

水温对施氏鲟幼鱼消化酶活力的影响

田宏杰^{1,2}, 庄平^{1,2}, 章龙珍¹, 侯俊利³, 高露姣¹

(1. 中国水产科学研究院 东海水产研究所, 农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090; 2. 上海高校水产养殖 E-研究院, 上海水产大学 生命科学与技术学院, 上海 200090; 3. 华东师范大学 生命科学学院, 上海 200062)

摘要: 分别在 14 ℃、21 ℃、28 ℃ 水温条件下饲养施氏鲟(*Acipenser schrenckii* Brandt) 幼鱼 10 d, 初始鱼体质量(124.20±15.12) g, 体长(26.95±2.89) cm, 检测不同水温条件下施氏鲟幼鱼消化器官(胃、幽门盲囊、十二指肠、瓣肠和肝脏)蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶的活力。结果表明:(1) 幼鱼幽门盲囊、瓣肠和肝脏中蛋白酶活力均以水温 21 ℃ 时最高($P<0.05$), 十二指肠和胃则在 28 ℃ 最高($P<0.05$), 各消化器官蛋白酶活力均在 14 ℃ 最低($P<0.05$); (2) 各消化器官的淀粉酶活力均在水温 21 ℃ 时最高($P<0.05$), 幽门盲囊、瓣肠和十二指肠以水温 28 ℃ 时最低($P<0.05$), 胃和肝脏在水温 14 ℃ 时最低($P<0.05$); (3) 各消化器官脂肪酶活力均在水温 14 ℃ 时最高, 28 ℃ 时最低($P<0.05$)。在水温 21 ℃ 时, 各消化器官蛋白酶和淀粉酶活力由大到小依次为: 幽门盲囊、瓣肠、十二指肠、胃、肝脏, 水温 14 ℃ 时瓣肠消化蛋白质和碳水化合物能力要高于十二指肠, 28 ℃ 时低于十二指肠($P<0.05$); 在水温 14 ℃ 和 21 ℃ 时各消化器官脂肪酶活力由大到小依次为: 瓣肠、十二指肠、胃、肝脏、幽门盲囊, 28 ℃ 时瓣肠消化脂肪能力低于十二指肠($P<0.05$)。[中国水产科学, 2007, 14(1): 126-131]

关键词: 施氏鲟; 水温; 蛋白酶; 淀粉酶; 脂肪酶; 酶活力

中图分类号: S91

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2007)01-0126-06

环境温度作为最重要的外界环境因子之一, 不仅影响鱼类的食物摄入量^[1]、饲料转化率和标准代谢^[2], 还影响其消化酶活力^[3]、免疫功能及性别决定^[4], 进而成为影响鱼类活动和生长的重要环境变量。消化酶活力的高低决定着鱼体对营养物质消化吸收的能力, 进而影响鱼体生长发育。根据消化酶随水温的变化情况可以调整饵料营养组成以适应鱼类改变后的消化机能, 在饲料中合理配制各营养成分的含量, 适当地添加外源复合酶制剂, 弥补内源酶的不足, 提高饲料的利用率, 同时还可减少鱼类粪便中的氮、磷排泄量, 减轻水体有机负荷, 保护水质^[5]。

施氏鲟(*Acipenser schrenckii* Brandt) 隶属于鲟形目、鲟科、鲟属, 主要分布于黑龙江流域, 是中国鲟鱼养殖的主要品种之一。施氏鲟的人工养殖近几年来发展迅速, 其集约化养殖水平的不断提高以及养殖领域的

拓展与人工饲料的投喂与配制技术的进步密不可分, 而了解施氏鲟在不同水温条件下的消化生理则是实现其人工饲料科学配制与合理投喂的理论基础。鱼类消化酶活力受酶反应温度影响, 这在国内外已有很多报道^[6-8], 但养殖水温对鱼体消化酶活性影响的研究目前还不多见, 环境温度对施氏鲟幼鱼消化酶活力的影响尚未见研究报道。本研究探讨施氏鲟在不同水温下消化酶活力的变化, 旨在对其适宜饵料配方的研制提供基础理论依据, 这对进一步提高其养殖业的产量和质量具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 实验鱼的饲养

实验用施氏鲟幼鱼为人工繁殖所得, 实验前在实验室内进行驯养 2 周。选取施氏鲟幼鱼 120 尾, 饲养在 3 个 80 cm×100 cm×80 cm 的室内水泥池

收稿日期: 2006-03-13; 修订日期: 2006-06-15。

基金项目: 国家“863”高技术研究发展计划课题(2004AA603110); 国家“十五”重点攻关计划专题(2004BA526B0114); 上海高校水产养殖学 E-研究院建设项目(E03009)。

作者简介: 田宏杰(1979-), 女, 硕士研究生, 从事鱼类生态学。E-mail: hongjiantian@163.com

通讯作者: 庄平。Tel: 021-55530921; E-mail: pzhuang@online.sh.cn

内,保持水深 60 cm,实验用水为过滤器净化处理且曝气 24 h 后的自来水。各池内水温由控温仪(WMZK-01,上海)控制,温度保持在 $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$,池水不断循环过滤,保证水质清洁及各水层水温一致。增氧机进行充氧,池中溶氧保持在 6.0 mg/L 以上,pH (7.4 ± 0.4) 。实验期间,每天投饵 3 次,日投饵量为鱼体质量的 3%,每天排污,2 天换水 1 次,换水量为总容积的 30%,每天用多参数水质分析仪(HYBROLAB QUANTA,美国)测量各池水的流速、酸碱度、氨氮、溶氧、盐度和水温等水质条件,保证各实验组条件基本一致。

1.2 实验设计

实验设 3 个温度组,水温分别是 14°C 、 21°C 、 28°C ,按鱼体大小接近和健康原则,随机挑选健康施氏鲟幼鱼,初始鱼体质量为 (124.20 ± 15.12) g,体长为 (26.95 ± 2.89) cm。每组各设 3 个平行,每一平行(池)放养 10 尾。由驯化期温度 $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ 开始按每天 2°C 的速率升/降温至实验温度,到达设定温度后在各个温度下饲养 10 d 后开始取样。除温度和养殖密度以外,其余养殖条件如:水泥池大小与水深、水质管理、饵料与投喂等同暂养。

1.3 酶液制备

采样前 24 h 停食。各实验池随机取 6 尾鱼。在冰盘上解剖,取出全部消化器官,剔除脂肪,分别将肠道、胃、幽门盲囊和肝脏称重,剪开胃和肠道,用预冷生理盐水快速冲洗,并用脱脂棉小心揩干,液氮保存。测定时,先在冰盘内将样品剪碎,加入 10 倍体积的预冷 0.65% 生理盐水,用超声波细胞破碎仪(JY92-II,宁波)在冰浴条件下超声破碎 2 s,间隔时间 6 s,共超声 15~20 次(调节功率在 140 W 内)。所得匀浆液于 4°C 下以 1 700 g 离心 20 min,取上清液, 4°C 冰箱保存,样品在 24 h 内分析测试完毕。

1.4 酶活力测定

1.4.1 蛋白酶 福林-酚试剂法^[9]。在 pH 7.5 (测定胃蛋白酶活力时 pH 为 2.2)、底物酪蛋白质量浓度为 1.0 mg/mL 条件下, 37°C 温浴 15 min,以酶液 1 min 水解酪蛋白产生 1 μg 酪氨酸作为一个酶活力单位(U)。

1.4.2 淀粉酶 I-比色法^[10]。在 pH 7.0 和 37°C 水浴条件下,保温 7.5 min,以酶液 1 min 内水解淀粉生成 1 μg 葡萄糖作为一个淀粉酶活力单位(U)。

1.4.3 脂肪酶 聚乙烯醇橄榄油乳化液水解法^[9,11]。在 pH 7.5 和 30°C 水浴条件下,以酶液每 min 水解脂肪产生 1 μg 脂肪酸量作为一个酶活力单位(U)。

1.4.4 其他 蛋白浓度用考马斯亮蓝染色法^[11]测定。

酶的活力以比活力表示,即酶活力单位/mg 蛋白(U/mg 蛋白)。

1.5 数据处理

所得数据均用 Statistica 6.0 统计软件进行处理分析,不同数据间的差异采用方差分析和多重比较进行显著性检验, $P < 0.05$ 认为存在显著性差异。

2 结果与分析

2.1 蛋白酶

肝脏蛋白酶活力在水温 $14 \sim 28^\circ\text{C}$ 时,只有 2.17~5.64 U/mg 蛋白,远低于其余消化器官蛋白酶($P < 0.05$)。水温 14°C 时,各消化器官蛋白酶活力由大到小依次为:瓣肠、幽门盲囊、十二指肠、胃、肝脏,除十二指肠和胃的蛋白酶活力差异不显著($P > 0.05$)外,其余各器官之间均差异显著($P < 0.05$);水温 21°C 时,蛋白酶活力由大到小依次为:幽门盲囊、瓣肠、十二指肠、胃、肝脏,除十二指肠和胃之间差异不显著外($P > 0.05$),其余各器官之间均存在显著差异($P < 0.05$);水温 28°C 时,蛋白酶活力由大到小依次为:幽门盲囊、十二指肠、胃、瓣肠和肝脏($P < 0.05$)(图 1)。

从图 1 可以看出,所分析的各消化器官的蛋白酶活力受水温影响,结果不尽相同。幽门盲囊蛋白酶活力,先随水温从 14°C 升高到 21°C 显著增大($P < 0.05$),当水温升到 28°C 时,酶活力显著下降,但仍高于 14°C 时($P < 0.05$);瓣肠和肝脏的蛋白酶活力从高到低的顺序均为 21°C 、 14°C 和 28°C ,且三者之间存在显著差异($P < 0.05$);十二指肠和胃的蛋白酶活力变化趋势相同,均为随着水温提高,酶活力明显增大($P < 0.05$)。从整体水平上看,其蛋白酶活力在水温 21°C 时最高,水温 14°C 时最低。

2.2 淀粉酶

水温 14°C 时,瓣肠的淀粉酶活力显著高于幽门盲囊、十二指肠、胃和肝脏($P < 0.05$)。幽门盲囊和十二指肠显著高于胃和肝脏($P < 0.05$),其中幽门盲囊和十二指肠酶活力差异不显著($P > 0.05$),胃和肝脏差异不显著($P > 0.05$)。酶活力由大到小依

次为：瓣肠、十二指肠、幽门盲囊、胃、肝脏。水温 21 ℃ 时，幽门盲囊的淀粉酶活力显著高于其他 4 种消化器官 ($P < 0.05$)，且各组织间差异显著 ($P < 0.05$)，活力由大到小依次为：幽门盲囊、瓣肠、十二指肠、胃、肝脏。水温 28 ℃ 时，十二指肠、幽门盲囊

和胃的淀粉酶活力明显高于瓣肠和肝脏 ($P < 0.05$)，而十二指肠、幽门盲囊和胃差异不显著 ($P > 0.05$)，瓣肠和肝脏差异不显著 ($P > 0.05$)，酶活力由大到小依次为：十二指肠、胃、瓣肠、肝脏、幽门盲囊。

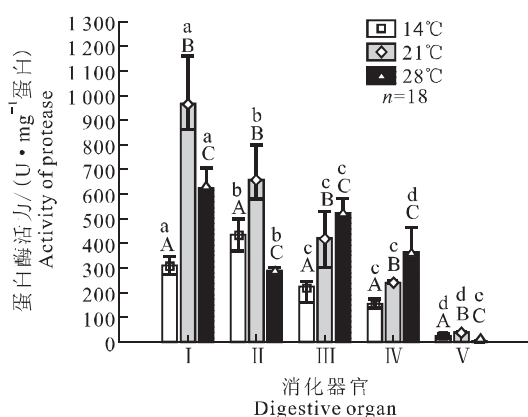


图1 水温对蛋白酶活力的影响

I—幽门盲囊；II—瓣肠；III—十二指肠；IV—胃；V—肝脏

注：图标上方不同的小写字母，表示同一温度不同组织存在显著差异 ($P < 0.05$)；不同的大写字母，表示同种组织不同温度间存在显著差异 ($P < 0.05$)。

Fig. 1 Effect of water temperature on protease activity
I—pyloric caecum; II—ileum; III—duodenum; IV—stomach; V—liver
Note: Different small letters on the columns mean significant difference in enzyme activity between different tissue under same water temperature ($P < 0.05$), and the different capital letters mean significant difference ($P < 0.05$) in digestive enzyme activity of one tissue under different water temperature.

由图 2 可见，施氏鲟幼鱼各消化器官的淀粉酶活力在水温 21 ℃ 时均高于 14 ℃ 和 28 ℃，

除肝脏中酶活力在 14 ℃ 和 21 ℃ 差异不显著外 ($P > 0.05$)，其他器官均差异显著 ($P < 0.05$)，幽门盲囊、瓣肠和十二指肠水温 14 ℃ 时酶活力明显高于 28 ℃ ($P < 0.05$)，而胃和肝脏情况相反 ($P < 0.05$)。总体看来，其淀粉酶活力在水温 21 ℃ 时最高，28 ℃ 时最低。

2.3 脂肪酶

水温 14 ℃ 和 21 ℃ 时，瓣肠的脂肪酶活力明显高于十二指肠、胃、肝脏和幽门盲囊 ($P < 0.05$)，且酶活力由高到低依次为：瓣肠、十二指肠、胃、肝脏、幽门盲囊；水温 14 ℃ 时，除胃和肝脏的脂肪酶活力差异不显著外 ($P > 0.05$)，其他器官之间均差异显

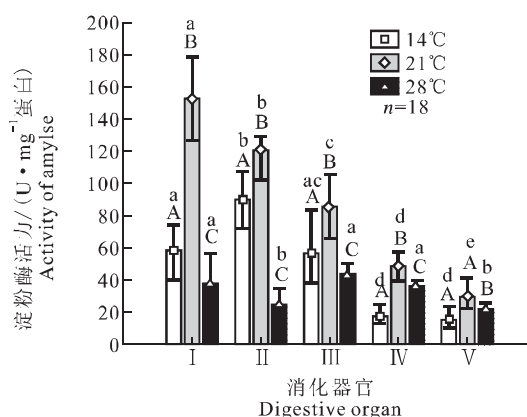


图2 水温对淀粉酶活力的影响

I—幽门盲囊；II—瓣肠；III—十二指肠；IV—胃；V—肝脏

注：图标上方不同的小写字母，表示同一温度不同组织存在显著差异 ($P < 0.05$)；不同的大写字母，表示同种组织不同温度间存在显著差异 ($P < 0.05$)。

Fig. 2 Effect of water temperature on amylase activity
I—pyloric caecum; II—ileum; III—duodenum; IV—stomach; V—liver
Note: Different small letters on the columns mean significant difference in enzyme activity between different tissue under same water temperature ($P < 0.05$), and the different capital letters mean significant difference ($P < 0.05$) in digestive enzyme activity of one tissue under different water temperature.

著 ($P < 0.05$)，而 21 ℃ 时，各器官酶活力均差异显著 ($P < 0.05$)；水温 28 ℃ 时，十二指肠脂肪酶活力明显高于其他器官 ($P < 0.05$)，胃、瓣肠和肝脏酶活力没有显著性差异 ($P > 0.05$)，其他均差异显著 ($P < 0.05$)，酶活力由高到低依次为：十二指肠、胃、瓣肠、肝脏、幽门盲囊。

从图 3 可以看出，各消化器官脂肪酶活力均随温度升高而逐步下降，除在水温 21 ℃ 和 28 ℃ 条件下肝脏酶活力差异不显著外 ($P > 0.05$)，其他器官脂肪酶活力在 3 个水温梯度下均差异显著 ($P < 0.05$)。总体看来，施氏鲟幼鱼脂肪酶活力在 14 ℃ 时最高，28 ℃ 时最低。

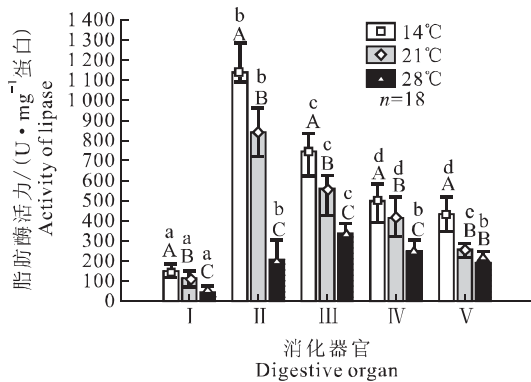


图3 水温对脂肪酶活力的影响

I—幽门盲囊; II—瓣肠; III—十二指肠; IV—胃; V—肝脏

注:图标上方不同的小写字母,表示同一温度不同组织存在显著差异;不同的大写字母,表示同种组织不同温度间存在显著差异。

Fig. 3 Effect of water temperature on lipase activity

I—pyloric caecum; II—ileum; III—duodenum; IV—stomach; V—liver

Note: Different small letters on the columns mean significant difference in enzyme activity between different tissue under same water temperature ($P < 0.05$), and the different capital letters mean significant difference ($P < 0.05$) in digestive enzyme activity of one tissue under different water temperature.

3 讨论

3.1 不同水温下各消化器官蛋白酶活力的变化

鱼肠腔的温度与水环境的温度紧密相连,与蛋白消化相关的酶的活力以及酶与底物的亲和力都受温度影响^[12]。本实验中,施氏鲟幼鱼幽门盲囊、瓣肠和肝脏蛋白酶活力均在水温 21 °C 时最高,十二指肠和胃蛋白酶活力在 28 °C 最高。可见,水温对施氏鲟不同消化器官蛋白酶活力的影响是不同的。实验结果表明,3 种水温中饲养的施氏鲟幼鱼,幽门盲囊和肠道的蛋白酶活力较高,肝脏中蛋白酶活力极低,且与幽门盲囊和肠道中蛋白酶活性差异极显著 ($P < 0.05$),胃蛋白酶介于肠道和肝脏之间。理论上,胰腺分泌的胰蛋白酶原并无活性,下行至肠道中被肠致活酶所激活,且鱼类肠壁也能分泌消化酶,因此肠道蛋白酶活性较高,肝胰脏活力较低。施氏鲟肝脏和胰脏是各自独立的,其肝脏作为一种消化腺,主要起分泌胆汁的作用,而不像胰脏那样分泌大量蛋白酶,本研究中肝脏的蛋白酶活力极低,可以认为肝脏消化蛋白质的能力很弱,不参与蛋白质的消化作用,这一点也与叶继丹^[13]等的研究结果相似。

一般认为在一定温度范围内随着温度升高,鱼类肠道蠕动加快,摄食能力增强,标准代谢增强^[14],温度升高超过某一极限温度时,就会发生机体代谢紊乱,生长速度变慢,消化酶的活力也会随着温度的升高而呈逐渐下降趋势^[15]。施氏鲟摄食生长的温度为 16~26 °C,最大生长率温度为 21.53 °C^[16]。在本研究中设计的 3 个温度梯度对于施氏鲟生长来说分别代表低温、适温和高温,28 °C 属于施氏鲟的上限温度,在此水温中摄食量减少,游动加快^[17],而十二指肠和胃蛋白酶活力最高,说明随着水温的升高,两组织消化蛋白的能力相对增大。

3.2 不同温度下各消化器官淀粉酶活力的变化

在 3 种水温中饲养施氏鲟幼鱼,其幽门盲囊、瓣肠、十二指肠、胃和肝脏的淀粉酶活力均以水温 21 °C 时最高,表明在不同的水温中,各器官消化碳水化合物的能力存在差异。水温 21 °C 时,以幽门盲囊、瓣肠、十二指肠和胃的消化作用为主,这与伍莉等^[18]、叶继丹等^[13]研究结果相似。肝脏的淀粉酶活力较小,可以认为肝脏对消化碳水化合物没有积极的意义。李瑾等^[19]在研究中华鲟 (*Acipenser sinensis*) 消化酶时认为,肝脏是中华鲟最大的消化腺,其作用主要是分泌胆汁对脂类进行消化,故淀粉酶活力较低。本研究中肠道的淀粉酶活性远远高于肝脏中的,可以推测,施氏鲟淀粉酶在胰脏中产生,需要时分泌到肠腔,主要吸附在幽门盲囊和肠道,与其他学者对鲤 (*Cyprinus carpio* L.)、鲑等研究结果相一致^[20-21]。在水温 14 °C,施氏鲟幼鱼碳水化合物的消化分别在瓣肠、十二指肠和幽门盲囊中进行;在 28 °C,消化在十二指肠、幽门盲囊和胃中进行,可见水温对各器官淀粉酶活力影响程度不同,尤其对瓣肠影响较大。

3.3 不同温度下各消化器官脂肪酶活力的变化

脂肪是肌肉运动所必须的能量来源,糖原与脂类结合,形成糖脂复合体贮存于肝脏中。当鱼进入高温环境中,运动强度增加,能量消耗增大,肝脏内糖原减少,脂肪的合成与积累停止,并且肝脏内蓄存的脂肪开始分解。陈品健等^[22]发现真鲷稚幼鱼脂肪酶活力冬季高于夏季。在本实验中,14 °C、21 °C、28 °C 水温下饲养的施氏鲟,各消化器官的脂肪酶活力均以 14 °C 时最高,28 °C 时较低,与之相似。

鱼类肝胰脏是生成脂肪酶的主要器官,而消化系统的各个部分均存在脂肪酶的活力^[23]。本研究中适温下饲养的施氏鲟幼鱼瓣肠、十二指肠和胃的

活力较高,肝脏稍低,推测肝脏作为主要的消化腺体系,其脂肪酶活性较低可能与其分泌大量酶原具有密切关系,伍莉等^[18]测定施氏鲟幼鱼消化酶活性时没有测出幽门盲囊的脂肪酶活性,本实验中测出幽门盲囊脂肪酶活力较低,推测可能是实验鱼养殖环境不同或鱼体大小不同所致,可认为幽门盲囊消化脂肪的能力较低或不具有消化脂肪的能力。

4 结论

施氏鲟幼鱼在水温 21 ℃ 和 28 ℃ 时消化蛋白能力较强,而在 14 ℃ 消化脂肪能力较高。在水温 14 ℃ 和 21 ℃ 中瓣肠消化营养物质的能力要高于十二指肠,在 28 ℃ 中低于十二指肠。因此建议在养殖实践中,养殖水环境温度较低时,适当增加饵料脂肪比例;在较高温度时,适当增加饵料蛋白的比例;依据温度变化所致施氏鲟消化器官的消化酶活力变化,在配饵中适当添加酶制剂,提高其对营养物质的消化吸收能力,促进生长。

参考文献:

- [1] Elliott J M. The effects of temperature and ration size on the growth and energetics of salmonids in captivity[J]. *Comp Biochem Physiol*, 1982, 73B: 81—91.
- [2] Hawkins A D, Soofiani N M, Smith G W. Growth and feeding of juvenile cod, *Gadus morhua* L[J]. *J Cons Perm Int Explor Mer*, 1985, 42: 11—32.
- [3] 尾崎久雄. 鱼类消化生理: 上册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985.
- [4] Abucay J S, Mair G C, Skininski, D O F, et al. Environment sex determination; the effect of temperature and salinity on sex ratio in *Oreochromis nitoticus* L[J]. *Aquaculture*, 1999, 173: 219—234.
- [5] 周景祥, 陈勇, 黄权, 等. 鱼类消化酶的活力及环境条件的影响[J]. 北华大学学报, 2001, 2(1): 70—73.
- [6] 叶继丹, 卢彤岩, 田雷, 等. 不同 pH 和温度条件下杂交鲟胃中消化酶活力的变化[J]. 中国水产科学, 2003, 10(1): 79—81.
- [7] Flowerdew M W, Grove D J. Some observations of the effects of body weight, temperature, meal size and quality on gastric emptying time in turbot, *Scophthalmus maximus* (L.) using radiography[J]. *J Fish Biol*, 1979, 14: 229—238.
- [8] Fauconnesu B, Choubert G, Blanc D, et al. Influence of environment temperature on flow rate of foodstuffs through the gastrointestinal tract of rainbow trout[J]. *Aquaculture*, 1983, 34: 27—39.
- [9] 中山大学生物系生化微生物教研室. 生化技术导论[M]. 北京: 人民教育出版社, 1978: 52—54.
- [10] 上海市医学化验所. 临床生化检验: 上册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1979: 366—368.
- [11] 李建武, 余瑞元, 袁明秀, 等. 生物化学实验原理和方法[M]. 北京: 北京大学出版社, 1994.
- [12] Dabrowski K. The role of proteolytic enzymes in fish digestion[M]//Styczynska E, Backiel T, Jaspers E, et al. Cultivation of fish fry and its live food. *Eur Maricult Soc, Spec Publ No 4*. Belgium: Bredene, 1979: 107—126.
- [13] 叶继丹, 卢彤岩, 刘洪柏, 等. 六种鲟鱼消化酶活力的比较研究[J]. 水生生物学报, 2003, 27(6): 590—595.
- [14] 钱薇薇, 朱鑫华. 梭鱼标准代谢、内源氮排泄与体质量和温度的关系[J]. 青岛海洋大学学报, 2002, 32(2): 368—374.
- [15] 刘红, 汲长海, 施正峰, 等. 温度对条纹石斑蛋白消化酶活性影响的初步研究[J]. 水产科技情报, 1998, 25(3): 103—107.
- [16] 李大鹏, 庄平, 严安生, 等. 施氏鲟幼鱼摄食和生长的最适温度[J]. 中国水产科学, 2005, 12(3): 294—299.
- [17] 李文龙, 石振广, 王云山, 等. 三种鲟科鱼类临界水温实验[J]. 水产养殖, 2000, 5: 3—4.
- [18] 伍莉, 陈鹏飞, 陈建. 施氏鲟消化酶活性的初步研究[J]. 西南农业大学学报, 2004, 24(2): 179—181.
- [19] 李瑾, 何瑞国, 王学东. 中华鲟消化酶活性分布的研究[J]. 水产科技情报, 2001, 28(3): 99—102.
- [20] Ugolev A M, Egorova V V, Kuzmina V V, et al. Comparative molecular characterization of membrane digestion in fish and mammals[J]. *Comp Biochem Physiol*, 1983, 76B: 627—635.
- [21] Munilla-Moran R, Saborido-Rey F. Digestive enzymes in marine species. II. Amylase activities in gut from seabream (*Spicara aurata*), turbot (*Scophthalmus maximus*) and redfish (*Sebastes mentella*) [J]. *Comp Biochem Physiol*, 1996, 113B(4): 827—834.
- [22] 陈品健, 王重刚, 郑森林. 夏、冬两季真鲷仔、稚、幼鱼消化酶活性的比较[J]. 海洋学报, 1998, 20(5): 90—92.
- [23] Dask M, Tripathi S D. Studies on the digestive enzymes of *Ctenopharyngodon idella* (Val) [J]. *Aquaculture*, 1991, 165: 311—312.

Effects of water temperature on activities of digestive enzymes of juvenile *Acipenser schrenckii*

TIAN Hong-jie^{1,2}, ZHUANG Ping^{1,2}, ZHANG Long-zhen², HOU Jun-li³, GAO Lu-jiao¹

(1. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Key and Open Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries, Ministry of Agriculture, Shanghai 200090, China; 2. College of Aqua-life Science and Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China; 3. College of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: Sturgeon culture has been developed in the last decade. Some researchers have investigated effects of temperature on digestive enzyme activities in different fish. But the effect of water temperature on digestive enzyme activities in juvenile *Acipenser schrenckii* is still little known. The purpose of this study was to investigate the effects of water temperature on activities of three kinds of digestive enzymes (protease, amylase and lipase) in digestive organs (pyloric caecum, ileum, duodenum, stomach and liver) in juvenile *Acipenser schrenckii*. Under three different water temperatures (14 °C, 21 °C, 28 °C) and in culture tanks, juvenile sturgeon [initial body weight: (124.20 ± 15.12) g] were cultured for 10 days respectively. During the experimental period, water temperature, pH, DO and ammonia-N were measured once a day. The major environmental factors were controlled at the same levels in each experimental tank, where DO was beyond 6.0 mg/L and pH was 7.4 ± 0.4. After starvation for 24 h, fish were sampled randomly and killed for enzyme activity assay. Eighteen fish were sampled in each group. Fish were dissected on ice and the alimentary canal and liver were cleaned, with chilly saline water. The alimentary canal was separated into stomach, pyloric caecum, duodenum and ileum portions and kept in liquid nitrogen. The digestive organs were minced and homogenized separately in 10 volumes of 0.65% cold sodium chloride solution by weight of the minced tissue. Each homogenized sample was then centrifuged at 1 700 g for 20 min and the supernatant was collected and prepared for enzyme assay at 4 °C. The results showed that: 1) the activities of protease in pyloric caecum, ileum and liver were the highest at 21 °C ($P < 0.05$), while those in duodenum and stomach were the highest at 28 °C ($P < 0.05$) and those in all examined digestive organs were the lowest at 14 °C ($P < 0.05$); 2) the activities of amylase in all examined digestive organs were the highest at 21 °C ($P < 0.05$), while those in pyloric caecum, ileum and duodenum were the lowest at 28 °C ($P < 0.05$), and those in stomach and liver were the lowest at 14 °C ($P < 0.05$), respectively; 3) the activities of lipase in all examined digestive organs were the highest at 14 °C and lowest at 28 °C ($P < 0.05$). The activity order of protease and amylase in all examined digestive organs from high to low was pyloric caecum, ileum, duodenum, stomach and liver at 21 °C. Protease and amylase activities in ileum were higher than that in duodenum at 14 °C ($P < 0.05$), but lower than that in duodenum at 28 °C ($P < 0.05$). Simultaneously, the activity order of lipase in all examined digestive organs from high to low was ileum, duodenum, stomach, liver and pyloric caecum at 14 °C and 21 °C. While, the activity of lipase in ileum was lower than that in duodenum at 28 °C ($P < 0.05$). The results indicated that juvenile amur sturgeon had good digestion on lipid at 14 °C, on protein at 21 °C and 28 °C. However, juvenile amur sturgeon had poor digestion on carbohydrate at all experimental water temperatures. Accordingly, the lipid level in the diet should be increased at 14 °C, while the protein level in the diet should be increased at 21 °C and 28 °C water temperatures. [Journal of Fishery Sciences of China, 2007, 14(1): 126–131]

Key words: *Acipenser schrenckii*; water temperature; protease; amylase; lipase; enzyme activity

Corresponding author: ZHUANG Ping. E-mail: pzhuang@online.sh.cn