



辽东湾三疣梭子蟹增殖放流效果评估

王彬¹, 刘修泽¹, 李玉龙¹, 董婧^{1*}, 王爱勇¹, 于旭光¹,
王小林¹, 李成久², 栾春钢², 王玉龙¹

(1. 辽宁省海洋水产科学研究院, 辽宁省海洋生物资源与生态学重点实验室,
大连市渔业资源养护重点实验室, 辽宁大连 116023;
2. 辽宁省渔港与水产种苗中心, 辽宁大连 116015)

摘要: 根据 2018 年 6—8 月在辽东湾对三疣梭子蟹增殖放流前后进行的 4 个航次的对比调查结果, 定量分析了辽东湾三疣梭子蟹自然群体和增殖放流群体的数量, 并根据三疣梭子蟹放流苗种数量和放流后捕捞产量调查数据, 对辽东湾三疣梭子蟹增殖放流效果开展评价。结果显示, 2018 年 6 月上中旬辽东湾海域三疣梭子蟹增殖放流前, 自然群体资源量较低, 相对资源密度为 2.80 只/h; 在 6 月下旬共放流苗种 3 678.94 万只, 7 月上中旬、8 月上中旬和 8 月下旬三疣梭子蟹相对资源密度分别为 16.60、2.20 和 13.33 只/h。通过 6 月上中旬放流前本底调查和 8 月下旬放流后跟踪调查分析增殖放流前后三疣梭子蟹资源量的变化, 通过内禀增长率来计算自然群体在放流前后的种群扩繁能力, 计算出 2018 年辽东湾三疣梭子蟹放流后, 放流群体所占比例为 30.10%; 同时采用世代分析法, 分析出 2018 年三疣梭子蟹当年补充群体占比为 94.54%。统计 2018 年秋汛期间三疣梭子蟹捕捞产量为 1 890 t, 增殖放流回捕产量 538 t, 回捕率 9.36%, 投入产出比为 1:12.02。通过扫海面积法估算三疣梭子蟹的资源量为 2 056 t, 接近于回捕调查的实际产量。建议可以适当加大辽东湾三疣梭子蟹的放流量, 促进辽东湾三疣梭子蟹资源修复和渔民增收。

关键词: 三疣梭子蟹; 回捕率; 放流效果; 评估; 辽东湾

中图分类号: S 931.9

文献标志码: A

辽东湾位于渤海北部, 是我国北方重要的渔场, 是多种经济鱼虾的重要栖息地和产卵场。由于受到人类开发活动、海洋环境和气候变化等因素的胁迫, 辽东湾渔业资源的补充和可持续产出能力严重受损。辽东湾自然资源与渔场严重衰退, 渔业资源结构发生了重大的变化, 主要经济鱼类低龄化和小型化, 产量和质量都大大下降, 渔业生物多样性显著降低^[1]。

开展增殖放流、发展增殖渔业, 是优化种

群结构、改善水域环境、促进衰退渔业种群恢复的一个重要途径, 对于近海渔业资源的可持续利用、渔民增收、渔业增效、拓展渔业发展空间都具有重要意义^[2], 目前增殖放流在国内外渔业资源修复中广为开展^[3-5]。近十几年来, 辽宁省政府也在辽东湾开展了多种海洋渔业资源增殖放流活动, 其中三疣梭子蟹 (*Portunus trituberculatus*) 是近年辽东湾主要的增殖放流品种之一。随着近年来开发利用程度的加大, 辽东湾三疣

收稿日期: 2019-08-09 修回日期: 2020-01-09

资助项目: 国家环境保护近岸海域生态环境重点实验室基金 (201804); 国家重点基础研究发展计划 (2017YFC1404400); 农业农村部物种资源保护费 (渔业) 项目 (17190055); 辽宁省自然科学基金 (2019-ZD-0387); 大连市青年科技之星项目 (2017RQ160)

通信作者: 董婧, E-mail: 1024470248@qq.com

梭子蟹资源逐渐减少,为了修复辽东湾三疣梭子蟹渔业资源,辽宁省自2012年以来,每年持续在辽东湾开展三疣梭子蟹的增殖放流活动,2012—2018年共计增殖放流三疣梭子蟹2.3亿只,辽东湾三疣梭子蟹的产量得到了显著提高。为了对辽东湾三疣梭子蟹增殖放流开展效果评价,辽宁省海洋水产科学研究院每年在辽东湾开展三疣梭子蟹增殖放流前的本底调查、增殖放流后的跟踪调查、资源量评估、生产统计,以期对辽东湾三疣梭子蟹增殖放流效果进行评价。

三疣梭子蟹隶属于十足目(Decapoda)、梭子蟹科(Portunidae)、梭子蟹属(*Portunus*),俗称飞蟹、梭子蟹等,是暖温性的大型蟹类,经济价值较高,营底栖生活,分布于中国渤海、黄海、东海和南海近海,朝鲜半岛及日本近海海域。目前,三疣梭子蟹是我国沿海的主要增殖放流品种之一,但由于三疣梭子蟹为多年生蟹类,且有一定数量的自然群体,因此评价三疣梭子蟹的增殖放流效果需要有效区分增殖放流群体和自然群体。国内外学者采用金属线码标志回捕法^[6]、切侧棘法^[7]、荧光标记法^[8]、分子标记法^[9-10]、养殖池塘模拟放流三疣梭子蟹生长^[11]、放流前后资源量增量法^[12]等多种方法区分三疣梭子蟹增殖放流群体和自然群体,本实验根据辽东湾三疣梭子蟹自然生态习性设计了增殖放流跟踪监测调查航次和站位,研究辽东湾放流三疣梭子蟹的分布迁移规律和生长特征,分析增殖放流前后三疣梭子蟹资源量的变化,并借鉴浙江省海洋水产研究所的做法^[13],通过内禀增长率^[14]计算出放流后放流群体所占比例,同时采用世代分析法,分析当年补充群体所占比例,进而计算增殖放流回捕率并评价增殖放流效果。本研究对促进辽东湾三疣梭子蟹增殖放流健康持续发展和三疣梭子蟹资源修复具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 2018年增殖放流

2018年6月18—25日,辽东湾北部海域4个放流点(葫芦岛兴城海域、锦州凌海大有农场八支路海域、盘锦三道沟海域、营口鲅鱼圈白沙滩海域)放流三疣梭子蟹稚蟹Ⅱ期(头胸甲宽6 mm以上)苗种3 678.94万只。

1.2 航次信息与站位图

分别于2018年6月7—15日、7月2—11

日、8月6—14日、8月22—31日对辽东湾三疣梭子蟹资源进行了跟踪调查。根据三疣梭子蟹的自然生态习性设计调查站位(图1),6月上中旬本底调查选择在10 m等深线内水域,7月上中旬的调查选择在5 m等深线内水域,8月上中旬和8月下旬的调查分别选择在10和20 m等深线内水域。

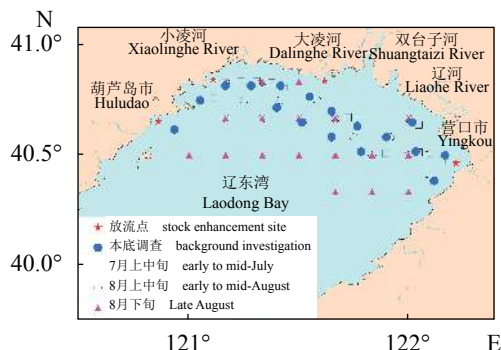


图1 2018年6—8月辽东湾三疣梭子蟹增殖放流前后调查站位图

Fig. 1 Sampling stations before and after the release of hatchery-raised swimming crabs in Liaodong Bay in 2018

调查船辽营渔15228,功率88.2 kW,选取网具为底拖网,网口拉紧周长18 m,囊网网目尺寸2 cm。底拖网拖速为2.0~3.0 n mile/h,每站拖网0.5 h。底拖网捕获的三疣梭子蟹样品进行体质量、头胸甲宽、头胸甲长和雌雄等常规生物学测定,体质量精确到0.1 g,头胸甲宽精确到0.1 mm。采用ALEC公司的AAQ1183多参数水质分析仪测量记录海水表层和底层温度、盐度。三疣梭子蟹空间分布图采用地理信息作图软件Arcgis 9.3制作。

1.3 三疣梭子蟹资源量估算

通过航次调查,实时监测三疣梭子蟹的生长和数量情况,采用扫海面积法估算三疣梭子蟹的资源量:

$$B = A \cdot N / a(1 - E) \quad (1)$$

式中, B 为资源量(只); A 为渔场面积,辽东湾渔场海域面积为10 000 km²; N 为平均渔获密度(只/h); a 为换算为1 h的每个调查网次的扫海面积(km²/h),为0.048 615 km²/h; E 为逃逸率,辽东湾三疣梭子蟹资源量评估 E 取0.8。

1.4 增殖放流群体的比例

通过放流前本底调查和放流后跟踪调查分

析增殖放流前后三疣梭子蟹资源量的变化,通过内禀增长率来计算自然群体在放流前后的种群扩繁能力,计算出放流后放流群体所占群体总量的比例。引入能综合反映种群出生率、死亡率、年龄结构和性比等指标的种群扩繁能力指数—内禀增长率 r 来计算自然群体在6月上中旬至8月下旬的种群扩繁能力^[13]:

$$P = (N_2 - N_1')/N_2 \quad (2)$$

$$N_1' = \lambda^a N_1 \quad (3)$$

$$\lambda = e^r \quad (4)$$

$$r = \ln R_0/T \quad (5)$$

$$R_0 = \sum l_x m_x \quad (6)$$

式中, P 为放流后放流群体所占比例; N_1 和 N_2 分别为放流前(6月上中旬)、放流后(8月下旬)的平均资源量,放流前(6月上中旬)的这部分自然群体(N_1)至放流后(8月下旬),历经繁殖、生长、死亡整个过程,资源量为 N_1' , 单位为个/h; a 为资源量从 N_1 变化到 N_2 所经历的时间(年); λ 为种群增长速率; r 为种群内禀增长率; R_0 为世代净增殖率; T 为世代时间(年); l_x 为存活率;

m_x 为生殖率,生殖率取决于抱卵量、孵化率和雌雄比^[15]; x 为年龄。

1.5 增殖放流回捕率

根据渔获中放流群体数量与总捕捞数量之间的比例来确定增殖放流群体的回捕率:

$$S = N_0 \cdot P \cdot Q/N \quad (7)$$

式中, S 为回捕率, N_0 为总捕捞数量(只); P 为放流后放流群体所占比例; Q 为当年补充群体所占比例(通过6月上中旬至8月下旬放流前后的监测调查样品测量结果,利用“世代分析法”^[16]分析三疣梭子蟹头胸甲宽分布特征,进而计算出当年补充群体的比例); N 为放流苗种数量(只)。

2 结果

2.1 海洋环境特征

从三疣梭子蟹增殖放流前后辽东湾北部海域各个航次调查结果来看,与往年相比,2018年辽东湾海域盐度偏高,水温前期较低,后期温度回升较快,水温偏高,调查结果见表1。

表1 2018年调查海域的海水温度和盐度

Tab. 1 Water temperature and salinity in the survey area in 2018

月份 month	表层温度/°C surface temperature	底层温度/°C bottom temperature	表层盐度 surface salinity	底层盐度 bottom salinity
6月上中旬 early to mid-June	22.32±0.47	21.87±0.49	32.39±0.52	32.77±0.55
7月上中旬 early to mid-July	26.63±0.45	26.00±0.56	32.42±0.13	32.46±0.16
8月上中旬 early to mid-August	29.22±0.36	29.05±0.51	32.11±0.20	32.10±0.20
8月下旬 late August	25.94±0.48	25.73±0.39	31.12±1.22	31.36±0.84

2.2 三疣梭子蟹资源的空间分布

2018年6月上中旬的调查为放流前本底调查,调查的群体为辽东湾三疣梭子蟹的自然群体,在调查的8个站位中,通过实际拖网调查到三疣梭子蟹12只,出现三疣梭子蟹的站位有3个,站位出现率37.50%。三疣梭子蟹的平均渔获密度为2.80只/h,主要分布在双台子河口、小凌河口和东部营口近海。7月上中旬为放流10d后的跟踪监测,在调查的9个站位中,实际调查到三疣梭子蟹65只,出现三疣梭子蟹的站位有7个,站位出现率77.78%。三疣梭子蟹的平均渔获密度为16.60只/h,三疣梭子蟹海区中的分布范围较广,主要分布于双台子河口、辽河口和大、小凌河口附近。8月上中旬的调查为放

流约40d后的跟踪调查,在本次调查中的13个站位中,捕获到三疣梭子蟹的站位有6个,站位出现率46.15%,共捕获三疣梭子蟹18只,平均渔获密度2.20只/h,8月上中旬航次受到辽东湾大型水母沙蜆(*Nemopilema nomurai*)旺发和台风天气的严重影响,除了部分站位无法调查之外,其他站位每站的拖网时间平均仅为10~15min,因此8月上中旬的渔获密度仅为参考,主要作为三疣梭子蟹生长参数使用,本次调查三疣梭子蟹的海区空间分布图显示,三疣梭子蟹海区分布范围比2014年窄,主要分布在辽河口及双台子河口区。8月下旬的调查为放流约60d后的调查,共计18个调查站位,共捕获三疣梭子蟹115只,捕获到三疣梭子蟹的站位共11个,站

位出现率 61.11%，三疣梭子蟹渔获密度 13.33 只/h。经分析发现，三疣梭子蟹在海区中的分布较为

均匀，但西部数量稍多，浅水站位数量多于深水站位，但深水站位捕捞个体明显较大(图 2)。

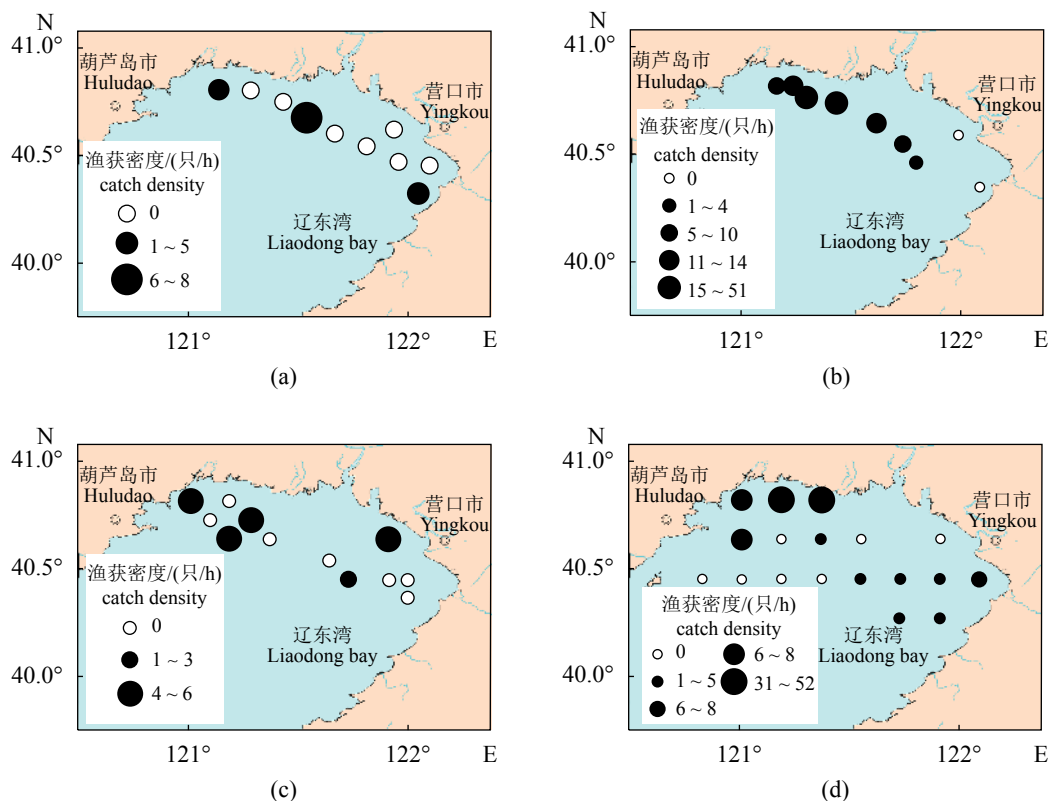


图 2 2018 年 6—8 月辽东湾三疣梭子蟹渔获密度空间分布

(a) 6 月上中旬, (b) 7 月上中旬, (c) 8 月上中旬, (d) 8 月下旬; 下同

Fig. 2 Spatial distribution of the catch densities (ind./h) of *P. trituberculatus* from June to August 2018, in Liaodong Bay

(a) early to mid-June, (b) early to mid-July, (c) early to mid-August, (d) late August; the same below

2.3 放流后的放流群体所占比例

三疣梭子蟹为 1~2 年生物种^[17]，在目前的高捕捞强度下，生物学测定显示以 1 年或者当年生个体为主，因此公式 (5) 中的世代时间 T 取 1。根据辽东湾多年 6 月上中旬三疣梭子蟹生物学测定的结果可知，雌雄比为 0.714，参照 2009—2011 年浙江省海洋水产研究所试验场的三疣梭子蟹池塘繁殖孵化实验数据，受精卵平均孵化率为 10%，幼体养成率 (存活率) 为 5%(5%~15%，培育至仔蟹 II~III 期)^[13]。求出生殖率 (表 2)，则繁殖群体的内禀增长率 r 为 7.20，种群增长速率 λ 值为 1 340，从 6 月上中旬至 8 月下旬时间约为 2 个月，即为 a 取值 1/6，则辽东湾海域的三疣梭子蟹群体数量从 6 月上中旬至 8 月下旬，以约 $\lambda^{1/6}$ (3.32 倍) 的速率增长。

辽东湾三疣梭子蟹群体由自然群体和放流后补充群体组成，根据放流后资源量的变化，

表 2 三疣梭子蟹内禀增长率相关系数估算表

Tab. 2 Correlation coefficient estimation of *P. trituberculatus* intrinsic growth rate

年龄/a	存活率/%	生殖率	世代净增殖率
x	l	m_x	$l_x m_x$
0	100	0	0
1	5	26 796	1 340

结合内禀增长率，根据公式 (2) 计算出，放流群体所占群体总量比例为 30.10%。

2.4 当年补充群体比例

根据各个航次的生物学测定结果，6 月三疣梭子蟹平均头胸甲宽 78.75 mm，平均头胸甲长 36.17 mm，平均体质量 41.17 g，由于 6 月当年生三疣梭子蟹的个体较小，2 龄个体较大，导致 6 月三疣梭子蟹的个体差异较大。三疣梭子蟹个体组成以 50 g 以下的当年生个体为绝对优势，

将近 250 g 的 2 龄个体数量较少; 7 月上中旬, 三疣梭子蟹平均头胸甲宽 117.83 mm, 平均头胸甲长 60.51 mm, 平均体质量 78.06 g; 8 月上中旬, 三疣梭子蟹平均头胸甲宽 145.36 mm, 平均头胸甲长 69.55 mm, 平均体质量 167.55 g; 8 月下旬, 三疣梭子蟹平均头胸甲宽 88.25 mm, 平均头胸甲长 40.19 mm, 平均体质量 56.39 g。从三疣梭子蟹头胸甲宽的月份变化来看, 三疣梭子蟹的头胸甲宽从 6 月中旬至 8 月上中旬一直呈增大的趋势, 8 月下旬头胸甲宽减小 (图 3)。

参考三疣梭子蟹的生长方程和生长参数^[18-19], 通过“世代分析法”^[16]对三疣梭子蟹捕捞群体进行判别, 估算出 2018 年 8 月下旬辽东湾北部海域三疣梭子蟹当年补充群体所占的比例为 94.54%, 其捕捞群体以当年补充群体为绝对优势群体。

2.5 三疣梭子蟹资源量估算

通过航次调查的结果对 2018 年辽东湾三疣梭子蟹的资源量进行估算和预报, 对 2018 年辽东湾三疣梭子蟹增殖放流前后航次调查数据进行资源量估算结果显示, 采用第三次拖网调查数据估算辽东湾三疣梭子蟹资源量, 拖拽时网口宽度 10.5 m, 平均拖速 2.5 n mile/h, 拖网 1 h, 每站实际扫海面积 0.048 615 km²。平均每站三疣

梭子蟹渔获密度 13.33 只/h, 辽东湾三疣梭子蟹渔场的面积按照 10 000 km² 计算, 逃逸率采用 0.8, 由公式 (1) 计算得出: 2018 年辽东湾海域三疣梭子蟹资源数量为 1 371 万只, 按每只梭子蟹捕捞平均体质量 150 g 计算, 资源量为 2 056 t, 该预测产量和 2018 年秋汛实际产量 1 890 t 较为接近 (表 3)。

2.6 回捕生产调查

2018 年 9 月 1 日开捕后, 通过对辽东湾三疣梭子蟹捕捞生产的码头 (盘锦二界沟渔港、锦州王家窝铺渔港、葫芦岛兴城邴家港、兴城小坞渔港、绥中申江渔港、张见港及海大渔港等辽东湾各渔港码头) 进行渔港访问, 调查渔民捕捞三疣梭子蟹情况、产量、产值和成本等各项指标, 并对捕捞的三疣梭子蟹进行生物学测定, 向辽东湾沿海渔民发放《2018 年辽东湾三疣梭子蟹捕捞生产问卷调查》350 份, 《增殖放流回捕生产调查渔捞日志》70 本, 对三疣梭子蟹增殖放流回捕生产情况进行调查。通过调查问卷和渔捞日志的记录, 以及现场生物学测定的结果, 将各地的三疣梭子蟹捕捞产量和平均渔港收购价格进行加权平均, 并结合各地海洋渔业主管部门的三疣梭子蟹产量统计数字得出:

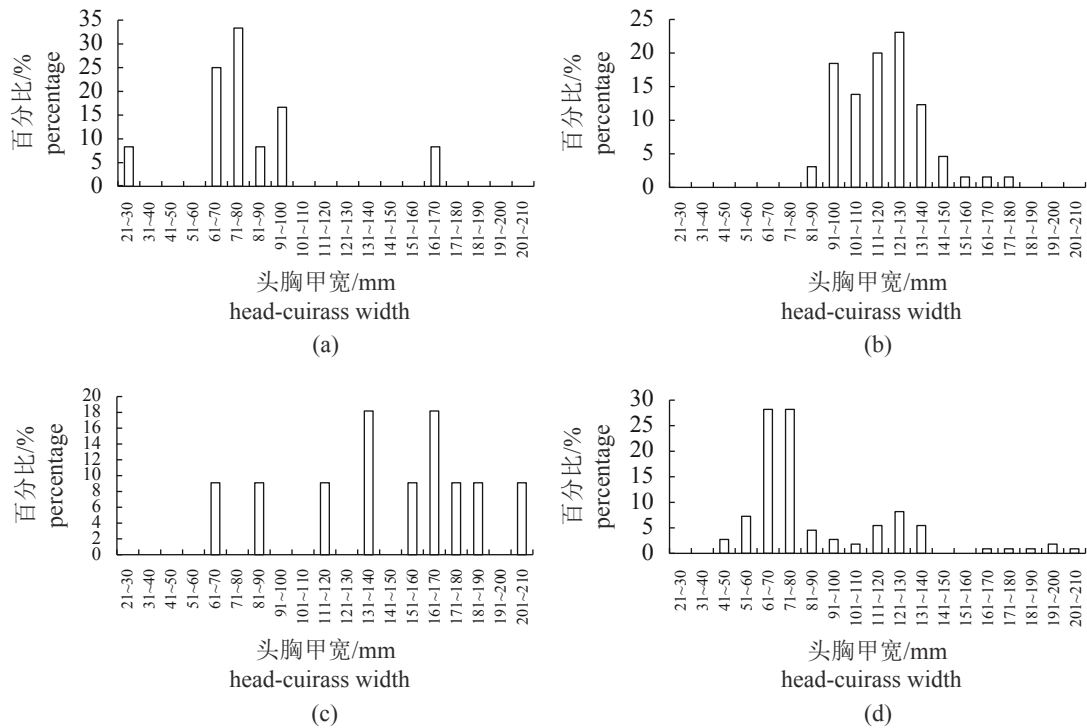


图 3 2018 年 6—8 月辽东湾三疣梭子蟹头胸甲宽频率分布

Fig. 3 Frequency distribution of head-cuirass width of *P. trituberculatus*, from June to August 2018, in Liaodong Bay

表 3 2018 年增殖放流前后辽东湾三疣梭子蟹资源量估算

Tab. 3 Estimation of resource volume of *P. trituberculatus* before and after the release of hatchery-raised swimming crabs in 2018 in Liaodong Bay

月份 month	头胸甲宽/mm average head-cuirass width	体质量/g average mass	渔获密度/(只/h) average catch densities	出现率/% occurrence rate	资源量/(10 ⁴ 只) resource volume
6月上中旬 early to mid-June	78.75	41.17	2.80	37.5	288
7月上中旬 early to mid-July	117.83	78.06	16.60	77.8	
8月上中旬 early to mid-August	145.36	167.55	2.20	46.2	
8月下旬 late August	88.25	56.39	13.33	73.3	1 371

2018 年下半年 (秋汛) 辽东湾三疣梭子蟹的总产量为 1 890 t, 整个渔汛三疣梭子蟹捕捞的平均体质量为 156.3 g, 平均个体大小为 6.4 只/kg, 三疣梭子蟹的渔港平均价格为 74 元/kg, 根据公式 (2) 计算出增殖放流三疣梭子蟹群体约占混合群体的 28.46%, 则三疣梭子蟹增殖放流回捕产量为 538 t, 增殖放流产值 3 981 万元, 生物学测定的结果显示, 下半年捕获的三疣梭子蟹个体平均体质量为 156.3 g, 则回捕放流梭子蟹 344 万只, 2018 年辽东湾放流三疣梭子蟹 3 678.94 万只, 回捕率 9.36%, 增殖放流苗种投入 331.1 万元, 投入产出比为 1 : 12.02。

3 讨论

3.1 三疣梭子蟹自然群体和放流群体的区分

为了区分三疣梭子蟹及其他甲壳动物的增殖放流群体和自然群体, 国内外学者进行了大量的尝试实验, 对三疣梭子蟹放流群体进行多种标记。日本学者曾进行了三疣梭子蟹金属丝编码标记实验^[6]。陈永桥^[7]研究了切侧棘法、扎孔法和穿体标法进行标记, 国内学者曾采用可视嵌入性荧光标记对中国明对虾 (*Fenneropenaeus chinensis*) 苗种进行标记^[20-23]。另外在三疣梭子蟹标记技术研究方面, 国内有学者采用注射可视嵌入性荧光标记和剪附肢两种方法对三疣梭子蟹进行标记^[8]。同时随着目前分子标记技术逐渐发展, 分子标记技术也逐渐应用到三疣梭子蟹及其他甲壳动物的增殖放流效果评价中^[9-10]。目前在三疣梭子蟹增殖放流效果评价工作中, 考虑到标记技术仍然处于研究阶段, 并且大规模标记技术的成本较高, 国内学者有通过放流前的本底资源调查、放流后资源增加量调查、开捕前的相对资源调查以及秋季渔业动态调查, 计算三疣梭子蟹增殖放流群体对资源量的贡献

率^[24-25]; 黄经献等^[11]通过尝试在养殖池塘中模拟增殖放流群体、当年生群体和越年群体的生长差异等方法, 试图区分三疣梭子蟹增殖放流群体, 自然繁殖种群平均全甲宽和平均体质量高于增殖种群, 但差异不显著 ($P > 0.05$), 不能以全甲宽和体质量指标鉴别种群, 自然繁殖种群的成活率亦极显著高于增殖种群 ($P < 0.01$)。谢周全等^[26]曾用三疣梭子蟹增殖放流前后资源量的变化, 结合“世代分析法”计算了山东半岛南部海域三疣梭子蟹的增殖放流回捕率。徐开达等^[13]通过放流前本底调查和放流后跟踪调查分析增殖放流前后三疣梭子蟹资源量的变化, 通过内禀增长率来计算自然群体在放流前后的种群扩繁能力, 计算出放流后放流群体所占比例; 同时采用“世代分析法”, 分析当年补充群体所占比例, 对浙江洞头海域三疣梭子蟹增殖放流效果进行评估。目前在辽东湾的三疣梭子蟹增殖放流效果评价工作中, 考虑到标记技术仍然处于研究阶段以及大规模标记技术的成本, 根据辽东湾三疣梭子蟹跟踪监测的实际特点, 借鉴浙江省海洋水产研究所的方法, 通过增殖放流前的本底调查和放流后的跟踪调查, 比较三疣梭子蟹资源量的差异, 并结合内禀增长率和“世代分析法”, 区分三疣梭子蟹增殖放流群体和自然群体, 对辽东湾三疣梭子蟹增殖放流效果进行评价。

从渤海三疣梭子蟹的自然生态习性来看, 渤海三疣梭子蟹越冬后 4 月上旬开始生殖洄游, 主要游向渤海湾和莱州湾近岸, 4 月底开始在 10 m 水深以下的浅水区河口附近产卵。越年的剩余群体与当年的补充群体一起在近岸索饵育肥, 随着水温不断下降, 其分布范围逐渐扩大。12 月初开始进行短距离的越冬洄游, 陆续到达黄河口东北部的渤海中部, 水深为 20~25 m 的软泥底质海区蛰伏越冬。秋汛越年的索饵群体先于当年群体离开索饵场外移, 12 月下旬至翌年 3

月下旬是三疣梭子蟹越冬期, 越冬期间梭子蟹的分布较为分散, 并蛰伏在泥中。三疣梭子蟹在产卵索饵期间有比较明显的昼夜垂直移动, 白天匍匐海底, 夜间出来觅食并有明显的趋光性^[27]。在 2012 年开始三疣梭子蟹增殖放流后, 辽东湾每年秋季梭子蟹捕捞群体由三部分组成: 当年野生的梭子蟹、越年的梭子蟹和增殖放流的梭子蟹。8 月下旬, 野生的当年生梭子蟹的生长时间不超过 3 个月。梭子蟹放流群体的生长时间也不超过 2 个月, 加上发育到仔蟹 II 期所需的近一个月时间, 增殖放流梭子蟹的生长时间和最早一批野生的当年生的梭子蟹属于同一时期。从各个航次的三疣梭子蟹头胸甲宽组成(图 3)来看, 三疣梭子蟹的平均头胸甲宽从 6 月上中旬、7 月上中旬、8 月上旬至 8 月下旬, 具有先增后减的趋势。放流后 10 d(7 月上中旬)梭子蟹的个体质量比放流前(6 月上中旬)有所增加, 极少有较小的个体出现, 分析由于梭子蟹放流个体较小, 因此尚未在拖网调查中发现放流的三疣梭子蟹。在放流后 2 个月(8 月下旬)进行的拖网调查中, 三疣梭子蟹个体质量低于 7 月份和 8 月上中旬, 分析是由于当年生的个体和放流个体的不断生长, 同时加上越年个体的死亡造成了三疣梭子蟹个体大小从放流前(6 月上中旬)至 8 月下旬先增后减的趋势。因此在本研究中, 采用 8 月下旬比放流前(6 月上中旬)三疣梭子蟹资源量的增量, 结合内禀增长率, 能估算出放流对三疣梭子蟹捕捞群体的补充作用。从评价的实际效果来看, 本研究方法较适合应用于辽东湾三疣梭子蟹增殖放流效果评价, 也可为我国三疣梭子蟹增殖放流效果评价提供参考。

3.2 资源量评估逃逸率取值的讨论

在资源密度面积法评估资源量中, 逃逸率(E)的取值直接影响评估的结果, 其大小与渔业资源种类、调查网具的类型和性能以及海底底质等密切相关。因此, 不同海区或不同的种类资源、不同网具的资源调查中, 对 E 的取值各不相同。底层鱼类的逃逸率一般选取 0.4~0.5^[28-30], 虾类的逃逸率一般选取 0.5~0.7^[31-32], 蟹类的游泳能力较强, 而且具有反扒现象, 蟹类逃逸率一般选取 0.75~0.90^[24,33]。从黄渤海区现有的文献来看, 我国多位学者对黄渤海区重要增殖放流种类中国明对虾和三疣梭子蟹进行的资源量评估

中, 根据不同的网具特点和调查海区的实际特点选择了不同的逃逸率。李忠义等^[34]采用底拖网对渤海中国明对虾增殖放流跟踪监测的资源量估算中, 采用逃逸率 0.7; 侯朝伟等^[35]使用中国明对虾专用捕捞网具, 对山东半岛南部五垒湾中国明对虾本底调查资源量进行估算, 采用捕捞系数 0.5(逃逸率 0.5); 耿宝龙等^[24]和李增^[25]在山东半岛南部和靖海湾三疣梭子蟹增殖放流跟踪监测中, 采用底拖网扫海面积法进行三疣梭子蟹资源量估算, 并使用捕捞系数 0.1(即为逃逸率 0.9)来估算资源量; 赵国庆等^[12]在山东半岛南部海域三疣梭子蟹增殖放流跟踪监测中, 本底调查和增殖放流跟踪调查(三疣梭子蟹专用调查网)捕捞系数取值 0.5(逃逸率 0.5), 相对资源数量调查(底拖网)捕捞系数取值 0.1(即为逃逸率 0.9)。综合来看, 根据不同的地域特征、调查网具类型和底质特点, 目前黄渤海区的中国明对虾和三疣梭子蟹的资源量估算, 选择的逃逸率为 0.5~0.9。

在渤海辽东湾三疣梭子蟹拖网调查中, 考虑到辽东湾是我国大型水母暴发的主要水域之一, 7 月和 8 月海区中往往存在大量的大型水母沙蜇^[36], 沙蜇的存在往往使得底拖网中大型水母的比例很高, 在实际的海上调查中, 往往因为短短 10 min 拖网内就捕获了大量的大型水母, 导致网囊渔获物数量过重无法起网, 因此笔者认为在辽东湾拖网调查中蟹类的逃逸率偏高, 即捕捞效率偏低。综合我国各海区虾蟹类资源量估算中选取的逃逸率, 本研究选取了相对较高的逃逸率 0.8, 即捕捞系数为 0.2 来评估辽东湾三疣梭子蟹的资源量。通过 2012—2018 年辽东湾三疣梭子蟹增殖放流以来的资源量评估结果, 三疣梭子蟹的评估资源量和实际捕捞产量较为吻合, 符合辽东湾三疣梭子蟹资源监测调查的实际情况。

3.3 辽东湾三疣梭子蟹增殖放流工作的展望

辽东湾三疣梭子蟹增殖放流从 2012 年开始, 一直持续到 2018 年。总体上取得了良好的经济效益, 2012—2014 年辽东湾三疣梭子蟹产量连续 3 年持续增加, 虽然 2015 年和 2016 年辽东湾三疣梭子蟹产量有所下降, 但 2017 年又有所回升, 2018 年产量仍然有所回升, 考虑 2018 年辽东湾海水盐度偏高, 不利于三疣梭子蟹的蜕皮

生长。从本底调查可以看出,三疣梭子蟹资源量总体偏低,增殖放流则是对三疣梭子蟹自然种群的有效补充,从2018年增殖放流效果来看,三疣梭子蟹增殖放流取得了良好的效果。从增殖放流的社会效益来看,通过向辽东湾北部海域沿海的渔民发放增殖放流调查问卷和渔捞日志显示:广大渔民普遍认为三疣梭子蟹增殖放流是一件利国利民的好事情,希望能继续坚持三疣梭子蟹增殖放流,并增加三疣梭子蟹的放流数量。增殖放流工作已经深入人心,在使得市场水产品数量增加,更多的水产品走进百姓餐桌的同时拉动了网具、燃油、人工的内需消耗,具有良好的社会效益,对社会主义和谐渔村建设起到良好的促进作用。三疣梭子蟹属于暖温性大型蟹类,也是渤海重要的渔业资源。多年的过度捕捞,导致渤海辽东湾三疣梭子蟹的数量大大减少。但在近几年的6月份本底调查中,发现了较多的三疣梭子蟹小个体,这在增殖放流之前年份的调查中较少发现。近几年的本底调查中三疣梭子蟹的个体大小从大至小均有分布。本底调查三疣梭子蟹数量的增多,个体分布的均匀,说明辽东湾近几年的增殖放流对恢复辽东湾梭子蟹的种群已取得了初步的成效,已经初步显现出三疣梭子蟹增殖放流的生态效益。

放流数量与渔获量不完全成正比,放流超过一定数量后,因栖息空间变小和自身代谢产物污染生活环境以及饵料生物密度可能降低等影响了放流生物的生长和生存,可能导致产量下降^[37]。采用Ecopath模型对莱州湾三疣梭子蟹的生态容纳量的研究表明,莱州湾的放流量均没有达到其生态容纳量,但此生态容纳量只是一个理论值,实际放流量应按照生态容纳量理论值减半才能获得最大可持续产量,因此目前莱州湾的放流量是比较合理的^[38-39]。辽东湾目前尚未有关于三疣梭子蟹增殖放流生态容纳量的研究,饵料生物的生物量是三疣梭子蟹增殖容纳量的一个重要因素,从主要饵料浮游动物的角度来看,辽东湾海域四季浮游动物生物量的平均值为 306.2 mg/m^3 (来自2006—2007年辽宁省908综合监测调查数据),与2004—2006年莱州湾春季浮游动物生物量的平均值 $261\sim 433 \text{ mg/m}^3$ ^[40]相近。因此假设辽东湾和莱州湾基础生态环境和饵料基础差别不大,从放流生态容纳量的角度来看,辽东湾三疣梭子蟹目前的产量远低于

最大生态容纳量,在放流资金充足的条件下,仍然可以增加放流数量。同时还应继续进行辽东湾三疣梭子蟹增殖放流的跟踪监测和效果评价,并采用Ecopath模型等方法估算辽东湾三疣梭子蟹的放流生态容纳量,为辽东湾渔业资源的修复进一步提供理论基础。

参考文献 (References):

- [1] 刘修泽,董婧,于旭光,等. 辽宁省近岸海域的渔业资源结构[J]. 海洋渔业, 2014, 36(4): 289-299.
Liu X Z, Dong J, Yu X G, et al. Fishery resource structure in coastal waters of Liaoning Province[J]. Marine Fisheries, 2014, 36(4): 289-299(in Chinese).
- [2] 金显仕,程济生,邱盛尧,等. 黄渤海渔业资源综合研究与评价[M]. 北京: 海洋出版社, 2006: 17-29.
Jin X S, Cheng J S, Qiu S Y, et al. Comprehensive study and evaluation of fishery resources in Yellow and Bohai Sea[M]. Beijing: China Ocean Press, 2006: 17-29 (in Chinese).
- [3] 程家骅,姜亚洲. 海洋生物资源增殖放流回顾与展望[J]. 中国水产科学, 2010, 17(3): 610-617.
Cheng J H, Jiang Y Z. Marine stock enhancement: review and prospect[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(3): 610-617(in Chinese).
- [4] Bartley D M, Bell J D. Restocking, stock enhancement, and sea ranching: arenas of progress[J]. Reviews in Fisheries Science, 2008, 16(1-3): 357-365.
- [5] Bell J D, Bartley D M, Lorenzen K, et al. Restocking and stock enhancement of coastal fisheries: potential, problems and progress[J]. Fisheries Research, 2006, 80(1): 1-8.
- [6] Okamoto K. Juvenile release and market size recapture of the swimming crab *Portunus trituberculatus* (Miers) marked with coded wire tags[M]//Leber K M, Kitada S, Blankenship H L, et al. Stock enhancement and sea ranching: developments, pitfalls and opportunities. 2nd ed. London, UK: Blackwell Publishing Ltd, 2004: 181-186.
- [7] 陈永桥. 三疣梭子蟹稚蟹标志方法的探讨[J]. 水产科学, 1991, 10(1): 26-28.
Chen Y Q. Discussion of labelling juvenile *Portunus trituberculatus*[J]. Fisheries Science, 1991, 10(1): 26-28(in Chinese).
- [8] 高保全,刘萍,李健,等. 三疣梭子蟹的两种标记技术[J]. 渔业科学进展, 2013, 34(6): 87-93.
Gao B Q, Liu P, Li J, et al. Two types of tagging techniques for *Portunus trituberculatus*[J]. Progress in Fish-
中国水产学会主办 sponsored by China Society of Fisheries

- ery Sciences, 2013, 34(6): 87-93(in Chinese).
- [9] 蔡珊珊. 基于分子标记的三疣梭子蟹和中国对虾增殖放流效果研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2015: 1-72.
Cai S S. Evaluation of stock enhancement in *Portunus trituberculatus* and *Fenneropenaeus chinensis* based on molecular markers[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2015: 1-72 (in Chinese).
- [10] 吕海波. 分子标记在三疣梭子蟹增殖放流中的应用研究[D]. 大连: 大连海洋大学, 2016: 1-36.
Lv H B. Molecular markers applied in the stock enhancement of *Portunus trituberculatus*[D]. Dalian: Dalian Ocean University, 2016: 1-36 (in Chinese).
- [11] 黄经献, 赵炳然, 孙祥山, 等. 不同来源三疣梭子蟹池塘养殖的生长比较[J]. 水产科学, 2017, 36(1): 66-71.
Huang J X, Zhao B R, Sun X S, et al. Growth comparison in different populations of swimming crab (*Portunus trituberculatus*) in a same culture pond[J]. Fisheries Science, 2017, 36(1): 66-71(in Chinese).
- [12] 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.
Zhao G Q, Qiu S Y, Zhang Y Q, et al. Contribution of 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).
- [13] 徐开达, 周永东, 朱文斌, 等. 浙江省洞头海域三疣梭子蟹增殖放流效果评估[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2018, 44(3): 373-380.
Xu K D, Zhou Y D, Zhu W B, et al. Stocking effectiveness of hatchery-released *Portunus trituberculatus* in the Dongtou sea area of Zhejiang Province[J]. Journal of Zhejiang University (Agriculture and Life Sciences Edition), 2018, 44(3): 373-380(in Chinese).
- [14] 林昌善. 动物种群数量变动的理论与试验研究: II. 杂拟谷盗 *Tribolium confusum*(H.)的内禀增长能力(r_m)的研究[J]. 动物学报, 1964, 16(3): 323-338.
LIN C S. The theoretical and laboratory studies of animal population dynamics: II. A study of innate capacity for increase (r_m) of *Tribolium confusum* (H.) under certain experimental conditions[J]. Acta Zoologica Sinica, 1964, 16(3): 323-338(in Chinese).
- [15] 孙濡泳. 动物生态学原理[M]. 3版. 北京: 北京师范大学出版社, 2001: 78-81.
Sun R Y. Principles of animal ecology[M]. 3rd ed. Beijing: Beijing Normal University Publishing Group, 2001: 78-81 (in Chinese).
- [16] 姜亚洲, 凌建忠, 林楠, 等. 象山港日本对虾增殖放流的效果评价[J]. 生态学报, 2012, 32(9): 2651-2658.
Jiang Y Z, Ling J Z, Lin N, et al. Stocking effectiveness of hatchery-released kuruma prawn *Penaeus japonicus* in the Xiangshan Bay, China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(9): 2651-2658(in Chinese).
- [17] 宋海棠, 丁跃平, 许源剑. 浙江北部近海三疣梭子蟹生殖习性的研究[J]. 浙江水产学院学报, 1988, 7(1): 39-46.
Song H T, Ding Y P, Xu Y J. A study on the breeding habits of blue crab (*Portunus trituberculatus* Miers) in the northern coastal waters of Zhejiang[J]. Journal of Zhejiang College of Fisheries, 1988, 7(1): 39-46(in Chinese).
- [18] 杨刚, 徐炳庆, 王秀霞. 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).
- [19] 王燕飞, 王春琳, 母昌考, 等. 三疣梭子蟹不同月龄形态性状的主成分分析[J]. 生态科学, 2014, 33(3): 527-532.
Wang Y F, Wang C L, Mu C K, et al. Principal component analysis of morphometric traits of *Portunus trituberculatus* at different month ages[J]. Ecological Science, 2014, 33(3): 527-532(in Chinese).
- [20] 刘海映, 王秀丽, 田焱, 等. 成体对虾的荧光标记研究[J]. 生物技术通报, 2009(4): 122-125.
Liu H Y, Wang X L, Tian Y, et al. Study of fluorescent tag on adult shrimp[J]. Biotechnology Bulletin, 2009(4): 122-125(in Chinese).
- [21] 刘海映, 王秀丽, 田焱, 等. 中国对虾荧光标记虾的大规模制作与养殖试验[J]. 生物技术通报, 2010(10): 185-187.
Liu H Y, Wang X L, Tian Y, et al. Culture experiment of a scale of fluorescent tagged *Fenneropenaeus chinensis*[J]. Biotechnology Bulletin, 2010(10): 185-187(in Chinese).
- [22] 刘海映, 王秀丽, 李旭威, 等. 幼体中国对虾荧光标记虾的制作[J]. 生物技术通报, 2009(10): 124-126, 131.
Liu H Y, Wang X L, Li X W, et al. Fluorescent tagged shrimp in larval (*Fenneropenaeus chinensis*)[J]. Biotechnology Bulletin, 2009(10): 124-126, 131(in Chinese).
- [23] 罗坤, 张天时, 孔杰, 等. 中国对虾幼虾荧光体内标记技术研究[J]. 海洋水产研究, 2008, 29(3): 48-52.
Luo K, Zhang T S, Kong J, et al. Study on techniques of internal tagging by visible implant fluorescent elastomer

- in *Fenneropenaeus chinensis*[J]. Marine Fisheries Research, 2008, 29(3): 48-52(in Chinese).
- [24] 耿宝龙, 邱盛尧. 靖海湾三疣梭子蟹增殖放流资源量贡献率的调查研究[J]. 烟台大学学报(自然科学与工程版), 2014, 27(1): 71-74.
Geng B L, Qiu S Y. Contribution of seed production and releasing to stock quantity of *Portunus trituberculatus* in Jinghai Bay[J]. Journal of Yantai University (Natural Science and Engineering Edition), 2014, 27(1): 71-74(in Chinese).
- [25] 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: 1-68.
Li Z. The assessment of *Portunus trituberculatus* stock enhancement in southern Shandong Peninsula[D]. Yantai: Yantai University, 2014: 1-68 (in Chinese).
- [26] 谢周全, 邱盛尧, 侯朝伟, 等. 山东半岛南部海域三疣梭子蟹增殖放流群体回捕率[J]. 中国水产科学, 2014, 21(5): 1000-1009.
Xie Z Q, Qiu S Y, Hou C W, et al. Recapture rates of swimming crabs (*Portunus trituberculatus*) released in the waters off southern Shandong Peninsula[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2014, 21(5): 1000-1009(in Chinese).
- [27] 董婧, 刘修泽, 王爱勇, 等. 辽宁近海与河口区渔业资源 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2018: 246-251.
Dong J, Liu X Z, Wang A Y, et al. Fishery Resources in inshore waters and Estuary of Liaoning Province[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2018: 246-251 (in Chinese).
- [28] Aglen A, Føyn L, Myklevoll S, et al. Survey of the marine fish resources of Peninsular Malaysia, June-July 1980[R]. Bergen: Institute of Marine Research, 1980: 1-69.
- [29] 沈金鳌, 程炎宏, 姚文祖. 东海大陆架外缘和大陆坡深海渔场拖网网目选择性的研究[J]. 浙江水产学院学报, 1986, 5(1): 37-42.
Shen J A, Cheng Y H, Yao W Z. Investigation on the trawl mesh selectivity on the deep sea fishing grounds of East China Sea[J]. Journal of Zhejiang College of Fisheries, 1986, 5(1): 37-42(in Chinese).
- [30] Aoyama T. The demersal fish stocks and fisheries of the South China Sea[M]. Rome: FAO/UNDP, 1973: 80-92.
- [31] 黄梓荣, 张汉华. 南海北部陆架区虾蛄类的种类组成和数量分布[J]. 渔业科学进展, 2009, 30(6): 125-130.
Huang Z R, Zhang H H. Composition and distribution of *Squilla* in the continental shelf waters of northern South China Sea[J]. Progress in Fishery Sciences, 2009, 30(6): 125-130(in Chinese).
- [32] 李科震, 王承国, 梁海永, 等. 增殖放流对山东半岛南部中国对虾资源贡献率的研究[J]. 烟台大学学报(自然科学与工程版), 2019, 32(2): 165-170.
Li K Z, Wang C G, Liang H Y, et al. Research on contribution rate of resources on proliferation and releasing of *Penaeus chinensis* in southern Shandong Peninsula[J]. Journal of Yantai University (Natural Science and Engineering Edition), 2019, 32(2): 165-170(in Chinese).
- [33] 俞存根, 宋海棠, 姚光展. 东海大陆架海域蟹类资源量的评估[J]. 水产学报, 2004, 28(1): 41-46.
Yu C G, Song H T, Yao G Z. Assessment of the crab stock biomass in the continental shelf waters of the East China Sea[J]. Journal of Fisheries of China, 2004, 28(1): 41-46(in Chinese).
- [34] 李忠义, 王俊, 赵振良, 等. 渤海中国对虾资源增殖调查[J]. 渔业科学进展, 2012, 33(3): 1-7.
Li Z Y, Wang J, Zhao Z L, et al. Resources enhancement of *Fenneropenaeus orientalis* in the Bohai Sea[J]. Progress in Fishery Sciences, 2012, 33(3): 1-7(in Chinese).
- [35] 侯朝伟, 顾侨侨, 李增, 等. 五垒岛湾中国明对虾大、小规格苗种增殖放流效果对比分析[J]. 水产科学, 2015, 34(5): 282-287.
Hou C W, Gu Q Q, Li Z, et al. Comparative effect of Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis* with different size released in Wuleidao Bay[J]. Fisheries Science, 2015, 34(5): 282-287(in Chinese).
- [36] 王彬, 秦宇博, 董婧, 等. 辽东湾北部近海沙蜃的动态分布[J]. 生态学报, 2013, 33(6): 1701-1712.
Wang B, Qin Y B, Dong J, et al. Dynamic distribution of *Nemopilema nomurai* in inshore waters of the northern Liaodong Bay, Bohai Sea[J]. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(6): 1701-1712(in Chinese).
- [37] 陈丕茂. 渔业资源增殖放流效果评估方法的研究[J]. 南方水产, 2006, 2(1): 1-4.
Chen P M. Study on the method for assessment of enhancement effect of fishery stock[J]. South China Fisheries Science, 2006, 2(1): 1-4(in Chinese).
- [38] 张明亮, 冷悦山, 吕振波, 等. 莱州湾三疣梭子蟹生态容量估算[J]. 海洋渔业, 2013, 35(3): 303-308.
Zhang M L, Leng Y S, Lü Z B, et al. Estimating the ecological carrying capacity of *Portunus trituberculatus* in Laizhou Bay[J]. Marine Fisheries, 2013, 35(3): 303-308(in Chinese).
- [39] 林群, 王俊, 李忠义, 等. 黄河口邻近海域生态系统能量流动与三疣梭子蟹增殖容量估算[J]. 应用生态学报, 中国水产学会主办 sponsored by China Society of Fisheries

2015, 26(11): 3523-3531.

Lin Q, Wang J, Li Z Y, *et al.* Assessment of ecosystem energy flow and carrying capacity of swimming crab enhancement in the Yellow River estuary and adjacent waters[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2015, 26(11): 3523-3531(in Chinese).

[40] 宋洪军, 张朝晖, 刘萍, 等. 莱州湾海洋浮游和底栖生物多样性分析[J]. 海洋环境科学, 2015, 34(6): 844-851. Song H J, Zhang Z H, Liu P, *et al.* Analysis of marine plankton and benthos diversity in the Laizhou Bay[J]. Marine Environmental Science, 2015, 34(6): 844-851(in Chinese).

Stocking effectiveness of hatchery-raised swimming crabs (*Portunus trituberculatus*) released into Liaodong Bay

WANG Bin¹, LIU Xiuze¹, LI Yulong¹, DONG Jing^{1*}, WANG Aiyong¹, YU Xuguang¹,
WANG Xiaolin¹, LI Chengjiu², LUAN Chungang², WANG Yulong¹

(1. Dalian Key Laboratory of Conservation of Fishery Resources, Key Laboratory of Marine Biological Resources and Ecology,

Liaoning Ocean and Fisheries Science Research Institute, Dalian 116023, China;

2. Liaoning Fishing Port and Aquatic Seedling Center, Dalian 116015, China)

Abstract: We conducted a quantitative analysis to assess the stocking effectiveness of swimming crabs (*Portunus trituberculatus*) using survey data collected in June, July and August 2018. We compared survey results before and after the release of hatchery-raised *P. trituberculatus* into the waters of Liaodong Bay, China. The wild population was relatively rare, only 2.80 ind./h prior to release of cultured crabs in early to mid-June 2018. Capture rates increased to 16.60 ind./h, 2.20 ind./h, 13.33 ind./h in mid-July, mid-August, and late August, respectively after the release of 36.789 4 million seedlings *P. trituberculatus*. The changes of resource density and spatial distribution of *P. trituberculatus* in Liaodong Bay were analyzed. The reproductive capacity of the wild population was assessed using intrinsic rate of increase before and after the release, and the proportion of released individuals in this population was calculated. The percentage of one year-aged group of *P. trituberculatus* was calculated by virtual population analysis, based on body size distribution. The recapture rate and economic benefits were estimated to quantitatively assess the effect of the release. The results showed that the supplemented stock accounted for 30.10% of the total catch, and one-year old *P. trituberculatus* accounted for 94.54% of the total catch in 2018. The total yield of *P. trituberculatus* was 1 890 tons in 2018, and the proliferation release recapture yield was 538 tons with the recapture rate of 9.36%. The input-output ratio was 1 : 12.02. Sea sweep method estimated the *P. trituberculatus* stock biomass to be 2 056 tons, which is close to the actual yield of the harvest survey. It was confirmed that the biomass of the *P. trituberculatus* can be estimated by using the sea-sweep method in Liaodong Bay. It is suggested that the stock of *P. trituberculatus* in Liaodong Bay can be substantially increased to promote the restoration of the three-spotted crab population and increase the income of the fishermen.

Key words: *Portunus trituberculatus*; recapture rate; effect of enhancement release; assessment; Liaodong Bay

Corresponding author: DONG Jing. E-mail: 1024470248@qq.com

Funding projects: Foundation of State Environmental Protection Key Laboratory of Coastal Ecosystem(201804); National Key R & D Program of China(2017YFC1404400); Species Resources Protection Fee (Fishery) Project of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs(17190055); Natural Science Foundation of Liaoning Province(2019-ZD-0387); Dalian Youth Technology Star Project(2017RQ160)