

黑龙江野鲤(*Cyprinus haematopterus*)与建鲤 (*Cyprinus carpio* var. Jian)正反交与自交子代 消化酶活力及其分布比较分析*

李 冰 张成锋 王建新 谢婷婷 朱 健

(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心 农业部淡水鱼类遗传育种和养殖生物学重点开放实验室 无锡 214081)

摘要 在网箱养殖 45 天后,采用比较分析黑龙江野鲤与建鲤正反交与自交子代消化酶活力的方法,研究由杂交引起的遗传背景改变对消化酶活力及其分布的影响。结果表明,两杂交群体肝胰腺蛋白酶活力显著高于建鲤自交子代,后肠则显著低于后者,后肠脂肪酶活力显著高于黑龙江野鲤自交子代;黑龙江野鲤 × 建鲤 子代各消化器官淀粉酶活力均显著高于两自交群体。两杂交群体除前、中肠淀粉酶活力差异显著度与建鲤自交子代不同外,3 种消化酶活力分布及不同器官间的差异程度和两自交群体均相同;四个群体脂肪酶和淀粉酶活力在前、中肠及肝胰腺均表现出互补现象,后肠均有较高活力不互补。

关键词 黑龙江野鲤,建鲤,正反交,自交,消化酶,活力及分布

中图分类号 S965

鱼类消化酶活力是反映鱼类消化生理机能的一项重要指标,其高低决定鱼类对营养物质消化吸收的能力,从而决定鱼类生长发育的速度(梅景良等,2004)。鱼类消化器官中消化酶活力的研究,对了解鱼类消化生理具有重要意义,对鱼类养殖过程中饲料的开发应用具有指导作用。关于鱼类消化酶的研究开展较早,相关报道较多,在鱼类消化酶的发生、活力、分布、酶促动力学等方面积累了较多的资料(Oozeki *et al*, 1995; Comabella *et al*, 2006; 王宏田等, 2002; 付新华等, 2005; 林仕梅等, 2003; 叶继丹等, 2003; 向泉等, 2006)。鱼类消化酶的活力受到诸多因素的影响,但总体来说,消化酶活力随着生长变动是鱼类在自然环境中对生长条件的适应,基本上受遗传的支配(尾崎久雄, 1985),但是在以往的杂交育种工作中,主要侧重于形态学、生长性能及分子标记的开发(徐建鹏等, 2009)等方向的研究,关于鱼类由杂交引起的遗传背景的改变对消化酶活力及其分布造成的影响

的研究报道相对较少(李丽等, 2007)。

本实验以中国水产科学研究院淡水渔业研究中心现有的建鲤选育群体为育种基础群,引进黑龙江野鲤(*Cyprinus haematopterus*),完成了两亲本群体的自交和正反交,获得了两个自交群体和两个杂交群体。于 2008 年 8 月 25 日—10 月 8 日对四个群体进行了为期 45 天网箱养殖后,对其前、中、后肠及肝胰腺的蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶的活力及分布进行了分析比较,旨在研究由杂交引起的遗传背景的改变对消化酶活力及其分布造成的影响,以期对杂交子代消化生理及营养需求有所了解,也为后续选育过程中饲料的科学配制及新饲料的开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验鱼的获取及养殖

2008 年 5 月在中国水产科学研究院淡水渔业研究中心宜兴实验基地完成了建鲤(*Cyprinus carpio* var.

* 现代农业产业技术体系建设专项资金资助, NYCYTX-49 号; 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心)资助项目, 2009JBF14 号。李 冰, E-mail: lbllne@163.com

通讯作者: 朱 健, 研究员, E-mail: zhuj@ffrc.cn

收稿日期: 2010-05-19, 收修改稿日期: 2010-08-25

Jian)与黑龙江野鲤(*Cyprinus haematopterus*)的自交和正反交, 获得了黑龙江野鲤自交子代(HH)、黑龙江野鲤♀×建鲤♂子代(HJ)、黑龙江野鲤♂×建鲤♀子代(JH)和建鲤自交子代(JJ)四个群体。自2008年8月25日—10月8日在面积为500m²的室外水泥池进行了为期45天的网箱养殖, 网箱规格为2m×1m×1m, 养殖密度为60尾/网箱, 每个组合设3个重复, 共计12个网箱。养殖期间定时投喂颗粒饲料4次, 平均日投喂量约为体重的3%; 每日测量水温、溶氧, 每3天用MR-220A智能型水质分析仪对pH、H₂S、氨氮、NO₂⁻、盐度进行一次测量, 测得数据见表1。根据测得水质化学参数进行人工增氧、更换网箱或更换新池, 保证试验鱼在健康稳定的环境中生长。

表1 水质的化学参数
Tab.1 Chemical parameters of the water quality

参数	范围	平均值±标准误
水温(°C)	23.0—28.5	26.01±2.53
溶氧 DO(mg/L)	4.2—11.0	6.71±2.33
pH	7.1—8.4	7.53±0.28
H ₂ S (mg/L)	0.008—0.061	0.032±0.013
氨氮(mg/L)	0.017—0.061	0.042±0.024
盐度	0.46—1.01	0.675±0.145
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0.005—0.063	0.039±0.021

1.2 样本的采集

每个群体随机抽取26尾试验鱼, 雌雄各半, 取样前24h停止投喂。首先测量体重、体长、体厚、体高等形态学数据(表2), 然后在冰盘内进行解剖, 取前、中、后肠和肝胰腺, 去除结缔组织和内容物, 用冷却离子水冲洗干净, 滤纸拭干后置-20°C以下保存待测。

表2 四个群体的生物学数据
Tab.2 Biological data of the four studied populations

生物学数据	群体			
	HH	HJ	JH	JJ
日龄(d)	150	150	150	150
体重(g)	52.33±1.14	66.74±1.45	59.77±1.43	60.37±1.56
体长(cm)	12.14±0.94	13.14±0.96	12.46±1.01	12.49±1.06
体高(cm)	4.03±0.31	4.28±0.34	4.19±0.38	4.17±0.40
体厚(cm)	2.38±0.19	2.63±0.26	2.44±0.22	2.50±0.24

1.3 酶液的制备

将肝胰脏及肠组织缓慢解冻后, 按样品重量加10倍的4°C冷却去离子水在冰浴下匀浆(4min, 800r/min)。匀浆液在4°C下离心20min(13000g), 上

清液标号分装, 4°C冰箱冷却保存, 24h内测定完毕。

1.4 组织蛋白的测定

组织蛋白采用考马斯亮蓝蛋白测定试剂盒测定(实验所用试剂盒购自南京建成生物研究所)。

1.5 消化酶活力的测定及单位定义

蛋白酶活力测定参考徐钢春等(2008)的方法, 并略作修改。蛋白酶活力单位定义: 每毫克组织蛋白在30°C、pH 7.0的条件下, 每分钟水解酪蛋白产生1μg酪氨酸的酶量为1个蛋白酶活力单位(U)。

脂肪酶活力测定采用甘油三酯和水制成的乳胶作为底物的比浊法(脂肪酶试剂盒购自南京建成)。脂肪酶活力单位定义: 每克组织蛋白在37°C的条件下, 每分钟水解1μmol甘油三酯为1个活力单位(U)。

淀粉酶活力测定采用碘-淀粉比色法(淀粉酶试剂盒购自南京建成)。淀粉酶活力单位定义: 每毫克组织蛋白在30°C、pH 7.0的条件下, 每分钟水解1mg淀粉为1个活力单位(U)。

1.6 数据处理

数据采用SPSS 16.0软件处理分析, 先利用单样本的K-S检验进行拟合度的非参数检验, 确定各样本来自的总体均为正态分布, 在此基础上采用两独立样本的t检验, 进行两两比较, 结果以Mean±S.E.表示。

2 结果与分析

2.1 四个群体的蛋白酶活力

四个群体各消化器官的蛋白酶活力见表3。根据表3结果显示, 两杂交群体和两自交群体相比, 两杂交群体肝胰脏蛋白酶活力要显著高于建鲤自交子代群体(P<0.05), 而其后肠的蛋白酶活力显著低于建鲤自交子代群体(P<0.05), 其它器官间均无显著性差异(P>0.05)。四个群体按相同消化器官蛋白酶活力大小排序为: 前肠, HH>JH>JJ>HJ; 中肠, HJ>JH>HH>JJ; 后肠, JJ>HJ>HH>JH; 肝胰脏, HJ>JH>HH>JJ。

表3 四个群体各消化器官的蛋白酶活力[U/(μg·min)]
Tab.3 Protease activities in different digestive organs of the four studied populations [U/(μg·min)]

组别	HH	HJ	JH	JJ
前肠	1.19±0.18	1.03±0.08	1.13±0.09	1.11±0.04
中肠	1.54±0.13	1.74±0.17	1.58±0.25	1.48±0.30
后肠	2.18±0.22 ^b	2.34±0.28 ^b	2.17±0.10 ^b	3.39±0.26 ^a
肝胰脏	0.24±0.08 ^a	0.36±0.11 ^a	0.28±0.03 ^a	0.14±0.02 ^b

注: 同一行标有不同字母者表示差异显著(P<0.05)或极显著(P<0.01), 下同

根据图 1 的结果可知, 两杂交群体和两自交群体的蛋白酶活力分布呈现相同的规律: 后肠>中肠>前肠>肝胰腺, 且前肠、中肠、后肠和肝胰腺之间差异极显著($P<0.01$), 前肠、中肠、后肠两两之间差异显著($P<0.05$)。

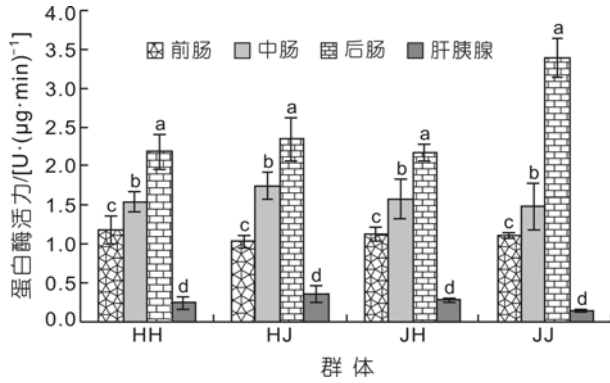


图 1 四个群体不同器官中蛋白酶活力的分布

Fig.1 Distributions of protease activities in different digestive organs of the four studied populations

2.2 四个群体的脂肪酶活力

四个群体各消化器官的脂肪酶活力见表 4。根据表 4 结果显示, 两杂交群体和两自交群体相比, 除两杂交群体后肠的脂肪酶活力显著高于黑龙江自交子代群体($P<0.05$)外, 其它器官间均无显著差异($P>0.05$)。四个群体按相同消化器官脂肪酶活力大小排序为: 前肠, JJ>HJ>HH>JH; 中肠, JH>HJ>JJ>HH; 后肠, JJ>HJ>JH>HH; 肝胰腺, JH>JJ>HH>HJ。

根据图 2 可知, 两杂交群体和两自交群体的蛋白酶活力分布呈现相同的规律: 后肠>中肠>前肠>肝胰腺, 且后肠和前肠、中肠、肝胰腺的差异极显著($P<0.01$), 前肠、中肠、肝胰腺两两之间差异显著($P<0.05$)。

2.3 四个群体的淀粉酶活力

四个群体的脂肪酶活力见表 5。根据表 5 结果显示, 两杂交群体和两自交群体相比, 除黑龙江野鲤♂×建鲤♀子代群体前、中、后肠、肝胰腺淀粉酶活力

表 4 四个群体各消化器官的脂肪酶活力[U/(μmol·min)]
Tab.4 Lipase activities in different digestive organs of the four studied populations [U/(μmol·min)]

组别	HH	HJ	JH	JJ
前肠	13.98±1.85	14.07±0.57	13.15±1.48	15.14±1.07
中肠	17.11±1.66	19.05±1.08	19.74±3.83	17.28±0.80
后肠	27.23±1.85 ^b	36.61±1.27 ^a	34.48±8.12 ^a	38.78±3.42 ^a
肝胰腺	9.13±0.98	9.02±1.36	10.92±2.76	9.86±1.20

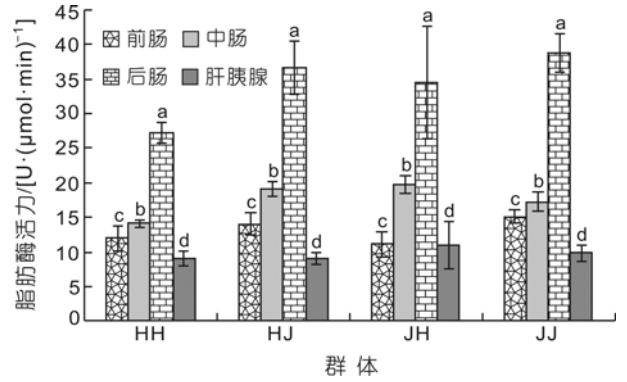


图 2 四个群体不同器官中脂肪酶活力的分布

Fig.2 Distributions of lipase activities in different digestive organs of the four studied populations

表 5 四个群体各消化器官的淀粉酶活力[U/(mg·min)]
Tab.5 Amylase activities in different digestive organs of the four studied populations [U/(mg·min)]

组别	HH	HJ	JH	JJ
前肠	29.27±4.04 ^b	31.08±2.30 ^b	40.71±1.64 ^a	31.93±2.88 ^b
中肠	24.21±2.84 ^c	26.68±2.96 ^b	33.91±2.31 ^a	30.03±2.11 ^b
后肠	32.09±2.67 ^b	32.67±1.46 ^b	41.92±4.02 ^a	34.77±3.13 ^b
肝胰腺	79.84±5.61 ^b	77.68±3.48 ^b	85.45±5.78 ^a	76.74±5.85 ^b

显著高于两自交群体($P<0.05$)外, 其它器官间均无显著差异($P>0.05$)。四个群体按相同消化器官淀粉酶活力大小排序为: 前肠, JH>JJ>HJ>HH; 中肠, JH>JJ>HJ>HH; 后肠, JH>JJ>HJ>HH; 肝胰腺, JH>HH>HJ>JJ。

根据图 3 结果显示, 两杂交群体和两自交群体的淀粉酶活力分布呈现相同规律: 肝胰腺>后肠>前肠>中肠, 且肝胰腺和前、中、后肠之间差异极显著($P<0.01$), 中、后肠之间差异显著($P<0.05$), 前、中肠之间除建鲤自交子代群体外, 其它三个群体均存在显著差异($P<0.05$)。

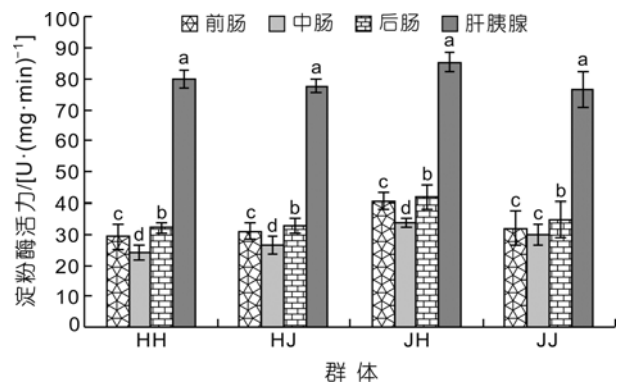


图 3 四个群体不同器官中淀粉酶活力的分布

Fig.3 Distributions of amylase activities in different digestive organs of the four studied populations

3 讨论

3.1 两杂交群体和两自交群体相同消化器官同种消化酶活力的比较

鱼类的消化能力与其消化酶活力密切相关,酶活越强表明消化能力越强(Kumulu *et al*, 1995)。两自交群体和两杂交群体消化酶活力的差异性分析显示,在蛋白质消化能力上,两杂交群体肝胰腺显著强于建鲤自交子代群体,而后肠则显著弱于后者;在脂肪消化能力上,两杂交群体后肠显著强于黑龙江野鲤自交子代群体;在淀粉酶消化能力上,黑龙江野鲤♂×建鲤♀子代群体各消化器官均显著强于两自交群体。对网箱养殖前后的生长数据统计发现,建鲤自交子代群体生长速度快于两杂交群体,而生长快的鱼饵料摄入量就多,相应的蛋白质等营养物质的摄入量就大,那么就要求与其相适应的较高的消化酶来实现对蛋白质等的消化、吸收与积累,但建鲤自交子代群体除后肠的蛋白酶活力显著高于两杂交群体外,其它相同器官3种消化酶的活力并未表现出明显的优势,反而肝胰腺蛋白酶活力还显著低于两杂交群体,各消化器官淀粉酶活力也是显著低于黑龙江野鲤♂×建鲤♀子代群体(表3、表4、表5),而盛东峰等(2009)的研究则表明,建鲤在肠道生理结构上体现出与杂食性鱼类相类似的功能特征,而其比肠重(0.02)要远小于一般的杂食性鲤鱼(2.64)。如何从消化酶的角度解释建鲤自交子代群体的生长优势呢?笔者分析认为可能有两个原因:一是建鲤自交子代群体后肠较强的蛋白消化能力弥补了其它器官蛋白质消化能力的不足,使其在蛋白的消化能力上相对于两杂交群体有较大的提升,满足了快速生长对蛋白质的需求;二是蛋白质消化能力对鱼类生长速度具有决定性作用。关于第二点原因,还需要进行相关分析作进一步的确定,而Lemieux等(1999)在对大西洋鲑鱼消化酶活力研究中的发现也增加了这种观点的可能性,因为其研究结果表明大西洋鲑鱼胰蛋白酶可能是其生长过程中在消化水平上唯一对生长速度具有限制性的酶类。

从四个群体相同消化器官同种消化酶活力大小排序可以看出,除淀粉酶活力大小有着明显规律(即相同消化器官,黑龙江野鲤♂×建鲤♀子代群体淀粉酶活力高于两自交群体,而黑龙江野鲤♀×建鲤♂子代群体正好介于两自交群体之间)外,四个群体相同消化器官蛋白酶和脂肪酶活力大小排序均无显著规律。

3.2 两杂交群体和两自交群体消化酶活力分布规律的比较

3.2.1 蛋白酶活力分布 本实验两杂交群体和两自交群体的试验鱼蛋白酶活力肠道均显著高于肝胰腺。倪寿文等(1993)的研究表明,鲤鱼肠道蛋白酶活力小于肝胰腺,而吴婷婷等(1994)研究却表明,鲤鱼肠道蛋白酶活力大于肝胰腺,本研究结果与倪寿文等(1993)相反,而与吴婷婷等(1994)相同。肝胰腺作为鱼类的重要消化器官,分泌的是没有活力的蛋白酶原,在进入肠道后被肠激酶或者胰蛋白酶所激活而发挥功能,而肝胰腺蛋白酶活力微弱或没有活力,所以肠道的蛋白酶活力高于肝胰腺(Dask *et al*, 1991),而沈文英等(2002)的研究结果也证明了这一点,因此笔者更倾向于吴婷婷等(1994)的研究结果。另外,两杂交群体和两自交群体蛋白酶在肠道中的活力分布表现出相同的规律:后肠>中肠>前肠,这与李广丽等(1994)对鲤鱼的研究结果相同。

3.2.2 脂肪酶活力分布 本实验两杂交群体和两自交群体的试验鱼脂肪酶活力肠道高于肝胰腺,这与吴婷婷等(1994)的研究结果相同。在鱼类各消化部位如胃、幽门盲囊、肝脏和肠道中,肠道是主要消化脂肪的部位(林浩然, 1999),因此作为鲤鱼肠道的脂肪酶活力应高于肝胰腺。另外,两杂交群体和两自交群体肠道脂肪酶活力分布表现出相同的分布规律:后肠>中肠>前肠,而吴婷婷等(1994)的研究结果则表明,鲤鱼肠道脂肪酶活力为中肠>前肠>后肠。

3.2.3 淀粉酶活力分布 关于鱼类肝胰腺淀粉酶的研究报道较多,倪寿文等(1992)和向泉等(2005)的研究表明肝胰腺是鱼类淀粉酶生成的中心器官,淀粉酶则直接以有活力的酶在胰脏分泌并进入肠道。而本实验两杂交群体和两自交群体淀粉酶活力分布呈现相同规律:肝胰腺>后肠>前肠>中肠,且肝胰腺的淀粉酶活力显著高于前、中、后肠,也证实了这一点。

3.2.4 脂肪酶和淀粉酶的活力互补现象 吴婷婷等(1994)在研究中发现,包括鲤鱼在内的几种无胃鱼类肠道各部位脂肪酶活力和淀粉酶活力有互补现象,即淀粉酶活力高的部位脂肪酶活力低,脂肪酶活力高的部位淀粉酶活力低。而本实验两杂交群体和两自交群体肠道脂肪酶和淀粉酶的活力均在前、中肠道表现出一定的互补现象,而在后肠并不互补,均有较高的活力,反而在肝胰腺部位表现出很明显的互补现象。

大量的研究表明,鱼类消化酶活力会受到饵料、摄食、温度、盐度、重金属离子、季节及样品处理等

多种因素的影响(王志铮等, 2006; 庄平等, 2008; 强俊等, 2009; 陈品健等, 1998), 本实验四个群体试验鱼日龄、饵料、养殖密度、养殖水域、养殖方式、投喂频率、样品处理及酶活力测定的反应体系等均相同, 在实验过程中还定期对水质进行监测和控制, 确保试验鱼在健康稳定的环境中生活, 尽量遵循差异唯一原则, 以求能够客观的反映出由遗传结构不同而造成的消化酶活力的差异。但是本试验为离体条件下对消化酶活力的测定, 酶活测定反应体系均为人为界定, 与正常生理条件下的实际状况会存在一定的差异。另外, 本实验仅仅是对两杂交和两自交群体特定生长阶段下消化酶活力及其分布的研究, 而鱼类在不同的生长阶段会根据自身生长状况, 适时调整酶的活力, 以满足其生长对不同营养物质的需求, 因此还需要对其它生长阶段的消化酶活力及其分布作进一步的研究, 才能得出比较系统的结论。

参 考 文 献

- 王志铮, 施建军, 吕敢堂等, 2006. 受短期饥饿胁迫下麦瑞加拉(*Cirrhina mrigola*)幼鱼的生长、肌体组分及其内脏消化酶活力的变化特征. 海洋与湖沼, 37(3): 218—223
- 王宏田, 张培军, 2002. 牙鲆体内消化酶活性的研究. 海洋与湖沼, 22(5): 472—476
- 叶继丹, 卢彤岩, 田雷等, 2003. 不同pH和温度条件下杂交胃胃中消化酶活性的变化. 中国水产科学, 10(1): 79—81
- 付新华, 孙 谧, 孙世春, 2005. 大菱鲆消化酶的活力. 中国水产科学, 12(1): 26—32
- 向 泉, 叶元土, 周兴华等, 2005. 鲑鱼消化能力的研究. 饲料工业, 26(20): 24—27
- 向 泉, 叶元土, 周兴华等, 2006. 鲑胃肠道、胰脏对7种饲料蛋白质的酶解动力学. 水生生物学报, 30(4): 493—498
- 庄 平, 章龙珍, 田宏杰等, 2008. 盐度对施氏鲟幼鱼消化酶活力的影响. 中国水产科学, 15(2): 198—203
- 李 丽, 庆 宁, 赵 俊等, 2007. 异育彭泽鲫及其双亲消化酶活性的比较研究. 华南师范大学学报(自然科学版), 3: 115—120
- 李广丽, 王义强, 1994. 草鱼、鲤鱼肠道、肝胰脏消化酶活性的初步研究. 湛江水产学院学报, 14(1): 34—40
- 吴婷婷, 朱晓鸣, 1994. 鳊鱼、青鱼、草鱼、鲤鱼、鲢消化酶活性的研究. 中国水产科学, 1(2): 10—17
- 沈文英, 寿建昕, 金叶飞等, 2002. 银鲫消化酶的研究. 上海水产大学学报, 11(3): 193—198
- 陈品健, 王重刚, 郑森林, 1998. 夏、冬两季真鲷仔、稚、消化酶活性的比较. 海洋学报, 20(5): 90—92
- 林仕梅, 王友慧, 罗 莉等, 2003. 大鳍鲮蛋白酶活力的研究. 中国水产科学, 10(2): 169—172
- 林浩然, 1999. 鱼类生理学(第一版). 广东高等教育出版社, 44—45
- 倪寿文, 桂远明, 刘焕亮, 1992. 草鱼、鲤、鲢、鳙和尼罗非鲫淀粉酶的比较研究. 大连水产学院学报, 7(1): 24—31
- 倪寿文, 桂远明, 刘焕亮, 1993. 草鱼、鲤、鲢、鳙和尼罗非鱼肝胰脏和肠道蛋白酶活性的初步探讨. 动物学报, 39(2): 160—168
- 徐建鹏, 张全启, 王志刚等, 2009. ISSR 标记在牙鲆(*Paralichthys solivaceus*)与鲈(*Kareius*)种间杂交一代的分离方式分析. 海洋与湖沼, 40(5): 622—626
- 徐钢春, 华 丹, 顾若波等, 2008. 三角帆蚌消化酶的分布特性和晶杆的形态结构. 水产学报, 32(2): 296—302
- 梅景良, 马燕梅, 王 宏等, 2004. pH 值对黑鲟胃肠道及肝胰脏主要消化酶活力的影响. 云南农业大学学报, 19(5): 592—595
- 盛东峰, 李淑梅, 2009. 建鲤仔鱼的形态特征及肠道指数分析. 河北渔业, 1: 18—19
- 强 俊, 王 辉, 李瑞伟等, 2009. 饲喂频率对奥尼罗非鱼仔稚鱼生长、体成分和消化酶活力的影响. 广东海洋大学学报, 29(4): 79—83
- 尾崎久雄, 1985. 鱼类消化生理(下册). 吴尚忠译. 上海: 上海科学技术出版社, 572—574
- Comabella Y, Mendoza R, Aguilera C *et al*, 2006. Digestive enzyme activity during early larval development of the Cuban gar *Atractosteus tristoechus*. Fish Physiology and Biochemistry, 32: 147—157
- Dask M, Tripathi D, 1991. Studies on the digestive enzyme of grass carp. Aquaculture, 92: 21—32
- Kumulu M, Jones D A, 1995. The effect of live and artificial diets on growth, survival and trypsin activity in larvae of *Penaeus indicus*. J Aqua Soc, 26: 406—415
- Lemieux H, Blier P, Dutil J D, 1999. Do digestive enzymes set a physiological limit on growth rate and food conversion efficiency in the Atlantic cod (*Gadus morhua*)? Fish Physiology and Biochemistry, 20: 293—303
- Oozeki Y, Bailey K M, 1995. Ontogenetic development of digestive enzyme activities in larval walleye Pollock, *Theragra chalcogramma*. Marine Biology, 122: 177—186

COMPARISONS OF DIGESTIVE ENZYMES DISTRIBUTION AND ITS ACTIVITY BETWEEN RECIPROCAL HYBRIDS AND INBREED OFFSPRING OF *CYPRINUS HAEMATOPTERU* AND *CYPRINUS CARPIO* VAR. JIAN

LI Bing, ZHANG Cheng-Feng, WANG Jian-Xin, XIE Ting-Ting, ZHU Jian

(Key Laboratory of Genetic Breeding and Aquaculture Biology of Freshwater Fishes, Ministry of Agriculture, Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi, 214081)

Abstract Inbreed offspring of *Cyprinus haematopterus* (HH), offspring of *Cyprinus haematopterus* ♀ × *Cyprinus carpio* var. Jian ♂ (HJ), offspring of *Cyprinus carpio* var. Jian ♀ × *Cyprinus haematopterus* ♂ (JH), and inbreed offspring of *Cyprinus carpio* var. Jian (JJ) were cultured in cages for 45 days. The activities and distributions of protease, lipase and amylase in the foregut, midgut, hindgut, and hepatopancreas of these four populations were determined in order to study the influence on digestive enzymes due to different genetic backgrounds. The results show that the protease activities in the hepatopancreas and lipase activities in the hindgut of two hybrid populations are significant higher than JJ and HH. However, these hybrid populations have significant lower protease activities than JJ in the hindgut. Amylase activities of JH are significant higher than HH and JJ in all four digestive organs. The four different populations are found to have the same activity distributions of the three digestive enzymes in all four digestive organs. Lipase and amylase activities in the foregut, midgut and hepatopancreas of the four populations are complementary, except the ones found in the hindgut.

Key words *Cyprinus haematopterus*, *Cyprinus carpio* var. Jian, Reciprocal hybrids, Inbreed, Digestive enzyme, Activity and distribution