

养殖环境中的 生态因子

程波 主编

海洋出版社

Q111
C376:1

养殖环境中的生态因子

程波 主编

海洋出版社

1994年·北京

内 容 简 介

本书对养殖环境中多个生态因子进行了较全面、系统的调查研究。书中详细地介绍了山东省几个地区的养殖环境及其不同时期的主要生态因子，探讨了诸因子对底栖生物的制约关系，并提出了环境中有关生态因子的适中标准；同时，将水质-底质-生物作为一个完整的体系，探讨了有关界面的地球化学问题，及生物地球化学问题。

本书可供从事地球化学、生物学、环境科学等学科有关科研、教育、环保、调查、养殖，以及管理工作参考。

(京)新登字087号

养殖环境中的生态因子

程 波 主编

*

海洋出版社出版(北京市复兴门外大街1号)

新华书店北京发行所发行 昊海印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32印张: 5.875 字数: 130千字

1993年12月第一版 1993年12月第一次印刷

印数: 1—500

*

ISBN 7-5027-3976-9/Q·111 定价: 5.00元

前 言

养殖池是一个生态系统，也就是说，是在一定空间内，生物和非生物的成分，通过物质的循环和能量的流动而互相作用、互相依存所形成的一个机能系统^{〔1〕}。我们在这里研究的主要是对虾池及对虾、海参混养池中的生态因子与养殖生物之间的相互关系。众所周知，所谓生态学即是生物与其周围环境之间相互关系的一门学科。因此，我们所研究的内容属生态学范畴，具体来说是个体生态问题。个体生态学是以生物个体为单位，研究其与光、热、水、空气、营养等环境因子的相互关系^{〔2〕}。养殖池的环境包括水质和底质，它们是生物赖以生存的物质和能量的源泉及活动场所。其中底质环境是底栖生物——对虾、海参的重要生活园地，它的性质及状态直接或间接地影响着底栖生物的生存、发育和生长。底质的表面分布着许许多多活性物质，它与水体接触时，即发生吸着、交换等极其复杂的反应。

水质和底质的交换，实质上是在固-液界面上发生的复杂的物理、化学反应。底质，一方面是污染物的垃圾箱，另一方面又是营养物质的宝库，它既为水体提供了自净条件，又是水体二次污染的污染源，对水质的变化起着重要的作用，同时还能为生物提供营养。养殖池的水质和底质二者间有着不可分割的关系，所以研究养殖环境中的生态因子必须对底质、水质同时进行研究。目前，对水环境中生态因子的

研究资料较多，而有关底质方面的资料却罕见。针对这种情况，我们重点突出对底质环境中生态因子的研究。

养殖池底质的组成可分两大类：一类是无 机物（主要有砾、砂、粘土、矿物等），另一类是有机物（主要有生物、生物尸体、残壳、排泄物等）。表层底质属于淤泥性质，富含有机物。我们重点研究这一层。它是底栖生物直接利用和作用的一层，也是与水直接接触，进行物质交换补充的一层，可以说是极其活跃的一层。例如养殖池底质与水接触时，水中不溶物不断地通过这个接触面，也即固-液界面沉积于池底。池底质在底栖生物的搅动及水动力等作用下再悬浮，使物质重新返回水体，因而界面始终存在着物质交换的动态平衡过程。这一过程与水体的pH、Eh、矿化度等物理化学条件及生物过程有着密切关系，同时与底质的组成、结构、底质的物理、化学性质等有关。由此可见，底质环境的研究，具有重要的理论价值和经济效益。底质环境是一个极其复杂多变的体系，不但存在物理、与学反应，而且还有重要的生物地球化学过程。有机物的降解，即是重要的反应之一。底质环境的富氧和缺氧状态，对界面的物质交换起着控制作用。通常，在富氧条件下，氧化作用强，例如，不溶性金属化合物被转化成可溶性盐类，返回水体，可能会使水体遭受二次污染，导致生物中毒。相反在缺氧条件下，底质中的硫化物与痕量金属（Cu、Pb、Zn、Cd），生成各种矿物质沉积于池底，起到净化水体的作用；但生成的 H_2S 、 NH_3 等，可使生物中毒死亡。必须特别指出的一点是，底质的自净能力差，一旦被污染，不易清除，所以保护环境尤为必要。

为了深入研究养殖环境中的生态因子，我们选择了不同地区、不同代表池，不同时期的水质底质样品及对照（环形沟）样，进行了对比研究（见表）。

养殖池简介

地区	池号	hm ²	建池时间 (年)	养殖情况	产量 kg/hm ²	取样时期
威海 盐场	5*	3.5	1983	历年比较好	749上下	1.本底期（清池 后纳水前，3—4 月份） 2.肥水期（浮游 生物生长繁殖 期，5—6月份） 3.高温期（虾长 成期，有机物矿 化期，7—8月份） 4.收后期（排水 收虾后，11—12 月份）
	12*	4.9	1983	历年比较差	375—490	
	13*	3.0	1983	虾、参混养	4125(虾)	
日照 安东卫 盐场	1*	3.1	1984	历年比较差	1126左右	
	10*	2.7	1987	历年比较好	2247—	
	11*	2.7	1987	稍比10*池差	2996以下	
	29* 暂养池	1.9	1985	虾产量最低	亩产 几拾斤	
日照小海 育苗场	2*	0.67	1984	历年比较好	1119— 1492多	
	3*	1.6	1984	历年比较差	750多	

表中提到的1、4取样时期，只取底质样，其他两个时期底质和水质同时取样，并以环形沟为对照池。

经过历时两年多的野外作业及实验室的测定工作，并且在对所获得的数据进行分析整理的基础上，我们撰写了《养殖环境中的生态因子》一书。在书中我们首次提出：1.养殖池中比较适中的悬浮物含量范围及悬浮物组成；2.化学耗氧量的适中值；3.水体中N:P的最佳比值范围；4.底质pH的最佳值；5.对虾、海参混养能降低环境中的硫化物；6.仅测底质中的有机质，不能确切地判断养殖池是否肥沃，必须同时测定氮和磷，以及判断清池好坏的不同粒级中的有机质含

量范围；7. 高温期（虾长成期）底质中Zn的含量，比本底期降低几倍，甚至十几倍。故而应同时增加水体中Zn的量；8. 养殖池中叶绿素，a合理的含量范围；9. 养殖池中ATP的适中范围。

我们提出的以上理论来之于生产实践，因此，具有指导生产的价值，并能产生一定的经济和社会效益。此外，我们对养殖池所做的系统研究，可以说在国内外尚属首次。

本书为集体智慧的结晶，采用分章节由专人执笔的方法完成。其中，程波——前言；于顺、程波、金冶先——第一章；程波、周希林、贾秀芳、王相芹——第二章；吕培顶、牟敦彩、陈皓文——第三章；程波、乔聚海——第四章。全书由程波统稿，英文目录由张树茂翻译。参加野外作业和室内工作的同志还有：刘峰、臧家业、李泽林、王军、宋庆云、任红、王慧艳、邹淑美、杨虎平、李凤（日照）、王瑛（威海）等。本课题得到国家海洋局、第一海洋研究所，以及一所三、六、七研究室有关部门和领导的大力支持和帮助，还得到日照市安东卫盐场、日照小海育苗场和威海盐场领导的热情关怀和协助，以及科学院海洋研究所顾宏堪教授的热情指导，东营市钻井总公司外事办李富鸿高级工程师的帮助，在此谨表衷心感谢。本书由于时间及编者水平所限，在理论的阐述和实际问题的分析等方面，难免会有不少缺点和错误，恳请批评指正。

目 录

第一章 养殖池水环境中的生态因子	(1)
第一节 悬浮物	(1)
第二节 水温和盐度	(15)
第三节 溶解氧	(20)
第四节 pH、化学耗氧量和硫化物	(30)
第五节 营养盐	(37)
第六节 痕量金属 (Cu、Pb、Zn、Cd)	(53)
第七节 小结	(55)
第二章 养殖池底质环境中的生态因子	(60)
第一节 粒度	(60)
第二节 底质环境的pH、Eh和硫化物	(70)
第三节 底质环境的氮、磷和有机质	(86)
第四节 底质环境的痕量金属 (Cu、Pb、Zn、 Cd)	(94)
第三章 养殖池环境中的生物因子	(108)
第一节 叶绿素	(108)
第二节 ATP	(127)
第三节 微生物	(145)
第四章 不同养殖环境的对比研究	(160)
第一节 不同养殖池的生态因子	(158)
第二节 物质和能量的界面转换和传递	(163)

第三节 结束语	(170)
参考文献	(177)

第一章 养殖池水环境中 的生态因子

大家公认，水质是养殖中极其重要的研究对象，因为它对养殖事业影响最直接。水产养殖直接与水发生关系，所以，人们都非常重视这方面的研究，资料也颇多。但像我们这样选择不同代表池在不同时期对水质、底质、生物同时取样进行多个要素的系统研究，目前还没见报道。我们于1990—1991年在威海和日照共选定了9个代表池，分别按不同时期——肥水期和高温期，测定并研究了养殖池水环境中的多个生态因子，其中包括：悬浮物、温度、pH、盐度、溶解氧、化学耗氧量、硫化物、营养盐（ $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ 、 NO_3^--N 、 NO_2^--N 、 NH_4^+-N ）、痕量金属（Cu、Pb、Zn、Cd）等。同时，还选定日照地区的1#池进行周日和昼夜变化的观测和研究。

第一节 悬 浮 物

一、引言

悬浮物有人亦称悬浮体，J.P.赖利将海水中的悬浮物定义为“能在海水中悬浮相当长时间的固体颗粒”〔8〕。近几年来，对总悬浮物的研究越来越深入，除了空间分布以外，还扩

展到包括化学和同位素方面的问题^[4]。对海水悬浮物的研究已得到广泛重视^[5, 6, 7, 8, 85, 86]，但关于养殖池水中的悬浮物研究，目前尚未查到。

养殖池水中的悬浮物与养殖密切相关，它是养殖池水透明度的制约因素，能影响太阳辐射，影响养殖池中浮游植物的光合作用，影响初级生产力，最终影响养殖生物的产量和规格。

养殖池的悬浮物组成系指无机和有机颗粒物质，它们包括：活体微型浮游生物、细菌、粪粒、残饵、生物残骸碎屑、生物尸体、壳皮、海水中生成的有机聚合体和无机胶体化合物、泥沙等。我们认为，养殖池的悬浮物，有机成份占相当大的比重。海水中悬浮物的性质和浓度有相当大的可变性^[9]。我们说养殖池中的悬浮物可变性更大，因为一方面影响因素太多，另外，很不稳定，随时有变化。养殖池悬浮物的来源主要有以下几方面：①纳水或换水引进外海水的悬浮物；②养殖池中悬浮的无机和有机的颗粒物质；③因换水和底栖生物的搅动及风浪的作用等使池底沉积物再悬浮；④投饵等。影响养殖池悬浮物的因素也是多方面的，主要有外海海水悬浮物的引进，沉积物的再悬浮，投饵，浮游动植物的繁殖，生物的残体、壳皮、尸体等等。

总之，养殖池的悬浮物含量直接影响养殖池的水色和透明度，直接影响养殖业，所以测定研究养殖池的悬浮物颇有意义。

1990年我们在肥水期和高温期，从威海盐场三个养殖池，表层水和底层水的进口、中部和出口，分别共取了42个水样。1991年在肥水期和高温期，又从日照安东卫盐场和小

海育苗场六个养殖池，取进口、中部和出口水样共 104 个，现场进行处理，带回实验室测定悬浮物浓度。测定方法：取水样 500ml，采用 0.45 μ m 的滤膜，进行真空过滤，烘干、恒温 2 小时后称重。样品不进行任何物化处理，然后用 TA-II 型库尔特分析仪测定。

二、威海养殖池水中悬浮物的分布特征

1. 5 号池的悬浮物

5 号池肥水期表层水悬浮物含量平均 45.4mg/L，底层水悬浮物为 45.0mg/L，总平均为 45.2mg/L，对照池为 21.5mg/L，低于养殖池。因为肥水期养殖池的水深一般在 60—80cm，比较浅，因此表层水和底层水的悬浮物含量基本相同。悬浮物的分布模式，进口含量最低（26mg/L），中间最高（70.2mg/L）。5 号的悬浮物属于比较均匀的粉砂型，中值粒径在 6.127—6.702mm 之间变化。另外由表 1-1-1 可以看出，肥水期 5 号池的悬浮物含量与中值粒径呈负相关关系，与分选系数呈正相关关系。因为肥水期不换水也未投苗，是浮游动植物生长繁殖时期，此时的悬浮物主要是活体浮游生物、细菌等，其粒径比较小而均匀。表层光合作用比底层强，生物生长繁殖比较好，悬浮物含量高，分选也好，故呈正相关。

高温期也是矿化期，是有机物氧化分解转化为无机物的时期，悬浮颗粒不断沉淀，所以高温期 5 号池悬浮物的含量比肥水期低几倍甚至十几倍。高温期表层水悬浮物平均为 6.7mg/L，底层水为 14.7mg/L，平均为 10.7mg/L，此时对照池悬浮物含量为 19.0mg/L，高于养殖池。悬浮物分布

表1-1-1 5号池悬浮物含量与中值粒径 (Mdφ)
和分选系数 (Qdφ) 的相关值

分析项目		总Mdφ	总Qdφ	表水Mdφ	表水Qdφ	底水Mdφ	底水Qdφ
悬浮物							
肥水期	悬浮物含量	-0.889	+0.596	-0.999	+0.946	-0.914	+0.459
高温期	悬浮物含量	+0.666	-0.053	+0.598	-0.706	+0.833	-0.398

进口最低 (3.5mg/L)，出口最高 (12.0mg/L)。高温期5号池悬浮物的含量与中值粒径和分选系数的相关恰好与肥水期相反。因高温期又是有机物分解转化为无机物的矿化期，生成不溶矿物沉积于池底，另外此时虾体已达7—8cm，其残骸碎屑、粪粒、残饵等悬浮颗粒种类多样，大小不匀，因此分选不好 (见表1-1-1)。

5号池悬浮物与水质中营养盐之间的关系见表1-1-2。由表1-1-2可见，肥水期悬浮物与营养盐之间为负相关。表层除与 NO_3^- -N是很好的负相关外，与其他相关性极差；底层水负相关明显。因为肥水期是浮游植物大量繁殖的时期，养殖池的悬浮物主要是浮游植物，其次是浮游动物，以及少量的粘土矿物，池内的营养物质被浮游生物吸收和吸附，所以悬浮物与营养盐呈负相关。高温期除与 PO_4^{3-} -P呈负相关外，其他皆为正相关。事实说明，此时 PO_4^{3-} -P不是生成不溶物沉淀于池底，就是被生物利用。其中硝酸盐、亚硝酸盐和铵盐再生迅速，补充快。底层水中除与 NO_3^- -N呈比较好的正相关外，与

其他几项相关性差或没有相关。证明底层受吸附沉淀和再悬浮影响大而复杂,故没有什么规律性,同时也说明 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 比较稳定。

表1-1-2 5号池悬浮物与营养盐和硫化物之间的相关值

分析项目			$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$	$\text{NO}_2^-\text{-N}$	$\text{NO}_3^-\text{-N}$	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	S^{2-}
悬浮物							
肥水期	悬浮物	表层水	-0.336	-0.0414	-0.966	-0.467	+0.417
	含 量	底层水	-0.942	-0.968	-0.769	-0.920	-0.796
高温期	悬浮物	表层水	-0.887	+0.838	+0.980	+0.998	+0.521
	含 量	底层水	-0.205	-0.302	+0.655	+0.041	+0.878

肥水期5号池表层水的悬浮物与硫化物似乎没有相关性,底层水呈明显的负相关,证明底层硫化物沉积作用比表层强,所以底层呈负相关。高温期表、底层皆为正相关,只是底层更强一些,因为此时是有机物分解转化为无机物的矿化期,生成难溶的矿物以沉积为主。

2. 12号池的悬浮物

12号池肥水期表层水悬浮物含量平均为58.2mg/L,底层水平均为52.2mg/L,总平均为55.2mg/L;对照池为2.0mg/L,大大低于养殖池。表层、底层悬浮物含量相差不大,因此时池水比较浅($<1\text{m}$)。悬浮物分布除出口表层含量最高(76.5mg/L),底层含量最低(12.0mg/L)以外,进口和中部皆是表层含量低于底层,这与沉积物再悬浮

有关。12号池悬浮物的颗粒比较细，为粘土质粉砂型。

高温期12号池粒度定名为粉砂型，悬浮物含量表层平均为51.2mg/L，底层平均为40.7mg/L，总平均为45.9mg/L；对照池2.25mg/L。其分布特征，表底由进口至出口含量由小到大急剧上升，这与沉积物再悬浮有关。12号池悬浮物与相应养殖池的营养盐和硫化物的相关分析见表1-1-3。由表1-1-3可见，表层水的悬浮物含量与 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{Md}\phi$ 呈正相关，其余几项为负相关。肥水期养殖池的悬浮物主要是浮游生物，由此可知， $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 不足，对浮游生物生长繁殖不利，其中硫化物少和 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 高，则有利于浮游生物的繁殖。高温期表层悬浮物含量除与 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 为负相关外，其他皆是正相关，底层规律性不强。因高温期悬浮物的组成主要是饵料、粪便等有机物，含磷物质此时有相当一部分生成不溶矿物沉淀于池底，所以表层悬浮物含量与 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 呈负相关。另外，底层由于沉积物再悬浮，其结果是悬浮物与有关因子的规律性不强。

表1-1-3 12号池悬浮物与营养盐和硫化物的相关值

分析项目		Md ϕ	QD ϕ	$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$	$\text{NO}_2^-\text{-N}$	$\text{NO}_3^-\text{-N}$	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	S^{2-}
悬浮物								
肥水期	表层	+0.886	-0.998	+0.827	-0.268	-0.849	+0.568	-0.909
	底层	-0.611	-0.961	+0.388	+0.324	-0.543	+0.456	+0.553
高温期	表层	—	—	+0.450	-0.450	+0.831	-0.733	+0.998
	底层	-0.812	0.0992	-0.994	-0.836	+0.862	+0.733	-0.862

3. 13号池的悬浮物

13号池肥水期悬浮物含量表层平均为57.0mg/L, 底层平均为41.5mg/L, 总平均为49.3mg/L。悬浮物最高值皆位于表层和底层的中部, 分别为88.5mg/L和76.0mg/L。最低值分别位于表层进口(23.0mg/L)和底层出口(21.0mg/L)。悬浮物的颗粒比较细, 定名为粘土质粉砂。

高温期13号池悬浮物表层含量平均为11.8mg/L, 底层平均为36.7mg/L, 总平均为24.3mg/L。悬浮物以粘土质粉砂为主, 中部和出口的底层以及对照池是粉砂型。悬浮物含量, 表层水中部最高(17.5mg/L), 出口最低(7.5mg/L); 底层进口最高(53.5mg/L), 中部最低(25.0mg/L); 对照池为28.5mg/L。由于影响因素比较多, 所以规律性不强。13号池悬浮物与其营养盐的关系如表所示。由表1-1-4可以明显看出, 肥水期除与 $\text{Md}\phi$ 、 NH_4^+-N 、 NO_2^--N 、

表1-1-4 13号池悬浮物与营养盐及硫化物的相关值

分析项目		$\text{Md}\phi$	$\text{QD}\phi$	$\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$	NO_2^--N	NO_3^--N	NH_4^+-N	S^{2-}
悬浮物								
肥水期	悬浮物含量							
	表层	+0.056	+0.519	-0.771	+0.066	-0.937	-0.061	-0.150
	底层	-0.961	+0.735	-0.184	-0.591	+0.994	+0.757	-0.969
高温期	悬浮物含量							
	表层	-0.043	+0.006	+0.194	+0.225	+0.074	+0.973	-0.225
	底层	-0.547	+0.0989	-0.676	-0.564	+0.908	+0.860	+0.894

S^{2-} 无相关性外,与 $QD\phi$ 为正相关,与 $PO_4^{3-}-P$ 、 $NO_3^- -N$ 为负相关。因为该池此时已投海参苗,而海参及浮游动植物消耗营养盐,所以呈负相关。高温期表层除与 $NH_4^+ -N$ 呈正相关外,与其他皆无相关性。此时养殖池的影响因素极其复杂,所以规律性不强。但必须注意,若 NH_3 含量高,对虾、海参有害。底层与 $NO_3^- -N$ 、 $NH_4^+ -N$ 、 $QD\phi$ 为正相关,与其余为负相关,与 $PO_4^{3-}-P$ 无相关性。由此可见,随着影响因素的不同,其相关性也不断变化。

三、日照安东卫盐场和小海育苗场养殖池的悬浮物

1991年在肥水期和高温期对日照安东卫盐场和小海育苗场六个代表池(1号、10号、11号、29号、2号、3号)104个水样进行了悬浮物的测定。肥水期因池水比较浅,表、底层悬浮物含量相差不大,故只测表层水。高温期表层和底层皆测,同时还选定1号池进行了悬浮物周、日变化的调查研究。

1. 养殖池悬浮物的变化特征

1号池肥水期悬浮物含量为 20.6mg/L ,其分布特点是进口至出口逐渐增加,进口最低(11.2mg/L),出口最高(26.4mg/L),对照池为 44.4mg/L ,养殖池低于对照池。对照池的水比养殖池的水浅,受风影响使沉积物再悬浮,所以其悬浮物含量比养殖池高一些。高温期表层水悬浮物含量为 42.4mg/L ,底层水为 32.5mg/L ,对照池为 47.2mg/L ,其高低顺序为底层<表层<对照。变化趋势表层由进口至出口逐渐降低,进口最高(49.8mg/L),出口最低(32.6mg/L);底层中部最高(36.8mg/L),进口最低(27.2mg/L)。高温期影响悬浮物的因素多,例如:投饵、换水、以