

大连水产学院自编讲义

# 水产生物育种学

毛连菊 编

大连水产学院养殖系

二〇〇一年五月

# 水产生物育种学

毛连菊 编

周之杭 审

大连水产学院养殖系

二零零一年五月

# 前 言

学习遗传学这门研究遗传、变异规律的科学，目的在于深入研究生物遗传、变异的原因，揭示其内在规律性，为育种工作提供理论基础和指导原理，以便按照人类的需要对水产生物进行有效的控制和改造。水产生物育种学则是以遗传学的理论为基础，研究其各种经济性状的发生、发展以及性状的遗传与变异的科学，是研究改良现有品种和创造新品种的科学。其主要任务是，创造水产生物新的高产品种，改良现有养殖种类的种质，提高其品质和生产力，研究养殖种类在人工养殖条件下遗传、变异、进化的规律，以适应我国现代化渔业的需要。

随着水产事业的迅速发展，人们在原有常规育种的基础上不断的应用高新生物技术于育种学，加速了育种进程，取得令人瞩目的成果。常规育种方法有选择育种、杂交育种、诱变育种、引种驯化、提纯复壮等。高新生物技术育种的内容则包括有雌核发育、多倍体育种、性别控制、核移植、细胞融合、细胞培养、基因工程等项新内容。无论是常规方法还是高新技术都将一一作详细介绍，相信掌握了育种方法，应用于实践，必将取得显著效果。

本教材自一九九四年出版、使用以来，水产养殖业的育种工作在各个方面都有极大的发展，因此本教材内容亟需补充与更新。除了育种的基本原理与应用技术外，注意补充我国的育种技术先进水平与科研成果，以及国外研究进展及动向，使得本教材能反映本学科领域的先进性。

编 者

2001年5月

# 目 录

前 言	
<b>第一章 育种的概念</b>	1
第一节 育种的概念	1
一、育种的概念	1
二、育种工作的内容	1
三、育种工作的任务和特点	1
四、育种工作的总目标	2
第二节 育种工作的发展及成就	4
一、我国育种工作的现状	4
二、国外育种工作的一些进展情况	6
<b>第二章 生长和发育</b>	9
第一节 生长和发育	9
一、概念	9
二、研究生长发育的方法	9
第二节 生长发育的一般规律	10
一、胚胎发育阶段	10
二、生长发育的不平衡性	10
<b>第三章 选择育种</b>	12
第一节 品种的概念及选择原理	12
一、品种的概念	12
二、选择原理	15
第二节 选择育种	17
一、选种的原则	17
二、选种的任务	18
三、选种的效果	18
四、选种的方法	19
五、选配	23
六、选择育种的应用	24
<b>第四章 杂交育种</b>	26
第一节 杂交育种的概念和原理	26
一、杂交育种的概念	26
二、杂交育种的原理	26
第二节 杂交育种的基本步骤	27
第三节 杂交育种的程序	28
一、制定育种目标	28
二、原始材料和亲本的选择	28
三、确定杂交方式	31
四、确定选择方法	36
第四节 远缘杂交	38
一、远缘杂交的概念	38
二、远缘杂交在育种上的价值	38
三、远缘杂交的特点	38

四、远缘杂交举例(鱼类)	39
第五节 杂交育种的应用	42
<b>第五章 诱变育种</b>	44
第一节 诱变育种的概念和优点	44
一、诱变育种的概念	44
二、诱变育种的优点	44
第二节 诱变育种的方法	45
一、辐射育种	45
二、化学诱变育种	50
第三节 诱变后代的选择	52
第四节 诱变育种的应用	53
<b>第六章 引种驯化</b>	54
第一节 引种	54
一、引种的概念	54
二、引种的任务和意义	54
三、引种工作的规律	55
四、引种的原则	56
五、引种的注意事项	57
第二节 驯化	59
一、驯化的概念、内容和意义	59
二、驯化的分类和标准	60
三、驯化过程的分期	61
四、驯化结果的评鉴	61
五、驯化的途径	61
六、影响驯化速度的因素	62
七、驯化下的变异	63
八、驯化的成果	63
<b>第七章 品种的提纯复壮</b>	64
第一节 品种的提纯	64
一、品种混杂的危害性	64
二、品种混杂的原因	64
三、防止品种混杂的方法	64
四、品种提纯的方法	64
第二节 品种的复壮	65
一、品种退化与复壮的概念	65
二、品种退化的严重性	65
三、品种退化的原因	66
四、品种复壮及防止退化的措施	67
<b>第八章 多倍体育种</b>	68
第一节 多倍体和多倍体育种的概念	68
第二节 多倍体产生的机制和方法	69
第三节 多倍体的鉴定	73
第四节 多倍体育种的应用	75
<b>第九章 雌核发育</b>	77
第一节 雌核发育的概念和种类	77
第二节 人工诱导雌核发育的原理和方法	78
第三节 人工诱导雌核发育的应用	80

第四节 雄核发育 .....	83
<b>第十章 性别控制</b> .....	86
第一节 性别控制的意义 .....	86
第二节 水产动物性别决定的特点 .....	87
第三节 水产动物性别控制的方法 .....	88
<b>第十一章 生物技术</b> .....	92
第一节 细胞核移植技术 .....	92
一、细胞核移植的概念和概况 .....	92
二、细胞核移植的方法 .....	93
三、细胞核移植的应用 .....	94
第二节 细胞融合技术 .....	96
一、细胞融合的概念和过程 .....	96
二、融合剂和融合方法 .....	97
三、细胞融合的筛选 .....	99
四、融合体细胞核和细胞质的变化 .....	99
五、细胞融合技术的应用 .....	100
第三节 细胞和组织培养技术 .....	101
一、植物细胞培养 .....	101
(一)紫菜单细胞和原生质体的培养 .....	101
(二)海带配子体的培养 .....	103
(三)其它海藻的细胞和组织培养 .....	104
二、动物细胞培养 .....	104
三、鱼类和其它水产动物细胞培养的意义 .....	105
第四节 基因工程 .....	106
一、目的基因 DNA 片断的获得 .....	106
二、载体的选择和加工 .....	107
三、目的基因与载体 DNA 的体外重组 .....	108
四、DNA 重组体转入受体细胞 .....	110
五、重组体克隆的筛选和鉴定 .....	111
六、外源基因的表达与表达产物的修饰 .....	112
七、转基因水产动物 .....	114
八、基因工程的应用与前景展望 .....	117
<b>第十二章 种质资源的保护</b> .....	119
一、种群大小的保护 .....	120
二、种群遗传结构的保护 .....	122
三、种质纯洁性的保护 .....	
四、种质资源的合理利用 .....	123
书中所见水产生物的名称和学名 .....	125
参考文献 .....	129

# 第一章 育种的概念

## 第一节 育种的概念

### 一、育种的概念

将已有的遗传和变异的基本理论应用于实践，通过人工选择、杂交和定向培育等手段来创造对人类有意义、有价值的新品种类型，此过程称为育种。目的是为了给生产提供优良的新品种，提高生产力，满足人民的生活需要。育种的主要内容包括新品种的选育、引种和品种驯化。在育种过程中为了迅速地为生产上提供优良的生产资料，还要及时做到良种的繁育工作，即将育成品种加以繁殖，以供生产所需。在繁殖过程中既要提高良种种性，即不走样、不混杂、不退化，又要保持每个种群具有高度的异质性，即防止种群基因库的贫乏化。

### 二、育种工作的内容

它包括有新品种的选育，选育包含两个方面的内容：选和育。选即是通过选择育种的方式选育出优质高产和具有多方面优点的新品种；育即是通过杂交育种以及其它各种育种方式育出新的品种类型，总之是在生产上不断有新品种被利用，即不断地推陈出新。育成的新品种的移植驯化工作，从一个地区到另一地区，不一定适应，驯化是逐步的，如在高寒地区锻炼抗寒性等。我国水域中优良的经济鱼类和其它优良的水产生物都有引种驯化的价值，国外的优良品种也可引种驯化。品种的长期近交会产生品种退化，自繁、自留、自用使得基因库贫乏，生活力下降，通过提纯复壮来加强品种的种性。及时为生产提供大量的优良品种即繁育，有了优良品种要扩大推广面积则要进行繁育，繁育过程中要保持种性不能走样。杂种优势的利用则要配制杂种优势强的组合，因为常规育种年限长，所以杂种优势在渔业上的利用更为重要，见效快。通常是杂交育种和杂种优势利用结合起来搞，两条腿走路，一边搞一边用，即在做杂交组合的同时，选出优势强的在生产上利用，另一方面还要在杂交后代中选出有希望的类型。

### 三、育种工作的任务和特点

育种工作的任务是利用、改造现有水生生物，创造自然界所没有的新品种，提高水产品的数量和质量。要提高现有养殖品种及驯化品种的生产性能，即要提高产量和抗逆性，增强生命力和抵抗力。根据水产养殖形式的发展，迅速育出适合于新的养殖形式的品种，如：适于网箱养殖的鱼类；适于工厂余热水体养殖的鱼类等，只要有了新的养殖形式就应迅速培育出适应于这种形式的种类。杂种优势的利用，要根据已经学习的遗传基础理论来配制。及时地做到新品种的驯化工作。除此之外，还包括对池塘养殖品种的驯化，对湖泊性，朔河性和海水鱼类的增殖，对野生资源的保护等。

#### 育种工作的特点

**潜力大** 对水生生物进行人工选择的历史，始于殷朝，直到近代才引起人们更大的注意。虽然四大家鱼，鲤鱼，罗非鱼，鲑鱼，牡蛎，对虾，紫菜，海带等方面已作了大量工作，但是空白仍然很多，大多数物种仍保持着原来的野生状态。所以水生生物的育种潜力大，任务艰巨。

**变异量大** 水生生物大部分处于野生状态，杂合性大，自然种群也大，因而变异量大。人们可以在更大范围内选优除劣，培育新品种。变异量大对育种工作大有好处，育种工作的许多环节，如辐射育种，多倍体育种，杂交育种等都是为了扩大原始品种的变异量以利选择。

**选择面大** 鱼类和许多无脊椎动物的产卵量比陆生动物大，例如 500g 重的鲤鱼可产卵 4 万多粒，2kg 重的鲤鱼可产卵 10 万多粒。鲮鱼怀卵量可达 320 万~480 万粒。数目如此巨大的卵子在受精后产生众多的后代，供选择的对象多，可提供更好的育种对象。而且被确定为选择对象的个体能大量繁衍后代，为进一步选择提供大量的材料，使选择更易奏效。

**体外受精、体外发育** 大部分水生生物在繁衍后代时均按该方式进行，这不仅有助于人工控制下的定向变异，而且有利于人工控制下的种间杂交、诱变育种、性别控制等育种手段的进行。

**性别容易改变** 许多水生无脊椎动物（如贝类）和水生脊椎动物（如鱼类）的性别发育，具有巨大的可塑性，只要认识它们的规律，细心研究，就可以控制它们的性别，产生单性后代，实行单性养殖。目前鲤鱼、罗非鱼和其它鱼类（如虹鳟、大西洋鲑、金鱼等）性别控制的研究成果已经为此展示了光明的前景。

**种间杂交的后代往往有生活力甚至可育** 许多杂交的后代不仅具有杂种优势，而且可育，水产动物的这个特点与陆生脊椎动物的种间杂交不育、甚至不能成活比起来，具有无比的优越性。育种工作可以借此培养新品种，改良原有品种，或者产生具有杂种优势的子代投入生产。

由此，水产动物（特别是鱼类）的育种，不仅可以借鉴高等动物所采用的选择育种、杂交育种和诱变育种的方法，也可以使用在高等脊椎动物所不能使用的其他方法，如性别控制、雌核发育等，前景是不可估量的。

#### 四、育种工作的总目标

随着渔业生产的发展，人们对品种的要求越来越高。既要丰产，又要稳产；既要有高的产量，又要有好的质量；既要适应本地区的自然条件，又要能适应本地区的饲养管理制度和生产技术水平。因此，育种目标是改良品种的依据，是育种工作中的最根本的问题。在育种工作进行之前，首先必须明确选育什么样的品种才可以适合当前生产上或今后生产发展的需要，这就是育种目标问题。

##### （一）育种目标的重要意义

育种目标就是根据一定地区渔业生产发展的需要，计划培育具有什么样的优良性状的品种。它是育种工作的第一步，也是最基本的一个环节，育种目标制订的正确与否，可以决定育种工作的成败。若育种目标制订不当，则后果是既浪费人力、物力、时间，又不能适应渔业生产的需要，也不能解决渔业生产上存在的问题；若制订得当，则能在较短的时间内，培育出有更高利用价值的品种。有了明确的育种目标，则育种工作也就有了根据，就可以有目的地搜集原始材料，有计划地选配亲本，确定培育方法和选择方向、选择标准，就可以提高育种效果。如果制订出明确而具体的育种目标，就是确定了主攻方向，就能力争在短期内有新的突破，就能够在育种工作上取得成功。

##### （二）制定育种目标的原则

为了制订好育种目标，须明确其内容和掌握好一些原则。

###### 1、调查研究，掌握情况

首先，调查当地的自然条件 and 生产条件。作为一个品种，其服务范围是有一定地区性的。品种必须适应当地条件（气候、水质、病虫害、饲养管理条件等，以及这方面的可能变化）才可以立足，至于以后推广面积的大小，则视其适应性的强弱来决定。因此在制定育种目标之前，应先深入生产，深入群众，周密调查研究当地自然条件 and 生产情况，了解生产上以及人民生活，工业加工方面对品种的要求，以便有针对性地提出相适应的具体性状。

其次，研究当地品种的历史和现状。了解当地的品种情况，指当地渔业生产上当前养殖的主要品种，这些品种能够在当地推广养殖较长时间，必然有适应当地条件的特点。其生态类型是反映当地自然条件和渔业生产水平对品种要求的活资料，对制订育种目标更具有现实意义。它的优点是培育新品种应该保留的性状，它的缺点就是应该改造的对象。找出当地当前养殖品种存在的问题，结合当地品种生态类型的重要优点，研究分析将要培育出的新品种应该具有哪些特征特性，才能高产稳产。如果选育出来的新品种，比起当地现有的品种，改掉了缺点，提高了优点，又能适应渔业生产发展的需要，这就是个好品种，这就符合了育种目标和要求。



## 2、抓住矛盾，分清主次

各地的自然条件很复杂，生产、生活的要求多样化，因此要求新品种所解决的问题也必然是多方面的，从来没有一个十全十美的万能品种，虽然要选育一个十全十美的品种是难以做到的，但是选育一个基本上符合育种目标和生产发展要求的品种，那是可以而且应该办到的。这就要求抓住主要矛盾，把它解决好，对于次要方面的问题，采用适当照顾的原则，只要不表现明显的缺点，则不必过分强求。一般讲，对高产、稳产影响较大的性状，就是育种的主要目标（矛盾），对高产稳产影响较小的性状，就是育种的次要目标（矛盾）。但抓主要矛盾不等于完全不顾及次要矛盾，在可能条件下应争取综合性状良好，才能保证既高产又稳产。

## 3、考虑当前，着眼今后

制订育种目标应该根据当地当前渔业实际情况，即气候、水质、饵料来源、养殖特点、病虫害情况以及对产量和质量要求等因素而定。但是由于生产条件和人民生活是不断发展和提高的，而育成一个新品种是需要一定时间的，因而育种工作不能只看到目前的需要，还要预见今后五年、十年或更长时间的生产发展水平和社会需要。也就是说，必须事先估计到品种育成时的生产水平和社会需要的特点，把这些情况考虑进去，也就是要求制订育种目标时，既要切合实际，又要有先进性。以便防止“品种育成已经无用”，落后于水产养殖形势发展的现象发生。如工厂化养鱼的品种会不同于池塘养殖品种，能利用天然饵料的品种，将来可能利用人工合成饵料等。

## 4. 强调针对，明确内容

育种目标必须针对所需解决的问题“对症下药”，同时要明确内容。就是说要把各项育种目标，具体落实到有关的特征特性上去，使之在育种工作中看得见、摸得着、切实有所遵循。不能笼统抽象地只是提出：高产、早熟、优质、抗病，那是没有任何意义的。例如早熟应规定提早生育期多少天；生态型类型是属于池塘单养、混养、工厂化密养、水库湖泊稀养等类型中的哪一种；再如肉味品质应指出蛋白质和脂肪的含量多少；抗病性是指具体抗哪一种病等多方面的具体指标。

### （三）育种目标的内容

育种目标一般要反映高产、稳产、优质、低消耗的内容，但是随着渔业现代化发展，对养殖种类的要求，也相应出现了新的内容，必须给予充分地注意，因此育种目标应包括如下几方面：

1、丰产性 随着渔业技术的不断改进和水、肥、饵料条件的不断提高，要求选育丰产潜力更高的品种。影响水产生物产量的性状是多种多样的。如：繁殖力、成活率、生长率（快速生长，缩短生产周期，且大个体比小个体上市价格高），消化吸收力（可以用饵料利用率、饵料系数、增肉速度等来推测），食物转化率（当产量是建筑在应用人工饵料基础上时，应提高食物转化率，尤其是肉食性鱼类饵料成本会占总生产成本的很大一部分），忍耐缺氧能力（如果耗氧量不高，就可高密度的饲养）。此外，体型也引起了育种工作者的重视，因为它是解决密度与个体、群体、水体空间活动范围之间矛盾的主要途径，与产量有密切关系。例如荷元鲤对提高产量水平起到了显著的作用。总之应从形态学和生理学两方面着手，改良品种的产量性状，提高品种的增产潜力。

2、抗逆性 抗逆性的内容包括较广，如病虫害、天旱、寒潮、高温，大风浪，忍耐缺氧能力，水质被污染（酸、碱、重金属毒物等）等。加强品种抗逆性的选育，是品种稳产性的重要保证，因此要求品种必须具备较强的抗逆能力，在不良环境条件下，仍能获得丰产。病菌和体内外寄生虫的危害是高产、稳产的严重威胁，每年给渔业生产造成巨大损失，因而抗病虫害育种上升为渔业育种工作的主攻方向之一。过去对于病虫害着重药剂防治，但由于长期使用药剂，有可能使病菌和寄生虫产生抗药性，又污染环境，因此抗病虫害育种就成为目前突出的一项育种目标，人们寄希望于抗病品种和免疫品种的选育。应用免疫学方法，例如接种疫苗后抗体含量可以间接测出对某种疾病的抗性。对于某个地区来说，由于特定的自然条件，某一种抗性也可能成为主要解决对象，例如在高寒山区，由于地势高，天寒水冷，选育抗寒性强的品种就是主要目标。

3、生态型与适应性 这是关系品种能否推广和推广面积大小的重要性状之一，这一点已引起广大育种工作者的高度重视。世界上推广面积很大的有名品种，都是适应性较强的品种。在制定育种目标时，应根据各种品种的不同特点，明确要培育的生态类型，如耐肥水型或耐寒型或耐

热型等，以及品种适应的区域与条件。

4、早熟性 成熟年龄是指某些种类必须在性成熟前上市，否则减低肉味、质量，并出现高死亡率。因此，在生产成体时，性成熟年龄成为一个重要的经济性状。早熟性，这包括经济成熟早和性成熟早。经济成熟早，是指很快达到食用的标准和上市标准，可缩短养殖周期，使渔业资金周转快，减少资金积压，增加纯收利润，又可扩大再生产。因此经济成熟早显然对发展渔业有利。性成熟早就是指很快达到性成熟，这对渔业育种工作显然是有好处的，因为能在较少时间里，繁殖较多的后代，有利于较快地育成新品种。

5、品质 渔业生产和人民生活水平是日益提高的，起初是追求数量多（高产），等渔业生产发展到一定高度以后，优质问题将成为重要的育种目标。其内容包括大小，外观，出肉率，肉性，肉色，肉味，身体主要物质的成份和含量的具体指标。如某种鱼的蛋白质、脂肪、无机盐以及某种氨基酸的含量（百分率）等，这样制定的育种目标就能更好地提高某些品种的营养价值，满足人民生活的要求。

6、机械化的适应性 渔业生产的机械化在我国将逐步实现，这是实现渔业现代化目标之一。育种工作者必须与渔业机械化工作紧密配合，注意选育适于机械化操作要求的水产生物新品种。例如选育适于机械化捕捞或加工的习性或体型，选育喜吃颗粒饵料的食性和习性等等的鱼类新品种，以便满足渔业机械化、工厂化和自动化的要求。

7. 回捕率和起捕率 在海水牧场中回捕率实属非常重要。可是这是一个比较复杂的性状，其关键是存活率。起捕率是指许多养殖鱼类跳跃钻泥，捕捞较为困难，因此提高起捕率也是重要的育种目标之一。目前，在鲤鱼和罗非鱼品种选育中都注意到了这一点。

## 第二节 育种工作的发展及成就

建国以来，我国水产生物遗传育种得到迅速发展，国外所采取的研究方法和育种途径，我国都基本上建立起来了并取得一定的成绩。

### 一、我国育种工作的现状

1、常规育种方面 在选育方面，我国科技人员在鱼类杂交实验中，选育出红镜鲤，洛鲤，彭泽鲫和各种各样的金鱼品种，海带经自交和定向选择已培育出一系列高产优质的海带新品种等。杂交育种成效亦显著。迄今已有明显杂种优势的杂交种均已通过鉴定并推广，如培育出丰鲤（兴国红鲤 *Cyprinus carpio* var. *singuonesis*♀ × 散鳞镜鲤 *C. carpio haematopterus*♂）、岳鲤（荷包红鲤 *C. carpio* var. *wuyuanensis*♀ × 湘江野鲤 *C. carpio*♂）、芙蓉鲤（散鳞镜鲤♀ × 兴国红鲤♂）、荷元鲤（荷包红鲤♀ × 元江鲤 *C. carpio yuankiang*♂）、柏元鲤（元江鲤♀ × 柏氏鲤 *C. pellegrini*♂），三杂交鲤〔（荷包红鲤♀ × 元江鲤♂）♀ × 镜鲤♂〕，回交鲤〔元江鲤♀ × （荷包红鲤♀ × 元江鲤♂）♂〕，颖鲤（镜鲤♀ × 鲤鲫移核鱼杂交种），福寿鱼（莫桑比克罗非鱼 *Sorothodon mossambicus*♀ × 尼罗罗非鱼 *S. niloticus*♂），奥尼鱼（尼罗罗非鱼♀ × 奥利亚罗非鱼 *S. aureus*♂），白鲫（*Carassius auratus cuvieri*）的改良种（建鲤♀ × 白鲫♂）和（鲤♀ × 白鲫♂）；在海水鱼类方面，从石斑鱼种间杂交中培育出新的杂交种“青红斑”；在牡蛎、珠母贝和蚌等贝类中，也进行了一些杂交探索，如长牡蛎（*Crassostrea gigas*）× 褶牡蛎（*C. cucullate*），长牡蛎 × 近江牡蛎（*C. rivularis*）的正反交子一代在幼虫各阶段发育较快，一般比对照组早1~2天变态附着。海藻的大量杂交实验中已培育出具有杂种优势的海带杂交种和江蓠新品种等。

2、在多倍体育种方面 我国已在这方面取了很大成绩，如用生物学方法，通过杂交产生的三倍体和四倍体，草鱼与团头鲂的杂交、草鱼与三角鲂的杂交、红鲤与镜鲤的杂交、兴国红鲤与草鱼的杂交、荷包红鲤与白鲫的杂交等，白鲫与红鲫的杂交等，其中荷包红鲤♀ × 白鲫♂的三

倍体鱼具有生产实用的前景。贝类的多倍体诱导,如在合浦珠母贝 (*Pinctada martensii*)、珠母贝 (*P. margaritifera*)、杂色鲍 (*Haliotis diversicolor*)、皱纹盘鲍 (*H. discus hannai*)、栉孔扇贝 (*Chlamys farreri*)、虾夷扇贝 (*Patinopecten yessoensis*)、海湾扇贝 (*Argopecten irradians*)和长牡蛎 (*Crassostea gigas*)等的三倍体也相继研究成功,有的已进入产业化生产阶段。至今,在我国已有十多种海洋无脊椎动物诱导三倍体获得成功,但海水鱼类多倍体育种的研究才刚刚起步,目前仅进行了黑鲷和牙鲆三倍体,真鲷三倍体和四倍体的基础性研究。

3、在雌核发育和单倍体育种方面 我国的研究起步较晚,但进展较快,已在草鱼、鲤鱼、鲫鱼等获得雌核发育鱼,又先后进行了中国对虾、日本绒螯蟹、合浦珠母贝、牡蛎、皱纹盘鲍、牙鲆的雌核发育研究。其中,培育出高产的异育银鲫和三个红鲤鱼雌核发育纯系(编号为:8305, 8413, 8418)。红鲤 8305 经生长对比实验证明,其生长速度比普通兴国红鲤快 12.68%。雌核发育是在受精卵水平上进行人工操作与加工,以获得雌核发育和雄核发育二倍体,它是快速建立纯系的有效途径,是选育新品种和新类型的宝贵材料。异育银鲫的育成及推广,标志着我国雌核发育从试验阶段进入实用阶段的开始,此居世界领先地位。海带的单倍体育种方面,我国做出了世界第一流的工作,建立了海带单倍体雌性和雄性克隆。

4、性别控制方面:我国已跃入世界先进行列,在莫桑比克罗非鱼 (*Tilapia mossambica*) 的性别控制和单性养殖中,首创“三系”(即原系,雄性纯合系,雄性转化系)的理论和实践,获得全雄罗非鱼,使群体产量平均提高 36%。尼罗罗非鱼 (*T. nilotica*)、鲤鱼、牛蛙 (*Romacatesbeiana*) 的性别控制研究也都获得成功,其中鲤鱼全雌鱼苗的生产和应用已获得极大成功,也居世界领先地位。我国以性别控制为目的的罗非鱼种间杂交,主要是尼罗罗非鱼 ♀ × 奥利亚罗非鱼 (*T. aureus*) ♂ 的杂交,所得子代即奥尼鱼,雄性比例高,显示了杂种优势。

5、在品种的提纯复壮和引种驯化方面:江西水产工作者对十分混杂的洛鲤进行了连续十年的提纯和选优,使荷包红鲤从源于绝灭的洛鲤中提纯出来,成为性状稳定的良种,并推广到全国。在克服草鱼、鲢鱼和鳙鱼的退化方面我国水产界在黑龙江、长江、珠江水系间的种内不同类群间进行了杂交,并对原种进行考察、收集和亲鱼更换的研究,同时对家鱼进行系统选育,获得良好效果。重视资源的开发利用,变野生种为家养品种,同时注意从国外引进经济水产生物,例如:从越南引进莫桑比克罗非鱼 (*Tilapia mossambica*),从朝鲜引进虹鳟 (*Salmo irideus*),从日本引进尼罗罗非鱼 (*Tilapia nilotica*)、白鲫 (*Carassius auratus cuvieri*)、长牡蛎 (*Crassostea gigas*) 和牛蛙 (*Romacatesbeiana*),从印度引进麦瑞加拉鲑鱼,从孟加拉引进唇鲃,从泰国引进露斯塔野鲮 (*Labeo rohita*)、孔明鱼、须鲃,蟾胡子鲶 (*Clarias batrachus*)、大头胡子鲶、鱼芒鲶、齐氏罗非鱼、红尼罗罗非鱼(罗非鱼的变种)和罗氏沼虾 (*Macrobrachium siwalikensis*),从埃及引进革胡子鲶 (*Catassius. leather*),从以色列引进奥利亚罗非鱼 (*T. aureus*)、桑给巴尔罗非鱼和黑边罗非鱼 (*S. nigra*),从苏联引进镜鲤和鳞鲤,从美国引进斑点叉尾鲴 (*Ictalurus punctatus*)、绿鲍 (*Haliotis fulgens*) 和海湾扇贝 (*Argopecten irradians*),从加拿大引进长腿海带,从墨西哥引进巨藻 (*Macrocystis angustifolia*),从南美洲引进白对虾 (*Penaeus setiferus*)……。外国经济水产生物的引入丰富了我国的水产资源和育种对象。在国内,也对不同水域或地区的优良养殖对象进行了广泛的引种,如海带、紫贻贝和中国对虾的南移,将太湖银鱼 (*Neosalanx taihuensis*) 引种到云南滇池、福建等,荷包红鲤在全国不少省市试养成功。另外鲃鱼类、东北银鲫 (*Carassius auratus gibelio*)、湟鱼、鲟鱼以及中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*) 等的移植也取得程度不同的经济效益,其中中华绒螯蟹的繁殖技术居世界领先地位。在驯化方面,解放以来,除对青、草、鲢、鳙进一步驯化外,还对许多其它生物进行驯化或驯养,其中团头鲂 (*Megalobrama amblycephala*) 已从野生变为家养并推广到 20 多个省市饲养;尼罗罗非鱼经海水驯化已获成功等。

6、生物技术方面 我国已做了大量的工作,已在海藻中开展原生质体的分离、融合和培养工作,并从石莼 (*Ulva pertusa kjellm*)、礁膜、海带、紫菜和鹧鸪菜等原生质体中培养出植株;其它海藻的细胞和组织培养,如,江蓠 (*Gracilaria confervoides*)、石花菜 (*Gelidium*

amansis、*G. subcostatum* 和 *G. pacifium*)、鹿角菜 (*Pelvetia wrightii*)、角叉菜 (*Chondrus crispus* 和 *C. ocellatus*) 马尾藻 (*Sargassum shantungensis*)、细弱红翎菜 (*Solieria mollis*)、蜈蚣藻 (*Grateloupia filicina*)、顶群藻 (*Acrosorium yendoii*) 等。这些研究为海藻的快速繁殖、无性繁殖和遗传育种提供了许多宝贵的资料,并对组织和细胞发育全能性进行了探讨。

在鱼类的细胞培养研究中,已建立了鲫鱼异倍体细胞系;团头鲂尾鳍细胞系;虹鳟巨噬细胞株;草鱼吻端组织细胞株、草鱼尾鳍二倍体及四倍体细胞系、草鱼肾细胞系和草鱼囊胚细胞系等,到目前为止,我国已建立的细胞株(系)有 29 个,涉及到鱼类有 11 个种,来源的组织有吻端、肾脏、卵巢、尾鳍、膘、性腺、肝脏、胚体、囊胚、原肠胚、鳍条等 11 类。其它关于虾、贝的细胞培养,如中国对虾肝胰腺细胞传代培养 28 代和上皮细胞传代培养 25 代;河蚌外套膜细胞培养,皱纹盘鲍外套膜和鳃的细胞培养等。

在细胞核移植研究中,我国首先将该技术应用于经济鱼类,获得鲤与鲫、团头鲂和草鱼的“核质杂种”。其中鲤鲫移核鱼繁衍了后代,在生产应用中初获成效。在核酸诱导方面,童第周和牛满江做了大量工作,他们将鲫鱼和鲤鱼的 mRNA 注入金鱼受精卵,使金鱼具有鲫鱼的鲤鱼的某些外部性状(如单尾鳍)和生化性状(如乳酸脱氢酶的谱型),有的性状还能遗传给后代。此外,陈宏溪等还将连续传代达 53~59 次的鲫鱼囊胚细胞的细胞核移植到同种鲫鱼的去核卵细胞中,培育出世界第一尾传代细胞的无性繁殖鲫鱼。

在基因工程方面,我国朱作言等做了极其有意义的工作,建立了鱼类转基因模型,使该领域也达到了国际先进水平,他们将外源基因如人的生长激素基因转移到多种不同鱼类如鲫鱼、银鲫、金鱼、鲤鱼(包括镜鲤和红鲤)、团头鲂、泥鳅等受精卵内,追踪了外源基因在发育过程中的行为,初步证明了外源基因整合到成体鱼的基因组中,培育出生长速度快的巨型泥鳅,还从转基因金鱼的第二代中检测出含有外源基因的个体。

交汇相融地运用多学科的知识 and 多种现代科学技术,即改进常规育种技术,并与现代生物新技术相结合的育种技术。建鲤和颖鲤为综合育种技术育出的鲤鱼新品种。

颖鲤是以鲤鲫移核鱼 F<sub>2</sub> 代为父本,散鳞镜鲤为母本,经过常规有性杂交而成的子一代杂种。其父本鲤鲫移核鱼是将荷包红鲤的囊胚细胞核移植到鲫鱼的去核卵内发育而成。因此,鲤鲫移核鱼属核质杂交的细胞工程鱼。所以颖鲤是细胞工程技术即核移植技术与常规杂交育种技术有机结合的产物。

建鲤是荷包红鲤和元江鲤杂交子一代经家系选育、系间杂交及染色体组工程(雌核发育)等综合育种新工艺、新技术,经 6 代定向选育,首次育成了遗传性状稳定的鲤鱼优良品种。

7、在遗传学基础理论研究方面 我国水产工作者已深入地揭示金鱼的遗传规律;查明我国鲤鱼鳞型和体色的遗传特点;探讨过海带叶长、叶宽、叶厚、含碘量的遗传机理;测定了鲤鱼、海带、对虾等水产生物的一些遗传参数;研究了一些水产生物的母性遗传和核、质关系;广泛地研究了我国水产经济动植物的染色体数目和核型及显带技术;还确定了一些养殖对象的性别决定机制;在生化技术指标方面,精液冷冻保存等方面都有可喜成果。

## 二、国外育种工作的一些进展情况

### 1、鱼类等水产生物的移植驯化简况

驯化 最初,各国和各地区之间动物和植物的移植驯化是随着上商品交换的发展而自发地进行的,这些移植驯化带有很大的盲目性。随着人类的文化和生产的发展,国际间联系密切和扩大,以及现代交通工具的出现,动物和植物种、品种的交流规模越来越大,引种驯化也有了飞速的发展。

鱼类、饵料生物及其它水生生物的引种驯化也从自发的个人活动转变成了有目的、有组织的社会生产活动。近几十年来,动物和植物引种驯化主要是集中在改良本地区的经济动植物区系组成方面。进行这些引种驯化的目的是提高有价值的食物或商品的产量。与此同时,鱼类、饵料生物及其它水生生物的引种驯化也逐渐引起人们重视。经济水生动植物种、品种的交流增多,引种驯化也得到了较快的发展。

在十九和二十世纪期间,欧洲总计引种驯化欧洲区系鱼类 20 种,亚洲区系鱼类 3 种,北美洲

区系鱼类 16 种，引种驯化成功率为 64%。

近二十多年来鱼类引种驯化发展更为迅速，据联合国粮农组织统计资料，仅在 1968~1972 年五年间，世界上就有二十多个国家和地区对二十六种鱼进行了引种驯化。这个时期的引种驯化具有以下特点：

(1) 随着鱼类养殖业的发展，许多国家和地区均以增加养殖对象为主要目的进行了鱼类引种驯化。这表明鱼类引种驯化的目的性发生了根本变化，已从以调整天然水域鱼类区系组成，增加鱼类资源为主转变成以发展养殖业为主。

(2) 我国的草鱼、鲢鱼、鳙鱼受到世人重视，对它们的引种驯化范围继续扩大。

(3) 罗非鱼属鱼类成了引种驯化的新对象。

从美国和加拿大两国近百年来的鱼类引种驯化统计资料，也可以看出鱼类引种驯化的进展及所取得的成绩。在近百年期间，已有 26 种海水和淡水鱼类几经引种驯化后，在美国和加拿大的海水和淡水水域中达到了驯化的最高阶段——自然化阶段。在美国新墨西哥州，加利福尼亚州等一些州的淡水鱼类区系组成中，引进种占总数的 26~57%。引进种在这些州的淡水鱼类区系的形成和淡水鱼类资源增殖方面起着重要的作用。

前苏联是世界上对经济水生动物和植物引种驯化最为重视的国家之一，其鱼类引种驯化始于十八世纪。本世纪十月革命以后，经济鱼类引种驯化工作获得了成百倍的增长，规模也越来越大。在 1948~1971 年期间，前苏联进行了 13 个科 76 种鱼类的移植驯化，向 976 个水域（包括海域，湖泊，河流，水库）进行了 1572 次移植。这个时期苏联的鱼类引种驯化工作重点仍然是改变（或改良）一些海域、湖泊、河流、水库的鱼类区系组成，增加天然水域及水库的经济鱼类资源。自六十年代以来，苏联才较多地注意了养殖鱼类的引种驯化研究。经济无脊椎动物和饵料无脊椎动物在二次世界大战以后移植 722 次，将 14 亿 2 千万个无脊椎动物投放水库，湖泊，河流及内海等水域驯化。到七十年代末至八十年代初，前苏联全国每年进行近 300 次引种，引种对象包括 43 种鱼类及 13 种水生无脊椎动物。由于进行了水生无脊椎动物引种驯化，增加了鱼类饵料生物资源，每年可增产 2.5~3 万公担鱼产量。引种驯化产生了经济效益。

现行养殖的世界性种类和品种，大都是经过移植驯化而养于各国的。当前，虹鳟、鲤、罗非鱼、草鱼、链、鳙等成为世界上主要养殖对象。我国的主要养殖对象草鱼、鲢、鳙，现在已移植到亚洲、欧洲、北美、拉美和大洋洲，南至南纬 17~18 度的斐济，北至北纬 55 度的苏联莫斯科附近等二十多个国家，其中日本于 1878 年从我国运入长江天然鱼苗，苏联从 1954 年开始移植于乌克兰等地水域中。这几种鱼类在被移植的一些国家中，如日本、苏联、印度、以色列、马来西亚等地已经形成自然群体，并且已能人工繁殖鱼苗。原产于非洲的罗非鱼也移植于亚洲、北美和欧洲等近二十个国家。虹鳟原产美国，当前被移植于加拿大、中国、日本、朝鲜、苏联等 17 个国家。另外丁鲷鱼（*Tinca tinca*）、鳗鲡（*Anguilla japonica*）、兰鳃太阳鱼（*Lepomis macrochirus*）等也被移植于几个国家。

## 2、鱼类的杂交育种情况

在鱼类杂交育种工作方面开展的工作很多，世界各国进行的种内、种间、属间、科间等杂交组合不下几百种，仅鲤科鱼类，就有 2000 多种鱼类进行了杂交实验，其中大部分的杂交工作成效不大，有的取得具有一定经济价值的杂种优势，少数育成优良品种。如大和鲤、乌克兰鳞鲤、镜鲤等。前苏联在鱼类杂交育种理论方面的研究，如鱼类染色体数目的分布规律等细胞遗传学的研究，已经取得一定成果。在远缘杂交方面的工作，开展得较广泛，也取得一定成效，其中鲟科和鲤科杂交研究较为详尽，特别是鲟鱼类杂交研究工作研究得较深透，成效也较大。

## 3、鱼类的选择育种和人工诱变情况

国外的鱼类人工选择育种工作主要在鲤鱼和鲑鳟鱼方面，前苏联应用杂交和选育方法育成抗寒力强的北方鲤鱼新品种；波兰使用选育方法在鲤鱼中育成一种蓝色鲤；美国经过 33 年的选育工作育成一种生长快、成熟早、抗病力强、耐温水和产卵多的虹鳟新品种。鱼类人工辐射育种工作尚少见，利用 X 射线处理取得鱼类雌核发育的结果。在日本利用  $Co^{60}$  的  $\gamma$  射线照射虹鳟卵子，取得大量白色鳟鱼和生长速度提高 20% 的虹鳟。在西德有人 1968 年利用  $Co^{60}$  的  $\gamma$  射线处理鲤鱼，获得一种肌间刺大为减少的鲤鱼突变种，其生长速度快 2 倍。苏联人用亚硝基乙基脒、硫酸二乙

酯、乙烯亚胺等为诱变剂，获得了具有育种价值的鲤鱼突变型。

4、其它育种手段 六十年代以来，国外从人工诱导鱼类雌核发育和诱导多倍体两个方面进行了鱼类染色体组工程研究。到目前为止，已获得了鲤科、鲑科、鲈科、鲟科等科中 20 多种鱼类的雌核发育鱼。其中鲑科和鲟科鱼类的雌核发育是具有较高的经济价值。美国应用诱导雌核发育结合性转化技术建立了草鱼全雌性纯合系。将全雌性草鱼投放天然水域区，既解决了水域中水生植物过剩问题，又控制了草鱼的数量，保持了水域生态平衡，收到了较好的社会效益。在人工诱导多倍体方面，现在已获得了虹鳟、鲑鱼、俄罗斯鲟、香鱼、蓝罗非鱼等鱼类的三倍体鱼，俄罗斯鲟、虹鳟等鱼的四倍体鱼、红点鲑的多倍体鱼。

贝类多倍体研究取得很大进展，一些关键技术也相继取得突破，推动了贝类染色体组操作技术的研究和发展，美国开展贝类多倍体研究较早，在理论和技术方面都有许多突破，牡蛎三倍体已经实现产业化。

## 第二章 生长和发育

为了有效的进行品种的选育工作，则必须对选育的对象要有充分的了解，只有了解它才能改造它。因此必须了解它的生长和发育的特点。因生物的各种性能及各种性状均是通过生长、发育体现出来的，在进行水产生物育种时，也同样必须对其生长和发育的特点加以了解。

### 第一节 生长和发育

#### 一、概念：生长和发育是两个不同的概念

生长是同化作用的积累过程，生长是生物体或细胞从小到大的过程，由细胞经分裂而数目增多，同时由细胞合成大量原生质而容量加大的过程。即机体各部分是以细胞增大和细胞分裂为基础直接的产生与自己相似的部分，是量变的过程。机体的整体和部分的生长，如大小，长短，体积，重量等，都是通过生长来实现的。生长能力是主要特征之一，是衡量经济价值和育种价值的主要指标之一。它是由遗传力来决定的。不同的种类生长的速度各有差异，有快有慢，但这种生长能力能否充分的表现出来，与它所生活的环境条件不可分隔，即使生长能力很强的种类，若生活环境太差，如营养不足，水质很差，水温过高过低和溶氧过低等都会严重影响其生长。

发育是经细胞分化的质变的过程，生物体各部分经过一系列的转变后产生与自己不相似的部分，然后再通过一系列的转变而产生与自己相似的部分，这种现象称发育。即从受精卵形成胚胎并长成为性成熟个体的过程。如鱼受精卵在适当条件下经细胞生长及分化产生各类细胞、组织和器官，形成与亲体相似的子代机体。等子代生长、发育达性成熟后，又产生性细胞，经受精又形成受精卵，以此周期反复。可见机体产生与其相似的活体，不但是以直接的生长方式来完成，而且还通过一系列的转变和分化，产生与其不相似活体的间接的方式即发育来实现的。所以说发育是以细胞分化为基础的质变的过程。

生长通常伴随着发育过程的细胞分化和形态建成。生长和发育是两种不同的生物现象，但绝不是相互毫无关系的，而是不可分割，是彼此密切相关的，是辩证统一地共存在同一有机体各个时期之中，缺一不可。生长是在发育的基础上进行的，反过来生长又促进了发育，发育是通过生长来实现的。

#### 二、研究生长发育的方法

研究生长发育即研究在个体生长发育过程中机体的形态、习性和栖息场所等问题时，多采用直接观察法，也就是说，在各个发育时期（胚胎发育期，胚后发育期等）中定期采集一定数量标本，立即用各种固定液（福尔马林、卡诺氏液、波恩氏液等）固定，然后进行一系列观察。

（一）胚胎发育期 依靠储存在卵里的养料（卵生的）或依靠母体供应的养料（胎生的）而进行发育，出现成体所具有的特殊的结构和机能细胞，如神经细胞，上皮细胞，肌细胞等，分化的细胞组成组织，组织又组成器官，器官组成系统。观察各个发育期的细胞形成数目和大小，各器官出现时间和形态变化（也可以采用活体观察法），如眼，听囊，耳石，尾芽等器官原基特征

的观察。应注意胚体尾部分节的特点，心脏原基和开始心脏博动的时问，循环系统的发育，色素的出现，特别是不同生态群鱼类杂交时。观察各器官的形态变化时，则要进行连续组织切片，然后才能进行系统观察。

(二) 胚后发育期 幼体从卵膜里孵化出来或由母体产出来以后，即进入胚后发育期。在胚后发育期，幼体不断地从环境中吸取所需要的物质，把它们同化为自身的组成成分，身体各部分在形态和机能方面继续变化，最后形成和亲代相似的个体。对各个发育时期采好标本后，用显微镜的目微尺和解剖镜下测量，幼体可用分规和卡尺测量。一般进行下列几方面的观察研究工作。

**体型测量** 一般测量全长，体长、体高、躯干部，头长、头高，尾长，吻长，眼径，眼与耳窝间距，眼后距，耳窝直径，肌节宽度等。贝类测壳长，壳高，壳宽等。

**2、主要消化器官的发育** 咽齿：数目，形态和排列情况，大小。鳃耙：数目、形状、高度和耙间距。消化管：自然位置、盘曲情况、长度等。

**3、食性** 解剖肠管，分析食物组成，与生活水体的生物组成相对照。

**4、发育阶段** 根据形态，习性来划分发育阶段。研究鱼类的生长特性，多采用机体长度和重量测定法，标本采集同上。测定鱼体的时间依鱼体发育阶段而异，一般在鱼苗养成夏花阶段每2~4天测定一次，鱼种阶段每5~7天或更长一些时间测定一次，成鱼饲养每10~15天测定一次。从理论上讲，测量时，间隔时间越短越好，但这需要消耗大量时间和劳动。分析研究鱼类生长的方式有下列几种：累积生长、绝对生长、相对生长等这些指标。

尤其是对杂交类型，可与双亲胚胎发育做对比。

(一) 无特别差异：可能产生的各种畸形无本质上的区别（胚孔不封闭，体腔水肿，心血管系统异常现象）。

(二) 特殊差异：只有杂交胚胎特有的，例如卵黄囊缩短，口腔张开，无胸鳍或成勺状形。

(三) 与双亲数量性状差异极大：如肌节数或多或少，眼变小，色素减少等。

(四) 父本和母本性状间共济障碍：如肌节，血管的发育是不相符的体节数目和脊索长度不相适应。

(五) 返祖现象，脑容量增大。

## 第二节生长发育的一般规律（鱼类）

### 一、胚胎发育阶段

个体发育分胚胎期和胚后期。胚后期在形态结构、生活习性和栖息场所都发生很大的变化。这些变化表现一定的规律性，即表现为逐渐的量变与突然的质变相交替，把这种逐渐的量变的时期叫做发育阶段，每个发育阶段只进行生长，变化较缓慢，其形态结构，生理特性，生活习性等没有质的变化。从一个阶段转变为另一阶段是在短时间内完成的，变化较突然。各个阶段所持续的时间有长有短，早期各阶段比晚期各阶段较短，如仔鱼阶段只几天，而后期的阶段可能长达数年。每个阶段的长短还受环境条件的影响，如营养不足时，阶段就拖长了。每个发育阶段要求一定的条件，如果条件不满足、不具备就停止发育。如温度过低，便停止发育以致死亡。发育阶段与体长有密切关系，但也有例外。

### 二、生长发育的不平衡性

生长发育在个体发育的各个时期发展得很不平衡。任何一种鱼，其成鱼并非是仔鱼的放大，鱼类机体的各部分形态、体重、体长和各部分比例及各组织器官的生长发育发展得很不平衡，一般规律是仔鱼、稚鱼的绝对增长量很大，相对增长量较小。幼鱼一般是生长发育旺盛时期，可塑性大，所以在选择和培育时应该从幼鱼开始，并给予优良的饲养条件使其优良性状得到充分的体现，以有利于选择及定向培育。所谓定向培育，也就是利用生长发育的特点及遗传特性，给予所



要求的条件并精细饲养，定向控制其个体发育，并适当地有意识地改变它的遗传特性，从而按着人类所需的方向变异，以获得新的品种类型，不断提高生产力。