

杂交育种

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、属间或亚种间个体间的交配。

杂交育种的意义：动摇遗传的保守性，丰富遗传结构，提高杂种的活力

杂交育种的原理：杂交育种并不产生新基因，而是对不同亲本基因和性状重新组合

杂交育种的优势：基因重组综合双亲优良性状 基因积累产生超亲性状

杂交育种的方式：增殖杂交育种（育成杂交） 回交育种（级进杂交/引入杂交）
综合育种法

杂交育种面临的困难 1、存活性；2、育性（生殖能力）；3、性状分离（后代的稳定性）

解决办法 1、适当选择和正确安排亲本；2、混精授精法；3、诱发多倍体和单性发育

平时作业（20分）

“鱼类遗传育种”有关话题作为论文范围，写一篇
不少于1000字的论文，**原创和字数**多会增加评分，抄袭一律不及格。

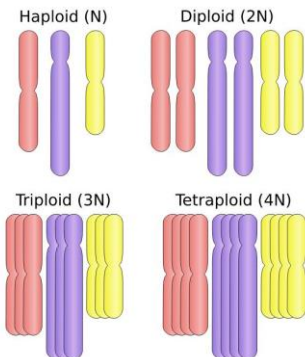
注：可针对某种育种技术和其应用前景进行讨论。

6月19号前，**学委收齐后**，打包发送到137817705@qq.com邮箱。

鱼类多倍体育种

技术及应用

多倍体的概念



多倍体：是指**体细胞**中含有三个或三个以上染色体组的个体。

?

- 一、动植物种中多倍体存在的情况？
- 二、多倍体与二倍体在有哪些差异特性？
- 三、为什么要研究多倍体育种？
- 四、多倍体的分类情况？
- 五、如何获得多倍体鱼？
- 六、多倍体鱼获得的潜在调控机制？
- 七、如何鉴定鱼类多倍体的倍性？
- 八、多倍体鱼水产养殖上的有哪些推广和应用？

一、动植物种的多倍体现象

- 一、动植物种的多倍体现象
- 二、多倍体鱼类与二倍体鱼类不同的特性
- 三、多倍体的竞争优势
- 四、多倍体的种类
- 五、诱导多倍体鱼的方法
- 六、多倍体发生的途径
- 七、鱼类多倍体的倍性鉴定
- 八、多倍体水产养殖上的应用

植物中多倍体

植物中多倍体现象普遍存在。苔藓中的多倍体约占**苔藓植物总种类的53%**，如长尖蒴灯藓(*plagiomnium medium*)是一类异源四倍体(Soltis DE et al., 1993)。蕨类植物中的多倍体频率高达**95%**(Grant V, 1981)，**裸子植物中约38%的种类为多倍体**，如北美红杉是现存的唯一一个天然六倍体针叶树($2n=6X=66$)，也是世界上生长最快的树种之一(Ahuja MR, 2005; Hair JB, 1968)，其祖先经过一轮多倍化和一次杂交形成AAB型植物，其后再次多倍化产生了现有的六倍体红杉。另外，在日本柳杉、柏树、赤松、云杉、落叶松中也有三倍体或四倍体的物种。

在被子植物中，Masterson则认为**70%的被子植物在其祖先世代中经历了一次或多次的多倍化**(Masterson J, 1994)。近来的基因组分析数据表明，**100%的被子植物是古老多倍体**(Otto SP, 2007; Bowers JE et al., 2003)。



动物中的多倍体

越来越多的证据表明动物中也存在多倍体。在**昆虫和脊椎动物中有近200个多倍体**的例子被报道 (Otto SP, 2007; Gregory TR et al., 2005)，其中还不包括在其他非脊椎动物中的多倍体类型。

动物全基因组复制假说

人类和其他陆生脊椎动物可能共有一个**360-450百万年前的鱼类祖先**，这个共同祖先包含**12条染色体的基因组** (Naruse K et al., 2004; Volff JN, 2005)。在脊椎动物进化早期，经历**两轮全基因组复制**，并通过各种**非多倍化的重排**形成现今拥有**20-30的单倍染色体**数量的物种(Woods IG et al., 2005)。

辐鳍鱼类的数量占脊椎动物总数量一半以上，该类群经历了另一轮鱼类特异的**全基因组复制** (Amores A et al., 1998; Taylor JS et al., 2001; Volff JN, 2005)。全基因组的复制为物种提供了更好的环境适应能力，对鱼类及陆生脊椎动物的演化有重要作用(Ohno S, 1970b)。

现在的物种都是通过多倍化后产生的，为什么不称之为多倍体了？

动物中的多倍体

鱼类中有些科中的所有被研究过的成员都为四倍体起源 (答瑞光, 1985)，如鲑科(Salmonidae)、白鲑科(Coregonidae)、胭脂鱼科(Catostomidae)、茴鱼科(Thymallidae)。另外，在鲈科(Siluridae)、美鲈科(Callichthyidae)、甲鲈科(Loricaridae)也存在三倍体或四倍体起源的类型。



三文鱼不是一个科学名称,这是业内商品名称的统称



价格便宜+肉色偏红+刺身厚度薄+脂肪纹理窄且很清晰+肉表面无光泽的三文鱼刺身是虹鲑的可能性更大。

三文鱼不是一种鱼而是一类鱼,通常三文鱼指的是鲑科鲑属与鲑科鳟属的鱼类,是海鱼的一种,通常有大西洋鲑、红肉虹鲑、阿拉斯加鲑鱼、大马哈鱼、驼背大马哈鱼等。

动物中的多倍体

在鲫鱼中，**银鲫**(*Carassius auratus gibelio*)可以由**雌核发育方式**繁殖, 通过核型分析发现有**染色体为156或162**的不同三倍体类型(Zhou L et al., 2002)。

而分布在洞庭水系的**鲫鱼**(*Carassius auratus*)有二倍体、三倍体($2n=3X=150$)和四倍体($2n=4X=200$)的**不同倍性群体共存**的现象(Xiao J et al., 2011),类似的情况还有我国云南滇池的高背鲫($2n=3X=162$)(罗建仁, 1991)。



银鲫

动物中的多倍体

爬行类动物中的多倍体均为三倍体,且为**孤雌生殖的后代**(李树深, 1992)。如**白齿蜥科**(*Teiidae*)的**方斑鞭尾蜥**(*Cnemidophorus neomexicanus*)、**单性鞭尾蜥**(*C. uniparens*)、**血色鞭尾蜥**(*C. exsanguis*)($2n=3X=69$), 主要分布在中美洲地区。**壁虎科**(*Gekkonidae*)中则有地蜥虎(*Gehyra variegata ogasauarisimae*, $2n=3X=63$)、锯缘蜥虎(*Hemidodactylus garnotii*, $2n=3X=70$)、异背蜥虎(*Heteronotia binoei*, $2n=3X=63$), 产于日本、澳大利亚等地。**鬣蜥科**(*Agamidae*)中有蜡皮蜥(*Leiolepis belliana*, $2n=3X=54$)和三倍蜡皮蜥(*L. tripoida*, $2n=3X=54$)两种, 分布在马来西亚。



动物中的多倍体

鲤科(*Cyprinidae*)鱼类中不少类群的形成与多倍化有关(管瑞光, 1985)。在鲤属、鲫属和鲃鱼属中的许多种类是明显的四倍体($2n=4X=100$)。而裂腹鱼亚科中的裂腹鱼(*Schizothorax* sp.)、昆明裂腹鱼(*S. grahami*)和大理裂腹鱼(*S. daliensis*)都是六倍体($2n=6X=148$)。鲴科(*Cobitidae*)中, 已知泥鳅属中的 *Misgurnus fossilis* 是一个四倍体种($2n=4X=100$), 在泥鳅 *Misgurnus anguillicaudatus* (Abbas K et al., 2009)、沙鳅 *Cobitis taenia* 和 *C. elongatoides* (Ráb P et al., 2000; Boroń A et al., 2000)中也发现有**天然多倍体与二倍体共存的现象**。



动物中的多倍体

在**两栖类**中, 有尾类的巴西的角蛙科动物 *Ceratophrys dorsata* ($2n=8X=104$)和阿根廷的 *C. ornata* 都是**八倍体**。**六倍体**的物种有乌干达的 *Xenopus ruwenzoriensis* ($2n=6X=108$)。非洲的爪蟾 *Xenopus vastitus* ($2n=4X=72$)和美洲雨蛙 *Hyla versicolor* ($2n=4X=48$)等都是**四倍体**。

我国新疆的**螺螄蛤** *Bufo viridis* 中也有一个四倍体类型($2n=4X=44$)。无尾类中**三倍体**很少, 北美的 *Rana esculenta* 是一例($2n=3X=39$)。有尾目的几种钝口螈(李树深, 1991), 如 *Ambystoma platineum*、*A. tremblayi*、*A. texanum* 等都是**三倍体雌核发生种类**($2n=3X=42$)。而 *Siren lacertima* ($2n=4X=52$)和 *Pseudobranchius striatus* ($2n=4X=64$)为**两性生殖的四倍体**。



动物中的多倍体

在**鸟类**, **哺乳类**中未见有多倍体(Comai L, 2005)。有学者认为金黄仓鼠(*Mesocricetus auratus*)是多倍体物种, 但现已被证明是一种假四倍体(李树深, 1980)。小鸡胚胎中, 有0.9%的三倍体或四倍体, 然而在**哺乳类和鸟类中的倍性的改变是致死的, 在发育早期就会死亡**(Otto SP, 2007)。



- 一、动植物种的多倍体现象
- **二、多倍体鱼类与二倍体鱼类不同的特性**
- 三、多倍体的竞争优势
- 四、多倍体的种类
- 五、诱导多倍体鱼的方法
- 六、多倍体发生的途径
- 七、鱼类多倍体的倍性鉴定
- 八、多倍体鱼水产养殖上的应用

二、多倍体鱼类与二倍体鱼类不同的特性

部分多倍体表现出：生长快、个体大、性腺发育异常、寿命延长和遗传特性改变等。

- 可概括为：
- 1) 巨型性：细胞容积大于二倍体，因此个体较大；
- 2) 速生性：生长快，提前达到商品鱼的规格（营养体的生理性旺盛，不能等同于发育快）。

- 3) **增强抗逆性：**一般多倍体鱼的抗病性、耐寒性比相同的二倍体鱼类要强。
- 4) **生理生化方面的变化明显：**用药物处理，经过诱变所得的异源多倍体的**蛋白质含量显著提高**。
- 当然也存在着一些不足：如某些种类制种和大批量生产有难度，规模化生产的成本问题等。

- 一、动植物种的多倍体现象
- 二、多倍体鱼类与二倍体鱼类不同的特性
- **三、多倍体的竞争优势**
- 四、多倍体的种类
- 五、诱导多倍体鱼的方法
- 六、多倍体发生的途径
- 七、鱼类多倍体的倍性鉴定
- 八、多倍体鱼水产养殖上的应用

三、多倍体的竞争优势

多倍体的竞争优势
在短时间内，多倍体化可以增强超亲分离，**增加物种活力**。

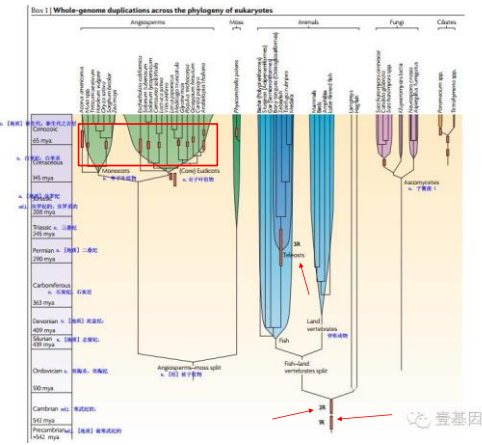
减少物种灭绝的风险

基因组复制可以减少物种灭绝的风险，这主要通过以下几种方式实现：功能冗余、突变稳定性、增加进化和适应性能力。

增加新的可能

在适应性进化过程中，杂种优势、快速基因组和表现遗传加速了物种对极端环境的快速适应。在异源多倍体与同源多倍体中，**杂合度的增加可以引发物种基因和调控表达的变化，增加物种对环境的适应能力**，WGD后的快速基因组和表现遗传变化同样可以增加变异和超亲性状。相关的研究表明，多倍体植物对环境具有更大的耐受能力。

表明**多倍体植物比二倍体植物具有更好的环境适应性**。尽管多倍化可能伴随着更多的**劣势或毒害**，但为物种的**环境适应性**提供了新的可能。



增加物种多样性

1、互补基因的丢失

物种间拷贝数的变异逐渐促使物种分化，物种基因间不同的分化频率及RNA特异性表达，促使物种发生基因组复制进而**导致物种的潜在分化**。

2、亚功能化

其他事件也可能导致物种的分化。一个基因的多个拷贝也可以在不同物种、不同组织、不同生长发育阶段差异性表达。当物种存在地理隔离，两个物种间同一个拷贝的基因可能发生亚功能化，不同物种间的直系同源基因进而进化为不同的功能。因此，物种**亚基间的系列特异性可以加速物种的分化**。

三、创新性进化

1、基因组复制促进基因保留

更复杂系统发展的前提是产生更多的**基因调节因子**，而基因组复制可以为这种前提提供可能。

2、增加物种的复杂性

目前，尚不清楚多倍体化是否为被子植物和脊椎动物具有新生机的起因。但全基因组复制事件为**物种进化提供了原始资源**，这并不意味着它们诱发了物种的多样性。基因组复制事件的意义尽管在当下并不是直接体现出来，但却是物种适应性进化的前提。

- 一、动植物物种的多倍体现象
- 二、多倍体鱼类与二倍体鱼类不同的特性
- 三、多倍体的竞争优势
- **四、多倍体的种类**
- 五、诱导多倍体鱼的方法
- 六、多倍体发生的途径
- 七、鱼类多倍体的倍性鉴定
- 八、多倍体鱼水产养殖上的应用

四、多倍体的种类

- 1、根据**产生方法**：天然多倍体，人工多倍体。
- 2、根据**染色体组来源**：同源多倍体，异源多倍体
- 3、根据**染色体组数目**：奇数多倍体（三、五、七倍体等），偶数多倍体（四、六、八倍体等）

- （同源多倍体：各染色体组的内容相同，来自同一物种（AA）→（AAAA），同源多倍体与原来的二倍体具有相同的遗传物质，只是在数量方面加倍罢了；

异源多倍体：染色体组内容不相同，来自不同物种

(AA) × (BB) → (AABB) 也称双二倍体。

(AA) × (BB) → (AB) + (AB)

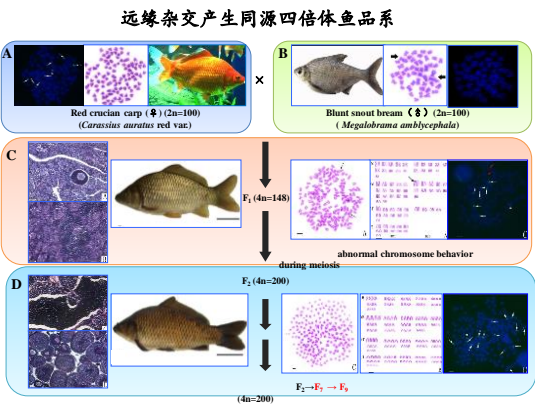
- 异源四倍体是可育的，而不加倍的（AB）可能是杂种不育。

- 一、动植物物种的多倍体现象
- 二、多倍体鱼类与二倍体鱼类不同的特性
- 三、多倍体的竞争优势
- 四、多倍体的种类
- **五、诱导多倍体鱼的方法**
- 六、多倍体发生的途径
- 七、鱼类多倍体的倍性鉴定
- 八、多倍体鱼水产养殖上的应用

五、诱导多倍体鱼的方法

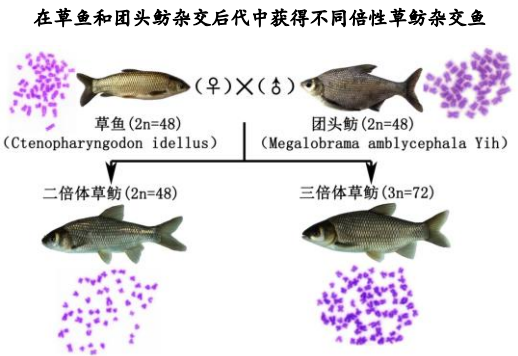
- 1、生物学方法
- 2、物理学方法
- 3、化学方法

- 鱼类的远缘杂交可能产生单倍体、二倍体和多倍体(Chevassus 1983)。
- 用雌性草鱼(2n=48)与雄性三角鲂(2n=48)杂交，获得子一代染色体数目为72的草鲂杂种三倍体(刘思阳 1987)。



1 生物学方法

- 远缘杂交、核移植及细胞融合是采用生物学方法诱导鱼类多倍体的有效途径。
- Marian等(1978)最早发现草鱼♀×鳊♂之间的杂种是异源三倍体；
- Beck(1980)发现F₁中具有二套母本染色体和一套父本染色体。

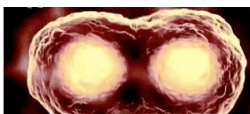


另外两种方法：

- 核移植诱导鱼类多倍体技术仍处于实验阶段，将多倍体细胞核移植到去细胞核的胚胎中。
- 用四倍体的草鱼培养细胞的细胞核作为供体移植到泥鳅的去核卵内，获得心跳期的四倍体胚胎，该技术的成熟很可能成为诱导四倍体鱼类的有效途径之一。



- **细胞融合**主要诱导鱼类囊胚细胞与囊胚细胞、囊胚细胞与未受精卵、囊胚细胞与受精卵或者受精卵与受精卵之间的细胞融合，胚胎发育早期阶段，将两个或者多个细胞利用诱导的方式，融合成为一个细胞的过程。
- 但由于细胞内染色体发生重排，实际得到是含各种不同数量染色体的鱼类细胞群。
- 但利用这一技术可以探索改良品种的可能性。



机制

- **物理学方法机制**主要是通过**破坏微管形成**，使由微管蛋白聚合成的微管解体或阻止微管的聚合过程，使染色体失去移动的动力，人为抑制染色体向两极移动，形成多倍体细胞。

2 物理学方法

主要包括

- 温度休克法
- 静水压法，
- 电休克法。

- 温度休克法即用**略高于或略低于致死温度的冷或热休克来诱导三倍体**(抑制第二极体排放)或四倍体(抑制第一次卵裂)的方法。
- 根据处理温度的高低分为**热休克法**和**冷休克法**。
- 一般冷水性鱼类如鲑科鱼类，通常用热休克，温度范围为28°C~36°C；
- 温水性鱼类可以用热休克，也可用冷休克，温度范围为0°C~10°C左右。

进行温度处理几个重要因素：

1、处理的开始时间

2、持续时间以及温度高低

3、鱼类温度休克敏感性的差异除了遗传背景外，还与**卵子成熟度**有关。

- 日本学者1943年将受精后**10分钟**的鲤鱼卵用**0.5—3°C**处理10—30分钟可获得三倍体；
- 美国Valenti(1975)对奥里亚罗非鱼的受精卵进行冷休克处理，获得三倍体鱼。方法是将在排卵的雌鱼捕出进行人工挤卵，加入精液，受精后**14分钟**后在**11°C**水温下处理1小时，再转入**32°C**条件下孵化成鱼苗，多倍体获得率为75%。
- 美洲红点鲑卵受精后**15min**用**28°C**高温热休克处理10min，可诱导出100%的三倍体，孵化率42%。
- 日本山口县外海水产试验场在水温**15°C**条件处理牙鲆受精卵**4min**，诱导出100%的三倍体牙鲆。



- 水生所将受精后3分钟的鲤鱼卵用0—1.5℃的水温处理30分钟获得20—25%的三倍体。



- 草鱼与团头鲂杂种受精卵在有受精后5分钟在0—2℃下进行冷处理20分钟，获得57%的三倍体，还有14%的四倍体。



- 如果从受精后44分钟开始处理，持续时间26—34分钟，四倍体获得率为30—40%。
- 草鱼卵用相同的方法处理可获得30%左右的三倍体。



- Streisinger等(1981)用静水压阻止第二极体排出，同时用乙醚阻止受精卵的第一次有丝分裂，从而产生纯合二倍体雌核发育斑马鱼。
- 桂建芳等(1990)采用静水压处理获得了批量三倍体和少数四倍体彩鲫。

- 2.2 静水压法 (637-650kg/cm²)
抑制第二极体的排出或者抑制第一次卵裂。
- 该方法最佳条件易于掌握，处理程序易于标准化，对受精卵的损伤小，处理3~5min，诱导率高(一般在90%~100%)。
- 但需专门的设备如水压机等，同时样品室容量有限，不适宜大规模生产。

2.3 电休克

Teskeredjic等用电休克方法获得了三倍体银大麻哈鱼。采用10V的交流电(AC)处理受精40min后的银大麻哈鱼受精卵，获得了100%的三倍体鱼。

设备需定做，对胚胎损伤大，不适合大规模生产



- 2.3 化学方法 所采用的化学药品主要有
- 秋水仙素
- 细胞松弛素B(CB)
- 聚乙二醇(PEG)
- 6-二甲基氨基嘌呤(6-DMAP)。

这些化学药物对染色体的运动并无影响，主要通过阻止分裂沟的形成、抑制细胞质的分裂、阻止极体的释放而形成多倍体。

- 秋水仙素能阻止有丝分裂细胞中纺锤的形成，使已经纵裂了的染色体不能分向两极，当药物消失后，恢复常态，受精卵重新进行正常分裂，但此时细胞内染色体数目却因此而增加了，从而形成一个染色体加倍的重组核。

- 用0.01%秋水仙素浸泡处于第一次卵裂前的溪红点鲑*Salvelinus poutinatis*受精卵产生了多倍体以及多倍体与二倍体的嵌合体。
- 水生生物所(1976)也曾用50—100ppm秋水仙素处理草鱼♀×团头鲂♂杂种（2-4细胞期胚胎）受精卵20分钟，获得一定比例的三倍体和四倍体。

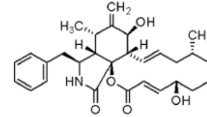
0.02%秋水仙素处理鱼卵1小时可全部杀死鲤鱼卵。

用秋水仙素处理容易形成嵌合体且成活率较低，人们常用秋水仙碱与种间杂交相结合诱导异源多倍体。

- 用浓度10mg/L的细胞松弛素B(溶解于2.5%DMSO)处理大西洋鲑*Salmo salar*的受精卵获得二倍体、三倍体和四倍体的嵌合体，但以三倍体为主。
- Refstire(1981)用浓度为1μg/mL CB溶液(0.1%DMSO)处理虹鳟受精卵30~40h直至4胞期，也获得了多倍体与三倍体的嵌合体，但以四倍体为主。
- 尽管细胞松弛素B的诱导效果较好，但因是**致癌剂**，影响了它的使用推广。

- **6-二甲基氨基嘌呤(6-DMAP)**自1993年开始广泛应用于诱导贝类多倍体，其低毒、高效、价格便宜，但目前还没有用来诱导鱼类多倍体的报道。
- 化学药品一般**较贵**，而且有**毒性**，诱导的多倍体往往是嵌合体，不如温度休克与静水压处理诱导鱼类多倍体使用普遍。

- **细胞松弛素B**是一种细菌的代谢产物，细胞松弛素B法(简称CB法)它能抑制肌动蛋白聚合成微丝，**干扰细胞分裂**从而产生多倍体。这一方法应用也较广，但**细胞松弛素B法易产生镶嵌体和畸形胎**。



- **聚乙二醇**是一种常见的细胞融合剂，Ueda等(1986)用聚乙二醇处理虹鳟的精子，然后让其与卵子受精，三倍体虹鳟胚胎获得率为40%。



- 一、动植物种的多倍体现象
- 二、多倍体鱼类与二倍体鱼类不同的特性
- 三、多倍体的竞争优势
- 四、多倍体的种类
- 五、诱导多倍体鱼的方法
- **六、多倍体发生的途径**
- 七、鱼类多倍体的倍性鉴定
- 八、多倍体鱼水产养殖上的应用

六、多倍体发生的途径

多倍体生物广泛存在,其发生主要有3种途径:

- 1. 染色体加倍
- 2. 不减数配子的形成及融合
- 3. 多精受精

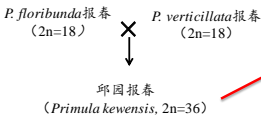
(Otto SP et al., 2000; Ramsey J et al., 1998)。

1、染色体加倍

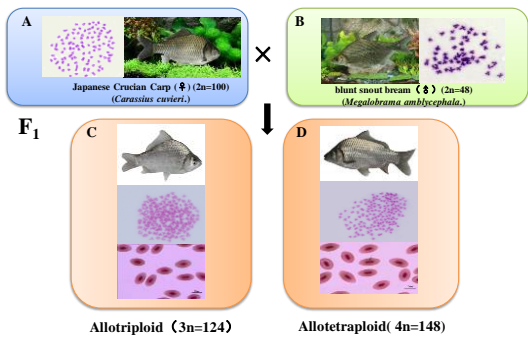
染色体加倍,与细胞有丝分裂失败相关,在动植物中都可以发生。其可能发生在植物合子期、幼胚期或分生组织中,最终导致多倍体组织形成或少数多倍体植株的产生(Ramsey J et al., 1998; Soltis DE et al., 2003)。

最经典的是**报春花属**的四倍体物种秋园报春*P. kewensis*, 由*P. floribunda*与*P. verticillata*杂交产生的不育 F_1 代植株上一个染色体加倍的四倍体分枝发展而来(Newton WCF et al., 1929)。

另外, 拉马克月见草中自然出现的四倍体是通过合子染色体加倍产生的 (Gate RR, 1909)。



而在**动物**中, 红鲫、白鲫 (*Carassius auratus* red var., 2n=100)与圆头鲂 (*Megalobrama amblycephala*, 2n=48) 亚科间进行远缘杂交, 在 F_1 中**部分受精卵的第一次有丝分裂被抑制**, 导致**染色体加倍**, 产生了**四倍体杂交类型**(Liu SJ et al., 2007b; Liu SJ, 2010a)。

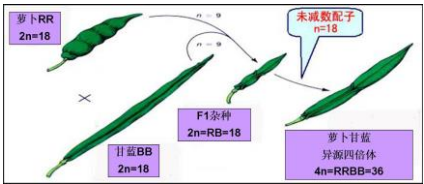


2、不减数配子的形成及融合

由**不减数配子融合或其与减数配子结合产生多倍体**,是**植物中多倍体发生最主要的途径**(Otto SP et al., 2000)。如萝卜 (*Raphanus sativa*, 2n=18)与甘蓝 (*Brassica oleracea*, 2n=18)杂交后在 F_2 代中能形成异源四倍体**萝卜甘蓝**(2n=4X=36), 是由于其 F_1 代中少数生殖细胞能产生不减数配子(Karpechenko GD, 1927)。同源四倍体果园草 *Dactylis glomerata*, 异源四倍体的婆罗门参属植物 *Tragopogon*也都是这种途径产生的(Soltis DE et al., 2003)。



不减数配子形成及融合形成多倍体

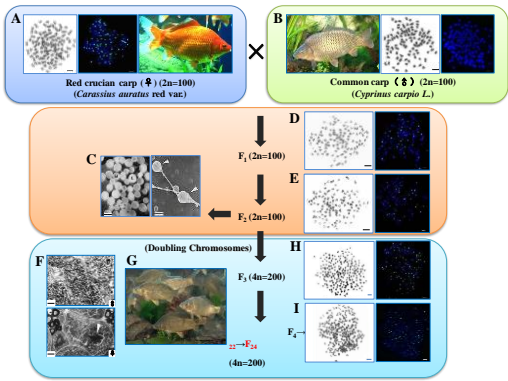


异源四倍体萝卜甘蓝的形成

在**动物**中, 远缘杂交的后代具有产生不减数配子的繁殖特性。在雌性红鲫(2n=100)和雄性湘江野鲤(2n=100)属间远缘杂交 F_2 (2n=100)代中, 发现了能产生不减数配子的个体, 并成功在其 F_3 代中制备出两性可育异源四倍体鲫鲤(4n=200, 或2n=4X=200)。通过四倍体鲫鲤产生的二倍体卵子进一步制备的雌核发育二倍体鲫鲤体系, **具有能稳定产生二倍体卵子的生殖特性**。

这种不减数配子的形成与生殖细胞减数分裂前的行为相关, 推测卵(精)原细胞在分裂前进行了**生殖细胞的融合或核内复制或核内有丝分裂**有关, 生殖细胞的染色体加倍后再进行正常减数分裂, 从而产生不减数配子。

异源四倍体鲫鲤品系的形成



3 多精受精产生多倍体

多精受精, 即2个或多个精子同时进入一个卵细胞的受精方式 (Ramsey J et al., 1998)。多精受精介导了一些兰科植物中多倍体的形成, 人类三倍体胚胎的出现也多与此有关 (Otto SP et al., 2000)。然而这并不是产生多倍体的普遍方式。

杂交促进多倍体发生

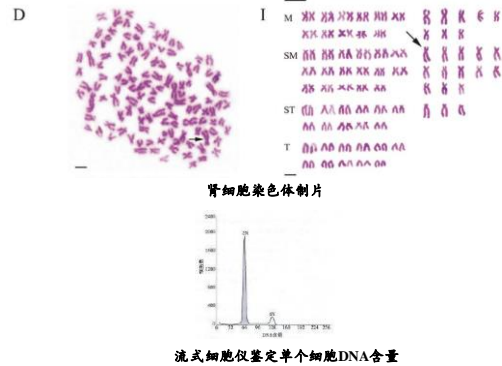
在生物体演化进程中, 物种间的杂交与基因渐渗是一种规律发生事件, 其推动了物种形成与进化。杂交不仅是推动物种形成的催化剂, 同时也在生命大爆发中起主导作用, 若杂交生物体后代细胞染色体加倍则可以成为异源多倍体另外, 杂交二倍生物体在减数分裂时染色体配对出现异常, 从而在较大程度上通过产生不减数配子来解决这个问题。生物体不减数配子的形成与融合加快了杂交世系中多倍体发生的速率。近期研究表明, 全基因组复制有利于生物体的进化。因此杂交, 特别是远缘杂交是生物体多倍化发生并伴随出现基因组复制的一个重要原因。

- 一、动植物种的多倍体现象
- 二、多倍体鱼类与二倍体鱼类不同的特性
- 三、多倍体的竞争优势
- 四、多倍体的种类
- 五、诱导多倍体鱼的方法
- 六、多倍体发生的途径
- 七、鱼类多倍体的倍性鉴定
- 八、多倍体鱼水产养殖上的应用

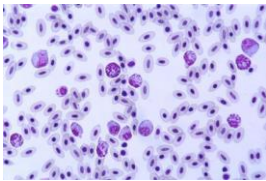
七、鱼类多倍体的倍性鉴定

- 诱导形成的鱼类多倍体需要进行染色体倍性的测定。
- 测定的方法主要分为两种:
- 直接方法: 染色体计数和DNA含量测定等。
- 间接方法: 细胞测量、蛋白质电泳、生化分析和形态学检查等。

- 直接方法: 染色体计数和DNA含量测定等。



- 多倍体鱼具有**体型**较大的特点，如鳞片、体长、体高、鱼鳍以及红血球核特别大，从外形上也可辨别其可能是多倍体。
- 检查不育远缘杂种的**可育性**，如果可育，说明染色体已加倍。
- 刚孵化出的仔鱼则用**红血球核体积和核面积测量计算**测定较为合适；



血紅細胞涂片

八、多倍体鱼水产养殖上的应用

1 控制过度繁殖

湖泊等一些养殖水域，需要合理的放养种群及密度，以维持良好的生态环境。为了有效控制某一种群的过度增生，避免造成对环境的破坏，采用放养不育的**三倍体鱼类**可解决这一问题。

2 提高生长速度

原理：利用**三倍体鱼的不育性**，使原来用于性腺发育的能量被用作体细胞的生长，因而成体**三倍体的生长速度普遍超过二倍体**。

- 三倍体**泥鳅**最初2个月生长速度和二倍体一样，但4~5月龄后生长速度超过二倍体的20%~30%(Kim等，1994)；
- 三倍体**斑点叉尾**在2月和4月龄时与二倍体生长速度差不多，13月龄后生长速度比二倍体快15%左右(Wolters等，1982)。具有极好的潜在经济价值。



- 一、动植物种的多倍体现象
- 二、多倍体鱼类与二倍体鱼类不同的特性
- 三、多倍体的竞争优势
- 四、多倍体的种类
- 五、诱导多倍体鱼的方法
- 六、多倍体发生的途径
- 七、鱼类多倍体的倍性鉴定
- **八、多倍体鱼水产养殖上的应用**

- 如**草鱼**虽可控制杂草的生长，但草鱼的天然繁殖能力强，易造成对水生植物的毁坏，用人工诱导的方法产生具有消耗杂草能力的不育三倍体草鱼乃是很有有效的途径之一。

• 亚洲鲤鱼侵占美国五大湖



3 延长鱼类寿命

一些鱼类在繁殖期间会遭受损失甚至全部死亡，如**大麻哈鱼**产卵后通常死亡，**虹鳟**在缺乏产卵支流的湖泊中会有很高的死亡率。三倍体鱼类因性腺不能充分发育，避开繁殖期，从而避免了繁殖期死亡。

- 此外，一些研究者认为，**三倍体鱼类的口感及出肉率较高**，如虹鳟三倍体的口感明显优于二倍体(张涌泉，1989)。

