

《水生态学杂志》校样稿校对须知 与校对方法说明

校对须知.....	2
校对方法说明.....	3
校样修改示例.....	7

《水生态学杂志》编辑部
2015年7月20日

校对须知

特别提示：此次 PDF 校对是作者最后一次修改机会，请注意一切问题的修改均只能在本次 PDF 校对上完成。为确保准期出版，此后不再接受其他形式的补充修改。

1. 登录投稿系统下载校样稿后，应用 PDF 文件的校对功能（具体校对方法见后）对校样稿进行电子校对。

2. 消除文中的错别字。

3. 核实全文中的变量和拉丁学名是否都已改为斜体字。

4. 核实全文的法定计量单位是否已全部采用国际单位符号。

5. 核实图题、图的坐标名、表题、表头是否都已具备中、英 2 种文字，变量须给出单位符号，逐图核对图内文字。

6. 使用的地图必须是国家最新审定的标准图，尤其是涉及国界、地域界和海域界的地图务必准确。。

7. 中文的作者名、单位和英文摘要中的作者名和单位须一一对应，否则由于著作权署混乱，文章将不能刊用。

8. 逐一核实参考文献引用是否严格执行了作者-出版年制。文中引用和文后著录的参考文献要一一对应，文后著录的参考文献项目要齐全。具体可阅读《参考文献注录规则》。

9. 给出通信作者 E-mail 。

10. 在校样上给出有效的手机号码以便及时沟通。

11. 保留好一份备份以便有问题核对。

12. 请勿作文字上大的改动，以免增加改版困难，否则将存版不能按期刊出。

特别注意：

1. 如返回的校样没有彻底解决如上问题，将做存版处理。当期不予刊出。

2. 如参考文献修改较多，请发电子版（word）到水生态学杂志邮箱，修改处请用红色字标识。

校对方法说明

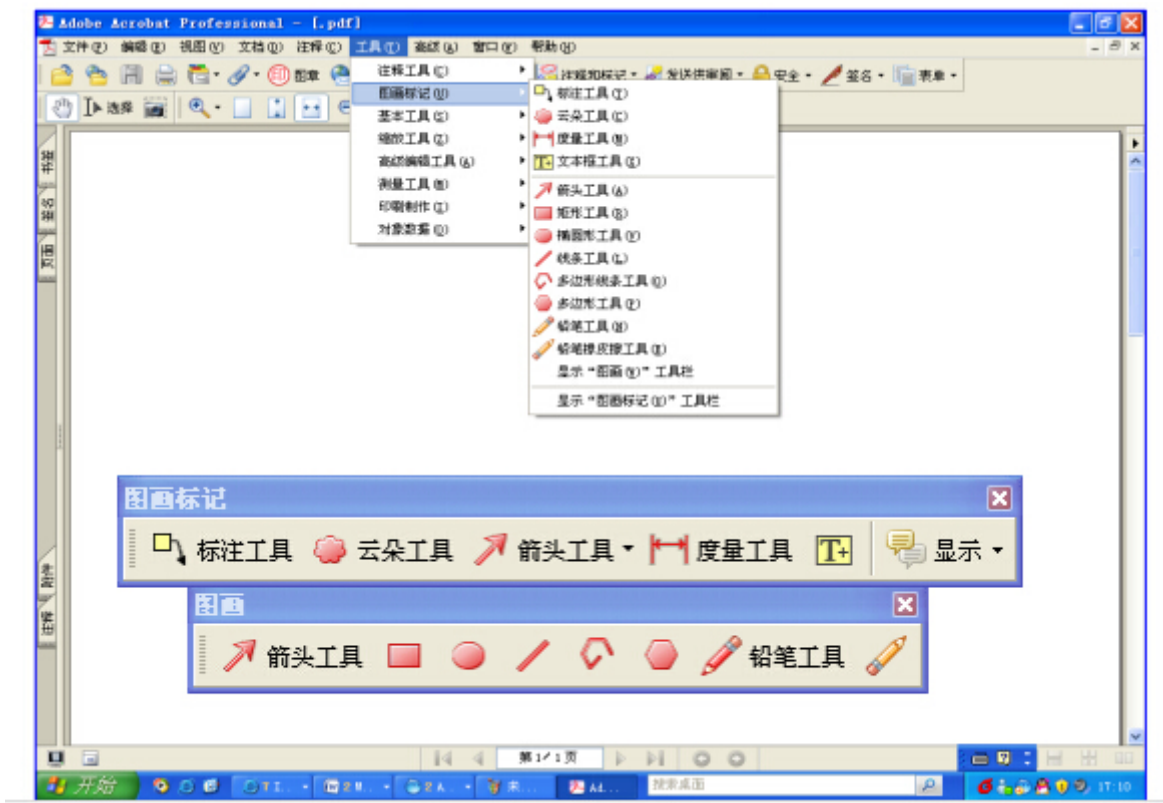
特别提示：对《水生态学杂志》校样稿进行校对编辑需要使用 Adobe Acrobat Professional 5.0 版本以上的软件。该软件可以免费在国内主要的软件下载网站进行下载安装。本文主要对 Adobe Acrobat Professional 7.0 版本软件的校对功能和方法进行说明。

《水生态学杂志》提供给作者的校样稿为一个 PDF 文件，该 PDF 文件是由排版软件直接输出转化而来的，由于文档转化格式的限制，该版本的校样稿无法直接通过应用 PDF 软件的文本编辑功能实现校对。《水生态学杂志》校样稿的校对工作主要是通过 PDF 软件的图画功能实现的。

1. 图画工具条的显示

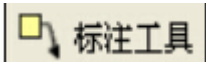
工具——图画标记——显示“图画工具”——图画工具条

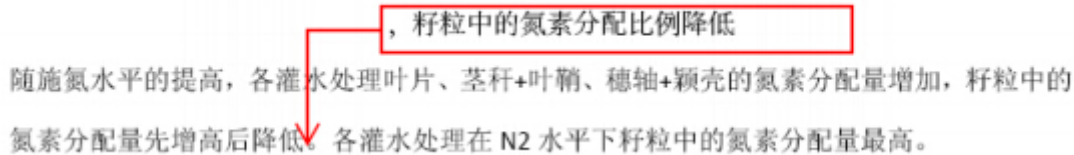
工具——图画标记——显示“图画标记工具”——图画标记工具条







2. 校对格式要求

(1) 插入内容

使用图画标记工作条中的“标注工具” 。将箭头指向内容插入处，把需要补充的内容写在文本方框内。鼠标左键单击选中“标注工具”，将其调整到适合大小。鼠标左键再次选中“标注工具”，右键点击“标注工具”，选择属性，更改“填充颜色”为无色或白色，更改“外框颜色”为红色。示例：

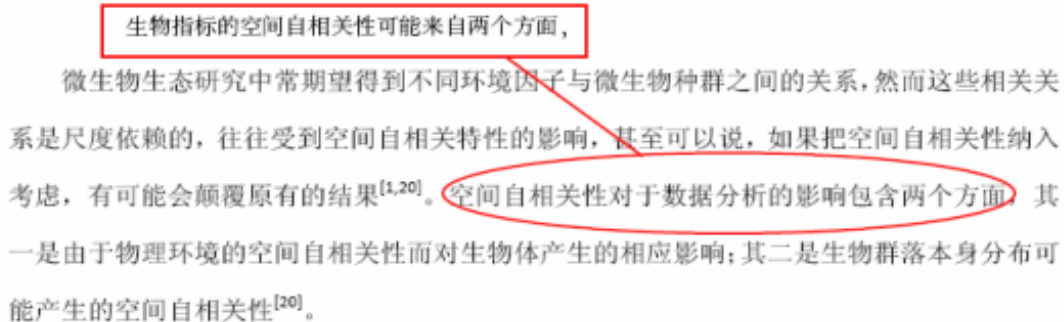
，籽粒中的氮素分配比例降低
随施氮水平的提高，各灌水处理叶片、茎秆+叶鞘、穗轴+颖壳的氮素分配量增加，籽粒中的氮素分配量先增高后降低，各灌水处理在 N2 水平下籽粒中的氮素分配量最高。

(2) 替换内容

组合使用图画标记工作条中的“椭圆形工具” 、“直线工具” 、“长方形工具” 和“文本框工具” 。

应用“椭圆形工具”将需要被替换的文章内容包围在椭圆形框内。使用“长方形工具”在校样空白处画一个大小合适的长方形框，在长方形框内使用“文本框工具”画一个大小适合的文本框，并输入需要替换的内容。使用“直线工具”画一条直线将椭圆形中的被替换内容与长方形中的替换内容连接。

“长方形工具”、“直线工具”和“椭圆形工具”画出的线和框被系统默认为红色，无需修改。“文本框工具”画出的文本框需要改变颜色，方法为：左键选中文本框，右键“文本框”，选择属性，更改“填充颜色”为无色或白色，更改“外框颜色”为白色。示例：

生物指标的空间自相关性可能来自两个方面，
微生物生态研究中常期望得到不同环境因子与微生物种群之间的关系，然而这些相关关系是尺度依赖的，往往受到空间自相关特性的影响，甚至可以说，如果把空间自相关性纳入考虑，有可能会颠覆原有的结果^[1,20]。空间自相关性对于数据分析的影响包含两个方面，其一是由于物理环境的空间自相关性而对生物体产生的相应影响；其二是生物群落本身分布可能产生的空间自相关性^[20]。

PDF 软件的“文本框工具”无法实现文本的“斜体”或“上下脚标”功能，在修改校样中如遇这类问题请按下图操作。

Abstract: Changes in aboveground dry matter (*DM*), leaf area index (*LAI*), photosynthetically active radiation (*PAR*), solar energy utilization efficiency, and configuration of plant were investigated in field experiment during the growing seasons of summer soybean (*Glycine max* cv. Ludou 4) in 2006 and 2007. The summer soybean experiment consists of 5 planting patterns under the same plant population density (3.09×10^5 plant/ha). Row spacing (cm) plant spacing (cm) was 18 cm \times 18 cm (A), 27 cm \times 12 cm (B), 36 cm \times 9 cm (C), 45 cm \times 7.2 cm (D), and 54 cm \times 6 cm (E), respectively.

hm2 (2为上脚标)

2) 光合有效辐射(*PAR*), 结荚期选择典型的晴天(8:00-17:00), 用 Sunscan(美国 WESCOR 公司, 线性探头)分别在夏大豆行间按对角线形式测定冠层上方、株高 1/2 和基部的 *PAR* 入射量和反射量, 每 1 h 测定 1 次, 计算 2 d 的 *PAR* 截获率、透射率和反射率平均值。

改为斜体

3) 光能利用率由公式 $E(\%) = \frac{\Delta W \cdot H}{\Sigma S}$ 求得^[18], 式中 ΔW 为作物产热率(KJ/kg), H 为作物籽粒产量(kg/hm²), ΣS 为夏大豆生育期间投入到单位面积上的总辐射量(MJ/hm²), 由泰安市农业气象站(距试验地 500 m)提供。

(3) 删除内容

组合使用“椭圆形工具”



和“铅笔工具”



应用“椭圆形工具”将需要被删除的文章内容包围在椭圆形框内，使用“铅笔工具”任意画一条曲线从椭圆形框内延伸到框外的空白处。“直线工具”和“铅笔工具”画出的框和线均被系统默认为红色，因此无需改变线条的颜色。示例：

r 为各形态性状与产量相关系数, 同列数据中不同小写字母表示 5% 的显著差异
r is regression coefficient of configuration and yield, and
 values followed by different small letters within a column are significantly different at level of 0.05

(4) 补充信息

组合使用“长方形工具”



和“文本框工具”



。如果需
 要在校样稿上给《水生生态学杂志》编辑部留言或者补充提供一些与校样内容无关的信息，
 请使用“长方形工具”在校样第一页顶部空白处或者校样最后一页底部空白处画一个大小合
 适的长方形框，使用“文本框工具”在长方形框内画一个大小适合的文本框，并输入相应文
 字内容。示例：

联系电话: (027) 12345678
邮寄地址: 武汉市雄楚大街578号, 《水生态学杂志》编辑部, 邮编: 430079

第36卷第4期
2015年 7月

水生态学杂志
Journal of Hydroecology

Vol. 36, No. 4
Jul. 2015

DOI:10.15928/j.1674-3075.2015.04.002

菊黄东方鲀当年鱼种养殖阶段消化酶活性研究

菊黄东方鲀当年鱼种养殖阶段消化酶活性研究

刘永士, 施永海, 张根玉, 张海明, 谢永德, 徐嘉波, 邓平平, 张宗锋

(上海市水产研究所, 上海市水产技术推广站, 上海 200433)

摘要:为了研究池塘养殖菊黄东方鲀(*Takifugu flavidus*)鱼种生长及肠组织中消化酶活性随生长的变化,2012年5-11月进行室外养殖试验,池塘面积0.2 hm²,水深1.5~2.0 m,鱼苗体长1.2~1.5 cm,放养密度为22.5万尾/hm²,试验用海水盐度5~15,水温为15~35℃,pH 8~9;测定当年鱼种不同生长阶段的体长、体质量、肝重、肠长等生长指标,通过生物化学方法测定了其肠组织主要消化酶活性。结果表明,菊黄东方鲀幼鱼体长、体质量与养殖天数均呈指数相关($L=27.07e^{0.008t}$, $W=1.0982e^{0.002t}$);体长与体质量呈幂函数增长相关($W=3 \times 10^{-3}L^{2.33}$),且为异速生长。不同生长阶段菊黄东方鲀肝体比、比肠长、肥满度的变化显著($P<0.05$);肝体比随生长呈显著上升趋势($P<0.05$),变化范围为4.15%~20.23%;比肠长则呈显著下降趋势($P<0.05$),变化范围为0.97%~2.33%,不同生长阶段肥满度变化为3.99%~5.11%。菊黄东方鲀肠组织碱性蛋白酶和淀粉酶活性均随生长呈显著降低趋势($P<0.05$),最大值均出现在养殖40 d(83.11 U/mg与3.13 U/mg);酸性蛋白酶活性呈先下降、后上升趋势($P<0.05$),最小值(0.34 U/mg)与最大值(0.86 U/mg)分别出现在113 d和166 d;脂肪酶活性随生长变化不显著($P>0.05$)。研究表明,菊黄东方鲀鱼种的生长与养殖条件的改变存在密切关系;肝体比、比肠长等与鱼的发育及营养摄入存在一定关系;肠组织不是生成蛋白酶和淀粉酶的主要器官。

关键词:菊黄东方鲀;生长;消化酶**中图分类号:**Q176 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2015)04-0008-05

随着水产养殖业的迅猛发展,作为鱼类消化生理的重要内容,其消化酶的相关研究日益受到重视。目前,已有关于不同发育阶段草鱼(*Ctenopharyngodon idella*) (曹香林等,2009)、月鲢(*Channa asiatica*) (阮国良等,2010)、黑尾近红鲷(*Ancherythroculter nigrocauda*) (白晓慧等,2007)、兰州鲇(*Silurus lanzhouensis*) (王远吉等,2009)、宝石鲈(*Scortum barcoo*) (安丽等,2012)、细鳞鲟(*Brachymystax lenok*) (徐革锋等,2012)、黄鳍(*Monopterus albus*) (戴贤君和舒妙安,2002)等消化酶活性方面的研究;尚未见到有关菊黄东方鲀(*Takifugu flavidus*)当年鱼种不同生长阶段肠组织消化酶活性的报道。

菊黄东方鲀属鲀形目、鲀科、东方鲀属,主要分布于我国东海、黄海及渤海,为温带近海底层鱼类(杨竹筋等,1991)。刘永士等(2014)研究了菊黄东

方鲀仔稚鱼生长特点及消化酶活性的变化;然而,鱼类在养成期,由于营养需求的不同,消化酶活性也会发生相应的变化(白晓慧等,2007)。本试验通过对池塘规模化养殖中菊黄东方鲀当年鱼种在整个夏秋养殖周期的连续采样,研究菊黄东方鲀肠组织消化酶活性的变化与生长的关系,旨在为其养殖及科学投饲提供基础理论和实践支持。

1 材料方法

1.1 材料

试验于2012年5-11月在上海市水产研究所苗种技术中心的室外养殖塘进行,面积为0.2 hm²,南北长方形,水深1.5~2.0 m。试验用水为本地海水,水温为15~35℃,盐度5~15,pH 8~9。池塘配有1台1.5 kW叶轮式增氧机,试验用鱼为人工催产孵化的菊黄东方鲀苗种,在室内养殖池经过1个月的强化培育,于2012年5月31日(27日龄)将体长为1.2~1.5 cm的苗种放入室外池塘,放养密度为22.5万尾/hm²,于8月2日(养殖63 d,90日龄)拉网分塘,试验池塘中剩余5 000尾。

1.2 方法

1.2.1 养殖管理 菊黄东方鲀苗种初放入池塘,仅摄食天然饵料枝角类和桡足类,10 d后逐步驯化摄

收稿日期:2014-12-20

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项(201208065);上海长江口主要经济水生动物人工繁育工程技术研究中心(13DZ2251800)。

作者简介:刘永士,1985年生,男,工程师,主要从事养殖水环境调控与水产动物繁育及其生态生理学研究。E-mail:liuyongshi@163.com

通信作者:施永海。E-mail:yonghai@163.com

食人工饲料,在每天8:30和14:00投喂2次,投喂后2h检查饵料摄食情况,酌情增减。养殖前30d换水1次,之后每15d换水1次。

1.2.2 样品采集与预处理 从养殖第40天开始采样,采样周期为12~18d。取组织样品前,先饥饿处理24h,随机取30尾鱼,测定体长和体质量,然后随机分成3组,每组10尾,放到冰盘中解剖,取出肝脏和肠,用预冷生理盐水冲洗干净,去除肠内容物,用滤纸吸干,测肝重和肠长,放入已事先预冷的离心管中,置于-80℃冰箱中保存备用。测试前在0~4℃冰箱中解冻,称取适量组织样本(0.1~0.2g),加入9倍体积的预冷生理盐水,冰浴匀浆,冷冻离心(0~4℃,3500 r/min,10 min),取上清液即刻测定肠消化酶活性。

1.2.3 酶活力的测定

(1) 酸性蛋白酶和碱性蛋白酶 参照吉红等(2012)方法略作修改。酸性蛋白酶和碱性蛋白酶均以1%干酪素溶液作为底物。0.1 mL酶液与2 mL底物溶液混合后,于37℃水浴中准确反应30 min,加入1 mL 30%三氯醋酸终止反应。反应液放入离心机中离心10 min(3500 r/min)。取1.0 mL上清液,加入5 mL的 Na_2CO_3 (0.4 mol/L)和0.5 mL福林酚试剂,混匀后在37℃水浴中孵化15 min,冷却后在660 nm波长下进行比色。以酪氨酸溶液作为标准。蛋白酶活性定义为:在37℃条件下,每毫克组织蛋白、每分钟水解干酪素生成1 μg酪氨酸所需的酶量(U/mg)。

(2) 脂肪酶 于锥形瓶中加入5 mL的0.025 N磷酸缓冲液(pH 7.5)和4 mL聚乙烯醇橄榄油乳化液,于37℃水浴中加热5 min,加入0.1 mL酶液,37℃下保温15 min,加入15.0 mL 95%乙醇终止酶反应。加酚酞指示剂3滴,用0.025 N标准NaOH滴定至微红色,并同时做空白对照(刘永士等,2012)。脂肪酶(LPS)活性定义为:在37℃条件下,每毫克组织蛋白、每分钟催化产生1 μg脂肪酸所需的酶量(U/mg)。

(3) 淀粉酶 使用南京建成生物工程研究所的淀粉酶(AMS)测定试剂盒进行测定。淀粉酶(AMS)活性定义为:组织中每毫克蛋白在37℃、pH 7.0条件下与底物作用30 min,水解10 mg淀粉定义为一个酶活力单位(U/mg)。

(4) 组织蛋白 采用考马斯亮兰法测定组织匀浆液蛋白含量。试剂盒购自南京建成生物工程研究所,按试剂盒说明书要求操作。

1.3 数据处理

采用SPSS 12.0处理数据,用单因素方差分析(One-way ANOVA)和邓肯新复极差法对各组数据进行显著性差异分析和多重比较, $P < 0.05$ 表示差异显著。利用Excel 2003作图,并用SPSS 12.0对各回归方程进行显著性检验, $P < 0.01$ 表示差异极显著。分别用指数函数分析体长、体质量与养殖天数关系,用幂函数分析体长与体质量关系。

体长与养殖天数的关系式: $L = ae^{bt}$

体质量与养殖天数的关系式: $W = ae^{bt}$

体长与体质量的关系式: $W = aL^b$

肥满度: $CF = 100 \times W/L^3$

比肠长: $RLB = L_c/L$

肝体比: $HSI = 100 \times W_h/W$

式中: L 为体长(cm), L_c 为肠长(cm), t 为养殖天数(d); W 为体质量(g), W_h 为肝重(g), a 和 b 为常数。

2 结果与分析

2.1 鱼种生长情况

试验期间菊黄东方鲀当年鱼种生长见图1、图2、表1。体长(L)与体质量(W)呈幂函数相关, $W = 3 \times 10^{-5} L^{3.1070}$, $R^2 = 0.9915$ (图1)。体长(L)、体质量(W)与养殖天数(t)呈指数相关, $L = 27.07 e^{0.002t}$, $R^2 = 0.9454$, $P < 0.01$; $W = 1.0982 e^{0.002t}$, $R^2 = 0.9326$, $P < 0.01$ (图2)。由图2可知,当年产菊黄东方鲀在入塘养殖69~113 d,体长与体质量加速生长。

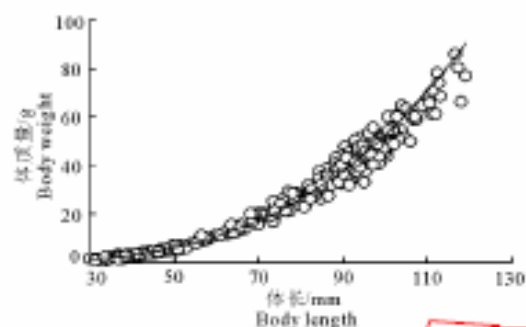


图1 菊黄东方鲀幼鱼体长与体质量的关系
Fig.1 The relationship between body length and body mass of tawny puffer juvenile fish

菊黄东方鲀当年鱼种不同生长阶段的肝体比、肥满度与比肠长存在显著性差异($P < 0.05$)(表1)。随养殖天数延长,肝体比呈上升趋势,在养殖84~96 d,大幅度升高了154.0%;之后虽仍上升,但幅度较小。试验期间,幼鱼肥满度波动较小,最大值

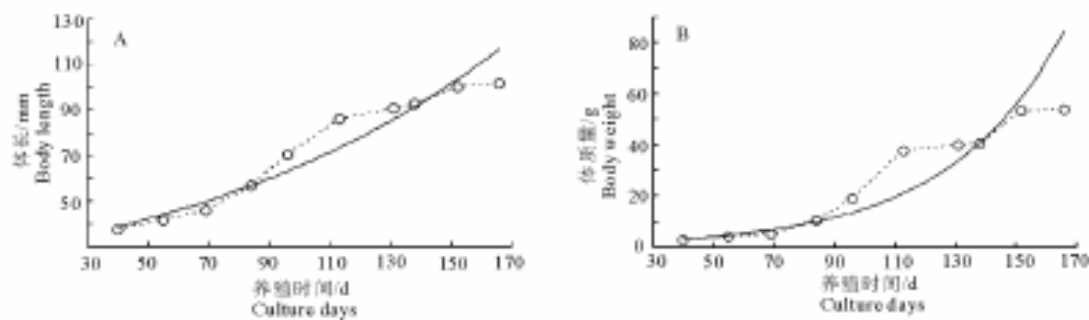


图2 菊黄东方鲀幼鱼体长和体质量与养殖时间的关系

Fig.2 The relationships between body length or body mass and culture days of tawny puffer juvenile fish

表1 不同生长阶段菊黄东方鲀幼鱼各生长指标的变化

Tab.1 The growth indexes of tawny puffer juvenile fish at different growth stages

养殖时 间/d	肝体比/%	肥满度/%	比肠长
40	4.15 ± 0.07 ^a	5.06 ± 0.11 ^{ab}	2.33 ± 0.12 ^a
55	5.89 ± 1.10 ^a	3.99 ± 0.36 ^b	1.74 ± 0.35 ^{ab}
69	8.16 ± 0.50 ^{bc}	4.21 ± 0.17 ^{bc}	1.43 ± 0.25 ^{bc}
84	6.80 ± 0.45 ^{bc}	3.97 ± 0.16 ^b	1.17 ± 0.14 ^{bc}
96	17.27 ± 0.70 ^d	4.61 ± 0.06 ^{cd}	1.29 ± 0.22 ^{bc}
113	17.67 ± 1.92 ^d	4.80 ± 0.41 ^{cd}	1.31 ± 0.31 ^{bc}
131	18.26 ± 2.29 ^d	5.11 ± 0.29 ^d	1.90 ± 0.09 ^d
138	20.23 ± 0.28 ^d	5.05 ± 0.40 ^d	1.01 ± 0.09 ^c
152	19.63 ± 1.94 ^d	4.75 ± 0.03 ^{cd}	0.97 ± 0.04 ^c
166	19.87 ± 0.72 ^d	4.83 ± 0.05 ^{cd}	1.02 ± 0.08 ^c

注:同列内平均数后字母不同者表示差异显著 ($P < 0.05$), $n = 10$ 。

Note: Mean in the same row followed by the different letter are significantly different ($P < 0.05$), $n = 10$.

出现在养殖 131 d, 最小值出现在养殖 84 d; 比肠长随养殖天数延长呈下降趋势, 最大值出现在养殖 40 d, 为 2.33。

字母错了

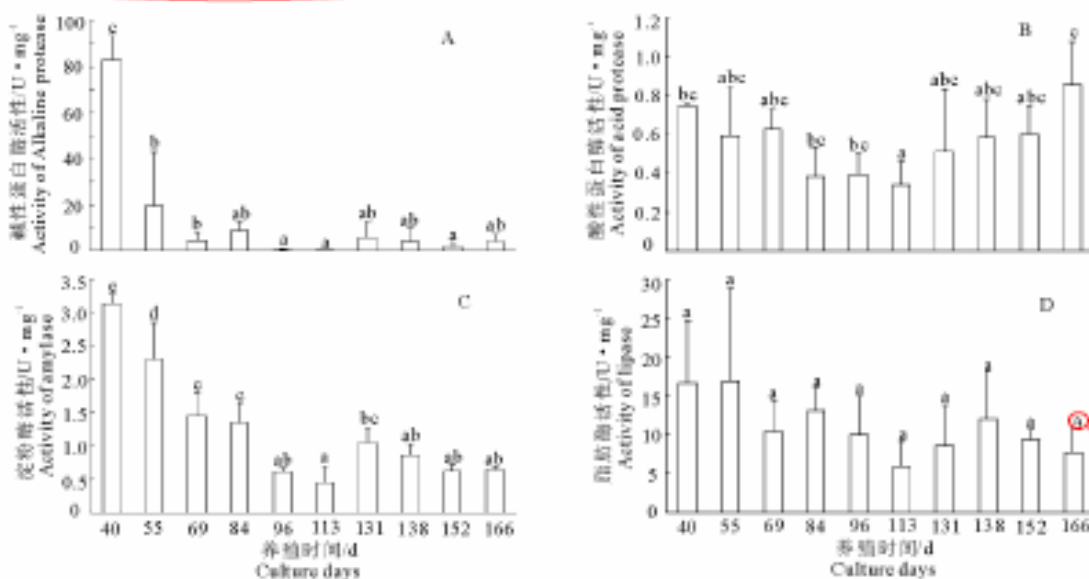


图3 不同生长阶段菊黄东方鲀幼鱼肠道消化酶活性的变化

Fig.3 Changes of digestive enzyme activities in the intestine of tawny puffer juvenile fish at different growth stages

2.2 不同生长阶段的肠消化酶活性变化

在本试验条件下, 菊黄东方鲀肠道在不同生长阶段均可检测到碱性蛋白酶、酸性蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶的活性, 除脂肪酶外, 其余各酶活性均具有显著性差异 ($P < 0.05$)。碱性蛋白酶活性随养殖天数延长呈下降趋势 (图 3-A), 养殖 40 d, 其活性最高 (83.11 U/mg), 至 55 d, 降低了 76.5%, 至 19.50 U/mg, 最小值出现在 133 d (0.22 U/mg)。养殖 40 ~ 113 d, 酸性蛋白酶活性逐渐降低了 54.7% ($P < 0.05$), 至最小值 0.34 U/mg, 之后至 166 d, 其活性显著升高了 152.9% ($P < 0.05$), 至最大值 0.86 U/mg (图 3-B)。淀粉酶活性随养殖天数延长呈下降趋势, 最大值出现在 40 d (3.13 U/mg), 最小值出现在 113 d (0.46 U/mg) (图 3-C)。试验期间, 脂肪酶活性虽有波动, 但不存在显著性差异 ($P > 0.05$), 说明其活性基本稳定 (图 3-D)。

3 讨论

3.1 菊黄东方鲀当年鱼种生长型分析

鱼类生长分为快速生长、稳定生长和衰老3个阶段(兰永伦和罗秉征,1995),与幼鱼到成鱼的3个生长模式相对应,即异速生长-等速生长-异速生长。鱼类生长模型可利用体长与体质量生长关系方程 $W = aL^b$ 中的 b 值来判断, $b = 3$ 为等速生长, $b \neq 3$ 为异速生长(黄真理和常剑波,1999)。本试验 b 值为3.1070,小于仔稚鱼的 b 值(3.3079)(刘永士等,2014),而大于1龄越冬鱼种($b = 2.9122$)(谢永德等,2012),说明本试验的菊黄东方鲀为异速生长,且此阶段为其由异速生长向等速生长的过渡阶段。由于在63 d进行拉网分塘操作,降低了养殖密度,菊黄东方鲀幼鱼体长与体质量均从69 d后加快生长(图2),这也可能分别影响了体长与体质量的生长模式,进而导致其异速生长。研究表明,在人工调控温度、营养和水质等养殖条件下,处于适宜生活环境的金龙鱼(*Sceloporus formosus*)幼鱼生长参数基本同步(牟希东等,2010)。

3.2 菊黄东方鲀肝体比和比肠长指数变化分析

环境条件的差异会导致生物体各组织器官产生相应的可塑性变化(Relyea & Auld,2004)。鱼类的肝体比和比肠长是对长期和短期营养方式很敏感的指标。柯志新等(2012)研究发现,鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)和鳊(*Aristichthys nobilis*)由于食性生态位的不同,鲢较鳊有更大的比肠长,而肝体比则相反,且鲢和鳊的比肠长与肝体比随其摄食饵料改变与生长而变化显著。研究发现,鲈(*Dicentrarchus labrax*)摄食低质难消化的食物时通常会发展更长的肠道系统(Olsson et al,2007)。试验中,菊黄东方鲀的比肠长呈下降趋势,一方面可能是个体生长发育规律使然,另一方面也说明其幼鱼养殖所用的饵料易消化。肝脏是鱼类重要的营养储存场所,在营养不良或营养过剩时,肝脏的重量会发生显著的变化(柯志新等,2012)。本试验中,菊黄东方鲀肝体比呈上升趋势,这可能由个体发育造成的,而在96 d大幅度升高,则主要是因为摄食量的快速增加,造成机体营养过剩,营养物质在肝脏中累积。研究表明,鲈(Pers & Oliva-Teles,1999)和梭鱼(*Chelon haematocheilus*)(张春暖等,2012)摄食脂肪含量高的饲料,会导致肝脏中的脂肪累积;由此可推测,机体摄食营养如果超过其消化吸收的能力,亦会造成营养在体内的累积,而肝脏作为鱼类中间代谢的主要器

官(柯志新等,2012),其影响尤为明显。

3.3 肠组织中消化酶活性随生长的变化特点

鱼在不同的生长阶段,由于消化器官的发育、内分泌机能的增强、各种习性的变化以及摄取营养成分的质和量的变化,消化酶活性也产生相应的变化,已在宝石鲈(安丽等,2012)、兰州鲈(王远吉等,2009)、月鲮(阮国良等,2010)等相关研究中得到证实。本试验中,菊黄东方鲀幼鱼肠中各主要消化酶活性随生长变化显著,这与上述报道一致。然而消化酶活性除受到生长发育的影响外,也受到生存环境(赵吉伟等,2012)、饵料营养成分(章龙珍等,2014)、盐度(李希国等,2006)等外界因子的影响;因此本试验中消化酶活性的变化规律仅在此试验养殖条件下有效。

水产动物各种消化酶活性常表现平行变化关系,当其中的1种酶活性提高或降低时,其它几种酶活性也相应提高或降低(周玮等,2010)。周玮等(2009)对池塘养殖仿刺参(*Apostichopus japonicus*)生理状态周年变化的研究以及陈品健等(1998)对夏、冬季真鲷(*Pagrosomus major*)仔、稚、幼鱼不同发育阶段蛋白酶和淀粉酶活力的比较研究,均发现其淀粉酶和蛋白酶活性具平行性变化特点。本试验中,菊黄东方鲀肠组织中碱性蛋白酶与淀粉酶活性均随生长逐渐降低,具平行变化关系。消化酶活性的高低反映了鱼类生长过程中营养吸收能力,而鱼类对营养的消化和吸收能力直接关系其生长、发育乃至繁殖等重要生命活动,菊黄东方鲀肠组织碱性蛋白酶与淀粉酶活性的急剧降低(图3),且酸性蛋白酶活性较低,势必造成其对营养的摄取和吸收能力降低;菊黄东方鲀幼鱼体长、体质量不断增加,尤其在69 d后出现加速生长,说明其幼鱼肠道虽是食物重要的消化场所,但肠道组织并不是生成蛋白酶和淀粉酶的主要器官。倪寿文等(1992)对鲤(*Cyprinus carpio*)、草(*Ctenopharyngodon idellus*)、鲢、鳊和尼罗罗非鲫(*Tilapia nilotica*)的研究认为,淀粉酶主要由散布在肝脏内的胰组织分泌,并且在进入肠道后进一步被激活;Das & Tripathi(1991)对黑鲈(*Micropterus* sp.)、丁鱼(*Phoxinus tinca*)和鲤的研究发现,胰脏主要分泌蛋白酶原,在肠液酶的作用下,不仅激活蛋白酶原,同时肠液还可增强蛋白酶的作用。在养殖生产中,可通过在饲料中添加蛋白酶原和淀粉酶原等方式,弥补自身消化酶分泌的不足,提高菊黄东方鲀肠道对蛋白和碳水化合物的消化吸收能力,从而提高养殖效益。

许多研究表明,鱼类肠道中脂肪酶活性最高(白晓慧等,2007;王远吉等,2009;安丽等,2012),而脂肪酶的活性与饵料的脂肪含量呈正相关(徐革锋等,2012)。本试验表明,随着菊黄东方鲀幼鱼的生长,其脂肪酶活性保持稳定,一方面与试验所用饲料成分稳定有关,另一方面可能是鱼体自身调节的结果。

参考文献

- 安丽,张龙岗,董学斌,等. 2012. 不同生长阶段宝石鲈消化酶活性的初步研究[J]. 淡水渔业,42(1):85-88.
- 白晓慧,王贵英,熊传喜. 2007. 不同年龄黑尾近红鲷消化酶活性比较[J]. 淡水渔业,37(3):30-33.
- 曹香林,郭磊,彭墨,等. 2009. 不同发育阶段草鱼消化酶活力的变化及其昼夜节律[J]. 河南农业科学,(7):120-123.
- 陈品健,王重刚,郑森林. 1998. 夏、冬两季真鲷仔、稚、幼鱼消化酶活性的比较研究[J]. 海洋学报,20(5):90-92.
- 戴贤君,舒妙安. 2002. 黄鳍不同生长阶段消化器官及其消化酶的变化[J]. 上海交通大学学报:农业科学版,20(2):113-116.
- 黄真理,常剑波. 1999. 鱼类体长与体重关系中的分形特征[J]. 水生生物学报,23(4):330-336.
- 吉红,孙海涛,田晶晶,等. 2012. 匙吻鲟仔稚鱼消化酶发育的研究[J]. 水生生物学报,36(3):1-9.
- 柯志新,谢平,过龙根,等. 2012. 太湖梅梁湾生物控藻围栏内鲢、鳙比肠长和比肝重的动态变化[J]. 水生态学杂志,33(3):9-13.
- 兰永伦,罗秉征. 1995. 东海6种石首鱼的年龄鉴定与体长特性的研究[J]. 海洋与湖沼(增刊),26(5):108-114.
- 李希国,李加儿,区又君等. 2006. 盐度对黄鳍幼鱼消化酶活性的影响及消化酶活性的昼夜变化[J]. 海洋水产研究,27(1):40-45.
- 刘永士,施永海,张根玉,等. 2014. 菊黄东方鲀仔稚鱼生长及其消化酶与抗氧化酶活性[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版,40(6):688-696.
- 刘永士,臧维玲,侯文杰,等. 2012. 不同生长阶段和养殖水位凡纳滨对虾酶活性变化情况[J]. 水产科技情报,39(1):10-14.
- 牟希东,王培欣,胡隐昌,等. 2010. 亚洲龙鱼形态结构及幼鱼生长特性[J]. 水产学报,34(9):1379-1386.
- 倪寿文,桂运明,刘焕亮. 1992. 草鱼、鲢、鳙和尼罗罗非鲫淀粉酶活性的比较研究[J]. 大连水产学院学报,(1):24-31.
- 阮国良,杨代勤,严安生. 2010. 不同发育时期月鳢消化酶活性的研究[J]. 水生态学杂志,3(1):93-97.
- 王远吉,任晓月,冯占虎,等. 2009. 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,2(1):54-57.
- 谢永德,施永海,张海明,等. 2012. 池养菊黄东方鲀一龄越冬鱼种的生长特性[J]. 浙江海洋学院学报:自然科学版,31(4):340-344.
- 徐革锋,刘洋,谷伟,等. 2012. 不同生长阶段细鳞鲈(*Budynostax lenok*)消化酶活性比较研究[J]. 东北农业大学学报,43(12):109-113.
- 杨竹舫,张汉秋,匡云华. 1991. 渤海湾菊黄东方鲀生物学的初步研究[J]. 海洋通报,10(6):44-47.
- 张春暖,王爱民,刘文斌,等. 2012. 饲料脂肪水平对梭鱼生长、营养物质消化及体组成的影响[J]. 江苏农业学报,28(5):1088-1095.
- 章龙珍,宋卫,王好等. 2014. 饲料脂肪水平对点篮子鱼消化酶活性和血液主要生化指标的影响[J]. 海洋渔业,36(2):170-176.
- 赵吉伟,李小龙. 2012. 野生及养殖黑龙江茴鱼消化酶活性分布的比较研究[J]. 安徽农业大学学报,39(1):26-30.
- 周玮,田甲申,黄俊鹏,等. 2010. 不同生长阶段仿刺参肠道内含物及消化酶活性的变化[J]. 大连海洋大学学报,25(5):460-464.
- 周玮,徐浩然,林长松,等. 2009. 池塘养殖仿刺参生理状态周年变化研究[J]. 大连水产学院学报,24(S1):30-34.
- Das K M, Tripathi S D. 1991. Studies on the digestive enzymes of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Val.) [J]. *Aquaculture*, 92(1):21-32.
- Olsson J, Quevedo M, Cabon C, et al. 2007. Gut length plasticity in perch: into the bowels of resource polymorphisms [J]. *Biological Journal of the Linnean Society*, 90:517-523.
- Pera H, Oliva-Telles A. 1999. Effect of dietary lipid level on growth performance and feed utilization by European sea bass juveniles (*Dicentrarchus labrax*) [J]. *Aquaculture*, 179:325-334.
- Relyea R A, Auld J R. 2004. Having the guts to compete: how intestinal plasticity expains costs of inducible defenses [J]. *Ecology letters*, 7:869-875.

(责任编辑 万月华)

换行