

doi: 10.3969/j.issn.2095-0780.2014.06.013

· 研究简报 ·

葡萄糖、维生素 C 对普安银鲫早期发育的影响

熊铧龙, 姚俊杰, 安苗, 王金娜, 蒋左玉

(贵州大学动物科学学院, 贵州 贵阳 550025)

摘要: 为探究葡萄糖和维生素 C (V_C) 对普安银鲫 (*Carassius auratus gibelio*) 早期发育的影响, 采用静水溶液浸泡法研究了葡萄糖和 V_C 溶液浸泡中普安银鲫仔鱼出膜时间、孵化率、成活率及卵黄囊仔鱼生长特点。结果显示, 葡萄糖溶液质量浓度低于 $15\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, 仔鱼出膜时间随着葡萄糖质量浓度的增加而缩短, 孵化率、成活率、体质量和全长则升高; 葡萄糖溶液质量浓度高于 $15\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 对普安银鲫的早期发育表现出抑制作用。 V_C 溶液质量浓度低于 $30\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, 仔鱼出膜时间随着 $\rho(V_C)$ 的增加而降低, 孵化率、成活率、体质量和全长则升高。 $\rho(V_C)$ 高于 $30\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 对普安银鲫的早期发育表现出抑制作用。研究表明适宜浓度的葡萄糖和 V_C 能促进普安银鲫的早期发育。

关键词: 葡萄糖; 维生素 C; 普安银鲫; 早期发育

中图分类号: S 965.117

文献标志码: A

文章编号: 2095-0780-(2014)06-0088-05

Effects of glucose and vitamin C on early development of Puan silve crucian carp (*Carassius auratus gibelio*)

XIONG Hualong, YAO Junjie, AN Miao, WANG Jinna, JIANG Zuoyu

(College of Animal Sciences, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: To study the effects of glucose and vitamin C (V_C) on early development of Puan silve crucian carp (*Carassius auratus gibelio*), we studied the membrane time, hatching ratio, survival rate and growth characteristics of *C. auratus gibelio* soaked in glucose and V_C solutions by static aqueous solution immersion. The results show that when the concentration of glucose was below $15\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ and concentration of V_C was below $30\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, the membrane time of larvae was decreasing and the hatching ratio, survival rate, weight and full-length were increasing with the increase of concentrations glucose and V_C . Concentration of glucose solution higher than $15\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ and concentration of V_C solution higher than $30\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ had inhibitory effect on early development of *C. auratus gibelio*. The research indicates that appropriate concentrations of glucose and V_C can promote early development of *C. auratus gibelio*.

Key words: glucose; vitamin C; Puan silve crucian carp; early development

鱼类早期生活史阶段是有效发展鱼类养殖和开展自然资源保护的关键时期, 其成活率的高低对资源的补充有着重要影响。而鱼类的孵化率及仔鱼的成活率较低一直是制约水产发展的瓶颈。大量研究表明, 通过对亲本的营养强化能够提高鱼类的繁殖性能^[1-3], 对胚胎和卵黄囊期仔

鱼来说, 卵黄中充足的营养对其成活和发育起着至关重要的作用。已有研究表明, 为受精后胚胎发育过程中提供营养补偿能促进鱼类的早期发育, 提高其孵化率及仔鱼的成活率^[4]。葡萄糖是生物体内新陈代谢不可缺少的营养元素, 是生命活动所需能量的重要来源。李俊霞^[4]研究表

收稿日期: 2014-03-18; 修回日期: 2014-04-30

资助项目: 国家自然科学基金项目(31160527); 贵州省农业科技攻关项目(黔科合 NY2008-3070)

作者简介: 熊铧龙(1988-), 男, 硕士研究生, 从事水生动物繁殖与发育生物学研究。E-mail: hualongx67@163.com

通信作者: 姚俊杰(1968-), 男, 教授, 博士, 从事水生动物繁殖与发育生物学研究。E-mail: junjieyao@163.com

明, 用 1.5% 的葡萄糖溶液浸泡斑马鱼 (*Danio rerio*) 胚胎也能明显缩短其孵化时间, 提高仔鱼成活率, 而薛凌展^[5]也发现将栉孔扇贝 (*Chlamys ferrerii*) 的受精卵置于 $2 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的葡萄糖溶液中, 能显著地降低胚胎的畸形率和滞育率, 提高幼虫的孵化率。维生素 C (V_C) 具有多种生物功能和较强的抗氧化作用, 是鱼类正常生长所必需的营养元素之一。季延斌等^[6]研究表明, 用 $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 V_C 对刚出膜的六须鲶 (*Silurus glanis*) 仔鱼进行浸泡, 能使仔鱼提前 8 h 开口摄食, 并使其成活率由自然条件下的 5% ~ 20% 提高到 70%; 薛凌展^[5]研究也表明, $0.09 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 V_C 能够显著提高栉孔扇贝的孵化率。可见葡萄糖和 V_C 进入了胚胎及仔鱼体内, 为其生长发育提供了营养补偿, 促进了早期发育。

普安银鲫 (*Carassius auratus gibelio*) 属鲤形目、鲤科、鲤亚科、鲫属, 是贵州省特有的一种天然雌核发育种群。近 20 余年来, 由于分布水域不断缩减和过度捕捞, 其资源已受到严重影响, 目前仅有在普安县青山镇等几个小水域中。为了保护这一珍贵的鱼类资源, 笔者将葡萄糖和 V_C 添加到普安银鲫的孵化水体中, 旨在探究它们对普安银鲫早期发育的影响, 为有效提高该鱼人工繁育的孵化率、仔鱼成活率, 进而为普安银鲫的资源保护和开发利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2013 年 5 月在贵州省普安县普安银鲫原种场进行, 挑选性腺成熟度好的 2 龄普安银鲫雌鱼 30 尾, 全长 (27.91 ± 1.53) cm, 体质量 (446.64 ± 59.36) g, 用兴国红鲤 (*Cyprinus carpio*) 作为父本进行异源受精, 经过人工催产、干法授精后将受精卵放在在水箱 ($90 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} \times 55 \text{ cm}$) 内孵化, 水温控制 $24 \text{ }^\circ\text{C}$, 每 8 h 全部换一次同温度新水, 试验中葡萄糖质量浓度为 $5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $15 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, $\rho(V_C)$ 为 $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $25 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $35 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 每组设 3 个平行, 每升水体中卵 (仔鱼) 密度平均

为 1 000 粒 (尾), 用显微镜对受精卵的发育过程进行连续观察, 记录发育时间和发育时期。此试验取样标准为 50% 的仔鱼发育至某个时期为取样点, 试验中仔鱼的内源营养期为 1 日龄仔鱼, 混合营养期为 2 ~ 3 日龄仔鱼, 外源营养期为 4 ~ 5 日龄仔鱼。因此在仔鱼第 1 日龄、第 3 日龄与第 5 日龄分别取样。

1.2 体质量和全长测定方法

体质量用电子天平称量, 采用每次称量 100 尾再取平均值, 全长在显微镜下通过测微尺测定, 测量数量为 50 尾, 体质量和全长均重复测定 3 次。

1.3 数据分析

试验数据用平均值 \pm 标准差 ($\bar{X} \pm \text{SD}$) 表示, 采用 SPSS 13.0 统计软件进行单因素方差分析, 运用 Duncan 多重比较检验差异。 $P < 0.05$ 表示差异显著, $P > 0.05$ 为差异不显著。

2 结果

2.1 对出膜时间、孵化率和仔鱼成活率的影响

葡萄糖、 V_C 对普安银鲫出膜时间、孵化率和仔鱼成活率有明显的影响 (表 1)。葡萄糖溶液的质量浓度低于 $15 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, 随着葡萄糖溶液质量浓度的增加, 仔鱼出膜时间逐渐降低, 孵化率和成活率逐渐升高; 质量浓度超过 $15 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, 高浓度的葡萄糖溶液对普安银鲫胚胎及仔鱼发育表现出抑制作用。在 $15 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 葡萄糖溶液中仔鱼出膜时间最短, 与对照组相比能提前 6.3 h 出膜, 而孵化率和成活率最高, 分别高出对照组 12.5% 和 14.3%, 均表现为显著差异 ($P < 0.05$)。 $\rho(V_C)$ 低于 $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 随着 $\rho(V_C)$ 的增加, 仔鱼出膜时间逐渐降低, 孵化率和成活率逐渐升高; 质量浓度超过 $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 高浓度的 V_C 溶液对普安银鲫胚胎及仔鱼表现出抑制作用。在 $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 V_C 溶液中仔鱼出膜时间最短, 与对照组相比能提前 4.4 h 出膜, 而孵化率和成活率最高, 分别高出对照组 16.2% 和 17.8%, 均表现为显著差异 ($P < 0.05$)。

表 1 葡萄糖和维生素 C 对普安银鲫出膜时间、孵化率和成活率的影响 ($n=3$)

Tab. 1 Effects of glucose and V_C on membrane time, hatching ratio and survival rate of *C. auratus gibelio*

	对照组 control	ρ (葡萄糖)/ $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ glucose				ρ (维生素 C)/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ V_C			
		5	10	15	20	20	25	30	35
出膜时间/h hatching time	57.6 \pm 0.2 ^a	56.1 \pm 0.3 ^b	54.9 \pm 0.6 ^c	51.3 \pm 0.1 ^c	53.8 \pm 0.7 ^d	55.8 \pm 0.2 ^b	54.1 \pm 0.3 ^c	53.2 \pm 0.1 ^c	55.6 \pm 0.4 ^b
孵化率/% hatching rate	69.2 \pm 0.1 ^a	71.0 \pm 0.5 ^b	74.2 \pm 0.8 ^c	81.7 \pm 0.3 ^c	76.5 \pm 0.4 ^d	75.1 \pm 0.4 ^b	81.7 \pm 0.1 ^d	85.9 \pm 0.3 ^c	78.3 \pm 0.8 ^c
成活率/% survival rate	72.0 \pm 0.4 ^a	77.1 \pm 0.2 ^b	83.3 \pm 0.4 ^d	86.3 \pm 0.2 ^e	79.4 \pm 0.1 ^c	76.4 \pm 0.7 ^b	80.5 \pm 0.6 ^c	89.8 \pm 0.5 ^e	82.7 \pm 0.6 ^d

注: 标不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$); 后表同此

Note: Different letters indicate significant difference ($P < 0.05$), while the same letters indicate no significant difference ($P > 0.05$); the same case in the following tables.

2.2 对仔鱼体质量的影响

葡萄糖、 V_C 对普安银鲫仔鱼体质量有明显的影响(表 2)。葡萄糖溶液的质量浓度低于 $15 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, 随着葡萄糖溶液质量浓度的增加, 仔鱼体质量逐渐增加; 质量浓度超过 $15 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, 高浓度的葡萄糖溶液对普安银鲫仔鱼的发育表现出抑制作用。处于外源营养期的仔鱼在 $15 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 葡萄糖溶液中的体质量最高, 显著 ($P < 0.05$) 高于对照组。 $\rho(V_C)$ 低于 $30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 随着 $\rho(V_C)$ 的增加, 仔鱼的体质量逐渐增加; 质量浓度超过 $30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 高浓度的 V_C 溶液对普安银鲫仔鱼表现出抑制作用。处于外源营养期的仔鱼在 $30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的质量浓度下的体质量最高, 且显著 ($P < 0.05$) 高于对照组。

2.3 对仔鱼全长生长的影响

葡萄糖、 V_C 对普安银鲫仔鱼全长有明显的影响(表 3)。葡萄糖溶液的质量浓度低于 $15 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, 随着葡萄糖溶液质量浓度的增加, 仔鱼体长逐渐增加; 葡萄糖溶液质量浓度超过 $15 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 对普安银鲫仔鱼的发育表现出抑制作用。处于外源营养期的普安银鲫仔鱼在 $15 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 葡萄糖溶液中体长最长, 显著 ($P < 0.05$) 高于对照组。 $\rho(V_C)$ 低于 $30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 随着 V_C 水平的增加, 仔鱼的体质量逐渐增加; 质量浓度超过 $30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 高浓度的 V_C 溶液对普安银鲫仔鱼表现出抑制作用。处于外源营养期的仔鱼在 $30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的全长最长, 且显著 ($P < 0.05$) 高于对照组。

表 2 葡萄糖和维生素 C 对普安银鲫仔鱼体质量的影响 ($n=3$)

Tab. 2 Effects of glucose and V_C on body weight of *C. auratus gibelio* larvae

mg

时期 developmental stage	对照组 control	$\rho(\text{葡萄糖})/\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ glucose				$\rho(\text{维生素 C})/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ V_C			
		5	10	15	20	20	25	30	35
内源营养期 endotrophic vegetative stage	1.71 ± 0.01 ^a	1.83 ± 0.04 ^a	2.15 ± 0.02 ^b	2.53 ± 0.10 ^c	2.43 ± 0.03 ^c	1.82 ± 0.08 ^a	2.37 ± 0.06 ^b	2.64 ± 0.13 ^c	2.43 ± 0.14 ^b
混合营养期 mixed nutrition stage	2.62 ± 0.12 ^a	2.94 ± 0.14 ^b	3.17 ± 0.06 ^c	3.87 ± 0.05 ^d	3.72 ± 0.13 ^d	2.94 ± 0.07 ^b	3.41 ± 0.03 ^c	4.27 ± 0.08 ^d	4.15 ± 0.04 ^d
外源营养期 exotrophic vegetative stage	4.85 ± 0.09 ^a	4.95 ± 0.03 ^a	5.38 ± 0.11 ^b	6.42 ± 0.05 ^c	5.74 ± 0.12 ^b	5.15 ± 0.17 ^b	5.85 ± 0.12 ^c	6.76 ± 0.04 ^c	6.45 ± 0.05 ^d

表 3 葡萄糖和维生素 C 对普安银鲫仔鱼全长的影响 ($n=3$)

Tab. 3 Effects of glucose and V_C on full-length of *C. auratus gibelio* larvae

mm

时期 developmental stage	对照组 control	$\rho(\text{葡萄糖})/\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ glucose				$\rho(\text{维生素 C})/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ V_C			
		5	10	15	20	20	25	30	35
内源营养期 endotrophic vegetative stage	4.92 ± 0.06 ^a	4.98 ± 0.04 ^a	5.39 ± 0.02 ^b	5.71 ± 0.11 ^c	5.42 ± 0.03 ^b	4.95 ± 0.08 ^a	5.17 ± 0.06 ^a	5.47 ± 0.03 ^b	5.06 ± 0.12 ^a
混合营养期 mixed nutrition stage	6.13 ± 0.05 ^a	6.21 ± 0.09 ^a	6.73 ± 0.16 ^b	7.32 ± 0.05 ^c	6.82 ± 0.13 ^b	6.19 ± 0.07 ^a	6.34 ± 0.13 ^b	7.56 ± 0.8 ^c	6.56 ± 0.04 ^b
外源营养期 exotrophic vegetative stage	7.93 ± 0.09 ^a	7.97 ± 0.03 ^a	8.37 ± 0.06 ^b	8.85 ± 0.10 ^c	8.41 ± 0.05 ^b	7.94 ± 0.17 ^a	8.18 ± 0.02 ^a	9.83 ± 0.4 ^c	8.81 ± 0.05 ^b

3 讨论

3.1 葡萄糖在普安银鲫早期发育中的供能作用

葡萄糖作为碳水化合物中结构简单的单糖, 其不需要进行分解便可被机体吸收利用, 且对大部分鱼类来说其利用效率高于其他糖类^[7-8]。虽然葡萄糖不是胚胎发育的主要供能物质, 但对胚胎的发育也起着很重要的作用^[9]。有研究表明, 葡萄糖作为小分子物质添加到胚胎的培养液中可进入胚胎内发挥作用^[4-5]。在该研究中不同质量浓度的葡萄糖溶液浸泡中仔鱼出膜时间均低于对照组, 尤其在 $15 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的葡萄糖溶液中, 仔鱼能提前 6.3 h 出膜, 说明葡萄糖进入到普安银鲫胚胎内, 促进了胚胎的发育速度; 在受精后的卵裂过程中需要消耗大量的能量, 进入到胚胎内的葡萄糖可提供一部分能量, 何登菊等^[9]研究发现, 在瓯江彩鲤 (*C. carpio* var. *col*) 的发育早期碳水化合物的含量显著降低以供卵裂利用, 同时在卵细胞的不断分化过程中需要

大量的葡萄糖参与细胞构建以及合成多种复合物, 这些复合物在细胞分化中起着重要的信号传递作用, 从而促进普安银鲫胚胎的发育速度, 使得仔鱼提前出膜, 这一结果在李俊霞^[4]对斑马鱼胚胎发育的研究结果中也得到证实。该研究中不同质量浓度葡萄糖溶液中的仔鱼孵化率均高于对照组, 在 $15 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的葡萄糖溶液中孵化率高出对照组 12.5%。普安银鲫在出膜时, 胚胎在卵膜内剧烈扭动, 尾部不断拍击卵膜以击破卵膜^[10], 在这个过程中需要消耗大量的能量以击破卵膜, 若无足够的能量来击破卵膜, 仔鱼将不能出膜, 而胚胎从受精卵发育至出膜前期已消耗了大量的能量, 补充的葡萄糖可为普安银鲫击破卵膜供给部分能量, 从而提高了普安银鲫的出膜率, 这在薛凌展^[5]对栉孔扇贝的研究中也得到证实。目前普安银鲫仔鱼的开口饵料还是以投喂豆浆为主, 卵黄囊仔鱼不能顺利开口转食是其死亡的主要原因^[11-13]。卵黄囊仔鱼吸收的葡萄糖除了供给能量保证仔鱼的顺利开口, 还是鱼体组织细胞的组成成

分,及合成体脂、氨基酸的重要原料^[14-15],这也是葡萄糖组仔鱼在同时期内个体较大、成活率高的主要原因。

该研究表明,葡萄糖的质量浓度超过 $15\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$,仔鱼出膜时间增加,孵化率、仔鱼成活率和仔鱼生长率降低,说明高浓度的葡萄糖溶液对普安银鲫的早期发育表现出抑制作用。梁进涛^[16]、李俊霞^[4]和薛凌展^[5]的研究也表明,高浓度的葡萄糖溶液严重抑制了胚胎的发育。这一现象的可能原因是高浓度的葡萄糖溶液增大了渗透压,过高的渗透压对普安银鲫的早期发育产生了不良影响,也有可能是普安银鲫的胚胎长期处于高浓度的葡萄糖溶液中导致多种代谢途径产生活性氧,对胚胎产生损伤^[17]。因此,添加到普安银鲫的孵化水体中葡萄糖溶液的质量浓度在 $15\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 以下对其早期发育有促进作用。

3.2 V_C 对普安银鲫早期发育的影响

V_C ,又名抗坏血酸,具有多种生物功能和较强的抗氧化作用,是维持鱼类正常生理功能必不可少的微量营养素。大多数鱼类自身不能合成 V_C ,且对 V_C 的缺乏都很敏感,必须从外界获取。目前,鱼类获取 V_C 的方法有2种:1)向饲料中添加,这种方法应用最为广泛;2)通过将 V_C 添加到水体中浸泡。季延滨等^[6]研究发现,用一定质量浓度的 V_C 对刚破膜的六须鲢稚鱼进行浸泡,能促进稚鱼对卵黄囊的吸收,使其提前开口摄食,并提高其成活率。所以浸泡法无疑是鱼类胚胎期及未开口摄食的仔鱼获取 V_C 最有效的途径。

在该研究中不同质量浓度 V_C 溶液浸泡下均能缩短普安银鲫出膜的时间,尤其在 $30\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 V_C 溶液中,仔鱼能提前4.4 h出膜,说明 V_C 促进了普安银鲫的胚胎发育。 V_C 本身是鱼类生长所必需的维生素,对细胞的生长具有营养作用。有研究表明,当鱼类的受精卵中积累一定的 V_C 后既可以保护卵子不被氧化损伤,也能调控早期发育过程中卵内物质和能量代谢,有效促进鱼类的早期胚胎发育^[18-19]。而不同浓度 V_C 溶液浸泡也能提高普安银鲫孵化率及仔鱼开口转食的成活率,尤其在 $30\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 V_C 溶液中,孵化率和成活率分别高出对照组16.2%和17.8%。薛凌展^[5]研究表明, $0.09\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 V_C 能够显著提高栉孔扇贝的孵化率。 V_C 除作为重要的营养物质外,还是鱼体内最重要的抗氧化剂,可以清除代谢过程中产生的氧自由基,保护胚胎免受氧化损伤,保护卵膜结构的完整性^[20-21]。同时大量的体外研究试验表明, V_C 对机体细胞起着积极的保护作用^[22]。 V_C 通过浸泡进入了普安银鲫的胚胎及仔鱼内部,提高胚胎及仔鱼的免疫保护作用,抵抗病害的发生,从而能够提高普安银鲫仔鱼的出膜率及成活率。另外, V_C 组出膜后的仔鱼生长和发育速度要高于对照组,其原因有:1)通过浸泡为仔鱼提供了生长和发育所必须的 V_C ,促进了其生长发育;2) V_C 在普安银鲫仔鱼发育过程中发挥了抗氧化功能,降低了机体的损伤,提高了普安银鲫胚胎的免疫力,从而

保障了整个发育过程中的正常代谢。然而, $35\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 V_C 溶液增加了仔鱼出膜时间,降低孵化率和仔鱼成活率,说明高浓度的 V_C 溶液抑制了普安银鲫的早期发育,这可能是由于 V_C 的化学性质为酸性,添加高浓度的 V_C 影响了水体中的pH,从而影响了普安银鲫胚胎的发育。因此,添加到水体中 V_C 溶液的质量浓度不超过 $30\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 可促使普安银鲫的孵化,对其早期发育有促进作用。

4 结论

由结果可以看出,低浓度的葡萄糖和 V_C 能使普安银鲫的出膜时间提前,提高孵化率、仔鱼成活率和卵黄囊仔鱼的生长发育速度,尤其是在葡萄糖和 V_C 溶液的质量浓度为 $15\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $30\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 对普安银鲫早期发育的促进作用最大。但过高浓度的葡萄糖和 V_C 对普安银鲫的早期发育表现出了抑制作用。所以,对于不同的鱼类,葡萄糖和 V_C 溶液是否对其早期发育有影响,以及其适宜的浓度范围还需要进一步探索。

参考文献:

- [1] 常青,梁萌青,薛华,等.亲鱼营养的研究进展[J].海洋水产研究,2002,23(2):65-71.
- [2] 张海涛,梁萌青,郑珂珂,等.饲料中维生素C对大菱鲆繁殖性能的影响[J].渔业科学进展,2013,34(2):73-81.
- [3] IZQUIERDO M S, FERNANDE-PALACIOS H, TACON A G J. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish [J]. Aquaculture, 2001, 197(1): 25-42.
- [4] 李俊霞.葡萄糖、蔗糖、氯化钠对斑马鱼胚胎发育的影响[D].济南:山东师范大学,2007.
- [5] 薛凌展.环境和营养因子对四倍体栉孔扇贝胚胎及早期幼虫的影响[D].福州:福建师范大学,2008.
- [6] 季延滨,陈成勋,王祥,等.维生素在提高六须鲢育苗成活率中的应用[J].中国水产,2007(11):60-61.
- [7] HEMRE G I, MOMMSEN T P, KROGDAHL A. Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes[J]. Aquac Nutr, 2002, 8(3): 175-194.
- [8] KROGDAHL A, HEMRE G I, MOMMSEN T P. Carbohydrates in fish nutrition: digestion and absorption in postlarval stages [J]. Aquac Nutr, 2005, 11(2): 103-122.
- [9] 何登菊,姚俊杰,赵云龙,等.瓯江彩鲤胚胎发育过程中脂、蛋白及碳水化合物水平的变化[J].动物学杂志,2011,46(2):102-107.
- [10] 梁正其,马珊,姚俊杰,等.普安银鲫胚胎发育的初步研究[J].水产科学,2012,31(6):316-320.
- [11] 胡世然,李正友,安苗,等.兴国红鲤诱导普安银鲫异精雌核发育子代研究[J].江西农业学报,2013,25(1):119-122.
- [12] 吴金英,林浩然.斜带石斑鱼消化系统胚后发育的组织学研究[J].水产学报,2003,27(1):7-12.
- [13] HASTEY R P, PHELPS R P, DAVS D A, et al. Changes in free

- amino acid profile of red snapper *Lutjanus campechanus*, eggs, and developing larvae[J]. *Fish Physiol Biochem*, 2010, 36(3): 473-481.
- [14] 李伟微. 银鲳亲鱼、胚胎及仔稚鱼的脂肪酸与氨基酸营养[D]. 上海: 上海海洋大学, 2008.
- [15] 田华梅, 赵云龙, 李晶晶, 等. 中华绒螯蟹胚胎发育过程中主要生化成分的变化[J]. *动物学杂志*, 2002, 37(5): 19-21.
- [16] 梁进涛. 高糖对斑马鱼胚胎心脏发育的影响及机制研究[D]. 上海: 复旦大学, 2010.
- [17] 张累, 方南洙, 李井春. 长期氧化应激导致葡萄糖对小鼠胚胎发育损伤的机制[J]. *细胞生物学杂志*, 2006, 28(5): 661-666.
- [18] TEROVA G, SAROGLIA M, PAPP Z G, et al. Ascorbate dynamics in embryos and larvae of sea bass and sea bream, originating from broodstocks fed supplements of ascorbic acid[J]. *Aquac Int*, 1998, 6(5): 357-367.
- [19] TEROVA G, SAROGLIA M, PAPP Z G, et al. Dynamics of collagen indicating amino acids, in embryos and larvae of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and gilthead sea bream (*Sparus aurata*), originated from broodstocks fed with different vitamin C content in the diet[J]. *Comp Biochem Physiol A*, 1998, 121(2): 111-118.
- [20] BROWN M, LAVENS P. Critical review of the concentration, interactions with other nutrients, and transfer of ascorbic acid in algae, crustaceans and fish[M]. Boca Raton: CRC Press, 2001: 167-189.
- [21] MENEZES G C, TRAVARES-DIAS M, ONO E A, et al. The influence of dietary vitamin C and E supplementation on the physiological response of pirarucu, *Arapaima gigas*, in net culture[J]. *Comp Biochem Physiol A*, 2006, 145(2): 274-279.
- [22] 李桂峰, 钱沛锋, 孙际佳, 等. 维生素 C 对胡子鲶细胞活性和血清因子的影响[J]. *中山大学学报: 自然科学版*, 2005, 44(5): 75-83.