

丁字湾养殖海域化学指标与营养状况的分析与评价

孙耀 于宏 杨琴芳 宋云利

(中国水产科学院黄海水产研究所, 青岛)

摘要 本文根据1987年对虾养殖期间丁字湾海域的调查结果,以IN、IP、COD和DO为指标参数分析了该海域有机质和营养盐的污染状况和营养类型。分析结果表明,大面积对虾养殖排出的虾塘废水,能引起丁字湾海域有机质和营养盐的严重污染和富营养化,并且这种污染程度和营养类型有明显的季节变化。本文对丁字湾海域的赤潮能否形成也进行了预测。

关键词 营养状况,有机质和营养盐污染,营养类型,虾塘废水

营养物质对海洋的污染是一个普遍存在的问题。过量的有机质和营养盐类排入海洋势必导致局部海域的富营养化或过度肥沃,在一定的条件下,甚至会产生赤潮,引起包括经济鱼类、贝类在内的海洋生物的大量死亡。近年来,随着国内对虾养殖业的迅猛发展,大量含有丰富有机质及其分解产生的氮、磷等营养盐类的虾塘废水排入了沿海海域。了解这些海域营养物质污染程度和营养状况及其变化,对达到既发展水产养殖业又保护海洋环境的目地有着双重的重要意义。我们在对虾养殖期间,对丁字湾海域的有机质和营养盐类的污染程度以及营养类型进行了化学指标方面的分析。现报道如下。

调查区域、方法及其结果

1. 调查区域与方法 丁字湾位于山东半岛东南部的即墨、莱阳和海阳三县交界处,外接黄海,属半封闭型内湾,该湾为正规半日潮,平均潮差约3.5米,港湾面积189平方公里,湾内对虾养殖面积约50平方公里,对虾养殖时间一般5月底至10月初。湾内污染物质主要来源于含有大量生物遗骸和残饵及其分解产生的氮、磷等营养盐类的虾塘废水。丁字湾调查区域见图1,共设9个站位,调查时间在一九八七年五、七、八、九、十月,计五个航次进行。采集表层水进行现场分析。

2. 测量结果 各种化学指标参数测定结果列于表1。

各种化学指标参数的季节变化

海水水域的营养状况评价国内外已有多种方法^[1, 2-7],但是迄今尚未有一个统一的方法

法和标准可循,其中化学指标参数主要包括,无机氮(IN),无机磷(IP),总氮(TN),总磷(TP),化学耗氧量(COD),溶解氧(DO)等。从图2可见各站化学指标参数平均值的季节变化。IN、IP、TN、TP和COD均在对虾养殖前的五月和虾塘废水排出的高峰季节九月分别有一年中的最低值和最高值;TN和TP在五至七月含量较低且相对变化较小,八月出现较大幅度跃升,八至十月保持相对高值,这与七月以前虾塘水质情况良好而较少进排水,八月以后随着水温升高,有机质分解速度加快,对虾个体增大、投饵量增大、虾塘水质状况日趋恶劣,不得不保持尽可能大量虾塘进排水的情况相符;与TN、TP不同,IN、IP

表1 指标参数测定值

Table 1 parameters obtained from sampling

时 间	站 位	IN ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	IP ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ $\times 10^{-3}$)	TN ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	TP ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ $\times 10^{-3}$)	COD ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	DO ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	水温($^{\circ}\text{C}$)
五月	1	0.01	0.37	0.18	0.68	1.24	8.88	12.6
	2	0.08	0.50	0.19	0.56	1.86	8.70	12.8
	3	0.05	0.25	0.20	0.50	1.30	8.68	12.8
	4	0.06	0.31	0.23	0.37	1.40	8.52	12.9
	5	0.07	0.25	0.21	0.58	1.69	8.63	13.1
	6	0.04	0.62	0.19	0.81	1.18	8.60	13.2
	7	0.08	0.47	0.25	0.53	1.64	8.40	13.9
	8	0.10	0.64	0.39	0.65	2.05	8.29	13.6
	9	0.16	0.56	0.48	0.59	1.95	8.29	13.5
七月	1	0.01	0.16	0.87	1.64	2.00	6.98	23.8
	2	0.01	0.19	0.27	1.80	1.92	6.90	23.8
	3	0.02	0.25	0.10	1.15	2.11	6.82	24.6
	4	0.01	0.47	0.65	2.63	2.23	6.70	24.3
	5	0.03	0.53	0.30	1.46	2.08	6.65	24.3
	6	0.01	1.15	0.63	1.36	2.57	6.85	24.6
	7	0.04	0.68	0.26	1.98	1.23	6.50	25.3
	8	0.06	0.65	0.53	3.04	1.83	6.52	25.5
	9	0.06	0.77	0.68	—	1.80	6.46	26.2
八月	1	0.03	0.37	1.86	5.45	1.83	6.40	26.6
	2	0.10	0.43	1.41	2.11	2.01	6.45	26.4
	3	0.01	0.88	0.75	2.39	1.99	6.53	26.6
	4	0.06	0.65	1.70	4.27	1.98	6.39	27.4
	5	0.09	0.34	1.62	3.81	1.79	6.22	26.8
	6	0.13	0.37	1.07	1.77	2.05	6.40	27.3
	7	0.19	1.24	1.69	2.57	2.20	6.60	27.5
	8	0.25	0.65	3.42	2.32	2.48	6.75	27.6
	9	0.34	0.93	2.96	3.47	2.74	6.47	27.5
九月	1	0.57	0.53	1.81	3.22	2.68	7.67	25.0
	2	0.59	0.68	1.98	2.48	1.79	7.38	25.0
	3	0.71	1.98	1.96	3.87	1.60	6.92	24.5
	4	0.64	1.24	2.37	3.16	2.18	6.80	25.1
	5	0.61	0.71	2.79	2.84	1.96	7.20	24.7
	6	0.45	0.74	1.61	2.63	2.59	6.87	25.1
	7	0.92	1.77	3.06	3.56	1.90	7.17	24.3
	8	0.93	1.43	2.94	3.72	3.06	7.60	24.9
	9	0.93	1.21	4.67	5.02	3.58	7.62	24.9
十月	1	0.01	0.16	1.86	2.66	1.19	8.36	15.9
	2	0.03	0.22	1.74	1.39	1.63	8.15	15.7
	3	0.10	0.68	1.47	2.14	1.77	8.02	15.2
	4	0.14	0.68	1.46	1.36	1.34	7.75	15.5
	5	0.11	1.02	2.13	2.91	1.75	8.10	15.3
	6	—	0.65	0.79	2.20	0.98	8.36	14.0
	7	0.29	0.77	2.57	3.62	2.81	7.87	13.6
	8	0.38	2.63	3.53	4.74	3.53	8.02	13.0
	9	0.48	1.43	4.70	4.99	3.40	7.97	12.8

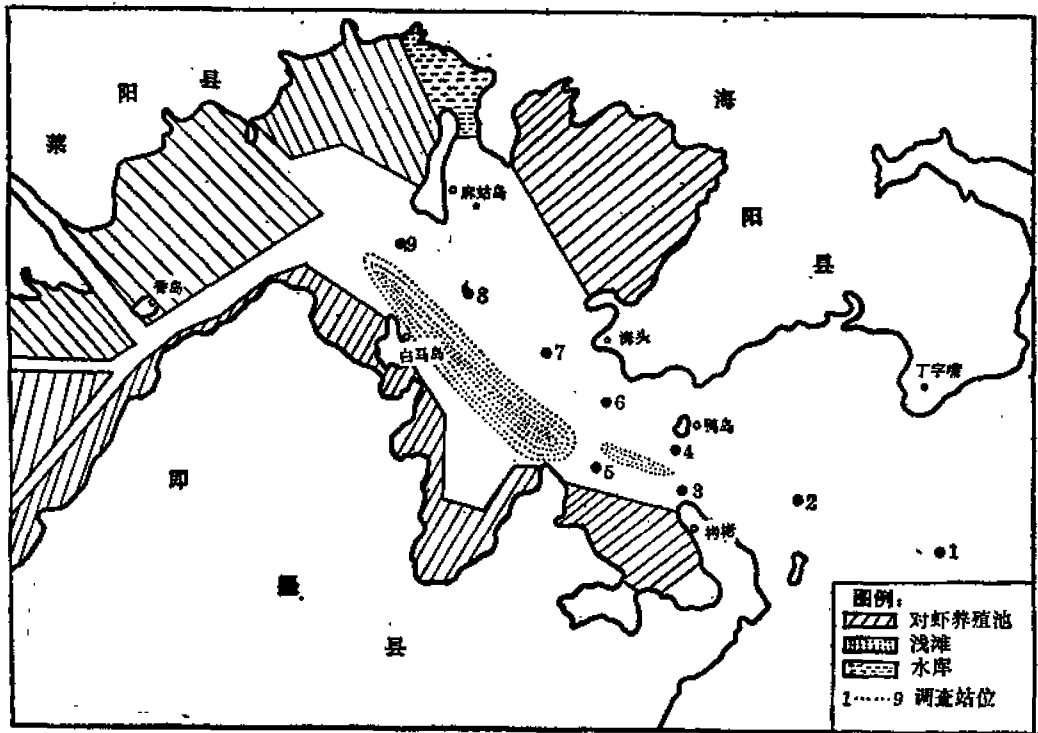


图1 调查区域示意图

Fig. 1 Investigation areas

表2 污染评价分级表

Table 2. Grading of pollution degrees

A 值	污染程度分级	水质质量评价
<0	0	良好
0-1	1	较好
1-2	2	开始受到污染
2-3	3	轻度污染
3-4	4	中度污染
4-5	5	严重污染

表3 A值

Table 3. A values

时 间 站 位	五月	七月	八月	九月	十月
1	<0	<0	<0	5.40	<0
2	<0	<0	0.87	5.47	<0
3	<0	<0	<0	7.57	0.44
4	<0	<0	0.71	6.60	0.75
5	<0	0.01	0.49	5.58	0.74
6	<0	0.36	0.95	4.48	—
7	<0	<0	2.14	9.58	2.78
8	0.43	0.07	2.41	9.75	5.14
9	0.96	0.42	3.64	9.78	5.29

在五月至八月保持较低水平,仅在九月出现较大幅度的跃升,十月又迅速降低至较低水平;显然 TN、TP 在八、九、十月保持高值与 IN、IP 仅在九月出现峰值的差异,与 TN、TP 分解为 IN、IP 的时间过程和水温有关;DO 的季节变化则主要是由水温决定的。鉴于丁字湾海域这种 TN、TP 与 IN、IP 之间消长规律的差异及其有机氮、有机磷并非生物有效吸收形态的原因,本文选用 IN、IP、COD 和 DO 评价该海域的营养状况。

有机质和营养盐污染状况分析

根据污染评价公式(1)及其分级(见表 2),

$$A = \frac{\text{COD}_t}{\text{COD}_0} + \frac{\text{IN}_t}{\text{IN}_0} + \frac{\text{IP}_t}{\text{IP}_0} - \frac{\text{DO}_t}{\text{DO}_0} \quad (1)$$

式中: A——污染指数

COD_t、IN_t、IP_t、DO_t——实测值

COD₀、IN₀、IP₀、DO₀——评价标准

选用海水一类水质标准,分别为 3.0, 0.10, 0.015 和 5.0mg/L。定丁字湾海域有机质和营养盐的污染程度(见表 3)。五月至七月丁字湾海域水质良好或较好,八月随虾塘废水排出量的增大,湾内顶部开始出现中、轻度污染,九月即虾塘废水排出的高峰季节,整个海湾呈严重污染状态,十月对虾养殖基本结束,随海水的不断交换,除湾内顶部外,湾口和湾中部的污染都已基本消除。显然,对虾养殖能够造成沿海海域的有机质和营养盐污染,但是仅发生在养殖后期的虾塘废水排出高峰季节,并且对虾养殖结束后将逐渐消失,污染程度和时间长短则决定于海域的水交换能力和对虾养殖面积、密度等。

营养类型划分

(一) 单项指标分析

单项指标标准值参考国内外对防止赤潮发生而提出的富营养化临界值^[1,3,5,7],拟定 COD₁—3mg/L, IN_{0.2}—0.3mg/L, IP_{0.015}—0.02mg/L 为富营养阈值。

1. 化学耗氧量 除八、九月湾内顶部过营养外,其余均为富营养水平。

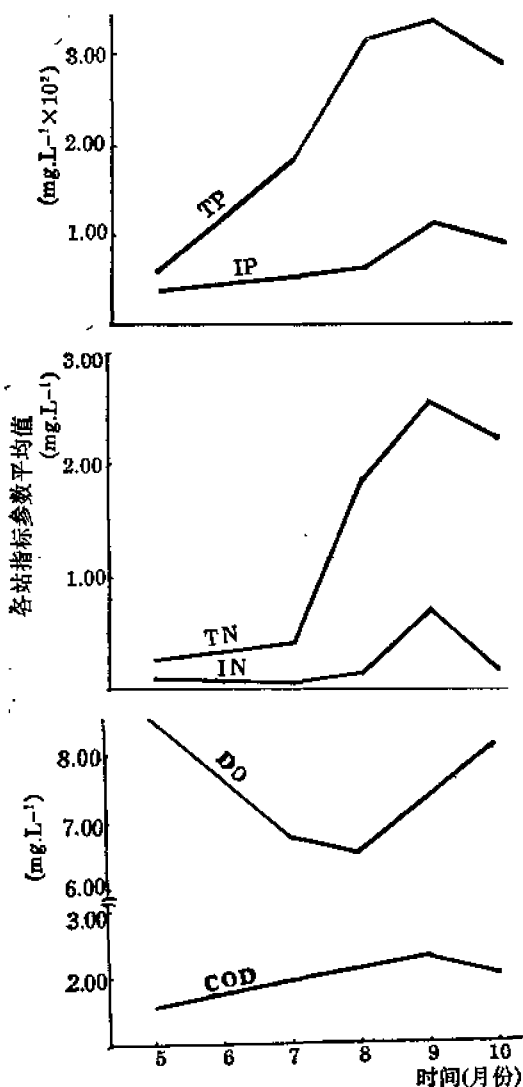


图2 各站指标参数平均值的季节变化

Fig. 2 Seasonal change in mean values of parameters

2. 无机氮 五月至七月丁字湾海域均未达到富营养水平, 八月、十月仅湾内顶部达到富营养水平甚至过营养水平, 九月整个丁字湾海域呈过营养型。

3. 无机磷 除八月、九月在丁字湾内顶部呈富营养型外, 其余均未达到富营养水平。

(二) 综合分析

采用目前国内常采用的营养程度评价公式(2)来划分丁字湾海域的营养类型, 当该式的计算结果大于或等于1时, 即为富营养型^[1,8,5]。

$$\frac{\text{COD}(\text{mg/L}) \times \text{IN}(\mu\text{g/L}) \times \text{IP}(\mu\text{g/L})}{1500} \geq 1 \quad (2)$$

根据调查计算结果(见表4)表明, 五月至七月丁字湾海域未达到富营养水平, 八月湾内顶部开始呈富营养型, 九月整个海域呈富营养型, 并且其程度从湾内顶部、湾中部、湾口依次减少, 十月湾口营养水平转变为贫脊型, 湾内顶部、湾中部仍呈相对九月程度较低的富营养水平。上述两种方法对丁字湾海域的评价结果表明, 该海域由于受虾塘废水的影响, 营养类型有十分明显的季节变化, 与有机质和营养盐污染趋势相同, 污染和富营养化都是八月从受虾塘废水影响较严重的湾内顶部开始, 九月遍及整个海域, 十月对虾养殖结束后从湾口开始消失。对该海域富营养化有贡献的指标参数主要是 IN 和 COD, IP 则基本处于贫脊状态。

表4 综合评价值

Table 4. Values through synthetic evaluation

时 间 站 位	五月	七月	八月	九月	十月
1	0.03	0.02	0.14	5.30	0.01
2	0.14	0.02	0.58	4.79	0.07
3	0.11	0.07	0.09	15.0	0.80
4	0.17	0.07	0.77	11.5	0.85
5	0.20	0.22	0.37	3.98	1.31
6	0.20	0.20	0.66	5.75	—
7	0.41	0.22	3.46	20.6	4.18
8	0.88	0.29	2.69	27.1	23.9
9	1.17	0.55	5.78	26.9	15.6

IN、IP 比值

丁字湾海域的 IN、IP 比值列于表5。从表5可见, 该海域的 IN、IP 比值有明显的季节变化, 其中 IN、IP 比值在九月出现 69.2 的峰值, 远高于其它月份, 这说明在有机质

表5 IN与IP比值
Table 5. The ratio of IN to IP

时 间	IN: IP
五月	16.0
七月	5.5
八月	22.1
九月	69.2
十月	19.0

和营养盐污染严重并且呈富营养型的九月,该海域IN远比IP丰富,从前一节可见,即使在九月,IP也基本处于贫脊状态,因此,IP是丁字湾海域初级生产力增长的限制因子。

丁字湾海域赤潮预测

海域富营养化和赤潮是两个不同的概念,前者是后者的物质基础,但是富营养化海域未必一定能发生赤潮。目前普遍认为丰富的营养盐是产生赤潮的主要原因,而铁、锰等微量元素以及一些特殊的有机物质,如四氮杂茛、间二氮杂苯、酵母和蛋白质的消化分解液以及适量纸浆等也是刺激赤潮生物大量繁殖的重要因素^[1-3,5]。

有人曾根据赤潮生物增殖原因将其分为三类,第一类是依靠营养盐(氮、磷)急剧增殖的赤潮生物;第二类是加入铁、锰等微量元素后急剧增殖的赤潮生物;第三类则是海水中存在特殊有机物质时急剧增殖的赤潮生物^[2]。根据上述三类赤潮生物的划分进行分析,(1)丁字湾海域基本上属于单纯虾塘废水污染海域,不存在引起铁、锰和特殊有机物等污染的因素,所以第二类、第三类赤潮生物在该海域迅速增殖而形成赤潮的可能性基本可以排除;(2)虾塘废水含有大量生物遗骸和残饵等及其分解产生的氮、磷等营养盐,在九月即虾塘废水排出高峰季节能够造成丁字湾海域的严重污染,使IN和COD呈富营养或过营养水平,但由于IP始终处于贫营养水平,从而构成第一类赤潮生物迅速增殖的限制因子;(3)丁字湾海域水交换能力较强,有机质和营养盐污染不能在湾内持续积累,以及该海域溶解氧一般保持在正常范围内,均构成赤潮生物增殖的限制因子。因此,丁字湾海域现在还未具备发生赤潮的条件。从图1可见,丁字湾对虾养殖已达饱和状态,可至今并未有赤潮发生,可以推测,只要丁字湾海域不改变其污染类型,一般不会发生赤潮。

小 结

通过对丁字湾海域营养状况的分析表明,受大面积对虾养殖排出虾塘废水的影响,该海域的有机质和氮、磷等营养盐污染及其营养类型有明显的季节变化。在对虾养殖前期即五月至七月,丁字湾海域水质状况良好,呈贫营养型,八月污染和富营养化从受虾塘废水影响较严重的湾内顶部开始,至九月遍及整个丁字湾海域,十月对虾养殖结束后,随湾内海水的不断交换,又从湾口逐渐消失。

丁字湾基本上属于单纯虾塘废水污染海域,不存在铁、锰等微量金属和特殊有机物急剧增殖赤潮生物的因素,又由于在污染严重和呈富营养型的九月,IN与IP比值较高,而IP相对短缺,以及该海域水交换能力较强,有机质、营养盐不容易在湾内积累和该海

域溶解氧一般处于正常水平等因素,都构成该海域赤潮生物急剧增殖的限制因子。所以,目前丁字湾海域还不具备赤潮发生的条件。

参 考 文 献

- [1] 田家怡等,1983。黄河口附近海域有机污染与赤潮生物的初步调查研究。海洋环境科学,2(1):46—53。
- [2] 国家海洋局《国外海洋污染概况》编译组,1974。国外海洋污染概况,123—148。石油化学工业出版社。
- [3] 邹秉忠等,1983。渤海湾富营养化和赤潮问题的初步探讨。海洋环境科学,2(2):41—54。
- [4] 陈于望,1987。厦门港海域营养状况分析。海洋环境科学,6(3):14—19。
- [5] 蒋国昌等,1987。浙江沿海富营养化程度的初步探讨。海洋通报,6(4):38—46。
- [6] 西条八束,1979。内湾の富栄養化—三河湾の場合。用水と廃水,15:9—24。
- [7] 青木阳二弓,1979。富栄養化指标—水环境指标。思考社。

ANALYSIS AND EVALUATION OF NUTRITIONAL CONDITION AND CHEMICAL INDEXES IN DINGZI BAY WATERS

Sun Yao, Yu Hong, Yang Qinfang and Song Yunli

(Yellow Sea Fisheries Research Institute, CAFS, Qingdao)

ABSTRACT Pollution condition of organic matter and nutrient salts and nutrition type were analysed in the investigation of Dingzi Bay waters during shrimp culture season in 1987. The results showed that the waste water discharged from large area shrimp ponds could result in eutrophication in the bay and thus cause serious pollution of organic matter and nutrient salts. Pollution degree and nutrition type evidently varied in season. IP was a restrictive factor that limited the increase of primary production in the waters. The possibility of occurrence of red tide in Dingzi bay waters was also discussed.

KEYWORDS nutritional condition, pollution of organic matter and nutrient salts, nutrition type, waste water discharged from shrimp ponds