

鱼类杂交不亲和性的研究*

王祖熊 张锦霞

(中国科学院水生生物研究所, 武汉)

靳光琴

(广西壮族自治区水产研究所, 南宁)

提 要

本文分析研究了鲮鱼属间杂交和亲本自交的胚胎发育时序和热量要求、胚后发育的形态特征、以及胚胎染色体组等方面的差异; 并讨论了这些差异与各种杂交不亲和表现之间的相关性。明确地指出, 决定鱼类杂交不亲和性的主要因素是亲本间核型的差异和核质间的矛盾程度。双亲的核型差异较大时, 杂交胚胎往往在发育中途夭亡而成活率极低, 甚至完全得不到仔鱼。核型相同或相似的亲本, 其杂交子代的成活率一般甚高; 但也可能与核型差异较大的组合一样, 因核、质基因组表达的模式或调控机制等存在着差异, 以及它们对外界环境条件的要求有矛盾, 乃使胚后发育的速率与顺序失调而出现各种畸形胚; 畸形的出现标志着一些特定细胞分化的专一性代谢作用停滞, 而胚后幼体必然趋向死亡。

鲮鱼 (*Cirrhinus molitorella*) 是鲮亚科 (Barbinae) 鲮属的单一一种, 为了改良鲮鱼的抗寒性能, 我们选用分布在珠江和长江水系中鲮亚科耐寒属的鱼类作父本, 与鲮鱼进行属间杂交。先后进行过杂交组合的有: 湘华鲮 (*Sinilabeo decorus tungting*) (♂) × 鲮鱼 (♀), 桂华鲮 (*Sinilabeo decorus decorus*) (♂) × 鲮鱼 (♀), 倒刺鲮 (*Barbodes denticulatus denticulatus*) (♂) × 鲮鱼 (♀), 华鲮 (*Sinilabeo rendahli rendahli*) (♂) × 鲮鱼 (♀) 四组。前三个组合的受精率都比较高, 与对照鲮鱼相差不多; 第一、二两组的孵化率也不低, 但因胚后发育受阻而育成仔鱼甚少, 培育成稚鱼数则更少; 第三组的胚胎均在胚孔封闭前后相继死亡; 第四组则未能正常受精而杂交失败。前人把种间及种以上不同物种之间杂交所遇到的情况的种种发育受阻现象统称为“远缘杂交不亲和性”, 都简单地归咎远缘关系。因此, 分析研究产生远缘难育的细节及其根本原因, 迄今还是个重要课题, 本文将阐述这方面研究的初步结果和观点。

研究的经过和方法

上述4个杂交组合是1977—1978年在广西壮族自治区水产研究所进行的, 孵化时水温均在26.5—29℃之间。当时, 4个组中只有湘华鲮与鲮鱼杂交组获得了湘鲮杂交一

* 本文是鱼类繁育体系攻关研究课题的部分结果。本文插图由郑英同志协助复墨, 特此致谢。
1985年3月20日收到。

代 (F_1) 二千余尾下塘仔鱼, 次年, 育成二百余尾幼鱼; 1982 年 F_1 发育成熟, 自交繁殖了大批自交二代 (F_2)^[2]。为了取得杂交父本自身胚胎发育的适宜水温资料, 1981 年分别在湖南省泸溪县沅水的湘华鲮产卵场和广西融安县融江桂华鲮产卵场调查了二种华鲮属父本鱼繁殖的环境条件。发现湘华鲮胚胎对温度有较强的敏感性, 其适宜水温是 $20 \pm 2.5^\circ\text{C}$, 过低或过高 (26°C 以上) 的水温, 可能造成停止发育、死亡或发育畸形^[3]; 桂华鲮的情况亦如此。我们在 23°C 至 24°C 的静水培养皿内孵出桂华鲮 (δ) $\times$ 鲮鱼 (η) 的杂交仔鱼 6 尾, 在 25°C 至 26°C 的流水孵化桶内孵育成桂鲮杂交仔稚鱼 9 尾, 经 25°C 至 26°C 静水孵化的同种杂交苗也育成了 2 尾, 证实了在适宜的孵育水温条件下, 杂交鲮鱼也能育出仔鱼并有希望提高育鱼率。近年来, 我们分析比较了亲本与杂种胚胎发育时序和总热量要求的差异; 并研究了杂交一代胚胎发育的大量畸形特征以及杂交胚胎细胞的染色体组成特点与类型等。供进一步讨论鱼类杂交不亲和性问题时参考。

胚胎发育的观察与胚后发育形态的描述按常规光镜作图法进行; 发育分期标准参考广西水产所的资料^[4]。取鲮鱼和杂交鲮鱼的原肠早期至原肠中期的胚胎各 100 个, 进行胚胎细胞的染色体分析。胚胎细胞分离与染色体标本的制备等采用管瑞光等报道的方法^[7]。

主要结果

1. 杂交胚胎和双亲或母本胚胎的发育时序以及总热量要求的差异

湘鲮和桂鲮杂交胚胎的发育时序较接近于母本而与父本相差颇大。杂交胚胎孵化的时间, 湘鲮杂交组比母本约慢 2 小时, 而桂鲮杂交组则慢 4 小时 (表 1)。在胚胎发育所需的总热量方面, 湘鲮杂交组比母本只多了 50 余度时, 而桂鲮与母本则相差 100 度时以上; 而湘鲮父本自交胚胎发育总热量要比母本多一倍以上 (表 1)。可见, 这两个亲本差异之大。桂华鲮与鲮鱼间的差异则更大, 这从桂鲮杂交胚胎的发育更慢这一点可以推断出来。

2. 以鲮鱼为母本的属间杂交胚后发育畸变

孵出不久的湘鲮杂交仔鱼的基本形态与母本相似, 卵黄囊大, 均呈梨形等等 (图 1:a, b)。20 小时以后便开始出现围心腔扩大, 头部分化停止等不正常情况 (图 1:c), 而同期的对照鲮鱼苗则头部分化正常 (图 1:d); 此后, 绝大部分杂交仔鱼不再进一步分化与发育, 并常卧皿底, 除心脏微弱跳动外, 血液循环停滞。孵出 26 小时后死亡开始, 到 68 小时极少数尚未死亡 (图 2:g), 例如, 孵出 48 小时尚未死亡的杂交仔鱼大部都不出鳃, 头部也不进一步分化而保持原始的脑, 外鳃板; 鳃弓、鳃丝、鳃耙不分化; 口也未形成; 卵黄囊也未见吸收 (图 1:e)。而孵出只 36 小时的对照鲮鱼苗的鳃则已形成, 头部分化正常 (图 1:f)。极少数存活下来的湘鲮杂交仔鱼的形态发生和器官的形成均与对照鲮鱼类同, 但进度缓慢。例如, 孵出 70 小时的杂交仔鱼 (图 2:h) 的发育程度仅相当于对照鲮鱼 48—52 小时的后期仔鱼苗; 而孵出 72 小时的对照鲮鱼仔鱼已开口摄食, 不久即可下塘培育 (图 2:i) 但湘鲮杂交仔鱼则要 96 小时左右才能放塘 (图 2:j)。

桂华鲮为父本的桂鲮杂交仔鱼孵出时也与母本鲮鱼相似 (图 3:k)。孵出 20 小时左

右的杂交仔鱼,血球出现,血流清晰可见,外鳃 5 片垂直运动。随后即停止发育与分化,并开始死亡。少数能活到 48 小时的,鳃仍未出现,头部也不进一步分化,围心腔扩大,卵黄囊仍大块存在,身体呈畸形(图 3: l)。孵出后 50 小时左右先后死亡,个别能活到 58 小时的也相继死亡(图 3: m)。1980 年采用较低水温流水孵化后所得少数桂鲮杂交仔鱼的发育与鲮鱼相似,但速率较慢。

表 1 鲮鱼,湘华鲮,桂华鲮,倒刺鲃及其杂交胚胎发育时序的比较 (1977—1980)

Tab. 1 Comparison of time sequences of embryonic development in *Cirrhinus molitorella*, *Sinilabeo decorus tungting*, *Sinilabeo decorus decorus*, *Barbodes denticulatus denticulatus* and their hybrids.

发育时期 ⁽³⁾	自交或杂交 ⁽¹⁾ 距受精的时间 ⁽²⁾		鲮鱼(♂)× 鲮鱼(♀) ⁽²⁰⁾		湘华鲮(♂)× 鲮鱼(♀) ⁽²¹⁾		桂华鲮(♂)× 鲮鱼(♀) ⁽²²⁾		倒刺鲃(♂)× 鲮鱼(♀) ⁽²³⁾		湘华鲮(♂)× 湘华鲮(♀) ⁽²⁴⁾	
	时 (h)	分 (min)	时 (h)	分 (min)	时 (h)	分 (min)	时 (h)	分 (min)	时 (h)	分 (min)	时 (h)	分 (min)
第一次卵裂 ⁽⁴⁾	0	45	0	35	0	45	0	35	0	35	1	30
第四次卵裂 ⁽⁵⁾	1	14	1	10	1	15	1	10	1	10	3	20
第六次卵裂 ⁽⁶⁾	1	31	1	42	1	55	1	25	1	25	4	50
桑椹期 ⁽⁷⁾	1	59	2	34			1	33	1	33	6	20
高囊胚 ⁽⁸⁾	2	05	2	48	2	05					8	50
低囊胚 ⁽⁹⁾	2	25	3	14	3	0	2	02	2	02	14	40
原肠早期 ⁽¹⁰⁾	3	05	3	52	3	15	3	0	3	0		
原肠晚期 ⁽¹¹⁾	3	25	4	50	4	50	3	17	3	17	19	45
胚孔封闭 ⁽¹²⁾	6	30	6	40	6	37	4	34	4	34		
胚体形成 ⁽¹³⁾	8	0	7	40	7	35	6	30	6	30	30	20
眼泡期 ⁽¹⁴⁾	8	15	7	54	7	44	(死完)					
尾芽期 ⁽¹⁵⁾	8	55	8	21	9	20						
心跳期 ⁽¹⁶⁾	14	04	16	30	17	45						
孵出期 ⁽¹⁷⁾	15	34	17	40	19	15					50	20
水温(℃) ⁽¹⁸⁾	29—29.4		26.5—29		27.8—28		26.8—27		18—20			
胚胎发育期总热量 ⁽¹⁹⁾	435.8 度时		491.23 度时		537.08 度时				956.27 度时			

(1) Self crossing or hybridization; (2) Time after fertilization; (3) Developing stage; (4) first Cleavage; (5) 4th cleavage; (6) 6th cleavage. (7) Morula Stage. (8) High blastula stage. (9) low blastula stage; (10) early gastrula stage; (11) late gastrula stage; (12) closing of embryonic pole; (13) embryonic body formed; (14) eyefollicle stages; (15) tail bud stage; (16) heart beating stages; (17) hatching stage; (18) water temperature during development; (19) total heat required during embryonic development; (20) Mud carp self crossing; (21) *Sinilabeo decorus tungting*♂×*Cirrhinus molitorella*♀; (22) *Sinilabeo decorus decorus*♂×*Cirrhinus molitorella*♀; (23) *Barbodes denticulatus denticulatus*♂×*Cirrhinus molitorella*♀; (24) self crossing of *Sinilabeo decorus tungting*

以倒刺鲃为父本给鲮鱼卵授精的刺鲃鲮杂交胚胎早期发育的速率也与鲮鱼基本一致。但杂交胚胎发育到原肠晚期以后受阻而不能进一步分化,绝大部分胚孔不能封闭而胚体不能形成(图 3: o),4—5 小时后全部胚胎解体崩溃;但与它同期的对照鲮鱼胚胎的胚孔封闭良好(图 3: n)。在流水孵化条件下,少数杂交胚胎也能完成胎孔封闭(图 3: p),且有个别胚胎发育到了胚体阶段(图 3: q),但最终仍全部死亡,未能越过神经胚期。

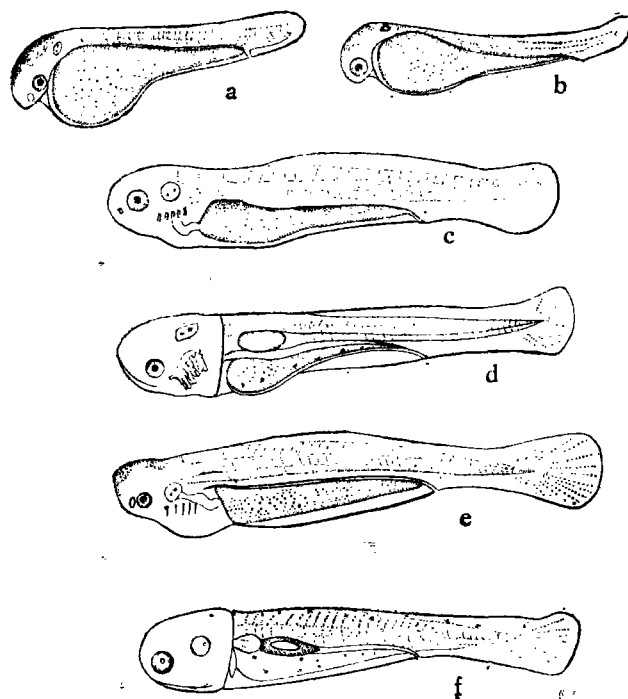


图 1 湘鲮杂交一代 (F_1) 和对照鲮鱼的胚后发育 (a—f)

Fig. 1 Postembryonic development of control mud carp and its hybrid F_1 (*Sinilabeo decorus tungting* ♂ × *Cirrhinus molitorella* ♀).

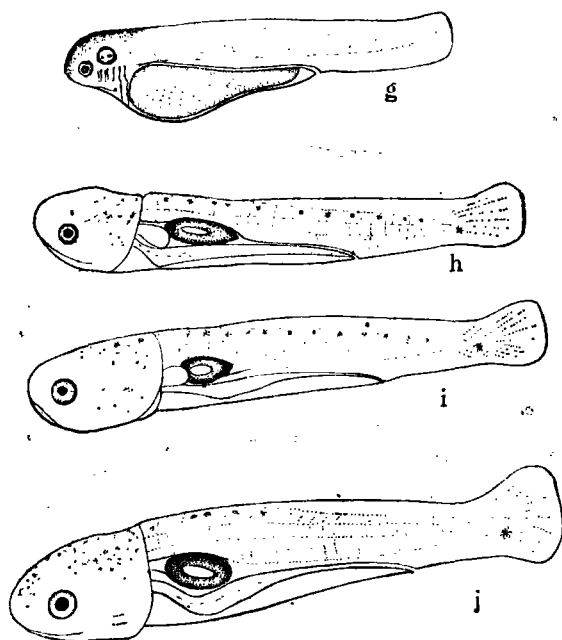


图 2 湘鲮杂交 F_1 和对照鲮鱼的胚后发育 (g—j)

Fig. 2 Postembryonic development of control mud carp and its hybrid F_1 (*Sinilabeo decorus tungting* ♂ × *Cirrhinus molitorella* ♀)

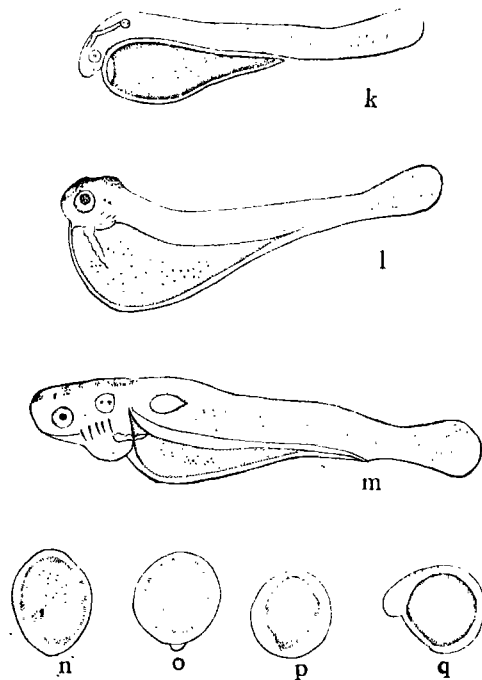


图3 桂鲮杂交一代胚后发育以及刺鲃鲮与对照鲮的胚胎发育(k—q)
Fig. 3 Postembryonic development of hybrid F_1 (*S. decorus* ♂×*Cirrhinus molitorella* ♀), embryonic development of control mud carp as well as its hybrid F_1 (*Barbo-des denticulatus denticulatus* ♂ × *Cirrhinus molitorella* ♀)

3. 湘鲮杂交胚胎细胞染色体组成的主要特征及其与亲本或湘鲮杂交一代体细胞的差异

在 200 个湘鲮杂交原肠胚的细胞制片中,我们共观察了 188 个细胞的中期分裂相,其中染色体数目为 50 的有 128 个,占总数的 68.09%。在油镜下观察湘鲮杂交胚胎细胞染色体的形态,其着丝点位置,能较容易地辨认出其中有 7 条具端位着丝点的染色体,即 T 组染色体(表 2 和图 4: s)。但在能存活的湘鲮杂交一代成体体细胞的染色体组型中却没

表 2 湘华鲮(♂)×鲮鱼(♀)杂交胚胎原肠期细胞染色体分析结果

Tab. 2 Analysis of gastrular cell chromosomes in the developing hybrid (*Sinilubeo decorus tungting* ♂×*Cirrhinus molitorella* ♀)

染色体数 Number of chromosomes	42	46	47	48	49	50	51	52	54—68	100	总计 Sum
细胞数 Number of cells	1	2	6	15	14	128	4	9	1, 1, 1	6	188
出现频率 Frequency of appearance %	0.53	1.06	3.19	7.98	7.45	68.09	2.13	4.79	$\frac{3}{0.53}$	3.19	100
类 型 Type	具 7 个端位染色体杂合型 hybrid with 7 T chromosomes										

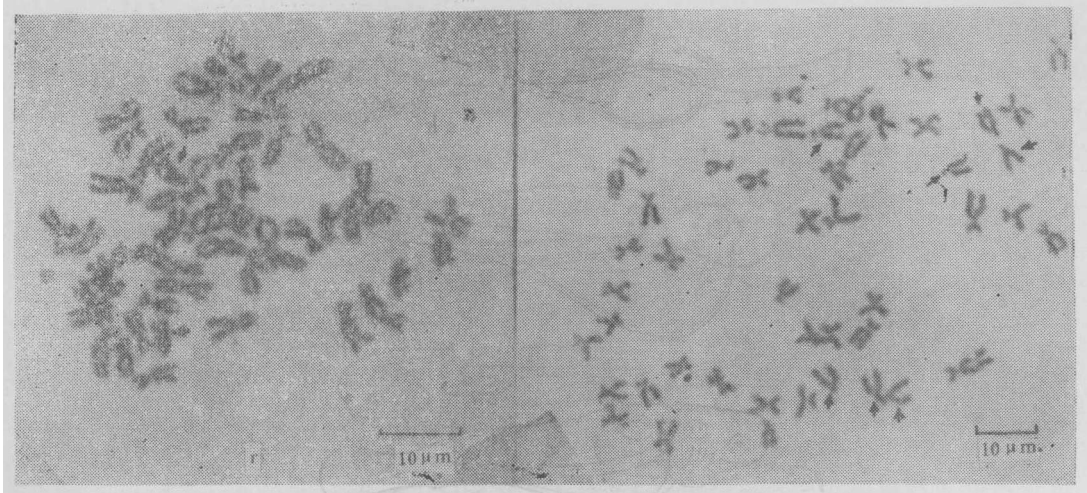


图 4 鲮鱼和湘鲮杂交一代原肠胚细胞的中期染色体组成图(r-s)

Fig. 4 Metaphasic chromosomes of gastrular cells in the embryos of mud carp and its hybrid F_1 (*Sinilabeo decorus tungting* ♂ × *Cirrhinus molitorella* ♀)

有T组染色体(表3)。同时,这7个T组染色体中有1个来自母本鲮鱼(图4:r),而另外6个则来自父本^[6](表3)。可见,这次实验所观察到的全部188个杂交鲮原肠期细胞的染色体组成可能均来自父母本的杂合型,因此,都不能得到仔鱼,生产实践也证明了这一点。

讨 论

1. 探讨鱼类杂交不亲和性产生的原因

造成杂交胚胎或胚后发育仔鱼中途夭折的重要原因是杂交双亲的基因组合在母本卵细胞中进行表达之间产生了难以调和的矛盾,于是,使胚胎或胚后形态发生的速率、时序和模式等均不协调;随之,出现了刺鲃鲮胚胎死亡于胚孔封闭前后;或湘鲮、桂鲮杂交胚后发育畸形,而呈现分化性发育停滞与死亡。表1显示出了湘华鲮与鲮鱼胚胎发育时序和总热量要求之间的差异,有关作者对这两个亲本胚胎后发育时序的研究也表明差异较大¹⁾。这类种间的差异是物种在长期演化过程中所固定下来的遗传保守性^[4]。因此,绝大多数具有杂合基因组的湘鲮杂交仔鱼在胚后发育过程中死亡(表2)。但湘鲮杂交或桂鲮杂交组合能得到极少数成活的后代是什么缘故呢?我们根据湘鲮杂交一代体细胞核型研究和对湘鲮杂交后代遗传性状分析^[2,6],认为,有少数湘鲮杂交胚胎在胚胎发育过程中将某些干扰母本发育模式的遗传成分丢失、或重组隐藏起来而基本上能按母本的发育时序和模式发育下去,从而得以成活,也就是说湘鲮杂交一代的核型与发育特性等均近似于母本。从表3还可以看出桂华鲮的染色体组型^[9]与湘华鲮很相似,所以有几尾桂鲮仔鱼成活,可能也是这个缘故。而倒刺鲃染色体数等于一百的四倍体鲃亚科鱼类^[9],因此,它与鲮鱼的基因组差异特别大,杂交时,不亲和性也就特别高,以致胚体不能形成。从另一

1) 王宾贤,1977。湘华鲮的生态调查,人工繁殖与苗种培育的观察。湖南水产科技,(1): 1—9。

表 3 核型与杂交效果的关系

Tab. 3 Relations between karyotypes and the effect on hybridization

鱼 名 Name of fish	二倍染色体数和核型公式 Diploid chromosomes and karyotypic formula	臂 数 Arms	杂 交 效 果 Effect of hybridiz.
莫桑比克罗非鱼 ⁽¹⁾	$2n = 8SM + 36ST + 2T = 44$	52	种间杂交顺利, 杂交一代能育
尼罗罗非鱼 ⁽²⁾	$2n = 8SM + 36ST + 2T = 44$	52	
加纳刺罗非鱼 ⁽³⁾	$2n = 8SM + 36ST + 2T = 44$	52	
黄尾密鲷 ⁽⁴⁾	$2n = 18M + 26SM + 4ST = 48$	92	属间杂交较顺利, 杂交后代能育
细鳞斜颌鲷 ⁽⁵⁾	$2n = 18m + 26SM + 4ST = 48$	92	
湘华鲮 ⁽⁶⁾	$2n = 12M + 16SM + 10ST + 12T = 50$	78	属间杂交困难, 少数杂交一代成活, 且能育 (湘鲮杂交一代)
鲮鱼 ⁽⁷⁾	$2n = 20M + 26SM + 2ST + 2T = 50$	96	
湘华鲮(♂)×鲮鱼(♀) ⁽⁸⁾	$2n = 18M + 26SM + 6ST = 50$	94	
桂华鲮 ⁽⁹⁾	$2n = 10M + 18SM + 10ST + 12T = 50$	78	

(1) *Tilapia mosambica*; (2) *T. nilotica*; (3) *T. gairdneri*; (4) *Xenocypris davidi*; (5) *Plagiognathops microlepis*; (6) *Sinilabeo decorus tungting*; (7) *Cirrhinus molitorella*; (8) *S. decorus tungting* × *C. molitorella* (F₁); (9) *Sinilabeo decorus decorus*

方面看, 表 3 所列的二属鲷类和 3 种罗非鱼的染色体组型相同或十分相近^[3,5], 故均能杂交成功。Newman 曾指出父本基因组直到胚胎开始分化组织器官时才有遗传的功能; 但外源精子可以改变分裂的速率^[15,16]。Morgen (1927) 更明确地综述了 Newman 的结论, 并认为色素细胞的发生, 眼窝的模式, 循环系统的形成, 以及胚胎器官形成等是由杂交胚胎基因控制的^[14]。可见, 鲷亚科鱼类属间杂交不亲和性产生的重要原因是双亲基因组间的矛盾。目前, 遗传学界也认为种间杂交不亲和性取决于它们的遗传因素。

2. 杂交亲本基因组矛盾的实质

Markert 等(1971)阐述了胚胎发育过程是由遗传物质——基因直接调控的^[13]。Raff 以及 Shannon 等用选择性致死或半致死突变法估算了果蝇基因组中胚胎致死基因数约为 500, 加上受母本细胞质影响的致死基因为 117 个, 合计胚胎致死基因数共有 617 个, 约占果蝇总基因数 5,000 的十分之一强^[20,23], 因此, 在自交杂合的情况下死亡率较低, 而在自交纯合或种间杂交的情况下, 胚胎死亡率均很高。Paigen (1979) 提出, 胚胎的形态发生包括许多基因功能状态的同时改变, 是一种内在的调节作用的改变。他还阐述了与发育顺序有关的时间基因 (Temporal genes) 的性质和作用问题^[19]。这类时间基因是有种族特异性的, 是造成发育顺序不亲和性的根源。Champion 等 (1976) 在青翻车鱼 (*Lepomis cyanellus*) 发育过程中多座位同工酶系统的差别基因表达一文中指出, 细胞分化作用大部分通过酶类的水平及其变异体方面的一些改变来完成的。许多酶类以同工酶形式存在, 而这些同工酶往往在胚胎发生过程中出现差别性表达^[10]。Scott 用遗传学与生物化学方法研究了低等真核生物的形态发生模式及其生化遗传控制, 认为一个生物体的形态是由它的遗传组成通过酶类和一些代谢途径决定的^[22]。随后, 不少生理、生化工作者都曾用同工酶电泳技术, 对一些经济鱼类发育过程中各类同工酶基因的差别性表达进行了研究, 为鱼类胚胎发育过程中基因表达的调节作用提供了科学依据^[12,17,21,25]。不少学者指出, 硬骨鱼类杂交一代 (F₁) 中亲本等位基因同工酶的非同步性表达明显地反映了它们核质之间的

不亲和性^[11,18,24,26,27]。综上所述,已初步说明了不同亲本基因组间以及母本细胞质与父本核基因组之间不亲和的实质,即基因表达与调控之间存在着种的差异。这类差异愈大则杂交时的不亲和性也愈大。

参 考 文 献

- [1] 广西壮族自治区水产研究所, 1975. 广西鲮鱼生物学及其养殖. 水生生物学集刊, **5**(4): 449—468.
- [2] 王祖熊等, 1984. 鲮鱼遗传改良的研究 I, 杂交育种和遗传性状分析. 水生生物学集刊, **8**(2): 195—206.
- [3] 李康等, 1983. 中国鲤科鱼类染色体组型的研究 II 鲮亚科 4 种鱼的染色体组型分析. 动物学报, **29**(3): 207—213.
- [4] 朱蓝非等, 1983. 20 种鲤科鱼类同工酶的表型分析及有关进化问题的探讨. 水产学报, **7**(2): 145—152.
- [5] 陈敏容等, 1983. 三种罗非鱼染色体组型的比较研究. 遗传学报, **10**(1): 56—62.
- [6] 张锦霞等, 1984. 湘华鲮 σ^7 × 鲮鱼 η 杂交一代与双亲染色体组型的比较研究. 水生生物学集刊, **8**(3): 313—322.
- [7] 咎瑞光等, 1979. 草鱼、团头鲂染色体组成的分析比较. 遗传学报, **6**(2): 205—210.
- [8] 赵明蓓等, 1982. 温度对湘华鲮胚胎与胚后发育的影响. 水产学报, **6**(4): 345—350.
- [9] 桂建芳, 1984. 中国鲤科鱼类染色体组型的研究 VIII, 鲮亚科 15 种鱼的核型及其系统演化. 鱼类学论文集第五辑(待出版).
- [10] Champion, M. J. and G. S. Whitt, 1976. Differential gene expression in multilocus isozyme systems of the developing green sunfish. *J. Exp. Zool.*, **196**(3): 263—281.
- [11] Hitzeroth, H. J. et al., 1968. Asynchronous activation of parental alleles at the tissue specific gene loci observed on hybrid trout during early development. *Biochem. Genet.*, **1**: 287—300.
- [12] Holmes, R. S. and G. S. Whitt, 1970. Developmental genetics of the esterase isozymes of *Fundulus heteroclitus*. *Biochem. Genet.*, **4**: 471—480.
- [13] Markert, C. L. and H. Ursprung, 1971. Developmental Genetics, Prentice Hall Inc., New York.
- [14] Morgen, T. H., 1927. Ed. Experimental Embryology. p. 468. Colum. Univ. Press, New York.
- [15] Newman, H. H., 1914. Modes of inheritance in teleost hybrids. *J. Exp. Zool.*, **16**(4): 447—490.
- [16] Newman, H. H., 1915. Development and heredity in heterogenic teleost hybrids. *J. Exp. Zool.*, **18**(4): 511—576.
- [17] Neyfakh, A. A., 1973. Expression of gene controlling FDP-aldolase in fish embryos. Thermostability as a genetic marker. *Devel. Biol.*, **34**: 309—320.
- [18] Ohno, S., 1969. The preferential activation of maternally derived alleles in development in interspecific hybrids heterointerspecific genome interaction. Sym. Wister Inst. Monog. No. 9 (Cited from 10. Champion and Whitt's)
- [19] Paigen, K., 1979. Genetic factors in developmental regulation. In 'Physiological Genetics' edi. by Scandalios, J. G. pp. 2—63. AP Inc., New York.
- [20] Raff, R. A. and T. C. Kaufman, 1983. How many genes are necessary for development? In 'Embryos, Genes, and Evolution', pp. 288—294, MacMillan Publ. Co. Inc., New York.
- [21] Scandalios, J. G., 1979. Control of gene expression and enzyme differentiation. In 'Physiological Genetics' pp. 64—109. AP Inc., New York.
- [22] Scott, W. A., 1979. Biochemical genetic control of morphogenesis. In 'Physiologic Genetics' pp. 54—167. AP Inc., New York.
- [23] Shannon, M. P., et al., 1972. Lethality patterns and morphology of selected lethal and semilethal mutations in Zeitzwhite region of *Drosophila melanogaster*. *Genetics*, **72**: 615—638.
- [24] Whitt, G. S., et al., 1973. Developmental and biochemical genetics of lactate dehydrogenase isozymes in fish. In 'Genetics and Mutagenesis of fish', pp. 243—376. edi. by Schroder, Springer-Verlag, New York.
- [25] Whitt, G. S., 1975. A unique lactate dehydrogenase isozyme in the teleost. In 'The new approaches to the study vision in fishes.' edi. by Ali, M. A., Plenum Press, New York.
- [26] Wright, J. E. R. et al., 1975. Genetics and developmental analysis of lactate dehydrogenase isozymes in trout. in 'Isozymes' Vol. III pp. 375—402. edi. by Markert, C. L., AP Inc., New York.
- [27] Yamauchi, T. and E. Goldberg, 1974. Asynchronous expression of glucose-6-phosphate dehydrogenase in splake trout embryos. *Devel. Biol.*, **39**(1): 63—68.

STUDY ON THE INCOMPATIBILITY OF FISH HYBRIDIZATION

Wang Zuxiong · Zhang Jinxia

(*Institute of Hydrobiology, Academia Sinica, Wuhan*)

Jin Guangqin

(*The Fisheries Research Institute of Guangxi, Nanning*)

Abstract

This paper deals with the time sequences and the heat energy requirement of embryonic development, morphological characteristics of postembryonic development, and the genomic patterns of gastrulating embryonic cells of maternal fish, *Cirrhinus molitor* (mud carp), heterogenic paternal fishes, *Sinilabeo decorus tungting*, *Sinilabeo decorus decorus*, and *Barbodes denticulatus denticulatus*, as well as their hybrids. The difference of above mentioned properties between the parental fishes and their hybrids are discussed in relation to the hybridizing incompatibilities. The genetic factors of hybridizing incompatibility in fishes are clearly pointed out and their related problems are discussed as well.

Key words Incompatibility, heterogenic hybridization, genomic patterns, genetic factors, mud carp