

鱼池淤泥中参与氮循环的 细菌和淤泥活性*

方秀珍 郭贤桢 郁桐炳 谢 骏 张文优

(淡水渔业研究中心, 无锡 214081)

提 要 对精养鱼池的淤泥多次采样, 经细菌学和化学的测定和分析, 结果表明, 淤泥中参与氮循环作用的细菌种类和数量以及它们代谢的底物和产物含量有明显的纵向层次变化。淤泥参与池塘氮循环的活性, 主要受细菌数量、优势菌的代谢特性、代谢底物以及氧含量等因素相互作用的影响; 认为可将专性好气菌的生长情况作为主要参考指标, 判断淤泥的活性, 据此, 水—泥界面至约 9cm 深处为活性淤泥层, 活性层以下深度的淤泥为非活性淤泥层, 池塘氮循环的细菌动力学作用主要发生在活性淤泥层。建议生产上通过适当的管理措施, 最大限度地保持并挖掘活性淤泥层参与氮循环动力学作用以加速池塘物质循环, 提高鱼产量, 减缓鱼池淤积。

关键词 细菌动力学作用, 池塘淤泥, 氮循环

养鱼池塘是半人工的生态系统, 有机物输入主要有外源(人工投饵等)和内源(生物尸体和排泄物等)。由于水深的限制(1—3 米), 大部分有机物很快沉至池底, 除部分被底栖生物(包括鱼类)利用外, 大部分沉积而形成淤泥。这些富含有机物的淤泥为异养细菌提供了生活的场所和代谢底物, 使细菌大量增长。细菌不断地分解利用淤泥中的有机物并矿化成可溶性的无机营养盐释放到水体中, 供给初级生产者再利用, 因而池塘中物质循环主要是细菌和环境因子相互作用的结果。不同代谢类型的细菌起着不同的动力学作用。氮循环是池塘重要的物质循环, 主要通过细菌将复杂的含氮有机物转化成游离铵的氨化作用得以实现, 这也是池塘产氨的主要机制。当然在有氧条件下, 氨经细菌硝化作用转化成 NO_3^- 。

本实验目的在于通过对池塘淤泥中与氮循环有关的主要各类细菌和含氮物质的测定, 了解它们在淤泥中的分布情况以及相互间的关系, 分析讨论淤泥中各类细菌在鱼池氮循环中的动力学作用和淤泥的活性, 从细菌学角度探索维持最大细菌活性所需要的环境条件, 结合养鱼生产实践, 讨论并提出减缓淤泥沉积、提高养鱼生产效益的措施。

材 料 和 方 法

1. 试验鱼池 无锡市河埭渔业一队菱塘池, 系典型的精养鱼池, 面积 0.48 公顷, 平均水深 2.5 米。混养青鱼、草鱼、团头鲂、鲤、鲢、鳙和鲫。投喂期(3—10 月)内投喂草类

* 本研究工作承蒙加拿大 IDRC 的资助, 并得到谭玉钧教授和王 武副教授的支持, 谨此深表感谢。
收稿年月: 1992 年 9 月; 1993 年 1 月修改。

(黑麦草、陆草、小青菜),贝类(螺蛳)和精饲料(小麦、糠、菜饼、颗粒饲料)。

2. 采样 用改制的柱状采泥器^[5],分别于1991年4月和5月,1992年6月和7月多次采集池塘淤泥,每次三个样点。

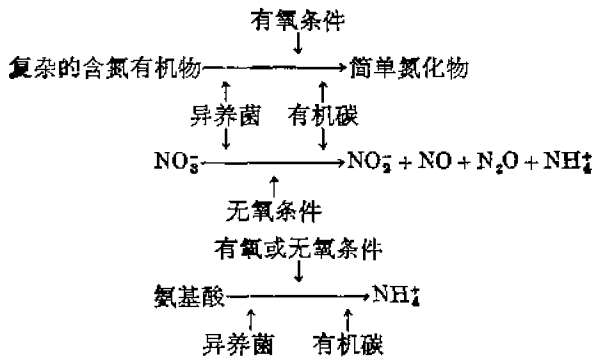
3. 细菌测定 异养细菌用平板法^[6];氨化细菌、亚硝化细菌、硝化细菌和反硝化细菌用MPN法^[6];按Bergey's细菌鉴定手册将细菌鉴定到属^[2]。

4. 化学测定 总氮、氨氮、亚硝态氮和硝态氮用比色法,挥发性有机物和含水量用失重法^[4,7];电位测定用ZD-2型自动电位滴定计。

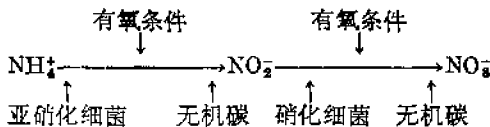
结果与讨论

(一) 氮循环有关环节的细菌动力学机理

根据细菌代谢类型的不同,参与氮循环的主要细菌有两大类,化能异养菌和化能自养菌^[8]。将复杂的含氮有机物分解氨化的过程主要是化能异养菌作用^[8]。



将氨化产生的 NH_4^+ 氧化成 NO_2^- 或 NO_3^- 的过程主要靠化能自养菌的作用^[9]。



由上述可看出,细菌的代谢受代谢底物(包括氮源和碳源)以及环境中氧的影响,且含氮有机物的分解和氨化是氮循环的关键环节。

(二) 鱼池不同深度淤泥中细菌在氮循环中的作用

对池塘淤泥各有关指标的测定结果归纳总结如图1和图2。

图1和图2不仅显示了与氮循环有关的主要细菌的分布及其数量(以log表示)随淤泥的深度而变化的情况,而且显示了有关各类含氮物质、挥发性有机物、含水量以及电位值随淤泥深度而变化的情况。从图1可以清楚地看出,各类细菌在淤泥的表层处数量最大(见表1),并随着淤泥深度的加深而减少,这是由于表层淤泥中含有丰富的氮源和碳源(见表2),氧含量也高的缘故^[10],因此有利于各类细菌,尤其是好气性异养菌的生长,因为对含氮有机物的分解作用主要是有氧过程^[8]。而氨化作用主要是氨化细菌(异养细菌)将有氧分解的部分产物如氨基酸进一步氨化成游离的铵离子的过程,可以在有氧、或无氧的

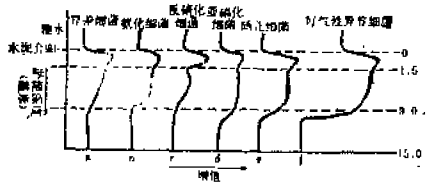


图1 与氮循环有关的主要各类细菌在淤泥中的纵向分布

Fig. 1 The distribution of bacteria involved in N-cycle in relation to the depth of pond sediments

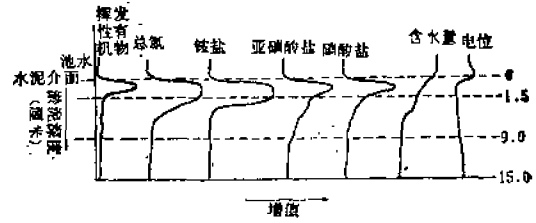


图2 淤泥中挥发性有机物、含水量、Eh及与氮循环有关的氮化物的分布

Fig. 2 The distribution of organic matter, moisture, nitride content and Eh of sediment in relation to the depth of pond sediments

表1 淤泥及池水中与氮循环有关的主要各类细菌的数量

Table 1 The measurements of major types of N-cycle related bacteria in pond sediments and pond water

样 品		异养细菌	氨化细菌	反硝化细菌	亚硝化细菌	硝化细菌
淤 泥 个/克·干重	最大值 (0—1.5cm)	4.09×10^7	1.84×10^7	1.02×10^7	1.84×10^3	3.89×10^8
	最小值 (9.0—15cm)	2.82×10^5	3.71×10^4	3.58×10^3	0	0
池 水 个/毫升		2.80×10^4	9.50×10^4	2.5×10^4	0	0

表2 淤泥和池水中与氮循环有关的主要各类氮化物、挥发性有机物和含水量

Table 2 The measurements of organic matter, moisture and major types of nitride involved in N-cycle in pond sediments and pond water

样 品		挥发性有机物 %	总 氮 毫克/克·干重	铵 盐 微克/克·干重	亚硝酸盐 微克/克·干重	硝酸盐 微克/克·干重	含水量 %
泥 样	最大值 (0—1.5cm)	40.87	108.96	616.70	9.18	53.75	75.55
	最小值 (9.0—15cm)	2.9	5.52	129.00	1.70	5.20	29.45
池 水 微克/毫升		1.2	5.19	0.62	0.25	0.55	/

条件下进行^[9,18]，所以在表层以下的无氧层淤泥中也有氨化作用发生，并有相当数量的NH₄⁺积累，但由于大多数有机物及氨基酸分布在淤泥表层，氨化作用也主要发生在淤泥表层，因而氨化细菌的数量仍以在表层为最多（表1）。据上所述有关细菌数量和有关物质在淤泥表层和表层以下无氧层的分布差异，NH₄⁺作为氨化作用的产物，其在淤泥中的积累量似乎应在表层为多，而在表层以下为寡，但实际测定结果显示表层以下无氧层淤泥中NH₄⁺的积累量与表层淤泥无明显差异，与某些湖泊^[16]的情形相似，这是因为氨化作

用产生的 NH_4^+ 有两条流动途径,即被藻类吸收利用或进一步氧化,这两条途径在有氧的表层淤泥中远比在无氧淤泥层中畅通,因而 NH_4^+ 在表面的积累并不多。

亚硝化和硝化作用是严格需氧的,它们通常只发生在泥表^[9],因此亚硝化细菌和硝化细菌在表层淤泥中的数量也最大;由于 NH_4^+ 被它们转化,结果,在泥表的 NO_2^- 和 NO_3^- 浓度最高(表 2)。与亚硝化和硝化作用相反,反硝化作用主要是厌氧过程^[18],由异养细菌作用来完成,在理论上反硝化细菌应在无氧的淤泥层中最多,但由于代谢底物 NO_3^- 和有机碳源主要分布在表层淤泥中,反硝化细菌可以在表层淤泥颗粒内部的无氧环境中进行反硝化作用^[19],所以表层淤泥中反硝化细菌也经常显最大数量(见表 1)。

根据以上分析的结果,参与氮循环动力学作用各类细菌数量主要受淤泥中碳源、氮源和氧气条件的影响,而循环的产物,特别是有氧产物(NO_2^- 和 NO_3^-)的产量主要受到细菌数量和氧的影响。表层淤泥富含有机碳、有机氮和 NH_4^+ ,各类细菌的数量和与有氧产物(NO_2^- 和 NO_3^-)也最多(图 1、表 1、图 2、表 2),由此我们认为表层淤泥的氧含量最高,并足以使氮循环作用正常进行,我们称这层淤泥为有氧层(0~1.5cm)。有氧层以下的淤泥,虽然有机氮和无氧产物(NH_4^+)也很丰富,但各类细菌、特别是好气菌的数量和与有氧产物(NO_2^- 和 NO_3^-)明显降低,认为这主要是受到氧的限制,并影响到氮循环的彻底进行,我们暂称为有氧层以下的淤泥为无氧层。这一结论与某些湖泊有相似之处,但与湖泊中淤泥有氧层的几毫米厚^[16]相比,鱼池淤泥有氧层要更厚一些(约 1.5cm),这是因为在鱼池中,由于投饲、施肥等有机物的投入,鱼池中有有机物在淤泥中的积累远大于天然湖泊,加上鱼池水体较浅,淤泥表层有底栖鱼类的活动以及人为因素(如增氧、注水、拉网等)使鱼池表层淤泥经常处于半流动状态,水中溶氧向淤泥渗入的深度大于湖泊。

从图 1(d、e、f)还可以看出,在有氧层淤泥中,专性好氧的亚硝化细菌、硝化细菌和好气性异养细菌的数量最大;而在无氧层淤泥中存在着一个上述细菌数量随深度加深而逐渐减少并接近于零的变化层(约 1.5~9cm),在变化层以下的淤泥中,上述细菌几乎不存在(数量为零),专性好气细菌和好气异养细菌在无氧层淤泥中分布的层次变化十分明显,这说明在无氧层淤泥的上层、即变化层内仍或多或少有氧存在,因为专性好气菌只能在有氧的条件下生存;在无氧层淤泥的下层、即变化层以下层,专性好气细菌几乎不存在,说明这一层淤泥中的确不存在氧或含量极为有限。据此,我们认为,在将鱼池淤泥初步划为有氧层(0~1.5cm)和无氧层(约 1.5cm 以下)之后,应进一步更确切地将无氧层划为相对无氧层(即变化层,约 1.5~9cm)和绝对无氧层(变化层以下层,约 9cm 以下)。有些研究报告曾提出对鱼池淤泥根据活性进行层次的划分,并通过直接测试淤泥的含氧量及氧化还原电位值来判断或衡量淤泥活性^[16],进而以此为指标进行淤泥层次的划分,这是颇有意义的。淤泥含氧量是影响部分参与氮循环作用的细菌代谢活动的重要环境因子之一,而氧化还原电位综合反映了淤泥中包括代谢底物和产物在内的所有物质的有关化学性质。从氮循环的细菌动力学角度看,根据本试验的初步结果,我们认为可将淤泥中专性好气的亚硝化细菌和硝化细菌作为主要的生物指标,参考其他有关因素,来判断或衡量淤泥的活性,对淤泥按活性进行层次的划分。选择亚硝化细菌和硝化细菌作为主要生物指标,是因为它们本身直接参与氮循环过程中对氨化产物的进一步氧化作用,它们在淤泥中的分布和在垂直方向的数量变化情况,首先可以直接反映淤泥中氨化产物进一步氧化的

场所及其活性在垂直方向的变化情况,其次可以反映淤泥中氧的存在及其含量在垂直方向的变化情况,从而间接地揭示其他好气性细菌,如假单胞菌属在淤泥中的分布及其数量在垂直方向的变化情况的可能性,揭示它们分解有机物和氨化有机物分解产物的可能场所和代谢活性。

我们推测,在不同条件和不同养殖生产措施鱼池中,有氧层和相对无氧层的厚度可能有差异,增氧、注水、拉网、底层鱼类活动强度以及人工搅动淤泥等因素有可能使厚度增加,反之,减少这些因素有可能使之厚度减低。

(三) 淤泥中异养细菌的分布以及淤泥的活性

1. 异养细菌分布 不同代谢类型的异养细菌所利用的底物不同,它们的代谢产物也有差异,因此,鱼池淤泥中异养细菌优势菌的组成极大程度上影响着池底有机物的分解和矿化。图3显示了鱼池淤泥中异养细菌优势菌占总细菌数量的百分比及其随淤泥深度变化的情况。异养细菌在淤泥中的分布同样有三个变化层次,首先,在有氧层淤泥中,优势菌以分解有机物能力强的假单胞菌属的细菌占绝对优势,肠杆菌科细菌和其它细菌(主要是黄杆菌属,产碱杆菌属和芽孢杆菌属的细菌)数量则很小。其次,在相对无氧层淤泥中,优势菌仍以假单胞菌属的细菌为主,但其占总细菌数量的百分比随着淤泥深度加深而逐渐下降,至约9cm深处时,降到大约占总菌数的一半,与此同时,肠杆菌科细菌和其它细菌的百分比则随淤泥深度加深而上升。再次,肠杆菌科的细菌在绝对无氧层淤泥中占绝对优势,换言之,在有氧层和相对无氧层淤泥中占数量优势的细菌在这一层中忽然变得几乎不存在。

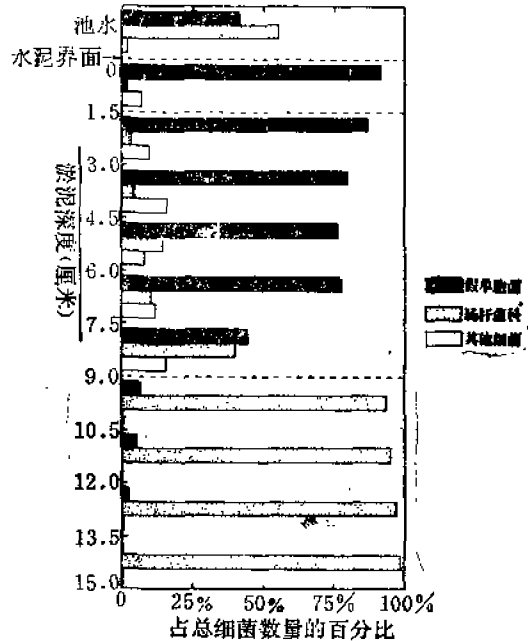


图3 异养细菌优势菌随淤泥深度变化的分布

Fig. 3 The distribution of dominating heterotrophic bacteria in relation to the depth of pond sediments

2. 淤泥的活性 有氧层淤泥——由于有机物丰富、氧含量较高,无论好气性异养细菌还是好气性自养细菌在这一层数量均最大,而且好气性细菌又以代谢能力强、能分解复杂含氮有机物并且进一步矿化有机物分解产物的假单胞菌属占优势,显而易见,有氧层淤泥中细菌群落参与氮循环的作用最活跃,其活性也最高。

相对无氧层淤泥——笼统地说,这一层淤泥中的细菌群落参与氮循环的作用不及有氧层那样活跃,淤泥的活性也较有氧层逊色。虽然在相对无氧层中优势菌仍以代谢力强的假单胞菌属为主,它们对含氮有机物的分解和对分解产物的进一步氨化作用也能够在这一层发生^[44],但是因为受到淤泥深度和含氧量的限制,氨化作用积累的产物(即无氧产

物 NH_4^+) 不易向水中释放并供藻类吸收利用, 也不大容易被在这一层淤泥中仍有分布的亚硝化菌和硝化菌进一步氧化, 原因是这一层淤泥中氧的来源十分有限, 亚硝化和硝化细菌只有在氧的供应充分满足其基础代谢的需要之后才会利用氧进行对 NH_4^+ 的氧化^[10]。因此, 相对无氧层淤泥的活性主要表现在含氮有机物的分解和分解产物的氨化作用方面。至于硝化作用, 则如前面已提到的那样, 因氧的限制而受到抑制, 换言之, 这一层淤泥潜藏着不可忽视的硝化能力, 只是通常情况下未被激活, 不能发挥作用。

绝对无氧层淤泥——与上面两层淤泥的情形大不相同, 绝对无氧层不仅细菌总数少, 而且肠杆菌科细菌占数量优势, 这些细菌因细胞缺乏蛋白酶不能分解利用复杂的含氮有机物, 而只能利用一些较简单的可溶性小分子含氮有机物^[12]。这一层淤泥由于细菌代谢特点加上底物限制等因素, 含氮有机物分解和分解产物氨化几乎不发生^[6], 所以这一层淤泥的活性很低, 参与氮循环过程的动力学作用也十分有限。

(四) 研究淤泥细菌在氮循环中的动力学作用对养鱼生产的意义

从淤泥在池塘养鱼中的意义看, 可以将参与氮循环动力学作用活跃和比较活跃的有氧层和相对无氧层合称为活性淤泥层, 将通常情况下几乎不参与氮循环动力学作用的绝对无氧层称为非活性淤泥层。生产实践中, 我们认为关键是必须通过适当的生产管理措施, 充分挖掘和利用好活性淤泥层参与氮循环的动力学作用, 从而通过相辅相成的两方面有益于池塘养鱼生产: ①加速池塘中氮营养经食物链环节向鱼类转移; ②加速有机物的分解和利用有助于减少有机物在池底的沉积从而在一定程度上减缓鱼池淤泥厚度逐年增加的速度, 保持鱼池有效的鱼类生活水体体积。

养鱼生产中, 鱼池每年沉积大约 10~12cm 厚的淤泥^[6], 这一层淤泥形成的过程也是细菌群落在其中逐步发展建立的过程。因这一层淤泥的厚度与上述的活性淤泥层厚度相当, 其内部能参与氮循环作用的细菌数量较大, 活性较高。因此, 养殖一年以上的鱼池比新建鱼池或新清除塘泥的鱼池物质循环效率高。实验表明, 新建鱼池底部有机物含量和细菌的数量均很低, 新清除塘泥的鱼池底部剩余淤泥中, 有机物含量和细菌数量同样很低, 一般只相当于表 1 和表 2 中所列的最小值水平。这两种鱼池开始养鱼之后, 在养殖前期, 底泥中的细菌处于数量增殖和种类优化阶段, 而沉积到池底的有机物相当大部分被底泥吸附^[6], 直至淤泥沉积达一定厚度、细菌达到一定数量并与环境保持新的动态平衡之后, 参与池塘物质循环的动力学作用才逐步开始发挥比较重要的作用。因此, 生产上不必每年都清除塘泥, 这不仅能保持业已建立的池底微生物生态平衡, 保护体现活性淤泥层活性的细菌群落免遭毁坏, 从而在下一个养殖期内从一开始就发挥重要作用, 而且免除了清除塘泥的费用支出。

鱼池有效水体因物质投入, 淤泥不断沉积而逐年萎缩是不可避免的现象, 建议生产上根据发挥活性淤泥层作用的原理, 通过一些能够改善淤泥活性层细菌生活条件的措施提高有机物的分解矿化率, 以部分达到减缓淤泥沉积的目的。可以看出氧的供应条件是一个重要因素, 但简单的增氧方法只能增加水体溶氧和改善至多是有氧层淤泥的含氧状况, 而对相对无氧层无多大帮助, 较有效的方法之一是利用收获后或鱼种转塘后干塘的机会, 尽可能翻动活性淤泥层(类似于农田耕地), 经数日晒后加少量水, 再经数日晒后才向

鱼池注水养鱼^[14], 这样的处理可增加含氧水向淤泥中渗入, 加速此间异养细菌对有机物的好气分解及无氧分解产物进一步被硝化细菌氧化^[14]和释放, 使原在淤泥内部的营养物质加入鱼池物质循环。同样原理, 在养殖期间, 经常有意识地轮流翻动一部分塘泥⁽¹⁾, 经改善供氧条件激活相对无氧层中被缺氧所抑制的潜在活性以及氮营养素的释放, 起到类似上述的作用。另外, 近年来市场上开始出现并显流行趋势的细菌添加剂或许也可用来增加池塘中某一类具特定代谢作用能力的细菌的数量, 起到促进鱼池内物质循环的作用。经多年养殖的鱼池, 清除过多的塘泥是必须的, 但目前看来还不会有一种比较实用的只清除下层非活性淤泥层而保留上层活性淤泥层的方法。

总之, 池塘物质循环主要是细菌和环境因子相互作用的结果, 就氮循环而言, 主要是具参与氮循环作用能力的细菌与环境中的含氮物质及其他环境因子相互作用的结果, 它们之间保持着动态平衡, 改变其中的任何一方均会使平衡发生变化并建立新的平衡, 池塘养鱼的生产管理就是要设法改变自然平衡, 而使之向有益的方向改变。

小 结

淤泥参与氮循环作用的活性主要取决于细菌的数量、优势菌的生理代谢类型、以及有关代谢底物和含氧量等环境因子之间的相互作用。从细菌数量、优势菌组成、代谢底物浓度、含氧量以及参与氮循环作用的活性等多方面观察分析, 可将多种鱼类混养的精养鱼池淤泥自上而下依次划分为有氧层(约 0~1.5cm)、相对无氧层(约 1.5~9cm)和绝对无氧层(约 9cm 以下)。有氧层参与氮循环的细菌动力学作用最活跃, 这一层淤泥活性最强; 相对无氧层参与氮循环的细菌动力学作用部分地受到含氧量和深度的限制, 这一层淤泥活性略低于上一层, 但潜在的活性不可忽视; 绝对无氧层通常几乎不参与氮循环作用, 活性极低。因此, 可将有氧层和相对无氧层合称为活性淤泥层, 称绝对无氧层为非活性淤泥层。

据研究认为, 生产上可以通过适当措施充分发挥和利用活性淤泥层参与氮循环的动力学作用, 达到促进氮营养素向鱼体转移, 并在一定程度上减缓鱼池淤泥逐年变厚的速度。必须建立这样的概念, 鱼池不仅要有一层所谓最适厚度的淤泥, 而且更重要的是要设法保持这层淤泥参与氮循环作用的活性。

本试验主要通过观察和分析淤泥中参与氮循环的主要细菌和有关的代谢底物及产物的现存量, 定性地研究鱼池氮循环过程中有关的动力学作用, 为进一步研究氮循环奠定了基础。因此, 我们认为下一步的工作应在继续弄清本试验所研究的问题的同时, 设法了解有关细菌在单位时间的生产量以及有关底物通过这些细菌的作用转化成有关产物的效率, 为进一步定量地研究和评估鱼池氮循环过程中有关的动力学作用的效率铺设道路, 为养鱼生产提供具体指导作用。

(1) 王 武, 1983. 精养鱼池耗氧和氧债的研究. 全国池塘养鱼高产理论学术讨论会论文报告汇编。

参 考 文 献

- [1] 方秀珍等, 1989. 高产鱼池中异养细菌的初步研究. *水产学报*, 13(2): 101—109.
- [2] 中国科学院微生物研究所细菌分类组, 1978. 一般细菌常用鉴定方法, 1—97. 科学出版社(京).
- [3] 许光辉、李振高, 1989. 微生物生态学, 65—79. 东南大学出版社(宁).
- [4] 环境污染分析方法科研协作组, 1987. 环境污染分析方法, 355—380. 科学出版社.
- [5] 陈绍铭、郑福寿, 1985. 水生微生物实验法, 15—239. 海洋出版社(京).
- [6] 张杨宗等, 1989. 中国池塘养鱼学, 45—47. 科学出版社.
- [7] American public health association, 1976. *Standard methods for the examination of water and waste water*, fourteenth edition, 155—175. A.P.H.A. New York.
- [8] Billen G., 1982. Modeling the processes of organic matter degradation and nutrients recycling in sedimentary systems, 15—52. In D. B. Nedwell and C. M. Brown (eds.) *Sediment microbiology*. Academic Press, London.
- [9] Blackburn T. H., 1979. Method for measuring rate of NH_4^+ turn over in anoxic marine sediments. Using a ^{15}N - NH_4^+ dilution technique. *Appl. Environ. Microbiol.*, 37: 760—765.
- [10] Hall G. H., and C. Jeffreys, 1984. The contribution of nitrification in the water column and profoundly sediments to the total oxygen deficit of the hypolimnion of a eutrophic lake (Grasmere, English Lake District). *Micro. Ecol.*, 10: 37—46.
- [11] Jana B. B. and S. K. Roy, 1985. Distribution patterns of protein mineralizing and ammonifying bacterial population in fish farming ponds under different management systems. *Aquaculture*, 44: 57—65.
- [12] Jones J. G., 1982. Activities of aerobic and anaerobic bacteria in lake sediments and their effect on the water column, 107—146. In D. B. Nedwell and C. M. Brown (eds) *Sediment microbiology*. Academic Press, London.
- [13] Molongoski J. J. and M. J. and M. J. Clug, 1980. Anaerobic metabolism of particulate organic matter in the sediments of a hypereutrophic lake. *Freshwat. Biol.*, 10: 507—518.
- [14] Nell M. Ram, Ofer Zur and Yoram Avnimelech, 1982. Microbial changes occurring at the sediment-water interface in an intensively stocked and fed fish pond. *Aquaculture*, 27: 63—72.
- [15] Ram N., et al., 1981. Microbial and chemical changes occurring at the mud-water interface in an experimental fish pond. *Bamidgeh*, 33: 71—86.
- [16] Revsbech N. P., et al., 1980. Distributions of oxygen on marine sediments measured with microelectrodes. *Limnol. Oceanogr.*, 25: 403—411.

BACTERIA INVOLVED IN N-CYCLE IN FISH POND SEDIMENT AND SEDIMENT ACTIVITY

Fang Xiuzhen, Guo Xianzhen, Yu Tongbing, Xie Jun and Zhang Wenyu

(Freshwater Fisheries Research Center, Wuxi 214081)

ABSTRACT Multiple sampling cores of pond sediments for a intensive, poly-culture fishpond were bacteriologically and chemically analysed. The results indicated that species and number distribution of bacteria involved in N-cycle and the N-containing substances in pond sediments varied vertically with depth. The bacteria activities enrolled in N-cycle were mainly subject to the interactions of bacterial number, dominating species and its type of metabolism, metabolic sub-

strates, oxygen in sediments and other environmental factors. Growth of obligate aerobes is suggested to be the major indicator for estimating the activity of pond sediments. Thus, upper layer (from water/sediment interface to 9 cm deep or so) is active sediment layer, and its below is non-active layer. The bacteria dynamic processes in sediments related with N-cycle generally occur in the active layer. Appropriate operational measures may be considered and these may be helpful to maintain and fully utilize activity potentials of active layer so as to enhance pond material cycling and to minimize the fish pond silting-up.

KEYWORDS bacterial dynamic process, pond sediment, nitrogen-cycle