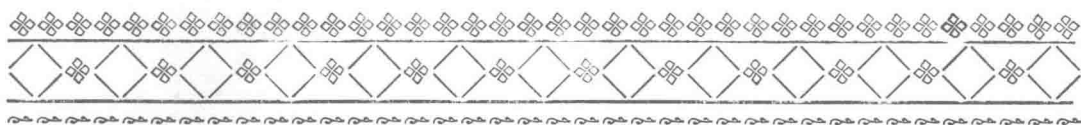


林 木 育 种 学

余 丽 云 编

西 南 林 学 院

一 九 八 七 年 四 月



前 言

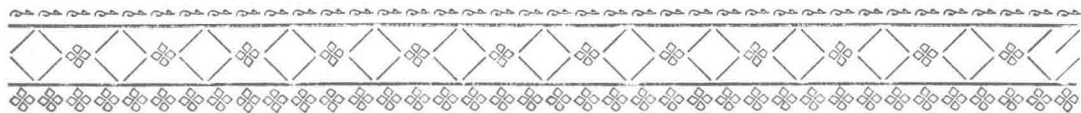
《林木育种学》是一门以遗传学为理论基础，阐述遗传与变异的基本规律，通过育种实践，进一步改良、创造、繁育和利用新品种的学科。因此，无论从林业生产的需要或教学科研的角度，这门课程的设置对于已从事或准备投身于现代林业工作的专业技术人员来说都是十分必要的。对我院林业专科的学生和民族干训部的学员来说，要开好这门课并选取合适的教材是比较困难的。因为其要求的水平既别于大学本科学生又不类同于中专；内容既要结合西南四省（区）的特点而尽量有针对性和实用性，又要考虑学时等方面的限制。所以，根据教学需要，编写一本适合我院上述专业使用的教材就很急切了。

本教材的编写在原教学基础上，从寒假收集资料开始着手，开学后在完成本科教学任务的同时写出初稿。初稿承本教研室葛颂老师详阅后提出宝贵意见，编者又据此作了进一步修改，书中所附插图承森保系病理教研室李楠同志帮助描绘，在此深表谢忱！由于本人水平所限，掌握资料及教学经验不足，加之时间紧迫，本教材疏错之处难免，恳请同行不吝指正，以待进一步修改完善。

西南林学院遗传育种教研室

余 丽 云

一九八七年四月



目 录

第一章 绪 论	(1)
一、林木育种学的内容及特点	(1)
二、林木育种的历史和现状	(1)
三、林木育种工作的意义及任务	(2)
第二章 遗传学基础知识	(4)
第一节 遗传的细胞学基础	(4)
一、遗传和变异的普遍性	(4)
二、细胞的结构	(4)
三、染色体的形态、结构和数目	(6)
四、细胞的分裂	(10)
五、种子植物的有性生殖和世代交替	(14)
第二节 遗传的基本规律	(22)
一、分离定律	(23)
二、自由组合(独立分配)定律	(28)
三、连锁与互换定律	(32)
四、基因和性状	(38)
第三节 细胞质遗传	(38)
一、细胞质遗传的特征	(38)
二、叶绿体的遗传	(39)
三、细胞质遗传的物质基础	(40)
四、植物的雄性不育	(40)
第四节 遗传物质的分子基础	(43)
一、DNA 作为遗传物质的证据	(43)
二、DNA和RNA的化学组成和分子结构	(44)
三、DNA的复制、遗传密码和蛋白质的合成	(47)
四、基因的概念和基因作用的调控	(52)
第五节 生物的变异	(53)
一、基因的重组	(53)
二、染色体的畸变	(54)
(一)染色体的结构变异	(54)
(二)染色体的数目变异	(58)
三、基因突变	(60)

第六节 数量性状的遗传	(63)
一、数量性状的特征	(63)
二、数量性状的多基因假说	(64)
三、研究数量性状的基本统计方法	(66)
四、遗传力及其估计方法	(66)
五、遗传力的运用	(70)
第三章 林木育种资源	(72)
(1) 一、育种资源的概念及重要性	(72)
(1) 二、育种资源的分类	(72)
(8) 三、育种资源的收集、保存、研究和利用	(73)
第四章 选择育种	(74)
(1) 第一节 树木在自然界中的变异	(74)
(1) 一、干形	(74)
(1) 二、冠形	(74)
(8) 三、树皮	(75)
(01) 四、分枝角度	(75)
(1) 五、抗性	(75)
(2) 第二节 选择育种的原理	(75)
(88) 一、选择的意义	(75)
(2) 二、人工选择和自然选择	(76)
(2) 三、选择的原理	(77)
(8) 第三节 选择的程序和方式	(79)
(2) 一、选择的程序	(79)
(2) 二、选择的方式	(80)
(0) 第四节 种源选择	(84)
(01) 一、种源试验的概念	(84)
(01) 二、种源试验的历史和现况	(84)
(01) 三、种源试验的目的和意义	(85)
(01) 四、种源试验中的若干趋势	(86)
(01) 五、种源试验的方法	(88)
(1) 第五节 优树选择	(89)
(22) 一、选优的标准	(89)
(24) (一) 用材树种的标准	(89)
(22) (二) 经济树种的标准	(89)
(17) 二、用材林优树选择的条件	(90)
(17) 三、优树选择的方法	(90)
(82) 四、优树选择的工作步骤	(93)
第五章 树木引种	(97)

第一节 引种的概念与意义	(97)
一、引种的概念	(97)
二、引种的意义和历史	(97)
第二节 引种成败因素的分析	(99)
一、现实生态条件与引种的关系	(99)
二、历史生态条件与引种的关系	(102)
第三节 引种的方法	(102)
一、引种的步骤	(102)
二、引种的具体措施	(103)
三、引种驯化成功的标准	(104)
第六章 杂交育种	(105)
第一节 杂交育种的概念和意义	(105)
一、杂交育种的 概念	(105)
二、杂交育种的 意义	(105)
第二节 亲本选择和杂交方式	(106)
一、亲本选择的 原则	(106)
二、杂交方式	(107)
第三节 树木开花生物学特性和花粉技术	(108)
一、树木开花生物学 特性	(108)
二、花粉技术	(109)
第四节 杂交技术和克服远缘杂交不孕的方法	(111)
一、杂交技术	(111)
二、克服远缘杂交不孕的方法	(112)
第五节 杂种后代的培育和选择	(113)
一、杂种后代的 培育	(113)
二、杂种后代的选择和 鉴定	(114)
三、区域化栽培 试验	(114)
四、杂交品种的繁殖和 推广	(114)
第七章 母树林	(115)
第一节 母树林的概念及 意义	(115)
第二节 建立母树林的 条件	(115)
一、林地选择	(115)
二、林分选择	(115)
第三节 建立母树林的方法和 步骤	(117)
一、母树林的调查与 规划	(117)
二、母树林的经营与 管理	(119)
第八章 种子园和采穗圃	(121)
第一节 种子园的发展和 种类	(121)

一、种子园的概念、发展和意义	(121)
二、种子园的种类	(121)
第二节 种子园的总体规划	(122)
一、种子园规模	(122)
二、园址的选择	(123)
三、隔离措施	(123)
四、种子园的区划	(124)
第三节 种子园的营建	(124)
一、栽植密度	(124)
二、无性系和家系的数量	(125)
三、嫁接苗的准备	(125)
四、配置设计	(125)
五、整地和定植	(126)
第四节 种子园的管理	(126)
一、水肥管理	(126)
二、树形管理	(127)
三、花粉管理	(127)
四、去劣疏伐	(128)
五、病虫害防治	(128)
第五节 采穗圃	(128)
一、采穗圃的意义	(128)
二、建立采穗圃的原则	(129)
三、采穗圃建立的方式	(129)
第六节 林木良种化的程序和途径	(131)
一、林木良种化的概念和工作程序	(131)
二、实现林木良种化的途径	(132)
第九章 表型测定及田间试验	(133)
第一节 表型测定	(133)
一、表型测定的意义和任务	(133)
二、表型测定的方法	(133)
第二节 田间试验	(135)
一、田间试验的意义	(135)
二、田间试验设计的要求	(135)
三、田间试验设计的方法	(137)
四、资料的整理分析	(139)

第一章 緒 论

一、林木育种学的内容及特点

林木育种学是应用遗传学的原理,选育和繁殖树木优良品种的理论和技术科学。林木育种学的内容包括遗传学原理,育种技术,良种繁育三个部分。遗传学是直接涉及到生命的起源和生物的进化机理,研究生物性状的遗传和变异规律,从而指导育种实践。育种学是改良现有品种和创造新品种的科学。它按照人们的需要,能动地去利用、改造和控制生物的遗传和变异,创造出新品种,为人类服务。它可运用有性杂交、无性繁殖、人工诱变、组织培养、遗传工程等方法来改变树木的遗传性,并运用准确的鉴定方法,经过选择,创造出新的优良品种。然后在生产中繁殖、推广和运用。

遗传学与育种学是紧密联系,相互促进的科学。遗传学是理论基础,人们运用它去指导育种实践。在良种的选育和繁殖实践中,又丰富和发展了新的遗传理论,所以它们密切相关,不可分割。

与农作物育种比较,林木育种有其如下特点:(1)林木生长周期长,某些性状在个体发育过程中需要较长时间才能确定。同时,树木生长高大,占地多,对开展遗传测定和多世代育种造成一定困难。但树木周期长,能连年结实,一旦选育出一株优树,就能长期利用。

(2)大多数树种可用扦插、嫁接、分根等无性方法繁殖,可缩短育种时间,简化育种手续。

(3)树木自然分布广、野生性强、开发利用水平不一,自然界存在着极其丰富的育种原始材料,进行选育种潜力大,见效快。

林木育种学是一门综合性的应用学科,它以细胞遗传学,群体遗传学等为理论基础,同时又与植物学、森林生态学、树木学、植物生理学、生物化学、细胞学、造林学、生物统计学等学科相互渗透,密切相关。林木育种工作者必须具备现代生物学坚实的理论基础知识,综合应用各学科先进的科学成就和方法,加速林木育种工作的进程,使林木良种在社会主义林业建设中发挥更大的作用。

二、林木育种的历史和现状

林木育种已有150多年历史。据传,公元前114年,我国西汉的张骞出使西域引入了核桃、石榴等;公元401年晋朝把三球悬铃木(法国梧桐)引入西安,1921年法国人De Vilmovin在巴黎附近最早设置了欧州赤松种源试验;1908年国际林联(IUFRO)第一次按田间设计要求,组织了欧州赤松国际种源试验。树木杂交工作从上世纪开始,德国

植物学教授Klotsck在1845年作了欧州赤松和黑松杂交；本世纪二十年代后，杨、松、落叶松间杂交试验在欧美各国迅速开展。本世纪四十年代，丹麦、瑞典、芬兰、美国开始选择优良母树和建立母树林。五十年代西欧、东欧和日本等一些国家相继开展这项工作。六十年代，不少发展中国家也进行了这方面试验。选优、建立种子园工作发展较快，现已有50个国家对近100个树种建立了种子园。美国、瑞典、芬兰等国家已部分使用种子园生产的改良种子造林。对一些生长快的树种，已能提供相当数量经子代鉴定的种子。例如，日本目前由种子园、采穗圃提供的种子和穗条已可满足国有林的需要，到1990年可满足全部造林需要。

我国劳动人民很早以前就进行了林木育种工作，积累了不少经验。但解放前，由于社会制度所限，育种工作不可能发展。1946年我国育种学前辈——南京林学院叶培忠教授在甘肃作了河北杨、山杨、毛白杨等杨树的有性杂交试验；1949年在武昌作了杉木、柳杉的杂交试验，使我国林木育种工作进入了新阶段。解放后，全国范围内建立了许多专门机构，大专院校设立了育种课，并积极开展科学研究，作出了不少成绩。1972年，全国林木良种选育协作会议后，林木良种工作发展较快，各地选育出了一大批松树、杉木、桉树、杨树、油茶、油桐等用材林及经济林良种。各地先后建立了母树林、种子园；并对杉木、松树等树种开展了地理种源试验，为种子最适调拨区提供了科学依据。不少树种正进行子代测定，其中杉木已着手建立第二代种子园。人工诱变、组织培养等研究工作正在进行。现正为在全国建立布局合理的种子生产基地，实现种子生产专业化、质量标准化、造林良种化的目标而努力奋斗。

三、林木育种工作的意义及任务

林业是国民经济的重要组成部分。随着国民经济的迅速发展，人口增加，人民生活水平不断提高，对木材和其它林副产品的要求愈来愈高。目前生产的发展远不能满足需要，如何提高造林质量，提高单位面积产量，如何缩短林木的生长周期，增强抗性，改进品质，降低成本，并在绿化环境、调节气候、净化空气方面发挥更大的作用，是林业工作者的迫切任务。

实现林木速生、丰产、优质所采取的措施，包括两个方面：一是改良树种本性，选育良种。二是改善栽培条件，选择适宜的立地，做到适地适树，加强抚育管理、防治病虫害等措施。后者是速生丰产的外部条件，前者是内因，起主导作用。种性不良，再好的栽培条件也不能达到目的。正如农谚说：“土是根，肥是劲，种是本”。当然，良种必须与良好的栽培措施相结合，种的优良特性才能充分发挥。同时，和农作物比较，林木的生长周期长，造林后几年或几十年才能收益，因此采用良种造林，显得更重要。

1972年全国林木良种会议指出：我国林木良种工作应以选为主，选、引、育相结合。当前国内根据不同地区实际情况，应有计划、有步骤地开展下列工作：

(1) 搜集、保存和研究育种资源，建立收集圃，或保护天然林分。通过选择、杂交等途径，培育林木新品种。

(2) 通过种源试验，科学地确定林木种子的调拨范围，为当地造林选择最佳种

源。

(3) 继续开展优良林分、优良类型、优树选择工作，采取去劣存优办法，建立母树林，解决当前用种需要。

(4) 有计划开展引种试验，引进国内外优良树种，扩大优良珍贵树种的种植范围。

(5) 建立各种类型种子园、采穗圃。在开展优树和无性系评选的同时，开展后代鉴定。提高主要造林树种的有性和无性繁殖技术与理论，争取在短期内提供大量的优质种子和穗条。

为把我国林木良种工作搞上去，我们必须努力学习，认真实践，为“振兴中华，实现四化”作出较大贡献。

第二章 遺傳學基礎知識

第一節 遺傳的細胞學基礎

一、遺傳和變異的普遍性

遺傳和變異是生物界普遍存在的生命現象。勞動人民在長期的生產實踐中，早就認識到遺傳和變異的現象及其相互關係。俗語說：“種瓜得瓜，種豆得豆”，這種親代與子代相似的現象，就是遺傳。但是遺傳只是相對的，子代與親代之間，或子代個體之間也會出現差異，即“一母生九子，九子各不一”。這種親子之間或子代個體之間不相似的現象，就是變異。

遺傳和變異是生命運動中的一對矛盾，既對立又統一。遺傳是相對的，沒有遺傳，不可能保持物種的相對穩定；變異是絕對的，發展的，沒有變異，不會產生新的性狀，就不可能有物種的進化和新品種的選育。由於遺傳和變異這對矛盾不斷的运动，經過自然選擇，才形成形形色色的物種；同時，經過人工選擇，才育成適合生產需要的各種品種。所以遺傳、變異和選擇是生物進化和新品種選育的三大因素。

二、細胞的結構

細胞是生物結構和生命活動的基本單位。除了病毒和噬菌體這類最简单的生物外，所有的高、低等動植都由細胞構成。在生物的生命活動中，繁殖後代是一個重要的基本特徵。正因為生物具有繁殖後代的能力，才能世代相傳，表現遺傳和變異，促進生物的進化。而生物在繁殖過程中，無論是有性或無性繁殖，都必須通過一系列的細胞分裂，才能把遺傳物質傳遞給後代。因此，為了深入研​​究生物遺傳和變異的規律及其細胞的內在機理，有必要先介紹細胞的構造和分裂方式，從而認識遺傳的細胞學基礎。

1、細胞膜

細胞是由細胞膜、細胞質和細胞核三部分組成（見圖 2—1）。細胞膜是細胞質外圍的一層薄膜，簡稱質膜。一般在光學顯微鏡下難以見到，它對細胞的生命活動具有重要的作用。植物細胞不同於動物細胞，在質膜外圍還有一層由纖維素和果膠質等構成的細胞壁。這是由細胞質分泌出的物質，對植物細胞和植物體起着保護和支架的作用。

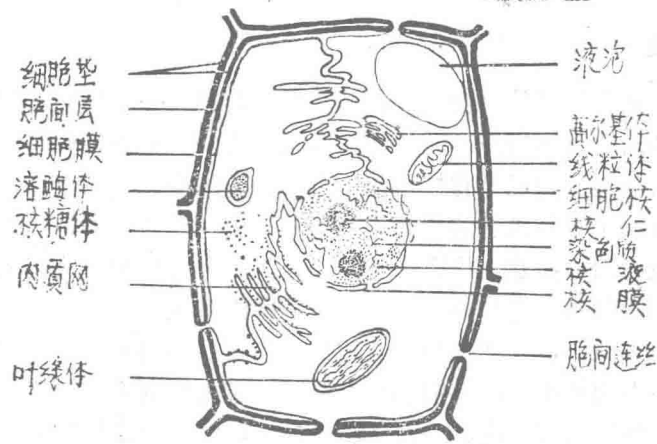


图 2-1 植物细胞模式图

1、细胞壁 2、胞间层 3、细胞膜 4、溶酶体 5、核糖体 6、内质网
7、叶绿体 8、液泡 9、高尔基体 10、线粒体 11、细胞核 12、核仁 13、染色质
14、核液 15、核膜 16、胞间连丝

在细胞质内存在许多管道状的内质网，还有许多线粒体、叶绿体等，它们也像质膜一样具有膜的结构。大量试验证明，膜不是一种静止的结构，它对细胞的生命活动具有重要的作用。

2、细胞质

细胞质是在质膜内环绕着细胞核外围的原生质，其中包含着各种细胞器。细胞器是指细胞质内除了核以外的一些具有一定形态、结构和功能的物质。它们包括：线粒体、质体、核糖体、内质网、高尔基体、中心体、溶酶体和液泡等。其中有些细胞器只是某些生物所特有。例如，中心体只是动物和一些蕨类及裸子植物中有；质体（叶绿体等）和液泡只是绿色植物有。细胞器的生命活动与性状的遗传常有密切关系。现已肯定，线粒体、叶绿体、核糖体和内质网等具有重要的遗传功能。

线粒体是动植物细胞质中普遍存在的细胞器。它含有多种氧化酶，是细胞里氧化作用和呼吸作用的中心，能产生许多含有高能键的三磷酸腺苷（ATP），所以说它是细胞的动力车间。质体有叶绿体、有色体和白色体三种，其中最主要的是叶绿体，它是绿色植物所特有的一种细胞器，其主要功能是在有光的条件下，进行光合作用。但线粒体在黑暗条件下，仍能进行氧化磷酸化作用。

核糖体是极微小的细胞器，在细胞质中数量很多，几乎占整个细胞重量的五分之一。在线粒体和叶绿体中也含有核糖体，它是合成蛋白质的主要场所。内质网在细胞质中广泛分布，它常与核膜相连接，核糖体可以游离在细胞质中，也可附着在内质网上。

内质网的形状和数量因细胞的类型和环境的不同而有变化。内质网主要是转运蛋白质合成的原料和最终合成产物的通道。

3、细胞核

除了细菌和蓝藻等低等生物以外，其余生物均具有一定形态结构的细胞核。因为前一类生物的细胞只含有核物质，而没有形成核结构，还处于细胞进化的原始阶段，故称为原核细胞。后一类生物已具有核结构，是比原核细胞进化的类型，故称为真核细胞。大多数动植物都属于真核细胞的生物。

细胞核一般为圆形，它由核膜、核液、核仁和染色质四部分组成。遗传物质主要聚集在核内，对指导细胞发育和控制性状的遗传都起着主导作用。

核膜是核的表面膜，它把核与细胞质划分为功能不同而又密切相关的两个部分。核膜上分布有许多小的核膜孔，这些小孔有些是通过内质网膜与质膜相通的；核与质之间的物质就是通过核膜孔流通的。核内充满着核液，核液中含核仁和染色质。核内一般有一个或几个核仁，其形态为圆形。在细胞分裂过程中，核仁有短时间的消失，以后又重新聚集起来。一般认为核仁与核糖体的合成有关系。

在细胞没有分裂的核中，经过染色可以见到许多纤细的网状物，所以称为染色质。当细胞分裂时，这些染色质即表现为一定形态和数目的染色体。染色体是核中重要而稳定的成分，它具有特定的形态结构，具有自我复制的能力，并积极参与细胞的代谢活动，能出现连续而有规律性的变化。遗传学中通常把控制生物性状的遗传物质叫做基因。大量的试验证实，基因就是按一定顺序呈直接排列在染色体上。因此，已经肯定染色体是生物的遗传物质的主要载体。

三、染色体的形态、结构和数目

1、形态

一个完整的染色体在外形上包括着丝点、缢痕、随体、染色体臂等（见图2—2）。

着丝点是位于染色体的主缢痕里的一颗粒，不染色。着丝点把染色体分成两部分，叫做染色体臂。着丝点的位置直接影响到染色体两臂的长短比例，使染色体有不同的形态。如果着丝点位于染色体中间，两臂大致等长，在细胞分裂后期当染色体向两极牵引时表现为V形；如果它偏离一端，使两臂长短不一，因而表现为L形；如果它接近顶端，形成一个长臂和一个极短的臂，则近似棒形；还有些染色体极为粗短，两臂很不明显，

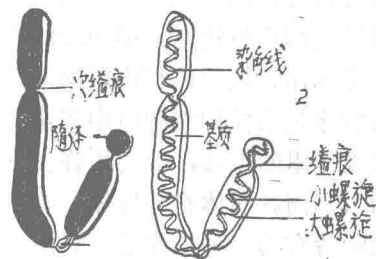


图2-2 中期染色体结构图式

1. 形态 2. 染色体臂的内部结构

呈现为颗粒状（见图2—3）。



图2-3 后期染色体的形态

1. V形染色体 2. L形染色体 3. 棒状染色体 4. 粒状染色体

有些染色体还有次缢痕，染色较淡。有的在次缢痕的顶端有一圆形或略伸长的突出物，称之为随体。此外，还有在个别染色体上靠近随体的次缢痕处有一个染色很深的核仁组织中心，它联系着一个球形的核仁。一般每个核中有一对染色体的次缢痕与核仁的形成有关联。例如，玉米第6对染色体就明显地联系着一个核仁。

染色体的长度、着丝点、次缢痕和随体的位置等特征都是相对恒定的。因此，这些特征是识别某一特定染色体的重要标志。

2、结构

根据光学显微镜在有丝分裂中期的观察，染色体的结构是由两条染色单体组成的。每条单体是由一个连续的DNA双螺旋分子和许多蛋白质分子结合，形成DNA蛋白质纤维丝。细胞分裂中期看到的染色单体就是由一条DNA·蛋白质纤维丝重复折叠而成的（见图2—4）。

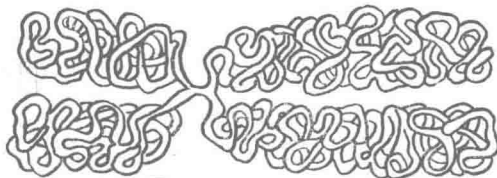


图2-4 染色体显微结构的模式图

每一染色单体是一条重复地折叠着的DNA·蛋白质纤维

目前流行的染色质串珠模型认为，DNA·蛋白质纤维丝的单位结构是核体，又称核粒或核小体。每个核小体由H2a、H2b、H3、H4各2个分子，一共8个组蛋白分子组成直径为100Å的圆珠，DNA双螺旋绕在这些圆珠外面。每个圆珠上绕 $1\frac{3}{4}$ 圈，约

200个碱基对。每个圆珠又与H₁组蛋白分子联结成串,形成一条以DNA为骨架的DNA·蛋白质纤维丝(见图2-5A 2-5B)。

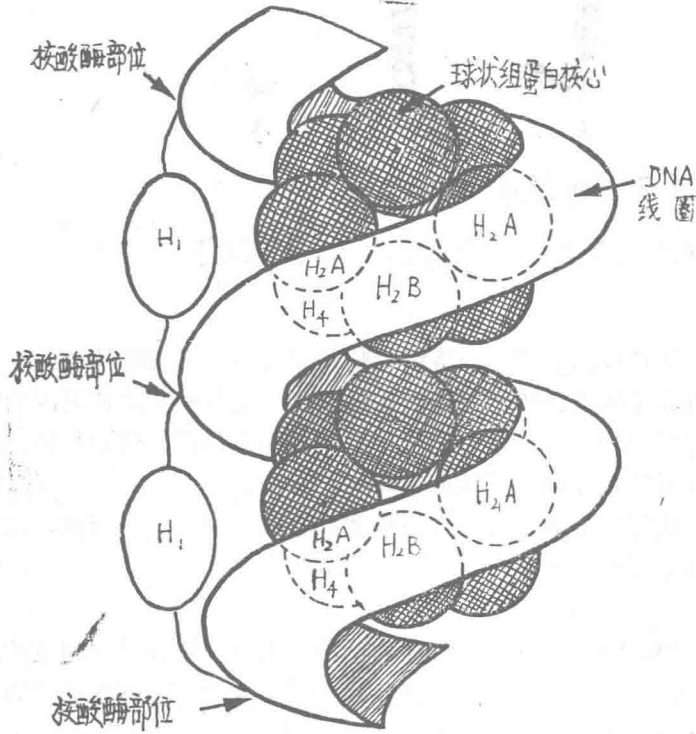


图2-5A 染色质结构的核粒模型图解

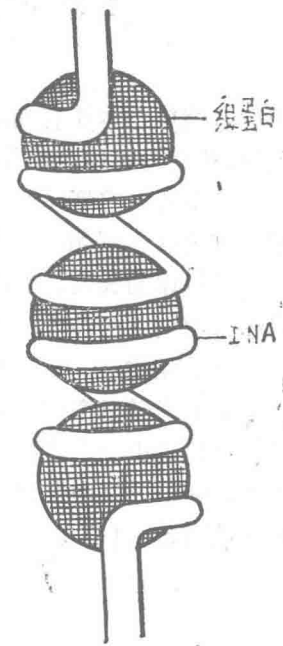


图2-5B 绳珠模型

七十年代以来,又有人提出从染色质到染色体的四级结构模型。DNA与组蛋白形成的复合体纤维丝,经四级螺旋折叠形成染色体(见图2-6)。

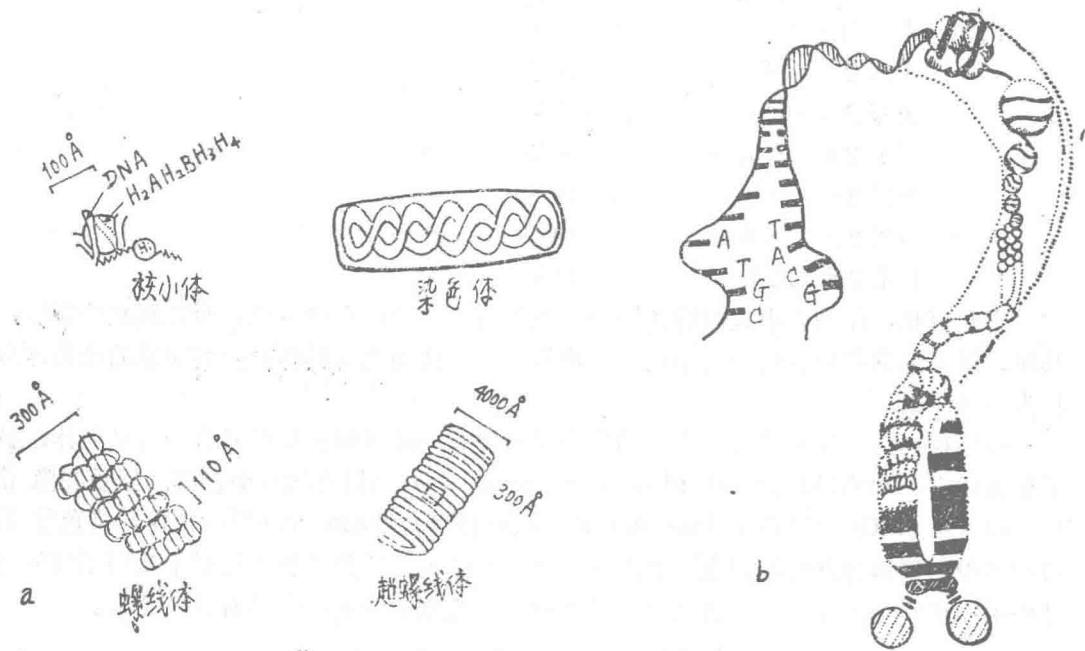


图2-6 从染色质到染色体的四级结构模型

a. 引自洪名康等, 1978, 徐郁水, 1977; b. 引自C.J. Beato等, 1978

常染色质(区): 染色较浅, 染色线呈松散状态(解旋), 具转录活性。

异染色质(区): 染色较深, 在细胞分裂间期染色线仍卷曲(螺旋), 转录不活跃(惰性), 称异固缩。

常染色质和异染色质在结构上是连续的。不同生物和不同的染色体上异染色质的分布和含量是不相同的, 所以它是识别染色体的一个指标(见图2-7)。

3、数目

各种生物染色体数目都是恒定的。在体细胞中染色体成对存在, 称之为二倍体, 用 $2n$ 表示。在性细胞中染色体数目为体细胞的一半, 称为单倍体, 用 n 表示。

在体细胞中, 形态和结构相同的一对染色体称同源染色体。这一对与另一对形态和结构各不相同, 它们之间互称为异源染色体或非同源染色体。

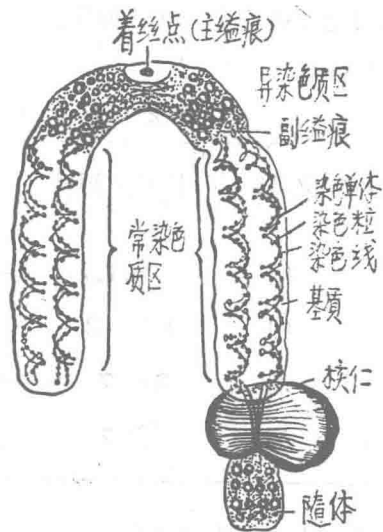


图2-7 染色体结构图解

(引自 Finean, 1961)

例如：人	$2n = 46$ 条	$n = 23$ 条
玉米	$2n = 20$ 条	$n = 10$ 条
蚕豆	$2n = 12$ 条	$n = 6$ 条
果蝇	$2n = 8$ 条	$n = 4$ 条
松树	$2n = 24$ 条	$n = 12$ 条
杨树	$2n = 38$ 条	$n = 19$ 条
杉木	$2n = 22$ 条	$n = 11$ 条

由此可见，体细胞中成对的同源染色体可以分成两套染色体。而在减数分裂后，其雌、雄性细胞将只存留一套染色体。遗传学上把性细胞所具有的一套完整的染色体数称为染色体组。

各物种的染色体数差异很大，动物中线虫类有一种马蛔虫变种只有一对染色体；被子植物中有一种菊科植物 (*Haplopappus gracillis*) 也只有两对染色体。但是在隐花植物中瓶尔小草属 (*Ophioglossum*) 的一些物种可含有400—600对染色体。染色体数目的多少与该物种进化的程度一般没有关系，但染色体的数目和特征对于鉴别系统发育过程中物种间的亲缘关系，特别是对于植物近缘类型的分类，常具有重要意义。

4、染色体组型

某种生物其体细胞的全部染色体形态特征，称染色体组型，又称为核型。染色体组型分析是细胞遗传学中的一种基本方法，鉴别每一条染色体是染色体组型分析的基础，所依据的形态指标有：

(1) 染色体的长度；(2) 着丝点的位置 (臂比)；(3) 次缢痕的有无和位置；(4) 随体的有无、形态、大小；(5) 异染色质的分布；(6) 染色体的分带。染色体组型分析就是根据每种生物的染色体数目及每个染色体的形态指标进行的 (见表2—1)。

表2—1 染色体各形态的标准

着丝点位置	长臂/短臂	细胞分裂时染色体的形态	符 号
中 间	1—1.7	V形	M
近 中	1.7—3	L形	SM
近 端	3—7	I棒形	ST
顶 端	>7	•点状	T

四、细胞的分裂

细胞分裂是生物进行繁殖的基础，生命的延续和生物遗传变异的产生，只有在生物繁殖过程中才能体现。

细胞分裂的方式：无丝分裂、有丝分裂和减数分裂三种。

(一) 无丝分裂 是细胞核和细胞质拉长，缢裂成两个子细胞。它不像有丝分裂那样经过染色体有规律和准确的分裂过程。在分裂过程中因看不到纺锤丝的作用，所以叫无丝分裂。这种分裂不常见。

(二) 有丝分裂 是高等生物细胞分裂的主要方式，细胞核发生复杂变化，有纺锤丝出现。分裂过程大致可分为以下几个时期：

间期 是细胞连续两次分裂之间的一个时期。这时看不到染色体，因它伸展到最大长度，处于高度活跃的生理、生化代谢阶段，进行染色体的复制。据生化分析，这时期核内的DNA和组蛋白含量是加倍的。它为下一次细胞分裂准备了条件（见图2—8）。

前期 核内出现细长而卷曲的染色体，以后逐渐缩短变粗，每个染色体含有两条染色单体，这说明它们已经自我复制了，但染色体的着丝点还没有分裂。核膜、核仁模糊不清，两极出现纺锤丝。

中期 核仁、核膜消失，各染色体均排列在细胞中央的赤道板上，纺锤丝附着在着丝点上，这时染色体具有典型的形状，最适于采用适当的制片技术，鉴别和计数染色体。

后期 随着两极纺锤丝的收缩和牵引，每个染色体的着丝点分裂为二，形成染色单体，分别移向两极，因而两极各具有与母细胞同样数目的染色体。

末期 两极围绕染色体出现新的核膜，染色体又变得松散细长，核仁重新出现，接着细胞质分裂，在纺锤丝的赤道板区域形成细胞板，分裂为两个子细胞，遂



图2-8 植物体细胞有丝分裂的模式图

- 1、极早前期 2、早前期 3、中前期 4、晚前期
5、中期 6、后期 7、早末期 8、中末期
9、晚末期