

水产养殖水体及底泥中的细菌变化分析

■ 赵海永 (上海瑞兆生物科技有限公司)

异养菌数: 异养菌是指从有机化合物中获取碳营养的一类微生物。异养菌包括腐生菌 (*saprophyte*) 和寄生菌 (*parasite*)。腐生菌以动植物尸体、腐败食物等作为营养物; 寄生菌寄生于活体内, 从宿主的有机物获得营养。所有的病原菌都是异养菌, 大部分属寄生菌。

弧菌数: 弧菌 (*Vibrio*) 是菌体短小, 弯曲成弧形, 尾部带一鞭毛的革兰氏阴性菌。目前我们水产养殖中多依托弧菌平板进行弧菌数的检测。

这三个概念, 我们可以这样综合理解: 总菌是指水体中所有的细菌, 不分好坏; 异养菌则基本都是坏蛋了; 至于弧菌, 则可以理解为坏蛋中的坏蛋了。

2 水体细菌的变化

我们初步的将水产养殖池塘中细菌的场所分为水体和底泥, 在这两个不同的场景中给予不同的分析, 首先我们分析水体细菌的变化, 我们将从四个小方面做出分析。

2.1 养殖水体细菌一天之内的数量变化

养殖水体的细菌在一天之内会发生哪些变化? 我们收集了一些学者的研究, 初步汇总如表1。

表1 养殖水体细菌一天之内的数量变化

作者	基本情况	总菌数的双波峰变化
南春华等 (1988)	大连, 鱼	1986年8月至1987年的6月: 浮游细菌生物量全年的第一个小高峰期发生在6月份, 全年的最高峰期发生在10月份。最高值与最低值相差近900倍。
刘国才等 (1990)	内蒙古, 鱼	冬季, 水面下50cm处挂瓶, 以下午13时及凌晨5时总菌数较高, 1时最低, 经24h的数量波动, 总菌数又恢复到原来水平。表层水、底层水一天中最高值与最低值相差均为1.6倍。
刘国才等 (1992)	内蒙古, 鲤精养、滤食性鱼类	在全年的春、夏、冬三季的表层水中, 总菌数一般在凌晨5时达到最低值, 而在下午17时达到最高值, 秋季则表现为上午9时达到最低值, 而在下午13时达到最高值。其中春天最高值与最低值相差最大, 近3倍, 其他三个季节最高值与最低值相关一近2倍。 (备注: 本论文中, 春、夏、秋、冬均只是在季节中的一天进行测量。)
申玉春等 (1995)	内蒙古, 滤食性鱼类	池塘的自然水样表现为, 17时后细菌数量逐渐减少, 到午夜或凌晨(1~5时)达到最低值。最高值与最低值相关1.5倍左右。

这些研究很有意思, 我们通过总结可以看出, 细菌数量基本会在下午17时达到最高峰, 在凌晨1时~5时为达到最低谷, 这个趋势几乎和水体溶氧的变动趋势是一样的。其受影响的第一因素应该是太阳, 当太阳刚出来之前(早上5时左右), 这是细菌的最低点, 然后随着太阳的升起, 细菌的数量(包括繁殖速度)会不断增加, 直到太阳下山前(下午17

时左右), 细菌数量会达到最高峰, 然后开始数量减少。

当然与细菌数量变动的相关原因也应包括: 不同的水层、溶氧以及浮游动物的捕食以及营养供应等等。申玉春等(1995)提出一个分析: 其认为白天水温逐渐升高, 水体分层, 浮游动物分布在中下层, 因而表层细菌增殖快, 消耗少, 数量不断增加。入夜水温逐渐下降, 水体混合, 细菌也由表层进入底层。同时, 浮游动物上浮, 对表层水细菌滤食作用增强, 从而细菌数量逐渐减少。这也可以做为我们的一个借鉴。

另外, 总菌数在一天内的数量变动也给我们带来一些思考:

一、当我们向水体补充有益菌时, 如果只考虑细菌一天之内的变化, 那我们就应该尽量在早上太阳升起后2~3h再用有益菌, 尤其是耗氧菌, 比如芽孢类的。

二、当我们如果去杀灭细菌的时候, 应该要考虑两个时间点: 一是细菌数量最高峰的下午17时左右; 二是细菌数量最低的凌晨5时左右——实际上我们现实中的杀菌多在清晨, 一般都会在7时左右, 这个时间点的选择除了考虑细菌数量的变动, 应该也考虑了溶氧的变动, 从而让药效及安全性都尽量达到最佳。另外, 此时的细菌, 有可能是“体质”最弱的时候。

2.2 水体细菌的长期变化

对于水体细菌的长期变化, 我们结合多篇论文, 分别从鱼池及虾池进行汇总分析。

2.2.1 鱼池总菌数的长期变化

2.2.1.1 鱼池总菌数的单波峰变化

表2 鱼池总菌数的单波峰变化汇总表

作者	基本情况	总菌数的单波峰变化
刘国才等 (1992)	内蒙古, 鲤鱼、滤食性鱼类	1989年11月~1990年10月: 逐月中旬采集鱼塘水面下30cm处及底泥表层5cm以内样。鱼池水总菌数呈单峰运行, 在7月份达到全年高峰。最高值与最低值相差几十倍。
谭洪新等 (2002)	上海, 草鱼、鲢鱼、鳊鱼混养	1997年3月至1998年4月: 水体中细菌的现存量 and 生长速率在温度较高的夏季(8月)明显大于其它季节, 其次为初夏(6月)、秋季(10月), 最低为初冬季(12月)。
郭霖林等 (2006)	辽宁, 鲢鱼、鳊鱼	2002年4月至2003年3月: 水体细菌总量最大值出现在8、9月份, 秋季有所下降。最高值与最低值相差近4倍。

请注意, 以上数据的收集时间为1990~2006年, 而近些年的养殖技术已有了不小的进步, 养殖密度的提升是必然的, 池塘内进入的营养物质也有大幅度的上升, 可能这对波峰的变化影响不大, 但有可能对最高值与最低值的差值有较大的影响。

2.2.1.2 鱼池水体总菌数的双波峰变化

表3 鱼池总菌数的双波峰变化汇总表

作者	基本情况	总菌数的双波峰变化
南春华等 (1988)	大连, 鱼	1986年8月至1987年的6月; 浮游细菌生物量全年的第一个小高峰发生在6月份, 全年的最高峰发生在10月份。最高值与最低值相差近900倍。
方秀珍等 (1989)	无锡, 草、鳊、青等混养	1984年3月~10月; 北长池(精养塘)总菌数为双峰形, 4月份达到最高峰, 7月份为次高峰。最高值与最低值相差近12倍。
田相利等 (2012)	山东, 草鱼、鲢鱼、鲤鱼	2010年6~10月, 在三种养殖模式中, 有两种模式总菌数是从6月份开始下行, 8月份达最低, 然后再反弹, 10月份达到最高峰, 基本显示至少有两个波峰。另外一种养殖模式中, 总菌数至少也显示有两个波峰。

综合以上研究, 我们的总结如下:

第一、鱼池的总菌数有可能存在两种波动变化, 一种是单峰变化(此种情况较多, 全年性的研究基本表明这个高峰是在7、8月份), 一种双峰变化(有可能在3~6月份与10月份左右分别达到两个高峰), 这有可能是某些有害菌与温度直接相关造成的。有些鱼类疾病是在4、5月份左右暴发, 而高温到来后又会消失不见, 这一点倒也佐证了双峰变化的可能。

当然也存在另外的解释, 比如这两个时间段, 水体的早晚温差变化大, 养殖动物应激的可能性比较大, 这也有可能是疾病高发的原因。

第二、每种养殖动物所在水体的总菌数的峰形变化应该存在差异, 不同养殖区域间的峰形变化应该也存在差异。这些差异的形成主要是因为品种、气候、养殖密度、水体等原因造成, 因此这些总结我们可以借鉴, 却不可生搬硬套。

第三、预防的工作绝不能在总菌数达到高峰的时候去做, 因为如果温度达到了细菌适宜的生长温度, 那么细菌的生长速度是我们无法阻止的, 此时我们要做的工作更多的是提前预防, 将细菌的繁殖基数降到足够低, 才有可能防控成功。

2.2.2 鱼池异养菌数的长期变化

2.2.2.1 异养菌数的单波峰变化

表4 异养菌数的单波峰变化汇总表

作者	基本情况	异养菌数的单波峰变化
金璐等 (1999)	浙江, 海水鱼	1996年4月至1997年5月, 网箱内、外的异养细菌数量及弧菌数量从6月份开始逐渐增多, 8月份达到最高值, 10月开始又趋于稳定, 呈现显著的季节性波动。

2.2.2.2 异养菌数的双波峰变化

表5 异养菌数的双波峰变化汇总表

作者	基本情况	异养菌数的双波峰变化
刘国才等 (1990)	内蒙古, 鱼	1989年11月至1990年4月份, 4口池中的异养菌数量均在12月、1月达到一个高峰, 在4月份处于高峰增长期, 并未有数据显示达到高峰。此期间最高值与最低值相差2~19倍。
刘国才等 (1992)	内蒙古, 鲤鱼、滤食性鱼类	1989年11月~1990年10月, 逐月中旬采集鱼塘水面下30cm处及底泥表层5cm以内样。水体中异养菌数量基本呈双峰运行, 小高峰在11月份至3月份, 另外在7、8月份达到全年最高峰。最高值与最低值相差数百倍。
田相利等 (2012)	山东, 草鱼混养	2010年6月至10月; 异养菌数从6月份至10月份表现出先降低后上升的特征, 6月份数值是最高峰, 然后下降再上升, 至10月份又达到一个小高峰。最高值与最低值相差4倍左右。

异养菌数量的变化规律并不十分明显, 如果从以上论文中分析, 异养菌的数量变化有大概率呈现双峰变化, 最高峰有可能出现在6、7月份, 另外4月份是一个快速增长的阶段。这在现实中与一些养殖动物发病的时间也有一定的对应关系。

另外, 异养菌数量在不同的月份差异有时候很明显, 不过至少我们应该明白这一点, 在异养菌数特别高的月份, 如果想控制或杀灭异养菌, 那么需要相关产品的浓度应该要更高, 使用量要在安全范围内尽量加大。

2.2.3 南美白对虾虾池的一些变化

一、从3月至8月份这个阶段, 异养菌的数量都是逐渐上升的, 基本呈现中后期高于初期的特征。

二、对于很多外塘异养菌在水体中的发展趋势, 大多数是单峰表达, 在每年8、9月份左右达到数量高峰。也有个别研究指出异养菌数呈现双峰运行, 一种表现为6月初与7月中下旬分别达到两次高峰, 7月份数量更高, 另一种是对于110d养殖的虾池, 其分别在养殖的第56d和第98d出现2个高峰。

三、异养菌菌数的变化存在着急速增长期, 一般在6月份前可能发展很缓慢, 然后会在7~8月份进入一个急速发展期, 短期内增长数十倍甚至上千倍。

四、水体中的弧菌基本也是在6月份呈现上升趋势, 在8月份左右达到全年最高峰, 很短的时间内可以上升数十倍。

2.3 水体细菌的垂直与水平分布

水体不同的水层, 其细菌分布是一样的么? 同样, 在养殖水体的同一个平面上, 细菌的分布也是一样的么? 我们同过研究数据的收集, 汇总如表6。

表6 水体细菌垂直与水平分布汇总表

作者	基本情况	相关变化
南春华等 (1988)	大连, 鱼	垂直分布: 浮游细菌数量总的趋势是, 春季底层多, 夏季底层中层多, 秋季中层表层多。 水平分布: 通常各采集点的细菌数量差异不大, 但在有风天气, 鱼池沿岸淤水处细菌增多, 而上风处和沿岸消水处则相对减少。
刘国才等 (1990)	内蒙古, 鱼	冬天总菌数表层高于底层, 且表层细菌在一天中数量波动较大, 底层则趋于平缓。其中表层及底层水分别取自距水面、底泥50cm。
刘国才等 (1992)	内蒙古, 鲤鱼、滤食性鱼类	1989年11月~1990年10月, 逐月中旬采集鱼塘水面下30cm处及底泥表层5cm以内样。 垂直分布: 鱼塘表层水采样处细菌数多数高于底层水细菌数(春、秋两季, 表、底相差不大; 冬季表层略高于底层; 夏季表层高于底层)。 水平分布: 无风天气细菌基本呈均匀分布, 有风天气, 鱼塘下风处细菌数多于上风处。
申玉春等 (1995)	内蒙古, 滤食性鱼类	垂直分布: 各季表层水的细菌数量都高于底层水。水层差异以夏季最大, 依次为秋季、冬季和春季, 而且表现为白天水层差异逐渐增大, 入夜水层差异逐渐减少。其中表层及底层水分别取自距水面、底泥30cm。

总体上看, 表层水的细菌和中下层是有差异, 可能有这样几个原因:

- 一、在白天, 表层水的水温及水质更有利于细菌的生长繁殖。
- 二、夏季更明显, 这可能有几方面的原因: 白天藻类大

多分布在水的表层，浮游动物分布在水的底层。白天表层水浮游动物少，减少了对细菌的滤食作用。再者，夏天水体容易分层，水体上下交换基本停滞，另外的原因就是夏天基本处于投饵用肥的高峰期，大量养分的进入，也会引起细菌总数量增加。

三、这些论文也指出，细菌数在垂直方向上有差异的，因此我们在考虑杀菌的时候，必需要充分的考虑水面杀菌和底层杀菌两个工作都要做。

四、在有风天气杀菌时，下风口药物用量需适当增加。

2.4 细菌与某些指标的相关关系

在这里只探讨两个方面的相关关系。

2.4.1 总菌数、异养菌与COD的关系

COD高的时候，总菌数及异养菌数都会大量繁殖，COD与总悬浮物是正相关的，而总悬浮物在外塘养殖中，其基本的表达应该和透明度有一定关系，所以我们可以大概的做出一些推论：即透明度越低的塘口其在发病时，有害微生物的数量会更多，繁殖的速度会更快，这可以初步解释为什么透明底低的塘口发病时，疾病特别难以治疗。

2.4.2 异养细菌与溶解氧的关系

多数研究指出异养细菌与溶解氧（DO）呈显著的负相关性，实际上林小涛等（2006）、马继波等（2007）研究细菌与DO的关系也得到相同的结果。这个研究指出了溶氧的重要性，需要我们更要重点的关注溶氧。

3 底泥细菌的变化

实际上水产养殖底泥的细菌研究也非常的多，我们大多数养殖户对此可能了解极少，即便是现实养殖中，我们对底泥这个环境的关注也是非常少的，因为平常不太容易看到，极易忽略，现将相关学者的研究进行汇总，如表7。

根据这些数据，我们至少可以得到这样几点：

一、底泥的细菌一般是水体细菌数据的数十倍至数千倍不等；

二、底泥的细菌高峰期一般在7、8月份；

三、通常底泥中细菌的繁殖高峰会在7、8月份开始，有可能在1周内增长1,000倍。因此，前期的预防工作一定要做好，一定要把细菌增长的基数防控下来，1,000个弧菌连续指数级增长3次可以达到8,000个，2,000个弧菌连续指数级增长3次可以达到16,000个，前者不一定发病，而后者就有大概率发病，因为在虾塘中，弧菌数达到10⁴cfu/mL时，是有可能发生疾病的。

4 如何应对

4.1 要转变理念，不要排斥消杀工作

单纯的以菌抑菌，很难在外塘中将有害菌控制的非常好。从2002年至今，全国快速的由南至北推广微生物制剂，到现在从养殖户到经销商、公司、专家，每个都会说一定要定期使用微生物制剂，以菌抑菌。那么请问，病多了还是少了？当然，可能有人会说，现在养殖密度大了，疾病更容易发了，那我们接着再问。

表7 底泥细菌数的时间分布汇总表

作者	基本情况	底部细菌的时间分布
王文兴等 (1983)	青岛海水养虾	总体上，太平角养虾池海水、沉淀池、岸边海水中的异养菌数、弧菌数都基本在7~8月份达到全年高峰 ^[14] 。有的菌属呈现季节性变化，如弧菌属在温度高的夏、秋季节，不论在水样还是在泥样中，两者的比例都明显的高于温度低的冬、春季节，假单胞杆菌也有类似的情况 ^[14] 。异养菌数，底泥高出养殖水体两个量级，而养殖水体又高出岸边海水一个量级 ^[14] 。
方秀珍等 (1989)	无锡，草、鲮、青等混养	取样离水面20cm，北长池每平方米产鱼3.75kg。1984年3月~10月，北长池淤泥样品中总细菌数呈现单波峰变化，在7~8月份达到最高峰；而淤泥样品中异养细菌数呈现至少两个波峰变化，一是在5月份达到第一个小高峰，另一个高峰体现在10月份。淤泥样品中总细菌数的最高值为其水样中最高值的50倍，淤泥样品中异养菌数的最高值为其水样中最高值的1.2倍。同时期的淤泥样品中的总细菌数和总异养菌数均是水体中对应菌数的10倍以上 ^[14] 。
宋庆云等 (1991)	寿光，对虾	时间：1988年5~9月，对虾养殖池中的各种细菌分布，混泥高于水样，实际上底泥中的异养菌数一般可以达到水体的100倍。混泥中，异养菌的最高值出现在7、8月份。
鄂平等 (1994)	对虾养殖	对虾养殖池水中异养菌和弧菌的数量变化与水温的变化趋势相同；6~7月末，细菌增长比较缓慢，8月初开始，细菌数量增长较快，8月中旬达到全年的最高值。底泥混淤中，细菌数量一直呈上升趋势，不受水温的影响。底泥异养菌数量达到水体的百倍，弧菌则为数10倍 ^[14] 。
林克冰等 (1998)	斑节对虾，一年两造	在两造的养殖中底泥异养菌数和弧菌数都分别比水中高两个数量级和一个数量级 ^[14] 。
刘国才等 (1999)	海水养虾，多种混养	细菌总数基本从6月20号开始急剧上升，5个样本中，三个是在7月14号达到了8月15号前的最高峰，一个在7月24号达到最高峰，虾单养的则波动性上升，8月25号仍未见最高峰。
李秋芬等 (2002)	青岛城阳区虾池	水体的异养菌总数在7~8月份达到全年最高峰，底泥中的异养菌数量也是在7~8月份达到全年最高峰，且基本为水体中的10倍左右。底泥中的弧菌数量是在8月下旬达到全年最高峰，且与水体中的弧菌数差异不大 ^[14] 。
查广才等 (2006)	珠江三角地区，凡纳滨对虾低盐度高产虾池	池底泥类异养细菌以及致病性弧菌的数量一般超水产养殖水体10~100倍。
李筠寒 (2009)	低盐度养虾，秋冬季	沉积物中异养细菌相对稳定，数量在1.02×10 ⁷ ~2.20×10 ⁷ CFU·g ⁻¹ 之间波动，高出水体2~3个数量级 ^[14] 。
么宗利等 (2011)	天津虾池	细菌总数和弧菌总数分别在8月份和9月份达到高峰 ^[14] 。
徐金报等 (2012)	虾与草鱼、革胡子鲶混养	此混养模式中，水体中的弧菌数一般在8月中旬达到高峰，而底泥中的弧菌数则在8月下旬达到高峰。底泥中的平均弧菌数比水体中平均弧菌数多一个数量级 ^[14] 。
田相利等 (2012)	山东，草鱼、鲢鱼、鲤鱼	2010年6~10月，底泥异养菌数一般是水体异养菌数的数十倍至百倍不等。

请问发病的时候，1亩水面倒一吨光合细菌下去有用么？倒1t EM菌下去有用么？倒1t乳酸菌下去有用么？就是倒1t蛭弧菌都不一定有用。用什么有用？只有用消毒剂才有用，那平时为什么不用消毒剂处理下呢？

当然，要注意化学消毒剂的缺点，效果来得快，去的也快，不能长期的控菌，甚至有可能使用后24h，总菌数就会反弹超标，怎么办？两个办法，一是用化学消毒剂后使用蛭弧菌，一是用化学消毒剂大剂量的补充有益菌。同时这之间的时间要掌握好，绝不要说用消毒剂后三天再用微生物制剂。

不要排斥消毒剂预防，陈昌福教授也曾讲过这个问题，消毒剂是可以做为预防用药的，当然抗生素不行。

4.2 水体控菌和底泥控菌要分开做

我们首先要清楚，水体垂直层面上的细菌数量是有差异的，同时据研究，在水产养殖池塘中，底泥的细菌数量一般是高于水体的。因此在细菌防控时，底泥控菌和水(转右)

湖南草鱼主要病害流行病学调查

■ 宋锐¹ 王金龙¹ 付青山² (1 湖南省水产科学研究所; 2 沅江市畜牧水产事务中心)

湖南省是我国的淡水养殖大省,淡水养殖面积达454,346公顷,居全国第二位,其中池塘养殖面积为232,901公顷,2018年淡水鱼类养殖产量达237.95万t。草鱼是湖南省淡水养殖中最重要的养殖品种,其养殖面积最大,产量最高,2018年产量60.23万t,占养殖总产量的25.31%,在湖南省水产养殖业中占有重要的地位。近年来在养殖过程中草鱼病害频发,对湖南省的草鱼养殖业造成了严重的打击。为此,笔者于2018年开展了湖南草鱼主要病害流行病学的调查,现将主要结果报告如下(图1)。

冬春季节对草鱼危害最为严重的疾病是水霉病,1月份开始出现发病情况,在2月份达到一年的发病高峰,然后发病率逐渐下降,至6月份完全消失;草鱼感染的锚头蚤为草鱼锚头蚤,在每个月的监测中都发现有锚头蚤病发病的情况。草鱼锚头蚤病在每年有两个发病高峰,分别是春夏和夏秋交替的季节,发病率在3月份达到第一个高峰后缓慢下降,至7月份开始上升,在8~10月维持在较高的水平,然后下降;中华鲩病的流行规律与锚头蚤病相似,但发病率较低。越冬后发病率缓慢上升,4月份达到第一个高峰后下降,6月份后开始上升,在7~8月份达到第二个发病高峰;细菌性疾病中,烂鳃病发病最早,4月份开始出现后在5月份迅速达到发病高峰,

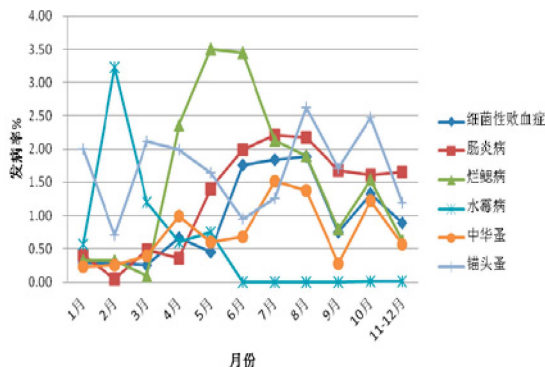


图1 草鱼病害的季节动态

并维持在较高的发病率水平,至8月份后开始下降;细菌性败血症和肠炎的流行规律相似,发病时间略晚于烂鳃病,4月份还处于比较低的水平,5月份后发病率开始上升,在高水位季节有较高的发病率,直至9月份后发病率缓慢下降。【支持项目:湖南省科技计划重点研发项目,草鱼抗出血病群体的建立与应用(2016NK2176);湖南省水产产业技术体系专项】



(接左)体控菌肯定是不一样,需要分别对待。

实际上,我们水体控菌大部分使用的都是液体产品,碘,戊二醛、胍类等等,500mL或者1,000mL使用2亩,使用1,334m²,大家觉得这个消毒剂能下到多深的水?30cm?50cm?我个人认为是绝不可能下到水底层的,这也是底泥控菌需要单独对待的原因。

底泥的控菌工作可以考虑使用过硫酸氢钾复合盐底改片、四羟类的分解底改、碘片等产品。

4.3 消毒杀菌后要紧跟着做好补菌工作

消毒剂是不分好坏的,统统全杀,那么等效力差不多的时候,就马上要补充有益菌,抢占空间,防止有害菌反弹,这就符合了占位理论。

另外,最关键的,一般的化学消毒剂使用后多长时间可以使用微生物制剂,请记住,绝不可能超过24h,为什么?因为有研究表明,使用化学消毒剂后,总菌数会在24h后即反弹超标。实际上,淡水中,使用一般的消毒剂后,最长24h内一定要补菌,有些消毒剂用后8~12h就要补菌了。

建议客户自行发酵一些有益微生物,在成本允许的前提下,每亩用量可以达到5~10斤。

4.4 割韭菜理论

对于总菌、异养菌、弧菌,我们要定期、定量的使用安全、刺激性小的消毒剂,并配合使用带有抑菌效果的底改片,将总菌数、异养菌数、弧菌数控制到较低的水平。但我们要清楚的知道,这些有害分子是没办法完全消灭的,我们必需像割韭菜一样,长一茬割一茬,一直将其数量控制在较低水平,只有这样,才能让我们的养殖环境更加安全。

5 总结

在高密度、集约化养殖不断发展的今天,水产养殖面临的问题只会越来越多,而不是越来越少。在这些复杂的问题中,细菌会一直是我们的水产养殖头疼不已的大问题,我们唯有不断的去了解它们的变化,应用即有的手段,多方位、多角度的以防为主,防控结合,才有可能取得较好的效果,才会为水产养殖的健康发展多一份保障。

