

强降雨对粤西凡纳滨对虾养殖池塘微生物群落的影响

胡晓娟^{1,2}, 李卓佳¹, 曹煜成¹, 杨莺莺¹, 袁翠霖^{1,2}, 罗亮^{1,3}, 杨宇峰²

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东广州510300; 2. 暨南大学水生生物研究所, 水体富营养化与赤潮防治广东省教育厅重点实验室, 广东广州510632; 3. 大连海洋大学生命科学与技术学院, 辽宁大连116023)

摘要: 于强台风“莫拉菲”环流云系带来的持续强降雨天气前后(2009年7月14日和7月28日), 对广东省茂名市电白县凡纳滨对虾半集约化养殖土池的水样和泥样进行调查, 研究施用微生态制剂和未施用微生态制剂的虾池水体及底泥中的异养细菌、弧菌和芽孢杆菌的变化情况, 并利用 BIOLOG ECO 微板对水体和底泥的微生物群落代谢变化进行探讨。结果发现, 定期施用微生态制剂的虾池水体和底泥中的细菌数量和微生物群落功能在强降雨前后基本保持稳定; 未施用微生态制剂的虾池在强降雨后, 水体的弧菌数升高, Simpson 指数和 McIntosh 指数显著降低 ($P < 0.05$), 水体和底泥微生物群落对碳源的利用率变化明显。研究结果表明, 与施用微生态制剂的虾池相比较, 未施用微生态制剂的虾池在强降雨后, 水体及沉积物环境波动变化明显, 强降雨对其水域环境产生很大的影响。因此建议在对虾养殖过程中定期施用微生态制剂, 并针对恶劣天气采取有效措施, 以稳定虾池水体及沉积物的微生物生态。[中国水产科学, 2010, 17(5): 987-995]

关键词: 强降雨; 虾池; 微生物群落; 微生态制剂

中图分类号: X172; S96

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2010)05-0987-09

每年的5月-9月是华南沿海的雨季, 同时也是低压、高温、台风多发的季节, 热带风暴和台风的相继登陆, 带来大量的降水, 常形成暴雨, 这种强降雨天气常常对水产养殖业产生很大的影响。暴雨或大雨后, 养殖池塘的水域环境发生巨大的变化, 可能增加对虾发病及死亡的几率。目前国内有对养殖池塘微生物群落研究的相关报道^[1-2], 但针对台风、强降雨等恶劣天气对对虾养殖池塘环境影响的研究较少^[3]。本研究从微生物生态的角度出发, 探讨了强降雨对虾池水体及底泥微生物群落的影响。

2009年7月中下旬, 受强台风“莫拉菲”环流云系影响, 广东省茂名市电白县出现大到暴雨天气, 其累积降雨量高达316 mm。笔者于持续强降雨天气前后采集了广东省茂名市电白县凡纳滨对虾

(*Litopenaeus vannamei*) 半集约化养殖土池的水样和泥样, 研究了施用微生态制剂和未施用微生态制剂的虾池水体及底泥的异养菌、弧菌和芽孢杆菌的变化情况, 并利用 BIOLOG ECO 微板对水体和底泥的微生物群落代谢变化进行了探讨。旨在了解台风、强降雨等恶劣天气对养殖环境微生物群落的影响及在此天气条件下微生态制剂的应用效果, 并提出恶劣天气下养殖池塘应采取的应对措施, 以期在实际生产中对养殖池塘环境进行科学、有效地调控提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 虾池与养殖管理

在广东省茂名市电白县冠利达科技生物养殖公司养殖场选取2个理化条件基本一致的半集约化凡

收稿日期: 2009-11-18; 修订日期: 2010-02-04.

基金项目: 国家自然科学基金项目(30800851); 现代农业(虾)产业技术体系建设专项资金(nyeytx-46); 国家“十一五”科技支撑计划(2006BAD09A07; 2007BAD29B06); 南海水产研究所中央级公益性科研院所基本科研专项(2007ZD01; 2008YD01; 2010YD05); 公益性行业(农业)科研专项(nyhyzx07-042; 200803012); 广东省科技计划项目(2009B020201001); 广东省科技计划国家重大科技项目匹配资助项目[粤科函财字[2009]627号]; 广东省海洋渔业科技推广专项(A200899A06); 广东省鱼病防治专项(2130108).

作者简介: 胡晓娟(1984-), 女, 硕士研究生, 主要从事水环境与微生物调控研究. E-mail: xinr129@yahoo.com.cn

通讯作者: 李卓佳, 女, 研究员, 主要从事水产健康养殖及养殖生态环境调控与修复. E-mail: zhuojiali609@163.com

纳滨对虾养殖土池,分别编号为1号和2号虾池。池塘面积为0.33 hm²,水深1.2~1.5 m,每池配叶轮式增氧机2台。1号虾池于2009年5月9日放苗,2号虾池5月15日放苗,放苗量均为75万尾/hm²。放苗前用茶麸、二氧化氯等消毒剂消毒水体。在养殖过程中,1号虾池从6月18日起每隔10~15 d施用芽孢杆菌(*Bacillus* sp.) (中国水产科学研究院南海水产研究所研制生产)用于调控水环境,根据虾池情况,不定期施用乳酸杆菌(*Lactobacillus* spp.) (中国水产科学研究院南海水产研究所研制生产),2号虾池在养殖过程中未施用任何微生物制剂。整个养殖过程中,天气变化大,多次遭受强降雨、台风等恶劣天气,对养殖造成了较大的影响。

本研究选取强台风“莫拉菲”影响前后(2009年

7月14日和2009年7月28日),分别采集2个虾池的水样和泥样进行监测分析。在这段时间内,1号虾池于7月14日和7月24日分别施加芽孢杆菌和乳酸菌制剂;2号虾池7月17日发现部分对虾出现黄鳃现象,在17日和19日少量施用水体消毒剂。强台风“莫拉菲”带来强降雨的时间为7月18日-22日,因为此段时间降雨量大,2个虾池均进行了排水处理,少量换水。

1.2 样品采集和分析方法

1.2.1 水样采集与样品处理 在虾池中分别采集池塘四周及中央的表层水样(水面以下0.5 m),再将各点水样混合均匀,取混合水样。现场采用PHB-1型便携式pH计测定pH值, Orion 810 便携式溶氧仪测定溶解氧(DO), WYY-II 便携式折射盐度计测量盐度(表1)。

表1 虾池水体理化因子变化情况
Tab. 1 Physical-chemical characteristics of water in two shrimp ponds

虾池 Shrimp pond	取样日期 Sampling date	溶解氧/(mg·L ⁻¹) DO	盐度 Salinity	透明度/cm Transparency	pH	水温/℃ Temperature
1#	7-14	6.82	9.0	31	7.7	31.0
	7-28	6.30	8.0	35	7.4	32.3
2#	7-14	7.20	10.0	11	7.7	30.9
	7-28	4.23	9.5	38	7.4	32.2

采集100 mL混合水样,保存在250 mL的无菌三角瓶中,样品低温保存,迅速带回实验室,立即进行处理。在水样中加入1% (V/V)吐温,摇床振荡30 min后,进行10倍稀释,分别取上述样品合适稀释度的0.1 mL稀释液在无菌条件下涂布于普通海水培养基2216E (5 g蛋白胨、1 g酵母浸膏、0.1 g磷酸高铁、18 g琼脂粉、1 000 mL陈海水)和弧菌选择性培养基TCBS (广东环凯微生物科技有限公司)平板。将稀释水样经80℃水浴20 min预处理,再在无菌条件下涂布于2216E 平板,28℃倒置培养2 d和7 d后计数芽孢杆菌的数量。配制培养基时根据养殖水体的实际pH和盐度情况对培养基做相应调整。

1.2.2 底泥采集与样品处理 分别采集池塘四周及中央的表层泥样,再将各点样品混合均匀,保存于灭菌皿中。所有样品低温保存迅速带回实验室,于

4℃下保存待测定。

准确称取10 g泥样,溶于盛有玻璃珠和90 mL无菌水的三角瓶中,加入1%吐温,置于摇床中振荡30 min后,进行10倍稀释,分别取上述样品合适稀释度的0.1 mL稀释液涂布平板,方法同1.2.1。

1.2.3 BIOLOG ECO微板反应 BIOLOG™的ECO微板(Matrix Technologies Corporation)为96微孔板,含有3套31种不同碳源。将水样直接倾倒在无菌加样槽中,用八道移液器把水样加入BIOLOG ECO微板的微孔中,每孔150 μL,每个水样重复3次。将泥样稀释1 000倍,接种于BIOLOG ECO微板,每个样品做3个重复。将加好样的BIOLOG ECO微板加盖,28℃恒温培养。培养过程中分别在0 h、24 h、48 h、72 h、96 h、120 h、144 h、168 h时在590 nm下读取数据。

1.3 数据处理

1.3.1 微生物群落平均活性的计算 31个孔吸光值的平均值(Average well color development, AWCD)计算公式为:

$$AWCD=[\sum(C_i-R)]/31$$

C_i 是除对照孔外各孔吸光值, R 是对照孔吸光值。

1.3.2 微生物群落功能多样性的分析 采用BIOLOG ECO微板培养72 h的数据计算虾池微生物群落多样性指数^[4]。

1.3.3 微生物群落对各类碳源的利用 根据BIOLOG ECO微板的6类碳源分类,以校正后的数据计算各微生物群落对6类碳源的总吸光值来分析不同处理微生物群落对同一碳源的利用差异。利用各类碳源总吸光值除以该类碳源数目所得到的吸光值来分析同一处理微生物群落对不同类型碳源的利用差异^[1-2]。

1.3.4 数据统计 采用SPSS统计软件中的 t 检验法对强降雨前后各组数据的差异显著性进行检验,显著性水平设置为0.05。

2 结果与分析

2.1 虾池水体和底泥细菌的变化

从强降雨前后2次采样的结果(表2)来看,两虾池水体和底泥的细菌数量变化有所不同。1号虾池水体中的异养细菌数量显著降低($P<0.05$),底泥中的异养细菌数量维持稳定;水体中弧菌的数量保持在 10^3 CFU/mL,但底泥中弧菌的数量上升明显($P<0.05$),水体和底泥中的芽孢杆菌数量稳定。2号虾池底泥中的异养细菌总数则显著降低($P<0.05$),降雨后其水体和底泥中的弧菌数量均显著升高($P<0.05$),其中水体中弧菌数量一直高于底泥,且远远超出对虾发病阈值 10^4 CFU/mL^[5-6],弧菌占异养细菌的数量比高达32.93%。

表2 两种虾池水体及底泥中细菌数量变化
Tab. 2 Total amount of bacteria in the water and surface sediment of shrimp ponds $n=3; \bar{x}\pm SD$

项目 Item	取样日期 Sampling date	W1/(CFU · mL ⁻¹)	W2/(CFU · mL ⁻¹)	S1/(CFU · g ⁻¹)	S2/(CFU · g ⁻¹)
异养细菌 Heterotrophic bacteria	7-14	(1.63±0.34)×10 ⁵	(6.16±1.42)×10 ⁵	(8.27±0.54)×10 ⁶	(1.43±0.11)×10 ⁷
	7-28	(5.60±0.12)×10 ⁴ *	(7.50±0.95)×10 ⁵	(6.11±0.73)×10 ⁶	(1.09±0.14)×10 ⁶ *
弧菌 Vibrio	7-14	(2.62±1.20)×10 ³	(2.32±0.95)×10 ⁴	(1.51±0.22)×10 ⁴	(1.36±0.10)×10 ⁴
	7-28	(6.57±1.20)×10 ³ *	(2.47±0.20)×10 ⁵ *	(1.60±0.26)×10 ⁶ *	(5.38±1.11)×10 ⁴ *
芽孢杆菌 Bacillus	7-14	(1.60±0.22)×10 ³	(1.87±0.27)×10 ³	(8.91±1.98)×10 ⁵	(6.25±1.14)×10 ⁵
	7-28	(1.28±0.09)×10 ³	(2.90±0.49)×10 ³ *	(8.70±0.25)×10 ⁵	(2.16±0.67)×10 ⁵ *

注: W1表示1号虾池水体; W2表示2号虾池水体; S1表示1号虾池底泥; S2表示2号虾池底泥.*表示7月14日和7月28日2次数据之间差异显著($P<0.05$).

Note: W1 represents the water in shrimp pond no.1; W2 represents the water in shrimp pond no.2; S1 represents the sediment in shrimp pond no.1; S2 represents the sediment in shrimp pond no.2. * donates that data between July 14 and July 28 are significantly different ($P<0.05$).

2.2 降雨前后虾池微生物群落平均活性的变化

AWCD值反映了微生物群落对不同碳源代谢的总体情况,其变化速率反映了微生物的代谢活性。AWCD值增加越快,表明微生物群落的代谢活性越强。降雨前后,两虾池水体和底泥的AWCD变化情况如图1、图2所示。在强降雨前后,1号虾池水体、底泥

中的微生物平均活性保持稳定,2号虾池水体和底泥中的微生物平均活性变化较大。强降雨后,水体中的微生物平均活性升高,而底泥中的微生物平均活性降低,与其异养细菌数量的变化趋势一致。

2.3 虾池微生物多样性指数的变化情况

在强降雨前后,1号虾池水体和底泥的Shannon

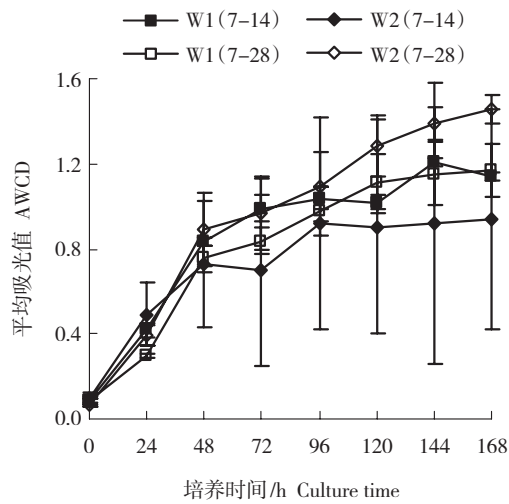


图1 两虾池水体的 AWCD 变化
W1 表示 1 号虾池水体; W2 表示 2 号虾池水体.

Fig. 1 Changes of AWCDs in water in two shrimp ponds
W1 represents water in shrimp pond no.1; W2 represents water in shrimp pond no.2.

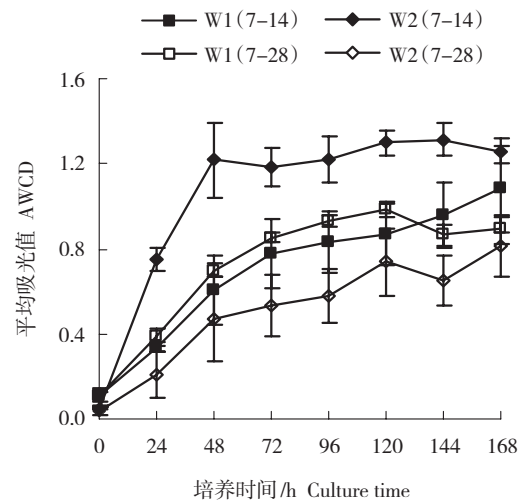


图2 两虾池底泥的 AWCD 变化
S1 表示 1 号虾池底泥; S2 表示 2 号虾池底泥.

Fig. 2 Changes of AWCDs in sediment of two shrimp ponds
S1 represents sediment in shrimp pond no.1; S2 represents sediment in shrimp pond no.2.

指数、Shannon 均度、Simpson 指数和 McIntosh 均度等各多样性指数均保持稳定(表3),底泥中的 Simpson 指数显著升高 ($P<0.05$)。而 2 号虾池底泥的 Shannon 指数、Simpson 指数和 McIntosh 指数降雨后均较降雨前显著降低 ($P<0.05$),这可能与降雨后,2 号虾池底泥中的异养细菌总数降低有关。

2.4 虾池微生物群落对同一类型碳源的利用

图3为两虾池水体中微生物群落对同一类型

碳源的利用变化情况。从对六大类碳源的利用率来看,在强降雨前后,1 号虾池水体微生物均对糖类的利用率最高,对氨基酸、羧酸类和聚合物的利用率次之,对胺类和其他类碳源利用较少。2 号虾池水体微生物对碳源的利用率在降雨前后波动较大,总体呈现升高的趋势。但 2 号虾池水体的数据标准偏差大,这说明其微生物群落可能不稳定,波动较大。

表3 两虾池微生物群落的多样性指数变化
Tab. 3 Microbial community functional diversity indices in two shrimp ponds

		<i>n</i> = 3; $\bar{x} \pm SD$			
指标 Indicator	取样日期 Sampling date	W1	W2	S1	S2
Shannon 指数 Shannon index	7-14	3.18±0.03	3.28±0.01	2.97±0.02	3.27±0.03
	7-28	3.23±0.04	3.30±0.03	3.07±0.02	2.80±0.08*
Shannon 均度 Shannon evenness	7-14	1.01±0.01	1.03±0.05	1.14±0.10	1.00±0.00
	7-28	1.00±0.04	1.02±0.03	1.12±0.05	1.08±0.08
Simpson 指数 Simpson index	7-14	22.15±0.50	24.40±0.60	15.45±0.88	24.84±0.79
	7-28	22.79±1.25	24.87±1.32	17.82±0.27*	12.74±1.40*
McIntosh 指数 McIntosh index	7-14	6.53±0.44	4.35±2.72	6.13±1.17	7.37±0.66
	7-28	5.47±0.31	5.98±0.92	6.28±0.25	4.79±0.82*
McIntosh 均度 McIntosh evenness	7-14	1.01±0.01	1.00±0.02	1.02±0.03	0.99±0.00
	7-28	0.99±0.01	1.00±0.01	1.02±0.02	0.99±0.03

注: W1 表示 1 号虾池水体; W2 表示 2 号虾池水体; S1 表示 1 号虾池底泥; S2 表示 2 号虾池底泥。* 表示 7 月 14 日和 7 月 28 日 2 次数据之间差异显著 ($P<0.05$)。
Note: W1 represents water in shrimp pond no.1; W2 represents water in shrimp pond no.2; S1 represents sediment in shrimp pond no.1; S2 represents sediment in shrimp pond no.2. * donates that data between July 14 and July 28 are significantly different ($P<0.05$).

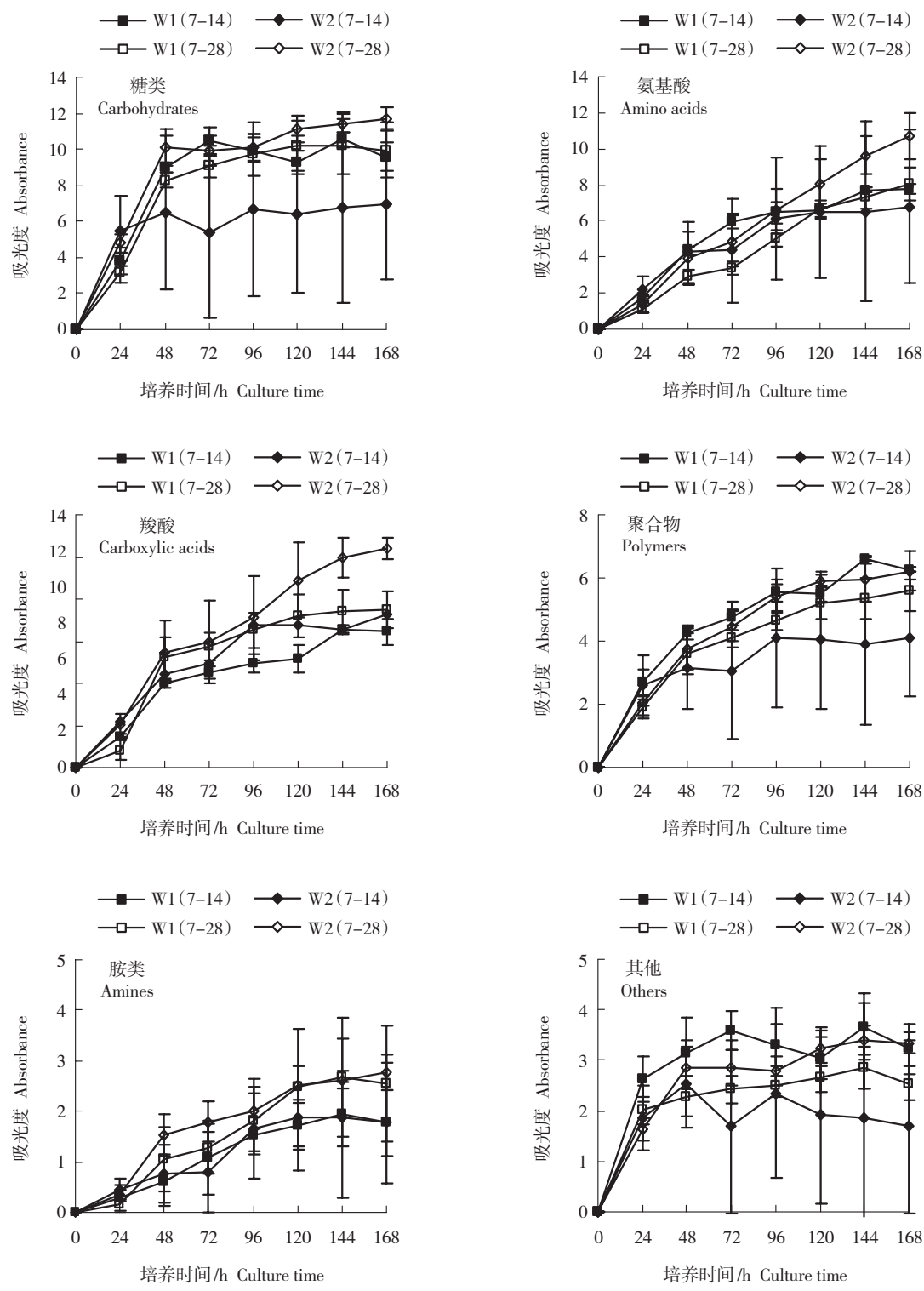


图3 两虾池水体中微生物群落对同一碳源利用的变化
W1表示1号虾池水体; W2表示2号虾池水体.

Fig. 3 Changes of utilization on the same carbon source by microbial community in water of two shrimp ponds
W1 represents water in shrimp pond no.1; W2 represents water in shrimp pond no.2.

两虾池底泥中微生物群落对同一类型碳源的利用变化情况如图4所示。1号虾池底泥微生物对糖类、氨基酸、羧酸类和聚合物这些碳源的利用率仍然较高,对胺类和其他类碳源利用较少。强降雨前后,其对碳源的利用比较稳定,变化不大。2号虾池变动较大,强降雨后,其底泥中微生物群落对碳源的利用率显著降低。

3 讨论

3.1 利用 BIOLOG 系统对虾池微生物群落功能的评价

BIOLOG 系统作为一种快速、简单的研究微生物群落功能多样性的方法,近些年来被广泛应用于环境微生物群落功能研究^[1,7-8],包括环境微生物群落的比较研究,外源添加物对环境微生物群落的影响评价及环境修复效果与处理效果评价等^[9]。本研究通过 BIOLOG 系统比较了强降雨前后不同虾池水体和底泥中微生物群落结构和功能多样性的变化,同时揭示了施用微生态制剂尤其是芽孢杆菌在池塘养殖中的作用效果。结果表明,随着培养时间的延长,微生物对碳源的利用率增加。施用微生态制剂的1号虾池因定期添加芽孢杆菌,强降雨前后虾池水体和底泥中的微生物群落对碳源的利用及其多样性指数均保持稳定。较高的多样性对于生态系统群落的稳定有着重要作用。因为群落多样性高,物种之间往往形成较复杂的相互关系,当面对来自外界环境的变化时,由于其具有较强大的反馈系统,从而可以得到较大的缓冲,维持生态系统稳定。未施用微生态制剂的2号虾池多样性指数前后波动较大,强降雨后底泥的 Shannon 指数、Simpson 指数和 McIntosh 指数均有所降低,与其异养细菌数量的变化趋势一致。这说明微生物群落代谢多样性的变化与微生物群落的生物量和结构的变化相关^[2]。在养殖池塘中,微生物对碳源的利用在养殖池塘的物质循环中起着重要的推动作用,而 BIOLOG 系统正是基于微生物群落的碳源代谢水平来进行群落功能多样性研究的。在所研究的六大类碳源中,两虾池水

体微生物均对糖类的利用率最高。此外,研究发现,对虾高密度集约化养殖过程中,通过适量添加糖类物质作为碳源,提高水体中的 C/N,可促进异养细菌的繁殖,形成生物絮团^[10]。这不仅可调控水质,而且生物絮团可被对虾食用,从而提高氮的利用率,降低饵料系数^[11-12]。由此可见,碳源尤其是糖类对于养殖池塘微生物的生长具有重要作用。

3.2 强降雨对虾池微生物的影响

每年的5月-9月,华南沿海正值低压、高温、台风多发的季节,热带风暴和台风的相继登陆,常带来大量的降水,这种强降雨天气常对水产养殖业产生很大的影响。养殖池塘是人为因素影响极大的小型生态系统,其中的各种理化因子、生物因子关系十分复杂,且处于不断波动变化中。强降雨不仅会使水体 pH 下降、水体盐度降低,造成水体温度和盐度的分层^[3],还会使病原微生物大量繁殖。此外,还可能使对虾产生应激反应,导致其免疫能力下降,发病及死亡的几率增加。在本研究中,养殖虾池遭遇大到暴雨的侵袭,2个虾池均进行了排换水处理。2号虾池在强降雨到来之前,部分对虾出现了黄鳃的现象,从强降雨前后2次数据对比来看,其溶解氧(DO)值变化明显,水体和底泥中的各微生物指标也有较大的变化,尤其是弧菌的大量繁殖,增加了对虾发病的可能性。

3.3 微生态制剂对虾池环境的作用

微生态制剂因其在营养特性、免疫特性和改善生态环境3方面的重要作用^[13],已被较广泛地应用于水产养殖业。其中,芽孢杆菌被公认为是一种优良的益生菌,可加速有机物的降解和转化,促进物质循环利用,改善水质^[13-14]。李卓佳等^[2]研究发现芽孢杆菌制剂可通过改善环境微生物群落的生物量和结构,来改善凡纳滨对虾养殖池塘的水质环境。此外,在养殖过程中使用芽孢杆菌可对水体的弧菌产生一定的抑制作用^[15]。在本研究中,尽管1号虾池在施用了微生态制剂(主要为芽孢杆菌)后,由于虾池的异养细菌数量高,芽孢杆菌并没有在水体中成为优势菌属,但与2号虾池相比,1号虾池水环境及微生物群落相对较为稳定,水体弧菌数量的升高幅

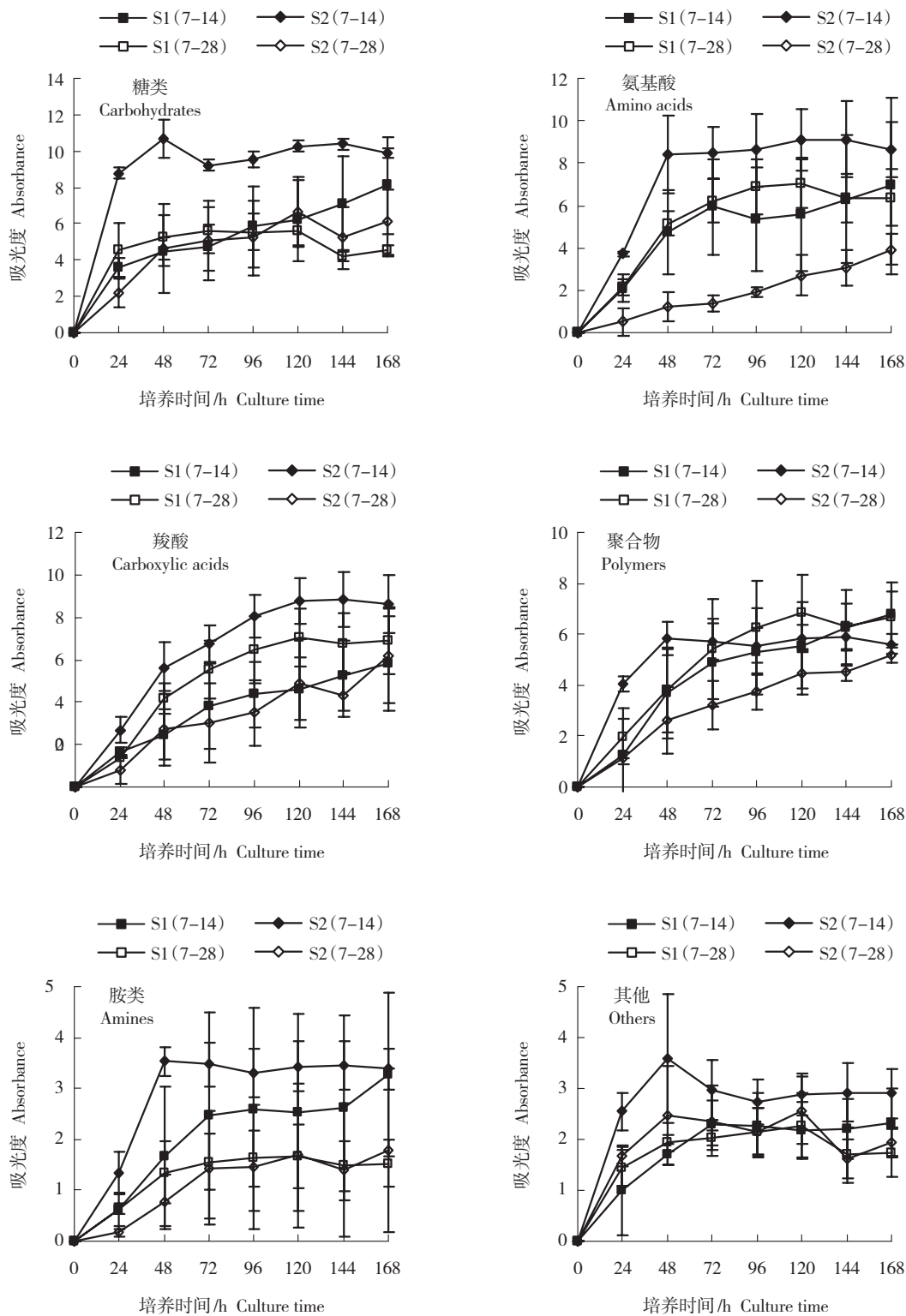


图4 两虾池底泥中微生物群落对同一碳源利用的变化

S1表示1号虾池底泥; S2表示2号虾池底泥.

Fig. 4 Changes of utilization on the same carbon source by microbial community in sediment of two shrimp ponds
S1 represents sediment in shrimp pond no.1; S2 represents sediment in shrimp pond no.2.

度低于2号虾池。这说明芽孢杆菌维持了池塘生态系统的动态平衡,同时抑制弧菌的滋长,通过对养殖池塘环境的优化为凡纳滨对虾的健康生长提供了一个优良的外部条件^[16]。此外,乳酸杆菌也具有抑制弧菌的作用^[17];利用芽孢杆菌等微生态制剂可促进优良藻类的生长^[18-19],形成良好的藻相^[20],保持藻相的合理性和多样性,对保持养殖环境的稳定和预防恶劣天气的影响也具有不可替代的作用^[3]。

因此,笔者认为定期使用芽孢杆菌、乳酸杆菌等微生态制剂,可以维持虾池水体的藻相及微生态稳定,为对虾的健康生长营造良好的环境。针对台风、强降雨等恶劣天气建议采取以下应对措施:1)加开增氧机,延长增氧时间,打破水体温度和盐度的分层现象。2)服用维生素C,加强对虾的免疫力,提高抵抗力。3)使用光合细菌和EM菌(Effective microorganisms,有效微生物群)等有益微生态制剂减少水体中氨氮、亚硝酸盐等有害物质,改善水体质量。总之,台风、强降雨等恶劣天气会造成养殖水体环境波动和可能引起对虾发病,应密切关注水质变化及对虾生长情况,运用多种调控手段,维持养殖池塘环境的相对稳定,营造优良的藻相和微生态环境,以实现对虾的高产健康养殖。

参考文献:

- [1] 杨莺莺,李卓佳,梁晓华,等. 芽孢杆菌对鱼池微生物群落代谢功能的影响[J]. 微生物学杂志,2009,29(3): 11-17.
- [2] 李卓佳,林亮,杨莺莺,等. 芽孢杆菌制剂对虾池环境微生物群落的影响[J]. 农业环境科学学报,2007,26(3): 1183-1189.
- [3] 查广才,周昌清. 恶劣天气对凡纳滨对虾低盐度养殖水体的影响[J]. 信阳师范学院学报: 自然科学版,2006,19(4): 414-418.
- [4] 杨永华,姚健,华晓梅. 农药污染对土壤微生物群落功能多样性的影响[J]. 微生物学杂志,2000,20(2): 23-25.
- [5] 于占国,林凤翱,贺杰. 异养细菌与虾病关系的研究[J]. 海洋学报,1995,17(3): 85-91.
- [6] 黄洪辉,林钦,郭志勋,等. 有益微生物的应用对海水对虾养殖池塘中细菌数量动态变化的影响[J]. 南方水产,2007,3(3): 14-19.
- [7] De Fede K L, Sexstone A J. Differential response of size-fractionated soil bacteria in BIOLOG(R) microtitre plates[J]. Soil Biol Biochem,2001,33(11): 1547-1554.
- [8] Graham M H, Haynes R J. Catabolic diversity of soil microbial communities under sugarcane and other land uses estimated by Biolog and substrate-induced respiration methods[J]. Appl Soil Ecol,2005,29: 155-164.
- [9] 席劲瑛,胡洪营,钱易. Biolog方法在环境微生物群落研究中的应用[J]. 微生物学报,2003,43(1): 138-141.
- [10] Schneider O, Sereti V, Eding E H, et al. Molasses as C source for heterotrophic bacteria production on solid fish waste[J]. Aquaculture,2006,261: 1239-1248.
- [11] Schryver P D, Crab R, Dwfordt T, et al. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture[J]. Aquaculture,2008,277: 125-137.
- [12] Avnimelech Y. Bio-filters: The need for an new comprehensive approach[J]. Aquac Eng,2006,34: 172-178.
- [13] 陈永青,林亮,杨莺莺,等. 微生态制剂在水产养殖中的应用[J]. 生态科学,2005,24(1): 80-83.
- [14] Thimmalapura N D, Fatimah M Y, Mohamed S. Changes in bacterial populations and shrimp production in ponds treated with commercial microbial products[J]. Aquaculture,2002,206: 245-256.
- [15] 李卓佳,郭志勋,冯娟,等. 应用芽孢杆菌调控虾池微生态的初步研究[J]. 海洋科学,2006,30(11): 28-31.
- [16] Gatesoupe F J. The use of probiotics in aquaculture[J]. Aquaculture,1999,160: 177-203.
- [17] 杨莺莺,李卓佳,陈永青,等. 乳酸杆菌L1对致病弧菌的抑制作用[J]. 南方水产,2005,3(1): 62-65.
- [18] 王少沛,曹煜成,李卓佳,等. 水生环境中细菌与微藻的相互关系及其实际应用[J]. 南方水产,2008,4(1): 76-80.
- [19] 王昊,李卓佳,李纯厚,等. 不同生物量的乳酸杆菌对对虾养殖池3种常见优势微藻的影响[J]. 台湾海峡,2009,5(2): 223-227.
- [20] 曹煜成,李卓佳,杨莺莺,等. 浮游微藻生态调控技术在对虾养殖应用中的研究进展[J]. 南方水产,2007,3(4): 70-73.

Influence of heavy rain on microbial community in *Litopenaeus vannamei* culture ponds in western Guangdong Province

HU Xiaojuan^{1,2}, LI Zhuojia¹, CAO Yucheng¹, YANG Yingying¹, YUAN Cuilin^{1,2}, LUO Liang^{1,3}, YANG Yufeng²

(1. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China; 2. Key Laboratory of Aquatic Eutrophication and Control of Harmful Algal Blooms of Guangdong Higher Education Institutes, Institute of Hydrobiology, Jinan University, Guangzhou 510632, China; 3. School of Life Science and Technology, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China)

Abstract: The period from May to September is the rainy season in southern China coast, and also the typhoon-prone season. Tropical storms and typhoons landing one after another often bring large amount of precipitation and form the heavy rain, which has a huge impact on aquaculture. After rainstorm or heavy rain, the water environment of aquaculture ponds is changed greatly. Furthermore, the risk of morbidity and mortality in shrimps may increase. The influence of severe weather condition on environment of shrimp pond is seldom reported. In the present study, the influence of heavy rain on microbial community in *Litopenaeus vannamei* culture ponds was explored. From July 18 to July 22, 2009, the typhoon Mola Fei caused continuous heavy rain in western Guangdong Province. The water and sediment samples were collected in July 14 and 28, respectively, before and after this heavy rain. The samples were collected from a semi-intensive shrimp culture pond in which probiotics were periodically used. Samples were also collected from a identical shrimp pond without probiotics application as control. Variation of heterotrophic bacteria, *Vibrio* and *Bacillus* in samples were investigated. By using BIOLOG ECO microplate, microbial community metabolic changes in water and sediment were also studied. The results showed that the number of bacteria and microbial community function remained stable in water and sediment of the shrimp pond where probiotics were applied periodically before and after the heavy rainfall. In contrast, the number of *Vibrio* increased in water, while diversity index significantly reduced in sediment ($P < 0.05$) of the control pond. In addition, the carbon utilization of microbial community in water and sediment both obviously changed in the control pond. Due to heavy rain, water environment of shrimp ponds was affected greatly. To cope with severe weather, effective measures should be taken to stabilize environment and microbial ecology in both water and sediment. The probiotics, such as *Bacillus*, *Lactobacillus* and so on, could be applied in shrimp ponds periodically. [Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(5): 987–995]

Key words: heavy rain; shrimp pond; microbial community; probiotic

Corresponding author: LI Zhuojia. E-mail: zhuojiali609@163.com