

DOI: 10.5846/stxb201910182187

孙兆跃, 范瑞良, 隋延鸣, 唐保军, 姜伟, 修玉娜, 李楠楠, 李雪英, 全为民. 3 种无脊椎动物对近江牡蛎 *Crassostrea ariakensis* 和熊本牡蛎 *C. sikamea* 的捕食研究. 生态学报, 2021, 41(7): 2895-2901.

Sun Z Y, Fan R L, Sui Y M, Tang B J, Jiang W, Xiu Y N, Li N N, Li X Y, Quan W M. Predation of the sumonie oyster *Crassostrea ariakensis* and the Kumamoto oyster *C. sikamea* by three invertebrate species in lab experiments. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(7): 2895-2901.

3 种无脊椎动物对近江牡蛎 *Crassostrea ariakensis* 和熊本牡蛎 *C. sikamea* 的捕食研究

孙兆跃^{1,2}, 范瑞良¹, 隋延鸣¹, 唐保军¹, 姜伟^{1,2}, 修玉娜^{1,2}, 李楠楠¹, 李雪英¹, 全为民^{1,*}

1 农业农村部东海渔业资源开发利用重点实验室, 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090

2 水产科学国家级实验教学示范中心, 上海海洋大学, 上海 201300

摘要: 捕食是影响牡蛎种群建立和牡蛎礁发育的重要生物因子之一。通过室内受控实验测定了日本蟳 (*Charybdis japonica*)、脉红螺 (*Rapana venosa*) 和黄口荔枝螺 (*Thais luteostoma*) 对 4 组规格 (W1: 壳高 10—20mm; W2: 壳高 20—30mm; W3: 壳高 30—40mm; W4: 壳高 >40mm) 近江牡蛎 (*Crassostrea ariakensis*) 和熊本牡蛎 (*C. sikamea*) 的捕食偏好性和捕食效率。双因子方差分析结果表明, 日本蟳对 2 种牡蛎的捕食效率没有显著性差异 ($P > 0.05$), 但牡蛎规格大小显著影响着日本蟳的捕食效率 ($P < 0.05$), 即日本蟳对 W1 组近江牡蛎的捕食效率显著高于 W2 和 W4 组 ($P < 0.05$), W3 组的被捕食效率介于中间 ($P > 0.05$); 日本蟳对 W1 组熊本牡蛎的捕食效率显著高于 W2 和 W3 组 ($P < 0.05$), W4 组的被捕食效率与其他处理组均没有显著性差异 ($P > 0.05$)。牡蛎种类 ($P = 0.590$) 和规格大小 ($P = 0.357$) 对脉红螺的捕食效率均无显著性影响, 不同规格的两种牡蛎均呈现较低的被捕食效率。黄口荔枝螺对 2 种牡蛎的捕食效率无显著性差异 ($P = 0.917$), 但牡蛎规格大小显著影响其捕食效率 ($P = 0.035$), 即对 W1 组熊本牡蛎捕食效率显著高于其他 3 个规格组 ($P < 0.05$), 但其对不同规格近江牡蛎的捕食效率没有显著性差异 ($P > 0.05$)。2 种牡蛎的壳厚与其壳高之间均存在极显著的正相关关系 ($P < 0.001$)。研究结果表明, 3 种无脊椎动物捕食者对近江牡蛎和熊本牡蛎并未表现出差异性的捕食偏好, 但对不同规格牡蛎的捕食效率具有种间差异。

关键词: 日本蟳; 脉红螺; 黄口荔枝螺; 捕食者; 牡蛎礁

Predation of the sumonie oyster *Crassostrea ariakensis* and the Kumamoto oyster *C. sikamea* by three invertebrate species in lab experiments

SUN Zhaoyue^{1,2}, FAN Ruiliang¹, SUI Yanming¹, TANG Baojun¹, JIANG Wei^{1,2}, XIU Yuna^{1,2}, LI Nannan¹, LI Xueying¹, QUAN Weimin^{1,*}

1 Key Laboratory of East China Sea Fishery Resources Exploitation, Ministry of Agriculture and Rural Affairs; East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China

2 National Demonstration Center for Experimental Fisheries Science Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201300, China

Abstract: Predation is one of the most important biotic factors regulating oyster population establishment and oyster reef development. This study examined the predating preference and efficiency of a stone crab (*Charybdis japonica*) and two oyster drillers (*Rapana venosa*, *Thais luteostoma*) on four size class (W1: 10—20mm; W2: 20—30mm; W3: 30—40mm; W4: >40mm) of *Crassostrea ariakensis* and *C. sikamea* through lab experiments. The 2-way ANOVA indicated that

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费项目 (2015M01, L32201921880, 2019ZD0103); 上海市自然科学基金项目 (19ZR1469900)

收稿日期: 2019-10-18; 网络出版日期: 2021-01-27

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: quanweim@163.com

Charybdis japonica showed no discriminatory predation on *C. ariakensis* and *C. sikamea* ($P>0.05$), while the oyster size significantly influenced the predating efficiency of the stone crab. The stone crab had significantly greater predating efficiency on W1 group of *C. ariakensis* than W2 and W4 group of the conspecific, and there were intermediate predation efficiency on the W3 group ($P>0.05$). The W1 group of *C. sikamea* was predated at significantly greater ratios than W2 and W3 groups of the conspecific, while the W4 group of *C. sikamea* had similar predating efficiency with the other 3 groups ($P>0.05$). The driller *Rapana venosa* had consistently low predating efficiency on the two oyster species ($P=0.590$) and the four size class of oysters ($P=0.357$). The driller *Thais luteostoma* had consistently predating efficiency between *C. ariakensis* and *C. sikamea* ($P=0.917$), but the oyster size significantly affected the predating efficiency of *Thais luteostoma* ($P=0.035$). Duncan' multiple comparison indicated that *Thais luteostoma* had similar predating efficiency among the four size class of *C. ariakensis* ($P>0.05$), but the drillers had greater predating efficiency on W1 group of *C. sikamea* than the other 3 groups of the conspecific (W2, W3 and W4) ($P<0.05$). The significantly positive correlations were found between the shell height and the shell thickness for each of *C. ariakensis* and *C. sikamea* ($P<0.001$). It was concluded that the three invertebrates showed no discriminatory predation on *C. ariakensis* and *C. sikamea*, while the predating efficiency on different size class of oysters had interspecies variations.

Key Words: *Charybdis japonica*; *Rapana venosa*; *Thais luteostoma*; predator; oyster reef

牡蛎礁(oyster reef)是由大量牡蛎聚集生长所形成的一种生物礁系统,广泛分布于河口和滨海区^[1],具有净化水体^[2-3]、提供栖息地^[4-5]、能量耦合^[6-8]和防止岸线侵蚀^[9-10]等生态功能。历史上中国沿海分布有大面积的牡蛎礁^[11-12],但由于自然海岸带变迁和人为干扰(环境污染、过度捕捞和生境破坏),大部分牡蛎礁已经退化或消失,亟需进行生态修复与保育。

捕食是影响牡蛎种群生存与牡蛎礁发育的重要生物因子之一。目前,国内外学者开展了较多蟹类和螺类捕食牡蛎的相关研究。McDermott^[13]测定了扇蟹(*Panopeus herbstii*)对1-2龄美洲牡蛎(*Crassostrea virginica*)的捕食效率。Menzel和Nichy^[14]比较了石蟹(*Menippe mercenari*)和蓝蟹(*Callinectes sapidus*)对不同规格的美洲牡蛎选择性捕食行为。Brousseau等^[15]研究肉球近方蟹(*Hemigrapsus sanguineus*)对3种双壳贝类(蓝贻贝 *Mytilus edulis*、软壳蛤 *Mya arenaria* 和美洲牡蛎)的捕食偏好。Kennedy^[16]比较了2种蟹类捕食者对美洲牡蛎与近江牡蛎(*C. ariakensis*)的捕食选择及效率。Newell等^[17]观察了1种蓝蟹和4种泥蟹对切萨皮克湾美洲牡蛎和近江牡蛎的捕食偏好。楼小康^[18]进行了蛎敌荔枝螺(*Thais echinate*)对近江牡蛎的捕食研究。于瑞海^[19]开展了脉红螺(*Rapana venosa*)对长牡蛎(*C. gigas*)的捕食实验。这些研究结果表明:牡蛎种类及其规格大小显著影响着消费者的捕食效率。

近江牡蛎和熊本牡蛎(*C. sikamea*)共同分布于长江口及邻近的苏浙沿岸,既是重要的牡蛎养殖种类,也是沿岸牡蛎礁的造礁物种。日本蟳(*Charybdis japonica*)、脉红螺和黄口荔枝螺(*T. luteostoma*)是该海区野生或养殖牡蛎的主要捕食者。日本蟳属节肢动物门、甲壳纲、梭子蟹科、梭子蟹亚科、蟳属,俗称赤甲红、石蟹等,以底栖动物为食,食物范围广泛^[20]。脉红螺隶属于软体动物门、腹足纲、骨螺科,红螺属,为食肉性动物,喜食双壳贝类,通过捕食泥沙中的埋栖型贝类和岩石上的附着型贝类生存^[21]。黄口荔枝螺属软体动物门、腹足纲、骨螺科、荔枝螺属,以一些行动迟缓的小型腹足类以及牡蛎、藤壶和苔藓虫等为食^[22-23]。

本研究通过室内受控实验测定日本蟳、脉红螺和黄口荔枝螺对不同规格的近江牡蛎和熊本牡蛎的捕食效率,揭示了3种无脊椎动物对不同规格近江牡蛎和熊本牡蛎的捕食偏好性,研究结果可为牡蛎礁的保护和修复提供理论基础及实践指导。

1 材料与方法

1.1 实验材料

本实验于2019年5月在中国水产科学院研究院东海水产研究所水生生物实验室进行。实验用的近江牡

蛎和熊本牡蛎均取自上海市芦潮港,带回实验室经清除壳表面的附着物(泥沙和藤壶等)后,将牡蛎放入养殖缸(规格 72 cm×44 cm×48 cm)中暂养 1 周,每日投喂 50 mL 小球藻溶液(藻细胞浓度 5.0×10^9 个/mL)。实验用的日本蟳和脉红螺购于上海市东方水产中心,黄口荔枝螺采自江苏南通东灶港,使用游标卡尺测量日本蟳的甲壳宽(CW)和两种螺类捕食者的壳高(SH)。3 种捕食者在室内暂养 1 周,每天投喂牡蛎 1 次,实验前 24 h 停止投喂。每种牡蛎随机选择 90 个牡蛎,使用游标卡尺测定其壳高和壳厚,壳厚为牡蛎左壳弧形瓣膜壁边缘 5 mm 处的壳体厚度,结果精确到 0.01 mm。

1.2 实验方法

实验用的被捕食者(近江牡蛎、熊本牡蛎)和捕食者(表 1,日本蟳、脉红螺、黄口荔枝螺)均单独放置于 57 L 的循环养殖缸中。日本蟳单只饲养,防止种内残杀。采用室内循环水养殖系统开展实验,实验用水为人工配制的海水,盐度为 21—23,水温在 $(21.0 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 。本研究开展 3 个独立实验,每种捕食者与两种牡蛎的捕食关系为 1 个独立实验。每个实验采用双因子随机区组实验设计,2 个自变量为牡蛎种类(近江牡蛎和熊本牡蛎)和牡蛎规格(4 组规格),因变量为捕食效率。

适应 1 周后,挑选体质健康,形态完整的近江牡蛎和熊本牡蛎进行实验。根据壳高,将每种牡蛎划分为 4 个规格处理组(表 2),每个处理组设置 5 个重复,共计 40 个实验单元。对于每种牡蛎,每组规格处理挑选 50 个牡蛎用于实验,测量其壳高、壳厚和体重(湿重)。在每个实验单元中,随机选取相应规格处理组的 10 只牡蛎和对应的 1 只捕食者放入 1 个养殖缸(28 cm×25 cm×23 cm)中进行捕食实验(表 1 和表 2)。每个实验周期为 7 d,保持充气,每 2 天换水 1 次,每天投喂 5 mL 小球藻溶液(藻细胞浓度 5.0×10^9 个/mL)。实验结束时,统计每个实验单元中牡蛎的被捕食比例,即为捕食效率。捕食成功的标准为牡蛎壳打开或者牡蛎壳被钻孔,牡蛎软体部分被捕食。由于实验对照组没有牡蛎死亡,因此在计算捕食效率时不考虑牡蛎自然死亡率。

表 1 3 种无脊椎动物捕食者的平均规格及体重

Table 1 The mean size and wet body weight of three invertebrate predators in lab experiments

捕食者 Predator	规格 Size/mm	体重 Wet body weight/g
日本蟳 <i>Charybdis japonica</i>	76.67±0.83 (CW)	96.72±2.88
脉红螺 <i>Rapana venosa</i>	76.00±1.33 (SH)	59.23±2.65
黄口荔枝螺 <i>Thais luteostoma</i>	29.57±0.70 (SH)	6.80±0.36

CW: 甲壳宽 Carapace width, SH: 壳高 Shell height

表 2 近江牡蛎和熊本牡蛎 4 个规格处理组的平均壳高(SH)、壳厚(ST)及体重(WBW)

Table 2 The mean shell height (SH), shell thickness (ST) and wet body weight (WBW) of the four size classes of *Crassostrea sikamea* and *C. ariakensis* in lab experiments

牡蛎种类 Oyster species	牡蛎规格 Oyster size	壳高 SH/mm	壳厚 ST/mm	体重 WBW/g
熊本牡蛎	10—20mm (W1)	16.14±0.34	2.19±0.11	1.14±0.25
<i>C. sikamea</i>	20—30mm (W2)	26.86±0.37	2.77±0.11	7.14±0.26
	30—40mm (W3)	34.82±0.33	3.71±0.09	12.98±0.23
	>40mm (W4)	46.48±0.63	4.48±0.17	21.79±0.52
近江牡蛎	10—20mm (W1)	15.06±0.39	1.56±0.08	0.70±0.21
<i>C. ariakensis</i>	20—30mm (W2)	27.06±0.39	3.03±0.11	4.60±0.26
	30—40mm (W3)	34.52±0.38	3.57±0.09	10.12±0.26
	>40mm (W4)	46.21±0.42	3.68±0.15	18.52±0.35

1.3 数据处理及分析

捕食效率表示为平均值±标准误,采用双因子方差分析(Two-way ANOVA)检验 2 个自变量(牡蛎种类和规格大小)对捕食效率的影响,运用 Duncan 多重比较检验不同处理间的差异($P < 0.05$)。利用线性回归检验每种牡蛎的壳厚与壳高之间的相关性,并采用协方差分析检验两组曲线斜率间的差异显著性。数据的统计和

分析采用 SPSS 25.0 进行。

2 结果与分析

2.1 日本蟳对 2 种牡蛎的捕食效率

双因子方差分析结果表明:日本蟳对 2 种牡蛎的捕食效率没有显著性差异(表 3, $F=2.149$, $P=0.152$),但牡蛎的规格大小显著影响着日本蟳的捕食效率(表 3, $F=5.472$, $P<0.05$),牡蛎种类与其规格大小之间没有显著的互作效应(表 3, $F=0.543$, $P=0.657$)。

表 3 牡蛎种类和规格大小对日本蟳捕食效率影响的双因子方差分析结果

Table 3 Results from the 2-way ANOVA examining the effect of oyster species and size on the predating efficiency of the stone crab *Charybdis japonica*

变异源 Source of variations	df	方差 SS	均方差 MS	F	P
牡蛎种类 Oyster species	1	0.289	0.289	2.149	0.152
牡蛎规格 Oyster size	3	2.208	0.736	5.472	0.004
种类×规格 Species×size	3	0.219	0.073	0.543	0.657
合计 Total	39	7.02	0.18		

表 4 显示了日本蟳对 4 组规格近江牡蛎和熊本牡蛎的捕食效率。据 Duncan 多重比较结果,日本蟳对 W1 组近江牡蛎的捕食效率显著高于 W2 和 W4 组(表 4, $P<0.05$),对 W3 组的捕食效率介于中间(表 4, $P>0.05$)。日本蟳对于 W1 组熊本牡蛎的捕食效率显著高于 W2 和 W3(表 4, $P<0.05$),W4 组的被捕食效率与其他 3 组均没有显著性差异(表 4, $P>0.055$)。

表 4 日本蟳对 4 组规格近江牡蛎和熊本牡蛎的捕食效率(平均值±标准误)

Table 4 Predating efficiency (mean±SE) of *Charybdis japonica* on the four size classes of *Crassostrea sikamea* and *C. ariakensis*

牡蛎规格 Oyster Size	捕食效率 Predating efficiency	
	近江牡蛎 <i>C. ariakensis</i>	熊本牡蛎 <i>C. sikamea</i>
W1	80.0%±15.5% a	100.0%±0% a
W2	24.0%±16.0% b	52.0%±18.3% b
W3	34.0%±21.4% ab	26.0%±19.4% b
W4	28.0%±15.9% b	56.0%±15.4% ab

同列中所标的不同小写字母表示不同规格间的差异显著($P<0.05$)

2.2 脉红螺对 2 种牡蛎的捕食效率

双因子方差分析结果显示:牡蛎种类和规格大小对脉红螺的捕食效率均无显著性影响(表 5, 种类: $F=0.296$, $P=0.590$; 规格: $F=1.116$, $P=0.357$),牡蛎种类与其规格大小之间没有显著的互作效应(表 5, $F=0.548$, $P=0.653$)。表 6 显示了脉红螺对 4 组规格近江牡蛎和熊本牡蛎的捕食效率,总体上脉红螺的捕食效率很低。

表 5 牡蛎种类和规格大小对脉红螺捕食效率影响的双因子方差分析结果

Table 5 Results from the 2-way ANOVA examining the effect of oyster species and its size on the predating efficiency of the oyster driller *Rapana venosa*

变异源 Source of variations	df	方差 SS	均方差 MS	F	P
牡蛎种类 Oyster species	1	0.063	0.625	0.296	0.590
牡蛎规格 Oyster size	3	0.071	2.358	1.116	0.357
种类×规格 Species × Size	3	0.035	1.158	0.548	0.653
总计 Total	39	0.788			

表 6 脉红螺对 4 组规格近江牡蛎和熊本牡蛎的捕食效率(平均值±标准误)

Table 6 Predating efficiency (mean±SE) of *Rapana venosa* on the four size classes of *Crassostrea sikamea* and *C. ariakensis*

牡蛎规格 Oyster Size	捕食效率 Predating efficiency	
	近江牡蛎 <i>C. ariakensis</i>	熊本牡蛎 <i>C. sikamea</i>
W1	8.00%±5.83% a	10.00%±3.16% a
W2	18.00%±19.24% a	22.00%±11.14% a
W3	10.00%±5.48% a	16.00%±9.27% a
W4	2.00%±2.00% a	14.00%±5.10% a

2.3 黄口荔枝螺对 2 种牡蛎的捕食效率

双因子方差分析结果显示:牡蛎种类对黄口荔枝螺的捕食效率无显著性影响(表 7, $F=0.011$, $P=0.917$), 但规格大小影响着黄口荔枝螺的捕食效率(表 7, $F=3.232$, $P=0.035$), 牡蛎种类与其规格大小之间没有显著的交互效应(表 7, $F=2.551$, $P=0.093$)。

表 7 牡蛎种类和规格大小对黄口荔枝螺捕食效率的双因子方差分析结果

Table 7 Results from the 2-way ANOVA examining the effect of oyster species and its size on the predating efficiency of the oyster driller *Thais luteostoma*

变异源 Source of variations	方差 SS	df	均方差 MS	F	P
牡蛎种类 Oyster species	19.71	1	19.71	0.011	0.917
牡蛎规格 Oyster size	0.080	3	0.027	3.232	0.035
种类×规格 Species×size	0.042	2	0.021	2.551	0.093
总计 Total	0.408	39			

表 8 显示了黄口荔枝螺对 4 组规格近江牡蛎和熊本牡蛎的捕食效率, 总体上黄口荔枝螺的捕食效率很低。据 Duncan 多重比较结果, 黄口荔枝螺对 4 组规格近江牡蛎的捕食效率没有显著性差异(表 8, $P>0.05$), 但对 W1 组熊本牡蛎捕食效率显著高于其他 3 个规格组(表 8, $P<0.05$)。

表 8 黄口荔枝螺对 4 组规格近江牡蛎和熊本牡蛎的捕食效率(平均值±标准误)

Table 8 Predating efficiency (mean±SE) of *Thais luteostoma* on the four size class of *Crassostrea sikamea* and *C. ariakensis*

牡蛎规格 Oyster size	捕食效率 Predating efficiency	
	近江牡蛎 <i>C. ariakensis</i>	熊本牡蛎 <i>C. sikamea</i>
W1	10.0%±5.48% a	20.0%±6.33% a
W2	6.0%±4.00% a	4.0%±2.45% b
W3	8.0%±5.83% a	2.0%±2.00% b
W4	4.0%±2.45% a	0.0%±0% b

2.4 牡蛎壳高与壳厚的相关性

2 种牡蛎的壳高与壳厚之间均存在极显著的正相关关系(图 1, $P<0.001$)。近江牡蛎壳厚与壳高之间的线性回归方程为 $ST=1.04+0.074 \times SH$ ($r^2=0.650$, $P<0.001$), 熊本牡蛎为 $ST=1.30+0.051 \times SH$ ($r^2=0.45$, $P<0.001$)。两组方程的线性趋势具有显著性差异, 两条曲线斜率对数比 0.3716(95% 置信区间: 0.3714—0.3718), 同等规格下熊本牡蛎的壳厚显著高于近江牡蛎的壳厚。

3 讨论

3.1 3 种捕食者对 2 种牡蛎的捕食行为及选择性

日本蟳捕食牡蛎主要依靠其两个螯足和它的吻, 螯足用来捕捉牡蛎、钻孔及破碎牡蛎壳, 吻部吸食壳破碎后的牡蛎肉, 其捕食方式类似于首长黄道蟹 (*Cancer magister*)^[24-26] 和以小型河口双壳类为食的珍宝蟹 (*Calappa philargius*) 幼蟹^[27]。脉红螺个体较大, 用腹足包裹住牡蛎使其窒息, 打开贝壳再用消化液将贝肉融

化成胶质物质后用吻去吸食;荔枝螺个体小不足以包裹住整个牡蛎,通过分泌酸液腐蚀外壳形成小洞,再往壳内注射消化液使食物消化成液体状态后吸食。两种螺摄食过程的差异可能源自其规格大小的不同,因此采取了两种不同的策略。

Kennedy^[16]在实验中发现,两种牡蛎钻(*Urosalpinx cinerea*, *Eupleura caudata*)对美洲牡蛎的捕食效率显著高于近江牡蛎,表现出2种捕食者对美洲牡蛎的偏好捕食行为。然而,Newell^[17]的实验研究却发现4种蟹类捕食者更喜欢捕食近江牡蛎而不是美洲牡蛎,原因是近江牡蛎的壳比同规格美洲牡蛎的壳更脆弱,打破近江牡蛎壳所需要的压缩力要比美洲牡蛎低64%;对于牡蛎钻更喜欢捕食美洲牡蛎的机制,他们的解释是牡蛎钻对来自本地美洲牡蛎的化学响应要高于近江牡蛎。赵静^[28]研究了有无底质条件下日本蟳对3种贝类(菲律宾蛤仔

Ruditapes philippinarum, 光滑河蓝蛤 *Potamocorbula laevis* 及四角蛤蜊 *Macra quadrangularis*) 的摄食选择性,结果显示日本蟳对光滑河蓝蛤有明显的摄食偏好,主要原因是光滑河蓝蛤个体较小,更易于被日本蟳的螯足夹碎取食。于瑞海^[19]专门挑选了10种常见双壳贝类活体同时对脉红螺进行投喂,结果表明脉红螺更喜好摄食蛱蛭、长竹蛭而不喜欢太平洋牡蛎,此结果表现出脉红螺对壳薄而脆的被捕食者具有偏好性。楼子康^[18]的实验结果揭示蛱蛭敌荔枝螺对于近江牡蛎、白纹脊藤壶(*Balanus albicostatus*)和中华绿螂(*Glaucanome chinensis*)没有捕食选择性。本研究结果表明日本蟳、脉红螺和黄口荔枝螺均未表现出对同规格的近江牡蛎和熊本牡蛎的摄食选择性,可能的解释是:尽管熊本牡蛎的壳厚显著大于近江牡蛎,但这种壳厚的差异水平还不足以对捕食者的捕食效率造成显著性影响。

3.2 3种捕食者对不同规格牡蛎的偏好与选择性

被捕食者的规格大小通常显著影响捕食者的捕食效率及选择偏好。Brousseau^[15]研究表明肉球近方蟹更喜欢捕食规格小的贝类。Savini^[29]的研究结果显示脉红螺更倾向于选择捕食小规格的不等壳毛蚶(*Scapharca inaequalis*)。刘吉明^[30]等研究发现脉红螺喜食同种饵料生物中的小个体。楼子康^[18]的实验证明,荔枝螺先捕食1龄牡蛎,然后再捕食2龄牡蛎。本实验中,牡蛎规格大小对日本蟳和黄口荔枝螺的捕食效率均有显著性影响,小规格组W1(10—20mm)组牡蛎更易被捕食。原因是个体小的牡蛎易于被捕食,捕食过程中捕食者消耗的能量较少。如规格小的牡蛎更容易被蟹钻孔,被螺包住,更利于捕食者用自己的捕食方式进行捕食。相反,对于规格较大的牡蛎来说,不容易用螯足钻孔或者钻孔时间要更长,螺类摄食难度要变大。因此,捕食者不会去花费更多的能量选择大牡蛎,而去选择易于获取,消耗能量较小牡蛎为食。但本研究却发现,脉红螺对4组规格牡蛎的捕食效率均很低,各规格组间的被捕食效率无显著性差异,可能与脉红螺生理生态习性有关,在其人工养殖条件通常表现低摄食行为。

3.3 3种捕食者对2种牡蛎的捕食效率比较

Menzel^[14]和Nichy^[14]的野外实验结果表明石蟹捕食美洲牡蛎的平均捕食效率为3.7个/d。Savini^[29]实验结果显示脉红螺对双壳贝类(湿重约1.2g)平均摄食率约为1个/d。本实验中,单个日本蟳对近江牡蛎和熊本牡蛎的平均捕食效率分别为0.975个/d和0.725个/d,单个脉红螺对近江牡蛎和熊本牡蛎的平均捕食效率分别为0.136个/d和0.229个/d。Menzel^[14]实验发现佛罗里达岩螺捕食牡蛎个数较少,在实验中仅有1个牡蛎被捕食,石蟹对牡蛎的捕食效率远高于其他几种捕食者。在本实验中,脉红螺和黄口荔枝螺对近江牡蛎和熊本牡蛎的捕食效率很低,日本蟳的平均捕食效率明显高于脉红螺及黄口荔枝螺,表明日本蟳是该海区牡蛎

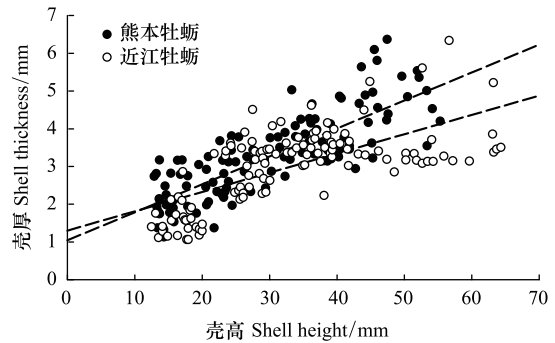


图1 近江牡蛎(CA)和熊本牡蛎(CS)的壳高(SH)与壳厚(ST)之间的线性相关性(样本量 $n=90$)

Fig.1 Linear regression between shell height (SH) and shell thickness (ST) for each of *Crassostrea ariakensis* (CA) and *C. sikamea* (CS) (Sample size $n=90$)

礁中的主要捕食者。但在实际评估各种捕食者对野外牡蛎种群的捕食压力时,需综合考虑捕食者的密度、规格大小及生态习性等因子。

参考文献(References):

- [1] Coen L D, Luckenbach M W. Developing success criteria and goals for evaluating oyster reef restoration: Ecological function or resource exploitation? *Ecological Engineering*, 2000, 15(3/4): 323-343.
- [2] Cressman K A, Mallin M A, Leonard L A, Alphin T D. Effects of oyster reefs on water quality in a tidal creek estuary. *Journal of Shellfish Research*, 2003, 22(3): 753-762.
- [3] 全为民, 张锦平, 平仙隐, 施利燕, 李培军, 陈亚瞿. 巨牡蛎对长江口环境的净化功能及其生态服务价值. *应用生态学报*, 2007, 18(4): 871-876.
- [4] 全为民, 冯美, 周振兴, 吴祖立, 唐峰华, 王云龙, 包小松, 沈辉, 成伟. 江苏海门蛎岬山牡蛎礁恢复工程的生态评估. *生态学报*, 2017, 37(5): 1709-1718.
- [5] Quan W M, Zhu J X, Ni Y, Shi L Y, Chen Y Q. Faunal utilization of constructed intertidal oyster (*Crassostrea rivularis*) reef in the Yangtze River estuary, China. *Ecological Engineering*, 2009, 35(10): 1466-1475.
- [6] Lenihan H S. Physical-biological coupling on oyster reefs: how habitat structure influences individual performance. *Ecological Monographs*, 1999, 69(3): 251-275.
- [7] Plutchak R, Major K, Cebrian J, Foster C D, Miller M E C, Anton A, Sheehan K L, Heck K L Jr, Powers S P. Impacts of oyster reef restoration on primary productivity and nutrient dynamics in tidal creeks of the north central Gulf of Mexico. *Estuaries and Coasts*, 2010, 33(6): 1355-1364.
- [8] Quan W M, Humphries A T, Shi L Y, Chen Y Q. Determination of trophic transfer at a created intertidal oyster (*Crassostrea ariakensis*) reef in the Yangtze River estuary using stable isotope analyses. *Estuaries and Coasts*, 2012, 35(1): 109-120.
- [9] Piazza B P, Banks P D, La Peyre M K. The potential for created oyster shell reefs as a sustainable shoreline protection strategy in Louisiana. *Restoration Ecology*, 2005, 13(3): 499-506.
- [10] Scyphers S B, Powers S P, Heck K L Jr, Byron D. Oyster reefs as natural breakwaters mitigate shoreline loss and facilitate fisheries. *PLoS One*, 2011, 6(8): e22396.
- [11] 姚庆云. 福建金門岛东北海区牡蛎礁的发现及其古地理意义. *台湾海峡*, 1985, 4(1): 108-109.
- [12] 房恩军, 李雯雯, 于杰. 渤海湾活牡蛎礁(Oyster reef)及可持续利用. *现代渔业信息*, 2007, 22(11): 12-14.
- [13] McDermott J J. The predation of oysters and barnacles by crabs of the family Xanthidae. *Proceedings of the Pennsylvania Academy of Science*, 1960, 34: 199-211.
- [14] Menzel W R, Nichy F E. Studies of the distribution and feeding habits of some oyster predators in Alligator Harbor, Florida. *Bulletin of Marine Science*, 1958, 8(2): 125-145.
- [15] Brousseau D J, Filipowicz A, Baglivo J A. Laboratory investigations of the effects of predator sex and size on prey selection by the Asian crab, *Hemigrapsus sanguineus*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2001, 262(2): 199-210.
- [16] Kennedy V S, Shaw K S, Newell R I E. Discriminatory predation by three invertebrates on eastern oysters (*Crassostrea virginica*) compared with non-native Suminoe oysters (*C. ariakensis*). *Invertebrate Biology*, 2009, 128(1): 16-25.
- [17] Newell R I E, Kennedy V S, Shaw K S. Comparative vulnerability to predators, and induced defense responses, of eastern oysters *Crassostrea virginica* and non-native *Crassostrea ariakensis* oysters in Chesapeake Bay. *Marine Biology*, 2007, 152(2): 449-460.
- [18] 楼子康. 牡蛎敌害——蛎敌荔枝螺习性的观察. *海洋与湖沼*, 1963, 5(1): 56-65.
- [19] 于瑞海, 安俊庭, 张扬, 孔静. 脉红螺对不同贝类摄食喜好性的研究. *海洋湖沼通报*, 2013, (4): 61-65.
- [20] 王红勇, 姚雪梅. 虾蟹生物学. 北京: 中国农业出版社, 2007: 289-292.
- [21] Grabau A W, King S G. Shells of Peitaiho. Beijing: Peking Laboratory of Natural History, 1928.
- [22] 张素萍, 张福绥. 中国近海荔枝螺属的研究(腹足纲: 骨螺科). *海洋科学*, 2005, (8): 77-85.
- [23] 尤仲杰, 陈志云. 浙江沿海荔枝螺属(腹足纲: 骨螺科)分类学研究. *浙江海洋学院学报: 自然科学版*, 2010, 29(4): 306-317.
- [24] Yamada S B, Boulding E G. The role of highly mobile crab predators in the intertidal zonation of their gastropod prey. *Journal of Experimental Marine Biology & Ecology*, 1996, 204(1-2): 59-83.
- [25] Boulding E G, Hay T K. Crab response to prey density can result in density-dependent mortality of clams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1984, 41(3): 521-525.
- [26] Lawton P, Hughes R N. Foraging behaviour of the crab *Cancer pagurus* feeding on the gastropods *Nucella lapillus* and *Littorina littorea*: comparisons with optimal foraging theory. *Marine Ecology Progress Series*, 1985, 27: 143-154.
- [27] Stevens B G, Armstrong D A, Cusimano R. Feeding habits of the dungeness crab *Cancer magister* as determined by the index of relative importance. *Marine Biology*, 1982, 72(2): 135-145.
- [28] 赵静, 刘涵, 原振政, 刘谓, 王红伟, 姜玉声, 李晓东, 刘海映, 郑岩, 姚俊刚. 日本蟳对3种贝类的摄食选择及摄食节律的研究. *大连海洋大学学报*, 2012, 27(3): 226-230.
- [29] Savini D, Occhipinti-Ambrogi A. Consumption rates and prey preference of the invasive gastropod *Rapana venosa* in the Northern Adriatic Sea. *Helgolander Marine Research*, 2006, 60(2): 153-159.
- [30] 刘吉明, 任福海, 杨辉. 脉红螺生态习性的初步研究. *水产科学*, 2003, 22(1): 17-18.