

拟穴青蟹大眼幼体和第 \tilde{N} 期仔蟹 对隐蔽物的选择

陈学雷, 张雪丽, 李少菁*, 王桂忠, 林琼武

(厦门大学海洋与环境学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 采用实验生态方法, 以攀附率为指标, 研究了青蟹大眼幼体和第 \tilde{N} 期仔蟹对不同材质(棉布、尼龙筛绢、PVC 和竹木)、放置方式(水平或垂直)和构型(3 种结构 @ 3 种规格)隐蔽物的选择性。结果表明: 大眼幼体和仔蟹对各种隐蔽物材质选择差异不显著($p > 0.05$), 对垂直放置隐蔽物的选择性显著高于水平放置者($p < 0.01$), 对不同结构(草丛型、洞穴型和折角型)和不同规格(5, 7 和 10 mm)隐蔽物选择差异均极显著($p < 0.01$)。其中, 对草丛型、洞穴型和折角型隐蔽物的选择性依次降低, 对 5, 7 和 10 mm 隐蔽物的选择性也依次降低。随着规格增大, 大眼幼体和仔蟹对草丛型隐蔽物的选择性下降幅度最大, 对 5 mm 草丛型隐蔽物的攀附率为 30.92% 和 25.9%, 对 10 mm 草丛型的仅为 0.46% 和 1.4%。综上所述, 在研制或使用青蟹大眼幼体和仔蟹的隐蔽物时, 材质选择主要应考虑耐腐蚀、对水质无不良影响、不易钩挂幼体和仔蟹附肢等因素。隐蔽物的结构以草丛型为佳, 当其亚结构的最小空隙接近大眼幼体或仔蟹全长时, 应可达到最好的使用效果。

关键词: 青蟹; 大眼幼体; 第 \tilde{N} 期仔蟹; 隐蔽物选择

中图分类号: Q 178.1

文献标识码: A

文章编号: 043820479(2009)0420594206

拟穴青蟹[*Scylla paramamosain* (Estampador, 1949)]简称青蟹, 是我国及一些东南亚国家重要的海水经济蟹类^[1]。青蟹具生殖洄游习性, 交配后繁殖群体行离岸(offshore)迁徙。孵化的幼体发育到大眼幼体至第 \tilde{N} 期仔蟹阶段循 FTT(Floodtide transport)方式行向岸(onshore)迁徙, 趋近成体栖地后沉降(settlement)并转为营底栖生活, 完成补充(recruitment)过程。本阶段在青蟹生活史中极为重要(其它许多近岸蟹类亦同), 也是人工育苗的关键时期。由于蟹类补充群体遭受捕食和种内相残的风险较大, 故隐蔽物(shelter)对其躲避被捕食风险具有重要作用。目前学术界对蟹类补充阶段隐蔽物的选择研究主要集中在补充群体对某些特定隐蔽物的主动性选择, 补充群体的空间分布和死亡率受沉水植物、底质等因素及种内、种间捕食关系的影响等方面^[2-6], 尚未见关于青蟹补充群体隐蔽物选择的系统研究。本文从隐蔽物的材质、放置方式以及构型(化约为结构和规格两个要素)几个方面系统研究了青蟹大眼幼体和仔蟹对隐蔽物的主动选择行为, 研究结果将有助于了解青蟹的生境选择对策,

同时可望为青蟹苗种人工培育提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验所需大眼幼体和第 \tilde{N} 期仔蟹均来自国家 863 计划项目/拟穴青蟹大规模人工育苗技术0福建诏安育苗基地, 择其形态学参数分别为大眼幼体(1.85 ? 0.62/2.437 ? 0.67) mm; 仔蟹(3.72 ? 0.96/2.89 ? 0.64) mm(CW/CL, n=20)且活力较强者投入实验。

隐蔽物材料分别为普通本白棉布、300 目尼龙筛绢、浅褐色 PVC 薄板、^a 0.6 mm 尼龙单丝和厚度 0.3 ~ 0.4 mm 的竹质薄片。

1.2 实验地点及水质条件

实验在 1.1 所述育苗基地室内不受日光直射处(日照度 300~1000 lx)开展, 所用海水均经沙滤, 盐度 28~32, pH 8.0~8.3, 水温 26~29 e。

1.3 实验方法

1.3.1 隐蔽物材质选择的实验器材制作

实验容器为 25 cm @ 25 cm @ 12 cm(长 @ 宽 @ 深)的 PVC 水槽。将 4 种隐蔽物材料切割或拼贴成 12.5 cm @ 12.5 cm 大小的实验模块, 以氰基丙烯酸盐黏合剂将 4 种隐蔽物模块分别固定在水槽底部 4 角, 200

mg/L 高锰酸钾消毒并消除表面反光后备用。

不同构型隐蔽物的制作: 隐蔽物分草丛型、折角型和洞穴型3种结构。草丛型系用乙烯2醋酸乙烯酯共聚物(EVA)热熔胶将^a 0.6 mm@6 mm的尼龙单丝以特定间距垂直粘合在60 mm@60 mm的PVC薄板中间50 mm@50 mm范围内制成; 另以EVA热熔胶将6 mm@50 mm的PVC薄板以特定间距平行或交叉粘合在60 mm@60 mm的PVC薄板中间位置制成折角型或洞穴型隐蔽物(图1)。每种结构的隐蔽物均有5, 7和10 mm共3种规格, 即共制成外廓尺寸一致而亚结构(substructure)不同的9种构型的隐蔽物模块。

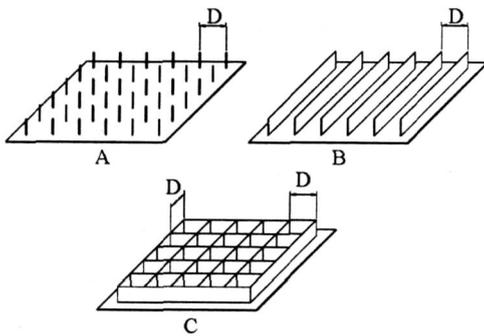


图1 隐蔽物结构示意图

A. 草丛型; B. 折角型; C. 洞穴型; D. 规格

Fig. 1 Structures of shelters

1.3.2 大眼幼体和仔蟹对隐蔽物材质的选择

经1.3.1所述程序处理的实验水槽加海水10 cm, 不充气, 不投饵, 放入实验动物(大眼幼体或第N期仔蟹)20 ind, 从06:00至22:00, 每2 h记录攀附或栖息在某种隐蔽物材料上的实验动物数量。设3个重复组。

1.3.3 大眼幼体和仔蟹对不同放置方式隐蔽物的选择

5和7 mm两种规格3种结构的隐蔽物共计12只, 分水平和垂直2种放置方式随机排列, 间隔均匀地以EVA热熔胶垂直固定在^a 45 cm圆形PVC水族箱底部边缘和侧壁近底部处。加水20 cm, 不充气, 不投饵放, 放入实验动物40 ind, 30 min后记录攀附或栖息在每个隐蔽物模型上实验动物的数量。每隔2 h观察记录一次, 每组实验连续进行24 h。设3个重复组。

1.3.4 大眼幼体和仔蟹对不同构型隐蔽物的选择

3种结构@3种规格的隐蔽物(共9种, 18只), 随机排列, 间隔均匀地以EVA热熔胶垂直固定在^a 45 cm的圆形水族侧壁近底部处, 其他实验条件和操作步骤如1.3.3所述。设3个重复组。

1.4 攀附率的定义与计算

实验动物对隐蔽物的选择性以攀附率为指标, 即攀附和栖息在某种隐蔽物实验模块上的实验动物个体数占容器中实验动物总个体数的比例, 单位%。

1.5 数据统计分析

统计假设检验采用单因素方差分析, 多重比较采用Duncan氏检验法^[7]。

2 实验结果

2.1 大眼幼体和仔蟹对隐蔽物材质的选择

大眼幼体和仔蟹对隐蔽物材质选择相近, 依高低排序为: 布、竹、筛绢、PVC(图2)。经单因素方差分析发现大眼幼体对隐蔽物材质选择的 $F = 0.0642$, 仔蟹对隐蔽物材质选择的 $F = 0.0628$, 均小于 $F_{3, 12, 0.05}$ (3.49), 表明大眼幼体和仔蟹对4种隐蔽物材质选择差异不显著($p > 0.05$)。

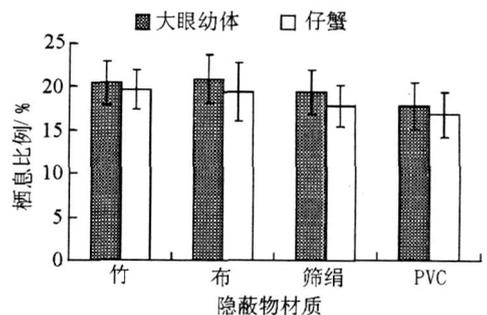


图2 拟穴青蟹大眼幼体和仔蟹对隐蔽物材质的选择

Fig. 2 Preference of shelter materials by *S. paramamosain* megalopae and first juveniles

2.2 隐蔽物放置方式对大眼幼体和仔蟹隐蔽物选择的影响

大眼幼体和仔蟹对垂直放置隐蔽物的选择性均比水平放置高(表1, 2)。单因素方差分析显示, 除仔蟹对垂直和水平放置的7 mm草丛型和折角型组为差异显著($p < 0.05$)外, 其余各组垂直和水平放置者差异均极显著($p < 0.01$), 显示大眼幼体和仔蟹可能更倾向于选择垂直放置的隐蔽物。

2.3 大眼幼体和仔蟹对隐蔽物结构和规格的选择

大眼幼体和仔蟹对不同规格、结构隐蔽物的选择性差异较大。大眼幼体对不同规格隐蔽物的攀附率依高低排序为: 5(总计50.0%), 7(15.54%)和10 mm(8.54%); 对不同结构隐蔽物的攀附率依次为: 草丛型(40.23%), 洞穴型(25.31%), 折角型(8.54%)

表 1 拟穴青蟹大眼幼体对不同放置方式隐蔽物的选择性

Tab. 1 Preference of vertical and horizontal shelters by *S. paramamosain* megalopae

隐蔽物 放置方式	隐蔽物类型						选择频度合计
	5 mm			7 mm			
	草丛型	折角型	洞穴型	草丛型	折角型	洞穴型	
垂直/次	240	91	152	101	48	88	720
水平/次	125	43	48	61	19	38	334
F	62.98	30.92	23.17	12.65	14.59	11.91	$F_{1,32,0.05} = 4.171$
差异	**	**	**	**	**	**	$F_{1,32,0.01} = 7.562$

** 为差异极显著.

表 2 拟穴青蟹仔蟹对不同放置方式隐蔽物的选择性

Tab. 2 Preference of vertical and horizontal shelters by *S. paramamosain* first juveniles

隐蔽物 放置方式	隐蔽物类型						选择频度合计
	5 mm			7 mm			
	草丛型	折角型	洞穴型	草丛型	折角型	洞穴型	
垂直/次	196	52	74	71	41	68	502
水平/次	116	29	42	52	29	34	302
F	34.77	23.47	19.56	5.84	6.21	11.91	$F_{1,32,0.05} = 4.171$
差异	**	**	**	*	*	**	$F_{1,32,0.01} = 7.562$

** 为差异极显著; * 为差异显著.

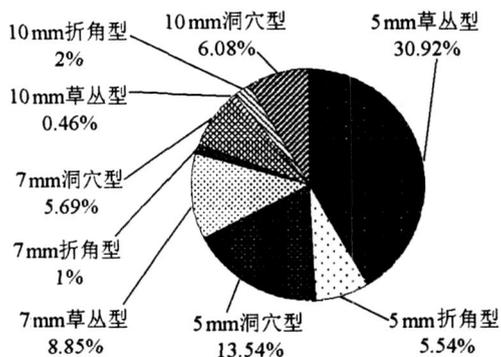


图 3 拟穴青蟹大眼幼体对 3 种结构和 3 种规格隐蔽物的攀附选择

Fig. 3 Preference of 3 structures and 3 sizes of shelters by *S. paramamosain* megalopae

(图 3). 仔蟹对不同规格隐蔽物的攀附率依高低排序为: 5(47%), 7(21.4%) 和 10 mm(10.6%); 对不同结构隐蔽物的攀附率依次为: 草丛型(35.13%), 洞穴型(30%), 折角型(13.87%)(图 4).

随着规格的增加, 大眼幼体和仔蟹对各种隐蔽物的攀附率呈下降趋势, 其下降幅度以及不同规格隐蔽物亚单位的数量比见表 3.

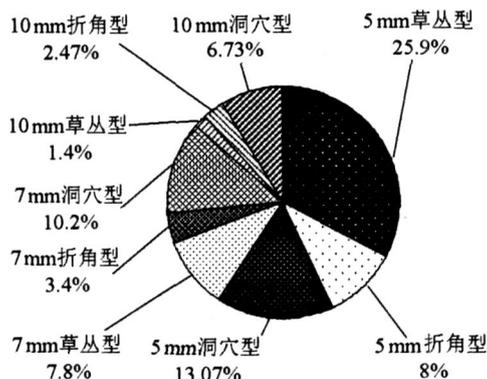


图 4 拟穴青蟹仔蟹对 3 种结构和 3 种规格隐蔽物的攀附选择

Fig. 4 Preference of 3 structures and 3 sizes of shelters by *S. paramamosain* first juveniles

分别对 3 种规格隐蔽物的攀附率作单因素方差分析, 大眼幼体的 F 值分别为 124.85(5 mm 组)、106.56(7 mm 组) 和 75.56(10 mm 组); 仔蟹的 F 值分别为 86.87(5 mm 组)、34.31(7 mm 组) 和 36.29(10 mm 组), 均大于 $F_{2,42,0.01}(5.39)$. 显示两种幼体对每种规格的隐蔽物不同结构之间选择差异均极显著($p < 0.01$). Duncan 氏多重比较结果列入表 4.

表 3 不同规格隐蔽物的亚结构及拟穴青蟹大眼幼体和仔蟹对其攀附率的比值

Tab. 3 Sub2structure of various sized shelters and ratio of sheltering rates by *S. paramamosain* megalopae and first juveniles

隐蔽物类型	草丛型	折角型	洞穴型
亚结构数量比值*	3.36/1.78/1	1.83/1.33/1	4/1.96/1
大眼幼体攀附率比值*	67.22/19.24/1	2.77/0.5/1	2.23/0.94/1
仔蟹攀附率比值*	18.52/5.57/1	3.24/1.38/1	1.94/1.51/1

* 以各结构隐蔽物规格 10 mm 者亚结构数量及攀附率为 1, 数据排序为 5, 7, 10 mm.

表 4 拟穴青蟹大眼幼体和仔蟹对不同结构隐蔽物的选择差异

Tab. 4 Preference of 3 structured shelters by *S. paramamosain* megalopae and first juveniles

规格/mm	大眼幼体			仔 蟹		
	结构	折角型	洞穴型	结构	折角型	洞穴型
5	草丛型	**	**	草丛型	**	**
	洞穴型	**		洞穴型	**	
7	草丛型	**	**	草丛型	**	**
	洞穴型	**		洞穴型	**	
10	洞穴型	**	**	洞穴型	**	**
	折角型	**		折角型	@	

** 为差异极显著; @为差异不显著.

表 5 拟穴青蟹大眼幼体和仔蟹对不同规格隐蔽物的选择差异

Tab. 5 Preference of 3 sized shelters by *S. paramamosain* megalopae and first juveniles (mm)

隐蔽物类型	大眼幼体			仔 蟹		
	10	7	规格	10	7	规格
草丛型	**	**	5	**	**	5
	**		7	**		7
折角型	**	**	5	**	**	5
		*	10	@		7
洞穴型	**	**	5	**	*	5
		@	10	**		7

** 为差异极显著; * 为差异显著; @为差异不显著.

再分别对 3 种结构隐蔽物的攀附率进行单因素方差分析, 大眼幼体的 F 值分别为 192.54(草丛型), 54.06(折角型)和 90.72(洞穴型); 仔蟹的 F 值分别为 249.49(草丛型), 36.53(折角型)和 15.22(洞穴型), 均大于 $F_{2,42,0.01}(5.39)$, 显示两种实验动物对每种结构隐蔽物不同规格之间选择差异均极显著 ($p < 0.01$). Duncan 氏多重比较结果列入表 5.

3 讨论

隐蔽物在近岸蟹类补充群体的生活中具有重要作

用, 有助于大眼幼体和仔蟹保持空间位置, 避免因某些流向水流的冲击而离开有利生境; 利于大眼幼体和仔蟹减少活动量、降低能量消耗, 减小与其他个体因相遇而发生争斗的机率; 为临近变态的幼体或仔蟹提供庇护(refuge)场所; 规避种间和种内捕食等. 在育苗生产中也发现, 使用合适的隐蔽物有助于抑制相残现象, 提高幼体培育的成活率, 促进幼体生长发育^[8].

3.1 隐蔽物效能的等效比较

目前学术界不乏对底栖蟹类的天然或人工隐蔽物的研究成果, 但由于对不同类型的隐蔽物尚无严格、通

用的等效比较手段/标准,对蟹类补充群体隐蔽物选择的研究通常对不同材质、形态的隐蔽物进行直接比较,不利于对各种影响因素进行细致的分析. 现仅少数学者就等效比较问题进行过尝试,如 Moksnes 等曾在研究野生沉水植物作为蟹类补充群体隐蔽物的效果时使用量杯度量不同沉水植物所占据的空间(外廓)以此作为等效比较的基础^[2]. 本实验为确保对各种类型隐蔽物构成要素的定量分析合理、准确,将隐蔽物多个方面的特性如材质、放置方式等,先行通过单因素实验分别加以比较,然后在此基础上不采用天然沉水植物或成品人工海草等隐蔽物,而是将隐蔽物构型化约为结构和规格两个要素(每一要素设3个类型/水平),以PVC材质自制外廓尺寸一致(均为50 mm@50 mm@6 mm)的隐蔽物模块作为等效比较的基础.

3.2 隐蔽物材质对效能的影响

本实验结果表明大眼幼体和仔蟹对隐蔽物的材质没有明显选择性. 为了操作便利或节约成本,青蟹育苗生产中常使用各种就便器材作为隐蔽物. 考虑到水质保持问题,在选择隐蔽物时,应考虑耐腐蚀、不易腐败分解的材料. 所选用的材料还应不易与大眼幼体和仔蟹的附肢纠缠钩挂,以免出苗时发生损伤. 通过实验及生产实践发现,常用的合成材料中软性PE和PVC较适用于制造青蟹育苗用隐蔽物.

3.3 隐蔽物构型和规格对效能的影响

在上述隐蔽物垂直放置的条件下进行隐蔽物构型选择的实验发现,草丛型隐蔽物对青蟹大眼幼体和仔蟹的吸引力最强. 大眼幼体和仔蟹对草丛型隐蔽物的这种明显偏好(主要是5和7 mm规格者)与其生态习性相吻合))迁徙至近岸的青蟹大眼幼体和仔蟹常出现在沿岸沉水植物或挺水植物茂盛的生境. 研究发现,沉水植物等隐蔽物对蟹类补充群体逃避敌害具有重要作用. 补充群体沉降的栖地(habitat)上,特定的水生植物、贝壳等都能对补充群体的存活率产生影响^[9-11]. 草丛型隐蔽物的结构与这些植物根、茎分枝细小处类似,比洞穴型和折角型更接近其自然生境,所以对其主动性选择最明显. 青蟹大眼幼体和仔蟹对草丛型隐蔽物攀附率的另一显著特点,就是随着规格的增大,攀附率的下降幅度非常高(对10 mm草丛型隐蔽物的选择性在9种构型隐蔽物中最低).

实验发现,大眼幼体和仔蟹攀附隐蔽物时倾向于独占一定的空间(如洞穴型的一个亚结构或草丛型4个亚结构之间的空间),因此为比较亚结构数量对攀附率的影响,特将不同规格亚结构的攀附率和亚结构数量比值列入表3. 由表3可见,随着规格的增加,草丛

型隐蔽物攀附率的减小幅度远高于隐蔽物亚结构数量的减少幅度. 一些研究发现,隐蔽物亚结构间隙大小对蟹类大眼幼体和仔蟹的选择性具有重要影响:当亚结构间隙恰好略大于大眼幼体或仔蟹体形(size)时,对其逃避敌害作用最为显著^[2,12]. 本实验所用草丛型隐蔽物亚结构以 ϕ 0.6 mm@6 mm的尼龙单丝制成,折角型和洞穴型的亚结构则以6 mm@50 mm的PVC薄板构成;而实验动物大眼幼体和仔蟹平均头胸甲长分别为2.44和2.89 mm,因此隐蔽物规格为5 mm时亚结构间距恰好可容纳大眼幼体和仔蟹并阻止体型(size)大于5 mm的潜在捕食者进入;当亚结构的间距增大为7或10 mm时,体型足以威胁或捕食大眼幼体和仔蟹的捕食者可以进入隐蔽物亚结构内的空间,在此情况下折角型和洞穴型隐蔽物则仍然能将捕食者的活动范围限制在一定空间内,但草丛型隐蔽物的短线状亚结构已难以或无法限制捕食者的移动,其对青蟹大眼幼体和仔蟹的吸引力急剧下降应与此有关.

参考文献:

- [1] 曾朝曙,李少菁. 饥饿对锯缘青蟹(*Scylla serrata*)幼体存活与发育的影响[J]. 厦门大学学报:自然科学版,2001,40(3):782-788.
- [2] Moksnes P O, Lipcius R N, Pihl L, et al. Cannibalism dynamics in young juveniles and postlarvae of blue crab [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1997, 215: 157-187.
- [3] Moksnes P O, Pihl L, van Montfrans J. Predation on postlarvae and juveniles of the shore crab *Carcinus maenas*: importance of shelter, size and cannibalism [J]. Mar Ecol Prog Ser, 1998, 166: 211-225.
- [4] Ruiz G M, Hines A H, Posey M H. Shallow water as a refuge habitat for fish and crustaceans in nonvegetated estuaries: an example from Chesapeake Bay [J]. Mar Ecol Prog Ser, 1993, 99: 1-16.
- [5] Emily L Lindsey, Andrew H Altieri, Jon D Witman. Influence of biogenic habitat on the recruitment and distribution of a subtidal xanthid crab [J]. Mar Ecol Prog Ser, 2006, 306: 223-231.
- [6] 李欢欢,鲍毅新,胡知渊,等. 夏季杭州湾南岸不同生境伍氏厚蟹种群特征及回归关系[J]. 浙江师范大学学报:自然科学版,2007,30(4):460-466.
- [7] 杜荣骞. 生物统计学[M]. 北京:高教出版社,1999.
- [8] 徐建荣,沈颂东,张加梅,等. 环境条件对中华绒螯蟹大眼幼体蜕壳生长的影响[J]. 水产科学,2006,25(10):505-508.
- [9] Pardieck R A, Orth R J, Diaz R J, et al. Ontogenetic changes in habitat use by postlarvae and young juveniles of the blue crab [J]. Mar Ecol Prog Ser, 1999, 186:

227- 238.

- [10] Halpern B S. Habitat bottlenecks in stage-structured species: hermit crabs as a model system [J]. Mar Ecol Prog Ser, 2004, 276: 197- 207.
- [11] Bradley G, Stevens T, Katherine M Swiney. Post-settlement effects of habitat type and predator size on cannibalism of glaucothoe and juveniles of red king crab

Paralithodes camtschaticus [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 2005, 321: 1- 11.

- [12] Aaron Bartholomew, Roland L. Shine. Space size relative to prey width (Sp/Py) influences macrofaunal colonization of artificial structures [J]. Mar Ecol Prog Ser, 2008, 358: 95- 102.

Shelter Preference of Megalopae and First Juvenile of Mud Crab, *Scylla paramamosain* (Estampador, 1949)

CHEN Xuelei, ZHANG Xueli, LI Shaoliang*,

WANG Guizhong, LIN Qiongwu

(College of Oceanography and Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: There are two important stages in the development process of mud crab *Scylla paramamosain*: megalopae and first juveniles. In the present study, the two stages of *S. paramamosain* were collected to investigate their preferences of different materials (cloth, net, PVC and bamboo sheet), layouts and conformations (3 structures @ 3 sizes) shelters by employing experimental ecological methods based on the index of sheltering rates. The results showed that there was no obvious preference of different materials for megalopae and first juveniles ($p > 0.05$), however, horizontal shelters attracted both megalopae and first juveniles more than vertical ones ($p < 0.01$), shelter structures (grassy type, cavity type and knuckling type) and sizes (5, 7, 10 mm) had significant effects on the preferences of them ($p < 0.01$). Structure preferences of megalopae and first juveniles decreased consequently among grassy type, cavity type, knuckling type shelters and also decreased with increasing sizes (5, 7, 10 mm). Meanwhile, the decreasing extent of the preference of grassy type shelters was the greatest: 30.92% & 25.9% respectively for 5 mm sized ones and 0.46% & 1.4% for the 10 mm sized ones. Therefore, materials with corrosion resistance, without harmful effects to water quality or appendage of the megalopae and first juveniles should be mainly considered when developing or using shelters. A better effect may be gained when grassy type shelters were used, especially when the smallest interspace of the substructure of the shelters approximates to the total length of megalopae and first juveniles.

Key words: *Scylla paramamosain*; megalopae; first juvenile; shelter preference