

文章编号: 1674-5566(2013)04-0545-07

不同性别养殖金钱鱼生长性能及消化酶活性的比较

吴波^{1,2}, 叶满^{1,2}, 陈变变^{1,2}, 邓思平^{1,2}, 朱春华^{1,2}, 师尚丽^{1,2}, 李广丽^{1,2}

(1. 广东海洋大学水产学院, 广东湛江 524088; 2. 广东海洋大学南海水产经济动物增殖养殖广东普通高校重点实验室, 广东湛江 524088)

摘要:以金钱鱼为对象,测定1龄雌、雄个体日摄食量(I_{DF})、特定生长率(SGR)、食物转化率(FC)、性腺成熟指数(GSI),及不同年龄阶段(1龄以下、1~2龄和2龄以上)金钱鱼胃、肝胰脏和肠等组织中胃蛋白酶、胰蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶的比活力。结果显示:雌性金钱鱼日摄食量、特定生长率和食物转化率均显著高于雄鱼($P < 0.05$);3~5月期间雌、雄金钱鱼GSI均上升,且实验结束时(5月底)雌鱼GSI显著大于雄鱼($P < 0.05$)。对不同年龄阶段雌、雄金钱鱼消化酶比活力的研究发现,1龄以下和1~2龄组金钱鱼,雌鱼胃蛋白酶、胰蛋白酶(后肠除外)、肝胰脏和前肠淀粉酶比活力均显著高于雄鱼($P < 0.05$),而2龄以上金钱鱼雌鱼上述消化酶及各年龄阶段脂肪酶比活力与雄鱼相比均无显著差异($P > 0.05$)。雌、雄金钱鱼胃蛋白酶、胰蛋白酶、淀粉酶在不同年龄阶段的比活力均表现为1龄以下组>1~2龄组>2龄以上组,而脂肪酶表现为2龄以上组>1~2龄组>1龄以下组,且1龄以下与2龄以上组(除个别组织外)有显著差异。结果表明2龄以下雌性金钱鱼生长快于雄鱼与其具有较高的摄食量、食物转化率及较高的蛋白酶和淀粉酶活性有关,而2龄以上金钱鱼雌、雄间生长速度出现差异与消化酶活性无关。

研究亮点:在已有鱼类消化酶和生长性能的研究中,很少对生长速度不同的雌雄鱼展开研究。本文在金钱鱼消化酶和生长性能的研究中发现,不同生长时期雌雄鱼之间的消化酶和生长性能是有可能存在差异的,这对今后鱼类消化生理学的研究具有借鉴意义。

关键词:金钱鱼;性别;生长性能;消化酶

中图分类号: S 965.3

文献标志码: A

鱼类存在着两性生长差异现象,如鳊(*Siniperca chuatsi*)^[1]和尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)^[2]。有研究表明,雌、雄鱼生长出现差异与摄食与消化、生长与生殖能量配置、物种遗传、基因型与表现型、性类固醇激素及生长相关基因的表达等因素有关^[3]。大西洋比目鱼(*Atlantic halibut*)雄鱼生长缓慢就与其性成熟早于雌鱼有关^[4]。而对罗非鱼^[5]的研究发现,性类固醇激素可通过提高食物摄入量促使雄性罗非鱼迅速生长。近年,对半滑舌鳎^[6](*Cynoglossus semilaevis*)、欧洲鳗鲡^[7](*Anguilla anguilla*)和尼罗罗非鱼^[8]等生长激素(GH)基因的研究显示,生长速度较快的雌(或雄)性个体,其GH基因在垂体中的相对表达量显著高于雄(或雌)性个体。

金钱鱼(*Scatophagus argus*)隶属鲈形目、金钱鱼科、金钱鱼属,俗称金鼓。在相同的养殖条件下,1龄雌鱼比雄鱼生长速度快约30%~50%,2龄雌鱼则高于同龄雄鱼100%以上^[9]。目前国内外对金钱鱼的研究报道仅见十余篇,且主要限于毒腺cDNA表达及体内寄生虫等方面,对雌、雄金钱鱼生长速度存在明显差异的原因未见报道。本研究通过测定金钱鱼生长性能和消化酶活力来探究引起金钱鱼呈现雌雄生长二态性的可能原因,为金钱鱼生长和繁殖生理提供理论依据,并为后续单性苗种培育及单性化养殖奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

实验用金钱鱼来自广东省珠海市龙胜鱼苗

收稿日期: 2013-03-13 修回日期: 2013-05-01

基金项目: 国家自然科学基金(31272640)

作者简介: 吴波(1987—),男,硕士研究生,研究方向为水产经济动物发育生物学。E-mail: wubo0102@126.com

通信作者: 李广丽, E-mail: ligl@gdou.edu.cn

场,健康无病。根据体形大小及头部形态(雌鱼头部顶端较平滑,而雄鱼略凹陷)等区分雌雄。实验鱼按用途分组,并置于室内水池中的网箱(100 cm × 100 cm × 130 cm)内暂养,水体盐度为 10 ± 2 ,水温为 $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$,自然光照,充气,每日投喂恒兴普通海水鱼浮性饲料,实验用鱼则暂养 7 d 后开始实验。

恒兴普通海水鱼浮性饲料的组成成分如下:粗蛋白质 $\geq 42.0\%$,粗纤维 $\leq 4.0\%$,粗灰分 $\leq 15.0\%$,钙 $1.00\% \sim 4.00\%$,总磷 $\geq 1.20\%$,食盐 $0.50\% \sim 4.50\%$,赖氨酸 $\geq 2.00\%$,水分 $\leq 12.0\%$ 。

1.2 试剂

福林-酚试剂购自林达公司,脂肪酶试剂盒购自南京建成生物工程研究所,其余均为国产分析纯试剂,购自上海生工生物有限公司。

1.3 实验设计

1.3.1 生长性能指标的测定

随机取 1 龄金钱鱼雌、雄各 25 尾,从中各选取 5 尾作为实验前取样,其余 20 尾雌鱼体长 (16.1 ± 0.7) cm,体重 (133 ± 5.4) g;雄鱼体长 (15.3 ± 1.1) cm,体重 (125 ± 6.9) g,分别饲养于 $120 \text{ cm} \times 103 \text{ cm} \times 85 \text{ cm}$ 塑料桶内。实验期间,每天投喂过量饵料 2 次(上午 8:00 和下午 17:00 各一次),1 h 后收集剩余饵料并于 $70 ^\circ\text{C}$ 下烘干称重,同时另取一份饵料放入空白水箱中,1 h 后取出烘干称重,计算饵料回收率,以校正剩余饵料量,日投喂量和残饵量的差值即为每天实际摄食量。每天更换 50% 的新鲜水。实验期间连续充气,保持水体溶解氧 $> 6 \text{ mg/L}$ 。水温控制在 $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$,盐度为 10 ± 2 ,自然光照。每天监测水质参数。

实验时间为 2012 年 3 月 20 日至 2012 年 5 月 19 日,实验周期 60 d。在实验前(0)、20、40 和 60 d,分别称取每条鱼重量,并随机取雌、雄鱼各 5 尾解剖,称量性腺质量,用于测定性腺成熟指数(GSI)。计算公式如下:

$$I_{\text{DF}} = (F_1 - F_2) / [(m_0 + m_t) \times t/2] \quad (1)$$

$$R_{\text{SG}} = (\ln m_t - \ln m_0) / t \times 100\% \quad (2)$$

$$C_{\text{F}}(\%) = (m_t - m_0) / (F_1 - F_2) \times 100\% \quad (3)$$

$$I_{\text{GS}} = m_s / m \times 100\% \quad (4)$$

式中: I_{DF} 为日摄食量(g); R_{SG} 为特定生长率(%); C_{F} 为食物转化率(%); I_{GS} 为性腺成熟指数; m_0 为实验前鱼总质量(g); m_t 为每阶段鱼总

质量(g); m_s 和 m 为性腺质量及取样鱼体质量(g); F_1 、 F_2 分别为投喂量和校正残饵量(g); t 为时间(d)。

1.3.2 消化酶活性的测定

随机取 1 龄以下雌鱼体长 (14.95 ± 0.45) cm,体质量 (118.18 ± 5.92) g;雄鱼体长 (14.02 ± 0.37) cm,体质量 (102.21 ± 7.58) g、1-2 龄雌鱼体长 (19.4 ± 0.81) cm,体质量 (239.22 ± 21.36) g,雄鱼体长 (17.78 ± 0.62) cm,体质量 (184.75 ± 19.05) g 和 2 龄以上雌鱼体长 (23.42 ± 1.08) cm,体质量 (378.35 ± 46.25) g,雄鱼体长 (20.64 ± 1.89) cm,体质量 (301 ± 34.21) g。金钱鱼雌、雄各 6 尾,取胃、肝胰脏、前肠、中肠和后肠。剔除肠道外壁脂肪,用预冷蒸馏水冲洗胃和肠道内壁后,用脱脂棉球轻轻拭干表面,分别称重,于 $4 ^\circ\text{C}$ 下剪碎。按样品 5 倍体重加入冷冻双蒸水后进行匀浆,将浆液 $4 ^\circ\text{C}$ 下以 3000 r/min 的速率离心 30 min,收集上清液,置于 $4 ^\circ\text{C}$ 冰箱保存,24 h 内检测酶活力。

采用福林-酚试剂法测定蛋白酶活力,在底物酪蛋白质量浓度为 0.5 mg/mL ,胃蛋白酶最适 pH 2.6,胰蛋白酶最适 pH 8.2 的反应条件下, $37 ^\circ\text{C}$ 水浴 15 min,每分钟内水解酪蛋白产生 $1 \mu\text{g}$ 酪氨酸作为 1 个酶活力单位(U)。

淀粉酶活力测定以可溶性淀粉为底物,采用 3,5-二硝基水杨酸显色法,在 pH 6.9 和 $25 ^\circ\text{C}$ 条件下,每分钟催化淀粉生成 1 mg 麦芽糖定为一个酶活力单位(U)。

脂肪酶活力采用南京建成脂肪酶试剂盒测定。脂肪酶活性定义:在 $37 ^\circ\text{C}$ 条件下,每克组织蛋白在本反应体系中与底物反应 1 min,每消耗 $1 \mu\text{mol}$ 底物为一个酶活力单位(U)。

酶液蛋白浓度采用核酸蛋白仪测定,以每毫克蛋白量具有的酶活力表示消化酶活性。

1.4 数据分析

结果以平均值 \pm 标准误(mean \pm S. E.)表示,采用 Excel 2003 对实验数据进行处理,SPSS 17.0 软件进行单因素方差分析(ANOVA),使用 t 检验, $P < 0.05$ 为显著性差异。

2 结果

2.1 雌雄金钱鱼生长性能差异

在投喂过剩的情况下,雌鱼的日摄食量、特

定生长率、食物转化率在实验期间均显著高于雄鱼($P < 0.05$);性腺成熟指数在3-5月持续升高,且实验结束时雌鱼性腺成熟指数显著高于雄

鱼($P < 0.05$)。雌、雄鱼的日摄食量及特定生长率都呈现先上升、后下降的趋势,且差异显著($P < 0.05$),见图1。

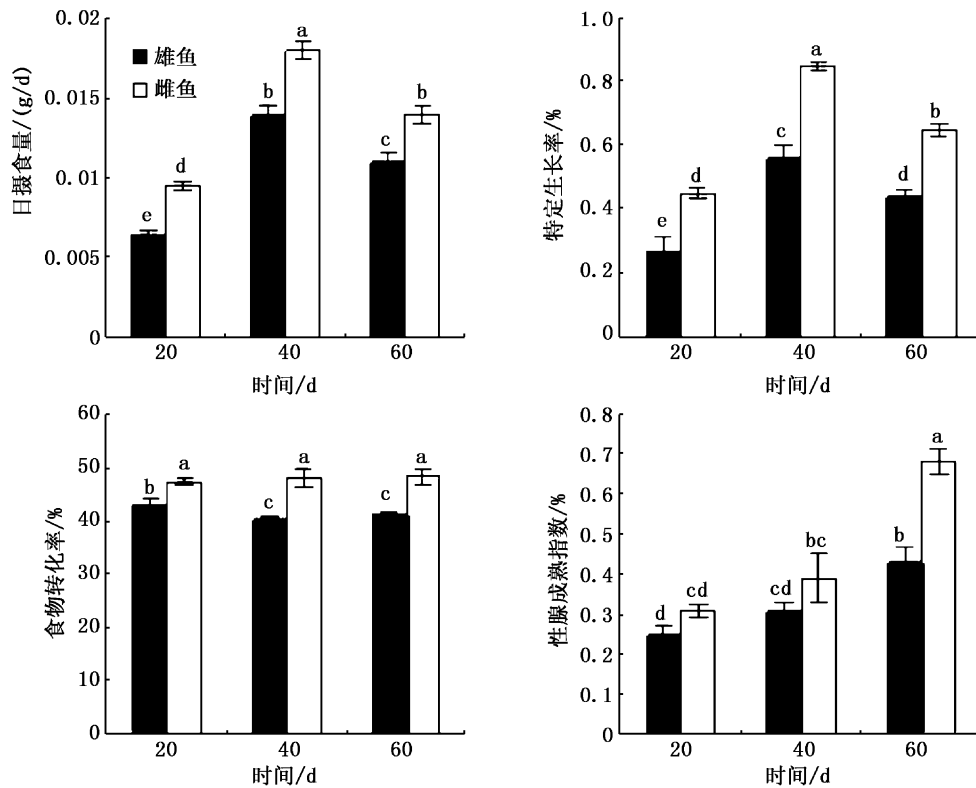


图1 雌雄金钱鱼生长性能的差异

Fig. 1 Difference of growth performance between male and female *S. argus*

数据表示为平均值 ± 标准误,不同字母表示不同性别、时间具有显著性差异($P < 0.05$),后图同此。

2.2 雌雄金钱鱼消化酶活性差异

2.2.1 胃蛋白酶活性

1龄以下和1-2龄组雌性金钱鱼胃蛋白酶比活力显著高于雄鱼($P < 0.05$),2龄以上组无显著差异($P > 0.05$);雌鱼与雄鱼胃蛋白酶比活力均为1龄以下 > 1-2龄 > 2龄以上,且雌鱼不同年龄阶段胃蛋白酶比活力差异显著($P < 0.05$),见图2。

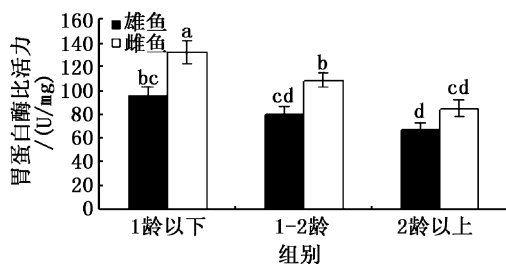


图2 雌雄金钱鱼胃蛋白酶比活力差异

Fig. 2 Difference of specific activities of pepsin between male and female *S. argus*

2.2.2 胰蛋白酶活性

1龄以下和1-2龄组(除后肠)雌鱼各组织胰蛋白酶比活力均显著高于雄鱼($P < 0.05$),但2龄以上组雌、雄鱼各组织之间均无显著差异。雌、雄鱼各组织胰蛋白酶活力大小为:肝胰脏 > 前肠 > 中肠 > 后肠,且肝胰脏蛋白酶比活力显著高于后肠($P < 0.05$)。雌、雄金钱鱼胰蛋白酶比活力大小均为1龄以下组 > 1-2龄组 > 2龄以上组,且1龄以下组显著高于2龄以上组($P < 0.05$),见图3。

2.2.3 淀粉酶活性

除前肠和后肠(2龄以上组)及胃组织(1-2龄组)外,雌鱼淀粉酶比活力均高于雄鱼($P < 0.05$)。各部位淀粉酶比活力大小为:肝胰脏 > 前肠 > 中肠 > 胃 > 后肠,且肝胰脏淀粉酶比活力显著高于其他组织($P < 0.05$)。3个年龄段淀粉酶比活力大小为:1龄以下组 > 1-2龄组 > 2龄

以上组,且 1 龄以下组雌(除后肠)、雄鱼(除胃和前肠)淀粉酶比活力显著高于 2 龄以上组($P < 0.05$,图 4)。雌、雄金钱鱼各部位、各年龄阶段淀

粉酶与胰蛋白酶活力比值(A/P)范围为 0.1 ~ 0.3。

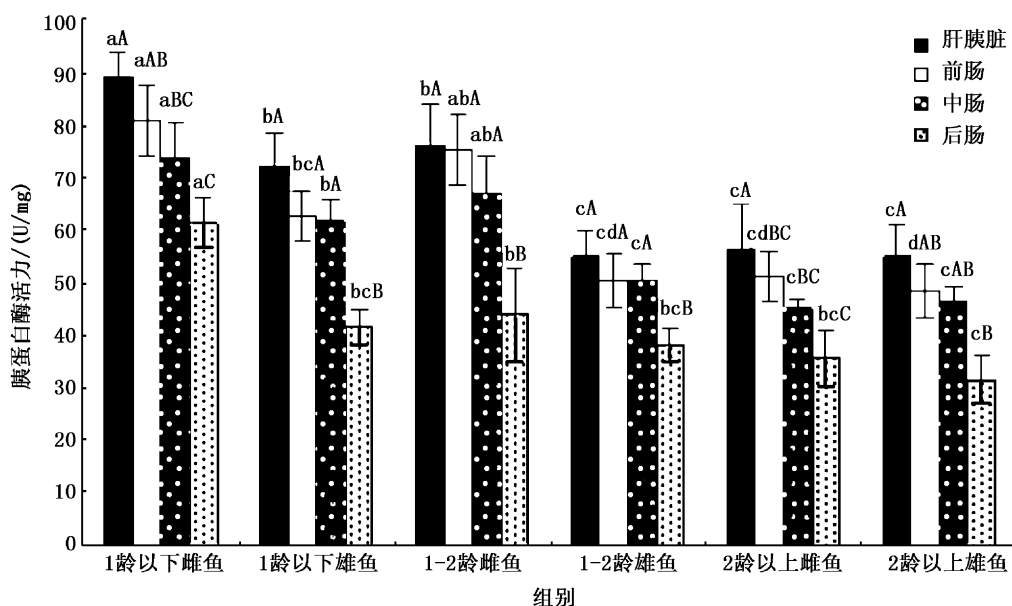


图 3 金钱鱼雌雄胰蛋白酶比活力差异

Fig.3 Difference of specific activities of protease between male and female *S. argus*

字母表示同一性别不同组织间具有显著性差异($P < 0.05$),后表同此。

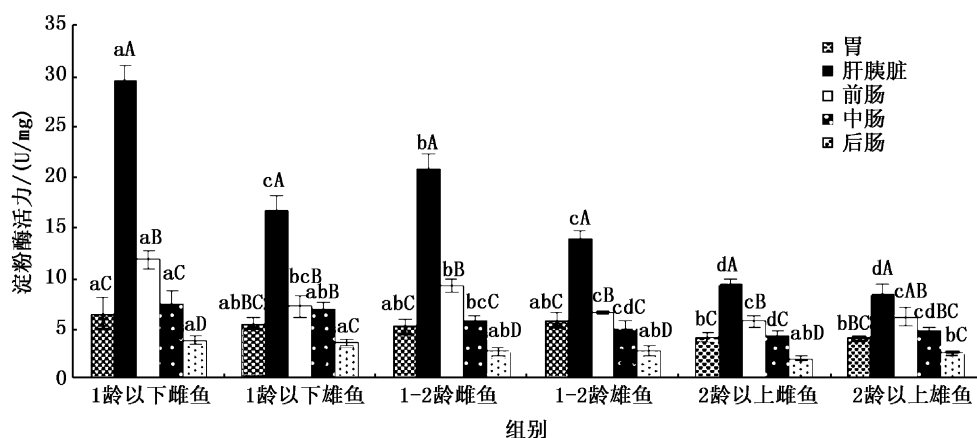


图 4 雌雄金钱鱼淀粉酶比活力差异

Fig.4 Difference of specific activities of amylase between male and female *S. argus*

2.2.4 脂肪酶活性

在所检测组织中,雌、雄金钱鱼脂肪酶比活力无显著性差异($P > 0.05$),但不同组织脂肪酶比活力大小为:前肠 > 中肠 > 后肠 > 肝胰脏,且 3 个年龄段前肠和中肠(2 龄以上组雌鱼中肠除外)

的脂肪酶比活力与肝胰脏相比有显著差异($P < 0.05$)。3 个年龄段雌、雄脂肪酶比活力为 2 龄以上组 > 1-2 龄组 > 1 龄以下组,且 2 龄以上组(雌鱼中肠除外)显著大于 1 龄以下组($P < 0.05$),见图 5。

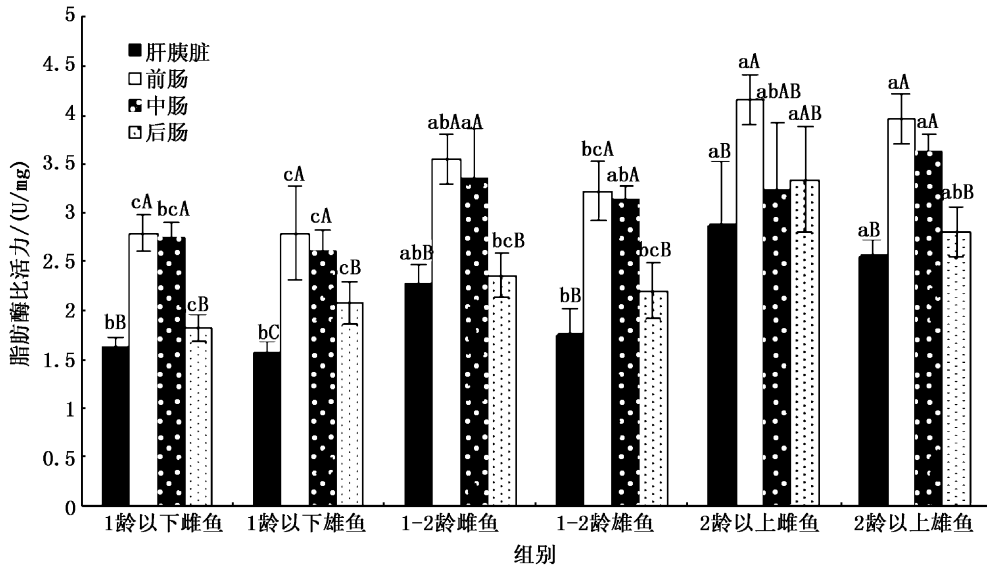


图5 雌雄金钱鱼脂肪酶比活力差异

Fig.5 Difference of specific activities of lipase between male and female *S. argus*

3 讨论

3.1 雌雄金钱鱼生长性能的比较

摄食量和消化能力的强弱直接影响动物的生长速度。研究表明,湖泊中尼罗罗非鱼雄鱼生长较雌鱼快,与雄鱼摄食量高出雌鱼5%有关^[2],但实验室条件下,雄鱼比雌鱼摄入量低^[10]。这种差异的出现可能与实验养殖条件和环境相关,但两实验结果都显示雄性尼罗罗非鱼食物转化率和特定生长率都高于雌鱼,因此其雌雄生长差异是由摄饵量、消化率及饵料转化率引起的。本研究中,雌性金钱鱼日摄食量、食物转化率和特定生长率都显著高于雄鱼,与尼罗罗非鱼的研究结果相似,因此推测雌性金钱鱼通过高的摄入量和食物转化效率获得比雄鱼更多的能量,导致生长速度快于雄鱼。

雌雄鱼生长速度与能量配置相关^[3]。对于雌、雄性成熟不同步的鱼类而言,由于性成熟后摄取的营养物质大部分用于性腺发育,用于体生长的能量减少,因而较早性成熟的个体生长速度要小于另一性别的个体^[1]。同样,处于生殖期内的鱼类,当用于生殖的能量比例上升时,用于生长的能量减少会导致生长速率降低^[1]。本实验开展于2012年3-5月份,而4-5月正处于金钱鱼生殖旺季,雌、雄鱼性腺成熟指数不断上升且后期显著高于中前期,显示更多的能量转向性腺

发育,而此时,特定生长率却显著下降,与上述理论相符。

3.2 雌雄金钱鱼消化酶的比较

鱼类食性与其自身消化酶种类、活力大小等密切相关。BIESIOT和CAPUZZO^[11]提出采用淀粉酶/蛋白酶(A/P)的值作为食性和营养状况的指标,当比值高时为植物食性或偏植物食性,比值低为动物食性或偏动物食性。对野外养殖金钱鱼的研究发现,金钱鱼是以植食性为主,兼动物食性的杂食鱼类^[9]。本研究发现,金钱鱼有较高的淀粉酶活力,各部位A/P的范围为0.1~0.3,明显小于1,推测其为偏动物食性的杂食性鱼类,与蔡泽平等^[9]认为的金钱鱼为偏植食性有差异。原因可能为,本研究中金钱鱼主要采用海水鱼浮性饲料喂养,饵料中含有较高比例的蛋白质(比例约为42%),因此养殖环境尤其是饲料成分和来源是导致出现两者差异的主要原因。

动物对营养物质的消化吸收主要取决于消化能力,消化酶活力的高低直接影响动物对营养物质的消化能力从而影响生长。对不同年龄阶段黑尾近红鲃(*Ancherythroculter nigrocauda*)消化酶活性的研究显示,随着生长速度的变缓,蛋白酶和淀粉酶活力降低^[12];对体重为50~450g兰州鲇(*Silurus lanzhouensis*)的研究也证实,消化酶活力随鱼类年龄的增长而下降^[13]。本研究通过对1龄以下、1-2龄和2龄以上雌、雄金钱鱼消

化酶活性的研究发现:在快速生长期(1龄以下和1-2龄),雌鱼多数组织消化酶活力都高于雄鱼。其原因可能是雌鱼生长快速需要更多的能量,因此需要更多的消化酶及更高的酶活性来消化食物。除提高消化吸收率外,从外界获得更多的食物也是主要路径,这与本文生长性能实验中雌鱼的日摄食量显著大于雄鱼相符,即在相同的时间内,雌鱼消化更多的食物,以获得更多的能量用于生长。对2龄以下金钱鱼而言,其生长快于雄鱼与其具有较高的摄食量、食物转化率及较高的蛋白酶和淀粉酶活性有关。而本实验中2龄以上金钱鱼各组织消化酶活力并无差异,表明消化酶活性的大小并不是引起其雌、雄金钱鱼生长出现差异的原因,而更可能是能量分配差异等其他因素,具体原因尚有待进一步研究。

进入成鱼期后,鱼类生长与生殖间能量分配产生变化,生长速度变缓,其消化酶活力由于生活习性、内分泌机能以及摄取营养成分的质和量的变化也相应变化。对不同年龄段金钱鱼消化酶活力的研究显示,蛋白酶和淀粉酶随年龄增长降低,1龄以下组显著高于2龄以上组,与兰州鲂^[13]和大菱鲆^[14]的研究结果相符,即成鱼期随着年龄的增长消化酶比活性降低^[15],对蛋白质和淀粉的消化能力减弱。但2龄以上组金钱鱼脂肪酶显著大于1龄以下组,暗示高龄金钱鱼对脂肪有较强的消化能力。因此,根据生长阶段调整饲料成分,可有效降低养殖成本,提高饵料利用率。

不同种鱼类其消化道构造不同,有胃鱼类胃蛋白酶可将蛋白质进行初步消化^[16-17]。金钱鱼胃蛋白酶比活力极高,表明胃对蛋白质初步消化能力极强。本实验中,金钱鱼胰蛋白酶活力为肝脏>肠,其结果与鲢鱼(*Miichthys miiuy*)^[14]、卵形鲳鲹(*Trachinotus ovatus*)^[18]等的结果相似,但与兰州鲂^[13]和千年笛鲷(*Lutjanus sebae*)^[19]等研究结果不同。原因可能是由于不同鱼类分泌蛋白酶的部位和形式不同,鱼类分泌胰蛋白酶原必须在肠致活酶的作用下使之激活,才能促进肠对食物蛋白质的消化吸收,且肠是主要消化部位,因此在肠内可检测到很高的胰蛋白酶活性;此外,金钱鱼胃、肠和肝脏中具有较高的蛋白酶活性,与其饲料中具有较高蛋白质水平相关。有研究显示肝脏蛋白酶活力随饲料蛋

白质水平增加而增高^[20]。

除胰蛋白酶原外,鱼类淀粉酶也主要由肝脏分泌,但某些鱼类肠道、幽门垂等器官也可分泌淀粉酶。金钱鱼肝脏淀粉酶比活力高于肠道,与黑尾近红鲂^[12]、鳊^[21]和半滑舌鳎^[15]等的研究结果相符。金钱鱼胰脏弥散分布于肝脏中,其肠道中的淀粉酶应来源于肝脏。对卵形鲳鲹^[18]和大弹涂鱼^[22]等的研究结果显示,肠脂肪酶活力高于其他组织,且以前肠和中肠脂肪酶活力为最高,金钱鱼的研究结果与它们相同,因此前肠和中肠是金钱鱼消化脂肪的主要场所。金钱鱼肠内蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶都具有较高的酶活力,也符合肠是消化吸收主要场所的定论。

综上所述,2龄以下雌性金钱鱼生长快于雄鱼与其具有较高的摄食量、食物转化率及较高的蛋白酶和淀粉酶活性有关,而2龄以上金钱鱼雌、雄间生长速度出现差异与消化酶活性无关。

参考文献:

- [1] 王晓清,李传武,谢中国,等. 鳊雌雄生长差异的研究[J]. 淡水渔业,2006,36(3):34-37.
- [2] 孙洁. 尼罗罗非鱼产生雌雄生长差异的原因[J]. 天津水产,1985,32(1):37-42.
- [3] 马细兰,张勇,周立斌,等. 脊椎动物雌雄生长差异的研究进展[J]. 动物学杂志,2009,44(2):141-146.
- [4] HAGE N, SOLBERG C, JOHNSTON I A. Sexual dimorphism of fast muscle fibre recruitment in farmed Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) [J]. Aquaculture 2006,261:1222-1229.
- [5] TOGUYENI A, BAROILLER J F, FORTIER A, et al. Consequences of food restriction on short-term growth variation and on plasma circulating hormones in *Oreochromis niloticus* in relation to sex[J]. General and Comparative Endocrinology, 1996,103:167-175.
- [6] MA Q, LIU S F, ZHUANG Z M, et al. Genomic structure, polymorphism and expression analysis of the growth hormone (GH) gene in female and male Half-smooth tongue sole (*Cynoglossus semilaevis*) [J]. Gene,2012,493:92-104.
- [7] DEGANI G, TZCHORI I, YOMDIN S, et al. Growth differences and growth hormone expression in male and female European eels (*Anguilla anguilla*) [J]. General and Comparative Endocrinology,2003,134:88-93.
- [8] 马细兰,张勇,黄卫人,等. 尼罗罗非鱼生长激素及其受体的cDNA克隆与mRNA表达的雌雄差异分析[J]. 动物学报,2006,52(5):924-933.
- [9] 蔡泽平,王毅,胡家玮,等. 金钱鱼繁殖生物学及诱导产卵试验[J]. 热带海洋学报,2010,29(5):180-185.
- [10] TOGUYENI A, FAUCONNEAU B, BOUJARD T, et al.

- Feeding behaviour and food utilisation in *Tilapia, Oreochromis Niloticus*: Effect of Sex Ratio and Relationship With the Endocrine Status[J]. *Physiology & Behavior*, 1997, 62(2):273-279.
- [11] BIESIOT P M, CAPUZZO J M. Change in digestive enzyme activities during early development of the american lobster *Homarus americanus* [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1990, 136(2): 107-122.
- [12] 白晓慧,王贵英,熊传喜. 不同年龄黑尾近红鲷消化酶活性比较[J]. *淡水渔业*, 2007, 37(3): 30-33.
- [13] 王远吉,任晓月,冯占虎,等. 不同生长阶段兰州鲇消化酶活性的比较研究[J]. *水生态学杂志*, 2009, 2(1): 54-57.
- [14] MUNILLAMORAN R, STARK J R, BARBOUR A. The role of exogenous enzymes in digestion cultured turbot larvae (*Scophthalmus maximus* L.) [J]. *Aquaculture*, 1990, 88: 337-350.
- [15] 马爱军,柳学周,吴莹莹,等. 消化酶在半滑舌鳎成鱼体内的分布及仔稚幼鱼期的活性变化[J]. *海洋水产研究*, 2006, 27(2): 43-48.
- [16] 周景祥,陈勇,黄权,等. 鱼类消化酶的活性及环境条件的影响[J]. *北华大学学报:自然科学版*, 2001(1): 70-74.
- [17] 黄小燕,吴天星,李军,等. 鳊鱼消化酶活性的研究[J]. *水利渔业*, 2006, 26(4): 86-87.
- [18] 区又君,罗奇,李加儿,等. 卵形鲳鲹消化酶活性的研究 I 成鱼和幼鱼消化酶活性在不同消化器官中的分布及其比较[J]. *南方水产科学*, 2011, 7(1): 50-55.
- [19] 吴勇,区又君,李希国. 消化酶活力在千年笛鯛幼鱼不同消化器官中的比较研究[J]. *南方水产*, 2006, 2(2): 61-63.
- [20] 黄耀桐. 草鱼肠道、肝胰脏蛋白酶活性初步研究[J]. *水生生物学报*, 1988, 12(4): 328-333.
- [21] 李玲,楚国生. 鳊鱼消化酶活性的研究[J]. *吉林水利*, 2010(1): 50-52.
- [22] 吴仁协,戈薇,洪万树,等. 大弹涂鱼成鱼消化酶活性的研究[J]. *中国水产科学*, 2007, 14(1): 99-105.

Growth performance and digestive enzyme activity between male and female *Scatophagus argus*

WU Bo^{1,2}, YE Man^{1,2}, CHEN Luan-luan^{1,2}, DENG Si-ping^{1,2}, ZHU Chun-hua^{1,2}, SHI Shang-li^{1,2}, LI Guang-li^{1,2}

(1. Fisheries College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, Guangdong, China; 2. Key Laboratory of Aquaculture in South China Sea for Aquatic Economic Animal of Guangdong Higher Education Institutes, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, Guangdong, China)

Abstract: In the present study, we investigated the individual day food consumption (I_{DF}), specific growth rate (SGR), food conversion (FC), and gonadosomatic index (GSI) between males and females *Scatophagus argus* 1 year old, as well as activities of trypsin, amylase and lipase in stomach, hepatopancreas and intestinae in *S. argus* below 1 year old, 1-2 years old, and above 2 years old. Result showed that individual day food consumption, specific growth rate and food conversion in female *S. argus* was significantly higher than males ($P < 0.05$). GSI increased from March to May, and a significantly higher GSI could be found in females at the end of experiment. Pepsin in stomach, amylase and trypsin (except hindgut) in hepatopancreas and intestinae exhibited higher activities in females than males in below 1 year old and 1-2 years old fish, but no difference was found in lipase, pepsin, amylase and trypsin between males and females *S. argus* above 2 years old. Activities of pepsin, trypsin and amylase were highest in fish below 1 year old, then in 1-2 years old, and the lowest in that above the 2 years old. However, a reverse trend was found in lipase, and a significant difference was found in the above enzymes (except some tissues) between 1 year old and 2 years old fish. Results suggested that faster growth rate in females *S. argus* below 2 years old than males was related to the higher IDF, FC and activities of protease and amylase, but that in fish above 2 years old had nothing to do with digestive enzyme.

Key words: *Scatophagus argus*; gender; growth performance; digestive enzymes