

# 饲料中添加木聚糖酶对尼罗罗非鱼生长性能的影响

王俊丽, 于广丽, 刘 凯, 关建义, 聂国兴

(河南师范大学 生命科学院, 河南 新乡 453007)

**摘要:**以尼罗罗非鱼(*Tilapia nilotica*)为试验对象, 初始平均体重为(106.16±16.77)g, 小麦基础饲料为对照, 小麦基础饲料中分别添加不同水平的木聚糖酶(0.05%, 0.10%, 0.15%), 75 d后测定其增重率、内脏指数、肝胰脏指数、肠道指数、表观消化率及肌肉营养成分。结果表明, 对照组尼罗罗非鱼的增重率为258.24%, 0.05%和0.10%组的增重率较对照组分别提高8.29%和17.45% ( $P < 0.01$ )。对照组肠道指数和肝胰脏指数分别为1.90和2.82, 0.05%组的肠道指数显著低于对照组( $P < 0.05$ ), 0.10%组极显著低于对照组( $P < 0.01$ )。0.05%, 0.10%和0.15%组的肝胰脏指数分别比对照组降低14.54%, 27.30%和12.06% ( $P < 0.01$ )。对照组饲料干物质和总糖表观消化率分别为67.35%和61.48%。0.05%, 0.10%和0.15%组的干物质消化率分别比对照组提高7.69% ( $P < 0.05$ ), 11.00% ( $P < 0.01$ )和2.87% ( $P < 0.05$ )。3个试验组的总糖表观消化率均极显著高于对照组( $P < 0.01$ )。0.05%和0.10%组肌肉粗蛋白含量分别显著( $P < 0.05$ )、极显著高于对照组( $P < 0.01$ )。0.05%和0.10%组肌肉粗脂肪含量分别比对照组提高14.43%和33.89% ( $P < 0.01$ )。0.05%, 0.10%和0.15%组试验鱼肌肉中粗灰分含量分别比对照组提高4.11%, 7.54%和2.77% ( $P < 0.01$ )。0.05%, 0.10%和0.15%组肌肉总钙含量分别比对照组提高19.70%, 25.76%和15.15% ( $P < 0.01$ ), 总磷含量分别比对照组提高4.78%, 3.83%和3.83% ( $P < 0.01$ )。0.05%和0.10%组试验鱼肌肉水分含量极显著低于对照组( $P < 0.01$ )。因此, 本研究结论: 在含50%小麦的基础饲料中适量添加木聚糖酶, 可以提高尼罗罗非鱼的生长性能, 其适宜添加水平为0.10%。

**关键词:** 木聚糖酶; 尼罗罗非鱼; 小麦基础饲料; 生长性能

中图分类号: S963 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2007)03-0178-05

## Effects of the Xylanase on Growth Performance of *Tilapia nilotica* Fed with Wheat Basal Diets

WANG Jun-li, YU Guang-li, LIU Kai, GUAN Jian-yi, NIE Guo-xing

(College of Life Sciences, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China)

**Abstract:** The test was designed for 4 treatments: wheat basal diet (control) and added with different levels of the xylanase (0.05%, 0.10% and 0.15%). Each treatment was divided into 5 replicates and each replicate included 40 male *Tilapia nilotica*. The initial weight of experimental fishes was (106.16±16.77)g. After they were fed in floating cages for 75 days, the growth index, viscous index, hepatopancreas index, intestine index, apparent digestibility and muscle composition of them were measured, respectively. The results indicated that the xylanase significantly promoted the growth of *Tilapia nilotica*. The weight gain rate of control was 258.24%. The weight gain rate in 0.05% and 0.10% xylanase groups was 8.25% and 17.45% higher than that of the control ( $P < 0.01$ ), respectively. The xylanase could eliminate the compensatory hyperplasia of digestive organs of *Tilapia nilotica*. Intestine index and hepatopancreas index of the control were 1.90 and 2.82, respectively, but were much lower in the xylanase groups. The xylanase could improve the digestion and absorption. Apparent digestibilities of dry matter and total carbohydrate of the control were 67.35% and 61.48% respectively. The digestive rates of dry matter for 0.05%, 0.10% and 0.15% xylanase groups were increased by 7.69%, 11.00% and 2.87% respectively. Apparent digestibility of total carbohydrate in the three groups were significantly higher than that of the control ( $P < 0.01$ ). The contents of crude protein in 0.05% and 0.10% xylanase groups were higher significantly than that of the control. The contents of crude fat of 0.05% and 0.10% xylanase groups were increased by 14.43% and 33.89%, respectively. The contents of crude ash in 0.05%, 0.10% and

收稿日期: 2006-07-15

基金项目: 河南省重点科技攻关项目(0423014000); 河南省动物学重点学科资助

作者简介: 王俊丽(1971-), 女, 河南汝南人, 硕士, 讲师, 主要从事生物技术研究工作

通讯作者: 聂国兴(1971-), 男, 河南长垣人, 博士, 副教授, 主要从事水产动物营养与饲料科学研究工作。

0.15% xylanase groups were increased by 4.11%, 7.54% and 2.77%, while the contents of total calcium by 19.70%, 15.76% and 15.15%, and the contents of total phosphorus by 4.78%, 3.83% and 3.83%, respectively. The contents of moisture in 0.05% and 0.10% xylanase groups were lower significantly than that of the control ( $P < 0.01$ ). So we concluded that adding xylanase to wheat basal diet could promote *Tilapia nilotica* growth performance, the appropriate level is 0.10%.

**Key words:** *Xylanase*; *Tilapia nilotica*; Wheat basal diet; Growth performance

随着小麦生产水平的提高和人民群众膳食结构的改善,小麦出现了阶段性和结构性过剩。以小麦替代玉米作为能量饲料,已经成为小麦消费的重要渠道。与玉米相比,小麦的粗蛋白、钙、磷含量高,但代谢能和利用率低,主要原因是小麦含有较高水平的木聚糖,而木聚糖具有较高的持水性,可以显著增加养殖动物的肠道食糜黏度,影响营养物质的消化吸收。在低水平的消化吸收状态下,养殖动物的生产性能也处于较低水平。

在小麦基础饲料中适量添加木聚糖酶,是解决上述抗营养问题的一个有效途径。近年来,在畜禽小麦基础饲料中添加木聚糖酶,提高小麦饲用价值的研究较多<sup>[1]</sup>。木聚糖酶可以通过改善畜禽消化吸收、促进免疫器官发育、调节血液激素水平,最终提高畜禽的生产性能。木聚糖酶在水产动物养殖中的应用研究很少。本研究以尼罗罗非鱼为试验对象,

在小麦基础饲料添加不同水平的木聚糖酶,测定试验鱼的生产性能,旨在探讨木聚糖酶在水产动物小麦基础饲料中的应用效果,为小麦用作大宗能量饲料奠定理论基础。

1 材料和方法

1.1 试验设计

采用单因子浓度梯度法,在基础饲料中分别添加 0, 0.05%, 0.10%, 0.15% 的木聚糖酶。以不添加木聚糖酶的基础饲料组为对照,试验组和对照组各设 5 个平行。

1.2 试验饲料

基础饲料含有 50% 小麦,试验饲料用 HKJ-218 型环模制粒机制成  $\eta = 2\text{ mm}$  的硬颗粒,自然晾干,备用。饲料成分及营养水平列于表 1。

表 1 试验饲料组成及营养水平

Tab 1 Composition of the experimental diets and their nutrition levels

饲料原料与营养素 Raw material and nutrient of experimental diet	对照组 Control group	试验组 Test groups		
		0.05%	0.10%	0.15%
小麦(豫麦 34 号) Wheat (Yumai 34)	50.00	50.00	50.00	50.00
大豆粕 Soybean meal-solvent	23.00	23.00	23.00	23.00
棉籽粕 Cottonseed meal-solvent	2.00	2.00	2.00	2.00
菜籽粕 Rapessed meal-solvent	2.00	2.00	2.00	2.00
鱼粉 Fish meal	18.70	18.65	18.60	18.55
氯化胆碱 Choline chloride	0.15	0.15	0.15	0.15
1.25% 预混料 1.25% Premix	1.25	1.25	1.25	1.25
鱼油 Fish oil	1.40	1.40	1.40	1.40
磷酸二氢钙 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	1.50	1.50	1.50	1.50
木聚糖酶 Xylanase	0.00	0.05	0.10	0.15
水分 Moisture	8.59	8.36	8.62	8.86
粗蛋白 Crude protein	30.32	30.29	30.24	30.21
粗脂肪 Crude fat	3.46	3.46	3.46	3.45
粗纤维 Crude fiber	2.65	2.65	2.66	2.66
粗灰分 Crude ash	4.94	4.93	4.92	4.92
有效磷 Available phosphorus	0.97	0.97	0.96	0.96
总木聚糖 Total xylan	4.23	4.23	4.23	4.23
水溶性木聚糖 Water-soluble xylan	1.05	1.06	1.05	1.05

注: 每 1 000 g 1.25% 预混料含:  $\text{V}_\text{A}$  75 万 IU,  $\text{VD}_3$  15 万 IU,  $\text{V}_\text{E}$  14 g,  $\text{VK}_3$  325 mg,  $\text{VB}_1$  1 500 mg,  $\text{VB}_2$  1 250 mg,  $\text{VB}_6$  1 100 mg,  $\text{VB}_{12}$  4 mg, VC 2.5 g, 肌酸 5.5 g, 烟酸 4 g, 泛酸 4.5 g, 叶酸 70 mg, 生物素 125 mg, 胆碱 150 g, 镁 45 g, 铁 15 g, 铜 0.35 g, 锌 3 g, 锰 1.5 g, 碘 50 mg, 硒 9 mg, 钴 11 mg, 磷 105 g, 钙 330 g

Notes: Premix includes(per 1000 g):  $\text{V}_\text{A}$  75×10<sup>4</sup> IU,  $\text{VD}_3$  15×10<sup>4</sup> IU,  $\text{V}_\text{E}$  14 g,  $\text{VK}_3$  325 mg,  $\text{VB}_1$  1 500 mg,  $\text{VB}_2$  1 250 mg,  $\text{VB}_6$  1 100 mg,  $\text{VB}_{12}$  4 mg, VC 2.5 g, Creatine 5.5 g, Niacin 4 g, Pantothenic acid 4.5 g, Folic acid 70 mg, Biotin 125 mg, Choline chloride 150 g, Mg 45 g, Fe 15 g, Cu 0.35 g, Zn 3 g, Mn 1.5 g, I 50 mg, Se 9 mg, Co 11 mg, P 105 g, Ca 330 g

1.3 饲养管理

试验用鱼来自农业部中捷罗非鱼良种场(河北

沧州)。将其饲养于 20 只 1.0 m×1.0 m×1.3 m 的池塘浮式网箱中,随机分组。每个网箱放养 40 尾雄



2.2 木聚糖酶对尼罗罗非鱼表观消化率的影响

在小麦基础饲料中添加木聚糖酶,显著提高了饲料中干物质的表观消化率。0.05%, 0.10% 和 0.15% 组的干物质消化率分别比对照组提高 7.69% ( $P < 0.05$ ), 11.00% ( $P < 0.01$ ) 和 2.87% ( $P < 0.05$ ), 0.10% 组的干物质表观消化率极显著高于 0.15% 组。

添加木聚糖酶以后, 0.05%, 0.10% 和 0.15% 组的总糖表观消化率极显著高于对照组。0.10% 组的总糖表观消化率极显著高于 0.15% 组。

2.3 木聚糖酶对尼罗罗非鱼肌肉组成的影响

在尼罗罗非鱼小麦基础饲料中添加木聚糖酶以后, 肌肉中水分含量下降, 粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、总钙和总磷的含量均有不同程度的提高(表 3)。

0.05% 和 0.10% 组试验鱼肌肉水分含量极显著低于对照组, 0.15% 组与对照组无显著差异。0.05% 组的水分含量显著低于 0.15% 组, 0.10% 组极显著低于 0.15% 组。

添加木聚糖酶对试验鱼肌肉的粗蛋白含量有显著影响。0.05% 组显著高于对照组, 0.10% 组极显

著高于对照组, 0.15% 组和对照组之间无显著差异。0.05% 组和 0.10% 组均显著高于 0.15% 组。

0.05%, 0.10% 和 0.15% 组试验鱼肌肉粗脂肪含量较对照组分别提高 14.43% ( $P < 0.01$ ), 33.89% ( $P < 0.01$ ) 和 3.13% ( $P > 0.05$ )。0.10% 组的肌肉粗脂肪含量极显著高于 0.05% 组和 0.15% 组 ( $P < 0.01$ ), 0.05% 组极显著高于 0.15% 组。

0.05%, 0.10% 和 0.15% 组试验鱼肌肉中粗灰分含量较对照组分别提高 4.11%, 7.54% 和 2.77% ( $P < 0.01$ )。0.10% 组肌肉粗灰分含量极显著高于 0.05% 组和 0.15% 组。

小麦基础饲料添加木聚糖酶提高了试验鱼肌肉中总钙含量。0.05%, 0.10% 和 0.15% 组肌肉总钙含量较对照组分别提高 19.70%, 25.76% 和 15.15% ( $P < 0.01$ )。0.10% 组显著高于 0.15% 组。

0.05%, 0.10% 和 0.15% 组试验鱼肌肉中总磷含量比对照组分别提高 4.78%, 3.83% 和 3.83% ( $P < 0.01$ )。0.05% 组肌肉总磷含量极显著高于 0.10% 组和 0.15% 组。

表 3 木聚糖酶对尼罗罗非鱼肌肉营养成分组成的影响

Tab 3 Effects of xylanase on body muscle composition of <i>Tilapia nilotica</i> (n= 15)					%
成分 Composition	对照组 Control group	0.05% 木聚糖酶组 0.05% Xylanase	0.10% 木聚糖酶组 0.10% Xylanase	0.15% 木聚糖酶组 0.15% Xylanase	
水分 Moisture	78.15 ± 0.367Aa	77.63 ± 0.331BCb	77.52 ± 0.373Cb	78.07 ± 0.399ABa	
粗蛋白 Crude protein	19.47 ± 0.178Bc	19.71 ± 0.166ABab	19.77 ± 0.235Aa	19.52 ± 0.273ABbc	
粗脂肪 Crude fat	1.31 ± 0.051Cc	1.50 ± 0.072Bb	1.75 ± 0.040Aa	1.35 ± 0.105Cc	
粗灰分 Crude ash	1.19 ± 0.014Cc	1.24 ± 0.011Bb	1.28 ± 0.031Aa	1.23 ± 0.014Bb	
总钙 Total calcium	0.066 ± 0.003Bc	0.079 ± 0.003Aab	0.083 ± 0.010Aa	0.076 ± 0.007Ab	
总磷 Total phosphorus	0.209 ± 0.002Cc	0.219 ± 0.002Aa	0.217 ± 0.002Bb	0.217 ± 0.002Bb	

3 讨论

3.1 木聚糖酶能提高小麦基础饲料中营养成分的表观消化率

在尼罗罗非鱼饲料中添加不同水平的木聚糖酶,均可显著或极显著提高小麦基础饲料中干物质和总糖的表观消化率。这是由于小麦中的木聚糖是小麦细胞壁的主要组成成分,细胞内容物包括蛋白质、淀粉、脂肪等养殖动物所需要的养分,它们在细胞壁的包裹之中,不能和动物消化道中各种消化酶充分接触,导致消化率降低<sup>[2]</sup>。饲料中添加木聚糖酶使木聚糖降解,细胞内被束缚的营养素和内源性消化酶充分接触,消化率提高。肠道吸收条件得到同步改善,消化完毕的营养素向肠壁扩散速度加快,扩散量增加,吸收率也得到提升,总体效应为饲料中干物质和总糖表观消化率提高。在木聚糖酶添加量较高(0.15%)的情况下,由于肠道黏度过低,食糜排

空速度过快, 营养素的吸收率相对较低, 所以测得的干物质和总糖的表观消化率要低于 0.05% 木聚糖酶组和 0.10% 木聚糖酶组。提示我们在使用酶制剂时,要控制适宜的添加量。

徐国武<sup>[3]</sup> 在鲤鱼小麦基础饲料中添加木聚糖酶, 试验组干物质表观消化率、粗蛋白表观消化率、粗脂肪表观消化率分别提高 3.26%, 3.42% 和 6.08% ( $P < 0.05$ ); 宁桂玲<sup>[4]</sup> 在罗非鱼饲料中添加 0.075% 的木聚糖酶, 试验组干物质表观消化率、粗蛋白表观消化率、粗脂肪表观消化率分别较对照组提高 8.39%, 4.32%, 2.65% ( $P < 0.05$ )。钟国防等<sup>[5]</sup> 发现, 在尼罗罗非鱼饲料中适量添加木聚糖酶, 蛋白质消化率和总消化率显著高于对照组 ( $P < 0.05$ )。

3.2 木聚糖酶能改善尼罗罗非鱼的生长性能及肌肉营养成分

在尼罗罗非鱼小麦基础饲料中适量添加木聚糖

酶,提高了尼罗罗非鱼生长性能,这是由于木聚糖酶可以解除木聚糖的抗营养作用,改善尼罗罗非鱼的消化吸收环境,显著提高小麦基础饲料中干物质的消化吸收率,从而改变尼罗罗非鱼体成分组成,增加蛋白质、脂肪、矿物质等干物质在鱼体内沉积。

徐国武<sup>[3]</sup>在鲤鱼小麦基础饲料中添加木聚糖酶(500 IU/g 饲料),试验组增重率提高 15.60% ( $P < 0.05$ );宁桂玲<sup>[4]</sup>在罗非鱼饲料中添加 0.075% 的木聚糖酶,增重率较对照组提高 5.61%;钟国防等<sup>[6]</sup>在尼罗罗非鱼饲料中添加 0.10% 木聚糖酶,增重率较对照组提高 53.30% ( $P < 0.05$ )。

本试验适量添加木聚糖酶能提高肌肉蛋白质含量,原因是木聚糖酶可以显著提高小麦基础饲料中所有氨基酸的表现消化率<sup>[7]</sup>。在小麦基础饲料中适量添加木聚糖酶,提高了肠道中蛋白酶的活力<sup>[8]</sup>,尼罗罗非鱼肠道中的游离氨基酸和小肽数量增加,小肠绒毛上皮细胞膜赖氨酸、精氨酸等碱性氨基酸转运载体、小肽转运载体等基因表达上调,膜上载体的数量和转运能力同步提高<sup>[9]</sup>,由于吸收的必需氨基酸增加,促进了蛋白质的合成及沉积<sup>[10]</sup>。

木聚糖能使肠道食糜黏度增大,脂肪与脂肪酶的接触降低,消化率也随之降低,同时覆盖在肠道微绒毛上的静止水层(Unstirred water layer, UWL)厚度增加<sup>[11]</sup>,意味着 UWL 对水溶性微粒的抗性增大,直接影响脂肪酸吸收过程。另外,肠道黏度本身会引起胆汁盐重吸收减少,增加胆汁盐排泄量,阻止胆汁盐与脂肪或脂肪酸结合,降低脂肪消化吸收率。本试验饲料中适量添加木聚糖酶,使肠道食糜黏度降低,肠道活动增强,加强了脂肪与肝胰脏及胆囊分泌物的混合,促进脂肪和脂肪酸乳化、形成水溶性微粒,水溶性微粒的基本作用是克服 UWL 的抗性,充当脂肪酸等肠道内容物与水-微绒毛交界面之间的一辆“运输车”<sup>[12]</sup>,促进了肠道对脂肪的吸收,增加了脂肪在肌肉中的沉积。

本研究添加木聚糖酶促进尼罗罗非鱼肌肉中灰分含量提高的机理可以从两个方面解释:首先,使用木聚糖酶使尼罗罗非鱼肠道中的低聚木糖含量增加,低聚木糖通过自身代谢和肠道菌群代谢,降低了肠道 pH 值,提高了钙盐的溶解性,从而促进了钙的吸收。其次,肌肉中的矿物质绝大部分来源于肠道中已消化的饲料,这些离子从肠道到血液,需要依赖离子载体和离子通道(Ion channel)。多数离子通道大部分时间处于关闭状态,开启受通道调节剂的调控<sup>[13]</sup>。木聚糖酶通过降解木聚糖,提高消化道中的

消化酶活力,改变了食糜黏度和食糜成分,这种变化可能提高了细胞膜上离子载体的数量和活性,使离子门控通道(Gated channel)开放的机率倍增,从而提高了相应离子的运输速度和运输量。

### 3.3 木聚糖酶能降低尼罗罗非鱼的消化器官重量

本试验在小麦基础饲料中适量添加木聚糖酶,能降低尼罗罗非鱼的肝胰脏指数和肠道指数。这是由于消化器官的相对重量与肠道食糜的黏度呈正相关关系<sup>[12]</sup>,黏度增加导致消化器官增生是养殖动物对水溶性 NSP 的代偿行为,通过分泌大量液体降低食糜中 NSP 的浓度,减轻由于粘度过高给机体带来的不良影响,添加木聚糖酶可以明显改变这种增生<sup>[14]</sup>。肝胰脏和小肠能产生多种消化酶,由于木聚糖酶能解除木聚糖的抗营养效应,减少了消化酶的损失,即使饲料中的营养物质消化率增加,机体对小分子物质吸收加强,又避免了它们的代偿性增大。肠道指数的下降的另一原因是肠道中食糜黏度下降,肠粘膜上 UWL 变薄,肠道菌群数量减少,对肠道的刺激作用减弱。

### 参考文献:

- [1] Campbell G L, Bedford M R. Enzyme application for monogastric feeds: A review[J]. Canadian Journal of Animal Science, 1992, 72: 449-466.
- [2] Choct M, Hughes R J, Trimble R P, et al. Non-starch polysaccharide-degrading enzyme increase the performance of broiler chickens fed wheat of low apparent metabolizabl[e] J. Journal of Nutrition, 1995, 125: 485-492.
- [3] 徐国武.  $\beta$ -聚糖酶和木聚糖酶在鲤鱼营养上的应用研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2000.
- [4] 宁桂玲. 纤维素酶和木聚糖酶酶解饲料及其在罗非鱼上应用效果的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2000.
- [5] 钟国防, 周洪琪. 木聚糖酶对尼罗罗非鱼生长及消化率的影响[J]. 饲料广角, 2005, 16: 37-39.
- [6] 钟国防, 周洪琪. 木聚糖酶和复合酶制剂 PS 对尼罗罗非鱼生长性能、非特异性免疫能力的影响[J]. 海洋渔业, 2005, 27(4): 286-291.
- [7] Bedford M R, Scott T A, Silversides F G, et al. The effect of wheat cultivar, growing environment, and enzyme supplementation on digestibility of amino acids by broilers[J]. Canadian Journal of Animal Science, 1998, 78: 335-342.
- [8] 聂国兴, 明红, 张玲, 等. 外源木聚糖酶对尼罗罗非鱼消化器官消化酶活力及分布的影响[J]. 华北农学报, 2006, 21(4): 123-130.
- [9] 于辉, 冯健, 刘栋辉, 等. 酪蛋白小肽对幼龄草鱼生长和饲料利用的影响[J]. 水生生物学报, 2004, 28(5): 526-530.
- [10] 方之平, 潘黔生, 叶本祥, 等. 配合饲料中必需氨基酸在彭泽鲫体内沉积率的初步研究[J]. 水利渔业, 1999, 19(4): 19-21.
- [11] Johnson I T, Gee J M. Effect of gel-forming gums on the intestinal unstirred water layer and sugar transport in vitro[J]. Gut, 1981, 22: 398-403.
- [12] 王金全, 蔡辉益, 陈宝江. 小麦日粮中添加木聚糖酶对肉仔鸡生产性能、免疫、消化器官发育和血液代谢激素水平的影响[J]. 河北农业大学学报, 2005, 28(1): 73-76.
- [13] 杨福愉. 生物膜[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [14] Nahas J, Lefrancois M R. Effects of feeding locally grown whole barley with or without enzyme addition and whole wheat on broiler performance and carcass traits[J]. Poultry Science, 2001, 80: 195-202.