

三种放流方式对许氏平鲈分布模式的影响*

张俊波^{1,2,3,4}, 何羽丰¹, 张 硕^{1,4**}, 唐衍力⁵, 盛化香⁵, 国志兴⁶

(1.上海海洋大学海洋科学学院,上海 201306; 2.国家远洋渔业工程技术研究中心,上海 201306;

3.水产科学国家级实验教学示范中心(上海海洋大学),上海 201306; 4.大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室,上海 201306; 5.中国海洋大学水产学院,山东 青岛 266003; 6.自然资源部海洋减灾中心,北京 100194)

摘 要: 由于海洋环境污染及过度捕捞造成渔业资源不断衰退,人工增殖放流已成为修复水生生物资源的重要途径。安全有效的放流方式对增殖放流实践的成功与否起着至关重要的作用。本文采用行为学方法,对体长 (4.5 ± 0.5) cm,体重 (3.5 ± 0.5) g的许氏平鲈(*Sebastes schlegelii*)在实验室水槽的行为特性进行观察,分别记录了在无礁(对照组)和有礁条件下,保护装置、滑道和直接放流三种方式对许氏平鲈分布模式的影响。实验发现,在保护装置放流方式下许氏平鲈在放流有效区的数量显著多于滑道和直接放流两种方式。有人工鱼礁时,许氏平鲈幼鱼在放流有效区的分布率明显高于对照组。实验结果表明,保护装置放流方式对许氏平鲈的应激性最小,结合人工鱼礁的生态效应,能够有效地提高增殖放流效果。

关键词: 增殖放流;放流方式;许氏平鲈;保护装置;分布模式;人工鱼礁

中图分类号: S93

文献标志码: A

文章编号: 1672-5174(2020)04-029-07

DOI: 10.16441/j.cnki.hdxh.20180353

引用格式: 张俊波,何羽丰,张硕,等. 三种放流方式对许氏平鲈分布模式的影响[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2020, 50(4): 29-35.

ZHANG Jun-Bo, HE Yu-Feng, ZHANG Shuo, et al. Effects of three releasing methods on distribution of *Sebastes schlegelii*[J]. Periodical of Ocean University of China, 2020, 50(4): 29-35.

渔业增殖放流技术是一种通过向渔业资源出现衰退的天然水域中投放人工繁育的鱼、虾、蟹和贝类以恢复水生生物种群数量、改善水域渔业资源群落结构的方法^[1],对修复海洋生态环境、恢复近海渔业资源、提高渔业产量有重要意义。美国、日本、中国等诸多国家均开展了较大规模的鱼类、甲壳类、贝类等多种水生生物增殖放流行动,旨在保护濒危物种、增殖渔业资源以及修复水域生态环境等方面^[2-4]。影响增殖放流效果的主要因素包括苗种质量、生态容纳量、放流方式及放流后期管理等^[5-8],而安全有效的放流方式对增殖放流实践的成功与否起着至关重要的作用。目前经济水生生物的主要放流方式包括海面直接放流和船载滑道进行海面放流,但由于放流幼体的游泳能力弱,规避危险能力较差,在放流过程中苗种受到水面冲击、水流及捕食者等因素的影响,导致较高的流散率及死亡率,降低了增殖放流的效果,很难实现预期目标^[9]。Tanaka 探究了海参在人工鱼礁区数量减少的问题,发现海参幼

体被海水冲离人工鱼礁区及被海星捕食是造成海参数量减少的两个主要原因^[10]。Brennan 等在对鱼类放流存活率的研究中也指出,放流后的存活率受到捕食者捕食的影响较大,幼苗在下沉过程中往往会被捕食者吞食,造成较高的死亡率^[11]。Lamadrid 在对金头鲷放流有效性的研究中通过 PVC 管装置进行放流,其目的是为了缓解放流过程中水面对鱼类的冲击力,减少放流方式对鱼类存活率的影响,但未能解决流散率的问题^[12]。Taylor 在探究澳大利亚北部海洋牧场海参的最佳放流方式中也指出,水流的冲刷作用是影响海参在放流中分布的主要因素^[9]。因此,改进现有的放流技术,降低放流生物的流散率和死亡率是目前急需解决的难题。

许氏平鲈(*Sebastes schlegelii*)俗称黑鲷,隶属鲈形目(Scorpaeniformes)鲈科(Scorpaenidae)平鲈属(*Sebastes*),为冷温性近海底层卵胎生鱼类,主要分布在我国北部沿海地区。作为我国重要的岩礁性经济鱼

* 基金项目:上海市青年东方学者项目(QD2017038);上海高校青年教师培养资助计划项目(ZZSHOU18025);海州湾海洋牧场示范项目;上海海洋大学博士科研启动基金项目;国家自然科学基金项目(41501560)资助

Supported by the Young Orient Scholars Programme of Shanghai(QD2017038); the Shanghai Special Research Fund for Training College's Young Teachers(ZZSHOU18025); the Sea Farming Demonstration Project of Haizhou Bay; the Doctoral Scientific Research Starting Foundation of Shanghai Ocean University; the National Natural Science Foundation of China (41501560)

收稿日期:2019-03-16;修订日期:2019-06-06

作者简介:张俊波(1985-),男,副教授,博士,研究方向:海洋生态系统工程。E-mail: zhangjunbo1985@gmail.com

** 通讯作者: E-mail: s-zhang@shou.edu.cn

种,具有适应力强、生长快、营养价值高等特点^[13]。目前有关许氏平鲉增殖放流效果的研究主要集中在放流时间、放流规格、人工鱼礁的诱集效果等方面^[14-15],但放流方式对其分布模式影响的研究尚未见报道。本研究通过设计一种鱼类放流保护装置模型,以许氏平鲉这种岩礁性近底层鱼类为放流对象,利用实验室水槽模拟放流实验,分别观测在保护装置放流、滑道放流和直接放流三种方式下许氏平鲉在水槽内的行为反应,分析比较不同放流方式对鱼类分布模式的影响,为今后鱼类增殖放流技术开发改进等方面研究提供科学的依据。

1 材料与方法

1.1 实验样本

实验用许氏平鲉 200 尾,购买于青岛睿源水产苗种养殖有限公司。鱼类个体表现正常、生长良好,体质健壮。许氏平鲉幼体平均体长(4.5 ± 0.5) cm,体重(3.5 ± 0.5) g。在实验室水槽内暂养一周,暂养期间正常投喂饵料,充氧。为避免饵料及充氧泵形成的局部水流对鱼类分布的影响,实验期间不投喂饵料,不使用充氧泵。实验水温 $22\text{ }^{\circ}\text{C}$,水深 50 cm,盐度 34 ± 1 , $\text{pH}=7.1 \pm 0.1$,溶氧保持在 $6\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以上,室内光照强度为(135 ± 5) lx。水槽内海水 24 h 循环,每周换水 1 次。

1.2 实验水槽

实验水槽尺寸为 $380\text{ cm} \times 200\text{ cm} \times 110\text{ cm}$,水槽正上方搭建支架放置摄像机一台(萤石 EZVIZ S1A),用于实验期间全程摄像。用胶布和记号笔将水槽底部划分为 18×32 正方形网格。根据鱼礁产生的影响范围,将人工鱼礁模型围成的内部区域及与礁体外侧周边相邻的网格区域作为放流有效区。如图 1 所示。蓝色区域为放流有效区,红色区域为人工鱼礁模型放置点,中央绿色点为放流点。

1.3 实验装置

1.3.1 放流装置模型及滑道装置 放流装置模型如图 2(a)所示,边框为不锈钢材质,底部为可活动铁片,自由端上设有放流绳;装置四周用孔径为 2 mm 的尼龙网包围,以防止苗种在放流过程中流散并起到保护作用;装置顶部为可拆卸箱盖,框架整体能够折叠。放流前,把装置整体拉直,将装置底部放至于水表层下约 5 cm 处,打开顶部箱盖,苗种从顶部放入装置内水体中,固定好箱盖后提拉放流绳,将装置整体放流至指定区域后,松开放流绳,提拉回收绳进行装置回收。在提拉过程中装置底板自由端向下翻转,苗种从装置底部游出至指定区域。滑道装置材质为白色 PVC 管,全长 1 m,直径 10 cm(见图 2(b))。

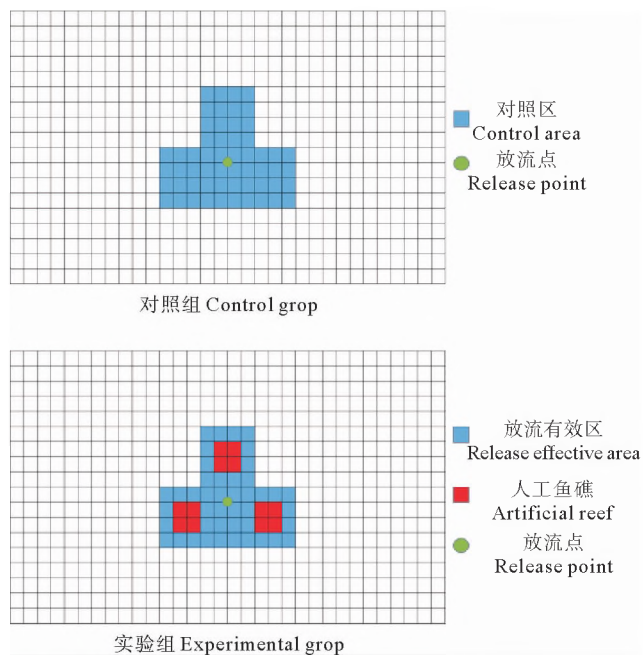


图 1 水槽底部处理示意图

Fig.1 Sketch of the water tank bottom

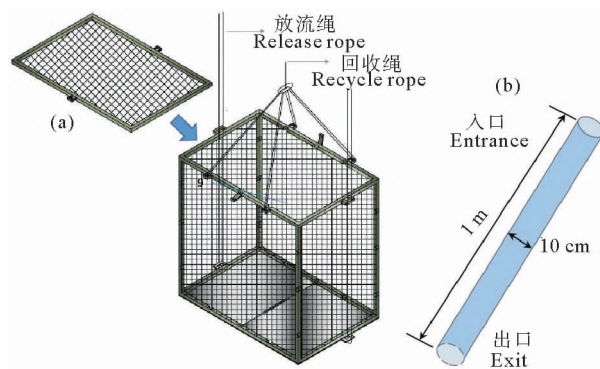


图 2 保护装置放流(a)与滑道放流
(b)模型示意图

Fig.2 Sketch of the protective device
(a) and chute(b)

1.3.2 人工鱼礁模型 人工鱼礁模型为 $20\text{ cm} \times 20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ 的正方体 PVC 材质,鱼礁顶部及四周均开有直径 5 cm 的圆孔。各礁体投放前均放置于水桶中用海水浸泡 3 d。

1.4 实验设计

将鱼类样本置于暂养池暂养一周后,从 200 尾鱼类中随机选取 30 尾作为为实验样本,分别观测在直接放流、滑道放流及保护装置装置放流方式下鱼类在水槽中的分布情况(见表 1),每种放流实验重复 3 次。由于采用保护装置放流从开始到装置回收完成的整个过程比其余两种方式多出 30 s,为避免回收装置造成的时间差对鱼类分布带来的影响,用摄像机观测记录在三

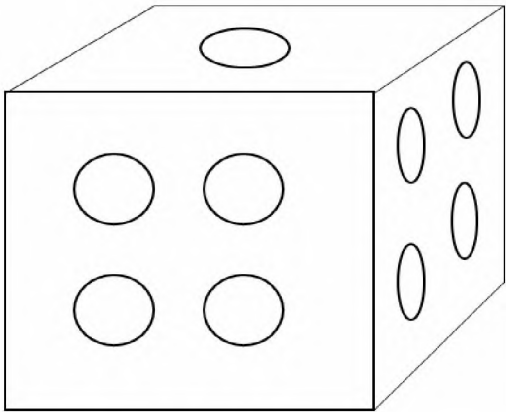


图 3 人工鱼礁模型示意图
Fig.3 Sketch of the artificial reef model

种放流方式下水槽中许氏平鲈放流 0 和 30 s 后的分布情况。其中放流 0 s 的分布为放流完成实验个体全部入水后的即刻分布。

表 1 实验设计
Table 1 Experimental design

放流方式 Release method	许氏平鲈 <i>S.schlegelii</i> /尾	
	实验组 (有鱼礁) Experimental group (with reef)	对照组 (无鱼礁) Control group (without reef)
直接放流 Direct release	30	30
滑道放流 Chute release	30	30
模型放流 Protective device release	30	30

1.5 统计与分析方法

采用以下指标来分析不同放流方式下许氏平鲈分布变化。

平均分布率(Mean distribution rate, MDR)表示

表 2 许氏平鲈在放流有效区的平均分布率
Table 2 MDR of *S.schlegelii* at effective area

时间 Time	实验组 Experimental group		对照组 Control group	
	0 s	30 s	0 s	30 s
保护装置放流 Protective device release	98.0±1.9 ^{aA}	80.0±13.0 ^{aA}	79.0±15.0 ^{aB}	36.7±12.0 ^{aB}
滑道放流 Chute release	66.0±10.1 ^{bA}	38.9±6.9 ^{bA}	54.0±3.8 ^{aB}	12.2±5.1 ^{bB}
直接放流 Direct release	88.0±10.1 ^{aA}	38.9±10.0 ^{bA}	64.0±26.9 ^{aB}	16.7±12.0 ^{aB}

注:不同小写字母表示同一时间组内不同放流方式之间差异性显著($P<0.05$)不同大写字母表示同一放流方式下组间实验组与对照组差异性显著($P<0.05$)。
Note: Different lower-case letters showed significant difference among different release methods in the same time ($P<0.05$). Different upper-case letters showed significant difference between the experimental group and the control group under the same methods ($P<0.05$).

在水槽底部某区域实验个体数与实验总数量之间的比值,公式为:

$$MDR(\%) = \frac{\sum_{i=1}^m M_i}{mM} \times 100.$$

(1)

式中: M_i 为观察对象第 i 次在某区域的分布数量; M 为实验对象数; m 为观察次数。

采用 R3.4.4 软件绘制不同放流方式下许氏平鲈分布模式图。

2 结果

2.1 许氏平鲈幼鱼的行为特征

在观察不同放流方式下许氏平鲈幼鱼的行为特征发现,对照组中许氏平鲈幼鱼在三种放流方式完成后均会向水槽四周游动,并偏离放流点。在滑道和直接放流方式下,幼鱼入水后迅速向四周游动,停留在放流有效区的时间极短,活动较为频繁。而在模型装置放流方式下,幼鱼迅速四周逃散的行为不明显,且游动速率相对缓慢。

实验组中,多数幼鱼通过滑道可进入放流有效区附近,但很快超过半数的幼鱼结群离开放流有效区至水槽左上角边缘处。采用直接放流方式时,少部分幼鱼未放流至有效区,大部分幼鱼在放流有效区短暂停留 4 s 左右,随即向水槽四周扩散。使用保护装置放流后,几乎全部幼鱼被放流至有效区内并紧贴鱼礁边缘休憩或进入礁体内部。在装置回收过程中个别幼鱼游离放流有效区至水槽边缘。

2.2 三种放流方式下许氏平鲈在放流有效区平均分布率

实验组中许氏平鲈在采用相同放流方式时的平均分布率均显著高于对照组($P<0.05$)(见表 2)。对照组中,三种放流方式下幼鱼在放流有效区的平均分布率在放流 0 s 后无显著性差异,30 s 后,幼鱼在放流有小区的平均分布率均有明显下降,其中采用保护装置放流方式有明显下降,其中采用保护装置放流方式的

幼鱼在放流有效区的分布率显著高于其他两种放流方式($P < 0.05$)。

而滑道放流与直接放流方式之间无明显差异。实验组中,采用模型放流方式的幼鱼在有效区的平均分布率为 $98\% \pm 1.9\%$,显著高于滑道放流方式($P < 0.05$),但与直接放流后的分布率无显著性差异。在放流 30 s 后,三种放流方式下幼鱼在鱼礁区的分布率均有所下降,但采用保护装置放流方式的平均分布率 $80\% \pm 13\%$ 显著高于其他两种放流方式($P < 0.05$),而滑道放流方式与直接放流方式之间无显著差异。

2.3 三种放流方式下许氏平鲈幼鱼的分布模式变化

对照组中,许氏平鲈幼鱼在三种方式刚完成放流时(0s)的分布模式均呈现中央型(见图 4a、4b、4c),17.8%(保护装置)、45.6%(滑道)、33.3%(直接)的幼鱼主要分散在放流有效区四周。其中,采用滑道和直接放流方式下,幼鱼分布具有明显的方向性,有接近一

半的个体在水槽左上区域停留。在放流装置回收后(30 s),幼鱼的分布模式变为随机分散型(见图 4d、4e、4f),但主要偏向在水槽的左侧区域,分别为 41.1%、60.0%、62.2%。

实验组中,许氏平鲈个体分布在 0s 时比对照组更加趋向于水槽中间部分,特别是在人工鱼礁之间或内部,呈现中央集中型模式(见图 5a、5b、5c)。其中,在保护装置、滑道、直接放流方式下幼鱼在放流有效区外的分布率分别降低至 1.1%、32.2%、11.1%。其中,滑道放流方式下仍然有 20% 的幼鱼分布在水槽左上部,具有明显的方向性,但距离有效区较近。30 s 后,在滑道和直接放流两种方式下许氏平鲈幼鱼分布模式均变为四周分散型,水槽左、右侧分布比例为 3.6 和 2.1。而在保护装置方式下,分布模式依旧呈现为中央型,与对照组 0 s 时的模式类似。

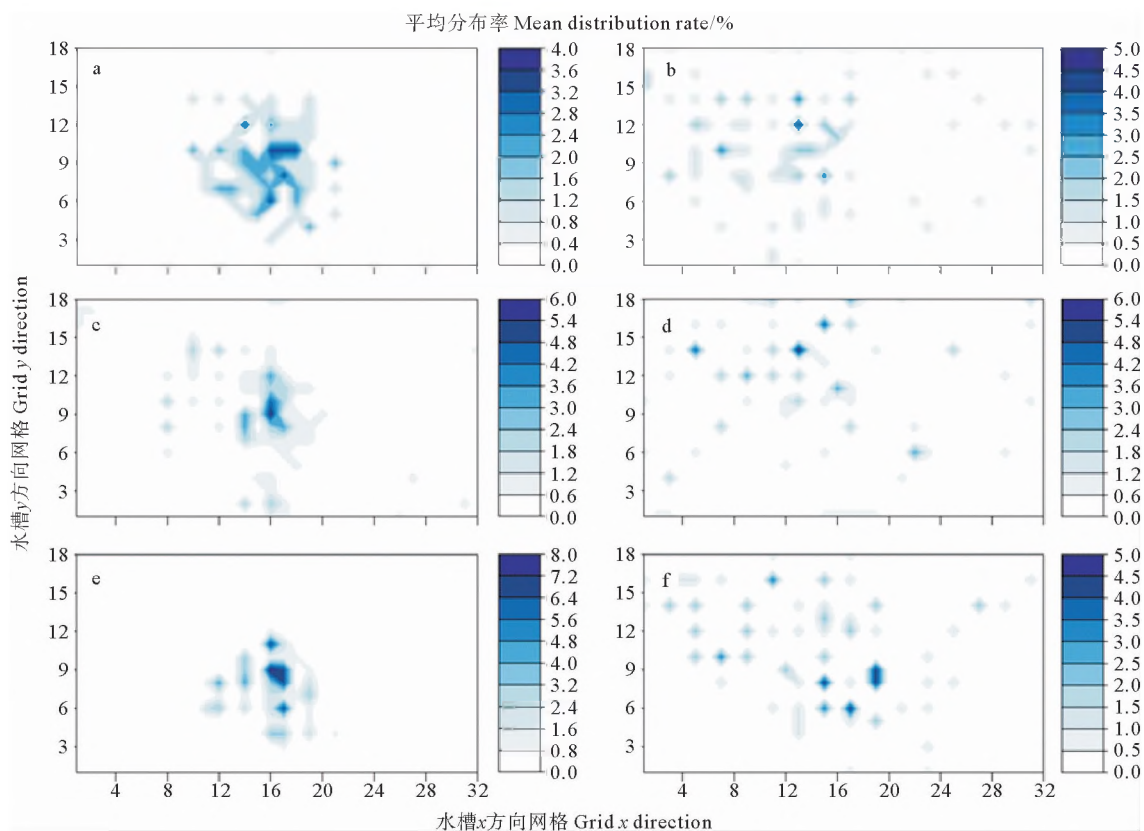


图4 对照组许氏平鲈放流 0 s(a 直接、b 滑道、c 保护装置)和 30 s(d 直接、e 滑道、f 保护装置)平均分布图

Fig.4 The distribution of *S. schlegelii* at 0 s (a Direct, b Chute, c Protective device) and 30 s (d Direct, e Chute, f Protective device) in control group

3 讨论

不同放流方式下实验结果相比,0 s 时采用滑道放流和直接放流方式下幼鱼分布均较为分散,当采用保护装置放流后幼鱼分布多集中在水槽中央区域;30 s 后,相比装置放流方式,采用滑道和直接放流方式时幼

鱼在放流有效区内的分布率急剧下降。这是因为直接和滑道两种放流方式均为水面放流,幼鱼在入水时受到水流冲击刺激后,出现冲刺游泳状态并在动性作用下向四周分散游动,迅速远离刺激源^[16-17]。而保护装置放流将实验个体直接放流至水底,且装置四周的网衣起到保护与缓冲作用,减少了入水时由于冲击产生

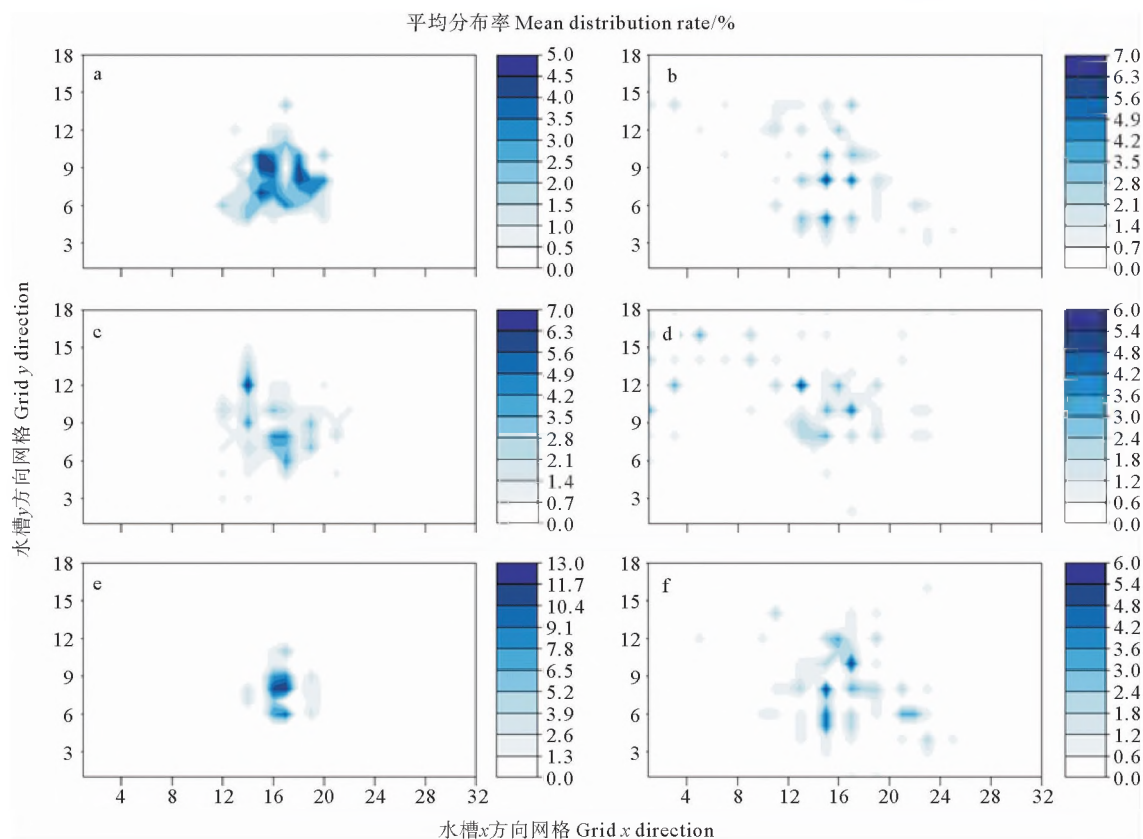


图5 实验组许氏平鲈放流 0 s(a 直接、b 滑道、c 保护装置)和 30 s(d 直接、e 滑道、f 保护装置)平均分布图

Fig.5 The distribution of *S. schlegelii* at 0 s (a Direct, b Chute, c Protective device) and 30 s (d Direct, e Chute, f Protective device) in experimental group

的刺激,鱼类产生的应激性小,且持续时间短。Taylor 在探究海参放流方式的研究中,采用配有纸质容纳袋的框架装置进行野外实验放流,其中纸质容纳袋在进入水体后会逐渐溶解,从而达到在下沉过程中保护幼苗的效果。但实验结果表明采用该装置放流后的回捕率并不理想,可能是由于纸质容纳袋在下沉过程中部分溶解,导致一些海参在未到达海底前即被水流冲散^[9]。与 Taylor 所用的放流方式相比,本实验所采用保护装置放流同为水底放流,但装置周围采用网衣可以确保放流苗种能够安全到达水底,且能多次重复使用,操作方式简单,放流成本较低,对水环境影响小。

有人工鱼礁时,许氏平鲈幼鱼停留在放流有效区的数量明显多于对照组(无人工鱼礁)。实验组中,许氏平鲈幼鱼主要活动在鱼礁区阴影处附近;对照组中,许氏平鲈会结群向水槽左侧边缘光照强度相对较弱处游动。许氏平鲈为冷温性中下层岩礁性鱼类,常栖息于海藻丛及浅海岩礁等光线较暗区域^[18],表现为趋暗性。对照组中,由于水槽左侧边缘光线强度略低于水槽其他区域光线强度,产生阴影效果,从而使许氏平鲈幼鱼趋向于水槽左侧边缘。实验组中,鱼礁区附近光线强度明显低于水槽其他区域,鱼礁模型背光侧及内部空间产生的阴影效应,使得许氏平鲈幼鱼多紧贴鱼

礁边缘休憩或进入鱼礁内部,其行为与张硕等、陈勇等在针对鱼礁模型对许氏平鲈诱集效果研究中所用许氏平鲈入水后行为相一致^[14-15]。因此,许氏平鲈幼鱼在放流有效区的数量均高于对照实验中有效区幼鱼的数量。此外,有学者针对岩礁性鱼类黑鲷(*Acanthopagrus schlegelii*)、大泷六线鱼(*Hexagrammos otakii*)在鱼礁模型区开展了行为学研究,结果表明人工鱼礁能够吸引实验鱼类到礁体内栖息、躲避,两种鱼类对于礁体的行为反应与本实验所用许氏平鲈相似,且鱼礁区附近实验个体数量均高于对照组,与本研究结果相一致^[19-21]。

鱼类应激反应是鱼体受到不同环境因素刺激所产生的非特异性生理反应,应激反应过长或过强会导致鱼体生长缓慢、免疫力降低,繁殖能力下降,从而造成鱼类资源恢复速度缓慢,发病率及死亡率提高等一系列问题^[22]。实验所采用的保护装置放流能够有效降低许氏平鲈的应激反应,在放流过程中能够保护幼鱼并有效地解决流散率高的问题,结合人工鱼礁的生态效应,为幼鱼提供良好的庇护场所,从而提高增殖放流效果。

本实验在无流速的条件下,研究了三种放流方式对典型岩礁性鱼类许氏平鲈分布模式的影响,但在自然海域中,流速对放流苗种的影响较大。此外,为更好

的模拟自然海区实际环境,捕食者的因素也应在今后实验中涉及,进一步研究采用保护装置放流方式在多种因素条件下的放流效果,为增殖放流技术的开发改进提供科学的参考。

参考文献:

- [1] 陈睿毅,楼宝,詹炜,等.人工增殖放流技术的探讨[J].河北渔业,2014(5):50-54.
Chen R Y, Lou B, Zhan W, et al. Techniques of artificial stock enhancement[J]. Hebei Fisheries, 2014(5): 50-54.
- [2] 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(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 of southern Shandong peninsula[J]. Fisheries Science, 2018(5): 591-598.
- [3] 贺海战.渔业资源增殖放流技术及效果评价方法[J].河南水产,2017(5):3-4.
He H Z. The technology and evaluation methods of proliferation and releasing in fishery resources[J]. Henan Fisheries, 2017(5): 3-4.
- [4] 江兴龙,王玮,林国清,等.影响渔业资源增殖放流效果的主要因素探讨[J].渔业现代化,2015,42(4):62-67.
Jiang X L, Wang W, Lin G Q, et al. Discussion on major factors influencing the effects of fishery resources stock enhancement[J]. Fishery Modernization, 2015, 42(4): 62-67.
- [5] 朱明胜,蒋加新,朱法明,等.增殖放流对太湖水环境治理的作用及相关政策建议[J].渔业信息与战略,2017(3):191-196.
Zhu M S, Jiang J X, Zhu F M, et al. The effect of proliferation and release on water environment control in Taihu Lake and related policy suggestions[J]. Fishery Information & Strategy, 2017(3): 191-196.
- [6] 胡鹏飞,葛延玮,依高彤,等.中国明对虾放流苗种的氨基酸含量、免疫力及消化力分析[J].广东海洋大学学报,2018,38(6):90-95.
Hu P F, Ge Y W, Yi G T, et al. Evaluation of amino acid content, immunity and digestibility of *Fenneropenaeus chinensis* juveniles for stock enhancement[J]. Journal of Guangdong Ocean University, 2018, 38(6): 90-95.
- [7] 李丹丹,陈丕茂,朱爱意,等.塑料袋密封充氧运输密度对增殖放流黑鲷成活率的影响[J].南方水产科学,2018,14(5):38-46.
Li D D, Chen P M, Zhu A Y, et al. Effect of transport density on survival rate of black seabream sealed in oxygenated plastic bag during stock enhancement[J]. South China Fisheries Science, 2018, 14(5): 38-46.
- [8] 梁君.海洋渔业资源增殖放流效果的主要影响因素及对策研究[J].中国渔业经济,2013,31(5):122-134.
Liang J. Main factors affecting stock enhancement effect of marine fishery resources and its countermeasures[J]. Chinese Fisheries Economics, 2013, 31(5): 122-134.
- [9] Taylor A L, Nowland S J, Hearnden M N, et al. Sea ranching release techniques for cultured sea cucumber *Holothuria scabra* (Echinodermata: Holothuroidea) juveniles within the high-energy marine environments of northern Australia[J]. Aquaculture, 2016, 465: 109-116.
- [10] Tanaka M. Diminution of sea cucumber *Stichopus japonicus* juveniles released on artificial reefs[J]. Bulletin of Ishikawa Prefecture Fisheries Research Center, 2000, 18: 1013-1019.
- [11] Brennan N P, Darcy M C, Leber K M. Predator-free enclosures improve post-release survival of stocked common snook[J]. Journal of Experimental Marine Biology & Ecology, 2006, 335(2): 302-311.
- [12] Sánchez-Lamadrid A. Effectiveness of releasing gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) for stock enhancement in the bay of Cadiz[J]. Aquaculture, 2004, 231(1): 135-148.
- [13] 刘鸿雁,吕洪斌,张沛东,等.人工鱼礁和大型海藻对许氏平鲷和大泷六线鱼幼鱼的诱集作用[J].水产学报,2018,42(1):48-59.
Liu H Y, Lv H B, Zhang P D, et al. Attraction effect of artificial reef model and macroalgae on juvenile *Sebastes schlegelii* and *Hexagrammo sotoakii*[J]. Journal of fisheries of China, 2018, 42(1): 48-59.
- [14] 张硕,孙满昌,陈勇.人工鱼礁模型对大泷六线鱼和许氏平鲷幼鱼个体的诱集效果[J].大连海洋大学学报,2008,23(1):13-19.
Zhang S, Sun M C, Chen Y. The attractive effects of different structural artificial reef models on juvenile Schlegel's rockfish *Sebastes schlegelii* and fat greenling *Hexagrammo sotoakii*[J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2008, 23(1): 13-19.
- [15] 陈勇,刘晓丹,吴晓郁,等.不同结构模型礁对许氏平鲷幼鱼的诱集效果[J].大连海洋大学学报,2006,21(2):153-157.
Chen Y, Liu X D, Wu X Y, et al. Distribution of schlegel's rockfish (*Sebastes schlegelii* Hilgendorf) in different artificial reef models[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2006, 21(2): 153-157.
- [16] 尚玉昌.动物行为学[M].北京:北京大学出版社,2014.
Shang Y C. Ethology[M]. Beijing: Peking University Press, 2014.
- [17] 冯春雷,李志国,黄洪亮,等.鱼类行为研究在捕捞中的应用[J].大连海洋大学学报,2009,24(2):166-170.
Feng C L, Li G Z, Huang H L, et al. Application of fish behavior research in fishing[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2009, 24(2): 166-170.
- [18] Jayasinghe J D, Bathige S D, Nam B H, et al. Comprehensive characterization of three glutathione S-transferase family proteins from black rockfish (*Sebastes schlegelii*) [J]. Comparative Biochemistry & Physiology Part C, 2016, 189: 31-43.
- [19] 周艳波.10种人工鱼礁模型对黑鲷幼鱼的诱集效果[J].水产学报,2011,35(5):711-718.
Zhou Y B. Attraction effect of various artificial reef models on *Sparus microcephalus*[J]. Journal of Fisheries of China, 2011, 35(5): 711-718.
- [20] 何大仁,施养明.鱼礁模型对黑鲷的诱集效果[J].厦门大学学报(自然科学版),1995,34(4):653-658.
He D R, Shi Y M. Attractive effect of fish reef model on black porgy (*Sparus macrocephalus*) [J]. Journal of Xiamen University (Natural Science), 1995, 34(4): 653-658.
- [21] 陈勇,于长清,张国胜,等.人工鱼礁的环境功能与集鱼效果[J].大连水产学院学报,2002,17(1):64-69.
Chen Y, Yu C Q, Zhang G S, et al. The environmental function and fish gather effect of artificial reefs[J]. Journal of Dalian Ocean

University, 2002, 17(1): 64-69.

[22] 刘小玲. 鱼类应激反应的研究[J]. 水生态学杂志, 2007, 27(3): 1-3.

Liu X L. Studies on the stress response of fish[J]. Journal of Hydroecology, 2007, 27(3): 1-3.

Effects of Three Releasing Methods on Distribution of *Sebastes schlegelii*

ZHANG Jun-Bo^{1,2,3,4}, HE Yu-Feng¹, ZHANG Shuo^{1,4},
TANG Yan-Li⁵, SHENG Hua-Xiang⁵, GUO Zhi-Xing⁶

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. National Engineering Research Center for Oceanic Fisheries, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. National Demonstration Center for Experimental Fisheries Science Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 4. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 5. College of Fisheries, Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 6. National Marine Hazard Mitigation Service, Beijing 100194, China)

Abstract: Fishery resources have been depleting due to marine environmental pollution and overfishing. Stock enhancement is regarded as an effective way of recovering the resources that already ebb. The release method, one of the impact factors of stock enhancement, plays a vital role in the success of seedling release practice. However, few studies have focused on this field due to the limitation of the available release devices. Based on the newly developed protective device release method, the behavior of *Sebastes schlegelii* ((4.5 ± 0.5) cm body length; (3.5 ± 0.5) g body weight) in an experimental water-tank with and without (control group) artificial reef models was observed after releasing. The distribution pattern of *S. schlegelii* was recorded and compared with those under the chute and the direct release methods. Observations demonstrated that the number of juveniles released to the designated area by protective device method was significantly larger than that of other two methods, and the distribution rate of *S. schlegelii* in the artificial reef area was higher than that of control. Results implicated that the protective device can help to mitigate the stress response of *S. schlegelii*, and achieve the high locating accuracy of release. The protective device release method is therefore proved superior to others in the seedling release practice.

Key words: stock enhancement; release methods; *Sebastes schlegelii*; protective device; distribution pattern; artificial reef

责任编辑 朱宝象