

谢全森,李磊,仇晨蕾,等. 不同益生菌产品在北方内陆地区泥鳅繁育期水质调控效果对比[J]. 江苏农业科学,2019,47(6):152-155.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.06.034

# 不同益生菌产品在北方内陆地区泥鳅繁育期水质调控效果对比

谢全森<sup>1</sup>, 李磊<sup>1</sup>, 仇晨蕾<sup>1</sup>, 蔡灵<sup>2</sup>, 孙彩娟<sup>2</sup>, 郭少华<sup>2</sup>, 李岁艳<sup>2</sup>, 青强民<sup>3</sup>

(1. 邯郸学院生命科学与工程学院, 河北邯郸 056005; 2. 河北省邯郸市水产技术推广站, 河北邯郸 056005;

3. 河北省邯郸市鑫众生态养殖有限公司, 河北邯郸 057150)

**摘要:** 益生菌产品具有抑制有害菌生长、提高水生动物免疫能力、提高水产养殖的产品质量以及调节水体水质的作用, 已在我国沿海地区以及南方内陆地区渔业养殖规模生产中得到应用, 而北方内陆地区渔业养殖应用益生菌产品报道很少, 特别是经济性水产品种类(如泥鳅、对虾、河蟹)繁育期应用不同益生菌产品的调控水质及对水产品生长效果影响的对比数据报道并不多。在此背景下, 选取河北内陆地区目前常用的芽孢杆菌、光合细菌、乳酸菌 3 种不同的益生菌制剂, 并设立对照组, 以繁育期台湾泥鳅为试验对象, 进行为期 8 周的养殖试验, 以探明此期内养殖用水中添加益生菌产品对养殖水质以及泥鳅生长的影响。结果表明: 就 pH 值指标而言, 与对照组相比, 芽孢杆菌对试验水体酸碱度的提升幅度不显著 ( $P > 0.05$ ), 乳酸菌对试验水体酸碱度的提升幅度显著 ( $P < 0.05$ ), 而光合细菌对试验水体酸碱度的提升极其显著 ( $P < 0.01$ ); 就溶解氧 (DO 值) 指标而言, 投入光合细菌的试验组溶氧增幅显著 (20.00%,  $P < 0.05$ ), 其他 2 个试验组溶氧增幅效果不显著 (芽孢杆菌: 14.44%, 乳酸菌: 11.11%,  $P > 0.05$ ); 就  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  指标而言, 光合细菌对降解水体的氨氮水平有明显效果, 差异极其显著 ( $P < 0.01$ ), 芽孢杆菌、乳酸菌同化氨氮的能力极微, 3 个试验组的氨氮浓度变化: 芽孢杆菌、乳酸菌分别下降 9.49%、11.68%, 光合细菌下降 32.85%; 就  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  指标而言, 芽孢杆菌、乳酸菌组均能降低水体中的亚硝态氮水平, 分别为 12.60%、9.84%; 同时就生长效果指标而言, 光合细菌对泥鳅的生长也有一定的促进作用, 特定生长率达到 10.29%, 同时存活率最高, 高达 99.45%。

**关键词:** 北方内陆; 益生菌; 台湾泥鳅; 水质调控; 生长效果

**中图分类号:** S966.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)06-0152-03

台湾泥鳅 (*Taiwan Paramisgurnus dabryanus*) 属于高蛋白、低脂肪的低档水产鱼类。台湾泥鳅作为我国台湾地区改良的泥鳅新品种之一, 据报道, 在南方养殖 3~4 个月的当地泥鳅平均体质量约为 13 g, 而台湾泥鳅体质量可达 90 g 以上<sup>[1]</sup>。由于市场的需求以及捕捞量的增大, 导致近年来作为天然资源的泥鳅的数量急剧下降。因为台湾泥鳅具有营养丰富、培育时间短、繁殖速度快等特点, 同时随着水产养殖业的兴起和养殖生产模式的调整, 泥鳅一直销路甚好, 备受养殖户的欢迎和消费者的青睐。

随着泥鳅养殖业在我国的逐渐壮大发展, 工厂化成规模的养殖中更是对养殖的水环境带来了极大的伤害, 造成了泥鳅养殖的危害增加。传统的抗生素做不到提高泥鳅养殖的品

质反而会带来一系列的安全以及污染问题, 但是发现抗生素做不到的益生菌可以做到, 益生菌好处多多, 它不仅能够提升泥鳅的品质, 提升泥鳅的水环境, 还能增加养殖泥鳅的消化酶活性, 促进其生长发育。

已有学者证实了沼泽红假单胞菌、植物乳酸菌、干酪乳杆菌和酿酒酵母等多种益生菌具有改善养殖水体质量的作用<sup>[2-3]</sup>, 其作用机制主要是调节水体 pH 值、降低硝酸盐浓度、降低水中溶解氧浓度等。其他学者研究表明, 将不同比例的枯草芽孢杆菌、粪链球菌、光合细菌相结合来改善水质发现, 如果结合的菌种和比例不同, 对于化学需氧量 (COD)、氨氮浓度、亚硝酸盐、硫化物的作用效果也不同<sup>[4]</sup>。复合菌的有机结合与单一菌相比, 可以通过协同作用发挥更好的效果<sup>[5-6]</sup>。

微生态制剂对养殖水体的净化作用关键在于其组成的不同有益菌菌株效果, 有益菌菌株在酶的作用下可以将亚硝酸盐、氨氮或者多余的磷酸盐、硫化物等污染物通过自身生化反应, 同化为自身生长所需要的物质, 降低污染物在水体中的浓度, 最终可以净化水质<sup>[7]</sup>。然而, 目前益生菌产品较多, 效果参差不齐, 需要进行综合评价, 提供数据给繁育期培养泥鳅具有重要借鉴意义。本研究选取河北邯郸地区最具有代表性的 3 种益生菌产品, 分别是芽孢杆菌、光合细菌、乳酸菌, 来测定泥鳅繁育期(为期 8 周)内对水质的改善情况, 并且简要测定其对泥鳅生长及存活率情况, 消化道改善指标不进行测定。

收稿日期: 2018-10-22

基金项目: 河北省教育厅青年拔尖人才项目(编号: BJ2018206); 河北省科技厅重点研发计划农业关键共性技术专项(编号: 18226702); 河北省现代农业产业技术体系淡水养殖创新团队; 河北省邯郸市科技局研发专项(编号: 1727201061-3); 邯郸学院校级重点课题(编号: 20170002)。

作者简介: 谢全森(1983—), 男, 河北永年人, 博士, 讲师, 主要从事水产品环境与动物营养学研究。Tel: (0310) 6260090; E-mail: xiequansen@163.com。

通信作者: 蔡灵, 工程师, 主要从事水产动物养殖技术研究。E-mail: cl7317215@qq.com。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选取目前来说市场上评价很高的来自于不同生产厂家的 3 种益生菌制剂,分别为芽孢杆菌、乳酸菌、光合细菌。其用量均是按照生产厂家推荐的最佳用量来使用:芽孢杆菌倾泻后养殖水体含有益菌量不低于  $1.0 \times 10^8$  CFU/mL;乳酸菌倾泻后养殖水体含菌量为  $6.6 \times 10^7$  CFU/mL;光合细菌倾泻后养殖水体含有益菌量不低于  $1.5 \times 10^8$  CFU/mL<sup>[8]</sup>。

1.2 试验设计

试验地点:邯郸市鑫众生态养殖有限公司。  
试验设备:圆形的聚乙烯桶,直径 1 m,高 1 m。每桶均设有自动的充氧、控制温度加热和投喂的装置,使用加热棒来维持水温介于 20 ~ 25 ℃<sup>[9]</sup>。期间均按照泥鳅养殖的最佳标准正常投喂泥鳅繁育期的颗粒饲料,按照体质量的 6% 来进行投喂(具体是每天 4 次,时间分别是 07:00、12:00、17:00 和 22:00),投喂过 0.5 h 后自动移除其残饵,并计算其干质量,用于计算后续的摄食量。  
设置试验池 3 组,标号分别为 A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>,A<sub>1</sub> 中加入芽孢杆菌制剂;A<sub>2</sub> 中加入乳酸菌制剂;A<sub>3</sub> 中加入光合细菌制剂;对照池 1 组,标号为 B,不投放益生菌,其他条件均一致。每组均设置 3 个平行重复。试验前要分别测量各池水体的氨态氮、亚硝态氮、溶解氧、pH 值。每组放养规格为 200 尾刚刚孵化出的泥鳅(0.5 g 左右),投喂市售全价颗粒饲料,试验时间为 8 周。每周一 08:00 在每个试验组中投放益生菌产品,之后,第 1 周至第 4 周,每 2 周的周四 08:00 采集水样,第 5 至第 8 周时候,每周周四 08:00 采集水样,进行检测,连续检测 8 周(合计采集 6 次)。样品的采集、分析方法均参考 GB 17378—2007《海洋监测规范》进行。在试验期间,正常投饵

每组试验组以及对照组,同时,定期补充氧气,每周更换 10% 的养殖用水,控制水温恒定在 20 ~ 25 ℃。检测水质指标:酸碱度(pH 值)、溶解氧(DO)、氨氮(NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N)、亚硝态氮(NO<sub>2</sub><sup>-</sup> - N)。

在试验进行到第 8 周末时,通过称量泥鳅的质量,再计算泥鳅的特定生长率 SGR(%/d),目的是通过测定出泥鳅的生长效果指标,反映出益生菌制剂对繁育期泥鳅的水质调控的影响效果。

1.3 指标检测

1.3.1 水质指标测定 检测水质指标为:酸碱度(pH 值)、溶解氧(DO)、氨氮(NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N)、亚硝态氮(NO<sub>2</sub><sup>-</sup> - N)。其中溶解氧含量的测定采用哈希便携式溶氧仪现场测定;酸碱度含量的测定采用哈希便携式 pH 计现场测定;氨氮含量的测定采取水杨酸分光光度法测得;亚硝态氮含量的测定采用重氮偶合比色法测得,氨氮量和亚硝态氮的含量测定均在企业实验室内进行。

1.3.2 生长指标测定 待试验结束时,将每组泥鳅全部捞出,并称取质量和计数,以此来计算特定生长率和存活率。

特定生长率  $SGR(\%/d) = 100 \times (\ln m_t - \ln m_0) / t$ 。  
式中: $m_t$  为终末体质量,g; $m_0$  为初始体质量,g; $t$  为试验天数,d。

存活率 = 末尾数/初始尾数 × 100%。

1.4 数据处理

数据用 SPSS 19.0 软件来进行单因素方差分析(One-way ANOVA),结果以平均值 ± 标准误差表示, $P < 0.05$  作为差异显著。

2 结果与分析

各组水质指标变化的数据如表 1 所示。

表 1 4 种水质检测指标变化的始末数据

组别	溶解氧变化(mg/L)		氨氮变化(mg/L)		亚硝态氮(mg/L)		pH 值	
	初始数据	末数据	初始数据	末数据	初始数据	末数据	初始数据	末数据
B	5.40 ± 0.05	4.63 ± 0.25	0.14 ± 0.07	0.29 ± 0.21	0.25 ± 0.03	0.44 ± 0.02	7.70 ± 0.20	7.40 ± 0.15
A <sub>1</sub>	5.00 ± 0.08	5.02 ± 0.13	0.14 ± 0.09	0.12 ± 0.22	0.25 ± 0.01	0.41 ± 0.02	7.70 ± 0.18	7.70 ± 0.12
A <sub>2</sub>	5.00 ± 0.03	5.20 ± 0.21	0.13 ± 0.04	0.12 ± 0.16	0.25 ± 0.01	0.23 ± 0.02 *	7.70 ± 0.30	8.70 ± 0.21 *
A <sub>3</sub>	5.00 ± 0.05	6.08 ± 0.08 *	0.14 ± 0.01	0.09 ± 0.05 *	0.24 ± 0.01	0.18 ± 0.01 *	7.70 ± 0.12	8.10 ± 0.08 *

注:“\*”表示与对照相比在 0.05 水平差异显著。表 2 同。

2.1 溶解氧

试验期间,水体溶氧量的水平均在加入益生菌后得到了增加(图 1)。在试验过程中,投入光合细菌的试验组溶氧量的增加幅度显著(20.00%, $P < 0.05$ ),其他的 2 个试验组溶氧量的增加量并不显著(乳酸菌:5.11%,芽孢杆菌:4.34%, $P > 0.05$ )。其中光合细菌试验组对水体溶氧量的提升作用时间较芽孢杆菌和乳酸菌试验组的最短。

2.2 酸碱度

从图 2 可以看出,在加入了益生菌后酸碱度均发生了改变。光合细菌以及乳酸菌对试验水体酸碱度的提升显著( $P < 0.05$ ),而芽孢杆菌对试验水体酸碱度的增加幅度并不显著( $P > 0.05$ )。养殖泥鳅水体最适宜的 pH 值范围是 7.5 ~ 8.8<sup>[13]</sup>,光合细菌组的 pH 值是几组中最适宜的。

2.3 氨氮量

如图 3 所示,光合细菌对降解水体氨氮量的水平有明显的效果,与对照相比差异显著( $P < 0.05$ )。3 个试验组的氨氮浓度变化明显,芽孢杆菌、乳酸菌、光合细菌分别是下降 8.49%、11.68%、32.85%。此外,光合细菌组的作用时间比较短,在第 4 次监测后基本也已经趋向稳定。

2.4 亚硝态氮

从图 4 可以看出,光合细菌和乳酸菌对降解亚硝态氮能力相对芽孢杆菌细菌更好,而芽孢杆菌不能够降解亚硝态氮。试验结束时,光合细菌、乳酸菌分别下降 28.60%、14.84%,芽孢杆菌的亚硝态氮水平升高 27.72%。

2.5 生长指标变化

益生菌产品对泥鳅的 SGR 与存活率影响见表 2。结果显

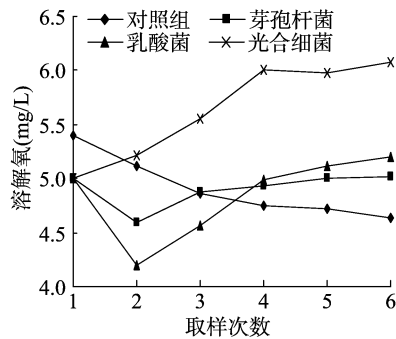


图1 水体的溶氧变化趋势

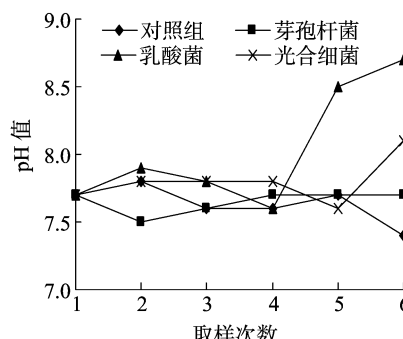


图2 水体的酸碱度变化趋势

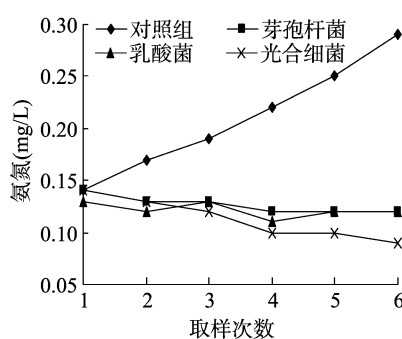


图3 水体氨氮变化趋势

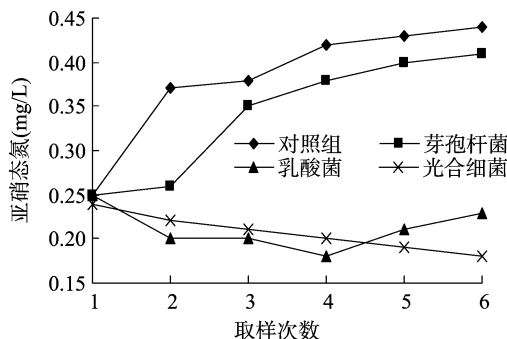


图4 水体亚硝酸盐氮变化趋势

表 2 泥鳅的存活率与特定生长率

组别	初始体质量 (g/尾)	末体质量 (g/尾)	存活率 (%)	特定生长率 (%/d)
B	0.51 ± 0.04	4.43 ± 0.24	99.25 ± 13.33	10.29 ± 0.42
A <sub>1</sub>	0.51 ± 0.04	4.48 ± 0.24	98.75 ± 15.40	10.35 ± 0.19
A <sub>2</sub>	0.52 ± 0.06	4.50 ± 0.24	99.35 ± 7.70	10.28 ± 0.42
A <sub>3</sub>	0.52 ± 0.08	4.51 ± 0.24	99.45 ± 3.85 *	10.32 ± 0.29 *

示,芽孢杆菌和光合细菌组的特定生长率和成活率较对照组有所提高,乳酸菌的使用较对照组的特定生长率略微下降。其中光合细菌对泥鳅的 SGR 和存活率的影响均较高,分别达到 99.45%、10.32%,且差异显著( $P < 0.05$ )。

3 讨论

3.1 养殖活动对水质的影响

养殖活动对水质的影响不是单一的,也不是一成不变的。多年来,虾池底质不断老化,水质越来越容易败坏,诱发的虾病很难控制,严重制约了对虾养殖业的发展<sup>[10-14]</sup>。只有将水质优化好,才能提高泥鳅的生长水平,更好地进行泥鳅养殖。已有学者发现,有机废物在腐败降解的过程中将耗损大量的氧气,使溶氧量下降,同时产生氨、氮和硫化氢等排泄废物,导致水质败坏,这无疑增加了水生动物的发病几率<sup>[15]</sup>。养殖活动对水质的影响较为重要,不可忽视,所以在利用益生菌产品调控水质的同时还须控制养殖活动。一些学者首次将微生态制剂应用于水产养殖,微生态制剂在水产养殖上的应用按用途可分为 2 类:一类是促进养殖动物生长和提高机体免疫力的饲料微生态添加剂,另一类为改善水质的水体微生态调控剂<sup>[13]</sup>。同时,水体温度和生物稳定会受到水环境变化的影响。而向养殖水体中投放益生菌制剂,可以很好地解决这一难题。

3.2 益生菌制剂对水质指标的影响

微生态制剂产品作为一类新型、绿色和环保的饲料添加剂,越来越多地被开发与应用于水产养殖生产中<sup>[16]</sup>。同时,在国外学者的研究中发现,芽孢杆菌和乳酸菌可以有效降低水体中的亚硝态氮,减少疾病发生<sup>[10,17]</sup>。此外,国内著名学者也发现了光合细菌和芽孢杆菌是具有协同作用的<sup>[18]</sup>。

以往养殖户在追求产量的同时,没有考虑到水生生态环境遭到破坏,导致病害逐年增加。益生菌的使用使泥鳅处于最佳生长状态,缩短了泥鳅的养殖周期,提高了养殖效率。微生物制剂越来越多地被应用在水产养殖行业中,被称为是一代纯天然无污染的绿色制剂。益生菌产品在改善水质的同时还要注意在转换过程中可能会因氧的匮乏而发生变化。因此,在使用益生菌制剂时要打开增氧机,使水体的供氧力度大大增加,这样才能更好地发挥出益生菌制剂的作用。

4 结论

本试验结果表明,与芽孢杆菌和乳酸菌相比,光合细菌可以更好地抑制并降解有机物,来降低氨氮、亚硝酸盐等的含量,起到净化水质的作用,同时还可以提高水体的溶解氧含量,并一定程度上可以提高泥鳅的生长性能,为生产实际的理想产品。

参考文献:

[1] 邱楚雯,王韩信,陈迪虎,等. 台湾泥鳅人工繁殖及早期发育的研究[J]. 水产科技情报,2014,41(6):284-289.

[2] 张从义,雷晓中,李金忠,等. 两种稻田养鳅模式的经济效益比较[J]. 湖北农业科学,2016,55(22):5891-5894.

[3] 袁雪梅,姚嘉赞,蔺凌云,等. 泥鳅致病性维氏气单胞菌的分离与鉴定[J]. 浙江农业学报,2018,30(5):730-737.

[4] 许友卿,张青红,李颖慧,等. 饲料中添加杜仲叶粉对青鱼生长和组织免疫相关基因表达的影响研究[J]. 农业现代化研究,2015,36(6):1074-1079.

[5] 高丹丹,程浩,马忠仁,等. 泥鳅蛋白抗氧化肽的 Plastein 反应修饰研究[J]. 浙江农业学报,2018,30(8):1312-1320.

[6] 李君华,刘佳亮,曹学彬,等. 芽孢杆菌与光合细菌协同作用对养殖刺参的影响[J]. 渔业现代化,2013,40(1):7-12.

[7] 刘敏佳,傅一鸣,尚伟伟. 一种环保型泥鳅饲料养殖效果初探[J]. 湖北农业科学,2018,57(2):92-94,102.

[8] 盖建军,矫新明,陈焕根. 4 种微生态制剂对养殖水质的影响[J]. 现代农业科技,2013,8(10):255-256.

[9] 王笃彩,闫斌伦,李士虎. 3 种微生态制剂对养殖水体水质影响的比较研究[J]. 水生态学杂志,2011,32(1):66-70.

[10] Wahyu A, Widanarni, Anja M. Effect of probiotic *Bacillus*

吴井生,陈永霞. 稀释液配方和稀释倍数对猪精子活力及运动参数的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(6):155-158.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.06.035

# 稀释液配方和稀释倍数对猪精子活力及运动参数的影响

吴井生, 陈永霞

(江苏农林职业技术学院/句容市动物疫病预防控制中心,江苏句容 212400)

**摘要:**为研究稀释液配方和稀释倍数对猪精子活力及运动参数的影响,筛选了5个稀释液配方,设计了6个稀释倍数,采用CASA系统检测精子活力、活动率、运动速度及运动方式等参数指标,利用SPSS 19.0软件中GLM程序进行分析表明,5个配方精子活力(PR)或精子活动率(PR+NP)中, $F_2$ 最高, $F_3$ 次之,但两者间差异不显著,与其他3个配方比较差异极显著;精子速度方面,同样以 $F_2$ 最快,仍与 $F_3$ 差异不显著,与其他配方差异显著或极显著;精子运动形式参数方面,WOB指标中,5个配方间差异均不显著;其他指标, $F_2$ 和 $F_3$ 较高。稀释倍数上,就PR、PR+NP而言,两者均随稀释倍数的增大而表现出先上升后下降的趋势。因此,稀释液配方中,经典的猪稀释液配方为最优,确定配方为:葡萄糖5.0 g、柠檬酸钠0.3 g、乙二胺四乙酸二钠(EDTA-2Na);稀释倍数PR、PR+NP中, $D_{0.5}$ 最优,但从经济效益来看, $D_1$ 为最佳。

**关键词:**猪;人工授精;稀释液配方;稀释倍数;精子活力;CASA

**中图分类号:**S828.3<sup>+</sup>4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)06-0155-04

随着猪人工授精技术广泛应用,生产中对猪精液的要求也越来越高。猪的副性腺发达,因此猪精液中副性腺分泌物浓度高,射精量大,可达200~300 mL,密度 $(1\sim2)\times10^9$ 个/mL。研究表明,猪精液采集后若不进行任何处理,精子活力会迅速下降,精子死亡率增加,导致母猪受胎率降低;在保证精子活力、有效精子数等前提下,对猪精液进行适当的稀释,一方面可以增加精液量,提高受配母猪头数,另一方面可以冲淡精液中副性腺分泌物,巩固原生质膜,并供给充分的营养物质,防止细菌孳生,延长精子保存时间。因此,在人工授精前对精液进行适当处理可以提高公猪的种用价值,保证母猪群的健康,提高母猪受胎率,增加畜牧生产经济效益<sup>[1]</sup>。

收稿日期:2017-10-23

基金项目:江苏省农业三新工程项目(编号: SXGC[2014]274);农业部 and 江苏省农委畜禽资源保护项目(编号: C3201007, JS-C-23);江苏农林职业技术学院院级项目(编号: 2017kj08)。

作者简介:吴井生(1979—),男,江苏泰兴人,博士,副教授,主要从事猪育种与繁殖研究。E-mail:17190607@qq.com。

通信作者:陈永霞,高级畜牧师,主要畜禽养殖技术服务和推广工作。E-mail:1152641800@qq.com。

关于猪精液稀释液配方的报道很多,经典的稀释液配方成分主要有:葡萄糖、柠檬酸钠、乙二胺四乙酸二钠(EDTA-2Na);许多研究者从营养物质或缓冲物质替代物等方面来研究最佳的公猪精液稀释液配方,常见的替代物有海藻糖<sup>[2]</sup>、蔗糖<sup>[3]</sup>、维生素C<sup>[4]</sup>、甘氨酸<sup>[5]</sup>等。评价配方优劣的主要指标有精子活力、顶体完整性、质膜完整性等<sup>[6]</sup>,但这些指标的评价方法往往缺乏准确性、精确性和实效性。而关于猪精液稀释倍数的报道不多,仅见于对母猪受胎率或产仔数的影响<sup>[8-9]</sup>,但并未分析其对精子活力等指标的影响,精子活力检测是精液品质检查中的一个重要指标,同时精液品质检查是精液采集后、输精前的一项重要工作。

本试验从前人研究报道中筛选出5个经典稀释液配方,设计了不同的稀释倍数,利用CASA系统对公猪精子活力、活动率和精子运动等参数指标进行检测,以期筛选出最佳的稀释液配方和稀释倍数。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验动物

本试验的种公猪均来自江苏农林职业技术学院种猪场,研究,2014(13):27-51。

megaterium PTB 1.4 on the population of intestinal microflora, digestive enzyme activity and the growth of catfish (*Clarias* sp.) [J]. HAYATI Journal of Biosciences, 2016, 23(4): 168-172.

[11] 夏晓华, 霍蔚然, 李墨溢, 等. 乙氧氟草醚对泥鳅的毒性研究 [J]. 湖北农业科学, 2017, 56(8): 1522-1525.

[12] 刘翠艳, 陈四玉, 孙桃桃, 等. 马齿苋-益生菌联用对热毒证小鼠腹泻的预防效果 [J]. 浙江农业学报, 2018, 30(2): 211-219.

[13] 涂胜. 浅谈光合细菌在水产养殖上的应用 [J]. 渔业致富指南, 2011(11): 33-34.

[14] 刘爱君, 尹望. 微生态制剂对鱼塘养殖水体的影响 [J]. 饲料

[15] 黄翔峰, 王坤, 陈国鑫, 等. 水生动植物组合对水产养殖废水的净化能力 [J]. 水处理技术, 2015, 41(2): 62-66.

[16] 陈谦, 张新雄, 赵海, 等. 用于水产养殖的微生态制剂的研究和应用进展 [J]. 应用与环境生物学报, 2012, 18(3): 524-530.

[17] Wang Y B, Xu Z R, Xia M S. The effectiveness of commercial probiotics in northern white shrimp *Penaeus vannamei* ponds [J]. Fisheries Science, 2005, 71(5): 1036-1041.

[18] 周丹丹, 李延云, 聂宇燕, 等. 光合细菌与芽孢杆菌对淡水养殖水体修复实验研究 [J]. 中兽医医药杂志, 2011, 13(4): 40-42.