

第四章 杂交育种



杂交

在遗传学上：只要有一对基因不同的两个个体进行交配便是杂交。

育种实践中：不同品系、品种间、种间、属间或亚科间个体间的交配。



杂交的生物学意义

1. 动摇遗传的保守性
2. 丰富遗传结构
3. 提高杂种的生活力



杂交育种是目前国内外应用最普遍、最有成效的一种育种方法

一、杂交育种的概念和原理

杂交育种 (Sexual cross breeding)：通过**人工杂交**将两个或多个品种的优良性状综合在一起，**培育**出生物新品种或新类型的方法。

目的是利用**杂种优势**，以获得在生长速度、繁殖率、抗病力、抗逆性、品质等生产性状方面比亲本更优的养殖新品种。

杂交育种概念的内涵

杂交：通过亲本基因的分离和重组，选出具有双亲优良性状的杂种后代；

自交：通过自群繁育，选出具有这种优良性状组合的纯种后代；

选择：在纯种后代中选出超过双亲并超过对照品种的定型品种。

人工杂交和自然杂交的区别

根据起源不同，杂交育种可分为自然杂交和人工杂交育种。

人工杂交能根据育种目标，正确选择亲本使亲本的优良性状最大程度地综合到杂种后代中。

杂交育种



杂交育种



杂交育种的原理



杂交育种**并不产生新基因**，而是利用现有生物资源的基因和性状重新组合，将分散于不同群体的**基因组合**在一起，建立符合人们需要的基因型和表型。

在遗传学上，杂交育种之所以能成为选育新品种最有效的方法是由于杂交可使**基因重组**，产生各种变异。

杂交育种的遗传原理

原理：

1. 基因重组综合双亲优良性状：这是杂交育种取得巨大成功的主要遗传原因。通过杂交，使分散在不同亲本中控制不同有利性状的基因重新组合在一起，形成具有不同亲本优点的后代。

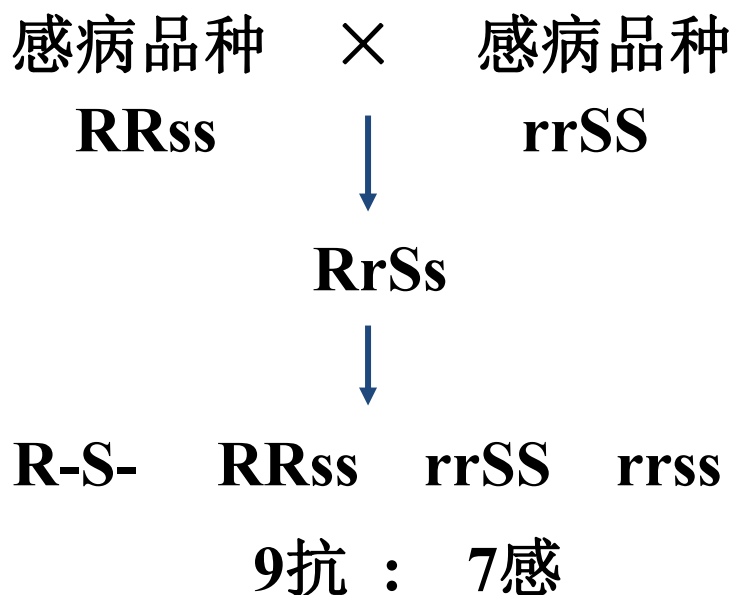
抗逆性强、肉质好、生长较慢

生长快、抗病力差



抗逆性强、肉质好、生长快

2. 基因互作产生新的性状：通过非等位基因之间的互补产生不同于双亲的新的优良性状



3. 基因积累产生超亲性状：数量遗传性状的表现是由于控制该性状基因数的增加而加强，基因重组可使控制相同性状的不同基因在后代中累加，而产生超亲现象。

举例：鲤鱼的耐寒性受W1W2W3W4基因控制

W1W2w3w4 × w1w2W3W4



W1 w1W2 w2W3 w3W4 w4

表现比双亲耐寒力强

二、杂种优势理论

杂种优势概念 (heterosis)

两个或两个以上不同遗传类型（不同基因型）的物种、品种或自交系杂交产生的**杂种第一代（F1）**，在生长优势、生活力、抗逆性、产量和品质等比其双亲具有优势的现象。

影响杂种优势的因素

- ◆ 杂交亲本双方的差异和配合力
- ◆ 亲本的纯合度

解释杂种优势的假说

◆ 显性假说 (Bruce, 1910)

多数显性基因有利于个体的生长和发育，相对的隐性基因不利于生长和发育。来自一个亲本的显性基因可以遮盖来自另一亲本的隐性基因，使得F₁中具有比亲本的显性基因组合多，从而增加了杂合子代的生长势。

P: AAbbCCDDee... × aaBBccddEE...



F₁: AaBbCcDdEe...

解释杂种优势的假说

◆ 超显性假说

又叫杂合说或等位基因异质结合说。这个假说认为，等位基因的杂合以及与其他基因之间的相互作用是产生杂种优势的根本原因。根据这个假说，等位基因间不存在显、隐性关系，基因处于杂合态的作用比纯合态的作用大，而且基因杂合的位点越多，每对等位基因间作用的差异程度越大，子一代的优势就越明显。

$$\text{P: } a_1a_1b_1b_1c_1c_1d_1d_1e_1e_1 \dots \times a_2a_2b_2b_2c_2c_2d_2d_2e_2e_2 \dots$$

$$\text{F}_1: \quad \quad \quad a_1a_2b_1b_2c_1c_2d_1d_2e_1e_2 \dots \quad \quad \text{出现杂种优势}$$

三、杂交亲本的选择

◆ 亲本选择工作的重要性

- 杂种后代性状形成的基础
- 直接影响到育种效果

杂交亲本选择的原则

1. **性状互补**，即亲本双方在形状方面所表现出来的优缺点能够互相补充，以便杂种后代按自由组合规律进行重组，产生优良杂种；（草鱼和团头鲂杂交）；
2. **双亲的生物学差异应比较显著**，尤其是地理分布、生态类型和主要性状存在明显不同；
3. **材料纯正**，品种或种群应尽可能纯正，以获得更大的杂种优势；

杂交亲本选择的原则

4. 亲本或亲本的一方要适于当地养殖：以获得适应于当地自然条件的杂种；
5. 亲本之一的主要育种目标性状要突出，而且遗传力要强，同时要考虑性状的遗传规律，正确分析亲本的性状；（抗寒荷包红鲤）；
6. 亲本选择还要注意亲本的性腺发育、年龄、体重和体质、生殖期等问题。

◆ 常用的杂交组合

- 本地品种与推广品种杂交（兴国红鲤♀ × 元江鲤♂ → 丰鲤）
- 家化品种与野生种杂交（荷包红鲤♀ × 散鳞镜鲤♂ → 荷元鲤）
- 本地野生种与外来品种杂交（荷包红鲤♀ × 湘江野鲤♂ → 岳鲤）
- 不同品系相互杂交（乌克兰鲤就是乌克兰的几个地方品系多年综合选育的结果）
- 种间杂交（如鲫♀ × 鲤♂，鲂♀ × 鮠♂）

杂交育种的方式

根据育种目标需要：为育成新品种的**育成杂交**、**级进杂交**和**综合杂交**，为杂种一代优势利用的**经济杂交**。

根据参加杂交亲本数目：**单杂交**、**三杂交**、**双杂交**；

根据亲本的亲缘关系、分类地位：**近缘杂交**（种内杂交）、**远缘杂交**（种间杂交、属间杂交和亚科间杂交等）；

四、杂交育种的方法

1、增殖杂交育种（育成杂交）

经由一次杂交，从杂种子代优良个体的累代自群交配后代中选育新品种。该育种方式可表现如下：

$$A \times B \rightarrow F_1 \rightarrow F_2 \rightarrow F_3 \rightarrow F_4 \rightarrow \dots F_n \text{（形成新品种）}$$

增值杂交实际上只采用了一次杂交，就是利用杂种的子一代繁育和培育新品种，这种只涉及一次杂交和两个群体的交配也称单交，其后代称为单交种。

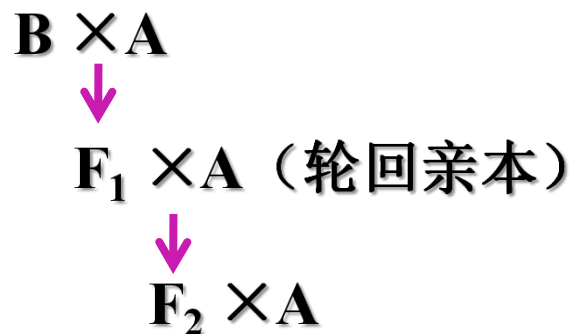
注：只有当两个群体杂交所产生的后代能综合双亲的有益性状并能作为下一代（ F_2 ）的亲本时，才可采用这种育种方法。

四、杂交育种的方法

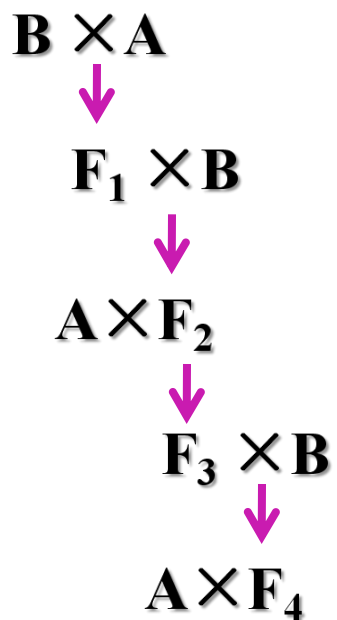
2、回交育种（级进杂交/引入杂交）

利用杂交子代与亲本之一相互交配，以加强杂种世代某一亲本性状的育种方法，称为回交育种。

例：如果育种目的是把某一群体（或种、品种）B的一个或几个经济性状引入到另一群体A中去，那么，采用回交育种是最适宜的，此方法表示如下：



回交产生的后代称为回交杂种。若要两品种的优良性状综合到一起，还可以采用交替回交。



几种金鱼回交育种

亲本	理想后代	回交	出现率(%)		
			一代	二代	三代
龙睛×虎头	虎头龙睛	三代	0.2	5	15
白龙睛×黄高头	白龙托玉	三代	0.2	5	15
彩色珍珠×花水泡	玻璃花水泡珍珠	二代	0.3	15	
彩色珍珠×彩色龙睛	彩色龙睛珍珠	二代	0.5	5	



四、杂交育种的方法

3、综合育种法

采用两种或两种以上不同的育成杂交方法来进行育种的方法。

四、杂交育种的方法

4、经济杂交

通常将产生和利用F₁代杂种优势的杂交称为经济杂交

有时，杂交子代的某些数量性状的平均值，高于两个亲本的平均值，甚至超出双亲类型的范围，这就是杂种优势。

$$\text{杂种优势率} = \frac{\text{F}_1 \text{ 表型值平均数} - \text{双亲表型值平均数}}{\text{双亲表型值平均数}} \times 100\%$$

注意事项

在进行经济杂交时，应该做好如下几项工作：

1. 确定杂种优势的杂交组合 产生杂种优势的亲本必须具备能杂交，子一代的生产性能（生长、抗病力、成活率）优于双亲的特点。
2. 用作亲本的个体种质要纯正。
3. 防止子一代（ F_1 ）与亲本种群混杂。

五、杂交育种的程序

◆ 杂交育种的2个阶段

第一阶段：杂交创新阶段

第二阶段：自繁定型阶段

六、杂交育种的具体操作

(一) 杂交前的准备工作

1. 熟悉各种鱼类的生殖习性

- (1) 鱼类本身与生殖有关的几个方面 性成熟年龄，生殖季节，卵的性质，性周期，产卵期，对卵和后代的保护等习性。
- (2) 鱼类在生殖时期对外界条件的要求 水温、光照、流速、产卵场的底质、水草、鱼巢、贝类、饲料等等。

2. 调节亲本的性成熟年龄，使亲本的生殖季节相遇。

3. 雌雄分池饲养，避免自群交配。

(二) 配子的获得 (成熟精卵的获得及人工授精的方法)

(三) 鱼卵的孵化

杂交组合对照组鱼卵的授精和孵化应在相同的条件下进行。为了比较杂交组合对照组受精卵的发育特点, 必须做活体观察

(四) 胚胎仔鱼发育特点观察

(五) 稚鱼幼鱼发育特点观察

-
- ◆ 囊胚卵的染色体观察
 - ◆ 仔鱼期染色体观察
 - ◆ 幼鱼期染色体观察

(七) 挂牌记载

(八) 杂交鱼的标志

- 拴缚法
- 剪鳍法
- 烙印法
- 皮下注射法
- 其它标志法

七、鱼类的远源杂交

1. 远源杂交的概念

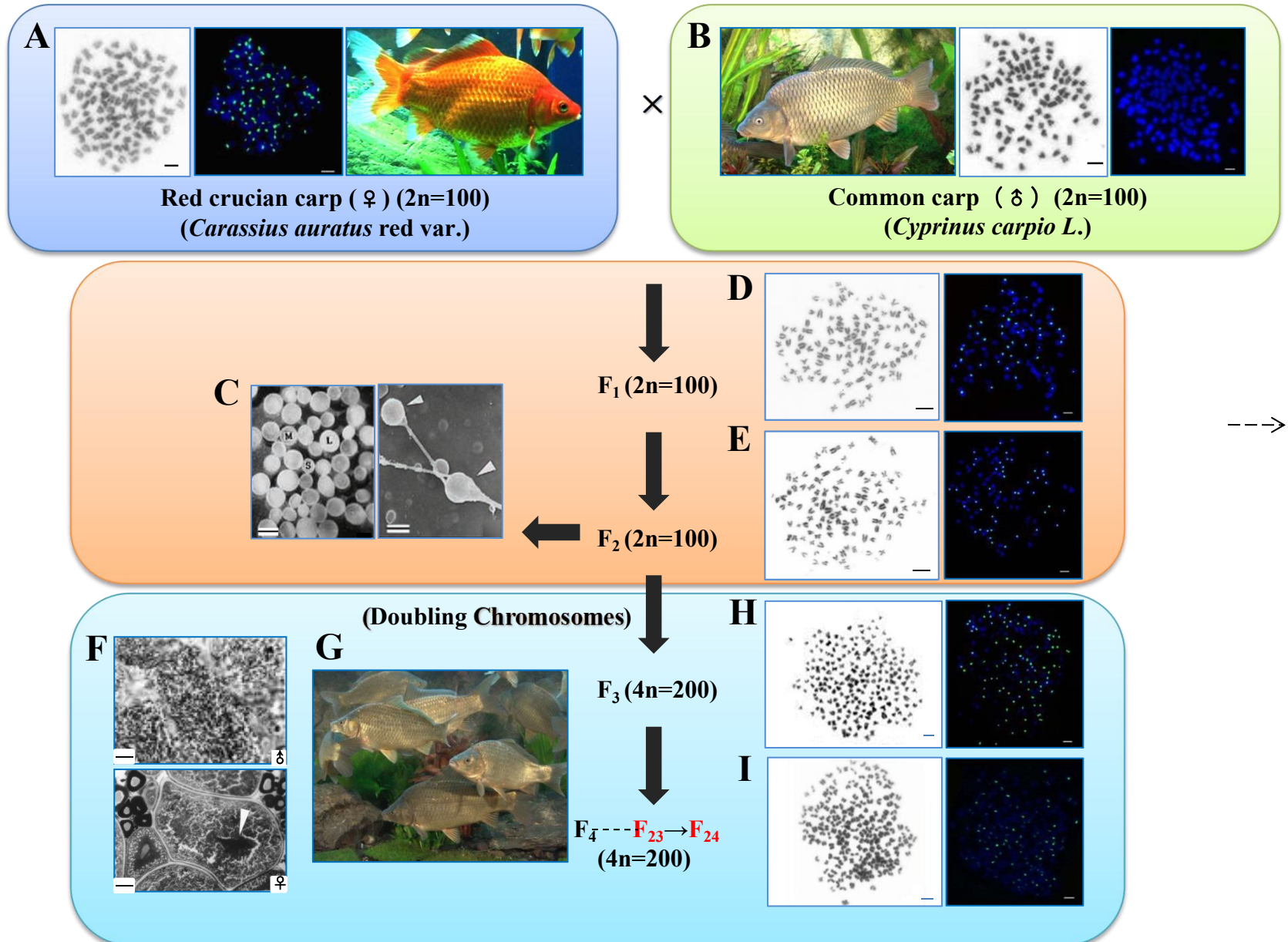
远源杂交（ **distant hybridization** ）：亲缘关系为种间及以上的物种间的杂交。

- 一般从分类学来区分的，凡种以上分类单元之间的杂交即为远缘杂交。可分为种间杂交、属间杂交、亚科间杂交和科间杂交等。

2. 远源杂交在育种上的价值

- ◆ 创造新类型 ■ 驴和马杂交产生骡
- ◆ 提高抗病性和抗逆性 野生类型与家养品种杂交
- ◆ 充分发挥杂种优势
- ◆ 促进生物进化

1) 异源四倍体鲫鲤鱼系的建立



3. 远缘杂交面临的主要困难

1) 远缘杂交的可存活性

两个种的生殖细胞由于配子隔离而不能正常受精、胚胎不能正常发育，因而不能获得有生活力的后代

2) 远缘杂交的不育性

指亲缘关系较远的生物彼此杂交所得的杂种，因其生理功能不协调、生殖系统遭受扰乱而不能繁殖后代或繁殖力很低的现象

完全能育型；部分完全能育型，单性能育型；完全不育型

3) 杂种后代的性状分离

由于来自双亲的异源染色体不能互相配对而形成大量单价染色体，在连续几个世代的配子形成过程中，随机分散到杂种后代的细胞内，形成多种多样的性状变异个体。

4. 杂交不相容的原因

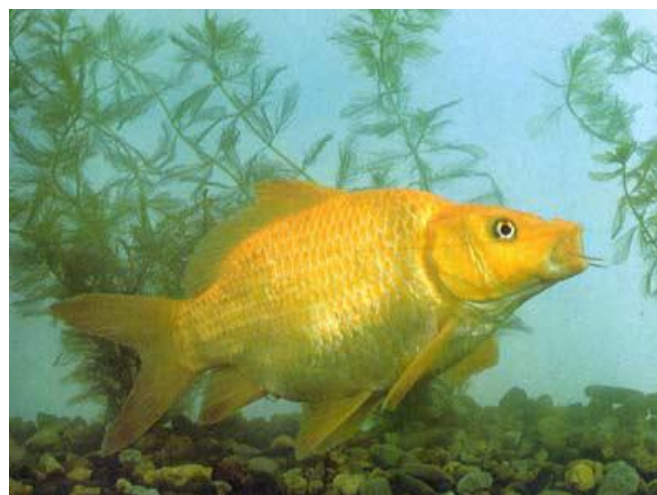
1) 双亲染色体数目或组型差别太大

双亲的染色体数目和结构不同，合子中来自双亲的染色体的等位基因之间不能协调，基因调控发生紊乱致使发育受阻。

◆ 染色体数目不同



×



基本没有过存活的二倍体杂交种

2) 酶的基因座位或表达的时空顺序不同



虹鳟

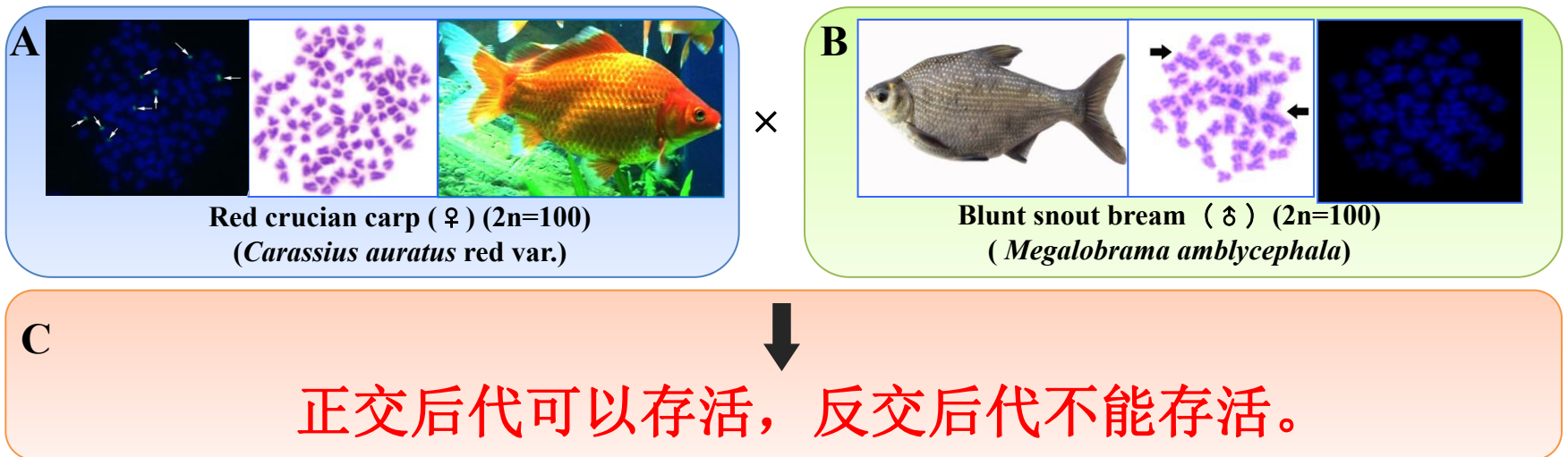
×



溪鳟

- 双亲基因表达不同步，父本的基因表达受到抑制

3) 核质不相容



解决途径

1. 适当选择和正确安排亲本

选择遗传性比较弱的类型做母本，遗传性强的类型做父本进行杂交。

2. 混精授精法

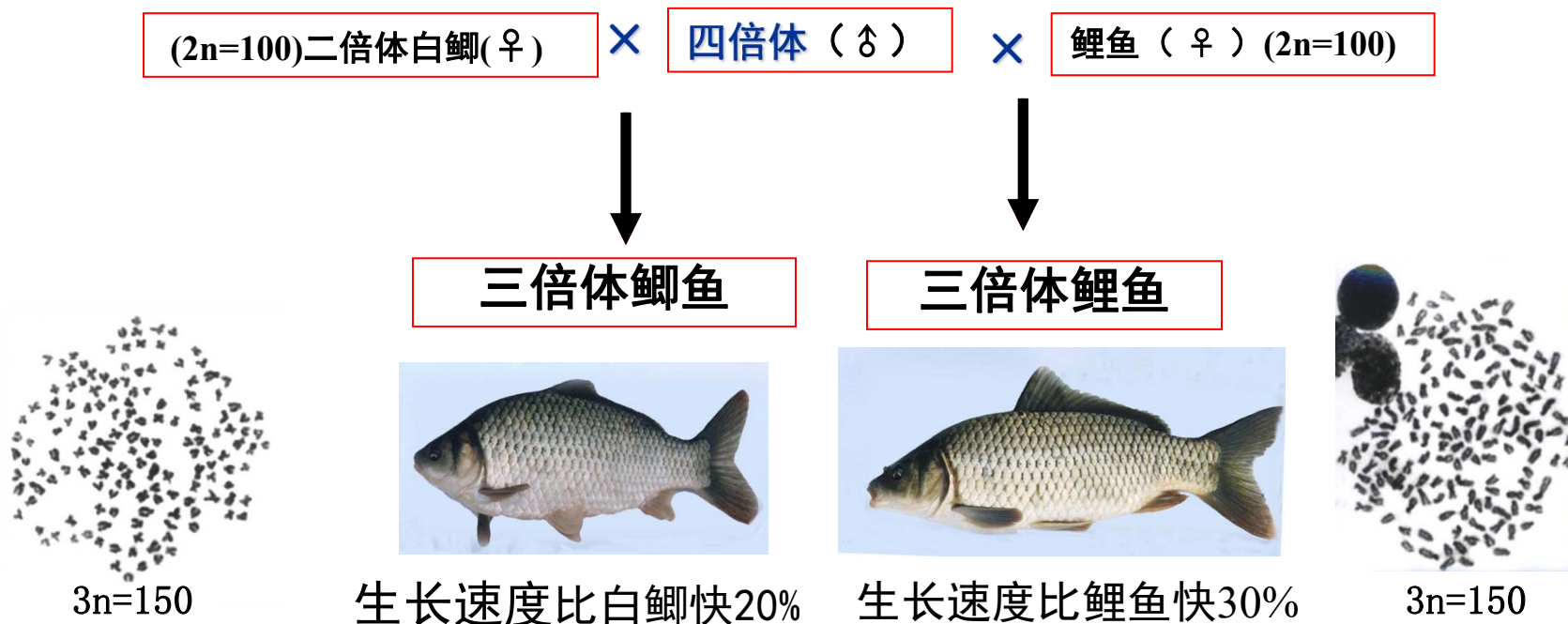
将远源精子与母本种精子（杀死）混合受精，母本种精子能促使卵子分泌相应的生物酶，引导异精受精。

3. 诱发多倍体和单性发育

5. 鱼类远缘杂交在生产上的应用

1) 生产不育三倍体鱼

湘云鲫是由日本白鲫×异源四倍体鲫鲤杂交获得的不育三倍体鱼。



5. 鱼类远缘杂交在生产上的应用

2) 生产全雄罗非鱼技术

以尼罗罗非鱼（♀）和奥利亚罗非鱼（♂）杂交生产全雄鱼为例。



- ✓ 杂食性
- ✓ 耐低氧
- ✓ 适应能力强
- ✓ 繁殖力强
- ✓ 口腔孵卵
- ✓ 不耐高低温

- 控制罗非鱼的过度繁殖；
- 发挥雄鱼生长速度比雌鱼快2-3倍的优势，以提高产量和商品质量。

3) 鲟科鱼类属间杂交



欧洲鳇
生长快，个体大，洄游性



小体鲟
性成熟早，淡水性

×



- 个体大，性成熟提前，
- 能在淡水和咸水中生活，
- 可在池塘、水库、工厂中养殖

八、杂交育种在渔业中的应用

1. 提高生长速度（方正银鲫♀×兴国红鲤♂=异域银鲫）
2. 提高抗病力
3. 提高抗逆性（福寿鱼可在-7℃正常生活）
4. 提高起捕率
5. 提高含肉率和肉质
6. 提高饵料转化率
7. 提高成活率
8. 创造新品种（金鱼都是通过杂交后选育而成）
9. 保存和发展有益的突变体
10. 抢救濒于灭绝的良种（鹤顶红金鱼）