

文章编号:1001-5132(2010)03-0006-05

# 木聚糖酶添加对条石鲷幼鱼能量收支的影响

刘伟成<sup>1,2</sup>, 冀德伟<sup>1,2</sup>, 周志明<sup>1,2</sup>, 郑春芳<sup>1,2</sup>, 陈少波<sup>1,2</sup>, 谢起浪<sup>1,2\*</sup>

(1.浙江省海洋水产养殖研究所, 浙江 温州 325000;

2.浙江省近岸水域生物资源开发与保护重点实验室, 浙江 温州 325000)

**摘要:**以条石鲷幼鱼为饲喂对象,以人工颗粒饲料为基础饲料,饲料中分别添加不同水平的木聚糖酶(0.5‰、1.0‰、1.5‰),30 d后统计条石鲷幼鱼的生长及能量收支。结果表明:木聚糖酶添加对条石鲷幼鱼的特定生长率、摄食率、转化效率及能量收支分配率均有显著影响。当木聚糖酶添加比例为1.0‰时,条石鲷幼鱼以湿重、干重及能量指标的特定生长率均达到最大值,分别为2.96、3.09和3.76%·d<sup>-1</sup>;干重指标的转化效率在此水平也达到最大值,为25.68%;能量指标的转化效率和吸收率也处于较高水平,分别为32.64%和90.58%;而摄食率(干重及能量指标)处于较低水平,分别为11.29%和10.55%,即在木聚糖酶添加比例为1.0‰时饲料的饵料系数较低。此时,条石鲷幼鱼得到最佳的能量分配模式,其收支方程为:100.00C=9.42F+7.21U+32.64G+50.73R。

**关键词:**条石鲷;木聚糖酶;能量收支

中图分类号:S965

文献标识码:A

条石鲷(*Oplegnathus fasciatus*),属于鲈型目(Perciformes),石鲷科(Oplegnathidae),石鲷属(*Oplegnathus*),为温热带近海鱼类,主要分布于我国黄海、东海,日本北海道以南等海域<sup>[1]</sup>,具有较高的经济价值和观赏价值。目前,国内对条石鲷亲鱼培育和繁殖技术已有较多的研究<sup>[2-4]</sup>,并取得了育苗成功,人工养殖正处于推广阶段,但有关条石鲷能量收支方面的研究鲜见报道。

木聚糖酶(Xylanase)是一类重要的木糖苷键水解酶,对于降解半纤维素有着重要作用。目前木聚糖酶在养殖生产中的应用主要集中在畜禽业,在水产饲料中的应用研究较少<sup>[5]</sup>。笔者以条石鲷幼鱼

为试验对象,通过在基础饲料中添加木聚糖酶,分析不同水平的木聚糖酶对条石鲷幼鱼能量收支的影响,以期从能量学的角度找出基础饲料中最佳的木聚糖酶添加比例,为条石鲷的科学化养殖提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与设备

试验鱼采自浙江省海洋水产养殖研究所清江基地自繁条石鲷幼鱼。选择无病无伤、活力强的个体于玻璃钢水槽(2 m×1 m×1 m)中暂养,待摄食与

收稿日期:2010-01-28。

宁波大学学报(理工版)网址: <http://3xb.nbu.edu.cn>

基金项目:国家海洋局公益性行业科研专项(200705024);浙江省重大科技攻关项目(2005C12006-02);浙江省科技厅创新团队建设与人才培养项目(2009F20009)。

第一作者:刘伟成(1980-),男,山东菏泽人,助理研究员,主要研究方向:海洋种质资源与生态。E-mail:lwch80@126.com

\*通讯作者:谢起浪(1958-),男,浙江玉环人,研究员,主要研究方向:海水增养殖。E-mail:xie-ql2002@163.com

活动趋于正常,选择大小均匀的健康幼鱼置于试验系统中,每组放置12尾,在试验设定的盐度、温度下驯化,每日适量投喂2次(08:00和17:00),1周后开始试验。试验中充气,试验用水为二级沙滤水,pH值为(8.21±0.3),盐度为(23.3±0.8),水温为(26±1),溶解氧在5 mg·L<sup>-1</sup>以上。

## 1.2 试验方法

试验在自行设计的循环水系统中进行。在基础饲料中分别添加0.5‰、1.0‰和1.5‰的木聚糖酶,以基础饲料为对照组,每梯度设置3个平行组,每个平行组放12尾。用曝气自来水、自然海水和海水晶调节盐度。采用自动控制加热棒调节水温,各组温度变化不超过1℃。试验开始前,先将幼鱼饥饿24h,逐尾称体重,测体长、体高,取规格相近的12尾,烘干,磨碎,-20℃密封保存,作为单位能值、单位含氮率等初始生化分析材料。

基础饲料为福州海马牌全价配合膨化饲料,试验前将饲料投于清水中,饲料外部粉末溶于水,5~10 min后捞起颗粒饲料沥干,置于65℃下烘干,密封保存备用。浮性配合饲料的生化成分(DW)为:总氮6.76%、蛋白质42.26%、脂肪6.72%、灰分9.56%,能值(DW)为12.63 kJ·g<sup>-1</sup>。

生长试验中,每天适量投喂2次,记录投饵量。若投喂过量,则在投喂后15 min左右将残饵用滤网捞出,然后置于65℃下烘干,称重。每天分别于投喂后1、3、6h及投喂前收集粪便,同个循环桶每天收集的粪便集中在一起置于65℃下烘至恒重,称重,粉碎并置于-20℃下密封保存,用于元素分析和能值测定。

试验历时30d,零死亡。试验结束后先将鱼饥饿24h,逐尾称体重,测体长、体高。将各组鱼于65℃下烘干至恒重,称重(精确到小数点后2位),磨碎,-20℃密封保存,用于化学分析和能值测定。

## 1.3 样品生化分析及数据处理

鱼样和粪便的生化组成分析:水分含量采用干燥法<sup>[6]</sup>;总氮含量采用元素分析法(Vario EL III

CHONS,德国);能值采用微机氧弹式热能计测定(Parr1281,美国)。生化成分分析,每份样品重复测定2次,相对偏差超过2%时增加重复次数,取偏差在2%以内的2个值的均数作为结果。

能量收支分配模式采用Warren等<sup>[7]</sup>的鱼体内能量转换基本模型: $C=F+U+R+G$ ,其中,摄食能( $C$ )=摄食饲料总干重×饲料的能值;排粪能( $F$ )=粪便总干重×粪便的能值;排泄能( $U$ )依据氮收支平衡式<sup>[8]</sup> $(C_n - F_n - G_n) \times 24.8$ 计算,式中 $C_n$ 为食物中获取的氮, $F_n$ 为粪便中的氮, $G_n$ 为鱼体中积累的氮;24.8为每克氮的能值,这里假定氮是唯一的氮排泄物;生长能( $G$ )=试验结束时鱼体能量-试验开始时鱼体能量;代谢能根据能量收支式: $R=C-F-U-G$ 计算<sup>[9]</sup>。

特定生长率(SGR): $SGR=(\ln W_2 - \ln W_1)/t \times 100\%$ ;

转化效率(CE): $CE=(W_2 - W_1)/C \times 100\%$ ;

摄食率(CR): $CR=C/[(W_1+W_2)t/2]$ ;

吸收率(AE): $AE=(C - F)/C \times 100\%$ ;

式中, $W_1$ 和 $W_2$ 分别为试验开始和结束时鱼体的湿重、干重或能量含量, $C$ 为饲料干重或能量含量, $F$ 为粪便干重或能量含量, $t$ 为试验时间。

## 2 结果

### 2.1 特定生长率与饲料转化效益

不同木聚糖酶水平下条石鲷幼鱼特定生长率的测定值见表1。在试验酶添加比例范围内,以湿重(WW-SGR)、干重(DW-SGR)和能值(EW-SGR)表示的条石鲷幼鱼特定生长率,随着酶添加比例的增加呈先增后降的趋势;在添加比例为1.0‰时,湿重、干重和能量指标的SGR均达最大值,分别为2.96、3.09和3.76%·d<sup>-1</sup>,表明基础饲料在添加1.0‰的木聚糖酶时,条石鲷幼鱼达到较好的生长效果。

条石鲷幼鱼的干重和能量指标的转化效率在不同木聚糖酶水平下,也存在显著差异(表1);在

表1 不同木聚糖酶水平下条石鲷的特定生长率、转化效率、摄食率及吸收率

组别/%	特定生长率/%			转化效率/%		摄食率/%		吸收率 AE/%
	WW-SGR	DW-SGR	EW-SGR	DW-CE	EW-CE	DW-CR	EW-CR	
0	2.56	2.59	3.18	21.21	26.76	11.65	11.11	90.19
0.5	2.88	2.96	3.54	24.16	29.61	11.55	11.01	91.11
1.0	2.96	3.09	3.76	25.68	32.64	11.29	10.55	90.58
1.5	0.39	0.41	0.76	18.22	33.16	2.27	2.29	86.87

添加比例为 1.0‰时, 其干重的转化效率(DW-CE)达最大值(25.68%), 而能量转化效率(EW-CE)则在 1.0‰时升高趋势开始放缓, 并在 1.5‰时达到最大值(33.16%).

## 2.2 摄食率及吸收率

从表1还可以看出, 随着木聚糖酶添加比例的增加, 在 1.0‰范围内, 条石鲷幼鱼摄食率(干重及能量指标)和能量吸收效率小幅下降, 但变化不大. 0 添加时摄食率最大, 为 11.65%和 11.11%. 但在 1.5‰时下降明显, 下降至 2.27%和 2.29%. 而能量吸收率在 1.0‰范围内的变化也不明显, 在 0.5‰时最大(91.11%), 添加剂量为 1.5‰时下降至 86.87%.

## 2.3 能量收支各组分分配率

表2 不同木聚糖酶水平下条石鲷的能量收支

组别/%	能量收支各组分比例/%				
	食物能	排粪能	排泄能	生长能	代谢能
0	100	9.81	7.83	26.76	55.59
0.5	100	8.89	7.14	29.61	54.35
1.0	100	9.42	7.21	32.64	50.73
1.5	100	13.13	12.28	33.16	41.43

由表2可知, 条石鲷幼鱼的排粪能分配率和排泄能分配率, 随基础饲料中木聚糖酶添加比例的增大呈先降后升的趋势. 在 0 到 1.0‰时下降幅度不大, 并在 0.5‰时降到最小值, 分别为 8.89%和 7.14%, 而在 1.5‰时陡升至 13.13%和 12.28%. 生长能分配率则随酶水平的增加呈递增趋势, 0 添加时生长能比例最小, 为 26.76%. 在 1.0‰时即开始增幅放缓, 并且在 1.5‰时达到 33.16%. 而代谢能分配率则呈逐步下降的趋势, 在 0 添加时最高, 为 55.59%, 并在 1.0‰到 1.5‰区间内下降明显, 在

1.5‰时下降到 41.43%.

## 3 讨论

条石鲷属于肉食性鱼类, 在野生状态下喜食底栖无脊椎动物, 可轻易咬碎小型螺类、贝类和甲壳类的坚硬外壳. 而在工厂化养殖中, 主要投喂全价配合饲料. 肉食性鱼类配合饲料中含有豆粕、玉米、小麦等植物性原料, 其中的木聚糖等抗营养因子并不能被条石鲷等肉食性鱼类消化吸收.

有研究表明, 养殖动物消化道食糜中的木聚糖水平较高时, 木聚糖分子间会相互作用形成凝胶状, 使食糜的粘度增加, 减慢肠内食糜通过消化道的速度. 木聚糖还会与肠道内的消化酶络合, 阻止酶同其底物发生反应, 延缓酶对底物的消化<sup>[10]</sup>, 食糜的粘度过高也会使各组分混合不匀, 并且具有较高持水能力的木聚糖会在肠粘膜上形成一层较厚的不动水层, 妨碍营养物质向肠粘膜的扩散和正常吸收<sup>[11]</sup>; 此外, 高粘度食糜通过肠道速度的降低也为细菌的生长、繁殖提供了一个稳定的环境, 使细菌得以在肠道内大量定居, 与宿主的养分竞争加剧<sup>[12]</sup>, 其结果是饲料流通量和摄入量均减少, 限制了营养素的同化效率.

自 20 世纪 80 年代以来, 木聚糖酶类作为专一降解木聚糖的复合酶, 已在养殖业中广泛应用. 在基础饲料中添加适量的木聚糖酶, 能有效降解基础饲料中的木聚糖, 降解非淀粉质抗营养因子, 并显著降低肠道食糜粘度, 解除上述抗营养作用<sup>[13]</sup>, 养殖动物肠道吸收条件也会得到同步改善, 并降低细菌的生长繁殖速度. 张玲等<sup>[14]</sup>发现, 在鲫鱼小

麦基础饲料中添加木聚糖酶可以促进鲫鱼的小肠绒毛发育;Lv等<sup>[15]</sup>和刘文斌等<sup>[16]</sup>认为,木聚糖的降解产物低聚木糖与病原菌表面的类丁质有很强的结合力,可以竞争性地与病原菌结合,使其无法定植在肠壁上,结合后的低聚木糖不能提供病原菌生长所需的营养素,致使病原菌死亡,从而显著抑制动物肠道内有害菌生长,增加有益菌数量.此外,木聚糖酶还可以激活内源酶的分泌,补充内源酶的不足,提高内源性消化酶的活性,从而有利于养殖动物对饲料的消化吸收,促进生长.木聚糖酶还可以显著影响动物血液中甲状腺激素(T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub>)、胰岛素(Insulin)、胰岛素样生长因子(IGF-1)等激素水平<sup>[17]</sup>.钟国防等<sup>[18]</sup>研究表明,在饲料中添加酶制剂后,尼罗罗非鱼的超氧化物歧化酶、溶菌酶活力和抗活性氧能力都有极显著提高;黄峰等<sup>[19]</sup>发现,在饲料中添加木聚糖酶可使异育银鲫溶菌酶和SOD活性显著提高.这对于提高鱼类的非特异性免疫力具有重要意义.但如果木聚糖酶添加量过高,会使得肠道食糜粘度过低,饲料在肠道中滞留时间过短,营养成分来不及消化吸收就排出体外,使肠道绒毛和微绒毛也得不到充足的营养<sup>[12,20]</sup>.添加量过高的酶制剂也可能会反馈性地抑制鱼类内源酶的分泌而降低食物的消化率<sup>[21]</sup>.

试验表明,在试验设定的木聚糖酶添加比例范围内,条石鲷幼鱼湿重、干重和能量的特定生长率在基础饲料添加1.0‰的木聚糖酶时达到最高,转化效率在1.0‰时也达到较高水平,而摄食率在此水平较低.也就是说,在此水平上,条石鲷的饵料系数较低,饵料利用率较高.虽然在酶添加1.5‰时条石鲷能量转化效率和生长能分配率最高,但是过低的摄食率以及饵料在条石鲷幼鱼消化道内过短的滞留时间,会大大影响鱼体的生长速度.表现为特定生长率和代谢能在此水平上大幅降低,以及排粪能的大幅升高.因此基础饲料中木聚糖酶的适宜添加量为1.0‰.此时条石鲷的能量收支方程为:  $100.00C=9.42F+7.21U+32.64G+50.73R$ ,这

与一些学者在基础日粮中添加复合酶制剂和木聚糖酶对大西洋鲑、鲤、草鱼、尼罗罗非鱼和鲫等生长影响的研究结果基本一致<sup>[14,18,22-24]</sup>.这也提示我们,在使用酶制剂时要控制适宜的添加量才能获得最佳的养殖效益.

#### 参考文献:

- [1] 朱元鼎. 东海鱼类志[M]. 北京: 科学出版社, 1963.
- [2] 常抗美, 毛建平, 吴剑锋, 等. 条石鲷胚胎及仔稚鱼的发育[J]. 上海水产大学学报, 2005, 14(4):401-405.
- [3] 全汉锋, 肖志忠. 条石鲷人工繁育技术研究[J]. 台湾海峡, 2007, 26(2):295-300.
- [4] 辛俭, 薛利建, 毛国民, 等. 条石鲷的胚胎发育观察[J]. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2005, 24(1):31-36.
- [5] 程会昌, 霍军, 宋予振, 等. 木聚糖酶在黄河鲤鱼饲料中的应用[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(13):3077-3079.
- [6] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 2版. 北京: 中国农业大学出版社, 2003.
- [7] Warren C E, Davis G E. Laboratory studies on the feeding, bioenergetics, and growth of fish[C]//Gerking S D. The Biological Basis of Freshwater Fish Production. Oxford: Blackwell Scientific Publication, 1967:175-214.
- [8] 雷思佳, 叶世州, 李德尚, 等. 盐度对台湾红罗非鱼能量收支的影响[J]. 华中农业大学学报, 1999, 18(3): 256-259.
- [9] 黎祖桐, 陈刚, 宋盛宪, 等. 南方海水鱼类繁殖与养殖技术[M]. 北京: 海洋出版社, 2006.
- [10] Bedford M R. Mechanism of action and potential environmental benefits from the use of feed enzymes[J]. Animal Feed Science and Technology, 1995, 53:145-155.
- [11] Vahouny G V, Cassidy M M. Dietary fibers and absorption of nutrients[J]. Proc Soc Exp Biol Med, 1985, 180:432-446.
- [12] 聂国兴, 王俊丽, 朱命炜, 等. 小麦基础饲料添加木聚糖酶对尼罗罗非鱼肠道食糜粘度和绒毛、微绒毛发育的影响[J]. 水产学报, 2007, 31(1):54-61.
- [13] 马光, 邵庆均. 饲用酶制剂及其在水产业中的研究进展[J]. 水利渔业, 2005, 25(6):79-81.
- [14] 张玲, 聂国兴, 周洪琪. 木聚糖酶对鲫鱼生长性能和小肠绒毛的影响[J]. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2006, 25(2):133-137.
- [15] Lv H Y, Zhou Z G, Rudeaux F, et al. Effects of dietary

- short chain fructo oligosaccharides on intestinal microflora, mortality and growth performance of *Oreochromis aureus* ♂ × *O. niloticus* ♀[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2007, 19(6):691-697.
- [16] 刘文斌, 尹君, 方星星, 等. 3种益生菌配伍对异育银鲫(*Carassius auratus gibelio*)生长、消化及肠道菌群组成的影响[J]. 海洋与湖沼, 2007, 38(1):29-35.
- [17] 高峰, 江芸, 周光宏, 等. 小麦日粮添加非淀粉多糖酶制剂对雏鸡生长及血液中血糖、尿酸和某些激素水平的影响[J]. 华中农业大学学报, 2004, 23(2):230-235.
- [18] 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.
- [19] 黄峰, 张丽, 周艳萍, 等. 外源木聚糖酶对异育银鲫生长、超氧化物歧化酶及溶菌酶活性的影响[J]. 淡水渔业, 2008, 38(1):44-48.
- [20] 王爱民, 刘文斌. 外源酶对异育银鲫鱼种生长及表观消化率的影响研究[J]. 饲料工业, 2006, 27(2):26-29.
- [21] 胡雪峰. 饲用酶制剂在水产饲料中的合理应用[J]. 中国水产, 2006, 5:59-61.
- [22] Carter C G, Houlihan D F, Buchanan B, et al. Growth and feed utilization efficiencies of seawater Atlantic salmon salm on salarL fed a diet containing supplementary enzymes[J]. Aquacult Fish Manag, 1994, 25(1):37-46.
- [23] Rajan M R, Priya V. Growth feed utilization and apparent digestibility of common carp cyprinus carpio var communis using amylase enzyme[J]. Environ Ecol, 1999, 17(3):654-659.
- [24] 高春生, 刘忠虎, 肖传斌. 木聚糖酶对草鱼生长性能和消化率的影响[J]. 饲料研究, 2006(8):48-49.

## Effects of Xylanase on Energy Balance of Baby *Oplegnathus fasciatus*

LIU Wei-cheng<sup>1,2</sup>, JI De-wei<sup>1,2</sup>, ZHOU Zhi-ming<sup>1,2</sup>, ZHENG Chun-fang<sup>1,2</sup>, CHEN Shao-bo<sup>1,2</sup>, XIE Qi-lang<sup>1,2\*</sup>

( 1.Zhejiang Marine-culture Research Institute, Wenzhou 325000, China;

2.Zhejiang Key Laboratory of Exploitation and Preservation of Coastal Bio-resource, Wenzhou 325000, China )

**Abstract:** Baby *Oplegnathus fasciatus* (initial body weight 5.46 g) are used as experimental samples in this study, the artificial feed pellets are used as the basic food, and 30 d feeding course is conducted to observe the effects of different levels of xylanase (0.5‰, 1.0‰, 1.5‰) in pellet feed on the energy balance. The results show that the specific growth rate (SGR), consumption rate (CR), conversion efficiency (CE) and energy balance are impacted significantly by xylanase. The maximum SGR (wet weight), SGR (dry weight) and SGR (energy) are 2.96%·d<sup>-1</sup>, 3.09%·d<sup>-1</sup> and 3.76%·d<sup>-1</sup> respectively at basal diet containing 1.0‰ xylanase, and the maximum dry weigh energy (DW-CE) is 25.68% at the same xylanase level. The CE (energy) and Absorption Efficiency (AE) are at a higher level by being 32.64% and 90.58%, respectively), while the CR (dry weight and energy) are at a lower level with 11.29% and 10.55%, respectively. The results indicate that the feed coefficient stays at a lower level at basic diet containing 1.0‰ xylanase. The optimal energy equation at this level is found to be  $100.00C = 9.42F + 7.21U + 32.64G + 50.73R$ .

**Key words:** *Oplegnathus fasciatus*; xylanase; energy balance

**CLC number:** S965

**Document code:** A

(责任编辑 史小丽)