

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2013.00338

日本蟳入笼行为及其地笼网逃逸口选择性的实验研究

张鹏, 张秀梅

中国海洋大学 水产学院, 山东 青岛 266003

摘要: 选取山东沿海捕获的体质健壮日本蟳(*Charybdis japonica*), 在实验室水槽内暂养 1 周后开展相关实验。观察光照、诱饵条件对日本蟳入笼行为的影响。结果表明, 日本蟳畏光, 在明亮条件下大多数分布于养殖水槽的四角, 在黑暗条件下趋向随机分布, 遮黑处理和放置诱饵均能增加日本蟳的入笼比例; 在地笼网底部设置尺寸(长×高)分别为 4 cm×3 cm、4.5 cm×3 cm、5 cm×3 cm、5.5 cm×3 cm 的长方形逃逸口时, 日本蟳 50%选择甲长(L_{50})分别为 3.75 cm、4.24 cm、4.54 cm、5.08 cm, 选择范围(SR)分别为 0.65 cm、0.45 cm、0.62 cm、0.82 cm; L_{50} 与逃逸口长度呈线性相关关系, 约为逃逸口长度的 92.3%。根据实验结果, 结合日本蟳最小性成熟甲长和市场最小可接受规格, 综合分析认为, 地笼网逃逸口最适尺寸(长×高)为 4.3 cm×3 cm。本研究旨在为有效保护日本蟳幼蟹资源提供技术依据。

关键词: 日本蟳; 地笼网; 入笼行为; 逃逸口; 选择性

中图分类号: S93

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2013)02-0338-08

日本蟳(*Charybdis japonica*), 俗称石甲红、石蟹等, 属十足目、梭子蟹科、蟳属, 广泛分布于中国渤海、黄海、东海、南海沿岸浅海水域, 日本、朝鲜等国也有分布, 属广温广盐性蟹类, 喜栖息于礁石间, 主要捕食小鱼、小虾及贝类, 肉质鲜美营养丰富, 是中国常见蟹类之一, 具有一定的经济价值^[1-2]。日本蟳是蟹笼及地笼网捕捞的主要种类之一, 在鱼礁区渔民主要采用地笼网进行捕捞。地笼网又称“扫地穷”, 其两侧交互开口, 开口处设有倒须装置, 网目大小约 1.5 cm, 伸展后网长约 10 m。通过倒须装置诱引生物进入, 使之可进难退。由于其对渔获物个体选择性极差, 因而严重危害到近海日本蟳渔业资源。针对改良蟹笼选择性研究, 吴常文等^[3]在蟹笼外罩网衣上开设圆形逃逸口以减少三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)幼蟹的兼捕; 张洪亮等^[4]在蟹笼底部设置方形逃逸口通过控制甲高来释放三疣梭子蟹幼蟹; Watanabe 等^[5]通过扩大蟹笼网衣网目大小来提

高对伊氏毛甲蟹(*Erimacrus isenbeckii*)选择性; Miguel 等^[6]发现, 较方形折叠蟹笼, 圆形蟹笼能减少非目标渔获物兼捕; Guillory 等^[7]通过设置圆形逃逸口以期达到选择性捕获三疣梭子蟹; Anukorn 等^[8]通过设置方形逃逸口来提高远海梭子蟹(*Portunus pelagicus*)规格和种类选择性等。目前国内针对日本蟳的研究主要涉及其自然分布^[9]、营养成分^[10]、食性^[11-12]、繁殖和幼体发育^[13-14]等, 有关地笼网对其选择性研究等尚未见报道。本研究在实验室水槽中观察了不同光照和诱饵条件下日本蟳入笼行为和设置逃逸口的地笼网选择性, 旨在提高地笼网对小规格个体的释放比例, 为合理利用日本蟳资源提供参考依据。

1 材料和方法

1.1 实验水槽与样本

实验水槽规格为 2.4 m×1.4 m×1.5 m, 使用沙滤纯净海水, 水深 0.4 m, 实验期间海水 24 h 循环, 水温 19~21℃, 盐度 38~39, pH 7.65~7.8, 实验

收稿日期: 2012-06-15; 修订日期: 2012-07-27.

基金项目: 农业部公益性行业科研专项经费项目(201003068).

作者简介: 张鹏(1989-), 男, 硕士研究生, 从事渔具选择性研究. E-mail: 28194915@qq.com

通信作者: 张秀梅, 教授. E-mail: gaozhang@ouc.edu.cn

采用 LI-250A 光照计, 光照强度为 $2.82 \sim 3.09 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。实验样本为山东沿海捕获的体质健壮日本蟬, 其间每日两次投喂冷冻凡纳滨对虾。

1.2 日本蟬入笼行为实验

预实验结果显示, 日本蟬主要分布在实验水槽边缘和角落区, 为了更好地定量描述日本蟬在水槽中的分布, 实验按不同分区观察、记录不同环境条件下日本蟬的行为反应^[15]。在实验水槽两端底部画出 8 个角形格分区, 水槽中央 5、6 分区为放置地笼区, 划分的 10 个分区面积相等, 如图 1 所示。实验共分 5 组, 分别是自然光、水槽中不放置地笼组 A; 自然光、放置地笼组 B; 水槽上方全部遮黑、放置地笼组 C; 仅投笼区(5、6 区)遮黑、放置地笼组 D; 自然光、地笼网中放置诱饵组 E。通过统计日本蟬在水槽角形格区域中出现的次数, 对比光照、诱饵条件对其入笼行为的影响。需遮光处理时采用遮光布覆盖在水槽正上方用于遮光。实验所用地笼网为捕捞生产用网具, 规格为每节 $25 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 18 \text{ cm}$, 通常由 24 节构成 1 组, 本实验选用 3 节。日本蟬 40 只, 甲长 $4.1 \sim 5.0 \text{ cm}$, 体质量 $37.9 \sim 66.5 \text{ g}$, 在实验室水槽内暂养 1 周后开展相关实验。实验从 9:00 ~ 18:00 每 1 h 观察记录 1 次, 结束后给予充氧、投饵, 次日早晨清理残饵、停止充氧, 待其适应一段时间后再开始实验, 每组实验重复观察记录 3 d。

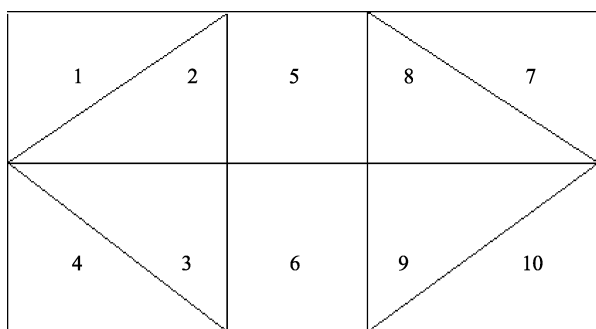


图 1 实验水槽的分区

数字标号代表分区名称, 每个分区面积相等, 约为 0.336 m^2 。

Fig. 1 Division of experimental tank (figure number mean division name, and each division has the same area, about 0.336 m^2)

1.3 逃逸口选择性实验

在地笼网倒须对面底部开设刚性逃逸口, 逃

逸口由铁丝制作, 长度 VL 分别为 4.0 cm 、 4.5 cm 、 5 cm 、 5.5 cm , 高均为 3 cm (图 2)。实验所用日本蟬共 135 只, 甲长 $3.3 \sim 7.2 \text{ cm}$, 甲宽 $4.6 \sim 10.1 \text{ cm}$, 体质量 $20.6 \sim 209.2 \text{ g}$ 。将日本蟬按 0.5 cm 甲长间隔分为 9 组, 甲长分别为 $[3.1, 3.5]$, $\dots$, $[7.1, 7.5]$, 每组 15 只。实验时将每组日本蟬放入 3 节独立的地笼中, 每节地笼内放 5 只。因海上作业地笼网放置时间通常不少于 48 h, 本实验选取放置时间 24 h(20:00 至翌日 20:00), 观察笼中日本蟬的活动及逃逸状况, 统计逃逸率, 评价笼具选择性。实验期间停止投饵。实验结束后, 将该组日本蟬取出, 继续下一甲长组实验, 期间若有日本蟬死亡则补充与之甲长规格相近的日本蟬。

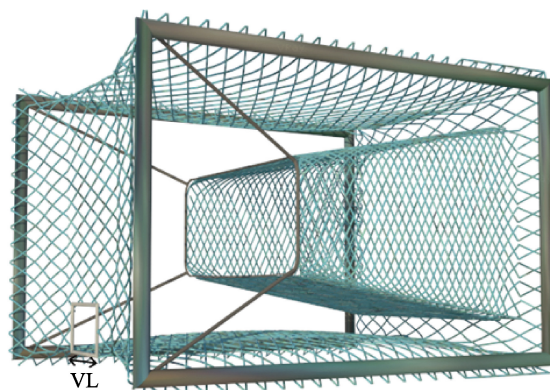


图 2 设有逃逸口的地笼网(VL 为逃逸口长度)

Fig.2 Cage net with escape vent(VL means vent length)

1.4 数据处理

1) 通过比较平均分布率(mean distribution rate, MDR)变化来研究不同条件对日本蟬入笼行为的影响。平均分布率即日本蟬在水槽某分区中出现的总次数占日本蟬在各分区出现总次数的百分比, 其表达式为:

$$\text{MDR} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{\sum_{i=1}^n n_i} \times 100\%$$

式中: N_i 为第 $i(i=1, 2, \dots, n)$ 次实验时日本蟬在某分区的分布数量; n_i 为第 $i(i=1, 2, \dots, n)$ 次实验中日本蟬出现在各分区的总分布数量。数据采用 SPSS 软件进行单因子方差分析(one-way ANOVA)和独立样本 T 检验(independent-samples T test), 以 $P < 0.05$ 作为差异显著标准, $P < 0.01$ 作为差异极显

著标准。

2) 采用 Logistic 曲线作为研究逃逸口选择性数学模型^[8], 其表达式为:

$$S_{CL}=1/[1+\exp(a-b\times CL)],$$

主要选择性指标

$$L_{50}=a/b; SR=L_{75}-L_{25}=2\ln 3/b$$

式中: CL 为某组日本蟬甲长平均值; S_{CL} 为笼具对 CL 甲长组日本蟬选择率; a 、 b 为选择性参数; L_{25} 、 L_{50} 、 L_{75} 分别表示选择率为 25%、50%、75%时对应的日本蟬甲长; SR 为选择范围。数据采用 SPSS 软件线性回归估算参数 a 、 b , 模拟选择性曲线。

2 结果与分析

2.1 行为描述

未投放笼具时日本蟬在水槽的四角区域 1、4、7、10 区的平均分布率均在 13%之上, 且该区出现的绝大多数日本蟬身体与水槽壁相接触, 活动不频繁。因日本蟬领域行为强, 较大个体常占据拐角处, 防止其他日本蟬的靠近, 较小个体大多数停留在角落区的其他位置; 其次出现率较低的 5、6 区, 该区日本蟬身体紧贴水槽壁, 活动较频繁, 有向四角区移动的倾向; 出现率最低的为 2、3、8、9 区, 偶有零星几只日本蟬出现且活动极频繁。当实验水槽中放入地笼后, 日本蟬反应较迅速, 试探性向地笼移动, 在靠近笼具后日本蟬大致产生 3 种行为, 分别是攀附于地笼网之上、沿笼具倒须爬入至地笼网内、钻入地笼网之下, 这 3 种行为发生的概率较固定, 分别约为 13%、27%、60%。因实验过程中地笼网与光滑水槽底之间存在缝隙, 故造成许多日本蟬选择钻入地笼网之下, 这符合蟹类喜藏身于孔洞缝隙等狭小空间内的习性, 如图 3 所示。此时日本蟬平均分布率高低排序是投笼区(5、6 区)、四角区(1、4、7、10 区)、其他分区(2、3、8、9 区), 由表 1 可知, 除 1 区外, 在非投笼区日本蟬平均分布率均显著下降, 而在投笼区平均分布率显著升高, 由此可见地笼网对日本蟬有较好的诱集效果。

2.2 光照对日本蟬入笼行为的影响

为探寻光照条件对日本蟬入笼行为的影响,

设置实验水槽全部遮黑 C、仅投笼区遮黑 D 两个处理组, 其中自然光下室内水槽水表面光强为 $2.82 \sim 3.09 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 全部遮黑后为 $0\sim0.01 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,



图 3 日本蟬入笼行为

Fig. 3 Ingress behavior of *Charybdis japonica*

表 1 未放置和放置笼具处理下日本蟬在各分区的平均分布率

Tab.1 Mean distribution rate of *Charybdis japonica* with no cage net and with cage net

分区 area	实验组 A(未放置地笼) A(no cage net)	实验组 B(放置地笼) B(cage net)
1	13.10±1.14 ^{de}	14.42±2.83 ^{bcd}
2	4.12±0.60 ^a	2.22±0.70 ^{a**}
3	7.02±0.80 ^{bc}	3.04±0.63 ^{a**}
4	15.54±0.89 ^c	14.46±0.52 ^{bcd*}
5	9.27±2.35 ^c	19.80±4.17 ^{cd**}
6	9.51±0.92 ^{cd}	20.55±5.33 ^{d**}
7	13.59±0.92 ^c	9.22±2.32 ^{b**}
8	5.23±0.82 ^{ab}	2.77±1.36 ^{a**}
9	5.16±0.73 ^{ab}	2.71±0.94 ^{a**}
10	17.46±1.05 ^c	10.81±2.00 ^{bc**}

注: 无相同小写字母上标的数值表示同一处理组日本蟬在不同分区平均分布率差异性显著($P<0.05$); “*”表示不同处理组日本蟬在同一分区平均分布率差异性显著($P<0.05$); “**”表示不同处理组日本蟬在同一区域平均分布率差异性极显著($P<0.01$).

Note: Values without same superscript mean the significant differences in the mean distribution rate of *C. japonica*(the same treatment group) among different areas($P<0.05$); “*” means the significant difference in the mean distribution rate of *C. japonica*(the different treatment groups) among the same area($P<0.05$); “**” means that very significant difference in the mean distribution rate of *C. japonica*(the different treatment groups)among the same area($P<0.01$).

部分遮黑处理后为 $0.47\sim0.58\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 两组条件下日本蟬平均分布率如表 2 所示。相比实验组 B, 全部遮黑组 C 投笼区(5、6 区)日本蟬分布率升高, 四角区(1、4、7、10 区)降低, 其他区域(2、3、8、9 区)升高。相比较明亮条件, 在黑暗条件下日本蟬更喜欢投笼区, 而未选择投笼区的日本蟬则倾向于平均分布, 原水槽四角区集中分布现象有所削弱; 部分遮黑组 D 相比实验组 B, 除投笼区升高外, 四角区、其他区域均呈下降趋势, 日本蟬较全部遮黑处理组更集中分布于部分遮黑处理的投笼区, 平均分布率高达 26%以上。全部遮黑与不遮黑处理组日本蟬在笼区的分布率

表 2 不遮黑、全部遮黑和部分遮黑处理下日本蟬在各分区的平均分布率

Tab.2 Mean distribution rate of *Charybdis japonica* with covering no black, covering all black and covering part of the black

分区 area	$\bar{x}\pm\text{SE};\%$		
	实验组 B (不遮黑) B (no covering)	实验组 C (全部遮黑) C (covering all black)	实验组 D (部分遮黑) D (covering part of black)
1	14.42±2.83 ^{bcd}	9.33±1.78 ^{d*}	10.86±0.37 ^b
2	2.22±0.70 ^a	4.27±0.71 ^{ab**}	2.34±0.78 ^a
3	3.04±0.63 ^a	4.01±0.70 ^a	2.01±0.50 ^a
4	14.46±0.52 ^{bcd}	7.56±1.47 ^{cd**}	9.24±2.52 ^{b*}
5	19.80±4.17 ^{cd}	23.22±0.21 ^{e*}	26.74±2.22 ^{c**}
6	20.55±5.33 ^d	25.57±2.09 ^{e*}	28.90±1.96 ^{c**}
7	9.22±2.32 ^b	8.83±0.79 ^d	9.18±0.85 ^b
8	2.77±1.36 ^a	5.02±1.01 ^{abc**}	1.22±0.19 ^{a*}
9	2.71±0.94 ^a	4.83±0.75 ^{abc**}	1.99±0.22 ^a
10	10.81±2.00 ^{bc}	7.37±1.15 ^{bcd}	7.52±0.91 ^{b*}

注: 无相同小写字母上标的数值表示同一处理组日本蟬在不同分区平均分布率差异性显著($P<0.05$); “*”和“**”表示 C 组、D 组分别与 B 组比较同一分区的日本蟬平均分布率差异; “*”表示不同处理组日本蟬在同一分区平均分布率差异性显著($P<0.05$); “**”表示不同处理组日本蟬在同一分区平均分布率差异性极显著($P<0.01$).

Note: Values without same superscript mean the significant differences in the mean distribution rate of *C. japonica*(the same treatment group) among different areas($P<0.05$); “*” and “**” mean the significant difference of mean distribution rate of *C. japonica* in the same area between C and B or D and B, respectively; “*” means the significant difference in the mean distribution rate of *C. japonica* (the different treatment groups) among the same area($P<0.05$); “**” means that there was very significant difference in the mean distribution rate of *C. japonica* (the different treatment groups) among the same area($P<0.01$).

差异显著, 而部分遮黑与不遮黑处理组的分布率差异性极显著。以 5 区为例, 日本蟬平均分布率在最初未放置地笼时为 9.27%, 放置地笼后为 19.80%, 全部遮黑处理后为 23.22%, 部分遮黑处理后 26.74%。由此可见, 日本蟬畏光, 在正常光照条件下集中分布于水槽的四角, 在黑暗条件下趋向随机分布, 遮黑处理能提高日本蟬在笼区的平均分布率, 部分遮黑处理效果更佳。

2.3 诱饵对日本蟬入笼行为的影响

为探寻诱饵条件对日本蟬入笼行为的影响, 在室内自然光条件下, 比较分析了日本蟬在地笼内放置诱饵处理组 E 和未放置诱饵处理组 B 在各分区的平均分布率(表 3)。实验组 E 中所用诱饵为新鲜凡纳滨对虾, 全长(13.03 ± 0.78) cm, 体质量(14.16 ± 2.90) g, 每节地笼内放置 2 只。相比无诱饵组 B, 放置诱饵后的地笼区平均分布率显著升高。

表 3 地笼内无诱饵和放置诱饵处理下日本蟬在各分区的平均分布率

Tab.3 Mean distribution rate of *Charybdis japonica* with no bait and bait in the cage net

区域 area	$\bar{x}\pm\text{SE};\%$	
	实验组 B(无诱饵) B (no bait)	实验组 E(放置诱饵) E (set bait)
1	14.42±2.83 ^{bcd}	11.65±1.20 ^b
2	2.22±0.70 ^a	1.83±0.46 ^a
3	3.04±0.63 ^a	1.59±0.20 ^{a*}
4	14.46±0.52 ^{bcd}	11.04±1.69 ^{b*}
5	19.80±4.17 ^{cd}	26.65±1.63 ^{c**}
6	20.55±5.33 ^d	24.65±1.97 ^{c*}
7	9.22±2.32 ^b	8.76±0.11 ^b
8	2.77±1.36 ^a	2.58±0.27 ^a
9	2.71±0.94 ^a	2.32±1.15 ^a
10	10.81±2.00 ^{bc}	8.62±1.46 ^b

注: 无相同小写字母上标的数值表示同一处理组日本蟬在不同分区的平均分布率差异性显著($P<0.05$); “*”表示不同处理组日本蟬在同一分区的平均分布率差异性显著($P<0.05$); “**”表示不同处理组日本蟬在同一分区的平均分布率差异性极显著($P<0.01$).

Note: Values without same superscript mean the significant differences in the mean distribution rate of *C. japonica*(the same treatment group) among different areas($P<0.05$); “*” means the significant difference in the mean distribution rate of *C. japonica*(the different treatment groups) among the same area($P<0.05$); “**” means that very significant difference in the mean distribution rate of *C. japonica*(the different treatment groups)among the same area($P<0.01$).

以地笼设置区 6 区为例, 平均分布率在未放置地笼时为 9.51%, 放置地笼后为 20.55%, 笼内放置诱饵后为 24.65%。由此可见, 诱饵条件同样能够提高日本蟳在笼区的平均分布率。但该实验因室内自然光条件下水槽内较为明亮, 在非投笼区日本蟳分布率均降低, 且再次呈现于水槽四角区集中分布的现象。

2.4 日本蟳体形特征

日本蟳的体形特征是确定逃逸口尺寸的重要依据, 在本研究中针对 155 只日本蟳进行了体形特征测量, 其中雌性日本蟳与雄性日本蟳在体形特征上有一定差别。甲长(CL)与甲宽(CW)、甲高(CH)和体质量(W)的关系曲线如图 4 所示。经拟合可知日本蟳甲宽、甲高与甲长呈线性相关, 而体质量与甲长呈幂指数相关, 即:

$$\begin{aligned} CW_{\text{♀}} &= 1.201CL + 6.301, R^2 = 0.921; \\ CH_{\text{♀}} &= 0.616CL - 3.610, R^2 = 0.877; \\ W_{\text{♀}} &= 0.000\ 347CL^{3.076}, R^2 = 0.940; \\ CW_{\text{♂}} &= 1.317CL + 1.847, R^2 = 0.920; \\ CH_{\text{♂}} &= 0.586CL - 1.820, R^2 = 0.968; \\ W_{\text{♂}} &= 0.000\ 207CL^{3.242}, R^2 = 0.966. \end{aligned}$$

由图 4 可知, 甲长 5.5 cm 日本蟳对应的甲高约为 3.0 cm。根据预实验结果, 将逃逸口高度设为 3.0 cm 即可保证甲长小于 5.5 cm 的日本蟳在逃逸时不受甲高因素限制, 故本研究中将逃逸口高度统一设定为 3.0 cm。

2.5 不同逃逸口长度与日本蟳选择性的关系

利用 Logistic 曲线作为研究笼具的选择性模型, 用每组日本蟳平均甲长值作为该组特征甲长, 用 SPSS 软件估算选择性参数 a 、 b 及 SR, 结果如表 4 所示, 模拟后的选择性曲线如图 5 所示。由图 5 可知, 相对于同一甲长组的日本蟳, 逃逸口长度越大, 笼具选择率越低, 日本蟳逃逸率越高, 即甲长选择性曲线随着逃逸口长度的增大而右移; 笼具 L_{50} 随逃逸口长度的增大而增大; 除逃逸口长度为 4 cm 的笼具外, 选择性参数 a 、 b 随逃逸口长度的增大而减小, 选择范围 SR 随逃逸口长度的增大而增大。

2.6 50%选择甲长(L_{50})与逃逸口长度(VL)的关系

利用 MS-Excel 中“添加趋势线”模拟 4 种不同

逃逸口长度的笼具中日本蟳 50%选择甲长(L_{50})可得, 日本蟳 L_{50} 与逃逸口长度 VL 呈线性相关, 即 $L_{50}=0.858VL+0.327$, $R^2=0.989$, 如图 6 所示。

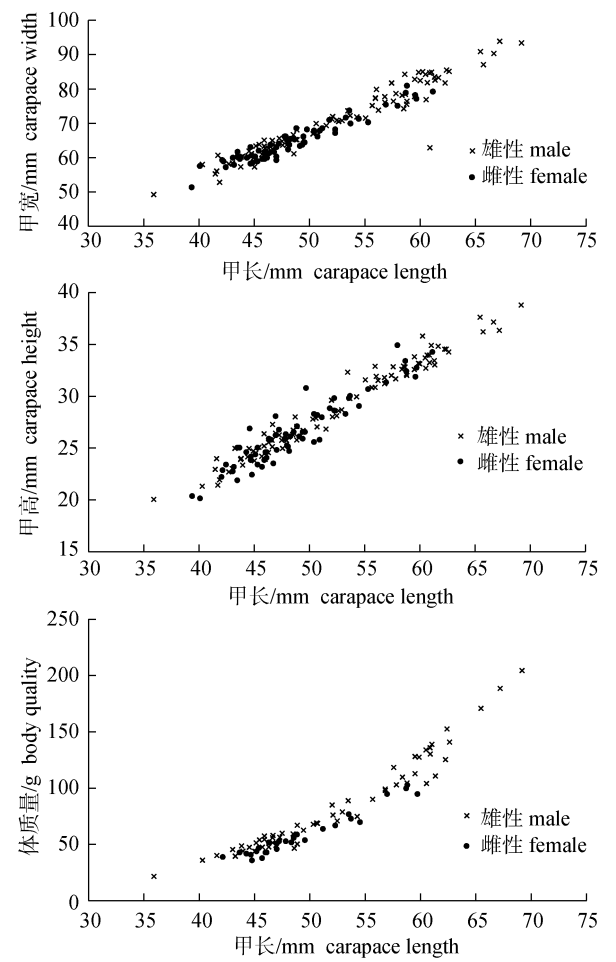


图 4 日本蟳甲长与甲宽、甲高、体质量之间关系
Fig. 4 Relationships between carapace length and carapace width, carapace height and body quality of *C. japonica*

表 4 不同逃逸口长度的笼具与日本蟳选择性参数的关系
Tab. 4 Relationships between selective parameters of *C. japonica* and different vent lengths of the cage net

VL/cm	a	b	L_{50}/cm	SR/cm
4	12.661	3.376	3.75	0.65
4.5	20.525	4.841	4.24	0.45
5	15.978	3.517	4.54	0.62
5.5	13.463	2.650	5.08	0.82

2.7 拟定地笼网逃逸口尺寸

将 4 组实验中 CL(甲长)/VL(逃逸口长度)值作横坐标, 选择率作纵坐标画图, 可知当 $CL/VL=0.923$ 时地笼网对日本蟳选择率为 50%, 即日本蟳

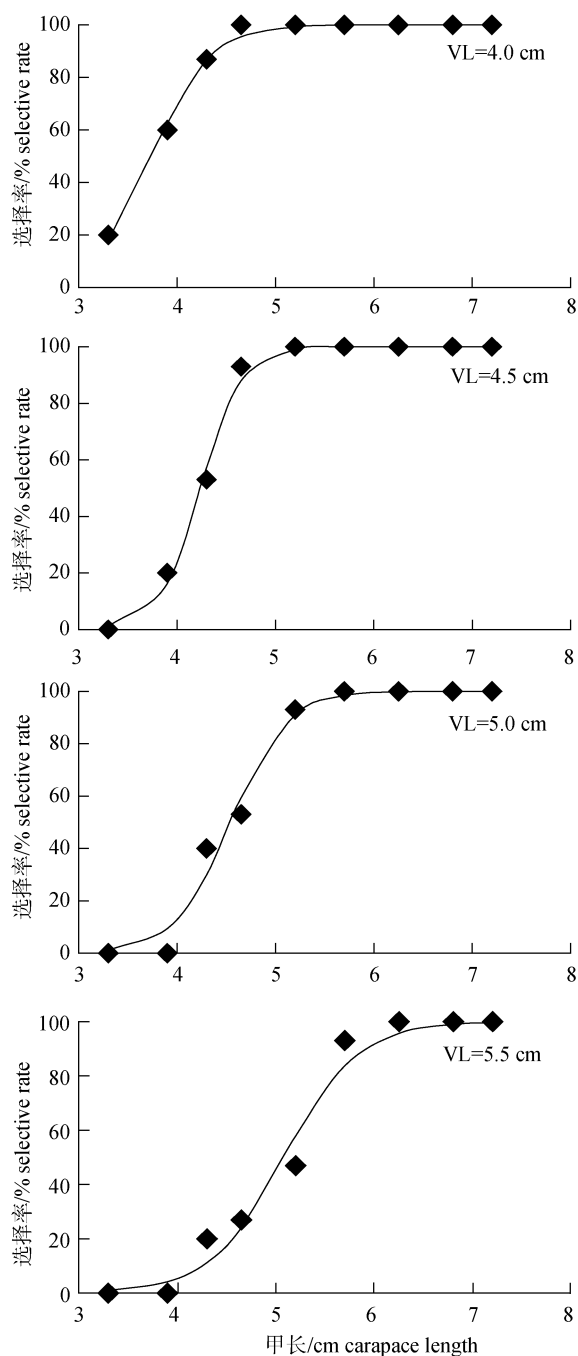


图 5 不同逃逸口长度(VL)的笼具与日本蟳选择性曲线
Fig. 5 Selective curve of *C. japonica* with different vent lengths of the cage net

50%选择甲长(L_{50})约为逃逸口长度的 92.3%, 如图 7 所示。 L_{50} 是选择性研究中最重要指标, 它不仅可以用来表示渔具选择率大小, 也是评估网目与目标渔获物大小关系时最常用的指标, 根据日本蟳雌蟹最小抱卵个体甲长为 35 mm^[1], 则最小逃逸口长度 $VL=3.5/0.923=3.8$ cm, 而根据日本

蟳市场最小可接受甲长 40 mm, 则最小逃逸口长度 $VL=4.0/0.923=4.3$ cm, 因此暂拟定日本蟳地笼网逃逸口尺寸(长×高)为 4.3 cm×3 cm。

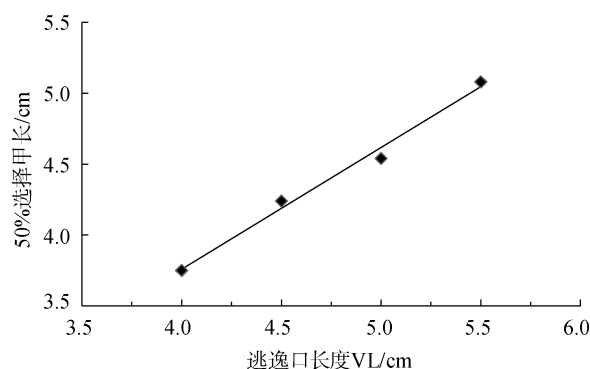


图 6 50%选择甲长 L_{50} 与逃逸口长度 VL 的关系图
Fig. 6 Relationship between L_{50} and vent length

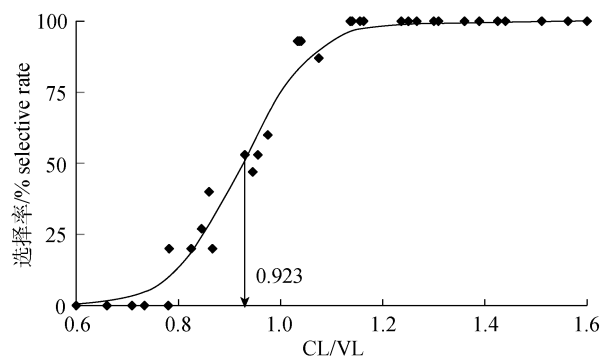


图 7 CL/VL 与日本蟳选择率的关系图
Fig. 7 Relationship between CL/VL and selective rate of *C. japonica*

3 讨论

人工鱼礁区具有较强的集鱼效果, 但是碍于礁区礁石林立、地形复杂, 不适合大型网具作业。地笼网虽大小通捕, 严重破坏渔业资源, 但出于操作简单、成本低廉、占地不大、捕获效率高等原因, 目前仍被礁区渔民广泛使用。渔民利用蟹类喜钻洞的习性, 通过对地笼网设置倒须装置诱引它们进入网内被捕获, 这与蟹笼的捕捞原理基本相似, 室内观察实验很好地印证了这一点, 同时还发现日本蟳喜黑暗, 在笼区部分遮黑时平均分布率最高; 在笼具内放置诱饵后, 笼区分布率增加。由此可见, 黑暗和诱饵条件均能使笼区日本蟳的平均分布率升高, 而日本蟳产生入笼行为

的概率较为固定,在投放笼具区平均分布率增加意味着更多的日本蟳在笼具附近活动,钻入地笼网的几率升高。本实验结果对捕捞作业方式的改进具有一定的指导意义。

地笼网虽能较好的适用于礁区作业,但也存在着很大的缺陷,即选择性较差,大小通捕,影响资源可持续开发利用,因此对其进行选择性研究十分必要。笼具改良设计应主要由目标渔获种类所决定^[16],在山东莱州朱旺人工鱼礁区地笼网主要目标渔获为日本蟳,针对蟹笼选择性研究,国内外采取了一系列方法,例如,国外学者通过增大网目大小^[17-18],改变笼具结构和入口设计^[19-20],设置逃逸口、逃逸天窗^[8,20-21]等;国内学者通过设置逃逸口控制甲高来改善选择性^[4],综合考虑渔民接受选择性网具的难易程度和因渔获量减少所受的损失,最简易的笼具改进是设置逃逸口,从而减少幼蟹的兼捕。逃逸口形状、位置以及大小等影响蟹类逃逸率^[21]。Anukorn 等^[8]研究表明,在笼具入口对面的底部开设方形逃逸口效果最佳,原因是蟹类在笼具内主要停留在笼具底部,在笼具底部设置逃逸口增大了其逃逸的几率,故本研究采用了在地笼倒须对面底部开设长方形逃逸口的方法。

在计算选择率方面,有些学者采用传统套网法,即在实验渔具外套上网目较小网片,通过统计渔具和套网内的渔获数量计算渔具选择率,但孙满昌^[23]认为,套网产生的“面罩”作用会影响实验渔具内鱼类的逃逸行为。本研究在室内水槽中进行,可将整个水槽看做一个“套网”,水槽面积相对较大,对日本蟳逃逸行为的影响较小,其“面罩”作用可忽略不计^[24]。

实验结果表明,设置逃逸口后地笼网选择性有了较大的提高,能够释放一定数量的幼蟹,且 50%选择甲长约为逃逸口长度的 92.3%,该结果与 Anukorn 等研究远海梭子蟹的结果近似,即在设有刚性逃逸口情况下远海梭子蟹 50%选择甲长与逃逸口长度呈线性相关,为其长度的 98%^[8]。本研究中 4 cm 逃逸口笼具选择性指标出现较大差异,笔者认为主要是受实验蟹规格的限制,日

本蟳最小甲长组(3.1~3.5 cm)在逃逸口长度为 4 cm 时的实际选择率为 20%,这有别于该组在其他逃逸口长度 0%的实际逃逸率,使得数据在模拟过程中产生了较大的偏差,今后若能采用更小规格的日本蟳进行实验,将会得到更为精准的数值模拟。根据日本蟳市场最小可接受规格暂拟定地笼网逃逸口尺寸(长×高)为 4.3 cm×3 cm。下一步将实际制作设有逃逸口的生产用地笼网,在人工鱼礁区进行海上捕捞对比实验,验证该规格逃逸口的实际选择效果,并通过逐月监测日本蟳性腺发育、未成熟日本蟳所占渔获比例等,进一步改进地笼网的选择性,以实现鱼礁区日本蟳资源的有序利用。

参考文献:

- [1] 俞存根,宋海堂,姚光展.东海日本蟳的数量分布和生物学特征[J].上海水产大学学报,2005,14(1):41-45.
- [2] 俞存根,宋海堂,姚光展.东海大陆架海域蟹类资源量的评估[J].水产科学,2004,28(1):41-46.
- [3] 吴常文.一种资源保护型蟹笼的初步实验[J].海洋渔业,1996,28(3):114-116.
- [4] 张洪亮,徐汉祥,黄洪亮.东海区蟹笼渔具的选择性研究[J].水产学报,2010,34(8):1278-1284.
- [5] Watanabe Y, Sasakawa Y. A preliminary note on pot selections for the size of the rock crab[J]. Bull Fac Fish Hokkaido Univ, 1984, 35: 225-233.
- [6] Miguel V A, Osamu K. Comparative fishing trials for *Charybdis japonica* using collapsible box-shaped and dome-shaped pots[J]. Fish Sci, 2005, 71: 1229-1235.
- [7] Guillory V, Merrell J. An evaluation of escape rings in blue crab traps[M]. La Dep Wild Fish Tech Bull, 1993, 44: 29.
- [8] Anukorn B, Chaichan M. Use of escape vents to improve size and species selectivity of collapsible pot for blue swimming crab *Portunus pelagicus* in Thailand[J]. Fish Sci, 2009, 75: 25-33.
- [9] 吴常文,王志铮,王伟洪,等.舟山近海日本蟳生物学、资源分布以及开发利用[J].浙江水产学院学报,1998,17(1):13-18.
- [10] 王春琳,陈建青,叶晓园,等.日本蟳的营养成分组成分析[J].营养学报,2005,27(1):81-83.
- [11] 蒋霞敏,王春琳.食物条件对日本蟳幼体存活与变态的影响[J].应用生态学报,2004,15(1):173-175.
- [12] 王春琳,薛良义,刘凤燕,等.日本蟳实验生态及摄食习性

- 的初步研究[J]. 齐鲁渔业, 1998, 15(1): 18–20.
- [13] 阎愚, 孙颖民, 宋志乐, 等. 日本蟳幼体发育的研究[J]. 水产学报, 1989, 13(1): 74–79.
- [14] 许星鸿, 阎斌伦, 郑家声, 等. 日本蟳的性腺发育和生殖周期[J]. 海洋湖沼通报, 2010, 2: 29–36.
- [15] 张硕, 陈勇. 人工鱼礁模型对大泷六线鱼和许氏平鲉幼鱼个体的诱集效果[J]. 大连水产学院学报, 2008, 23(1): 14–19.
- [16] Miller R J. Effectiveness of crab and lobster traps[J]. Can J Fish Aquat Sci, 1990, 47: 1228–1251.
- [17] Guillory V, Prejean P. Blue crab trap selectivity studies: Mesh size[J]. Mar Fish Rev, 1997, 59: 29–31.
- [18] Vazquez Archdale M, Anasco C P, Hiromori S. Comparative fishing trials for invasive swimming crabs *Charybdis japonica* and *Portunus pelagicus* using collapsible pots[J]. Fish Res, 2006, 82: 50–55.
- [19] Vazquez Archdale M, Kuwahara O. Comparative fishing trials for *Charybdis japonica* using collapsible box-shaped and dome-shaped pots[J]. Fish Sci, 2005, 71: 1229–1235.
- [20] Vazquez Archdale M, Anasco C P, Kawamura Y, et al. Effect of two collapsible pot designs on escape rate and behavior of the invasive swimming crabs *Charybdis japonica* and *Portunus pelagicus*[J]. Fish Res, 2007, 85: 202–209.
- [21] Brown C G. The effect of escape gaps on traps selectivity in the United Kingdom crab (*Cancer pagurus* L.) and lobster (*Homarus gammarus* L.) fisheries[J]. ICES J Mar Sci, 1982, 40: 127–134.
- [22] Guillory V, Hein S. An evaluation of square and hexagonal mesh blue crab traps with and without escape rings[J]. J Shellfish Res, 1998, 17: 561–562.
- [23] 孙满昌, 张健, 许柳雄, 等. 渔具渔法选择性[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [24] 唐衍力, 孙国徽, 赵同阳, 等. 星康吉鳎笼网目选择性研究[J]. 中国水产科学, 2010, 17(1): 136–142.

Ingress behavior and escape vent selectivity of *Charybdis japonica* in the cage net

ZHANG Peng, ZHANG Xiumei

College of Fisheries, Ocean University of China, Qingdao 266003, China

Abstract: To improve the selectivity of cage nets and protect juvenile crab resources, effect of cage-net escape vent size on selecting *Charybdis japonica* was evaluated. At the same time, the impact of illumination and bait on the behaviour of *C. japonica* was observed. *C. japonica* were photophobic: under bright conditions they preferred to be in the four corners of the water tank. Under dark conditions, they were randomly distributed. Both bait and the colour of black entice *C. japonica* into the cage. The rectangular escape vents at the bottom of the cage net were 4 cm×3 cm, 4.5 cm×3 cm, 5 cm×3 cm and 5.5 cm×3 cm length by height, which corresponded to L_{50} (the corresponding carapace length with 50% retention) of *C. japonica* being 3.75 cm, 4.24 cm, 4.54 cm and 5.08 cm, respectively, and SR (the selection range) being 0.65 cm, 0.45 cm, 0.62 cm and 0.82 cm, respectively. L_{50} has a linear relationship with the length of the escape vent, being about 92.3% of its length. Based on the minimum carapace length of sexually mature *C. japonica*, the minimum market-acceptable size standard and the experimental results, we conclude that the most appropriate size (length×height) of the escape vent is 4.3 cm×3 cm.

Key words: *Charybdis japonica*; cage net; ingress behavior; escape vent; selectivity

Corresponding author: ZHANG Xiumei. E-mail: gaozhang@ouc.edu.cn