

虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)、溪红点鲑(*Salvelinus fontinalis*)及杂交种(虹鳟♀×溪红点鲑♂)血清蛋白多态性的研究*

张立颖 赵 萌 李文通 袁 丁 杨贵强

(北京市水产科学研究所暨国家淡水渔业工程技术研究中心 北京 100068)

摘要 利用非变性聚丙烯酰胺凝胶电泳法,对虹鳟、溪红点鲑及杂交种(虹鳟♀×溪红点鲑♂)的进行了血液蛋白多态性研究,计算了各座位的基因频率、基因纯合度和 Shannon 信息指数,并探讨了群体间的亲缘关系和遗传距离。结果表明:(1)3 个种群在 α 球蛋白、 β 1 球蛋白、 γ -球蛋白、前白蛋白和白蛋白 5 个座位上的遗传差异较大,血清蛋白座位的优势基因在不同群体中有不同的频率;(2)杂交种中出现部分双亲特异条带,表明杂交种整合了虹鳟♀和溪红点鲑♂的遗传信息,属两性融合生殖,是真正意义上的杂交种。(3)杂交种与虹鳟和溪红点鲑的遗传相似性系数分别为 0.718 和 0.575,遗传距离分别为 0.332 和 0.554,表明杂交种与两亲本的遗传差异不是对等的,而是偏向母本一方,U PGMA 系统树也同样证明了这一点。

关键词 虹鳟,溪红点鲑,杂交种,血清蛋白,非变性聚丙烯酰胺凝胶电泳
中图分类号 S91

虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)属于鲑形目、鲑科、大麻哈鱼属,养殖已遍布世界五大洲,成为当今世界上养殖分布最广的鱼类之一。虹鳟属于名贵水产品,肉质肥厚、细嫩、刺少、味鲜,蛋白质、脂肪含量高,富含健脑物质(20 碳 5 烯酸),被誉为“水中人参”。在鲑鳟鱼方面,目前国内外研究者已经成功进行了许多种间杂交试验(Bartly *et al.*, 2001; Blanc, 2003; 张玉勇等, 2009; 王俊等, 2011)。溪红点鲑(*Salvelinus fontinalis* Mitchell)属于鲑形目、鲑科、红点鲑属,是我国引进的冷水鱼新品种(杨贵强等, 2009),因其体色艳丽,肉嫩味鲜,比虹鳟鱼更耐寒,因此备受我国山区渔民的青睐。

虹鳟鱼原产于北美洲的太平洋沿岸,1959 年从朝鲜移入我国黑龙江省。虹鳟属外来引进种,由于引入亲本数量有限和长时间的累代养殖,遗传结构发生了变化,种质也发生了退化。种质退化严重制约了虹鳟鱼养殖生产效率,迫切需要利用杂交育种技术

增加虹鳟杂交后代的变异性和异质性,培育出具有双亲优良性状的杂交后代。血清蛋白多态性属于广义的血型范畴,是鱼类的一种遗传标记。目前,血清蛋白多态性被广泛用于研究品种的起源、进化、驯化过程及各品种之间的亲缘关系和遗传距离,为品种的划分、选育、保种及利用提供理论基础(杨虹等, 2008; 赵星艳等, 2011)。为了充分利用杂种优势提高鲑鳟鱼养殖生产效率,作者利用血清蛋白多态性分析虹鳟、溪红点鲑及其杂交种的基因频率、基因平均杂合度和遗传距离,旨在揭示虹鳟、溪红点鲑及其杂交种的遗传结构和种质特征,为我国鲑鳟鱼类的遗传改良及杂交育种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用鱼均采自北京市水产科学研究所玉渡山冷水鱼基地。取 2 龄虹鳟、溪红点鲑和杂交种(虹鳟♀

* 农业部科研专项, 201003055-05 号; 北京市项目, D121100003712002 号; 北京市项目, Z121105002812114 号; 北京市项目, Z131100003113006 号; 北京市局院对接项目新型循环流水养殖模式试验示范, 2013—2015 年。张立颖, 助理工程师, E-mail: zhangliyings01@163.com

收稿日期: 2013-05-16, 收修改稿日期: 2013-08-18

× 溪红点鲑♂)各 30 尾, 采用分析天平在采血前进行体重称量, 平均体重分别为(139.8 ± 11.2)g、(127.2 ± 13.3)g 和(172.0 ± 15.4)g, 采样时水温为 12—16℃。

1.2 血清制备

上述鲑鳟鱼每种抽取 30 尾, 加适量液体肝素钠润洗注射器后进行采血, 每尾鱼尾部采血约 1mL, 室温下放置 1h 后, 4℃ 冰箱过夜。待血清充分析出后, 3500r/min 离心 20min, 收集上清等量分装, -20℃ 冰箱速冻保存。

1.3 非变性聚丙烯酰胺电泳

非变性聚丙烯酰胺凝胶电泳(Native-PAGE)(汪家政等, 2000; 郭尧君, 2005), 采用分离胶浓度为 7.5%, 浓缩胶浓度为 4%。样品与上样缓冲液以 4 : 1 混合(上样缓冲液包括 0.3mol/L Tris-HCl, 25%甘油, 0.05%溴酚蓝, pH 6.8), 每个泳道上样 10μL, 4℃ 条件下电泳, 恒压 100V 电泳 2h 左右。电泳采用 Min-Protein 型电泳槽(Bio-Rad), 当前沿跑至底部 0.5cm 时停止电泳。取出凝胶放入考马斯亮蓝 R-250 染色液(0.1%考马斯亮蓝, 45%甲醇, 10%冰乙酸)中染色 15min 左右, 再用脱色液(甲醇 乙酸 蒸馏水 = 1 : 1 : 8)脱色, 待背景干净后, Bio-Rad 凝胶成像系统拍照保存。蛋白分子量 marker 采用同样的方法与样品同时电泳来测定蛋白样品的天然状态和各个亚基的分子量。Native-page 高分子量标准: 甲状腺球蛋白(Thyroglobulin, 669kDa), 铁蛋白(Ferritin, 440kDa), 过氧化氢酶(Catalase, 232 kDa), 乳酸脱氢酶(Lactate dehydrogenase, 140kDa)和牛血清白蛋白(Bovine serum albumin, 66kDa)。

1.4 电泳分离

采用聚丙烯酰胺凝胶电泳分析了血清蛋白各蛋

白座位的多态性。分型参照钟兰等(2007)的方法, 将本试验中血清蛋白各带的分子量与正常人血清蛋白电泳图谱中各带的分子量相对照, 依次相应分为纤维蛋白原、α球蛋白、β1 球蛋白、β2 球蛋白、γ-球蛋白、前白蛋白和白蛋白。

1.5 统计分析

根据个体的基因型, 用 GENEPOP Version 3.3 程序(Raymond *et al.*, 2001)计算基因频率、遗传杂合度(*h*)和 *F*-统计量, 群体的遗传分化用了 *F_{st}* 方法, 将得到的遗传距离数据用 UPGMA 法进行聚类分析。

2 结果及分析

2.1 基因频率

被检测的 7 个血清蛋白座位的基因频率见表 1。3 个种群在 Fib 和 β2-Glb 座位上的优势基因基本一致, 均为 Fib^A、Fib^B 和 β2-Glb^A。3 个种群在其它 5 个座位上的基因频率差异较大。其中, 在 α-Glb 座位上, 虹鳟和溪红点鲑的优势基因分别为 α-Glb^A 和 α-Glb^B。杂交种的优势基因为 α-Glb^A 和 α-Glb^B, 这表明虹鳟 α-Glb^A 和溪红点鲑 α-Glb^B 在它们的杂交种中均为显性基因。在 β1-Glb 座位上, 虹鳟的优势基因分别为 β1-Glb^C, 溪红点鲑的优势基因分别为 β1-Glb^C。杂交种的优势基因分别为 β1-Glb^A、β1-Glb^B。这表明虹鳟的 β1-Glb^C 在它们的杂交种中表现为隐性基因, 溪红点鲑的 β1-Glb^A、β1-Glb^B 在它们的杂交种中表现为显性基因, 杂交种得到了父本的遗传物质。在 γ-Glb、α-Alb 和 β-Alb 座位上, 虹鳟的优势基因分别为 γ-Glb^A、γ-Glb^B、α-Alb^A、α-Alb^B、β-Alb^B、β-Alb^C, 溪红点鲑的优势基因分别为 γ-Glb^C、γ-Glb^D、α-Alb^C、

表 1 血清蛋白基因座的基因频率

Tab.1 The allele frequencies of serum protein loci

种类	等位基因	纤维蛋白原	球蛋白	β1 球蛋白	β2 球蛋白	γ球蛋白	前白蛋白	白蛋白
虹鳟	A	0.50	1.00	0.00	1.00	0.80	0.50	0.00
	B	0.50	0.00	0.00	0.00	0.20	0.50	0.50
	C	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.50
	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
杂交种	A	0.50	0.40	0.90	1.00	0.70	0.70	0.00
	B	0.50	0.60	0.10	0.00	0.30	0.30	0.20
	C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80
	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
溪红点鲑	A	0.50	0.00	0.60	1.00	0.00	0.00	0.50
	B	0.50	1.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.50
	C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	1.00	0.00
	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00

β -Alb^A、 β -Alb^B。杂交种的优势基因分别为 γ -Glb^A、 γ -Glb^B、 α -Alb^A、 α -Alb^B、 β -Alb^B、 β -Alb^C。这表明虹鳟的 γ -Glb^A、 γ -Glb^B、 α -Alb^A、 α -Alb^B、 β -Alb^B、 β -Alb^C在它们的杂交种中表现为显性基因，溪红点鲑 γ -Glb^C、 γ -Glb^D、 α -Alb^C、 β -Alb^A、 β -Alb^B在它们的杂交种中表现为隐性基因，杂交种也得到了母本的遗传物质。综上所述，杂交种中出现部分双亲特异条带，表明属间杂交种整合了虹鳟♀和溪红点鲑♂的遗传信息，属两性融合生殖，是真正意义上的杂交种。

2.2 遗传变异

遗传变异的程度可用不同的指标表示，如观测等位基因数、有效等位基因数、Shannon 信息指数、期望纯合度 Exp_Hom 以及期望杂合度 Exp_Het 等。虹鳟、溪红点鲑及杂交种的遗传变异相关分析见表 2、表 3、表 4。虹鳟群体等位基因数 11 个，溪红点鲑群体等位基因数 11 个，杂交种群体等位基因数 13 个。虹鳟群体和溪红点鲑群体迁移率相同的等位基因共 4

个，均占各自群体的 36.36%。只在虹鳟群体和溪红点鲑群体出现的等位基因均为 7 个。虹鳟群体有效等位基因数为 1.496，溪红点鲑群体有效等位基因数为 1.549，杂交种群体有效等位基因数为 1.580，杂交种群体的有效等位基因数明显大于其双亲群体。虹鳟和溪红点鲑 7 个等位基因中的 4 个等位基因信息均指数较高，均在 0.500 以上。虹鳟、溪红点鲑及其杂交种的平均遗传杂合度范围 0.264—0.337，差异较大；虹鳟、溪红点鲑及其杂交种血清蛋白的期望纯合度均大于期望杂合度。

2.3 遗传距离、相似系数及聚类分析

根据上述 7 个蛋白位点的基因频率，计算出虹鳟、溪红点鲑及杂交种之间的遗传距离和相似系数(表 5)。其中杂交种和虹鳟之间的遗传距离最近(0.332)，遗传相似系数最大(0.718)；杂交种和溪红点之间的遗传距离为 0.554，遗传相似系数为 0.575。以上述分析为依据绘出聚类分析图(图 1)。

表 2 虹鳟各个基因座位的遗传变异和 F -统计量

Tab.2 The genetic variability, F -statistic analysis of gene differentiation of each rainbow trout's locus

等位基因	纤维蛋白原	α 球蛋白	β 1 球蛋白	β 2 球蛋白	γ 球蛋白	前白蛋白	白蛋白	平均值
样品数	30	30	30	30	30	30	30	
观测等位基因数	2	1	1	1	2	2	2	
有效等位基因数	2.000	1.000	1.000	1.000	1.471	2.000	2.000	1.496
香农信息指数	0.693	0.000	0.000	0.000	0.500	0.693	0.693	0.369
期望纯合度	0.492	1.000	1.000	1.000	0.675	0.492	0.492	0.736
期望杂合度	0.509	0.000	0.000	0.000	0.325	0.509	0.509	0.264

表 3 杂交种各个基因座位的遗传变异和 F -统计量

Tab.3 The genetic variability, F -statistic analysis of gene differentiation of each hybrids' locus

等位基因	纤维蛋白原	α 球蛋白	β 1 球蛋白	β 2 球蛋白	γ 球蛋白	前白蛋白	白蛋白	平均值
样品数	30	30	30	30	30	30	30	
观测等位基因数	2	2	2	1	2	2	2	
有效等位基因数	2.000	1.923	1.220	1.000	1.724	1.724	1.471	1.580
香农信息指数	0.693	0.673	0.325	0.000	0.611	0.611	0.500	0.488
期望纯合度	0.492	0.512	0.817	1.000	0.573	0.573	0.675	0.663
期望杂合度	0.509	0.488	0.183	0.000	0.427	0.427	0.325	0.337

表 4 溪红点鲑各个基因座位的遗传变异和 F -统计量

Tab.4 The genetic variability, F -statistic analysis of gene differentiation of each brook trout's locus

等位基因	纤维蛋白原	α 球蛋白	β 1 球蛋白	β 2 球蛋白	γ 球蛋白	前白蛋白	白蛋白	平均值
样品数	30	30	30	30	30	30	30	
观测等位基因数	2	1	2	1	2	1	2	
有效等位基因数	2.000	1.000	1.923	1.000	1.923	1.000	2.000	1.549
香农信息指数	0.693	0.000	0.673	0.000	0.673	0.000	0.693	0.390
期望纯合度	0.492	1.000	0.512	1.000	0.512	1.000	0.492	0.715
期望杂合度	0.509	0.000	0.488	0.000	0.488	0.000	0.509	0.285

表 5 三种鲑鳟鱼血清蛋白的遗传相似系数与遗传距离
Tab.5 The genetic resemblance coefficient and genetic distances of serum protein in three salmon

遗传距离	相似系数		
	虹鳟	杂交种	溪红点鲑
虹鳟	—	0.718	0.344
杂交种	0.332	—	0.575
溪红点鲑	1.068	0.554	—

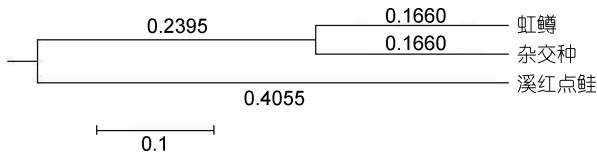


图 1 三种鲑鳟鱼的聚类分析

Fig.1 Cluster analysis of three salmon

3 讨论

3.1 遗传分化

血液蛋白的遗传是简单的孟德尔遗传方式, 是一种稳定的遗传形式, 它可以终身保持不受外界条件及年龄等因素的影响而发生改变, 而且可以在早期进行检测, 且检测的技术比较成熟、简单。本研究表明, 7 个座位的酶除 $\beta 2\text{-Glb}^A$ 外都具有多态性, 分别受 2—4 个等位基因控制(表 2、表 3、表 4), 与大黄鱼、美国红鱼、黑鲷和花鲈研究结果相一致(李星云等, 2009)。各个蛋白基因座位的等位基因频率在不同品种间具有一定的差异, 这可能是由于不同品种的选育目标、遗传基础、生存环境等因素不同造成的, 有待深入研究。

有效等位基因数相当于群体中纯合基因型频率的倒数(孙效文, 2010), 可作为群体遗传变异的一个指标。虹鳟群体有效等位基因数为 1.496, 溪红点鲑群体有效等位基因数为 1.549, 杂交种群体有效等位基因数为 1.580。杂交种群体的有效等位基因数明显大于其双亲群体, 说明杂交后代的基因杂合性明显增强, 这是杂种优势得以形成的重要遗传物质基础之一(代金霞, 2005)。

Shannon 信息指数是信息论中描述“熵”的测度值(Kongkiatngam *et al*, 1995), 可借用到一个随机交配群体在品种选育过程中所受选择、变异和遗传漂变的合并影响。其中虹鳟和溪红点鲑 7 个等位基因中的 4 个等位基因信息均指数较高, 均在 0.500 以上, 说明

虹鳟和溪红点鲑的遗传变异性较高。丰富的遗传变异是有效选种的重要条件, 也是动物群体抗逆环境的遗传基础, 是有效保护和利用遗传资源的重要基础。

遗传杂合度(h)是遗传变异的测度(Nei, 1975), 在种群中指特定基因座位杂合个体的比率, 其数值越大表明样本的遗传多态性越高, 选育的空间也就较大。淡水鱼类的平均遗传杂合度为 0.46(Dewoody *et al*, 2000)。本研究中虹鳟、溪红点鲑及其杂交种的平均遗传杂合度差异较大(0.264—0.337), 低于前人的研究结果(张艳萍等, 2011)。这种差异主要是为不同群体的遗传背景和选育方法等差异造成的, 也受不同学者所检测的基因座位的影响。

平均期望杂合度与平均期望纯合度是测定遗传变异最合适的参数(孙效文, 2010), 是定量表示群体遗传变异的尺度。平均期望杂合度能客观地反映出群体的遗传变异水平, 平均期望杂合度越大, 表明群体内遗传变异也越大, 性状分歧多, 均一性差。本研究发现虹鳟、溪红点鲑及其杂交种血清蛋白的趋势均为期望纯合度都大于期望杂合度, 表明虹鳟、溪红点鲑及其杂交种的遗传变异都较小, 群体均一性良好, 同时也说明杂交种血清蛋白的多态程度更高(楼允东等, 2006), 遗传背景更丰富, 蕴藏着多样的遗传基因。

3.2 杂交群体的偏性遗传

有关鲑鳟鱼种间杂交的偏性遗传研究有过相关的报道, 如: Blanc 等(1983)利用了 40 尾雌性虹鳟与 40 尾雄性的褐鳟进行了种间杂交和回交, 结果表明杂交子代是父系遗传的特性。而本研究中杂交种和母本虹鳟之间的遗传距离较近(0.332), 遗传相似系数较大(0.718); 杂交种和父本溪红点之间的遗传距离较远为 0.554, 遗传相似系数为 0.575(表 5)。上述结果与 UPGMA 聚类结果相一致, 这表明亲本的基因型在杂交子代的贡献不同, 相对于父本, 母本的贡献较大, 杂交群体与母本亲缘关系更近。这种双亲遗传物质在杂交子代中贡献率不对等的现象在远缘杂交中也是普遍存在的, 例如: 褐牙鲈♀×夏牙鲈♂(徐冬冬, 2009)¹⁾的杂交种表现为偏母本遗传; 皱纹盘鲍中国群体♀×日本群体♂的杂交种(张国范等, 2002)倾向于父本遗传。分析其原因, 溪红点鲑的 $\beta 1\text{-Glb}^A$ 、 $\beta 1\text{-Glb}^B$ 在它们的杂交种中表现为显性基因, 虹鳟的 $\gamma\text{-Glb}^A$ 、 $\gamma\text{-Glb}^B$ 、 $\alpha\text{-Alb}^A$ 、 $\alpha\text{-Alb}^B$ 、 $\beta\text{-Alb}^B$ 、 $\beta\text{-Alb}^C$ 在它们的

1) 徐冬冬, 2009. 褐牙鲈和夏牙鲈杂交的遗传学研究. 青岛: 中国科学院海洋研究所博士学位论文, 1—61

杂交种中表现为显性基因, 父母本的基因型在杂交种中的遗传分布是不平衡的, 可能受核质相容性的影响, 在精卵结合时的相容性存在个体间差异(张玉勇等, 2009), 从而导致了杂交群体的偏性遗传。

3.3 杂种鉴定

远缘杂交是产生杂种优势的重要手段之一, 远缘杂交可以显著地促进种间基因的交流, 引入异种的有利基因, 显著地扩大和丰富杂交种的基因库(王波等, 2009)。本研究中, 杂交种继承了虹鳟易开口、摄食好的特性, 同时也继承了溪红点鲑抗病力强、肉质鲜美的优势(Congiu *et al.*, 2001), 因此杂交种(虹鳟♀ × 溪红点鲑♂)具有很大的选育潜力和商品市场。在生产和试验混养过程中, 杂交种与母本虹鳟在仔鱼期间的外部形态一致, 长到幼、成鱼期其外部形态与母本虹鳟较为相似, 不易辨别, 本研究利用血清蛋白位点为显性标记的特点, 当双亲群体分别为显性纯合等位基因(AA)和隐性纯合等位基因(aa)时, 传递到杂交子代中表现为杂合等位基因(Aa), 因此通过种群单态特征条带是可以鉴定一个杂交种的(谢杭等, 2005)。试验结果共获得正交群体的 1 个单态型特异位点和 4 个组合鉴定位点, 可以作为杂种群体鉴别的遗传标记, 另外通过个体聚类分析对鉴定结果进行验证, 以得到更精确结果, 这些都具有一定的应用价值, 也对杂交机理的研究有重要意义。

参 考 文 献

- 王 波, 刘振华, 傅明珠等, 2009. 星斑川鲈远缘杂交的初步研究. 渔业现代化, 36(5): 41—44
- 王 俊, 匡友谊, 佟广香等, 2011. 哲罗鲑(♂)与细鳞鲑(♀)属间杂交不相容现象的 SSR 分析. 中国水产科学, 18(1): 547—555
- 代金霞, 2005. 微卫星 DNA 标记技术及其应用. 农业科学研究, 26(1): 67—79
- 孙效文, 2010. 鱼类分子育种学. 北京: 海洋出版社, 77—83
- 李星云, 张春丹, 2009. 四种海水养殖鱼类血清转铁蛋白多态性的初步研究. 科技通报, 25(6): 753—757
- 杨 虹, 孟 克, 王焯辉等, 2008. 蒙古马血液蛋白(酶)遗传多态性及聚类分析. 畜牧兽医学报, 39(5): 570—575
- 杨贵强, 徐绍刚, 王跃智等, 2009. 温度和摄食对溪红点鲑幼鱼呼吸代谢的影响. 应用生态学报, 20(11): 2757—2762
- 汪家政, 范 明, 2000. 蛋白质技术手册. 北京: 科学出版社, 77—122
- 张国范, 王继红, 赵洪恩等, 2002. 皱纹盘鲍中国群体和日本群体的自交与杂交 F₁ 的 RAPD 标记. 海洋与湖沼, 33(5): 484—491
- 张艳萍, 苏军虎, 姜忠玉等, 2011. 虹鳟 3 群体遗传变异的 RAPD 和 SSR 分析. 西北师范大学学报: 自然科学版, 47(5): 82—89
- 张玉勇, 白庆利, 贾智英等, 2009. 虹鳟、山女鳟及其杂交子代(虹鳟♀ × 山女鳟♂)的微卫星分析. 水产学报, 33(2): 188—194
- 赵星艳, 王嘉福, 冉雪琴等, 2011. 贵州矮马血清蛋白的多态性研究. 中国畜牧兽医, 38(6): 103—107
- 钟 兰, 何 芳, 史林杰, 2007. 血清蛋白电泳分析及实验诊断分型. 中国热带医学, 7(11): 2012—2014
- 郭尧君, 2005. 蛋白质电泳实验技术. 北京: 科学出版社, 122—161
- 谢 杭, 单 华, 2005. 七彩鲑鱼的养殖. 畜牧兽医科技信息, 6: 82—83
- 楼允东, 李小勤, 2006. 中国鱼类远缘杂交研究及其在水产养殖上的应用. 中国水产科学, 13(1): 151—158
- Nei M, 1975. Molecular Population Genetics and Evolution (American Elsevier Pub. Co.). 王家玉译, 1984. 分子群体遗传学与进化论. 北京: 农业出版社, 15—17
- Bartly D M, Rana K, Immink J, 2001. The use of inter-specific hybrids in aquaculture and fisheries. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 10(3): 325—327
- Blanc J M, 2003. Paternal variation in juvenile survival and growth of the triploid hybrid between female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) and male brown trout (*Salmo trutta* L.). Aquaculture Research, 34(3): 205—210
- Blanc J M, Poisson H, 1983. Parental sources of variation in hatching and early survival rates of *Salmo trutta Salvelinus fontinalis* hybrid. Aquaculture, 32: 115—122
- Congiu L, Dupanloup I, Patarnello T *et al.*, 2001. Identification of interspecific hybrids by amplified fragment length polymorphism: the case of sturgeon. Molecular Ecology, 10(9): 2355—2359
- Dewoody J A, Avise J C, 2000. Microsatellite variation in marine, freshwater and anadromous fishes compared with other animals. Journal of Fish Biology, 56(3): 461—473
- Kongkiatngam P, Waterway M J, Fortin M G, 1995. Genetic variation within and between two cultivars of red clover (*Trifolium pratense* L): comparisons of morphological, isozyme, and RAPD markers. Euphytica, 84: 237—246
- Raymond M, Rousset F, 2001. Genepop (population genetics software for exact tests and ecumenicism). Version 3.3, 15—17

POLYMORPHISM OF SERUM PROTEIN OF RAINBOW TROUT, BROOK TROUT, AND THEIR HYBRIDS [RAINBOW TROUT (♀) × BROOK TROUT (♂)] BY NATIVE POLYACRYLAMIDE GEL ELECTROPHORESIS

ZHANG Li-Ying, ZHAO Meng, LI Wen-Tong, YUAN Ding, YANG Gui-Qiang
(Beijing Fisheries Research Institute—National Engineering Technology Research Center for
Freshwater Fisheries, Beijing, 100068)

Abstract With native poly acrylamide gel electrophoresis, we analyzed the polymorphism of the serum proteins for three populations: rainbow trout, brook trout, and the hybrid [rainbow trout (♀)×brook trout (♂)]. The genotype frequencies, genetic homozygosity and Shannon's information index were calculated and the relationship and genetic distances of three populations were explored. The results revealed large difference in five serum protein (α -globulin, β 1-globulin, γ -globulin, prealbumin, and albumin) seats, and different frequencies in the dominant gene of the seats in the three populations. In addition, hybrids showed particular bands integrated from genetic information of the parents. Bisexual reproduction was found and they were indeed hybrids in genetic arial. The hybrid had a relative genetic similarity of 0.718 and 0.575, in genetic distance of 0.332 and 0.554 from rainbow trout and brook trout, respectively, showing more intimacy to the maternal side, which gains support from UPGMA tree additionally.

Key words rainbow trout; brook trout; hybrids; serum protein; native polyacrylamide gel electrophoresis