

第一章

- 讨论点：
- 1、原核细胞与真核细胞的主要区别
 - 2、染色质与染色体的区别
 - 3、有丝分裂与减数分裂过程的区别
 - 4、其它问题

课后复习，整理笔记

第一章

讨论点：1、原核细胞与真核细胞的主要区别

1核结构有无

2 染色体数目，形态

3 染色体结构

2、染色质与染色体的区别

同一物质不同形态

课后复习，整理笔记

第一章 遗传的细胞学基础

细胞 (cell): 生物体结构和生命活动的基本单位

第一节 细胞的结构与功能

细胞生物:

- **原核生物**(*prokaryote*) : 细菌、蓝藻(蓝细菌)
- **真核生物**(*eukaryote*) : 原生动物、单细胞藻类、真菌、高等植物、动物、人类

一、原核细胞 (P7)

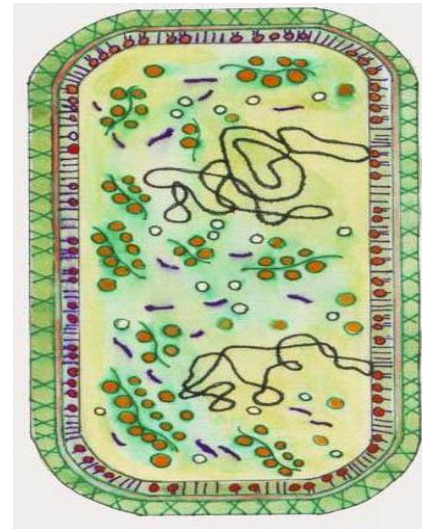
细胞组成:

细胞壁: 蛋白聚糖等;

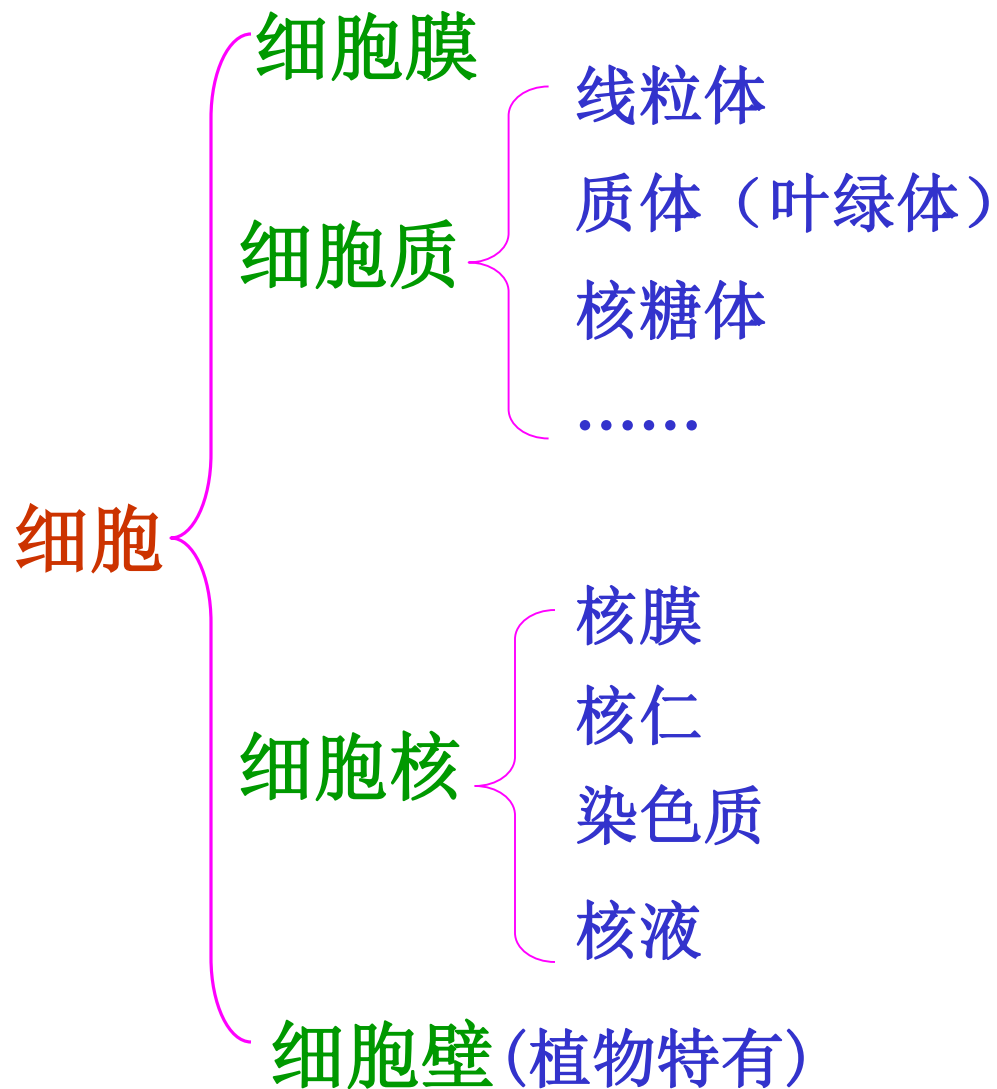
细胞膜: 磷脂和蛋白质等;

细胞质: DNA、RNA、蛋白质、核糖体等

原核生物: 它们没有真正的细胞核, 只有拟核.



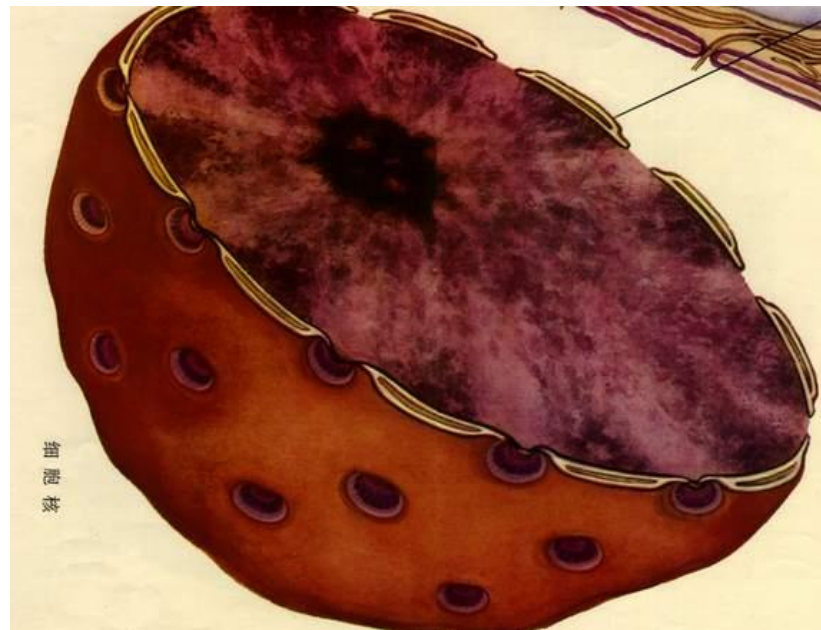
二、真核细胞 (P8)



❖ **细胞器**：细胞质中一些具有一定形态、结构、和功能的物体

- **核糖体**：主要成分是蛋白质和rRNA，是合成蛋白质的主要场所，是遗传信息表达的主要途径。
- **线粒体和叶绿体**：分别是有氧呼吸和光合作用的场所，但它们含有DNA、RNA等成分，研究表明：这些核酸分子也具有遗传物质的功能。

细胞核



典型的核结构包括：核膜、核仁、染色体、核液

第二节 染色体

染色体:指细胞核中能被一些碱性染料染色的由DNA、蛋白质和少量RNA所组成的线状体，是遗传物质的主要载体。 (P9)

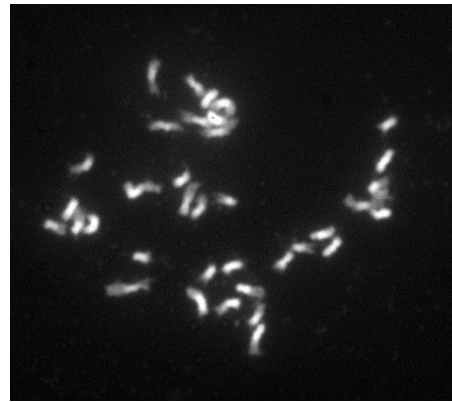


一、染色体与染色质 (P9)

染色质(chromatin)：细胞分裂间期所表现出的形态，呈纤细丝状结构。

↓ 螺旋化

染色体(chromosome)：在细胞分裂过程中，染色质的收缩。

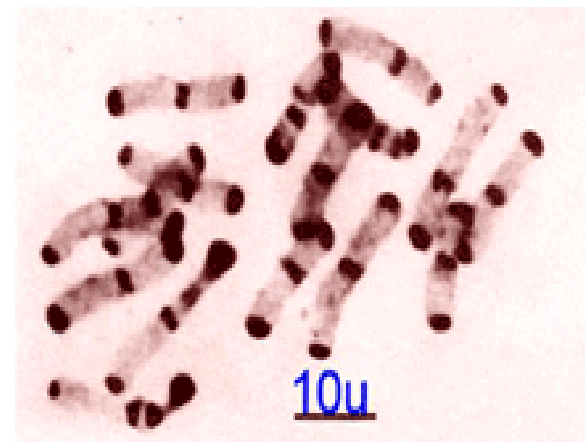
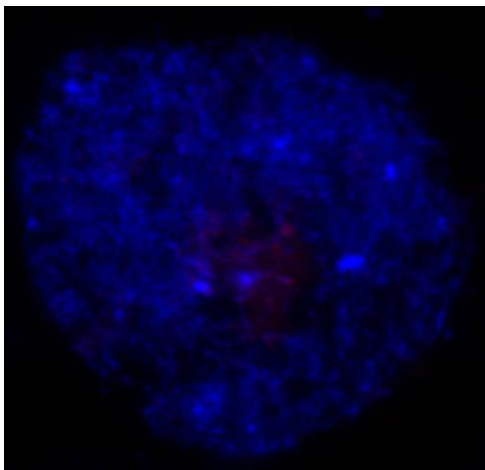


染色质和染色体是同一物质在细胞分裂过程中所表现的不同形态。

染色质（根据碱性染料反应的差异）

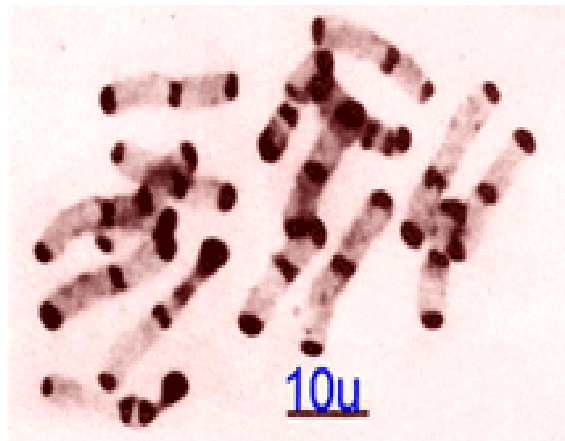
常染色质：间期细胞核内染色质中染色较浅的区域，这个部位叫常染色质区，是染色质中转录活跃部位。

异染色质：间期细胞核内染色质中染色较深的区域，这个部位叫异染色质区。



两者主要区别在于DNA的紧缩程度及含量不同。

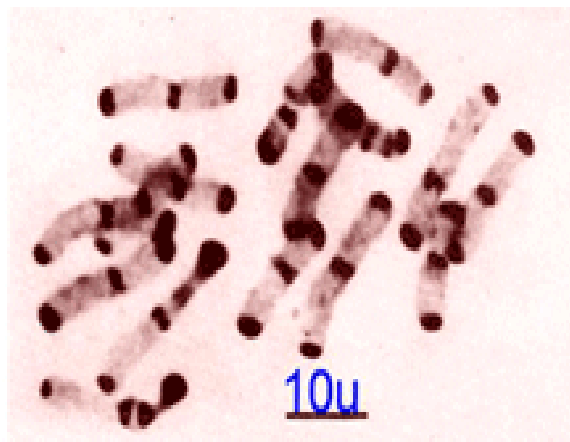
- 在同一染色体上所表现的收缩程度的差别称为**异固缩**



染色质

组成性异染色质（constitutive heterochromatin）：在各种细胞中，在整个细胞周期内都处于凝聚状态的染色质，如着丝粒，端粒，核仁形成区等（专性异染色质）。

功能性异染色质（facultative heterochromatin）：指在某些特定的细胞中，或在一定的发育时期和生理条件下凝聚，由常染色质变成异染色质，这本身也是真核生物的一种表达调控的途径。
(兼性异染色质)



等位基因

- ❖ 基因（gene）在染色体上有固定的位置，称为基因座位（locus, loci），简称基因座
- ❖ 控制相对性状的基因位于同源染色体的对等位置上，因此称为等位基因（allele）

二、染色体的形态特征

- **经过染色在普通光学显微镜下能够观察分析并用于染色体识别的特征主要有：**
 - 染色体的大小(主要指长度)
 - 着丝粒的位置(染色体臂的相对长度)
 - 次缢痕和随体的有无及位置

(一) 染色体的大小

- 不同物种间染色体的大小差异很大：
 - 长度：0.20-50 μm
 - 宽度：0.20-2.00 μm
- 同一物种不同染色体
 - 宽度大致相同
 - 染色体大小主要对长度而言。



水稻的第四条染色体，中期时长度大约是2-3个微米

(二) 着丝粒 (centromere) 和染色体臂 (arm)

- **着丝粒**：细胞分裂时，纺锤丝附着的区域
着丝粒不被染料染色，在光学显微镜下表现为染色体上一缢缩部位，所以又称为**主缢痕** (primary constriction)。
- 着丝粒所连接的两部分称为**染色体臂**。





V 形染色体



L 形染色体



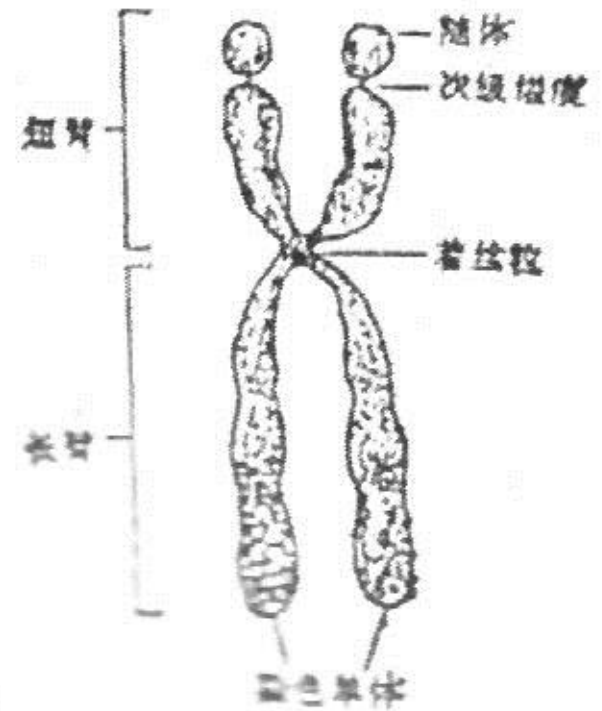
棒状染色体



粒状染色体

(三) 次缢痕(secondary constriction)和随体(satellite)

- 次缢痕:在细胞分裂时,紧密地与核仁相联系。可能与核仁形成有关,也称为**核仁组织中心**(nucleolus organizer).
- 次缢痕、随体的位置、大小也相对恒定,可作为**染色体的识别标志**。



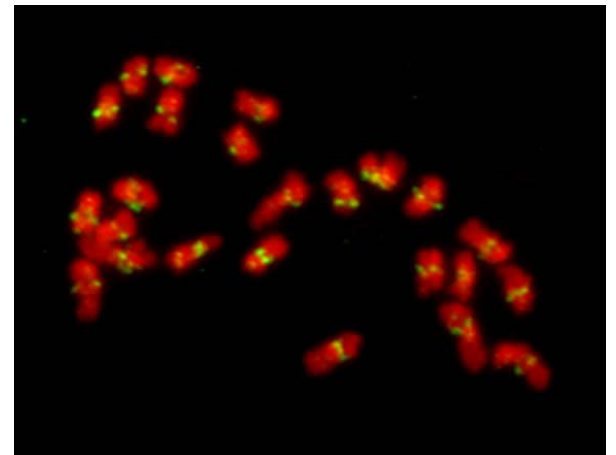
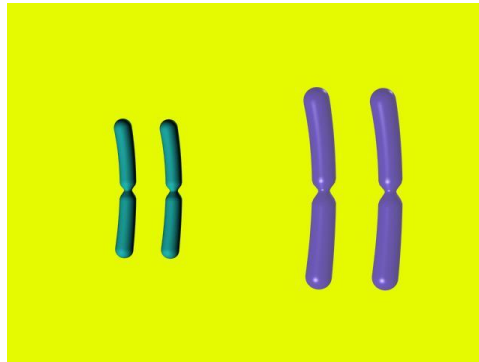
(四) 染色单体 (chromatid)

- 在**有丝分裂中期**所观察到的染色体是经过间期**复制**的染色体，均包含有两条成分、结构和形态一致的**染色单体**。
- 一条染色体的两个染色单体互称为**姊妹染色单体(sister chromatid)**。



同源染色体：二倍体生物的体细胞中成对存在的，在形态、结构、功能上相似的成对染色体。（P11）

非同源染色体：不同对染色体之间，在形态、结构、功能上不相似。（P11）



(五) 染色体核型分析 (analysis of karyotype)

核型分析:

对生物细胞核内全部染色体的形态特征所进行的分析

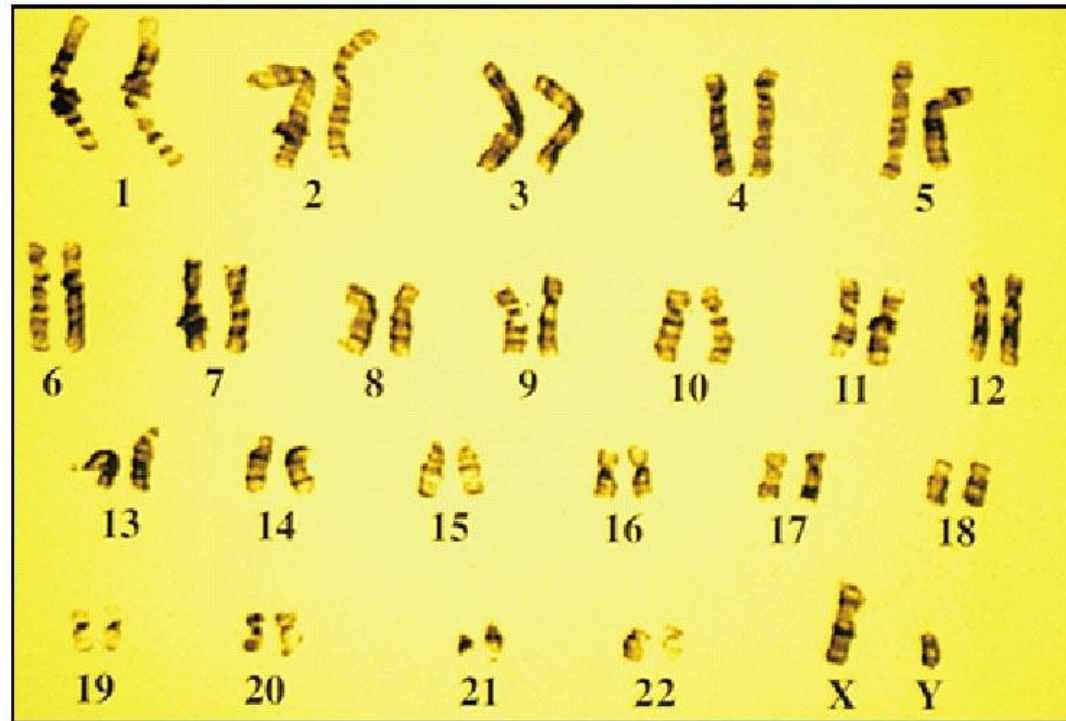
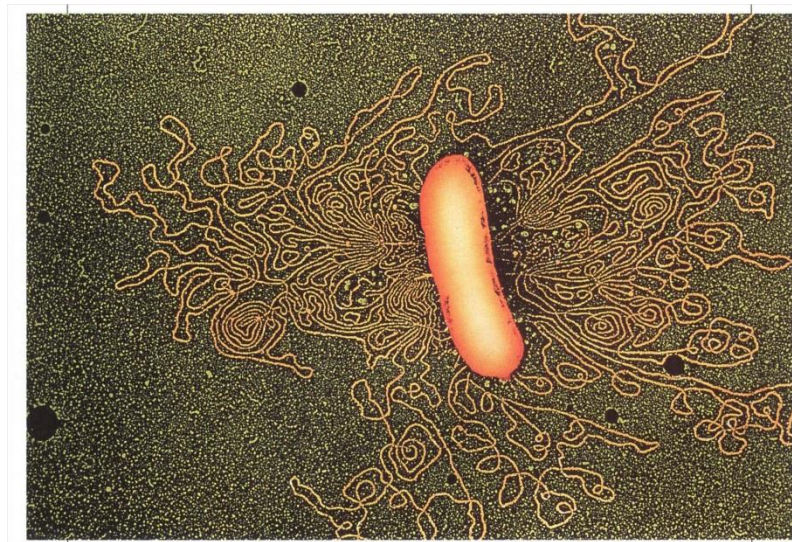


Figure Karyotype of a human male.

三、染色体的化学组成及分子结构

(一) 原核生物的染色体

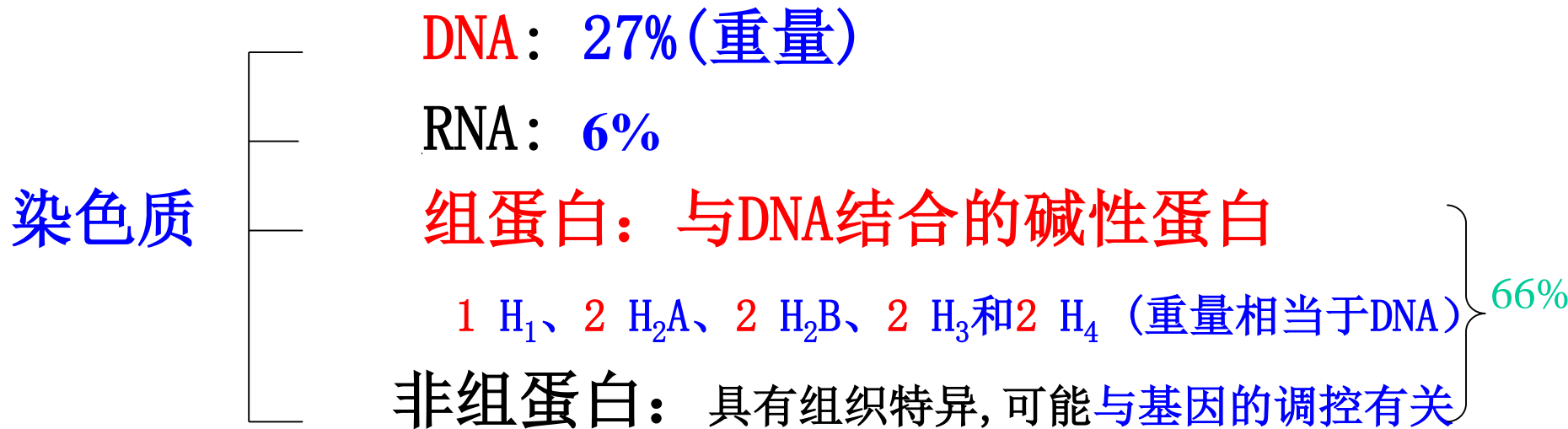
与真核生物相比，原核生物的染色体要简单得多，其染色体通常只有一个核酸分子(DNA或RNA)。



大肠杆菌的染色体

(二) 真核生物染色体

1、染色质的化学组成 (P13)

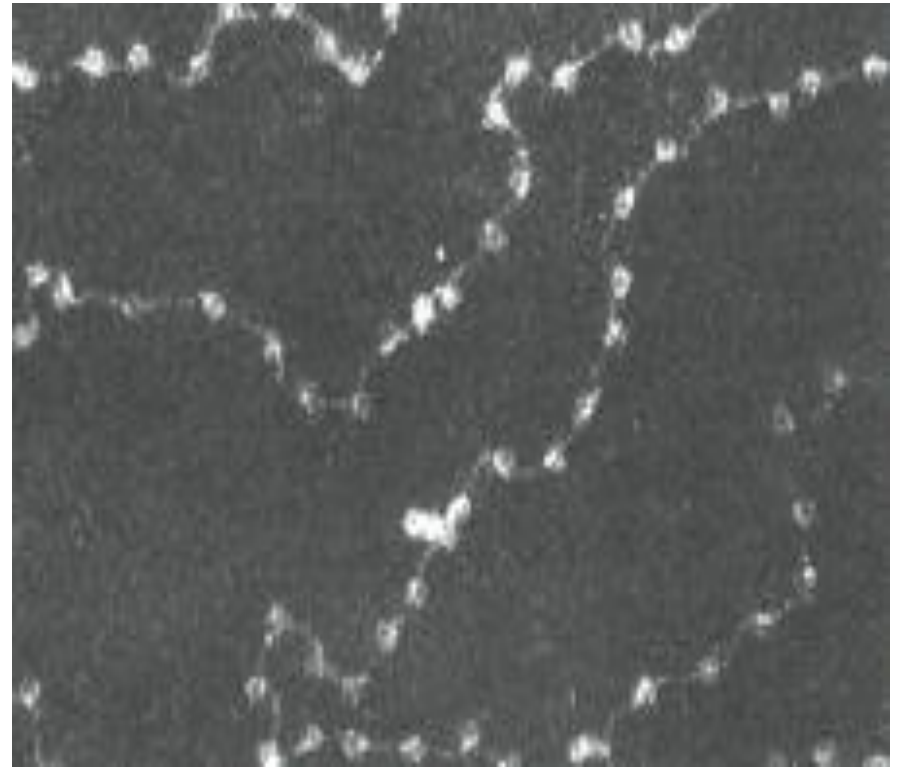
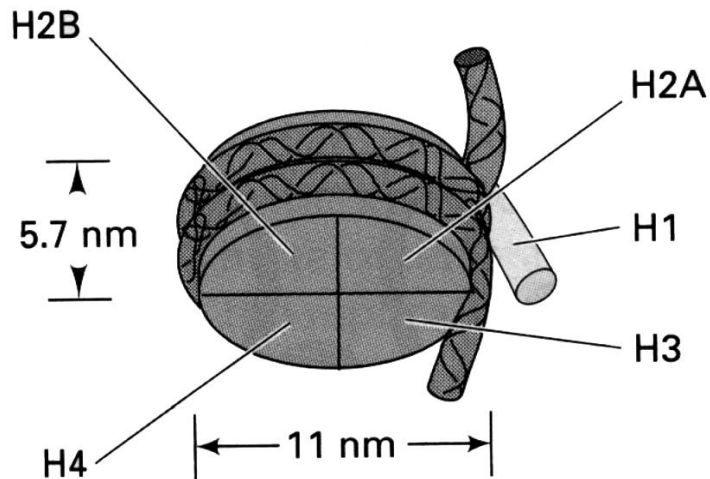


2、染色质分子结构

核小体： 2 H₂A、 2 H₂B、 2 H₃、 2 H₄ ——八聚体

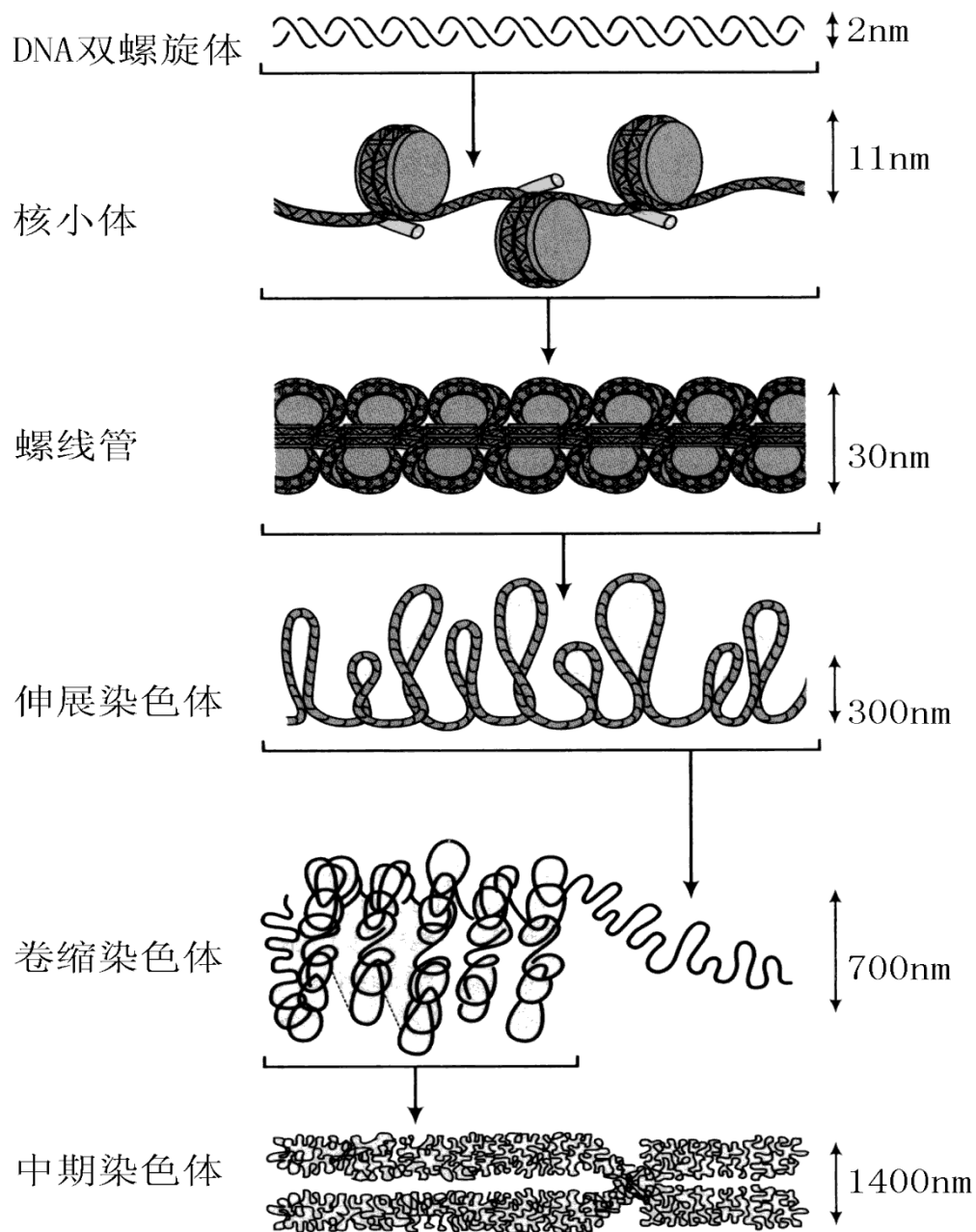
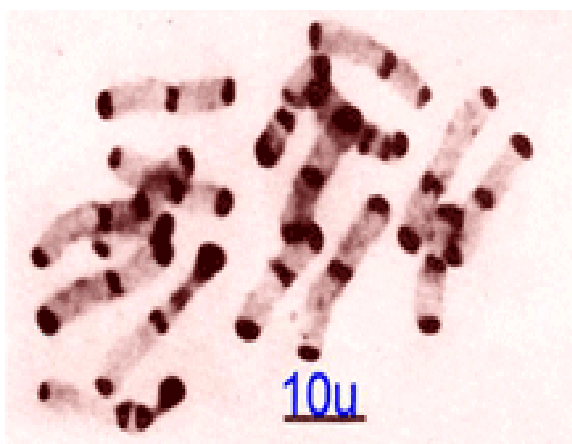
连接丝： 串联两个核小体

1 H₁： 结合于连接丝与核小体的接合部位



核小体结构模型

染色质→染色体，被
压缩8000-10000倍



四、染色体的数目

(一) 染色体数目是物种的特征，相对恒定；体细胞中染色体成对存在($2n$)，配子染色体数目是体细胞中的一半(n)。

(二) 水稻、小麦、大麦、玉米、棉花、人等(P15)

西瓜，萝卜，番茄，苹果，二倍体草莓 ($2n=14$),

第三节 细胞分裂和细胞周期

细胞分裂方式可分为无丝分裂和有丝分裂两种(P16)

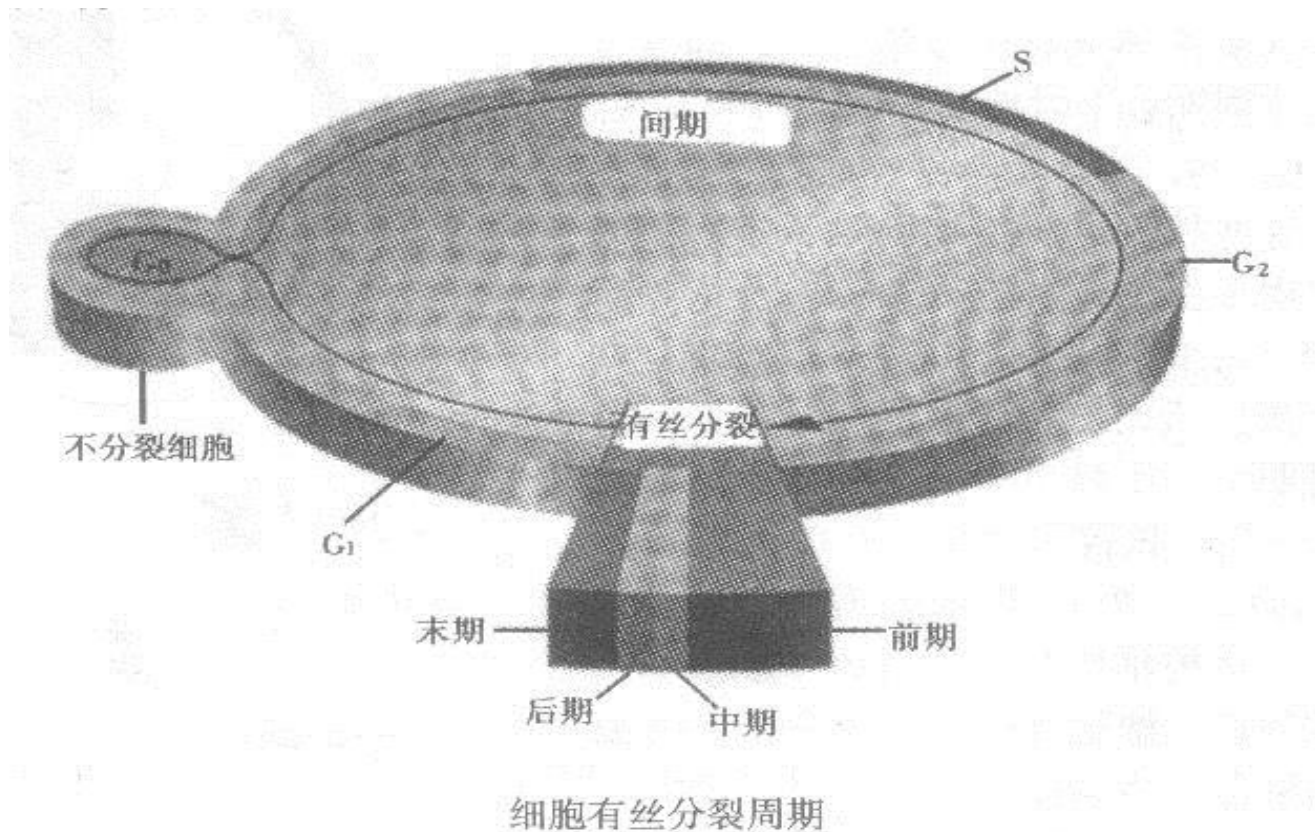
- **无丝分裂 (amitosis)** : 是一种最简单的细胞分裂, 因整个的分裂过程看不到纺锤丝, 故称无丝分裂。 (直接分裂)
- **有丝分裂 (mitosis)** : 因在分裂过程中有纺锤丝出现, 故称有丝分裂。 (间接分裂)
- **减数分裂 (meiosis)** : 是生物在有性过程中发生的一种特殊的有丝分裂方式。

一、细胞周期

(一) 基本概念

- 定义：从母细胞第一次分裂**结束**到下一次子细胞分裂**结束**所需要的时间。
- 细胞周期主要包括细胞有丝分裂过程及其两次分裂之间的间期(P16)。

细胞有丝分裂周期示意图



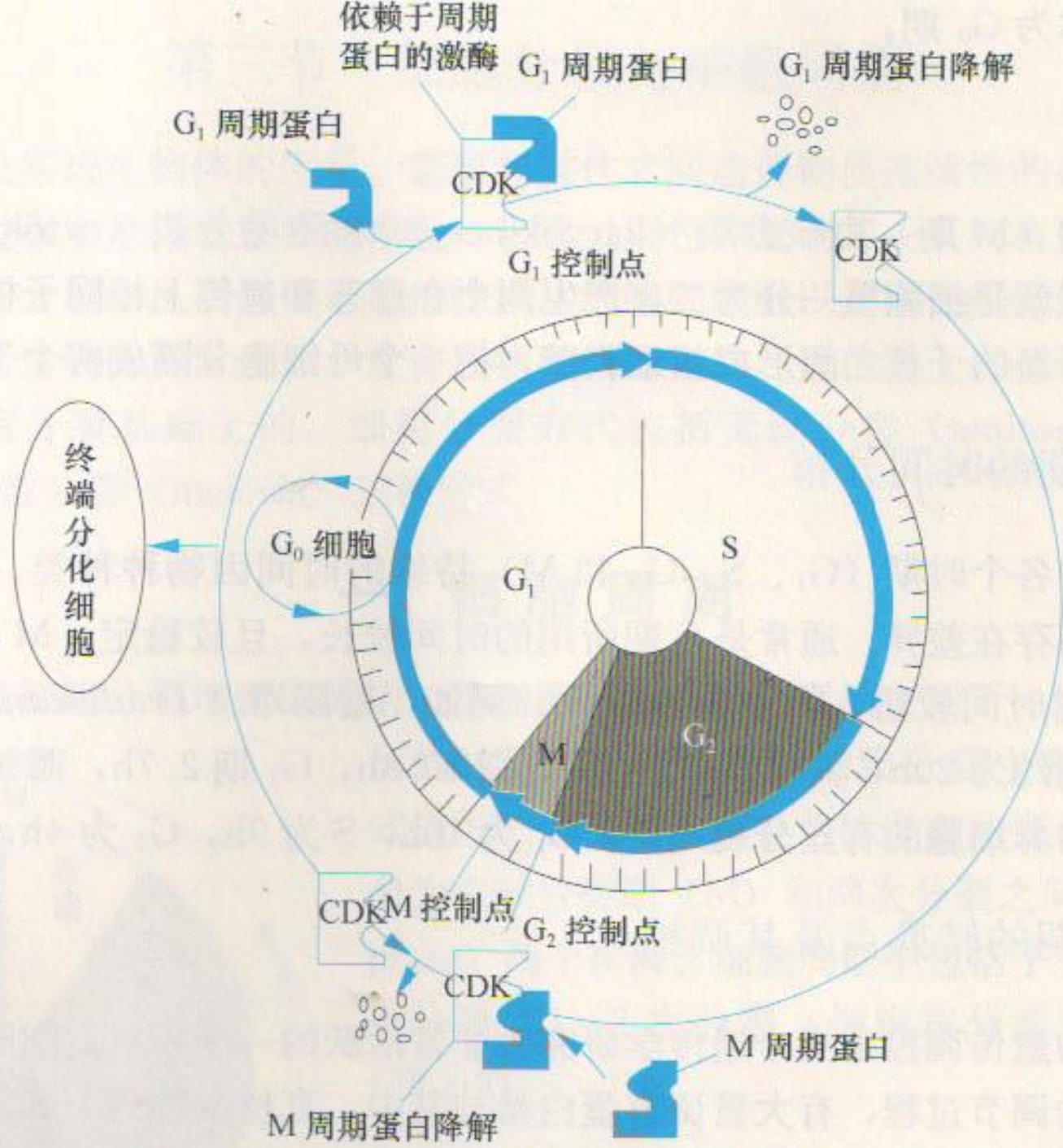
在蚕豆中: G_1 (5h) ; S (7.5h) ; G_2 (5h) ; M (2h) .

间期

合成前间隙期 (G_1) : 细胞分裂周期第一个间隙, 它为DNA合成作准备。

DNA合成期 (S) : **DNA复制, DNA含量增加1倍**

合成后间隙期 (G_2) : DNA合成后期至核分裂开始之间的第二个间隙



(二) 细胞周期的转换点及其调控

- 在细胞周期中： G_1 、S、 G_2 、M等各个时期之间都存在着控制点(check point)。
- 控制点由细胞周期蛋白及依赖于周期蛋白的激酶。
- 最重要的控制点是决定细胞是否进入S期，该控制点存在于 G_1 中期。

（三）细胞的分类（细胞按是否处于增殖或分裂状态）

- **G₀期细胞**：又称休眠细胞或静止细胞，暂脱离细胞周期，不进行DNA复制和分裂，但可在某些条件的诱导下重新开始DNA的合成和细胞分裂过程
- **周期细胞**：指那些能够进行连续分裂的细胞
- **分化细胞**：指那些不可逆地脱离了细胞周期，失去分裂能力的细胞

问题:

有丝分裂与减数分裂的过程、区别与联系，各自的遗传学意义

二、细胞的有丝分裂

（一）分裂过程（P18）



间期 { 合成前期 (G_1) : 细胞分裂周期第一个间隙, 它为DNA合成作准备。

DNA合成期 (S) : **DNA复制, DNA含量增加1倍**

合成后期 (G_2) : DNA合成后期至核分裂开始之间的第二个间隙

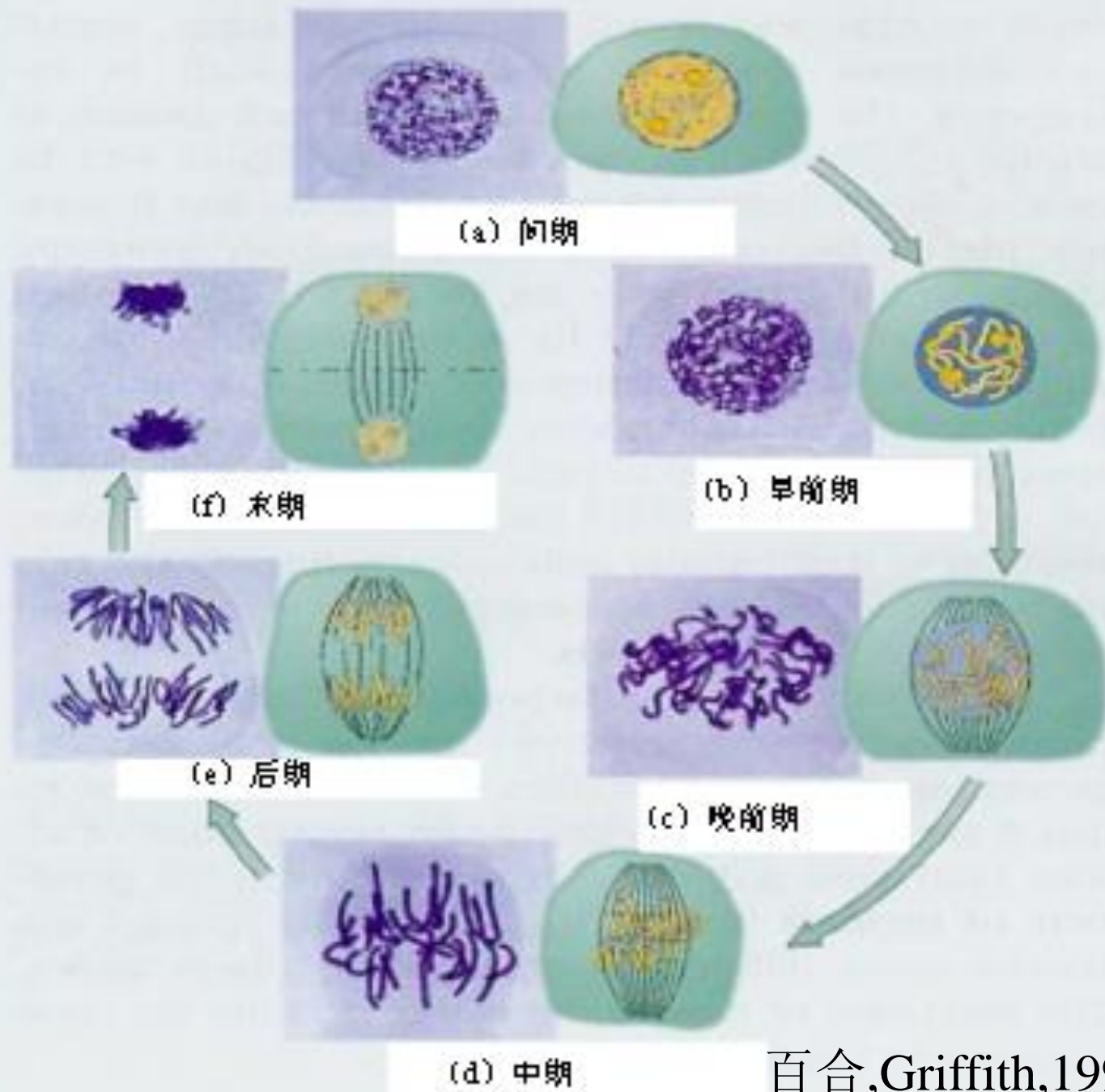
前期 : 细胞核内出现细长而卷曲的染色体, 以后逐渐缩短变粗, 每个染色体含有两个染色单体。核仁和核膜逐渐模糊不明显。



中期：核仁和核膜消失，细胞内出现由来自两极的纺锤丝所构成的纺锤体。各个染色体的着丝粒均排列在纺锤体中间的赤道面上。

后期：每个染色体的着丝粒分裂为二，各条染色体单体各成为一个染色体，由纺锤丝拉向二极。

末期：核仁和核膜重新出现，染色体又变得松散细长，一个母细胞内形成两个子核。接着细胞质分裂，在赤道板区域形成细胞板，分裂为两个子细胞。



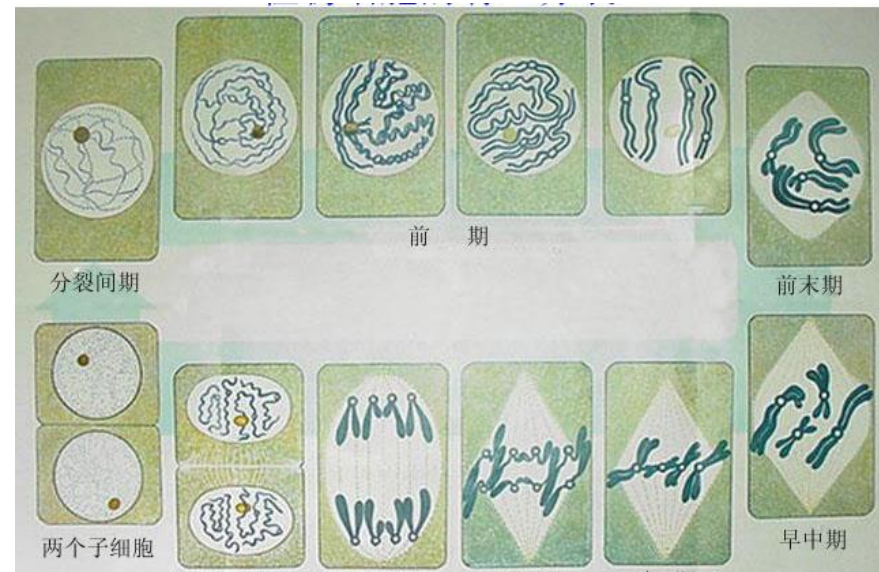
（二）有丝分裂的特点和意义（P19）

特点：1、染色体复制一次，细胞分裂一次。产生的子细胞染色体组成与母细胞一样，遗传物质组成相同，未变化。

2、细胞质的分裂无规律性，细胞质中细胞器分裂也无规律性。

意义：1、保持了物种的稳定性、连续性，尤其通过有丝分裂繁殖生物。

2、维持了生物的生长、发育及繁殖（生物个体膨大；性细胞通过有丝分裂分化产生）。



(三) 特殊情况:

(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。

(植物胚乳细胞分裂)

(2) 核内有丝分裂:

核内染色体中的染色线连续复制，但着丝粒不裂开，形成多线染色体。

* 例如双翅目昆虫摇蚊、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以多达1000条以上。



三、细胞的减数分裂

(一) 概念 (P20)

又称成熟分裂。

在性母细胞成熟时，配子形成过程中所发生的一种特殊的有丝分裂。

因为它使细胞染色体数目减半，故称为减数分裂。

(二) 分裂过程 (P20)

减数分裂

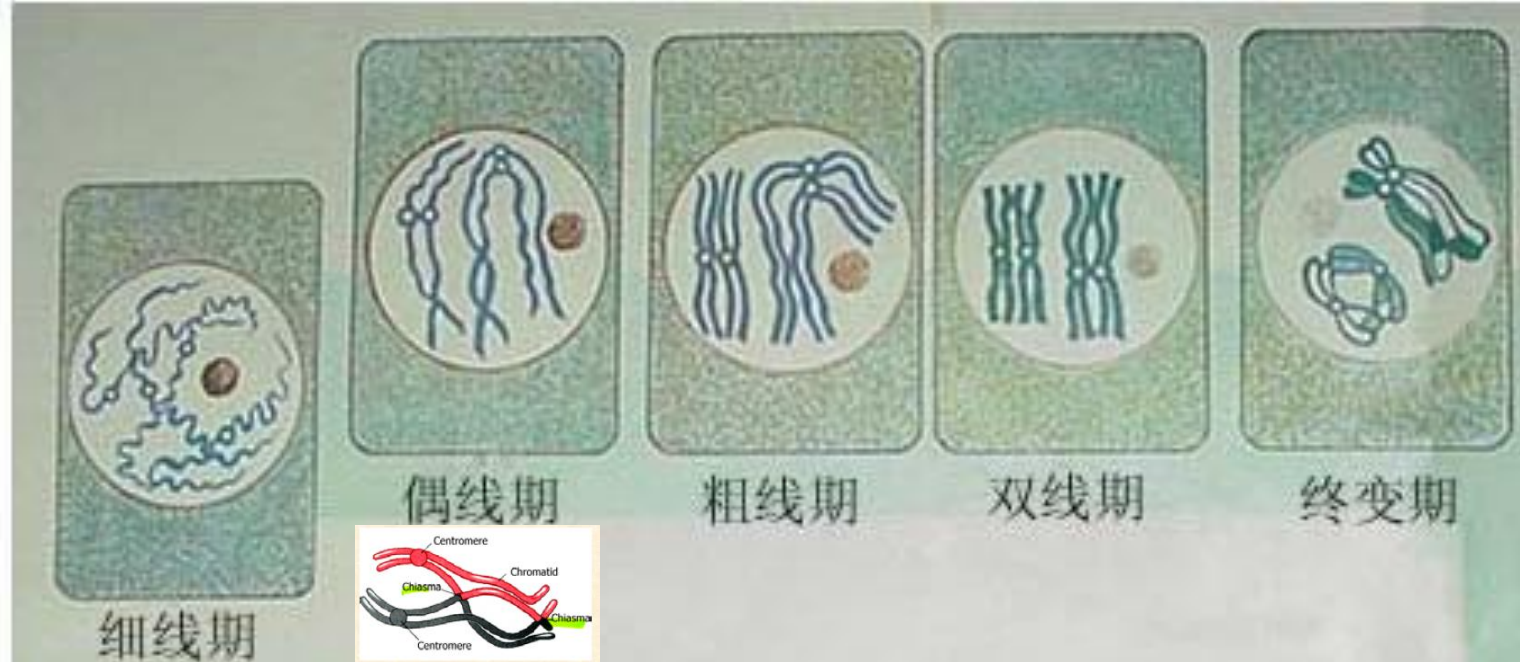
间期：同有丝分裂，主要是进行染色体复制。

分裂期

第一次分裂

中间期：很短，DNA不复制。

第二次分裂



前期 I

细线期：染色体细长如线，由于间期染色体已经复制，每个染色体含有**两个染色单体**。

偶线期：同源染色体**联会**，形成**二价体**，**交换重组**

粗线期：二价体缩短变粗（**四合体**），**联会复合体**

双线期：各个联会了的二价体虽因非姊妹染色单体相互排斥而松解，但仍被一、二个以至几个**交叉**联结在一起。

终变期：染色体变得更为浓缩和粗短。交叉向二价体的两端移动，出现**交叉端化**。

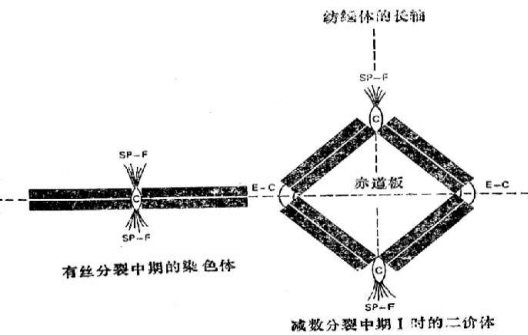
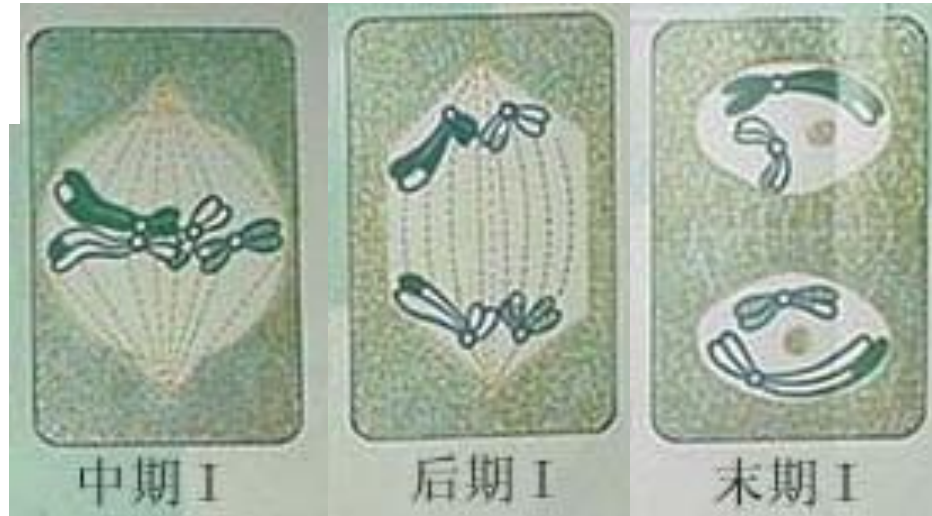


图 3.25 图示有丝分裂中期和减数分裂中期 I 时染色体取向的差异

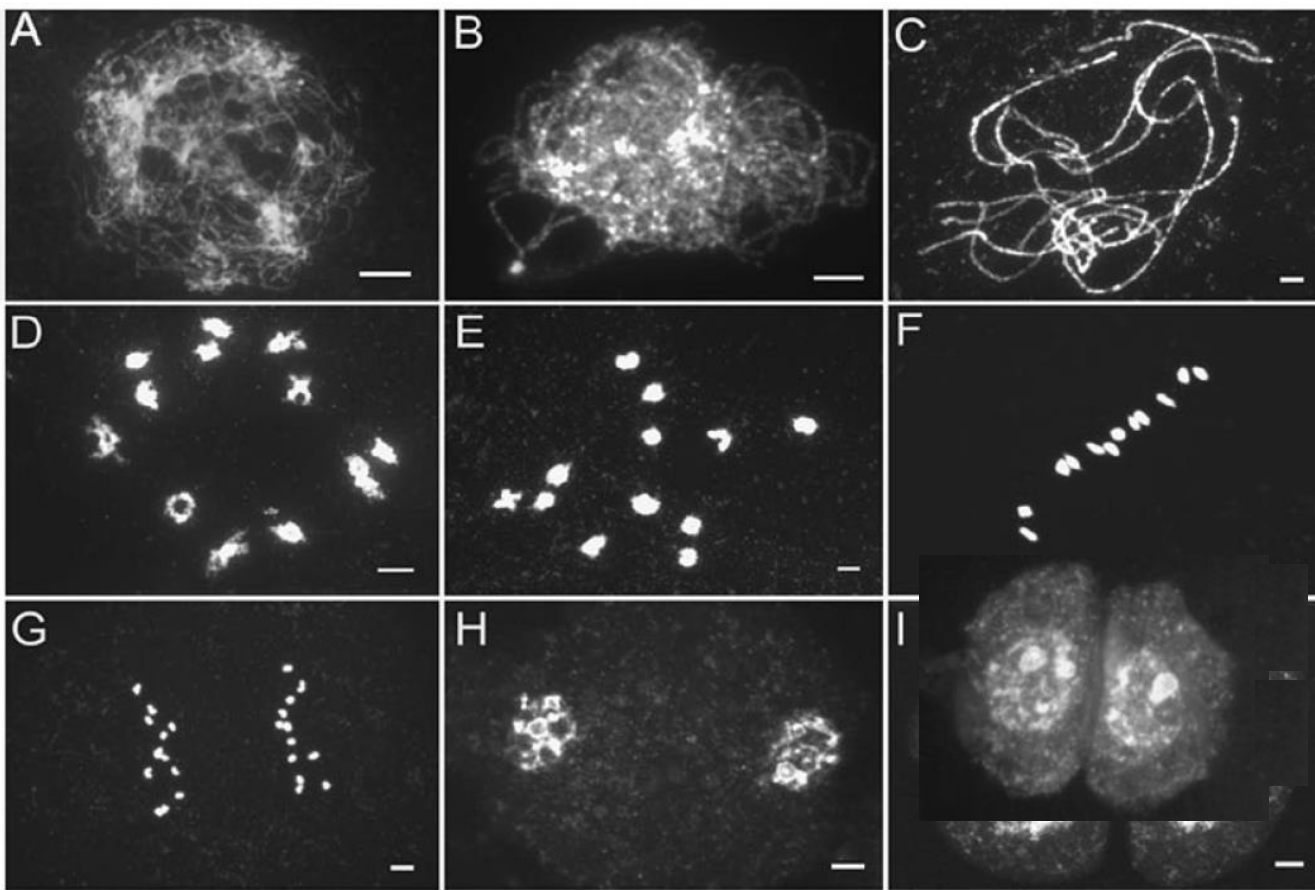


中期 I：核仁和核膜消失，出现纺锤体。二价体每个同源染色体的着丝粒是向着相反的两极，并且每个同源染色体的着丝粒朝向哪一极是随机的。

后期 I：联会的二价体瓦解，同源染色体彼此分开，染色体数目减半。非同源染色体自由组合 (2^n 种配子)。

末期 I：形成**二分体**。

水稻减数第一次分裂



A: 细线期

B: 偶线期

C: 粗线期

D: 双线期

E: 终变期

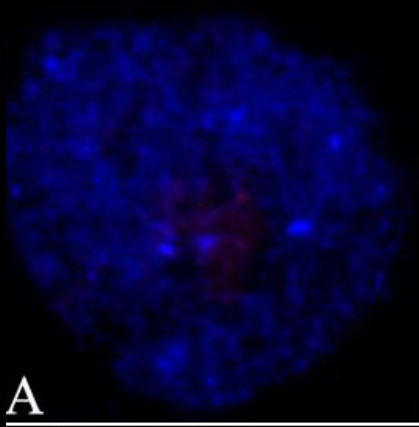
F: 中期I

G: 后期I

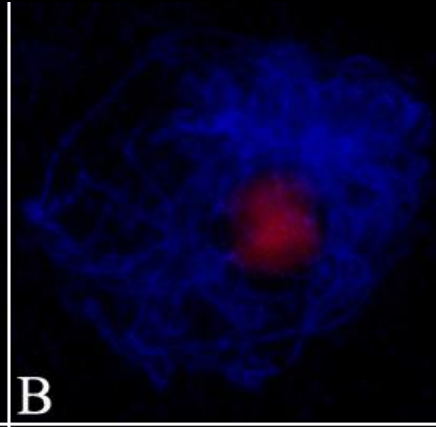
H: 末期I

I: 二分体

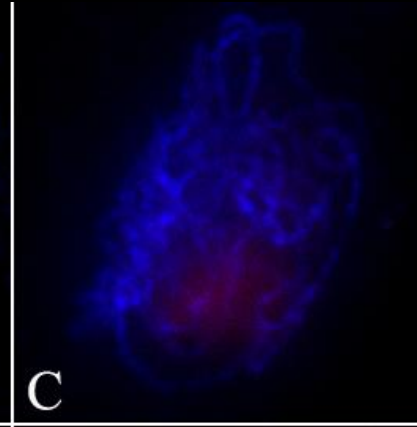
水稻减数第一次分裂



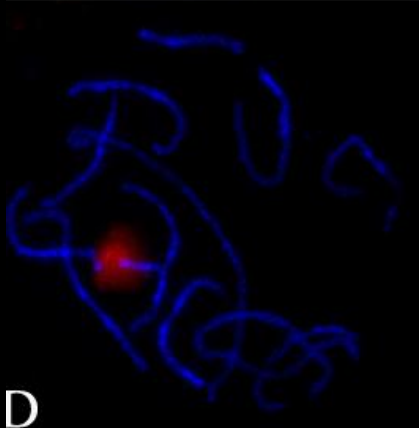
A



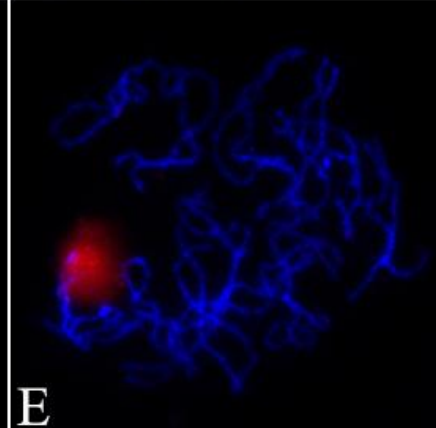
B



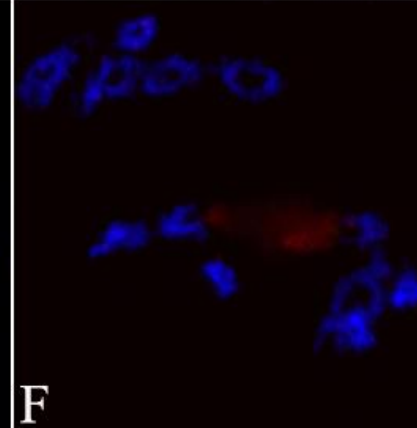
C



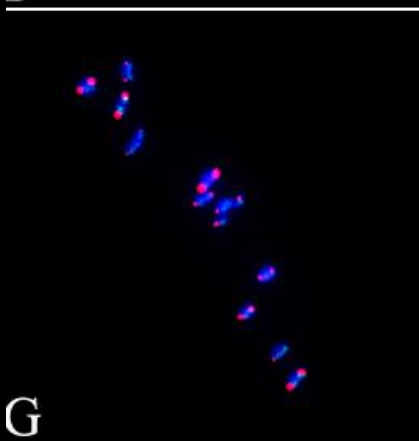
D



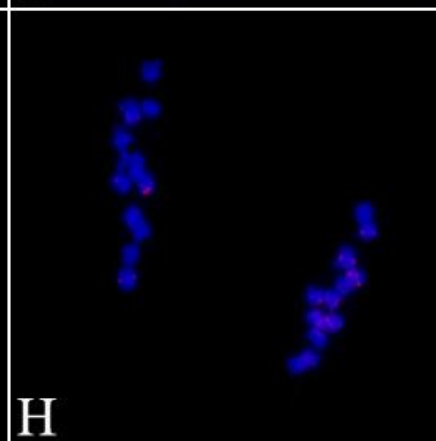
E



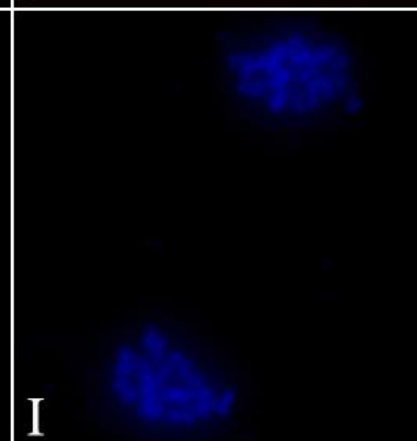
F



G



H



I

A: 间 期

B: 细线期

C: 偶线期

D: 粗线期

E: 双线期

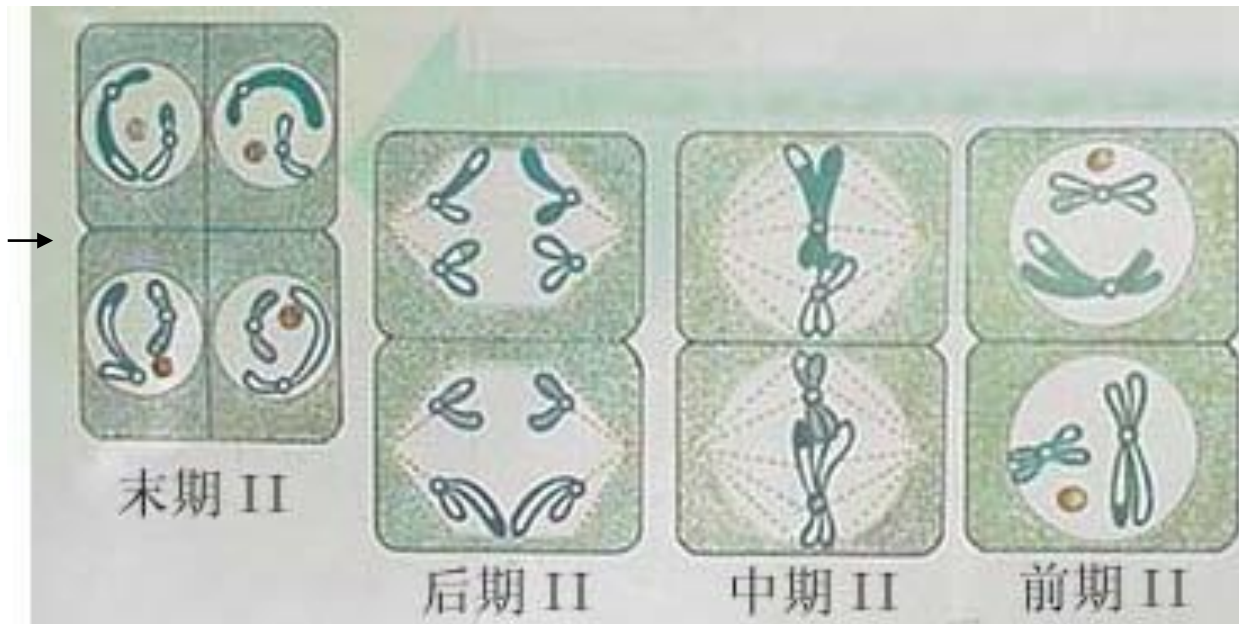
F: 终变期

G: 中 期I

H: 后 期I

I: 末 期I

四分体 →



减数第二次分裂：同有丝分裂

名词:

- **二价体(bivalent)**: 一对同源染色体配对联会就形成二价体（或联会的一对同源染色体）
- **联会**: 一对同源染色体 配对产生二价体，这种现象称联会。
- **联会复合体(synaptonemal complex)**: 它是联会的同源染色体联结在一起的一种特殊的固定结构。
- **姐妹染色单体**: 同一着丝粒连接的两条染色单体。
- **非姐妹染色单体**: 同源染色体由不同着丝粒连接的染色单体。
- **四合体(tetrad)**: 因为二价体实际上已包含了四条染色单体，故称四合体。
- **交叉的端化**: 在终变期交叉向二价体两端移动，并逐渐接近于末端。这个过程叫交叉的端化。
- **二分体**: 减数分裂末期I后产生的两个子细胞称二分体。
- **四分体(tetrad)(tetraspore)**: 减数分裂末期II后产生的四个子细胞称四分体。

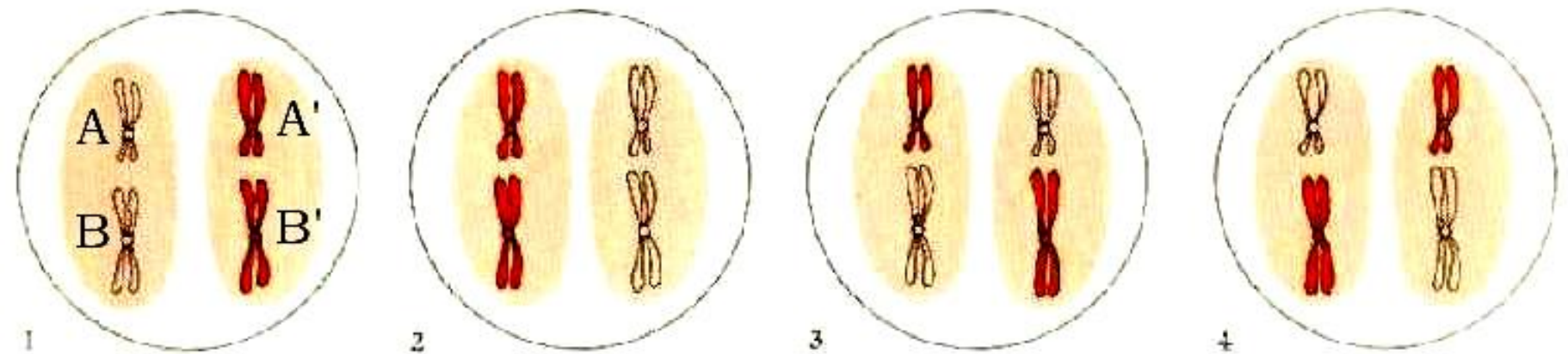
(三)、减数分裂的特点和遗传学意义

特点:

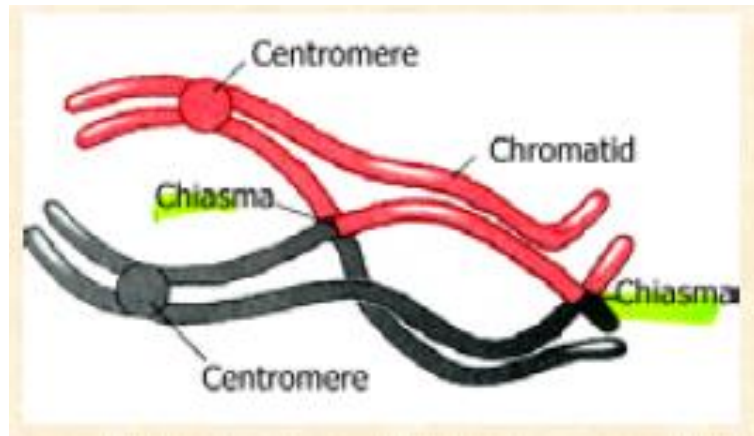
1.核分裂两次，染色体复制一次，染色体数目减半。



2.前期I各对同源染色体配对联会。后期I同源染色体分开。后期I非同源染色体随机组合。 n 对染色体有 2^n 种配子组合类型。



3. 同源染色体内非姊妹染色单体的交换.



意义(P23) :

- 1.保证了有性生殖生物个体世代之间染色体数目的稳定性
- 2.为有性生殖过程中创造变异提供了遗传的物质基础

减数分裂与有丝分裂的主要区别？

(1) 减数分裂要连续进行两次细胞分裂，但是，染色体只复制一次，结果，分裂后形成的细胞里只含有单倍数的染色体，即染色体数目减少了一半，而有丝分裂则是染色体复制一次，细胞也分裂一次，分裂后所形成的细胞中染色体的数目没有变化；同时发生非同源染色体的自由组合，是生物变异的来源之一；

(2) 减数分裂中染色体的变化情况，主要出现在第一次细胞分裂之中，并且前期 I 比有丝分裂的前期更为复杂。在减数第一次分裂的前期，同源染色体要相互配对，形成二价体，并且二价体中的非姐妹染色单体间常发生交叉、互换。这是基因重组的来源之一，因此，减数分裂后形成的子细胞遗传组成是不一样的，而有丝分裂形成的2个子细胞与母细胞遗传组成是一样的。

细胞有丝分裂和减数分裂各自的遗传学意义。

细胞有丝分裂的遗传学意义：

（1）每个染色体准确复制，并分裂为二，为形成两个子细胞在遗传组成上与母细胞完全一样提供了基础，细胞有丝分裂的结果形成两个在遗传组成与母细胞一样的子细胞，保证了物种的稳定性、连续性，尤其是通过有丝分裂繁殖的生物。

（2）维持了生物的生长、发育及繁殖（生物个体膨大；性细胞通过有丝分裂分化产生）。

细胞减数分裂的遗传学意义：

（1）性母细胞通过减数分裂形成染色体数目减半的雌雄性细胞，保证了亲代与子代之间染色体数目的恒定性，从而保证了物种相对的稳定性。

（2）由于染色体重组、分离、交换，为生物的变异提供了重要的物质基础。

讨论点：1、原核细胞与真核细胞的主要区别
2、有丝分裂与减数分裂的区别与联系
3、其它内容

- 帮帮我：列出自己不懂的问题，与组员讨论
- 考一考：列出自己觉得已经懂、但别人可能存在困惑的问题

第四节 配子的形成和受精

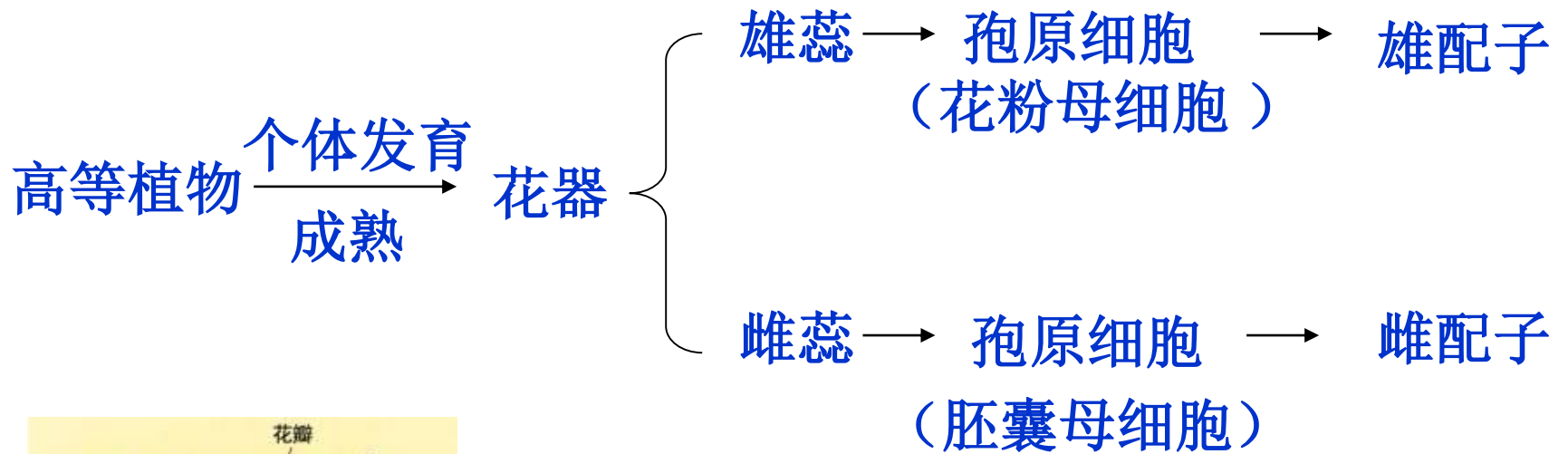
一、生物的繁殖方式

- 1、无性繁殖(asexual reproduction)：通过营养体的分割产生后代。也称营养体生殖。（P24）
- 2、有性繁殖(sexual reproduction)：由于雌雄配子受精结合形成合子，随后进一步分裂、分化和发育而产生后代的繁殖方式。（P24）

二、雌雄配子的形成

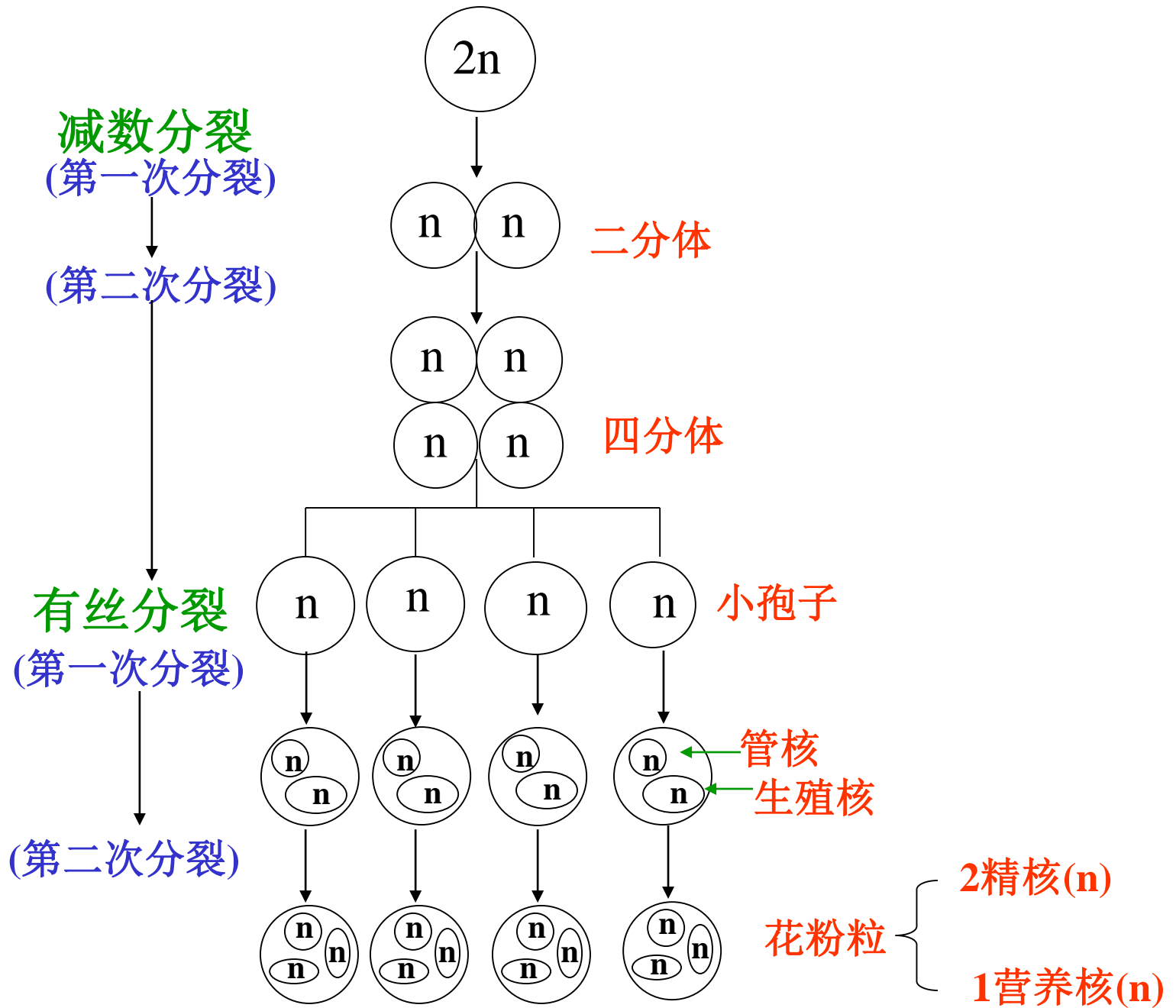
1、高等动物雌雄配子的形成（自学，P25）

2、高等植物雌雄配子的形成（P26）

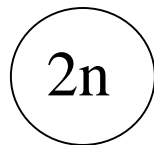


小孢子母细胞（花粉母细胞）

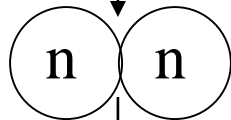
雄配子的形成



大孢子母细胞（胚囊母细胞）

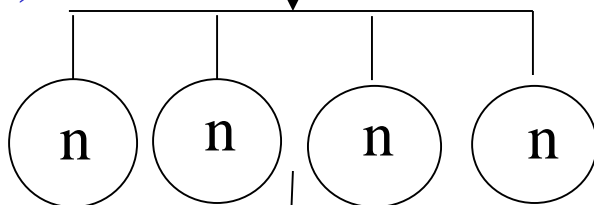


减数分裂
(第一次分裂)

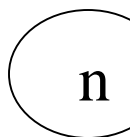


二分体

(第二次分裂)

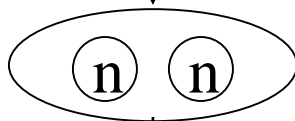


四分体

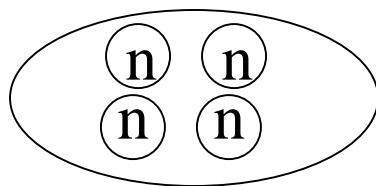


大孢子(其它三个退化)

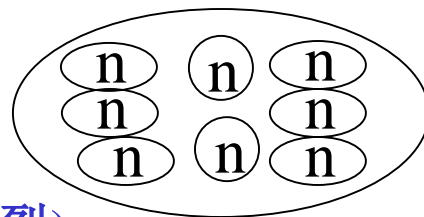
有丝分裂
(第一次分裂)



(第二次分裂)



(第三次分裂)



胚囊

1卵细胞(n)

2极核(n)

2助细胞(n)

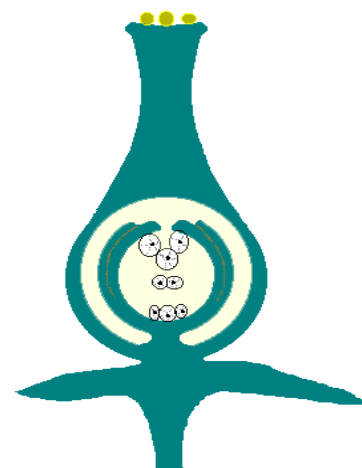
3反足细胞(n)

雌配子的形成

三、植物的授粉与受精

- 1、**授粉**：指成熟的花粉粒落到雌蕊柱头上的过程。（P27）
- 2、**受精**：雌雄配子融合为一个合子称为受精。（P27）
- 3、**双受精**：对于被子植物而言，花粉粒落在柱头上、发芽，形成花粉管，进入胚中。

一个精核与卵细胞结合为合子，将来发育为胚 ($2n$)；一个精核与两个极核结合发育为胚乳($3n$) 的过程。（P27）



4、种子的形成（P27）

	染色体数	前体	来源
胚	2n	合子	受精产物
胚乳	3n	胚乳核	受精产物
种皮	2n	珠被	母本组织
果皮	2n	子房壁	母本组织

5、直感现象

1、直感现象：受精的产物或母体组织，在受精后的杂种后代,由于受花粉的影响表现出来父本的特征。

2、胚乳直感 (endosperm xenity): 也称花粉直感 (**xenia**)，指 $3n$ 胚乳的性状由于精核的影响而直接表现父本的某些性状。
(P28)

3、果实直感 (metaxenia): 种皮、果皮等母体组织在发育过程中由于花粉影响而表现父本的某些性状。 (P28)

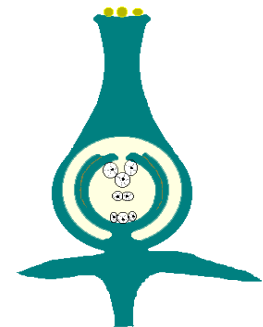


胚乳直感和果实直感的相同点是:二者都是由于花粉影响而引起的直感现象;

不同的是前者的形成有花粉直接参与了性状发育,而后者的形成花粉仅仅是影响,而没有直接参与。

四、无融合生殖 (apomixis)

- 1、概念：雌雄配子不发生核融合的一种无性生殖方式。
(P28)



2、分类：

➤ 单倍配子体无融合生殖（单性生殖）

是指减数分裂形成的配子体未经受精过程而发育成胚的一种生殖方式。

孤雌生殖

孤雄生殖

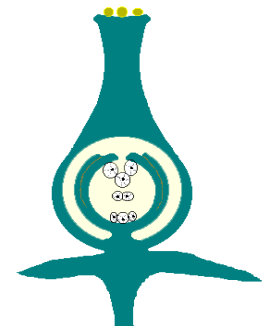
无配子生殖

➤ 二倍配子体无融合生殖

由二倍体($2n$)的配子体发育成孢子体。

造孢细胞经不正常的减数分裂, 胚囊里所有的核都是二倍体。

- **孤雌生殖(female parthenogenesis)**, 卵细胞未经受精发育为单倍体的胚。
- **孤雄生殖(male parthenogenesis)**: 又称雄核发育 (androgenesis), 精子进入卵细胞, 未与卵核融合, 卵核发生退化, 解体, 雄核取代了卵核发育为单倍体胚。
- **无配子生殖 (apogamy)**: 胚中除卵细胞以外的反足细胞或助细胞发育为单倍体的胚。



2、分类：

➤ 单倍配子体无融合生殖（单性生殖）

是指减数分裂形成的配子体未经受精过程而发育成胚的一种生殖方式。

孤雌生殖

孤雄生殖

无配子生殖

➤ 二倍配子体无融合生殖

由二倍体($2n$)的配子体发育成孢子体。

造孢细胞经不正常的减数分裂, 胚囊里所有的核都是二倍体。

➤ 不定胚

珠心、珠被或其邻近的二倍体细胞进入胚囊后发育而成。

常见于多胚现象，其中有一个胚是正常受精的产物，其余的胚则是不定胚。

➤ 单性结实

子房不经过受精作用发育成果实的现象。

- 从广义上讲，这也属于无融合生殖（严格则不属于，因为它无种子，而无融合生殖能产生种子）。指完全不进行授粉或授粉后未受精，卵细胞没有受精，但在花粉的刺激下，果实也能正常发育的现象。

葡萄和柑橘中可发生单性结实。

3、无融合生殖在遗传上的意义：

- 产生单倍体
- 固定杂种优势

第五节 生活周期

一、红色面包霉的生活周期（P29，自学）

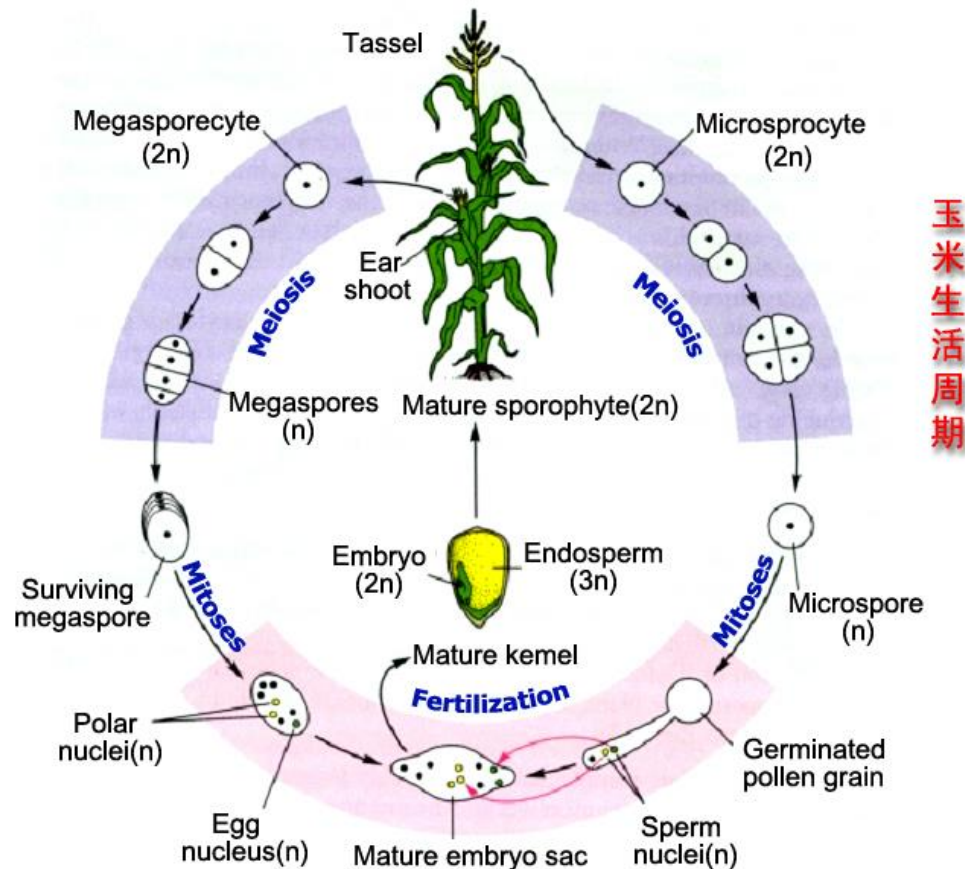
二、高等植物的生活周期（P31）

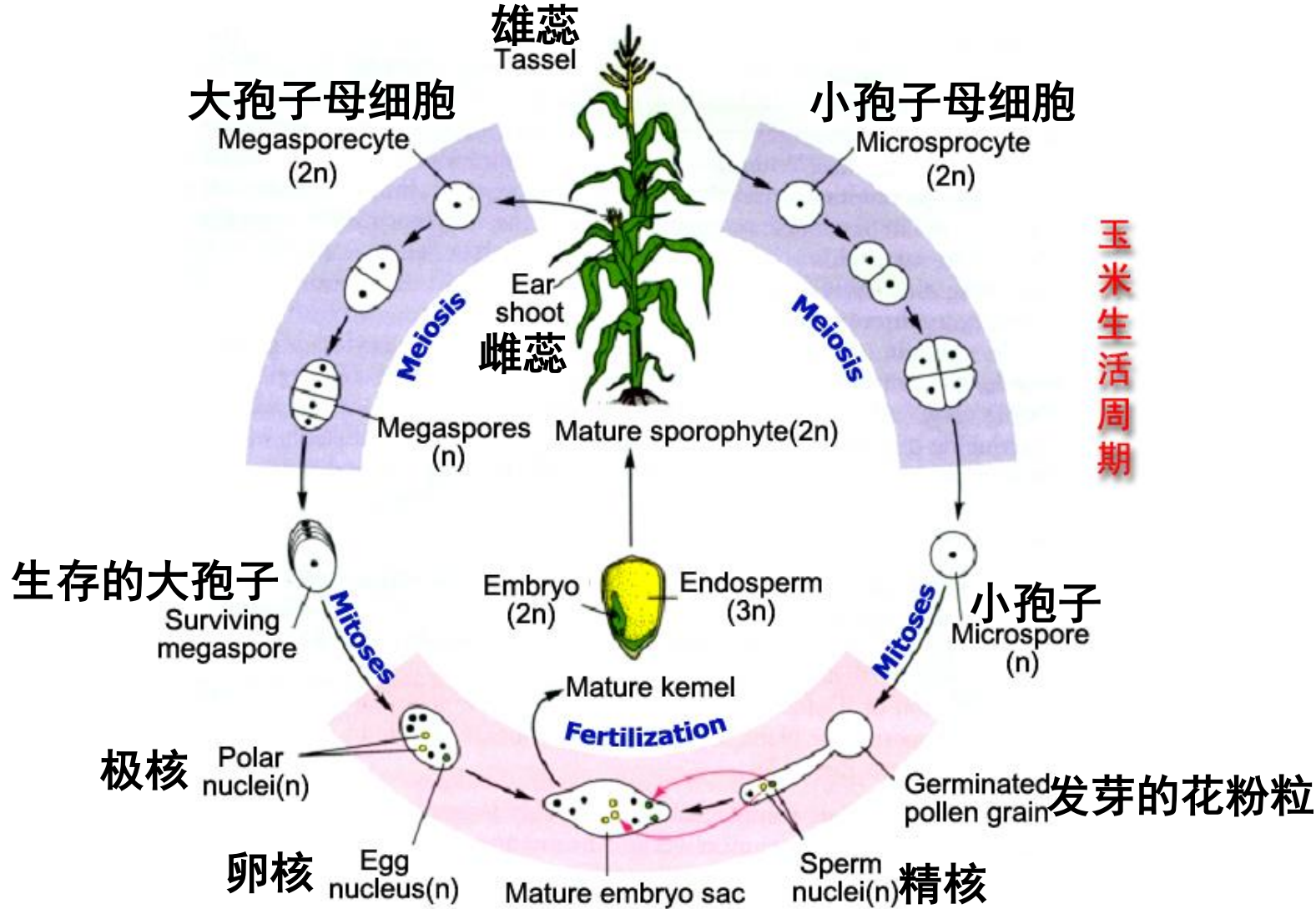
三、高等动物的生活周期（P31，自学）

- 高等植物的一个完整的生活周期是从种子胚到下一代的种子胚。包括无性世代和有性世代两个阶段。

孢子体世代：高等植物从受精卵（合子）发育成一个完整的绿色植株，是孢子体的**无性世代**。

孢子体发育到一定程度以后，产生大、小孢子，则进入**配子体世代**。大小孢子经有丝分裂分化为雌雄配子体，两者受精结合形成合子后即完成**有性世代**，进入下一个无性世代。





本章重点和思考题

- (1) 原核生物和真核生物的本质区别；
- (2) 染色体的形态和结构以及染色质如何变成染色体；
- (3) 细胞的基本分裂方式、特点和意义，细胞周期的概念；
- (4) 高等生物的基本生殖方式、配子形成过程，被子植物的双受精过程及其在遗传学中的意义；
- (5) 不同类型生物的生活周期的差异。

课后作业:

P32

第4、5、8、10题

作业：

P32

第4、5、8、10题(每题25分，平分到每个小问题)

批改：对错，每一题扣分（分析扣分原因），

最终得分，日期

订正

细胞有丝分裂和减数分裂各自的遗传学意义。

细胞有丝分裂的遗传学意义：

（1）每个染色体准确复制，并分裂为二，为形成两个子细胞在遗传组成上与母细胞完全一样提供了基础，细胞有丝分裂的结果形成两个在遗传组成与母细胞一样的子细胞，保证了物种的稳定性、连续性，尤其是通过有丝分裂繁殖的生物。

（2）维持了生物的生长、发育及繁殖（生物个体膨大；性细胞通过有丝分裂分化产生）。

细胞减数分裂的遗传学意义：

（1）性母细胞通过减数分裂形成染色体数目减半的雌雄性细胞，保证了亲代与子代之间染色体数目的恒定性，从而保证了物种相对的稳定性。

（2）由于染色体重组、分离、交换，为生物的变异提供了重要的物质基础。