



主要养殖鱼类种质资源研究进展

ADVANCES IN THE STUDY OF THE GENETIC RESOURCES OF THE MAJOR CULTURED FISHES

李思发

(上海水产大学, 200090)

Li Sifa

(Shanghai Fisheries University, 200090)

关键词 养殖鱼类, 种质资源

KEYWORDS cultured fishes, genetic resources

一、研究和保护鱼类种质资源的意义和迫切性

(一) 从保护生物多样性谈起

为什么我国西北一些地区原来“风吹草低见牛羊”的大草原如今变成了土地贫瘠、经济落后的黄土高原? 为什么原来郁郁葱葱、生意盎然的北非大森林如今变成了偶尔只闻驼铃声的撒哈拉大沙漠? 为什么历史上盛产脍炙人口的大白鱼(翘嘴红鲌)的太湖如今变成了肉少刺多的毛鲮鱼的天下? 这些都同生物多样性的破坏有关。

近二、三十年来, 要求对生物多样性资源进行保护的呼声越来越高。有关生物多样性的学术刊物大量涌现, 如“Conservation Biology”, “Biological Conservation”, “Aquatic Conservation”及“Marine and Freshwater Ecosystem”等。许多国际组织相继成立, 并卷入了有关活动, 如国际自然保护联合会(IUCN)、世界资源研究所(WRI)、世界资源特别基金管理机构(WWF)等。在国际自然保护联合会下面, 设有物种生存委员会(SSC), 委员会下设淡水鱼类专家组(FFSG)等95个专家组。国际自然保护联合会拥有来自169个国家和地区的会员约4900人。

80年代以来, 科学家们围绕生物多样性发表了一系列文章, 主要环绕以下几个方面:

①栖息环境和生态系统的破坏; ②物种消失的过去和现状; ③遗传资源的丧失; ④保护生物多样性的迫切性; ⑤物种保护与生态系统保护的关系; ⑥物种的就地与易地保护; ⑦自然保护区的设计与管理; ⑧生物多样性保护的社会、经济问题; ⑨生物多样性及其保护的概念和学术问题。

1992年5月, 在巴西召开的世界环境与发展大会, 以及“保护生物多样性公约”的签订, 反映了国际社会对这一问题的深切关注, 正是全世界对生物多样性取得共识的一次历史性飞跃。该公约的目的是保护地球上的生物免遭日益增大的绝种的威胁。生物多样性及其保护的研究已成为当今世界的一项热门前沿科学。

(二) 什么是生物多样性

人口、资源及环境是当前世界面临的最重大的全球性问题。其中,生物多样性(包括物种多样性、生态系统多样性及遗传多样性)的保护是涉及到资源永续利用和环境保护的核心。这三种不同水平的生物多样性从不同的方面、以不同的方法对生命系统进行描述,三者是相互补充、但不可相互取代的。

1. 物种多样性 指一个地区内物种的数量与频度,拥有较多物种的物种多样性较大,反之则小。例如,太湖有鱼类百种左右,青海湖有鱼类 6 种,太湖的物种多样性显然较大。

2. 遗传多样性 指物种的种群间、种群内的遗传变异,其表达是通过大量基因的组合或重组实现的。众所周知,许多农作物都依靠野生的种质资源来扩大其遗传基础,稳定和提产量,增强抗病、抗逆的能力[Spears, 1988]。

3. 生态系统多样性 指一个区域内的生态过程、群落及栖息环境的多样性。由于生态系统间的界线难以精确划分,生态系统多样性的定量要比物种多样性及遗传多样性困难得多。

(三) 忽视生物多样性在鱼类方面的若干事例

(1) 由于对生物多样性的认识不足,人们曾有意无意地破坏生物多样性的格局。比如,在天然水体中,水草、藻类、浮游动物、蚌、鳊、草鱼等形成了一个相互制约的平衡关系。大量投放草鱼以利用水草,会取得较高的鱼产量。当水草生物量减少,另一类初级生产者(藻类)以及利用藻类的次级生产者(浮游动物)的生物量迅速上升,蚌、鳊的产量也随之上升。在一段时间内,我们曾把这种养殖方式作为利用天然水体生物生产力的重要手段。但这种方式导致水草绝迹,许多鱼类的繁殖、索饵及栖息场所被破坏,鱼类种类渐趋单一,底栖动物减少。即使是生物量上升的浮游植物,其生物多样性也是下降的。而藻类的大量繁殖又抑制了沉水植物的繁殖生长,如此循环,湖泊生态环境恶化趋势难以逆转。

(2) 由于对生物多样性的认识不足,我国江河湖泊等天然水体出现的“鱼类资源小型化”现象越演越烈。“鱼类资源小型化”包括鱼类群落里种类结构小型化(即大中型鱼类减少,小型鱼类增多)、鱼类种群年龄结构低龄化(即高龄鱼减少,低龄鱼增多),以及生长速度减慢等现象。捕捞强度过大,捕捞规格不断降低或者生态环境恶化,是鱼类种群结构小型化的主要原因。

(3) 由于对遗传多样性的认识不足,人们把人工繁育群体的后代,甚至杂交种,有意(如人工放流)、无意(如管理不善造成逃逸或自然灾害)地大量放入天然水域。例如,在北大西洋,每年放流大西洋鲑 800 万尾;在北太平洋,每年放流大马哈鱼 40 亿尾 [Isakson, 1988]。致使这些鱼类的溯河产卵群体中,有 80% 是人工放流的回归鱼 [Anonymous, 1987a; Chilcote 等, 1986]。

随着养殖生产规模的扩大,养殖鱼类的逃逸增多。如在挪威,自 1970 年以来,养殖产量每两年翻一番,1989 年达 115,000 吨。而挪威海域天然大西洋鲑的渔获量稳定在 1,200 吨,在挪威河流里的大西洋鲑的渔获量稳定在 300 吨 [Anonymous, 1989b]。仅 1988 年 12 月—1989 年 1 月的风暴,就使 120 万尾鲑(1200 吨以上)从网箱逸出 [Hindar 等, 1991]。逃入天然水体的人工繁育鱼或者同天然鱼竞争饵料和栖息场所,或者直接掠食天然鱼,或者带入病害,甚至在天然水体里成熟并繁殖;它们同天然鱼的交配,则造成天然鱼种群的遗传稀释(Genetic dilution,指养殖群体的基因库稀释了天然群体的基因库)或遗传渐渗(指通过杂交把基因从一个基因库带入另一个基因库)。Hindar 等 [1991] 在其报告里列举了鲑鳟鱼类的大量有关资料。

1952 年,原苏联把鳊(*Huso huso*)♀与小鲟(*Acipenser ruthenus*)♂杂交育成小鲟鳊鱼,该杂种兼具鳊生长快和小鲟性成熟早的优点,不但能育,且能在淡水和半咸水中生活,被认为是鱼类远源杂交中最成功的杂交组合,并广泛推广养殖。但在进入天然水域后,由于杂交种能育,又与鳊杂交,几乎毁灭了鳊鱼资源 [张兴忠等, 1988]。

(4) 物种的生存遭受威胁乃至消失。在国际自然保护联合会 1990 年的红皮书中, 761 种淡水鱼被

列入濒危鱼类,这可能还是一个保守的数字。另据该联合会养殖专家组的报告,在世界22,000种鱼类中,濒危与渐危的占10%。据美洲水产学会统计(Williams与Coauthors, 1989),在北美的鱼类中,有114种(亚种)濒危,103种渐危,147种需要关注,合计364种(亚种),占北美鱼类的1/3。又据统计。在过去的100年里,北美鱼类已灭绝了40种[Miller等, 1989]。在我国现存的800余种淡水鱼类中,约有90种处于濒危或渐危状态。分布于云南的异龙中鲤(*Cyprinus yilongensis*)已经绝灭;白鲟(*Psephurus gladius*)、鲟(*Macrura reevesi*)、虎嘉鱼(*Hucho bleekeri*)等濒于灭绝(乐佩琦, 1991)。

淡水水体由于范围狭小,栖息其中的鱼类种群的分布范围有限,水域环境的变迁,有时甚至不太大的或者局部的变化,都可能导致某个种群的消亡。

鱼类的濒危或渐危状况,是从物种的个体数量减少到难以维持繁衍生存的角度来说的,这是已经表面化了的现象。而遗传资源的变化,则是深层的变化。这种变化一般不会对短期内影响物种的存在,但将影响物种的品质,也将在长期内影响物种的进化乃至生存。

我国于1982年开始了对主要养殖对象的种质资源的研究。1986年开始研究主要养殖对象的种质标准、主要养殖鱼类的易地保存(池塘、低温精卵保存),设立了兴国红鲤和团头鲂种质资源库,1991年开始研究鲢、鳙、草鱼、青鱼等的天然种质资源库。1991年成立了全国水产原、良种审定委员会。我国的工作的理论基础相对比较薄弱,但理论和实际的结合比较紧密。

当前的势态是,①大多数生物遗传资源都在发展中国家,而育种改良却主要是在发达国家进行的。②西方世界在鲑鳟鱼类方面,我国在鲤科鱼类方面,一些国家在罗非鱼类方面,都正在积极开展种质资源的研究。③农牧业的许多高产优质品种,都是依靠丰富的基因材料育成的。保护种质资源,意味着保护自然界蕴藏丰富的基因库,为天然种群的健康发展和养殖种类的不断改良提供物质基础。

二、鱼类种质资源研究和保护措施

(一) 种质资源保护的目 的与策略

(1) 目 的 ①尽最大可能维持种内遗传变异的水平;②维持物种和种群的自然繁殖能力;③维持物种的进化潜力;④生物资源的永续利用,生产又多又好的食物。

(2) 策 略 ①对遗传多样性予以鉴别和保护;②就地保护;③易地保护。

(二) 种质资源研究的若干技术

(1) 同工酶/蛋白质电泳分析 60年代以来,电泳分析技术被鱼类种群遗传学者、分类学者、育种学者广泛地应用于物种、种群的鉴定,以查明原种、养殖种群的遗传变异(如多态性、遗传距离、杂合度等)、遗传结构,以至定性定量地监测其变化[Allendorf等, 1987;李思发等, 1990]。电泳的存在问题:①仪器和药品较贵,一般人使用困难。操作须仔细、富有经验,尤其在某些座位的分析上;②一般要杀死鱼,需要发展一种不杀死鱼的技术,这样可对同一个体反复测定;③有些种群使用同工酶分析难以测定,也就是说,不能测出所有的遗传变异[Todd, 1981; Leary与Booke, 1982]。

对于同工酶,熟悉者已不少,为节省篇幅,此处从略。

(2) 线粒体DNA mtDNA是80年代发展的技术,业已证明,在高等动物普遍存在多样性的mtDNA[Awise与Lansmen, 1983]。mtDNA多样性的研究可帮助了解种系发生(或系统发育),或分析物种的遗传多样性,也可用来鉴别地方群体。①动物的mtDNA是一种封闭循环式的分子,长度14000至26000碱基对(bp)之间,比DNA小得多。已知鱼类mtDNA长度范围变化较小。据对47种鱼的分

(1) 乐佩琦, 1991. 中国海洋湖沼学会中国动物学会鱼类学分会1991年学术年会论文摘要汇编。

析,为 15200—19800bp。mtDNA 为同质型,即在一个机体里,其所有分子都一样,这就是说任何组织都可用来提取,不过多从肝或性腺提取,因这些组织中 mtDNA 浓度较高。在高等动物,mtDNA 的演替速度是每百万年 2% 或 300 碱基对(设共有 15000 碱基对),进化速度为核 DNA 的 5—10 倍(Brown, 1983; Moritz *et al.*, 1987)。mtDNA 仅母系遗传[Hutchinson 等, 1974]。用老鼠做的种间杂交和反复试验证明,mtDNA 的 99.9% 以上来自母体[Gyllensten 与 Wilson, 1987],父木的贡献为每代 1/25000。

② mtDNA 测定方法。主要用限制性内切核酸酶将肝或性腺的分子消化,而后通过电泳,依分子重量的不同将消化的片断分离。片断可用溴化乙锭染色来显现,或经放射核苷酸标志后自动射线照相。片断类型的变化可在核苷酸水平上阐明遗传变异。第二种方法是借助放射标志的 mtDNA 探针来识别 DNA 上的 mtDNA 谱带[Mangini 等, 1985; Gonzalez-Villasenor, 1986; Ferris 与 Berg, 1987]。这一技术的改进使得不杀死鱼来测定 mtDNA 成为可能[Billington 与 Hebert, 1991]。最近发明的第三种方法是使用聚合链反应(PCR),把从极微量组织提取的 DNA 扩增。这一技术可直接切得小于 500—2000 bp 的短小片断。有些同工酶测不出的遗传变异,用 mtDNA 可以测出。而有些 mtDNA 测不出的,同工酶则可能测出。mtDNA 技术的主要不足之处是:进化较同工酶慢,即每百万年 2%,或每万年 3bp,因此,即使自冰河期更新世以来完全隔离了的种群,离异也较微。因此,短期间可能引起的基因频率的变化在 mtDNA 水平上不一定能反映出来,而同工酶则可能灵敏地测出。

(3) 形态特征(可数、可量性状)的多变量分析 目前使用的主要有判别函数分析、框架分析及生长指标[Winans, 1985; Strauss 与 Bookstein, 1982; Moreau 等, 1986]。李思发等(1991)对团头鲂的研究证明,使用框架分析可提高判别函数分析的效果。菲列宾学者认为,对于尼罗罗非鱼,尾鳍上的横纹条数是选择亲鱼的重要标准,条纹分明且数量较多的,表示鱼群较纯,养殖性状较好。但 Trewavas [1982] 指出,这种条纹数量有随着鱼的生长而增多的情况。确实如此,鱼类的形态特征对环境变化是比较敏感。

(4) 遗传参数的估计及养殖性能的评估 国内外试验结果表明,同池比较是有效方法[李思发等, 1990],现已普遍使用于鲤科、鲃科、鲑科、丽鱼科鱼类。使用同池比较时应注意事项是:①有效的标志,不损伤鱼;②要充分考虑不同种类、不同种群鱼的相互影响,如饵料竞争等;③始重差异对结果的影响。

(三) 种质资源保护措施

可分两大类。每类又根据其环境、设施及技术分为若干种型式。

(1) 就地保护 在物种(种群)发生或栖息的地方,在天然的或人造的生态系统中,对遗传资源进行保护。这是在群体水平的遗传保护。这是一种动态型的保护。在生物的天然资源尚未遭到严重破坏,即其种群大小还能够维持其在自然界的繁衍的情况下,以及在栖息环境尚未严重破坏到种群难以生存的情况下,就地保护是保护种质资源的最佳方法。就地保护的优点是:①被保护对象与大自然同在,协同进化;②被保护对象的遗传变化和生态变化可随时观察;③能维持被保护对象的种群有一定大小,可提供亲鱼、成鱼、仔幼鱼乃至精卵等;④经营费用一般较易地保护为低。1986—1990 年,我国在湖北省洞庭湖(1920 公顷)建立了团头鲂种质资源库,该湖原产团头鲂,故可视为对团头鲂的就地保护。1991 年以来,我国在湖北省监利县老江河故道(2500 公顷)建立“四大家鱼”天然生态库,由于该故道早已同长江隔绝,过去用作湖泊养鱼,现在通过投放长江天然苗种,养成后备亲鱼或亲鱼供应各地繁育场,并可储备一定数量原种鱼以备不测之需。由于该库只能起到肥育阶段的养护作用,国家又安排在石首市天鹅洲故道(2000 公顷)进行“四大家鱼”天然生态库的研究。与封闭式的老江河故道不同的是,天鹅洲故道是开放型,“四大家鱼”可自由进出,具有研究“四大家鱼”在长江(主要用来繁殖)与其附属水体(主要用来肥育)之间洄游及成长的规律的条件,可以作为一个窗口来监察长江“四大家鱼”遗传多样性的变化,为完善遗传保护提供资料,同时,也可生产一定数量的原种供应生产和科研的需要。不过,这一天然生态库也只包含了肥育场所。“四大家鱼”的完整的遗传保护区应包括产卵场所和肥育场所。只有把鱼类的整个生命过程都置于保护之下,才能实现真正的保护。

(2) 易地保护 是在物种(种群)原栖息地以外的人工环境下对一定数量的个体或生殖细胞进行保存。这类人工环境有池塘、水泥池、液氮罐等。这是在个体水平或细胞水平上的遗传保护,是一种静态型的保护。①池塘与水泥池活鱼基因库。匈牙利自1963年以来建立了25个品系鲤鱼(13个匈牙利品系,12个欧洲与亚洲品系)的池塘基因库。每品系的群体大小维持在50尾以上,雌雄各半。捷克于1983年建立了22个品系鲤鱼的池塘基因库和7个品系鲟鱼的池塘基因库。国际水生生物资源管理中心(ICLARM)主持的GIFT研究项目在菲律宾建有水泥池的罗非鱼的活鱼基因库。在我国已建设的这类基因库有:长江水产研究所的10种养殖鱼类的池塘基因库;江西省兴国县兴国红鲤的池塘基因库;江西省婺源县荷包红鲤的池塘基因库;黑龙江水产研究所的方正银鲫的池塘基因库。②水族箱。英国Stirling大学水产养殖与渔业系利用水族箱保存了来自非洲的十多种罗非鱼。在池塘、水族箱这类人工小水体里保存鱼类若干世代而不改变其遗传特性是很困难的事。要特别注意繁育群体的有效大小[李思发,1988]。③冷冻基因库。即在低温或超低温中,一般在 -196°C 的液氮中,保存精子或卵子或胚胎的基因库。在这一温度下,细胞活性可在遗传上保持稳定。我国在长江水产研究所已建成了贮存有8种淡水鱼类精液的冷冻基因库。冷冻基因库的突出优点是把保护对象的进化“冻结”了起来,排除了外界生物的环境因子的干扰。但冷冻精子只保存了物种遗传基因的一半,另一半在卵子。如果雌鱼不能有效地保存,冷冻精液的价值就大大降低了。目前,鱼卵或胚胎的冷冻保存尚未成功。由于鱼卵较大(1—6mm)和卵膜渗水性的不一致,在冷却过程中充分脱水这一基本问题尚未解决。易地保护的存留数量较小。所采集的样本往往因不够大而可能丢失了物种(种群)的部分遗传材料。建立易地保护区,应对物种(种群)的遗传结构有较深透的了解,有较好的采样技术,以及有效的维持措施。在可能条件下,把就地保护和易地保护结合使用,可大大提高遗传保护的效果。

三、主要养殖鱼类遗传资源现状

全世界共有28,000多种鱼类,约有300种已被养殖,其中约100种的养殖具商业规模。养殖产量居前12名的种类和产量如表1所示。

表1 世界主要养殖鱼类产量(1989年, 10^3 吨)

Table 1 World production of major cultured fishes (1989, 10^3 tons)

种 类	产 量	占养殖鱼类总产量的比例(%)
蛙	1433	19.57
鲤	987	13.48
草鱼	947	12.93
鳊	641	8.75
鳙	334	4.56
罗非鱼	325	4.44
虹鳟	245	3.35
斑点叉尾鲟	184	2.51
大西洋鲑	168	2.29
日本紫鲷	154	2.10
太平洋鲑	108	1.47
河鲈	89	1.22
总产量	7324	

引自 World Aquaculture, 1991, p. 31.

就全球来说,鱼类养殖方式可分为鲤-罗非鱼为主的东半球方式和以鲑鳟鱼为主的西半球方式(Li Sifa, 1992)。现按罗非鱼、鲑鳟鱼类及鲤科鱼类分述如下。

(一) 罗非鱼类

(1) 分类和分布 罗非鱼类(Tilapias)属丽鱼科(Cichlidae),约有 700 种[Fryer 和 Iles, 1972],主要分布于非洲。对非洲天然水域中罗非鱼的调查研究主要是从 1945 年到 1950 年代进行的。按照 Trewavas(1982)的分类法,可把罗非鱼类分为三个属,其代表性种类及特征如表 2 所示。

在天然水域和养殖生产中,发现罗非鱼的三个属之间、不同种之间容易杂交,这是造成罗非鱼类分类长期紊乱的原因之一,是罗非鱼遗传育种上的一个优点(如生产全雄鱼),也是一个缺点(如遗传渐渗)。

表 2 罗非鱼的分类及其代表性特征

Table 2 Taxonomy of tilapia and their representative characteristics

属 名	代表性种类	代表性特征
<i>Tilapia</i>	<i>T. zillii</i>	(1) 附着孵化
	<i>T. rendalli</i>	(2) 鳃耙6—12
	<i>T. congica</i>	(3) 颚、下咽骨上篦齿粗
	<i>T. guineensis</i>	(4) 多食水生植物
<i>Sarotherodon</i>	<i>S. galilaeus</i>	(1) 雌、雄鱼皆营口腔孵卵
	<i>S. melanothorn</i>	(2) 鳃耙12—27
		(3) 颚、下咽骨上篦齿细
<i>Oreochromis</i>	<i>O. niloticus</i>	(1) 仅雌鱼营口腔孵卵
	<i>O. aureus</i>	(2) 鳃耙12—27
	<i>O. mossambicus</i>	(3) 颚、下咽骨上篦齿由粗到细排列
	<i>O. mortimeri</i>	

以色列可能是拥有罗非鱼自然分布的唯一亚洲国家。该国自然分布有 4 种罗非鱼: *O. Aureus*, *O. niloticus*, *S. galilaeus*, *T. zillii*。不过,以色列养殖用尼罗罗非鱼主要是 1954 年从加纳的 Volta 湖引进 50 尾,但成活 9 ♀ 2 ♂ 的后代,叫“加纳品系”,该品系广泛地用于同奥利亚罗非鱼杂交以产生全雄后代[Pullin, 1988]。

(2) 移植与养殖 罗非鱼虽自然分布于非洲,但其养殖并不起源于非洲,而是起源于东南亚。1938 年, Schuster 在爪哇偶然发现了莫三比克罗非鱼,这是在亚洲首次发现罗非鱼,当时仅见 2 ♀ 3 ♂。几年后,该鱼即在爪哇普遍养殖。迄今未见有莫三比克罗非鱼从非洲移植到亚洲的其它记载。故人们推测,后来亚洲所养殖的莫三比克罗非鱼都是由这几条鱼繁殖而来,并认为这是该种鱼在亚洲养殖性能不好的原因(非洲原产的莫三比克罗非鱼的特征同亚洲的不同)。

三雌一雄莫三比克罗非鱼于 1950 年被引入菲律宾,现已被淘汰。70—80 年代菲律宾先后十余次引进了尼罗罗非鱼、奥利亚罗非鱼、齐利罗非鱼。罗非鱼的引进与养殖彻底改变了该国淡水养殖业的面貌,目前罗非鱼年总产量已超过 5 万吨。

1965 年,日本天皇赠送泰国国王尼罗罗非鱼(据说源于埃及)50 尾,结果 19 尾雌、19 尾雄成活,次年起便大量繁殖。1992 年泰国罗非鱼养殖产量 7100 吨。据认为,现今保存于泰国中部的“Chitralada 品系”是较纯的种群。

(2) Li Sifa, 1992. World Status and Prosperous of Aquaculture. 1992 年 5 月在希腊雅典举行的世界渔业大会(World Fisheries Congress)宣读。

美国于1955年引入莫三比克罗非鱼苗20尾。1957年从以色列引入奥利亚罗非鱼10尾到奥本大学,仅成活1♀3♂,这是奥利亚罗非鱼在美国的奠基群体,由此繁衍并扩大到全国。此后未见有美国再次引入该鱼的记载,故我国1983年从奥本大学引入的奥利亚罗非鱼38尾可能正是这批鱼的后代。1974年从巴西引入尼罗罗非鱼的“加纳品系”鱼苗200尾到奥本大学。同年又引入该鱼的“埃及品系”,计成鱼60♀20♂。经过几个品系的比较,认为“埃及品系”的杂合度较大[Pullin, 1988]。

罗非鱼的种类虽多,但目前养殖上成为重要对象的仅数种而已(表3)。

表3 养殖上重要的罗非鱼种类[据 Pullin, 1988]

Table 3 The most important cultured tilapias (from Pullin, 1988)

种 类	特 点
A 重要的种和杂交种	
1. 尼罗罗非鱼	生长快,食性杂
2. 奥利亚罗非鱼	生长快,食性杂,稍耐寒,池塘捕捞较困难,较适合网箱养殖,最适合用于杂交的亲本
3. 尼罗×奥利亚	生长快,尤当投喂颗粒饲料时
B 一般种类	
1. <i>T. rendalli</i>	草食性,适合于同浮游生物食性鱼类混养
2. <i>O. spilurus spilurus</i>	生长快,耐盐,喜食附着藻类
3. <i>O. andersonii</i>	生长速度和耐盐适中
4. <i>S. melanotheron</i>	耐盐,单性养殖时生长好

(3) 遗传变异 从上面介绍的移植史可知,当今世界各主要养殖地区的罗非鱼大多是间接引进的,引进的群体数量一般很小,并由此繁衍并推广各地。由于奠基群很小,因而产生了遗传“瓶颈”,发生随机遗传漂变,相当程度地改变了群体的等位基因频率。这在莫三比克罗非鱼尤为突出(表4)。

表4 莫三比克罗非鱼和尼罗罗非鱼的遗传变异

Table 4 Genetic variations of *Oreochromis mossambicus* and *O. niloticus*

种 类	样本来源	样本数	样本大小(尾)	检查座位数	平均杂合度
莫三比克 罗非鱼	菲 律 宾	7	20—67	21	0.022(0.009—0.030)
尼罗罗非鱼	日 本	14	16—40	21	0.073(0.013—0.114)
	菲 律 宾				
	日 本				
	中 国 台 湾				
	泰 国	1	30	18	0.0403
	中 国 南 京				

据考查,引进原种的有:①中国长江水产研究所1978年从苏丹尼罗河分二批(各27与34尾)引入尼罗罗非鱼,成活率90%;1988年,湖南省水产局张锦亮从埃及的尼罗河下游地区引入尼罗罗非鱼8♀1♂。②日本1962年从埃及开罗引入尼罗罗非鱼200尾,约120尾成活,不明是天然种群还是养殖种群,日本品系仍保持有较高的遗传变异性,杂合度为0.091[Basiao与Taniguchi,1984]。这批鱼于1965年引入泰国,在泰国中部形成了Chitralada品系,据对其21个位点的测定,杂合度为0.014(ICLARM与菲律宾大学,未发表资料),表明已有瓶颈产生,不过仍认为该品系是泰国鱼类养殖的良种之一。③1988年GIFT课题组从埃及、加纳、肯尼亚及塞内加尔四地引入尼罗罗非鱼原种到菲律宾,各亲鱼150—160尾,鱼种200—800尾。把这四品系同菲律宾当地生产上常用的“以色列”、“新加坡”、“台湾”及“泰国”四品系的比较研究初步表明:①生长速度有显著差异;②除“加纳品系”外,其它三品系均优于已家养

的品系;③菲律宾生产上应用最广的“以色列”品系不是最好的品系;④遗传-环境互作不强;⑤8个“品系”相互杂交结果表明,杂种鱼在生长率和成活率上的杂种优势低,平均仅2.3%[Pullin等,1991]。

种属间杂交是造成罗非鱼遗传的主要原因。ICLARM的研究证明,在菲律宾,莫三比克罗非鱼和尼罗罗非鱼之间遗传渐渗相当普遍。在检查过的20个座位上,6个座位可作为渐渗的证据。例如,罗非鱼的GPI同工酶是由GPI-1和GPI-2两个座位控制的。两种鱼的GPI-2相同,但GPI-1则不同,而渐渗杂交鱼则兼具两种鱼GPI-1的特点[Pullin,1988]。

根据我们最近对南京水产良种场(罗非鱼良种场)的尼罗罗非鱼与奥利亚罗非鱼10种同工酶18—19个座位的电泳分析,奥利亚罗非鱼未见多态座位,杂合度为0,即是一个“超纯”的养殖群体。而在尼罗罗非鱼亲鱼群体中,Est有多态,杂合度为0.0403,这应属正常。问题是有1/5的鱼是在外形上同尼罗罗非鱼难以区别,实质是兼具尼罗、奥利亚特性的杂交种,但通过同工酶电泳分析是不难辨别的。

Pullin与Capili[1988]认为,由于亚洲现有尼罗罗非鱼的遗传变异过低,不宜用来选育。Elknath等[1991]进而认为,使用菲律宾现有养殖生产用罗非鱼种群进行遗传改良不会有好结果,转而致力于再度引进原种并加以选育,已取得可喜的进展。

在1988年的罗非鱼遗传资源会议上,Pullin提出了未受干扰或相对未受干扰的罗非鱼原种分布区,如表5所示。

表5 未受干扰或相对未受干扰的罗非鱼的自然分布区
Table 5 The natural distribution areas of tilapia, where are not disturbed or relatively not disturbed

种 类	最佳地点	次要地点	注
尼罗罗非鱼	塞内加尔; 尼罗河水系; 埃及的湖泊	加纳的 Volta 水系; 尼日尔水系; Burkina Faso; 马里及尼日尔	塞内加尔与尼罗河 种群受干扰最少; 其余的有近交危险
奥利亚罗非鱼	埃及的尼罗河 三角洲的湖泊; 塞内加尔水系; 马里和尼日尔 的尼罗河中游		塞内加尔、埃及种群 可能受干扰最少

注:据 Pullin, 1988.

(二) 鲢 鳙 鱼 类

鲢鳙鱼类是在遗传特性和生态特性上很有特色,且研究较多的鱼类。

(1) 分 布 大多数鲢鳙鱼类是溯河性洄游鱼类,具有回归母河的遗传特性。本文仅介绍虹鳟、太平洋大马哈鱼类及大西洋鲑。虹鳟是鲢鳙鱼类中养殖范围最广、历史最悠久的种类,太平洋大马哈鱼是人工放流的主要对象,大西洋鲑既是人工放流的主要对象,也是网箱养鱼的新秀。①虹鳟。自然分布于北美洲太平洋沿岸河流中,也分布于亚洲东北部沿岸,如堪察加半岛的河流中。现今世界各地养殖的虹鳟都是从北美洲太平洋沿岸移植的。自人们对虹鳟产生兴趣以来,其形态分类一直比较混乱。有一个时期同物异名达30个以上。Miller(1950)把各式各样的虹鳟归纳为克氏鲑和虹鳟两类。Borg与Gall(1988)认为虹鳟有洄游性(硬头鳟)与不洄游性(虹鳟)两个亚种。1989年美国水产学会确认分布于北美洲太平洋沿岸和东北亚太平洋沿岸的虹鳟都属同一个种,并把种名定为 *Oncorhynchus mykiss* [Kendall, 1988]。不过对于洄游的硬头鳟和定居的虹鳟,虽认为是同属于一个物种的两个种群,但无论在生态上还是生化遗传上,差异都是显著的。②太平洋大马哈鱼类。在北太平洋及沿岸地区,分布的大马哈鱼主

要有大马哈鱼(*O. keta*)、细鳞大马哈鱼(*O. gorbusha*)、红大马哈鱼(*O. nerka*)、大鳞大马哈鱼(*O. tshawytscha*)、银大马哈鱼(*O. kisutch*)等五种。这五种大马哈鱼年产约40万吨,日本、原苏联、美国及加拿大为主要生产国。大马哈鱼,根据LDH和MDH的电泳分析,已鉴别出大马哈鱼有亚洲、阿拉斯加及美洲三个主要种群。大马哈鱼在海洋中栖息2—3年返回母河产卵。仅加拿大西部哥伦比亚地区,可供大马哈鱼产卵的河流就有800多条。1963—1975年间,我国年产大马哈鱼57万尾(1975年)—130万尾(1963年)。为保护逐年减少的大马哈鱼资源,1982年建立了省级渔业资源保护区二处,面积分别为3万和6.1万公顷。但对大马哈鱼的种质资源的研究尚未见报道。细鳞大马哈鱼,对其AAT、MDH及PGM等同工酶的电泳分析表明,细鳞大马哈鱼不仅有亚洲种群和美洲种群之分,也有奇年回归和偶年回归产卵群之分。红大马哈鱼,可分为亚洲(堪察加半岛)、加拿大Skeena河种群及美国Columbia河种群[Utter等,1980]三个种群。产于不同河流中的红大马哈鱼的遗传性状(如遗传距离)不同[Aitukhov和Salmenkova,1987]。银大马哈鱼,在北太平洋的几种大马哈鱼中,银大马哈鱼的杂合度最低。这同该鱼自然分布范围不连续及栖息范围窄有关。此外,在原苏联、日本和我国还有一种孟苏大马哈鱼。③大西洋鲑。大西洋鲑(*Salmo salar*)自然分布于北美、北欧的沿海及沿岸水域。属洄游性鱼类,但也有终身在淡水中度过的定居性种群。自19世纪中叶以来,为移植和增殖这一经济鱼类做了大量工作。自20世纪60年代以后,大西洋鲑便成为挪威、冰岛、英国等国家的重要放流和网箱养殖对象。大西洋鲑有许多不同的种群或种族。不同河流里的大西洋鲑可能是不同的种群或种族,它们有各自的洄游路线和栖息场所,遗传上也有别。通常分为北美大西洋鲑和欧洲大西洋鲑两大类群。每一类群内又有许多地理上渐变的种群。

(2) 养殖 世界五大虹鳟生产国为意大利、丹麦、美国、罗马尼亚及日本。在欧洲,虹鳟鱼类产量占鲑鳟鱼类产量的76%,占养渔业产量的61%,1991年欧洲共同体共生产虹鳟15万吨。由于人类的生产活动,使鲑鳟鱼类的生活环境(尤其淡水河流)恶化,加上酷渔滥捕,致使北太平洋、北大西洋的鲑鳟鱼类资源下降,于是,人工放流应运而生。这需要掌握鲑鳟鱼类的淡水生长发育期、洄游习性及精确的返乡习性。这些要素不仅取决于生态习性,而且决定于遗传特性。

鲑鳟鱼类人工放流已成为护有鲑鳟鱼类资源的国家具有特色的发达产业,如日本、冰岛等。据报道,日本北海道河流中捕捞的大马哈鱼几乎全为人工放流鱼。人工繁殖资源补充量为天然繁殖补充量的6倍以上,人工放流对天然种群的影响尚待观察和研究。

(3) 遗传变异 鲑鳟鱼类丰富的生态多样性是同丰富的遗传多样性密切相关的。由于它们的多态性与杂合度较高,比较适合做群体遗传研究。因此,迄今已积累了大量资料。表6、7汇总了若干可参考资料。由表6可见,河鲑种群间差异较大,据认为是由于其种群多被小股小股地隔离,致使种群间繁殖距离较大。

表6 一些鲑鳟鱼类的多态位点比例和杂合度

Table 6 Levels of proportion of polymorphic loci and average heterozygosity per locus in populations of some salmonid species

种类	研究种群数	研究位点数	多态位点比例%	平均杂合度	鱼的来源地区
大马哈鱼	80	30—46	11—30	0.032—0.052	原苏联远东、日本、美国。
细鳞大马哈鱼	8	41	15	0.018—0.048	萨哈林、北美。
红大马哈鱼	14	39	12	0.018—0.046	堪察加、北美。
虹鳟	47	32	31	0.020—0.098	北美。
大西洋鲑	7	30	7—14	0.020—0.033	冰岛、瑞典、北美。
河鲑	60	60	22—26	0.040—0.112	冰岛、英国、瑞典、法国。

注:据 Aitukhov 与 Salmenkova, 1987.

表 7 鲑鳟鱼类遗传结构的比较

Table 7 Comparison of structure of genetic variation in some salmonid species

种 类	研究的种群数	总平均杂合度	遗传变异来源(%)		研究鱼的来源地区	文 献
			种群内	种群间		
大马哈鱼	54	0.044	97.7	2.3	日 本	Okazaki, 1982。
	21	0.050	97.3	2.7	北美、原苏联远东	Salmenkova 等, 1986。
红大马哈鱼	13	0.046	94.2	5.8	阿拉斯加	Grant 等, 1980。
虹 鳟	38	0.059	85.0	15.0	北 美	Allendorf, 1975。
太平洋鲑	32	0.034	78.6	21.4	斯堪的那维亚	Stahl, 1981; 1983。
大西洋鲑		0.040	65.4	34.6	加 拿 大	Cross, 1982。
河 鳟	95	0.040	63.3	36.7	瑞 典	Ryman, 1983。
	12	0.112	45.0	55	法 国	Krieg & Guyomard, 1985。

注: 据 Altukhov 与 Salmenkova 1987 年的资料改制。

1975 年, Allendorf 对北美自然分布的虹鳟进行了广泛的研究。对 32 个洄游群体、2 个天然定居群体、4 个养殖群体的电泳分析表明, 虹鳟的遗传差异较大。在检查的 32 个座位中, 有 10 个(31%)多态, 平均杂合度为 0.059。2 个养殖群体的杂合度 (0.024, 0.020) 显著低于天然群体的杂合度 (0.039—0.081), 原因是选择强度大或繁育群体数量小。现将有关文献关于虹鳟杂合度的研究结果汇总于表 8。

表 8 虹鳟繁育群体的杂合度

Table 8 Heterozygosity estimates for hatchery strains of rainbow trout

范 围	分析位点数	分析群体数	文 献
0.02—0.06	32	38	Allendorf, 1975
0.071—0.134 (其中天然群体是 0.020—0.098)	24	4	Busack 等, 1979
0.049—0.073 (平均 0.061, 而天然群体是 0.068)	32	8	Milner 等, 1979
0.149*	25	4*	Guyomard, 1981

注: 据 Hershberger, 1992。* 示仅分析了二个种群。

另一方面, Thompson[1985]检查了世界各地具代表性的虹鳟的遗传多样性。发现有 92% 的多样性来自种群(品系)内, 仅 8% 的多样性来自种群(品系)间。因而认为, 虹鳟在世界各地经受了各种各样有意无意的选择后, 已具备了家养群体的特征。而对河鳟的研究表明, 1/3 以上变异来自种群间[Ryman, 1983](表 7)。Thorgaard[1983]对北自阿拉斯加、南至加利福尼亚的北美的 29 个虹鳟天然群体及养殖群体的染色体数的调查发现, 染色体数为 58—64, 同以往报道的 60 不一致。还发现染色体数从南(60—64)向北(58)递减。

总之, 由不同作者从分子水平、细胞水平等不同水平及角度研究的结果, 对虹鳟的遗传结构还得出共论。这表明, 应用先进技术对虹鳟种群遗传的研究也还处于早期阶段[Hershberger, 1992]。

经过人工驯养后, 鱼类的遗传变异会产生什么变化? 这是普遍关心的问题。表 9 汇总了鲑鳟鱼类的有关资料。不少事实证明, 由于养殖群体的奠基群体较小, 加上繁育群体的近交等, 造成了平均杂合度的降低。

(三) 鲤科鱼类

在全世界 8000 多种淡水鱼类中, 以鲤形目鱼类最为丰富, 有 2400 余种。按养殖地区和类型, 可分三

表9 鲑鳟鱼类繁育群体同天然群体的遗传变异的比较

Table 9 Changes of genetic variation in hatchery salmon populations

种类	位点数	多态位点比例(%)	平均杂合度	每个位点的等位基因数	等位基因频率有(+)-无(-)变化	文献
大西洋鲑	6		0.240	2.0		
天然群体			0.185	1.83	+	Gross & King, 1983.
繁育群体						
大西洋鲑	37		0.028			Stahl, 1983.
天然群体			0.024			
繁育群体						
河 鳟	38				+	Vuorimien, 1984.
天然群体		18.4	0.059			
繁育群体		15.8	0.044			
河 鳟	52					Krieg & Guyomard, 1985.
天然群体			0.112			
繁育群体			0.076			
克氏鲑	35					
天然群体		20.0	0.024			Allendorf & Phelps, 1980.
繁育群体		8.6	0.018		+	

注: 据 Altukhov 与 Salmenkova 1987 年的资料改制。

类阐述。

(1) 鲤 关于鲤鱼的起源和种内分类,有许多不同说法。按照 Gunther[1868],鲤起源于亚洲的温带地区,主要是中国;Okada[1960]认为,鲤起源于中亚,远古时代引入中国、日本、希腊,再通过罗马传入欧洲。Jhingran 与 Pullir[1985]认为,鲤的最初的天然分布区是在北纬 35—50°、东经 30—135°,海拔 300 米以上的地理范围内。

鲤的地方性品种繁多。按照 Kirpiehnikov[1967]的看法,鲤可分为 4 个亚种,分布在不同的区域:①*Cyprinus carpio carpio* 分布于欧洲-外高加索;②*C. c. aralensis* 分布于中亚;③*C. c. haematopterus* 分布于远东、黑龙江;④*C. c. virdivio-laceus* 分布于越南北部。我国两广的大肚鲤和长江流域的长身鲤著称于国际。印尼的彩鲤(*C. c. flavipinnis*)有柠檬黄鲤、金褐鲤、绿鲤等不同品系。在原苏联,镜鲤(*C. c. specularis*)分为鳞鲤(*C. c. communis*)及革鲤(*C. c. varnudus*)两个品系。日本的 Asagi 和 Yamato 锦鲤更是遐称于耳。在欧洲,特别是德国拥有不少鲤鱼品系。在中国,由于国土辽阔,地理和气候条件千变万化,加之鲤能在各种封闭水体里繁衍,从而形成了许多不同的地理群体。其中兴国红鲤、婺源荷包红鲤是经过提纯复壮的优良品种。不同地理群体鲤鱼之间的杂交一般都能产生某种杂种优势。在七十年代,我国出现了鲤鱼杂交热潮,生产了不少具有生长优势的杂交种。杂交一代虽多有杂种优势,但回交后的二、三代都会出现较之亲本更差的退化现象。由于杂交鲤大多可育,且大量地、不加控制地进入了天然水域,造成了我国鲤鱼遗传资源的混杂。现在,在长江、珠江及黄河流域已很难找到不受遗传污染的原种。分布于黑龙江水系不同水域的野鲤可能是保存较好的原种。据初步研究(刘明华等,1992),它们在形态、生化遗传及生长上存在差异。

(2) 印度鲤 印度是内陆水域鱼类资源最丰富的国家之一,有淡水鱼类 517 种。其中厚唇鲃(*Catla catla*)、印度野鲮(*Labeo rohita*)及印度鲮(*Cirrhinus mrigala*)是最重要的养殖对象。印度在其农业研究委员会下面,设置了国家遗传资源局,其任务是①对印度鱼类遗传资源进行搜集与分类;②保存和保护鱼类遗传材料;③新种引进;④濒危种类的保护。由于过度捕捞、水质污染及水利建设等原因,印度淡水鱼类资源严重衰退,如同我国鲟鱼相似的印度鲟、厚唇鲃、印度野鲮及印度鲮等。同中国养殖鲤科鱼类

相似,印度养殖者也经常从江河里采集苗种来补充亲鱼,而人工选育几乎没有开始。故上述三种主要印度鲤也没有品系或品种之分。

(3) 中国“家鱼” 据对我国 136 种(亚种)鲤科鱼类的染色体核型的分类统计,可分为 4 组: ① $2n=42\sim 50$,有 104 种,为原始核型,如雅罗鱼亚科的大多数鱼类、鲢亚科、鳊亚科鱼类等; ② $2n=74\sim 78$; ③ $2n=96\sim 100$,有 19 种,是多倍化形成的四倍体类型,如鲤、鲫等; ④ $2n=148\sim 162$,为六倍体类型,如银鲫。倍性的不同是鱼类染色体多样性的表现之一。

染色体组型反映了物种的遗传特性,但不能深层次地反映种内的遗传特性。下面介绍我们从形态、生化遗传及养殖性能等三个方面对鲢、鳊、草鱼、团头鲂等的研究结果。①鲢、鳊、草鱼。如表 1 所示,鲢、鳊、草鱼在世界养殖鱼类产量中分别占第一、四及三位,在我国淡水养殖中,占总产量的 70% 左右。它们自然分布于我国长江、珠江、黑龙江等江河中(黑龙江无鳊),这些江河中的鲢、鳊、草鱼的种群数量大,在我国淡水渔业中的重要地位是其他江河的种群所不可比拟的。现已查明[李思发等,1990],长江、珠江、黑龙江鲢、鳊、草鱼种群间在形态上互有显著差异,鲢、鳊的侧线鳞数呈从南向北递增的有规律变化,这些差异的大小同种群间的地理距离呈正相关,但未发现长江鲢、鳊、草鱼在中下游不同江段有显著的形态差异。经过对三水系,鲢、鳊、草鱼 8 个种群,2000 多个样品的同工酶电泳分析,发现(a)我国鲢、鳊、草鱼的平均杂合度的范围:鲢 0.434~0.0511,鳊 0.1042~0.1133,草鱼 0.0454~0.1076;多态座位比例的范围:鲢 11.8~23.5%,鳊 29.4%,草鱼 20.0~33.3%。鱼类经过小群体的移植、家养,尤其是近交后,遗传变异往往减少。以上参数可作为判断遗传变异程度的判据。(b)平均杂合度的大小与种群的大小有关,多态座位比例有从南向北变小的趋势。(c)不同种群鲢鱼在 Adh, Ldh-C, s-Mdh-C 及 Est₂ 等位基因频率上有显著差异;不同种群鳊在 Adh, m-Mdh-C, s-Mdh-C, Idh 及 Est₂ 等位基因频率上有显著差异;不同种群草鱼在 Adh, m-Mdh-B, s-Mdh-C, Sod-A 及 Est₂ 等位基因频率上有显著差异。在龄组结构和年龄生长方面,不同种群间生长速度有显著差异,总规律是长江种群>珠江种群>黑龙江种群。这不仅表现在同龄组鱼的体长与体重的差别上,更表现在长江、珠江水系鲢、鳊、草鱼生长特点的出现年龄远远落后于性成熟年龄,而黑龙江鲢、草鱼生长特点的出现年龄与性成熟年龄相近。在同一饲养环境里,长江水系鲢、鳊比珠江水系鲢、鳊生长快 5—10%,天然繁殖鲢、鳊比人工繁殖鲢、鳊生长快 5—10%,遗传因子在这一差异上起重要作用。在同一饲养环境里,长江水系鲢、鳊和珠江水系鲢、鳊同时成熟。环境因子在其性腺发育速度和性成熟年龄上起决定作用。在正常生长情况下,鲢发育到性成熟约需总热量 20000 度日,鳊约需 26000 度日。长江、珠江、黑龙江的鲢、鳊、草鱼的渔业资源均处于严重衰退中。80 年代的成鱼捕捞量仅为 50 年代的二分之一,80 年代的鱼苗捕捞量仅为 60 年代的四分之一。近年来,资源衰退更趋剧烈。黑龙江草鱼已不能形成产量。长江鲢鱼苗已难以满足几个原种场的需要。此外,养殖场近亲繁殖的退化后代,由于洪水泛滥或鱼池溢漏而部分地返回自然产卵场,将退化了的遗传因子带入自然繁殖群体,也可能导致天然基因库的稀释或破坏。②团头鲂。团头鲂的自然分布很窄,正式报道其自然分布的湖泊有湖北省梁子湖(26700 公顷)、淤泥湖(1920 公顷)、江西省鄱阳湖(396000 公顷)等长江中游的一些大、中型湖泊。此外,据了解,安徽省龙感湖(24300 公顷)也有其自然分布。以往一般认为长江下游无其自然分布。30 多年来,由于原产地的过度捕捞,以及大量的人工放流,还有各地广泛地移植和人工繁殖,团头鲂的种质资源正受到衰退和混杂的威胁。为保护这一珍贵的物种资源,并为其选育提供基础资料,我们[李思发等,1991a, b]对长江中、下游 4 个水体里的团头鲂种群进行了调查研究。这 4 个水体是淤泥湖(湖北省公安县)、牛山湖(湖北省武昌县,1330 公顷,系梁子湖的子湖)、南湖(湖北省汉阳县,100 公顷)及江苏省邗江县的邗江(100 公顷)。淤泥湖和牛山湖素以盛产团头鲂原种著称,南湖为人工放养湖,邗江为长江北岸的一条江汉,邗江“四大家鱼”原种场所在地。形态差异的判别函数分析揭示,4 种群团头鲂的形态在总体水平上有显著差异($P<0.001$)。在用判别函数法鉴别鱼的来源时,三种组合数据给以不同效果($P<0.01$)。单独使用传统测量的参数时,平均判别率为 48.1%(37.8~53.9%);单独使用框架测量法的参数时,平均判别率为 63.5%(60.4~67.7%);而结合使用这两种方法的参数时、

则为 65.7%—76.7%。在形态特征心形曲线图上,淤泥湖、牛山湖及南湖三种群相互重叠较多,表明它们的关系较近,邗江种群同上述三种群的重叠较少,表明同它们的关系稍远。在 15 座位的生化遗传差异分析结果表明,多态座位比例在淤泥湖、牛山湖及南湖三种群都是 20%,在邗江为 13.3%。4 种群的平均杂合度依次为 0.861、0.851、0.0808 及 0.0549。Ne₁ 遗传距离在邗江与淤泥湖间最大,而在淤泥湖、牛山湖及南湖间较小。综合形态与生化遗传分析结果,清楚地表明淤泥湖、牛山湖及南湖团头鲂三种群的关系较近,淤泥湖同牛山湖团头鲂种群间的遗传距离最小。此外,邗江团头鲂种群 Sod-Δ 座位的等位基因频率同其它三种群明显不同。团头鲂自然分布区极小,故其种群间遗传变异较小,遗传多样性基础比较脆弱,近交引起经济性状的衰退比较容易产生。业已观察到一代近交可导致团头鲂生化遗传上的微小变异(李思发、李广丽,1992)。

以上扼要介绍了三大类主要养殖鱼类的种质资源情况。下面用表 10 概括这些鱼类的种质资源研究和应用情况。

表 10 主要养殖鱼类种质资源及遗传改良研究情况
Table 10 Status of study on the genetic resources and improvements for major culture groups of fish

种 类	有无系统选育	生产上有无遗传改良的品系	有无群体遗传研究	有无遗传保护研究
罗非鱼类	+	+	+	+
鲢鳙鱼类				
鲢 类	+	+	+	+
鳙 类	+	+	+	+
鲤科鱼类				
鲤	+	+	+	+
印度鲤类	-	-	-	+
中国鲤类	-	-	+	+

由表可见,对我国主要养殖对象遗传资源、保护尤其选育的研究尚落后于国际上对鲢鳙鱼类、罗非鱼类的研究,而有关中国鲤类的研究基本上局限于我国。

我国政府和科技界已认识到研究和保护我国主要养殖对象种质资源的重要意义。自 1992 年世界环境与发展大会及 FAO 水生生物遗传资源和利用专家咨询会议以来,国际社会对我国鲤科鱼类种质资源及有关工作越来越关注,特别是长江三峡高坝的兴建可能产生的影响。这些都为开展我国主要养殖鱼类种质资源研究提供了良机。

鱼类遗传资源是未来水产养殖生产的关键。

参 考 文 献

- [1] 刘明华等,1992。黑龙江野鲤、散鳞镜鲤良种选育技术。水产学报,16(1):7—15。
- [2] 李思发,1988。鱼类繁育群体遗传性能的保护。水产学报,12(3):283—290。
- [3] 李思发,李广丽,1992。一代近交选育对团头鲂遗传变异影响的初步研究。水产养殖,(6):15—15。
- [4] 李思发等,1990。长江、珠江、黑龙江鲢鳙、草鱼种质资源研究,84—101。上海科学技术出版社。
- [5] —,1991a。淤泥湖团头鲂的生长和繁殖—兼谈资源的保护。动物学杂志,(6):7—11。
- [6] —,1991b。团头鲂种群间的形态差异和生化遗传差异。水产学报,15(3):204—211。
- [7] 张兴忠等,鱼类遗传与育种,160。农业出版社(京)。
- [8] Allendorf, F. W., 1975. *Genetic variability in a species possessing extensive gene duplications; genetic interrelation of duplicate loci and examination of genetic variation in population of rainbow trout*, 98. Ph. D. Thesis, University of Washington, Seattle, WA.

- [9] Allendorf, F. W. *et al.*, 1987 Genetic and fishery management: past, present, and future. 1—20. in N. Ryman and F. Utter(eds.): *Population genetic & fishery management*. University of Washington Press.
- [10] Altukhov, Yu. P. and E. A. Salmenkova. 1987. Selection, Hybridization and Genetic Engineering in Aquaculture. 3—29. in K. Tiews (ed.) *Schriften der Bundesforschungsanstalt für Fischerei*. Berlin.
- [11] Anonymous, 1987a. The impact of Oregon Aqua-foods operation on the wild coho salmon in the Yaquina River. Staff Rep., Oregon Development of Fish and Wildlife, Fish Division, Portland, OR.
- [12] —, 1987b. Annual report NO. XXXI for 1986. Salmon research trust of Ireland Inc., Dublin, Ireland.
- [13] Avise, J. C. and R. A. Lansman, 1983. Polymorphism of mitochondrial DNA in populations of higher animals. In *Evolution of Genes and Proteins*, 147—164. In M. Nei and R. K. Koehn (eds): *Evolution of genes and proteins*. Sinauer, Sunderland, MA.
- [14] Basiao, Z. U. and N. Taniguchi, 1984. An investigation of Enzyme and other protein polymorphism in Japanese stocks of the tilapias *Oreochromis niloticus* and *Tilapia zilli*. *Aquacultura*. 38: 335—345.
- [15] Berg, W. J. and G. A. E. Gall. 1983. Gene flow and genetic differentiation among California coastal rainbow trout population. *Ibid*, 45: 122—131.
- [16] Billington, N. and P. D. N. Hebert, 1991. Mitochondrial DNA diversity in fishes and its implications for introductions *Ibid*, 48(Suppl. 1): 80—94.
- [17] Brown, W. N., 1983. Evolution of animal mitochondrial DNAs, P. 62—88. In M. Nei and R. K. Koehn(eds.) *Evolution of genes and proteins*. Sinauer, Sunderland, MA.
- [18] Chilcote, M. W. *et al.*, 1986. Differential reproductive success of hatchery and wild summer-run steelhead under natural conditions. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 115: 726—735.
- [19] Eknath A. E. *et al.*, 1991. Biochemical and morphometric approaches to characterize farmed tilapias. *NACA*. (4): 7—9.
- [20] Ferris, S. D. and W. J. Berg, 1987. The utility of mitochondrial DNA in fish genetics and fishery management, 277—300. In N. Ryman and F. Utter(eds.): *Population genetic & fishery management*. University of Washington Press.
- [21] Fryer, G. and T. D. Iles, 1972. *The cichlid fishes of the great lakes of Africa*. T.F. H. Publication, Neptune City, New Jersey, Usa.
- [22] Gonzalez-Villasenor, L. I. *et al.*, 1986 Characterization cloned mitochondrial DNA from the teleost *Fundulus heteroclitus* and its usefulness as an interspecies hybridization probe. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43: 1866—1872.
- [23] Gunther, A., 1868. Cat fish. Bull. Brit. Mns. Lond. 7: 25.
- [24] Gyllensten, U. and A. C. Wilson, 1987. Mitochondrial DNA of salmonids: inter- and ontraspecific variability detected with restriction enzymes, 301—317. In N. Ryman and F. Utter (eds.) *Population genetics and fishery management*. Washington Sea Grant, University of Washington Press, Seattle, WA.
- [25] Hershberger, W. K., 1992. Genetic variability in rainbow trout populations. *Aquaculture*, 100: 51—71.
- [26] Hindar, K. *et al.*, 1991. Genetic effects of cultured fish on natural fish population. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 48: 945—957.
- [27] Hutchinson III, C. A. *et al.*, 1974. Maternal inheritance of mammalian mitochondrial DNA. *Nature*, 251: 536—538.
- [28] Isakson, A. 1983. Salmon ranching: a world review. *Aquaculture*, 75: 1—33.
- [29] Jhingran, V. G. and R. S. V. Pullin, 1985. *A Hatchery Manual for the Common, Chinese and Indian Major Carps*, 191, ASB and ICLARM. Manila, Philippines.

- [30] Kendall, R. L., 1988. Taxonomic changes in world American trout names. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 117(4): 321.
- [31] Kirpichnikov, V. S., 1967. Efficiency of mass selection and selection of relatives in fish culture. *FAO fish. Rep.* (44)4: 179—194.
- [32] Leary, R., and H. E. Booke, 1982. Genetic stock analysis of yellow perch from Green Bay and lake Michigan. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 111: 52—57.
- [33] Mangini, M. A. et al., 1985. A readily accessible method for cloning fish mitochondrial DNA to genetic homologous molecular probes. *Proc. Congr. Europ. Ichthyol.*, V: 233—237.
- [34] Miller, R. R., 1950. Notes (See Gold, J. R.) 1977. Systematics of western North American trout (Salmo), with notes on the redband trout of Sheepheaven Creek, (California. *Can. J. Zool.*, 55: 1858—1873.)
- [35] Miller, R. R., et al. 1989. Extinctions of North American fishes during the past century. *Fisheries (Bethesda)*, 14(6): 22—38.
- [36] Moreau, J. C. Bambino and D. Pauly. 1986. Indices of overall growth performance of 100 tilapia (Cichidae) populations, 201—206. In J. L. Maclean, L. B. Dizon and L. V. Hosillos(eds.): *The First Asian Fisheries Forum. The Asian Fisheries Society. Manila, Philippines.*
- [37] Moritz, C. et al., 1987. Evolution of animal mitochondrial DNA: relevance for population biology and systematics. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 18: 269—292.
- [38] Okada, Y., 1960. Studies on freshwater fishes of Japan. *J. Fac. Fish. Univ. Mie*, 4(2): 267—588.
- [39] Pullin, R. S. V. (ed.) 1988. *Tilapia Genetic Resources for Aquaculture*, 108. ICLARM.
- [40] Pullin, R. S. V. et al., 1991. The genetic improvement of farmed tilapias: (GIFT) project: the story so far. *Naga*. April, 3—6.
- [41] Pullin, R. S. V. and J. B. Capili, 1988. Genetic improvement of tilapias: problems and prospects. In R. S. V. Pullin, T. Bhukasawan, K. Tonguthal and J. L. Maclean(eds.) *The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. ICLARM Conference Proceeding 15. Manila Philippines.
- [42] Ryman, N., 1983. Patterns of distribution of biochemical genetic variation in salmonids: differences between species. *Aquaculture*, 33: 1—21.
- [43] Spears, J., 1988. *Containing tropical deforestation: a review of priority areas for the technological and policy research.* environment Department Working Paper No. 10. The world Bank, Washington, DC.
- [44] Strauss, R. E. and F. L. Bookstein, 1982. The truss: body form reconstruction in morphometrics. *Syst. Zool.*, 31: 113—135.
- [45] Thompson, D., 1985. Genetic identification of trout strains. *Aquaculture*, 46: 341—351.
- [46] Thorgaard, G. H., 1983. Chromosome differences among rainbow trout populations. *Copeia*, (1983): 650—662.
- [47] Todd, T. N., 1981. Allelic variability in species and stocks of Lake Superior ciscoes (Coregoninae). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 8: 1808—1813.
- [48] Trewavas, E. 1982. Tilapias; taxonomy and speciation, 3—13. In R. S. V. Pullin and R. H. Lowe-McConnel(eds.): *The biology and capture of tilapias*. ICLARM Conference Proceeding 7. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- [49] Utter, F. M. et al., 1980. Population structures of indigenous salmonid species of the Pacific Northwest, 285—304. In W. J. McNeil and D. C. Himswirth (eds.): *Salmonid ecosystems of the North Pacific*. Oregon State University Press.
- [50] Williams, J. E. and S. Coauthors, 1989. Fishes of North America endangered, threatened, or of special concern: 1989. *Fisheries (Bethesda)*, 14(6): 2—20.
- [51] Winans, G. A., 1987. Using morphometric and meristic characters for identifying stocks of fish. p. 25—62 In Kumpf, H. E. et al(eds.): *Proceedings of the Stock Identification Workshop*. Nov., 5—7, 1985. Panama City Beach, Florida.