

南美白对虾养殖水体中抑藻细菌的分离及鉴定

罗智伟, 罗剑飞, 林炜铁

(华南理工大学生物科学与工程学院, 广东广州 510006)

摘要: 本研究从南美白对虾养殖水体中分离出 10 株细菌, 进行分子鉴定和系统进化树分析, 并评价了它们对鱼腥藻 *Anabaena cylindrica* FACHB-82 的抑藻效果。16S rRNA 基因分析表明, 分离的 10 株细菌中三株与假单胞菌 *Pseudomonas plecoglossicida*、*Pseudomonas protegens* 和 *Pseudomonas monteilii* 最为相似, 一株与气单胞菌 *Aeromonas veronii* 相似, 两株与陶厄氏菌 *Thauera mechernichensis* 和 *Thauera aromatica* 相似, 枯草芽孢杆菌 *Bacillus subtilis*、微杆菌 *Microbacterium flavum*、黄杆菌 *Flavobacterium cauense* 以及金黄杆菌 *Chryseobacterium nakagawai* 各一株相似。抑藻结果表明细菌 AB-3 抑藻效果最好, 其对鱼腥藻的生长抑制率达到 87.11%。此外, AB-3 菌对水华束丝藻 *Aphanizomenon flos-aquae* 和铜绿微囊藻 *Microcystis aeruginosa* 生长抑制率分别达到 79.89% 和 23.65%, 对小球藻 *Chlorella vulgaris* 也有一定的抑藻效果, 但对衣藻 *Chlamydomonas reinhardtii* 抑藻效果不显著。本研究从水体中分离筛选出的一株陶厄氏菌 AB-3, 对试验的蓝藻都具有显著的抑藻效果, 同时该菌对绿藻抑藻效果小或是没有抑制。

关键词: 抑藻细菌; 分离筛选; 水华; 鱼腥藻

文章编号: 1673-9078(2019)11-109-113

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.11.015

Isolation and Identification of Algicidal Bacteria from *Penaeus vannamei* Cultural Water

LUO Zhi-wei, LUO Jian-fei, LIN Wei-tie

(School of Biology and Biological Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: In this study, 10 strains of bacteria were isolated from the culture water collected from the *Penaeus vannamei* shrimp farms, subjected to molecular identification and phylogenetic tree analysis, and evaluation of their inhibitory effects on *Anabaena cylindrica* FACHB-82. The 16S rRNA gene analysis showed that three strains resembled the most *Pseudomonas* (*P. plecoglossicida*, *P. protegens* and *P. monteilii*), with one strain similar to *Aeromonas veronii*, two similar to *Thauera mechernichensis* and *Thauera aromatica*, one similar to *Bacillus subtilis*, one similar to *Microbacterium flavum*, one similar to *Flavobacterium cauense*, and one similar to *Chryseobacterium nakagawai*. Bacterial strain AB-3 exhibited the greatest inhibition, with a rate of 87.11% against *Anabaena cylindrica* FACHB-82. In addition, AB-3 had inhibition rates of 79.89% and 23.65% against *Aphanizomenon flos-aquae* and *Microcystis aeruginosa*, inhibited *Chlorella vulgaris* to some extent, but exerted insignificant inhibitory effect on *Chlamydomonas reinhardtii*. In this study, the *Taueus* strain, AB-3, isolated from the culture water had a significant algicidal effect on the cyanobacteria, whilst no or little inhibitory effect on *Chlorella*.

Key words: algicidal bacteria; isolation and screening; phytoplankton blooms; *Anabaena cylindrica*

目前已知对虾科包括 30 多个属, 是虾类中较为重要的养殖及捕捞品种, 中国对虾 (*Penaeus chinensis*)、南美白对虾 (*Penaeus vannamei*) 与斑节对虾 (*Penaeus monodon*) 并称为世界三大高产养殖虾种^[1]。对虾为我国的主要养殖品种, 其养殖范围在我国各沿海地区均有覆盖。随着养殖规模的逐渐扩大, 水体污染和富营养化等问题的出现, 对虾养殖产业的迅速发展提出

收稿日期: 2019-03-04

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (41473072)

作者简介: 罗智伟 (1994-), 男, 在读硕士, 研究方向: 环境微生物

通讯作者: 林炜铁 (1964-), 男, 教授, 研究方向: 环境微生物、微生物生态学

挑战^[2]。我国水产养殖主要是淡水养殖, 天气高温易出现蓝藻暴发现象, 导致对虾大量死亡^[3,4]。因此, 控制有害微藻的过度增殖, 维持优良的微藻群体对于对虾水体的稳定、减少对虾疾病的发生具有重要意义^[5]。有害藻类的控制和治理主要有化学法、物理法和生物法。在目前利用化学、物理等方法治理蓝藻水华效果不理想或者容易产生二次污染的情况下, 环境友好型的生物法为治理有害藻类提供了一条新的途径。

目前, 利用抑藻细菌控制有害藻类水华已经引起广泛的关注和认识^[6-8]。对虾养殖中, 利用溶藻细菌控制对虾养殖池塘有害微藻的研发思路已有很多探索^[9]。例如利用蜡样芽孢杆菌有效抑制颤藻的生长, 从

而为波吉卵囊藻(绿藻)占据生态优势提供有利空间,为养殖对虾提供良好的水生态环境^[10]。目前的研究中从对虾养殖水体中分离出的溶藻细菌报道并不多,大多是从江河中分离出溶藻细菌,应用于养殖水体蓝藻的爆发。本研究从广州对虾养殖水体中筛选出10株细菌,从中筛选出一株抑藻效果显著的菌株,并研究其对蓝藻和绿藻生长的影响,以期为实现以抑藻菌控制养殖水体中的水华提供优质的菌种资源与理论指导。

1 材料与方法

1.1 实验材料

主要试剂与仪器:酵母提取物、胰蛋白胨购于阿拉丁试剂(上海)有限公司;Taq PCR Mastermix 购于天一辉远有限公司。DL2000 Marker 购于 Zomanbio 公司;LRH-150 生化培养箱、光照培养箱、分光光度计、Eppendorf 5804R 冷冻离心机。

样本采集:水体样本采自广州市阳西县南美白对虾养殖场,共设置3个采集点,无菌条件下分离各水体样本中细菌。

培养基:细菌的分离采用 LB 固体平板培养基,液体培养用 LB 液体培养基。鱼腥藻 *A. cylindrica* 等蓝藻和小球藻、衣藻用 BG-11 液体培养基^[11]。

藻种:购买于中国科学院淡水藻种库,各种蓝藻绿藻的 FACHB 号如下:铜绿微囊藻 *Microcystis aeruginosa* FACHB-315,鱼腥藻 *Anabaena cylindrica* FACHB-82,水华束丝藻 *Aphanizomenon flos-aquae* FACHB-1039,小球藻 *Chlorella vulgaris* FACHB-8,衣藻 *Chlamydomonas reinhardtii* FACHB-265。

1.2 实验方法

1.2.1 养殖水体中细菌的分离

将采集的对虾养殖水体样本梯度稀释,涂布于 LB 固体平板培养基,30℃避光培养2~3 d。挑取菌落形态不同的单菌落,多次划线培养获得纯菌,并编号 AB-1~AB-10 (algicidal bacterium),用25%的甘油保存于-80℃。

1.2.2 细菌 16S rDNA 鉴定

分离细菌在 LB 固体培养基上划线培养,利用菌落 PCR 方法,扩增细菌 16S rDNA,PCR 反应体系为 25 μL,2×Taq PCR Mastermix 12.5 μL,通用引物 27F (5'-AGAGTTTGTACCTGGCTCAG-3') 和 1492R (5'-TAC CTTGTTACGACTT-3') 各 1 μL,dd H₂O 10.5 μL,细菌少许。PCR 反应程序:95℃预变性 10 min、95℃变性 30 s、55℃退火 30 s、72℃延伸 90 s,30

个循环,72℃持续 10 min。取 2 μL PCR 产物进行琼脂糖凝胶电泳,用凝胶成像仪检测电泳条带,扩增序列送广州天一辉远有限公司测序,获得的序列经 BLAST 比对,鉴定。将测定的各细菌的 16S rDNA 序列测定的结果在 GenBank 数据库中进行相似性搜索,分别选定其中同源性较高的相关菌株,用 MAGE 7.0 软件邻比法分析,以得到各菌株分类学上的地位。

1.2.3 微藻的纯化与培养

微藻的纯化:在中国科学院淡水藻种库购买的微藻利用 BG11 固态平板划线活化,在 25℃,3000 Lux (LED 光源) 条件下,光合自养生长 6~10 d。液体培养时接种单藻落到 100 mL (250 mL 锥形瓶) BG11 液体培养基中,25℃,3000 Lux 静置培养 5 d,再转接 BG11 培养基培养 4 d,每天摇瓶一次。

细菌抑制微藻藻种的培养:把上述条件培养的藻种转接到 200 mL (500 mL 锥形瓶) BG11 液体培养基中,25℃、光照 3000 Lux、光暗比 12 h:12 h 培养 3 d。

1.2.4 抑藻细菌的筛选

细菌的活化:将保存的细菌划线接种到 LB 固体平板中,取生长良好的单菌落接种到 LB 液体培养基中,28℃,130 r/min 震荡培养。

以鱼腥藻为研究对象,将细菌液体培养至对数期。按照 2%(体积比)接种量接种到 50 mL 对数生长期的鱼腥藻藻液中,鱼腥藻初始叶绿素浓度约为 1.6 mg/L,并向相同藻液中加入等量 LB 培养基作为对照,25℃,3000 Lux,光暗比 12 h:12 h,培养,连续培养一周。每隔 24 h 取样,测定叶绿素浓度,实验组的叶绿素浓度越小代表抑藻效果越好。

叶绿素含量测定:取 2 mL 藻液,13000 r/min 离心弃上清,加入 200 μL 蒸馏水重悬,再加入 1800 μL 无水乙醇,混匀,75℃水浴 5 min,冷却后在波长 649 nm、665 nm、750 nm 处测吸光度。根据 Lichtenthaler 方法计算叶绿素含量^[12]。

叶绿素含量计算公式为:叶绿素 a 和 b=5.24×(A₆₆₄-A₇₅₀)+22.24×(A₆₄₉-A₇₅₀),每个样品做三个平行。

抑藻率计算公式为: $A_e = (C_0 - C_t) / C_0 \times 100\%$ 。

其中: A_e 是作用于蓝藻的抑藻率; C_0 和 C_t 分别代表对照组和实验组的叶绿素含量。

1.2.5 抑藻细菌对蓝藻和绿藻的抑藻试验

为了确定 AB-3 的抑藻对象是否有一定的种类特异性,本研究选择了能引起水华的 3 株蓝藻(铜绿微囊藻、水华束丝藻、鱼腥藻)及 2 株绿藻(小球藻和衣藻)进行抑藻实验,实验接种量按体积比同 1.2.4,测定叶绿素浓度,通过与实验组的叶绿素浓度对比比

较抑藻效果。

1.2.6 数据统计分析

每个实验样品测定均进行三次平行, 并做平均值与标准差分析, 数据汇总后利用 Origin 2017 对数据进行整理作图。

2 结果与讨论

2.1 水体中细菌的筛选和鉴定

采用平板稀释法从对虾养殖水体中主要分离出 10 株细菌, 编号为 AB-1 至 AB-10。通过菌落 PCR 扩增每株细菌的 16S rDNA 序列, 序列在 NCBI 上进行 BLAST 比对, 结果表明: AB-1、AB-2、AB-5 菌株属于假单胞菌, 分别与 *P. plecoglossicida*、*P. protegens*、*P. monteilii* 有具有最高相似性, 序列相似性均大于 99%。AB-4、AB-7、AB-8、AB-9、AB-10 分别与气单胞菌 *A. veronii*、枯草芽孢杆菌 *B. subtilis*、微杆菌 *M. flavum*、黄杆菌 *F. cauense*、金黄杆菌 *C. nakagawai* 有具有最高序列相似性。AB-3 和 AB-6 菌株属于陶厄

氏菌属, 分别与陶厄氏菌属的 *T. mechernichensis*、*T. aromatica* 有 99% 的同源性。

利用 MEGA 7.0 软件邻接法 (NJ) 构建系统发育树如图 1 所示。在与各模式菌株的比较中, AB-1、AB-2 与模式菌株假单胞菌 *P. plecoglossicida* strain SK18-S5 (MK332517.1)、假单胞菌 *P. protegens* strain CHA0 (NR 114749.1) 相似性最高, 且与各模式菌株属同一聚类, 可认为 AB-1、AB-2 分别属菌种 *P. plecoglossicida*、*P. protegens* strain 中的一种。同样, AB-3、AB-6 与陶厄氏菌菌株 *T. mechernichensis* TL1 (NR 026473.1)、*T. aromatica* strain S100 (AJ315681.1) 相似性最高, 且与各模式菌株属同一聚类, 可认为 AB-3、AB-6 分别属菌种 *T. mechernichensis*、*T. aromatica* strain 中的一种。AB-4、AB-7、AB-8、AB-9、AB-10 分别属菌株气单胞菌 *A. veronii*、枯草芽孢杆菌 *B. subtilis*、微杆菌 *M. flavum*、黄杆菌 *F. cauense*、金黄杆菌 *C. nakagawai*。其中从水体中筛选的有芽孢杆菌、气单胞菌等, 很可能是样品养殖水中的优势菌种^[13,14], 在养殖水体微生物系统的调控中其重要作用。

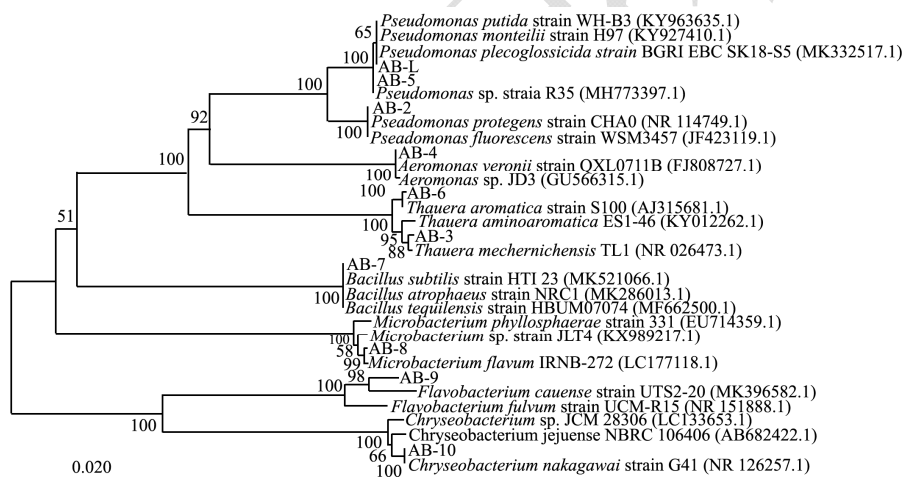


图 1 水体中细菌的 16S rRNA 基因序列系统进化树

Fig.1 Dendrogram of bacterium isolated from water on 16s RNA gene sequences

2.2 分离细菌对鱼腥藻生长的影响

虾养殖水体中分离出的细菌, 大部分对鱼腥藻的生长无明显影响, 结果如图 2 所示。除此之外, 细菌 AB-10 (金黄杆菌 *Chryseobacterium*), 对鱼腥藻的生长有少许促进作用。细菌 AB-3 (陶厄氏细菌 *T. mechernichensis*) 和 AB-1 (假单胞菌 *P. putida*) 对鱼腥藻有显著的抑制作用。经过 5 d 的培养, 空白的鱼腥藻叶绿素含量由初始浓度的 1.61 mg/L 增加到 4.61 mg/L, 添加 AB-1 (假单胞菌 *P. putida*) 的实验组中叶绿素含量增加为 2.74 mg/L, 抑制率达到 40.45%。添加 AB-3 的实验组中叶绿素含量在前 3 d 有所缓慢上

升, 第 4 d 后下降, 第 5 d 的叶绿素含量只有 0.77 mg/L, *T. mechernichensis* AB-3 对鱼腥藻的抑制率达到 83.25%。

因此本研究选取抑藻速度快、效率高的菌株 AB-3 作为后续抑藻研究。李超等从滇池富营养化水体中分离得到一株解淀粉芽孢杆菌 DC1, 对水华鱼腥藻具有高效抑藻效果, 当初始藻液叶绿素 a 浓度为 0.23~1.92 mg/L、DC1 菌体浓度为 10^8 cells/mL, 6 d 的培养后解淀粉芽孢杆菌 DC1 对水华鱼腥藻的平均抑藻率为 93.51%^[15]。郑小平等从无锡市淡水渔业研究中心的试验虾池分离到一株溶藻细菌, 经鉴定属于鞘氨醇单胞菌属, 对蓝藻门的微囊藻具有较好的溶藻效果^[16]。本

研究 AB-3 菌的初始菌体浓度为 10^7 cells/mL, 初始藻液叶绿素浓度为 1.62 mg/L, 相比李超等人分离出的芽孢杆菌初始菌体浓度更低, 试验初始藻液叶绿素含量更高, 5 d 后对鱼腥藻的抑藻率达 83.25%, 也对鱼腥藻具有显著的抑藻效果。

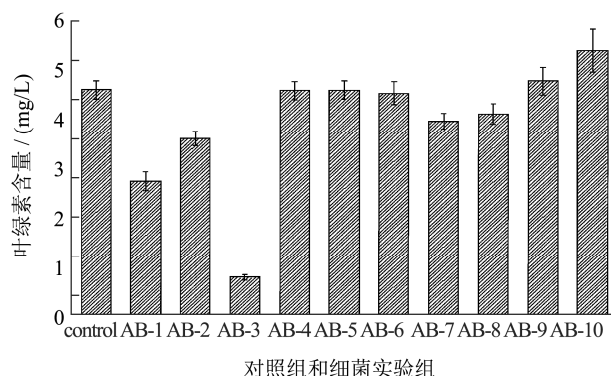


图2 对虾养殖水体中分离的细菌对鱼腥藻的生长影响

Fig.2 Influence of bacteria isolated from shrimp agricultural water on the growth of *Anabaena*

2.3 菌株 AB-3 对蓝藻和绿藻的抑藻效果

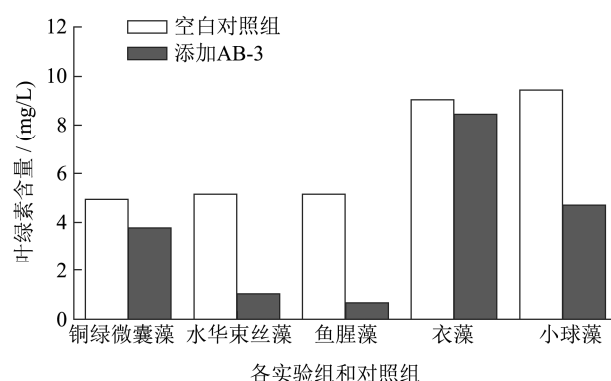


图3 细菌 AB-3 对蓝藻和绿藻的生长影响

Fig.3 Influence of AB-3 on the growth of *Cyanobacteria* and *Chlorella*

表1 细菌 AB-3 对蓝藻绿藻的抑藻率影响

Table 1 The algicidal activities of AB-3 against the tested

Microcystis and eukaryotic algae		
门	藻株	抑藻率(%, t = 5 d)
蓝藻门	铜绿微囊藻	23.65±1.78
蓝藻门	水华束丝藻	79.89±2.35
蓝藻门	鱼腥藻	87.11±1.58
绿藻门	莱茵衣藻	6.87±0.61
绿藻门	小球藻	48.58±3.82

为了确定 AB-3 的溶藻对象是否有一定的种类特异性, 本研究选择了能引起水华的 3 株蓝藻及 2 株绿藻进行抑藻实验, 主要包括前面试验过的鱼腥藻 *A. cylindrica*、铜绿微囊藻 *M. aeruginosa*、水华束丝藻 *A. flos-aquae*, 绿藻有 小球藻 *C. vulgaris* 和 衣藻

C. reinhardtii。从图 3 中可以看出。和空白对照组相比, 添加了 AB-3 菌 5 d 后, 铜绿微囊藻、鱼腥藻、水华束丝藻的叶绿素含量下降明显, 尤其是水华束丝藻和鱼腥藻, 比初始藻液叶绿素含量还要低(1.6 mg/L), 抑藻效果显著。如表一所示, 在共培养 5 d 后, AB-3 菌对水华束丝藻 *A. flos-aquae* 生长抑制率达到了 79.89%, 对鱼腥藻 *A. cylindrica* 的生长抑制率更是达到 87.11%。同时, 菌株 AB-3 对绿藻门中的小球藻 *C. vulgaris* 也少许的抑制效果, 但对衣藻 *Chlamydomonas reinhardtii* 没有抑藻效果。就试验的这些蓝藻绿藻而言, AB-3 菌对蓝藻抑藻效果明显, 对蓝藻有少许或是无抑藻效果。

王琪等在滇池水体分离出一株芽孢杆菌 Sp37, 该菌株对微囊藻有选择性的溶藻作用, 对水华微囊藻 DCM1 和惠氏微囊藻 DCM11 第 8 d 的溶藻率达到了 79.4%和 69.8%较好溶藻效果, 而对绿藻中的单针藻 DCA4 和栅藻 DCA5 则没有溶藻效果^[17]。颜小丹等也从土样中分离出一株侧孢短芽孢杆菌, 该溶藻细菌对席藻、微小亚历山大藻有强烈的溶解作用, 对颤藻有很强的抑制作用, 但是对条纹小环藻无明显作用, 表明该溶藻细菌具有溶藻的特异性^[18]。本研究从对虾养殖水体中分离出的陶厄氏菌 AB-3, 对蓝藻和绿藻有选择性的抑藻作用, 但是对实验的大部分蓝藻都有显著的抑藻效果, 同时对蓝藻抑藻效果明显, 比如添加 5 d 后对鱼腥藻 *A. cylindrica* 的生长抑制率达到 87.11%, 短时间内可以达到对蓝藻的生长抑制。微囊藻、鱼腥藻、水华束丝藻等蓝藻是我国最常见的淡水水华蓝藻, 也常产生藻毒素, 毒害鱼虾, 因此筛选出能够高效且迅速地抑藻蓝藻的菌株, 具有实际应用意义^[19]。

3 结论

本研究从对虾养殖水体中共分离到 10 株细菌并鉴定, 分别为三株假单胞菌, 一株气单胞菌, 两株陶厄氏菌, 芽孢杆菌、微杆菌、黄杆菌以及金黄杆菌各一株。其中发现一株假单胞菌 *P. putida* AB-1 的抑藻率达到 40.45%, 另外一株 *Thauera mechnichensis* AB-3 菌抑藻效果很显著, 该菌对水华束丝藻、铜绿微囊藻、鱼腥藻等蓝藻都有较强的抑藻能力, 尤其是对鱼腥藻的抑制作用显著, 培养 5 d 后的抑制率达到 87.11%。之前也有相关研究报道在环境中筛选出对铜绿微囊藻有显著抑藻效果的溶藻微生物液^[20], 进行细菌测序, 结果显示占比较多的细菌属有陶厄氏菌属 (*Thauera*)。本研究从对虾养殖水体中筛选的陶厄氏菌 AB-3 对实验的蓝藻都具有显著的抑藻效果, 同时, 该菌对绿藻抑藻效果小或是没有抑制。AB-3 菌株对蓝藻、绿藻的

特异性可以调节养殖水体后期的藻类优势种类,提升藻类多样性,这在对虾养殖水体的水华防治中有极大的应用前景^[21]。

参考文献

- [1] Pacheco-Vega J M, Cadena-Roa M A, Leyva-Flores Jesús A, et al. Effect of isolated bacteria and microalgae on the biofloc characteristics in the Pacific white shrimp culture [J]. Aquaculture Reports, 2018, 11: 24-30
- [2] 张树,李由明,王平,虾养殖水体的研究现状分析[J].畜牧与饲料科学,2017,38(3):55-58
ZHANG Shu, LI You-ming, WANG Ping, et al. Research progress on water quality of shrimp culture pond [J]. Animal Husbandry and Feed Science, 2017, 38(3): 55-58
- [3] 曹煜成,徐煜,黄小帅,等.绿微囊藻对 WSSV 潜伏感染对虾的致死效应[J].南方农业学报,2018,49(8):1648-1653
CAO Yu-cheng, XU Yu, HUANG Xiao-shuai, et al. Lethal effects of *Microcystis aeruginosa* to *Litopenaeus vannamei* infected by WSSV [J]. Journal of Southern Agriculture, 2018, 49(8): 1648-1653
- [4] 陈琛,闫茂仓,张翔,等.凡纳滨对虾不同养殖密度高位池水体细菌群落动态[J].中国水产科学,2016,23(4): 985-993
CHEN Chen, YAN Mao-cang, ZHANG Xiang, et al. Dynamics of the bacterial community in rearing water from an intensive pond containing different stocking densities of *Litopenaeus vannamei* [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2016, 23(4): 985-993
- [5] Sookying D, Davis D A. Pond production of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed high levels of soybean meal in various combinations [J]. Aquaculture, 2011, 319(1-2): 141-149
- [6] Mayali, Xavier, Azam, et al. Algicidal bacteria in the sea and their impact on algal blooms [J]. Journal of Eukaryotic Microbiology, 2010, 51(2): 139-144
- [7] Roth, Patricia B, Michael J, et al. Comparative analysis of two algicidal bacteria active against the red tide dinoflagellate *Karenia brevis*[J]. Harmful Algae, 2008, 7(5): 682-691
- [8] Demuez M, Cristina González Fernández, Ballesteros M. Algicidal microorganisms and secreted algicides: New tools to induce microalgal cell disruption [J]. Biotechnology Advances, 2015, 33(8): 1615-1625
- [9] 王丽花,曹煜成,李卓佳.溶藻细菌控藻作用及其在对虾养殖池塘中的应用前景[J].南方水产科学,2012,8(4):76-82
WAGN Li-hua, CAO Yu-cheng, LI Zhuo-jia. Algae-constraining effect of algae-lysing bacteria and its application prospect in shrimp ponds [J]. South China Fisheries Science, 2012, 8(4): 76-82
- [10] 王善龙,曹煜成,徐煜,等.蜡样芽孢杆菌对对虾养殖水体微藻群落的调控研究[J].南方水产科学,2016,12(1):9-16
WANG Shan-long, CAO Yu-cheng, XU Yu, et al. Regulation of *Bacillus cereus* to microalgae community in shrimp aquaculture water [J]. South China Fisheries Science, 2016, 12(1): 9-16
- [11] Imai I, Kimura S. Resistance of the fish-killing dinoflagellate *cochlodinium polykrikoides* against algicidal bacteria isolated from the coastal sea of Japan [J]. Harmful Algae, 2008, 7(3): 360-367
- [12] Lichtenthaler H K. Methods in Enzymology [M]. New York: Academic Press, 1987: 350-382
- [13] 李卓佳,李烁寒,杨莺莺,等.凡纳滨对虾高位池养殖水体细菌变动及其与理化因子的关系[J].南方水产科学,2010, 6(4):6-12
LI Zhuo-jia, LI Shuo-han, YANG Ying-ying. Bacteria variation in *Litopenaeus vannamei* high level ponds and its relation with physical-chemical factors [J]. South China Fisheries Science, 2010, 6(4): 6-12
- [14] 周凯,来琦芳,罗璋,等.对虾养殖前期 5 种类型水体中细菌的组成和比较研究[J].中国海洋大学学报(自然科学版), 2010,40(11):39-44
ZHOU Kai, LAI Qi-fang, LUO Zhang, et al. Analysis and comparison on components of bacteria in five types of shrimp-feeding water in prophase of feeding [J]. Periodical of ocean University of China, 2010, 40(11): 39-44
- [15] 李超,吴为中,吴伟龙,等.解淀粉芽孢杆菌对鱼腥藻的抑藻效果分析与机理初探[J].环境科学学报,2011,31(8):1602-1608
LI Chao, WU Wei-zhong, WU Wei-long. Ability of *Bacillus amyloliquefaciens* to inhibit growth of *Anabaena flos-aquae* and the inhibition mechanism [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2011, 31(8): 1602-1608
- [16] 郑小平,谢骏,刘波,等.一株溶藻细菌的分离鉴定及其溶藻效应初探[J].淮海工学院学报(自然科学版),2005,14(1):69-71
ZHENG Xiao-ping, XIE Jun, LIU Bo, et al. Separation and lytic study of one algae-lysing bacteria [J]. Journal of Huaihai Institute of Technology (Natural Sciences Edition), 2005, 14(1): 69-71