

北京市中学教师继续教育教材

# 染色体遗传学基础

曾中平 编



北京师范大学出版社

(京)新登字160号

北京市中学教师继续教育教材  
**染色体遗传学基础**  
曾中平 编

北京师范大学出版社出版发行  
全国新华书店经销  
中国人民大学印刷厂印刷

---

开本：787×1092 1/32 印张：6.625 字数：135千  
1992年9月第1版 1992年9月第1次印刷  
印数：1—3100

---

ISBN 7-303-01607-4/G·1004  
定价：3.65元

# 北京市中学教师继续教育 教材编审常务委员会

**主任：**徐俊德

**副主任：**倪传荣 张维善

**委员：**邵宝祥 阎玉龙 曹福海 刘宗华 赵恒启  
袁佩林 胡秀英 陈景仁 孙贵恕 韩友富

**生物教材编审小组：**

章朝芳 李维德 戴长河 徐宗佑 刘 恕

## 前 言

教育是社会主义物质文明和精神文明建设极为重要的基础工程。它对提高全体人民的思想道德和科学文化素质,对建设有中国特色社会主义的经济、政治和文化,对培养一代又一代社会主义事业的建设者和接班人,具有重大的战略意义。百年大计,教育为本;教育大计,教师为本;教师大计,提高为本。不断更新教育观念,深化教育改革,提高教育教学质量,必须建设一支德才兼备,又红又专的师资队伍。

我市自1978年恢复师资培训工作以来,中学教师的学历结构发生了明显的变化,至今大部分中学教师已达到现阶段国家教委规定的学历要求。如何积极稳妥地开展学历合格后的继续教育,全面提高教师素质,培养一大批业务骨干、学科带头人和教育教学专家,已成为我市师训工作的当务之急。继续教育是师资培训工作的深入和发展,是深化教育改革的重要措施。通过深入开展继续教育,使不同层次教师的政治素质、思想素质、业务素质和师德素质都能在原有的基础上得到新的提高。

为此,北京市教育局和北京市科技干部局联合制订和颁发了《北京市中小学教师继续教育暂行规定》。《规定》指出,中学具有大学专科以上学历或40岁以上(不含40岁)在1989年8月之前虽不具备合格学历,但具有中级以上教师职

AAJ 27/07

务的教师都应接受继续教育。其中，新分到中学任教的大学毕业生，在试用期内要接受120学时的培训；初级职务的教师，在五年内要接受180学时的进修培训；中级职务的教师，在五年内要接受240学时的进修培训；高级职务的教师，要接受360学时的研修培训。《规定》还明确：“继续教育要和教师的考核、职评、聘任、晋级结合起来，作为职评、聘任、晋级和新教师转正的必要条件之一”。

为了更好地开展继续教育工作，北京教育学院会同各分院和教师进修学校，受北京市教育局的委托，于1989年3月制订出中学《继续教育教学计划》和《教学大纲》。经过近两年的实践，在总结经验的基础上，又对《教学计划》和《教学大纲》（试行稿）作了必要的修改，于1991年6月和10月颁发了新的修订稿。

在此基础上，为了适应北京市中学教师继续教育形势的发展，满足各层次继续教育班师生教学的需要，我们正在组织编写和审订《北京市中学教师继续教育教材》，将于1992年陆续出版。这是一项十分艰巨复杂的系统工程，我们遵照积极组织、认真编写、严格审订的原则，搞好继续教育的教材建设。为此，北京市教育局成立了北京市中学教师继续教育教材编审领导小组、编审委员会和学科编审小组，努力保证教材质量。在编写这套教材时，我们特别注意了坚持正确的政治方向，坚持四项基本原则，建设有中国特色社会主义的中学教师继续教育教材；坚持先进的科学性，注意学科特点，尽量反映适应中学教学需要的科研新成果，立论和资料要有新意；坚持实用性，突出继续教育的特点，理论联系实际，特别是密切联系中学教育教学和中学教师进修的实际，

注意解决好知识与能力的关系问题，重点是提高教育教学能力，直接或间接为提高中学教育教学质量和中学教师全面素质服务；坚持一定的系统性，编排合理的教材结构，并努力做到字数适当，图文并茂、体例统一和要求明确，备有思考练习和参考书目。

这套教材的编写、审订和出版，在北京市教育局的领导下，得到了进修院校教师和广大中学教师的合作，得到了许多专家、教授和学者的指导，得到了北京师范大学出版社的支持，在此表示衷心地感谢！

由于中学教师继续教育教材建设是一项全新的工作，许多理论和实际问题尚在研究探索阶段，加上我们的水平有限，教材中的不足和错误之处在所难免，恳请广大教师 and 各位读者批评指正，以便进一步修改、完善。

北京市中学教师继续教育教材编审委员会

1991.12

## 序

“染色体遗传学”是研究细胞核内染色体上基因所决定的遗传方式的科学，亦称“细胞核遗传学”。而研究核外任何细胞成分控制的遗传方式的科学，则称为“非染色体遗传学”或“核外遗传学”。目前，后者研究较多的是细胞质成分（如质体、线粒体等）所引起的遗传现象，又称为细胞质遗传。

“染色体遗传学”研究染色体的形态、结构、化学组成、染色体数量与结构、染色体行为等变化规律及其对生物变异与遗传的影响。它是从染色体水平上来研究生物的遗传规律，从而有别于从细胞或分子水平上研究遗传规律的“细胞遗传学”或“分子遗传学”。“染色体遗传学”是“细胞遗传学”的核心，是“细胞器遗传学”的一个分支，又与“分子遗传学”密切相关。“染色体遗传学”对研究生物的遗传与变异，分类与进化及发育，对指导育种实践、遗传病等疾病的防治及优生，对工、农、国防、科技现代化都有重大意义。

《染色体遗传学基础》是北京中级生物学教师继续教学计划中规定开设的一门选修课程。

参加该门课程学习的学员，过去都已系统学习过遗传学基本知识，并有多年从事中学生物学教学的丰富经验。在此基础上，为进一步更新扩充遗传学知识，提高中学教学质量，在有限的时间（32课时）内，有必要集中学习《染色体

遗传学基础》知识。根据中学生物学教学的实际需要及目前中学仪器设备的条件。本书在编写上对现有资料进行了必要的筛选与加工处理。内容包括三部分：第一章概述了染色体的基本知识；第二章论述了染色体研究的意义及在实践中的应用；第三章介绍了染色体观察研究技术，包括教学实验研究。每部分力求从某些侧面反映染色体研究的当代水平与进展，特别是对我国部分学者近年来的有关研究成果进行了重点介绍。

根据成年教师进修的特点，本门课程的教学方法力求贯彻“以自学为主、理论密切联系实际”的指导原则，实行精讲多练，故在教学计划安排上，教学实验课时占该门总课时的比例较大。

由于作者水平有限，加上时间仓促，该书恐难满足学员们的实际需要，内容上也难免存在不少缺点或错误，敬请诸位批评指正。

中国遗传学会副理事长、原中国科学院遗传所所长胡含先生，中国科学院遗传所植物细胞工程与育种专家曾君祉先生和北京教育学院生物系副主任李维德先生审阅修改了书稿，并提供了很多宝贵资料，特此表示衷心感谢！

曾中平

1991.12于

北京教育学院生物系



# 目 录

序	2
<b>第一章 染色体基本知识</b>	<b>1</b>
第一节 染色体的形态构造	1
第二节 染色体的化学组成与结构	5
第三节 染色体的大小、数量及其变化	7
第四节 染色体的结构畸变	20
第五节 有丝分裂中的染色体变化	35
第六节 减数分裂中的染色体变化	38
第七节 特殊染色体	44
第八节 染色体是遗传物质的主要载体	56
<b>第二章 染色体研究的意义及实际应用</b>	<b>67</b>
第一节 多倍体及育种	67
第二节 单倍体及育种	86
第三节 非整倍体	106
第四节 染色体工程	120
第五节 染色体在生物分类及物种演化中的应用	141
第六节 人类染色体与遗传病	148
<b>第三章 染色体的观察研究技术</b>	<b>171</b>
第一节 染色体观察研究技术的发展概况	171
第二节 教学实验	181
第三节 适用于中学的简易染色体实验及分离律验证实验	190
<b>主要参考文献</b>	<b>199</b>

# 第一章 染色体基本知识

## 第一节 染色体的形态构造

除病毒和类病毒以外，所有生物都由细胞组成。原核细胞只含单个环状或线状DNA分子作为基因的载体，没有核膜，故无成形的细胞核；只含核糖体，无内质网、线粒体、高尔基体等细胞器；以直接分裂进行繁殖。真核细胞有核膜，故有成形的细胞核；核内的DNA分子与蛋白质结合，形成染色体（在分裂间期表现为染色质）；既含核糖体，又具有内质网、线粒体、高尔基体、质体等细胞器；以有丝分裂或减数分裂进行繁殖。由原核细胞构成的生物种类极少，主要是细菌、蓝藻和原绿藻等；而由真核细胞构成的生物种类繁多，包括真菌界及从原生动物到人类的动物界和从绿藻到被子植物的植物界。

虽然Hofmeister早在1848年就在紫鸭跖草的花粉母细胞中看到了染色体，但在1882年才被Waldyer定名为“染色体”。随着以后对染色体的深入研究，发现染色体的形态和数量在不同的种是不同的，而且比较恒定，即具有种的特异性。它对于鉴别生物种类、了解生物间的进化关系以及探讨生物的遗传变异等，具有很重要的意义。

在高倍显微镜下观察有丝分裂后期的染色体，其典型形态如图1所示，根据着丝粒在染色体上位置的不同，可将染

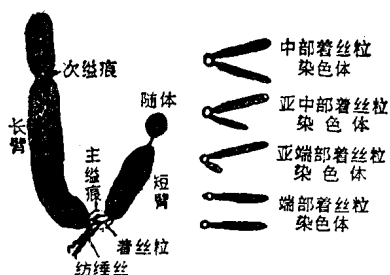


图1 细胞分裂后期染色体的典型形态

染色体分为4类：中部着丝粒染色体(m)、亚(近)中部着丝粒染色体(sm)、亚(近)端部着丝粒染色体(st)、端部(近端部)着丝粒染色体(t)。关于着丝粒定位，多采用臂比值(r)、着丝粒指数(表1)，有的也以染色体的相对长度(即每1条染色体的长度与包括性染色体在内的单倍体染色体总长度之百分比值)或绝对长度来确定。中期染色体排列

表1 着丝粒的定位与染色体分类

臂比值 $r = \frac{\text{长臂长度}}{\text{短臂长度}}$	着丝粒指数		着丝粒位置
	$i = \frac{\text{短臂长度}}{\text{染色体长度}} \times 100$	$\frac{\text{短臂长度}}{\text{长臂长度}}$	
1.0—1.7	50.0—37.5	1.00—0.60	中部着丝粒(m)
1.7—3.0	37.5—25.0	0.60—0.33	亚中部着丝粒(sm)
3.0—7.0	25.0—12.5	0.33—0.14	亚端部着丝粒(st)
7.0—∞	12.5—0.0	0.14—0.00	端部(近端部)着丝粒(t)

在赤道板上，各由2条染色单体构成，中期染色体的典型形态如图2、图3所示。但有不少生物具微小染色体，在中期呈小点状或棒状，一般按大小排在染色体组型模式图中的

后排位置 (图 4、图 5)。

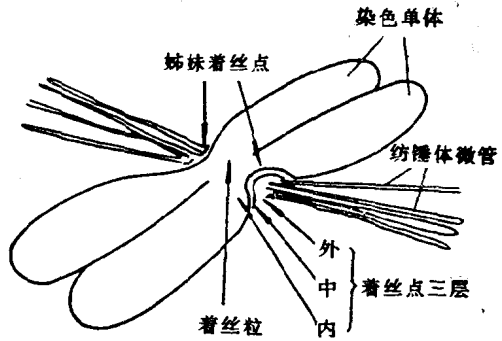


图2 人类12号染色体的电镜照片

图3 染色体着丝点的结构

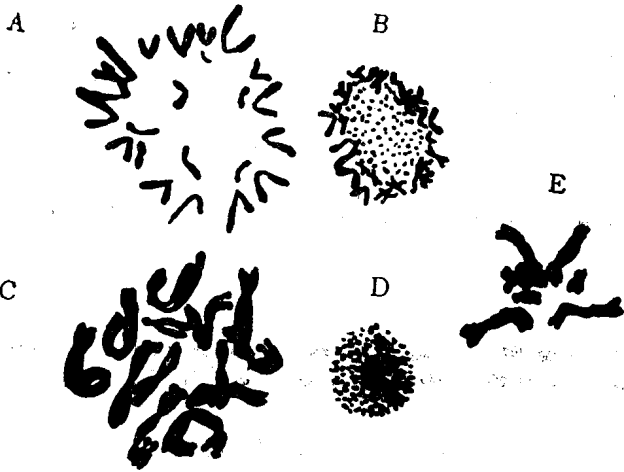


图4 某些动、植物细胞分裂中期形态

A. 沙蟾蜍; B. 蜥蜴 (周围为大染色体, 中央为140个小染色体); C. 东方黑种草 (毛茛科), 其中有的染色单体彼此缠绕; D. 十足类甲壳动物刺蟹, 其208个染色体为棒状和点状; E. 猫儿菊 ( $2n = 16$ , 其中第4对具随体)

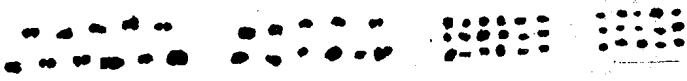
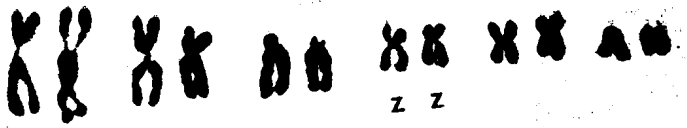


图5 鸿雁的染色体组型

## 第二节 染色体的化学组成与结构

### 一、染色体的化学组成

染色体的化学成分主要包括：

#### (一) 核酸

DNA约占染色体重量的30—40%，RNA含量很少，约为DNA含量的5%。绝大部分DNA与组蛋白结合组成染色体结构。大约只有3—20%的DNA呈游离状态。

#### (二) 蛋白质

组蛋白约占染色体重量的30—40%，含量比较恒定，一般组蛋白：DNA = 1.1—1.3，而非组蛋白的含量变动最大。组蛋白是一类碱性蛋白质，目前已发现有五类：含赖氨酸丰富的H<sub>1</sub>，含赖氨酸较多的H<sub>2</sub>A，H<sub>2</sub>B，还有含精氨酸较多的H<sub>3</sub>和H<sub>4</sub>（表2）。非组蛋白是酸性蛋白（因酸性氨基

表2 五种组蛋白的几个参数

	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub> A	H <sub>2</sub> B	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>
总氨基酸数	约215	129	125	132	102
分子量	约21 000	14 000	13 774	15 324	11 282
赖氨酸:精氨酸	22.0	1.17	2.50	0.72	0.79
特点	富含赖氨酸	赖氨酸较多	赖氨酸较多	精氨酸较多	精氨酸较多

酸含量多于碱性氨基酸），包括许多重要的酶类及各种具有结构功能和调节功能的蛋白质。非组蛋白具有高度的种属、个体和组织的特异性，它的确切功能尚不清楚。一般认为它

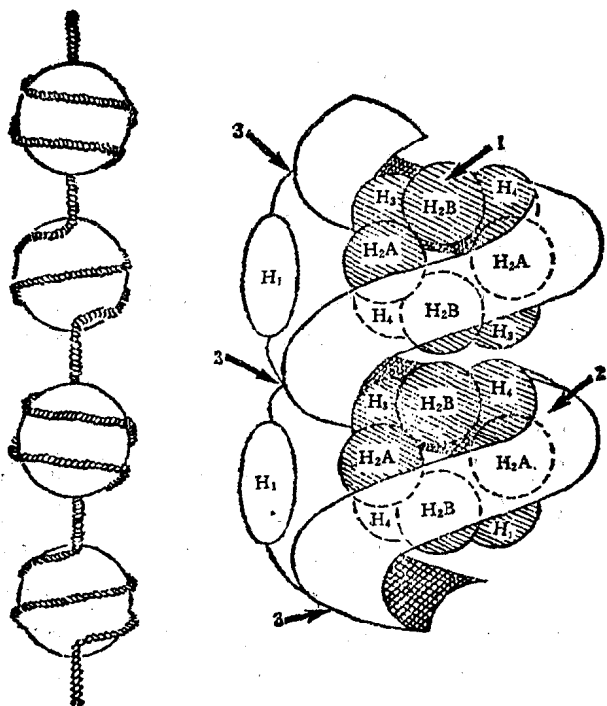


图6 染色质的核小体结构模式图

左：核小体串珠；右：核小体结构模式图解。

1.扁球状的八聚体组蛋白；2.盘绕的DNA；3.核酸酶位点

有解除组蛋白对基因的束缚作用，使基因得以表达，是一类调节基因活性的物质。此外，其中一部分还以非蛋白骨架形式参与染色质的高次结构，与中期染色体的形成有关。

### (三) 其它成分

如微量的脂类和钾、钙离子等物质。

## 二、染色体的结构

染色体的结构是很精细的。从50年代末到70年代初期，许多学者提出过种种结构模型。近年来比较流行的是Baldwin(1975)和Bak(1977)提出的从染色质到染色体的四级结构模型(图6、图7)。这样从DNA双螺旋结构到染色体，因螺旋化折叠而其长度共缩短约8400倍。如已知人的每条染色体的DNA平均约含 $10^8$ 对核苷酸，在间期核中长约40000微米，而在细胞分裂中期则仅几微米长。

## 第三节 染色体大小、数量及其变化

### 一、染色体大小

染色体大小常因种而异，其长度变化范围从小于1微米到大于30微米。最小的染色体见于某些真菌和绿藻中，而最大的染色体见于某些两栖类和百合科中，多数蚱蜢也有较大的染色体。具大染色体(10—30 $\mu$ m)的植物有苏铁、银杏、松科、百合属、贝母属、葱属、延龄草属、重楼属、水仙属、风信子属、蚕豆、小麦、大麦、芦荟、朱顶红等。具中等染色体(4—10 $\mu$ m)的有玉米、豌豆、牡丹、芍药、慈菇、辣椒、茄、翠菊、川谷、薏苡、萱草等。具小染色体



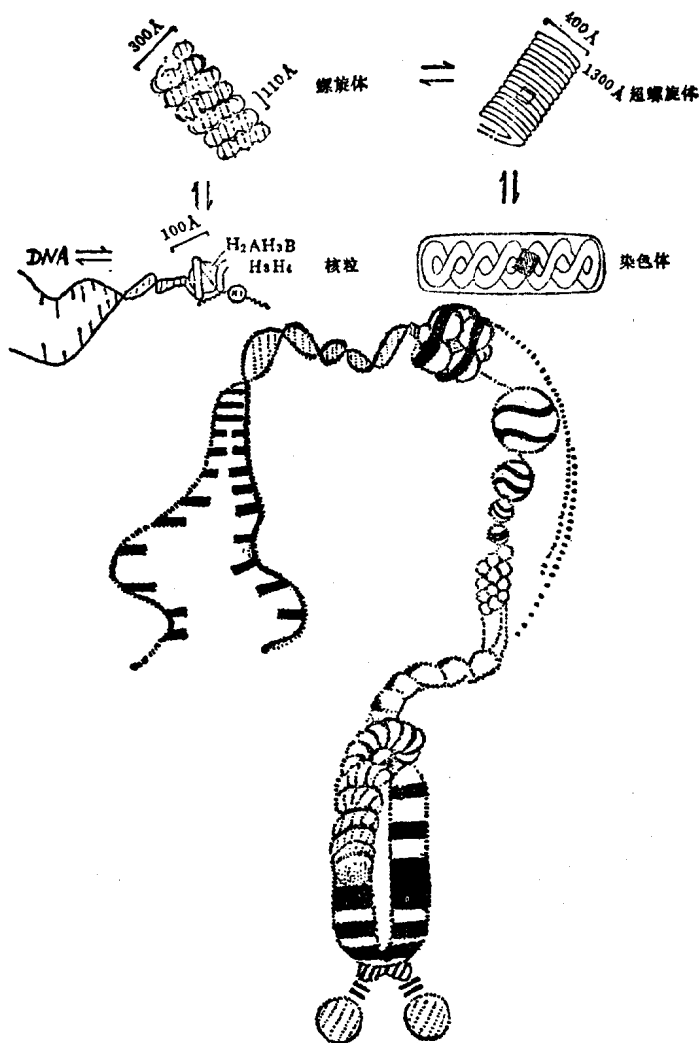


图7 从DNA到染色体的结构图解