

普通高中课程标准实验教科书

生物2 必修

遗传与进化

教师教学用书

人民教育出版社 课程教材研究所 编著
生物课程教材研究开发中心



人民教育出版社

主 编：朱正威 赵占良
副 主 编：李 红
编写人员：李新花 王伟光 曹保义 王真真 吴兢勤 丁远毅 付 燕
胡学军 吴成军 王永胜 蔡民华 孙 晖 赵占良 李 红
责任编辑：吴兢勤 李 红
插图绘制：刘 菊

图书在版编目(CIP)数据

普通高中课程标准实验教科书教师教学用书. 生物. 2, 遗传与进化: 必修 / 人民教育出版社, 课程教材研究所生物课程教材研究开发中心编著. —2 版. —北京: 人民教育出版社, 2007. 1(2019. 8 重印)
ISBN 978-7-107-17830-6

I. ①普… II. ①人… ②课… III. ①生物课—高中—教学参考资料 IV. ①G633

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 024360 号

普通高中课程标准实验教科书 生物 2 必修 遗传与进化 教师教学用书

出版发行 人民教育出版社
(北京市海淀区中关村南大街 17 号院 1 号楼 邮编:100081)
网 址 <http://www.pep.com.cn>
经 销 全国新华书店
印 刷 山东临沂新华印刷物流集团有限责任公司
版 次 2007 年 1 月第 2 版
印 次 2019 年 8 月第 30 次印刷
开 本 890 毫米×1240 毫米 1/16
印 张 11
字 数 291 千字
定 价 31.70 元

版权所有·未经许可不得采用任何方式擅自复制或盗用本产品任何部分·违者必究
如发现内容质量问题、印装质量问题, 请与本社联系。电话: 400-810-5788

目 录

致教师	1
-----------	---

第1章 遗传因子的发现 14

本章教材分析	14
第1节 孟德尔的豌豆杂交实验（一）	16
第2节 孟德尔的豌豆杂交实验（二）	25
教学设计与案例	37

第2章 基因和染色体的关系 42

本章教材分析	42
第1节 减数分裂和受精作用	46
第2节 基因在染色体上	56
第3节 伴性遗传	60
教学设计与案例	66

第3章 基因的本质 68

本章教材分析	68
第1节 DNA 是主要的遗传物质	71
第2节 DNA 分子的结构	75
第3节 DNA 的复制	80
第4节 基因是有遗传效应的 DNA 片段	85
教学设计与案例	89

第4章 基因的表达 93

本章教材分析	93
第1节 基因指导蛋白质的合成	95
第2节 基因对性状的控制	100
第3节 遗传密码的破译（选学）	103
教学设计与案例	107

第5章 基因突变及其他变异	111
本章教材分析	111
第1节 基因突变和基因重组	113
第2节 染色体变异	118
第3节 人类遗传病	124
教学设计与案例	130
第6章 从杂交育种到基因工程	134
本章教材分析	134
第1节 杂交育种与诱变育种	135
第2节 基因工程及其应用	137
教学设计与案例	144
第7章 现代生物进化理论	149
本章教材分析	149
第1节 现代生物进化理论的由来	152
第2节 现代生物进化理论的主要内容	155
教学设计与案例	167

致教师

《遗传与进化》是高中生物课程的三个必修模块之一。正如《普通高中生物课程标准（实验）》（以下称“课程标准”）所指出的：“必修模块选择的是生物科学的核心内容，同时也是现代生物科学发展最迅速、成果应用最广泛、与社会和个人生活关系最密切的领域。所选内容能够帮助学生从微观和宏观两个方面认识生命系统的物质和结构基础、发展和变化规律以及生命系统中各组分间的相互作用。因此，必修模块对于提高全体高中学生的生物科学素养具有不可或缺的作用。”要搞好本模块的教学，首先应当深入理解本模块的意义和价值。

学生学习本模块的意义和价值

课程标准在“课程设计思路”中，对本模块的意义和价值，作了如下简明的概括：本模块“有助于学生认识生命的延续和发展，了解遗传和变异规律在生产生活中的应用；领悟假说演绎、建立模型等科学方法及其在科学研究中的应用；理解遗传和变异在物种繁衍过程中的对立统一，生物的遗传变异与环境变化在进化过程中的对立统一，形成生物进化观点”。

课程标准在“内容标准”部分对本模块的意义和价值又作了进一步的阐述：“本模块选取的减数分裂和受精作用、DNA 分子结构及其遗传基本功能、遗传和变异的基本原理及应用等知识，主要是从细胞水平和分子水平阐述生命的延续性；选取的现代生物进化理论和物种形成等知识，主要是阐明生物进化的过程和原因。学习本模块的

内容，对于学生理解生命的延续和发展，认识生物界及生物多样性，形成生物进化的观点，树立正确的自然观有重要意义。同时，对于学生理解有关原理在促进经济与社会发展、增进人类健康等方面的价值，也是十分重要的。”

分析课程标准的上述表述，结合“具体内容标准”和教材内容可以看出，本模块内容在知识、能力和情感态度价值观三个方面都具有独特的教育价值。

在知识教育方面的价值

对于本模块在知识教育方面的价值，还需要将本模块与另外两个必修模块作为一个整体来考虑。必修模块“所选内容能够帮助学生从微观和宏观两个方面认识生命系统的物质和结构基础、发展和变化规律以及生命系统中各组分间的相互作用”，这是课程标准对必修模块内容的知识教育价值所做的高度概括，它明确指出了在高中生物必修课中，学生的认知对象是生命系统——包括细胞、个体、群体、生态系统等各个层次；认知目标就是理解不同层次生命系统的物质和结构基础、发展和变化规律、各组分间的相互作用、系统与环境的相互作用。对这一认知目标的达成，三个必修模块各有其独特的作用。就本模块来说，主要是揭示生物在代代繁衍的过程中，遗传物质是如何传递和变化以及如何起作用的，也可以说是从基因的视角来达成上述认知目标。具体分析如下（图 1）：

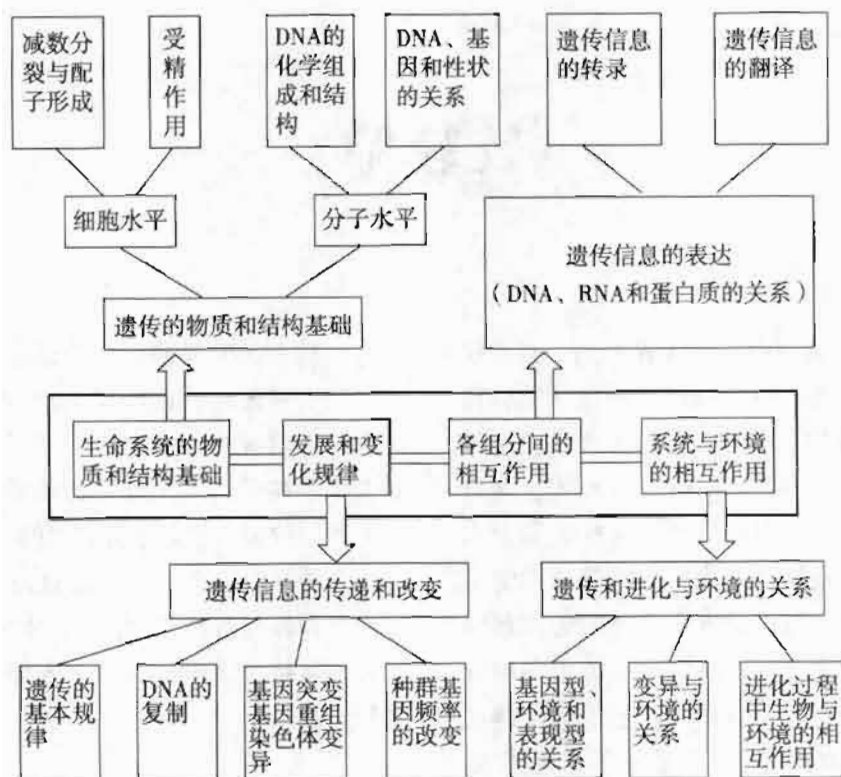


图1 本模块在知识教育方面的价值

在能力培养方面的价值

课程标准确定的能力目标包括操作技能、信息能力和科学探究能力三个方面，尤为重视科学探究能力的培养。领悟和运用科学方法，对于发展科学探究能力至关重要，而不同模块在科学方法教育上既有共同之处，又有不同的侧重点。下面首先分析本模块在科学方法教育方面的独特价值。

正如课程标准所指出的，本模块有助于学生“领悟假说演绎、建立模型等科学方法及其在科学研究中的应用”。这一表述明确指出了本模块在科学方法上的侧重点。

就思维过程的方法论而言，归纳和演绎都是重要的科学方法，前者是从特殊事实中概括出一般原理的推理形式和思维方法，后者是从一般到特殊，根据一类事物都有的一般属性、关系、本质来推断该类中的个别事物所具有的属性、关系和本质的推理形式和思维方法。二者是互为补充、相辅相成的。从近代科学到现代科学，以观察

(实验)一归纳为主的方法逐渐让位给以假说—演绎为主的方法。这是因为现代科学从总体上来说，已经不是处在经验材料的收集阶段，而是处于高度的理论概括和演绎的阶段。由于数学、计算机科学等工具学科的发展，人们能够凭借这些工具提出假说，然后演绎出理论体系或具体推论，再通过观察和实验来检验。当然，在应用假说—演绎法时，仍需要以经验归纳法作补充，以一定的实验事实为根据。

假说—演绎法的内容主要安排在本模块中，特别是在教材《遗传因子的发现》和《基因和染色体的关系》两章。在其他两个必修模块也有所涉及。

模型方法也是现代生物科学研究的重要方法。《分子与细胞》模块侧重物理模型和概念模型的构建，如真核细胞三维结构模型和细胞膜的流动镶嵌模型；本模块侧重物理模型和数学模型的构建，如DNA分子的双螺旋结构模型、减数分裂中染色体数目和行为变化的模型和种群基因频率变化的

数学模型;《稳态与环境》模块则进一步练习各类模型的构建。

同其他两个模块一样,本模块的科学方法教育既有侧重点,又是全方位的。通过科学史的介绍和探究活动的安排,学生可以在逻辑推理(如归纳、演绎、类比)的训练、数学方法的运用、实验材料的选择、实验数据的处理等方面得到全面提高。

本模块安排的探究活动十分丰富,包括实验3个、探究2个、模型建构2个、调查(课外实践)2个、资料分析(资料搜集和分析)7个、思考与讨论16个、技能训练5个。通过这些探究活动,可以全面提高学生的生物学实验操作技能、收集和处理信息的能力、科学探究能力。

在情感态度价值观教育方面的价值

本模块所蕴含的情感态度价值观内容十分丰富,依据课程标准的有关表述,并结合教材内容进行分析,主要包括以下几个方面。

对立统一的观点 对立统一的观点是辩证唯物主义观点的重要组成部分。课程标准在“课程设计思路”中指出,本模块有助于学生“理解遗传和变异在物种繁衍过程中的对立统一,生物的遗传变异与环境变化在进化过程中的对立统一”。遗传和变异是一对矛盾,前者是指生物在传宗接代过程中遗传物质的稳定性,后者是指这一过程中遗传物质和性状的变化。遗传有利于有利变异的积累,变异则有利于生物适应环境的不断变化。没有遗传就不可能形成稳定的物种,没有变异就不会出现物种的分化。变是绝对的,不变是相对的;从量上比较,遗传的基因是大量的,改变的基因是少量的;少量的变异逐渐积累,量变会引起质变,形成新的物种,因此,可以说变与不变在物种形成的过程中得到统一,在对环境的适应中得到统一。生物的遗传和变异与环境的变化是相互作用的,生物所产生的可遗传的变异,能否在繁衍过程中保存下来,取决于该变异对环境的

适合度;生物又不是单纯地适应环境,它们所产生的变异,可能会影响环境的变化,导致生物与环境的共同进化,这就是遗传变异与环境变化在进化过程中的对立统一。此外,本模块还涉及生物的多样性与共同性的统一。从遗传角度看,所有的生物共用一套遗传密码;从进化的角度看,所有生物有着共同的起源。这些内容对于学生形成对立统一的观点都是十分重要的。

生物进化的观点 本模块对学生进一步形成生物进化的观点具有重要意义。尽管学生在初中阶段已经学过一些生物进化的知识,但由于遗传学知识基础的限制,不可能对生物进化的原理有深入的理解,生物进化观点的建立还处于初级水平,面对进化论领域的不同观点还缺乏鉴别能力。本模块在引导学生深入学习有关遗传学知识的基础上,较深入地介绍了现代生物进化理论,对达尔文进化论的巨大贡献和局限性也做了辩证的分析,这就有利于学生进一步确立生物进化的观点,提高对进化论领域的不同观点甚至伪科学论调的鉴别能力。

科学态度和科学精神 本模块教材中介绍了许多科学家在研究过程中表现出的科学态度和科学精神,比如孟德尔热爱科学、锲而不舍、敢于独立思考的精神,摩尔根尊重科学、勇于自我否定的精神,达尔文既能挑战传统观念,又能正视自己不足的精神,等等。这对于学生养成科学态度和科学精神都有助益。

科学技术价值观 课程标准指出,本模块“对于学生理解有关原理在促进经济与社会发展、增进人类健康等方面的价值,也是十分重要的。”为体现课程标准的这一要求,教材中介绍了DNA指纹技术在刑侦和亲子鉴定等方面的应用、遗传病的监测和预防、遗传学原理在育种上的应用、基因工程的应用等内容。实际上,教材中反映科学技术价值的内容远不止这些,大致可以归纳为下图(图2):

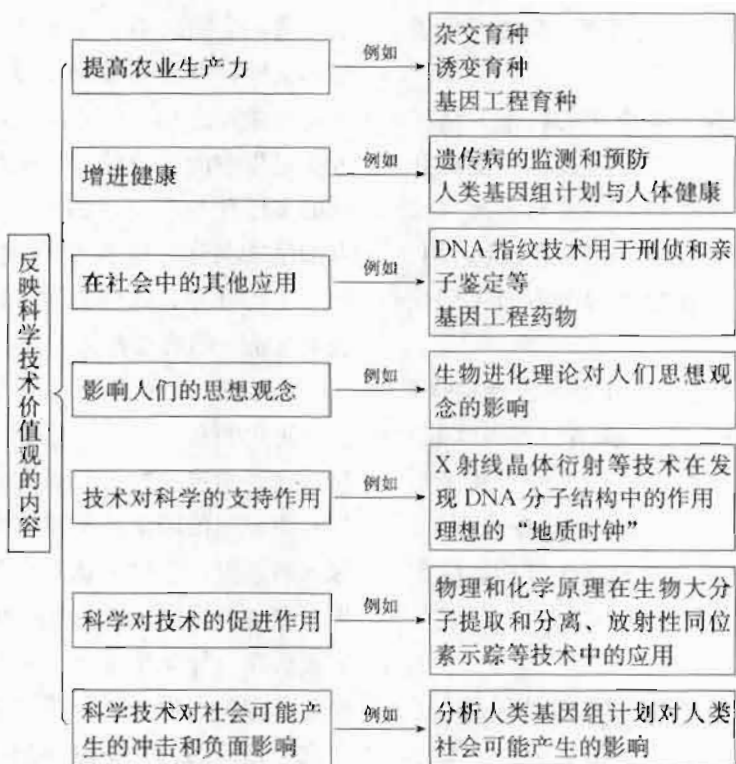


图2 本模块反映科学技术价值观的内容

本模块教学内容的 设计思路和呈现方式

设计思路

课程标准（特别是本模块的内容标准）是本模块教学内容设计的重要依据。总的设计思路是贯彻落实课程标准提出的基本理念，根据本模块的具体内容标准，结合学生的年龄特征、认知规律和教学实际，本着便于教和学的原则进行设计。主要包括编排体系的设计、知识内容深广度的把握、培养科学探究能力的途径、STS 教育思想的渗透等方面。

编排体系的设计 按照课程标准的要求，本模块应当包括遗传的细胞基础、遗传的分子基础、遗传的基本规律、生物的变异、人类遗传病、生物的进化六部分内容。然而，课程标准规定的这六部分内容，并不意味着教材一定分成这样六章。如何确定教材内容的编排体系和深广度，还要分

析具体内容标准、活动建议，并且要考虑学生的认知规律。

仔细分析具体内容标准，可以看出它有几个值得注意的特点。

- 知识性目标的要求大多属于理解水平 按所用知识性目标动词，具体内容标准中属于了解水平的有 3 项（举例说出、简述、列出），属于理解水平的有 14 项（阐明、说明、概述、搜集、举例说明），属于应用水平的有 2 项（总结、分析），理解水平的条目占 73.7% 以上。可见本模块的知识性目标的基本定位是理解。按照课程标准中的定义，理解是指把握内在逻辑联系，与已有知识建立联系，进行解释、推理、区分、扩展，提供证据，收集和整理信息。这既是对教材内容深广度的要求，也暗含了对教材内容编排体系的要求（如体现内在逻辑联系）。

- 重视科学的过程和方法 在具体内容标准中，仅有的两项“应用”层次的条目都是关于科学的过程和方法的：一项是“总结人类对遗传物

质的探索过程”，另一项是“分析孟德尔遗传实验的科学方法”。（在课程标准本模块的前言部分，还特别指出要让学生“体验科学家探索生物生殖、遗传和进化奥秘的过程”。）可见引导学生体验科学的过程和方法，是本模块的重要任务之一，也是确定教材编排体系要重点考虑的问题之一。

· 关注科学技术与社会的联系 在具体内容标准中，属于科学技术与社会联系范畴的内容有五项，占总条目数的 21.7%，其中一项使用知识性目标动词：“搜集生物变异在育种上应用的事例”；四项使用情感性目标动词：“关注转基因生物和转基因食品的安全性”、“探讨人类遗传病的监测和预防”、“关注人类基因组计划及其意义”、“探讨生物进化观点对人们思想观念的影响”。如何体现科学技术和社会的联系，对学生进行情感态度价值观的教育，也是教材设计要考虑的重要问题。

基于以上认识，本模块教材编排体系的设计有两点基本的考虑。第一，要让学生理解生物的遗传和进化，教学内容应当定位在基因水平。这

是由于随着生物科学的发展，人们对遗传和进化的认识已经深入到基因水平，遗传从本质上说是基因的代代相传，可遗传的变异从本质上说是生物体基因组成的变化，进化过程中物种的形成从本质上说是种群基因频率在自然选择作用下的定向改变。第二，教学内容的编排顺序基本按照科学发展的历史进程来安排，从孟德尔到摩尔根再到沃森和克里克等，从拉马克到达尔文再到现代生物进化理论。这样既展示科学的过程和方法，又体现个体水平、细胞水平、分子水平的遗传学知识的内在逻辑联系（达成对知识的理解）；既能引导学生不断提出问题，分析和解决问题，尝试像科学家那样进行解释和推理（这同样是理解水平的知识性目标所要求的），又能从众多科学家表现出的科学精神、科学态度及其他优秀品质中多有感悟。一言以蔽之，本模块是以人类对基因的本质、功能及其现代应用的研究历程为主线展开的，让学生从浓郁的历史感中获取丰富的营养，又“厚今薄古”，突出分子遗传学和现代生物进化论的内容（图 3）。

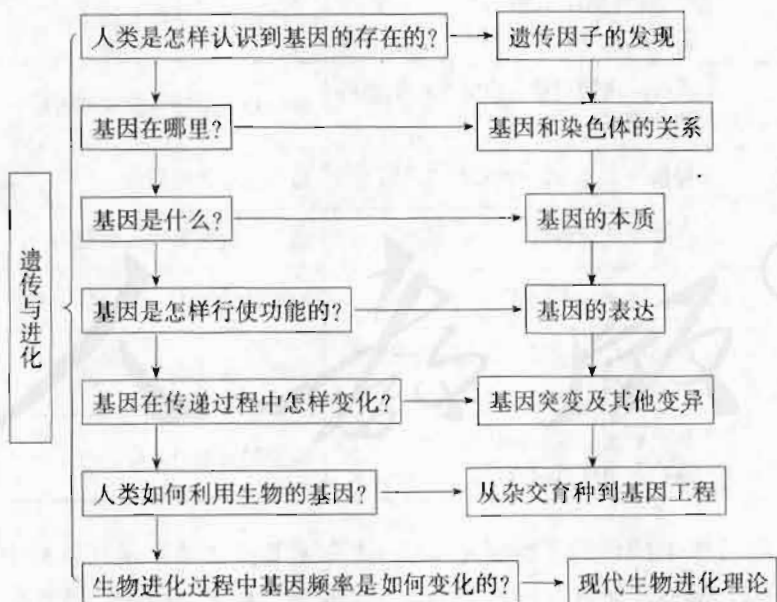


图 3 本模块编排体系的设计思路

通过上图可以看出，本模块遗传部分的内容基本是循着人类认识基因之路展开的。这样学生

学习遗传知识的过程，犹如亲历了一百多年来科学家孜孜以求的探索过程，会受到科学方法、科

学态度和科学精神等多方面的启迪。尤为重要的是,每一章的学习都围绕一个核心问题展开,学习的过程也是解决问题的过程,这对于激发学生的学习兴趣、转变学习方式、提高分析和解决问题的能力,都是非常重要的。

· 知识内容深广度的把握 教材根据课程标准的要求,知识内容的广度按具体内容标准的要求来把握,深度以理解水平为主。具体遵循以下原则。

· 把握基础性,体现先进性 按照课程标准的要求,精选符合学生发展需求和认知水平的基础知识。知识内容的深难度总体上维持在现行高中生物教材的水平,避免出现深、难、重。

为体现先进性,一方面对基本概念和原理的阐述力求与现代生物科学相一致,如中心法则不局限于克里克提出的经典法则等;另一方面以不

同形式介绍生物科学的新进展,如DNA指纹技术、生物信息学、基因治疗等。

· 突出重点,点面结合,使知识内容层次分明 知识内容以基本概念、原理和规律为重点,适当兼顾一些拓展性内容。例如,教材中关于基因的内容,正文讲述的都是核基因,对质基因则以小字形式做了简单介绍。为加强弹性,有些较深的内容安排为选学。

· 纵横衔接,促进知识网络的形成 促进学生所学知识的结构化是知识教育的重要目标。教材重视帮助学生梳理概念之间的联系,同时,重视与数学、物理、化学等学科的横向衔接。

· 强化科学方法教育、培养科学探究能力的途径

· 安排丰富多样的科学探究活动,让学生通过活动体验过程,领悟和运用方法(表1)。

表1 本模块科学探究活动的类型

探究活动类型	特 点	能力目标侧重点
实验	说明材料用具、方法步骤等	培养操作技能和观察能力
探究	学生自行制订探究方案 学生自主探究的空间大	全面提高科学探究能力
模型建构	提供一定的指导,由学生动手动脑建构模型	领悟和运用建构模型的方法
资料分析	提供让学生分析的资料	培养信息处理能力
资料搜集和分析	让学生搜集资料	培养信息搜集和处理能力
思考与讨论	提出要讨论的问题	培养思维能力
技能训练	就科学探究的某一环节创设情境,提出问题	训练过程技能
调查	提出要求和提示,让学生到自然界或社会中进行调查	培养调查能力

· 较多地介绍生物科学史的内容,特别是生物科学史上的经典案例。例如,通过分析孟德尔豌豆杂交实验,体会假说—演绎法的研究思路和数学方法的应用;通过分析萨顿的假说,体会类比推理的方法,等等。

· 鼓励学生积极思考和讨论。例如,关于孟

德尔实验方法的启示,教材中未作正面讲述,而是安排“思考与讨论”活动,让学生围绕孟德尔的研究方法讨论实验材料的选择、实验流程的设计、对结果的统计分析、对推论的验证等一系列问题,从中领悟科学方法。

· STS教育思想的渗透 通过教材展示给学生

的生物学,是在先进的技术手段支持下不断成长的生物学,是通过技术而不断转化为现实生产力的生物学,是在广阔的社会背景中,对人类文明有着巨大推动作用,同时又可能产生一些负面影响和冲击的生物学。为此,教材一方面介绍有关生物科学、技术和社会关系的资料,另一方面还引导学生深入探讨生物科学、技术和社会三者之间复杂的互动关系,理解科学的价值和局限性,养成热爱科学、尊重科学、理智地运用科学成果的情感和意识,树立人与自然界和谐发展的观念,形成科学的价值观。

呈现方式

为体现上述设计思路,教材的呈现方式具有

以下特点。

重视与生活经验的联系,创设问题情境,驱动知识的建构 借鉴有意义学习和建构主义学习理论,教材内容的表述不是从概念到概念,而是尽量从生活经验入手,创设较好的问题情境或悬念,激发学生的学习兴趣,促使学生头脑中发生新知识与原有经验之间的联系,完成知识的建构,同时也理解所学知识的价值。

· 每节都从“问题探讨”入手,该栏问题除出自科学史外,主要是从学生的生活经验中提炼(图4)。

· 不少章节采用问题串的形式,引导学生步步深入地分析问题,解决问题,建构知识,发展能力(图5)。

问题探讨



人们曾经认为两个亲本杂交后,双亲的遗传物质会在子代体内发生混合,使子代表现出介于双亲之间的性状。就像把一瓶蓝墨水和一瓶红墨水倒在一起,混合液是另外一种颜色,再也无法分出蓝色和红色。这种观点也称做融合遗传。

▲ 讨论:

1. 按照上述观点,当红牡丹与白牡丹杂交后,子代的牡丹花会是什么颜色?
2. 你同意上述观点吗? 说说你的理由。

图4 “问题探讨”示例

加强内容的引导性和开放性,促进探究性学习 为促进形成主动、探究、合作的学习方式,教材改变传统的注入式写法,也未停留在经典的启发式写法上,而是引导学生提出问题、分析问题、通过各种途径寻求答案,在解决问题的思路和科学方法上加强点拨和引导。

教材的引导性和开放性具体表现在以下几个方面:

· 有些问题,不是直接给出答案,而是让学生通过“资料分析”、“思考与讨论”、“探究”等活动寻求答案;

· 有些问题,并未叙述得面面俱到,而是提出要求,让学生自己搜集信息;

· “探究”的写法重在引导,具体方式是教材提供背景资料和提示,引导学生自主设计探究方案,并通过讨论题来引导学生总结和反思;

· 介绍生物科学上尚未解决的疑难问题或存在的争议,体现科学体系的开放性;

· 有些练习题的答案不唯一。

改进教材编写模式,促进三维教学目标的达成 这里所说编写模式是指章节的版块、栏目的设计和编排方式。每章由章首页、若干节、本

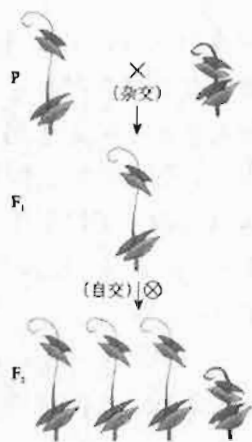


图 1-4 高茎豌豆和矮茎豌豆的杂交实验

一对相对性状的杂交实验

孟德尔用纯种高茎豌豆与纯种矮茎豌豆作亲本(用P表示)进行杂交(cross)。他惊奇地发现,无论用高茎豌豆作母本(正交),还是作父本(反交),杂交后产生的第一代(简称子一代,用 F_1 表示)总是高茎的(图1-4)。

为什么子一代都是高茎的?难道矮茎性状消失了吗?

孟德尔带着疑惑,用子一代自交,结果在第二代(简称子二代,用 F_2 表示)植株中,不仅有高茎的,还有矮茎的。

为什么子二代中矮茎性状又出现了呢?

看来矮茎性状并没有消失,只是在子一代中隐而未现。

孟德尔把 F_1 中显现出来的性状,叫做显性性状(dominant character),如高茎;未显现出来的性状,叫做隐性性状(recessive character),如矮茎。在杂种后代中,同时出现显性性状和隐性性状的现象叫做性状分离。

孟德尔没有停留在对实验现象的观察与描述上,而是对 F_2 中不同相对性状的个体进行数量统计,分析 F_2 中高茎植株与矮茎植株之间的数量关系。结果发现在所得的1 064株 F_2 植株中,787株是高茎,277株是矮茎,高茎与矮茎的数量比接近3:1。

F_2 中出现3:1的性状分离比是偶然的吗?

图 5 问题串示例

章小结和自我检测四部分组成。每节一般由问题探讨、正文主栏、正文旁栏、练习四个版块组成,正文旁栏中灵活安排“相关信息”、“知识链接”、“想像空间”、旁栏思考题等栏目,有的节后有“技能训练”或课外阅读栏目。

· 章首页由标题、引言、题图和配诗组成。引言承上启下,由上一章内容自然过渡到本章要探讨的中心问题,前后章的引言环环相扣,具有浓厚的科学史色彩。题图紧扣主题精选图片,并配以画龙点睛的小诗,烘托氛围,引人入胜,并且启迪学生关于科学本质和科学方法等方面的思考。

· 各节设置的各种栏目,功能多样,视内容需要灵活安排(表2)。

表 2 本模块设置的各种栏目

栏目名称	栏目功能
本节聚焦	提出本节要探讨的问题,明确学习目标
旁栏思考题	深入理解正文主栏内容,活跃思维,培养求异思维和发散思维
相关信息	正文主栏内容的补充和延伸,一般不要求记忆
知识链接	不同章节前后呼应,形成概念间的逻辑联系
学科交叉	体现生物学与其他学科的交叉渗透,利于知识综合,形成知识网络
想像空间	体现知识迁移,培养想像能力
批判性思维	培养独立思考的精神和批判性思维能力
技能训练	训练科学探究技能,相当于作业

· 课外阅读栏目包括“科学·技术·社会”、“科学家的故事”、“科学前沿”、“与生物学有关的职业”。四个栏目的数量和功能如下页表。

- 科学·技术·社会(2篇)——反映科学、技术和社会的互动,体现科学和技术的价值
- 科学家的故事(1篇)——介绍科学家的研究过程、方法和成果,给学生以科学方法、科学态度等方面的启迪
- 科学前沿(3篇)——介绍生物科学的前沿领域,拓展视野
- 与生物学有关的职业(3篇)——体现生物学与职业的联系,提高人生规划能力

• 节后练习包括基础题和拓展题两部分,前者用于巩固对基本概念和原理的理解;后者意在培养知识迁移和发散思维能力,供学有余力的同学选做。

• 本章小结既对本章知识要点及其内在联系进行归纳和梳理,又对本章包含的科学过程、科学方法、科学的本质及情感态度价值观等内容进行提炼和概括。

• 自我检测包括概念检测、知识迁移、技能应用、思维拓展四部分。这四部分检测题的功能如下表。

自我检测	概念检测——检测概念理解的准确性,分析概念之间的逻辑联系
	知识迁移——运用所学知识分析和解决新情境中的问题,特别是来自生产和生活实际的问题
	技能应用——训练科学探究技能
	思维拓展——在本章内容基础上进一步拓展,进行更深入、更广阔的思考,培养求异思维和发散思维等能力

自我检测题量较大,类型丰富,供教师根据学生情况适当取舍。

本模块的教学建议

要搞好模块的教学,首先要认真学习课程标准,深入领会其精神实质,理解本课程的四条基本理念——提高生物科学素养、面向全体学生、倡导探究性学习、注重与现实生活的联系,全面贯彻落实三个维度的课程目标——知识目标、情

感态度与价值观目标、能力目标。在此基础上,认真钻研教材,理解教材的编写思路,把握好重点和难点;还要了解本校学生的知识基础、能力水平、兴趣愿望和发展需求,根据本地课程资源的实际情况,创造性地开展教学,并不断总结经验,提高教学效益。

课程标准提出了七条教学建议——深化对课程理念的认识,全面落实课程目标,组织好探究性学习,加强实验和其他实践教学的教学,落实科学、技术、社会相互关系的教育,注意学科间的联系,注重生物科学史的学习。这七条建议十分重要,适用于高中生物课程的所有模块,自然也包括本模块。对这七条教学建议的具体内容,这里不再简单重复,老师们可以通过研读课程标准来贯彻落实。下面仅针对本模块的特点以及教学中可能出现的问题提出一些补充建议,供老师们参考。

如何看待和处理本模块的地位 对于本模块在整个高中生物课程中的地位,教师应当有清楚的认识。本模块既有独立的意义和价值(本文第一部分已作介绍),又与其他模块有一定的联系。本模块的教学需要以《分子与细胞》模块为基础,同时又为三个选修模块——《生物技术实践》、《生物科学与社会》和《现代生物科技专题》打基础。《生物技术实践》中“DNA的粗提取与鉴定”、“多聚酶链式反应扩增DNA片段”等课题,《生物科学与社会》中《基因诊断与基因治疗》、《现代生物技术在育种上的应用》、《生物技术药物与疫苗》等节,《现代生物科技专题》中《基因工程》、《生物技术的安全性和伦理问题》等专题,都需要本模块的知识作基础。因此,在本模块的教学中,既要注意利用《分子与细胞》模块的基础,适时提示学生回忆,做到温故而知新,从已有知识提出新的问题,又要考虑学习选修模块的需要,在本模块教学中夯实基础。此外,还应注意“到位而不越位”,有些本应在选修模块中学习的内容,在本模块就不宜过多扩展。比如关于基因工程的内容,本模块和《现代生物科技专题》模块都设有专门章节或专题,在本模块讲清楚最

基本的原理和方法,举例说明其应用即可,不要过多涉及技术细节,对应用范围的介绍也不求全面。

如何看待和使用教材 这里首先是一个教材观的问题。过去很多老师都说教材是教学的依据,其实这是不恰当的。教学的依据是课程标准。教材是教师实施课程标准所使用的主要课程资源,但不是唯一的资源。对于资源,使用者当然有取舍的权利。教材中的内容(包括知识性内容、活动、习题、讨论题、课外阅读材料等)并不是要求所有学生都必须全部学习的。教师在教学时可以在完成具体内容标准的基础上,根据实际情况有所取舍,或有所增添,做到因地制宜、因校制宜、因人制宜。

如何确定教学目标 这里所说教学目标是指学生通过每一节的学习应当达到的具体目标。课程标准阐明了本课程的目标,这是高中生物课程的总目标。在教学过程中,每一节的教学还应当有更具体的目标。课程目标为制定具体目标指明方向,具体目标为达成课程目标服务。具体目标是否恰当,关乎一节课教学的成败,也影响课程目标的达成。在课程目标的引领下,具体目标的确定首先应当以课程标准中的具体内容标准为依据。但是,具体内容标准与教材内容并不是一一对应的关系,因此还要具体分析教材内容。在此基础上,还要根据学生的实际情况,确定教学目标的具体尺度。

以上说的是确定教学目标的一般原则,除此之外,还有一些需要注意的问题。

注意教学目标的生成性 教材中每节都有“本节聚焦”,教师教学用书中每节也都列出了教学目标,这些都可以作为教师确定各节教学目标的重要参考,但不等于可以完全照搬。教师可以根据学生情况和教学进程,进行适当的调整和补充。在一定程度上说,教学目标不应该完全是事先预定的,也可以随着教学进程而自然生成。例如,关于伴性遗传,教材的“本节聚焦”是:“什么是伴性遗传?伴性遗传有什么特点?伴性遗传在实践中有什么应用?”教材中主要介绍的是人类

红绿色盲和抗维生素D佝偻病,如果在教学中发现不少同学想知道除此之外人类还有哪些疾病或其他性状是伴性遗传的,那么,能不能将“列举人类伴性遗传的实例”列入教学目标呢?答案应当是肯定的。

把握教学目标的全面性 同课程目标一样,教学目标原则上也应当有三个维度。知识目标容易确定,能力和情感态度价值观目标需要教师深入挖掘,准确把握。这里应当注意以下几点。(1)同知识目标不同,能力和情感目标的达成是一个逐渐养成的过程,不可能靠一两节课一蹴而就,诸如思维能力、表达和交流能力、科学态度等目标,可能要贯穿整个课程的始终,对此教师要做到心中有数,并且进行适当的规划。(2)就一节课而言,在三个维度目标之中可能会侧重某一个维度,比如“现代生物进化理论的由来”一节,知识内容很大程度上是初中内容的复习,因此知识目标要求不高,重点应放在情感目标上:通过引导学生分析生物进化观点对人们思想观念的影响,理解科学理论在促进人类文明前进中的作用;还要通过分析拉马克和达尔文进化论的局限性,理解科学的本质,形成对待既有科学成果的正确态度。(3)有的节很难找出明确的能力目标或情感目标,可以当作隐性目标处理,避免牵强附会。(4)在实施过程中,三维目标应当融为一体。

表述教学目标的具体性 一节课所能达成的教学目标是有限的,因此,教学目标的确定和表述应当具体、明确,切忌过于宽泛。比如,将目标表述为“培养思维能力”或“培养科学探究能力”,显然过于模糊,这样就会导致教学的盲目性。如果表述为“进行演绎推理”或“分析实验数据”,等等,就比较明确、具体,指向性就较强。

提高教学目标的可检测性 只有将教学目标确定为学生表现出的行为,而不是心理活动,教师才能及时获得教学效果的反馈,进而及时调整教学行为,达成教学目标。因此,教学目标的表述应当尽量使用课程标准中列出的行为动词,如

“举例说出”、“列举”等，避免使用“理解”、“了解”、“培养”等词语。

如何处理探究性学习与有限课时之间的矛盾 同样的知识内容，老师直接讲授知识与学生通过探究活动来获得知识相比，后者显然需要更多的时间，容易造成课时紧张的矛盾。怎样看待和处理这一问题呢？首先，应当从以学生的发展为本的理念出发，重视探究性学习的重要意义。探究性学习有利于学生知识的建构，会使学生对知识的理解更加深刻；探究性学习的目的不仅是获得知识，而且能更加有效地促进能力的发展和情感态度价值观的形成。这就是课程标准倡导探究性学习的原因。教学中应当尽最大努力贯彻这一条基本理念。其次，倡导探究性学习并不意味着对其他学习方式一概排斥，对某些教学内容来说，接受式学习仍然是有效的学习方式。例如，关于减数分裂，让学生通过探究活动自主发现减数分裂的过程和特点是非常困难的，先由老师讲清楚这些内容，再让学生观察减数分裂固定装片，不失为可行的办法。此外，为解决课时紧张的问题，教师应当统筹规划，并且积极应用多媒体课件等现代教学技术，提高单位时间内的教学效益。

如何处理科学史内容与基本概念和原理的关系 本模块的特点是以人类对基因的本质、功能及其现代应用的研究历程为主线展开的，涉及科学史的内容很多。从内容篇幅上看，有时科学史

的内容要多于基本概念和原理的表述。是不是科学史的内容比基本概念和原理更重要呢？教学中应该如何把握二者之间的关系？首先，二者不是对立和割裂的，而是统一的。介绍或引导学生分析科学史，主要目的之一就是要促进学生对知识的主动建构，有利于学生更好地掌握基本概念和原理。例如，《DNA 是主要的遗传物质》一节，仅通过实验证据和 RNA 病毒的内容，也能让学生理解 DNA 是主要的遗传物质，但是学生可能会觉得枯燥，难以达到最佳效果。教材中先介绍“对遗传物质的早期推测”，让学生知道很长一段时间内人们竟认为遗传物质是蛋白质，而不是 DNA，这样就会产生强烈的求知欲望，进而乐于分析相关实验证据，得出结论。其次，要将科学史当作供学生分析和讨论的材料，而不要让学生将科学史本身作为基础知识来记忆。这毕竟不是生物科学史课程，不能“为史而史”。此外，应及时对基本概念和原理进行归纳和梳理，不要让它们淹没在科学史的“海洋”中。

以上是在课程标准所作教学建议的基础上，针对教学中还可能遇到的问题和本模块的特点提出的补充建议，在本书后续内容中还有各章节的具体建议，供老师们参考。老师们在教学中还会遇到许多新问题，需要在实践中探索解决的办法。相信大家会创造出许多新鲜的经验，期待着与大家进行更深入的交流。

表3 本模块科学探究活动一览表

活动栏目类别	活动内容	在教科书中的位置
实验	性状分离比的模拟 观察蝗虫精母细胞减数分裂固定装片 低温诱导植物染色体数目的变化	第1章第1节 第2章第1节(一) 第5章第2节
探究	脱氧核苷酸序列与遗传信息的多样性 自然选择对种群基因频率变化的影响	第3章第4节 第7章第2节(一)
资料分析	分析人类红绿色盲症 基因与DNA的关系 中心法则的发展 隔离在物种形成中的作用	第2章第3节 第3章第4节 第4章第2节 第7章第2节(二)
资料搜集和分析	通过基因诊断来监测遗传病 人类基因组计划及其影响	第5章第3节 第5章第3节
思考与讨论	孟德尔获得成功的原因 基因和染色体的关系 分析艾弗里和赫尔希等人的实验 构建DNA双螺旋结构模型的过程 遗传信息的转录 碱基与氨基酸的对应关系 密码子表 蛋白质合成的过程 遗传密码的阅读方式 基因突变的实例 基因重组的意义 杂交育种的局限性 诱变育种的优点和局限性 生物进化观点对人们思想观念的影响 用数学方法讨论基因频率的变化 生物多样性形成的历史进程	第1章第2节 第2章第2节 第3章第1节 第3章第2节 第4章第1节 第4章第1节 第4章第1节 第4章第1节 第4章第3节 第5章第1节 第5章第1节 第6章第1节 第6章第1节 第7章第1节 第7章第2节(一) 第7章第2节(三)
模型建构	建立减数分裂中染色体变化的模型 制作DNA双螺旋结构模型	第2章第1节(二) 第3章第2节
调查	调查人群中的遗传病	第5章第3节
技能训练	设计实验程序 识图和作图 类比推理 提出假说,得出结论 分析图解	第1章第1节 第2章第1节(二) 第2章第2节 第4章第2节 第7章第2节(二)
课外实践	调查转基因食品的发展现状	第6章第2节

表 4 本模块教学参考课时数 (36 课时, 其中机动课时 5~6)

教学内容	参考课时数
第 1 章 遗传因子的发现	4
第 1 节 孟德尔的豌豆杂交实验 (一)	2
第 2 节 孟德尔的豌豆杂交实验 (二)	2
第 2 章 基因和染色体的关系	5
第 1 节 减数分裂和受精作用	3
一 减数分裂	2
二 受精作用	1
第 2 节 基因在染色体上	1
第 3 节 伴性遗传	1
第 3 章 基因的本质	5
第 1 节 DNA 是主要的遗传物质	1
第 2 节 DNA 分子的结构	2
第 3 节 DNA 的复制	1
第 4 节 基因是有遗传效应的 DNA 片段	1
第 4 章 基因的表达	3 或 4
第 1 节 基因指导蛋白质的合成	2
第 2 节 基因对性状的控制	1
第 3 节 遗传密码的破译 (选学)	1
第 5 章 基因突变及其他变异	5
第 1 节 基因突变和基因重组	1
第 2 节 染色体变异	2
第 3 节 人类遗传病	2
第 6 章 从杂交育种到基因工程	3
第 1 节 杂交育种与诱变育种	1
第 2 节 基因工程及其应用	2
第 7 章 现代生物进化理论	5
第 1 节 现代生物进化理论的由来	1
第 2 节 现代生物进化理论的主要内容	4
一 种群基因频率的改变与生物进化	2
二 隔离与物种的形成	1
三 共同进化与生物多样性的形成	1

第1章

遗传因子的发现

人类对遗传现象的科学解释，最早是孟德尔从豌豆杂交实验中总结出来的。他对遗传因子的发现和对遗传规律的总结，使自然科学中诞生了一门新的学科——遗传学。本章内容将引导学生沿着人类对遗传物质的认识过程来探索遗传的奥秘。

本章教材分析

一、教学目的要求

知识方面

1. 分析孟德尔遗传实验的科学方法。
2. 阐明分离定律。
3. 阐明自由组合定律。

情感态度与价值观方面

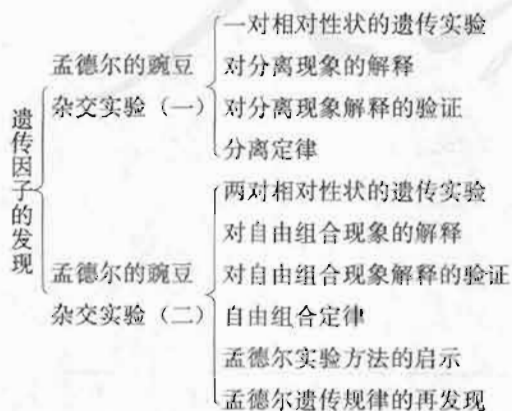
认同敢于质疑、勇于创新、勇于实践，以及严谨、求实的科学态度和科学精神。

能力方面

1. 运用数学统计方法和遗传学原理解释或预测一些遗传现象。
2. 尝试进行杂交实验的设计。

二、教学内容的结构和特点

(一) 教学内容的结构



(二) 教学内容的特点

本章是本册书的开篇，它循着人类认识基因之路，从150多年前孟德尔的植物杂交实验开始，即从个体水平出发，来展示人类探索遗传规律的历程。

本章题图创设的画面很容易把学习者带入150多年前的意境中：在书写着孟德尔数学计算手迹的底图上，叠加着遗传学之父孟德尔年轻时的肖像，古旧的淡黄底色，无形中给画面增添了几分历史的凝重。“八年耕耘源于对科学的痴迷，一畦畦豌豆蕴藏遗传的秘密。实验设计开辟了研究的新路，数学统计揭示出遗传的规律。”简洁的4句小诗不仅点出了本章的主要内涵，还引领着学习者“从孟德尔的植物杂交实验开始，循着科学家的足迹，探索遗传的奥秘。”

本章内容包括两节：第1节《孟德尔的豌豆杂交实验（一）》；第2节《孟德尔的豌豆杂交实验（二）》。第1节（包括“性状分离比的模拟”实验）和第2节均可用2课时教学。

第1节《孟德尔的豌豆杂交实验（一）》，由“一对相对性状的遗传实验”，“对分离现象的解释”，“对分离现象解释的验证”和“分离定律”四部分内容构成。

本节开始的问题探讨是通过红蓝墨水混合的比喻，让学生了解“融合遗传”的内涵，从而为进一步理解本节所述的孟德尔“颗粒遗传”的观点打下伏笔。

在介绍一对相对性状的遗传实验前,编者首先介绍了孟德尔的生平(如进修了自然科学和数学)及孟德尔所用的实验材料豌豆的有关知识(如豌豆是自花受粉植物等),这为后面讲述孟德尔进行的豌豆杂交实验,并最终取得成功进行了必要的铺垫。

本节的教学内容是按照孟德尔的探索过程由现象到实质,层层深入地展开的。教材首先介绍了孟德尔的杂交实验方法和观察到的实验现象(发现问题),接着,介绍了孟德尔对实验现象进行的分析(提出假说),然后,介绍了对分离现象解释的验证(验证假说),最后,归纳总结出分离定律(总结规律)。这样编写教材,在教学内容的组织上体现了学科内在逻辑性与学生认识规律的统一。考虑到削枝强干,重点突出,原教材中的“基因型和表现型”、“分离定律在实践中的应用”以及“显性的相对性”等内容,有的删减,有的移到教材的其他地方讲述,这样安排可以使教学内容更加简洁流畅,也便于学生沿着孟德尔的探索过程进行思考和从实验中领悟科学方法。

在呈现方式上,编者的主旨思想是以孟德尔发现遗传因子的实验过程为主线,突出科学史和科学研究方法的教育,与原教材比较,本教材在这方面又有新的突破,主要表现在以下几方面。

1. 对实验过程采用问题串的形式,层层深入地引发问题和分析问题,在分析和解决问题的过程中建构知识框架。如在讲述一对相对性状的遗传实验时,就用“为什么子一代都是高茎的?”“难道矮茎性状消失了吗?”“为什么子二代中矮茎性状又出现了呢?”“ F_2 中出现3:1的性状分离比是偶然的吗?”等问题来引导学生分析问题。

2. 对杂交实验的解释和对遗传规律的总结完全是根据孟德尔的推理得出的。如对于基因与染色体的关系,教材也没有做跨越时代的说明,而是按照科学史的发展顺序,把这一内容放在第2章减数分裂的内容之后进行叙述。

3. 在讲述孟德尔探究方法的基础上,不失时机地提出要求,让学生主动参与对问题的分析。例如,让同桌同学根据孟德尔的假说,讨论高茎

豌豆与矮茎豌豆杂交实验的分析图解;在验证实验中,让学生根据孟德尔的理论,自己预测杂交实验的结果等。这样编排教材,其目的是激励学生主动探究,自主获得知识,为学生能力的培养和情感态度的体验留下了更大的空间。

为了加深学生对遗传因子的分离和配子的随机结合与性状之间的数量关系的理解,体验孟德尔的假说,课文中穿插了模拟实验——“性状分离比的模拟”;正文中还辟有专门栏目,对本节科学史中体现出来的主要科学方法“假说—演绎法”进行了介绍;在正文的最后,编者又创设与植物杂交有关的问题情境,安排学生进行设计实验程序的技能训练。

第2节《孟德尔的豌豆杂交实验(二)》,由“两对相对性状的遗传实验”,“对自由组合现象的解释”,“对现象解释的验证”,“自由组合定律”,“孟德尔实验方法的启示”和“孟德尔遗传规律的再发现”六部分内容构成。

本节问题探讨活动以一个生产中的实际问题——奶牛的产奶量和生长速率引入对两对相对性状的讨论。

本节在教学内容的安排上与第1节一样,同样是按照科学发现过程的顺序来构建框架体系,并按着孟德尔的实验过程,由现象到实质,层层深入地展开讨论。在呈现方式上,同样强调了科学史和科学研究方法的教育,让学生犹如亲历科学家的探索过程,从浓郁的历史感中获取科学知识和对科学方法的领悟。对于这一点,这里不再赘述,需要指出的有以下几点。

1. 本节的开始,就提出新的质疑:“一对相对性状的分离对其他相对性状有没有影响呢?”在此基础上再展开对两对相对性状的讨论,既强调了二者之间的联系,又褒扬了孟德尔敢于质疑、勇于创新和实践的科学品质和科学精神。

2. 本节在内容的表述上十分注重建立两对性状与一对性状的联系,如不仅单独分析粒形与粒色,还以旁栏思考题的形式,从数学角度引导学生建立两者之间的联系。这为学生理解从单因素到多因素进行研究的科学方法埋下了伏笔。

3. 在讲述两大遗传定律后,单设标题,揭示实验方法带给我们的启示,并通过思考与讨论活动,引导学生自己总结孟德尔获得成功的原因。这样编写不仅体现了教材内容的开放性,也突出了本章教材的主旨——领悟科学方法,提高科学探究能力。

三、与学生经验的联系

俗话说:龙生龙,凤生凤,老鼠生儿打地洞。这是几千年来人们对遗传现象的总结。后代的许多特性与亲代相似,是随处可见的现象,在此基础上,学生很容易理解孟德尔的豌豆杂交实验中后代出现的遗传与变异现象。近几年来,随着科学技术的发展,生物科学的新成果、新技术屡见诸媒体,通过报刊、广播、电视等媒体的介绍,学生可以了解到许多新知识,如从对克隆动物来历的介绍中,可以知道细胞核中的遗传物质与动物的性状有密切的关系;从转基因耐贮存番茄、转基因抗虫棉、能产生人类蛋白质的转基因牛、羊的实例中,体验到基因与性状的关系。

学生在初中学习过的知识与本章内容有密切的联系。例如,在初中学习的“基因控制生物的性状”的知识,初步解决了基因与生物个体性状的关系问题;学习的“基因的显性和隐性”的知识,初

步解决了控制相对性状的成对基因之间的关系问题,以及为什么具有相对性状差异的双亲,后代会有复杂的表现等问题。再有,学生学习的必要的数学知识,如有关比和比例的知识,有关二项式幂的知识也是学生学习本章必不可少的基础。

四、与其他章的联系

本章的内容都与其他章有紧密的联系。本章讲述的是150年前孟德尔对遗传现象的推测,以及根据推测总结出的遗传规律。但推测是否正确,遗传规律的细胞学基础是什么,分子基础是什么,需要后期的研究成果去验证、解释和发展。例如,本册书的第2章《基因和染色体的关系》揭示的是遗传规律的细胞学基础;第3章《基因的本质》揭示的是遗传规律的分子生物学基础;第4章《基因的表达》揭示的是基因控制性状的机制;第5章《基因的突变及其他变异》是从分子生物学和细胞学角度解释性状的变异;第6章《从杂交育种到基因工程》讲述的是遗传规律的应用及其发展;第7章《现代生物进化理论》是从群体的角度,讲述遗传和变异在生物进化中的作用。总之,既然整册书是按照遗传学发展的历程来编写的,抓住这条主线,就可以像串珠一样找出各章之间的有机联系。

第1节 孟德尔的豌豆杂交实验(一)

一、教学目标

1. 阐明孟德尔的一对相对性状的杂交实验及分离定律。
2. 体验孟德尔遗传实验的科学方法和创新思维。
3. 运用分离定律解释一些遗传现象。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

- (1) 对分离现象的解释,阐明分离定律。

- (2) 以孟德尔的遗传实验为素材进行科学方法教育。

- (3) 运用分离定律解释一些遗传现象。

2. 教学难点

- (1) 对分离现象的解释。
- (2) 假说—演绎法。

三、教学策略

本节内容是按科学发现史的线索编写的,利于教师以分离定律的发现过程为载体,对学生进

行科学方法的教育。依据课程标准的要求,分析孟德尔的科学研究方法,提高学生的科学素养也是本节教学的主要目标之一。教师在教学中应结合课标的要求、教材的特点和学生的认知情况开展教学活动。

1. 以问题为线索,引导学生通过质疑和推理来学习本节内容。教师可以结合教材中提出的环环相扣的问题引导学生展开思考与讨论。首先利用“问题探讨”引导学生观察、分析身边的生物遗传现象,提出问题,展开讨论,激发探究欲望。其次引导学生模拟参与到孟德尔的遗传实验中,分析杂交实验的结果,由表及里地提出问题,如生物性状的遗传为什么会出现分离现象?如果不应用数学统计的方法分析实验结果,会发现3:1的性状分离结果吗?在规律性的遗传结果中蕴含的遗传本质是什么?使学生在模拟科学家发现问题—推理假设—实验验证的活动中完成教学任务。

2. 遵循“学习—实践—创新”的思路,简介孟德尔发现遗传规律的过程,使学生明确孟德尔的成功离不开坚实的知识基础、持之以恒的实验探究以及科学创新的实验方法,也就是说孟德尔的科学发现不是偶然的。由于孟德尔具有了丰富的自然科学和数学知识,才有杂交可改变生物性状的进化思想,才有运用数学统计方法分析遗传实验结果的意识;由于连续8年的杂交实验的积累,才使孟德尔发现实验结果中蕴含的规律性本质;由于实验方法和思维方法的创新,才使孟德尔冲破原有的观念,提出颗粒性遗传的假说,并设计实验验证自己的假说。通过这些思维活动,帮助学生确立严谨的科学态度和勇于创新的精神。

3. 用科学方法教育统领教学的全过程。教材中关于分离定律发现过程的写法,体现了“观察实验、发现问题—分析问题、提出假设—设计实验、验证假说—归纳综合、总结规律”的科学研究一般过程。教师可以结合教材中提供的思路,引领学生分析孟德尔豌豆杂交实验的科学方法。其中发现问题环节,应突出孟德尔运用的数学统计方法和坚持不懈地追求科学真谛的执着精神;提出假设环节,突出孟德尔大胆想像、严谨推理

和敢于质疑、敢于冲破原有观念的创新精神;验证假设环节,突出首创测交实验,用全新的科学实验设计证明自己观点的创新思维。

4. 将模拟实验与孟德尔的豌豆杂交实验有机结合,突破教学中的难点。性状分离比模拟实验的目的是使学生在亲身参与的活动中,探讨遗传因子分离、配子随机结合与遗传结果的关系,为进一步理解孟德尔的豌豆杂交实验打基础。在指导学生做模拟实验时,必须使学生明确实验过程中每一步骤的意义,引导学生明确不同彩球与遗传因子之间的对应关系;随机抓取彩球与雌、雄配子随机结合的关系,进而理解生物在有性生殖时,由于遗传因子分离以及受精作用,结果导致一对相对性状的遗传结果。

5. 适时地进行技能训练和课堂练习,夯实基础,注重能力。通过本节课的教学活动应使学生阐明孟德尔的遗传规律和相关概念。在教学中教师可结合技能训练和课后练习,强调学生对概念的理解,辨析相关概念和遗传学术语之间的区别与联系,建立概念图(详见本章“教学设计与案例”)。结合生活或生产中的生物遗传实例,训练学生运用遗传学原理分析、解决问题的能力。

关于“性状分离比的模拟”实验的教学,提出以下教学建议。

性状分离比模拟实验是对孟德尔假说的间接的具体的体验。孟德尔遗传实验需要满足以下条件:1. 子一代个体形成的配子数目相等且生活力相同;2. 雌、雄配子结合的机会相等;3. 子二代不同基因型的个体存活率相等;4. 遗传因子间的显隐性关系完全相等;5. 观察的子代样本数目足够多。模拟实验的条件与实际的实验条件越接近,其结果越能准确地体现实际实验的结果。所以性状分离比模拟实验亦应满足上述条件,如确保两个桶内的彩球数量相等,即模拟了子一代个体形成的配子数目相等且生活力相同;选择形状、大小、质量等同的彩球,其意义是保证学生抓取彩球的随机性,模拟雌、雄配子结合的机会相等;重复一定次数地抓取彩球,进行组合,记录结果,即满足了实验样本数目足够大的条件。

四、答案和提示

(一) 问题探讨

1. 粉色。因为按照融合遗传的观点, 双亲遗传物质在子代体内混合, 子代呈现双亲的中介性状, 即红色和白色的混合色——粉色。

2. 提示: 此问题是开放性问题, 目的是引导学生观察、分析身边的生物遗传现象, 学生通过对遗传实例的分析, 辨析融合遗传观点是否正确。有些学生可能举出的实例是多个遗传因子控制生物性状的现象 (如人体的高度等), 从而产生诸多疑惑, 教师对此可以不做过多的解释。只要引导学生能认真思索, 积极探讨, 投入学习状态即可。

(二) 实验

1. 与每个小组的实验结果相比, 全班实验的总结结果更接近预期的结果, 即彩球组合类型数量比 $DD:Dd:dd=1:2:1$, 彩球代表的显性与隐性类型的数值比为 $3:1$ 。因为实验个体数量越大, 越接近统计规律。

如果孟德尔当时只统计 10 株豌豆杂交的结果, 则很难正确地解释性状分离现象, 因为实验统计的样本数目足够多, 是孟德尔能够正确分析实验结果的前提条件之一。当对 10 株豌豆的个体做统计时, 会出现较大的误差。

2. 模拟实验的结果与孟德尔的假说是相吻合的。因为甲、乙小桶内的彩球代表孟德尔实验中的雌、雄配子, 从两个桶内分别随机抓取一个彩球进行组合, 实际上模拟雌、雄配子的随机组合, 统计的数量也足够大, 出现了 $3:1$ 的结果。但证明某一假说还需实验验证。

(三) 技能训练

提示: 将获得的紫色花连续几代自交, 即将每次自交后代的紫色花选育再进行自交, 直至自交后代不再出现白色花为止。具体过程可用以下图解表示。



(四) 旁栏思考题

不会。因为满足孟德尔实验条件之一是雌、雄配子结合机会相等, 即任何一个雄配子 (或雌配子) 与任何一个雌配子 (或雄配子) 的结合机会相等, 这样才能出现 $3:1$ 的性状分离比。

(五) 练习

基础题

1. B。

2. B。

3. (1) 在 F₁ 水稻细胞中含有一个控制合成支链淀粉的遗传因子和一个控制合成直链淀粉的遗传因子。在 F₁ 形成配子时, 两个遗传因子分离, 分别进入不同配子中, 含支链淀粉遗传因子的配子合成支链淀粉, 遇碘变橙红色; 含直链淀粉遗传因子的配子合成直链淀粉, 遇碘变蓝黑色, 其比例为 $1:1$ 。

(2) 孟德尔的分离定律。即在 F₁ 形成配子时, 成对的遗传因子发生分离, 分离后的遗传因子分别进入不同的配子中。

(3) 2。

4. (1) 白色; 黑色。

(2) 性状分离; 白毛羊为杂合子, 杂合子在自交时会产生性状分离现象。

拓展题

1. (1) 将被鉴定的栗色公马与多匹白色母马配种, 这样可在一个季节里产生多匹杂交后代。

(2) 杂交后代可能有两种结果: 一是杂交后代全部为栗色马, 此结果说明被鉴定的栗色公马很可能是纯合子; 二是杂交后代中既有白色马, 又有栗色马, 此结果说明被鉴定的栗色公马为杂合子。

2. 提示:选择适宜的实验材料是确保实验成功的条件之一。孟德尔在遗传杂交实验中,曾使用多种植物如豌豆、玉米、山柳菊做杂交实验,其中豌豆的杂交实验最为成功,因此发现了遗传的基本规律。这是因为豌豆具有适于研究杂交实验的特点,例如,豌豆严格自花受粉,在自然状态下是纯种,这样确保了通过杂交实验可以获得真正的杂种;豌豆花大,易于做人工杂交实验;豌豆具有稳定的可以区分的性状,易于区分、统计实验结果。

3. 提示:凯库勒提出苯分子的环状结构、原子核中含有中子和质子的发现过程等,都是通过假说—演绎法得出结论的。19世纪以前科学家对遗传学的研究,多采用从实验结果出发提出某种理论或学说。而假说—演绎法,是从客观现象或实验结果出发,提出问题,作出假设,然后设计实验验证假说的研究方法,这种方法的运用促进了生物科学的研究,使遗传学由描述性研究进入理性推导和实验验证的研究阶段。

五、参考资料

1. 孟德尔发现遗传规律的背景资料

(1) 当时研究生物遗传的状况

18世纪末至19世纪初,美国及欧洲各国的植物育种学家为了提高作物产量,进行了大量的杂交实验。一些国家的科学院甚至公开悬赏征求研究课题。荷兰科学院的题目是:“一种花用另一种花的花粉进行人工授精而产生新的种和品种,这个经验说明了什么?用这种方法可以产生和繁育什么样的经济作物和观赏植物?”巴黎科学院出题:“从杂种的可育性及其性状的持久性和非持久性的观点出发来研究植物杂种。”一些学者的研究取得了重要的进展,并提出了还未认识到的遗传学理论上的关键问题。例如,奈特选用豌豆做杂交实验,认识到用豌豆作为实验材料有许多优点。豌豆有许多性状区分明显的品种,是严格的自花受粉物种,在子代中性状的表现很容易区分等。特别是奈特第一次发现豌豆种子灰色对白色是显性,用杂交种子和白色种子回交,子代中有灰色

和白色两种籽粒。可惜的是他没有计算两种种子的数量比。

克尔罗伊特(J. G. Koelreuter, 1733—1806)是第一个从事植物系统杂交研究的科学家。他成功地用黄花烟草与另外一种烟草杂交,得到了中间类型的杂种。他还提出用杂种与某一亲本反复回交,杂种可“转化”为该亲本。

加特纳(Gartner, 1772—1850)分析了9 000多个实验结果,得出用混合花粉授粉,子代中不会出现性状混合的结论。他认为参与受精的只有一种花粉,每一花粉粒都各自独立地起作用。同一胚珠里不会形成两种不同类型的胚胎。

萨叶里(1763—1851)用西葫芦做杂交实验时,第一次把两个亲本的性状排列成一组组相对性状。杂交后得到的杂种,性状既不混合,也不是中间型,表现与亲本之一完全相同。杂种的每一个性状对另一个性状来说是显性的。他认为杂种之所以像它的双亲,并不在于每个亲本各种性状的直接融合,而是这些性状均匀或不均匀地分配;自然界使它的产物具有无限多样性和避免单调的方法很简单,就是以不同方式组合起来的性状的结合和分配,由此就能产生无数个变种。萨叶里的贡献在于进一步明确一个性状对另一个性状的显性关系以及性状的独立分配。遗憾的是他没有用杂交后代做进一步的研究,因此没能说明性状在后代中的分配情况。

上述的科研工作和进展,为孟德尔的研究工作奠定了基础。在这样的历史背景下,孟德尔着手解决植物的形态和花的颜色等是遵循什么规律传给子代的问题。

(2) 当时的主要观点

当时对遗传与变异现象本质的认识主要有两种观点:一种是泛生论,另一种是种质论。

泛生论是在科学地阐明遗传变异现象以前盛行了许多世纪的一种学说。这种学说认为,精液是在全身各个部分中形成的,汇集后在血管中流动,通过睾丸而进入阴茎。精液中含有能够传递特性的粒子,可以形成胚胎的各个器官。由于这些粒子的相似性,所以能产生同一物种的个体;

父母双方中哪一方的粒子较多,吸引力较大,则多半会产生类似那一方的特性;形成粒子的场所就是个体的每一个器官。这样个体的特性就遗传给下一代。

达尔文(C. R. Darwin, 1809—1882)在1868年提出“暂定的泛生说”认为,每一个能够各自独立变化的性状是由同一种物质载体——芽球联结在一起的。发育中的生物体的每一个细胞都能产生出无数个细小的芽球,它们彼此相同,负责每一种性状和器官的形成。这些芽球能以不同的强度进行繁殖,每当细胞分裂时,它们就进入子细胞并能在身体里自由流动,进入了生殖细胞就保证把它们传递给子代。变异取决于芽球的两个过程。第一个过程是现有芽球的相对百分数的变化,芽球的丢失和数目恢复都能影响到性状的变化。第二个过程是芽球本身性质的变化。

拉马克(J. B. Lamarck, 1744—1829)在泛生论的基础上进一步提出,“用进废退”使身体各个部分发生了变化,这些变化可通过形成的精液传给子代;通过许多世代,这种“获得性状”积累的结果就成为生物进化的机制。

种质论是魏斯曼(A. Weismann, 1834—1914)针对泛生论和“用进废退”、“获得性遗传”而提出的。

魏斯曼提出的“种质”学说把“种质”和“体质”加以区别。他认为种质是指性细胞和产生性细胞的那些细胞。体质是保护和帮助种质繁殖自身的一种手段,是指构成除种质以外的身体所有其余部分细胞。种质负责传递保持物种种性所需的全部遗传因子,在世代繁衍过程中,种质自身永世长存,在世代间连续传播。体质则是来自种质的分解,只含有种质的零星残片。种质细胞系完全独立于体质细胞系,体质细胞发生的变化(也就是获得的性状)不影响种质细胞,因而获得的性状不会遗传给下一代。但是,物种生活在其中的环境所产生的种种外界影响,凡在种质中引起的变异,则是持久的、遗传的变异。关于种质位于何处,魏斯曼于1885年时宣称:“只有细胞核物质才是遗传倾向的载体。”种质学说包含了科

学合理的内容,对以后的遗传学的发展有着相当大的影响。

(3) 孟德尔简介

孟德尔将他研究的结果整理成实验研究论文“Experiment in plant hybridization”(译为植物的杂交实验)于1865年2月8日和3月8日在布隆博物学会上,分两次做了报告。并于1866年在学会会刊上发表,同时将论文的单印本分送到134个科学机构的图书馆,但都未引起任何反响。

孟德尔(G. J. Mendel, 1822—1884)出生在奥地利的名叫海因策多夫的小村中。父亲是个农民,擅长嫁接。母亲是个园林工人。由于家庭的影响,孟德尔自小酷爱自然科学。他上过小学和中学,但因家庭经济困难,不得不中途辍学。1843年到布隆的奥古斯汀修道院当修道士,1847年被任命为神父,1849年起在附近的策奈姆中学任代课教师。1850年参加正式教师考试,因生物学和地质学的分数低而失败。1851年去维也纳大学学习自然科学,1853年又回到修道院,1854年应聘到布隆高等技术学校任代课教师,讲授物理学和博物学。1856年再度参加自然科学教师考试,因中途病倒而落选。这样他一直以代课教师身份教学到1868年当选为修道院院长为止。

孟德尔不仅在数学和物理学方面有很好的基础,而且对农业的各个学科有着广泛的兴趣。他既是遗传学家,又是园艺学家和气象学家。他培育的一个倒挂金钟被命名为“孟德尔倒挂金钟”。从1856年起,他还致力于气象学的研究,1863年至1869年间曾发表过多篇气象学的论文,但孟德尔最卓越的成就是有关植物的杂交实验,这一工作从1856年至1872年共持续了17年之久,其中豌豆的杂交实验成绩最为突出。

豌豆的杂交实验从1856年至1864年共进行了8年。孟德尔将其研究的结果整理成论文发表,但未引起任何反响。其原因有三个。

第一,在孟德尔论文发表前7年(1859年),达尔文的名著《物种起源》出版了。这部著作引起了科学界的兴趣,几乎全部的生物学家转向生物进化的讨论。这一点也许对孟德尔论文的命运

起了决定性的作用。

第二,当时的科学界缺乏理解孟德尔定律的思想基础。首先那个时代的科学思想还没有包含孟德尔论文所提出的命题:遗传的不是一个个体的全貌,而是一个个性状。其次,孟德尔论文的表达方式是全新的,他把生物学和统计学、数学结合了起来,使得同时代的博物学家很难理解论文的真正含义。

第三,有的权威出于偏见或不理解,把孟德尔的研究视为一般的杂交实验,和别人做的没有多大差别。

(4) 孟德尔的实验过程

孟德尔在实验工作中贯彻了从简单到复杂的原则。他所用的两个亲本(父本和母本)都只相差一个性状,事实上不管这两个亲本有多少种性状差别,他只注意研究一对性状的遗传规律。孟德尔与那些早期研究者相比,他获得成功主要有以下四个原因。

精心选择实验材料 孟德尔从豆科植物中选择了自花传粉而且是闭花受粉的豌豆作为杂交实验的材料。从市场买来的豌豆种子可以说都是纯种。杂交实验从纯种出发,是他实验成功的保证,只有这样才能得到真正的杂种。豌豆花的结构特点,使得人工方法去雄和进行异花授粉很方便。此外,他对豌豆材料进行了品种和性状的选择,挑选的有差异的性状既明显而又稳定。

精心设计实验方法 实验设计是科学方法学的重要组成部分。孟德尔的成功还归因于采取单因子分析法,即分别地观察和分析在一个时期内的一对性状的差异,最大限度地排除各种复杂因素的干扰。他首先发现了“分离定律”,然后在这个基础上,再把个别性状综合起来,又发现了“自由组合定律”。

精确的统计分析 对杂交实验的子代中出现的性状进行分类、计数和数学的归纳。由于孟德尔有数学和统计学家的头脑和训练,他从一个简单的二项式展开式的各项系数中,找到了豌豆杂交实验显示出来的规律性,并深刻地认识到1:1、3:1数字中所隐藏着的深刻意义和规律。

首创了测交方法 孟德尔巧妙地设计了测交方法,令人信服地证明了他的遗传因子分离假设的正确性。实践证明这种以杂交子一代个体再与其隐性纯合亲本进行测交的方法,完美而巧妙地成为遗传学分析的经典方法。

孟德尔成功地发现了遗传规律也存在“巧合”的因素。现在已知豌豆体细胞中存在不同的7对同源染色体,配子中有7条染色体。孟德尔研究的7对性状的遗传因子并不正好分布在7对不同的同源染色体上,而只是分布在4对同源染色体上。其中第一对同源染色体上坐落两对等位基因(子叶黄绿和种皮的灰白,图距单位为204)。第四对同源染色体上坐落三对等位基因(茎的高度、花的位置、豆荚形状)。第五对同源染色体上坐落一对等位基因(豆荚颜色)。第七对同源染色体上坐落一对等位基因(种子形状)。

由于交换值相对稳定,所以通常以交换值表示两个基因在同一染色体上的相对距离,或称为遗传学图上的图距。图距小于50出现连锁现象。

孟德尔的二因子和三因子杂交实验所涉及的性状不是由非同源染色体上基因决定的,就是由同源染色体上基因决定,但两对基因的图距非常大,以致这两对基因表现出自由组合。

2. 正交、反交、杂交、自交的实验方法的介绍

孟德尔的杂交实验实际上包含了两种交配方式:一种交配方式称为杂交,另一种交配方式称为自交。

杂交一般指两个具有不同基因型品种或类型的个体间雌雄配子的结合。自交是指同一个体或不同个体但为同一基因型的个体间雌雄配子的结合;此定义比植物学的定义广,植物学自交特指自花受粉。植物学的自花受粉即遗传学上的自交;但植物学的异花受粉包含遗传学上的杂交和自交。

在植物有性杂交中,把接受花粉的植株叫做母本,用符号“♀”表示;供给花粉的植株称为父本,用“♂”表示。父母本统称为亲本,用“P”表示,杂交符号用“×”表示,自交符号用“⊗”表示,杂种一代用“F₁”表示,杂种二代用

“F₂”表示，依此类推。

如果在做杂交时，父母本相互交换，这在遗传学上称为互交。例如，现有两个亲本，用P₁和P₂表示。第一个杂交实验♀P₁×P₂♂，第二个杂交实验♂P₁×P₂♀，即第一个杂交实验P₁为母本，而P₂为父本；第二个杂交实验P₁却作为父本，而P₂却作为母本，前一个杂交组合称为正交，后一个杂交组合称为反交，两个杂交组合就叫互交。互交实验结果是否一致可以推断控制性状的基因是细胞质基因还是细胞核基因。正反交结果一致说明控制性状的基因是核基因；不一致说明控制性状的基因是细胞质基因。当核基因为常染色体基因（位于常染色体上的基因）和性染色体基因（位于性染色体上的基因）时，两种基因控制的性状也可以通过互交实验加以区别。互交结果一致说明控制性状的基因是常染色体基因；不一致说明基因为性染色体基因。

杂交亲本一般应选用纯合子，即基因型纯合的个体。玉米属于异花受粉作物，一般情况下都是杂合子。为了获得纯合的个体，让玉米植株通过多次自交，就可得到几乎是基因型纯合的个体，我们称为自交系，它可作为配制杂种的亲本。

自交方法基本同杂交方法。不同的是：杂交是两个不同自交系间个体的交配，而自交是同一自交系内个体（包括同一个体）的交配；杂交的目的是获得杂合的个体，而自交的目的是获得纯合的个体；杂合个体可产生多种不同的配子，后

代中出现分离现象，纯合个体只产生一种配子，后代中只有一种基因型，后代中不出现分离现象，且表现型与基因型都相同。

3. 孟德尔设计测交实验的目的

孟德尔的一对相对性状的杂交实验中，F₂代中显隐性比例接近3:1，在所有实验中没有中间类型出现。他指出F₂中的显性性状有两种含义：亲本类型的显性和杂种类型的显性。前者指性状稳定地传给所有后代，后者指在后代中继续表现分离，这从孟德尔在F₂中的结果可以得到证实。在全部7对性状的F₂中，具有显性性状的类型中，2/3是具有杂种性状的显性，1/3则是具有亲本性状的显性。因此，在F₂中，显隐性3:1的比例可分解为1:2:1的比例。这种比例对以后各代都适用。即杂种后代中，每一代都以1:2:1的比例分为杂种类型和两种稳定类型。

孟德尔为了确定几对相对性状由于杂交而结合于杂种中时，是否也能应用上述一对相对性状的规律，他做了两对相对性状和三对相对性状的杂交，证明这个规律同样有效。例如：圆粒黄色(AABB)×皱粒绿色(aabb)，F₁全部为圆粒黄色，F₂有4种表现型：315个圆黄、108个圆绿、101个皱黄、32个皱绿，比例接近9:3:3:1。

将F₂的种子全部种下去，得到9类植株，这9类植株的分离情况，按所结种子性状归类得到如下结果：

1 38株全部圆黄种子	和亲本一样保持稳定	AABB
1 35株全部圆绿种子	和亲本一样保持稳定	AAbb
1 28株全部皱黄种子	和亲本一样保持稳定	aaBB
1 30株全部皱绿种子	和亲本一样保持稳定	aabb
2 65株有圆黄和圆绿分离	只有一对性状分离	AABb
2 68株有皱黄和皱绿分离	只有一对性状分离	aaBb
2 60株有圆黄和皱黄分离	只有一对性状分离	AaBB
2 67株有圆绿和皱绿分离	只有一对性状分离	Aabb
4 138株分离出圆黄、圆绿、皱黄、皱绿	二对性状都分离	AaBb

孟德尔以其敏锐的数学头脑从上列各类比例中看出：这是组合系列中的各项式比值，把A与

a和B与b这两对性状各自的分离比例(AA+2Aa+aa)和(BB+2Bb+bb)组合起来就可得到

上述的比例。孟德尔得到了两对性状的组合规律后，自然地得到三对性状的组合规律。实验结果和他的预期比例完全相符。

孟德尔为了解释上述实验的结果，进一步分析了杂种中卵细胞和花粉细胞的性质。他推论在杂交后代中出现稳定类型，说明受精的卵细胞和花粉细胞中必然具有相同的因子，而且一株杂种植株或一朵花中就能产生稳定的后代，可见杂种的子房和花药中形成不止一种性细胞。子房和花药中有多少种性细胞，就会有多少种稳定类型。如果杂种产生的各类卵细胞以及各类花粉细胞数目相等，就可解释各个杂种中的后代分离表现。这样孟德尔设计了自己首创的测交实验。例如，圆粒黄色与皱粒绿色杂交， F_1 与皱粒绿色进行正反交，预期结果为：

(1) 杂种卵细胞 AB, Ab, aB, ab 与花粉细胞 ab 杂交得到

$$AaBb : Aabb : aaBb : aabb = 1 : 1 : 1 : 1$$

(2) 杂种花粉细胞 AB, Ab, aB, ab 与卵细胞 ab 杂交得到

$$AaBb : Aabb : aaBb : aabb = 1 : 1 : 1 : 1$$

实验结果和他的理论预期结果几乎完全一致。

正交实验结果：31 粒圆黄，26 粒圆绿，27 粒皱黄，26 粒皱绿。

反交实验结果：24 粒圆黄，25 粒圆绿，22 粒皱黄，27 粒皱绿。

由于隐性亲本性状不能遮盖显性性状，并能显出纯隐性性状，这样的测交结果就能直接反映出 F_1 杂种所产生配子的类型和数目，因而从测交子代的表现型可以直接判断杂合子的基因组成，这也是测交的作用。

孟德尔在解释上述现象时指出：哪一种花粉细胞和卵细胞结合，全出于偶然。就一对性状而言，杂种 Aa 产生相等数量的 A 和 a 卵细胞以及相等数量的 A 和 a 花粉细胞。任一 A 或 a 花粉细胞和 A 或 a 卵细胞结合的机会相同。受精结果，就会得到组合 $AA + 2Aa + aa$ 。进一步得到多对性状的组合。

通过测交实验结果可以引申出以下结论。

(1) 成对的遗传因子在杂合状态互不污染，保持其独立性，形成配子时相互分离，分别进入不同的配子中（即分离定律）。

(2) 不同相对性状的遗传因子在 F_1 杂合状态时，虽同处一体，但互不混淆，各自保持其独立性。形成配子时，同一对遗传因子各自独立地分离；不同对的遗传因子则自由组合（即自由组合定律）。

孟德尔发现的两个遗传基本规律，解释了他的实验结果，他所创造的测交实验证实了他发现的两个规律是正确的。

4. 显性的相对性

在谈到性状的显隐性时，一般是指性状的表现只受一对等位基因的控制。孟德尔研究过的豌豆 7 对性状表现完全显性。但后来发现由一对等位基因决定的相对性状中，显性有的是不完全的，或是出现其他的遗传现象。但这并不悖于孟德尔定律，而是其进一步的发展和扩充，现介绍几种。

(1) 不完全显性 (incomplete dominance) 把紫茉莉开红花 (CC) 的品种与开白花 (cc) 的品种杂交， F_1 杂合子 (Cc) 的花为粉红色，是双亲的中间型。这似乎违背了孟德尔颗粒遗传原理。事实却不然，当 F_1 杂合子间自交时， F_2 中有 $1/4$ 红花， $2/4$ 粉红花， $1/4$ 白花。白花基因 c 在杂合子中没有被“污染”，保持其纯洁性，在 F_2 又按原样分离出来。 F_1 的中间型是 C 基因对于 c 基因不完全显性所造成的。

F_2 的表现型及基因型之比均为 $1 : 2 : 1$ ，即当相对性状为不完全显性时，表现型和其基因型的比例是一致的。

人的天然卷发也是由一对不完全显性基因决定的，其中卷发基因 W 对直发基因 w 是不完全显性。纯合子 WW 的头发十分卷曲，杂合子 Ww 的头发卷曲程度中等，ww 则是直发。

(2) 共显性 (codominance) 一对等位基因的两个成员在杂合子中都表达的遗传现象叫共显性。人类的 MN 血型是继 ABO 血型后被检出的第二种血型，首先由 Landsteiner 和 Levine 发现。由

于MN血型是使用免疫血清检出的,故取M和N两个字母作为MN血型的符号。它的遗传是由一对等位基因决定的,为纪念上述两位科学家,故以 L^M 、 L^N 表示这一对等位基因。MN血型分为M型、MN型和N型3种表现型。M型个体的红细胞表面有M抗原,由 L^M 基因决定,N型有N抗原,由 L^N 基因决定,MN型既有M抗原又有N抗原, L^M 和 L^N 基因并存,它们互不遮盖。3种表现型的基因型分别为 $L^M L^M$ 、 $L^N L^N$ 和 $L^M L^N$ 。MN血型表明 L^M 和 L^N 这一对等位基因的两个成员分别控制不同的抗原物质,这两种物质在杂合子中同时表现出来。就这种血型而言,在人类中可能有6种婚配方式。下表表示系谱分析后不同婚配方式和其子女的血型分布(表5)。MN血型遗传同样说明分离定律的普遍性。

表5 MN血型遗传

表现型	基因型	家庭数	实得子女数			理论比		
			M	MN	N	M	MN	N
M×M	$L^M L^M \times L^M L^M$	24	98	—	—	1	—	—
N×N	$L^N L^N \times L^N L^N$	6	—	—	27	—	—	1
M×N	$L^M L^M \times L^N L^N$	30	—	43	—	—	1	—
M×MN	$L^M L^M \times L^M L^N$	86	183	196	—	1/2	1/2	—
N×MN	$L^N L^N \times L^M L^N$	71	—	156	167	—	1/2	1/2
MN×MN	$L^M L^N \times L^M L^N$	69	71	141	63	1/4	2/4	1/4

镰刀型细胞贫血症也是共显性的一个例子。正常人红细胞呈碟形,镰刀型细胞贫血症患者的红细胞呈镰刀形。正常人与镰刀型细胞贫血症患者结婚所生子女,红细胞既有正常碟形的,又有镰刀形的,平时并不表现严重的病症,只有在缺氧条件下才发病。

(3) 镶嵌显性(mosaic dominance)在 F_1 个体上,双亲的性状在不同部位镶嵌存在,称为镶嵌显性。这是我国著名遗传学家谈家桢教授于1946年在研究异色瓢虫鞘翅色斑的遗传时发现的。

异色瓢虫有很多鞘翅色斑的变异。鞘翅底色为黄色,不同的类型在底色上呈现不同的黑色斑纹。黑缘型鞘翅的前缘呈黑色,均色型的后缘呈黑色。纯种黑缘型与纯种均色型个体杂交, F_1 个

体上既不表现黑缘型,也不表现均色型,而出现了一种新的色斑类型,好像双亲的鞘翅叠起来了,其黑色部分都表现出来,呈镶嵌现象。当把子一代个体再相互交配, F_2 中1/4是黑缘型,2/4新类型即镶嵌型,1/4均色型(图6)。异色瓢虫镶嵌显性的实质是:在个体发育过程中,一对基因的表达时间不同,黑缘型基因只在鞘翅前缘体细胞内合成黑色素,在其他细胞中呈抑制状态;均色型基因只在鞘翅后缘的体细胞中发挥作用,在其他细胞中不表达。

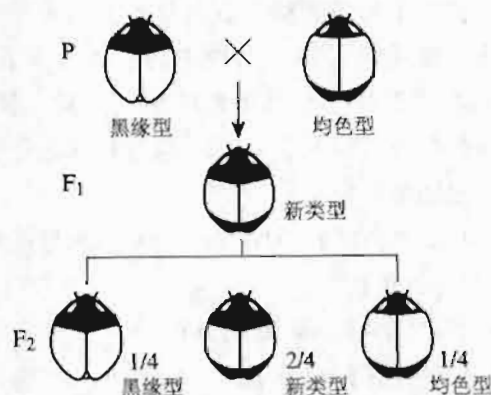


图6 异色瓢虫鞘翅色斑的遗传

在辣椒的遗传研究中发现,紫花×白花→ F_1 个体的花的边缘为紫色,中央为白色。

(4) 环境对基因表现型效应的影响 从基因型到表现型是一个复杂的形态、生理和生化过程,它是在环境条件的影响下,经个体发育过程逐步实现的。

例如,在植物中的条件显性,就是由于环境条件的改变,显性可从一种性状变为另一种性状。以曼陀罗茎色的遗传为例,当紫茎与绿茎杂交后, F_1 在夏季田间里生长,茎是紫色的,说明紫茎对绿茎为显性。但 F_1 在温度较低、光照较弱条件下生长,茎为淡紫色,又呈现不完全显性,说明显隐性可依条件而更改。又如,金鱼草红花品种与象牙品种杂交, F_1 如果培育在低温、强光照条件下,花为红色,如果在高温、遮光条件下,花为象牙色。石竹的花苞有白和暗红颜色之分,让开白花的植株与开暗红花的植株杂交, F_1 开花初期,花色为纯白,以后慢慢变为暗红色。这是因为植

株内的酸碱度在开花期发生了变化,结果影响了花色的表现。

在动物中,性别也影响性状的表现,如牛或羊的角的有无受一对等位基因的控制,无角对有角为显性。在母牛和母羊中,杂合子表现为无角,即完全显性,而在公牛和公羊中,杂合子则表现为有角,即不完全显性。人类的秃顶也随性别而不同,在男性中秃顶基因表现为显性,即BB和Bb都为秃顶;在女性中秃顶基因则表现为隐性,即bb不秃顶。此外还有一种叫做限性遗传的现象。它是指常染色体上的基因只在一种性别中表达,而在另一种性别中完全不表达。这常常与两性生理构造上的差异有关。例如,女性子宫、阴道积水,男性的尿道下裂等均为常染色体遗传。致病基因虽在两性中都存在,但在一种性别中因缺乏适宜的表达器官而不表现性状。

(5) 遗传印记 遗传印记是一种新发现的在人类、小鼠等物种中的遗传现象。孟德尔遗传规律认为遗传物质不论来自双亲中的哪一方,都具有相同的表现型效应,等位基因不会因为位于不

同亲代来源的染色体上而产生不同的效应。越来越多的研究资料表明,来自父母双方的同源染色体或等位基因存在功能上的差异,不同性别的亲代传给子代同一染色体或基因,可以引起不同的表现型,这种现象称为遗传印记,或基因组印记(genomic imprinting)或亲代印记(parental imprinting)。

1991年Dechiara等将胰岛素样生长因子II(简称IGF-II)基因转移到小鼠基因组中。IGF-II具有生长激素作用,该基因分为有功能型和无功能型两种。在转基因小鼠子代中,如果是有功能型的IGF-II基因来自雌鼠,无功能型的IGF-II基因来自雄鼠的杂合子代小鼠,它的表现型则与无功能型基因纯合子的缺陷一样,有生长缺陷。而IGF-II无功能型基因来自雌鼠,有功能型的IGF-II基因来自雄鼠的杂合子代小鼠,则表现型正常。这说明有功能型的IGF-II基因由雄鼠或雌鼠传给子代,可以产生不同的表现型效应。有人估计在人类基因组中有近100个印记基因。

第2节 孟德尔的豌豆杂交实验(二)

一、教学目标

1. 阐明孟德尔的两对相对性状的杂交实验及自由组合定律。
2. 分析孟德尔遗传实验获得成功的原因。
3. 说出基因型、表现型和等位基因的含义。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

(1) 对自由组合现象的解释,阐明自由组合定律。

(2) 分析孟德尔遗传实验获得成功的原因。

2. 教学难点

对自由组合现象的解释。

三、教学策略

本节内容是在学生已具有了分离定律知识的基础上开展教学活动的,学生对孟德尔的杂交实验有了一定的感性认识,建议在教学中以演绎推理为主线,使学生在积极的思维想像和推理过程中完成本节的学习内容。

1. 创设问题情境,引导学生探究。探讨的问题可以是教材中设置的有关“培育优质奶牛”的问题,也可以是学生日常生活中常见的问题,如为什么一对夫妇生育的后代存在着性状差异?为什么有的孩子表现了父亲的特征,又有与母亲相似的性状?通过讨论使学生认识到,任何生物都不止表现一种性状,后代表现的性状可以是亲本性状的组合。进而学生产生疑惑:在传宗接代的过

程中,亲代的多种多样的性状又是遵循什么规律传给后代的?进入本节的学习内容。

2. 理性思维训练贯穿于教学活动中。在对两对相对性状遗传结果进行分析时,通过设置层层递进的问题,调动学生的想像力,为理解孟德尔提出的假说做铺垫,同时培养学生的逻辑推理能力。

设置的问题有: F_2 中新性状组合的类型与亲本性状有什么关系?在两对相对性状的遗传中,每一对相对性状的遗传都遵循什么规律?两对相对性状实验中 $9:3:3:1$ 数量比与一对相对性状实验中的 $3:1$ 有什么关系?引导学生在观察分析中,发现新性状类型——黄色皱粒、绿色圆粒,是原有的亲本性状重新组合的结果,也就是黄色可以和圆粒拆开与皱缩组合,绿色可以和皱缩拆开与圆粒组合。由此可以想像决定不同相对性状的遗传因子有相对的独立性,可以完全分开,自由组合。有关 $9:3:3:1$ 与 $3:1$ 的关系分析,引导学生从数学角度分析 $9:3:3:1$ 是 $(3:1)^2$ 的展开式,由此推知两对相对性状的遗传结果,是两对相对性状独立遗传结果 $3:1$ 的乘积—— $(3:1)^2$ 。

3. 选择适当的方式,将抽象内容具体直观化,突破教学难点。关于不同对遗传因子的自由组合历来是学生学习的难点,特别是在学生没有学习减数分裂知识,不知道同源染色体行为变化的情况下,来理解这方面的内容则更困难。教师可以借助于课件形象直观地展示 F_1 在形成配子时,不同对遗传因子之间的自由组合行为,帮助学生解决学习中的难点。也可以让学生通过抓小球的模拟实验活动,体验两对遗传因子通过自由组合产生的配子类型及其比例。

4. 重在科学素养的提高。教材中有关思考与讨论——孟德尔获得成功的原因,以及孟德尔遗传规律的再发现,为提高学生科学素养提供了素材。在教学中,为了利于学生开展讨论,除了教材中提供的资料素材外,教师还可以适当补充一些资料,如孟德尔进行遗传实验时期遗传学的发展情况;孟德尔在实验中遇到的问题;与前人相

比孟德尔实验研究的创新点,等等。还有有关孟德尔严谨求实的科学态度,勤于实践、勇于探索的精神。

5. 讲练结合,注重夯实基础。在介绍两对相对性状的遗传时,适时地将第一节的相关内容迁移到本节教学活动中,及时巩固,加深理解。如结合两对相对性状的遗传,引导学生判断显性性状、隐性性状;结合两对相对性状的测交实验,帮助学生巩固、延伸有关测交和杂合子的概念;结合课堂练习以及杂交育种的实例,说明自由组合定律在生产实际中的应用,为学习第6章中杂交育种的内容打基础。

四、答案和提示

(一) 问题探讨

提示:问题探讨的目的是活跃学生的思维,引领学生进入新的学习状态,教师可以通过水稻杂交育种等实例,使学生自然地认识到任何生物都不止表现一种性状,后代表现的特征可以是两个亲本性状组合的结果。进一步地思考讨论,双亲的性状是遵循什么规律进行组合、传递给后代的?在育种实践中人类如何获得所需的性状组合?为导入新课做好准备。

(二) 思考与讨论

1. 提示:豌豆适于作杂交实验材料的优点有:(1)具有稳定的易于区分的相对性状,如高茎和矮茎,高茎高度在 $1.5\sim 2.0\text{ m}$,矮茎高度仅为 0.3 m 左右,易于观察和区分;(2)豌豆严格自花受粉,在自然状态下可以获得纯种,纯种杂交获得杂合子;(3)花比较大,易于做人工杂交实验。孟德尔正是因为选用了豌豆做杂交实验,才能有效地从单一性状到多对性状研究生物遗传的基本规律,才能对遗传实验结果进行量化统计,所以科学地选择实验材料是科学研究取得成功的重要保障之一。

2. 提示:如果孟德尔只是研究多对相对性状的遗传,很难从数学统计中发现遗传规律,因为如果研究 n 对相对性状,将会有 2^n 个性状组合,这是很难统计的,也很难从数学统计中发现问题,

揭示生物的遗传规律。这也是前人在遗传杂交实验中留下的经验与教训,孟德尔恰恰借鉴了前人的遗传研究经验,改变实验方法,从简单到复杂地进行观察、统计、分析实验结果,从而发现问题、提出假说、实验验证、得出结论。

3. 提示:如果孟德尔没有对实验结果进行统计学分析,他很难做出对分离现象的解释。因为通过统计,孟德尔发现了生物性状的遗传在数量上呈现一定数学比例,这引发他揭示其实质的兴趣。同时这也使孟德尔意识到数学概率,也适用于生物遗传的研究,从而将数学的方法引入对遗传实验结果的处理和分析。

4. 提示:作为一种正确的假说,不仅能解释已有的实验结果,还应该能够预测另一些实验结果。可参考教科书对“假说—演绎法”的解释。

5. 提示:(1) 扎实的知识基础和对科学的热爱。孟德尔在维也纳大学进修学习时,通过对自然科学的学习,使他具有生物类型是可变的,可以通过杂交产生新的生物类型等进化思想。同时孟德尔还学习数学,使他受到“数学方法可以应用于各门自然科学之中”的思想影响,产生应用数学方法解决遗传学问题的想法,使孟德尔成为第一个认识到概率原理能用于预测遗传杂交实验结果的科学家。

(2) 严谨的科学态度。孟德尔对杂交实验的研究是从观察遗传现象出发,提出问题,作出假设,然后设计实验验证假设的研究方法。这在当时是一种新的研究思路,光是豌豆的杂交实验,他就没有局限于对实验结果的简单描述和归纳。

(3) 勤于实践。孟德尔在豌豆的遗传杂交实验研究中,连续进行了8年的研究,并且对每次实验的结果进行统计分析,从中发现了前人没有发现的问题和规律。

(4) 敢于向传统挑战。孟德尔通过实验研究,提出了“颗粒性遗传”的思想,这是对传统的遗传观念的挑战。

(三) 旁栏思考题

从数学角度看, $(3:1)^2$ 的展开式为 $9:3:3:1$, 即 $9:3:3:1$ 的比例可以表示为两个 $3:1$

的乘积。对于两对相对性状的遗传结果,如果对每一对性状进行单独的分析,如单纯考虑圆和皱或黄和绿一对相对性状遗传时,其性状的数量比是圆粒:皱粒 $= (315+108):(101+32)=3:1$; 黄色:绿色 $= (315+101):(108+32)=3:1$ 。即每对性状的遗传都遵循了分离定律。这无疑说明两对相对性状的遗传结果可以表示为它们各自遗传结果的乘积,即 $9:3:3:1$ 来自于 $(3:1)^2$ 。

(四) 练习

基础题

1. (1) $\times$; (2) $\times$ 。

2. C。

拓展题

(1) $YyRr; yyRr$ 。(2) 黄色皱粒, 绿色皱粒; $1:1; 1/4$ 。(3) $YyRR$ 或 $YyRr$; 2 或 4; 如果是 $YyRR$ 与 $yyrr$ 杂交, 比值为黄色圆粒:绿色圆粒 $= 1:1$; 如果是 $YyRr$ 与 $yyrr$ 杂交, 比值为黄色圆粒:绿色圆粒:黄色皱粒:绿色皱粒 $= 1:1:1:1$ 。

五、参考资料

1. 有关控制奶牛的产奶量和生长速率的基因
奶牛的产奶量和生长速率都属于数量性状,涉及许多基因,以下列举的是影响奶牛主要经济性状的基因。

(1) 催乳素基因 位于奶牛的 23 号染色体上。

(2) Weaver 基因 摇摆症 (weaver disease) 是一种遗传疾病,主要由位于 4 号染色体上的 weaver 基因控制。人们发现患有摇摆症的奶牛或携带 weaver 基因的奶牛有较高的产奶量,这可能是由于 weaver 基因具有多效性,或 weaver 基因与影响产奶量的数量基因紧密连锁。

(3) 乳蛋白基因 与牛乳中主要包含的 6 种蛋白质有关。

(4) 淀粉酶基因 淀粉酶基因与乳脂率之间存在一定的相关性。

(5) 生长激素和生长激素受体基因 研究表明,生长激素和生长激素受体基因对产奶性状有

影响。

2. 1900年重新发现孟德尔规律的三位科学家的有关工作

荷兰阿姆斯特丹大学的著名教授德弗里斯(H. de Vries, 1848—1935)研究了两种月见草的杂交。发现从杂种种子长出的植株(F_1)完全像一个亲本的性状,接着 F_1 自花受粉得到的下一代(F_2)中,又重新出现了具有另一个亲本性状的植株,分离比例为3:1。他又进一步做了详细研究,认为这是一个遗传法则。为了弄清楚以前是否有人做过同样的研究,他查阅了文献。结果从拜莱的著作《植物育种》(1895年)中了解到孟德尔的工作。德弗里斯将自己的研究成果分别用法文和德文撰写成论文。用德文写的《杂种的分离法则》(1900年3月26日发稿)刊登在《德国植物学会杂志》第18卷第83~90页。在这篇论文中德弗里斯写道:“这项重要的研究(孟德尔:《植物杂交实验》)竟极少被人引用,以致在我总结我的主要实验,并从实验中推导出孟德尔论文早已给出的原理之前,竟然不知道有这项研究。”比德文论文晚12天写成的法文论文《关于杂种的分离定律》刊登在法国的《科学院记事录》上。但在法文论文中,对孟德尔的工作只字未提。德弗里斯推测每一个遗传性状都由一个称为泛子的特殊颗粒所支配,并指出物种的性状可以分成一个个独立的组成成分而用于杂交。他的学术观点对遗传的“突变理论”起了重大作用。

德国土宾根大学研究玉米的教授柯伦斯(C. Correns, 1864—1933)在1900年4月21日读到了德弗里斯的法文论文,看到了与自己研究工作相同的结果。尽管他读到的法文论文中未提到孟德尔,但他曾从老师耐格里处得知孟德尔的工作。于是他在自己的论文标题中特别突出地强调了孟德尔。他的论文《杂种后代表现方式中的孟德尔定律》(1900年4月24日收稿)也发表在《德国植物学会杂志》第18卷第158~168页。柯伦斯的论文对孟德尔遗传规律的再发现也起了十分重要的作用。

与此同时,奥地利维也纳农业大学的一位年

轻讲师丘歇马克(E. Tschermak, 1871—1962)在研究豌豆杂种后代的性状时,也观察到分离现象。他认为这是一个重大发现,着手撰写讲师就职论文《关于豌豆的人工杂交》。可是,当论文校样出来时,他读到了德弗里斯的德文论文和柯伦斯的论文,于是,他赶忙把论文摘要投寄给《德国植物学会杂志》,刊登在该杂志第18卷第232~239页。

三位科学家的论文都刊登在1900年出版的《德国植物学会杂志》第18卷,都证实了孟德尔有关单个性状遗传的法则,从而引起学术界的重视。

3. 性状的多基因决定

多基因决定的性状有质量性状和数量性状:表现不连续变异的性状,称为质量性状;表现连续变异的性状,称为数量性状。质量性状在杂种后代的分离群体中,对于各个个体所具有的相对性状的差异,可以明确地分组并求出不同组间的比例,来研究它们的遗传动态。但是在生物界更广泛存在的是数量性状。在一个自然群体或杂交后代群体内,不同个体的性状都表现为连续的变异,很难进行明确地分组,更难求出不同组之间的比例,所以不能用分析质量性状的方法分析数量性状,而要用统计学方法对这些性状进行测量,才能研究它们的遗传动态。我们主要介绍质量性状的遗传。

现以人的身高为例说明多基因遗传的特点。人的身高是由许多数目不详、作用微小的共显性基因所决定的。假设有三对决定身材高矮的基因:AA'、BB'、CC',频率都是0.5。这三对基因中A、B、C三个基因各使人的身高在平均身高的基础上增加5 cm, A'、B'、C'各使人的身高在平均身高的基础上降低5 cm。假如身高极高的个体(AABBCC)和身高极矮的个体(A'A'B'B'C'C')婚配,子一代都将具有杂合基因型(AA'BB'CC'),从理论上说都将具有中等身高。然而,由于环境因素的影响,子一代个体间在身高上仍会有一定差异。当然,这种差异完全是环境因素影响的结果。子一代的不同个体间如果进行婚配,

子二代的大部分个体仍将具有中等身高,但是变异范围广泛,将会出现一些极高和极矮的个体。这种变异首先受这三对基因分离和自由组合的影响,子一代可产生8种精子或卵细胞,精卵随机结合,子二代可有27种基因组合,然后再将各基因型按高矮不同基因数归组,可以归并成7组:6、0' (无上标的数字表示使身材增高基因的个数,有上标的数字表示使身材变矮的等位基因的个数), 5、1', 4、2', 3、3', 2、4', 1、5', 0、6'; 它们的频数分布是1、6、15、20、15、6、1 (图7); 其次环境因素对子二代的身高也有一定作用。

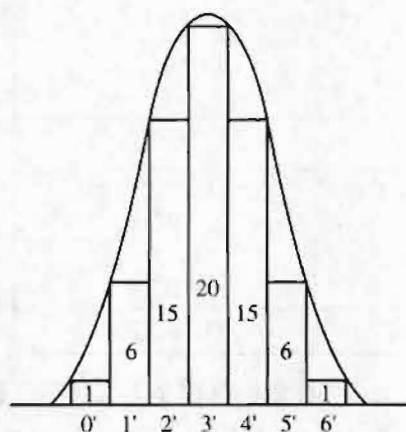


图7 子二代身高变异分布图

4. 基因的多效性

基因的多效性是指一个基因可有多种生物学效应。在人类中,很多单个基因可以使一个个体表现出多种性状。其原理涉及基因的初级效应和次级效应。初级效应是指基因通过转录和翻译过程指导一条多肽链的合成,而次级效应则是由多肽链所构成的蛋白质或酶所参与或控制的各种生理过程。基因的初级效应是单一的,但次级效应则可以是多方面的。一个基因异常所造成的基因产物的缺乏常常会在不同的组织内及个体不同的发育阶段引起一系列的生化代谢或组织结构的异常,即使得个体表现出多种性状。

基因的多效性表现为基因间的相互作用,机

理是:生物的一切表现型都是蛋白质活性的表现,具体地说,是酶的作用,而这些酶又是在基因控制下合成的。生物体多数性状是许多酶共同作用的结果,也就是由多基因控制的,是这些基因相互作用的结果。例如,与玉米籽粒糊粉层颜色这一性状有关的基因有A、C、R和P,它们分别位于玉米第Ⅲ、Ⅸ、Ⅹ、Ⅴ染色体上。实验证明,至少当存在A和C基因(不论纯合或杂合)的情况下,玉米籽粒糊粉层才可能出现颜色,有A和C并补加R(也不论杂合或纯合),就能使糊粉层产生红色素,如果有A、C、R再加上P,就能合成紫色素,否则糊粉层是无色的。

5. 复等位基因

所谓复等位基因(multiple alleles)是指在种群中,同源染色体的相同位点上,可以存在两个以上的等位基因,遗传学上把这种等位基因称为复等位基因。人类的ABO血型遗传就是复等位基因遗传现象的典型例子。

人类的ABO血型有A、B、AB、O四种类型,这四种表现型的基因型相应为 $I^A I^A$ 、 $I^A i$ 、 $I^B I^B$ 、 $I^B i$ 、 $I^A I^B$ 、 ii 。 I^A 、 I^B 对 i 为显性, I^A 与 I^B 为共显性。很显然,在上述基因型中涉及到三个基因 I^A 、 I^B 和 i ,这就是一组复等位基因。应当指出,在一个正常二倍体的细胞中,在同源染色体的相同位点上,只能存在一组复等位基因中的两个成员,只有在群体中不同个体之间,才有可能在同源染色体的相同位点上出现三个或三个以上的成员,例如,在血型遗传中甲个体为 $I^A I^B$,乙个体可能为 $I^A i$ 或 $I^B i$ 等。上述ABO血型的一组复等位基因就是这样,其四种血型是由这一组复等位基因,在不同个体间的不同组合所决定的,这些组合广泛分布于人群中,而形成A、B、AB和O不同血型的差别。根据父母的血型及分离定律,可以推测出子女中可能出现的血型和不可能出现的血型(表6)。

表6 亲代的血型类型及其后代可能的血型

婚配	父母血型		在后代子女中可能出现的血型	
	表现型	可能基因型	基因型	表现型
1	O×O	ii×ii	ii	O
2	O×A	ii×I ^A i ii×I ^A I ^A	I ^A i, ii I ^A i	A, O A
3	O×B	ii×I ^B i ii×I ^B I ^B	I ^B i, ii I ^B i	B, O B
4	A×A	I ^A i×I ^A i I ^A I ^A ×I ^A i I ^A I ^A ×I ^A I ^A	I ^A I ^A , I ^A i, ii I ^A I ^A , I ^A i I ^A I ^A	A, O A A
5	A×B	I ^A i×I ^B i I ^A I ^A ×I ^B i I ^A i×I ^B I ^B I ^A I ^A ×I ^B I ^B	I ^A I ^B , I ^A i, I ^B i, ii I ^A I ^B , I ^A i I ^A I ^B , I ^B i I ^A I ^B	AB, A, B, O AB, A AB, B AB
6	B×B	I ^B i×I ^B i I ^B I ^B ×I ^B i I ^B I ^B ×I ^B I ^B	I ^B I ^B , I ^B i, ii I ^B I ^B , I ^B i I ^B I ^B	B, O B B
7	O×AB	ii×I ^A I ^B	I ^A i, I ^B i	A, B
8	A×AB	I ^A i×I ^A I ^B I ^A I ^A ×I ^A I ^B	I ^A I ^A , I ^A I ^B , I ^A i, I ^B i I ^A I ^B , I ^A I ^A	AB, A, B AB, A
9	B×AB	I ^B i×I ^A I ^B I ^B I ^B ×I ^A I ^B	I ^B I ^B , I ^A I ^B , I ^A i, I ^B i I ^A I ^B , I ^B I ^B	AB, A, B AB, B
10	AB×AB	I ^A I ^B ×I ^A I ^B	I ^A I ^A , I ^B I ^B , I ^A I ^B	A, B, AB

高等植物中，烟草是自交不育的，已知至少有 15 个自交不亲和基因，它们是 S_1 、 S_2 …… S_{15} ，构成了一个复等位基因系列，相互间没有显隐性关系。

6. 人类性状遗传分析举例

人类中隐性基因遗传的典型例证要数味盲基因的遗传。隐性等位基因 t 是一种控制不能品尝出苯硫脲（简称 PTC）或者有关化合物的基因。PTC 是一种白色结晶物，由于含有硫酰胺基而具苦涩味。对于这种化合物，多数人是尝味者（taster），研究表明，在他们的舌根部滴入稀释至 $3.3 \times 10^{-7} \sim 1 \times 10^{-5}$ 的 PTC 溶液时，他们就能够品尝出 PTC 的苦涩味道；少数人是不能品尝者，把浓度很高的 PTC 溶液甚至结晶物放在这类人的舌根部，他们都不能品尝出 PTC 的苦涩味来，通常称这类人为对 PTC 味盲（nontaster）。味盲者同味盲者婚配，除极少数例外，只能生下味盲子女；尝味者与尝味者，或尝味者与味盲者婚配，可能会生下两种类型的子女。这说明味盲者是隐

性纯合子 tt ，尝味者的基因型则无疑是 TT 或 Tt 。下列系谱图（图 8）说明对 PTC 尝味能力的遗传。

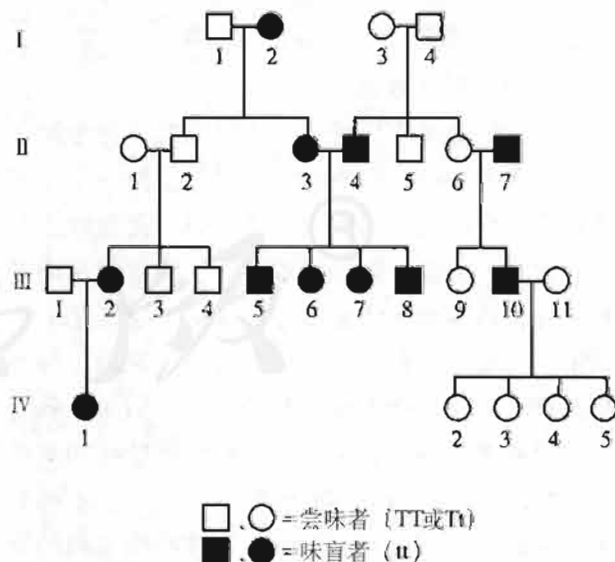


图8 一例 PTC 尝味能力的系谱图

再举一些人类遗传病的事例。先讲单基因遗传的例子。基因组中由基因突变产生的单个基因的异常，在遗传给下一代时有时会产生明显的病

症。这种由单个致病基因引起的疾病称为单基因病。有许多人类的性状或遗传病可以用经典遗传学的基本理论来解释和分析,例如,人类耳垂的有无,血型的遗传,各种显性的或隐性的遗传病的遗传等,这类遗传都称为孟德尔遗传(Mendelian inheritance)。孟德尔遗传存在影响性状的主基因。主基因的异同可在人群中产生明显的性状差异,且这类基因的存在与否对性状的出现具有决定性的影响。单基因病即是致病主基因引起的遗传病。

传统的孟德尔遗传分析主要是通过统计不同亲代杂交产生的不同性状后代的数目来进行分析。

即使在我们不知道造成性状的基因本身的性质或定位的情况下,仍然可以判断基因的显隐性和该性状的遗传方式。对人类遗传性状的研究无法采用杂交实验的方法,只能对具有该性状的家系成员的性状分布进行观察分析,通过对性状在家系后代的分离或传递方式来推断基因的性质和该性状向某些家系成员传递的概率,这种方法称为系谱分析。判断一种性状的遗传方式往往需要分析具有该性状的许多家系并进行统计处理后才能得到明确而准确的结论。较大的家系的遗传分析,价值较高。系谱分析中常用的符号见图9。

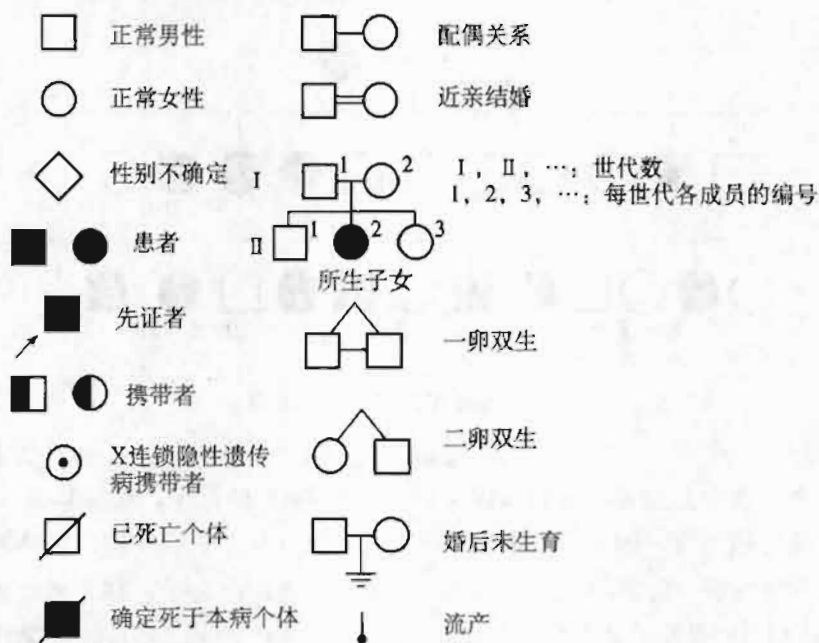


图9 系谱中常用符号

在进行系谱分析时,首先从家系中前来就诊或发现的第一个患病(或具有所研究的性状)个体开始,他也叫先证者;然后逐步追溯调查其他成员的发病(或有某性状的)情况。通过对尽可能多的家系成员,包括不具这一性状的个体的调查结果,根据人类系谱命名法绘制成系谱图。通过系谱分析可以判断某一性状是否由遗传决定,是否有主基因存在,传递方式的显隐性等,从而为寻找有关的基因及其在染色体上的定位、基因所决定的性状在家族中的复发风险估计提供依据。

(1) 常染色体显性遗传病

致病基因位于常染色体上,在与正常的等位基因形成杂合子时可导致个体发病,即致病基因决定的是显性性状,所引起的疾病称为常染色体显性遗传(autosomal dominance inheritance,简称AD)病。

常染色体显性遗传病由于杂合子即可得病,我们可以通过个体是否发病而知道一个人是否带有和传递致病基因。理论上讲,病人的基因型可以是致病基因的纯合子(一般写为AA),也可以是杂合子(一般写作Aa)。但由于一般致病基因在人群中的频率很低,绝大多数患者应为杂合子,

一般分析时,也假定患者为杂合子。纯合子的两个致病基因分别来自父母的遗传,只有在婚姻的双方都带有致病基因时才可能出现,而这种婚姻

显然是很少见的。因此在一般情况下病人是杂合子患者,并且主要通过病人和正常人之间的婚姻向后代传递疾病(表7)。

表7 AD病患者和正常人婚配后代的发病情况

亲代基因型	配子	亲代基因型	
		配子	子
Aa	A	a	Aa 患者
	a	a	aa 正常个体

A1型短指症是第一例被证实是人类显性遗传病的疾病,这是一种表现为骨骼异常的AD病

(图10)。我国科学家贺林已将该病的致病基因克隆。

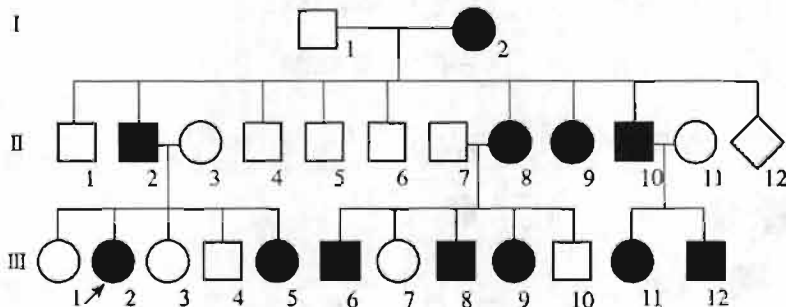


图10 一例A1型短指症的系谱

AD病系谱的特点:

a. 患者的双亲之一常常是患者,致病基因是由患病的亲代向后代传递而来。因此,如果双亲无病,子女一般也不会发病。如果出现双亲无病而子女发病的情况,则可能是新的基因突变引起。

b. 患者的子女有1/2的发病机会,即患者每生育一次,都有1/2生育患者的风险。

c. 因为致病基因位于常染色体上,其传递不涉及性别,所以男女有同样的发病可能。

d. 由先证者向上连续几代都能看到患者,即这类遗传病有连续遗传的现象。

(2) 常染色体隐性遗传病

控制一种遗传性状的基因是隐性基因,位于常染色体上,其遗传方式称为常染色体隐性遗传(autosomal recessive inheritance,简称AR)。由常染色体上隐性致病基因引起的疾病称为常染色体隐性遗传病。

当个体处于杂合(Aa)状态时,由于有显性基因(A)的存在,致病基因(a)的作用不能表现,所以杂合子不发病。这种表现型正常但带有致病基因的杂合子,称为携带者。只有当隐性基因处于纯合状态(aa)时,隐性基因所控制的性状才能表现出来。因此,临床上所见到的常染色体隐性遗传病患者,往往是两个携带者婚配的后代。

白化病是一种常见的常染色体隐性遗传病,由于患者体内编码酪氨酸酶的基因发生突变,导致酪氨酸酶缺乏,使黑色素的合成发生障碍,从而引起白化症状。患者的虹膜、皮肤、毛发缺乏色素。现以a表示该病的致病基因,与其等位的正常基因为A,当一对夫妇均为携带者时,他们的后代将有1/4的概率是白化病患儿,其余3/4的概率为表现型正常的个体,在表现型正常的个体中,2/3的概率为白化病基因携带者(图11)。

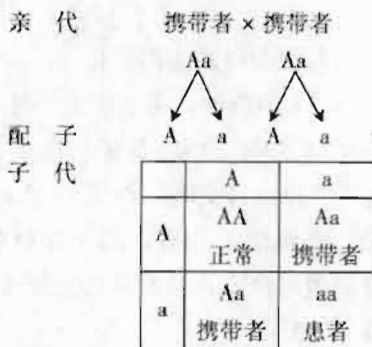


图 11 白化病婚配图解

AR 病系谱如下 (图 12):

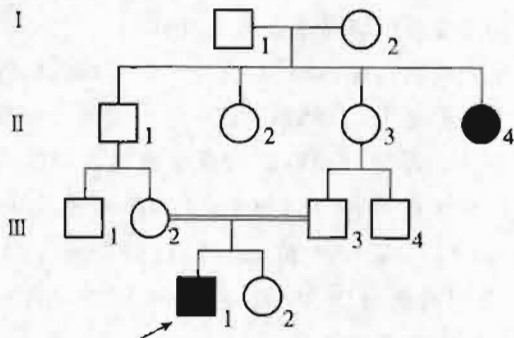


图 12 常染色体隐性遗传病的典型系谱

AR 病系谱的特点:

a. 由于致病基因位于常染色体上, 因而致病基因的遗传与性别无关, 男女发病机会均等。

b. 系谱中看不到连续遗传现象, 常为散发病例, 有时系谱中只有先证者一个患者。

c. 患者的双亲往往表现型正常, 但他们都是致病基因携带者。患者的兄弟姐妹中约有 $1/4$ 的概率患病, $3/4$ 的概率为正常, 在表现型正常的个体中有 $2/3$ 的可能性是携带者。一般在小家系中有时看不到准确的发病比例, 如果将相同婚配类型的小家系合并起来分析, 就会看到近似的发病比例。

d. 近亲婚配后代的发病率比非近亲婚配发病率高。这是由于近亲之间可能从共同的祖先传来某一相同的基因, 所以他们基因相同的可能性较一般人要高。

7. 概率的基本知识

孟德尔在分析自己的杂交实验结果和作出合理的推理时, 都用到了数学分析的方法和思想,

实质是数理统计的方法和思想, 这里的核心就是概率论中的有关知识, 我们现在进行遗传分析时也要用到这些概率知识。例如, 一对等位基因的杂合子后代表现的 $3:1$ 性状分离, 实际包括: 等位基因的正常分离, 并分别进入不同的配子, 包含不同等位基因配子的受精能力相同, 而且参与受精的配子是一个非常大的配子群体; 含有不同等位基因配子的融合是一个随机过程, 结果合子的基因型频率就等于配子类型的频率乘积, 因而杂种后代的基因型频率可以直接由杂种产生的配子类型频率相乘得到; 不同基因型合子生活力相同, 合子基因型频率就等于后代个体的基因型频率; 显性完全的话, 后代性状比在理论上是 $3:1$ 。两对等位基因的杂合子 (位于非同源染色体上), 一对等位基因分离趋向细胞的一极是随机的, 另一对趋向另一极也是随机的, 结果在非等位基因进入配子时, 进行了自由组合。此外, 杂种后代的基因型和表现型的各种比值的求解, 推断一个杂交组合后代的表现, 在人类中某对夫妇生下患病后代的风险等。所有上述内容都涉及概率论和统计学原理的应用。

概率是指某一事件 (A 事件) 发生的可能性的多少。一定要注意是指事件还没有发生, 只是如果发生, 其可能性用百分数或分数表示是多少, 常用 $P(A)$ 表示。在一定的条件下具有多种可能结果而究竟出现哪一种结果事先不可预言的现象叫做随机现象。随机现象的每一个结果叫做一个随机事件, 简称为事件。用大写的字母 A、B、C 等表示。事件的关系有很多种, 这里只讲有关的几种。我们所涉及的事件之间的关系, 一般包括互不相容事件、对立事件、独立事件等。

互不相容事件指事件 A 和事件 B 不能同时出现, 就称 A 与 B 互不相容。例如, 一对等位基因杂合子 (Dd) 自交后代中 DD : Dd : dd 之比为 $1:2:1$ 。对任何一个显性个体, 它不是 DD, 就是 Dd, DD 和 Dd 不能同为一个个体, 它们就为互斥事件。

对立事件指所有不属于 A 事件的事件, 也称为 A 的逆事件。例如, 杂合子 (Dd) 自交后代中

表现显性的个体为 A 事件, 隐性个体就为 A 的对立事件。对立事件是互不相容的特例, 它只有 A 事件和 A 的逆事件这两种事件。

独立事件指 A 事件的出现, 并不影响 B 事件的出现, 则称 A 事件与 B 事件为独立事件。两对等位基因杂合子 (DdGg) 在形成配子时, d 趋向一极与 G 趋向同一极无关, 所以 d 和 G 趋向同一极就是两个独立事件。

在讨论事件之间的关系时, 需计算它们发生的概率是多少。进行概率计算要用到两个基本定理, 即乘法定理和加法定理。

乘法定理: $P(AB) = P(A) \times P(B)$

即两个独立事件共同出现的概率等于它们各自出现的概率之积。例如, 两对夫妇同时都生男孩的概率为 $1/2 \times 1/2 = 1/4$ 。又如在豌豆中, F_1 是黄子叶饱满种子的双杂合子 (YyRr), 在 F_2 中的一粒种子既是黄色又是饱满的概率应为 $3/4 \times 3/4 = 9/16$; 求法如下: F_2 中黄色 (只考虑一对性状) 的比例为 $3/4$, 饱满 (也只考虑一对性状) 的比例也为 $3/4$, 两者相互独立, 同时出现的概率就为 $3/4 \times 3/4 = 9/16$; 其他比例依此类推。

加法定理: 它可计算互斥事件出现的概率。设有两个事件 (A 和 B), 若 A 和 B 事件为互斥事件, 则出现事件 A 或事件 B 的概率等于它们各自概率之和。例如, 在豌豆子叶的颜色遗传中, F_2 应是 $3/4$ 黄色、 $1/4$ 绿色, 但对于任一粒种子而言, 是黄粒就不能是绿粒, 反之亦然, 那么子叶的黄和绿则为互斥事件。因此一粒种子其颜色为黄或绿的概率为: $P(\text{黄或绿}) = P(\text{黄}) + P(\text{绿}) = 3/4 + 1/4 = 1$ 。又如在云南丽江, 藏族居民血型的分布是: 50% 的 O 型, 14.5% 的 A 型, 31.2% 的 B 型, 4.3% 的 AB 型。一般情况下一人仅有一种血型, 那么该地区藏民任 1 人出现 A 型或 B 型的概率应为: $P(A \text{ 或 } B) = P(A) + P(B) = 14.5\% + 31.2\% = 45.7\%$ 。

8. 概率在遗传学上的应用

根据概率理论和孟德尔定律, 如果已知亲代的表现型和基因型, 就可迅速推算出子代的基因型和表现型的种类及比例, 反之亦然。具体方法

有两种。

(1) 一对基因杂种的遗传分析

基因型为 Aa 的杂种, 在形成配子时, 等位基因分离, 将形成 A 与 a 两种类型的配子, 而且它们的概率各为 $1/2$ 。自交时, 即 $Aa \times Aa$, 如果配子的生活力、受精能力相等, 那么雌雄配子各作为独立事件相遇的概率, 按照乘法定理将是:

$$1/2A \times 1/2A = 1/4AA$$

$$1/2A \times 1/2a = 1/4Aa$$

$$1/2a \times 1/2A = 1/4aA$$

$$1/2a \times 1/2a = 1/4aa$$

这一结果也可用棋盘式表示法表示。

应当指出: 在 Aa 的自交中, 所形成的四种合子, 概率都是 $1/4$ 。然而, 这些组合之间, 却都是互斥事件, 即对一种特定的合子来说, 只能具有上述四种中的一种 (这里 Aa 与 aA 等效), 而不可能同时是 Aa、AA 或 aa, 所以杂合子 (aA 或 Aa) 出现的概率应为 $1/4 + 1/4 = 1/2$ 。AA、Aa 和 aA 的概率是 $1/4 + 1/4 + 1/4 = 3/4$; 由于 AA 和 Aa 表现型是一致的, 所以就出现了 3:1 的表现型比率, 如果 AA 和 Aa 的表现型不一致, 就是 1:2:1。

(2) 两对基因杂种的遗传分析

以孟德尔两对因子的杂种基因型 RrYy 为例, Rr 为一对等位基因, Yy 是另一对等位基因, 在形成配子时, R 与 r, Y 与 y 各自分离, 独立进入一个配子, 它们的概率各为 $1/2$, 而在形成配子时, R 或 r 与 Y 或 y 的组合是随机的, 按照概率原理, R 与 Y, R 与 y, r 与 Y, r 与 y 相遇的概率各为 $1/2 \times 1/2 = 1/4$, 即 $F_1(RrYy)$ 产生四种类型的配子其概率各为 $1/4$, 雄配子是这样, 雌配子也是这样。从而可推算出 F_2 代出现的各种基因型的概率。其表现型由于 RR 和 Rr 表现型皆为圆形, YY 和 Yy 表现型皆为黄色, 如果要求得黄色圆形种子的表现型概率即: $RRYY1/16 + RRYy2/16 + RrYY2/16 + RrYy4/16 = 9/16$ 。

为了简便起见, 对于两对或两对以上基因的杂种形成合子或后代的概率, 也可以用分解法求得。具体是把两对或多对基因拆开, 以一对基因

杂种合子的概率为基础(单位),然后把它们各自的概率分别相乘起来,就会出现和上面同样的结果,仍以 $RrYy$ 的基因型杂种为例。将其按一对等位基因分解:

基因型	RR	Rr	rr
概率	1/4	2/4	1/4
基因型	YY	Yy	yy
概率	1/4	2/4	1/4

然后,随机相乘起来即得:

$$RRYY = 1/4 \times 1/4 = 1/16,$$

$$RRYy = 1/4 \times 2/4 = 2/16,$$

$$RrYY = 2/4 \times 1/4 = 2/16,$$

$$RrYy = 2/4 \times 2/4 = 4/16 \dots\dots$$

就其表现型而言,亦可按一对基因的表现型概率求得。已知 R 对 r 为显性, Y 对 y 为显性,那么,种子的圆形黄色的概率为 $3/4 \times 3/4 = 9/16$,圆形绿色为 $3/4 \times 1/4 = 3/16$,皱形黄色为 $1/4 \times 3/4 = 3/16$,皱形绿色为 $1/4 \times 1/4 = 1/16$ 。

如果是两对以上基因杂种的遗传分析,除用上述方法外,还可用分枝法来推算其概率。

9. 人类遗传分析中的概率

我们曾经提到人类遗传中的几个问题:正常性状的遗传,系谱分析以及近亲婚配的危害性等,也可以用概率来分析推算。

(1) 正常性状遗传中的概率

一个基因型为 $BbRr$ (棕眼右癖)的男人与一个基因型为 $bbRr$ (蓝眼右癖)的女人结婚,其后代各类型出现的概率可根据概率的原理来计算:基因型为 $BbRr$ 的男人,在形成配子时, B 与 b 分离,进入特定配子的概率各为 $1/2$; R 与 r 分离,其概率也是 $1/2$ 。在配子中, B 或 b 与 R 或 r 随机组合,产生四种类型的配子, BR 、 Br 、 bR 、 br ,其概率各为 $1/2 \times 1/2 = 1/4$ 。基因型为 $bbRr$ 的女人,在形成配子时, b 与 b 分离, R 与 r 分离,形成 bR 与 br 两种类型的配子,其概率各为 $1/2$,那么,其后代概率如下。

基因型概率为: $BbRr$ 为 $2/8$,即 $BR 1/4 \times br 1/2 + Br 1/4 \times bR 1/2 = 2/8$,依此类推。就其表现型概率而言,已知 B (棕眼)对 b (蓝眼)为显

性, R (右癖)对 r (左癖)为显性,因此,棕眼右癖出现的概率为棕眼 $1/2 \times$ 右癖 $3/4 = 3/8$,即后代中棕眼出现的概率为 $1/2$,出现右癖的概率为 $3/4$,两者相互独立,同时出现的概率为两者概率的乘积,其余类推。

(2) 遗传病分析中的概率

一个家系的情况是:父亲并指不聋哑 ($SsDd$),母亲正常 ($ssDd$),现计算其后代中可能出现各种表现型的概率。已知并指是一种显性遗传病,聋哑是一种隐性遗传病,也就是说,在上述婚配方式 ($SsDd \times ssDd$) 的情况下,并指出现的概率为 $1/2$,正常也为 $1/2$;而聋哑出现的概率为 $1/4$,正常为 $3/4$,在 $3/4$ 的正常表现型中,有 $2/3$ 为聋哑致病基因的携带者。为此,在子女中将出现的各种类型的概率为:

正常儿 (既无并指也无聋哑): $1/2 \times 3/4 = 3/8$

只有并指 (无聋哑) 的患儿: $1/2 \times 3/4 = 3/8$

只有聋哑 (无并指) 的患儿: $1/2 \times 1/4 = 1/8$

既有并指又有聋哑的患儿: $1/2 \times 1/4 = 1/8$

(3) 系谱分析中的概率

a. 随机婚配情况下的发病率 家族无患者时发病风险的估计:设在群体中某种常染色体隐性遗传病的患病率为 $1/10\,000$ 。根据 Hardy-Weinberg 定律 (群体遗传平衡定律) 的公式:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1 \text{ 和 } p + q = 1,$$

则患病率 (aa) (即隐性纯合体在群体中出现的频率) $= q^2 = 1/10\,000$,那么隐性致病基因的频率 $q = \sqrt{q^2} = 1/100$,显性基因的频率 $p = 1 - q = 1 - 0.01 = 0.99$;群体中携带者的频率 $P(Aa) = 2pq = 2 \times 0.01 \times 0.99 \approx 1/50$ 。

在随机婚配的情况下,夫妇双方同为携带者的概率 $= P(Aa) \times P(Aa) = (2pq)^2 = (1/50)^2$;双亲同为携带者时,其子女发病的可能性为 $1/4$;所以随机婚配时,子女的发病风险 (子女发病率) $= (1/50)^2 \times 1/4 = 1/10\,000$,或 $= 1/50 \times 1/50 \times 1/4 = 1/10\,000$ 。

b. 家族中无患病个体时,近亲婚配情况下的发病率 已知:就一对等位基因来说,一级亲属

(父母与子女;子女与子女,如兄妹等)之间基因相同的可能性为 $1/2$, 二级亲属(祖孙、外祖孙、叔侄、舅甥等)之间基因相同的可能性为 $1/4$, 而三级亲属(表兄妹、堂兄妹)之间基因相同的可能性为 $1/8$ 。

如果表兄妹之间近亲婚配,表兄妹同为携带者的可能性等于 $1/50 \times 1/8$, 子女的发病风险则为 $1/50 \times 1/8 \times 1/4 = 1/1600$, 这样表兄妹婚配的子女的发病风险比随机婚配提高了 6.25 倍。

c. 家族中有患者时,近亲婚配情况下发病风险的估计 已知先天性聋哑病是常染色体隐性遗传病。下图是先天性聋哑家族的系谱(图 13)。

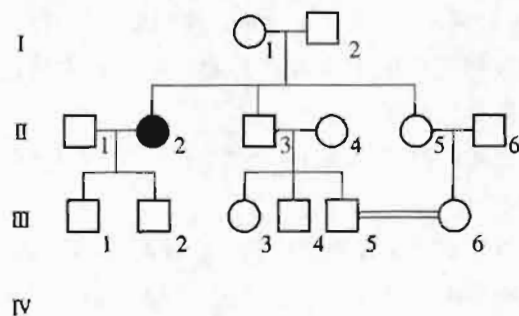


图 13 先天性聋哑家族的系谱

由于 II₂ 为患者,故 I₁ 和 I₂ 必然都为携带者。根据分离定律,且 II₃ 和 II₄ 各有 $2/3$ 的可能性为携带者,那么 III₅ 和 III₆ 为携带者的可能性各为 $2/3 \times 1/2 = 1/3$ 。另外,假设这种遗传病在群体中的发病率也为 $1/10\,000$, 根据遗传平衡定律,可知群体中携带者的频率 $\approx 1/50$ 。

III₅ 与 III₆ 婚配时,他们所生子女的发病风险 $= (1/3)^2 \times 1/4 = 1/36$ 。而 III₅ 和 III₆ 分别与外人随机婚配,他们各自子女的发病风险 $= 1/3 \times 1/50 \times 1/4 = 1/600$ 。两者相比,前者比随机婚配的发病风险提高了约 17 倍。

遗传平衡定律指在一个不发生突变、迁移、选择,并进行随机交配的大群体中,基因频率和基因型频率代代相传,保持恒定。

自我检测的答案和提示

一、概念检测

判断题

1. ×。
2. ×。
3. ×。

选择题

1. D。
2. C。
3. D。
4. B。

二、知识迁移

因为控制非甜玉米性状的是显性基因,控制甜玉米性状的是隐性基因。当甜玉米接受非甜玉米的花粉时,非甜玉米花粉产生的精子中含有显性基因,而甜玉米的胚珠中的极核含有隐性基因,极核受精后发育成胚乳,胚乳细胞中显性基因对隐性基因有显性作用,故在甜玉米植株上结出非甜玉米;当非甜玉米接受甜玉米的花粉时,甜玉米花粉产生的精子中含有隐性基因,而非甜玉米的胚珠中的极核含有显性基因,故在非甜玉米植株上结出的仍是非甜玉米。

三、技能应用

由于显性基因对隐性基因有显性作用,所以在生物长期的进化过程中,如果没有自然选择的作用,一般在一个群体中显性个体数多于隐性个体数。根据图中提供的信息可知,蝴蝶的绿眼个体数多,并且绿眼:白眼接近于 $3:1$; 同样蝴蝶的紫翅个体数多,并且紫翅:黄翅接近于 $3:1$, 所以判断蝴蝶的绿眼和紫翅是显性性状,白眼和黄翅是隐性性状。

四、思维拓展

1. 提示:一对皮肤颜色正常的夫妇,生下白化病患儿,说明白化病属于隐性基因控制的疾病。同时调查统计结果表明,携带白化病致病基因且表现型正常的夫妇,其后代是白化病患者的几率为 25%。以此可以判断,人类正常皮肤与白化皮肤这对相对性状的遗传符合孟德尔的分离定律。

2. 孟德尔的自由组合定律具有普遍性,因为两对相对性状的遗传可分解为每一对相对性状遗传结果的乘积,即两对相对性状遗传产生的性状

组合类型数为 $2 \times 2 = 2^2$ ，性状比例为 $(3:1)^2$ ；其比例为 $(3:1)^n$ 。

故 n 对相对性状遗传产生的性状组合类型有 2^n 。

教学设计与案例

《孟德尔的豌豆杂交实验（一）》

一、教学目标的确定

“分析孟德尔遗传实验的科学方法，阐明分离定律”是课程标准对本节内容提出的基本要求。本节教材的编写特点也适于进行科学方法的教育，

并且高中生具备一定的生物学基础和较强的理性思维能力。基于以上考虑，制定了本节课的教学目标。

二、教学设计思路



三、教学实施的程序

学生活动	教师的组织和引导	教学意图
交流、探讨身边的生物遗传现象是否符合“融合遗传”的观点。	第1课时 组织学生讨论：哪些遗传现象符合“融合遗传”的观点？哪些遗传现象与“融合遗传”相矛盾？ 讲述：列举典型的实例，如不同颜色的牡丹花、桃花，黑毛羊与白毛羊等，说明生物的遗传不遵循“融合遗传”的客观事实。 设疑：在150多年前孟德尔通过杂交实验揭示了生物遗传的基本规律。孟德尔为什么能揭示这一科学奥秘？组织学生交流对孟德尔的初步了解。	激发学生的探究欲望和学习兴趣。
根据自己已有的知识，交流对孟德尔的初步认识。	讲述：结合学生的汇报，主要对孟德尔做以下简介。 ①孟德尔自幼酷爱自然科学，通过对自然科学和数学的学习，孟德尔具有了杂交可使生物产生变异的进化思想，以及应用数学方法分析遗传学问题的意识。 ②在实践中孟德尔选用豌豆、玉米、山柳菊等植物，连续进行了多年的杂交实验研究，其中最成功的是豌豆实验。 ③当时科学界开展对多种动植物的杂交实验，孟德尔总结了前人的经验，创新研究方法，如从单一性状入手观察分析遗传结果；用前人从未在生物学研究领域用过的数学统计方法进行分析研究；敢于挑战传统的观点，提出了颗粒遗传的思想等。 设疑：豌豆具有哪些特点？为什么说孟德尔最成功的杂交实验是豌豆杂交实验？孟德尔是如何揭示生物遗传奥秘的？	初步了解孟德尔在遗传实验研究中方法的创新、思维方式的创新、敢于冲破原有观念的精神。

续表

学生活动	教师的组织和引导	教学意图
结合图解, 分析总结 1. 为什么用豌豆作实验材料, 结果会可靠? 2. 杂交实验的含义是什么? 3. 如何通过纯种间的杂交获得杂种后代? 概述自交、杂交的概念。 通过实例分析, 辨析相对性状的概念。 结合板图, 观察分析一对相对性状的遗传实验过程, 总结显性性状、隐性性状与相对性状之间的关系。 在教师的引导下提出问题。 1. 为什么子一代表现高茎? 矮茎性状消失了没有? 2. 为什么子二代又出现了矮茎? 如果不用数学统计的方法分析遗传结果, 会发现 F_2 呈现 3:1 的数量比吗? 3. 在规律性的遗传结果中, 内含的实质规律是什么? 围绕这些问题, 进行短时间的讨论。 边听讲边掌握遗传图解的绘制要点, 概述显性遗传因子与显性性状、隐性遗传因子与隐性性状之间的关系; 说明纯合子、杂合子的概念; 概述孟德尔对性状分离的解释要点。	讲述: 结合挂图或幻灯片、课件讲述豌豆的结构特点: ①豌豆自花传粉 (且闭花受粉), 结果是: 自花传粉 (自交), 产生纯种; ②豌豆花大, 易于进行人工杂交; 即去雄—套袋 (防止其他花粉的干扰)—授粉 (采集另一种豌豆的花粉, 授到去掉雄蕊的花的柱头上), 获得真正的杂种; ③具有稳定遗传的、易于区分的性状, 如豌豆茎的高度有悬殊的差异, 通过观察很容易区分, 进行数据统计。 讲述: 结合上述内容, 给出相对性状、自交、杂交、正交和反交等概念。 设疑: 孟德尔是如何通过豌豆杂交实验来揭示分离定律的? 讲述: 边板图边叙述一对相对性状的遗传实验。 P 纯种高茎豌豆 × 纯种矮茎豌豆 (♀或♂) ↓ (♂或♀) F_1 高茎豌豆 ↓ 自交 F_2 高茎豌豆 矮茎豌豆 787 277 3 1 给出显性性状、隐性性状、性状分离的概念。 在学生讨论的基础上, 结合一对相对性状的遗传图解, 引导学生分析: 孟德尔是如何解释子一代只出现显性性状的? 为什么子二代会出现性状分离, 且分离比为 3:1?	师生共同解决问题, 为学生阐明“一对相对性状的遗传实验”做铺垫。培养学生的概括能力和理解能力。 培养学生的问题意识, 给予学生发散思维、启动已有知识的空间, 使学生理解孟德尔的科学研究方法。 师生共同解决疑惑的问题, 强化对概念的学习。

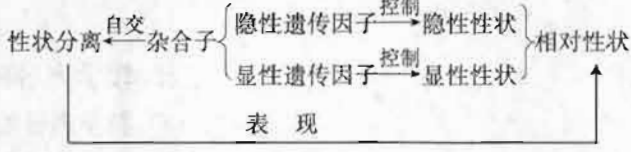
续表

学生活动	教师的组织和引导	教学意图
结合图解阅读教科书, 阐明孟德尔假说的内涵, 概括孟德尔假说的要点。 (1) 生物体的性状是由遗传因子决定的, 遗传因子之间既不会相互融合, 也不会传递中消失。 (2) 体细胞中遗传因子是成对存在的。 (3) 生物体在形成配子时, 成对的遗传因子彼此分离, 分别进入不同的配子中。 (4) 受精时, 雌雄配子的结合是随机的。	教师的组织和引导 P 纯种高茎豌豆 × 纯种矮茎豌豆 (DD) (dd) D d Dd F₁ 高茎豌豆 F₁ 高茎豌豆 × 高茎豌豆 Dd Dd D d D d F₂ DD Dd Dd dd 高茎 高茎 高茎 矮茎 3 : 1 遗传图解 1 一对相对性状杂交实验图解 在讲解的基础上, 引导学生阅读教科书, 进一步理解孟德尔假说的含义。 设疑引导学生课后思考: 孟德尔假说与“融合遗传”观点的本质区别是什么? 在人们还没有认识到配子的形成和受精过程中染色体的行为变化时, 你如何认识孟德尔假说的深刻意义? 遗传因子分离、配子随机组合真的能出现 3 : 1 的结果吗? 第 2 课时 针对上节课提出的问题组织学生交流自己的见解。 设疑: 孟德尔在不知道遗传因子是什么的情况下, 用抽象的遗传因子来分析杂交实验结果。提出了遗传因子在体细胞中成对存在, 在配子中单个出现的假说, 是超越自己时代的一种非凡的设想。生物体在进行有性生殖时, 遗传因子分离, 配子随机结合真能出现 3 : 1 的性状分离现象吗? 让我们通过模拟实验来体验孟德尔的假说。 指导学生阅读实验的目的要求, 明确相关的问题。	培养自学能力, 使学生在反馈、思考中进一步突破难点。 将课堂教学延伸到课外, 开阔学生的思维, 体会孟德尔假说的创新性。培养学生的思维能力。为下一节课教学做铺垫。 激发探究心理, 明确模拟实验的目的。 理解遗传因子分离与配子随机结合的意义。 培养学生的阅读能力、思维能力。
课下思考与讨论, 有可能的话继续查阅相关的资料。		
依据自己已有的知识, 讲述自己的看法。		
学生阅读性状分离比的模拟实验, 思考以下问题。 1. 两个小桶代表什么? 两个小桶中的 D 小球和 d 小球代表什么? 2. 为什么每个小桶内的 d 小球和 D 小球数目都是 10 个? 3. 分别从两个小桶内抓取一个小球组合在一起的含义是什么? 4. 将抓取的小球放回原来的小桶内, 摇匀, 按步骤 (3) 重复做 50~100 次的含义是什么?		

续表

学生活动	教师的组织和引导	教学意图
两人一组,进行实验记录,统计结果。 各小组汇报实验结果。 思考:为什么全班的实验结果与预期的结果更接近?如果孟德尔在研究遗传实验时,只统计10株豌豆杂交结果,他还能正确解释性状分离现象吗? 理解遗传因子分离、配子随机结合的意义。体会孟德尔提出的假说的含义。 绘制遗传图解,进一步掌握绘制遗传图解的方法,理解测交实验的过程,预测实验结果。 自查、纠正错误。	在学生阅读的基础上,帮助学生明确实验要求。 1. 两个小桶分别代表生物体的精巢和卵巢;D小球和d小球分别代表含有显性遗传因子和隐性遗传因子的配子。 2. 每个小桶内的d小球和D小球数目都是10个,确保雌、雄配子数目相等。 3. 分别从两个小桶内抓取一个小球组合在一起的含义是:模拟雌、雄配子的随机结合。 4. 将抓取的小球放回原来的小桶内,摇匀,按步骤(3)重复做50~100次,是为了确保观察样本数目足够多。雌、雄配子结合的机会相等。 准备实验材料用具。巡回检查、指导学生做实验。 组织学生汇报,统计全班的实验结果,引导学生将每个小组的实验结果与全班总的实验结果作比较,比较的结果说明了什么? 将实验结果与孟德尔的杂交实验结果作比较,帮助学生理解“实验样本数量足够大,是满足统计学规律的必要条件之一”。讨论孟德尔的假说是否合理。 设疑:孟德尔假说合理地解释了豌豆一对相对性状杂交实验。但是作为一种正确的假说,仅能解释已有的实验结果是不够的,还应该能预测另一些实验结果。孟德尔是如何实现这一目的的呢? 讲述:孟德尔的测交实验,给出测交概念,指导学生通过绘制遗传图解,预测测交实验的结果。巡视检查学生习作的情况。 通过课件或板图,展示规范的测交遗传图解,对学生出现的错误给予及时的纠正。 杂种子一代 隐性纯合子 高茎 矮茎 测交 × Dd dd 配子 ↓ D d d ↓ ↓ 测交后代 Dd dd 高茎 矮茎 1 : 1 遗传图解2 一对相对性状测交实验图解	将模拟实验与遗传实验相结合,明确每一实验步骤的真正意义。 理解模拟实验是进行科学研究的一种方法。 培养学生的实验记录能力、合作能力。 体验用数学统计方法分析实验结果的必要性。 对学生进行科学方法教育。 使学生在习作中巩固绘制遗传图解的基本方法。

续表

学生活动	教师的组织和引导	教学意图
思考讨论：预测结果与实际结果完全符合。从而验证了孟德尔的假说。 孟德尔通过测交实验不仅证明了自己的假说，而且用可见的测交实验的结果，来体现了生物在形成配子时，遗传因子的行为变化规律。 依据一对相对性状的遗传实验，归纳分离定律。 练习绘制概念图。 进行技能训练中的实验设计。	展示孟德尔的测交实验结果，即用子一代高茎豌豆（Dd）与矮茎豌豆（dd）测交，在得到的64株后代中，30株是高茎，34株是矮茎，两种性状之比接近1:1。 引导学生分析：实验结果与预测结果是否相同？这一结果说明了什么？孟德尔设计测交试验的巧妙之处是什么？ 介绍假说—演绎法。 引导学生归纳分离定律。 归纳本节的相关概念，绘制杂合子、性状分离、相对性状、显性性状、隐性性状等概念的概念图。  图解3 概念图 结合教材中的技能训练，让学生运用遗传规律进行育种的实验设计。	体验孟德尔实验方法的创新之处。 梳理、建构相关知识网络，培养应用相关原理、概念解决问题以及设计实验的能力。

第2章

基因和染色体的关系

在孟德尔的遗传规律被重新发现之后,科学家开始寻找基因在细胞中的位置。细胞学的研究揭示了精子和卵细胞的形成要经过减数分裂,即染色体数目减半的过程,精子和卵细胞再经过受精作用结合,形成的受精卵中染色体数目又恢复为该物种体细胞中的染色体数目。在此过程中,染色体的行为与基因在亲子代间的传递行为具有惊人的一致性,由此科学家提出了基因位于染色体上的假说。这一融合了大胆想像与科学推理的假说,通过摩尔根的果蝇实验得以确证。本章的学习,学生将继续循着科学家的研究足迹,寻找基因在细胞中的位置,再次体验观察—提出假说—实验验证的科学思想方法,领略科学家严谨求证的科学态度和大胆假设、富于想像的创新思维品质。

本章教材分析

一、教学目的的要求

知识方面

1. 阐明细胞的减数分裂。
2. 举例说明配子的形成过程。
3. 举例说明受精过程。
4. 说出基因位于染色体上的实验证据。
5. 概述伴性遗传。

情感态度与价值观方面

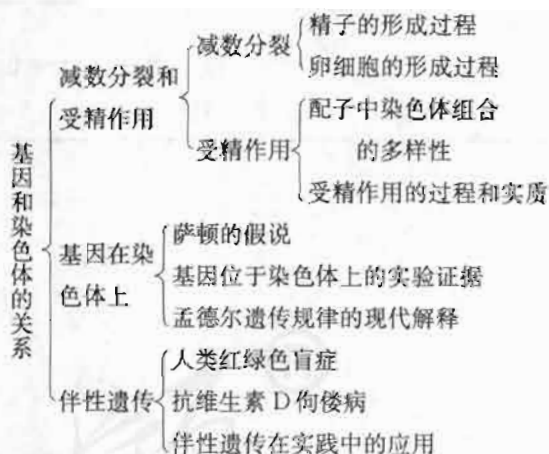
1. 认同基因是物质实体。
2. 认同观察、提出假说、实验的方法在建立科学理论过程中所起的重要作用。
3. 认同科学研究需要丰富的想像力,大胆质疑和勤奋实践的精神,以及对科学的热爱。

能力方面

1. 使用高倍镜,观察蝗虫精母细胞减数分裂固定装片。
2. 运用模型建构的方法,模拟减数分裂过程中染色体数目和行为的变化。
3. 尝试类比推理的方法,解释基因位于染色体上。
4. 运用资料分析的方法,总结人类红绿色盲症的遗传规律。

二、教学内容的结构和特点

(一) 教学内容的结构



(二) 教学内容的特点

本章分3节:《减数分裂和受精作用》、《基因在染色体上》、《伴性遗传》。这3节内容的选取和安排,是在第1章引导学生认识孟德尔遗传规律的基础上,继续依照科学史的顺序,寻找孟德尔提出的遗传因子,也就是基因,在细胞中的位置。细胞学研究揭示了减数分裂的过程和受精作用的实质,科学家发现进行有性生殖的生物,正是通过减数分裂和受精作用来保持亲子代遗传性状的稳定性的,而这一过程又是通过染色体行为和数

目的变化来实现的。染色体在减数分裂和受精作用中的行为与孟德尔假设的遗传因子(即基因)在亲子代之间传递的行为有着惊人的相似,因而萨顿提出假说:基因是由染色体携带着从亲代传递给子代的,基因位于染色体上。萨顿的假说通过摩尔根的果蝇杂交实验得以证实。摩尔根的果蝇杂交实验不仅验证了基因位于染色体上,而且把一个特定的基因和一条特定的染色体——X染色体联系起来,揭示了果蝇的伴性遗传。本章内容按照减数分裂和受精作用、基因在染色体上、伴性遗传的顺序编写,正是体现了上述发展历程。

第1节《减数分裂和受精作用》分为两个小节:《减数分裂》和《受精作用》。在减数分裂和受精作用过程中,起关键作用的是染色体行为和数目的变化,因而第1节的“问题探讨”是从比较果蝇配子和体细胞的染色体差异开始的。

在第1小节《减数分裂》中,教材没有直接给出减数分裂的定义,而是先介绍与孟德尔同时代的生物学家魏斯曼的预言:在卵细胞和精子成熟的过程中,必然有一个特殊的过程使染色体数目减少一半。受精时,精子和卵细胞融合,恢复正常的染色体数目。魏斯曼的这一预言不是空穴来风,而是科学家在对大量事实进行观察、分析的基础上,凭借敏锐的洞察力所做的大胆推测,是在事实与经验基础上的真知灼见。这一点应在教学时给学生讲清楚,以免学生误认为科学上的预测、推测是凭空想像,只需勇气、胆量就足够了。

动物减数分裂的过程比植物的简单,而哺乳动物是最高等的动物类群,人也属于哺乳动物,学生渴望了解与自己身体有关的生理过程。基于以上这几点考虑,教科书选择了哺乳动物精子和卵细胞的形成过程来介绍减数分裂。

关于精子的形成过程,教科书介绍得比较详细。首先介绍的是精子的形成部位,然后以图文结合的形式介绍了睾丸里的原始的雄性生殖细胞——精原细胞经过减数第一次分裂和减数第二次分裂形成精细胞,精细胞再经过变形,形成成熟的雄性生殖细胞——精子的过程。在教学中,

教师可边讲解减数分裂的过程,边引导学生识图。“哺乳动物精子的形成过程图解”的中央提纲挈领地列出了减数分裂的主要特征。在文字叙述过程中,为了加深学生对减数分裂关键步骤的理解,在正文相应的旁栏处,以旁栏思考题的形式提示学生思考减数分裂过程中的一些重要问题,如“减数分裂的染色体复制发生在什么时候?”“细胞两极的这两组染色体,非同源染色体之间是自由组合的吗?”“在减数第一次分裂中染色体出现了哪些特殊的行为?这对于生物的遗传有什么重要意义?”在本小节里,同源染色体、联会、四分体是重要的概念,教科书用黑体字标出,以示重要。此外,减数分裂过程中染色体数目减半发生的时期也很重要,也用黑体字标出。四分体中姐妹染色单体的交叉互换,学生感觉比较抽象,不好理解,但是姐妹染色单体的交叉互换既是减数分裂过程中染色体的重要行为,也是学生理解配子多样性形成的基础,为了帮助学生理解,教科书提供了真实的照片,并配以模式化的示意图。

有了精子的形成过程作基础,卵细胞的形成过程就可以介绍得比较简略。教科书在介绍了卵细胞形成的部位之后,用比较法叙述了卵细胞形成过程与精子形成过程的不同点,并配以图解。最后用“减数分裂图解”对精子和卵细胞的形成过程进行归纳和总结。教师可引导学生识别“减数分裂图解”,尝试用自己的话来描述减数分裂的过程,培养学生的识图能力和表达能力。

《观察蝗虫精母细胞减数分裂固定装片》的实验有助于增加学生对减数分裂的感性认识,加深对减数分裂的理解。教师应指导学生尽可能地找全减数分裂各时期的细胞,识别减数分裂不同时期的染色体的形态、数目和位置,帮助学生通过想像,在头脑中建构一幅减数分裂动态过程图。

第2小节《受精作用》有两个重点内容。一个是通过建立减数分裂中染色体数目和行为变化的模型,模拟减数分裂中染色体数目及主要行为的变化和非同源染色体的自由组合,理解配子中染色体组合的多样性;另一个是了解受精作用的过程和实质。

这里的模型建构,建构的是动态的模型,材料用具简单易得,学生也比较容易操作,但需要以小组形式配合完成。教科书上提供的照片,就是由高中学生自己建构的减数分裂模型。在建构模型的基础上,再引导学生讨论有性生殖的生物通过减数分裂形成配子的多样性,以及配子多样性对于生物多样性形成的意义。

受精作用的机制是很复杂的。考虑到高中阶段的教育仍为基础教育,是全面提高公民基本的科学素养的教育,不是培养生物学家的专业教育。因此,教科书只是概括地介绍了受精作用的一般过程,以帮助学生理解受精作用的实质。本节的最后一段话很重要,是对本节学习内容的提升,指出了减数分裂和受精作用的重要性。任何一种生物学现象都蕴涵着深刻的道理,对减数分裂和受精作用过程的学习,目的是帮助学生最终认识二者的实质,及其在生命延续的过程中和生物的遗传变异中所起的重要作用。

本节的学习,学生要学会识别3个重要的图解:“哺乳动物精子的形成过程图解”、“哺乳动物卵细胞的形成过程图解”、“减数分裂图解”。识图是很重要的科学探究技能,为了进一步强化学生这方面的技能,本节安排了技能训练“识图和作图”,既从知识方面加深和巩固学生对有丝分裂、减数分裂过程中染色体数目变化的理解,又从技能方面训练了学生识图和作图的能力。

第2节《基因在染色体上》,从上一节《减数分裂和受精作用》引过来,在“问题探讨”中,呈现蝗虫精母细胞减数第一次分裂后期照片,请学生尝试将孟德尔分离定律中的遗传因子换成同源染色体,把分离定律念一遍,学生会发现,这个替换是可行的。由此可以启发学生联想:基因和染色体的行为似乎是一致的。但是这个联想会导致学生产生疑问:基因与染色体是一一对应的关系吗?“问题探讨”继续提供资料:“人只有23对染色体,却有几万个基因。”看来基因与染色体不可能一一对应了,那么基因与染色体之间究竟是什么关系呢?学生的这种疑惑源于头脑中的认知冲突,由认知冲突产生的问题会激发学生的探

究兴趣。就让学生带着问题和探究的兴趣来学习吧。

在遗传学史上,科学家对基因与染色体关系的研究,是从寻找基因的物质基础,发现基因与染色体行为的相似现象开始的。美国遗传学家萨顿研究蝗虫精子和卵细胞的形成过程,发现等位基因的分离与减数分裂中同源染色体的分离极为相似,由此得出推论:基因位于染色体上。许多研究证实,基因与染色体的行为的确存在着惊人的平行关系,这些具体的平行关系事实对于理解基因位于染色体上的观点很重要,因而教科书将具体的平行关系分4条清楚地交代给学生。如果萨顿的推论成立,它应该能够解释孟德尔的豌豆杂交实验。为此,教科书设计了“思考与讨论”,请学生在教科书提供的孟德尔一对相对性状的杂交实验图解中,在染色体上标注出相应基因,看看对实验现象的解释是否仍然成立。教科书之所以采取学生活动而非教科书直接叙述的形式,是为了落实探究性学习的课程理念,培养学生的探究意识和动手、动脑的能力,并使学生在活动中加深对生物学原理的理解,提高学生对生物学观点的认同程度。

萨顿的假说运用了“类比推理”的科学方法。为了加强科学方法教育,本节安排了“类比推理”的科学方法介绍。但是,类比推理得出的结论并不具有逻辑的必然性,其正确与否,还需要观察和实验的检验。教科书紧接着介绍了基因位于染色体上的实验证据,也就是著名的摩尔根果蝇杂交实验。通过对实验过程的介绍和分析,相信学生对于“基因位于染色体上”这一生物学观点将会心服口服。在这部分内容的介绍中,教科书并不局限于单纯介绍实验,也谈到了摩尔根在对其他科学家的学说持怀疑态度时,是怎样对待科学研究的。他没有批评、挖苦所怀疑的学说,而是认真钻研,设计实验,寻找证据解决疑点。科学家这种对待科学的态度和高尚的人品,教师应引导学生细细体会。

在摩尔根的果蝇杂交实验中,学生可以再次体会正确选择实验材料在通往成功之路上所起的

重要作用。摩尔根所选择的果蝇具有遗传学研究上的许多优点，非常适合作为遗传学研究的材料。因此，在旁栏的相关信息里，较为详细地介绍了果蝇这一著名的遗传学实验材料。

在介绍摩尔根的实验时，教科书采取问题串的形式，环环相扣，层层深入，引导学生逐步揭开遗传的奥秘，最终证实基因的确位于染色体上。但是每种生物的基因数量，都要远远多于这种生物的染色体的数目，显然，一条染色体上应该有许多个基因。摩尔根和他的学生经过十多年的努力，发明了测定基因位于染色体上相对位置的方法，并绘出了第一个果蝇各种基因在染色体上相对位置的图，说明基因在染色体上呈线性排列。随着科学的发展，现代分子生物学技术已经能够用分子杂交的方法，将基因定位在染色体的相应位置上。教科书用小号楷体字介绍了这方面的进展，并配以彩色图片，这一内容不要求学生掌握，目的是为了拓展学生视野，增强学生学习生物学知识的时代感，体现教材内容的先进性。

至此，关于孟德尔的豌豆杂交实验及其在此基础上提出的遗传规律，学生循着科学家的探索足迹，不仅在观念上逐渐认同，在知识结构上也形成了比较完整的认识。因此，教科书安排了“孟德尔遗传规律的现代解释”，帮助学生进行归纳总结。

本节的“技能训练——类比推理”，帮助学生进一步掌握类比推理的科学方法，并且为下一章的学习打下伏笔。“科学家的故事”用叙事式的写法，介绍了染色体遗传理论的奠基人——摩尔根的杰出贡献、科学态度、科学精神，以及高尚的人品，使学生在了解科学家的事迹的同时，受到情感态度价值观的教育。

第3节《伴性遗传》从学生感兴趣的人类遗传病引入，在“问题探讨”中让学生讨论红绿色盲和抗维生素D佝偻病这两种遗传病，为什么在遗传表现上总是和性别相关联，为什么两种遗传病与性别关联的表现又不相同？由此引出“伴性遗传”的概念。

伴性遗传有什么特点呢？教科书通过实例引

导学生分析。人类红绿色盲是学生比较熟悉的常见遗传病，关于色盲的发现还有一段有趣的故事。教科书用小号楷体字介绍了这段历史，主要目的是提高学生的学习兴趣，并不要求学生掌握。红绿色盲症是本节学习的重点，教科书安排了一个“资料分析”活动。在这个“资料分析”里，学生需要学习识别并分析家系图。红绿色盲的遗传方式比较复杂，正常女性、女性携带者或女性色盲与正常男性或男性色盲之间有许多种婚配方式，结果并不相同。教科书以图文结合的方式，引导学生分析正常女性与男性色盲婚配和女性携带者与正常男性婚配的可能结果，其他情况，如女性携带者与男性色盲婚配和女性色盲与正常男性婚配，则请学生自己完成遗传图解。既发挥了学生的能动性，培养学生独立分析问题的能力，还使学生对所学知识留下深刻的印象。在学生完成了这些学习活动之后，教科书对人类红绿色盲症的遗传特点做了小结。

有了对人类红绿色盲症的遗传分析做基础，对于抗维生素D佝偻病的遗传特点，学生就不难理解了。因而，教科书对抗维生素D佝偻病的叙述比较简单。

伴性遗传是生物界中普遍存在的现象。除了人的红绿色盲、抗维生素D佝偻病以及果蝇的红眼和白眼的遗传外，教科书还补充介绍了人的血友病、芦花鸡羽毛上黑白相间的横斑条纹，以及雌雄异株植物中某些性状的遗传等例子。伴性遗传在生产实践中是很有用的。教科书以芦花鸡为例，讲述了生产上为了多得鸡蛋，根据芦花鸡羽毛表现出的伴性遗传特征，将公鸡和母鸡区分开，以便多养母鸡，提高产蛋量。为了更好地培养学生的探究意识和探究能力，教科书采取开放式的结尾，鼓励学生查阅资料，多了解有关伴性遗传规律在生产实践中的其他应用。

三、与学生经验的联系

学生在学习《分子与细胞》模块时，对细胞增殖、细胞分裂、细胞周期、有丝分裂等概念已经有了比较深入的了解，这些内容是学习减数分

裂的基础。

有关受精的知识,是学生感兴趣,又存在很多疑惑的内容。教师可从学生感兴趣的内容切入,创设问题情境,引起学生的认知冲突,完成该内容的教学。

本章第2节《基因在染色体上》,是沿着遗传学史的发展顺序,在第1章人们是如何发现遗传因子的存在的基础上,引领学生寻找遗传因子,即基因在细胞中的位置。因此,第1章和本章的第1节,是本章第2节学习的基础。

学生对伴性遗传现象不是很熟悉,需要教师多举些实例。

四、与其他章的联系

《遗传与进化》一书是以人们对基因的发现、研究和应用历程,即遗传学发展史为主线编写的。本章承上衔接第1章,启下衔接第3章。本章有关减数分裂的内容,与《分子与细胞》模块中有关细胞增殖、有丝分裂的内容有联系。

第1节 减数分裂和受精作用

一、教学目标

1. 阐明细胞的减数分裂并模拟分裂过程中染色体的变化。
2. 举例说明配子的形成过程。
3. 举例说明受精过程。
4. 使用高倍镜,观察蝗虫精母细胞减数分裂固定装片。
5. 阐明减数分裂和受精作用对于生物遗传和变异的重要性。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

- (1) 减数分裂的概念。
- (2) 精子的形成过程。
- (3) 受精作用的过程。

2. 教学难点

- (1) 模拟减数分裂过程中染色体的变化。
- (2) 比较精子和卵细胞形成过程的异同。
- (3) 观察蝗虫精母细胞的减数分裂。

三、教学策略

总体思路是:教师要充分利用教材和生活中的实例,引导学生从教材或生活中提炼出问题;然后让全体学生亲自动手来探究,并且归纳

总结,引导学生在解决问题的过程中学习。体现“提高生物科学素养,面向全体学生,倡导探究性学习,注重与现实生活的联系”等新课程理念。

由于减数分裂和受精作用是微观、动态、连续变化的过程,给准确认知带来困难,因此成为教学的难点。为了突破教学难点,教师应考虑在学生已有知识(如有丝分裂)的基础上,精心设计将微观变为宏观的教学活动。为此将本节“模拟建构”的部分活动前移应该是一个很好的设想。学生通过探究活动增加直观印象。

本节教学建议用3课时完成,其中减数分裂部分的教学用2课时。

第1课时

一、减数分裂

1. 设置问题情境,引起兴趣,引导学生进入学习新知识氛围。

本节继续沿着科学发现史的历程进行研究。继遗传因子之后,科学家又发现了染色体在生殖过程中的变化,并根据预测和观察证实了生物进行有性生殖要经过减数分裂和受精作用。据此,教师可设置问题情境,激发学生学习的欲望。

(1) 先请学生根据本节题图,比较果蝇体细胞与配子细胞染色体组成及数目的不同。引导学生根据此图提出能联想到的问题。(如:配子细胞

是如何形成的?)

(2) 教师通过设问“图中的配子是通过有丝分裂产生的吗?”“有丝分裂的特征是什么?”等引导学生复习细胞有丝分裂并猜想配子是经过何种分裂形成的。

(3) 然后教师可介绍减数分裂发现简史,激发学生兴趣。

2. 通过学生的模拟活动和思考来突破本节教学的重、难点,形成对减数分裂过程中染色体变化的正确认识。

精子形成过程是本节的教学重点,模拟减数分裂过程中染色体的变化是本节的教学难点。建议将第二小节“模型建构”的部分活动前移。这样做的好处是学生在已有知识(有丝分裂)的基础上,通过自己的探究体会减数分裂与有丝分裂的不同;形成对减数分裂过程中染色体数目和行为变化的直观印象。

进行“模型建构”教学时注意以下几点。

(1) 学生拿出红、黄橡皮泥(或染色的木棍、植物枝条等替代品)及白纸,依照“模型建构”的“活动准备”进行准备。

(2) 教师辅导学生构建一个有丝分裂染色体数目和行为变化的模型。

(3) 引导学生边讨论边利用模型完成自己猜想的配子形成过程。让学生经过思考和实践理解只有在染色体复制一次细胞连续分裂两次(有丝分裂)的情况下,才能产生如题图所示的配子。明确这是一种使细胞中染色体数目减半的新的细胞分裂方式。

(4) 教师继续引导学生再次仔细观察题图中配子染色体组成的特点,然后请学生利用模型说明如何能形成如图所示的配子细胞。

(5) 请学生尝试归纳形成配子的细胞分裂

(减数分裂)的过程与特点。

第2课时

第1课时主要是学生通过活动,获得对减数分裂的感性认识。本课时应引导并帮助学生形成对感性知识的理性概括。

1. 继续上节学生的模型建构活动并引导学生思考。

对照建构的模型,教师引导学生进行理性思考。此时还应充分发挥教材资源的作用。

(1) 引导学生观察书中哺乳动物精子形成过程图解,并与自己建构的模型比较,思考图解的合理性。

(2) 在此基础上,教师依照书中图解讲述哺乳动物精子形成过程中发生的现象,包括:精原细胞中染色体复制;初级精母细胞中的同源染色体联会,四分体形成,同源染色体分离,染色体数目减半;次级精母细胞中染色体不再复制,染色体着丝点分裂,姐妹染色体分开成为染色体,分别移向细胞两极等。着重讲解同源染色体、非同源染色体等概念。

(3) 再请学生利用模型,边模拟边用生物学术语讲述哺乳动物精子形成过程。

2. 在模拟活动的基础上引导学生进行总结和概括。

(1) 请学生归纳减数分裂概念。

(2) 引导学生观察书中“哺乳动物卵细胞形成图解”,然后对精子形成过程和卵细胞形成过程进行比较。

3. 结合参考图示(图14和图15)观察蝗虫精母细胞减数分裂的固定装片,以加深对减数分裂过程的理解。

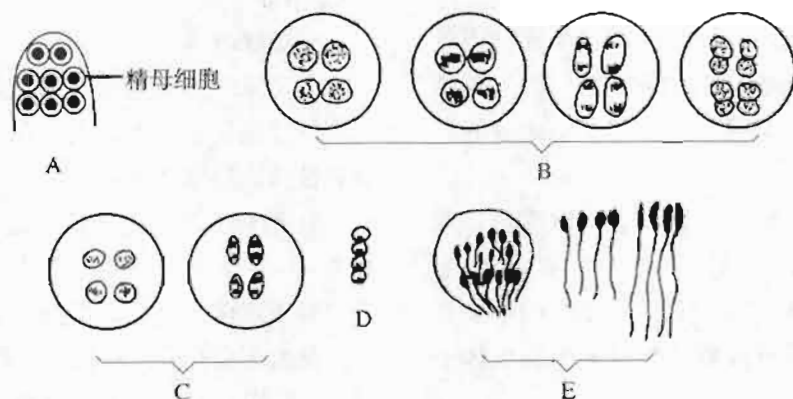


图14 高倍镜下观察蝗虫精母细胞减数分裂的几个时期示意图

A. 精巢管顶端 B. 减数第一次分裂 C. 减数第二次分裂 D. 精细胞 E. 精子

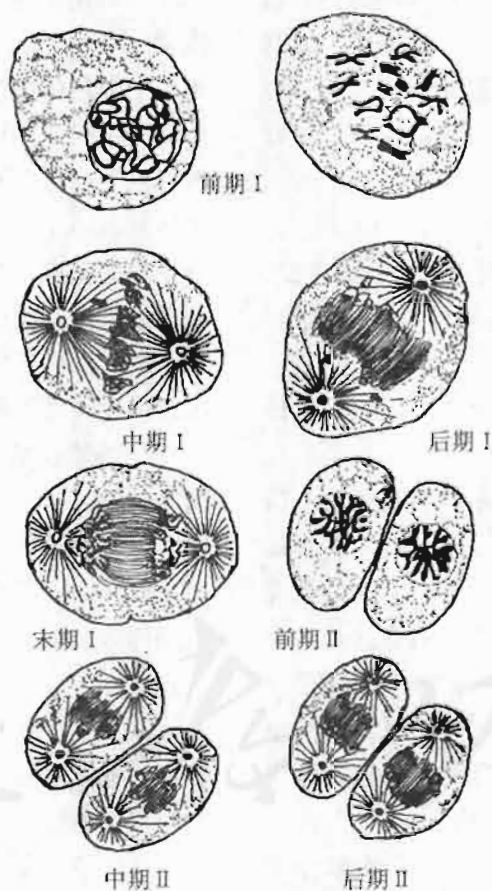


图15 蝗虫精母细胞减数分裂示意图

第3课时

二、受精作用

本课时教学重点是解决配子多样性的问题，但无论从思维的逻辑上还是从事实来说，都必须先解决为什么会出现受精作用。因此提出如下教

学建议。

1. 从生活实际提炼出问题引发思考。

可以用人的染色体组型图，也可以从本节题图引出问题，如“人的体细胞中有多少条染色体？人的精子和卵细胞中有多少条染色体？从人的精

子、卵细胞到人的体细胞之间应该有一个什么样的变化过程?人的体细胞是怎样形成的?”引起学生的思考进而理解受精作用的过程。

2. 先引导学生关注配子多样性的现象,再让学生研究配子多样性的来源。

(1) 引导学生阅读教材中“父亲体内所有的精原细胞,染色体组成并无差别;母亲体内的卵原细胞也是如此。可是,‘一母生九子,九子各不同’。同样的精(卵)原细胞会产生不同的配子吗?”这段文字,结合精子或卵细胞形成过程思考配子中染色体组成多样的原因。

(2) 回忆教材中减数第一次分裂的四分体时期,染色单体交叉互换的照片及示意图,思考这与配子中染色体组成的多样性有什么关系?

(3) 继续模型建构活动,在探究配子中染色体组合多样性的基础上进行归纳。

学生完成“模型建构”中模拟减数分裂过程中非同源染色体自由组合及讨论,计算可能出现的配子类型数目。

尝试模拟在减数分裂过程中四分体的非姐妹染色单体间某部位发生交叉互换。

归纳配子多样性的原因。

3. 利用教材资源,引导学生仔细阅读“受精作用”部分的教材内容,理解受精作用的意义。

四、答案和提示

(一) 问题探讨

1. 配子染色体与体细胞染色体的区别在于:

(1) 配子染色体数是体细胞染色体数的一半;

(2) 配子染色体是由体细胞每对同源染色体中分别取出一条组成的。

(二) 旁栏思考题

1. 减数分裂的染色体复制发生在减数第一次分裂前的间期,减数第二次分裂的间期不复制。

2. 初级精母细胞两极的这两组染色体,非同源染色体之间是自由组合的。

3. 在减数第一次分裂中出现了同源染色体联会,四分体形成,非姐妹染色单体间交叉互换,同源染色体分离,使得细胞两极各有一整套非同

源染色体,从而使形成的次级精母细胞中染色体数目减少为初级精母细胞的一半等行为。

上述过程可使配子中染色体数目减半。这样再通过以后发生的两性配子结合成合子的受精作用,就能维持生物前后代体细胞染色体数目的恒定,从而保证遗传的稳定性。上述过程还可以使经过减数分裂产生的配子类型多样,从而增加了生物的变异,增强了生物适应环境的能力,有利于生物的进化。

4. 经过减数第一次分裂,一个卵原细胞会分裂成一个较大的次级卵母细胞和一个较小的极体。经过减数第二次分裂,一个次级卵母细胞会分裂成一个含细胞质多的卵细胞和一个含细胞质少的极体,而减数第一次分裂形成的极体也经过减数第二次分裂成为两个含细胞质少的极体。最后三个极体退化消失,只剩一个卵细胞。

(三) 想像空间

不一样。受精过程中,仅精子的头部进入卵细胞,而精子的头部除了细胞核外,只含极少量的细胞质。而细胞质中线粒体含少量DNA(植物细胞质中的叶绿体也含少量DNA),对生物的遗传也有影响。

(四) 实验

1. 减数第一次分裂会出现同源染色体联会、四分体形成、同源染色体在赤道板位置成对排列、同源染色体分离、移向细胞两极的染色体分别由两条染色单体组成等现象。

减数第二次分裂的中期,非同源染色体成单排列在细胞赤道板位置,移向细胞两极的染色体不含染色单体。

2. 减数第一次分裂的中期,两条同源染色体分别排列在细胞赤道板的两侧,末期在细胞两极的染色体由该细胞一整套非同源染色体组成,其数目是体细胞染色体数的一半,每条染色体均由两条染色单体构成。

减数第二次分裂的中期,所有染色体的着丝点排列在细胞的赤道板的位置。末期细胞两极的染色体不含染色单体。

3. 同一生物的细胞,所含遗传物质相同;增

殖的过程相同；不同细胞可能处于细胞周期的不同阶段。因此，可以通过观察多个精原细胞的减数分裂，推测出一个精原细胞减数分裂过程中染色体的连续变化。

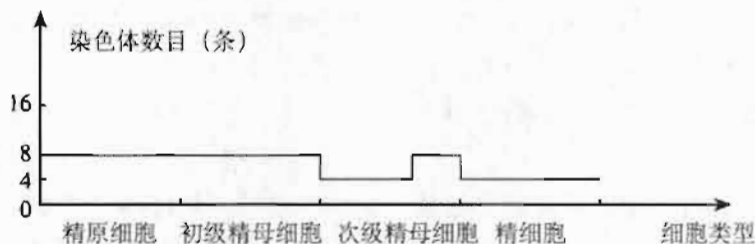
(五) 模型建构

讨论一

1. 代表分别来自父方和母方的同源染色体联会。

2. 4条。减数第一次分裂结束。2条。

3. 减数第一次分裂过程中的同源染色体联会，形成四分体，同源染色体在赤道板位置成双排列，同源染色体分离，分别移向细胞两极；减数第二次分裂过程中非同源染色体的着丝点排列在细胞的赤道板上，着丝点分裂，染色单体成为染色体，移向细胞两极。



精原细胞形成精子过程中染色体数目变化图

(七) 第一小节练习

基础题

- (1) $\checkmark$; (2) $\times$; (3) $\times$; (4) $\times$ 。
- B。
- D。
- (1) ① 这个细胞正在进行减数分裂。因为该细胞中出现了四分体。
② 该细胞有 4 条染色体，8 条染色单体。
③ 该细胞有 2 对同源染色体。其中染色体 A 与 C，A 与 D，B 与 C，B 与 D 是非同源染色体。
④ 细胞中 a 与 a'，b 与 b'，c 与 c'，d 与 d' 是姐妹染色单体。
⑤ 该细胞分裂完成后，子细胞中有 2 条染色体。
⑥ 参见教科书图 2-2。
(2) ① 4 条。

4. 2 个。2 个。

讨论二

- 每个配子都含有两种颜色的染色体。
- 4 种。
- 8 种。

(六) 技能训练

精原细胞有丝分裂过程中染色体数目变化表

时 期	间期	前期	中期	后期	末期
染色体数目(条)	8	8	8	16	16→8

精原细胞形成精子过程中染色体数目变化表

细胞类型	精原细胞	初级精母细胞	次级精母细胞	精细胞
染色体数目(条)	8	8	4→8	4

② B，D；B，C。

拓展题

提示：不一定。若减数分裂过程中发生异常情况，比如减数第一次分裂时联会的同源染色体，有一对或几对没有分别移向两极而是集中到一个次级精（卵）母细胞中，再经过减数第二次分裂产生的精子或卵细胞中的染色体数目就会比正常的多一条或几条染色体。再如减数分裂过程（无论第一次分裂还是第二次分裂）中，染色体已移向细胞两极，但因某种原因细胞未分裂成两个子细胞，这样就可能出现精子或卵细胞中染色体加倍的现象。

如果上述现象出现，则受精卵中染色体数目就会出现异常，由该受精卵发育成的个体细胞中染色体数目也不正常。由于染色体是遗传物质的载体，生物体的性状又是由遗传物质控制的，那

么当该个体的遗传物质出现异常时,该个体的性状也会是异常的。例如,人类的“21 三体综合征”遗传病患者就是由含有 24 条染色体(其中 21 号染色体是 2 条)的精子或卵细胞与正常的卵细胞或精子结合后发育成的。

(八) 第二小节练习

基础题

1. (1) $\checkmark$; (2) $\checkmark$; (3) $\checkmark$ 。

2. 提示:配子形成过程中,由于减数第一次分裂的四分体时期,非姐妹染色单体间可能互换部分遗传物质;中期时,同源染色体随机排列在细胞赤道板两侧,导致了配子中非同源染色体的自由组合,因此,配子中染色体组成是多样的。受精作用又是精子和卵细胞的随机结合,因此,后代的性状表现是多样的。

由于减数分裂是有规律的正常的细胞分裂,在减数分裂的过程中,染色体只复制一次,而细胞连续分裂两次。这样每个物种正常的雌、雄配子都含有该物种体细胞染色体数目一半的染色体,并且都是一整套非同源染色体的组合。而受精作用时精卵结合使受精卵及其发育成的个体体细胞中又可以恢复该种生物的染色体数目。性状是由染色体中的遗传物质控制的,生物前后代细胞中染色体数目的恒定,保证了前后代遗传性状的相对稳定。

拓展题

提示:在形成精子或卵细胞的减数分裂过程中,如果由于某种原因减数第一次分裂时两条 21 号染色体没有分离而是进入了同一个次级精(卵)母细胞,再经过减数第二次分裂,就会形成含有 2 条 21 号染色体的精子或卵细胞;如果减数第一次分裂正常,减数第二次分裂时 21 号染色体的着丝点分裂,形成了 2 条 21 号染色体,但没有分别移向细胞两极,而是进入了同一个精子或卵细胞。这样异常的精子或卵细胞就含有 24 条染色体,其中 21 号染色体是 2 条。当一个正常的精子或卵细胞(含 23 条非同源染色体,其中只含有 1 条 21 号染色体)与上述异常的卵细胞或精子结合成受精卵,则该受精卵含 47 条染色体,其中 21 号染

色体为 3 条。当该受精卵发育成人时,这个人的体细胞中的染色体数目就是 47 条,含有 3 条 21 号染色体。

五、参考资料

1. 减数分裂和受精作用的发现历程

19 世纪的最后 25 年,许多生物学家对细胞分裂和受精作用进行了大量的研究。1875 年 O. Hertwig 在观察海胆卵的受精作用时,发现精核和卵核的融合,从而开创了实验细胞学这一领域。W. Flemming、E. von Beneden 在动物方面和 E. A. Strasburger 在植物方面都对减数分裂和细胞的间接分裂进行了观察和详细的描述。1878 年 Schleicher 把细胞的间接分裂称为核分裂,而 1889 年 W. Flemming 则将 Remak 在 1841 年观察鸡胚血细胞时发现的细胞直接分裂称为无丝分裂,将间接分裂或核分裂称为有丝分裂。1879 年 Flemming 描述了蝾螈细胞的有丝分裂。1882 年他在核分裂和形成子细胞核的过程中观察到细胞核中的染色物质是如何转化为纵向分裂线状体的,他将核内染色部分称为染色质(chromatin)。1888 年 Walcleyer 将细胞分裂过程中随着核的消失而出现的染色小体称为染色体(chromosome)。1881 年 E. G. Balbiani 和 1884 年 Carnoy 发现了双翅目昆虫的唾腺染色体,并做了观察。

1883 年 E. von Beneden 不仅在有丝分裂过程中观察到染色体的两个子染色体各往一极,以保持子细胞中染色体物质的相等,而且观察到蛔虫配子的染色体数目只有体细胞中染色体数目的一半;而在受精过程中,受精卵从卵细胞和精子获得相同数目的染色体,结果,生物在代代相传中保持比较恒定的染色体数目。1884 年 E. A. Strasburger 观察被子植物的受精作用过程时发现了和 Hertwig 在动物细胞中所观察到的同样现象。由于双亲的特征遗传给后代是由参加受精作用的两种生殖细胞(卵细胞和精子)来完成的,因此,需要确定细胞的哪一部分与遗传特性有关。E. A. Strasburger 进行了各种植物的正反交实验,得到了相同的结果。因为卵细胞和精子在大小上

和所含细胞质的数量上是不同的, 所以他认为细胞质与物种间在遗传上的差异无关, 核及其中的染色体则是遗传的物质基础。魏斯曼假设在有性生殖的多细胞生物里遗传单位的数目在卵细胞和精子或花粉, 也就是在生殖细胞的形成中是减半的。然后遗传单位原有的数目在受精过程中通过雄性和雌性生殖细胞核的结合得以恢复, 于是产生了新的个体, 这个个体的遗传物质一半来自父方, 另一半来自母方。

细胞学说的建立把生物学家的注意力引向细胞, 有力地推动了对细胞的研究。19 世纪下半叶是细胞研究的繁荣时期, 科学家相继发现了许多重要的细胞器和细胞活动的现象。自从细胞是由原生质组成的概念建立以后, 学者们又更明确地把围绕在核周的原生质称为细胞质, 把核内的原生质称为核质。W. Flemming 改进了固定和染色技术, 首先精确地描述了细胞的有丝分裂过程, 并把细胞分裂命名为有丝分裂。E. A. Strasburger 根据染色体的行为把有丝分裂期分为前期、中期、晚期、末期。1855 年 Rubl 首次提出一个物种中两代细胞染色体数目不变的定律。1890 年, Waldeyer 认为, 有丝分裂的基本变化是形成核丝——染色体, 在纵的方向一分为二。19 世纪 80 年代末, T. Boveri 报导说, 动物体配子在形成过程中染色体数目减少一半, 不久 E. A. Strasburger 在植物细胞中也发现了这种现象。1905 年, J. R. Farmer 和 J. E. Moore 把进行有性生殖的生物的生殖细胞通过分裂使染色体数目减半的分裂方式称为减数分裂。这样就既明确了核在两代个体间保持了连续性, 也明确了染色体在减数分裂过程中减少一半, 通过受精在下一代又恢复原来数目的现象。

2. 被子植物的减数分裂和受精作用

高等植物的有性生殖过程都是在花里进行的。它包括减数分裂产生大小孢子和大小孢子进一步产生配子, 也包括雌雄配子受精结合产生合子和合子经有丝分裂形成种子。与有性生殖过程具有直接联系的是花里的雄蕊和雌蕊。

(1) 小孢子发生和雄配子的形成

被子植物的小孢子和雄配子是在雄蕊的花药

里产生的。当花药发育到一定阶段后, 其内部的孢原组织分化为花粉母细胞或称为小孢子母细胞, 它的染色体数为 $2n$ 。每个小孢子母细胞经过减数分裂产生 4 个染色体数目减半的小孢子, 最初由胼胝质壁将它们包围并将其相互分隔。当胼胝质壁溶解后, 小孢子被释放出来, 刚游离出来的小孢子内部充满浓厚的细胞质, 核处于中央。随着体积的增长和液泡的形成, 核被挤到边上, 并在靠近细胞壁的位置进行第一次孢子有丝分裂, 产生 2 个子细胞。其中靠近细胞壁的核形成生殖细胞, 另一个形成营养细胞。此后, 生殖细胞进行第二次孢子有丝分裂, 形成 2 个精细胞。这种三细胞的成熟花粉粒称为雄配子体, 其中 2 个精细胞称为雄配子。

(2) 大孢子发生和雌配子的形成

在雌蕊子房的胚珠中, 珠心细胞发育到一定阶段分化出胚囊母细胞或称大孢子母细胞, 它的染色体数目为 $2n$ 。大孢子母细胞经过减数分裂通常产生直线排列的 4 个大孢子, 其染色体数目为 n 。此后, 靠近珠孔端的 3 个大孢子逐渐退化消失, 只有远离珠孔端的一个大孢子能继续发育。它经过连续 3 次孢子有丝分裂, 形成具有 8 个核的胚囊, 以后形成 8 核 7 细胞的成熟胚囊结构。其中珠孔端的 3 个细胞中, 细胞核远离珠孔端的 1 个细胞, 为卵细胞或称雌配子, 细胞核靠近珠孔端的 2 个细胞是助细胞; 远离珠孔端的 3 个细胞为反足细胞; 中间的 2 个核称为极核。这种成熟的胚囊又称为雌配子体。

(3) 双受精是被子植物特有的现象

受精即雌、雄配子的结合。雄配子体(花粉)需先在雌蕊的柱头上萌发长出花粉管, 随后花粉管进入柱头、穿过花柱进入胚囊释放出雄配子, 最后才进行雌雄配子的结合。因此, 被子植物的受精是一个较长的过程。

① 花粉萌发

通过传粉, 花粉被送到雌蕊的柱头上。柱头是花粉萌发的场所, 也是进行细胞间识别的主要部位。柱头有两种不同的状态, 一种是湿润的, 另一种是干燥的。湿柱头在接受花粉时有包含脂

质、酚类化合物和糖类的分泌物，布满在柱头表面，便于黏着花粉和为花粉萌发提供必需的基质，其成分因植物不同而异。在矮牵牛中，分泌层之下束缚着一层很薄的水层，可为花粉萌发提供水分。

干柱头在接受花粉时一般不产生或仅具有很少的分泌物。这种柱头表面有一层亲水的蛋白质薄膜覆盖在柱头细胞壁表面的亲脂的角质层上。蛋白质膜中包含脂酶等物质，它们与角质层一起都是柱头细胞的外分泌物。一般来说，花粉萌发可分为黏着、吸胀、延缓、花粉管伸出和花粉管延伸5个步骤。

有些植物花粉萌发只需很短的时间。例如在水稻、高粱和甘蔗等植物中，花粉几乎在传粉后便立即萌发；玉米、二棱大麦、橡胶草等也只需5 min左右。花粉萌发时大多数仅产生一根花粉管。具多个萌发孔的花粉粒，如锦葵科、十字花科和葫芦科的植物，可以同时长出数根花粉管，但是最终只有一根能到达胚囊，其余的都在中途停止生长。

② 花粉管在雌蕊组织中生长，花粉管进入柱头和花柱

花粉管虽有各种进入柱头的方式，但一般都是从柱头组织的细胞壁之间或通过细胞壁向下生长的。花粉管尖端有一长度为5 μm 左右的生长点，其中含有高尔基体、核糖体等多种细胞器，丰富的RNA，各种酶类和多糖、油滴等。这些特征与形成新的管壁有关。在花粉管的生长过程中，营养核、生殖细胞或精子随着管内的原生质流也移向管的末端。

花粉管通过花柱进到子房后，通常沿子房的内壁或胎座继续生长，然后经珠孔进入胚珠。也有一些植物的花粉管从胚珠的合点或珠柄处进入。

花粉管穿过珠孔后，径直朝向并进入助细胞丝状器从而进入胚囊中。花粉管穿入两个助细胞中的一个后，于花粉管的顶端形成一个孔，从孔中释放出花粉管的内容物，其中包括两个精子、一个营养核和少量细胞质。被花粉管穿入的助细胞在花粉管进入之前或在花粉管进入之后退化。助细胞的退化可为卵细胞膜和精子膜的接触提供

场所。

③ 双受精

精子被释放出来以后，移向退化了的助细胞的合点端，而营养核被留在后面。一个精子从卵细胞的合点端缺乏细胞壁的部位进入卵细胞。由于精子和卵细胞没有细胞壁，因此精卵结合可以看做活体状况下的原生质体融合。精子通过与卵细胞的细胞膜相互融合进入卵细胞后，精核与卵核融合，产生二倍体的合子，继而形成胚。另一个精子也通过细胞膜融合的方式进入中央细胞，精核与两个极核融合，产生三倍体的胚乳。这一过程称为双受精。在双受精过程中，核的融合始于雌雄配子核膜的融合，随后双方的核质融为一体。双受精是被子植物受精过程的最后阶段。

3. 蝗虫体细胞染色体的组成及精母细胞减数分裂临时装片的制作

蝗虫染色体数目较少（雄蝗虫 $2n=23$ ，雌蝗虫 $2n=24$ ；其中常染色体11对，22条，雌雄相同；性染色体在雄性中为一条，即为XO，雌性中为两条，即为XX），染色体较大，易于观察。在同一染色体玻片标本上可以观察到减数分裂的各个时期，还可以观察精子的形成过程。

仪器及用具 显微镜，解剖镜，镊子，解剖针，盖玻片，载玻片，吸水纸，培养皿等。

药品 卡诺固定液（无水酒精3份，冰醋酸1份），改良苯酚品红染色液，蒸馏水等。

材料的采集 北方在每年9月底到10月初于稻田中采集雄蝗虫，并用卡诺固定液进行固定，然后保存于体积分数为70%的酒精溶液中，4℃储存。如果长期保存，可定时更换酒精储存液。

制作过程

(1) 从雄性蝗虫腹部背面剖开，靠近胸节处有橘黄色团状结构，为精巢。将精巢取出，放于培养皿中，用蒸馏水冲洗，可见精巢一端连于输精管，另一端为分散的盲端的精细小管。换水再次清洗。

(2) 取一个或两个精细小管放于载玻片上，用刀片在精细小管上横切两到三次，也可以直接进行压片。

(3) 用改良苯酚品红染液染色 10~15 min, 压片后进行观察, 可以见到减数分裂的各个时期。

镜检

前期 I: 包括细线期、偶线期、粗线期、双线期和终变期。

细线期: 细胞核较大, 染色体细长, 首尾难分, 绕作一团, 是染色较浅的细胞群。

偶线期: 不易观察, 染色较细线期深, 染色体略粗。

粗线期: 染色体缩短变粗, 有时可以看到每条染色体由两条染色单体组成。

双线期: 配对的两条染色体开始分离, 由于交换而产生细胞学上可见的交叉, 交叉逐渐端化, 可以看到多种染色体构象。

终变期: 交叉端化现象基本解除, 每个二价体向赤道面移动。

中期 I: 染色体高度缩短变粗, 二价体排列在赤道面上。侧面观排列成一条直线, 极面观排列成环状。

后期 I: 同源染色体彼此分离, 各自移向细胞的一极, 形成两组单价体。

末期 I: 染色体解旋, 形成两个子核。此时细胞体积较前期 I 明显减小。

前期 II: 染色体螺旋化, 可见 X 型染色体分布于细胞核中。

中期 II: 染色体的着丝点排列在赤道面上, 每条染色体有两条染色单体。极面观染色体呈辐轮状分布。

后期 II: 着丝点复制完成, 每条染色体分裂成两条子染色体, 各自移向细胞的两极。

末期 II: 细胞质分裂完成, 形成精细胞。细胞体积较前期 II 减小一倍。

精子变形期: 可以看到圆形的精细胞变为有长圆形头部和长尾的精子。

4. 哺乳动物受精作用的具体过程 (以人为例)

(1) 精子的结构和功能

精子形似蝌蚪, 总长约 66 μm , 分头、尾两部分。头部正面呈椭圆形, 侧面呈梨形, 内含一个染色质十分致密的细胞核和一个顶体。顶体是

一种膜系细胞器, 呈帽状罩于细胞核的前方。顶体内含多种水解酶如透明质酸酶、顶体酶和酸性磷酸酶等, 相当于巨大溶酶体。尾的中心含一条贯穿全尾的轴丝 (类似鞭毛), 中段含有螺旋状排列的线粒体。精子的主要功能为前向运动及与卵受精, 借此将遗传物质送入卵母细胞内。性交时, 精液被射入阴道, 精子从精浆中游出, 穿越子宫颈、子宫腔、输卵管峡部, 最后抵达输卵管壶腹部与卵母细胞相遇。女性生殖道内充满较黏稠的液体, 输卵管峡部黏膜形成曲折的皱襞, 这对精子的运输构成很大阻力, 也起着淘汰筛选精子的作用, 只有具有很强运动能力和恰当运动方式的精子才能到达卵母细胞所在位置。排卵期女性生殖道的环境还起着调节精子功能的作用, 精子在运输过程中同时也获得受精能力, 输卵管峡部皱襞间隐窝可临时贮存精子并防止已经获能的精子过早产生顶体反应。精子的受精能力在女性生殖道内约可维持 1 d。

精子获能是指精子借以获得受精能力的一系列生理变化过程。精子在穿过子宫颈时就开始了获能进程。当到达输卵管峡部时, 获能过程已接近完成。获能后期的精子发生“超激活”, 即出现强烈鞭打样运动, 头、尾的摆动幅度显著加大, 运动方向也变得灵活多变, 使精子得以穿越输卵管峡部。同时, 精子的细胞膜系的稳定性降低, 细胞膜表面某些与受精密切相关的受体暴露, 具备了与卵母细胞进行相互作用和产生顶体反应的条件。

顶体反应是精子完成获能后所发生的结构功能变化, 类似于体细胞的胞吐现象。精子开始发生顶体反应时, 顶体首先膨胀, 精子的细胞膜与顶体外膜紧贴, 发生多点融合, 融合处破裂, 顶体通过破裂口与精子外部相通, 顶体内容物中的水解酶被激活并通过破口扩散出精子头表面, 顶体内膜暴露。顶体反应是精子在受精时的关键变化, 只有完成顶体反应的精子才能与卵母细胞融合, 实现受精。

(2) 卵母细胞的结构和功能

女性排卵时, 卵子从破裂的卵泡中随卵泡液

一起从卵巢排出(排卵),被输卵管伞端所拾取并运送至输卵管壶腹部,等待精子受精。这时的卵子其实是卵冠丘复合体(图16)。该复合体的中心是卵母细胞以及一个体积相对小得多的极体,其外包裹着一层主要由卵母细胞分泌物形成的细胞外基质,称为透明带(简称ZP),卵母细胞与透明带之间留有一狭窄的空隙即卵周间隙。透明带之外还围绕着若干层卵泡细胞,其最靠近透明带的一层被称为放射冠。透明带在受精中起着至关重要的作用,其结构主要由三种糖蛋白(ZP1、ZP2、ZP3)组成。其中,ZP3能识别同物种精子并为之结合,继而诱导精子发生顶体反应,启动受精过程。若未受精,卵母细胞将在排卵后12~24 h退化。

(3) 受精过程

受精过程分为三个阶段,即精子与卵泡细胞相互作用、精子与透明带相互作用和精子与卵母

细胞相互作用。

精子与卵泡细胞相互作用 女性排卵时所释放的卵冠丘复合体和卵泡液,通过输卵管伞端进入壶腹部。先行泳动到输卵管壶腹部的获能精子与卵冠丘复合体发生接触,同时受到卵泡液和卵泡细胞间质的诱导产生顶体反应,释放顶体内所含的水解酶。在水解酶(主要是其中的透明质酸酶)的作用下,卵泡细胞的细胞间质被溶解,使卵泡细胞层和放射冠解体,暴露出透明带,后继精子开始与透明带发生相互作用。

精子与透明带相互作用 顶体完整的获能精子借助细胞膜上的ZP3互补分子与透明带的ZP3分子互相识别并结合,同时ZP3诱导精子产生顶体反应,使精子释放顶体酶水解局部透明带,形成一个隧道,精子随即进入卵周间隙与卵母细胞相接触。

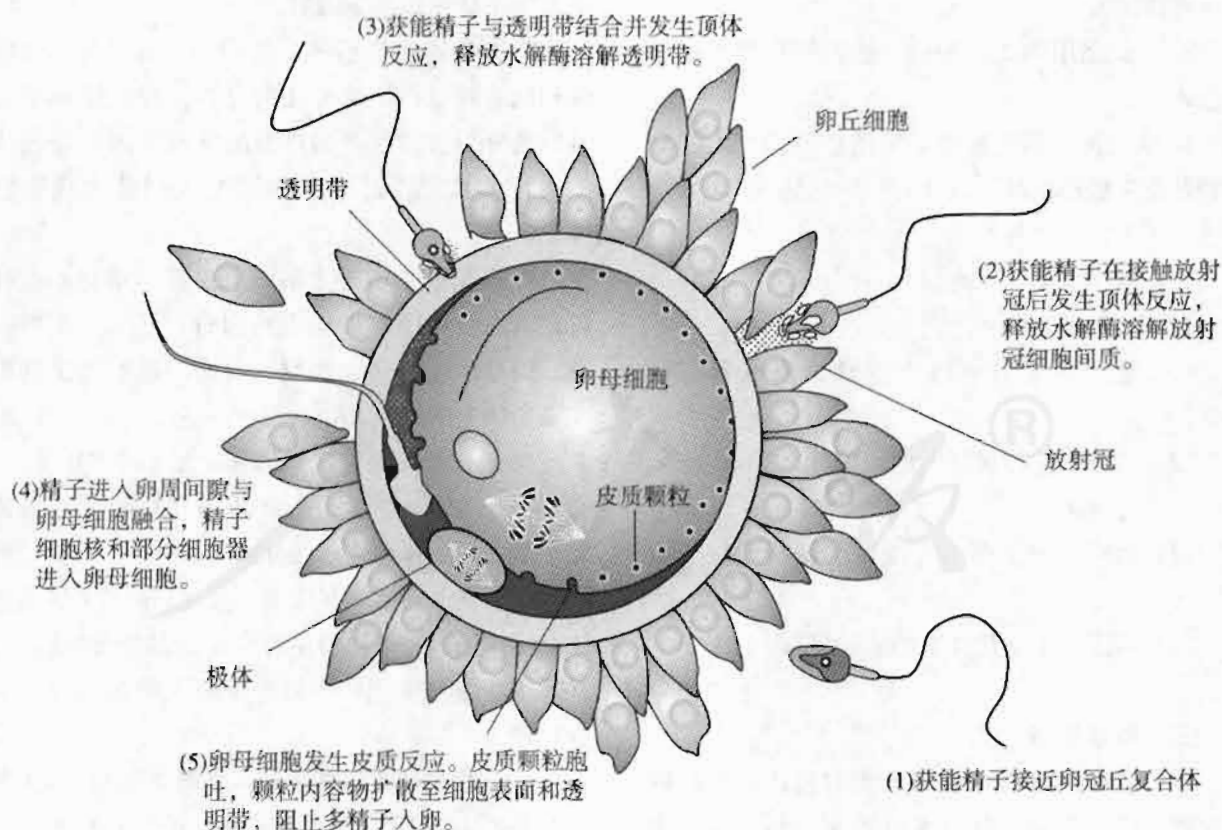


图16 卵母细胞受精过程

精子与卵母细胞相互作用 进入卵周间隙的精子随即与卵母细胞相互识别,精子头部侧面细胞膜与卵母细胞膜融合,从而使精子的细胞核与部分细胞质进入卵母细胞。精卵融合的机制尚未清楚,是当前的研究热点。精卵融合激活卵母细胞,引起其表层细胞质中的“皮质颗粒”与细胞膜融合,发生胞吐,释放颗粒内物质进入卵周间隙,并因此改变了细胞膜和透明带的结构,从而

使其他精子再不能与之结合,保证一个卵母细胞只和一个精子受精。精子细胞核进入卵母细胞后随即膨胀,染色质解聚并形成雄性原核,与此同时,卵母细胞迅速完成第二次减数分裂,中期染色体也解聚并形成雌性原核。两原核互相靠拢、融合形成一个新的二倍体细胞核,从而使卵变成合子,即受精卵,受精过程到此完成。

第2节 基因在染色体上

一、教学目标

1. 说出基因位于染色体上的理论假说和实验证据。
2. 运用有关基因和染色体的知识阐明孟德尔遗传规律的实质。
3. 尝试运用类比推理的方法,解释基因位于染色体上。
4. 认同科学研究需要丰富的想像力,大胆质疑和勤奋实践的精神,以及对科学的热爱。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

(1) 基因位于染色体上的理论假说和实验证据。

(2) 孟德尔遗传规律的现代解释。

2. 教学难点

(1) 运用类比推理的方法,解释基因位于染色体上。

(2) 基因位于染色体上的实验证据。

三、教学策略

本节教材内容是“总结人类对遗传物质的探索过程”的一部分,教学难点较多,是培养学生思维能力的好素材。因此,建议教师充分利用教材资源,围绕“基因在染色体上”的探索过程,精心设计学生参与的活动,引导学生开展思维

探究。

本节教学用1课时完成。

1. 认真处理本节“问题探讨”,联想用同源染色体取代孟德尔的遗传因子会出现的结果,引导学生关注染色体与基因的关系。

2. 学生通过自己参与的活动,提出与萨顿假说相似的观点,体验成功的喜悦。建议引导学生画减数分裂过程示意图,据图发现基因与染色体的平行关系。经过思考和讨论认同基因在染色体上。

3. 分析摩尔根等人的研究是教学难点。教师可在清晰表述摩尔根研究的同时,提出一系列问题,引导学生思考、探究、归纳,进而得出基因在染色体上的结论。

4. 尝试运用研究成果解释孟德尔遗传规律。

(1) 可引导学生进行“思考与讨论”栏目的教学活动,解释孟德尔的分离定律。

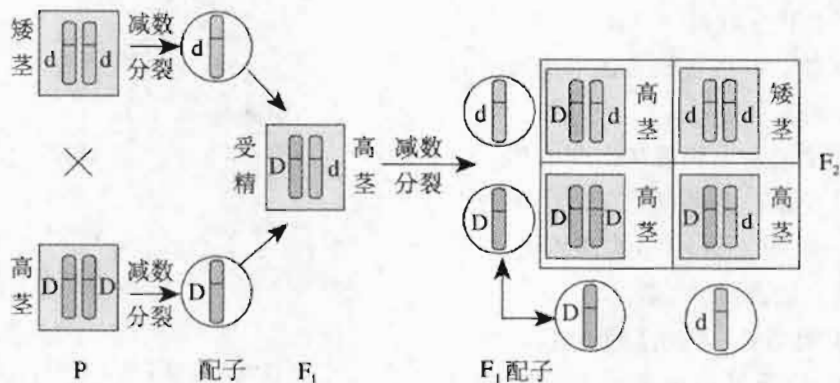
(2) 在上述活动的基础上,引导学生在染色体上标注基因。画出自由组合定律的遗传过程图,并运用基因和染色体的概念解释孟德尔的自由组合定律。

5. 运用类比推理的方法,推断基因与DNA长链的关系(如时间不够,可安排在课后练习完成)。

四、答案和提示

(一) 问题探讨

这个替换似乎可行。由此联想到孟德尔分离定律中成对的遗传因子的行为与同源染色体在减数分裂过程中的行为很相似。



一条染色体上可能有许多个基因。

(二) 思考与讨论

(三) 技能训练

不同的基因也许是 DNA 长链上的一个个片段。

(四) 练习

基础题

1. D。

2. B。

拓展题

1. 这些生物的体细胞中的染色体虽然减少一半,但仍具有一整套非同源染色体。这一组染色体,携带有控制该种生物体所有性状的一整套基因。

2. 提示:人体细胞染色体数目变异,会严重影响生殖、发育等各种生命活动,未发现其他染色体数目变异的婴儿,很可能是发生这类变异的受精卵不能发育,或在胚胎早期就死亡了的缘故。

来的假说,称为 Sutton-Boveri 假说。这个假说的内容如下。

(1) 在体细胞中有两组相同的染色体,一组来源于父方,一组来源于母方。同源染色体的成对存在和基因的成对存在是平行的。

(2) 染色体在细胞分裂的各个时期,保持其形态特点。基因也显示同样的连续性。

(3) 减数分裂时,同源染色体配对,然后每对的两个成员分离,进入不同的生殖细胞,每对的分离和其他各对的分离是独立的。配子形成前的某个时期,基因也独立地分离。

(4) 每条或每对染色体在生活 and 发育中都有一定的作用。基因也是这样。

Sutton 和 Boveri 的工作促进了细胞遗传学的发展。Sutton 同时还提出,如果有一些基因在同一染色体上,必然会是非独立分配的,否则,“各种性状的数目,……就不能超过染色体的数目。”由此可见,他已预见到连锁遗传现象。

2. 摩尔根定位果蝇染色体上基因的方法

1910 年 5 月,在摩尔根果蝇室的大群野生型红眼果蝇中出现了一只白眼雄果蝇。对于这只后来在科学史上非常出名的昆虫,摩尔根当时是爱护备至,努力使它在死亡之前与野生型红眼雌果蝇交配而留下了后代。摩尔根将实验结果写成以“果蝇的限性遗传”为题的论文,发表在 1910 年 7 月的《科学》杂志上。

五、参考资料

1. 萨顿的工作及贡献

本世纪初 W. Sutton 对蝗虫的研究表明,不同对的染色体常常可以从形态和大小加以区别,父方和母方的染色体在减数分裂过程中联会。以后他把细胞学和遗传学的资料结合起来,说明了染色体在遗传中的作用,开创了细胞遗传学研究领域。1903 年 Boveri 发表的论文也提出了类似的论点,他们一道建立了把基因和染色体传递联系起

摩尔根用这只白眼雄蝇与通常的红眼雌蝇交配时,子一代不论雌雄都是红眼,但子二代中雌的全是红眼,雄的半数是红眼,半数是白眼。如果雌雄不论,则子二代中红眼:白眼为3:1。这显然是个孟德尔比数,但与一般孟德尔比数不同的是,白眼全是雄蝇。

摩尔根做了回交实验。用最初出现的那只白眼雄蝇和它的后代中的红眼雌蝇交配,结果产生1/4红眼雄蝇、1/4红眼雌蝇、1/4白眼雌蝇、1/4白眼雄蝇,这也完全是孟德尔比数。

摩尔根根据实验结果,提出如下假设:控制白眼性状的基因W位于X染色体上,是隐性的。因为Y染色体上不带有这个基因的显性等位基因,所以最初发现的那只雄蝇的基因型是 X^wY ,表现为白眼,跟这只雄蝇交配的红眼雌蝇是显性基因的纯合子,基因型是 X^+X^+ 。白眼基因W是突变基因,红眼基因+是野生型基因,因为这对等位基因都在X染色体上,所以为明确起见,分别记作 X^w 和 X^+ ,Y代表Y染色体。

白眼雄蝇与纯种红眼雌蝇交配,白眼雄蝇的基因型是 X^wY ,产生两种精子,一种精子带有X,上面有W基因,一种精子带有Y,上面没有相应的基因。红眼雌蝇的基因型是 X^+X^+ ,产生的卵细胞都带有X,上面都有+野生型基因。两种精子(X^w 和Y)与卵细胞(X^+)结合,子代雌蝇的基因型是 X^+X^w ,因为+对W是显性,所以表现型是红眼,子代雄蝇的基因型是 X^+Y ,所以表现型也是红眼。子一代的红眼雌蝇与红眼雄蝇交配时,红眼雌蝇(X^+X^w)产生两种卵细胞:一种是 X^+ ,一种是 X^w 。红眼雄蝇也产生两种精子:一种是 X^+ ,一种是Y。卵细胞与精子结合,形成4种合子,长大后,雌蝇都是红眼(X^+X^+ 和 X^+X^w),而雄蝇中一半是红眼(X^+Y),一半是白眼(X^wY),表现型比例是2:1:1。

在摩尔根所做的回交实验中,子一代红眼雌蝇与白眼雄蝇交配,子一代红眼雌蝇的基因型是 X^+X^w ,产生两种卵细胞,一种是 X^+ ,一种是 X^w 。白眼雄蝇的基因型是 X^wY ,产生两种精子,一种是 X^w ,一种是Y。雌雄配子结合后,如图17

所示。

		红眼♀	×	白眼♂
		X^+X^w		X^wY
		↓		
卵细胞	精子	X^w	Y	
	X^+	X^+X^w	X^+Y	
	X^w	X^wX^w	X^wY	
		红眼♀	红眼♂	
		白眼♀	白眼♂	

白眼雄蝇与子一代红眼雌蝇交配,
下代雌蝇和雄蝇中,红眼和白眼各占一半

图17 子一代红眼雌蝇与白眼雄蝇交配图解

后代有4种表现型:红眼雌蝇(X^+X^w)、白眼雌蝇(X^wX^w)、红眼雄蝇(X^+Y)、白眼雄蝇(X^wY),比例是1:1:1:1。摩尔根圆满地说明了他的实验结果。为了验证他的假设,他又设计了三个新的实验。

(1) 根据假设,子二代雌蝇虽然都是红眼,但基因型有两种,半数是 X^+X^+ ,半数是 X^+X^w ,所以子二代雌蝇与白眼雄蝇做单对交配时,应当半数子二代雌蝇所产的后裔全部是红眼,半数子二代雌蝇则与子一代雌蝇回交一样,所产的后裔是1/4红眼雌蝇、1/4白眼雌蝇、1/4红眼雄蝇、1/4白眼雄蝇。

(2) 根据假设,白眼雌蝇与红眼雄蝇交配时,子代中雌蝇都是红眼,雄蝇都是白眼。

(3) 根据假设,白眼雌蝇和白眼雄蝇交配时,子代雌雄都是白眼,而且以后也能真实传代,成为稳定的品系。

这三个实验中,以第二个实验最为关键,实验的结果跟预期完全符合,假设得到证实。

这样摩尔根就把决定红眼和白眼的基因定位在X染色体上。

3. 现代基因定位技术

基因定位(gene mapping)是指利用一定的方法将一个基因确定到染色体上的实际位置。基因定位同基因组作图和基因克隆的关系十分密切。将基因定位在染色体的某一位置上之后,其本身

就可作为基因组作图时的一个界标。同时,当在基因组图谱上确定某一基因所在的位置后,就可以按图来分离克隆基因。因此,基因定位是基因组研究的一个重要组成部分。不同生物的定位方法不完全相同。

(1) 体细胞杂交定位 离体培养的亲缘关系较远的动物体细胞相互融合后,杂种细胞往往会排除一种亲本细胞的染色体。例如,人和小鼠的体细胞在细胞质和细胞核均融合二为一后,这种杂种细胞每分裂一次,就排除人的一些染色体。经过若干次分裂后,杂种细胞在丢失了人的一部分染色体后达到相对稳定的状态。这时杂种细胞包含了小鼠的全套染色体和人的一条或几条染色体。当一些杂种细胞所含的人的染色体,加在一起涵盖了人的全部染色体,即22条常染色体,X和Y染色体时,这些杂种细胞就构成了整套杂种细胞系,可用于人的基因定位。常用的有克隆分布板法和利用染色体异常将基因定位在染色体上具体位置的方法。例如,利用染色体缺失进行定位。此法无需从病人体内获得有关染色体异常的细胞,而是用人工方法在体外造成杂种细胞内特定染色体的不同位置发生断裂,形成各种类型的末端缺失,获得一套特定染色体的缺失杂种细胞,然后通过检测缺失杂种细胞内基因产物存在与否对许多基因进行区域定位。1986年复旦大学遗传研究所利用此法,将编码乙醇脱氢酶基因首先定位在染色体的相应位置上。

(2) 原位杂交定位 这是分子水平和染色体水平相结合的基因定位方法。将待定位基因的特定DNA序列、该基因转录产生的RNA分子或RNA分子经反转录产生的cDNA作为探针,在标记了放射性同位素或非放射性化学物质后,与变性后的染色体DNA杂交,该探针就会同染色体DNA中与其互补的序列结合成为双链,通过放射自显影或显色技术,就可显示标记了放射性同位素或非放射性化学物质的探针在染色体上的位置,

达到基因定位的目的。

(3) 辐射杂种细胞基因定位 这是杂种细胞基因定位法的发展。基本原理是人—鼠杂种细胞中的人染色体是经射线处理后残留下来的带有丝粒的染色体片段,不同的杂种细胞带有人的不同染色体的不同长度的片段。在做基因定位时,如待测基因出现在残留的一个长片段上,而在比该长片段更短一些的片段上消失不见,就可把该基因定位在长片段变成短片段时所丢失的那个区域内,这样的基因定位就更为精细。为此,需要建立一系列含有不同长度的人的各条染色体的杂种细胞。目前常用的方法是用PCR技术来确定哪条染色体或哪条染色体片段的DNA中,含有待定位的基因,然后用电脑软件分析数据,将待测基因定位在染色体的某一位置上。

(4) 克隆基因定位 采用已克隆基因的cDNA探针与保留在杂种细胞内的人染色体DNA顺序进行分子杂交,来确定克隆基因所在的染色体。例如,要定位人体白蛋白基因,需要应用人体白蛋白基因cDNA做为探针,分别与经过HindⅢ酶切后的人体细胞和中国仓鼠卵巢细胞(CHO)杂交。杂交后的人体细胞DNA显示6.8 kb带型,CHO细胞的DNA显示3.5 kb带型。进一步在含有人体4号染色体的人—CHO杂种细胞中,用HindⅢ酶切后,再与白蛋白基因的cDNA探针杂交,如果出现6.8 kb和3.5 kb带型者称为阳性杂种细胞,而不含有人体第4号染色体的杂种细胞中只显示3.5 kb带型为阴性细胞。由于人体白蛋白基因的cDNA探针的特异性,HindⅢ杂交带只出现在含有人体4号染色体的杂种细胞中,所以将此基因定位在4号染色体上。

(5) 完成基因组测序后,可以在解读整个基因组的基础上,寻找和定位基因。常用的方法有两种。其一,根据已知的顺序人工判读或计算机分析寻找与特定基因有关的序列;其二,实验研究,看其能否表达基因产物及其对表现型的影响。

第3节 伴性遗传

一、教学目标

1. 概述伴性遗传的特点。
2. 运用资料分析的方法，总结人类红绿色盲症的遗传规律。
3. 举例说出伴性遗传在实践中的应用。

二、教学重点和难点

1. 教学重点
伴性遗传的特点。
2. 教学难点
分析人类红绿色盲症的遗传。

三、教学策略

伴性遗传的知识与学生的生活比较贴近，又能够解释一些常见的遗传病例，是学生十分感兴趣的内容，在教学中极易激发学生的学习兴趣，因此，教师要充分利用这一特点，引导学生展开讨论和分析，并练习绘制遗传图解，真正理解伴性遗传的特点，在此基础上，教师再及时引导学生学习伴性遗传的意义和应用。

本节课建议用1课时完成。

教师可以首先展示红绿色盲检查图，通过学生的辨认、识图以激发其学习兴趣，并简要指出红绿色盲对于人类本身所造成的危害，引出人类红绿色盲的发现过程。

1. 介绍人类红绿色盲的发现过程，激发学生的探究兴趣。

教材呈现的化学家兼物理学家道尔顿发现红绿色盲的过程十分生动，不仅可以激发学生的学习兴趣，还可以对学生进行很好的情感教育。

教师可以绘声绘色地讲述这段故事，也可以让学生阅读这段故事，不管采取哪种方式，都应该引导学生思考：从道尔顿发现红绿色盲的过程中，你获得了什么样的启示？（提示：道尔顿不放

过身边的小事，对心中的疑惑进行认真的分析和研究，道尔顿的这种认真态度是学习科学的重要品质之一；道尔顿勇于承认自己是色盲患者，并将自己的发现公之于众，这种献身科学、尊重科学的精神也是科学工作者的重要品质之一。）

通过挖掘这段文字的内涵，可以引导学生从兴奋的激情状态回归到理性思考状态，为分析红绿色盲症的遗传规律做准备。

2. 利用遗传学图谱，分析人类红绿色盲症的遗传规律。

对人类遗传病的分析，不可能通过做杂交实验，只能对家系图进行分析，才有可能找出规律。

教师展示教材中的色盲家系图，提出问题请学生思考。

（1）家系图中患病者是什么性别的？说明色盲遗传与什么有关？（答案：男性。与性别有关。）

（2）Ⅰ代中的1号是色盲患者，他将自己的色盲基因传给了Ⅱ代中的几号？（答案：3号和5号。）

（3）Ⅰ代1号是否将自己的色盲基因传给了Ⅱ代2号？这说明红绿色盲基因位于X染色体上还是Y染色体上？（答案：没有。因为Ⅰ代1号传给Ⅱ代2号的是Y染色体，如果色盲基因位于Y染色体上，则Ⅱ代2号肯定是色盲患者。）

（4）为什么Ⅱ代3号和5号有色盲基因而没有表现出色盲症？（答案：因为Ⅱ代3号和5号只有一条染色体上有色盲基因，而色盲基因是隐性基因，被显性的正常基因所掩盖。）

（5）从图中看出，只有男性才表现为红绿色盲，对吗？有没有其他的情况？

教师展示人的正常色觉和红绿色盲的基因型和表现型表格（表8），供学生填表（表中的基因型和表现型由学生填写）：

表8 人的正常色觉和红绿色盲的基因型和表现型

	女 性			男 性	
基因型	$X^B X^B$	$X^B X^b$	$X^b X^b$	$X^B Y$	$X^b Y$
表现型	正常	正常(携带者)	色盲	正常	色盲

(6) 从表中分析,为什么红绿色盲的患者男性多于女性?(答案:男性只要X染色体上有色盲基因b,就表现为色盲患者;而女性有两条X染



图18 男性染色体组型

3. 动手完成遗传图解,理解交叉遗传的特点。

教师根据表中的红绿色盲的基因型和表现型,让学生分析人类红绿色盲的遗传方式。教师展示教科书中图2-12,边讲解边引导学生复习基因的分离定律和受精作用的知识,并继续展示教科书图2-13。教师在讲解这两个图解时,要让学生理解它们之间的关系:图2-13是图2-12的延续,即图2-12中子代的女性携带者与另一个正常男性婚配就构成了图2-13。

把这两个图结合起来分析可以看出,男性患者将自己的色盲基因传给了他的女儿,再通过他的女儿传给了他的外孙。这就是交叉遗传。

关于图2-14和图2-15,教师可根据教材的要求让学生自己填图分析,并引导学生总结红绿色盲遗传的特点。

(1) 男性多于女性。

(2) 交叉遗传。即男性(色盲)→女性(色盲基因携带者,男性的女儿)→男性(色盲,男性的外孙,女性的儿子)。

(3) 一般为隔代遗传。即第一代和第三代有

色体,必须两条染色体上都有色盲基因b,才表现为色盲患者。

(7) 为什么色盲基因只位于X染色体上?

教师可展示人类男性和女性染色体组型图(图18和图19),引导学生分析X染色体和Y染色体在形态上的差别。说明色盲基因只位于X染色体上,而在Y染色体上没有相应的等位基因的原因。



图19 女性染色体组型

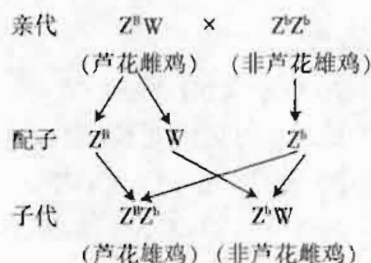
病,第二代一般为色盲基因携带者。

抗维生素D佝偻病是显性伴性遗传病,其遗传特点与红绿色盲不同。教师可以先介绍其症状,再让学生写出婚配图解进行分析。

另外,教师可适当介绍上述遗传病与优生的关系。

4. 举例说明伴性遗传在实践中的应用。

学习伴性遗传可以为人类的优生服务,还可以为农业生产服务。在介绍鸡的性别决定的遗传时,教师可补充其性别决定方式ZW型,并用下面的图解引导学生分析:



教学时教师还应注意以下问题。

1. “问题探讨”中的问题难度较大,学生一

开始不容易回答出来,教师可将红绿色盲症状的介绍作为本节课教学的开始,用以引起学生的关注。抗维生素D佝偻病的症状和讨论中的两个问题可以揉进正文中进行介绍和探讨。

2. 教师在引导学生分析红绿色盲和抗维生素D佝偻病的遗传方式时,可以及时和适当补充优生的知识,即根据图解讨论如何避免生出有遗传病的患儿,为后面将要学习的人类遗传病一节打下基础。

四、答案和提示

(一) 问题探讨

该问题只有在学完本节内容之后,学生才能够比较全面地回答,因此,本问题具有开放性,只要求学生能够简单回答即可。

1. 提示:红绿色盲基因和抗维生素D佝偻病的基因位于性染色体上,因此这两种遗传病在遗传表现上总是和性别相联系。

2. 提示:红绿色盲基因和抗维生素D佝偻病基因尽管都位于X染色体上,但红绿色盲基因为隐性基因,而抗维生素D佝偻病基因为显性基因,因此,这两种遗传病与性别关联的表现不相同,红绿色盲表现为男性多于女性,而抗维生素D佝偻病则表现为女性多于男性。

(二) 资料分析

1. 红绿色盲基因位于X染色体上。

2. 红绿色盲基因是隐性基因。

(三) 练习

基础题

1. C。

2. B。

3. C。

4. (1) AaX^BX^b (妇), AaX^BY (夫)。

(2) 既不患白化病也不患红绿色盲的孩子的基因型: AAX^BX^B , AAX^BX^b , AaX^BX^B , AaX^BX^b , AaX^BY , AAX^BY 。

拓展题

提示:雌果蝇卵原细胞减数分裂过程中,在

2 000~3 000 个细胞中,有一次发生了差错,两条X染色体不分离,结果产生的卵细胞中,或者含有两条X染色体,或者不含X染色体。如果含 X^wX^w 卵细胞与含Y的精子受精,产生 X^wX^wY 的个体为白眼雌果蝇,如果不含X的卵细胞与含 X^w 的精子受精,产生 OX^w 的个体为红眼雄果蝇,这样就可以解释上述现象。可以用显微镜检查细胞中的染色体,如果在上述杂交中的子一代出现的那只白眼雌果蝇中找到Y染色体,在那只红眼雄果蝇中找不到Y染色体,就可以证明解释是正确的。

五、参考资料

1. 血友病

血友病为一组先天性凝血障碍性疾病,因缺乏的凝血因子不同而分为血友病甲、血友病乙和血友病丙。本组疾病的共同特点是出血。发病率以血友病甲最高,发病率为 $4 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-4}$,重症患者占存活男婴的1/7 000。乙次之,血友病丙罕见。

血友病甲为X连锁隐性遗传病,致病基因位于X染色体上。其遗传特点有:

(1) X连锁隐性遗传,男性患病,女性传递;

(2) 女性携带者与正常男性所生子女中,男性1/2患病,1/2正常;女性1/2为携带者,1/2正常;

(3) 男性患者与正常女性所生子女中,男性均正常,女性均为携带者;

(4) 男性患者与女性携带者所生子女中,男性1/2正常,1/2患病;女性1/2为患者,1/2为携带者。

有20%~40%的患者无家族史,这是基因突变所引起的,可以遗传,遗传规律同前。

2. 人类Y染色体连锁遗传

Y染色体上也带有基因,但是,目前已定位的基因很少。在Y染色体上只定位了H-Y抗原基因,人的TDF以及外耳道多毛等少数几个基因。在鱼类的Y染色体上具有较多的基因,如决定鱼的背鳍色素斑的基因。Y染色体只有极少部

分与X染色体配对(绝大部分是不配对的),也就是同X不发生或极少发生交换。这样在进化中,Y染色体上发生的突变就会保留下来,而且会传递给男性后代。比如在某一家庭中,曾祖父Y染色体有一特定序列,则其儿子、孙子、曾孙的Y染色体都会带有这种特定的标记,这种标记可以视为进化标记,也可以在鉴定亲子关系等方面起到独特的作用。Y染色体上基因遗传的特点是全雄性遗传(图20),因而Y染色体上的基因也叫全雄性基因。

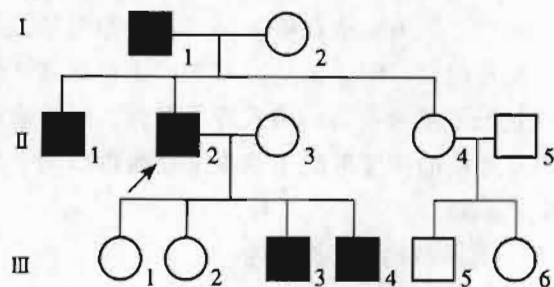


图20 外耳道多毛症的家系图

2003年6月19日出版的《自然》杂志重点报道了Y染色体上男性特有区段的来源,它们有的来自X染色体,有的是进化过程中X染色体序列退化的遗迹,还有的是扩增的产物。同时,发现了在Y染色体上这些区段中有8个回文序列,在8个回文序列中有6个带有编码蛋白质的基因,而且这些基因差不多都专一地在睾丸中表达,表现为限性遗传。

3. 性别决定的几种方式

(1) 染色体决定性别

在二倍体动物以及人的体细胞中,都有一对与性别决定有明显而直接关系的染色体叫做性染色体,其他的染色体通称为常染色体。有些生物的雄体和雌体在性染色体的数目上是不同的,例如,蝗虫的性染色体,即X染色体,在雌虫的体细胞里是一对形态、结构相同的染色体(可用XX表示),但雄虫的体细胞里却只有一条性染色体(可用XO表示)。另一些生物的雌体和雄体的每个体细胞里都有一对性染色体,但它们在大小、形态和结构上随性别而不同。例如,猪雄性体细胞中是一对大小、形态、结构不同的性染色体,

大的一条叫X染色体,小的一条叫Y染色体,雌性的体细胞中是一对X染色体。

X、Y性染色体在形态和内容上都不相同,它们有同源部分也有非同源部分。同源部分和非同源部分都含有基因,但因Y染色体上的基因数目很少,所以,一般位于X染色体上的基因在Y染色体上没有相应的等位基因。

从进化角度看,性染色体是由常染色体分化来的,随着分化程度的逐步加深,同源部分则逐渐缩小,或Y染色体逐渐缩短,最后消失。例如,雄蝗虫的性染色体可能最初是XY型,在进化过程中,Y染色体逐渐消失而成为XO型。因此X与Y染色体愈原始,它们的同源区段就愈长,非同源区段就愈短。由于Y染色体基因数目逐渐减少,最后变成不含基因的空体,或只含有一些与性别决定无关的基因,所以它在性别决定中失去了作用(如果蝇)。但是,高等动物和人类中随着X和Y染色体的进一步分化,Y染色体在性别决定中却起主要作用。

多数雌雄异体或异株的动植物,雌、雄个体的性染色体组成不同,它们的性别是由性染色体差异决定的。动物的性染色体类型分为两大类型。

XY型 这一类型的动物雌性个体具有一对形态大小相同的性染色体,用XX表示;雄性个体则具有一对不同的性染色体,其中一条是X染色体,另一条是Y染色体,雄性个体的性染色体构型为XY,称为雄异配型。属这类性染色体的动物有大多数昆虫、圆虫、海胆、软体动物、环节动物、多足动物、蜘蛛、若干甲壳动物、硬骨鱼、部分两栖动物、哺乳动物等。

此外,在一部分昆虫(如蝗虫)中,雌性个体的性染色体为XX,雄性个体只有一条X染色体,没有Y染色体,这类雄异配型动物的性染色体用XO表示。

ZW型 这类动物与上述情况相反,雄性个体中有两条相同的性染色体,雌性个体中有两条不同的性染色体。因此,这类动物又称为雌异配型动物。为了与雄异配型动物相区别,这类动物的性染色体记为ZW型,雌性ZW,雄性ZZ。属

于这一类型的动物有鸟类、鳞翅目昆虫、部分两栖类、爬行类及某些鱼类。在这类动物中,也有和雌异配型动物中类似的情况,雌性个体中不存在W染色体,这类雌异配型个体的性染色体记为ZO型。

无论属于哪种性染色体类型的动物,凡是异配性别个体(包括XY和ZW个体)均产生两种等比例的性染色体的配子,对于XY雄性而言,产生带X和Y染色体的两类精子,对于ZW雌性而言,产生带Z和W染色体的两类卵细胞;凡是同配性别的个体(包括XX和ZZ)只产生一种性染色体的配子。当精子和卵细胞随机结合时,形成异配性别和同配性别子代的机会相等,因而,动物群体中两性比例总是趋于1:1。

(2) 染色体组倍数与性别

在膜翅目昆虫中的蚂蚁、蜜蜂、黄蜂和小蜂等中,其性别与染色体组的倍数有关,雄性为单倍体,雌性为二倍体。如蜜蜂的雄蜂是由未受精的卵发育而成的,因而具有单倍体的染色体数($n=16$)。蜂王和工蜂是由受精卵发育成的,具有二倍体的染色体数($2n=32$)。在蜂类的性别决定中必定有某种与单倍体/二倍体的染色体安排有关联的机制存在。在寄生蜂的一个小茧蜂属中,也存在孤雌生殖的现象。这个属的雌蜂都是有20条染色体的二倍体,雄蜂都是有10条染色体的单倍体。雌蜂源于受精卵,但雄蜂通常出自未受精的卵。

(3) 环境因子与性别决定

爬行类的温度性别决定 大部分蛇类和蜥蜴类的性别是在受精时由性染色体决定的,但有一些龟鳖类和所有的鳄鱼的性别是由受精后的环境因子决定的。这些爬行类在某个发育时期内卵的温度是性别的决定因子。稍稍改变温度,就会使性别发生急剧变化。当卵在 $22\sim 27\text{ }^{\circ}\text{C}$ 孵化时,只产生一种性别;当卵在 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上的温度中孵化

时,则产生另一种性别。只在很小的温度范围内同一批卵才会孵化出雌性和雄性两种个体。

后螯的位置性别决定 海生蠕虫后螯雌虫体大,体形像一颗豆子,宽10 cm,口吻很长,可达1 m,远端分叉。雄虫很小,只有1~3 mm长,生活在雌虫的子宫中,像一种寄生虫。这种蠕虫的性别完全是由机遇决定的。自由游泳的幼虫是中性的,如果落在海底就成为雌虫;如果由于机遇,也可能由于一种吸力,幼虫落在长长的口吻上,就会进入雌虫的口,游向子宫,发育成为一个共生的雄虫。雄虫生活在雌虫体内,使卵受精。把已经落在雌虫口吻上的幼虫移去,让它在离开雌性的情况下继续发育,则发育为间性。间性偏向雌性或雄性的程度取决于幼虫呆在雌虫口吻上的时间的长短。

4. 高等植物的伴性遗传

植物性连锁遗传实例较少,其主要原因是雌雄异株植物不多。但是,在一些雌雄异株的植物如枣椰树和石竹科女娄菜属的一些种中也发现了性连锁遗传的性状。在这类植物中,雄株为XY,雌株为XX,即均为雄性异型。

异株女娄菜有宽叶和窄叶两种类型,而且叶的宽窄与性别有关。这是因为控制这一相对性状的基因位于X染色体上,Y染色体上没有对应的基因。宽叶由显性基因B控制,窄叶由隐性基因b控制,而且基因b使花粉致死。如纯合宽叶雌株(X^BX^B)与窄叶雄株(X^bY)杂交,子代全为宽叶雄株。杂合宽叶雌株(X^BX^b)与窄叶雄株杂交,子代亦全为雄株,但宽叶与窄叶各占一半。杂合宽叶雌株与宽叶雄株(X^BY)杂交,子代雌株全为宽叶,雄株中宽叶与窄叶为1:1。由于 X^b 的花粉不能参与受精,因而 X^bX^b 基因型不存在,故雌性个体没有窄叶类型。异株女娄菜叶宽的遗传如图21所示。

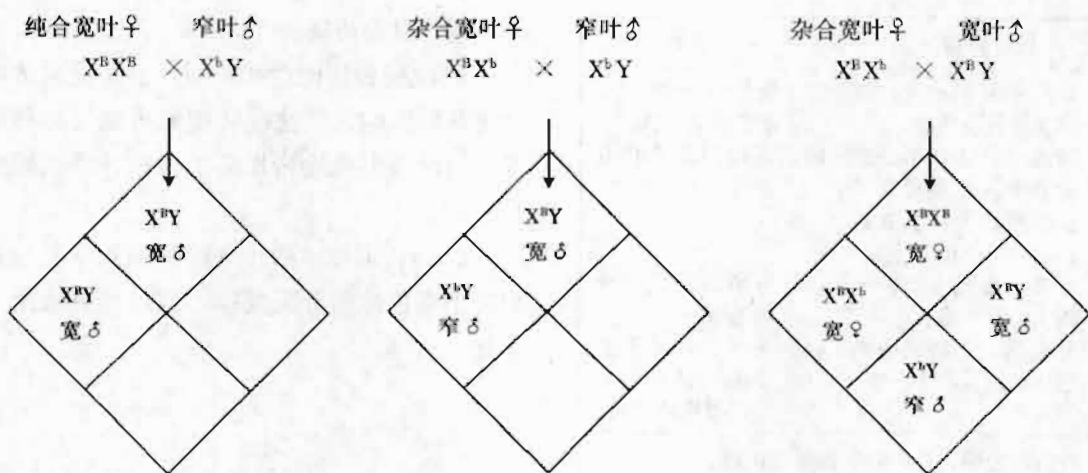


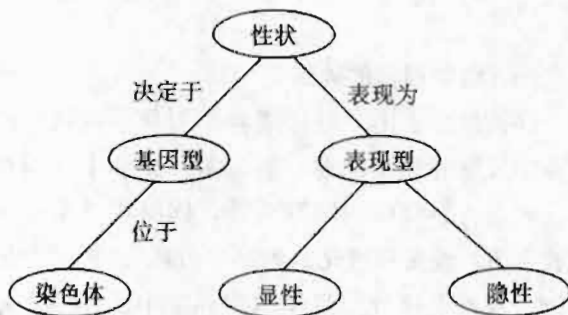
图 21 异株女娄菜宽叶与窄叶的性连锁遗传

女娄菜中还存在着一种金黄色植株突变体,但这种突变体只存在于雄株之中,雌株中没有或极少。研究发现,这一突变由隐性基因 a 控制,该基因位于 X 染色体上。 $X^a Y$ 雄性个体金黄色,雌性不出现金黄色个体乃因 X^a 使花粉致死。 $X^A X^A$ 和 $X^A X^a$ 为正常绿色。 $X^A X^a$ (绿色) 与 $X^a Y$ (金黄色) 杂交, X^a 花粉无授精能力, Y 花粉与 X^A 和 X^a 卵细胞结合,故后代全为雄性,没有雌性个体或雌性个体极少。在雄性个体中,正常绿色与金黄色的比例为 $1:1$ 。该性状的遗传与女娄菜叶宽的遗传同属性连锁致死遗传。

4. A (该显性基因位于 X 染色体上)。

5. C。

画概念图



自我检测的答案和提示

一、概念检测

判断题

1. ×。
2. √。
3. ×。
4. √。
5. ×。

选择题

1. C。
2. C。
3. B。

二、知识迁移

1. 设红绿色盲基因为 b , 那么 (1) $X^b Y$; $X^B X^B$, $X^B X^b$ 。

(2) $1/4$ 。

2. (1) 表现型正常的夫妇, 后代均正常; 夫妇一方是患者, 子女患病的概率是 $1/2$ 。

(2) 选择生男孩。

(3) 不携带。一对等位基因中, 只要有一个是显性致病基因, 就会表现为患者 (真实遗传)。

3. 是父方, 可能是在减数分裂第二次分裂中, 复制的 Y 染色体没有分开, 产生了含有 YY 的精子。

三、技能应用

	减数分裂	有丝分裂
不同点	(1) 染色体复制一次, 细胞连续分裂两次。 (2) 同源染色体在第一次分裂中发生联会(并且出现四分体及非姐妹染色单体的互换)。 (3) 分裂后形成4个精子或1个卵细胞。 (4) 分裂后, 子细胞中染色体的数目减少一半。	(1) 染色体复制一次, 细胞分裂一次。 (2) 无同源染色体联会等行为。 (3) 分裂后形成2个体细胞。 (4) 分裂后, 子细胞中染色体的数目与母细胞的相同。
相同点	(1) 在细胞分裂过程中都有纺锤丝出现。 (2) 染色体在细胞分裂中都只复制一次。	

教学设计与案例

《基因在染色体上》

一、教学目标的确定

课程标准指出“教师要善于引导学生从生活经验中发现和提出问题, 创造条件让学生参与调查、观察、实验和制作等活动, 体验科学家探索生物生殖、遗传和进化的奥秘的过程”。在“遗传的分子基础”部分的具体内容标准中还提到“总结人类对遗传物质的探索过程”, “阐明基因的分离规律和自由组合规律”。在人类对遗传物质的探索过程中, 萨顿和摩尔根都做出了杰出的贡献。他们有独到的研究方法, 有缜密的思考, 有严谨的推理, 并得出了科学的结论。这些都应该在我们的课堂教学中得到展示。学生可以通过活动, 领悟科学家的研究方法, 进行探究并得出相关的结论。基于以上考虑, 本节的教学目标的确定应突出两点: 一是科学的过程和方法; 二是在染色体和基因水平上阐明分离定律和自由组合定律, 以达到课程标准的要求。

二、教学设计思路

引导学生研究“问题探讨”中的问题, 体会类比推理的方法。

四、思维拓展

1. 性别和其他性状类似, 也是受遗传物质和环境共同影响的, 性反转现象可能是某种环境因素, 使性腺出现反转现象的缘故。子代雌雄之比是2:1。

2. 否。孟德尔遗传规律的细胞学基础是减数分裂中染色体的分配规律, 该规律只适用于真核生物。

引导学生提出问题和猜想, 并关注染色体和基因的关系。

↓
引导学生活动: 画减数分裂示意图(染色体上标注基因)。

↓
引导学生活动: 根据图示表述自己所发现的基因与染色体的平行关系。

↓
教师肯定学生的发现并介绍萨顿假说。

↓
教师介绍摩尔根实验, 引导学生就实验提出问题并解答(或教师设问, 学生解答), 从而认同基因在染色体上。

↓
学生运用有关基因和染色体的知识解释孟德尔遗传规律。

↓
引导学生运用类比推理的方法, 推断基因与DNA长链的关系。

↓
总结

三、教学实施的程序

学生活动	教师组织和引导	教学意图
阅读。 画含一对同源染色体（假设其上有一对等位基因）和含二对同源染色体（假设其上各有一对等位基因）的精原细胞减数分裂示意图。 根据图示表述自己发现的基因和染色体行为的平行关系。 听讲。 听讲、阅读。 依据实验现象提出问题（或依据教师的引导提问）、思考、讨论、作答、写出相关的遗传图解。 听讲。 用关于基因和染色体的知识解释孟德尔的分离定律和自由组合定律。 尝试归纳本节所学：运用类比推理的方法研究了基因与染色体的关系；获得了与萨顿假说相似的发现；通过对摩尔根实验的剖析和解释，确认了基因在染色体上；运用所学的关于基因和染色体的知识对孟德尔遗传规律重新做了解释；通过画减数分裂图，写遗传图解巩固以前所学。 课后运用类比推理的研究方法，推断基因与DNA长链的关系。	引导学生阅读“问题探讨”一栏的内容，进行思考和讨论。 引导，利用挂图或板画更正。 引导、肯定、鼓励。 引出并介绍类比推理的研究方法。 介绍萨顿其人及其假说，提示假说是需要证明的。 利用板书介绍摩尔根的研究。 引导学生提出问题并讨论作答。（如果学生的学习有困难，教师可引导学生对如下问题进行分析解释。） 1. 根据哪一个杂交组合判断出果蝇的显性性状？为什么？ 2. 果蝇的白眼性状遗传有什么特点？是否与性别有关？ 3. 如果控制果蝇眼色的基因用字母W表示，而且它位于X染色体上，你能用基因W和X染色体写出摩尔根的两组果蝇杂交实验的遗传图解吗？ 4. 如果你是摩尔根，你将如何解释果蝇白眼性状的遗传？ 5. 需要设计一个测交实验来验证你的解释吗？为什么？如何设计？ 介绍现代分子生物学技术的研究成果。 引导、帮助、肯定。 引导、帮助学生总结。 布置作业。	引入新课，引导学生通过活动，体会类比推理的方法。引导提出问题，为下面探究做准备。 学生自己动手学习孟德尔分离定律和自由组合定律的细胞学基础。培养学习能力，巩固对减数分裂的认知，为后面教学做准备。 学生亲自实践萨顿假说的发现过程，体会成功的喜悦。 使学生获得科学结论，引发继续学习的兴趣。 提出实验现象，为学生探究做准备。 经过分析、推理，培养学习能力，认同基因在染色体上。 培养逻辑推理能力和想像力。 培养设计实验的能力。 认同基因位于染色体上，基因在染色体上呈线性排列。 培养分析归纳能力，获得科学知识。 培养归纳总结的学习能力，增强自信心。 进行技能训练，培养自学能力。

第3章

基因的本质

在米歇尔 (F. Miescher) 发现核酸的基础上, 1866 年孟德尔揭示了遗传的基本规律, 1926 年摩尔根发展并确立了基因学说。但是, 在 20 世纪的前 40 年中, 困扰科学家的两个最基本的问题——基因究竟是什么物质, 基因是怎样进行工作的, 依然没有解决。第 3 章《基因的本质》就是在前两章学习的基础上, 从分子水平上认识基因的本质。

本章教材分析

一、教学目的要求

知识方面

1. 总结人类对遗传物质的探索过程。
2. 概述 DNA 分子结构的主要特点。
3. 概述 DNA 分子的复制。
4. 说明基因和遗传信息的关系。

情感态度与价值观方面

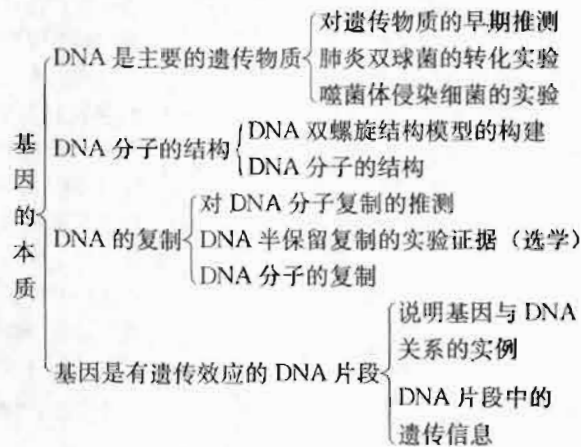
1. 认同与人合作在科学研究中的重要性, 讨论技术的进步在探索遗传物质奥秘中的重要作用。
2. 认同人类对遗传物质的认识是不断深化不断完善的过程。
3. 初步形成遗传物质的结构与功能相统一、多样性与共同性相统一的观点。

能力方面

1. 制作 DNA 双螺旋结构模型。
2. 进行遗传信息多样性原因的探究。
3. 就科学家探索基因的本质的过程和方法进行分析和讨论, 领悟假说—演绎法和模型方法在这些研究中的应用。

二、教学内容的结构和特点

(一) 教学内容的结构



(二) 教学内容的特点

本章教材在初中生物课和高中生物必修 1《分子与细胞》的基础上, 从分子水平上进一步详尽地阐述遗传的物质基础和作用原理。通过讲述 DNA 是遗传物质的实验证据, DNA 分子的结构和复制功能, 以及基因的基本概念等内容, 使学生对 DNA 和基因的有关结构、它们之间的关系, 以及在遗传上的作用等方面的知识, 有更深入的理解和认识。

本专题的题图寓意深刻: 以 60 多年前沃森和克里克在《自然》杂志上发表的具有划时代意义的一篇论文为主图之一, 醒目地衬托着一个 DNA 双螺旋结构。它不仅显示了这篇论文在生物科学发

展中的里程碑式的地位和作用,还预示着生物科学的研究从此越来越接近生命的本质,日益焕发勃勃生机。组合图上的引言及组合图旁配以的一首小诗:“基因是什么?DNA或蛋白质?几多实验,几多论争。是谁将谜底揭破?”将学生带入到对遗传物质的早期推测和对基因本质的探索中。

本章共包括4节内容:第1节《DNA是主要的遗传物质》,第2节《DNA分子的结构》,第3节《DNA的复制》和第4节《基因是有遗传效应的DNA片段》。在这4节中,除第2节可用2课时教学外,其余3节可各用1课时教学。

第1节《DNA是主要的遗传物质》,主要讲述了DNA是遗传物质的直接证据——“肺炎双球菌的转化实验”和“噬菌体侵染细菌的实验”。本节的“问题探讨”,首先呈现了一个曾经在科学界争议了很长时间的问题:“DNA和蛋白质究竟谁是遗传物质?”提出这一问题的目的不是让学生直接回答(因为节标题已经说明答案),而是让学生思考如何对这一问题进行研究,培养他们分析问题和解决问题的能力,激发他们了解科学家当年的研究过程和方法的兴趣。

在讲述DNA是遗传物质的直接证据前,本文首先讲述了对遗传物质的早期推测。与原教材比较,本段没有从遗传物质的间接证据减数分裂与受精作用出发,而是以简洁的语言,指出20世纪中叶,为什么大多数科学家认为蛋白质是生物体的遗传物质,这样讲述可以简洁明确地引入对本节主题的讨论,避免了与前面所讲内容的重复。

在讲述对遗传物质的早期推测的基础上,本节又讲述了“肺炎双球菌的转化实验”和“噬菌体侵染细菌的实验”。之所以选择这两个实验,是因为这两个实验是20世纪中叶证明DNA是遗传物质的最具影响力,也是最经典的实验。通过两个实验应该使学生认识到:这两个实验虽然实验对象不同,方法不同,所处的时代背景不同,但都证明了DNA是遗传物质,从而认同科学结论的获得,最基本的方法是实证的方法。并认识到一个正确的结论可以通过不同的方法得出;人类对科学的认识是不断深化和不断完善的过程,如在艾弗里实

验的8年后,赫尔希和蔡斯才通过噬菌体侵染细菌的实验,最终使人们确信DNA是遗传物质。

在讲述这两个实验时,为了让学生领悟科学的过程和方法,教材不仅按照科学家的探索历程,以问题的形式引领学生层层深入地进行思考,还较详细地讲述了这两个实验的具体方法。虽然艾弗里与赫尔希等人的实验方法不同,但是实验的设计思路却有共同之处。通过对两个实验方法的讲述,使学生理解科学家最关键的实验设计思路是:把DNA与蛋白质区分开,分别观察DNA和蛋白质的作用。

第2节《DNA分子的结构》,是以坐落于北京中关村高科技园区的DNA雕塑为题引导学生活动的。考虑到DNA分子比较抽象,以学生比较熟悉的DNA雕塑引入,可以拉近DNA与学生的距离。活动中的设问:你知道为什么将它作为高科技的标志吗?点出了DNA在生物科学发展以至高科技发展中的重要意义。活动中巧妙地利用了DNA分子双螺旋结构发现50周年(2003年)纪念这一有利的条件,启发学生通过自己的活动来回答这一设问。

本节是由DNA双螺旋结构模型的构建、DNA分子的结构模型以及制作DNA双螺旋结构模型三部分内容构成的。

与原教材比较,本节教材最大的变化是:没有直接讲述DNA分子的结构特点,而是在讲述DNA分子的结构特点之前,采取讲故事的形式,以科学家沃森和克里克的研究历程为主线,逐步呈现DNA双螺旋结构模型的要点。通过阅读这则故事,学生不仅能自然地了解DNA双螺旋结构模型的基本内容,还能得到多方面的启示:在众多有造诣的科学家中,两个年轻学者之所以脱颖而出并非偶然,首先对问题的兴趣是科学探索的开端;多学科知识的背景是科学发现的前提;科学的思维方法,锲而不舍的精神,以及善于利用前人的成果和与他人合作的品质,是科学发现的关键。

在引导学生了解DNA双螺旋结构模型构建历程的基础上,本节又以简洁的语言、图文并茂地概述了DNA分子的结构特点,最后通过让学生动

手尝试建构 DNA 双螺旋结构模型,加深对 DNA 分子结构特点的理解。

第3节《DNA分子的复制》以北京奥运会会徽“中国印·舞动的北京”为题引导学生进入对复制问题的讨论。2008年奥运会是令国人瞩目的话题,对学生十分熟悉的北京奥运会会徽画面进行的讨论,不仅可以引起学生的兴趣,还可以让抽象的内容形象化,发展学生的想像力。

本节包括对 DNA 分子复制的推测, DNA 半保留复制的实验证据(选学)和 DNA 分子复制的过程三部分内容。

在讲述 DNA 分子复制的过程之前讲述 DNA 分子复制的推测,不仅可以使学生了解沃森和克里克在制作 DNA 模型时,就已经推测出了 DNA 分子的自我复制的机制这一事实,更重要的是旨在使学生理解结构与功能的内在联系,即 DNA 分子的双螺旋结构,决定了 DNA 分子半保留复制的方式。在此基础上讲述 DNA 分子复制的过程,学生比较容易理解和接受。这样安排内容,实际上再次体现了假说—演绎法的应用。

讲述 DNA 分子复制的推测后,讲述 DNA 半保留复制的实验证据,主要出于以下考虑:一是使学生理解对 DNA 分子半保留复制机制的揭示必须来源于实证;二是使学生了解 DNA 分子半保留复制实验的设计思路和方法。由于 DNA 半保留复制实验的难度较大,出于对不同学生接受能力的考虑,将这部分内容安排为选学。

第4节《基因是有遗传效应的 DNA 片段》是由一个游戏活动引入对问题的讨论的。在活动中运用排列组合的数学方法,帮助学生理解 DNA 分子可以贮存大量的信息。

本节包括说明基因与 DNA 关系的实例, DNA 片段中的遗传信息两部分内容。这两部分内容分别通过两个活动来完成。

在说明基因与 DNA 关系的实例中,主要是通过资料分析使学生认识基因与 DNA 的关系。资料分析中共列举了4个实例,其中资料1、3实例是从数量上说明基因是 DNA 片段;资料2、4实例是从现象上说明基因是有遗传效应的。综上所述,

学生可以很自然得出如下的结论:基因是有遗传效应的 DNA 片段。

在“DNA片段中的遗传信息”部分,主要是通过探究活动使学生认识 DNA 上的脱氧核苷酸序列与遗传信息多样性的关系。活动中创设的两个情境设法引导学生通过数学推算的方法,得出 DNA 分子中可以贮存大量遗传信息的结论,从而推出 DNA 分子具有多样性和特异性的结论。这一结论从分子水平上揭示了生物体的多样性和特异性的物质基础。

三、与学生经验的联系

DNA 的双螺旋结构模型已成为分子生物学的象征,甚至成为高科技的象征:从课本的封面到会议的标志;从公司赠送的茶杯、年历到生物系学生自行设计的纪念 T 恤;以及 DNA 的双螺旋结构矗立中关村街头的雕塑,等等。这一切形象地告诉我们 10 年前鲜为人知的 DNA,如今几乎已经到了家喻户晓的程度,这一切都可以作为教师教学中联系社会实际的切入点。

通过报纸、杂志、广播、电视、网络等多种媒体的介绍,学生可以了解到许多有关的内容:2003 年是 DNA 的双螺旋结构发现 50 周年,从 DNA 的双螺旋结构发现,到分子生物学崛起的有关知识(包括 DNA 分子的复制, DNA 分子的功能,基因的概念与本质,以及 DNA 指纹技术,人类基因组计划等)屡见报端和其他媒体,这些都是学生自主了解与本章有关知识的很好途径。随着生物科学的概念,以及生物新技术的应用越来越深入到人们的生活中,人们对 DNA 的作用也有了越来越深入的了解,如 DNA 指纹技术在亲子鉴定中的作用,可以使学生对 DNA 的特异性与多样性以及它在遗传中的作用有所了解;人类基因组计划的实施和有关宣传报道,可以使学生对基因与 DNA 的关系、碱基的排列决定 DNA 的遗传特性等方面有一定的了解。PCR 技术(体外 DNA 复制的快速方法)的出现,使学生对 DNA 的复制有所认识;基因芯片的应用,又会使学生对 DNA 是有遗传效应的片段有一定的感性认识。以上都

是学生学习本章内容时可联系的经验。

初中学生学习过的知识为本章内容的学习打下了一定的基础。例如,初中生物课本中“细胞核是遗传信息库”一节中有关遗传信息在细胞核中,DNA具有贮存遗传信息的功能,以及细胞核中的染色体是由蛋白质和DNA组成的等内容,已经使学生对有关的知识有了比较清楚的认识,在此基础上讲解本章的内容,学生会较容易理解和接受。

四、与其他章的联系

本册书中各章的联系十分密切。如果说第一

章是在宏观上,或说现象层面认识基因对性状的作用,那么,本章就是从分子水平上,或者说从实质上来认识基因。具体地说,是从基因的物质基础、分子结构、复制功能以及在生物遗传中的作用等方面来认识基因。本章的内容是在第2章基础上完成的。本章内容又为第4章基因的表达,第5章基因的突变及其他变异,以及第6章基因的应用打下了必要的基础。除此之外,本章的教学内容也为第7章有关生物进化理论的内容进行了必要的知识铺垫。

第1节 DNA是主要的遗传物质

一、教学目标

1. 总结“DNA是主要的遗传物质”的探索过程。
2. 分析证明DNA是主要的遗传物质的实验设计思路。
3. 探讨实验技术在证明DNA是主要遗传物质中的作用。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

- (1) 肺炎双球菌转化实验的原理和过程。
- (2) 噬菌体侵染细菌实验的原理和过程。

2. 教学难点

肺炎双球菌转化实验的原理和过程。

三、教学策略

本节可用1课时教学,可采取以下教学策略。

1. 引导学生体验科学探索过程,领悟科学研究方法。

建议教师在教学中,让学生“重走探索之路”,以人类早期对遗传物质的推测为问题源头,通过对上述实验的介绍和分析,让学生亲身体验科学研究的思路和方法,学习科学家的严谨态度

和合作精神。对学生在分析过程中提出的疑问,应及时给予解答。例如,学生可能会问:“在肺炎双球菌的转化实验中,为什么加热杀死的S型细菌还能使R型活细菌转化为S型活细菌?”此时,教师应及时补充相关知识,告诉学生蛋白质和核酸对于高温的耐受力是不同的。在80~100℃的温度范围内,蛋白质将会失活,DNA双链将解开;当温度降至55℃左右时,DNA双链能够恢复,但蛋白质的活性却不能恢复。

教师在教学过程中,还可以让学生分析“谁在转化实验中起作用”,“转化因子究竟是什么物质”,“如果你做转化实验,你应如何设计实验”等问题,为探索艾弗里等人进行的转化实验做好铺垫。在探索艾弗里等的转化实验时,可以结合挂图和如图22所示的板书,引导学生分析实验结果,得出结论:只有DNA具有转化作用。

在学生得出“DNA是主要的遗传物质”的结论后,可以进一步引导学生讨论艾弗里实验的不足之处,即DNA纯度不够,不能排除蛋白质的作用,进而引出噬菌体侵染细菌的实验。在介绍这个实验时,教师可以首先阐明T₂噬菌体的结构特点、寄生方式,以及同位素示踪技术,再引导学生结合挂图或表9对实验结果进行比较分析,进

而确认 DNA 是遗传物质。

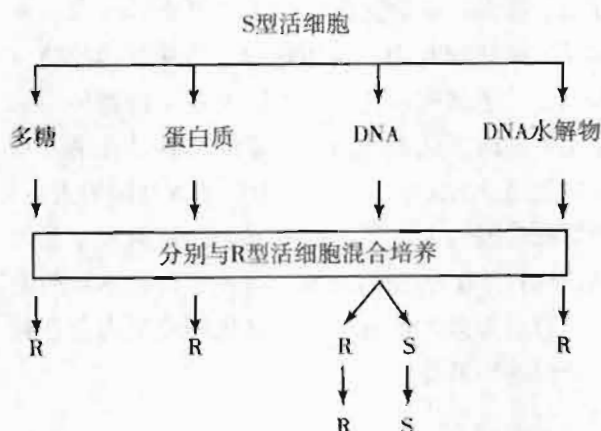


图 22 艾弗里等人所做的肺炎双球菌的转化实验

表 9 噬菌体侵染细菌的实验

亲代噬菌体	原宿主细菌内	子代噬菌体	实验结论
^{32}P 标记 DNA	无 ^{32}P 标记 DNA	DNA 有 ^{32}P 标记	DNA 是遗传物质
^{35}S 标记 蛋白质	无 ^{35}S 标记 蛋白质	外壳蛋白无 ^{35}S 标记	

2. 直观形象地呈现实验过程，化解教学难点。

由于 DNA 转化等实验是在特定的实验室条件下进行的，学生无法亲自动手操作，缺少感性认识，因此，需要教师形象直观地介绍实验操作步骤。教学中可利用插图、挂图以及多媒体课件，分步演示实验过程，让学生置身于实验探究的全过程。

3. 建议采用“设疑导入→问题引导呈现探究过程→讨论实验结果→归纳总结→反馈运用”的教学程序。

设疑导入：(1) 遗传物质是染色体、蛋白质，还是 DNA？(2) 遗传物质具有什么特征？教师引导学生总结遗传物质的特征。

有关实验及结论：(1) 肺炎双球菌的转化实验——转化因子是什么？(2) 噬菌体侵染细菌的实验——遗传物质是什么？(3) 烟草花叶病毒感染烟草的实验——进一步明确遗传物质是什么。教师可简要介绍该实验过程，适当补充教材内容。

分步演示实验过程，引导学生探究实验将会

怎样进行，并得出以下结论。(1) DNA 是转化因子，是遗传物质，而蛋白质不是。(因为艾弗里及其同事对 S 型细菌中的物质进行了提纯和鉴定，他们将提纯的 DNA、蛋白质和多糖等物质分别加入到培养了 R 型细菌的培养基中，结果发现：只有加入 DNA，R 型细菌才能够转化为 S 型细菌。)(2) 遗传物质是 DNA。(因为 DNA 进入了细菌体内复制，并复制合成自身的蛋白质。所以在子代噬菌体内，没有亲代噬菌体内蛋白质被标记的元素。)(3) RNA 也可以是遗传物质。

归纳总结。从三个实验的结论中，拓展出下列规律：(1) 非细胞结构的生物体内，只有一种核酸，只有一种遗传物质，即 DNA 或 RNA；(2) 在具有细胞结构的生物体内，有 DNA 和 RNA 两种核酸，但 DNA 是主要的遗传物质；(3) 染色体是 DNA 的主要载体；(4) 遗传物质控制蛋白质的合成，并由蛋白质表达遗传信息。

四、答案和提示

(一) 问题探讨

1. 提示：遗传物质必须稳定，要能贮存大量的遗传信息，可以准确地复制出拷贝，传递给下一代等。

2. 提示：这是一道开放性的题，答案并不唯一，只要提出正确的思路即可。

(二) 旁栏思考题

因为硫仅存在于 T_2 噬菌体的蛋白质组分中，而磷则主要存在于 DNA 的组分中。用 ^{14}C 和 ^{18}O 等元素是不可行的，因为 T_2 噬菌体的蛋白质和 DNA 分子的组分中都含有这两种元素。

(三) 思考与讨论

1. 提示：细菌和病毒作为实验材料，具有的优点是：(1) 个体很小，结构简单，容易看出因遗传物质改变导致的结构和功能的变化。细菌是单细胞生物，病毒无细胞结构，只有核酸和蛋白质外壳。(2) 繁殖快。细菌 20~30 min 就可繁殖一代，病毒短时间内可大量繁殖。

2. 最关键的实验设计思路是设法把 DNA 与蛋白质分开，单独地、直接地去观察 DNA 或蛋白

质的作用。

3. 艾弗里采用的主要技术手段有细菌的培养技术、物质的提纯和鉴定技术等。赫尔希采用的主要技术手段有噬菌体的培养技术、同位素标记技术,以及物质的提取和分离技术等(学生可能回答出其他的技术,但只要回答出上述主要技术就可以)。

科学成果的取得必须有技术手段做保证,技术的发展需要以科学原理为基础,因此,科学与技术是相互支持、相互促进的。

(四) 练习

基础题

1. (1) (×); (2) (×)。

2. C。

3. D。

拓展题

1. 提示:实验表明,噬菌体在感染大肠杆菌时,进入大肠杆菌内的是DNA,而大多数蛋白质却留在大肠杆菌的外面。因此,大肠杆菌裂解后,释放出的子代噬菌体是利用亲代噬菌体的遗传信息,以大肠杆菌的氨基酸为原料来合成蛋白质外壳的。

2. 提示:肺炎双球菌转化实验和噬菌体感染大肠杆菌的实验证明,作为遗传物质至少要具备以下几个条件:能够精确地复制自己;能够指导蛋白质合成,从而控制生物的性状和新陈代谢;具有贮存遗传信息的能力;结构比较稳定等。

五、参考资料

1. 作为遗传物质所必须具备的条件

作为遗传物质至少要具备以下4个条件:

(1) 在细胞生长和繁殖的过程中能够精确地复制自己,使得前后代具有一定的连续性;

(2) 能够指导蛋白质合成,从而控制生物的性状和新陈代谢的过程;

(3) 具有贮存大量遗传信息的潜在能力;

(4) 结构比较稳定,但在特殊情况下又能发生突变,而且突变以后还能继续复制,并能遗传给后代。

组成蛋白质的主要氨基酸约有20种。由于氨基酸的种类和数量不同,排列顺序不同,可以组成无数种蛋白质,这一点符合上述的第三个条件。蛋白质(特别是酶)能够控制生物的性状和代谢,这一点符合第二个条件。但是蛋白质不能进行自我复制,而且它在染色体中的含量往往是不固定的,分子结构也不稳定;它也不能遗传给后代,所以蛋白质不可能是遗传物质。

科学研究已经充分证明,核酸具备上述4个条件,所以核酸才是生物体的遗传物质。核酸又分为脱氧核糖核酸(DNA)和核糖核酸(RNA)。绝大多数生物体的遗传物质是DNA,有些病毒的遗传物质是RNA。

2. 肺炎双球菌

肺炎球菌是一种可以引起人类肺炎和小鼠败血症的病原微生物。已知的肺炎双球菌包括很多不同类型的菌株,但只有光滑型(S型)菌株能引起疾病。S型菌株的细胞外表面有一层胶状的多糖类物质——荚膜,它们通常不能被宿主的正常防护机构所破坏,因而导致宿主感染。粗糙型(R型)菌株的细胞没有荚膜包被,对宿主无毒性。光滑型菌株在培养基上形成明亮的光滑菌落,因而得名;粗糙型菌株无荚膜,菌落表面无光泽,显得粗糙。

3. 肺炎双球菌转化实验的实质

遗传转化是指同源或异源的游离DNA分子(质粒或染色体DNA)被细菌的细胞摄取,并得以表达的基因转移过程。遗传转化可以分为自然转化和人工转化,前者是细胞在一定生长阶段出现容易接受外源DNA的生理特性;后者则是通过人为诱导的方法,使细胞具有摄取DNA的能力,或人为地将DNA导入细胞内。

自然转化现象首先是在肺炎双球菌中发现的。近几十年来,已经发现许多细菌属中的某些种类或某些特殊的菌株有自然转化能力。在肺炎双球菌中,自然转化的第一步是R型受体细胞处于感受态,即能从周围环境中摄取DNA的一种生理状态,然后是DNA在细胞表面的结合和进入。进入细胞的DNA分子一般以单链形式整合进宿主的染

染色体 DNA, 并获得遗传特性的表达。这一系列的过程涉及细菌染色体上 10 多个基因编码的功能。

R 型细菌在生长到一定阶段时, 就会分泌一种小分子的蛋白质, 称为感受态因子。这种因子能与细胞表面受体相互作用, 诱导感受态特异蛋白质(如自溶素)的表达, 它的表达使细胞表面的 DNA 结合蛋白及核酸酶裸露出来, 使其具有与 DNA 结合的活性。加热灭活的 S 型细菌遗留下了完整的细菌染色体 DNA 的各个片段(图 23), 其中包括控制荚膜形成的基因, 即 S 基因(smooth

gene)。这一片段从 S 型细菌中释放出来, 在后续的培养中吸附到一些 R 型细菌上, S 基因以双链的形式在 R 型细菌细胞的几个位点上结合并被切割。核酸内切酶首先切断 DNA 双链中的一条链, 被切割的链在核酸酶的作用下降解, 成为寡核苷酸释放到培养基中, 另一条链与 R 感受态细菌的特异蛋白质结合, 以这种形式进入细胞, 并通过同源重组以置换的方式整合进入 R 型细菌的基因组中, 使 R 型细菌转化为 S 型细菌。

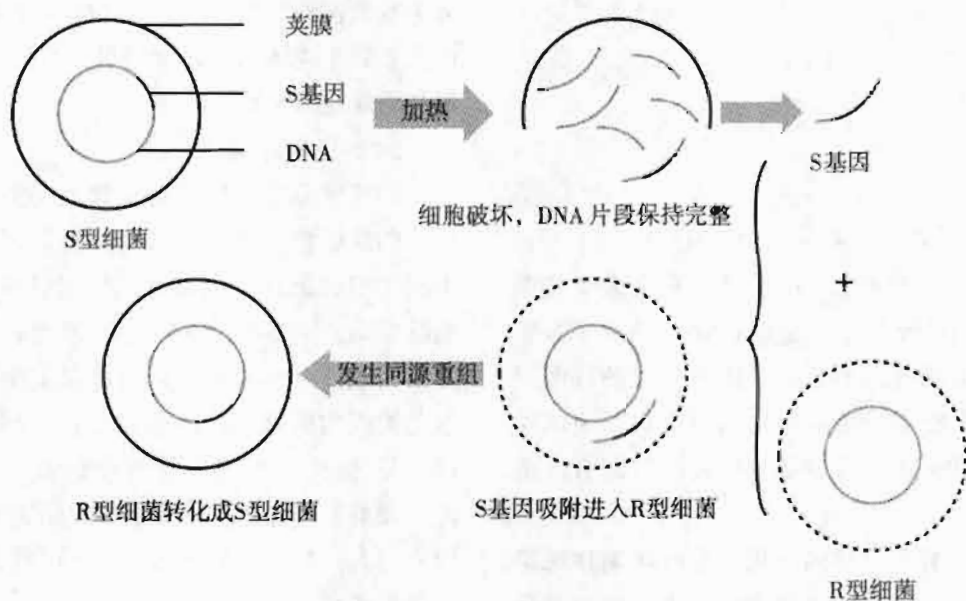


图 23 肺炎双球菌转化实验的实质

4. 噬菌体侵染细菌的过程

噬菌体的分子组成比较简单。例如, T_2 噬菌体约有 60% 的蛋白质和 40% 的 DNA, 蛋白质构成它的外壳, 而 DNA 藏在它的头部中。噬菌体通过一系列过程感染大肠杆菌。细菌被感染后不再繁殖, 菌体内形成大量的噬菌体。接着菌体裂解, 几十个至几百个跟原来一样的噬菌体就释放出来。下面是噬菌体侵染细菌的详细过程。

(1) 感染阶段

噬菌体侵染宿主细胞的第一步是“吸附”, 即噬菌体的尾部附着在细菌的细胞壁上, 然后进行“侵入”。噬菌体首先释放溶菌酶, 在细菌的细胞壁上打开一个缺口, 尾鞘做类似肌动蛋白和肌球蛋白的收缩, 露出尾轴, 伸入细胞壁内, 像注射

器一样把头部的 DNA 注入细菌细胞, 其蛋白质外壳留在壁外, 不参与增殖过程。

(2) 增殖阶段

噬菌体 DNA 进入细菌细胞后, 会引起一系列的变化: 细菌的 DNA 合成停止, 酶的合成也受到阻抑, 噬菌体逐渐控制了细胞的代谢。子代噬菌体的形成是借助于细菌细胞的代谢机制, 由噬菌体本身的核酸物质操纵的。噬菌体的 DNA 巧妙地利用宿主细胞的“机器”, 大量复制产生子代噬菌体的 DNA 和蛋白质, 并形成完整的噬菌体颗粒。据观察, 当噬菌体侵入细菌细胞后, 细胞质里很快便充满了 DNA 细丝, 10 min 左右开始出现完整的多角形头部结构。噬菌体成熟时, 这些 DNA 高分子聚缩成多角体, 头部蛋白质通过排列和结

晶过程,包围多角形DNA聚缩体,然后头部和尾部相互结合,组装成一个完整的子代噬菌体。

(3) 成熟阶段

在潜伏后期,噬菌体增加溶菌酶的释放,用以溶解宿主细胞壁,促使细胞裂解,从而释放出成熟的子代噬菌体。在光学显微镜下观察培养的感受细胞,可以直接看到细胞的裂解现象。 T_2 噬菌体在 $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下只需40 min就可以产生100~300个子代噬菌体。子代噬菌体释放出来后,又去感染邻近的细菌细胞,产生子二代噬菌体。

5. 艾弗里的实验结果不被接受的原因

(1) 虽然已经有科学家证明了DNA是染色体的主要成分之一,但人们仍然认为遗传与染色体上的蛋白质有关。这是因为蛋白质分子量大,结

构复杂,其中20种氨基酸不同的排列组合将是个天文数字,可以作为一种遗传信息,且在不同生物体中,同源蛋白之间在结构特异性上也存在着极大的差异。而DNA的分子量相对较小,只有4种不同的碱基,人们一度认为不同种的有机体的核酸只有微小的差异,因而形成一种观念,基因和染色体的活性成分是蛋白质。

(2) 人们认为转化实验中的DNA并未能提得很纯,还附有其他物质,可能正是这些少量的特殊蛋白质在起转化作用。

(3) 也有人认为即使转化因子确实是DNA,但DNA也可能只是对荚膜的形成起着直接的化学效应,而不是充当遗传信息的载体。

第2节 DNA分子的结构

一、教学目标

1. 概述DNA分子结构的主要特点。
2. 制作DNA分子双螺旋结构模型。
3. 讨论DNA双螺旋结构模型的构建历程。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

- (1) DNA分子结构的主要特点。
- (2) 制作DNA分子双螺旋结构模型。

2. 教学难点

DNA分子结构的主要特点。

三、教学策略

本节可用2课时,建议采用下列教学策略。

1. 引导学生分析沃森和克里克构建DNA双螺旋结构模型的过程,总结科学研究方法。

本节以故事叙述的形式介绍了美国生物学家沃森和英国物理学家克里克构建DNA双螺旋结构模型的研究过程。教学中应通过介绍这一过程,让学生总结这两位科学家所运用的多种研究方法。

模型建构是自然科学研究中一种常用的方法。当研究对象难以直接操作或研究时,可以考虑模型建构的方法。该方法用模型来模拟研究对象,被模拟的对象称做原型。模型的构建是否正确,还需要通过与原型的比较来确证。沃森和克里克构建的DNA双螺旋结构模型最终被认可,就是因为这一模型与原型——DNA结晶的X射线衍射图相符,并能解释DNA作为遗传物质所具备的多种功能。

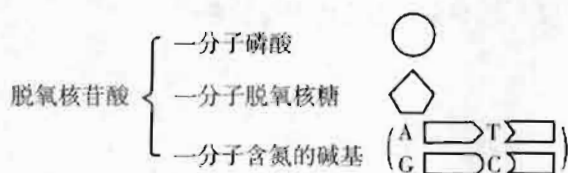
除了让学生体验模型建构的研究方法外,教学中还可以引导学生总结在生物学的研究中,多学科知识的综合应用。例如,从化学角度认识生物大分子是由分子和原子组成的,它们在分子水平的运动都遵循量子力学的规律;结晶DNA的获得必须应用化学和物理的原理和方法;X射线衍射技术则主要运用物理学原理和方法;而对DNA的X射线衍射图的分析又需要借助于数学方法。可见,科学发现史中包含了丰富的科学方法,蕴含着科学思想和科学精神,学生可以从中大获裨益。

2. 以DNA模型为依托,培养学生的空间想

像能力。

DNA 分子双螺旋结构是本节学习的重点和难点,需要学生通过空间想像才能理解。学习这部分内容时,可以利用现成的模型进行教学,还可以利用课外活动小组的同学自制的模型教具。教学程序可采用“空间结构→平面结构→单链结构→基本单位”的顺序,即由立体到平面,由大分子到组成单位,使学生逐步认识 DNA 分子的空间结构、平面结构以及化学组成。此外,还应特别注意以下几个问题。

(1) 板书应该图文结合。例如,关于脱氧核苷酸的组成和结构,可以设计如下板书。



(2) 注重 DNA 双螺旋结构的内在关系。

DNA 分子的双链是由两条脱氧核苷酸长链以氢键连接起来的;DNA 分子的主链是由磷酸和脱氧核糖交替排列的;DNA 分子的碱基对的排列顺序变化多端,说明 DNA 分子具有多样性,可以贮存大量的遗传信息;DNA 分子的碱基对特定的排列顺序说明 DNA 分子具有特异性。

(3) 挖掘 DNA 分子结构中隐含的原理,培养学生分析问题的能力。

① 为什么说 DNA 分子是规则的双螺旋结构?

DNA 分子结构的规则性体现在两个方面:第一,DNA 分子的每个螺旋都是由 10 对碱基组成的,相邻两对碱基间的距离为 0.34 nm;第二,DNA 双螺旋的直径为 2 nm。

② 为什么碱基配对是嘌呤碱基与嘧啶碱基配对?

嘌呤碱基 A 和 G 是双环化合物,而嘧啶碱基 C 和 T 是单环化合物,在碱基互补配对时,只有始终是嘌呤碱基与嘧啶碱基配对,才能保证两条长链之间的距离恒定。

3. 依据碱基互补配对原则,推算 DNA 分子的碱基比例,学会用数学语言描述生命现象。

教师在指导学生观察 DNA 分子双螺旋结构模型后,可以进一步引导学生思考在 DNA 分子中,其碱基的比例和数量之间的规律,再进行总结。

(1) 在双链 DNA 分子中,所有的嘌呤碱基之和等于所有的嘧啶碱基之和,即 $(A+G)/(C+T)=1$ 。

(2) 根据上述公式,可鉴定 DNA 分子是单链还是双链。若在一个 DNA 分子中, $(A+G)/(C+T) \neq 1$,且 $A \neq T$ 、 $C \neq G$,说明此 DNA 为单链。若在一个 DNA 分子中, $(A+G)/(C+T)=1$,且 $A=T$ 、 $C=G$,说明此 DNA 为双链。

(3) 根据不同的碱基比例进行计算。

例 1: 在一个 DNA 分子中,若甲链 $(A+G)/(C+T)=1/2$,则在互补的乙链中, $(A+G)/(C+T)=2$ (倒数关系),在整个 DNA 分子中, $(A+G)/(C+T)=1$ 。

例 2: 在一个 DNA 分子中,若甲链 $(A+T)/(C+G)=1/2$,则在互补的乙链中, $(A+T)/(C+G)=1/2$ (对等关系),在整个 DNA 分子中 $(A+T)/(C+G)=1/2$ 。

四、答案和提示

(一) 问题探讨

提示:本节的问题探讨主要是培养学生收集资料、讨论交流的能力。

(二) 旁栏思考题

1. (1) 当时科学界已经发现的证据有:组成 DNA 分子的单位是脱氧核苷酸;DNA 分子是由含 4 种碱基的脱氧核苷酸长链构成的;(2) 英国科学家威尔金斯和富兰克林提供的 DNA 的 X 射线衍射图谱;(3) 美国生物化学家鲍林揭示生物大分子结构的方法(1950 年),即按照 X 射线衍射分析的实验数据建立模型的方法(因为模型能使生物大分子非常复杂的空间结构,以完整的、简明扼要的形象表示出来),为此,沃森和克里克像摆积木一样,用自制的硬纸板构建 DNA 结构模型;(4) 奥地利著名生物化学家查哥夫的研究成果:腺嘌呤(A)的量总是等于胸腺嘧啶(T)的量,鸟嘌呤(G)的量总是等于胞嘧啶(C)的量这一碱基之间的数量关系。

2. 沃森和克里克根据当时掌握的资料, 最初尝试了很多种不同的双螺旋和三螺旋结构模型, 在这些模型中, 他们将碱基置于螺旋的外部。在威尔金斯为首的一批科学家的帮助下, 他们否定了最初建立的模型。在失败面前, 沃森和克里克没有气馁, 他们又重新构建了一个将磷酸—核糖骨架安排在螺旋外部, 碱基安排在螺旋内部的双链螺旋。

沃森和克里克最初构建的模型, 连接双链结构的碱基之间是以相同碱基进行配对的, 即 A 与 A、T 与 T 配对。但是, 有化学家指出这种配对方式违反了化学规律。1952 年, 沃森和克里克从奥地利生物化学家查哥夫那里得到了一个重要的信息: 腺嘌呤 (A) 的量总是等于胸腺嘧啶 (T) 的量, 鸟嘌呤 (G) 的量总是等于胞嘧啶 (C) 的量。于是, 沃森和克里克改变了碱基配对的方式, 让 A 与 T 配对, G 与 C 配对, 最终, 构建出了正确的 DNA 模型。

(三) 思考与讨论

2. 提示: 主要涉及物理学 (主要是晶体学)、生物化学、数学和分子生物学等学科的知识。涉及的方法主要有: X 射线衍射结构分析方法, 其中包括数学计算法; 建构模型的方法等。现代科学技术中许多成果的取得, 都是多学科交叉运用的结果; 反过来, 多学科交叉的运用, 又会促进学科的发展, 诞生新的边缘学科, 如生物化学、生物物理学等。

3. 提示: 要善于利用他人的研究成果和经验; 要善于与他人交流和沟通, 闪光的思想是在交流与撞击中获得的; 研究小组成员在知识背景上最好是互补的, 对所从事的研究要有兴趣和激情等。

(四) 模型建构

1. DNA 虽然只含有 4 种脱氧核苷酸, 但是碱基对的排列顺序却是千变万化的。碱基对千变万化的排列顺序使 DNA 储存了大量的遗传信息。

2. 提示: (1) 靠 DNA 分子碱基对之间的氢键维系两条链的偶联; (2) 在 DNA 双螺旋结构中, 由于碱基对平面之间相互靠近, 形成了与碱基对平面垂直方向的相互作用力 (该点可不作为

对学生的要求, 教师可进行补充说明)。

(五) 练习

基础题

- (1) 胞嘧啶; (2) 腺嘌呤; (3) 鸟嘌呤; (4) 胸腺嘧啶; (5) 脱氧核糖; (6) 磷酸; (7) 脱氧核苷酸; (8) 碱基对; (9) 氢键; (10) 一条脱氧核苷酸链的片段。

2. C。

3. B。

拓展题

$$\because A=T \quad G=C$$

$$\therefore A+G=T+C$$

$$\therefore (A+G)/(A+G+T+C) = (T+C)/(A+G+T+C) = 50\%$$

$$\text{也可以写成以下形式: } (A+G)/(T+C) = (T+G)/(A+C) = (T+C)/(A+G) \cdots \cdots = 1$$

规律概括为: 在 DNA 双链中, 任意两个不互补碱基之和恒等, 并为碱基总数的 50%。

五、参考资料

1. 查哥夫研究 DNA 碱基组成的实验数据

20 世纪 50 年代初, 查哥夫应用紫外分光光度法结合纸层析等技术, 对多种生物 DNA 做碱基定量分析 (表 10), 发现 DNA 的碱基组成是有规律的。

表 10 不同来源 DNA 四种碱基的摩尔比例关系

DNA 来源	A	T	G	C	(A+T) / (G+C)
大肠杆菌	25.4	24.8	24.1	25.7	1.01
小麦	24.8	28.0	23.2	22.7	1.21
鼠	24.1	25.6	21.9	22.8	1.21
猪肝	25.7	29.7	20.5	20.5	1.43
猪胸腺	26.8	28.9	20.4	20.7	1.43
猪脾	28.0	29.2	20.4	20.8	1.43
酵母	23.2	32.9	18.7	17.5	1.08

(1) 同一生物的不同组织的 DNA 碱基组成相同；

(2) 每一种生物的 DNA 碱基组成不随生物体的年龄、营养状态或者环境变化而改变；

(3) 几乎所有的 DNA，无论种属来源如何，其腺嘌呤摩尔含量与胸腺嘧啶摩尔含量相同，即 $A=T$ ，鸟嘌呤摩尔含量与胞嘧啶摩尔含量相同，即 $G=C$ ，总的嘌呤摩尔含量与总的嘧啶摩尔含量相同，即 $A+G=C+T$ 。

(4) 不同生物来源的 DNA 碱基组成不同，表现为 $(A+T)/(G+C)$ 的比值不同。

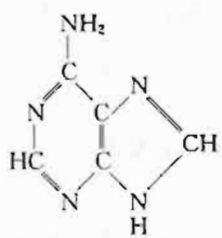
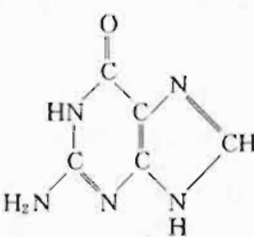
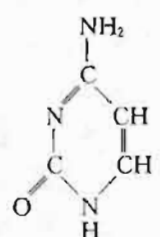
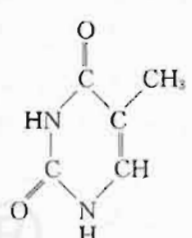
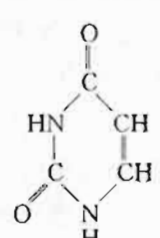
2. 核酸与核苷酸的化学组成

核酸 组成核酸的元素有 C、H、O、N、P。与蛋白质比较，核酸在组成上主要有两个特点：核酸一般不含有 S 元素；核酸中 P 含量较多并且恒定，占 9%~10%。通常情况下通过测定 P 含量来代表核酸的量。核酸经水解可得到很多核苷酸 (nucleotide)，核苷酸是核酸的基本单位。核酸就是由很多单核苷酸聚合形成的多聚核苷酸。核苷酸可被水解产生核苷 (nucleoside) 和磷酸 (phosphate)，核苷还可再进一步水解，产生戊糖和含氮碱基，戊糖包括核糖 (ribose) 和脱氧核糖 (deoxyribose) 两类。

(1) 碱基

核苷酸中的碱基 (表 11) 都是含氮的杂环化合物，它们分别属于嘌呤衍生物和嘧啶衍生物。核苷酸中的嘌呤碱基 (purine) 主要是鸟嘌呤 (guanine, G) 和腺嘌呤 (adenine, A)，嘧啶碱基 (pyrimidine) 主要是胞嘧啶 (cytosine, C)、尿嘧啶 (uracil, U) 和胸腺嘧啶 (thymine, T)。DNA 和 RNA 都含有鸟嘌呤 (G)、腺嘌呤 (A) 和胞嘧啶 (C)；胸腺嘧啶 (T) 一般而言只存在于 DNA 中，不存在于 RNA 中；而尿嘧啶 (U) 只存在于 RNA 中，不存在于 DNA 中。

表 11 碱基的类型

碱基名称	英文名	简写	结构式
腺嘌呤	adenine	A	
鸟嘌呤	guanine	G	
胞嘧啶	cytosine	C	
胸腺嘧啶	thymine	T	
尿嘧啶	uracil	U	

(2) 核苷

戊糖和嘧啶碱基或嘌呤碱基以糖苷键连接起来称为核苷。RNA 中的核苷以核糖作为糖基组成，称为核糖核苷。DNA 中的糖基为脱氧核糖，因而称为脱氧核糖核苷。DNA 中有腺嘌呤脱氧核

苷，鸟嘌呤脱氧核苷，胸腺嘧啶脱氧核苷和胞嘧啶脱氧核苷。在各种核苷中，都是糖基的 C-1 通过碱基的 N 原子连接到碱基上（图 24）。若碱基是嘧

啶，则所结合的是碱基的第 1 位的氮原子（N-1）；若碱基是嘌呤，则所结合的是碱基的第 9 位氮原子（N-9）。

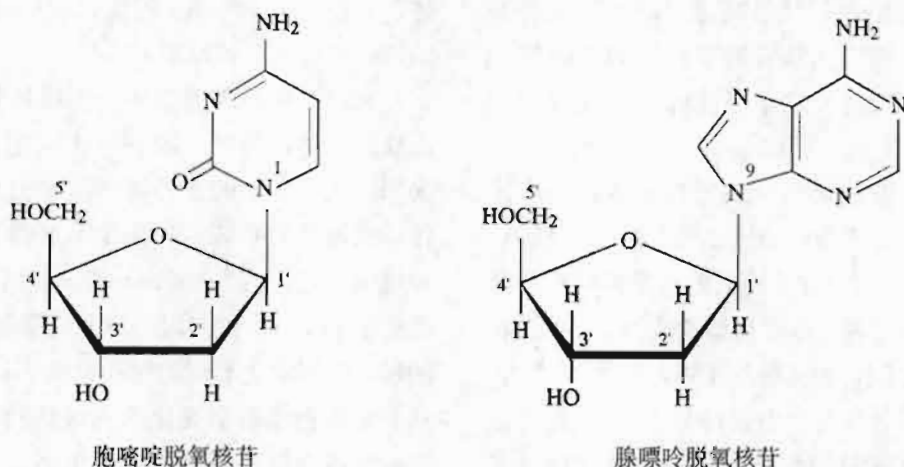


图 24 胞嘧啶脱氧核苷和腺嘌呤脱氧核苷

（3）核苷酸

核苷中戊糖羟基与磷酸以磷酸酯键连接的形式连接在一起成为核苷酸。生物体内的核苷酸大多数是核糖或脱氧核糖的 C-5 上的羟基被磷酸酯化，形成单磷酸核苷。单磷酸核苷进一步被磷酸化，生成二磷酸核苷和三磷酸核苷。以核糖腺苷酸为例，除 AMP 外，还有二磷酸腺苷（adenosine diphosphate, ADP）和三磷酸腺苷（adenosine triphosphate, ATP）两种形式。

核苷酸的二磷酸酯和三磷酸酯多为与核苷酸有关的代谢的中间产物或者酶活性和代谢的调节物质，也是生理储能和提供能量的重要形式。

DNA 的一级结构 DNA 的一级结构是指四种核苷酸（dAMP、dCMP、dGMP、dTMP）按照一定的排列顺序，通过磷酸二酯键连接形成的多核苷酸，由于核苷酸之间的差异仅仅是碱基顺序的不同，又可称为碱基顺序。

核苷酸之间的连接方式是：一个核苷酸的 5' 位磷酸与下一个核苷酸的 3'-OH 形成 3', 5'-磷酸二酯键，构成不分支的线性大分子。其中磷酸基和戊糖基构成 DNA 链的骨架，可变部分是碱基排列顺序。核酸是有方向性的分子，通常将 DNA 的羟基（-OH）末端称为 3' 端，而磷酸基的末端

称为 5' 端。这两个末端并不相同，生物学特性也有差异。

3. DNA 的双螺旋结构

沃森和克里克提出的 DNA 结构的双螺旋模型的主要内容如下。在 DNA 分子中，两股 DNA 链围绕一个假想的共同轴心形成右手双螺旋结构，双螺旋的螺距为 3.4 nm，直径为 2.0 nm；双螺旋的外侧是 DNA 链的骨架（backbone），由交替出现的、亲水的脱氧核糖基和磷酸基构成；碱基位于双螺旋的内侧，两股链中的嘌呤和嘧啶以它们疏水的、近于平面的环形结构彼此接近，平面与双螺旋的长轴相垂直；一股链中的嘌呤碱基与另一股链中位于同一平面的嘧啶碱基之间以氢键相连，称为碱基互补配对或碱基配对（base pairing），碱基对平面间的距离为 0.34 nm；碱基互补配对总是出现在腺嘌呤与胸腺嘧啶之间（A=T），形成两个氢键；或者出现于鸟嘌呤与胞嘧啶之间（G=C），形成三个氢键；DNA 双螺旋的两股链走向是反平行的，一股链是 5'→3' 走向，另一股链是 3'→5' 走向。两股链之间在空间上形成一条大沟（major groove）和一条小沟（minor groove），这是蛋白质识别 DNA 的碱基序列并与其发生相互作用的基础。

4. 从染色质到染色体的四级结构

染色质和染色体的基本成分相同,主要包括DNA和组蛋白,除此之外,还有非组蛋白和RNA。染色体是染色质经过高度聚缩后形成的特殊结构。根据目前广泛认可的染色体的四级结构模型,可以把从染色质到染色体的聚缩过程分为四个阶段。

一级结构 染色质是一系列核小体相互连接成的念珠状结构。核小体的核心是由组蛋白 H_2A 、 H_2B 、 H_3 、 H_4 各两个分子构成的八聚体,在八聚体的表面缠绕有1.75圈的双螺旋DNA。在相邻的两个核小体之间,由DNA连接,称为连接线,在连接线部位结合有一个组蛋白分子 H_1 。现在普遍认为,在组蛋白 H_1 存在时,每个核小体间紧密接触,形成直径为10 nm的纤维状结构,DNA的长度被压缩了约7倍(图25)。

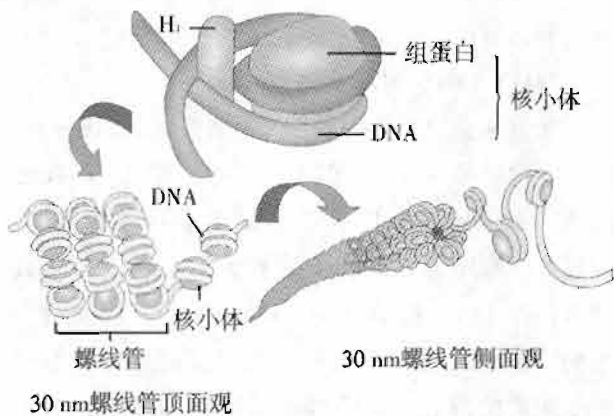


图25 30 nm螺线管结构模型

二级结构 由核小体连接起来的纤维状结构经螺旋化形成中空的螺线管,这就是染色体构型变化的二级结构。螺旋管的每一圈包括6个核小体,外径约为30 nm。因此,DNA的长度在一级结构的基础上又被压缩了6倍。

三级结构和四级结构 由螺线管进一步聚缩形成染色体的方式,现在有不同的看法。有研究表明,从人胚胎的成纤维细胞中分离出来的染色体,经温和的破坏后,在光学显微镜下可见到有伸展的、直径约为400 nm的细丝结构。在电子显微镜下观察这些细线时,判明它就是由直径30 nm的螺线管螺旋化形成的筒状结构,称为超螺线管。这就是染色体构型变化的三级结构。超螺线管再进一步螺旋折叠则形成染色单体,这是染色体构型变化的四级结构。

染色单体是由一条连续的DNA长链,经过四级的盘旋、折叠而形成的。一条DNA长链经过一级结构即形成核小体后,其长度被压缩了7倍。二级结构即形成螺线管后,DNA长度又被压缩了6倍。三级结构,即由螺线管形成超螺线管后,DNA的长度在二级结构的基础上被压缩了40倍。由三级到四级结构,即形成染色单体后,DNA的长度在三级结构的基础上被压缩了5倍。因此由一条DNA长链,经过多级螺旋化,可以使几厘米长的DNA与组蛋白共同形成几微米长的染色体,其长度总共被压缩了8 000~10 000倍。

第3节 DNA的复制

一、教学目标

1. 概述DNA分子的复制。
2. 探讨DNA复制的生物学意义。

二、教学重点和难点

1. 教学重点
DNA分子复制的条件、过程和特点。

2. 教学难点

DNA分子复制的过程。

三、教学策略

本节内容对应的“课程标准”要求是:“概述DNA分子的复制”,属于“理解水平”的要求。教学课时建议1课时。

在教学中可以充分挖掘教材内容,把基础知识与经典实验有机结合在一起,建立起一个自然流畅、逻辑清晰的教学过程。通过设置问题情境,引导学生在思索中学习新知识。

1. 将“问题探讨”作为问题情境,引入课题。

由本节教材开头提供的“问题探讨”中的“中国印·舞动的北京”作为情境引入,结合沃森和克里克提出的DNA双螺旋结构特点,设置问题“DNA是如何复制的”。讨论过程中,不要将探讨的焦点放在中国印的复制上,以免偏离主题。

2. 分析经典实验,让学生领悟科学探究的魅力。

如果教师直接讲解DNA分子半保留复制的特点,学生虽然可以较快地掌握结论,但却是被动地接受知识,失去了科学探究的乐趣。因此,教师可以通过“问题探讨”,使学生自己提出关于DNA复制的疑问,教师再积极引导分析教材中证明DNA是半保留复制的实验。

在分析实验的过程中,教师可以首先让学生假设DNA的复制方式:是半保留复制还是全保留复制呢?然后层层设疑,逐步剖析经典实验。DNA是肉眼看不见的,如何才能分辨DNA呢?此时,教师可以让学生分析经典实验中用同位素 ^{15}N 标记的方法,分析用CsCl密度梯度离心后重带、中带、轻带表示的DNA分子的双链构成是怎样的,在整个实验的亲代、子一代、子二代细胞中提取出的DNA离心的结果说明了什么。通过层层分析,学生不仅能够自己得出结论:DNA的确具有半保留复制的特点,同时还能感受科学探究的魅力。

3. 借助媒体手段,突破DNA复制过程的难点。

在条件允许的情况下,教师可以利用多媒体演示DNA复制的动态变化过程。首先让学生明确DNA并不是由原来的DNA分子产生一个全新的DNA分子,而是DNA分子的两条链分开,每一条链(母链)作为一个模板再配上一条子链,这样形成的2个DNA分子每个都有一条母链和一条子链。DNA复制过程大体分为三个阶段:(1)DNA双螺旋

结构在DNA解旋酶作用下解旋成2个单链片段;(2)以解开的每一条单链片段(母链)为模板,遵循碱基互补配对原则,与提供原料中的4种核苷酸进行互补配对,并在DNA聚合酶作用下连接成一段子链;(3)子链不断延伸并与对应母链盘绕成双螺旋结构,形成各含一条母链和一条子链的2个DNA分子。

然后,设置问题让学生分析DNA复制过程的特点、条件等,领会DNA的结构和碱基互补配对与复制的关系。思考问题有:(1)DNA复制过程的特点有哪些?(其特点是边解旋边复制,半保留复制。)(2)DNA复制需要哪些条件?(复制需要模板、原料、酶和能量等基本条件。特别需要向学生说明的是,DNA复制所需要的酶有多种,教材中介绍的“DNA解旋酶”、“DNA聚合酶”只是其中主要的两种。)(3)DNA复制的场所在哪里?在什么时间进行的?(DNA复制的场所是细胞核,复制时间是在细胞有丝分裂的间期和减数第一次分裂的间期。)教师还可结合教材经典实验中大肠杆菌的半保留复制图例,计算在第一代、第二代和第三代中含 ^{15}N -DNA分子的个数及所占比例,进一步强调DNA半保留复制的特点。

最后,教师可以让学生分析子代DNA与亲代DNA的碱基序列的特征,探讨DNA自我复制的生物学意义。正是由于DNA分子的这一复制过程,才使得亲代的遗传信息传递给子代,从而使前后代保持了一定的连续性。

四、答案和提示

(一) 问题探讨

提示:两个会徽所用的原料应该选自一块石材;应先制造模型,并按模型制作会徽;应使用电子控制的刻床;刻床应由一名技术熟练的师傅操作,或完全数控等。(以上可由学生根据自己的经验推测回答,事实是原料确实选自一块石材,但由于时间紧迫,两个会徽是由两名技术最好的师傅手工雕刻的)。验证的最简单的方法是:将两个印章的图形盖在白纸上进行比较(学生也可能提出更科学、更现代化的方法)。

(二) 旁栏思考题

提示：本实验是根据半保留复制原理和 DNA 密度的变化来设计的。在本实验中根据试管中 DNA 带所在的位置就可以区分亲代与子代的 DNA 了。

(三) 练习

基础题

1. 腺嘌呤脱氧核苷酸，鸟嘌呤脱氧核苷酸，胞嘧啶脱氧核苷酸和胸腺嘧啶脱氧核苷酸。

2. 模板、原料、能量、酶，双螺旋，碱基互补配对。

3. D。

4. B。

拓展题

提示：可能有 6 个碱基会发生错误。产生的影响可能很大，也可能没有影响（这一问可由学生做开放式回答）。

五、参考资料

1. 关于 DNA 分子复制的早期推测

关于 DNA 分子是如何复制的，在早期的研究中，科学家们提出了三个模型，它们是全保留复制模型（conservative model）、弥散复制模型（dispersive model）和半保留复制模型（semiconservative model）。这里我们主要介绍全保留复制模型和弥散复制模型。

全保留复制模型 在全保留复制模型中，母链 DNA 分开，分别复制形成两条子链 DNA，此后两条母链 DNA 彼此结合，恢复原状，新合成的两条子链彼此互补结合形成一条新的双链 DNA 分子（图 26）。

弥散复制模型 在弥散（分散）复制模型中，亲代双链被切成许多双链片段，然后这些片段作为模板合成新链，形成由一条旧链和一条新链组成的双链片段，之后这些双链片段又以某种方式聚集成“杂种链”。

2. DNA 分子的复制

DNA 复制的最主要特点是半保留复制、半不连续复制（图 27）。在复制过程中，原来双螺旋的

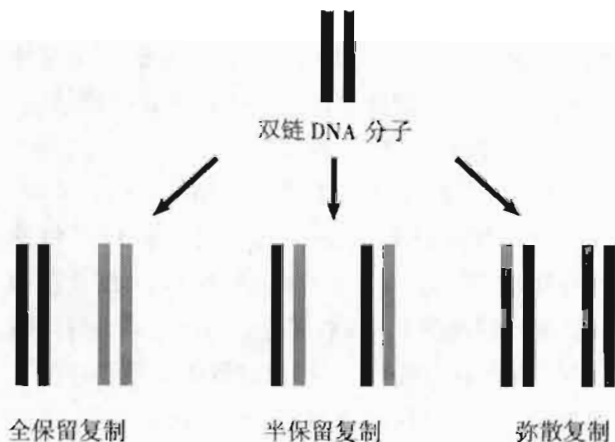


图 26 DNA 分子复制模型

两条链并没有被破坏，它们分成单独的链，每一条旧链作为模板再合成一条新链，这样在新合成的两个双螺旋分子中，一条链是旧的而另外一条链是新的，因此这种复制方式被称为半保留复制。

DNA 双螺旋的两条链是反向平行的，一条是 $5' \rightarrow 3'$ 方向，另一条是 $3' \rightarrow 5'$ 方向。在复制起点处，两条链解开形成复制泡（replication bubble），DNA 向两侧复制形成两个复制叉（replication fork）。随着 DNA 双螺旋的不断解旋，两条链变成单链形式，可以作为模板合成新的互补链。但是，生物细胞内所有的 DNA 聚合酶都只能催化 $5' \rightarrow 3'$ 延伸。因此，以 $3' \rightarrow 5'$ 的链为模板链时，DNA 聚合酶可以沿 $5' \rightarrow 3'$ 的方向合成互补的新链，这条链称为前导链（leading strand）。当以另一条链为模板时则不能连续合成新链，被称为滞后链（lagging strand）。这时，DNA 聚合酶从复制叉的位置开始向远离复制叉的方向合成 $1 \sim 2$ kb 的新链片段，待复制叉向前移动相应的距离后，又重复这一过程，合成另一个类似大小的新链片段，这些片段被称为冈崎片段（Okazaki fragment）。最后，由一种 DNA 聚合酶和 DNA 连接酶负责把这些冈崎片段之间的 RNA 引物除去，并把缺口补平，使冈崎片段连成完整的 DNA 链。这种前导链的连续复制和滞后链的不连续复制在生物细胞中是普遍存在的，称为 DNA 合成的半不连续复制。

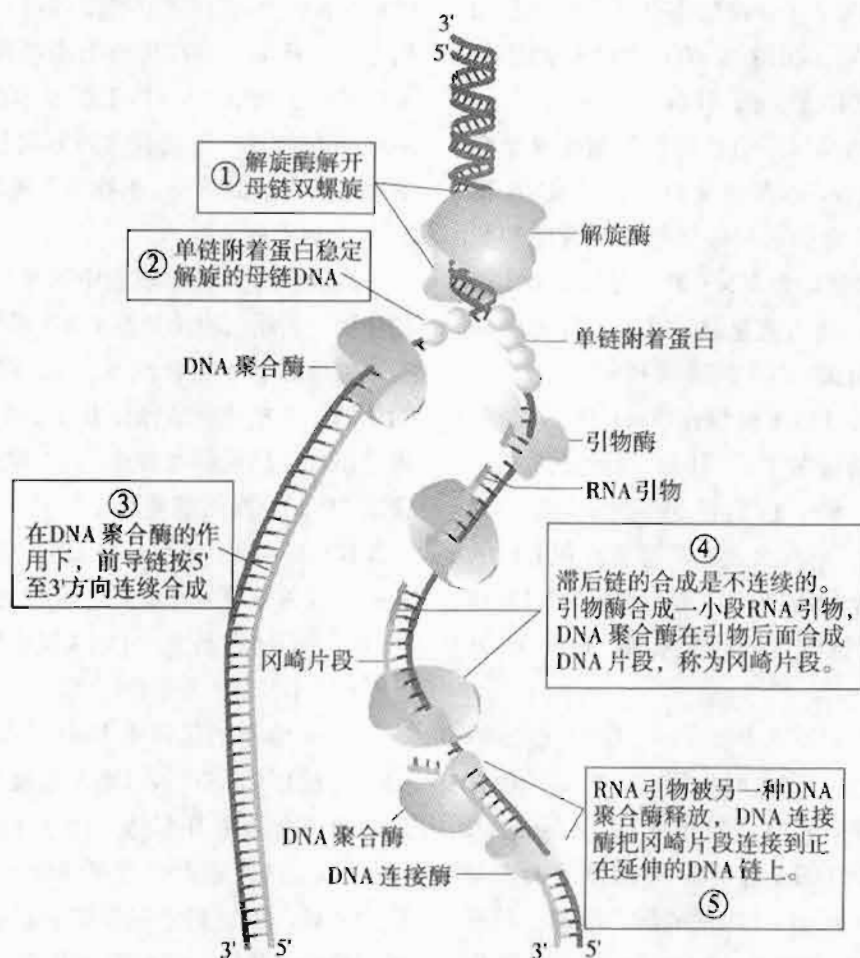


图 27 DNA 分子的复制

(1) 参与 DNA 复制的物质

DNA 的复制是一个复杂的过程, 需要 DNA 模板、合成原料——脱氧核苷三磷酸 (dATP、dGTP、dCTP、dTTP)、酶和蛋白质等多种物质的参与。

解旋酶 (helicase) DNA 复制涉及的第一个问题就是 DNA 两条链要在复制叉位置解开。DNA 双螺旋并不会自动解旋, 细胞中有一类特殊的蛋白质可以促使 DNA 在复制叉处打开, 这就是解旋酶。解旋酶可以和单链 DNA 以及 ATP 结合, 利用 ATP 分解生成 ADP 时产生的能量沿 DNA 链向前运动促使 DNA 双链打开。

单链 DNA 结合蛋白 (SSB) 解旋酶沿复制叉方向向前推进产生了一段单链区, 但是这种单链 DNA 极不稳定, 很快就会重新配对形成双链

DNA 或被核酸酶降解。在细胞内有大量单链 DNA 结合蛋白 (single strand DNA binding protein, SSB), 能很快地和单链 DNA 结合, 防止其重新配对或降解。SSB 结合到单链 DNA 上之后, 使 DNA 呈伸展状态, 有利于复制的进行。当新 DNA 链合成到某一位置时, 该处的 SSB 便会脱落, 脱落的 SSB 可以重复利用。

DNA 拓扑异构酶 (DNA topoisomerase) DNA 在细胞内往往以超螺旋状态存在, DNA 拓扑异构酶催化同一 DNA 分子在不同超螺旋状态之间的转变。DNA 拓扑异构酶有两类。DNA 拓扑异构酶 I 的作用是暂时切断一条 DNA 链, 形成酶—DNA 共价中间物, 使超螺旋 DNA 松弛, 再将切断的单链 DNA 连接起来, 不需要任何辅助因子, 如大肠杆菌的 ϵ 蛋白; DNA 拓扑异构酶 II 能将

负超螺旋引入 DNA 分子, 该酶能暂时性地切断和重新连接双链 DNA, 同时需要 ATP 水解提供能量, 如大肠杆菌中的 DNA 旋转酶 (DNA gyrase)。

引物酶 (primase) 引物酶在复制起点处合成 RNA 引物, 引发 DNA 的复制。它与 RNA 聚合酶的区别在于引物酶可以催化核糖核苷酸和脱氧核糖核苷酸的聚合, 而 RNA 聚合酶只能催化核糖核苷酸的聚合, 其功能是启动 DNA 转录合成 RNA, 将遗传信息由 DNA 传递到 RNA。

DNA 聚合酶 (DNA polymerase) DNA 聚合酶最早是在大肠杆菌中发现的, 以后陆续在其他原核生物中找到。它们的共同性质是: 以 dNTP 为前体催化 DNA 合成; 需要模板和引物的存在; 不能起始合成新的 DNA 链; 催化 dNTP 加到生长中的 DNA 链的 3'-OH 末端; 催化 DNA 合成的方向是 5'→3'。

DNA 连接酶 (DNA ligase) DNA 连接酶是 1967 年在三个实验室同时发现的。它是一种封闭 DNA 链上的缺口的酶, 借助 ATP 或 NAD 水解提供的能量催化 DNA 链的 5'-磷酸基团的末端与另一 DNA 链的 3'-OH 生成磷酸二酯键。只有两条紧邻的 DNA 链才能被 DNA 连接酶催化连接。

(2) DNA 复制的引发

所有 DNA 的复制都是从固定起始点开始的, 而目前已知的 DNA 聚合酶都只能延长已存在的 DNA 链, 而不能从头合成 DNA 链, 那么一个新 DNA 的复制是怎样开始的呢? 研究发现, DNA 复制时, 往往先由引物酶在 DNA 模板上合成一段 RNA 引物, 再由 DNA 聚合酶从 RNA 引物 3' 端开始合成新的 DNA 链。对于前导链来说, 这一引发过程比较简单, 只要有一段 RNA 引物, DNA 聚合酶就能以此为起点一直合成下去。但对于滞后链来说, 引发过程就十分复杂, 需要多种蛋白质和酶的协同作用, 还牵涉到冈崎片段的形成和连接。

滞后链的引发过程通常由引发体 (primosome) 来完成。引发体由 6 种蛋白质共同组成, 只有当引发前体与引物酶 (primase) 组装成引发

体后才能发挥其功效。引发体可以在滞后链分叉的方向上移动, 并在模板上断断续续地引发生成滞后链的引物 RNA。由于引发体在滞后链模板上的移动方向与其合成引物的方向相反, 所以在滞后链上所合成的 RNA 引物非常短, 长度一般只有 3~5 个核苷酸。

在同一种生物体细胞中这些引物都具有相似的序列, 表明引物酶要在 DNA 滞后链模板上比较特定的位置上才能合成 RNA 引物。DNA 复制开始处的几个核苷酸最容易出现差错, 用 RNA 引物即使出现差错最后也要被 DNA 聚合酶 I 切除, 不影响 DNA 复制的准确性。

RNA 引物形成后, 由 DNA 聚合酶 III 催化将第一个脱氧核苷酸按碱基互补配对原则加在 RNA 引物 3'-OH 端而进入 DNA 链的延伸阶段。

(3) DNA 链的延伸

DNA 新链的延伸由 DNA 聚合酶 III 所催化。为了复制的不断进行, DNA 解旋酶须沿着模板前进, 边移动边解开双链。由于 DNA 的解链, 在 DNA 双链区势必产生正超螺旋, 在环状 DNA 中更为明显, 当达到一定程度后就可能造成复制又难以再继续前进, 但在细胞内 DNA 的复制不会因出现拓扑学问题而停止, 因为拓扑异构酶会解决这一问题。

随着引发体合成 RNA 引物, DNA 聚合酶 III 全酶开始不断将引物延伸, 合成 DNA。DNA 聚合酶 III 全酶是一个多亚基复合二聚体, 一个单体用于前导链的合成, 另一个用于滞后链的合成, 因此它可以在同一时间分别复制 DNA 前导链和滞后链。虽然 DNA 前导链和滞后链复制的方向不同, 但如果滞后链模板环绕 DNA 聚合酶 III 全酶, 并通过 DNA 聚合酶 III, 然后再折向未解链的双链 DNA 的方向上, 则滞后链的合成可以和前导链合成在同一方向上进行。

当 DNA 聚合酶 III 沿着滞后链模板移动时, 由特异的引物酶催化合成的 RNA 引物即可以由 DNA 聚合酶 III 所延伸, 合成 DNA。当合成的 DNA 链到达前一次合成的冈崎片段的位置时, 滞后链模板及刚合成的冈崎片段从 DNA 聚合酶 III

上释放出来。由于复制叉继续向前运动,便又产生了一段单链的滞后链模板,它重新环绕DNA聚合酶III全酶,通过DNA聚合酶III开始合成新的滞后链冈崎片段。通过这种机制,前导链的合成不会超过滞后链太多,这样引发体在DNA链上和DNA聚合酶III以同一速度移动。在复制叉附近,形成了以DNA聚合酶III全酶二聚体、引发体和解旋酶构成的类似核糖体大小的以物理方式结合

成的复合体,称为DNA复制体。复制体在DNA前导链模板和滞后链模板上移动时便合成了连续的DNA前导链以及由许多冈崎片段组成的滞后链。当冈崎片段形成后,DNA聚合酶I通过其5'→3'外切酶活性切除冈崎片段上的RNA引物,并利用后一个冈崎片段作为引物由5'→3'合成DNA填补缺口。最后由DNA连接酶将冈崎片段连接起来,形成完整的DNA滞后链。

第4节 基因是有遗传效应的DNA片段

一、教学目标

1. 举例说明基因是有遗传效应的DNA片段。
2. 运用数学方法说明DNA分子的多样性和特异性。
3. 说明基因和遗传信息的关系。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

- (1) 基因是有遗传效应的DNA片段。
- (2) DNA分子具有多样性和特异性。

2. 教学难点

脱氧核苷酸序列与遗传信息的多样性。

三、教学策略

本节教学可用1课时。本节内容既是对本章内容的概括与提升,又为第4章《基因的表达》作铺垫。基于以上考虑,目标1侧重在知识方面,也是本节教学的核心。目标2侧重于运用数学方法的技能。需要说明的是,运用数学方法推算碱基排序的目的是要让学生进一步理解、认同DNA分子结构的多样性和特异性,因此应将目标2的技能要求与目标1的知识要求结合起来。目标3是在前两个目标基础上的进一步提升,也是课程标准中提出的明确要求。

在本节中,教材提供了实证、探究和联系社会实际三个层面的活动内容,教师可以充分利用

这些教材资源,组织教学。

1. 充分利用“资料分析”,让学生通过对实例的分析和讨论来理解基因与DNA的关系。

仔细品味“资料分析”中的4个材料,可以发现这些资料主要是从遗传现象和数量关系这两方面提供推理依据,引导学生得出“基因是有遗传效应的DNA片段”这一结论。资料1、3,主要是从数量关系上说明基因是DNA分子的片段;资料2、4分别提供了海蜇的绿色荧光蛋白基因和小鼠体内的肥胖基因的相关信息,主要是说明基因具有遗传效应。

在教学过程中,上述资料可以根据需要多次使用,从不同角度帮助学生理解“基因是有遗传效应的DNA片段”。教师可以通过设计一系列问题,让学生从实例中逐步得出基因是DNA分子上的片段、基因具有遗传效应的结论,最终获得基因是有遗传效应的DNA片段这一综合认识。在教学过程中,教师可以借助教材提供的讨论题,也可以根据学生特点重新设计一些问题串,让学生沿着上述逻辑推理过程,得出结论。

在推理过程中,教师应随时关注学生探求问题的路径,引导学生确立事实、推理、结论之间的正确关系,以及知识之间的逻辑关系,引导学生循序渐进,步步深入,顺理成章地得出结论。从上述分析也可以看出,本节内容是培养和训练学生推理能力的良好素材。

2. 合理组织探究活动, 帮助学生用数学方法解决生物学问题。

本节的探究活动有别于实验探究。这一探究活动主要是借助于数学方法, 所以要侧重数学技能的训练, 利用数学思维解决生物学问题。同时, 教师还应注意到一个问题, 即所有的碱基排列的概率计算是建立在一个假设基础上的(所有碱基对的随机排列都能构成基因)。因此, 在将数学模型迁移到生物学问题时, 教师一定要提示学生注意: 生物学现象的特殊性和数学模型的应用范围。关于概率的教学, 可以事先向数学教师请教, 以保证不出科学性错误, 但不宜涉及过深的数学知识, 以学生能理解碱基排列多样性为宜。在将数学模型迁移到碱基排列序列的多样性问题时, 应注意分析遗传信息多样性与 DNA 分子结构特点之间的关系。

3. 通过介绍 DNA 指纹的应用, 体现 STS 教育。

在进行理论探讨后, 教师应不失时机地介绍 DNA 指纹技术的应用, 让学生感受到理论知识的奇妙应用。教师可以创设这样的情境: 假如你是一名法医, 你将如何利用 DNA 指纹技术来处理案件。教学过程中, 教师应该简单介绍一下 DNA 指纹的有关知识, 不要让学生产生误解, 以为 DNA 指纹就是人的基因。实际上, DNA 指纹的特异性主要是由于在人(或其他生物)的染色体 DNA 中, 不表达的碱基对中存在着一部分串联重复的短序列, 它们在个体之间具有显著的差异性。在介绍了 DNA 指纹的法医学用途之后, 还可以将视野拓展, 介绍 DNA 指纹在其他领域的应用, 如子遗物种的保存和子遗动物的繁殖、亲子鉴定等。

四、答案和提示

(一) 问题探讨

提示: 本节“问题探讨”的目的主要是让学生体会碱基排列顺序的多样性。

(二) 资料分析

1. 生物体的 DNA 分子数目小于基因数目。生物体内所有基因的碱基总数小于 DNA 分子的碱

基总数。这说明基因是 DNA 的片段, 基因不是连续分布在 DNA 上的, 而是由碱基序列将其分隔开的。

2. 提示: 此题旨在引导学生理解遗传效应的含义, 并不要求唯一答案。可以结合提供的资料来理解, 如能使生物体发出绿色荧光、控制人和动物体的胖瘦, 等等。

3. 基因是有遗传效应的 DNA 片段。

(三) 探究

1. 碱基排列顺序的千变万化, 构成了 DNA 分子的多样性, 而碱基特定的排列顺序, 又构成了每一个 DNA 分子的特异性。DNA 分子的多样性和特异性是生物体多样性和特异性的物质基础。

2. 提示: 在人类的 DNA 分子中, 核苷酸序列多样性表现为每个人的 DNA 几乎不可能完全相同, 因此, DNA 可以像指纹一样用来鉴别身份。

3. 提示: 可以从进化的角度来分析基因为什么不能是碱基的随机排列。

(四) 练习

基础题

1. (1) $\checkmark$; (2) $\times$ 。

2. C。

3. 提示: 从遗传物质必须具备的条件来分析: (1) 在细胞增殖过程中能够精确地进行复制; (2) 能够控制生物体的性状; (3) 能够贮存足够量的遗传信息; (4) 结构比较稳定。

拓展题

1. 提示: 并非任何一个 DNA 片段都是基因, 只有具有遗传效应的 DNA 片段才是基因。

2. 提示: DNA 包括基因与非基因的碱基序列。

3. 提示: 这一观点是有道理的。但在日常生活中, 如报纸、杂志、广播等传播媒体常将基因与 DNA 这两个概念等同使用, 因此在具体情况中, 要留意区分。

五、参考资料

1. 基因概念的演变

在20世纪,基因的概念随着遗传学的发展而不断变换形式,扩大内涵;同时,随着对基因功能认识的深入,人们所知的基因种类也日益增多。回顾对基因研究的演变和发展历史,将有助于进一步认识基因结构和功能的多样性。

基因(gene)这个名词是1909年由遗传学家约翰逊(W. L. Johannsen, 1857—1927)提出来的,用来表示遗传的独立单位,相当于孟德尔在豌豆实验中提出的遗传因子。但他只是提出了基因的符号,没有提出基因的物质概念。

早期的基因概念是把基因作为决定性状的最小单位、突变的最小单位和重组的最小单位,后来,这种“三位一体”的概念不断受到新发现的挑战。1957年,本泽尔(S. Benzer, 1921—2007)以T₄噬菌体为材料,在DNA分子水平上研究基因内部的精细结构,提出了顺反子(cistron)、突变子和重组子的概念。顺反子是一个遗传功能单位,一个顺反子决定一条多肽链,这就使以前一个基因一种酶的假说发展为一个基因一种多肽的假说。能产生一种多肽的是一个顺反子,顺反子也就是基因的同义词。顺反子可以包含一系列突变单位——突变子。突变子是基因内发生突变的一个或若干个核苷酸。由于基因内的各个突变子之间有一定距离,所以彼此间能发生重组,这样,基因就有了第三个内涵——“重组子”。重组子代表一个空间单位,它有起点和终点,可以是若干个密码子的重组,也可以是单个核苷酸的互换。如果是后者,重组子也就是突变子。

顺反子概念把基因具体化为DNA分子的一段序列,它负责传递遗传信息,是决定一条多肽链的完整的功能单位;但它又是可分的,组成顺反子的核苷酸可以独自发生突变或重组,而且基因与基因之间还有相互作用。基因排列位置的不同,会产生不同的效应。

1961年法国遗传学家雅各布(F. Jacob)和莫诺(J. Monod)提出的大肠杆菌乳糖操纵子模型,又丰富了基因概念的内容,表明基因不仅是传递信息的载体,同时又具有调控其他基因表达活性的功能。至此,人们已经知道,基因是可分的,

不仅体现在基因的结构上,而且在功能上也可以分为负责编码产生某种蛋白质分子的基因,以及负责调节其他基因功能的基因。基因不仅能单独起作用,而且在各个基因之间还有一个相互制约、反馈调节的网络。每个基因都在这个系统中发挥各自的功能;基因可以有其自身的产物,也可以没有产物。基因还有很多其他的存在形式,如假基因、断裂基因、重叠基因等。

2. 真核生物基因组中的重复序列及其特点

按照真核生物的DNA序列在基因组中的重复程度,大致上可以分为单一序列和重复序列两大类。

单一序列 单一序列(unique sequence)是复性最慢的部分,一般由单一拷贝基因或仅重复数次的基因组成,也可称为单拷贝序列(single copy sequence)。原核生物的大多数基因在单倍体中都是单拷贝的。单一序列最重要的功能是编码蛋白质,除去极少数蛋白质(组蛋白)的基因属于重复序列的范畴外,目前已知的绝大多数蛋白质都是由单拷贝序列编码的。单一序列约占真核生物基因组的40%~70%,但编码序列只占单拷贝序列的一小部分,其中大部分属于不编码序列,所以单拷贝序列除了编码以外还有其他功能。

重复序列 根据DNA序列在基因组中的重复频率,可将重复序列分为以下三种情况。

(1) 轻度重复序列(slightly repetitive sequence)

在一个基因组中有2~10个拷贝(但2~3个拷贝往往被看做非重复序列)。例如,组蛋白基因、酵母tRNA基因、人的珠蛋白(血红蛋白)基因、癌基因都属于轻度重复序列。在某些情况下,这些序列并不完全相同。它包括两种情况:一种是类似的序列均为功能序列,如血红蛋白链有胚胎型、胎儿型和成人型,只是基因产物在氨基酸组成上略有差异;另一种是类似的序列中有些基因有功能,有些则没有功能,如假基因。

(2) 中度重复序列(moderately repetitive se-

quence)

中度重复序列一般是非编码序列,有十个到几百个拷贝,如 rRNA 基因和 tRNA 基因等。这类重复序列的平均长度大约为 300 bp,往往构成序列家族,常以回文序列形式出现在基因组的许多位置上,有些同单一序列间隔排列。大部分中度重复序列与基因表达的调控有关,包括开启或关闭基因的活性,调控 DNA 复制的起始,促进或终止转录等,它们可能是与 DNA 复制和转录的起始、终止等有关的酶和蛋白质因子的识别位点。

(3) 高度重复序列 (highly repetitive sequence)

重复次数极高,可达几百万个拷贝。大部分成簇地排列在异染色质中,特别是着丝粒和端粒位置。最初通过超离心的方法发现一些高度重复序列的大部分碱基序列比较简单,一个重复单位只有几个核苷酸,所以又称为简单序列 DNA,近年来通过限制性内切酶消化等方法发现,在许多真核生物基因组中还存在一些序列复杂的高度重复序列,一个重复单位的长度在 100 个核苷酸以上。大多数高等真核生物的 DNA 都含有 20% 以上的高度重复序列,不同生物基因组中重复序列所占比例有很大差别。高度重复序列中常有一些和主要 DNA 部分具有不同的 G+C 含量的所谓卫星 DNA (satellite DNA),它约占真核生物基因组的 1%~30%。它的重复单位长短不一,牛的卫星 DNA 是 1 400 bp,某些猴的卫星 DNA 是 172 bp,蟹的卫星 DNA 的绝大部分是 AT 的重复,果蝇有三个卫星 DNA。

3. 原核生物基因组的特点

(1) 不具备明显的核结构,只有 DNA 的集中区,称拟核 (nucleoid)。

(2) 基因组较小,只含有一价染色体,呈环状,只有一个复制起点,一个基因组就是一个复制子。

(3) 染色体不与组蛋白结合。已经发现大肠杆菌拟核中有几种类似真核生物染色体蛋白质的碱性蛋白,但其作用尚不清楚。

(4) 重复序列和不编码序列很少。越简单的生物,其基因数目越接近用 DNA 分子量所估计的基因数。如 MS₂ 和 λ 噬菌体,它们每一个基因的平均碱基对数目大约是 1 300。如果扣除基因中的不编码功能区,如附着点 attP,复制起点、黏着末端、启动区、操纵基因等,几乎就没有不编码的序列了。这点与真核生物明显不同,据估算,真核生物不编码序列可占基因组的 90% 以上。这些不编码序列,其中大部分是重复序列。在原核生物中只有嗜盐细菌、甲烷细菌和一些嗜热细菌、有柄细菌的基因组中有较多的重复序列,在一般细菌中则只有 rRNA 基因等少数基因有较多的重复。

(5) 功能密切相关的基因常高度集中,越简单的生物,集中程度越高。例如,除已知的操纵子外, λ 噬菌体 7 个头部基因和 11 个尾部基因都各自相互邻接,头部和尾部基因又相邻接。又如,有关 DNA 复制基因 *O*、*P*; 整合和切离基因 *int*、*xis*; 重组基因 *red α* 、*red β* ; 调控基因 *N*、*cI*、*cII*、*cIII*、*cro* 也集中在一个区域,而且和有关的结构基因又相邻近。这种集中现象在真核生物中是极少见的。

4. C 值矛盾

生物体的单倍体基因组所含 DNA 是恒定的,称为 C 值 (C value),是每一物种的一个特征。不同物种 C 值的差异很大 (表 12)。当进化增加了生物体结构与功能的复杂性时,基因组也相应地增大。例如,蠕虫的 C 值大于霉菌、藻类、细菌和支原体;真菌和高等植物同属真核生物,而后的 C 值要大得多。但在某些生物中,这种规律并不适用。有些单细胞真核生物的基因组大小并不比原核生物有明显的增加,如啤酒酵母 (*S. cerevisiae*) 基因组大约由 2.3×10^7 bp 组成,仅比大肠杆菌大 5 倍。

因此,单倍体基因组的大小与物种进化复杂性也非完全相对应。绿色开花植物和两栖动物的基因组最大,哺乳动物 (包括人类) 的 C 值均为 10^9 bp 的数量级,软骨鱼、硬骨鱼甚至昆虫和软体动物的基因组都大于包括人类在内的哺乳动物

的基因组，当然，人们很难相信两栖动物的结构和功能会比哺乳动物更复杂。爬行动物和棘皮动物的基因组大小几乎同哺乳动物相等。因此，从总体上说，生物基因组大小同生物在进化上所处地位的高低没有关系，这种现象就叫C值矛盾（C value paradox）。另外，在结构、功能很相似的同一类生物中，甚至在亲缘关系十分接近的物种之间，它们的C值可以相差数十倍乃至上百倍。最典型的例子就是绿色开花植物和两栖动物，C值小的可以低至 10^9 bp以下，C值大的可以高至 10^{11} bp。而在通常情况下，基因组大小的变化范围是很小的，如在同一门内，鸟类、爬行动物和哺乳动物之间基因组大小变化只有两倍之差。如果把每一类生物中的最小基因组作比较，可以看出每类生物的最小基因组的大小基本上对应于生物在进化上所处地位的高低，进化地位高，形态结构复杂程度高的一类生物，其最小的基因组也较大。

表 12 基因组的大小

物种名称	C 值 (bp)
大肠杆菌 (<i>Escherichia coli</i>)	4.2×10^6
啤酒酵母 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	1.3×10^7
秀丽隐杆线虫 (<i>Caenorhabditis elegans</i>)	8.0×10^7
黑腹果蝇 (<i>Drosophila melanogaster</i>)	1.4×10^8

续表

物种名称	C 值 (bp)
小鼠 (<i>Mus musculus</i>)	2.2×10^9
人 (<i>Homo sapiens</i>)	3.3×10^9
玉米 (<i>Zea mays</i>)	5.0×10^9
烟草 (<i>Nicotiana tabacum</i>)	4.5×10^9

自我检测的答案和提示

一、概念检测

判断题

1. ×。
2. ×。
3. ×。
4. ×。

选择题

A。

识图作答题

1. 2；4；2。
2. 反向平行；互补
3. 磷酸基团；脱氧核糖；碱基；脱氧核糖。

二、知识迁移

A。

三、思维拓展

提示：形成杂合双链区的部位越多，DNA 碱基序列的一致性越高，说明在生物进化过程中，DNA 碱基序列发生的变化越小，因此亲缘关系越近。

教学设计与案例

《基因是有遗传效应的 DNA 片段》

一、教学目标的确定

课程标准中与本节内容相关的具体内容标准是：说明基因和遗传信息的关系。这是理解水平的要求。要达到这一要求，学生需要弄清楚两个方面的内容。一是从化学组成上看，基因和染色

体 DNA 是什么关系；二是从功能上看，基因与 DNA 的脱氧核苷酸序列是什么关系。此外，还应当弄清 DNA 的脱氧核苷酸序列为什么能蕴含大量的遗传信息。这是确定本节教学目标的基本考虑。

二、教学设计思路

问题导入	通过科学家的实验,我们已经知道 DNA 是主要的遗传物质。生活中我们也常听说人的遗传与基因有关,那么,基因与 DNA 有什么关系呢?
↓	
提出课题	有待探究的课题:基因=DNA?
↓	
分析资料得出初步的结论	分析资料 1, 2, 3, 4, 得出结论:一个 DNA 分子上有许多基因,每一个基因都是特定的 DNA 片段,有着特定的遗传效应。
↓	
设置探究问题	上面的实例说明 DNA 蕴含了大量的遗传信息。从 DNA 分子的结构中,我们也不难推测遗传信息与 4 种碱基的排列有关,那么 4 种碱基的排列如何构成复杂多样的遗传信息呢?
↓	
探究	设置情境 1、2, 利用计算机计算 4 种碱基的排列组合,得出 DNA 分子中遗传信息多样性、特异性的结论。
↓	
总结:本节教材的最后一段文字。	
创设生活情境	模拟生活情境,帮助受害人确认罪犯,了解 DNA 指纹的应用。

总结:基因是有遗传效应的 DNA 片段。DNA 分子的碱基排列顺序中蕴藏着大量的遗传信息, DNA 分子多种多样,每一个 DNA 分子又具有特异性。

三、教学实施的程序

教学内容	学生活动	教师的组织和引导	教学意图
用实例说明基因与 DNA 的关系。	分析资料,讨论,推理得出基因是有遗传效应的 DNA 片段的结论。	问题导入:我们通过科学实验已知 DNA 是主要的遗传物质,生活中我们常听说人的遗传与基因有关,那么,基因与 DNA 有什么关系呢? 提出课题:基因=DNA? 分析资料: 引导 1:仔细阅读 4 则资料,思考这些资料分别从哪些方面说明 DNA 与基因的关系? 引导 2:你如何运用这些资料进行推理? 引导 3:根据不同实例,分步得出结论。 学生活动的策划: 第一步: 分析资料 1——计算所有基因的碱基对总数的比例,推理:全部基因的碱基对总数只是 DNA 分子碱基对总数的一部分,因此,基因是 DNA 的片段。	提出探究问题,明确探究学习的目标。 启动资料分析活动,引导学生进行逻辑推理,逐步理解基因与 DNA 的关系,并得出基因是有遗传效应的 DNA 片段这一结论。

续表

教学内容	学生活动	教师的组织和引导	教学意图
DNA 片段中的遗传信息有何特点。	根据情境,用数学方法推算碱基排列的多种组合方式,进而根据 DNA 分子的结构,推理出 DNA 分子中遗传信息的多样性和特异性。	分析资料 3——进一步明确基因是 DNA 的片段(基因碱基对总数占 DNA 碱基总数很小的一部分)。 第二步: 分析资料 2——推理:基因具有特定的遗传效应。 分析资料 4——进一步明确基因具有遗传效应。 引导 4: 将分步结论进行整合,归纳基因与 DNA 的关系。 引导 5: 上面的实例说明 DNA 蕴含了大量的遗传信息。那么, DNA 分子中的哪一部分可以储存遗传信息呢? 学生活动的策划: 分析 DNA 分子的结构: 外侧:磷酸与脱氧核糖交替排列→信息一致。 内侧:碱基对→信息可变。 推测:从 DNA 分子结构中可以推测遗传信息与 4 种碱基的排列顺序有关。 引导 6: 那么 4 种碱基的排列如何构成复杂多样的遗传信息呢? 我们不妨将这个问题看成一个数学问题,进行推理。 设置探究情境: 情境 1: 若 1 个碱基对组成 1 个基因, 4 个碱基能形成多少种基因? 情境 2: 教材的情境 1, 17 个碱基对可以排列出多少种基因? 情境 3: 利用教材“资料分析”中的资料 1, 1 000 个碱基对可以有多少种排列方式? 组织讨论,得出结论:碱基排列的千变万化,满足了遗传信息的多样性。 深入探究: 引导 7: 当基因的碱基对数相同时,其碱基排列顺序相同的可能性是多大? 情境 4: 教材的情境 2。 结论:虽然碱基对的排列是多样的,但对具体的个体、具体的基因来说,只能是其中的一种,即 DNA 分子具有特异性。	通过组织探究活动,让学生从 DNA 结构的特点中,分析 4 种碱基排列的顺序可以不同;同时,用数学方法推导出碱基排列的多种组合方式,进而得出遗传信息多样性的结论。 通过比较人口数量与基因中碱基排列的多样性,分析生物体中,遗传信息的多样性与特异性。
本节结论。	学生分析归纳后,得出结论:遗传信息蕴藏在 4 种碱基的排列顺序之中;碱基排列顺序的千变万化,构成了 DNA 分子的多样性;而碱基的特定的排列顺序,又构成了每个 DNA 分子的特异性;基因是有遗传效应的 DNA 片段。		

续表

教学内容	学生活动	教师的组织和引导	教学意图
DNA 指纹的应用。		应用： 设置情境：假如你是一名法医，你怎样处理这个案件？ 引导 8：什么是 DNA 指纹？从“DNA”和“指纹”两个词的组合中，你能够分析出 DNA 指纹与平时我们所说的指纹之间，有什么相同，有什么不同呢？ 引导 9：DNA 指纹图上相似的部分是什么片段？不相似的部分又是什么片段？我们确定罪犯，主要看的是哪一部分？ 引导 10：你知道 DNA 指纹还有哪些用途吗？ 课堂总结：基因是有遗传效应的 DNA 片段，也可以说是 DNA 分子中特定的有遗传效应的脱氧核苷酸序列。	通过应用 DNA 指纹图鉴定罪犯，让学生感受到科学技术在人类生活中的应用价值。

第4章

基因的表达

教材第2章和第3章的内容,分别聚焦在“基因在哪里”和“基因是什么”的问题上,接下来研究“基因是如何起作用的”,即基因的表达问题,应该说是顺理成章之事。同第3章一样,本章要探讨的也是遗传学最基本的问题,对于学生理解生物的遗传有重要意义,也是学习后续章节不可缺少的基础。

本章教材分析

一、教学目的要求

知识方面

1. 概述遗传信息的转录和翻译。
2. 举例说明基因与性状的关系。
3. 说出遗传密码的破译过程(选学)。

情感态度与价值观方面

1. 体验基因表达过程的和谐美,基因表达原理的逻辑美、简约美。
2. 认同人类探索基因表达的奥秘的过程仍未终结。

能力方面

1. 运用已有的知识和经验提出假说。
2. 运用数学方法,分析碱基与氨基酸之间的对应关系。
3. 运用证据和逻辑分析实验现象,得出结论。

本章的核心内容是从分子水平上阐明遗传物质在生物体内是如何起作用的,即遗传信息转录和翻译的过程。教师在进行本章教学时,需要特别注意两个问题。一是在进行遗传信息转录和翻译过程的教学时,要注意这一过程中每一步骤及其所涉及的知识的内在联系。建议用一条主线将各方面内容贯穿起来,并充分培养学生阅读图文的能力,注意避免繁琐和冗长的讲解。二是在本章中,“思考与讨论”栏目比较丰富,利用好这些栏目,能够充分调动起学生学习的主动性,切实

培养学生的能力,增加学生对教学内容理解的深度。

二、教学内容的结构和特点

(一) 教学内容的结构



(二) 教学内容的特点

本章包括三节:第1节《基因指导蛋白质的合成》;第2节《基因对性状的控制》;第3节《遗传密码的破译(选学)》。本章参考学时可用4课时,其中第1节可用2课时,第2节和第3节可分别用1课时。

第1节《基因指导蛋白质的合成》,课程标准中与此相对应的要求是:“概述遗传信息的转录和翻译”。通过本节的学习,学生需要理解遗传信息的转录和翻译。针对转录和翻译的过程,教材可以采用两种呈现方式。一种是先讲清楚 tRNA、mRNA、核糖体和遗传密码的相关知识,再在此基础上,集中讲述转录和翻译的步骤。另一种是在讲述转录和翻译的过程中,插入讲解相关知识。

两种方式各有利弊。第一种方法将相关知识进行集中讲解,有灌输知识的倾向,但能够使转录和翻译过程的讲述相对集中连贯。第二种方法逐步展开知识的学习,更符合认知规律,但转录、翻译这一主干过程不可避免地会生出一些旁支。教材选用的是后一种方式,与原教材的思路基本一致,不同之处主要体现在以下几方面。

第一,以问题为主线,贯穿转录和翻译的过程。在遗传信息的转录部分,以“为什么RNA适于作DNA的信使呢?”和“DNA的遗传信息是怎么传给mRNA的?”两个问题串连起来;在遗传信息的翻译部分,以“碱基与氨基酸之间的对应关系是怎样的?”和“游离在细胞质中的氨基酸,是怎样运送到合成蛋白质的‘生产线’上的呢?”两个问题串连起来。原教材也有类似的问句,但是并没有将问句独立成段。以四个独立成段的问句统领全文,有利于启发学生逐步深入地思考,同时能够突出转录翻译的主干过程,保证主线清晰。

第二,三种RNA和遗传密码的介绍相对整合。教材首先总体介绍了RNA的化学组成及其特点,细胞中三种主要的RNA及其功能,然后再在转录和翻译的过程中详细展开。对于遗传密码的介绍,教材从遗传密码破译的第一步,即从理论上推测多少个碱基编码一个氨基酸入手,启发学生思考碱基与氨基酸对应关系的问题,并指出这只是整个破译过程的起始,为第3节做好铺垫。

第三,注意从细胞水平与分子水平两个层面引导学生认识转录和翻译的过程。在本节开头,教材首先从细胞水平引导学生思考位于细胞核中的DNA是如何指导细胞质中蛋白质合成的,然后再将学生引导到分子水平的学习。在从分子水平认识蛋白质的合成后,教材又回归到细胞水平,在结尾处写道:“肽链合成后,……盘曲折叠成具有特定空间结构和功能的蛋白质分子,开始承担细胞生命活动的各项职责。”

第四,转录和翻译过程的讲解图文并重。图解力求直观形象地体现每个步骤,并与文字描述一一对应,便于学生的阅读和自学。

第2节《基因对性状的控制》包括“中心法则的提出及其发展”和“基因、蛋白质与性状的关系”两部分内容。虽然课程标准没有对中心法则提出具体的学习要求,但考虑到中心法则是生物学的核心规律,教材仍然选择了这部分内容。“基因、蛋白质与性状的关系”对应于课程标准的要求“举例说明基因与性状的关系”。

“中心法则的提出及其发展”首先介绍了1957年,克里克提出的中心法则的内容,然后安排了一则“资料分析”,意图是让学生根据提供的实验证据,分析最初的中心法则的不足,并做出适当的修改。这样的组织方式不仅能锻炼学生根据实验证据得出结论的能力,而且能使学生认识到科学是一个逐步完善的过程,科学发展是永无止境的。

“基因、蛋白质与性状的关系”是对三者关系的总结。在初中生物课以及本册书前三章的学习中,阐述的都是基因控制性状;在《分子与细胞》模块中也阐述了蛋白质与性状的关系;但是,教材中还没有将基因、蛋白质与性状这三者的关系综合起来整体考虑。因此,教材在此处着重用实例说明三者的关系。第一个实例是关于豌豆一对相对性状形成原因的分析,将它放在第一位,是因为它与第1章遥相呼应。在经典遗传学中,孟德尔预言了遗传因子控制性状,当认识深入到分子水平时,孟德尔当年观察到的现象又该作何解释呢?通过在不同时期,对同一个问题不同水平上的解释,学生可以切实感受到科学前进的步伐。

第3节《遗传密码的破译》是选学内容,也是原教材没有的。选择这部分内容主要是出于以下几方面的考虑。第一,遗传密码的破译这一事件本身在生物学史上占有重要的地位。第二,这一事件具有很高的科学教育价值,体现了科学理论和科学实验在科学研究中的重要作用,为学生学习探究方法提供了难得的范例。第三,符合课程标准的基本精神。课程标准要求“总结人类对遗传物质的探索过程”,遗传密码的破译正属于对遗传物质的探索。

承接第1节介绍的理论推导,本节进一步探讨遗传密码的阅读方式,然后介绍克里克的实验,

体现了科学思维的严谨和科学讲求实证的特点。虽然克里克的实验本身相当复杂,但教材通过英文句子的类比,让学生能够理解实验的设计思路与研究方法。“遗传密码对应规则的发现”反映了不同的研究思路,即利用生物化学的手段,建立蛋白质体外合成系统。学习蛋白质的合成后,了解蛋白质的体外合成系统相对容易。这是因为体外合成系统实质是对体内反应的模仿。选择这两个实验,旨在让学生认识同一问题有不同的研究思路,新思路和新方法能带来突破性的进展。从生物学史的发展看,尼伦伯格等的发现只是破解遗传密码对应规则的第一步,此后科学家又做了不少改进。但教材编写科学史的目的是使学生领悟科学研究方法,而不是要学生了解每一个技术细节,因此教材没有进一步介绍后续实验。

三、与学生经验的联系

学生通过报纸、杂志、电影、广播等多种传播媒体的介绍以及初中生物课的学习,已经初步

形成了有关DNA、基因、染色体和蛋白质的基本概念,对基因是什么以及基因能够决定生物体性状有了一定的科学认识。但是,学生并不知道基因究竟是如何起作用的。本章第1节就是在此基础上,针对这一问题展开的。

通过初中生物课的学习,学生已经理解了基因控制性状;通过《分子与细胞》的学习,学生已经认识到蛋白质是生命活动的主要执行者。但是,学生并没有形成“基因——蛋白质——生物体性状”这三者关系的整体认识。本章第2节旨在帮助学生整合已有的认识,以达到更深层次的整体认识。

四、与其他章的联系

前三章以遗传学发展史为主线,逐步阐明了基因的本质。本章基于对基因本质的认识,进一步阐明基因在生物体内是如何起作用的,是前三章的进一步深入。

本章内容可以为后面三章的学习打基础。

第1节 基因指导蛋白质的合成

一、教学目标

1. 概述遗传信息的转录和翻译。
2. 运用数学方法,分析碱基与氨基酸的对应关系。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

遗传信息转录和翻译的过程。

2. 教学难点

遗传信息的翻译过程。

三、教学策略

本节内容是本章的开篇,是本章学习的基础,也是教学的难点所在,可用2课时。在教学设计中,要处理好以下几个方面的问题。

1. 作好本章的引子。

学生学习第3章《基因的本质》后,已经对基因产生了浓厚的兴趣,想进一步探知有关基因的各种问题,此时教师如果能够设计一个精彩的、充满悬念的引子,则能为本章的学习奠定基础。

教师可以利用第一节开头的“问题探讨”引出恐龙能否复活的话题,让学生提出正反方观点,形成思维上的矛盾冲突。然后,教师可以引导学生欣赏本章章图,通过辨别章图的内容(细胞核中的染色体、DNA、基因和细胞质中的蛋白质),提出问题“细胞核中的基因是如何通过指导细胞质中的蛋白质合成来控制生物的性状的呢”,进一步制造悬念。最后,教师指出通过本节内容的学习,就可以解答大家的疑问,从而顺利切入主题。

2. 准确把握主干知识与侧枝内容的教学要求。

本节主干知识是遗传信息的转录和翻译的过程，侧枝内容是DNA与RNA结构的比较、核糖与脱氧核糖的比较、三种不同种类的RNA以及遗传密码的组成。在侧枝内容中，前两个知识点在《分子与细胞》模块中已经学习过，在这里只须作简短的回顾和比较；后两个知识点虽然是新内容，但也不必加深和拓展，学生只需要初步了解即可。在教学中，处理主干知识和侧枝内容的关系时，教师要做到合理分配时间，明确不同内容的教学要求。

由于本节内容不仅抽象复杂，而且涉及的物质种类也比较多，因此学生往往会陷入“学习时都懂，学完了都不懂”的困惑之中。因此，教师要注意将知识及时进行归纳、比较和总结。例如，DNA与RNA结构的比较、三种RNA功能的比较、转录与翻译过程的比较，等等。总之，教师既要让学生了解各个知识点间的内在关系，又要能简洁、清晰地概述转录和翻译的过程。

3. 充分利用教材中的插图。

本节教材的特点之一是插图多而且复杂。插图包括结构示意图、化学组成区别图、转录过程流程图、翻译过程流程图和一个mRNA分子上的多个核糖体同时合成多条肽链示意图等。能否处理好教材中的插图，是本节教学成败的关键因素之一。

教师在备课时，一定要仔细分辨并揣摩插图所表达的意思，并能将不同的插图内容与教学流程有机地结合起来。在对插图的处理上，还应分清主次和轻重。例如，图4-4和图4-6分别是转录和翻译的流程图，是学生应掌握的主要内容，要讲清、讲透；图4-1和图4-2是让学生区分核糖与脱氧核糖、DNA与RNA化学组成的差异，教师在此只需提醒学生依图区分即可；而图4-3和图4-5只需了解；至于多个核糖体同时合成多条肽链的示意图，也只是为了帮助学生理解教材小字部分的内容，不需作过多的解释。

此外还应注意，教材在呈现教学内容时，采用图文并茂的方式来揭示转录与翻译的动态过程。因此，教师不仅要利用插图达到形象和直观的教

学效果，还应配合教材中的文字描述作深入浅出的讲解，使文字信息与图形信息结合起来，让学生感知到基因的表达是一个多层次的、动态的、相互协调和配合的过程。

有条件的学校，还要尽可能利用多媒体课件进行教学。多媒体课件可以形象、生动地反映基因表达的过程，这是纸质教材难以做到的。在运用多媒体教学时，教师应注意选择时机，以达到帮助学生化解难点，化抽象为形象的目的。不能整节课由多媒体取代，完全弃图不用，从而忽视了学生识图、辨图和分析释图的技能培养。教师应穿针引线，构筑多媒体与图形之间的有机组合。建议在学生分析图形之后，再配合多媒体整合各个图形，展示完整的基因表达过程。

4. 处理好学生应答与教学推进的关系。

本节教学需要师生之间有良好的互动基础，教师应设计运用好教材中的问题串，以利于将问题步步深入，使教学活动能够顺利推进。例如，转录过程以“为什么RNA适于做DNA的信使呢？”和“DNA的遗传信息是怎么传给mRNA的？”等问句串连起来；翻译过程以“碱基与氨基酸之间的对应关系是怎样的？”和“游离的氨基酸是怎样运送到合成蛋白质的‘生产线’上的呢？”等问题引导，营造出探求、推理和发现的科学研究氛围，诱导学生积极应答，参与讨论。

另一方面，还需要注意教学推进的层次感。本节问题起始于细胞核中的DNA如何指导细胞质内蛋白质合成，是将问题从细胞水平深入到分子水平；最后肽链合成了，还要在细胞中发挥作用，因此还需要回归到细胞水平。教师要注意教材结尾的一段文字，以此引导学生从不同层次上认识基因表达的意义。

四、答案和提示

(一) 问题探讨

提示：此节问题探讨意在引导学生思考DNA在生物体内有哪些作用，又是如何发挥作用的。一种生物的整套DNA分子中贮存着该种生物生长、发育等生命活动所需的全部遗传信息，也可

以说是构建生物体的蓝图。但是,从DNA到具有各种性状的生物体,需要通过极其复杂的基因表达及其调控过程才能实现,因此,在可预见的将来,利用DNA分子来使灭绝的生物复活仍是难以做到的。

(二) 思考与讨论一

1. 提示:可以从所需条件、过程中的具体步骤和过程中所表现出的规律等角度来分析。例如,转录与复制都需要模板、都遵循碱基互补配对原则,等等。碱基互补配对原则能够保证遗传信息传递的准确性。

2. 转录成的RNA的碱基序列,与作为模板的DNA单链的碱基序列之间的碱基是互补配对关系,与DNA双链间碱基互补配对不同的是,RNA链中与DNA链的A配对的是U,不是T;与DNA另一条链的碱基序列基本相同,只是DNA链上T的位置,RNA链上是U。

(三) 思考与讨论二

1. 最多能编码16种氨基酸。

2. 至少需要3个碱基。

(四) 思考与讨论三

1. 对应的氨基酸序列是:甲硫氨酸—谷氨酸—丙氨酸—半胱氨酸—脯氨酸—丝氨酸—赖氨酸—脯氨酸。

2. 提示:这是一道开放性较强的题,答案并不唯一,旨在培养学生的分析能力和发散性思维。通过这一事实可以想到生物都具有相同的遗传语言,所有生物可能有共同的起源或生命在本质上是统一的,等等。

3. 提示:此题具有一定的开放性,旨在促进学生积极思考,不必对答案作统一要求。可以从增强密码容错性的角度来解释,当密码子中有一个碱基改变时,由于密码的简并性,可能并不会改变其对应的氨基酸;也可以从密码子使用频率来考虑,当某种氨基酸使用频率高时,几种不同的密码子都编码一种氨基酸可以保证翻译的速度。

(五) 思考与讨论四

1. 提示:此题旨在检查对蛋白质合成过程的理解。可以参照教材中图4-6的表示方法来绘制。

2. 提示:根据mRNA的碱基序列和密码子表就可以写出肽链的氨基酸序列。

(六) 想像空间

DNA相当于总司令。在战争中,如果总司令总是深入前沿阵地直接指挥,就会影响他指挥全局。DNA被核膜限制在细胞核内,使转录和翻译过程分隔在细胞的不同区域进行,有利于这两项重要生命活动的高效、准确。

(七) 练习

基础题

1. TGCCTAGAA; UGCCUAGAA; 3; 3; 半胱氨酸、亮氨酸和谷氨酸。

2. C。

拓展题

1. 提示:可以将变化后的密码子分别写出,然后查密码子表,看看变化的密码子分别对应哪种氨基酸。这个实例说明密码的简并性在一定程度上能防止由于碱基的改变而导致的遗传信息的改变。

2. 提示:因为几个密码子可能编码同一种氨基酸,有些碱基序列并不编码氨基酸,如终止密码等,所以只能根据碱基序列写出确定的氨基酸序列,而不能根据氨基酸序列写出确定的碱基序列。遗传信息的传递就是在这一过程中损失的。

五、参考资料

1. 核糖体的结构

核糖体是一个致密的核糖核蛋白颗粒,可以解离为两个亚基,每个亚基都含有一个相对分子质量较大的rRNA和许多不同的蛋白质分子。这些大分子rRNA能在特定位点与蛋白质结合,从而完成核糖体不同亚基的组装。原核生物的核糖体由约2/3的RNA及1/3的蛋白质组成。在真核生物的核糖体中,RNA约占3/5,蛋白质约占2/5。原核生物、真核生物的细胞质及细胞器中的核糖体存在很大的差异。

核糖体上的活性中心不止一个,每一个这样的中心都由一组特殊的蛋白质构成。虽然有些蛋白质本身具有催化功能,但若将它们从核糖体上

分离出来时,催化功能就会完全消失。所以,核糖体是一个许多酶的集合体,单个酶或蛋白只有在这个总体结构内才具有催化性质,它们在这一结构中共同承担了蛋白质生物合成的任务。核糖体中许多蛋白质(可能还包括 tRNA)的主要功能可能就是建立这种总体结构,使各个活性中心处于适当的相互协调的关系之中。

2. 核糖体的功能

核糖体存在于每个进行蛋白质合成的细胞中。虽然在不同生物体内其大小有别,但组织结构基本相同,而且执行的功能也完全相同。

在肽合成过程中,不同的 tRNA 将相应的氨基酸带到蛋白质合成部位,并与 mRNA 进行专一性的相互作用,以选择对信息专一的 AA-tRNA (氨酰 tRNA)。核糖体还必须能同时容纳另一种携带肽链的 tRNA,即肽基 tRNA (peptidyl-tRNA),并使之处于肽键易于生成的位置上。核糖体必须包括至少 5 个活性中心,即 mRNA 结合部位、结合或接受 AA-tRNA 部位(A 位)、结合或接受肽基 tRNA 的部位、肽基转移部位(P 位)及形成肽键的部位(转肽酶中心)。此外,还应有负责肽链延伸的各种延伸因子的结合位点。

核糖体小亚基负责对模板 mRNA 进行序列特异性识别,如起始部分识别、密码子与反密码子的相互作用等,mRNA 的结合位点也在小亚基上。大亚基具有携带氨基酸和 tRNA 的功能。此外,肽键的形成、AA-tRNA、肽基-tRNA 的结合位、P 位、转肽酶中心等都在大亚基上完成。

核糖体在体内及体外都可解离为亚基或结合成 70S/80S 的颗粒。在翻译的起始阶段需要游离的亚基,随后才结合成 70S/80S 颗粒,开始翻译进程。大肠杆菌中的起始因子 IF-3 与小亚基结合,阻碍了后者与大亚基的结合,从而控制翻译起始过程。体外反应体系中,核糖体的解离或结合取决于离子浓度。在大肠杆菌内, Mg^{2+} 浓度在 10^{-3} mol/L 以下时,70S 解离为亚基,浓度达 10^{-2} mol/L 时则形成稳定的 70S 颗粒。mRNA 链上一般每 40 个核苷酸有一个核糖体。肽链释放后,核糖体脱离 mRNA 解聚成亚基,直接参与另

一轮蛋白质的合成,或两个亚基结合生成稳定的核糖体,不参与蛋白质合成。

3. 密码子和 tRNA

所谓“翻译”就是将 mRNA 上的遗传密码翻译为蛋白质的过程。在 64 个密码子中有 61 个是各种氨基酸的密码子。一种氨基酸可以只有一个密码子,如色氨酸只有 UGG 一个密码子;也可以有数个密码子,如苏氨酸有 4 个密码子,ACU、ACC、ACA 和 ACG。一种氨基酸可以由几种不同的密码子决定的现象叫做密码子的简并性。此外,还有三个密码子 UAA、UAG、UGA,它们并不决定任何氨基酸,但在蛋白质合成过程中,它们却是肽链增长的停止信号,所以又把这三个密码子叫做终止密码子。另外,密码子 AUG 和 GUG 除了分别决定甲硫氨酸和缬氨酸以外,还是翻译的起始信号,叫做起始密码子。应该指出,当 AUG 和 GUG 不在起始点时,编码甲硫氨酸和缬氨酸;在起始点时,原核细胞的翻译过程证明,AUG 将编码甲酰甲硫氨酸。肽链开始合成后不久,甲酰基会被甲酰基酶切除掉,有些原核细胞中甚至还可以切除邻近开头的几个氨基酸。至于 GUG 作为起始密码子,到目前为止只在一种噬菌体的蛋白质中发现过,在正常情况下,它是缬氨酸的密码子,但当缺少起始密码子时,可以由它来充当。

在蛋白质合成之前,细胞内的各种氨基酸,首先在某些酶的催化作用下,与 ATP 结合在一起,形成带有许多能量的活化氨基酸,然后,这些被激活的氨基酸与特定的 tRNA 结合起来,被运送到核糖体上去。

tRNA 是运载氨基酸的工具,每一种氨基酸有一种对应的 tRNA。我们可以把 tRNA 比做翻译过程中的“译员”,它们必须“认识”两种“文字”——mRNA 上的密码子“文字”和氨基酸“文字”。

tRNA 是一种相对分子质量较低的 RNA,一般由 75 个核苷酸组成。核苷酸链的一端总有 CCA 这样的碱基序列,氨基酸就附在有 CCA 的这一端上。tRNA 核苷酸链的另一端有一个由 3 个碱基

组成的反密码区,这3个碱基与 mRNA 上相应的密码子可以互补配对,称为反密码子。反密码子均与 mRNA 上的密码子配对,就保证了 tRNA 所携带的氨基酸在合成蛋白质时被放到正确的位置上,可见 tRNA 分子的特殊的结构保证了每一种 tRNA 只能够运载一种特定的氨基酸。

4. mRNA 和 hnRNA

mRNA 约占细胞总 RNA 的 3%~5%,代谢活跃,寿命较短。mRNA 的核苷酸序列决定相应蛋白质的氨基酸序列,其分子长度差异很大。原核生物 mRNA 的转录和翻译在细胞同一空间进行,两个过程常紧密偶联,同时发生。真核生物 mRNA 的前体在细胞核内合成,包括内含子和外显子的整个基因均被转录,形成分子大小极不均一的 hnRNA (核内不均一 RNA)。hnRNA 被加工为成熟的 mRNA,进入细胞质指导蛋白质合成。

5. 有义链与反义链

1961年,韦斯(Weiss)等发现离体系统的双链的 DNA 都可以作为模板,合成不同的 RNA 分子。马默(Marmur)在侵染枯草杆菌的噬菌体实验中发现,DNA 分子两条链中只有一条具有转录功能,这条具有转录功能的链叫做模板链或反义链(antisense strand),另一条无转录功能的链叫做编码链(coding strand)或有义链(sense strand)。应该指出的是:在一条包含有若干基因的 DNA 分子中,各个基因的有义链,并不一定都在同一链上,也就是说,它们各自具有自己的有义链,即有的基因的有义链是 3'→5'单链(图 28);有的基因的有义链则是 5'→3'单链。所以,也可以说 DNA 分子双链中的一条链对某些基因来说是有义链,而对另一些基因来说则是反义链。

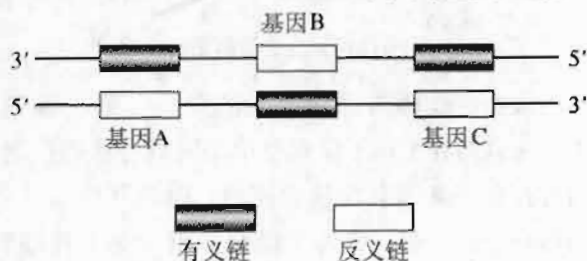


图 28 有义链与反义链

6. 转录过程

(1) 转录起始

基因的转录是由 RNA 聚合酶催化进行的。基因的上游具有结合 RNA 聚合酶的区域,叫做启动子。启动子是一段具有特定序列的 DNA,具有和 RNA 聚合酶特异性结合的位点,决定了基因转录的起始位点。RNA 聚合酶与启动子结合后,在特定区域将 DNA 双螺旋两条链之间的氢键断开,使 DNA 解旋,形成单链区,以非编码链为模板合成 RNA 互补链的过程就开始了。

(2) 转录延长

转录的延长是以首位核苷酸的 3'-OH 为基础逐个加入 NTP,形成磷酸二酯键,使 RNA 逐步从 5'向 3'端延伸的过程。在原核生物,因为没有核膜的分隔,转录未完成即已开始翻译,而且在同一 DNA 模板上同时进行多个转录过程。电镜下看到的羽毛状图形和羽毛上的小黑点(多聚核糖体),是转录和翻译高效率的直观表现。

(3) 转录终止

转录的终止在原核生物分为依赖 Rho 因子与非依赖 Rho 因子两类。在依赖 Rho 因子的生物类型中,因为 Rho 因子有 ATP 酶和解旋酶两种活性,能结合在转录产物的 3'末端区并使转录停顿、产物 RNA 脱离 DNA 模板,所以可以终止转录。对于非依赖 Rho 因子的转录终止,其 RNA 产物 3'端往往形成茎环结构,其后又有一串寡聚 U。茎环结构可使 RNA 聚合酶变构而不再前移,寡聚 U 则有利于 RNA 脱离依附的 DNA 模板。因此,无论哪一种转录终止都有 RNA 聚合酶停顿和 RNA 产物脱出这两个必要过程。

第2节 基因对性状的控制

一、教学目标

1. 解释中心法则。
2. 举例说明基因与性状的关系。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

- (1) 中心法则。
- (2) 基因、蛋白质与性状的关系。

2. 教学难点

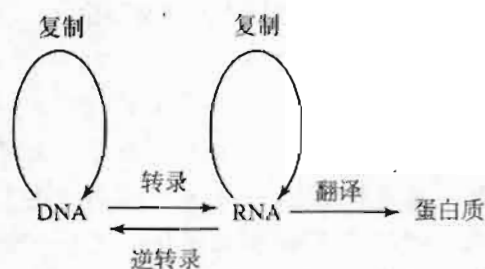
基因、蛋白质与性状的关系。

三、教学策略

本节对应的课程标准中的要求是：“举例说明基因与性状的关系”，属于“理解水平”。本节教学可用1课时。

1. 采用资料分析的方法，让学生亲身感受科学发展的过程。

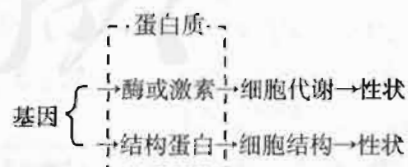
在“中心法则”的教学中，可充分运用教材中的“资料分析”，不仅让学生了解中心法则本身，而且让学生亲身感受到科学发展过程是怎样一步一步地接近真理的。教师要想全面深入地了解中心法则，还需要进一步参考相关资料，如逆转录过程、RNA复制过程和尚未解决的疯牛病问题等。但这些问题不作为本节课的必学要求，教师可参照相关资料酌情处理。本节课主要是要求学生明白遗传信息流向的途径有：(1)从DNA流向DNA(DNA自我复制)；(2)从DNA流向RNA，进而流向蛋白质(转录和翻译)；(3)从RNA流向RNA(RNA自我复制)；(4)从RNA流向DNA(逆转录)。其中，第(1)、第(2)条是中心法则的主要体现，第(3)、第(4)条是对中心法则的完善和补充。可用右上图综合表示。



2. 由遗传现象的实例入手，分析其本质原因，突破“基因、蛋白质与性状的关系”这一教学难点。

关于基因、蛋白质和性状的关系的内容，比较复杂，也较抽象，若直接由教师讲述，学生难以理解。如果从遗传现象的实例入手，分析其本质原因，让学生自己来总结三者间的关系，则更易突破难点。

基因控制性状是通过控制蛋白质合成来实现的，这里要注意充分运用两类遗传现象的实例来说明。一类是类似豌豆的圆粒与皱粒、白化病和侏儒症等实例，说明基因通过控制酶或激素的合成来控制细胞代谢过程，从而控制生物性状；另一类是类似囊性纤维病、镰刀型细胞贫血症等实例，说明基因通过控制结构蛋白的合成，从而直接控制性状。以上分析综合如下图。由此可见，基因控制性状是通过控制蛋白质的合成来实现的。



最后，教师再通过“人的身高”这一事例，说明在自然界中，不仅存在单基因对性状的控制，而且存在多基因对性状的控制，以及环境对性状的影响等。同时，教师可结合教材中的“技能训练”以及“问题探讨”，巩固所学知识。

四、答案和提示

(一) 问题探讨

1. 水中的叶比空气中的叶要狭小细长一些。
2. 这两种形态的叶，其细胞的基因组成应是一样的。
3. 提示：为什么叶片细胞的基因组成相同，而叶片却表现出明显不同的形态？

(二) 资料分析

1. 没有。实验证据指出了原有的中心法则所没有包含的遗传信息的可能传递途径，是对原有中心法则的补充而非否定。

2. 遗传信息从 RNA 流向 DNA、从 RNA 流向 RNA 的结论是确信无疑的，而从蛋白质流向蛋白质的途径是有可能存在的。

(三) 旁栏思考题

提示：此题旨在引导学生认识基因与生物性状并非简单的一一对应关系。

(四) 批判性思维

提示：此题旨在引导学生客观全面地评价基因决定论的观点，认识到性状的形成往往是内因（基因）与外因（环境因素等）相互作用的结果。

(五) 技能训练

1. 提示：翅的发育需要经过酶催化的反应，而酶是在基因指导下合成的，酶的活性受温度、pH 等条件的影响。

2. 基因控制生物体的性状，而性状的形成同时还受到环境的影响。

(六) 练习

基础题

1. A。
2. (1) ×；(2) ×；(3) √。

拓展题

1. 红眼基因正常是形成红眼的必要而非充分条件。红眼基因正常，并且其他涉及红眼形成的基因也正常时，果蝇的红眼才能形成；如果红眼基因不正常，即使所有其他涉及红眼形成的基因都正常，果蝇的红眼也不能形成。

2. 提示：生物体内基因的数目多、作用方式复杂，难以单独对其进行研究，生物体的异常性

状为科学家研究相关基因的作用提供了一个突破口，使科学家能够从异常性状入手，分析性状异常的个体的基因与正常个体的基因是否存在区别，存在哪些区别等问题，从而建立起性状与基因的对应关系。因为性状是由基因控制的，如果某一性状发生异常，并且能够稳定遗传，说明控制该性状的基因发生了突变。根据异常性状的遗传方式，还可以分析出控制该性状的基因是位于性染色体上还是常染色体上，是显性还是隐性，并且可以预测这一性状将来的遗传规律。

五、参考资料

1. 疯牛病及其研究进展

疯牛病（简称 BSE）是牛海绵状脑病的俗称，它是一种慢性、传染性、致死性中枢神经系统疾病，以大脑灰质出现海绵状病变为主要特征。该病于 1985 年 4 月首先发现于英国，于 1986 年 11 月定名为 BSE。疯牛病不仅曾在英国广泛流行，在法国、瑞士、葡萄牙、丹麦、德国、比利时、爱尔兰、卢森堡、荷兰、阿曼等国家和地区均有病例报道。2001 年 2 月，联合国粮农组织公告，全世界有 100 多个国家面临疯牛病威胁，包括美国、加拿大、阿根廷、智利、澳大利亚、挪威、新西兰和巴拉圭以及中东和亚洲等一些国家。其原因是 1986 年到 1996 年间，有的国家从西欧国家进口活牛和含动物骨粉的饲料，又将这些饲料转入其他国家。因此，所有这些国家都面临疯牛病的威胁，必须停止使用动物骨粉饲料。由于该病是人畜共患病，一旦发生所造成的直接和间接经济损失将无法估量，因此该病是世界各国动植物检疫部门重点防范传入的家畜传染病之一。

疯牛病的症状表现为：性情改变，容易紧张、激怒；姿势和步态改变，难以站立，身体平衡障碍，运动失调；奶牛产奶量下降，体重下降。该病潜伏期长，一般为 2~8 年。症状出现后，进行性加重，一般只需 2 个星期到 6 个月，疯牛便会死亡。患病牛的年龄多在 3~5 岁。

关于疯牛病的致病因子，科学家们至今尚未达成共识。目前普遍倾向于朊病毒学说，认为这

种病是由一种叫 PrP 的蛋白异常变构所致。无需 DNA 或 RNA 的参与,致病因子朊蛋白就可以传染复制。根据朊蛋白学说,变构的异常 PrP 蛋白可以结合正常的 PrP 蛋白,使之也发生相同的结构改变,从而达到复制、传染的目的。外源性的异常 PrP 蛋白侵入可以使体内正常的 PrP 蛋白与之结合而发生结构改变,引起疾病。体内的 PrP 基因发生突变也有可能使体内的 PrP 蛋白自发地发生结构改变而致病。目前认为,疯牛病可以通过饮食、输血等途径传播。

2. 线粒体中的基因

线粒体是生物氧化的场所,呼吸链中的某些蛋白质或酶的编码基因就在 mtDNA (线粒体 DNA) 上。线粒体还能独立合成一些蛋白质,因为线粒体有自己的 rRNA、tRNA 和核糖体,可以表达自己的基因。现在已知的线粒体基因组至少含有 tRNA 基因、rRNA 基因、细胞色素氧化酶基因、ATP 酶基因、细胞色素还原酶基因、一些抗药性基因等。

在蛋白质合成过程中,mRNA 上的密码子和 tRNA 上的反密码子是对应的。已知道 20 种氨基酸有 61 种对应的密码子,按照摆动学说 (wobble hypothesis),最少需要 32 种 tRNA 才能完全识别 mRNA 中的 61 个密码子。但在线粒体中,tRNA 的种类显然小于此数目(如人的线粒体 tRNA 只有 22 种),而且,已有实验证明,细胞质的 tRNA 没有进入线粒体,参与蛋白质的合成。这些事实表明在线粒体基因表达过程中的密码系统与通用的密码系统有所差别。

通过近几年的研究发现,哺乳动物 mtDNA 的遗传密码与通用的遗传密码有以下区别。(1) UGA 不是终止信号,而是色氨酸的密码。因此,线粒体 tRNA-Trp 可以识别 UGG 和 UGA 两个密码子。(2) 多肽内部的甲硫氨酸由 AUG 和 AUA 两个密码子编码;而起始甲硫氨酸由 AUG、AUA、AUU 和 AUC 四个密码子编码。(3) AGA 和 AGG 不是精氨酸的密码子,而是终止密码子,因而,在线粒体密码系统中有 4 个终止密码子(UAA、UAG、AGA、AGG)。

3. 叶绿体中的基因

叶绿体 DNA 为双链环状分子,一般周长约 $40\sim 45\ \mu\text{m}$,分子量约 9×10^7 道尔顿。高等植物细胞每个叶绿体 DNA 含量在 $6.9\times 10^{-14}\sim 8\times 10^{-5}\ \text{g}$ 的范围。

每个叶绿体含有的叶绿体 DNA 分子往往是多拷贝的,一般每个叶绿体含 10~50 份拷贝,这与叶片的发育程度有关,最高的达到 900 份拷贝,所以,虽然叶绿体 DNA 只占细胞总 DNA 的百分之几,叶绿体 DNA 的量还是较丰富的。叶绿体基因可以分为两大类:一类是有关叶绿体遗传系统的;另一类是编码光合系统的。

4. 逆转录病毒

1970 年,科学家在致癌 RNA 病毒中发现了一种特殊的 DNA 聚合酶,该酶能以 RNA 为模板,根据碱基互补配对原则,按照 RNA 的核苷酸顺序合成 DNA。这一过程与一般遗传信息流转录的方向相反,故称为逆转录,催化此过程的 DNA 聚合酶叫做逆转录酶 (reverse transcriptase)。后来发现逆转录酶不仅普遍存在于 RNA 病毒中,哺乳动物的胚胎细胞和正在分裂的淋巴细胞中也有逆转录酶。

携带逆转录酶的病毒又称为逆转录病毒,它侵入宿主细胞后先以病毒 RNA 为模板靠逆转录酶催化合成 DNA,随后这种 DNA 环化,并整合到宿主细胞的染色体 DNA 中去,以原病毒 (provirus) 的形式在宿主细胞中一代代传递下去。以后又发现许多逆转录病毒基因组中都含有癌基因 (oncogene)。如果由于某种因素激活了癌基因就可使宿主细胞转化为癌细胞。

逆转录病毒虽然属于正链 RNA 病毒,其基因组 RNA 就相当于信使 RNA,但是入侵宿主以后,逆转录病毒并不用其基因组 RNA 编码蛋白质,而是用病毒体本身携带的逆转录酶把它逆转录成 DNA。此 DNA 整合到染色体上,成为原病毒。以后用原病毒 DNA 为模板,由细胞的转录酶转录出 RNA。这种 RNA 既用来编码蛋白质,也用做基因组。基因组和包膜组装成为病毒体,钻出细胞而不杀死细胞,继续侵染新的宿主细胞。根据

生物学的分类办法, 逆转录病毒可以分成7个属, 在这些病毒中, 我们最熟悉的是人类免疫缺陷病毒(HIV)。

5. 生物信息学进展

生物信息学是在人类基因组计划推动下产生的应用计算机技术处理生物信息的一门新生学科, 它是生物学、数学、物理学、计算机科学等众多学科交叉的新兴学科。十余年来, 生物信息学的发展大致经历了前基因组时代、基因组时代和后基因组(蛋白质组)时代三个阶段。随着后基因组时代的到来, 生物信息学研究的重点逐步转移到功能基因组的信息研究, 其研究的内容不仅包括基因的查询和同源性分析, 而且进一步发展到基因和基因组的功能分析, 即所谓的功能基因组学研究。其具体内容包括: (1) 将已知基因的序列与功能联系在一起进行研究; (2) 从以常规克隆为基础的基因分离转向以序列分析和功能分析为基础的基因分离; (3) 从单个基因致病机理的研究转向多个基因致病机理的研究; (4) 从组织与组织之间的比较来研究功能基因组和蛋白质组。组织与组织之间的比较主要表现在: 正常组织与疾病组织之间的比较, 正常组织与激活组织之间的比较, 疾病组织与处理(或治疗)组织之间的比较, 不同发育过程的比较等。

6. 转座子

基因绝大多数是固定在染色体的一个位置上, 但有些基因在染色体上的位置是可以移动的, 这类基因称为可移动基因(mobile gene), 或是转座子(transposable element)。

转座(transposition)同易位(translocation)是两个不同的概念。易位是指染色体发生断裂后, 通过断裂末端的重接, 使染色体断片连接在同一条染色体的新位置, 或是连接转移到另一条染色体上。此时, 染色体断片上的基因也随着染色体的重接而移动到新的位置。转座则是在转座酶的作用下, 转座子或者直接从原来位置切离下来, 插入染色体的新位置; 或者从自身的DNA序列转录出RNA, RNA逆转录产生的cDNA再插入染色体上新的位置。通过后者作用方式, 转座子仍然保留在原来的位置上, 而其拷贝则插入新的位置, 也就是转座子在基因组中的拷贝数增加一份。

1951年, Barbara McClintock首先在玉米中发现了可移动的DNA(后来称之为转座子), 从而改变了人们对基因序列稳定性的认识。此后, 研究者在细菌、酵母、动物和其他植物中也相继发现转座子。目前转座子在基因工程以及功能基因组学中得到了广泛的应用。

第3节 遗传密码的破译(选学)

一、教学目标

1. 说出遗传密码的阅读方式。
2. 说出遗传密码的破译过程。

二、教学重点和难点

1. 教学重点
遗传密码的破译过程。
2. 教学难点
尼伦伯格和马太设计的蛋白质体外合成实验。

三、教学策略

本节内容属于选学, 可用1课时, 由教师根据实际情况灵活安排。本节的主要内容是遗传密码的破译过程, 是对本章第1节的重要补充。学生在第1节中已经学习了遗传密码, 但并不了解遗传密码是如何破译的, 本节引导学生认识遗传密码的破译过程, 使学生通过这一研究过程学习其中蕴含的科学研究方法。

1. 采用类比的学习方法, 使复杂的问题更容易理解。

遗传密码对于学生而言是比较深奥的,教师可以从教材“问题探讨”栏目提供的“莫尔斯密码”入手,切入本节内容。“克里克的实验”实际上是相当复杂的,对于其实验结果的分析,教学中可以采用与英文句子类比的方法来帮助学生分析理解,使复杂的问题更容易为学生接受。

2. 以分析“尼伦伯格和马太实验”的设计思路为突破口,初步理解遗传密码的破译方法。

对尼伦伯格和马太实验的理解是本节教学难点。尼伦伯格和马太设计实验的思路与克里克的完全不同。他们的思路跳出了生物体的限制,通过生物化学手段,他们成功地建立了体外蛋白质合成系统,发现了一个特定的遗传密码所对应的特定的氨基酸,可谓“山重水复疑无路,柳暗花明又一村”。

教材中安排了蛋白质体外合成的实验示意图,意在帮助学生理解这个实验的设计思路。作为示意图,它只画出了4种氨基酸。实际实验中,测试的是组成蛋白质的20种氨基酸。在这20种氨基酸中,只有加入了苯丙氨酸的试管才出现多聚苯丙氨酸的肽链。教材中的旁栏思考题意在让学生学会科学实验中对照组的设置。只有对照设置正确,实验结果才无懈可击。

在这个实验中,加入的多聚尿嘧啶核苷酸实际上起到了mRNA的作用,再结合克里克得出的3个碱基决定1个氨基酸的实验结论,苯丙氨酸对应的密码子就应是UUU。同理,如果分别加入多聚腺嘌呤核苷酸(polyA)、多聚胞嘧啶核苷酸(polyC)、多聚鸟嘌呤核苷酸(polyG),在蛋白质体外合成系统中分别出现了多聚赖氨酸、多聚脯氨酸和多聚甘氨酸,则可推出与赖氨酸对应的密码子应是AAA,与脯氨酸对应的密码子应是CCC,与甘氨酸对应的密码子应是GGG。对学有余力的学生,教师还可以作进一步的引导:以上介绍的是单核苷酸重复序列(polyU、polyA、polyC、polyG)作模板(mRNA)得到的结果,如果以多核苷酸的重复序列作模板,其结果又是怎样呢?例如,以CUCUCUCU……即poly(CU)

作模板,会得到什么结果呢?具体分析参见“参考资料”部分。

四、答案和提示

(一) 问题探讨

1. 翻译成英文是:Where are genes located

(二) 思考与讨论

1. 当图中DNA的第三个碱基(T)发生改变时,如果密码是非重叠的,将影响1个氨基酸;如果密码是重叠的,将影响3个氨基酸。

2. 提示:先写出改变后的碱基序列,再按照非重叠阅读的方式和重叠阅读的方式分别写出其对应的氨基酸序列,分别与原序列编码的氨基酸序列进行比较就可得出答案。

(三) 旁栏思考题

1. 细胞中原有的mRNA会作为合成蛋白质的模板干扰实验结果,细胞中原有的DNA可能作为mRNA合成的模板,而新合成的mRNA也会干扰实验结果,因此需要除去细胞提取液中的DNA和mRNA。

2. 作为对照实验的试管中,所有成分都与实验组的试管相同,但是不加入多聚尿嘧啶核苷酸。

(四) 练习

基础题

1. D。

2. 提示:可以从密码间有无分隔符、长度是否固定、阅读方式是否重叠、密码所采用的符号等多方面进行比较。

拓展题

克里克通过研究碱基的改变对蛋白质合成的影响推断遗传密码的性质,这种方法不需要理解蛋白质合成的过程,就能推断出密码子的总体特征,但是证据相对间接,并且工作量大。尼伦伯格通过建立蛋白质体外合成系统,直接破解了遗传密码的对应规则,这种方法快速、直接,但是这种方法的建立需要首先了解细胞中蛋白质合成所需要的条件。

五、参考资料

1. 遗传密码的特点

不间断性 mRNA的三联体密码是连续排列的,相邻密码之间无核苷酸间隔。所以,若在某基因编码区的DNA序列或其mRNA中间插入或删除1~2个核苷酸,则其后的三联体组合方式都会改变,不能合成正常的蛋白质,这样的突变亦称移码突变,对微生物常有致死作用。

不重叠性 对于特定的三联体密码而言,其中的每个核苷酸都具有不重叠性。例如,如果RNA分子UCAGACUGC的密码解读顺序为:UCA、GAC、UGC,则它不可以同时解读为UCA、CAG、AGA、GAC等。不重叠性使密码解读简单而准确无误。并且,当一个核苷酸被异常核苷酸取代时,不会在肽链中影响到多个氨基酸。不过,在大肠杆菌噬菌体基因组中,确有部分遗传密码是重叠使用的,这可以看做一种例外现象。

简并性 绝大多数氨基酸具有2个以上不同的密码子,这一现象称做简并性,编码相同氨基酸的密码子称同义密码子。由于简并性,某些DNA碱基变化不会引起相应蛋白质的氨基酸序列改变,这对维持物种的稳定性有重要意义。

通用性 除线粒体的个别密码外,生物界通用一套遗传密码,细菌、动物和植物等不同物种之间,蛋白质合成机制及其mRNA都是可以互换的。例如,真核生物的基因可以在原核生物中表达,反之亦然。

起始码与终止码 UAG、UAA、UGA为终止码,它们不为任何氨基酸编码,而代表蛋白质翻译的终止。AUG是甲硫氨酸的密码,同时又是起始密码。

2. 遗传密码的破译

早期有关基因功能的研究工作,如“一个基因一个酶”的假说,明确了基因的碱基顺序,规定了其蛋白质产物的氨基酸数目与排列顺序。破译遗传密码实际上就是要找到基因中DNA分子的碱基顺序与它编码的蛋白质氨基酸顺序的对应关系:几个碱基决定一个氨基酸?哪几个碱基决定

哪种氨基酸?

要判断哪个三联体密码决定哪种氨基酸,首先需要一种人工合成RNA分子的方法和一个能够在体外合成蛋白质的实验系统,这样,在试管中加入已知序列的RNA,再通过分析新合成的蛋白质产物的氨基酸排列顺序就可以推断密码子和氨基酸的对应关系。

1955年,科学家发现一种被称为多聚核苷酸磷酸化酶的生物大分子,它能在试管中催化合成RNA,而不需要DNA模板。1961年,尼伦伯格和马太利用大肠杆菌的破碎细胞溶液,建立了一种利用人工合成的RNA,在试管里合成多肽链的实验系统,其中含有核糖体等合成蛋白质所需的各种成分。当尼伦伯格把人工合成的全部由尿嘧啶组成的RNA加入蛋白质体外合成系统后,得到的新合成的蛋白质只含苯丙氨酸,结果说明UUU是编码苯丙氨酸的密码子。这是第一个被破译的三联体密码。

1966年,又有科学家发明了一种新的RNA合成方法,通过这种方法合成的RNA可以是以2个、3个或4个碱基为单位的重复序列,如AGUAGUAGUAGUAGUAGU等,用它们作模板合成的蛋白质的氨基酸序列同样是有规律重复的。如果用UGUGUGUGUGUGUGUGUGUG作模板,得到的新合成的蛋白质是由半胱氨酸和缬氨酸交替连接而成,则可以肯定UGU是半胱氨酸的密码子,而GUG是缬氨酸的密码子。利用这种方法破译的密码很多,其中包括终止密码UGA、UAG和UAA。

1964年,尼伦伯格等找到了另外一种高效破译遗传密码的方法。他们首先在体外合成全部64种三核苷酸分子(即长度为3个碱基的RNA,如AGC、UCC、UGA等等),同时制备20种氨基酸混合溶液,每种混合溶液中分别含有一种用 ^{14}C 作放射性标记的氨基酸和其他19种氨基酸。然后,向各混合溶液添加tRNA分子,使各种氨基酸分别与各自的tRNA分子结合,在溶液中形成各种氨酰tRNA,如甘氨酸-tRNA、赖氨酸-tRNA等。实验时,取某一种三核苷酸分子(如CGU)

和核糖体混合,再向其中分别加入上述氨基酸混合溶液。如果 CGU 是某种氨基酸的密码子,它便会和带有这种氨基酸的氨酰 tRNA 分子以及核糖体结合形成体积稍大的复合体。当使用硝酸纤维膜过滤反应溶液时,只有含核糖体的复合体可以留在膜上,而其他的氨酰 tRNA 分子将被冲洗掉。从 20 种反应体系中找到有放射性的硝酸纤维膜,根据该体系所标记的是哪一种氨基酸,便可知道 CGU 所对应的氨基酸种类了。利用这种方法破译的密码子约有 50 个。

3. 重叠基因

长期以来,人们一直认为同一段 DNA 序列内不可能存在着重叠的基因。因为,如果存在这种 2 个基因彼此重叠的情况,那么在第一个基因上发生的突变,就往往会使第二个基因也伴随着发生突变。但是,随着 DNA 核苷酸序列测定技术的发展,人们已经在一些噬菌体和动物病毒中发现,不同基因的核苷酸序列有时是可以共用的。我们称这样的两个基因为重叠基因 (overlapping genes)。已知大肠杆菌 Φ X174 噬菌体单链 DNA 共有 5 387 个核苷酸。如果使用单一的读码结构,那么它最多只能编码 1 795 个氨基酸。按每个氨基酸的平均相对分子质量为 110 计算,该噬菌体所合成的全部蛋白质的总分子量最多是 197 000 道尔顿。可实际测定发现, Φ X174 噬菌体所编码的 11 种蛋白质总分子量竟为 262 000 道尔顿。1977 年,英国分子生物学家桑格领导的研究小组,在测定 Φ X174 噬菌体 DNA 的核苷酸序列时发现,它的同一部分 DNA 能够编码两种不同的蛋白质,从而证明了重叠基因的存在。

自我检测的答案和提示

一、概念检测

填表题

DNA 双链	1	C	G	T
	2	G	C	A

续表

mRNA	G	C	A
tRNA	C	G	U
氨基酸	丙氨酸 (密码子为 GCA)		

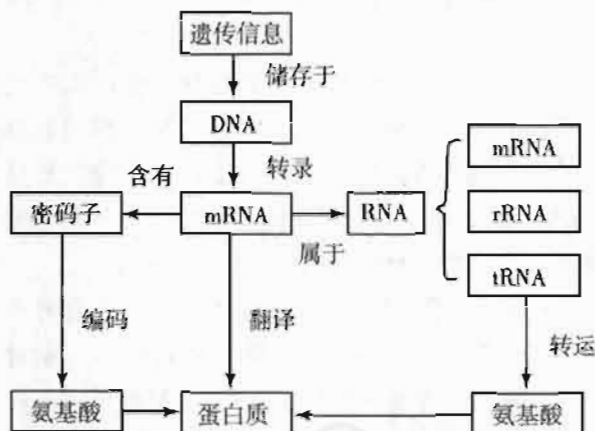
选择题

1. D。
2. D。
3. A。
4. C。

识图作答题

- (1) 氢键断裂;解旋酶;能量。
- (2) ACUGAA;转录。
- (3) 2。
- (4) 碱基互补配对。

画概念图



二、知识迁移

核糖体、tRNA 和 mRNA 的结合都是蛋白质的合成所不可缺少的。抗生素通过干扰细菌核糖体的形成,或阻止 tRNA 与 mRNA 的结合,来干扰细菌蛋白质的合成,抑制细菌的生长。因此,抗生素可用于治疗因细菌感染而引起的疾病。

三、技能应用

1. 提示:可以通过查阅密码子表,写出每个氨基酸可能对应的碱基编码。
2. 这种方法只能推测出可能的碱基序列,而不能写出确定的碱基序列。这种方法简便、快捷,不需要实验。

3. 推测不能代替用测序仪进行的基因测序。因为推测只能得出几种可能的碱基序列，而不能得到确定的碱基序列。

四、思维拓展

1. C。

2. 提示：此题旨在引导学生搜集生物科学史的资料，通过科学发现的过程认识理论推导和实验论证在科学发现中的作用。

教学设计与案例

《基因指导蛋白质的合成》

一、教学目标的确定

基因是如何表达为性状的？这是本章学习要解决的中心问题。蛋白质是生命活动的体现者，也可以说是执行者，基因对性状的控制，是通过控制蛋白质（包括结构蛋白和功能蛋白）的合成来实现的。因此，本节集中讲述的基因指导蛋白质合成的内容，可以说是本章的重点。课程标准中与本节教学相对应的要求是：概述遗传信息的转录和翻译。“概述”是理解水平的要求，即要求学生能够把握知识的内在逻辑联系，能够与已有的知识建立联系，进行解释、推断、区分和扩展

等。因此，本节教学不应局限于对转录和翻译过程的单纯描述，而应当让学生理解转录和翻译的物质结构基础以及二者之间的内在逻辑联系。要达到理解层次的目标，需要引导学生运用已有知识和观点思考和讨论相关的问题，比如“为什么RNA适于作DNA的信使呢？”需要运用有关DNA和RNA结构的知识，以及结构与功能相适应的观点进行分析；“为什么三个碱基编码一个氨基酸呢？”需要学生运用数学知识和方法进行分析。

二、教学设计思路

引子

问题探讨	当我们认识到基因的本质后，能不能利用这一认识，分析现实生活中一些具体的问题呢？例如，在现实生活中，我们能不能像电影《侏罗纪公园》中描述的那样，利用恐龙的DNA，使恐龙复活呢？（学生讨论、争论） 如果能利用恐龙的DNA使恐龙复活，你认为主要要解决什么问题？学生可能会想到，需要使恐龙DNA上的基因表达出来，表现恐龙的特性。 看来要解决这个问题，我们还需要研究“基因的表达”。引导学生看第4章的章图。请学生阅读章图中的文字和图解，询问学生看懂了什么，又产生了哪些问题。
------	---

提出问题：基因是如何指导蛋白质合成的？

分析推理 1

问题情境	DNA在细胞核中，而蛋白质合成是在细胞质中进行的，两者如何联系起来呢？推测有一种物质能够作为传达DNA信息的信使，科学家发现此物质就是RNA。
------	---

分析推理 2

问题情境	RNA 如何解读 DNA 的遗传信息? 解决问题的途径: 1. 比较 RNA 与 DNA 结构的不同; 2. 比较三种 RNA 的功能; 3. 解读 DNA 遗传信息的过程 (即从 DNA 到 mRNA 的过程)。
------	---

小结: RNA 在细胞核中, 以 DNA 的一条链为模板合成 mRNA 的过程, 称为遗传信息的转录。



分析推理 3

问题情境	mRNA 的信息如何用于合成蛋白质? 解决问题的途径: 1. 碱基与氨基酸的对应关系; 2. 密码子; 3. 翻译蛋白质的过程。
------	--

小结: 游离在细胞质中的各种氨基酸, 以 mRNA 为模板, 合成具有一定氨基酸顺序的蛋白质的过程, 称为遗传信息的翻译。



总结: 基因的表达是在细胞中完成的。DNA 分子、RNA 分子、氨基酸分子、核糖体和线粒体等众多的细胞器一道, 合作完成遗传信息的转录和翻译。在组成蛋白质的肽链合成后, 肽链就从核糖体与 mRNA 的复合物上脱离, 经过一系列步骤, 被运送到各自的岗位, 盘曲折叠成具有特定空间结构和功能的蛋白质分子, 开始承担细胞生命活动的各项职责。



问题探讨: 大家现在再来探讨恐龙能否复活的问题。首先, 恐龙的基因是如何表达的? 基因表达需要什么条件? 通过探讨, 引导学生认识保护生物多样性的重要意义。

三、教学实施的程序

教学内容	学生活动	教师的组织和引导	教学意图
问题探讨	讨论、争论, 看图, 形成新的问题 学生可能会想到, 需要使恐龙 DNA 上的基因表达出来, 表现恐龙的特性。	当我们认识到基因的本质后, 能不能利用这一认识, 分析现实生活中一些具体的问题呢? 例如, 在现实生活中, 我们能不能像电影《侏罗纪公园》中描述的那样, 利用恐龙的 DNA, 使恐龙复活呢? (学生讨论、争论) 如果能利用恐龙的 DNA 使恐龙复活, 你认为主要要解决什么问题? 看来要解决这个问题, 我们还需要研究“基因的表达”。引导学生看第 4 章的章图。请学生阅读章图中的文字和图解, 询问学生看懂了什么, 又产生了哪些问题。	提出探究的问题, 引起悬念, 明确探究的目标。

续表

教学内容	学生活动	教师的组织和引导	教学意图
基因指导蛋白质的合成 遗传信息的转录	看图分析比较核糖与脱氧核糖的区别, DNA 与 RNA 的区别, 通过图形和 CAI 课件的演示, 认识遗传信息的转录过程。	提出问题: 基因是如何指导蛋白质合成的? 分析推理 1: 问题情境: DNA 在细胞核中, 而蛋白质合成是在细胞质中进行的, 两者如何联系起来? 推测有一种物质能够作为传达 DNA 信息的信使, 科学家发现此物质就是 RNA。 分析推理 2: 问题情境: 如何解读 DNA 信息? 解决问题的途径: 1. 看图比较: 核糖与脱氧核糖的结构比较, RNA 与 DNA 的化学组成比较。 2. 看图了解: 三种 RNA 的结构及功能。 3. 讲述图解、CAI 配合: 解读 DNA 信息的过程 (即 DNA→mRNA)。 问题: 1. DNA→RNA 如何转录, 特点是什么? 2. 转录的单位是什么? 3. 转录与复制过程有何异同? 小结: 转录的概念: RNA 在细胞核中, 以 DNA 的一条链为模板合成 mRNA 的过程, 称为遗传信息的转录。 分析推理 3: 问题情境: 转录得到的 RNA 仍是碱基序列, 而不是蛋白质。那么, RNA 上的碱基序列如何能变成蛋白质中氨基酸的种类、数量和排列顺序呢? mRNA 如何将信息翻译成蛋白质? 解决问题的途径: 1. 学习遗传密码破译的推测过程。 2. 查密码子表, 分析密码子的特点: (1) 一个密码子决定一个特定的氨基酸; (2) 有的氨基酸可能有一个以上的密码子; (3) 起始密码子、终止密码子。 3. 再次比较三种 RNA 的功能。 4. 比较遗传信息、遗传密码和反密码子。 5. 讲述图解、CAI 配合: 翻译蛋白质的过程。 弄清以下问题: 1. 氨基酸如何进入核糖体; 2. 核糖体移动的方向; 3. 翻译的位点; 4. 肽链如何形成; 5. 翻译与转录、复制过程的异同点。 小结: 翻译的概念: 游离在细胞质中的各种氨基酸, 以 mRNA 为模板合成具有一定氨基酸顺序的蛋白质的过程, 称为遗传信息的翻译。	通过问题的步步深入, 学生推理分析, 形成结论。 结合图解、讲述、CAI 课件, 认识转录的过程。 通过讲述、绘制图解、分析密码子表、CAI 动态演示, 展示遗传信息的转录和翻译的动态过程。
遗传信息的翻译	思考碱基与氨基酸的对应关系; 学会查密码子表, 并了解推算密码子的数量和种类的方法; 通过看图和 CAI 演示, 感受和认识遗传信息的翻译过程。		

续表

教学内容	学生活动	教师的组织和引导	教学意图
问题探讨	进一步讨论、争论利用 DNA 能否复活恐龙,从理论上和实际情况两种可能性讨论,认识保护物种的意义。	总结:基因的表达过程是在细胞中完成的。DNA 分子、RNA 分子、氨基酸分子和核糖体,线粒体等众多细胞器一道,完成遗传信息的转录和翻译过程。在组成蛋白质的肽链合成后,就从核糖体与 mRNA 的复合物上脱离,经过一系列步骤,被运送到各自的岗位,盘曲折叠成具有特定空间结构和功能的蛋白质分子,开始承担细胞生命活动的各项职责。 问题探讨: 大家再来探讨恐龙能否复活的问题。(基因如何表达?基因表达需要什么条件?) 教师对本节内容进行小结。	让学生从细胞水平和分子水平两个层面,整体认识基因表达的意义。

第5章

基因突变及其他变异

通过前面各章的学习,学生对“基因是什么”、“基因在哪里”和“基因是如何起作用”等问题,已经有了基本的认识。那么,基因在代代相传的过程中,会不会发生变化?为什么会发生变化?怎样变化?发生的变化对生物会产生什么影响?除基因突变外,还有哪些变异?这些问题要集中在本章解决。本章内容既是前4章内容合乎逻辑的延续,又是学习第6章和第7章的重要基础。此外,本章中有关人类遗传病及其预防的内容,与人类的生活联系紧密,对于提高个人和家庭生活质量、提高人口素质有重要的现实意义。

本章教材分析

一、教学目的要求

知识方面

1. 举例说明基因突变的特征和原因。
2. 举例说出基因重组及其意义。
3. 简述染色体结构变异和数目变异。
4. 列出人类遗传病的类型(包括单基因病、多基因病和染色体病)。

情感态度与价值观方面

1. 探讨人类遗传病的监测和预防。
2. 关注人类基因组计划及其意义。

能力方面

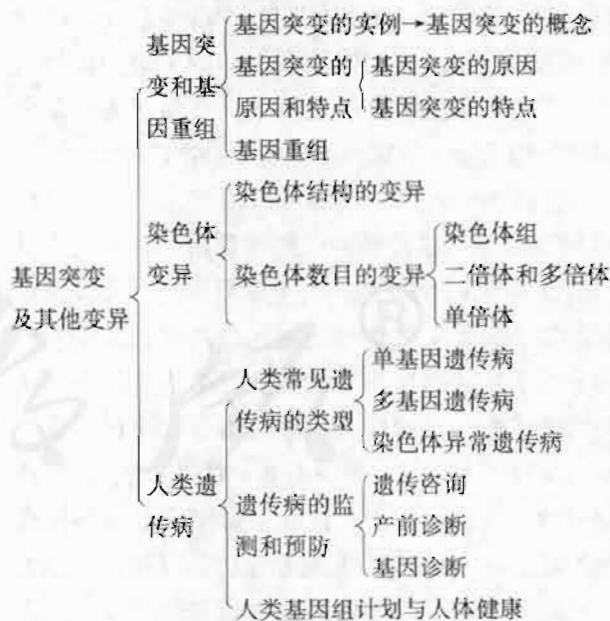
1. 进行低温诱导染色体数目变化的实验,观察染色体数目的变化。
2. 进行人群中遗传病的调查。
3. 进行资料的搜集和分析,了解基因诊断在遗传病监测中的应用,以及人类基因组计划对科学发展、人类健康、社会伦理等方面的影响。

本章对学生在知识方面的要求大多为了解水平,因此教师不必在知识方面过多扩展。本章在情感态度与价值观方面有一定的要求,其中探讨人类遗传病的监测预防是经历(感受)水平的,而关注人类基因组计划是反应(认同)水平的,教师在教学时要注意处理好知识学习与情感态度

价值观教育的关系。

二、教学内容的结构和特点

(一) 教学内容的结构



(二) 教学内容的特点

本章包括三节:第1节《基因突变和基因重组》;第2节《染色体变异》;第3节《人类遗传病》。本章教学可用5课时,第1节可用1课时,其他各节可各用2课时。

第1节《基因突变和基因重组》从实例入手,通过对镰刀型细胞贫血症的分析,引入基因突变的概念,然后详细阐述基因突变的原因和特点。在讲述基因突变的原因和特点时,先大致归纳了引起基因突变的三类原因,然后紧扣原因分析特点。在阐述自然状态下基因突变的频率很低时,教材用实例说明在一个足够大的群体中,即使基因突变频率很低,突变个体仍然会占有一定的数量。这个实例体现了生物在进化过程中“变”与“不变”的平衡,有助于学生理解基因突变在生物进化中所占有的重要地位。在基因重组部分,教材设置了“思考与讨论”的栏目,旨在让学生利用数学方法,通过计算,体会基因重组机制提供的极其多样的基因组合方式。

第2节《染色体变异》包括“染色体结构的变异”和“染色体数目的变异”以及实验“低温诱导植物染色体数目的变化”。“染色体结构的变异”部分主要采用了图文结合的呈现方式。插图不仅直观地表现了染色体结构变异的具体情形,而且还增设了对应的实例,以增进学生的感性认识。本节的实验是课程标准中“活动建议”部分所列入的活动,旨在锻炼学生的动手能力。通过这个实验,学生能够用显微镜观察到细胞中染色体数目的增加,但增加的确切数目难以确定。

第3节《人类遗传病》包括“人类常见遗传病的类型”、“遗传病的监测和预防”和“人类基因组计划与人体健康”。由于课程标准对人类遗传病的要求只是了解水平,因此教材辅以实例,简要介绍了单基因遗传病、多基因遗传病和染色体异常遗传病。在这部分,教材还根据课程标准的活动建议,安排了“调查人群中的遗传病”,旨在培养学生接触社会、从社会中直接获取资料和数据的能力。“遗传病的监测和预防”以图文结合的方式简要呈现了遗传咨询的内容和步骤以及产前诊断、基因诊断等预防方法。课程标准对这部分内容的情感态度价值观的要求是探讨人类遗传病的监测和预防,为经历(感受)水平,因此教材提出了基因诊断可能带来的社会问题,并安排了

“资料搜集和分析”,让学生围绕相关问题展开讨论。“人类基因组计划与人体健康”简要介绍了人类基因组计划及其意义,将重点放在了学生对人类基因组计划及其影响的了解与讨论上。在“资料搜集和分析”栏目,教材将此计划的某些正面和负面的效应分左右两栏列举,形成了鲜明对比,并为学生的讨论设置了起始情境。教材提供的资料可以启发学生去搜集更多资料,针对各种可能影响展开讨论。这种呈现方式既为学生活动提供了一些素材,又为学生自主搜集资料留有一定空间,以体现课程标准的要求。

三、与学生经验的联系

生物的变异现象对于学生而言并不陌生。通过初中生物课的学习,学生已经初步认识到生物的变异首先与遗传物质有关,其次与环境有关。本章第1节在此基础上,进一步引导学生学习遗传物质究竟是如何引起生物的变异的。

对于染色体数目的变异的知识,学生可能不太了解,但是,无子西瓜、多倍体草莓等,对于学生来说并不陌生。教师可以从学生熟悉的事物入手,引导学生进入相关概念的学习。

人类常见遗传病、人类基因组计划的相关知识,学生可能已经通过报刊、广播、电视等传播媒体有所了解。教师的任务是要结合学生已有的认识,让学生从生物学角度作科学的了解,同时要注意引导学生形成正确的科学价值观,激发学生的责任感。

四、与其他章的联系

在第3章、第4章阐述基因的本质及基因是如何起作用的基础上,本章从遗传物质发生变化的角度出发,分析了基因突变及其他变异对生物体的影响,以及在生物进化过程中所具有的重要意义。本章也是学习第6章《从杂交育种到基因工程》和第7章《现代生物进化理论》的基础。

第1节 基因突变和基因重组

一、教学目标

1. 举例说明基因突变的特点和原因。
2. 举例说出基因重组。
3. 说出基因突变和基因重组的意义。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

- (1) 基因突变的概念及特点。
- (2) 基因突变的原因。

2. 教学难点

基因突变和基因重组的意义。

三、教学策略

本模块的第1章至第4章，从分子水平阐述了基因的本质、基因在细胞中的存在位置、基因的结构和作用等基本问题，第5章则从生物变异入手，从基因和染色体变化的角度来认识生物发生变异的原因，是第4章《基因的表达》的延续和拓展。

本节教学可用1课时，教学重点是基因突变。基因重组的实质，即基因的自由组合定律，已经在孟德尔的豌豆杂交实验中作过详细的介绍，因此在本节教学中不再列为重点内容。本节在教学上可以采取以下策略。

1. 从科学发现的过程切入，设置问题情境，引导学生探究。

为了让学生更好地理解基因突变的概念，教材不是从概念到概念，而是从实例分析入手，再归纳总结概念。在教学过程中，教师也应遵循这种符合学生认知规律的呈现方式，从现象到概念，从宏观到微观来开展教学活动。

关于基因突变，教材选用了镰刀型细胞贫血症的实例，从现象开始，追根溯源，让学生理解基因突变的根本原因是DNA分子的碱基对发生了

变化。这种变化可能会导致生物体的性状发生改变。限于篇幅，教材没有过多地介绍镰刀型细胞贫血症的发现过程（具体过程参见教学案例）。教学中，教师可以给学生适当补充一些相关材料，并结合“思考与讨论”中的问题，让学生讨论和探究。通过讨论，学生能够认识到基因突变的本质是DNA分子的碱基对发生了改变，并且能够进一步理解“基因对性状的控制是通过控制蛋白质合成来实现的”这一基本的生物学原理。

2. 用类比推理的方法引导学生理解基因突变的类型。

怎样全面理解DNA分子碱基对的改变可能导致的结果呢？是不是DNA分子的碱基对发生改变就一定会导致生物性状的变化？为了说明这个问题，教师可以先引导学生阅读“问题探讨”，讨论英文句子中个别字母发生改变后，对于全句所表达的意思的影响情况。通过分析可以看出，英语句子中一个字母的改变，可能导致句子的意思不变、变化不大和完全改变这三种情况。然后，教师再通过联想和类比的方法，结合不同的密码子可以对应相同的氨基酸的知识，引导学生推测基因突变与生物性状改变之间的关系，从而理解不是所有的基因突变都会导致生物体性状的改变。所以，基因突变对于生物体来说，有的有害，有的有利，有的既无害也无利。

3. 通过生活中的具体事例引导学生理解抽象的概念。

在学习基因突变的原因时，教师可以引用癌症的病例，介绍癌症的形成是体细胞发生基因突变的结果，然后让学生列举生活中的事例，归纳哪些因素会导致基因突变。例如，射线（X射线、紫外线、 γ 射线等）容易引发癌症，在强烈的日光下暴晒，容易导致皮肤癌；据报道，在医院放射室工作的医生容易患癌症；苏联的切尔诺贝利

核电站发生核泄漏时,核电站周围的居民得癌症的几率大大增加。

4. 以设问和讨论的形式引导学生思考基因突变和基因重组的意义。

基因突变和基因重组的意义是教学中的难点。为了理解基因突变是生物变异的根本来源,是生物进化的原始材料,教师可以引导学生思考下列问题。基因突变能产生新的基因吗?这些新的基因产生的新性状对生物的生存有什么意义(有利还是有害)?自然环境会选择哪些个体生存下来?通过这些设问,使学生理解基因突变最重要的特点是产生了新的基因,原来的基因和新的基因所表达的性状为自然环境提供了选择的材料。基因重组尽管不能产生新的基因,但可以产生不同的生物性状组合,产生新的基因型。所以说,基因重组为生物的进化提供了可供选择的材料。

5. 以填表的形式引导学生对比和总结。

教师在教学结束时,可将基因突变和基因重组进行列表总结,其中的总结内容可由学生讨论回答。

	基因突变	基因重组
本质	基因的分子结构发生改变,产生了新基因,出现了新的性状。	不同基因的重新组合,不产生新基因,而是产生新的基因型,使不同性状重新组合。
发生时间及原因	细胞分裂间期DNA分子复制时,由于外界理化因素或自身生理因素引起的碱基对的替换、增添或缺失。	减Ⅰ后期,位于非同源染色体上的非等位基因进行了自由组合;减数分裂形成四分体时期,同源染色体交叉互换导致基因重组。
条件	外界环境条件的变化和内部因素的相互作用。	有性生殖过程中进行减数分裂形成生殖细胞。
意义	生物变异的根本来源,是生物进化的原材料。	生物变异的来源之一,是形成生物多样性的主要原因。
发生可能	突变频率低,但普遍存在。	有性生殖中非常普遍。

四、答案和提示

(一) 问题探讨

提示:DNA分子携带的遗传信息发生了改变。但由于密码的简并性,DNA编码的氨基酸不一定改变。如果氨基酸发生了改变,生物体的性状可能发生改变。改变的性状对生物体的生存可能有害,可能有利,也有可能既无害也无利。

(二) 思考与讨论一

1. 图中谷氨酸发生了改变,变成了缬氨酸。

2. 提示:可查看教材表4-1,20种氨基酸的密码子表。

蛋白质	正常	异常
氨基酸	谷氨酸	缬氨酸
	↑	↑
mRNA	G A A	G U A
	↑	↑
DNA	CTT	C A T
	GAA	G T A

3. 能够遗传。突变后的DNA分子复制,通过减数分裂形成带有突变基因的生殖细胞,并将突变基因传递给下一代。

(三) 思考与讨论二

1. 2^{23} 种精子; 2^{23} 种卵细胞。

2. 需要有 $2^{46}+1$ 个个体;不可能。

3. 提示:可以从染色体上基因的多样性、减数分裂过程中配子形成的过程以及基因重组等角度思考。

生物体的性状是由基因控制的。在减数分裂形成生殖细胞的过程中,随着同源染色体的分离,位于非同源染色体上的非等位基因进行重新组合。人的基因约有2万多个,因此,形成生殖细胞的类型也非常多,由生殖细胞通过受精作用形成的受精卵的类型也就非常多。所以,人群中个体性状是多种多样的。

(四) 旁栏思考题

因为紫外线和X射线易诱发基因突变,使人患癌症。

(五) 批判性思维

这种看法不正确。对于生物个体而言,发生自然突变的频率是很低的。但是,一个物种往往是由许多个体组成的,就整个物种来看,在漫长的进化历程中产生的突变还是很多的,其中有不少突变是有利突变,对生物的进化有重要意义。因此,基因突变能够为生物进化提供原材料。

(六) 练习

基础题

1. (1) ✓; (2) ×; (3) ×。
2. C。
3. B。
4. A。

拓展题

1. 放疗或化疗的作用是通过一定量的辐射或化学药剂干扰癌细胞进行DNA分子的复制,使其产生基因突变,从而抑制其分裂的能力,或者杀死癌细胞。放疗的射线或化疗的药剂,既对癌细胞有作用,也对正常的体细胞有作用,因此,放疗或化疗后病人的身体是非常虚弱的。

2. 镰刀型细胞贫血症患者对疟疾具有较强的抵抗力,这说明,在易患疟疾的地区,镰刀型细胞的突变具有有利于当地人生存的一方面。虽然这个突变体的纯合子对生存不利,但其杂合子却有利于当地人的生存。

五、参考资料

1. 基因突变的类型

突变是指发生在遗传物质上的变异。广义上突变可以分为两类:(1) **染色体畸变** (chromosome aberration), 即染色体数目和结构的改变;(2) **基因突变** (gene mutation), 即基因的核苷酸顺序或数目发生改变。狭义突变通常特指基因突变,它包括单个碱基改变所引起的点突变 (point mutation), 或多个碱基的缺失、重复和插入。

基因突变可发生在个体发育的任何阶段,以及体细胞或生殖细胞周期的任何时期。如果突变发生在体细胞中,则变异不能直接遗传给下一代。如果突变发生在某一个配子中,那么,子代中只有某一个个体有可能继承这个突变基因。如果突

变发生在配子形成的早期阶段,如发生在卵原细胞或精原细胞中,则多个配子都有可能接受这个突变基因,这样,突变基因传到后代的可能性就会增加。通常,生殖细胞的突变率比体细胞高,这主要是因为生殖细胞在减数分裂时对外界环境的变化更加敏感。我们一般把携带突变基因的细胞或个体称为突变体 (mutant), 没有发生基因突变的细胞或个体称为野生型 (wild type)。

引起突变的物理因素(如X射线)和化学因素(如亚硝酸盐)称为诱变剂 (mutagen)。通过使用诱变剂而产生的突变称为**诱发突变** (induced mutation)。由于自然界中诱变剂的作用或DNA复制、转录、修复时偶然出现的碱基配对错误所产生的突变称为**自发突变** (spontaneous mutation)。人类单基因病大都为自发突变的结果。自发突变产生的频率(突变率)一般很低,平均每一核苷酸每一世代为 $10^{-10} \sim 10^{-9}$, 即每世代、每10亿至100亿个核苷酸有一次突变发生。

如果按照DNA碱基顺序改变的类型区分,突变还可以分为碱基置换突变、移码突变、整码突变、染色体错误配对和不等交换4种。

(1) 碱基置换突变

一个碱基被另一碱基取代而造成的突变称为**碱基置换突变**。凡是一个嘌呤被另一个嘌呤所取代,或者一个嘧啶被另一个嘧啶所取代的置换称为**转换** (transition); 一个嘌呤被另一个嘧啶所取代,或一个嘧啶被另一个嘌呤所替代的置换称为**颠换** (transversion)。转换可能有4种,而颠换可能有8种。在自然界中,转换通常多于颠换。根据碱基置换对多肽链中氨基酸顺序的影响,可以将突变分为**同义突变**、**错义突变**、**无义突变**和**终止密码突变**4种类型。

同义突变 由于密码子具有简并性,因此,单个碱基置换可能只改变mRNA上的特定密码子,但不影响它所编码的氨基酸。例如,DNA分子模板链中GCG的第三位G被A取代而成GCA,则mRNA中相应的密码子CGC就被转录为CGU,由于CGC和CGU都是精氨酸的密码子,因而新形成的多肽链没有氨基酸顺序和数目

的变化,这种突变称为同义突变(synonymous mutation)。同义突变不易检出。

错义突变 错义突变是指DNA分子中的碱基置换不仅改变了mRNA上特定的遗传密码,而且导致新合成的多肽链中一个氨基酸被另一氨基酸所取代,这种情况称为错义突变(missense mutation)。此时,在该氨基酸前后的氨基酸不改变。例如,mRNA分子正常编码顺序为:UAU(酪)GCC(丙)AAA(赖)UUG(亮)AAA(赖)CCA(脯),当第三个氨基酸对应的密码子中间的A颠换为C时,则AAA(赖)→ACA(苏),即上述顺序改变为UAU(酪)GCC(丙)ACA(苏)UUG(亮)AAA(赖)CCA(脯)。错义突变往往导致产生功能异常的蛋白质。

无义突变 当单个碱基置换导致出现终止密码子(UAG、UAA、UGA)时,多肽链将提前终止合成,所产生的蛋白质大都失去活性或丧失正常功能,此种突变称为无义突变(non-sense mutation)。例如,DNA分子模板链中ATG的G被T代替时,相应的mRNA上的密码子便从UAC变成终止信号UAA,因此翻译便到此为止,使肽链缩短。

终止密码突变 当DNA分子中一个终止密码发生突变成为编码氨基酸的密码子时,多肽链的合成将不能正常终止,肽链将继续延长直至遇到下一个终止密码子,因而形成了延长的异常肽链,这种突变称为终止密码突变(termination codon mutation),属于一类延长突变(elongation mutation)。

此外,还有抑制基因突变。如果基因内部不同位置上的不同碱基分别发生突变,使其中一次突变抑制了另一次突变的遗传效应,这种突变称为抑制基因突变(suppressor gene mutation)。例如,在血红蛋白异常疾病中,Hb Harlem是 β 链第6位谷氨酸变成缬氨酸,第73位天冬氨酸变成天冬酰胺,但患者的临床表现较轻;而单纯 $\beta 6$ 谷氨酸→缬氨酸,通常产生严重的临床症状,甚至造成死亡。这说明Hb Harlem即 $\beta 73$ 的突变抑制了 $\beta 6$ 突变的有害效应。

(2) 移码突变

移码突变(frame-shift mutation)是指DNA链上插入或缺失1个、2个甚至多个碱基(但非3个碱基或3的整数倍的碱基),导致在插入或缺失碱基部位以后的密码子顺序和组成发生相应改变。由于原来的密码子移位,终止密码子常常推后或提前出现,结果造成新合成的肽链延长或缩短。

(3) 整码突变

如果在DNA链的密码子之间插入或缺失一个或几个密码子,则合成的肽链将增加或减少一个或几个氨基酸,但插入或缺失部位前后的氨基酸顺序不变。这种突变称为整码突变(codon mutation)。亦称密码子插入或缺失(codon insertion or deletion)。

2. 缪勒对突变的研究

1927年,美国遗传学家缪勒(H. J. Muller, 1890—1967)首次发现,用X射线照射果蝇精子,后代发生突变的个体数大大增加,同年,又有科学家用X射线和 γ 射线照射玉米和大麦的种子,也得到了类似的结果。这些观察激起了人们对辐射诱变研究的兴趣。第二次世界大战期间,科学家发现了第一个化学诱变剂——芥子气,开辟了化学诱变的新途径。从此,利用各种物理的和化学的手段进行人工诱变的工作,在世界范围内广泛开展起来。

3. 诱发基因突变的因素及其作用机理

(1) 物理诱变因素

在多种物理诱变因素中,应用最广泛并且行之有效的是射线。用于诱变的射线包括电离射线和非电离射线。

在诱变研究中,X射线、 γ 射线、 α 射线、 β 射线和中子等都是人们常用的电离射线。最早用于诱变的电离射线是X射线,后来人们发现 γ 射线的诱变效果比较好,于是 γ 射线成为人工诱变的首选射线。近年来,人们发现中子的诱变效果也很好,用中子进行诱变的研究日趋增多。电离辐射作用于生物体时,首先从细胞中各种物质的原子或分子的外层击出电子,引起这些物质的原子或分子的电离和激发。当细胞内的染色体或

DNA 分子在射线的作用下产生电离和激发时, 它们的结构就会改变, 这是电离辐射的直接作用。此外, 电离辐射的能量可以被细胞内大量的水吸收, 使水电离, 产生各种游离基团, 游离基团作用于 DNA 分子, 也会引起 DNA 分子结构的改变。研究表明, 电离辐射诱发基因突变的频率, 在一定范围内和辐射剂量成正比; 电离辐射有累加效应, 小剂量长期照射与大剂量短期照射的诱变效果相同。

紫外线携带的能量很小, 穿透力弱, 不足以引起物质的电离, 属于非电离射线。物质吸收紫外线后, 其组成分子由于电子的激发而变成激发分子, 结果极易引起分子结构的改变。在紫外线的照射下, DNA 分子可能发生多种形式的结构改变, 如 DNA 链的断裂、DNA 分子内或分子间交联、DNA 和蛋白质交联、胞嘧啶水合作用以及形成嘧啶二聚体等, 这些变化都有可能引起基因突变, 其中形成嘧啶二聚体(如胸腺嘧啶二聚体)是引起突变的主要原因。例如, DNA 双链之间胸腺嘧啶二聚体的形成, 会阻碍双链的分开和下一步的复制。同一条链上相邻胸腺嘧啶之间二聚体的形成, 会阻碍碱基的正常配对和腺嘌呤的正常加入, 使复制在这个点上停止或发生错误, 于是新形成的链上便出现改变了的碱基顺序, 在随后的复制过程中就会产生一个在两条链上碱基顺序都改变了的分子, 从而导致基因突变。

(2) 化学诱变因素

一些化学物质和辐射一样能够引起生物体发生基因突变。通过对上千种化学物质的诱变作用进行研究, 发现从简单的无机物到复杂的有机物, 金属离子、生物碱、生长刺激素、抗生素、农药、灭菌剂、色素、染料等都可以诱发突变, 但是诱变效果好的种类并不多。根据化学诱变剂对 DNA 作用方式的不同, 可以将它们分为以下三类。

一类是能够改变 DNA 化学结构的诱变剂, 如亚硝酸和烷化剂等。亚硝酸具有氧化脱氨作用, 它能使腺嘌呤(A)脱去氨基变成次黄嘌呤(H), 胞嘧啶(C)脱去氨基变成尿嘧啶(U)。在 DNA 分子第一次复制时, H 与 C 配对, U 与 A 配对。

第二次复制时, C 与 G 配对, A 与 T 配对。于是, 经过两次复制, 原来的 A—T 碱基对就变成了 G—C 碱基对, 而 G—C 碱基对却变成了 A—T 碱基对。

常见的烷化剂有硫酸二乙酯、乙烯亚胺、甲基磺酸乙二酯、亚硝基甲基脲等。烷化剂有一个或几个不稳定的烷基, 能够与 DNA 分子的碱基发生化学反应, 置换其中某些基团的氢原子, 从而改变碱基的化学结构, 使 DNA 分子复制时出现碱基配对的差错, 最终导致基因突变。

一类是碱基类似物, 它们的分子结构与 DNA 分子中的碱基十分相似。在 DNA 分子复制时, 这些碱基类似物能够以假乱真, 作为 DNA 的组成成分加入到 DNA 分子中, 从而引起基因突变。常见的碱基类似物有 5-溴尿嘧啶、2-氨基嘌呤等。

还有一类是吡啶类化合物, 它们可以插入 DNA 分子结构中, 使 DNA 分子在复制或转录时出现差错而导致突变。

4. 镰刀型细胞贫血症

镰刀型细胞贫血症是 20 世纪初被人们发现的一种遗传病。1910 年, 一个黑人青年到医院看病, 他的症状是发烧和肌肉酸痛。经过检查发现, 他患的是当时人们尚未认识的一种特殊的贫血症, 他的红细胞不是正常的圆饼状, 而是弯曲的镰刀状。后来, 人们就把这种病称为镰刀型细胞贫血症。镰刀型细胞贫血症主要发生在黑色人种中, 在非洲黑人中的发病率最高, 在意大利、希腊等地中海沿岸国家和印度等地, 发病人数也不少, 在我国的南方地区也发现有这类病例。

1928 年, 人们就已经了解到镰刀型细胞贫血症是一种遗传病。后来证实, 它是一种常染色体隐性遗传病。1949 年, 一位曾经两次获得诺贝尔奖的美国著名化学家鲍林(L. C. Pauling), 在美国的《科学》杂志上发表了题为《镰刀型细胞贫血症——分子病》的研究报告。他在文章中写道: “在我们的研究开始之时, 有证据表明红细胞镰变的过程可能是与红细胞内血红蛋白的状态和性质密切相关的。”鲍林将正常人、镰刀型细胞贫血症患者和镰刀型细胞贫血症基因携带者的血红蛋白,

分别放在一定的缓冲溶液中进行电泳,发现正常人和患者的血红蛋白的电泳图谱明显不同,而携带者的血红蛋白的电泳图谱,与由正常人的和患者的血红蛋白以1:1的比例配成的混合物的电泳图谱非常相似。鲍林推测镰刀型细胞贫血症是由于血红蛋白分子的缺陷造成的。

正常的血红蛋白是由两条 α 链和两条 β 链构成的四聚体,其中每条肽链都以非共价键与一个血红素相连接。 α 链由141个氨基酸组成, β 链由146个氨基酸组成。镰刀型细胞贫血症患者的血红蛋白的分子结构与正常人的血红蛋白的分子结构不同。1956年,英格拉姆(Ingram)等人用胰蛋白酶把正常的血红蛋白(HbA)和镰刀型细胞的血红蛋白(HbS)在相同条件下切成肽段,通过对比二者的滤纸电泳双向层析谱,发现有一个肽

段的位置不同。也就是说,HbS和HbA的 α 链是完全相同的,所不同的只是 β 链上从N末端开始的第6位的氨基酸残基,在正常的HbA分子中是谷氨酸,在病态的HbS分子中却被缬氨酸所代替。

在HbS中,由于带负电的极性亲水谷氨酸被不带电的非极性疏水缬氨酸所代替,致使血红蛋白的溶解度下降。在氧张力低的毛细血管区,HbS形成管状凝胶结构(如棒状结构),导致红细胞扭曲成镰刀状(即镰变)。这种镰刀状红细胞不能顺畅地通过毛细血管,加上HbS的凝胶化使血液的黏滞度增大,阻塞毛细血管,引起局部组织器官缺血缺氧,产生脾肿大、胸腹疼痛(又叫做“镰型细胞痛性危象”)等临床表现。

第2节 染色体变异

一、教学目标

1. 说出染色体结构变异的基本类型。
2. 说出染色体数目的变异。
3. 进行低温诱导染色体数目变化的实验。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

染色体数目的变异。

2. 教学难点

(1) 染色体组的概念。

(2) 二倍体、多倍体和单倍体的概念及其联系。

(3) 低温诱导染色体数目变化的实验。

三、教学策略

染色体变异包括染色体结构的变异和染色体数目的变异,其中染色体数目的变异是本节的教学重点。建议本节的教学时间为2课时,第1课时完成理论教学部分,第2课时完成低温诱导植

物染色体数目变化的实验。

在复习基因突变的基础上,教师可以引导学生回忆基因和染色体的关系。基因能够发生突变,那么染色体能不能发生变化呢?如果染色体发生变化,它会发生什么样的变化呢?生物的性状又会发生什么样的变化呢?从而引出染色体变异包括染色体结构的变异和染色体数目的变异。

染色体结构的变异是学生了解的内容,教材通过4个示意图直观形象地说明了染色体结构变异的类型。但需要提醒学生的是,尽管大多数染色体结构的变异对生物是有害的,但也有少数变异是有利的,人们研究染色体结构的变异可以为生产实践服务,也可以为人类健康服务。关于染色体数目的变异可以采取下面的教学策略。

1. 以辨图、设问、讨论和复习的方式理解染色体组的概念。

染色体组的概念较为复杂,如果直接讲述,学生是很难理解其实质的。建议教师从雌雄果蝇体细胞和生殖细胞的染色体的形态和数目分析入

手,设置一系列的问题情境,通过联系以前所学的知识,帮助学生认识染色体组的概念。问题情境如下。

观察教科书图 5-8 雌雄果蝇体细胞的染色体和图 5-9 雄果蝇的染色体组,回答下列问题。

(1) 果蝇体细胞有几条染色体? 几对常染色体? (答: 8 条; 3 对。)

(2) II 号和 II 号染色体是什么关系? III 号和 IV 号染色体是什么关系?

(答: 同源染色体; 非同源染色体。)

(3) 雄果蝇的体细胞中共有几对同源染色体?

(答: II 和 II, III 和 III, IV 和 IV, X 和 Y。)

(4) 果蝇的精子中有哪几条染色体? 这些染色体在形态、大小和功能上有什么特点? 这些染色体之间是什么关系? 它们是否携带着控制生物生长发育的全部遗传信息?

(答: II、III、IV、X 或 II、III、IV、Y; 这些染色体在形态、大小和功能上各不相同; 它们是非同源染色体; 它们携带着控制生物生长发育的全部遗传信息。)

(5) 如果将果蝇的精子中的染色体看成一组,那么果蝇的体细胞中有几组染色体? (答: 两组。)

通过以上的问情情境,再加上教师的引导和总结,学生能够比较容易理解染色体组的概念,并能很好地理解二倍体和多倍体与染色体组之间的关系。

2. 通过具体实例、概念的辨析和对比,认识单倍体、二倍体和多倍体之间的关系。

单倍体的概念是教学中的难点。教师可以采用教材中提供的蜜蜂的实例来分析蜂王、工蜂和雄蜂体内的染色体组数目,提出单倍体的概念,并设置一些问题情境,让学生区分单倍体与一倍体,单倍体、二倍体和多倍体之间的区别和联系。

例如,教师可以提出下列问题。

(1) 一倍体一定是单倍体吗? 单倍体一定是一倍体吗?

(答: 一倍体一定是单倍体; 单倍体不一定是一倍体。)

(2) 二倍体物种所形成的单倍体中,其体细胞中只含有一个染色体组,这种说法对吗? 为什么?

(答: 对,因为在体细胞进行减数分裂形成配子时,同源染色体分开,导致染色体数目减半。)

(3) 如果是四倍体、六倍体物种形成的单倍体,其体细胞中就含有两个或三个染色体组,我们可以称它为二倍体或三倍体,这种说法对吗?

(答: 不对,尽管其体细胞中含有两个或三个染色体组,但因为是正常的体细胞的配子所形成的物种,因此,只能称为单倍体。)

(4) 单倍体中可以只有一个染色体组,但也可以有多个染色体组,对吗?

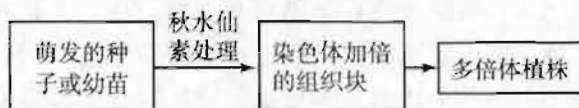
(答: 对,如果本物种是二倍体,则其配子所形成的单倍体中含有一个染色体组; 如果本物种是四倍体、六倍体等多倍体,则其配子所形成的单倍体含有两个或两个以上的染色体组。)

学生很容易将单倍体与一倍体相混淆。一倍体只含有一个染色体组,肯定是单倍体,但单倍体不一定只含有一个染色体组,因此,不一定是一倍体。对于多倍体的配子所形成的单倍体,学生又容易与二倍体、三倍体和四倍体等相混淆。区分的关键是判断生物体是由受精卵还是由配子发育而成的。由受精卵发育而成的个体,含有几个染色体组就是几倍体; 由配子直接发育而成的生物个体,不管含有几个染色体组,都只能称做单倍体。

3. 用图解、事例和图表的形式引导学生学习多倍体和单倍体育种。

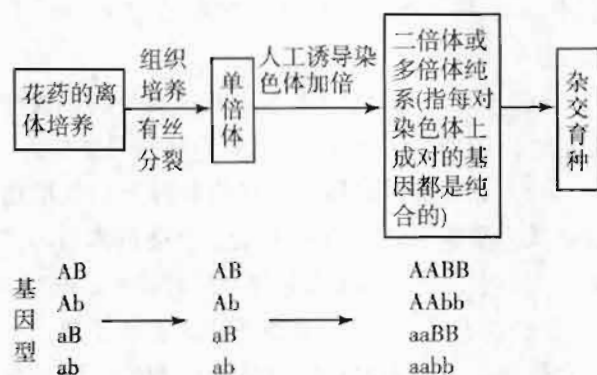
之所以将多倍体和单倍体育种放在一起学习,是因为二倍体、多倍体和单倍体具有可比性,有助于学生对概念的理解。同时,育种的学习是建立在这些概念的基础之上的。

多倍体育种可以用下列的流程图表示。



单倍体育种的教学可采用实例分析并结合流程图的方法。例如,假设体细胞的基因型为

AaBb, 育种过程中基因型的变化如下图所示。



最后列表让学生总结两种育种方法的原理、操作方法和优缺点, 表中的内容 by 学生讨论填写。

	多倍体育种	单倍体育种
原理	染色体组成倍增加	染色体组成套地减少, 再加倍后得到纯种(指每对染色体上成对的基因都是纯合的)
常用方法	秋水仙素处理萌发的种子、幼苗	花药的离体培养后, 人工诱导染色体加倍
优点	器官大, 提高产量和营养成分	明显缩短育种年限
缺点	适用于植物, 在动物方面难以开展	技术复杂一些, 须与杂交育种配合

4. 关于“低温诱导植物染色体数目的变化”的实验。

教师在实验开始前, 可以先复习染色体组、二倍体、多倍体和单倍体的概念, 以及多倍体和单倍体育种的原理、操作方法和优点。同时复习“观察植物细胞的有丝分裂”的实验步骤, 为本实验打好基础。

在低温诱导染色体数目的变化的实验中, 低温的作用与秋水仙素的作用基本相似。与秋水仙素相比, 低温条件容易创造和控制, 成本低、对人体无害、易于操作。但通过显微镜观察时, 只能观察到染色体数目的增加, 增加的具体数目不容易确定。

四、答案和提示

(一) 问题探讨

提示: 参见练习中的拓展题, 了解无子西瓜的形成过程。

(二) 实验

两者都是通过抑制分裂细胞内纺锤体的形成, 使染色体不能移向细胞两极, 而引起细胞内染色体数目加倍。

(三) 练习

基础题

1. (1) ×; (2) ×。

2. B。

3. 填表

比较项目 生物种类	体细胞中的染色体数	配子中的染色体数	体细胞中的染色体组数	配子中的染色体组数	属于几倍体生物
豌豆	14	7	2	1	二倍体
普通小麦	42	21	6	3	六倍体
小黑麦	56	28	8	4	八倍体

拓展题

1. 西瓜幼苗的芽尖是有丝分裂旺盛的地方, 用秋水仙素处理有利于抑制细胞有丝分裂时形成纺锤体, 从而形成四倍体西瓜植株。

2. 杂交可以获得三倍体植株。多倍体产生的途径为: 秋水仙素处理萌发的种子或幼苗。

3. 三倍体植株不能进行正常的减数分裂形成生殖细胞, 因此, 不能形成种子。但并不是绝对一颗种子都没有, 其原因是在进行减数分裂时, 有可能形成正常的卵细胞。

4. 有其他的方法可以替代。方法一, 进行无性繁殖。将三倍体西瓜植株进行组织培养获取大量的组培苗, 再进行移栽。方法二, 利用生长素或生长素类似物处理二倍体未受粉的雌蕊, 以促进子房发育成无种子的果实, 在此过程中要进行套袋处理, 以避免受粉。

五、参考资料

1. 染色体结构的变异及其类型

染色体结构变异包括缺失、重复、倒位和易位四种类型,染色体结构变异最早是在果蝇中发现的。遗传学家在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。人们在果蝇幼虫唾腺染色体上,对各种染色体结构变异进行了详细的遗传学研究。

染色体结构变异的发生是内因和外因共同作用的结果。外因有各种射线、化学药剂、温度的剧变等,内因有生物体内代谢过程的失调、衰老等。在这些因素的作用下,染色体可能发生断裂,断裂端具有愈合与重接的能力。当染色体在不同区段发生断裂后,在同一条染色体或不同的染色体之间以不同的方式重接时,就会导致各种结构变异的出现。下面分别介绍这几种结构变异的情况。

(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。在缺失杂合子中,由于缺失的染色体不能和它的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),这条正常的染色体上多出的一段或者一个结,正是染色体上相应失去的部分。缺失引起的遗传效应随着缺失片段大小和细胞所处发育时期的不同而不同。在发育中,缺失发生得越早,影响越大;缺失的片段大,对个体的影响也越严重,重则引起个体死亡,轻则影响个体的生活力。在人类遗传中,染色体缺失会引起较严重的遗传性疾病,如猫叫综合征等。

(2) 重复

染色体上增加了相同的某个区段而变异的现象,叫做重复。在杂合子中,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。重复引起遗传效应比缺失的小。但是如果重复的部分太大,

会影响个体的生活力,甚至引起个体死亡。例如,果蝇由正常的卵圆形眼变为棒状眼的变异,就是X染色体上某一区段重复的结果。

重复对生物的进化有重要作用。这是因为“多余”基因可以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,有可能使重复基因变成能执行新功能的新基因,从而为生物适应新环境提供机会。因此,在遗传学上往往把重复看做是新基因的一个重要来源。

(3) 倒位

染色体在两个点发生断裂后,产生三个片段,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,叫做倒位。倒位杂合子形成的配子大多是异常的,会影响个体的育性。倒位纯合子通常也不能和原种个体间进行有性生殖,不过,这样形成的生殖隔离,往往为新物种的进化提供了有利条件。例如,普通果蝇(*D. melanogaster*)的第3号染色体上有三个基因,它们通常按猩红眼—桃色眼—三角翅脉的顺序排列(*St-P-Dl*);同是这三个基因,在另一种果蝇中的顺序是*St-Dl-P*,这也是两个物种之间差别的主要根源。

(4) 易位

易位是指一条染色体的某一片段移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,叫做相互易位,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,人慢性粒细胞白血病,就是由第22号染色体的一部分易位到第14号染色体上造成的。易位在生物进化中具有重要作用。例如,在17个科29个属的种子植物中,都有易位产生的变异类型,其中,直果曼陀罗的近100个变种,就是不同染色体易位的结果。

2. 同源多倍体和异源多倍体

(1) 同源多倍体

同一物种经过染色体加倍形成的多倍体,称为同源多倍体。同源多倍体在植物界是比较常见的。由于大多数植物是雌雄同株的,两性配子有

可能同时发生减数分裂异常,结果使配子中染色体数目不减半,然后通过自交形成多倍体。多倍体在动物中比较少见,这是因为动物大多数是雌雄异体,染色体稍微不平衡,就容易引起不育,甚至使个体不能生存,所以多倍体动物个体通常只能依靠无性生殖来传代。例如,有一种甲壳动物,它的二倍体个体进行有性生殖,而四倍体个体则进行无性生殖。此外,在蜉蝣、蛙以及家蚕等动物中,也发现过三倍体和四倍体的个体,但是都没有能够连续传代。

同源多倍体中最常见的是同源四倍体和同源三倍体。同源四倍体是正常二倍体通过染色体加倍形成的。例如,马铃薯就是一个天然的同源四倍体。人为地用化学药剂如秋水仙素等处理发芽的水稻种子,可以获得人工同源四倍体水稻。大麦、烟草、油菜等用化学药剂处理,也可以获得同源四倍体。同源四倍体与二倍体相比,大多表现出细胞体积的增大,有时出现某些器官的巨型化。这种巨型化一般都表现在花瓣、果实和种子等有限生长的器官上。但是多倍体化却很少导致整个植株的巨型化,有时甚至相反。这是因为植株的体积不仅取决于细胞的体积,还取决于生长期所产生的细胞的数目。通常情况下,同源多倍体的生长速率比其二倍体亲本低,因而大大限制了生长过程中细胞数目的增加。

在自然条件下,同源三倍体的出现,大多是因减数分裂不正常,由未经减数分裂的配子与正常的配子结合而形成的。香蕉是天然的同源三倍体植物。它一般只有果实,种子退化,以营养体进行无性繁殖。采用人工手段使同种植物的四倍体与正常二倍体杂交,也可以获得同源三倍体植物。在减数分裂过程中,三倍体植物由于染色体配对发生紊乱,通常很难正常分裂并形成有功能的配子。例如,在分裂前期,每种染色体有三条,它们既可以组成三价体(三条染色体连在一起),也组成二价体(两条染色体连在一起)和单价体(一条染色体单独存在)。在分裂后期,二价体分离正常,但是三价体一般是两条染色体进入一极,一条进入另一极。而单价体有两种可能,或是随

机进入某一极,或是停留在赤道板上,随后在细胞质中消失。无论是哪一种方式,最终得到有功能——全部染色体都成对存在——配子的概率只有 $(1/2)^n$ (n 代表一个染色体组中所有染色体的数目),而得到全部染色体都是单个——全部染色体都不成对——配子的概率也是 $(1/2)^n$,这些配子虽然有功能、能正常受精,但是数目很少。绝大多数配子都是染色体数目不平衡的配子,不能正常地受精结实。因此,三倍体是高度不育的。

三倍体的西瓜、香蕉和葡萄与相应的二倍体品种相比,不仅果实大、品质好,而且无子、便于食用。在农业生产中,人们常用人工诱导的方法培育三倍体优良品种,如无子西瓜。

(2) 异源多倍体

异源多倍体是指不同物种杂交产生的杂种后代经过染色体加倍形成的多倍体。常见的多倍体植物大多数属于异源多倍体,例如,小麦、燕麦、棉、烟草、苹果、梨、樱桃、菊、水仙、郁金香等。

异源多倍体可以通过人工的方法进行培育。例如,萝卜和甘蓝是十字花科中不同属的植物,它们的染色体都是18条($2n=18$),但是二者的染色体间没有对应关系。如果将两者杂交,虽然能够得到杂种,但由于萝卜和甘蓝的染色体之间不能配对,杂种不能产生有功能的配子,因而杂种高度不育。不过,如果用杂种染色体数目尚未减半的配子受精,或者用秋水仙素处理,人工诱导杂种的染色体加倍,就可以得到异源四倍体。这种异源四倍体分别含有两个物种的两套染色体,因而又称为双二倍体。从外观上分类,这种双二倍体既不是萝卜也不是甘蓝,它是一个新种,叫做萝卜甘蓝。很可惜,萝卜甘蓝的根像甘蓝根,叶像萝卜叶,没有经济价值。不过,上述方法为我们提供了通过种间或属间杂交在短期内(只需两代)创造新种的方法。通过这种方法,人们已经培育出越来越多的异源多倍体新种。

我国已故遗传育种学家鲍文奎经过30多年的研究,在20世纪六七十年代用普通小麦(六倍体)与黑麦(二倍体)杂交,成功地培育出异源

八倍体小黑麦新物种。普通小麦和黑麦分别属于不同的属，两个属的物种一般是难以杂交的。但是也有少数的普通小麦品种含有可杂交基因，称为“桥梁品种”。桥梁品种之间的杂种子一代及其后代都很容易与黑麦杂交。非桥梁品种也可以先与桥梁品种杂交；将可杂交基因传给后代，这样就可以广泛利用小麦资源与黑麦杂交了。用普通小麦作母本，雌配子中有3个染色体组（ABD），共21条染色体，用黑麦作父本，雄配子中有1个染色体组（R），7条染色体，杂交后的子一代包括4个染色体组（ABDR）。这4个染色体组来自不同属的种，因此，子一代不能进行正常的减数分裂，需要人工的方法将子一代的染色体加倍，形成正常的雌、雄配子，才能受精、结实，繁殖后代。由普通小麦和黑麦杂交，杂种子一代染色体加倍产生的小黑麦具有56（42+14）条染色体，是7的八倍，这些染色体组来自不同属的物种，因此，把这种小黑麦称为异源八倍体小黑麦。小黑麦具有穗大、粒重、抗病性强、耐瘠性强、抗逆性强和营养品质好等优点，已经在我国西北、西南高寒地区试种成功，并且正在进一步推广。

3. 单倍体

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。

单倍体在动物中比较少见，而且一般很难存活，在果蝇中出现的一些单倍体个体，生活力大大降低。在蛙、小鼠和鸡中出现的单倍体，生理上很不正常，多在胚胎发育过程中死亡。但是在某些昆虫（如蜜蜂）中，单倍体个体是正常的，而且与性别有关：未受精的单倍体卵发育成雄性个体，受精后的二倍体卵发育成雌性个体。

在许多高等植物，如棉、水稻、咖啡、甜菜、大麦、大麻、可可、油菜、西红柿、芦笋和小麦等中，都发现过自发产生的单倍体；某些低等的生物，如酵母、霉菌和苔藓等，则以单倍体为主

要的生活世代。

产生单倍体的方法有许多种。例如，不同种间或属间杂交。有文献报导，当用远源物种的花粉授粉或把授粉时间延迟时，可以明显地提高曼陀罗和玉米中单倍体产生的频率。有的学者用辐射或化学的方法处理白杨、玉米、烟草、小麦等也获得了单倍体。比较常用的人工获得单倍体的方法是花药和子房培养法。花药离体培养的方法是通过花粉粒直接培养出单倍体植株。花药离体培养法具有技术简单、诱导容易和诱导频率高等优点，许多栽培物种都用这种方法获得了单倍体。子房培养是20世纪70年代发展起来的一门新技术，已经在小麦、玉米、水稻、大卫百合、烟草等植物中获得了成功。

4. 雄性蜜蜂的减数分裂

自然界多数生物体是二倍体，而动物几乎全部是二倍体。少数动物还有自然存在的一倍体。例如，某些膜翅目昆虫（蜂、蚁）和某些同翅目昆虫（白蚁）的雄性个体等。

蜜蜂的雌性个体，会先经过减数分裂产生卵细胞，卵细胞若不受精则孵化为雄性个体；卵细胞若经受精后产生的受精卵则孵化为雌性个体（蜂王和工蜂）。

雄蜂在产生精子时，它的精原细胞也经过相继的两次减数分裂。第一次分裂时出现单极纺锤体（monopolar spindle），仅在细胞的一极挤出一个无核的细胞质芽体，不发生染色体数目减半。第二次分裂时，则按正常的方式进行，但是到了减数第二次分裂的后期，每个染色体却按常规进行姐妹染色单体的分离，于是精子内的染色体数仍然是一个完整的染色体组，即单倍体。所以这次分裂实质上相当于一般有丝分裂。结果每一个精原细胞仅形成两个精细胞，分别具有雄蜂原来的单倍性染色体数目，因此雄蜂的精子具有正常的功能。

第3节 人类遗传病

一、教学目标

1. 举例说出人类遗传病的主要类型。
2. 进行人类遗传病的调查。
3. 探讨人类遗传病的监测和预防。
4. 关注人类基因组计划及其意义。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

人类常见遗传病的类型以及遗传病的监测和预防。

2. 教学难点

- (1) 如何开展及组织好人类遗传病的调查。
- (2) 人类基因组计划的意义及其与人体健康的关系。

三、教学策略

基因突变和染色体变异会导致生物性状的变化，在人体则可表现为某种疾病。教材中关于普通感冒和肥胖的问题探讨，以及由此而引出的人类其他的疾病是否是遗传病的讨论，正是涉及到遗传物质是否改变的问题，也是本节首先要解决的问题。遗传病通常是指由于遗传物质改变而引起的疾病。因此，学完基因突变和染色体变异之后，再进一步学习人类遗传病的类型，了解遗传病的监测和预防，关注遗传病给人类造成的危害，顺理成章，同时也是高中学生应该具备的基本科学素养。

本节有一个调查、两个“资料搜集和分析”活动。活动的内容较多，在教学时要注意统筹安排。本节教学可用2课时。第1课时完成人类常见遗传病的类型和遗传病的监测和预防的内容，第2课时完成人类基因组计划与人体健康的内容。

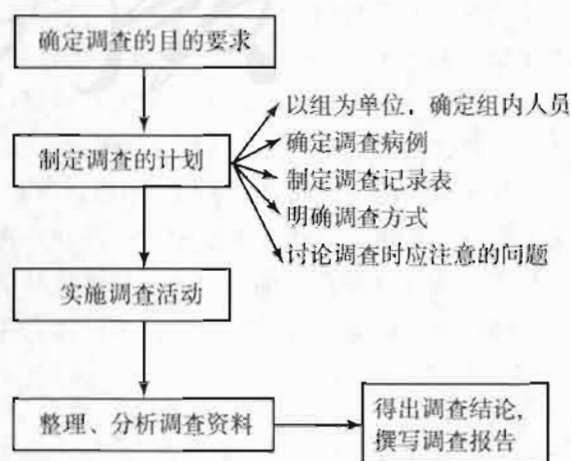
为保证本节的活动能够顺利开展，建议在学习本节内容前一周，教师就制作好调查表，发给

学生（或由学生自己设计相应的调查表），让学生调查人群中的某种遗传病。调查的遗传病最好是与学生关系比较密切的遗传病，如高度近视等，这样既可以激发学生调查的积极性，又不会引起调查的尴尬，能够保证调查活动的顺利进行。活动时将学生分成两组，一组搜集有关基因诊断方面的资料，另一组搜集人类基因组计划及其影响的资料，以备课堂教学讨论时展示。本节可以采取下列教学策略。

1. 通过调查、自学和讨论的形式了解人类常见遗传病的类型。

教师可以首先让学生汇报调查情况，教师和学生将数据汇总后，计算某种遗传病的发病率。由于调查活动需要较多的课外时间、调查的问题又涉及个人的隐私，难度较大。因此，在调查前，教师应该向学生强调一些注意事项。例如，调查了多少人，其中有多少人患有某种遗传病，要如实记录；如果调查的是红绿色盲，可以以学生为对象，以本校和附近学校的校医务室的资料为准，切不可在公共场合追问别人是否是红绿色盲患者；如果某家族有典型遗传病病例，一定要取得该家族的同意才能直接进行调查，等等。

本调查可以参考下面的流程图进行。



在制定调查计划时,教师可以设置下面的一些问题情境供学生讨论。

(1) 你们小组准备从哪些方面进行调查?

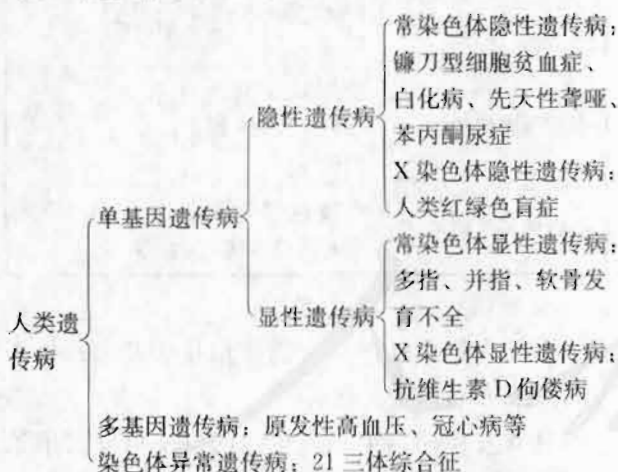
(2) 小组内各成员的调查范围是什么?

(3) 你打算采用哪些方法获得调查资料?

(4) 在调查中你认为应该注意哪些事项?会遇到什么样的困难?你准备怎样克服?

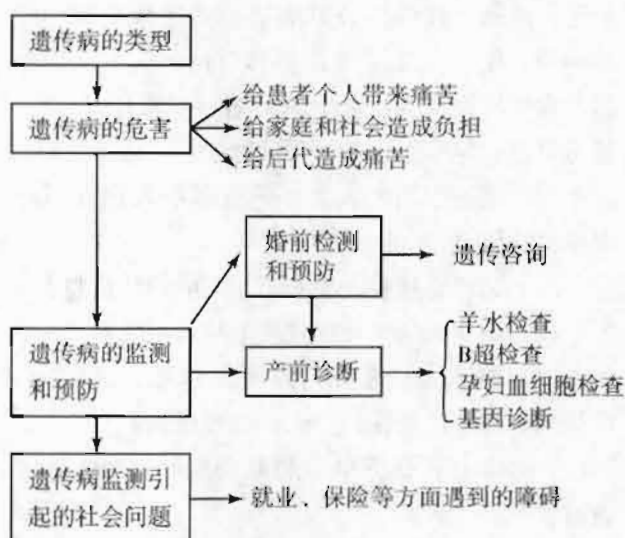
此外,教师还可以通过展示各种常见的或非常严重的遗传病的图例,如白化病、软骨发育不全、21 三体综合征、色盲等,让学生认识到遗传病的危害。教师需要向学生说明的是,人类的遗传病仅单基因遗传病就有 6 500 多种,已成为威胁人类健康的一个重要因素。了解遗传病的类型及其危害,预防遗传病是每个公民的义务。教师由此自然地引入遗传病类型的学习。

“人类常见遗传病的类型”是了解水平的内容,学生通过自学就可以达到学习目的。教师在教学时可以引导学生回顾在初中了解的几种遗传病,以及教材前几章已经出现的伴性遗传病和常染色体遗传病,并进行适当的总结和拓展。人类常见的遗传病类型概括如下图。



2. 以图解、问题串、讨论和辩论的方式学习遗传病的监测和预防。

在了解遗传病类型的基础上,学生容易理解对遗传病进行监测和预防的重要性。教师在教学过程中可以设置问题串,并参考右上的流程图来进行教学。



教师可以设置下面的问题,引导学生思考和讨论。

(1) 遗传病可能给患者本人、家庭和社会以及后代造成什么样的危害?为什么要对遗传病进行监测和预防?

(2) 对遗传病进行监测和预防,可以从哪几个方面入手?

(3) 遗传咨询的步骤有哪些?必须具备什么样的基础知识才可能进行遗传咨询?

(4) 产前诊断的方法有哪些?

遗传病监测引起的社会问题,学生比较感兴趣。在引导学生讨论时,要注意以下几个问题。

讨论的目的不是否定遗传病监测的重要作用,而是通过遗传病监测存在社会争议这一事实,说明遗传病监测与社会伦理有关,从而让学生理解现代科学技术的发展和应用具有双重作用,提醒学生在应用现代科学技术时,要考虑当时的社会发展状况,要符合人类社会的伦理道德观。

在讨论时,教师可以通过一些背景资料,先介绍基因检测的重要作用。例如,可以通过苯丙酮尿症的早期基因检测的事例,强调基因检测的重要作用和意义。通过产前检查,人们可以在早期确定苯丙酮尿症这种隐性遗传病。当婴儿出生以后,医生就可以给患儿配置一份不含苯丙氨酸的特殊营养配方,这样就可以避免婴儿体内苯丙酮酸的积累,孩子长大后也能够和正常人一样

生活。此外,教师还可以提供一些遗传检测的具体病例,使学生能够真正参与讨论,从而认识到基因诊断所存在的社会争议问题。在展开讨论前,教师可以引导学生思考下列问题。

(1) 除医生和家人外,还有哪些人想知道基因检测的信息?

(2) 为什么这些人想知道个人的遗传信息?

(3) 这些人应该获得这些遗传信息吗?

(4) 如果这些遗传信息不应该被他人知道,应该采取哪些措施保护个人的遗传信息?

3. 生动活泼地开展人类基因组计划与人体健康的学习。

人类基因组计划的内容非常广泛,也是学生非常感兴趣的问题,建议教师在教学中充分利用学生学习的积极性,让学生更多地搜集人类基因组计划的资料,在搜集资料和汇报成果时领会人类基因组计划的重大意义。

在布置学生搜集资料时,最好是将学生分组,不同的组搜集不同方面的资料,教师事先列出需要搜集资料的几个方面。例如,什么是人类基因组计划,人类基因组计划与人体健康有什么关系,人类基因组计划对社会伦理道德观产生哪些影响,等等。在课前,教师可以将学生搜集的资料做成幻灯,便于展示和教学。

教师在介绍完人类基因组计划的内容及其意义后,要及时引导学生讨论人类基因组计划在人体健康和社会伦理等方面的正面和反面效应,通过讨论让学生理解,科学技术是一把双刃剑,既可以为人类造福,又可能带来某些负面影响。为保证人类基因组计划的研究不误入歧途,科学家应承担应有的社会责任,如不进行有悖于社会伦理道德的研究等;普通公民应有责任和义务了解科学家所从事的研究工作,督促科学家的研究向着有利于社会进步的方向进行,等等。此外,教师还可以开展多种形式的活动。例如,可以举办专题讲座、辩论会等。

四、答案和提示

(一) 问题探讨

1. 提示:人的胖瘦是由多种原因造成的。有的肥胖病可能是由遗传物质决定的,有的可能是后天营养过多造成的,但大多数情况下,肥胖是由于遗传物质和营养过多共同作用的结果。

2. 提示:有人提出“人类所有的病都是基因病”。这种说法依据的可能是基因控制生物体的性状这一生物学规律。因为人体患病也是人体所表现出来的性状,而性状是由基因控制的,从这个角度看,说疾病都是基因病,是有一定道理的。然而,这种观点过于绝对化,人类的疾病并不都是由基因的缺陷引起的,如由大肠杆菌引起的腹泻,就不是基因病。

(二) 练习

基础题

1. (1) ×; (2) ×; (3) ×。

2. 列表总结遗传病的类型和实例。

人类遗传病的类型		定 义	实 例
单基因遗传病	显性遗传病	由显性致病基因引起的遗传病	多指、并指等
	隐性遗传病	由隐性致病基因引起的遗传病	白化病、苯丙酮尿症等
多基因遗传病		受两对以上的等位基因控制的遗传病	原发性高血压等
染色体异常遗传病		由染色体异常引起的遗传病	21 三体综合征等

拓展题

提示:该女性不一定携带白化病基因;她未出生的孩子可能患白化病。

由该女性的弟弟是白化病的事实可知其弟弟的基因型为 aa , 因而推测其父母的基因型为 Aa , 则该女性的基因型有两种可能: AA 和 Aa , AA 的概率为 $1/3$, Aa 的概率为 $2/3$ 。该女性携带白化病基因的概率为 $2/3$, 根据她丈夫携带白化病基因的情况, 其后代携带白化病基因和患白化病的可能性分为三种: (1) 丈夫不含有白化病基因; (2) 丈夫含有一个白化病基因; (3) 丈夫是白化病患者。遗传咨询师需要根据该女性的丈夫

是否是白化病患者,或者是否有家族遗传病史来作出判断,提供遗传咨询。

五、参考资料

1. 人类遗传病

由于人们对疾病有着不同的认识,因而,疾病也曾被赋予各种各样的定义。遗传学家往往认为形态或代谢异常就是疾病;临床医学家则认为疾病是有特定症状和体征的病态过程;生理学家则将疾病看成是内环境稳态的失衡。事实上,从环境与机体统一观点看,疾病是环境因素(外因)和机体(内因)相互作用而形成的一种特殊的生命过程,伴有组织器官形态、代谢和(或)功能的改变。遗传因素是构成内因的主要因素。因此,可以认为,任何疾病的发生都是环境因素与遗传因素共同作用的结果。但在某一具体疾病发生中,环境因素与遗传因素的相对重要性则具体分析。大致有下面三种情况:第一类是环境因素起主要作用的疾病。第二类是遗传因素起主导作用的疾病。第三类是环境因素与遗传因素都很重要,遗传因素提供了产生疾病的必要的遗传背景,环境因素促使疾病表现出相应的症状和体征。但三者之间并无严格的界限,例如,维生素C缺乏症(坏血病)是环境因素起主导作用的疾病。这是因为人类普遍缺乏体内合成维生素C必需的古洛酸糖内酯氧化酶,所以必须摄取外源性维生素C,因此维生素C缺乏症也可看成是此酶遗传性缺乏的结果。表现型是基因型与环境共同作用的结果,遗传因素起主导作用的疾病,也都有环境因素参与。

遗传性疾病(hereditary disease, inherited disease, genetic disease)简称遗传病,是指生殖细胞或受精卵的遗传物质(染色体和基因)发生突变(或畸变)所引起的疾病,通常具有垂直传递的特征。

遗传病不应与先天性疾病(congenital disease)等同看待。先天性疾病是指个体出生后即表现出来的疾病。如果主要表现为形态结构异常,则称为先天畸形(congenital anomaly)。应该指

出,许多遗传病在出生后即可见到,因此大多数先天性疾病实际上是遗传病,但也有某些先天性疾病是在子宫中获得的,如风疹病毒感染引起的某些先天性心脏病,药物引起的畸形等。反之,有些出生时未表现出来的疾病,也可以是遗传病。如原发性血色病(primary hemochromatosis)是一种铁代谢障碍疾病,但铁要积存到15 g以上才发病,80%的病例发病年龄在40岁以上。

遗传病也应与家族性疾病(familial disease)加以区别。家族性疾病是指表现出家族聚集现象的疾病,即在一个家庭中不止一个成员罹患。当然,许多遗传病(特别是显性遗传病)常见家族聚集现象,但也有不少遗传病(特别是隐性遗传病和染色体病)并不一定有家族史。故“家族性”一词一般在表达未弄清病因而又怀疑可能为遗传病时使用。但在弄清病因后,应该代之以“遗传性”。由于习惯,至今仍沿用家族性高胆固醇血症、家族性甲状腺肿等名称。

遗传病是由遗传物质发生异常改变而引起的疾病。比较常见的遗传性疾病有如下几种。

常染色体显性遗传病 常染色体显性遗传病是由位于常染色体上的显性致病基因引起的疾病,在单基因遗传病中最常见。患者双亲之一是患者,男女发病机会均等,其子女中 $1/2$ 是患者。例如,短指(趾)症是由于指(趾)骨或掌骨变短或指(趾)骨缺如,致手指(或足趾)变短;家族性高胆固醇血症表现为胆固醇沉积于血管壁造成动脉粥样硬化,引起早年冠心病甚至心肌梗死。

常染色体隐性遗传病 常染色体隐性遗传病是位于常染色体上的隐性致病基因引起的疾病。患者的双亲均为致病基因携带者或患者,男女发病机会均等,近亲婚配的后代中发病率显著增高。比较常见的病有白化病、苯丙酮尿症和半乳糖血症等。白化病是由于黑色素代谢障碍引起的,患者皮肤、毛发均为白色,虹膜及瞳孔呈淡红色,视网膜无色素,怕光。半乳糖血症是由于半乳糖-1-磷酸尿苷酰转移酶缺乏所致。症状表现为哺乳后呕吐、腹泻,对乳类不能耐受,继而出现肝硬化、白内障、智力发育不全等。

伴性遗传病 伴性遗传病是性染色体上的致病基因所引起的遗传病。性连锁遗传的致病基因大都在X染色体上,如红绿色盲。此病的患者对红绿色的辨别力缺乏或降低,男性患者远多于女性患者。而抗维生素D佝偻病,主要是由于肾远曲小管对磷的转运机制有障碍,尿排出的磷酸盐增多,血磷酸盐降低而影响骨质钙化所引起的。患者身材矮小,用维生素D治疗无效。

多基因遗传病 多基因遗传病是由多对致病基因控制的遗传病,发病率较低。常见的有先天性髋关节脱位、脊柱裂、唇裂或腭裂(俗称兔唇)和无脑儿等。

染色体病 染色体病是因先天性染色体数目异常或结构畸变而引起的疾病,如21三体综合征。

2. 人类基因组计划

2000年6月26日是人类科技史上一个令人难忘的日子,参加人类基因组计划研究的美国、英国、法国、德国、日本和中国科学家同时向世界宣布人类基因组工作草图已基本完成,已绘制出覆盖人类基因组97%的DNA序列图谱,其中85%的基因组序列得到了精确测定,包含了人体约30亿个碱基对的正确排序。人们认为人类基因组计划是继曼哈顿原子弹计划和阿波罗登月计划之后的第三大科学计划,它对人类认识自身,提高健康水平,推动生命科学、医学、生物技术、制药业、农业等的发展具有极其重要的意义,人类基因组工作草图的完成是该计划实施的一个里程碑。

人类基因组计划的由来与进展 人类基因组计划最初是由美国生物学家,诺贝尔奖获得者杜尔贝科(R. Dulbecco)于1986年在美国《科学》杂志上发表的一篇文章中提出的,主要目标是测出人类基因组DNA长达 3×10^9 碱基对的序列,发现所有人类基因并阐明其在染色体上的位置,从而在整体上破译人类遗传信息。经过约3年的讨论,美国政府于1990年10月正式启动了这项将耗资30亿美元、为时15年的计划,预期在2005年完成人类基因组全部序列的测定。这一计

划还包括对一系列模式生物的基因组的全序列测定,如大肠杆菌、酵母、拟南芥、线虫、果蝇和小鼠等。对这些处于生物演化不同阶段的生物体的研究,是认识人类基因结构与功能所不可缺少的。1993年美国国立卫生研究院和能源部修改了其五年计划的指标;1994年遗传图谱的五年计划提前完成;1995年人类第3、11、12和22号染色体的中等精度的图谱公布;人类第16、19号染色体的高分辨率物理图谱分别完成。该计划自实施以来,很快受到国际科学界的重视,英国、日本、法国、德国的科学家先后加盟,于是人类基因组计划扩展成国际性合作计划。1996年举行了国际合作的人类基因组大规模测序战略会议。1997年美国国立卫生研究院成立国家人类基因组研究所(NHGRl)。1998年美国国立卫生研究院与能源部提出新的五年计划(1998—2003),人类DNA测序是其重中之重,旨在2003年底前完成整个人类基因组的测序,其间,在2001年底前产生人类基因组序列的工作草图。

1999年7月,在中国科学家的积极申请之下,中国科学院遗传研究所人类基因组中心在国际人类基因组组织注册成功,负责测定全部序列的1%。中国成为该计划的第六个参与国,也是唯一的发展中国家。1999年12月,国际基因组计划联合小组宣布,已完整译出人类第22号染色体的遗传密码,人类首次完成人类染色体基因完整序列的测定。2000年4月美国塞莱拉(Celera)基因研究公司宣布,该公司已破译出一名实验者的完整遗传密码。但不少欧美科学家对此表示质疑,因为该公司的研究没有提供有关基因序列的长度和完整的可靠数据。2000年5月,德国与日本科学家合作完成了人第21号染色体的基因测序工作,该项成果可以揭开早老性痴呆症、躁狂抑郁症等疾病的发病机理。在6国16个测序中心的1100多名科学家、计算机专家和技术人员的通力合作下,终于在2000年6月宣布提前完成了人类基因组的工作草图。

我国人类基因组研究工作的历程与进展 我国人类基因组的研究工作,在国家自然科学基金

委员会的支持下,于1994年启动以后又得到了国家高技术发展计划(863)和国家自然科学基金的重点支持,以及中国科学院和北京、上海等市政府的支持,1998年疾病基因组等研究被列入国家重点基础研究规划(973)的第一批项目之中;中国南方基因中心在上海成立。翌年,北方人类基因组中心和中国科学院人类基因组中心先后在京成立。1999年9月中国加入国际人类基因组计划,并仅用半年多的时间,于2000年4月提前完成了人类第3号染色体短臂上3 000万个碱基对的工作草图,从而在这一科学丰碑上自豪地刻下中国人的名字。我国通过参与这一计划,改变了国际人类基因组研究的格局,能够分享这一计划历时10年积累的全部成果、数据和技术,建立起了自己的大规模测序的全套技术及科技队伍,为我国今后的生物资源基因组研究及参与国际生物产业竞争奠定了基础。

现在,我国已建立起一整套较完整的基因组研究体系,在基因多样性领域,建立了多民族人群的DNA样品库,对中国南、北30个民族或人群的遗传关系进行了研究,并与世界其他人群进行了比较。疾病基因的研究也取得了可喜的进展,克隆了遗传性高频耳聋的致病基因,定位了若干单基因疾病的染色体位点。在白血病和某些实体肿瘤相关基因的结构、功能研究方面也取得重大突破,已获得EST(表达序列标签)10多万条,克隆了1 000条以上新基因的全长cDNA,在模式生物基因组的测序方面我国也做了出色的工作,开展了中国生物数据库的建设。

尽管我国在人类基因组研究方面取得了一系列令人惊喜的成就,但科学家们指出,我国现有的基因组研究队伍的总体状况,特别是在资金与技术设备方面与发达国家相比,仍存在着相当大的差距。要使我国从基因资源大国转变为基因研究大国,扭转目前面临的基因资源流失的严重情况,还需付出极大的努力。

3. 后基因组时代的展望

随着人类基因组大规模测序工作接近尾声,生命科学进入了后基因组时代,亦称功能基因组

学时代。它以揭示基因组的功能及调控机制为目标,其核心科学问题主要包括:基因组的多样性,基因组的表达调控与蛋白质产物的功能,以及模式生物基因组研究等。它的研究将为人们深入理解人类基因组遗传语言的逻辑构架,基因结构与功能的关系,个体发育、生长、衰老和死亡机理,神经活动和脑功能表现机理,细胞增殖、分化和凋亡机理,信息传递和作用机理,疾病发生、发展的基因及基因后机理(如发病机理、病理过程)以及各种生命科学问题提供共同的科学基础。功能基因组研究成果不仅具有巨大的科学意义,而且有着十分广泛的应用前景。在医疗卫生方面,其研究成果可用于医药的研究和开发;致病基因或疾病易感基因的鉴定和克隆,全新原理的诊断、治疗和预防方法的设计;医生将根据患者的个人遗传构成,进行更加个性化的药物治疗;科学家们在人体器官和组织“重造”以及修复方面将取得巨大进步;以基因组成果为基础的基因组工业,将带动一批高新技术产业向新的领域开拓。在农业、畜牧业方面,可以用新的方式对动植物疾病进行诊断和治疗,改善家禽、家畜和农作物的品质,提高产量。在纺织业、废物控制和环境治理整顿等领域,也都将发挥重要作用。

自我检测的答案和提示

一、概念检测

判断题

1. ×。
2. ✓。
3. ×。
4. ×。
5. ×。
6. ✓。

选择题

B。

识图作答题

1. 雌;含有两条X染色体。
2. 4; 2。

画概念图



二、知识迁移

由女方X染色体上携带一对隐性致病基因患有某种遗传病可知,该女性的基因型为 X^aX^a 。由男方表现型正常可知其基因型为 X^AY 。该夫妇生下患病胎儿的概率为 $1/2$,如果生下的是男孩,则100%患有这种遗传病,如果生下的是女孩,则100%携带有这种遗传病的致病基因。

三、技能应用

提示:野生型链孢霉能在基本培养基上生长,

用X射线照射后的链孢霉不能在基本培养基上生长,说明X射线照射后的链孢霉产生了基因突变,有可能不能合成某种物质,所以不能在基本培养基上生长。在基本培养基中添加某种维生素后,X射线照射后的链孢霉又能生长,说明经X射线照射后的链孢霉不能合成该种维生素。

四、思维拓展

1. 酶⑤。

2. 酶③。

3. 提示:由这个例子可以看出,白化病等遗传病是由某些缺陷基因引起的,这些基因的产物可能是参与代谢途径的重要的酶。基因可以通过控制酶的合成调控生物体内物质的代谢途径,从而控制生物体的性状。

教学设计与案例

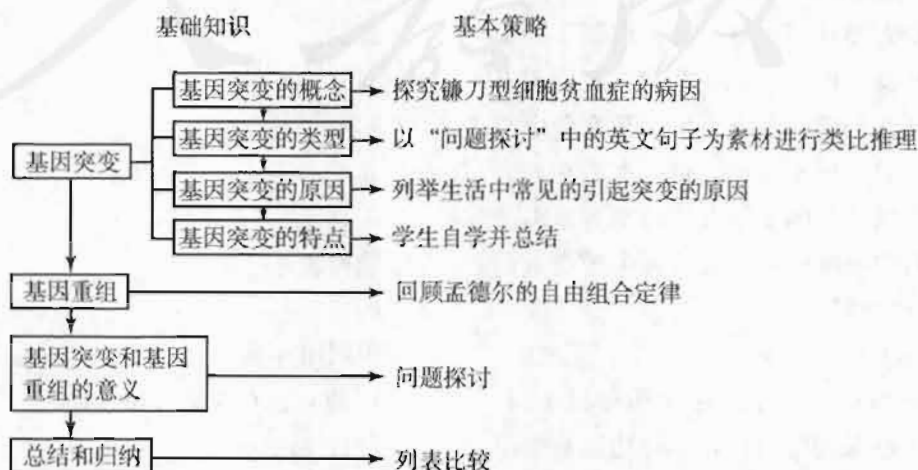
《基因突变和基因重组》

一、教学目标的确定

课程标准中与本节内容相对应的具体内容标准是:举例说出基因重组及其意义,举例说明基因突变的特征和原因。这是确定本节教学目标的

主要依据。考虑到基因突变在生物进化中的重要意义,本节还将说出基因突变的意义列为教学目标,以便为第7章的学习打基础。

二、教学设计思路



三、教学实施的程序

教学内容	教师的组织和引导	学生活动	教学意图
一、基因突变的实例	导入：1910年，一位美国黑人青年由于发烧和肌肉疼痛到医院看病，医生检查发现，他患的是当时人们尚未认识的一种特殊的贫血病——镰刀型细胞贫血症。我们知道，正常人的红细胞是圆饼状的，而镰刀型细胞贫血症患者的红细胞却是弯曲镰刀状的。这样的红细胞容易破裂，使人患溶血性贫血，严重时会导致死亡。这种病是怎样形成的呢？ 用幻灯的形式展示正常红细胞和镰刀型细胞贫血症红细胞图片。 出示供学生阅读的材料。 1928年，人们发现镰刀型细胞贫血症患者能将这种病遗传给下一代，并且发现该病是一种常染色体上的隐性遗传病。 1949年，美国化学家鲍林将正常人和镰刀型细胞贫血症患者的血红蛋白，分别放在一定的溶液中电泳，发现正常人和患者的血红蛋白的电泳图谱明显不同，鲍林推测镰刀型细胞贫血症是由于血红蛋白分子的缺陷造成的。经过分析，鲍林认为镰刀型细胞贫血症是一种分子病。 1956年，英格拉姆等人用酶将正常的血红蛋白和镰刀型细胞的血红蛋白在相同条件下切成肽段，通过电泳对二者进行分析，发现有一个肽段的位置不同。这段有区别的肽段的氨基酸顺序参见教科书图5-2。 问题探讨 幻灯展示“问题探讨”中的事例，并提出问题。 原句：THE CAT SAT ON THE MAT 错句：1. THE KAT SAT ON THE MAT 2. THE HAT SAT ON THE MAT 3. THE CAT ON THE MAT	学生阅读并讨论下列问题： 1. 人们是怎样理解镰刀型细胞贫血症是一种遗传病的？ 2. 鲍林为什么认为镰刀型细胞贫血症是一种分子病？ 3. 根据英格拉姆等人的实验，从图中可以看出正常肽链中的哪一个氨基酸发生了什么样的突变？查阅密码子表，分别写出正常氨基酸和异常氨基酸的密码子。 4. 氨基酸的密码子是由DNA分子决定的，由此可以推测相应的DNA分子的碱基片段发生了什么样的变化？ 5. 想一想，一个碱基发生变化，生物的性状就一定会发生变化吗？ 学生将英文句子翻译为中文	通过展现科学发现的过程，引导学生从现象到本质，即从性状到遗传物质的认识过程，探寻基因突变的本质。 从现象上理解遗传病。 理解血红蛋白是一种大分子物质。 理解蛋白质分子不同，组成蛋白质的氨基酸的种类也不同，而氨基酸的种类是由密码子来决定的。 密码子的排列是由DNA分子决定的。密码子发生改变是因为DNA分子发生了改变。 培养发散思维，为学习基因突变的特点做准备。

续表

教学内容	教师的组织和引导	学生活动	教学意图
	问题: 1. 请比较 3 个句子与原句在字母上的变化差异, 以及意义上的差别。 2. 如果将原句想像成 DNA 分子, 将错句想像成基因突变而形成的 DNA 分子, 请思考基因突变有哪些类型? 3. 请结合镰刀型细胞贫血症的实例, 尝试总结基因突变的概念。 根据以上实例, 教师和学生一起总结基因突变的概念。	学生对比、思考和总结	以想像和类比的形式引导学生总结基因突变的概念, 并对其特点有初步的认识。
二、基因突变的原因	教师总结: 基因突变如果发生在配子中, 将会遗传给后代, 发生在体细胞中的基因突变, 一般是不能够遗传的。癌细胞就是体细胞发生基因突变的结果, 那么, 生活中有哪些因素容易引起基因突变, 引发癌症呢? 指导学生阅读教材中有关基因突变原因的内容。	学生思考、讨论, 并举例说明: 物理因素, 在强日光下暴晒容易得皮肤癌; 在医院放射室工作的医生容易得癌症, 等等。 化学因素, 咸菜等腌制食品必须检测亚硝酸盐的含量, 亚硝酸盐含量过多可能会致癌, 等等。	利用生活中的实例帮助学生理解基因发生突变的原因。
三、基因突变的特点	指导学生自学教材, 并进行总结。	学生自学并总结	内容较简单, 便于学生自学。
四、基因重组	指导学生回顾孟德尔自由组合定律。为帮助学生理解和记忆, 可提出下列问题让学生思考: 1. “基因重组”是指基因的重新组合, 哪些基因可以进行重新组合呢? 2. 非等位基因为什么要重新组合呢? 3. 非同源染色体在什么时期重新组合? 4. 减数分裂第一次分裂后期, 同源染色体和等位基因是怎样变化的? 教师和学生一起总结基因重组的定义: 是指在减数分裂的过程中, 随着同源染色体的分离, 位于非同源染色体上的非等位基因进行重新组合。另一种类型的基因重组发生在减数分裂形成四分体时期, 同源染色体发生交叉互换, 导致染色单体上的基因重组。	学生思考回答: (非等位基因) (因为非等位基因位于非同源染色体上, 非同源染色体要重新组合) (减数分裂第一次分裂的后期) (分离)	生物学中有很多名词可以通过“顾名思义”的方式进行理解学习, 以问题的形式诱思导学, 有助于避免学生死记硬背, 加深对知识的理解。

第6章

从杂交育种到基因工程

前五章集中讲述了遗传和变异的基本原理。由于这些内容是按照科学史的线索展开的,为使主线清晰,层次分明,较少涉及这些原理在生产实践上的应用。实际上人类将遗传和变异原理应用于生产实践由来已久,并且随着认识的深入,技术的改进,应用的范围日益广泛,效果日益显著。本章将集中讲述遗传和变异原理在实践上的应用,并且是按照技术发展历程的线索来展开内容的,以期使学生在了解遗传学原理的应用的同时,在“科学、技术、社会”(STS)方面有更多的思考,获得更多的启示。

本章教材分析

一、教学目的要求

知识方面

1. 举例说出生物变异在育种上应用的事例。
2. 简述杂交育种和诱变育种的作用及其局限性。
3. 简述基因工程的原理及其应用。

情感态度与价值观方面

讨论从杂交育种到基因工程这一科技发展历程中,科学、技术和社会的相互作用。

能力方面

运用遗传和变异原理,解决生产和生活实践中的问题。

(二) 教学内容的特点

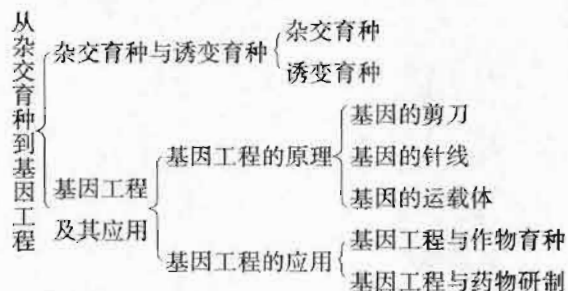
本章包括2节:第1节《杂交育种与诱变育种》和第2节《基因工程及其应用》。本章教学可用3课时,其中第1节可用1课时,第2节可用2课时。

本章内容围绕遗传学原理和规律在生产生活中的应用展开。通过截取三个具有代表性的阶段,即杂交育种、诱变育种和基因工程,再现了人类应用遗传学原理和规律对其他生物进行利用和改造的历程,体现了科学与技术的互动。

第1节《杂交育种与诱变育种》对应于课程标准的要求“搜集生物变异在育种上应用的事例”,对学生在知识层面的要求是达到理解水平。这节从古人驯化野生动物、栽培植物的历史谈起,引入选择育种的方法,并指出其局限性。然后以小麦杂交育种为例,介绍了杂交育种的概念及其在生产生活中的实际应用,进而通过“思考与讨论”栏目引导学生思考杂交育种的方法存在哪些不足。在认识其局限性后,教材介绍了诱变育种的方法,通过实例说明诱变育种的重要作用,引导学生思考诱变育种与杂交育种相比有哪些优势,并联系基因突变的特点,讨论诱变育种的局限性。教材通过这样递进的发展历程,说明

二、教学内容的结构和特点

(一) 教学内容的结构



超越已有技术的局限是育种技术不断完善与发展的动力和原因,有利于学生认识科学技术的本质。

第2节《基因工程及其应用》首先简要介绍了基因工程的原理,使学生对基因工程有一个基本的认识。为了避免与《现代生物科技专题》模块中基因工程的内容重复,教材没有过多地展开介绍。然后,教材结合实例介绍了基因工程在作物育种、药物研制、环境保护等方面的应用,并说明我国十分重视转基因生物及其产品的安全性,还安排了一个“调查转基因食品的发展现状”的课外实践,引导学生关注转基因生物和转基因食品。

三、与学生经验的联系

初中生物课中关于人类应用遗传变异原理培育新品种的内容,使学生对选择育种与杂交育种有了初步的了解。在本书第1章的学习中,学生

又学习了分离定律与自由组合定律,为理解传统育种方法所依据的遗传学原理打下了基础。

对于基因工程,学生也并不陌生,不仅大众传媒上常有介绍,市场上销售的食品中,有的也标注了是否含有转基因成分的标记或文字说明。本章是在学生对基因工程已有感性认识的基础上,简述基因工程的基本原理及应用,并引导学生关注基因组编辑技术的新应用。

四、与其他章的联系

第1章的分离定律与自由组合定律,为理解本章介绍的传统育种方法所依据的遗传学原理打下了基础。第3章中有关DNA的结构、基因的本质,第4章中基因指导蛋白质的合成等内容,是学习本章基因工程及其应用的基础。第5章中有关基因突变的内容是学习本章诱变育种的基础。

第1节 杂交育种与诱变育种

一、教学目标

1. 简述杂交育种的概念,举例说明杂交育种方法的优点和不足。
2. 举例说出诱变育种在生产中的应用。
3. 讨论遗传和变异规律在生产实践中的应用。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

遗传和变异规律在改良农作物和培育家畜品种等方面的应用。

2. 教学难点

杂交育种和诱变育种的优点和局限性。

三、教学策略

本节在学习生物遗传变异的基础知识、了解遗传变异基本规律的基础上,进一步引导学生认

识遗传学的知识是怎样用于指导生产实践、提高和改善生产技术,最大限度地满足人类不断增长的物质需要的。本节可用1课时。在本节教学中,教师可以指导学生搜集我国在育种实践方面取得成功的事例,分析其中包含的遗传学规律,体会科学技术在发展社会生产力、推动社会进步等方面的巨大作用。

在进入本节课的学习时,教师可以选用典型的育种实例作为切入点,针对育种实践中遇到的实际问题和解决方法,分析其中蕴含的遗传学规律。教师还可以引导学生应用遗传学规律和遗传图解,对特定的杂交组合进行理论分析,推测可能的选育过程和结果,进而引导学生分析讨论杂交育种方法的不足之处及其解决方法。

教师在教学过程中要注意通过育种实践的实例,使学生理解遗传变异规律在促进经济与社会

发展方面的价值,进而引导学生认识科学技术与社会之间相互影响、相互制约的关系。在某一历史阶段,由于科学认识的局限性,科学技术总会存在一些难以解决的问题,这些问题阻碍了生产力的提高。随着科学认识的不断深入,技术上的问题得以解决,生产力也随之提高;社会生产力的提高,又能反过来促进科学技术的发展。

在讨论杂交育种的不足之后,教师可以针对这一方法的不足,结合基因突变和染色体变异的相关知识,介绍人工诱变育种。教师可以结合具体实例分析诱变育种的基本原理,并通过与杂交育种的比较,分析诱变育种的优点。在此基础上,进而引导学生分析诱变育种方法的不足,并鼓励学生应用所学的遗传变异规律设想解决的办法。

值得一提的是,学生可能会想到目前人们在育种实践上常用的方法——利用杂种优势。生产上人们利用杂种优势,需要年年配制生产种(杂种),但不再留种。这种方法可以比较巧妙地解决育种实践上育种周期过长的问題。但年年制种也是一件十分麻烦的事情。

四、答案和提示

(一) 问题探讨

提示:此节问题探讨意在结合学生的生活经验,引导学生思考相关的育种方法。教师可充分发挥学生的主观能动性,让学生积极参与讨论。

(二) 思考与讨论一

杂交育种只能利用已有基因的重组,按需选择,并不能创造新的基因。杂交后代会出现性状分离现象,育种进程缓慢,过程繁琐。这些都是杂交育种方法的不足。

(三) 思考与讨论二

诱变育种的优点是能够提高突变率,在较短的时间内获得更多的优良变异类型。诱变育种的局限性是诱发突变的方向难以掌握,突变体难以集中多个理想性状。要想克服这些局限性,可以扩大诱变后代的群体,增加选择的机会。

(四) 练习

基础题

1. B。

2. B。

3. 基因突变;X射线;紫外线;激光。

拓展题

提示:可采用杂交育种的方法,遗传图解可参考教科书插图6-1绘制。优点是育种的目的性较强,能够获得具有优良性状、淘汰不良性状的品种。缺点是育种周期长,过程繁琐。

五、参考资料

1. 品种的定义

作物品种起源于野生植物,在野生植物中并没有品种之分。人类在栽培过程中为了满足自己的需要,经过长期选择和培育,使野生植物的性状向着人类需要的方向发展,才培育出各种作物品种。

品种是指人类在一定的生态条件和经济条件下,根据需要而创造的具有一定经济价值、遗传性比较一致的家养动物或栽培植物的类型。品种是一种经济上的类别,是一种农业生产资料,在生产实践中经人类选择、培育而得,能适应一定的自然、饲养或栽培条件。作为品种的生物具有相对稳定的遗传性,在一定地区和一定栽培条件下,在产量、品质、生育期、抗性和适应性等方面符合人类生产、生活的需要,并能用普通的繁殖方法保持其稳定性。

2. 杂种优势与杂交育种的区別

杂种优势是生物界普遍存在的现象。它是指基因型不同的亲本个体相互杂交产生的杂种第一代,在生长势、生活力、繁殖力、抗逆性、产量和品质等一种或多种性状上优于两个亲本的现象。杂种优势具有以下特点:杂种优势不是某一两个性状单独表现突出,而是许多性状综合表现突出;杂种优势的大小,取决于双亲的遗传差异和互补程度;亲本基因型的纯合程度不同,杂种优势的强弱也不同;杂种优势在 F_1 代表现最明显, F_2 代以后逐渐减弱。杂种优势在性状上表现为不同类型,如营养体发育较旺的营养型、生殖器官发育较旺的生殖型和对外界不良环境适应能力较强的

适应型。育种实践上,人们常利用杂种优势获得较好的经济性状。

早在2000多年前,我国劳动人民就用马和驴交配而获得体力强大、耐力好的杂种——骡,首创了利用杂种优势的先例。杂种优势在植物中更是非常普遍的现象。为什么杂交种 F_1 会有优势呢?这是一个比较复杂的问题,人们从多个方面对其机理进行了研究。一种比较通俗的解释是:一般来说,多数显性基因有利于个体的生长发育,而相对的隐性基因不利于生长和发育。通过杂交,亲本双方带入子代杂合子中的显性(有利)基因掩盖了隐性(有害)基因,因而表现出有利于生长发育的杂种优势。

杂交育种通常是指把不同遗传类型的动物或植物进行交配,使优良性状集合于杂种后代中,通过培育和选择,创造出新品种的方法。它是动植物育种工作的基本方法之一。在杂交育种中应用最为普遍的是品种间杂交(两个或多个品种间的杂交),其次是远缘杂交(种间以上的杂交)。

生产上,常常把用杂交方法培育优良品种或利用杂种优势都称为杂交育种,事实上,两者之间是有区别的。杂交育种过程就是要在杂交后代众多类型中选留符合育种目标的个体进一步培育,直至获得优良性状稳定的新品种。杂交育种不仅要求性状整齐,而且要求培育的品种在遗传

上比较稳定。品种一旦育成,其优良性状即可相对稳定地遗传下去。杂种优势则主要是利用杂种 F_1 代的优良性状,而并不要求遗传上的稳定。作物育种上就常常在寻找某种杂交组合,通过年年配制 F_1 代杂交种用于生产的办法,取得经济性状,而并不要求其后代还能够保持遗传上的稳定性。

3. 太空育种简介

太空育种主要是利用返回式卫星和高空气球所能达到的空间环境,通过强辐射、微重力和高真空等条件诱发植物种子的基因发生变异的作物育种新技术。经历过太空遨游的农作物种子返回地面后再进行种植,不仅植株明显增高增粗,果型增大,而且品质也得到提高。

我国从1987年开始太空育种。1987年8月5日我国发射的第9颗返回式卫星首次搭载了青椒、小麦、水稻等一批种子,开始了我国太空育种的尝试。至今,我国已先后8次进行了太空育种试验。经过太空育种的青椒、番茄、黄瓜、水稻等作物,高产优质、抗病性强。美国曾进行过玫瑰的太空育种,希望获得玫瑰油产量高的突变体;俄罗斯曾经进行过圣诞树的太空育种,现在大面积种植在西伯利亚和哈萨克斯坦地区,从太空回来的圣诞树长得非常高大。

第2节 基因工程及其应用

一、教学目标

1. 简述基因工程的基本原理。
2. 举例说出基因工程在农业、医药等领域的应用。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

- (1) 基因工程的基本原理。
- (2) 基因工程的应用。

2. 教学难点

基因工程的基本原理。

三、教学策略

本节教学可用2课时。第一课时从对杂交育种及诱变育种的特点总结入手,结合“问题探讨”,引入基因工程的概念。在第一课时,教师应将重点放在引导学生了解基因工程的基本原理和大致过程上。教学中,教师可以结合学生熟悉

的具体事例来讲述,还可以安排学生制作模型的活动来模拟基因工程的操作过程,使学生切身体会基因工程“剪、拼、接、转”的主要过程。有条件的学校也可以制作电脑动画来表现这一动态过程。通过第一课时的学习,学生应该了解基因工程所用到的“工具”和基因工程的大致过程。教科书根据学生的认识规律,先分别介绍几种“工具”,再简要介绍基因工程的连续过程。教师在教学中应注意教学内容的组织和衔接。

值得强调的是,本节的侧重点是基因工程的原理,因此在教学深度的把握上应定位在学生了解基因工程的过程和方法,而不必引入过多的专业术语和详细的操作技术,语言力求形象生动,避免不适当的扩展,增加深度和难度。有兴趣的学生可以在生物选修3《现代生物科技专题》中进一步学习。

第二课时可在列举基因工程各种应用的基础上,引导学生关注转基因食品和转基因生物,调查转基因食品的发展现状,了解我国及国际上关于转基因生物安全性的法律法规。教师要注意引导学生摆事实、讲道理,做出合乎逻辑的推断,鼓励学生积极参与。教师可设计合适的情境,组织学生进行角色扮演、制作公益广告、撰写咨询报告等多种活动,让学生站在不同角度思考问题并做出判断,使学生体会到参与社会问题的讨论和决策的方法。

第二课时结束前,教师可以组织学生对本章进行小结,进一步突出从杂交育种到基因工程这条技术发展的主线。同时,教师也应强调科学技术是一把双刃剑,既可以为人类造福,又可能对人类社会产生一些冲击。身为现代公民,应该关注科学技术的发展和影响。

四、答案和提示

(一) 问题探讨

提示:此节“问题探讨”以基因工程菌的实例,引导学生思考基因工程的原理。为启发学生思考,教师可引导学生回忆前面学过的遗传学知

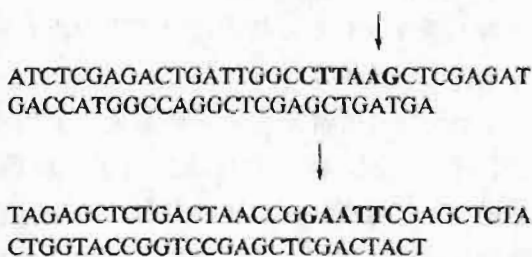
识,如不同生物的DNA在结构上的统一性、几乎所有的生物都共用一套遗传密码等。

(二) 练习

基础题

1. 基因工程的操作通常包括以下4步:(1)获得目的基因(外源基因);(2)目的基因与运载体结合,形成重组DNA分子;(3)将重组DNA分子导入受体细胞;(4)目的基因的检测与鉴定。

2.



3. 常用的运载体有质粒、噬菌体、农杆菌、动植物病毒等。

拓展题

1. 提示:这是因为在基因水平上,人和细菌的遗传机制是一致的。细菌和人的遗传物质都是DNA,都使用同一套遗传密码子,都遵循中心法则。因此,通过基因重组,细菌能够合成人体的某些蛋白质。

2. 提示:例如,可以向客户说明农场具备相应的安全检测设施和措施,已经领取了农业转基因生物安全证书,产品中所含有的成分都是自然界天然存在的物质,产品经过试用表明对人体无害等。

五、参考资料

1. 限制性内切酶及其特点

在生物体内有一类酶,它们能将外来的DNA切断,即能够限制异源DNA的侵入并使之失去活力,但对自身的DNA却无损害。科学家还注意到,这种酶是从DNA分子内部切断DNA的,因此,这种酶称做限制性内切酶。美国生物学家内

森斯和史密斯因发现了限制性内切酶而获得 1978 年度的诺贝尔生理学或医学奖。

限制性内切酶通常能识别 4~6 个碱基长度的特定 DNA 序列,并能以特定的模式剪切 DNA 链。一般来说,被识别的 DNA 序列是回文序列。这种序列的特点是,当从左右两端分别阅读这段双链 DNA 的碱基序列时,双链上的碱基序列是相同的。按照切割的方式,限制性内切酶可以分为错位切和平切两种,它们分别产生黏性末端和平末端。

目前大约已有 500 种限制性内切酶,这些酶的命名方式与 *EcoRI* 一样遵循统一的规则。第一个字母是分离出此酶的细菌属名的第一个字母,后两个字母为种名的前两个字母,小写,第四个字母为菌株名,通常都省略,罗马数字用来表示从同一个细菌中分离出的不同的限制性内切酶。如 *HpaI* 和 *HpaII* 就是从同一种细菌中分离出来的第一种和第二种内切酶。

几种常用的限制性内切酶及其酶切位点如下表(表 13)。

表 13 几种常用限制性内切酶及其酶切位点

限制性内切酶	识别位点	限制性内切酶	识别位点
<i>EcoRI</i>	G↓AATTC	<i>ApaI</i>	GGGCC↓C
<i>XbaI</i>	T↓CTAGA	<i>BglII</i>	A↓GATCT
<i>XhoI</i>	C↓TCGAG	<i>ClaI</i>	AT↓CGAT
<i>NdeI</i>	CA↓TATG	<i>SmaI</i>	CCC↓GGG

2. 质粒

质粒习惯上用来专指细菌、酵母菌和放线菌等生物中染色体(或拟核)以外的 DNA 分子,它们在细菌中以独立于染色体或拟核之外的方式存在。即使细菌细胞不含质粒,也可以正常地生活。质粒的存在通常不会对寄主细胞产生不利影响,有时还会为寄主细胞提供新的遗传特性。例如,有些质粒携带帮助自身从一个细胞转入另一个细胞的信息;有些质粒含有对某种抗生素具有抗性的基因;还有一些携带的是参与或控制一些不同寻常的代谢途径的基因,即降解质粒。质粒的大小不定,小的不到 1 kb,大的超过 500 kb。每个

质粒都包括与 DNA 复制起始有关的一段序列,使质粒 DNA 能够在宿主细胞中复制。

每个细胞中的质粒数主要决定于质粒本身的复制特性。按照复制性质,可以把质粒分为两类:一类是严紧型质粒,当细胞染色体复制一次时,质粒也复制一次,每个细胞内有 1~2 个质粒;另一类是松弛型质粒,当染色体复制停止后质粒仍然能继续复制,每个细胞内一般有 20 个左右的质粒。

在基因工程中,常用人工构建的质粒作为载体。人工构建的质粒可以集多种有用的特征于一体,如含多种单一酶切位点、抗生素耐药性等。常用的人工质粒运载体有 pBR322、pSC101 等。

作为载体的质粒通常需要具有以下特点:第一,能够在细菌细胞内自主复制,并以多拷贝形式存在,以便于实验操作;第二,要有一个或多个选择标记,用于转化细菌的筛选。在基因工程操作中,用肉眼无法看到载有目的基因的载体是否真正进入细胞,这时,标记基因就为鉴别和筛选提供了标记。所谓的选择标记指的就是抗生素抗性基因,如抗四环素或抗氨苄青霉素基因。只要在培养基中加入四环素或氨苄青霉素就能够筛选已转化的细胞。当质粒存在于细菌细胞时,细菌便获得了抗生素抗性,用来区别未转化的细胞;第三,质粒的相对分子质量要小,以便于操作;最后,需要有适于外源 DNA 片段插入的限制性内切酶识别位点。

3. 农杆菌

用来作为植物遗传工程载体的主要是根瘤农杆菌和发根农杆菌。根瘤农杆菌和发根农杆菌同属于根瘤菌科,革兰氏阴性菌。它们可以将自己的一部分 DNA 转移给植物,进而转化植物细胞,同时农杆菌能从植物细胞中获得营养物质。这两种农杆菌之所以能够转化植物基因,主要是因为它们携带有诱瘤质粒,简称 Ti 质粒。该质粒上有一段 DNA,称为 T-DNA,它能转移并整合进植物基因组中,并导致植物冠瘿瘤的形成。近年来应用 Ti 质粒介导植物基因转移已获得一些转化突变体。实验结果表明,外源基因不但能在转化的

组织和再生植株中表达,而且能在有性世代中稳定地遗传。

4. 我国转基因生物利用现状

1981年,科学家第一次成功地将外源基因导入动物胚胎,创立了培育转基因动物的技术。1982年,科学家获得转基因小鼠。1983年,又获得转基因烟草、马铃薯。目前,国际上获得的转基因植物已达100种以上。以下列举了我国转基因生物利用情况。

基因工程药物 基因工程药物主要来自三个方面:一是微生物基因工程,即把目的基因导入大肠杆菌等工程菌中,通过微生物表达目的基因的产物;二是细胞基因工程,即用哺乳动物细胞株表达目的产物;三是转基因动物,即将目的基因直接导入鼠、兔、羊、猪体内,使目的基因在哺乳动物体内表达,从而获得目的产物。下表(表14)列举了部分利用基因工程技术研制的药品。

表14 利用基因工程技术研制的部分药品

产品名称	菌株或细胞	应用
人胰岛素	大肠杆菌	治疗糖尿病
人生长激素(GH)	大肠杆菌	治疗生长缺陷症
表皮生长因子(EGF)	大肠杆菌	治疗烫伤、胃溃疡等
肿瘤坏死因子	大肠杆菌	杀死某些肿瘤细胞
白细胞介素-2(IL-2)	大肠杆菌	治疗某些癌症
尿激酶原	大肠杆菌	治疗心脏病
α -干扰素	酵母菌	治疗癌症或病毒感染
乙型肝炎疫苗	酵母菌	预防病毒性肝炎
组织纤溶酶原激活剂(tPA)	哺乳动物细胞	治疗心脏病

环境保护中的应用 人类活动造成的各种污染(包括工业废水、废气、各种废弃物、有毒化学物质、电磁和放射性物质等)对生态环境的破坏,已成为威胁人民生活的严重问题。生物技术在环境治理上发挥着不可替代的作用。美国培育的基因工程“超级菌”,几小时就可降解自然菌种

需1年才能降解的水上浮油;日本将嗜油酸单胞杆菌的耐汞基因转入腐臭单胞杆菌,使该菌株既能有效处理环境中汞污染,又能将汞回收利用。目前,已成功培植出一种能高效地吸收重金属的转基因烟草,它对土壤中重金属具有很强的抵抗能力和吸附能力,如果把转基因的烟草种于被污染的土壤,就能利用它来吸收和排除土壤中的重金属。

动物乳腺生物反应器 动物乳腺生物反应器是20世纪90年代出现的利用转基因动物的乳房作为生物发酵工厂,大规模生产某些急需的生物活性物质或药用蛋白的高新技术。

目前利用动物乳腺生物反应器生产医用蛋白质已经受到高度的重视。荷兰用转基因牛生产乳铁蛋白;英国成功研制转基因羊,从其乳汁中提取抗胰蛋白酶;我国研制出五头转基因羊,乳汁中含有治疗血友病的凝血因子。

5. 我国《农业转基因生物安全条例》有关规定(摘要)

为了加强我国农业转基因生物的安全管理,保障人体健康和生物安全,保护生态环境,促进农业生物技术的发展,2001年5月23日,国务院公布了《农业转基因生物安全管理条例》(以下简称条例)。《条例》共8章56条,以下是有关规定的摘要。

(1) 本条例所称农业转基因生物,是指利用基因工程技术改变基因组构成,用于农业生产或者农产品加工的动植物、微生物及其产品,主要包括:

转基因动植物(含种子、种畜禽、水产苗种)和微生物;

转基因动植物、微生物产品;

转基因农产品的直接加工品;

含有转基因动植物、微生物或者其产品成分的种子、种畜禽、水产苗种、农药、兽药、肥料和添加剂等产品。

本条例所称农业转基因生物安全,是指防范农业转基因生物对人类、动植物、微生物和生态环境构成的危害或者潜在风险。

(2) 生产转基因植物种子、种畜禽、水产苗种,应当取得国务院农业行政主管部门颁发的种子、种畜禽、水产苗种生产许可证。

生产单位和个人申请转基因植物种子、种畜禽、水产苗种生产许可证,除应当符合有关法律、行政法规规定的条件外,还应当符合下列条件:

取得农业转基因生物安全证书并通过品种审定;

在指定的区域种植或者养殖;

有相应的安全管理、防范措施;

国务院农业行政主管部门规定的其他条件。

(3) 生产转基因植物种子、种畜禽、水产苗种的单位和个人,应当建立生产档案,载明生产地点、基因及其来源、转基因的方法以及种子、种畜禽、水产苗种流向等内容。

(4) 经营转基因植物种子、种畜禽、水产苗种的单位和个人,应当建立经营档案,载明种子、种畜禽、水产苗种的来源、贮存、运输和销售去向等内容。

(5) 在中华人民共和国境内销售列入农业转基因生物目录的农业转基因生物,应当有明显的标识。列入农业转基因生物目录的农业转基因生物,由生产、分装单位和个人负责标识;未标识的,不得销售。经营单位和个人在进货时,应当对货物和标识进行核对。经营单位和个人拆开原包装进行销售的,应当重新标识。

(6) 国家对农业转基因生物安全实行分级管理评价制度,建立农业转基因生物安全评价制度,对农业转基因生物实行标识制度。

(7) 国务院农业行政主管部门应当加强农业转基因生物研究与试验安全评价管理工作,并设立农业转基因生物安全委员会,负责农业转基因生物的安全评价工作。农业转基因生物安全委员会由从事农业转基因生物研究、生产、加工、检验检疫以及卫生、环境保护等方面的专家组成。

(8) 国务院农业行政主管部门根据农业转基因生物的安全评价工作的需要可以委托具备检测条件和能力的技术检测机构对农业转基因生物进行检测。

(9) 从事农业转基因生物研究与试验的单位,应当具备与安全等级相适应的安全设施和措施,确保农业转基因生物研究与试验的安全,并成立农业转基因生物安全小组,负责本单位农业转基因生物研究与试验的安全工作。

《条例》指出,从事农业转基因生物研究与试验单位,应当具备相应的安全设施和措施,确保农业转基因生物研究与试验的安全,在生产性试验结束后,可以申请领取农业转基因生物安全证书。中外合作、合资或者外方独资单位,应当经国务院农业行政主管部门批准。单位和个人从事农业转基因生物生产、加工的,应当由国务院农业行政主管部门或者省、自治区、直辖市人民政府农业行政主管部门批准。农民养殖、种植转基因动植物的,由种子、种畜禽、水产苗种销售单位代办审批手续。经营转基因生物的单位和个人,应当取得许可证,并建立经营档案。列入农业转基因生物目录的农业转基因生物,由生产、分装单位和个人负责标识,未标识的,不得销售。农业转基因生物标识应当标明产品中含有转基因成分的主要原料名称;有特殊销售范围要求的,还应当标明销售范围,并在指定范围内销售。《条例》还规定,发现农业转基因生物对人类、动植物和生态环境存在危险时,国务院农业行政主管部门有权宣布禁止生产、加工、经营和进口,收回农业转基因生物安全证书,销毁有关存在危险的农业转基因生物。

6. 其他国家转基因生物安全的有关法规

欧盟 欧盟规定如果某个公司打算将一种转基因生物投放市场,该公司必须首先向该转基因生物将要首次上市所在地的成员国有法定资格的国家管理机构提出申请。对于试验性释放,所在地成员国的国家管理机构也必须事先进行检查和审批。申请书必须附带全面的风险评估报告。如果某个成员国的国家管理机构同意某种转基因生物投放市场,该成员国必须通过欧盟委员会通知其他成员国。如果其他成员国没有反对意见,最早进行评价的国家管理机构才能正式批准那种转基因生物投放市场。然后,该转基因生物就可根

据批准书中所规定的条件投放到整个欧盟市场。欧盟现行转基因产品标签法规承认消费者在选购产品时具有知情权。欧盟于1997年通过的“新型食品和新型食品成分管理规定”，要求对由转基因生物制作的、或含有转基因生物成分的食品实施标签制度。

2000年欧盟通过规定要求，对含有转基因DNA或蛋白质的食品添加剂和调味品也必须实施标签制度，还要求，凡是转基因DNA或蛋白质含量超过1%的常规食品都必须实施标签制度。欧盟98/95/EC指令规定，转基因种子必须实施标签制度。

欧盟委员会2001年7月25日提出了两个有关转基因生物的法规草案，即“转基因生物、转基因产品来源追溯和标签管理规定”和“转基因食品与饲料管理规定”。这两个规定要求建立一个统一的转基因生物来源追溯体系，对转基因饲料实施标签制度，加强对转基因食品标签的管理措施，建立一个关于转基因生物用于食品与饲料、转基因生物环境释放的精简的审批程序。

绿色和平组织观点 《卡塔赫纳生物安全议定书》（以下简称议定书）最重要的条款是任何国家出口转基因生物到另一个国家，必须得到进口国家的提前知情同意。进口国家可以为了避免或尽量降低转基因生物对生物多样性和人类健康的危害，设置进口转基因生物的限制条件，或者在缺少科学的评估而不能确定转基因生物潜在的负面影响时拒绝进口。进口国家可以要求对进口的转基因生物进行风险评估，并要求由出口方承担责任及费用。进口的转基因生物应该有明确的标识，说明产品的身份、特征及用途。

另一重要的条款是危害责任及赔偿。根据《议定书》的第27条，缔约国将拟定适用于因转基因生物的越境转移而造成损害的赔偿责任和补救方法的国际规则和程序，并争取在四年时间内完成这一进程。一旦国际上针对转基因生物可能带来的损害作出赔偿规定，将会驱使生产者对产品作出严格的风险评估才向市场推出。这也

体现了预防原则的精神，要求在推出新产品时应该由生产者承担证明产品是安全的责任，一旦产品带来危害，亦应该由生产者承担责任及赔偿。

亚洲地区转基因生物风险评估和风险管理研讨会 2002年在印度新德里召开了“亚洲地区履行生物多样性公约风险评估和风险管理研讨会”。此次研讨会主要目的是：查明“国际生物安全议定书”中有关转基因生物（GMOs）风险评估和风险管理的问题；促进在国家与地区水平上对现有转基因生物风险评估和风险管理程序的理解；了解亚洲地区相关国家在转基因生物风险评估和风险管理方面开展的工作；探讨在亚洲地区开展转基因生物风险评估和风险管理能力建设和生物安全信息交换合作的有关决议。

美国 美国于2016年通过了转基因强制标识法案。该法案将转基因食品定义为“食品中含有通过改变基因序列的转基因技术获取的成分，且该基因序列的改变不能通过传统的或者自然的方式获得”。该法案规定转基因食品需要强制标识而不是生产厂商的自愿标识，但同时也强调，只要转基因食品成功通过联邦法律规定要求的事前审查，强制标识不影响其与传统的非转基因食品的同等安全性认定。法案排除了对转基因饲料喂养的动物和餐馆食物的适用。

加拿大 加拿大标准总局提出了标签标准草案，草案对转基因食品或非转基因食品的标识提出了要求，但加拿大政府没有规定对所有转基因食品都进行强制性标签，而是要求加拿大标准总局在与食品生产厂家协商后，由食品生产商建立自愿的标准。

英国 据英国时报报道，伦敦最近的一项民意调查表明，大部分英国人认为生产商必须在转基因食品上贴标签。当被问到是否愿意消费转基因食品时，51%的人表示，如果可以选择，他们将避免食用转基因食品，在回答是否应对转基因食品加标签时，76%的英国人赞成欧盟的立场，即坚持认为消费者有知情权。

附：大肠杆菌转基因实验

实验原理

大肠杆菌 DH5 α 是基因工程常用的受体细菌，在 LB 培养基上生长为白色菌落，在含有氨苄青霉素的培养基上不能生长。pBR322 质粒含有抗氨苄青霉素的基因，转入了 pBR322 质粒的大肠杆菌能在含有氨苄青霉素的培养基上正常生长。

目的要求

1. 了解细菌转基因的基本过程，进一步理解细菌转基因的原理。

2. 观察大肠杆菌转基因的结果。

材料用具

大肠杆菌 DH5 α ，质粒 pBR322 或 pUC18 等，LB 液体和固体培养基，LBA 固体培养基。

烧杯，试管，Eppendorf 管，酒精灯，火柴，1.5 mL 离心管，接种环，棉花，棉线，记号笔，标签，塑料盒，离心机，恒温摇床，恒温培养箱，吸液器，高压蒸汽灭菌锅。

冰块，氨苄青霉素（质量浓度为 100 mg/mL），物质的量浓度为 0.1 mol/L 的 CaCl_2 溶液，去离子水。

方法步骤

一、培养基的配制

1. LB 培养基

牛肉膏	5.0 g
蛋白胨	10.0 g
NaCl	5.0 g
琼脂	20.0 g

将上述物质溶解后，用自来水定容至 1 000 mL。配制后，在高压蒸汽灭菌锅内，用压力 100 kPa，121.3 $^{\circ}\text{C}$ ，15~30 min 的条件灭菌后倒平板。

2. LBA 培养基

将配制好的 LB 培养基高压灭菌后，冷却至 60 $^{\circ}\text{C}$ 左右，加入氨苄青霉素，使氨苄青霉素最终浓度为 50 mg/mL，摇匀后倒平板。

二、感受态细胞的制备

1. 将大肠杆菌 DH5 α 接种于 5 mL LB 培养基中，37 $^{\circ}\text{C}$ 恒温，在摇床上以 200 r/min 的转速培养 8 h。

2. 取 2 mL 菌液转接于 50 mL LB 培养基中，37 $^{\circ}\text{C}$ 恒温，在摇床上以 300 r/min 的转速培养约 2 h。

3. 将培养液转移到 50 mL 预冷的无菌离心管中，在冰上放置 10 min。在 4 $^{\circ}\text{C}$ 以 4 000 r/min 离心 10 min。

4. 除去上清液，用 10 mL 冰浴的 CaCl_2 溶液洗涤沉淀，在冰上放置 10 min。在 4 $^{\circ}\text{C}$ 以 4 000 r/min 离心 10 min。

5. 除去上清液，将沉淀悬浮在 2 mL 冰浴的 CaCl_2 溶液中，0.5 h 后即可使用，或者在 4 $^{\circ}\text{C}$ 保存，48 h 内使用。

三、转化

1. 取 200 μL 感受态细胞悬液置于 1.5 mL 离心管中，加入 1~10 μL 质粒（质粒含量不超过 0.1 μg ），混匀，在冰上放置 30 min 后，在 42 $^{\circ}\text{C}$ 水浴中保温 1 min，然后迅速在冰浴中冷却 3~5 min。

2. 每管加入 800 μL 液体 LB 培养基，将转化后的细菌在 37 $^{\circ}\text{C}$ 、低于 200 r/min 的转速培养 45 min。

3. 将转化后的菌液涂布在含有氨苄青霉素的培养基上，并涂布未转化的大肠杆菌菌液作为对照实验。

四、培养

将涂布好的平板倒置，于 37 $^{\circ}\text{C}$ 培养 12~16 h。

结果与讨论

观察大肠杆菌在培养基上的生长情况，将观察到的结果和得出的结论记录在实验报告中。谈谈自己对细菌转基因实验的体会。

自我检测的答案和提示

一、概念检测

连线题

1—B，2—C，3—E，4—D，5—F，6—A。

判断题

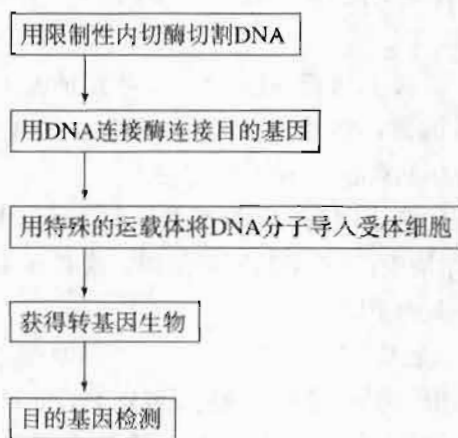
1. $\times$ 。

2. $\checkmark$ 。

3. ✓。

4. ✓。

画概念图



二、知识迁移

提示：此题是一道开放性题目，答案从略。

三、技能应用

提示：甘薯是一种天然的转基因作物，基因转移是一种自然现象。人类利用转基因技术对栽培作物实施的基因改造，与自然界本来就存在的基因转移带来的基因改造，本质上有着类似的过程和效果：都是通过筛选（人工筛选或自然选择），选择出产生特定性状的、基因发生变化的个体，使其能够更加适应环境。甘薯是一种具有8 000年历史的可以安全食用的天然转基因食品，这足以纠正对转基因食品安全性的偏见。

四、思维拓展

提示：很多生物的基因组目前并不清楚，因此，寻找目的基因仍是十分艰巨的工作。此外，基因的提取、分离和转移需要昂贵的仪器设备。而杂交育种和诱变育种作为常规育种方法，操作简便易行，是基因工程技术所不能取代的。

教学设计与案例

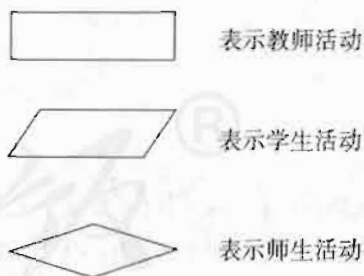
《基因工程及其应用》

一、教学目标的确定

课程标准中与本节内容相对应的具体内容标准是：“关注转基因生物和转基因食品的安全性”，这也是本节要达成的主要教学目标。课程标准并未明确指出本章要讲述基因工程的内容，考虑到本章教材知识体系的完整性，以及学生达成上述目标所需要的知识基础，本节还将“简述基因工程的基本原理”，“举例说出基因工程在农业、医药等领域的应用”作为教学目标。

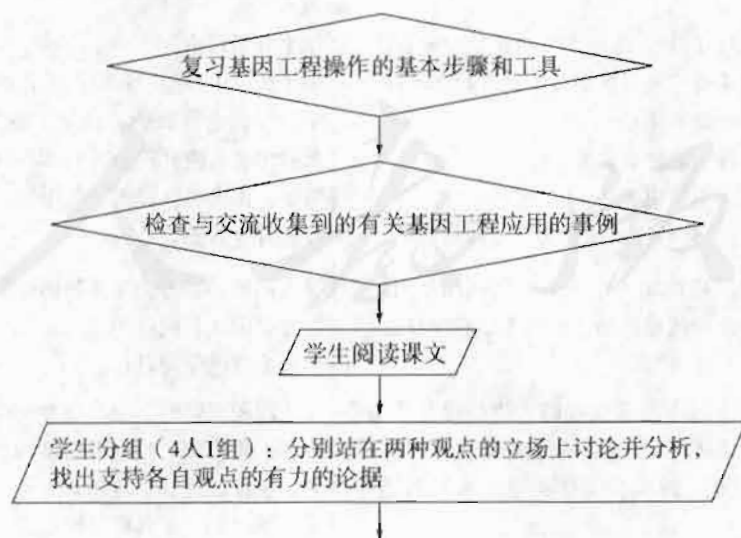
二、教学设计思路

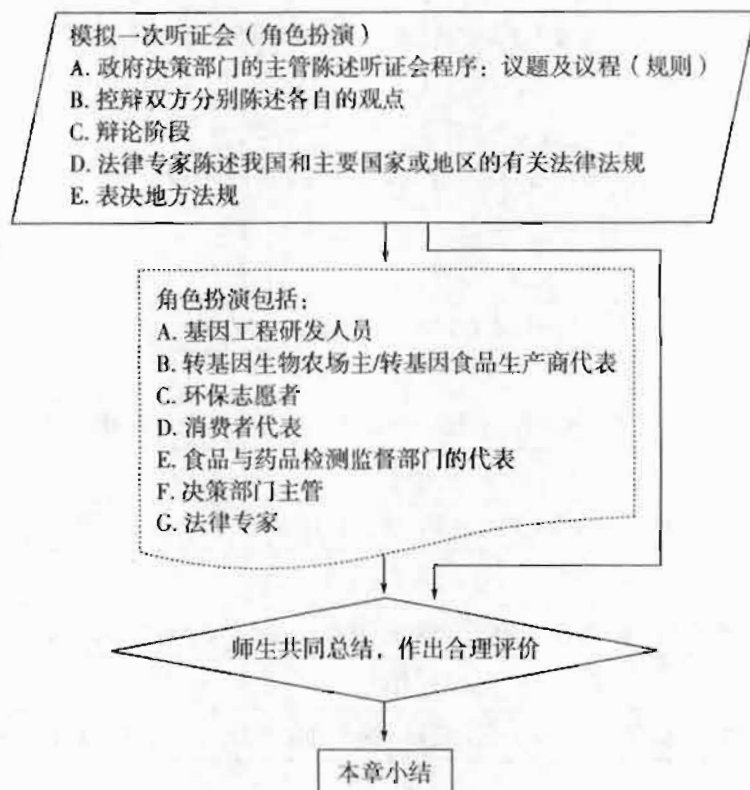
第一课时教学设计流程图如下。





第二课时教学设计流程图如下。





三、教学实施的程序

第1课时

教师组织引导	学生活动	教学意图
教师通过图片和音像资料展示基因工程产品，如种子、水果、疫苗或药物等，引入课题。	学生观察、传看。 学生列举自己知道的基因工程产品及利用的例子。	从具体的事例出发，集中学生注意力。
教师利用“问题探讨”，提出问题，组织学生讨论、交流看法。 • 为什么能把一种生物的基因“嫁接”到另一种生物上？ • 推测这种“嫁接”怎样才能实现？ • 这种“嫁接”对品种的改良有什么意义？ 教师肯定学生合理的想法，引发思考。 “你的想法很好，可是用什么样的方法才能实现你的设想呢？”	学生分组讨论。 学生头脑中设想“嫁接”的过程。 学生设想用类似的方法来“改造”某种生物，使其符合人们某种特定需要，说出具体设想。各小组选派代表陈述观点。	通过实例，激发学生想像，引起学生兴趣。
教师小结：从杂交育种的局限性切入，人类可以利用基因工程技术按照自己的意愿直接定向改变生物。说明本节教学目标。	学生回忆并思考杂交育种的局限性以及基因工程的应用。 明确本节的学习目标。	由杂交育种到基因工程，体现了技术的发展和突破。
教师用类比的方法引导学生思考基因工程的大致步骤和所需要的工具：剪刀、针线、运载体等。并用问题启发学生：“你能想像这种‘剪刀加浆糊’式的‘嫁接’工作在分子水平的操作，其难度会有多大吗？”	学生跟随教师的引导，思考基因工程的大致步骤：找到目的基因、剪切、拼接、缝合、转移、表达、检测，所用到的工具：基因剪刀、基因针线、基因的运载体。	类比能使学生形象地理解“剪、接、导”的过程。

续表

教师组织引导	学生活动	教学意图
以 <i>EcoRI</i> 为例, 构建重组 DNA 分子模型, 体会基因的剪切、拼接、缝合的道理。 教师交代清楚 <i>EcoRI</i> 是已发现的 500 多种限制性内切酶中的一种, 它是一种从细菌中发现的能在特定位置上切割 DNA 分子的酶。它的特殊性在于, 它在 DNA 分子内部“下剪刀”, 专门识别 DNA 分子中含有的“GAATTC”这样的序列, 一旦找到就从 G 和 A 之间剪断 (参考教科书插图 6-3)。 用同一种限制性内切酶切割后的 DNA 片段其末端可以用连接酶来缝合 (参考教科书插图 6-4)。这样“剪切拼接”就可以形成重组的 DNA 分子。 将学生分成 4 个人一组, 发给所需材料, 可将构建模型的文字指导资料 (参见选修 3《现代生物科技专题》P. 6 “重组 DNA 分子的模拟操作”), 复印后发给各组。 教师提出问题: 1. 在制作模型时用到的工具 (剪刀和干胶) 各代表什么? 比较剪切后的 DNA 片段的末端切片, 你发现有什么特点呢? 2. 回顾在模型构建过程中, 每一步的操作和所用到的工具以及形成的“产品”, 你对重组 DNA 的操作有什么新的理解? 教师启发学生思考重组后的 DNA 分子还需要特殊的搬运工具运载到受体细胞 (如大肠杆菌、动植物细胞) 中。 教师用图片或课件动画展示质粒的结构及特点。(教科书图 6-5) • 细胞拟核之外的小的环状 DNA 分子。 • 借宿于细菌、霉菌、酵母菌等细胞里, 对细胞的正常生活几乎没有影响。 • 能够自主复制。 • 可以容易地从细胞中取出或放入。 这些特点使它能够胜任运载体的工作, 携带目的基因进入细胞。 教师用多媒体课件或与教科书插图 6-6 类似的示意图, 简要归纳基因工程操作的基本步骤和大致过程。 启发学生思考: 想像科学家在分子水平上进行这一操作的精确性。 教师小结本节内容。 布置学生课下搜集基因工程应用的事例及其价值的资料; 搜集有关基因工程技术安全性方面的报道、法规等资料。 课堂作业、课后练习: 基础题 1、2、3; 拓展题。	试一试, 动手来做一个重组 DNA 分子模型。 在动手做之前, 先要明白“分子剪刀”和“分子针线”的用途和使用方法。 学生讨论模型构建的具体方法, 按“指导”的方法步骤、依次完成模拟制作过程。并思考教师提出的问题。 学生回答并交流对重组 DNA 技术的理解。 学生观看图片或课件, 了解质粒的特点及其运载体功能。 学生和教师一起归纳基因工程操作的几个步骤。	通过动手构建模型, 加深对重组 DNA 技术基本原理的认识。 分组操作, 便于合作交流。 不仅动手做, 而且要动脑想, 才能突出模拟制作的教育价值。 质粒的知识比较深, 教师呈现并简要介绍, 学生听取其特点, 明白为什么质粒能被用来作为基因运载体。 只要归纳其大致过程即可, 不必加深扩展。 为下节课的学习和讨论做准备。

第 2 课时

教师组织引导	学生活动	教学意图
复习基因工程操作的基本步骤和重要工具。	回忆并回答教师提出的问题。	

续表

教师组织引导	学生活动	教学意图
检查课前收集到的有关基因工程应用的资料。 导入新课：基因工程的应用。 指定几名学生汇报，其他人补充。 学生阅读教科书 P. 104 的内容。 教师总结，并从具体事例引入关于转基因生物和转基因食品安全性的争议，启发学生对其安全性问题进行讨论。 学生分组讨论，教师强调支持某一观点的论据要充分，要注意科学性、客观性和逻辑性。 在学生讨论的基础上，与学生协商或按小组指派某个角色，安排角色扮演活动。 教师可将角色扮演的程序、规则和具体要求以及评价标准事先复印好，分发给各组，引导学生以小组为单位讨论并形成陈述报告要点。 模拟听证会 议题：近来，一些市民和媒体纷纷向市政府反映了他们对转基因农产品或转基因食品安全性的担忧，呼吁市政府制定条例对转基因生物及转基因食品的生产和销售加以控制。请你作为 A—F 中的任一角色参加听证会，就是否应当对转基因生物与转基因食品加以限制发表你的看法。 要求：观点正确，论据充分，注意科学性，客观性和逻辑性。 听证会程序： 1. 决策部门的主管陈述听证会议题及议程（规则）； 2. 控辩双方分别陈述各自的主张； 3. 辩论阶段； 4. 法律专家代表陈述我国和世界各主要国家和地区的有关法律法规； 5. 表决有关条例决议案。 师生共同总结，对活动过程和结果做出合理评价。 教师依据教科书 P. 107 的本章小结，对本章内容进行简要总结。	汇报并交流课前收集资料的情况。 汇报、交流。 学生分组，四人一组，对教科书 P. 105 资料分析中的两种观点进行思考、讨论，找出支持某一观点的有力论据。 学生站在所扮演角色的立场上，收集证据，按规定程序陈述。 每个小组选择其中一个角色，准备陈述提纲和辩论材料，做到尊重科学、体察民意、以理服人、客观公正、民主决策。 学生参与总结和评价。	掌握学生课前准备的情况。 基因工程的应用最好由学生自己列举，教师总结归纳。 通过讨论，激发兴趣，引起学生的关注。 通过角色扮演活动，摆事实、讲道理，培养学生的民主意识和应用所学知识参与公共事务决策的公民意识。 体验科学、技术对社会的影响。达到激趣、引思、导辩、表达、交流、倾听等效果。 客观公正的评价和总结有利于激发和调动学生参与课堂教学活动的积极性和主动性。 教师帮助学生理出本章的主线，强化 STS 教育。

现代生物进化理论

生物进化论不仅是生物学中具有重要地位的基础理论,也是对人们的自然观和世界观有着重要影响的理论。现代生物进化理论林林总总,其中为大多数人普遍接受的是以自然选择学说为核心的综合进化理论,它较为深入地揭示了生物繁衍过程中物种形成和更替的原理,指出生物进化的实质是种群基因库在环境的选择作用下的定向改变,反映出生物与环境在大时空尺度下的发展变化和对立统一。学生通过本章内容的学习,不仅可以了解生物进化理论在达尔文之后的发展,进一步树立生物进化的观点和辩证唯物主义观点,而且能够通过学习进化理论的发展过程,加深对科学本质的理解和感悟。

本章教材分析

一、教学目的要求

知识方面

1. 说明现代生物进化理论的主要内容。
2. 概述生物进化理论与生物多样性的形成。

情感态度与价值观方面

1. 形成生物进化的观点。
2. 探讨生物进化观点对人们思想观念的影响。

能力方面

1. 运用数学方法讨论种群基因频率的变化。
2. 运用生物进化观点解释一些生物现象。

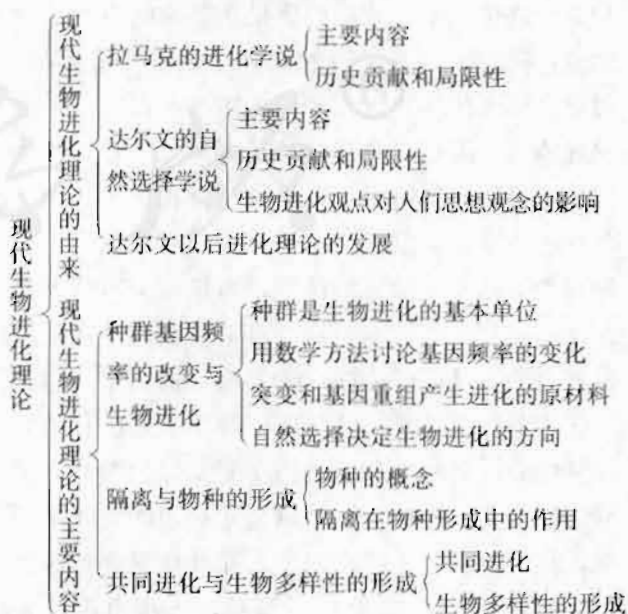
由于生物进化的证据、历程和自然选择学说等内容,学生在初中已经学过,因此,本章不再简单重复,而是定位在讲述现代生物进化理论。现代生物进化理论有诸多流派,如综合进化理论、新达尔文主义、新拉马克主义、中性学说、骤变论等。本章主要介绍为大多数学者所接受的、影响最为广泛的主流理论——综合进化理论。对此教师应当心中有数,不要误以为现代生物进化理论仅仅是教材所介绍的内容。

生物进化理论的发展过程中一直有不同观点的交锋,目前仍不乏争论。争论的原因既有学术上的,也有出自其他背景的。生物进化理论既影响着人们的思想观念,同时又受人们思想观念的

影响。这也反映出生物科学与社会之间复杂的互动。如同其他科学理论一样,生物进化理论在不断争论中向前发展。这样一些认识渗透在教材的字里行间,意在使学生形成生物进化观点的同时,深入理解科学与社会的关系,理解科学的本质,对此教师应当予以关注。

二、教学内容的结构和特点

(一) 教学内容的结构



(二) 教学内容的特点

本章包括两节内容：第1节《现代生物进化理论的由来》和第2节《现代生物进化理论的主要内容》。第1节可用1课时教学，第2节可用4课时教学。

本章首页首先在引言中强调达尔文以来进化理论还在不断发展，并且还存在着争论，为本章内容做铺垫。题图以“贝格尔”号舰在一片苍茫的海上航行的画面为背景，叠印从《物种起源》到现代生物进化理论的各种进化论书籍封面，寓意正如图题诗所说，当年达尔文所乘“贝格尔”号舰虽然远逝，进化论的航程却远未终止；研究生物的进化既非易事，同时又有无穷魅力。

第1节《现代生物进化理论的由来》包括三部分内容：拉马克的进化学说、达尔文的自然选择学说和达尔文以后生物进化理论的发展，其中重点是第二部分，即达尔文的自然选择学说。

课程标准对本章的知识性内容的要求是：说明现代生物进化理论的主要内容，概述生物进化理论与生物多样性的形成。对拉马克和达尔文的进化理论的内容并未提出明确要求。教材中之所以选取拉马克和达尔文进化理论的内容，并作为第1节来安排，主要是出于以下考虑。第一，现代生物进化理论并非无源之水，而是在原有进化理论的基础上发展起来的。教材中重点阐述的现代综合进化理论，其核心仍是达尔文的自然选择学说，同时又弥补了自然选择学说的一些不足。可见介绍现代生物进化理论的由来，有助于学生更好地理解现代生物进化理论。第二，介绍生物进化理论的发展过程，分析拉马克和达尔文的进化理论的重要贡献和历史局限性，有助于学生理解科学不是一个静态的体系，而是一个不断发展的动态过程；在科学领域没有终极真理，存在质疑和争论不仅是正常的，而且能促进科学的进步。

本节的“问题探讨”意在调动学生已有的知识和经验，对蝴蝶翅色的适应意义做出解释，解释过程中会出现新情境与原有知识之间的认知冲突，从而激发学生的求知欲，并且认识到从进化的角度解释生物现象并不简单，出现争论是正

常的。

关于拉马克的进化学说，教材介绍了这一学说的主要观点，指出了它的进步意义，还讲述了拉马克对科学的热爱和敢于坚持真理的精神。关于达尔文的自然选择学说，考虑到学生在初中阶段已经学过，本节教材未做详细讲述，而是以图解形式对这一学说的要点进行概括，并要求学生对这幅图解进行演绎说明。这实际上是对初中所学自然选择知识的复习和应用。接下来，教材以较多笔墨阐述了自然选择学说的重要意义，说明了这一学说的局限性。此外，还以小号楷体字形式讲述了达尔文实事求是地对待自己理论的缺陷的科学态度。

关于达尔文以后生物进化理论的发展，考虑到避免与第二节内容重复，仅从两个最主要的方面进行了概括：一是从性状水平深入到基因水平；二是从个体水平上升到种群水平。

“探讨生物进化观点对人们思想观念的影响”是课程标准中规定的内容，本节教材安排了这样一个“思考与讨论”活动。

第2节《现代生物进化理论的主要内容》包括三小节：第一小节是《种群基因频率的改变与生物进化》；第二小节是《隔离与物种的形成》；第三小节是《共同进化与生物多样性的形成》。其中第一小节可用2课时教学，第二、三小节可各用1课时教学。

本节“问题探讨”并非说拟人化的思考方式在科学研究上有多大意义，目的是调动学生兴趣，促进学生积极的思考。把自己想像成虎体内的一个基因，怎样才能使自己在后代中拥有更多的拷贝呢？那就要表现得比其他基因优秀。怎样才算优秀呢？所控制的性状适应性强。按照高中学生的知识水平，完全可以做这样的思考，这就自然将进化、适应和基因这三个核心概念联系起来，基因频率的概念也呼之欲出。

第一小节包括三部分内容：种群是生物进化的基本单位、突变和基因重组产生进化的原材料、自然选择决定生物进化的方向。为什么说种群是生物进化的基本单位？这是本节的重点和难点之

一。教材主要说明两点。一是说明个体不是进化的基本单位，一个个体适应能力无论多强，如果它的基因不能传给后代，它在进化上就没有贡献，如骡。二是种群是生物繁殖的基本单位，它是指同种生物中一群能够自由交配的个体。如果同种生物的两个异性个体相距遥远，没有机会交配，它们就分别属于两个种群，这两个种群是独立进化的，假以时日，有可能演变为两个物种。需要说明的是，对种群是进化的基本单位的理解，只通过学习教材上这个标题下的内容是不够的，还需要通过后续内容的学习。

在“种群是生物进化的基本单位”标题下，还重点讲述了基因库和基因频率的概念，并安排了“思考与讨论——用数学方法讨论基因频率的变化”。这个“思考与讨论”活动对于学生达成本小节知识目标十分重要，其中第1题实际上涉及群体遗传学中“哈代—温伯格平衡”的内容（教材出于降低难度的考虑，未出现这一名词和相应的数学公式），学生运用学过的遗传学知识完全可以得出答案，认识到在五个假设条件成立时，种群基因频率会保持代代相同。这个活动中的第2、3题，引导学生分析出在自然界这五个假设条件不可能同时具备，因此，种群基因频率会不断变化。这就为本小节第二部分“突变和基因重组产生进化的原材料”奠定了基础。

关于本小节第二部分，由于在本模块遗传部分已经讲述了可遗传变异的三个来源，因此，这里着重讲述突变率以及突变在进化中的意义。

关于本小节第三部分，教材主要通过“探究——自然选择对种群基因频率变化的影响”来完成。这项探究强调的是运用数学方法，而不是用实验材料来实际操作，对科学探究能力的全面提高具有独特价值。

第二小节《隔离与物种的形成》包括物种的概念和隔离在物种形成中的作用两部分。引言与第一小节相衔接，自然引出怎样判断两个种群是否属于一个物种的问题。

关于物种的概念，目前还没有一个完全统一的定义，分类学上的物种主要依据的是形态学标

准，进化论中的物种主要依据的是遗传学标准——以能否自由交配为标准，生态学上又主要以生态要求是否一致为标准。本小节物种定义采取的是遗传学标准。因此，在定义之前有一个状语：“在遗传学和进化论中”。

关于隔离在物种形成中的作用，首先交待了隔离的概念，包括生殖隔离和地理隔离等。接下来安排“资料分析”活动，让学生通过分析加拉帕戈斯群岛上地雀的物种分化过程，来认识隔离在物种形成中的作用。

第三小节《共同进化与生物多样性的形成》包括共同进化、生物多样性的形成和生物进化理论在发展三部分内容。

共同进化包含两层含义：一是不同物种间的共同进化，二是生物与无机环境之间的相互影响和共同演变。关于物种间的共同进化，教材通过两个实例来说明，并且指出捕食者的存在客观上有利于被捕食者种群的发展，有利于增加物种多样性，这对于培养学生的辩证思维具有重要意义，也较好地体现了学习生物学的价值。

关于生物多样性的形成，首先指出生物多样性包括基因多样性、物种多样性和生态系统多样性，接着讲述了生物进化的几个重要阶段。需要说明的是，这里讲述的不仅是物种的更替，而且包括地球环境的变迁和生态系统的演变，包括生物与环境之间的相互作用，体现了共同进化的观点。

在本小节第三部分，教材简单介绍了中性学说和间断平衡说，让学生认识到在进化论领域至今仍有不同观点，进化理论仍在不断发展，同时也再次强调以自然选择学说为核心的进化理论的重要地位。在介绍不同观点时，如何处理主流观点和其他观点之间的关系，教学中仍需要把握好尺度。

三、与学生经验的联系

学生在初中阶段学习过生物进化的内容，知道达尔文的自然选择学说的要点，但是对其局限性尚不了解。在讲述达尔文的自然选择学说时，可以引导学生回忆初中所学知识，做到温故而知

新。教材中涉及的许多实例,学生大都有一定的感性认识,如蝴蝶的翅色、家猪和野猪的区别、蝗虫的交配和产卵、捕食者与被捕食者之间的斗争等。有的学生可能通过媒体或科普书刊,对进化论领域出现的不同观点有所了解,教学中可鼓励这些学生积极发言,参与课堂讨论。

第1节 现代生物进化理论的由来

一、教学目标

1. 举例说出达尔文之前,人们是怎样看待生物进化的。
2. 概述达尔文的自然选择学说的主要内容。
3. 评述达尔文自然选择学说的贡献和局限性。
4. 探讨生物进化观点对人们思想观念的影响。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

- (1) 达尔文自然选择学说的主要内容。
- (2) 分析达尔文自然选择学说的贡献和局限性。
- (3) 探讨生物进化观点对人们思想观念的影响。

2. 教学难点

分析达尔文自然选择学说的局限性

三、教学策略

本章教材的核心是介绍现代生物进化理论。生物进化理论的发展和其他科学理论的发展一样,不是简单的新理论对旧理论的否定和排斥,而是新理论对旧理论的修正、深入和扩展。从拉马克的进化学说到达尔文的自然选择学说,以及现代进化理论的由来,大体都走过了这样的轨迹。这些应该成为处理本节教学内容的基本脉络。

关于拉马克的进化学说,教师可以用提问的方式,引导学生评说其要点,然后教师可以指出,拉马克的进化学说是达尔文学说之前影响最大、

四、与其他章的联系

通过本模块遗传部分的学习,学生已经知道基因的分离定律、自由组合定律、基因突变、基因重组和染色体变异等,还知道基因与性状的关系,这些都是学习本章内容的重要基础。

最为系统的进化理论,并可归纳为以下几点。

1. 生物都不是神创的,而是由更古老的生物繁衍来的。这对当时人们普遍信奉的神创论造成一定冲击,因此具有进步意义。
2. 生物是由低等到高等逐渐进化的。拉马克几乎否认物种的真实存在,认为生物只存在连续变异的个体。
3. 对于生物进化的原因,他认为:一是“用进废退”的法则;二是“获得性遗传”的法则。但这些法则缺乏事实依据,大多来自于主观推测。

达尔文的自然选择学说是本节教学的中心。现代生物进化理论是以自然选择学说为核心,综合了生物学各学科的成就和多种生物进化因素建立起来的,因此,达尔文的自然选择学说是学生理解现代生物进化理论由来的关键。

通过义务教育初中阶段的学习,学生对达尔文生平和达尔文的自然选择学说具有一定的认识。因此,教师可以先让学生介绍关于自然选择学说的主要内容,发表对该学说的看法,甚至可以简单介绍一些否定的说法。

在学生初步的议论之后,教师可以教材中的“达尔文自然选择学说的解释模型”为参照,扼要解说该学说的基本要点。在解说过程中,应充实一些事例,要体现出事实和推论之间的逻辑关系。

在学生理解了达尔文自然选择学说主要内容的基础上,教师应引导学生分析讨论以下几点。

1. 达尔文的学说接受了拉马克关于器官用进废退和获得性遗传的观点,但他承认变异有的可

以遗传,有的不能遗传。他改变了拉马克过分强调“生物内在的自我改进的力量”的观点,在解释适应性的形成时强调自然选择的作用。

2. 达尔文自然选择学说的贡献,在于较好地解释了生物的多样性和适应性,相对系统地解释了生物进化的原因。

3. 达尔文自然选择学说的局限性,在于他未能对遗传和变异的本质做出科学的解释,对生物进化的解释局限在生物个体水平。随着遗传学的“基因遗传”理论的诞生,获得性遗传被大多数学者所摒弃,物种形成的渐变过程无法解释“物种大爆发”现象,基因传递以种群为单位而不是以个体为单位等,使达尔文自然选择学说从诞生起就不断地被质疑、修正,这就是现代生物进化理论的由来。

四、答案和提示

(一) 问题探讨

1. 这是拟态现象,使枯叶蝶不易被天敌发现。
2. 枯叶蝶的祖先种群中出现翅似枯叶的变异个体后,由于这种变异是可遗传的有利变异,这种变异的个体生存和留下后代的机会多,久而久之,使这类蝴蝶具有翅似枯叶的适应性特征。
3. 这与对枯叶蝶适应性的解释看似矛盾。其实,翅色鲜艳的蝴蝶可能具有其他防御敌害的适应性特征,如翅上有类似猛禽眼睛的眼斑,等等。

(二) 思考与讨论

1. 在西方国家,当时“神创论”和“物种不变论”仍占统治地位,人们普遍认为所有的物种都是上帝创造的,自古以来既没有物种的绝灭,也没有新物种的产生。
2. 达尔文认为所有的生物都是由最原始的共同祖先进化而来的,生物界通过自然选择而不断进化,这一观点否定了“神创论”,不能为当时的宗教观念所容,因此,遭到许多人的攻击、谩骂和讥讽。
3. 人类与其他生物有着共同的起源。人类是生物世界的成员,而不是凌驾于其他物种之上的“主宰”。

4. 马克思在这封信中所说“我们的观点”是指辩证唯物主义观点。

5. 激励国人奋发图强,使中华民族能够自立于世界民族之林。

6. “Science aims to discover facts, but leaves us free to choose our own values.”意思是“科学的目的是发现事实,但是却留给我们选择自己价值观的自由”。言外之意是虽然科学否定了上帝造物说,但并不意味着排斥相关的宗教信仰。作者之所以在书的最后一页写这句话,与所在国家的社会文化背景有关。

(三) 旁栏思考题

这是由于受当时遗传学发展水平的限制,人们还没有认识到基因与性状的关系,不清楚可遗传变异的来源。

(四) 练习

基础题

1. B。
2. 按照达尔文的自然选择学说,可以做如下解释:细菌在繁殖过程中会产生各种可遗传的变异,其中就有抗药性强的变异。在未使用抗生素时,抗药性强的变异不是有利变异,这样的个体在生存斗争中不占优势;使用抗生素以后,抗药性弱的个体大量死亡,抗药性强的个体有机会产生更多的后代,一段时间以后,抗生素的杀菌效果就会下降。这一解释未能深入到基因水平,没有说明基因突变在进化中的作用。

拓展题

1. 提示:在自然界,物种的绝灭速率本来是很缓慢的,人类活动大大加快了物种绝灭的速率。现在的许多濒危物种之所以濒危,很大程度上是人为因素造成的。因此,一般来说,人类对濒危物种的保护,是在弥补自己对自然界的过失,不能说是干扰了自然界正常的自然选择。当然,如果某一物种的濒危纯粹是由于这种生物适应能力的低下,或者源于自然灾害,则当别论。
2. 提示:人工环境与自然环境不可能完全隔绝,人也不可能离开自然界而生存,因此,人类的进化不可能完全摆脱自然界的影响。但是,人

类毕竟早已远离风餐露宿、“与狼共舞”的时代，工农业的发展和医疗水平的提高，使得人们的生活条件不断改善，健康水平不断提高，婴幼儿死亡率显著下降，平均寿命显著延长，来自自然界的压力在变小，来自人类社会内部的选择因素在增加。

这两题的目的是活跃思维，不一定求得统一答案，只要学生说出的支持或反对的理由合理即可。

五、参考资料

1. 生物进化论的内容及研究意义

生物进化论是研究关于生物界历史发展一般规律的科学。它研究的内容包括以下几个方面：(1) 地球上生物界产生和发展的历史过程，包括生命的起源、物种的形成和人类的起源等；(2) 生物进化的机制和理论，如遗传变异、自然选择及两者之间的关系，进化的方向、速率和分子基础等；(3) 生物进化与环境的关系；(4) 生物进化论的历史，包括各种流派及其论点等。

生物进化论是生物学的核心理论之一。研究生物进化论，不仅能使人们了解生物进化的规律，还可以促进生物学其他分支学科的发展，使这些分支学科有了统一的理论基础，成为相互联系、彼此印证的统一体系。

研究生物进化论不仅有助于人们理解生命世界，对理解整个自然界乃至人类社会都有帮助。它为唯物辩证法提供了自然史的基础，深刻影响着人们的思想观念。

研究生物进化论还有助于人类的实践活动。“生存竞争、适者生存”的观点，为人们培育动植物的优良品种等提供了理论基础。

2. 拉马克进化论的要点及其评价

拉马克进化论包括以下几个要点。(1) 物种是可变的。包括人类在内的一切物种都是由其他物种演变而来的，而不是神创造的。只是因为物种的变化是缓慢的，而人的寿命是短促的，人们才难以认识到物种的变化过程。(2) 生物是从低等向高等进化的。如果将生物按照它们的相互关

系的自然顺序排列起来，就能得到一个从最低等到最高等的连续系列。他还提出了动物起源表(系统树)。(3) 环境的变化可以引起物种的变化。环境变化直接导致变异的发生，以适应新的环境条件。(4) 用进废退和获得性遗传。这是拉马克论述动物进化原因的两条著名的法则。用进废退即经常使用的器官就发达，不使用就退化。获得性遗传是指环境引起或由于用进废退引起的变化是可以遗传的。这两条法则是拉马克用来解释生物进化原因的主要原理。

拉马克是历史上第一个系统地提出进化理论的学者。这一理论否定了生命世界中某种神秘力量的存在，使人们认识到物种是可变的，而且是由低等向高等不断进化的。这对于进化论的发展乃至整个生物学的发展都起到了重要作用。但是他所提出的用进废退和获得性遗传的观点，却缺少科学证据的支持；他过于强调环境的变化直接导致物种的改变，实际上，环境的变化如果未引起遗传物质的改变，就不会使生物产生可遗传的变异。

3. 达尔文的进化论对生物学的发展有什么作用？有哪些历史的局限性？

19世纪中叶，在达尔文的进化论问世之前，生物学还没有成为一门统一的科学。它的各个分支学科还大都是事实的记载和知识的积累，彼此缺少内在的联系。达尔文进化论的建立，使得动物学、植物学、生理学、古生物学、比较解剖学等分支学科成为相互联系、相互印证的统一体系，有了共同的理论基础——生物界发生和发展的规律性。此后，这些分支学科又有了共同的研究目标，从各个方面研究生命世界的发生和发展规律，并且排除了神创论的束缚，成为一门名副其实的科学。

限于当时的科学发展水平，达尔文当时无法正确阐明生物进化的机制。他同意拉马克获得性遗传的解释，这是不符合现代遗传学原理的。因为只有遗传的变异才具有进化上的价值。关于进化原因的解释，达尔文主要是从个体水平上，用“生存竞争、适者生存”的观点来解释的，比较注重个体存活的进化价值，实际上，进化是群体在

长期繁衍过程中遗传上的变化,适者生存主要是产生更多的后代,而不是杀死竞争对手。达尔文强调物种是通过微小变异的逐渐积累而渐变的,多次强调“自然界没有飞跃”的观点,其实骤变也是物种形成的重要方式。

4. 达尔文的《物种起源》的出版,在社会上引起了哪些反响?

1859年,达尔文的《物种起源》的出版,引起了欧洲文化界的巨大震动。有人称它是“震惊世界的书”。这部书出版后的第一年就卖出了3 800册,不久又被译成各国文字,在世界各国出版。它一方面因为其科学价值受到科学界许多有识之士的支持和赞扬,一方面又由于对宗教观念的猛烈冲击而受到许多人的诋毁和攻击。1860年,牛津自然博物馆举行了一次神创论与进化论的辩论会。当时一位大主教对达尔文的坚定支持者赫胥黎(T. Huxley)问道:“请问您是从祖母一支还是从祖父一支的猴子变来的?”赫胥黎回答:“我宁愿来自猴而不愿来自以文化和口才为偏见和谎言服务的文化人。”类似的争论直到今天仍未完全停止,但是达尔文的生物进化论已经越来越普遍地被人们接受,对人们的思想观念产生了广泛而深刻的影响。

5. 达尔文的进化论对人们的思想观念有哪些影响?

达尔文的进化论对人们思想观念的影响是多方面的。(1)对人们破除迷信、树立科学的世界观具有重要作用。在达尔文之前,西方社会普遍相信创世说所描绘的世界,即上帝有目的地设计的世界:合理安排、完善美妙、永恒不变的世界。而达尔文却给人们描绘了另一个世界:没有造物

主,没有预先的设计,变化无穷、充满竞争、产生和消亡交织、新种和旧种更替的世界;有漫长而曲折的演变历史和难以预测的未来的世界;令科学家们兴奋不已并愿意为探索它的奥秘而献身的世界;需要人类正确看待自身地位、回归到大自然中一员而不是主宰位置的世界。(2)为辩证唯物主义观点提供了自然史的基础。在达尔文的进化论中,唯物主义和辩证法的思想和素材是十分丰富的。它否认自然界有非物质的超自然的特殊力量的存在,系统地揭示了各种生物之间、生物与无机环境之间的普遍联系,阐明了生物产生和发展的过程以及一种生物向另一种生物转化的客观规律。关于自然界中必然性与偶然性、同一性与差异性、原因与结果的关系,都从进化的角度做出了合理的解释。(3)对人类正确认识自身在自然界的地位有重要意义。按照传统的宗教观点,人们是不可能接受人与猴有什么亲缘关系的,人是凌驾于万千物种之上的万物之灵,具有无上的优越地位,可以随意宰割和摆布其他物种。而按照达尔文的进化论,人和猴以及其他更低等的生物,都具有共同的原始祖先,都是生物界长期进化的产物。人类同其他物种一样,都是大自然中的一员。这样的思想观念对人类的影响是非常深刻而长远的。(4)1898年,严复把达尔文学说引入我国。当时正值西方列强欺压甚至要瓜分中国,有识之士将“生存竞争,适者生存”的观点当成唤起国人“自强保种”的警钟,在客观上给中国社会带来积极影响。(5)曾有人将达尔文的观点不恰当地引入社会学领域,出现了“社会达尔文主义”思潮,为社会中尔虞我诈、侵略战争等丑恶现象寻找借口。

第2节 现代生物进化理论的主要内容

一、教学目标

1. 解释种群、种群基因库、基因频率等概念。
2. 运用数学方法讨论种群基因频率的变化。

3. 说明现代生物进化理论的主要内容。

4. 举例说明共同进化和生物多样性形成的原因。

5. 形成生物进化的观点和生物进化理论在发展的观念。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

- (1) 种群、物种、基因频率、隔离等概念。
- (2) 突变和基因重组、自然选择、隔离在生物进化过程中的作用。

2. 教学难点

- (1) 基因频率的概念。
- (2) 自然选择对种群基因频率的影响。
- (3) 隔离在物种形成中的作用。

三、教学策略

上节介绍了达尔文的自然选择学说的主要内容, 在分析该学说贡献的同时, 讨论了它的局限性, 为修正、深入和扩展达尔文自然选择学说埋下了伏笔, 也为本节继续讨论现代生物进化理论奠定了基础。本节是本章教学的重点, 可安排4课时。

本节的引入, 可以从达尔文自然选择学说中某些观点, 与现代遗传学所揭示的遗传和变异的本质之间引发的问题冲突开始, 通过问题探讨, 使学生初步了解一种生物个体的有利变异的基因, 只有在该种生物的某一群体中才能传递、扩散, 这个群体就是种群, 种群是生物进化的基本单位。引发冲突的问题可大可小, 可繁可简, 可具体可抽象。例如, 某种昆虫的翅色是灰色(基因型为 aa), 偶然出现一绿色的变异个体(基因型为 Aa), 如果绿色翅与灰色翅比较, 更适应环境。按照达尔文“适者生存, 不适者淘汰”的观点, 这一有利变异的个体能永远生存下去吗? 该个体中的有利基因 A , 怎样才能世代传递下去? 即使 Aa 的个体能够繁殖, 后代都是绿色个体吗? 通过该问题的探讨, 可以使学生发现, 某个体的有利变异的基因只有在群体中, 通过有性生殖才能世代延续, 另外有利变异个体(Aa)的有性生殖的后代, 还会出现 aa 的个体。因此, 研究生物的进化, 仅仅研究个体的表现型是否与环境相适应是不够的, 还需要研究群体的基因组成变化, 这个

群体就是种群(提出种群的概念)。

关于种群的概念, 教师可以通过几个具体的种群实例, 归纳出以下几点: 种群与种的区别; 种群是繁殖的单位; 研究生物性状的维持和变化不能立足于个体的变化, 只能以种群为单位。因此, 要从研究种群中全部个体所含有的全部基因入手(引出基因库的概念)。

对于基因库的概念, 学生是容易理解的, 不必花费过多的时间。在此, 教师应该指出, 基因频率是分析和描述基因库中基因组成的重要概念, 并指导学生练习计算基因频率的方法。在学生理解了基因库的基本含义, 以及学会了基因频率的计算方法后, 教师可以引出: 一个种群基因库中的基因频率, 在子代又会怎样呢?

关于用数学方法讨论基因频率的变化, 可以采用教材“思考与讨论”中所设计的顺序和方式进行, 也可以先依据孟德尔遗传定律, 从亲代的基因型频率, 计算子代的基因型频率和基因频率, 如果时间允许, 还可以继续计算子二代、子三代的基因型频率和基因频率。如果采用后一种方式, 在计算后, 教师应引导学生从中概括出: 依据孟德尔遗传法则, 一个种群的等位基因频率, 在上下代是稳定不变的, 也就是说种群是稳定不变的。这种现象在自然界的种群中会发生吗? 由此引发学生讨论。在学生讨论的基础上, 教师和学生共同得出, 自然界中种群的基因频率要稳定不变(不进化), 必须满足以下几点: ①该种群非常大; ②所有的雌雄个体都能自由交配; ③没有迁入和迁出; ④自然选择对不同表现型的个体没有作用; ⑤这对基因不发生突变, 并且携带这对基因的染色体不发生变异。显然, 同时满足以上5个条件是不可能的, 即使前4个条件可以满足, 基因突变和染色体变异总会发生的。通过讨论基因频率的变化可以认识到, 自然界中种群的基因频率一定会发生变化, 也就是说种群的进化是必然的。(第一课时可到此结束)

第二课时的引入, 可以从复习在自然界中影响种群基因频率的因素入手, 引出变异和自然选择对基因频率的影响。

关于突变和基因重组产生进化的原材料,教师应强调只有可遗传的变异,才对生物进化产生影响。让学生回答可遗传变异的来源,即基因突变、基因重组和染色体变异。教师可以举几个典型实例,介绍三种变异的特点,以及对基因频率的影响。在这里还应该强调,突变和重组都是随机的、不定向的,因此,它们可以改变基因频率,但不能决定基因频率改变的方向,也就是说,它们只是提供了生物进化的原始材料,不能决定生物进化的方向。生物进化方向又是由什么因素决定的呢?(引入自然选择的作用)

探究“自然选择对种群基因频率变化的影响”是本节课的重点和难点。教师可以依据教学班的实际情况,以方便学生讨论为原则,将教学班分成若干小组。关于探究活动的教学,教师应注意以下几点。

1. 指导学生阅读桦尺蠖种群变化的资料(教师可以导读教材相关部分),依据这些事实明确提出问题。

2. 作出假设。针对事实和问题,依据学生已有的知识背景提出假设。在这里,假设可以是:黑褐色的生活环境,不利于浅色桦尺蠖的生存,对黑色桦尺蠖生存有利,这种环境的选择作用使该种群的S基因的频率越来越低,即自然选择可以使种群的基因频率发生定向改变。

3. 制定探究方案,可以根据学生情况灵活处理。一般情况下,可以直接使用教材提供的问题情境。可以先指导学生,依据假设计算第2年的基因型频率和基因频率,即:如果第1年种群个体数为100个,当黑色(表现型)个体每年增加10%时,基因型为SS(黑色)个体第2年将会增加到11个,基因型为Ss(黑色)个体第2年将增加到22个,基因型为ss(浅色)个体第2年将减少到63个。第2年种群个体总数为96个,基因型SS的频率是 $11 \div 96 = 11.5\%$;基因型Ss的频率是 $22 \div 96 = 22.9\%$;基因型ss的频率是 $63 \div 96 = 65.6\%$ 。在学生理解了计算方法后,可独立计算以后年份的基因型频率和基因频率,从中找出规律。

4. 在分析计算结果的基础上,应要求学生讨

论教材中设置的两个讨论题。使学生理解,在黑色背景下,浅色桦尺蠖被天敌发现和捕食的概率大于黑色的桦尺蠖,但不影响桦尺蠖的生存和繁殖,直接受选择的是表现型。

探究之后,教师应强调,在自然选择的作用下,可以使基因频率发生定向改变,决定生物进化的方向。(第二课时可到此结束)

关于“隔离与物种的形成”内容的教学,可直接使用教材中的引言,引出物种的概念。指出人们是如何定义物种的,至于为什么如此定义物种可以不深究,教师应着重引导学生依据物种定义,举例说明并区分物种。学生理解物种概念后,教师可以再提出曼彻斯特地区的桦尺蠖,虽然基因频率发生很大的定向变化,但并没有形成新物种的原因,并通过师生讨论得出,只要物种的种群之间和种群内部个体之间,没有形成生殖隔离,基因交流就不会停止,遗传组成的差异就不会增大,新物种就难以形成。什么因素可以阻止种群间基因交流呢?由此可引出隔离的概念。

学生初步理解隔离的概念之后,可以安排学生讨论隔离的各种可能的方式,教师归纳出隔离的类型。然后组织学生阅读分析教材中的“资料分析”,组织讨论“资料分析”中提出的几个问题。最后教师应强调,一般情况下,地理隔离是生殖隔离的先决条件,生殖隔离一旦形成,原来属于一个物种的两个种群,就成了两个物种。(第三课时可到此结束)

关于“共同进化与生物多样性的形成”内容的教学,可以学生自学为基础,教师提出一些具有启发性的问题,师生共同归纳总结的方式推进教学过程。使学生理解共同进化的含义,无机环境的变化、无机环境的复杂化和多样化、有性生殖的出现和生态系统结构的复杂化和多样化对生物多样性形成的作用。

最后,组织学生讨论生物进化理论在发展。

四、答案和提示

(一) 问题探讨

提示:学生可以按如下思路展开想像:一个

基因所控制的性状,对个体生存和繁殖后代的贡献越大,拥有该基因的个体就可能越多。

(二) 思考与讨论一

1. (1) A 配子占 60%, a 配子占 40%。

(2) 子代基因型频率: AA 占 36%; Aa 占 48%; aa 占 16%。

(3) 子代基因频率: A 占 60%; a 占 40%。

(4)

亲代基因型的频率	AA(30%)	Aa(60%)	aa(10%)
配子的比率	A(30%)	A(30%) a(30%)	a(10%)
子代基因型频率	AA(36%)	Aa(48%)	aa(16%)
子代基因频率	A(60%)	a(40%)	

种群的基因频率会同子一代一样。

2. 对自然界的种群来说,这五个条件不可能同时都成立。例如,翅色与环境色彩较一致的,被天敌发现的机会就少些。

3. 突变产生的新基因会使种群的基因频率发生变化。基因 A₂ 的频率是增加还是减少,要看这一突变对生物体是有益的还是有害的。

(三) 探究

1. 树干变黑会影响桦尺蠖种群中浅色个体的出生率,这是因为许多浅色个体可能在没有交配、产卵前就被天敌捕食。

2. 是表现型。比如,天敌看到的是桦尺蠖的体色而不是控制体色的基因。

(四) 资料分析

1. 由于这两个种群的个体数量都不够多,基因频率可能是不一样的。

2. 不一样。因为突变是随机发生的。

3. 不同岛屿的地形和植被条件不一样,因此环境的作用会有差别,导致种群基因频率朝不同的方向改变。

4. 不会。因为个体间有基因的交流。

(五) 旁栏思考题

最先在裸露的岩石上生长的生物往往是地衣,

地衣的出现促进岩石的分解,形成土壤,为苔藓植物的生长创造条件。

(六) 技能训练

1. 假说甲:红褐色鱼和金黄色鱼起源于同一种灰色鱼。假说乙:湖 I 中原来只有红褐色鱼,湖 II 中原来只有金黄色鱼,发洪水时,这两个湖中的鱼发生混杂在一起。

2. 假说甲没有考虑到隔离在物种形成中的作用,也没有考虑洪水的作用。

3. 这一证据支持假说乙。

4. 如果红褐色鱼和金黄色鱼不能杂交,或杂交后不能产生可育后代,说明它们不是一个物种。

(七) 思考与讨论二

1. 最早出现的生物是厌氧的单细胞生物,它们生活在海洋中。

2. 多细胞生物大约是在寒武纪出现的,它们生活在海洋中。

3. 最早登陆的生物是植物,否则动物登陆后就会饿死。

4. 当时陆地上还是一片荒芜,生物都生活在海洋中。

5. 恐龙是在中生代后期绝灭的。物种绝灭对生物多样性的影响是复杂的。恐龙的绝灭有利于哺乳动物的繁盛。

(八) 第一小节练习

基础题

1. C。

2. C。

3. C。

4. 突变和基因重组产生进化的原材料。如果没有突变,就不可能产生新的等位基因,基因重组也就没有意义,生物就不可能产生可遗传的变异,也就不可能进化。

拓展题

1. 提示:如选择育种和杂交育种。

2. 提示:如果气候等其他条件也合适,并且这个种群具有一定的繁殖能力,该种群的个体数会迅速增加。否则,也可能仍然处于濒危状态甚至绝灭。

(九) 第二小节练习

基础题

1. (1) √; (2) √; (3) √。

2. 生活在峡谷北侧的种群发生了突变, 由于突变的随机性, 同样的突变没有发生在峡谷南侧的种群中。由于这两个种群被河流隔开, 彼此没有交配的机会, 也就是没有基因的交流, 所以两个种群发生明显的分化, 有可能演变成两个物种。

拓展题

提示: 雄虎和雌狮杂交生出的后代是虎狮兽, 雄狮和雌虎杂交生出的后代是狮虎兽。目前还没有虎狮兽和狮虎兽交配并生出可育后代的证据。

对人们让虎和狮杂交生出更具观赏价值后代的做法, 学生可自由发表看法。

补充资料: 1981年, 世界首例狮虎兽诞生于法国, 2001年病死。2002年8月22日, 我国首例虎狮兽在南京红山动物园降生, 仅7 d就夭折了。2002年9月2日, 在福州国家森林公园动物园降生了3只虎狮兽, 仅1只成活。2003年3月27日, 在湖南长沙世界之窗降生了1只虎狮兽。国内还有从国外引进狮虎兽进行饲养、供游人观赏的事例。对于让虎和狮杂交的做法, 有专家认为这在科学研究上价值不大, 但是在商业上具有一定价值。有专家认为, 对待野生珍稀动物, 人类最应当做的是进行保护, 让它们自然繁殖, 而不是人为改变其自然繁殖体系。

(十) 第三小节练习

基础题

1. (1) √; (2) ×; (3) ×。

2. C。

3. 有性生殖的出现, 使基因重组得以实现, 增加了生物变异的多样性, 因而使生物进化的速度明显加快。

拓展题

1. 提示: 假如那样, 生物界纷繁复杂的现象就很难用统一的观点和理论来解释, 作为生物学基本观点之一的进化观点将难以建立, 生物学就不可能形成现在这样一个科学的框架体系, 学习生物学将缺少基本观点和方法的指导和统领。

2. 提示: 生态指的是生物与环境的相互关系, 进化指的是生物界的历史演变; 如果把进化看做由各种生物表演的一部历史剧, 那么, 上演这部历史剧的舞台就是生物与环境之间复杂的相互关系。物种进化的表演受舞台背景的制约, 舞台背景也要与上演的内容相协调。

五、参考资料

1. 为什么说个体不是生物进化的基本单位?

认识生物界最直观、最具体的对象是生物个体, 因为生物的基本特征是体现在个体上的: 繁殖、遗传和变异都发生在个体上。因此, 达尔文视生物个体为进化的基本单位, 认为自然选择作用的是个体, 进化表现为个体在遗传组成和性状上的改变。现代进化论的研究表明, 个体不是进化的基本单位, 理由如下。(1) 就原核生物和无性繁殖的真核生物来说, 来自同一亲本的无性繁殖系是由遗传上相同的个体组成的, 同一克隆内的个体之间没有遗传差异, 自然选择作用的是无性繁殖系。(2) 对于有性生殖的生物来说, 个体的基因型是终身不变的, 无论它在自然选择中具有多大优势, 其基因型也不可能一成不变地传给下一代个体, 这是因为个体的基因组成来自父母双方。但是就一个种群来说, 种群中全部基因的总和(基因库)却可以在传宗接代过程中维持相对稳定, 因此, 自然选择作用的是种群, 本质上是种群基因库。也可以这样理解: 种群中个体的基因来自种群基因库, 个体死亡后又通过其后代把基因归还给基因库。如果一个个体不能与种群中其他个体交配产生后代, 这个个体在进化上就没有意义。

2. 遗传平衡定律

种群的基因频率能否保持稳定呢? 英国数学家哈代(G. H. Hardy, 1877—1947)和德国医生温伯格(W. Weinberg, 1862—1937)分别于1908年和1909年独立证明, 如果一个种群符合下列条件: (1) 种群是极大的; (2) 种群个体间的交配是随机的, 也就是说种群中每一个个体与种群中其他个体的交配机会是相等的; (3) 没有突变产生; (4) 种

群之间不存在个体的迁移或基因交流；(5) 没有自然选择，那么，这个种群的基因频率（包括基因型频率）就可以一代代稳定不变，保持平衡。这就是遗传平衡定律，也称哈代—温伯格平衡。

遗传平衡定律的推导包括三个步骤：(1) 从亲本到所产生的配子；(2) 从配子的结合到子一代（或合子）的基因型；(3) 从子一代（或合子）的基因型到子代的基因频率。下面用一个例子来说明。

在一个兔种群中，有一半的兔体内有白色脂肪，基因型为 YY，另一半的兔体内有黄色脂肪，基因型为 yy。那么，这个种群中的基因 Y 和基因 y 的频率都是 0.5。

在有性生殖过程中，在满足上述五个条件的情况下，这个种群产生的具有 Y 和 y 基因的精子的比例是 0.5 : 0.5，产生的具有 Y 和 y 基因的卵细胞的比例也是 0.5 : 0.5。有性生殖的结果，根据孟德尔遗传规律，产生的子一代具有三种基因型，并且它们之间的比例是：

精子 \ 卵细胞	0.5Y	0.5y
	0.5Y	0.5y
0.5Y	0.25YY	0.25Yy
0.5y	0.25Yy	0.25yy

由此可见，子一代基因型 YY、Yy、yy 的频率分别是 0.25、0.50 和 0.25。那么，子一代中各基因的频率分别是：

$$Y = 0.25 + \frac{1}{2} (0.50) = 0.50$$

$$y = \frac{1}{2} (0.50) + 0.25 = 0.50$$

因此，子一代中基因 Y 和基因 y 的频率不变，仍然是 0.50 : 0.50。如果继续满足上述五个条件，这个种群中基因 Y 和基因 y 的频率将永远保持 0.50 : 0.50，而基因型 YY、Yy、yy 的频率也会一直保持 0.25、0.50 和 0.25。

如果用 p 代表基因 Y 的频率，q 代表基因 y 的频率。那么，遗传平衡定律可以写成：

$$(p+q)^2 = p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

p^2 代表一个等位基因（如 Y）纯合子的频率，

q^2 代表另一个等位基因（如 y）纯合子的频率， $2pq$ 代表杂合子（如 Yy）的频率。如果一种群达到了遗传平衡，其基因型频率应当符合 $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ 。

遗传平衡所指的种群是理想的种群，在自然条件下，这样的种群是不存在的。这也从反面说明了在自然界中，种群的基因频率迟早要发生变化，也就是说种群的进化是必然的。

3. 遗传漂变及其在生物进化中的作用

在群体遗传学中，把由于小群体引起的基因频率随机减少甚至丢失的现象称为遗传漂变。例如，在一个种群中，某种基因的频率为 1%，如果这个种群有 100 万个个体，含这种基因的个体数就有成千上万个。如果这个种群只有 50 个个体，那么就意味着只有一个个体具有这种基因。在后一种情况下，可能会由于这个个体偶然死亡或没有交配，而使这种基因在种群中消失。一般来说，种群越小，遗传漂变就越显著。可见遗传漂变也是造成种群基因频率变化的原因。一个迁入新环境的种群，如果初始数量较小，种群基因频率很可能因遗传漂变发生变化，造成与原来所在种群的差异，可见遗传漂变在进化上有重要作用。

4. “工业黑化”现象

据文献记载，英国最早受工业化影响的桦尺蠖的第一个黑色个体标本是 1848 年在曼彻斯特捉到的。到 1895 年，曼彻斯特地区桦尺蠖种群的 98% 的个体已经是黑色的了。20 世纪 20 年代，一位生物学家用拉马克理论解释黑化现象。他认为污染的空气改变了桦尺蠖的生理，使桦尺蠖体内产生过多的黑色素而造成黑化现象。他把几种鳞翅目昆虫的幼虫放在硫化氢、氨等有毒气体中处理，结果没有发现昆虫体内黑色素增多。另一些学者推测，工业污染可能使黑色突变率增高，但后来的实验不能证明这个推测。直到 20 世纪 50 年代，通过实验室的遗传学分析和野外生态学观察统计，才终于揭开了工业黑化之谜——是环境的变化起到的选择作用。比如，有人做过这样的实验：将暗黑色桦尺蠖和灰白色桦尺蠖标记后，放养在工业区和没有污染的非工业区，经过一段

时间后,将所释放的桦尺蠖进行回收,结果在工业区回收的暗黑色桦尺蠖远多于灰白色桦尺蠖,而在没有污染的非工业区,回收的灰白色桦尺蠖远多于暗黑色桦尺蠖。

5. 自然选择的类型

根据种群内基因频率改变的情况,可以把自然选择分为稳定性选择、单向性选择和分裂性选择三种类型。

稳定性选择 就是把种群中趋于极端的变异个体淘汰,而保留那些中间型的个体,使生物的性状更趋于稳定。这种类型的选择大多出现在环境相对稳定的种群中,选择的结果是性状的变异范围不断缩小,种群的基因型组成更加趋于纯合。例如,在美国的一次大风暴后,有人搜集了136只受伤的麻雀,把它们饲养起来,结果活下来72只,死去64只。在死去的个体中,大部分是个体比较大、变异类型比较特殊的;而在存活的麻雀中,各种性状大都与平均值相近。这表明离开常态型的变异个体容易被淘汰。

单向性选择 是在种群中保留趋向于某一极端的变异个体,而淘汰另一极端的个体,从而使种群中某些基因频率逐代增加,而它的等位基因频率逐代减少,整个种群的基因频率朝着某一个方向变化。这种选择的结果也会使变异的范围逐渐缩小,种群的基因型组成趋于纯合。单向性选择多见于环境条件逐渐发生变化的种群中,例如,桦尺蠖的黑化现象就是这种选择的结果。

分裂性选择 就是把种群中的极端变异个体按不同方向保留下来,而中间常态型大为减少。这种类型的选择也是在环境发生变化的情况下进行的。当原来的生存环境分隔为若干个小生境,或者当种群向不同的地区扩展时,都会发生分裂性选择。以一对等位基因来说,AA和aa可能分别适应于不同的小生境,而Aa的表现型可能对这两种小生境都不适应,这样,在这两种小生境中,交配繁殖可能都发生在基因型为AA或aa的个体之间,而具有杂合基因型(Aa)的个体在这两个种群中会逐代减少并且趋于消失。克格伦岛上的昆虫只有残翅(无翅)和翅特别发达两种类型,

而具有一般飞行能力的昆虫则逐渐被淘汰,可以说就是分裂性选择的结果。

6. 物种的概念及鉴定标准

任何生物在分类学上都归属于一个物种。物种是生物分类的基本单位,但是不能因此而理解为物种是人为制定的单位。物种是客观存在的。

一般认为,物种是形态上类似的、彼此能够交配的、要求类似环境条件的生物个体的总和。鉴定物种的标准包括形态学标准、遗传学标准、生态学标准和生物地理学标准等。在分类学上主要以形态学标准为依据,通过比较形态上的相似程度来鉴定。在遗传学和进化论中主要以能否自由交配为标准。凡属于同一个种的个体,一般能自由交配,并能产生可育的后代。此外,有时还以生态要求是否一致(生态学标准)、分布范围是否一致(生物地理学标准)作为鉴定的依据。

7. 隔离的类型

隔离的种类很多,首先可以分为地理隔离和生殖隔离。生殖隔离又可以分为以下两大类:如果发生在受精以前,就叫做受精前的生殖隔离;如果发生在受精以后,就叫做受精后的生殖隔离。

受精前的生殖隔离 受精前的生殖隔离包括生态隔离、季节隔离、行为隔离、机械隔离、配子隔离等。

生态隔离是指同一物种的不同种群生活在同一区域内的不同生境内,而造成的不能交配。例如,体虱和头虱由于寄生场所不同,已经形成了不同的适应性特征,虽然在某种条件下,它们也能够相互杂交,但后代中会出现不正常的个体。这表明经过生态隔离,二者已经产生了一定程度的分化。

季节隔离是指因交配或开花时期发生在不同的季节而引起的隔离。例如,大西洋鲱鱼形成了分布区域很广的几个种群,有些在春季产卵,有些则在秋季产卵,因此,这些种群之间不能杂交。

行为隔离指不同物种之间由于两性间求偶或交配等行为不同,而阻止了它们之间的相互交配。例如,鸟、蛙、昆虫等在求偶季节发出一定的鸣叫声,同种的雌性动物会应声前来,而异种的雌性动物则无反应。关于行为隔离,有人曾做过这

样一个实验：将 10 只雄果蝇和 10 只雌果蝇放在一起培养若干天，如果雌、雄果蝇是同一物种，大部分雌蝇就会受精；如果是不同物种，则只有极少数受精。在求偶过程中，导致同一物种雌、雄果蝇相互识别的刺激，既有化学的、视觉的，也有听觉和触（触须）觉的。这在哺乳动物等也是一样的。

机械隔离也称形态隔离，是指不同种群的生物因生殖器官的大小和形状不同，而使交配无法进行。例如，一些植物因花的形态不同，而造成它们之间不能受粉。

配子隔离是指个体之间可以交配或受粉，但是不能发生受精作用。例如，有些动物虽然交配成功，但精子在异种雌性动物的生殖道内会失去功能。在植物中，一种植物的花粉在另一种植物的柱头上不能萌发，或萌发后花粉管生长缓慢等，结果也不能受精。

受精后的生殖隔离 受精后的生殖隔离包括杂种不活、杂种不育、杂种败育等。

杂种不活是指不同种生物间交配、受精后，形成的杂种胚胎不能正常发育，或杂种后代出生后，能够生活一段时间，但在生育年龄以前就会死去。例如，山羊和绵羊的杂种，胚胎早期生长正常，但多数在出生前就会死去。

杂种不育是指交配后能够产生正常、成熟的杂种后代，但杂种后代却不能生育。造成杂种不育的原因很多，有的是性腺发育不全，有的则是因为生殖细胞不能进行减数分裂等。例如，马和驴杂交，产生的骡能够正常发育，但骡不能生育。这是因为马的染色体数目是 64，驴的是 62，那么，骡的染色体数目就是 63。这样，骡的原始生殖细胞在进行减数分裂时，由于染色体不能正常配对，就不能形成成熟的配子。

杂种败育是指形成的杂种后代不育或活力下降。例如，树棉和草棉之间能够杂交，并且形成健壮、可育的 F_1 ，但 F_2 则十分少见。这是因为 F_1 的种子通常不能萌发，或萌发后长出的幼苗很瘦弱，不久就会死亡。这就是说， F_2 在自然选择过程中被淘汰了。

以上这些生殖隔离机制在两个物种之间不一定同时发生，但是，物种间经常会同时出现两种或两种以上的生殖隔离，如既有生态隔离，又有行为隔离。

8. 加拉帕戈斯群岛上地雀的物种分化过程

加拉帕戈斯群岛位于南美洲西海岸外的太平洋上，距南美洲海岸约 1 000 km，在厄瓜多尔远海，由 13 个大岛和 6 个小岛组成。这些岛屿均源于火山爆发，形成于大约 300 万~500 万年前的地质年代，不同岛屿之间隔水相望，有的相距一百多公里之遥。各岛生境有明显不同，有的小岛上布满荆棘丛生的灌丛，有的大岛的高海拔地带生长着茂密的森林。这些岛最初形成时，没有任何生物栖息，后来出现的生物都是借助海水或大风从大陆迁移过来的。迁来的生物中就有地雀。当时地雀只有一种。这些地雀散布在群岛的各种生境中，并且出现各种变异。由于各种生境的环境不同，经过长期的自然选择和隔离，出现了物种分化，形成 13 种地雀。例如，栖息在地面上的种类，一般以植物的种子为食，不同种类的地雀喙的大小不同，适于吃不同大小的种子；栖息在树上的种类适于吃昆虫、植物的芽和果实（详见表 15）。

表 15 加拉帕戈斯群岛上的地雀

名称	食性	分布
尖嘴地雀	以植物为食	菲尔南迪纳岛、圣地亚哥岛、吉诺韦萨岛
仙人掌地雀	以植物为食	除菲尔南迪纳岛、吉诺韦萨岛和西班牙岛外所有岛
大仙人掌地雀	以仙人掌花为食	吉诺韦萨岛和西班牙岛
剪地雀	以植物为食	除西班牙岛和吉诺韦萨岛外所有岛
小地雀	以植物为食	除吉诺韦萨岛外所有岛
大嘴地雀	以植物为食	除西班牙岛外所有岛
素食雀	以植物为食	除西班牙岛、圣菲岛和吉诺韦萨岛外所有岛
小树雀	以昆虫为食	除吉诺韦萨岛、马切纳岛、西班牙岛和弗洛雷阿纳岛外所有岛

续表

名称	食性	分布
大树雀	以昆虫为食	除西班牙岛和吉诺韦萨岛外所有岛
查理树雀	以植物为食	只在马切纳岛
红木树雀	以昆虫为食	只在伊莎贝拉岛
莺雀	以昆虫为食	除圣克里斯托瓦尔岛外所有岛
鸢形树雀	以昆虫为食	除马切纳岛、西班牙岛、圣菲岛、吉诺韦萨岛、弗洛雷阿纳岛外所有岛

9. 生物为什么以物种的形式存在?

物种之间在形态上有明显的差异,在生殖上有隔离现象。生物为什么以物种的形式存在呢?这可以从以下几个方面来考虑。

(1) 物种的分化是生物对环境异质性的应答。生物所处的环境在时间和空间上都是变化多样的,这就是环境的异质性。环境的异质性对生物起着不同的选择作用,导致生物适应性的差异。能飞的鸟跑不快,擅跑的鸟不善飞。生物圈在进化过程中歧异度的增长意味着生境的扩大。

(2) 物种间的不连续性抵消了有性生殖带来的遗传不稳定性。有性生殖实现基因重组,导致变异量增大,同时也带来不利的影响,个体基因组成不能稳定地遗传给后代。没有种间的生殖隔离,就不能通过进化获得新的适应特征,而且会使已经获得的适应性因杂交而丢失。

(3) 物种的更替使生物与环境之间实现对立统一。物种具有遗传上的稳定性,而环境是不断变化的。物种的更替体现了生物与环境之间既协调又冲突的复杂关系,物种的绝灭和新种的形成意味着新的生态关系的建立,表明生物与环境之间从不平衡又达到新的平衡。

(4) 物种是生态系统中的功能单位。不同的物种在生态系统中占据不同的空间和资源,处于食物链的不同环节,因此,物种是生态系统中物质与能量转移和转换的环节,是维持生态系统中能流、物流和信息流的关键。

10. 共同进化理论的提出

20世纪初,俄国学者克鲁泡特金为了反驳达尔文的生存竞争说,写了一本叫做《互助论》的书,书中列举了许多种间互助互利的事实。例如,蚂蚁能保护蚜虫,蚜虫分泌的汁液给蚂蚁提供营养物质;蜜蜂与开花植物的关系不仅是互利的,也是相互适应的。这种观点实际上是对达尔文生存竞争说的一种补充。

20世纪70年代,共同进化(也称协同进化)一词开始使用,但是定义并不一致。有人将它定义为“在进化过程中,每种基因型的适合度依赖于群体密度和物种本身的遗传组成以及与之相作用的物种”。又有人更明确地指出,协同进化应该是在两个或多个物种中,每一物种遗传组成的改变是对另一物种遗传改变的回应。意思是两个或多个物种彼此作为回应而特异地、相互依赖地发生演化。

不久人们便认识到,上述观点是针对单独的一对物种来说的,而在自然界,大多数物种要与各种各样的猎物或捕食者发生相互作用,协同进化的情形要比最初定义的情形复杂得多。

随着生态学的发展,人们认识到,任何物种的进化都不可能脱离生态系统这个背景。环境的变迁并不完全是来自环境自身的原因,而是在很大程度上受到物种进化的影响;随着生物的进化,生物与环境相互作用,使得生态系统也在进化。这样,共同进化这一概念就不再局限在物种之间,也包括生物与无机环境之间的相互关系的变化。

11. 氧化性大气出现的意义

自养型生物产生的氧,使大气的组成发生了变化,由还原性大气转变成了氧化性大气。氧气性大气的出现,又导致了臭氧层的形成和有氧呼吸的产生,这在生物进化史上具有十分重要的意义。

臭氧层的形成 臭氧分子由3个氧原子组成。在紫外线、雷电的作用下,空气中的氧就会形成臭氧。在生命起源的早期,紫外线是无机小分子形成有机小分子的主要能源。但在生物大分子产生之后,由于紫外线能够促使生物大分子的分解,

而成为破坏因素。臭氧层的出现,阻止了紫外线对地面的直接辐射,保护了地球上的生命,并使它们能够进一步发展。

有氧呼吸的产生 最初的原始生命在无氧条件下,是通过分解氨基酸、糖类及脂肪获取能量的(即进行无氧呼吸),或者依靠无机氧化物的还原获取能量。但这两个过程释放的能量都比较少。在大气层中有了氧气以后,一些原始的生物,通过突变和自然选择,逐步产生了进行有氧呼吸的生物类型。 1 mol 的葡萄糖通过有氧呼吸产生的ATP是无氧呼吸的18倍,因此,在自然选择过程中,能进行有氧呼吸的生物,由于产能效率高而获得了更大的发展。

12. 真核细胞的起源和多细胞生物的出现

真核生物是由原核生物进化而来的,这在学术界已无异议。但是,原核细胞是如何进化成真核细胞的,目前尚无一致的结论,主要有两种观点:直接演化和内共生起源。

不少人认为真核生物是通过遗传变异和自然选择逐步地由原核生物演化而来的。他们认为自然界仍存在由原核生物向真核生物过渡的类群,如蓝藻比细菌更接近真核细胞,能够进行释放氧气的光合作用,具有某些与真核植物细胞共同的色素成分,具有简单的膜结构——囊泡系统。又如,原绿藻具有与绿藻和高等植物相同的色素,含叶绿素a和叶绿素b,而没有蓝藻所特有的藻胆素蛋白,但其细胞结构与蓝藻相似,属于原核生物。直接演化说的最大难点在于解释真核细胞内具有双层膜的细胞核和细胞器的起源。

内共生学说认为,真核细胞是通过若干不同种类的原核细胞生物结合共生而形成的。最早提出这一学说的是希梅普(A. W. Schimper),他于1883年观察到绿藻和高等植物的叶绿体能够自行进行分裂,并发现这些叶绿体在形态上与蓝藻相似,由此提出叶绿体起源于寄生在细胞内的蓝藻的说法。后来又有科学家提出线粒体起源于在细胞内共生的细菌。到20世纪60年代,随着电子显微镜技术的发展,人们更深入地观察到叶绿体与蓝藻结构的相似性,加上在自然界发现的共生

现象,越来越多的人支持内共生起源说。但是,这一学说还不能很好地解释细胞核的起源。

关于最早的真核生物的化石证据,目前还没有一致的看法。一般认为真核细胞只能出现在大气圈中氧含量增加到一定程度之后。这是因为真核细胞进行有氧呼吸,而且不能抵御强烈紫外线的辐射,只有当臭氧层形成以后,真核生物才能生存。目前发现的最早的真核生物的化石是大约形成于19亿年前的一种球形微生物。

关于多细胞生物的起源,目前已知的比较可信的多细胞植物化石,大约形成于距今6.5亿年前的前寒武纪晚期,多细胞动物的化石记录是从最早的埃迪卡拉“动物群”化石开始的,约在距今5.6亿~6亿年前,也属于前寒武纪晚期,不过对此仍有争论。

13. 最早登陆的植物和动物

哪一类生物最早从海洋移居到陆地上?现在一般认为,蓝藻,也称蓝细菌,是最早移居到陆地上的生物。蓝藻曾广泛分布于海洋中,现代的蓝藻生活在淡水和地表,可以在干旱的陆地表面形成被壳。绿藻也可能是最早登陆的生物。随后是真菌和地衣。

根据细胞结构和生物化学等方面的相似性,人们推测,可能古生代的某些轮藻(绿藻的类群之一)是现有陆生绿色植物(苔藓、蕨类和种子植物)的祖先。

目前已经发现的早期陆生动物化石,大多是节肢动物,如昆虫、蜘蛛等,它们出现的年代大约在4亿年之前。大约在晚期泥盆世,四足的脊椎动物也迁移到陆地环境中。

14. 中性学说以及对中性学说的评价

20世纪60年代以来,基于对蛋白质和核酸分子的进化改变的研究,分子进化论这门新兴学科开始兴起。最早提出分子进化中性学说(neutral theory of molecular evolution)的是日本学者木村资生(1968年)。1969年,美国学者金(J. K. King)和朱克斯(T. H. Jukes)也发表了主张中性学说的论文,名为《非达尔文主义进化论》(Non Darwinian Evolution)。

中性学说的中心论点是：分子层次上的生物进化不是由自然选择作用于有利突变引起的，而是在连续的突变压之下，由选择中性或非常接近中性的突变的随机固定造成的。这里所说的选择中性的突变是指对当前适应度没有影响的突变。

中性学说的主要论据是：分子层次上的大多数突变是选择中性的；蛋白质和核酸的进化速率高而且相对恒定；突变压在进化中的作用得到越来越多的证实；按群体遗传学的数学模式计算出来的自然选择代价过高，不符合实际情况。

中性学说提出之后，一些学者强调它与自然选择学说之间的矛盾，认为二者之间只能有一个是正确的。其实连中性学说的创始人木村资生也不是对自然选择学说完全否定，他曾经说过：“中性说是始终以分子水平结构来提问题的。至于表现型水平，我没有讲过什么。……这只有用达尔文自然选择学说来解释吧！”他还指出，至少有一小部分突变具有适应意义而受到自然选择的惠顾。

科学发展过程中往往不是一个新理论的出现就完全否定了先前的理论，而是对原有理论做出补充、修正和发展。一定理论可以应用于一定的范围，解释一定层次上的现象，但却往往不能应用于其他层次或范围。中性学说是在分子层次上研究进化的理论，它揭示了分子进化规律，并且强调了随机因素和突变压在进化中的作用，这是对综合进化理论的补充。选择只作用于表现型，不能直接作用于分子，因此，中性学说虽然很好地解释了分子多态性的起源，但却未能解释表现型的适应进化。

15. 渐变论与骤变论争论的焦点和各自的论据

按照达尔文的进化理论，生物是在长期的、连续的渐变中进化的，各种适应性特征的形成来源于微小的有利变异的逐渐积累。综合进化理论从群体遗传学的角度对渐变的机制做出了更深入的阐述。骤变论者不同意这样的观点，他们认为生物的新种是骤变产生的。骤变论的系统提出者是德弗里斯(H. de Vries)。他在月见草的研究中得到许多新的变异类型，其中有的植株粗，有的

特别短，有的叶脉呈红色。他将这些变异称为突变，认为突变是不连续的变异，并能直接产生新种，不必像达尔文所说的需要由微小的变异逐渐积累。现代的骤变论者主要是一些古生物学家，他们通过对化石的研究发现，在进化史上，相当长的时间内处于进化较为沉寂的时期，新种的化石很少；有时大量的物种化石集中出现在较短的地质年代，如寒武纪大爆发。

1972年，艾德里奇(N. Eldredge)和戈尔德(S. Gould)提出断续平衡论，也译为间断平衡说。这个学说认为化石的不连续性是历史的真实反映，这正说明生物的进化是不连续的，新物种是短时间内迅速出现的，然后是长时间的进化停滞，直到另一次快速的物种形成出现。

目前，关于渐进式进化和断续式进化的证据都不少，这说明两种观点并不是对立的，两种情况可能都是存在的。

16. 寒武纪大爆发

寒武纪是古生代的第一个纪。近年来的研究证据表明，寒武纪大约是从距今5.44亿年前至距今5.05亿年前。地球上最早的生命大约是在距今38亿年前出现的。在从38亿年前到6亿年前这长达32亿年的时间里，生物进化的速率是十分缓慢的。最早的原核生物可能出现在35亿年前。最早的真核生物可能出现在20亿年前，从那时直至距今6亿年前，地球上的生物几乎都是单细胞生物。从寒武纪开始，地球上突然出现种类繁多的多细胞动物，人们称这种现象为“寒武纪大爆发(Cambrian explosion)”，也叫“寒武纪大爆炸”。

寒武纪大爆发的化石证据包括小壳化石、布尔吉斯型特异埋藏的软躯体生物群以及令人震惊的我国云南澄江生物群。

小壳化石并不是一个分类单元的名称，而是指在寒武纪初大量繁盛的、个体微小、具有硬壳的多门类海洋无脊椎动物化石，包括软舌螺、似牙形石、软体动物以及大量分类地位不明确的化石。

布尔吉斯型生物群属于软躯体生物化石群，

即在特异保存条件下,保存了生物生前未矿化的软体部分的化石群。现在全世界已经发现的布尔吉斯型生物群共有9处,全部限于早寒武纪和中寒武纪。其中化石材料最丰富的是1909年于加拿大发现的中寒武纪布尔吉斯岩生物群。几乎所有的动物门类在这一生物化石群中都发现了相应的化石,这一发现曾在全世界引起极大的震撼。

澄江生物群也属于布尔吉斯型生物群,出自我国云南省澄江县抚仙湖东北,其地质年代比加拿大的布尔吉斯岩生物群还要早1500万年,属于早寒武纪。澄江生物群包括藻类、分类位置不明的管栖生物、海绵动物、开腔骨类、腔肠动物(含栉水母类)、叶足类、环节动物以及脊索动物等。这一发现使寒武纪大爆发再度成为热门话题。它不仅证实了大爆发式进化事件在5.3亿年前确实曾经发生,而且说明在短短数百万年期间,几乎所有现存动物门类和许多已经绝灭的生物,都突发式地出现于寒武纪地层,而在更古老的地层却没有其祖先型的生物化石出现。因此,有学者说寒武纪大爆发可看成是动物门类结构蓝图诞生的大事件。

自我检测的答案和提示

一、概念检测

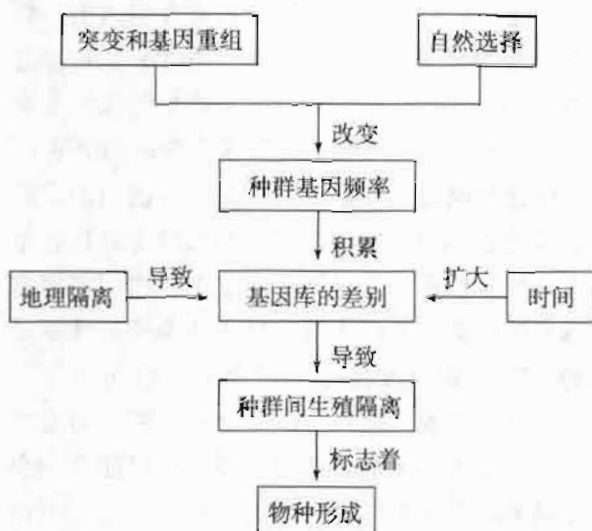
判断题

1. ×。
2. ×。
3. ×。
4. ✓。

选择题

1. A。
2. C。

画概念图



二、知识迁移

1. 这两个种群属于同一个物种,因为未出现生殖隔离。

2. 参见第1节对细菌抗药性的解释。

三、技能应用

提示:中间个体色可能与环境色彩较接近,这样的个体不容易被捕食者发现,生存并繁殖后代的机会较多,相应的基因型频率较高。经过长期的自然选择,导致中间个体色个体较多。

四、思维拓展

1. 不一定。进化过程中出现的新物种,有些是靠开辟环境中新的生存位置来生存和繁衍的,不一定就比原来的物种适应能力更强。例如,海洋中的生物登陆后,形成许多新物种,开辟了新的生存空间,但是不能说这些新物种比海洋藻类的适应能力强。

2. 与同种或类似的野生种类相比,家养动物的变异往往更多,这与人类根据自身的需要,采取的杂交育种等措施有关。

3. 提示:假如达尔文接受了孟德尔的理论,他可能会摒弃获得性遗传的观点,对遗传和变异的原因作出较为科学的解释。

教学设计案例

《种群基因频率的改变与生物进化》

一、教学目标的确定

现代生物进化理论认为,生物进化的基本单位是种群,生物进化过程的实质就是种群基因频率发生定向改变的过程。因此,要使学生达到《生物课程标准》规定的“说明现代生物进化理论的主要内容”的要求,理解种群基因频率的改变与生物进化的关系,本单元的教学,应该使学生能够解释种群、种群基因库和基因频率三个基本概念。

依据《生物课程标准》提出的“用数学方法讨论基因频率的变化”的活动建议,依据学生已有的孟德尔遗传定律的知识基础和能力基础,以及使学生能定量讨论种群基因组成特点、定量讨论基因频率的变化等,本单元的教学,应该使学生学会基因频率的计算方法。

自然界中,种群基因频率的改变受多种因素的影响,但最普遍、最根本的影响是突变和基因重组。因此本小节教学,要使学生能够解释突变和基因重组为生物进化提供原材料的原因。

生物进化过程的实质就是种群基因频率发生定向改变的过程。其中“定向”改变是通过自然选择的作用实现的,因此,教学应该安排学生探究“自然选择对种群基因频率变化的影响”的活动,使学生能够举例说明自然选择作用可以使种群基因频率发生定向改变。

本小节内容理论性较强,逻辑严密,安排有学生讨论和探究活动,是发展学生科学分析问题的能力和探究能力的良好载体,因此,本小节教学,应该使学生尝试和模仿探究问题的过程和方

法,促进学生养成分析问题的科学思维习惯。

二、教学思路

本小节内容理论性较强,前后顺序逻辑严密,以系列的问题推进教学进程,以教师讲解、讨论、探究的方法处理教学内容是可行的。大致思路如下。

1. 通过问题讨论引入本课。通过讨论,使学生发现自然选择学说的局限性,使学生领悟到对自然选择学说的修正是必然的,并引出种群的概念。

2. 通过讨论种群与物种的区别和种群与生物进化的关系,使学生理解,种群是繁殖的单位,是生物进化的基本单位。

3. 如何描述种群的遗传组成?通过讨论使学生理解基因库和基因频率的含义和计算方法。

4. 首先依据孟德尔遗传定律,计算亲子代间基因频率,然后,讨论在自然界中,基因频率为什么不可能稳定不变,理解可能引起基因频率改变的因素。

5. 从分析影响种群基因频率的因素入手,引出变异和自然选择对基因频率的影响,并得出突变和基因重组可产生进化的原材料,但不能决定进化的方向。

6. 通过探究“自然选择对种群基因频率变化的影响”,使学生理解在自然选择的作用下,可以使种群的基因频率发生定向改变,导致生物进化。

本小节教学安排2课时。

三、教学实施的程序

第1课时

教师的组织和引导	学生活动	教学意图
上节课我们学习了达尔文自然选择学说的主要观点,下面请同学们依据该学说的基本观点,分析下面的情境: “如果在灰色翅(基因型为aa)昆虫的群体中偶然出现一只绿色翅(基因型为Aa)的变异个体,且绿色比灰色更不易被捕食。那么,昆虫的翅色将怎样变化?” 结合学生的讨论,提出质疑: 该绿色个体一定能被选择下来吗?为什么? 如果该绿色个体能很好生活下来,它体内的A基因怎样才能传递给子代呢? 如果Aa与其他个体交配生殖,后代还会是绿色的吗? 讨论发现,出现有利变异个体内的有利基因只有在群体中,通过有性生殖才能世代延续,另外有利变异个体的后代不一定能真实遗传。因此,研究生物的进化,仅仅研究个体的表现型是否与环境相适应是不够的,还需要研究群体的基因组成的变化,这个群体就是种群。 怎样的一群生物个体可以称为种群呢?安排学生阅读教材。 一个生物“种”或“物种”与种群有何区别呢? 人们为什么要提出“种群”这个概念呢? 归纳出:自然界的物种实际上是以一个个种群存在的,种群是物种繁衍、进化的基本单位。它为研究生物与环境的关系和物种的变化带来了方便。 性状是由基因控制的,研究生物的进化必须研究种群的基因组成和变化。如何分析种群的基因组成和变化呢?由此人们提出基因库和基因频率的概念。什么是基因库?基因频率的含义是什么?安排学生阅读教材。 请学生计算下面假设的种群的一对等位基因的基因频率: 某昆虫种群中,绿色翅的基因为A,褐色翅的基因为a,调查发现,AA、Aa、aa的个体分别占20、60、20,那么A和a的基因频率各是多少?	学生自由讨论,并发表自己的看法。 学生讨论认识到,绿色个体即使不被捕食者捕食,也可能因其他原因中途夭折。 学生讨论回答出只有通过有性生殖,才能将基因传给子代,将基因A保留下来。 学生依据孟德尔定律,分析子代的基因型和表现型。 学生阅读教材。 学生讨论并自由发表看法。 引导学生讨论出:物种可以分布在自然界不同的区域,只有在可以发生随机交配、繁衍,使基因能够世代传递的一定区域内的同种全部个体的集合才是一个种群。 学生讨论(可以没有结果)。 学生阅读教材有关部分。 学生计算,并介绍计算结果和方法。	通过该问题讨论,使学生发现自然选择学说中某些观点与现代遗传学所揭示出的遗传和变异的本质之间的矛盾,体会对自然选择学说的修正正是必然的。 通过问题探讨,使学生初步了解,研究生物的进化,仅仅研究个体的表现型是否与环境相适应是不够的,还需要研究群体的基因组成及其变化。 引入种群的概念。 使学生知道什么是种群。 通过比较,使学生初步理解种群和物种的区别,理解种群的概念。 使学生初步认识到种群是生物进化的基本单位,并认识到,提出新的概念在研究中的意义。 使学生认识到为什么要提出并研究基因库和基因频率。 使学生初步理解基因库和基因频率的概念。 使学生学会计算基因频率的方法(变换数据,避免学生照书回答)。

续表

教师的组织和引导	学生活动	教学意图
计算得知,该种群基因 A 的频率为 50%,基因 a 的频率为 50%。如果让该种群随机交配,依据孟德尔遗传定律,子一代、子二代的基因型频率和基因频率又会怎样呢? 从后代的基因型频率和基因频率的计算结果中,发现了什么现象? 如果种群基因型频率和基因频率世代稳定不变,生物将无法进化,显然与事实不符。自然界种群的基因频率能世代不变吗?为什么? 显然,同时满足以上 5 个条件是不可能的,即使前 4 个条件可以满足,基因突变和染色体变异总会发生的。为什么?以上 5 种因素中哪些因素是影响基因频率变化的根本原因? 布置作业。	学生计算。 学生讨论,并回答出: 基因频率在亲子代间是稳定不变的,基因型频率到子二代也会稳定下来。 学生讨论,通过相互补充,归纳出保证种群基因频率稳定不变的 5 种因素:①该种群非常大;②所有的雌雄个体都能自由交配;③没有迁入和迁出;④自然选择对不同表现型的个体没有作用;⑤这对基因不发生突变和携带这对基因的染色体不发生变异。 学生讨论回答出: 变异是绝对会发生的。 变异是引发基因频率改变的根本原因。	学会计算基因频率和基因型频率的方法。 使学生发现基因型频率和基因频率的变化规律。 使学生能够领会到自然界的种群发生变化是必然的。 使学生理解,种群的前后代基因频率的改变是必然的,初步理解改变的根本原因是变异。

第 2 课时

教师的组织和引导	学生活动	教学意图
从上节大家已经知道,自然界种群的基因频率变化是必然的。能说明原因吗? 变异对生物进化会产生何种影响? 首先请同学们回忆变异的类型。 所有的变异都能导致基因频率的变化吗?为什么? 教师结合学生的回答,不断质疑、启发、引导。	学生回忆上节课的内容。 学生回答出:影响基因频率变化的 5 种因素,并指出变异是普遍的,是绝对的,所以基因频率变化是必然的。 学生讨论。 学生大致回答出: 不遗传的变异; 可遗传的变异,以及变异的三种来源。 学生讨论。 学生发表看法。 学生回答出: 只有可遗传的变异才能导致后代基因型频率和基因频率的改变。 学生讨论。	巩固旧知识,引入本课。 复习变异的类型,为进一步讨论变异对生物的影响性质,以及突变和重组对进化的作用奠定基础。 使学生理解,只有可遗传变异才能影响种群基因组成,才可能改变基因频率。

续表

教师的组织和引导	学生活动	教学意图
在三种可遗传的变异来源中,基因突变和染色体变异可以统称为突变。突变和基因重组对于种群遗传组成的改变一样吗?为什么? 在自然情况下,突变的频率很低,且多数有害,对生物进化有重要意义吗? 自然界生物进化是有方向的,生物具有普遍的适应现象。突变和基因重组产生的变异有方向吗?它们会使生物产生适应性吗? 生物进化的方向是什么因素决定的呢?请探究下面问题。 如何解释桦尺蠖种群中s基因的频率越来越低的现象? 大家提出的解释或假设合理吗? 下面我们可以创设一个情境,探究假设的合理性。 明确探究任务,提出具体要求。 指导学生讨论、计算,将结果填写在表格中。 分析计算结果,给你什么启示? 环境对桦尺蠖产生了怎样的影响?在自然选择作用中,直接受选择的是基因型还是表现型? 最后归纳总结:突变和重组为生物进化提供了原始材料,自然选择可以使基因频率发生定向改变,导致生物朝着一定的方向不断进化。 布置作业:课后练习题。	学生回答出: 不一样。因为只有基因发生改变才能出现新基因,才能丰富基因库,改变基因频率。 重组可以增加基因型的种类。 学生阅读教材有关部分。 学生回答问题。 学生讨论,并回答出突变和重组都是随机的、不定向的,它只是为进化提供原始材料。 学生阅读“探究”中的资料和提出的问题。 学生讨论。 学生解释(假设):自然选择可以使种群的基因频率发生定向改变。 学生阅读有关内容。 学生阅读教材有关部分,分组讨论情境中的问题。 学生计算。 学生报告计算结果。 自然选择作用可以定向改变基因频率,且环境选择作用越大,改变的幅度也越大。 在黑色背景下,浅色桦尺蠖被天敌发现和捕食的几率大于黑色的桦尺蠖,黑色背景不影响桦尺蠖的生存和繁殖,直接受选择的是表现型。	使学生理解突变和重组的区别。认识到突变的重要意义。 使学生理解突变和重组都是随机的、不定向的,它只是为进化提供原始材料,不能决定生物进化的方向。 使学生了解有关事实。 锻炼学生作出假设的技能。 使学生知道情境,明确探究的问题。 使学生学会用数学方法讨论自然选择作用可以使基因频率定向改变。 使学生了解自然选择作用中的选择对象和选择方式。 强化本节的主要内容。