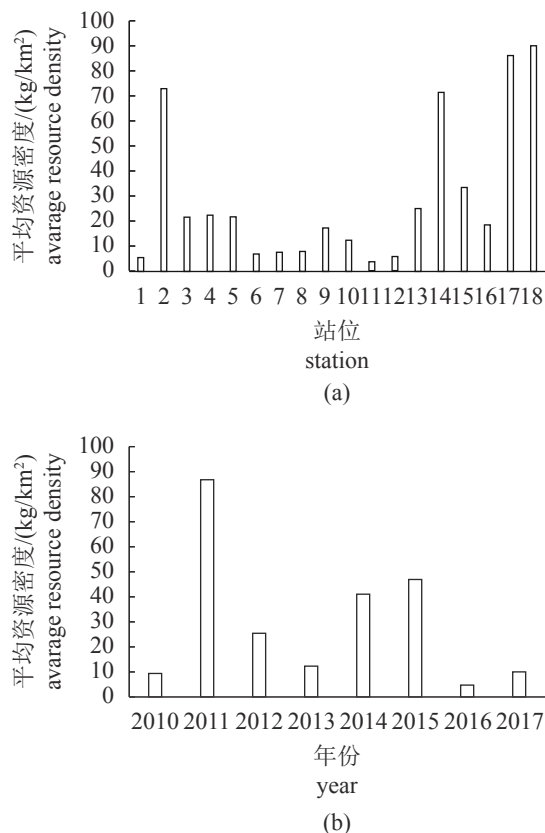


图 2 三疣梭子蟹平均资源密度的站位分布 (a) 和年际变化 (b)

(a) 每个站的年资源密度, (b) 每一年的站位资源密度。图 4, 图 5, 图 7, 图 8 同

Fig. 2 Station distribution (a) and interannual variation (b) in average resource density of *P. trituberculatus*

(a) station distribution in average resource density, (b) interannual variation in average resource density. The same as Fig. 4, Fig. 5, Fig. 7 and Fig. 8

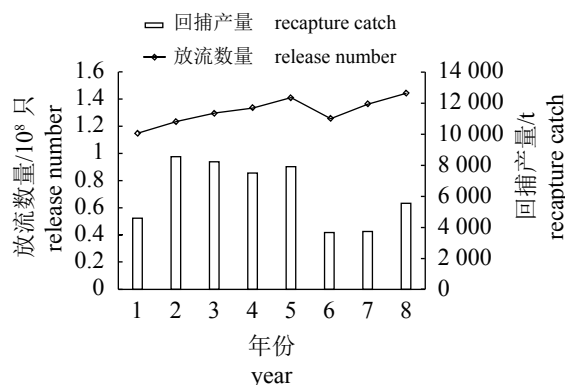


图 3 2010—2017 年莱州湾三疣梭子蟹放流数量与回捕产量

Fig. 3 Release number and recapture catch of *P. trituberculatus* in Laizhou Bay from 2010 to 2017

1. 2010, 2. 2011, 3. 2012, 4. 2013, 5. 2014, 6. 2015, 7. 2016, 8. 2017

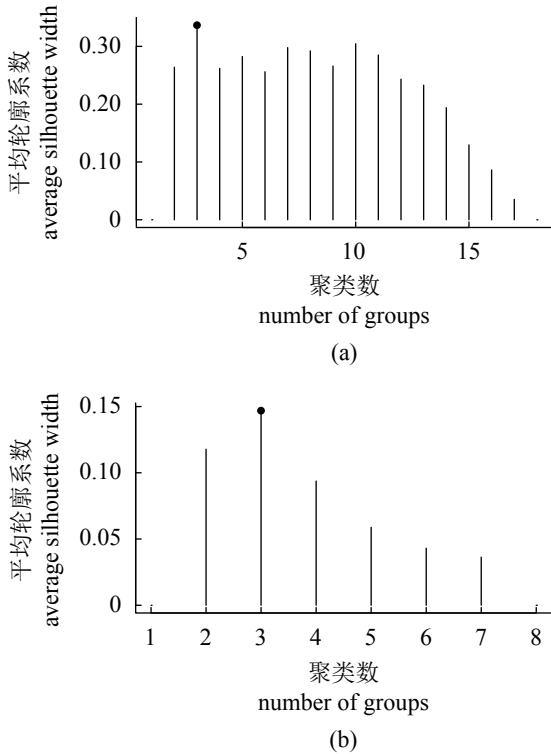


图 4 基于轮廓系数的 UPGMA 聚类分组数图

黑点表示最佳分组

Fig. 4 Silhouette-optimal number of clustering, UPGMA

Black point indicates the optimum number of groups

号站；深海组 (组 2) 包括 2、3、4 和 5 号站；近岸组 (组 3) 包括 6、9 和 11~18 号位；依据三疣梭子蟹资源密度的空间分布特征，各年份按资源密度高低在时间上可分为 3 个组 (图 5-b, 表 1)，较低组 (组 1) 包括 2010、2013、2016 和 2017 年，资源密度平均值为 9.10 kg/km²；较高组 (组 2) 包括 2012、2014 和 2011 年，资源密度平均值为 51.07 kg/km²；一般组 (组 3) 仅包括 2015 年，资源密度为 46.93 kg/km²。

为了合理判断三疣梭子蟹聚类结果的归属程度，本研究通过 R 语言计算各组的轮廓系数，并绘制相应的轮廓图。由图 7 可以看出，各组内依次连贯，无相反对象，故分组合理，无错分现象。由平均轮廓系数值可以看出，站点聚类的平均轮廓系数为 0.34，组内平均轮廓系数范围为 0.26~0.39，组内站点相似度较高，聚类效果较好 (图 7-a)；年份聚类的平均轮廓系数为 0.15，组内平均轮廓系数范围为 0~0.24，组内年份相似度较低，聚类效果较差 (图 7-b)。

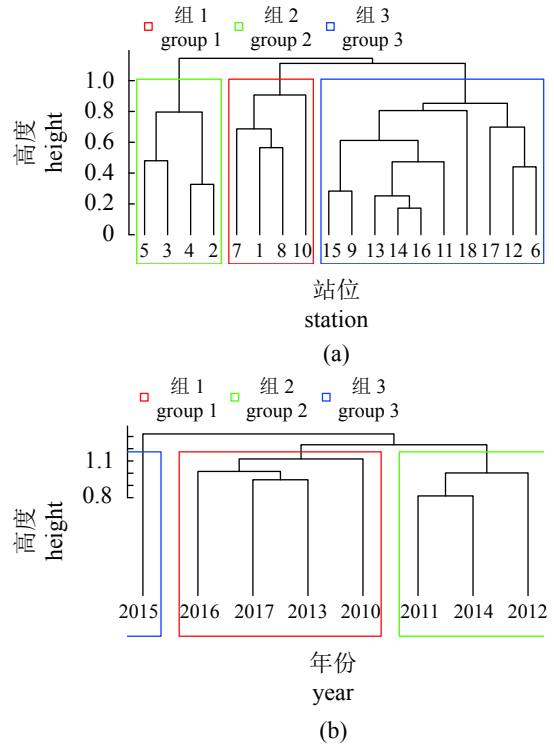


图 5 UPGMA 聚类树分组图

Fig. 5 Group average of clustering, UPGMA

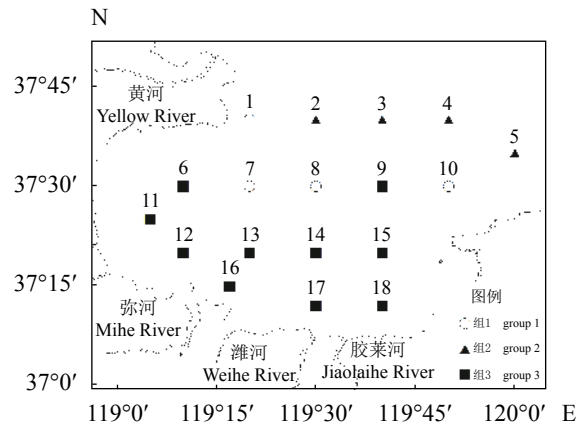


图 6 站点聚类空间分组图

Fig. 6 Spatial distribution of clustering group based on stations

3 讨论

3.1 三疣梭子蟹聚类合理性

从聚类方法上，聚类分析没有单一的最好方法^[22]，但为了使聚类的结果便于直观，一般都采用层次聚类的聚类树或类树状图表示^[23-28]，而层次聚类方法目前主要有最大法、最小法、非

表 1 年份聚类分组的资源密度
Tab. 1 Resource density of clustering grouping

年份分组 year grouping		资源密度/(kg/km ²) resource density		
		平均值 average value	最大值 maximum value	最小值 minimum value
组1	group 1	9.10	12.30	4.71
组2	group 2	51.07	86.75	25.43
组3	group 3	46.93		

加权组平均法、非加权组中心法和最小方差法等 5 种聚类方法, 本研究选择较常用的 UPGMA 法, 即非加权组平均法 (unweighted pair-group method with arithmetic means)。为了比较几种聚类方法的合理性, 分别给出了几种聚类结果的 Pearson 相关系数, 由结果可以看出, UPGMA 聚类的矩阵与原始矩阵之间的 Pearson 相关系数最高(表 2), 故可视为 UPGMA 聚类是本研究最合理的聚类方法。

从聚类分组结果上, 因聚类本身就是一种重要的人类行为, 所以聚类分组的确定一般比较随意^[22], 本研究为了促使聚类结果合理, 减少人为随意性, 通过 Rousseeuw 质量指数绘制聚类数轮廓系数图, 以便合理确定最佳聚类数。有关确定最佳聚类数的方法还有很多, 目前主要有融合水平图、轮廓系数图和 Mantel 统计相关图等^[21, 23]3 种, 分别对本研究聚类结果进行分组, 结果表明最佳聚类数均为 3 组, 因此对于本研究, 聚类分为 3 组更加合理。尽管聚类分析不是典型的统计方法, 无需检验^[21], 但建议进行聚类分组时最好选择分组方法, 增加聚类数结果的可信度。

为了评价聚类效果的合理性, 常采用 ANOSIM 分析聚类数结果, 评估聚类数的整体相似性以及相似性是否显著^[24-26]。而本研究以轮廓系数作为聚类效果好坏的一种评价方式, 轮廓系数结合内聚度和分离度两种因素进行评价, 不仅可以确定聚类的可行性, 还可以评估聚类的质量。为了探讨轮廓系数和 ANOSIM 分析对聚类结果评估的差异, 本研究对三疣梭子蟹的聚类数结果也进行 ANOSIM 分析评估, 由图 7 可以看出, 各聚类的每个组间存在差异, 且组间差异显著大于组内差异 ($R>0$, $P<0.01$), 聚类数的结果显著可行, 与轮廓系数相比, ANOSIM 分析仅考虑聚类数的可行性, 无法评估其聚类质量。因此, 聚类的轮廓系数可以更好地度量聚类结果的合

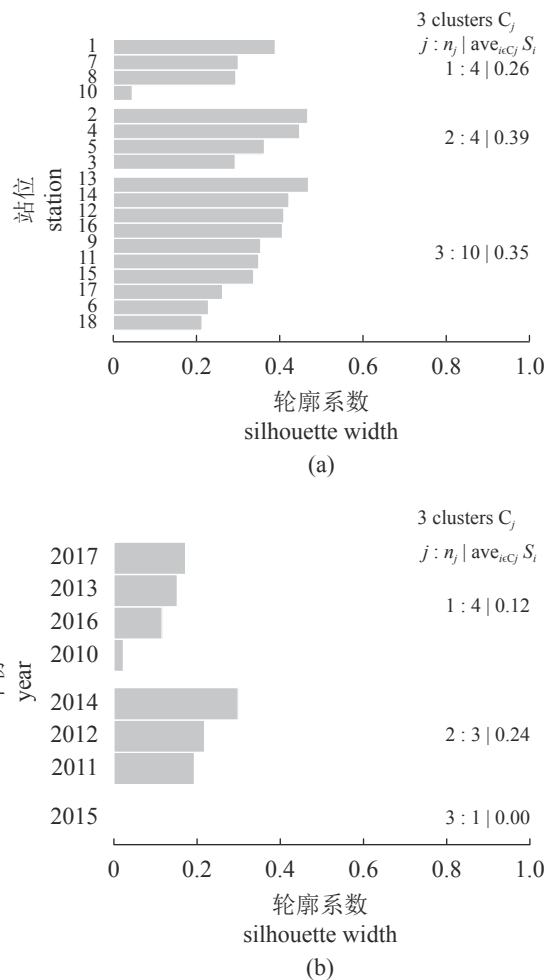


图 7 聚类分组轮廓系数评估图

(a) 平均轮廓系数为 0.34, (b) 平均轮廓系数为 0.15。C_j 表示聚类组 j, i 表示聚类单元 (站位或年份), n 表示聚类单元的总数, j 表示组号, n_j 表示第 j 组包含聚类单元的个数, $\text{ave}_{i \in C_j} S_i$ 表示第 j 组的平均轮廓系数

Fig. 7 Silhouette width of clustering evaluation

(a) average silhouette width is 0.34, $n=18$; (b) average silhouette width is 0.15, $n=8$. C_j indicates clustering group j, i indicates clustering unit (station or year), n indicates the total number of clustering units, j indicates the group number, n_j indicates the number of clustering units in group j, $\text{ave}_{i \in C_j} S_i$ indicates the average silhouette width of group j

理性和有效性, 其评估结果更具有意义。

3.2 三疣梭子蟹增殖与保护

从站位和年份两个不同角度进行聚类分析, 由结果可以看出, 各站位在空间上大致可分为 3 个组 (近岸组、远岸组和深海组), 通过与 2010—2017 年莱州湾三疣梭子蟹增殖放流回捕情况的 Pearson 相关性分析发现, 放流数量、资源密度、远岸组、深海组与回捕产量的相关性较低, 而近岸组与回捕产量存在正相关, 相关系数为 0.732,

表 2 不同聚类分析方法的 Pearson 相关系数

Tab. 2 Pearson Correlation Coefficient of different cluster analysis methods

聚类分析 cluster analysis	相关系数 correlation coefficient	
	空间 space	时间 time
最大法 Complete	0.824	0.762
最小法 Single	0.758	0.619
非加权组平均法 UPGMA	0.834	0.810
非加权组中心法 UPGMC	0.629	0.209
最小方差法 Ward's minimum variance	0.788	0.719

与三疣梭子蟹资源密度也存在正相关，相关系数为 0.880 (图 8)。三疣梭子蟹当年资源情况、秋汛回捕情况与同年近岸组资源密切相关。这也间接证明了放流数量不是越多越好，还要保证质量和成活率。

各年份在时间上也可分为 3 个组，较低组、较高组和一般组。因一般组仅包括 1 个组分，在不考虑一般组的情况下，进行 SIMPER 相似性百

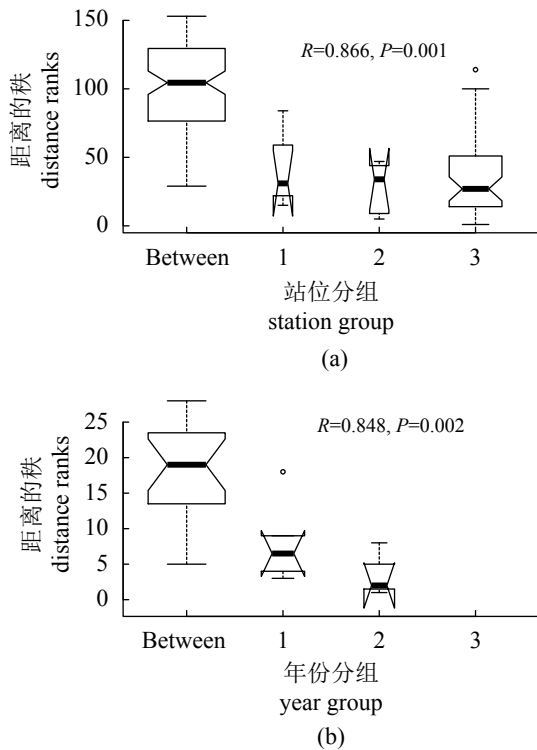


图 8 ANOSIM 分析评估图

Between 表示所有分组，1~3 表示各分组 (组 1、组 2、组 3)

Fig. 8 Assessment result of ANOSIM

Between indicates all groups, 1-3 indicates each group (group 1, group 2, group 3)

分比分析，结果显示，较低组与较高组平均相异性贡献率主要表现在 17、18、14 和 13 号站位 (表 3)，从空间分布上，这 4 个站位属于近岸组，即三疣梭子蟹当年的资源情况主要取决于当年近岸组。

由此可知，在不考虑数据年限的情况下，目前三疣梭子蟹资源状况主要取决于其当年的近岸资源，而近岸海域是三疣梭子蟹重要的产卵、育幼场所^[29]，也是三疣梭子蟹稚蟹重要的放流区域^[30]，其资源直接反映了休渔期间三疣梭子蟹幼蟹的存活量，因此，“伏休”期间三疣梭子蟹近岸资源的管理与保护对于三疣梭子蟹资源的影响至关重要。此外，秋汛的回捕产量与三疣梭子蟹近岸资源呈正相关 (图 9)，也证明了三疣

表 3 年份聚类组间平均相异性的主要贡献率

Tab. 3 Major contributions to the average between groups dissimilarity in year clustering %

站位 station	较低组&较高组 lower group & higher group
17	29.81
18	25.68
14	13.29
13	4.46

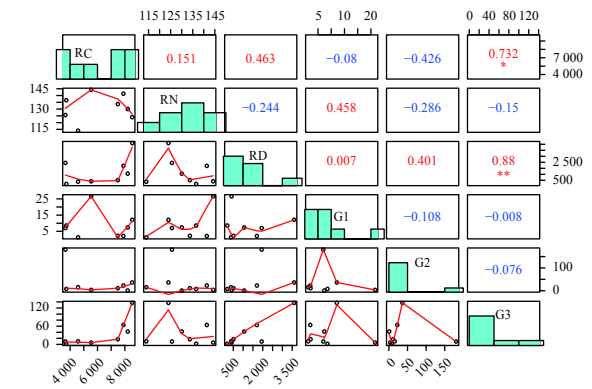


图 9 各因子之间的 Pearson 相关性矩阵

RC. 回捕产量 (t); RN. 放流数量 (10⁶ ind.); RD. 资源密度 (kg/km²); G1. 远岸组 (kg/km²); G2. 深海组 (kg/km²); G3. 近岸组 (kg/km²). *表示显著性水平 P<0.05, **表示显著性水平 P<0.01, 直方图表示因子的频度分布, 黑圆圈表示两因子之间的散点图, 红线表示两因子之间的光滑拟合曲线

Fig. 9 Pearson correlation matrix between factors

RC. recapture catch(t); RN. release number(10⁶ ind.); RD. resource density(kg/km²); G1. far-shore group(kg/km²); G2. deep-sea group(kg/km²); G3. nearshore group(kg/km²). * indicates significance level P<0.05, ** indicates significance level P<0.01, histogram indicates frequency distribution of factors, black circle indicates bivariate plots, red line indicates smooth curves in bivariate plots

梭子蟹近岸资源管理与保护的重要性, 建议在实施三疣梭子蟹增殖修复时, 不仅要保持增殖的规模, 还应重点关注前期资源的保护与管理, 从而保证近岸资源规模, 有效增加秋汛资源量, 实现三疣梭子蟹增殖放流修复的意义。

参考文献 (References):

- [1] 谢忠明. 海水经济蟹类养殖技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 2-3.
Xie Z M. Marine economic crab breeding technology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2002: 2-3 (in Chinese).
- [2] 宋鹏东. 三疣梭子蟹的形态与习性[J]. 生物学通报, 1982(5): 18-21.
Song P D. Morphology and habits of *Portunus trituberculatus*[J]. Bulletin of Biology, 1982(5): 18-21(in Chinese).
- [3] 山东省海洋与渔业厅. 山东近海经济生物资源调查与评价 [M]. 北京: 海洋出版社, 2010: 391-395.
Marine and Fishery Department of Shandong Province. Investigation and evaluation of economic resources in Shandong coastal waters[M]. Beijing: Ocean Press, 2010: 391-395 (in Chinese).
- [4] 卢晓, 董天威, 涂忠, 等. 山东省三疣梭子蟹增殖放流回顾与思考[J]. 渔业信息与战略, 2018, 33(2): 104-108.
Lu X, Dong T W, Tu Z, et al. Review and consideration on *Portunus trituberculatus* stock enhancement in Shandong Province[J]. Fisheries Information & Strategy, 2018, 33(2): 104-108(in Chinese).
- [5] 严利平, 刘尊雷, 金艳, 等. 东海区延长伏季休渔期渔业资源增殖效果分析[J]. 海洋渔业, 2019, 41(5): 513-519.
Yan L P, Liu Z L, Jin Y, et al. Effects of prolonging summer fishing moratorium in the East China Sea on the increment of fishery resources[J]. Marine Fisheries, 2019, 41(5): 513-519(in Chinese).
- [6] 贾磊. 三疣梭子蟹 (*Portunus trituberculatus*) 卵巢发育的初步研究 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2008.
Jia L. Preliminary study on the ovary development of the crab *Portunus trituberculatus*[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2008 (in Chinese).
- [7] 刘莉莉, 万荣, 段媛媛, 等. 山东省海洋渔业资源增殖放流及其渔业效益[J]. 海洋湖沼通报, 2008(4): 91-98.
Liu L L, Wan R, Duan Y Y, et al. Status and effect of enhancement release of marine fisheries resource in Shandong[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2008(4): 91-98(in Chinese).
- [8] 李增. 山东半岛南部三疣梭子蟹增殖放流效果评价 [D]. 烟台: 烟台大学, 2014.
Li Z. The assessment of *Portunus trituberculatus* stock enhancement in Southern Shandong Peninsula[D]. Yantai: Yantai University, 2014 (in Chinese).
- [9] 班文波. 三疣梭子蟹不同池塘混养系统的结构优化、氮磷收支与能值分析 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2015.
Ban W B. Optimization, nitrogen and phosphorus budgets and energy analysis *Portunus trituberculatus* polyculture systems[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2015 (in Chinese).
- [10] 赵莲, 李志辉, 张培, 等. 三疣梭子蟹线粒体基因组单核苷酸多态性[J]. 水产学报, 2018, 42(2): 196-203.
Zhao L, Li Z H, Zhang P, et al. Analysis of single nucleotide polymorphism (SNP) in mitochondrial genome of *Portunus trituberculatus*[J]. Journal of Fisheries of China, 2018, 42(2): 196-203(in Chinese).
- [11] 郝景伟, 高保全, 王崇, 等. 致急性肝胰腺坏死病副溶血弧菌 (*Vp_{AHPND}*) 自然感染三疣梭子蟹[J]. 水产学报, 2019, 43(7): 1647-1660.
Hao J W, Gao B Q, Wang C, et al. Natural infection of *Portunus trituberculatus* with acute hepatopancreas necrosis disease causing by *Vibrio parahaemolyticus* (*Vp_{AHPND}*)[J]. Journal of Fisheries of China, 2019, 43(7): 1647-1660(in Chinese).
- [12] 王小刚, 王迎宾, 叶婷, 等. 三疣梭子蟹生长特性的初步分析[J]. 海洋湖沼报, 2018(2): 131-136.
Wang X G, Wang Y B, Ye T, et al. A preliminary analysis of the growth characteristics of *Portunus trituberculatus*[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2018(2): 131-136(in Chinese).
- [13] 杨刚, 徐炳庆, 王秀霞, 等. 莱州湾三疣梭子蟹生物学参数及生长特性研究[J]. 海洋渔业, 2017, 39(4): 401-410.
Yang G, Xu B Q, Wang X X, et al. On biological parameters and growth characteristics of *Portunus trituberculatus* in the Laizhou Bay[J]. Marine Fisheries, 2017, 39(4): 401-410(in Chinese).
- [14] 王景, 张凤英, 蒋科技, 等. 基于线粒体CO I 基因序列的三疣梭子蟹东海区群体遗传多样性分析[J]. 海洋渔业, 2015, 37(2): 114-121.
Wang J, Zhang F Y, Jiang K J, et al. Genetic diversity of *Portunus trituberculatus* based on the mitochondrial cytochrome oxidase subunit I sequence from the East China Sea[J]. Marine Fisheries, 2015, 37(2): 114-121(in Chinese).

- Chinese).
- [15] 李楚禹. 2010—2018 年山东南部近海三疣梭子蟹增殖放流效果评价 [D]. 烟台: 烟台大学, 2019.
Li C Y. The assessment of *Portunus trituberculatus* stock enhancement in the Southern coast of Shandong of 2010-2018[D]. Yantai: Yantai University, 2019 (in Chinese).
- [16] 张秀梅, 王熙杰, 涂忠, 等. 山东省渔业资源增殖放流现状与展望[J]. 中国渔业经济, 2009, 27(2): 51-58.
Zhang X M, Wang X J, Tu Z, et al. Current status and prospect of fisheries resource enhancement in Shandong Province[J]. Chinese Fisheries Economics, 2009, 27(2): 51-58(in Chinese).
- [17] 吴强, 王俊, 陈瑞盛, 等. 莱州湾三疣梭子蟹的生物学特征、时空分布及环境因子的影响[J]. 应用生态学报, 2016, 27(6): 1993-2001.
Wu Q, Wang J, Chen R S, et al. Biological characteristics, temporal-spatial distribution of *Portunus trituberculatus* and relationships between its density and impact factors in Laizhou Bay, Bohai Sea, China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2016, 27(6): 1993-2001(in Chinese).
- [18] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 12763.6-2007 海洋调查规范 第 6 部分: 海洋生物调查 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration. GB/T 12763.6-2007 Specifications for oceanographic survey—Part 6: Marine biological survey[S]. Beijing: Standards Press of China, 2007 (in Chinese).
- [19] 詹秉义. 渔业资源评估 [M]. 北京: 农业出版社, 2000: 2-10.
Zhan B Y. Fish stock assessment[M]. Beijing: Agriculture Press, 2000: 2-10 (in Chinese).
- [20] Rousseeuw P J. Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis[J]. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 1987, 20: 53-65.
- [21] Borcard D, Gillet F, Legendre P. Numerical ecology with R[M]. New York: Springer, 2011.
- [22] 王芳. 传统聚类方法的分析及改进 [D]. 长沙: 中南大学, 2007.
Wang F. Analysis and improvement of traditional clustering methods[D]. Changsha: Central South University, 2007 (in Chinese).
- [23] 徐炳庆, 吕振波, 李战军, 等. 莱州湾中国对虾生长特性及其空间分布[J]. 生态学报, 2016, 36(3): 803-810.
Xu B Q, Lv Z B, Li Z J, et al. The growth characteristics and spatial distribution of *Fenneropenaeus chinensis* in Laizhou Bay[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, 36(3): 803-810(in Chinese).
- [24] 张良成, 李凡, 吕振波, 等. 莱州湾虾虎鱼类资源分布及群落结构研究[J]. 大连海洋大学学报, 2019, 34(4): 588-594.
Zhang L C, Li F, Lü Z B, et al. Stock distribution and community structure of members in Gobioidae in Laizhou Bay[J]. *Journal of Dalian Ocean University*, 2019, 34(4): 588-594(in Chinese).
- [25] 张涛, 庄平, 章龙珍, 等. 长江口中华鲟自然保护区底层鱼类的群落结构特征[J]. 生态学报, 2011, 31(6): 1687-1694.
Zhang T, Zhuang P, Zhang L Z, et al. Community structure of demersal fish in nature reserve of *Acipenser sinensis* in Yangtze River estuary[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(6): 1687-1694(in Chinese).
- [26] 翟璐, 韩东燕, 傅道军, 等. 胶州湾及其邻近海域鱼类群落结构及与环境因子的关系[J]. 中国水产科学, 2014, 21(4): 810-821.
Zhai L, Han D Y, Fu D J, et al. Fish community structure and the relationship with environmental factors in Jiaozhou Bay and adjacent waters[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2014, 21(4): 810-821(in Chinese).
- [27] 吕振波, 李凡, 王波, 等. 黄海山东海域春、秋季鱼类群落结构[J]. 水产学报, 2011, 35(5): 692-699.
Lü Z B, Li F, Wang B, et al. Community structure of fish resources in spring and autumn in the Yellow Sea off Shandong[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2011, 35(5): 692-699(in Chinese).
- [28] 徐炳庆, 吕振波, 李凡, 等. 山东半岛南部近岸海域夏季游泳动物的组成特征[J]. *海洋渔业*, 2011, 33(1): 59-65.
Xu B Q, Lü Z B, Li F, et al. On nekton composition in southern coastal waters off Shandong Peninsula in summer[J]. *Marine Fisheries*, 2011, 33(1): 59-65(in Chinese).
- [29] 唐启生, 叶樊中. 山东近海渔业资源开发与保护 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1990: 178-179.
Tang Q S, Ye F Z. Exploitation and protection of fishery resources in Shandong offshore[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1990: 178-179 (in Chinese).

- [30] 赵国庆, 邱盛尧, 张玉钦, 等. 山东半岛南部三疣梭子蟹增殖放流群体贡献率[J]. 水产科学, 2018, 37(5): 591-598.
- releasing to stock quantity of swimming crab *Portunus trituberculatus* in waters off Southern Shandong Peninsula[J]. Fisheries Science, 2018, 37(5): 591-598(in Chinese).
- Zhao G Q, Qiu S Y, Zhang Y Q, *et al.* Contribution of

Resource status and distribution characteristics of *Portunus trituberculatus* before the end of summer fishing moratorium in Laizhou Bay

XU Bingqing¹, CHEN Wei¹, WANG Tiantian², YANG Yanyan¹, LI Fan^{1*}, LIU Shude³

(1. Shandong Provincial Key Laboratory of Restoration for Marine Ecology,

Shandong Marine Resource and Environment Research Institute, Yantai 264006, China;

2. Yantai Marine Economic Research Institute, Yantai 264003, China;

3. Shandong Hydrobios Resources Conservation and Management Center, Yantai 264005, China)

Abstract: Based on samples collected from bottom trawl surveys before the end of summer fishing moratorium in Laizhou Bay from 2010 to 2017, the temporal and spatial distributions of *Portunus trituberculatus* were studied by silhouette width of clustering, with the released and recaptured data. Some suggestions were made on the resource status of *P. trituberculatus* in Laizhou bay. The results show that resources of *P. trituberculatus* in the south are obviously superior to those in the north from the spatial distribution, which can be clustered into near-shore group, far-shore group and deep-sea group by Rousseeuw index. Group assessment is reasonable. The average silhouette width of station clustering was 0.34, the similarity of the stations in the group was higher, and the clustering effect was better; the resources of *P. trituberculatus* have obvious interannual fluctuation from the temporal distribution, which can be clustered into good group, general group and poor group by Rousseeuw index. Group assessment is reasonable. The average silhouette width of year clustering was 0.15, the year similarity within the group was low, and the clustering effect was poor. In addition, according to Pearson correlation analysis of spatial grouping, we found that the resource status is closely related to the near-shore group, and according to SIMPER analysis of temporal grouping, we found that the resource status mainly depends on the near-shore resources. Therefore, the management and protection of the near-shore group is very important to the resource of *P. trituberculatus* before the end of summer fishing moratorium in Laizhou Bay. During enhancement and releasing of *P. trituberculatus*, it is suggested that we should not only maintain the releasing scale, but also focus on the protection and management of resources in the early days, and then effectively increase the near-shore resources and further realize the significance of the enhancement of *P. trituberculatus*.

Key words: *Portunus trituberculatus*; temporal and spatial distribution; enhancement and releasing; cluster analysis; silhouette coefficient

Corresponding author: LI Fan. E-mail: lifan811230@126.com

Funding projects: Main Proliferation Resources Investigation Project in Shandong Province (SD2012-2019); Research and Development Projects in Shandong Province (2018GHY115014)