

鲤鲫人工多倍体谱系中同工酶和蛋白的基因表达

王小虎 叶玉珍 吴清江

(中国科学院水生生物研究所, 淡水生态与生物技术国家重点实验室, 武汉 430072)

摘要:通过对红鲤、红鲫、镜鲤、鲤鲫杂种二倍体一代、二代, 鲤鲫杂种三倍体, 鲤鲫复合三倍体, 鲤鲫杂种四倍体一代、二代的同工酶及蛋白电泳谱型和扫描数据分析表明: 在鲤鲫人工多倍体谱系中, 亲代的等位基因在杂交子代中共有四种表达模式: (1) 两亲本基因在子代中共同表达, 即共显表达; (2) 父本的基因表达受到部分或完全的抑制, 即母本的基因优先得到表达; (3) 母本的基因表达受到抑制, 父本的基因得到表达; (4) 双亲本的基因表达均受到一定程度的抑制或都不表达。其中第一种表达模式是主要的模式。根据以上基因在杂交子代中的表达特点, 可用同工酶和蛋白电泳图谱将鲤鲫人工多倍体谱系的各种生物型逐一加以区分。

关键词: 人工多倍体; 谱系; 生物型; 共显表达; 模式

中图分类号: Q32 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2002)05-0425-08

同工酶作为一种有效的生化标记, 曾被广泛用于鱼类的品系鉴定, 基因的表达及演化, 物种的多样性等方面的研究^[1, 2]。到目前为止, 杂交起源的单性发育的遗传机制尚不清楚。通过人工染色体组操作和种间杂交的方法, 本实验室人工合成了雌性可育的鲤鲫杂种二倍体, 鲤鲫杂种三倍体, 鲤鲫复合三倍体和鲤鲫杂种四倍体^[3, 4]。人工雌核发育鲤鲫多倍体谱系的培育成功为解决上述问题提供了一个极好的研究模型, 同时由于鲤鲫多倍体潜在的生长优势, 研究亲代的基因在该谱系中的表达特性不仅具有重要的理论意义, 而且也有明显的实践价值。

1 材料与方法

1.1 材料 实验鱼取自关桥基地。各生物型的基因组组成及其简写如下: 兴国红鲤, 简写为 RC, $2n=100$; 红鲫, 简写为 RA, $2n=100$; 镜鲤, 简写为 MC, $2n=100$; 鲤鲫杂种二倍体, 简写为 CA, $2n=100$; 鲤鲫复合三倍体(含红鲤、镜鲤和红鲫基因组各一套), 简写为 CMA, $3n=150$; 鲤鲫杂种三倍体(含两套红鲤和一套红鲤的基因组), 简写为 CAA, $3n=150$; 鲤鲫杂种四倍体(含两套红鲤、一套红鲤和一套镜鲤的基因组), 简写为 CMAA, $4n=200$ 。上述材料鱼各取5—6尾(鲤鲫杂种二倍体和四倍体有一代和二代之分, 每代亦各取5—6尾), 取肝, 肌肉和双蒸水分别以1:3, 1:2的比例冰浴匀浆, 匀浆液于摄氏4℃以14000r/min 离

收稿日期: 2001-08-05; 修订日期: 2002-03-10

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(39823003); 国家自然科学基金项目(30170738)资助

作者简介: 王小虎(1976—), 男, 河南省济源县人; 硕士; 研究方向: 分子遗传学

通讯作者: 叶玉珍 E-mail: carp@ihb.ac.cn

心 30min, 肝脏则须再反复离心一次, 分装, -20℃冰箱保存备用。

1.2 红细胞裂解液制备 上述实验鱼各抽血 1.5mL, 以 0.1% 的肝素钠抗凝, 室温静置 30—40min, 1000r/min 离心 5min, 取上清, 分装保存; 将下层红细胞用 0.85% NaCl 洗三次, 每次洗后均以 1000r/min 离心 5min, 弃洗液, 然后加等体积双蒸水和等体积甲苯, 震荡 6—8min, 4000r/min 离心 10min。取下层裂解液分装, -20℃冰箱保存备用。

1.3 聚丙烯酰胺凝胶梯度凝胶的制备 采用的凝胶厚度为 0.9mm, 梯度胶的制备和电泳方法参照朱蓝菲^[5]的方法, 在 180—200V 及 4℃条件下电泳约 15h, 同工酶和蛋白染色参照朱蓝菲^[5]和 Shaw 等^[6]的方法。电泳装置采用北京“六一”仪器厂生产的夹芯式垂直电泳槽。

1.4 凝胶的拍照及扫描 数码相机拍照, 图片用 UVP 公司的 Labwork 软件分析, 为使扫描数据具有可比性, 本实验测定的是同一泳道中各条酶带染色强度的相对百分含量, 对同一种生物型取其算术平均值, 以减小随机误差。

2 结果

2.1 肌肉蛋白

红鲤和红鲫的肌肉蛋白图谱存在明显差异, 红鲤和镜鲤的表型一致。一代(F_1)鲤鲫杂种二倍体(CA)有两种表型, 杂种二代(F_2)二倍体(CA), 即鲤鲫杂种二倍体雌核发育后代, 只有一种表型, 红鲤特有的带 M-5 和红鲫特有的带 M-2 及 M-4 在杂种二倍体中都得到了表达, 但红鲤特有的带 M-6 在杂种二倍体中未观察到表达, 杂种二倍体的表型是红鲤和红鲫的叠加型(共显表达)。复合三倍体(CMA)也是二者的叠加型, 在杂种二倍体(CA)中未表达的红鲤和镜鲤特有的带 M-6 则又有所表达, 红鲫特有的带 M-2 和 M-4 的表达相对于杂种二倍体大大减弱。鲤鲫杂种三倍体(CAA)由于加了一套红鲫的染色体, 红鲫特有的带 M-2 及 M-4 的表达明显增强。四倍体(CMAA)一代和二代的图谱一致, 类似二倍体杂种的表型(图 1)。

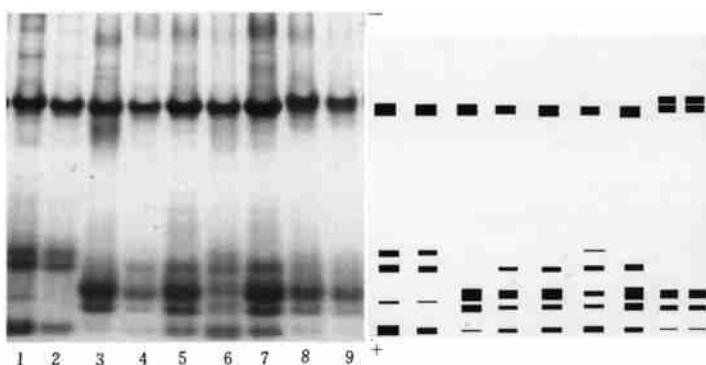


图 1 肌肉蛋白电泳图谱: 1. MC, 2. RC, 3. RA, 4. CA(F_1), 5. CA(F_2), 6. CMA, 7. CAA, 8. CMAA(F_1), 9. CMAA(F_2)

Fig. 1 muscle protein patterns: 1. MC, 2. RC, 3. RA, 4. CA(F_1), 5. CA(F_2), 6. CMA, 7. CAA, 8. CMAA(F_1), 9. CMAA(F_2)

2.2 超氧化物歧化酶(SOD, E. C. : 1.15.1.1)

鱼类红细胞裂解液中只存在上清型 SOD, 为二聚体。在红鲫中, SOD 呈两条带, 分别由两个基因编码(基因型为 AA 和 BB); 红鲤和镜鲤一样, 均呈三条带, 亦由两个基因编码, 基因型分别为 AA, AB 和 BB。红鲤和红鲫特有的带(Sod 5, Sod 6 及 Sod 8)在杂种二倍

体中都有所表达, 共形成四条带。在复合三倍体(CMA)中也呈四条带, 根据扫描数据(表1), 红鲤和镜鲤共有的带 Sod 5(BB) 的表达量(相对百分含量)由杂种二倍体(CA)中的 13.98% 增长到 17.88%, 增长了 27.9%。如果以 F_2 代杂种二倍体(CA)作为标准, 则增长了 121.8%。由于存在两套鲫鱼的染色体, 在鲤鲫杂种三倍体(CAA)中, 红鲫的 Sod A 基因表达大大增强, 其产物 Sod 8(AA) 的相对含量由杂种二倍体中的 12.74% 增长到 18.89%, 增加了 50.6%, 表1 可观察到红鲫特有的产物 Sod 8(AA) 其相对百分含量在杂种二倍体(CA)和增加了一套镜鲤的染色体的复合三倍体(CMA)中基本一致, 而在增加了一套红鲫染色体的杂种三倍体(CAA)中其相对百分含量则大大增加, 这表明在人工鲤鲫多倍体谱系中, 红鲫 Sod A 基因的表达不受红鲤和镜鲤基因组的影响, 但受到红鲫自身基因组的影响(叠加); 红鲤的 Sod B 基因表达在杂种三倍体中则受到抑制, 其产物 Sod 5(BB) 基本上检测不到, 呈三条带, 但其产物 Sod 6(AB) 依然存在, 表明红鲤的 Sod B 基因仍表达少量产物, 但绝大多数和自身的 Sod A 基因产物或红鲫 Sod A 基因产物形成杂聚体; 四倍体(CMAA) F_1 和 F_2 的带型完全一致, 均呈八条带; 从电泳图谱来看用 SOD 可轻易地将杂种二倍体, 三倍体和四倍体区分出来, 但不易将杂种二倍体和复合三倍体区分出来。本实验发现的 SOD 同工酶的带数要明显少于吴玉萍的结果^[7], 但主要的酶带完全一致; 事实上, 如果加大上样的量, 也曾发现会出现一些和吴玉萍发现的相类似的十分微弱的酶带, 由于这些酶带大小都小于主要的酶带, 怀疑是主要酶产物降解的具有少许残留活性的中间产物, 因此未加以考虑(图2)。

表 1 各种生物型超氧化物歧化酶(SOD)电泳图谱染色强度相对百分含量

Tab. 1 Relative staining density (%) of SOD zymograms of different biotypes

RC(基因型)	MC(基因型)	RA(基因型)	CA(F1)	CA(F2)	CMA	CAA	CMAA	编号
		Sod 8(AA)	12.74	12.54	11.4	18.89	9.68	Sod 8
Sod 7(AA)	Sod 7(AA)	Sod 7(BB)	38.48	49.57	39.49	57.58	29.59	Sod 7
Sod 6(AB)	Sod 6(AB)		34.8	29.83	31.23	23.53	18.38	Sod 6
Sod 5(BB)	Sod 5(BB)		13.98	8.06	17.88		4.65	Sod 5
							23.98	Sod 3/4
							6.47	Sod 2
							7.25	Sod 1
总计			100	100	100	100	100	

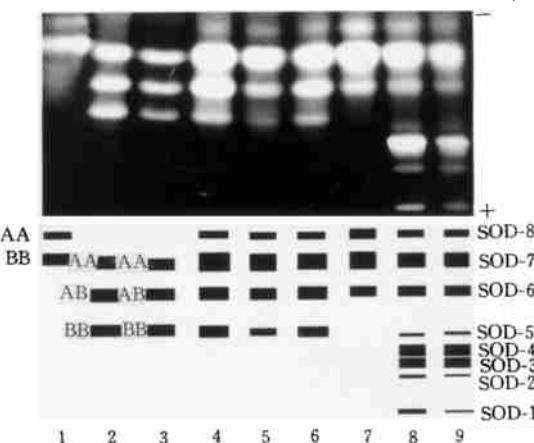


图 2 超氧化物歧化酶电泳图谱: 1. RA, 2. RC, 3. MC,

4. CA(F1), 5. CA(F2), 6. CMA, 7. CAA,

8. CMAA(F1代), 9. CMAA(F2代)

Fig. 2 SOD isozyme patterns: 1. RA, 2. RC, 3. MC,

4. CA(F1), 5. CA(F2), 6. CMA, 7. CAA, 8. CMAA(F1),

9. CMAA(F2)

2.3 苹果酸脱氢酶(MDH, E. C. : 1.1.1.37)

鱼类中红细胞裂解液中只存在上清型 MDH, 为二聚体, 在红鲤、红鲫和镜鲤中均有两个基因座位(Mdhr A 和 Mdhr B) 编码, 在红鲫和镜鲤中均呈三条带(基因型分别为 AA, AB,

BB), 在红鲤中呈两条带(基因型为 AA, BB); 三者带型均不一致。在杂种二倍体(CA)中呈三条带, 红鲫的 *Mdlr B* 基因表达明显受到抑制, 带型(*Mdlr 1*)大大减弱; 四倍体(CMAA)也呈三条带, 表型和杂种二倍体(CA)相类似, 从扫描数据(表2)来看, 每条带的相对百分含量和杂种二倍体(CA)也基本相当; 复合三倍体(CMA)由于存在两套鲤(红鲤和镜鲤)的染色体, 红鲫的 B 基因的表达受到进一步抑制, 其产物 *Mdlr 1* (BB) 已检测不到, 电泳图谱只

存在两条带, 而红鲤、镜鲤和红鲫三者共有的带(*Mdlr 4*)的相对百分含量则大大增加, 由杂种二倍体(CA)中的 58.81% 增加到 75.22%, 增加了 27.9%。杂种三倍体(CAA)也呈三条带, 但由于存在两套鲤鱼的染色体, 其 *Mdlr B* 基因的产物 *Mdlr 1* (BB) 相对于杂种二倍体(CA)相对强度大大增强, 由原来的 6.25% 增长到 13.57%, 增加了大约一倍。带型也更趋近红鲫; 而镜鲤的 *Mdlr A* 和 *Mdlr B* 基因产物 *Mdlr 3* 和 *Mdlr 5* (AA) 则无论在复合三倍体(CMA)还是在杂种四倍体(CMAA)中都没有表达, 或者因表达量太弱检测不到(图3)。



图 3 苹果酸脱氢酶电泳图谱: 1. RC, 2. MC, 3. RA, 4. CA (F1), 5. CA (F2), 6. CMA, 7. CAA, 8. CMAA (F1), 9. CMAA (F2)

Fig. 3 MDH isozyme patterns: 1. RC, 2. MC, 3. RA, 4. CA (F1), 5. CA (F2), 6. CMA, 7. CAA, 8. CMAA (F1), 9. CMAA (F2)

表 2 各种生物型苹果酸脱氢酶(MDH)电泳图谱染色强度相对百分含量

Tab. 2 Relative staining density (%) of MDH zymograms of different biotypes

RC(基因型)	MC(基因型)	RA(基因型)	CA	CMA	CAA	CMAA	编号
	<i>Mdlr 5</i> (AA)						<i>Mdlr 5</i>
<i>Mdlr 4</i> (AA)	<i>Mdlr 4</i> (AB)	<i>Mdlr 4</i> (AA)	58.81	75.22	41.13	49.96	<i>Mdlr 4</i>
<i>Mdlr 3</i> (BB)	<i>Mdlr 3</i> (BB)						<i>Mdlr 3</i>
		<i>Mdlr 2</i> (AB)	34.94	24.78	45.3	43.35	<i>Mdlr 2</i>
		<i>Mdlr 1</i> (BB)	6.25		13.57	6.69	<i>Mdlr 1</i>
总计			100	100	100	100	

2.4 乳酸脱氢酶(LDH, E. C. : 1.1.1.27)

肌肉中的乳酸脱氢酶是四聚体, 分别由两个等位基因(*Ldlr A* 和 *Ldlr B*)控制。镜鲤和红鲤的肌肉 LDH 表型基本一致, 约 11 条带, 这是由于 *Ldlr B* 基因位点出现了新的等位基因 *Ldlr B'*, *Ldlr B'* 基因产物又和 *Ldlr A* 及 *Ldlr B* 基因产物杂交的结果, 位于阴极的带 *Ldlr 13* 由于带型明显弱于 *Ldlr 12*, 怀疑是 C 基因的产物。红鲤的肌肉中 LDH 表现为 7 条带, 这说明 B 基因位点也出现了新的等位基因 *B'*, A 基因分别和 B 及 *B'* 基因产物相杂交形成 7 条带。二倍体杂种(CA)中可观察到 8—9 条带, 红鲤中的特有带 *Ldlr 13*, *Ldlr 12* 和红鲤中的特有带 *Ldlr 1*, *Ldlr 2* 在杂交二倍体中消失, 从整个带型来看, 比较接近于红鲤。复合三倍体(CMA)中, 由于增加了一套镜鲤的染色体, 表达更近于鲤鱼约有 8 条带, 在杂种二倍体(CA)中消失的带 *Ldlr 12* 又重新出现, 但杂种二倍体(CA)原有的带 *Ldlr 3* 则消失。杂种三倍体(CAA)由于在二倍体(CA)的基础上增加了一套鲤鱼的染色体, 红鲤的基因表达相对于杂种二倍体(CA)和复合三倍体(CMA)明显增强, 原来一度消失的带又重新出现, 红鲤的 7 条带均有所表达。四倍体(CMAA)的带型和杂种三倍体(CAA)的带型相似, 约 10—11 条带(图4)。

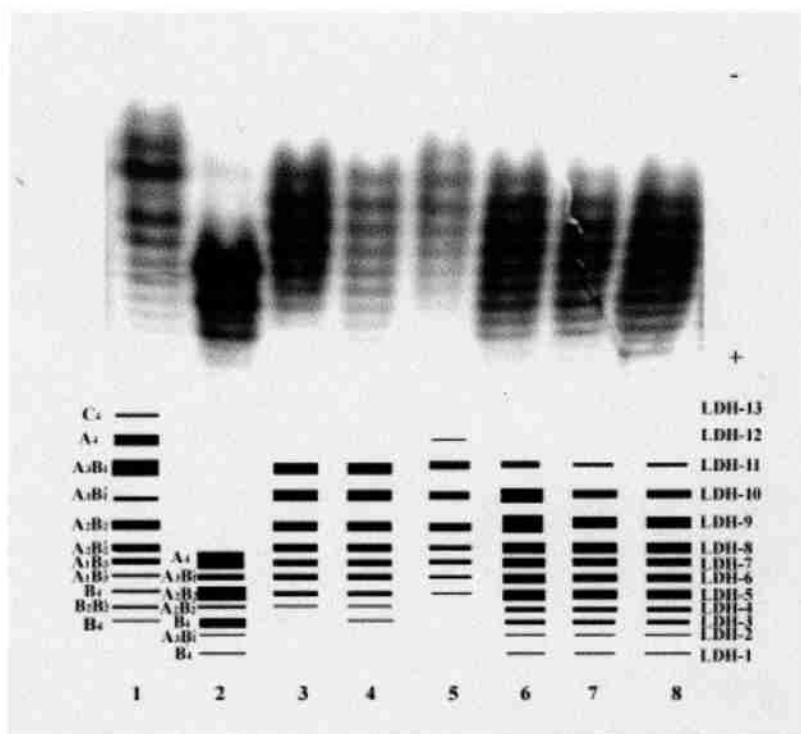


图 4 乳酸脱氢酶电泳图谱: 1. RC, 2. RA, 3. CA(F1), 4. CA(F2), 5. CMA, 6. CAA, 7. CMAA(F1), 8. CMAA(F2)

Fig. 4 LDH isozyme patterns: 1. RC, 2. RA, 3. CA(F1), 4. CA(F2), 5. CMA, 6. CAA, 7. CMAA(F1), 8. CMAA(F2)

2.5 血清蛋白

红鲤和红鲫的SP-2区的血清蛋白迁移率存在着明显差异。红鲫的该区蛋白迁移率稍慢。镜鲤和红鲤则没有明显区别。杂种二倍体(CA)该区的蛋白迁移率介于红鲤和红鲫之间, 可能是二者杂交的结果。复合三倍体(CMA)该区的蛋白迁移率和红鲤及镜鲤的相似, 可能是红鲫该区的蛋白基因表达受到抑制的缘故; 杂种三倍体(CAA)和四倍体(CMAA)该区的蛋白迁移率和红鲫相似, 可能是由于鲤鱼的该区蛋白表达受到抑制的缘故。一代(F1)二倍体(CA)和四倍体(CMAA)的个体间血清蛋白电泳图谱还存在明显差异, 二代(F2)二倍体(CA)和四倍体(CMAA)由于来自同一母本几乎没有任何差异(图5)。

3 讨论

亲代的等位基因在杂交子代中的表达有几种情况: (1) 多数情况下, 在杂种二倍体(CA)中, 其二倍体亲本双方大部分基因都是共同表达; (2) 偶尔也观

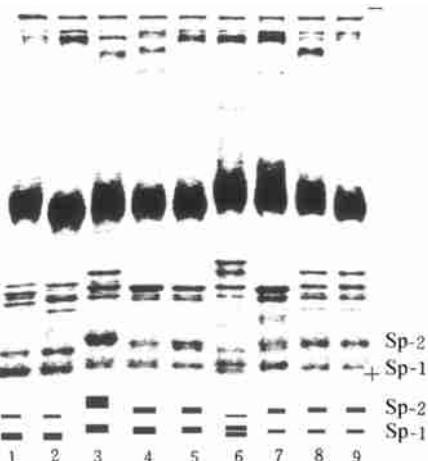


图 5 血清蛋白电泳图谱: 1. MC, 2. RC, 3. RA,

4. CA(F1), 5. CA(F2代), 6. CMA, 7. CAA, 8. CMAA(F1), 9. CMAA(F2)

Fig. 5 Serum protein patterns: 1. MC, 2. RC, 3. RA, 4. CA(F1), 5. CA(F2代), 6. CMA, 7. CAA, 8. CMAA(F1), 9. CMAA(F2)

察到母本和父本基因在杂交子代中的表达受到完全抑制而优先表达对方基因的情况, 如红鲤 $Ldlr\ C$ 基因和镜鲤中的 $Mdlr\ A$ 和 $Mdlr\ B$ 基因, 这和 Danzmann 和 Down^[8] 曾在天然的鲤鱼和红鲫的杂种一代的个体中观察到优先表达红鲫肝脏 MDH 同工酶的现象是一致的; (3) 由于本实验的杂种二倍体(CA)是以红鲤作母本产生的, 实际上是优先表达父本基因的结果; (4) 在实验中还发现了一种较为罕见的基因表达模式: 双亲的等位基因在杂交子代的表达均受到抑制(红鲤、红鲫和镜鲤的 $Mdlr\ B$ 基因)。总的来说, 在鲤鲫杂交子代中, 从二倍体到三倍体再到四倍体, 双亲的基因多数都得到一定程度的表达, 在双亲本中共有的带, 在子代中表达相对增强, 而双亲中特有的带, 其表达量在子代中多数都受到一定程度的抑制。在鲤鲫复合三倍体(CMA)和杂种三倍体(CAA)中存在着明显的基因非对称表达或基因的剂量表达效应。复合三倍体(CMA)中, 由于存在两套鲤鱼的染色体组, 鲤鱼的基因表达相对增强, 而鲫鱼的基因表达受到进一步的抑制; 而在鲤鲫杂种三倍体中, 由于比杂种二倍体多了一套鲫鱼的染色体组, 基因的表达情况则恰恰相反, 其酶谱及蛋白电泳图谱更接近鲫鱼; 鲤鲫杂种四倍体(CMAA)由于具有两套鲤鱼和两套鲫鱼的染色体, 其酶谱和蛋白电泳图谱类似于杂种二倍体(CA), 但肌肉蛋白及血清蛋白图谱比二倍体条带更多更复杂, 这是由于四倍体相当于双二倍体(Double diploid), 拥有两倍的肌肉蛋白和血清蛋白基因座位, 在其中的一些座位上基因存在多态性所致; 事实上, 鲤鲫人工多倍体谱系中基因的这种表达特点正是由于其发生方式由杂交造成的, 反映的是基因组叠加型生物型基因表达一般特点。本实验室^[7]曾用红细胞 SOD、EST 和血红蛋白分析了鲤鲫人工多倍体谱系的基因表达模式, 当时只发现一种基因表达模式即: 两亲本基因在子代中共同表达。究其原因, 可能是所检测的酶及蛋白的数目过少, 事实上, 有三种基因表达模式(父本或母本基因表达受到抑制或二者均受到抑制)都是在 LDH 和 MDH 的表达图谱中发现的。

种特异性的同工酶标记在子代中的共显性表达可用来鉴定杂交子代的亲本来源并将二者区分开来, 根据亲代的基因在杂交子代中的非对称表达, 即基因的剂量效应, 还可用同工酶来鉴定二倍体和三倍体。已由实验表明^[9], 由于亲代基因组特异的抗原在鲤鲫人工多倍体谱系的几种生物型中的共同表达, 用免疫学的方法很难将该谱系的几种生物型一一区分开来。从酶及蛋白的表达情况来看, 无论是用 LDH、MDH 还是 SOD 或肌肉蛋白都可轻易的将双亲同二倍体杂种区分开来, 由于在四倍体中 SOD 又出现了新的基因位点(图 2), 因此可用 SOD 来区分四倍体和其他的二倍体、三倍体; 由于亲本一方的基因表达受到抑制, 还可用 SOD 将杂种三倍体和其他的二倍体、三倍体和四倍体(图 3)区分开, 用 MDH 将复合三倍体(CMA)和鲤鲫人工多倍体复合体其他的生物型区分开(图 3)。曾有人发现可根据双亲的同工酶染色强度的预期比率来确定杂合体的染色体倍性, 本试验发现根据某条酶带的相对含量也可轻易的将鲤鲫人工多倍体谱系几种生物型区分开来, 如据酶带 $Mdlr\ 1$ 的相对含量可将鲤鲫复合三倍体(CMA)和杂种三倍体(CAA)从该谱系中区分出来(表 2), 据酶带 $Sod\ 5$ 的相对百分含量可将鲤鲫人工多倍体的几种生物型包括二倍体、三倍体和四倍体全部区分开(表 1)。

从外部形态特征来看, 鲤鲫杂种二倍体介于其亲本红鲤和红鲫之间, 而蛋白及同工酶的表达情况也是如此, 这表明鲤鲫杂种二倍体(CA)的基因组是由一套红鲤和一套红鲫的染色体叠加而成; 当鲤鲫杂种二倍体(♀)用镜鲤(♂)受精形成复合三倍体, 其外部形态更

接近于鲤鱼, 由于镜鲤蛋白及同工酶的表达和红鲤极为相似, 复合三倍体(CMA)的这些生化标记相对于二倍体更接近鲤鱼, 当鲤鲫杂种二倍体(♀)用红鲫(♂)进行受精时形成鲤鲫杂种三倍体, 其表型及蛋白和同工酶的谱型则更近于红鲫, 这表明鲤鲫杂种二倍体(CA)的卵子用镜鲤精子受精时接纳了一套镜鲤的染色体, 用红鲫精子受精时则接纳了一套红鲫的染色体, 也即鲤鲫复合三倍体(CMA)的基因组是由红鲤、红鲫和镜鲤各一套染色体组成, 鲤鲫杂种三倍体基因组(CAA)是由一套红鲤和两套红鲫的染色体组成。

业已证实鲤鲫复合三倍体(CMA)行天然雌核发育^[3], 外源精子并不参与三倍体卵子的发育过程中, 仅起到激动卵子的作用。叶玉珍等^[4]发现有极个别的复合三倍体(CMA), 其卵子如用正常红鲫精子受精, 均可接纳一套外源染色体, 形成鲤鲫杂种四倍体(Allotetraploid crucian carp)。相对于其复合三倍体(CMA)母本来说, 鲤鲫杂种四倍体(CMAA)由于多了一套红鲫的染色体, 无论是从表型还是从蛋白及同工酶的表达情况来看, 都更接近鲫鱼。在所检测的几种同工酶和蛋白的表达情况也发现鲤鲫杂种四倍体的后代和其亲本极其相似, 不同来源的基因在四倍体雌核发育后代中未观察到分离现象。即亲代的基因在子代中不发生遗传分离。

参考文献:

- [1] 朱蓝菲、蒋一 . 银鲫种内的遗传标记及其在选种中的应用[J]. 水生生物学报, 1987, 11(2): 104—112
- [2] 王祖熊, 刘峰. 白鲢不同繁殖群体中乳酸脱氢酶(LDH)和酯酶(EST)同工酶个体发生多态性的研究[J]. 水生生物学报, 1985, 9(3): 285—293
- [3] 吴清江, 叶玉珍. 具有天然雌核发育特性的人工复合三倍体鲤鱼[J]. 自然科学进展, 1997, 7(3): 340—344
- [4] 叶玉珍, 吴清江. 人工四倍体鲤鲫的产生[J]. 自然科学进展, 1999, 9(7): 658—661
- [5] 朱蓝菲. 鱼类同工酶和蛋白质的聚丙烯酰胺梯度凝胶电泳法[J]. 水生生物学报, 1992, 16(20): 183—185
- [6] Shaw C R, Prasad R. Starch gel electrophoresis of enzymes a compilation of recipes. *Biochem. Genet.*, 1970, 4: 297—320
- [7] 吴玉萍、叶玉珍、吴清江. 基因组叠加生物型的基因表达特性[J]. 遗传学报, 2000, 27(2): 108—113
- [8] Danzmann R G & Down N E. Isozyme expression in F_1 hybrids between carp and goldfish. *Biochem. Genet.*, 1982, 20: 1—15.
- [9] Wu Yiping, Ye Yuzhen and Wu Chingjiang. Studies on contributions of genome specific antigen of different biotypes generated by genome addition. *Developmental & Reproductive Biology*, 1999, 8(1): 35—40

GENE EXPRESSION CHARACTERISTICS IN ARTIFICIAL POLYPLOID LINEAGE AMONG HYBRIDS BETWEEN COMMON CARP AND CRUCIAN CARP

WANG Xiaohu, YE Yuzhen and WU Qingjiang

(Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences;

State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Wuhan 430072)

Abstract: Analysis and comparisons of expression patterns of isozymes and proteins in artificial polyplloid lineage among hybrids between common carp and crucian carp, including red carp, red crucian carp, mirror carp, diploid hybrid between common carp and crucian carp, gynogenetic diploid hybrid, triploid hybrid, multiple triploid hybrid, allotetraploid and its second generation, have been carried. Results revealed that there were 4 expression modes of parental alleles in their offspring: (1) simultaneous expression of both parental alleles, (2) expression of paternal alleles was inhibited, but maternal alleles were preferentially expressed, (3) expression of maternal alleles was inhibited, but paternal alleles were preferentially expressed, (4) alleles of two parental were inhibited to a certain extent or were not expressed completely. Among these 4 expression models the mode (1) was the principal model. According to these gene expression modes, different biotypes of this lineage including diploid, triploid and tetraploid hybrids could be distinguished from each other and from their original parents easily.

Key words: Artificial polyplloid; Lineage; Biotype; Co-expression; Mode