

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20191216002

http://www.yykxjz.cn/

尚聪聪, 肖慧, 朱琳, 夏斌, 陈碧鹃, 崔正国, 唐学玺, 曲克明. 海州湾大竹蛭种质资源保护区生态环境质量分析与评价. 渔业科学进展, 2021, 42(1): 11–17
Shang CC, Xiao H, Zhu L, Xia B, Chen BJ, Cui ZG, Tang XX, Qu KM. Ecological environment quality analysis and evaluation of *Solen grandis* national germ plasm resource protection area in Haizhou Bay. Progress in Fishery Sciences, 2021, 42(1): 11–17

海州湾大竹蛭种质资源保护区 生态环境质量分析与评价*

尚聪聪^{1,2} 肖慧¹ 朱琳^{2,3} 夏斌^{2,3}
陈碧鹃^{2,3} 崔正国² 唐学玺^{1,3} 曲克明²

(1. 中国海洋大学海洋生命学院 青岛 266003; 2. 中国水产科学研究院黄海水产研究所
农业农村部海洋渔业可持续发展重点实验室 山东省渔业资源与生态环境重点实验室 青岛 266071;
3. 青岛海洋科学与技术试点国家实验室海洋生态与环境科学功能实验室 青岛 266071)

摘要 本研究根据 2018 年 5、8 月对海州湾大竹蛭(*Solen grandis*)国家级水产种质资源保护区表层海水营养盐、重金属、石油类及相关环境因子的调查数据,运用综合质量指数法对该保护区海水生态环境质量进行综合评价,并采用富营养化指数和有机污染指数从不同角度分析该保护区的海水环境质量。结果显示,除部分站位无机氮(DIN)含量略超标外,海州湾保护区其他监测因子均符合国家 I 类海水水质标准。2018 年海州湾保护区海水综合质量指数范围为 0.31~0.39,属于尚清洁等级。N/P 值均大于 Redfield 系数,且磷酸盐(PO₄-P)含量较低,表明该海域营养盐结构为磷限制。富营养化指数范围为 0.05~0.27,海水为贫营养状况。有机污染指数范围为-0.24~0.81,该水域有机污染程度较轻。与 2008~2013 年历史调查数据相比,近年来,海州湾保护区海水生态环境质量保持较好。

关键词 海州湾; 水产种质资源保护区; 综合质量; 富营养化; 有机污染

中图分类号 X55 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2021)01-0011-07

水产种质资源保护区是指为保护水产种质资源及其生存环境,在具有较高经济价值和遗传育种价值的水产种质资源的主要生长繁育区域(即产卵场、索饵场、越冬场以及洄游通道等),依法划定并予以特殊保护和管理的海域、滩涂及其毗邻的岛礁、陆域等(农业部, 2011)。近年来,工程建设、环境污染等大量占用、破坏重要渔业生物栖息地,严重影响到渔业可持续发展和国家生态文明建设。自 2007 年起我国积极推进水产种质资源保护区的建立,目前,全国已划

定水产种质资源保护区 535 处(农业农村部, 2018)。建立水产种质资源保护区是协同推进经济发展和资源环境保护的有效举措,对维护渔业生物资源和水域生态健康具有重要意义。

为了掌握保护区生态环境质量状况,同时,为保护区管理部门制定和调整管理措施提供科学依据,使水产种质资源及其栖息环境得到有效的保护,对保护区生态环境质量状况进行监测和评价是十分重要的。目前,已对国家级水产种质资源保护区开展了一系列

* 中国水产科学研究院基本科研业务费(2020TD12)和国家自然科学基金委——山东省联合基金项目(U1606404)共同资助 [This work was supported by the Central Public-Interest Scientific Institution Basal Research Fund, CAFS (2020TD12), and the Joint Fund of National Fund Committee and Shandong Province (U1406404)]. 尚聪聪, E-mail: 13045018596@163.com

① 通讯作者: 陈碧鹃, 研究员, E-mail: chenbj@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2019-12-16, 收修改稿日期: 2020-01-09

生态环境调查、监测和综合质量评价。夏斌等(2010)、崔毅等(2013)和滕瑶等(2018)对靖海湾松江鲈鱼(*Trachidermus fasciatus*)国家级水产种质资源保护区开展了多年连续监测和环境质量综合评价。结果表明,该海域长期处于富营养化状态且有机污染严重。袁健美等(2013)报道了吕泗渔场小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)、银鲳(*Pampus argenteus*)国家级水产种质资源保护区春、夏季环境因子水平,监测结果表明,水体中悬浮物、无机氮(DIN)和磷酸盐($\text{PO}_4\text{-P}$)超标严重,与历史资料相比,该海区富营养化程度加剧。徐衡等(2016)监测和评价了乐清湾泥蚶(*Tegillarca granosa*)国家级水产种质资源保护区水质及沉积物质量状况,表明该保护区综合水质为良,优于乐清湾北部海水养殖区的水质状况,但沉积物中Cu、Zn、Cr和粪大肠菌群超标。

海州湾大竹蛭(*Solen grandis*)国家级水产种质资源保护区,由农业部于2007年12月12日批准建立,主要保护对象为海珍品——大竹蛭。夏斌等(2014)研究表明,2008~2013年夏季海州湾水产种质资源保护区海水环境质量均符合国家I类海水水质标准,属于尚清洁等级,但近年来,对海州湾保护区海水环境质量状况的研究尚未见报道。本研究根据2018年5月和8月对海州湾大竹蛭国家级水产种质资源保护区的生态

环境监测数据,运用综合质量指数法对海州湾保护区的海水环境质量进行综合评价,并从水体营养状况和有机污染状况等不同角度对该海域的海水水质状况进行分析,旨在及时掌握海州湾渔业水域的生态环境质量状况,为海州湾水产种质资源保护提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域

海州湾大竹蛭国家级水产种质资源保护区位于山东省日照市东港区邻近的黄海海域。该保护区总面积为42.88 hm^2 ,其中,核心区面积为15.20 hm^2 ,实验区面积为27.68 hm^2 。核心区特别保护期为每年4~7月。该海域海水水质清澈,海底底质为泥砂质,生态环境良好,是大竹蛭天然资源集中生长繁殖的重要场所。

1.2 站位布设与采样时间

在海州湾大竹蛭国家级水产种质资源保护区内共布设5个调查站位进行海洋环境调查。其中,1~4号站位位于核心区与实验区交界处,5号站位位于核心区(图1)。采样时间分别为2018年5月(春季)和8月(夏季),分别为核心区特别保护期中和保护期后。

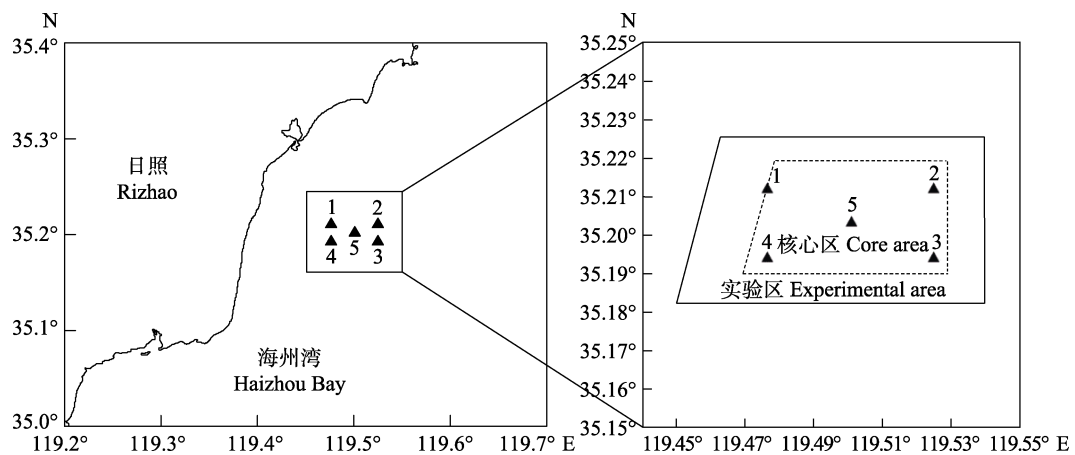


图1 海州湾保护区调查站位
Fig.1 Location of sampling sites in Haizhou Bay

1.3 测定参数与分析方法

海水样品使用 Niskin 采水器进行采集,采样层次为表层。检测项目包括水温、盐度、pH、溶解氧(DO)、化学需氧量(COD)、DIN、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、Cu、Zn、Pb、Cd、Hg、As 以及石油类。所有样品的采集、现场处理及检测分析均依据《海洋监测规范》(GB17378.4-2007)中所规定的方法执行。其中,温度、

盐度及 pH 使用 YSI 多参数分析仪(556MPS, 美国)现场测定; DO 采用碘量法测定; COD 采用碱性高锰酸钾法测定; 亚硝酸盐采用萘乙二胺分光光度法测定; 硝酸盐采用锌-镉还原法测定; 铵盐采用次溴酸盐氧化法测定; $\text{PO}_4\text{-P}$ 采用磷钼蓝分光光度法测定; Cu、Zn、Pb、Cd 采用原子吸收分光光度法测定; Hg、As 采用原子荧光分光光度法测定; 石油类采用荧光分光光度法测定。

1.4 评价方法与标准

1.4.1 综合质量指数法 综合质量指数法能很好地反映某一海域环境综合质量(贾晓平等, 2003), 评价公式:

$$Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

$$P_i = \frac{C_i}{C_s}$$

式中, Q 为综合质量指数, n 为环境因子项数, P_i 为环境因子的污染指数, C_i 为环境因子实测值, C_s 为环境因子评价标准值。

由于海水 pH 的评价标准是一个范围, 其污染指数计算公式(崔毅等, 2013)如下:

$$S_{i,pH} = \frac{|pH_i - pH_{sm}|}{D_s}$$

$$pH_{sm} = \frac{1}{2}(pH_{su} + pH_{sd})$$

$$D_s = \frac{1}{2}(pH_{su} - pH_{sd})$$

式中, $S_{i,pH}$ 为第 i 站 pH 的质量指数, pH_i 为第 i 站 pH 实测值, pH_{su} 为 pH 评价标准上限, pH_{sd} 为 pH 评价标准下限。

海水中 DO 含量随污染程度的增大而减少, 其污染指数计算公式(崔毅等, 2013)如下:

$$S_{i,DO} = \begin{cases} \frac{|DO_f - DO_i|}{DO_f - DO_s} & (DO_i \geq DO_s) \\ 10 - 9 \frac{DO_f}{DO_s} & (DO_i < DO_s) \end{cases}$$

式中, $S_{i,DO}$ 为第 i 站 DO 的质量指数, DO_f 为相同温度相同盐度条件下, DO 的饱和浓度值(mg/L), DO_i 为 DO 的实测浓度(mg/L), DO_s 为 DO 的评价标准值(mg/L)。

本研究调查海域位于海州湾大竹蛭国家级水产种质资源保护区内, 采用《海水水质标准》(GB 3097-1997) I 类标准作为评价标准值, 综合质量指数与环境分级的关系见表 1(夏斌等, 2014)。

1.4.2 富营养化指数法 海水营养水平采用富营养化指数评价, 该方法是目前应用较为广泛的一种方法, 其计算公式(邹景忠等, 1983)为:

$$E = \frac{COD_i \times DIN_i \times PO_4-P_i}{4500}$$

式中, E 为富营养化指数, COD_i 为第 i 站化学需氧量(mg/L), DIN_i 和 PO_4-P_i 分别为第 i 站 DIN 和 PO_4-P 的实测浓度($\mu\text{g/L}$)。当 $0 < E < 0.5$ 时, 海水为贫

表 1 综合质量指数与环境分级关系

Tab.1 The relationship between comprehensive quality index and environmental classification

分级 Classification	水质质量综合指数 Comprehensive quality index (Q)
清洁 Clean	$Q < 0.3$
尚清洁 Slightly clean	$0.3 \leq Q < 0.7$
允许 Permitted	$0.7 \leq Q < 1.0$
轻污染 Lightly polluted	$1.0 < Q < 2.0$
污染 Polluted	$2.0 \leq Q < 3.0$
重污染 Seriously polluted	$3.0 \leq Q < 5.0$
恶性污染 More seriously polluted	$Q \geq 5.0$

营养; $0.5 \leq E < 1$ 时, 海水为中营养; $E \geq 1$ 时, 海水呈富营养化, 且 E 值越高, 海水富营养化程度越严重。

1.4.3 有机污染指数法 采用有机污染指数法评价海水有机污染程度, 其计算公式(蒋国昌等, 1987)为:

$$A = \frac{COD_i}{COD_s} + \frac{DIN_i}{DIN_s} + \frac{PO_4-P_i}{PO_4-P_s} - \frac{DO_i}{DO_s}$$

式中, A 为有机污染指数, COD_i 和 DO_i 分别为第 i 站 COD 和 DO 的实测值(mg/L), DIN_i 和 PO_4-P_i 分别为第 i 站 DIN 和 PO_4-P 的实测值($\mu\text{g/L}$), COD_s 、 DIN_s 、 PO_4-P_s 和 DO_s 分别为对应因子的 I 类《海水水质标准》(GB3097-1997)评价值。依据有机污染分级标准(表 2)(蒋国昌等, 1987)评价以上公式计算结果。

表 2 有机污染指数与海水有机污染等级关系

Tab.2 The relationship between organic pollution index and organic pollution classification in seawater

分级 Classification	有机污染指数 Organic pollution index (A)
良好 Good	$A < 0$
较好 Preferable	$0 < A < 1$
开始受到污染 Begin to be polluted	$1 < A < 2$
轻度污染 Lightly polluted	$2 < A < 3$
中度污染 Moderately polluted	$3 < A < 4$
严重污染 Seriously polluted	$A > 4$

2 结果与讨论

2.1 海水中环境因子的含量水平

2018 年春季和夏季, 海州湾大竹蛭国家级水产种质资源保护区海水中相关环境因子的含量见表 3。从表 3 可以看出, 2018 年春季和夏季表层海水盐度的变化范围分别为 30.02~30.23 和 28.06~28.11, 平均

表3 2018年海州湾大竹蛭国家级水产种质资源保护区主要海水环境因子含量
Tab.3 Content of the water quality factors in Haizhou Bay in 2018

时间 Time	指标 Index	温度 Temperature (°C)	盐度 Salinity	pH	溶解氧 DO(mg/L)	化学需氧量 COD(mg/L)	溶解无机氮 DIN(μg/L)	活性磷酸盐 PO ₄ -P (μg/L)	铜 Cu(μg/L)	锌 Zn(μg/L)	铅 Pb(μg/L)	镉 Cd(μg/L)	汞 Hg(μg/L)	砷 As(μg/L)	石油类 Petroleum (μg/L)
5月 May	范围	19.29~	30.02~	7.98~	8.12~	0.74~	111.03~	1.81~	1.65~	4.83~	0.26~	0.18~	0.024~	0.42~	10.27~
	Range	19.99	30.23	8.10	8.27	1.07	203.02	7.41	2.14	5.68	0.35	0.26	0.039	0.82	36.38
	平均值 Average	19.55	30.13	8.06	8.20	0.89	163.67	3.49	1.87	5.19	0.30	0.20	0.030	0.71	17.38
8月 August	范围	28.03~	28.06~	8.02~	6.17~	0.91~	193.45~	1.49~	1.33~	5.34~	0.27~	0.16~	0.014~	0.92~	9.83~
	Range	28.23	28.11	8.11	6.42	1.15	200.32	4.46	2.34	6.04	0.37	0.28	0.022	1.40	18.06
	平均值 Average	28.14	28.08	8.07	6.27	1.05	196.34	2.67	1.73	5.82	0.32	0.22	0.019	1.20	12.81
平均值 Average	23.84	29.11	8.06	7.23	0.97	180.00	3.08	1.80	5.51	0.31	0.21	0.024	0.96	15.10	

值分别为 30.13 和 28.08。根据我国《海水水质标准》(GB 3097-1997)有关规定, 海州湾大竹蛭国家级水产种质资源保护区的海水水质应符合第 I 类海水水质标准。实际调查数据显示, 2018 年春季 2 号站和夏季 5 号站的 DIN 含量略超出 I 类海水水质标准限值(分别超出 1.51% 和 0.16%), 其他监测因子均符合 I 类海水水质标准, 表明海州湾大竹蛭国家级水产种质资源保护区的海水水质较好。该结果与 2008~2013 年夏季海州湾保护区的海水环境质量评价结果较为相似(夏斌等, 2014), 其中, DIN 含量有所升高, PO₄-P、Zn、Cd 和 As 含量有所下降。与靖海湾松江鲈鱼国家级水产种质资源保护区近年的海水环境质量(滕瑶等, 2018)相比较, 海州湾保护区的 pH、DO 水平较高, 营养盐、重金属含量水平较低。这可能有 2 个原因, 一是相比于靖海湾保护区, 海州湾保护区离陆地较远, 受陆源排污影响较小; 二是靖海湾为半封闭海湾, 而海州湾为半开阔海湾, 后者的海水交换能力和自净能力更强。

2.2 海水综合质量评价

基于海州湾大竹蛭国家级水产种质资源保护区环境因子指标(表 3), 运用综合质量指数法对该保护区的生态环境质量进行综合评价见图 2。从图 2 可以看出, 2018 年春季海州湾调查海域海水综合质量指数范围是 0.31~0.39, 平均值为 0.34; 夏季海水综合质量指数范围是 0.34~0.38, 平均值为 0.36。从调查时间分析, 海州湾保护区海水综合质量指数春季<夏季。从调查站位分析, 2018 年春季和夏季各站位间海水综合质量指数相差较小。总体而言, 2018 年海州湾大竹蛭国家级水产种质资源保护区综合质量指数均处于 0.31~0.39 之间, 平均值为 0.35, 根据综合质量指数与环境分级关系(表 1), 判定调查海域海水质量

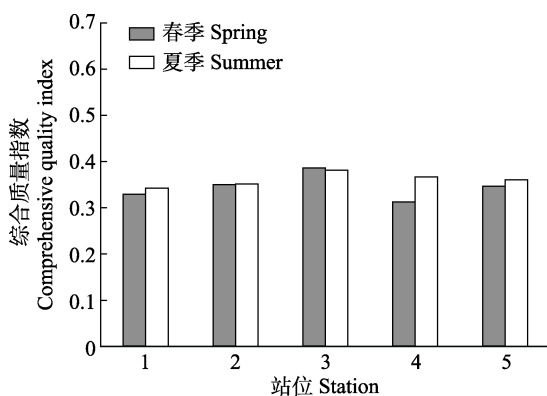


图 2 2018 年海州湾调查站位的综合质量指数
Fig.2 The comprehensive quality index of each station in Haizhou Bay in 2018

等级为尚清洁。与历史调查数据比较, 2008~2013 年海州湾大竹蛭国家级水产种质资源保护区综合质量指数为 0.33~0.68, 同为尚清洁等级(夏斌等, 2014), 表明近年来海州湾保护区环境质量保持较好。贾晓平等(2003)研究表明, 综合评价得出广西北部湾渔场的海水环境综合质量指数为 0.45, 海州湾保护区综合质量指数与北部湾渔场水平相当, 海水环境综合质量较好, 有利于保护大竹蛭的生长和繁殖。

2.3 营养状况评价

海水中的 N、P 等营养盐是浮游植物生长、繁殖所必需的物质, 也是限制初级生产力的关键因子。2018 年春季, 海州湾调查海域 N/P 值为 27.40~88.18, 平均值为 58.97; 夏季海州湾调查海域 N/P 值为 43.80~132.05, 平均值为 87.97。2018 年海州湾大竹蛭国家级水产种质资源保护区 N/P 值均大于 Redfield 系数(Redfield, 1958), 平均值为 73.47, 表明该海域营养盐结构为磷限制。调查数据显示, 该海域海水中 PO₄-P 含量(表 3)远低于浮游植物正常生长所必需的含量(17.98 μg/L)(郭卫东等, 1998), 可能成为影响浮游植物生长繁殖的限制因子。夏斌等(2014)研究表明, 2008~2013 年海州湾保护区的 N/P 值为 16.44~91.62, 平均值为 51.67。与本研究 2018 年对海州湾保护区的调查结果相似, 海州湾保护区 N/P 值远大于 Redfield 比值且 PO₄-P 含量偏低, 可能会影响浮游植物种群结构特征, 进而干扰整个生态系统(赵玉庭等, 2016), 对大竹蛭的生长产生潜在的不利影响。总体来看, 海州湾大竹蛭保护区近 10 年来营养盐结构失衡状况日趋严重, 这与我国近岸海域 N、P 营养盐结构失衡严重结论相一致(孙伟等, 2016)。

2018 年海州湾保护区海水中 DIN 出现超标, 而 PO₄-P 含量缺乏, 进一步使用富营养化指数对该海域的营养状况进行综合评价。结果表明, 2018 年春季海州湾调查海域富营养化指数的变化范围为 0.05~0.27, 平均值为 0.12; 夏季海州湾调查海域富营养化指数为 0.07~0.22, 平均值为 0.12。总体来看, 2018 年所有调查站位富营养化指数均>0.5, 海水为贫营养状况。贾晓平等(2003)评价了广西北部湾渔场海水富营养化指数范围为 0.003~0.083, 平均值为 0.022, 海水处于贫营养状态, 与本研究调查结果相似。胡益峰等(2015)研究了浙江嵊泗马鞍列岛国家级海洋特别保护区的富营养化指数范围为 1.29~4.65, 该海区在不同季节均呈富营养化, 且富营养化程度较严重。海州湾大竹蛭保护区海水营养水平与天然渔场相似, 水质较好, 主要得益于海州湾大竹蛭国家级水产种质资源保护

区的建立,更好地保护了该海域的水质,为大竹蛭提供了良好的栖息环境。

2.4 有机污染评价

根据有机污染评价方法计算得出海州湾保护区的有机污染指数。2018年春季海州湾调查海域有机污染指数为-0.24~0.57,平均值为0.13;夏季海州湾调查海域有机污染指数为0.54~0.81,平均值为0.64。总体而言,2018年海州湾大竹蛭国家级水产种质资源保护区有机污染指数的平均值为0.39。从调查时间分析,海州湾保护区有机污染指数春季<夏季。从调查站位分析,春季1号站和5号站 $A < 0$,属于良好等级,春季其他站位和夏季各站位 $0 < A < 1$,属于较好等级。有机污染指数表明,海州湾保护区有机污染程度较轻。对比富营养化指数和有机污染指数2种评价方法。结果表明,海州湾保护区海水水质较好,富营养化程度和有机污染程度轻微。与其他海域相比,2012~2013年浙江嵊泗马鞍列岛保护区有机污染指数为3.31~4.53,属中度及重度污染(胡益峰等,2015)。2013年莱州湾海域(包括单环刺螠近江牡蛎国家级水产种质资源保护区)有机污染指数平均值为1.61,开始受到有机污染(赵玉庭等,2016)。2014~2016年靖海湾松江鲈鱼保护区有机污染指数的变化范围为4.66~9.23,处于严重污染状态(滕瑶等,2018)。

3 结论

2018年海州湾大竹蛭保护区海水综合质量指数范围为0.31~0.39,海水质量等级为尚清洁。核心区和实验区内各调查站位间海水综合质量指数变化较小。与2008~2013年调查数据相比,海水综合质量指数有所下降,表明近年来海州湾保护区环境质量保持较好。

从营养结构分析,2018年海州湾保护区营养盐结构为磷限制,海水中较低的 $PO_4\text{-P}$ 含量成为影响浮游植物生长繁殖的限制因子。根据富营养化评价,2018年海州湾保护区内各调查站位富营养化指数均小于0.5,海水为贫营养状况。根据有机污染评价,2018年海州湾保护区有机污染指数为-0.24~0.81,表明该水域有机污染程度较轻。

参 考 文 献

Cui Y, Ma FF, Xia B, *et al.* Annual variation and comprehensive evaluation of seawater quality in *Trachidermus fasciatus* Heckel germ plasm resource area at national level in Jinghai Bay. *Progress in Fishery Science*, 2013, 34(6): 1-8 [崔毅,

马菲菲,夏斌,等.靖海湾松江鲈鱼种质资源保护区海水环境质量年际变化趋势及综合评价. *渔业科学进展*, 2013, 34(6): 1-8]

Guo WD, Zhang XM, Yang YP, *et al.* Potential eutrophication assessment for Chinese coastal waters. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 1998, 17(1): 64-70 [郭卫东,章小明,杨逸萍,等.中国近岸海域潜在性富营养化程度的评价. *台湾海峡*, 1998, 17(1): 64-70]

Hu YF, Jiang H, Liu T, *et al.* Partition assessment of water environment quality of Ma'an Archipelago. *Marine Environmental Science*, 2015, 34(2): 239-244 [胡益峰,蒋红,柳涛,等.马鞍列岛保护区海域水环境质量分区评价. *海洋环境科学*, 2015, 34(2): 239-244]

Jia XP, Du FY, Lin Q, *et al.* A study on comprehensive assessment method of ecological environment quality of marine fishing ground. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2003, 10(2): 160-164 [贾晓平,杜飞雁,林钦,等.海洋渔场生态环境质量状况综合评价方法探讨. *中国水产科学*, 2003, 10(2): 160-164]

Jiang GC, Wang YH, Dong HL, *et al.* A preliminary study of the eutrophic extent in Zhejiang coastal area. *Marine Science Bulletin*, 1987, 6(4): 38-39 [蒋国昌,王玉衡,董恒霖,等.浙江沿海富营养化程度的初步探讨. *海洋通报*, 1987, 6(4): 38-39]

Redfield AC. The biological control of chemical factors in the environment. *American Scientist*, 1958, 46: 561-600

Sun W, Tang XC, Xu YD, *et al.* Characteristics of nutrients, restrictive analysis and eutrophication assessment in the Shuangdao Bay, Weihai. *Science Technology and Engineering*, 2016, 16(25): 1671-1815 [孙伟,汤宪春,徐艳东,等.威海双岛湾海域营养盐特征限制性分析与评价. *科学技术与工程*, 2016, 16(25): 1671-1815]

Teng Y, Chen BJ, Xia B, *et al.* Ecological environment quality analysis and evaluation of *Trachidermus fasciatus* Heckel in Jinghai Bay national germ plasm resource area. *Progress in Fishery Sciences*, 2018, 39(2): 34-41 [滕瑶,陈碧鹃,夏斌,等.靖海湾松江鲈鱼种质资源保护区生态环境质量分析与评价. *渔业科学进展*, 2018, 39(2): 34-41]

Xia B, Ma FF, Chen BJ, *et al.* Environmental quality evaluation of *Solen grandis* resources protection area in Haizhou Bay. *Progress in Fishery Science*, 2014, 35(6): 16-22 [夏斌,马菲菲,陈碧鹃,等.海州湾大竹蛭资源保护区海水环境质量评价. *渔业科学进展*, 2014, 35(6): 16-22]

Xia B, Ma SS, Cui Y, *et al.* Synthetic evaluation on environment quality in *Trachidermus fasciatus* Heckel germ plasm resource protection area of Jinghai Bay, in summer, 2008. *Marine Environmental Science*, 2010, 34(2): 476-483 [夏斌,马绍赛,崔毅,等.2008年夏季靖海湾松江鲈鱼种质资源保护区生态环境质量综合评价. *海洋环境科学*, 2010, 34(2): 476-483]

Xu H, Jin K, Lin AN. Yueqing Bay fishery waters and germ plasm resource conservation area monitoring and assessment in 2015. *Journal of Fisheries Research*, 2016, 38(5): 377-385 [徐衡,金凯,林安娜.2015年乐清湾北部渔业水域及种质资源保护区监测与评价. *渔业研究*, 2016, 38(5): 377-

385]

Yuan JM, Tang JH, Beng CK, *et al.* Analysis on relationships between phytoplankton and environmental factors of national aquatic germ plasm protection area in Lüsi fishing ground in spring and summer. *Marine Fisheries*, 2013, 35(2): 152–160 [袁健美, 汤建华, 贲成恺, 等. 吕泗渔场水产种质资源保护区春夏季浮游植物与环境因子初步分析. *海洋渔业*, 2013, 35(2): 152–160]

Zhao YT, Su B, Li JH, *et al.* Evaluation of physicochemical envi-

ronment and water quality in the Laizhou Bay in spring of 2013. *Progress in Fishery Science*, 2016, 37(4): 74–80 [赵玉庭, 苏博, 李佳蕙, 等. 2013 年春季莱州湾海域理化环境及水质状况分析. *渔业科学进展*, 2016, 37(4): 74–80]

Zou JZ, Dong LP, Qin BP. Preliminary study on the eutrophication and HABs in the Bohai Bay. *Marine Environmental Science*, 1983, 2(2): 41–54 [邹景忠, 董丽萍, 秦保平. 渤海湾富营养化和赤潮问题的初步探讨. *海洋环境科学*, 1983, 2(2): 41–54]

(编辑 陈 严)

Ecological Environment Quality Analysis and Evaluation of *Solen grandis* National Germ Plasm Resource Protection Area in Haizhou Bay

SHANG Congcong^{1,2}, XIAO Hui¹, ZHU Lin^{2,3}, XIA Bin^{2,3},
CHEN Bijuan^{2,3①}, CUI Zhengguo², TANG Xuexi^{1,3}, QU Keming²

(1. College of Marine Life Sciences, Ocean University of China, Qingdao 266003; 2. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Key Laboratory of Fishery Resources and Ecological Environment in Shandong Province, Qingdao 266071; 3. Marine Ecology and Environmental Science Laboratory, Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology (Qingdao), Qingdao 266071)

Abstract Anthropogenic activities and environmental contamination have degraded the marine germ plasm resources as well as the environmental quality of their habitats in China. Therefore, China actively promotes the establishment of aquatic germ plasm resource protection areas. However, studies focused on the environmental quality of the germ plasm resource protection areas remain limited. In this study, based on survey data for environmental factors such as nutrients, heavy metals, and petroleum hydrocarbons obtained in May and August 2018, we evaluated the ecological environment quality of a *Solen grandis* national germ plasm resource protection area in Haizhou Bay using the comprehensive quality index. In addition, the eutrophication index and the organic pollution index were used to analyze the water environment quality of the protection area. According to the survey findings, all monitored factors satisfied the class I seawater quality national standard, excluding inorganic nitrogen concentrations at some stations. In 2018, the comprehensive quality index of this *Solen grandis* national germ plasm resource protection area in Haizhou Bay was 0.31~0.39, and the water quality in the area was slightly clean. The N/P ratios were higher than the Redfield ratio and the phosphate concentrations in seawater were much lower than the amounts required for normal phytoplankton growth and development, which implied that phosphorus was a major nutrient limiting biological productivity in the area. The eutrophication index was in the 0.05~0.27 range, which indicated that the nutritional level of the seawater in the protection area was poor. The organic pollution index was in the -0.24~0.81 range, which indicated favorable water quality in the protection area. These evaluation results suggest that the seawater environment quality in the *Solen grandis* national germ plasm resource protection area in Haizhou Bay has been maintained appropriately when compared with the historical survey data from 2008~2013.

Key words Haizhou Bay; Germ plasm resource protection area; Comprehensive quality; Eutrophication; Organic pollution

① Corresponding author: CHEN Bijuan, E-mail: chenbj@ysfri.ac.cn