

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2012.00223

哲罗鲑卵子和卵腔液的生化组成与其发眼率的相关性

李雪^{1,2}, 张颖¹, 尹家胜¹

1. 中国水产科学研究院 黑龙江水产研究所, 黑龙江 哈尔滨 150070;
2. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306

摘要: 为了解哲罗鲑(*Hucho taimen*)卵子及卵腔液的生化组成及其与发眼率的关系, 采用生物化学的方法对雌性哲罗鲑 期卵子及卵腔液的酶、蛋白质、氨基酸、维生素和矿物质等组成和含量进行了测定, 并且将各组份与哲罗鲑受精卵的发眼率进行了回归分析。结果表明: 哲罗鲑 期卵子中含有碱性磷酸酶、酸性磷酸酶、谷草转氨酶、琥珀酸脱氢酶、 Mg^{2+} -ATP 酶、磷、钙离子、铁离子、维生素 C 和维生素 E。卵子中 Mg^{2+} -ATP 酶活力 $8.3 \times 10^{-5} \mu\text{mol}(\text{Pi})/(\text{min} \cdot \text{mg prot})$ 、磷含量在 $12.97 \sim 23.03 \mu\text{mol/g}$ (卵)之间及氨基酸含量在 $574.89 \sim 1195.40 \mu\text{mol/g}$ (卵) 之间, 哲罗鲑卵的发眼率均 80%。哲罗鲑的卵腔液中含有碱性磷酸酶、酸性磷酸酶、谷草转氨酶、琥珀酸脱氢酶、磷、钙离子、铁离子、维生素 C 和维生素 E, 当谷草转氨酶活力 $18.14 \mu\text{mol}/(\text{min} \cdot \text{L})$, 哲罗鲑卵的发眼率 80%。哲罗鲑 期卵子中 Mg^{2+} -ATP 酶活力、磷含量、氨基酸含量以及卵腔液中谷草转氨酶活力与其发眼率存在着显著相关性。

关键词: 哲罗鲑; 卵子; 卵腔液; 生化组成; 发眼率

中图分类号: S96

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2012)01-0223-06

哲罗鲑(*Hucho taimen*)又名哲罗鱼, 为珍稀冷水性鱼类, 主要分布于俄罗斯、蒙古、哈萨克斯坦和中国的额尔齐斯河、黑龙江、乌苏里江、喀纳斯湖等^[1]。近年来, 由于自然环境的恶化以及人类活动的加剧, 其野生资源日渐枯竭。目前, 已被列入中国濒危保护动物^[2]。自 2006 年徐伟等^[3]将哲罗鲑人工繁育和养殖技术解决以后, 中国哲罗鲑的商品鱼养殖和亲鱼群体已经形成一定的规模。虽然每年可生产大量的卵, 但由于亲鱼个体差异和培育环境等因素, 导致不同亲鱼产出的卵子质量不同, 部分亲鱼的发眼率较低, 胚胎畸形率比较高, 给生产带来损失。Lahnsteiner 等^[4]研究表明, 鱼类的卵子质量差异可以通过卵子及卵腔液的生化指标进行判断。因此, 研究哲罗鲑卵子及卵腔液的质量标志物对其实际生产具有重要的指导意义。

研究表明, 鱼类的卵子质量的评价标准因品种的差异而不同, 如卵子内脂滴的透明度和均匀分布情况可作为鲑科鱼类卵子质量的评价标准^[5-6]。有研究显示, 在狼鱼(*Anarhichas lupus*)^[7]、鳕鱼(*Gadus morhua*)^[8]和大西洋大比目鱼(*Hippoglossus hippoglossus*)^[9]中, 其受精卵卵裂球的形态与其胚胎活力有关。皮质反应强度、卵渗透压和绒毛膜反应强度与鳕鱼^[10]的卵子活力有关。湖鲢(*Salmo trutta lacustris*)^[6]卵的发眼率与卵的硬化和吸水重相关。卵腔液的 pH 值和蛋白水平与大菱鲂(*Scophthalmus maximus*)^[5]和湖鲢^[6]的卵子活力有关。此外, 湖鲢^[6]的谷草转氨酶活性与其卵子活力也相关。而卵黄组成、卵内酶活性和糖代谢酶类等与虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)^[5]和湖鲢^[6]的卵活力相关。有关哲罗鲑卵子质量的研究目前还没有报道。因此, 本实验对哲罗鲑卵子及

收稿日期: 2011-06-28; 修订日期: 2011-09-23.

基金项目: 农业部公益性行业(农业)科研专项(201003055); 国家十二五支撑计划(2012BAD25B10)

作者简介: 李雪(1986-), 女, 硕士研究生, 从事水产动物繁殖生理学研究. E-mail: lixue914@126.com

通信作者: 尹家胜, 研究员. E-mail: xwsc20@tom.com

卵腔液内相关酶类、矿物质及维生素等进行检测, 并与其发眼率进行回归分析, 以期获得与哲罗鲑卵子质量相关的生物标志物, 为哲罗鲑亲鱼的选育和苗种生产提供技术方法和理论支持。

1 材料与方法

1.1 实验用鱼

亲鱼来自于中国水产科学研究院黑龙江水产研究所渤海冷水鱼类实验站, 已达性成熟的 9⁺ 龄雌鱼、雄鱼各 10 尾。

1.2 人工催产和孵化

2010 年 4 月初, 给雌性亲鱼注射鲑鱼释放激素类似物(S-GnRH-A)、绒毛膜促性腺激素(HCG)和地欧酮(DOM) (购自宁波第一激素制品厂), 促使成熟的亲鱼产卵。采用虹鳟的孵化方法^[11]进行人工挤卵、受精和孵化, 计算每尾雌鱼卵的发眼率。如表 1 所示为 10 尾雌鱼的平均体长、体质量及发眼率。

表 1 实验用亲鱼平均体长和体重指标及发眼率

体长/cm body length	体质量/kg body weight	发眼率/% eyed rate
97.30±6.58	11.02±2.70	91.50±7.84

1.3 实验用卵子及卵腔液采集

将雌性亲鱼人工催产后获得的 期卵, 经筛网过滤后, 采集成熟卵子 20 g/尾, 收集过滤后的卵腔液 15 mL/尾, 于液氮罐内保存。

1.4 酶、矿物质、维生素的检测

蛋白质采用考马斯亮蓝比色法(试剂盒购于自南京建成生物有限公司)、氨基酸采用茚三酮比色法(试剂盒购于自南京建成生物有限公司)、Mg²⁺-ATP 酶采用化学比色法(试剂盒购于自南京建成生物有限公司)、谷草转氨酶采用 2, 4-二硝基苯肼比色法(试剂盒购于自长春汇力生物技术有限公司)、磷酸酶采用铁氰化钾比色法(AKP、ACP 试剂盒购于自南京建成生物有限公司)、琥珀酸脱氢酶采用化学比色法(试剂盒购于自南京建成生物有限公司)、磷(P)采用孔雀绿比色法(试剂盒购

于自南京建成生物有限公司)、钙离子(Ca²⁺)采用甲基百里酚蓝比色法(试剂盒购于自南京建成生物有限公司)、维生素采用菲罗琳比色法(V_C、V_E 试剂盒购于自南京建成生物有限公司)、铁离子(Fe³⁺)采用菲咯嗪比色法(试剂盒购于自长春汇力生物技术有限公司)。

1.5 数据处理统计

试验数据采用 SPSS17.0 统计软件中的比较均值进行统计, 回归方程进行分析。

2 结果与分析

2.1 哲罗鲑卵子的生化组成与其发眼率的相关性

如表 2 所示, 哲罗鲑的卵子由蛋白质、氨基酸、碱性磷酸酶、酸性磷酸酶、谷草转氨酶、琥珀酸脱氢酶、Mg²⁺-ATP 酶、磷、钙离子、铁离子、V_C 和 V_E 等各项指标组成。以哲罗鱼鲑的发眼率为因变量, 以测得的卵子内各项指标为自变量进行回归分析表明, 哲罗鲑卵子内 Mg²⁺-ATP 酶活力、磷含量和氨基酸含量与其发眼率显著相关($P < 0.05$), 其他指标与哲罗鲑的发眼率不显著相关($P > 0.05$)。

哲罗鲑卵子内 Mg²⁺-ATP 酶活力与发眼率的回归方程为 $Y = -1.310E-5/X + 0.959$, 判定系数 R^2 为 0.551, P 值为 $0.014 < 0.05$ 。其发眼率与卵内 Mg²⁺-ATP 酶活力呈 Inverse 型曲线相关(图 1), 发眼率随着卵内 Mg²⁺-ATP 酶活力的升高而升高, 随后趋于恒定。由曲线的回归方程 $Y = -1.310E-5/X + 0.959$ 计算得出, 当 Mg²⁺-ATP 酶活力 $8.3 \times 10^{-5} \mu\text{mol}(\text{Pi})/(\text{min} \cdot \text{mg prot})$ 时, 哲罗鲑卵子的发眼率 80%。

卵子内氨基酸含量与发眼率的回归方程为: $Y = -1.162E-9X^3 + 1.606E-6X^2 + 0.49$, 判定系数 R^2 为 0.769, P 值为 $0.006 < 0.01$ 。其发眼率与卵子氨基酸含量呈 Cubic 型曲线相关(图 2), 发眼率随卵子内氨基酸含量的升高而升高, 随后发眼率随氨基酸含量的升高而降低。由方程 $Y = -1.162E-9X^3 + 1.606E-6X^2 + 0.49$ 计算得出卵子中氨基酸的含量在 $574.89 \sim 1195.40 \mu\text{mol/g}(\text{卵})$ 之间, 哲罗鲑卵子的发眼率 80%。

卵子内磷含量与发眼率的回归方程为 $Y = -0.005X^2 + 0.18X - 0.693$, 判定系数 R^2 为 0.730, P 值为 0.01。如图 3 所示, 哲罗鲑卵的发眼率与卵内磷含量呈 Quadratic 型曲线相关, 发眼率会随着卵内磷含量的升高而升高, 然后随磷含量的升高而降低。由方程 $Y = -0.005X^2 + 0.18X - 0.693$ 计算得出, 当卵子中磷含量为 12.97 ~ 23.03 $\mu\text{mol/g}$ (卵) 时, 哲罗鲑卵子的发眼率 80%。

2.3 哲罗鲑卵腔液的生化组成与其发眼率的相关性与哲罗鲑的卵子相比较, 其卵腔液由蛋白

质、氨基酸、碱性磷酸酶、酸性磷酸酶、谷草转氨酶、琥珀酸脱氢酶、磷、钙离子、铁离子、 V_C 和 V_E 等生化指标组成, 不含有 Mg^{2+} -ATP 酶(表 2)。以其发眼率为因变量, 以卵腔液内各项指标为自变量进行回归分析表明, 哲罗鲑卵腔液内谷草转氨酶活力与其发眼率显著相关($P < 0.05$), 其他指标与哲罗鲑的发眼率不显著相关。

哲罗鲑卵子的发眼率与卵腔液谷草转氨酶活力呈 S 型曲线相关(图 4), 发眼率随着卵腔液中谷草转氨酶活力的升高而升高。回归方程为 $Y = -6.384/$

表 2 哲罗鲑卵子和卵腔液各项指标测定
Tab.2 Parameters of egg and ovarian fluid investigated in *H. taimen*

		$n=10; \bar{x} \pm SD$	
项目(卵子) item (for eggs)	检测值 value	项目(卵腔液) item(for ovarian fluid)	检测值 value
蛋白质/($\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ egg) protein	0.50±0.16	蛋白质/($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) protein	2.05±0.36
氨基酸/($\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ egg) amino acids	941.89±131.95	氨基酸/($\mu\text{mol} \cdot \text{mL}^{-1}$) amino acids	18.62±2.99
P/($\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ egg)	19.09±0.90	P/($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	968.15±320.08
Ca^{2+} /($\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ egg)	6.21±0.77	Ca^{2+} /($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	537.04±180.06
Fe/($\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ egg)	0.27±0.04	Fe/($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	28.60±6.26
V_C /($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ egg)	0.22±0.03	V_C /($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	15.15±2.89
V_E /($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ egg)	31.38±19.67	V_E /($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	345.74±98.43
碱性磷酸酶/($\mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ prot) alkaline phosphatase	0.37±0.56	碱性磷酸酶/($\mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ prot) alkaline phosphatase	14.45±32.06
酸性磷酸酶/($\mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ prot) acid phosphatase	0.58±0.31	酸性磷酸酶/($\mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ prot) acid phosphatase	8.57±12.94
琥珀酸脱氢酶/($\mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ prot) succinate dehydrogenase	0.015±0.009	琥珀酸脱氢酶/($\mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ prot) succinate dehydrogenase	1.12±0.83
谷草转氨酶/($\mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ prot) aspartate aminotransferase	0.18±0.07	谷草转氨酶/($\mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ prot) aspartate aminotransferase	27.95±7.95
Mg^{2+} -ATPase/($\mu\text{molPi} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ prot)	0.001±0.001		

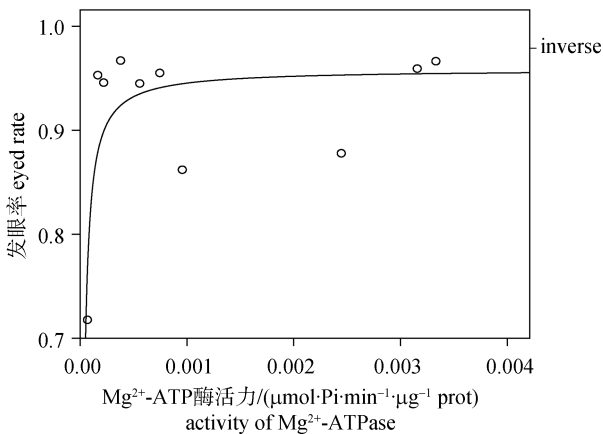


图 1 哲罗鲑卵子 Mg^{2+} -ATP 酶活力与发眼率关系曲线
Fig.1 Relation between the Mg^{2+} -ATP activity and the eyed rate.

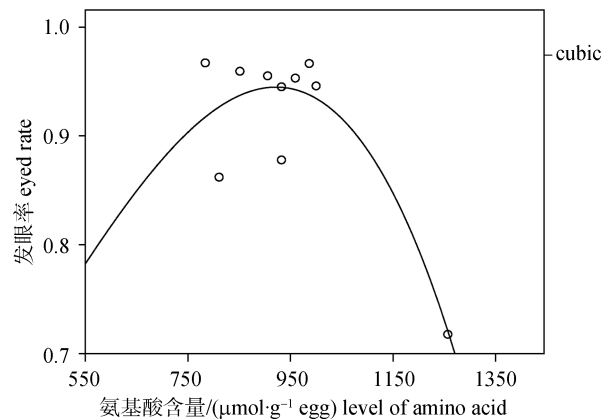


图 2 哲罗鲑卵子氨基酸含量与发眼率关系曲线
Fig. 2 Relation between the level of amino acid and the eyed rate.

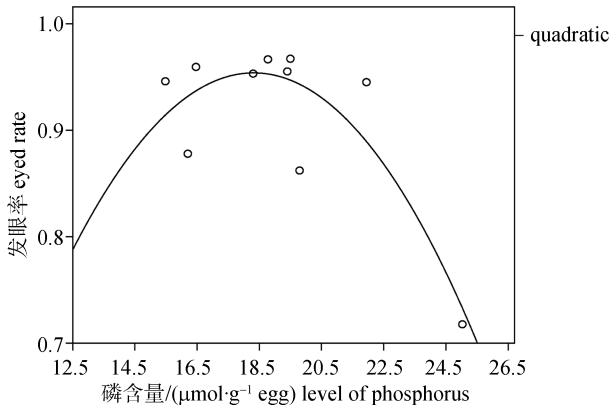


图 3 哲罗鲑卵子磷含量与发眼率关系曲线

Fig. 3 Relation between the level of phosphorus and the eyed rate

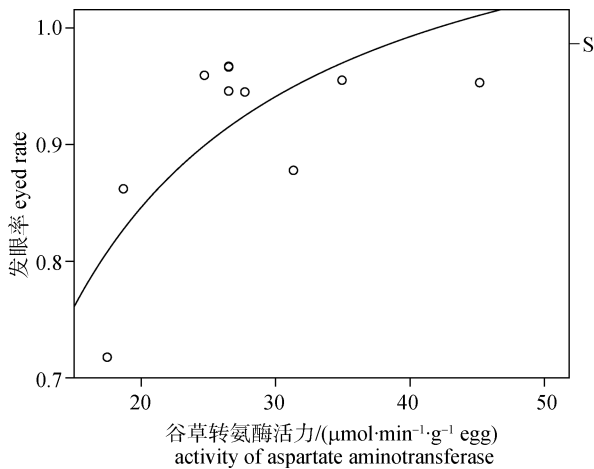


图 4 哲罗鲑卵腔液谷草转氨酶活力与发眼率关系曲线

Fig. 4 Relation between the aspartate aminotransferase activity of ovarian fluid and the eyed rate

$X+0.152$, 判定系数 R^2 为 0.521 , $P=0.018<0.05$ 。由方程计算得出, 当卵腔液中谷草转氨酶的活力 $18.14 \mu\text{mol}/(\text{min}\cdot\text{L})$ 时, 哲罗鲑卵的发眼率 80% 。

3 讨论

3.1 哲罗鲑卵子的生化组成与其繁殖性能的相关性

在鱼类养殖生产及科学研究中, 受精率、孵化率和成活率等生产性状是评价配子质量最直接的指标, 这些指标与养殖培育过程密切相关, 应用最为广泛^[12]。但由于哲罗鲑在受精后孵化过程中存在碰动敏感期, 且受精卵的孵化时间又很长(水温 7°C 时, 为 $30\sim 40 \text{d}$), 因此, 本实验将发眼率作为哲罗鲑卵子繁殖性能的判断指标。

Mg^{2+} -ATP 酶作为驱动离子的 ATP 酶之一, 在氧化磷酸化过程中参与了细胞膜 Mg^{2+} 的转运, 通过离子转运产生的离子梯度合成 ATP 为卵子的发育提供能量。Lahnsteiner 等^[13]对金头鲷(*Sparus aurata*)的研究表明, 在金头鲷受精卵的胚胎发育过程中随发育进程的进行其 Mg^{2+} -ATP 酶活力增加, 且在有存活能力的卵子中的含量要高于无存活能力的卵子中的含量。由此可见, 鱼类卵子中 Mg^{2+} -ATP 酶的活力在胚胎发育过程中发挥至关重要的作用。本研究表明哲罗鲑卵子中 Mg^{2+} -ATP 酶的活力与发眼率呈 Inverse 型曲线相关, 当卵子中 Mg^{2+} -ATP 酶活力高于 $8.3\times 10^{-5} \mu\text{mol}(\text{Pi})/(\text{min}\cdot\text{mg prot})$ 时, 其发眼率能够达到 80% 以上, 由此更加进一步证实了鱼类卵子中 Mg^{2+} -ATP 酶对其繁殖发育具有重要的作用。

氨基酸是鱼类卵子发育过程中重要的能量来源^[14-15], 其作为渗透活性物质参与卵母细胞的最终成熟, 调节成熟卵子的浮力^[16], 在卵子的进一步发育中起着至关重要的作用。Nocillado 等^[17]对亚洲鲈鱼(*Lates calcarifer*)和 Seoka^[18]等对真鲷等鱼类的研究表明, 无存活能力的卵子比有存活能力的卵子中氨基酸的含量高, 且氨基酸含量的降低将影响卵子浮力、蛋白质的合成以及能量状况。Lahnsteiner 等^[19]对金头鲷(*Sparus aurata*)卵子中氨基酸含量的研究表明, 其卵子内氨基酸的含量与其胚胎发育率存在着相关性。本次研究中, 哲罗鲑成熟卵氨基酸的含量与其发眼率呈 Cubic 型曲线相关, 这与金头鲷、鲈鱼和真鲷等鱼类的研究结果一致^[17-19], 因此表明无论是海水鱼类还是淡水鱼类其卵子中氨基酸的含量与其繁殖性能有关。

Bekhit 等^[20]对大磷马哈鱼的研究表明, 大磷马哈鱼卵子内的磷含量随其成熟度的增加而升高, 而本研究中采用的哲罗鲑卵子为成熟卵, 且其磷含量与卵发眼率呈 Quadratic 型曲线相关, 这可能与鲑科鱼类胚胎发育过程中需要大量的磷元素有关。

3.2 哲罗鲑卵腔液的生化组成与其繁殖性能的相关性

卵腔液是卵子在鱼体内生存的环境, 它的性质和生化组成与卵子的发育以及繁殖性能相关^[6, 21-22]。

Fauvel 等^[21]对大菱鲂的研究发现, 正常产卵期间卵腔液的 pH 在 8.1 左右, 当 pH 下降到 7.1 时, 卵子已经开始过熟, 大菱鲂卵腔液的 pH 值可以作为卵子发育状况的指示。Lahnsteiner 等^[6]对湖鲮卵腔液的生化组份与卵子质量相关性的研究表明, 湖鲮卵腔液中谷草转氨酶的活力与发眼率显著相关。鲤科鱼类卵腔液的谷草转氨酶活力与其卵子的受精率也存在着相关性^[4]。谷草转氨酶是广泛存在于细胞浆和线粒体中的重要氨基酸转氨酶, 催化将天冬氨酸转化成酮戊二酸的可逆转氨作用, 在蛋白质代谢过程中起重要作用^[22]。本研究发现哲罗鲑卵腔液谷草转氨酶活力与哲罗鲑卵的发眼率也存在着显著的相关性, 这与湖鲮和鲤科鱼类的研究结果相一致, 由此推测鲑科鱼类乃至硬骨鱼类卵腔液中谷草转氨酶的活力与其繁殖性能也可能存在着相关性。

3.3 鱼类卵子质量的评价方法

鱼类卵子质量的评价方法很多, 但是并没有统一的标准, 不同的鱼类采用的方法不同^[4, 23-27]。对虹鲮的研究表明, 其小型卵子的受精率低于大型卵子的受精率^[23], 而日本鳗鲡卵子的比重与卵子的受精率、孵化能力和含水量呈负相关, 在等渗和高渗溶液中可以维持低比重的卵子有较高的受精率和较好的孵化能力^[24]。此外, 依据亚东鲑卵子中脂滴的分布可以估测其卵子质量的高低, 脂滴均匀分布的卵子, 其发眼率较高, 脂滴分布不均匀的卵子的发眼率大约是脂滴均匀分布的卵子的 50%, 甚至极低^[25]。

Giménez 等^[26]对(*Dentex dentex*)孵化后 3 d 齿鲷幼体死亡率低于 10% 的优质卵子和孵化后 3 d 幼体死亡率高于 35% 的劣质卵子中脂质含量、种类以及脂肪酸组成的研究表明, 齿鲷优质卵子和劣质卵子在脂质含量、种类以及脂肪酸组成上无显著性差异, 而其碳水化合物的组成差异显著。同时, 优质卵子中的碱性磷酸酶和丙酮酸激酶的活性比劣质卵子高。此外, 鲤科鱼类卵子中蛋白质浓度、天冬氨酸转氨酶、苹果酸脱氢酶和丙酮酸激酶的活性与其卵子的受精率显著相关^[4]。对虹鲮卵腔液的 pH 值与其卵子质量的研究表明,

低质量虹鲮卵子的卵腔液 pH 值均低于 8, 其渗透压也较低^[27]。鲤科鱼类卵腔液 pH 值、蛋白质浓度及天冬氨酸转氨酶的活性与卵子的受精率显著相关, 可以作为其卵子质量的生化指示物^[4]。

参考文献:

- [1] 张觉民. 黑龙江鱼类志[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1995: 50-52.
- [2] 乐佩琦, 陈宜瑜. 中国濒危动物(鱼类)红皮书[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 29-31.
- [3] 徐伟, 尹家胜, 匡友谊, 等. 哲罗鱼人工育苗技术研究[J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(4): 452-456.
- [4] Lahnsteiner F, Urbanyi B, Horvath A, et al. Bio-markers for egg quality determination in cyprinid fishes[J]. Aquaculture, 2001, 195: 331-352.
- [5] Craik J C A, Harvey S M. Egg quality in rainbow trout: the relation between egg viability, selected aspects of egg composition, and time of stripping[J]. Aquaculture, 1984, 40: 115-134.
- [6] Lahnsteiner F, Weismann T, Patzner R A. Physiological and biochemical parameters for egg quality determination in lake trout, *Salmo trutta lacustris*[J]. Fish Physiol Biochem, 1999, 20: 375-388.
- [7] Pavlov D A, Moksness E. Production and quality of eggs obtained from wolffish (*Anarhichas lupus* L.) reared in captivity[J]. Aquaculture, 1994, 122: 295-312.
- [8] Kjorsvik E. Egg quality in wild and broodstock cod (*Gadus morhua* L.)[J]. J World Aqu Soc, 1994, 25: 22-29.
- [9] Shields R J, Brown N P, Bromage N R. Blastomere morphology as a predictive measure of fish egg viability [J]. Aquaculture, 1997, 155: 1-12.
- [10] Kjorsvik E, Lønning S. Effects of egg quality on normal fertilization and early development of the cod, (*Gadus morhua* L.)[J]. Fish Biol, 1983, 23: 1-12.
- [11] 刘雄, 王照明, 金国善, 等. 虹鲮养殖技术[M]. 北京: 农业出版社, 1990: 34-70.
- [12] 丁福红, 雷霖霖, 刘新富, 等. 鱼类配子质量研究进展与展望[J]. 海洋科学, 2009, 33: 129-132.
- [13] Lahnsteiner F, Patarnello P. Investigations on the metabolism of viable and nonviable gilthead sea bream (*Sparus aurata*) eggs[J]. Aquaculture, 2003, 223: 159-174.
- [14] Rønnestad I, Koven W, Tandler A, et al. Energy metabolism during development of eggs and larvae of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) [J]. Mar Biol, 1994, 120: 187-196.
- [15] Rønnestad I, Koven W, Tandler A, et al. Utilization of yolk

- fuels in developing eggs and larvae of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*)[J]. *Aquaculture*, 1998, 162: 157–170.
- [16] Seoka M, Yamada S, Iwata Y, et al. Differences in the biochemical content of buoyant and non-buoyant eggs of the Japanese eel, *Anguilla japonica*[J]. *Aquaculture*, 2003, 216: 355–362.
- [17] Nocillado J N, Penaflorida V D, Borlongan I G. Measures of egg quality in induced spawns of the Asian sea bass, *Lates calcarifer* (Bloch)[J]. *Fish Physiol Biochem*, 2000, 22: 1–9.
- [18] Seoka M, Takii K, Takaoka O, et al. Chemical and enzymic comparison between red sea bream eggs with high and low hatchability[J]. *Suisan Zoshoku*, 1996, 103–108.
- [19] Lahnsteiner F, Patarnello P. Egg quality determination in the gilthead seabream, *Sparus aurata*, with biochemical parameters[J]. *Aquaculture*, 2004, 237: 443–459.
- [20] Bekhit A A, Morton J D, Dawson C O, et al. Impact of maturity on the physicochemical and biochemical properties of chinook salmon roe[J]. *Food Chemistry*, 2009, 117: 318–325.
- [21] Fauvel C, Omnesb M H, Suquet M. Reliable assessment of overripening in turbot (*Scophthalmus maximus*) by a simple pH measurement[J]. *Aquaculture*, 1993, 117: 107–113.
- [22] Vijayavel K, Balasubramanian M P. Fluctuations of biochemical constituents and marker enzymes as a consequence of naphthalene toxicity in the edible estuarine crab *Scylla serrata*[J]. *Ecotoxicol Environ Saf*, 2006, 63(1): 141–147.
- [23] Bromage N, Jones J, Randall C, et al. Broodstock management, fecundity, egg quality and the timing of egg production in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)[J]. *Aquaculture*, 1992, 100: 141–166.
- [24] Unuma T, Kondo S, Tanaka H, et al. Relationship between egg specific gravity and egg quality in the Japanese eel, *Anguilla japonica*[J]. *Aquaculture*, 2005, 246: 493–500.
- [25] Mansour N, Lahnsteiner F, Patzner RA. Distribution of lipid droplets is an indicator for egg quality in brown trout, *Salmo trutta fario*[J]. *Aquaculture*, 2007, 273: 744–747.
- [26] Giménez G, Estévez A, Lahnsteiner F, et al. Egg quality criteria in common dentex (*Dentexdentex*)[J]. *Aquaculture*, 2006, 260: 232–243.
- [27] Aegerter S, Jalabert B. Effects of post-ovulatory oocyte ageing and temperature on egg quality and on the occurrence of triploid fry in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*[J]. *Aquaculture*, 2004, 231: 59–71.

Relationship between eyed rate and the biochemical composition of eggs and ovarian fluid in *Hucho taimen*

LI Xue^{1,2}, ZHANG Ying¹, YIN Jiasheng¹

1. Heilongjiang River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin 150070, China;

2. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

Abstract: We investigated the relationship between the eyed rate and the biochemical composition of eggs and ovarian fluid in *Hucho taimen*. We measured enzyme activity and levels of protein, amino acids, vitamins, and minerals in stage V eggs and ovarian fluid. We used each of these parameters as an independent variable in a regression model to predict the eyed rate. There was a significant correlation between the eyed rate and Mg^{2+} -ATPase activity, phosphorus levels, and amino acids in the eggs. There was no correlation between the eyed rate and the remaining parameters (protein, acid phosphatase, alkaline phosphatase, aspartate aminotransferase, succinate dehydrogenase, calcium ions, iron ions, vitamin C, and vitamin E). Egg batches with high viability ($\geq 80\%$) were characterized by the following: Mg^{2+} -ATPase activity above $8.3 \times 10^{-5} \mu\text{molPi}/(\text{min}\cdot\text{mgprot})$, levels of phosphorus between 12.97 and 23.03 $\mu\text{mol/g}$ egg, and levels of amino acids between 574.89 and 1 195.40 $\mu\text{mol/g}$ egg. In contrast, in the ovarian fluid only aspartate aminotransferase activity was correlated with the eyed rate of *H. taimen*. Egg batches with high viability ($\geq 80\%$) had aspartate aminotransferase activity $>18.14 \mu\text{mol}/\text{min}/\text{L}$ ovarian fluid.

Key words: *Hucho taimen*; egg; ovarian fluid; biochemical composition; eyed rate

Corresponding author: YIN Jiasheng. E-mail: xwsc20@tom.com