

文章编号:1000 - 0615(2001)06 - 0570 - 06

综述 ·

江西三种红鲤起源与遗传多样性研究的进展

Progress on studies of origin and genetic diversity of three breeds of red carp in Jiangxi Province

楼允东, 孙景春

(上海水产大学渔业学院, 上海 200090)

LOU Yun-dong, SUN Jing-chun

(Fisheries College, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

关键词:兴国红鲤;荷包红鲤;玻璃红鲤;起源;遗传多样性

Key words: *Cyprinus carpio* var. *xingguonensis*; *Cyprinus carpio* var. *wuyuanensis*; *Cyprinus carpio* var. *wananensis*; origin; genetic diversity

中图分类号:Q247;S917 文献标识码:A

遗传多样性 (genetic diversity) 是生物多样性的的重要组成部分。广义的遗传多样性是指地球上所有生物携带的遗传信息的总和。这里指的遗传多样性主要是指种内不同群体之间或一个群体内不同个体之间的遗传变异的总和,这或许可称是遗传多样性狭义的定义^[1]。

产于江西省婺源县的荷包红鲤 (*Cyprinus carpio* var. *wuyuanensis*)、兴国县的兴国红鲤 (*Cyprinus carpio* var. *xingguonensis*) 和万安县的玻璃红鲤 (*Cyprinus carpio* var. *wananensis*) 是我国重要的养殖对象,是三个不同的地方品种。由于这三种鲤鱼的体色均为桔红色,且均原产于江西省,因此俗称为“江西三红”^[2-4]。“江西三红”具有生长快、繁殖力强、食性广和适应性强等优点,经济价值较高,既可食用,又可供观赏,因此深受广大人民群众喜爱。为了保护、发掘和培育这三种红鲤,各级政府和科研单位对它们进行了长期的人工选育,经过不懈努力,终于选育成形态特征显著和遗传性状稳定的 3 个鲤鱼养殖品种,在我国水产养殖上具有重要的地位。同时,“江西三红”还是重要的杂交亲本,杂交亲和力强,容易与其它鲤鱼杂交,杂种大多具有明显的杂种优势,在我国鱼类杂交育种中起了重要的作用。本文对“江西三红”的来历及遗传多样性研究的现状作一综述,以便对其有一个比较全面的了解,为今后鲤鱼种质保存和遗传育种提供较为系统的背景资料。

1 “江西三红”的来历

1.1 荷包红鲤

荷包红鲤原称洛鲤^[5,6],相传在明朝万历年间(1573 - 1620 年),神宗皇帝特将御花园内供观赏的红鲤鱼取出数尾赐给当时因代天巡狩有功的户部右侍郎余懋学。他告老还乡后,雇工凿了一口大石缸(1.0 m × 1.0 m × 1.5 m),将钦赐的红鲤鱼精心饲养起来以供观赏,并用来赠送亲友,后来群众也普遍饲养,于是成了江西婺源的特产。余懋学确有其人,他曾任户部右侍郎,死后追封为工部尚书,旧《婺源县志》均有记载^[7],现今沱川乡理坑村的“尚书第”及“代天三月”之匾也可为证。据此,1980 年荷包红鲤鉴定会的材料采用了这一传说;新《婺源县志》在写荷包红鲤的来历,也采用了这一传说^[8]。但赐鱼之说,查无史据。明朝开国时建都南京,永乐 19 年(1421 年)迁都北京,神宗的御花园应在北京故宫,按当

收稿日期:2001-10-25

第一作者:楼允东(1937 -),男,浙江义乌人,教授,主要从事水产动物遗传育种研究。Tel:021 - 65710362, E-mail: ydlou@shfu.edu.cn

时的技术条件,从北京将活鱼带回婺源并非易事。另据旧《婺源县志》记载,万历 21 年余懋学因门下士上书得罪了宰相,受牵连而被迫告老还乡。赐鱼之说,则更显虚无了。

婺源是荷包红鲤的故乡,在民间有着许多有关荷包红鲤的古老传说。除了赐鱼之说,还有贡鱼之说。这一传说则称:明朝万历年间户部右侍郎、总理漕储的婺源人余懋学曾以此鱼礼贡皇上,以表家乡“物华天宝”。神宗皇帝见此鱼雍容华贵之体态,鲜研吉庆之色彩而“龙颜大悦”,称之为“圣鱼”,奉养于明故宫御花园池中,使之得以“常伴君侧”。这一传说与上面传说恰恰相反。改赐鱼为贡鱼,无非是想表明荷包红鲤在婺源远不止 400 年的养殖历史^[9]。据此婺源县荷包红鲤原种场在《关于请求将“婺源荷包红鲤原种场”列为国家级原种场材料汇编》中,采用了这一传说。在对外宣传的商品广告中,亦采用了这一传说。但贡鱼之说,同样查无史据。那么,荷包红鲤在婺源究竟有多少年的养殖历史呢?据《弘治徽州府志》记载^[10],宋光宗赵昀登基(1190 年)时,曾赐鲋鱼给南宋著名思想家朱熹(1130 - 1200 年)。婺源自古隶属安徽省徽州府,民国二十三年(1934 年)才划归江西省。婺源是朱熹的故里。据专家多方考证,宋光宗赐予朱熹的鲋鱼即是红鲤鱼^[9]。南宋疆域不甚辽阔,只有江南几省,朱熹带回钦赐红鲤鱼乃举手之劳。另外,从婺源池塘养鱼的历史来看,红鲤鱼很可能原本产于婺源,光宗皇帝降诏赐鱼之举,仅含正名分之意。至此,基本可以定论,荷包红鲤在婺源的养殖历史是悠久的,至少可以追溯到宋代,距今已有 800 多年的历史。

解放前,由于不注意品种的选育和提纯,种群本身就小的荷包红鲤在自繁自养和随机交配中,一再与自然界中的野鲤混杂,以致体型变长,体色不纯,生活力下降,个体变小,生长缓慢,几乎灭绝。为了挽救这一珍贵品种,1958 年,婺源县政府组织科研人员对全县的荷包红鲤进行了深入调查和发掘工作,他们跋山涉水,花费很大气力,最终在该县的鄣公山下的原沱川人民公社等地采集到 17 尾荷包红鲤模样的原种,作为扩大群体之根本。1960 年,婺源县成立了荷包红鲤研究所,开始对荷包红鲤的研究工作,在国家和地方的支持下,与江西大学生物系合作,经 10 年(1969 - 1979 年)连续 6 代人工繁殖与系统选育,最终获得了体色、体型和生长等遗传性状都比较稳定的后代,经济性状显著提高。1980 年通过技术鉴定,成为我国培育成功的第一个鲤鱼品种^[2,11-13]。

1.2 兴国红鲤

在江西兴国,养殖红鲤鱼的历史较为悠久。据《兴国县志》记载,兴国红鲤是唐朝中书令、书法家钟绍京在兴国东龛读书时放生的,时间约在公元前 670 - 683 年,距今已有 1300 多年的历史。1958 年,兴国县建立了兴国红鲤繁殖场,选用“鲤鱼寨”中的体色全红、成熟个体大、背宽肉厚、体型标准和无损伤的兴国红鲤做亲本,于 1959 年进行首次繁殖,使该品种的群体数量逐步得到扩大。为进一步提高该品种的优良经济性状,该场与江西大学生物系合作,从 1972 - 1984 年经过 12 年 6 代定向选育达到预定目标,1985 年通过技术鉴定,成为我国又一个鲤鱼品种^[2]。

“兴国红鲤”这个名称最早出现在 20 世纪 80 年代,当时国内部分省市来兴国引种,为区别江西其他地方的鲤鱼,将兴国引进的红鲤鱼称为“兴国红鲤”。1975 年,“兴国红鲤”这个名称正式见之于学术论文^[14]。

1.3 玻璃红鲤

玻璃红鲤并非原产于万安县。1963 年,万安县麻源农场渔工刘焕庭和罗竟奇等人在长江(江西瑞昌江段)采购的鱼苗经饲养到 2.5cm 时,从中发现 4 尾透明的红鲤鱼,当时觉得该鱼奇异,未予清除,仍放回培育池内。两年后,达到性成熟,自然产卵孵化,孵出鱼苗 1 万多尾。鱼苗透明,且多为红色个体,便称其为“玻璃红鲤”^[15,16]。玻璃红鲤经过试养,因其生长较快,尤其是肉质较普通鲤鱼鲜嫩,且具有独特的透明性状而赢得人们的喜爱,因而迅速养殖起来,并在养殖过程中群众自发地进行了亲鱼培育和人工繁殖。但由于缺乏科学的培育要求、方法和措施,特别是不能实行严格的培育管理,致使在自然条件下,随机交配,后代体色不一,性状不稳定,混杂现象比较严重。为了保护这一品种资源,万安县鱼种场与江西大学生物系合作,于 1973 年开始玻璃红鲤的选育研究,经过 10 年的努力,到 1983 年已选育至 F₆。定向选育 6 代后的玻璃红鲤,遗传性状稳定,具有体色红、生长快和个体大的优良性状。1984 年通过技术鉴定,成为我国鲤鱼新品种中的一员。

2 “江西三红”的遗传多样性

遗传多样性的研究方法通常有形态学、细胞遗传学、生化遗传学和分子遗传学四个层次。其中分子遗传学方法是直

江西省婺源县荷包红鲤原种场. 关于请求将“婺源荷包红鲤原种场”列为国家级原种场材料汇编. 1992.

江西省婺源县荷包红鲤原种场. 荷包红鲤简介. 97 中国国际渔业博览会(北京),1997.

兴国县红鲤鱼繁殖场. 兴国红鲤的来源、取名和民间养殖情况调查. 兴国红鲤良种选育鉴定会材料之十. 1985.

接检测 DNA,而其他三种方法则是检测 DNA 的表达产物。生物的形态及表型是遗传多样性和环境相互作用的综合结果。表型的多样性并不能完全或真实地反映遗传的多样性。因此,人们在谈论生物的遗传多样性时,应更多的关心遗传信息或遗传物质载体——染色体数目、形态、行为即核型的多样性。除了这种细胞水平的遗传多样性外,分子水平的遗传多样性即结构基因和调节基因以及基因的直接产物——蛋白质的多样性也是当前研究的一个热点。现分叙如下。

2.1 形态学研究

自 20 世纪 60 年代开始,国内学者对“江西三红”的形态学做过较多研究,多半集中在体型、体色和数量形状上^[17-22]。体型具有明显的种群和个体多样性。荷包红鲤的体型特别短粗,由于长期人工驯养,游动能力衰退,致使尾椎骨愈合,体型变得很短,显得背高腹圆,形似荷包,因而得名。兴国红鲤为长体型。玻璃红鲤是从长江野鲤中挑选出来的,其体型与长江野鲤相似,基本上是瘦长型的(表 1)。

根据蒋一鸰等^[17]研究,在幼鱼阶段,荷包红鲤体型随幼鱼的生长而有变化。幼鱼体长约在 11cm 以上,其体型才能达到成鱼的体型(荷包红鲤以体高与体长之比为 2.2 者最佳)。因此荷包红鲤的选种工作在幼鱼体长达到 15cm 以上的个体中进行较为适宜。

荷包红鲤和兴国红鲤的体色相似,通常为桔黄色和桔红色,而玻璃红鲤为肉红色,眼球呈深紫红色,且幼鱼阶段全身透明,内脏清晰可见,成鱼阶段仍可透视鳃部轮廓。

表 1 “江西三红”形态特征的比较

Tab. 1 Comparison of morphological characteristic of three breeds of red carp in Jiangxi

性 状	兴国红鲤 ^[21]		荷包红鲤 ^[19]		玻璃红鲤	
	变幅	平均	变幅	平均	变幅	平均
体长/体高	2.86~3.99	3.38	2.00~2.30	2.26	2.71~3.38	3.02
体长/头长	3.29~4.82	3.89	2.24~3.40	2.80	3.24~4.13	3.70
体长/尾柄长	5.83~6.24	5.95	5.30~10.06	7.90	6.56~8.43	7.58
体长/尾柄高	7.18~9.17	8.16	5.30~6.04	5.67	6.56~8.48	7.53
头长/尾柄长	1.29~1.78	1.49			1.70~2.47	2.07
头长/尾柄高	1.89~2.18	2.00			1.71~2.34	2.04
头长/吻长	2.03~2.53	2.33			2.34~3.09	2.71
头长/眼径	5.86~6.34	6.20			5.08~6.92	6.11
头长/眼间距	2.11~2.60	2.40			2.14~2.92	2.50
背鳍条	,16~17		,16~18		,16~18	
臀鳍条	,5		,5~6		,5	
侧线鳞	35 $\frac{5}{5-5}$ 36		36 $\frac{6}{5-6}$ 37		35 $\frac{5}{6}$ 37	
鳃耙数	外 20,内 26		外 21~22,内 27~28		外 22,内 28	
咽齿式	1.1.3/3.1.1		1.1.3/3.1.1		1.1.3/3.1.1	
脊椎骨	38		36		36	

2.2 细胞遗传学研究

关于鲤鱼的核型,国内外学者已做过大量的研究,结果基本一致,二倍体众数染色体均为 100,但核型构成稍有差异。就这三种红鲤来讲,这种差异也是存在的(表 2)。但这种差异是由于鱼类种群或品种之间存在的差异,还是由于染色体制备方法的不同所造成的差异,还有待于进一步研究。

这里必须指出的是,尽管这三种红鲤的二倍体众数染色体均为 100,但细胞中染色体数目差别较大,有少于 90 者,也有多于 100 者,且众数占所观察细胞总数的百分比较低。据王蕊芳等^[23]观察,兴国红鲤、荷包红鲤与玻璃红鲤二倍体染色体数为 100 的细胞分别占所观察细胞总数的 64%、60%和 77%,表明同一物种的不同种群,同一种群的不同个体以及同一个体的不同细胞间是有较强的染色体多态性,这也是三种红鲤遗传多样性的具体反映。

另外,根据王蕊芳等^[23]研究,尽管这三种红鲤的核型完全相同,且 C 组第 3 对染色体上都具有 1 对随体,但随体的大小与形态不尽相似。兴国红鲤的 1 对随体,1 个为圆点状,而另 1 个形似发辫,其长度约为另 1 个的 3 倍左右;玻璃红鲤的随体有两种类型,一种类型与兴国红鲤相似,1 个为圆点状,另 1 个形似发辫,另一种类型的随体大小几乎相等,且均

江西省万安县鱼种场,江西大学生物系. 万安玻璃红鲤培育研究论文汇编. 1984.

为圆点状;而荷包红鲤的随体形状与兴国红鲤相似,只是其中 1 个随体的长度仅为另 1 个随体的两倍。还有,对这三种红鲤的染色体标本进行银染的结果,核仁形成区(NORs)被染成黑色,发现 NORs 的分布与随体一致,其大小、形态亦与随体一致,作者认为这种 NORs 的异型性反映了 NORs 的多态性。由于这三种红鲤随体和 NORs 呈现不同的多态性,作者提出是否可以做为品种的遗传标记,为检测品种纯系提供一些理论依据。

表 2 “江西三红”细胞遗传学特征的比较

Tab.2 Comparison of cytogenetic characteristic of three breeds of red carp in Jiangxi

种类	2N	核型公式	NF	二倍体细胞核 DNA 含量(pg)	文献
兴国红鲤	100	28m + 22sm + 50st ,t	150		[23]
	100	28m + 22sm + 50st ,t		3.80 ±0.27	[20]
	100	28m + 22sm + 50st ,t	150		[24]
				3.80 ±0.27	[25]
	100	30m + 26sm + 30st + 14t	156	3.80 ±0.09	[22]
	100	30m + 26sm + 30st + 14t	156		[26]
荷包红鲤	100	28m + 22sm + 50st ,t	150		[23]
	100	24m + 32sm + 44st	156		
玻璃红鲤	100	28m + 22sm + 50st ,t	150		[23]

2.3 生化遗传学研究

自 20 世纪 60 年代以来,同工酶蛋白质电泳技术被广泛应用于物种和种群的鉴定,以了解原种、养殖群体或遗传改良群体的遗传变异和遗传结构,并定性定量地检测它们的变化。对于“江西三红”应用同工酶分析也有所报道。朱必凤等^[20,27]采用聚丙烯酰胺凝胶垂直平板和盘状电泳,分析了兴国红鲤脑、肝、心、肾、肌肉和眼等 6 种组织以及血清中的乳酸脱氢酶(LDH)、苹果酸脱氢酶(MDH)、酯酶(EST)和葡萄糖-6-磷酸脱氢酶(G-6-PDH)等 4 种同工酶系统的酶带及血清蛋白带。结果表明,不同组织中 4 种同工酶谱带是不同的,存在明显的组织特异性。血清蛋白分析显示雌雄鱼体中蛋白带有显著差别。

李思发等^[22,28]采用聚丙烯酰胺凝胶水平平板电泳,报道了兴国红鲤肌、脑、心、肝和眼等 5 种组织中 LDH、MDH、EST、G-6-PDH、超氧化物歧化酶(SOD)、山梨醇脱氢酶(SDH)、异柠檬酸脱氢酶(IDH)、苹果酸酶(ME)、醇脱氢酶(ADH)和甘油-3-磷酸脱氢酶(-GPDH)等 10 种同工酶的电泳结果。与上述结果稍有差别。LDH 谱带较多且复杂,具有明显的组织特异性;肌、肝中 MDH 均表现为 6 条主带,由 4 个座位编码;肌中 SOD 有 3 个座位,各显示 1 条酶带。兴国红鲤的多态座位比例为 15.79%,平均杂合度为 0.0738。

吴清江等采用 13% 马铃薯淀粉凝胶电泳分离荷包红鲤血清 LDH 同工酶,可见 5 条谱带,各区带百分含量分别为 2.7、3.1、4.0、4.5 和 33.4%。

屠惠康等采用聚丙烯酰胺凝胶盘状电泳,分析了玻璃红鲤血清蛋白电泳图谱,结果比较一致,都具有 7 条蛋白带,雌雄没有差别。

总的来说,虽然“江西三红”生化遗传学方面进行了一些研究,但资料比较零碎,没有同时用同样方法对这三种红鲤进行同工酶/蛋白质电泳分析,条件不一致,缺乏可比性。因此,还有待于今后继续深入研究。

2.4 分子遗传学研究

近年来随着分子生物学,特别是 DNA 重组技术的发展,人们更重视基因本身即 DNA 分子的多态性。目前,限制性片段长度多态性(RFLP)、简单序列长度多态性(SSLP)和随机扩增多态性 DNA(RAPD)被认为是检测遗传多样性的 3 项主要分子标记技术^[29]。由于线粒体 DNA(mt DNA)分子量相对较小,分离和纯化较易以及母系遗传等特点,因此,mt DNA 被广泛用于鱼类遗传多样性检测、种群鉴定、系统发生和杂交育种等研究。目前比较经济有效的是 PCR-RFLP 法,即先对未经分离纯化的总 DNA 用特异性引物进行 PCR 扩增,然后对扩增片段进行测序,根据核苷酸的变异进行多态性分析。PCR 扩增总 DNA,避免了纯化 mt DNA 的繁琐,因而在 mt DNA 分析中广泛采用。

在此之前,有关“江西三红”分子遗传学的研究并不多,除对兴国红鲤和荷包红鲤作为杂交亲本与杂交后代的比较有过一些报道^[30-32]外,仅张建森等^[4]对江西省鲤鱼多样性和 DNA 指纹作了初步调查和分析。最近,孙景春等^[3]利用 40 个随机引物对“江西三红”和野鲤进行了 RAPD 检测及聚类分析,结果发现,在 25 个扩增效果较好的引物中,引物 S225 和 S221 对 4 种鲤鱼扩增出的指纹图谱差异显著,存在 5 个明显的特异性条带,可以作为分子标记;在品种内部,兴国红鲤个体间的遗传相似指数最大,玻璃红鲤次之,荷包红鲤最低,也就是说兴国红鲤个体间差异最小,纯度最高,而荷包红鲤个

体间差异最大,纯度最低;对于品种间,3个鲤鱼之间的差异不是很大,根据聚类分析可知兴国红鲤与玻璃红鲤之间的亲缘关系最近,与荷包红鲤的亲缘关系次之,与野鲤的亲缘关系最远(图1)。该结果与孙景春^[33]应用PCR及测序方法对“江西三红”的mtDNA和Cytb及D-loop区部分片段分别进行扩增和测序,并对测序结果进行聚类分析所得到的结果相一致。作者认为,RAPD研究的是核DNA,而线粒体部分片段的PCR扩增和测序是对线粒体DNA的研究,两种方法各有优缺点。如果两者结合使用,得到的研究结果就更加可靠。另外,从两种方法所得到的结果来看,不同品种之间的距离都较小,由此可见,“江西三红”的分化时间并不长,这也与历史记载和形态差异相一致。

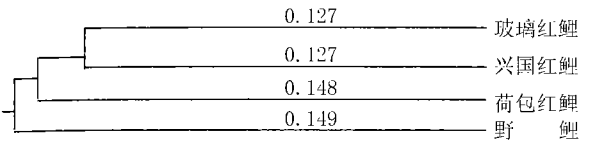


图1 UPGMA法建立的4种鲤鱼的分子系统树
Fig. 1 The molecular phylogenetic tree of 4 breeds of carp constructed by UPGMA method

3 “江西三红”在杂交育种中的应用

“江西三红”不仅具有重要的养殖价值,同时荷包红鲤和兴国红鲤还是重要的杂交亲本,杂交亲和力强,容易与其它鲤鱼杂交,杂种大多具有明显的杂种优势,其主要杂交组合见表3。这些杂交组合以及杂交后通过选育而成的品种或品系在全国推广后增产效果十分明显,在我国鱼类杂交育种中起了重要的作用。玻璃红鲤与其它鲤鱼杂交尚未见报道。

表3 兴国红鲤和荷包红鲤在杂交育种中的应用

Tab. 3 Application of *Cyprinus carpio* var. *xingguonesis* and *Cyprinus carpio* var. *wuyuanensis* in cross breeding

杂交种名称	亲本来源	选育单位	文献
1 丰鲤	兴国红鲤 × 散鳞镜鲤	中国科学院水生生物研究所	[14]
2 荷元鲤	荷包红鲤 × 元江鲤	中国水科院长江水产研究所	[34][35]
3 岳鲤	荷包红鲤 × 湘江野鲤	湖南师范学院生物系等	[36]
4 芙蓉鲤	散鳞镜鲤 × 兴国红鲤	湖南省水产研究所	[37]
5 三杂交鲤	荷元鲤 × 散鳞镜鲤	中国水科院长江水产研究所	[38]
6 颖鲤	镜鲤 × [荷包红] 鲤移核鱼	中国水科院长江水产研究所	[39]
7 兴德鲤	兴国红鲤 × 德国镜鲤	广西省水产研究所	[40]
8 建鲤	荷包红鲤 × 元江鲤	中国水科院淡水渔业研究中心	[41][42]
9 荷包红鲤抗寒品系	黑龙江野鲤 × 荷包红鲤	中国水科院黑龙江水产研究所	[43]
10 松浦鲤	黑龙江野鲤、荷包红鲤、镜鲤	国水科院黑龙江水产研究所	[44][45]
11 异育银鲫	方正银鲫 × 兴国红鲤	中国科学院水生生物研究所	[46]

注:1~7为杂交种;8~10为通过杂交选育而成的品种或品系;11为人工杂交而成的异精雌核发育子代。

综上所述,“江西三红”在我国水产养殖上具有重要地位,但由于历史的原因,以往人们对“江西三红”遗传多样性的研究主要集中于形态学方面,在细胞遗传学,生化遗传学和分子遗传学等方面的研究较为欠缺。因此,目前极有必要对这些方面进行系统研究,以弥补其不足,为鲤鱼遗传育种和种质资源保存与利用提供更为全面的背景资料和科学依据。

参考文献:

- [1] 陈灵芝. 中国的生物多样性[M]. 北京:科学出版社,1993. 99 - 103.
- [2] 楼允东. 鱼类育种学[M]. 北京:中国农业出版社,1999. 29 - 33, 67 - 83, 345 - 346.
- [3] 孙景春,楼允东,姚红花. 应用RAPD技术分析三种红鲤遗传多样性[J]. 上海水产大学学报,2001,10(3):207 - 212.
- [4] 张建森,孙小异,施永红,等. 江西省鲤鱼生物多样性调查和DNA指纹分析[J]. 中国水产科学,1997,4(5):8 - 14.
- [5] 汪绂(清). 《医林纂要探源》卷三.
- [6] 东海水产研究所. 简明水产词典[M]. 北京:科学出版社,1983.
- [7] 旧《婺源县志》(清光绪).
- [8] 新《婺源县志》(1993).
- [9] 刘英喜,张德蜀,王东志. 荷包红鲤史考[J]. 农业考古,1997,(1):176 - 178.
- [10] 《弘治徽州府志》卷七人物,卷二食货.
- [11] 江西省婺源县农业科学研究所. 红荷包鲤鱼提纯育种工作初步总结[J]. 淡水渔业,1973,(10):3 - 6.

- [12] 江西省婺源红荷包鲤鱼繁殖场. 江西红荷包鲤鱼的提纯复壮[J]. 淡水渔业, 1975, (3): 31 - 32.
- [13] 江西省水产学会. 江西婺源荷包红鲤提纯选优[J]. 淡水渔业, 1982, (1): 29 - 31.
- [14] 湖北省水生生物研究所. 散鳞镜鲤与兴国红鲤、龙州镜鲤的杂种优势以及鳞被、体色的遗传[J]. 水生生物学集刊, 1975, 5(4): 439 - 448.
- [15] 江西大学生物系, 万安县鱼种场. 万安玻璃红鲤鱼生物学调查报告[J]. 江西大学学报(自然科学版), 1977, (1): 157 - 177.
- [16] 金耀道. 江西饲养一种新的养殖品种——玻璃鲤[J]. 淡水渔业, 1978, (5): 46.
- [17] 蒋一耀, 张德蜀, 朱居宏, 等. 荷包红鲤与野鲤的某些生物学特征比较[J]. 水生生物学集刊, 1963, (3): 82 - 92.
- [18] 邓宗觉. 江西婺源荷包红鲤体型形成及体色遗传的探讨[J]. 淡水渔业, 1981, (6): 14 - 22.
- [19] 江西大学生物系, 江西婺源荷包红鲤研究所. 荷包红鲤的生物学[J]. 江西大学学报(自然科学版), 1983, (4): 19 - 36.
- [20] 林光华. 主要淡水养殖鱼类的种质标准参数 V. 兴国红鲤[A]. 主要淡水养殖鱼类种质研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991. 14 - 16.
- [21] 郭治之. 兴国红鲤的种群性状及年龄与生长[A]. 主要淡水养殖鱼类种质研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991. 48 - 52.
- [22] 李思发, 蔡完其, 周碧云, 等. 兴国红鲤种质标准[A]. 中国淡水主要养殖鱼类种质研究[C]. 上海: 上海科学技术出版社, 1998. 153 - 158.
- [23] 王蕊芳, 施立旺, 货维顺. 几种鲤鱼染色体核仁组织者的银染观察[J]. 动物学研究, 1985, 6(4): 391 - 398.
- [24] 易豪雄, 蔡德全, 杨宁生, 等. 兴国红鲤的核型[A]. 主要淡水养殖鱼类种质研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991. 145 - 149.
- [25] 梁峰. 兴国红鲤血细胞核 DNA 含量测定[A]. 主要淡水养殖鱼类种质研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991. 173 - 175.
- [26] 范兆廷, 尹洪滨, 孟繁荣, 等. 兴国红鲤的核型[A]. 中国主要淡水养殖鱼类种质研究[C]. 上海: 上海科学技术出版社, 1998. 100 - 106.
- [27] 朱必凤, 李思光. 兴国红鲤成体组织中四种同工酶的研究[A]. 主要淡水养殖鱼类种质研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991. 176 - 184.
- [28] 李思发, 蔡完其, 赵金良. 兴国红鲤生化遗传标记[A]. 中国淡水主要养殖鱼类种质研究[C]. 上海: 上海科学技术出版社, 1998. 79 - 85.
- [29] 邹喻苹. RAPD 分子标记简介[J]. 生物多样性, 1995, 3(2): 104 - 108.
- [30] 周莉, 樊连春, 桂建芳. 银鲫复合种外源遗传物质整合的 DNA 分析[J]. 水生生物学报, 1998, 22(4): 301 - 306.
- [31] 梁利群, 孙效文, 闫学春. RAPD 技术分析荷包红鲤抗寒品系与亲本的基因组变化[J]. 中国水产科学, 1998, 5(1): 6 - 9.
- [32] 董在杰, 夏德全, 吴婷婷, 等. RAPD 技术在鱼类杂种优势研究中的应用[J]. 中国水产科学, 1999, 6(1): 37 - 40.
- [33] 孙景春. “江西红”(荷包红鲤、兴国红鲤、玻璃红鲤)核 DNA 和线粒体 DNA 多态性研究[D]. 上海水产大学硕士学位论文, 2001.
- [34] 长江水产研究所, 荆州地区水产技术推广站. 红荷包鲤与元江鲤的杂交育种及其生产应用[J]. 淡水渔业, 1976, (7): 8 - 16.
- [35] 国家水产总局长江水产研究所育种室鲤鱼组. 荷元鲤(荷包红鲤 × 元江鲤)杂种优势利用及性状遗传的研究[J]. 淡水渔业, 1981, (3): 1 - 9.
- [36] 刘筠, 陈淑群, 王义铎, 等. 荷包红鲤 × 湘江红鲤 杂交一代的研究及其生产上的应用[J]. 湖南师范学院学报(自然科学版生物专集), 1979, (1): 1 - 14.
- [37] 湖南省水产研究所. 散鳞镜鲤 × 兴国红鲤 杂种一代杂交优势的研究[J]. 湖南水产科技, 1980, (1): 21 - 26.
- [38] 马仲波, 唐钢胜, 张峰, 等. 鲤鱼三杂交[(荷包红鲤 × 元江鲤) × 镜鲤]遗传改良与利用的研究(摘要)[J]. 淡水渔业, 1984, (6): 25 - 27.
- [39] 潘光碧, 唐钢胜, 杜森英, 等. 鲤鲫移核鱼与散鳞镜鲤杂交优势及遗传性状的研究[J]. 水产学报, 1989, 13(3): 230 - 238.
- [40] 甘西, 靳光琴, 吴作文, 等. 两种新杂交鲤(移核鱼、兴德鲤)与丰鲤的生长对比试验[J]. 广西水产科技, 1990, (4): 10 - 14.
- [41] 张建森, 孙小异. 建鲤育种研究论文集[C]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [42] 张建森, 孙小异, 王建新, 等. 建鲤选育的新工艺、新技术[A]. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心编辑: 淡水渔业研究文集[C]. 北京: 科学出版社, 1990: 1 - 5.
- [43] 沈俊宝, 刘明华. 荷包红鲤抗寒品系的筛选和培育[J]. 淡水渔业, 1988, (3): 14 - 17.
- [44] 刘明华, 沈俊宝, 张铁齐. 选育中的高寒鲤[J]. 中国水产科学, 1994, 1(1): 10 - 19.
- [45] 刘明华, 沈俊宝, 白庆利, 等. 新品种高寒鲤的选育[J]. 水产学报, 1997, 21(4): 391 - 397.
- [46] 蒋一耀, 梁绍昌, 陈本德, 等. 异源精子在银鲫雌核发育子代中的生物学效应[J]. 水生生物学集刊, 1983, 8(1): 1 - 16.