**投喂EM菌对水质和罗非鱼的影响**

陈福艳1，欧阳贤华2，梁万文1，黄彩林3，杨学明1，李大列1，陈福彩4, 黎建斌1＊

（1.广西水产科学研究院 广西遗传育种与健康养殖遗传重点试验室， 广西 南宁 530021； 2.广西芳草安桂生物科技有限公司 广西 南宁　530001；3.广西壮族自治区水产引育种中心　广西 南宁 530031；4.东兴市渔业技术推广站，广西 东兴 530021）

**摘要：**本试验通过定期测定水体指标，罗非鱼养殖后期的生长性能、血清抗氧化和非特异免疫指标的研究方法，探索定期投喂EM菌对罗非鱼池塘水质、生长性能和免疫力的影响。结果表明，定期投喂EM菌有助于增加池塘溶解氧（DO），降低氨氮（NH4+-N）和亚硝酸盐（NO2--N），维持较稳定的pH值；促进罗非鱼生长，提高成活率；提高总抗氧化能力（T-AOC），增强过氧化氢酶（CAT）、超氧化物歧化酶（SOD）和溶菌酶（LZM）的活力，降低了丙二醛（MDA）含量。因此，通过长期投喂EM菌的方式，有助于调节池塘水质，提高罗非鱼生长速度和成活率，增强罗非鱼抗氧化能力和免疫力，减少病害发生，降低死亡率。

[[1]](#footnote-0) **关键词：**罗非鱼；EM菌；调节水质；生长性能；抗氧化；非特异免疫

中图分类号：S963.5　　文献标志码：A　　　　文章编号：

Effects of feeding EM bacteria on water quality and *Tilapia*

CHEN Fu-yan1, OUYANG Xian-hua2, LIANG Wan-wen1 ,YANG Xue-ming1，LI Da-lie1, CHEN Fu-cai，LI Jian-bin1＊,

(1. Guangxi Key Laboratory of Aquatic Genetic Breeding and Healthy Aquaculture, Guangxi Academy of Fisheries Sciences, Nanning 530021, China; 2. Guangxi Fangcao Angui Biotechnology Co., Ltd., Nanning 530001, China; 3. Guangxi Aquatic Products Breeding Center, Nanning 530031, China ；4. Dongxing Fishery Technology Extension Station Dongxi， 530021, China)

Abstract: This experiment explored the effects of regular feeding of EM bacteria on water quality, growth performance and immunity of *tilapia* ponds by periodically measuring water body index, growth performance, serum antioxidant and non-specific immunity index in the later period of *tilapia* culture. The results showed that regular feeding of EM bacteria increased dissolved oxygen (DO), decreased ammonia nitrogen (NH4+-N) and nitrite (NO2-N) in ponds, maintained relatively stable pH value, promoted *tilapia* growth and increased survival rate, increased total antioxidant capacity (T-AOC), enhanced catalase (CAT), superoxide dismutase (SOD) and lysozyme (LZM) activities, and reduced malondialdehyde (MDA). Therefore, long-term feeding of EM bacteria can help to regulate the water quality of ponds, improve the growth rate and survival rate of *tilapia*, enhance the antioxidant capacity and immunity of *tilapia*, reduce the occurrence of diseases and mortality.

**Key words:** *tilapia*; EM bacteria; water quality regulation; growth performance; antioxidant; non-specific immunity

**前言**

近二十年来随着罗非鱼养殖业的发展，养殖技术不断进步，但随着养殖面积增加和养殖单位容量不断增加，养殖环境加剧了恶化，病害暴发频繁，特别是链球菌病，给该养殖业带来较大的损失。养殖户在病害防治过程中，由于防治技术水平参差不齐，或者病急乱投医和为了节约成本等原因，不规范地使用药物，可能会造成环境污染、产生耐药性和抗药性等问题。因此，如何在养殖过程中有效调节水质，加快水环境修复，减少环境污染；另外如何增强鱼体免疫力，减少病害发生和药物使用，成为当今罗非鱼产业健康发展的迫切需要。

EM（Effective Microorganisms）是“有益微生物群”的英文缩写，为复合微生物菌群，已被多个国家和地区广泛应用，在环境保护、农业和养殖业等领域，已取得显著经济效益和生态效益[1]。EM菌在水产行业上的应用，通过外泼达到较好的净化水质，提高水体的自净能力；内服提高机体免疫力、促进生长和提高成活率。近年来相关文献报道颇多，如胡京 [2]、夏来根[3]、张卫芳[4]、田功太[5]、马江耀[6]使用EM菌在海渗、青虾和淇河鲫等养殖池塘，较好的调节水质、促进了生长和提高了免疫力。但通过定期投喂EM菌对罗非鱼养殖池塘水质和罗非鱼生长性能、抗氧化及非特异性免疫方面的研究末见报道，因此我们在广西宾阳县某罗非鱼养殖基地开展研究，以期探索一种安全、高效的养殖模式，有效预防病害的发生，为罗非鱼健康发展提供参考。

**1材料与方法**

**1.1试验条件与设计**

试验在宾阳某养殖基地进行，养殖基地向阳通风、规划整齐、交通便利、排灌方便；池塘四张，分别设为1＃、2＃、3＃和4＃；每张池塘设3kw叶轮式增氧机3台，150w自动投料机1台。

试验分为二组，对照组（1＃）与试验组（2＃、3＃和4＃），分别投喂不同饲料。对照组（1＃），只投喂基础饲料；试验组（2＃、3＃和4＃）投喂基础饲料加EM菌液，每隔3天拌料投喂1天，添加量为饲料的4％，长期投喂直至上市。

**1.2 EM菌发酵**

　材料来源：EM菌由广西助农畜牧科技有限公司提供；碳源由南宁欧海生物科技有限公司提供。EM菌发酵按照说明书进行，材料比例为EM菌:碳源:自来水=1:3:18，按材料比例充分搅拌均匀，密封于塑料桶（100kg），发酵2d～3d，避免阳光曝晒，一次未用完，密封保存备用。

**1.3清塘与放种**

开春后，当气温上升到18℃以上，开始准备清塘、蓄水和消毒等各项工作。4月3日投放苗种,水温21-23℃；放养情况详见表1；各池塘主养罗非鱼，拾配草、鲢、鱅和鲶鱼。

**表1　各池塘种苗投放**

**Table 1 Seedling Delivery in Ponds**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 池塘编号  Pond No. | 面积  Area  (hm2) | 罗非鱼密度  （尾/公顷）  Density of *Tilapia*  (tail/ hm2) | 总密度\*  （尾/公顷）  Total densit  （tail/ hm2） | 罗非鱼规格  Specification of *Tilapia*  (g/ tail) |
| 1＃ | 2.53 | 19920 | 18600 | 60 |
| 2＃ | 2.73 | 19695 | 17565 | 50-60 |
| 3＃ | 3.00 | 15450 | 13695 | 50 |
| 4＃ | 2.87 | 16890 | 14835 | 40-50 |

\*各池塘配养 品种及密度:草鱼1050尾/ hm2、鲢675尾/ hm2、鳙225尾/ hm2和鲶鱼150尾/ hm2。

Note: *Ctenopharyngodon idellus* 1050/hm2, *Hypophthalmictuthys molitrix* 675/hm2, *Aristichthys nobilis*225/hm2 and *Silurus asotus* 150/hm2 are adopted in the ponds.

**1.4饲养管理**

试验鱼的投喂按照定时、定量、定点和定质的原则，同时视天气、水温和鱼的摄食情况适当调整。每天投喂两次：8:00和16:00，投喂量早期按体重的4%～5%，中后期按体重的2%～3%，40min～60min吃完。视水质情况，每半月加注新水10cm～20cm；每天开增氧机:中午1h～2h，夜间2h～5h。早晚巡逻，发现问题及时处理，做好养殖日记。

**1.5水质与病害监测**

每月定期测量水质指标：溶解氧（DO）、氨氮（NH4+-N）和亚硝酸盐（NO2--N）和pH值，采用奥克丹便携式测水仪（I代）检测，使用方法参照说明书。病害监测方法参考常见鱼病检查方法和细菌病分离方法[7]。

**1.6生长性能、血清抗氧化和非特异性免疫指标测量**

养殖后期，大部分罗非鱼达到上市规格，对罗非鱼进行随机抽样，测量生长性能（全长、体长和体重），数量为30尾/张，测量方法按照常规方法进行[8]。另外，随机抽取罗非鱼10尾/张，抽取血清检测抗氧化指标和溶菌酶的活力。尾静脉抽血，操作缓慢。将血液置于1.5mlEP管，冰箱4℃静析4h后离心（4000r/min，10min），取上清分装1.5mlEP管，-80℃保存备用[9]。

血清中的总抗氧化能力(T-AOC)、超氧化物歧化酶(SSOD)、过氧化氢酶(CAT)、溶菌酶(LZM)的活力和丙二醛(MDA)含量均采用南京建成生物工程研究所试剂盒测定。

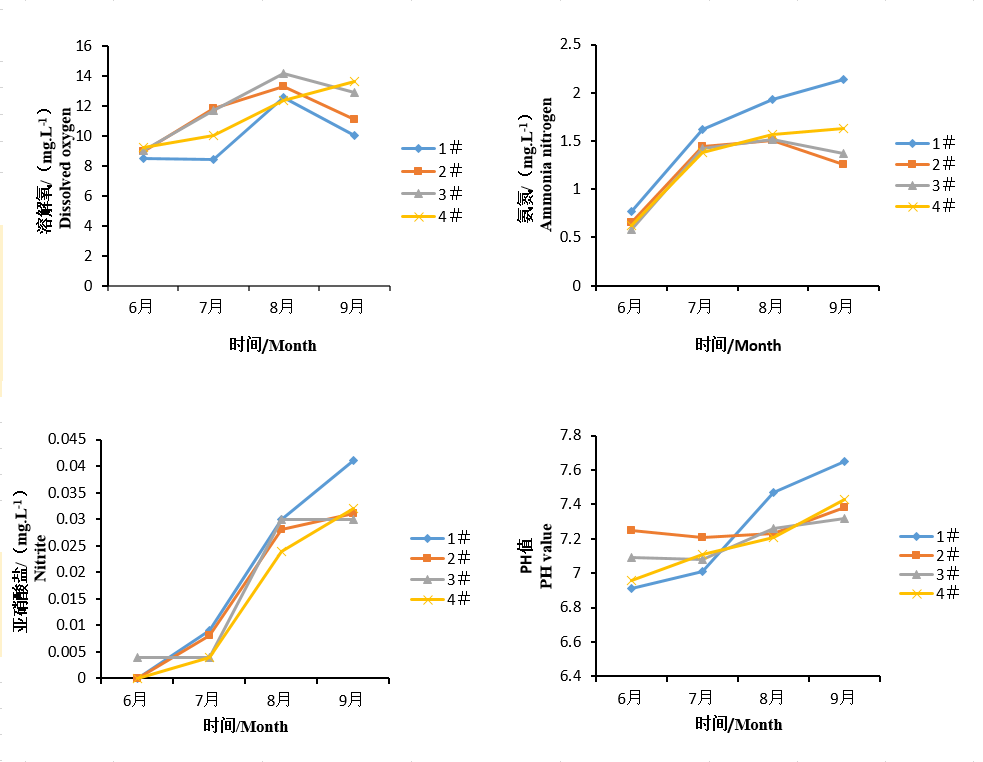
**1.7数据统计分析**

数据在Excel2016 软件上进行初步处理并进行水质数据分析，在SPSS22软件中进行单因素分析（Oneway　ANOVA），Duncan氏多重比较，试验数据采用“平均数±标准差”表示，P<0.05为差异显著。

**2结果**

**2.1池塘水质指标**

连续4个月对池塘水质检测，结果见图1，可见DO不断升高，但到9月份有所下降，试验组DO比对照组高，但是各组之间差异不显著；养殖早期NH4+-N和NO2--N较低，但到高温投料旺季，各组的NH4+-N和NO2--N都有所升高，且试验组NH4+-N和NO2--N比对照组低，但各组间差异不显著（P<0.05）；PH值在养殖过程中略有上升，试验组上升的幅度比对照组小，但各组间PH值差异不显著。可见投喂EM菌液，有助于提高池塘的DO，降低NH4+-N和NO2--N，稳定水体的PH值。



**图1　养殖过程池塘水质变化情况**

**Fig. 1 Water quality changes in ponds during aquaculture**

**2.2试验鱼的生长**

9月份各池塘罗非鱼达到上市规格，为了抢占早市，开始以捕大留小的方式陆续出鱼，上市前对各池塘鱼抽样测量生长性能，结果见表2。可见各池塘罗非鱼平均体长和平均体重差异显著，试验组2＃和3＃的平均体长和平均体重均大于对照组1＃；试验组2＃和3＃全部达到上市规格（500g以上），而对照组和4＃罗非鱼规格次之；从抽样结果推算各池塘产量，试验组2＃和对照组最高，试验组3＃次之，而4＃最低。

**表2试验鱼抽样检测生长性能结果**

**Table 2 Sampling results of test fishs for growth performance**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 池塘号  Pond No. | 平均体长  Average length（cm） | 平均体重  Average  weight（g） | 商品率\*  Commodity rate（%） | 产量  Yield per mu（kg/hm2） | 成活率  Survival rate  ％ |
| 1＃ | 25.6±1.2 a | 660.2±102.3 a | 96.8 | 11422.5 | 93.0 |
| 2＃ | 27.2±1.0 b | 804.4±91.0 b | 100.0 | 13483.5 | 95.4 |
| 3＃ | 27.0±1.6 b | 827.0±128.0 b | 100.0 | 10744.5 | 96.5 |
| 4＃ | 25.4±1.5 a | 616.5±114.7 a | 90.3 | 8371.5 | 91.5 |

注：同列数值上标相同字母表示差异不显著（*P* > 0.05），同列数值上标不同英文字母表示差异显著（*P* < 0.05）。商品率：鱼体重达500g/尾以上。

Note: The values in the same row with the same letter superscripts mean no significant difference（*P>0.05*）; Conversely, The values in the same row with the different letter superscripts mean significant difference（*P<0.05*），The same below.Commodity rate：Tilapia weighs more than 500 g/tail.

**2.3试验鱼血清抗氧化及非特异性免疫**

各池塘罗非鱼血清抗氧化及非特异性免疫检测结果见表3。表明试验组2＃、3＃和4＃血清中T-AOC显著高于对照组，且各组之间差异显著；试验组中2＃和3＃的血清CAT活力显著高于对照组，而试验组中的4＃CAT活力显著低于对照组；试验组中2＃和４＃的血清SOD活力显著高于对照组，而试验组3＃SOD活力显著低于对照组。试验组３＃和４＃的血清LZM活力显著高于对照组,而试验组２＃LZM活力显著低于对照组。试验组２＃、３＃和４＃血清MDA含量显著低于对照组。可见试验组罗非鱼抗氧化能力和LZM活力显著高于对照组，而试验组MDA浓度显著低于对照组。

**表3各池塘试验鱼血清抗氧化指标检测结果**

**Table 3 Test results of antioxidant indices in serum of fish from different ponds**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 血清指标 |  | 组别 | Group |  |
| Serum index | 1＃ | 2＃ | 3＃ | 4＃ |
| 总抗氧化能力  T-AOC（U/ml） | 6.161±0.307 a | 13.050±0.463 d | 6.541±0.416 b | 9.683±0.266 c |
| 过氧化氢酶  CAT（U/ml） | 14.662±0.602 b | 20.064±0.513 c | 26.274±0.446 d | 11.112±0.292 a |
| 超氧化物歧化酶SOD（U/ml） | 6.172±0.1508b | 9.264±0.504 c | 5.489±0.480 a | 9.369±0.393 c |
| 溶菌酶  LZM（ug/ml） | 3.241±0.466a | 3.523±0.301 b | 5.087±0.355 d | 3.945±0.429 c |
| 丙二醛  MDA (nmol/mL) | 6.34±0.696 c | 5.750±0.164 b | 5.550±0.245 b | 4.570±0.329 a |

**2.4养殖过程中试验鱼病害及防治情况**

罗非鱼养殖过程中，曾用生石灰、二氧化氯、聚维酮碘和浓戊二醛进行池塘消毒，定期用EM菌液拌饲料预防病害。但在整个养殖过程，各池塘均发生病害并造成死亡，可见以上措施并不能完全杜绝病害的发生，各池塘发病情况见表1。结果表明各池塘病害发生时间和程度不尽相同，各池塘罗非鱼死亡数量分别为1＃死亡3300多尾，2＃死亡2200尾，3＃死亡1800尾，4＃死亡3600尾；死亡率分别是7％、4.6％、4.6％和8.5％。各池塘死亡情况不一致，1＃、2＃和3＃罗非鱼养殖早中期发生细菌性败血症并造成持续性死亡；后期少部分鱼因捕鱼造成应激死亡；4＃在养殖早中期较为顺利，生长速度快，但在养殖后期，因增氧机出现故障，造成大规格罗非鱼缺氧死亡，损失较大。

**表4　罗非鱼养殖过程中病害及死亡情况**

**Table 1 Diseases and deaths in the *tilapia* culture**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 塘号  Pond Nu. | | 日期  Date | 症状及死亡情况  Symptoms and mortality | 死亡数量  Nu. of eaths (tail) | 死亡率  Mortality （％） |
| 1＃ | 5.18-5.25 | | 细菌性败血症，体表红肿，腹水、内脏出血，胆囊破裂。死亡约200尾。 | 3300 | 7.0 |
| 6.07-6.28 | | 细菌性败血症，鱼体表红肿，腹水，出血，胆囊破裂。死亡约1100尾。 |
| 8.05-9.30 | | 细菌性败血症，体表红肿、充血，内脏出血，死亡约2000尾。 |
| 2＃ | 6.07-6.20 | | 细菌性败血症，死亡1200尾。 | 2200 | 4.6 |
| 8.03-8.30 | | 细菌性败血症，出血、腹水，内脏出血，死亡700尾。 |
| 9.20-9.30 | | 捕捞应激，死亡300尾。 |
| 3＃ | 5.31-6.25 | | 细菌性败血症，出血、腹水，内脏出血，死亡800尾。 | 1800 | 4.6 |
| 8.05-8.30 | | 细菌性败血症，出血、腹水，内脏出血，死亡900尾。 |
| 9.20-9.30 | | 捕捞损伤，死亡100尾。 |
| 4＃ | 6.01-7.30 | | 细菌性败血症，病因不明。死亡200尾。 | 3600 | 8.5 |
| 8.05-8.31 | | 缺氧急性死亡，死亡3100尾； |
| 9.1-9.30 | | 捕捞应激和受伤，死亡300尾。 |

**3讨论与小结**

**3.1投喂EM菌对池塘水质的影响**

EM菌是复合微生物，包含有乳酸菌、芽孢杆菌、光合细菌和酵母菌等。将EM菌应用于水体，发挥各种菌不同生长特性，在水体环境中进行生长繁殖，通过氧化、硝化、反硝化、氨化、硫化、解磷和固氮等作用，将水体中易引起水质恶化的残饵、排泄物等有机物质转化或分解为无害的硝酸盐、磷酸盐和硫酸盐等物质，直接排放或被水中植物或藻类吸收利用，实现水生态环境的良性循环，起到修复和优化环境作用 [5]。在本试验中将EM菌与饲料搅拌投喂，其中一部分EM菌被鱼吞食后进入消化道；另一部分EM菌散落水体，逐渐在水体中生长繁殖，形成优势种群，从而起到调节水质作用。本试验中各池塘pH值略有升高，而对照组上升幅度较大，但各组间差异不显著。马江耀等[6]研究表明EM菌能显著提高pH值；张卫芳[4]研究认为使用EM菌有逐渐增大pH值的作用；而田功太等[5]认为使用EM菌能缓慢降低海参养殖水体pH值。本试验结果可见试验组DO逐渐升高，与刘其芝等[10]认为EM菌提高甲鱼养殖水体的DO结果相同，而与马江濯等[6]研究使用EM菌对DO无显著影响的结果有差异，具体原因有待研究。另外EM菌有助于降低水体中的NH4+-N和NO2—-N，这一结果与高征[11]、李先明[12]和黄增铃[13]等研究的结论一致。本试验中EM菌投喂量为饲料的4％，虽然对水质调节有一定作用，但效果不显著，是否与用量有关，还有待进一步研究。

**3.2投喂EM菌促进罗非鱼生长**

本试验中试验组罗非鱼的生长比对照组快，可能与长期投喂EM菌有关。研究表明EM菌发酵饲料有诸多优点：EM菌营养丰富，富含有蛋白质、多种维生素和矿物质等，促进生长发育；各种有益菌代谢过程中能产生促进生长因子和酶类，提高免疫力；EM菌在肠道中发挥占位优势，被吞食的EM菌在肠道中生长繁殖，形成优势种群，在一定程度上抑制有害菌生长，减少病害发生；EM菌发酵饲料，起到脱毒和提高品质作用，促进消化吸收，促进生长[1，14]。伍莉等[15]在饲料中添加EM菌，改善了大口鲇和鲫鱼血液指标，加快试验鱼的生长。胡京[2]研究认为泼洒EM菌改善海参肠道环境，提高饲料转化，预防疾病，提高了生长性能。李绍戊等[16]通过投喂及外泼枯草芽孢杆菌促进鲤鱼和草鱼的生长，提高了饲料利用率。冯俊荣等[17]通过投喂和外泼的方式，提高牙鲆生长。

**3.3长期投喂EM菌对罗非鱼抗氧化和非特异性免疫的影响**

抗氧化能力是机体应对环境胁迫的重要指标，其活性和含量可由环境胁迫的发生而改变，用于衡量环境污染程度和机体免疫能力[18]。抗氧化酶系中CAT和SOD是重要的酶。通过CAT和SOD对生物体内活性氧自由基清除起重要作用，MDA是脂质过氧化物反应中的最终产物，累积到一定量可导致机体细胞的损伤[19]。LZM是机体非常重要的非特异性免疫指标，其水平和活性直接关系到鱼类的免疫能力和健康，它通过酶解破坏病原体的细胞壁，使水分进入细胞造成细胞的崩解，从而杀灭入侵的细菌和真菌，对机体起积极的防卫作用[20]。曹笑楠等[21]用EM菌制作成不同饲料添加剂投喂鲤鱼，显著提高鲤鱼血清丙酮酸激酶（PK）、琥珀酸脱氢酶（SDH）、超氧化物歧化酶（SOD）和溶菌酶（LSZ）的活力，提高了鲤鱼的抗氧化和非特异性免疫；武鹏等[22]用3种微生态制剂（免疫增强剂、复合芽孢肝菌和EM菌）投喂刺参，显著提高了刺参的酸性磷酸酶(ACP) 、过氧化氢酶 (CAT) 和溶菌酶 (LSZ) 活力，且与微生态制剂的增加成正比，提高了刺参的免疫力，促进了生长。本研究结果表明，长期投喂EM菌显著提高了CAT、SOD和LZM的活力，显著降低了MDA的含量，从而增强了罗非鱼总抗氧化和免疫能力。

**3.4长期投喂EM菌对罗非鱼养殖过程中病害发生情况的影响**

罗非鱼在整个养殖过程中，陆续发生病害并造成死亡。随着水温上升，投饵量的增加，罗非鱼5月份开始出现细菌性败血症，并造成少量死亡；而8月份为罗非鱼发病高锋期，各池塘8月份死亡数占总死亡量的比例依次为1＃60.6％、2＃31.8％、３＃50.0％、4＃86.0％，可能与8月份水温高、投饵量大造成残饵与粪便多，水质易恶化等因素有关。因此，8月份加强罗非鱼养殖池塘的水质调控及病害预防。从各池塘发病与死亡数量可见，由于细菌性败血症引起的死亡，试验组死亡数量低于对照组，可能与长期投喂EM菌提高罗非鱼免疫力有关。机体的抗病能力和病害发生程度与机体免疫力密切相关，本试验研究表明，通过长期投喂EM菌，试验组的罗非鱼抗氧化与非特异性免疫水平都高于对照组；临床发病死亡数量试验组比对照组低，且药物治疗过程中，试验组较快康复，恢复吃食；而对照组病期较长，后期还发生持续性死亡。因此本次试验罗非鱼临床发病情况表明了试验组抗病力和免疫力优于对照组。研究[23]表明EM菌中部分微生物在代谢过程中能产生具有抑制或杀灭某些有害微生物的抗菌素，另外通过生物种群间的生态竞争，形成优势种群从而抑制水体和肠道中的有害致病菌的繁殖与生长，从而达到预防水产病害的目的。于向阳等[24]通过外用与内服EM菌的方式，提高了刺参幼体抵抗疾病的能力，抑制其他致病菌的生长和释放活性物质，提高了机体免疫力。李高俊等[25]用EM菌投喂凡纳滨对虾，有效抑制幼体、仔虾体内的有害菌群的繁殖，从而减少和预防疾病发生，提高苗种成活率10.8％。

**参考资料：**

[1]程纯明.30余年的探索，EM生物技术在水产上的应用究竟有多大？听听“EM之父”比嘉照夫的独家解读.当代水产[J],2017(9):51-53.

[2]胡京.两种EM菌剂对养殖水体水质、海参生长性能及免疫力的影响[D].大连工业大学，2015.

[3]夏来根，宁学宏，张磊磊，等.4种微生态制剂对虾池水质及青虾生长性能的影响[J].水生态学杂志，2012,33(3):101～106.

[4]张卫芳.EM菌和酵母细胞壁多糖对淇河鲫养殖及水质的影响[J].河南师范大学，2015 .

[5]田功太，刘飞，段凳选，等，EM菌对海参养殖水体理化因子的影响[J].水生态学杂志，2012,33(1):75-79.

[6]马江耀，石和荣，柯洁.三种微生态制剂对鱼池水质净化作用的对比试验[J].水产科技情报，2003(6):272-274.

[7]张国维.鱼病诊断技术[J].甘肃畜牧兽医,2018,48(08):35-38+40.

[8]殷名称.鱼类生态学[M]. 出版社:中国农业出版社，1995:45.

[9]王晓艳，王际英，马晶晶，等.VE和L-肌肽对大菱鲆幼鱼生长、抗氧化、非特异性免疫及血清生化指标的影响[J].水生生物学报，2017,41(1):86-94.

[10]刘其芝，李进村.EM菌液在甲鱼养殖中的应用效果研究[J].现代农业科技，2011（15）.

[11]高征,赵玉勇,崔杰,等.EM菌调节养殖池塘水质试验[J].吉林农业,2015(11):72-73.

[12]李先明,王先科,王世伟,等.EM菌在池塘养殖中的应用试验[J].河南水产,2014(03):34-35,38.

[13]黄培铃,蒋焕彬.用EM菌、高效菌、底净剂调节水质试验[J].河北渔业, 2007(1):26-28.

[14]王芳芳,陈萍.EM菌的扩培技术及推广应用[J].科学养鱼,2016(12):83-84.

[15]伍莉,陈鹏飞.微生态制剂对大口鲇和鲫鱼生长及血液指标的影响[J].西南师范大学学报(自然科学版),2007(01):82-86.

[16]李绍戊,王荻,尹家胜,等.微生态制剂对鲤、鲫和草鱼养殖池塘效益的影响[J].水产学杂志,2011,24(04):1-5.

[17]冯俊荣,陈营,杜荣斌,等.微生态制剂对牙鲆幼鱼蛋白酶和生长的影响[J].粮食与饲料工业,2005(12):36-38.

[18]王凡，赵元凤，刘长发.Cu2+对鲆肌肉抗氧化防御系统的影响，淡水渔业，2007,37(2):27-29.

[19]白东清，吴旋，郭永军，等.长期投喂黄芪多糖对黄颡鱼抗氧化及非特异性免疫指标的影响，动物营养学报，2011，23（9）：1622-1630.

[20]魏华，吴垠.鱼类生理学[M].中国农业出版社，1990：108-109

[21] 曹笑楠,陈建军,曹香林.不同饲料添加剂对鲤生长性能及免疫功能的影响[J].饲料工业,2018,39(08):20-25.

[22]武鹏,赵大千,蔡欢欢,王芳,高悦勉.3种微生态制剂对水质及刺参幼参生长的影响[J].大连海洋大学学报,2013,28(01):21-26.

[23]熊钢，张建国，王宇，等.EM菌发酵渔饲料在养殖中的应用研究，湖南饲料，2010(6):21-22

[24]于向阳，宋刚，王祝良.EM菌在辽西刺参育苗中的应用[J].农业技术与装备，2011,216:23-24

[25]李高俊，佟延南，符一凡，等.有益微生物制剂对凡纳滨对虾育苗的应用效果[J].江苏农业科学,2016,44(02):288-290.

1. 基金项目：1.广西科技重大专项(桂科AA17204081-5)；2.国家现代农业产业技术体系广西创新团队建设项目（nycytxgxcxtd-08-02）。

   作者简介：陈福艳，女,1979- ，农业推广硕士，副研究员，研究方向为水生生物病害防治，E-mail：[215174469@qq.com](mailto:215174469@qq.com)。

   通讯作者：黎建斌，男，1975-，高级工程师，研究方向为水产微生物工程，E-mail:1215233883@qq.com。 [↑](#footnote-ref-0)