

饲料中添加复合芽孢杆菌对三疣梭子蟹 生长性能和消化酶活性的影响

丁雪燕, 周凡, 黄富勇, 何丰, 孟庆辉

(浙江省水产技术推广总站, 浙江 杭州 310012)

摘要: 通过室内和室外养殖试验, 探讨饲料中添加复合芽孢杆菌(纳豆芽孢杆菌+枯草芽孢杆菌)对三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus* Miers)生长性能、消化酶活性及养殖效益的影响。试验结果表明: 添加 1‰ (T1)和 21‰ (T2)的复合芽孢杆菌饲料组幼蟹的蜕壳率、成活率和增重率均高于对照组(T0); 摄食率随着芽孢杆菌浓度上升而呈现下降趋势; T1 和 T2 组分别降低幼蟹饲料系数为 15.38% 和 18.80%。芽孢杆菌添加显著影响胃、胰蛋白酶以及肝胰腺脂肪酶活性, 但淀粉酶活性没有明显变化。室外池塘养殖结果表明: 商品饲料中添加 2‰复合芽孢杆菌的饲料组(D2)平均产量最高, 比只投喂商品饲料组(D1)增产 14.4%; D2 组起捕时蟹平均壳宽比 D1 组大 3.4%。饲料系数方面, D1 组和 D2 组差异不大。认为三疣梭子蟹养殖饲料中添加 2‰的芽孢杆菌具有较好的效果。

关键词: 三疣梭子蟹; 复合芽孢杆菌; 生长; 消化酶活性; 生产效益

中图分类号: S963.73⁺⁹

文献标识码: A

文章编号: 1001-5132 (2012) 01-0001-06

微生物制剂作为饲料绿色添加剂, 以其独特的无毒副作用、无耐药性、无残留, 以及有效促进动物生长、提高饲料转化率、增强动物免疫功能等优点, 逐渐受到研究者的关注。其中芽孢杆菌(*Bacillus sp.*)具有较高的酶活性、较强的耐酸与耐高温能力; 既能提高畜禽生长性能, 又具有较强的抗性, 且在饲料制粒、贮存过程以及在胃肠道的酸性环境中作用稳定并保持较高的活性, 因而倍受重视并成为研究热点^[1]。

三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus* Miers), 属甲壳纲、十足目、梭子蟹科、梭子蟹属, 是中国重要的经济蟹类, 在中国南北沿岸海域均有产出。三疣梭子蟹肉多、脂膏肥满、味道鲜美、营养丰富, 深受广大消费者的欢迎^[2]。但目前对梭子蟹营养需求等方面的研究尚处起步阶段^[3-6], 还未见有对益生菌利用效果的报道, 这制约了三疣梭子蟹的集约化健康可持续发展。笔者通过三疣梭子蟹在基础饲料中添加不同水平的复合芽孢杆菌, 分别于

室内水族缸和室外土池进行养殖试验, 探讨其对三疣梭子蟹生长性能和消化酶活性的影响, 以期对芽孢杆菌在三疣梭子蟹养殖生产和饲料中的应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 芽孢杆菌

复合芽孢杆菌由浙江省微生物研究所提供, 主要为纳豆芽孢杆菌(*Bacillus subtilis* Natto)和枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis* Cohn), 菌液含菌量为 1×10^{10} cfu·g⁻¹。

1.1.2 试验动物

室内水族缸养殖试验所用的三疣梭子蟹取自浙江省宁波市象山县某养殖场, 健康无病、活力强、规格均匀(初始个体重为 25~35 g, 平均 31 g 左右)。室外土池养殖试验所用的三疣梭子蟹蟹苗购自浙江省宁波市横山码头, 为 II 期土池苗, 规格为

每千克 25000 只。

1.1.3 试验饲料

配制室内水族缸试验所需的基础饲料配方及大致营养组成见表 1。于基础日粮中分别添加 0‰(基础对照组, T0 组)、1.0‰(T1 组)和 2.0‰(T2 组)的复合芽孢杆菌。饲料原料均粉碎过 80 目筛, 用绞肉机制成 3~5 mm 的颗粒饲料, 65 ℃ 恒温至恒重, 于-20 ℃ 冰箱冷藏备用。

室外池塘养殖用试验饲料(D1 组)为宁波天邦股份有限公司生产的全熟化沉性中华鳖颗粒料, 粗蛋白含量为 43.7%、粗脂肪含量为 6.3%。按 2‰ 的添加比例, 将复合芽孢杆菌水化后均匀洒于配合饲料上, 拌匀阴干, 制成 D2 组饲料。对照组投喂鲜杂饵料(D0 组), 以近海区捕获的小杂鱼、虾或冰冻小杂鱼为主。

表 1 基础饲料原料和营养组成 %

组分	百分比	营养组成	百分比
鱼粉	23	粗蛋白	39.92
鱿鱼膏	3	粗脂肪	6.35
脱皮豆粕	12	粗纤维	7.47
酪蛋白	23	粗灰分	<15
鱼油	4	水分	6
纤维素	4		
α -淀粉	16.4		
糊精	7.37		
其他	4.95		

注: 饲料配方参考高红建等; 其他为矿物质 2%, 维生素 1%, 促脱壳素 0.1%, 碳酸钙 1.35%, 诱食剂 0.5%。

1.2 试验设计与饲养管理

1.2.1 水族缸试验

在室内 6 个容积均为 0.8 m³(直径 120 cm, 高 70 cm, 水深 60 cm)的圆柱形玻璃钢水族缸中, 放置数块瓦片和无结节滤网作为隐蔽物, 每缸放 20 只三疣梭子蟹(31.18±0.89) g, 用基础组饲料(T0)暂养 1 周。正式养殖试验开始时, 用 3 种饲料(T0、T1 和 T2)随机投喂试验蟹, 每组 2 个重复。养殖试验历时 4 周。

试验用水为人工配制的海水, 盐度在 19‰~22‰。每天定期增氧和排污 1 次, 4 d 换水 1 次, 试验水温 29~32 ℃, DO > 4.0 mg·L⁻¹。试验期间每天于 6:30 和 18:00, 以饱食法投喂试验蟹, 隔 1 周调整投

饲量。投饲 2 h 后, 用虹吸管收集残饵, 65 ℃ 恒温干燥至恒重, 1 周称 1 次残饵重量。试验过程如发现脱壳及时记录, 发现死蟹及时捞出、称重并记录。饲养试验结束后将梭子蟹饥饿 1 d, 然后进行空腹称重。每缸随机挑选 4 只梭子蟹, 用作消化酶分析。

1.2.2 养殖塘试验

试验梭子蟹养殖于普陀朱家尖养殖公司的室外土池, 分别投喂鲜杂饲料(D0)、未添加微生物制剂配合饲料(D1)和添加 2‰芽孢杆菌的配合饲料(D2)。3 个试验塘面积分别为 0.33 hm²、0.4 hm² 和 0.33 hm², 每 667 m² 放养 II 期蟹苗 4600~4800。日投喂量控制: 壳宽 3 cm 以内占蟹体总重量的 10%~15%; 超过 3 cm 后占蟹体总重量的 2%~7%。养殖期间前期以添水为主, 中期 4~5 d 换水 1 次, 换水量 30%~50%, 养殖后期 2~3 d 换水 1 次, 换水量 30%~50%。试验从 6 月 29 日开始, 11 月 13 日起停止喂食, 次年 1 月 21 日起捕测定。

1.3 消化酶测定

1.3.1 粗酶液提取

从室内养殖试验梭子蟹, 随机采集 4 只, 取其肝胰腺和胃组织, 用 4 ℃ 双蒸水冲洗, 滤纸吸干多余水分后放入液氮中冷冻, 然后置于-80 ℃ 超冰箱中保存。肝胰腺粗酶液制备方法为: 准确称重, 加入等量的生理盐水, 冰浴匀浆 3 min 制备成 50%匀浆, 10 000 r·min⁻¹ 离心 10 min, 取中间清液于 4 ℃ 冰箱中保存备用。胃组织粗酶液制备方法为: 准确称重, 按重量体积比加入 9 倍胃蛋白酶匀浆介质制成 10%的组织匀浆, 2 500 r·min⁻¹ 离心 10 min, 取上清组织匀浆于 4 ℃ 冰箱中保存待测。

1.3.2 消化酶测定

消化酶试剂盒购于南京建成生物工程研究所, 测定梭子蟹肝胰腺的类胰蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶, 以及胃组织中的胃蛋白酶活性。所有样品在 24 h 内测定完毕。测定方法参照试剂盒说明书, 简述如下: 胰蛋白酶测定, 在 pH 值 8.0, 37 ℃ 条件下, 每毫克蛋白中含有的胰蛋白酶每分钟使吸光度变化 0.003 即为 1 个酶活力单位; 脂肪酶测定, 在 37 ℃ 条件下, 每克组织蛋白在反应体系中与底物反应 1 μ mol 底物为 1 个酶活力单位; 淀粉酶测定, 组织中每毫克蛋白在 37 ℃ 与底物作用 30 min, 水解 10 mg 淀粉为 1 个淀粉酶活力单位; 胃蛋白酶测定,

每毫克组织蛋白 37 每分钟分解蛋白生成 1 μg 氨基酸相当于 1 个酶活力单位. 匀浆液蛋白含量采用考马斯亮兰法测定.

1.4 数据计算和统计分析

成活率(%)=100×结束时蟹个数/开始时蟹个数,

蜕壳率(%)=2×蜕壳次数/(开始时蟹个数+结束时蟹个数),

增重率(%)=100×(平均末重 - 平均初重)/平均初重,

饲料系数=摄食饲料(干重)/(终总重+死蟹重 - 初总重),

日摄食率(%)=100×(饲料摄入量×2)/(试验周期×(初总重+终总重)).

试验数据表示为平均值±标准差, 采用 SPSS

16.0 统计软件分析, Tukey's 多重比较法分析数据间的差异显著性, 显著水平取 $P<0.05$.

2 结果

2.1 芽孢杆菌对室内养殖的三疣梭子蟹生长的影响

不同的芽孢杆菌添加水平对三疣梭子蟹幼蟹生长和饲料利用见表 2. 4 周的室内养殖试验结束后, 1‰ (T1)和 2‰ (T2)的芽孢杆菌添加组幼蟹的成活率、蜕壳率和增重率均高于对照组, 但无统计学差异($P>0.05$). 摄食率随着芽孢杆菌的添加水平上升而呈现下降趋势, 但也不存在显著性差异($P>0.05$). 相比于对照组, 饲料中添加 2 个不同浓度的芽孢杆菌后分别降低幼蟹饲料系数 15.38%和

18.80%, 但不存在组间差异($P>0.05$).

表 2 饲料中添加芽孢杆菌对三疣梭子蟹幼蟹生长和饲料利用的影响

组别	T0	T1	T ₂
始均重/g	31.14±0.42	31.26±1.08	31.15±0.79
末均重/g	43.75±0.86	44.31±1.27	43.99±0.80
成活率/%	72.50±7.50	80.00±5.00	82.50±2.50
蜕壳率/%	69.40±2.82	72.30±1.99	71.20±4.53
增重率/%	40.51±0.88	41.80±0.81	41.23±1.03
摄食率/%	2.44±0.12	2.33±0.17	2.23±0.08
饲料系数	2.34±0.28	1.98±0.12	1.90±0.11

2.2 芽孢杆菌对三疣梭子蟹消化酶活性影响

表 3 所示为饲料中添加不同水平的芽孢杆菌对三疣梭子蟹幼蟹消化酶活性的影响. 对照组(T0)的胰蛋白酶活性显著高于芽孢杆菌添加组($P<0.05$), 添加 1‰ (T1)和 2‰ (T2)的芽孢杆菌组之间酶活没有显著性差异($P>0.05$). T0 组的肝胰腺脂肪酶活性显著低于芽孢杆菌添加组($P<0.05$), T1 和 T2 组之间没有显著性差异($P>0.05$). 淀粉酶活性呈现先上升后下降的变化, 但不存在组间差异($P>0.05$). 胃蛋白酶活性最低值出现在 T2 组, 显著低于 T1 组($P<0.05$), 但与 T0 组差异不显著($P>0.05$).

2.3 室外应用试验

室外土池试验结果见表 4. 投喂配合饲料中加入 2‰芽孢杆菌的(D2 组)平均单产水平最高, 每 667 m^2 达到 59.5 kg, 略高于投喂鲜杂饵料(D0)组的 58.5 kg; 但比投喂配合饲料(D1)组的单产水平增加

表 3 饲料中添加芽孢杆菌对三疣梭子蟹幼蟹消化酶活性的影响

组别		T0	T1	T2
肝胰腺	胰蛋白酶	9 171.51±353.25 ^a	3 747.79±2449.62 ^b	6 227.98±168.86 ^b
	脂肪酶	7.59±0.25 ^b	10.90±0.91 ^a	12.53±4.15 ^a
	淀粉酶	0.56±0.30	1.23±0.79	0.60±0.33
胃	胃蛋白酶	3.70±2.03 ^{ab}	5.43±3.25 ^a	1.87±0.15 ^b

注: 数据表示为平均数±标准差, 不同小写字母者表示差异显著($P<0.05$), 下表同.

表 4 室外土池中投喂 3 种不同饲料对三疣梭子蟹生产养殖的效果 (平均值)

组别	D0 (鲜杂饵料)	D1 (配合饲料)	D2 (配合饲料+2‰芽孢杆菌)
塘面积/ hm^2	0.33	0.40	0.33
总产量/kg	292.5	312.0	297.5
每公顷平均产量/kg	58.5	52.0	59.5
起捕时蟹壳宽平均规格/cm	8.49	8.18	8.46
饲料系数	12.27	3.86	3.89

14.4%。比较起捕时梭子蟹蟹壳宽发现, D2 组(8.46 cm)要比 D1 组(8.18 cm)的平均规格大 3.3%, 但是与 D0 组(8.49 cm)差异很小。配合饲料中添加 2%的芽孢杆菌对室外养殖梭子蟹的饲料系数影响不大。

3 讨论

在水产养殖中, 随着对养殖环境改良的迫切要求, 益生菌在水产动物的应用研究越来越受到人们的关注。芽孢杆菌等益生菌的作用可能受到其自身的特性或其他因素等条件的影响, 菌株稳定性和成活率、使用剂量和频率、与其他药物的相互作用、水产动物的健康和营养状态、年龄和遗传学以及不同种类等可以导致效果的变化^[7]。

在室内养殖试验中, 饲料中添加芽孢杆菌饲喂三疣梭子蟹后, 对幼蟹的存活率、脱壳率和生长速度, 以及对饲料利用效率都有一定的提高作用。如在斑节对虾(*Penaeus monodon*)饵料中添加芽孢杆菌制剂, 提高了对虾的成活率和生长表现^[8-9]; 饵料中添加芽孢杆菌可以显著提高罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)幼体的生长速度、脱壳率和存活率^[10]; 在凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)饲料中添加 1×10^4 cfu·g⁻¹ 和 5×10^4 cfu·g⁻¹ 的枯草芽孢杆菌均能达到显著的促生长和免疫指标的效果^[11]。对欧洲龙虾(*Homarus gammarus* L.)的研究也发现, 饲料单独添加芽孢杆菌也可显著提高幼虾的生长速度和饲料利用效率^[12]。分析芽孢杆菌促进水产动物生长的原因, 一方面可能是因为芽孢杆菌在肠道内生长繁殖过程中能够产生乳酸和乙酸、丙酸、丁酸等挥发性脂肪酸, 降低肠道 pH 值, 使得有害微生物受到抑制, 调节了消化道微生态平衡, 而肠道 pH 值降低又可以促进水产动物幼体对营养物质的消化, 尤其是对蛋白质的消化和吸收^[13]。另一方面, 枯草芽孢杆菌在其生长、繁殖过程中, 又能自身合成 VC、VB 和 VK 等维生素及其辅酶, 以及有机酸和氨基酸等营养物质, 可为动物提供营养, 促进其生长^[14-15]。此外, 微生态制剂在宿主消化道内定植、繁衍、代谢后, 产生的一些消化酶活性物质, 可以促进消化系统对饲料营养成分的消化和吸收, 提高消化效率^[16-17], 这也是一个重要的因素。

因此, 试验还就不同芽孢杆菌添加量对三疣梭子蟹消化酶活性的影响进行了研究。从试验结果可以看出, 相比于对照组, 饲料中添加 1%的芽孢杆菌制剂, 除胰蛋白酶下降以外, 淀粉酶、脂肪酶、胃蛋白酶分别提高了 43.6%、119.0%和 46.8%; 当饲料中芽孢杆菌添加量为 2%饲喂幼蟹时, 虽然淀粉酶和脂肪酶比对照组提高了 65.1%和 7.5%, 但胰蛋白酶和胃蛋白酶都有所下降。已有的对异育银鲫(*Carassais auratus gibelio*)^[18]、凡纳滨对虾^[19]、中华鳖(*Pelodiscus sinensis*)^[20]和大菱鲂(*Scophthalmus maximus*)^[21]等水产动物的研究也报道了芽孢杆菌对消化道酶活的促进作用: 芽孢杆菌进入水产动物体内后形成了具有代谢活性的营养细胞, 改善了机体的生理活动, 从而提高了宿主的消化酶活性; 同时, 其本身分泌蛋白酶和淀粉酶对提高消化酶活性也有促进作用, 进而表现出对饲料利用效率的提高和促生长作用。但是, 芽孢杆菌对水产动物消化酶活性的影响效果会受到芽孢杆菌菌种、浓度、以及添加方式实际的试验养殖水环境影响。付天玺等^[22]报道了饲料中凝结态的芽孢杆菌添加对奥尼罗非鱼(*Oreochromis niloticus* O. aureus)胃和肝胰脏的淀粉酶和脂肪酶活性没有显著影响, 但能显著提高蛋白酶活性。李卓佳等^[23]试验只观察到 0.2%的地衣芽孢杆菌(*Bacillus licheniformis*)能显著提高尖吻鲈(*Lates calcarifer*)前肠蛋白酶活性, 而其他添加浓度组的各部位消化酶活性则低于对照组或差异不显著。沈文英等^[24]认为, 地衣芽孢杆菌(*Bacillus licheniformis*)对三角帆蚌(*Hyriopsis cumingi*)消化酶活性的作用效果与添加浓度及养殖阶段有关, 养殖 15 d 后, 水体中添加浓度为 1.0×10^6 cfu·mL⁻¹ 组的淀粉酶、脂肪酶和蛋白酶活性显著升高, 但在 30 d 时, 脂肪酶和蛋白酶活性恢复到对照组水平。Mohapatra 等^[25]对南亚黑鲷(*Labeo rohita*)研究发现, 过量添加芽孢杆菌和乳酸菌会显著降低试验鱼的胰蛋白酶和脂肪酶活性, 这可能是因为添加过多芽孢杆菌破坏了体内的菌群平衡; 并且, 芽孢杆菌在体内产生过量的酶可能会对机体内源性酶的活性或抑制内源性酶的分泌造成影响; 这也可以部分解释本试验中较高浓度添加芽孢杆菌后所观察到的酶活下降现象。

在室外土池养殖中, 由于受条件限制, 对环境

因子变化的可控性不如室内玻璃缸养殖高, 但更加符合三疣梭子蟹集约化生产实际. 在配合饲料中添加 2% 的芽孢杆菌后, 三疣梭子蟹的平均产量和起捕时蟹壳宽平均规格均高于未添加芽孢杆菌的试验塘. 这与在凡纳滨对虾^[26]、草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)^[27]和黄鳍鲷(*Sparus latus*)^[28]等水产动物外塘试验结果类似, 证实益生菌的使用有利于提高养殖动物的健康水平, 提升水产养殖生产的综合效益. 但试验中我们发现芽孢杆菌的添加对三疣梭子蟹外塘养殖时的饲料系数没有影响, 推测其对酶活性的作用一定程度上受到了外塘更加复杂的环境因素的抑制, 其具体原因尚需要作进一步的研究. 因此, 在实际生产中使用芽孢杆菌制剂时, 还应充分考虑池塘环境中其他相关因素的影响, 从多层面、多角度进行整体性研究分析.

综合本研究结果, 笔者认为在饲料中添加 2% 的芽孢杆菌能对三疣梭子蟹养殖起到良好效果. 后续工作将开展芽孢杆菌对三疣梭子蟹的消化道形态和菌群的影响以及对免疫抵抗力的作用.

参考文献:

- [1] Ringø E, Olsen R E, Gifstadi T Ø, et al. Prebiotics in aquaculture: A review[J]. Aquaculture Nutrition, 16:117-136.
- [2] Cui Z X, Liu Y, Luan W S, et al. Molecular cloning and characterization of a heat shock protein 70 gene in swimming crab (*Portunus trituberculatus*)[J]. Fish & Shellfish Immunology, 2010, 28:56-64.
- [3] 潘鲁青, 王奎琪. 三疣梭子蟹幼体消化酶活力及氨基酸组成的研究[J]. 水产学报, 1997, 21:246-251.
- [4] 丁雪燕, 何中央, 徐国辉, 等. 三疣梭子蟹配合饲料的初步研究[J]. 海洋渔业, 2003, 25:24-26.
- [5] 高红建, 何中央, 丁雪燕, 等. 三疣梭子蟹幼蟹配合饲料中蛋白质、脂肪、粗纤维适宜含量研究[J]. 渔业现代化, 2009, 1:26-29.
- [6] 丁雪燕, 何中央, 邱晓力, 等. 三疣梭子蟹不同生长阶段消化酶活性及配合饲料对其影响的研究[J]. 动物营养学报, 2010, 22:492-497.
- [7] Bomba A, Nemcová R, Gancariková S, et al. Improvement of the probiotic effect of micro-organisms by their combination with maltodextrins, fructo-oligosaccharides and polyunsaturated fatty acids[J]. British Journal of Nutrition, 2002, 88(S1):95-99.
- [8] Rengpipat S, Phianphak W, Piyatiratitivorakul S, et al. Effects of a probiotic bacterium on black tiger shrimp *Penaeus monodon* survival and growth[J]. Aquaculture, 1998, 167:301-313.
- [9] Boonthai T, Vuthiphandchai V, Nimrat S. Probiotic bacteria effects on growth and bacterial composition of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*)[J]. Aquaculture Nutrition, 2011, doi: 10.1111/j.1365-2095.2011.00865.x.
- [10] Keysami M A, Saad C R, Sijam K, et al. Effect of *Bacillus subtilis* on growth development and survival of larvae *Macrobrachium rosenbergii* (de Man)[J]. Aquaculture Nutrition, 2007, 13:131-136.
- [11] Shen W Y, Fu L L, Li W F, et al. Effect of dietary supplementation with *Bacillus subtilis* on the growth, performance, immune response and antioxidant activities of the shrimp (*Litopenaeus vannamei*)[J]. Aquaculture Research, 2010, 41:1691-1698.
- [12] Daniels C L, Merrifield D L, Boothroyd D P, et al. Effect of dietary *Bacillus spp.* and mannan oligosaccharides (MOS) on European lobster (*Homarus gammarus* L.) larvae growth performance, gut morphology and gut microbiota[J]. Aquaculture, 2010, 304:49-57.
- [13] Moriarty D. The role of microorganisms in aquaculture ponds[J]. Aquaculture, 1997, 151:333-349.
- [14] Gatesoupe F J. The use of probiotics in aquaculture[J]. Aquaculture, 1999, 180:147-165.
- [15] Ziaei-Nejad S, Rezaei M H, Takami G A, et al. The effect of *Bacillus spp.* bacteria used as probiotics on digestive enzyme activity, survival and growth in the Indian white shrimp *Fenneropenaeus indicus*[J]. Aquaculture, 2006, 252:516-524.
- [16] Sakata T. Microflora in the digestive tract of fish and shellfish[C]//Lesel R. Microbiology in Poecilotherms. Amsterdam: Elsevier, 1990:171-176.
- [17] Prieur G, Nicolas J L, Plusquellec A, et al. Interactions between bivalves molluscs and bacteria in the marine environment[J]. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review, 1990, 28:227-352.
- [18] 刘小刚, 周洪琪, 华雪铭. 微生态制剂对异育银鲫消化酶活性的影响[J]. 水产学报, 2002, 26:4451-4482.
- [19] Gomez R, Geovanny D, Ma S. Influence of probiotics on the growth and digestive enzyme activity of white pacific shrimp (*Litopenaeus vannamei*)[J]. Oceanic and Coastal Sea Research, 2008, 7:2152-2218.
- [20] 管越强, 周环, 张磊, 等. 枯草芽孢杆菌对中华鳖生长性能、消化酶活性和血液生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2010, 22:235-240.
- [21] 高凤祥, 郭文, 潘雷, 等. 几种益生菌对大菱鲆幼鱼生

- 长及消化酶活性的影响[J]. 海洋科学, 2011, 35:10-16 .
- [22] 付天玺, 许国焕, 吴月嫦, 等. 凝结芽孢杆菌对奥尼罗非鱼消化酶活性、消化率及生长性能的影响[J]. 淡水渔业, 2008, 38:30-35 .
- [23] 李卓佳, 袁丰华, 林黑着, 等. 地衣芽孢杆菌对尖吻鲈生长和消化酶活性的影响[J]. 台湾海峡, 2011, 30: 43-48 .
- [24] 沈文英, 余东游, 李卫芬, 等. 地衣芽孢杆菌对三角帆蚌消化酶活性、免疫指标和抗氧化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2009, 21:95-100 .
- [25] Mohapatra S, Chakraborty T, Prusty A K, et al. Use of different microbial probiotics in the diet of rohu, *Labeo rohita* fingerlings effects on growth, nutrient digestibility and retention, digestive enzyme activities and intestinal microflora[J]. Aquaculture Nutrition, 2011, doi: 10.1111/j.1365-2095.2011.00866.x.
- [26] 文国樑, 曹煜成, 李卓佳. 芽孢杆菌合生素在对虾集约化养殖中的应用[J]. 海洋水产研究, 2006, 27:54-58 .
- [27] 邱燕, 叶元土, 蔡春芳, 等. 枯草芽孢杆菌对草鱼生长性能的影响[J]. 粮食与饲料工业, 2010, 10:17-19 .
- [28] 曹煜成, 李卓佳, 杨莺莺, 等. 地衣芽孢杆菌 De 株对黄鳍鲷生长及其养殖池塘主要环境因子的影响[J]. 南方水产, 2010, 6:1-6 .

Effects of Dietary Supplementation with Compound *Bacillus* on Growth and Digestive Enzyme Activity in *Portunus Trituberculatus*

DING Xue-yan, ZHOU Fan, HUANG Fu-yong, HE Feng, MENG Qing-hui
(Zhejiang Fisheries Technical Extension Station, Hangzhou 310012, China)

Abstract: The study is conducted to investigate the effects of dietary supplementation with compound *bacillus* (*Bacillus subtilis* Natto and *Bacillus subtilis* Cohn) on growth condition, digestive enzyme activity and cultivation efficiency in *Portunus trituberculatus* (Miers, 1876). The results from the indoor feed trial indicate that the colonization rate, survival rate and weight gain in 1‰ (T1) and 2‰ (T2) *bacillus* supplementation groups are higher than that of the control group. Feed intake presents a decline trend with dietary *bacillus* level. Feed conversion rate in T1 and T2 are reduced by 15.38% and 18.80% when compared with the control diet, respectively. Dietary compound *bacillus* shows no significant effect on amylase activity among the groups, but it influences the other digestive enzyme activities. The highest average product in the outdoor pond feeding trail is observed in *P. trituberculatus* fed with commercial feed with 2‰ compound *bacillus* (D2). The final breadth in D2 group is found to be 3.3% higher than that of in D1 (commercial feed) group. Feed conversion rates are found very similar in D1 and D2 groups. It suggests that 2‰ compound *bacillus* supplemented in diet is suitable for *P. trituberculatus*.

Key words: *Portunus trituberculatus*; compound *bacillus*; growth performance; digestive enzyme; cultivation efficiency

(责任编辑 史小丽)