



本章重点

1. 细胞的结构与功能。
- * 2. 染色体的形态特征和数目。
- * 3. 细胞的有丝分裂、减数分裂。
4. 配子的形成和受精。
5. 低等植物和高等植物的生活周期。

第二章 遗传的细胞学基础



一、原核细胞

1. 细胞组成:

细胞壁: 蛋白聚糖等;
 细胞膜: 磷脂、蛋白质等;
 细胞质: 核糖体等;
 核区: DNA、RNA等;



原核细胞的结构 (Russell, 2000)

2. 原核生物:

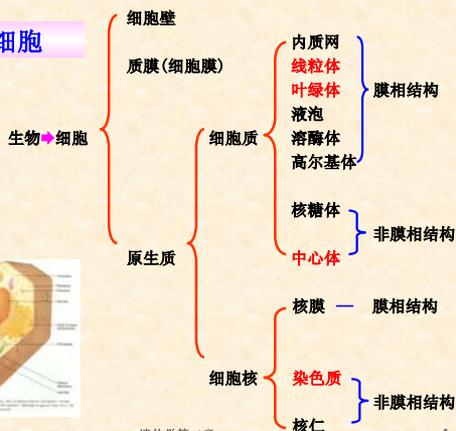
各种细菌、蓝藻等低等生物
 由原核细胞构成, 统称为原核生物 (prokaryote)。



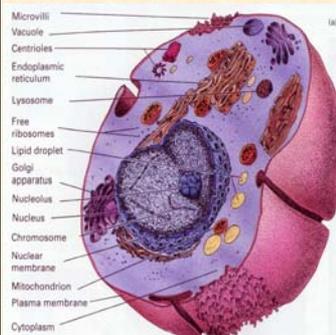
第一节 细胞的结构和功能



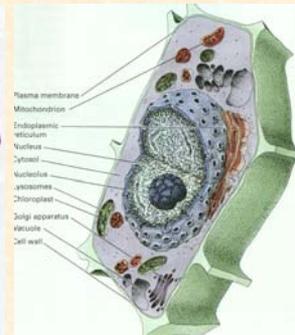
二、真核细胞



动物细胞结构



植物细胞结构



三、不同类型细胞间的比较

细菌、动物与植物细胞之比较

	细菌	动物	植物
外部结构			
细胞壁	有(蛋白聚糖)	无	有(纤维素、果胶质等)
细胞膜	有	有	有
鞭毛	有的有	有的有	除少数物种有精子外,一般无
内部结构			
内质网	无	一般有	一般有
微丝	无	有	有
中心体	无	有	一般无
高尔基体	无	有	有
细胞核	无	有	有
线粒体	无	有	有
叶绿体	无	无	有
染色体	环状分子	多个DNA与蛋白质结合的染色体	多个DNA与蛋白质结合的染色体
核糖体	有	有	有
溶酶体	无	一般有	类似的结构称圆球体
过氧化物酶体	无	一般有	有
液泡	无	无或小	成熟细胞一般有中央大液泡

第二节 染色体的形态和数目



浙江大学

遗传学第二章

8

一、染色体的形态特征:



浙江大学

遗传学第二章

9

1. 重要性:

- (1). 几乎所有生物细胞中均存在染色体;
- (2). 真核生物染色体均有其特定的形态特征, 在细胞分裂的中期和早后期最为明显和典型;
- (3). 中期染色体分散排列在赤道板上, 故通常以这个时期进行染色体形态的识别和研究。

蚕豆



浙江大学

遗传学第二章

10

2. 形态:

- (1). 组成: 着丝粒、长臂和短臂;
- (2). 着丝点对于细胞分裂时染色体向两极牵引具有决定性作用;
- (3). 次缢痕、随体是识别特定染色体的重要标志;
- (4). 某些次缢痕具有组成核仁的特殊功能。



中期染色体形态示意图

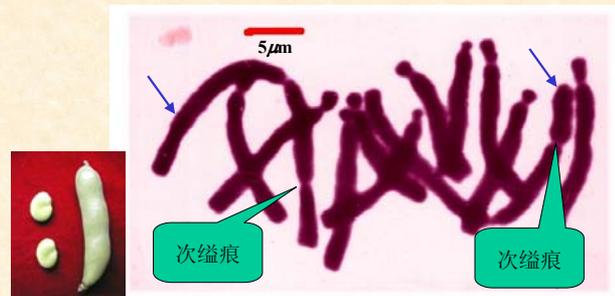
1. 长臂
2. 主缢痕
3. 着丝点
4. 短臂
5. 次缢痕
6. 随体

浙江大学

遗传学第二章

11

蚕豆: 有丝分裂中期染色体(排列于赤道面上, 箭头表示两条大染色体)。



浙江大学

遗传学第二章

12

3. 类型:



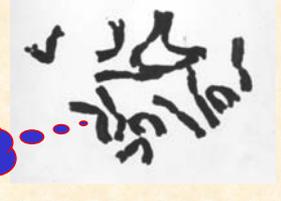
长臂/短臂	染色体形态	着丝点位置	染色体分类	缩写
1.00	V形	正中	正中着丝点染色体	M
1.01~1.70	V形	中部	中着丝点区染色体	m
1.71~3.00	L形	近中	近中着丝点区染色体	sm
3.01~7.00	L形	近端	近端着丝点区染色体	st
>7.00	棒形	端部	端着丝点区染色体	t
长短臂 极其粗短	粒形	端部	端着丝点染色体	T

4. 大小:

(1). 各物种差异很大, 染色体大小主要指长度, 同一物种染色体宽度大致相同。

植物:

长约0.2~50 μm 、
宽约0.2~2.0 μm 。



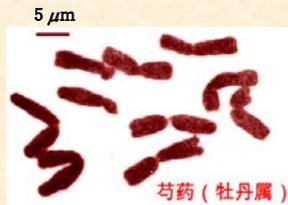
(2). 高等植物中单子叶植物的染色体一般比双子叶植物要大些。如:

单子叶植物:

玉米、小麦、大麦和黑麦 > 水稻。

但双子叶植物

中牡丹属和鬼臼属也具有较大的染色体。

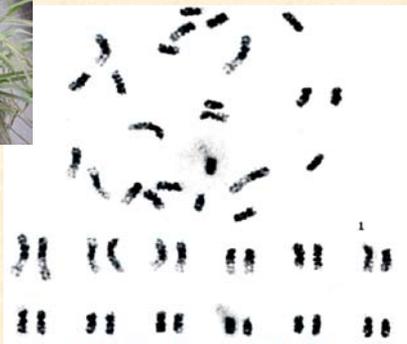


普通小麦细胞中期染色体 (2n=42)

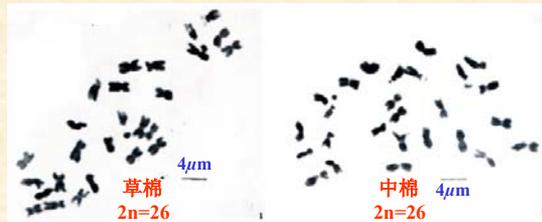


大麦细胞中期染色体 (2n=14)



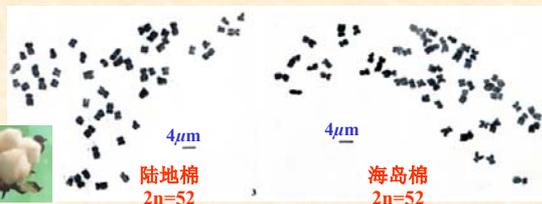


野生稻 *ruffipogon* 染色体



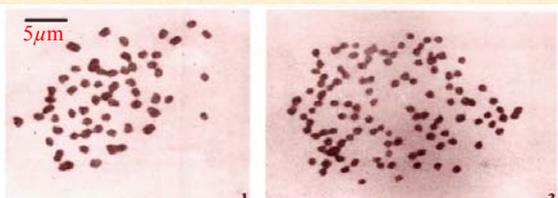
草棉
 $2n=26$

中棉
 $2n=26$



陆地棉
 $2n=52$

海岛棉
 $2n=52$



1. 小叶猕猴桃 $2n=58$

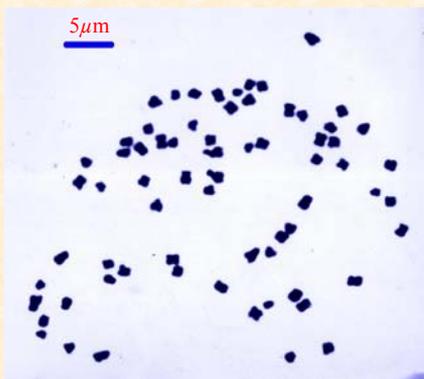
2. 大籽猕猴桃 $2n=116$



白菜

二月兰

甘蓝型油菜

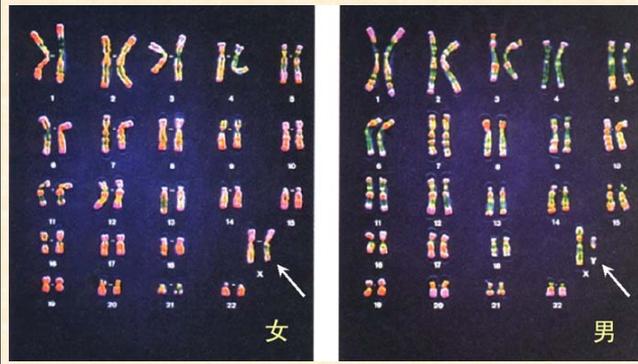
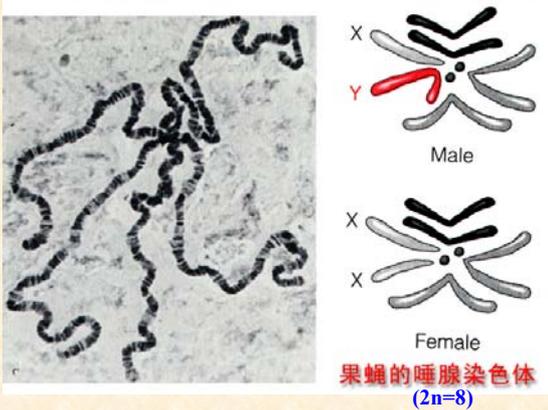


油菜与萝卜远缘杂种后代: 68条



云南双江大茶叶染色体 ($2n=30$)





人染色体 (2n=46)

5. 类别:

各生物的染色体不仅形态结构相对稳定, 而且其数目成对。

- ♥ 同源染色体: 形态和结构相同的一对染色体;
- ♥ 异源染色体: 这一对染色体与另一对形态结构不同的染色体, 互称为异源染色体。

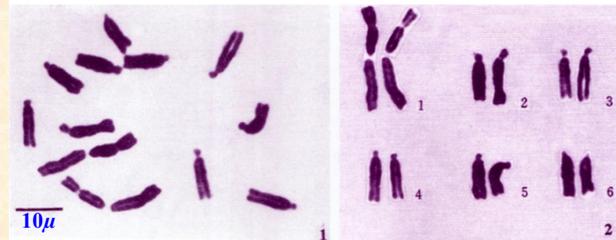


6. 染色体编号:

根据染色体长度、着丝点位置、长短臂比、随体有无等特点进行编号。



蚕豆核型分析: 根尖有丝分裂中期的染色体 (2n=12)

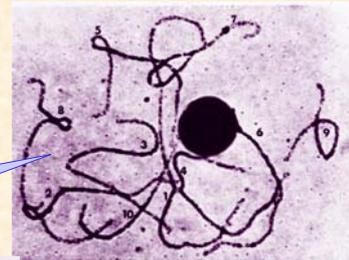


水稻和玉米在细胞减数分裂的粗线期的染色体长度

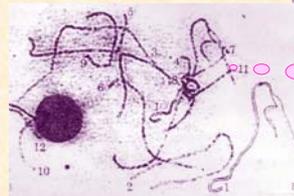
染色体编号	水稻 (2n=24)		玉米 (2n=20)	
	全长(微米)	长臂/短臂	全长(微米)	长臂/短臂
1	79.0	1.72	82.40	1.30
2	47.5	2.16	66.50	1.25
3	47.0	1.23	62.00	2.00
4	38.5	2.08	58.78	1.60
5	30.5	2.05	59.82	1.10
6	27.5	4.00	48.73	7.10
7	26.5	1.03	46.78	2.80
8	23.0	1.70	47.78	3.20
9	21.0	3.20	43.24	1.80
10	21.0	6.00	36.93	2.80
11	20.5	1.56	--	--
12	18.0	3.00	--	--



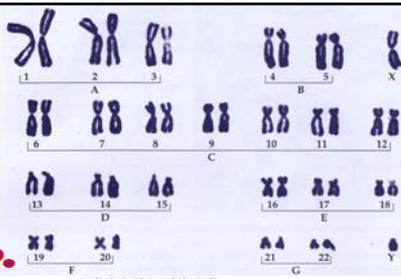
玉米粗线期



水稻粗线期



人类染色体组型分析



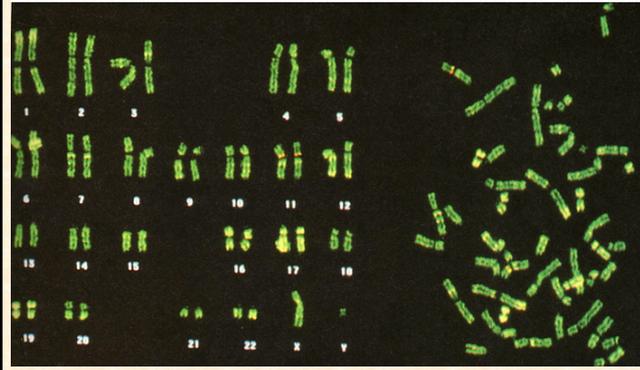
人类染色体组型的分类

类别	染色体编号	染色体长度	着丝点位置	随体
A	1-3	最长	中间, 近中	无
B	4-5	长	近中	无
C	6-12, X	较长	近中	无
D	13-15	中	近端	有
E	16-18	较短	中间, 近中	无
F	19-20	短	中间	无
G	21-22, Y	最短	近端	有



浙江大学

人类染色体 Q 带带型分析



浙江大学

遗传学第二章

32

人类染色体 R 带带型分析

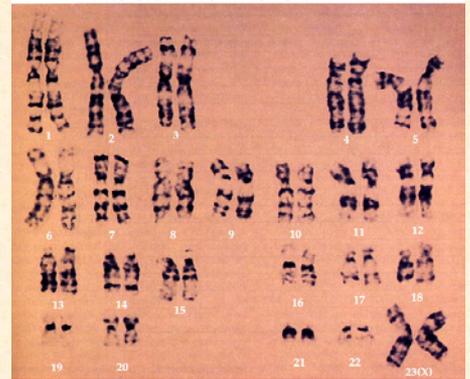


浙江大学

遗传学第二章

33

人类染色体 G 带带型分析

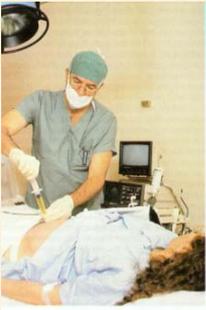
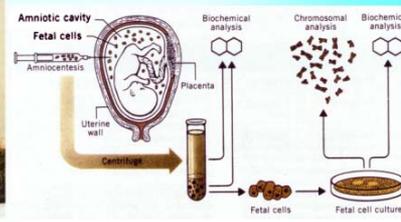


浙江大学

遗传学第二章

34

根据核型分析：进行产前诊断



浙江大学

遗传学第二章

35

人类 21 三体核型分析

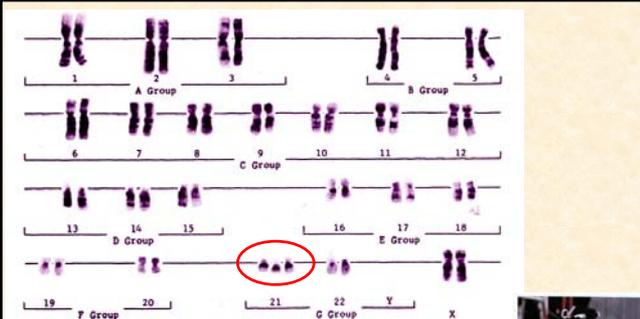


Figure 19.3 Karyotype of a child with Down syndrome, showing trisomy 21 (47,XX,+21). (Courtesy of R. M. Fineman.)

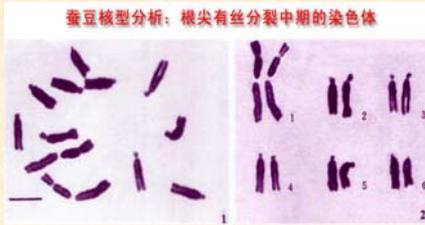


浙江大学

遗传学第二章

特征：严重智力迟钝、马鞍鼻和斜视眼。发生频率约为1/600-700。

二、染色体数目



一些生物的染色体数目

水稻24条(2n)	大豆40条(2n)	烟草48条(2n)
普通小麦42条(2n)	蚕豆12条(2n)	陆地棉52条(2n)
大麦14条(2n)	豌豆14条(2n)	茶树30条(2n)
玉米20条(2n)	马铃薯48条(2n)	人46条(2n)
高粱20条(2n)	甘薯90条(2n)	

动物中某些扁虫只有4条($n=2$)
 线虫类马蛔虫只有2条($n=1$)
 一种蝴蝶(*lysandra*)有382条($n=191$)

被子植物中的一种菊科植物 $n=2$
 有些植物=400-600 (n)



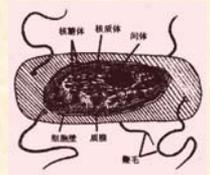
生物染色体的一般特点：



1. 数目**恒定**。
2. 体细胞(2n)是性细胞(n)的**一倍**。
3. 与生物进化的关系：**无关**。可用于物种间的分类。
4. 染色体数目恒定也是**相对**的(如动物的肝、单子叶植物的种子胚乳)。



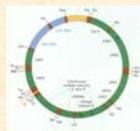
三、原核生物的染色体形态、结构和数目



通常原核生物细胞里只有一个染色体，且DNA含量低于真核生物。

例如：

- 大肠杆菌*E. coli*只有一个**环状**染色体：其DNA含核苷酸对为 3×10^6 ，长度1.1mm。
- 蚕豆配子中染色体($n=6$)的核苷酸对为 2×10^{10} ，长度6000mm。
- 豌豆配子中染色体($n=7$)的核苷酸对为 3×10^{10} ，长度10500mm。



第三节 细胞的有丝分裂



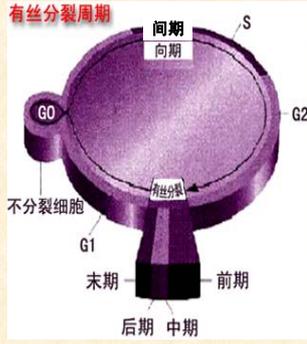
一、细胞周期

G1期：第一个间隙，主要进行细胞体积的增长，并为DNA合成作准备。不分裂细胞则停留在G1期，也称为G0期。

S期：DNA合成时期，染色体数目在此期加倍。

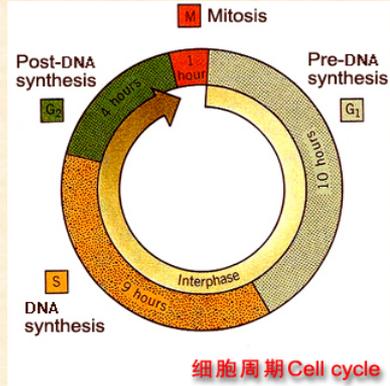
G2期：DNA合成后至细胞分裂开始之前的第二个间隙，为细胞分裂作准备。

M期：细胞分裂期。



一般 S 期时间较长，且较稳定；G1和G2的时间较短，变化也较大。因物种、细胞种类和生理状态的不同而异。

哺乳动物离体培养细胞的有丝分裂周期，G1为10小时，S为9小时，G2为4小时，间期共长23小时。而细胞分裂期M全长只有1小时。

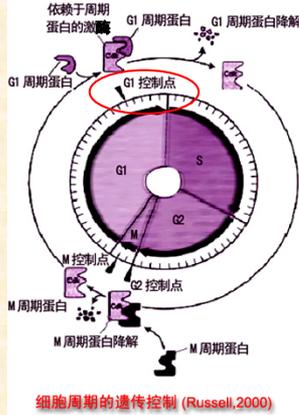


细胞是否进行入S期的控制点存在于G1中期：

细胞接收内外的信息后，在G1期细胞周期蛋白及CDK（酶）共同作用下→调控细胞是否能够通过该控制点。

细胞通过该控制点→细胞就进入下一轮DNA复制。

细胞对该控制点的调控非常精确，该控制点失控往往会导致肿瘤的发生。



二、细胞分裂过程

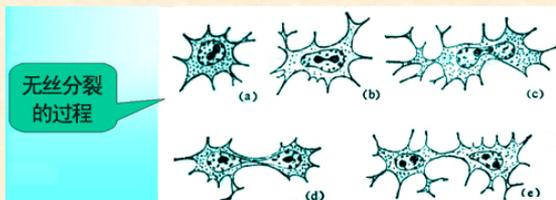


1. 无丝分裂 (amitosis) 亦称直接分裂。

细胞核拉长后缢裂为二 → 细胞质分裂 → 2个子细胞 → 染色体分裂无规律 → 整个过程看不到纺锤丝。

高等植物某些生长迅速部分可以发生：

- 小麦茎节部分和番茄叶腋发生新枝处；
- 一些肿瘤和愈伤组织常发生无丝分裂。



2. 有丝分裂 (mitosis) :

在整个过程染色体会产生有规律的变化，包括两个紧密过程：

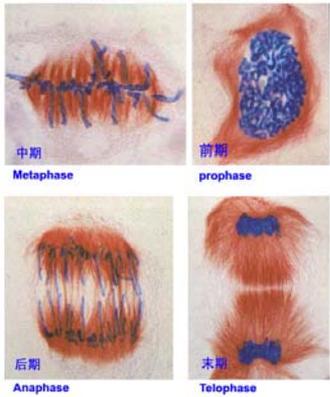
核分裂为二 → 细胞质分裂，二个子细胞各含一个核。

根据核分裂的变化特征可以将有丝分裂分为四个时期：

间期 → 前期 → 中期 → 后期 → 末期。



有丝分裂四个时期



植物细胞有丝分裂的模式图

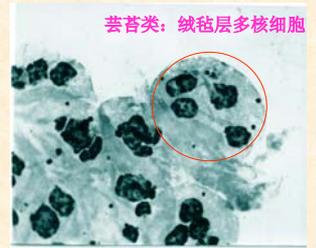


1. 极早期 2. 早期 3. 中期 4. 晚期 5. 中期
6. 后期 7. 早末期 8. 中末期 9. 晚末期

3. 有丝分裂的特殊情况:

正常: 间期DNA复制 → 染色单体 → 着丝点裂开 → 染色体 → 核分裂 → 胞质分裂 → 间期DNA复制。

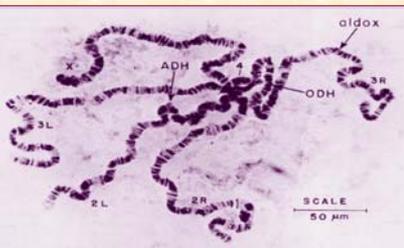
(1). 多核细胞: 细胞核多次分裂而细胞质不分裂 → 形成具有很多游离核的多核细胞。



(2). 核内有丝分裂: 核内染色体中染色线连续复制, 但着丝点不裂开 → 形成多线染色体。

例如双翅昆虫摇蚊、果蝇幼虫唾腺细胞出现巨型染色体, 其染色体中染色质线可多达1000条以上, 并具有不同的条纹和条带。

果蝇幼虫唾腺细胞巨型染色体



三、有丝分裂的意义:



1. 生物学意义:

- * 有丝分裂促进细胞数目和体积增加;
- * 均等方式的有丝分裂, 能维持个体正常生长和发育, 保证物种的连续性和稳定性。

2. 遗传学意义:

- (1). 核内各染色体准确复制为二 → 两个子细胞的遗传基础与母细胞完全相同;
- (2). 复制的各对染色体有规则而均匀地分配到两个子细胞中 → 子、母细胞具有同样质量和数量的染色体。

第四节 细胞的减数分裂



一、减数分裂过程:

1. 概念:

减数分裂(meiosis): 是性母细胞成熟时配子形成过程中发生的一种特殊有丝分裂 → 使体细胞的染色体数目减半。例如:

水稻 $2n=24$ 、玉米 $2n=20$ 、茶树 $2n=30$

↓ ↓ ↓ 减数分裂

$n=12$ $n=10$ $n=15$

n (卵) + n (精) → $2n$ (体)

♣ 受精作用可保证物种染色体数恒定。



2. 特点:

- (1). 各对同源染色体在细胞分裂前期配对(或联会);
- (2). 细胞分裂过程中包括两次分裂:

第一次分裂中染色体减数, 这次分裂的前期较复杂, 又可细分为五期(细线期→偶线期→粗线期→双线期→终变期);

第二次分裂染色体等数。

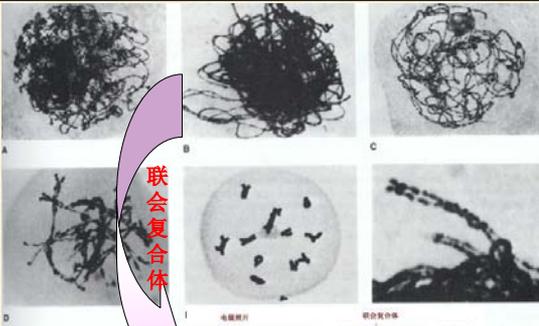


减数分裂模式图



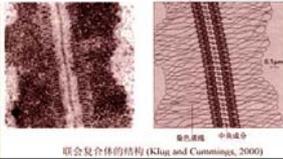
减数分裂模式图

1. 细线期 2. 偶线期 3. 粗线期 4. 双线期 5. 终变期 6. 中期 I
7. 后期 I 8. 末期 I 9. 前期 II 10. 中期 II 11. 后期 II 12. 末期 II



联会复合体

细胞减数分裂前期I的5个时期



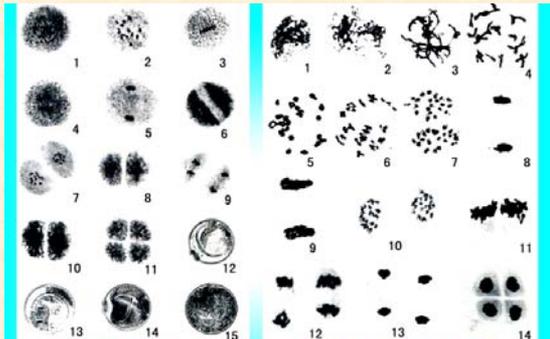
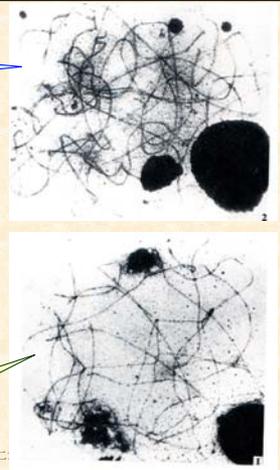
联合复合体的结构 (Klug and Cummings, 2000)

小麦减数分裂粗线期



水稻: 粗线期染色体

玉米减数分裂粗线期



水稻花粉母细胞的减数分裂

1. 粗线期 2. 终变期 3. 中期 I 4. 后期 I
5. 末期 I 6. 分裂间期 7. 前期 II 8. 中期 II
9. 后期 II 10. 末期 II 11. 四分体 12. 单核花粉
13. 单核分裂花粉 14. 二核花粉 15. 成熟花粉

普通小麦花粉母细胞的减数分裂

1. 粗线期 2. 偶线期 3. 晚粗线期 4. 晚双线期
5. 终变期 6. 中期 I 7. 后期 I 8. 末期 I
9. 分裂间期 10. 前期 II 11. 中期 II 12. 后期 II
13. 末期 II 14. 四分体

二、减数分裂的意义:



1. 生物生活周期和配子形成过程中**必要阶段**;
2. 最后形成**雌雄性细胞**, 各具半数染色体(n);
雌雄性细胞受精($n + n \rightarrow 2n$) \rightarrow 合子 \rightarrow 全数染色体 \rightarrow 保证亲子代间染色体数目的恒定和物种的相对稳定性。



浙江大学

遗传学第二章

61



3. 在**中期I** 各对同源染色体排列在赤道板上, 在**后期I** 染色体是随机分别拉向二极**自由组合**。

n 对染色体, 非同源染色体分离时的可能组合数为 2^n ,

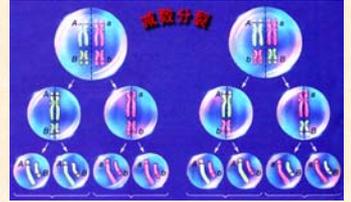
如:

♣ 水稻 $n=12$, 故组合数为 $2^n = 2^{12} = 4096$;

♣ 茶 $n=15$, 组合数为 $2^{15} = 32768$ 。



浙江大学



遗传学第二章

62

4. 各对同源染色体的非姐妹

染色单体间片断可发生各种方式的**交换** \rightarrow 可为**生物变异**提供物质基础 \rightarrow 利于生物生存及进化 \rightarrow 为人工选择提供材料。



浙江大学

遗传学第二章

63

5. 有丝分裂与减数分裂的比较

- ① 减数分裂前期有同源染色体**配对** (联会);
- ② 减数分裂遗传物质**交换** (非姐妹染色单体片段交换);
- ③ 减数分裂中期后染色体独立**分离**, 而有丝分裂则着丝点裂开后均衡分向两极;
- ④ 减数分裂完成后染色体数**减半**;
- ⑤ 分裂中期着丝点在赤道板上的**排列**有差异:

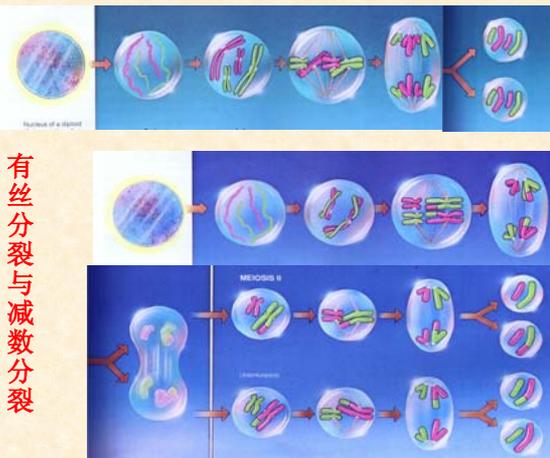
减数分裂中同源染色体的着丝点分别排列于赤道板两侧, 而有**有丝分裂**时则整齐地排列在赤道板上。

浙江大学

遗传学第二章

64

有丝分裂与减数分裂



第五节 配子的形成和受精

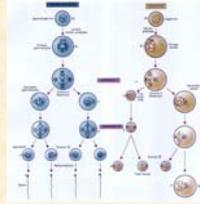


浙江大学

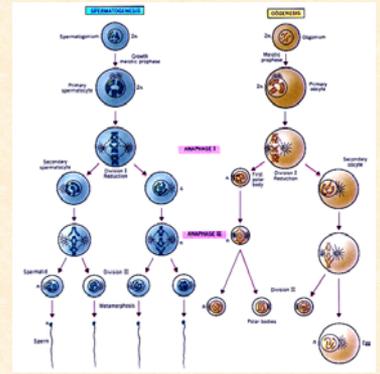
遗传学第二章

66

一、雌雄配子的形成

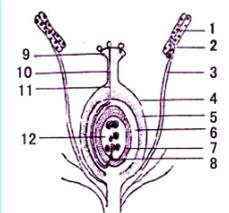
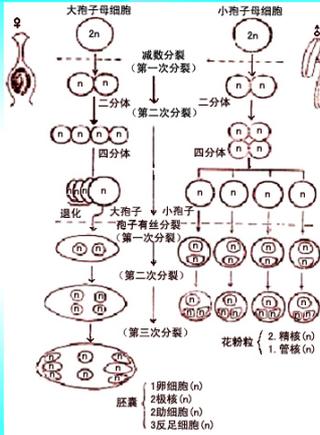


一、雌雄配子的形成:



动物生殖细胞的产生

高等植物雌雄配子的形成过程



植物的雌蕊和雄蕊

- 1. 花粉粒 2. 花药 3. 花丝 4. 子房
- 5. 子房壁 6. 珠被 7. 珠心 8. 珠孔
- 9. 柱头 10. 花柱 11. 花粉管 12. 胚囊

受精(fertilization):

雄配子(精子)与雌配子(卵细胞)融合为一个合子。

植物的授粉方式:

自花授粉(self-pollination):

同一朵花内或同株上花朵间的授粉。

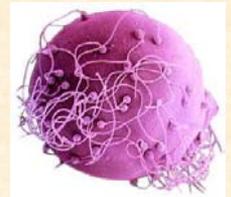


异花授粉(cross pollination):

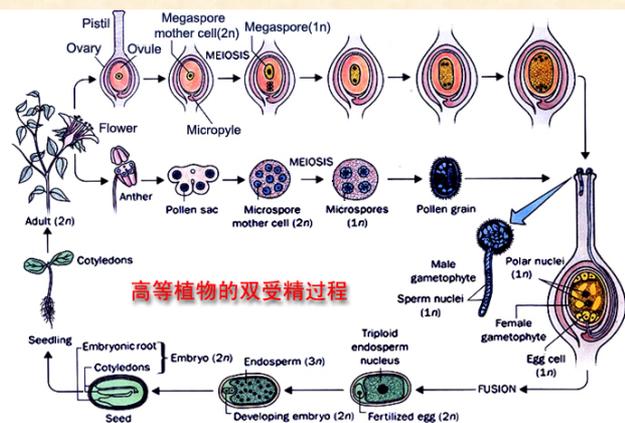
不同株的花朵间授粉。



二、受精



高等植物的双受精过程



三、直感现象

胚乳直感 (xenia) 或花粉直感:

如果在 $3 \times$ 胚乳上由于精核的影响而直接表现父本的某些性状。

一些单子叶植物的种子常出现这种胚乳直感现象。

例如, 以玉米黄粒的植株花粉给白粒的植株授粉, 当代所结种子即表现父本的黄粒性状。

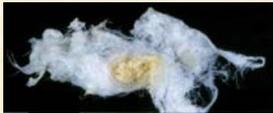


果实直感 (metaxenia):

如果种皮或果皮组织在发育过程中由于花粉影响而表现父本的某些性状。



例如, 棉花纤维是由种皮细胞延伸的。在一些杂交试验中, 当代棉籽的发育常因父本花粉的影响, 而使纤维长度、纤维着生密度表现出一定的果实直感现象。



四、无融合生殖

无融合生殖 (apomixis): 雌雄配子不发生核融合的一种无性生殖方式。可分为两大类:

营养的无融合生殖 (vegetative apomixis):

能代替有性生殖的营养生殖类型。

例如, 大蒜的总状花序上常形成近似种子的气生小鳞茎, 可以代替种子而生殖。



无融合结子 (agamospermy):

指能产生种子的无融合生殖。包括三种类型:

- ①. 单倍配子体无融合生殖 (haploid gametophyte apomixis);
- ②. 二倍配子体无融合生殖 (diploid gametophyte apomixis);
- ③. 不定胚 (adventitious embryony)。



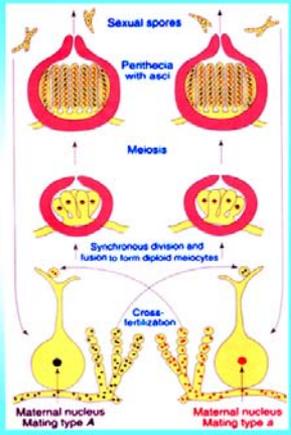
第六节 生活周期



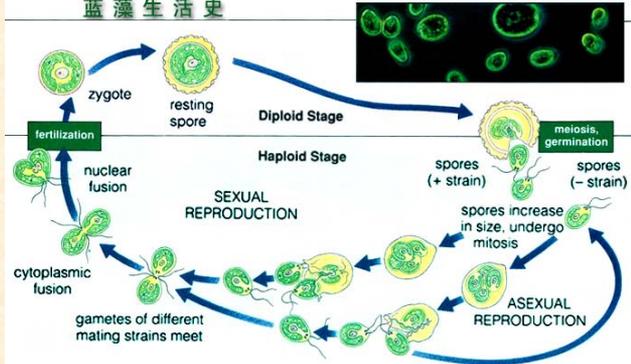
一、低等植物的生活周期



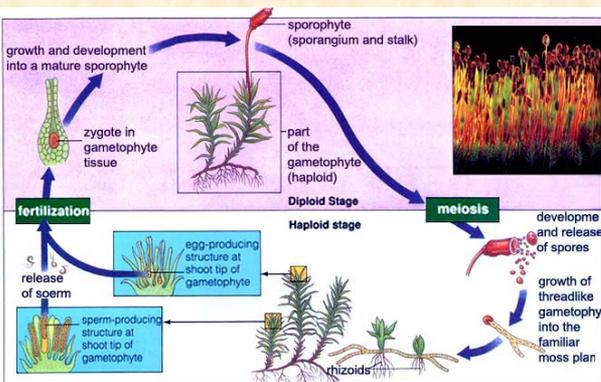
红色面包霉生活史



蓝藻生活史



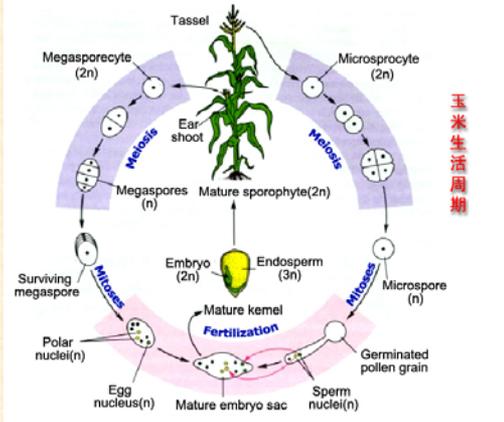
苔藓植物生活史



蕨类植物生活史

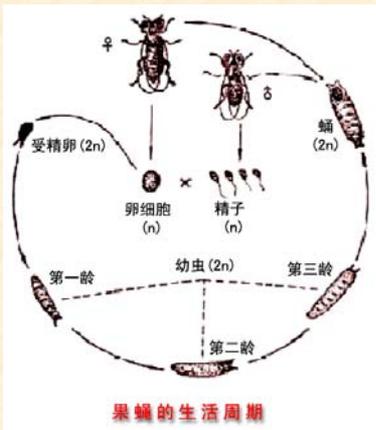


二、高等植物的生活周期



玉米生活周期

三、高等动物的生活周期



本章小结

细胞的结构和功能

原核细胞；
真核细胞：植物细胞和动物细胞。

染色体的形态和数目

染色体的形态特征：重要性、形态、大小、类别、编号和数目等。

细胞的有丝分裂

细胞周期；
有丝分裂过程。

细胞的减数分裂

概念、特点和意义。

配子的形成和受精生活周期



[第一章 绪言](#)
[第二章 遗传的细胞学基础](#)
[第三章 孟德尔遗传](#)
[第四章 连锁遗传和性连锁](#)
[第五章 数量性状遗传](#)
[第六章 基因突变](#)
[第七章 染色体变异](#)
[第八章 细胞质遗传](#)
[第九章 细菌和病毒的遗传](#)
[第十章 遗传物质的分子基础](#)
[第十一章 基因表达与调控](#)
[第十二章 基因工程与基因组学](#)
[第十三章 遗传与发育](#)
[第十四章 群体遗传与进化](#)
[返回首页](#)

