

天津潮间带经济贝类资源变化规律研究

李永仁¹, 卜世勋¹, 冯雅楠¹, 陈雅琦¹, 付建东², 郭永军¹

(1. 天津农学院 水产学院 天津市水产生态及养殖重点实验室, 天津 300384; 2. 天津市海发珍品实业发展有限公司, 天津 300450)

摘要: 为研究天津潮间带经济贝类资源的变化特征, 指导当地贝类资源的修复及合理开发, 2008 年—2020 年, 作者对汉沽鲤鱼门、大港减河口及大港滨海湿地三段潮间带滩涂开展持续的经济贝类资源调查。结果表明: 共发现经济贝类 24 种, 每段滩涂每年 7~14 种; 各滩涂的经济贝类生物量范围为 223.5~1 665.5 g/m², 鲤鱼门及减河口滩涂的经济贝类栖息密度及生物量在 2012 年以后均高于 2008 年, 2008 年—2017 年滨海湿地滩涂的经济贝类栖息密度及生物量高于 2018 年—2020 年; 鲤鱼门及减河口滩涂的经济贝类主要分布于中潮区中、下部, 滨海湿地滩涂的经济贝类主要分布于中潮区中、上部; 群落特征指数 H' 及 J 表现为鲤鱼门滩涂 > 滨海湿地滩涂 > 减河口滩涂, 总体呈逐年下降趋势, 指数 D 总体呈上升趋势; 各滩涂的经济贝类优势种在调查前期均为四角蛤蜊(*Macra veneriformis*), 鲤鱼门滩涂于 2012 年、减河口滩涂于 2013 年以后为菲律宾蛤仔。

关键词: 潮间带; 经济贝类; 资源; 优势种

中图分类号: S932.6 **文献标识码:** A

文章编号: 1000-3096(2022)1-0131-09

DOI: 10.11759/hyxx20210608003

天津市海岸线全长 153 km, 滩涂面积 336 km²^[1], 该滩涂坡度平缓、泥沙底质、水质肥沃, 为传统的底栖贝类产区和理想的底栖贝类增殖场^[2], 贝类资源曾经十分丰富, 传统经济种类有毛蚶(*Scapharca subcrenata*)、四角蛤蜊(*Macra veneriformis*)、大沽全海笋(*Barnea davidi*)、青蛤(*Cyclina sinensis*)、缢蛏(*Sinonovacula constricta*)、长牡蛎(*Crassostrea gigas*)等^[3]。20 世纪末, 由于周边的城市化建设及日益增加的捕捞强度, 野生贝类资源迅速衰退^[4]。由于港口的建设及填海造陆, 天津沿海滩涂被分割为 3 段: 中新生态城填海区至北疆电厂之间为鲤鱼门滩涂、临港经济区至南港之间为减河口滩涂、南港至马棚口之间为滨海湿地滩涂^[5]。滩涂的分割改变了水体流动路径, 限制了贝类幼虫扩散, 人为造成滩涂贝类的地理隔离, 导致三段滩涂的贝类种类、资源量等逐渐形成各自的特点。另外, 2011 年以来, 本市开展了大规模、多批次的贝类增殖放流活动, 放流种类包括菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)、毛蚶、青蛤等^[5], 进一步影响了滩涂及浅海的贝类资源。

天津近海是毛蚶、中国对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)等多种经济动物的主产地和产卵区, 生态地位十分重要, 针对其生物群落结构、经济动物资源

等方面已多次开展调查研究。蔡文倩等^[6-7]探讨了 2005 年—2011 年渤海湾大型底栖生物群落结构的变化及原因; 冯剑丰等^[8-10]比较了天津近岸海域 2004 年及 2007 年夏季的大型底栖生物群落结构变化特征; 房恩军等^[9]调查了 2003 年大神堂海域的贝类资源及 2005—2007 年天津潮间带生物。李永仁等^[4-5, 11]报道了 2013、2015 及 2017 年对天津潮间带贝类资源的调查结果。但对该滩涂持续的调查研究结果尚未见报道。2008—2020 年, 本团队对鲤鱼门滩涂、减河口滩涂及滨海湿地滩涂进行了长期、系统的贝类资源调查, 研究贝类的种群变化特征及发展趋势, 探讨贝类资源增殖对滩涂贝类资源的影响, 以期为本地区潮间带贝类资源的科学增殖与合理开发提供科学依据。

收稿日期: 2021-06-08; 修回日期: 2021-08-25

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD0901404); 天津市现代产业技术体系项目(ITTMR2021003); 国家现代农业产业技术体系资助项目(CARS49)

[Foundation: National Key R&D Program of China, No. 2018YFD0901404; Innovation Team of Tianjin Mariculture Research System, No. ITTMR2021003; China Agriculture Research System, No.CARS49]

作者简介: 李永仁(1978—), 男, 天津宁河人, 副教授, 硕士, 主要从事海洋生物学研究, E-mail: lyr1018@163.com; 郭永军(1969—), 通信作者, 研究员, E-mail: guoyongjunjac@163.com

1 调查方法

1.1 调查区域

天津沿海滩涂主要分为3段: 汉沽鲤鱼门滩涂、大港减河口滩涂及大港滨海湿地滩涂(图1), 2008年至今, 3段滩涂无明显变化, 滩涂纵深1~2 km, 其中高潮区和低潮区狭窄, 贝类种类及生物量极低, 不做为调查范围, 调查区域仅限中潮区。

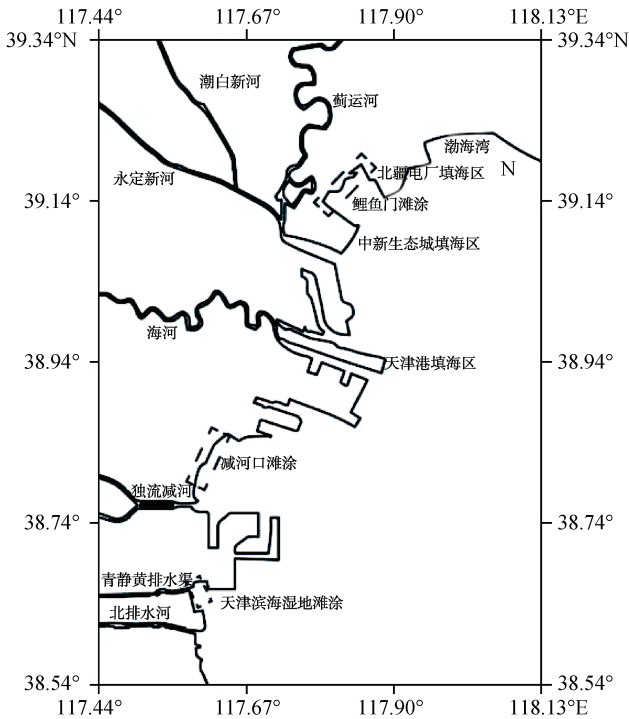


图1 天津沿海滩涂的分布

Fig. 1 Distribution of tidal flats in Tianjin coastal area

在3段滩涂内各设采样区1个, 包括中潮区从高至低的连续区域。采样区坐标: 汉沽鲤鱼门滩涂(39°09'N, 117°53'E); 大港减河口滩涂(38°46'N, 117°36'E); 大港滨海湿地滩涂(38°38'N, 117°35'E)。

1.2 调查方法

依照《海洋调查规范》^[12], 每年5月份, 在各采样区设置3个垂直于海岸的断面, 按中潮区上部(距中潮区上线1/4处)、中部(中潮区中点处)及下部(距中潮区上线3/4处)在各断面设置3个采样点。每点取样方1 m², 即以50 cm×50 cm的木板框采样4次, 取样深度30 cm, 检出贝类, 并以孔径450 μm的筛网筛取泥沙中的贝类, 各样方的样本封装于样本袋内, 另于采样点周边采集定性标本作为补充。筛选经

济种类, 进行清洗、分类、定种^[13-15]、计数、称质量、测量。

1.3 数据分析

根据样本数据, 计算如下生态学指标:

生物量(g/m²)= m/s ; 栖息密度(粒/m²)= n_i/s

式中, m 为样方内该物种总质量, s 为样方面积, n_i 为 i 物种个体数。滩涂总体生物量及栖息密度为该滩涂所有样方数据的平均值。

Shannon-Weaver 多样性指数 $H' = -\sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i$;

Margalef 物种丰富度指数 $D = (S-1)/\log_2 N$; Pielou 物种均匀度指数 $J = H'/\log_2 S$; 物种优势度 $Y = f_i \cdot n_i / N$ 。式中, P_i 为第 i 物种的数量(n_i)占总数量(N)的比例; S 为种类数; f_i 为 i 物种在各采样点出现的频率。滩涂整体的指数以所有样方总体标本为基础计算。

2 调查结果

2.1 经济贝类种类构成

调查发现经济贝类共24种(表1), 其中, 四角蛤蜊、长牡蛎及纵肋织纹螺(*Nassarius variciferus*)在各滩涂、各年份均有出现, 泥螺(*Bullacta exarata*)在各滩涂后期均有出现, 微黄镰玉螺(*Neverita re-iniana*)在鲤鱼门滩涂及减河口滩涂各年份均有分布, 青蛤、光滑蓝蛤(*Potamocorbula laevis*)在减河口滩涂各年份有分布, 彩虹明樱蛤(*Moerella iridescens*)、秀丽织纹螺(*Nassarius festivus*)在滨海湿地滩涂各年份均有分布, 渤海鸭嘴蛤(*Laternula marilina*)仅出现于鲤鱼门滩涂, 缢蛏(*Sinonovacula constricta*)仅在2018年之后出现于滨海湿地滩涂, 短文蛤(*Meretrix petechialis*)在2018年之后先后出现于减河口滩涂和鲤鱼门滩涂; 其余种类分布规律性不强。

2.2 生物量及栖息密度

各滩涂的经济贝类栖息密度变化趋势不同(图2), 鲤鱼门滩涂在2008年经济贝类栖息密度较低, 2012—2015年较高, 2016年以后降低; 减河口滩涂在2008年经济贝类栖息密度较低, 2012—2020年均维持较高水平; 2008—2017年, 滨海湿地滩涂的经济贝类栖息密度较高, 2018年大幅降低, 至2020年略有恢复。各滩涂的经济贝类生物量范围223.5~1 665.5 g/m², 变化趋势与栖息密度相似(图3)。

表 1 采样区潮间带经济贝类名录

Tab. 1 Species of economic molluscs distributed in the intertidal zone

编号	种类	汉沽鲤鱼门滩涂										大港减河口滩涂										大港滨海湿地滩涂									
		2008	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2008	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2008	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	菲律宾 蛤仔		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+										+
2	四角 蛤蜊	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	长牡蛎	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	青蛤						+	+	+				+	+	+	+	+	+	+	+	+					+					
5	渤海 鸭嘴蛤	+		+	+		+			+	+																				
6	日本 梭蛤		+	+	+																+								+		
7	中国 不等蛤											+									+			+							
8	彩虹 明樱蛤							+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+
9	异白 樱蛤									+			+								+			+							
10	黑龙江 蓝蛤					+		+		+	+				+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+
11	光滑 蓝蛤							+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+
12	文蛤										+										+										
13	大沽 全海笋									+	+												+			+	+	+	+	+	+
14	双纹 须蚶																										+				
15	毛蚶	+		+		+	+	+	+	+	+			+												+	+	+	+	+	+
16	缢蛏																														
17	微黄 镰玉螺	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+
18	扁玉螺	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+			+							

续表

编号	种类	汉沽鲤鱼门滩涂										大港减河口滩涂										大港滨海湿地滩涂									
		2008	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2008	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2008	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
19	脉红螺	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											+									
20	纵肋 织纹螺	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
21	红带 织纹螺																		+	+	+			+							
22	秀丽 织纹螺					+		+				+						+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
23	纵带滩 栖螺		+		+																										
24	泥螺	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
种数		7	10	11	11	10	11	13	8	12	13	9	10	11	10	10	9	11	13	12	13	9	10	10	9	9	9	14	8	10	11

注：“+”：此物种在本年度出现；菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)，四角蛤蜊(*Macra veneriformis*)，长牡蛎(*Crassostrea gigas*)，青蛤(*Cyclina sinensis*)，渤海鸭嘴蛤(*Laternula maritima*)，日本菱蛤(*Libinia japonica*)，中国不等蛤(*Anomia chinensis*)，彩虹明樱蛤(*Moerella iridescens*)，异白樱蛤 *Macoma incongrua*)，黑龙江蓝蛤(*Potamocorbula amurensis*)，光滑蓝蛤(*Potamocorbula laevis*)，文蛤(*Meretrix petechialis*)，大沽全海笋(*Barnea davidi*)，双纹须蚶(*Barbatia bistrigata*)，毛蚶(*Scapharca subcrenata*)，缢蛏(*Sinonovacula constricta*)，微黄镰玉螺(*Neverita reiniana*)，扁玉螺(*Neverita didyma*)，脉红螺(*Papana venosa*)，纵肋织纹螺(*Nassarius variciferus*)，红带织纹螺(*Nassarius succinctus*)，秀丽织纹螺(*Nassarius festivus*)，纵带滩栖螺(*Barillaria zonalis*)，泥螺(*Bullacta exarata*)

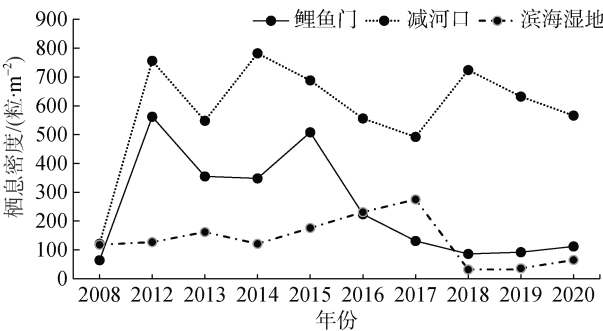


图 2 滩涂经济贝类栖息密度变化

Fig. 2 Changes in the density of the economic shellfish in the tidal flat area

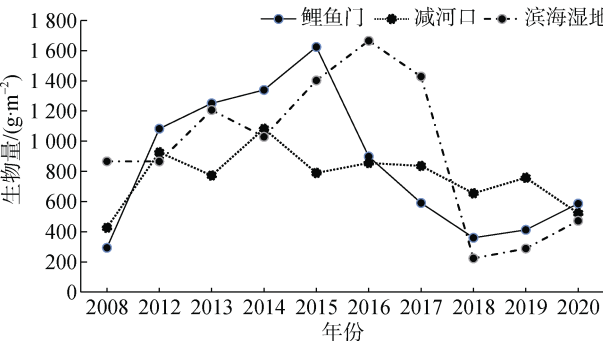


图 3 滩涂经济贝类生物量变化

Fig. 3 Changes of biomass of economic shellfish in tidal flat area

垂直分布方面,以 2017—2018 年为例(表 2),鲤鱼门(LY)及减河口(JH)滩涂的经济贝类栖息密度及生物量在中潮区上部(ZS)较低,中潮区中(ZZ)、下部(ZX)较高;2017 年滨海湿地(SD)滩涂的经济贝类栖息密度及生物量在中潮区中、上部较高,下部较低,中

潮区上部主要为小规格四角蛤蜊以及织纹螺等小型贝类,2018 年中潮区上部的贝类栖息密度降低 99%,中、下部的栖息密度及生物量降低。

表 2 经济贝类资源的垂直分布

Tab. 2 Vertical distribution of economic shellfish resources

滩涂	潮区	2017 年		2018 年	
		栖息密度	生物量	栖息密度	生物量
LY	ZS	11	132.6	8	24.6
	ZZ	128	856.5	124	596.6
	ZX	253	782.6	125	458.0
JH	ZS	144	337.6	186	286.5
	ZZ	652	1 204.2	665	1 052.3
	ZX	681	966.2	1 320	624.2
SD	ZS	404	1 089.6	4	38.2
	ZZ	352	2 613.2	49	417.9
	ZX	68	582.4	42	214.6

2.3 群落特征指数

经济贝类群落特征指数见表 3, Shannon-Weaver 多样性指数 H' : 鲤鱼门滩涂>滨海湿地滩涂>减河口滩涂;各滩涂在 2008 年 H' 较高,总体呈逐渐降低的趋势;减河口滩涂菲律宾蛤仔及滨海湿地滩涂四角蛤蜊的优势度均较高,导致 H' 较低。Margalef 物种丰富度指数 D : 2017 年、2019—2020 年鲤鱼门及滨海湿地滩涂丰富度指数 D 较高,其余年份 D 值变化不大,维持在 1 左右,减河口滩涂 D 值无显著规律。Pielou 物种均匀度指数 J : 鲤鱼门滩涂>滨海湿地滩涂>减河口滩涂;2008—2018 年,各滩涂 J 值总体呈逐渐降低的趋势。

表 3 经济贝类多样性指数、均匀度和物种丰富度

Tab. 3 Shannon Weaver diversity index, Pielou evenness indexes, and Margalef species richness index of the economic shellfish

滩涂	指数	2008 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	平均
LY	H'	1.96	0.87	1.21	0.82	1.88	0.92	1.37	1.12	1.32	1.61	1.308
	D	1.00	0.99	1.18	1.18	1.00	1.28	1.71	1.09	1.69	1.76	1.288
	J	0.70	0.26	0.35	0.24	0.57	0.27	0.37	0.37	0.34	0.38	0.385
JH	H'	1.33	0.96	1.21	0.78	0.85	0.86	0.67	0.62	0.84	0.81	0.893
	D	1.16	0.94	1.10	0.94	0.95	0.88	1.12	1.26	1.18	1.31	1.084
	J	0.42	0.29	0.35	0.23	0.26	0.27	0.19	0.17	0.22	0.31	0.271
SD	H'	1.42	1.21	1.33	1.22	1.16	1.31	0.78	0.87	0.86	1.22	1.138
	D	1.16	1.29	1.23	1.16	1.07	1.02	1.60	1.40	1.74	1.66	1.333
	J	0.45	0.36	0.40	0.38	0.37	0.41	0.20	0.26	0.32	0.34	0.349

2.4 优势种及优势度

经济贝类优势种见表 4, 鲤鱼门滩涂 2008 年为四角蛤蜊, 2012 年以后为菲律宾蛤仔; 减河口滩涂 2013 年以前为四角蛤蜊, 2013 年及以后为菲律宾蛤

仔; 滨海湿地滩涂在各年份均为四角蛤蜊。2012—2014 年鲤鱼门滩涂以及 2016—2017 年减河口滩涂, 菲律宾蛤仔的优势度高达 90 以上; 滨海湿地滩涂的泥螺密度逐渐提高并成为优势种。

表 4 经济贝类优势种及优势度

Tab. 4 Dominant species and its dominance of economic shellfish

滩涂		2008 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
LY	优势种	s	f	f	f	f	f, n	f, n	f, n	f	f
	优势度	60.6	96.6	92.5	97.1	75.6	66.5, 21.3	61.7, 23.4	58.8, 25.5	82.3	88.6
JH	优势种	s	s	f	f, q	f	f	f	f, n	f	f
	优势度	88.6	75.2	85.6	68.5, 22.4	88.6	91.3	92.3	67.2, 20.8	78.6	82.3
SD	优势种	s	s	s	s	s, n	s, n	s, n	s, n	s, n	s, n
	优势度	78.5	66.4	82.4	76.5	58.6, 31.6	62.3, 23.2	79.9	62.5, 22.6	65.4, 23.2	55.2, 27.3

注: 优势度 ≥ 20 判定为优势种, s. 四角蛤蜊, f. 菲律宾蛤仔, n. 泥螺, q. 青蛤

3 讨论

3.1 经济贝类资源分析

2008—2020 年, 在天津汉沽鲤鱼门滩涂、大港减河口滩涂及大港滨海湿地滩涂采集经济贝类共计 24 种, 每段滩涂每年采集 7~14 种。其中, 大港滨海湿地滩涂 2017 年采集经济贝类种类最多, 为 14 种, 2008 年鲤鱼门滩涂采集经济贝类种类最少, 仅为 7 种。本研究中, 新增泥螺为经济贝类^[16], 比 2012—2014 年汉沽鲤鱼门滩涂经济贝类种类增加 1 种^[4]。

调查表明, 中潮区上部的经济贝类资源量和密度一般低于中潮区中、下部, 其原因为: 中潮区上部干露时间长, 环境恶劣, 分布种类少^[17]; 中潮区中、下部底质环境稳定, 为泥沙混合型沉积环境, 多样性一般高于泥或砂等匀质环境^[18]。

3 段滩涂的经济贝类资源量年度间变化显著, 主要与以下 3 种因素有关。

3.1.1 生存环境变化

鲤鱼门滩涂经济贝类资源量在 2017 年以后下滑, 调查发现部分滩涂平面覆盖软泥, 不利于贝类的存活; 港口建设及机械化采捕等人类活动导致潮间带含沙量降低, 造成泥螺在各滩涂后期的资源量逐渐增加; 2017 年在大港滨海湿地滩涂采集经济贝类 14 种, 2018 年仅为 8 种, 优势种四角蛤蜊生物量大幅度降低, 与该滩涂边缘开挖沟渠等因素有关。

3.1.2 采捕压力

2018 年初大规模采捕滨海湿地滩涂的四角蛤蜊, 导致生物量降低; 调查前期, 减河口滩涂青蛤资源

较丰富, 壳长 2 cm 以内的苗种密度较高^[11], 但后期青蛤密度下降, 与长期的赶海拾贝有关; 本地滩涂拾贝不将泥螺做为目标种类, 因此, 各滩涂均表现出生物量逐渐增加的趋势。

3.1.3 增殖放流

2010 年以来, 天津市增殖放流力度加大, 2011 年在汉沽大神堂海域放流菲律宾蛤仔苗种 500 t^[3], 研究表明, 鲤鱼门滩涂与减河口滩涂 2012 年以后的经济贝类资源量显著高于 2008 年, 且优势种转变为菲律宾蛤仔, 与临近海域增殖放流菲律宾蛤仔密切相关^[4]。

3.2 优势种类分析

2008 年, 鲤鱼门滩涂与减河口滩涂无菲律宾蛤仔资源, 2012 年—2013 年, 菲律宾蛤仔取代四角蛤蜊, 成为 2 段滩涂的主要优势种, 分析原因可能为: 自 2010 年, 天津市贝类增殖放流力度逐渐加大, 放流地点为大神堂南部浅海与驴驹河东部浅海^[3], 分别临近鲤鱼门滩涂与减河口滩涂, 放流种类主要为菲律宾蛤仔、毛蚶等。菲律宾蛤仔为典型滩涂贝类, 喜附着于泥沙底质的潮间带^[19], 1 a 可达性成熟, 放流后次年春季可繁殖, 幼虫浮游期 10 d 左右^[20], 幼虫随潮流抵达潮间带并变态潜砂, 并迅速发展成为优势种。大港滨海湿地滩涂与贝类放流区距离较远, 被南港填海区隔离, 且该滩涂 2020 年以前未出现菲律宾蛤仔, 说明南港填海区可能限制了菲律宾蛤仔的种群扩散。大港减河口滩涂的青蛤资源较丰富, 并在 2014 年成为优势种之一, 但优势度远低于菲律宾

蛤仔,这可能与人为采捕有关,经济价值较高的青蛤更受采捕者青睐^[5]。

2008年,泥螺在各滩涂仅零星分布,后期发展为优势物种,主要分布于含沙量较低的中上潮区,可能原因为:泥螺属腹足类,可依靠厖足进行一定距离的迁移^[21],分布范围迅速扩展;泥螺以卵群繁殖,自然状态下的孵化率及幼虫存活率均较高^[16];本地主要采捕对象为四角蛤蜊、菲律宾蛤仔、青蛤等双壳贝类,对泥螺鲜有采捕^[5]。

3.3 贝类资源可持续利用建议

天津沿海滩涂的经济贝类资源具有重要意义,首先,天津沿海是东方白鹳等珍稀鸟类迁徙的主要路线^[22],滩涂贝类是鸟类的主要食物之一;第二,滤食性贝类降低沿岸水质的富营养水平,改善底质;第三,滩涂贝类处于近海食物链的底层,间接提高近海生物多样性与生物量。

3.3.1 开展科学的贝类增殖放流

基于对放流区生态环境的长期调查,确定适宜生存的贝类种类以及合理的养殖容量,科学规划放流方案,可有效优化放流效果。贝类苗种在放流后次年进入繁殖期,在此期间应进行放流区贝类资源的保护,发挥通过放流增加资源量的目的。

3.3.2 规范土著贝类苗种繁育

目前,天津沿海贝类苗种来源不一,导致苗种遗传背景不清晰,在繁殖过程中与野生群体混合,不利于本地群体的保护。目前,已有研究报道了适宜于本地沿海的贝类苗种繁育技术^[23]。开展土著贝类苗种繁育,是保护本地贝类资源的前提。

3.3.3 建立贝类禁捕区

在滩涂或浅海建立禁捕区,严格禁止贝类采捕,每年5月—6月繁殖期,浮游幼虫扩散到周边浅海及滩涂,增加周边海域贝类的栖息密度,修复海域贝类资源。禁捕区应选择在适宜区域,例如河口区滩涂或贝类适养海域。

3.3.4 减少人类活动对滩涂环境的破坏

陆源污染物排放造成的近岸海域富营养化^[24],降低贝类幼虫存活率;吹沙填海、洗砂及沿岸建设等人类活动改变了沿岸水动力特征,弱化营养盐向远海的转移^[25],一定程度改变了部分潮间带的底质成分,导致贝类难以适应。因此,严控海域污染、减少填海,是保护滩涂环境、恢复经济贝类资源量的重要保障。

参考文献:

- [1] 张润生,孙秋岩.天津市海岸带和滩涂资源综合调查报告-海洋生物[M].天津:天津新闻出版管理局,1986.
ZHANG Runsheng, SUN Qiuyan. Comprehensive survey on coastal zone resources in Tianjin-marine organism[M]. Tianjin: Tianjin Press and Publication Administration, 1986.
- [2] 李永仁,李彤,缴建华.5种经济贝类在天津大港滩涂的养殖适应性研究[J].水产科学,2016,35(6): 693-696.
LI Yongren, LI Tong, JIAO Jianhua. Culture adaptability of 5 species of economically important shellfish to intertidal zone from Dagang in Tianjin[J]. Fisheries Science, 2016, 35(6): 693-696.
- [3] 邢克智,高一力,郭永军,等.天津市贝类产业现状及发展展望[J].水产科学,2013,32(9): 555-558.
XING Kezhi, GAO Yili, GUO Yongjun, et al. Current status and development prospects of Tianjin in shellfish industry[J]. Fishery Science, 2013, 32(9): 555-558.
- [4] 李永仁,梁健,郭永军,等.天津鲤鱼门滩涂经济贝类资源变化及原因探讨[J].海洋科学,2015,39(11): 68-73.
LI Yongren, LIANG Jian, GUO Yongjun, et al. Study on the changes of economic shellfish resources and their causes in the intertidal zone along Liyumen coast, Tianjin[J]. Marine Sciences, 2015, 39(11): 68-73.
- [5] 李永仁,张超,梁健,等.天津潮间带春季贝类资源调查[J].海洋科学,2017,41(11): 113-118.
LI Yongren, ZHANG Chao, LIANG Jian, et al. Survey on molluscs resources in the spring of intertidal zone from Tianjin[J]. Marine Sciences, 2017, 41(11): 113-118.
- [6] 蔡文倩,刘录三,乔飞,等.渤海湾大型底栖生物群落结构变化及原因探讨[J].环境科学,2012,33(9): 3104-3109.
CAI Wenqian, LIU Lusan, QIAO Fei, et al. Study on the changes of macrobenthos communities and their causes in Bohai Bay[J]. Environmental Science, 2012, 33(9): 3104-3109.
- [7] 蔡文倩,孟伟,刘录三,等.春季渤海湾大型底栖动物群落结构特征研究[J].环境科学,2013,33(5): 1458-1466.
CAI Wenqian, MENG Wei, LIU Lusan, et al. Macrozoobenthos community structure of the Bohai Bay in spring time[J]. Environmental Science, 2013, 33(5): 1458-1466.
- [8] 冯剑丰,王秀明,孟伟庆,等.天津近岸海域夏季大型底栖生物群落结构变化特征[J].生态学报,2011,31(20): 5875-5885.
FENG Jianfeng, WANG Xiuming, MENG Weiqing, et

- al. Variation characteristics of macrobenthic communities structure in tianjin coastal region in summer[J]. *Acta oecologica Sinica*, 2011, 31(20): 5875-5885.
- [9] 房恩军, 马维林, 刘茂利, 等. 天津市大神堂贝类保护区贝类资源本底调查报告[J]. *天津水产*, 2004, 1: 20-24.
FANG Enjun, MA Weilin, LIU Maoli, et al. Report on background investigation of shellfish resources in Dashentang shellfish reserve in Tianjin[J]. *Tianjin Aquatic*, 2004, 1: 20-24.
- [10] 王麒麟, 马维林, 房恩军, 等. 天津海域潮间带生物调查[J]. *天津水产*, 2008, 1: 18-23.
WANG Qilin, MA Weilin, FANG Enjun, et al. Biological survey of intertidal zone in Tianjin[J]. *Tianjin Aquatic*, 2008, 1: 18-23.
- [11] 马玉和, 李永仁, 郭永军, 等. 天津独流碱河河口潮间带贝类资源调查[J]. *天津农学院学报*, 2014, 21(3): 28-31.
MA Yuhe, LI Yongren, GUO Yongjun, et al. Survey on shellfish resources of intertidal zone of Duliujian River estuary in Tianjin[J]. *Journal of Tianjin Agricultural University*, 2014, 21(3): 28-31.
- [12] 国家海洋局. 海洋调查规范[M]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
State Oceanic Administration. Specifications for oceanographic survey[M]. Beijing: Standards Press of China, 2007.
- [13] 张素萍, 张均龙, 陈志云, 等. 黄渤海软体动物图志[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
ZHANG Suping, ZHANG Junlong, CHEN Zhiyun, et al. Mollusks of the Yellow Sea and Bohai Sea[M]. Beijing: Science Press, 2016.
- [14] 蔡英亚, 魏若飞. 贝类学概论[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1995.
CAI Yingya, WEI Ruofei. Introduction to Shellfish Science[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1995.
- [15] 齐钟彦, 马绣同, 王祯瑞, 等. 黄渤海的软体动物[M]. 北京: 中国农业出版社, 1989.
QI Zhongyan, MA Xiutong, WANG Zhenrui, et al. Mollusks of the Yellow sea and Bohai sea[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1989.
- [16] 尤仲杰, 陆彤霞, 王一农. 泥螺的繁殖生物学研究[J]. *热带海洋学报*, 2003, 22(1): 30-36.
YOU Zhongjie, LU Tongxia, WANG Yinong. Studies on reproductive biology of *Bullacta Exarata*[J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2003, 22(1): 30-36.
- [17] 李宝泉, 张宝琳, 刘丹运, 等. 胶州湾女姑口潮间带大型底栖动物群落生态学研究[J]. *海洋科学*, 2006, 30(10): 15-19.
LI Baoquan, ZHANG Baolin, LIU Danyun, et al. The ecological study of the macrobenthic community in intertidal zone of Nugukou, Jiaozhou Bay[J]. *Marine Sciences*, 2006, 30(10): 15-19.
- [18] SANDERS H L. Oceanography of Long Island Sound, 1952-54. X. The biology of marine bottom communities[J]. *Bulletin of the Bingham Oceanographic Collection*, 1956, 15: 345-414.
- [19] BAUD J P, HAURE J, BODAY A. The impact of rearing densities and feeding levels on growth rates and yields[J]. *Oceanis*, 1992, 18: 121-132.
- [20] 张国范, 闫喜武. 蛤仔养殖学[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
ZHANG Guofan, YAN Xiwu. Clam aquaculture study[M]. Beijing: Science Press, 2010.
- [21] 郑怀平. 泥螺行为与繁殖生物学特征的初步研究[J]. *海洋科学*, 2003, 27(1): 69-71.
ZHENG Huaiping. Preliminary study on characteristics of behavior and reproductive biology for *Bullacta exarata*[J]. *Marine Sciences*, 2003, 27(1): 69-71.
- [22] 杜林芳. 天津市东方白鹤栖息地变化研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2010.
DU Linfang. Study on habitat change of *Ciconia boyciana* in Tianjin[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2010.
- [23] 李永仁, 邢克智, 郭永军. 天津沿海菲律宾蛤仔人工育苗技术的初步研究[J]. *海洋通报*, 2012, 31(3): 320-323.
LI Yongren, XING Kezhi, GUO Yongjun. Study on the artificial breeding of Manila clam, *Ruditapes philippinarum* at Tianjin coast[J]. *Marine Science Bulletin*, 2012, 31(3): 320-323.
- [24] 曹佳莲, 刘宪斌, 刘占广, 等. 天津港南部海区水体富营养化水平评价[J]. *海洋湖沼通报*, 2007, 27(1): 121-130.
CAO Jialian, LIU Xianbin, LIU Zhanguang, et al. Eutrophication assessment on the seawater in south sea of Tianjin harbor[J]. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2007, 27(1): 121-130.
- [25] 聂红涛, 陶建华. 渤海湾海岸带开发对近岸海水环境影响分析[J]. *海洋工程*, 2008, 26(3): 44-50.
NIE Hongtao, TAO Jianhua. Analysis of the impact of coastal zone development on the environment in Bohai Bay[J]. *The Ocean Engineering*, 2008, 26(3): 44-50.

Variation of economic shellfish resources in the Tianjin intertidal zone

LI Yong-ren¹, BU Shi-xun¹, FENG Ya-nan¹, CHEN Ya-qi¹, FU Jian-dong², GUO Yong-jun¹

(1. Tianjin Key Laboratory of Aqua-ecology and Aquaculture, Department of Fishery Sciences, Tianjin Agricultural College, Tianjin 300384, China; 2. Tianjin Haifa Seafood Industrial Development Co. Ltd., Tianjin 300450, China)

Received: Jun. 8, 2021

Key words: intertidal zone; economic shellfish; resources; dominant species

Abstract: To study the characteristics of change in economic shellfish resources in the Tianjin intertidal zone and guide the restoration and rational development of local shellfish resources, a continuous investigation on the economic shellfish resources has been going on in the tidal flat area of Liyumen (LY), Jianhekou (JH), and Nangang coastal wetlands (SD) from 2008 to 2020. The results show that 24 species of economic shellfish and 7–14 kinds were found in each tidal flat area in any year. The economic shellfish biomass ranged from 223.5 g/m² to 1 665.5 g/m². The density and biomass of economic shellfish in LY and JH after 2012 were higher than those in 2008; those in SD in 2008–2017 were higher than those in 2018–2020. The economic shellfish are mainly distributed in the middle and lower parts of the middle tidal area in LY and JH and in the middle and upper parts of the middle tidal area in SD. The Shannon Weaver diversity index and Pielou evenness indexes showed the following order: LY > SD > JH. In general, there was a tendency of decrease, but the Margalef species richness index showed the reverse. The dominant species in 2008 was *Macra veneriformis*, whereas the dominant species in LY and JH were the Philippine clam after 2012. The dominant species of economic shellfish in each tidal flat area was *Macra veneriformis* in the early stage of the survey; *Ruditapes philippinarum* dominated in LY after 2012 and JH after 2013.

(本文编辑: 谭雪静)