

遗传学基本原理 及解题指导

毛盛贤 刘国瑞 冯新芹 编

北京师范

遗传学基本原理及解题指导

毛盛贤 刘国瑞 冯新芹 编

北京师范大学出版社

遗传学基本原理及解题指导

毛盛贤 刘国瑞 冯新芹 编

*

北京师范大学出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京京辉印刷厂印刷

*

开本：787×1092 1/32 印张：12.375 字数：260千

1987年4月第1版 1987年4月第1次印刷

印数：1—7 000

统一书号：13243·106 定价：2.05元

内 容 简 介

本书共13章。主要包括遗传学的生物学基础,经典遗传学,遗传学的统计原理和技术,基因的本质、表达和调控机制,原核生物的遗传分析及群体遗传分析等内容。每章均按基本原理、范例分析、练习题及答案三部分编写。全书共有范例140多个,练习题200多个,图解130多幅。目的在于指导青年读者学习遗传学的基本原理,并掌握运用这些原理去分析和解决实际问题的方法。可做为生物、医学、农林大专院校学生以及爱好遗传学的青年读者学习遗传学的指南,也可做为教学参考书。

前 言

遗传学是研究生物遗传和变异的科学。它一方面从个体发育的研究出发，探讨遗传物质的结构和功能，以阐明其分子基础；另一方面，又从系统发育的研究出发，探讨群体遗传结构的演变，以阐明生物进化的机制。

当前，遗传学已成为生物科学中一门精密的定量学科。对于多数的遗传原理，如遗传的三个基本规律和Hardy-Weinberg平衡法则，都可用数学式精确表达。普通遗传学用到的数学并不难，主要是基础代数和概率统计。但我们在教学中发现，学生往往在这方面存在不同程度的困难。究其原因，可能部分是由于缺少必要的数学知识，或是还不善于应用到遗传上。所以，本书的第一个目的，就是根据遗传学的需要，在适当章节介绍有关的数学，并用它解决遗传学的有关问题。

我们在教学中还发现，学生对理论似乎懂了，但在实践中，如设计、解释实验和做习题，有时还不会灵活运用，但一经提示便恍然大悟。所以，本书的第二个目的是力图把学习遗传学的理论和分析、解决实际问题结合起来。为此，每章在内容的安排上分三部分：（1）基本原理——简明阐述遗传学有关的概念、原理和背景知识。（2）范例分析（约140个）——分析问题，力争思路清楚、步骤分明。有些问题所需原理较单一；有些是综合性的。有时，通过范例还对原理作适当扩展。（3）补充练习（约200个，附答案）

——旨在复习、巩固，检查掌握程度。每章在内容的写法上，特别注意用例子和图解帮助对原理的正确理解和具体化。

全书共十三章。第一章介绍遗传学所需要的生物学基础，尤其是细胞分裂中有丝分裂和减数分裂的染色体行为，以及遗传学研究中常用生物的生活周期。第二—五章和第八章，主要是细胞遗传学部分，阐明遗传的三个基本规律、基因互作、基因定位和在染色体水平上的突变。第七章是遗传中常用的统计原理和技术。第九—十章，从分子水平讨论基因的本质、表达、调控和变异，以及细菌和噬菌体的遗传分析。第十一—十二章从群体水平进行遗传分析。第十三章介绍与细胞质遗传有关的内容。

本书第四、五章和第九、十三章分别由冯新芹和刘国瑞执笔；其余部分由毛盛贤执笔，并负责统稿。

本书主要根据Stansfield, W.D.: Theory and Problems of Genetics (1969) 的构思和内容编成。由于我们水平有限，经验不足，缺点错误可能不少，恳请有关专家和读者批评指正。

毛盛贤 刘国瑞 冯新芹

1985.2

目 录

第一章 遗传的细胞学基础	1
基本原理	1
1. 细胞的结构和功能.....	1
2. 染色体.....	1
3. 细胞分裂.....	5
4. 配子发生.....	9
5. 生活周期.....	16
范例分析	22
补充练习	25
补充练习答案	27
第二章 基因分离规律	29
基本原理	29
1. 遗传术语.....	29
2. 等位基因间相互关系.....	31
3. 单基因 (单因子) 杂交.....	36
4. 系谱分析.....	40
5. 概率基础.....	41
范例分析	44
补充练习	52
补充练习答案	55
第三章 基因独立分配规律	57
基本原理	57
1. 独立分配.....	57
2. 分析双因子杂种杂交的方法.....	58
3. 双因子杂种的不同比例形式.....	62

4. n 因子 ($n > 2$) 杂种遗传分析	63
范例分析	63
补充练习	68
补充练习答案	71
第四章 基因的相互作用	73
基本原理	73
1. 两对基因的相互作用	73
2. 上位性基因互作	76
3. 非上位性基因互作	78
4. 三对或更多对基因的互作	80
5. 基因的多效性	80
范例分析	81
补充练习	91
补充练习答案	94
第五章 性别决定与伴性遗传	96
基本原理	96
1. 性别的重要性	96
2. 性别决定的方式	97
3. 性连锁遗传	101
4. 性连锁变异	103
5. 性影响性状	103
6. 性限性状	104
7. 性反转	105
8. 植物的性别	105
范例分析	106
补充练习	122
补充练习答案	129
第六章 基因连锁互换规律和染色体作图	133
基本原理	133

1. 连锁基因间的重组	133
2. 遗传作图	137
3. 根据 F_2 估算连锁值	146
4. 连锁(遗传)图的应用	149
5. 互换抑制	153
6. 子囊菌类的四分子分析	155
7. 四分子重组作图	156
范例分析	159
补充练习	179
补充练习答案	186
第七章 遗传学中的数理统计分析	189
基本原理	189
1. 二项分布	189
2. χ^2 分布	192
范例分析	195
补充练习	205
补充练习答案	207
第八章 染色体畸变	209
基本原理	209
1. 细胞学和遗传学的结合	209
2. 染色体数目的变异	209
3. 染色体大小的变异	212
4. 染色体片断排列的变异	213
5. 染色体片断数目的变异	217
6. 染色体形态的变异	219
范例分析	220
补充练习	232
补充练习答案	237
第九章 遗传的分子基础	240

基本原理	240
1. 核酸	240
2. DNA的复制	244
3. 遗传密码	244
4. 蛋白质合成	247
5. 突变	252
6. 基因的概念	256
7. 基因活性的调控	259
范例分析	263
补充练习	269
补充练习答案.....	275
第十章 微生物遗传分析	279
基本原理	279
1. 作为遗传研究材料的微生物	279
2. 细菌	280
3. 细菌染色体作图	287
4. 病毒	294
范例分析	296
补充练习	304
补充练习答案.....	310
第十一章 数量遗传	313
基本原理	313
1. 质量性状对数量性状	313
2. 准数量性状	313
3. 正态分布	315
4. 加性和显性遗传模型	320
5. 遗传力	320
6. 近交	321
7. 杂种优势	325

范例分析	326
补充练习	333
补充练习答案	336
第十二章 群体遗传学	337
基本原理	337
1. 群体、等位基因频率和基因型频率	337
2. Hardy-Weinberg 遗传平衡法则	338
3. 等位基因频率的计算	340
4. 检验一个位点的遗传平衡	342
5. 等位基因频率的变化	343
范例分析	349
补充练习	361
补充练习答案	362
第十三章 细胞质遗传	364
基本原理	364
1. 母性影响	364
2. 细胞质基因	365
3. 表型改变的专一性诱导	368
4. 寄生和共生	369
范例分析	370
补充练习	379
补充练习答案	381
参考书	383

第一章 遗传的细胞学基础

基本原理

细胞是生物结构和生命的基本单位。除病毒外，所有动、植物和微生物都是由细胞构成的。

在生物的生命活动中，繁殖是一个重要的基本特征。正因为生物具有繁殖能力，才能维持种族生命的连续，表现遗传变异和促进生物进化。

生物，无论是无性繁殖还是有性繁殖，都是通过细胞把亲代的遗传物质传给子代，并以细胞分裂为基础进行个体生长发育。因此，为了研究生物的遗传和变异规律，有必要先介绍细胞的结构和功能、细胞分裂方式和生物繁殖方式等有关问题。

1. 细胞的结构和功能

细胞由细胞膜、细胞质和细胞核三部分组成。图 1-1 是动物细胞模式图，其中表示了为许多细胞所共有的亚细胞结构——细胞器 (organelles)。这些细胞器的功能见表 1-1。

2. 染色体

(1) 染色体形态和类型

在细胞分裂的一定时期才显出染色体。动、植物细胞的染色体形态多样，但也有共同点 (图 1-2)。在染色体上有一比较不易着色且直径较小的点，叫着丝点 (centromere)，

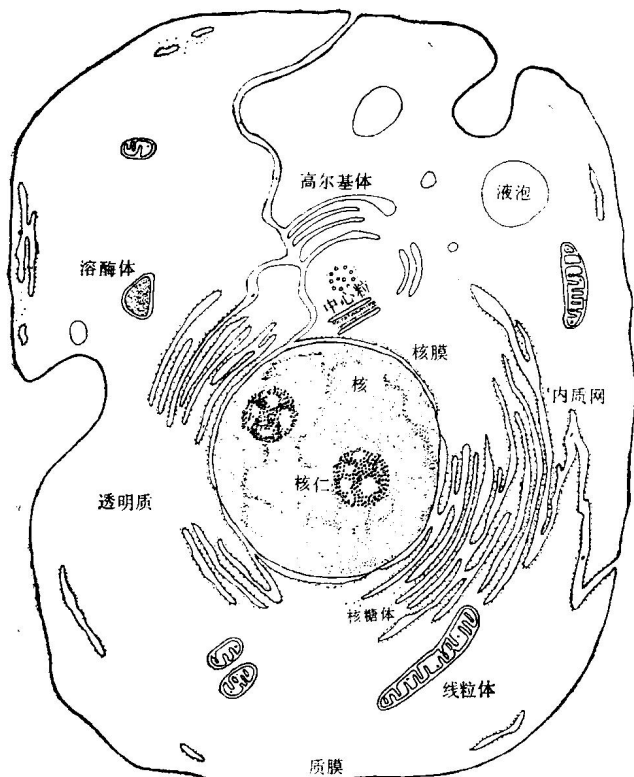


图 1-1 动物细胞模式图



图 1-2 染色体的形态

在细胞分裂中起着重要作用。着丝点两侧部分是染色体臂，一般染色体都有两臂。染色体的另一比较不着色的部位，叫做次级缢痕；染色体在次级缢痕处不弯曲，只在着丝点弯曲。有些染色体的末端还有一小球形或棒状突出物，叫做随体。

根据着丝点在染色体上的位置，

表 1-1 细胞的结构和功能

细胞结构	功能
细胞膜(质膜)	选择性通透膜。细胞内、外物质可选择性透过质膜
细胞壁(仅植物、真菌、细菌)	包围细胞膜的纤维素壁,使细胞坚硬
细胞质:	包含 mRNA 来自细胞核指令的机构
内质网	为生化反应提供极大的表面积
核糖体	蛋白质合成场所(图1-1中内质网上的黑点为核糖体)
中心粒	对细胞分裂起作用;能复制;植物细胞一般无中心粒
线粒体	产生能量(三羧酸循环,电子传递链,脂肪酸的 β -氧化等)
质体(仅植物)	储存淀粉、色素和其它细胞产物的结构;光合作用在叶绿体内进行
高尔基体	产生细胞分泌物;在植物中有时称网体
溶酶体(仅动物)	产生细胞内消化酶,以处理细菌和其它外来体,若破裂,可损害细胞
细胞核:	调节细胞的生长和繁殖
染色体	遗传物质的载体;调节细胞过程
核仁	可合成核糖体;细胞分裂时消失
核膜	提供细胞核和细胞质物质间的选择连续性

一般把染色体分为三种类型(图1-3);具近端着丝点染色体——着丝点位于染色体一端,形成一长臂和一极短的臂,



呈棒状(图1-3;1);具亚中部着丝点染色体——着丝点在染色体中部偏左或偏右,形成两个不等长的臂,呈L型(图1-3;2);具中部着丝点染色体——着丝点在染色体中部,形成两等长臂,呈V形(图1-3;3)。

(2) 染色体数目

在高等生物,每一体细胞(somatic cell)具有一套来自母本(maternal parent)和一套来自父本(paternal

parent) 的染色体；这两套染色体可分别一一比较，我们把分别来自父母本的、形态相同和遗传性质相似的每对染色体，称为同源染色体 (homologous chromosomes)。含有两套染色体的细胞或个体称为二倍体 (diploid, $2n$)。含有性细胞或配子 (gamete) 染色体数的细胞或个体称单倍体 (haploid, $1n$)。对给定物种来说，一个基因组 (genome) 是指该物种配子中的一套染色体。一定的物种，体细胞的染色体数是一定的 (表1-2)。物种的染色体数与其在进化中的位置没有必然联系。

表 1-2 常见动植物体细胞染色体数

生物名称	染色体数	生物名称	染色体数	生物名称	染色体数
玉 米	20	海 地 棉	52	大 葱	16
大 麦	14	陆 地 棉	52	大 蒜	16
一粒小麦	14	大 豆	40	猪	38
二粒小麦	28	豌 豆	14	水 牛	48
硬粒小麦	28	蚕 豆	22	驴	62
黑 麦	14	番 茄	24	马	64
小 黑 麦	56	西 瓜	22	兔	44
水 稻	24	花 生	40	果 蝇	8
普通小麦	42	甘 蓝	18		
高 粱	20	油 菜	20		

如上所述，每种生物都有一定形态和一定数量的染色体。人们把每种生物的染色体数目和形态特征的总和称为该种生物的染色体组型 (caryotype) 或核型。染色体组型能反映生物种属的特性。

(3) 常染色体和性染色体

某些物种的雄性个体，其中包括我们人类，性别与形态

上不同的一对染色体有关，这对染色体称为性染色体 (sex chromosomes)，通常用X和Y表示。XY个体为雄性，XX为雌性。同源染色体成员之间在形态上不可区分，但非同源染色体成员间通常在形态上可分。性染色体以外的其它全部染色体称为常染色体 (autosomes)。图 1-4 表示普通果蝇 (*Drosophila melanogaster*) 染色体的组成 ($2n = 8$)，其中三对常染色体 (2, 3, 4)、一对性染色体。

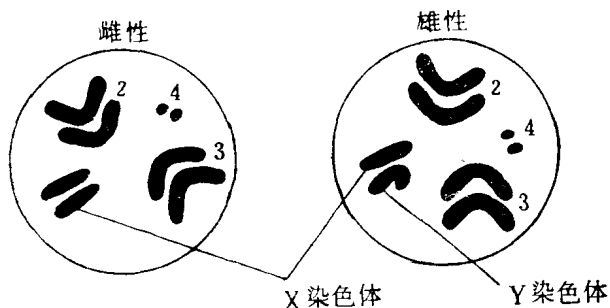


图 1-4 普通果蝇二倍体细胞模式图(示染色体)

3. 细胞分裂

(1) 有丝分裂

多细胞的每个体细胞，都是从受精卵开始，依靠连续的细胞有丝分裂产生的。所谓有丝分裂 (mitosis)，是指使子细胞的染色体数目和性质与母细胞相同的细胞分裂过程。

一般说来，细胞有丝分裂包括两个过程：细胞核分裂和细胞质分裂。为了便于说明细胞核分裂特点，通常把细胞核分裂的连续过程分为间期、前期、中期、后期和末期 (图1-5)。间期 (interphase) 是细胞分裂准备时期，染色体进行复制，即每条染色体都精确制造出和自己一样的另一染色体，但着丝点尚未复制 (分裂)。具有一个着丝点的两条子

染色体叫做姐妹染色单体 (chromatids)。由于这期的染色体极度伸长变细，在光学显微镜下不可见。在前期 (pro-

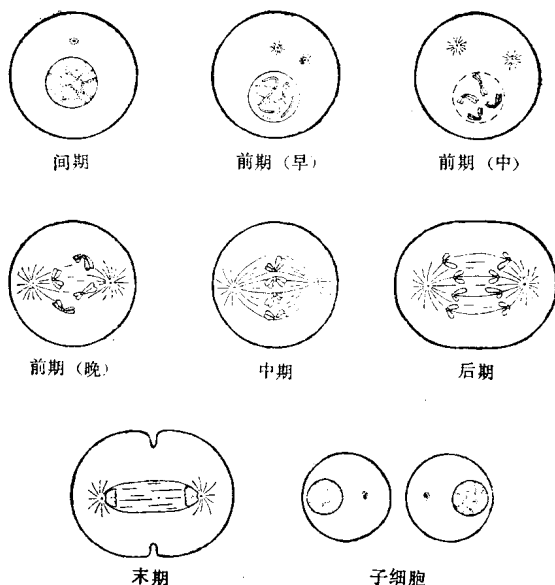


图 1-5 动物体细胞的有丝分裂

phase), 由于染色体螺旋化缩短加粗, 光学显微镜下在前期稍后可见姐妹染色单体; 两中心粒分别移至细胞两极并发出纺锤丝与着丝点相连; 核膜消失。在中期 (metaphase), 染色体向纺锤体的赤道板移动, 并有规则地排在赤道板上; 着丝点分裂, 这样具有独立着丝点的姐妹染色单体就成为姐妹染色体了。在后期 (anaphase), 纺锤丝收缩, 姐妹染色体分别向两极移动, 结果每极就各有一套与母细胞相同的染色体。在末期 (telophase), 移至两极的染色体, 由于解螺旋作用逐渐伸长变细, 分辨不清单个染色体, 纺锤体消失, 核膜出现, 形成两个子核。