

普通高中

生物学

教学参考资料

必修2 遗传与进化



上海科学技术出版社

普通高中

生 物 学
教学参考资料

必修 2 遗传与进化

上海科学技术出版社

主 编：赵云龙 周忠良

本册主编：刘志学

编写人员：（以姓氏笔画为序）

闫白洋 阮文婕 杨 桦 陆海英
陈 曜 崔 欣

图书在版编目（CIP）数据

普通高中生物学教学参考资料·必修2 遗传与进化 /
上海市中小学（幼儿园）课程改革委员会组织编写；赵
云龙，周忠良主编。-- 上海：上海科学技术出版社，
2022.2（2023.2重印）

ISBN 978-7-5478-5577-5

I. ①普… II. ①上… ②赵… ③周… III. ①生物课
—高中—教学参考资料 IV. ①G633.913

中国版本图书馆CIP数据核字(2021)第244124号

责任编辑：何孝祥

封面设计：蒋雪静

普通高中 生物学教学参考资料 必修2 遗传与进化

上海市中小学（幼儿园）课程改革委员会组织编写

出 版 上海世纪出版（集团）有限公司 上海科学技术出版社
(上海市闵行区号景路159弄A座9F-10F 邮政编码201101)

发 行 上海新华书店

印 刷 上海中华印刷有限公司

版 次 2022年2月第1版

印 次 2023年2月第2次

开 本 890毫米×1240毫米 1/16

印 张 10

字 数 241千字

书 号 ISBN 978-7-5478-5577-5 / G · 1091

定 价 30.00元

版权所有·未经许可不得采用任何方式擅自复制或使用本产品任何部分·违者必究
如发现印装质量问题或对内容有意见建议，请与本社联系。电话：021-64848025

目 录

第1章 遗传的分子基础 / 1

- 第1节 DNA是主要的遗传物质 / 6
- 第2节 遗传信息通过复制和表达进行传递 / 13
- 第3节 基因选择性表达导致细胞的差异化 / 25

第2章 有性生殖中的遗传信息传递 / 34

- 第1节 有性生殖中遗传信息通过配子传递给子代 / 40
- 第2节 亲代基因传递给子代遵循特定规律 / 48
- 第3节 性染色体上的基因传递与性别相关联 / 57

第3章 可遗传的变异 / 62

- 第1节 基因重组造成变异的多样性 / 68
- 第2节 基因突变是生物变异的根本来源 / 75
- 第3节 染色体变异会导致性状变化 / 83
- 第4节 人类遗传病可以检测和预防 / 90

第4章 生物的进化 / 99

- 第1节 多种证据表明生物具有共同祖先 / 104
- 第2节 生物进化理论在不断发展 / 113
- 第3节 物种形成和灭绝是进化过程中的必然事件 / 123

附录 / 128

附录 1 教材“自我评价”与“学业评价”参考答案 / 128

附录 2 《练习部分》参考答案 / 142

附录 3 《实验与活动部分》“学业评价”参考答案 / 153

附录 4 教学参考用书 / 154

第1章 遗传的分子基础

核酸是储存与传递遗传信息的生物大分子,学习遗传的分子基础有助于认识遗传的本质。本章从分子水平阐述遗传信息编码及其传递规律,主要包括DNA的分子结构、DNA复制、基因的表达与调控。通过对DNA分子结构特点与DNA复制、基因的表达与调控的学习,进一步形成结构与功能相适应的生命观念,进一步认识生命的统一性和复杂性,为后续学习遗传规律和生物进化建立基础。同时,通过对相关科学史的学习,有助于增加对科学本质、科学思想的认识;通过搜集资料、搭建模型等活动,进一步培养学生的信息检索能力、“模型与建模”思维,增加对DNA分子结构与功能的感性认识。

一、本章对应的《课程标准》要求

1. 内容要求与教学活动

本章内容框架的确定和主要内容的编写是依据《课程标准》内容要求“3.1 亲代传递给子代的遗传信息主要编码在DNA分子上”。教材结合学科内在体系和教学目标,分3节进行概述(表1-1)。

表1-1 第1章内容与《课程标准》要求对照表

教材内容	《课程标准》要求
第1节 DNA是主要的遗传物质	3.1.1 概述多数生物的基因是DNA分子的功能片段,有些病毒的基因在RNA分子上
	3.1.2 概述DNA分子是由四种脱氧核苷酸构成,通常由两条碱基互补配对的反向平行长链形成双螺旋结构,碱基的排列顺序编码了遗传信息
第2节 遗传信息通过复制和表达进行传递	3.1.3 概述DNA分子通过半保留方式进行复制
	3.1.4 概述DNA分子上的遗传信息通过RNA指导蛋白质的合成,生物的性状主要通过蛋白质表现
第3节 基因选择性表达导致细胞的差异化	3.1.4 概述细胞分化的本质是基因选择性表达的结果
	3.1.5 概述某些基因中碱基序列不变但表型改变的表观遗传现象

根据《课程标准》教学提示中提出的活动要求,结合实际课时,本章安排了1个学生活动(表1-2)。

表 1-2 第 1 章实验和活动与《课程标准》要求关系

活动名称	活动性质	《课程标准》要求
探讨 DNA 分子双螺旋结构的发现过程并制作模型	学生活动	搜集 DNA 分子结构模型建立过程的资料并进行讨论和交流;制作 DNA 分子双螺旋结构模型

2. 学业要求

《课程标准》关于本章学习的学业要求是学生应该能够结合 DNA 双螺旋结构模型,阐明 DNA 分子作为遗传物质所具有的特征,以及通过复制、转录、翻译等过程传递和表达遗传信息。对此,教材从以下几个方面进行落实。

生命观念: 生物的性状由遗传信息控制,并主要通过蛋白质表现。教材通过遗传物质的发现过程、DNA 分子结构、遗传信息的传递、基因选择性表达,从分子水平概述遗传现象的本质,使学生进一步树立结构与功能观。

科学思维: 教材通过概述发现遗传物质化学本质的经典科学实验,培养学生归纳和推理的思维方法;通过 DNA 分子双螺旋结构发现过程的历史资料搜集和模型搭建活动,进一步培养模型与建模的科学思维;通过对大多数生物遗传信息传递过程及其规律的学习,演绎出病毒遗传信息传递的主要过程;通过举例说明的方式,概述基因选择性表达导致细胞分化的主要机制。

科学探究: 教材通过探究·活动 1-1“探讨 DNA 分子双螺旋结构的发现过程并制作模型”,使学生进一步掌握资料搜集和整理的方法、模型搭建的基本过程,提高实践能力。

社会责任: 在基因表达调控、病毒遗传信息传递等内容中,培养学生关注公共卫生与健康的议题,并能运用科学知识辨别伪科学,树立健康生活的社会责任意识。

二、本章与学科体系内容关系

1. 本章与其他章节之间的关系

本章主要是从分子水平认识遗传的本质、基因的概念,并阐明遗传信息如何在生物体内进行传递,最终通过蛋白质在性状上体现出来。本章是《分子与细胞》分册中遗传物质、蛋白质合成、细胞分化等概念在分子水平的展开,也为后续第 2 章从细胞和个体水平剖析遗传现象、第 3 章分析遗传物质发生变化对生物体造成的影响做铺垫。

2. 本章各节之间的关系

依据认知遵循从浅入深的一般规律,本章第 1 节安排了遗传物质发现的科学史内容,既能引起学生的学习兴趣,也能使学生建立对遗传物质的初步理解,进而通过制作 DNA 分子双螺旋结构模型的活动,逐步从直观的感性认识进入微观层面,在分子水平上理解 DNA 作为遗传物质所具有的结构特征及其与功能之间的关系,树立“结构与功能相适应”的生命观念。在学生对遗传物质形成基本认知后,第 2 节进一步挖掘“遗传信息是如何在代际间传递的”和“遗传信息如何表达”两个关键问题,通过复制、转录、翻译、逆转录等概念的学习,理解遗传信息是如何通过蛋白质决定生物性状的。第 3 节

内容使学生对遗传信息的理解提高到更高层次,通过实例分析,使学生认识到随着环境的改变,基因的表达也会发生改变,并能引起细胞的分化,进而产生细胞水平和个体水平的多样性。表观遗传作为近年来遗传学的重要研究成果,也在本章较为详细地加以介绍,使学生认识到DNA分子上的碱基序列只是决定生物性状的部分原因,基因的表达还会受到很多其他因素的影响和调控,从而产生可遗传的表型变异。本章内容层层深入,为学生逐渐展开一幅充满奥秘的生命画卷。

本章的核心概念包括遗传信息的本质、遗传信息的传递、基因表达的调控等。各概念之间的关系如图1-1所示。

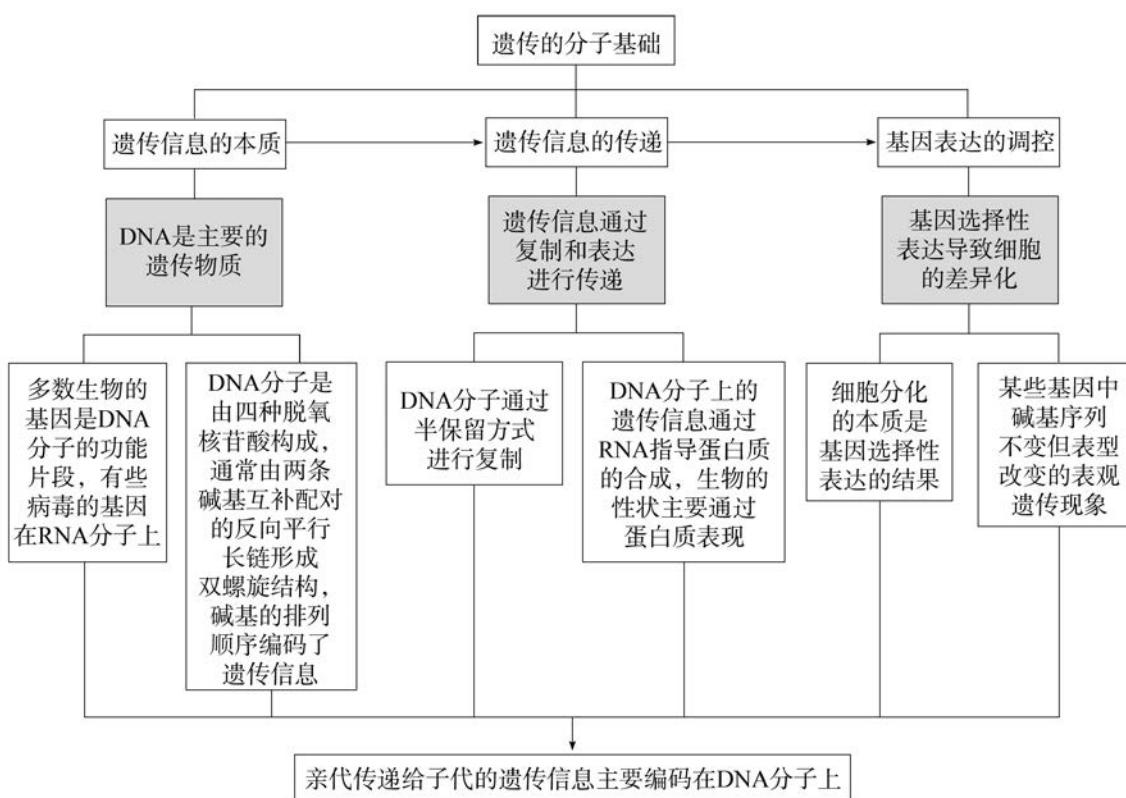


图1-1 第1章各节概念之间的关系

三、本章教学目标

通过相关科学史的学习,阐述“DNA是主要的遗传物质,某些病毒以RNA作为遗传物质”的事实;能够概述遗传信息通过复制、转录、翻译等过程进行传递和表达;基于特定的生物学事实,运用演绎与推理等方法,以文字、图示等形式,说明遗传相关概念的内涵;通过对遗传本质的学习,解释一些遗传学技术在现实生产生活中的应用。

学会查阅文献资料,了解遗传物质的认识过程,关注科学家的研究思想和科学精神;制作DNA分子双螺旋模型,阐明DNA分子作为遗传物质所具有的特征,树立结构与功能观,同时发展模型与建模的科学思维;解释遗传相关现象和原理,感悟健康生活和保护环境的重要性,认识到自身应承担的社会责任。

四、本章课时建议

本章建议 9 课时,具体见表 1-3。

表 1-3 第 1 章课时安排

教 学 内 容	课时建议
第 1 节 DNA 是主要的遗传物质	2
第 2 节 遗传信息通过复制和表达进行传递	3
第 3 节 基因选择性表达导致细胞的差异化	2
学习交流与评价	2

其中,第 1 节中的探究·活动 1-1“探讨 DNA 分子双螺旋结构的发现过程并制作模型”1 课时。

五、本章评价建议

1. 评价内容

(1) 学生的生命观念

学生是否能通过分析 DNA 分子结构特点,以及对复制、转录、翻译等过程的认识,解释 DNA 结构特点与储存、传递遗传信息之间的关系,培养结构与功能观。

(2) 学生科学思维的发展

学生是否能通过对遗传物质发现史的学习,进一步形成尊重事实和证据,崇尚严谨和务实的求知态度,运用科学的思维方法认识事物、解决问题的思维习惯和能力;通过对 DNA 分子双螺旋结构发现史的资料搜集,分析其中关键性实验结果与 DNA 结构之间的关系,并通过学习 DNA 复制、转录等过程,理解建立 DNA 分子结构模型的意义,培养模型与建模的思维方法;通过对 DNA 半保留复制、密码子破译等实验过程的分析,具备演绎、推理的思维能力。

(3) 学生科学探究的能力

学生是否能通过对遗传物质发现史中相关科学实验的学习,充分体会如何针对生物学相关问题作出假设、设计实验、分析数据等科学探究过程;通过探讨 DNA 分子双螺旋结构的发现过程并制作模型,提高资料搜集、动手实践、观察分析和小组合作等科学探究能力。

(4) 学生的社会责任意识

学生是否能通过学习遗传的分子基础,正确认识和辨析相关研究成果在生活和生产实践中的应用,如亲子鉴定等;通过学习表现遗传,认识到环境和生活习惯也会对生物体产生影响,有些甚至会遗传给后代,从而认同环境保护、健康生活的重要性。

2. 评价方式

(1) 自我评价

本章在每节设置了适量的自我评价题,其评价目标是使学生在学完每节内容后,对相关生物学概念进行巩固和理解。题目设置主要侧重本节知识的归纳,或利用本节知识进行推理和演绎,来解决新情境下的相关问题。例如,第1节的第1题要求能结合对DNA分子结构的认识,分析DNA是如何储存大量遗传信息的;第2节的第1题要求通过列表的形式归纳和比较DNA复制、转录、RNA复制、逆转录、翻译等过程。教师可以在教学过程中使用这些问题,也可以在课后作为作业,来提升学生的归纳、推理和演绎能力。在生物学学习中,查阅资料的能力对学生的发展至关重要。因此,每节最后一题通常都是通过“查阅资料”来解答,以此逐步提升查阅资料的能力。

(2) 学业评价

本章设置了3道学业评价题,围绕核心素养,侧重基本概念的构建和分析能力的提升。

第1题:本题围绕遗传物质、基因的概念设计。第(1)小题是选择题,要求学生掌握基因、DNA编码链和模板链、基因的结构、转录等概念(生命观念水平1)。第(2)小题是论述题,设置了“同一真核基因可以编码三种不同蛋白质”的情境,让学生根据所学知识给出合理解释;本小题要求较高,需要学生对基因的表达及调控过程较为熟悉,并能进行合理推测(科学思维水平3)。

第2题:本题以艾弗里实验的验证为情境,要求学生根据实验设计和实验结果进行分析,并结合所学知识对简单情境中的新现象、新问题进行解释(科学思维水平2)。

第3题:本题设置了一个新情境“DNA指纹技术”,要求学生根据DNA电泳的条带进行分析,运用DNA相关知识分析问题。第(1)小题,学生需要对电泳条带进行观察并分析4个条带之间的区别(科学思维水平2)。第(2)小题,引导学生拓展思维,设想DNA指纹技术可能应用的领域,要求学生根据所学知识迁移、应用新信息(科学思维水平3)。

第1节 DNA是主要的遗传物质

一、教材分析

1. 学习目标

本节教材中的学习目标包括：

- (1) 分析探究遗传物质本质和结构的实验,发展科学思维,培养严谨细致的探究意识和实事求是的科学精神。
- (2) 概述多数生物的遗传物质是DNA,有些病毒的遗传物质是RNA。
- (3) 概述DNA分子由四种脱氧核苷酸构成,遵循碱基互补、反向平行原则形成双螺旋结构,海量的遗传信息储存在四种碱基的排列顺序中。

这三项目标是依据《课程标准》中核心素养要求和内容要求3.1.1、3.1.2设定的。目标(1)要求结合相关科学家的探究过程,发展学科核心素养(水平2);目标(2)要求能概述遗传物质的化学本质(水平1);目标(3)要求从结构与功能角度,认识DNA的结构特点与其功能之间的关系(水平2)。

2. 概念聚焦

本节聚焦的核心概念是依据《课程标准》内容要求3.1.1和3.1.2而选取的,教材通过系列生物学事实来概述(表1-4)。

表1-4 本节核心概念及相关生物学事实

核心概念	生物学事实
多数生物的遗传物质是DNA,有些病毒的遗传物质是RNA	艾弗里、赫尔希和蔡斯等科学家通过实验发现,肺炎链球菌、T2噬菌体的遗传物质是DNA 弗伦克尔-康拉特和威廉姆斯通过实验发现,烟草花叶病毒的遗传物质是RNA
DNA分子中碱基的排列顺序储存着遗传信息	DNA分子由四种脱氧核苷酸构成 DNA分子通常以双链形式存在,两条链遵循碱基互补、反向平行的原则形成双螺旋结构 海量的遗传信息储存在DNA分子碱基的排列顺序中

3. 学习内容

教材节引言首先以学生熟悉的“种瓜得瓜,种豆得豆”现象引出关键问题:“遗传物质的化学本质是什么?”接下来以层层深入的方式列举遗传物质发现史中的重要事件。其中,格里菲斯的肺炎链球菌转化实验是早期关于遗传物质的研究,没有深入到化学本质,因此教材将其作为课前活动,让学生

思考对实验结果可能的解释,同时学习格里菲斯设计实验的思路,培养分析推理能力,使学生初步接触遗传物质的研究方法,经过思考和分析感受到遗传物质的存在,激发学生进一步探究“遗传物质究竟是哪种化学物质”的兴趣。“思考与讨论”参考答案:加热灭活的 S 菌中可能有某种化学物质进入活的 R 菌中,从而使 R 菌具有了 S 菌“使小鼠致死”的性状。

第 1 目:实验研究发现遗传物质是 DNA 或 RNA。教材依次概述艾弗里的肺炎链球菌转化实验、赫尔希和蔡斯的噬菌体侵染实验、烟草花叶病毒的重组实验等三组研究。艾弗里的研究是格里菲斯转化实验的进一步深入和细化,因此学生在理解艾弗里的研究之后可能会有豁然开朗的感觉,了解到遗传物质的化学本质是 DNA。然后,通过学习赫尔希和蔡斯的研究,学生进一步加深“遗传物质是 DNA”的认识。最后,通过烟草花叶病毒的重组实验,让学生了解到“某些病毒的遗传物质是 RNA”的事实。对于每组研究实验,教材都详细描述了实验的过程和结果,并配以表格或图示,使学生对实验过程有较为清晰的了解,并从中潜移默化地体会到生物学的研究方法,进一步提高分析和解决问题的能力和科学思维,感悟科学家探求真理的不懈精神和严谨缜密的科学态度。通过这些经典实验,学生对遗传物质的认识会更加全面。而学生此时也可能会产生另一个困惑:为什么 DNA 可以作为遗传物质?它是如何携带遗传信息的呢?由此引入第 2 目关于 DNA 结构的学习。

第 2 目:绝大多数生物的遗传信息蕴含在 DNA 结构中。DNA 结构是本节的重点和难点,也是后续 DNA 复制、转录等过程以及选择性必修 3《生物技术与工程》分册中基因工程等内容的基础。通过必修 1《分子与细胞》分册的学习,学生知道了 DNA 的基本组成单位是四种脱氧核苷酸。在本节中,教材通过示意图等形式,使学生对 DNA 的结构组成、双链形成方式、空间结构等有更加深入、具体的认识。然后通过人类细胞核中 DNA 所含碱基对数量的实例,引导学生将 DNA 结构与其功能建立联系。为了加深学生对 DNA 结构的直观印象,教材安排了探讨 DNA 分子双螺旋结构的发现过程和模型制作活动,培养学生查阅资料、观察、设计、交流与讨论的能力。关于 DNA 分子结构模型建立过程的科学史,教材仅对关键线索加以提示,由学生自主搜集相关资料并进行讨论,感悟科学研究中严谨细致的探究意识和实事求是的科学精神。然后通过小组合作制作 DNA 分子双螺旋结构模型,可形成对 DNA 结构的直观和感性认识,并加深对 DNA 结构与功能相适应的理解。

二、教学建议

本节内容建议 2 课时。其中,课堂教学 1 课时,实验与活动教学 1 课时。

1. 课堂教学建议

(1) 充分借助信息技术,再现发现历程

本节以四个科学实验作为学习情境,由于科学实验过程和结果的分析对思维要求较高,建议教师充分利用信息技术,借助图片、动画、视频等素材资料,生动展示实验的主要过程。同时,教师要注意及时引导学生思考和讨论,目的是使学生产生身临其境的真实感,仿佛是自己在进行科学探究,从而产生强烈的好奇心和继续探究的兴趣。

例如,结合教材课前活动“格里菲斯的肺炎链球菌转化实验”,首先展示 S 菌和 R 菌的显微照片、菌落照片并说明两者的区别,然后一步步展示出实验过程(不建议一次性全部展示),让学生来推测

实验的结果，并进一步引导学生分析可能的原因。比如对于“如果同时注射灭活的 S 菌和活的 R 菌，小鼠会不会死亡”这一实验，通常学生会认为：“既然 S 菌被灭活，小鼠应该不会死亡。”此时教师可以展示实验结果，完全相反的实验结果会使学生产生好奇和进一步探知的愿望。

又如，在噬菌体侵染实验的教学过程中，教师可采用动画的形式对噬菌体结构特点及其侵染细菌的一般过程加以介绍，使学生注意到噬菌体的几个关键特点：噬菌体只由蛋白质和 DNA 构成；噬菌体侵染细菌后，其 DNA 进入细菌体内，而蛋白质留在细菌外等。也可以利用动画或视频等展示噬菌体侵染实验过程，不同的标记可以采用不同颜色、闪烁的动画加以强化和区别。借助动态过程，教师可逐一提出问题引导学生思考并体会实验设计的巧妙，如“为什么用³⁵S 标记蛋白质、用³²P 标记 DNA？”“上清液和沉淀物中主要含有的分别是什么？”等。

（2）启发学生自主探究，激发学习积极性

本节学习内容中有一定的科学史和科学实验内容，每一位科学家的探究实验都是一份很好的科学探究素材。在这些探究实验中，教师可以根据学生的能力水平选择部分实验放手让学生自主学习，在讨论、思辨中加深对实验的理解，培养进行科学探究的思维和方法。

例如，在艾弗里转化实验的教学过程中，由于格里菲斯的转化实验并没有回答“遗传物质的化学本质是什么”，教师可以先引导学生分析已经学过的几种生物大分子（多糖、蛋白质、核酸），猜测遗传物质可能会是哪种物质，然后启发学生思考并讨论：如何设计实验验证？如果学生无法回答，教师可提示用 S 菌中不同的生物大分子与 R 菌混合后感染小鼠并观察结果。此外，还可进一步引导学生撰写研究报告，包括研究目标、实验材料、实验过程设计、实验结果、结果分析和讨论等内容的撰写方法，提升学生的综合科学素养。最后，教师展示艾弗里的肺炎链球菌转化实验结果，组织学生讨论并得出结论：只有 DNA 能导致转化现象发生，因此 DNA 才是遗传物质。在讨论过程中，还可以利用教材本节“自我评价”第 2 题，提高分析和思辨能力。教师提示学生注意，由于当时纯化技术的限制，艾弗里实验中的样品纯度受到质疑，其结果被认为可能是某种微量的其他物质造成的，这种物质可能吸附在 DNA 上，也可能与之密切结合，难以彻底分离。因此，当时艾弗里的实验结果并未被广泛接受。这会使学生感受到科学研究是非常严谨和客观的，必须充分考虑各方面的影响因素；对于有瑕疵的研究，也应该勇敢质疑。

又如，“烟草花叶病毒的遗传物质是 RNA”的教学过程中，由于学生已经认同 DNA 就是遗传物质，这时教师可以提问：“是不是所有生物的遗传物质都是 DNA 呢？如果有些生物体内没有 DNA 呢？”引导学生进行思考。然后教师介绍烟草花叶病毒，说明“这种病毒只由蛋白质和 RNA 构成，病毒有不同类型，它们的蛋白质和 RNA 序列不同”，启发学生思考并讨论：如何设计实验验证烟草花叶病毒的遗传物质是哪种大分子呢？由于学生并未接触过重组实验，教师可以在学生讨论时加以提示。若学生提出了不同的验证方法，只要是严谨、合乎逻辑、能够充分得出结论的，教师都应肯定并加以鼓励。

（3）结合图示和案例，认识 DNA 分子结构特点与功能

学生在必修 1《分子与细胞》分册中已经学习了 DNA 的基本组成单位，建议教师在教学过程中充分结合教材图 1-7 和图 1-8，引导学生关注 DNA 分子单链的方向性、碱基互补配对、反向平行、双螺旋等结构特点，结合具体案例理解 DNA 分子储存遗传信息的功能具有一定的结构基础，如人类细胞核中 DNA 的碱基对数等。

2. 实验与活动建议

探究·活动 1-1 探讨 DNA 分子双螺旋结构的发现过程并制作模型

本活动能够帮助学生深刻理解 DNA 结构特点。此外,通过回顾科学发现的研究历程,可以活跃课堂气氛、营造思辨的氛围,在潜移默化中培养学生的科学精神,引导学生向往科学、崇敬科学的情感。本活动可分为两部分进行。

(1) 搜集 DNA 分子结构模型建立过程的资料

建议可指导学生先在课外利用网络、图书馆等途径查阅资料,了解 DNA 分子结构模型建立过程中的科学史事件及人物。教师可以提示学生根据教材中提供的线索,将 DNA 分子结构模型建立过程中重要的事件按时间顺序排列。由于相关科学史内容较多,可以将学生进行分组,以小组为单位查找相关资料。在课堂上引导各组学生将查阅到的资料以图文等形式进行展示,并汇报成果,教师视情况进行补充或解释。

本活动的形式可以更加灵活,吸引学生参与。例如,可以让学生扮演某位科学家,重现发现 DNA 分子双螺旋结构的历程。借鉴“人物扮演”类游戏中的地图模式,在涉及“DNA 结构发现”的重要时间、地点处加以标记,然后从发表的文献和各科学家处获得推导 DNA 分子双螺旋结构的重要线索,并从一系列线索中抽丝剥茧、一步一步推导出 DNA 分子是双螺旋结构。在解锁每一线索时,教师应对线索稍加解释,辅助学生理解。对于 X 射线衍射技术、晶体学技术等可适当阐释,但不宜深入,旨在拓展学生的视野,培养学生对科学的研究的兴趣。

(2) 制作 DNA 分子双螺旋结构模型

本活动重点是正确搭建 DNA 分子模型,以及比较各组搭建的 DNA 分子模型。教师应充分利用此活动,使学生加深对 DNA 结构及其功能的理解。

建议在搭建模型前,首先复习 DNA 分子双螺旋结构的相关要点,如碱基配对规律、核苷酸之间连接位置及规律、DNA 两条单链的方向等,然后对建模材料的种类和使用方法进行展示和说明,最后提出搭建模型的要求(如碱基数和某种碱基的含量,教材中要求共 40 个碱基,可根据学生和课时等实际情况进行适当增减)。

搭建模型时,建议按小组进行并加强指导。首先,教师引导学生计算出所需碱基的种类及数量、磷酸基团和脱氧核糖的数量,并自主设计所要搭建的 DNA 模型。教师可以鼓励学生自由发挥,决定碱基的排序,但应注意观察学生在排列碱基时是否充分考虑到碱基配对的规律。教师还应提示学生关注核苷酸内部碱基、磷酸基团与脱氧核糖的连接方式,以及脱氧核苷酸之间磷酸二酯键连接的位置等。然后,由学生挑选建模材料搭建两条 DNA 单链,提示学生注意 DNA 单链的方向性。最后,教师指导学生将单链组合成双链,注意观察学生是否考虑到 DNA 分子中反向平行、碱基互补配对的原则。

DNA 分子双螺旋结构模型搭建完成之后,组织各组学生展示模型,并加以点评。由于各组碱基排列的顺序可能不同,导致搭建出的 DNA 分子模型会多种多样。教师引导学生分析原因,使学生加深对 DNA 能够储存海量遗传信息的理解。

3. 栏目使用建议

第1目中的学习提示,引导学生比较格里菲斯和艾弗里的实验思路。教学过程中也可以作为问题引导学生进行比较归纳。参考答案:格里菲斯的实验是从宏观上探究肺炎链球菌是否能够发生转化,艾弗里的实验进一步从分子水平探究是何种物质导致肺炎链球菌发生了转化。艾弗里的实验是提取蛋白质、RNA、DNA等物质后进行转化,限于当时的技术条件,提取物质的纯度有限,所提取的DNA中有可能混有其他未知的活性物质,从而导致转化发生。因此,艾弗里的结论当时并未被广泛接受。

第2目中的学习提示,从结构与功能角度,提示DNA分子中碱基互补配对、双螺旋结构稳定性与其作为遗传物质功能之间的关系。

三、拓展资料

1. 格里菲斯的肺炎链球菌转化实验

格里菲斯是一位英国的微生物学家和医生,肺炎链球菌转化实验是他在试图研制一种预防肺炎的疫苗时完成的。肺炎链球菌是一种能导致人类和大部分哺乳动物发生肺炎的细菌。肺炎链球菌的菌株有两类表型:S型和R型。S菌具有致病性,具有一层多聚糖荚膜,可以保护细菌不被宿主细胞的免疫系统攻击。这层荚膜使得细菌在琼脂培养基上形成的菌落具有光滑的边缘,因此称为S(Smooth)菌。R菌缺少多聚糖荚膜,会被宿主细胞的免疫系统破坏,不具有致病性。R菌在培养基上形成的菌落具有粗糙的边缘,因此称为R(Rough)菌。每类表型又有多种菌株,例如S-I、S-II、S-III、R-I、R-II、R-III等。格里菲斯的实验特别选用了S-III和R-II菌株,这对实验结果的解释具有重要意义:在格里菲斯的第④个实验中(见下),最后从小鼠体内分离出的活的S菌仍然是S-III型,这就排除了R-II菌株发生变异的可能性(R-II菌株如发生变异应为S-II型),只能解释为是某种“转化因子”使R-II菌变成了S-III菌。

格里菲斯的四个实验分别为:

- ① 向小鼠体内注射S-III菌(致病菌),小鼠感染肺炎并死亡。
- ② 向小鼠体内注射R-II菌(非致病菌),小鼠并无任何症状。
- ③ 加热灭活S-III菌,然后向小鼠体内注射灭活后的S-III菌,小鼠无任何症状,存活。
- ④ 混合R-II菌和灭活后的S-III菌,并将混合物注入小鼠体内,小鼠感染肺炎并死亡。解剖小鼠后,在血液中同时找到了R-II菌和活的S-III菌。

显然灭活的S-III菌中存在的物质使得R-II菌变成了S-III菌,从而导致小鼠感染肺炎并死亡,即R-II菌被“转化”了。但格里菲斯并不清楚“转化因子”究竟是什么。格里菲斯的实验可谓影响深远,至今科学的研究中采用的各种转化方法都是源于格里菲斯的实验设计。

2. 艾弗里的肺炎链球菌转化实验

艾弗里的肺炎链球菌实验发表于1944年《实验医学杂志》(*Journal of Experimental Medicine*),对肺炎链球菌的类型转化现象进行了更详细的分析,试图从细菌的粗提取液中分离出活性物质,并研

究其化学特性。

艾弗里等先把加热杀死的细菌用生理盐水洗涤,去除大量的荚膜多糖及一些蛋白质、RNA,然后破碎细胞,用乙醇进行沉淀。沉淀物呈丝状,可以重新溶解在生理盐水中,此时溶液是黏稠、乳白色、不透明的。随后,用氯仿法去除溶液中的蛋白质,使溶液变澄清;再用酶水解溶液中的荚膜多糖;用乙醇进行沉淀后再用生理盐水溶解,此时沉淀物呈现为纤维状的细丝。艾弗里等对这些提纯的转化物质进行了各种分析,部分结果如下:

① 一般性质:转化物质的生理盐水溶液高度黏稠,搅动时发出丝绸般的光泽。在2~4℃下保存,3个月内能保持转化活性。转化物质在酸性条件下活性降低。

② 化学元素分析:活性物质中氮/磷元素的平均比值约为1.67,与DNA钠盐中的比值一致。

③ 酶学分析:加入胰蛋白酶、胰凝乳蛋白酶、核糖核酸酶处理,转化活性不丧失(艾弗里等并未进行胃蛋白酶的处理实验,因为胃蛋白酶的作用需要在低pH下进行,然而低pH会使转化物质活性丧失)。这说明转化物质不是对胰蛋白酶敏感的蛋白质,也不是RNA。研究人员还加入了一些酶的粗制品,如狗的肠黏液、兔骨磷酸酶、兔血清等,发现只有一类制品能使转化物质失活,这类制品的共同特征是含有DNA解聚酶。

④ 物理化学性质:电泳分析表明,转化物质类似于高度聚合的核酸。紫外吸收曲线表明,转化物质最大吸收波长在260 nm,最小吸收波长在235 nm,也符合核酸的特征。

艾弗里等从这些结果得出结论:转化物质是DNA,转化后的S菌可以将其特征进行遗传,产生的子代也仍为S菌。

在发表的论文中,艾弗里也提到:转化物质的活性也许并不是DNA的特性,而是由于某些微量的其他物质所造成的,这些微量物质或是吸附在DNA上,或与DNA密切结合在一起,因此检查不出来。这也造成了在一段时间内,艾弗里的实验结论并没有被广泛接受。

3. DNA分子双螺旋结构的发现史

对DNA分子的研究实际上从19世纪就开始了。

1868年,科学家米歇尔(F. Miescher)从人白细胞的细胞核中提取出一种富含磷元素的酸性物质,他称之为“核素”(nuclein)。随后,众多科学家开始研究“核素”的分子组成。

1881年,科学家科塞尔(A. Kossel)从“核素”中分离出5种碱基:腺嘌呤、鸟嘌呤、胞嘧啶、胸腺嘧啶和尿嘧啶。他认为“核素”就是核酸,后来将其命名为DNA(deoxyribonucleic acid)。科塞尔的重要贡献使他获得了1910年的诺贝尔生理学或医学奖。

1909年至1929年间,科学家利文(P. A. Levene)发现,核酸可以被拆解成更小的单位——他命名为“核苷酸”,并证明了核苷酸由磷酸、五碳糖和碱基组成。他还发现,DNA的五碳糖是脱氧核糖,RNA的五碳糖是核糖。利文提出了“四核苷酸假说”,认为核酸是以4个核苷酸为单位的简单聚合物。虽然“四核苷酸假说”后来被证明并不正确,但他的工作是后来确定DNA分子结构的重要基础。

1950年,科学家夏格夫(E. Chargaff)采用当时最先进的纸层析和紫外分光光度技术,发现DNA中的腺嘌呤与胸腺嘧啶的数量是完全一样的,鸟嘌呤与胞嘧啶的数量也是完全一样的。这一规律后来称为夏格夫法则(Chargaff's rules),成为沃森、克里克正确搭建DNA双螺旋的重要参考。

1951年,生物物理学家威尔金斯(M. H. F. Wilkins)与物理化学家富兰克林(R. E. Franklin)进

行 DNA 晶体 X 射线衍射实验。1952 年 5 月,富兰克林得到了的一张 B 型 DNA 的 X 射线衍射图片 (photo 51, 即富兰克林收集到的第 51 张衍射图)。这张图片使富兰克林意识到 DNA 应该是双螺旋结构。然而,直到 1953 年 3 月 6 日,富兰克林才将一份关于 A 型 DNA 结构的论文提交给著名的晶体学杂志《晶体学报》(Acta Crystallographica),其中提出了 DNA 的双螺旋结构。

1953 年 1 月,沃森拜访威尔金斯寻求合作,在威尔金斯的办公室,沃森看到了“photo 51”。“photo 51”像一束火焰,点燃了沃森蓄势已久的思维干柴。随后,沃森和克里克立即构建了一个 DNA 双螺旋模型:脱氧核糖和磷酸交替连接,排列在外侧形成螺旋形骨架,相同碱基配对(如 A 与 A、C 与 C 配对)排列在内侧。但由于选错了配对方式,这个模型也宣告失败。

1953 年 2 月,沃森突然意识到,根据夏格夫法则,应该采用 A 与 T、G 与 C 配对。于是,1953 年 2 月 20 日,沃森和克里克重新搭建起 DNA 分子双螺旋结构模型,模型结构与 DNA 晶体 X 射线衍射影像一致,也完全符合夏格夫法则。经过反复核对和完善,终于成功建立了 DNA 分子双螺旋结构模型。

1953 年 4 月 25 日,《自然》(Nature)杂志发表了沃森和克里克的这项工作,开启了分子生物学的新纪元。1962 年,沃森、克里克和威尔金斯共同获得诺贝尔生理学或医学奖。遗憾的是,作为双螺旋模型重要发现者之一的富兰克林已于 1958 年病逝。

4. 磷酸二酯键

在 DNA 中,脱氧核糖核苷酸通过磷酸二酯键连接起来形成单链。磷酸二酯键包含 3'-磷酸单酯键和 5'-磷酸单酯键这两个化学键(图 1-2)。需要注意的是,磷酸二酯键是 P—O 键,并不是 C—O 键,这与酯键的形成过程有关。

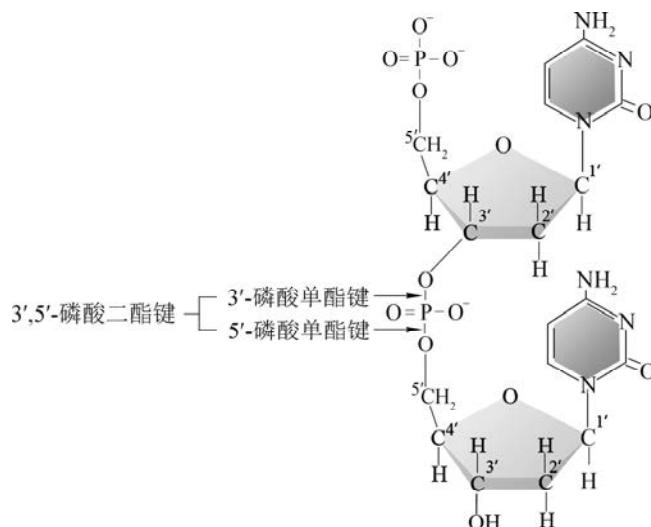


图 1-2

第2节 遗传信息通过复制和表达进行传递

一、教材分析

1. 学习目标

本节教材中的学习目标包括：

- (1) 分析有关遗传信息传递的实验,掌握科学探究的基本思路和主要方法,培养严谨求实的科学精神。
- (2) 概述复制的基本过程,以及碱基序列中的遗传信息如何通过 DNA 复制完整地传递给子细胞。
- (3) 概述基因表达的基本过程,以及基因表达决定蛋白质的种类、数量和活性,从而表现出特定的生物功能。

这三项目标是依据《课程标准》内容要求 3.1.3 和 3.1.4,结合学科核心素养的培养要求设定的。目标(1)要求能结合 DNA 半保留复制和遗传密码破译的科学实验,进一步发展科学探究素养(水平 2);目标(2)要求结合 DNA 的结构特点,概述 DNA 复制的基本过程、特点及意义(水平 2);目标(3)要求概述转录、翻译等基本过程及其生物学意义(水平 2)。

2. 概念聚焦

本节聚焦的核心概念是依据《课程标准》内容要求 3.1.3 和 3.1.4 而选取的,教材通过系列生物学事实来概述(表 1-5)。

表 1-5 本节核心概念及相关生物学事实

核心概念	主要生物学事实
DNA 按照碱基配对、反向平行的原则,以半保留方式进行复制	DNA 复制以半保留方式进行
	DNA 复制遵循碱基互补配对、反向平行的原则
	DNA 复制需要多种蛋白质参与,并以脱氧核苷三磷酸为原料合成子链
DNA 中的遗传信息可转移给 RNA,并通过 RNA 指导蛋白质的合成,生物的性状主要通过蛋白质表现	DNA 中的遗传信息可通过转录过程传递到 RNA
	转录由 RNA 聚合酶催化,以 DNA 单链为模板,以核糖核苷三磷酸为原料,遵循碱基互补配对合成 RNA
	RNA 通过翻译过程指导蛋白质的合成
	翻译过程中,由 tRNA 识别密码子并携带相应的氨基酸到核糖体中,合成多肽
	生物的性状主要通过蛋白质表现
	遗传信息的传递具有方向性

3. 学习内容

通过第1节的学习,学生已经明确遗传信息主要储存在DNA中,但还有许多问题仍不清楚,例如:什么是基因?基因与DNA或RNA有什么关系?细胞中的遗传信息是如何准确传递的?DNA中的遗传信息是怎样控制生物性状的?本节内容按遗传信息的传递方向为主线,分别概述DNA复制、转录、翻译,以及逆转录和RNA复制等过程。

本节内容以比德尔“一个基因一个酶”的假说作为课前活动导入,通过分析实验,初步建构“DNA可以控制酶的合成”概念,建立基因与性状之间的联系。通过分析实验结果表1-2可知,X射线照射可以形成丧失不同酶功能的菌株,菌株A、B、C内分别是酶A、B、C丧失了催化功能。思考与讨论题2引导学生将DNA片段改变与酶功能丧失建立联系,参考答案:菌株A、B、C中发生改变的DNA片段不同,菌株A、B、C中改变的DNA片段可能分别控制酶A、B、C的合成。思考与讨论题3引导学生思考有丝分裂过程中的DNA复制与遗传信息准确传递之间的关系,参考答案:DNA中的遗传信息通过复制传递给子代。学生可能无法准确回答,可以带着问题进入第1目关于复制具体过程的学习。

第1目:DNA半保留复制使完整的遗传信息传给子细胞。在必修1《分子与细胞》分册中已经介绍过,细胞在有丝分裂间期发生DNA复制。教材在此结合DNA分子结构特点,通过图示的形式呈现DNA半保留复制的基本过程,使学生建构“DNA分子通过半保留方式进行复制”的概念。需要注意的是,教材中用“一些特定蛋白质”而略去起始因子、拓扑异构酶、DNA聚合酶I、引物酶、DNA连接酶等复杂概念,仅保留DNA解旋酶、DNA聚合酶、单链DNA结合蛋白等参与此过程的主要蛋白质的作用,目的是既体现DNA复制的复杂性,又兼顾科学性和高中学生的认知水平。为了进一步培养学生科学思维能力,教材设置了思维训练“DNA半保留复制的实验证明”,引导学生根据实验结果自主思考并推测DNA复制的方式。

第2目:转录使特定遗传信息从DNA传递到RNA。教材首先明确了表达的概念,然后明确DNA与基因的关系,并结合图示概述转录的基本过程。教材图1-12按转录起始、延伸和终止的主要过程进行说明,需要注意图中启动子和终止子、RNA聚合酶、编码链和模板链等概念,以及转录的方向。关于转录产物,提示不仅有mRNA,还包括tRNA和rRNA,为后续翻译过程做铺垫。

第3目:翻译使特定遗传信息从RNA传递到蛋白质。翻译过程涉及信息由核酸向蛋白质的传递,相对比较复杂。教材首先阐述了mRNA上的密码子概念,然后介绍了tRNA的基本结构和功能,最后结合图示阐述翻译的基本过程。在教材图1-14中,每个步骤都进行了详细注解,使学生能够清楚地理解翻译的基本过程。此外,教材还简要阐述了原核生物基因表达与真核生物的主要区别。思维训练“遗传密码的破译”真实还原科学家探究遗传密码实验的主要过程,通过分析与讨论实验过程及结果,认识其中的科学思维方法。

第4目:遗传信息的传递具有方向性。在本节最后,通过中心法则总结遗传信息传递的过程,并在此结合图示简要介绍了病毒逆转录和RNA复制的过程,使学生对遗传信息传递过程的理解更加全面。

二、教学建议

本节内容建议3课时。

1. 课堂教学建议

(1) 设置活动,引入教学

在教学过程中,可用教材课前活动中比德尔的粗糙链孢霉实验引入教学,初步建立基因与性状的联系。比德尔等采用实验的方法发现了基因与酶之间的联系,他们提出“一个基因一个酶”的假说,核心思想是一个基因通常决定一种蛋白质的合成。因此可引导学生通过分析实验,将基因与蛋白质建立起联系。本活动对思维要求较高,且“细菌培养”“基因突变”等概念学生还未学习,教师可解释相关信息。例如,粗糙链孢霉生长需要精氨酸,精氨酸可以从环境中摄取,也可以自身合成。而精氨酸的合成过程是逐步发生的,通过产生鸟氨酸、瓜氨酸,最后生成精氨酸,每步都需要特定的酶催化。又如,X射线可以使基因发生一些改变。这里可以联系第1节,引导学生回忆DNA的结构,让学生思考:“如果碱基发生了改变,DNA携带的信息是否不同?”通过分析精氨酸合成步骤和教材表1-2,可回答思考与讨论题1,明确菌株A、B、C中所丧失的酶。再通过思考与讨论题2,推断菌株A、B、C中发生改变的DNA片段的功能,建立DNA片段、基因与蛋白质的联系。最后通过思考与讨论题3,引导学生回顾有丝分裂中关于DNA复制的内容,思考遗传信息是如何传递给子细胞的,由此引入第1目的学习。可能学生无法回答这些问题,或者不能理解其中的内涵,可带着问题和思考进入本节学习。

(2) 动态展示,建构连续过程

DNA复制、转录和翻译过程都是分子水平的微观内容,涉及蛋白质、核酸等生物大分子,具有一定的抽象性、连续性和动态性。学生虽然在必修1《分子与细胞》分册接触过相关概念,但未必能很好地将这些大分子与动态的基因表达过程迅速建立联系。建议教师在教学中尽量做到直观化、可视化,以便学生理解。教师在讲解各个过程时,一方面要关注各个过程的要点,另一方面更要帮助学生建立整体动态图景,明确各个过程的意义,为后续学习基因表达调控、基因传递、变异做铺垫。具体过程建议采用动画或视频的形式,边演示边讲解,以增强直观感受。将整个过程拆分成几个大的环节,对每一步的关键点进行提示和讲解,最后再次回顾整个连续的过程,帮助学生建构起动态的、连续的过程。可将DNA复制拆分成解旋、DNA合成两个环节,其中有些问题学生可能会有困惑,需要作进一步说明。例如解旋酶和单链DNA结合蛋白的作用:DNA是双螺旋结构,复制前在DNA解旋酶的作用下发生解旋,DNA两条链解开,暴露出内部的碱基;而单链形式的DNA很容易被核酸酶降解,也容易重新配对形成双螺旋,单链DNA结合蛋白结合到解开的单链DNA上可保护DNA单链并防止其重新形成双螺旋。又如DNA聚合酶和一些特定蛋白质的作用:DNA聚合酶以打开的母链为模板,按碱基互补配对的原则添加新的脱氧核苷三磷酸,并催化形成磷酸二酯键。“特定的蛋白质”包括拓扑异构酶、引物酶等与DNA复制相关的其他蛋白质。但考虑到高中生接受能力,这里无需拓展,只是让学生了解到DNA复制是一个复杂的过程,需要众多蛋白质协同作用,以保证复制的准确性。复制的准确性对物种遗传的稳定性具有重要意义,其物质基础是多种蛋白质的参与。

关于转录,建议拆分为起始、延伸和终止三个环节,帮助学生逐步建构动态过程。在此过程中,有些细节教师可以补充说明,帮助学生正确理解。例如起始阶段涉及的启动子概念和DNA的解旋:启动子是DNA上的一段序列,与转录起始有关,RNA聚合酶可识别、结合在启动子上。后续基因表

达调控会涉及启动子的概念,此处可作为铺垫。与 DNA 复制类似,转录过程也涉及 DNA 的解旋, RNA 聚合酶能够局部解开 DNA 双链。又如延伸阶段 RNA 链合成的方向: RNA 聚合酶沿 DNA 模板链由 $3' \rightarrow 5'$ 方向移动, RNA 合成的方向是 $5' \rightarrow 3'$ 。再如转录的产物有 mRNA、rRNA、tRNA 三种类型,它们具有不同的功能,在翻译过程中会涉及。

关于翻译,可拆分成起始、延伸和终止三个环节。其中有些问题学生可能会有困惑,需要作进一步说明。例如,DNA 模板链和编码链序列、mRNA 上的密码子、tRNA 上的反密码子之间的关系,建议可用实例说明并总结规律,注意一般碱基序列的书写方向均为 $5' \rightarrow 3'$ 。又如翻译过程中,核糖体沿 mRNA 的 $5' \rightarrow 3'$ 方向移动,注意比较教材图 1-13 和图 1-14 中 tRNA 的方向。真核细胞中的翻译起始 tRNA 上连接的是甲硫氨酸,而原核细胞的翻译起始 tRNA 上连接的是 N-甲酰甲硫氨酸。这一点不要求学生掌握,但教师需知悉两者不同。翻译过程需要很多翻译因子的参与,还需要提供能量。原核细胞中转录和翻译过程常常偶联,RNA 聚合酶和核糖体甚至相互结合,可利用教材图 1-15 认识此过程中形成的树状结构。图中“树干”部分为 DNA,“树枝”部分为 mRNA、核糖体及多肽链,“树枝”与“树干”交叉点为 RNA 聚合酶。而真核细胞由于核膜的限制,需先完成转录,RNA 出核后在核糖体上完成翻译。

(3) 重现经典,培养探究能力

DNA 复制、密码子的破译过程都是很好的科学史素材。通过这些经典实验的课堂再现,可以帮助学生建立对科学研究的真实认知,培养学生的科学思维和探究能力。例如关于 DNA 复制的方式,可结合思维训练“DNA 半保留复制的实验证明”引入教学。由于在必修 1《分子与细胞》分册中学生已经学习了有丝分裂,对 DNA 复制有前概念,但不了解具体过程。教师可以设问:有丝分裂后,细胞分裂成两个遗传信息完全一样的子细胞,前提是母细胞在间期发生了 DNA 复制,那么 DNA 复制的方式是怎样的?然后,引导学生阅读并思考梅塞尔森和斯塔尔的实验过程,进行演绎推理,然后将真实的实验结果与演绎推理的结果相对照,得出结论:DNA 复制遵循半保留的方式。再结合教材图 1-10 认识 DNA 半保留复制的具体过程。

又如关于密码子的破译,教师可提出问题:核苷酸的序列怎样对应蛋白质中的氨基酸序列?教师引导学生分析尼伦伯格实验,介绍体外蛋白质合成系统,展示密码子 UUU 的破译案例,得出三个碱基可以对应一个氨基酸的结论。之后引导学生思考:若要破译其他的密码子,应怎样设计?学生通过自主设计,能够更好地发现和体会实验设计的巧妙。对学生在设计过程中遇到的困难,教师需及时给予指导,还可借机使学生领悟密码子的排列对蛋白质中氨基酸组成的重要意义,为学习“变异”概念做好铺垫。

(4) 设计情境,提升认知层次

教师在教学中应注意与教材前后分册、章节内容的联系,帮助学生对细胞活动建立完整的认知,以防“只见树木,不见森林”。根据学生的实际接受能力,可以设计不同层次的情境进行活动,对应不同的素养水平。例如,在教学过程中可以“胃蛋白酶的合成和分泌过程”为情境,通过描述胃蛋白酶合成和分泌的完整过程,与必修 1《分子与细胞》分册中细胞器的功能、酶等概念关联起来,培养学生将细胞中的生命活动进行前后联系的能力,建立整体图景,将对细胞整体功能的认知水平提升到更高的层次。教师可以给学生如下提示:胃蛋白酶的基因在哪里?胃蛋白酶基因如何表达出蛋白质?胃蛋白酶如何被加工?胃蛋白酶如何分泌?胃蛋白酶如何成为有活性的形式发挥功能?

在学生学有余力的情况下,教师也可以选择基因表达过程的调节作为案例,适度延伸,为第3节中“基因表达的调控”做好铺垫。例如,教师可用图片展示基因表达的全过程,引导学生明确只有转录、翻译的过程正常进行,才能最终得到蛋白质。随后引导学生思考:假设转录启动子处被别的蛋白质结合,会导致什么结果?如果只想转录DNA中的几个特定的基因,你能想到什么办法?假设转录出的mRNA被酶降解,会导致什么结果?假设mRNA上核糖体结合的区域被别的蛋白质结合,会导致什么结果?

2. 栏目使用建议

(1) 学习提示

本节设置了3个学习提示。第1目中的学习提示通过具体数据让学生认识到DNA复制具备高度保真性及其对生物体的重要意义。在学习完基因表达的过程后,教师可以回到这里再次提出问题:如果发生了错误,会导致什么后果?第3目中的学习提示可作为问题,引导学生概括归纳密码子的简并性,参考答案:除了甲硫氨酸和色氨酸外,大部分密码子具有简并性,两个或多个密码子编码同一种氨基酸,简并的密码子通常只有第三位碱基不一样。第4目中的学习提示,可让学生自主归纳概括两种病毒的遗传信息传递方向,通过具体案例掌握RNA病毒中遗传信息传递的过程,参考答案:艾滋病病毒和麻疹病毒遗传信息传递的方向分别如图1-3A和1-3B所示。

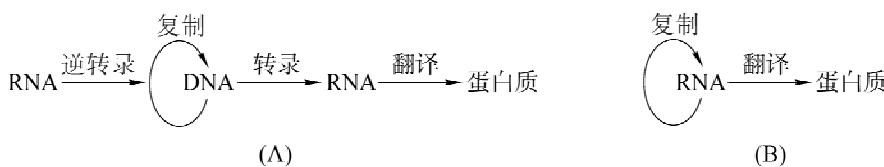


图1-3 艾滋病病毒(A)和麻疹病毒(B)遗传信息传递的方向

(2) 思维训练“DNA半保留复制的实验证明”

本栏目主要通过分析梅塞尔森和斯塔尔的实验,培养学生的归纳与概括、演绎与推理、模型与建模等科学思维。图中DNA条带照片是用紫外光照射后拍照获得的,DNA分子的数量与照片中每个DNA条带的浓度成正比。可以看出,亲代DNA对应 $^{15}\text{N}/^{15}\text{N}$;随着培养代数增加,DNA中 ^{14}N 的比例越来越大, $^{14}\text{N}/^{14}\text{N}$ 条带越来越浓。“思考与讨论”参考答案:1. 培养多代是为了保证大肠杆菌中所有的N都替换成 ^{15}N 。2. 不严格控制培养时间,可能会导致DNA条带发生偏离,甚至出现渐变区域,对实验结果的分析会产生干扰。3. 每一代大肠杆菌的DNA条带都具有清晰的密度区分,因此不可能是“分散复制”模式,第一代大肠杆菌对应的DNA条带组成是 $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$,因此DNA的复制不可能是“全保留”模式,通过对第二代、第三代的DNA条带分析,可以证明DNA的复制是“半保留”模式。

(3) 思维训练“遗传密码的破译”

本栏目通过分析尼伦伯格破译三联密码的实验过程,培养学生的比较思维、运用归纳法总结规律的思维能力。教师也可以根据参考资料,适量补充其他密码子的破译实验,引导学生进行分析:核苷酸与氨基酸有怎样的对应关系?学生通过分析多个实验结果,归纳总结密码子的“三联体”假设。

“思考与讨论”参考答案：用到了比较思维、分析与综合思维、归纳思维等。

(4) 广角镜“端粒酶催化的逆转录与细胞寿命”

本栏目旨在使学生明确逆转录过程不仅存在于逆转录病毒，真核生物也具有，且对维持细胞正常功能具有重要的作用。该栏目简要介绍了人 DNA 端粒中发生的逆转录过程。教师可以结合 DNA 复制的过程加以适当拓展。教材图 1-21 中 DNA 为人 DNA, 3' 端存在 5'-TTAGGG-3' 的重复片段，称为端粒。端粒酶是一种逆转录酶，其中的 RNA 组分可以与端粒 3' 端的 DNA 互补；端粒酶以这段 RNA 为模板，逆转录合成 DNA。端粒酶的具体功能不需要学生掌握，学生只需知道真核生物的 DNA 复制过程需端粒酶进行逆转录，以维持染色体的完整性。

三、拓展资料

1. DNA 复制及端粒酶

真核生物的 DNA 复制是从多个复制起点开始双向进行的，以保证短时间内迅速复制 DNA。真核生物 DNA 每隔约 30 kb 就有一个复制起点，复制步骤如图 1-4 所示。

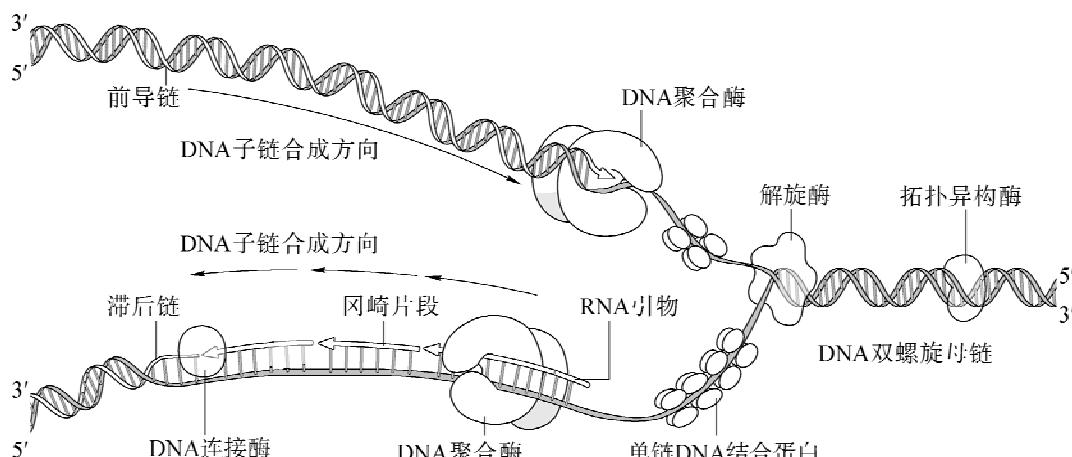


图 1-4 DNA 复制过程示意图

- ① 起始蛋白结合到染色体特定区域，招募各种 DNA 复制相关蛋白。
- ② 拓扑异构酶重新拼接 DNA，以消除解旋酶将要引入的超螺旋。
- ③ 在解旋酶的作用下，DNA 双链从复制起点局部解开成为两条单链，作为 RNA 引物合成的模板。此时的 DNA 看起来像是产生了一个泡，称为“复制泡”，分开的两条链与未复制的双链 DNA 之间的连接区域称为“复制叉”。
- ④ 单链 DNA 结合蛋白结合并稳定解旋的 DNA 单链。
- ⑤ 引物酶开始合成引物。引物酶是一种特殊的 RNA 聚合酶，能以单链 DNA 为模板，合成约 5~10 个核苷酸长度的 RNA 引物。随后，DNA 聚合酶沿着 5'→3' 的方向在 RNA 引物的 3' 端合成新的 DNA 单链。由于 DNA 是反向平行，且 DNA 聚合酶只能向游离的 3' 端添加核苷酸，即 DNA 只能沿着 5'→3' 的方向进行合成，因此两条母链中仅有一条能够随着复制叉的运动进行连续复制，这条 DNA 链指导合成的新 DNA 链称为前导链。另一条 DNA 单链上 DNA 聚合酶运动的方向与复制叉

相反,新合成的 DNA 链称为滞后链(或后随链)。滞后链上 DNA 新链先以短片段的形式合成暂时的中间产物,称为冈崎片段,随后很快连接成一条完整的 DNA 链。

⑥ 在酶的作用下,除去 RNA 引物并在该位置重新合成 DNA,由 DNA 连接酶将片段相连。

由于所有的 DNA 合成启动都需要一条 RNA 引物,这使线性染色体末端的复制成为难题。如果当染色体末端的 RNA 引物去除以后出现了一段未被复制的 DNA,那么每一轮复制完成后,子代 DNA 都会变短,久而久之,染色体末端的基因会丢失。真核生物通过形成端粒结构来解决这个问题。

真核生物染色体的末端称为端粒。端粒由很多重复序列组成,例如,人类端粒由重复序列 5'-TTAGGG-3' 构成。染色体端粒的末端,3' 端都比 5' 长一些,以单链 DNA 的形式存在。一种逆转录酶——端粒酶就可以结合到端粒的末端,以端粒酶自身携带的 RNA 为模板(图 1-5),合成 DNA。随后,端粒酶延伸的 DNA 可回折作为引物,合成其互补链,弥补末端的缺失,保证 DNA 的完整性。端粒酶保证了端粒维持足够的长度,以保护染色体末端不会变短。研究表明,端粒长度可能与细胞老化有关。

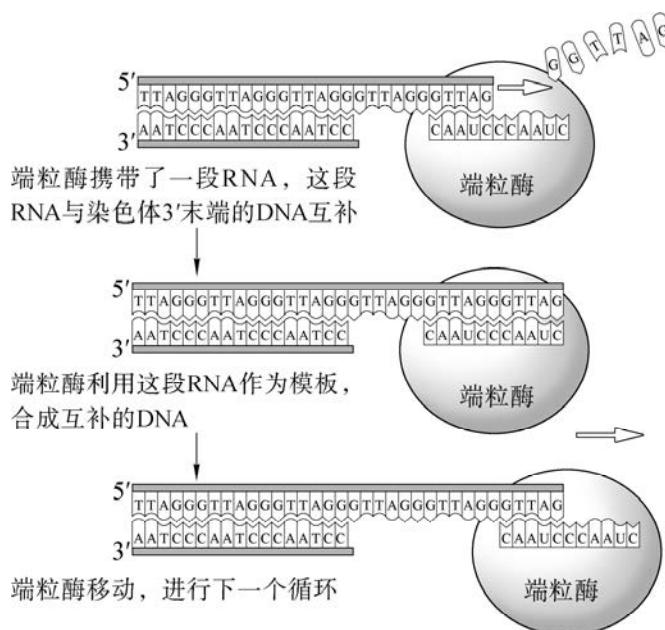


图 1-5 端粒酶作用示意图

2. 梅塞尔森和斯塔尔实验

关于 DNA 如何复制有三种模型:全保留、半保留和分散复制模型。全保留模型认为两条母链保持原本的双螺旋,新合成的子链组成另一条双螺旋。分散复制模型认为复制后旧链和新链的 DNA 以碎片状组合起来(图 1-6)。半保留复制最早由沃森和克里克提出,认为母链会分开,各自作为模板复制一条新的子链并组成双螺旋。

1958 年,梅塞尔森和斯塔尔设计了一个非常巧妙的证实 DNA 复制方式的经典实验。他们将大肠杆菌放在以¹⁵NH₄Cl 为唯一氮源的培养基中培养多代,使所有的 DNA 都被¹⁵N 标记。然后将大肠

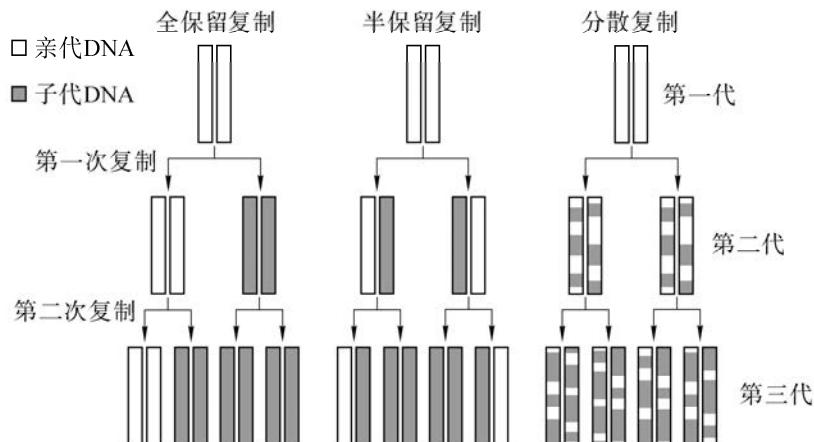


图 1-6 DNA 复制三种模型示意图

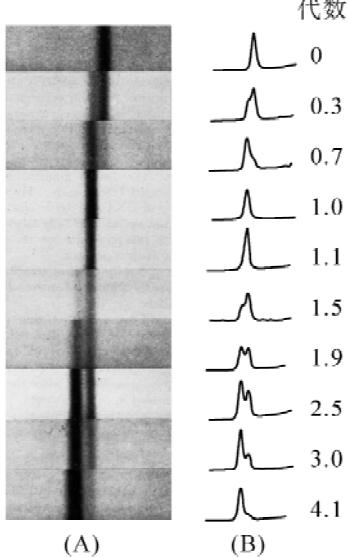


图 1-7 梅塞尔森和斯塔尔的实验结果

杆菌转移到普通培养基(培养基中加入 $^{14}\text{NH}_4\text{Cl}$)中,培养不同时间后收集。将收集的大肠杆菌破碎后,采用CsCl密度梯度离心法进行分离,DNA分子较轻,可以和细胞破碎液中的其他大分子组分分开。最后,用紫外光照射离心后的DNA条带,得到紫外光吸收图像,再用显微密度计对各条带进行扫描。扫描得到的峰值高低与紫外吸收图像中DNA条带的浓度成正比(图1-7中A为紫外光下DNA条带照片,B为显微密度计对条带扫描后得到的峰图),条带的位置与 ^{15}N 或 ^{14}N 的量有关,培养的代数是根据收集时的大肠杆菌细胞浓度估算得出。

若为全保留,复制一代之后应为两条带,分别对应 ^{14}N 和 ^{15}N ,与观察结果不符。若为分散复制,由于新旧链掺入的比例不同,复制之后应为一个弥散的区间,与观察结果不符。只有半保留复制模型的推测结果与实际观察结果相符。

3. 转录

整个转录过程可以划分为三个阶段:起始、延伸和终止。在三个阶段中,RNA聚合酶与不同的转录因子相结合,并受到转录因子的调控。

① 起始:最初是由转录起始因子特异性识别并结合启动子区域的特定序列。例如 σ 因子是细菌的转录起始因子,真核生物的转录起始因子更多、更复杂。 σ 因子可以识别起始位点上游约10 bp 和35 bp处的序列,真核生物的转录起始因子识别起始位点上游30 bp左右的启动子序列(如TATA元件)。转录起始因子将RNA聚合酶招募到启动子上,并决定转录的方向。在转录过程中,DNA的解旋无需解旋酶,而是由转录因子辅助完成:一些转录因子在起始位点上游紧紧固定住DNA双链;另一些转录因子在起始位点下游,在ATP水解的驱动力下,向上游方向移动DNA双链,产生的扭转力会造成DNA双链的解旋(大约11~15 bp)。随后,模板链DNA滑动到RNA聚合酶的活性中心,形成“转录泡”,开始合成RNA。RNA聚合酶能够从头合成核苷酸链,无需任何引物。当RNA合成达到一定长度,就可以打破起始转录因子的束缚,使RNA聚合酶从启动子上脱离,进入延伸阶段。

② 延伸：RNA 聚合酶在 DNA 上移动，不断地把新的核苷酸添加到正在延伸的 RNA 上，驱动力是核糖核苷酸断裂下来的焦磷酸水解释放的能量。RNA 的合成也是从 5'→3' 的方向，即新的核糖核苷酸添加到 RNA 的 3' 端。DNA-RNA 复合物与 RNA 聚合酶活性中心在空间结构上的完美契合使得 RNA 聚合酶能够顺利在 DNA 上前行。非模板链在转录区域上游与模板链重新形成双螺旋。最后，当 RNA 聚合酶遇到终止信号时，就进入了终止阶段。

③ 终止：终止信号会导致转录复合物的解聚和 RNA 产物的释放。在细菌中有两种终止机制：一种是 RNA 转录产物自身内部发生碱基配对，使 RNA 形成“发卡结构”造成转录终止，这段 RNA 的特点是含有一系列的 U，因为 A-U 碱基对结合较弱，利于 RNA 从 DNA 模板链上脱离。另一种是由终止转录因子 ρ 介导。 ρ 呈六元环状，具有 ATP 水解酶活性，并且具有解旋酶的功能，它可以与正在延伸的 RNA 结合，当 RNA 聚合酶遇到卡顿时， ρ 因子就能够追上 RNA 聚合酶，造成 RNA-模板链 DNA 的解聚，从而引起转录复合物的解聚和转录的终止。真核生物的终止过程目前还未研究清楚，但很可能与多聚腺苷酸加尾过程有关，也需要类似于 ρ 的解旋酶以类似的机制引起转录终止。

4. 翻译

翻译过程需要四种组分：mRNA、tRNA、氨酰-tRNA 合成酶和核糖体。

① mRNA：原核生物的每条 mRNA 由一系列蛋白质编码区（称为可读框，ORF）组成，每个可读框对应一个蛋白质，因此细菌的每条 mRNA 常常编码多个蛋白质。有意思的是，这些蛋白质在功能上通常是相互关联的，例如在氨基酸的生物合成过程中参与不同步骤的蛋白质。每个可读框 5' 端的第一个密码子是起始密码子，最后一个密码子是终止密码子。细菌中 90% 以上情况是以 AUG 作为起始密码子，GUG 和 UUG 作为起始密码子的情况分别约占 8% 和 1%。终止密码子包括 UAG、UGA、UAA 三种。真核生物每一条 mRNA 一般只有一个可读框。

② tRNA：tRNA 分子长约 70~80 nt，可以折叠形成茎环结构，在平面上展开像一片三叶草。四个茎的部位通过碱基互补配对呈双螺旋结构，三个环中有 7~8 nt，反密码子位于中间一个环上。所有的 tRNA 的 3' 端都有都有一段序列 5'-CCA-3'，3' 端是与其携带的氨基酸相结合的位点。tRNA 的三维结构呈现 L 形，L 的两端正好是反密码子和氨基酸受体臂。

③ 氨酰-tRNA 合成酶（图 1-8）：由于氨基酸通常有 20 种，相应的就有 20 种不同的氨酰-tRNA 合成酶，催化特定的氨基酸与对应的 tRNA 结合。由于空间结构上精确的契合，每种氨酰-tRNA 合成酶能够准确地识别相应的氨基酸。氨基酸先与 ATP 反应，释放出一个焦磷酸，焦磷酸很快水解，释

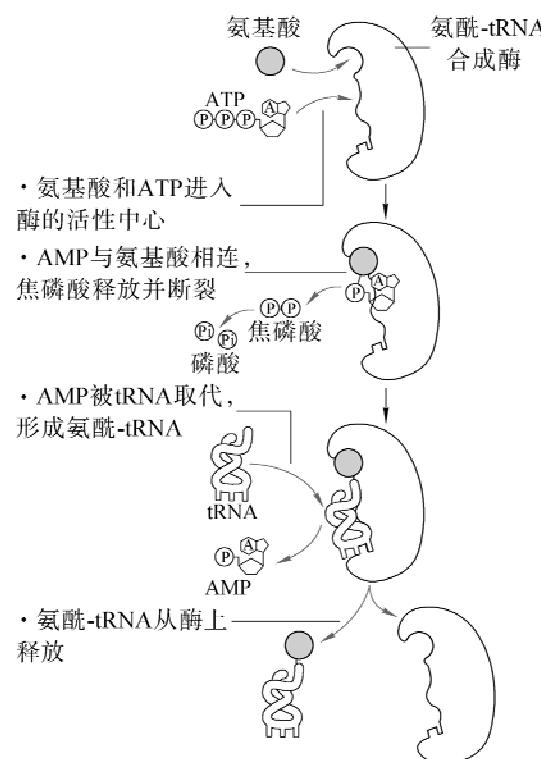


图 1-8 氨酰-tRNA 合成过程示意图

放出的能量驱动氨基酸腺苷酰基化,即与 AMP 的磷酸基团形成高能酯键。在氨酰-tRNA 合成酶中,腺苷酰基化的氨基酸与 tRNA 反应,使氨基酸与 tRNA 的 3' 端羟基反应,并结合到 tRNA 的 3' 端,释放出 AMP。

④ 核糖体: 细菌中核糖体由三种不同的 rRNA 分子和约 50 个蛋白质组成,真核生物核糖体由四种不同的 rRNA 分子和约 80 个蛋白质组成,包含一个大亚基和一个小亚基。大、小亚基根据离心时的沉降速率命名,细菌中的大亚基称为 50S 亚基,小亚基称为 30S 亚基,完整的核糖体为 70S 核糖体;真核生物则由 60S 和 40S 两个亚基形成 80S 核糖体。

翻译是一个动态的过程,可以划分为四个阶段:起始、延伸、终止和核糖体再循环(图 1-9)。与转录过程相似,每个阶段核糖体都与一系列翻译因子相结合,并受到调节。这里主要介绍细菌中的翻译过程,真核生物中的翻译过程更加复杂。

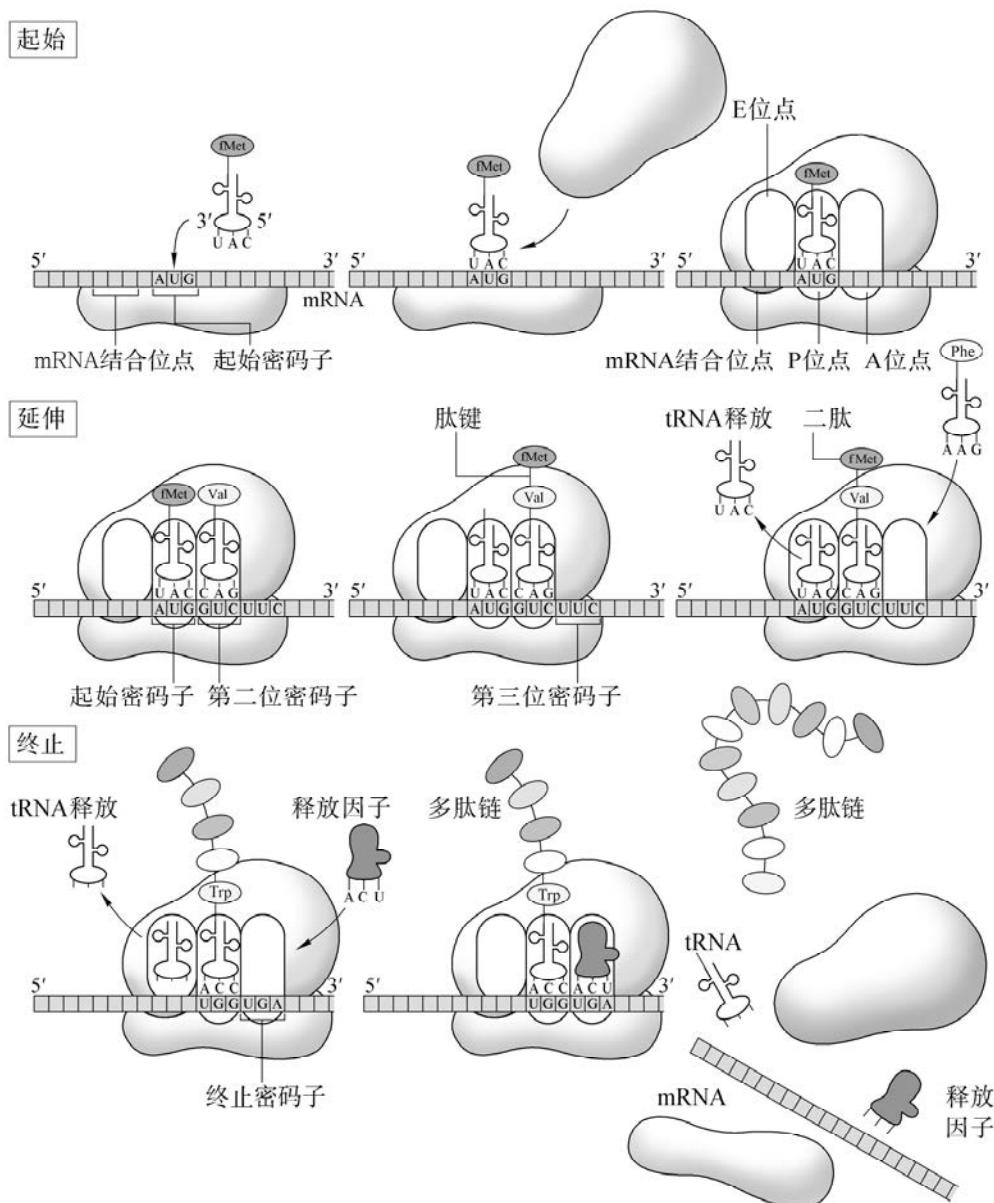


图 1-9 翻译过程示意图

起始：细菌中的翻译起始常常和转录同时发生，核糖体甚至与 RNA 聚合酶相互结合在一起。一旦 mRNA 上的核糖体结合位点(RBS)出现，核糖体就立即结合上去，开始翻译。RBS 通常位于起始密码子上游 8~10 nt，可以与核糖体小亚基中的一段 rRNA 序列发生碱基互补配对，使核糖体正确定位到可读框的起始位点。例如，原核生物的 RBS 序列大多为 5'-AGGAGG-3'。携带有 N-甲酰甲硫氨酸的起始 tRNA 与起始密码子配对(细菌中起始氨基酸会被甲酰化形成 N-甲酰甲硫氨酸)，位于核糖体中的 P 位。最后，大亚基结合形成 70S 起始复合体。

延伸：核糖体中的三种位点分别为 A(aminoacylated 的缩写，意为氨基酸位)、P(polypeptide 的缩写，意为肽位)、E(exit 的缩写，意为解除位)。在延伸因子的帮助下，携带下一个氨基酸的 tRNA 与核糖体 A 位点结合，然后在核糖体中 rRNA 的催化下，下一个氨基酸的氨基与前一个氨基酸的羧基反应形成肽键，使多肽链连接到 A 位点的 tRNA 上。随后，在另一些延伸因子的协助下，P 位点的 tRNA 移位至 E 位点，而 A 位点带着多肽链的 tRNA 移位至 P 位点，使 A 位点重新空出来，等待再下一个 tRNA。这一过程不断重复，直到遇到终止密码子。

终止：终止密码子是被称为“释放因子”的蛋白质识别，随后激活多肽链从 tRNA 上释放。核糖体与 tRNA、mRNA 的解离还需要核糖体再循环因子等分子的参与作用。最后，解离的核糖体参与新一轮翻译过程。

5. 遗传密码破译的具体过程

遗传密码的破译工作从 1961 年开始，至 1964 年完成，先后采用了多种方法才将 64 种密码子中的 61 种所对应的氨基酸确定。

(1) 人工合成 mRNA 联合无细胞的蛋白质合成系统

科学家们发现，将蛋白质合成旺盛的大肠杆菌细胞进行破碎，获得的提取物仍然能够进行蛋白质的合成。因此，人们可以加入人工合成的多聚核苷酸作为模板，在核糖体上合成多肽链，通过分析多肽链中的氨基酸组成和排列顺序，推测密码子的组成。例如密码子 UUU、CCC、AAA 的确定：在蛋白质合成系统中加入一段完全由 U 组成的多聚核苷酸链(poly U)，在采用高浓度 Mg²⁺的情况下，翻译无需起始因子和起始密码子也可以进行。最终人们得到了一段完全由苯丙氨酸构成的多肽链，这表明 UUU 编码的是苯丙氨酸。密码子 CCC 和 AAA 的发现同理。然而，这种策略对密码子 GGG 无效，因为 poly G 的碱基之间形成氢键，导致其无法与核糖体结合。在确定混合密码子(如 CCA、ACC 等)时也遇到了困难。因此最终采用这种策略只确定了少数密码子所对应的氨基酸。

多聚核苷酸链的合成利用的是多核苷酸磷酸化酶(图 1-10)，合成的产物完全依赖反应物中各种二磷酸核苷的比例。若加入两种或者两种以上的二磷酸核苷，那么混合多聚物中的碱基序列完全是随机的，碱基出现的频率完全由反应物的相对浓度决定。例如，只加入碱基为 A 和 C 的二磷酸核苷可以得到 8 种不同的密码子：CCC、CCA、CAC、ACC、CAA、ACA、AAC 和 AAA，得到的多肽链中有 Asp、Gly、His、Thr、Pro、Lys 等 6 种氨基酸，其比例取决于多聚物中 A 与 C 的比例。比如当 A : C 提高到 5 : 1，合成的多肽链中 Asn 的比例大大提高，则可以推测出 Asn 由 2 个 A 和 1 个 C 编码。然而，由于聚合是随机的，人们难以确定 2 个 A 和 1 个 C 的排列顺序是 AAC、ACA，还是 CAA。

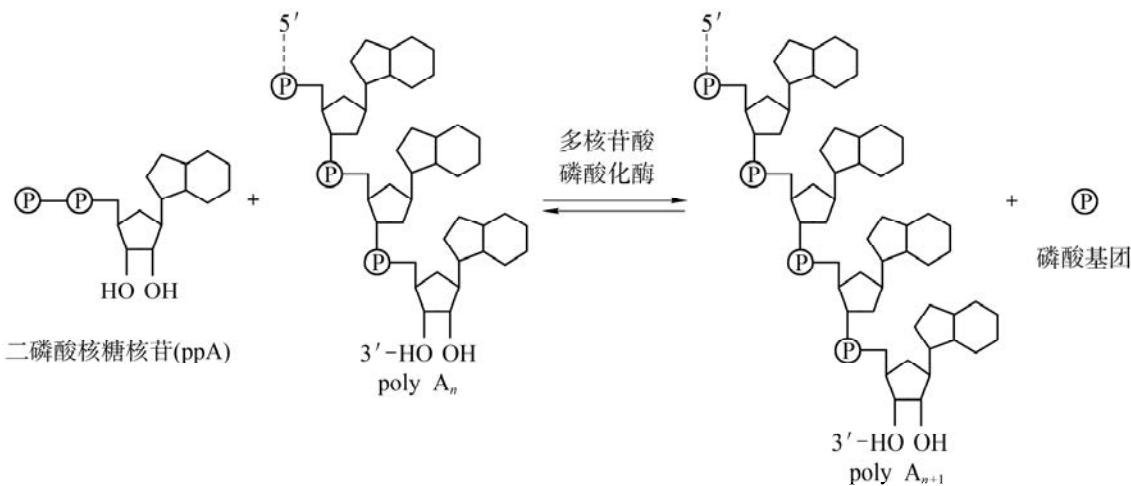


图 1-10 多核苷酸磷酸化酶催化反应

(2) 三联核苷酸结合 tRNA 确定对应氨基酸

1964 年,人们发现只要三联核苷酸的短片段就可以与核糖体结合,并能招募相应的氨酰-tRNA。例如,加入 AAA 三联核苷酸短片段,赖氨酸-tRNA 就能够特异性结合核糖体。这样,密码子的破译就简便多了。例如,5'- UGU - 3' 能够促进半胱氨酸-tRNA 的结合,5'- CCA - 3' 能够促进脯氨酸-tRNA 的结合。人们合成了所有 64 种可能的三联核苷酸,期待能够全部破译。然而,一些三联核苷酸并不能紧密地结合核糖体,因此还是无法全部破译。

(3) 重复共聚物确定密码子

在三联核苷酸结合技术诞生的同时,有机化学技术已经能够合成含有简单重复序列的多聚核苷酸。例如,GUA|GUA|GUA|GUA……、AUG|AUG|AUG|AUG……等。核糖体利用这种多聚核苷酸为模板,可以从任意位点开始合成肽链,但是肽链中的氨基酸具有交替排列的规律。例如,poly AUC 可以被核糖体以三种方式识别,如表 1-6 所示。

表 1-6 poly AUC 可被识别的密码子及其可合成的多肽

三联核苷酸	识别的密码子	合成的多肽	确定的密码子
Poly AUC	AUC AUC AUC AUC.....	Ile - Ile - Ile - Ile -.....	AUC
	UCA UCA UCA UCA.....	Ser - Ser - Ser - Ser -.....	UCA
	CAU CAU CAU CAU.....	His - His - His - His -.....	CAU

以上三种策略的相继使用,最终成功解开了 61 种密码子所编码的氨基酸,其余 3 种是终止密码子(UAA、UGA、UAG)。

第3节 基因选择性表达导致细胞的差异化

一、教材分析

1. 学习目标

本节教材中的学习目标包括：

- (1) 概述基因表达的几种调控方式及表观遗传现象。
- (2) 概述细胞分化的本质是基因选择性表达的结果。

这两项目标是依据《课程标准》内容要求 3.1.4 和 3.1.5 设定的。目标(1)要求概述基因表达的调控方式和表观遗传现象(水平 2)。目标(2)要求概述细胞分化与基因选择性表达的关系(水平 2)。

2. 概念聚焦

本节聚焦的核心概念是依据《课程标准》内容要求 3.1.4 和 3.1.5 而选取的。教材的核心概念和主要生物学事实如表 1-7 所示。

表 1-7 本节核心概念及相关生物学事实

核心概念	主要生物学事实
生物体中基因表达受到严格调控，细胞分化的本质是基因选择性表达的结果	基因表达存在转录水平、转录后水平、翻译水平和翻译后水平几种调控方式 基因选择性表达导致细胞的差异化
表观遗传是指基因的碱基序列不发生改变，但表型发生可遗传的改变	表观遗传机制包括 DNA 甲基化、组蛋白修饰和 RNA 干扰等 表观遗传现象中碱基序列没有改变，通过改变基因表达的过程，使细胞或个体的表型遗传给后代

3. 学习内容

本节主要分为两部分：第一部分概述细胞分化的本质是基因的选择性表达；第二部分概述表观遗传现象。考虑到基因表达调控这部分内容对学生来说有难度，教材由简入深，首先课前活动中以大肠杆菌在不同环境下基因差异化表达为案例，使学生初步认识到并不是所有的基因都会被表达：在不同的环境下，不同的基因被选择性表达，产生不同的蛋白质。学生通过分析图示，并运用比较的方法，可以发现 *LacZ* 等基因的表达取决于环境中乳糖的有无，即有乳糖→乳糖与阻遏蛋白结合→RNA 聚合酶可以结合启动子→*LacZ* 等基因可以表达；无乳糖→阻遏蛋白结合到启动子上→RNA 聚合酶无法结合启动子→*LacZ* 等基因不能表达。因此，分析出环境可以影响基因表达。“思考与讨论”参考答案：1. 基因控制酶的合成，大肠杆菌主要利用调控转录的发生与否来进行差异化表达。当环境中有乳糖时，大肠杆菌需要启动相关基因的转录过程来获得所需的酶；而当环境中没有乳糖时，利用阻遏蛋白进行调节，使相应酶的基因无法发生转录，关闭基因表达以节约能量。因此，大肠杆菌

可以根据环境的不同,开启或关闭相关基因的表达。2.生物体通过特定的蛋白质与DNA相互作用来调节基因的表达,可以满足自身生存、生长的需求,适应环境变化。

第1目:细胞分化的本质是基因选择性表达的结果。以胚胎发育过程中基因选择性表达导致细胞分化、果蝇*Antp*基因异常表达两个案例,使学生对细胞分化和基因选择性表达的理解更加深入。真核生物基因表达调控较为复杂,因此教材将这部分内容安排在广角镜中,供学有余力的学生学习。通过这部分内容的学习,学生已经基本能够理解基因表达调控的方式,因此教材把表观遗传内容放在本节最后,便于学生理解。

第2目:表观遗传机制调控基因表达。表观遗传的三种机制都配备了示意图,尽可能直观地展示这三种机制。而且,每种机制都有相关案例,便于学生理解。

通过本节的学习,学生应该能够运用结构与功能观,从分子水平认识细胞分化的本质,理解即使碱基序列没有改变,通过影响基因表达的过程,表型也可以发生遗传的表观遗传现象。本节内容还具有重要的教育意义:学生应能理解生命和环境之间的关系是相互的,环境也会对生物体产生影响,有些甚至会遗传给后代,从而认同环境保护、健康生活的重要性。

二、教学建议

本节内容建议2课时。

1. 课堂教学建议

(1) 通过演绎推理,体会基因调控的精妙

在教学过程中,可利用教材课前活动中提供的大肠杆菌在不同环境下基因差异化表达的案例,使学生认识到环境改变会影响基因表达。教师可以先回顾基因表达的过程和条件,然后引导学生运用演绎推理的方法,分析在不同环境条件下基因选择性表达的各种方式和结果。由于基因表达调控的内容难度较大,学生刚接触可能难以很快理解,建议教师不要急于给出结论,先将案例中大肠杆菌乳糖利用相关基因上的位点分析清楚,使学生充分认识到这些位点与基因表达之间的联系,然后可以借助动画等,引导学生对每一种情况进行分析、推理。教师随后可与学生一起提炼总结环境与基因表达之间的关系,使学生认识到即使遗传信息不改变,外界环境也可以影响基因表达,产生不同的蛋白质,最终使细胞产生差异。考虑到大部分学生的理解能力,大肠杆菌的乳糖利用相关基因表达调节模型简化为“有乳糖”“无乳糖”两种情形,对学有余力的学生,教师也可以稍加完善,增加“有葡萄糖”“无葡萄糖”两种情形,使学生进一步感受环境对基因表达的影响,以及生物体通过选择性表达适应环境的分子机制。

教师也可以用教材中果蝇*Antp*基因异常表达的案例,进一步巩固对“基因控制性状”的理解。教师先展示教材图1-24A,介绍部分基因与身体各部位发育的对应关系,再提出问题让学生思考:在将要发育成触角的细胞中,有没有这些基因?如果其中控制形成足的*Antp*基因发生了转录、翻译,会看到什么现象?学生首先要明确,身体的每一个细胞都是由受精卵有丝分裂而来,因此具有相同的基因;其次,基因通过转录、翻译,最终会产生特定的蛋白质,可能会导致细胞的种类发生改变。通过推理,得出“果蝇触角的位置会长出足”这一结论。这一案例能够使学生直观地理解基因表达与

细胞分化的关系,体会发育过程中细胞活动的严谨和精密。教师还可以多寻找一些精彩案例,帮助学生体会基因调控的精妙。

(2) 充分利用案例分析,加深对现象与本质的理解

表观遗传是《课程标准》中新增的内容。近年来,表观遗传逐渐成为生物学领域的研究热点,科学家们发现很多生物学现象背后的本质都是表观遗传,进而揭示了越来越丰富的表观遗传机制。由于表观遗传机制较为微观、抽象,建议教师主要以案例来进行教学。使用案例辅助教学的意图如下:
①教学时先以案例引起学生兴趣,再分析现象背后的本质,帮助学生理解表观遗传的概念和意义。
②在学生掌握表观遗传机制之后,再次通过新的案例,培养学生运用所学知识对新情境、新问题进行分析和解释的能力,完成能力的迁移。
③表观遗传现象中有很多环境、不良生活习惯对个体及后代造成影响的案例,通过这些案例可以促使学生关注并认同健康生活、保护环境的重要性。

例如,教材中列举的发现 RNA 干扰的经典案例:矮牵牛的花色实验。教师展示这一案例,然后再结合教材图 1-30 说明 RNA 干扰的过程。解读的过程中抓住核心问题:基因表达需要完整的 mRNA 被核糖体识别并翻译成多肽链,因此阻碍核糖体结合或使 mRNA 被降解都可以抑制基因表达。最后引导学生讨论:RNA 干扰可能有哪些应用前景?借此将分子生物学原理与现实生活中的应用联系起来,拓展学生思路。

蜜蜂的发育过程也是受到表观遗传调控的经典案例。雌性幼虫若主要吃蜂王浆则发育成为蜂王,其身形较大、生殖腺发达,任务主要是繁衍后代;若雌性幼虫主要吃蜂蜜,则发育成为工蜂,其身形较小,只负责采蜜等而不负责生育。教师先通过这一有趣的案例激发学生兴趣,然后引导学生思考:都是同一只蜂王产下的雌性幼虫,基因会不会有很大的区别?只是食物不同,为什么会影响它们今后的命运呢?学生经过思考、讨论,应该能够推测出蜂王浆中可能有特殊成分影响了基因的表达。教师可以展示科学家的发现:2008 年《科学》(Science)杂志上发表了一项研究,幼虫细胞中 DNA 甲基化酶 Dnmt3 的缺失使幼虫发育成了蜂王,而且这种“人造”蜂王和正常蜂王在外形、卵巢等方面几乎没有区别。这说明蜂王浆很可能是通过某种成分影响了 DNA 甲基化酶,使其无法进行 DNA 甲基化,从而改变了幼虫细胞的基因表达,使幼虫发育成蜂王。然后请学生讨论:为什么 DNA 甲基化会影响基因的表达?结合学生回答,教师总结 DNA 甲基化这一表观遗传机制,使学生理解“基因中碱基序列不变但表型改变”的表观遗传现象,建构起表观遗传的概念。

(3) 联系进化相关内容进行讨论,培养批判性思维

表观遗传机制的发现,也使科学家们开始重新认识进化论先驱拉马克的理论。拉马克的“获得性遗传”观点,因缺乏证据,一直不被学界认可。然而,表观遗传在某种程度上为“获得性遗传”提供了科学解释,因为环境确实能够通过表观遗传机制使亲代的一些改变可以遗传给后代,使后代也具有相似的性状。在学习第 4 章进化理论时,教师可以再次回顾本节内容,和学生围绕“表观遗传能否为拉马克‘获得性遗传’观点提供证据”这一问题展开讨论,培养学生的批判性思维。

2. 栏目使用建议

(1) 广角镜“真核生物基因表达的多种调控方式”

真核生物中具体的基因表达调控方式不要求学生掌握,因此将这部分内容设置在“广角镜”中,

教师可以视情况选择是否讲解。这部分内容中的“转录水平调控”“翻译水平调控”和“翻译后水平调控”都与已学习的内容密切相关，教师可以借此加以巩固，同时拓展学生视野。教材图 1-25 中①～⑥表示各个外显子，中间间隔的浅蓝色区域表示内含子。转录出的 RNA 前体完整保留所有内含子和外显子，经过剪接切去内含子部分，才能成为成熟的 mRNA。可变剪接产生了多种 mRNA，因此经过翻译可产生多种肽链。

(2) 前沿视窗“从基因工程到基因编辑”

前沿视窗栏目介绍了获 2020 年诺贝尔化学奖的“基因编辑”技术。这一技术现在正在飞速发展，新一代 CRISPR 技术已经可以更有效、更精确地修改基因组，成为疾病治疗的新手段。有意思的是，这一技术和高中生物学很多章节介绍的原理都有联系，因此教师可以在不同的学习阶段借助这一栏目对所学知识进行巩固或深化。例如，CRISPR/Cas9 系统是源自细菌体内的防御系统（类似于人类的免疫系统），科学家们正是利用了这一系统，根据需要进行改造和设计实现特定的目标，例如删除一些基因、添加一些基因等。

三、拓展资料

1. 真核生物基因表达调控方式

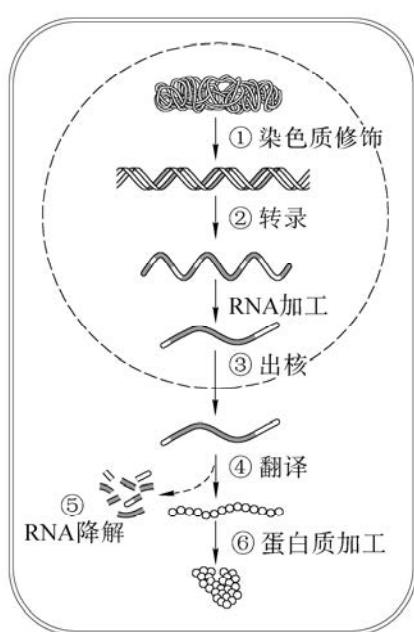


图 1-11 真核生物基因表达过程图

相对原核细胞，真核细胞中基因表达更为复杂（图 1-11），过程中的每一步都可能成为基因表达的调控点。其中，转录水平的调控是最主要的调控方式。因为当细胞接收到外界的信息（如激素等信号分子），往往都通过调控转录来控制基因表达。真核生物基因表达的调控方式总结如下。

(1) 染色体水平的调控

不同于原核细胞中的 DNA，真核细胞的核 DNA 缠绕在组蛋白上构成核小体。这种结构可以通过特定修饰变得紧密或松散，从而调节 RNA 聚合酶的结合，对基因表达调控具有重要意义。这些特定修饰包括组蛋白修饰和 DNA 甲基化等方式。

组蛋白修饰：每个组蛋白分子的 N 端向核小体外伸展，各种修饰酶可对其进行化学基团的添加和抹去。例如，N 端的组氨酸上可以发生乙酰化修饰（ $-COCH_3$ ），中和组氨酸上的碱性基团，导致组蛋白与相邻核小体的联结变得松散（图 1-12）。一旦这部分染色质呈现松散的结构，转录相关蛋白质就能够结合到基因启动子区域，开启基因的表达。

再如，组蛋白的 N 端还可以发生甲基化和磷酸化，甲基化会导致染色质的结合更加致密，而在相邻位置氨基酸上再进行磷酸化就具有相反的效果。此外，组蛋白上还可以发生泛素化、ADP 核糖基化等修饰。由此可见，组蛋白 N 端氨基酸上的修饰方式，决定了相关区域基因是否表达。21 世纪初，就有科学家提出了“组蛋白密码”的假说，认为组蛋白上的修饰可能存在特定的排列组合，像遗传密码一样，决定了基因的表达。

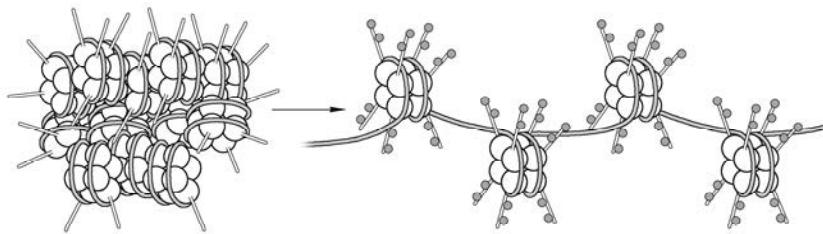


图 1-12 组蛋白去乙酰化和乙酰化后的染色质状态比较

DNA 甲基化修饰: DNA 的碱基(通常是胞嘧啶)也可以被一些酶进行甲基化修饰。DNA 甲基化修饰常常导致大范围的基因沉默。

(2) 转录水平的调控

真核基因的转录起始需要大量蛋白质和 DNA 元件的参与,因此可以受到非常精细的调节。一个典型的真核基因完整结构如图 1-13 所示。

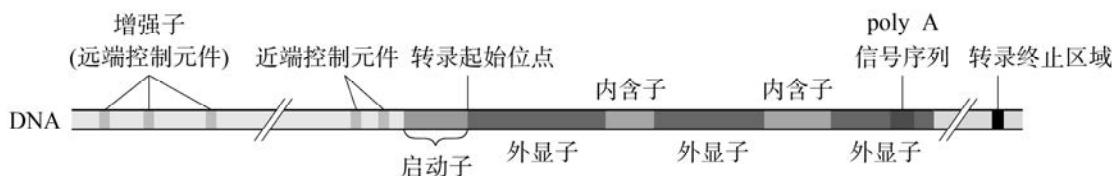


图 1-13 某段真核基因完整结构示意图

基本转录因子会结合启动子区域,随后招募 RNA 聚合酶进行转录。然而这种转录起始的水平较低,高水平的转录起始往往需要基因上下游控制元件和特异性转录因子的参与。远端控制元件(也称为增强子)位于基因上游或下游,相距甚至可能有数千个碱基对。增强子激活后,通过与转录起始复合物结合,可以极大地改变基因表达的速率。一个基因可能存在好几个增强子,在不同的细胞中、不同的时刻被激活,调节基因的表达。

(3) 转录后水平的调控

转录合成的前体 RNA 需要通过修饰成为成熟的 RNA。同一个前体分子可能在不同的剪接位点发生剪接反应,生成不同的 mRNA,最终指导合成不同的蛋白质。这部分内容教材广角镜栏目中已有详细阐述,这里不再赘述。

除了可变剪接调节,mRNA 的稳定性也是一种调节方式。在 mRNA 的 3' 端存在一段非翻译区,这部分核苷酸决定了 mRNA 在细胞质中存活时间的长短。例如,血红蛋白的 mRNA 就非常稳定,可以在细胞质中被多次重复翻译产生大量蛋白质。

(4) 翻译水平的调控

由于翻译需要起始因子与 mRNA 结合,调控蛋白通过结合 mRNA 阻碍起始因子的结合,可阻碍核糖体的结合,抑制翻译过程的发生。

mRNA 还可以通过改变自己与翻译相关蛋白质结合的区域影响翻译起始,如 5' 端的帽子结构、3' 端的 poly A 尾巴等。例如,在很多生物卵细胞中 mRNA 的 poly A 尾巴都较短,不能与核糖体结合启动翻译过程。而当形成胚胎后,细胞质中的一种酶可以添加腺苷酸到 3' 端的尾巴上,促进翻译过程的发生。

翻译起始还可以通过对起始因子修饰进行调节。例如,对起始因子 eIF - 4B 进行磷酸化可以激

活翻译过程,而起始因子 eIF - 2 的磷酸化则可以抑制翻译。

(5) 翻译后水平的调控

翻译合成的多肽,需要经过折叠、加工和修饰才能成为具有活性的蛋白质,如教材中提到的胰岛素。很多蛋白质还需经过磷酸化、糖基化,如 RNA 聚合酶 I 磷酸化后活性可提高 3~4 倍。因此,通过对蛋白质进行磷酸化/去磷酸化,可以调节蛋白质的活性。

在蛋白质层面还可以通过改变蛋白质的寿命进行调节。例如,细胞周期的维持需要一种周而复始地出现和消失的蛋白质——细胞周期蛋白。在细胞周期的特定时刻,细胞周期蛋白会被水解,一般通过在蛋白质上加上泛素化的修饰,由蛋白酶体识别并降解。

2. 乳糖操纵子及色氨酸操纵子

乳糖操纵子及色氨酸操纵子是原核基因表达调控的经典案例。原核基因的表达具有如下特点:
①原核基因不存在内含子。②原核细胞没有细胞核,因此 mRNA 在转录还未完成时就可以开始翻译,即转录和翻译是偶联的。③原核细胞中功能上相关的基因常常串联排列,受同一个操纵区域调控。这种由多个基因和操纵区域共同组成的转录单位称为操纵子(operon)。因此,原核基因表达的调控主要在转录水平,通过开启或关闭操纵子进行调节。

(1) 乳糖操纵子

乳糖操纵子是原核基因调控的一个经典案例,于 1961 年由雅格布(F. Jacob)和莫诺德(J. L. Monod)提出,他们也因此获得 1965 年的诺贝尔生理学或医学奖。大肠杆菌会优先利用葡萄糖作为能源。当环境中葡萄糖耗尽且存在乳糖时,大肠杆菌可以制造一系列酶,包括 β -半乳糖苷酶(Z)、 β -半乳糖苷透性酶(Y)和 β -半乳糖苷乙酰基转移酶(A),来吸收利用乳糖作为能源。而当环境中没有乳糖,大肠杆菌又会立即停止合成这一系列酶,以节约能量。这种精确的调控就是通过乳糖操纵子实现的。大肠杆菌的乳糖操纵子结构如图 1-14 所示。

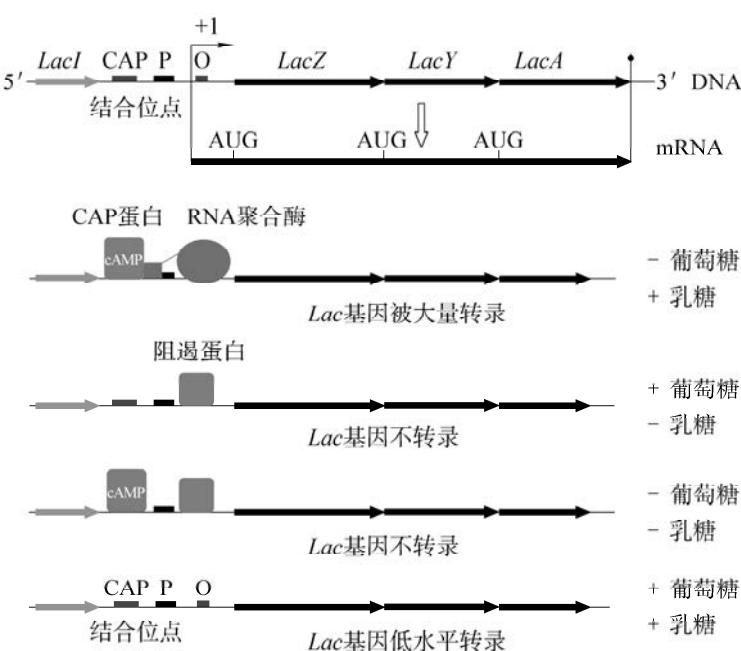


图 1-14 乳糖操纵子模型及调控模式

LacZ、*LacY*、*LacA* 分别编码 β -半乳糖苷酶、 β -半乳糖苷透性酶和 β -半乳糖苷乙酰基转移酶。*LacI* 编码阻遏蛋白。O 是操纵区，是阻遏蛋白的结合位点。P 是启动子。CAP 是 CAP 蛋白的结合位点。

当环境中没有乳糖时：阻遏蛋白结合在操纵区 O 上，阻碍了 RNA 聚合酶的结合，抑制了操纵子中基因的表达。

当环境中有乳糖时：乳糖进入细胞内，在 β -半乳糖苷酶的作用下生成异乳糖，异乳糖与阻遏蛋白结合改变其空间结构，使其不能与操纵区 O 结合，使操纵子中的基因能够被表达。这是一种负调控模式。

但是乳糖操纵子中是一个弱启动子，转录活性较低，因此还需要正调控机制促进转录的进行。

当环境中缺乏葡萄糖时：细胞中的 cAMP 含量增加，CAP 蛋白被激活，结合在启动子附近并招募 RNA 聚合酶，促进转录的发生。

当环境中葡萄糖充足时：细胞中 cAMP 含量降低，CAP 不被激活，基因不会转录。

由于乳糖操纵子的正负调控协调作用，保证了细胞会优先利用葡萄糖作为能源，只有当缺乏葡萄糖且有乳糖时才表达相关基因。

(2) 色氨酸操纵子

色氨酸操纵子控制编码色氨酸生物合成所需要的 5 种酶（分别由 *trpA*、*trpB*、*trpC*、*trpD*、*trpE* 编码）的表达（图 1-15）。产生阻遏蛋白的基因 *trpR* 距离操纵子很远。

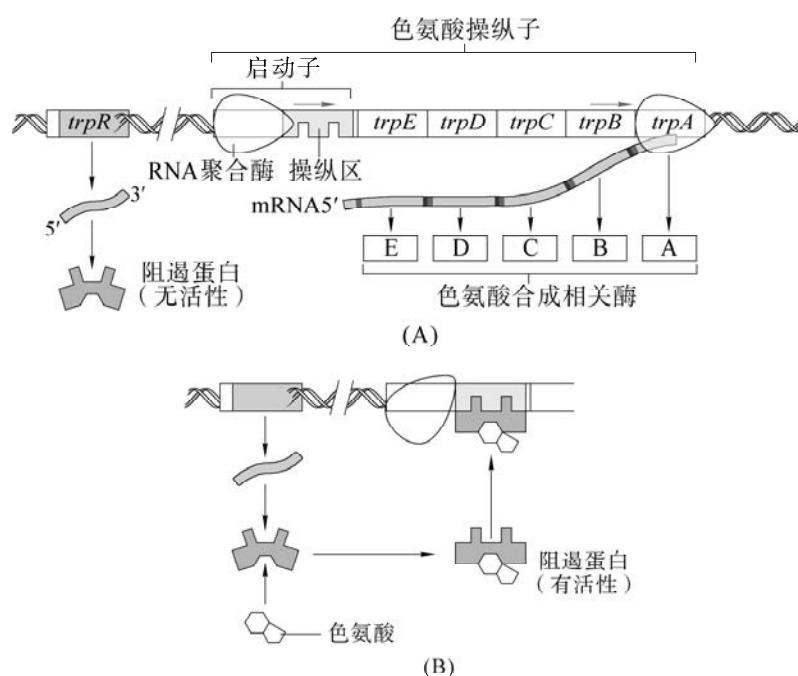


图 1-15 色氨酸操纵子模式图及调控原理

当环境中没有色氨酸时：阻遏蛋白无法结合操纵区，开启相关酶基因的转录表达。

当环境中有大量色氨酸时：色氨酸结合阻遏蛋白，使其变为有活性的结构，能够结合操纵区，抑制转录的进行。

3. 受精卵不均等胞质分裂的过程

受精卵的第一次卵裂时，基因表达产物——卵黄的不均匀分布，导致细胞两极“环境”微小的差

异,成为“动物极”和“植物极”。在接下来的卵裂过程中,细胞的不均等分裂将这种差异扩大成为两个细胞之间的差异,而这种差异进一步导致两个细胞之间基因表达的差异,从而导致了这两个细胞未来命运的不同(图 1-16)。

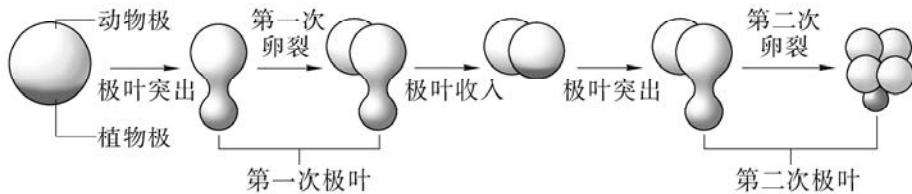


图 1-16 受精卵的不均等胞质分裂过程

4. 表观遗传相关案例

表观遗传的机制在教材中已有详细阐述,本节课堂教学建议中也有举例,这里再列举一些表观遗传案例,供教师选择参考。

(1) 基因印记

即使是同卵双胞胎,表现却并不完全相同。原因是细胞中的基因有两套,一套来自父亲,一套来自母亲。在形成受精卵的过程中,大部分基因的两套都会表达。然而,少数基因却具有亲本选择性:亲本在形成精子或卵子时,这些基因发生表观遗传修饰而被亲本“印记”,受精卵中这一套被“印记”的基因就会发生 DNA 甲基化而导致关闭,只表达来自另一亲本的基因。这种现象被称为基因印记。如果正常印记过程出现错误,就会产生差别,甚至导致各种疾病。例如,“贝-维综合征”是一种过度生长的疾病,患儿具有体重超重、舌肥大等特征,然而很多患儿的双胞胎兄弟却完全正常。这种疾病正是由于编码生长因子的基因 *Igf2* 印记丢失而导致异常表达(图 1-17)。

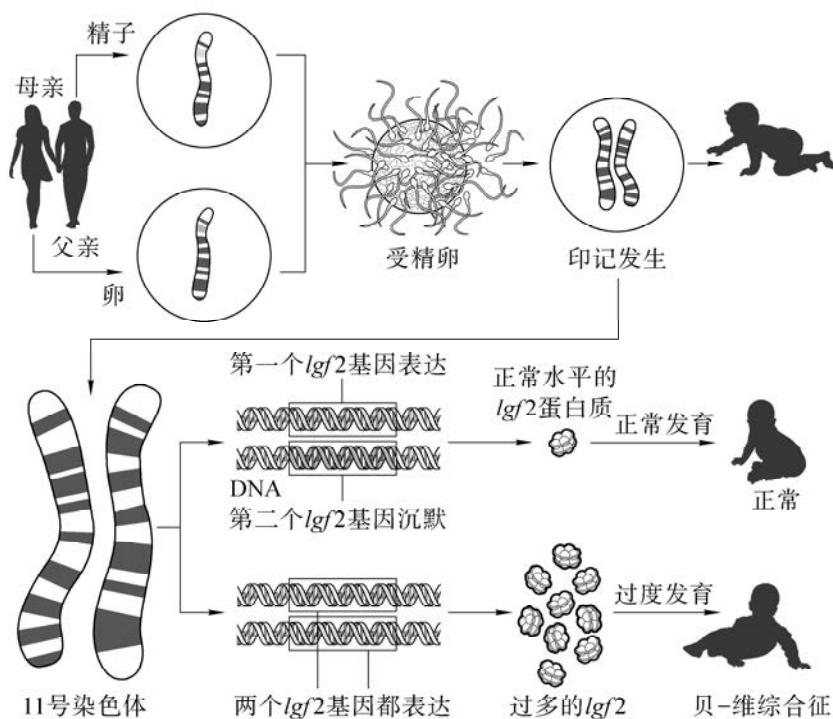


图 1-17 基因印记与贝-维综合征

(2) 玳瑁猫与 X 染色体失活

在胚胎发育早期,雌性胎盘类哺乳动物细胞具有 X 染色体随机失活的现象。两条 X 染色体中的一条会随机失活,这条 X 染色体上的大部分基因不能表达,因此细胞只会表达有活性的 X 染色体携带的遗传信息。例如,玳瑁猫控制毛色的基因位于 X 染色体上,当雌性个体为杂合子时,不同细胞中的 X 染色体随机失活,因而表现出黄黑色的斑块(图 1-18)。

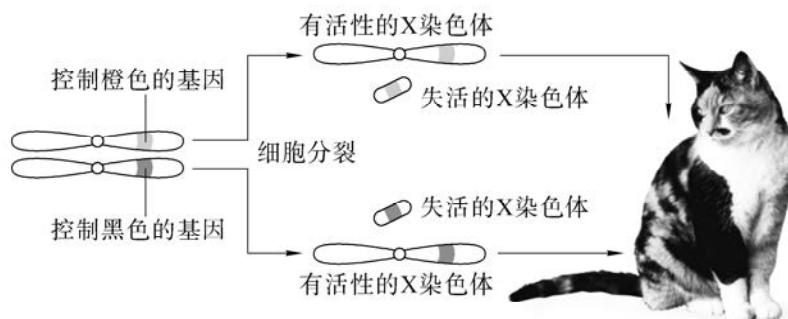


图 1-18 玳瑁猫的毛色与 X 染色体随机失活

(3) 雄性小鼠暴露在尼古丁环境使后代产生行为障碍

2018 年的一项研究发现,将雄性小鼠暴露在尼古丁环境一段时间,后代小鼠在学习能力上严重退化,其注意力、脑部单胺类神经递质含量、多巴胺受体表达水平也都大幅降低。分析发现,尼古丁引起了大量基因区域发生了 DNA 甲基化,这种表观遗传标记也被遗传给了子一代和子二代。该研究提示不仅直接的吸烟行为会影响后代,只要双亲任何一方长期暴露于尼古丁环境就可能会对后代产生不良影响。

第2章 有性生殖中的遗传信息传递

遗传和变异是遗传学研究的基本问题,孟德尔提出的遗传学基本规律是经典遗传学的重要组成,而减数分裂以及受精作用是遗传学基本规律以及遗传与变异的细胞学基础。本章以减数分裂等内容为先导,再阐述分离定律、自由组合定律和伴性遗传等内容,在知识体系上紧密关联,并为后续第3章“可遗传的变异”、第4章“生物的进化”奠定学习基础。本章旨在解决亲代的遗传信息是怎样通过配子传递给子代,这一过程中染色体和基因遵循怎样的规律,如何用这些基本规律更好地解释遗传现象以及如何用于生产生活实践等核心问题。同时,还需要特别关注科学探究中各种科学思维方法的学习和科学探究精神的培养。本章学习对学生的演绎推理、模型建构能力的要求较高。

一、本章对应的《课程标准》要求

1. 内容要求与教学活动

本章内容框架的确定和主要内容的编写是依据《课程标准》内容要求“3.2 有性生殖中基因的分离和重组导致双亲后代的基因组成有多种可能”。教材结合学科内在体系和教学目标,分3节进行概述和说明(表2-1)。

表2-1 第2章内容与《课程标准》要求对照表

教材内容	《课程标准》要求
第1节 有性生殖中遗传信息通过配子传递给子代	3.2.1 阐明减数分裂产生染色体数量减半的精细胞或卵细胞
	3.2.2 说明进行有性生殖的生物体,其遗传信息通过配子传递给子代
第2节 亲代基因传递给子代遵循特定规律	3.2.3 阐明有性生殖中基因的分离和自由组合使得子代的基因型和表型有多种可能,并可由此预测子代的遗传性状
第3节 性染色体上的基因传递与性别相关联	3.2.4 概述性染色体上的基因传递和性别相关联

根据《课程标准》教学提示中提出的活动要求,结合实际课时,本章安排了2个学生活动(表2-2)。

表 2-2 第 2 章实验和活动与《课程标准》要求关系

实验名称	实验性质	《课程标准》要求
模拟减数分裂过程中染色体的变化	学生活动	运用模型、装片或视频观察模拟减数分裂过程中染色体的变化
模拟植物花色性状分离	学生活动	模拟植物或动物性状分离的杂交实验

2. 学业要求

《课程标准》关于本章学习的学业要求是学生应该能够：运用细胞减数分裂的模型，阐明遗传信息在有性生殖中的传递规律；运用统计与概率的相关知识，解释并预测种群内某一遗传性状的分布及变化；运用遗传与变异的观点，解释常规遗传学技术在现实生产生活中的应用。对此，教材从以下几个方面进行落实。

生命观念：本章落实的生命观念主要是“结构与功能观”，即遗传信息传递的结构基础是染色体和基因。例如，遗传稳定性的结构基础是减数分裂过程中染色体的平均分配和受精作用过程中来自雌雄配子染色体的重新组合；性状变异的结构基础是基因随着染色体分离以及自由组合随机进入配子。在上述过程中，学生通过发现染色体这一结构作为基因的载体，及其在行使传递遗传信息这一功能过程中的结构或行为变化，从而对减数分裂的意义和遗传规律的本质有更加清晰的认识，进而分析和解释特定情境中的生命现象。

科学思维：本章覆盖的科学思维方法广泛，包括归纳与概括、演绎与推理、模型与建模等。这里仅列举一些运用科学思维方法解释生命现象及规律的核心学生活动。（1）演绎：如借助模型，根据减数分裂中两对染色体的行为变化演绎三对染色体的行为。（2）推理：如根据减数分裂过程中染色体分离的不同情况，推断可能产生的配子的类型；再如对已知基因型或表型的亲本所产生后代的基因型或表型进行预测。（3）归纳：根据基因在染色体上的位置关系，归纳基因分离定律与减数分裂的关系。（4）建模：如利用染色体模型构建减数分裂的过程，再如利用计算机程序模拟性状分离的过程。（5）概括：如概括有性生殖中基因的分离和重组导致双亲后代的基因组合的可能性。

科学探究：本章的第 2 节和第 3 节均是按照科学探究的基本步骤——发现问题并作出假设、设计实验、实施实验、分析结果、提出新的问题……引导学生学习并感悟科学史上的真实探究过程。此外，学生通过计算机程序模拟“豌豆花色性状分离的”杂交实验，经历统计的过程，并进一步归纳模拟结果的统计学意义和生物学原理，在设计参数、观察结果和解释现象的过程中培养学生运用数学方法分析实验结果的能力。

社会责任：遗传规律在实际生活生产实践中应用广泛，也是本章社会责任渗透的重中之重，主要体现在两方面：一是孟德尔的豌豆杂交实验中所涉及的杂交育种的方法和其发现的分离定律、自由组合定律对杂交育种方案设计的启示；二是在“生物学与社会”栏目中涉及的根据伴性遗传特点选育家禽品种。两者均旨在引导学生应用遗传规律解决生产实践中的实际问题，进而认识到生物学研究对当今社会发展的推动作用，同时鼓励学生关注遗传学研究前沿。

此外，本章教材正文中特别突出了遗传规律的研究及发现过程，如孟德尔对豌豆一对性状的研究到多对性状的研究，摩尔根在果蝇眼色预测中所使用的正交和回交……这些实验方法与过程的学习也有助于学生感悟科学思维方法和科学探究精神。

二、本章与学科体系内容关系

1. 本章与其他章节之间的关系

本章为第3章奠定了细胞学基础,即通过减数分裂和遗传规律的学习,建立基因与染色体之间的关联,特别是对“染色体所发生的自由组合和交叉互换,会导致控制不同性状的基因重组,从而使子代出现变异”的理解极为重要,有助于对“变异”较高学习水平的达成,如“预测相关基因的遗传概率”“分析染色体变异所致的子代染色体核型产生原因”以及“解释基因重组增加变异可能性的原因”等。此外,第3章中“举例说明人类遗传病是可以检测和预防的”,其最基本的学习水平是要“预测子代的基因型和表型”,要求学生能够熟练应用基因的分离定律、自由组合定律以及伴性遗传的规律。

同时,本章也是从基因层面建立第4章所涉及的“进化观”的基础。如在“概述现代生物进化理论以自然选择学说为核心,为地球上的生命进化史提供了科学的解释”的学习中,涉及基因频率变化的说明和分析,所涉及的核心理论即为“分离定律”。

2. 本章各节之间的关系

减数分裂以及受精作用是遗传学基本规律以及遗传与变异的细胞学基础,孟德尔提出的遗传学基本规律是遗传学的重要组成。教材在阐明遗传的细胞学基础后,再现遗传学家实验探究的历程,逐步揭示遗传规律的本质。本章各节概念之间关系如图2-1所示。

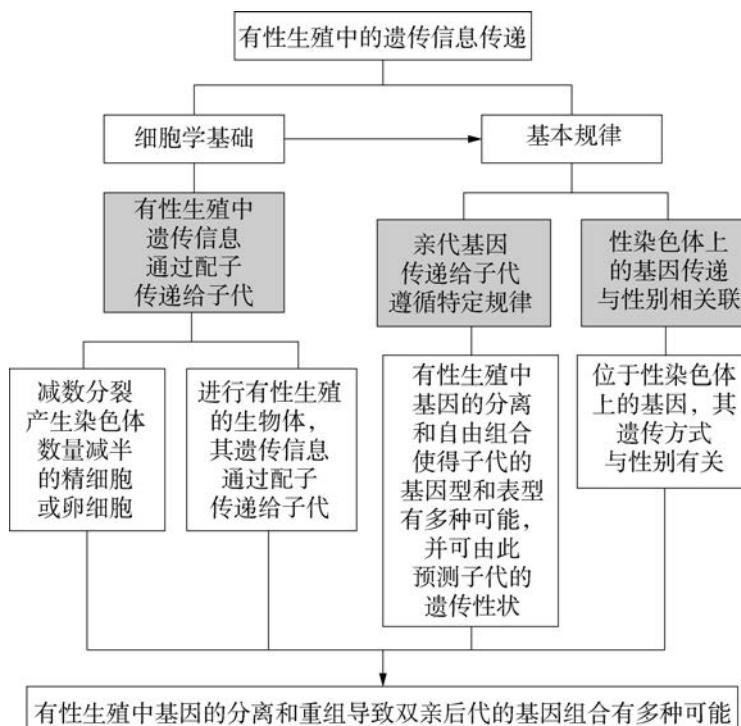


图2-1 第2章各节概念之间的关系

三、本章教学目标

以典型动植物为例,阐明有性生殖的生物在通过减数分裂产生精细胞或卵细胞并通过受精作用形成受精卵(或合子)的过程中,染色体和DNA分子的变化,以及产生这些变化的原因和发生的时期。同时,基于对减数分裂和受精作用的理解,阐明这两个过程中染色体的分配规律,诠释染色体的分配与基因分离定律和自由组合规律的关系,以及有性生殖过程中亲子代间遗传稳定性和变异性的细胞学基础,明确基因型和表型的区别。

本章的核心素养培养目标侧重通过分析相关实验,包括“基因分离定律”“基因的自由组合定律”以及“伴性遗传规律”的发现过程,提高学生演绎推理、类比归纳等科学思维能力。学生通过本章的学习,能够运用基因遗传的基本规律,从亲代的性状表现预测子代的遗传类型和频率,解释生活中遇到的具体问题,解决生活和生产中的相关问题,并关注遗传学的研究进展及其应用。

四、本章课时建议

本章建议8课时,具体见表2-3。

表2-3 第2章课时安排

教学内容	课时建议
第1节 有性生殖中遗传信息通过配子传递给子代	2
第2节 亲代基因传递给子代遵循特定规律	3
第3节 性染色体上的基因传递与性别相关联	1
学习交流与评价	2

其中,第1节的探究·建模2-1“模拟减数分裂过程中染色体的变化”0.5课时;第2节的探究·建模2-2“模拟植物花色性状分离”0.5课时。

五、本章评价建议

1. 评价内容

(1) 学生的生命观念

学生是否能形成“信息观”,即生物体从亲代继承的信息世代相传,通过漫长的进化史形成了遗传程序,生物体的生长、发育、代谢、生殖等都是在遗传信息的控制下进行的,认识到遗传信息在生物繁衍过程中的变化,包括信息的载体——染色体的变化(物质与信息观),并能运用信息本身的变化规律(分离与组合)解释生命现象,为后续“进化与适应观”的学习奠定基础。

(2) 学生科学思维的发展

学生是否能运用归纳与概括、演绎与推理以及模型与建模等方法,认识孟德尔和摩尔根等科学家如何设计杂交实验并得出遗传规律,培养证据意识、获取证据的能力以及评价证据的能力。此外,在模拟植物花色分离的建模活动中,体验统计方法在遗传学规律发现中的应用,同时感受计算机科学等学科的发展对假说—演绎体系的推动作用。

(3) 学生科学探究的能力

学生是否能通过模拟活动,增加对减数分裂、性状分离的认识,提高分析结果的能力。此外,通过对孟德尔和摩尔根两位科学家的研究过程和方法的学习,认识遗传学探索的一般科学方法,同时感受其中的科学态度和探索精神。

(4) 学生的社会责任意识

学生是否具有关注“遗传学”相关重要议题的意识,并具备利用遗传学原理解决现实生产生活中实际问题的能力。此外,在了解孟德尔和摩尔根的研究历程后,更加理解和敬畏科学工作者的研究精神。

2. 评价方式

(1) 自我评价

本章在每节设置了适量的自我评价题,其目的是帮助学生在学完每节内容后,评价相关学习目标的达成情况,通常围绕重要概念和学科核心素养进行。

第1节自我评价侧重于学生结合本节课的重要概念进行说明和解释的能力,既可作为课后巩固,也可作为随堂检测,但在评价时要特别关注学生专有名词使用的规范性以及语言表达的逻辑性。其中第5题为开放性作业,鼓励感兴趣的同学查阅资料,并形成“科普短文”。

第2节自我评价不仅关注了学生对基因分离定律和自由组合定律的应用,也注重对“孟德尔豌豆杂交实验中的科学思维方法”的考察。教师可以通过学生对“自我评价”的完成程度初步判断学生是否理解遗传规律探索过程中细胞学理论和实验证据。第4题依旧是一道开放性评价题,学生可以通过查询“基因相互作用”相关资料,发现基因型与表型之间关系的多样性,感兴趣的学生能够更加灵活地运用孟德尔定律分析各种基因相互作用的遗传现象。

第3节自我评价注重检测学生结合伴性遗传的特点解释或预测生命现象的能力,而“解释”的过程则需要绘制遗传图解进行演绎和概率分析。第4题则需要学生查阅资料,发现其他性别决定方式的同时,感悟生物的多样性,引发对不同性别决定方式下的遗传规律特点的探索。

(2) 学业评价

本章设置了6道学业评价题,均以杂交实验过程或育种生产实践为情境,考察内容多为整章相关知识的综合分析运用,在学科素养上更加注重对学生的逻辑推理能力以及解释说明能力的考察。

第1题:本题以“基因在染色体上”这一概念为抓手,将基因的分离定律、自由组合定律与减数分裂建立联系,第(1)小题要求学生根据亲代基因型推断配子的种类,并进行图形的绘制(科学思维水平3)。第(2)小题要求学生根据与“分离定律”相悖的“假设”预测结果并解释原因(科学思维水平3)。

第2题:本题选取的应用情境为杂交育种中的“雄性不育系”。第(1)小题要求学生根据“雄性不

育”的相关信息判断其在杂交实验中的应用(科学探究水平 2)。第(2)小题要求学生对子代的基因型作出预测,并提出代代获得雄性不育系的方法(科学思维水平 3、科学探究水平 2)。第(3)小题要求学生根据环境对生物表型的影响,提出一种获取雄性不育后代的方法(科学探究水平 2)。

第 3 题:本题呈现了针对一对相对性状的几组杂交实验结果,要求学生分析实验现象并解释其中的遗传学原理。第(1)小题要求学生根据实验结果作出判断并说明理由(科学思维水平 2)。第(2)小题要求根据实验结果推理得出实验对象的基因型(科学思维水平 3)。

第 4 题:本题选取遗传学研究的模式生物——果蝇的部分品系,考察内容涉及了基因的分离定律和伴性遗传。第(1)小题要求学生运用归纳的方法进行推理(科学思维水平 3)。第(2)(3)(4)小题均要求学生根据探究目标进行实验设计,并能够预测并说明实验结果(科学思维水平 3、科学探究水平 2)。

第 5 题:本题以两对基因控制同一性状的案例考查学生对自由组合定律的理解和应用。第(1)小题要求学生结合第 1 章所学习的“基因与性状的关系”相关知识,对题目中的信息进行归纳和总结,并用图示的方式来呈现(科学思维水平 3)。第(2)小题要求学生运用自由组合定律预测并解释可能的杂交结果(科学思维水平 3)。

第 6 题:本题主要涉及自由组合定律在杂交育种中的应用。第(1)(2)小题均要求学生对特定杂交实验进行结果预测和解释(科学思维水平 3)。第(3)小题则要求学生根据基因对生物性状的控制等解释生命现象(生命观念水平 2)。

第1节 有性生殖中遗传信息通过配子传递给子代

一、教材分析

1. 学习目标

本节教材中的学习目标包括：

- (1) 概述减数分裂不同时期的染色体变化。
- (2) 阐明在有性生殖过程中，减数分裂产生染色体数目减半的雌雄配子，受精作用使子代体细胞的染色体数目与亲代保持一致。
- (3) 说明减数分裂过程中，基因随染色体分配到子细胞，从而通过配子将遗传信息传递给子代。

这三项目标是依据《课程标准》内容要求 3.2.1 和 3.2.2 而设定的。目标(1)(2)需关注同源染色体、非同源染色体、姐妹染色单体的变化规律(水平 2)。目标(3)需利用模型模拟减数分裂过程中染色体的变化，发现减数分裂过程中基因随染色体分配到子细胞，从而通过配子将遗传信息传递给子代(水平 2)。

2. 概念聚焦

本节聚焦的核心概念是依据《课程标准》内容要求 3.2.1 和 3.2.2 而选取的，教材通过系列生物学事实来概述(表 2-4)

表 2-4 本节核心概念及相关生物学事实

核心概念	生物学事实
有性生殖过程中，通过减数分裂产生染色体数目减半的雌雄配子	有性生殖过程中，有雌雄配子产生，并通过雌雄配子结合产生子代
	高等生物体细胞中染色体通常以成对的方式存在，即存在同源染色体
	动物和植物均可通过减数分裂产生染色体数目减半的配子(精细胞和卵细胞属于雌雄配子，是动物和植物的生殖细胞)
亲代的遗传信息通过配子传递给子代	染色体作为遗传信息的载体随配子传递给子代
	高等动物一个初级精母细胞通过减数分裂可形成 4 个精子，一个初级卵母细胞通过减数分裂可形成 1 个卵子，精卵结合的过程称为受精作用

3. 学习内容

本节的重点在探讨有性生殖过程中遗传信息的传递，为铺垫说明其与“无性生殖”的差异，又避免展开讨论，节引言以“无心插柳柳成荫”的生命现象引入，从而与章引言中“桃树开花结果”的有性生殖现象形成鲜明对比。课前活动通过让学生观察小鼠配子和体细胞中染色体的数目变化，结合之前对“有丝分裂”的学习，引导学生发现有性生殖过程中细胞的分裂方式与有丝分裂的差异，并思考

这一差异对遗传信息传递的意义,同时引发学生对减数分裂过程的兴趣。在实际教学中,教师也可以选择学生更为熟悉的生物替代小鼠。

第1目:减数分裂产生染色体数目减半的精细胞或卵细胞。教材内容侧重减数分裂产生配子的过程。教材先以科学史引入减数分裂的发现过程和定义。为了便于对减数分裂过程进行描述和理解,教材引入“同源染色体”的概念,并用人类的染色体核型图(显微拍摄后的处理结果)帮助学生更清晰地认识细胞中染色体的形态和数目。

在减数分裂过程的呈现方式上,主要有以下三方面的考虑。一是在排版上,采用图文并列的方式的,方便阅读,更有利于学生自学。二是在图片的选择上,将动物细胞的模式图和植物细胞的显微图同时呈现,其中模式图让学生更容易观察到染色体的变化,而显微图更真实地反映生命现象,从而更好地帮助学生建立真实结果和模拟结果在科学中的应用。同时,动植物细胞放在一起,便于学生发现两种细胞减数分裂的异同,有助于学生准确归纳和阐述减数分裂的过程。三是在减数分裂过程的语言表述上,尽量精简,对于纺锤体、核膜、核仁等其他结构的变化则省略,既考虑到在必修1“有丝分裂”的学习中已涉及相关内容,避免重复,也为了更加突出染色体的行为变化,使学生快速抓住学习重点。

教材将建模活动“模拟减数分裂过程中染色体的变化”安排在学习完减数分裂过程的理论知识之后,一是考虑到建模过程相对比较耗时,二是考虑到还要观察染色体上基因变化,三是考虑由简入繁、循序渐进的学习规律。尽管该探究活动是在已有知识的基础上开展的实物建模,操作难度也较低,但对学生的合作能力,以及结果的记录、归纳总结能力还是有一定的挑战,而且这一“建模”的学习方法对后期从基因层面理解遗传和变异非常重要。

第2目:配子结合将亲代的遗传信息传递给子代。教材内容侧重描述雌雄配子的差异以及说明受精作用的意义。教材以高等动物精子和卵子的形成为例,以模式图的形式进行比较说明,并简要描述了受精过程,体现了生物体生殖行为的复杂和精妙,引导学生树立结构与功能观。

二、教学建议

本节内容建议1.5课时。其中,课堂教学1课时,实验与活动教学0.5课时。

1. 课堂教学建议

(1) 通过类比,归纳减数分裂的特点和意义

学生在必修1的学习中对细胞的有丝分裂有了一定的了解,为了让学生在知识迁移的过程中加深对减数分裂的理解,可以引导学生结合有丝分裂过程对减数分裂过程中DNA的复制、染色体的分离以及分裂的次数提出猜想,再根据实际观测的减数分裂的分裂时期发现导致配子中染色体数量减半的主要染色体行为,并根据教材所给信息和已有的有丝分裂知识对各种分裂时期(也可采用模式图降低难度)进行排序,最后完整阐述减数分裂的过程。学生在借助已有经验的基础上更容易关注减数分裂与有丝分裂的差异,也更能激发对减数分裂意义的思考。

(2) 通过建模,在细胞层面上演绎亲子代间遗传信息的传递过程

本节编排了一项“探究·建模”活动,该活动既可独立开展,也可与理论学习的部分相结合。在

利用实物进行建模前或建模后,均可鼓励学生用文字或图示的方式表示出减数分裂的过程。例如,引导学生用不同的颜色标注某体细胞中来自父方和母方的染色体,以两对同源染色体为例,分别绘制精子和卵子产生过程中的减数分裂各时期,并配以文字说明“亲代的遗传信息通过配子传递给子代”。

(3) 运用学具,建立基因在染色体上的概念

第1章的核心内容是关于遗传的分子基础,本节的核心则是遗传的细胞学基础,在教学时需要引导学生思考DNA复制(分子层面)和染色体分离(细胞层面)对遗传信息传递的意义。同时,本节内容也是后面即将学习的遗传规律以及变异的细胞学基础,所以在教学中可以渗透“基因在染色体上”的概念,如借助减数分裂的建模,在染色体上标注基因,引发学生对配子以及合子中所含基因种类的思考,通过对比亲代和子代所含基因的种类,归纳遗传的稳定性和变异的多样性。

2. 实验与活动建议

探究·建模 2-1 模拟减数分裂过程中染色体的变化

本实验是对《课程标准》教学提示中“运用模型、装片和视频观察模拟减数分裂过程中染色体的变化”要求的落实,其中装片以及视频均可在新授课过程中帮助学生清晰地观察到减数分裂的特征,但若要检验学生对减数分裂过程实质的理解以及建立基因与染色体之间的关系,“模型”无疑是更好的选择。模型的构建不仅仅是学生对减数分裂的认识进行演绎的过程,同时也有利于学生发现问题并进一步讨论和解决问题。

(1) 准备材料

① 建议材料的准备

教材建议的建模材料为染色体模型组件,包括两对同源染色体和一个磁力底板(图2-2),染色体组件上标有三对基因。教师课前需按学生数和活动组织的形式准备材料。此外,教师需要为学生提供记号笔,方便学生在底板上绘制其他细胞结构。条件允许的情况下可以为每组准备摄像或拍照设备,便于及时记录建模过程。

② 备选材料的准备

除了染色体模型组件外,也可利用日常生活中的物品模拟减数分裂。例如,用不同颜色的橡皮泥捏出“染色体”,并按分裂时期的特点摆放于绘制在纸上的细胞中;或者将硬纸板按染色单体的形状进行裁剪,直接将基因标注在纸板的相应位置,并用图钉或旋钮模拟着丝粒,建立动态染色体模型。

(2) 实施活动

① 教师辅助指导

以染色体模型组件为例,该材料在操作上比较容易上手,教师不需特别指导。在使用此模型教学时需要注意:一是充分发挥学生自主学习和操作的能力,切勿以教师演示替代学生操作,注重巩固



图 2-2 活动材料

和检验学生对前期理论学习的掌握情况,而不是像新授课一样教学生“如何准确地还原分裂过程”;二是特别提醒学生做好观察和记录,便于及时发现问题,有条件的情况下可以借助摄像设备和多媒体进行实时投屏,提高课堂交流研讨的效率。

② “选做”步骤的取舍

在建模步骤中有两个选做步骤,分别是“模拟染色体的交叉互换”以及“记录细胞内的基因组合”,建议在实际教学的过程中,要求学生完成细胞中基因组合的记录。如果课时有限,可不在课上具体探讨,将对该模拟结果的解释留到第2节“基因的分离和自由组合”教学中。染色体交叉互换的模拟若在课上难以完成,可以在课后进一步探索,既是检测学生对减数分裂过程的掌握情况,也能提升该建模的思维高度,为后续“变异”的学习奠定基础;还可以在后续基因重组的学习中,继续使用该模型进行演绎和解释。

③ 活动结果的记录

该建模活动的难点在于活动结果的记录和分析。其中染色体数目的记录需要提醒学生以任一细胞或细胞核为对象,而对染色体上的基因组合则需要记录每一个细胞。鉴于学生尚未学习“基因型”的概念,为了方便后期的讨论交流,可建议学生在书写时按字母顺序记录,每个细胞的基因组合之间用标点符号隔开或另起一行。

④ 活动结果的展示

该建模活动既需要学生记录活动过程,也需要学生展示最终的活动成果。根据所用材料,若使用的是染色体模型组件或自制的染色体动态组件,需保留每一时期结果的照片,活动完成后将照片按顺序排列,并标注每张照片所代表的时期名称。若使用的是橡皮泥一类定型的静态组件,即每一时期的染色体“行为变化”均可保留,那么学生可以选择在所有操作步骤完成后,拍照记录最终的建模成果。

(3) 分析与讨论

在结果的讨论与分析中,教师应重点引导学生发现染色体数目变化与染色体行为变化之间的关系,而不是“记忆各时期的染色体行为和数目”;重点引导学生发现并解释子细胞的染色体组成以及基因组合与母细胞之间有差异的原因,而不是“记忆减数分裂发生几次分裂及其分裂方式的异同”;重点引导学生观察对比自己小组与其他小组子细胞中染色体组成(或基因组合)的差异,并尝试说明产生这种差异的原因,而不是“计算含有特定数目基因的个体产生的子细胞的种类”。

该建模活动的评价标准首要看的是科学性,即学生是否准确建构各时期的染色体行为以及准确记录染色体的数目,在此基础上再考虑模型的美观性、创造性和可行性。美观性和创造性的评价可由学生之间互评,教师选取典型作品进行展示。而模型的可行性更多关注的是材料的易得性、环保性和可持续使用性。此外,教师也可以鼓励学生对已有建模材料进行改进。

3. 栏目使用建议

本节正文部分多以动物为例对减数分裂过程及受精作用进行说明,一是考虑到学生相对更为熟悉,二是就受精作用来说植物以及其他类生物相对更加复杂,涉及的结构名词学生更陌生。因此,将“被子植物的发生和双受精现象”放在广角镜栏目中,以植物为例说明不同生物的有性生殖有相似、也有不同,凸显生物的多样性。该栏目内容在教学中建议作为拓展资料供学有余力的学生自学,切

勿将此部分作为学生“必学并记忆”的内容。在使用过程中,教师可以提供适当补充资料帮助学生理解双受精,引导学生对比被子植物和哺乳动物配子发生以及受精作用的异同点,巩固本节重要概念的同时,培养学生获取信息、处理信息的能力,还可以鼓励感兴趣的学生查询其他生物的有性生殖方式,思考多样化的生殖方式对不同物种生存的意义。

三、拓展资料

1. 减数分裂过程

减数分裂的过程比有丝分裂复杂,包括两次细胞核分裂。减数分裂过程中的独特事件主要发生在第一次分裂过程中。在减数分裂各时期的实验观察中,蝗虫是一种较为理想的实验材料,接下来将以东亚飞蝗(*Locusta migratoria manilensis*)的精子发生为例(图 2-3),对减数分裂各时期的特点进行具体说明。

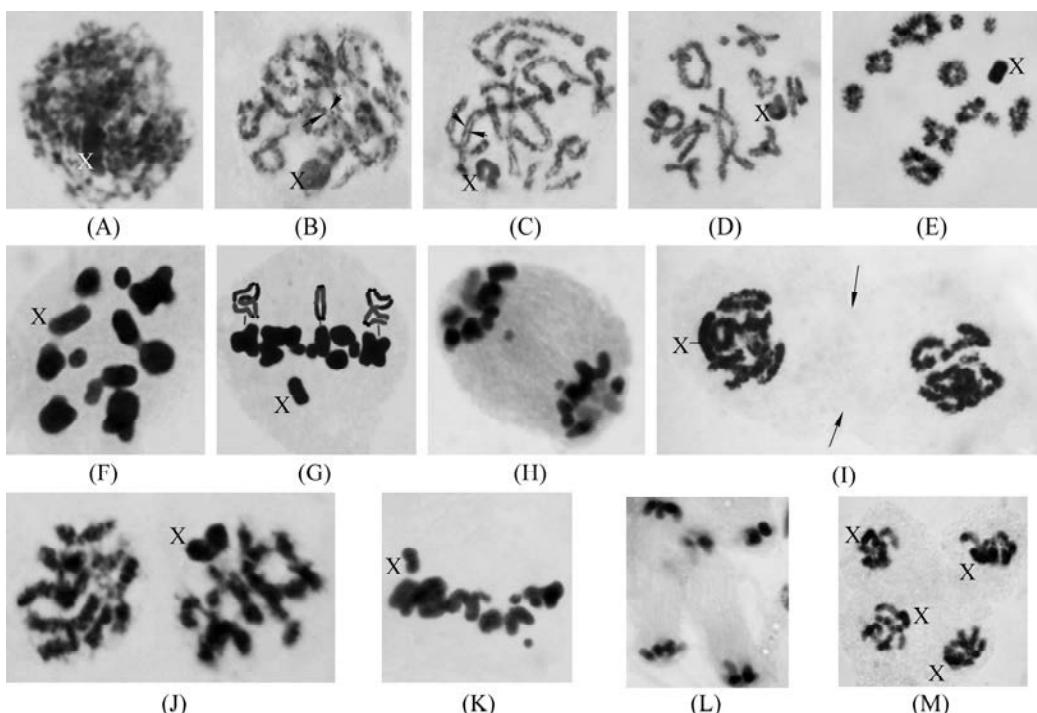


图 2-3 东亚蝗虫精子发生过程

(1) 前期 I

前期 I 通常分为细线期、偶线期、粗线期、双线期和终变期,共 5 个亚期。

在细线期(图 2-3A),染色体为丝线样结构,用电子显微镜才能看到成对的姐妹染色单体,这是染色体开始凝缩的时期。

偶线期以同源染色体联会为标志。联会由联会复合体促成,联会复合体是一种蛋白质结构,它帮助配对的染色体结合在一起。在显微图中染色体明显比细线期的染色体要粗,仔细分辨可见配对的同源染色体(图 2-3B 中箭头所指)。

在粗线期,染色体持续凝缩变粗。在这一时期,联会的同源染色体更容易观察(图 2-3C 中箭头

所指),非姐妹染色单体可能会发生交叉互换。

在双线期(图 2-3D)开始时,联会复合体开始解体,联会的染色体开始分离。成对的同源染色体通过交叉仍结合在一起(每个连接结合称为一个交叉,是非姐妹染色单体发生交换的结果)。交叉的数目因染色体的长度而异,且在不同细胞中同一染色体交叉的位置也不同。

在终变期(图 2-3E)染色体凝缩到最短。显微图中可以看到,染色体上同样存在交叉。在终变期快结束时,纺锤体开始形成,核膜瓦解。

(2) 中期 I

图 2-3F 和 G 分别显示中期 I 细胞的极面观和侧面观,从侧面观上容易识别出染色体排列在赤道面上(图中 X 染色体的变化落后于常染色体),而染色体的着丝粒指向纺锤体的两极(如图 G 中的染色体形态描绘图)。着丝粒的定向决定了后期染色体的移动方向,而父源和母源染色体具体指向哪一极是随机的。

(3) 后期 I

在后期 I,同源染色体相互分离,并向纺锤体的两极移动。在该时期,两条姐妹染色单体的着丝粒紧密地黏附在一起(如图 2-3H 深色区域),是由于在 S 期出现了一种像“胶水”一样的特殊蛋白质,其位于着丝粒及紧邻的染色体臂中,并持续存在于整个减数分裂 I 中。

(4) 末期 I

在末期 I,分离后的染色体分别位于纺锤体附近;纺锤体瓦解后,每组染色体周围暂时形成核膜,或仅在有限去凝集之后进入减数分裂 II。显微图中很明显看到正在缢缩(如图 2-3I 中箭头所示)分裂的细胞,染色体在此时期逐渐伸长、变细、变模糊。

(5) 减数分裂 II

减数分裂 II 有时被称为“等数分裂”,因为在其分裂前后细胞中的染色体数目保持不变。在一些物种中,染色体未经去凝集直接从末期 I 进入前期 II;还有一些物种在这两次分裂期之间有短暂的停顿,染色体可部分去凝集。

显微图中可以看到前期 II(图 2-3J)染色质凝缩成可见的染色体,每条染色体具有两条姐妹染色单体,各条染色体之间可以彼此区分开,染色体数目为 11 或 11+X。在中期 II(图 2-3K),染色体着丝粒开始排列到纺锤体的中央面上。在后期 II(图 2-3L),将姐妹染色单体结合在一起的蛋白质解体,染色单体分离,分别在纺锤丝的牵引下移向细胞两极。在末期 II(图 2-3M),到达细胞两极的染色体逐渐去凝集。

在上述东亚飞蝗精母细胞减数分裂的显微图中,均可以看到“X”的标识,这其实是指该生物的性染色体。东亚飞蝗有 11 对常染色体,雌性有两条 X 染色体,而雄性仅有一条。X 染色体通常是端着丝粒染色体(着丝粒位于染色体臂末端的染色体),在进行减数分裂的精母细胞中,它的着色通常比常染色体深,易于识别。东亚飞蝗雄性染色体组成的特性可以帮助我们在显微镜下分辨分裂的时期。如在末期 I 的两个正在缢裂的细胞中,只有一个细胞具有 X,另一个细胞没有(图 2-3I);而末期 II 的特征性标志是即将缢裂的细胞都有或都没有 X 染色体。

在研究中,特殊染色体形态除了可以帮助我们辨识分裂时期之外,还可以帮助我们追踪染色体分离向细胞两极移动的“规律”。1913 年,卡洛瑟斯(E. Carothers)在其研究中,选用了一种蝗虫

(*Brachystola magna*),其雄性个体不仅只有一条X染色体,常染色体中还有一对不等长的同源染色体。卡洛瑟斯通过投影绘制器绘制了该蝗虫减数分裂时期的300多个细胞,经过统计发现“较小(短)的染色体与X染色体进入同一个次级精母细胞的有146个,占总数的48.7%;较大(长)的染色体则有154个,占总数的51.3%”。这一实验结果不仅为“后期Ⅰ同源染色体的随机分离”提供了证据,在当时也引发了科学家将这一现象与孟德尔的遗传因子组合规律进行联系和思考。

2. 受精作用

对于有性生殖的生物而言,经过减数分裂和减数分裂后的细胞特化过程,可产生精子和卵子;精卵结合形成受精卵的过程称为受精作用。一般来说,受精的过程包括精子和卵子的识别、精子进入卵子、雌雄原核的融合以及受精卵第一次卵裂的启动。

如图2-4所示,人类受精过程中,获能精子接触卵周的卵膜或透明带时,与透明带上的某种受体特异性结合(保证不同种的雌雄配子之间不发生受精),激发精子产生顶体反应;顶体内含物包括一些水解酶等外逸,有助于精子进一步穿越卵膜。精子进入卵子后,透明带结构发生变化,结合精子的能力降低,防止多精受精的发生。精子通过诱导的方式激活处于中期Ⅱ的次级卵母细胞,促使完成分裂释放出第二极体。同时,进入卵子的精子尾部迅速退化,形成雄性原核。受精作用中种种事件都进一步保证了遗传信息传递给子代的准确性。

不同生物的受精作用过程发生的场所可以不同,如哺乳动物的受精作用通常发生于雌性生物体内,而鱼类等生物的受精作用通常发生于体外。不同生物受精作用发生的时期可以不同,如多数被子植物的雌花和雄花在减数分裂完成后,细胞核分别经过数次有丝分裂和特化,形成成熟的花粉(2~3核,含两枚精核)和胚囊(8核或更多核,含1枚卵核),然后进入受精过程;而人类的精子进入卵子可以发生在卵母细胞尚未完成减数分裂时,所以严格地说,人类“排卵”排出的并非成熟卵子,而是正在进行减数分裂的卵母细胞。

3. 有性生殖生活史类型

减数分裂和受精作用分别使得细胞中的染色体数目减半和恢复到与亲本相同。如果将从受精作用完成到经减数分裂产生精子或卵子所需的时间定义为这种生物的生活史,可以发现:减数分裂和受精作用这两个事件将生物的生活史分成了两个阶段,即单倍体阶段(细胞核中含有的染色体数目是亲本体细胞的一半,记为n)和二倍体阶段(细胞核中含有的染色体数目与亲本体细胞相同,记为2n)。在不同的生物中,单倍体阶段和二倍体阶段的时间差异较大。由此可划分出不同生物的生活史类型,如图2-5所示。

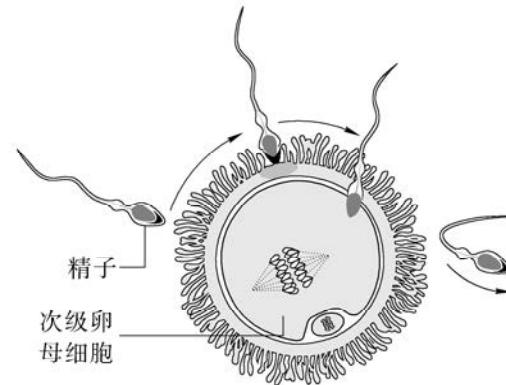


图2-4 人类受精作用示意图

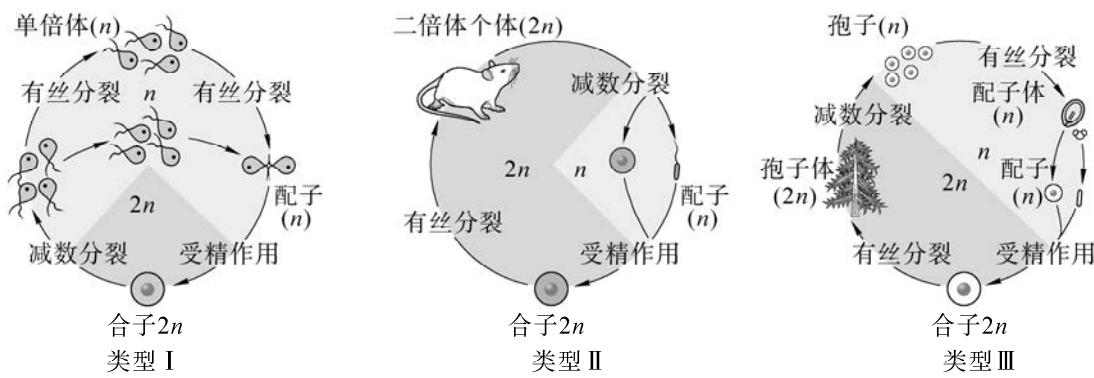


图 2-5 不同生物的生活史类型

并非所有生物的减数分裂产物都会形成精子和卵子。所以，上述关于“生活史”的定义只是针对有性生殖的生物而言的。有些生物(如有些真菌类生物)的繁殖方式较为复杂，既有以有丝分裂为基础的繁殖，也有以减数分裂为基础的生殖。这类生物没有雌雄个体的分化，在进行以减数分裂为基础的生殖时，不会有明显形态学区别的精子和卵子，其单倍体细胞(n)结合成为二倍体细胞的过程也不同于典型的“受精作用”。以链孢霉为例，其生活中的可见形态为菌丝，是由单倍体的子囊孢子经有丝分裂形成的。当菌丝生长到一定阶段，在适当环境条件下，会产生一种特殊的结合细胞——分生孢子，两个不同来源的分生孢子相结合(细胞质融合和细胞核融合)产生二倍体的细胞($2n$)，可称为合子。合子经减数分裂产生子囊孢子并释放，以产生新的菌丝。这一过程与典型的受精作用相同之处是：两个细胞的融合最终有细胞核的融合，融合后的细胞核中染色体数目回复到 $2n$ (该细胞减数分裂产生的子囊孢子与菌丝的染色体数目一致)；与典型的受精作用不同之处是：细胞融合形成的合子，其细胞质由两种来源的细胞提供，而不像典型的受精作用中，受精卵的细胞质主要来自卵子。从这个意义上说，受精卵是一种特殊的合子。

总之，减数分裂和受精作用(或孢子结合)一起，形成了维持某些物种遗传物质相对稳定的机制。

第2节 亲代基因传递给子代遵循特定规律

一、教材分析

1. 学习目标

本节教材中的学习目标包括：

- (1) 阐明在有性生殖过程中,亲代基因传递给子代时分别遵循的分离定律和自由组合定律,以及对子代性状造成的影响。
- (2) 学会运用分离定律和自由组合定律预测子代的遗传性状,解决实际生活和生产中的相关问题。
- (3) 学会对复杂问题进行分解的科学思维方法。

这三项目标是依据《课程标准》内容要求 3.2.3 设定的。目标(1)的达成要求利用计算机模拟基因分离、配子随机结合等事件,分析遗传信息的传递及其与子代性状之间的关系(水平 2)。目标(2)则启示在对遗传规律的学习时,需要结合真实的情境展开,同时关注遗传规律在现实生产生活中的应用(水平 2)。目标(3)的达成是通过分析“分离定律”“自由组合定律”的实验假设、归纳与演绎等过程(水平 2)。

2. 概念聚焦

本节聚焦的核心概念是依据《课程标准》内容要求 3.2.3 而选取的,教材通过系列生物学事实来概述(表 2-5)。

表 2-5 本节核心概念及相关生物学事实

核心概念	生物学事实
等位基因分离和非等位基因自由组合可使子代产生多种基因型和表型	植物杂交方法可用于研究遗传规律
	性状分离是由等位基因分离引起的
	非等位基因的自由组合可产生新的表型组合
运用遗传规律可对子代的遗传性状和比例进行预测	分离定律适用于预测一对等位基因的遗传
	自由组合定律适用于预测位于非同源染色体上的多对等位基因的遗传

3. 学习内容

本节引言以蚕豆种皮颜色及种子大小的遗传结果推测,引发学生对可能的遗传规律进行思考。像这一类对生物体性状遗传现象的表象认识也是早期人们解释遗传规律的基础,将这一问题抛给学生的同时,也为理解早期的融合遗传理论和颗粒遗传理论奠定了基础。

课前活动特别介绍了植物杂交方法。从科学探究的角度而言,实验材料的处理以及实验方法的选择都会对实验结果产生相当大的影响,需要慎之又慎。学生在了解孟德尔所采用的豌豆杂交方法时,通过思考每一步操作的目的,感悟严谨的实验操作的重要性,体会孟德尔实验设计的巧妙之处。除此之外,“思考与讨论”题2点出植物杂交不仅用于实验研究,同样也在生产实践中广泛应用;“思考与讨论”题3则是引发学生对孟德尔实验现象的兴趣。

本节正文部分分为2目。

第1目:性状分离是由等位基因分离引起的。教材重点落在孟德尔对单一性状的实验研究与总结归纳,先对孟德尔的研究对象和论文进行了简要介绍,并强调了“性状”和“相对性状”的概念。接下来按实验探究的一般步骤“发现问题→作出假设→实验设计和实施→得出结论”,对孟德尔对单一性状的杂交实验研究过程进行了分板块说明。该种行文方式也是希望学生在阅读的过程中体会科学家在研究中所采用的归纳、演绎、推理等科学思维方法。

其中,豌豆的杂交实验板块以“高茎和矮茎”一对相对性状为例,通过文字和示意图说明了孟德尔所发现的“性状分离”现象,这其中涉及了“亲本”“子一代”“子二代”“显性性状”“隐形性状”等相关概念。教材中还以表格的方式呈现了孟德尔当时研究的7对相对性状统计分析的结果,以此说明接近 $3:1$ 的性状分离比并非偶然。同时,“学习提示”中引导学生思考“株系”的统计在实验中的作用,更凸显了孟德尔严谨的科研态度和坚持不懈的科学精神。

接下来在孟德尔的假设部分,教材从孟德尔根据实验现象作出的假设中选择了关键几点进行归纳。孟德尔发表的论文中所提出的关键点“遗传因子”,正是我们现在所熟知的“基因”,而基因的概念已在第1章中给出,所以在这一板块的表述中直接用“基因”替代了“遗传因子”,易于学生理解。紧接着,正文运用现代遗传学的理论和术语,撰写了豌豆杂交实验的解释板块。该板块涉及“基因型”“表型”“纯合子”和“杂合子”等新概念,结合“遗传图解”从基因的传递角度说明了子二代性状分离的原因,并在图中以“棋盘格”的形式帮助学生从配子的来源和随机结合角度来理解预期值 $3:1$ 的由来。最后对实验解释的验证板块,特别强调了测交的概念及其在杂交实验中的作用,相应的配图也更加突出其确定被测亲本的原理。

该目最后经过归纳形成的“分离定律”表明了两层含义,一是主张遗传因子的本质是“颗粒式”的,互不沾染;二是说明在此基础上导致基因分离的原因。

第1目正文结束后,安排了“探究·建模”板块,借助计算机软件模拟性状分离的过程。不同于以往的“暗盒抓小球”的实验方法,通过计算机程序不仅可以实现随机抓取的功能,更重要的是提高教学效率。学生通过设置不同的样本量并比较实验结果的差异,感悟“大样本原则”对于减小实验误差的重要性。

第2目:非等位基因的自由组合可产生新的表型组合。与第1目“发现问题—作出假设—设计实验验证—得出结论”的编写思路基本一致。

二、教学建议

本节内容建议3课时。其中,课堂教学2.5课时,实验与活动教学0.5课时。

1. 课堂教学建议

(1) 再现科学家的探究之路,经历演绎与推理、归纳与概括的思维过程

教材展现了孟德尔整个探究过程的步骤与思维,即观察现象-发现问题-作出假设-设计实验-实施实验-记录、分析数据-得出初步结论-验证结论。在教学中可以沿着这条路径,引发学生对自然界或农业育种中遗传现象的探讨,提出自己的问题或假设,并借助实物教具(如用箱子代表生殖器官,小球代表配子,抓取小球模拟配子的随机结合)模拟孟德尔假设中对“遗传因子”分离过程的解释,进而认识到遗传因子的行为与减数分裂中染色体的行为有高度关联性,从而推理得到遗传因子就是染色体上的基因。

(2) 利用遗传图解和模式图,强化对遗传规律的抽象概括与具体分析

教材第1目和第2目的编写思路基本一致。当第1目学习结束时,如学生能对孟德尔的假设以及实验解释有较为清晰的认识,那么在涉及两对性状的实验结果分析过程中,教师可以让学生尝试根据一对性状的杂交遗传图解绘制两对性状的杂交遗传图解。科学家对问题解释所采用的图示也是学生学习概念时可以采用的学习方法,它是推理过程的一种呈现形式。与其让学生记忆分离定律或自由组合定律的概念,不如让他们在演绎的过程中加深对概念的理解。除了遗传图解外,基于细胞学基础对孟德尔遗传规律的图示解释也非常重要,即在绘制减数分裂关键时期的图像时,在染色体上标出基因,进而归纳基因分离、基因自由组合与减数分裂的关联。

(3) 根据学情,酌情渗透遗传研究中的统计方法

本节内容涉及概率统计的科学研究方法,如在孟德尔分析两对相对性状的杂交实验的解释过程中,教材图2-13中采用了庞尼特方(俗称“棋盘格”的方式解释子二代基因型的比例,该种方法更直观,但相对费时。而另外一种在遗传预测中广泛应用的概率计算法更为便捷,但对大多数尚未系统学习概率统计的学生而言,概率计算中的“乘法定律”是难以理解的。对于有些学生而言,在后代的预测中难以判断何时用乘法、何时用加法,甚至难以理解相同基因型的后代因配子来源不同也需归为“两种可能性”的原因。所以建议在教学中对学习有困难的学生,要求其掌握涉及一对相对性状的后代基因型或表型数量的预测即可;而对学有余力且感兴趣的学生,教师可以为其提供两对相对性状亲本杂交产生的后代中各基因型和表型概率的计算方法,甚至更多关于遗传分析的方法,供课后自主学习即可。

2. 实验与活动建议

探究·建模 2-2 模拟植物花色性状分离

(1) 准备材料

① 模拟程序的准备

本建模活动的计算机程序依托于网页,对硬件设备的要求不高,但为了教学的流畅性,建议先在学生计算机上运行程序,做“预实验”。学生可在计算机房进行模拟活动的操作,同时建议教师能对教师计算机的学生端控制功能有一定了解,便于在教学中对学生的模拟情况及时了解并反馈。

② 实物模型的准备

为了应对无法使用计算机设备等状况,本实验也可采用传统模拟方案。例如,可参考《实验与活动部分》附录1,利用大小质量均相同的小球代表配子,在小球上标记代表显性或隐性基因的字母(或

直接选用两种颜色的小球),然后选用不透光的盒子或袋子模拟精巢或卵巢。此外,还可鼓励学生自制实验材料,但要注意材料的易得性、严谨性和可重复利用性。

(2) 活动实施

① 模拟程序的使用

教材将该建模编排在理论知识之后,在实际教学中,也可结合“豌豆杂交实验的解释”板块同步开展该建模。在操作前,教师需指导学生熟悉程序操作界面,同时了解每一步操作所代表的实际生命过程或模拟过程。要注意的是,建模的两个模式侧重点不同,“手动生成”重在回顾遗传的细胞学基础,“自动生成”则重在“体验”孟德尔实验的统计与分析过程,其中统计运算由程序自动完成,但统计结果的记录和分析则仍需要学生完成,以此培养学生基本的科学探究素养。

② 实物模型的使用

若采用实物教具模拟分离定律,则在实际教学中需要向学生介绍或探讨模拟装置的含义和操作要点。实际“抓取”和结果记录过程相对繁琐,所以课上所需的时间相比计算机模拟程序要更长。此外,由于抓取次数的限制,所得结果的误差也会相对较大,所以规范性操作也是教师在组织教学时需要特别强调和说明的。切忌为了得出理想结论而篡改数据,与养成严谨的科学探究精神背道而驰。

(3) 分析与讨论

在《实验与活动部分》中,为学生提供了模拟过程及结果记录表。若采用的是计算机模拟程序,教师事先可以将表格录入电子文档中,提高数据记录的效率和数据处理的准确性。鉴于该模拟活动安排在分离定律理论课学习之后,所以结果统计表中都设计了“预期值”和“实测值”。教师除了引导学生发现实测值中的遗传规律之外,还要分析实际结果与预期结果之间的差距,同时渗透科学方法和科学精神,即认识到样本量的选择对得出相对准确的实验结果的重要性,体会孟德尔实验历程的艰辛和持之以恒的精神。

若采用实物教具进行模拟,鉴于每组的样本量一般在30~50(抓取次数)左右,组间数据的差距会相对明显,甚至有的组会出现误差较大的“分离比”。建议采取的处理方式有两种:一种是汇总各组的数据,增加样本量,进而再去分析;另一种是先让各小组间进行数据对比,分析在样本相同的前提下,影响实验误差大小的其他因素,包括操作的方式等。

3. 栏目使用建议

(1) 学习提示

本节的学习提示共有3处。第1处提示旨在强调“统计”在遗传规律发现中的作用;第2处提示则是针对学生的学习难点,强调基因型书写的规范性;第3处提示涉及杂交方法中的“正交和反交”以及统计分析方法的补充,教师可以根据学生实际的学习水平来调整相应内容拓展的深度和广度。

(2) 科学史话“孟德尔的成功与孟德尔定律的重新发现”

本栏目对孟德尔杂交实验中所涉及的科学思维方法进行了归纳,也简单描述了当时此研究成果的发表和再发现。这一栏目既是对正文隐含思想的补充,也是希望学生能从孟德尔的成果与遗憾中受到启发,感受科学的研究的甘与苦。本栏目既可以让学生课后自主阅读,也可以融入课堂教学中,帮助学生更好地理解孟德尔假设提出的背景,引导学生归纳孟德尔实验的研究思路。科学史话在最后

一段特别说明了“孟德尔定律的重新发现”，教师可以寻找一些配图，将这一历史作为课堂结尾，呈现真实科学研究成果的取得往往不会一帆风顺，需要几代科学家不断探索，以此重新审视科学的研究的进展与时代以及社会的关联。

三、拓展资料

1. 孟德尔研究思想的形成

孟德尔出生于一个农民家庭，从小就在家里帮助父亲嫁接果树。1844 至 1848 年，孟德尔在布隆大学哲学院选修农学、果树学和葡萄栽培学等课程。1848 年在维也纳大学期间，孟德尔先后师从著名物理学家多普勒(C. Doppler)、物理学家爱丁豪生(A. Ettinghausen)和植物生理学家翁格尔(F. Unger)，他们对孟德尔的科学思想无疑产生了很大影响。当时大多数科学家所惯用的方法是培根式的归纳法，而多普勒则主张先对自然现象进行分析，从分析中提出设想，然后通过实验来进行证实或否决。爱丁豪生是一位成功地应用数学分析来研究物理现象的科学家，孟德尔曾对他的大作《组合分析》仔细拜读。孟德尔后来做豌豆杂交实验，能坚持正确的研究思想，成功地将数学统计方法用于杂种后代的分析，与这两位杰出物理学家不无关系。翁格尔当时正从事进化学说的研究，他认为研究变异是解决物种起源问题的关键，并用这种观点去启发他的学生孟德尔。通过翁格尔，孟德尔了解了盖尔特纳的杂交工作。盖尔特纳是一位经济富裕的科学家，他能不受拘束地在自己的花园内实施有性杂交的宏伟计划，曾用 80 个属 700 个种的植物，进行了万余项的独立实验，从中产生了 258 个不同的杂交类型，这些成果都记录在 1849 年出版的著作《植物杂交的实验与观察》中。虽然这本书写得既单调又重复，但涉及的范围很广，包含着一些极有价值的观察结果。孟德尔读过的书至今还保存在捷克布隆的孟德尔纪念馆内，书中遍布记号和批注，有的内容正是孟德尔实验计划里的组成部分。由此可见，孟德尔伟大的科学思想的形成绝非偶然。

2. 遗传学中的计算方法

(1) 庞尼特方(Punnett square)

庞尼特方计算方法(又称“棋盘法”)广泛用于遗传学中，以其发明者雷金纳德·庞尼特(R. C. Punnett)的名字命名，是一种杂交乘方的推导方法。以孟德尔分析一对相对性状和两对相对性状的杂交实验为例，庞尼特方的呈现如图 2-6 所示，在书写上，通常一种配子及其概率排列于顶行，另一种配子及其概率排列于左列。方格中，每一基因型的概率为两个配子概率的乘积。

		雌配子				雌配子	
		1/2 T	1/2 t			1/4 YR	1/4 Yr
雄配子	1/2 T	1/4 TT	1/4 Tt	1/4	1/16 YYRR	1/16 YYRr	1/16 YyRR
	1/2 t	1/4 Tt	1/4 tt		1/16 YYRr	1/16 YYrr	1/16 YyRr
雌配子	1/4 YR	1/16 YyRR	1/16 YyRr	1/4	1/16 YyRR	1/16 YyRr	1/16 yyRR
		1/16 YyRr	1/16 yyRr		1/16 YyRr	1/16 yyRr	1/16 yyrr

图 2-6 庞尼特方计算方式

(2) 分枝法

庞尼特方虽然比较直观、容易理解,但是等位基因数越多,“棋盘”就会越大。而且,在“棋盘”中存在“同类项”(如 YR 雌配子与 yr 雄配子结合形成的合子是 $YyRr$, yr 雌配子与 YR 雄配子结合形成的合子也是 $YyRr$),需要合并,当基因对数较多时,容易发生遗漏或重复计数的错误。而另一种遗传分析方法——分枝法,则能够避免这些弊端。

分枝法的基本思路是:无论涉及多少对等位基因,先根据“等位基因分离”的原理,分别考查每一对等位基因;再根据“自由组合”的原理,将非等位基因组合起来。

分枝法可以分析配子和个体的基因型、个体的表型及其比例。以 A/a 、 B/b 、 D/d 三对等位基因的分析为例,基因型 $AaBbDd$ 的个体产生的配子类型及比例如图 2-7 所示,其自交产生子代的类型及比例如图 2-8 所示。

$A(1/2)$	$B(1/2)$	$D(1/2)$	$ABD(1/8)$
		$d(1/2)$	$ABd(1/8)$
	$b(1/2)$	$D(1/2)$	$AbD(1/8)$
		$d(1/2)$	$Abd(1/8)$
$a(1/2)$	$B(1/2)$	$D(1/2)$	$aBD(1/8)$
		$d(1/2)$	$aBd(1/8)$
	$b(1/2)$	$D(1/2)$	$abD(1/8)$
		$d(1/2)$	$abd(1/8)$

图 2-7 基因型 $AaBbDd$ 的个体产生的配子类型及比例

$A_(3/4)$	$B_(3/4)$	$D_(3/4)$	$\rightarrow A_B_D_(27/64)$
		$dd(1/4)$	$\rightarrow A_B_dd(9/64)$
	$bb(1/4)$	$D_(3/4)$	$\rightarrow A_bbD_(9/64)$
		$dd(1/4)$	$\rightarrow A_bbdd(3/64)$
$aa(1/4)$	$B_(3/4)$	$D_(3/4)$	$\rightarrow aaB_D_(9/64)$
		$dd(1/4)$	$\rightarrow aaB_dd(3/64)$
	$bb(1/4)$	$D_(3/4)$	$\rightarrow aabbD_(3/64)$
		$dd(1/4)$	$\rightarrow aabbdd(1/64)$

图 2-8 基因型 $AaBbDd$ 的个体自交产生子代的类型及比例

3. 遗传分析中的概率计算

在样本空间中,基本结果的任一组合构成一个事件,这个事件也可用数学上的“集合”来表示。假设,将孟德尔研究两对相对性状的杂交 F_2 作为一个样本空间,其“基本结果”有 16 种(基因型相同,但雌雄配子组合不同,也归为不同的结果),据图 2-9 可知,每种基本结果具有相同的可能性,概率均为 $1/16$ 。假设,事件 A 代表“ F_2 基因型为 YY ”(即集合 $A=\{YYRR, YYRr, YYrr\}$),那么事件 A 在所有基本结果中的占比为 $4/16=1/4$,即“集合 A 的概率为 $1/4$ ”。

		雌配子			
		YR	Yr	yR	yr
雄配子	YR	$YYRR$	$YYRr$	$YyRR$	$YyRr$
	Yr	$YYRr$	$YYrr$	$YyRr$	$Yyrr$
	yR	$YyRR$	$YyRr$	$yyRR$	$yyRr$
	yr	$YyRr$	$Yyrr$	$yyRr$	$yyrr$

图 2-9 雌雄配子及其组合结果

(1) 加法定律

若将 F_2 中表型为绿色皱粒的事件记作集合 A(图 2-10 中底纹区域),表型为黄色圆粒的事件记

作集合 B(图 2-10 中灰色区域), A 和 B 没有共同的基本结果(图 2-10 中体现为不重叠),那么 A 和 B 称为互斥事件,在计算“后代绿色皱粒和黄色圆粒占比”时,即求 A 和 B 概率的并集,可表示为 $\Pr\{A \cup B\} = \Pr\{A\} + \Pr\{B\} = 9/16 + 1/16 = 10/16 = 5/8$ 。该式为互斥事件的加法定律。

		雌配子			
		YR	Yr	yR	yr
雄配子	YR	YYRR	YYRr	YyRR	YyRr
	Yr	YYRr	YYrr	YyRr	Yyrr
	yR	YyRR	YyRr	yyRR	yyRr
	yr	YyRr	Yyrr	yyRr	yyrr

图 2-10 互斥事件

(2) 乘法定律

若将 F_2 中表型为绿色的事件记作 A(图 2-11 中底纹区域), 表型为圆粒的事件记作 B(图 2-11 中灰色区域), 因为控制这两个性状的两对基因间互不干扰, 所以事件 A 是否发生, 与事件 B 完全无关。当事件 A 和 B 为独立事件时, 它们的交集的概率如算式: $\Pr\{A \cap B\} = \Pr\{A\} \times \Pr\{B\}$, 即遵循乘法定律。由此可作出推断, F_2 中绿色圆粒的个体所占的比例($\Pr\{yyRR, yyRr, yyrr\}$)为 $4/16 \times 12/16 = 3/16$ 。

		雌配子			
		YR	Yr	yR	yr
雄配子	YR	YYRR	YYRr	YyRR	YyRr
	Yr	YYRr	YYrr	YyRr	Yyrr
	yR	YyRR	YyRr	yyRR	yyRr
	yr	YyRr	Yyrr	yyRr	yyrr

图 2-11 独立事件

该乘法定律也适用于推断配子所占比例, 以 F_1 产生配子的过程为例, 推断过程如图 2-12 所示。

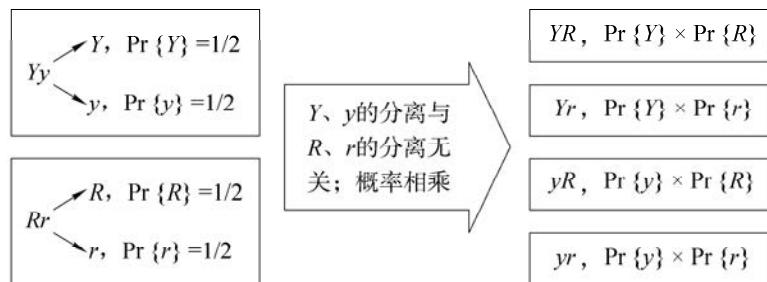


图 2-12 F_1 产生的配子所占比例

4. 非等位基因的相互作用与基因自由组合定律

生物体内一个生化反应往往需要几个基因的产物共同完成。而在遗传杂交中,影响单一途径的两对基因都要分离时,却在 F_2 中观察不到典型的 $9:3:3:1$ 的比值。这是因为非等位基因影响同一性状时,产生了基因的相互作用,例如以下四种作用类型。其他更多作用类型可进一步参考遗传学相关教材。

(1) 互补作用

两对独立遗传基因,若一方或双方的纯合隐性突变导致相同的突变型表型,则 F_2 中表型比为 $9:7$ 。以香豌豆(*Lathyrus odoratus*)的花色遗传为例,香豌豆紫色色素的形成需要基因 C 和 P 的显性等位基因(图 2-13),相关杂交遗传图解如图 2-14 所示。

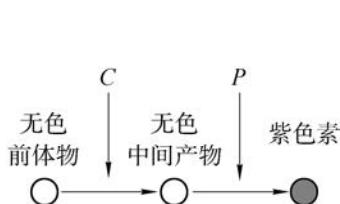


图 2-13 两对基因对香豌豆紫色色素形成的影响

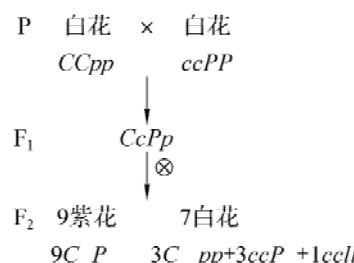


图 2-14 互补作用遗传图解

(2) 显性上位作用

两对独立遗传基因,若在某个基因座上存在一个显性等位基因,会掩盖另一基因座上的表型,则 F_2 中表型比为 $12:3:1$ 。如燕麦颖片颜色的遗传,图 2-15 表示两对基因对燕麦颖色性状的影响,图 2-16 为杂交遗传图解。

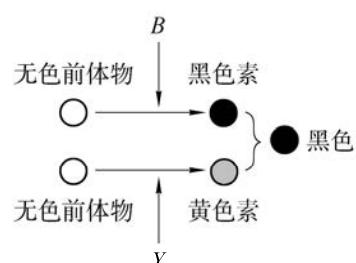


图 2-15 两对基因对燕麦颖色性状的影响

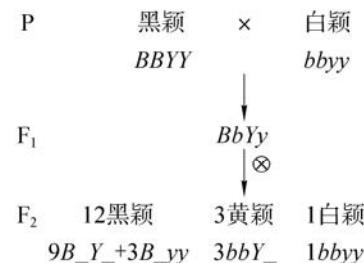


图 2-16 显性上位作用遗传图解

(3) 隐性上位作用

两对独立遗传基因,若某个基因的隐性等位基因纯合,掩盖了另一基因表型的表达,则 F_2 中表型比为 $9:3:4$ 。例如,小鼠的毛色有胡椒面色、黑色、白色、黄色等,胡椒面色基因 A 对黑色基因 a 是显性。影响毛色的还有另外一对等位基因 B 和 b ,其中 B 控制黑色素形成,其等位基因 b 不形成黑色素,成为白化。 b 基因对 A 基因隐性上位,遗传图解如图 2-17 所示。

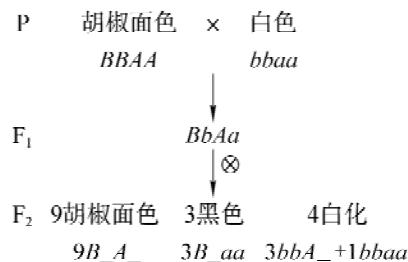


图 2-17 隐性上位作用遗传图解

(4) 抑制作用

以白羽来航鸡和白羽温德鸡为例, 等位基因 I 是羽毛着色的一个显性抑制子, F_2 中表型比为 13 : 3, 抑制作用机制以及遗传图解如图 2-18 和图 2-19 所示。

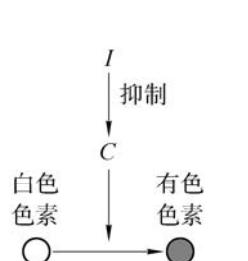


图 2-18 两对基因对羽毛着色的影响

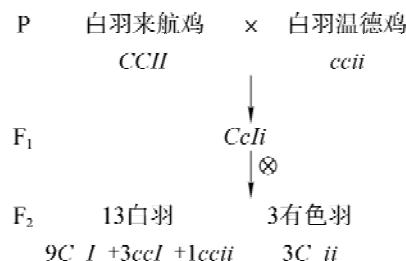


图 2-19 抑制作用遗传图解

第3节 性染色体上的基因传递与性别相关联

一、教材分析

1. 学习目标

本节教材中的学习目标包括：

- (1) 概述性别决定的主要方式；通过对摩尔根果蝇实验的分析，阐明伴性遗传的特点。
- (2) 通过实例了解伴性遗传规律在日常生活和生产实践中的应用。

这两项目标是依据《课程标准》内容要求 3.2.4 设定的。目标(1)增加了关于性别决定方式的学习要求(水平 1)，旨在引导学生根据特定的性别决定方式，发现性染色体上基因的传递规律，并将这一规律迁移至各种性别决定方式的生物中，从而更好地达成目标(2)所要求的在实例中分析或解决问题(水平 2)。同时，目标(1)也要求学生经历对果蝇眼色等性状的分析，通过概括伴性遗传的特点进而发现“基因位于染色体上”的实证。

2. 概念聚焦

本节聚焦的核心概念是依据《课程标准》内容要求 3.2.4 而选取的，教材通过系列生物学事实来概述(表 2-6)

表 2-6 本节核心概念及相关生物学事实

核心概念	生物学事实
位于性染色体上的基因，其遗传方式与性别有关	最常见的性别决定类型是 XY 型
	摩尔根的果蝇杂交实验与伴性遗传的发现
	基因位于染色体上
	控制性状的基因传递与性别相关联的现象属于伴性遗传

3. 学习内容

不同于前两节以常见动植物相关的生命现象引入，本节用人类红绿色盲在男女群体中的差异引入，一是考虑到学生对与性染色体相关的遗传现象鲜有了解，而人类的案例也更贴近生活；二是希望在引发学生对这一生命现象思考的同时关注社会中的不同群体。而课前活动承接节引言，并融入“红绿色盲测试”在机动车驾驶员考核中的应用，更多的是从“社会责任”角度切入红绿色盲群体的工作与生活问题，而对造成红绿色盲“男多女少”的原因则作为悬念，留在正文中徐徐道来。

第 1 目：最常见的性别决定类型是 XY 型。教材并未直接切入伴性遗传，而是先就性染色体和性别决定进行了简要说明，并以最常见的 XY 型为例说明性染色体的形态及其携带基因的差异，同时

配有真实的扫描电镜图和更为直观清晰的染色体区段示意图,为后期理解性染色体相关的遗传信息传递做好知识铺垫。

第2目:性染色体上的基因传递是伴性遗传。教材先以科学史的形式,概述了摩尔根发现白眼雄果蝇并提出“伴性遗传”的研究历程,特别对其开展的三组果蝇杂交实验配以图文说明,并以遗传图解的方式呈现摩尔根对三组实验现象的解释。这里值得注意的是,摩尔根果蝇的杂交实验结果无法完全用第2节所学的孟德尔遗传学说来解释,而且除了植物杂交中提及的测交的方法外,本节新出现“回交”的杂交手段,这一设计思路与孟德尔的豌豆杂交实验有所不同,其中蕴含的“假设与论证”等科学思维值得分析和讨论。

在摩尔根的实验与假说之后,引出了伴性遗传的这一遗传规律,并对节引言提到的红绿色盲男女患者比例的差异与基因伴X染色体遗传的特点之间的关系作了解释。最后,列举了几例限雄遗传的例子补充了伴性遗传的类型。

二、教学建议

本节内容建议1课时。

1. 课堂教学建议

(1) 与孟德尔豌豆杂交实验类比,分析杂交实验的设计思路

伴性遗传与孟德尔的经典遗传并不矛盾,关键点是在于性染色体组成的特殊性。首先,摩尔根与孟德尔开展的实验研究有几点共同之处,如对前人研究结论(假说或是学说)的质疑,并通过实验的方式验证;实验样本量大,采用统计的方法进行分析……但在实验设计上,摩尔根的实验材料是动物,特别是高等动物在自然状态下有明显的雌雄个体之分,这也是摩尔根的实验设计与植物杂交实验大相径庭的原因之一。此外,摩尔根的两组杂交实验中分别采用了回交和(正)反交,也是遗传学实验及育种中常用的方法。通过引导学生分析并思考这些杂交实验的设计思路,为将来探索遗传学现象提供方法和路径。

(2) 利用遗传图解,培养学生的论证能力和逻辑思维

在学习过程中,可以引导学生分析摩尔根的每一组实验现象,结合摩尔根的假说,用遗传图解的方式来解释每组实验结果产生的原因,进而归纳性染色体上基因传递与性别的关联性,并尝试说明孟德尔学说在解释“伴性遗传”时的局限性。除了摩尔根的杂交实验外,教师也可以引导学生对红绿色盲在一个家族中的遗传特点进行“遗传图解说明”,进而帮助学生理解人群中红绿色盲患者男女比例存在差异的原因。

(3) 引入现实问题或相关现象,落实社会责任意识

本节教材多处渗透了社会责任,教师可以充分利用这些素材强化学生对生物学社会价值的认同和思考。例如,通过阅读生物学与社会栏目,了解伴性遗传规律在生产中的应用,引发学生关注生物技术在生产实践中的应用;结合课前活动的思考与讨论,引入关于“如何帮助色盲患者识别交通信号灯”的讨论,鼓励学生查阅相关资料并提出自己的观点和建议,即通过科学实践尝试解决现实生活

中的生物学问题。

2. 栏目使用建议

本节设置的教学辅助栏目是生物学与社会“伴性遗传规律的实践应用”，以芦花鸡的选育为例，既补充了除 XY 型以外的性别决定类型，也给出了伴性遗传规律在生产实践中的典型应用。这一栏目内容的编排，既是从生命观念的角度帮助学生认识到生命的多样性，也让学生认识到生物学的研究和发展对提高生产生活水平的重要意义。该栏目不仅可以作为课外阅读扩展知识面，也可以作为检测本节课学习成果的情境。例如，让学生以遗传图解的方式呈现芦花鸡在鸡种选育中的应用（在“自我评价”题目中也有涉及）。从生物学与社会栏目设计的目的出发，还希望教师能够以此引导学生更多关注“伴性遗传”规律在日常生活和生产实践中的应用。

三、拓展资料

1. 摩尔根对孟德尔学说的质疑

摩尔根(T. H. Morgan)于 1904 年至 1928 年创建了以果蝇为实验材料的研究室，从事进化和遗传方面的研究工作。摩尔根是第一位以遗传学成就而荣获诺贝尔生理学或医学奖的科学家，是染色体遗传学的创始人，在孟德尔遗传学向分子遗传学发展的过程中，起着承上启下、继往开来的作用。

孟德尔用实验手段研究遗传学，他的论文极为谨慎地解释了一些事实，其统计结果简洁且能被重复，又能对新设计的实验作出预见，这对当时注重实验、反对臆测和纯推理的摩尔根来说，无疑具有极大的说服力。然而，时隔不久摩尔根就疑窦丛生，起因也许来自动物遗传实验，由于实验材料的选取，他几乎从未得到像孟德尔那样简单的“3 : 1”结果。摩尔根曾指出：孟德尔所说的“显性”和“隐性”的概念并不总是像豌豆中的“高茎”和“矮茎”那样泾渭分明，有的生物后代常常表现出介于假定的显性与隐性之间的中间类型，而追随孟德尔的研究者们总是将它们按主观需要归类，以满足他们预期的比例，这样实验结果就失去了科学性。

通过科学实验，摩尔根的科学思想逐渐从不确定而趋于确定，这是摩尔根科学生涯的一大特征。科学家的思维应该是发散的，而实验结果则是限制思维的边界，它们使发散的思维向真理的极限点收敛。摩尔根则正是这样一位善于思考、务实研究的科学家。

2. 染色体遗传学说的实验证据

萨顿(W. S. Sutton)和博韦里(T. Boveri)于 1902 年提出染色体学说，认为染色体是基因的载体，染色体在减数分裂过程中的行为与基因的遗传行为是一致的。1916 年，摩尔根的学生布里奇斯(C. Bridges)发现了 X 染色体的不分离现象，为染色体学说提供了确凿的证据。

布里奇斯在白眼雌果蝇($X^w X^w$)和红眼雄果蝇($X^+ Y$)杂交实验中发现，子代中大多数为预期的红眼雌蝇和白眼雄蝇，但也有极少数例外，约 1/2000 的子代为白眼雌蝇或红眼雄蝇。布里奇斯通过一系列的杂交实验和显微观察实验证实：这些“例外子代”的产生是由于母本的两条 X 染色体在减数分裂时不分离所致，结果是形成一些含有两条 X 染色体的卵以及不含 X 染色体的卵。这些异常卵受

精后预计可产生4种类型的合子,其中两种类型的合子在发育早期会死亡(图2-20)。显微镜观察显示,“例外子代”中的白眼雌蝇的性染色体组成为XXY,红眼雄蝇为XO(不育雄性)。为了进一步验证,布里奇斯选用“例外子代”中的白眼雌蝇($X^w X^w Y$)和正常的红眼雄蝇杂交($X^+ Y$),后代中再一次出现了少量“例外”个体,表现为红眼雄蝇($X^+ Y$)和白眼雌蝇($X^w X^w Y$),再次验证了布里奇斯的假设:雌蝇除了产生 X^w 和 $X^w Y$ 类型的卵,还由于X染色体不分离现象,产生了少量的 $X^w X^w$ 和Y类型的卵。而这一假设布里奇斯也通过镜像显微观察得以证实。

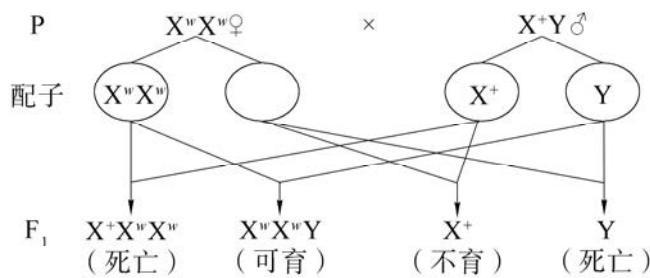


图2-20 “例外子代”的产生过程

布里奇斯通过实验,将染色体的异常行为和基因的“异常”遗传方式精确对应,直接证明了染色体学说,其实验也跻身遗传学中最为重要且简洁的实验之列。

3. 性别决定

一般说来,生物的性别是由受精卵的遗传物质决定的,但也受环境中多种因素的影响。生物的性别决定方式是复杂的,以下仅列举几种性别决定方式进行说明。

(1) 基因与性别决定

哺乳动物的性别决定属于XY型,其中Y染色体的短臂上(非同源区段)有一个“睾丸决定”基因——*sry*,其编码的睾丸决定因子(TDF)有决定胚胎性腺发育为睾丸而不是卵巢的作用。后来的研究也发现,在人或者小鼠中XX基因型的个体因为*Wnt4*、*Foxl2*等基因功能的破坏,引起雌性向雄性的性别逆转,证明卵巢发育是由X染色体上一些特定的雌性决定基因所控制的。与XY性别决定方式相反的ZW性别决定,也是由性染色体上的特定基因所控制的,如鸟类Z染色体上携带睾丸发育的关键基因*dmrt1*。果蝇的性别决定尽管也是XY型,其雌性决定基因(*sxl*)位于X染色体上,而性别决定取决于X染色体的数目与常染色体套数的比值(X/A)。当X/A比值高(≥ 1)时,胚胎发育为雌性;当X/A比值低(≤ 0.5)时,胚胎发育为雄性。

植物的性别决定比动物更为复杂。以被子植物为例,其性别系统就有雌雄同株且同花、雌雄异花同株、雌性两性同株、雄性两性同株、雌雄异花异株、雄性两性异株和雌性两性异株之分。玉米为典型的雌雄异花同株植物,雄花和雌花的发育受两对基因的调控,基因型*Bs-Ts*胚胎发育为正常雌雄同株,侧生果穗发育为雌花,顶生花序发育为雄花;基因型为*Bs-tsts*的个体侧生果穗和顶生花序均发育为雌花;而*bsbststs*的个体不发育侧生果穗,仅顶生花序发育为雌花。

(2) 环境与性别决定

在两栖类以及爬行类中,一些生物性别的决定除了与性染色体组成有关外,还与环境的变化有

一定的关系。例如,研究发现一种红耳龟(*T. scripta*)的卵在26℃孵化时,雄性性别决定基因*Dmrt1*表达,孵出的小龟为雄性;但当卵的孵化温度在32℃时,该基因沉默,孵化出的小龟则为雌性。这一现象涉及表观遗传的调控,与组蛋白H3赖氨酸27(H3K27)去甲基化酶KDM6B相关。在这一案例中,环境温度决定了性别的表型,但不改变其基因型。

第3章 可遗传的变异

遗传物质能自我复制,具有稳定性,但在代代相传的过程中可能发生变化。这种变化对生物(包括人类)会产生一定的影响。本章介绍了基因重组、基因突变、染色体变异等可遗传的变异,以及人类遗传病的检测和预防。通过本章的学习,学生能够概述基因结构和行为的变化、染色体结构和数目变化对所编码的蛋白质和生物性状的影响,列举一些可以为人类所用的变异案例,认识到人类遗传病是可以检测和预防的,最终具有运用变异规律来趋利避害、更好地为人类社会服务的社会责任意识。本章是遗传的分子基础、有性生殖中的遗传信息传递内容的延续和发展,又为学习生物的进化奠定了基础。

一、本章对应的《课程标准》要求

1. 内容要求与教学活动

本章内容框架的确定和主要内容的编写是依据《课程标准》内容要求“3.3 由基因突变、染色体变异和基因重组引起的变异是可以遗传的”。教材结合学科内在体系和教学目标,分4节进行概述和说明(表3-1)。

表3-1 第3章内容与《课程标准》要求对照表

教材内容	《课程标准》要求
第1节 基因重组造成变异的多样性	3.3.4 阐明进行有性生殖的生物在减数分裂过程中,染色体所发生的自由组合和交叉互换,会导致控制不同性状的基因重组,从而使子代出现变异
第2节 基因突变是生物变异的根本来源	3.3.1 概述碱基的替换、插入或缺失会引发基因中碱基序列的改变
	3.3.2 阐明基因中碱基序列的改变有可能导致它所编码的蛋白质及相应的细胞功能发生变化,甚至带来致命的后果
	3.3.3 描述细胞在某些化学物质、射线以及病毒的作用下,基因突变概率可能提高,而某些基因突变能导致细胞分裂失控,甚至发生癌变
第3节 染色体变异会导致性状变化	3.3.5 举例说明染色体结构和数量的变异都可能导致生物性状的改变甚至死亡
第4节 人类遗传病可以检测和预防	3.3.6 举例说明人类遗传病是可以检测和预防的

根据《课程标准》教学提示中提出的活动要求,结合实际课时,本章教材安排了1个学生活动(表3-2)。

表3-2 第3章实验和活动与《课程标准》要求关系

活动名称	活动性质	《课程标准》要求
人类常见遗传病的调查分析和预防宣传	学生活动	调查常见的人类遗传病并探讨其预防措施

2. 学业要求

《课程标准》关于本章学习的学业要求是学生应该能够:基于证据,论证可遗传的变异来自基因重组、基因突变和染色体变异;运用遗传与变异的观点,解释常规遗传学技术在现实生产生活中的应用。对此,教材从以下几个方面进行落实。

生命观念:本章内容是培养学生生命观念中“结构与功能观”“进化观”的重要素材。教师在通过具体实例引导学生分析基因突变及染色体变异时,重点围绕“基因、染色体结构和数量的改变可能导致所编码的蛋白质及生物性状发生变化”,进而树立结构与功能观;同时关注可遗传的变异对生物个体以及物种进化带来的影响,进而树立对立统一观和生物进化观。

科学思维:本章设计了“果蝇配子中的基因组合”“镰状细胞贫血”“葡萄品种培育中的染色体变化”“血友病的遗传”等活动,学生利用观察与归纳、演绎与推理、模型与建模等科学思维方法,构建可遗传变异概念,并树立结构与功能观。同时教材还设计了对“摩尔根果蝇杂交结果”的探究,教师可引导学生运用假说—演绎法认识染色体交叉互换导致基因重组。本章在阅读分析的基础上设计了较多深度思考和讨论的活动,这对培养学生的科学思维能力起着重要作用。

科学探究:教材设计了探究·活动“人类常见遗传病的调查分析和预防宣传”以及“基因重组的直接证据”“人类与白血病抗争的历程”等内容,介绍了科学家的研究过程和方法。学生可通过参与探究活动及分析科学探究案例,掌握科学探究的基本思路和方法,提升团队合作和创新能力。

社会责任:本章介绍了“可遗传变异原理在育种上的应用”“基因突变引发癌变”“染色体变异引发血癌”“遗传病的检测和预防”等,提升学生学好生物学、造福人类的社会责任感,同时树立并宣传健康文明的生活方式及关爱生命的观念。

二、本章与学科体系内容关系

1. 本章与其他章节之间的关系

本章内容是在学生已经学习了“蕴含遗传信息的DNA分子结构”“遗传信息的复制和表达”“细胞的有丝分裂和减数分裂”“分离定律和自由组合定律”“伴性遗传”等内容之后,学生知道了染色体、DNA及基因之间的关系,认识了染色体的行为决定了基因的行为、基因的行为决定了生物的性状,这为学习本章基因重组、基因突变和染色体变异奠定了基础。此外,通过对第2章“分离定律”“自由组合定律”和“伴性遗传”等内容的学习,学生理解了分离定律和自由组合定律的本质,并能运用相关知识从亲代的性状表现预测子代的性状表现类型和频率,这为学习本章人类遗传病的类型、检测和

预防做好了铺垫。本章既是教材前两章内容的延续,又是学习第4章“生物进化”的基础。

2. 本章各节之间的关系

可遗传变异包括基因重组、基因突变和染色体变异,基因重组包括染色体自由组合和交叉互换,基因突变包括碱基替换、插入和缺失,染色体变异包括染色体数目变异和染色体结构变异。教材前3节从分子水平和细胞水平阐述了可遗传变异的类型、实质和应用;第4节则以基因突变和染色体变异为基础,阐述人类遗传病的类型,并进一步分析遗传病的检测和预防措施。教材设计从学生的认知特点出发,有利于实现重要概念的内化,形成生命观念,培养社会责任感。各概念之间的关系如图3-1所示。

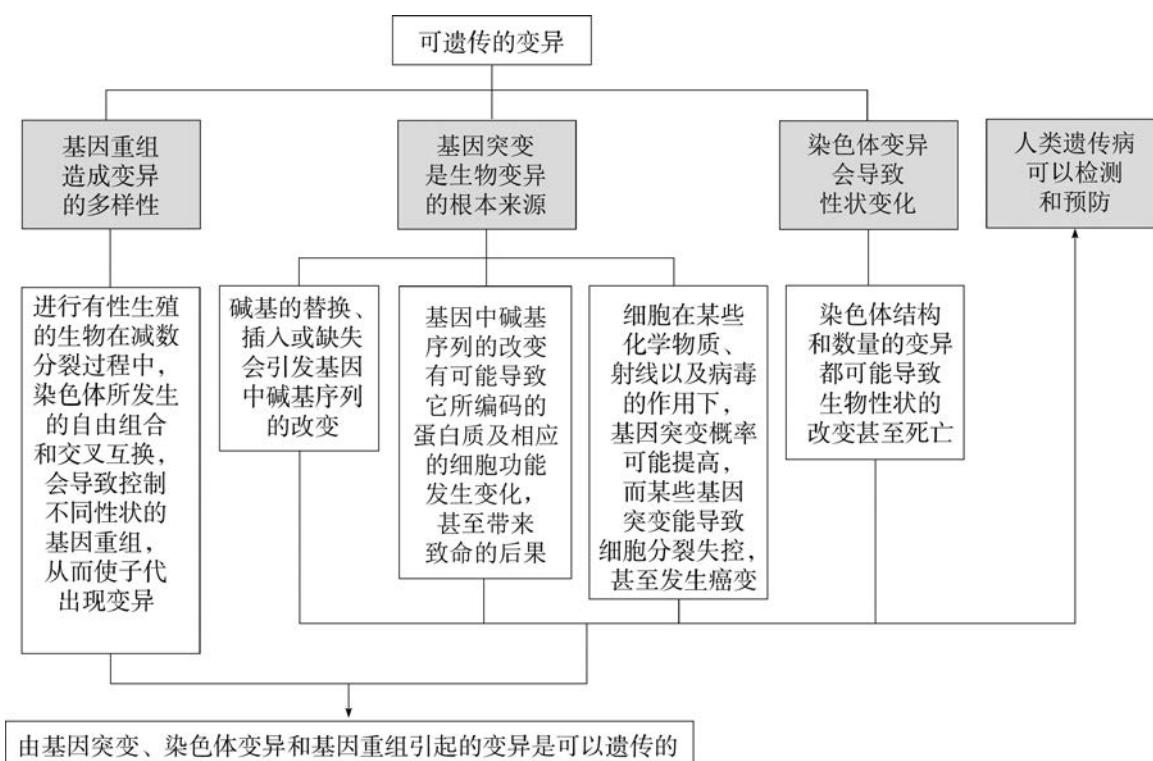


图3-1 第3章各节概念之间的关系

三、本章教学目标

能从分子与细胞层面剖析基因、染色体结构和数量的改变可能导致相关蛋白质及生物性状发生变化,解释现实生活和生产中的相关问题,树立结构与功能观,培养社会责任感;基于事实和证据,通过观察与归纳、演绎与推理、模型与建模,阐明基因重组、基因突变和染色体变异的内在机理及其与遗传多样性的关系;通过实例分析,理解基因突变、染色体变异对个体带来的影响可能是不利的,但对整个物种带来的影响可能是增强了适应外界环境的能力,学会辩证地看待变异;通过具体病例分析及调查分析活动,了解人类遗传病的类型、致病原因及预防措施,指导健康生活,培养科学探究能力及社会责任感。

四、本章课时建议

本章建议 10 课时,具体见表 3-3。

表 3-3 第 3 章课时安排

教学内容	课时建议
第 1 节 基因重组造成变异的多样性	2
第 2 节 基因突变是生物变异的根本来源	2
第 3 节 染色体变异会导致性状变化	2
第 4 节 人类遗传病可以检测和预防	3
学习交流与评价	1

其中,第 4 节的探究·活动 3-1“人类常见遗传病的调查分析和预防宣传”1 课时。

五、本章评价建议

1. 评价内容

(1) 学生的生命观念

学生是否能说出可遗传变异的类型;从结构与功能角度说出遗传物质在传递过程中发生的变化对生物性状及生存的影响,为形成生物进化观奠定基础。

(2) 学生科学思维的发展

学生是否能运用观察与归纳、演绎与推理、模型与建模等方法,说出可遗传变异中分子结构变化与功能的关系;辩证看待遗传物质的变化对生物的影响。

(3) 学生科学探究的能力

学生是否能通过调查人类常见遗传病的活动,掌握调查和统计人类遗传病的初步方法,了解几种人类常见遗传病的发病现状、临床表现及其诊断和防范措施。

(4) 学生的社会责任意识

学生是否能通过调查活动和科普宣传,提高公众对遗传病的认知和关注程度,并提高自身的社会交流能力以及社会责任感。

2. 评价方式

(1) 自我评价

本章在每节设置了适量的自我评价题,其目的是帮助学生在学完本节内容后,检查对相关学习目标的达成情况。通常围绕重要概念和学科核心素养进行,如第 1 节的第 4 题,要求学生结合基因重组,说出人长相各不相同的主要原因,理解这种变异的本质和意义;第 2 节的第 2 题,要求学生结合仙

人掌叶的变异,分析变异的利弊,培养辩证思维能力。教师在每节内容结束时,可借助自我评价题完成评价,也可以学习目标为基础自行设计评价题;可通过书面评价形式要求书写在《练习部分》相关位置,也可通过口头报告形式进行。

(2) 学业评价

本章设置了 7 道学业评价题,大部分是检测学生在真实情境中解决实际问题的能力。每道题设计了多个问题,呈现形式有填空、选择、简答、实验设计等。题目聚焦核心素养的测量,但每道题的考察要点以及素养水平不同。

第 1 题:列出了引起变异的不同原因,包括可遗传变异和不可遗传变异,让学生结合基因、DNA 等相关知识分析问题。第(1)小题要求学生能够根据基因的概念以及染色体、DNA 与基因的关系判断上述变异的来源是否产生新基因,以及是否可以遗传(生命观念水平 1、科学思维水平 2);第(2)小题要求学生理解这些变异的本质,思考通过实验区分这些变异的方法(科学思维水平 2、科学探究水平 2)。

第 2 题:基于果蝇的体色基因和翅形基因存在的连锁关系,并提出雄果蝇的基因为完全连锁,让学生结合减数分裂和遗传变异的相关知识分析问题。第(1)小题要求学生能够区分完全连锁和不完全连锁引起的不同效应,让学生分别写出不完全连锁的雌果蝇产生的雌配子类型和完全连锁的雄果蝇产生的雄配子类型(生命观念水平 2、科学思维水平 2);第(2)小题要求学生根据雌雄配子类型推测子代的基因型和表型,并判断其结果是否符合自由组合定律(科学思维水平 2);第(3)小题要求将双隐性亲本作为父本或母本,与 F_2 个体进行测交,然后通过分析测交得到的子代性状判断 F_2 个体的基因型是纯合子还是杂合子,并说明选择该亲本作为父本或母本进行测交的原因(科学思维水平 2)。

第 3 题:在不考虑基因突变可逆性的前提下,利用 3 个品系设计实验,探究小眼基因和细眼基因是同一基因的突变,还是不同位置上基因的突变(科学思维水平 2、科学探究水平 2)。

第 4 题:以镰状细胞贫血的遗传方式以及致病基因携带者与正常人的表型差异为情境,要求学生运用遗传学定律相关知识和方法分析问题。第(1)小题要求学生根据一对夫妇的相关表型进行基因型判断(生命观念水平 1、科学思维水平 2);第(2)小题要求学生根据这对夫妻的基因型判断后代患病和携带致病基因的概率(科学思维水平 2);第(3)小题要求学生根据重新假设的表型判断基因型,再推测后代的患病和携带致病基因的概率,并根据该病遗传的特点以及这对夫妻的具体情况,给出产前检查的合理建议(科学思维水平 3)。

第 5 题:以现代香蕉的培育为背景,提出香蕉原始种存在的优缺点,以及使细胞染色体数目加倍的处理手段,让学生结合染色体变异的相关知识分析问题。第(1)小题要求学生从多倍体香蕉品种示意图中找出染色体组的变化规律,分析判断染色体变异的类型(生命观念水平 1、科学思维水平 2);第(2)小题要求学生根据减数分裂过程中染色体的变化规律推测三倍体无籽的原因(科学思维水平 2);第(3)小题要求学生根据多倍体的果实普遍比较大的现象,推测出细胞内基因出现次数越多,表型效应越显著的结论(科学思维水平 2)。

第 6 题:以一对健康夫妇在已经生育一个健康孩子后,再次怀孕时进行产前诊断的相关检查项目为情境,让学生根据检测和预防遗传病的相关知识进行分析。第(1)小题要求学生能够判断孕妇关于产检的错误思想并解释原因(科学思维水平 2、社会责任水平 1);第(2)小题要求学生理解不同产检项目的内容,归纳各个项目的意义(科学思维水平 2);第(3)小题要求学生能够区分不同产检项目

所检测的疾病范围,做出判断并说明原因(科学思维水平 2)。

第 7 题:以人类第 17 号染色体上的 $NF - 1$ 基因的相关疾病为情境,让学生根据某黑色素瘤患者的系谱图以及 $NF - 1$ 蛋白与恶性肿瘤的关系示意图,结合遗传与变异的相关知识分析问题。第(1)小题要求学生运用遗传规律的相关知识,根据患者的系谱图推测该疾病的遗传方式(科学思维水平 2);第(2)小题要求学生根据该病的遗传特点,推测某患者的基因型及其后代患病的概率(科学思维水平 2);第(3)小题要求学生根据 $NF - 1$ 蛋白与恶性肿瘤的关系示意图,提炼有效信息,分析总结导致子代发生恶性肿瘤的可能原因(科学思维水平 2);第(4)小题要求学生根据题干中有关组蛋白密集区域基因不易表达的情境,以及 $NF - 1$ 蛋白与恶性肿瘤的关系示意图,分析推测子代的患病概率并说明理由(科学思维水平 3)。

第1节 基因重组造成变异的多样性

一、教材分析

1. 学习目标

本节教材中的学习目标包括：

阐明减数分裂过程中，染色体自由组合和染色体交叉互换导致基因重新组合，从而导致所控制性状的重新组合，使子代出现可遗传的变异。

这项目标是依据《课程标准》内容要求 3.3.4 设定的。目标包含了构建结构与功能观的要求（水平 2），也要求结合减数分裂分析基因的重新组合与生物性状的关系（水平 2）。

2. 概念聚焦

本节聚焦的核心概念是依据《课程标准》内容要求 3.3.4 而选取的，教材通过系列生物学事实来概述（表 3-4）。

表 3-4 本节核心概念及相关生物学事实

核心概念	生物学事实
减数分裂过程中染色体自由组合和染色体交叉互换导致基因重新组合，从而使子代出现变异	染色体自由组合导致产生多样性配子
	物种染色体数目与变异多样性的关系
	染色体自由组合产生的变异在育种过程中具有重要意义
	染色体交叉互换导致重组型配子的产生

3. 学习内容

教材通过节引言设置问题引入学习内容，在课前活动中提供“雌果蝇细胞染色体示意图”，引导学生思考：就位于非同源染色体上的四对基因而言，果蝇可产生多少种基因型的配子；就位于一对同源染色体上的两对等位基因而言，果蝇可产生多少种基因型的配子。学生通过思考与讨论，意识到染色体的某些行为会导致多种类型配子的产生，使子代出现变异。学生可以通过知识回顾、比较分析，认识染色体上的基因与产生多种类型配子之间的关系，初步了解减数分裂中染色体自由组合和交叉互换导致基因重组。“思考与讨论”题参考答案：1. 16 种；2. 4 种，联会时可能发生交叉互换。

本节教材分 2 目，分别基于实验证据论证染色体特定行为是导致基因重新组合的原因。

第 1 目：染色体自由组合可导致基因重新组合。教材引导学生回顾减数分裂的过程，明确非同源染色体的自由组合可导致非等位基因自由组合，从而出现多种类型的配子。在此基础上，引导学

生理解物种染色体数目越多,配子的基因型种类就可能越多,受精后的子代的变异类型会越多,使学生能够阐明染色体自由组合导致基因重新组合。教材介绍了关于自由组合产生的变异原理应用于农业生产实践的意义,提供了国光苹果和红元帅苹果通过杂交培育出苹果新品种这一贴近生活的案例,使学生进一步理解染色体自由组合导致变异类型的原理和意义。

第2目:染色体交叉互换导致基因重组。教材首先介绍在摩尔根果蝇杂交实验研究中,灰身与黑身、长翅与残翅两对性状的测交实验结果不符合自由组合定律,引导学生对该实验现象作出假设和解释。然后教材介绍摩尔根通过演绎与推理的方法,解释产生上述结果的原因,即减数分裂时联会的同源染色体两条非姐妹染色单体之间发生了交叉互换,导致在形成亲本型配子的同时还产生了重组型配子。学生通过上述实验证据理解染色体交叉互换导致基因重组。同时教材设置思维训练“基因重组的直接证据”,使学生进一步明确引起基因重组的原因,并培养尊重事实和证据、崇尚严谨的求知态度。

二、教学建议

本节内容建议2课时。

1. 课堂教学建议

(1) 创设情境,激发探究兴趣

在教学过程中,教师可以先展示相关照片,比如母猫与它产下的一窝小猫,然后提出问题:照片中反映出遗传现象的同时,还反映出了什么现象?引导学生得出变异的概念,即同种生物之间、亲代与子代之间,既有相似的一面,又存在一定的差异,这种差异就是变异。或提供情境,比如同样的种子在不同肥力的土壤中长出的植株高矮不同,出现不同的变异;而这些植物结出的种子若种在同一土壤中则长出的植株高矮相近。然后引导学生由生命现象分析得出现象的本质,即由环境引起的变异其遗传物质没有发生改变,是不可遗传变异,而遗传物质改变引起的变异为可遗传变异。

然后可利用教材的节引言,展示英国学者贝特森和庞纳特对香豌豆两对性状的研究过程图示,其 F_2 的比例与基因自由组合定律的“9:3:3:1”相差很大,引发学生思考: F_2 中4种性状有2种亲本型和2种重组型,为何有时候符合“9:3:3:1”的结果,有时候不符合呢?结合课前活动思考:在减数分裂过程中,染色体的哪些行为会导致基因的重新组合,使子代出现不同于亲本的变异?

(2) 结合经典实验和实物模型,阐释染色体自由组合导致基因的重新组合

学生在第2章中已经学习了减数分裂过程中发生非同源染色体自由组合,即基因的自由组合定律,但是尚不清楚染色体的自由组合与变异之间的关系。因此,本节教学中可以先回顾孟德尔的豌豆杂交实验过程,引导学生发现其中的变异现象,再通过回顾减数分裂过程中染色体的自由组合来解释产生该现象的本质原因。教师可以先提出问题:孟德尔进行的豌豆两对相对性状的杂交实验中,是否存在变异的现象呢?引导学生回忆并说出在杂种子二代中出现了不同于亲代的黄色皱粒和绿色圆粒的变异性状。教师继续提问:子二代出现变异的原因是什么呢?帮助学生通过回顾减数分

裂和基因的自由组合定律相关内容,阐明在子一代产生配子过程中,由于非同源染色体间的自由组合使位于不同染色体上的基因重新组合,产生了新类型的配子(Yr 和 yR),再由于雌雄配子的随机结合,导致产生了多种类型的后代,即出现了变异的子二代,帮助学生总结“染色体自由组合可导致基因重新组合”的核心概念。

教师还可以利用实物模型,阐明“染色体自由组合导致基因的重新组合”和“染色体交叉互换导致基因重组”,提高学生科学思维与科学探究能力。例如,针对课前活动思考与讨论的第1题,在课前利用不同颜色的磁力贴按教材图3-1的雌果蝇细胞染色体示意图剪出4对同源染色体(可准备两组,用于展示姐妹染色单体的关系),并用记号笔在染色体上标出基因 A/a 、 B/b 、 C/c 、 D/d 。然后请学生回顾相关内容并演示该雌果蝇产生配子的过程(包括减数第一次分裂和减数第二次分裂)中染色体和基因的动态过程,分析产生配子的种类,理解染色体自由组合导致多样性配子的产生。

(3) 用遗传与变异的观念,分析并解释基因重组在农业生产育种中的应用

通过分析并解释利用国光苹果和红元帅苹果杂交并连续自交获得苹果新品种的育种策略原理,加深对基因重组引起变异的理解;再通过设置问题情境继续引发学生思考,并能运用遗传与变异的观念为指导,探讨生命活动的规律,设计方案解决简单问题,理解杂交育种的过程和意义。比如提出问题:一个小麦品种抗霜冻但易感染锈病($AARR$),另一个小麦品种不抗霜冻但抗锈病($aarr$),如何获得既抗霜冻又抗锈病的小麦新品种?引导学生说出将两个品种杂交后自交,在 F_2 中获得既抗霜冻又抗锈病的小麦。教师可继续设置问题: F_2 中获得的既抗霜冻又抗锈病的小麦基因型是什么?比例是多少?如何从 F_2 中筛选出能稳定遗传的既抗霜冻又抗锈病的植株呢?引发学生思考,培养学生运用遗传与变异的观念,探讨生命活动的规律,设计方案解决简单问题。

(4) 探究交换产生重组型配子的过程,阐释染色体交叉互换导致基因重组

教师可针对课前活动中“思考与讨论”第2题,继续引导学生利用代表染色体的磁力贴探究该雌果蝇产生配子时,2号染色体上的 A/a 和 E/e 两对基因的动态关系。为了不破坏磁力贴模型,可以预先剪出一段 E 和 e 基因所在的染色体片段(颜色一致),并用记号笔表示出相应的 E/e 基因。在演示染色体交叉互换时,可以将代表染色体片段的磁力贴直接贴在原有磁力贴模型上,覆盖 E 和 e 所在的原有片段,帮助学生理解染色体交叉互换导致重组型配子的产生(上述活动也可以让学生分组并使用橡皮泥进行研究,思路与过程相似)。

引导学生通过计算交换后重组型配子占比,理解重组型配子与亲本型配子的关系。通常,并不是每一个初级卵母细胞中都会发生染色体交叉互换,在理解了染色体交叉互换能够产生重组型配子后,根据教材图3-3中 F_2 的4种类型的比例($4:1:1:4$),运用科学思维方法展开讨论,教师可提出问题: F_1 雌果蝇的初级卵母细胞中,发生了交叉互换的比例有多少?进一步理解重组型配子少于亲本型配子的现象和原因。

教师还可以通过教材思维训练栏目理解基因重组的直接证据。摩尔根关于染色体交叉互换导致基因重组的论证是通过演绎与推理的方式证明的,属于间接证据。显微镜下是否能够找到直接的证据呢?教师可引导学生通过阅读思维训练“基因重组的直接证据”,利用某种玉米杂合体9号染色体上的染色质结和其他染色体片段这两个重要标志,寻找交换的直接证据,回答“思考与讨论”的问题,进一步阐释基因重组是由染色体交叉互换导致的。

2. 栏目使用建议

本节教学辅助栏目为思维训练“基因重组的直接证据”。摩尔根通过对果蝇杂交结果的假设和演绎推理,得出了 F_1 雌果蝇在减数分裂产生配子时,同源染色体的相邻非姐妹染色单体发生了交叉互换,导致非等位基因的重组,形成了重组型配子。科学家可以在显微镜下观察到染色体交叉互换现象,为基因重组提供细胞学直接证据。教师可以引导学生通过观察玉米9号染色体两端特殊的结构(染色质结和其他染色体片段)和基因C、 wx 的位置,推测在发生染色体交叉互换时,基因C与染色质结更容易关联在一起,基因 wx 与其他染色体片段更容易关联在一起。学生通过画图的方式,推测测交后,除了出现较多的有色蜡质($C-wx/c-wx$)和无色淀粉质($c-Wx/c-wx$)的表型,还会出现较少的有色淀粉质($C-Wx/c-wx$)和无色蜡质($c-wx/c-wx$)的表型,并且在显微镜下可以观察到这两种子代细胞的9号染色体只含有一种特殊结构,即要么只有一端带有染色质结,要么只有一端带有其他染色体片段。由此证明,染色体交叉互换导致基因重组。通过以上分析,可以培养学生的科学思维和科学探究能力。“思考与讨论”参考答案:1. $C-Wx/c-wx$; $c-wx/c-wx$ 。2. 利用了染色体两端的形态学标记作为观察重组的证据。3. 略。

三、拓展资料

1. 基因重新组合与基因重组的区别

基因重组是指在生物体进行有性生殖的过程中,控制不同性状的基因重新组合。从广义上讲,任何造成基因型变化的基因交流过程,都叫作基因重组,包括基因自由组合与染色体交叉互换。狭义的基因重组仅指涉及DNA分子内断裂-复合的基因交流,即染色体交叉互换。

根据对《课程标准》的分析,高中阶段不作深入区分,可将基因重新组合与基因重组视作等同,包括基因自由组合和染色体交叉互换。

2. 摩尔根的果蝇杂交实验

果蝇大多数是灰身长翅(野生型),但也有黑身残翅(突变型)。1910年,美国生物学家摩尔根及其同事通过实验推测出果蝇的灰身(B)对黑身(b)是显性、长翅(Vg)对残翅(vg)是显性,然后又设计了另外两组实验:一组是让 F_1 的雄果蝇($BbVgvg$)和双隐性类型的雌果蝇($bbvgvg$)测交,另一组是让 F_1 的雌果蝇($BbVgvg$)和双隐性类型的雄果蝇($bbvgvg$)测交。第一组子代只出现了与亲本性状完全相同的两种类型:灰身长翅和黑身残翅,且两者各占50%。第二组子代结果见教材图3-3。

摩尔根认为果蝇的灰身基因和长翅基因位于同一条染色体上;而黑身基因和残翅基因位于同源染色体的另一条上。在形成配子时,同一条染色体上的不同基因是连在一起遗传的,这种现象称为基因连锁。在上述摩尔根的第一组果蝇实验中, F_1 雄果蝇产生配子时,灰身基因(B)总是和长翅基因(Vg)一起遗传,黑身基因(b)总是和残翅基因(vg)一起遗传。也就是说,灰身基因与长翅基因、黑身基因与残翅基因不能任意分开,也不能自由组合,而是100%连锁,这种现象称为基因完全连锁。由此不难理解, F_1 的雄果蝇($BbVgvg$)和双隐性类型的雌果蝇($bbvgvg$)测交,只产生两种类型后代。

值得注意的是,位于常染色体上基因完全连锁的例子并不多见,已知雄果蝇和雌家蚕在产生配

子时,是以完全连锁方式遗传的。大部分生物的同源染色体上的连锁基因,在形成配子的过程中都会发生不同程度的交换。这种在连锁基因之间发生部分交换的现象,称为基因不完全连锁。

我们在显微镜下观察减数分裂的细胞,虽然可看到染色体交叉现象,但无法直接观察到基因之间的交换及交换的比例。因此,要确定连锁基因之间的交换值(又称交换频率或重组率),通常根据测交后代中重组型个体占全部个体的比例来计算的。连锁基因之间交换值的计算公式如下:

$$\text{交换值}(\%) = \frac{\text{测交后代中的重组型个体数}}{\text{测交后代个体总数}} \times 100\%$$

摩尔根通过大量的果蝇杂交实验证明,连锁基因之间的交换值是相对稳定而且有规律的。染色体上的两个连锁基因相距越远,发生交换的频率就越高;相反,两个连锁基因相距越近,交换频率就越低。

3. 香豌豆的两对相对性状研究

20世纪初,孟德尔的工作被重新发现之后,贝特森和庞纳特在香豌豆的遗传实验中发现了无法用孟德尔自由组合定律解释的实验结果。他们用具有不同花色和花粉粒长度的香豌豆品种杂交(图3-2),所有F₁植株均为红花长花粉粒,说明决定红花和长花粉粒这两个人性状的基因是显性的。当F₁自交,两对基因独立分配产生F₂的表型比预期应为9:3:3:1,但实际的比例则约为23.3:1:1:6.8。显然,两个亲本类型在子代中“过多地”出现了。

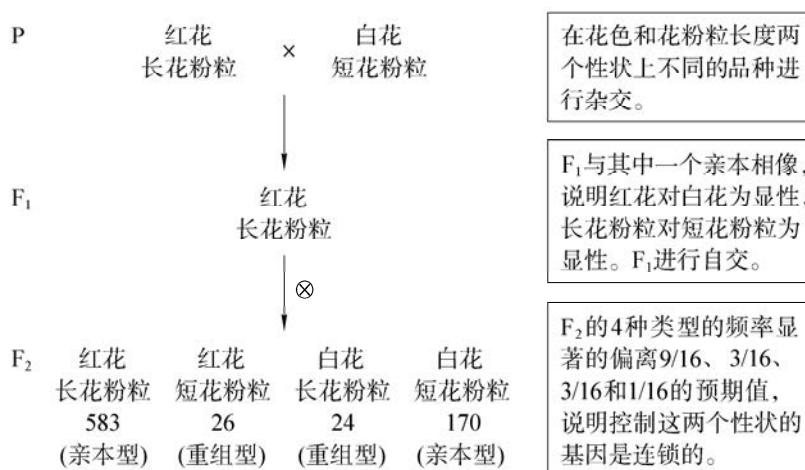


图3-2 贝特森和庞纳特用香豌豆所做的实验

贝特森和庞纳特未能对所观察到的结果作出正确的解释。直到摩尔根的果蝇杂交实验之后,人们才明白,与孟德尔定律预期结果的偏离是由于决定花色与花粉粒长度的基因位于同一条染色体上,在减数分裂形成配子时,它们很可能跟随染色体进入同一个子细胞,具有连锁现象。图3-3给出了这一解释的图解。决定花色的等位基因为R(红花)和r(白花),决定花粉粒长度的等位基因为L(长花粉粒)和l(短花粉粒);R和L是显性的。因为花色与花粉粒长度基因连锁,F₁植株的配子中等位基因的亲本型组合(R和L,r和l)比非亲本型组合(R和l,r和L)要多很多。所以在F₂中F₁自花受精产生的亲本表型明显占优势。然而,因为花色与花粉粒长度这两个基因并非完全连锁,所以F₂中仍有一些非亲本型后代出现,尽管其比例较小。这些非亲本型子代的出现,说明在F₁中这两种基因的等位基因发生了重组,因此它们被称为重组子。

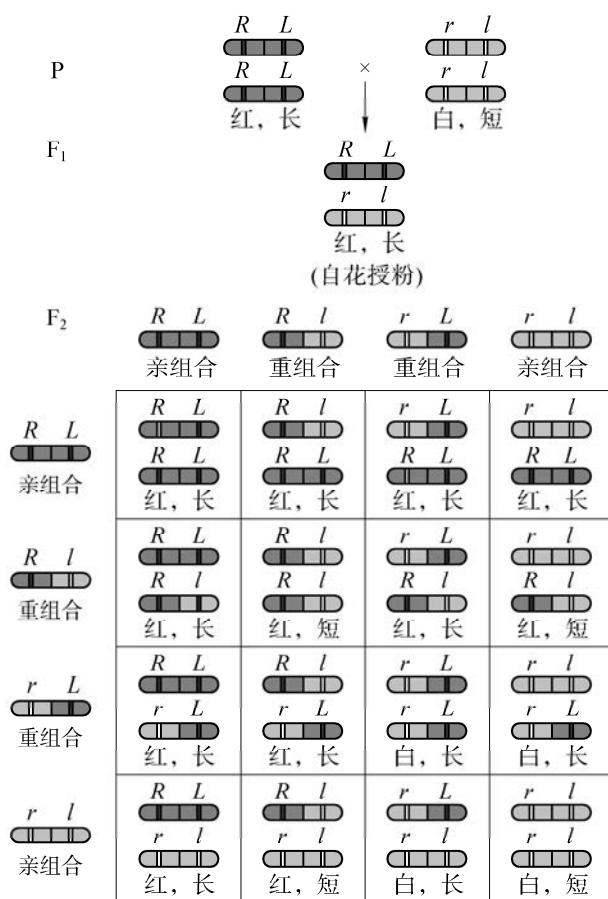


图 3-3 贝特森和庞纳特实验结果的遗传图解

在测交实验中,如果统计的 1000 个子代中,有 920 个具有与两个亲本相同的性状,剩下的 80 个为重组子,那么由杂合的 F₁ 植株产生的重组子配子的频率为 $80/1000=0.08$ (图 3-4)。

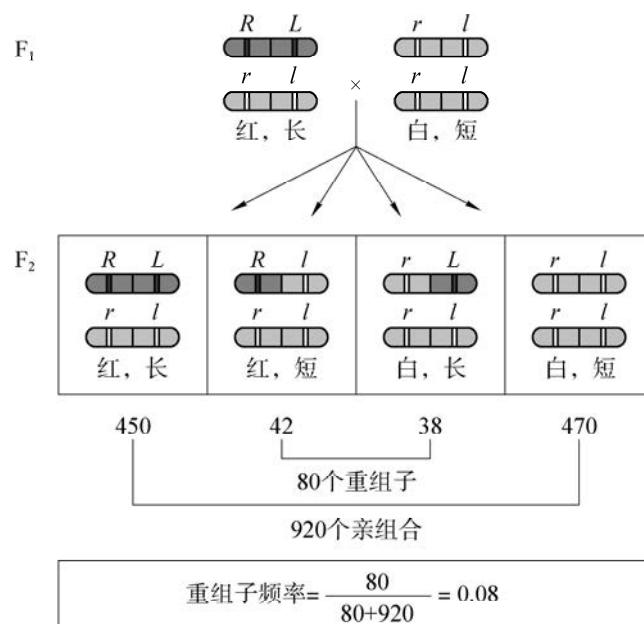


图 3-4 香豌豆中基因连锁的测交分析

利用重组率,我们可以估算位于同一条染色体上的两个基因之间的距离。染色体上距离较近的位点间重组率较低,更可能表现为紧密连锁,而连锁不紧密的基因间则重组率较高。假定基因 A 和 B 位于不同染色体上,亲本 $AABB$ 与 $aabb$ 杂交后所产生的 $AaBb$ 子一代再与 $aabb$ 测交;由于位于不同染色体上的基因可以独立分配, F_2 中将有四种性状类型:与亲本型一致的 $AaBb$ 、 $aabb$ 以及重组型 $Aabb$ 、 $aaBb$,并且每一种类型所占比例相等。也就是说,当基因 A 和 B 之间为自由组合时,重组率为 50%。因此,对任何两个基因,两者间的重组率不会超过 50%;当重组率为 50% 时,意味着基因间是独立分配的。当基因位于不同染色体上,或位于同一染色体上但相距很远(分别位于染色体的两端),可达到这一上限。

第2节 基因突变是生物变异的根本来源

一、教材分析

1. 学习目标

本节教材中的学习目标包括：

- (1) 概述碱基替换、插入或缺失属于基因突变，可能导致所编码的蛋白质功能改变，从而使细胞的相应功能发生变化。
- (2) 概述基因突变可产生新等位基因，是生物变异的根本来源。
- (3) 概述利用某些理化或生物因素能够提高基因突变率；举例说明基因突变可以带来致命的后果，但也可以为人类所利用。

这三项目标是依据《课程标准》内容要求 3.3.1、3.3.2 和 3.3.3 设定的。目标(1)包含了构建结构与功能观的要求，也要求结合遗传信息传递，分析基因的变化与细胞功能的关系（水平 2）。目标(2)概述基因内部发生的变化产生等位基因，认同基因突变是生物变异的根本来源（水平 2）。目标(3)用行为动词“举例说明”提出了质量水平要求（水平 2）。

2. 概念聚焦

本节聚焦的核心概念是依据《课程标准》内容要求 3.3.1、3.3.2 和 3.3.3 而选取的，教材通过系列生物学事实来概述和说明（表 3-5）。

表 3-5 本节核心概念及相关生物学事实

核心概念	生物学事实
碱基的替换、插入或缺失会引起基因中碱基序列的改变，这种改变可能导致蛋白质及细胞相应的功能发生变化	编码血红蛋白 β 链基因的一个碱基发生替换，导致镰状细胞贫血 相对于碱基替换，通常碱基插入或缺失对所编码蛋白质结构和功能的影响更大 基因突变具有普遍性和多方向性
某些环境因素可提高基因突变的概率，而某些基因突变能导致细胞分裂失控，甚至发生癌变	自然状态下，基因突变发生频率很低 某些射线、化学物质和病毒会提高基因突变频率 原癌基因与抑癌基因的突变可能会引发细胞癌变 基因突变可被用于育种等领域

3. 学习内容

本节在节引言中通过只有一个字母不同但句意完全不同的两句话，引出问题：假如基因中碱基

序列的一个“字母”发生改变,会对基因编码的蛋白质造成什么样的影响?是否会改变个体的性状呢?从结构与功能的角度引发学生思考基因的碱基序列与蛋白质的关系。教材在课前活动中提供了正常细胞和镰状细胞的对比图,使学生直观认识两者性状的差异,并由表及里对镰状细胞贫血患者与正常人的血红蛋白基因片段进行比较,回顾中心法则的相关知识,思考并列表比较正常基因和异常基因转录的 mRNA 及其翻译的多肽链序列,初步认识基因中碱基序列的改变可能产生的影响,提高科学思维,进一步树立结构与功能相适应的生命观念。“思考与讨论”参考答案:

1. 比较项	正常基因	异常基因
DNA(编码链)	5'- GTG CAT CTG ACT CCT GAG GAG - 3'	5'- GTG CAT CTG ACT CCT GTG GAG - 3'
mRNA	5'- GUG CAU CUG ACU CCU GAG GAG - 3'	5'- GUG CAU CUG ACU CCU GUG GAG - 3'
多肽链	缬氨酸-组氨酸-亮氨酸-苏氨酸-脯氨酸-谷氨酸-谷氨酸	缬氨酸-组氨酸-亮氨酸-苏氨酸-脯氨酸-缬氨酸-谷氨酸

2. 不一定,不一定。基因中编码链的碱基改变会引起 mRNA 中密码子改变,改变后的密码子可能与改变前的密码子决定同一种氨基酸。

本节教材分 3 目,在阐明基因突变概念的同时,提出引起基因突变的因素和人们对基因突变的利用。

第 1 目:碱基替换、插入或缺失都可能引起基因突变。教材承接课前活动,继续以镰状细胞贫血为例,结合示意图,以正常碱基序列及其编码的氨基酸序列为对照,引导学生比较归纳碱基的替换、插入、缺失导致肽链氨基酸序列的差异。教材的文字部分比较简洁,大量的信息都蕴含在示意图中。学生从示意图中可以了解到,除了碱基替换外,碱基的插入或缺失都可能改变所编码的氨基酸序列,从而造成蛋白质结构和功能改变,可能会引起生物性状变异。此外,通过对比的方式可以更加突出碱基的插入或缺失所引起的氨基酸序列的改变往往比碱基的替换更加显著。

接下来,教材总结了基因突变的概念和意义,以及普遍存在的特点。以控制果蝇眼色基因 W 的不同突变形式为例,通过示意图,引导学生理解基因突变的多方向性和可逆性。为了让学生能够理解基因突变引起的变异是可遗传的,教材设置了一个学习提示,让学生知道只有生殖细胞发生基因突变并参与受精过程,突变基因才可以传给下一代。以上内容也是为第 4 章中的“现代进化理论”相关内容做了铺垫。

教材设置了广角镜“DNA 损伤与修复”。一方面基于实际基因突变率远低于理论数据的事实,以图示方式简单介绍了细胞中强大的 DNA 损伤修复系统工作的原理。另一方面,又从 DNA 修复系统可能存在缺陷的事实,分析可能引起的后果。

第 2 目:诸多理化和生物因素可提高基因突变的频率。基因突变对于生物的进化和多样性,以及科学研究等都具有非常重要的意义。基因突变发生的频率是怎样的?有哪些因素可以改变基因突变的频率呢?教材先以真实的数据说明了在自然条件下基因突变发生的频率很低,然后介绍科学家的实验研究发现一些理化和生物因素可提高基因突变的频率,并列举 X 射线、亚硝酸等因素如何引起基因突变率的提高。

在此基础上,教材提出对细胞增殖和分裂具有重要作用的基因发生突变,将会使细胞的增殖和分裂失去控制,甚至引发癌变。比如抑癌基因和原癌基因的正常表达,两者就像“刹车”和“油门”的关系,协同调控细胞周期。教材通过举例,说明两类基因中无论哪一类发生突变导致异常表达,都可能导致细胞分裂失控,从而导致细胞癌变。学生通过对本目的学习,能够理解基因突变是癌症发生的根本原因。

教材设置了广角镜“DNA 测序法检测基因突变”。以 DNA 双脱氧链终止法为例,结合图示说明该方法的巧妙之处,通过与四色荧光标记法联用,在 DNA 复制时加入 dNTP 和 ddNTP,再对得到的各种大小的 DNA 片段进行末端荧光检测,找出对应的碱基,确定 DNA 片段上的碱基序列。

第 3 目:基因突变可为人类所用。在此部分内容中,教材通过大量实例表明基因突变可能使生物更好地适应环境或者为人类所用。最后,由于自发突变率很低,教材通过举例,说明人类可利用理化等因素提高基因突变率而缩短育种周期,使学生意识到生物学与社会的关系。生物学与社会“日常生活中的致癌物”结合示意图,列举生活中常见的容易引起癌症的理化和生物因素,希望能够引起学生的重视,注重生命安全与健康教育。

二、教学建议

本节内容建议 2 课时。

1. 课堂教学建议

(1) 利用案例引入新课,引发对生命现象的分析与思考

教师可利用课前活动导入新课,引发学生对生命现象的分析与思考。情境可适当拓展:镰状细胞贫血患者的红细胞不是正常的两面双凹的圆饼状,而是弯曲的镰刀状。这样的红细胞较难通过毛细血管,易发生阻塞或破裂,引起组织器官缺血、缺氧,甚至会导致死亡。科学家检测正常人、镰状细胞贫血患者的血红蛋白,发现镰状细胞贫血是由血红蛋白分子缺陷造成的。教师展示正常红细胞和镰状红细胞的血红蛋白部分氨基酸序列:

正常蛋白质片段:缬氨酸-组氨酸-亮氨酸-苏氨酸-脯氨酸-谷氨酸-谷氨酸

异常蛋白质片段:缬氨酸-组氨酸-亮氨酸-苏氨酸-脯氨酸-缬氨酸-谷氨酸

教师可根据上述两种蛋白质片段设置问题串:异常蛋白质哪一个氨基酸发生了改变?蛋白质的肽链中氨基酸序列是由什么决定的? mRNA 中密码子的碱基排列顺序是由什么决定的? DNA 是如何控制蛋白质合成的?教师可引导学生根据教材中提供的正常基因和异常基因序列以及密码子表,依据中心法则推测正常蛋白质和异常蛋白质的多肽链氨基酸序列,并检验是否与教师提供的两种血红蛋白部分氨基酸序列相符。学生基于事实案例,运用归纳与概括、演绎与推理等方法,探讨、阐释生命现象及规律,发展科学思维。

(2) 通过实物模型,探究基因突变后所产生的影响,提升科学探究的能力

教师可引导学生比较碱基不同变化所引起的不同结果。学生通过体验基因结构改变的一系列模拟探究活动,通过小组讨论,共同总结基因突变的概念,领会基因突变的实质和内涵,提升观察、分

析、比较、合作的科学探究能力。例如,教师可用不同颜色和形状的磁力贴表示不同的核苷酸,并按教材中提供的正常DNA编码链的碱基序列制作基因模型:5'-CCTGAGGAGAAGTCTG-3'。学生可分组演示碱基正常以及碱基替换、插入、缺失情况下所编码的mRNA和多肽序列,比较并总结引起肽链出现差异的原因,形成基因突变的概念,即由DNA分子中发生碱基替换、插入或缺失所引起的基因碱基序列的改变。教师可设置问题串:DNA分子的碱基改变是否一定引起生物性状的改变?DNA分子中插入1个或2个碱基与插入3个碱基,哪种情况产生的影响更大?碱基缺失是否一定引起肽链缩短?碱基插入是否一定引起肽链延长?基因突变主要发生在哪个时期?突变的基因都能传给下一代吗?基因突变是可逆的吗?

(3) 结合具体案例,归纳与概括诱发基因突变的因素

教师可以让学生结合生物学与社会“日常生活中的致癌物”中给出的环境因素引起基因突变的案例,引导学生进行分析讨论,归纳诱发基因突变的因素有物理因素(如紫外线、X射线及其他可以破坏DNA结构的射线)、化学因素(亚硝酸等会诱导碱基结构改变的物质)、生物因素(某些真菌、病毒等感染和代谢毒素诱导基因突变的微生物),形成关注健康、珍爱生命的意识以及净化环境、促进文明进步的社会责任感。通过辨析原癌基因和抑癌基因的关系,分析导致细胞癌变的原因,感悟生命调节过程的精妙,形成结构与功能相适应的生命观念。

(4) 通过具体实例,了解利用环境因素提高基因突变率在新品种培育方面的意义

教师可以举例说明基因突变可能给个体的生存带来不利影响,也可能使生物更好地适应环境或为人类所用。学生可通过搜索资料,举例说明在生产实践中,人们常利用哪些方式提高基因突变的频率,取得了哪些成果,并通过列举我国在此方面做出的突出贡献,增强对国家发展进步的自豪感。值得注意的是:诱发突变通常不产生特别的突变类型,只是提高了突变的频率。教师可组织学生展开讨论,基因突变是一把“双刃剑”,有利有弊,在思考与讨论中提高学生的思辨能力和保护环境的社会责任感。

2. 栏目使用建议

(1) 广角镜“DNA损伤与修复”

教师可让学有余力的学生通过阅读了解DNA修复系统是如何通过修复损伤的DNA降低突变率的,并引导学生通过示意图总结修复的步骤,培养学生基于事实证据进行归纳与概括的科学思维;通过对DNA修复系统缺陷引起着色性干皮病案例的分析,进一步理解基因突变的影响,以及形成结构与功能观。

(2) 广角镜“DNA测序法检测基因突变”

这部分内容与第1章第2节中“DNA复制过程”相联系,仅供学有余力的学生参考学习。可通过例题的分析,帮助学生回顾DNA复制过程,并初步了解DNA测序所用到的原料——双脱氧核苷三磷酸,为学生理解本栏目内容做好铺垫。例题:双脱氧核苷三磷酸(ddNTP)常用于DNA测序,其结构与脱氧核苷三磷酸(dNTP)相似,能参与DNA的合成,且遵循碱基互补配对原则。DNA合成时,在DNA聚合酶催化下,若连接上的是ddNTP,子链延伸终止;若连接上的是dNTP,子链延伸继续。在人工合成体系中,有适量的序列为3'-GTACATACATG-5'的单链模板、胸腺嘧啶双脱氧核苷三

磷酸和4种脱氧核苷三磷酸，则能合成出的不同长度的子链最多有几种？

然后可以让学生分组讨论并阐明如何使用四色荧光标记ddNTP进行DNA测序。最后提出问题：若计算机处理并显示的DNA序列是“ATCGACGATCTC……”，该序列是DNA待测链的碱基序列吗？考查学生能否理解该测序法的原理。

（3）生物学与社会“日常生活中的致癌物”

本栏目可以与“基因突变可能导致细胞的增殖和分裂失去控制，甚至可能引发癌变”的内容结合，鼓励学生在课后以小组为单位，搜集有关致癌物的资料或者开展课题调查。例如，调查吸烟者与癌症的相关性，以及《上海市公共场所控制吸烟条例》的实施情况及居民的反响，根据调查提出是否有必要对此政策进行进一步细化落实等建议，形成关注健康、珍爱生命的意识以及净化环境、促进文明进步的社会责任感。

三、拓展资料

1. 基因突变的一般特性

（1）体细胞或生殖细胞的突变

基因突变可发生在多细胞生物发育任何阶段的任何细胞中。在高等动物中，生殖系细胞在发育早期就和其他细胞系分离开来。所有的非生殖系细胞都是体细胞。生殖系突变是指那些发生在生殖系细胞中的突变，而体细胞突变发生在体细胞中。

如果基因突变发生在体细胞中，不会通过生殖配子传给后代。如果突变为隐性，由于仍有一个正常基因可以表达，在二倍体中的效应通常是不明显的。生殖系突变可能发生在个体生殖周期的任何阶段。如果配子发生突变，那将可能只有一个子代个体携带突变基因。如果是睾丸或卵巢的原始生殖细胞发生突变，那可能会有许多配子获得突变基因，该突变被永久保留的机会就会大增。因此，一个等位基因突变的显隐性及其在生殖周期中发生的阶段，是决定该等位基因突变在一个群体的某个体中出现可能性的主要因素。

关于显性生殖系突变的最早记录，是怀特(S. Wright)于1791年在羊群中注意到有一只雄性羊羔的腿特别短。他想如果整群羊都是这样的短腿羊，羊群就无法跳出低矮的石栅栏了。于是，怀特用这只短腿公羊和母羊配种，得到了两只短腿羊羔。短腿羊再继续配种，就得到了新的短腿品系。

（2）突变是可逆的过程

通常，人们将群体中普遍存在的性状表型定义为野生型。当野生型基因突变为一个新表型时，称为正向突变。然而，有时突变型基因也能突变恢复原来的野生型表型，可以有两种途径：（1）第二个突变发生在第一个突变的同一位点上，恢复野生型核酸序列，称为回复突变；（2）第二个突变发生在基因组的不同位点，其能补偿第一个突变的效应，称为抑制突变。回复突变恢复了野生型基因的原始核酸序列，而抑制突变则不是。抑制突变可能发生在与原来突变相同的基因的不同位置上，或者在不同的基因上，甚至可以在不同的染色体上。

2. 自发突变的分子机制

自然条件下,基因突变发生的频率很低。除了病毒,各种生物每次 DNA 复制可检测到的碱基突变率约为 $10^{-11} \sim 10^{-9}$;并且,生物体还具有 DNA 损伤修复系统来及时发现并纠正这些错误,只有当修复系统功能障碍或突变太多、较严重的情况下,个体才会表现出突变表型。

当科学家描述出 DNA 双螺旋结构时,也提出了一个解释自发突变的机制。DNA 碱基的结构不是静态的,在较普遍、稳定的形式时,腺嘌呤(A)和胸腺嘧啶(T)配对,鸟嘌呤(G)和胞嘧啶(C)配对。但在少部分不稳定的情况下,氢原子可以从嘌呤或嘧啶的一个位置移到另一个位置,转化成不稳定的烯醇式和亚氨基式,这种化学波动称为互变异构移位,此时就会出现少有的 A 与 C、G 与 T 的配对形式。在 DNA 复制过程中,由于 DNA 链中鸟嘌呤处于不稳定的烯醇型构型,由此与胸腺嘧啶配对。在后续复制过程中,鸟嘌呤转回稳定的酮式,而引入的胸腺嘧啶导致在下一次复制时掺入腺嘌呤,结果引起 G/C 到 A/T 的替换。所以,碱基的互变异构是引起自发突变的主要原因。

3. 基因突变案例: 又大又白的北京鸭

家鸭是在大约 2500 年前,由长江以南流域的先民从野生绿头鸭驯化而来。但北京鸭却以其体型肥硕、羽毛洁白的特点显著区别于其他品种。那么,北京鸭为什么能又大又白呢? 科学家对比了野生绿头鸭、南方家鸭和北京鸭的基因组,发现北京鸭具有两个显著的基因突变。其中一个突变是负责黑色素合成的基因 *MITF* 中因碱基插入而失活,使得北京鸭无法合成黑色素,因此拥有了洁白的羽毛。另一个突变则使得原本只在胚胎期发挥促进生长作用的基因 *IGF2BP1* 在北京鸭的生长阶段持续表达,使成鸭的体格显著变大。由于 *IGF2BP1* 这一调控个体大小的通路在其他禽畜中同样广泛存在,因此这一发现或将有助于未来通过分子育种改良其他禽畜的品质。

4. 提高基因突变频率的理化因素

在我们的环境中,的确有一些物质可以将 DNA 突变的频率提高数十倍甚至上百倍,这些能引起生物体遗传物质发生改变的物质统称为诱变剂。诱变剂又可以分为物理诱变、化学诱变和生物诱变三大类。1927 年,遗传学家缪勒(H. J. Muller)用 X 射线处理果蝇精子,证明 X 射线可以诱发突变,显著地提高突变率。其他科学家用 X 射线和 γ 射线处理大麦和玉米种子,也得到相似的结果。随着研究的进行,了解了其他各种辐射,如 α 射线、 β 射线、中子、质子及紫外线等都有诱变作用。这些发现很重要,因为: ①提供一些新的有效方法,可以得到很多遗传学分析和育种上有用的突变品系; ②通过诱发突变可以用来研究突变过程的性质; ③证明高能辐射和相当数量的化学品不仅能对直接接触到的人造成伤害,而且对他们的后代也有潜在的危害。

(1) 辐射和诱变

环境中的电磁波谱如图 3-5 所示,可见,光波的波长越短,其能量越强。紫外线能量较低,通常只作用于表层皮肤细胞,可使 DNA 中相邻的嘧啶类碱基结合成嘧啶二聚体(最常见的为胸腺嘧啶二聚体),改变 DNA 链的结构并干扰 DNA 复制。X 射线、 γ 射线等带有高能量,可在一定距离内穿透活体组织,直接击中 DNA 链,引起 DNA 链的断裂、片断重排,甚至改变染色体结构。

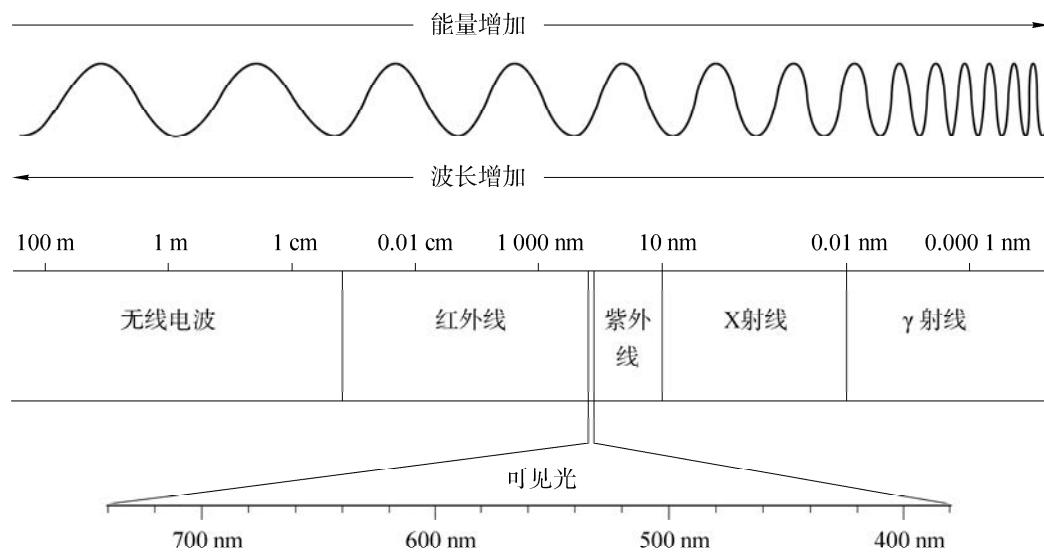


图 3-5 环境中的电磁波谱

(2) 化学诱变

最早知道的化学诱变剂是秋水仙素,可以诱发多倍体。1943年,科学家用果蝇做实验,发现芥子气(二氯二乙硫醚)可以诱发突变。此外,烷化剂可以将烷基引入多核苷酸碱基,改变碱基结构,被烷基化的核苷酸将产生错配,如乙基甲磺酸(EMS);一些烷化剂,特别是有两个活性烷化基团的双功能烷化剂,如甲醛和氯乙烯,能使DNA链或分子发生交联,诱导染色体断裂,导致各种染色体结构变异。

还有亚硝酸,已知可以引起很多生物的突变,主要是导致腺嘌呤、胞嘧啶中的氨基氧化脱氨,使得它们发生错误的碱基配对。在DNA复制或转录时发生A/T到G/C(或G/C到A/T)的碱基转换,引发突变。

5-溴尿嘧啶的结构与胸腺嘧啶相似,在DNA复制时会被当作胸腺嘧啶加入DNA新生链中。稳定的酮式5-溴尿嘧啶与腺嘌呤配对;当互变异构移位为烯醇式时,它与鸟嘌呤配对。在掺入新的DNA链时,如果5-溴尿嘧啶处于低频的烯醇式构型,它就会被掺入到相对于模版链的鸟嘌呤的位置上,导致G/C到A/T的转换;如果5-溴尿嘧啶以稳定的酮式插入到相对于腺嘌呤的位置上,但在下一轮复制时变构为烯醇式,就将导致A/T到G/C的转换。因此,5-溴尿嘧啶在A/T与G/C之间可诱导双向转换。

再有如溴化乙锭、吖啶橙等荧光染料,因为结构扁平,可以插入到DNA链中,在DNA复制合成新链时,在其对应位置可能发生碱基的插入或缺失。

随着科技进步和化工产业的发展,人工合成的化合物越来越多地用于工业生产和日常生活,有些普遍地作为杀虫剂、杀菌剂和食品添加剂的主要成分。在我们日常生活所接触到的化工品中,有一些也具有较强的诱发突变的效应。科学、严格地鉴定可以诱变的化工品并采取防护措施是一项非常迫切的科学工作。我们最关心的是各种化工品对人类的潜在遗传损害,因为不能直接用人做实验,所以只有根据其他生物的诱变实验结果来推断。如发现一种化合物在细菌、果蝇或小鼠中具有诱变作用,我们就把它列为人的潜在诱变剂,尽量避免使用或者采取必要防护措施,以免危及人体健康。

5. 原癌基因与抑癌基因

尽管发生在体细胞中的基因突变不会传递给下一代,但是基因的损伤可能影响细胞的正常功能。当这些突变细胞分裂时,新的细胞也会携带同样的突变,从而给个体带来伤害。比如,胃细胞可能丧失产生胃酸的能力从而妨碍消化,皮肤细胞也可能失去弹性,而癌症也是由于细胞不受控制地分裂所导致的。

人和动物的细胞分裂过程主要受两类基因的调控:原癌基因与抑癌基因。原癌基因的表达产物主要包括:生长因子、生长因子受体、细胞周期蛋白及转录调控因子等,主要功能在于刺激细胞分裂,其适量表达是细胞正常生长和分裂所必需的。抑癌基因的产物主要有:负调控转录因子、细胞周期蛋白依赖性蛋白激酶的抑制因子、DNA修复因子等,主要功能在于抑制细胞分裂,对细胞周期起负调节作用。如果把细胞分裂进程比喻为行驶中的汽车,那原癌基因和抑癌基因就分别是控制这辆车的“油门”与“刹车”,两者既相互拮抗又相互配合,共同调控着细胞增殖。一旦基因突变使得原癌基因过量表达(等位基因单拷贝突变即可激活,为显性效应),或是抑癌基因的不表达(需等位基因的两个拷贝同时失活,为隐性效应),均可能打破两者之间的动态平衡,导致细胞生长、分裂不受控制,诱发细胞的恶性转化。

比如,原癌基因 *ras* 所编码的 RAS 蛋白在细胞分裂中通过动态结合 GDP/GTP 发挥信号转导的开关作用。通常情况下,细胞内的 RAS 蛋白分子处于非活化状态,具有能够与 GDP 相结合的构象。当受到信号传递通道上游某一外界因子的刺激使 GDP 变成 GTP 时,催化 RAS 蛋白发生构象改变,成为其活化状态。活化的 RAS 蛋白再与下游效应分子相互作用,传递生长信号、促进细胞分裂。一旦信号传递的功能实现,活化的 RAS 蛋白会迅速失活,转变为与 GDP 结合的非活化状态。此过程主要是由于 RAS 蛋白自身所具有 GTP 酶作用,它能催化 GTP 水解成 GDP。如果基因突变影响了 RAS 蛋白自身 GTP 酶活性,使其水解 GTP 的速率大为降低,就可能使 RAS 蛋白持续处于活化状态,不断传递信号促进细胞分裂,导致细胞大量增殖而发生恶性转化。约在 30% 的人类癌症中,均发现存在 RAS 位点的突变。

研究最为广泛的抑癌基因 *TP53* 所编码的 TP53 蛋白已被揭示具有激活编码 DNA 修复机制、促进细胞周期停滞、促进细胞凋亡等重要功能。在临幊上超过 50% 的肿瘤有 *TP53* 位点的功能异常。

原癌基因与抑癌基因是调控细胞增殖的重要因子,它们的异常表达可能加速细胞分裂,使细胞表现出恶性转化的倾向。但是,人体内的免疫防御细胞会识别发生异常增殖的细胞,并予以清除,以保障机体的正常机能。

第3节 染色体变异会导致性状变化

一、教材分析

1. 学习目标

本节教材中的学习目标包括：

- (1) 概述染色体结构和数目变异的类型,举例说明染色体变异可导致生物性状改变。
- (2) 举例说明诱变育种在工农业生产中的实践意义。

这两项目标是依据《课程标准》内容要求 3.3.5 设定的。目标(1)包含构建结构与功能观的要求,也要求结合遗传物质传递过程分析染色体结构和数目的变化对生物性状的影响(水平 2)。目标(2)用行为动词“举例说明”提出了质量水平要求(水平 2)。

2. 概念聚焦

本节聚焦的核心概念是依据《课程标准》内容要求 3.3.5 而选取的,教材通过系列生物学事实来概述(表 3-6)。

表 3-6 本节核心概念及相关生物学事实

核心概念	生物学事实
染色体数目变异可能导致生物性状的改变	染色体组由某物种一套完整的非同源染色体组成
	染色体数目变异包括整倍体变异和非整倍体变异
	二倍体、多倍体和单倍体与染色体组是有联系的
	整倍体变异和非整倍体变异导致性状改变
染色体结构变异也可能导致生物性状的改变	染色体结构变异主要包括染色体片段的缺失、重复、倒位或易位
	染色体结构变异通常对生物体是不利的
染色体变异具有一定的应用价值	单倍体育种可以极大缩短育种周期
	多倍体育种可以提高农作物的产量和品质

3. 学习内容

本节重点是多倍体、单倍体育种的原理及应用,为此,教材在课前活动中用不同葡萄品种的培育示意图,提供分析的素材,使学生感性认识多倍体育种,引导学生通过比较、归纳得出育种方式是多样的。“思考与讨论”参考答案:1. n 表示染色体组, $2n$ 、 $3n$ 、 $4n$ 分别表示有 2 个、3 个、4 个染色体组。2. 红旗特早玫瑰是莎巴珍珠与玫瑰香杂交的后代,四倍体玫瑰香是玫瑰香经染色体数目加倍而获得的。3. 无核早红有 3 个染色体组,减数分裂过程中联会时紊乱,不能产生正常配子。可通过植物

组织培养等无性繁殖技术保留优良性状。

本节教材通过 3 目举例说明“染色体结构和数量的变异都可能导致生物性状的改变甚至死亡”。

第 1 目：染色体数目变异可能导致生物性状的改变。承接课前活动，根据培育示意图提出的 $2n$ 、 $3n$ 、 $4n$ 问题，教材用在减数分裂和受精作用相关内容的学习中已形成的前概念来表述“染色体组”新概念。在学生明确染色体组的概念后，分析、推理出二倍体、单倍体、多倍体、整倍体变异和非整倍体变异等概念。最后列举整倍体变异和非整倍体变异导致性状改变，为后续学习染色体变异疾病奠定基础，完善本目核心概念。

第 2 目：染色体结构变异也可能导致生物性状的改变。教材首先列举了染色体结构变异的 4 种类型，然后分别通过相应实例逐一介绍，使学生认识到染色体结构变异通常对生物体是不利的。

第 3 目：染色体变异具有一定的应用价值。通过前两目的学习，已经知道单倍体的概念，明确染色体变异会导致性状变化，而且很多会产生严重后果。教材利用图 3-24 分析比较杂交育种和单倍体育种方式的优缺点，然后列举多倍体植物的优势，最后通过对图 3-26 三倍体无籽西瓜培育过程示意图的分析，更加明确染色体变异对生物带来的影响可能是不利的，但也可能是对自身或人类是有利的，学会辩证、全面地看待染色体变异这种自然现象。

二、教学建议

本节内容建议 2 课时。

1. 课堂教学建议

(1) 运用简单的模型演示，归纳染色体组的概念

在教学过程中，可引导学生回忆同源染色体、配子的概念，阐述课前活动中葡萄品种培育时沙巴珍珠和玫瑰香杂交获得郑州早红的过程中染色体的变化，尝试描述 n 和 $2n$ 所代表的含义。

利用磁力贴或橡皮泥制作染色体模型，模拟果蝇的染色体，4 条红色染色体代表来自母本的配子，4 条蓝色染色体代表来自父本的配子。学生模拟演示受精的过程，形成的子代果蝇细胞中含有 4 对同源染色体，通过观察、比较，构建出染色体组的概念及其特点。其中 4 条同种颜色的染色体表示来自同一个配子，配子中所含有的染色体称为该物种的染色体组，用 n 表示。一个染色体组中的染色体形态和功能各不相同。

(2) 通过比较、分析和归纳，建立“整倍体变异”和“非整倍体变异”的概念

关于整倍体变异，教师可阐述课前活动中四倍体玫瑰香($4n=76$)和无核早红($3n=57$)的培育过程，基于两者的比较及其与玫瑰香的区别，引导学生用归纳与概括的方法构建整倍体变异和多倍体的概念。教师可提出问题：无核早红($3n=57$)能否产生正常的配子？引导学生运用科学思维方法展开讨论并得出结论。教师可列举自然界中单倍体的实例，引导学生思考单倍体产生的可能原因，以及单倍体能否产生后代(雄蜂可以产生后代，单倍体植株一般很难产生正常配子)。

关于非整倍体变异，教师可展示细胞水平证据，如唐氏综合征患者的染色体组成，引导学生观察

得出多一条 21 号染色体导致患病的结论。教师可引导学生基于患者多一条 21 号染色体的事实证据,运用演绎与推理的方法,以图示的形式说明减数分裂过程中出现异常配子现象的本质原因;再通过列举曼陀罗增加一条不同的染色体可形成 12 种形态、大小变化明显的变异类型果实的例子,引导学生归纳与概括非整倍体变异的特点。

(3) 通过实例和建模分析,阐明染色体结构变异的原因和产生的影响

关于染色体结构变异,教师可引导学生基于生物学事实,观察图示并阅读文字,说明染色体缺失、重复、倒位或易位等结构变异的原因和产生的影响,发展学生的科学思维。由于染色体结构变异都会导致联会异常,教师可以让学生以小组合作的方式绘制或建立模型,探究发生缺失、重复或者倒位的染色体与其同源染色体发生联会的模式图,以及发生易位的两条染色体与发生交叉互换的一对同源染色体的模式图,观察、比较、合作完成科学探究。教师可以通过列举果蝇 X 染色体上的 16A 片段发生重复引起小眼数目减少的生物学事实,或者人的 ABL 基因和 BCR 基因相连后引起 ABL 基因表达增强而造成白细胞异常增殖的生物学事实,使学生理解生物体组成结构和功能之间的关系,以生命观念为指导,通过中心法则等原理解释上述生命现象。

(4) 迁移应用,关注生产生活,培养社会责任素养

学生已经知道基因重组和染色体数目变异对生物性状的影响,通过教材表 3-2 知道被子植物中有一半以上的物种是多倍体,并运用结构与功能观举例说明多倍体的结构特点在适应环境上的意义,形成生命观念。可引导学生分组讨论多倍体育种技术,以三倍体无籽西瓜为例,基于事实和证据,结合初中所学花的结构和果实发育的知识,阐明无籽西瓜的培育过程,揭示其产生的机制和原理。通过阅读生物学与社会“把饭碗端在自己手里,装自己的粮食”,感悟科学的研究的艰辛以及科学家的国家情怀和使命担当,使学生更加关注生物学在生产生活中的应用价值,为解决人类的现实问题做出的贡献,以此培养社会责任感。

2. 栏目使用建议

(1) 广角镜“普通小麦的家世不普通”

本栏目与染色体数目变异概念密切相关,普通小麦的起源案例旨在告诉学生,自然界存在着不同物种杂交形成新物种的现象。在教学过程中,可以让学生自行阅读,拓宽视野,培养质疑能力,激发学生科学探究的热情。

(2) 科学史话“人类与白血病抗争的历程”

本栏目补充介绍了教材正文中提及但没有详细展开的白血病研究历程。这部分内容既可以让学生课后自主阅读,也可以将真实的科学研究历程融入课堂教学中,使学生感悟人类科学进步的艰辛。

(3) 生物学与社会“把饭碗端在自己手里,装自己的粮食”

本栏目与基因重组、基因突变和染色体变异概念密切相关,在教学过程中,可以作为情境融入课堂教学,也可以结合相关主题教育在课后制作海报,宣传我国在育种领域取得的成就,培养学生节约粮食的意识,激发民族自豪感。

三、拓展资料

1. 染色体结构变异

一般认为,染色体上具有不稳定的部位,在内因(生物体内代谢过程的失调、衰老等)和外因(各种射线、化学试剂、温度的剧变等)共同作用下,染色体可能发生断裂。绝大多数断裂通过修复可以在原处按原来的顺序重新接合,有少数在重新接合时改变了原来的顺序,或者同其他染色体的断裂片段接合。这种差错接合就会造成染色体结构的改变。遗传学家最早是在果蝇中发现染色体结构变异的:1917年发现染色体缺失,1919年发现染色体重复,1923年发现染色体易位,1926年发现染色体倒位,共四种类型(图3-6)。

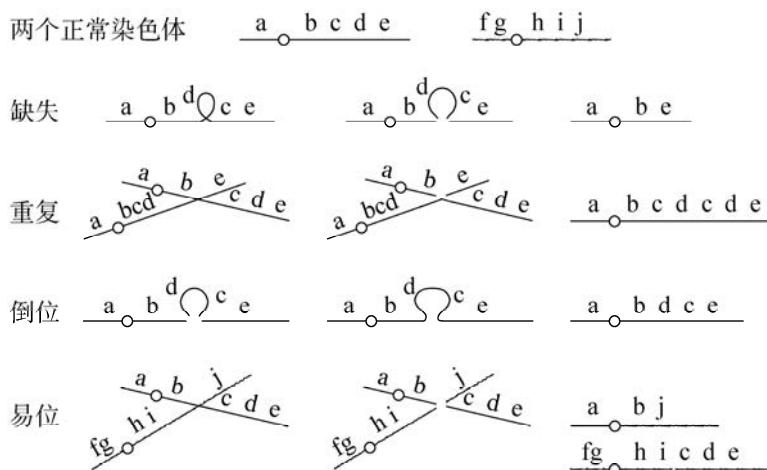


图3-6 染色体结构变异的四种类型

(1) 缺失

缺失是指染色体上某一区段及其带有的基因一起丢失,从而引起变异的现象。如果缺失的区段发生在染色体两臂的内部,称为中间缺失;如果缺失的区段在染色体的一端,则称为顶端缺失。在缺失杂合体中,由于缺失的染色体不能与正常同源染色体完全相应地配对,所以当同源染色体联会时,可以看到正常的一条染色体多出了一段(顶端缺失)或者形成一个拱形的结构(中间缺失)。缺失引起的遗传效应随着缺失片段的大小和细胞所处发育时期的不同而不同。在个体发育中,缺失发生得越早,影响越大;缺失的片段越大,对个体的影响也越严重,重则引起个体死亡,轻则影响个体生活。在人类遗传中,染色体缺失常会引起较严重的遗传性疾病,如猫叫综合征等。

(2) 重复

重复是指染色体上增加了相同的某个区段而引起变异的现象。在重复杂合体中,当同源染色体联会时,发生重复的染色体的重复区段形成一个拱形结构,或者比正常染色体多出一段。重复引起的遗传效应比缺失小,但是如果重复的部分太大,也会影响个体的生活,甚至引起个体死亡。在人类细胞中,当多于50个重复序列时,复制机制不可能是完全“忠实”的,可能会使序列和数量都发生改变。例如,强直性肌营养不良是一种常染色体显性遗传病,多表现为成年人的肌营养不良;患者于青

春期发病,四肢无力,行走困难,易摔倒;肌肉萎缩常自四肢远端开始,逐步发展到面肌和颞肌等;足下垂,腱反射减弱或消失。这一疾病是由序列扩增引起的。正常人DNA的3'端平均有5个CTG拷贝,有中度症状的强直性肌营养不良患者具有50个拷贝,而重症患者具有1000以上的CTG拷贝。

重复对生物的进化有重要作用。这是因为“多余”的基因可能向多个方向突变,而不至于损害细胞和个体的正常机能。突变的最终结果,有可能使“多余”的基因成为一个能执行新功能的新基因,从而为生物适应新环境提供了机会。

(3) 倒位

染色体在两个点发生断裂后,产生三个区段,中间的区段发生180°的倒转,与另外两个区段重新接合而引起变异的现象,称为倒位。倒位杂合体形成的配子大多是异常的,从而影响了个体的育性。倒位纯合体通常也不能与原种个体进行有性生殖,这样形成的生殖隔离为新物种的进化提供了有利条件。例如,普通果蝇的第3号染色体上有三个基因按猩红眼-桃色眼-三角翅膀的顺序排列(St - P - D1),同是这三个基因,在另一种果蝇中的顺序是“St - D1 - P”,仅仅这一倒位的差异便构成了两个物种之间的差别。

(4) 易位

易位是指一条染色体的某一片段移接到另一条非同源染色体上,从而引起变异的现象。如果两条非同源染色体之间相互交换片段,称为相互易位,这种易位比较常见。

相互易位的遗传效应主要是产生部分异常的配子,使配子的育性降低,或产生有遗传病的后代。例如,慢性粒细胞白血病就是由人的第22号染色体和第9号染色体易位造成的。易位在生物进化中具有重要作用。例如,在17个科的29个属的种子植物中,都有易位产生的变异类型。直果曼陀罗的近100个变种,就是不同染色体易位的结果。

2. 单倍体育种

单倍体可以分为两大类,一类是一倍体,即二倍体物种产生的单倍体;另一类是多单倍体,即多倍体物种产生的单倍体。

单倍体可以是正常的,也可能是异常的。如一些低等植物的配子体和一些昆虫的雄体(如蜂类等膜翅目昆虫),都是正常的单倍体。正常单倍体形成的配子仍为单倍体,因为它们的减数分裂过程不发生减数第一次分裂。但本来是二倍体的生物成为单倍体后,情况则不同。在减数第一次分裂中期时,没有可以配对的同源染色体,从而被随机地分向两极,形成的配子是高度不育的。因为每条染色体分到任一极的概率都是 $1/2$,从而所有染色体都分到一极的概率是 $(1/2)^{n-1}$,这里 n 等于单倍体染色体数。如玉米 $n=10$,单倍体植株产生一个 $n=10$ 的有效配子的概率只有 $(1/2)^9=1/512$,可见育性是很低的。

现在广泛应用花药培养法来获得单倍体植株。单倍体自发或经人工处理成为二倍体,该二倍体是纯合体。通常利用杂交育种的方法来培育纯系,要经过很多代才能获得。如利用单倍体植株,再经染色体加倍则要快得多,而且全是纯合的,所以是一条可利用的育种捷径。

3. 多倍体植株的一般特征

多倍体是指体细胞中含有三个或三个以上染色体组的个体。多倍体在生物界广泛存在,常见于高等植物中。多倍体的形成有两种方式,一种是由同一物种经过染色体加倍形成的,称为同源多倍体;另一种是由不同物种杂交产生的杂种经过染色体加倍形成的,称为异源多倍体。

(1) 整个植株及其各种器官都有增大趋势

多倍体植株通常粗大茁壮,茎粗、枝少,叶宽厚而色泽较深,花和种子也较大。例如,二倍体郁金香并不引起人们的注意,当它在近四百年的栽种过程中,从二倍体演变成三倍体后,才以大而艳丽的花色和雅致的花形受到人们的青睐。

(2) 生长和开花一般延迟

多倍体植株的生长发育一般比二倍体慢得多,通常开花也较迟。生长发育慢与细胞分裂缓慢有关,植株内生长素含量少也是重要的因素。

(3) 生理代谢活性增强

多倍体植株的糖类、蛋白质和其他产物增高。例如,三倍体甜菜的含糖量、四倍体橡胶的含胶量、四倍体番茄和甘蓝的维生素 C 含量都比相应的二倍体明显增加。

(4) 结实率一般降低

通常同源多倍体植株大多结实率降低,如一个二倍体番茄果实内平均有 100~170 粒种子,而四倍体番茄果实内平均只有 10~30 粒种子。同源三倍体植株则表现为高度不育,三倍体香蕉的无籽特点就是这样产生的。但异源多倍体的情况相反,能提高远缘杂种的能育性。如小麦和黑麦杂交后产生的杂种第一代呈现高度不育,经过体细胞加倍形成异源八倍体后结实率就显著提高。

4. 三倍体无籽西瓜的培育

三倍体的西瓜、香蕉和葡萄与二倍体的品种相比,不仅果实大、品质好,而且无籽便于食用。在农业生产中,可以通过人工诱导培育出三倍体的优良品种。培育三倍体西瓜首先要选择优良的二倍体普通西瓜($2n=2x=22$)品种,经人工诱变为四倍体($2n=4x=44$)。所用方法一般是在子叶期用 0.2%~0.4% 秋水仙素溶液点滴在二倍体幼苗生长点上,每天 1 至 2 次,连续 2 天。它的作用主要是抑制细胞分裂时纺锤体的形成,使已经复制并分开了的染色体不能分向两极,而仍留在一个细胞内,从而使染色体加倍。当染色体已经加倍了的细胞不再接受秋水仙素处理时,它就又恢复正常有丝分裂,结果形成多倍体组织。

获得的四倍体西瓜,其叶肥厚、花也较大,可通过检查花粉母细胞染色体数作辨别。把诱导成功的四倍体西瓜作母本,用二倍体西瓜作父本进行杂交,就可在四倍体植株上获得三倍体种子。四倍体母本一般采用嫩绿无条斑的品种,二倍体父本一般采用深绿有条斑的品种,这样条斑显性基因就可作为标记。凡三倍体种子长成的植株结有条斑西瓜的,必然是无籽西瓜。

三倍体花粉发育不良,不能刺激子房良好发育。因此种植三倍体西瓜时,仍需混种二倍体作为授粉株。一般每隔 4、5 行三倍体种 1 行二倍体,开花时让二倍体花粉授于三倍体植株的雌花上,以刺激子房发育成果实。其培育过程可以概括如图 3-7 所示。

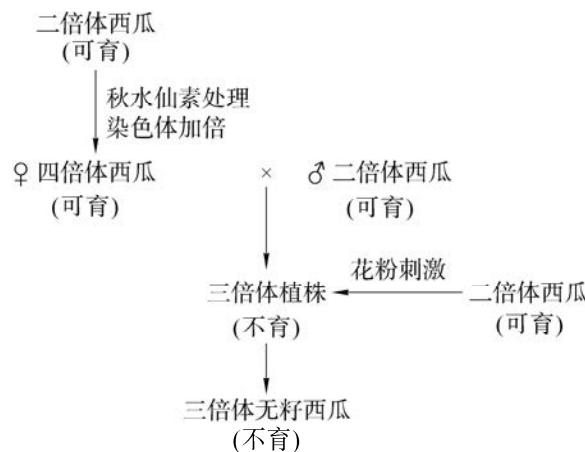


图 3-7 三倍体无籽西瓜培育过程示意图

由三倍体种子长成的三倍体西瓜植株,由于减数分裂过程中同源染色体的联会紊乱,因而形成的两性配子都是不育的,不能形成种子。培育时如选用合适的亲本,则三倍体西瓜不仅结瓜多,而且每个瓜的质量增加、含糖量提高、无籽、风味佳美,具有较高的经济价值。

第4节 人类遗传病可以检测和预防

一、教材分析

1. 学习目标

本节教材中的学习目标包括：

(1) 概述人类常见遗传病的类型、遗传方式和预防措施，树立正确对待人类遗传病的观念和社会责任。

(2) 学会常见遗传病调查的基本方法，并能够开展初步的调查和宣传。

这两项目标是依据《课程标准》内容要求 3.3.6 及相关活动建议设定的。目标(1)通过明晰人类遗传病预防措施，提升社会责任(水平 2)。目标(2)要求培养科学探究能力。教材通过设置调查活动帮助学生达成此目标，学以致用，增强社会责任感(水平 3)。

2. 概念聚焦

本节聚焦的核心概念是依据《课程标准》内容要求 3.3.6 而选取的，教材通过系列生物学事实来概述(表 3-7)。

表 3-7 本节核心概念及相关生物学事实

核心概念	生物学事实
人类遗传病有多种类型	人类遗传分析主要采用系谱法
	单基因遗传病主要包括常染色体显/隐性遗传和伴 X 染色体显/隐性遗传
	多基因遗传病更易受到环境因素的影响
	染色体数量或结构变异导致染色体病
采取积极措施检测和预防遗传病	禁止近亲结婚可以降低隐性遗传病的发病率
	婚前体检、适龄生育、遗传咨询和产前诊断等可以检测和预防遗传病
	环境控制和人为干预可以降低遗传病发病率或避免发病

3. 学习内容

“有性生殖中基因的分离和自由组合使得子代的基因型和表型有多种可能，并可由此预测子代的遗传性状”“性染色体上的基因传递与性别相关联”这两个概念在第 2 章已做过阐述，学生比较熟悉。教材试图发掘学生的前概念，在此基础上建立新概念。教材在节引言中提示并设问：一些我们熟悉的疾病，如白化病、红绿色盲、血友病等都属于人类遗传病。它们的遗传具有什么规律？结合其规律，我们应如何检测和预防呢？然后通过课前活动的系谱图分析，在伴性遗传、基因突变和染色体

变异基础上,回忆变异引起的遗传病,分析血友病基因的传递规律,为后续学习做好铺垫。“思考与讨论”参考答案:1.先天性疾病中有些是遗传因素引起的;有些是胎儿期因不良环境因素影响而引起的发育异常,不属于遗传病范畴,如因服用抑制孕吐的药物“反应停”所导致的“海豹婴”不属于遗传病。大多数遗传病是先天性疾病,但有些遗传病(如秃发)可在个体生长发育到一定年龄才表现出来,所以后天性疾病也可能是遗传病。2.通过系谱图观察,初步得出男性患者多、可能为隐性遗传等传递规律。3.略。

第1目:人类遗传病有多种类型。承接课前活动中出现的系谱图及相关问题,教材提出遗传病的概念及发病特点。在学生了解系谱法的过程及人类遗传病类型后,教材进一步利用单基因遗传病主要类型表,结合学过的伴性遗传和基因突变,从基因所在染色体以及显隐性关系展开,列举各单基因遗传病的遗传方式及基因型,让学生利用系谱图推理并归纳相关遗传病的遗传特点,然后再分别介绍多基因遗传病、染色体病的发病原因及常见病例,完善本目核心概念。

第2目:采取积极措施检测和预防遗传病。目前多数人类遗传病还没有有效的治疗手段,只能采取各种检测、预防措施,尽量降低发病率。教材呈现了血亲关系示意图、遗传咨询的基本程序示意图、产前诊断方法示意图,目的是让检测和预防遗传病的方法更直观、更清晰。环境控制的方法与本章第2节“诸多理化因素可提高基因突变频率”呼应。最后,以苯丙酮尿症新生儿人为干预避免发病为例,突出学科育人价值和人道主义关怀。值得注意的是,教材在遗传病检测和预防的各个环节都用了苯丙酮尿症的案例,将各种措施串联起来,有助于学生对遗传病的检测和预防有整体认识。

二、教学建议

本节内容建议3课时。其中,课堂教学2课时,实验与活动教学1课时。

1. 课堂教学建议

(1) 课前收集材料,通过问题导入学习

建议可在学习本节前两周,指导学生完成“人类常见遗传病的调查”,将调查结果融入课堂教学。可以让学生课前预先查找遗传病、先天性疾病的相关资料和病例,比较并总结两者区别和联系,在课上引导学生归纳和概括遗传病的概念和特点。利用教材图3-31和课前活动“血友病的遗传”的系谱图,使学生知道系谱图在人类遗传病分析上的重要作用以及常用符号的含义,可以提供某家族的遗传病患者分布情况的文字描述,指导学生讨论并构建该案例的系谱图。

(2) 运用“遗传病系谱图”,讨论分析和概括遗传病传递的规律

引导学生分析单基因遗传病的四种主要类型,运用结构与功能观,观察分析致病基因位于常染色体和性染色体导致不同性别的后代患病率不同的生命现象,探讨致病基因位置与不同性别发病率的规律。学生基于给定的事实和证据,即单基因遗传病主要类型系谱图,分析致病基因的传递规律,归纳概括出四种单基因遗传病的特点。

常染色体显性遗传病的特点是只要具有患病基因就会发病,男女发病率相同,并且常会出现“代代相传”的现象。可提出问题,引导学生利用统计与概率的相关知识解释并预测遗传病的发病率,例

如教材表 3-3 中“软骨发育不全”的家族系谱图中第二代 8 号和 9 号若再生一个男孩,计算该男孩不患此病的概率。

常染色体隐性遗传病的特点是携带一个致病基因不会患病,必须具有两个致病基因才会患病,男女发病率相同,并且可能出现“父母没有患病,但后代出现患者”的情况。可引导学生继续尝试分析:何种情况下,父母都为该致病基因的携带者而导致后代患病率增加?为后面的“遗传病预防”内容做铺垫。

伴 X 染色体显性遗传病的特点是只要具有致病基因就会发病,并且女性患者明显比男性患者多,常会出现“代代相传”的情况。教师可引导学生运用结构与功能观,探讨男女基因型与患病之间的关系,理解“女性患者多于男性患者”的根本原因。

伴 X 染色体隐性遗传病的特点是,男性只要具有一个致病基因即患病,女性具有两个致病基因才患病,男性患者明显多于女性患者。教师可结合课前活动的血友病系谱图,指出该病可能会出现“隔代遗传”的现象,引导学生对患者及其上两代的基因型进行分析,探讨“隔代遗传”现象的本质原因。教师可给出红绿色盲的案例,如某地区人口总数、患病男性和患病女性人数,计算该地区红绿色盲的男女发病率。学生以合作学习的方式进行分析讨论,通过计算得出致病基因频率与基因型频率以及发病率的关系,阐明“男性患者明显多于女性患者”的内在原因。

关于多基因遗传病,可先给出唇腭裂的相关事实材料:母亲若有唇腭裂,其子女的发病率高达 15%;若父亲有唇腭裂,其子女的发病率约为 5%。据研究证明,如果已生育一个严重唇腭裂的婴孩,那么生育第二个唇腭裂婴儿的概率约为 5%;若唇腭裂情况不严重,生育第二个唇腭裂婴儿约为 3%;此外,近亲结婚者的子女发病率更高。该病与孕妇在怀孕期间所受不良影响有关。
①患病所致:一些临床病例统计表明,女性妊娠期所患的某些疾病是造成先天性唇腭裂的主要原因,如感冒,尤其是孕期的头 3 个月,因为胚胎发育的第 4 周开始形成颜面部,第 5 周腭部开始发育,第 12 周时各部分腭完全融合,此阶段母亲患病则可能造成胎儿腭部发育缺陷。
②用药不当:各种药物的副作用是导致胎儿畸形的重要因素,已证实妊娠早期服用癫痫药物、孕期大量服用维生素 A 等,都可能引起先天性唇腭裂。
③不良嗜好:妊娠期间抽烟、服用含酒精的饮品、酗酒,也会使部分胎儿腭部发育缺陷。
④环境污染:妊娠初期密切接触化学药物,如农药或有毒物质,过多接触放射线等,容易造成胎儿先天性唇腭裂。通过上述事实证据,引导学生分析归纳和概括该病的特点,即与遗传密切相关、容易受到环境因素影响,同时感悟健康文明生活方式的重要意义。

关于染色体遗传病,可引导学生回顾本章第 3 节染色体非整倍体变异中的唐氏综合征和特纳综合征,以及染色体结构变异中的猫叫综合征等案例,说明该类遗传病导致的严重后果。

(3) 通过人类常见遗传病调查分析,探讨、推理相应的预防措施

关于禁止近亲结婚,可引导学生根据白化病为常染色体隐性遗传病的事实以及致病基因的传递规律进行思考,若夫妻表型正常但均为携带者,后代患病概率为 25%。同理,近亲婚配会使该病的发病率显著增加。从遗传学角度认识我国法律规定的“直系血亲和三代以内的旁系血亲禁止结婚”。

教师可以补充婚前体检的相关材料,引导学生思考讨论该措施背后的意义。例如,除全面的身体检查外,婚前体检还包括健康询问,目的是了解双方既往身体健康状况,有无遗传病史、精神病史和其他严重的疾病;双方家史调查,包括直系、旁系血亲的健康情况,一般追溯到三代,重点是遗传病、遗传缺陷、畸形、配偶间有无近亲血缘关系等。

关于适龄生育,教师可以出示相关材料,然后分组讨论若早于 20 岁怀孕生育或年龄过大生育可能产生怎样的后果,使学生理解适龄生育的生理意义和社会意义。

关于遗传咨询,教师可提出问题:哪些情况下需要做遗传咨询?咨询的内容和程序是什么?咨询之后还需要做什么?从而引出后面的检测手段。

关于产前诊断,可引导学生分析探究活动查阅的资料,通过归纳和概括,阐明 B 超、胎儿细胞检查和孕妇血液样本分析的主要方法、原理和意义。例如,教师可引导学生利用教材图 3-34 产前诊断方法示意图,运用归纳和概括的方法,阐明在怀孕早期经阴道的绒毛膜取样,可获得胎儿细胞进行染色体分析和基因检测。羊膜腔穿刺术多用于染色体异常的产前诊断。在怀孕中期,通过 B 超引导,抽取一定量的羊水,由于羊水内富含胎儿脱落细胞,可用于染色体分析和基因检测。根据学生学习情况,可适当引导学生对羊膜腔穿刺术进行利弊分析,使学生意识到这种方法具有重要意义的同时也可能对孕妇和胎儿造成伤害,能采用批判性思维和创造性思维的方式对该检测方法进行思考,并提出解决问题的途径或方法,从而引出广角镜的“无创产前 DNA 检测”。不过,无创产前检测技术虽然解决了羊水检测的弊端,但是仍然具有局限性。这里也可以结合具体案例让学生探讨,如假设有某孕妇要做唐氏综合征筛查,在这两项技术之间会如何选择?

关于环境控制和人为干预,可举出真实案例,比如孕妇遭受烟酒、装修污染、有毒化学试剂或电离辐射等环境因素可能会导致胎儿致病,结合之前学习的“诸多理化和生物因素可提高基因突变的频率”“多基因遗传病的表现更易受到环境因素的影响”等内容,知道在备孕和孕期要避免接触这些因素。

2. 实验与活动建议

探究·活动 3-1 人类常见遗传病的调查分析和预防宣传

该活动是高中阶段一个非常重要的课外调查活动,遗传病调查、数据统计和分析、预防宣传需要利用较多的课外时间。教学中,建议教师提前两周布置活动任务,学生可以利用周末时间分别用于调查和数据统计,然后将调查的数据分析融入课堂教学中。

(1) 制定调查计划

明确调查活动目标后,选取发病率较高、性状易区分的遗传病,确定调查对象,组建调查小组,分工制作调查记录表和调查流程图,撰写调查的注意事项,如涉及个人隐私,在调查时要征得对方授权同意,并对被调查对象的隐私信息进行严格保密,以免侵犯个人隐私。

(2) 实施调查活动

在调查家系遗传病的同时,可以让部分学生通过网络搜索、资料查阅、相关研究机构调查等途径获取相关遗传病的检测、预防和治疗的信息,为后续课堂教学和预防宣传做好铺垫。

(3) 数据汇总、整理和分析

数据的可靠性对后期分析的正确与否起着决定性作用。在本着求真务实态度采集数据后,运用科学的数据处理方法分析数据,并通过图表等形式呈现,为后续课堂教学的交流和深入分析做好铺垫。

3. 栏目使用建议

广角镜“无创产前 DNA 检测”是对本节第 2 目“采取积极措施检测和预防遗传病”的补充，旨在拓展学生视野，了解随着无创产前 DNA 诊断技术的开发，产前诊断的方法得到优化，检测更精准，对孕妇和胎儿影响更小。科学技术的发展在促进优生优育的同时，也提升了人们的生活幸福指数。但该技术仍有一定的局限性，还有继续发展和提升的空间。

三、拓展资料

1. 血友病

血友病患者由于凝血缺陷而引起过量出血，常早年夭折。20世纪60年代，从事相关研究的医生提出了最初的有效治疗方法，在此之前，血友病患者的预期寿命为20岁左右。现在，世界上大部分地区血友病患者的预期寿命都已接近正常人。血友病有两种类型，患者中约80%是血友病A，约20%是血友病B。两种血友病的起因都是X染色体上的基因缺陷。血友病患者绝大多数是男性，因为他们只缺失基因的一份拷贝就会生病。女性极少患血友病，因为她们两条X染色体上都有一个缺陷拷贝才会生病。血友病A曾被称为“王室血友病”，因为历史上欧洲的王室中患这种病的很多。血友病A和血友病B都是血液凝固有缺陷造成的。血液凝固是使血液在伤口上凝固的级联反应，图3-8是这种级联反应的一部分通路的示意图。血友病A患者缺乏的是Ⅷ因子，血友病B患者则是缺乏Ⅸ因子。一个人如果缺少了这两种凝血因子中的任何一种，在受到小的创伤后就可能会因出血不止而死亡，或可能因小小的碰伤而死于体内出血。当科学家发现血友病是由缺少特定的凝血因子后，他们意识到可将浓缩的凝血因子输给患者来治疗血友病。最先是在20世纪60年代初，从大量供血者的血液中纯化出凝血因子，但这样处理的成本很昂贵。幸运的是基因工程的出现带来了积极的变化。

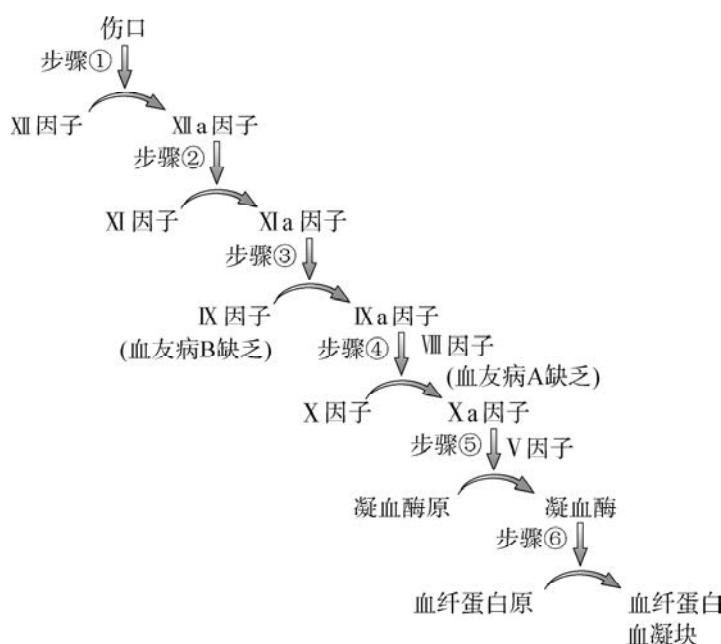


图 3-8 血液凝固级联反应的一部分通路示意图

编码Ⅷ因子和Ⅸ因子的基因都已被分离,每种基因都被导入人体外培养的哺乳动物细胞,产生了能够合成大量Ⅷ因子或Ⅸ因子的体外培养细胞系,并已从这些细胞中纯化出凝血因子,用来制备输血所需的浓缩蛋白质。现在这两种凝血因子都能普遍用于血友病的治疗。

2. 色盲

人类的色觉是由位于视网膜上特化的视锥细胞中的光吸收蛋白介导的。现已鉴别出三种蛋白质,分别吸收蓝光、绿光和红光。色盲可能是由于这三种蛋白质中任意一种异常而造成的。常见的色盲对红绿光无法辨认,属于伴X染色体隐性遗传。人类男性中5%~10%为红绿色盲,而女性小于1%。分子研究已表明,在X染色体上有两个不同的色觉基因:一个编码绿光受体,另一个编码红光受体。更详细的分析已表明这两种受体在结构上非常相似,可能是因为编码它们的基因是由同一个祖先色觉受体基因进化而来的。第三个色觉基因即编码蓝光受体的基因,则位于一条常染色体上。

现代人类的蓝、绿、红的三色视觉系统的形成,是因为我们祖先的绿色视蛋白发生了一些变异,感受光线的波长范围出现了偏移,拥有了全新的红色视蛋白。一种理论认为,红色视蛋白的出现有利于灵长类在树梢上发现成熟的果实,所以这一性状在漫长进化中得以保留。由于控制红、绿视蛋白的基因位置非常靠近,容易出现异常,从而丧失或降低对相应色彩的感受能力。这部分人就是我们所说的红绿色盲,他们在区分红绿两色的能力上有不同程度的色觉障碍。作为一种缺陷,理应在自然选择中逐渐被“淘汰”,可色觉障碍人群的数量占全人类的7%~10%。一般认为,一种隐性遗传病的发病率大于5%,那就表明这种性状具有一定的遗传优势。根据1992年发表的一篇论文中的观点,色盲或色弱患者在黄棕色区间的色彩敏感度要高于一般人,具体表现为在自然环境中,可以更快地识别猎物的保护色伪装。除此之外,一些色盲患者还拥有极强的夜视能力。这种一方面缺陷带来另一方面优势的现象,或许能得出一种全新的观点:色盲色弱的高发,并不是因为还没来得及被自然淘汰,恰恰相反,很可能是因为优势而保留下来。历史上人类的生存方式从采集向狩猎转变,男性成员外出狩猎,女性成员则负责采集果实。而优秀的猎人需要具备在自然环境中快速识别猎物的能力,因此原本是不适应环境的性状又转变为优势性状,群体中色盲的成员逐渐增多。直到人类文明的爆发式发展,知识技术替代了这些身体能力,色盲才又失去了这方面的优势。

3. 白化病

白化病患者黑色素合成发生障碍或几乎不能形成黑色素。全白化的人皮肤很白,带粉红色,头发淡黄色,眼睛的虹膜为粉红色,怕光,视力弱。黑色素的前体是酪氨酸,酪氨酸经过酪氨酸酶的作用成为二羟苯丙氨酸,然后再通过酪氨酸酶系的作用,最后形成黑色素。白化病患者缺乏酪氨酸酶的作用。如果我们把决定酪氨酸酶的基因记作C,则正常人的基因型是CC或Cc,而白化病人则是cc。

4. 苯丙酮尿症

苯丙酮尿症是由一个隐性基因引起的。患者不能形成苯丙氨酸羟化酶,不能把苯丙氨酸转变为

酪氨酸，所以血液中苯丙氨酸累积起来，进一步引起下列变化：①过量的苯丙氨酸损害中枢神经系统，影响智力发育；②苯丙氨酸不能变成酪氨酸，只能通过苯丙氨酸转氨酶的作用，变为苯丙酮酸，在小便中排出，所以称为苯丙酮尿症；③血液中苯丙氨酸太多，抑制酪氨酸代谢，抑制酪氨酸变成黑色素，导致皮肤中的黑色素特别少，所以患者的肤色和发色很浅。

苯丙酮尿症是由苯丙氨酸过量引起的，可从食物中去除苯丙氨酸避免发病。而苯丙氨酸是人体必需氨基酸之一，是构成蛋白质的一种原料，人体内不能制造，必须由食物供应。一般饮食中所供应的苯丙氨酸往往过量，所以如能在婴儿期及早诊断明确，控制苯丙氨酸的摄入量，可以预防对中枢神经系统的损害。这是遗传病可以防治的一个例子。

5. 人类的三体和单体

以二倍体为基础，如果增加了一条染色体，称为“二倍加一”($2n+1$)，也叫三体。最常见的人类三体是唐氏综合征。13 和 18 号染色体的三体性也有报道，然而，这些情况相当少见，患者常常有严重的表型异常，而且易夭折，常于出生后几周内死亡。

另一个在人类中观察到的可存活的三体是 X 三体核型，47 - XXX。这些个体能够存活是因为三个 X 染色体中的两个会失活，使 X 染色体的剂量降低至接近正常个体的水平。X 三体个体为女性，表型正常或几乎正常；有些时候，会有轻微智力损害或生育力降低。

47 - XXY 核型也是人类中可存活的三体。这些个体体细胞中有两个 X 染色体和一个 Y 染色体。表型上是男性，但会显示女性的某些第二性征，并且通常是不育的，属于克兰费尔特综合征，症状包括小睾丸、胸部变大、四肢修长、双膝内翻、体毛少。XXY 核型的起源可能是由于一个异常的 XX 卵与 Y 精子结合，或 X 卵与 XY 精子结合。所有克兰费尔特综合征的病例中，约 3/4 为 XXY 核型。其他病例还包括更复杂的核型，如 XXYY、XXXYY、XXXYY、XXXXY、XXXXYY 以及 XXXXXYY。所有克兰费尔特综合征患者的细胞中有一个或多个巴氏小体，那些 X 染色体超过两条的患者，通常有某种程度的智力损害。

47 - XYY 核型是人类中可存活的另一个三体。这些个体为男性，除了倾向于比正常男性高外，他们并不显示一致的综合征特征。47 - XYY 核型与反社会行为之间可能有联系，但尚未有足够的深入研究结论。人类所有其他的三体都是胚胎致死的，说明正确的基因剂量的重要性。不像在曼陀罗中各种三体都能存活，人体对许多类型的染色体不平衡是无法忍受的。

以二倍体为基础，缺少一条染色体的，称为“二倍减一”($2n-1$)，也叫单体。在人类中，只有一种可存活的单体核型，就是 45 - X 核型，缺少一条 X 染色体。这些个体表型上为女性，但因为卵巢发育不良，所以几乎不育。45 - X 个体通常身材矮小，具有蹼状颈，听力障碍，心血管有明显异常。特纳综合征可能是由于卵子或精子失去一条性染色体，或是在受精后有丝分裂时丢失一条性染色体而导致的。

6. 遗传咨询

遗传病的诊断常常是一个非常困难的过程，通常都是由受过遗传学专业训练的医生进行的。这需要大量仔细的研究，包括对患者的检查、与患者亲属的交谈，设法从大量重要的有关出生、死亡和婚姻的统计数据中获取信息。研究积累的资料为临床诊断和确定遗传的方式提供了重要的依据。

一对夫妇想了解他们未来的孩子患某种遗传病的风险有多大，特别是当家族中已经出现患病成员时，这种需求就会变得更加强烈。遗传咨询师的责任就是评估这种风险，并对咨询者进行解释。风险的评估需要熟悉概率统计学，以及透彻地了解遗传学知识。

对于不遵循单基因遗传方式的性状，遗传咨询较难开展。尽管如此，对表现为受多因子影响的性状，也有方法对其进行检测并向有此性状的家庭提供遗传咨询。在咨询时，多因子性状的5个重要特征很值得注意。

(1) 对于多因子性状，在患者亲属中的再发风险率要高于普通人群的发病率。随着普通人群中该性状发病率的增加，两种人群中发病率的差异相应降低。例如，唇裂或腭裂在普通人群中的发生率约为0.001，但是唇裂或腭裂患者的兄弟姐妹的再发风险率却比普通人群高40倍。相比之下，脊柱裂在普通人群中的发生率稍高，约为0.005，对患者的兄弟姐妹来说，他们再发风险率只比普通人高7倍。

(2) 对于多因子性状，再发风险率随着畸形程度的加剧而增加。例如，一对夫妇有一个有轻度唇裂但没有腭裂的孩子，那他们再生育一个孩子出现这种性状的概率是2.5%。但是，如果第一个孩子的畸形程度较厉害，同时有唇裂和腭裂，那么再生育一个孩子出现这种性状的概率将不止翻一倍，约达6%。

(3) 如果是单基因遗传，患病概率并不随患病家庭成员的增加而增加。例如，囊性纤维化症，如果一对夫妇已有一个孩子患此症，那么他们以后生育的每一个孩子患此症的概率都为25%。但是对于多因子的性状，再发风险率随着患病家庭成员数的增加而增加。例如，一对夫妇有一个患脊柱裂的孩子，那么再生育一个孩子患该病的概率为5%。然而，如果他们已经有两个孩子有脊柱裂，再生育一个孩子患病的概率将加倍，为10%。患病的概率之所以增加，是因为两例脊柱裂比一例更强烈地说明患病孩子的父母带有这种病的基因。

(4) 对于多因子性状，如果在一个性别中该性状的发生率高于另一个性别，而患病的那个亲本正好属于发生率较小的那个性别，那么在子女中该性状的再发风险率将增加。例如，幽门狭窄在男性中发生率是女性中的5倍。一个患幽门狭窄母亲其子患病的概率要大于一个患该病父亲其子也患病的概率。

(5) 对于多因子性状，近亲婚配所生子女的发生率高于无亲缘关系婚配所生子女。

在考虑这5个特征之前，首先要确定症状是否属于多因子性状。虽然很多情况是多因子的，但也有一些是单基因多效性的结果。例如：有腭裂、没有唇裂，极有可能是单个显性基因引起的；而只有唇裂，或既有唇裂又有腭裂，通常是多基因引起的。

7. 羊膜腔穿刺术与绒毛膜的活组织检查

羊膜腔穿刺术的检查，是通过一支插入腹部的针头，从发育中胎儿（妊娠14~16周）周围的腔内抽出少量液体。这个腔被称为羊膜腔，被一层膜包围。通过超声波扫描引导针头的定位，抽出一些羊水。羊水中包含着一些从胎儿身上脱落的有核的细胞，从而可以确定胎儿的核型（图3-9）。通常通过离心可将胎儿细胞从羊水中分离纯化，细胞随后被培养几天至几周。细胞学分析会揭示胎儿是否为非整倍体。对羊水进行附加的检测，可发现其他异常，包括神经管缺陷和一些突变等。

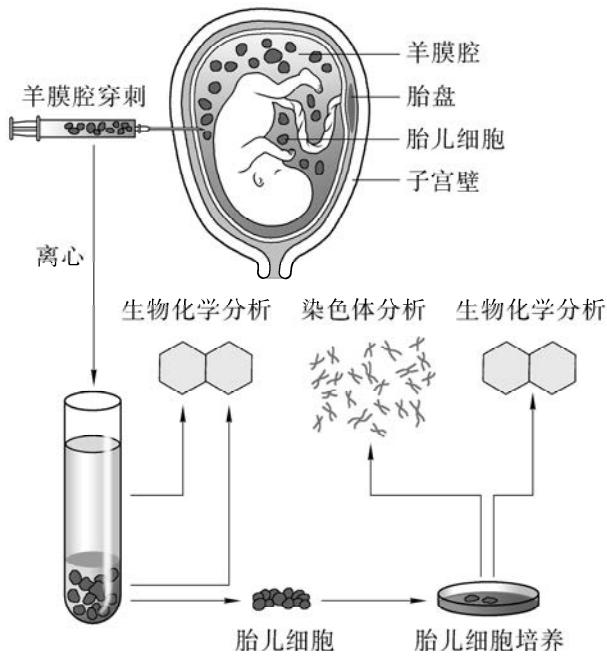


图 3-9 羊膜腔穿刺术示意图

绒毛膜的活组织检查是另一种检测胎儿是否有染色体异常的方法。绒毛膜是与子宫壁相互作用的包裹胎儿的膜,最终形成胎盘。伸入子宫壁的微小绒毛膜凸起称为绒毛。妊娠 10~11 周时,在胎盘形成前,通过一根中空塑料管由子宫颈伸入子宫取出部分绒毛样品。管的伸入由超声波扫描引导,到达指定位置后可吸取得到一小部分物质。这部分物质是母子组织的混合物。当这些物质通过一定方法分离后,胎儿细胞被用于分析是否存在染色体异常。绒毛膜的活组织检查可在羊膜腔穿刺术之前进行,但结果不及后者可靠。

第4章 生物的进化

生命起源和生物进化一直是令人好奇的话题。地球上的生物多种多样,这些物种生活在不同环境中,并逐渐形成适应环境的结构特征、生理功能和行为方式。生物对环境适应的过程和机制逐渐被人们所认识。本章介绍了生物进化的证据、自然选择学说、现代进化理论和新物种形成的机制等。通过本章的学习,学生建立“当今生物具有共同祖先”“自然选择促进生物更好地适应特定的生存环境”“现代进化理论为地球上的生命进化史提供了科学的解释”和“变异、选择和隔离可导致新物种形成”等概念,形成进化与适应观,并用此观念解释生活中的相关现象或问题。

一、本章对应的《课程标准》要求

1. 内容要求与教学活动

本章内容框架的确定和主要内容的编写是依据《课程标准》概念4“生物的多样性和适应性是进化的结果”。教材结合学科内在体系和教学目标,分3节进行概述和举例说明(表4-1)。

表4-1 第4章内容与《课程标准》要求对照表

教材内容	《课程标准》要求
第1节 多种证据表明生物具有共同祖先	4.1.1 尝试通过化石记录、比较解剖学和胚胎学等事实,说明当今生物具有共同的祖先 4.1.2 尝试通过细胞生物学和分子生物学等知识,说明当今生物在新陈代谢、DNA的结构与功能等方面具有许多共同特征
第2节 生物进化理论在不断发展	4.2.1 举例说明种群内的某些可遗传变异将赋予个体在特定环境中的生存和繁殖优势 4.2.2 阐明具有优势性状的个体在种群中所占比例将会增加 4.2.3 说明自然选择促进生物更好地适应特定的生存环境 4.2.4 概述现代生物进化理论以自然选择学说为核心,为地球上的生命进化史提供了科学的解释
第3节 物种形成和灭绝是进化过程中的必然事件	4.2.5 阐述变异、选择和隔离可导致新物种形成

根据《课程标准》教学提示中提出的活动要求,本章安排了2个学生活动(表4-2)。

表 4-2 第 4 章实验和活动与《课程标准》要求关系

活动名称	活动性质	《课程标准》要求
探讨细菌耐药性与抗生素使用的关系	学生活动	探讨耐药菌的出现与抗生素滥用的关系
模拟自然选择对种群基因频率的影响	学生活动	用数学方法讨论自然选择使种群的基因频率发生变化

2. 学业要求

《课程标准》关于本章学习的学业要求是学生应该能够：分析不同类型的证据，探讨地球上现存的丰富多样的物种是由共同祖先长期进化形成的；基于可遗传的变异，以及变异可能带来的生存与繁殖优势等方面实例，解释生物的适应是自然选择的结果。对此，教材从以下几个方面进行落实。

生命观念：教材通过丰富的生物学现象解释“生物进化的证据”“自然选择学说”“现代进化理论”“物种形成的环节”，使学生形成“地球上的生物具有相同的起源或共同的特征”“生物对环境的适应是自然选择的结果”“突变、选择和隔离是物种形成的基本环节”等概念，培养“进化与适应观”，并运用此观念解释或解决生活中与生物进化有关的现象或问题。

科学思维：通过“化石的¹⁴C 同位素测年法”“同源器官的特征”“细胞生物学与分子生物学证据”，帮助学生建立“地球上的生物具有相同的起源或共同的特征”概念，培养归纳与概括、推理与演绎等科学思维；通过“模拟自然选择对种群基因频率的影响”等活动，使学生能对可能的结果或发展趋势作出预测或解释，能够用文字、图示或模型等方式进行表达并阐明其内涵。

科学探究：主要通过实验分析和建模等活动落实科学探究能力的培养。通过探究活动“探讨细菌耐药性与抗生素使用的关系”，学生分辨实验变量、分析实验结果，运用科学术语精确阐明实验结果并展开交流等。

社会责任：通过对各种证据的了解和进化理论的学习，认同生物进化的观念，自觉抵制封建迷信和伪科学；通过阅读生物学与社会“人类活动与物种灭绝”等内容，意识到人类活动加快了物种灭绝，人类必须学会与自然环境及其他生物和谐共处，实现可持续发展。

二、本章与学科体系内容关系

1. 本章与其他章节之间的关系

本章生物进化证据中的细胞生物学和分子生物学证据涉及了必修 1《分子与细胞》分册中的“细胞的分子组成”“细胞的结构”和“细胞的代谢”等。当今生物的组成物质大多是蛋白质、核酸、糖类、脂质、水和无机盐等，表现出高度的统一性。有细胞结构的生物包括真核生物和原核生物，两类生物的共同细胞结构有质膜、核糖体等。细胞的能量都主要来源于细胞呼吸，各种生物的细胞呼吸过程基本相似。这些物质组成、基本结构和代谢方式均佐证了当今生物具有共同祖先。本册第 1 章“遗传的分子基础”中“大多生物的遗传物质是 DNA”“遗传信息通过复制和表达进行传递”等，为生物具有共同祖先提供了分子证据。

本章现代进化理论中“种群是生物进化的基本单位”“可遗传的变异为自然选择提供了丰富素

材”等,涉及基因频率、基因型频率、基因突变、基因重组和染色体变异等概念,需要以本册前三章的内容为基础。之前章节中这些概念的理解与应用,对现代进化理论的学习至关重要。同时,种群、物种等概念的学习也为选择性必修2《生物与环境》分册的学习提供基础。

2. 本章各节之间的关系

地球上丰富多样的生物使得我们的星球如此美丽和与众不同。这些生物究竟是怎样形成的?生物是如何适应不同环境的?又是什么因素造成了物种的灭绝?教材顺着学生的认知规律,从生物进化的证据开始,到生物进化的理论,再到物种的形成和灭绝,逐一展开分析。关于生物进化的证据,教材提供了化石、胚胎学和比较解剖学等证据,证明地球上现存的丰富多样的物种具有共同祖先;通过细胞生物学和分子生物学等理论,说明当今生物在新陈代谢、DNA的结构与功能等方面具有许多共同特征。关于生物进化的理论,教材介绍了自然选择学说和现代进化理论,为地球上的生物适应环境提供了科学的解释。关于物种的形成和灭绝,教材阐述了物种形成的3个环节以及生物进化历程伴随着物种的形成和灭绝的观念。生物进化的证据为生物进化理论提供了证据支持,现代进化理论中的核心观念“遗传变异为自然选择提供了丰富的素材、自然选择决定进化的方向、隔离是新物种形成的必要条件”为物种形成过程提供了理论支撑。物种的形成和灭绝又可以为生物进化的证据提供理论验证。通过本章各节的学习,学生可以系统地理解生物进化,形成进化与适应观。教材在内容编排过程中提供了大量生动的案例,也设计了“探讨细菌耐药性与抗生素使用的关系”“模拟自然选择对种群基因频率的影响”等探究活动,引导学生在探究中掌握本章的核心概念(图4-1)。

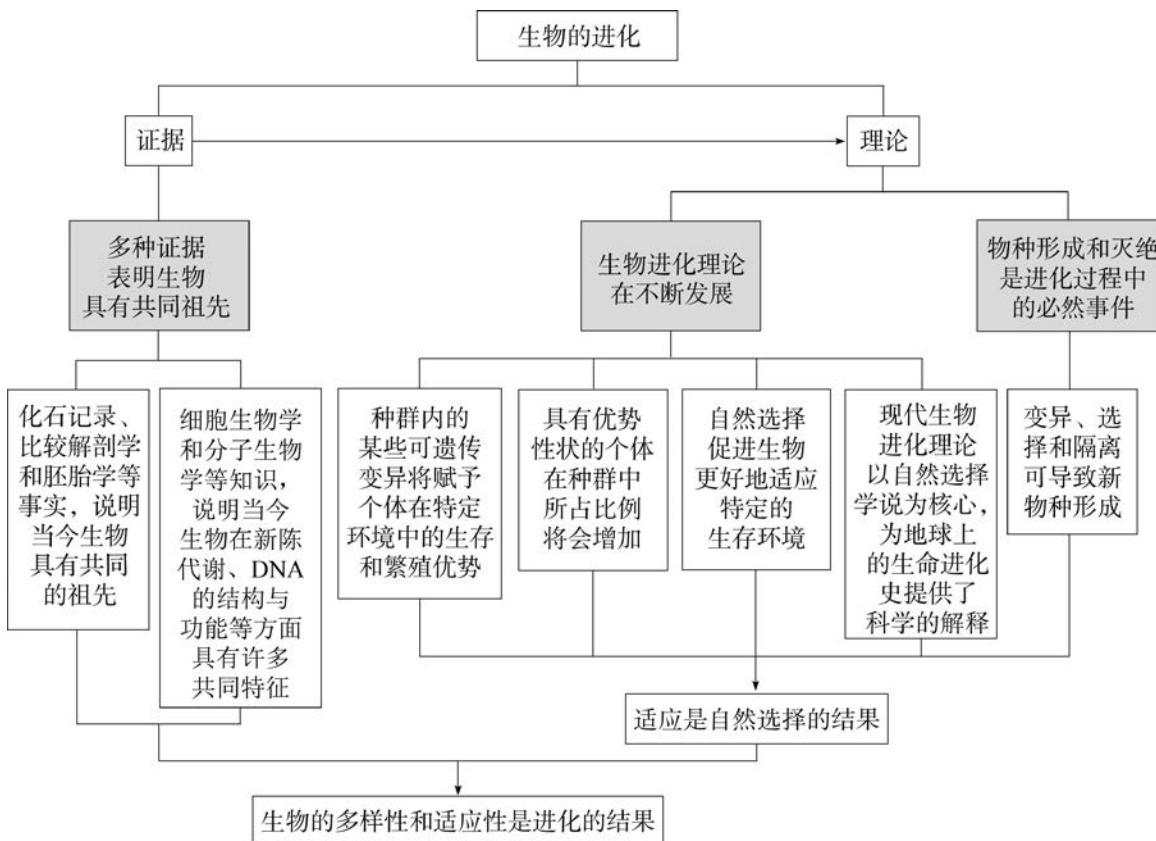


图4-1 第4章各节概念之间的关系

三、本章教学目标

通过对生物进化证据的分析、归纳和演绎,理解生物界的统一性和差异性,理解这些证据在探究生物进化历程中的作用,形成生物进化的观念;在变异与遗传、自然选择和适应性等概念的基础上,理解自然选择使种群中适应特定环境的个体比例增加,使生物种群更加适应环境,能运用进化与适应的生命观念解释生物进化;基于自然选择对种群基因频率的影响,运用演绎与推理等科学思维方法,从生物大分子及其功能的角度阐释生物进化;通过实例分析,理解物种的形成和灭绝过程中的主要事件及其意义,能运用进化与适应的生命观念解释新物种形成过程中的适应辐射;关注人类活动加快物种灭绝的实例,参与讨论并做出合理解释,主动宣传并实践关爱生命,认识人类应承担的社会责任。

四、本章课时建议

本章建议 9 课时,具体见表 4-3。

表 4-3 第 4 章课时安排

教 学 内 容	课时建议
第 1 节 多种证据表明生物具有共同祖先	2
第 2 节 生物进化理论在不断发展	3
第 3 节 物种形成和灭绝是进化过程中的必然事件	2
学习交流与评价	2

其中,第 2 节的探究·活动 4-1“探讨细菌耐药性与抗生素使用的关系”0.5 课时,探究·建模 4-2“模拟自然选择对种群基因频率的影响”1 课时。

五、本章评价建议

1. 评价内容

(1) 学生的生命观念

学生是否能通过化石、胚胎学、比较解剖学、细胞生物学和分子生物学等生物进化的证据,说出认同当今生物具有共同的祖先;说出自然选择学说的内容,形成进化与适应的观念,并用于解释生物进化的现象;阐述隔离、变异和选择是新物种形成的基本环节,并运用进化与适应的生命观念解释新物种形成过程中的适应辐射。

(2) 学生科学思维的发展

学生是否可以通过对生物进化证据的分析、归纳和演绎,认识生物界的统一性和差异性,形成生

物进化观念;建立选择对种群基因频率影响的数学模型,运用演绎与推理的科学思维方法解释生物进化。

(3) 学生科学探究的能力

在“探讨细菌耐药性与抗生素使用的关系”和“模拟自然选择对种群基因频率的影响”探究活动中,是否能够正确分析实验方案、数据、结果等信息。

(4) 学生的社会责任意识

学生是否关注并参与社会热点中有关生物进化的讨论,辨别迷信和伪科学;形成健康生活方式,合理使用抗生素;关注人类活动以及环境的改变可增加物种灭绝的速度,宣传关爱生命、保护生物与环境的观念。

2. 评价方式

(1) 自我评价

本章在每节都设置了适量的自我评价题,呈现方式以分析和表述为主,多是开放性问题。自我评价内容包括对章节重要概念的理解,重点评价利用章节概念、科学思维方法解释和解决实际生活中问题的能力。自我评价方式多样,有查阅资料、基因频率计算、观点辩证等,侧重评价核心素养水平。

(2) 学业评价

本章设置了4道“学业评价”题,要求学生运用所学概念,解决真实情境中的相关问题。

第1题:以科学家研究鲸起源的4个线索为情境。第(1)小题引导学生识别生物进化证据类型并分析其优势与不足(生命观念水平2);第(2)小题分析“鲸是由有蹄动物进化而来”的证据(生命观念水平3);第(3)小题根据进化关系图判断鲸、河马和鹿的亲缘关系(科学思维水平3);第(4)小题涉及在情境中识别适应辐射及其意义(科学思维水平2);第(5)小题要求利用进化理论解释鲸的登陆和返回海洋现象(生命观念水平4);第(6)小题涉及自然选择对基因频率的影响(科学思维水平3)。

第2题:根据不同生物细胞色素c中氨基酸差异数,分析物种的亲缘关系。第(1)小题要求分析物种关系远近与细胞色素c氨基酸组成差异的关系(科学思维水平3);第(2)小题要求根据数据辨析“结构与功能关系”的合理性(生命观念水平4)。

第3题:以林麝的4个不同种群之间的遗传距离为情境,分析遗传多样性的概念及意义,并尝试提出增加林麝遗传多样性的措施。第(1)小题主要分析遗传多样性的差异(生命观念水平1);第(2)小题阐述保护物种遗传多样性的意义(生命观念水平2);第(3)小题分析遗传多样性下降的原因(社会责任水平2);第(4)小题分析增加保护生物遗传多样性的措施(社会责任水平4)。

第4题:以病毒在不同物种间的传播为情境,分析不同生物可能具有的共同特征,以及保护生物多样性的意义。第(1)小题主要分析不同物种细胞质膜可能具有的共同特征(生命观念水平2);第(2)小题是以新型冠状病毒为例,从防范物种资源丧失和外来物种入侵的角度,分析保护生物多样性(科学思维水平3)。

第1节 多种证据表明生物具有共同祖先

一、教材分析

1. 学习目标

本节教材中的学习目标包括：

(1) 尝试通过化石、胚胎学、比较解剖学、细胞生物学和分子生物学等进化证据，说明当今生物具有共同的祖先。

(2) 通过对生物进化证据的分析、归纳和演绎，认识生物界的统一性和差异性，形成生物进化的观念。

这两项目标是依据《课程标准》内容要求 4.1.1 和 4.1.2，结合学科核心素养的培养要求设定的。目标(1)要求基于证据说明当今生物具有共同的祖先(水平 2)。目标(2)中“归纳和演绎”属于科学思维范畴，通过归纳和演绎等形成生物进化的观念(水平 2)。

2. 概念聚焦

本节聚焦的核心概念是依据《课程标准》内容要求 4.1.1 和 4.1.2 而选取的，教材通过系列生物学事实来说明(表 4-4)。

表 4-4 本节核心概念及相关生物学事实

核心概念	生物学事实
化石记录、胚胎学和比较解剖学证据表明当今生物具有共同的祖先	生物化石在地层中的出现有一定规律
	化石研究可以推断生物的进化历程
	鸟类和哺乳类等动物早期胚胎相似，推测其具有共同祖先
	生物具有同源器官说明它们可能来自共同的祖先
	不同物种同源器官的结构差异程度可以推断它们亲缘关系的远近
当今生物在 DNA 的结构与功能、新陈代谢等方面具有许多共同特征	尽管各种生物的形态差异很大，但组成这些生物的细胞具有相似特征
	细胞色素 c、DNA 序列等分子生物学研究为生物进化的研究提供了新的证据

3. 学习内容

本节内容以“随着研究的不断深入和科技的发展，越来越多的证据表明当今生物具有共同祖先。这样的证据有哪些？如何对这些证据进行分析和解释？”引入学习内容，让学生在思考问题中进入本节的学习。教材在课前活动中提供了“化石的¹⁴C 同位素测年法”，让学生分析小鼠骨骼化石的¹⁴C 衰减量与时间的关系图，根据化石¹⁴C 的衰减量推算该生物生存的年代。学生在推算过程中能够初步

理解化石作为生物进化直接证据的意义。

“思考与讨论”参考答案：1. 从图中可以看出，小鼠骨骼化石¹⁴C 的放射性衰减一半约需要 5 700 年，¹⁴C 的放射性衰减至 1/8 约需要 17 100 年。2. 由于生物体死亡后，不再从环境中摄取新的¹⁴C，而¹⁴C 放射性衰减一半需要的时间是一个定值，因此可以通过测定化石中¹⁴C 的放射性比例，测算该生物死亡的年代；时间长达千万年甚至上亿年的化石，¹⁴C 的放射性已经低到计量会带来很大误差的地步，所以¹⁴C 测年法一般不用来推算太过久远的化石。

第 1 目：化石为生物进化研究提供了直接证据。教材以大量生动的案例，阐述化石的形成过程、化石在生物进化研究中的价值等。例如，以恐龙化石为例，阐述了化石形成的过程；以我国河南西部银杏和杉树化石为例，推测它们当时生存的环境；以马的化石为例，阐述了马的进化历程。化石的证据也揭示了生物进化的方向，即由简单、低等到复杂、高等；同时，阐述了化石证据的不足之处，如目前发现的化石证据还太少等。

第 2 目：胚胎学和比较解剖学为生物进化研究提供了间接证据。在胚胎学证据中，教材通过鱼类、鸟类和哺乳类等动物胚胎发生过程的比较，发现这些生物成年个体的形态虽然存在很大差异，但在胚胎发育早期却存在许多相似之处，进而推测陆生脊椎动物是由原始的水生动物进化而来的。在比较解剖学证据中，教材以图片的形式展示了人的上肢、龟的前肢、马的前肢、鸟的翅膀、蝙蝠的翼和海豹的前肢等同源器官的骨骼，它们的排列方式具有很高的相似性，推测这些生物可能来自共同的祖先。教材还阐述了痕迹器官在推测生物来自共同祖先中的价值。

第 3 目：细胞生物学和分子生物学为生物进化研究提供了微观证据。在细胞生物学证据中，教材比较了原核细胞和真核细胞的共同特征、植物细胞和动物细胞之间的差异、不同植物的细胞之间的差异，推测植物和动物在进化历程中分支时间较早。在分子生物学证据中，教材呈现了人与部分生物细胞色素 c 的氨基酸差异数据，提示这些生物可能来自共同的祖先，且细胞色素 c 的差异程度揭示了这些生物在进化历程中的分支时间不同。最后，比较不同灵长类动物与黑猩猩的 DNA 序列的差异，从分子层面推测出的生物进化关系与化石证据完全吻合。

二、教学建议

本节内容建议 2 课时。

1. 课堂教学建议

(1) 创设情境，引入新课

倡导通过真实情境、任务引入课堂教学，设计的情境和任务要能恰当地将学生的认知与生物进化证据及教学内容紧密联系起来，激发学生的探究兴趣，让学生主动参与到学习和探究中来。可以直接利用教材节引言和课前活动“化石的¹⁴C 同位素测年法”，引导学生思考与讨论。也可以创设其他情境，例如：人类从哪里来？神创论认为“人类是上帝创造的，一旦创造出来，就永恒不变”；进化论认为“生物有共同的祖先，人类是由动物进化而来的”。查阅资料，小组合作，评价这两个观点并进行交流。又如：“人类和蚂蚁、金鱼、香樟等均来自共同的祖先”，你认同这个观点吗？阐述你的想法，并提供相关证据。还如：海洋里游动着鲨鱼、天空中飞翔着海鸥、陆地上奔跑着羚羊、地下生活着鼹

鼠……地球上的不同区域都生活着不同种类的生物,它们的形态和结构千差万别,但是它们有共同的祖先。你认同这个观点吗?阐述你的想法,并提供相关证据。

(2) 经历科学家的思维方式,理解化石和胚胎学为生物进化研究提供证据

教师可以提供科学家研究生物进化的相关资料,引导学生经历科学家的思维过程,建构生物进化的各种证据。例如,教师可以提供各个时期马的牙齿、前肢的化石,让学生去绘制或者连线各个时期马的模式图,并解释各个时期马所生存的环境。教师也可以提供多个脊椎动物的早期胚胎图片,让学生去判断哪一个是人类的胚胎,当学生无法分辨的时候,自然会形成脊椎动物早期胚胎相似的观点,从而得出这些生物来自共同祖先的结论。通过提供资料引导学生探讨,可以极大提高学生的学习兴趣,更深刻地理解化石和胚胎学为生物进化研究提供证据的意义。

(3) 基于已有的生物学概念,形成细胞生物学和分子生物学的生物进化证据

为让学生“尝试通过细胞生物学和分子生物学等知识,说明当今生物在新陈代谢、DNA 的结构与功能等方面具有许多共同特征”,可引导学生回忆、比较、归纳出已有的生物学概念。例如,必修 1 第 2 章“细胞的分子组成”、第 3 章“细胞的结构”和第 4 章“细胞的代谢”中介绍了不同生物的形态差异很大,但在物质组成、细胞结构和细胞代谢方式等方面均有较高的统一性,因此可以通过不同生物的物质组成、细胞结构和细胞代谢方式的比较,让学生建构“当今生物在新陈代谢、DNA 的结构与功能等方面具有许多共同特征”的概念,推断不同生物来自共同的祖先,为生物进化提供证据。

(4) 引导学生阐明生物进化的证据,辨别迷信,发挥生物学科的育人价值

课堂教学探究了生物进化的直接证据、间接证据和微观证据后,可以引导学生用自己的语言阐述生物进化的证据是什么,如何理解这些证据,并解释一些生活中的问题。例如,“上帝创造人类”“女娲造人”和“复旦大学研究团队利用 DNA 技术寻找曹操后裔”等,通过对情境问题的解释,辨别迷信、崇尚科学技术,发挥生物学科的育人价值。

(5) 设计活动,在探究中培育学生的核心素养

本节内容涉及生物进化的多种证据,可以设计多种类型的活动来引导学生探究,经历科学家的研究过程,提升核心素养。

活动案例① 根据不同时期马的化石推断进化历程

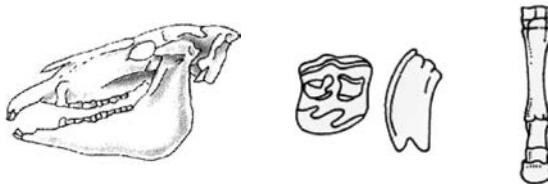
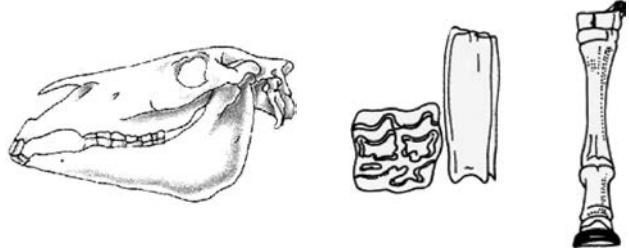
设计思路:学生根据各个时期马的化石推测马的进化历程,经历科学家的研究过程,更深刻地理解化石是生物进化的直接证据,培养归纳、推理等科学思维能力。

情境任务:生物化石是在地球演变过程中各类生物发生和发展的真记录,通过对不同化石证据的比较和分析,能够推断生物的进化历程。以不同时期马的化石为例,表 4-5 呈现了不同地质时期出现的马的头骨、牙齿、前肢和脚趾的化石。根据化石特征选填所处时期:约 200 万年前、约 1300 万年前、约 2500 万年前、约 3600 万年前、约 5800 万年前,讨论其生活的环境,并探讨化石对研究生物进化历程的作用。

表 4-5 不同时期马的不同部位的化石对比

时期	头骨、牙齿、前肢和脚趾化石模式图			

(续表)

时期	头骨、牙齿、前肢和脚趾化石模式图			
				
				
				
				

活动案例② 推测 12 种不同生物的亲缘关系

设计思路：通过比较多种生物的细胞色素 c 的氨基酸序列差异，判断各种生物之间的亲缘关系。理解分子生物学为生物进化研究提供微观证据的价值。

情境任务：细胞色素 c 普遍存在于真核生物细胞内，是在有氧呼吸过程中起重要作用的一种蛋白质，由 104 个氨基酸组成。科学家测出了 12 种生物的细胞色素 c 的氨基酸序列差异数（表 4-6）。比较这些数据，你可以得到什么结论？写出你的 2 个结论。

表 4-6 12 种不同生物的细胞色素 c 的氨基酸序列差异数对比

生物	人	猴	猪	袋鼠	鸡	鸭	响尾蛇	海龟	金枪鱼	蛾	链孢霉	酵母
人	0											
猴	1	0										
猪	10	9	0									
袋鼠	10	11	6	0								
鸡	13	12	9	12	0							
鸭	11	10	8	10	3	0						

(续表)

生物	人	猴	猪	袋鼠	鸡	鸭	响尾蛇	海龟	金枪鱼	蛾	链孢霉	酵母
响尾蛇	14	15	20	21	19	17	0					
海龟	15	14	9	11	8	7	22	0				
金枪鱼	21	21	17	18	17	17	26	18	0			
蛾	31	30	27	28	27	27	31	28	32	0		
链孢霉	43	47	46	49	48	48	47	49	48	47	0	
酵母	44	48	46	46	46	46	47	49	47	47	27	0

活动案例③ 你认同“内共生学说”吗?

设计思路：通过学生对内共生学说的理解设计验证方案，培养学生科学探究的能力和演绎与推理等科学思维素养。

情境任务：内共生学说是由美国生物学家马古利斯(L. Margulis)于1970年出版的《真核细胞的起源》一书中正式提出。她认为好氧细菌被变形虫状的原始真核细胞吞噬后，经过长期共生成为线粒体；蓝细菌被吞噬后经过共生变成了叶绿体(图4-2)。讨论：如何设计方案来验证“内共生学说”？

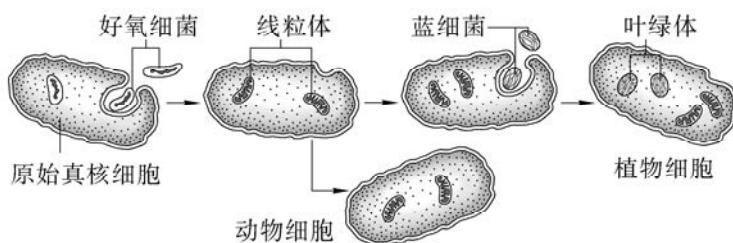


图4-2 内共生学说进化过程示意图

2. 栏目使用建议

本节学习提示栏目展示同源器官形成的原因，建议引导学生根据教材图4-8“几种动物的前肢骨骼结构比较模式图”，解释进化与适应。

三、拓展资料

1. 远古鸟类化石

研究鸟类起源和进化历程的最直接证据是化石。1861年，在德国巴伐利亚州索伦霍芬地区的晚侏罗世地层中发掘出始祖鸟(*Archaeopteryx*)化石(图4-3A)。从化石中可以看到鸟类的特征，如飞羽和尾羽的印痕、清晰的叉骨，而又有类似爬行类的多节尾椎，为连接爬行动物和鸟类的中间类型提供了有力的证据。1984年，在我国甘肃玉门附近早白垩纪地层中发掘出甘肃鸟(*Gansus*)化石(图4-3B)。甘肃鸟生活年代要比始祖鸟稍晚些，具有某些现代涉禽类的形态特征，填补了鸟类进化历

程中辐射发展的部分空白。1990年,在我国辽宁北票地区中生代侏罗纪地层发掘出孔子鸟(*Confuciusornis*)化石(图4-3C),同时还发现和孔子鸟相同(相近)时代生存的多种类型带羽毛状皮肤衍生物的恐龙类化石。孔子鸟生活的年代和始祖鸟相近,是现知最早具有以角质喙取代牙齿的原始鸟类。2001年,在我国辽宁朝阳地区发现原始热河鸟(*Jeholornis prima*)化石(图4-3D)。原始热河鸟具有一条由20多枚尾椎骨组成的十分细长的尾,其原始的骨骼特征与驰龙类十分相似,为鸟类起源于恐龙的假说提供依据。在始祖鸟化石被发现之后相当长的时间内,人们认为始祖鸟是现代鸟类的直接祖先,但是从我国出土的鸟类化石证据表明始祖鸟只是鸟类进化历程中的一个侧支,并不是鸟类进化的主干。

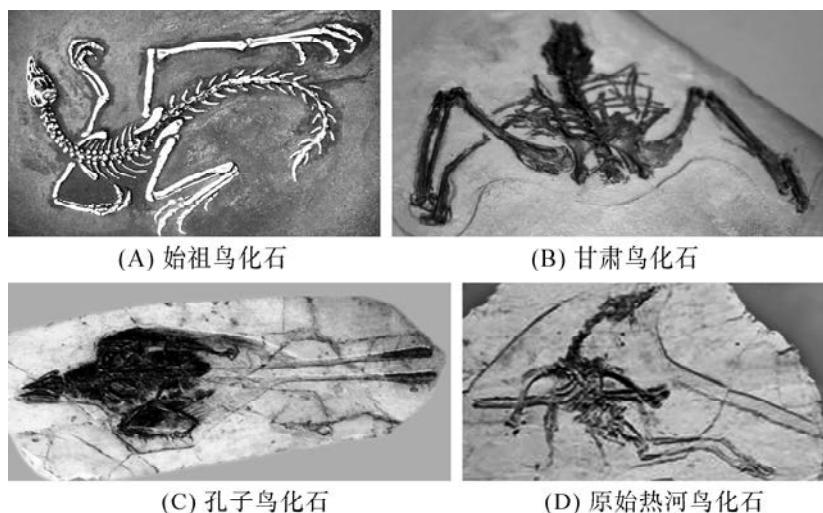


图4-3 4种远古鸟类化石

虽然化石为生物进化研究提供了直接证据,但在研究过程中却存在很多不确定性。众多鸟类化石及它们所具有的特征表明鸟类的形成和演化历程经历了许多细小变化的积累,之后才产生显著的变化,在进化过程中存在着许多的中间过渡类型。这些过渡类型在进化过程中朝着各自方向发展,而大部分因不适应环境条件或是因本身结构的局限得不到发展而灭绝。由于目前出土的鸟类化石还很少,许多的细节以及关键问题还没有办法解决或说明清楚,且鸟类辐射发展的各个环节也缺少直接证据来解释,因此问题的解决还有待于更多的鸟类化石从地层中被发掘出来或其他证据的出现。

2. 动物和植物的同源器官

同源器官通常是在发生上有共同来源,而在形态、功能上不完全相同的器官。动物常见的同源器官见表4-7,需要注意的是鸟的翅膀和昆虫的翅膀功能虽相同,但是来源不同,不属于同源器官。对于植物而言,马铃薯的块茎、郁金香的鳞茎、藕等构造,形态差异较大,但是它们都起源于枝条。仙人掌的刺、豌豆的卷须等都是叶的变态,属于同源器官。山楂、刺槐及蔷薇的枝条上都有坚硬而锋利的刺,这些刺具有保护植物的作用。但是,山楂的刺是在叶腋中生长的,起源于茎,是枝的变态,称为枝刺;刺槐的刺是托叶的变态,称为叶刺;蔷薇的刺是皮层的突起,称为皮刺。这些植物刺的外形和功能相同而来源不同,因此不属于同源器官。

表 4-7 动物的同源器官

器官	基本功能	不同功能	实 例
鼻子	呼吸及嗅觉	掘土	猪用鼻子拱土觅食
		取食	象用鼻子取食和汲水
		发声	蝙蝠鼻子能发出超声波
四肢	支撑身体及行走	飞行	鸟的翅膀用于飞行
		奔跑	马、牛、羊等的四肢用于奔跑
		游泳	鲸类、海豹、海象等的四肢用于游泳
		挖掘	穿山甲、鼹鼠的前肢用于挖掘洞穴
尾巴	平衡身体	游泳	鱼的尾鳍
		攀爬	卷尾猴的尾巴
		逃生	壁虎的尾巴
		求偶	雄孔雀艳丽的尾屏
		警告	响尾蛇的尾巴

达尔文进化论认为,凡是具有同源器官的生物都具有共同的原始祖先。同源器官在形态和功能上不同的原因是什么呢?生物共同的原始祖先在过度繁殖过程中产生了多种多样的可遗传变异,但只有适应环境的个体才能在生存斗争中存活下来。例如,陆生动物或适于奔跑,或适于躲藏,或适于飞翔,或利用外壳保护自己,这种有利的变异最初可能是很微小的,但经过自然选择而逐代积累,经过极其漫长的时间最终使起源相同的器官在不同的环境条件下形成了形态和功能上的差异,以适应不同的环境条件。因此,同源器官尽管形态和功能不同,但对环境都是适应的,这就为生物的进化提供了有力的证据,也为动物分类学研究及阐明动物间的亲缘关系、揭示生物进化的途径和规律提供了重要线索。

3. 内共生学说

1970年,马古利斯在《真核细胞的起源》一书中提出真核细胞起源的观点。她认为大约在十几亿年前,某个原始海洋中具有吞噬能力的大型原始真核细胞,在其生命活动过程中吞噬了某小型需氧的原核细胞,由于某些原因未将其消化分解,原核细胞便生活在原始真核细胞内与其共生,最终进化为原始真核细胞的细胞器(线粒体)。在此之后,这种大型原始真核生物还吞噬了蓝细菌和螺旋体,经过漫长的发展,成为现在真核细胞中的叶绿体和鞭毛。这种共生关系对共生体和宿主来说是互惠互利的,因为共生体可以从宿主处得到更多营养,而宿主则可利用共生体具有的呼吸作用或光合作用更好地适应环境。这个理论提出以后获得了许多证据的支持,发展成现在的内共生学说,也逐渐成为当下主流的真核细胞起源学说(图 4-4)。

内共生学说的主要证据:①线粒体和叶绿体基因组与细胞核基因组表现出显著差异,而与原核生物极为相似,具有细菌基因组的典型特征。②线粒体和叶绿体具备独立、完整的蛋白质合成系统,其蛋白质合成机制类似于细菌,而有别于真核生物。③线粒体和叶绿体均以缢裂的方式进行繁殖,

与细菌类似。④线粒体、叶绿体的内膜和外膜存在明显的性质和成分差异。外膜与真核细胞的内膜系统具有性质上的相似性,可与内质网和高尔基体膜融合沟通;而它们的内膜则与细菌质膜相似,内陷折叠形成细菌的间体、线粒体的嵴和叶绿体的类囊体。这些特性都暗示线粒体和叶绿体的内膜起源于细菌的质膜,而外膜则来源于它们的宿主(共生体进入宿主细胞时包被形成)。

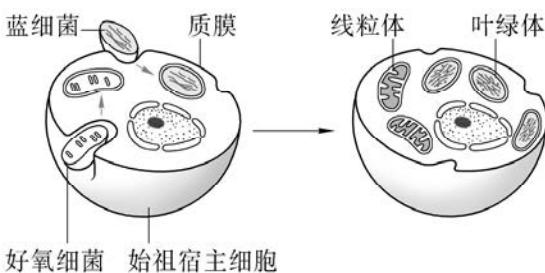


图 4-4 内共生学说原理示意图

内共生学说目前也还有解决不了的问题:①好氧细菌的共生据估计发生在约 15 亿年以前,但化石提供的证据表明蓝细菌大约在 22~27 亿年以前就形成了,为什么蓝细菌开始共生的时间却远比好氧细菌进行共生的时间晚得多呢?②线粒体含有肌动蛋白-肌球蛋白系统,但细菌和蓝细菌中没有这种系统。

4. 病毒的起源

病毒是一种独特的生命存在形式,种类非常多,在寄主细胞内表现出增殖等生命特征,而在细胞外则既不能进行新陈代谢也不能自我增殖,甚至可以像无机物一样结晶。病毒的起源及其与细胞之间的关系一直是科学界关注的重大课题。1924 年,法裔加拿大微生物学家德海莱(F. d'Herelle)提出观点认为生活中的病毒是细胞的祖先。20 世纪 60 年代,诺贝尔生理学或医学奖获得者卢里亚(S. E. Luria)指出病毒是在细胞出现前原始生命汤中的遗骸。这个假说认为,地球上生命产生历程首先由无机物演化为有机物,再演化为生物大分子,接着产生病毒,然后由病毒演化为原始细胞。持此观点的学者认为:病毒是地球上生物进化过程中最为原始的生命物质,既有大分子可以结晶的特点(这是许多非生物物质具有的属性),又具有生物以自身为模板复制产生子代的部分特征,而生物与非生物最根本的区别就在于是否能繁殖。研究表明,生物进化通常遵循从简单到复杂的历程。因此,认为在从非生命物质到生命出现这一漫长的转变过程中,病毒正处于非生物与生物的过渡位置也就顺理成章。在结构上,衣原体等最简单的细胞比病毒更复杂,也就是说病毒刚好填补了从大分子到原始细胞之间的空白。

而退行性起源假说则认为,病毒是高级微生物的退行性生命物质。微生物细胞在侵染宿主细胞进化历程中的部分基因丢失,使其逐渐丧失独立的自我繁殖能力,只能进入宿主细胞才能产生后代,并且在进化过程中更为精简自身的基因组,以至目前多数病毒只有几个或者几十个基因存在,而这些基因就足以满足病毒的生存所需。这种假说提出的依据是,在细菌与病毒之间存在比细菌小且更原始、只能在细胞内寄生的生命形态——立克次氏体和衣原体。有学者认为,这些寄生的原核生物必定产生于原始细胞祖先之后。他们推测,根据寄生性演化惯性,这些中间过渡态的寄生生命进一

步“精简”基因组，等到完全丢失核糖体的时候，完全依赖寄主生命形态的病毒就产生了。因此，他们认为病毒的起源过程为：细菌→类似立克次氏体的生物→类似衣原体的生物→病毒。

还有，内源性起源假说认为病毒起源于正常细胞“逃逸”的核酸片段，因偶然途径从细胞内脱离出来而演化为病毒。支持此种假说的学者提出了以下相关证据：质粒属于细胞的一部分，但它可以脱离细胞并在细胞之间传递。病毒与质粒的生物学属性非常相似，即都可认为是细胞内寄生、水平传播和垂直遗传等。例如，有一种大肠杆菌病毒进入细菌细胞后可产生两种结果——繁衍后代或不繁衍后代。当它繁殖的时候可认为它是病毒，反之就可认为它是质粒。相当多DNA病毒的DNA以及逆转录病毒在逆转录酶作用下产生的DNA能全部或部分结合到宿主细胞的染色体上，从而成为细胞的一部分，之后在内膜系统或细胞质基质中生成的病毒蛋白质捕获病毒基因组，组装形成成熟病毒颗粒，并最终释放到细胞外，这可以看作是细胞核酸外逸的过程。生物信息学研究也发现，细胞的癌基因（原癌基因）与一些病毒的癌基因在序列上高度同源，这似乎支持病毒产生于细胞中类质粒逃逸的观点。

第2节 生物进化理论在不断发展

一、教材分析

1. 学习目标

本节教材中的学习目标包括：

- (1) 在变异与遗传、自然选择和适应性等概念的基础上,阐明自然选择使得种群中适应特定环境的个体比例增加,使生物种群更加适应环境。能运用进化与适应的生命观念解释生物进化。
- (2) 基于选择对种群基因频率的影响,运用推理与演绎等科学思维方法,从生物大分子及其功能的角度解释生物进化。

这两项目标是依据《课程标准》内容要求 4.2.1、4.2.2、4.2.3 和 4.2.4,结合学科核心素养培养要求设定的。目标(1)要求利用生物进化相关概念阐明自然选择使生物种群更加适应环境,并能运用生命观念解释生物进化(水平 2)。目标(2)要求运用推理与演绎等科学思维方法解释生物进化(水平 2)。

2. 概念聚焦

本节聚焦的核心概念是依据《课程标准》概念 4 和内容要求 4.2.1、4.2.2、4.2.3 和 4.2.4 而选取的,教材通过系列生物学事实来概述和说明(表 4-8)。

表 4-8 本节核心概念及相关生物学事实

核心概念	生物学事实
种群内的某些遗传变异赋予个体在特定环境下的生存和繁殖优势,而自然选择促进生物种群更好地适应特定的生存环境	过度繁殖使得生存斗争加剧
	可遗传变异是生物进化的内在因素
	自然选择是生物进化的外在因素
现代进化理论以自然选择学说为核心,为生物进化提供了科学解释	种群是生物进化的基本单位
	可遗传的变异为自然选择提供了丰富素材
	自然选择主导进化的方向
	隔离可能导致新物种的形成

3. 学习内容

本节阐述了生物进化的自然选择学说和现代进化理论,介绍了达尔文为期五年航海考察的经历,通过丰富多彩的案例讲解自然选择学说和现代进化理论等内容,并设计了“探讨细菌耐药性与抗

生素使用的关系”“模拟自然选择对种群基因频率的影响”等探究活动。教材课前活动设置了“对进化现象的解释”活动,学生可以根据自己的前概念,尝试解释“食蚁兽的舌头细而长”“盲鱼眼睛很小或消失”“长颈鹿脖子很长”等现象,然后通过了解拉马克和达尔文进化理论对这些现象的解释,对进化理论建立初步的认识。学生可能无法准确说出其中的内涵,带着问题进入本节的学习。“思考与讨论”参考答案:1. 略。2. 以长颈鹿为例,拉马克进化理论的核心是“用进废退”和“获得性遗传”,他认为长颈鹿个体在伸长脖子摄食树上的叶子时,拉长了脖子,而这一后天获得的性状是可以遗传给子代的;经过逐代的积累,长颈鹿的脖子就越来越长,逐渐形成了现代的长颈鹿。达尔文进化理论的核心是“自然选择”,他认为长颈鹿的祖先本来就有的脖子长,有的脖子短,这种变异是普遍存在的并且可以传给子代;当长颈鹿的数量较多导致地上草不够吃的时候,长颈鹿个体之间的生存斗争加剧,脖子长的可以吃到树上的树叶,生存下来且将这一性状传给子代,脖子短的则被淘汰,即适者生存;经过逐代的选择和积累,长颈鹿的脖子越来越长,逐渐形成了现代的长颈鹿。

第1目:“自然选择学说”解释了生物的适应现象。教材介绍了达尔文的“自然选择学说”,列举了加拉帕戈斯海鬣蜥的尾、蝗虫和大象的繁殖力、科格伦岛上昆虫的翅等案例,阐明“变异和遗传”“繁殖过剩”“生存斗争”和“适者生存”的内涵,尤其是自然环境对性状的选择使适应环境的性状得到积累,从而生物表现出适应性。例如,内陆和海岛上的不同环境对无翅或翅不发达的昆虫有着不同的选择,从而使适应当地环境的生物性状保存下来。为了促进学生运用“自然选择学说”解释和解决生活中的问题,教材设计了探究活动“探讨细菌耐药性与抗生素使用的关系”,让学生分析实验过程、实验结果,揭示细菌耐药性与抗生素使用的关系,提出合理使用抗生素的倡议,培养科学探究和科学思维能力,并承担社会责任。

第2目:多学科交叉融合形成现代进化理论。在现代进化理论的概述中,教材介绍了种群是生物进化的基本单位,通过分析基因频率和基因型频率,从本质上解释了突变和选择对进化的作用。基因突变、基因重组和染色体变异等可遗传的变异增加了生物表型种类,为自然选择提供了丰富素材。以喷洒农药对抗药性昆虫的选择过程为例,介绍了自然选择对进化方向的主导作用。最后,教材以案例形式阐述了地理隔离的本质及其在新物种形成过程中发挥的作用。教材在介绍种群基因频率、基因型频率等概念及计算方法时,明确了基因频率和基因型频率是衡量种群进化的量化指标,并设计了探究建模“模拟自然选择对种群基因频率的影响”。学生通过模拟实验、观察现象并计算结果,会更深刻地理解自然选择对进化的作用本质。教学重点是自然选择学说与现代进化理论对生物适应环境现象的解释。教学难点是自然选择对种群基因频率的影响。

二、教学建议

本节内容建议3课时。其中,课堂教学1.5课时,探究·活动4-1“探讨细菌耐药性与抗生素使用的关系”0.5课时,探究·建模4-2“模拟自然选择对种群基因频率的影响”1课时。

1. 课堂教学建议

(1) 设计情境,导入新课

创设学生熟悉的、感兴趣的情境,可以激发学生的探究热情。可以选择学生熟悉的现象引入课

堂的学习,而且这个情境要贯穿于整个章节的教学过程。可以创设生活中的情境,例如:人类的阑尾功能为什么会消失?也可以直接利用教材节引言和课前活动,引导学生思考“食蚁兽的舌头细而长”“盲鱼眼睛很小,甚至消失”“长颈鹿脖子很长”等是如何进化而来的。“思考与讨论”第1题引导学生根据自己的理解,解释3种生物进化的现象,了解学生前认知。无论答案是否完整,教师都要鼓励学生。此内容也可以作为本节学习的情境引入和贯穿。第2题让学生根据自己对进化理论的理解,解释长颈鹿的进化过程,鼓励学生大胆思考、积极讨论,引入新课。

(2) 阅读达尔文自然选择学说和现代进化理论资料,解释真实情境问题

教材用许多生动的案例介绍了达尔文进化理论和现代进化理论,在教学中可以让学生认真阅读并提炼有效信息,以概念图的形式展示相关理论内容。教师也可以创设一个真实的情境,让学生利用这两个理论来解释。例如,可以让学生解释动物保留膀胱的原因、经常喷洒相同的农药会导致药效越来越差、加拉帕戈斯群岛存在嘴型不同的地雀等,让学生先用自己的语言解释和表达,然后引导学生用相关术语规范表述。同学之间可以进行提问、讨论和互动,注重学生逻辑思维的严谨性,培养学生利用进化与适应观念解释现象,提升学生科学思维品质。

(3) 通过探究活动探讨自然选择本质,促进学生深度学习

在本节两个探究活动中,充分发挥学生的主观能动性,教师进行引导、评价。在“探讨细菌耐药性与抗生素使用的关系”活动中,教材提供了活动目标、活动资料,学生可以根据“思考与讨论”的问题展开探讨。通过此活动的探究,有助于学生理解自然选择对生物适应性的影响,并在此基础上认同并宣传滥用抗生素的危害,倡导合理使用抗生素的健康生活方式。在“模拟自然选择对种群基因频率的影响”活动中,推荐使用计算机程序让学生模拟天敌捕捉桦尺蛾的过程,记录每一次模拟结果,计算基因频率,并完成“思考与讨论”的问题。在实践探究中进行深度学习,有助于学生理解自然选择对生物进化影响的本质。

(4) 活动设计突出核心素养培养

本节内容介绍了自然选择学说和现代进化理论,可以用于解释生活中的生物学现象,建议设计学习活动,突出学生学习的主体性。

活动① 携带高毒性病毒的蝙蝠为什么可以存活?

设计思路:结合真实发生的情境,引导学生利用自然选择学说解释携带多种高毒性病毒的蝙蝠可以存活的原因,培养学生利用进化与适应观念解释真实情境问题的能力。

情境任务:研究显示蝙蝠携带100多种病毒。讨论:为什么蝙蝠携带那么多种病毒却不会死亡呢?请利用自然选择学说进行解释。

活动② 如何喷洒农药可以有效消灭农田里的害虫?

设计思路:引导学生利用现代进化理论预测用同种农药喷洒农作物时,随着喷洒次数的增加害虫数量的变化情况,并提出解决方案,培养学生利用生物学概念解决生产生活问题的能力。

情境任务:为了减少害虫对于农作物产量的影响,人们常通过喷洒农药的方法来消灭农田中的害虫。利用现代进化理论预测,长期喷洒同种农药,农作物上害虫数量的变化情况,并提出解决方案。

活动③ 解释加拉帕戈斯群岛不同区域地雀嘴型的差异

设计思路：加拉帕戈斯群岛不同区域地雀嘴型的不同是经典的生物进化现象，引导学生利用所学理论解释这种现象，有利于学生理解现代进化理论，并能培养科学思维能力，形成进化与适应观。

情境任务：在南美洲西海岸外的加拉帕戈斯群岛上生活着 14 种地雀，它们的祖先是从大陆迁徙而来，但它们世世代代被隔离在不同的海岛上。不同海岛上的食物差异较大，有的海岛上昆虫多，有的海岛上种子多。这 14 种地雀既相似又有差异，尤其是喙的大小和外形有着显著的差异（图 4-5）。请利用现代进化理论解释此现象。

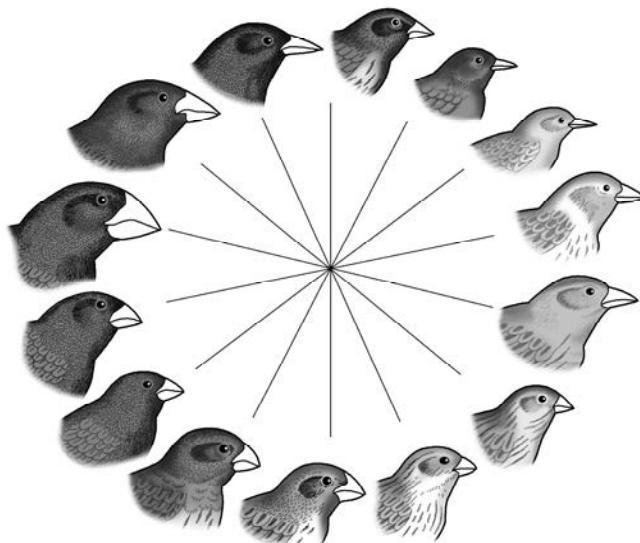


图 4-5 14 种地雀喙的形状差异

2. 实验与活动建议

探究·活动 4-1 探讨细菌耐药性与抗生素使用的关系

本活动提供了两个资料。资料 1 结合“2000~2012 年间不同抗生素耐受菌比例的变化”折线图，呈现出耐药菌的比例逐年增加。资料 2 是探究耐药菌形成原因的实验方案，要求学生理解实验过程、分析实验数据、得出实验结果，侧重培养和考查学生的科学探究素养。

建议通过资料 1 引导学生正确分析折线图得出结论。阅读折线图时，要先观察横坐标和纵坐标分别代表什么，每一条折线代表什么，折线呈现的趋势是什么等，然后根据研究目的总结结论。探究资料 2 时，教师要给学生适当补充关于微生物特性和微生物培养的背景知识，例如：什么是微生物培养基？什么是菌落？什么是涂布？引导学生关注三类培养基的成分差异，以及培养基中菌落的差异，尤其是③⑦⑪ 中菌落的数目，并能够合理解释原因。

建议让学生先独立完成“思考与讨论”的问题，再进行小组讨论、课堂交流及教师反馈与评价。第 1、2 题是引导学生进行实验变量和实验结果分析，培养学生的科学探究能力。第 3、4 题引导学生运用进化与适应观解释实验结果，通过“从未使用抗生素，会不会感染耐药菌”等真实情境的问题，培养学生运用生命观念解决真实问题的能力和科学思维能力。第 5 题要求学生设计一份板报宣传滥用抗生素的害处，倡议合理使用抗生素。

“思考与讨论”参考答案：1. 筛选出对链霉素有抗性的细菌。2. 培养基②上的菌落是所有原位接种的细菌的后代，包含抗链霉素和不抗链霉素的细菌；而培养基③中含有链霉素，上面的菌落仅仅是抗链霉素细菌的后代。3. 本实验证明细菌耐药性是突变而不是选择造成的。细菌本来就有的抗链霉素，有的不抗链霉素，在含有链霉素的培养基上有抗性的细菌存活下来并通过增殖形成菌落，没有抗性的则被淘汰；经过逐代选择和积累，抗链霉素的细菌所占的比例越来越高，即细菌普遍表现对链霉素的抗性。从未使用过抗生素的人感染的细菌也可能会具有耐药性，因为人群普遍使用某种抗生素，则自然界对这种抗生素具有抗性的细菌的比例在增加。4. 由于抗生素对细菌抗药性的选择，抗性细菌所占的比例越来越高，即抗生素的效果在下降。为了提高抗生素的效果，不断加大抗生素的用量，这样选择出的是抗性强的细菌，如此循环反复，细菌的抗性越来越强，进而导致抗生素的用量越来越大。5. 宣传海报内容全面，包括细菌耐药性的危害和出现原因、滥用抗生素的危害、合理使用抗生素的倡议等，内容科学、设计美观，并尝试在校园、社区中开展科普宣传。

探究·建模 4-2 模拟自然选择对种群基因频率的影响

此探究活动提供了计算机程序“模拟天敌捕食对桦尺蛾种群基因频率的改变”，模拟不同颜色树干上栖息的深色和浅色桦尺蛾，学生模拟的角色是其天敌，在一定时间内捕捉桦尺蛾，然后统计剩下桦尺蛾的数目及基因型，计算基因型频率和基因频率，理解自然选择对种群基因频率的影响。

建议此活动在学校计算机房进行。在模拟之前，学生先了解程序的操作过程、基因频率的计算方法。在探究过程中，要求学生按《实验与活动部分》中的步骤进行操作。在模拟捕食的时候，模拟天敌自然捕捉，而不要刻意地去捕食某一种颜色的桦尺蛾。要求学生进行多次重复模拟操作，对比不同颜色的树干对剩余桦尺蛾种类和数目的影响。记录实验结果并绘制柱状图，通过计算判断不同颜色的树干改变桦尺蛾种群基因频率的方向和幅度（自然选择）。通过分析实验结果、讨论交流实验结论，理解自然选择对种群基因频率的影响。学校也可以根据《实验与活动部分》中附录3提供的替代方案，用抓小球模拟。

最后，建议学生先独立完成“思考与讨论”，然后进行小组讨论和班级交流。第1、2题的目的是让学生根据模拟实验构建自然选择的作用过程和作用本质。第3题是引导学生运用建构的观念解释“欧洲某些工业污染区桦尺蛾体色多为深色”真实情境的现象。参考答案：1. 略。2. 用计算机程序模拟天敌捕食桦尺蛾时，主要是根据桦尺蛾的表型进行捕捉，深色桦尺蛾的基因型可能是SS或Ss，据此可以判断自然选择淘汰的是表型而不是基因型。3. 在欧洲某些工业污染区，树干的颜色被污染而呈深色，于是白天栖息在深色树干上的深色桦尺蛾不容易被天敌发现，从而生存下来并繁衍后代，而浅色桦尺蛾则容易被捕食；经过逐代选择和积累，工业污染区深色桦尺蛾的比例上升。而未污染区的树干是浅色的，在这样的环境中，浅色桦尺蛾是“有利变异”。

3. 栏目使用建议

（1）学习提示

本栏目阐述了由于所处的时代，达尔文进化论存在局限性，并引出现代进化理论。在使用本栏目时，可以让学生利用已经学习过的遗传学概念解释可遗传变异的本质以及遗传方式，然后对比学

习现代进化理论的内容。

(2) 安全提示

本栏目提示学生关注抗生素的使用需要遵医嘱,教学过程中可作为生命安全与健康教育内容。

(3) 前沿视窗“进化理论的新发展——中性学说”

本栏目建议学生自主阅读学习,可开阔眼界,同时还可以理解现代进化理论在不断发展。

三、拓展资料

1. 拉马克与用进废退学说

拉马克(J. B. Lamarck)在植物学领域进行了很多研究,但他早期认同生物是被创造出来而且是不变的。到了将近 50 岁的时候,拉马克被任命为动物学教授,从此把研究领域转移到动物学,并讲授低等动物(当时被称为“蠕虫类”)的动物课程。当时有关这类动物的知识还很少,拉马克给它们起了一个新的名字——无脊椎动物。

拉马克在进行现代无脊椎动物分类的同时,也研究了许多无脊椎动物的化石。他发现许多活着的动物与化石中的动物很相似,而且在化石资料比较充分时,还可以看出某类动物从化石到现生种类的一系列连续变化。这些观察使他产生了“生物是缓慢而逐渐变化的”思想萌芽。为解释这一现象,拉马克通过引入时间这一因素,发现了自然神学中的致命弱点。自然神学认为上帝创造出来的生命是完美的。这对于一个短暂而且静止的世界是行得通的,但事实上环境是在不断地变化,那么生物又如何能完美地适应环境呢?另一方面,地球已经有了很长的历史,那么上帝的设计又怎么能够预见到所有的气候变化和海洋陆地的变迁呢?在这种情况下,生物如果不是不断地调节自身,即不断地进化,那么又怎么能够适应多变的环境呢?诸如此类的思考以及对自然界的大量实际观察,使拉马克抛弃了“生物不变”和“上帝创造生命”的观点。

生命究竟是如何产生和进化的呢?根据在自然界存在着不少十分简单的生物以及有一些从简单生物到复杂生物的变化,拉马克赞同古代就有人提出过的自然发生学说,认为生命是自然的产物,自然界具有直接产生生命的能力。不过拉马克否认从无生命的自然界中可以直接产生复杂的生命,他认为最初产生的生命只能是一些最简单的生物体,然后不同类型的简单生命体通过漫长岁月的进化,逐渐发展成为各类复杂的生物。对于生物进化的动力和机制,拉马克认为首先是生物具有一种不断地增加结构复杂性和完美性的天生趋势,其次是生物具有对环境变化的反应能力。当环境不变时,生物进化就是一种完美化的发展;如果环境改变,生物就产生适应环境的需要和行为习性并引起有关的适应性进化。

拉马克把两个古老的观点用于他的进化理论。一个是器官用进废退的观点,即某种器官用得越频繁就会越强壮、越发达;某种器官如果经常不用,其功能就会不断衰退,器官本身也会退化直至消失。另一个是获得性状遗传的观点,即生物个体在环境的长时间影响下获得或失去的任何性状,如果由此产生的变异双亲都具有,那么就可以遗传给后代。拉马克用这种原理来说明长颈鹿的进化过程:长颈鹿的祖先生活在干旱缺草的非洲地区,为了生存它们不得不改变吃草的习性而尽量伸长脖子和前肢去吃树上的嫩叶。这样,颈和前肢由于经常使用而逐渐得到少许拉长,这种变化通过获得

性状遗传传给后代。之后,长颈鹿的祖先代代保持吃树叶的习性,使得颈和前肢越来越发达,形成了现代的长颈鹿。这体现了生物的意志在进化中的作用。同样,拉马克以此原理解释了许多自然界的其他事例,如脊椎动物牙齿与食性的关系、鼹鼠眼睛的退化、家禽翅膀的退化、比目鱼眼睛位于身体的一侧等。

虽然拉马克理论在现在看来并不完全正确,但是他的理论依然是进化论的第一次突破。他明确提出“由自然产生的最简单生物发展到最复杂生物”这样一种进化思想,勇敢地把人类也包括在进化历程之中。他强调地球年代的久远性,强调进化的渐进性,认识到环境与生物习性在进化中的作用。为了纪念拉马克在科学界的功绩,在 1909 年《动物学哲学》发表 100 周年之际,人们在他曾经工作过的地方——现在的巴黎植物园,为他建立了一座半身塑像,塑像下写着:进化论的创始人。

2. 达尔文与贝格尔号

1809 年,拉马克发表《动物学哲学》的同年,达尔文出生了。达尔文的祖父和父亲都是当地的名医,父亲希望他能够继承祖业,于是在 1825 年把达尔文送到爱丁堡大学学医。达尔文对医学课程缺乏兴趣,对博物学却情有独钟。他阅读了大量的相关书籍,还向爱德蒙斯顿(J. Edmonstone)学习动物标本的制作技术。大学第二年,他加入了一个由地质学家詹姆森(R. Jameson)教授组织的博物学学生团体——普林尼学会,并且投到拥护拉马克主义的动物及解剖学家葛兰特(R. E. Grant)门下,参与了葛兰特研究团队在佛斯湾对潮间带海生动物生命周期的研究。在此期间,达尔文上过詹姆森教授讲授的地质学和动物学课程,并随同他以及同学们进行野外考察,听他现场解释岩石的成因。此外,达尔文还学习了植物的分类等大量自己感兴趣的课程。

1827 年,父亲将他转送入剑桥大学基督学院就读人文学士课程。1831 年,他从剑桥大学毕业。在此期间,达尔文结识了地质学家塞奇威克(A. Sedgwick),学习了地质学课程并跟随他去威尔士进行地质考察。在野外,塞奇威克教会了达尔文如何采集岩石标本、如何观察研究远古岩层的地质和化石、如何弄清一个地区的地质状况,还指导他怎样思考和分析地质学问题。这次难得的科学实践锻炼了达尔文,为其后来的独立野外工作和深入的科学研究所奠定了扎实的基础。

1831 年 12 月 27 日,在植物学教授同时也是甲虫专家的亨斯罗(J. Henslow)推荐下,达尔文登上了贝格尔号舰开始航海考察。随着不断南行,美洲大陆上动物群和植物群逐渐变化的状况也使达尔文陷入深思。自然神学认为上帝为地球上的每一个地区设计并创造了适应当地生存环境的物种,因此生物就呈现出人们所观察到的地理分布状态。但是从阿根廷的布宜诺斯艾利斯到圣菲,只经过短短一小时的行程就让达尔文在后者观察到了前者没有的 6 种鸟,这让达尔文不得不遐想——两个地方如此靠近,地理环境并无大的不同,上帝何必大费周章地造出那么多不同的物种呢? 在巴塔哥尼亚考察时,达尔文刚开始只观察到普通美洲鸵,向南行进了一段路程后,发现了一只与普通美洲鸵完全不同的新物种——后来被称为“达尔文美洲鸵”。疑问也再一次出现在达尔文脑海里,同一片高原上北方生活着普通美洲鸵,南方生活着不同种的美洲鸵,两者的分布范围在中间地带又有重叠,上帝为什么要这样安排呢? 如果说北方和南方的环境略有不同,上帝为两地分别创造出一种美洲鸵还勉强说得过去,那么为什么又让它们在中间地带相互竞争呢?

1835 年 9 月,贝格尔号舰到达了加拉帕戈斯群岛附近海域。达尔文几乎走遍群岛的每一个角落,采集了大量的植物标本,同时也采集并亲手制作了他认为最有意义的重要动物标本,尤以鸟类为

多。达尔文发现有一种鸟在各个岛屿上都很常见，但是不同岛上鸟喙的大小却存在显著差异，甚至连喙的形状也各有不同，有尖细形，也有圆钝下弯形。达尔文在日记中把这些鸟称为“丹卡”，是西班牙语对知更鸟的称谓。达尔文本以为它们就是曾在南美洲大陆上见过的“知更鸟”，但通过对鸟喙的观察，他开始注意到这是支持物种渐变的证据——形成了不同的变种，而渐变的原因正是拉马克提出的生物对不断变化环境的适应。但是达尔文想到的更深——生活在相邻岛屿上的鸟在基本形态上惊人地相似，却在某些方面（例如喙）又存在巨大差异，这并非偶然，它们很可能从同一祖先演化而来。联想到各个岛屿上象龟之间也存在的异同，他在随后的日记中写道：这个群岛的动物学值得认真研究，因为它可能颠覆物种恒定的观念。

1836年10月，结束了加拉帕戈斯的考察之后，达尔文把采集到的80件哺乳动物标本和450件鸟类标本全部交给了伦敦动物学会首席标本师古尔德（J. Gould）。古尔德从采自加拉帕戈斯群岛的小型鸟类标本中鉴定出13种地雀（后来被称为达尔文地雀，最新研究表明种数是14种）。达尔文喜出望外，原以为是同一物种内不同变种的鸟居然是不同的物种，这正是他期待看到的物种可变的证据：一个物种分化出不同的变种，变种继续不断地演化，最终形成新的物种。

结合当年对这些鸟的栖息地所做的详细记录，达尔文终于明白了：过去的某个时候，来自南美大陆的一种地雀偶然来到了加拉帕戈斯群岛，它们散布到不同的岛屿上，而每个岛屿可提供的食物资源各不相同，导致不得不食用不同食物的地雀出现了喙的分化，一些地雀演化出适合啄食虫子的喙，而另一些则适合啄食仙人掌的种子。因此，在适应各自环境的过程中，喙的形态分化使地雀逐渐演化出13个（现为14个）不同的物种。原来并不需要那么一个上帝来为每一个岛屿设计创造出特定的鸟的物种，地理隔离就足以产生新物种。而且新物种的出现也不是仅仅为了填补旧物种因“灾变”而灭绝后留下的位置，一个祖先物种在新的地理环境占据不同的生态空间，就可以因适应性辐射而进化出多种不同的物种。

3. 物种起源

结束随贝格尔号舰考察的6年后，达尔文于1842年完成了《物种起源》的简要提纲。又过了17年，1859年11月24日终于出版了他的旷世巨著——《论通过自然选择或在生存斗争中保存优良族群的物种起源》（后来修订再版时简化为《物种起源》，图4-6）。这部巨著在当时的科学界和公众中

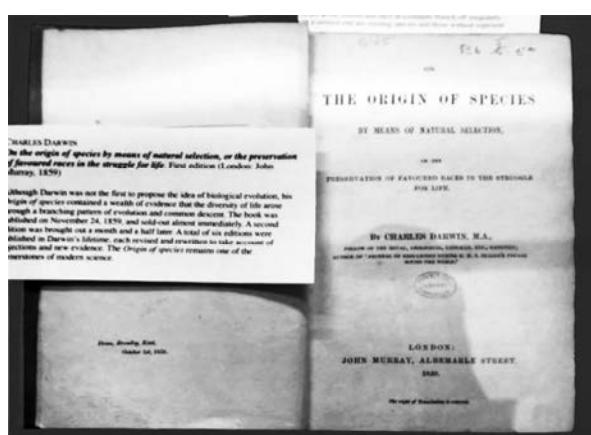


图4-6 达尔文的《物种起源》

都引起了巨大反响。《物种起源》是达尔文的第一部巨著,主要内容及章节有:绪论、家养状况下的变异、自然状况下的变异、生存斗争、自然选择、变异的法则、学说的难点及其种种异议、本能、杂种性质、论地质记录的不完整、论生物在地史上的演替、地理分布、生物的相互亲缘关系、复述与结论。

除开篇“绪论”和终篇“复述与结论”外,全书可以分成三部分:第一部分包括前5章,是全书的主体与核心——随机变异自然选择学说,标志着自然选择学说的创立;第二部分从第6章至“论地质记录的不完整”,是对随机变异自然选择学说的“辩护”,作者设想站在反对者的立场上对这一学说提出一系列质疑,随后又一一解释使之化解,表现出了作者的勇气和学说本身的强大力量;最后的第三部分,作者用以自然选择为核心的进化论对涉及地史演变、地理变迁、形态分异、胚胎发育等领域的各种生物现象进行了进一步的解释,从而使这一理论获得了更全面的支撑。

达尔文在《物种起源》中阐明了如下逻辑清晰的科学原理:①自然界中生物的物种不是一成不变的,物种内部存在的不同变种、品种甚至个体差异都表明变异是普遍存在的。②多数变异是微小的,在自然状态下显著的变异是少见的,即使出现也会因杂交而消失。③自然界中生物的变异是连续过渡的,从个体差异到轻微的变种、显著的变种、亚种直到新种。④自然选择的实质是生物都有按几何级数增加个体数目的倾向,但是空间、食物、配偶等资源又是有限的,因而同一物种内的不同个体以及不同物种之间为获得生存机会而斗争(竞争),导致大量个体死亡或没有后代,只有那些带有有利变异的个体才能生存并得以繁衍。

达尔文在《物种起源》第4章“自然选择”篇末摘要的最后一段暗喻出其理论的一个重要方面——物种形成与增殖学说,同时更是暗喻出其理论中堪与自然选择媲美的另一个划时代的亮点——共同祖先学说,即每一个分支点都代表分支而来的物种或其他分类群的共同祖先,最终会在这棵进化树最基础的出发点上找到所有生命的最原始的共同祖先。

4. 种群的遗传平衡

种群遗传平衡是指在一个大的随机交配的群体里,基因频率和基因型频率在没有迁移、突变和选择等条件下世代相传、不发生变化的状况,这就是哈代-温伯格定律。

影响种群遗传平衡的因素有以下5个方面。①个体的迁入、迁出:个体内携带有基因,当个体迁入时,种群获得一些等位基因;当个体迁出时,也伴随着失去了一些基因。而且个体的迁入、迁出的数量越大,种群内基因频率的改变也就会越显著。②基因突变:种群内某个基因突变成了它的等位基因,如发生了隐性突变,则显性基因频率会降低,而隐性基因频率会增大。通常基因突变具有多害少利性,但若该隐性基因控制的隐性性状有利于生物的生存,则会被保留下来并得到发展,长此以往就会造成基因频率的较大改变。③自然选择:生物性状的有利或有害是相对的。在不同的自然条件下有利变异个体被保留下来,有机会产生更多的后代;不利变异的个体则会被淘汰,产生后代的机会小,那么相应的基因频率就会降低。因此在自然选择的作用下,种群的基因频率会发生定向改变,导致生物朝着一定的方向不断进化。④遗传漂变:如果种群很小,一个突发事件就可能引起种群的基因频率发生很大的改变。假如一个小的植物种群中,含 a 基因的个体在某种环境条件下全部死亡或产生的配子不育或丧失了交配的机会,则 a 基因将会在下一代中消失。种群越大遗传漂变的效应就越小,甚至可以忽略不计,种群越小遗传漂变的效应就越明显。⑤非随机交配:种群内雌雄个体的交配机会并不是均等的。实际上,在一个大的种群中相距较远的个体间交配的概率较低,而相近的个

体交配的概率会更大些。例如,亲缘关系较近的个体更容易生活在一起,就会助长近亲交配,如此长期发展下去将对后代的基因库造成较大的影响。假设基因 B 和基因 b 是一对位于常染色体上的等位基因,在一个达到遗传平衡的种群中, B 和 b 的基因频率分别为 p 和 q ,且 $p+q=1$ 。若随机交配,则该群体内各种基因型的频率可由表 4-9 计算: 基因型 BB 的频率为 p^2 , 基因型 Bb 的频率为 $2pq$, 基因型 bb 的频率为 q^2 。

表 4-9 常染色体基因的基因频率

基因频率	$B(p)$	$b(q)$
$B(p)$	$BB(p^2)$	$Bb(pq)$
$b(q)$	$Bb(pq)$	$bb(q^2)$

第3节 物种形成和灭绝是进化过程中的必然事件

一、教材分析

1. 学习目标

本节教材中的学习目标包括：

- (1) 阐述隔离、变异和选择是新物种形成的基本环节。
- (2) 举例说明物种的形成和灭绝过程中的主要事件及其意义,能运用进化与适应的生命观念解释新物种形成过程中的适应辐射。
- (3) 关注人类活动加快物种灭绝的实例,概述物种的形成和灭绝在生物进化过程中都是有意义的必然事件,人类活动以及环境的剧烈改变可增加物种灭绝的速度。宣传关爱生命、保护生物与环境的观念和知识。

这三项目标是依据《课程标准》内容要求 4.2.5,结合学科核心素养培养要求设定的。目标(1)要求阐述新物种形成的基本环节(水平 2)。目标(2)要求运用生命观念解释生物现象(水平 2)。目标(3)要求保护生物与环境、宣传关爱生命,属于社会责任范畴(水平 2)。

2. 概念聚焦

本节聚焦的核心概念是依据《课程标准》概念 4 和内容要求 4.2.5 而选取的,教材通过系列生物学事实来描述(表 4-10)。

表 4-10 本节核心概念及相关生物学事实

核心概念	生物学事实
生殖隔离是区分不同物种的重要标志	有些生殖隔离会阻断生物进行交配和受精
	有些生殖隔离是阻止受精卵发育成能有性生殖个体
隔离、变异和选择可导致新物种形成	种群内由于变异等造成的个体差异是物种形成的内在条件
	隔离和自然选择是物种形成的外在条件
生物进化历程伴随着物种的形成和灭绝	适应辐射是来自共同祖先,由于环境不同造成的适应性分化
	部分物种的灭绝为新物种的形成创造了生存空间和食物等条件

3. 学习内容

本节落实《课程标准》内容要求 4.2.5“阐述变异、选择和隔离可导致新物种形成”。教材在编写时注重学生的阅读、思考和情感培养。教材首先通过课前活动引出学生关于物种的前概念,然后以丰富的案例吸引学生理解新物种形成的历程和当前地球上物种多样性的原因。

第1目：生殖隔离是区分不同物种的重要标志。教材承接课前活动，介绍了区分不同物种的重要标志是生殖隔离，并界定了生殖隔离的含义。以斑臭鼬、花纹蛇、蓝脚鲣鸟、蜗牛、火蜥蜴等例子介绍了生殖隔离形成的机制，包括时间隔离、栖息隔离、行为隔离、机械隔离和杂交后代不育等。

第2目：隔离、变异和选择可导致新物种形成。教材详细阐述了新物种形成的过程，阐明了变异是物种形成的内在条件，隔离和自然选择是物种形成的外在条件。教材以科罗拉多大峡谷中松鼠和鸟类新物种形成的差异论证了新物种形成的速度与地理隔离的程度有关，以东北虎、华南虎、巴厘虎等例子论证了仅仅存在地理隔离未必能产生新的物种。

第3目：生物进化历程伴随着物种的形成和灭绝。教材概述了生命的出现到生物进化历程中蓝细菌、真核生物、多细胞生物等类型生物的逐渐出现，以及海洋生物到陆生生物，鱼类到两栖类再到爬行类，再到哺乳类或鸟类，让学生感悟在漫长的历史长河中不断地发生着生物的演变和生物多样性不断丰富；并以杯龙进化成多种类型生物的过程，阐述了地球上生物多样性增加的适应辐射过程。大量的案例和介绍让学生能够理解在生物进化的过程中伴随着物种的形成和灭绝。

二、教学建议

本节内容建议2课时。

1. 课堂教学建议

(1) 创设情境，导入新课

本节内容是第2节“生物进化理论在不断发展”内容的延续。第2节介绍了现代进化理论，包括种群是生物进化的基本单位、遗传变异为自然选择提供了丰富素材、自然选择主导进化的方向、隔离可能导致新物种的形成等。因此，可以选择一个情境让学生去解释，引入和贯穿本章节的学习。例如，利用教材在课前活动中展示的游隼和凤头鹰的图片，引导学生观察它们外观上相似但不能相互交配，引发认知冲突，思考“游隼和凤头鹰是否为同一个物种？如何判定？它们又是如何进化而来的？”，让学生尝试先自己界定物种的概念，为生殖隔离概念的建构做好准备。“思考与讨论”参考答案：1. 游隼和凤头鹰不属于同一物种；不同地区的人属于同一物种；判断物种的依据是个体间是否存在生殖隔离。2. 该问题是开放性的。如，会有一定的干扰，因为自然界中不同的物种之间存在生殖隔离，物种是繁衍的单位。但狮虎兽、骡等生物是人为让亲缘关系较近的个体进行杂交，虽然杂交不育，但打破了物种间天然的基因交流屏障。再如，不会造成干扰，因为即使人为让亲缘关系较近的个体进行杂交产生了狮虎兽、骡等生物，但依然杂交不育。即狮和虎之间，马和驴之间存在生殖隔离，属于不同物种。

也可以创设其他情境引入新课。例如，灰狼(*Canis lupus*)发源于距今300多万年前的更新世，由汤氏熊分化为现代犬属动物。狗(*Canis lupus familiaris*)是狼的近亲，通过对狼和狗表型和基因型的研究发现狼是狗的野生祖先，狼是如何进化成狗的呢？又如，4300万至4000万年前，第一代在海洋中生存的鲸出现了，鲸是由陆地生物进化而来，还是由鱼类进化而来？尝试阐述鲸的进化过程。

(2) 案例分析，辨别生殖隔离和地理隔离的区别与联系

为学生提供大量的生物学案例，如利用教材上东北虎与华南虎、游隼和凤头鹰等案例，也可以列

举其他案例,让学生在比较和分析中构建生殖隔离和地理隔离概念以及地理隔离可以形成生殖隔离、地理隔离未必能形成生殖隔离、生殖隔离未必需要地理隔离等概念。在此过程中,注重学生的思维分析和建构过程,让学生进行概括和总结。

(3) 以“讲故事”形式让学生完整表述新物种的形成过程

教师可以组织一次“故事会”,让学生提前搜集资料,选择一种原始物种经过隔离、变异和选择形成新物种的过程。在实施之前,建议教师可以利用教材中的科罗拉多大峡谷的“松鼠”进化案例和“杯龙”进化案例,给学生讲述一个物种进化成多个物种的过程。然后让学生根据这个过程,查询相关资料,进行演讲交流。通过此种形式,学生可以获得更多的物种形成案例,更深刻地理解相关概念。

(4) 文献查阅某物种濒危或灭绝的实例,交流濒危或灭绝原因,达成情感共识

结合教材中生物学与社会“人类活动与物种灭绝”,引导学生查阅与人类活动有关的物种濒危或灭绝的实例,在班级里进行交流。交流的要点包括:该物种数量的变化趋势、人类活动如何影响该物种数量、该物种数量的减少对人类有什么影响、如何保护该物种等。学生通过交流达成保护生物多样性的情感共识。

(5) 设计活动,激发探究

本节内容介绍了物种形成的环节、生物进化历程伴随着物种的形成和灭绝,并能用于解释生活中的生物进化相关现象,建议设计学习活动突出学生学习的主体性。

活动案例① 解释鸟类新物种产生的过程

设计思路:学生通过学习新物种的形成过程——隔离、变异和选择,解释新情境中的现象,以促进对生物学概念的理解和应用,提升生命观念素养水平。

情境任务:图4-7是太平洋某部分岛屿上几种鸟类的分布及迁移情况。思考:利用现代进化理论解释W鸟的形成过程。

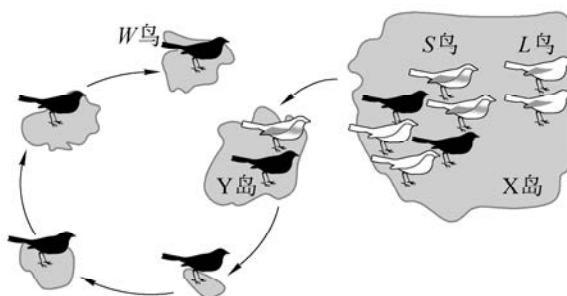


图4-7 岛屿上鸟类分布及迁移示意图

活动案例② 探讨生物进化理论对人们思想观念的影响

设计思路:学生通过文献检索了解生物进化的不同观点,深刻理解生物进化理论提出的背景以及对人们思想观念的影响。

情境任务:1809年,法国博物学家拉马克第一次提出生物进化的观点。50年后,达尔文提出了自然选择学说。生物进化理论一直在不断发展变化中。思考:查阅相关文献,搜集生物进化发展的资料,分组探讨生物进化观点对人们思想观念的影响。

活动案例③ 搜集人类活动导致物种濒危或灭绝的实例

设计思路：搜集人类活动导致物种濒危或灭绝的实例，深刻理解人类活动对物种濒危或灭绝的影响并提出保护措施，提升保护生物多样的社会责任意识。

情境任务：阅读生物学与社会“人类活动与物种灭绝”，选择某一个濒危或者已经灭绝的物种，查阅其濒危或灭绝的原因、该物种濒危或灭绝对人类的影响、如何对该物种进行保护等。以小组为单位查阅资料并在班级里进行交流。思考：人类活动导致物种濒危或灭绝的原因，以及如何保护生物多样性。

2. 栏目使用建议

(1) 广角镜“物种形成的其他方式”

在学生学习了“隔离、变异和选择可导致新物种形成”内容后，引导学生自主阅读本栏目，了解物种形成还有其他的方式，从而认识到地球上的物种形成是异常复杂的，科学家的研究和思考是在不断突破的，人们对进化的认识过程也是在不断发展的。

(2) 广角镜“寒武纪——生物进化的黄金时代”

在教学过程中，可以让学生自主阅读本栏目，增长见识、拓宽视野，更深刻理解生物进化的复杂性和不确定性，引导学生认识到生物进化并不只有达尔文的渐进式一种模式，还有爆发式，在漫长的进化过程中这两种模式可能是交替进行的。

(3) 生物学与社会“人类活动与物种灭绝”

本栏目介绍了在不到 400 年的时间里，鸟类和哺乳类动物的灭绝速度与人口的上升趋势相吻合。自 1970 年以来，人类活动导致全球野生动物数量锐减了 58%，人类活动使物种灭绝速度比自然灭绝速度快了 1 000 倍。在教学中，可先让学生阅读本栏目，然后交流感想。同时，可以结合相关主题教育设计演讲或宣传活动，让学生通过文献查询濒危或灭绝物种的实例，分享物种濒危或灭绝的原因、危害及保护措施等，提升保护生物多样性的社会责任意识。

三、拓展资料

物种的协同进化

捕食者与被捕食者，寄生生物与寄主、竞争生物之间都存在协同进化。在非洲大草原上，瞪羚跑得越快生存概率就越高，而瞪羚奔跑速度的提高反过来又成为猎豹的选择压力，促使猎豹也在进化中提高奔跑速度。

食草动物与它们所吃的植物之间也存在协同进化。马达加斯加有一种大彗星风兰只在夜间散发出浓香，且在受粉后立即停止散发香气。该物种的另一个重要特点是其极少量的富含糖分的花蜜藏于极长的(超过 20 cm)花距靠近末端的地方。夜间浓郁的香气是吸引蛾类的“诱饵”，甜美的花蜜则是为授粉者提供的“报酬”。但什么样的蛾才能采食到藏在那么深的花距底部的花蜜呢？人们在发现这种兰花之后的相当长时间内都没有发现蛾类为其传粉的实证，这一问题也一直令人困惑。达尔文在其 1862 年的著作《兰花的授粉》中作出“在有这种植物生长的地方一定有某种口器极长的蛾能

替其授粉”的假设。1903年,与这种花唯一协同进化的授粉者——马岛长喙天蛾被发现,达尔文的假设得以证实。马岛长喙天蛾具有长达25 cm的虹吸式口器,采食大彗星风兰的花蜜时,长长的口器伸入几乎与口器等长的藏有花蜜的花距中,其身体便可以将兰花的花粉传到柱头上,为大彗星风兰完成授粉。大彗星风兰的花距和马岛长喙天蛾的口器是自然选择的杰作,两者是在进化过程中发展出的相互适应的结构,是生物之间协同进化的典型代表。

附录

附录 1 教材“自我评价”与“学业评价”参考答案

第 1 章 遗传的分子基础

第 1 节 DNA 是主要的遗传物质

1. 虽然构成 DNA 的碱基只有 4 种,但 DNA 由成千上万个碱基构成,通过改变碱基的种类、数量和排列的顺序,可以承载大量的遗传信息。假设一个基因的长度是 1 000 个碱基对,每个碱基对可能有 4 种,因此可能的排列方式就有 4^{1000} 种。对于具有细胞结构的生物而言,遗传信息储存在 DNA 上,因此遗传信息就是 DNA 分子上的碱基序列;对于 RNA 病毒而言,遗传信息储存在 RNA 上,因此遗传信息是 RNA 分子上的碱基序列。

2. 提纯技术尚不完备会导致艾弗里进行转化实验所用的 DNA、蛋白质、多糖等可能会混有其他成分,而这些微量的成分可能会改变实验结果。实际上,当时艾弗里的结论也因此并未被广泛接受。

3. 选用³⁵S 标记蛋白质和用³²P 标记核酸的原因是蛋白质含有的特征元素是 S,而核酸的特征元素是 P。实验的科学假设是噬菌体的遗传物质进入大肠杆菌细胞,并据此合成子代噬菌体。预期结果是用³⁵S 标记蛋白质时,可以在上清液中检测到放射性,说明蛋白质并没有进入大肠杆菌;而用³²P 标记 DNA 时能在沉淀物中检测到放射性,说明 DNA 进入了大肠杆菌,DNA 是遗传物质。仅仅用³⁵S 标记蛋白质,可以证明蛋白质并没有进入大肠杆菌,能间接证明遗传物质不是蛋白质,但不能得出“遗传物质是 DNA”的结论;仅仅用³²P 标记 DNA,能证明 DNA 进入了大肠杆菌,可能是遗传物质,但不能排除蛋白质也进入了大肠杆菌,因此也不能得出“T2 噬菌体的遗传物质是 DNA 而不是蛋白质”这个结论。

4. 以 RNA 作为遗传物质的生物是 RNA 病毒,例如新型冠状病毒、烟草花叶病毒、流感病毒等。DNA 与 RNA 结构上的区别如下(部分内容为下一节学习做铺垫)。

区别	DNA	RNA
单/双链	双链	单链

(续表)

区别	DNA	RNA
立体结构	双螺旋,反向平行	mRNA 通常呈线状
		rRNA 和核糖体蛋白质组合构成特定结构
		tRNA 平面结构为三叶草形,立体结构为倒 L 形
碱基配对	有,A-T、C-G	内部形成双链的部分才有,A-U、C-G
单链构成方式	磷酸二酯键	磷酸二酯键

第 2 节 遗传信息通过复制和表达进行传递

1.

	发生部位	遗传信息传递方向	生物学功能
DNA 复制	真核细胞:大部分在细胞核,少部分在线粒体和叶绿体中 原核细胞:拟核	DNA→DNA	合成两条与亲代一模一样的子代 DNA
转录	真核细胞:大部分在细胞核,少部分在线粒体和叶绿体中 原核细胞:拟核	DNA→RNA	忠实拷贝 DNA 上的遗传信息,是基因表达的第一阶段(也是表达调控的主要阶段)
RNA 复制	宿主细胞内	RNA→RNA	合成病毒子代 RNA
逆转录	宿主细胞内(不考虑真核生物端粒的例子)	RNA→DNA	合成 DNA 以表达病毒蛋白质
翻译	真核细胞:主要在细胞质,少数在线粒体和叶绿体中 原核细胞:核糖体	RNA→蛋白质	按照 mRNA 上携带的遗传信息合成多肽链

2. 作为遗传物质主要需具有如下功能:①能存储海量的遗传信息,并在亲代与子代之间传递遗传信息;②能进行精确的自我复制;具有稳定的结构。DNA 分子的双螺旋结构非常稳定,能够保护碱基不易受环境影响。DNA 是双链结构,碱基互补配对,保证了当 DNA 受到损伤或碱基发生突变时,能够被修复而恢复原本的碱基序列,保证了遗传信息的稳定。

3. 写出三组 DNA 序列、可能的转录和翻译结果(略)。基因中碱基排列顺序不同,经过转录形成的 RNA 序列不同,对应的氨基酸就不同。因此,即使碱基数目和比例相同,但排列顺序不同,编码的多肽链也千差万别,形成的蛋白质就可能具有不同的功能。如果形成的不同蛋白质之间只是在不影响生物学活性的区域有所不同,那么它们的功能也可能相同。

4. 三种分子中,DNA 的双螺旋结构使它更适合作为储存遗传信息的物质,而很难具备更多的生物学功能。RNA 是一条单链,构成三维立体结构只能通过碱基互补配对形成的氢键来维持,具有很

大的局限性,因此 RNA 除了储存和拷贝遗传信息,只能作为酶进行催化,不能代替蛋白质的其他功能,如构成细胞结构、运输、调节、防御等。蛋白质由氨基酸构成,氨基酸的侧链多种多样,通过改变氨基酸间的相互作用,蛋白质更容易改变形状,以实现更广泛的功能,因此蛋白质更适合作为行使生物功能的分子。

5. 略。

第 3 节 基因选择性表达导致细胞的差异化

1. 不一定。表型改变有可能是基因发生了选择性表达,产生了不同的蛋白质引起的,而碱基序列并没有改变。
2. 由于腿部 Ey 基因表达可能产生了某种调节蛋白,可以激活发育眼睛所必需的一系列基因的表达,因此能够在腿部长出类似于眼睛的结构。
3. 原核生物的基因表达调控通常受外界环境改变的影响,改变基因的表达以更好地适应环境,维持生存。
4. 相同点: 调控基因的表达与否。不同点: DNA 甲基化和组蛋白修饰通过影响转录过程的发生调控基因表达;RNA 干扰则是影响翻译过程(干扰翻译过程的进行,或降解 mRNA)。
5. 略。(查阅资料,了解胚胎发育的基本步骤。可举例说明胚胎发育中某些基因表达的变化与细胞分化的关系。)

第 1 章学业评价

1. (1) A (2) 解释一: 由于 RNA 的可变剪接,同一条 mRNA 前体可以产生不同的成熟 RNA,编码不同的蛋白质。解释二: 基因出现重叠,基因内部可能有三个起始密码子,因此核糖体可以结合不同的起始密码子进行翻译,产生不同的蛋白质。解释三: 同一段 DNA, RNA 聚合酶转录的方向不一样,那么选择的模板链就不同,产生的 mRNA 不同,导致编码的蛋白质也不相同。
2. (1) 根据表中信息,S 菌提取液用 RNA 酶和两种蛋白酶处理后都仍有转化活性,说明“转化因子”不可能是 RNA、蛋白质;而用 DNA 酶处理后,S 菌提取液的转化活性即消失,说明“转化因子”可能是 DNA。 (2) 不能。因为用狗肠黏液和细菌自溶物处理后,S 菌提取液转化活性消失,只能说明狗肠黏液和细菌自溶物中含有 DNA 酶或其他能破坏 DNA 的物质,而不能判断其中是否含有 RNA 酶和蛋白酶。 (3) 不同的蛋白质由于其含有的氨基酸不同、空间结构不同,导致其作用的对象不同,具有的生物学功能也不同。例如,有的蛋白质可以结合底物,调节其反应的速率,因此可以作为酶进行催化;有的蛋白质可以与受体相互作用,进而调节细胞内相关生命活动,因此可以作为信息分子进行生命活动的调节。
3. (1) D (2) DNA 指纹技术主要是借助电泳技术对样品 DNA 进行分离,然后对 DNA 条带进行比对和分析。在很多领域都可以应用,例如亲子鉴定: 将待测对象的 DNA 样品进行比对,相符超过一定的比例就可以确定亲子关系;刑事案件、司法鉴定: 将犯罪现场的 DNA 样品与嫌疑人的 DNA 样品进行比对。

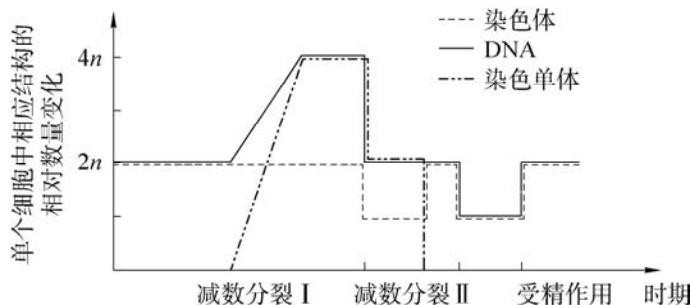
第2章 有性生殖中的遗传信息传递

第1节 有性生殖中遗传信息通过配子传递给子代

1.

比较项	染色体行为	分裂结果
有丝分裂	仅姐妹染色单体分离	染色体数目与原细胞保持一致
减数分裂	同源染色体联会,可能发生交叉互换;同源染色体分离,随机移向两极	染色体数目减半,一般情况下子细胞仅保留母细胞中一对同源染色体中的一条

2.



(建议绘制曲线后,对曲线各“拐点”出现的原因进行说明)

3. 减数分裂过程中,亲代的DNA复制一次,在两次细胞分裂中,DNA随着染色体的分离进入配子中,携带有亲本一半含量DNA的雌雄配子通过受精作用形成受精卵。受精卵发育为个体的过程中细胞发生有丝分裂,从而保证子代体细胞中DNA分子总数与亲代相同,且一半来自父方,一半来自母方。子代个体得到的遗传信息与父母不完全相同的原因可能有:①DNA的来源不同,②配子形成过程中同源染色体之间发生了交叉互换。

4. 可能造成配子中染色体数比正常配子的染色体数多或少,即形成染色体数目异常的配子;而异常配子与正常配子受精后形成的个体可能会有遗传缺陷,也可能造成减数分裂过程停滞,导致没有配子形成,或配子数量极少。

5. 略。(建议学生将减数分裂发现和研究的历程总结归纳形成科学小论文,并对现有的研究提出展望。)

第2节 亲代基因传递给子代遵循特定规律

1. (1) 孟德尔的假设①:生物的性状是由基因(孟德尔当时表述为“遗传因子”)决定的,这些基因是独立的,既不会相互融合,也不会在传递中消失。根据这一假设,以高茎和矮茎的杂交为例,子一代个体为高茎,说明高茎基因和矮茎基因没有融合而表现出“中等高度的茎”,仅体现出了高茎基因控制的表型;而在由高茎自交产生的子二代中,出现了矮茎个体,说明矮茎基因没有消失。

孟德尔的假设②:每一对相对性状受一对基因控制,这对基因属于等位基因,其中一个为显性,

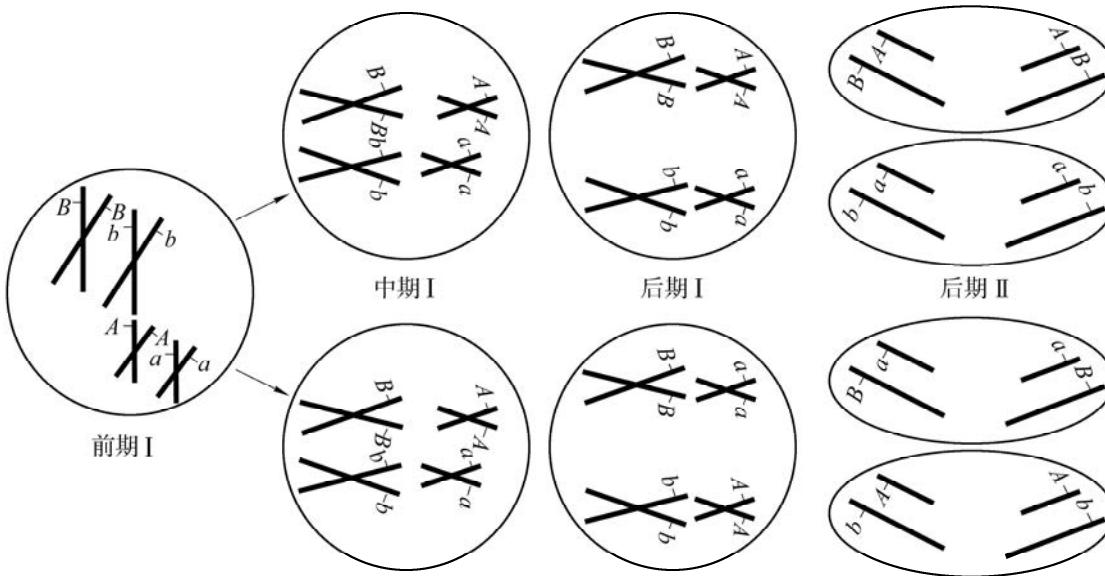
一个为隐性。当显性基因与隐性基因共存于一个植株时,表现出显性性状。根据这一假设,以高茎和矮茎的杂交为例,控制高茎的基因和控制矮茎的基因是一对等位基因,子一代的个体从亲本双方获得了高茎和矮茎基因,但仅表现出高茎的性状,说明高茎基因是显性基因。

孟德尔的假设③:体细胞中的一对等位基因,一个来自父方,一个来自母方;在形成配子的过程中,彼此分开,每个配子只能得到其中的一个。根据这一假设,以高茎和矮茎的杂交为例,子一代为高茎,而子二代既有高茎、又有矮茎,说明子一代为杂合体,其产生的配子所含显性基因与隐性基因比例为1:1。而子二代从子一代获得任意配子的概率都是 $1/2$,所以纯合高茎占 $1/4$,纯合矮茎占 $1/4$,杂合高茎占 $1/2(1/4+1/4)$,故得出高茎:矮茎=3:1,该预期值与实际值接近。

孟德尔的假设④:在形成配子时,控制不同相对性状的基因互不干扰,独立分离和随机组合,形成各种配子,且各种配子结合的机会均等。以子叶颜色和种子形状两对性状的杂交为例, F_1 基因型为 $YyRr$ 。在 F_1 产生雌雄配子时,等位基因 Y 和 y 、 R 和 r 分离, Y 或 y 与 R 或 r 组合的机会均等,产生的雌雄配子均有 YR 、 Yr 、 yR 、 yr 四种,且各占 $1/4$ 。

(2) 孟德尔采用测交的方法,将杂合亲本(子一代高茎)和隐性亲本(矮茎)杂交,因为隐性亲本只能产生含隐性基因的配子,所以后代的表型揭示了杂合亲本产生不同配子的概率。测交后代中高茎与矮茎的比例接近1:1,说明子一代高茎产生的配子中,含 T 基因和 t 基因的配子各占一半,由此说明 T 和 t 进入了不同的配子,即产生配子时等位基因彼此分开。

2.



3. 亲代基因型: $YyRr$ 和 $Yyrr$ 。圆粒和皱粒一对性状无法确定显隐性关系,圆粒和皱粒亲本杂交的子代表型中圆粒:皱粒=1:1,比例符合杂合亲本与隐性亲本一对性状的测交结果,即子代表型的种类与亲代相同,均有两种,无法判断显隐性关系。

4. 略。(可建议学生查阅基因相互作用的含义,列出基因相互作用的类型,并举例说明每种类型杂交后 F_2 表型分离比不符合9:3:3:1的原因。)

第3节 性染色体上的基因传递与性别相关联

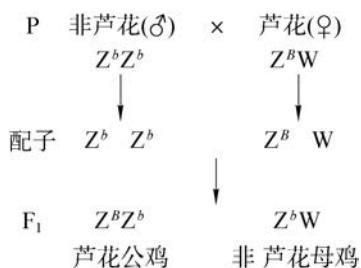
1. (1) 如果第一对夫妇所生的男孩与第二对夫妇所生的女孩结婚,生出患红绿色盲儿子的概率

是 $3/8$,生出患红绿色盲女儿的概率是 $3/8$,生出患红绿色盲孩子的概率是 $3/4$ 。(2)如果第一对夫妇所生的女孩与第二对夫妇所生的男孩结婚,生出患红绿色盲儿子的概率是 $1/4$,生出患红绿色盲女儿的概率是 $1/8$,生出患红绿色盲孩子的概率是 $3/8$ 。

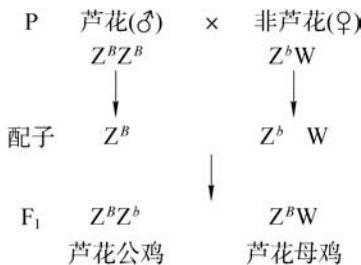
(3)

遗传方式	伴X染色体隐性遗传	常染色体隐性遗传
不同点	后代患病男女比例不同	后代患病男女比例相同
	相关基因位于X染色体上	相关基因位于常染色体上
	男性含有一个隐性基因时,就表现出隐性性状	女性含两个隐性基因时,才表现出隐性性状
相同点	基因水平上其遗传均遵循基因分离定律和自由组合定律	

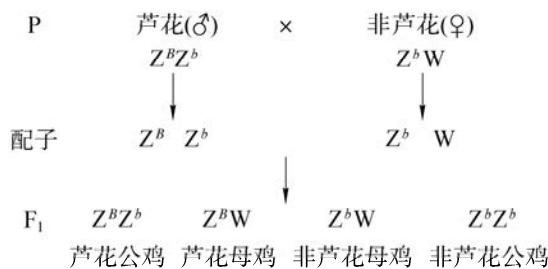
2. 芦花母鸡和非芦花公鸡杂交图解



芦花公鸡和非芦花母鸡杂交的遗传图解(一)



芦花公鸡和非芦花母鸡杂交的遗传图解(二)



根据图解,在生产中建议选用非芦花公鸡和芦花母鸡进行杂交。这样,在子代的雏鸡阶段就能

根据伴性遗传的性状来识别性别。

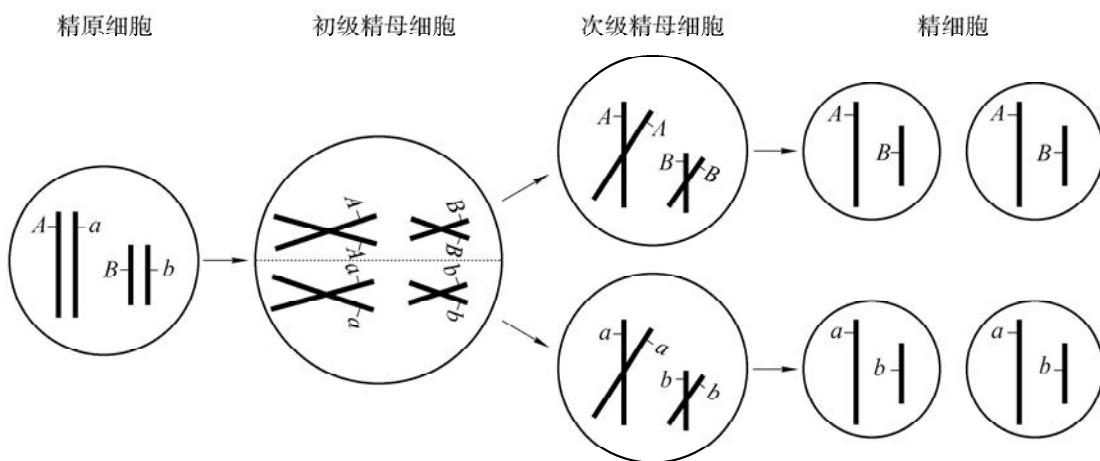
3. 窄叶性状不可能出现在雌株中。因为含有基因 b 的花粉不育，雌性子代只能从雄性亲本那里获得 B 基因，所以雌性植株只能是宽叶。若宽叶雌株与窄叶雄株杂交，即雄性亲本基因型是 X^bY ，其产生的可育花粉仅有 Y ，所以后代均为雄性。

4. 略。（建议学生查阅并阐述其他性别决定方式，认识到生命的多样性以及性状与环境的关系，说明性别决定方式的研究对生产实践的重要意义。）

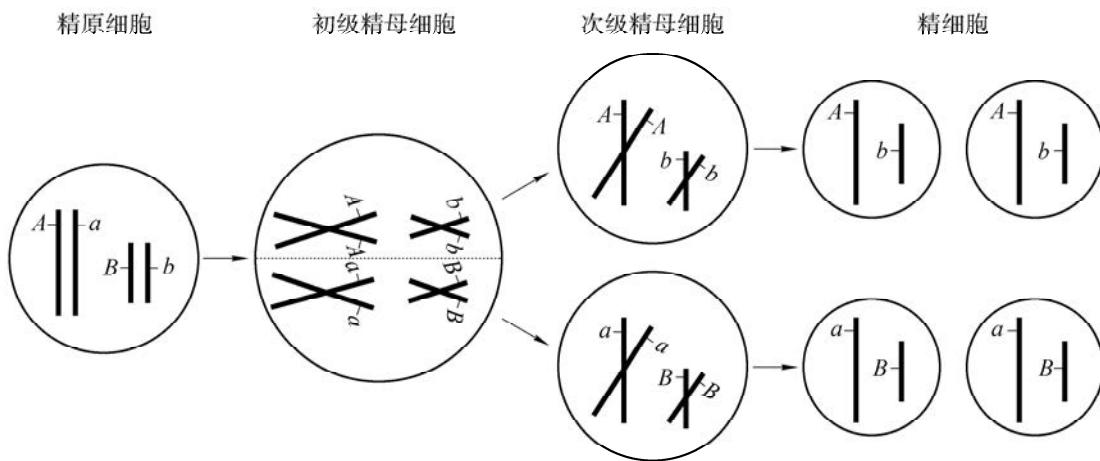
第2章学业评价

1. (1) $AaBb$ 杂合子经减数分裂产生不同类型配子的过程：

情况一：



情况二：



(2) 如果来自双亲的遗传因子在子代细胞中发生融合， F_2 中不会出现 $3:1$ 的表型分离比。因为等位基因 A 与 a 融合后，变为了既不是 A 也不是 a 的“基因”，在 F_1 产生配子时无法分开。 F_2 也就不可能出现分离。

2. (1) BC (2) Dd 纯种 DD 与 M 杂交获得的 F_1 杂种 Dd 自交，并选出雄性不育系 M 的种

子 (3) 基因与环境 在较低温度和较短光照(日温 3~10℃、日照小于 12 h)的条件下种植 M, 并自交, 无需筛选即可获得保持纯种的 M 种子; 在较高温度和较长光照(日温 11~23℃、日照大于 12 h)的条件下种植 M, 可以作为不育系与其他品种进行杂交, 应用于生产实践。

3. (1) 控制兔尾弯曲的基因是显性基因, 位于性染色体上, 因为组别 3 中, 尾弯曲和尾正常个体杂交后代均表现为尾弯曲, 说明尾弯曲为显性; 组别 1 中雌性尾全部弯曲, 雄性尾全部正常, 有非常明显的性别之分, 参照组别 3(可视为组别 1 的反交), 与组别 1 的结果不同(正反交不同), 可判断这对等位基因仅位于 X 染色体上。 (2) 组别 1: X^aX^a 、 X^AY ; 组别 2: X^AX^a 、 X^aY ; 组别 3: X^AX^A 、 X^aY ; 组别 4: X^AX^a 、 X^AY 。

4. (1) 灰身和长翅基因位于Ⅱ号染色体, 红眼基因位于Ⅰ号染色体 (2) 表中未提供一次杂交验证 3 对相对性状的可用亲本, 所以分次杂交进行验证。

杂交组合一: 验证体色和翅长这两对性状。杂交组合: 品系①和②杂交, F_1 雌雄个体交配。预期结果: F_1 应均为灰身长翅, F_2 中灰身与黑身、长翅与残翅的比例均接近 3:1, 但灰身长翅、黑身长翅、灰身残翅与黑身残翅个体的比例不符合 9:3:3:1。结论: 体色和翅长这两对性状的遗传符合基因的分离定律, 但不符合基因的自由组合定律。

杂交组合二: 验证眼色和翅长这两对性状。杂交组合: 品系②和③杂交, F_1 雌雄个体交配。预期结果: F_2 中长翅与残翅、红眼与白眼的比例均接近 3:1, 且长翅红眼、残翅红眼、长翅白眼与残翅白眼的比例接近 9:3:3:1。结论: 眼色和翅长这两对性状的遗传符合基因的分离定律和基因的自由组合定律。

杂交组合三: 验证眼色和体色这两对性状。杂交组合: 品系①和③杂交, F_1 雌雄个体交配。预期结果: F_2 中灰身与黑身、红眼与白眼的比例均接近 3:1, 且灰身红眼、黑身红眼、灰身白眼与黑身白眼的比例接近 9:3:3:1。结论: 眼色和体色这两对性状的遗传符合基因的分离定律和基因的自由组合定律。

注: 预期结果不一定是正确的, 是需要进行实验验证的。

(3) 需要考虑。因为位于性染色体上的等位基因的分离虽然遵循基因分离定律, 但正交与反交的结果不同。即: 如不正确选择杂交时的父母本表型, 杂交组合二和杂交组合三中的预期结果可能不正确。

补充举例说明: 用白眼(雌)与红眼(雄)杂交, F_1 中白眼(雄): 红眼(雌)=1:1, F_2 中无论雌雄均表现为红眼: 白眼=1:1, 不符合分离定律, 与其他性状组合之后也不符合自由组合定律经典的“9:3:3:1”。

注: “符合自由组合定律”与“符合自由组合定律的某个理论比例”是不同的。

(4) 该同学的判断依据不充分。依题意, 该杂交实验的结果可理解为无论雌雄果蝇, 裂翅: 非裂翅=1:1。该同学仅根据其实验结果解释为所用亲本的基因型分别为 Aa (裂翅雌蝇)和 aa (非裂翅雄蝇), 但亲本基因型分别为 X^AX^a (裂翅雌蝇)和 X^aY (非裂翅雄蝇)也能够得到相同的杂交结果, 该同学没有考虑到这一可能性就下结论是不全面、不充分的。若要验证该同学的结论, 应再取亲本中的裂翅雄蝇(Aa 或 X^AY)与非裂翅雌蝇(aa 或 X^aX^a)进行杂交, 若子代中裂翅雌蝇、裂翅雄蝇、非裂翅雌蝇与非裂翅雄蝇的比例接近 1:1:1:1, 则可肯定该同学的结论; 如果杂交结果仅有裂翅雌蝇和非裂翅雄蝇, 且比例接近 1:1, 则可否定该同学的结论。

第3章 可遗传的变异

第1节 基因重组造成变异的多样性

1. 两对等位基因位于非同源染色体上,产生基因的重组类型与亲本类型比例相同;两对等位基因位于同源染色体上,产生基因的重组类型少于亲本类型。
2. 位于非同源染色体上的两对等位基因,减数分裂产生配子时由于减数第一次分裂后期非同源染色体的自由组合,产生的重组型配子比例为 50%;位于同源染色体上的两对等位基因,减数分裂产生配子时由于部分细胞减数第一次分裂前期同源染色体交叉互换,产生的重组型配子比例小于 50%。
3. 先用两亲本杂交得到 $F_1(BbEe)$, F_1 自交(F_1 之间同种类型进行杂交),得到 F_2 中的长毛抗病兔有 BBe 和 $Bbee$ 两种类型,再通过与 $bbee$ 测交,找出后代不出现性状分离的个体即为纯合子 BBe 。
4. 人类同源染色体有 23 对,携带 2~3 万种基因,由于染色体自由组合导致基因重组,产生的配子类型为 2^{23} 种,再由于染色体交叉互换导致基因重组,产生的配子数量远远多于 2^{23} 种。通过受精时配子的随机结合,将出现更加丰富多样的子代。由于同卵双胞胎是同一个受精卵一分为二形成两个胚胎,染色体类型完全相同,因此长相非常相近。
5. $BVg-bvg$ 或 $Bvg-bVg$ 。
雌性果蝇产生配子: BVg 、 bvg 、 Bvg 、 bVg 或 Bvg 、 bVg 、 BVg 、 bvg 。
雄性果蝇产生配子: BVg 、 bvg 或 Bvg 、 bVg 。
6. 略。(提示: 孟德尔研究的豌豆 7 对相对性状的基因不是分别位于 7 对非同源染色体上。)

第2节 基因突变是生物变异的根本来源

1. 基因突变包括碱基的替换、插入和缺失。物理因素(如紫外线、X 射线及其他高能射线可以破坏 DNA 链结构)、化学因素(亚硝酸等物质会诱导碱基结构改变)、生物因素(某些微生物如真菌、病毒等的感染和代谢毒素)都会增加基因突变率。
2. 在沙漠中,仙人掌叶变为刺状,减少水分蒸发;根系较浅,更容易吸收降雨后的地面降水,这种变异更加适应炎热干旱的环境,属于有利的变异。
3. 若短腿羊的杂交后代仍能出现短腿,说明短腿表型为基因突变引起的;若不能出现短腿表型,说明为环境影响所导致的。若该短腿羊与正常表型个体杂交的 F_1 就出现短腿,说明该突变基因为显性基因;若 F_1 子代之间交配,在 F_2 群体中重新出现短腿羊,则该短腿突变基因为隐性基因。
4. 略。

第3节 染色体变异会导致性状变化

1.

染色体数目变异	整倍体变异	包括单倍体和多倍体
	非整倍体变异	可能导致非常明显的性状改变或严重的后果甚至死亡

(续表)

染色体结构变异	缺失	通常对生物体是不利的,甚至会导致个体死亡
	重复	
	倒位	
	易位	

2. ① $abcd \cdot eihgfjk$ 为染色体结构变异——倒位;
- ② $abcd \cdot ehijk$ 为染色体结构变异——缺失;
- ③ $abcd \cdot effghijk$ 为染色体结构变异——重复;
- ④ $abcd \cdot ef\text{mnopqijk}$ 为染色体结构变异——易位;涉及非同源染色体。

3. 不一样,前者遗传物质没有改变,属于不可遗传的变异;后者遗传物质改变,属于可遗传的变异。

4.

类型	杂交育种	人工诱变育种	单倍体育种	多倍体育种
原理	基因重组	基因突变	染色体变异	染色体变异
方法	将具有不同优良性状的两个亲本杂交	用物理或化学的方法处理生物	先花药离体培养,再用秋水仙素处理幼苗	用秋水仙素处理萌发的种子或幼苗
主要优点	使优良性状集中在 一个个体中	可提高变异频率, 加速育种进程	自交后代是纯合体,明 显缩短育种年限	器官巨大,提高产量和 质量
实例	大麦矮秆抗病新品种	青霉素高产菌株	普通小麦花药离体培养	无籽西瓜、八倍体小黑麦

5. 略

第4节 人类遗传病可以检测和预防

1. 遗传病是指由遗传物质发生改变而引起的或者是由致病基因所控制的疾病。遗传病常为先天性的,由遗传因素决定,出生一定时间后才发病,有时要经过几年、十几年甚至几十年后才能出现明显症状。

先天性疾病就是一出生就有的病。母亲在怀孕期间接触有害环境因素,如农药、有机溶剂、重金属等化学品,或过量暴露在各种射线下,或服用某些药物,或感染某些病菌,甚至一些不良习惯,都可能引起胎儿先天异常,但不属于遗传病。

家族性疾病是指某种表现出家族聚集现象的疾病,一个家族中多个成员患有同一种疾病,医学上称之为家族史。在遗传病中显性遗传病往往表现出明显的家族性倾向,如多指(趾)。但是,家族性疾病也不一定都是遗传病。这是因为在同一家族中,由于饮食、居住等环境因素相近,也可能导致多个成员患有相同的疾病。例如,一家中多个成员由于饮食中缺少维生素 A 而患夜盲症;因缺碘而引起甲状腺功能低下。所以说,家族性疾病并不等于遗传病。

这种说法不对。遗传病患者的祖辈中未必一定有该遗传病患者,比如由于父亲或者母亲的生殖细胞发生突变引起的遗传病。

2. 不属于,因为只是体细胞突变,不传给子代。
3. $2/3 \times 2/3 \times 1/4 = 1/9$, 遗传系谱图略。
4. 禁止近亲结婚,提倡婚前体检、适龄生育、产前诊断等。

第3章学业评价

1. (1) 基因突变一定会产生新基因,染色体变异和染色体交叉互换可能产生新基因,环境改变及自由组合不涉及DNA序列改变,环境改变或由其所引起的体细胞变异不可遗传。

(2)

变异发生的类型	特点	区分方法
环境改变	环境引起性状改变,但遗传物质不变	改变后代所处环境,变异性状不再出现或不能稳定遗传
基因突变	基因中个别碱基发生改变,引起基因结构的改变	在特定交配(自交、测交等)中,后代中以一定比例出现变异性状
染色体变异	染色体数目或结构改变,引起性状改变	显微镜观察可发现染色体数目和结构的变化
基因的自由组合	非同源染色体自由组合,染色体上的基因随之自由组合	测交后代中,变异性状个体与亲本性状个体的比例相等
染色体交叉互换	同源染色体的非姐妹染色单体上的片段发生交换,使得这些片段上的基因位置和组合发生改变	测交后代中,变异性状通常比亲本性状少

2. (1) 雌配子类型: *Bvg*、*bVg*、*BVg*、*bvg*;雄配子类型: *Bvg*、*bVg*。(2) F_2 会出现灰身长翅、灰身残翅、黑身长翅三种表型。不会出现 9:3:3:1 的比例,因为这两对等位基因不遵循基因的自由组合定律。交配结果如下表:

配子	<i>BVg</i>	<i>Bvg</i>	<i>bVg</i>	<i>bvg</i>
<i>Bvg</i>	灰身长翅	灰身长翅	灰身长翅	灰身残翅
<i>bVg</i>	灰身长翅	灰身长翅	黑身长翅	黑身长翅

(3) 母本。 F_2 中杂合子雄果蝇减数分裂过程中不发生染色体交叉互换,与双隐性母本测交,从后代性状可以直接判断杂合子亲本的基因型。(其他方案合理即可)

3. (1) 杂合子中的显性基因突变为隐性基因;将 F_1 小眼个体与原先异性的大眼纯合小鼠杂交,并改变培养环境,观察其子代的表型。如果子代全部为大眼,那么是基因突变所致;如果子代有正常眼和大眼,那么是环境因素造成的。(2) 将纯合大眼和细眼品系小鼠杂交,观察它们后代的表型。如果后代的眼睛大小是正常的,那么这两个突变就是不同位置上的基因突变;如果后代不出现野生型,表现为大眼或细眼,那么这两种突变就是同一个基因的等位基因。

4. (1) 妻子甲 *Aa*、丈夫乙 *AA* (2) 0 1/2 (3) 1/4 1/2 产前检查可以抽取羊水做胎儿的

基因检测。

5. (1) 整倍体变异 (2) AAA 型无籽的原因是减数分裂过程中同源染色体联会时发生了紊乱，无法形成正常配子 (3) 多倍体含有的染色体组比较多，基因剂量效应。

6. (1) 不正确。每一胎的生育都是独立事件，第一胎正常不能保证第二胎正常。 (2) 染色体检查是为了检测其染色体是否正常；DNA 分析是为了检测是否含有致病基因；酶活性或代谢产物生化测定是为了检测其是否有致病基因的表达。 (3) 有必要。某些遗传病无法通过胎儿器官以及身体结构发育的状况判定，比如红绿色盲、血友病、镰状细胞贫血等。

7. (1) A (2) Aa $1/2$ (3) CD (4) 100% III-1 与正常人婚配，子代的基因型为 Aa 或 aa 。无论何种基因型，基因被包裹即无法表达相应蛋白，体内无足量的野生型 NF-1 蛋白，所以子代均患病。

第 4 章 生物的进化

第 1 节 多种证据表明生物具有共同祖先

1. 生物进化的证据包括化石、比较解剖学、胚胎学、细胞生物学和分子生物学等，化石是直接的证据，比较解剖学和胚胎学是间接的证据，细胞生物学和分子生物学是微观的证据。化石证据比较直接、客观和科学，但是有些生物没有形成化石或有些生物化石没有被发现，会出现关键物种缺失，导致对生物进化历程的推测不准确。比较解剖学、胚胎学、细胞生物学和分子生物学证据只能进行推测，无法准确推断。

2. 通常深层、古老的地层中出现的化石中生物简单、低等，而浅层、新近的地层中出现的化石中生物则较为复杂、高等。化石真实记载了不同时期生物的形态结构，对推测生物进化的历程具有非常重要的作用。

3. 同源器官如人的上肢和马的前肢，痕迹器官如人的阑尾、蟒蛇后肢骨的残余等。在生物进化研究中可以根据同源器官和痕迹器官推测生物之间的亲缘关系和进化线索。

4. 蛋白质、DNA、RNA 等生物大分子以相对恒定的速率发生替换，其替换速率与分子进化的时间成正相关，因此被作为推断进化事件发生时间的依据而视为一种计时器。黑猩猩的 DNA 序列与人类的差异不足 2%，而黑猩猩与旧大陆猴的差异超过 7%。DNA 序列差异所体现出的进化关系和化石证据完全吻合。

5. 从 2009 年开始，课题组的专家一直在全国各地采集曹操男性后人的静脉血样本。采集对象包括 79 个曹姓家族的 280 名男性和 446 个夏侯、操等姓氏在内的男性志愿者，最终的样本总量超过 1000 例。经过复杂的 Y 染色体 DNA 全序列检测，最终发现其中 6 个家族属于 O2^{*}-M268 的基因类型，这 6 支 O2^{*}-M268 类型样本的祖先交汇点在 2000~1800 年前，正是曹操生活的年代。对曹操后代的追寻第一次从基因层面验证了许多同姓人群在千百年前是一家的可能性。其间，生命科学、历史学、人类学等跨学科合作发挥了重要的作用。

第 2 节 生物进化理论在不断发展

1. 达尔文自然选择学说的基本论点是：变异和遗传、繁殖过剩、生存斗争、适者生存；现代进化

的基本论点是：种群是生物进化的基本单位、遗传变异为自然选择提供了丰富的原材料、自然选择主导进化的方向、隔离可能导致新物种的形成。生物进化的实质是：自然选择导致基因频率的定向改变。

进化理论	自然选择学说	现代进化理论
不同点	① 进化是在个体层面发生的 ② 强调生存斗争，弱化种内及种间的互助	① 进化是在种群内发生的 ② 从基因层面对变异和选择做出了解释 ③ 解释了新物种形成的机制
相同点	① 变异为选择提供了原材料，变异是不定向的 ② 自然选择主导进化的方向，选择是定向的 ③ 解释了生物普遍存在的适应性和多样性	

2. 如果没有变异，选择就失去了基础，基因频率就不会发生改变，生物就无法进化；如果不能遗传，那么变异就不会传至下一代，生物也就无法进化。

3. 最初的细菌种群中对某种抗生素具有抗药性的基因频率为1%，则该种群中大量的细菌不具有抗药性。当使用这种抗生素的时候，有抗药性的细菌存活下来并通过增殖将抗药性传递下去。细菌是无性繁殖，能忠实地传递母本性状，没有抗药性的则被淘汰。经过逐代选择和积累，抗药性的细菌所占比例越来越高，导致该种群中抗药性的基因频率上升。

4. “表观遗传”是指基因中碱基序列没有改变的情况下基因表达的过程受到影响，从而使细胞或个体的表型发生改变的现象。基因的表达是基因和环境共同作用的结果，从该角度分析拉马克的“用进废退、获得性遗传”是有一定道理的。至今为止，所有的进化理论都试图去解释生物进化现象，但都停留在假说阶段，所以解释进化的“进化理论”是一直在发展的，我们应该用发展和辩证的观点去接纳并发展进化理论。

5. 略。（可以引导学生依次查阅拉马克进化论、居维叶的灾变论、赖尔地质渐变论、达尔文进化论、中性进化学说等理论，阐述各理论的发展历程及意义。）

第3节 物种形成和灭绝是进化过程中的必然事件

1. 种群被地理隔离为两个小种群，如果这两个小种群的生存环境较相似，即选择的方向一致，那么两个种群的基因库差异不容易扩大，形成新物种的概率较低。新物种的形成不一定都要经过地理隔离，例如四倍体和二倍体杂交形成三倍体，此现象属于杂交不育，四倍体和二倍体属于两个物种，但四倍体不一定要由二倍体经过长期地理隔离而形成。

2. 生殖隔离的表现形式包括受精前生殖隔离和受精后生殖隔离。受精前生殖隔离如时间隔离、栖息隔离、行为隔离和机械隔离；受精后生殖隔离如合子不能正常发育或子代不育等。

3. 在新物种形成过程中，变异造成了个体差异，为选择提供了基础，是物种形成的内在条件；选择使种群基因频率定向改变，隔离则阻断了基因交流，两者是物种形成的外在条件。

4. 在生物进化史上，灭绝为新物种的形成创造了足够的生存空间和食物等，物种的灭绝和新物种形成一样重要。人类的活动尤其是对自然资源不合理的开发和利用加速了物种的灭绝。当然，我

们应该辩证地看到人类也在积极地保护地球上的物种。

第4章学业评价

1. (1) 采用了古生物化石证据、分子生物学证据。古生物化石证据的优势是客观存在的鲸的遗体,是可信度高的直接证据,不足点是有些时期鲸没有形成化石或有些鲸的化石没有被发现;分子生物学方法对生物亲缘关系的检测可信度高,但是有些纵向时空生物 DNA 无法获得,而且有赖于 DNA 测序等技术的发展。 (2) DNA 技术分析鲸和有蹄动物亲缘关系很近,以及发现了巴基鲸和罗德侯鲸均拥有裂蹄型哺乳动物独特的踝骨。 (3) 鲸与河马 对 3 种生物的 DNA 进行测序判断其相似性,相似性高表示亲缘关系近。 (4) 适应辐射 增加生物多样性 (5) 造山运动形成不同的鲸种群,陆地和海洋不同的环境对鲸不同的性状进行定向选择,适合陆地生存的变异被陆地环境所选择而被保存下来,这种遗传变异不断进行积累可能形成其他物种;适合生活在海洋中鲸的变异被海洋环境所选择并不断积累,形成现代鲸的特征。(6) ACD

2. (1) 物种亲缘关系越近,细胞色素 c 的氨基酸组成差异越小。 (2) 不矛盾。首先,因为蛋白质中的氨基酸对于该蛋白质行使功能的重要程度不同。在进化过程中,有些基因突变导致的氨基酸变化可能不影响其高级结构,所以不影响其基本功能,这种变异在进化中得以保留;另一些基因突变导致的氨基酸变化可能影响其基本功能,这种变异在进化中遭到淘汰。所以,我们现在看到的仅仅是进化中经自然选择被保留下来的结果。其次,这种氨基酸被大量替代也不是对于细胞色素 c 的功能毫无影响。

3. (1) 遗传多样性差异是基因和基因型的差异。 (2) 遗传多样性可以增大种群基因库,有利于物种适应环境。 (3) 以前人们对野生林麝的大量捕杀、人类活动减少了林麝适宜的栖息地、近亲繁殖等。 (4) 可以用凤县(养殖)种群和留坝(野生)种群进行交配。

4. (1) 地球上的现存物种丰富多样,它们来自共同祖先,在新陈代谢、DNA 的结构与功能等方面具有许多共同特征。不同生物细胞质膜上会具有相同的特定蛋白质,新型冠状病毒通过识别此特定蛋白质侵染至细胞内进行代谢和繁殖,从而实现跨物种传播。 (2) 这个建议不合理。第一,彻底捕杀新型冠状病毒的宿主动物,会增加人和这些宿主动物的接触机会,增加新型冠状病毒跨物种传播的风险。第二,捕杀新型冠状病毒的宿主动物会破坏生态系统的稳定性,生态平衡被破坏会使新型冠状病毒有更多的机会发生变异,从而有可能感染人类。第三,传染病发病率升高与生物多样性降低具有相关性,捕杀新新型冠状病毒的宿主动物会导致生物多样性下降,使传染病发病率升高。

附录 2 《练习部分》参考答案

第1章 遗传的分子基础

第1节 DNA是主要的遗传物质

【选择题】

1. C 2. C 3. B 4. B 5. C 6. C 7. D 8. B

【综合题】

1. (1) 5'-CGAGCTAGTCACCAT-3' (2) 13% 37% 37% (3) A (4) A

2. (1) D (2) 图略(注意碱基的互补配对、DNA链的方向性)

3. ①是活的S菌,②是灭活的S菌,③是活的R菌。理由:单独注射①,小鼠死亡,且小鼠血液中有活的S菌,说明①是活的S菌。单独注射②或③,小鼠都无变化;而同时注射②和③,小鼠死亡,说明产生了活的S菌;且单独注射②,小鼠血液中无活的细菌,单独注射③,小鼠血液中有活的R菌,说明②是灭活的S菌,③是活的R菌。

第2节 遗传信息通过复制和表达进行传递

【选择题】

1. A 2. B 3. A 4. D 5. B 6. C 7. B 8. BD 9. A 10. B

【综合题】

1. ① 催化形成新的磷酸二酯键 ② 作为合成DNA新链的原料 ③ 作为DNA复制的模板
④ 保持酶的最佳活性

2.

DNA 双螺旋中碱基对	C	G	T	A	C	C	G	C	A	A	C	C
	G	C	A	T	G	G	C	G	T	T	G	G
mRNA 碱基(5'→3')	G	C	A	U	G	G	C	G	U	U	G	G
tRNA 反密码子(3'→5')	C	G	U	A	C	C	G	C	A	A	C	C
氨基酸	丙氨酸			色氨酸			精氨酸			色氨酸		

3. (1) 翻译 按照 mRNA 上碱基序列合成多肽 (2) 反密码子 氨基酸 核糖体 (3) 氨酰 tRNA rRNA

4. (1) 下面 5'-AGAGGUUGUCAAGUAUGAAGAAUAAUACACUUCCUUGAAAAGUCCUAUAGAUGAAGGAGAUUAAACGGAGGCCG-3' (2) 甲硫氨酸-赖氨酸-天冬酰胺-天冬酰胺-酪氨酸-苏氨酸-丝氨酸-亮氨酸-赖氨酸-丝氨酸-脯氨酸-异亮氨酸-天冬氨酸-谷氨酸-甘氨酸-天

冬氨酸 (3) 第 11 位碱基对丢失,编码产生的蛋白质没有改变,因为该碱基对没有位于基因编码区。第 21 位碱基对 G/C 变成 A/T,编码产生的蛋白质也没有改变,因为该碱基对改变后,对应的密码子从 AAG 变为 AAA,仍然编码赖氨酸。

5. (1) B (2) 防止细胞自身的 DNA 转录生成 mRNA 干扰实验结果 (3) ACA 5'-UGU-3'。 (4) 三个碱基对应一个氨基酸,此“mRNA”序列可以读成分别以 AAC、ACA、CAA 三种碱基的重复,因此可以获得三种不同的多肽链。

第 3 节 基因选择性表达导致细胞的差异化

【选择题】

1. B 2. B 3. A 4. C 5. B 6. D 7. C

【综合题】

1. (1) 基本不变 (2) CD (3) β_1 整合素以及 K19 有利于表皮干细胞的增殖分化。胎儿期和少儿期,表皮干细胞中相关基因的表达程度较高,而随着年龄的升高,相关基因的表达程度下降,细胞增殖分化的能力也随之降低,进而导致皮肤损伤后愈合能力下降。

2. (1) AD (2) 会。当乳糖消耗殆尽时,IPTG 仍然可以与阻遏蛋白结合,使阻遏蛋白失去对 *LacZ* 基因表达的抑制作用;又由于 IPTG 不会被 β -半乳糖苷酶水解,会使 *LacZ* 基因持续表达。

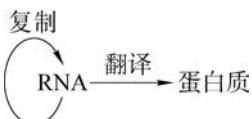
(3) 阻遏蛋白没有与色氨酸结合,从而没有活性,不能阻断色氨酸合成相关基因的转录。 (4) 在分解代谢中,小分子营养物质与阻遏蛋白的结合往往会使阻遏蛋白失去阻遏活性,从而使分解该小分子的相关基因表达;在合成代谢中,小分子营养物质与阻遏蛋白的结合往往会使阻遏蛋白产生阻遏活性,从而使合成该小分子的相关基因关闭。这一假说的合理性在于:细胞以这种方式调节相关基因表达,使细胞中小分子营养物的量足以维持细胞代谢所需,但又不至于过多,维持动态平衡,以免由于基因不必要的表达造成物质和能量浪费。

3. (1) 人工合成的 siRNA 中的一条链可以与目的基因的 mRNA 互补结合,使 RISC 切割目的基因的 mRNA,使其无法继续表达。 (2) ②③

本章综合练习

1. (1) B (2) AXC (3) DNA 复制过程中,X 与 Y 互补配对,合成含 5'-GYT-3' 的 DNA 模板链,从而转录出含 AXC 的 mRNA;翻译过程中,改造后的 tRNA 可识别 mRNA 中的 AXC,引入丝氨酸,不改变绿色荧光蛋白的氨基酸序列 (4) BD

2. (1) RNA

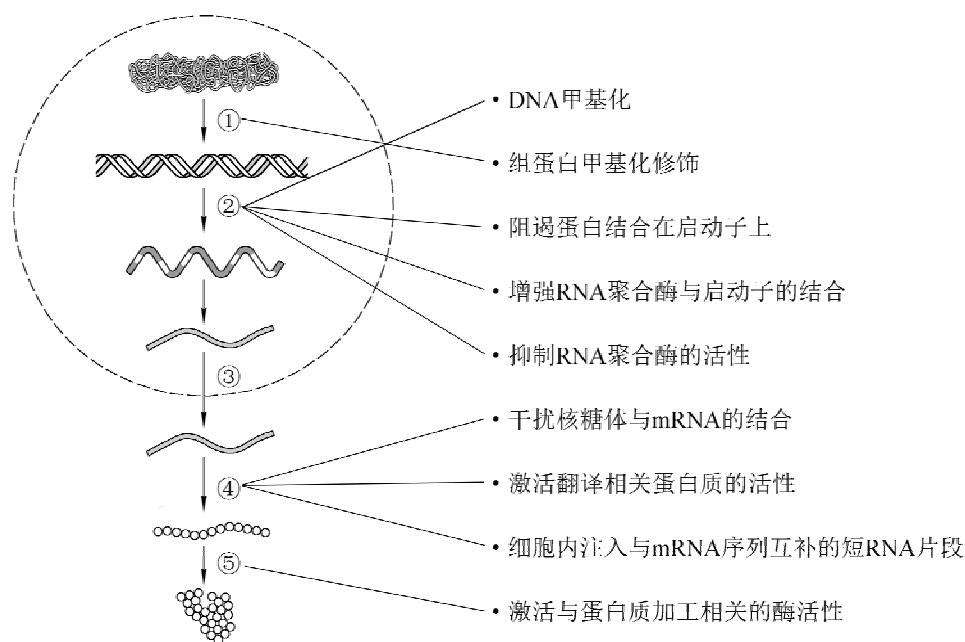


(2) ①③⑤⑥⑧⑨ (3) 干扰病毒的内吞和脱衣壳的过程,干扰病毒 RNA 聚合酶合成过程,干扰病毒 RNA 基因组复制和结构蛋白的合成,干扰子代病毒的组装,干扰子代病毒的释放等(合理即可)

3. (1) 蛋白质-DNA 为了使附着在细菌细胞表面、未进入细菌的物质脱离,从而未被检测到

(2) 蛋白质 DNA (3) 100% 可能搅拌的时间、力度不够,使吸附在细菌表面的蛋白质衣壳没有充分与细菌分离。 (4) 可进一步采取的实验是溶菌后检测子代噬菌体中是否含有³⁵S。若其中含有³⁵S,则表明蛋白质可能是遗传物质;若其中不含³⁵S,则表明蛋白质不是遗传物质。

4. (1)



(2) 组蛋白 DNA 胺嘧啶 ② (3) 三种方案供参考: ①基于 RNA 干扰原理,设计能特异性抑制目标基因表达的 siRNA,利用 RNA 干扰降低目标基因的表达,使细胞恢复正常生理状态。②基于组蛋白修饰原理,设计能特异性抑制细胞中乙酰化酶基因的 siRNA,利用 RNA 干扰降低乙酰化酶基因的表达,降低细胞中组蛋白 H4 的乙酰化水平,使细胞恢复正常。③基于组蛋白修饰原理,通过增强转录等方法上调细胞中去乙酰化酶的表达水平,降低组 H4 蛋白乙酰化水平,使细胞恢复正常。

第 2 章 有性生殖中的遗传信息传递

第 1 节 有性生殖中遗传信息通过配子传递给子代

【选择题】

1. A 2. B 3. A 4. D 5. D 6. D

【综合题】

1. (1) ① ⑦ ② ③ ④ (2) BC

2. (1) 有丝 次级卵母细胞 (2) 过程 I 中,同源染色体在前期不进行联会,在后期染色单体分开,最终形成的子细胞中含有同源染色体;过程 II 中,在前期 I 同源染色体联会,在后期 I 同源染色体分开,最终形成的子细胞中不含同源染色体。 (3) 23 (4) B

3. (1) 减数分裂 16 (2) ABC (3) C

第2节 亲代基因传递给子代遵循特定规律

【选择题】

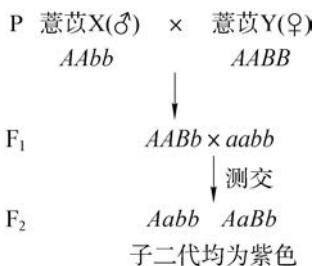
1. C 2. A 3. C 4. B 5. D 6. A 7. D 8. A 9. C 10. C 11. C

【综合题】

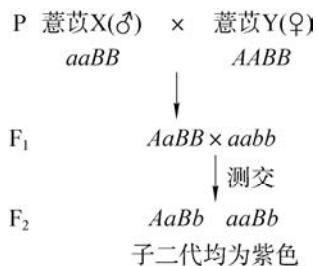
1. (1) 显性 (2) 去除薏珠1号的雄花,将安国薏苡的花粉涂在薏珠1号雌花的柱头上,并套袋去雄要彻底,套袋封闭性要好并一直封闭到收获种子;收获种子时按照单株分开收集等 (3) CD
 (4) 杂交方案:用薏苡X和Y进行杂交,得到F₁,用白色柱头的品系(基因型为aabb)对F₁进行测交。预期结果和结论:依题意,这两个品系可能的基因型有AAbb、aaBB和AABB。若两者有一对基因不同,其杂交组合可能是AAbb×AABB或aaBB×AABB,两种组合的F₁表型均为紫色柱头,测交子代的表型均为紫色柱头;若两者有两对基因不同,其杂交组合是AAbb×aaBB,其F₁表型为紫色柱头,测交子代的基因型为紫色柱头:白色柱头=3:1。

遗传图解版:

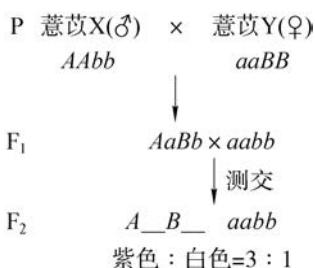
假设:一对基因不同(1)



一对基因不同(2)



假设:两对基因不同



(以上图中,画出反交也可以,但不能出现自相矛盾之处)

2. (1) B (2) $IiYy$ 、 $iiyy$ 、 $Iiyy$ 和 $iiYy$ 1:3
 3. (1) C (2) BD (3) 见下表 (4) ③④⑤⑥

基因型	$I^A i$	$I^B i$	ii	$I^A I^B$
血型	A型	B型	O型	AB型

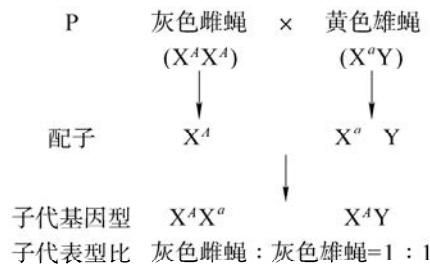
第3节 性染色体上的基因传递与性别相关联

【选择题】

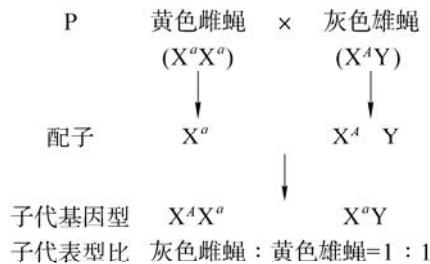
1. B 2. B 3. C 4. B 5. B

【综合题】

1. (1) ① 若选用灰色雌蝇和黄色雄蝇杂交, 子代全部为灰色, 图解如下:

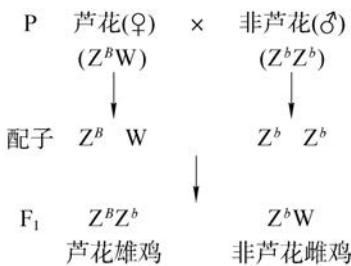


② 若选用黄色雌蝇和灰色雄蝇杂交, 子代灰色和黄色个体各占 1/2, 且雌蝇均为灰色, 雄蝇均为黄色, 图解如下:



(2) A

2. (1) Z 显性 $Z^B W$ 和 $Z^B Z^b$ 或 $Z^B Z^B$ (2) 不能。重新设计的杂交方案如下图, 用非芦花雄鸡与芦花雌鸡杂交, 得到的子代雄鸡均为芦花, 雌鸡均为非芦花, 仅靠毛色即可分辨雌雄。



3. (1) 分离 自由组合 (2) $EEX^b X^b$ 、 $EeX^b X^b$ 、 $EEX^b Y$ 、 $EeX^b Y$ (3) $eeX^B Y$ 、 $eeX^b X^b$ 红眼

本章综合练习

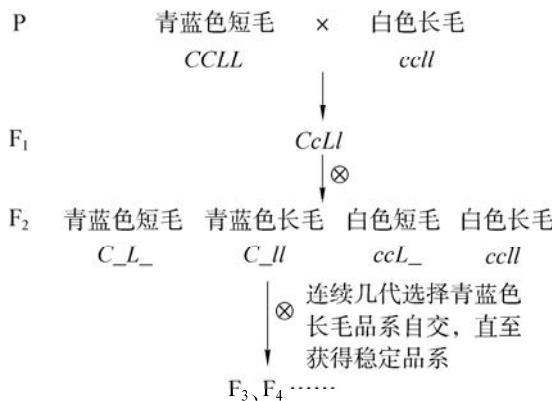
1. (1) 后期 I 中期 I 中有同源染色体, 中期 II 无同源染色体; 中期 I 中染色体的数目是中期 II 的两倍 (2) B (3) A

2. (1) D (2) B (3) BC (4) 收集 F_2 不同个体的花粉, 分别给去雄的皱粒豌豆植株授粉(或

对 F_2 个体去雄, 然后收集皱粒豌豆的花粉给其授粉), 并观察其子代豌豆形状, 若出现皱粒豌豆则其基因型为 Ww , 否则为 WW AB

3. (1) AB (2) AC (3) 1/4

4. (1) 青蓝色 短毛 (2) $CCLL$ 和 $ccll$ 3/16 (3) 见下图: 取 F_2 中的青蓝色长毛兔单对交配, 若 F_3 都为青蓝色长毛而不出现其他表型, 则亲本保留, 继续自交繁殖, 从而得到纯合的青蓝色长毛兔(合理即可)。



第3章 可遗传的变异

第1节 基因重组造成变异的多样性

【选择题】

1. B 2. B 3. C 4. A 5. C 6. A

【综合题】

1. (1) A (2) 比例是 1/6, 分析过程如下:

P $\quad BBDd \times bbdd$



$F_1 \quad BbDd \quad Bbdd$

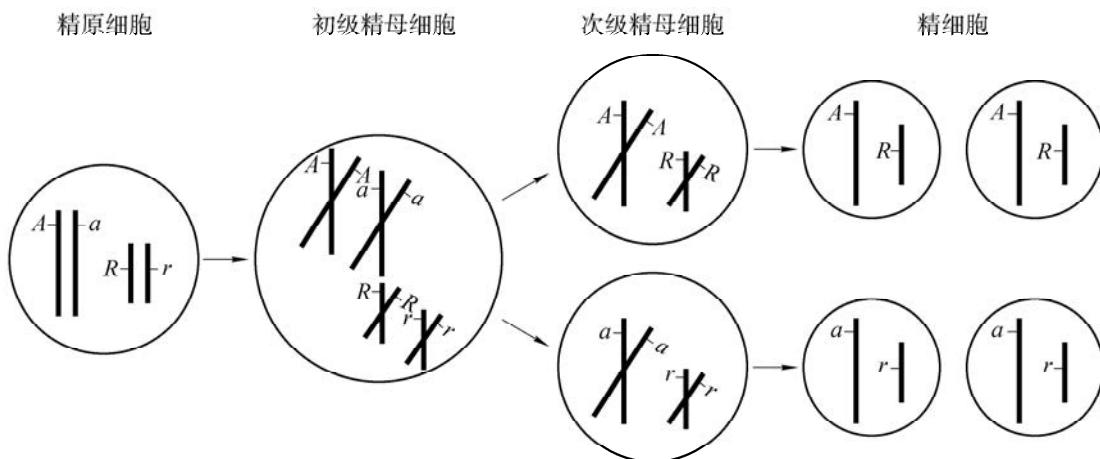
(长毛银灰色) (长毛黑色)

根据图解和题意可知, F_1 中挑选的杂交雌雄个体基因型均为 $BbDd$, 则理论上 F_2 中短毛(bb)占 1/4, 依题意银灰色占 2/3, 故短毛银灰色比例为 $1/4 \times 2/3 = 1/6$ (合理即可)。

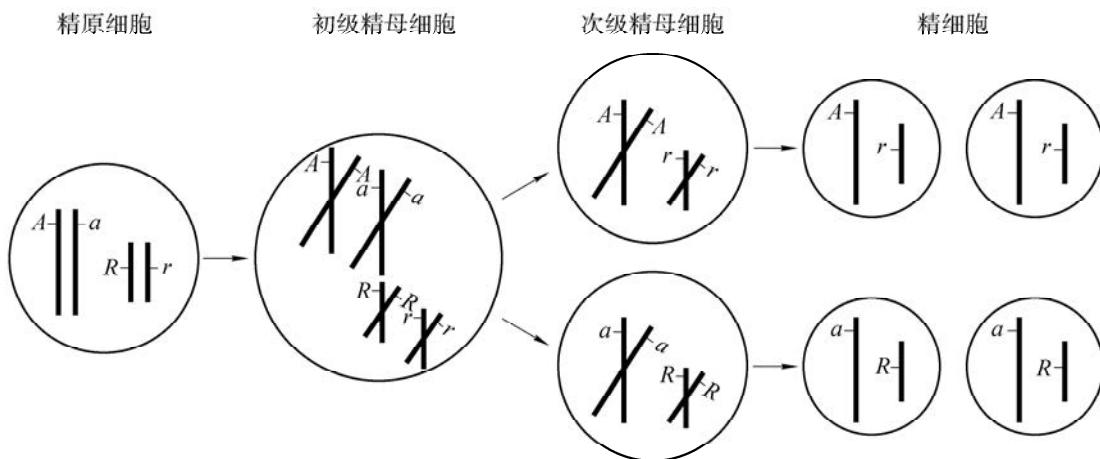
2. (1) 能 (2) 初级卵母 交叉互换 $c-wx$ (3) 染色体结和特殊片段 有特殊片段无染色体结

3. (1) 支持。控制花色和种子形状这两对性状的基因分别位于 2 号和 5 号染色体上, 在减数分裂时, 随着同源染色体的分离, 2 号染色体上的 A 或 a 基因可能与 5 号染色体上的 R 基因进入同一个子细胞, 也可能与 r 基因进入同一个子细胞, 即这两个非等位基因之间自由组合。分别用线条分别表示 2 号和 5 号染色体, 图中仅表示主要分裂时期这两对染色体的行为变化。

情况一：

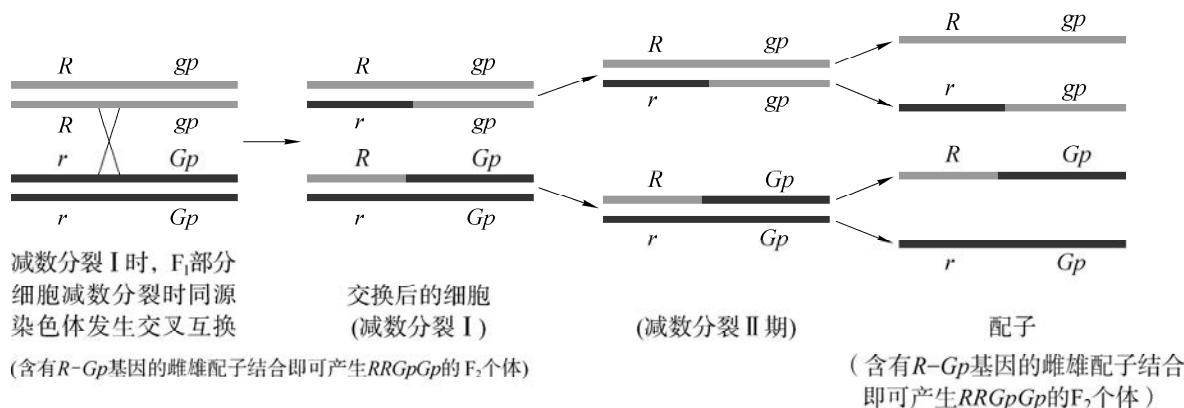


情况二：



(2) 染色体交叉互换

图解如下：



绘图要点：①画出两条同源染色体(含4条染色单体)；②其中一条染色体上基因为R-gp，另一条染色体上的基因为r-Gp；③表示出两条非姐妹染色单体发生交叉；④正确表示出交叉发生的

位置。

第2节 基因突变是生物变异的根本来源

【选择题】

1. C 2. A 3. C 4. A 5. C 6. D 7. C 8. B 9. BD 10. B 11. D

【综合题】

1. (1) 转录 核 翻译 质 (2) 替换 (3) GUG (4) A T (5) 低频性 (6) $Hb^A Hb^S$
 $Hb^A Hb^S$ 3/8
2. (1) A (2) B (3) ③
3. (1) 天冬氨酸-亮氨酸-甘氨酸-酪氨酸 (2) ① 2 (3) ② ②发生碱基替换,密码子由GAU变为GAC,但对应的氨基酸还是天冬氨酸
4. (1) C (2) AD (3) 略。(从日常生活中避免接触致癌物的角度,如烟草产品、甲醛、射线以及会引发细胞癌变的病毒等,合理即可。)

第3节 染色体变异会导致性状变化

【选择题】

1. D 2. D 3. C 4. C 5. B 6. D 7. A 8. D 9. D 10. C D

【综合题】

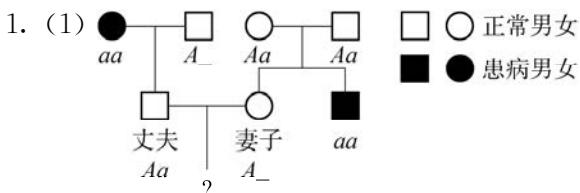
1. (1) 2 (2) A (3) 乙品种与丙品种 因为乙品种的W染色体上带有A和B基因,与丙品种杂交后会产生基因型为 $aaZZ$ 和 $aaZW^{AB}$ 两种受精卵。 $aaZZ$ 会孵化成雄性且表现为白色, $aaZW^{AB}$ 会孵化成雌性且表现为黑色,所以只要选择白色蚕卵即为雄蚕。
2. (1) 杂交育种 基因重新组合 从 F_2 开始出现 $AAbb$ 个体(或从 F_2 开始出现性状分离)
(2) 97 1:1 (3) 花粉离体培养 能明显缩短育种年限
3. (1) A (2) D (3) M果蝇与正常白眼雌果蝇杂交,分析子代的表型 不会有子代产生 子代无论雌雄均为白眼 子代出现部分红眼雌果蝇

第4节 人类遗传病可以检测和预防

【选择题】

1. B 2. D 3. C 4. D 5. B 6. D 7. D 8. A 9. C 10. C 11. A 12. D

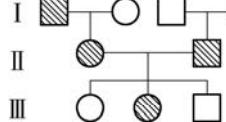
【综合题】



- (2) 1/6 (3) BC (4) C (5) 3/5 该男孩有可能是致病基因携带者,其婚配对象即使表型正常,也有可能是携带致病基因,所以他们需要做致病基因检测,以确定是否携带致病基因。

2. (1) 常 显 (2) 杂合体 $1/2$ (3) C (4) 0 $1/2$ 不需要,因为这对夫妇 *JAG1* 基因均为隐性纯合体,不携带先天性肝内胆管发育不良征致病基因;而妻子表型正常,说明其 X 染色体上不携带抗维生素 D 佝偻病致病基因,所以该男性胎儿不携带这两种疾病的致病基因,因此不需要针对这两种疾病做进一步检查。

3. (1) 常 隐 (2) C (3) II-3、II-4、III-2、III-3 D (4) ABD (5) $1/2$ 0

4. (1) I  (2) 显性 常 (3) G-C 突变成 A-T $2/3$ 基因检测

本章综合练习

1. (1) 秋水仙素 $ddTT$ (2) F_1 自交后发生性状分离 $1/3$ 自交 (3) $ddTT : ddTt : ddtt = 1 : 2 : 1$ (4) I 方法 II 通过杂交育种从 F_1 自交得到的 F_2 中选育矮秆抗锈病的植株,再进行自交、选择,至少需要 6~7 代才能得到纯合矮秆抗锈病的植株;方法 I 通过染色体变异的方法用 F_1 的花粉离体培养获得单倍体植株,再用秋水仙素等药物处理使染色体加倍得到纯合二倍体,经筛选即可得到纯合矮秆抗锈病的植株。 (5) 基因突变

2. (1) 隐 X (2) 0 (3) ② ④ ① ③ (4) 母亲 进行性假肥大性肌营养不良是由 X 染色体上的隐性致病基因控制,III-1(X^dX^dY)的父亲($X^D Y$)正常,其两条含有致病基因的 X 染色体只能都来自母亲

3. (1) 血红蛋白基因中 A-T 替换为 T-A,使转录的 mRNA 由 GAG 变为 GUG,导致编码的氨基酸由谷氨酸变为缬氨酸,引起血红蛋白结构与功能异常。 (2) 不改变 尽管基因突变使密码子发生了改变,但所编码的氨基酸还是谷氨酸,蛋白质未发生改变,所以生物性状不变 (3) 隐性常 (4) Bb $1/8$ BB

第 4 章 生物的进化

第 1 节 多种证据表明生物具有共同祖先

【选择题】

1. D 2. C 3. C 4. B 5. C 6. B 7. C 8. D 9. A 10. D 11. C 12. D

【综合题】

1. (1) Z (2) 优点:化石是保存在地层中古生物遗体、遗物或生活痕迹等,是真实存在的,可作为生物进化的直接证据,不同生物化石的出现和地层有着平行的关系,因此可推测生物的进化趋势。缺点:有些生物没有形成化石,有些化石还没有被发现,导致某些进化分支点上关键物种的化石缺失,使得进化证据链上出现缺环。 (3) 不同意。苍蝇和麻雀都有翅膀,可以飞翔,但这两种翅膀并非同源器官,苍蝇属于昆虫类,麻雀属于鸟类,两者亲缘关系较远,器官发育并不同源。

2. (1) AB (2) 如果内共生学说成立,好氧细菌细胞质膜与线粒体内膜成分相似,好氧细菌 DNA 与线粒体 DNA 有较高相似性。

第2节 生物进化理论在不断发展

【选择题】

1. C 2. A 3. C 4. B 5. B 6. A 7. C 8. D 9. B 10. B 11. C 12. D

【综合题】

1. (1) 种群 基因突变 (2) 90% (3) 上升 使用杀虫剂后,具有 R 基因的蚊子幼虫能够抵抗杀虫剂的作用而存活,不具有 R 基因的蚊子幼虫无法抵抗杀虫剂作用而死亡
2. (1) ABC (2) 种群 基本单位 (3) 上升 陆地食物短缺,联趾蜥蜴更适合在水中捕捉食物,而大量繁殖
3. (1) 地理 (2) ③→④→① (3) 没有发生进化 这一年前后,该种群中 A 基因的频率均为 0.2,因此该种群没有发生进化。

第3节 物种的形成和灭绝是进化过程中的必然事件

【选择题】

1. C 2. B 3. A 4. B 5. B 6. A 7. C 8. A 9. A 10. B

【综合题】

1. (1) 南美洲地雀 适应辐射 增加生物多样性 (2) C (3) 地理 生殖
2. (1) ABC (2) 比较原始的哺乳类生物产生不同的变异,其中适应水环境的变异被水环境选择而保留下来,这样代代选择、积累,经过漫长年代而形成了水栖型生物。
3. (1) A (2) 为自然选择提供素材 (3) 由于峡谷和河流将原种群分割为种群 1 和种群 2,阻断了两个种群的基因交流;种群 1 和种群 2 内在的变异开始积累,且产生的变异被环境选择保留下来;种群逐渐适应了生存环境,种群规模开始扩张,并形成生殖隔离,新物种形成。
4. (1) 短喙 平底金苏雨树果实较薄,短喙的蝽也能获得充足的食物,大量繁殖 (2) 下降。因为无患子科植物的果皮坚硬,平底金苏雨树果皮较薄,蝽优先食用平底金苏雨树果实,减少无患子科植物种子的传播,从而使无患子科植物繁殖能力下降。 (3) 进化趋势可能是果皮变薄。果皮薄的无患子科植物容易被蝽取食,更有利于种子传播。

本章综合练习

1. (1) 线粒体 (2) 黑猩猩 这些生物细胞中都有细胞色素 c,表明它们可能具有共同祖先;亲缘关系越近的生物,组成细胞色素 c 的氨基酸的差别就越小,反之则越大(合理即可)。 (3) 比较 DNA 分子的相似程度,如测定不同生物细胞色素 c 的基因序列,比较碱基差异数;比较细胞结构和功能相似程度,如比较不同生物细胞质膜中的蛋白质等成分的差异、细胞器的异同等(合理即可)。
2. (1) 基因突变 (2) 是同一种物种。因为种群 I 和种群 II 有基因交流。 (3) 由于地理屏障阻断了两个种群的基因交流,而两个区域环境不同,导致自然选择的方向不同,种群 I 中深色更利于生存,导致种群 I 中深色的甲虫比例越来越多,而种群 II 中灰色更利于生存,导致灰色甲虫的比例越来越多。
3. (1) 由于种群 B 中适应当地环境的基因突变被保留下来,并逐渐积累,使得含有这种基因的

个体数量不断增加；同时，由于种群 B 与种群 A、C 的基因交流被阻断，种群 B 中得不到来自种群 A、C 基因的补充，种群 B 中含有 A、C 种群基因的个体不断减少，逐渐与 A、C 种群形成生殖隔离，成为新物种（合理即可）。（2）不适应环境，导致物种 B 消失；人类活动破坏了栖息地或者遭到捕杀等，导致物种 B 消失。

4. （1）矿渣 长在重金属污染土壤上的矿渣种群受到的选择程度比非污染草地种群大，更多地将抗性强的剪股颖选择出来。（2）风将抗性的植物花粉传递到 B、C、D 种群，抗性强的植物被选择出来，而大量繁殖。

附录3 《实验与活动部分》“学业评价”参考答案

探究·活动1-1 探讨DNA分子双螺旋结构的发现过程并制作模型

1. C 2. D 3. B

探究·建模2-1 模拟减数分裂过程中染色体的变化

1. A 2. B 3. BD 4. D

探究·建模2-2 模拟植物花色性状分离

1. A 2. B 3. B 4. C 5. D

探究·活动3-1 人类常见遗传病的调查分析和预防宣传

1. D 2. C 3. CD

探究·活动4-1 探讨细菌耐药性与抗生素使用的关系

1. 从未使用过抗生素的人感染的细菌也可能会具有耐药性,因为人群普遍使用某种抗生素,则自然界耐这种抗生素的细菌的比例在增加。对一个从未使用抗生素的个体而言,感染这种抗性细菌的概率也在上升。

2. 从教材4-16中的11号培养基取出菌落,接种至含有青霉素的培养基中进行培养,如果长出菌落,则说明对链霉素具有耐药性的细菌对青霉素也具有耐药性;如果没有菌落,则说明对链霉素具有耐药性的细菌对青霉素没有耐药性。

3. 略。(宣传海报内容要求尽量全面,包括细菌耐药性的危害和出现原因、滥用抗生素的危害、合理使用抗生素的倡议等,内容科学、设计美观,并尝试在校园、小区中对人们进行科普宣传。)

探究·建模4-2 模拟自然选择对种群基因频率的影响

1. A 2. (1) 在深色树干上,浅色的桦尺蛾容易被天敌发现,而被大量捕食,数量减少,因此,决定浅色的s基因频率呈现下降的趋势。在浅色树干上,浅色的桦尺蛾不容易被天敌发现,更适应环境,大量繁殖,因此,决定浅色的s基因频率呈现上升的趋势。环境不同,自然选择的方向不同,基因频率会发生定向改变。 (2) 不可以,新物种形成的判断依据是丧失相互交配的能力,或者无法形成可育后代。基因频率差异大,只能表示种群进化的方向不同,不能表示产生新的物种。

附录 4 教学参考用书

1. 中华人民共和国教育部. 普通高中生物学课程标准(2017 年版 2020 年修订). 北京: 人民教育出版社, 2020.
2. 孟德尔等. 遗传学经典论文选集. 梁宏等译. 北京: 科学出版社, 1984.
3. 刘祖洞等. 遗传学(第 3 版). 北京: 高等教育出版社, 2013.
4. 翟中和等. 细胞生物学(第 4 版). 北京: 高等教育出版社, 2011.
5. [美]哈特尔等. 遗传学: 基因和基因组分析(第八版). 杨明译. 北京: 科学出版社, 2015.

说 明

本书根据教育部颁布的《普通高中生物学课程标准(2017年版2020年修订)》和高中生物学教科书编写,经上海市中小学教材审查委员会审查准予使用。

编写过程中,上海市中小学(幼儿园)课程改革委员会专家工作委员会,上海市教育委员会教学研究室,上海市课程方案教育教学研究基地、上海市心理教育教学研究基地、上海市基础教育教材建设研究基地、上海市生命科学教育教学研究基地(上海高校“立德树人”人文社会科学重点研究基地)及基地所在单位华东师范大学给予了大力支持。还有许多学科专家、教育专家、教研人员及一线教师给我们提出了宝贵意见和建议,感谢所有对教材编写、出版提供帮助与支持的同仁和各界朋友!

欢迎广大师生来电来函指出书中的差错和不足,提出宝贵意见。出版社电话:021-64848025。

声明 按照《中华人民共和国著作权法》第二十五条有关规定,我们已尽量寻找著作权人支付报酬。著作权人如有关于支付报酬事宜可及时与出版社联系。

经上海市中小学教材审查委员会审查
准予使用 准用号 II-GJ-2021048



绿色印刷产品

ISBN 978-7-5478-5577-5

9 787547 855775 >

定价：30.00 元