

史东杰,梁拥军,许金华,等. 微生态制剂对锦鲤生长、消化酶活性和表观消化率的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(13):136-139.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.13.038

微生态制剂对锦鲤生长、消化酶活性和表观消化率的影响

史东杰^{1,2}, 梁拥军^{1,2}, 许金华³, 孙砚胜^{1,2}, 张欣^{1,2}

[1. 北京市水产科学研究所暨国家淡水渔业工程技术研究中心, 北京 100068;

2. 农业部都市农业(北方)重点实验室/渔业生物技术北京市重点实验室, 北京 100097; 3. 天津农学院, 天津 300384]

摘要:在基础饲料中分别添加质量为0、0.005%、0.01%、0.02%、0.04%微生态制剂干粉,研究微生态制剂对锦鲤生长、肠道消化酶活性、表观消化率的影响。结果发现,不同浓度微生态制剂对锦鲤的生长均有促进作用,其中0.02%添加组的增质量率、特定生长率最高,较对照组分别显著增加62.29%、50.00%,但饲料系数显著降低16.67%。在20、30、40 d时,各微生态制剂添加组的肠胰蛋白酶活性、干物质表观消化率较对照组均显著提高,其中20 d时IV组的胰蛋白酶活性、干物质表观消化率显著高于其他试验组。10、20、30、40 d时,各微生态制剂添加组的脂肪酶活性较对照组均有所提高,其中30、40 d时各添加组的脂肪酶活性显著增加。各微生态制剂添加量对试验鱼肠淀粉酶活性无显著性影响。说明饲料中添加微生态制剂能显著提高锦鲤生长性能,增强肠道消化酶活性,并在一定程度上提高锦鲤对饲料营养物质的利用率,适宜的添加量为0.02%,适宜持续投喂时间为20 d。

关键词:微生态制剂;锦鲤;生长性能;消化酶;表观消化率

中图分类号: S965.812 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)13-0136-03

微生态制剂是从天然环境中筛选分离出来的多种有益微生物的复合物,富含蛋白质、脂肪及其他生理活性物质,具有无残留、无抗药性、无污染等优点,被广泛应用于水产动物养殖^[1-3]。已有研究表明,微生态制剂可平衡或改善鱼类消化系统有益菌群、提高鱼类血清免疫力、促进生长发育,同时微生态制剂可有效分解养殖水环境中的氨氮、亚硝酸盐等有害物质,改善养殖环境,提高鱼类生长性能和抗病力^[4-6]。近年来,有关微生态制剂应用于鱼类生长及消化酶活性的研究较多,是水产动物饲料添加剂的应用热点,但关于微生态制剂调节锦鲤生长、消化酶活性及表观消化率的研究尚少。本试验通过在锦鲤饲料中添加微生态制剂粉剂,研究其对锦鲤生长、肠道消化酶活性及表观消化率的影响,为锦鲤健康养殖提供技术参考。

1 材料与与方法

1.1 试验材料

试验鱼来自北京市水产科学研究所小汤山良种繁育中心自行繁育的红白锦鲤。试验用基础饲料不含微生态制剂(表1),微生态制剂购自康源绿洲生物科技(北京)有限公司,含有枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)、植物乳杆菌(*Lactobacillus plantarum*)、蛋白酶、玉米蛋白粉、藻类营养素、光合催化剂、

活性酶、免疫因子剂及代谢产物等多种物质,有效活菌数 $\geq 2\ 000$ 亿/g,按分组配比加入基础饲料的预混料中。

表1 试验饲料成分及营养指标(干物质基础)

原料	含量 (%)	营养成分	
		成分	含量 (%)
鱼粉	25.0	粗蛋白	33.45
豆粕	15.0	粗脂肪	7.18
双低菜粕	15.0	粗灰分	8.30
面粉	20.0	水分	8.99
螺旋藻	12.0		
次粉	2.5		
维生素、矿物质预混料	6.5		
膨润土	2.0		
大豆磷脂	2.0		
合计	100.0		

注:矿物质预混料和维生素预混料由北京友谊恒远饲料有限公司提供。1 kg 维生素预混料包括维生素 A 0.003 2 g、维生素 D 0.076 mg、维生素 E 2.6 g、维生素 K 0.16 g、维生素 B₁ 0.10 g、维生素 B₂ 0.20 g、维生素 B₆ 0.16 g、维生素 C 18.5 g、叶酸 0.2 g、肌醇 1.56 g、氯化胆碱 13.6 g、烟酰胺 0.54 g、泛酸钙 0.3 g。1 kg 矿物质预混料(g/kg 饲料)包括氯化钾 1.20 g、硫酸镁 4.0 g、硫酸锌 0.20 g、硫酸铜 0.02 g、碘化钾 0.003 g、氯化钴 0.002 g、硫酸锰 0.04 g、柠檬酸铁 20.6 g、羧甲基纤维素钠 1 g。

1.2 试验设计及饲养管理

选取体质健壮、规格整齐的锦鲤 225 尾,初始体质量为(183.76 ± 5.48) g,随机分配 15 个小型循环水养殖缸(1.5 m × 1.5 m × 1.5 m)内进行养殖,每缸 15 尾,实际养殖水容积为 2.5 ~ 2.8 m³。试验分为 5 组,1 个对照组(I 组)、4 个试验组(II 组、III 组、IV 组、V 组),每组设 3 个平行, I 组投

收稿日期:2015-12-28

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项(编号:GSY20160201);北京淡水鱼种质资源保存项目(编号:KJCX20140112);北京市农林科学院观赏鱼与热水性名优鱼类创新团队项目(编号:BJRKYGSYTD2016)。

作者简介:史东杰(1985—),女,北京人,硕士,工程师,主要从事观赏鱼繁育及养殖技术研究。E-mail:sdj19850104@163.com。

喂基础饲料,其他试验组分别添加微生态制剂干粉质量为0.005% (Ⅱ组)、0.01% (Ⅲ组)、0.02% (Ⅳ组)、0.04% (Ⅴ组)。试验鱼试养7 d后开始正式试验,分别投喂对应的试验饲料,试验周期为40 d。试验期和试养期饲养条件相同,养殖用水为地下井水,水温为(18±1)℃,pH值为7.4,溶氧量≥5 mg/L,光照为自然光源。每日投喂2次(09:30,17:00),投喂量为鱼体质量的3%~3.5%,根据鱼体的摄食情况作适当调整。

1.3 生长性能指标的测定

养殖试验结束时,禁食24 h,测量每缸试验鱼体质量。选用增质量率、特定增长率、饲料系数、成活率作为主要生长性能指标。增质量率($WGR, \%$) = (终末体质量 - 初始体质量) / 初始体质量 × 100%; 特定增长率($SGR, \%/d$) = (ln 终末鱼体质量 - ln 初始鱼体质量) / 饲养时间(d) × 100%; 饲料系数(FCR) = 总投喂量 / (终末体质量 + 死鱼质量 - 初始体质量); 成活率($SR, \%$) = 试验末鱼尾数 / 试验初鱼尾数 × 100%。

1.4 消化酶活性的测定

在试验10、20、30、40 d时取样,每次取样前禁食24 h。每缸随机选取试验鱼6尾,在冰盘上迅速解剖,分离出整个肠道,双蒸水冲洗,迅速用液氮冷冻2 min,放入-80℃超低温冰箱保存,备测胰蛋白酶、脂肪酶和淀粉酶等消化酶的活性。胰蛋白酶、脂肪酶和淀粉酶的测定采用北京澳联雅实验设备中心的试剂盒进行,具体测定方法参照试剂盒说明书。

1.5 表观消化率的测定

在试验后10、20、30、40 d取样,每次取样时,在1次投喂后3 h将试验鱼捞起,解剖取出肠道,挤出肠道后1/3的粪便,用清水洗去肠道黏液。试验连续重复多次,待收集到足够的粪便样品后于75℃下烘干至恒质量,备测干物质表观消化率。 Cr_2O_3 采用Frukawa等的酸消化比色法^[7]测定。每个样品测定3个平行样。

干物质表观消化率($ADC, \%$) = 100% - 100% × 饲料中的 Cr_2O_3 含量 / 粪便中的 Cr_2O_3 含量。

1.6 数据统计与分析

试验数据用“平均值±标准差”表示。采用SPSS 13.0软件进行数据统计和分析,用多重比较法进行组间差异显著性分析,显著水平为0.05。

2 结果与分析

2.1 饲料中添加微生态制剂对锦鲤生长性能的影响

不同浓度微生态制剂对锦鲤的生长均有促进作用(表2)。与对照组Ⅰ相比,Ⅱ组、Ⅲ组、Ⅳ组的增质量率、特定增长率均显著增加,增质量率分别提高8.93%、37.02%、62.30%,特定增长率分别提高14.29%、28.57%、50.00%,但其饲料系数显著降低8.97%、8.97%、16.67%。试验组Ⅴ与对照组相比,增质量率提高7.06%,特定增长率提高4.29%,饲料系数降低1.28%,且均无显著性差异。不同添加组对成活率无显著影响。结果表明,饲料添加0.02%微生态制剂对锦鲤促生长效果最佳。

表2 饲料中添加微生态制剂对锦鲤生长性能的影响

组别	初始体质量(g)	终末体质量(g)	增质量率(%)	特定增长率(%/d)	饲料系数	成活率(%)
Ⅰ	183.76±5.48a	243.07±4.27a	32.28±3.19a	0.70±0.01a	2.34±0.21a	100a
Ⅱ	183.12±4.22a	258.58±4.15b	41.21±3.17b	0.80±0.01b	2.13±0.05b	100a
Ⅲ	183.54±4.41a	264.72±4.31b	44.23±3.15b	0.90±0.03b	2.13±0.12b	100a
Ⅳ	183.56±4.32a	279.73±4.56c	52.39±2.39c	1.05±0.02c	1.95±0.05b	100a
Ⅴ	183.19±4.15a	242.83±4.32a	34.56±2.34a	0.73±0.02a	2.31±0.64a	100a

注:同列数据后不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。下表同。

2.2 饲料中添加微生态制剂对锦鲤消化酶活性的影响

与对照组相比,20、30、40 d时各微生态制剂添加组的肠胰蛋白酶活性均显著提高,且20 d时Ⅳ组的胰蛋白酶活性显著高于其他试验组(表3)。与对照组相比,10、20、30、40 d时各微生态制剂添加组的肠脂肪酶活性均有所提高,10、20 d时各添加组的肠脂肪酶活性增加不显著,30、40 d时各添加组的肠脂肪酶活性显著增加。与对照组相比,10、20、30、40 d时,各微生态制剂添加量对试验鱼肠淀粉酶活性均无显著性影响。说明微生态制剂的适量添加能够提高锦鲤肠道内胰蛋白酶活性、脂肪酶活性,但对淀粉酶活性无显著影响,适宜的添加量为0.02%,适宜持续投喂时间为20 d。

2.3 饲料中添加微生态制剂对锦鲤干物质表观消化率的影响

饲料中添加微生态制剂可以提高饲料中营养成分的表观消化率,并在一定程度上提高锦鲤对饲料营养物质的利用率(表4)。与对照组相比,20、30、40 d时各微生态制剂添加组的干物质表观消化率均显著提高,20 d时Ⅳ组的干物质表观消化率显著高于其他试验组,为98.46%±1.15%。说明以

干物质表观消化率为指标,添加量为0.02%,持续投喂20 d时效果最好。

3 讨论

大量研究表明,在水产动物饲料中添加微生态制剂可以促进供试动物的生长性能,提高饲料利用率^[7-9]。如付鑫等对幼刺参^[10]、仇明等对斑点叉尾鲷^[11]、白利丹等对锦鲤^[12]、艾炎军等对大鳞副泥鳅^[13]、刘晓勇等对杂交鲟幼鱼^[14]的研究均表明,适当添加微生态制剂可促进动物对营养物质的消化吸收,加强鱼体消化能力,调节代谢,改善生长性能。在本试验中,不同浓度微生态制剂对锦鲤的生长均有促进作用,其中0.02%添加组的增质量率、特定增长率最高,较对照组分别显著增加62.29%、50.00%,但饲料系数显著降低16.67%。这表明本试验与上述研究一致,微生态制剂的添加均对水产动物产生了积极的作用。在本试验中,0.04%添加组对增质量率、特定增长率、饲料系数的影响与其他添加组较对照组相比有所下降,说明过量添加微生态制剂可能会有不利的影响。例如,丁丽等研究表明,增质量率和特定增长率随

表3 饲料中添加微生态制剂对锦鲤消化酶活性的影响

组别	胰蛋白酶活性(U/g)				脂肪酶活性(U/g)	
	10 d	20 d	30 d	40 d	10 d	20 d
I	65.21 ± 5.12a	68.87 ± 11.32a	75.42 ± 9.50 a	79.34 ± 3.09 a	99.24 ± 6.77a	109.43 ± 6.89a
II	68.75 ± 6.32 a	85.34 ± 8.41b	92.46 ± 2.54b	98.24 ± 10.25b	105.24 ± 5.13a	110.23 ± 5.12a
III	69.87 ± 10.03a	91.29 ± 10.56b	99.41 ± 1.38b	101.15 ± 6.87b	107.42 ± 2.13a	113.45 ± 4.68a
IV	66.52 ± 8.33 a	128.36 ± 10.78c	108.45 ± 5.37c	112.39 ± 8.62c	109.00 ± 5.12a	112.13 ± 5.64a
V	68.85 ± 9.39a	101.95 ± 11.58c	105.32 ± 7.21c	121.72 ± 8.75bc	108.56 ± 7.54a	113.45 ± 8.46a

组别	脂肪酶活性(U/g)		淀粉酶活性(U/g)			
	30 d	40 d	10 d	20 d	30 d	40 d
I	112.4 ± 4.15a	98.75 ± 8.13a	33.12 ± 5.13a	32.46 ± 3.41a	34.28 ± 1.18a	32.19 ± 8.13a
II	125.24 ± 7.13b	135.24 ± 5.93b	33.46 ± 4.15a	31.28 ± 8.13a	35.16 ± 7.12a	33.15 ± 4.93a
III	136.83 ± 8.95b	159.54 ± 10.22b	32.46 ± 2.15a	32.17 ± 5.46a	33.16 ± 8.43a	33.48 ± 4.76a
IV	158.81 ± 4.18c	165.33 ± 6.15c	34.19 ± 1.16a	32.48 ± 4.16a	33.45 ± 5.63a	34.16 ± 7.08a
V	169.76 ± 6.38ac	183.24 ± 6.17ac	35.16 ± 2.18a	33.47 ± 5.64a	34.19 ± 4.72a	35.18 ± 4.17a

表4 饲料中添加微生态制剂对锦鲤干物质表观消化率的影响

组别	干物质表观消化率(%)			
	10 d	20 d	30 d	40 d
I	65.81 ± 5.96a	68.53 ± 5.13a	71.46 ± 2.24a	79.15 ± 6.13a
II	68.55 ± 6.23a	78.15 ± 4.16b	82.13 ± 7.12b	83.46 ± 5.28b
III	67.43 ± 3.46a	82.46 ± 2.15b	83.46 ± 5.35b	81.14 ± 5.18b
IV	64.13 ± 4.18a	98.46 ± 1.15c	88.92 ± 3.68b	87.16 ± 2.14b
V	66.17 ± 5.64a	83.46 ± 3.26b	89.65 ± 8.21b	84.54 ± 6.43b

着酵母菌和乳酸菌添加量的增加呈现先降低后升高的趋势^[15],随着芽孢杆菌添加量的增加反而降低,这说明过多或过少的益生菌对动物都会有不利的影响。

在本试验中,20、30、40 d时各微生态制剂添加组的胰蛋白酶活性较对照组均显著提高,10、20、30、40 d时各微生态制剂添加组的肠脂肪酶活性均有所提高,说明微生态制剂通过作用于锦鲤肠道,提高了其胰蛋白酶、脂肪酶的活性,从而增强了锦鲤对饲料的利用率。但本试验还显示,20 d时0.02%添加组的胰蛋白酶活性才显著高于其他试验组,30、40 d时各添加组的肠脂肪酶活性才显著增加。可能是由于胰蛋白酶、脂肪酶的中心生成器官是肝胰脏,这2种酶由肝胰脏分泌后再转移至肠道时需要一个生理过程。牟洪生等研究微生态制剂A对罗非鱼生长及消化酶活性的影响,结果显示由芽孢杆菌和光合细菌为主要成分组成的复合微生态制剂A能够提高罗非鱼的淀粉酶活性^[16]。徐文彦等研究枯草芽孢杆菌对黄河鲤鱼生产性能及消化酶活性的影响,结果显示枯草芽孢杆菌的添加对黄河鲤中肠组织淀粉酶活性无显著性影响^[17]。在本试验中,与对照组相比10、20、30、40 d时各微生态制剂添加量对试验鱼的肠淀粉酶活性无显著性影响。可能与微生态制剂的种类、剂量、添加量、试验鱼品种、规格及肠道pH值差别、基础饲料等有关,这还有待对淀粉酶主要分泌器官肝胰脏中该酶的活性进行测定,可能会有一些新的结论。

研究发现,微生态制剂对动物肠道吸收功能有一定的促进作用^[15,18]。在本试验中,20、30、40 d时各微生态制剂添加组的干物质表观消化率较对照组均显著提高,说明饲料中添加微生态制剂可以提高饲料中营养成分的表观消化率,并在一定程度上提高锦鲤对饲料营养物质的利用率。这与付鑫等对幼刺参^[10]、仇明等对斑点叉尾鲷^[11]、丁丽等对异育银鲫^[15]的研究结论一致。刘克林等在研究益生菌对鲤鱼免疫功能影

响时观察到,试验组肠道黏膜皱褶增多、隐窝增深、微绒毛长而密集,肠道吸收面积增加,同时益生菌降低了肠道内环境pH值,有利于刺激肠道消化腺的代谢分泌活动,从而提高肠道消化酶活力,继而提高了鱼类对营养物质的消化吸收能力^[19]。在本试验中,虽未对各微生态制剂添加组的试验鱼肠道的表观及pH值进行详细研究,但通过测定干物质表观消化率也间接反映了本试验的研究结论与刘克林等的研究结论^[19]相同,即微生态制剂增强了鱼类对饲料中营养成分的吸收,有关微生态制剂促进鱼类饲料营养物质吸收利用的作用机制还有待进一步研究。

4 结论

综上所述,饲料中添加微生态制剂显著提高了锦鲤生长性能,增强了肠道消化酶活性,并在一定程度上提高了锦鲤对饲料营养物质的利用率,适宜的添加量为0.02%,适宜持续投喂时间为20 d。

参考文献:

- [1] Kozasa M. Toyocerin (*Bacillus toyoi*) as growth promotor for animal feeding[J]. Microbiology Aliments Nutrition, 1986, 4(1): 121 - 135.
- [2] 罗辉,李俊波,刘立鹤,等. 3种微生态制剂对鲤鱼生产性能和体成分的影响[J]. 水产科学, 2010, 29(6): 360 - 362.
- [3] 方程,马明洋,吉红,等. 微生态制剂对匙吻鲟生长性能、体组成及血清生化指标的影响[J]. 水生态学杂志, 2014, 35(6): 99 - 105.
- [4] 武鹏,赵大千,蔡欢欢,等. 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(1): 21 - 26.
- [5] 夏来根,宋学宏,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.
- [6] 王庚申,施慧,谢建军,等. 微生态制剂施用频率对虾蟹生长及混养池塘水质的影响[J]. 渔业现代化, 2015, 42(5): 24 - 28.

马金萍,吴道义,宋德荣,等. 中药饲料添加剂对贵州半细毛羊生长性能、屠宰性能及肉质的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(13):139-141. doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.13.039

中药饲料添加剂对贵州半细毛羊生长性能、屠宰性能及肉质的影响

马金萍, 吴道义, 宋德荣, 刘其昌, 彭 华, 周大荣, 张琼娣, 罗 耀

(贵州省毕节地区畜牧兽医科学研究所, 贵州毕节 551700)

摘要:选择 16 只 4 月龄左右贵州半细毛羊, 随机分成对照组、试验 I 组、试验 II 组、试验 III 组, 每组 4 只, 试验组添加不同剂量的中药饲料添加剂, 试验期为 90 d, 研究中药饲料添加剂对贵州半细毛羊生长性能、屠宰性能及肉品质的影响。结果表明, 与对照组相比, 中药饲料添加剂组显著提高了试验期间贵州半细毛羊的日增质量 ($P < 0.05$), 显著降低了试验期间贵州半细毛羊的饲料转化率 ($P < 0.05$)。试验 I 组、试验 II 组、试验 III 组平均日增质量比对照组分别提高 11.1%、16.0%、10.3%, 饲料转化率相应降低 11.2%、14.0%、10.3%。各试验组之间羊胴体质量、屠宰率及眼肌面积没有显著差异 ($P > 0.05$)。试验 I 组、试验 III 组羊肉的剪切力显著低于对照组 ($P < 0.05$), 各试验组之间的差异不显著 ($P > 0.05$); 试验 I 组、试验 II 组羊肉的滴水损失显著低于对照组 ($P < 0.05$), 试验 III 组与对照组差异不显著 ($P > 0.05$); 试验 I 组、试验 II 组、试验 III 组的熟肉率显著高于对照组 ($P < 0.05$), 而 3 个试验组之间差异不显著 ($P > 0.05$); 试验组及对照组的初始 pH 值无显著差异 ($P > 0.05$), 24 h 后试验 II 组的 pH 值极显著高于对照组及其他 2 个试验组 ($P < 0.01$)。

关键词: 中药饲料添加剂; 贵州半细毛羊; 生长性能; 屠宰性能; 肉质; 饲料转化率

中图分类号: S826.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)13-0139-03

随着饲料添加剂行业的不断发展, 各种人工合成的畜禽饲料添加剂的使用对养殖业带来了较大的生产效益, 同时部

分饲料添加剂的使用对畜产品安全产生了一定的负面作用, 如经常提及的激素类和抗生素类药物饲料添加剂在畜产品内的残留等。中草药主要来源于自然界, 属于天然产物, 所以称为绿色饲料添加剂, 成为抗生素类药物和研究开发优质畜禽产品的重要替代物和途径。中药具有毒副作用小、无耐药性等特点, 不易残留在畜禽产品中, 有的中药成分会增加畜禽产品的营养价值, 起到一定的保健作用, 这是中药饲料添加剂与抗生素及其他化学合成药物相比的一个独特优势, 这一优势满足了人类回归自然、追求绿色食品的愿望, 顺应了时代潮流^[1]。饲料添加剂行业近年来普遍认为, 中草药是目前最有

收稿日期: 2016-03-29

基金项目: 国家星火计划(编号: 2013GA190002、2014GA190002-02); 贵州省毕节试验区肉羊产业发展研究人才团队项目(编号: 毕人领办通[2013]7号)。

作者简介: 马金萍(1986—), 女, 硕士, 助理研究员, 主要从事动物疫病防控及动物营养调控研究。E-mail: 499583220@qq.com。

通信作者: 吴道义, 硕士, 助理研究员, 主要从事反刍动物营养与饲料科学研究。E-mail: dyw19840216@163.com。

[7] Deviller G, Aliaume C, Nava M A, et al. High-rate algal pond treatment for water reuse in an integrated marine fish recirculating system; effect on water quality and sea bass growth[J]. *Aquaculture*, 2004, 235(1/2/3/4): 331-344.

[8] Ei-Haroun E R, Goda A S, Chowdhury M A K. Effect of dietary probiotic biogen supplementation as a growth promoter on growth performance and feed utilization of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L)[J]. *Aquaculture Research*, 2006, 37(14): 1473-1480.

[9] 袁成玉, 张洪, 吴垠, 等. 微生态制剂对幼刺参生长及消化酶活性的影响[J]. *水产科学*, 2006, 25(12): 612-615.

[10] 付鑫, 吴垠, 苏显屹, 等. 添加微生态制剂投喂模式对幼刺参生长的影响[J]. *水产科学*, 2011, 30(12): 739-743.

[11] 仇明, 封功能, 吕林兰, 等. 微生态制剂对斑点叉尾鲷血液指标及养分表观消化率的影响[J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(36): 20714-20716.

[12] 白利丹, 杨阳, 李晓伟, 等. 微生态制剂对锦鲤生长及水质的影响研究[J]. *安徽农业科学*, 2014, 42(26): 9051-9053.

[13] 艾炎军, 邹叶茂, 汤文浩, 等. 微生态制剂对泥鳅生长性能、体成分和免疫活性的影响[J]. *淡水渔业*, 2013, 43(1): 81-84.

[14] 刘晓勇, 张颖, 齐茜, 等. 枯草芽孢杆菌对杂交幼鱼生长性能、消化酶活性及非特异性免疫的影响[J]. *中国水产科学*, 2011, 18(6): 1315-1320.

[15] 丁丽, 周维仁, 章世元, 等. 复合微生态制剂对异育银鲫生长及表观消化率的影响[J]. *江苏农业科学*, 2010(2): 248-250.

[16] 牟洪生, 劳惠燕, 齐振雄, 等. 微生态制剂 A 对罗非鱼生长及消化酶活性的影响[J]. *华南师范大学学报(自然科学版)*, 2010(2): 112-115.

[17] 徐文彦, 郭国军, 唐国盘, 等. 枯草芽孢杆菌对黄河鲤鱼生产性能及消化酶的影响[J]. *湖北农业科学*, 2013, 52(10): 2380-2382.

[18] 胡兵, 刘军, 侯永清, 等. 酵母细胞壁在异育银鲫饲料中添加效果的研究[J]. *中国饲料*, 2007(20): 28-30.

[19] 刘克琳, 何明清. 益生菌对鲤鱼免疫功能影响的研究[J]. *饲料工业*, 2000, 21(6): 24-25.