

莱州湾口虾蛄的生物学特征与时空分布

吴强^{1,2}, 陈瑞盛^{1,2}, 黄经献³, 张传涛³, 王俊^{1,2}, 金显仕^{1,2*}

- (1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所,农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室,山东青岛 266071;
2. 中国水产科学研究院黄海水产研究所,山东省渔业资源与生态环境重点实验室,山东青岛 266071;
3. 中国水产科学研究院下营增殖实验站,山东潍坊 261312)

摘要: 根据2011年5月-2012年4月期间进行的9个航次(月份)的底拖网采样,研究了莱州湾水域口虾蛄的生物学特征、资源密度的时空分布以及环境因子的影响,以期为口虾蛄资源的利用和保护提供理论依据。结果显示,口虾蛄资源密度(生物量和个体数)月间变化为8月>7月>9月>10月>5月>11月>6月>4月>3月。口虾蛄体长范围为41~171 mm,平均体长5月最低(102 mm),7月最高(118 mm);体重范围为0.30~68.00 g,平均体重5月最低(13.64g),11月最高(17.67g)。雌、雄个体肥满度均以10月最高,分别为1.49和1.56,肥满度的月间变化趋势为5-7月下降,8-10月上升,11月以后再次下降。肥满度的性别差异不显著($P>0.05$)。除5月雌体数量高于雄体外,其他月份雌、雄比均小于1。口虾蛄于5-7月(产卵期)主要分布在黄河口、龙口近岸等浅水区,8月开始向深水区迁移,9月至翌年3月主要分布在深水区,4月开始返回近岸水域。Pearson相关分析表明,口虾蛄个体数密度与海表温度相关性最高,其次是盐度、水深、浮游动物及其他渔获生物量,与底层溶解氧、浮游植物的相关性最低;口虾蛄平均个体重量在8-9月与水深分别呈极显著相关($P<0.01$)和显著相关($P<0.05$)关系,与其他渔获生物量在2011年7-8月及2012年4月呈显著相关($P<0.05$),与其它环境因子的相关性在各月份均不显著($P>0.05$)。

关键词: 口虾蛄;生物学特征;时空分布;环境因子;莱州湾

中图分类号: S 931.1

文献标志码: A

莱州湾位于渤海东南部,毗邻山东半岛北部,面积约为6966 km²,拥有319 km的海岸线^[1]。受黄河、小清河、潍河等诸多河口的影响,莱州湾具有多样的栖息地以及丰富的饵料基础,是中国北方许多渔业种类最重要的产卵场和索饵场^[2-3]。目前受人类活动及环境污染等方面的影响,世界范围内许多海域生物资源群落结构已发生了较大改变^[4-6],包括黄海^[7-8]和渤海^[9]。莱州湾渔业生态系统同样受到过度捕捞及环境污染等方面的巨大影响^[3]。随着鱼类资源的严重衰退,甲壳类的比重逐渐提高,尤其口虾蛄(*Oratosquilla oratoria*)已经成为莱州湾渔获量最

高的种类之一^[10]。口虾蛄属于节肢动物门(Arthropoda),软甲纲(Malacostraca),口足目(Stomatopoda),虾蛄科(Squillidae),口虾蛄属(*Oratosquilla*)^[11],在我国沿海广泛分布,尤其以渤海数量较大^[12]。国外学者曾对日本海域口虾蛄的年龄^[13]、繁殖^[14]、体长与捕获量之间的关系^[15]等方面做了研究,目前国内学者对口虾蛄资源及生态方面的研究主要集中在遗传多样性^[16-18]、群体结构与资源量^[19-20]、数量分布^[19,21]、繁殖^[22-23]、摄食^[22]及早期发育^[17,24-25]等方面。刘修泽等^[19]曾对渤海辽东湾口虾蛄的空间分布、群体结构做了研究,谷德贤等^[20]曾对

收稿日期:2015-01-06 修回日期:2014-06-13

资助项目:国家重点基础研究发展计划(2015CB453303);公益性行业(农业)科研专项(201303050);山东省泰山学者工程专项(2008-67)

通信作者:金显仕,E-mail:jin@ysfri.ac.cn,

渤海天津海域口虾蛄群体结构及资源量作了分析,针对渤海莱州湾口虾蛄资源特征及生物学的研究还未见报道。本研究根据 2011 - 2012 年于莱州湾进行的 9 个航次(月份)的周年采样数据,统计分析了口虾蛄的体长、体重、肥满度、性比等生物学特征,研究了口虾蛄的时空分布及其与环境因子的关系,以期为该水域口虾蛄的资源利用及保护提供基础资料。

1 材料与方 法

口虾蛄月间变化数据来自 2011 年 5 月 - 2012 年 4 月于莱州湾利用单船底拖网进行的 9 个航次的调查(因海冰等恶劣天气,2011 年 12 月 - 2012 年 2 月未执行)。调查水域范围为 37°20'N - 38°30' N、118°45' - 120°30' E,调查站位共 18 个(图 1)。站位的设置原则上按经纬度 0.5 × 0.5 矩阵设置,部分站位参考历史调查位点进行调整,以便进行数据对比。因恶劣天气等原因,2011 年 5 月执行 17 个站,2011 年 11 月仅执行 10 个站,2012 年 4 月执行 13 个站,其他月份均执行 18 个站。调查船只为 350 马力单拖,底拖网网口周长 30.6 m,宽约 8 m,囊网网目 20 mm。拖速为 3.0 kn,每站拖曳时间为 0.5 ~ 1h,渔获率统一为单位时间网获生物量(g/h)或尾数(个/h)。浮游生物采样同时进行,其中浮游动物采用中性浮游生物网(网孔径为 160 μm,网口面积为 0.2 m²),浮游植物采用小型浮游生物网(网孔径为 76 μm,网口面积为 0.1 m²),采样方法均参照《海洋调查规范》(GBT 12763 - 2007)^[26],从底至表垂直拖网,固定保存于 5% 的甲醛海水溶液,带回实验室分析。水环境数据利用便携式多参数水质分析仪 ORION520M - 01A,美国)现场测定,包括海表温度(SST)、溶解氧(DO),盐度(Sal)、pH 值等指标,水深(Dep)数据来自船载渔探仪(Garmin GPSMAP585,美国)。

口虾蛄资源密度的年代际变化数据来自 1982 年以来于莱州湾进行的春(5 月)、夏(8 月) 2 季的长期调查,调查船只为 275 马力双拖,网具参数:网口高度 6 m,网口宽度 22.6 m,网口周长 1 740 目,网目 63 mm,囊网网目 20 mm。调查区域及站位设置与 2011 - 2012 年基本一致。

由于口虾蛄为穴居动物,为消除口虾蛄昼夜活动差异的影响,调查均选择在昼间(6:00 -

18:00)进行。现场对捕获的口虾蛄样品进行计数、称重(利用铜制杆秤,品牌:日日高;型号:50 g、250 g;产地:长沙),并记录体长(mm)与体质量(g)。随机对捕获个体中的 1811 尾口虾蛄进行了体长、体质量、性别等生物学特征测定(表 1)。口虾蛄个体肥满度根据公式 $K = (W/L^3) \times 100$ 计算,式中 K 为肥满度,W 为体质量(g),L 为体长(cm)。口虾蛄尾数密度与环境因子的相关性,以及口虾蛄平均个体 r 质量与环境因子的相关性,均采用 SPSS 软件中的 Pearson 相关(双尾检测)进行分析。

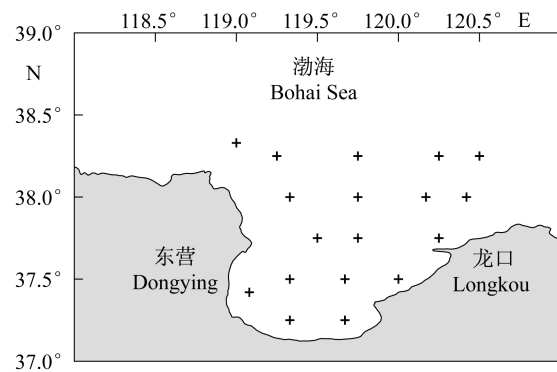


图 1 渤海莱州湾调查区域及采样站位
Fig. 1 Study area and sampling stations
in Laizhou Bay, Bohai Sea

2 结果与讨论

2.1 相对资源密度

2011 - 2012 年 9 个航次共拖曳 148 网(站次),共捕获口虾蛄 50 070 尾,合计 813 120 g。口虾蛄全年平均网获生物量为 5 495 g/h,平均网获尾数为 338.31 个/h,个体平均重量为 16.24 g。莱州湾口虾蛄的平均网获生物量从 2011 年 5 月的 2679.29 g/h 下降至 6 月的 2231.67 g/h,7 月恢复至 11505.56 g/h,8 月达到最高值 12809.56 g/h,9 月从 9 553.89 g/h 下降至 11 月的 2 560.00 g/h,翌年 3 月达最低值 160.00 g/h,4 月小幅上升至 180.00 g/h(图 2 - a)。平均网获尾数的变化趋势与平均网获生物量完全一致,从 2011 年 5 月的 196.41 个/h 下降至 6 月的 145.83 个/h,7 月上升至 677.44 个/h,8 月达最高值 803.11 个/h,此后从 9 月的 581.56 个/h 下降至 11 月的 130.12 个/h,翌年 3 月达最低值 10.89

个/h,4月小幅上升至 11.15 个/h(图 2-b)。

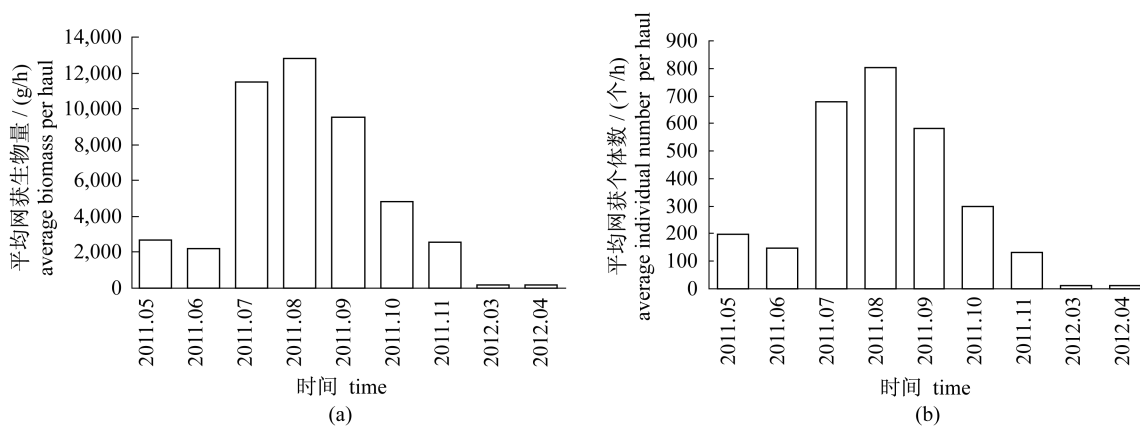


图 2 莱州湾口虾蛄生物量(a)及个体数(b)的月间变化

Fig. 2 Monthly variation in biomass (a) and individual number (b) of *O. oratoria* in Laizhou Bay

春季口虾蛄生物量从 1982 年至 2010 年整体呈下降趋势,然而口虾蛄占总渔获的百分比自 1982 年至 2004 年一直呈上升趋势,此后至 2010 年呈下降趋势(图 3-a)。夏季,口虾蛄生物量及其占总渔获百分比的长期变化,从 1982 年至

1998 年口虾蛄生物量及其占总渔获的百分比均呈下降趋势,2010 年口虾蛄生物量及其所占百分比均有所恢复,2013 年生物量再次下降,然而其所占百分比却大幅上升(图 3-b)。

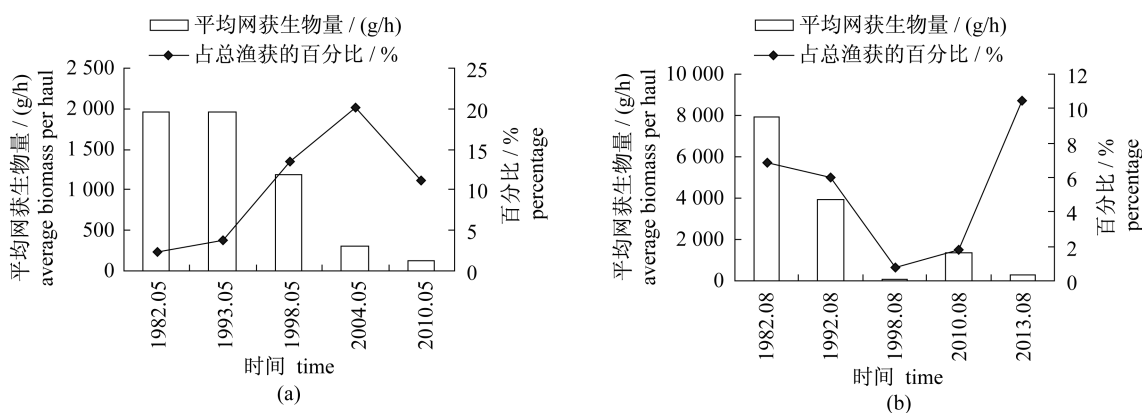


图 3 莱州湾口虾蛄生物量的长期变化

(a) 5 月; (b) 8 月

Fig. 3 Long-term variation in biomass of *O. oratoria* in Laizhou Bay

(a) May; (b) August

2.2 生物学特征

按 30 mm 间距分成 5 个体长组,结果显示,从 2011 年 5 月至 7 月,体长在 90 mm 以下个体的比例减小,90 mm 以上个体的比例上升,此后从 8 月至翌年 4 月,90 mm 以下个体的比例缓步提高,90 mm 以上个体的比例逐渐下降(图 4)。

按 10g 间距分成 5~7 个体长组,结果显示,莱州湾口虾蛄以 20 g 以下占主导地位,在各月份中所占比例均不低于 60%。2011 年 10 月 30g 以上个体的

比例最高,占总个体数的 30% 左右,6、8、11 月下降至 20% 左右,其他月份仅在 10% 左右(图 5)。

结果显示,莱州湾口虾蛄的体长范围为 41~171 mm,平均体长以 5 月最低,此后逐步提高,7 月达最高值,11 月下降至最低;体重范围为 0.3~68 g,平均体重以 5 月最低,11 月最高(表 1)。无论雌性还是雄性个体,莱州湾口虾蛄肥满度均以 10 月最高,分别为 1.49 和 1.56,其次是 11 月,肥满度总体变化的趋势为:2011 年 5 月至 7 月下

降,8月至10月上升,11月后再次下降。按性别,除11月、3月和4月外,其他月份雌性个体肥满度均低于雄性个体,雌雄个体的肥满度不存在显

著性差异($P > 0.05$)。对性比的研究,发现除5月雌性个体数量显著高于雄性个体外,其他月份雌性个体数量均低于雄性个体。

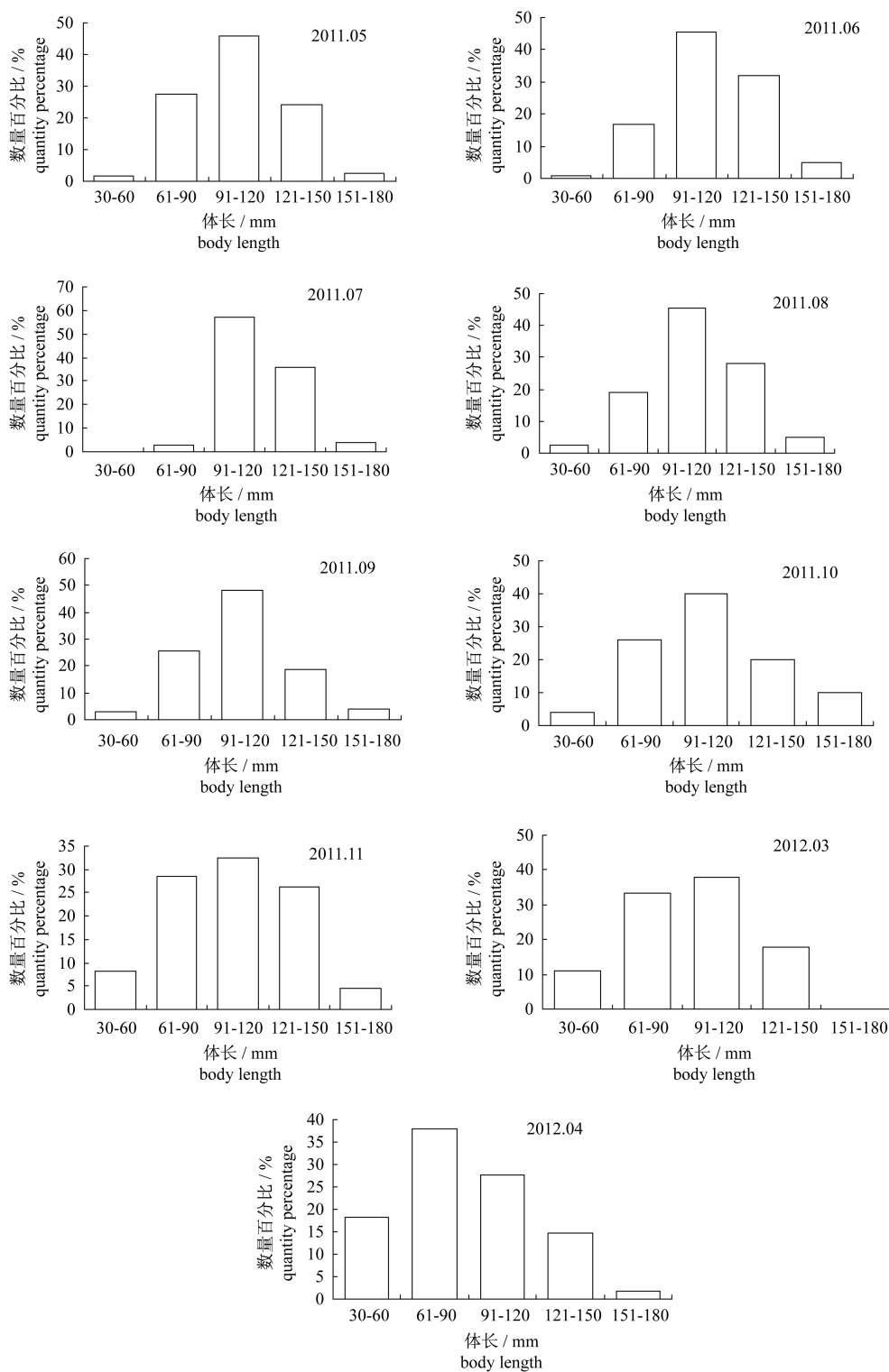


图4 莱州湾口虾蛄的体长分布的月间变化

Fig. 4 Monthly variation in body length distribution of *O. oratoria* in Laizhou Bay

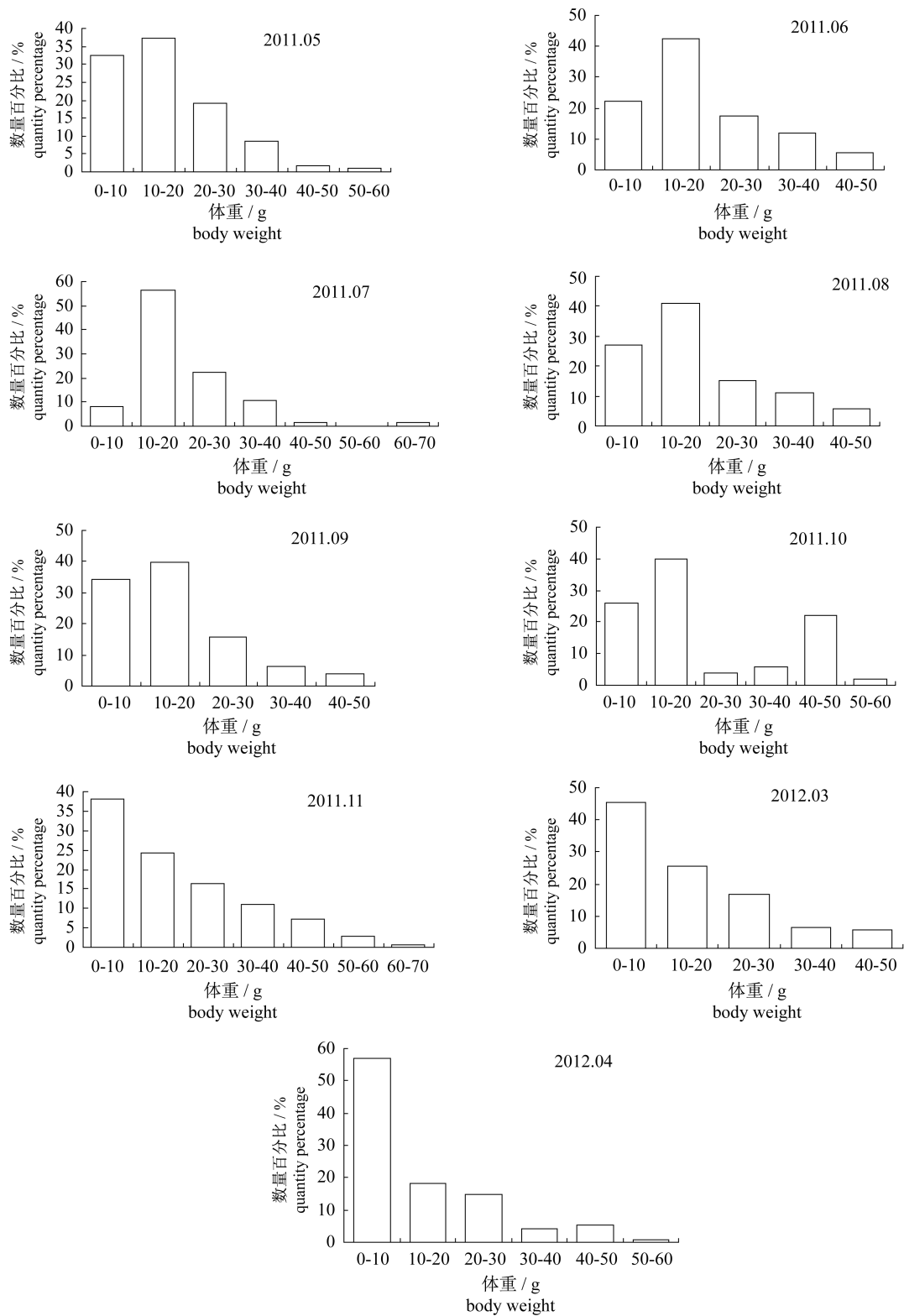


图 5 莱州湾口虾蛄体重分布的月间变化

Fig. 5 Monthly variation in body weight distribution of *O. oratoria* in Laizhou Bay

2.3 时空分布

2011年5月口虾蛄密度以莱州湾东北部密

度较高,尤其以龙口近岸密度最高,以莱州湾中部及南部近岸密度较低,尤其南部近岸2个站位密

度最低(未捕获);6月口虾蛄密度以黄河口附近最高,莱州湾南部及三山岛近岸密度最低;7月口虾蛄密度以黄河口、龙口近岸及北部密度最高,莱州湾南部近岸密度最低;8月、9月口虾蛄密度均以莱州湾北部水域密度最高,南部近岸密度最低;10月口虾蛄密度以龙口近岸密度最高,以莱州湾南部近岸密度最低;11月口虾蛄密度以莱州湾中东部及南部较高,以黄河口密度最低;2012年3

月口虾蛄密度整体较低,仅莱州湾中部密度稍高;4月口虾蛄密度整体较低,尤其以莱州湾东南部密度最低(图6)。结果显示,5-7月为口虾蛄产卵期,此时高密度区域主要集中在黄河口、龙口近岸等浅水区,8月开始向深水区迁移,11月至翌年3月主要集中在深水区。值得一提的是,莱州湾南部近岸2个站位即潍河口邻近海域口虾蛄密度在各月份均极低或未捕获。

表 1 莱州湾口虾蛄体长、体重、饱满度和性比的月间变化

Tab. 1 Monthly variation in body length, body weight, fatness and sex ratio of *O. oratoria* in Laizhou Bay

调查时间 survey time	体长/mm body length		体重/g body weight		饱满度 fatness		性比 (雌:雄) sex ratio (female : male)	样品 数量 number of samples
	范围 range	平均值 mean	范围 range	平均值 mean	雌 female	雄 male		
	2011.05	41-171	102	0.9-55.8	13.64	1.18		
2011.06	44-159	110	1.0-47.5	15.30	1.09	1.16	0.43	126
2011.07	82-168	118	5.6-61.6	16.98	1.06	1.14	0.50	150
2011.08	51-145	113	0.5-50.0	15.95	1.15	1.28	0.63	200
2011.09	47-160	114	0.3-55.0	16.43	1.28	1.35	0.72	200
2011.10	54-158	111	4.0-54.0	16.26	1.49	1.56	0.79	200
2011.11	43-164	103	1.5-68.0	17.67	1.41	1.37	0.88	400
2012.03	55-150	106	3.3-46.0	14.69	1.30	1.27	0.69	100
2012.04	40-155	107	1.0-57.0	16.14	1.37	1.30	0.93	116

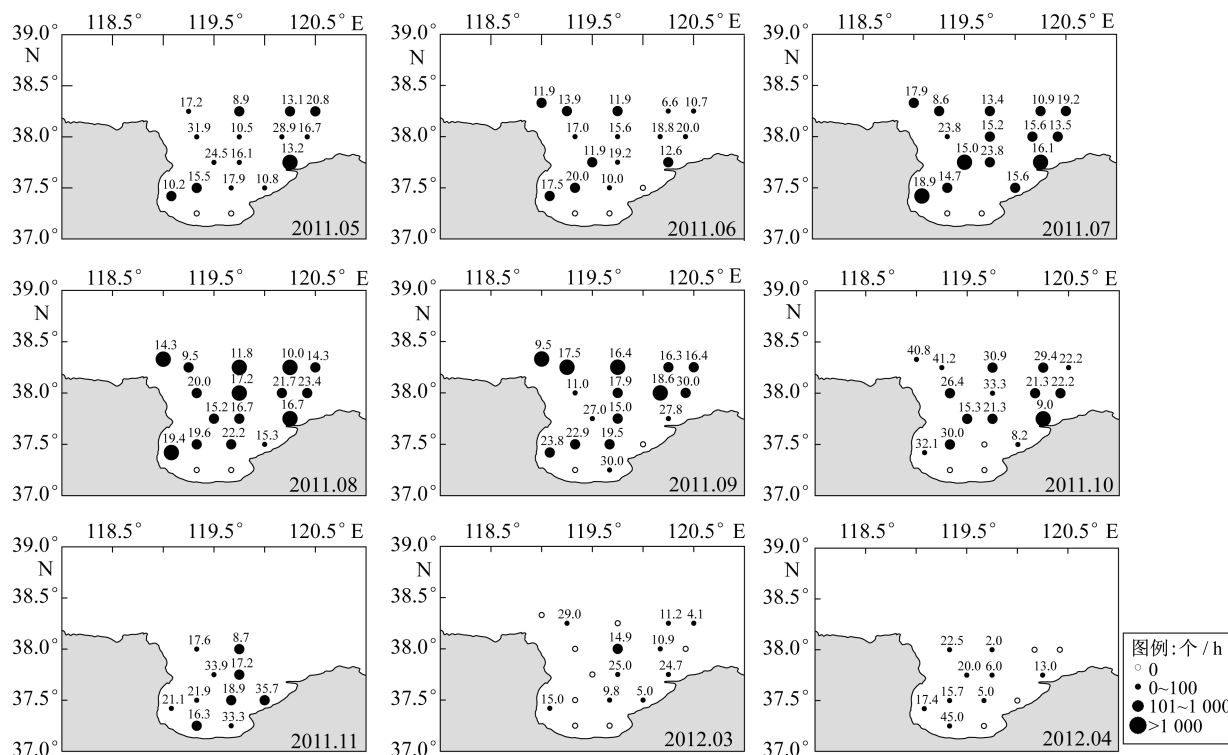


图 6 莱州湾口虾蛄的个体数与平均个体重量(数值,单位:g)的空间分布

Fig. 6 Distribution of individual density and average individual weight of *O. oratoria* in Laizhou Bay

2.4 环境因子的月间变化

莱州湾水深全年比较稳定,调查站位水深从 4.5 米至 25.5 米不等。结果显示,莱州湾 SST 平均值 3 月最低(3.5 °C),4 月开始上升,8 月达最高值(25.1 °C),9 月以后呈下降趋势。DO 的变

化与 SST 基本呈相反趋势,7 月最低(3.85 mg/L),此后一直上升,翌年 3 月达最高值(10.66 mg/L),4 月后呈下降趋势。Sal 以 6 月最高(33.03),11 月时达最低值(30.09)。pH 值以 5 月最低(8.07),4 月最高(8.52)(表 2)。

表 2 莱州湾环境因子的平均值及标准差
Tab. 2 Average values and SDs of environmental factors in Laizhou Bay

调查时间 survey time	海表温度/°C SST	盐度 Sal	溶解氧/(mg/L) DO	pH
2011.05	12.3 ± 2.5	32.06 ± 1.21	9.16 ± 1.67	8.07 ± 0.09
2011.06	19.4 ± 2.2	33.03 ± 0.70	5.34 ± 1.66	8.18 ± 0.03
2011.07	24.3 ± 1.5	31.75 ± 2.00	3.85 ± 1.07	8.25 ± 0.07
2011.08	25.1 ± 1.7	32.70 ± 0.79	4.37 ± 0.79	8.22 ± 0.08
2011.09	24.1 ± 1.3	32.48 ± 1.19	5.22 ± 0.51	8.30 ± 0.06
2011.10	17.3 ± 0.7	31.78 ± 1.68	5.49 ± 0.41	8.34 ± 0.08
2011.11	10.6 ± 1.4	30.09 ± 1.87	7.45 ± 0.47	8.36 ± 0.09
2012.03	3.5 ± 1.4	31.24 ± 2.10	10.66 ± 1.59	8.30 ± 0.28
2012.04	10.2 ± 1.5	30.58 ± 1.64	9.33 ± 1.23	8.52 ± 0.11

2.5 与环境因子的相关性

口虾蛄尾数密度与 SST 于 2011 年 11 月及翌年 4 月呈极显著正相关($P < 0.01$),2011 年 9 月呈显著负相关($P < 0.05$),在其他月份相关性均不显著。口虾蛄尾数密度与 Sal 于 2011 年 9 月呈极显著正相关($P < 0.01$),在其他月份相关性均不显著($P > 0.05$)。口虾蛄尾数密度与 DO 在各月份的相关性均不显著($P > 0.05$)。口虾蛄尾数密度与 Dep 于 2011 年 9 月呈极显著正相关($P < 0.01$),2012 年 3 月呈显著正相关($P < 0.05$),在其他月份相关性

均不显著($P > 0.05$)。口虾蛄尾数密度与其他渔获生物量于 2011 年 6 月呈极显著正相关($P < 0.01$),在其他月份相关性均不显著($P > 0.05$)。口虾蛄尾数密度与浮游植物在各月份的相关性均不显著($P > 0.05$)。口虾蛄尾数密度与浮游动物在 2011 年 10 月呈极显著正相关($P < 0.01$),在其他月份均不显著($P > 0.05$)。总体来看,莱州湾口虾蛄尾数密度与 SST 的相关性最高,其次是 Sal、Dep、浮游动物以及其它渔获生物量,与 DO、浮游植物密度的相关性最低(表 3)。

表 3 口虾蛄尾数密度与影响因子的关系
Tab. 3 Relationships between individual density of *O. oratoria* and influence factors

影响因子 influence factors	调查时间 survey time									
	2011.05	2011.06	2011.07	2011.08	2011.09	2011.10	2011.11	2012.03	2012.04	
海表温度 /°C SST	-0.305	-0.08	0.193	-0.143	-0.546 *	0.388	0.661 **	-0.166	0.629 **	
盐度 Sal	0.307	-0.076	0.074	-0.021	0.618 **	0.331	0.588	0.449	-0.566 *	
溶解氧/(mg/L) DO	0.237	0.099	-0.185	0.419	0.442	0.128	-0.37	0.123	0.215	
水深/m Dep	0.370	0.162	-0.058	0.418	0.663 **	0.311	0.584	0.505 *	-0.208	
其他渔获生物量/(g/h) other fishing catch biomass	0.386	0.648 **	-0.201	-0.210	-0.070	-0.232	0.199	-0.270	-0.140	
浮游植物/($10^5 \times \text{ind}/\text{m}^3$) phytoplankton	-0.099	-0.192	0.223	-0.088	-0.254	-0.202				
浮游动物/($10^3 \times \text{ind}/\text{m}^3$) zooplankton	-0.075	-0.137	-0.197	0.209	0.125	0.648 **				

注:“***”表示相关性水平为($P < 0.01$);“**”表示相关性水平为($P < 0.05$)。下同

Notes:“***”. Correlation is significant at the 0.01 level; “**”. Correlation is significant at the 0.05 level. The same as the following

结果显示,口虾蛄平均个体重量与 Dep 在 2011 年 8 月呈极显著负相关($P < 0.01$),在 2011 年 9 月呈显著负相关($P < 0.05$),其他月份相关性均不显著($P > 0.05$)。口虾蛄平均个体质量与其他渔获生物量在 2011 年 7 月、8 月及翌年 4 月均呈显著正相关($P < 0.05$),在 2011 年 9 月呈显著负相关

($P < 0.05$),其他月份相关性均不显著($P > 0.05$)。口虾蛄平均个体质量与 SST、Sal、DO、浮游植物、浮游动物在各月份中的相关性均不显著($P > 0.05$)。总体来看,口虾蛄平均个体质量与 Dep 及其它渔获生物量的相关性相对较高,与其他环境因子的相关性均不显著(表 4)。

表 4 口虾蛄平均个体质量与影响因子的关系
Tab. 4 Relationships between average individual weight of *O. oratoria* and influence factors

影响因子 influence factors	调查时间 survey time								
	2011.05	2011.06	2011.07	2011.08	2011.09	2011.10	2011.11	2012.03	2012.04
海表温度/℃ SST	-0.032	0.044	0.331	0.058	0.448	0.266	-0.396	-0.231	0.492
盐度 Sal	0.032	-0.027	-0.091	-0.246	-0.416	-0.138	-0.434	-0.062	-0.594
溶解氧/(mg/L) DO	0.286	-0.290	-0.397	-0.233	-0.133	0.158	0.105	-0.098	0.149
水深/m Dep	0.208	-0.459	-0.22	-0.623**	-0.523*	0.226	-0.266	-0.067	-0.637
其他渔获生物量/(g/h) other fishing catch biomass	-0.070	0.261	0.557*	0.540*	-0.172	0.166	-0.189	0.313	0.602*
浮游植物/($10^5 \times \text{ind}/\text{m}^3$) phytoplankton	-0.094	0.324	0.027	0.124	0.100	0.189			
浮游动物/($10^3 \times \text{ind}/\text{m}^3$) zooplankton	-0.282	-0.171	-0.409	0.240	0.069	-0.256			

3 讨论

据报道,口虾蛄一年即可性成熟^[27-28],为渤海常年定居种类,季节性迁移距离不大,12月至翌年3月低温期向深水区移动,进行越冬生活,4-10月间是产卵繁殖和幼体育肥期,喜广温低盐的生态特性^[29]。刘修泽等^[19]认为2012年辽东湾口虾蛄平均生物量密度的月间排序为8月>9月>6月>11月;谷德贤等^[20]发现2009年天津海域口虾蛄平均资源密度的季节排序为8月(夏)>10月(秋)>5月(春)>12月(冬)。本研究中莱州湾口虾蛄的生物量密度月间排序为8月>7月>9月>10月>5月>11月>6月>4月>3月,这与辽东湾、天津海域的结果基本一致,说明整个渤海口虾蛄资源密度的季节变化均为夏季>秋季>春季。邓景耀等^[12]曾于1982年4月-1983年5月期间逐月对渤海口虾蛄尾数密度的变化进行了统计分析,其研究结果也验证了以上结论。口虾蛄8月密度最高,作者认为这与禁渔期受生产渔船的影响较小有很大关系,冬季密度低则主要因为口虾蛄越冬穴居^[19]导致捕获率

降低。

邓景耀等^[12]认为渤海口虾蛄主要由4个年龄组构成,30~70mm之间的为当年生个体,1龄个体为70~110mm,2龄个体为90~150mm,3龄个体为150~175mm。因此,本研究中莱州湾口虾蛄以0-2龄为主(150mm以下),3龄个体在各月份比例均不足10%。莱州湾口虾蛄的体长范围为41-171mm,这与辽东湾口虾蛄的体长范围^[19]基本一致。莱州湾口虾蛄平均体长月间变化为7月>9月>8月>10月>6月>4月>3月>11月>5月,平均体重的月间变化为11月>7月>9月>10月>4月>8月>6月>3月>5月,这与谷德贤等^[20]对天津近海口虾蛄的研究结果一致,与刘修泽等^[19]对辽东湾口虾蛄的研究结果也基本吻合。本研究中,莱州湾口虾蛄的雌雄比仅5月大于1,6月急剧下降为0.43。盛福利等^[22]也发现青岛近海5月口虾蛄的雌性比急剧上升,此后又急剧下降,并认为这可能是5月雌性口虾蛄的大量聚集导致。刘修泽等^[19]也发现6月辽东湾口虾蛄的雌雄比存在快速下降的现象,认为这与产卵期雌体洞穴内护卵的习性有关。莱

州湾口虾蛄雌、雄个体肥满度的月间变化趋势一致,5-7月下降,此后逐步提高,10月肥满度最高。这与徐海龙等^[30]对黄海北部大连近岸口虾蛄的研究结果基本一致。王波等^[27]认为口虾蛄的生长有明显季节变化,夏末至秋末生长快速,10-12月索饵育肥体重达最高值,越冬后春季为性腺生长和成熟阶段,繁殖过后体重降至最低。与黄海北部口虾蛄雌、雄个体肥满度性别差异显著($P < 0.05$)^[30]不同,莱州湾口虾蛄的肥满度性别差异性不显著($P > 0.05$)。

莱州湾口虾蛄尾数密度的空间分布表现为5-7月近岸浅水区如黄河口、龙口近岸等区域密度最高,8月以后高密度区域开始向深水区迁移,9月至翌年3月则以深水区密度最高,整体变化规律符合口虾蛄春夏季近岸产卵、秋冬季到深水区越冬的短距离迁移习惯。莱州湾南部近岸两个站位即潍河口邻近海域口虾蛄密度在各月份均极低或未捕获,这可能与水位较浅($< 6\text{ m}$)超出了口虾蛄的的适宜水深^[27]有关

口虾蛄为广温低盐性种类,最适温度为20~27℃,最适盐度23~27,耐低氧能力较强,窒息点DO值为0.7~1 mg/L^[27],最适pH的范围为8.0~9.0^[31]。本研究结果显示,莱州湾调查区域各月份pH值均在最适范围内,DO也均在耐受范围内,仅7-9月莱州湾的水温在口虾蛄的最适范围内,各月份的盐度均高于口虾蛄的最适范围。据此推断,相对于pH值与DO,SST与Sal更容易成为影响口虾蛄分布的限制因子。通过口虾蛄尾数密度与环境因子的相关性分析,莱州湾口虾蛄尾数密度与SST的相关性最高,其次是与Sal、Dep以及浮游动物密度的相关性相对较高,与DO、浮游植物密度的相关性最低,这与上述推断完全一致。本研究进一步验证了以下结论,即当某环境因子超出物种的最适范围或耐受范围时,该环境因子更容易成为影响物种分布或生长的限制因子。

参考文献:

- [1] Chen D G, Shen W Q, Liu Q, *et al.* The geographical characteristics and fish species diversity in the Laizhou Bay and Yellow River Estuary [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2000, 7(3): 46-52. [陈大刚, 沈谓铨, 刘群, 等. 莱州湾及黄海水域地理学特征与鱼类多样性. *中国水产科学*, 2000, 7(3): 46-52.]
- [2] Jin X S, Deng J Y. Variations in community structure of fishery resources and biodiversity in the Laizhou Bay [J]. *Chinese Biodiversity*, 2000, 8(1): 65-72. [金显仕, 邓景耀. 莱州湾渔业资源群落结构和生物多样性的变化. *生物多样性*, 2000, 8(1): 65-72.]
- [3] Luo X X, Zhang S S, Yang J Q, *et al.* Macrobenthic Community in the Xiaoqing River Estuary in Laizhou Bay [J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2013, 12(3): 366-372.
- [4] Rice J, Gislason H. Patterns of changes in the size spectra of numbers and diversity of the North Sea fish assemblage, as reflected in surveys and models [J]. *ICES Journal of Marine Science*, 1996, 53(6): 1214-1225.
- [5] Rijnsdorp A D, Van L P, Daan N, *et al.* Changes in abundance of demersal fish species in the North Sea between 1906-1909 and 1990-1995. *ICES Journal of Marine Science*, 1996, 53(6): 1054-1062.
- [6] Gislason H, Rice J. Modelling the response of size and diversity spectra of fish assemblages to changes in exploitation [J]. *ICES Journal of Marine Science*, 1998, 55(3): 362-370.
- [7] Jin X S, Tang Q S. Changes in fish species diversity and dominant species composition in the Yellow Sea [J]. *Fisheries Research*, 1996, 26(3): 337-352.
- [8] Xu B D, Jin X S. Variations in fish community structure during winter in the southern Yellow Sea over the period 1985-2002 [J]. *Fisheries Research*, 2005, 71(1): 79-91.
- [9] Jin X S. Long-term changes in fish community structure in the Bohai Sea, China [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2004, 59(1): 163-171.
- [10] Li F, Lv Z B, Wei Z H, *et al.* Seasonal changes in the community structure of the demersal fishery in Laizhou Bay [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2013, 2(1): 137-147. [李凡, 吕振波, 魏振华, 等. 2010年莱州湾底层渔业生物群落结构及季节变化. *中国水产科学*, 2013, 2(1): 137-147.]
- [11] Liu R Y. Checklist of marine biota of China Seas [M]. Beijing: Science Press. 2008, 659. [刘瑞玉. 中国海洋生物名录. 北京: 科学出版社. 2008, 659.]
- [12] Deng J Y, Zhu J S, Cheng J S, *et al.* Fishery biology of the economic invertebrates in the Bohai Sea [J]. *Marine Fisheries Research*, 1988, 9: 91-120. [邓景耀, 朱金声, 程济生, 等. 渤海主要无脊椎动物及其渔业生物学. *海洋水产研究*, 1988, 9: 91-120.]

- [13] Kodama K, Yamakawa T, Shimizu T, *et al.* Age estimation of the wild population of Japanese mantis shrimp *Oratosquilla oratoria* in Tokoy Bay, Japan, using lipofuscin as an age maker [J]. *Fisheries Science*, 2005, 72: 568 – 577.
- [14] Kodama K, Yamakawa T, Shimizu T, *et al.* Reproductive biology of female Japanese mantis shrimp *Oratosquilla oratoria* (Stomatopoda) in relation to changes in the seasonal pattern of larval occurrence in Tokyo Bay, Japan [J]. *Japan Fisheries Science*, 2004, 70: 734 – 745
- [15] Kodama K, Kume G, Shiraishi H, *et al.* Relationship between body length, processed – meat length and seasonal change in net processed – meat yield of Japanese mantis shrimp *Oratosquilla oratoria* in Tokoy Bay [J]. *Fisheries Science*, 2006, 72: 804 – 810
- [16] Zhang D Z, Ding G, Zhou T T, *et al.* Genetic diversity of *Oratosquilla oratoria* population in Yellow Sea [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2013, 48(2): 232 – 240. [张代臻, 丁鸽, 周婷婷, 等. 黄海水域口虾蛄种群的遗传多样性. *动物学杂志*, 2013, 48(2): 232 – 240]
- [17] Liu H Y, Liu L W, Jiang Y S, *et al.* Full length Cdna cloning and tissue expression of prophenoloxidase from *Oratosquilla oratoria* [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(6): 1713 – 1720. [刘海映, 刘连为, 姜玉声, 等. 口虾蛄 proPO 基因全长 cDNA 的克隆与组织表达. *生态学报*, 2013, 33(6): 1713 – 1720.]
- [18] Hang Y P, Wang Y, Miao S Y, *et al.* Genetic diversity analysis of mantis shrimps (*Oratosquilla oratoria*) from the Eastern coast of Guangdong Provinc [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2011, 46(2): 82 – 89. [黄映萍, 王莹, 苗素英. 粤东海域口虾蛄遗传多样性. *动物学杂志*, 2011, 46(2): 82 – 89.]
- [19] Liu X Z, Guo D, Wang A Y, *et al.* The resource characteristics and their variation of *Oratosquilla oratoria* in Liaodong Bay [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2014, 38(3): 602 – 608. [刘修泽, 郭栋, 王爱勇, 等. 辽东湾海域口虾蛄的资源特征及变化. *水生生物学报*, 2014, 38(3): 602 – 608.]
- [20] Gu D X, Liu M L. Analysis on the population structure and abundance of *Oratosquilla oratoria* in Tainjin Sea Aera [J]. *Fishery of Hebei Province*, 2011, 212: 24 – 26. [谷德贤, 刘茂利. 天津海域口虾蛄群体结构及资源量分析. *河北渔业*, 2011, 212: 24 – 26.]
- [21] Pan G L, Zhang L, Zhu Z J, *et al.* Spatial – temporal distribution of the biomass of *Oratosquilla oratoria* in the coastal waters of South Zhejiang during spring [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2013, 44(2): 366 – 370. [潘国良, 张龙, 朱增军, 等. 浙江南部近岸海域春季口虾蛄 (*Oratosquilla oratoria*) 生物量的时空分布. *海洋与湖沼*, 2013, 44(2): 366 – 370.]
- [22] Sheng F L, Zeng X Q, Xue Y. Study on propagation and feeding habits of *Oratosquilla oratoria* in the inshore waters of Qingdao [J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2009, 39 (suppl.): 326 – 332. [盛福利, 曾晓起, 薛莹. 青岛近海口虾蛄的繁殖及摄食习性研究. *中国海洋大学学报*, 2009, 39 (增刊): 326 – 332.]
- [23] Gu D X, Hong X, Liu H Y. Observation on breeding behavior of *Oratosquilla oratoria* [J]. *Fishery of Hebei Province*, 2008, 169: 37 – 40. [谷德贤, 洪星, 刘海映. 口虾蛄的繁殖行为. *河北渔业*, 2008, 169: 37 – 40.]
- [24] Liu H Y, Gu D X, Li J F, *et al.* Larval development of the mantis shrimp *Oratosquilla oratoria* [J]. *Journal of Dalian Fisheries University*, 2009, 24(2): 100 – 103. [刘海映, 谷德贤, 李君丰, 等. 口虾蛄幼体的早期形态发育特征. *大连水产学院学报*, 2009, 24(2): 100 – 103.]
- [25] Liu H Y, Qin Y X, Jiang Y S, *et al.* Embryonic development of the mantis shrimp *Oratosquilla oratoria* [J]. *Journal of Dalian Ocean University*, 2011, 26(5): 437 – 431. [刘海映, 秦玉雪, 姜玉声, 等. 口虾蛄胚胎发育的研究. *大连海洋大学学报*, 2011, 26(5): 437 – 431.]
- [26] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China (AQSIQ), Standardization Administration of the People's Republic of China (SAC). GB/T 12763.6 – 2007 Specifications for oceanographic survey—Part 6: Marine biological survey [S]. Beijing: Standards Press of China, 2007. [中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 12763.6—2007 海洋调查规范 第六部分: 海洋生物调查. 北京: 中国标准出版社, 2007.]
- [27] Wang B, Zhang X L, Sun P X. On biological characters and artificial seeding – rearing techniques of the mantis shrimp *Oratosquilla oratoria* [J]. *Journal of Oceanography of Huanghai & Bohai Seas*, 1998, 16

- (2):64-73. [王波,张锡烈,孙丕喜. 口虾蛄的生物学特征及其人工苗种生产技术. 黄渤海海洋, 1998,16(2):64-73.]
- [28] Xu S L, Wang C L, Mei W X, *et al.* Preliminary studies on predication and feeding habits of *Oratosquilla oratoria* in Northern Zhejiang [J]. Journal of Zhejiang College of Fisheries, 1996, 15(1):30-36. [徐善良,王春琳,梅文骧,等. 浙江北部海区口虾蛄繁殖和摄食习性的初步研究. 浙江水产学院学报,1996,15(1):30-36.]
- [29] Wu Y Q, Zhang B L. Ecology of the economic invertebrates in the Bohai Sea[J]. Marine Sciences, 1990,2:48-52. [吴耀泉,张宝琳. 渤海经济无脊椎动物生态特点的研究. 海洋科学,1990,2:48-52.]
- [30] Xu H L, Zhang G F, Qiao X T, *et al.* Relationship between body length and body weight in mantis shrimp *Oratosquilla oratoria* in Northern Yellow Sea [J]. Fisheries Sciences, 2010, 29(8):451-454. [徐海龙,张桂芬,乔秀亭,等. 黄海北部口虾蛄体长及体质量关系研究, 水产科学, 2010, 29(8):451-454.]
- [31] Wang C L, Xu S L, Mei W X, *et al.* A biological basic character of *Oratosquilla oratoria*[J]. Journal of Zhejiang College of Fisheries, 1996, 15(1):60-62. [王春琳,徐善良,梅文骧,等. 口虾蛄的生物学基本特征. 浙江水产学院学报, 1996, 15(1):60-62.]

Fishery biology characteristics, temporal and spatial distribution of *Oratosquilla oratoria* in Laizhou Bay, Bohai Sea

WU Qiang^{1,2}, CHEN Ruisheng^{1,2}, HUANG Jingxian³, ZHANG Chuantao³,
WANG Jun^{1,2}, JIN Xianshi^{1,2*}

- (1. Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fishery Resources, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;
2. Shandong Provincial Key Laboratory of Fishery Resources and Ecological Environment, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;
3. Xiaying Enhancement and Experiment Station, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Weifang 261312, China)

Abstract: Monthly variation of biology characteristics, density and its spatial distribution of *O. oratoria* in Laizhou Bay, together with the influence of environmental factors, were analyzed according to the bottom trawl data of 9 surveys from May 2011 to April 2012, in order to provide theoretical basis for utilizing and protecting the resources of *O. oratoria*. The monthly variation of density (both biomass and individual number) was August > July > September > October > May > November > June > April > March. The body length of *O. oratoria* was 41 – 171mm and the average body length was the lowest in May by 102mm and the highest in July by 118 mm. The body weight of *O. oratoria* was 0.30 – 68.00 g and the average body weight was the lowest in May by 13.64g and the highest in July by 17.67g. The individual fatness coefficient was the highest in October both for the female (1.49) and the male (1.56). The trend of the monthly change of fatness coefficient was on the decline in May – July, on the rise in August-October and on the decline after November again. The difference of fatness coefficient was not significant ($P > 0.05$) between the male and the female. The ratio of the female to the male was less than 1.0 in every month except in May. *O. oratoria* was mainly distributed in shallow waters in spawning seasons (May – July), such as the Yellow River estuary and they started to migrate to profundal zone in August and inhabited the areas from September to next March, then returned to shallow waters in April. Pearson correlation analysis indicated that environmental factor that best matched the density of *O. oratoria* was sea surface temperature (SST), then the salinity (Sal), the water depth (Dep), the zooplankton and other fishing catch biomass. The correlation coefficient was the lowest between the density of *O. oratoria* with dissolved oxygen (DO) and phytoplankton. The correlation between the average individual weight of *O. oratoria* with environmental factors was not significant ($P > 0.05$), except with the Dep in August ($P < 0.01$), September ($P < 0.05$) and with other fishing catch biomass in July, August and next April ($P < 0.01$).

Key words: *Oratosquilla oratoria*; biology characteristics; temporal and spatial distribution; environmental factors; Laizhou Bay

Corresponding author: Jin Xianshi. E-mail: jin@ysfri.ac.cn