

综 述

遗传育种的理论和技术在鲤科 鱼类增养殖业中的应用*

李 思 发

(上海水产学院)

THE APPLICATION OF GENETIC THEORY AND TECHNIQUE TO THE PROPAGATION OF CYPRINIDS

Li Sifa

(Shanghai Fisheries College)

一 前 言

鱼类增养殖业、畜牧业和养禽业是世界动物蛋白生产的三大部门。鱼类增养殖业的历史,在我国、埃及和印度几可追溯到3000多年以前,其生产规模和生产技术都已经历了很大的发展和改进,但在品种改良方面却远比畜牧业和养禽业落后。迄今为止,鱼类养殖品种,除个别种类如鲤 *Cyprinus carpio* 和虹鳟 *Salmo irideus* 经过长期选育形成了专门的家养品种外,其他养殖鱼类同天然生长的野生品种比较,并无多大改进。从遗传学的观点看来,我国主要养殖的淡水鱼类,鲢 *Hypophthalmichthys molitrix*、鳙 *Aristichthys nobilis*、草鱼 *Ctenopharyngodon idellus*、青鱼 *Mylopharyngodon piceus*、团头鲂 *Megalobrama amblycephala* 及鲮鱼 *Cirrhina molitorella* 等,虽被称为“家鱼”,但本质上仍属未经改良的“野鱼”。

直到本世纪四十年代,鱼类的遗传育种工作才先后在苏联、德国、以色列及美国等地开展起来。如苏联育成了抗寒的罗普沙鲤^[29,40](Kirpichnikov, 1972; Kirpichnikov等, 1972), 美国育成了生长率和繁殖力都有明显改进的虹鳟^[24](Hines, 1976)。我国的鱼类遗传育种工作起步较晚,所进行的主要是鲤鱼种内杂交,至于种间、属间甚至亚科间的远缘杂交,以及雌核发育、多倍体、诱变育种、性别控制等,各地虽已开始研究,但尚未见到在理论上有所突破或生产上有价值的报导;全面系统而有目的的鱼类遗传育种工作还进行得很少。下表是几种主要养殖鱼类的遗传育种研究现状:

全世界养殖的淡水鱼类约百余种,其中鲤科(Cyprinidae)、鲑科(Salmonidae)及丽鱼科(Cichlidae)是三大养殖鱼科。据不完全统计,养殖的鲤科鱼类有31种,其年产量占世界养殖鱼年产量的85%。在我国,鲤科鱼类约有414种(或亚种)^[1](湖北省水生生物研究所, 1975)。鉴于鲤科鱼类在我国和世界鱼类增养殖业中所处的重要地位,本文拟对鲤科鱼类遗传育种的成就和动向作集中评述,至于鲑科和丽鱼科鱼类方面的工作,只有当对鲤科鱼类的遗传育种工作可作对照或具有参考价值时,才略为述及。

* 本文经柯鸿文同志提出意见,谨致谢意。

| 鱼类 | 人工繁殖 | 遗传性能调查 | 杂交试验 | 染色体工程 | 定向培育 |
|-----|------|--------|------|-------|------|
| 虹鳟 | + | + | + | + | + |
| 鲤 | + | + | + | + | + |
| 鲢 | + | | ○ | ○ | |
| 鳙 | + | | ○ | ○ | |
| 草鱼 | + | | ○ | ○ | |
| 青鱼 | + | | ○ | ○ | |
| 团头鲂 | + | | ○ | ○ | |
| 鲮 | + | | ○ | ○ | |
| 罗非鱼 | ○ | ○ | + | ○ | |
| 印度鲤 | + | | ○ | | |

注: + 已进行试验研究并取得一定成果

○ 已进行试验但无明显成果

二 经济性的遗传改良

1. 生长率和成活率

由于鱼类的生长速度在增养殖生产上具有突出的经济意义,因此在大多数情况下,提高生长速度是研究鱼类遗传改良的首要目标。

在以色列的池塘养殖产量中,鲤鱼占75%。1960年开始进行鲤鱼杂交育种试验,1970年开始把从我国台湾省引入的中国鲤和早已落户选育的欧洲镜鲤在同一池塘中养殖,发现这两个品种生长速度的差别很大。中国鲤在体重4—5克前生长较快,以后的生长速度则较欧洲鲤慢,至起捕时、中国鲤的体重平均为欧洲鲤体重的75%。但中国鲤与欧洲鲤(前者为♀,后者为♂,下同)的杂交后代具有明显的杂种优势^[55-58](Moav, 1976; Moav等, 1970, 1974, 1975, 1978)。

在日本,广泛地使用颗粒饲料精养当地品种大和鲤,镜鲤则由于生长率和饵料利用率高以及游钓性能好等特点,养殖也日益广泛。但镜鲤对三代虫病和水霉病敏感。Suzuki和Yamaguchi(1930)比较了镜鲤、德国鳞鲤、大和鲤、中国家鲤、中国野鲤、大和鲤×镜鲤 F_1 、大和鲤×德国鳞鲤 F_1 、大和鲤×中国家鲤 F_1 及大和鲤×中国野鲤 F_1 等的经济性状。结果表明,生长率:镜鲤>德国鳞鲤>大和鲤>中国家鲤>中国野鲤;成活率:中国家鲤>大和鲤>德国鳞鲤>镜鲤>中国野鲤。而大和鲤×镜鲤 F_1 的生长率和饵料利用率都最高^[74]。

在国内,70年代以来,许多人进行了鲤鱼杂种优势的研究。迄今有三种杂交组合的子一代已在渔业生产中推广,它们是:兴国红鲤×散鳞镜鲤^[2,3],荷包红鲤×元江鲤^[4]及荷包红鲤×湘江野鲤^[5]。在鱼种阶段,兴国红鲤×散鳞镜鲤 F_1 的体重增长速度分别是父母本的2.52与1.61倍,在成鱼阶段分别是1.82与1.32倍^[9]。荷包红鲤×元江鲤 F_1 在苗种阶段的成活率比亲本高2—3%,而在成鱼阶段高4—22%^[4](马仲波等,1981)。

2. 抗病力

约50年前,美国首先通过遗传学的方法来提高鱼类抗病力。Emdody和Hayford(1925, 1930)通过对溪红点鲢*Salvelinus fontinalis*的三代培育试验,使该鱼对疖疮病和溃疡病引起的死亡率从98%降低到30%^[62](从Kirpichnikov等,1972)。Kirpichnikov等(1976)报导,经过长期选育,第4代二龄罗普莎鲤对水肿病的抵抗力已比未经选择的强^[37]。

湖北省水生生物研究所报导(1975),在混养兴国红鲤×散鳞镜鲤及其亲本鱼种池中,散鳞镜鲤大

量感染白头白嘴病,死亡率达 80%,而杂交后代及兴国红鲤基本上未发病^[2]。

3. 耐温力

Andriyasheva(1968)报导,罗普莎鲤与其母本在 15—30°C 条件下 60 日龄时的死亡率分别为 0.8% 与 26.4%, 在 12—15°C 条件下分别为 21.9% 与 58.9%^[12]。Kryazheva (1969, 1971) 比较了散鳞镜鲤、罗普莎鲤及黑龙江野鲤 × 散鳞镜鲤 F₁ 鱼种对低、高温的忍耐力,发现后者对低、高温的忍耐力最强,罗普莎鲤次之。罗普莎鲤已被移养殖到北纬 60° 以北地区^[44,45]。

4. 逃网力

鱼类的逃网能力有遗传差异。连续网捕可使鱼类的逃网力变高。Wohlfarth 等(1975)通过对 26 个不同品系的欧洲镜鲤、中国鲤、欧洲镜鲤 × 中国鲤杂交后代的试验证明了这一点。中国鲤逃网力较强,其起水率仅为欧洲镜鲤的 4—9%,而其杂交后代居中。因而他认为镜鲤起水率高是欧洲养鱼者长期干塘捕鱼的选择结果,而中国鲤逃网率高则是长期网捕的选择结果^[80]。Beukema (1969, 1970) 报导了鲤鱼对钩钓的选择性适应^[17,18]。马仲波等(1981)报导荷包红鲤 × 元江鲤 F₁ 的起捕率为荷包红鲤的 57%,为元江鲤的 265%^[4]。

5. 单性与不育

在鱼类养殖上,有时为了抑制某种鱼的繁殖或防止过度繁殖,使鱼类在能量转换过程中集中于躯体的生长,尽可能减少性腺发育和性活动上的能量消耗,以提高饵料利用率及生长率,而进行培育单性或不育鱼的研究工作。如 *Tilapia nilotica* × *T. aurea* (Pruginin 等, 1975), *T. nilotica* × *T. mossambica* (Pruginin 与 Kanyike, 1965) 等许多组合都可获得 100% 雄性杂交种^[52,58]。我国用雄性纯台系与原系配套(♂_{yy} × ♀_{xx})的方法也已获得全雄莫桑比克罗非鱼^[9](杨永铨等, 1980)。

1964 年草鱼被移入美国后,由于不能控制其天然繁殖,大部分州已禁止引进。为了培育放流后不能繁殖的草鱼,Stanley (1976)、Stanley 等(1974, 1975, 1976)用雌核发育方法培育了全雌性的草鱼,但目前还未能达到大规模生产阶段^[68~73]。

6. 天然种群的遗传改良管理

以天然群体为对象的遗传育种研究要比以养殖群体为对象的少得多。但许多严重的经验教训正使人们认识到,遗传改良不但为养殖鱼类所必需,对于保持天然群体的繁盛也是重要的。例如,在捕捞强度日益提高的条件下,个体较大、捕捞较易的鱼类的死亡率要比个体较小、捕捞较难的鱼类的大得多,因此在捕捞选择中那些生长慢、成熟早、适应性强的鱼类具有明显的选择优势。这就使渔获物种类组成出现由大中型经济鱼类为主变为以小杂鱼类为主、渔获物大小组成出现以大个体鱼为主变为以小个体鱼为主的趋势。这种情况在世界各地捕捞强度大的水域已相当普遍,如非洲乔治湖^[32](Gwahaba, 1973)和我国太湖等湖泊尤为明显。在多数情况下,即使完全停止捕捞,这种变化是不可逆转的。这表明发生了逆选择性遗传或环境变质,或二者兼有。

对于已开发的野生鱼类进行遗传改良的可能途径之一,是使野生鱼同其被驯养了的经济性状较好的家养品种杂交,以产生具有杂种优势的后代来改进天然群体。例如,在美国和加拿大,湖鳟 *Salvelinus namaycush* × 溪红点鲑的 F₁ 代,已被选育于湖泊鲑鱼资源增殖^[26](Fraser, 1980)。但这种做法存在着一种潜在危险性,即除非杂交后代是不育的,否则有在天然水域中产生生存能力或其它性状比原有双亲更差的 F₂ 代和回交杂种,以及破坏原种基因库的可能。

三 遗传育种理论与技术

为节省篇幅,下面将集中叙述细胞遗传学与群体遗传学若干有关问题,至于选择培育的原理与技术,如个体选育(individual selection)、系谱选育(pedigree selection)、家族选育(family selection)及后代测试(progeny testing)等从略(可参考〔21〕,〔38〕,〔42〕及〔50〕等)。

1 细胞遗传学

(1) 杂交与杂种优势 同大多数其它动物比较而言,在自然界,鱼类天然杂交现象要多得多。Slashtenenko (1957)列举了212种杂交种,隶属23属;其中鲤科的有91种^[47]。但是一般说来,天然杂交毕竟是偶然产生的,其后代多数不育,自无种群之规模可言。

杂交的二个重要特性是:① 杂交后代综合了双亲的部分特性,呈亲本的中间型。例如,欧洲鲤鱼生长迅速,但不耐寒;黑龙江鲤耐寒,但生长缓慢;它们的杂交后代兼具双亲优点。鲤、鲢、鳙及草鱼等不同组合杂交后代的形态特征,大多在不同程度上介于双亲之间^[7,48-49,141](林志春与高振义,1965; Makeeva, 1972; Makeeva 与 Verigin, 1974; Merkowsky 与 Avault, 1976; Bakos, 1978)。Verigin 等(1975)报导鲤×草鱼杂交种19个杂交指数(hybrid indices)中有6个趋向母本,13个趋向父本^[78]。尽管如此,迄今尚无法预知杂交后代所具性状偏向哪一方、生长多快及能否生育等。② 杂种优势。杂种优势的机理是有害的隐性基因受到抑制,有益的显性基因积累,杂合子优于纯合子(超显性)及各种有益的上位结合。杂种优势的常见表现是生长率超过双亲。一般而言,双亲来自不同基因库的杂种优势要比来自同一基因库的好些。在鲤鱼的品种间杂交中,地理亲缘关系越远,隔离越久远,效果越好。如我国将从欧洲移入的镜鲤和江西省地方性隔离品种荷包鲤杂交,以色列将中国鲤与欧洲镜鲤杂交,苏联将欧洲镜鲤与黑龙江野鲤杂交,都是洲际型杂交。马仲波等把荷包红鲤与云南红河水系的元江鲤杂交,是同一大陆内不同水系间品种的杂交。

自60年代主要养殖鲤科鱼类人工繁殖成功以来,在我国、印度及苏联,鲤科鱼类种内、种间、属间、亚科间的杂交试验已经不少^[8,12,33,63]。但从育种角度及经济效果看,有成效者甚微。在我国,青鱼、草鱼、鲢及鳙四种鱼范围内的任何杂交组合都未能形成杂种优势^[9](刘筠,1979)。生长缓慢或不理想^[7,10](林志春与高振义,1965; Berry 与 Low, 1972等)。印度自1958年以来进行了印度鲤科鱼类间或印度鲤类与中国鲤类间的杂交。其中 *Labeo rohita* × *Catla catla* F₁ 头小似母本,体形似父本,3年性成熟并已繁殖;但印度鲤类与中国鲤类不同组合的杂交均未获得能成活的后代^[80](Jhingran, 1975)。苏联虽也在这些鱼类间进行了许多不同组合的杂交试验,但报导多限于胚胎及胚后期的形态描述^[46-49,79]。因此,能否在鲢、鳙、草鱼及青鱼等之间形成杂种优势,就成了人们关心的重大难题。理论上,染色体一致或相似的两种鱼,较易杂交成功,杂交后代的生育能力也与双亲染色体的一致程度成正相关。这似可解释染色体都是2n=48的鲢、鳙、草鱼及团头鲂等人工杂交较易,以及鲢、鳙杂交后代比鲤(2n=100-104)×鲢杂交后代具有生育能力的可能性较大的原因^[8,16](刘筠,1979; Bakos等,1978)。但自然界存在着各种阻碍自然杂交的障碍。这类障碍或是地理的,或生活习性的,或生物化学的,或几种障碍兼而有之。前两种可造成生理上的隔绝,第三种则使遗传物质互不相容。这可用来解释,为什么关系接近、地理分布相同或重叠的种类不产生自然杂交或只能产生在自然竞争中无法生存的劣杂交种;而相互之间隔离的,没有什么关系的种类却有可能产生好的杂交种。鲢、鳙、草鱼及青鱼等的繁殖习性及其繁殖生态条件非常相近,是不是虽有自然杂交可能但难以产生具有竞争和存活能力的后代,即是否存在自然杂交的天然障碍及其对人工杂交育种的影响,是值得探讨的问题。

(2) 雌核发育 至今,在自然界只发现极少数鱼有天然雌核发育的。这就是美洲的帆鲃 *Poecilia formosa*^[35,24,64](Hubbs 与 Hubbs, 1932; Cimino, 1972; Schultz, 1967),广布于日本、西伯利亚、西欧及我国东北的银鲫 *Carassius auratus gibelio*^[22](Cherfas, 1966)、日本关东系银鲫 *Carassius auratus*

langsdorfii^[49](Kobayasi, 1971)。

自 1911 年 Hertwig 首次在蛙 *Rana fusca* 观察到人工雌核发育以来, 这一理论和技术有了很大发展。但直到 60 年代才用于鱼类研究。1960 年 Romashov 等获得雌核发育二倍体泥鳅 *Misgurnus fossilis*^[60-62], 此后又相继获得雌核发育二倍体的虹鳟^[73](Vassileva-Dvyanovska 与 Balcheva, 1965) 与鲤鱼^[31](Golovinskaya, 1969)。这一技术已在 20 多种鱼类中初获成功, 我国还用这一方法得到了异育银鲫。

当用高剂量离子辐射处理失去了遗传活性但仍保持穿入卵细胞能力的精子使处于第二次减数分裂中期的卵子“受精”时, 由于精子的染色体已被破坏, 卵子在完成第二次减数分裂后, 只保存一组染色体, 即单倍体。单倍体发育不正常, 很难成活到孵出。不过在这类单倍体胚胎中有时杂有比率很低的雌核发育体, 即自发地保留二组染色体的二倍体^[69]。在 Cherfas (1975) 鲤鱼试验中这种二倍体的出现率平均仅为受精卵的 0.1%^[22]。Stanley 等(1975)指出草鱼雌核发育二倍体的机率仅 0.5%^[72]。但用极限亚致死温度刺激鱼卵, 以破坏第二次减数分裂的正常进行, 阻止减数分裂后期二组染色体的分拆和一组染色体作为第二极体的排出, 就可以产生只保存母本遗传物质的二倍体。这好象是一种“自我受精”, 为 50% 的近交, 因而具有 50—100% 的同质性^[69]。Schultz (1977) 对草鱼 × 鲤鱼雌核发育 LDH、MDH 等同工酶的电泳分析证明了这一点^[65]。由于雌核发育二倍体的二组染色体有着相同来源的染色体补体, 即第一次减数分裂时复制的染色体, 所以每一成活雌核发育二倍体是 95% 的自交, 相当于 14 代兄妹近交的效果^[68]。对于性成熟需时 3—4 年的鱼, 14 代就是 40—50 年, 而通过雌核发育只需 1—2 代。这是雌核发育引起鱼类遗传工作者兴趣的原因。

但雌核发育应用于生产的主要困难是出现率低, 仔幼鱼阶段成活率低, 个体差异大, 能达到性成熟的极少。如何使精子遗传物质非活化和在适当的时机在接合子内恢复二倍体, 即如何使核与二极体融合为一体, 是这一技术的关键。现有方法是将辐射诱导雌核发育与温度刺激雌核发育或化学诱导雌核发育结合使用。如 Purdom 指出(1969), 比目鱼 *Pleuronectes platessa* 与鲱鱼 *Platichthys flesus* 雌核发育二倍体对单倍体的比例在一般情况下仅 1%, 但用温度刺激可增至 60%^[56]。1972 年他又报导, 用 100,000 拉德照射精子, 卵受精后 0°C 休克处理 4 小时, 出现率可提高到 80%^[59]。Nagy 等(1978, 1979)报导, 经辐射和低温综合处理, 鲤雌核发育二倍体出现率提高到了 13.5—22.5%, 而只经辐射处理的仅 0.1—0.8%^[65, 66]。Stanley (1974, 1976) 经过 5 年的努力才使草鱼雌核发育胚胎至幼鱼的成活率提高到 3%^[68, 72]。Tsoi (1972, 1974) 报导用硫酸二甲酯(DMS)、亚硝基乙基脲(NFU)可分别使鲤鱼二对常染色体基因 Nn 和 Ss 的突变率提高 100、500 倍^[76, 77]。在动物方面, 至今化学诱导尚未有较大突破。

雌核发育已被广泛应用于动物遗传理论研究和育种试验, 如核型, 染色体图、自交系及突变等。在渔业生产上, 可用来限制或完全阻止繁殖, 防止生态混杂(ecological contamination), 通过单性养殖提高产量及在二、三代内获得高度近交系。

与雌核发育相对应的是雄核发育, 即在卵球发育过程中, 一个失去遗传能力的鱼卵被二个精子授精, 雌鱼的染色体在遗传上不起作用, 而含有二组来自精子的染色体。雄核发育的机率较雌核发育更少。Stanley 报导(1976), 草鱼 × 鲤的雄核发育机率是 0.0003%^[68]。

(3) 多倍体 自 1943 年牧野与小岛获得鲤鱼三倍体囊胚、1959 年获得三棘刺鱼 *Gasterosteus aculeatus* 三倍体成熟鱼以来, 又有比目鱼 × 鲱^[59](Purdom, 1972)、溪红点鲑^[13](Allen 与 Stanley, 1978)、虹鳟^[75](Thorgaard 与 Gall, 1979)、斑点叉尾鲷 *Ictalurus punctatus*^[81](Wolters 等, 1982)、草鱼 × 团头鲂^[11](湖北省水生生物研究所家鱼研究小组, 1976)、鲤鱼^[30](Gerval 等, 1980)、兴国红鲤 × 草鱼^[10](吴维新等, 1981)等试验中, 观察到三倍体或四倍体的存在。

获得多倍体的技术与人工诱导雌核发育相似, 但精子是正常的配子。冷刺激第二次减数分裂阶段可能产生三倍体, 冷刺激抑制第一次细胞分裂阶段则可能产生四倍体。人工生产三倍体比较容易, 亦无需专门设备, 但生产四倍体的技术尚未过关, 主要是难以把握给以冷刺激的准确时间^[59](Purdom, 1972)。

多倍体在鱼类增殖上的用途: ① 在一定环境中, 多倍体的生长要比对应的二倍体快。如红鲤×镜鲤三倍体孵出后5个月内的体重为二倍体的2.60—2.63倍^[11](吴清江等, 1979); ② 三倍体可能是不育的, 但四倍体与二倍体鱼交配则可能产生具有生育力的三倍体新型鱼。然而, 吴清江等(1979)认为红鲤×镜鲤三倍体杂交种有可能发育至成熟, 由此培育出一个雌性杂种品系, 可用来防止杂种优势减弱^[9]。但对此想法尚无验证报导。

2 群体遗传学

把兴趣由个体转向群体, 即不只考虑个体的成绩, 更着重于群体的水平, 这是当前遗传育种研究的一个倾向, 也是现代育种学与经典育种学的最大区别之一。其理论基础之一是40年代兴起的独立学科——群体遗传学和数量遗传学。按照孟德尔遗传学原理, 分析整个群体中基因频率分布与变化, 即研究基因频率变化的动力学。

(1) 数量遗传学 鱼类的许多经济性状, 如体长、体重、怀卵量、性成熟年龄等, 都是数量性状, 它们在一个种群内的变异呈正态分布。这些变异是环境因子、遗传因子以及二者相互作用三方面综合影响的结果。而在遗传上, 又是每个只有微小作用的许多基因的积累作用所控制的。由于我们不能辨别由基因分离而形成连续性变异的任何个别基因, 因而不能象经典的孟德尔方法那样使用以频率为基础的分析方式, 而需把有关多基因体系作为一个整体来处理, 运用生物统计方法, 对表型等参数予以相关和分割, 如变异剖析、遗传力及选择效应等, 然后, 按照孟德尔遗传学规律将有关遗传物质予以分离组合及改变。

Gall (1972, 1974, 1975)对虹鳟的研究和^[27-29]Moav等(1970, 1974, 1975)对鲤鱼的数量遗传研究^[50-54], 虽然已证明数量遗传学的基本原理可用于鱼类, 这方面的研究仍然很少。如作为选育基础的遗传力测定工作, 可用来确定选育价值、选育方法及估计选育效果等, 在鲤科鱼类中应用还不多。

(2) 生化遗传学 鱼类的许多蛋白质和酶蛋白是由单一座位的不同等位基因控制的, 一般都是共显性, 因而容易区别异质性。鱼类多态性的座位比较丰富, 易于发现鉴别新蛋白系统。由于本世纪蛋白质和同工酶电泳分析技术的成熟, 它具有解决鱼类形态分类学及遗传学研究上若干难题的作用, 而越来越普遍地被应用。现主要用来: ① 鉴别种间与种群间的差异。如Balakhnin和Romanov(1971)对4种不同遗传型鲤鱼的分析表明, 不同品系鲤鱼在铁传递蛋白上有显著差异^[16]。Clayton等(1974)通过肌肉MDH分析, 发现加拿大西部的大眼狮鲈*Stizostedion vitreum*有8个基因频率不同群体的地理分布^[25]。Schweigert等(1977)成功地用MDH作为生化遗传标志进行了大眼狮鲈的湖泊放流增殖试验^[66]。Brody等(1980)发现欧洲鲤与中国鲤在大多数座位上的等位基因频率有所不同^[20]。② 检查鱼类群体的纯度, 在简单的或复合的杂交中鉴别亲鱼及后代, 监察渐渗现象(Introgression), 以正确利用水生动物基因库。③ 对外表难以区分、但遗传型不同的鱼群, 作为同池试验的生化标志。为分割数量特性的遗传成分, 常需通过后代测验和家系选择分析全同胞、半同胞子代的变异, 电泳分析可有效地予以鉴别, 而其它方法很难做到^[19, 20](Brody, 1976, 1980)。

四 讨论与小结

1) 30年来, 我国淡水增殖业有了较大发展, 但主要依靠的是扩大养殖面积和改进饲养管理技术, 品种改良是个突出的薄弱环节。当今发达国家的农业现代化成就无不与良种化密切有关。如果鱼类增殖业能象畜牧业或养禽业那样, 在遗传育种科学理论和技术以及应用方面获得新的突破, 淡水渔业生产必将获得更大发展。

2) 在鱼类方面, 经过人工选育而建立的新品种, 至今只有鲤科的镜鲤和罗普莎鲤, 鲑科的虹鳟。镜鲤无论从生长速度还是饲料利用效率来看, 都是最优良的品种之一, 尽管还存在着一定的遗传差异, 但其生长率的遗传力已降低到0.1左右, 可说已达到了选择的顶峰^[50](Moav, 1976)。据目前已知细胞遗传

学和分子生物学资料, 鲤鱼是一种四倍体类型, $2n = 100 - 104$ 。这种类型有较大的可塑性和适应力, 有较强的变异能力。这是鲤鱼被广泛选作遗传育种对象, 选育也比较有成效的生物学基础。

3) 鲢、鳙、草鱼及青鱼不具备鲤鱼上述优点, 迄今的杂交工作未显示有可取结果。但另一方面, 这些鱼类的遗传特性还很少为人们所认识, 它们的遗传改良潜力大小还是个谜。鉴于它们在我国和世界淡水增养殖业上的重要性, 大力开展这些鱼类遗传育种研究显得非常迫切。但由于其性周期长、需要几十年不懈努力、以及池塘设备和安全管理困难等原因, 这方面的研究工作做得不多。考虑到一些地方长期近亲繁殖带来的某些经济性性状衰退现象, 在具有优良性状的品种未被培育出来以前, 应大力实施以下措施: ①绝对避免亲属间交配; ②定期引入天然鱼更新亲鱼; ③防止污染或破坏这些鱼类的自然基因库, 如向珠江等江河大量放养人工繁殖鱼种是不可取的; ④制定亲鱼退化指标, 以利比较和监测。从长远着眼, 还应做好以下几项工作: ①在长江、珠江及黑龙江流域建立原种场, 搜集、保存和提供原种; ②进行不同水系鱼的考种研究, 探明主要经济性性状遗传型与表型差异的有无和大小; ③研究不同水系鱼间交配子代的异同及缘由; ④在以上基础上, 大力定向培育新品种, 尤其是生长率、繁殖力等经济性性状优良的鲢、鳙、草鱼及团头鲂, 抗病草鱼, 抗寒鲮鱼等。建立我国主要养殖鱼类的科学的繁育体系。

4) 由于包括雌核发育与多倍体人工诱导等在内的染色体工程的发展, 包括数量遗传与生化遗传在内的群体遗传学的兴起, 大大提高了鱼类遗传育种的研究能力。虽然我国已初步建立了雌核发育、多倍体诱导、性转化、细胞培养、细胞诱变和细胞杂交、细胞核移植等技术, 但总的说来, 在上述各方面的基础理论、实验手段还弱, 专业技术力量分散弱小, 对此应努力加强和建设, 使有可能缩短育种周期的新技术的开发利用和传统的选择培育理论与方法的深入提高相结合, 俾使相得益彰。

参 考 文 献

- [1] 湖北省水生生物研究所, 1975。中国鲤科鱼类检索表。
- [2] 鲤鱼研究小组, 1975。散鳞镜鲤与兴国红鲤、龙州镜鲤的杂种优势及鳞被、体色的遗传。水生生物学集刊, 5(4):439—448。
- [3] 水生生物学集刊编辑部等, 1977。淡水鱼类养殖新对象散鳞镜鲤(♂)×兴国红鲤(♀)杂交一代(简称杂交鲤)在生产上的应用。水生生物学集刊, 6(2):147—161。
- [4] 马仲波等, 1981。元江鲤与荷包红鲤的生态类型及其杂交后代(荷元鲤)经济性性状的分析。水产学报, 5(3):187—198。
- [5] 刘琦等, 1979。荷包红鲤♀×湘江野鲤♂杂交一代及其在生产上应用的研究。湖南师院学报, 1:1—13。
- [6] 杨永铨等, 1980。鲤鱼性状遗传及其在杂交育种上的应用。淡水渔业, 3:7—10。
- [7] 林志春、高振义, 1965。鳙、鲢杂交种的形态学研究。水产学报, 2(4):35—50。
- [8] 刘琦, 1979。我国淡水养殖鱼类遗传育种的现状和展望。水生生物学集刊, 6(4):467—479。
- [9] 吴渭江等, 1979。鲤鱼杂种优势多代利用的探讨。水生生物学集刊 6(4):445—451。
- [10] 吴维新等, 1981。一个四倍体杂种——兴国红鲤(*Cyprinus carpio* L.)×草鱼(*Ctenopharyngodon idella* *cuv et val.*)。水生生物学集刊, 7(3):433—436。
- [11] 湖北省水生生物研究所家鱼研究小组, 1976。用理化方法诱导草鱼(♀)×团头鲂(♂)杂种和草鱼的三倍体、四倍体。水生生物学集刊, 6(1):111—112。
- [12] Andriyasheva, M. A., 1968. Some results obtained by the hybridization of cyprinids. *FAG Fish. Rep.* 44(4): 205—214.
- [13] Allen, S. K. JR., & J. G. Stanely, 1978. Reproductive sterility in polyploid brook trout, *Salvelinus fontinalis*. *Trans. Am. Fish. Soc.* 107:473—481.
- [14] Bakos, J. et al., 1978. Cross-breeding experiments with carp, tench and Asian phytophagous cyprinids. *Aquaculture Hungarica* (Szarvas) 1:51—57.
- [15] Balakhnin, I. A. & L. M. Romanov, 1971. Distribution and gene frequency of transferrin types in stock bred and amur carp. *Hydrobiol. J.* (Engl. Transl.) 7(3):75—77.
- [16] Berry, P. & M. Low, 1970. Comparative studies on some aspect of the morphology and histology of *Ctenopharyngodon idella*, *Aristichthys nobilis* and their hybrid (Cyprinidae). *Copeia*, 4:708—727.

- [17] Beukema, J. J., 1969. Angling experiments with carp. I. Differences between wild, domesticated, and hybrid strains. *Neth. J. Zool.* **19**(4):596-609.
- [18] ———, 1970. Angling experiments with carp. II. Decreasing catchability through one-trial learning. *Neth. J. Zool.*, **20**(1):81-92.
- [19] Brody, T. et al., 1976. Applications electrophoretic genetic markers to fish breeding. Part 2. Genetic variation within maternal half sibs in carp. *Aquaculture*, **9**(4):351-465.
- [20] ———, 1980. Biochemical genetic comparison of the Chinese and European races of the common carp, *Cyprinus carpio*. *Anim. Blood Groups Biochem. Genet.*, **10**(3):141-150.
- [21] Cherfas, B. I. (ed.), 1969. Genetics, selection and hybridization of fish. Nauka Moskba. (Translated from Russian) Jerusalem.
- [22] Cherfas, N. B., 1966. Natural triploidy in female of the unisex from of the goldfish *Carassius auratus gibelio* Bloch. *Genetika*, **5**: 16-24. (in Russian)
- [23] ———, 1975. Investigation of radiation induced diploid gynogenesis in the carp, *Cyprinus carpio* L. Part I. Experiments on obtaining the diploid gynogenetic progeny in mass-quantities. *Genetika*, **9**: 78-86. (in Russian)
- [24] Cimino, M. C., 1972. Meiosis in triploid all-female fish, *Poeciliopsis*, *Poeciliidae*. *Science*, **175** (4029): 1484-1487.
- [25] Clayton, J. W. et al., 1974. Geographical distribution of alleles for supernatant malate dehydrogenase in walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*) populations from western Canada. *J. Fish. Res. Board Can.*, **31**(3): 342-345.
- [26] Fraser, J. M., 1950. Survival, growth and food habits of brook trout and F₁ splake planted in precambrian shield lakes. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, **109**: 491-501.
- [27] Gall, G. A. E., 1974. Influence of size of eggs and age of female on hatchability and growth in rainbow trout. *Calif. Fish Game*, **60**: 26-36.
- [28] ———, 1972. Phenotypic and genetic components of body size and spawning performance. In: R. W. Moore (ed.) *Progress in fishery and food science*. University of Washington Publication in Fisheries. Vol. V, Seattle, 159-164.
- [29] ———, 1975. Genetics of reproduction in domesticated rainbow trout. *J. Anim. Sci.*, **40**: 19-28.
- [30] Gerval, J. et al., 1980. Induced triploidy in carp, *Cyprinus carpio* L. *J. Fish Bio.* **17**: 667-671.
- [31] Golovinskaya, K. A., 1969. Artificial gynogenesis in carp. In: B. I. Cherfas (ed.) *Genetics, selection, and hybridization of fish*. I. P. S. T. Jerusalem, 74-78. (1972 Engl. Transl. from Russian).
- [32] Gwahaba, J. J., 1973. *Tilapia nilotica* is one of the commercially important fish species of the african genus *Tilapia*. *East Afr. Wildl. J.*, **11**: 317.
- [33] Hickling, C. F., 1968. Fish hybridization. *FAO Fish. Rcp.* **44**(4): 1-11.
- [34] Hines, N. O., 1976. Fish of rare breeding salmon and trout of the donaldson strains. Smithsonian institution press, city of Washington.
- [35] Hubbs, C. L. & L. C. Hubbs. 1932. Apparent parthenogenesis in nature, in a form of fish of hybrid origin. *Science*, **76**: 628-630.
- [36] Jhingran, V. G., 1975. Fish and fisheries of India. New Delhi, Hindusthan publishing corporation. pp. 974.
- [37] Kirpichnikov, K. A. et al., 1976. Selection of common carp (*Cyprinus carpio*) for resistance to dropsy. In: T. V. R. Pillay, Wu. A. Dill (ed.), *Advances in aquaculture*. FAO technical conference on aquaculture, 1976. Tuku. Fishing News Books Ltd. 628-632.
- [38] Kirpichnikov, V. S., 1968. Efficiency of mass selection and selection for relatives in fish culture. *FAO Fish Rcp.* **44**(4): 179-194.
- [39] ———, 1972. Methods and efficiency of breeding the ropshian carp. Part I. Purposes of selection initial forms, and crossing system. *Sov. genet.* **8**(8): 65-72. (Engl. Transl. *Genetika*)

- [40] Kirpichnikov, V. S. et al., 1972. Methods and efficiency of breeding rospshian carp. Part 2. Methods of selection. *Sov. genet.* 8(9):42—53. (Engl. Transl. Genetika)
- [41] ———, 1972. Increase the resistance of carp to dropsy by breeding. Part 1. Methods of breeding for resistance. *Sov. Genet.* 8(3): 34—41. (Engl. Transl. Genetika)
- [42] Kirpichnikov, V. S., 1981. Genetic bases of fish selection. Transl. by G. G. Gause from Russian. Springer-Verlag. pp. 410.
- [43] Kobayasi, H., 1971. A cytological study on gynogenesis of the triploid ginbuna (*Carassius auratus Langsdorffii*). *Zoological Magazine* 80: 316—322. (in Japanese)
- [44] Kryazheva, K. V., 1969. Some data on the fishery evaluation of ropsha carp. In B. I. Cherfas (ed.) Genetics, selection and hybridization of fish. I. P. S. T., Jerusalem. 232—239. (1972 Engl. Transl. from Russian)
- [45] ———, 1971. The evaluation of the ropsha carp qualities from cultural view point. *Izv. Nauchno-Issled. Inst. Ozern. Rechn. Rbhn. Khoz.* 74: 45—54. (in Russian)
- [46] Makeeva, A. P., 1972. Hybridization of bighead, *Aristichthys nobilis*, with carp, *Cyprinus carpio*. *Vopr. Ikhtiol.* 12(2): 309—318. (in Russian)
- [47] Makeeva, A. P. & B. V. Verigin, 1974. Hybridization of carp, *Cyprinus carpio* L. with wild amur, *Ctenopharyngodon idella* (Val.), *Vopr. Ikhtiol.* 14(2): 290—296. (in Russian)
- [48] ———, 1974. A hybrid between common carp and silver carp. *Sov. genet.*, 10: 194—199. (Engl. Transl. Genetika)
- [49] Merkowsky, A. & J. W. Avault, JR., 1976. Polyculture of channel catfish and hybrid grass carp. *Prog. Fish-Cult.* 38(2): 76—77.
- [50] Moav, R., 1976. Genetic improvement in Aquaculture industry. In: T. V. R. Pillay, Wu. A. Dill (ed.), Advances in aquaculture. FAO technical conference on aquaculture. 1976, Tukuo. Fishing News Books Ltd. 610—622.
- [51] Moav, R. et al., 1974. The breeding potential of growth curve differences between the European and Chinese races of the common carp. *Proc. World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod.* 1(3): 573—578.
- [52] ———, 1975. Genetic differences between the Chinese and European races of the common carp. Part. 1. Analysis of genotype environment interactions for growth rate *Heredity*, 34(3): 323—340.
- [53] Moav, R. & G. Wohlfarth, 1970. Genetic correlation between seine escapability and growth capacity in carp. *J. Hered.*, 61(4): 153—157.
- [54] Moav, R. et al., 1978. Genetic improvement of wild fish populations. *Science*, 201(22): 1090—1094.
- [55] Nagy, A. & V. Csanyi, 1978. Utilization of gynogenesis in genetic analysis and practical animal breeding. In: J. Olan and Z. Krasznai (ed.) Increasing the productivity of fishes by selection and hybridization. Fisheries research Institute, Szarvas. 16—30.
- [56] Nagy, A. et al., 1978. Investigation on carp, *Cyprinus carpio* gynogenesis. *J. Fish Biol.*, 13(2): 215—224.
- [57] Pruginin, Y. & E. S. Kanyike, 1965. Mono-sex culture of tilapia through hybridization. S. E. T. C. Symposium on fish farming, Nairobi. pp. 53.
- [58] Pruginin, Y. et al., 1975. All-male broods of *Tilapia nilotica* × *T. aurea* hybrids. *Aquaculture*, 6(1): 11—21.
- [59] Purdom, C. F., 1972. Genetics and fish farming. Min. Agric. Fish. Food Lowestoft Lab. Leaflet. 25: 16p.
- [60] Pomashov, D. D. et al., 1960. On radiation induced diploid gynogenesis in fish. *Biofizika*, 5(4): 461. (in Russian)
- [61] Romashov, D. D. & V. N. Belyaeva, 1964. Cytology of radiation gynogenesis and androgenesis in the loach *Misgurnus fossilis* L. *Dokl. Biol. Sci.* 159(1/6): 503—506. (Engl. Transl. Dokl. Akad. Nauk SSSR Ser. Biol.)

- [62] ———, 1965. Increasing the yield of diploid gynogenetic larvae in groundling, *Misgurnus fossilis* L. by applying temperature shocks. *Byull. Mosk. Ora Ispyt. Prir. Otd. Biol.* 70(5): 93.
- [63] Ryabov, I. N. 1979. Intersubfamily hybridization of the family Cyprinidae, *J. Ichthy* 19 (6): 57—78 (transl. from Russian)
- [64] Schultz, R. J., 1967. Gynogenesis and triploidy in the viviparous fish *Poeciliopsis*. *Science*, 157: 1564—1567.
- [65] Schultz, D. E. et al., 1977. Electrophoresis of blood proteins of hybrid and gynogenic carp. *Assoc. Southeast Biol. Bull.* 22(2): 77.
- [66] Schweigert, J. F. et al., 1977. Effects of fry and fingerling introduction on walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*) production in West Blue Lake, Manitoba. *J. Fish. Res. Board Can.* 34(11): 2142—2150.
- [67] Slastenenko, F. P., 1957. A list of natural fish hybrides of the world. *Istanbul Univ. Fen. Fak. Hidrobiol. Arastirma Enst, Yayin.* 4: 76—97.
- [68] Stanley, J. G., 1976. Production of hybrid, androgenetic, and gynogenetic grass carp and carp. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 105(1): 10—16.
- [69] ———, 1976. A review of methods for obtaining monosex fish and progress reports on production of monosex white amur. *J. Aquat. Plant manage.*, 14: 68—70
- [70] ———, 1976. Female homogamety in grass carp, *Ctenopharyngodon idella* determined by gynogenesis. *J. Fish. Res. Board Can.* 33(6): 1372—1374.
- [71] Stanley, J. G. & J. B. Jones, 1976. Morphology of androgenetic and gynogenetic grass carp, *Ctenopharyngodon idella*. (Valenciennes) *J. Fish. Biol.*, 9(6): 523—528.
- [72] Stanley, J. G. et al., 1975. Attempts to produce monosex grass carp by artificial gynogenesis. *Prog. Fish-Cult.* 37(1): 25—26.
- [73] Stanley, J. G. & K. E. Sneed, 1974. Artificial gynonesis and its application in genetics and selective breeding of fishes. In: J. H. S. Blaxter (ed.) *The early life history of fish*, Springer-Verlag, Berlin. 527—536.
- [74] Syzuzki, R. & M. Yamaguchi, 1980. Improvement of quality the common carp by crossbreeding. *Bull Jpn. Sci. Fish.*, 46(12): 1427—1434.
- [75] Thorgaard, G. H. & G. A. F. Gall, 1979. Adult triploids in rainbow trout family *Genetics*, 93: 961—973.
- [76] Tsoi, R. M., 1972. Chemical gynogenesis in salmoirideus and coregonus peled. *Genetika*, 8(2): 275—277. (Transl. from Russian)
- [77] Tsoi, P. M. et al., 1974. Frequency of spontaneous and induced gene mutations in the carp scale. *Genetika*, 10(11): 60—62. (Transl. form Russian)
- [78] Vassileva-Dryanovska, O. & R. Belcheva. 1965. Radiation gynogenesis in *salmo irideus* Giph. *Reports of Bulgaria Academy of Sciences*, 18(4): 339—362.
- [79] Verigin, B. V. et al., 1975. The morphology of underyearling hybrids of the bighead *Aristichthys nobilis* and the grass carp *Ctenopharyngodon idella*. *Vopr. Ikhtiol.* 15(2): 253—259. (In Russian)
- [80] Wohlfarth, G. et al., 1975. Genetic variation in seine escapability of the common carp, *Aquaculture*, 5(4): 375—388.
- [81] Wolters, W. R. et al., 1982. Effect of triploidy on growth and gonad development of channel catfish. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 111: 102—105.