

# 白鲢个体发育过程中同工酶基因的 表达与调控研究<sup>①</sup>

吴力钊 王祖熊

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

## 提 要

采用淀粉或聚丙烯酰胺凝胶电泳及特异性组织化学染色技术研究了白鲢早期发育过程中(从未受精卵到卵黄吸尽期)及成体不同组织(脑、眼、心、肌、肾、肝)中六种同工酶系统(LDH, MDH, IDH, ADH, SDH, EST)的分化表达谱式。白鲢各同工酶基因的表达具有明显的组织特异性。早期发育过程中, ADH和SDH基因均无活性, 其它四种同工酶则具有不同的个体发育谱式。值得一提的是, 由取自同一地区的两对白鲢的受精卵的形成胚胎的LDH和EST同工酶的个体发育谱式具有明显的差异。这种差异很可能与不同白鲢母本的未受精卵中不同的同工酶组成有关。本文最后还提出了今后深入研究的有关问题。

**关键词** 白鲢, 电泳, 同工酶基因座位, 个体发生, 个体发生多态性, 基因表达与调控

白鲢是我国特产的重要淡水捕捞和养殖对象, 具有广泛的地理分布和重要的经济价值。由于其具有生长快、抗逆性较强、养殖成本较低等优点, 因此, 它一直是主要的池塘混养鱼种之一。本研究以长江水系的白鲢为材料, 通过检测发育过程中同工酶谱的变化及其组织特异性来探讨白鲢个体发育过程中同工酶基因分化表达的一般模式及其与形态分化和器官形成的相关性, 为白鲢种群的生化遗传结构分析及人工选育种提供基础资料。

## 1. 材料与方法

### 1.1 材料来源及样品制备

从长江下游南京江段捕捞的白鲢江苗在当地鱼池养成鱼种后于当年运回武汉。鱼种在本所关桥试验场室外鱼池中经人工饲养成鱼后用于取材。取脑、眼、心、肌、肾、肝等六种组织用于各同工酶的组织特异性分析, 实验鱼至少9尾。随机取两对(A组和B组)性成熟的白鲢亲鱼行人工受精。受精卵孵化桶中在室内流水孵化。从未受精卵到卵

<sup>①</sup> 本文是七五重点攻关项目——“三江家鱼考种研究”课题的部分结果。江苏省淡水水产研究所贾长春, 本所李国华、孙建民等同志协助收集和运输白鲢江苗及鱼种, 特此致谢。

1996年7月6日修回。

黄吸收完毕各分期取样 11 批和 13 批(表 1)。所有样品均基本按作者以前所报道过的方法制备。

表 1 两组白鲢早期发育时序及主要形态特征(水温: 20.5—23.0℃)

Tab.1 Time schedule and major morphological features of samples taken from the early development of two groups of silver carp

样品组别及编号 Sample group and No.		发育时期 Developmental stage	受精后时间(时:分) Time after fertilization (h: min)		主要形态特征 Major morphological characteristics
			A	B	
1	1	未受精卵 Unfertilized eggs	0:00	0:00	
2	2	二细胞期 2-cell stage	0:55	0:35	胚盘分列为两个细胞 Blastodisc cleaved into 2 cells
	3	高囊胚期 Early blastula		2:40	囊胚层较高 High blastoderm
3	4	原肠晚期 Later gastrula	10:15	11:00	胚盘下包 1/2—4/5 Blastodisc 1/2—4/5 epiboly
	5	眼囊期 Stage of appearance of eye capsule		16:40	眼囊出现, 扁平 Flat eye capsules appeared
4	6	眼晶体形成期 Stage of appearance of eye lens	21:25	21:10	眼晶体出现 Eye lens appeared
5	7	肌肉收缩期 Stage of muscle contraction	24:15	25:20	胚体开始扭动 Embryos exhibited moderate movement
6	8	孵出期 Hatching	26:45	31:00	大部分胚体出膜 The majority of embryos hatched
7	9	眼黄色素期 Stage of yellowish eyes	35:15	40:20	眼睛呈黄色 Eyes with yellow pigments
8	10	眼黑色素期 Stage of darkly pigmented eyes	54:15	57:10	眼黑色素沉积较多 Eyes darkly pigmented
9	11	鳔形成期 Stage of appearance of air bladder	78:15	77:40	鳔出现, 未充气 Air bladder appeared but not aerified
10	12	鳔一室期 Stage of air bladder with one chamber	103:15	103:40	鳔充气, 一室 Air bladder with one chamber aerified
11	13	卵黄吸尽期 Stage of complete absorption of yolk	148:45	149:40	卵黄吸收完毕 Yolk completely absorbed

## 1.2 电泳及组织化学染色

采用 7.5% 的聚丙烯酰胺垂直平板电泳法分板 EST(浓缩胶浓度为 3%), 电极缓冲液

为 pH8.3 的 Tris-甘氨酸溶液。其它同工酶均采用垂直淀粉凝胶电泳法分析。淀粉水解、电泳过程、电泳条件及同工酶命名均见报道[3]。电泳缓冲液为 pH7.0 的 Tris-柠檬酸溶液。按改良的 Shaw 等方法对电泳胶板进行染色。

## 2. 结果

### 2.1 同工酶的遗传控制, 亚基组成及组织分布

**2.1.1 乳酸脱氢酶——LDH( EC 1.1.1.27 )** 和大多数硬骨鱼类一样, 白鲢的 LDH 同工酶也为四聚体, 明显由三个基因座位( *Ldh-A*, *-B*, *-C* )编码。这三个基因座位的表达具有明显的组织特异性: *Ldh-A* 和 *Ldh-B* 基因在脑、眼、心、肌、肾、肝等六种组织中均表达, 但 *Ldh-A* 基因在主干厌氧代谢的肌肉组织中优势表达, 而 *Ldh-B* 基因在供氧充足的心肌中优势表达; *Ldh-C* 基因仅在肝脏中表达(图 1)。

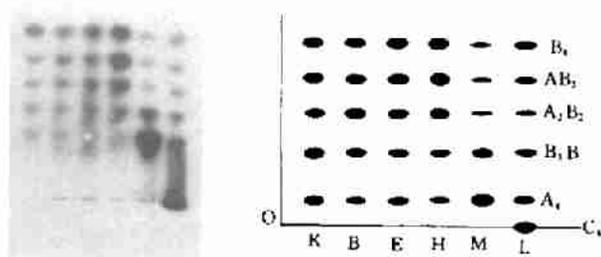


图 1 白鲢不同组织器官中的 LDH 同工酶电泳图谱

Fig.1 Electrophoretogram of LDH isozymes expressed in various tissues of silver carp

(K: Kidney (肾); B: Brain(脑); E: Eyes(眼); H: Heart(心); M: Muscle(肌); L: Liver(肝); O: Origin(原点))

**2.1.2 苹果酸脱氢酶——MDH( EC 1.1.1.37 )** 白鲢的 MDH 同工酶为二聚体, 分线粒体型(m-MDH)和上清液型(s-MDH)。两者均由两个基因座位( *Mdh-C*, *-D* 和 *Mdh-A*, *-B* )编码。四个 MDH 基因座位在所分析的六种组织中均表达, 但不同的 MDH 基因在不同组织中表达的程度有差异(图 2)。与其它组织相比, 肝脏中的

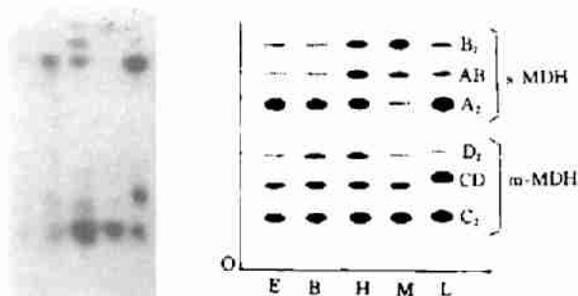


图 2 白鲢不同组织器官中的 MDH 同工酶电泳图谱

Fig.2 Electrophoretogram of MDH isozymes expressed in various tissues of silver carp

1 本文所有图谱的上方为正极, 下方为负极; 对于多态基因座位, 本文仅显示出表型频率最高的电泳图谱。

MDH-D<sub>2</sub> 和 MDH-CD 酶带的电泳迁移率较大。

**2.1.3 异柠檬酸脱氢酶——IDH(EC 1.1.1.42)** 鱼类的 IDH 同工酶根据其所利用的辅酶的不同可分为 NAD 型和 NADP 型, 两者分别利用 NAD 和 NADP 作为辅酶, 在机体内行使不同的代谢功能, 均为二聚体。和 MDH 一样, 白鲢的 NADP 型 IDH 也分上清液型(s-IDH)和线粒体型(m-IDH), m-IDH 同工酶由一个基因座位(*Idh-C*)编码, 在脑、心、肌、肾等四种组织中均有活性, 表型均为一条酶带。s-IDH 同工酶由两个基因座位(*Idh-A*, *-B*)编码, 二者在脑、肾、肝三种组织中均表达, 表型均为三条酶带(图 3)。

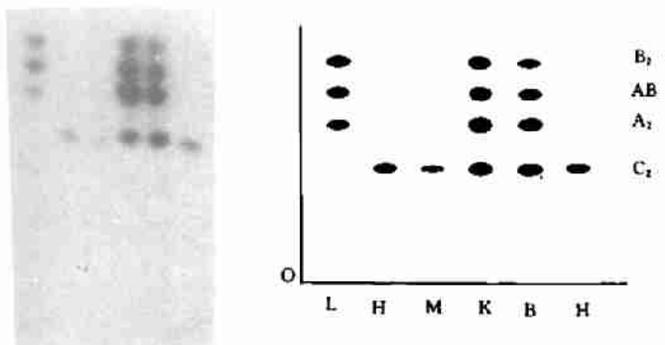


图 3 白鲢不同组织器官中的 IDH 同工酶电泳图谱

Fig.3 Electrophoretogram of IDH isozymes expressed in various tissues of silver carp

**2.1.4 乙醇脱氢酶——ADH(EC 1.1.1.1)和山梨醇脱氢酶——SDH( EC 1.1.1.14)** 白鲢的 ADH 和 SDH 同工酶均为二聚体, 各由两个基因座位(*Adh-A*, *-B* 和 *Sdh-A*, *-B*)编码。这两种同工酶均只在肝脏中表达, 表型均为三条带(图 4)。

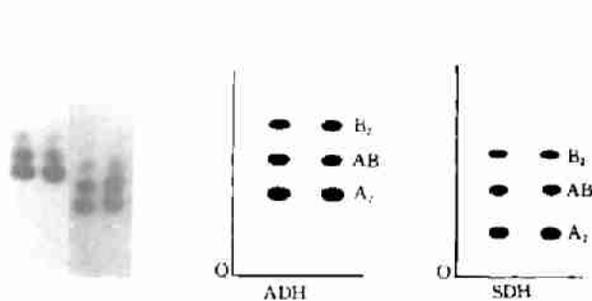


图 4 白鲢肝脏的 ADH 和 SDH 同工酶电泳图谱

Fig.4 Electrophoretograms of ADH and SDH isozymes expressed in the liver tissues of silver carp

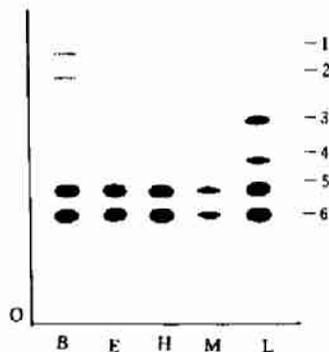


图 5 白鲢不同组织器官中的 EST 同工酶电泳图谱模式图

Fig.5 Diagram for the electrophoretogram of EST isozymes expressed in various tissues of silver carp

**2.1.5 酯酶——EST(EC 3.1.1.-)** 白鲢上述六种组织中均具有两条活性很高的 EST 酶带(EST-5, EST-6)。肝脏至少还有两条活性较低的酶带(EST-3, EST-4)。另外, 肝脏在阳极远端还至少具有两条染色活性非常低的酶带(EST-1, EST-2)(图 5)。白鲢的 EST 很可能为单体酶, 共由 6 个座位编码。

## 2.2 早期发育过程中同工酶基因分化表达的一般模式。

**2.2.1 LDH** 早期发育过程中, A、B 两组白鲢胚胎的 LDH 同工酶具有不同发育谱式(图 6)。这种差异始于未受精卵。A 组白鲢的未受精卵具有两条 LDH 酶带( $B_1$ ,  $AB_1$ ), 说明 *Ldh-A* 和 *Ldh-B* 基因在未受精卵中均表达, 而 B 组白鲢的未受精卵只有一条 LDH 酶带( $B_1$ ), 说明只有 *Ldh-B* 基因具有活性。受精后, 两组白鲢的 LDH 同工酶具有不同的变化谱式: A 组白鲢直到肌肉收缩期( $A_5$ )才出现一条染色活性很低的新酶带(LDH- $A_2B_2$ ), 到眼黑色素期( $A_8$ ), 由 LDH-A 和 LDH-B 亚基聚合而成的五条 LDH 同工酶带均具有染色活性, B 组白鲢在肌肉收缩期开始合成由 LDH-A 和 LDH-B 亚基聚合而成的四条新酶带( $AB_3$ ,  $A_2B_2$ ,  $A_3B$ ,  $A_4$ )。两组白鲢的 LDH- $C_4$  酶带均直到鳔形成以后( $A_{10}$  和  $B_{11}$ )才出现。尽管两组白鲢的 LDH 同工酶的个体发育谱式有所不同, 但其胚胎基因激活的时序基本上是一致的: *Ldh-A* 和 *Ldh-C* 基因均分别在肌肉收缩期和鳔一室期才开始激活。

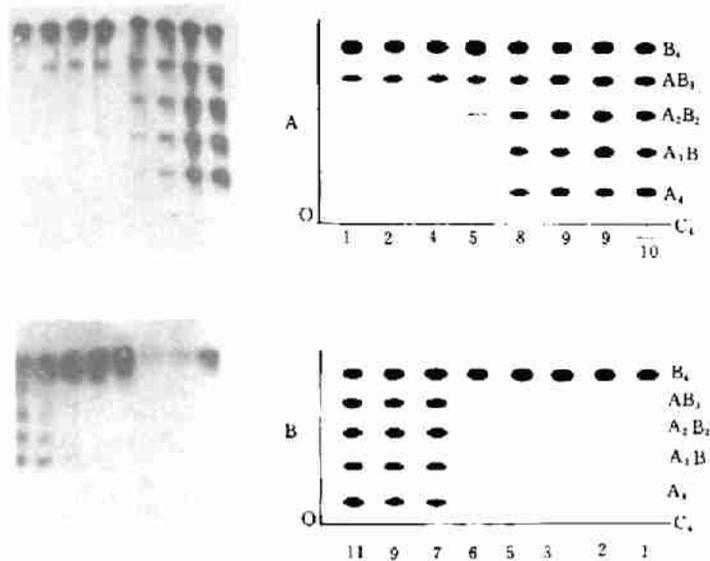


图 6 A、B 两组白鲢早期发育阶段的 LDH 同工酶电泳图谱(图下数字为样品编号, 下同)

Fig.6 Electrophoretogram of LDH isozymes expressed in the early developing stage of silver carp of groups A and B (numbers at the bottom are sample numbers in this figure and the followings)

**2.2.2 MDH** 两组白鲢的 MDH 同工酶的个体发育谱式无明显差异。早期发育过程中, MDH 酶谱变化不大, s-MDH 酶谱在整个早期发育阶段无明显变化(均具有三条酶带); m-MDH 酶谱在孵出期以前也无明显变化(MDH- $C_2$  和 MDH-CD 两条酶带), 直到胚后的鳔形成期才开始出现一条染色活性很低的新酶带(m-MDH- $D_2$ )

(图7)。

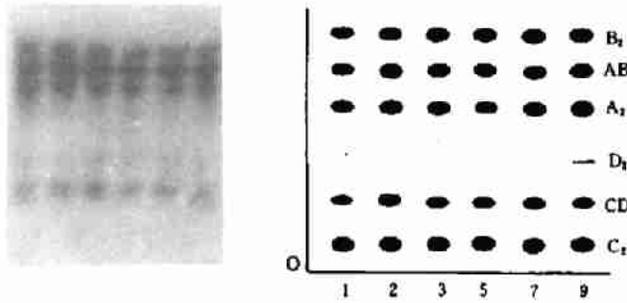


图7 A组白鲢早期发育阶段的MDH同工酶电泳图谱

Fig.7 Electrophoretogram of MDH isozymes expressed in the early developing stage of silver carp of group A

**2.2.3 IDH** 两组白鲢的IDH同工酶的个体发育谱式也无明显差异。未受精卵及胚胎发育早期均无IDH染色活性，直到肌肉收缩期才开始出现一条m-IDH酶带( $C_2$ )，到眼黑色素期又开始出现一条s-IDH酶带( $A_2$ )。另外两条s-IDH酶带( $B_2$ 和AB)在整个早期发育过程中均未检测到染色活性(图8)。

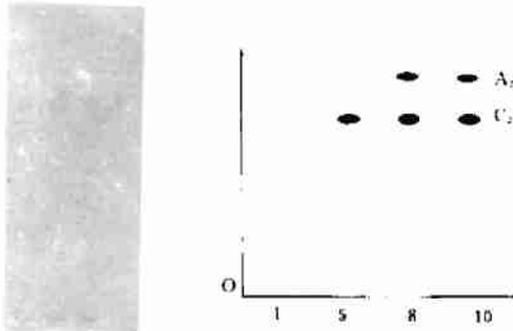


图8 A组白鲢早期发育阶段的IDH同工酶电泳图谱

Fig.8 Electrophoretogram of IDH isozymes expressed in the early developing silver carp of group A

具有另外的两条染色活性很低的EST同工酶带，这两条酶带的电泳迁移率分别与成体不同组织中的EST-1和EST-2同工酶带相似。受精后，两组白鲢的EST-6同工酶带区的染色活性均消失。A组白鲢直到眼黄色素期( $A_2$ )才重新出现EST-6同工酶带，说明直到此期胚胎的*Esr-6*基因才开始激活。与此相比，B组白鲢胚胎中的*Esr-6*基因开始激活的时间则要早得多(发生在原肠期)。两组白鲢在鳔一室期均开始出现EST-5同工酶带和另外一条染色活性较低的EST同工酶带，此酶带的电泳迁移率稍大于EST-5同工酶带，在成体各组织中未检测到其活性，与胚胎专一性同工酶(embryo-specific isozymes)类似。

**2.2.4 ADH和SDH** 两组白鲢从未受精卵直到卵黄吸尽期均未检测到ADH或SDH同工酶带。

**2.2.5 EST和LDH** 同工酶的个体发育谱式相似，两组白鲢胚胎中的EST同工酶也具有不同的发育谱式(图9)。这种差异也可能与两组白鲢未受精卵中的EST同工酶组分的不同有关。两组白鲢的未受精卵在EST-6同工酶带区均有较强的染色活性，而且在该酶带区的后缘还有染色活性较低的拖带。比较特殊的是，B组白鲢的未受精卵除此之外，在阳极远端还

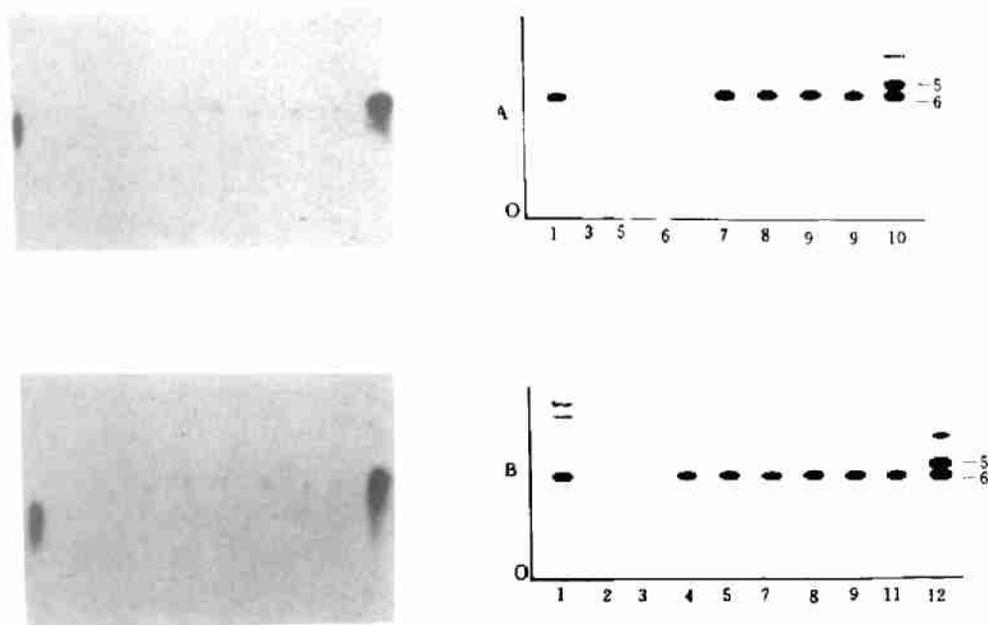


图9 A、B两组白鲢早期发育阶段的EST同工酶电泳图谱

Fig.9 Electrophoretogram of EST isozymes expressed in the early developing stage of silver carp of groups A and B

### 3 分析与讨论

#### 3.1 同工酶的个体发育模式及同工酶类型划分

和其它硬骨鱼类一样,白鲢胚胎发育早期基本上是利用其卵子发生过程中以信息体形式积累起来的模板分子(m-RNA)来合成酶蛋白。因此,这段时期内的同工酶谱与未受精卵中的基本相同(如LDH, MDH)。胚胎基因的激活或胚胎基因控制下的新酶分子的合成一般要到胚胎发育后期,ADH和SDH在白鲢的整个早期发育阶段均无染色活性。根据白鲢各同工酶的个体发育谱式及其在成体组织中的特异性分布,大致分为以下三大类型:

(1) 在成体组织中具有较广泛的组织分布,在未受精卵及整个早期发育阶段持续存在的同工酶类。这类同工酶很可能以某种方式参与细胞内某些重要的代谢途径(如糖酵解、三羧酸循环、磷酸化合物的相互转换等),在生物体内担负着重要的生理功能,属于管家酶(housekeeping enzyme)范畴。如LDH-B<sub>4</sub>, s-MDH同工酶均属此类。

(2) 未受精卵及整个早期发育过程中均不存在,在成体组织中具有有限的组织分布。如ADH、SDH、IDH-B<sub>2</sub>等同工酶均属于这一类。该类同工酶可能与其所分布的组织中的特殊代谢功能有关。

(3) 未受精卵及胚发育早期均不存在,直到早期发育过程中某一特定的发育时期才开始合成。这类同工酶的出现可能与发育过程中的特定的细胞分化或器官形成时的代谢活动有关。如LDH-C<sub>1</sub>、LDH-A<sub>4</sub>同工酶均属此类。

### 3.2 同工酶的开始合成与形态分化和器官形成的相关性

许多研究结果表明, 鱼类胚胎发育过程中某些特异性同工酶的开始合成与发育过程中的细胞分化或器官形成时的特殊事件有关。例如, 鱼类胚胎发育过程中的 LDH-A<sub>4</sub> 同工酶的开始合成常与肌肉细胞分化(胚体开始扭动)的时间相吻合。B组白鲢在肌肉收缩期开始出现由 A 和 B 亚基聚合而成的四条 LDH 新酶带。A 组白鲢在同期也开始出现由胚胎 *Ldh-A* 基因控制下合成的产物——LDH-A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> 酶带, 但未检测到 -A<sub>3</sub>B 和 -A<sub>4</sub> 酶带。后两条酶带直到孵出期以后才开始出现。这种“先合成杂聚体、后合成同聚体”的个体发育谱式与其它鱼类的 LDH-A 亚基、肝脏中的 LDH-C 亚基以及眼中的 LDH-C 亚基的个体发育谱式相似。上述结果表明, 白鲢胚胎 LDH-A 亚基开始合成的时间与肌肉开始收缩的时间相吻合, 因此, 白鲢胚胎 *Ldh-A* 基因的表达可能与肌肉细胞的分化(特别是功能分化)有关。

一般认为, 硬骨鱼类肝脏占优势的 LDH-C 亚基的开始合成常与肝细胞形态发生的时间一致, 肝细胞的形态和或功能分化可能是某些鱼类 *Ldh-C* 基因激活所必须的刺激因素。不同时期仔鱼的石蜡连续切片观察及其对应的同工酶电泳分析结果表明, 草鱼胚胎 *Ldh-C* 基因的激活与肝细胞的形态发生并无明显的相关性, 而很可能与肝细胞的功能分化(特别是消化功能分化)有关。与上述结果相似, 白鲢早期发育过程中的 LDH-C 亚基的开始合成发生在鳔一室期, 此期也大约是肝脏形成期。Frankel 曾报道, 某些鱼类早期发育过程中 LDH 同工酶的出现也与肝细胞形态发生的时间基本一致。据此, 他认为, 肝细胞的分化状态或肝细胞的生理功能可能是某些鱼类早期发育过程中的 ADH 基因激活的必要条件。然而, 和草鱼、鳊鱼<sup>1</sup>、团头鲂<sup>2</sup>、鲤等淡水鱼类一样, 白鲢早期发育过程中, 从未受精卵直到卵黄吸收完毕仍无 ADH 同工酶染色活性。更有甚者, 付洪拓在半龄(约五个月)的草团杂种中仍未检测到 ADH 同工酶活性。上述结果暗示着, 鳊、鳊、草、鲤以及团头鲂等淡水鱼类个体发育过程中 ADH 基因的表达可能因受到某种抑制而延迟。类似的结果在国外也曾有过报道。

### 3.3 白鲢同工酶的“个体发生多态性”

王祖熊和刘峰<sup>[10]</sup>曾报道, 由取自不同繁育群体中的两对白鲢亲鱼繁殖所产生的两组胚胎, 其 LDH 和 EST 同工酶在早期发育阶段具有明显不同的变化谱式。他们把这类同工酶个体发生的群体差异称之为“个体发生多态性(ontogenetic polymorphism)”。这类多态性在其它硬骨鱼类中尚未见报道。作者在草鱼以及与白鲢亲缘关系更近的鳊鱼<sup>1</sup>等淡水鱼类的同类研究中也未曾发现类似的现象。由此引出了两个值得探讨的问题: ①白鲢 LDH 和 EST 同工酶的这种“个体发生多态性”是否具有普遍性, 即: 白鲢的其它同工酶系统是否也具有类似的多态性现象; ②白鲢同工酶的这种“个体发生多态性”是否仅限于不同繁育群体之间, 即: 在同一繁育群体内是否也存在着这种多态性现象。在本研究中, 作者选择了同时取自长江同一江段, 并在同一环境条件下人工饲养至成熟的

<sup>1</sup> 吴力钊, 王祖熊, 鳊鱼同工酶的发育遗传学研究。水生生物学报(待发表)。

<sup>2</sup> 付洪拓, 1988. 鱼类远缘杂交后代同工酶基因表达和调控的研究。中国科学院水生生物研究所硕士研究生毕业论文。

两对白鲢亲鱼为对象,对除了LDH和EST同工酶以外的四种同工酶系统也同时进行了个体发育遗传学比较研究。本研究结果表明:白鲢的LDH和EST同工酶的“个体发生多态性”并不只限于不同繁育群体之间,即使在同一繁育群体内也仍然可见这一罕见现象;②白鲢同工酶的“个体发生多态性”并不具有普遍性。即并不是所有的同工酶系统均具有LDH或EST同工酶类似的多态性现象。根据前述结果,作者初步认为不同的白鲢母本未受精卵中同工酶组成的差异很可能是导致白鲢的LDH和EST同工酶产生“个体发生多态性”的主要原因,饲养环境条件的差异对比并无明显直接作用。

值得一提的是,就白鲢同工酶的“个体发生多态性”而言,LDH与EST同工酶具有本质上的差异。两组白鲢LDH同工酶的“个体发生多态性”仅仅表现在发育谱式的不同,其胚胎基因激活的时序基本上是一致的。即:两组白鲢胚胎的*Ldh-A*和*Ldh-C*基因均分别先后在肌肉收缩期和鳃一室期开始激活。与此不同的是,白鲢EST同工酶的“个体发生多态性”则反映出胚胎基因激活的时间具有明显的差异。即:B组的白鲢胚胎的*Est-6*基因激活的时间远早于A组白鲢。A、B两组白鲢未受精中的EST成分的差异(图9)暗示着B组白鲢未受精卵中向阳极迁移最快的一两条EST酶带可能以某种方式促进了胚胎*Est-6*基因的激活。正如王祖熊和刘峰所述,白鲢同工酶的“个体发生多态性”属一般的生化多态性现象。对白鲢胚胎及胚后发育均无害。因此,这类多态性在世代交替过程中能否象一般生化多态性那样得到遗传和维持及其有关分子机制的探讨等问题都是将来有必要深入研究的课题。

### 参 考 文 献

- [1] Shaw C R Prasad R. Starch gel electrophoresis of enzymes — a compilation of recipes. *Biochem. Genet.*, 1970, **4**: 297—320.
- [2] Champion M J. et al. Developmental genetics of teleost isozymes. In: *Isozymes*, Vol. 3. Developmental biology. New York: Acad. Press, 1975, 417—437.
- [3] Shaklee J B. et al. Developmental genetics of teleosts: A biochemical analysis of the lake chubsucker ontogeny. *Dev. Biol.*, 1974, **38**: 356—382.
- [4] Philipp D P. et al. Evolution of patterns of differential gene expression: A comparison of the temporal and spatial patterns of isozyme locus expression in two closely related fish species (northern largemouth bass, *Micropterus salmoides salmoides*, and smallmouth bass, *Micropterus dolomieu*). *J. Exp. Zool.*, 1979, **210**: 437—488.
- [5] 吴力钊、王祖熊. 草鱼同工酶发育遗传学研究. I、不同组织器官中的同工酶分析. 遗传学报, 1987a, **14**(4): 278—286.  
吴力钊、王祖熊. 草鱼同工酶发育遗传学研究. II、早期发育过程中的同工酶分析. 遗传学报, 1987b, **14**(5): 387—394.
- [6] Frankel J S. Hart N H. Lactate dehydrogenase ontogeny in the genus *Brachydanio* (Cyprinidae). *J. Hered.*, 1977, **68**: 81—86.
- [7] Frankel J S. Expression of alcohol dehydrogenase during pearl danio development. *J. Hered.*, 1980, **71**: 430—431.
- [8] Philipp D P. Whitt G S. Patterns of gene expression during teleost embryogenesis: lactate dehydrogenase isozyme ontogeny in the medaka (*Oryzias latipes*). *Dev. Biol.*, 1977, **59**: 183—197.
- [9] Champion M J. Whitt G S. Differential gene expression in multilocus isozyme systems of the developing green sunfish. *J. Exp. Zool.*, 1976, **196**(3): 263—282.
- [10] 王祖熊、刘峰. 白鲢不同繁育群体中的乳酸脱氢酶(LDH)和酯酶(EST)同工酶的个体发生多态性研究. 水生生物学报, 1985, **9**: 285—292.

**STUDIES ON THE EXPRESSIONS AND REGULATIONS  
OF ISOZYMIC GENES IN SILVER CARP  
(*HYPOPHTHALMICHTHYS MOLITRIX*)  
DURING ONTOGENESIS**

Wu Lizhao and Wang Zuxiong

*(Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan, 430072)*

**Abstract**

The patterns of expressions and regulations in six isozymic systems (LDH, MDH, IDH, ADH, SDH and EST) were investigated in the early developmental stages (from unfertilized eggs to the stage of complete yolk absorption) as well as six differentiated adult tissues (brain, eye, heart, muscle, kidney and liver) of silver carp. Isozymes were resolved by starch or polyacrylamide gel electrophoresis and then detected by specific histochemical staining. Isozymes in adult silver carp apparently exhibit a tissue-specific expression. During the early developmental period, both ADH and SDH genes seem to be inactive; the other four isozyme genes are active but exhibit different patterns of expressions. It is noteworthy, however that both LDH and EST genes in embryo from two pairs of silver carp parents taken from the same locality exhibit different patterns of expressions and regulations. We argued that these differences are related to the different compositions of LDH and EST isozymes in unfertilized eggs of different female parents. Some related problems which ought to be further studied are also mentioned in the present paper.

**Key words** Silver carp, Electrophoresis, Isozyme loci, Ontogenesis, Ontogenetic polymorphism, Gene expression and regulation