

鱼类选育种技术

(讲义)

中国水产科学研究院长江水产研究所沙市分所

一九八三年十月

前 言

我国内陆水域辽阔，鱼类资源丰富，养殖品种繁多，发展淡水养殖业潜力很大。为了适应四化建设，开创水产生产的新局面，实现淡水鱼年产量翻两番的战略目标，必须“一靠政策，二靠科学”，必须把淡水养殖建立在科学的基础之上，提高经济效益，实行科学养鱼，加速发展我国的淡水养殖业。

优良的淡水养殖品种是发展淡水养殖生产的前提。搞好淡水养殖鱼类良种的选育又是发展淡水养殖业的重要手段，也是提高淡水鱼产量的有效途径之一。因此，我们必须充分重视淡水养殖鱼类优良品种的选育工作。

近二十年来，我国水产界的科技人员和广大职工群众，在鱼类育种和品种改良方面做了大量的工作，取得了一定的成绩。尤其是最近几年，育种工作已引起了人们的极大兴趣和各级领导的应有重视，并出现了一批可喜的成果。但是由于我国鱼类育种工作起步晚，基础差，技术落后，力量薄弱，而且发展不平衡，远远不能适应水产事业发展的需要。为了改变这种状况，普及和提高养殖鱼类优良品种的选育技术，加快鱼类育种工作的进展，我们受中国水产学会的委托，为在我所举办“淡水养殖鱼类良种选育技术培训班”，特编写了这本讲义。

本讲义收集了我国淡水养殖鱼类育种工作的经验，内容较全面，深入浅出，系统地介绍了我国鱼类选育种的任务和成就，遗传育种，鱼类杂交，鱼类遗传育种的几种方法，淡水鱼类养殖品种资源的开发及其利用，以及数理统计在鱼类遗传育种中的应用。

由于我们的水平和掌握的资料所限，加之编写时间仓促，不当之处在所难免，望批评指正。

编者

1983年9月

目 录

第一章 我国鱼类选育种的任务和成就	仇潜如 (1)
第一节 鱼类选育种的任务	(1)
第二节 鱼类育种工作的进展和成就	(2)
第二章 鱼类选育种的遗传学基本知识	张兴忠 (4)
第一节 遗传学的定义及其发展	(4)
第二节 鱼类选育种和遗传学的关系	(4)
第三节 鱼类遗传学研究发展概况	(5)
第四节 遗传和变异	(7)
第五节 鱼类遗传的细胞学基础	(8)
第六节 鱼类遗传的物质基础	(13)
第七节 变异	(15)
第八节 遗传的基本规律	(18)
第九节 鱼类数量性状的遗传	(21)
第三章 鱼类的选择和育种	张兴忠 (28)
第一节 选择的原理和选择的分类	(28)
第二节 自然选择	(28)
第三节 人工选择	(29)
第四节 人工选择方法 (1) —混合选择	(30)
第五节 人工选择方法 (2) —一个体选择	(33)
第四章 鱼类杂交	仇潜如 (37)
第一节 关于研究鱼类杂交的方法	(37)
第二节 杂交和繁殖体系	(44)
第三节 鱼类杂交组合	(47)
第四节 杂种优势利用	(69)
第五节 鱼类杂交中一些问题	(70)
第五章 鱼类遗传育种的几种方法	吴福煌 (72)
第一节 雌核发育	(72)
第二节 多倍体	(76)
第三节 鱼类的性别控制	(79)
第四节 鱼类细胞核移植	(85)
第六章 淡水鱼类养殖品种资源的开发及其利用	王令玲 (89)

第一节	引种驯化的目的	(89)
第二节	引种驯化的生物学基础	(89)
第三节	引种驯化的概况	(95)
第四节	引种驯化的方法	(96)
第五节	介绍数种鱼类引种驯化及其饲养效果——团头鲂、尼罗罗非鱼、蟾胡子鲶、白鲫、细鳞斜颌鲴、东方真鲷、虹鳟、丁鲷	(97)
第七章	数理统计在鱼类遗传育种中的应用	林康生(117)
第一节	绪论	(117)
第二节	估计问题	(118)
第三节	假设检验和二个不同组群比较	(124)
第四节	线性相关与回归	(128)
第五节	曲线回归方程	(132)
第六节	多元线性回归方程	(140)
第七节	方差分析	(144)
第八节	附表	(147)

第一章 我国鱼类选育种的任务和成就

第一节 鱼类选育种的任务

鱼类选育种是利用所有鱼类固有的遗传变异性。只有对这种变异性的本质和各种性状的遗传规律有了十分明确的概念，鱼类育种工作才有成效。

鱼类育种的措施对新的池塘养殖鱼类的驯化，培育新品种，对江湖性、洄游性和海洋鱼类的增殖以及对不用人工增殖的野生鱼类天然资源的保同样是必要的。

鱼类选育种工作主要任务是：提高现有的养殖鱼类和驯化品种的生产性能，加快鱼类生长，适应新环境的变化，增强生命力和抵抗力，在最短的时间内，培育出适应于池塘、集约化、网箱养殖的新品种。培育出的新品种必须具有以下经济性状：

1. 能充分利用饵料（降低饵料系数），增加消化吸收能力。
2. 能充分地摄取池塘中饵料生物。
3. 提高了鱼类对环境不利影响的抵抗力，如剧烈的温度变化，缺氧，水体污染等。
4. 增强了鱼类对侵袭性和传染性病的抵抗力，特别对地区特有的，用一般防治方法难奏效的疾病。
5. 改变了产卵期，延长或缩短生殖周期，具有强的繁殖力。
6. 具有高的商品质量。

在个别情况下，为了其它选育目的，通过杂交，性控等手段，获得单性后代，创立不育杂种等等。

为了完成上列每项任务需要进行大量的，长期的，坚韧不拔的工作。改变与繁殖相关的性状特别困难。这些性状的遗传力通常是不高的，在很大程度上它们是由良好平衡的，稳定的多态遗传学系统所决定的。对抗病力的选育种也是相当复杂的。难度首先在于宿主（鱼）和寄生虫（病原体）之间相互关系的本质不易弄清。一般病原体的繁殖力比鱼类快很多倍，而在繁殖过程中更有效地改变自己的遗传学本质，它对经过选育已起了变化的宿主（鱼类）重新造成危害。

随着工农业的发展和人民生活水平的提高，养鱼方式逐渐向集约化发展，即网箱、水池、热电厂余热水池及其它人工水体养鱼。养殖鱼类的生活环境发生了根本的变化，使它们适应新的栖息环境，新的饵料，新的繁殖方式是选育种工作近期内十分重要的任务。

必须强调指出，选育工作应当与鱼类新品种的驯化工作同时，如推迟则可能导致种

的遗传学结构的贫乏化，甚至加速退化。如白鲢自从人工繁殖技术突破以后，在某些地区由于长期自繁自养，缺乏严格的选育制度，出现了白鲢早成熟，个体变小的所谓退化现象。

鱼类育种工作对野生鱼类和迴游性鱼类的任务是：

1. 保持每个种复杂的天然的种群组成；许多迴游性的鲟科和鲑科鱼类具有“返回本能”，在海洋中索饵后，再回到它们诞生地——江湖中。这些鱼类具有大量的隔离群体；繁殖上隔离的地方群体形成了很多非迴游性的淡水鱼类；每个隔离种群（根据地点，繁殖时间）在遗传学上和生态学上与其它任何种群均有区别。所以计划这些鱼类的繁殖和捕捞时，必须有利于该种鱼类的地方种群或季节性宗族的增殖。

2. 保持每个种群有高度的异质性。进行人工放流鱼时要特别注意这个问题。因为人工放流场得到的亲鱼是非常有限的，这本身使种的基因库贫乏化。

3. 加快生长和提高鱼卵、稚鱼和幼鱼的抵抗力，而在另些情况下，增加鱼类繁殖力，缩短迴游性鱼类在淡水中停留的时间，改良鱼的商品质量。

根据鱼体重量，成熟速度和繁殖力以及降海前在淡水中的生活持续时间，对迴游性鱼类进行选育要十分谨慎，因为所有这些性状和育种值（增殖力）相关。在选择强度大的情况下，它们的变化常伴随着（相关的）总生活力的下降。

近年来，许多国家发展了海涂养殖，强化投饵料，甚至施肥养殖海水鱼类，我国也在兴起之中。人们掌握了海水养殖鱼类和其它海水动物的繁殖技术，这就使得育种成了可能的，而且是必要的。育种工作首要任务使养殖鱼类适应于海水养殖的特殊条件，特别是在限制性活动条件下，要求适应于高密度和有效地利用天然饵料资料及人工合成饵料。

观赏鱼选育的主要目的在于培育出新的品种和具有体色鲜艳及体型变异的变种，扩大品种的组合。为了适宜于现代遗传学和选育种某些理论的研究，如遗传性的癌，发育过程中基因作用的调节机制，遗传多态性，选育性状的遗传力，近交衰退和杂种优势，选择效应等等，培育出观赏鱼遗传学上的标志系具有重大的科学意义。

第二节 鱼类育种工作的进展和成就

我国鱼类育种工作起步较迟，主要在家鱼人工繁殖成功之后才开始的，到1972年和1974年召开全国淡水养殖优良品种的选育和基础理论研究协作会议，此后鱼类选育工作在淡水渔业中成了比较活跃的领域之一。

1. 杂交育种

1974年以来，全国各地广泛地进行了品种间、种内、种间、属间及亚科间的杂交，最有成效的是三个鲤鱼品种间的杂交：荷包红鲤（荷包红鲤♀×元江鲤♂），岳鲤（荷包红鲤♀×湘江野鲤）♂，丰鲤（兴国红鲤♀×散鳞镜鲤♂）， F_1 均有明显的杂种优

势。为了克服家鱼近亲繁殖所造成的退化问题,进行了不同水系间鲢、鳙、草鱼的杂交,如大鳞白鲢♀×白鲢♂(种间杂交),珠江水系白鲢与长江水系的白鲢杂交。

福寿鱼(莫桑比克罗非鱼♀×尼罗罗非鱼♂),广东、福建等地已用于生产。

黑龙江,江西对鱈鲤和荷色红鲤进行了提纯复壮,建立了良种基地,为育种提供了必要的条件。

2. 引种驯化

团头鲂、尼罗罗非鱼、白鲫、梭鱼、数种鲃鱼、东北鲫已在国内普遍养殖;鳊、虹鳟、罗氏沼虾、鲟鱼等也在部份省区养殖和试养;中华绒毛蟹苗向内陆水域大规模移植及其人工繁殖技术的突破,所有这一切,不仅增产效果显著,而且丰富了混养内容。

3. 鱼类育种基础理论研究和新技术应用

进行了鱼类细胞核研究,信息核糖核酸(mRNA)诱导,多倍体、辐射诱变、雌核发育、鱼类性别控制,鱼类传代细胞无性生殖等方面的研究。

1974年,童第周教授等人在我所进行了囊胚期的鲤鱼受精卵的细胞核移植到去核的鲫鱼未受精卵内,孵出了外形介于双亲之间鱼苗,其雄鱼能发育成熟(自然杂交鱼雄性不育)。团头鲂和草鱼间的核移植也获得成功。另外,还进行了从成熟鲫鱼卵细胞质中提取mRNA注射到金鱼受精卵中,由此发育的金鱼中,部份出现单尾尾鳍的鲫鱼性状,再繁殖后代,仅保持该性状。水生生物研究所用鲫鱼体细胞在一年多时间内,进行了50多代的体细胞培养,把培养的细胞中的细胞核移植于成熟,但未受精的同种鱼类的去核卵中,细胞核在去核卵的细胞质协调下,同正常的受精卵一样,体细胞遗传信息表现出来,育成了用鱼类体细胞进行无性生殖的鲫鱼。

1976年,我所和湖北省所协作,以莫桑比克罗非鱼为材料进行了性控研究,使用甲基睾丸素(Methyltestos—Terone)简称MT.,苯甲酸雌二醇(Estradiolis Benz—oas)简称BE.,能有效地控制鱼类当代的性别。同时,以生理遗传学原理,通过性别“三系”即原系,转化系,雄性纯合系的配套可获得全性雄的莫桑比克罗非鱼。

我国在鱼类遗传育种的基础理论研究和新技术方面比较落后。只进行了为数很少的鱼类染色体数目的测定(不完全统计国外已作1100余种淡水鱼染色体数目的测定),是造成我国在杂交方面盲目性的重要因素。诱导雌核发育为快速建立“纯系”提供了手段,国外已进行20余年,现进入研究其后代的一些生物学性状阶段,而我国仅开始进行研究。鱼类免疫遗传研究尚为空白。生化遗传标志技术才开步,还未应用于生产实践。

第二章 鱼类选育种的遗传学基本知识

第一节 遗传学的定义及其发展

如果追溯遗传学的起源,则我们知道,它起源于1866年。那时孟德尔发表了有关植物杂交试验的文章,提出了他的遗传学说。但在当时并没有引起世人的注意,他的学说也没有被接受。直到1900年,德国的柯林斯、荷兰的德福星和奥国的薛尔马克各自独立试验,同时证明了孟德尔的遗传学规律后,孟德尔的遗传学说才得到公认。又过了四年后,贝特逊在1904年首次给遗传学下了定义:“遗传学是研究遗传和变异的科学”。这个定义一直应用到40年代,后来又有人为遗传学下了新定义:“遗传学是研究相似性的根源,研究遗传的科学”。随着遗传学的发展,H.J.马勒把遗传学定义为“遗传学是研究基因的科学”。这个定义也只经过了10—20年便不适用了。遗传学发展到今天,现在学者们给遗传学下的定义是:“遗传学是研究能够自我繁殖的核酸的性质、功能和意义的科学”

考虑到鱼类遗传学研究较落后的现状,在编写此讲义时为了便于综合材料和说明问题,我们暂时仍然沿用了W.贝特逊给遗传学下的定义。

第二节 鱼类育种和遗传学的关系

鱼类育种和鱼类遗传学是两个不同的学科,它们各有自己的研究任务、研究对象、以及研究方法。正如前面已提到的,鱼类遗传学的任务是研究鱼类的遗传和变异。而鱼类育种的主要任务则可以大略地概括为:遗传改良现有的养殖鱼类,以提高它们的素质和生产性能;创造能最有效地利用人工饲料及水体中的饵料生物资源,具有较高的生产性能,可以大幅度提高渔业劳动生产力,能适应社会需要的养殖鱼类新品种。

鱼类遗传学和鱼类育种又是两门极为密切相关,可又不能互相取代的学科。长期以来,国内外鱼类育种实践都已经充分地证明了鱼类遗传学是鱼类育种的理论基础,鱼类育种一旦偏离了鱼类遗传学这一理论基础,便必将会成为盲目的,少有成效的。例如70年代初期在我国出现的“鱼类杂交热”,以及后期出现的对鱼类杂交的否定态度便可证明这点。因此,作为一个鱼类育种工作者除了要有丰富的鱼类生物学、生态生理学知识,熟知鱼类原始品系和原种的特性外,还必须要懂得鱼类遗传学,能认识和掌握鱼类遗传和变异的规律,并以此来指导鱼类育种实践。

H.И.瓦维罗夫曾经给选育种下过这样的定义:“选育种是人类掌握下的进化”。

据这一定义，鱼类选育种的主要研究内容大体上可以归纳为以下几点：

- (1) 研究选育鱼类品种、地方种、亚种和种的多态性；
- (2) 研究和分析鱼类在杂交和突变过程中的遗传规律；
- (3) 研究环境在选育鱼类的性状发展过程中的作用；
- (4) 研究能加强和巩固有益性状的系统的人工选择方法。

从鱼类选育种的主要任务，主要研究内容，以及鱼类选育种工作者应具备的条件等方面均可清楚地看出鱼类遗传学在鱼类育种工作中的重要性。因此，对于我们鱼类育种工作者说来，在讨论鱼类育种之前，首先熟悉一下鱼类遗传学的基本知识和遗传学的主要规律是很有必要的。

第三节 鱼类遗传学研究的发展概况

在动物遗传学中，鱼类遗传学作为它的一个分支，不但形成得较晚，而且发展得也较为缓慢。鱼类遗传学的这种缓慢发展状况所造成的直接后果是鱼类选育种远远地落后于农作物、果木、蚕桑、畜牧、家畜、家禽等等的选育种，影响了淡水鱼类养殖业的发展。

就现掌握的不完全的文献资料来看，国外鱼类遗传学的研究和发展大体上可以60年代为界划分为前后两个阶段。在60年代以前这一时期，各国学者们主要是在细胞水平上研究了鱼类的遗传物质基础——染色体。整个60年代可以说是鱼类遗传学从细胞遗传学向分子遗传学发展的过渡时期。60年代以来各国学者除继续进行了鱼类细胞遗传学研究外，完成了大量分子水平的鱼类遗传学研究工作。

早在1894年，Appellof在研究鲱和大头鳕 (*Pleuronectes Platessa* × *Gadus morrhua*)、及鲱和 (*Pleuronectes Platessa* × *Hypoglosoides Platessoides*) 的人工杂交种胚胎发育时，首次观察了鱼类的遗传现象。他指出，上述鱼类杂交后，卵细胞分裂是按照母本的特点进行的。1904年鱼类早期发育细胞学研究的奠基者之一，Moenkhaus在研究底鳉和眼镜鱼 (*Fundulus heteroclitus* × *Menidia notata*) 杂种的胚胎发育时，首次讨论了父母本染色体在受精卵分裂过程中的行为和作用。此后，各国学者陆续地进行了鱼类遗传学研究。

从下面一些学者们的报导中我们可以大体上看出鱼类细胞遗传学研究的发展情况。

苏联学者Г. В. Никольский等人1974年报导说，世界各国学者已研究了420种鱼类的染色体。Park 1974年报导已经研究了530种鱼类的染色体。日本学者小岛吉雄统计的结果是60年代以前各国学者发表了约300篇论文，研究了727种鱼类的染色体。

1980年苏联学者Васильев报导，各国学者研究了1076种鱼类染色体。对Васильев报导的材料进行统计分析后，我们得到这样些结果：1904年Moenkhaus首先对鱼类染色体进行了研究，并查明了眼镜鱼 *Menidia notata* 的二倍体染色体数为36。其后直到

1918年, Pinney研究了栉隆头鱼(*Ctenolabrus adspersus*)的二倍体染色体数为38—48。整个20年代未见有关鱼类染色体研究的报导。以后在30年代研究了36种鱼的染色体, 40年代研究了10种鱼的染色体, 60年代研究了近200多种鱼类的染色体, 70年代研究了近800种鱼类染色体。

从1955年到1977年, 在20多年时间里, 各国学者们为了探讨研究鱼类性别的遗传机制, 研究了鱼类的性染色体。到1977年止, 计研究并查明了属于鲱形目(*Clupeiformes*)、鲤形目(*Cypriniformes*)等11个目, 26个科的50种鱼类的性染色体。从进行研究的时间上看, 50年代研究了两种鱼的性染色体, 60年代——10种鱼, 70年代(到1977年止)——38种鱼。50种鱼类中雄鱼性染色体型为: XY、XO、WZ、OZ、XXY等几种。

我国从70年代中期才开始研究鱼类染色体。1974年长江水产研究所与武汉大学生物系合作, 对草鱼、鲢鱼、鳙鱼、团头鲂、莫桑比克罗非鱼等鱼类的染色体进行了研究。继而国内不少单位也进行了这方面的研究, 据不完全统计, 到目前为止我国已研究了草、鲢、鳙、鲤、团头鲂、三角鲂、长春鳊等近40多种鱼类的染色体。

随着分子生物学的飞跃发展, 国外学者们自60年代开始以分子生物学的原理和方法研究了鱼类遗传的物质基础。据苏联学者Алтыхов于1974年报导的材料统计, 在1961—1973年期间, 计研究了属于10个目、27个科的80多种鱼类的乳酸脱氢酶(LDH)、果酸脱氢酶(MDH)、6磷酸葡萄糖脱氢酶(G6PD)、 α -甘油磷酸脱氢酶(α -PGD)、酯酶(Est.)、清蛋白(AIb)、血红蛋白(Hb)、运铁蛋白(Tf)等24种酶和蛋白质的等位基因, 以及这些酶和蛋白质的遗传变异。另外据Кирпичников报导, 在1965—1976年10多年时间中, 各国学者研究查明了鲟形目(*Acipenseriformes*)、鲱形目(*Clupeiformes*)、鲤形目(*Cypriniformes*)、鳗形目(*Anguilliformes*)等20个目、45个科鱼类单倍体(n)、二倍体($2n$)、四倍体($4n$)的脱氧核糖核酸(DNA)的含量; 在1970年到1978年期间研究了20个科100多种鱼类蛋白质的遗传变异性。以运铁蛋白为例, 在15年间(1963—1978年)计研究了10个科60种鱼的Tf等位基因。

我国一些单位如中国科学院发育生物研究所、中国科学院水生生物研究所、长江水产研究所等从70年代中期开始研究了草鱼、团头鲂、鲤鱼、鲫鱼等鱼类的清蛋白、及乳酸脱氢酶等的遗传变异。我国在这方面的研究开始得晚, 且进展也很缓慢。

自本世纪初, Schmidt于1917年研究绵鲚(*Zoarces viviparus*)的脊椎骨数和鳍条数两个数量性状的变异遗传以来, 长期以来很少有学者研究鱼类数量性状遗传这一问题。只是在最近10多年来, 对某些鱼类的主要经济性状遗传进行了较多的研究。Moav (1964)、Ненашев(1969)、Wohlfarth(1977)、Симшек(1978)等人研究了鲤鱼体长和体重的遗传力。Aulstad等(1972)、Chevassus(1976)、Moller等(1979)研究了硬头鲂(*Salmo gairdneri*)体长和体重的遗传力。此外, 一些学者还研究了大西洋鲑(*Salmo salar*)、斑点叉尾鲑(*Ictalurus punctatus*)、莫桑比克罗非鱼(*Tilapia mossambica*)、虹鳟(*Lebistes reticulatus*)、高白鲑(*Coregonus peled*)等鱼类体长和体重的遗传力。Ryman(1972)、Ihssen(1973)、Ayles(1974)等人员研究了大西洋鲑、鳟(*Salmo trutta*)、硬头鲂、美洲红点鲑和红点鲑(*Salve-*

rinus fontinalis × S. namaycus) 杂种、大鳞大麻哈鱼 (*Oncorhynchus tshawytscha*) 等鱼类生活力和抵抗力两个性状的遗传。

我国一些学者从70年代初开始研究了鲤鱼等鱼类的质量性状和经济性状的遗传变异。至今我们在这方面从事的研究还甚少，远远不能满足鱼类选育种工作的要求。

最后，从国外发表有关鱼类遗传学论文集，专著的情况也可以看出近年来鱼类遗传学和鱼类育种研究的发展情况。Denton T. E. (1973)，Ojima Ueda T. (1976) 发表了“鱼类染色体研究方法学”专著。苏联1969年出版了“鱼类遗传学，选育种和杂交”论文集，1973年出版了“鱼类生化遗传学”论文集，1979年出版了“鱼类生化和种群遗传学”论文集，1974年E. A. Алтухов发表了“鱼类种群遗传学”专著，1979年B. C. Кирпичников发表了“鱼类选育种的遗传学原理”专著。日本水产学会在1979年编辑出版了“水产生物的遗传和育种”论文集。

综上所述，我们可以得出以下两点结论：

1. 从60年代初到70年代末这20年是鱼类遗传学研究蓬勃发展，逐渐形成遗传学分支——鱼类遗传学的时期，由细胞遗传学过渡到了分子遗传学，鱼类免疫遗传学，生化遗传学，群体遗传学等都有了很大的发展。

2. 我国鱼类遗传学研究尚处在起步阶段，且发展速度比较慢，与国外比较起来是落后的，存在着较大的差距。这种状况阻碍了我国鱼类选育种的快速发展。这是摆在鱼类育种工作者面前急待解决的一个问题。

第四节 遗传和变异

正如我们在前面已提到的，鱼类遗传学是研究鱼类的遗传和变异的科学。那么什么是遗传和变异呢，它们的含意是什么？在这一节中我们将简略地讨论一下这两个问题。

在淡水养殖和鱼类育种实践中，当我们将红鲤雌雄鱼配对繁殖时，总是可以得到红鲤鱼后代。把草鱼配对繁殖时也总是得到草鱼后代，绝不可能得到其他鱼的后代。这种现象便是遗传，它是普遍存在于生物界的。因此我们便可以给遗传下如下定义：

遗传——这是生物体不可缺少的、在繁殖时能把有关自己性状、特质的信息传递给后代的特性。在遗传这一概念中，包括了基因决定专化蛋白质的结构和性状的发展，以及决定生物结构“方案”的特性。正是由于生物体本身赋有这种遗传的特性，才保证了生物界各物种的相对稳定性。

在我们观察到鱼类某个种、亚种、或是品种范围内所有个体的共性和一致性的同时，总是会发现个体间的一些差异。例如在一对红鲤鱼亲鱼所繁殖的后代中，经常会发现某些个体在体色的深、浅等方面的差异。实际上在任何一种鱼类的种群中，是找不出两尾完全相同的鱼的。这种现象就是变异。

变异——是指同一种类型生物（主要是指同一个物种、亚种、品种）间存在的显著

的或是不显著的，表现在生物体外部形态和内部结构方面，以及表现在生理、生化、习性等方面的差异。变异和遗传一样，是普遍存在的规律。

我们所观察到的变异并不都是一样的，从遗传学角度看，变异本身分为可遗传的变异和不遗传的变异两大类。对于鱼类选育种工作者说来，正确识别和区分出可遗传的变异是十分重要的。因为只有这种变异能传递给后代，这种变异是鱼类选育种的珍贵材料。能否及早地发现具有育种价值的可遗传的变异，并采取相应的育种手段使它们得到加强和巩固，是能不能育出养殖鱼类新品种，鱼类选育种工作能否成功的关键之一。我们将在第七节对变异作更深入的讨论。

第五节 鱼类遗传的细胞学基础

在这一节我们将一起简要地讨论一下动物细胞的结构、染色体的结构和分类、细胞周期、有丝分裂、等基本问题。

一、细胞的结构

把动物细胞制片，在光学显微镜和电子显微镜下，我们便可以观察到细胞的细数结构。细胞结构如图1所示。

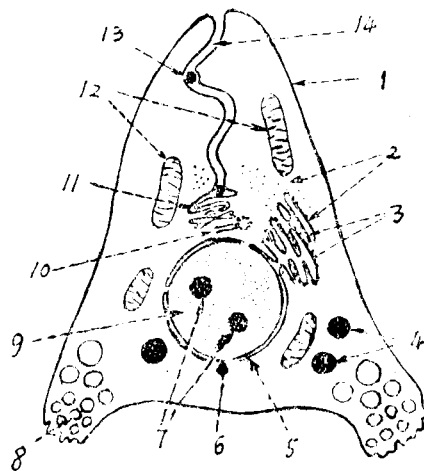


图1 动物细胞结构示意图

- 1—质膜 2—核糖体 3—内质网 4—溶酶体 5—核膜 6—排泄孔
7—核仁 8—细胞吸液泡 9—细胞核 10—中心粒 11—高尔基体
12—线粒体 13—分泌粒 14—分泌管

1. 质膜——也叫细胞膜，它由三层组成。生化成分主要是类脂、蛋白质及少量的碳水化合物。质膜的作用是保持细胞形状，保护细胞免受外界损伤，维持细胞与周围环境的联系。

2. 细胞质。质膜内除细胞核以外的物质统称为细胞质。在细胞质内有许多高度专化的细胞成分，它们称为细胞器。细胞器包括有：内质网与核糖体、高尔基体、线粒体、溶酶体、中心粒等（见图1）。

3. 细胞核。细胞核是球状和卵圆形的，它的作用是完整地保存遗传物质，并把它一代一代地传下去；指导核糖核酸（RNA）的合成。细胞核的结构又可分为：

（1）核膜。它由两层单位膜组成，上有小孔（见图1）。

（2）核质——核膜内除核仁以外的物质。它由着色较深的染色质和着色浅或完全不着色的核液两部分构成。染色质的主要成分是由脱氧核糖核酸（DNA）与组蛋白所组成的核组蛋白。它呈粒状、丝状或网状分布在核质中，当细胞进行分裂时，这团网状的染色质便渐次地变化成一定数量的染色体。染色质是合成RNA的地方。

（3）核仁——是形状不规则的致密而结实的物体。其主要成分是蛋白质和RNA。它常与染色体的特定部位保持着联系。

二、染色体的结构和分类

当细胞处在分裂过程中时，染色质表现为形状清晰的小体。这便是我们通常所说的染色体。染色体一般呈圆柱形，外有表膜，内有基质。在染色体基质内有两条互相缠绕而盘旋卷曲、贯穿整个染色体的染色线，在染色线上排列着许多染色粒。在染色体上有一不易染色的地方，它与纺锤丝相连接，这便是着丝点。染色体的详细结构见图2。

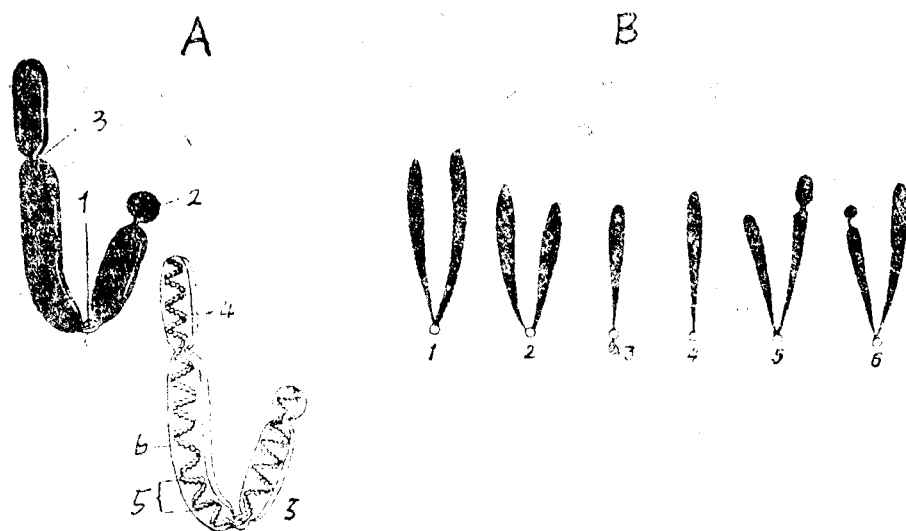


图2 染色体结构示意图

A. 染色体结构：1—着丝点 2—随体 3—次缢痕 4—染色丝 5—大螺旋 6—小螺旋

B. 染色体分类: 1—中心着丝点染色体 2—近中心着丝点染色体 3—近端着丝点染色体 4—端着丝点染色体

据染色体的作用, 可以把它们分为常染色体和性染色体两大类。

据着丝点在染色体上的位置, 可以把染色体按形态结构特点分类为:

1. 中心着丝点染色体 (metacentric chromosome)。着丝点位于染色体中央, 两臂大致相等。固而又称等臂染色体。
2. 近中心着丝点染色体 (submetacentric chromosome)。着丝点接近染色体中央, 两臂长度不等。
3. 端着丝点染色体 (telocentric chromosome)。着丝点位于染色体的顶端, 为单臂染色体。
4. 近端着丝点染色体 (acrocentric chromosome)。着丝点接近染色体顶端, 单臂染色体。

细胞处在有丝分裂中期时, 经染色等处理后, 可以观察到一个细胞的全部染色体。把该细胞的全部染色体按其形态结构特点排列, 这便是我们通常所说的某种鱼或生物的染色体组型, 或称为核型。

三、细胞周期和有丝分裂

细胞从前一次有丝分裂到下一次有丝分裂结束这段时间即为细胞生活的一个周期。或简称为细胞周期, 它包括了有丝分裂间期和有丝分裂期两个时期。

有丝分裂间期, 是指两次有丝分裂之间的一段时间, 这时细胞处在相对较平静的状态。有丝分裂间期又叫作生长期, 它又划分为 G_1 ——生长前期, S ——DNA合成期, G_2 ——生长后期三个时期

一个细胞周期内各期的划分 详见图3示。

(一) 有丝分裂

有丝分裂期又可以分为四个时期, 现将有丝分裂期各时期的划分及各期的特点分述如下。

1. 前期 (prophase)

此时染色体渐渐变明显, 并缩短变粗, 每个染色体纵裂为两条染色单体。着丝点清晰可见, 未分裂。中心粒一分为二, 并开始向两极移动, 其周围开始变成纺锤丝。核仁消失, 核膜也开始破裂消失 (见图4和图5)。

2. 中期 (metaphase)

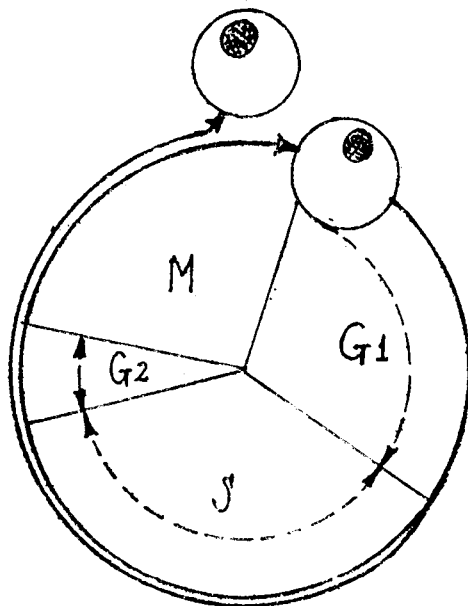


图3 细胞周期示意图

G_1 — S — G_2 —分裂间期 (生长期)。

G_1 —生长前期;

S —DNA合成期; G_2 —生长后期; M —有丝分裂期。

核膜完全消失。染色体向赤道板移动，并排列成一圈。纺锤丝与着丝点相联。染色体缩短，形态已比较固定（见图4、5）。

3. 后期 (anaphase)

染色体的着丝点一分为二，每条染色单体均变成了独立的染色体，被纺锤丝牵引着向两极运动（见图4、5）。

4. 末期 (telophase)

在两极各聚集了一套染色体。染色体变细变长，纺锤丝消失。核仁和核膜重新形成，分裂成为两个子细胞（见图4、5）。

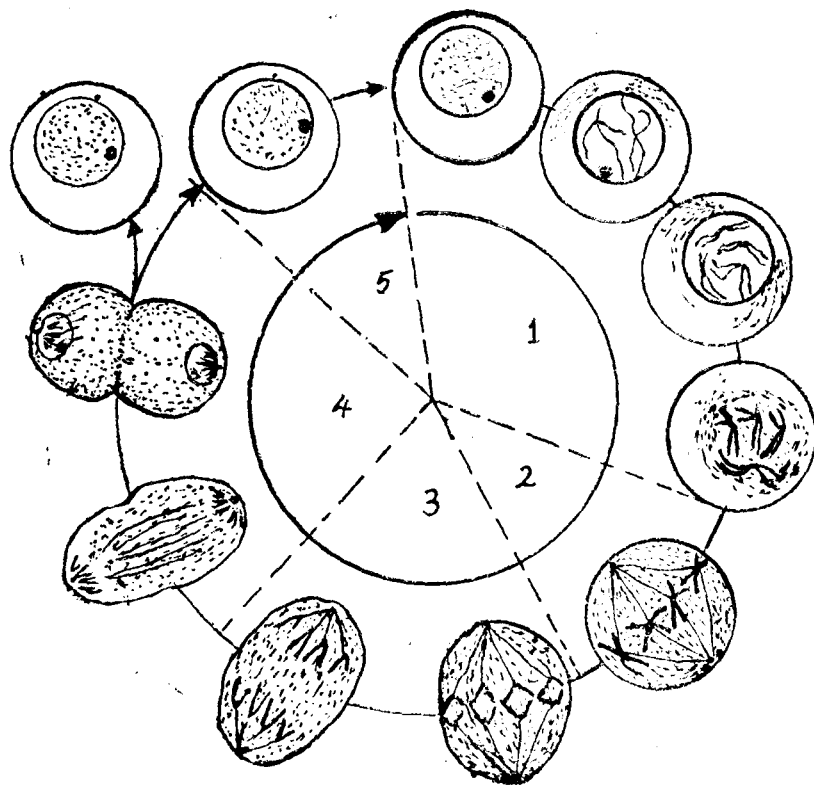


图4 细胞的有丝分裂示意图

1—前期；2—中期；3—后期；4—末期

(二) 减数分裂

减数分裂又称作成熟分裂，它是性细胞形成和发育过程中有丝分裂的特殊形式。性细胞成熟过程中两次减数分裂及各分裂期的特点如下。

第一次减数分裂 (I)

1. 前期 I。它又细分为五期。

(1) 细线期。染色体逐渐变明显，为细长线状。因此时染色体内尚无基质，所以染色粒特别显著（图6）。

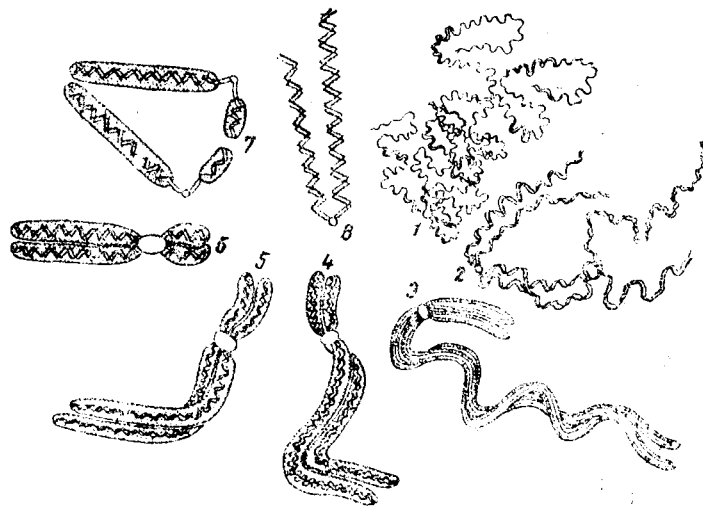


图5 染色丝在有丝分裂过程中的螺旋示意图

1—分裂间期。染色丝轻微螺旋。2、3、4—前期。染色丝强度螺旋。形成两条染色单体。5—前中期。6—中期。最高度螺旋，可分清大、小螺旋。7—后期。8—末期。

(2) 偶线期。每对同源染色体都并列配对，此时发生通常所称的联会现象（见图6）。

(3) 粗线期。染色体继续缩短变粗，每条染色体都开始纵裂为一对姊妹染色体，但着丝点未分裂。联会刚刚完成，每一对同源染色体均由四条染色单体组成，它成为“四分体”。但因为它们实际上是一对染色体，故又称作“双价体”（见图6）。

(4) 双线期。染色体继续变短变粗，染色线周围开始积累基质。配对染色体分开，但在交叉处仍有接触。（见图6）

(5) 终变期。配对染色体在交叉处仍相联结，染色体继续变粗，清晰可见。“双价体”向赤道板移动。

2. 中期 I。核仁和核膜均消失，“双价体”排列在赤道板上。两个配对染色体的着丝点分开（见图6）。

3. 后期 I。由于纺锤丝的牵引双价体的两条同源染色体分开并向两极运动。每条染色体的姊妹染色体也有分离开的趋势，但着丝点未分裂（见图6）

4. 末期 I。纺锤丝消失，核仁和核膜重新形成。细胞分裂成为两个次级精母细胞，或者是一个次级卵母细胞和一个极体（随体）。

第一次减数分裂结束后，在紧接其后的减数分裂间期中未进行 DNA 复制就直接进入第二次减数分裂期。这是与上述有丝分裂的区别特征之一。

第二次减数分裂 II

第二次减数分裂比第一次减数分裂简单的多，此时每条染色单体不经纵向分裂便排列在赤道板上。着丝点一分为二，两条染色单体形成两条独立的染色体，并随机地向两

极运动。在两极各形成一个新核，细胞分裂成两个子细胞。在雄鱼精巢内形成两个精子，在雌鱼则形成一个卵细胞和一个极体（第二极体）。至此减数分裂完成，在第二次减数分裂后形成的子细胞中只有精母细胞（或卵母细胞）的半数染色体。

当我们进行人工诱导雌核发育和多倍体育种时，能否准确地判断并把握第二次减数分裂时间是诱导试验的成败关键之一。

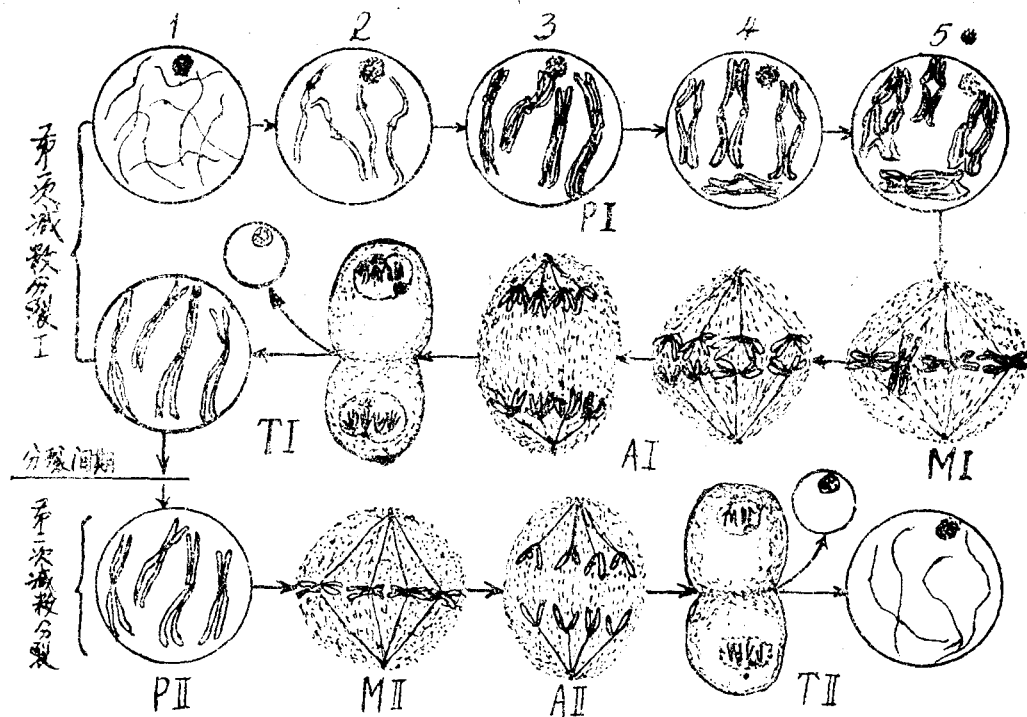


图6 减数分裂示意图

PI—前期I：1细线期，2偶线期，3粗线期；4双线期，5末期；

MI—中期I；AI—后期I；TI—末期I；

PII—前期II；MII—中期II；AII—后期II；TII—末期II。

概括起来讲，减数分裂与正常有丝分裂有这样一些区别：（1）在第一次减数分裂前期I的偶线期同源染色体配对联会，此期间进行了同源染色体的交叉和交换。在有丝分裂期间无此现象。（2）在第一、第二次减数分裂间的减数分裂间期中DNA不复制。而在有丝分裂的分裂间期中均进行着DNA复制。（3）细胞经正常有丝分裂后染色体数不减少，而经减数分裂后细胞的染色体数减半。

第六节 鱼类遗传的物质基础

现代遗传学是在孟德尔的遗传因子学说基础上建立和发展起来的。随着遗传学的发展