

经全国中小学教材审定委员会2004年初审通过
普通高中课程标准实验教科书



生物 2

遗传与进化
必修

汪忠 主编

主 编	汪 忠		
分册主编	许晓风	郟银东	岑 芳
编写人员	许晓风	郟银东	谢桂喜
	岑 芳	王小平	赖胜荣



同学们,当你们畅游知识海洋时,可曾想到过,生物科学与人类社会的关系比其他科学更为密切;当你们漫步科学丛林时,可曾感知到,生物科学就在你我的身边……

回顾生物科学近百年来的发展史,许多重大的事件,如孟德尔遗传规律的发现、基因学说的创立、DNA 分子双螺旋结构的确定、人类基因组计划的完成……仿佛还在昨天;许多伟大的科学家,如孟德尔、摩尔根、沃森……仿佛就在眼前。在如今这瞬息万变的时代,生物科学在迅猛发展,基因工程、生物克隆、生物芯片等成果的取得,引起了全世界的广泛关注。与此同时,我们还应该知道,千百年来,在这些伟大成果的背后,有许许多多默默无闻的工作者和无数平凡的事情,所有这些都是生物科学发展进程中不可或缺的充满生命活力的组成部分!

20 世纪后期,生物科学在物理学和化学等学科发展的基础上取得了长足的进展,已经深入到分子水平探究生命活动的本质。一般来说,新生的交叉学科在很大程度上是未来科学的先驱,而生物科学的研究领域正是产生这些新生学科科学启蒙思想的沃土。难怪许多科学家早就预言,21 世纪生物科学将是自然科学中最为活跃的学科之一。

当今,人类生存环境恶化的倾向对以造福人类为理想目标的科学提出了严峻的挑战,对科学的期待日益迫切。生物科学在迎接挑战中,不断地丰富着自己。随着数学、技术科学、物理学、化学等学科的不断渗透交融,21 世纪的生物科学必将取得更加重大的突破,呈现出更加欣欣向荣的景象。生活在这样一个激动人心的生物科学时代,我们怎能不兴奋呢!

千鸟竞翔、万马奔腾,是生命的一种壮美;DNA 分子的双螺旋,是生命的一种结构美……同学们,生物科学中蕴含着各种形态的美,让我们在追求美的同时,也用美去感染你我身边的每一个人!

编者
2013 年 10 月

第一章

生物学和我们

生物学和我们	2
人类面临的问题之一:粮食问题	2
像科学家一样思考:科学思维	4

第二章

减数分裂和有性生殖



第一节 减数分裂	8
细胞的减数分裂	8
生殖细胞的形成	12
第二节 有性生殖	18
受精——孕育新的生命	18
有性生殖	19

第三章

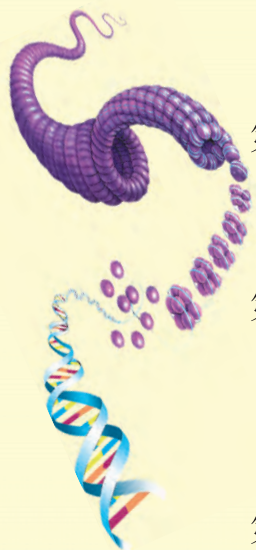
遗传和染色体



第一节 基因的分离定律	27
基因的分离定律	27
孟德尔获得成功的原因	31
基因的分离定律的应用	32
第二节 基因的自由组合定律	37
基因的自由组合定律	37
性别决定和伴性遗传	40
第三节 染色体变异及其应用	47
染色体结构的变异	47
染色体数目的变异	48
染色体变异在育种上的应用	51

第四章

遗传的分子基础



第一节 探索遗传物质的过程	59
DNA 是主要的遗传物质	59
提取和鉴定 DNA	63
第二节 DNA 分子的结构和复制	67
DNA 分子的结构	68
DNA 分子的复制	70
第三节 基因控制蛋白质的合成	77
从基因到蛋白质	77
基因对性状的控制	82
人类基因组计划	83
第四节 基因突变和基因重组	86
基因突变	86
基因重组	89
基因工程及其应用	90
第五节 关注人类遗传病	95
人类基因遗传病	95
人类染色体遗传病	96
遗传病的监测和预防	97

第五章

生物的进化


第一节 生物进化理论	106
早期的生物进化理论	106
现代生物进化理论	109
生物进化理论发展的意义	115
第二节 生物进化和生物多样性	120
生物进化的历程与证据	120
共同进化与生物多样性的形成	123



第一章

转基因食品越来越多

生物科学和我们



2011年4月8日,美国国立卫生研究院院长在华盛顿郊外小镇贝塞斯达的一个小型庆祝会上宣布,人类基因组计划正式结束。与前两次人类基因组计划的阶段性成果的宣布相比,这次似乎平静了许多。科学家无暇品味获得成果的喜悦,人类面临的许多问题的解决还需要生命科学发挥积极作用。

生命科学真的还有许多值得研究的内容,你愿意终生投入生命科学的研究吗?



生物科学和我们

学习目标

- 说出解决粮食问题的重要性
- 尝试像科学家一样思考

根据联合国的报告预测,到 2050 年世界人口将达到 100 亿。人类的基本生活离不开粮食。面对如此庞大的人口规模,生物科学与技术的发展将为解决粮食问题和实现农业的可持续发展提供新思路 and 新技术。

人类面临的问题之一:粮食问题

第二次世界大战以后,世界粮食生产发展迅速,其增长速度快于人口的增长速度,世界人均粮食产量稳步增长。占世界人口 3/4 的发展中国家生产的粮食与只占世界人口 1/4 的发达国家生产的粮食总量相差无几,但由于发展中国家的人口增长速度过快,粮食问题日益严重。

积极思维

2000 年我国粮食减产的原因

事实:

1. 据统计,2000 年我国粮食大幅度减产,总产量比 1999 年减少 4.50×10^{11} kg,减产量约占当年总产量的 10%,为近 20 年来减产幅度最大的一年。作为世界最大的粮食生产与消费国,13 亿人口对粮食的需求不仅决定着我国的未来,也深刻影响着世界经济。

2. 2000 年我国粮食减产的主要原因之一是干旱。据报道,2000 年全国受灾面积超过 2.70×10^7 hm^2 ,涉及 20 多个省、市、自治区,干旱范围之广,持续时间之长,灾害程度之重,都非常罕见。

3. 我国现有耕地总面积约为 1.30×10^8 hm^2 ,但是人均耕地面积不到世界平均水平的 50%。遥感监测的资料表明,仅在 1986~1995 年的 10 年中,我国耕地面积就减少了约 5.00×10^6 hm^2 。

分析:

应采取哪些措施解决我国的粮食问题呢?

我国作为一个农业大国,在仅占世界 7%的耕地上养活了占世界 22%的人口,所取得的巨大成就举世公认。然而,由于人口增长迅速、资源短缺和环境恶化等原因,我国的粮食生产以及人民的生活环境正面临着严峻的考验。据预测,2030 年我国人口将达到 16 亿,全国年需粮食将达到 $7.20 \times 10^{12} \sim 8.00 \times 10^{12}$ kg,而那时粮食产量可能只有 $5.50 \times 10^{12} \sim 6.00 \times 10^{12}$ kg,粮食缺口巨大。严峻的粮食问题已引起政府和社会公众的高度重视。

一些有识之士预言,生物科学与技术为解决资源匮乏、环境恶化、疾病肆虐等诸多威胁人类生存的难题上将发挥重大作用,特别是将会为粮食问题的解决带来新的希望。1993 年,世界首例转基因产品——延熟保鲜番茄在美国批准上市。转基因番茄口味比普通番茄更佳,而且不容易腐烂(图 1-1)。



图 1-1 转基因番茄(左)与普通番茄(右)

此后,转基因技术在理论和应用上都得到了巨大的发展(表 1-1)。据国际农业生物技术应用服务组织(ISAAA)的统计,2011 年全球共有 29 个国家种植了 1.60×10^8 hm² 转基因作物,占全球耕地的 10%。

美国是世界上转基因作物种植面积最大的国家。2011 年,美国有 6.90×10^7 hm² 农田上种植了转基因作物,占美国耕地面积的 43%,其中包括玉米、大豆、棉花、油菜、甜菜、苜蓿、番木瓜和南瓜等。在美国,93%的大豆、93%的棉花、86%的玉米和 90%的油菜都是转基因品种。

表 1-1 部分国家 2011 年转基因作物的种植面积

国家	种植面积/ $\times 10^7$ hm ²
美国	6.90
巴西	3.03
阿根廷	2.37
印度	1.06
加拿大	1.04
中国	0.39

我国在“七五”计划结束时已经掌握了植物转基因的全套技术,获得了抗虫烟草等转基因植物。“八五”计划期间获得了抗病毒、抗细菌、抗盐碱、抗虫、抗除草剂等转基因植物,转基因技术得到了更大发展。“九五”计划期间又获得一批具有自主知识产权的新基因(如水稻耐寒、耐盐碱等相关基因),并已初步获得抗病、抗虫或改良品质的转基因水稻、玉米、烟草以及花卉等。

像科学家一样思考:科学思维

生命科学研究离不开科学思维,科学思维促进科学理论的发展。了解科学家的思维过程,像科学家一样进行科学思维,是我们学习生物科学的目标之一。虽然生物科学中各分支学科的思维有其特殊性,但基本过程却有许多相同之处。

观 察

当你用一种或多种感官去收集有关信息时,就是在观察。科学观察是指有目的、有计划地和思维活动紧密结合的考察研究方法。观察通常需要借助各种仪器设备,必须真实、准确,即必须如实地反映所感知的事物。通过观察得到的信息称之为证据或数据。

达尔文在克格伦岛上观察了550种甲虫,敏锐地发现其中有200种甲虫无翅或翅不发达,并通过思维活动将岛上甲虫翅的变异现象和海风联系起来,得出海风对甲虫有“选择”作用的结论。达尔文在克格伦岛上的观察结果对他后来形成的进化理论有着支持作用。

推 理

当你对观察到的现象做出解释时,就是在进行推理,或者说是作出推论。推论不一定完全正确,它只是对现象的多种可能解释中的一种。例如,拉马克在观察到长颈鹿的特殊形态后,通过推理认为长颈鹿的长颈和长四肢是因为长颈鹿希望吃到高处的树叶而产生“伸长”愿望的结果,并形成了“用进废退”的进化观点。事实上,这种推理并不正确。后来,长颈鹿的特殊形态通过达尔文的正确推理而被科学解释。

分 类

把某些特征相似的事物归类到一起的逻辑方法称为分类。科学家常通过比较识别出事物之间的异同点,并根据共同点将事物划分为较大的不同类群,再根据差异点将事物划分为较小的类群。就像图书管理员一样,用分类的方法把信息或者事物有序地组织起来。事物被分门别类以后,它们之间的关系就一目了然了。

现代药学家就是通过分类的方法从亲缘关系近的植物中发现有药用价值的药源植物的。

事实：

1. 由于没有可靠的化石记录可以考证，脊椎动物的起源一直是一个谜。我国云南澄江动物化石群中“海口虫”的发现，为解开此谜提供了证据。化石研究表明，海口虫具有脊索、背神经索和鳃裂三大特征，与脊索动物头索类相似。海口虫具有头的特征和原脊椎构造，科学家据此提出了脊椎动物起源的新观点，即真正脊椎动物的进化可能是从海口虫开始的。

2. 在澄江动物化石群中还发现了“云南虫”（形体类似海口虫，但无脑的特征，属于脊索动物）、“海口鱼”、“昆明鱼”（属于早期脊椎动物）等化石。脊索动物和脊椎动物的祖先在寒武纪同时出现，说明它们可能起源于一个共同的祖先。

3. 科学家在对澄江动物化石群进行观察、推理和分类等过程后，提出了脊椎动物起源与进化的新设想（图 1-2）。当然，要真正解开脊椎动物起源之谜还有待于进一步探索。

分析：

进一步收集有关资料，理解科学家是如何通过证据提出脊椎动物起源与进化的新设想的。

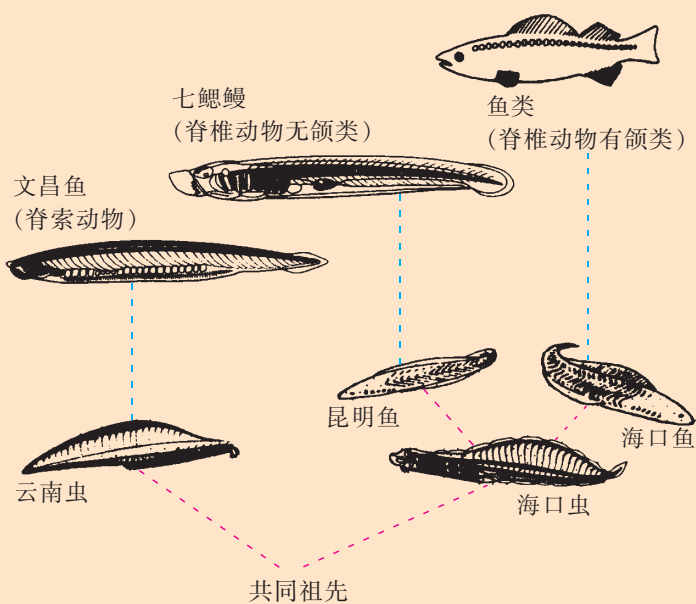


图 1-2 脊椎动物起源与进化简要示意图

建立模型

建立模型是用来显示事物或过程的表现手段，如画图、列表等。建立模型能帮助人们理解无法直接观察到的事物。科学家经常用模型代表各种研究事物，如细胞的亚显微结构、生态系统的结构等。有些模型能直观地反映真实物体的形状或三维结构；有些模型通过数学方式或文字叙述，则能描述事物活动的规律。现在，人们已经能够比较全面地描述细胞的结构和功能，从分子水平上阐述细胞是生物体生命活动的结构和功能单位。

交流

交流就是与他人交换看法、分享信息的过程。有效的交流需要具有听、说、读、写以及建立模型的能力。科学家通过交流来了解彼此的研究成果、想法等。他们不仅将研究成果发表出来，老一辈科学家还将重大问题提出来，以激励众多的生物科学工作者及年轻的学生去思考和研究。

1. 为什么说粮食问题是人类面临的重 作用。
大问题之一?
2. 举例说出我国面临的严峻的粮食问题。
3. 举例说明推理在建立科学理论中的 作用。
4. 有人说,转基因技术仅仅是传统育种 技术的延伸,它所面临的安全性问题,传统 育种技术同样存在。你对此有何看法?



脊索动物

距今约 5 亿年前,寒武纪脊索动物的大爆发是动物发展史上的一次重大的飞跃。它们是由原始三胚层中具有真体腔的后口类发展而来的:一类为原索动物,包括半索动物、尾索动物和头索动物;另一类为脊椎动物,包括无颌类、鱼类、两栖类、爬行类、鸟类和哺乳类。

原索动物是由无脊椎动物演变而来的,这早已由胚胎学研究所证实。寒武纪脊索动物化石的大发现,为研究脊椎动物的起源与发生提供了丰富的素材。

原索动物分类特征表

半索动物		<p>类似脊索的结构</p>	<p>柱头虫还保留着无脊椎动物所具有的腹神经索,但脊椎动物所特有的背神经索也已经出现。在背神经索的前端还出现了一段中空的神经管,在吻部出现了一段类似脊索的结构</p>
尾索动物			<p>在海鞘幼虫体内,无脊椎动物的旧器官已进一步消失,而脊椎动物所特有的神经管和脊索则已纵贯尾部。背神经管的前端还开始出现了膨大的结构</p>
头索动物			<p>文昌鱼的体内开始出现一条脊索,位于神经管的下侧,纵贯全身。这些结构与脊椎动物十分接近,因此,类似于文昌鱼的原索动物一直被认为是脊椎动物的祖先。中国澄江动物化石群的发现对此提出了挑战</p>

第二章

一对白鹤在交配

减数分裂和有性生殖



每年都有“稻花香里说丰年，听取蛙声一片”的季节。雄蛙不停地鸣叫，是在吸引雌蛙前来交配。许多动物都有这类求偶行为。鸟类的求偶行为更为复杂多样。例如，雄鹤在求偶成功后，会与雌鹤互相跳舞、交配，共同奏响蔚为壮观的生殖“圆舞曲”。

你一定也想探究这类有关生物生殖和发育的奥秘吧！那就努力学习本章内容吧！

● 减数分裂

● 有性生殖

第一节 减数分裂

学习目标

- 阐明细胞的减数分裂，并模拟分裂过程中染色体的变化
- 说明生殖细胞的形成过程

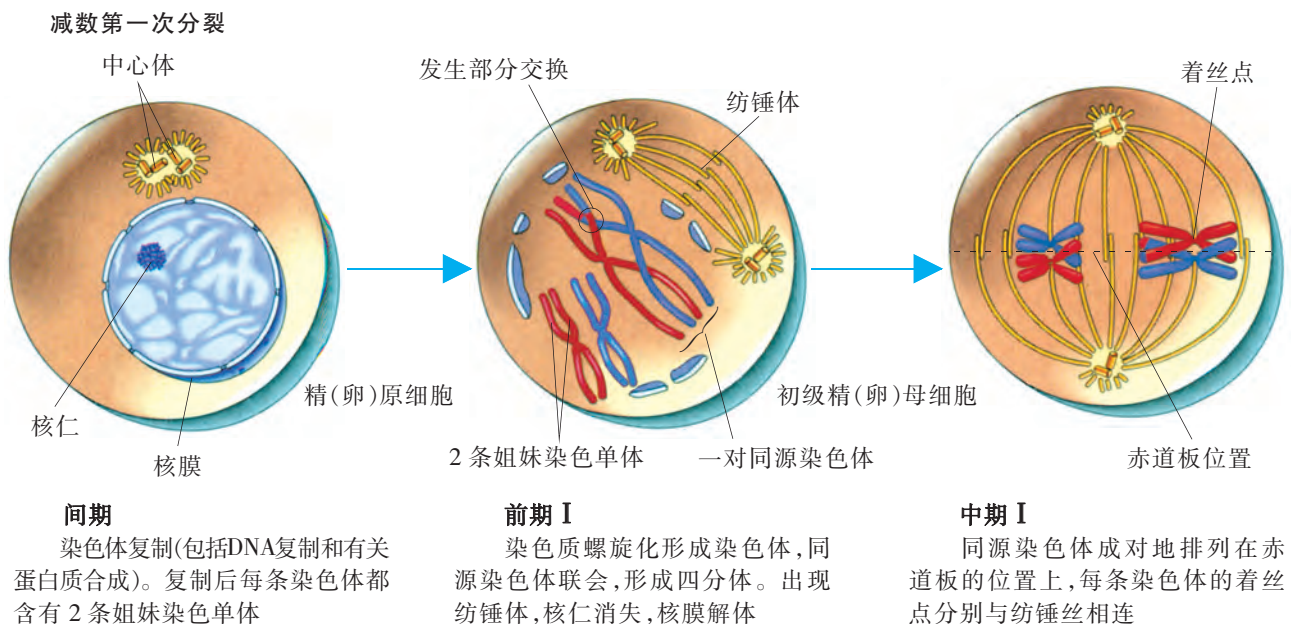
细胞分裂是生物体生长和繁衍的基本保证，它包括无丝分裂、有丝分裂、减数分裂等多种形式。对于进行有性生殖的生物来说，减数分裂和受精作用对维持生物前后代体细胞中染色体数目的恒定，以及对生物的遗传和变异都十分重要。

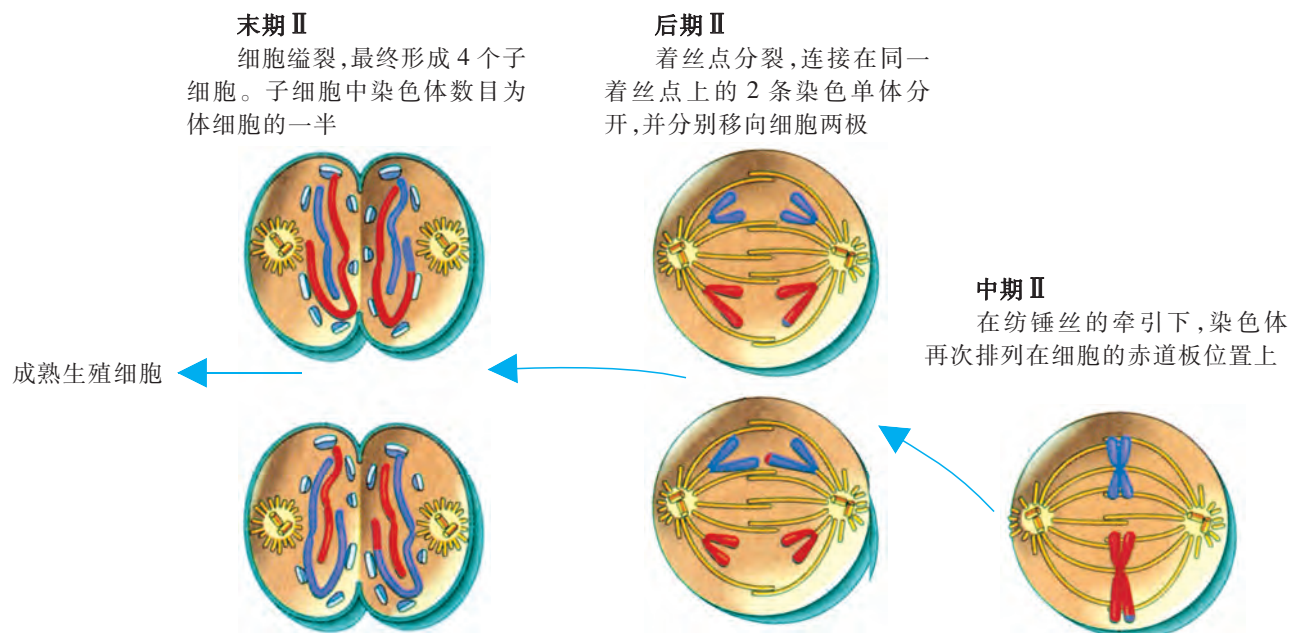
关键词

减数分裂

细胞的减数分裂

细胞是生命活动的基本单位，生物体的生长、发育、生殖等都是细胞为基础的。对于进行有性生殖的生物，其细胞核内遗传物质保持恒定的奥秘一直备受关注。从19世纪后期到20世纪初，许多科学家相继发现，染色体是遗传物质的主要载体，遗传物质能在生物体前后代之间和个体体细胞之间传递，与染色体的行为有关。研究表明，无论是动物还是植物，进行有性生殖的每个物种在染色体的形态、结构和数目上都能保持恒定，这与细胞的减数分裂有关。在减数分裂过程中，伴随着染色体形态、结构和数目的变化，细胞中的中心体、纺锤体、核仁、核膜等也会发生有规律的变化(图2-1)。





减数分裂的主要特征

减数第一次分裂中,同源染色体联会形成四分体;四分体中非姐妹染色单体有可能发生部分互换;着丝点不分裂,同源染色体分离;分裂结束时,细胞中染色体数目减半。

减数第二次分裂中,染色体不复制;着丝点分裂,染色单体变成染色体。

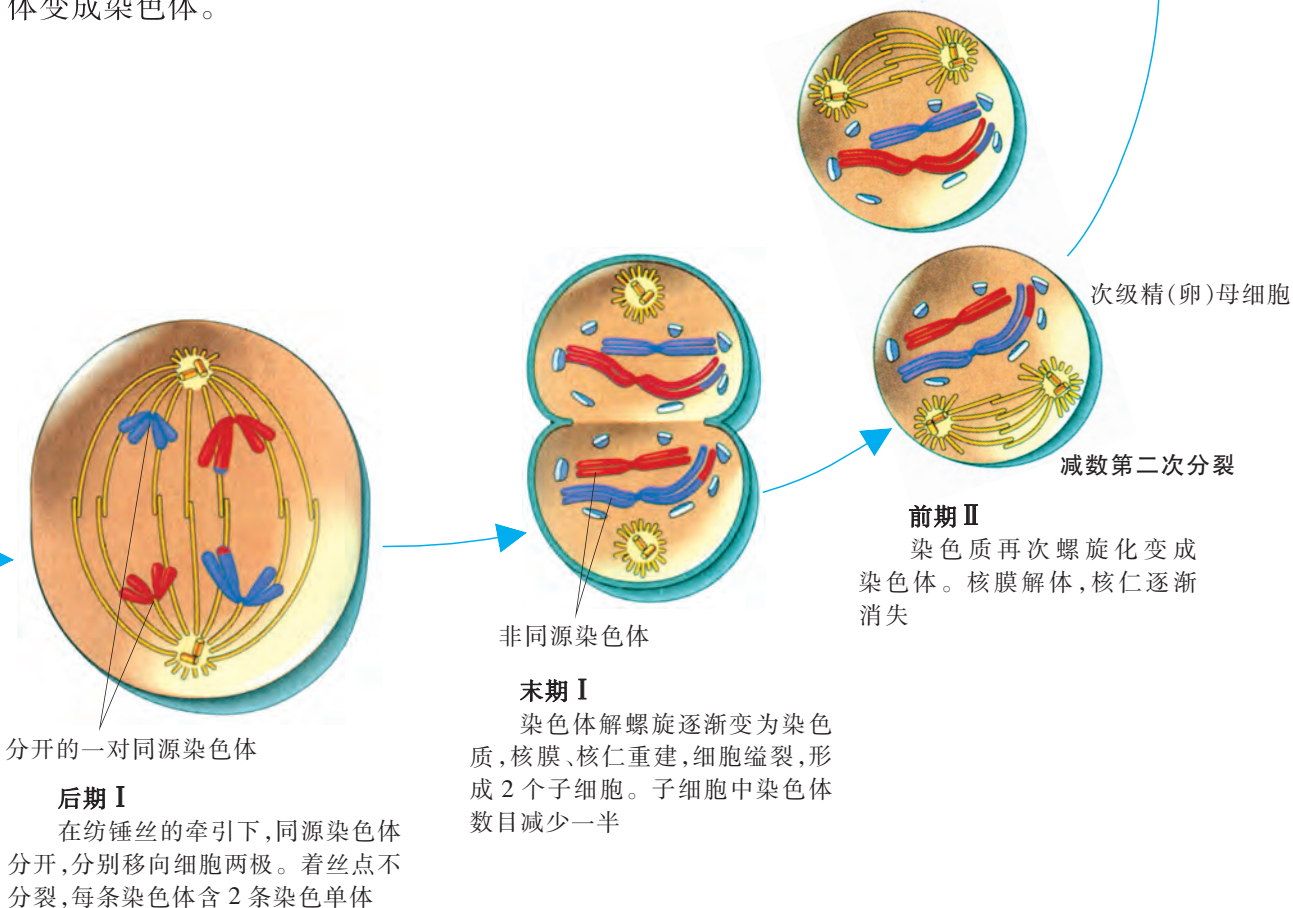


图 2-1 动物细胞的减数分裂示意图

减数分裂(meiosis)是指进行有性生殖的生物在形成成熟的生殖细胞过程中所特有的细胞分裂方式。在减数分裂过程中,染色体只复制一次而细胞连续分裂两次,新产生的生殖细胞在染色体数目上比正常体细胞减少一半。

植物细胞减数分裂的过程与动物细胞基本相似。例如,在花药中,一个花粉母细胞经过减数分裂形成四个花粉细胞(图2-2)。

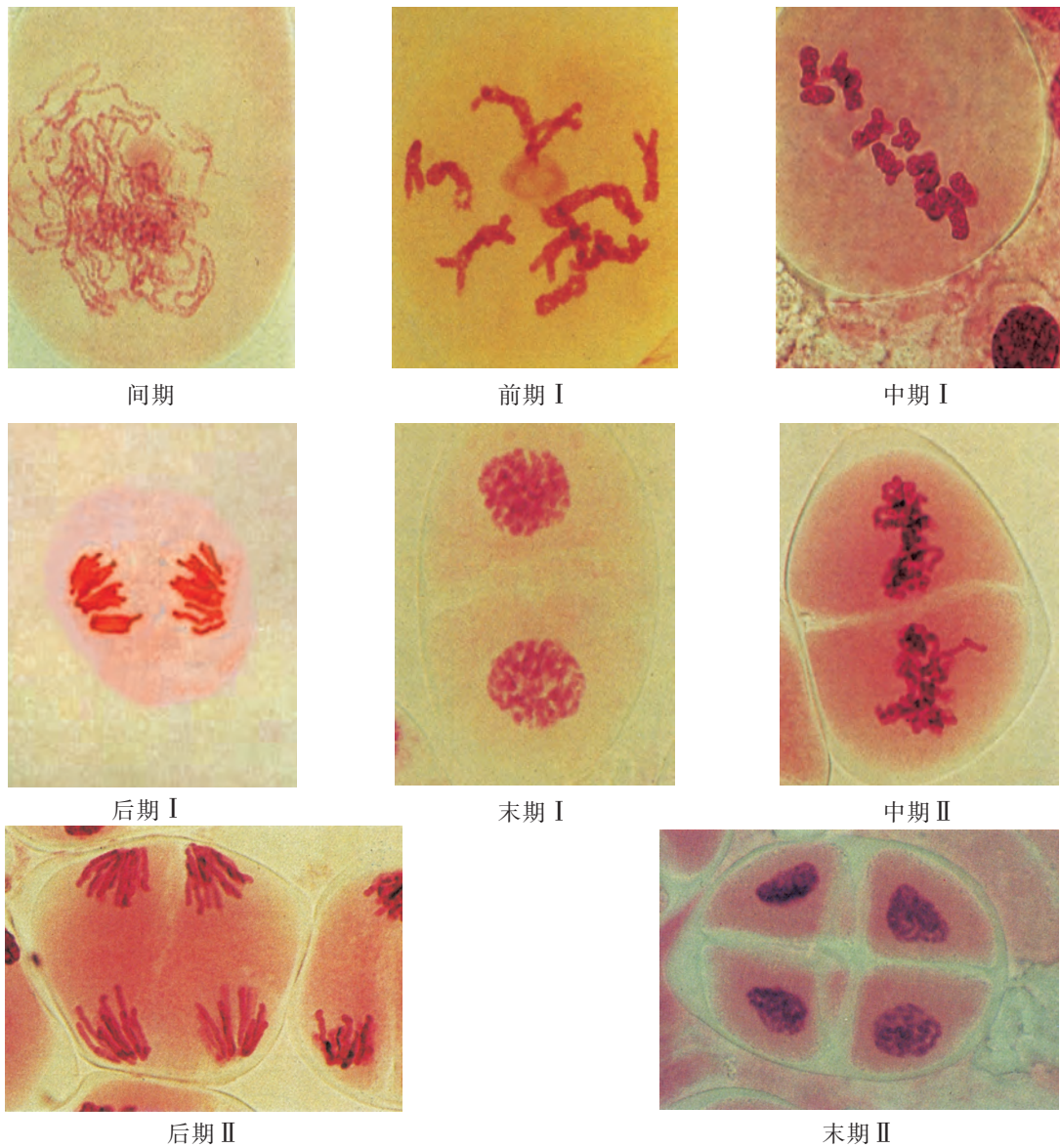


图 2-2 花粉母细胞减数分裂的部分显微图

在减数第一次分裂的前期,形态、大小基本相同的分别来自父方、母方的同源染色体两两配对,称为联会。联会的同源染色体因含有4条染色单体又称为四分体。联会的同源染色体中,非姐妹染色单体之间可能发生对等片段的交换。有些细胞在减数第一次分裂后直接进行减数第二次分裂;有些细胞在减数第一次分裂后会经历短暂的间期(不进行染色体复制),再进行减数第二次分裂。

实践:

蝗虫是直翅目蝗科的昆虫,它们广泛地分布于世界各地。蝗虫的口器坚硬,前翅狭窄坚韧,后翅宽大而柔软,善于飞行,后肢发达,善于跳跃。蝗虫主要危害禾本科植物,是农业害虫(图 2-3)。

雌性蝗虫初级卵母细胞的染色体数为 $2n=24(22+XX)$,雄性蝗虫初级精母细胞的染色体数为 $2n=23(22+X)$ 。

蝗虫初级精母细胞的减数分裂过程,体现了动物细胞减数分裂的基本特征。

在蝗虫初级精母细胞减数第一次分裂的前期,可以观察到同源染色体配对,形成 11 个不同的螺旋结构,X 染色体则成单存在。

1. 将蝗虫初级精母细胞减数分裂永久装片放在低倍镜下观察,找出各个时期的细胞。在高倍镜下仔细观察减数第一次分裂中期、后期和减数第二次分裂中期、后期的细胞,关注染色体的形态、位置和数目。

2. 在显微镜下,间期细胞的核较大,一般能观察到核仁、核膜;前期 I,当同源染色体配对联会时,可以观察到 11 个不同的四分体,X 染色体单个存在,为棒状;中期



图 2-3 栖息在稻穗上的蝗虫

I,染色体进一步缩短变粗,X 染色体随机移到细胞的一极,其他各对同源染色体排列在赤道板的位置上;后期 I、末期 I,同源染色体之间距离越来越远,遥遥相对,但仍然在同一个细胞里;中期 II,染色体排列在赤道板的位置上;后期 II、末期 II,染色单体分开(图 2-4)。

3. 尝试绘制减数分裂不同时期的细胞分裂简图。

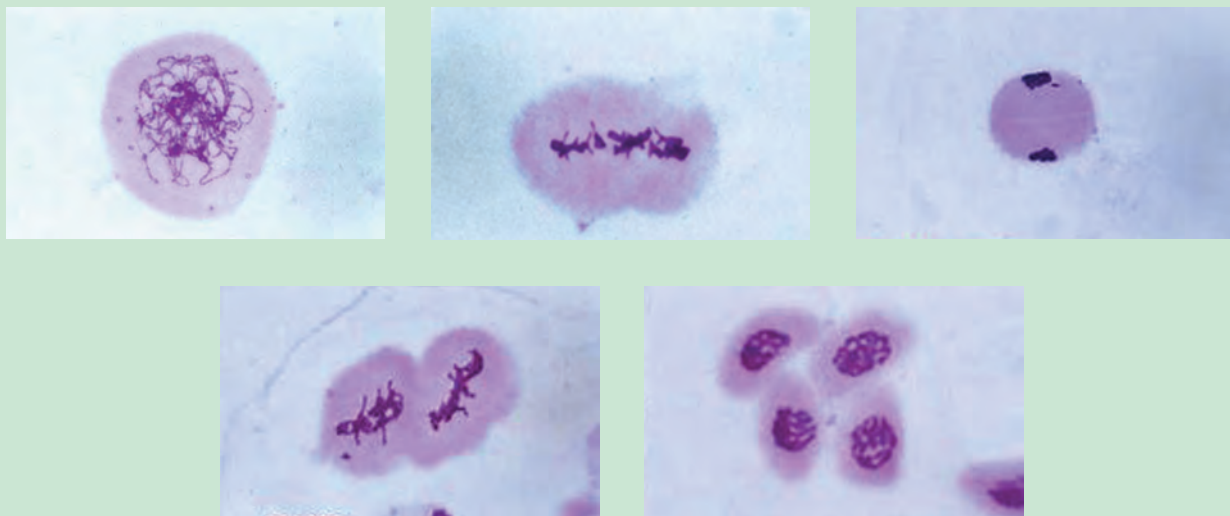


图 2-4 蝗虫精母细胞减数分裂的几个时期的显微图

讨论:

1. 如何判断视野中的细胞是处于减数第一次分裂时期还是减数第二次分裂时期?

2. 减数第一次分裂与减数第二次分裂相比,中期和末期的细胞中染色体有什么变化?

生殖细胞的形成

哺乳动物(包括人类)的精子是在睾丸(图 2-5)中形成的。当雄性动物性成熟后,睾丸里部分原始的生殖细胞,也就是精原细胞会进行减数分裂。在减数第一次分裂的间期,细胞中的染色体进行复制,成为初级精母细胞,复制后的每条染色体都含有2条姐妹染色单体,并由同一个着丝点连接;随后,分散在细胞中的同源染色体两两配对,并排列在细胞的赤道板位置上;在纺锤丝的牵引下,配对的同源染色体彼此分离,分别移向细胞的两极;伴随细胞的分裂,一个初级精母细胞分裂成两个次级精母细胞,每个次级精母细胞中的染色体数目只有初级精母细胞中的一半。在减数第二次分裂过程中,着丝点分裂,每条染色体上的2条染色单体彼此分开,成为两条染色体,并在纺锤丝的牵引下,分别移向细胞的两极;2个次级精母细胞分裂形成4个精细胞。精细胞经过变形(分化),最终形成成熟的精子。精子中的染色体数目是精原细胞中的一半。

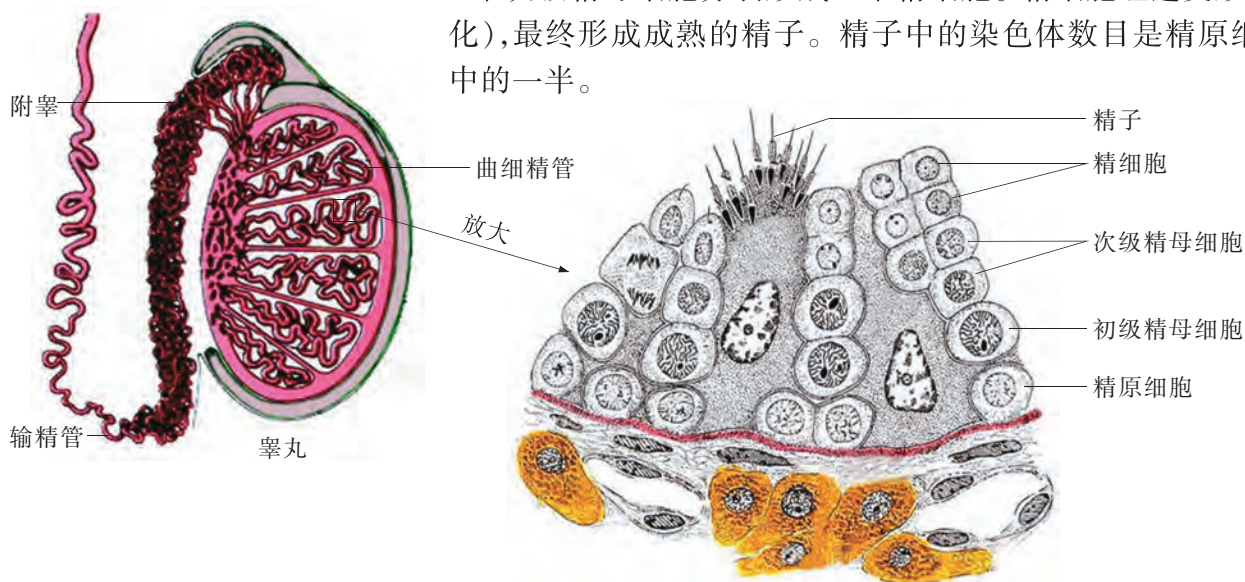


图 2-5 睾丸与曲细精管部分放大示意图

知识海洋

精细胞变形(分化)

精子由三部分组成:头部、颈部和尾部。精子的头部包括细胞核和顶体(由精细胞中的高尔基体形成),顶体在细胞核的前面;颈部很短,通常为圆柱状或漏斗状,连接着头部和尾部;尾部很长,主要由轴丝组成,是精子运动的结构。

精细胞分化成为精子的过程称为精细胞分化或精子形成(图 I)。在分化过程中,细胞体积减小,细胞核内染色质细丝变粗,且包装得更加致密以保护染色质免受损伤。精细胞的细胞质在变为精子时大部分被丢弃,当顶体在精子前段形成时,细胞质仅在顶体和细胞核处留下极薄的一层。细胞质中的线粒体汇集在精子尾部,为精子活动提供能量。精细胞变形为精子后,具有了高度活动的能

力和与此相应的结构。

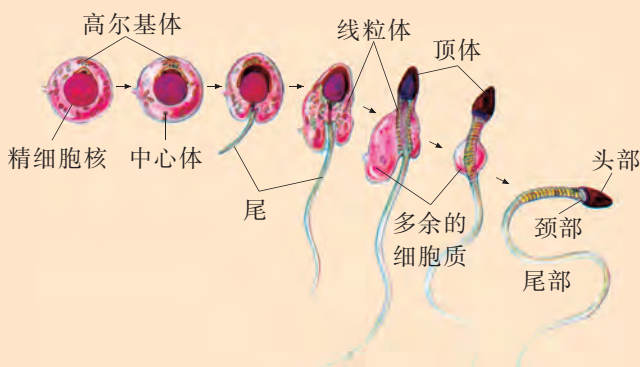


图 I 精细胞变形(分化)过程示意图

哺乳动物的卵细胞是在卵巢中形成的(图 2-6),它与精子的形成过程基本相似。

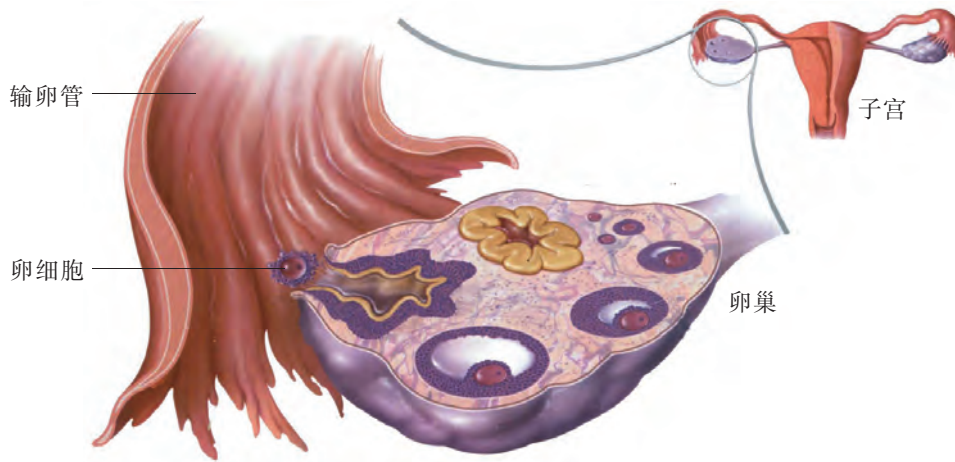


图 2-6 卵巢、输卵管(部分)与卵细胞示意图

由原始的生殖细胞,也就是卵原细胞发育而来的初级卵母细胞,经过减数第一次分裂和减数第二次分裂形成卵细胞。所不同的是,初级卵母细胞经过减数第一次分裂,形成 1 个次级卵母细胞和 1 个极体,随后次级卵母细胞进行减数第二次分裂,形成 1 个卵细胞和 1 个极体,而减数第一次分裂产生的极体也分裂为 2 个极体,3 个极体不久就会消失;在两次分裂中细胞质都发生不均等分裂,1 个初级卵母细胞经过减数分裂,只形成 1 个卵细胞。卵细胞中的染色体数目只有卵原细胞的一半。

细胞的减数分裂过程可以概括为图 2-7。

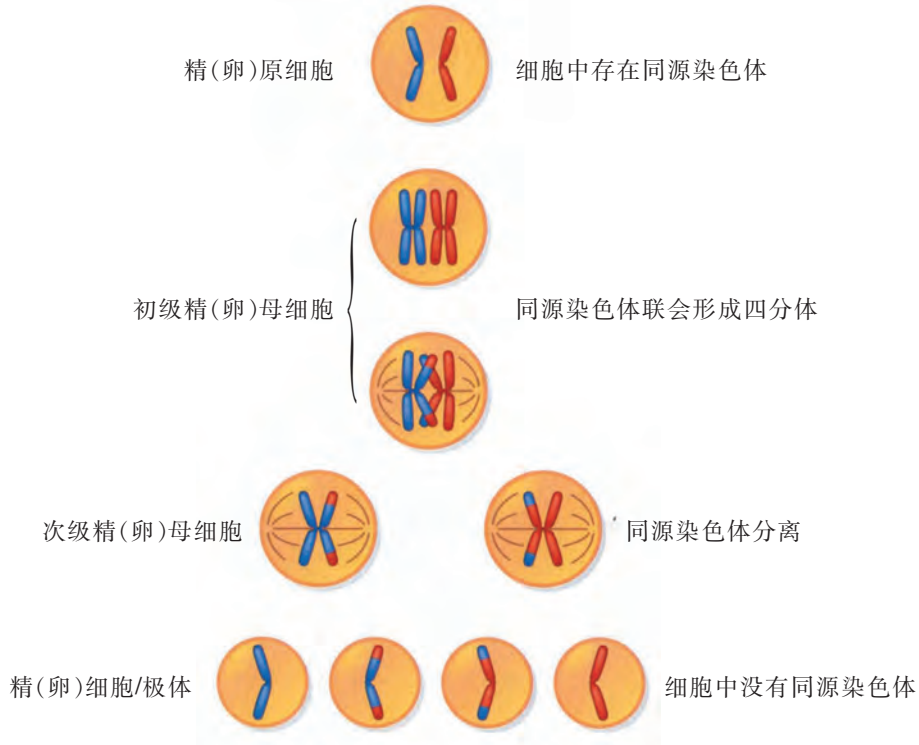


图 2-7 细胞减数分裂过程图解

实践:

精子与卵细胞的形成过程基本相似,但动物精子和卵细胞形成过程中的染色体变化也有不同。根据图 2-1,在图 2-8 中绘出哺乳(假设该动物体细胞内有 2 对染色体)。

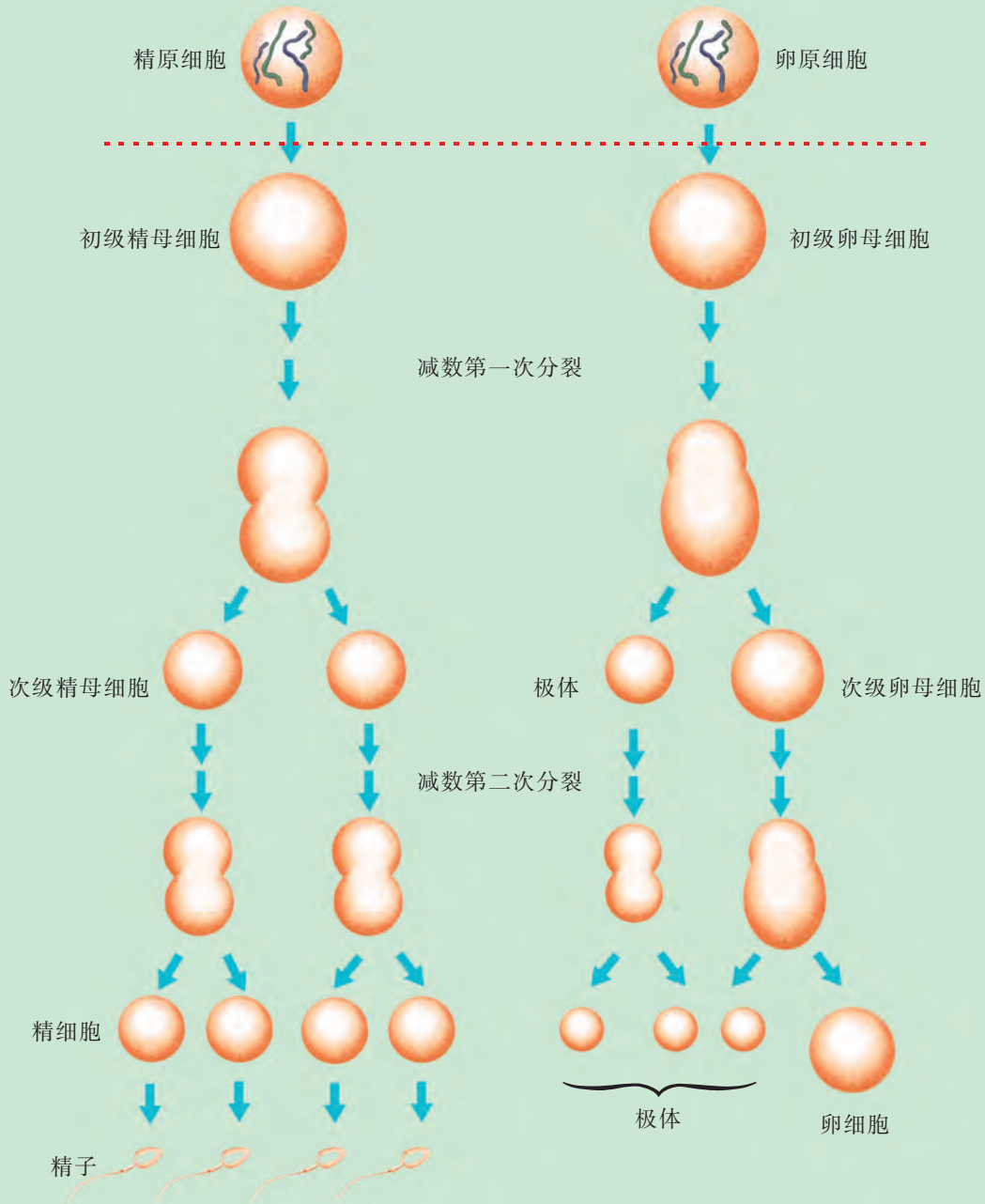


图 2-8 精子和卵细胞形成过程模式图

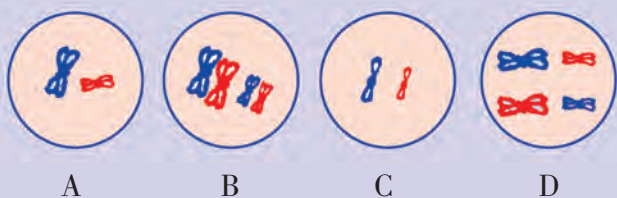
讨论:

1. 在哺乳动物细胞减数分裂的过程中,精子和卵细胞的形成过程有哪些异同点?
2. 同一种生物的精子和卵细胞中,染色体数目是否相同?为什么?

一、单项选择题

1. 在蝗虫精母细胞减数第一次分裂的前期发生的行为是 ()
- A. 染色体复制
B. 联会
C. 同源染色体分离
D. 着丝点分裂

2. 下列细胞示意图中,最可能属于精细胞的是 ()



3. 下列细胞内没有同源染色体的是 ()
- A. 体细胞 B. 精原细胞
C. 初级精母细胞 D. 次级精母细胞

4. 在减数分裂的联会期,四分体数目与染色体数目之比为 ()
- A. 1:2 B. 1:4
C. 2:1 D. 4:1

5. 减数分裂过程中染色体数目减半的原因是 ()

- A. 染色体复制一次,细胞分裂一次
B. 染色体复制一次,细胞分裂两次
C. 染色体复制两次,细胞分裂一次
D. 染色体复制两次,细胞分裂两次

6. 某动物精子细胞核中 DNA 的含量为 X,则该动物初级精母细胞细胞核中 DNA 的含量为 ()

- A. X B. 2X C. 3X D. 4X

7. 在减数第二次分裂的后期,某生物细胞中有 24 条染色体,那么该生物体细胞中的染色体数目最有可能是 ()

- A. 12 条 B. 48 条
C. 24 条 D. 36 条

8. 在蛙卵母细胞减数分裂过程中,不会发生的行为是 ()

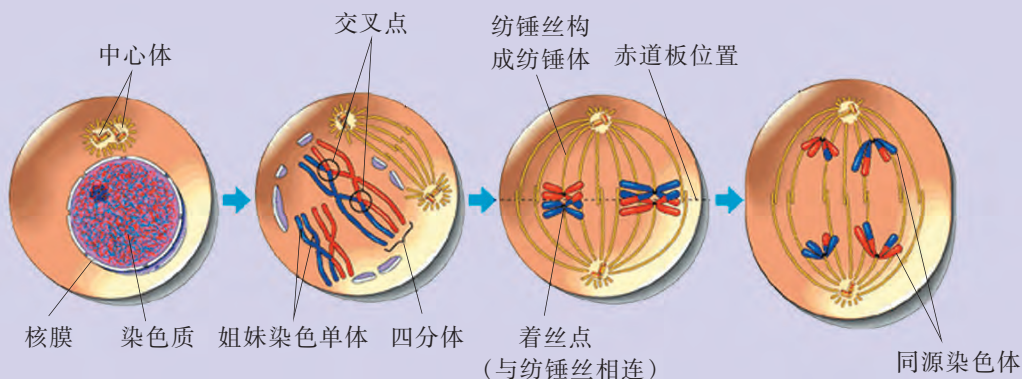
- A. 细胞质均等分裂,产生 4 个卵细胞
B. DNA 复制,有关蛋白质合成
C. 同源染色体联会,形成四分体
D. 着丝点分裂,姐妹染色单体分开

二、技能增进题

比较 通过比较可以对同类或有联系的几种事物的属性、异同等进行辨别。

减数分裂是一种特殊的有丝分裂,是进

行有性生殖的生物形成生殖细胞的细胞分裂方式。下图所示是减数第一次分裂过程中的几个主要阶段。



减数第一次分裂与有丝分裂的不同之处有哪些? 减数第二次分裂有哪些特点? 非

姐妹染色单体之间发生互换有什么意义? 有丝分裂中会发生互换吗?

不同生物的减数分裂发生在生命周期的不同阶段。动物细胞的减数分裂通常发生在性细胞形成时,植物细胞的减数分裂通常发生在单倍体细胞形成时,结果都是形成四个子细胞,每个子细胞中的染色体数目减半。观察植物细胞减数分裂的材料常用花药中的花粉母细胞。

提出问题

小组讨论,尝试根据动物细胞减数分裂的知识,提出一个有关植物细胞减数分裂的问题。例如,植物细胞和动物细胞的减数分裂过程是否相同?

推荐器材

蚕豆花蕾,培养皿、载玻片、盖玻片、镊子、解剖针、显微镜,冰醋酸、无水乙醇、改良苯酚品红染液或龙胆紫染液、卡诺氏固定液等。

作出假设

针对问题,作出相应的假设。例如,植物细胞和动物细胞的减数分裂过程相同。

设计和实施实验

1. 配制固定液和染色液:

卡诺氏固定液:按 3 份无水乙醇和 1 份冰醋酸的比例配制。

改良苯酚品红染液:

①先配制原液 A、B、C。

原液 A:取 3 g 碱性品红溶于 100 mL 体积分数为 70%的乙醇溶液中,可长期保存;

原液 B:取 A 液 10 mL 加入 90 mL 质量分数为 5%的苯酚水溶液中,2 周内使用;

原液 C:取 B 液 55 mL 加入 6 mL 冰醋酸和 6 mL 质量分数为 38%的甲醛,可长期保存。

②使用时配制染色液:取 C 液 10~20 mL,加入 80~90 mL 质量分数为 45%的醋酸。放置 2 周后使用,染色效果更显著。

2. 取材:

可将尚未开放的蚕豆花中的花药取出,直接染色压片制成临时玻片标本。也可用固定液(如卡诺氏固定液)固定花药 12~24 h,再用体积分数为 95%和 80%的乙醇溶液分别浸泡 30 min,最后放入 70%的乙醇溶液中,4℃保存待用。

3. 染色、制片:

将花药置于载玻片上,在花药上滴加改良苯酚品红染液,染色 10 min。边染色边用镊子轻轻捣碎花药,挤出花药中的花粉母细胞。将花药壁等残渣去除,盖上盖玻片,用吸水纸吸去多余的染液后,轻轻按压制作成临时玻片标本。

建议考虑:

(1)蚕豆幼嫩花蕾的花药中有花粉母细胞,花粉母细胞经过减数分裂形成花粉细胞。

(2)如果在视野下观察到的细胞多为已成形的花粉细胞,是否可以考虑重新选取更加幼小的花药材料制作临时玻片标本?如果在视野下观察到的细胞多为未分裂的细胞,是否可以考虑重新选取相对成熟一点的花药材料制作临时玻片标本?

4. 镜检:

可对照图 2-2,在显微镜下观察花粉母细胞减数分裂各时期的细胞图像。

得出结论

根据实验结果,绘出蚕豆等被子植物花药中花粉母细胞减数分裂各时期的模式图。



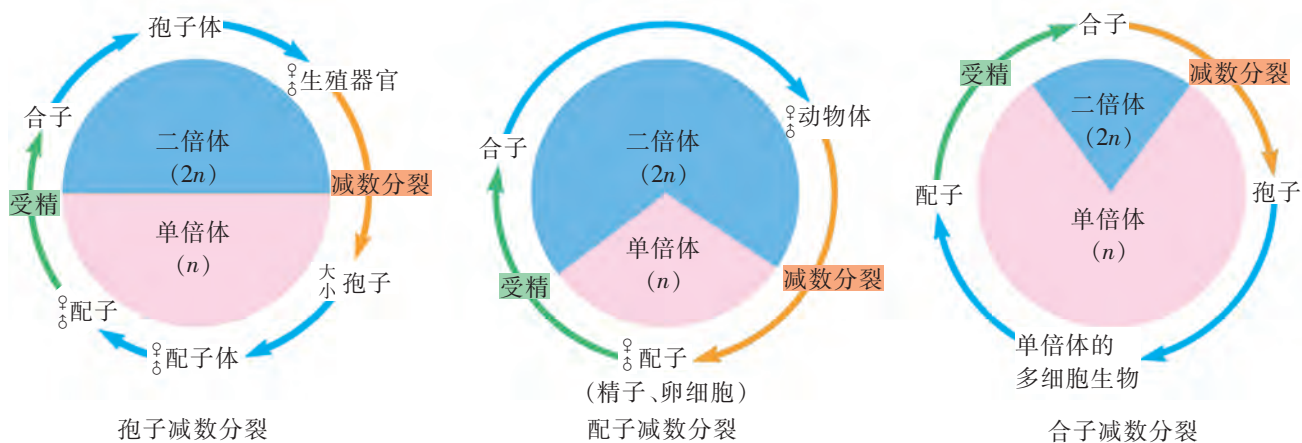
蚕豆花蕾与花蕾中的花药

不同生物进行减数分裂的类型并不完全相同,以二倍体生物为例,主要分为孢子减数分裂、配子减数分裂和合子减数分裂三类。

孢子减数分裂也称为中间减数分裂,见于植物和某些藻类。其特点是减数分裂和配子发生没有直接的关系,减数分裂的结果是形成单倍体的配子体(小孢子和大孢子)。小孢子再经过两次有丝分裂形成包含一个营养核和两个雄配子(精子)的成熟花粉(雄配子体),大孢子经过三次有丝分裂形成胚囊(雌配子体),内含1个卵核、2个极核、3个反足细胞和2个助细胞。

配子减数分裂也称为终端减数分裂,其特点是减数分裂和配子的发生紧密联系在一起。在雄性脊椎动物中,一个初级精母细胞经过减数分裂形成4个精细胞,后者再经过分化后形成成熟的精子;在雌性脊椎动物中,一个初级卵母细胞经过减数分裂形成1个卵细胞。

合子减数分裂也称为初始减数分裂,仅见于真菌和某些原核生物。减数分裂发生于合子形成之后,形成单倍体的孢子,孢子通过有丝分裂产生新的单倍体后代。



第二节 有性生殖

学习目标

- 简述受精过程及其意义

关键词

有性生殖 双受精

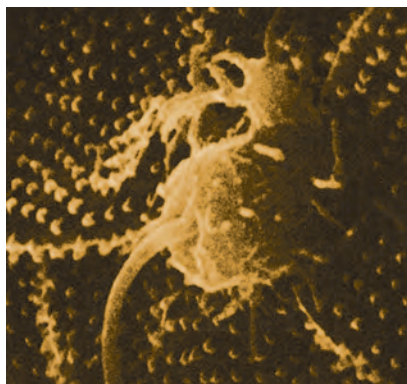
任何一个生物个体不管其寿命有多长,最终都会衰老死亡,而其种族却能不断延续。生命的延续是靠个体生殖产生后代而实现的。有性生殖不仅使生物得以繁衍生息,而且使生物多样性变得更加丰富。

受精——孕育新的生命

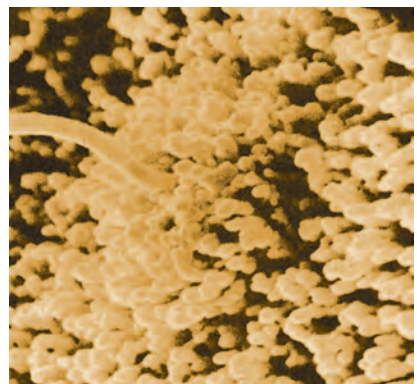
在生物的有性生殖过程中,精子和卵细胞通常要通过受精作用形成受精卵后,才能进一步发育成新个体。以哺乳动物为例,受精是指精子进入卵细胞形成受精卵的过程,它开始于精子与卵细胞的相互识别,结束于两者细胞核的融合。受精过程(图 2-9)中,精子头部的细胞膜与卵细胞的细胞膜融合,随即精子的细胞核和细胞质进入卵细胞内,卵细胞立即释放相应物质,阻止其他精子进入卵细胞。精子的头部进入卵细胞,尾部留在外面。在卵细胞中,两者的细胞核在细胞中部靠拢,相互融合形成受精卵。这样,受精卵中的染色体数目恢复到该物种体细胞中的染色体数目,其中有一半来自精子(父方),另一半来自卵细胞(母方)。随即受精卵开始分裂增殖,新一代生命就开始孕育了。



精子与卵细胞细胞膜接触



精子头部逐渐进入卵细胞



精子尾部留在卵细胞外

图 2-9 受精过程

受精使卵细胞的缓慢代谢转变为旺盛代谢,从而促进受精卵不断地分裂、分化,使新生命逐渐发育为成熟的个体。受精还决定生物个体的性别,带有Y染色体的精子与卵细胞结合发育为男性,带有X染色体的精子与卵细胞结合则发育为女性。减数分裂和受精作用维持了每种生物后代体细胞中染色体数目的恒定,促进了遗传物质的重新组合。

有性生殖

在自然界中,生物的生殖方式主要分为有性生殖和无性生殖两类。有性生殖(sexual reproduction)是由亲代产生有性生殖细胞或配子,经过两性生殖细胞(如精子和卵细胞)的结合成为合子(如受精卵),再由合子发育成新个体的生殖方式。

知识海洋

无性生殖

无性生殖是指不经过生殖细胞的结合,由母体直接产生出新个体的生殖方式。无性生殖包括分裂生殖、出芽生殖、孢子生殖和营养生殖等方式。

分裂生殖(裂殖) 它是生物由一个母体分裂成两个子代个体的生殖方式。由分裂生殖形成的新个体,大小和形状大体相同。这种生殖方式在单细胞生物中比较普遍,如变形虫、细菌等。

出芽生殖(芽殖) 它是由母体在一定的部位生出芽体的生殖方式。芽体在母体上逐渐长大直至脱落,最后成为完整的新个体。常进行出芽生殖的生物有酵母菌和水螅等。

孢子生殖 有些生物长成以后能产生孢子,孢子不经过两两结合就直接发育成新个体,这种生殖方式称为孢子生殖。例如,根霉的直立菌丝顶端可形成孢子囊,里面产生孢子,孢子落在阴湿而富含有机质的温暖环境中,就能发育成新的根霉。

营养生殖 由植物体的营养器官(根、茎、叶)产生出新个体的生殖方式称为营养生殖。例如,草莓的匍匐茎、秋海棠的叶都能生芽,这些芽都能形成新的个体。在生产中,人们常用分根、扦插、嫁接等营养生殖方法来培育花卉和果树。

植物组织培养和动物克隆也属于无性生殖。

大多数生物都能进行有性生殖。被子植物(绿色开花植物)主要依靠有性生殖繁衍后代,花是它们的生殖器官。一朵完整的花包括花柄、花托、花被、雄蕊和雌蕊等(图2-10)。开花之后,通过传粉,花粉粒落到雌蕊的柱头上,吸水膨胀,在酶的作用下开始萌发,形成花粉管。花粉管不断伸长,通过花柱进入子房,直达胚珠并伸向胚囊,花粉管内的两个精子同时释放到胚囊中:一个精子与卵细胞结合,形成受精卵,将来发育成胚;另一个精子与两个极核结合,将来发育成胚乳。像这样,两个精子分别与卵细胞和极核融合的过程,称为双受精(double fertilization)。这是被子植物有性生殖特有的现象。

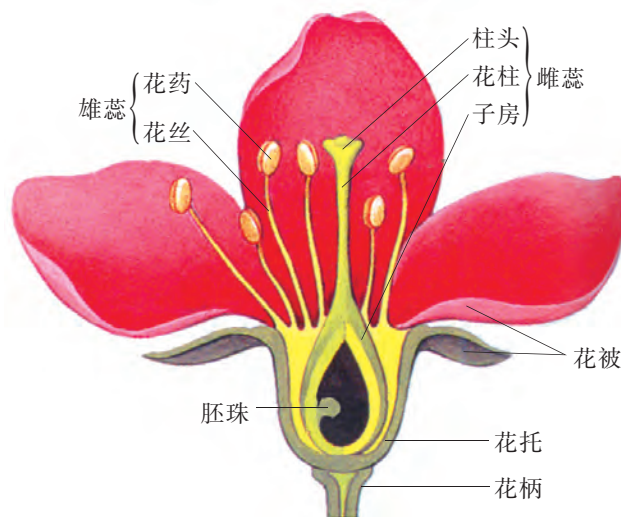


图2-10 花的结构模式图

受精完成后,雌蕊中的子房壁发育为果皮,胚珠发育为种子,胚珠的珠被发育为种皮,子房则发育为由种子和果皮组成的果实。一些植物在种子发育过程中,胚乳的养分被子叶吸收,所以胚乳退化而子叶发达,如花生、大豆、蚕豆的种子。而一些植物种子的胚乳发达,大量的养分储藏在胚乳中,如水稻、小麦、玉米的种子。胚是新一代植物体的幼体。种子发育成熟后,在适宜条件下能够萌发,最后发育成一个新的植物个体。

绿色开花植物的有性生殖与个体发育包括大、小孢子的形成和发育,精卵结合以及受精卵生长发育为植物体等过程(图 II)。花药是产生花粉的结构,花药中的小孢子母细胞(花粉母细胞)减数分裂后产生小孢子。花药中的绒毡层细胞为花粉粒的发育提供养料,并对调节花粉粒的发育有

着重要作用。花粉粒萌发后形成一个营养核和一个生殖核,生殖核经有丝分裂形成 2 个精子。

胚珠中央的最初一团细胞称为珠心,其中的大孢子母细胞(胚囊母细胞)减数分裂后形成大孢子。大孢子经有丝分裂,形成含有 2 个极核和 1 个卵细胞等的胚囊。

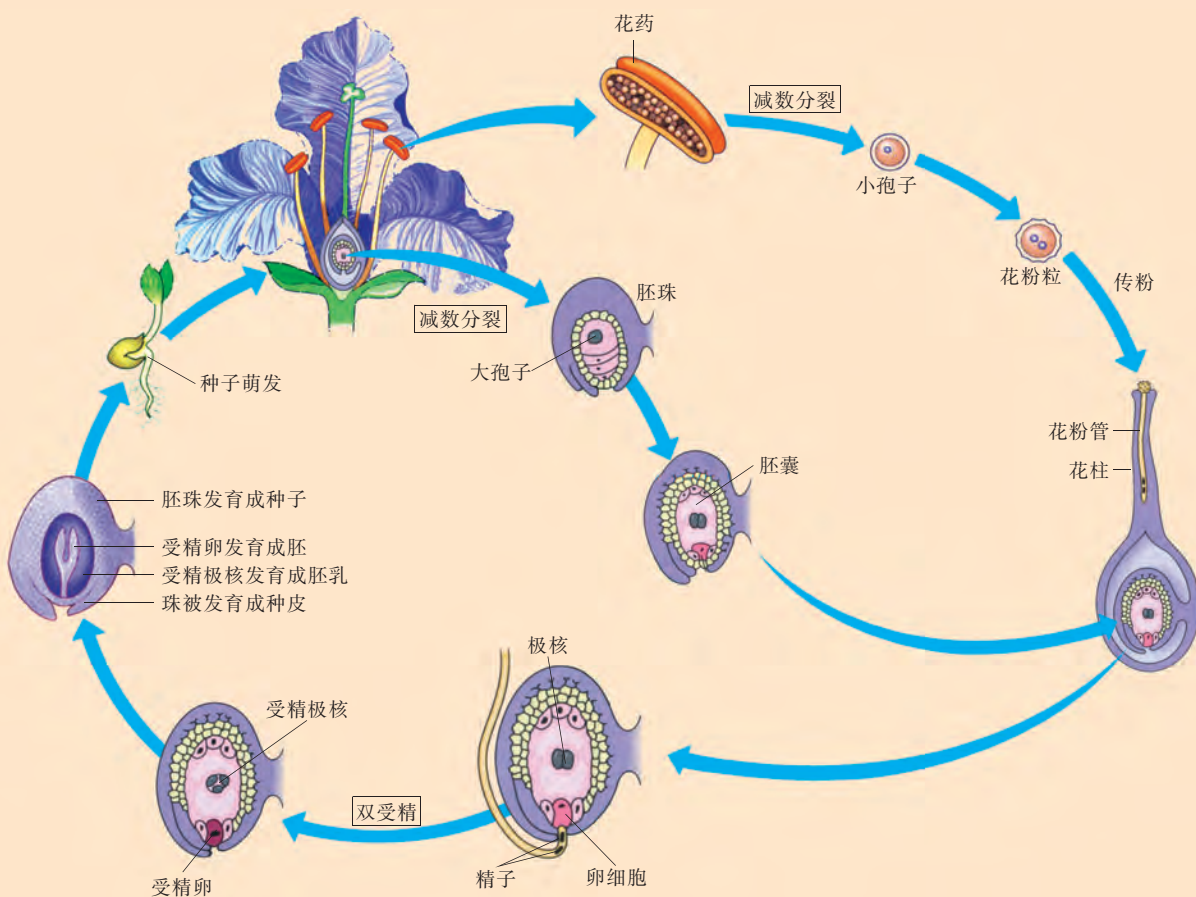


图 II 绿色开花植物的有性生殖与个体发育过程

随着花粉管的萌发和伸长,2 个精子分别与胚珠中的极核和卵细胞结合,最终完成双受精过程。

受精卵的形成标志着新生命的开始。受精卵发育成胚,胚发育成新的植物体。

其他脊椎动物和人的有性生殖与个体发育过程基本相同,精子和卵细胞分别是在精巢和卵巢中经减数分裂形成的。通过受精作用,精子和卵细胞融合成受精卵。

脊椎动物的个体发育包括胚胎发育和胚后发育两个阶段。胚胎发育是指从受精卵发育成幼体的过程。胚后发育是指幼体从卵膜中孵化出来或从母体内生出后发育为性成熟个体的过程。

知识海洋

脊椎动物的胚胎发育和胚后发育

脊椎动物的胚胎发育过程包括卵裂、囊胚、原肠胚等阶段(图 III)。受精卵的早期分裂称为卵裂。卵裂使细胞数目增多,并逐步形成一个内部有空腔的球

状胚,称为囊胚。囊胚中的空腔叫囊胚腔。随后,由于胚胎各部分细胞的不均等分裂,逐步形成具有内胚层、外胚层、中胚层和原肠腔等结构的原肠胚。

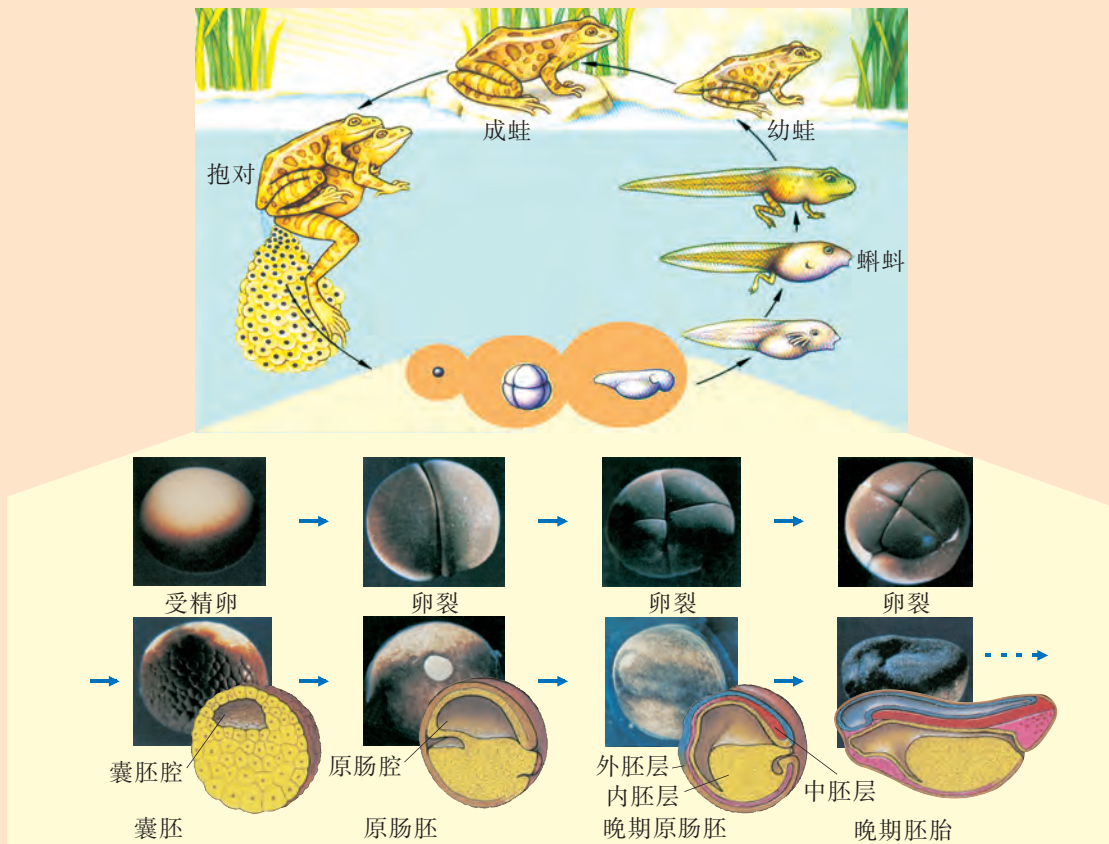


图 III 蛙的个体发育过程示意图

在胚胎发育过程中,外胚层发育为神经系统、感觉器官、表皮及附属结构,中胚层发育为骨骼、肌肉与循环、排泄、生殖系统,内胚层发育为肝、胰等腺体与呼吸道、消化道的上皮。这样,受精卵就逐步发育成为一个完整的幼体。

脊椎动物的胚后发育主要是指个体的成长和成

熟。例如,爬行类、鸟类和哺乳类的幼体在形态结构和生活习性上都与成体差别较小,幼体不经过明显的变化就生长发育为成体;而两栖类(如蛙等)的幼体在形态结构和生活习性上则与成体有明显的差异,幼体在较短时间内发生显著的变化,发育为成体。像蛙这样的胚后发育称为变态发育。

在有性生殖中,两性生殖细胞分别来自不同的亲本,因此,由合子发育成的后代就具备了双亲的遗传特性。这对于生物的生存和进化具有重要意义。

一、单项选择题

1. 在被子植物的一生中,对维持染色体数目的恒定、促进植物遗传物质的重新组合起关键作用的环节是 ()

- A. 受精作用和种子萌发
- B. 开花和传粉
- C. 减数分裂和受精作用
- D. 精子和卵细胞的形成

2. 在受精作用中,体现受精实质的是 ()

- A. 同类生物的精卵互相识别
- B. 精子的头部进入卵细胞
- C. 卵细胞膜增厚并形成受精膜
- D. 精子和卵细胞的细胞核互相融合

3. 生物体的减数分裂和受精作用,既使前后代体细胞中染色体数目维持相对稳定,又使后代具有变异特性。下列对其原因的描述错误的是 ()

- A. 姐妹染色单体之间发生了交换
- B. DNA 含量前后代保持稳定
- C. 生物前后代染色体数目维持恒定
- D. 遗传物质发生重新组合

4. 进行有性生殖的生物,其新生命的起点是 ()

- A. 卵细胞
- B. 极核
- C. 受精卵
- D. 种子

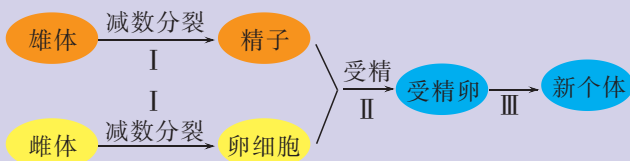
5. 下列属于生殖细胞的是 ()

- A. 受精卵
- B. 卵细胞
- C. 极核
- D. 受精极核

6. 被子植物中产生生殖细胞的结构是 ()

- A. 花丝和柱头
- B. 花柱和子房壁
- C. 花药和胚珠
- D. 花柄和花托

7. 根据下图判断,下列关于有性生殖的说法中,错误的是 ()



- A. 有性生殖增加了生物的变异性
- B. 有性生殖的过程是指 I + II
- C. 过程 III 包括细胞分裂和分化等过程
- D. III 在被子植物中是指双受精过程

8. 受精作用完成后,绿色开花植物的生殖器官——“花”的各部分发生了显著的变化。下列叙述错误的是 ()

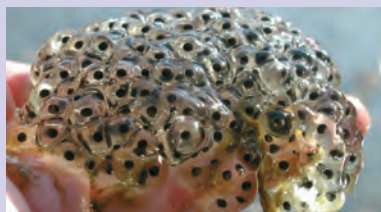
- A. 子房壁发育成果实
- B. 胚珠发育成种子
- C. 珠被发育成种皮
- D. 受精卵发育成胚

二、技能增进题

采集标本 采集标本是开展生物学实验和研究的重要技能之一。

为了研究生物的发育过程,常常需要从自然环境中采集标本,并带回实验室观察研究。在采集标本前,应先查阅有关资料,使自己对所采集的标本有深入的了解。例如,采集蛙卵标本前,应先了解蛙卵和蟾蜍卵的区别;了解对采集的标本及时进行处理的方法,以便带回实验室饲养或固定保存。在野外采集标本时要注意对环境的保护和自身安全的防护等。

采集标本还有哪些需要注意的事项呢?



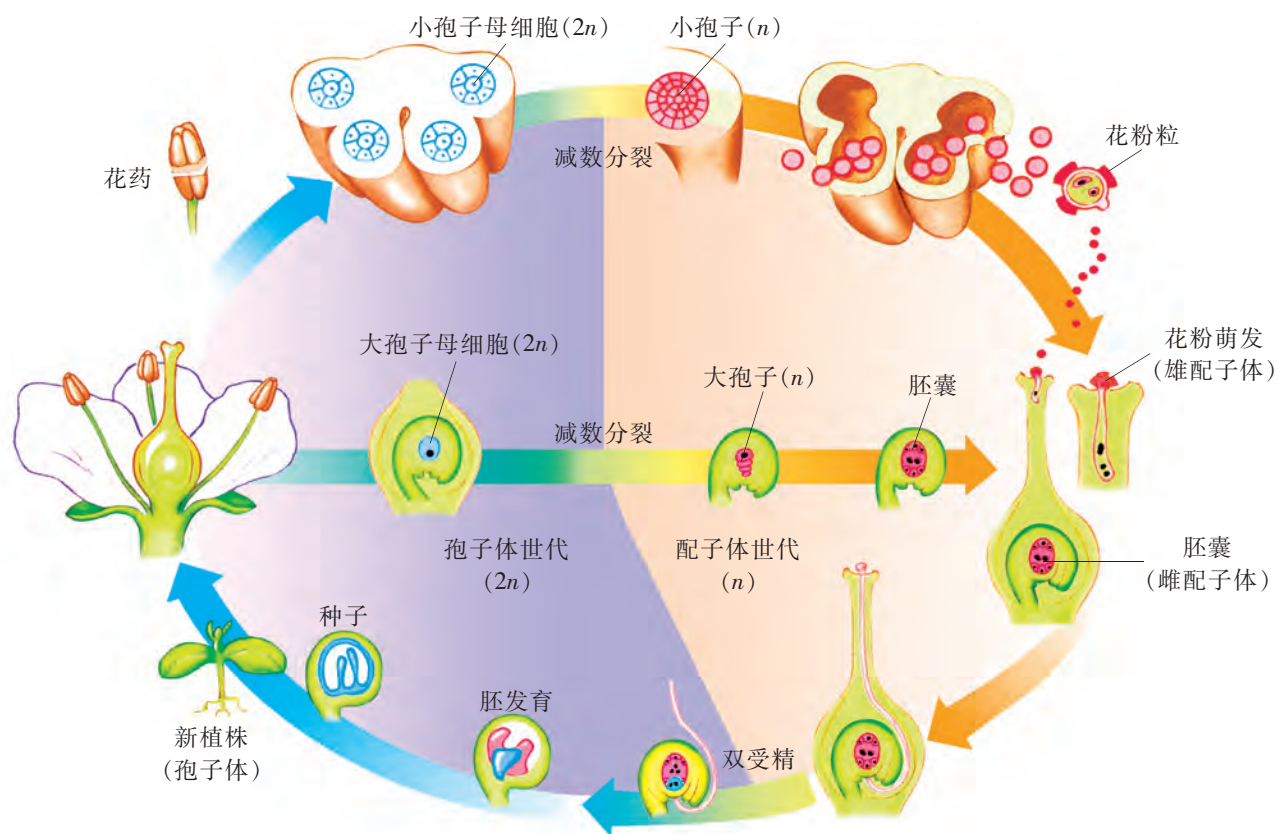
蛙卵



蟾蜍卵

在植物和某些动物的生活史中,无性世代与有性世代有规律地相互交替出现的现象称为世代交替 (alternation of generations)。在植物中,无性世代(又称孢子体世代)是指生活史中具两倍数($2n$)染色体的时期,即从合子形成到孢子母细胞产生的阶段;有性世代(又称配子体世代)是指生活史中具单倍数(n)染色体的时期,即从孢子母细胞经减数分裂产生孢子到配子体形成两性配子的阶段。

在不同类群植物的生活史中,无性世代和有性世代的发达程度不同。通常是进化水平较低的类群,有性世代占优势;进化水平高的类群,无性世代占优势,有性世代则趋于简化。



被子植物的世代交替示意图

动物发生世代交替的较少,仅发生于原生动物和腔肠动物的一些种类中。例如,腔肠动物中的蕈枝螅,一生中有水螅型和水母型两种体型。水螅型群体为无性世代,以出芽生殖的方式产生新的水螅体。它们也能以出芽的方式产生雌、雄水母芽,长大后脱离生殖体,在海水中发育成雌、雄水母体。水母体为有性世代,进行两性生殖。

本章自主小结

减数分裂是进行有性生殖的生物在产生成熟的生殖细胞时进行的特殊的细胞分裂方式。在减数分裂过程中,染色体只复制一次,而细胞连续分裂两次。减数分裂的结果是,成熟的生殖细胞中染色体数目比原始生殖细胞减少一半。

减数分裂的内容可以通过填写下表进行梳理、小结。

时期	染色体行为	染色体数	染色单体数	DNA 数
分裂间期		$2n$		
减数第一次分裂	前期		$4n$	$4n$
	中期	同源染色体成对排列在赤道板位置上	$2n$	
	后期		$2n$	$4n$
	末期	染色体部分解旋,细胞一分为二,染色体数目减半		
减数第二次分裂	前期	每条染色体含两条染色单体,但无同源染色体		
	中期	染色体排列在细胞的赤道板位置上		
	后期			
	末期	细胞质分裂,共形成 4 个子细胞,染色体数目减半		

在完成上表的填写后,思考下列问题,并尝试采用列表或图解等方式对本章的其他内容进行自主小结。

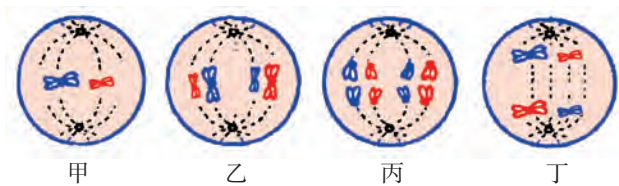
1. 组成人体的体细胞是如何增殖产生子细胞的?哪些细胞是原始的生殖细胞?原始的生殖细胞如何通过减数分裂产生成熟的生殖细胞?怎样解释同源染色体、非同源染色体、联会、四分体、赤道板等结构名称?区分处于不同分裂期的初级精母细胞、初级卵母细胞、次级精母细胞和次级卵母细胞的主要依据是什么?减数分裂和有丝分裂相比,细胞分裂过程及结果有哪些特点?

2. 在生物细胞减数分裂中,姐妹染色单体是如何形成的?染色单体和染色体之间是什么样的关系?在减数分裂过程中,不同阶段的细胞中染色体、染色单体的数目与 DNA 含量的变化有什么规律?

3. 生物前后代之间是怎样保持遗传物质的相对稳定的?生物的生殖类型有哪些?有性生殖对生物的生存和进化具有什么意义?

如果有疑难,可以和同学、老师进行探讨,也可以通过图书馆和网络,寻求问题的答案。相信你一定能够正确回答上述问题。

1. 下图中,甲、乙、丙、丁分别表示同一种生物的 4 个正在进行分裂的细胞。已知该生物含有 2 对同源染色体,请据图回答:



(1)甲处于_____分裂_____期,判断的依据是_____,分裂产生的子细胞是_____细胞。

(2)乙处于_____分裂_____期,分裂产生的子细胞是_____细胞。

(3)丙处于_____分裂_____期;丁处于_____分裂_____期;丙细胞中含有_____个 DNA 分子,_____条染色单体;丁细胞中含有_____个 DNA 分子,_____条染色体,_____条染色单体。

2. 有性生殖是生物界中普遍存在的生殖方式。它是指经过_____的结合,产生_____,由_____发育成新个体的生殖方式。受精作用促使卵细胞的缓慢代谢转变为旺盛代谢,从而促进细胞不断地_____。

3. 某动物体细胞有两对同源染色体,请据此完成下列问题:

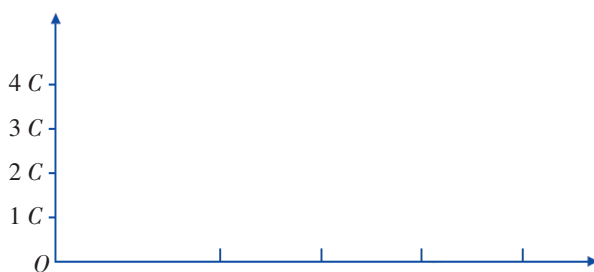
(1)画出该动物次级卵母细胞分裂过程中由后期到形成卵细胞的示意图。



(2)在这个次级卵母细胞中,有同源染色体_____对,DNA 分子_____个。

4. 某动物的一个体细胞中核 DNA 的含量为 $2C$,请据此作答:

(1)在下图中,绘出减数分裂过程中从一个精原细胞变为一个精细胞时,细胞核中 DNA 含量的变化示意图。



(2)填空说明下列细胞在减数分裂中 DNA 含量发生变化的原因。

① 由精原细胞变成初级精母细胞时组成染色体的 DNA 分子进行_____,细胞核 DNA 含量的变化是_____。

② 经过减数第一次分裂,一个初级精母细胞分裂成两个次级精母细胞,细胞中同源染色体_____,一个细胞核中 DNA 含量的变化是_____。

③ 经过减数第二次分裂,染色单体分离,两个次级精母细胞分裂成 4 个精细胞,一个细胞核内 DNA 含量的变化是_____。

5. 根据下面的细胞分裂图,回答问题:

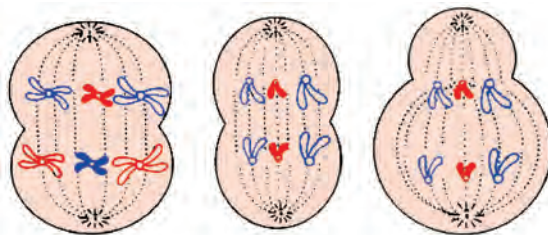


图 A 图 B 图 C

(1)图 A 所示细胞分裂的方式是_____。细胞内染色体与染色单体的比例是_____。

(2)图 B 所示细胞分裂后产生的细胞是_____或_____。

(3)图 C 所示细胞分裂产生的子细胞名称是_____,每个子细胞中有_____条染色体。

第三章

遗传和染色体

孟德尔自幼就对植物的生长非常感兴趣。大学毕业后,孟德尔在修道院开始了长达8年的豌豆实验。他酷爱自己的研究工作,常向来客指着豌豆自豪地说:“这些都是我的儿女。”通过对不同代豌豆的性状和数目持之以恒的观察、记录和分析,孟德尔最终发现了生物遗传的基本规律,开启了遗传学的新纪元。

你一定对孟德尔的研究以及遗传学知识感兴趣吧!那就让我们一起认真学习本章内容吧!

- 基因的分​​离定律
- 基因的自由组合定律
- 染色体变异及其应用

第一节 基因的分离定律

“种瓜得瓜,种豆得豆”,这种子代与亲代个体之间相似的现象称为遗传。亲代通过遗传物质把遗传信息传递给子代,子代按照遗传信息生长、发育,因此子代总是具有与亲代相同或相似的性状。但是,子代与亲代之间以及子代的不同个体之间,总会出现一些差异,这种现象称为变异。

基因的分离定律

1865年,孟德尔(G. J. Mendel)在一次科学讨论会上宣读了自己的《植物杂交实验》论文。遗憾的是,这一具有划时代意义的研究成果当时并没有引起学术界的重视。直到20世纪初,3位植物学家通过各自的研究得到了与孟德尔一样的研究结论,才使孟德尔30多年前的工作被人们理解并得到正确的评价。

豌豆是严格的自花受粉植物,在自然情况下一般都是纯种。孟德尔选择豌豆作为实验材料,挑选在株高、花色等7对相对性状上呈明显差异的植株进行杂交(通过人工去雄和传粉)实验,追踪这些性状在杂种后代中的分离情况,并对实验结果进行了统计分析。

孟德尔选择具有1对相对性状的亲本(P)进行杂交,得到杂种第一代,即子一代(F_1), F_1 的所有植株只表现出一个亲本的性状。例如,紫花豌豆和白花豌豆杂交,紫花豌豆无论作母本(正交)还是作父本(反交),杂交后产生的 F_1 均为紫花豌豆。通常把 F_1 表现出来的亲本性状的性状称为显性性状,如紫花性状;没有表现出来的亲本性状的性状称为隐性性状,如白花性状。 F_1 植株自花受粉(自交)产生子二代(F_2),在 F_2 中,有些植株表现显性性状,有些植株表现隐性性状(图3-1)。这种在杂种后代中出现不同亲本性状的的现象,称为性状分离。

学习目标

- 举例说明基因与性状的关系
- 阐明基因的分离定律
- 分析孟德尔遗传实验的科学方法

关键词

分离定律

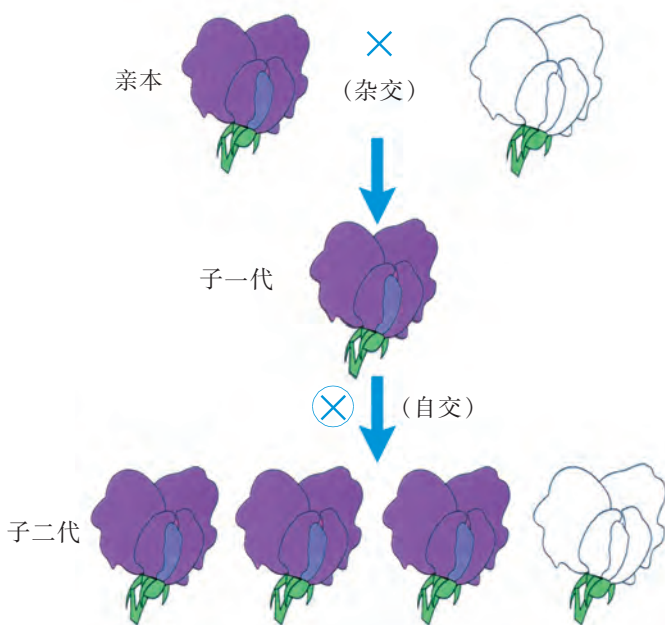


图3-1 豌豆1对相对性状的杂交实验

事实：

孟德尔选择豌豆的 7 对相对性状分别进行杂交实验，统计出每对相对性状的杂交实验结果(表 3-1)。

表 3-1 豌豆 7 对相对性状的杂交实验结果

性 状	杂交组合		F ₁ 的表现型	F ₂ 的表现型		
	显 性	隐 性		显 性	隐 性	比 例
花的颜色	 紫色	紫色 × 白色	 白色	紫色	紫色 705	白色 224
花的位置	 腋生	腋生 × 顶生	 顶生	腋生	腋生 651	顶生 207
豆荚形状	 饱满	饱满 × 皱缩	 皱缩	饱满	饱满 882	皱缩 299
豆荚颜色 (未成熟)	 绿色	绿色 × 黄色	 黄色	绿色	绿色 428	黄色 152
种子形状	 圆形	圆形 × 皱缩	 皱缩	圆形	圆形 5 474	皱缩 1 850
子叶颜色	 黄色	黄色 × 绿色	 绿色	黄色	黄色 6 022	绿色 2 001
茎的高度	 高茎	高茎 × 矮茎	 矮茎	高茎	高茎 787	矮茎 277

分析：

1. 计算并填写每个杂交组合中F₂表现型的显、隐性比例。
2. 从孟德尔的实验数据中能够得出什么结论？

孟德尔认真地研究了 7 组实验数据，发现 F₂ 中表现显性性状的植株与表现隐性性状的植株比总是基本接近于 3:1。他认为，在卵细胞和花粉细胞中存在着控制性状的遗传因子。他用大写字母代表显性因子(如 A 代表紫花因子)，用小写字母代表隐性因子(如 a 代表白花因子)。纯合的紫花亲本产生 A 型花粉和 A 型卵细胞，白花亲本产生 a 型花粉和 a 型卵细胞。

遗传因子在亲本体细胞中是成对存在的。紫花亲本(AA)和白花亲本(aa)杂交产生杂种 F₁(Aa),F₁ 含有 1 对遗传因子。由于 A 为显性遗传因子,a 为隐性遗传因子,所以 F₁ 表现出由显性遗传因子控制的紫花性状。

杂种 F₁ 体细胞内的遗传因子 A 和 a 彼此保持独立,在形成生殖细胞时,F₁ 可以产生数量相等的 A 型和 a 型花粉,也可以产生数量相等的 A 型和 a 型卵细胞。在 F₁ 自花受粉时,不同类型的两性生殖细胞之间结合的概率相等,产生 3 种类型的 F₂,即 AA、Aa、aa。如果 F₂ 植株的数量足够多,那么,3 种类型的数量之比约为 1:2:1。其中,AA 表现为紫花;Aa 含有 1 个显性因子和 1 个隐性因子,也表现为紫花;aa 表现为白花。在 F₂ 中,紫花豌豆与白花豌豆的数量之比约为 3:1(图 3-2)。

后来遗传学家将控制性状的遗传因子称为基因,将一对同源染色体上决定相对性状的基因称为等位基因。例如,决定紫花的基因(A)和决定白花的基因(a)就是一对等位基因。孟德尔实验中的 7 对相对性状分别由 7 对等位基因控制。

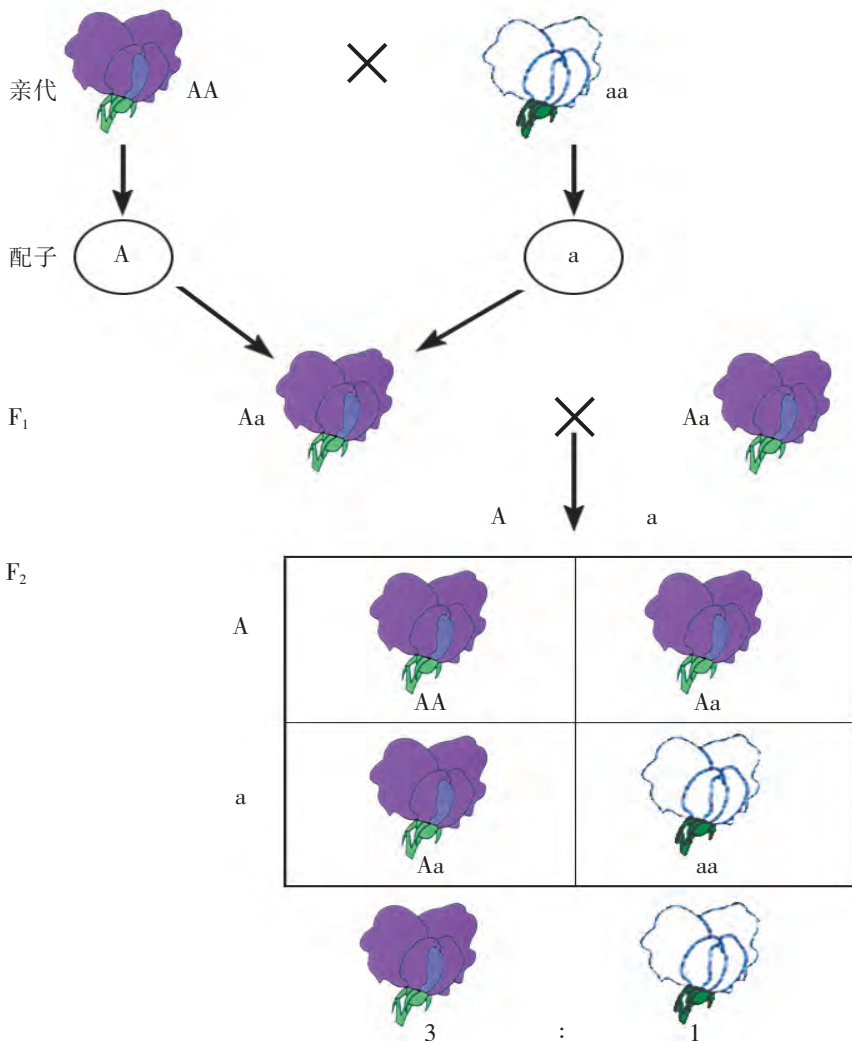


图 3-2 豌豆 1 对相对性状的遗传分析图解

实践:

1. 准备两个小罐,分别标记为1号罐和2号罐。每个罐中均有100个玻璃球,其中红色球和绿色球各50个,1号罐中小球代表两种雌配子,2号罐中小球代表两种雄配子,红球代表基因A,绿球代表基因a,将罐中小球充分混合均匀。

2. 分别从两个小罐内随机抓取一个小球,放在一起,表示雌雄配子随机结合形成的合子类型。每次记录合子类型后,将抓取的小球各自放回原来的小罐。重复50~100次。将结果记录在表3-2中。

表 3-2 性状分离比的模拟实验记录表

	显 性		隐 性
	AA	Aa	aa
1			
2			
...			
100			
合计			
基因组合比			
性状分离比			

讨论:

1. 如果从两个小罐中再分别抓取一次小球,在取小球前,你能估算出AA、Aa和aa组合的概率是多少吗?
2. 假如当年孟德尔只统计了10株豌豆

- 的相对性状,他还能正确地解释性状分离现象吗?
3. 为了提高该实验的科学性和说服力,请总结实验注意事项。

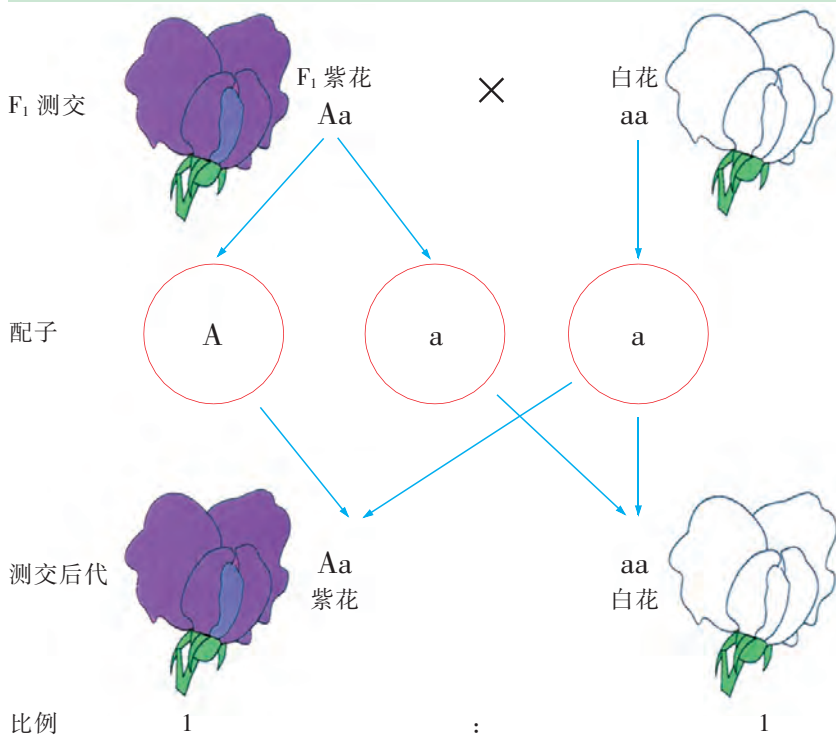


图 3-3 豌豆 1 对相对性状测交实验的遗传图解

孟德尔为了证实自己对性状分离现象推断的正确性,首创了测交的实验方法。孟德尔认为,如果将杂种F₁(Aa)和隐性纯合亲本(aa)杂交,F₁产生2种类型配子(A和a),隐性亲本只产生1种类型配子(a),那么,雌雄配子结合产生两种后代,分别表现为紫花(Aa)和白花(aa),而且它们的数目之比应为1:1。测交实验结果(图3-3)完全证实了他的推断,证明了F₁是杂合子;在形成配子时,杂合子中的显性因子和隐性因子发生分离,分别进入不同的配子。

孟德尔虽然对性状分离的现象进行了科学解释,但并未完全确认这一现象的实质。此后,经过许多遗传学家的不断实验与总结,终于证实成对的遗传因子就是位于一对同源染色体上的等位基因,具有一定的独立性。在细胞进行减数分裂形成配子的过程中,等位基因会随着同源染色体的分开而分离,分别进入到两个配子中,独立地随配子遗传给后代。这就是现代所说的基因的分离定律(law of segregation)。

在遗传学上,把生物个体实际表现出来的性状称为表现型(phenotype),而与表现型有关的基因组成称为基因型(genotype)。例如,豌豆紫花是一种表现型,紫花的基因型是AA或Aa。基因组成相同的个体称为纯合子(如AA或aa),基因组成不同的个体称为杂合子(如Aa)。

生物个体的基因型在很大程度上决定着生物个体的表现型。但是,在生物体的发育过程中,表现型有时还受到环境中复杂因素的影响。例如,同一株水毛茛,浸没在水中的叶呈丝状,而暴露在空气中的叶呈扁平状(图3-4);在不同的光照条件下,野牵牛花的颜色也有所不同。



图3-4 水毛茛

孟德尔获得成功的原因

1822年7月22日,孟德尔出生在奥地利的一个农民家庭,他从小就很喜爱植物。1843年他进入布隆修道院做修士,1851年到维也纳大学学习自然科学。1853年,从维也纳大学回到布隆不久,孟德尔就开始了长达8年的豌豆杂交实验(图3-5)。孟德尔挑选出34个豌豆品种用于实验。这些豌豆生长周期短,易于栽培,并都具有某种可以相互区分的相对性状。在豌豆的杂交实验中,经过8个寒暑的辛勤劳作,孟德尔对不同世代的豌豆的性状和数目进行了细致的观察、计录和分析,终于发现了生物遗传的两个基本规律,即基因的分离定律和基因的自由组合定律,从而揭示了生物遗传的奥秘。

能取得如此重大的成功绝非偶然。正确地选用实验材料是孟德尔获得成功的首要原因。豌豆是严格的自花受粉植物,在花未开时就已经完成了受粉过程,从而避免了外来花粉的干扰;在自然状态下豌豆一般为纯合子;豌豆具有一些稳定的、容易区分的相对性状,因而对这些相对性状进行研究,获得的实验结果也比较可靠。

由单因子到多因子的研究方法也是孟德尔获得成功的重要因素。在分析生物性状时,孟德尔开始只对1对相对性状的遗传情况进行研究。例如,在研究种子的形状时,不考虑种子的颜色;在研究种子的颜色时,不考虑种子的饱满程度。在弄清1对相对性状的遗传情况后,再进行2对、3对,甚至更多对



图3-5 孟德尔在做实验

相对性状的遗传实验研究。

应用统计学方法对实验结果进行分析,是孟德尔获得成功的又一个重要因素。在进行豌豆的杂交实验时,他对不同世代不同性状的个体数目都进行了记载,并用统计学方法进行了分析,探寻复杂现象背后的规律。

此外,孟德尔还科学设计了实验程序。在对大量实验数据进行分析的基础上,他合理地进行了推断,提出了解释问题的假说并设计了新的实验来验证推断的正确性(如设计测交实验验证对性状分离现象的推断),这也是孟德尔获得成功的重要原因。

孟德尔揭示遗传基本规律的过程表明,任何一项科学研究成果的取得,不仅需要具有坚忍的意志和持之以恒的探索精神,还需要有严谨求实的科学态度和正确的研究方法。

基因的分离定律的应用

基因的分离定律是遗传学中最基本的规律之一。掌握这一规律不仅有助于人们正确地解释生物界的一些遗传现象,而且能够预测杂交后代的类型和各种类型出现的概率,这对于动、植物育种实践和医学实践都具有重要的指导意义。

在育种实践中,如果发现某一个体的某种性状在生产上具有增加产量或提高产品质量的价值,就可以应用基因的分离定律设计育种过程。具体地说,如果在一片麦田里发现了一株具有抗锈病优良性状的小麦,就要先确定该株小麦决定抗锈病性状的基因组成。已知决定抗锈病性状的基因是显性基因,若该株小麦的自交后代不发生性状分离,就说明该株小麦有关抗锈病的基因组成是纯合的,其后代都可以发育为具有抗锈病性状的小麦。如果该株小麦的自交后代发生性状分离,就说明该株小麦有关抗锈病的基因组成是杂合的。为了获得稳定的抗锈病类型,可以让抗锈病的小麦植株继续自交,淘汰由于性状分离而出现的非抗锈病类型,直到抗锈病性状不再发生性状分离为止。

在医学实践中,人们常常利用基因的分离定律,对遗传病的基因型和发病概率做出科学的推断。例如,人类的一种先天性聋哑是由隐性基因(aa)控制的遗传病。如果一个患者的双亲表现型都正常,根据基因的分离定律推断,患者的双亲就一定都是杂合子(Aa)。在他们的子代中,先天性聋哑的发病概率是1/4(图3-6)。如果该家族某一世代有2男(基

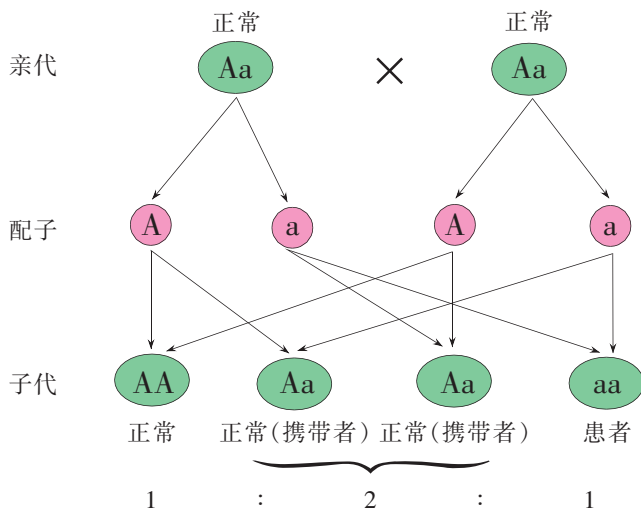


图 3-6 一种先天性聋哑的遗传分析图解

因型分别为 AA、Aa)、2 女(基因型分别为 Aa、aa),这种遗传病的图解就可以用遗传病家族系谱图表示(图 3-7)。

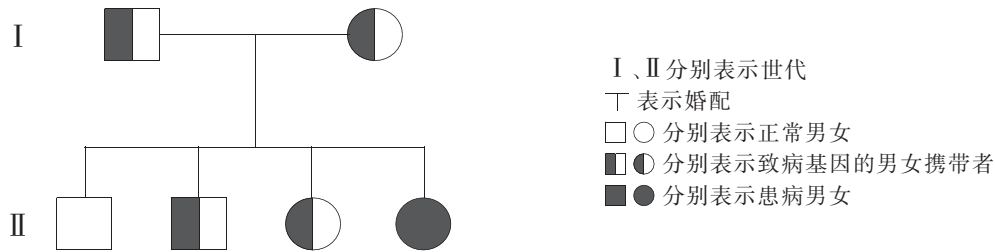


图 3-7 遗传病系谱图

又如,人类的多指(如六指)是由显性致病基因 D 控制的一种畸形性状(图 3-8)。如果双亲的一方是多指(基因型为 DD 或 Dd),他们的子女就很可能患多指(图 3-9)。



图 3-8 人类多指畸形

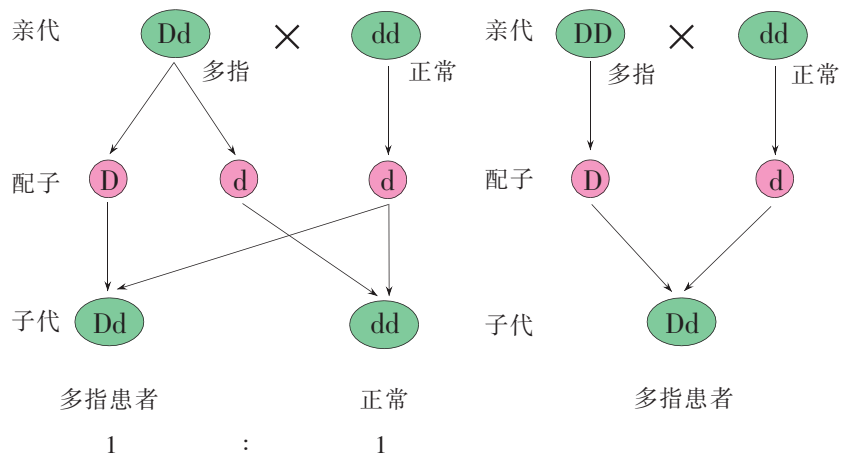


图 3-9 人类多指遗传的分析图解

知识海洋

概率计算的两个定理

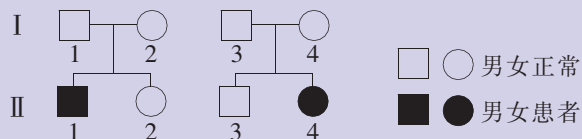
乘法定理 当两个事件互不影响,各自独立,那么这两个事件同时或相继出现时的概率是它们各自出现时概率的乘积。例如,抛出一枚硬币,落在地上时正面和反面都有可能朝上,那么各自的概率是 $1/2$ 。若两枚硬币同时抛出,那它们正面都朝上的概率是多大呢?因为一枚硬币正面朝上或朝下并不影响另一枚硬币正面的朝向,各自独立,因此符合乘法定理。

由于一枚硬币正面朝上的概率是 $1/2$,那么两枚硬币正面都朝上的概率就是 $1/2 \times 1/2 = 1/4$ 。

加法定理 当一个事件出现时,另一个事件就被排除,这样的事件叫做互斥事件。互斥事件出现的概率是它们各自概率之和。例如,每胎生育一个,不是男孩就是女孩,属互斥事件,那么生一个男孩或女孩的概率为 $1/2 + 1/2 = 1$ 。

一、单项选择题

- 等位基因的分离一般发生于 ()
 A. 有丝分裂后期
 B. 减数第二次分裂后期
 C. 减数第一次分裂后期
 D. 受精卵发育过程中
- 豚鼠黑色皮毛对白色皮毛为显性。如果一对杂合的黑毛豚鼠交配,一胎产下 4 仔,则 4 仔的表现型可能是 ()
 ①全部黑色 ②3 黑 1 白 ③2 黑 2 白
 ④1 黑 3 白 ⑤全部白色
 A. ② B. ②④
 C. ②③④ D. ①②③④⑤
- 下图为两个苯丙酮尿症遗传系谱图。其中 II_2 和 II_3 婚配产生的后代患有苯丙酮尿症的概率是 ()



- A. 1/4 B. 3/4 C. 1/6 D. 1/9

4. 玉米幼苗绿色与白色是 1 对相对性状(用 A 和 a 表示)。现用两个杂合子杂交所产生的种子作为实验种子,将其中的 400 粒播种后置于黑暗处,另外 400 粒播种后置于

有光处。统计种子萌发后幼苗的表现型,结果如下表所示。下列对实验结果的分析中,错误的是 ()

环境	绿色幼苗数	白色幼苗数
黑暗	0	391
有光	299	88

- 光是叶绿素形成的必要条件
 - 光照下有叶绿素的性状是显性性状
 - 表现型是基因型和环境因素共同作用的结果
 - 绿色幼苗的基因型都是 AA
5. 将具有 1 对等位基因的杂合子逐代自交 3 次,在 F_3 中杂合子占总数的 ()
 A. 1/8 B. 7/8
 C. 7/16 D. 9/16
6. 豌豆的白花和紫花为 1 对相对性状。下列杂交实验中,能判定性状显隐性关系的是 ()
 ①紫花×紫花→紫花 ②紫花×紫花→301 紫花+110 白花
 ③紫花×白花→紫花 ④紫花×白花→98 紫花+107 白花
 A. ①③ B. ②③
 C. ③④ D. ①④

二、技能增进题

推理 根据事物表现出来的现象或变化规律来推测、判断变化的原因。

在研究豌豆多对相对性状中,孟德尔惊奇地发现,种皮灰色的豌豆植株总是开紫花,

种皮白色的豌豆植株总是开白花(如下图所示)。根据这一现象,你能通过推理提出种皮颜色和花颜色之间关系的相关假说吗? 尝试用实验去验证你的推理是否正确。



种皮灰色/花紫色



种皮白色/花白色



孟德尔利用不同品种的豌豆设计了多种杂交实验，其中通过紫花豌豆和白花豌豆的杂交实验，得知紫花和白花是一对相对性状，由一对遗传因子(等位基因)控制。



紫花豌豆和白花豌豆

提出问题

实验大棚里种植的紫花豌豆已经结出了荚果(含种子)，这些紫花豌豆的种子是否为纯合子？豌豆品种的花色性状是否受一对等位基因控制？将紫花豌豆的种子种下去后长成的植株会开出一定比例的紫花和白花吗？

推荐器材

紫花豌豆种子，大号花盆及盆托、花园土、松土用的小铲子、浇水壶、细木条(作豌豆茎蔓缠绕支架用)等。

作出假设

对提出的问题作出假设。例如，针对“紫花豌豆的种子是否为纯合子”的问题，可根据基因的分离定律，作出“表现型为紫花的豌豆种子，其自交后代若出现性状分离就是杂合子，若自交后代不出现性状分离就是纯合子”的假设。

设计实验

1. 将豌豆种子浸泡在清水中，待种子吸水膨胀备用。
2. 将花园土和腐殖质按一定比例混合后装入大号花盆中。
3. 取处理过的豌豆种子放入土中，离土表约 2 cm，浇透水。

建议考虑：豌豆栽培的温度不宜过高；生长期室温为 10~15℃，有利于出苗和植株生长；开花期室温为 15~20℃，有利于植株开花。

4. 小组讨论并完善以上实验方案。

建议考虑：参与实验的同学，在每一个大花盆中适时播种紫花豌豆的种子 10 粒，全班播种下的种子总数要尽量多一些(不少于 50 粒)。

实施实验

按照实验方案，分工合作完成实验。

建议考虑：

- (1)及时浇水、松土，出苗后及时将花盆放在窗台上，给予充足的光照。
- (2)设计统计表格，在开花期及时观察和记录紫花和白花的数量，计算性状分离比。



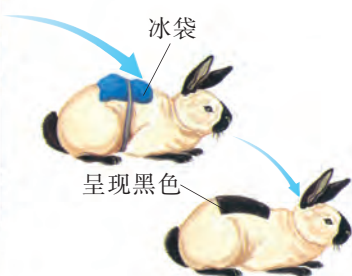
要将盆栽植株在阳台上放稳，防止掉落伤人。

得出结论

用你学到的遗传学知识来解释实验结果，并与同学和老师交流探究结论。

环境影响基因的表达

在生物发育过程中,除了生物个体的基因型在很大程度上决定着生物个体的表现型,外部环境也对生物个体的表现型有很大影响。



温度对喜马拉雅兔毛色的影响

喜马拉雅兔身体的末端处(尾、足、耳、鼻)为黑色,其余部位全为白色。黑色是由一个隐性基因决定的,其表现型还受温度的影响。兔身末端处比躯干部位温度低,凡是体温低于 33°C 的身体部位则呈现黑色。用冰袋降低喜马拉雅兔的背部温度,则背部出现黑色;如恢复常温,则黑色褪去。这是由于毛色基因编码的酶只在 33°C 以下才具有活性。一种报春花的花朵形成过程中,若某一关键时期受到不同温度的处理后,则呈现的花色不同。温度高于

30°C 开白花,温度低于 20°C 开红花。因此,通过调节温度可以使同一植株上开出不同颜色的花。

光照也是影响遗传性状的一个重要环境因素。例如,玉米的遗传性状中有一种白化型,即不形成叶绿素,是一种隐性遗传。白化型玉米即使在正常光照条件下也不形成叶绿素,因此这是一种致死的基因型。与此相对应的遗传性状是正常植株,即可以形成叶绿素,但若将正常植株放在黑暗、阴影和不同波长的光照下,叶绿素也同样形成受阻,呈现不同的黄化现象。因此可以这样理解,白化型植株不具有产生叶绿素的基因,在任何情况下都不能产生叶绿素;而正常植株具有产生叶绿素的基因,但能否产生叶绿素还要取决于环境条件。



第二节 基因的自由组合定律

孟德尔在弄清了 1 对相对性状的分离定律后,就着手研究具有 2 对相对性状差异的亲本之间的杂交问题,逐渐深入地研究豌豆的遗传规律。

基因的自由组合定律

孟德尔选择豌豆的 7 对不同相对性状,分别针对每一对相对性状进行杂交实验研究,在获得大量数据的基础上归纳出了基因的分离定律。在此基础上,他又选择豌豆的 2 对不同相对性状进行杂交实验研究。例如,他选择黄色和绿色、圆粒和皱粒 2 对相对性状,利用黄色圆粒豌豆和绿色皱粒豌豆进行杂交,无论正交还是反交, F_1 全部是黄色圆粒。这表明黄色和圆粒都是显性性状,绿色和皱粒都是隐性性状。 F_1 自交, F_2 除了出现黄色圆粒、绿色皱粒的性状外,还出现了亲本所不具有的性状组合——黄色皱粒和绿色圆粒(图 3-10)。

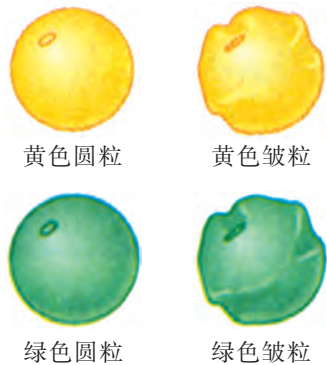
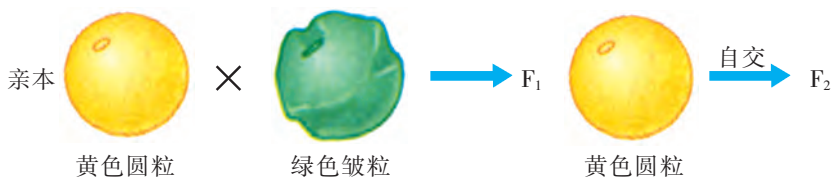


图 3-10 豌豆 2 对相对性状的杂交实验

学习目标

- 阐明基因的自由组合定律
- 概述伴性遗传

关键词

自由组合定律
伴性遗传

积极思维

2 对相对性状的遗传规律

事实:

孟德尔用具有 2 对相对性状的纯种豌豆(如种子颜色是黄色而形状是圆滑的植株和种子颜色是绿色而形状是皱缩的植株)进行杂交, F_1 所结的种子都是黄色而圆滑的。 F_1 自交后代 F_2 中共有 4 种类型的种子,即黄色圆粒、黄色皱粒、绿色圆粒、绿色皱粒,它们的数目分别为 315、101、108、32,接近于 9:3:3:1(图 3-11)。

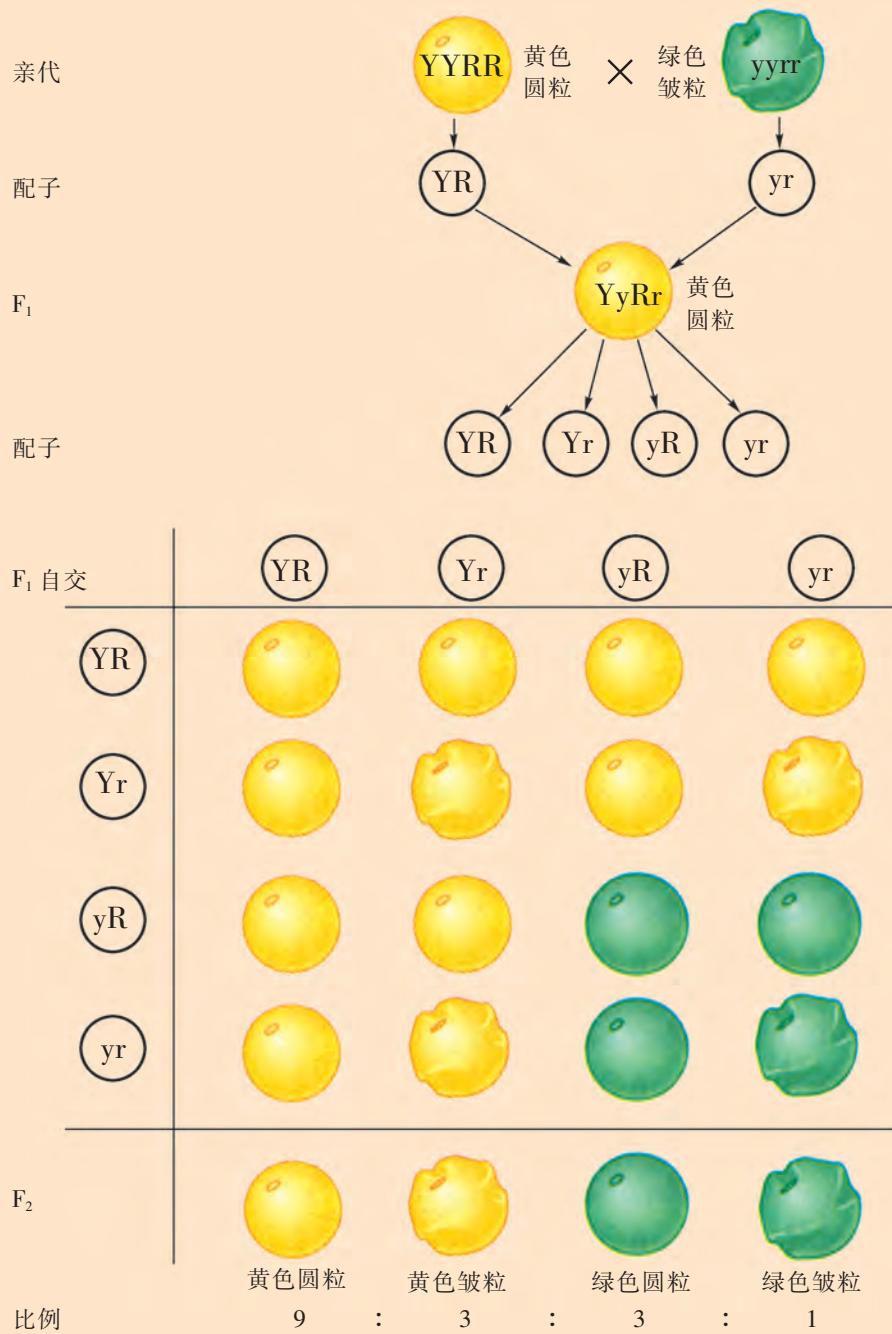


图 3-11 豌豆 2 对相对性状的遗传分析图解

分析:

1. 在上述遗传分析图解中,写出 F_2 中各种类型的基因型和表现型。

2. F_1 自交,为什么 F_2 会出现 9:3:3:1 的性状分离比?若单独考虑每 1 对相对性状的遗传,那么,在 F_2 中性状分离比是多少?每 1 对相对性状的遗传是否也遵循了基因的分离定律?为什么子一代只出现黄色圆粒性状,子二代却增加了不同于亲本的绿色圆粒和黄色皱粒新性状?

根据 2 对相对性状的杂交实验,孟德尔推断,这 2 对相对性状的遗传彼此是独立的。也就是说,控制黄色绿色、圆粒皱粒 2 对相对性状的遗传因子的分离是互不干扰的,如在产生配子时, $F_1(YyRr)$ 中 Y 与 y 的分离、R 与 r 的分离是相互独立的。孟德尔还推断,控制这 2 对相对性状的遗传因子之间可以自由组合。也就是说,Y 与 R 或 r 结合的机会相同,y 与 R 或 r 结合的机会也相同。因此,1 对相对性状的分离与不同相对性状之间的自由组合是彼此独立、互不干扰的。这样 F_1 产生的雌、雄配子各有 4 种,分别是 YR、Yr、yR、yr,其数量比接近于 1:1:1:1; F_1 自交,4 种雌配子与 4 种雄配子随机结合,可形成 16 种组合、9 种基因型、4 种表现型(性状分别是黄色圆粒、黄色皱粒、绿色圆粒和绿色皱粒,它们之间的数量比接近于 9:3:3:1)。

为了验证控制不同相对性状的遗传因子之间是否进行自由组合,孟德尔又做了测交实验(图 3-12),即让 $F_1(YyRr)$ 与隐性纯合子(yyrr)杂交。测交实验结果证明,孟德尔的推断是正确的。

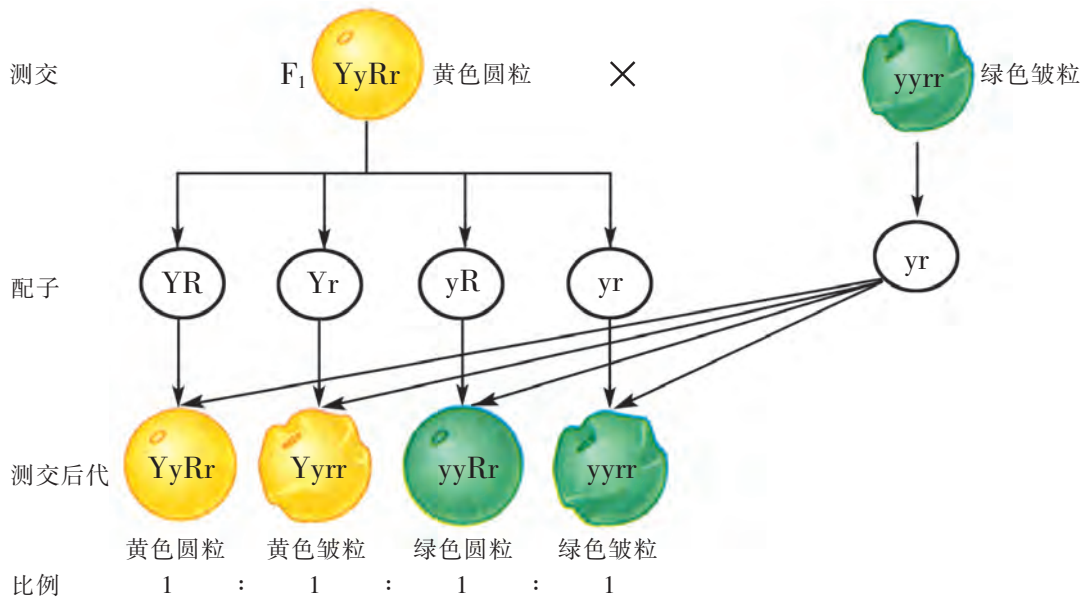


图 3-12 豌豆 2 对相对性状测交实验的遗传分析图解

现在已知,在减数分裂形成配子时,一个细胞中同源染色体上的等位基因彼此分离,非同源染色体上的非等位基因则自由组合。这就是基因的自由组合定律 (law of independent assortment)。

针对 3 对相对性状的遗传,孟德尔也进行了杂交实验研究。他用圆形种子、黄色子叶、灰色种皮的品种与皱缩种子、绿色子叶、白色种皮的品种进行杂交, F_1 都表现为显性性状, F_2 发生了性状分离,数量比是 27:9:9:9:3:3:3:1,其中基因型 27 种,表现型 8 种。

在理论上,基因的自由组合定律可用于解释生物多样性。例如,具有 2 对杂合基因的个体自交,后代的表现型组合可能是 4 种(2^2 种)……以此类推,具有 n 对杂合基因的个体自交,后代的表现型可能是 2^n 种。

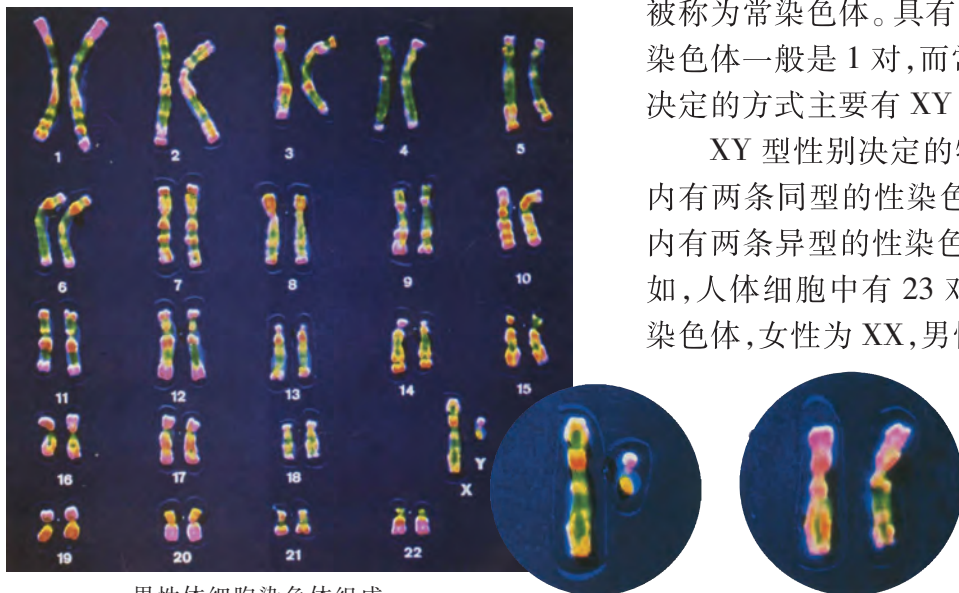
基因的自由组合定律在动、植物育种工作和医学实践中具有重要的意义。在育种工作中,人们用杂交的方法,有目的地使生物不同品种间的基因重新组合,以使不同亲本的优良基因组合到一起,再经过选择,创造出对人类有益的新品种。例如,小麦高秆(D)对矮秆(d)是显性性状,抗锈病(R)对不抗锈病(r)是显性性状。有两个品种的小麦进行杂交,一个是矮秆、不抗锈病,另一个是高秆、抗锈病,根据基因的自由组合定律,在 F_2 中出现矮秆、抗锈病(ddRR 或 ddRr)植株,它们中既有纯合子,也有杂合子。要得到纯合子,还需要对矮秆、抗锈病类型进行连续自交和选育,淘汰不符合要求的植株,最后得到能够稳定遗传的矮秆、抗锈病类型(ddRR)。

在遗传学上,将两个或多个品种的优良性状通过交配集中在一起,再经过选择和培育,获得新品种的方法称为杂交育种(cross breeding)。在农牧业生产中,高产、抗逆性强的农作物新品种和优良的家禽家畜品种,主要都是通过杂交育种获得的。在医学实践中,人们根据基因的自由组合定律,分析家族系谱中两种遗传病同时发病的情况,推断后代的基因型和表现型以及它们出现的概率,为遗传病的预防和诊断提供理论依据。

性别决定和伴性遗传

决定性别的染色体被称为性染色体,而其他的染色体则被称为常染色体。具有 n 对染色体的生物,其性染色体一般是 1 对,而常染色体为 $n-1$ 对。性别决定的方式主要有 XY 型和 ZW 型两种。

XY 型性别决定的特点是,雌性个体体细胞内有两条同型的性染色体 X, 雄性个体体细胞内有两条异型的性染色体,分别为 X 和 Y。例如,人体细胞中有 23 对染色体,其中有 1 对性染色体,女性为 XX,男性为 XY(图 3-13)。



男性体细胞染色体组成

男性性染色体组成

女性性染色体组成

图 3-13 人体细胞染色体组成

XY 型性别决定类型在生物界较为普遍,大多雌雄异体的植物、全部哺乳动物、部分昆虫、部分鱼类和部分两栖类都属于这一类型(图 3-14)。

ZW 型性别决定的特点是,雌性个体体细胞内有两条异型的性染色体,分别为 Z 和 W,雄性个体体细胞内有两条同型的性染色体 Z。鸟类、部分昆虫、部分两栖类和部分爬行类的性别决定方式属于 ZW 型(图 3-15)。

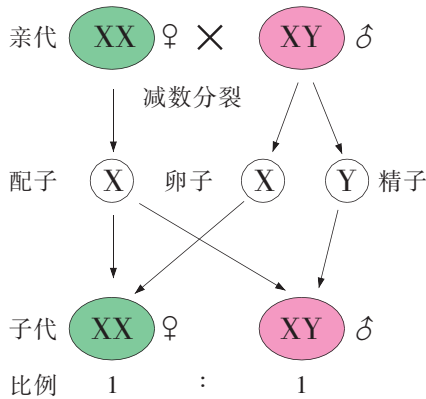


图 3-14 XY 型生物的性别决定

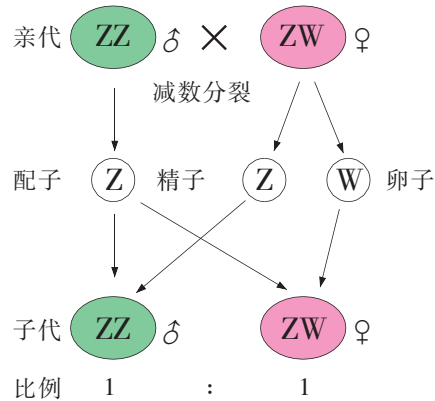


图 3-15 ZW 型生物的性别决定

知识海洋

男性性别决定基因

男女两性的性染色体组成是不同的,女性的性染色体组成为 XX,男性的性染色体组成为 XY。Y 染色体的存在与否最终决定了个体的性别,但是并非 Y 染色体上所有的基因都与性别决定有关。

1990 年,科研人员在人的 Y 染色体上发现了一个男性性别决定基因(*SRY* 基因)(图 I)。研究发现,只有男性才具有该基因。受精后 7 周的胎儿还无法分辨出男女。从受精后第 8 周开始,具有 *SRY* 基因的胎儿,性腺开始分化为睾丸,睾丸分泌的雄性激素又促进了男性其他性器官的发育;没有 *SRY* 基因的胎儿,性腺自行发育为卵巢等女性生殖器官。后来,英国科研人员在转基因小鼠的研究中发现,雄性小鼠也含有与人的男性性别决定基因同源的 *SRY* 基因。科学家将雄性小鼠 Y 染色体上的 *SRY* 基因移植到雌性小鼠受精卵内,结果该受精卵发育成雌性小鼠,但是体内长出睾丸。这进一步证明 *SRY* 基因就是男性 Y 染色体上决定性别的关键基因。

随着人类基因组计划的完成,科学家对 X 染色

体和 Y 染色体的研究越来越深入。目前已知人的 Y 染色体上只有 78 个基因;X 染色体上有 1 098 个基因,其中包括导致红绿色盲、血友病等遗传病的基因。

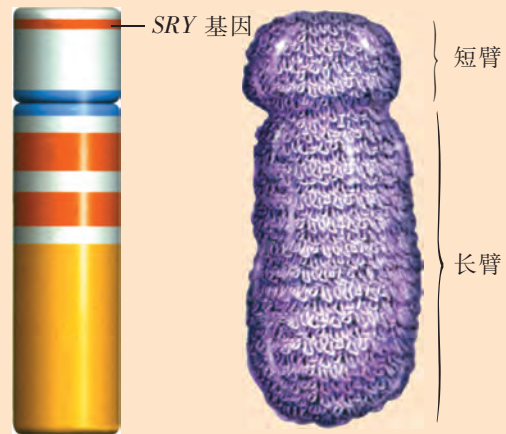


图 I Y 染色体上的 *SRY* 基因

由性染色体上的基因决定的性状,在遗传时与性别相关联,因此这类性状的遗传被称为伴性遗传(sex-linked inheritance)。红绿色盲就是一种最常见的人类伴性遗传病。

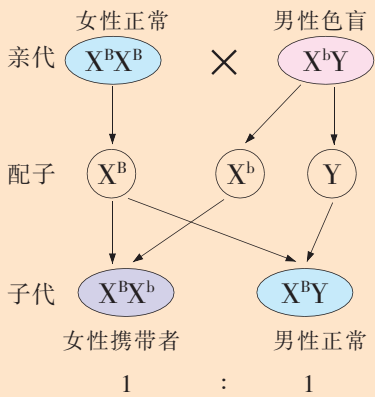


图 3-16 色盲测试图

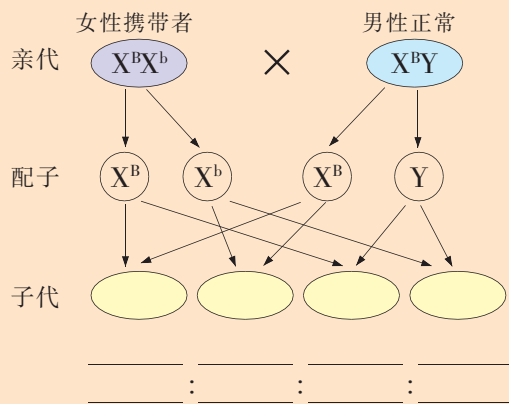
事实：

1. 红绿色盲患者不能正常区分红色和绿色。例如,他们不能读出图中的“58”(图 3-16)。
2. 已知红绿色盲由位于 X 染色体上的隐性基因(b)控制,用 X^b 表示,正常基因用 X^B 表示,Y 染色体上没有这种基因。红绿色盲基因是随着 X 染色体向后代传递的。

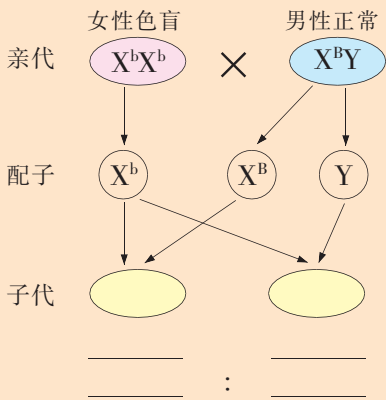
色觉正常者与红绿色盲患者的基因型和表现型,以及婚配后代的色觉情况如图 3-17 所示。



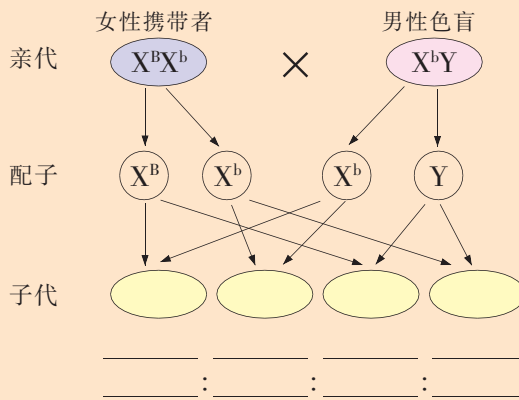
女性正常与男性色盲婚配的遗传图解



女性携带者与男性正常婚配的遗传图解



女性色盲与男性正常婚配的遗传图解



女性携带者与男性色盲婚配的遗传图解

图 3-17 人类红绿色盲遗传图解

分析：

1. 完成上述遗传图解,分析子代的患病情况。尝试用家族系谱图表示上述图解。
2. 总结伴 X 染色体隐性遗传病的遗传特点。
3. 在红绿色盲患者中,为什么男性常多于女性？

伴性遗传也称为性连锁遗传,这是因为位于性染色体上决定生物其他性状的基因总是与某种性别连锁在一起遗传。通过对上述人类红绿色盲四种婚配遗传图解的分析,可以发现红绿色盲遗传方式的主要特点:男性发病率明显高于女性;男性的红绿色盲基因只能来自母亲,以后只能传给女儿。

伴性遗传在生物界中是普遍存在的。除红绿色盲的遗传外,人类中血友病 A 的遗传(致病基因是 X^h)、动物中果蝇眼色的遗传(红眼基因为 X^w ,白眼基因为 X^w)以及雌雄异株植物中女娄菜叶形的遗传(控制披针形叶的基因为 X^B ,控制狭披针形叶的基因为 X^b),都表现出伴性遗传的现象。

历史长河

摩尔根的果蝇实验

在夏季,黑腹果蝇(俗称果蝇)大量出现在水果摊上。这类果蝇具有深红的复眼,灰褐色身体,一对长翅膀。成虫的繁殖力强。生活周期短,平均大约 10 天就是一个世代。染色体数目 $2n=8$,形态特点十分明显,突变种类极多,为各种杂交提供了丰富的材料。因此,果蝇成为一种十分有利于遗传学研究的理想模式生物。

1909 年,美国遗传学家摩尔根(T.H.Morgan, 1866—1945)在自己实验室培养的黑腹果蝇中,发现了一只被他称为“例外”的白眼雄蝇。这激发了摩尔根强烈的好奇心,他牢牢地抓住这个“例外”,用它做了一系列精巧设计的实验,其中最能说明问题的实验有 3 个:

(1) 用这只白眼雄蝇和红眼雌蝇杂交, F_1 全是红眼,可见红眼对白眼为显性。在 F_2 果蝇中,红眼雌蝇、红眼雄蝇、白眼雄蝇,三者之间的数量比接近 2:1:1。在这个实验中值得注意的是,隐性的白眼性状只在雄蝇中出现,所有的雌蝇都是红眼,这显然不能用基因的分定律解释。

(2) 摩尔根将第一个实验中的 F_1 红眼雌蝇和最初的那只白眼雄蝇进行杂交,结果符合孟德尔测交比,即红眼:白眼=1:1,雌蝇:雄蝇=1:1。这个结果不仅证明了红眼雌蝇为杂合子,而且因出现白眼性

状,同时证明了最初发现的那只白眼雄蝇是一个带有隐性基因的纯合子。

(3) 摩尔根将第二个实验杂交所得的白眼雌蝇与一个毫无亲缘关系的纯种红眼雄蝇杂交,发现 F_1 中雌蝇全为红眼,雄蝇全为白眼。此结果出乎意料。这种雌性亲本的性状传递给雄性子代,雄性亲本的性状传递给雌性子代的现象,在遗传学上称为交叉遗传。这是一种全新的,不同于孟德尔定律的遗传现象。他又将红眼雌蝇和白眼雄蝇相互交配,结果完全和第二个实验的结果相同,符合孟德尔测交比。

以上 3 个实验的杂交结果说明,白眼雄蝇无论来自自然变异,还是来自杂交的后代,都是纯合子。由杂交得到纯合子的现象只有一种可能,那就是在雄蝇中,只能有一个白眼基因。据此,摩尔根假设:控制白眼性状的隐性基因位于 X 染色体上,Y 染色体上不带有这个基因的等位基因。这一假设的提出,使得果蝇白眼遗传的特殊现象得到了圆满的解释。像果蝇白眼性状这样,由性染色体所携带的基因在遗传时总与性别相联系的遗传方式,就是伴性遗传。

1933 年,摩尔根因发现染色体在遗传中的重要作用,获得了诺贝尔生理学或医学奖。

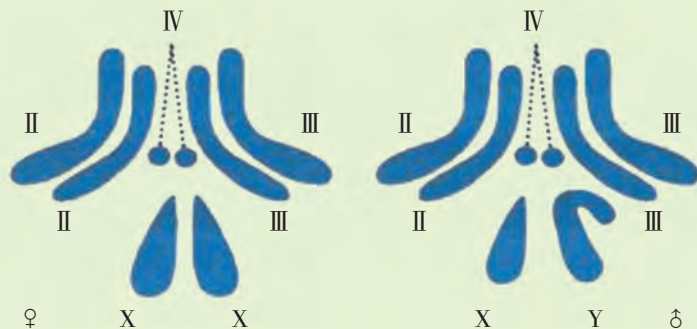


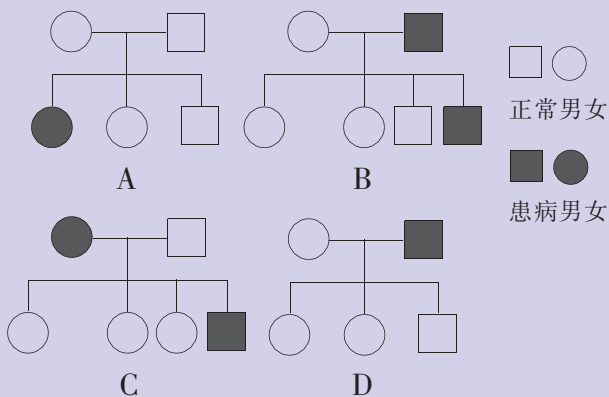
图 II 雌雄果蝇体细胞的染色体图解

一、单项选择题

1. 根据基因的自由组合定律,基因型为 $ddEe$ 和 $DdEe$ 的两个个体杂交,子代的表现型不同于双亲的个体占全部子代的 ()

- A. $5/8$
- B. $3/8$
- C. $3/4$
- D. $1/4$

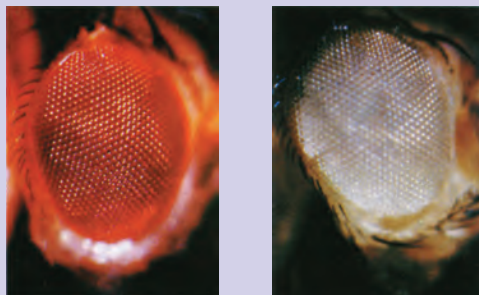
2. 下列遗传系谱图中,和色盲遗传方式不一样的是 ()



3. 某种哺乳动物的直毛(B)对卷毛(b)为显性,黑色(C)对白色(c)为显性(2对基因位于非同源染色体上)。基因型为 $BbCc$ 的个体与“个体 X”交配,子代的表现型有直毛黑色、卷毛黑色、直毛白色、卷毛白色,数量比为 $3:3:1:1$ 。“个体 X”的基因型为 ()

- A. $BbCc$
- B. $Bbcc$
- C. $bbCc$
- D. $bbcc$

4. 果蝇白眼为 X 染色体隐性遗传,红眼为显性性状。下列哪个杂交组合中,通过眼色就能直接判断子代果蝇的性别 ()



- A. 白眼雌果蝇 × 白眼雄果蝇
- B. 杂合红眼雌果蝇 × 红眼雄果蝇
- C. 白眼雌果蝇 × 红眼雄果蝇
- D. 杂合红眼雌果蝇 × 白眼雄果蝇

5. 血友病 A 属于伴性遗传。某男孩为血友病 A 患者,他的父母、祖父母、外祖父母都不是患者。血友病 A 基因在该家族中传递的顺序是 ()

- A. 外祖父 → 母亲 → 男孩
- B. 外祖母 → 母亲 → 男孩
- C. 祖父 → 父亲 → 男孩
- D. 祖母 → 父亲 → 男孩

6. 一对表现型正常的夫妇生了一个既先天性聋哑又色盲的孩子。该夫妇再生一个两病兼发的孩子的概率是 ()

- A. $1/16$
- B. $6/16$
- C. $7/16$
- D. $9/16$

二、技能增进题

设计实验 许多推理或假设都要通过实验来验证,设计科学的实验方案是保证实验成功的关键因素之一。

基因的遗传具有一定的规律:在多对基因的遗传中,等位基因的遗传遵循基因的分离定律;位于非同源染色体上的 2 对或 2 对

以上的基因,它们的遗传依据基因的自由组合定律。甘蓝型油菜具有观赏价值,其花色性状由 3 对等位基因控制,3 对等位基因分别位于 3 对同源染色体上,花色表现型与基因型的对应关系如下表。请根据上述信息设计实验,培育花色各异的甘蓝型油菜品种。

表现型	白花	乳白花	黄花	金黄花
基因型	$AA_ _ _ _$	$Aa _ _ _ _$	$aaB _ _ _ _ , aa _ _ D _$	$aabbdd$

世界上有一些人的味觉特别灵敏。例如,品茶师只要喝一口茶,就能说出茶的名称、产地和采制时间;品酒师只要抿一点酒,就能说出酒的度数、制酒原料、出酒率以及酿制年份等。苯硫脲(PTC)是一种苦味有机化合物,舌对 PTC 的味觉功能存在个体差异,研究表明这种差异与遗传有关。

美国医学家福克斯既是味盲的发现者,又是一个味盲者。1932 年,福克斯博士和助手诺勒在实验室里配制 PTC 溶液。福克斯偶然发现,自己对苦味浓烈的 PTC 竟毫无苦感,而诺勒稍微品尝一点便叫苦不迭。他后来又进行试验,发现少数人尝不出 PTC 的苦味。1939 年 *nature* 杂志上发表了一篇有关黑猩猩对 PTC 也有和人类一样的尝味敏感度问题的文章,这更引起大家对 PTC 尝味问题的兴趣。



nature 杂志

提出问题

如果已知基因型为 TT 的人和基因型为 Tt 的人在 PTC 尝味能力上有差别,基因型为 tt 的人无 PTC 尝味能力,那么如何区分味盲和非味盲的基因型个体?

推荐器材

小烧杯、滴管、玻璃棒;PTC、蒸馏水、饮用水。

作出假设

如果两个人对 PTC 的敏感程度不一样,那么他们的基因型一定存在差别。

设计实验

1. 提前两天配制 PTC 溶液:称取 PTC 结晶 1.3 g,加入蒸馏水 1 000 mL,多次搅拌至完全溶解或加热溶解亦可(PTC 的质量分数为 1/750)。

2. 测试前将上述母液定为 1 号,然后依次稀释至不同等级的浓度。

3. 被测者从低浓度的溶液依次尝味。测试者用滴管吸取少量溶液,在被测者的舌根部滴 3~5 滴,让被测者徐徐咽下,询问能否感知苦味,并记录被测者第一次尝到苦味时的溶液等级号。对尝味结果报告不确切或模棱两可者,重复进行测试,直至认为可靠后才记录其溶液等级号。

建议考虑:

(1)检测时滴一小滴于舌上即可。测试时一定要从低浓度到高浓度,每更换不同浓度溶液前要用蒸馏水漱口。另外,在测试时需要用蒸馏水和 PTC 溶液交替测试,以避免被测者的臆想和猜测。每次测试后须用蒸馏水洗涤滴管 2~3 次或每种溶液各用一个滴管。

(2)实验证明:基因型为 TT 的人,可以尝出质量分数为 1/6 000 000~1/750 000 的 PTC 溶液的苦味;基因型为 Tt 的人,可以尝出质量分数为 1/380 000~1/48 000 的 PTC 溶液的苦味;基因型为 tt 的人只能尝出质量分数为 1/24 000 或更高的 PTC 溶液的苦味。

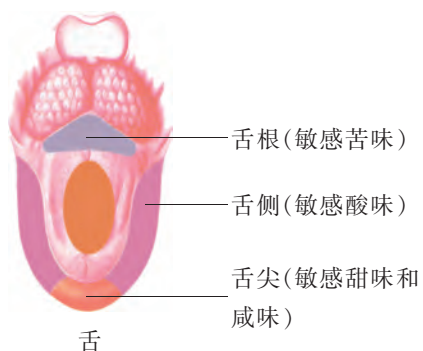
4. 统计全班同学的味觉数据,用柱形图表示测试结果。

实施实验

认真分析实验方案的正确性和可行性,按照实验设计实施实验。客观地记录实验数据和现象。

得出结论

根据全班同学的 PTC 尝味结果,试确定每位同学可能的基因型,并计算味盲同学人数占全班人数的百分比。我国味盲者约占人口总数的 10%,将本组的实验结果与此数据进行比较。学生还可以调查该性状的家庭系谱,以确定其遗传过程。



性别作为一种性状,主要受遗传物质的制约,同时也受环境因素的影响。性别分化是指受精卵在性别决定的基础上,进行雌性或雄性性状分化发育的过程。在这个过程中,环境因素也起着重要的作用。

1. 位置性别决定

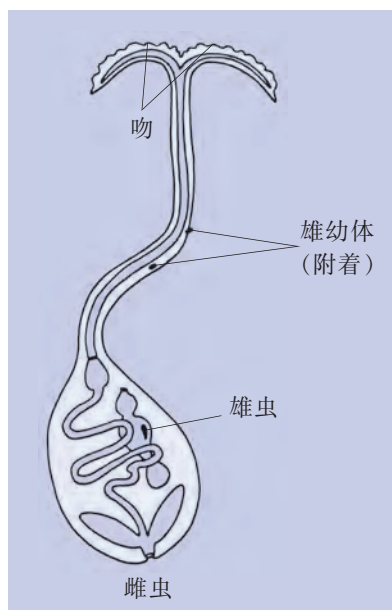
后螯是一种海生低等动物,雌性个体体长6 cm左右,像颗豆子,有一个顶端分叉的长吻;雄性个体大小只有雌性的1/500,没有消化器官,寄生在雌性个体的子宫里。

雌后螯成熟后,在海里产卵,卵孵化成幼虫。这些幼虫的性别为中性。如果落到海底生活,就发育成雌虫;如果落到雌虫的吻部,就发育成雄虫。如果把落在吻部的幼虫取下来,让其在离开雌虫的条件下继续发育,就发育成中性,而且性别分化的程度取决于幼虫在吻部停留的时间长短。原因是雌虫的吻上有一种类似激素的化学物质,可以影响幼虫性别的分化。

2. 温度性别决定

研究表明,某些蛙类的蝌蚪在20℃下发育,雌雄比例大约为1:1;在20~30℃下发育,则不管性染色体组成是XX还是XY,都发育成雌性。密西西比鳄的受精卵在30℃和低于30℃的条件下孵化,全为雌性;在34℃和高于34℃的条件下孵化,则全为雄性。乌龟的受精卵在23~27℃之间孵化,全为雄性;在32~33℃之间孵化,则全为雌性。

这些表明温度对两栖类、爬行类动物的性别分化起着重要的作用。这主要是因为温度对这些动物的性激素的合成有着直接的作用。值得注意的是,温差只改变性别的表现型,而不改变生物的基因型。



后螯雄虫寄生于雌虫体内



第三节 染色体变异及其应用

染色体是DNA的主要载体,染色体会不会变异?变异后的染色体会不会改变个体的性状?从20世纪初开始,遗传学家就不断地发现染色体的各种变异。1959年,法国遗传学家Lejeune发现21三体综合征(先天性愚型)和染色体数量增加有关,这大大促进了人们对染色体变异的研究。

染色体结构的变异

基因结构的改变,在光学显微镜下无法直接观察。而染色体结构的变异,一般通过光学显微镜能直接观察。

学习目标

- 简述染色体的结构变异和数目变异
- 收集染色体变异在育种上应用的事例

关键词

染色体组 染色体变异

边做边学

模拟染色体结构的变异

实践:

1. 染色体结构的变异主要起因于染色体断裂形成片段,以及片段不正常的重新连接,包括缺失、重复、倒位和易位4种类型。观察图3-18,小组交流观察结果。

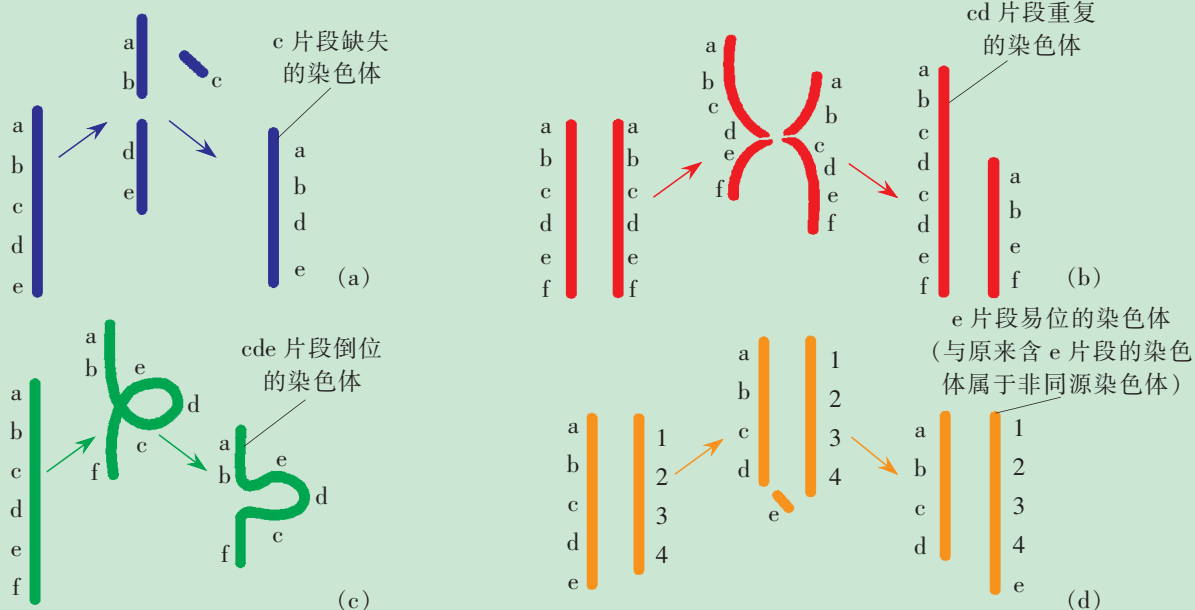


图3-18 染色体结构的变异示意图

2. 设计模拟染色体结构变异的方案, **讨论:**
模拟染色体的各种变异。

有没有发现不同于上述变异的类型?



图 3-19 猫叫综合征患者

在自然条件或人为因素的作用下,染色体结构的变异,会使染色体上基因的数目或排列顺序发生改变,从而导致性状的变异。大多数染色体结构的变异,对生物体是不利的,有时甚至会导致生物体死亡。在正常情况下,染色体发生结构变异的概率是很低的。当细胞受到电离辐射、病毒感染或一些化学物质诱导时,染色体结构变异的概率会增加。

人类的许多遗传病就是由染色体结构变异引起的。例如,人第 5 号染色体的部分缺失会引起猫叫综合征。患病儿童(图 3-19)婴儿期间的哭声好像猫叫一样,且患者两眼距离过宽,生长发育迟缓,存在严重的智力障碍。

染色体数目的变异

在正常情况下,每种生物的染色体数目都是恒定的(表 3-3)。在不同物种之间,染色体数目差别很大,少的只有一对,多的可达数百对。例如,一种马蛔虫的体细胞中只有一对染色体,而一种瓶尔小草的体细胞中染色体多达 510 对。细胞中形态和功能各不相同,但互相协调、共同控制生物的生长、发育、遗传和变异的一组非同源染色体,称为一个染色体组(genome)。例如,人有 46 条染色体,精子或卵细胞中含有 23 条非同源染色体,构成一个染色体组;体细胞中含有两个染色体组。

表 3-3 一些生物的染色体数目与染色体组数

动物	染色体数目	染色体组数	植物	染色体数目	染色体组数
金丝猴	44	2	大麦	14	2
黄牛	60	2	普通小麦	42	6
猪	38	2	玉米	20	2
狗	78	2	陆地棉	52	4
猫	38	2	番茄	24	2
马	64	2	豌豆	14	2
驴	62	2	蚕豆	12	2
兔	44	2	烟草	48	4
鸡	78	2	甘蓝	18	2
家蚕	56	2	拟南芥	6	2

由受精卵发育而成的个体,体细胞中含有两个染色体组的叫做二倍体(diploid),体细胞中含有三个或三个以上染色体组的叫做多倍体(polyploid)。多倍体在自然界中分布极为广泛。在被子植物中,多倍体的种数占 30%~35%,在禾本科中大约有 70%的物种是多倍体。在生产中,普通小麦、陆地棉、烟草等农作物,苹果、梨、樱桃等果树,菊花、水仙、郁金香等花卉,均为多倍体。

研究目的:

尝试研究低温诱导染色体数目加倍的方法。

推荐器材:

蚕豆,培养皿、滤纸、纱布、烧杯、镊子、剪刀、载玻片、盖玻片、显微镜、冰箱,质量分数为 15% 的盐酸、体积分数为 95% 的乙醇溶液、质量浓度为 0.02 g/mL 的龙胆紫溶液、卡诺氏固定液。

研究指导:**1. 阅读背景资料:**

在有丝分裂后期,着丝点分裂,染色体在纺锤丝的牵引下移向细胞两极,这保证了染色体的平均分配。低温处理或化学因素刺激,有可能抑制纺锤体的形成,导致子细胞内染色体数目加倍。

2. 问题与假设:小组讨论背景资料,尝试提出一个研究染色体数目变异的问题。例如,低温能诱导植物细胞的染色体数目发生变异。

3. 设计与实验:根据假设,结合已经做过的“观察植物细胞的有丝分裂”实验,设计研究计划。按照研究计划,实施实验。

建议考虑:

(1)将一些蚕豆或豌豆种子放入培养皿,加入适量的清水浸泡,在培养皿上覆盖 2~3 层潮湿的纱布(图 3-20)。

(2)在蚕豆幼根长至 1.0~1.5 cm 时,将其中的两个培养装置放入冰箱的低温室(4 ℃),诱导培养 36 h;剪取诱导处理的根尖(5 mm 左右),采用卡诺氏固定液固定 0.5~1 h 以固定细胞的形态,随后用体积分数为 95% 的乙醇溶液冲洗 2~3 次;参照“观察植物细胞的有丝分裂”实验,制作根尖临时玻片标本;先用低倍镜寻找染色体形态较好的分裂相,注意视野中有染色体数目发生改变的细胞,再换用高倍镜继续观察。

(3)将观察结果与“观察植物细胞的有丝分裂”实验的结果进行比较。

4. 结论与反思:分析实验数据,得出实验结论。反思结论,必要时重复实验以保证结论的可靠性。

深入研究:

有兴趣的同学可进一步探究低温条件下不同的温度与细胞染色体数目变异的关系。



图 3-20 在水溶液中培养的蚕豆

在某些特殊情况下,生物体的染色体数目也可能发生改变,产生可遗传的变异。

染色体数目以染色体组的方式成倍地增加或减少,个别染色体的增加或减少,都称为染色体数目的变异。染色体数目的变异分为非整倍性变异和整倍性变异两种。

非整倍性变异是指在正常的染色体组中,丢失或添加了一条或几条完整的染色体。一般情况下,染色体非整倍性变异会对生物体产生严重的后果,其中,动物的非整倍性变异往往是致死的,植物的非整倍性变异产生的影响相对较小。

整倍性变异是指细胞内染色体数目以染色体组的形式成倍地增加或减少。整倍性变异又分为单倍性变异和多倍性变异。

单倍性变异是指体细胞含有的染色体数等于配子染色体数的变异,由此产生的个体称为单倍体(haploid)。例如,六倍体普通小麦体细胞中含有6个染色体组(图3-21),单倍体中含有3个染色体组,即含有21条染色体。

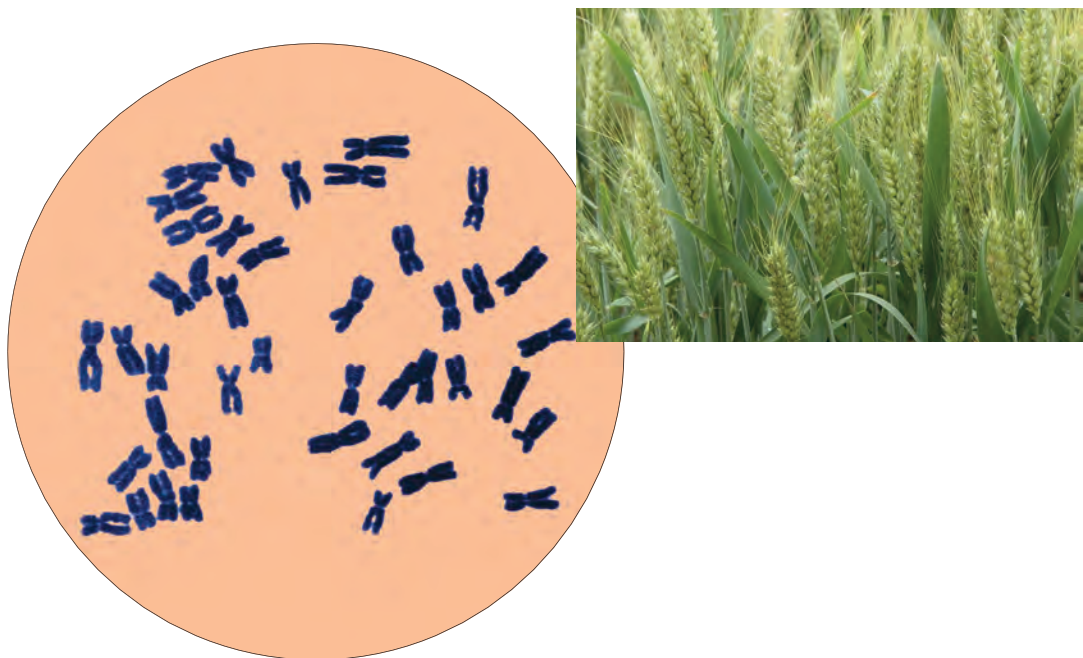


图3-21 普通小麦体细胞中的染色体示意图

多倍性变异是指与同种的二倍体细胞相比,具有更多染色体组的变异。与正常的二倍体相比,具有3个染色体组的称为三倍体,具有4个染色体组的称为四倍体。多倍性变异可自发产生,也可人工诱导产生,形成多倍体。

具有偶数染色体组的多倍体植物,在减数分裂中染色体若能配对,一般是可育的;具有奇数染色体组的多倍体植物,在减数分裂中染色体不能配对,则是不可育的。香蕉是具有奇数染色体组的多倍体,体细胞中含有3个染色体组,在减数分裂中染色体联会时发生配对紊乱,产生不可育的配子,因此果实里几乎没有种子。在动物中,多倍性变异一般是致死性的。多倍性变异也常常是人类和动物妊娠早期自然流产的原因之一。

染色体结构和数目的改变统称为染色体变异(chromosome variations)。染色体变异在育种上有广泛的应用。

与正常的植株相比,单倍体植株长得弱小,而且高度不育,因此在生产上几乎没有价值。但是,单倍体育种有着特殊的意义。育种工作者常常采用花药(花粉)离体培养的方法获得单倍体植株,然后经过人工诱导使染色体数目加倍,重新恢复到正常植株的染色体数目,再通过人工选育获得优良品种(图 3-22)。通过单倍体育种得到的植株,不仅能够正常生殖与发育,而且每对染色体上成对的基因都是纯合的,自交产生的后代不会发生性状分离。因此,与常规的杂交育种相比,单倍体育种明显缩短了育种年限。

多倍体植株茎秆粗壮,叶片、果实和种子较大,糖类、蛋白质等营养物质的含量也较高,因此,人们常采用人工诱导的方法产生多倍体,再经过选育,以获得优良品种。

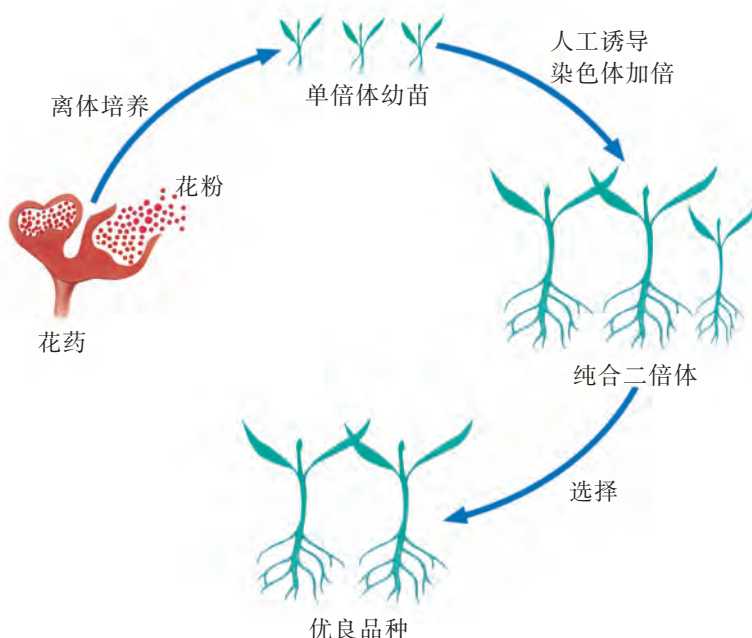


图 3-22 单倍体育种示意图

知识海洋

秋水仙素诱导染色体加倍的机理

秋水仙素($C_{22}H_{25}O_6N$)是从百合科植物秋水仙的种子和球茎中提取出来的一种植物碱。它是白色或淡黄色的粉末或针状结晶,易溶于冷水、酒精和氯仿,难溶于热水、乙醚等,熔点为 $155\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。秋水仙素水溶液有剧毒,在使用时要特别注意。

秋水仙素在细胞分裂时,一方面使染色体的着丝点延迟分裂,即染色单体欲分离,但着丝点仍连在一起;另一方面引起分裂中期的纺锤丝断裂,或抑制纺锤体的形成,结果导致分裂后期染色体不能移向细胞两极,细胞中的染色体数目就加倍了。

一般认为,当植物体的内外环境发生骤变时,正在分裂的细胞中的纺锤体有可能受到破坏,已经复制的染色体不能分配到两个子细胞中,于是就形成了染色体组加倍的细胞。人工诱导染色体数目加倍和杂交育种,都能获得多倍体,它们在培育作物新品种方面具有重要作用。

事实:

三倍体西瓜是用二倍体西瓜和四倍体西瓜经过专门处理后杂交获得的多倍体植物(图 3-23)。

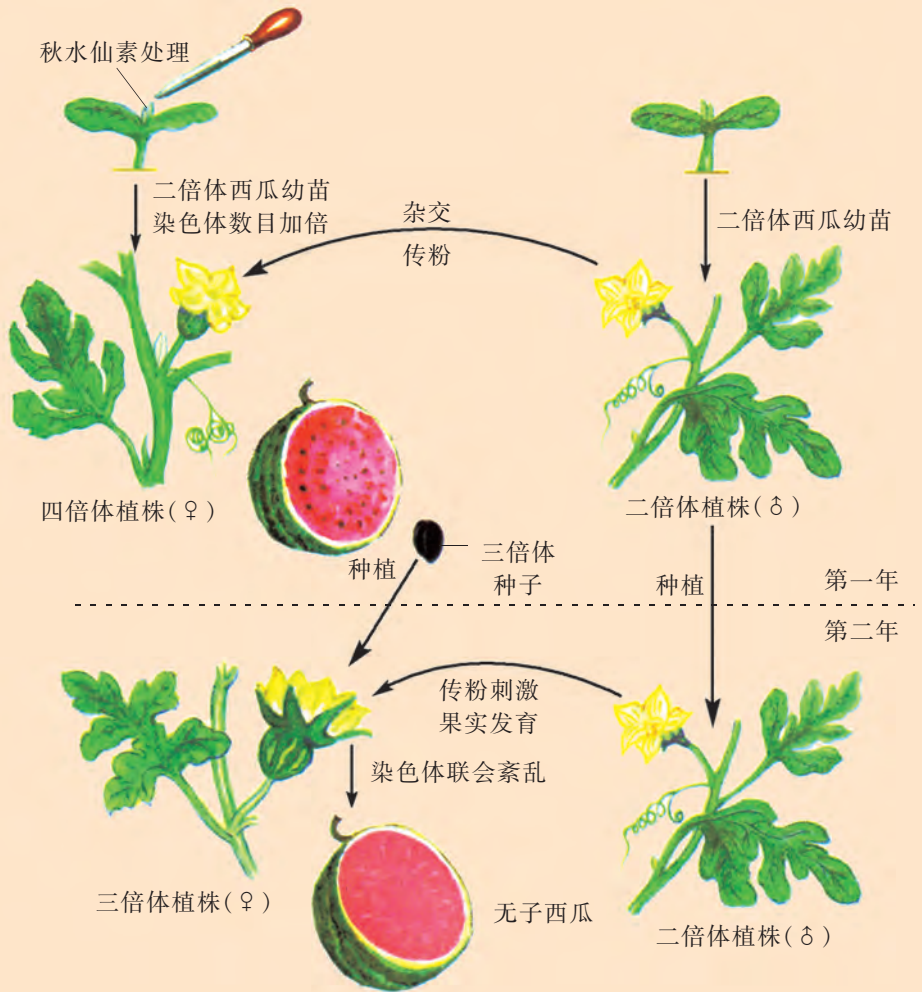


图 3-23 三倍体无子西瓜的培育

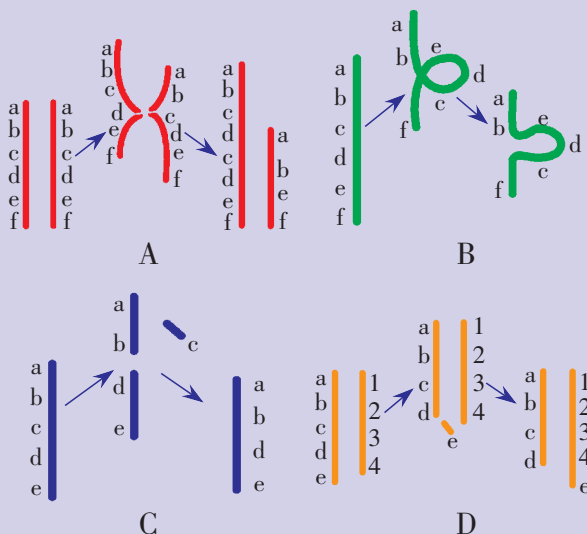
分析:

培育三倍体无子西瓜的关键步骤有哪些?

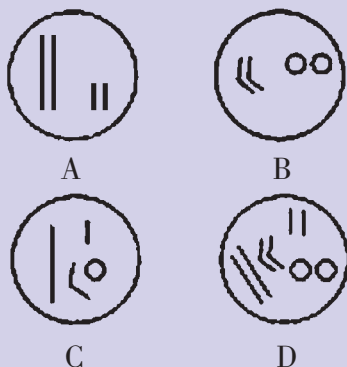
由上述三倍体无子西瓜的培育过程可知,三倍体无子西瓜是一种经过人工诱导染色体变异和杂交育种而获得的产品。人工诱导多倍体的方法很多,目前最常用且最有效的方法是用秋水仙素处理萌发的种子或幼苗。当秋水仙素作用于正在分裂的细胞时,能够抑制纺锤体的形成,导致染色体不能移向细胞两极,从而使细胞内染色体数目加倍。染色体数目加倍的细胞继续进行正常的有丝分裂,将来就可以发育成多倍体植株。

一、单项选择题

1. 下图中表示染色体缺失的是()



2. 某二倍体生物体细胞内染色体数目为 8。下图中正确表示该生物一个染色体组的细胞是 ()



3. 已知普通小麦是六倍体,体细胞中含有 42 条染色体。下列叙述正确的是()

- A. 普通小麦雌、雄配子都含 7 条染色体
- B. 每个染色体组含 21 条染色体
- C. 每个染色体组含 7 条染色体
- D. 普通小麦单倍体含 7 条染色体

4. 基因结构改变和染色体变异的共同点是 ()

- A. 在光学显微镜下都不可检测
- B. 染色体变异是定向的,基因结构改变是不定向的
- C. 基因和染色体的结构改变都是可以遗传的
- D. 染色体变异不涉及碱基数目的改变

5. 下列叙述错误的是 ()

- A. 染色体组内不存在同源染色体
- B. 染色体组只存在于体细胞中
- C. 二倍体生物的生殖细胞内含有一个染色体组
- D. 染色体组内不含等位基因

6. 四倍体大麦的一个染色体组有 7 条染色体,其根尖细胞有丝分裂后期染色体数目是 ()

- A. 7 条 B. 56 条 C. 28 条 D. 14 条

7. 下列关于单倍体的叙述,不正确的是 ()

- A. 它是由未受精的卵细胞发育成的新个体
- B. 单倍体的体细胞中只有一个染色体组
- C. 它是由二倍体的一个配子发育成的植株
- D. 体细胞中含有与本物种配子相同的染色体数

8. 在人工诱导多倍体时,一般用秋水仙素溶液处理植物幼苗的 ()

- A. 叶片 B. 柱头 C. 胚珠 D. 茎尖

二、技能增进题

设计实验 科学地设计实验方案是保证实验取得正确结论的重要步骤。

现有两个品种的小麦,一种是高秆抗锈病(DDTT),另一种是矮秆不抗锈病(ddtt)。

请根据遗传育种知识,设计一个实验方案,快速培育矮秆抗锈病品种,并用图解表示。试分析,你所选择的育种方法具有哪些优点?如何检验矮秆抗锈病品种是否为纯合子?

通常情况下染色体的结构比较稳定。但是,当环境条件发生剧变时,染色体的结构可能会发生改变。染色体结构变异的发生与各种射线、化学药剂、温度的剧变等有关。

正在分裂的细胞中出现微核(没有着丝点的染色体片段),是染色体结构变异的结果。微核产生的数量与诱变因子剂量的强弱呈正比,因此可以用微核出现的频率来评价诱变因子对生物遗传物质的损伤程度。

提出问题

一位同学用质量浓度为 300 mg/L 的硫酸铜溶液培养蚕豆种子,发现幼苗根尖细胞中出现了微核,证明硫酸铜溶液可能导致染色体结构变异。

小组讨论,提出问题。例如,硫酸铜溶液真的会导致染色体结构变异吗?硫酸铜溶液在什么浓度下比较容易引起染色体结构变异?

推荐器材

蚕豆种子,培养皿、试管、载玻片、盖玻片、显微镜,硫酸铜溶液、改良碱性品红染液等。

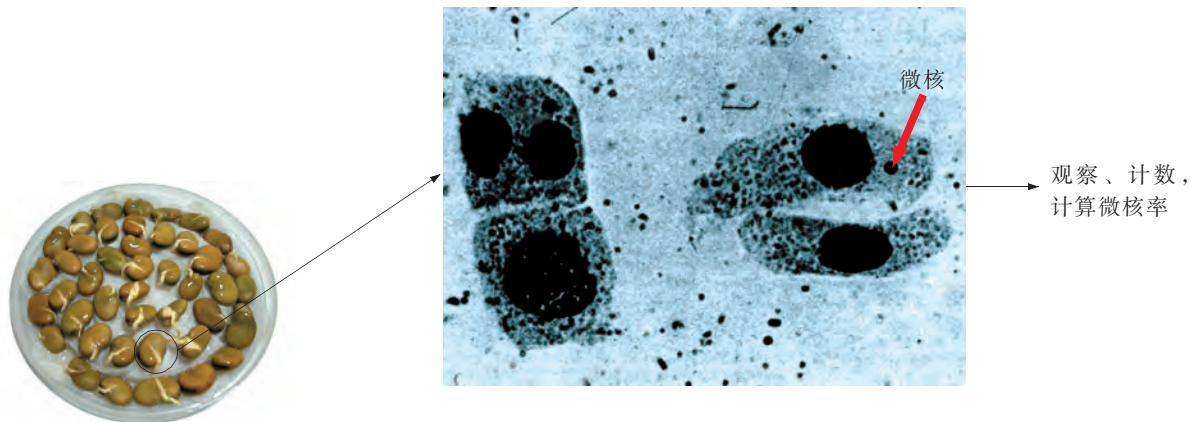
作出假设

针对提出的问题,作出假设。例如,针对“硫酸铜溶液真的会导致染色体结构变异吗”的问题,可根据某些化学药剂是导致染色体结构变异的重要原因,作出“一定浓度的硫酸铜溶液会导致染色体结构变异”的假设。

设计和实施实验

1. 根据假设,小组讨论和设计探究方案。

2. 参考该学生的实验设计:将蚕豆种子洗净后,25℃水培;待根长到 0.5~1.5 cm,移入质量浓度为 300 mg/L 的硫酸铜溶液中培养 6 h;用自来水冲洗后,再移入自来水中培养 24 h;剪取蚕豆根尖,制作临时玻片标本,用改良碱性品红染液染色;每个根尖计数 500~1 000 个细胞,计算出微核率(出现微核的细胞数除以被计数的细胞总数)。



建议考虑:(1)将萌发的蚕豆种子平均分成若干组后,为什么要用一定质量浓度梯度的硫酸铜溶液分别培养一定时间?(2)根据“观察植物细胞的有丝分裂”实验,如何制作玻片标本?(3)怎样统计微核率?

3. 按照实验方案,分工合作完成实验。



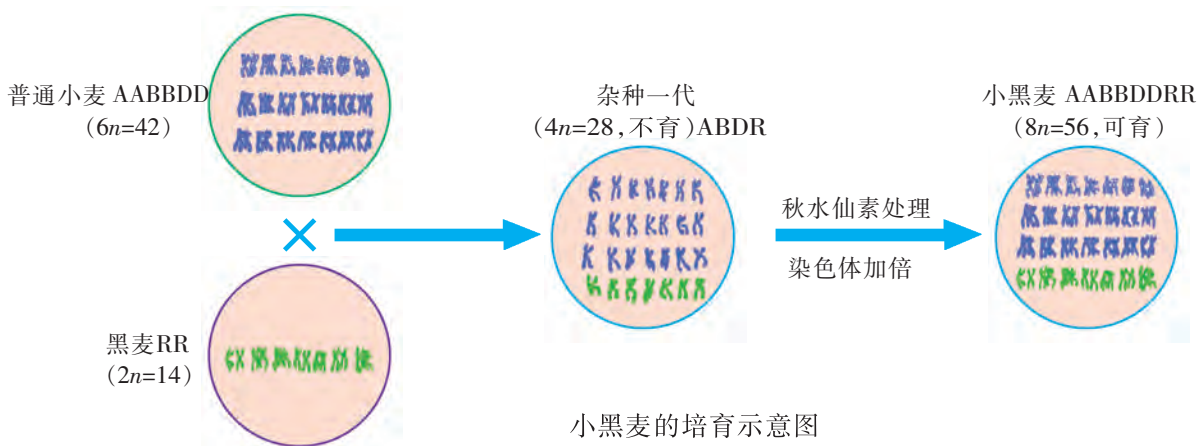
硫酸铜溶液对皮肤和眼有损害作用。

得出结论

在你设置的质量浓度梯度中,蚕豆幼根细胞在什么浓度的硫酸铜溶液中微核率最高?试解释实验结果。

多倍体植物中大多数是异源多倍体。异源多倍体是指不同种生物杂交产生的杂种后代,经过染色体加倍而形成的多倍体。常见的异源多倍体有小麦、燕麦、陆地棉、烟草、苹果、梨、樱桃、菊、水仙、郁金香等。异源多倍体可以通过人工方法进行培育。我国遗传育种学家鲍文奎经过 30 多年的研究,在 20 世纪 60~70 年代用普通小麦(六倍体)与黑麦(二倍体)杂交,成功地培育出异源八倍体小黑麦。

母本普通小麦的雌配子中有 3 个染色体组(ABD),共 21 条染色体;父本黑麦的雄配子中有 1 个染色体组(R),7 条染色体,杂交后的子一代包括 4 个染色体组(ABDR)。这 4 个染色体组来自不同属的物种,因此,子一代不能进行正常的减数分裂,需要人工的方法使子一代的染色体加倍。染色体加倍后的植株能够形成正常的雌、雄配子,能够正常受精、结实、繁殖后代。由普通小麦和黑麦杂交,杂种子一代再经染色体加倍产生的小黑麦,具有 56(42+14)条染色体,8 个染色体组。这些染色体组又来自不同属的物种,因此,把这种小黑麦称为异源八倍体小黑麦。小黑麦具有穗大、粒重、抗病性强、抗逆性强和营养品质好等优点,已经在我国西北、西南高寒地区得到大面积推广。



小黑麦的培育示意图



走近职业

遗传育种工作者

优良的农作物品种具有抗病、抗逆、高产、优质等优良性状。遗传育种工作者利用遗传学规律,通过传统的育种技术(如杂交)和现代生物技术(如基因工程、细胞工程)来选育优良品种,以造福人类社会。遗传育种工作者一般应具有农学硕士学位,并在遗传育种实践中积累了丰富的经验。

(图为遗传育种工作者在培育水稻新品种)

本章自主小结

遗传现象既有一定的物质基础,又有一定的规律。遗传学奠基人孟德尔用豌豆进行杂交实验,揭示了遗传因子在体细胞中成对存在,在配子中成单存在;在杂合子体内成对的遗传因子各自保持独立性,在形成配子时,成对的遗传因子随着同源染色体的分开而分离,非同源染色体上的非等位基因自由组合。他还总结得出基因的分离定律和基因的自由组合定律。

通过填写下表中的空格,以比较的方式自主小结孟德尔的两个基本定律。

		基因的分离定律	基因的自由组合定律
研究内容		一对等位基因控制的一对相对性状	
等位基因与染色体的关系			2对(或2对以上)等位基因分别位于2对(或2对以上)同源染色体上
细胞学基础		减数第一次分裂后期同源染色体彼此分离	
遗传实质			在减数分裂形成配子时,同源染色体上的等位基因彼此分离,非同源染色体上的非等位基因自由组合
遗传表现	F ₁ 配子种类		2 ² 或2 ⁿ ,数量相等
	F ₂ 基因型		3 ² 或3 ⁿ
	F ₂ 表现型		2 ² 或2 ⁿ
联系		分离定律是自由组合定律的基础	

在完成上表的填写后,思考下列问题,并尝试采用列表或图解等方式对本章的其他内容进行自主小结。

1. 正确解释遗传规律中的基本概念。例如,交配类:杂交、自交、测交、正交、反交;性状类:性状、相对性状、显性性状、隐性性状、性状分离;基因类:等位基因、非等位基因、显性基因、隐性基因;个体类:表现型、基因型、纯合子、杂合子。

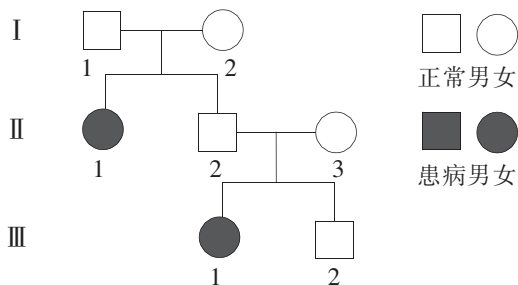
2. 怎样运用基因的自由组合定律,将具有不同优良性状的亲本杂交,有目的地使不同品种间的基因重新组合?如何使不同亲本的优良性状组合到一起,从而筛选出人类需要的优良品种?怎样推测后代基因型、表现型及出现的概率,为遗传病的诊断和预测提供理论依据?

3. 怎样应用性别决定的知识,减少社会上“重男轻女”传统观念的负面影响?分析伴性遗传的实例,小结伴性遗传的特点。

4. 怎样正确解释染色体组、单倍体、多倍体等概念?小结单倍体育种等方法的优点。

如果有疑难,可以和同学、老师进行探讨,也可以通过图书馆和网络,寻求问题的答案。相信你一定能够正确回答上述问题。

1. 下图为某单基因遗传病家族系谱图(基因用 A 和 a 表示),请据图回答:



(1)从遗传病家族系谱图分析,该遗传病由_____性基因控制。

(2) I_2 和 II_3 的基因型相同的概率是_____。

(3) II_2 的基因型可能是_____。

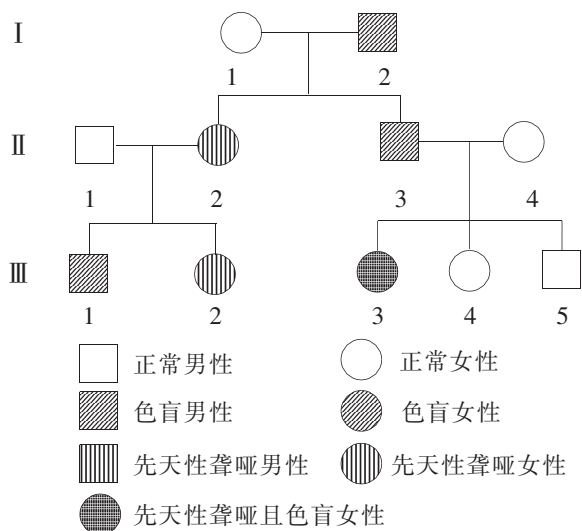
(4) III_2 的基因型可能是_____。

(5)若 III_2 与一携带致病基因的女子结婚,生出患病男孩的概率为_____。

2. 豌豆种子子叶的黄色(Y)对绿色(y)是显性,种子圆粒(R)对种子皱粒(r)是显性。下表是 5 种不同的杂交组合以及各种杂交组合所产出的子代数。请在表格内填写亲代的基因型。

亲 代		子代的表现型及其数量			
基因型	表现型	黄色圆粒	黄色皱粒	绿色圆粒	绿色皱粒
	黄色皱粒×绿色皱粒	0	18	0	16
	黄色皱粒×绿色圆粒	25	0	0	0
	黄色圆粒×绿色皱粒	10	8	6	9
	黄色圆粒×绿色圆粒	11	4	10	3
	绿色圆粒×绿色圆粒	0	0	32	12

3. 下图为一种先天性聋哑和色盲两种遗传病的家族系谱图,请据图回答:



(1)写出下列个体可能的基因型。

I_2 : _____、 III_3 : _____、 III_5 : _____。

(2)若 III_2 与 III_5 结婚,生出一个先天性聋哑的孩子的概率为_____,生出一个先天性聋哑但色觉正常的孩子的概率为_____。

4. 基因检测可以确定胎儿的基因型。有一对夫妇,其中一方为 X 染色体隐性基因决定的遗传病患者,另一方表现型正常。妻子怀孕后,想知道所怀的胎儿是否携带致病基因。请回答下列问题:

(1)当丈夫为患者,胎儿是男性时,需要对胎儿进行基因检测吗?为什么?

(2)当妻子为患者时,表现型正常的胎儿的性别是男性还是女性?为什么?

5. 完成下表,比较蚕豆、普通小麦、果蝇和人四种生物的体细胞和配子中的染色体数、染色体组数,并注明它们分别属于几倍体生物。必要时可通过各种途径查阅相关资料。

	蚕豆	普通小麦	果蝇	人
体细胞染色体数				
配子染色体数				
体细胞染色体组数				
属于几倍体生物				