

普通高中课程标准实验教科书

生物 选修3
现代生物科技专题

教师教学用书

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



人民教育出版社

主 编：朱正威 赵占良

副 主 编：王真真

编写人员（按执笔专题顺序）：

薛静尧 卓 婧 孙阔阔 王 莉 于 璇 敖光明

葛荣朝 吴中红 张忠诚 高崇明 程 序 邱化蛟

责任编辑：王真真 包春莹

封面设计：林荣桓

设 计：储志伟

审 读：王存志

插图绘制：张傲冰

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. 现代生物科技专题. 生物. 3: 选修 / 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. 7 (2019. 7 重印)

ISBN 978-7-107-17888-7

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 023706 号

普通高中课程标准实验教科书 生物 选修 3 现代生物科技专题 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 7 月第 2 版

印 次 2019 年 7 月第 27 次印刷

开 本 890 毫米×1240 毫米 1/16

印 张 6.75

字 数 168 千字

定 价 14.80 元

版权所有·未经许可不得采用任何方式擅自复制或本产品任何部分·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
专题 1 基因工程	7
本专题教材分析	7
1.1 DNA 重组技术的基本工具	10
1.2 基因工程的基本操作程序	14
1.3 基因工程的应用	18
1.4 蛋白质工程的崛起	20
前沿动态	23
教学案例	25
参考书目	28
专题 2 细胞工程	29
本专题教材分析	29
2.1 植物细胞工程	31
2.2 动物细胞工程	38
前沿动态	42
教学案例	43
参考书目	46
专题 3 胚胎工程	48
本专题教材分析	48
3.1 体内受精和早期胚胎发育	51
3.2 体外受精和早期胚胎培养	55
3.3 胚胎工程的应用及前景	57
前沿动态	61
教学案例	61
参考书目	65

专题4 生物技术的安全性和伦理问题**66**

本专题教材分析	66
4.1 转基因产品的安全性	68
4.2 生物技术的伦理问题	69
4.3 禁止生物武器	73
参考书目	74

专题5 生态工程**75**

本专题教材分析	75
5.1 生态工程的基本原理	79
5.2 生态工程的实例和发展前景	85
前沿动态	92
教学案例	93
参考书目	101

人教版®

致教师

新的普通高中课程方案规定的培养目标、课程结构、课程内容、课程的实施与评价都在实验之中，需要课程工作者、教材编著者、校长和教师，还有莘莘学子的共同努力，其中，教师的辛勤耕耘，更是实验成功的关键。

《普通高中课程方案（实验）》就课程内容的选择提出了三个原则：时代性、基础性和选择性。根据这些原则，《普通高中生物课程标准（实验）》在课程设计思路中指出：“选修模块是为了满足学生多样化的需要而设计的，有助于拓展学生的生物科技视野、增进学生对生物科技与社会关系的理解、提高学生的实践和探究能力。”在介绍“选修3：现代生物科技专题”时，进一步指出：“以专题形式介绍了现代生物科学技术一些重要领域的研究热点、发展趋势和应用前景，以开拓学生的视野、增强学生的科技意识，为学生进一步学习生物科学类专业奠定基础。”这是一些颇为讲究的规定性话语，特别是具体到本模块，起着教学定位的作用，大家可以细细体味。大致地说，是广阔性与有限性的统一；是基础性与发展性的统一，我们将在后面的介绍中进一步展开。

以下将分三个方面和老师们交流，这三个方面依次是：学生学习本模块的意义和价值；本模块教学内容的设计思路和呈现方式；本模块的教学建议。

一、学习本模块的意义和价值

《普通高中生物课程标准（实验）》中，对本模块的意义和价值，作了如下简明的概括。

“自20世纪50年代以来，生物科学在微观和宏观两方面都迅速发展，并产生了现代生物技术

产业，深刻影响人类社会的生活、生产和发展。本模块以专题的形式着重介绍现代生物科学和技术中一些重要领域的研究热点、发展趋势和应用前景，以开拓学生视野，增强科技意识，激发学生探索生命奥秘和热爱生物科学的情感，为进一步学习现代生物学奠定基础。”

本模块教材就是按照生物课程标准这一要求和具体内容标准、活动建议来编写的，是进一步具体地来体现其意义和价值的。

1. 引导学生与时俱进

培养并树立与时俱进的观念，是此次高中课程改革中一个突出的特点，如选择课程内容的三原则，时代性放在了首位，它既体现在必修内容之中，更体现在选修内容之中。教育要创新，要培养创新型人才，在科学教育中，首先要让学生深切感受到现代科学技术是在创造和革新中不断前进的，而且比人类历史上的任何时期发展的速度都快，影响人类的生活更为深刻。20世纪50年代以来，生物科学技术的迅猛发展，最具有代表性。本模块教材呈现的基因工程、细胞工程和胚胎工程，基本上是在微观方面反映生物科学技术的与时俱进，而生态工程和生物技术的安全性和伦理问题，则更多地反映了在宏观方面的与时俱进。培养并树立与时俱进的观念，不仅是学习本课程的需要，也是学生步入社会取得成功的需要，是对以学生发展为本的教育理念的追求。

2. 正确认识科学与技术的互动

科学与技术，如同两个互动的车轮，它们的协调和飞速运转，是现代社会发展的重要特征。19世纪中叶，马克思首先作出了“生产力中也包括科学”，“社会劳动生产力首先是科学的力量”

的精辟论断。随后,科学通过技术的发明和应用,其规模和速度与日俱增,科学与技术的紧密结合,成为现代经济发展最主要的驱动力。邓小平同志指出:“科学技术是第一生产力”。本模块的教材,既重视基本的科学原理,又重视了原理如何转化为技术,技术又如何推动科学的新发展。科学的技术化,技术的科学化,渗透在教材内容的选择、组织安排之中。我国的科学教育,其弱点之一是对技术教育重视不够。这有长期的闭关自守的封建统治,鄙薄技术,贬之谓“奇技淫巧”的历史原因,更因为中国迟迟未进入大规模的工业化时代。历史已经掀开了崭新的篇章,我国的生物技术、信息技术、航天技术、新能源技术、新材料技术等,正在推动经济的发展,迎头赶上国际水平;而其中生物技术的发展几乎和国际同步。今日的生物科学教育,理应更重视生物技术教育。在此次课程内容改革中,技术教育已升格为八大学习领域之一。本模块教材的内容,把技术放在了重要位置,甚至包括了若干重要的科研或生产的工艺流程,这对大多数教师都有再学习的必要。对于学生来说,并非要求他们具体掌握和应用,但通过对这些内容的了解,会较深切地体会到技术的重要性,树立科学与技术互动的观念。

3. 关注科学技术的社会应用,增强社会责任感

教育的本质是促使人的社会化,为社会的发展培养人才。当代科学技术的发展,除了科学技术内在的矛盾运动促使其前进外,更来自于社会发展的需求。生活水平的提高,生产和经济活动的发展,健康的增进和疾病的防治,环境的保护和治理,国家防御能力的提高等诸多因素,都极大地促进了生物科学技术的发展,并催生着许多新领域的开拓。本模块的教材,并非仅介绍纯粹的生物科学技术,而是紧密地结合着社会生活、生产和发展的现实需求来引导学生的学习,这不仅较好地唤起学生的学习兴趣,更重要的是培养学生对社会问题的关注,以及对生物科学技术在社会应用中正负两方面影响的认识,增强学生的社会责任感。如基因工程、细胞工程、胚胎工

程,不仅是生物科学技术的热点,也是社会关注的热点。三大工程教学内容之后,生物技术的安全性和伦理问题的教学,更是直指科学技术的社会责任问题,而生态工程则是为了经济和社会的可持续发展产生的综合科学技术,是一项宏大的国民工程。热爱社会主义祖国,有为民族振兴和社会进步作出贡献的志向与愿望,对自己的行为负责,具有社会责任感,是我们的课程贯彻始终的教育目标。

4. 深化热爱生物科学技术的情感,发展探究能力

高中生物课程标准共设置了三个选修模块,分别适应不同的学生群体的需求。本模块明确地指出“为学生进一步学习生物科学类专业奠定基础”。因此,可以估测,在学校选课指导机构的指导下,选修本模块的绝大多数学生,将是有志于学习生命科学基础类和应用类专业的学生。一般地说,他们喜爱生物科学,对与其相关的专业和职业有一定的了解,有较好的数、理、化等相关学科的基础及科学探究能力。本模块教材编撰的广度、深度等也据此而定位,否则,学习会有许多困难。对于这部分学生来说,在对生物科学的兴趣、认知和探究能力上,具有较好的基础,需要深化和发展。热爱生物科学技术情感的深化,应该是从感受、认同转向内化的水平。生物课程标准指出:内化(或领悟)水平是“具有稳定的态度、一致行为和个性化的价值观念等”。接近或达到这个水平,对学生来说,至关重要。而专业的选择,若摇摆不定,在选课制度下,将贻误时机。发展探究能力,则是另一种情况。鉴于教学内容的现代性和中学的实验设备条件,以及并非专业学习,实际操作的实验探究不可能很多等,发展探究能力将比较多地集中在学习资料的收集分析、撰写专题综述、口头交流、讨论或辩论等方面,并辅以适量的、可行的调查或实践活动。但决不可因此就轻视发展探究能力,上述这些探究活动,恰恰是高年级的、有明确志愿倾向的学生能够做和乐于做的活动。

上述四方面的意义和价值,主要是针对本模

块教材的特殊性而言,高中生物课程标准提及的课程的目标的方方面面,都应在本模块教材的教学中予以贯彻。

二、教学内容的设计思路和呈现方式

1. 设计思路

教学内容的设计思路的唯一依据是高中生物课程标准中本模块的具体内容标准和活动建议。其中有若干重要方面是必须遵循的。

- 以学习专题方式来呈现。即基因工程、克隆技术(本教材改为细胞工程,内容标准不变)、胚胎工程、生物技术的安全性和伦理问题、生态工程。尽管前四个专题存在互相联系与渗透的关系,但仍各自作为独立的专题来学习。

- 具体内容标准规定的学习目标(用行为动词表述)应予遵循。五个专题合起来,具体内容标准为17项。其中“简述”为8项,“举例说出”为6项,“关注”为2项,“讨论”为1项。这说明在知识性目标上以了解水平为主,在情感性目标上以经历(感受)水平为主,技能性目标体现在活动建议中,主要是参观、调查、资料收集、交流讨论、专题综述等。之所以这样规定,是因为本模块教材内容均属现代生物科技的前沿,已经很深了,宜实事求是、量力而行。

- 活动建议部分,只能加强,不应削弱。防止本模块的学习成了听专题报告,学生缺乏动手动脑积极参与的机会。

教学内容的设计思路,是在贯彻高中生物课程标准上述三方面的原则要求下,突出以下各点。

(1) 确保教学内容的科学性

现代生物科技专题的内容,都是当前发展非常迅速的领域,既新又专,实例层出不穷,有时缺乏权威的鉴别,科学和技术的新概念多,又多在形成之中,各家不一,歧义颇多。作为教学内容,不易把握好分寸。为做到基本原理准确,实例可靠,技术方法相对全面,最好的办法是请各领域的资深专家撰稿。现在呈现在我们面前的实验教材,各个专题分别是由专门从事该领域研究工作的专家撰写的。基因工程是由中国农业大学

的敖光明教授执笔;胚胎工程是由中国农业大学的张忠诚教授挥毫;生物技术的安全性和伦理问题是由北京大学的高崇明教授撰写;生态工程则由中国农业大学程序教授领衔;细胞工程分别由河北师范大学和中国农业大学的年轻专家编撰。上述诸位各是该方面的专门学者,应能保证内容的科学性、先进性。高中生物课程标准在提及本模块的教学建议时指出“本模块的教学以专题讲座和学生讨论为主”,若非专家,恐难主持“专题讲座”,“专题”,在某种意义上说,也是专家之题。

(2) 斟酌教学内容的适用性

教学内容能否适于高中教学使用,必须由专家把关,但不能苛求专家熟悉中学生及他们的学习特点。中学的课程资源状况,师资状况,对专家来说,也较朦胧。为使教学内容有较好的适用性,我们邀请了若干位优秀中学教师,一对一地和专家共同切磋。书稿之敲定,经历的过程是专家——中学教师——专家,再由编辑会议统成。鉴于我国地域辽阔,教育发展水平参差不齐,教学内容适用性的“度”,甚难把握,尚须各地教师增减、调整。

(3) 体现教学内容的有序性

这里的有序性,主要指符合学生认知过程的有序性。由于教材以专题形式呈现,似不可能在各专题间寻求其系统和有序,系统和有序主要体现在每一专题中各内容的安排符合学生的认知规律。又由于每一专题,有各自的科学技术发展过程的特点,或对于学生要求的侧重点不同,各专题的“序”,不可能有一个统一程式,只能是依矛盾的特殊性来处理。如基因工程,何谓转基因或DNA重组?并不需要一开始就下什么定义,首先要有相应的“工具”才行,事实上基因工程成为可能,也是由“工具”的突破开始的。而细胞工程则是从植物的微繁殖技术的应用和动物的人造皮肤的实践开始;生态工程则是从长江洪水和石油农业的实际问题开始,这都符合学生的认知始于感性的原则。胚胎工程与上述均不同,鉴于必修内容中基本上缺少动物胚胎发育的基础知识,因

此从体内受精和早期胚胎发育的基本生物学过程和原理进入。上述，只是举其大者，在各专题教学内容内部的有序安排，老师们自可一目了然。

(4) 创设学生主动参与学习的机会

高中生物课程标准指出：“本模块的教学以专题讲座和学生讨论为主”。这是考虑到本模块的新和专，通常条件下，学生不可能亲历实验和探究，这就要求在有很大限制的条件下，仍能尽可能地创设学生主动参与学习的机会。本教材其一是努力解决可读性问题，因为阅读是基本的自学方式。为使学生可读，教材在通俗、有层次、有丰富的实例方面下了功夫。其二是尽可能设计了一些实验、模拟实验（或制作）、资料收集、社会调查、实践活动、参与决策等活动。其三是加强讨论、思考和探究、辩论、撰写专题综述等较高层次的学习活动，有条件的学校，还可参与某些分子水平的实验。总之，我们不希望本模块的学习，变为听专家演讲、教师讲解的单一教学模式，教材为多样化的教学策略和学习活动的实现，提供了一定的空间。

2. 呈现方式

(1) 每个专题都有切合专题内容、引发学习兴趣、概括内容主旨及与人类生活关系的彩色插图，力求使学生燃起求知欲望，留下深刻印象。

(2) 本模块教材的绪言与另两个选修模块不同，题为《生物科技创造美好未来》的前言，是由领导和组织我国有关基因组测序工作的著名专家之一杨焕明教授撰写，并亲笔署名的。给学生生物科学技术历史的凝重感和生物科学技术工作者的社会责任感以感染，而“生命是数据的”的提示，更洋溢着时代气息。这对未来将从事生物科学类专业学习的学生来说，增添了更多的理性思考。

(3) 每个专题的起始，都列有《科技探索之路》的栏目。它们依次是：

- 《基础理论和技术的发展催生了基因工程》
- 《细胞工程的发展历程》
- 《胚胎工程的建立》
- 《生物技术发展与社会进步》
- 《生态工程的兴起》

这些内容大多以编年史的方式，简述了各领域的发明、发现和学者的贡献，以加深学生对科学历史和本质的认识，以及对科学、技术与社会关系的理解。

(4) 每个专题均备有丰富的实例，技术是科学原理和方法、工艺的结合，产品是其最终结晶。实例又特别突出我国生物科学技术的成果，从而使理论和实践相结合，使今日的学习和为国家兴旺发达的社会责任感相结合。

(5) 由于技术在很大程度上是实际操作，教材呈现和学生学习上会有许多困难。因此，教材就技术层面上的问题有许多简化：一是技术流程较多地采用图解式，使之简约、清晰；二是较复杂而精细的技术，附有专栏《生物技术资料卡》，或文或图，以拓展学生的视野，并避免加重负担。

(6) 为方便学生参与和发展思维能力，教材的正文中插有《讨论》的专栏，旁栏中也设有《？》《寻根问底》《求异思维》《异想天开》《小知识》等栏目。这些栏目既有利于学生对学习内容的理解，也望能锻炼学生的思维。

(7) 为使学习的成果能及时巩固，并有所发展和提高，本教材强化了总结性的活动，在专题或分专题后分别设置了如下的栏目：

《思考与探究》，设在分专题之后，相当于作业，及时巩固和提高；

《拓展视野》，设在分专题或专题之后，体现科学技术无止境；

《进展追踪》，设在各专题的“专题小结”之前，列有追踪内容的提示，是学生撰写综述报告的参考。通过追踪，可发展学生多方面的能力，并感受科学技术永不停止的步伐；

《专题小结》，设在各专题的内容之后，融知识、技能、观念于一体，有一个概括的认识；

《书海导航》，列有可资参考的若干书籍，其中包括撰写各专题的专家的著述，读来更有亲切感；

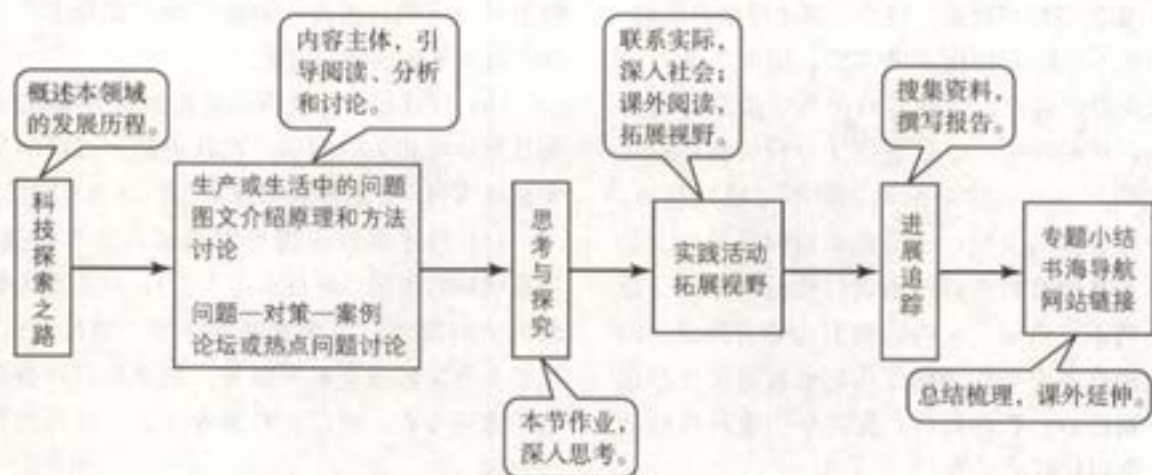
《网站链接》，提示若干网页，为学生的进一步学习提供帮助。

(8) 和其他模块的教材一样，注意图文并茂，

搭配得当。本模块教材以图解和照片为主，其中有一部分照片弥足珍贵，系作者或相关科研和生

产单位提供。

(9) 本模块教材呈现方式用图解概括如下。



三、本模块的教学建议

这本教师教学用书，每个专题都设有“教材分析”，每一个分专题都设有“教学目标”“教学重点和难点”“教学策略”和“教学案例”等具体的教学建议，因此，在这里，仅就若干具有普遍意义的方面，给老师们一些提示。

1. 结合本模块的教学实际，贯彻课程理念和目标

本模块只是高中生物课程六个模块之一，局部应该体现整体的要求。课程理念的四个方面：提高生物科学素养，面向全体学生，倡导探究性学习和注重与现实生活的联系都应体现。尽管是《现代生物科技专题》，仍不是专业教育，而是在这一个方面强化生物科学素养，因此，不可要求太多太高，仍要面向选修学生的总体水平，只要重视与现实生活的联系和调动学生的探究兴趣，学来不应很困难。

知识、情感态度与价值观、能力三维度的课程目标，由于知识的新而专，情感态度与价值观、能力的要求也“水涨船高”。而由于这些专题与社会生活、生产、发展的紧密联系，使情感态度与价值观的要求也上升到更为重要的位置，这一变化又促进了知识、能力目标的达成，教学应该把握好这一契机，提高学生学习的积极性，从而达到较好的教学效果。

2. 重视基本的生物科学技术概念的教学

现代生物科学技术揭示了一些新的原理、原则和规律，逐步建立了一系列的新概念。虽然本模块并非生物科技的专业教育，但选修本模块教材的大多数学生，是有志于生物科学类专业学习的。为了选择相关职业，为报效社会作准备，对新的生物科技概念的了解，对他们是很重要的，也是能接受的。不应把本模块的教学变成泛泛的科普，或资料的搜集浏览。教学的过程固然要通俗易懂，学习的过程需要博览广记，但作为一门课程的学习，没有对基本概念（不论是科学的还是技术的）的理解和把握，将影响进一步的学习和发展。

3. 落实生物科学技术的历史和社会功能的教育

几乎每一个现代生物科技专题都展示了科学的创新，推动了技术的发展，技术的进步又催生科学的新进展，从而更广阔、更深入地影响社会生产、生活，乃至伦理道德和价值观念。现代生物科技虽然只有 50 多年的历史，却甚为辉煌，且集中展现了科学、技术、社会的互动。应该通过多种形式的教学活动，让学生领悟科学技术是第一生产力，热爱科学技术；关注科学技术的社会功能；尝试应用生物科学技术，参与个人和社会事务的决策；对生物科学技术可能带来的负面影响，抱有社会责任感。这是对本模块教学的较

高要求，应该是统率各堂课具体教学内容的灵魂。

4. 切实组织好讨论、辩论、综述等学习活动

由于不可能安排较多的实验、探究等学习活动，除少量的调查、实践等活动外，经常的是讨论交流，甚或辩论，还有查找并分析资料，撰写综述报告等。这些学习活动，切不可放任自流，需要精心安排与组织，一是要有时间保障；二是要提供丰富的背景资料或创设讨论的情景；三是每次活动不宜雷同，从内容到形式要有新意；四是强化评价的引导和激励作用，也就是说要精选若干活动进行过程性评价，促进学生重视这些活动，并取得较好的成果。

5. 充分利用活的课程资源和信息技术

这里说的“活”，就是学生实际生活中的鲜活事例。广阔的农村、牧区，就种植着转基因作物；进行着植物的组培；实施着人工授精、胚胎移植；有些地方正进行着生态重建或生态农业。大中城市的近郊，也有许多设施种植或养殖。至于商品市场转基因的食品、药物逐渐在投放。而大众传媒几乎天天有涉及现代生物科技进展和应用的报道。所有这些，教师要做的有心人，将其纳入到教学活动的设计和实施的实施中去，现代生物科技不是“象牙之塔”，而是现实生活。在面向现实生活的时候，还要登临信息高速路，利用网络资源进行教学，这有利于现代信息素养的培养。

6. 指导学生练习撰写综述报告

练习撰写综述报告，是本模块的重要学习活动，也是难度较高的练习，需要教师切实的指导，谨建议如下。

(1) 对于每一个学生来说，在本模块学习过程中至少要写1~2篇综述报告。要求是：既要做，又不可负担过重。

(2) 学生的选题可以随学习的进程，分期分批地确定。这就使学生在内容的选择和时间的安排上有一定的自由度，也使教师的指导工作，不至于过分集中而负担过重。

(3) 综述报告不应该是复述教材的基本内容，而是在学习相关内容后，在其中某一方面的进一步拓展或引申，这才有锻炼学生学习能力的意义。

(4) 综述报告的撰写方式应有基本的要求，如有明确的主题（题目不可太大），对主题的意义和价值的简述，层次清晰的内容、结论或讨论，主要参考文献或资料来源等。如果是调查为基础的综述报告，则需要有调查方法和数据的处理等内容。

(5) 应根据学生的实际水平，对综述报告定出切实可行的评价标准，并和学生交流。综述报告的成绩，应成为学生学习本模块总成绩的组成部分。

(6) 学生之间可以通过学术报告会、墙报展示或编印成册等方式，进行交流。

7. 本册教师教学用书中需要说明的问题

在本模块的教师教学用书中，对有关基因工程教学内容特点的分析，因考虑到它既是起始专题，内容也较深，所以采用了概括性描述方式，即从“折射创新与发展的光辉”，“体现‘科学、技术、社会（STS）’教育思想”，“体现‘简约、形象、诱思’原则”三个方面进行了分析，以使教师教学时便于驾驭。这个概括同时适用于其他专题。为避免重复，其他专题教学内容特点采用的是分节介绍方式。

尊敬的老师们，上述介绍和建议，仅供参考。这是一门新课程，教科书和教师教学用书需要教学实践的丰富和检验，期待着您的补充、批评和指正。

基因工程

20 世纪 70 年代诞生的基因工程,已经成为生命科学中最具活力的前沿领域之一。在必修课中已经学习过关于基因工程的基础知识,本专题在必修课基础上,引导学生深入了解基因工程的基本原理和技术流程,了解基因工程在农业、医疗、环境保护等方面的广泛应用及其发展前景,以拓展学生的科技视野,提高他们对生物科学技术的兴趣。

本专题教材分析

一、教学目的要求

知识方面

1. 简述基础理论研究和科技进步催生了基因工程。
2. 简述基因工程的原理及技术。
3. 举例说出基因工程的应用。
4. 简述蛋白质工程。

情感态度与价值观方面

1. 关注基因工程的发展。
2. 认同基因工程的应用促进生产力的提高。

能力方面

1. 运用所学 DNA 重组技术的知识,模拟制作重组 DNA 模型。
2. 尝试运用基因工程原理,提出解决某一实际问题的方案。
3. 通过讨论、进展追踪等活动,提高收集资料、处理资料、撰写专题综述报告的能力。

基因工程属于生物科技前沿的内容,这一专题的教学,首先要考虑基础性。高中阶段的教学不是培养专家,而是要全面提高学生的科学素养,因此,着力点应瞄准对学生的发展起根本作用的知识、能力、思想情感上。忽视了这一点,而一味追求知识的深和透,就会本末倒置,影响学生的全面发展。

本专题教学的另一个重要原则就是要在学生原有的知识、经验基础上提升。违背了渐进性,易使学生认为“基因工程难学”而产生“危乎高哉”的想法,望而却步。紧密联系学生已有的经验、生活阅历,尽量紧密联系必修课中的基础知识,一步步引领学生登上这一科技前沿的舞台,学生们才会心驰神往地投入到学习中来。

在学习本专题内容时,不能忽视知识与能力、情感态度与价值观的有机结合。情感态度与价值观是学习的动力,要利用国际上重大科技成果的素材,开阔学生的视野,增强他们奋发图强的紧迫感;利用国内重大科技成果的素材,培养他们自强不息的民族精神,从而唤起他们学习的积极性。

二、教学内容的特点和结构

(一) 教学内容的特点

本专题的内容由题图、《科技探索之路》和四节内容构成。

题图为学习者创设了一个意境。沃森和克里克对 DNA 双螺旋结构的重大发现和随后的技术创新孕育了基因工程。在复制的 DNA 双螺旋结构上展示的转基因工程菌、牛、羊、鱼、番茄、甜椒、牵牛等,代表了基因工程在三个重要方面的研究成果:转基因微生物、转基因动物和转基因植物。

在上述画面的基础上,点出基因工程的主题:“基因工程是按照人们的愿望,进行严格的设计,通过体外DNA重组和转基因技术,赋予生物以新的遗传特性,创造出更符合人们需要的新的生物类型和生物产品。”此题图不仅寓意深刻,且十分生动。

《科技探索之路——基础理论和技术的发展催生了基因工程》是正文的前奏曲。没有基础理论的研究成果,没有技术方面的创新发明,基因工程不可能诞生,也不可能迅速崛起。其内容分两部分:一部分介绍基础理论研究成果,一部分介绍在技术层面上发明的各种操作手段。编者精选这些最重要的成果,其目的是使学生从科技史实中,感悟创新是科学技术发展的不竭动力。

本专题参考学时为7课时,其中第一节《DNA重组技术的基本工具》2课时;第二节《基因工程的基本操作程序》2课时;第三节《基因工程的应用》2课时;第四节《蛋白质工程的崛起》1课时。

对本专题的特点分析如下。

1. 纵观全章内容——折射创新与发展的光辉

纵观本章科技探索之路和四节内容,鲜明揭示出理论创新、技术进步是促进基因工程问世和迅猛发展的主导因素。例如,在《科技探索之路》中,有关基础理论研究,相关操作工具的发现,催生了基因工程。在《基因工程的基本操作程序》中,PCR基因扩增技术的发明,又将基因工程提升到一个新阶段。由于基因导入方法的不断创新和完善,使基因工程技术在微生物、植物、动物领域硕果累累。在《基因工程的应用》中,不仅可以看到转基因技术在微生物、植物、动物中的应用,而且看到这项技术已经发展到基因工程药物治疗、基因治疗等医药卫生领域。在《蛋白质工程的崛起》中,描述基因工程虽然硕果累累,但仍满足不了日益发展的生活、生产的更多要求,从而崛起了第二代基因工程——蛋白质工程。基因工程从诞生到现在,时间虽短,但包括的内容已折射出人类不断开拓创新、不断寻求发展的精神光辉。

2. 透视字里行间——体现“科学、技术、社

会(STS)”教育思想

在科技探索之路——《基础理论和技术的发展催生了基因工程》中,以精选的史实,说明了科学和技术的关系。在《DNA重组技术的基本工具》中,“工欲善其事,必先利其器”又一次说明科学和技术是一对孪生兄弟。在《基因工程的基本操作程序》中,目的基因获取等一系列步骤,把社会需求、基础理论和先进技术融合在一起。在《基因工程的应用》中,社会的需求推动着科学技术的迅猛发展;基因工程的迅猛发展,促进了社会的不断进步。而《蛋白质工程的崛起》一节说明,社会的更高需求召唤着科学、技术的再创新——第二代基因工程的崛起。

3. 感悟呈现方式——体现“简约、形象、诱思”原则

由于基因工程内容上的“高”与“新”,处理不好,会提高学习难度,令学生视高科技为畏途,致使教学流于形式,为此,教材的编写采用简化手法,化复杂为简约。在“科技探索之路”中,摘其基础理论和技术创新中主要内容呈现给学生,在《DNA重组技术的基本工具》中摘其基本工具介绍给学生。在《基因工程的基本操作程序》和《基因工程的应用》中,呈现主干,割舍枝杈,将非主干内容以《生物技术资料卡》《拓展视野》等方式呈现,做到有主有次。

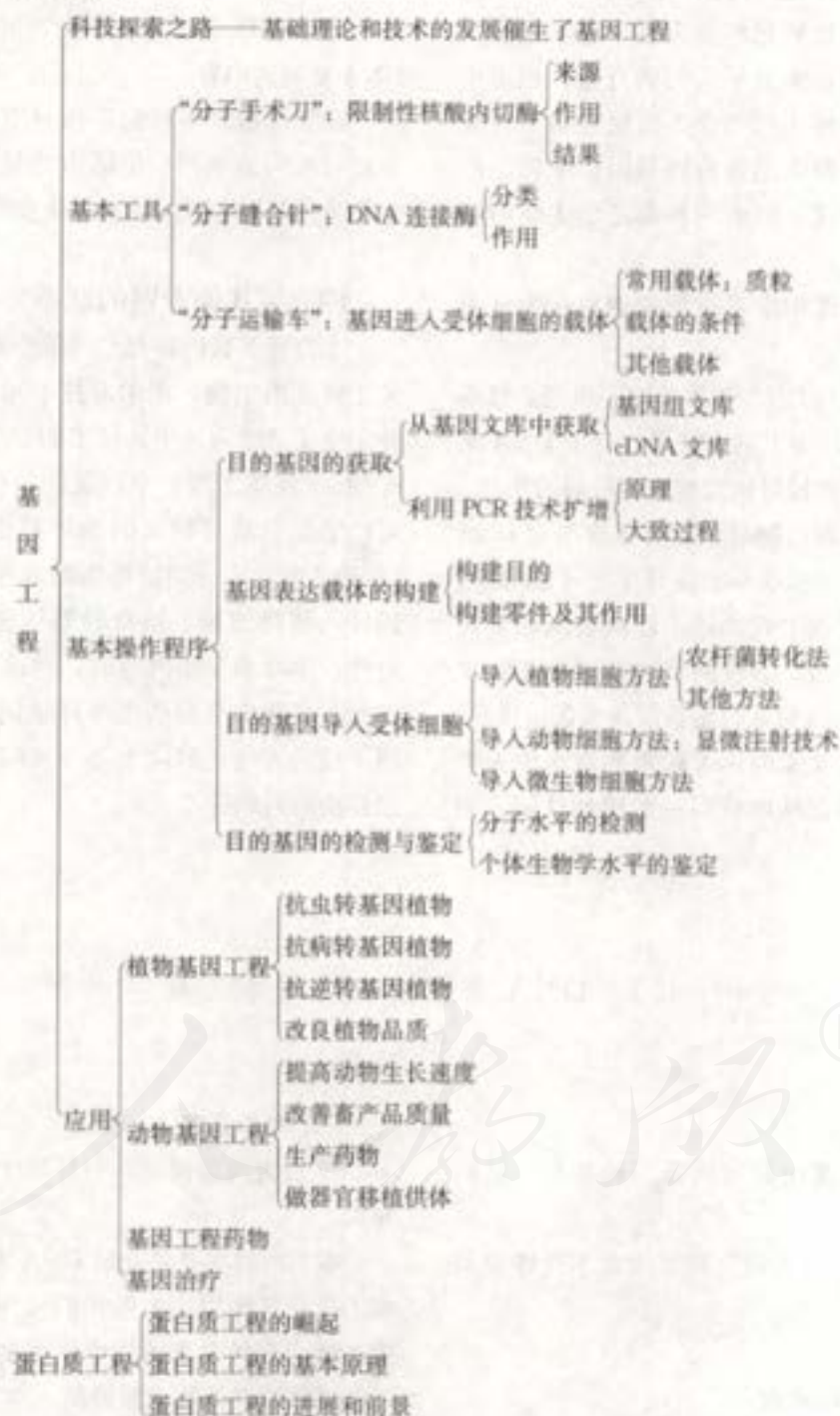
对于基因工程,学生接触得少,为此,教学内容的另一种呈现方式是形象化。在文字描述感到抽象时,课文中都配以插图,力争图文并茂。对课文中难以理解的名词、概念,通过打比方,使其“形象化”。例如,基因文库中把基因组文库比作国家图书馆,而把cDNA文库比作某市图书馆,这样便于学生理解和掌握。

“简约”和“形象”不是为了降低学生智力参与的力度,恰恰相反,“简约”给学生留有了思维的时间和空间。“形象”为学生左右脑协同思考创设了情境。为此,在本章教学内容中,结合图文,都提出了一些相应的问题,诱导学生思考,从而把学习的注意力,从简单的死记硬背引导到分析、批判、创新等有利于学生终身发展的能力上来。

例如,在模拟制作中,通过提出问题,引导学生进一步思考特定限制酶的功能、DNA 连接酶的作用位点。又如,在学习限制酶时,提出“限制酶

在原核生物中的作用”的问题,是为学生创设一个问题情境,从而为深入理解限制酶在生物体中的作用打开思路。

(二) 教学内容的结构



三、与学生经验的联系

报刊、杂志、广播、电视等媒体都有基因工

程技术的介绍。高中学生已经或多或少了解一些基因工程的内容,知道人的生长激素基因可在鲤

鱼中表达,使鲤鱼生长迅速;知道寒冷水域中鱼的抗寒基因可在植物中表达,从而培育出抗寒性能高的植物……由于基因工程的诞生,实现了在微生物、动物、植物之间的基因交流,人类以前不能实现的种种奇思妙想将变为现实。在现实生活中,转基因生物也来到了人们的身边:超市中摆放着转基因大豆榨出的油;大田里种植了转基因的抗虫棉;药品商店出售着转基因微生物生产的胰岛素……可以说,以上内容都是学生学习新知识可联系的经验。

还有一些必修课中学习过的知识可作为学习新知识的铺垫。

在学习限制酶与DNA连接酶时,可与必修本中有关DNA结构的知识紧密联系。有了DNA结构的基础知识,才能较好地理解这两种酶的功能。

在学习目的基因检测时,可与必修本中DNA指导蛋白质合成的过程联系。这样学生才能理解,为什么要在三个层次上检测:①检测转基因生物是否插入了目的基因;②检测目的基因是否转录出mRNA;③检测目的基因是否翻译成蛋白质。

在学习基因组文库时,可联系必修本中人类基因组计划的内容,从而获得一些感性认识。而

在学习cDNA文库时,建议联系DNA转录的有关知识;获得mRNA后,以它为模板,反转录则可获一条DNA单链,再以单链为模板合成双链DNA。

在学习PCR扩增技术时,可联系必修本中的DNA复制的内容。

在学习基因工程的应用一节时,应鼓励学生主动联系当地生产、生活中的具体事例,引导学生思考用基因工程的方法解决实际问题。

四、与其他专题的联系

本专题多数内容都与其他专题有紧密的联系。关于转基因生物,在学习技术知识的基础上应引导学生主动学习《生物技术的安全性和伦理问题》专题。《胚胎工程》中有关胚胎移植技术的内容,可使学生对培育转基因动物有更加透彻的理解。《细胞工程》中介绍植物细胞培养技术,是目的基因导入植物细胞、培育转基因植物的重要环节。另外,学习本专题内容时,建议密切关注《生态工程》专题中呈现的生态环境问题,思考利用基因工程的方法,解决生态环境问题中常规技术难以解决的问题。

1.1 DNA重组技术的基本工具

一、教学目标

1. 简述DNA重组技术所需三种基本工具的作用。
2. 认同基因工程的诞生和发展离不开理论研究和技术创新。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

DNA重组技术所需的三种基本工具的作用。

2. 教学难点

基因工程载体需要具备的条件。

三、教学策略

1. 设置问题情境,引导学生在思索中学习新知识。

本节内容主要是介绍DNA重组技术的三种基本工具及其作用。如果我们采用直白、平淡的方式介绍,不利于调动学生学习的积极性,也不利于学生科学素养的全面提高。应当通过创设情境,提出问题,诱导学生积极参与教学活动,开启他们思想的闸门。

限制酶——“分子手术刀”,主要是介绍限制酶的作用,切割后产生的结果。可在进入这部分

内容学习时,设置学生关心的问题“限制酶从哪里寻找”,诱导学生联想从前学过的内容——噬菌体侵染细菌的实验,进而认识细菌等单细胞生物容易受到自然界外源DNA的入侵。那么这类原核生物之所以长期进化而不绝灭,有何保护机制?进而诱导学生产生“可能是有什么酶来切割外源DNA,而使之失效,达到保护自身的目的”。这样就将书中直白的“这类酶主要是从原核生物中分离纯化出来”的写法,变成了一个自主探索的思想活动。

DNA连接酶——DNA片段的“分子缝合针”,写得比较简洁。我们可以从原有的知识出发,诱发学生思考,达到辨析、明理的作用。要想连接被切割开的DNA,学生根据从前学过的知识,第一反应就想到“DNA聚合酶”。学生这种想法的产生是很自然的。但实际上并不能用这种酶进行DNA片段的连接。应引领学生分析DNA聚合酶与DNA连接酶的不同作用,从而达到更深层次认识DNA连接酶的目的。

基因进入受体细胞的载体——“分子运输车”的学习内容,提到作为载体必需的四个条件。教学时不能仅仅着眼于让学生记住这几个条件,而应该通过诱导思索,明确为什么要有这四个条件才能充当载体。

2. 让抽象的语言在直观的插图找到注释,在实际动手中形成正确认识。

语言文字具有抽象、概括的特点;插图等信息媒体,具有形象、直观的特点,容易被感知和理解,但抽象、概括功能差。要想真正理解本节语言文字中的含义,教师必须将抽象的语言文字与形象的插图等非语言信息媒体有机地结合起来,做到优势互补。这样学生一时琢磨不透的抽象语言,就能在具体、直观的插图中找到注解。

抽象的黏性末端、平末端的叙述以及磷酸二酯键的部位,与直观的插图协同运用,可使学生准确地理解切割或连接部位,理解“黏性”的内涵。DNA连接酶是“缝合”磷酸二酯键的,在重组DNA过程中到底体现在何处,结合插图会易于

理解。紧密结合质粒载体结构的模式图教学,也将使学生对构建载体条件的有关内容变得容易理解。

在模拟制作DNA重组模型时,单纯动手剪纸板只能算是手工劳动,而模拟制作是富含科学内涵的动手过程。当拿来剪刀时,首先意识到这是一把EcoRI的特异剪刀,应去寻找G—A—A—T—T—C的碱基序列,然后从G和A之间剪开。当拿来不干胶时,意识到只能黏连磷酸二酯键处,而不能去黏连碱基对处。当出现模拟制作失误时,也要想想,这在真实情况下可能是什么原因所致。

3. 引导学生从基因工程的整体思考问题,解决本节教学难点。

本节的难点是对载体必须具备条件的分析。要想解决这个问题,就事论事的做法不能奏效,只有将这局部的内容整合到整个基因工程的设计过程中才能让学生理解。例如,我们选用从霍乱弧菌中的质粒来做载体,结合基因工程的实际目的来想:谁敢用它来做受体细胞的载体?显然人们对分离出的基因产物运用后果有顾虑,从而认清载体必须对细胞无害。当然这里主要考虑载体不能有害于受体细胞,影响其生命活动的正常进行。

又如,载体上没有标记基因,我们用肉眼又看不到载体是否真正进入,那么如何鉴定?因此只有真正想到实际工作中这方面的困难,才会明白预先为什么要选具备标记基因的载体。

再如,没有一个或多个切割位点,就不能进行DNA的重组。重组DNA不能复制,就可能丢失。所以教师要引导学生,将一个个的问题置于整体过程中考虑,这样才能理解局部的做法是为了实现整体的目标。

四、答案与提示

(一) 思考与探究

1. 限制酶在DNA的任何部位都能将DNA切开吗?以下是四种不同限制酶切割形成的DNA片段:

- (1) ...CTGCA (2) ...AC (3) GC...
 ...G ...TG CG...
 (4) ...G (5) G... (6) ...GC
 ...CTTAA ACGTC... ...CG
 (7) GT... (8) AATTC...
 CA... G...

你是否能用 DNA 连接酶将它们连接起来?

答:

2 和 7 能连接形成...ACGT...

...TGCA...;

4 和 8 能连接形成...GAATTC...

...CTTAAG...;

3 和 6 能连接形成...GCGC...

...CGCG...;

1 和 5 能连接形成...CTGCAG...

...GACGTC...。

备注:如果学生填“2 和 3”“6 和 7”也不为错。

2. 联系你已有的知识,想一想,为什么细菌中限制酶不剪切细菌本身的 DNA?

提示:迄今为止,基因工程中使用的限制酶绝大部分都是从细菌或霉菌中提取出来的,它们各自可以识别和切断 DNA 上特定的碱基序列。细菌中限制酶之所以不切断自身 DNA,是因为微生物在长期的进化过程中形成了一套完善的防御机制,可以将外源入侵的 DNA 降解掉。生物在长期演化过程中,含有某种限制酶的细胞,其 DNA 分子中或者不具备这种限制酶的识别切割序列,或者通过甲基化酶将甲基转移到所识别序列的碱基上,使限制酶不能将其切开。这样,尽管细菌中含有某种限制酶,也不会使自身的 DNA 被切断,并且可以防止外源 DNA 的入侵^①。

3. 天然的 DNA 分子可以直接用做基因工程载体吗?为什么?

提示:基因工程中作为载体使用的 DNA 分子很多都是质粒(plasmid),即独立于细菌拟核

DNA 之外的一种可以自我复制、双链闭环的裸露 DNA 分子。是否任何质粒都可以作为基因工程载体使用呢?其实不然,作为基因工程使用的载体必需满足以下条件。

(1) 载体 DNA 必需有一个或多个限制酶的切割位点,以便目的基因可以插入到载体上去。这些供目的基因插入的限制酶的切点,还必须是在质粒本身需要的基因片段之外,这样才不至于因目的基因的插入而失活。

(2) 载体 DNA 必需具备自我复制的能力,或整合到受体染色体 DNA 上随染色体 DNA 的复制而同步复制。

(3) 载体 DNA 必需带有标记基因,以便重组后进行重组子的筛选。

(4) 载体 DNA 必需是安全的,不会对受体细胞有害,或不能进入到除受体细胞外的其他生物细胞中去。

(5) 载体 DNA 分子大小应适合,以便提取和在体外进行操作,大大就不便操作。

实际上自然存在的质粒 DNA 分子并不完全具备上述条件,都要进行人工改造后才能用于基因工程操作。

4. 网上查询:DNA 连接酶有连接单链 DNA 的本领吗?

提示:迄今为止,所发现的 DNA 连接酶都不具有连接单链 DNA 的能力,至于原因,现在还不清楚,也许将来会发现可以连接单链 DNA 的酶。

(二) 寻根问底

1. 根据你所掌握的知识,你能推测出限制酶存在于原核生物中的作用是什么吗?

提示:原核生物容易受到自然界外源 DNA 的入侵,但是,生物在长期的进化过程中形成了一套完善的防御机制,以防止外来病原物的侵害。限制酶就是细菌的一种防御性工具,当外源 DNA 侵入时,限制酶会将外源 DNA 切割掉,以保证自身的安全。所以,限制酶在原核生物中主要起到切割外

^① 本题不要求学生回答得完全,教师可参考教师用书中的提示,根据学生的具体情况,给予指导。上述原则也应适用于其他章节中的有关问题。

靠DNA、使之失效，从而达到保护自身的目的。

2. DNA连接酶与DNA聚合酶是一回事吗？为什么？

答：不是一回事。基因工程中所用的连接酶有两种：一种是从大肠杆菌中分离得到的，称之为 *E. coli* 连接酶。另一种是从 *T.* 噬菌体中分离得到，称为 *T.* 连接酶。这两种连接酶催化反应基本相同，都是连接双链DNA的缺口(nick)，而不能连接单链DNA。DNA连接酶和DNA聚合酶都是形成磷酸二酯键（在相邻核苷酸的3'位碳原子上的羟基与5'位碳原子上所连磷酸基团的羟基之间形成），那么，二者的差别主要表现在什么地方呢？

(1) DNA聚合酶只能将单个核苷酸加到已有的核酸片段的3'末端的羟基上，形成磷酸二酯键；而DNA连接酶是在两个DNA片段之间形成磷酸二酯键，不是在单个核苷酸与DNA片段之间形成磷酸二酯键。

(2) DNA聚合酶是以一条DNA链为模板，将单个核苷酸通过磷酸二酯键形成一条与模板链互补的DNA链；而DNA连接酶是将DNA双链上的两个缺口同时连接起来，因此它不需要模板。

此外，二者虽然都是由蛋白质构成的酶，但组成和性质各不相同。

(三) 模拟制作讨论题

1. 你模拟插入的DNA片段能称得上一个基因吗？

提示：不能。因为一般基因有上千个碱基对。

2. 如果你操作失误，碱基不能配对，可能是什么原因造成的？

提示：可能是剪切位点或连接位点选得不对（也可能是其他原因）。

(四) 旁栏思考题

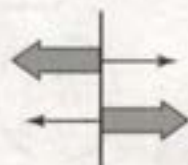
想一想，具备什么条件才能充当“分子运输车”？

提示：能自我复制、有一个或多个切割位点、有标记基因位点及对受体细胞无害等。

五、知识拓展

1. 限制酶所识别的序列有什么特点？

限制酶所识别的序列，无论是6个碱基还是4个碱基，都可以找到一条中心轴线（图1-1），中轴线两侧的双链DNA上的碱基是反向对称重复排列的。



中轴线

图1-1 限制酶识别序列的中心轴线

2. 限制酶在DNA的任何部位都能将DNA切开吗？

任何一种限制酶都只识别和切断特定的核苷酸序列，这是由限制酶的性质所决定的。

3. DNA连接酶连接的是什么部位？

DNA连接酶是将一段DNA片段3'端的羟基与另一DNA片段5'端磷酸基团上的羟基连接起来形成酯键，而不是连接互补碱基之间的氢键。

4. 什么叫磷酸二酯键？

3, 5 磷酸二酯键是核酸中核苷酸的连接方式，组成了核酸的一级结构。在核酸中一个核苷酸核糖上第3位的羟基与下一个核苷酸核糖上第5位的磷酸羟基脱水缩合成酯键，该酯键称3', 5'-磷酸二酯键。若干个核苷酸间以3', 5'-磷酸二酯键（图1-2）连接成的多核苷酸链为核酸。在链的一端的一个核苷酸，其核糖上第5位连接的磷酸只有一个酯键，称此核苷酸为DNA链的5'磷酸末端或5'端。另一端核苷酸上第3位的羟基是自由的，所以此核苷酸称为3'羟基末端或3'端。链内的核苷酸第5位上的磷酸已形成二酯键，第3位上的羟基也已参与二酯键的形成，故称核苷酸残基。

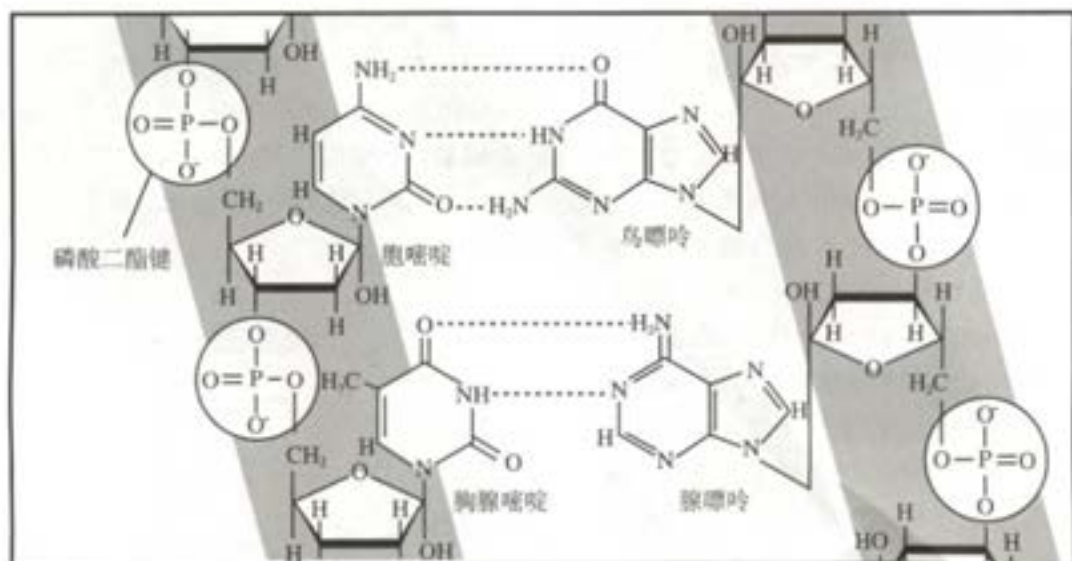


图 1-2 DNA 上的磷酸二酯键

1.2 基因工程的基本操作程序

一、教学目标

1. 简述基因工程原理及基本操作程序。
2. 尝试设计某一转基因生物的研制过程。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

基因工程基本操作程序的四个步骤。

2. 教学难点

- (1) 从基因文库中获取目的基因。
- (2) 利用 PCR 技术扩增目的基因。

三、教学策略

本节是《基因工程》专题的核心，上承《DNA 重组技术的基本工具》一节，下接《基因工程的应用》。本节教学难点多，学生学习有一定的困难，因此建议采取化整为零、各个击破的教学策略。

1. 加强预习环节，先解决为什么要分四个步骤的问题，然后解决每一步骤的技术方法问题。

为了突破难点及培养自学能力，在上节课结

束时，可布置学生预习本节内容。在上新课时，首先解决基因工程的基本操作程序为什么要分四个步骤，即分析每一步骤的必要性。

为什么要有“目的基因的获取”这一步？建议引导学生看本专题题图中基因工程的概念：“基因工程是指按照人们的愿望，进行严格的设计，通过体外 DNA 重组和转基因等技术，赋予生物以新的遗传特性，创造出更符合人们需要的新的生物类型和生物产品。”可以说这既是概念，也是原理。这里所说的“更符合人们需要”，就是目的，那么更符合人们需要的那个基因就是目的基因了。有了目的基因，我们才能赋予一种生物以另一种生物的遗传特性。

为什么要有“表达载体的构建”这一步？单独的 DNA 片段——目的基因是不能稳定遗传的。课文中谈到构建表达载体的目的是为了使得目的基因在受体细胞中稳定存在，并且可以遗传给下一代，同时使目的基因能表达和发挥作用。

为什么要有“目的基因导入受体细胞”这一步？教材指出含有目的基因的表达载体只有进入

受体细胞，并且维持稳定和表达，才能实现一种生物的基因在另一种生物中的转化。

为什么要有“目的基因的检测与鉴定”这一步？这是因为目的基因是否真正插入受体细胞的DNA中，是否能够在受体细胞中稳定遗传和正确表达，只有通过检测、鉴定才能得知。

在解决上述为什么基因工程操作程序分四个步骤的基础上，进入每一程序的有关技术和方法的学习。

2. 加强教学媒体的运用，解决每一程序中的技术难点。

在各个操作程序中都有技术和方法层面上的难点不好理解，成为学生学习过程的拦路虎。形象化是解决这一难题的好办法。例如，在目的基因获取的常用方法中有“从基因文库中获得目的基因”的说法。尽管课文中运用了比喻的方法，但语言文字仍显抽象。教师应尽可能在教学中编制软件、绘制投影片或利用挂图来解决这一难点。让学生了解有了基因文库，就可随时从中提取所需要的目的基因，引入受体细胞使之表达。而有关PCR扩增技术，则可结合书中插图，明示出文字中概括出的变性、退火、延伸、多次重复等四个过程。

又如，在学习基因表达载体的构建方法时，可结合插图，说明插入必要的元件——目的基因、启动子、终止子和标记基因的位置及其作用。

再如，学习目的基因导入方法时，可借用目的基因导入植物细胞的方法——农杆菌转化法以及相关的图，讲清具体方法。攻破一点后，再扩展到其他导入方法。

3. 通过设计某一转基因生物，将基因工程的操作程序有机地串联起来。

本节学习的基因工程的基本操作程序和方法是对转基因植物、动物、微生物的概括。如果在本课将要结束时，做个练习，带领学生结合设计某一转基因生物的具体过程，可将基因工程操作程序有机地串起来，从而加深对这一程序的认识。例如，烟草是人类健康的“杀手”。如果让它生产出人类需要的药物蛋白，应如何操作？通过这一

实例引导学生结合目的基因从何而来，表达载体如何构建，如何导入烟草，如何检测药物蛋白产生与否等问题加以设计，可加深学生对基因工程原理的理解。不同学生会有不同的方法，让学生通过相互比较，相互借鉴，达到相互学习的目的。学生在课下还可查阅《科学》杂志等参考读物，了解科学家成功的做法。

四、答案和提示

(一) 思考与探究

1. 作为基因工程表达载体，只需含有目的基因就可以完成任务吗？为什么？

答：不可以。因为目的基因在表达载体中得到表达并发挥作用，还需要有其他控制元件，如启动子、终止子和标记基因等。必须构建上述元件的主要理由是：

(1) 生物之间进行基因交流，需使用启动子和终止子才能比较有利于基因的表达。例如，通过cDNA文库获得的目的基因没有启动子，只将编码序列导入受体生物中，此目的基因无法进行转录；

(2) 目的基因是否导入受体生物中需要有筛选标记；

(3) 为了增强目的基因的表达水平，往往还要增加一些其他调控元件，如增强子等；

(4) 有时需要确定目的基因表达的产物存在于细胞的什么部位，往往要加上可以标识存在部位的基因（或做成目的基因与标识基因的融合基因），如绿色荧光蛋白基因等。

2. 根据农杆菌可将目的基因导入双子叶植物的机理，你能分析出农杆菌不能将目的基因导入单子叶植物的原因吗？若想将一个抗病基因导入单子叶植物，如小麦，从理论上说，你认为应该怎样做？

提示：农杆菌可分为根瘤农杆菌和发根农杆菌，在植物基因工程中以根瘤农杆菌的Ti质粒介导的遗传转化最多。根瘤农杆菌广泛存在于双子叶植物中。据不完全统计，约有93属643种双子叶植物对根瘤农杆菌敏感。裸子植物对该菌也敏感。当这些植物被该菌侵染后会诱发肿瘤。近年

来,也有报道该菌对单子叶植物也有侵染能力。

根瘤农杆菌侵染植物是一个非常复杂的过程。根瘤农杆菌具有趋化性,即植物的受伤组织会产生一些糖类和酚类物质吸引根瘤农杆菌向受伤组织集中。研究证明,主要酚类诱导物为乙酰丁香酮和羧基乙酰丁香酮,这些物质主要在双子叶植物细胞壁中合成,通常不存在于单子叶植物中,这也是单子叶植物不易被根瘤农杆菌侵染的原因。近年来还发现一些中性糖,如L-阿拉伯糖、D-木糖等也有诱导作用。酚类物质和糖类物质既可以作为根瘤农杆菌的趋化物,又可以作为农杆菌中Ti质粒上Vir区(毒性区)基因的诱导物,使Vir区基因活化,导致T-DNA的加工和转移,从而侵染植物细胞。

需要注意的是,农杆菌中不同的菌株侵染能力有差别,在基因工程中需要加以选择使用。利用农杆菌侵染单子叶植物进行遗传转化时,是需要加上上述酚类物质的;对于单子叶植物不同的种类,农杆菌侵染进行遗传转化的效果也有很大差异。

如果想将一个抗病毒基因转入小麦,也可以用农杆菌,但要注意两点:①要选择合适的农杆菌菌株,因为不是所有的农杆菌菌株都可以侵染单子叶植物;②要加趋化和诱导的物质,一般为乙酰丁香酮等,目的是使农杆菌向植物组织的受伤部位靠拢(趋化性)和激活农杆菌的Vir区(诱导性)的基因,使T-DNA转移并插入到染色体DNA上。

3. 利用大肠杆菌可以生产出人的胰岛素,联系前面有关细胞器功能的知识,结合基因工程操作程序的基本思路,思考一下,若要生产人的糖蛋白,可以用大肠杆菌吗?

提示:有些蛋白质肽链上有共价结合的糖链,这些糖链是在内质网和高尔基复合体上加工完成的,内质网和高尔基复合体存在于真核细胞中,大肠杆菌不存在这两种细胞器,因此,在大肠杆菌中生产这种糖蛋白是不可能的。

4. β -珠蛋白是动物血红蛋白的重要组成部分。当它的成分异常时,动物有可能患某种疾病,如镰刀形细胞贫血症。假如让你用基因工程的方法,

使大肠杆菌生产出鼠的 β -珠蛋白,想一想,应如何进行设计?

提示:基本操作如下。

(1) 从小鼠中克隆出 β -珠蛋白基因的编码序列(cDNA)。

(2) 将cDNA前接上在大肠杆菌中可以适用的启动子,另外加上抗四环素的基因,构建成一个表达载体。

(3) 将表达载体导入无四环素抗性的大肠杆菌中,然后在含有四环素的培养基上培养大肠杆菌。如果表达载体未进入大肠杆菌中,大肠杆菌会因不含有抗四环素基因而死掉;如果培养基上长出大肠杆菌菌落,则表明 β -珠蛋白基因已进入其中。

(4) 培养进入了 β -珠蛋白基因的大肠杆菌,收集菌体,破碎后从中提取 β -珠蛋白。

(二) 求异思维

你能推测出由mRNA反转录形成cDNA的过程大致分为哪些步骤吗?

提示:1970年,特明(H. M. Temin)和巴尔的摩(D. Baltimore)证实了RNA病毒中含有一种能将RNA转录成DNA的酶,这种酶被称为依赖RNA的DNA聚合酶,由于与中心法则中的从DNA到RNA的转录是反向的,所以称为反转录酶(reverse transcriptase)。

反转录酶既可以利用DNA又可以利用RNA作为模板合成与之互补的DNA链。像其他DNA聚合酶一样,反转录酶也以5'→3'方向合成DNA(图1-3)。



图1-3 由mRNA反转录形成cDNA的过程

cDNA合成过程是:第一步,反转录酶以RNA为模板合成一条与RNA互补的DNA单链,形成RNA-DNA杂交分子。第二步,核酸酶H使RNA-DNA杂交分子中的RNA链降解,使之变成单链的DNA。第三步,以单链DNA为模板,在

DNA聚合酶的作用下合成另一条互补的DNA链，形成双链DNA分子。

(三) 寻根问底

1. 为什么要构建基因文库？直接从含有目的基因的生物体内提取不行吗？

提示：构建基因文库是获取目的基因的方法之一，并不是唯一的方式。如果所需要的目的基因序列已知，就可以通过PCR方式从含有该基因的生物的DNA中，直接获得，也可以通过反转录，用PCR方式从mRNA中获得，不一定要构建基因文库。但如果所需要的目的基因的序列完全不知，或只知道目的基因序列的一段，或想从一种生物体内获得许多基因，或者想知道这种生物与另一种生物之间有多少基因不同，或者想知道一种生物在个体发育的不同阶段表达的基因有什么不同，或者想得到一种生物的全基因组序列，往往就需要构建基因文库。

2. 将生物的所有DNA直接导入受体细胞不是更简便吗？如果这么做，结果会怎样？

提示：有人采用总DNA注射法进行遗传转化，即将一个生物中的总DNA提取出来，通过注射或花粉管通道法导入受体植物，没有进行表达载体的构建，这种方法针对性差，完全靠运气，也无法确定什么基因导入了受体植物。此法目前争议颇多，严格来讲不算基因工程。

五、知识拓展

1. PCR的扩增过程是怎样的？

PCR扩增是获取目的基因的一种非常有用的方法，也是进行分子鉴定和检测的一种很灵敏的方法。PCR的扩增反应过程包括以下几个主要过程。

第一步：将反应体系（包括双链模板、引物、耐高温的DNA聚合酶、四种脱氧核糖核苷酸以及酶促反应所需的离子等）加热至90~95℃，使双链DNA模板两条链之间的氢键打开，变成单链DNA，作为互补链聚合反应的模板。

第二步：将反应体系降温至55~60℃，使两种引物分别与模板DNA链3'端的互补序列互补配

对，这个过程称为复性。

第三步：将反应体系升温至70~75℃，在耐高温的DNA聚合酶催化作用下，与模板互补的单个核苷酸加到引物所提供的3'端的-OH上，使DNA链延伸，产生一条与模板链互补的DNA单链。

上述三步反应完成后，一个DNA分子就变成了两个DNA分子，随着重复次数的增多，DNA分子就以2ⁿ的形式增加。PCR的反应过程都可以在PCR扩增仪中完成。

2. 如何从基因文库中找到所需要的基因？

从基因文库中找到目的基因是一件比较复杂的事情，要根据目的基因已有的某些信息来进行。下面介绍一种根据基因的部分核苷酸序列找到目的基因的方法。

第一步，通过PCR方法将目的基因已知的部分核苷酸序列扩增出来，进行放射性同位素标记（也可以用别的物质标记，如生物素、荧光素等），即用标记了放射性同位素的目的DNA片段作为探针，与扩增出来的DNA杂交。

第二步，将基因文库中的所有菌落转移至硝酸纤维素膜上（也可以用其他类型的膜），然后，通过处理溶解消化掉细菌中的蛋白质，并使DNA固定在膜上。

第三步，按Southern杂交的方法进行杂交。

第四步，在X光底片上出现黑斑的菌落含有所需要的目的基因（若选用别的标记方法，有阳性信号的菌落则含有所需要的目的基因）。

第五步，从该菌落中再提取目的基因。

3. 基因工程载体的构建需要考虑哪些方面的因素？道理何在？

主要考虑以下几方面的因素。

(1) 基因的特点：如果一个来自动物的目的基因含有内含子，就不能用于转基因植物，因为动物中内含子的剪接系统与植物的不同，植物不能将动物基因的内含子剪切掉，只能用该基因的cDNA。基因的产物如果是一个糖蛋白，那么该基因在原核生物细菌中表达出来的蛋白就可能不具备天然状态下的活性，因为糖蛋白上的糖链是在

内质网和高尔基体上加上的,而细菌无这些细胞器。

(2) 要选择强启动子或组织特异性启动子。启动子有强有弱,选择强启动子可以增加转录活性,使基因产物量增多。如果希望基因在生物的某个组织表达,如只在植物种子中表达,就要选择在种子中特异表达的启动子。

(3) 要有选择标记基因,如抗生素抗性基因,以便选择出真正的转基因生物。

4. 什么是分子杂交技术的显示带?

分子杂交技术是基因工程中使用频率很高的一项技术,主要用于检测和鉴定,可以分为核酸分子之间的杂交和蛋白质分子之间的杂交。常用的技术有以下几种。

Southern 杂交——DNA 和 DNA 分子之间的杂交。目的基因是否整合到受体生物的 DNA 中,这是目的基因能否在受体细胞中稳定存在和遗传的关键。如何证明这一点,就需要通过 Southern 杂交技术。基本做法是:第一步,将受体生物 DNA 提取出来,经过适当的酶切后,走琼脂糖凝胶电泳,将不同大小的片段分开;第二步,将凝胶上的 DNA 片段转移到硝酸纤维素膜上;第三步,用标记了放射性同位素(或生物素)的目的 DNA 片段作为探针与硝酸纤维素膜上的 DNA 进

行杂交;第四步,将 X 光底片压在硝酸纤维素膜上,在暗处使底片感光;第五步,将 X 光底片冲洗,如果在底片上出现黑色条带,则表明受体染色体 DNA 上有目的基因。

Northern 杂交——DNA 和 RNA 分子之间的杂交。它是检测目的基因是否转录出 mRNA 的方法,具体做法与 Southern 杂交相同,只是第一步从受体中提取的是 mRNA 而不是 DNA,杂交带的显现也与 Southern 杂交相同。

Western 杂交——蛋白质分子(抗原—抗体)之间的杂交。它是检测目的基因是否表达出蛋白质的一种方法。具体做法是:第一步,将目的基因在大肠杆菌中表达出蛋白质;第二步,将表达出的蛋白质注射给动物进行免疫,产生相应的抗体,并提取出抗体(一抗);第三步,从转基因生物中提取蛋白质,走凝胶电泳;第四步,将凝胶中的蛋白转移到硝酸纤维素膜上;第五步,将抗体(一抗)与硝酸纤维素膜上的蛋白杂交,这时抗体(一抗)与目的基因表达的蛋白(抗原)会特异结合。由于这种抗原—抗体的结合显示不出条带,所以加入一种称为二抗的抗体,它可以与一抗结合,二抗抗体上带有特殊的标记。如果目的基因表达出了蛋白质,则结果为阳性。

1.3 基因工程的应用

一、教学目标

1. 举例说出基因工程应用及取得的丰硕成果。
2. 关注基因工程的进展。
3. 认同基因工程的应用促进生产力的提高。

二、教学重点和难点

1. 教学重点
基因工程在农业和医疗等方面的应用。
2. 教学难点
基因治疗。

三、教学策略

1. 加强收集信息和处理信息环节的指导。

基因工程的应用是基因工程基本操作程序的一个必然结果。如果本节只作为成果的学习,那么就显得思维力度不足了。为此,建议加强指导学生收集和处理信息这一环节,具体做法如下。

无论是学习转基因植物方面的应用,还是学习转基因动物方面的应用,乃至转基因工程菌生产药物方面的应用,首先必须寻找目的基因。教师可利用表 1-1,指导学生整理课本中提供的信

息,填写此表。这样做既可以调动学生学习的积极性,也增强了他们分析和处理信息的能力。

表 1-1 转基因生物与目的基因的关系

转基因生物	目的基因	目的基因从何处来
抗虫棉	Bt 毒蛋白基因	苏云金芽孢杆菌
抗真菌立枯丝核病的烟草	几丁质酶基因和抗毒素合成基因	
抗盐碱和干旱作物	调节细胞渗透压的基因	
耐寒的番茄	抗冻蛋白基因	鱼
抗除草剂大豆	抗除草剂基因	
增强甜味的果实	甜味基因	
降低乳糖的奶牛	肠乳糖酶基因	
生产胰岛素的工程菌	人胰岛素基因	人

指导学生提高处理信息的能力,还可以体现在对教材内容的重组上。例如,我们可以解决当前世界上存在的重大问题如“粮食”“环境污染”“能源危机”“攻克不治之症”等作为主题,让学生将课文中的知识或学生知道的课外的基因工程应用方面的知识进行重组。这样的活动不仅能培养学生处理信息的能力,还会使学生感悟到肩负的社会责任,从而激发用科学技术报效祖国的志向。

2. 课文中的一些难点,建议采用小组讨论,师生共同归纳的方法学习。

课文中有几处是学生学习感兴趣的知识,但文字说明不多,学生学习有一定难度,如“什么叫乳腺生物反应器”“什么叫工程菌”“什么是基因治疗”等。教师可创设问题情境,让学生讨论,提高用已有知识认识新事物的能力。学生想不到的地方,可由师生共同归纳。在学习乳腺生物反应器时,如果学生提出“给我们讲讲乳腺生物反应器究竟是怎么回事”,这时教师可提出以下问题,让学生讨论。

(1) 用动物乳腺作为反应器,生产高价值的蛋白质(如教材中列举的血清白蛋白、抗凝血酶

等)比工厂化生产的优越之处有哪些?

(2) 用基因工程技术实现动物乳腺生物反应器的操作过程是怎样的?

第一个问题,既可以解决乳腺生物反应器的优越性问题,而且显示了社会需求是乳腺生物反应器这一创新成果产生的动力。学生在充分讨论和发表观点的基础上,师生共同归纳出乳腺生物反应器的优点:①产量高;②质量好;③成本低;④易提取。

第二个问题,用基因工程技术实现动物乳腺生物反应器的操作过程与转基因动物操作过程相同。而不同之处可由教师提出:为了将目标产品在奶中形成,需要使用乳腺组织中特异表达的启动子,要在编码目的蛋白质的基因序列前加上在乳腺组织中特异表达的启动子来构建成表达载体。

操作过程大致归纳为:获取目的基因(例如血清白蛋白基因)→构建基因表达载体(在血清白蛋白基因前加特异表达的启动子)→显微注射导入哺乳动物受精卵中→形成胚胎→将胚胎送入母体动物→发育成转基因动物(只有在产下的雌性个体中,转入的基因才能表达)。

关于工程菌的学习,也可结合基因工程操作程序,予以说明,并结合微生物生长和代谢的特点,说明工程菌生产药物的优越性。

关于基因治疗,可结合课文中的具体实例,归纳出大致治疗过程。至于是否采用讨论方式,可根据课堂时间而定。如果时间紧,也可采用教师引导学习的方法。

四、答案和提示

思考与探究

根据所学内容,试概括写出基因工程解决了哪些生活、生产中难以解决的问题。

提示:基因工程可以生产人类需要的药物,如胰岛素、干扰素等。我们吃的某些食品如番茄、大豆等也可以是基因工程产品。农业生产中的抗虫棉、抗病毒烟草、抗除草剂大豆等都已进入商品化生产……上述产品若用常规方法有些是难以生产的,有些生产成本过高。

五、知识拓展

1. 利用微生物生产药物的优越性何在?

所谓利用微生物生产蛋白质类药物,是指将人们需要的某种蛋白质的编码基因,构建成表达载体后导入微生物,然后利用微生物发酵来生产这些药物。与传统的制药相比有以下优越性。

(1) 利用活细胞作为表达系统,表达效率高,无需大型装置和面积厂房就可以生产出大量药品。

(2) 可以解决传统制药中原料来源的不足。例如,胰岛素是治疗糖尿病的药物,一名糖尿病患者每年使用的胰岛素需要从40头牛或50头猪的胰脏中才能提取到。1978年科学家用2 000 L大肠杆菌发酵液得到100 g胰岛素,相当于从1 000 kg猪胰脏中提取的量。又如,生长激素是治疗侏儒症的药物,治疗一名侏儒症患者每年需要从80具尸体的脑下垂体中提取生长激素。利用基因工程菌发酵生产就不需要从动物或人体中获取。

(3) 减少生产人员和管理人员,从而降低生产成本。

2. 在抗病毒转基因植物中,为什么使用病毒外壳蛋白基因可以抗病毒侵染?

关于病毒外壳蛋白(coat protein, CP)基因导入植物后的抗病毒机理,目前有几种假说。一种假说认为:CP基因在植物细胞内表达积累后,当入侵的病毒裸露核酸进入植物细胞后,会立即被这些外壳蛋白重新包裹,从而阻止病毒核酸分子的复制和翻译。另一种假说认为:植物细胞内积累的病毒外壳蛋白会抑制病毒脱除外壳,使病毒核酸分子不能释放出来。然而最近的研究表明,如果将病毒的外壳蛋白的AUG起始密码缺失,使之不能被翻译,或者将外壳蛋白基因变成反义RNA基因,整合到植物细胞染色体上,转基因植物则有很好的抗性。因此,有人认为抗性机理不是外壳蛋白在起作用,而是CP基因转录出RNA后,与入侵病毒RNA之间的相互作用起到了抗性作用。

利用CP介导的抗病毒性还存在一些问题:①转基因植物对病毒的抗性有局限性,仅限于特定的病毒(被使用CP基因的病毒)或密切相关的病毒;②转基因植物大多数只是发病延缓,一般为两周,并非根治;③潜在着植物表达的外壳蛋白包被与另一种病毒形成新的杂合病毒的危险。

1.4 蛋白质工程的崛起

一、教学目标

1. 举例说出蛋白质工程崛起的缘由。
2. 简述蛋白质工程的原理。
3. 尝试运用逆向思维分析和解决问题。

二、教学重点和难点

1. 教学重点
 - (1) 为什么要开展蛋白质工程的研究?
 - (2) 蛋白质工程的原理。
2. 教学难点

蛋白质工程的原理。

三、教学策略

1. 建议采用“问题—探究—新问题—再探究”的教学模式。

本节内容是基因工程的延伸和发展。由于蛋白质工程刚刚起步,学习内容较少。如何学得充实,又让学生悟出些终身学习的道理,建议采用“问题—探究—新问题—再探究”的教学模式。

新课一开始,可以带领学生回忆原有知识:要想让一种生物的性状在另一种生物中表达,在种内可以用常规杂交育种的办法实现,但要使有生殖隔离的种间生物实现基因交流,就显得力不从心了。基因工程的诞生,为克服这一远缘杂交

的障碍问题,带来了新的希望。于是取得了丰硕成果:大肠杆菌为人类生产出了胰岛素,牛的乳腺生物反应器为人类制造出了蛋白质类药物,烟草植物体内含有了某种药物蛋白……至此,人们也只是实现了世界上现有基因在转基因生物中的表达。但一个新问题出现了,生物产生的天然蛋白质是在长期进化过程中形成的,它的结构、性能不能完全满足人类生产和生活的需要。为了加深这一点的认识,可调动学生从书中找实例(干扰素例子、工业用酶的例子)加以佐证。于是对现有蛋白质进行改造,制造出目前从天然蛋白质中找不到的蛋白质。这样人们又开始了新一轮的探索,蛋白质工程应运而生了。

2. 建议加强与已有知识的联系,用逆向思维的方法解决新问题。

学生在必修课中已学习过中心法则及蛋白质具有复杂的空间结构等知识。中心法则告诉我们遗传信息的流动方向如图 1-4 所示。

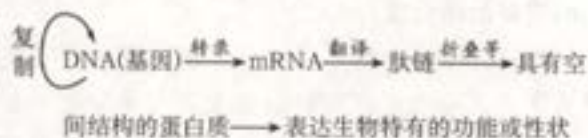


图 1-4 遗传信息的流动方向

这是学习新知识的基础。既然蛋白质的功能是由 DNA 决定的,那么要制造出新的蛋白质,就要改造 DNA,所以蛋白质工程的原理应该是中心法则的逆推。结合课本中蛋白质工程流程图,可以较明确地说明这一点。

还有两点教学建议需要说明。第一,蛋白质工程的诞生是有其理论与技术条件支撑的,正如课本中开头描述的,它是随着分子生物学、晶体学以及计算机技术的迅猛发展而诞生的,也与基因组学、蛋白质组学、生物信息学的发展等因素有关(本书“前沿动态”中有简要介绍)。第二,说明蛋白质工程目前的现状:成功的例子不多,主要是因为蛋白质发挥其功能需要依赖于正确的空间结构,而科学家目前对大多数蛋白质的空间结构了解很少。这样学习,可以使学生认识到科学探索之路的漫长、艰辛和永无止境。

四、答案和提示

(一) 思考与探究

1. 蛋白质工程是应怎样的社会需求而崛起的?

提示(供教师在教学中参考):蛋白质工程的崛起主要是工业生产和基础理论研究的需要。而结构生物学对大量蛋白质分子的精确立体结构及其复杂的生物功能的分析结果,为设计改造天然蛋白质提供了蓝图。分子遗传学的以定点突变为中心的基因操作技术为蛋白质工程提供了手段。

在已研究过的几千种酶中,只有极少数可以应用于工业生产,绝大多数酶都不能应用于工业生产,这些酶虽然在自然状态下有活性,但在工业生产中没有活性或活性很低。这是因为工业生产中每一步的反应体系中常常会有酸、碱或有机溶剂存在,反应温度较高,在这种条件下,大多数酶会很快变性失活。提高蛋白质的稳定性是工业生产中一个非常重要的课题。一般来说,提高蛋白质的稳定性包括:延长酶的半衰期,提高酶的热稳定性,延长药用蛋白的保存期,抵御由于重要氨基酸氧化引起的活性丧失等。

下面举一个如何通过蛋白质工程来提高重组 β -干扰素专一活性和稳定性的例子。干扰素是一种抗病毒、抗肿瘤的药品。将人的干扰素的cDNA在大肠杆菌中进行表达,产生的干扰素的抗病毒活性为 1×10^6 U/mg,只相当于天然产品的十分之一。虽然在大肠杆菌中合成的 β -干扰素量很多,但多数是以无活性的二聚体形式存在。为什么会这样?如何改变这种状况?研究发现, β -干扰素蛋白质中有3个半胱氨酸(第17位、第31位和第141位),推测可能是有一个或几个半胱氨酸形成了不正确的二硫键。研究人员将第17位的半胱氨酸,通过基因定点突变改变成丝氨酸,结果使大肠杆菌中生产的 β -干扰素的抗病毒活性提高到 1×10^8 U/mg,并且比天然 β -干扰素的贮存稳定性高很多。

在基础理论研究方面,蛋白质工程是研究多种蛋白质的结构和功能、蛋白质折叠、蛋白质分子设计等一系列分子生物学基本问题的一种新型的、强有力的手段。通过对蛋白质工程的研究,

可以深入地揭示生命现象的本质和生命活动的规律。

2. 蛋白质工程操作程序的基本思路与基因工程有什么不同?

答: 基因工程是遵循中心法则, 从 DNA → mRNA → 蛋白质 → 折叠产生功能, 基本上是生产出自然界已有的蛋白质。蛋白质工程是按照以下思路进行的: 确定蛋白质的功能 → 蛋白质应有的高级结构 → 蛋白质应具备的折叠状态 → 应有的氨基酸序列 → 应有的碱基排列, 可以创造自然界不存在的蛋白质。

3. 你知道酶工程吗? 绝大多数酶都是蛋白质, 酶工程与蛋白质工程有什么区别?

提示: 酶工程就是指将酶所具有的生物催化作用, 借助工程学的手段, 应用于生产、生活、医疗诊断和环境保护等方面的一门科学技术。概括地说, 酶工程是由酶制剂的生产和应用两方面组成的。酶工程的应用主要集中于食品工业、轻工业以及医药工业中。 α -淀粉酶、葡萄糖淀粉酶和葡萄糖异构酶这三种酶连续作用于淀粉, 就可以代替蔗糖生产出高果糖浆; 蛋白酶用于皮革脱毛以及洗涤剂工业; 固定化酶还可以治疗先天性缺酶病或是器官缺损引起的某些功能的衰竭等。至于我们日常生活中所见到的加酶洗衣粉、嫩肉粉等, 就更是酶工程最直接的体现了。通常所说的酶工程是用工程菌生产酶制剂, 而没有经过由酶的功能来设计酶的分子结构, 然后由酶的分子结构来确定相应基因的碱基序列等步骤。因此, 酶工程的重点在于对已存在酶的合理充分利用, 而蛋白质工程的重点则在于对已存在的蛋白质分子的改造。当然, 随着蛋白质工程的发展, 其成果也会应用到酶工程中, 使酶工程成为蛋白质工程的一部分。

(二) 正文中讨论题

某多肽链的一段氨基酸序列是: …—丙氨酸—色氨酸—赖氨酸—甲硫氨酸—苯丙氨酸—…

讨论: (1) 怎样得出决定这一段肽链的脱氧核苷酸序列? 请把相应的碱基序列写出来。

(2) 确定目的基因的碱基序列后, 怎样才能

合成或改造目的基因 (DNA)?

答: (1) 每种氨基酸都有对应的三联密码子, 只要查一下遗传密码子表, 就可以将上述氨基酸序列的编码序列查出来。但是由于上述氨基酸序列中有几个氨基酸是由多个三联密码子编码, 因此其碱基排列组合起来就比较复杂, 至少可以排列出 16 种, 可以让学生根据学过的排列组合知识自己排列一下。首先应该根据三联密码子推出 mRNA 序列为 GCU (或 C 或 A 或 G) UGGAAA (或 G) AUGUUU (或 C), 再根据碱基互补配对规律推出脱氧核苷酸序列: CGA (或 G 或 T 或 C) ACCTTT (或 C) TACAAA (或 G)。

(2) 确定目的基因的碱基序列后, 就可以根据人类的需要改造它, 通过人工合成的方法或从基因库中获取。

(三) 异想天开

能不能根据人类需要的蛋白质的结构, 设计相应的基因, 导入合适的细菌中, 让细菌生产人类所需要的蛋白质食品呢?

提示: 理论上讲可以, 但目前还没有真正成功的例子。一些报道利用细菌生产人类需要的蛋白质往往都是自然界已经存在的蛋白质, 并非完全是人工设计出来而自然界不存在的蛋白质。主要原因是蛋白质的高级结构非常复杂, 人类对蛋白质的高级结构和在生物体内如何行使功能知之甚少, 很难设计出一个崭新而又具有生命功能作用的蛋白质, 而且一个崭新的蛋白质会带来什么危害也是人们所担心的。

(四) 旁栏思考题

1. 你知道人类蛋白质组计划吗? 它与蛋白质工程有什么关系? 我国科学家承担了什么任务?

提示: 人类蛋白质组计划是继人类基因组计划之后, 生命科学乃至自然科学领域一项重大的科学命题。2001 年, 国际人类蛋白质组组织宣告成立。2003 年, 该组织正式提出启动了两项重大国际合作行动: 一项是由中国科学家牵头执行的“人类肝脏蛋白质组计划”; 另一项是以美国科学家牵头执行的“人类血浆蛋白质组计划”, 由此拉开了人类蛋白质组计划的帷幕。

“人类肝脏蛋白质组计划”是国际上第一个人类组织器官的蛋白质组计划，由我国贺福初院士牵头，这是中国科学家第一次领衔的重大国际科研协作计划，总部设在北京。它的科学目标是揭示并确认肝脏的蛋白质，为重大肝病预防、诊断、治疗和新药研发的突破提供重要的科学基础。

随后，相继启动了由德国、瑞士、英国、加拿大和日本等国家牵头的各类蛋白质组计划。人类蛋白质组计划的深入研究将是对蛋白质工程的有力推动和理论支持。

2. 对天然蛋白质进行改造，你认为应该直接

对蛋白质分子进行操作，还是通过对基因的操作来实现？

答：毫无疑问应该从对基因的操作来实现对天然蛋白质改造，主要原因如下。

(1) 任何一种天然蛋白质都是由基因编码的，改造了基因即对蛋白质进行了改造，而且改造过的蛋白质可以遗传下去。如果对蛋白质直接改造，即使改造成功，被改造过的蛋白质分子还是无法遗传的。

(2) 对基因进行改造比对蛋白质直接改造要容易操作，难度要小得多。

前沿动态

1. 动物乳腺生物反应器

1987年美国科学家戈登(Gordon)等人首次在小鼠的奶中生产出一种医用蛋白——tPA(组织型纤溶酶原激活物)，展示了用动物乳腺生产高附加值产品的可能性。利用动物乳腺生产高附加值产品的方式称为动物乳腺生物反应器。

为什么要用动物乳腺作为反应器生产高价值的蛋白质产品呢？这是因为动物乳房是一种高度分化的专门化腺体，合成蛋白质的能力非常强，尤其是一些经过长期的遗传改良，专门产奶的乳用动物品种，蛋白质合成能力更是惊人。一头优质奶牛，一年可产奶10 000 kg，即便是一只奶山羊，一年也可产奶2 000 kg。

动物乳腺生物反应器归纳起来有四大优点：①产量高，且易收获目标产品，可以随乳汁分泌而排出动物体外；②目标产品的质量高。动物乳腺组织不仅具有按遗传信息流向合成蛋白质的能力，而且具备一整套对蛋白进行修饰和加工的能

力，如糖基化、羧化、磷酸化以及分子组装等，而微生物和植物系统都不具备这种全面的蛋白质后加工能力；③产品成本低；④从奶牛中提取产品，操作比较简单。

正因为利用动物乳腺生物反应器生产高附加值的产品有上述优点，目前利用动物乳腺生物反应器生产医用蛋白质已成为一种风险投资产业，受到科学家、商界和医药界的高度重视。目前瞄准的目标医药产品有：①血液蛋白质，如表1-2所示，这些血液蛋白质有巨大的经济效益，其中利用奶牛生产的凝血酶Ⅲ已通过第三期临床实验，即将投放市场；②第二代医用蛋白质，主要有抗体、降钙素、人的生长激素、胰岛素等药物蛋白，乳白蛋白、乳铁蛋白等营养蛋白，疫苗，组织修复物等；③生产“人源化牛奶”，即用成人的乳蛋白基因替代牛的乳蛋白基因，使牛奶变成像人奶的一种基因工程奶。

表 1-2 2001 年世界市场一些医用蛋白质的需求情况

	第 8 因子	第 9 因子	C 蛋白	凝血酶Ⅲ	抗胰蛋白酶	血纤蛋白原	白蛋白
市场需求量	304 g	4 kg	10 kg	21 kg	5 t	150 kg	315 t
单价(美元/g)	290 万	4 万	1 万	7 000	500	1 000	3.50
总价值(亿美元)	8.82	1.60	1.00	1.50	2.50	1.50	11.20

动物乳腺生物反应器的做法与转基因动物的操作是相同的,只是为了将目标产品在乳汁中形成,需要使用乳腺组织中特异表达的启动子,即在目标产品蛋白质编码框的前面加上乳腺组织中特异表达的启动子等,构建成表达载体后通过注射导入受精卵中,再将其送入母体动物内,发育成动物个体,这个转基因动物就会在奶中产生所需要的目标产品。

2. 基因沉默

在转基因植物和转基因动物中往往会遇到这样的情况,外源基因存在于生物体内,并未丢失或损伤,但该基因不表达或表达量极低,这种现象称为基因沉默(gene silence)。这是基因工程中遇到的一个影响实际应用的重要问题。一般认为基因沉默有三种情况:位置效应的基因沉默、转录水平的基因沉默和转录后水平的基因沉默。如果外源基因整合到甲基化程度高、转录活性低的异染色质上,一般不能表达,这种现象称为位置效应产生的基因沉默。如果外源基因的启动子产生甲基化,或者外源基因异染色质化都会使外源基因不能转录,产生转录水平上的基因沉默。如果外源基因可以转录出 mRNA,但 mRNA 不能积累,或被降解,或被相应的 RNA 或蛋白质封闭,使之不能翻译出蛋白质,称为转录后水平的基因沉默。

如何避免基因沉默呢?这是科学家一直在努力解决的问题之一。目前主要的对策是在构建表达载体时,应尽可能避免外源基因与内源序列同源性过高,或者选择甲基化酶活性低的受体细胞,或选择外源基因在生物体内为单拷贝的转基因生物。

3. 无抗性选择标记基因的策略

当前转基因植物中大部分都是使用了抗生素抗性基因作为选择标记基因,由于担心这样做会对人类健康和环境带来负面影响,因此,科学工作者正在想办法消除转基因植物中的抗性基因。基本的做法有两种:一是将抗性选择标记基因和目的基因分别构建在两个不同的表达载体上,用这两种载体同时转化受体细胞,通过筛选和分子检测找到同时含有抗性筛选标记基因和目的基因

的植株,通过自交,在 F_2 代分离时,由于抗性筛选标记基因和目的基因不是在一个表达载体上,它们整合到受体细胞染色体 DNA 上时不在同一个位点上,两者相距较远,不会连锁,因此分离时可以将二者分开,分别存在于不同的植株中,这样就可以得到含有目的基因而不含抗性筛选标记基因的植株。二是采用位点专一性重组系统,通过重组酶的作用将抗性筛选标记基因从转基因植株的 DNA 中切除掉。

4. 当前生命科学中的几个前沿研究领域

基因组学 基因组学是阐明各种生物基因组 DNA 中碱基对的排列顺序,破译相关的遗传信息的学科。目前除人类基因组的测序工作已完成外,水稻、拟南芥、鸡、海鞘、海藻、2 000 多种流感病毒、埃及伊蚊等的基因组测序也已完成,这些工作的相继完成为揭示生命奥秘提供了基本的资料。

功能基因组学 基因组测序工作的完成只是为人类从基因水平认识生命本质,提供了基本的资料。功能基因组学就是要揭示每个基因在生命活动中的具体功能,为勾画整个生命蓝图,充分利用基因资料打下基础。发现新的功能基因和新的基因功能的确定,从而获得知识产权,已成为当前生命领域世界各国竞相争夺的“制高点”。

结构基因组学 结构基因组学是继人类基因组计划之后又一个大的科学热点,是在生物的整体水平测定出全部蛋白质分子的三维结构,以及蛋白质之间、蛋白质与核酸之间、蛋白质与多糖之间、蛋白质和核酸以及多糖之间的精细三维结构,获得这些蛋白质在整个生命活动中的三维结构全息图,即单个蛋白质的三维结构,以及蛋白质与其他生物大分子结合后的复合体的三维结构状态与生命活动的关系,从而在生命整体水平上理解生命的原理。结构基因组学的研究进展,将对人类疾病机理的阐明、疾病的防治有重要意义。

蛋白质组学 蛋白质组学是独立于基因组学发展的一门新兴的前沿学科。它是研究一个完整的生物体(或细胞等)所表达的所有蛋白质的特征,包括蛋白质的表达水平,翻译后的修饰,蛋

白质之间的相互作用等,从蛋白质水平上全面认识生物体的生理活动和病理过程。

生物信息学 生物信息学是综合运用生物学、信息学、数学以及计算机科学等诸多学科的理论

和方法,处理和分析大规模复杂的生物信息的交叉学科。从浩瀚的生物信息数据中找出某些规律和共同点,从而揭示生命的奥秘和利用对人类有用的生物信息。

教学案例

DNA 重组技术的基本工具

教学过程	教 学 内 容	教学手段和方法	预期目标
1. 创设情境,引入对基因重组技术工具的学习。	师:1973年转基因微生物——转基因大肠杆菌问世;1980年第一个转基因动物——转基因小鼠诞生;1983年第一例转基因植物——转基因烟草出现,实现了一种生物的某些性状在另一种生物中的表达。 同学们,性状的表达与我们从前学过的什么过程有关? 生:与基因控制蛋白质的合成有关。 师:假若这是一个DNA上的能指导合成某种药物蛋白的基因(老师用手指纸条上的该区段),而这是一条烟草的DNA(老师拿出另一纸条)。同学们分析,要实现药物基因在烟草中的表达,提前要做哪些关键工作? 生:1. 要将药物基因切割下来; 2. 要将药物基因整合到烟草的DNA上。 师:同学们说得对!但还应该实际考虑问题,这两条纸带所代表的DNA是在同一个细胞中吗? 生:不是。 师:所以这里就存在一个基因转移的实际问题,谁能具体说一下? 生:就是将控制合成药物的基因转入烟草细胞的问题。 师:同学们思考的问题,正是科学家们思考的问题。刚才我们所探讨的工作,都是在分子水平上进行的,切割也好,连接也好,转移也好,无一例外。中国有句俗语叫“没有金刚钻儿,不揽瓷器活儿”。科学家们在实施基因工程之前,苦苦求索,终于找到了实施基因工程的三种“金刚钻儿”,使基因工程的设想成为了现实。这三种“金刚钻儿”,一是准确切割DNA的工具,“分子手术刀”——限制酶;二是DNA片段的连接工具,“分子缝合针”——DNA连接酶;三是基因转移工具,“分子运输车”——基因进入受体细胞的载体。下面我们就来学习这方面的内容。	拿出两种不同颜色的等宽的纸条。 学生讨论。 第三个内容不好回答,教师要引导。 赞扬也是教育的一种方式。	联系旧知识,使学生认识到基因工程也是建立在基因控制蛋白质合成的基础理论上的,不可割裂。 抽象变直观,增强诱导的效果。 使学生认识到科学的发展有赖于技术的创新。 以上教学也是将三种操作工具整合到一个完整的过程之中。
2. 学习“分子手术刀”——限制酶。	师:在进入对限制酶的学习时,你们可能最关心的是这种工具酶到哪里去寻找。我们不妨从以往学过的知识谈起,引起思考。自然界中有各种生物,它们所处的环境不是真空。一些生物的DNA可能进入另一种生物的细胞中。这种可能,同学们可用什么实例来说明? 生:噬菌体侵染细菌的实验。	引导大家思考。	

续表

教学过程	教 学 内 容	教学手段和方法	预期目标
3. 学习“分子缝合针”——DNA连接酶。	师：那么现今存在的生物为什么没有在长期的进化过程中被外源 DNA 的入侵而绝灭，仍能保持一种稳定状态呢？ 生：生物体有的有免疫系统，如动物；有的有保护作用的组织、器官，如植物。 师：那么作为单细胞的生物来讲，怎么会有那么复杂的结构和系统？它如何来抵抗入侵的外源 DNA，保护自身呢？ 生：只有让外来的 DNA 失效，才能保护自身。 师：那么怎样才能让 DNA 失效？ 生：用 DNA 酶，因为在必修课本中学过。 师：用 DNA 酶，那么生物自身的 DNA 不也要失效了吗？ 生：一种特殊的酶，能切割外来的 DNA，而对自身 DNA 不切割。 师：根据你们的分析可知，这种酶可能是一种不同于 DNA 酶的，我们还没有认识的酶。我们讨论至此，同学们是否有了从哪里获得这种酶的意向？ 生：到单细胞的生物中去找。 师：科学家的基本意向也和同学们一样。单细胞生物比多细胞生物更容易受到外源 DNA 的入侵。在长期的进化过程中，使其必须有处理外源 DNA 的酶。科学家们经过不断地努力，终于从原核生物中分离纯化出这种酶，叫做限制酶。迄今已从近 300 种微生物中分离出约 4 000 种限制酶。这种酶与我们以前知道的 DNA 酶的作用是不同的。请同学们看书，学习限制酶特有的作用。 师：书中告诉我们这种特殊的酶有什么作用？ 生：它们能够识别双链 DNA 分子的某种特定核苷酸序列，并且使每一条链中特定部位的两个核苷酸之间的磷酸二酯键断开。 师：以上这句话，说出了两层意思。一是识别特定核苷酸序列。请同学们看图，EcoRI 只能识别 GAATTC 的核苷酸序列，SmaI 只识别 CCCGGG 的核苷酸序列。第二层意思是从特定部位的两个核苷酸之间切开。请同学们看图，EcoRI 就从 G 和 A 之间切开，SmaI 就从 C 和 G 之间切开。 师：刚才我们提到科学家们已经分离出约 4 000 种限制酶，由于酶的不同，它们识别的特定核苷酸序列也不同，这样就为我们切割 DNA 提供了多种特定的“手术刀”。但它们切割 DNA 后形成的末端有两种可能，请同学看图回答。 生：一种形成黏性末端，一种形成平末端。 师：那么这两种末端是如何形成的呢？请从书中找到答案。 生：限制酶在它识别序列的中心位置两侧将 DNA 两条单链分割开，就形成黏性末端，而从识别序列的中心位置切开就产生平末端。 师：切开的 DNA 片段要与受体细胞的 DNA 连接，同学们根据以往学习的经验，能说出用什么酶吗？ 生：用 DNA 复制中的 DNA 聚合酶。 师：同学们想到用 DNA 聚合酶是很正常的，但是现在我们学习的这种连接与 DNA 复制中的连接有所不同。请看书后议论，由同学来回答。	学生讨论。 讨论中及时发现有创新思维的学生，鼓励发表意见。学生再次议论。 及时鼓励学生。 学生看书。 教师点拨。 学生看插图。 学生看书。	将直白的教学内容变得有思维力度。 培养学生思维的创造性。 以上教学改变直白的教学方式，通过诱思，提高学生的思维能力。 引导学生与 DNA 酶作对比，在比较中准确认识限制酶。 让文字与插图结合，使抽象的文字在直观的插图中得以体现。

续表

教学过程	教 学 内 容	教学手段和方法	预期目标
4. 学习“分子运输车”——基因进入受体细胞的载体。	生：DNA 连接酶是将双链的 DNA 片段连接起来，而 DNA 聚合酶则是将一个脱氧核苷酸连接起来。 师：同学们说得对，但还不深刻。比如刚才说 DNA 连接酶是将双链的 DNA 片段连接起来，就是说 DNA 连接酶是同时连接双链的切口，而 DNA 聚合酶只是在单链上将一个个脱氧核苷酸连接起来。相同之处都是通过形成磷酸二酯键来连接的。请同学们在图中正确指出其位置。 师：开始时，我们学习了限制酶切割后有两种不同的结果，一种产生黏性末端，一种产生平末端。那么恢复它们的连接，所用 DNA 连接酶是否可以不加选择？同学们应从书中求得真知，自己解答这个问题。 生：应该有所选择。因为 <i>E. coli</i> DNA 连接酶只能将双链 DNA 片段黏性末端之间连接起来，不能将双链 DNA 片段平末端之间连接起来。T₄ DNA 连接酶既可“缝合”双链黏性末端，也可“缝合”双链 DNA 的平末端，但在平末端之间连接的效率比较低。 师：单纯的 DNA 片段是很难导入受体细胞的，所以我们将切割下来的目的基因导入受体细胞就需要有一个“分子运输车”帮助。不是任何的“分子运输车”都可以用来作目的基因进入受体细胞的载体的，其中的理由要从实际情况出发考虑才能清楚。下面老师提出四个问题供大家思考。 1. 假如目的基因导入受体细胞后不能复制将怎样？ 2. 作为载体没有切割位点将怎样？ 3. 目的基因是否进入受体细胞，你如何去察觉？ 4. 如果载体对受体细胞有害将怎样？不能分离会怎样？ 生：1. 导入受体细胞的目的基因不能复制，将在细胞增殖中丢失。 2. 载体没有切割位点，外源的目的基因不可能插入。 3. 如果载体上有遗传标记基因，在载体进入受体细胞后，就可通过标记基因的表达来检测。 4. 载体对受体有害，将影响受体细胞的新陈代谢，进而使转入的目的基因也无立足之地。载体不能分离，就不能获得更多带有目的基因的载体。 师：可见以上内容，都是在选择合适载体时必须考虑的。请同学们阅读课文，归纳出充当基因进入受体细胞载体的必要条件。 生：1. 能自我复制； 2. 有切割位点； 3. 有遗传标记基因； 4. 对受体细胞无害、易分离。 师：目前通常利用的载体是质粒。质粒是能“友好”寄居在细菌细胞内的小型环状 DNA。下面让我们通过插图一起来认识质粒，尤其要在质粒载体结构模式图上找出刚才归纳几个条件的具体体现。 生：找到“复制原点”——说明质粒能复制并能带着插入的目的基因一起复制。 找到“目的基因的插入位点”——说明质粒有切割位点。	学生看书，接着议论。 教师点拨。 利用插图。 看书学习。 将局部问题整合到实际工作的全过程中思考。 学生讨论。 学生归纳。 学生结合插图寻找。	联系旧知识，提供一个比较的对象，在比较中加深对 DNA 连接酶的认识。 提高学生思维的深刻性。 准确认识 DNA 连接酶的作用部位。 解决本课的难点。 提出问题，诱导思考，解决难点。 培养思维的广阔性。 培养学生的归纳能力。 利用插图加深对载体必须具备条件的认识。

续表

教学过程	教 学 内 容	教学手段和方法	预期目标
5. 布置作业。	找到“氨苄青霉素抗性基因”——说明有标记基因的存在，将来可用含青霉素的培养基鉴别。 找到此质粒来自大肠杆菌——说明没有危害，大肠杆菌是非致病菌，且分裂快，也便于从大量复制个体中分离出来。 1. 完成书后练习题。 2. 认真完成模拟制作——DNA重组模型。希望大家动手、动脑协调配合，体会每一步骤在基因重组中的真实含义。最后结束时加强反思，回答书中提出的两个问题。	课内与课外结合。	体现基础知识的准确运用。在运用中加深对基础知识的深层次理解。

参考书目

1. 现代分子生物学。朱玉贤，李毅编著，北京：高等教育出版社，1997年。
2. 生命的礼赞。敖光明主编，北京：科学普及出版社，2000年。
3. 蛋白质工程。王大成主编，北京：化学工业出版社，2002年。
4. 基因工程。路德如，陈永清主编，北京：化学工业出版社，2002年。
5. 植物基因工程。王关林，方宏筠主编，北京：科学出版社，2002年。
6. 中国生物技术发展报告。中华人民共和国科学技术部农村与社会发展司中国生物技术发展中心编著，北京：中国农业出版社，2003年。

人教版®

细胞工程

体细胞克隆羊多利的问世不仅给克隆技术带来重大突破,也使更多的人开始关注细胞工程技术。近几十年来,细胞工程技术获得突飞猛进的发展,许多成果已渗入到我们的日常生产和生活中。通过本专题的学习,学生可以了解细胞工程的原理、应用及其发展前景。

本专题教材分析

一、教学目的要求

知识方面

1. 简述植物组织培养和体细胞杂交技术及其应用。
2. 简述动物细胞培养和体细胞核移植技术及其应用前景。
3. 举例说出动物细胞融合和单克隆抗体技术及其应用。

情感态度与价值观方面

1. 体验植物组织培养技术。
2. 讨论细胞工程技术的社会意义。
3. 认同细胞学基础理论研究与技术开发之间的关系。
4. 关注细胞工程研究的发展和应用前景。

能力方面

1. 尝试进行植物组织培养。
2. 运用细胞的基础知识,分析细胞工程的理论基础。
3. 搜集有关细胞工程研究进展和应用方面的资料,进行整理、分析和交流。

二、教学内容的特点和结构

(一) 教学内容的特点

本专题内容包括两部分,即《植物细胞工程》和《动物细胞工程》,它们都可用3课时教学。

本专题的题图是由三幅图合成的:克隆羊多利的照片、细胞核移植和植物组织培养。题图的寓意是表明细胞工程是细胞水平上的操作,它包括植物细胞工程和动物细胞工程等方面。在章引言中通过列举细胞工程的应用,把学生带进细胞工程的科技领域。

《科技探索之路——细胞工程的发展历程》,以图配文的形式介绍了细胞工程的来龙去脉,使学生认识到细胞工程不是凭空得来的,而是经过了一代代科学家执著地探索;科学与技术是相互促进的,科学理论要经过技术才能转化为生产力。

第一节《植物细胞工程》包括两小节:《植物细胞工程的基本技术》和《植物细胞工程的实际应用》。第一小节,是让学生了解最基础的知识——植物细胞工程基本原理和技术,第二小节是让学生了解它的实际应用。

第一小节《植物细胞工程的基本技术》讲述了细胞的全能性、植物组织培养技术、植物体细胞杂交技术等三方面内容,其中,植物细胞的全能性是植物组织培养的基础,而植物体细胞杂交技术又是在植物组织培养的基础上发展起来的。

在本小节的教材中,首先用实例引出“花瓣是怎样长成一株完整的植株的?植物的花瓣为什么能培育出一株完整的植株?”等问题,由此导入对植物细胞全能性的学习。因为学生在必修模块

《分子与细胞》中，已经学习过细胞的全能性及分化的知识，所以教材在此只简单叙述了细胞全能性的概念和细胞分化的实质。关于植物组织培养技术，是植物细胞工程中最基本的技术，教材中安排了“胡萝卜的组织培养”实验，让学生通过动手操作，感到细胞工程并不神秘，并且培养学生的动手能力。

在植物体细胞杂交技术中，首先是以一个实例“番茄—马铃薯”杂种植株提出问题：“科学家是怎样得到此杂种植株的？”接下来以图文结合的形式介绍了植物体细胞杂交技术的基本过程、概念、已取得的进展和尚未解决的问题。意在使学生认同科学是一个探究过程，激发学生探索生命科学奥秘的兴趣。插入的旁栏——“异想天开”意在活跃学生的思维。

第二小节《植物细胞工程的实际应用》讲述了植物繁殖的新途径、作物新品种的培育，以及细胞产物的工厂化生产等三方面的内容。

在植物繁殖的新途径中，教材选择了三个实例：微型繁殖、作物脱毒和神奇的人工种子。之所以首先介绍了微型繁殖，因为它是植物组织培养技术应用最为广泛的领域。

在作物新品种的培育中，教材仅举了单倍体育种和突变体的利用两个实例。考虑到学生已了解单倍体、突变育种等基本知识，所以教材只对此部分内容做了简单的介绍。

细胞产物的工厂化生产是植物组织培养技术与发酵工程相结合的一项新技术。教材先介绍了细胞产物的种类，再简要介绍人参皂甙的工厂化生产过程。为配合抗癌药物——紫杉醇的生产的内容，教材以资料分析的形式介绍了我国红豆杉惨遭浩劫的例子，引导学生讨论植物组织培养在节约资源，保护环境方面的重要意义。

第二节《动物细胞工程》包括动物细胞的培养、动物体细胞核移植技术及克隆动物、细胞融合和单克隆抗体四部分内容。

关于动物细胞的培养，教材用人造皮肤等实例引入主题，同时，配以人造皮肤的图片，以激发学生的兴趣，接着很自然地导入动物细胞培养

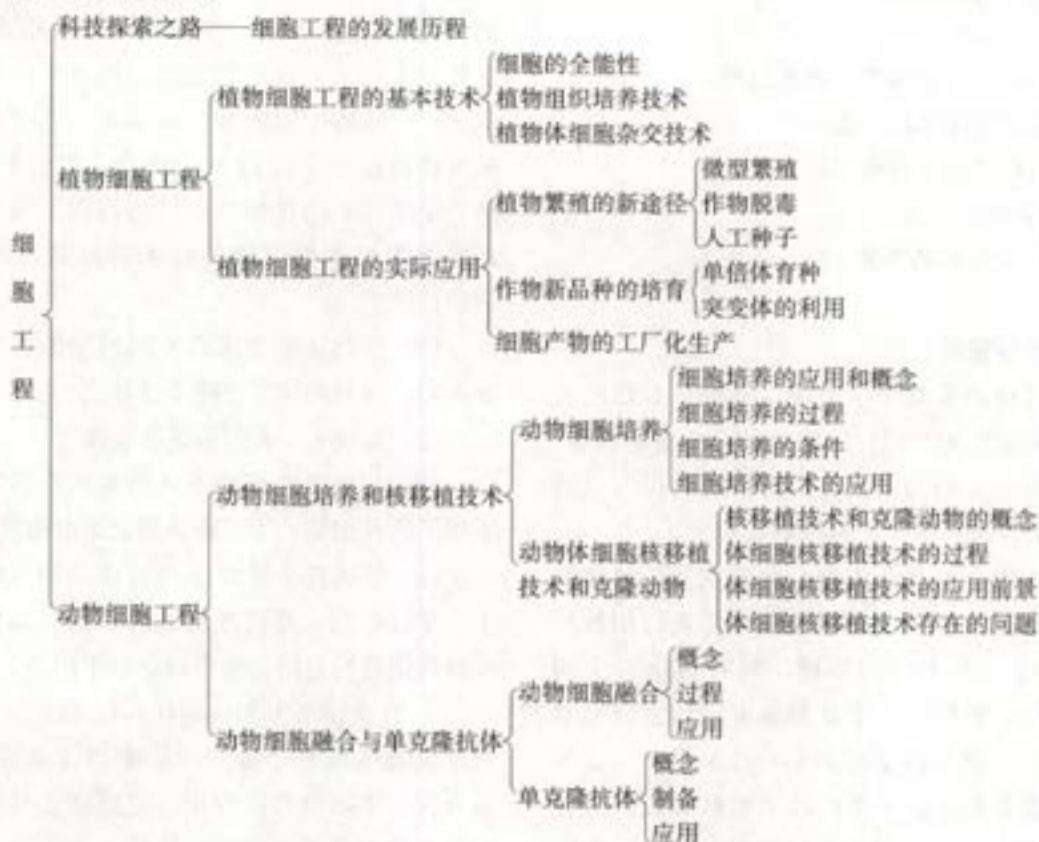
的内容。教材首先介绍了动物细胞培养的概念，接着以文字叙述、图片、小资料、讨论相结合的形式，介绍细胞培养过程及原理，最后又从学生已有的内环境知识出发，用提问的形式引出细胞培养的条件。对于细胞培养条件，教材用了较多的笔墨，其意图是细胞培养条件的讲述中蕴含了细胞培养的原理。

动物体细胞核移植技术及克隆动物，既是动物细胞工程的重点内容，又是近年来的热点问题，学生对它们有一定的了解，如何做到在原有基础上提高呢？教材首先说明了动物体细胞核移植技术在克隆动物中的作用——克隆动物的核心技术，然后介绍了哺乳动物核移植技术的分类，在此基础上，又以我国克隆牛为例介绍了体细胞核移植技术的过程，以及核移植技术的应用前景和存在问题。最后利用《拓展视野》栏目介绍了核移植技术的发展简史。编者之所以这样选取内容，是力图使学生在知识学习的同时，进一步受到爱国主义、科学史和科学价值观的教育。本部分内容在表述上采用的是流程图与文字相结合的方式，并配以讨论、小资料、思考相关问题等多种栏目启发学生思考，其目的是使学生在训练思维的过程中对核移植技术有较深入地理解。

在“动物细胞融合”部分，由于考虑到其基本原理与植物的原生质体融合相同，方法也类似，所以只用简洁的文字介绍了动物细胞融合的概念、原理、方法、意义及应用，其间插入了小资料、细胞融合过程的示意图及小字的动物细胞融合技术发展简史。既避免了重复，又突出了动物细胞融合的特点。

单克隆抗体是动物细胞工程的新技术，也是本节教材的重点、难点内容。教材先由动物细胞融合的应用引入单克隆抗体，接着又从传统抗体生产存在的问题入手，引出单克隆抗体的概念。随后又提出问题——怎样才能获得单克隆抗体？由此自然过渡到单克隆抗体的制备上。关于单克隆抗体的制备，用讲故事的形式，讲述了两科学家对单克隆抗体的研究过程，让学生认识到丰富的联系和想像在科学创新中具有重要作用。

(二) 教学内容的结构



三、与学生经验的联系

细胞工程看似微观、抽象，很难与学生的生活经验相联系，其实不然。由于植物微型繁殖技术的迅速发展，学生经常会从各种媒体上看到“试管苗”“组培苗”的字眼。而克隆羊多利的诞生更使“克隆”这个生物学的专业术语，成为媒体频频出现的、已不用注解的名词。

细胞工程是建立在对细胞结构、功能、生理等研究基础上的新技术，在必修模块《分子与细胞》中，学生已学过动植物细胞的结构和功能、细胞的分化和全能性；在必修模块《遗传和进化》中，学

生已学过生物变异在育种上的应用；在必修模块《稳态与环境》中，学生学习过人体内环境及免疫的知识，而这些都是学习本专题的知识基础。

四、与其他专题的联系

生物技术各个分支领域是相互渗透、相互促进的。细胞是生物体结构和功能的基本单位，细胞工程中的技术是其他生物工程的基础。例如，细胞工程最主要和基础的技术是动植物细胞的培养技术，而基因工程中受体细胞的培养和筛选，胚胎工程中动物细胞的培养都需要细胞培养的技术。

2.1 植物细胞工程

一、教学目标

1. 简述植物组织培养和植物体细胞杂交技术。

2. 列举植物细胞工程的实际应用。

3. 尝试进行植物组织培养。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

- (1) 植物组织培养的原理和过程。
- (2) 植物体细胞杂交的原理。
- (3) 植物细胞工程应用的实例。

2. 教学难点

植物组织培养的实验。

三、教学策略

本节教材内容对学生来说,虽说在必修模块中学了一些细胞的知识,但仍然是一个新的领域,学习起来有一定的困难。教师可采用讲授为主结合讨论的方法进行教学。具体建议如下。

在细胞的全能性及细胞分化的实质、植物组织培养技术这部分内容的教学中,首先可用教材上的菊花图引入本节的标题,同时提出一个问题——为什么植物的一个花瓣就可以培育出完整的植株呢?以引入本节课的第一个问题——细胞的全能性及分化。关于细胞的全能性和细胞分化这部分内容,因为学生在必修模块中学过,所以可以提问的方式让学生回顾,教师再根据学生的回答情况按教材上的内容进行讲解。然后再通过“怎样把植物的一个花瓣培育成完整的植株”这个问题引入本节课的重点及难点问题——植物组织培养技术。教材的这部分内容是通过实验“胡萝卜的组织培养”来进行讨论和总结的,应当尽量创造条件完成这个实验。在不具备完成该实验条件的学校,可以带领学生参观组培实验室,或让学生观看植物组织培养技术的录像片。同时结合教材的讨论题进行教学,还可再补充两个问题:

- (1) 离体的器官、组织或细胞如果不进行脱分化处理,能否培养成完整的植物体?
- (2) 决定植物细胞脱分化、再分化的关键因素是什么?

在植物体细胞杂交技术及植物繁殖的新途径的教学中,首先可通过教材上的番茄—马铃薯实例引入,让学生思考。20世纪60年代,一些科学家提出这样一个设想:让番茄与马铃薯杂交,培

育出地上结番茄果实,地下结马铃薯块茎的植物。如果要实现这一设想,你认为可以采用哪些方法?这样一来一下子就把学生吸引到本节课要解决的问题——植物体细胞杂交技术上。随后让学生分析植物体细胞杂交技术的概念,再根据此概念,结合学生原有的植物细胞结构特点、酶的特性及新学习的植物组织培养技术的知识来回答下述问题:

- (1) 要想让两个来自不同植物的体细胞融合在一起,遇到的第一个障碍是什么?
- (2) 有没有一种温和的去细胞壁的方法?
- (3) 如果两个来源不同的原生质体发生融合形成了杂种细胞,下一步该对此细胞做何种处理?
- (4) 如何将杂种细胞培育成杂种植株?与学生一起讨论后,再按教材上的植物体细胞杂交技术流程图进行总结,重点讲解以下内容。

① 在流程图中为了简化,仅画了一个马铃薯的原生质体与一个番茄的原生质体之间的融合,可真正在实操过程中,是把许多马铃薯的原生质体和许多番茄的原生质体放在一起,让它们自由融合,再从中筛选出所需的杂种细胞。

② 由于不同种的细胞其细胞膜的特点不一样,如不作任何处理,把它们放在一起,让它们自然融合是不可能的,所以原生质体间的融合必须要人工诱导。最后要特别强调植物体细胞杂交技术的意义,以及植物体细胞杂交已取得的进展和尚未解决的问题,使学生认同科学是一个不断发展的过程,激发学生探索生命科学奥秘的兴趣及勇于质疑的科学精神。

在植物繁殖新途径的教学中,首先可由植物组织培养技术引入,让学生回忆植物组织培养技术的基本原理和过程,思考利用这项技术能做哪些工作,再逐一讲解微型繁殖技术、作物脱毒及人工种子。

微型繁殖技术的特点教师需从教材中提炼出来:①繁殖速度快;②“高保真”(因为是无性繁殖);③不受自然生长季节的限制(因为在具有一定人工设施的室内生产)。

关于植物组织培养的其他应用,应当参照教

材的思路,先介绍生产实践中遇到的问题,说明社会生产的实际需要,再介绍科技人员是如何应用植物组织培养技术解决这些问题的。例如,关于在作物脱毒中的应用,应当先介绍长期进行无性繁殖的作物,易积累感染的病毒,导致产量降低,品质变差,而植物的分生区一般不会感染病毒,用分生区的细胞进行组织培养,就能得到大量的脱毒苗。这样进行教学,一是能够让学生更好地理解先进技术的应用价值,二是能够调动学生的学习兴趣,三是有利于培养学生分析问题、解决问题的能力。

在细胞产物的工厂化生产的教学中,尽管此内容是植物组织培养技术在另一方面的重要应用,但由于学生对此内容易于理解,所以教师可先让学生阅读教材,再结合资料分析,师生共同讨论资料分析中的讨论题。

四、答案和提示

2.1.1 植物细胞工程的基本技术

(一) 思考与探究

1. 为什么“番茄—马铃薯”超级杂种植株没有如科学家所想像的那样,地上长番茄、地下结马铃薯?

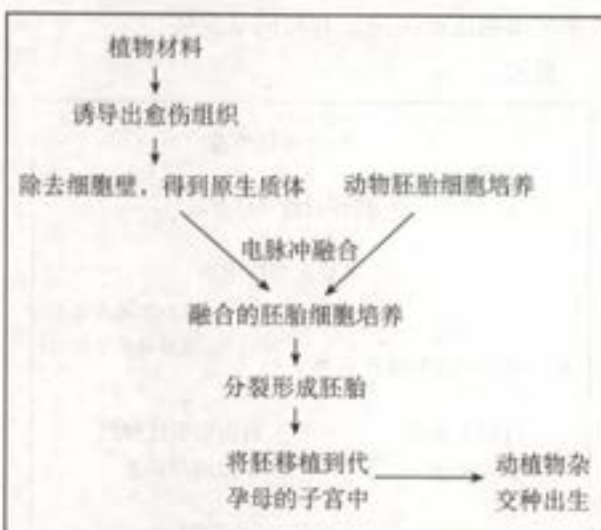
提示:1978年,梅尔彻斯(Melchers)等人首次获得了马铃薯与番茄的属同体细胞杂种。他们将培育的二倍体马铃薯品系和番茄叶片细胞进行融合,所产生的杂交株被称为“马铃薯番茄”。像大多数杂种一样,杂交株同时具有马铃薯和番茄的形态特征。其中一些植株形成了“类似块茎的生殖根”,但是没有产生可结实的花、果实以及真正意义上的块茎。到目前为止“马铃薯—番茄”一类的体细胞杂交植物还不能产生经济效益,但是其研究价值不可忽视。

马铃薯—番茄没有像人们预想的那样地上长番茄、地下结马铃薯,主要原因是:生物基因的表达不是孤立的,它们之间是相互调控、相互影响的,所以马铃薯—番茄杂交植株的细胞中虽然具备两个物种的遗传物质,但这些遗传物质的表达受到相互干扰,不能再像马铃薯或番茄植株中

的遗传物质一样有序表达,杂交植株不能地上长番茄、地下结马铃薯就是很自然的了。

2. 自然界中有一种含有叶绿体的原生动物——眼虫,这说明植物的细胞器同样可以在某些动物细胞中存活。请探讨:动物细胞与植物细胞之间可以实现杂交吗?如果理论上可行,请尝试设计出具体实验方案。

提示:根据眼虫的特点,动物细胞和植物细胞之间在理论上是可以实现杂交的。具体的实验方案可以设计如下:



(二) 正文中讨论题

【实验 胡萝卜的组织培养】

1. 在组织培养实验中,为什么要强调所用器械的灭菌和实验人员的无菌操作?

提示:植物组织培养中用到的培养基含有丰富的营养成分,有利于培养物的生长,然而各种杂菌同样也可以在上面迅速生长,所以在植物组织培养过程中污染现象经常发生。培养基一旦被污染,迅速生长的各种杂菌不但会和培养物争夺营养,而且这些杂菌在生长的过程中会生成大量对培养物有害的物质,导致培养物迅速死亡。

造成培养基污染的因素有很多,一般包括:外植体带菌、培养瓶和各种器械灭菌不彻底、操作人员操作不规范等。所以在组织培养实验中用到的植物材料和各种器械都要进行彻底地灭菌,实验人员操作一定要规范,避免带入杂菌。

2. 在本实验中,切取胡萝卜块根时强调要切

取含有形成层部分,原因是这部分容易诱导形成愈伤组织。请思考一下,胡萝卜的其他部分(如茎、叶、花),是否也能培养成小植株,你能用实验的方法进行验证吗?

提示:胡萝卜的其他部分(如茎、叶、花)也能培养再生形成小植株,只是诱导愈伤组织比较困难。可以让学生参考利用胡萝卜根进行组织培养的实验,尝试设计出利用胡萝卜的茎、叶、花进行组织培养的实验流程。

3. 请根据上面的实验过程,概括出植物组织培养技术的流程简图,并与同学交流。

提示:



2.1.2 植物细胞工程的实际应用

(一) 思考与探究

1. 通过查阅资料,你能列举出植物组织培养技术在我们生活中的另外一些应用吗?

提示: a. 拯救濒危植物;

b. 提供食品制作的原料;

c. 利用愈伤组织进行转基因操作。

2. 请查阅植物人工种子制备技术的详细过程,并设计出制备技术的主要流程图。

提示: 诱导植物愈伤组织

↓
体细胞胚的诱导

↓
体细胞胚的成熟

↓
体细胞胚的机械化包裹

↓
贮藏或种植

3. 请查阅相关文献,设计出一种植物花药组织培养生成正常植株的实验流程。

提示:

花药 → 接种 → 花粉细胞培养 → 脱分化 → 愈伤组织 → 再分化 → 分化出小植物 → 移栽 → 单倍体植株 → 染色体加倍 → 正常植株

(二) 正文中讨论题

1. 人们利用植物的微型繁殖技术来进行工厂化育苗生产,这是利用了该项技术的哪些特点?

提示: 植物“微型”繁殖技术具有高效性和可以保持种苗的优良遗传特性的优势。工厂化大规模育苗生产正是利用了植物“微型”繁殖技术的这两方面优势。利用植物“微型”繁殖技术我们可以在短时间里获得大量的优质种苗。

2. 人工种子之所以神奇,是由于它具有天然种子不可比拟的特点,想一想它们具有哪些优点?

提示: 人工种子的优点如下。

(1) 天然种子由于在遗传上具有因减数分裂引起的重组现象,因而会造成某些遗传性状的改变;天然种子在生产上受季节限制,一般每年只繁殖1~2次,有些甚至十几年才繁殖一次。而人工种子则可以完全保持优良品种的遗传特性,生产上也不受季节的限制。

(2) 试管苗的大量贮藏和运输也是相当困难的。人工种子则克服了这些缺点,人工种子外层是起保护作用的薄膜,类似天然种子的种皮,因此,可以很方便地贮藏和运输。

3. 人工种皮是保证包裹在其中的胚状体顺利

生长成小植株的关键部分,请探讨:人工种皮中应该具有的有效成分是什么?为了促进胚状体的生长发育,还可以向人工种皮中加入哪些物质?

提示:针对植物种类和土壤等条件,在人工种子的包裹剂中还可以加入适量的养分、无机盐、有机碳源以及农药、抗生素、有益菌等。为了促进胚状体的生长发育,还可以向人工种皮中加入一些植物生长调节剂。

4. 高效抗癌的药物紫杉醇,虽然能造福人类,但却为濒危的红豆杉带来一场灭顶之灾。以“我们能否利用植物组织培养技术大量生产紫杉醇,从而拯救红豆杉”为题,与同学展开讨论,说出植物组织培养技术在节约资源、保护环境方面的重要意义。

提示:可以利用植物组织培养技术来大量生产紫杉醇。现在国内外的科学家们正在研究利用植物细胞培养技术来大量培育红豆杉细胞,希望利用这种方法来大量生产紫杉醇。国内外许多实验室开展了用组织培养法生产紫杉醇的研究,红豆杉属的11种植物观都在进行组织培养。美国的ESCA genetics公司宣布,他们用细胞培养法所得紫杉醇的含量是树皮含量的2~5倍。国内外在分化细胞株系和培养条件方面做了不少工作,摸索了外植体、光照、培养基组成等因素对细胞培养及紫杉醇生成的影响。现在紫杉醇生产的工艺条件已基本摸清,经过对反应放大技术的进一步探索,有望实现通过细胞培养进行工业化生产紫杉醇的目标。

五、知识拓展

1. 什么是细胞全能性?

细胞全能性(cell totipotency)比较权威的定义是1984年国际组织培养协会做出的:“细胞全能性为细胞的某种特征,有这种能力的细胞保留形成有机体所有细胞类型的能力。”这个定义比一般所说的概念“一个细胞中包含着这种生物的全部遗传信息(基因),在适当的条件下可以发育成一个完整的生物体”更基本和全面。它不但包含了培养细胞再生成植株的情况(分化成各种类型的细胞,并以一定形式构建成植物),同时也包含

了培养细胞生产次生代谢物的情况(不分化或只分化成某种类型细胞,但仍保留着分化为其他类型细胞的能力)。前者成为组织培养和转基因植物需要进行植株再生的理论基础,后者成为像微生物发酵一样培养细胞,生产人们所需要的次生代谢产物的理论基础,如通过红豆杉的细胞培养生产紫杉醇。

2. 植物组织培养技术是如何发展起来的?

技术和理论是一对孪生兄弟,相辅相成,技术手段的发明会促进理论的创新,理论的创新又会指导技术的实践活动。植物组织培养也是如此。

早在1902年,哈伯兰特(Haberlandt)就曾提出高等植物的器官和组织可以不断地分割,直至单个细胞的观点,预言植物体细胞在适宜的条件下,有发育成完整植株的潜力,提出了植物细胞全能性的设想,并且用植物细胞组织进行了培养实验。他虽然未能获得再生植株,却是植物组织培养的开创者。1902年他发表了著名论文《植物细胞离体培养实验》,论文中提出的植物细胞全能性的理论是植物组织培养的理论基础。

从哈伯兰特提出植物细胞全能性的理论,到1958年斯图尔德(F.C. Steward)等人第一次用胡萝卜根的韧皮部细胞证实了植物细胞的全能性,用了整整56年。这56年中许多科学家做的事情归纳起来都是在探索哈伯兰特提出的“植物细胞在适宜条件下,有发育成完整植株的潜力”中的适宜条件。

20世纪60年代以后,植物组织培养进入了迅速发展阶段,并逐步走向生产应用,如快繁脱毒、单倍体育种、种质资源保存、生产次生代谢产物等,也为人工种子、细胞融合、转基因植物等奠定了基础。

3. 怎样制备胡萝卜培养基?

(1) 诱导胡萝卜愈伤组织

在MS培养基^[8]中加入质量分数为0.5 mg/L的6-BA和质量分数为0.5 mg/L的NAA

(2) 诱导胡萝卜丛芽

在MS培养基中加入质量分数为2 mg/L的KT和质量分数为0.2 mg/L的NAA

(3) 诱导胡萝卜生根

在1/2 MS培养基中加入质量分数为0.1 mg/L的NAA

[注]: MS培养基的配制方法见选修1教材附录3的第八条。

(鲍平秋提供)

4. 植物组织培养中的愈伤组织是如何形成及再分化的?

植物组织培养中使用的外植体一般是高度分化了的细胞,在植物体中是不会再分裂繁殖的,只是执行某种功能直至死亡。这些细胞在培养基上培养时会由原来的分化状态,变成分生状态的细胞,分裂产生愈伤组织,这个过程称为脱分化(dedifferentiation)过程。这种转变在细胞的形态结构和生理生化上都会产生一系列变化。组织培养的研究结果表明分化细胞的脱分化需要两个条件,即创伤和外源激素。

目前人们对于脱分化过程的本质还不清楚。分化细胞在细胞周期中是处于一种相对静止状态的细胞(G_0 期细胞),脱分化是要打破这种状态,使细胞进入细胞周期中的 G_1 期,并沿着 G_1 期→S期→ G_2 期→M期的循环进行细胞分裂,形成愈伤组织。现在发现细胞周期受基因调控,一种称为编码细胞周期依赖性激酶CDK(cyclin dependent kinase)的基因和一种细胞周期蛋白(cyclin)可能与植物细胞脱分化的第一次分裂启动有关。那么,什么因素诱导细胞周期调控基因的作用?培养实践证明是外源激素。至于激素如何诱导以及诱导作用的过程目前仍不清楚,有待深入研究。分化细胞脱分化后细胞结构有两点明显的变化:一是在细胞内出现液泡蛋白;二是叶绿体转变成原质体。

当细胞脱分化形成愈伤细胞后,经过一段时期的分裂,细胞群体变成不是一种细胞类型的均一群,又会产生分化,形成分生细胞或分生细胞团,由此再生成植株有两条途径:一是形成体细胞胚(功能类似于受精过程产生的胚),通过体细胞胚形成再生植株;二是走器官发生的途径再生植株,分生细胞在一定的诱导条件下重建芽的分

生组织,分化出芽后再生根,成为完整的植株。

5. 为什么要在避光条件下培养愈伤组织?

对于植物组织培养来说,光照条件非常重要,包括光照强度、时间和波长。但在愈伤组织的诱导阶段往往要暗培养,而在分化再生的过程中一定要有光照。愈伤组织诱导阶段的暗培养有利于细胞脱分化产生愈伤组织,如果在光照条件下容易分化产生维管等组织,不利于产生大量的愈伤组织。

6. 什么是人工种子?

人工种子(artificial seed)是指通过植物组织培养的方法获得的具有正常发育能力的材料,是外面包被着特定的物质,在适宜的条件下可以发芽成苗的植物幼体。人工种子的概念中包含的“具有正常发育能力的材料”通常是指胚状体(目前国外有使用不定芽、顶芽和腋芽的),它可以由三种途径产生:

(1) 由已脱分化的外植体直接产生;

(2) 由愈伤组织产生;

(3) 由悬浮细胞培养产生。对胚状体的基本要求是:①播种后能快速出苗;②根和芽几乎同时生长,不产生愈伤组织;③同步化程度高;④活力强;⑤形成的幼苗的形态与生长要正常。

“外面包被着特定的物质”是指人工种皮,制作人工种皮的材料有海藻酸钠、明胶、树脂、琼脂糖、淀粉等。对人工种皮的要求是:能保持胚状体的活力,有利于贮藏运输和萌发。选取的材料要有韧性,耐压,对胚状体无毒害,含有胚状体发芽所需要的营养成分或植物激素,还应含有杀菌剂,以防播种后微生物侵害。

人工种子目前还存在不少问题。例如,现有重要经济价值的植物产生胚状体能力弱,难以形成同步化的有强活力的胚状体;成本较高;运输贮藏以及机械化播种问题也未解决。因此,现在很少有人以生产为目的进行人工种子的研制。

7. 植物微型繁殖技术高效快速的实例有哪些?

植物脱毒(virus-free)和离体快繁(in vitro propagation)是目前植物组织培养应用最多、最有效的方面。生产上许多无性繁殖作物均受到病

毒的侵染,从而导致品种的严重退化、减产和降低品质。利用植物分生组织进行培养可以使新长成的植株脱去病毒。利用这种方法生产无病毒苗的农作物有马铃薯、甘薯、大蒜、草莓、苹果、香蕉等,并已大规模应用于生产。离体快繁技术可以使一些植物的扩增速度比常规方法快数万倍乃至百万倍,而且产生的幼苗遗传背景均一,重复性好,不受季节和地区限制。目前世界上已建成很多年产百万苗木的组培工厂,成为一种新兴产业。离体快繁技术在观赏植物、园艺植物、经济林木和无性繁殖作物上已得到广泛应用。

8. 植物体细胞杂交的过程是怎样的?

体细胞杂交是克服植物有性杂交不亲和性、打破物种之间的生殖隔离、扩大遗传重组范围的一种手段。操作过程包括:原生质体制备、原生质体融合、杂种细胞筛选、杂种细胞培养、杂种植株再生以及杂种植株鉴定等步骤。

原生质体制备是用纤维素酶、半纤维素酶和果胶酶将植物细胞壁分解掉,只留下细胞膜(质膜)包裹着细胞内含物。原生质体融合是指两个原生质体的质膜重新组合排列形成一个质膜,其中含有两个细胞核。在细胞工程中一般是诱导融合,形成的融合细胞中所含有的两个细胞核是来自不同的物种,称之为异核体(heterokaryon)。诱导融合的手段有化学诱导和物理诱导。在诱导因素的作用下形成的融合细胞进一步产生核融合,进行第一次有丝分裂。杂种细胞的筛选方法有:①细胞系互补的选择方法,包括叶绿素缺失互补、营养缺陷互补和抗性互补等;②利用物理特异性差异的选择方法:这是利用两个原生质体物理特异性差异的一种选择,包括原生质体的大小、颜色、浮密度等的不同来选择;③利用生长特异性差异的选择方法。需要注意的是上述选择方法只适合部分杂交细胞的情况,有时无法选择,就不加选择地进行培养和再生植株,然后对再生植株的杂种性状进行鉴定。杂种细胞培养方法与原生质体的培养方法相似。体细胞杂种的鉴定方法有:①形态学鉴定。利用杂种植株与双亲在表现型上的差异进行比较分析,如叶片大小与形状,

花的形状与颜色、叶脉、叶柄、花梗及表皮毛有无等;②细胞学鉴定。杂种植株细胞中的染色体数目是否比任何一方亲本细胞中的染色体数目增多?理论上讲如果染色体不丢失,杂种细胞中染色体数目应为双亲染色体数目之和。也可以用基因组原位杂交的分子细胞学方法进行鉴定;③同工酶鉴定。同工酶是功能相同的酶的多重分子形态,它们是特异基因的产物。杂种细胞中的同工酶谱一般是双亲酶谱之和,但有时也会出现双亲没有的新带;④分子生物学鉴定。常用的方法有限制性片段长度多态性(RFLP)、随机扩增多态性(RAPD)和扩增片段长度多态性(AFLP)等。

值得注意的是体细胞杂交尚存在一些问题:①亲缘关系越远,染色体排斥丢失的现象就越严重;②由于是两个物种的全部遗传物质的合并,各种基因都在其中,选择符合需要的个体难度大;③有时缺乏选择杂种细胞的有效方法。因此目前整体对称融合的工作比较少,而是采用非对称融合,即一方亲本包括了全部遗传物质,另一方亲本只取一部分遗传物质,如用不具有核的原生质体与之进行融合。

9. 物理和化学方法诱导原生质体融合的基本原理是什么?

化学融合的机制:常用化学融合方法有高pH-高 Ca^{2+} 法和聚乙二醇(PEG)法。高pH-高 Ca^{2+} 法诱导原生质体融合的基本原理是中和原生质体表面所带的电荷,使原生质体的质膜紧密接触,从而有利于质膜的接触融合。PEG处理原生质体可以使原生质体聚集促进融合,但PEG诱导融合的真正机制目前并不清楚。

物理融合的机制:常用方法为电融合法。此法是先将两种原生质体以适当的比例混合成悬浮液,将其滴入电融合小室中,给小室两极以交变电流,使原生质体沿电场方向排列成串珠状,接着给以瞬间高强度的电脉冲,使原生质体膜产生局部破损而导致融合。

10. 工厂化生产人参皂甙的基本过程是什么?

第一步,选择人参根作为外植体进行培养,产生愈伤组织,经过培养选择找到增殖速度快而

且细胞内人参皂甙含量高的细胞株作为种质，其中一部分作为保存用，以备下一次生产用，一部分进行发酵生产。

第二步，将第一步选择到的细胞株在发酵罐

中的适合培养液中进行液体培养，增加细胞数量。

第三步，将发酵罐中培养的细胞进行破碎，从中提取人参皂甙。

2.2 动物细胞工程

一、教学目标

1. 简述动物细胞培养的过程、条件及应用。
2. 简述通过动物体细胞核移植技术克隆动物的过程和应用前景。
3. 举例说出动物细胞融合与单克隆抗体的原理和应用。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

- (1) 动物细胞培养的过程及条件。
- (2) 用动物体细胞核移植技术克隆动物的过程。
- (3) 单克隆抗体的制备和应用。

2. 教学难点

- (1) 用动物体细胞核移植技术克隆动物的过程。
- (2) 单克隆抗体的制备过程。

三、教学策略

有了第一节的基础，学生对本节内容易于理解。因此，本节教学采用讲授、自学、讨论等相结合的教学方法。具体建议如下。

在动物细胞培养的教学中，可把这部分内容归纳成三个问题：(1) 为什么要进行动物细胞的培养？(2) 什么是动物细胞的培养？(3) 怎样进行动物细胞的培养？第三个问题是本节课的重点。关于动物细胞的培养过程，教师可参照教材中的动物细胞培养过程示意图进行讲解，讲解中要注意区分原代培养和传代培养这两个概念。对于动物细胞培养的条件，则要从学生已有的内环境的

知识出发，启发学生自己动脑思考这个问题，以加深对培养条件的理解。

在动物体细胞核移植技术及克隆动物的教学中，为了利用学生已有的知识，可首先让学生列举所知道的克隆动物，随后可向学生提问：克隆动物的方法与植物组织培养的方法一样吗？然后，向学生说明目前动物体细胞克隆是通过核移植技术来实现的，以引入本节课的主题。关于核移植技术发展简史，可让学生在课堂上阅读。本节课的重点和难点是动物体细胞核移植技术过程，教材中选了一个非常好的素材——以诞生在我国的高产克隆奶牛为例，来说明体细胞核移植的过程。教师应充分利用和挖掘教材内容，带领学生一步步弄清动物体细胞核移植技术的过程。对于体细胞核移植技术的应用前景和存在的问题这部分内容，可结合本节教材“思考与探究”中的有关问题，以及“拓展视野”中的有关克隆羊多利的早衰问题等，让学生讨论。

在细胞融合和单克隆抗体的教学中，教师可先启发学生回顾植物体细胞杂交技术的过程，再通过动植物细胞异同点的对比，引导学生大胆推测出动物细胞融合与植物原生质体融合的原理及方法基本相同，以培养学生的知识迁移能力。随后通过教材上的用灭活病毒诱导动物细胞融合过程的示意图，重点讲解为什么灭活的病毒可用来做诱导物，并指出动物细胞的融合也需要把多个两种细胞放在一起，让它们随机融合后，再从中筛选杂交细胞。最后教师要讲明动物细胞融合技术的意义和应用，以便自然过渡到单克隆抗体上来。

关于单克隆抗体的教学,教师要利用好教材提供的材料,突出从问题入手的思路,先介绍医疗实践中仅靠细胞培养难以获得大量抗体,然后,一步一步启发学生讨论怎样解决这个问题。要把科学家在研制单克隆抗体过程中,通过大胆地想像,创造性地解决问题的过程作为本节教学的重点和亮点,使学生在获得单克隆抗体知识的同时,受到创新精神的教育。

四、答案和提示

2.2.1 动物细胞培养和核移植技术

(一) 思考与探究

1. 幼龄与老龄动物的组织细胞比较,分化程度低的与分化程度高的组织细胞比较,哪一种更易于培养?思考一下,这是什么道理?

提示:细胞的衰老与动物机体的衰老有着密切的关系,细胞的增殖能力与供体的年龄有关,幼龄动物细胞增殖能力强,有丝分裂旺盛,老龄动物则相反。所以,一般来说幼年动物的组织细胞比老年动物的组织细胞易于培养。同样,组织细胞的分化程度越低,则增殖能力越强,所以更容易培养。

2. 动物细胞培养要经过脱分化的过程吗?为什么?

提示:脱分化又称去分化,是指分化细胞失去特有的结构和功能变为具有未分化细胞特性的过程。植物的任何一部分,甚至单个细胞都具有长成完整植株的能力。但要发育成完整植株,必须先脱分化,脱分化的细胞具有发育成任何组织的能力,然后进行再分化,形成完整植株。植物细胞培养主要用于农林生产中的作物、苗木育种,快速繁育种苗、培育无病毒植株等,这就要求植物的组织或细胞先进行脱分化。动物细胞的培养有各种用途,一般而言,动物细胞培养不需经过脱分化过程。因高度分化的动物细胞发育潜能变窄,失去了发育成完整个体的能力,所以,动物细胞也就没有类似植物组织或细胞培养时的脱分化过程了。要想使培养的动物细胞定向分化,通常采用定向诱导动物干细胞,使其分化成所需要的

的组织或器官。

3. 大熊猫是我国的国宝。尽管我国政府采取了许多保护措施,但由于大熊猫的繁殖能力低,幼仔成活率也低,它的数量仍然非常少。有科学家尝试采用体细胞核移植技术来克隆大熊猫。请你结合本节所学内容并搜集相关资料了解这方面的研究进展。也有人不赞成进行克隆大熊猫的研究,认为保护大熊猫的最好措施就是保护现有大熊猫及其生存环境,对此你有什么看法?

提示:大熊猫的数量非常少,繁殖能力低,难以获得足够的卵母细胞并将它作为代孕母体。因此,用体细胞核移植技术克隆大熊猫采用的是异种克隆的方法,即把大熊猫的体细胞核移入其他动物的卵母细胞,再将胚胎移植到代孕母体中。由于异种克隆的理论研究和相关技术还不成熟,科学家也没有找到合适的代孕母体,目前对大熊猫的异种克隆并没有取得成功。对于濒危物种而言,克隆是在较短时间内扩大其数量的有效措施,但是克隆繁殖产生的是基因型相同的个体,从遗传多样性和可持续发展的角度来看,保护现有大熊猫及其生存环境是需要我们一直坚持和努力去做的。

4. 体细胞核移植技术在研究和应用上还存在什么问题?请你查阅资料,了解这方面的前沿动态。

提示:在研究方面,克隆动物基因组重新编程的机制尚不清楚,克隆技术效率低,克隆动物畸形率高、死亡率高、易出现早衰等问题。这些问题尚在研究中。

在应用上,生产克隆动物费用昂贵,距大规模应用还有一定距离。

(二) 正文中讨论题

【讨论1】

多细胞动物和人体的细胞都生活在内环境中,根据你所学的内环境的知识,思考并讨论以下问题:

1. 体外培养细胞时需要提供哪些物质?

提示:充足的营养供给、适宜的温度、适宜的pH和气体环境。

2. 体外培养的细胞需要什么样的环境条件?

提示: 无菌、无毒的环境。

【讨论 2】

1. 在体细胞的细胞核移植到受体卵母细胞之前, 为什么必须先去掉受体卵母细胞的核?

提示: 为使核移植的胚胎或动物的遗传物质全部来自有重要利用价值的动物提供的体细胞, 在供体细胞的细胞核移至受体细胞之前, 必须将受体细胞的遗传物质去掉或将其破坏。

2. 用于核移植的供体细胞一般都选用传代 10 代以内的细胞, 想一想, 这是为什么?

提示: 培养的动物细胞一般当传代至 10~50 代时, 部分细胞核型可能会发生变化, 其细胞遗传物质可能会发生突变, 而 10 代以内的细胞一般能保持正常的二倍体核型。因此, 在体细胞核移植中, 为了保证供体细胞正常的遗传基础, 通常采用传代 10 代以内的细胞。

3. 你认为用上述体细胞核移植方法生产的克隆动物, 是对体细胞供体动物进行了 100% 的复制吗? 为什么?

提示: 克隆动物绝大部分 DNA 来自于供体细胞核, 但其核外还有少量的 DNA, 即线粒体中的 DNA 是来自于受体卵母细胞。所以, 用教材中所述的方法克隆的动物不是供核动物完全相同的复制。

此外, 即便动物的遗传基础完全相同, 但动物的一些行为、习性的形成与所处环境有很大关系, 核供体动物生活的环境与克隆动物所生活的环境不会完全相同, 其形成的行为、习性也不可能和核供体动物完全相同, 从这一角度看, 克隆动物不会是核供体动物 100% 的复制。

(三) 寻根问底

胰蛋白酶真的不会把细胞消化掉吗? 为什么?

提示: 胰蛋白酶除了可以消化细胞间的蛋白外, 长时间的作用也会消化细胞膜蛋白, 对细胞有损伤作用, 因此必须控制好胰蛋白酶的消化时间。

(四) 旁栏思考题

1. 进行动物细胞传代培养时用胰蛋白酶分散

细胞, 说明细胞间的物质主要是什么成分? 用胃蛋白酶行吗?

提示: 用胰蛋白酶分散细胞, 说明细胞间的物质主要是蛋白质。胃蛋白酶作用的适宜 pH 约为 2, 当 pH 大于 6 时, 胃蛋白酶就会失去活性。胰蛋白酶作用的适宜环境 pH 为 7.2~8.4。多数动物细胞培养的适宜 pH 为 7.2~7.4, 胃蛋白酶在此环境中没有活性, 而胰蛋白酶在此环境中活性较高, 因此胰蛋白酶适宜用于细胞培养时的消化。

2. 为什么对动物细胞进行培养时通常要添加血清?

提示: 血清中含有蛋白质、氨基酸、葡萄糖、激素等, 其中蛋白质主要为白蛋白和球蛋白。氨基酸有多种, 是细胞合成蛋白质的基本成分, 其中有些氨基酸动物细胞本身不能合成 (称为必需氨基酸), 必须由培养液提供。血清激素有胰岛素、生长激素等及多种生长因子 (如表皮生长因子、成纤维细胞生长因子、类胰岛素样生长因子等); 血清还含有多数未知的促细胞生长因子、促贴附因子及其他活性物质, 能促进细胞的生长、增殖和贴附。因此, 在细胞培养时, 要保证细胞能够顺利生长和增殖, 一般需添加体积分数为 10%~20% 的血清。

2.2.2 动物细胞融合与单克隆抗体

思考与探究

1. 植物体细胞杂交技术与动物细胞融合技术有什么不同?

提示: 植物体细胞杂交技术与动物细胞融合技术基本相同, 不同的是植物体细胞融合前需去掉细胞壁, 然后再融合; 动物细胞融合是两个体细胞直接融合。

2. 制备单克隆抗体时, 为什么要选用 B 淋巴细胞和骨髓瘤细胞融合形成杂交瘤细胞?

提示: 哺乳动物感染抗原后, 其体内会形成相应的 B 淋巴细胞, B 淋巴细胞能分泌相应的抗体以凝聚或杀死这些抗原。动物在免疫反应的过程中, 每一种 B 淋巴细胞能分泌一种特异性抗体, 要想获得大量的特异性抗体, 必须使能分泌该单一抗体的 B 淋巴细胞大量增殖。B 淋巴细胞具有产生单一抗

体的能力,但不能在体外增殖;骨髓瘤细胞是一种癌细胞,它能在体外培养条件下无限增殖,但不能产生抗体。因此,把一种B淋巴细胞与骨髓瘤细胞进行细胞融合,产生杂交瘤细胞,它会兼有两个亲本细胞的特性——在体外培养条件下能不断增殖,同时能产生出某种特异性的抗体。

五、知识拓展

1. 动物细胞培养技术是如何发展起来的?

1907年,哈里森(Harrison)在无菌条件下用淋巴液作培养基,培养蛙胚神经组织存活数周,并观察到神经细胞突起的生长过程,由此创建了盖片覆盖凹窝玻璃悬滴培养法,奠定了动物组织体外培养的基础。之后,又有人将悬滴培养法改良为双盖片培养,提高了传代效率并减少了污染。1923年,卡雷尔(Carrel)设计了卡氏瓶培养法,扩大了组织生存空间。1951年,厄尔(Earle)发明了体外培养动物细胞的人工合成培养基。1951年,波米拉(Pomerat)设计了灌流小室,使细胞生活在不断更新的培养液中,便于作显微摄影和细胞代谢的研究。1957年,格拉夫(Graff)用灌流技术进一步提高了细胞悬浮培养的效率。1957年,杜尔贝科(Dulbecco)等人采用胰蛋白酶消化处理和应用液体培养基的方法,获得了单层细胞培养。单层培养法的出现,对组织培养的发展起了很大的推动作用。此后单层培养成为组织培养普遍应用的技术。20世纪60年代后,动物细胞大规模培养技术开始起步,并逐步发展。20世纪80年代后,随着基因工程和其他细胞工程技术的发展,细胞培养技术已成为转基因技术、生物制药及其他许多技术的基础,在现代生物技术中发挥着重要的作用。

2. 为什么动物细胞要分散成单个细胞培养?用酶消化的是什么物质?

细胞原代培养时可以分散成单个细胞培养,也可以用细胞群(团)、组织块培养,经传代培养后,最终都为细胞培养。

分散成单个细胞、细胞群(团)后容易培养,细胞所需的营养容易供应,其代谢废物容易排出;

而用大块组织培养时,内部细胞的营养供应和代谢废物的排出都较困难,因此,这些细胞在体外长时间生存和生长就较困难。同时,分散成单个细胞培养,可使得在细胞水平操作的其他技术得以实现。

用酶消化的是细胞间基质,细胞间基质主要成分有胶原蛋白、层粘连蛋白、纤粘连蛋白、弹性蛋白等成分。用蛋白酶可使其消化,从而使细胞相互分离。

3. 动物细胞培养液是由哪些化学成分组成的?

糖、氨基酸、促生长因子、无机盐、微量元素等。

4. 体细胞核移植技术为什么要选择MⅡ期的卵母细胞做受体细胞?

细胞核移植技术中能用作受体细胞的通常有MⅡ期卵母细胞和受精卵(合子)。早期核移植技术中常用受精卵,后来基本上用MⅡ期卵母细胞取代了受精卵,主要因为两者的细胞质环境不同。有人认为重组需要的因子存在于MⅡ期卵母细胞的胞质中,而在原核形成时这些因子已被降解或用光,因此,原核扩张后受精卵去核可引起胞质中重组因子缺乏。成熟促进因子(MPF)是卵母细胞胞质中重要的胞质影响因子,MPF的活性在卵母细胞减数分裂的MⅠ期和MⅡ期达到最高,受精或激活后,MPF迅速灭活,因此,MⅡ期卵母细胞中MPF活性高,而受精卵中MPF活性低。MPF水平的高低可影响供体核染色质的状态和复制。MⅡ期卵母细胞细胞核、细胞质已成熟,而MⅠ期卵母细胞细胞核、细胞质尚未成熟,其细胞质不能支持胚胎的全程发育,因此,尽管MⅠ期卵母细胞MPF活性也高,但不能用作受体卵母细胞。

也有人认为用去核合子做受体时,可能由于合子去核时一些早期发育必需的因子随原核的去除而被去掉了,而使去核受精卵缺乏发育能力。

因此,目前广泛采用MⅡ期卵母细胞做受体。

5. 已成功的动物细胞融合实例还有哪些?

生物种类	细胞来源	成功年代
酵母菌—鸡	原生质体—血红细胞	1975年
人—胡萝卜	腹水癌细胞—原生质体	1976年
人—小鼠	纤维肉瘤细胞—畸胎瘤细胞	1978年

要知道更多的实例,需经常查阅更多科研报道。

6. 为什么不用两个而要用多个细胞进行动物细胞间的融合?

就目前常用的细胞融合方法来看,不管是用物理的、化学的方法,还是生物的方法,其融合率都不可能是100%。仅用两个细胞融合,其效率太低,不一定能得到融合细胞。更重要的是,即使两个细胞已发生融合,但并不一定是研究者期望得到的细胞类型。目前动物细胞融合技术最有价值的应用就是单克隆抗体的制备。我们以制备单克隆抗体为例来说明这一问题。我们知道,体内产生的特异性抗体种类可多达百万种以上,但是每一个B淋巴细胞只分泌一种特异性抗体,如

果仅取一个脾细胞(含B淋巴细胞)和一个瘤细胞杂交,我们不能确定该脾细胞分泌的抗体是否正是我们所需要的;若用大量的脾细胞和瘤细胞进行融合,就可以从融合细胞中筛选出能分泌所需抗体的杂交瘤细胞。

7. 如何进行杂交瘤细胞的抗体检测及克隆化培养?

融合后的细胞经选择性培养基培养后,能存活的细胞就是杂交瘤细胞。但这些杂交瘤细胞并非都是能分泌所需抗体的细胞,通常用“有限稀释法”来选择。将杂交瘤细胞稀释,用多孔细胞培养板培养,使每孔细胞不超过一个,通过培养让其增殖。然后检测各孔上清液中细胞分泌的抗体(常用酶联免疫吸附试验法),那些上清液可与特定抗原结合的培养孔为阳性孔。阳性孔中的细胞还不能保证是来自单个细胞,挑选阳性孔的细胞继续进行有限稀释,一般需进行3~4次,直至确信每个孔中增殖的细胞为单克隆细胞。该过程即为杂交瘤细胞的克隆化培养。

前沿动态

1. 对称融合与非对称融合

细胞融合在植物上可以克服有性杂交的不亲和性,打破物种之间的生殖隔离,是扩大遗传重组范围的一种有效手段,也称之为体细胞杂交,由此再生出来的植株是体细胞杂种。

进行细胞融合的方式有两种:一是将两个物种的细胞除去细胞壁后,将完整的原生质体融合在一起。在融合的细胞中含有两个细胞核和两种细胞质,这种融合方式叫做对称融合(symmetric fusion)。对称融合往往由于细胞核分裂不同步而产生染色体排斥丢失,同时也由于两个物种的全套基因组合在一起,好坏基因共处于一个杂种中,往往需要多次回交才能除去杂种中的不利基因,耗时长,效率低。为了较好地解决对称融合所带

来的问题,产生了另外一种融合方式——非对称融合(asymmetric fusion)。非对称融合是指融合双方的亲本一方为完整的原生质体(包括细胞核和细胞质),而另一方只有部分染色体和细胞质,或者无染色体只有细胞质。这种融合方式可以较好地减少不利基因的重组,所得杂种只需要数次回交就可以达到改良作物的目的,耗时短,效率较高。除去染色体的方法可以用 γ 射线、X射线、紫外线等物理方法,也可以用纺锤霉素等化学方法。

2. 单倍体的诱导方法及应用价值

单倍体(haploid)是指具有配子染色体数目的个体。单倍体可以自发产生,也可以诱发产生。动物中(除蜜蜂、白蚁等外)的单倍体,由于生

理上不正常,在胚胎发育时期就会死亡。植物上自发产生单倍体的植物很多,如番茄、棉花、咖啡、甜菜、大麦、小麦、油菜等,共有约10个科26个属36个种的植物可以自发产生单倍体。

除了自发产生单倍体外,人工诱导产生单倍体的方法有:

(1) 种间和属间杂交。由于远缘杂交,虽然不能受精,但在远缘物种的花粉诱导下,卵细胞可以在未受精情况下发育成胚,这种情况在马铃薯、大麦、小麦、玉米中都可以发生;

(2) 物理和化学诱变。花粉经射线照射或化学药品处理失去受精能力,但仍可以刺激卵细胞发育成胚;

(3) 双生苗筛选。有些植物可以产生多胚种子,即2~3个胚共处于一个种皮中,这样的种子可以形成单倍体植株;

(4) 花药或花粉培养。单倍体具有很好的应用价值;在植物育种上,单倍体经过加倍可以使后代迅速纯合,缩短育种年限;由于单倍体经加倍后,在理论上各基因位点应处于纯合状态,对后代进行选择时,选择到的个体代表着真实的变异,避免了杂交育种中杂交优势对选择个体的干扰,提高了选择效率;用单倍体作为转基因的受体,获得的转基因材料经加倍后基因即可纯合,

避免了体细胞作为受体,会由于后代分离需要多代选择的麻烦。目前以油菜小孢子作为转基因受体已得到转基因植株。

3. 体细胞核移植与线粒体 DNA

目前出生的克隆动物,没有与核供体动物完全一样的,如在毛色花纹上就会有微细的差异。

对多利羊的研究发现,其核外的少量DNA,即线粒体中的DNA来自于受体卵母细胞,而不像其他DNA一样来自于供体核。

法国某研究中心最近指出,现有的核移植技术普遍重视细胞核中的DNA,而忽视细胞质中线粒体DNA的作用,因此无法真正克隆出一模一样的动物。该研究中心对实验鼠进行了12年的研究,发现细胞核DNA并非包含机体全部的遗传信息,其细胞质中线粒体DNA在机体某些遗传特征方面也起重要作用。细胞核含有成千上万的基因,细胞质线粒体DNA只含有不到50个遗传基因。该研究中心发现用目前普遍采用的体细胞核移植方法得到的克隆鼠的行为有时和体细胞核供体鼠完全不同,但若将线粒体DNA也移入去核卵母细胞,克隆鼠与其体细胞提供者的行为就基本一致了。这说明线粒体DNA对动物大脑的发育和行为都有直接影响。

教学案例

动物细胞融合与单克隆抗体

教学过程	教 学 内 容	教学手段和方法	预期目标
1. 实例引入新课——细胞融合。	师:1970年,有两位科学家做了一个人—鼠细胞融合的实验,以证明细胞膜上的蛋白质分子是运动的。那么,如何实现人—鼠细胞的融合,以及动物细胞融合后还有什么用途呢?这就是今天我们这节课要学习的内容。	投影人—鼠细胞融合过程的图片,教师按图讲解,以引入新课,写出或投影本节课的标题——2.2.2 动物细胞融合与单克隆抗体。	激发学生学习兴趣。

续表

教学过程	教 学 内 容	教学手段和方法	预期目标
2. 复习提问。	师：由于动物细胞融合与前面所学的植物体细胞杂交技术相似，所以我们通过两个问题，来回顾一下有关植物体细胞杂交技术的基本知识。第一个问题是：植物体细胞杂交技术的过程是怎样的？ 生：先用酶去除两种植物细胞的细胞壁，使之成为原生质体，再用物理或化学的方法，诱导两种原生质体融合成杂种细胞，最后用植物组织培养的方法把杂种细胞培育成新的植物体。 师：第二个问题是：动植物细胞在结构上有什么区别？ 生：动物细胞无细胞壁、无明显的液泡、无质体。	如果学生回答不全，则可投影植物体细胞杂交技术流程图。	复习旧知识，为学习新知识奠定基础。
3. 学习新课——细胞融合。	师：有了以上的基本知识，首先让我们一起来看看有关动物细胞融合的概念。请大家翻开课本 P52，阅读第二自然段。 师：动物细胞融合的基本原理与植物原生质体融合的基本原理是否相同？ 生：应该相同。 师：对，动物细胞融合与植物原生质体融合的基本原理相同，那么动物细胞融合的具体过程是否也和植物原生质体融合的过程一样呢？ 生：应该基本一样吧？ 师：对，下面我们以灭活病毒诱导动物细胞融合过程为例，来理解动物细胞融合的过程。 诱导动物细胞融合的方法与植物原生质体融合的方法类似，但动物细胞融合时可用灭活的病毒作为诱导剂，你们知道这是为什么吗？请阅读课本 P52 的生物技术资料卡，思考并回答下面问题： 为什么灭活的病毒能作为诱导剂？ 生：因为灭活的病毒能使细胞膜上的蛋白质分子和脂质重新排布，细胞膜打开，细胞发生融合。 师：对，那么不灭活的病毒能作为诱导剂吗？ 生：不能，因为不灭活的病毒会感染细胞，而不能诱导细胞融合。 师：回答得非常好！从示意图中我们可以看出，把两个不同的动物细胞放在一起，用灭活的病毒处理细胞后，它们就先质融合，再核融合，进而形成杂交细胞，这个细胞有丝分裂后仍能形成两个完整的杂交细胞。 想一想，在动物细胞融合的实际操作过程中，是用单个的两种细胞来融合吗？请你们再次结合植物体细胞杂交的过程，思考这个问题。 生：我记得在植物体细胞杂交的实际操作过程中，是把多个两种细胞放在一起，让它们融合的。 师：回答正确。 生：为什么在进行两种细胞融合时必须用多个细胞呢？	教师讲解和学生讨论的方法相结合，以突出本节课的重点。 师生一起阅读教材，教师按教材上的概念给学生讲解。 投影用灭活病毒诱导动物细胞融合过程的示意图。 学生阅读生物技术资料卡，思考并回答问题。 让学生再次回顾植物体细胞杂交过程，思考并回答问题。	了解动物细胞融合的概念。 培养学生运用已有知识解决新问题的能力。 了解动物细胞融合的过程。 培养学生的阅读能力及自主解决问题的能力。培养思维的广阔性。 联系旧知识，提供一个比较的对象，以此达到知识迁移的目的。

续表

教学过程	教 学 内 容	教学手段和方法	预期目标
(3) 动物细胞融合的意义和应用。	师：这个问题问得很好，请同学们课下思考并讨论这个问题。如果能查阅到有关资料，你们就能更全面地回答这个问题。 在弄清楚动物细胞融合的原理和过程后，还需说明的是任何一项技术的发明，都不是凭空产生的，必定有一个发展的过程，下面我们来阅读课本 P52 中的小字，了解一下动物细胞融合技术的发展简史。 从动物细胞融合技术发展简史的资料中，我们能切实体验到这个技术是在不断发展的，那么，实现动物细胞融合有什么意义呢？ 大家都知道，物种间由于存在生殖隔离使得有性杂交方法有局限性，而细胞融合技术能打破生殖隔离，使远缘杂交成为可能。具体成功的实例见大屏幕。 正因为如此，细胞融合技术已广泛应用于细胞学、遗传学、免疫学及生物新品种培育等领域，但此技术还有一个十分重要的用途，就是制备单克隆抗体。有同学听说过单克隆抗体一词吗？ 生：（大多数同学回答不出来。）	给学生留下更多地思维空间。 让学生自己阅读动物细胞融合技术的发展简史。	培养学生交流的能力及查阅相关资料的能力。 体验科学技术是一个不断发展的过程。
	4. 学习新课——单克隆抗体。 师：在弄清什么是单克隆抗体之前，我们先来了解以下两个问题： 第一个问题，传统的抗体生产方法及缺陷是什么？请同学们在阅读课本 P52 的最后一自然段的基础上，讨论这个问题。 生：传统的抗体生产方法是向动物体内反复注射某种抗原，使动物产生抗体，然后从动物血清中分离所需要的抗体。这种方法生产的抗体产量和纯度都很低，而且制备的抗体特异性差。 师：回答得很好！下面我们再来讨论第二个问题：B 淋巴细胞有什么特点？请同学们继续阅读课本 P53 第一自然段，讨论并回答这个问题。 生：B 淋巴细胞能产生抗体，但每一个 B 淋巴细胞只分泌一种特异性抗体。	把教参上列举的已成功的动物细胞融合实例打在大屏幕上。	自然过渡到单克隆抗体的内容。
	师：很好！正是由于 B 淋巴细胞的这个特点，所以要想获得大量的单一抗体，必须用单个 B 淋巴细胞进行无性繁殖，也就是通过克隆形成细胞群，这样的细胞群就有可能产生出化学性质单一、特异性强的抗体，即单克隆抗体，这就是单克隆抗体的概念。 可遗憾的是，在体外培养的条件下，一个 B 淋巴细胞是不可能无限增殖的，那么，科学家是怎样解决这一问题的呢？想一想，能利用细胞融合技术来制备单克隆抗体吗？请大家先阅读课本 P53~54 单克隆抗体制备的文字及示意图，再思考回答问题。 师：两位科学家极富创造性的设想是什么？	学生阅读和讨论相结合，以突破本节课的难点。 由于教材上没有单克隆抗体的概念，所以应在黑板上写出或投影在大屏幕上。 先让学生阅读教材，再采用师生共同讨论的方法学习此部分内容。	把本节课的难点问题分解成问题串逐一讨论解决。 了解单克隆抗体的概念。 提出问题，诱导思考，步步深入地了解单克隆抗体的生产过程。
(1) 单克隆抗体的概念。			
(2) 单克隆抗体的生产过程。			

续表

教学过程	教 学 内 容	教学手段和方法	预期目标
(3) 克隆抗体的应用。	生：如果把一种B淋巴细胞与能在体外大量增殖的骨髓瘤细胞进行融合，所得到的融合细胞既能大量增殖，又能产生足够数量的特定抗体。 师：对，正是科学家先有了这个极富创造性的设想，然后再锲而不舍地把设想变为现实，才创造出单克隆抗体。想一想，如果把B淋巴细胞和骨髓瘤细胞放在一起时，会有几种融合方式？ 生：有B淋巴细胞间的融合、骨髓瘤细胞间的融合以及B淋巴细胞与骨髓瘤细胞间的融合。 师：回答得非常好！那么，B淋巴细胞和骨髓瘤细胞间融合所形成的能产生抗体的杂交瘤细胞是如何筛选出来的？ 生：先用选择性培养基筛选出杂种细胞，再进行抗体检测和克隆化培养就能得到杂交瘤细胞。 师：对，基本的过程就是这样。那么，科学家又是如何利用杂交瘤细胞来生产抗体的呢？ 生：第一种方法是：将杂交瘤细胞在体外大规模培养，从细胞培养液中就能提取大量的单克隆抗体；第二种方法是：把杂交瘤细胞注射到小鼠腹腔内增殖，从小鼠腹腔中提取单克隆抗体。 师：完全正确。正是由于两位科学家在这方面的杰出贡献，他们于1984年双双获得诺贝尔生理学或医学奖。有关单克隆抗体的应用，请大家阅读课本P54~55的内容，阅读后，请一位同学归纳一下单克隆抗体有哪些主要的用途。最好能结合其中的一个用途，如“生物导弹”问题，谈一谈你对其应用前景的认识。	此问题对学生来讲稍难些，教师可提醒学生看图或相应的文字。 学生阅读教材，讨论，教师可投影有关应用的资料。	培养学生的阅读及识图能力，使学生体验到科学是一个探究过程，科学研究需要创新的意识和合作精神。 了解单克隆抗体的应用，体验科学、技术、社会三者间的关系。
5. 小结。	师：本节课我们学习了有关动物细胞融合和单克隆抗体的内容。通过本节课的学习，大家应不仅能说出动物细胞融合的过程、单克隆抗体的生产过程，而且应能充分体验科学是一个过程及科学、技术、社会三者之间的关系。		提出本节课最终的学习目标。
6. 布置作业或实践活动。	师：课后作业为课本P55“思考与探究”的三道题，如有条件，可按课本中实践活动的要求组织学生完成。	课后完成，下节课由学生回答。	

参考书目

1. 细胞生物学。翟中和，北京：高等教育出版社，1998年。
2. 现代生物学导论。寿天德，徐耀忠，合肥：中国科学技术大学出版社，1998年。
3. 组织培养和分子细胞学技术。鄂征，北京：北京出版社，1999年。
4. 动物细胞工程原理与实践。冯伯森等，北京：科学出版社，2000年。

5. 细胞培养与蛋白质工程。范代娣，北京：化学工业出版社，2000年。
6. 动物细胞与转基因动物制药。劳为德，北京：化学工业出版社，2003年。
7. 细胞工程。李志勇，北京：科学出版社，2003年。

人教版®

胚胎工程

体外受精、胚胎移植、胚胎分割、胚胎干细胞的培养等胚胎工程技术，不仅广泛应用在畜牧业生产中，而且与医学、制药业等的发展，以及人们的生活有着越来越密切的关系。因此，让学生了解一些有关胚胎工程的知识及社会应用价值，对于学生开阔视野，关注现代生物科技的发展，更深入地理解生物科学在社会中的应用是十分必要的。

本专题教材分析

一、教学目的要求

知识方面

1. 简述动物胚胎发育的基本过程。
2. 简述胚胎工程的理论基础。
3. 举例说出胚胎工程的应用及发展前景。

情感态度与价值观方面

1. 认同胚胎工程在畜牧业、医疗等领域的应用价值。
2. 关注胚胎工程的研究进展。

能力方面

搜集胚胎工程研究进展的资料，撰写专题综述报告。

有关胚胎工程的内容是首次编入高中选修教材，这部分知识对教师和学生来说比较陌生，在教学中应该注意以下几个问题。

1. 明确学习胚胎工程知识的目的

由于现代生物科学技术对国民经济的持续发展具有举足轻重的影响，因此，它越来越成为各国研究开发的重点和科技竞争的热点。进入 21 世纪以来，各国政府十分重视生物技术的研究与产业化，加大了培育和扶持的力度。我国政府也把生物科学技术作为优先研究和发展的领域，并取得了令人瞩目的成就。胚胎工程是生物技术的重要组成部分，它的应用不仅推动了制药、

器官移植医学等领域的变革，而且还加速了畜牧业生产的发展。目前我国在胚胎移植改良牛、羊品种，体细胞克隆牛、羊等家畜的技术方面已经进入国际先进行列。因此，了解一些胚胎工程的知识，可以为学生将来继续学习和走向社会打下基础。教师在教学过程中要结合教材内容，不断强化学习目的，加强学生的使命感和自觉性。

2. 充分利用各种课程资源，深化课堂教学改革，提高教学效益

课改的过程也是教师更新教育观念，改变教学方式的过程。教师要结合教学的具体内容和学生的具体情况，充分利用各种课程资源，激发学生学习兴趣，促进学生探究问题、自主学习。例如，关于胚胎工程的进展常见于各种媒体的报道，学生对此有一定的了解，可让学生从报纸、杂志、广播、电视、互联网等媒体上搜集关于胚胎工程进展的信息，作为课堂教学和组织学生讨论的素材，这样不仅可以使学生关注胚胎工程，还可以培养学生的搜集和处理信息的能力。

教材中有关操作技术的内容与学生的生活经验有一定的距离，教师可以因地制宜，应尽可能发动学生到附近社区内的科研机构、医院、家畜良种站、畜牧养殖场等单位参观和调研，获取感性资料，在此基础上进行交流，并撰写专题综述报告。此外，还可以通过请专家讲演、座谈，制

作教学课件,组织学生自学以及分组讨论等多种教学活动,培养学生的多种能力,提高教学效果。

3. 胚胎工程技术的广泛应用推动了畜牧业、医学等的发展

本专题中关于胚胎工程技术的操作是以家畜为例进行讲述的,为了让学生能够全面地了解胚胎工程技术的应用情况,教师在教学过程中应该加入胚胎工程技术在医学方面的应用实例,如运用体外受精技术治疗“不育症”、胚胎移植等技术培育“试管婴儿”等。

二、教学内容的特点和结构

(一) 教学内容的特点

本专题包括《体内受精和早期胚胎发育》《体外受精和早期胚胎培养》《胚胎工程的应用及前景》三节。本专题教学的参考课时为7课时,《体内受精和早期胚胎发育》可用3课时教学,《体外受精和早期胚胎培养》可用1课时教学,《胚胎工程的应用及前景》用3课时教学。

本专题题图中展示的是高产羊生下的几只羔羊,它们是科技工作者采用胚胎移植技术处理后同时期出生的,作为胚胎工程的成果编者将其放在题图中主图的位置。周围配有几幅小图,体现了胚胎工程的主要操作技术:右上图是科学工作者正在实体显微镜下进行观察;左上图是我国科技工作者正在手术台上对动物进行胚胎移植手术;左下图展示的是正在发育的胚胎,画龙点睛地突出了本专题的主题——胚胎工程。与其他专题一样,在题图中引出了胚胎工程的概念。这种图文并茂呈现概念的方式,有利于激发学生对胚胎工程的兴趣和对概念的理解。

《科技探索之路——胚胎工程的建立》,简述了胚胎工程100多年来建立和发展的历史。胚胎工程是在研究胚胎移植的理论和技术的建立起来的,科学家在此基础上又解决了哺乳动物体外受精的技术,继而推动了胚胎分割、性别鉴定、体细胞克隆、胚胎干细胞培养等现代胚胎工程技术的建立和发展。

本专题在总体内容安排上也体现了胚胎工程

的发展脉络。首先对胚胎工程的理论基础——哺乳动物的受精和早期胚胎发育的规律,进行了较深入地讲述,在此基础上介绍了胚胎工程技术。目前,胚胎工程技术中应用较多的是体外受精和胚胎移植技术,因此,可以说它们是胚胎工程技术的基础;胚胎分割技术是继胚胎移植技术后迅速发展起来的技术,方法简单,效率更高;胚胎干细胞的培养不仅是胚胎工程的重要成就之一,它在基础生物学、畜牧学、医学上都有重要的应用价值,是当前研究的热门课题之一。教材基本是按照胚胎工程技术发展的时间顺序对其进行介绍的。

《体内受精和早期胚胎发育》部分是学习本专题的基础。由于义务教育生物课程标准和普通高中生物课程标准的必修部分,都没有明确的要求,这就使这部分内容,显得尤为重要,教学中应予以重视。本部分教材主要讲述了哺乳动物的体内受精和早期胚胎发育规律这两部分内容。引言中短短几句话,很清楚地表明了胚胎工程与本节内容的关系:“胚胎工程的许多技术,实际是在体外条件下,对动物自然受精和早期胚胎发育条件进行的模拟操作。因此,了解哺乳动物受精和早期胚胎发育的规律,就显得十分重要了。”

关于哺乳动物的受精过程,有关精子和卵子的减数分裂过程在必修模块中已经学习过,教材对这部分内容只做了简要的介绍,而对学生没学习过的精子的变形、卵泡的形成、卵子成熟的两次减数分裂场所及时间等有关内容则进行了重点介绍,以使学生对精子和卵子发生的过程有更全面的了解。关于哺乳动物的受精过程,教材在初中和高中必修内容的基础上,突出了受精前精子的获能准备,受精过程中精子的顶体反应,卵子的透明带反应、卵细胞膜反应及雄、雌原核的形成等生理活动的讲述,目的是为下一节内容的学习打基础。

关于哺乳动物的早期胚胎发育,教材删繁就简地讲述了受精卵—卵裂—桑椹胚—囊胚—原肠胚及胚层分化—胎儿雏形形成的过程,以及各时期的重要特点。其中特别突出讲述了与胚胎移植、

胚胎分割密切相关的桑椹胚细胞的全能性,囊胚内含有具有分化能力的内细胞团。这些内容为专题后续知识的学习奠定了必要的基础。

关于《体外受精和早期胚胎培养》一节,教材首先以设问“你听说过试管牛、试管羊吗?你知道什么是试管动物技术吗?”这一方式引出试管动物技术的概念,亲切、自然;然后在“从试管牛说起”的标题下创设情景,提出如何解决良种牛的快繁问题,并很自然地提出“借腹怀胎”问题。这样学生很容易理解体外受精在生产实际中的意义,也能激发学生抽象内容的兴趣。

关于体外受精的内容,教材重点阐述了卵母细胞的采集和培养方法,精子的采集和受精前的获能处理等基础知识,而体外受精的方法则主要是通过“哺乳动物体外受精示意图”进行讲述的。

关于早期胚胎培养的内容,在简单介绍了早期胚胎培养方法的基础上,也主要通过“牛体外受精胚胎生产流程图”来展示了胚胎工厂化生产的过程。这种图文并茂的编写方式,可以帮助学生更直观地理解体外受精技术及其生产过程。“牛体外受精胚胎生产流程图”是对本节课主要内容的概括性总结。

正文旁栏“奇思妙想”中所创设的“将屠宰场和胚胎工厂合建”的想法,是帮助教师引导学生在符合科学的前提下进行创新的资料。

关于《胚胎工程的应用及前景》一节,教材集中讲述了胚胎移植、胚胎分割、胚胎干细胞的分离和培养这三种胚胎工程技术。关于胚胎移植,教材首先从胚胎移植的概念导入,通过概念的学习使学生知道胚胎移植的含义及在胚胎工程中的地位,即体外受精、胚胎分割等任何一项胚胎工程技术所生产的胚胎,都必须经过胚胎移植技术才能获得后代,胚胎移植是胚胎工程的最后一道“工序”。

关于胚胎移植的现状和意义,教材先用数字简述了胚胎移植的现状,以引起学生的重视,再用图解的方式,从加速育种工作和品种改良、大量节省购买种畜费用、一胎多产、保存品种资源

和保护濒危物种等几方面,阐述了胚胎移植在充分发挥雌性优良个体繁殖潜力方面的意义。

关于胚胎移植的基本程序,教材是在讲述胚胎移植的生理学基础之上,以图代文的方式进行讲述的。用形象的流程图来讲解生物技术的基本程序,可使学生更深入,更直观地理解所学的内容。

关于胚胎分割的内容,教材是从概念、基本操作方法及存在的问题几方面进行讲述的。

胚胎干细胞的分离和培养是胚胎工程的研究前沿,教材配以直观的彩图来帮助学生理解,教材主要介绍了胚胎干细胞的来源、功能及特点,重点讲述了胚胎干细胞的应用。

(二) 教学内容的结构



三、与学生经验的联系

关于哺乳动物的受精和早期胚胎发育规律的知识是胚胎工程的理论基础,哺乳动物的受精、精子和卵子发生的过程中的有关减数分裂的内容,学生已在高中生物必修模块中学习过,在此基础上学生能比较容易理解精子和卵子的发生过程。除此之外,学生通过报刊、电视等媒体对“试管动物”“借腹怀胎”、体外受精、胚胎移植、胚胎

干细胞等有关知识也有一定的了解。这些都是学生学习本专题的基础。

四、与其他专题的联系

胚胎工程中的卵母细胞及受精卵的培养、胚胎分割及胚胎干细胞培养等技术与“基因工程”“细胞工程”等现代生物科技专题有着密切联系，

可以说“动物基因工程”“动物细胞工程”等是胚胎工程的上游技术，而胚胎工程则属于下游技术。

教材中讲述的胚胎工程技术虽然多以家畜为例，但是一旦应用于人类，则会因“借腹怀胎”、“试管婴儿”等问题发生伦理方面的争议，从这个角度来看，本专题与《生物技术的的社会性和伦理问题》专题也有着密切的联系。

3.1 体内受精和早期胚胎发育

一、教学目标

1. 简述哺乳动物的精子和卵子的发生及受精过程。
2. 简述哺乳动物的胚胎发育过程及其主要特点。
3. 认同胚胎工程建立及发展的意义。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

- (1) 哺乳动物精子和卵子的发生。
- (2) 哺乳动物的受精过程。
- (3) 哺乳动物的胚胎发育。

2. 教学难点

- (1) 哺乳动物受精过程中精子的获能、顶体反应、透明带反应、卵细胞膜反应的概念和生理功能。
- (2) 哺乳动物胚胎发育各阶段的主要特点。

三、教学策略

本节是本专题的起始课，课文的导入方式对激发学生的学习热情具有重要作用。本节可用题图或其他有关的背景材料导入，通过背景材料引出胚胎工程的概念。关于《科技探索之路——胚胎工程的建立》，建议用学生快速阅读和教师讲述有机结合的教学方式（快速阅读可使学生集中注意力，提高学生自学的能力，有助于理解课文）。教师首先指导学生在规定时间读完一遍教材，然

后，将每段的第一句和最后一句重新快速阅读一遍，再从读过的段落和句子中试着分析和理解下面的问题：

(1) 胚胎工程的建立可大致分为几个阶段？在每一个阶段中，胚胎工程技术有什么重大突破？这些重大突破对推动生产力的发展有什么作用？

(2) 为什么说胚胎移植技术的成功和应用带动和加速了体外受精技术的研究？

(3) 美籍华人科学家张明觉在动物生殖生理学上有什么重大发现？这个发现对促进胚胎工程实现产业化有何意义？

(4) 通过胚胎工程的建立过程，你如何认识科学、技术、社会三者之间的关系？

为了帮助学生更好地分析和理解问题，教师可组织学生分小组讨论交流。最后，由小组推选一人，或由教师随机地选择学生来讲解这些问题。当发言的学生讲完后，其他学生可以补充。教师的讲述着重于对学生的讨论发言进行总结和评价。要明确指出，研究胚胎工程的百年发展史，能增加我们对胚胎工程研究过程的了解，从中领悟科学的发展就是不断“发现问题—提出问题—设计实验—进行实验—得出结论”的探究过程。同时，也使我们看到，胚胎工程的研究每取得一项突破，都会给畜牧业、医学的发展带来一次飞跃；而畜牧业、医学的每一次飞跃发展，又都会给胚胎工程带来新的课题，促进胚胎工程的发展。科学、技术和社会就是在这种相互影响中得到发展的，

但是,应该知道,科学基础理论的研究在推动技术进步中具有核心作用。

为了使学生对胚胎工程的技术有一个全面的了解,建议教师简单介绍一下体细胞克隆、转基因等技术与胚胎工程的内在联系,或者请学生自己查找资料去了解。关于胚胎工程技术在畜牧业生产、医学及保护濒危动物等实践中具有的重要作用,要以生动的实例进行表述,以引起学生的求知欲。

关于《体内受精》的教学过程,建议在学生已有的“减数分裂”和“受精作用”知识基础上,根据学生和学校的实际情况采用不同的教学方法。

方法一:教师运用多媒体、图解等进行讲述。讲述过程中要注重调动学生的主动性,引导“学生自己得出概念,而不是将概念灌输给学生”。例如,让学生自己比较出精子与卵子在发生上的重要区别,总结出哺乳动物的受精过程。

方法二:运用合作探究学习的方法。通过合作探究学习,让学生自己亲身体会并组织所学的知识。教师在运用合作探究学习方法时要注意以下几点:

(1) 尽量使每一个学生都有任务,以使他们都能投入教学活动中去;

(2) 运用这种方法进行教学时,教师要敢于打破传统讲述法详尽讲解内容的习惯,要精心、大胆地取舍教材内容,只需让学生充分透彻地掌握基本概念和核心内容;

(3) 学习的全过程必须在教师组织和指导下进行,使学生集中注意力,这样才能取得预期效果;

(4) 在对学生进行评价时要坚持评价的结果是能激发和鼓励他们的学习。尽量帮助学生在评价过程中发现自己、肯定自己,让他们感受成功的喜悦。

教师应在上课前几天,将需要探究的内容分成课题,每个课题下还有子课题(可参考前面“教学内容的结构”中的“体内受精和早期胚胎发育”制定子课题);然后,把课题和子课题随机分发给已指定好的各小组组长,由每个小组长分配

给小组成员,要求学生回家阅读教材后,查阅资料,认真准备(教师要建议学生运用多种方式,如图解、挂图、多媒体等方式表述课题内容,并给予协助)。

上课时,教师先请学生将教材中新出现的知识结构提出来,进行解释;然后分小组按下列程序活动:每个学生汇报子课题准备的情况,并提出疑点→小组讨论、解疑→综合课题内容→选出代表→代表上台介绍,先介绍课题内容,然后简述资料收集的方法和小组讨论情况→小组成员补充→其他小组同学提问→答疑或争论→小组内部和各小组之间进行评价→教师总结。

关于《胚胎发育》的教学过程,建议教师按教材最后的内容“课外活动:观察蛙受精卵的分裂”,组织课外小组的学生进行观察,并写下观察记录。有条件的学校最好将蛙受精卵的分裂过程拍摄下来。上课时,卵裂期的特点请课外小组的学生讲述,并展示拍摄的照片或录像;胚胎发育的其他时期由教师讲述,讲述时最好运用课件、挂图、模型、多媒体等,以增强直观性。

四、答案和提示

(一) 思考与探究

1. 以精子的运行途径为线索,设计一幅简图,来说明哺乳动物的受精过程。

提示:哺乳动物的受精过程主要包括精子穿越放射冠、透明带、进入卵细胞膜、原核形成和融合等步骤(详见教材中的受精过程)。

2. 哺乳动物精子和卵子的发生主要有哪些相似点或不同点?

答:相似之处:细胞分裂的最初阶段为有丝分裂,不断增加生殖原细胞的数量;经过两次减数分裂(MI和MII)才能形成精子或卵子。

不同之处:由一个精原细胞分裂最后可产生多个精子;一个卵原细胞最后只能生成一个卵子。精子的形状为蝌蚪状;卵子为球形。多数哺乳动物卵子的形成和在卵巢内的贮备是在胎儿出生前完成。

3. 当你了解到精子需要获能,受精过程中有

防止多精入卵的现象时,你是否提出过这样的问题:精子在雌性生殖道内是如何获能的?防止多精入卵的两道防线的形成机制究竟是什么?

答:精液由精子和精清(精浆)两部分组成。精清中含有一种能抑制精子获能的物质,因此,在一般情况下,精液中的精子无法获能。只有当交配后精液进入雌性动物的生殖道时,由生殖道分泌产生一种物质解除对精子获能的抑制,才能引起精子获能。精子在雌性动物生殖道内获能的部位因种类而异,但主要是子宫和输卵管。

防止多精入卵主要通过透明带反应和卵细胞膜反应两道屏障。在受精过程中,当精子穿越透明带触及卵细胞膜时,透明带会立即封闭,阻止后来的精子进入透明带,这可看作防止多精受精的第一道屏障。而精子入卵后,卵细胞膜会立即拒绝其他精子再进入卵内,这可看作防止多精受精的第二道屏障。其生理、生化机制,请参阅有关专著。

(二) 正文中讨论题

【精子的发生】

1. 家畜每次射精排出的精子数以亿计,但是通常只有一个精子能够与卵子结合,这能说是一种浪费吗?怎样理解这一现象?

提示:不是。可以从两方面说明这一问题:其一,在自然繁殖的条件下,为了使母畜排出的1个或几个卵子完成受精,公畜一次射出几亿到几十亿的精子到发情母畜的生殖道内,可以说是动物为繁殖后代、延续物种的一种生理保障机制;其二,在自然条件下,精子从射精部位运行到受精部位,在通过母畜生殖道的过程中,复杂的组织结构和生理环境将对精子进行筛选,并致使大量的精子途中死亡,被分解或排除,造成精子大量损耗。最后到达受精部位(输卵管)的精子只剩百余个,与卵子完成受精的只有一个。

2. 精子细胞变成精子的过程中,细胞中很多结构会消失,而细胞核和线粒体都保留下来,对这一现象怎样理解?为什么精子中的线粒体集中在尾的基部?

提示:细胞核和线粒体都是精子结构中的重

要部分。其中,细胞核是精子遗传物质储存和复制的场所,也是参与精、卵结合和后代遗传特性与细胞代谢活动的控制中心。而线粒体则是精子进行有氧呼吸分解营养物质产生运动能量的场所。精子的线粒体在精子形成过程中,集中于尾的基部形成线粒体鞘膜,是精子维持生存和运动能量的“动力工厂”或“发动机”。

【卵子的发生】

1. 一个卵泡中能形成几个成熟的卵子?

答:正常情况下,一个卵泡只能形成一个成熟的卵子。

2. 排卵是指卵子从卵泡中排出,还是指卵泡从卵巢中排出?

答:是指卵子从卵泡中排出。

3. 刚排出的卵是成熟的卵子吗?它在母体的什么部位与精子受精?

答:刚排出的卵子尚未完全成熟,仅完成第一次减数分裂,需要在输卵管内进一步成熟,直到第二次减数分裂的中期才能与精子结合完成受精过程。排出的卵子是在输卵管内与精子受精的。

【资料分析】

1. 表中哪种动物的胚胎在进入子宫时发育程度最高?

答:比较而言,马的胚胎进入子宫时发育程度最高,其次为小鼠。

2. 将体外培养的马胚胎移植到母马子宫时,应选择什么阶段的胚胎?如果换成牛又该怎样处理?

答:马应选择囊胚阶段的胚胎。牛在自然情况下,胚胎虽然最早可在8~16细胞阶段进入子宫,但为了提高移植后胚胎的发育率和妊娠率,在实践中通常用发育到囊胚阶段的胚胎进行移植。

3. 为什么说关于动物的体内受精和胚胎发育的研究,会为胚胎工程提供理论基础?请结合本节内容举例说明。

提示:胚胎工程的许多技术都是在了解哺乳动物自然条件下受精和早期胚胎发育的基础上实现的。本节涉及的哺乳动物体内受精和胚胎发育都是在自然条件下的特点和规律,人们正是在认

识了这些自然规律的基础上,在体外进行有效的模拟,才使卵母细胞能在体外成熟;精子能在体外完成获能;获能精子和成熟卵母细胞能在试管内完成受精;体外受精卵能在人工培养条件下继续发育等,这些都有赖于体内自然条件下的基础研究成果。

(三) 旁栏思考题

进行体外受精时,将卵母细胞取出后,是否应当将它置于与输卵管中相似的环境,让它进一步成熟?

答:是的。从卵巢上取出的卵母细胞还没有成熟,尚未完成第一次减数分裂。应在体外人工模拟输卵管环境进行培养,才能使其成熟,即达到受精前的成熟阶段。

五、知识拓展

1. “精子获能”现象是如何发现的?有什么意义?

美籍华人生殖生物学家张明觉在做兔的体外受精试验时,发现只有从母兔生殖道内取出的精子才能在体外与卵子受精,而取自附睾的精子不能在体外完成受精,说明精子在受精前需先在母兔生殖道内发生相应的生理变化,称为精子获能现象。

这一现象使人们很快弄清了精子获能的机理,并找到了精子在体外获能的物质,实现了体外受精。

2. 哺乳动物卵巢的结构和功能是怎样的?

卵巢位于雌性动物的腹腔,左、右各有一个,多为椭圆或圆球状。其形状、大小和结构因种类、年龄和生理状态各异。卵巢由实质部和被膜构成。实质部又分为皮质部和髓质部。皮质部靠近被膜,其中储存大量的原始卵泡和处于不同发育阶段的卵泡和卵泡的续产物,主要包括:黄体、白体和闭锁卵泡等。卵巢的髓质部位于卵巢的中间部位,含有纤维结缔组织、血管和神经。需要弄清楚这几个结构关系:卵巢中有卵泡,每个卵泡中有一个卵母细胞。卵泡中的卵母细胞在排卵前都处于第一次减数分裂的前期。

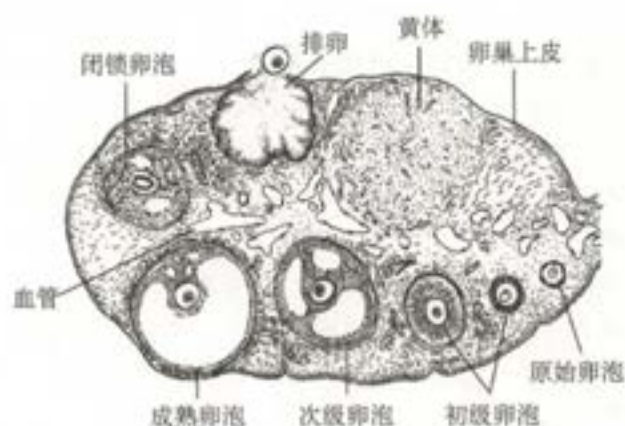


图 3-1 哺乳动物卵巢结构模式图

卵巢的主要功能有两个,其一是储备卵泡,排出卵子;其二是产生与生殖有关的激素,如雌激素和孕激素。

3. 什么是顶体反应?

获能以后的精子,在雌性动物生殖道与卵子相遇时,会出现精子顶体膨大,精子质膜(外膜)和顶体外膜局部融合,并在融合处形成一些泡状物,随后脱落,造成精子顶体外膜出现孔洞,使顶体内储存的与受精有关的酶释放出来,参与精子和卵子的受精过程。这种生理现象叫做顶体反应。

4. 哺乳动物桑椹胚和囊胚的主要特点是什么?

桑椹胚的细胞数在 32 个左右,细胞排列致密,形似桑椹,由具有发育全能性的细胞构成。

囊胚则出现细胞分化,聚集于一端个体较大的细胞为内细胞团(ICM),将发育为胎儿本身;沿透明带内壁扩展和排列的个体小的细胞为滋养层细胞,将发育为胎膜和胎盘,为胎儿发育提供营养。

5. 什么是透明带反应?

在精子和卵子受精过程中,当精子越过放射冠,进入透明带并接触卵细胞膜时,卵子发出指令(信号),阻止后续的精子进入透明带,这种生理反应叫透明带反应。它是受精过程中防止多精入卵而造成多精子受精的第一道屏障。

6. 什么是卵细胞膜反应?

当第一个精子进入卵细胞膜后,会立即引起卵细胞膜的紧缩、增厚,阻止其他精子进入卵内与卵子结合受精,这是防止多精子受精的第二道

屏障。多精子入卵的结果将形成多个雄原核与一个雌原核融合完成受精,产生多倍体受精卵,属

异常受精现象,意味着受精的失败,不能继续发育和产生后代。

3.2 体外受精和早期胚胎培养

一、教学目标

1. 简述哺乳动物体外受精技术的主要操作步骤。
2. 简述哺乳动物胚胎的早期培养方法。
3. 认同体外受精在家畜快速繁殖中的重要意义。

二、教学难点与重点

1. 教学重点

- (1) 体外受精在家畜快速繁殖中的重要意义。
- (2) 哺乳动物体外受精技术的主要操作步骤。

2. 教学难点

- (1) 卵母细胞的采集和培养。
- (2) 精子的采集和获能。

三、教学策略

教学过程一定要根据学生的具体情况、教材的内容、教学的条件综合考虑进行。本节教材是在哺乳动物体内受精和胚胎发育的理论基础上,着重简述哺乳动物体外受精和胚胎早期培养的技术方法。本节内容简单,学生通过阅读基本能明白。另外,由于所讲内容技术性较强,与学生的生活相距较远,不易引起学习兴趣,所以教师可采用探究式的学习方法,以“试管牛”为例,创设出一种新的学习情景,在教师的带领下,让学生以胚胎工程学家的身份出现,亲历其境地去思考和探究“体外受精和早期胚胎培养”的过程,领悟其探究的方法,以达到激发兴趣、培养能力、获取知识的目的。对具体的教学方法建议如下。

教师课前搜集有关“试管牛”技术及其发展的资料,并制作“利用屠宰厂牛卵巢收集卵母细胞,并工厂化生产试管胚胎”的计算机辅助教学

软件(或投影片)。同时,教师布置学生搜集有关“试管牛”的资料。

在课堂活动中,教师首先提出问题:“你听说过试管牛、试管羊吗?你知道什么是试管动物技术吗?”从而引出试管动物技术的概念及体外受精在家畜快速繁殖中的重要意义,提出本节主题。

接着,请学生回忆第一节课的内容,并思考讨论以下各题:

(1) 哺乳动物体内胚胎的形成需要经过哪些过程?(精子和卵子的发生—受精—胚胎的发育)

(2) 哺乳动物体外胚胎的发育需要完成哪些环节?在学生讨论出结果的基础上,教师告诉学生,胚胎工程专家就是根据这几个环节(获得精子和卵子—体外受精—体外胚胎培养)来研究哺乳动物体外受精和胚胎早期培养方法的。今天请大家来扮演胚胎工程专家,共同模拟研究“试管牛”工厂化生产的技术流程。

首先,请学生阅读教材;然后教师与学生一起制定研究“试管牛”工厂化生产的技术流程,并拟出以下关于技术流程的研究题目:

- (1) 卵母细胞的采集和培养;
- (2) 精子的采集和获能;
- (3) 受精;
- (4) 胚胎的早期培养;
- (5) 画出“试管牛”工厂化生产的技术流程图解(图3-2)。

教师让学生自由组合成课题小组,选定研究题目(全部课题都要被不同组选定)。教师指导学生研究的方法:查阅有关资料(可根据教材或利用自己搜集的有关“试管牛”的资料)→研讨、制定技术方法→写出研究报告。

各课题小组按选定的研究课题进行研讨,并

写出研究报告。各课题小组的代表公布研究报告，教师与学生共同进行评价。



图 3-2 “试管牛”工厂化生产的技术流程图

四、知识拓展

1. 卵母细胞采集的方法和操作的要领是什么？

对实验动物小鼠、兔和小家畜猪、羊等卵母细胞采集时，可先用促性腺激素处理，使其排出更多的卵子，然后在适当的时间从输卵管冲取卵子，并使其直接与获能的精子在体外受精。

第二种方法是从刚屠宰的雌性动物体内摘取卵巢，再从卵巢中采集卵母细胞。

还可以直接从活体动物的卵巢中采集卵母细胞，叫活体采卵。需借助超声波探测仪、内窥镜或腹腔镜，直接从活的动物卵巢中吸取卵母细胞。

后两种方法适用于大家畜和大动物。采集的卵母细胞需在体外培养成熟后才能与获能的精子受精。

2. 如何选择用于体外培养的卵母细胞？

在选择卵母细胞时，无论用哪种方法采集到的卵母细胞，外围一般都应该有数层卵丘细胞所包围，形成一个叫卵丘复合体的结构（COC）。这种结构对于卵母细胞在体外条件下的成熟是十分重要的。在对家畜体外受精的操作中，一般把未成熟的卵母细胞分成 A、B、C、D 四级。对 A 级卵母细胞要求是有 3 层以上的卵丘细胞包围，卵母细胞的细胞质均匀；B 级是少于 3 层卵丘细胞，但卵母细胞质要均匀；C 级为没有卵丘细胞包围的卵母细胞，又称裸卵，培养效果很差；D 级是退化或死亡的卵母细胞，应淘汰。A、B 两类卵母细胞培养效果较好。

3. 采集精子的方法有几种？各有什么具体要求？

主要分为假阴道法、手握法和电刺激法。假阴道法是用特制的假阴道，满足雄性动物交配时对压力、温度和润滑度的要求。同时要配备有与供精动物相适应的台畜，训练动物爬跨台畜，借假阴道收集精液。

手握法是通过徒手或戴乳胶手套的手，直接把握雄性动物阴茎，施以适当压力和刺激即可引起射精，并可收集富含精子部分的精液。

电刺激法是采用特制的电极伸入动物的直肠直接刺激位于腰荐部的射精中枢引起射精，此方法只适用于野生或某些经济动物。

此外，对于啮齿类的实验动物可在处死后从附睾尾收集精液。

4. 以牛为例，从屠宰场收集卵巢中的卵母细胞进行体外受精的应用效果如何？

目前，从屠宰场废弃的卵巢中，每个卵巢平均可采集 10 枚左右可用卵母细胞，经体外培养成熟和受精后可获 4 个可用的胚胎，经过移植给受体母牛，最终可得到 1~2 头犊牛。牛的体外受精胚胎的工厂化生产已在一些发达国家开展。

3.3 胚胎工程的应用及前景

一、教学目标

1. 举例说出胚胎移植和胚胎分割。
2. 认同胚胎移植在胚胎工程中的地位和作用。
3. 关注胚胎工程的研究进展和应用价值。

二、教学难点与重点

1. 教学重点

(1) 胚胎移植的生理学基础、基本程序和应用。

(2) 胚胎分割的应用意义。

(3) 胚胎干细胞研究的意义。

2. 教学难点

(1) 胚胎移植的生理学基础。

(2) 胚胎干细胞的概念和分离途径。

三、教学策略

关于“胚胎移植”的教学过程，建议教师选一篇有关的资料发给同学阅读，例如下面的一则报道。

中国首例体细胞克隆牛胚胎移植后代今晨降生

(中新网 2003 年 10 月 8 日电) 据胶东在线报道，今天凌晨 3 时 18 分，中国首例体细胞克隆牛的胚胎移植后代克隆牛“蓓蓓”在山东莱阳农学院动物胚胎工程中心实验场呱呱坠地。克隆牛“蓓蓓”是采用最新的玻璃化超快速冷冻技术和超数排卵技术繁殖的新型克隆牛。

今天凌晨，记者和科研人员一起，焦急地等待“蓓蓓”的降生。3 时 18 分，在科研人员的努力下，克隆牛“蓓蓓”终于来到了这个世界。母亲黑白花奶牛“梨花”舐犊情深，忽然发起牛威，不许众人靠近，并用舌头舔干“蓓蓓”湿湿的黑色毛皮。“蓓蓓”开始睁开眼睛，怯生生地看着四周关心它的人们。凌晨 4 时左右，在母亲的帮助

和周围人们的鼓励下，“蓓蓓”终于颤悠悠地站了起来，并在母亲的帮助下开始行走。科研人员费了好大的劲才遏制住了母亲的牛劲，开始对刚降生的“蓓蓓”进行科学测量。经测量，“蓓蓓”体长 66 cm，身高 78 cm，胸围 81 cm，心律 188 次/min，体温 39℃，体重 33 kg，各项生理指标正常。

克隆牛“蓓蓓”是我国成功繁殖的首例和第二例胎儿皮肤上皮细胞克隆牛“康康”和“双双”的后代。2001 年，我国研究人员对“康康”和“双双”进行了超数排卵处理，于 2003 年 1 月 2 日，从“双双”体内采集到 13 枚符合国际胚胎移植标准的可用胚胎（这是国际上首次对体细胞克隆牛进行超数排卵处理试验并获得可用胚胎）。研究人员将这些标准胚胎经过玻璃化超快速冷冻处理后，移植到中国黑白花奶牛“梨花”的子宫内，结果获得妊娠。

采用超数排卵技术和玻璃化超快速冷冻技术的“蓓蓓”的降生证明，体细胞克隆牛“康康”和“双双”与正常繁殖母牛一样对外来激素具有较好的应答能力；体细胞克隆牛经超数排卵获得的胚胎移植后，具有正常的发育成胎儿的能力；“蓓蓓”的降生，证明了我国体细胞克隆技术已达到世界前列。采用超数排卵技术会给畜牧业带来巨大的变革，会促使良种克隆牛快速繁育得到实现，这一切将大大地带动畜牧业产业化发展。

名词解释

玻璃化超快速冷冻技术：它是最简洁、最快速的胚胎冷冻保存技术，冷冻过程不超过 1 min，不需要昂贵的程控冷冻仪器，是促进胚胎移植产业化的关键技术之一。该项目采用玻璃化冷冻体细胞克隆牛胚胎移植产犊，在世界上尚属首例。

超数排卵：也简称“超排”，是指将供体母牛经激素处理，使其发情，并能排出数量较多的发

育成熟的卵子，经合理的人工授精方法，可以获得数量较多的可移植胚胎。

在学生阅读后，教师指导学生分组讨论：什么是胚胎移植？教师在学生得出胚胎移植概念的基础上，引导学生完善概念。然后让学生通过阅读教材了解胚胎移植的现状，总结胚胎移植的意义。有关“胚胎移植的生理学基础”的四点内容，教师要重点讲述，并指导学生分析“为什么胚胎移植要在动物发情排卵后一段时间内进行”，以使学生了解胚胎移植的原则，为学生理解胚胎移植基本程序奠定基础。有关“胚胎移植的基本程序”内容，建议阅读教材后，让学生进行概述，这时教师要注意指导学生理解每一步技术操作的作用。

关于“胚胎分割”的教学过程，建议学生自学后，讨论以下问题：

(1) 什么是胚胎分割？它在畜牧生产上有什么意义？

(2) 囊胚期的内细胞团有何功能？对囊胚阶段的胚胎进行分割时要注意什么？为什么？

(3) 如何进行牛胚胎的分割？

总而言之，教师在教学过程中要注重用自读、设问、讨论等多种形式来引发学生的学习兴趣，防止教师一言堂。具体方法可参见后面的《教学案例》。

关于“胚胎干细胞”的教学过程，建议让学生阅读教材和通过报刊、杂志、互联网等媒体搜集资料，撰写一篇关于胚胎干细胞应用价值的综述，其中要对胚胎干细胞的来源、功能及特点进行说明。写好的综述要在班里交流，并由学生和教师给以评价。

在学习本节时，如果有条件，可组织学生到家畜良种场参观，或请胚胎工程的专家进行专题讲座，以开阔视野，加深认识。

四、答案和提示

(一) 思考与探究

1. 右图是同学们到某良种场进行参观后，看到的胚胎移植繁育良种奶牛的技术流程示意图。请看图思考并讨论以下各题。

(1) 用文字完成下面的流程图。

答：① 对供、受体母畜进行选择，并进行同期发情处理；③ 配种或人工授精；④ 收集胚胎；⑤ 胚胎移植；⑦ 对受体母畜进行是否妊娠的检查。

(2) 应该怎样选择供体公、母牛和受体母牛？在②中，为什么要用促性腺激素处理供体母牛，在促性腺激素处理供体母牛前，为什么需要对供体和受体母牛进行同期发情处理？

答：供体公、母牛应该是具有人类所需的优良遗传性状的个体，而受体母牛必须具有正常的孕育、生殖后代的能力；需要用促性腺激素处理供体母牛是为了引起超数排卵，这样就可以获得较多的胚胎；在促性腺激素处理供体母牛前，对供体和受体母牛进行同期发情处理，才能使它们的生理条件达到同步或一致，使供体的胚胎移入受体后有相同或相似的生存条件。

(3) 在右侧的流程图中，哪一步需要进行冲卵？冲卵是把母畜的卵子冲出来吗？

答：第④步需要进行冲卵，冲卵是指将供体母畜体内的受精卵冲出来，而不是把卵子冲出来。

(4) 用胚胎移植繁育良种种畜具有哪些实用意义？

提示：胚胎移植可充分发挥雌性优秀个体的繁殖潜力。具体表现为：缩短了供体本身的繁殖周期，同时通过超数排卵处理和胚胎移植可获得比自然繁殖多十几倍到几十倍的后代。

可在短期大幅度增加优良个体母畜和公畜的后代数量，迅速扩大良种畜群，加速育种和品种改良工作。

经冷冻保存的胚胎可进行国内和国际交换，代替活畜的引种或进出口。

通过胚胎移植可以人为生产双胎或多胎。

可以通过保存胚胎来保存品种资源和濒危动物。

(二) 正文中讨论题

1. 在胚胎移植操作中，怎样才能使胚胎在移植前后所处的生理环境保持一致？例如，供、受体的发情时间要一致吗？供体胚胎移入受体子宫

的位置,应与在供体内的位置相同或相似吗?

答:应对供体和受体母畜进行同期发情处理,使它们的生理条件达到同步或一致,这样才能使供体的胚胎移入受体后有相同或相似的生存条件,这是胚胎移植成功与否的关键。因此,必须做到供、受体母畜的发情时间一致。同时还要做到移入受体子宫胚胎的位置应该与其在供体内的位置相同或相似,移入胚胎一侧的受体子宫角对应的卵巢必须有黄体存在。

2. 胚胎移植实质上是早期胚胎在相同生理环境条件下空间位置的转移。你认为这样的概括正确吗?

答:胚胎移植成功率的高低与供、受体生理环境条件一致性密切相关。只有供、受体生理环境高度一致,移入受体的胚胎才能被接受,并继续发育。所以我们可以把胚胎移植简单概括为早期胚胎在相同生理环境条件下空间位置的转移。这样的概括是正确的。

(三) 旁栏思考题

对囊胚阶段的胚胎进行分割时,为什么要将内细胞团均等分割?

提示:内细胞团一般到囊胚阶段才出现,它是发育为胚胎本身的基础细胞,其他细胞为滋养细胞,只为胚胎和胎儿发育提供营养。若分割时不能将内细胞团均等分割,会出现含内细胞团多的部分正常发育的能力强,少的部分发育受阻或发育不良,甚至不能发育等问题。

五、知识拓展

1. 为什么哺乳动物发情排卵后,不管是否妊娠,在一段时间内,同种动物的供、受体生殖器官的生理变化是相同的?

因为哺乳动物发情排卵后,不管雌性动物妊娠与否,都会产生黄体,并维持一段时间,称为黄体期。在这段时间里,同种动物的供、受体生殖器官的生理变化是相同的,这就为供体胚胎移入受体子宫内继续发育提供了相同的生理环境。

2. 胚胎移植的发展概况怎样?

胚胎移植技术的发展分为实验生物学、家畜

试验和畜牧生产三个阶段。

实验生物学阶段的标志是,1890年英国的希普(W. Heape)成功地进行了家兔的胚胎移植。该实验证实了早期胚胎在生理条件一致的受体母兔体内正常发育的可能性。其后在多种实验动物上的成功,为研究者提供了在家畜方面进行试验的经验,首先在羊、猪、牛和马等主要家畜上取得成功,使胚胎移植进入了具有生产意义的畜牧生产领域。

20世纪60年代以来,对胚胎移植技术环节中的胚胎收集、保存和移植等研究取得了很大进展,为这项技术在畜牧生产中的实际应用奠定了基础。

20世纪70年代以后,胚胎移植进入了生产应用阶段。其中牛的胚胎移植技术发展最快,并逐步在奶牛的育种和生产中得到应用。一些国家陆续成立了牛胚胎生产和移植公司,国际国内的胚胎贸易和技术服务广泛开展。

近20年来,在牛的胚胎移植中,技术方法更为简捷、方便、实用。目前已达到一头供体牛平均每次收集到的胚胎经移植可产下2~4头犊牛。

20世纪60年代,我国获得家兔、绵羊、牛、马和山羊的胚胎移植成功。近10年来,牛、羊的胚胎移植在我国部分地区已进入生产应用阶段。

3. 为什么说胚胎分割技术也是动物克隆的方法之一?

生物的无性繁殖方式统称为克隆。就胚胎分割技术本身而言,是将同一胚胎分割成几部分,借助胚胎移植技术产生遗传物质完全相同的后代,是一种无性繁殖的方式,因此,也属于动物克隆的一种方法。

4. 为什么胚胎分割的份数越多,操作的难度会越大,移植的成功率也越低?

早期胚胎的体积很小,只有在显微镜下才能看到;再者,细胞数目是有限的。分割的份数越多,不但难以做到均等分割,每一份的细胞数会越少,而且作为囊胚期的胚胎内细胞团细胞所受的影响会更大。因此,分割的份数越多,技术的难度会越大,移植后的恢复和发育的难度会越大,移植成功率自然会降低。

5. 胚胎收集的方法有几种? 如何操作?

对配种或授精后的供体母畜, 经过一段时间就要进行胚胎的收集。其具体操作方法是: 用配制好的冲卵液, 借助特制的冲卵装置, 把位于子宫或输卵管的胚胎冲洗出来, 也称冲卵。之后, 再进行胚胎质量检查。冲卵的时间一般在配种或授精后 3~8 天进行, 这时的胚胎已发育到 4~8 个细胞以上。

冲卵的方法分为手术法和非手术法两种。胚胎移植技术应用的早期多采用手术法冲卵, 目前对于牛、马等大家畜多采用非手术法, 而小家畜或实验动物仍然使用手术法。手术法冲卵需按外科手术的要求, 在腹部适当部位切口, 并迅速找到输卵管和子宫, 引出体外。一般用注射器吸取冲卵液, 自输卵管的腹腔开口或子宫角注入冲卵液, 而从对应的另一端(子宫角或输卵管)插入一条塑料管引出含有胚胎的冲卵液, 两侧子宫角要分别冲洗。冲卵确切的部位要根据家畜的种类、配种的时间、胚胎生长的速度和胚胎所在的位置来确定。冲卵液的用量应依据子宫角的容量而定。冲卵操作要力求迅速、准确, 防止对生殖器官的损伤及其粘连。

对牛、马等大家畜可采用非手术法冲卵, 一般是在配种后的第 7 天用特制的冲卵管进行冲卵。先将冲卵管导入子宫角的适当位置, 借助冲卵管外层的气球, 固定冲卵管的位置并封闭冲卵部位, 防止冲卵液流入生殖道。冲洗时, 先将冲卵液注入子宫角封闭部位, 经冲洗后再导出, 反复进行。

6. 胚胎干细胞(ES 细胞)的来源和主要特点是什么?

ES 细胞来源于早期胚胎, 是从早期胚胎细胞中分离出来的。它具有胚胎细胞的特性, 体积较小, 细胞核大, 核仁明显; 在功能上, 具有全能性, 可分化为成年动物任何一种组织细胞。另外,

在体外培养条件下, ES 细胞可不断增殖而不发生分化, 可进行冷冻保存, 也可以进行某些遗传改造。

7. ES 细胞的主要用途是什么?

ES 细胞可用于研究哺乳动物个体发生和发育的规律, 也是在体外条件下研究细胞分化的理想材料。ES 细胞通过诱导分化可产生新的组织细胞, 用于治疗人类的组织损伤和某些顽症。还可通过 ES 细胞的体外诱导分化, 定向培育人造组织器官, 用于器官移植, 解决供体器官不足和移植后免疫排斥的问题。

8. ES 细胞的研究历史是怎样的?

ES 细胞的研究是从 1958 年史蒂文斯(Stevens)发现小鼠畸胎瘤(embryonic carcinoma, EC)细胞开始的。EC 细胞因具有可以分化为生殖细胞和其他细胞的特性而引起人们的注意。研究人员开始寻求从正常小鼠胚胎中分离培养类似 EC 细胞的可能性。1987 年, 伊文思(Evans)和考夫曼(Kaufman)历时 8 年, 从延迟着床的小鼠胚胎中分离得到了 ES 细胞, 当时用两人名字的第一个字母命名为 EK 细胞。从此以后, 小鼠 ES 细胞的分离技术逐渐成熟, 成为研究小鼠胚胎发育不可缺少的技术环节。1988 年, 德奇曼(Doetschman)等建立了仓鼠的 ES 细胞系。1994 年, 惠勒(Wheeler)和罗伯特(Robert)的研究小组分别用胚胎和原始生殖细胞(primordial germ cell, PGC)培养获得了猪的 ES 细胞。1998 年, 美国威斯康星大学汤姆森(Thomson)等人利用不同的方法分别从人的体外受精囊胚和 PGC 中分离得到了人的全能 ES 细胞。人的 ES 细胞的分离成功引起了生物和医学界的密切关注, 为在体外培养人类所需的组织细胞, 取代病人体内坏死组织细胞, 治疗各种疑难病症提供了新的途径。

前沿动态

1. 显微受精 (microfertilization)

显微受精是20世纪80年代后期发展起来的一种新型的体外受精技术。它是借助显微操作仪器,将精子或生精细胞直接注入卵母细胞的胞质内,或卵黄间隙,即透明带下,完成受精的过程。这项技术对于研究哺乳动物卵子和精子相互作用机理以及受精的实质,具有重要的理论意义;同时,对在畜牧生产中提高优良公畜精液的利用率,以及保护濒危物种,也具有实用的价值。目前,这项技术已被广泛应用到对男性不育的治疗,并取得了显著的效果。至今,全球已生下显微受精的试管婴儿数千名。但目前这项技术还不够成熟,受精和发育率还比较低,整体效率不高,有许多问题正在深入研究之中,这些研究以促进该技术更普遍地用于动物生产和对人类不孕症的治疗。

2. 人ES细胞研究前沿进展

1999年底,在美国《Science》(《科学》杂志)公布的年度世界十大科学成果评选中,“干细胞研究的新发现”荣登十大科学成果之首,而举世瞩目的、耗资巨大的人类基因组计划只居第二位,足见干细胞研究的重要性。

ES细胞技术是一个发展空间极为广阔的研究领域,很多亟待解决的问题,将成为当前乃至未来

人们攻坚的热点,下面仅列举几个方面进行说明。

(1) ES细胞维持自我更新和定向分化的分子机理。

只有对ES细胞分子机理有深入的了解,才能建立高效的培养体系,并为细胞治疗提供理论基础。随着细胞、分子生物学理论和技术的发展,ES细胞的自我更新、定向分化中胞内信号和胞外调控因子的鉴别,将是热门的研究内容,有望近期取得突破。

(2) 如何做到ES细胞既能维持体外培养条件下的增殖,又不发生分化?

目前,在防止ES细胞体外培养分化方面取得了一些研究进展,但效果仍不令人满意,尚需对培养条件做进一步优化的研究工作。

(3) 对ES细胞诱导分化后,分化细胞的增殖仍是难以解决的问题。

如何得到组织工程所需种子细胞的数量,以及如何纯化分化后的细胞,也需做很多研究工作。

(4) 如何诱导干细胞定向分化?

理论上讲,ES细胞可以分化成各种组织细胞,可形成各种器官。但是,目前从ES细胞向不同组织“细胞定向”的特定条件还不十分清楚,这限制了当前ES细胞的临床应用。

教学案例

胚胎移植

教学过程	教 学 内 容	教学手段和方法	预期目标
1. 引言。	师:上节课我们学习了关于哺乳动物的《体外受精和早期胚胎培养》的有关内容。当我们在体外获得了哺乳动物的早期胚胎后,下一步应怎样做才能将它们孕育成幼体? 生:将获得的早期胚胎向受体移植。	学生讨论。	承上启下,让学生将上节课的内容与本节内容有机地联系起来。

续表

教学过程	教 学 内 容	教学手段和方法	预期目标
2. 胚胎移植技术的现状和意义。	师：胚胎移植技术的发展已有 100 多年的历史。它在畜牧生产中占有重要的位置，因为通过体外受精、核移植、转基因等技术获得的胚胎，只有移植给受体才能获得后代，因此，胚胎移植技术是胚胎工程不可缺少的终端环节。那么，什么是胚胎移植技术？胚胎移植具有哪些意义？怎样进行胚胎移植？如何保证胚胎移植成功？这些就是本节课要学习的主要内容。 师：1890 年，英国科学家希普成功地进行了家兔的胚胎移植实验，证实了早期胚胎在与供体生理条件一致的受体母兔体内正常发育的可能性。20 世纪 60 年代，胚胎移植技术在畜牧业生产中的研究取得了很大进展，20 世纪 70 年代后，胚胎移植技术在畜牧生产中被广泛应用，极大地推动了畜牧业生产的发展。下面让我们一起来了解胚胎移植技术的现状和意义。请同学们结合课本中图 3-17 阅读教材关于《胚胎移植的现状和意义》的内容，同时，总结出胚胎移植的意义。 生：胚胎移植有下面几方面的意义： (1) 加速育种工作和品种改良； (2) 大量节省购买种畜的费用； (3) 一胎多产； (4) 保存品种资源和濒危物种； (5) 胚胎移植可充分发挥雌性优秀个体的繁殖潜力。 师：根据同学们总结出的胚胎移植意义，我们进一步分析以下几个问题： 1. 为什么胚胎移植能加速育种工作和品种改良？ 2. 为什么胚胎移植能大量节省购买种畜的费用？ 3. 你如何理解课本中图 3-17 下面的“胚胎移植可充分发挥雌性个体的繁殖潜力”这句话？ 生：1. 对于家畜来说，通过胚胎移植，可大幅度增加优良个体母畜和公畜后代数量，使良种种群迅速扩大，从而加速了育种工作和品种改良。 2. 胚胎冷冻保存技术的成功，在世界范围内，可做到胚胎移植不受时空的限制，在国际和国内进行交换，从而完全代替了活畜引种，可大量节省购买种畜的费用。 3. 一头供体良种母牛平均每次处理收集到的胚胎移植后可产下 3~4 头良种犊牛，而每年对良种供体母牛，可进行 4~5 次处理，这样，一头良种供体母牛一年可生下的良种犊牛可达十几头或数十头。与自然状态下所生的后代比进行胚胎移植的优势是： (1) 大大缩短了供体本身的繁殖周期； (2) 增加供体一生繁殖的后代数量。	学生阅读、讨论。 投影胚胎移植优势的相关图片，师生共议。	突出本节的重点内容。 用“胚胎移植技术的现状和意义”导入，引起学生学习的兴趣。 训练学生自学、阅读、归纳的能力。 通过引导学生分析，加深对胚胎移植意义的理解；同时培养学生用图例分析理解问题的能力。

续表

教学过程	教 学 内 容	教学手段和方法	预期目标
3. 胚胎移植技术与畜牧业生产的关系。	师：同学们已对胚胎移植的意义进行了总结和分析，我们再思考一个问题：胚胎移植技术的产生和应用与畜牧业生产有什么关系？ 生：胚胎移植技术因畜牧业生产发展的需要而产生，它的应用大大推动了畜牧业生产的发展。 师：我国是养牛大国，1998年年末存栏数达1.24亿头，居世界第三位。但长期以来，我国养牛以役用为主，没有奶、肉的专用品种，牛肉和牛奶年产量仅为479.9万吨和662.1万吨，我国有13亿人口，按此计算，我国年人均牛肉不到4 kg，年人均牛奶约为5 kg。而发达国家，如美国，这两项指标高达41 kg和262 kg。可见，我国牛肉和牛奶的年产量远远不能满足人民生活水平以及现代畜牧业发展的需要。而依靠进口良种牛和改良当地牛，却需要大量外汇。如果利用牛胚胎移植技术，既能节约资金，又能加快繁育改良步伐。 荷斯坦奶牛是世界上产奶量最大的奶牛品种，每头年产奶量可达10吨以上，每个牛胚胎价值2 000元人民币。中国的胚胎学专家曾用胚胎移植技术，从加拿大引进了1 000头荷斯坦奶牛胚胎，并将其移植到黑龙江省当地的受体牛中，这些牛产下的牛犊育成后，可代替年产奶量仅为3吨的本地奶牛。可见，这些良种奶牛不仅极大地提高了奶牛的产乳量，也使黑龙江的奶牛品种得到全面改良。 上述实例说明，胚胎移植技术与畜牧业生产，两者相辅相成，相互促进，推动了社会生产力的发展。		引领学生认识科学、技术、社会三者之间的关系。
4. 胚胎移植的概念。	师：那么，究竟什么是胚胎移植呢？请大家阅读教材的相关内容。 师：请同学们想一想，胚胎移植成功的标志是什么？ 生：移植的胚胎在供体内能正常发育并分娩。 师：如何使移植的胚胎在供体的子宫内能正常发育并分娩？这正是胚胎工程专家在研究胚胎移植技术时要解决的关键问题。专家们通过大量胚胎移植的实验，已经解决了这个问题，这就是要“将雌性动物的早期胚胎，或者通过体外受精及其他方式得到的胚胎，移植到同种的、生理状态相同的其他雌性动物的体内”。由此可见，胚胎移植成功与否要有两个条件： (1) 胚胎移植一般应在同种的雌性供体和受体之间进行。这是因为，同种动物之间的生理特征相近，进行胚胎移植易于成功。在这里同“种”是指同“物种”。例如，加拿大荷斯坦奶牛胚胎移植给我国黄牛，生出了荷斯坦奶牛。 (2) 进行胚胎移植的供体和受体的生理状态要相同。为什么	学生阅读。 学生思考、分析，并回答。	通过分析胚胎移植的概念，创设胚胎工程专家研究胚胎移植的情景，使学生了解科学研究的思路和方法。 点出本节的重点。

续表

教学过程	教 学 内 容	教学手段和方法	预期目标
5. 胚胎移植的生理基础。	生理状态要相同？供体和受体的生理状态在什么时期相同？胚胎移植需要的生理基础是什么？让我们共同从教材《胚胎移植的生理基础》和初中学过的有关生殖的理论知识中来找答案。同学们阅读教材后分组讨论，并回答。 生1：只有受体与供体的生理状态相同，被移植的胚胎才能继续正常发育。 生2：雌性哺乳动物发情排卵后，不管是否妊娠，在一段时间内，同种动物生殖器官的生理变化是一样的。 师：同种雌性哺乳动物发情排卵后，在一段时间内，都会发生以下生理变化：子宫内膜在有关激素作用下，腺体分泌，内膜增厚，血管极度增多等，以适合胚胎的发育。这为供体的胚胎移植到受体体内提供了一定的生理环境。 生3：胚胎移植需要的生理基础有四个方面（略）。 师：为什么供体的胚胎移植到受体后，在孕育过程中其遗传性状不会受受体的影响？ 生：因为供体胚胎的遗传性状是由雌、雄供体精、卵细胞内获得的遗传基因决定的。 师：供体的胚胎移植到受体后，游离的胚胎在发育过程中形成胎盘与受体相连，并通过胎盘与受体的血液进行物质交换。因此，受体只为供体胚胎提供发育的条件，而胚胎的遗传性状则不会受影响。	学生阅读、讨论、回答。	指导学生阅读时善于思考。 突破本节的难点。
6. 胚胎移植的基本程序。	师：胚胎工程技术人员是如何进行胚胎移植的？请同学们根据课件展示的《牛胚胎移植流程图》总结一个用文字表述的胚胎移植的基本程序。 生：胚胎移植的基本程序如下（以牛胚胎移植为例）： <pre> graph TD A[选择] --> B[供体母牛] A --> C[受体母牛] B --> D[同期发情处理] C --> D D --> E[超数排卵] E --> F[配种] G[供体公牛] --> F F --> H[冲卵] H --> I[质量检查、培养] I --> J[胚胎移植] C --> J J --> K[妊娠检查] K --> L[分娩 胚胎移植的犊牛] </pre>	学生回答后，教师给予鼓励性评价；并用课前准备好的多媒体课件演示。	培养学生图文转换的能力，以及总结概括的能力。

续表

教学过程	教 学 内 容	教学手段和方法	预期目标
7. 总结。	师：胚胎移植成功率的高低决定于供、受体生理环境的一致性。在胚胎移植过程中，用激素对供、受体母牛进行同期发情处理；移植前用直肠检查技术了解受体黄体发育的情况，然后将供体胚胎移入受体母牛有黄体一侧的子宫角，这些操作技术都是为了保证供、受体母牛生理环境条件的一致，使移入受体的胚胎能被接受，并继续发育。所以胚胎移植实质上是早期胚胎在相同生理环境条件下空间位置的转移。 胚胎移植作为胚胎工程的终端环节，在畜牧生产中不仅发挥了大幅度提高优良供体母畜繁殖能力的作用，而且还能向人类提供具有不同的、优良遗传性状的产品，为人类的生产、生活、医疗和健康服务。		再次点出本节的核心内容。
8. 布置作业。	完成教材“思考与探索”的习题。		

参考书目

1. 动物繁殖生物技术。桑润滋主编，北京：中国农业出版社，2002年。
2. 干细胞技术。裴雪涛主编，北京：化学工业出版社，2002年。
3. 奶牛胚胎移植技术。曾申明主编，北京：中国农业大学出版社，2003年。
4. 牛繁殖实用新技术。张忠诚，朱世恩主编，北京：中国农业出版社，2003年。
5. 畜牧基础。张忠诚主编，北京：中国农业出版社，2003年。
6. Basic concepts in Biology (Fourth Edition). Cecie Starr, USA; 2000年。

人教版®

专题4

生物技术的安全性和伦理问题

体外重组 DNA 技术的创始人——伯格 (P. Berg)，当年在他将猴子的病毒 DNA 与一种噬菌体 DNA 在体外成功地拼接起来的时候，这位极富责任感的科学家曾毅然停止了他的研究工作，写信给美国国家科学院，建议将 DNA 重组的研究先冻结一年，以便让科学家们有时间讨论这项技术的安全性问题。由此，我们可以看到现代生物技术从它诞生之日起，其可能带来的负面影响就是无法回避的问题。本专题就是让学生在了解了有关基因工程、克隆技术等现代生物技术知识以后，了解当今社会有关生物技术的安全性和伦理等热点问题，并引领他们科学地、理性地看待这一问题。

本专题教材分析

一、教学目的要求

知识方面

1. 简述与生物技术安全性和伦理问题有关的生物学知识，能运用这些知识理解不同观点的内容和论据。

2. 举例说出生物武器对人类的威胁。

情感态度与价值观方面

1. 关注转基因技术的安全性问题，认识到每一项生物技术的发展都有可能带来安全性和伦理问题。

2. 增强社会问题讨论的参与意识，形成质疑、求实的科学态度，并能以理性的、积极的态度关注问题的解决——通过科技手段的进步、社会规范的建立等途径“趋利避害”。

能力方面

面对来自媒体和他人关于生物技术安全性和伦理问题的不同观点，能够运用已有的生物学知识进行辨析，初步形成客观的科学的评价能力。

二、教学内容的特点和结构

(一) 教学内容的特点

本专题内容包括《科技探索之路——生物技

术发展与社会进步》及三节正文：《转基因产品的安全性》《关注生物技术的伦理问题》和《禁止生物武器》。第一节《转基因产品的安全性》可用 2 课时教学，第二节《关注生物技术的伦理问题》可用 2 课时教学，第三节《禁止生物武器》可用 1 课时教学。本专题还安排了一个课外活动：“社会调查”（或“辩论会”）。

本专题题图的寓意是：公众对现代生命科学研究成果的伦理关注，往往超过了对科学价值理解的兴趣。当试管婴儿、转基因食品、克隆动物等来到人间时，有人为此感到欢欣鼓舞，有人觉得犹如一场梦魇。究竟该如何应对？

本专题的学习是在前面几个专题的基础上进行的。前面几个专题主要是在技术层面上介绍各种生物技术的原理与应用，其知识、技能的成分更多些，而本专题主要是进行安全性和伦理问题的讨论。例如，转基因食品是否安全？教材先让学生开“辩论会”，再正面引导学生理性看待。又如，在“关注生物技术的伦理问题”中提出了两个热点问题：“你支持设计试管婴儿吗？”“你要一张基因身份证吗？”通过对这两个热点问题的讨论，帮助学生树立科学的态度和价值观，理性地看待生物技术中的伦理争论。

本专题最后一节，通过对生物武器的介绍，让学生了解生物武器的危害。在恐怖主义猖獗且现代生物技术迅速发展的今天，了解生物武器对人类的威胁，具有一定的现实意义。

本专题之所以选取了与现代生物技术的发展直接相关的几个比较突出的问题进行讨论，主要的意图有以下几方面。

(1) 提出在生命科学发展过程中，所引出的种种伦理、社会和法律问题。

(2) 在学生已有的生命科学基础知识之上，引导学生对科技成果的应用进行正确的思考。

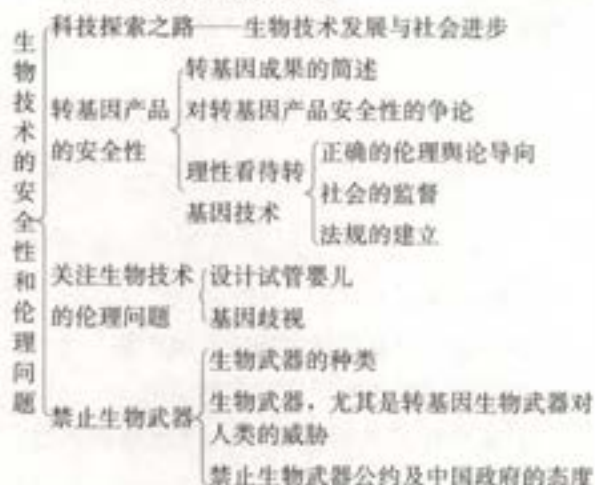
(3) 要让学生了解，由于个人所处的社会在政治制度、经济发展水平、宗教信仰、历史背景、传统伦理观念等方面的差别，就会产生出不同价值观。这样，对于生命科学中同一个伦理、社会或法律问题，在不同社会中不仅会有不同的看法，而且还会引导出截然不同的社会措施、政策和法规。

(4) 对于中国来说，所有的判断和所立的法规，都必须符合自己的国情，符合国家的最高利益；既要有利于中国科学家占领科学研究制高点、有利于国家科学技术的繁荣，又要有利于促进国家经济的发展。

另外，通过介绍我国对待转基因生物、治疗性克隆、生物武器等问题的政策和法规，使学生们认识到，生物技术立法要在国际法规的大框架下，符合自己的国情。

在呈现方式上，本专题将学生的活动放在重要的位置上，安排了较多的讨论、辩论、调查或进展追踪等活动。其中，“热点问题讨论”用一定的篇幅介绍了有关问题的不同观点、背景资料，以及争论的焦点等，其目的是让学生在了解该问题全貌的情况下，展开讨论或作进一步的调查。通过这些活动，不仅培养了学生关注社会问题的参与意识，使学生能够科学地、理性地发表自己的看法；同时也培养了学生分析复杂社会问题的能力。

(二) 教学内容的结构



三、与学生经验的联系

本专题的学习要联系学生已有的知识和经验，诸如遗传与变异、生殖与发育等必修模块的基础知识；以及本模块基因工程中的转基因技术，细胞工程中的核移植技术，胚胎工程中的胚胎移植技术等知识。只有运用这些知识才能更好地辨析每一种观点背后论据的科学性。每一个问题的讨论及其辩论活动的实施都是对学生已有知识、经验的调动和考查。

在学生的生活经验中，也存在有与转基因生物、试管婴儿、基因歧视等问题直接或间接接触的机会；加上媒体的相关报道，在学生中会产生各种认识。虽然这种认识可能是模糊不清的，但至少学生对生物技术的安全性与伦理问题是不陌生的。

四、与其他专题的联系

在这一专题中，学生要能够对生物技术的安全性和伦理问题进行一些反思和辨析，需要运用到基因工程、细胞工程，以及胚胎工程等现代生物技术的基础知识。因此，前三个专题的学习是本专题的基础。

本专题的学习又是整个模块中不可或缺的一部分。通过对转基因生物安全性的关注，以及对生物技术伦理问题的讨论，学生才能真正地将现代生物技术的发生、应用和发展与人们的现实生活切实地联系起来。同时，在分析和讨论相关的

生物技术安全性和伦理问题的过程中,学生对现代生物技术核心的基础内容的掌握和运用水平也

将得到提升,从而提高学生的生物科学素养和兴趣,这也是本模块基本理念的重要体现。

4.1 转基因产品的安全性

一、教学目标

1. 举例说出日常生活中的转基因产品。
2. 关注转基因技术应用带来的争论。
3. 形成对待转基因生物安全性问题的理性、求实的态度。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

运用生物学知识对不同观点的依据进行辨析和讨论。

2. 教学难点

(1) 了解有关转基因生物安全性问题争论背后复杂的政治、经济、宗教和伦理道德背景。

(2) 保证课堂讨论、辩论会,以及社会调查的组织工作有序而有效地实施。

三、教学策略

1. 将学生已有的知识和经验作为本节学习的切入点。在学生通过专题1的学习对转基因技术及其成果有了较深入地了解之后,还可能对转基因技术的应用前景怀有不尽的畅想;同时,学生社会生活中,也接触到了转基因产品,如来自转基因大豆的食用油。学生从媒体上也听到了一些对转基因产品安全性争论的意见,每个人都会有一些疑虑和想法。那么,对于转基因产品我们该如何看待?人们心中的疑虑有多少是盲目的,有多少是有科学依据的呢?从这些问题出发,能够很自然地引起学生对转基因生物安全性的关注,同时,也点出了本专题学习主题。

2. 本节教学应主要采用讨论和交流的方式进行,在问题讨论、辩论会准备等活动中应充分发挥学生学习的自主性。让学生在阅读教材的基础

上,再从多种渠道收集相关信息,展开小组讨论、提出问题。在理解教材相关内容的基础上,学生还可以提出个人经过选择、鉴别、整理而形成的观点和依据。在讨论和辩论中,让这些信息得以运用和共享。教师应鼓励学生充分发表自己的意见。在本节的学习中,教材提供了学习的蓝本和思维的某些线索,教师发挥的是指导和评价的作用,特别是对学生有些不科学的想法要予以指正,对学生知识水平达不到的环节予以点拨。

3. 从某种意义上说,主动参与的学习过程比单纯获得现成的结论更重要。本节应注重于学习的过程,通过本节的学习,使学生能以科学的态度思考,即对不同的观点能够运用生物学知识加以理解和辨析。在态度取向上,应该趋利避害,而不能因噎废食,这才是理性地看待转基因技术。

4. 本节的最后,通过“理性看待转基因技术”的学习,让学生认识到不能单纯从技术角度去理解人们对待转基因产品的态度,应该看到,其中还包含有复杂的政治、经济和文化的背景。再通过对我国基因工程安全法规的学习,引导学生了解与转基因生物安全性相关的科学保障手段。

四、知识拓展

各国为转基因产品贴标识的政策都有哪些差异?

为转基因产品贴标识的政策大致可以分为两大类。

一类是以美国为代表的国家,它们认为给转基因产品贴上标识并不能向消费者提供有意义的信息,因此,美国的法律至今都不要求给转基因产品贴上标识,除非该产品中的成分和营养价值

发生了显著的变化。但是,它们允许厂家对不含转基因成分的产品自愿贴上标识,即在食品包装上贴上:本产品不含转基因成分,以便为消费者提供自由选择的机会。

另一类是以中国、韩国、西欧等为代表,与美国的做法相反,要求对转基因产品加贴标识,以满足消费者购买产品的知情权和选择权。例如,2002年,中国农业部代表中国政府颁布了《农业转基因生物标识管理办法》,该管理办法自2002年3月20日起开始执行。办法规定见本节教科书中“生物技术资料卡”。除此之外还规定,第一批实施标识管理的农业转基因生物包括5大类17种

产品:大豆种子、大豆、大豆粉、大豆油、豆粕;玉米种子、玉米、玉米油、玉米粉;油菜种子、油菜子、油菜子油、油菜子粕;棉花种子;番茄种子、鲜番茄、番茄酱。未标识和不按规定标识的,不得进口或销售,同时要按危害程度对农业转基因生物进行分级。标识化,是赋予了中国公民对转基因生物、加工产品或含有转基因成分产品的知情权和选择权。对于市场上转基因生物及其产品没有做标识的,公众可以向卫生、工商等职能部门举报,查证核实后,对违反本管理办法者,有关部门要没收非法销售产品和违法所得,并处以一万元以上五万元以下的罚款。

4.2 生物技术的伦理问题

一、教学目标

1. 认同对生物技术伦理问题讨论的必要性,简述试管婴儿、基因检测等生物技术的应用中可能和已经带来的利与弊。

2. 通过讨论、阅读、查找资料等活动,关注上述问题可能给人类生活带来的影响,形成自身的心理准备和理性的思考。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

通过讨论与交流,让学生既要了解到体外受精和胚胎移植技术,以及基因检测技术在人类生活中的积极作用,同时还要关注它们带来的有关伦理问题。

2. 教学难点

在讨论问题过程中,引导学生运用科学的原理和语言、严谨的逻辑表述自己的观点,防止随意的猜测、盲目的疑虑和偏激的态度。

三、教学策略

1. 利用热点问题的冲击力调动学生的学习兴趣。虽然这些问题目前在一定范围内还存在争议,

但若干年以后,却是学生在未来的生活中所要面对的。这些问题与他们的切身利益有一定的相关性,让学生从这一角度认识问题,会让问题的讨论活泼而又严肃,会让每个学生都认真地去思考生物技术带来的伦理争论。

2. 本节课在教学方式、态度取向以及对待问题的态度等方面,与第一节有相似之处。有关热点问题的背景资料和争论焦点的内容,可以安排学生自己阅读,还可以让学生在互联网上查阅和收集更多相关的信息,在课堂上就问题展开充分的讨论,让学生感受到生物技术的伦理问题已经或正在进入我们的生活,以及这些问题对个人、家庭和社会可能产生的影响。如果可能的话,还可以就其他一些学生感兴趣的生物技术安全性和伦理问题展开讨论。

四、答案和提示

(一) 正文中讨论题

【热点问题讨论1】

1. 你是否支持设计试管婴儿?为什么?

提示:设计试管婴儿只是在特定背景下的一种应急措施,需要经过国家有关部门严格审批。

它不宜推广，并要严防滥用。

2. 为什么捐出一部分骨髓救治他人，不会给捐献者的身体健康造成损伤？你愿意为救人一命而捐献自己一部分骨髓吗？为什么？

提示：(1) 所谓捐献骨髓，实际上医生只是从你的骨髓中分离出一部分造血干细胞供移植。因为造血干细胞在人的骨髓中相对较多，而在外周血液中却很少。

(2) 干细胞的一个重要特点是自我更新能力很强，被分离走的那部分造血干细胞，很快就会被“补齐”。因此捐献骨髓不会影响捐献者身体健康。

(3) 医生只是在医学公认的安全条件下，分离出捐献者有限数量的造血干细胞，而且整个抽取、分离过程，都是在设备良好的大医院中进行的，一般不会对捐献者造成意外伤害。

(4) 捐献有限造血干细胞救人一命，对个人来说是一种美德、一种欣慰和快乐，是一种高尚的人道主义表现。

【热点问题讨论 2】

1. 你愿意获得一张自己的基因身份证吗？为什么？

提示：(1) 现在要对个人所有基因进行检测，是不现实的。因为现在有不少基因还没得到确定。即使只是对个别或少数基因进行检测，也并不是每个人都需要的。现在西方国家对某几种致病基因进行筛选时，接受测定的人也只是有这类遗传病家族史的个人，或这类疾病的高危个人。目的是使他们能及早采取防范措施，如养成良好生活习惯、定期检查身体、适时手术等。

(2) 有某种致病基因，并不一定会患病。患某种疾病，往往不是由单一原因引起的。况且已知人的很多疾病是多基因病，它是由遗传因素和环境因素共同决定的。如果有良好的生活习惯等，往往可以使人避免患上某些遗传性疾病。

(3) 有许多疾病，测定其致病基因是相当困难的。因此科学家认为不如测定其所表达的蛋白质更为快捷、有效。

(4) 基因检测给受试者造成的心理负担或压

力必须考虑到。特别是给出似是而非的结论之后，往往会使受试者无所适从。

(5) 现在记录有个人某些遗传信息的“身份证”已经出现，但仅仅是试验性质的。至于说拿着它去看病，起码在可以预见的将来是言过其实。

(6) 将“基因身份证”上记录的信息和它的作用等问题弄清楚之后，才能决定要不要它。比如，现在有的试验性基因身份证仅仅记录个人特有的某一对或某几对等位基因信息，它可能在验证正身方面起更大的作用，这类基因身份证要它也无妨。

(二) 旁栏思考题

1. 你知道中国大陆第一例试管婴儿是在什么时候出生的吗？

答：中国大陆第一例试管婴儿是于 1988 年在北京出生的。

2. 为解决不孕夫妇的生育问题而出现的试管婴儿，与本文所说“设计试管婴儿”有什么区别？

答：所谓“设计试管婴儿”，实际上就是指体外受精形成的胚胎（几个细胞期）在植入母体孕育前，根据人们的需要，将胚胎的一个细胞取出，进行某些基因检测。当检测结果符合人们需要时，再把胚胎植入母体孕育。一般我们所说的做试管婴儿，不必经过基因检测这一步骤。

五、知识拓展

1. 关于试管婴儿技术有哪些伦理问题的争论？

(1) 代孕问题的提出

① 有的妇女有健康的卵巢，但因癌症而摘除了子宫，或子宫有毛病，或因其他原因无法在自身子宫孕育胎儿，而需要借用别人的子宫帮助孕育胎儿，这样就提出了代孕的问题。代孕开始时并不具有商业性质，只是出于亲属之间的情谊互相帮忙，再加上由于精、卵是来自夫妻双方，因此并没有引起多大的争议。

上述这种亲属间代理怀孕的情况毕竟不多，而有些子宫健全的妇女，为了免受怀孕和分娩痛苦的折磨，或者为了保持自己苗条的体型，也要求别人替自己生个孩子，这样就引出了一系列伦

理争论。在英国、美国等国家,20世纪80年代就出现了代孕行业,这些“出租子宫”妇女的情况很复杂,但是她们当中大部分人都是穷人,替人家生个孩子所得到的报酬,足以应付经济上的燃眉之急。

② 伦理争论

一部分人认为,不能让代孕合法化,其理由是:

——代孕是富人对穷人的压迫,是对人类伦理道德的挑战。对于不育的妇女来说,她们是令人同情的,但是如果她们借助代孕生子,必然会在社会上造成一批以代孕为职业的妇女,这是人间更大的悲剧。对于那些身体健康的妇女,为了个人种种目的,使用金钱而将本来属于自己的生育责任,转嫁到代孕母亲身上,这种金钱与代孕之间的关系并不是平等互惠的关系,是富人对穷人的压迫。

——可能使代孕的妇女沦为专门替人生孩子的工具,这不利于对妇女的保护。

——代孕存在着风险:如果生下的孩子有残疾,谁都不想要怎么办?如果代孕母亲在怀孕过程出现生命危险怎么办?这是金钱所无法弥补的。

——对所生下的孩子会造成诸多的心理、社会和法律问题。首先,代孕母亲怀的是孩子,而不是物。经过十月怀胎,代孕母亲与孩子之间会产生强烈的骨肉之情。如果代孕母亲不愿把孩子交给委托方怎么办?其次,代孕母亲怀的胚胎,可以是委托方精、卵培育的,也可以是用代孕母亲的卵子与其他人精子培育的,还可能怀的是与委托方、代孕母亲毫不相干的胚胎,甚至有的代孕母亲怀的是自己女儿和女婿的胚胎。这样,生下的孩子能在这么纷乱的关系中摆平自己的心理吗?难道孩子不会觉得自己是人们出于某种需要而制造出的“玩意儿”吗?

——现在有的同性恋者也提出用自己的生殖细胞进行体外受精,由代孕母亲替他们生个孩子,这样岂不造成社会混乱,严重损伤了后代的利益吗?

——子宫有问题的妇女,不见得非得要用代

孕的办法生孩子,她们可以通过领养途径得到。

另一部分人则认为代孕是一种合理的要求,是运用科技力量帮助不育的妇女做妈妈的行为,因此代孕是应该受到法律保护的人类生育的基本权利。其理由是:

——平等生育权是基本的人权。子宫有毛病,请人代孕的要求是合理的,而且现在科技力量也能办得到,那么我们为什么还要去剥夺她们的基本权利呢?

——代孕有利于稳定家庭、稳定社会。孩子是稳定家庭的重要因素。用夫妇的精、卵结合形成的胚胎请人代孕,犹如孩子先交给别人抚养,然后再领回来一样,怎么说也是自己的“亲骨肉”,它有利于稳定家庭。否则,很容易发生夫妻离异,家庭解体。因此代孕是合乎人类伦理道德的。

——在代孕中付给代孕母亲一定的报酬是合情合理的,谈不上剥削或压迫。因为代孕母亲付出了心血、需要营养、不能外出工作,委托方应该付给一定金钱给以补偿。代孕是一项充满人情味的妇女之间的相互帮助。

——需要通过代孕实现做母亲愿望的妇女人数不少,即代孕有着庞大的市场需求,禁止是困难的,不现实的。同时,代孕本身是一项现代的生殖科学技术,如果因为有了争议就要给予禁止,那么又如何谈得上创新和发展呢?现代生物科学技术的应用,几乎没有一项是没有争议的。

——通过政策或法律的规范,可以让代孕造福人类,防止滥用。

(2) 精子银行或胚胎银行

① 精子银行带来的问题

在做试管婴儿的人当中,有不少夫妻是因为男方没有精子、精液,或者精子不正常等原因,需要别人提供精子,做体外受精。在中国,法律规定不能进行精子买卖,只能通过相互馈赠获得,或者通过精子库获得,但对获得者有严格的资格认定:如男方必须是无精症、少精症、弱精症、畸精症等患者;男方是长期接触放射线或有毒化学物质人员;男方是出生于某种遗传病家庭或输

精管已结扎而不能恢复等。同时，还要在保证书上签字，保证承担所生孩子的一切法律责任和义务。

但是在国外，精子银行却完全是商业性质，它的运转是为了盈利，于是就牵扯出了一系列伦理道德问题：

——体外受精所需精液量很少，精子银行可以将同一批号的精液提供给很多妇女使用，这样势必造成在社会上出生一大批同父异母的兄弟姐妹，在不知情的情况下，将来如果他们相互间进行婚配，岂不造成近亲结婚？中国法律规定，一位捐精者的精子只能供给五位妇女卵子受精。

——有的捐精者已经死了，但是他的精液却仍然保存在精子银行中，继续供给妇女使用。这无异于是拿死人的精子与妇女的卵子受精，是极不道德的。而且有人有意地希望自己死后，能用自己的精液去做体外受精，以便让“自己”继续“存活”在这个世界上。

——有可能通过精液向妇女传播传染性疾病。虽然现在有很多国家都规定对捐精者要进行体检，只有身体健康者才可以捐精。但是人们担心，在金钱的诱惑下，有可能让未经健康检查的人捐精，或者精液未经筛检就入库。在艾滋病肆虐的今天，这种担心不是多余的。

——为了打消顾客怕染上艾滋病的顾虑，一些精子银行就向顾客展示捐精者更多的个人资料；有的还允诺等孩子长大后，将向孩子提供捐精者姓名、电话、地址，也可以安排见面。由于孩子难以割断与捐精者（生物学父亲）的情结，可能引发一系列社会学和法学问题。

② 胚胎银行带来的问题

在做试管婴儿过程中，通过体外受精得到的胚胎往往是有富余的。为了防止胚胎移植不能一次成功，以备下一次再用，因此人们都把这些富余的胚胎冷冻起来。另外，有的妇女为了能在自己认为合适的时候怀孕，趁年轻时将自己的卵子取出，与丈夫的精子通过体外受精做成胚胎冷冻起来，以供将来使用。由此又引出来一系列伦理问题：

——冷冻在低温库中的胚胎是要收费的，有人做试管婴儿时胚胎移植一次就成功了，对那些冷冻的胚胎于是就置之不顾了；有的人也许压根儿就忘了自己在胚胎银行里还保存着冷冻胚胎，既不缴费，胚胎银行又无法跟他们取得联系，于是就引出了对这些“多余”“无主”的胚胎怎么处置的问题。能不能将这些胚胎杀死抛弃？或者提供给科学家做研究？在西方人眼里，一个胚胎就是一条生命。但是争论归争论，在既不交钱，又找不到认领人的情况下，胚胎银行只能把他坚决处理掉。

——如果男女分手了，但是在胚胎银行里又存有利用他们精、卵做的胚胎，是把胚胎放入女方子宫中孕育呢？还是把它毁掉？如果男女双方意见不一，就难办了。因为在一些西方国家规定，只有征得男女双方的同意，才能将冷冻胚胎植入女方子宫孕育。但是，有人认为决定权在女方手里，因为胚胎只有在女方的子宫中才能孕育成婴儿。这是游走于人情与法律之间的难题。

——如果委托人突然都去世了怎么办？曾有一对富有的美国夫妇，将他们精、卵形成的胚胎冷藏于澳大利亚墨尔本一所不孕症治疗中心。在一次外出旅行中，因飞机失事，这对夫妇去世。于是有人就提出，是不是应该把胚胎植入代孕母亲子宫，让他生下来，继承遗产？还是没有这个必要，把财产交给他们的亲戚继承，抑或交给国家处置？即提出了这样的问题：冷冻胚胎应该具有什么样的道德地位和法律地位？

2. 基因治疗会出现哪些伦理问题？

(1) 基因治疗的合理性

① 基因治疗的疾病一般是目前无法得到根治的、严重的遗传性疾病，而且这些疾病很容易造成患者死亡，因此，基因治疗方案比较容易得到患者或监护人的同意，同时也比较容易得到政府有关部门的批准。

② 尽管基因治疗困难重重，但是科学家认为，基因治疗的思路是正确的，因此一直在坚持不懈地研究着、实践着。

③ 基因治疗蕴藏着丰厚的商业利润。对于基

因治疗而言,即使以后可以用于临床,其收费也会很高。由于不少人为了治病可以不惜金钱,因此在巨大商业利润的驱动下,国家或私人都投入了大量研究资金,这样就进一步刺激了基因治疗的发展。

(2) 基因治疗的困难

① 基因治疗的进展,依赖于基础理论研究的突破,而且并不是说知道了致病基因,人类就有办法对付它了。更何况,目前对很多基因病的致病基因,及其基因间相互作用的机理尚不清楚。

② 要寻找合适的靶细胞,让转入的基因在患者体内能持久地发挥作用。

③ 每个靶细胞只能整合入一个基因拷贝。体内生化物质是处于一种动态平衡状态,基因表达产物少了不行,多了也不行。

④ 要选择、构建合适的载体。现在常用的载体是病毒,尤其是反转录病毒,虽然它们都进行

了无害化处理,但是科学家还是报道了接受基因治疗的人易患癌症的事实。

⑤ 现在还缺乏令人满意、有效地将目的基因导入受体细胞染色体定点位置的办法。

(3) 基因治疗是否必要和安全

有人认为没必要搞基因治疗,其理由是:

① 基因治疗是支持了劣生,阻碍了人种进化;

② 需要进行基因治疗的人很少,但是研究和实施基因治疗得花费大量金钱,这样势必造成医疗资源需求转移;

③ 目的基因随机地整合入受体细胞染色体,会不会引发突变、癌变等严重后果,或者发生基因沉默?

④ 基因治疗技术有可能被滥用,比如用于去掉不想要的基因,加入想要的基因,即用于人种的改造等。

4.3 禁止生物武器

一、教学目标

1. 列举生物武器的主要种类。
2. 举例说出生物武器给人类带来的威胁。
3. 形成坚决禁止生物武器、维护世界和平的态度。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

举例说出生物武器给人类带来的威胁。

2. 教学难点

如何看待禁止生物武器与转基因技术在生物武器方面的应用。

三、教学策略

1. 运用直观素材——教科书中的图片、其他图片和影像资料,以帮助学生了解生物武器的种类以及生物武器的危害。让学生感觉到生物武器

离我们并不遥远,不论是历史上的事件,还是现实中的事件;也不论是中国的事件,还是外国的事件,都能说明这一点。本节通过图片和影像资料的直观性,来完成教学的重点内容。

2. 对待生物武器的态度应明确而坚定——坚决禁止生物武器。这部分内容与前面转基因生物安全性的讨论大不一样。在转基因生物安全性的问题上,教科书中陈述了两种不同的立场,然后让学生讨论并形成自己的观点;而关于生物武器,教师必须帮助学生形成明确的立场——不论在何种情况下,生物武器的生产、储存和使用都将对受害国的民众,以及所有爱好和平的人们造成极度的恐慌和致命的危害。这种立场应始终蕴藏在教师的情感态度之中,同时,还应体现在教师对教学素材的选择和言语的表述之中。

3. 转基因技术与生物武器的问题——转基因技术的应用,使生物武器给人类可能带来更大的

威胁。在这一问题上，一方面教师应引发学生对转基因技术的理性思考，防止转基因技术的滥用；另一方面教师要尽可能通过实例，使学生树立坚决禁止生物武器的态度。

参考书目

1. 生物伦理学 15 讲。高崇明，张爱琴，北京：北京大学出版社，2004 年。
2. 人的复制。罗维克著，陈忠良译，北京：科学出版社，1980 年。
3. 安乐生，安乐死。巴纳德著，阳京，陈彪译，北京：中国工人出版社，1990 年。

人教版®

生态工程

必修课中已经学习过生态学的基本概念和原理,本专题介绍的内容是在此基础上的拓展和应用。学生通过学习生态工程兴起的原因、基本原理、应用现状和前景展望,可以开阔视野,进一步树立可持续发展的观念,增强保护环境和资源的意识。

本专题教材分析

一、教学目的要求

知识方面

1. 简述生态工程兴起的原因。
2. 简述生态工程的基本原理。
3. 举例说出生态工程建设的实例。

情感态度与价值观方面

1. 关注生态工程建设。
2. 初步形成物质循环利用、协调与平衡、多样性、局部与整体相统一的观点,树立可持续发展的观念。
3. 重视理论联系实际。

能力方面

1. 利用多种媒体搜集信息,运用所学的生态工程原理,结合当地的社会发展状况研究当地生态工程的建设方向和途径。
2. 分析并评价生态工程的实例,运用生态工程原理尝试设计简单的生态工程。

生态工程是多学科交叉形成的新兴学科。进行生态工程建设时,会遇到各种错综复杂的问题,因此,既要遵循生态学原理,又要考虑社会、经济等各种因素,分析生态工程案例时只从生态学角度分析是片面的。

教材中生态工程的原理和生态工程的实例内容比较丰富,给教师和学生很大的空间。教师应根据学生的实际情况,选择与学生生活经验较为

贴近的内容。

教材的内容选择和呈现方式力求鼓励学生进行探究性学习;如实践活动、资料分析、讨论、设计和进展追踪等,教师应充分调动学生的积极性,鼓励他们进行自主、探究、合作式的学习活动。

二、教学内容的特点和结构

(一) 教学内容的特点

本专题内容包括《科技探索之路——生态工程的兴起》及两节正文:《生态工程的基本原理》和《生态工程的实例和发展前景》。第一节《生态工程的基本原理》可用2课时教学,第二节《生态工程的实例和发展前景》可用3课时教学。本专题还安排一个实践活动《调查沼气工程的实施情况》。

本专题的题图寓意深刻:干裂的土地,赤红的荒山(例如,江西赣中、赣南一带植被破坏后的山丘都呈现赤红色);幼苗的上方是蔚蓝的地球。地球似乎化作一滴甘露,滋润着幼苗和大地;幼苗又可寓意生态工程,虽然柔弱,但却顽强地支撑着地球;地球和幼苗组合和谐,象征着希望。题图设计的目的是引起同学的思考,引导学生进入本专题的学习。

引言部分紧扣题图,从太空遥望地球的壮丽,到近看地球环境被破坏,提出“地球需要我们细心的呵护”,并用简洁的语言解释生态工程的概念和生态工程的深刻内涵。

《科技探索之路——生态工程的兴起》以提出问题—不同观点的争论—解决问题的思路来呈现生态工程的兴起过程。配图以学生容易理解的漫画的形式,呈现当前国际上对发展的不同理解。这种以漫画图呈现复杂内涵的形式,不仅学生容易理解,还会使学生联想周围的类似行为,留下较大的思考空间。书中可持续发展的定义是引用国际上经典的说法,来自联合国环境与发展委员会的著名报告《我们共同的未来》。文中配有一段英文原文,既便于学生对原文的理解,又使学生很自然地体会到这一问题的全球性。

第一节《生态工程的基本原理》,包括关注生态工程的建设生态工程的基本原理两部分内容。

第一部分“关注生态工程建设”,指出经济的不当发展对环境的破坏,引导学生关注环境问题。提出解决经济发展与环境问题的根本原则是循环经济,而实现循环经济的重要手段之一是生态工程。呈现方式是通过资料分析对问题进行思考。资料分析1是以长江洪水为例来分析。1998年的长江洪水是近些年来我国发生的较大的环境事件,选择它作为材料能较好地达到“关注环境问题”的目的。资料分析2是以国际上普遍存在的“石油农业”为例来分析现代农业的弊病。我国是农业大国,用农业生产上存在的破坏环境的问题,如大量使用化肥等问题来分析具有代表性。通过对这一实例的分析,可以使较深入地理解生态工程的必要性和生态工程建设的重要意义。最后,通过著名生态经济学家L. R. 布朗的中英文对照的一段话,对本段的学习内容作了深刻而富于哲理的总结。

第二部分是“生态工程的基本原理”。生态工程是生态学、系统学和工程学等学科的交叉学科,所以生态工程的基本原理包含内容较多。按照必修课学生学习的生态学基础,编者选择了物质循环再生原理、物种多样性原理、协调与平衡原理、整体性原理及两个系统学和工程学原理。本部分的呈现方式是先介绍原理的理论基础,后有相应的实例帮助理解。实例主要选择我国生态工程建设中遇到的实际问题,其中,一些问题已得到解决,也有一些是失败的教训,这样从正反两个方面进

行总结,有助于培养学生全面分析问题的能力。

在上述实例选择中,既有最早和生动的生态工程——我国古代“无废弃物农业”,也选择了目前生态工程遇到的问题。例如,我国三北防护林建设中某地区只种植单一树种,结果出现营养结构单一,稳定性差。又如,太湖的环境污染造成水体的富营养化,打破了生物与环境的平衡,造成了极大的环境和生物破坏等。课文中,还列举了多数学生可能关注的一些问题,如农村的烧柴问题,以帮助学生从整体性角度综合考虑生态工程建设中遇到的社会、经济等实际问题,培养学生综合分析问题的能力。

关于系统的结构决定功能原理和系统整体性原理,旨在使学生了解生态工程建设需要系统学和工程学的知识,教会学生综合分析思考问题的重要性。考虑这部分内容比较抽象,前一个原理,以学生熟悉的计算机网络结构做比喻,通俗地将原理加以理解;后一个原理,则利用必修课中学习的“整体大于部分之和”的基础,再通过分析有关生态系统的营养循环关系来理解。

本节内容后安排了一个实践活动《调查沼气工程的实施情况》。安排此活动的原因之一是沼气工程意义重大,目前我国政府大力提倡沼气工程,把它作为我国农村生态工程综合发展的一个重要环节。另一个原因是让学生通过联系实际,来学习有关的知识。在取得一定的经验后,再通过讨论和交流,加深对实际问题的认识。

第二节《生态工程的实例和发展前景》包括生态工程的实例和生态工程的发展前景两部分内容。

在“生态工程的实例”中共分析了六个实例:农村综合发展型生态工程、小流域综合治理生态工程、大区域生态系统恢复工程、湿地生态恢复工程、矿区废弃地的生态恢复工程和城市环境生态工程。选择这些实例的原因,一方面是这些实例包含着我国科学工作者已探索出来的成功经验(每种实例都是从当地的实际情况出发,因地制宜地进行生态工程的建设);另一个方面是我国幅员辽阔,不同地域的环境问题不尽相同,选择这些有代表性的生态工程,为学生和教师的选择性学

习提供了背景和资料。教师可根据当地的实际情况有重点地选择其中一些实例进行学习。例如,农村学校特别是生态农业试点地区的学校,可以重点学习农村综合发展型生态工程的内容,并通过参观沼气工程的实践活动,理解以沼气工程为中心,促进农村全面发展的对策。又如,我国有些地区土地的沙漠化和水土流失问题极为严重,这些地区的学生可以重点学习大区域生态系统恢复工程。再如,我国的很多矿区生态环境破坏严重,土壤变得贫瘠,环境污染十分严重,课本以赤峰市元宝山矿区恢复工程为例进行了有关内容的讲述,这一内容对矿区的学生具有实际意义。

第二节内容呈现的方式是首先指出面临的问题,然后提出解决的对策,最后通过案例介绍了生态工程的实际应用。这种呈现方式不仅层次清楚,更重要的是将生态工程融入实际应用之中,生动、形象地体现了生态工程的巨大作用,便于学生对生态工程基本原理的理解,并对于学生树立生态学的观点,培养理论联系实际的学风,具有较好的作用。

课文通过实例,最后回扣主题,肯定生态工程的重要作用;同时也指出,生态工程也有局限性,只有预防生态破坏,发挥生态系统的自然修复能力才是根本的出路。让学生懂得为什么要强调树立保护自然环境,呵护地球母亲的思想。

“生态工程的发展前景”主要包括两部分内容:“生物圈2号”生态工程的实验及启示;对我国生态工程发展前景的分析与展望。选择以生物圈2号作为对生态工程未来发展启示的原因是:作为世界上唯一的完全人工建立的生态系统,从它投资的规模、设计思路的奇妙,以及实验过程的长久来看,都是其他人工生态系统无法比拟的,因此引起人们极大的兴趣和关注。但是这一实验的结局带给人们更多的是深刻反思,以此作为生态工程发展的全方位思考是再恰当不过了。这部分内容的呈现方式是:首先讲述了人类做这一探索的美好愿望;然后,从生态工程设计者的角度分析该工程设计的特点;最后,客观地讲述了这一实验的结果,分析了实验失败的原因,并以凝重的语气讲

述了它带给人们的经验教训和对未来的思考。

对我国生态工程发展前景的分析与展望部分的呈现方式,是通过对中西方生态工程建设进行比较,说明应根据中国国情,走自己的生态工程之路。同时用一些数据及我国安徽省颍上县小张庄的实例讲述了生态工程在中国的广阔发展前景。

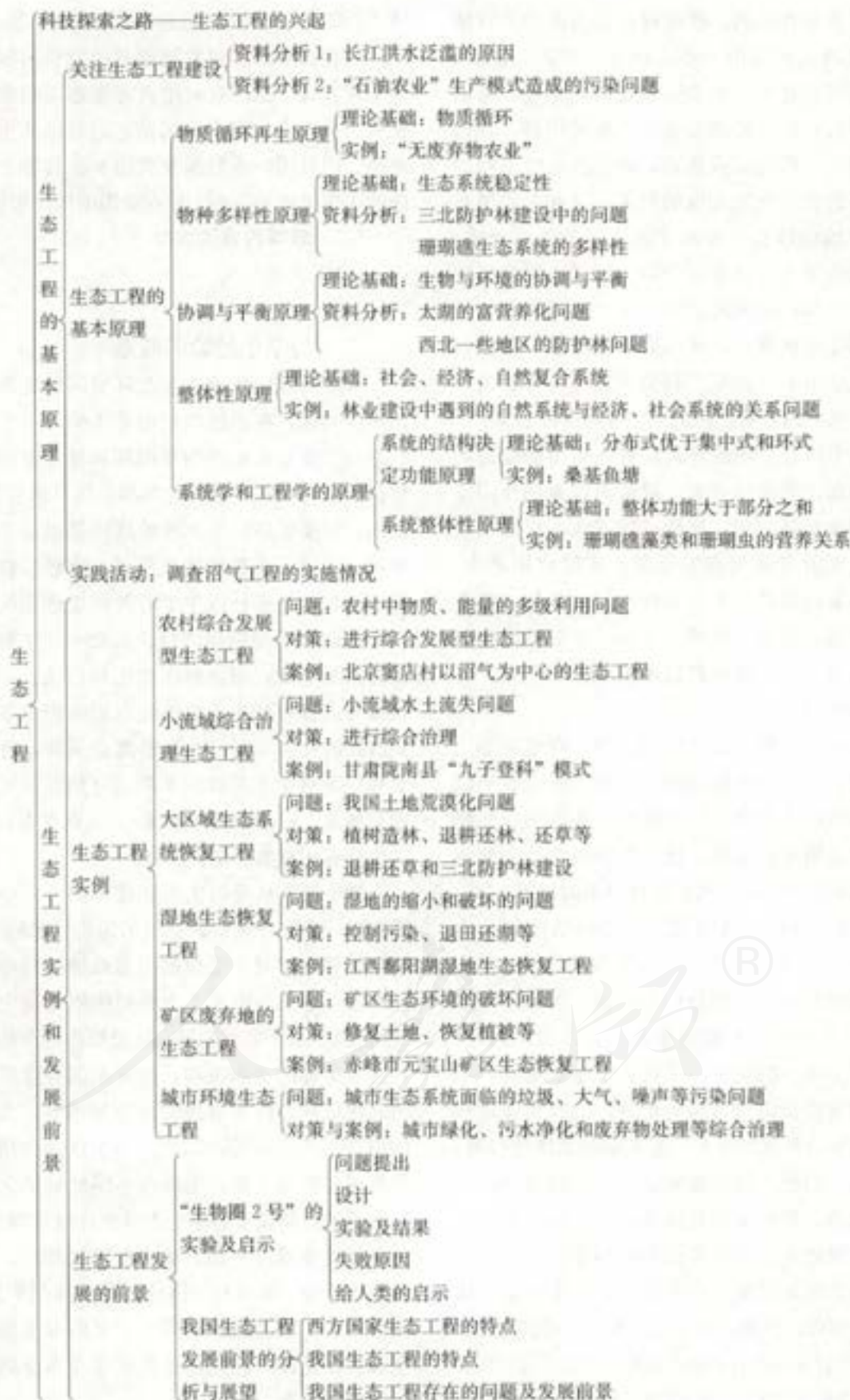
(二) 教学内容的结构

(见下页图)

三、与学生经验的联系

本章内容所涉及的生态环境问题是学生关注的热点问题。在必修模块中学生学习了生态系统的结构、生态系统的物质循环和能量流动的基本规律和应用,本专题的内容都与其有密切的联系。例如,物质循环再生原理的理论基础是必修课中学习过的生态系统的物质循环;物种多样性原理的理论基础是必修课中学习过的生态系统的稳定性;协调与平衡原理的理论基础——生物与环境的协调与平衡,与必修课中的种间关系、环境容纳量等内容有联系;整体性原理的理论基础是人类所处的社会、经济、自然复合系统,特别是社会和经济对生态系统的影响力(如农民的生计问题与林业工程建设的矛盾等),这点在农村生活的学生会有切身的感受和体会。

学生能够从身边生活和媒体的介绍中感到环境受损问题的严重,如空气的污染、水的污染等,他们能够理解对于受损的生态系统进行修复和重建的重要意义。由于学生在初中生物课中学习过“生物圈2号”生态工程,通过媒体的介绍了解了一些有影响的生态工程,如对全国有重要影响的三北防护林、国家重视的小流域治理、大力提倡的沼气工程,等等,因此,对于这部分内容,学生理解起来并不难。生活在不同地域的学生生活经验不同,如城市的学生十分关注城市绿化工程,一些学生参观过生态农场和污水处理厂,而农村的学生比较了解农村经济建设和环境保护的情况,关心沼气工程的建设,很多学生的家乡都开展了生态工程建设。这些都是学生学习本专题内容时很好的切入点。



四、与其他专题的联系

随着现代生物技术的发展,人们已经将更多的成果应用于生态工程建设中,例如,基因工程中,抗虫、抗病转基因植物的种植减少了农药的使用,保护了生态环境等。细胞工程中组织培养技术的应用,对城市环境的综合治理也起到重要

作用。酶工程的原理可以帮助学生理解沼气工程中对菌群的控制。生态建设中同样存在着伦理问题,即生态伦理问题,因此可以说,本专题与专题4《生物技术的安全性和伦理问题》的内容有相通之处,同样需要学生学会站在不同的角度,全面分析问题。

5.1 生态工程的基本原理

一、教学目标

1. 简述生态工程的概念,关注生态工程的建设。
2. 简述生态工程的原理,举例说出各原理的内容。
3. 尝试运用生态工程原理,分析生态环境问题及解决对策。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

生态工程的基本原理。

2. 教学难点

生态工程的系统学和工程学原理。

三、教学策略

新课的引入可采取三种方法。一种方法是:充分地利用题图进行课堂讨论,思考这个电脑合成作品的寓意。认真阅读引言,分析“地球需要我们细心地呵护”的含义,从而引出主题。另一种方法是:教师利用自己收集的资料或课本中提供的信息,如利用第二节的“思考与探究”第1题的资料分析内容,讨论如何使受损环境修复,从而引出生态工程这一主题。第三种方法是:让学生说出当地生态环境中存在的问题,并提出解决这些问题的方法,再进一步引出生态工程的概念。

《科技探索之路——生态工程的兴起》,从人们的认识发展变化的角度,写出了在可持续发展背景下提出的生态工程的含义。建议布置学生课

外阅读,并搜集有关可持续发展观提出的背景资料,布置展板,进行学习交流。在课堂教学时,教师可利用查阅的资料,从可持续发展提出的背景入手,组织学生讨论教材中的漫画。还可以模拟历史上的关于“增长极限”的讨论,在课堂上举行小型辩论会。让学生自己归纳出为什么提出可持续发展和生态工程。可持续发展的最初定义来自《我们共同的未来》一书,中文翻译可能有些拗口,学生可以和原文对比学习,理解这一定义。此外,教师应该给学生推荐一些课外参考书。

《关注生态工程的建设》的教学,建议从资料分析中总结出建设生态工程的意义。可以用教材提供的两则资料分析讨论问题。一则是1998年长江发生的特大洪水灾害问题,首先,通过分析图“被洪水淹没的大地”,让学生感受环境问题的紧迫性,再通过搜集长江沿岸湖泊面积减少的资料和有关长江成为悬河的资料(最好是图片),引入对问题的分析讨论。课前(或课后)可布置学生搜集资料,了解最近几年来,我国采取了哪些治理措施防治洪灾,从而提出生态工程是恢复被破坏的生态环境的重要途径。另一则是分析目前我国农业上存在的一些环境污染的问题,对这一问题,可采取与上述同样的方法进行教学。通过对这两则资料的分析、讨论,让学生理解进行生态工程建设的必要性,理解通过生态工程实现“生态经济”和“循环经济”这一思路。另一种教学方式是教师或学生可搜集本地区的资料,从本地区发生的事件或其他热点实例入手,认识进行生

态工程建设的必要性。

这部分教材着力阐述了在可持续发展的实践中必须推行“生态经济”和“循环经济”这一思想，但没有给这两个词一个严格的定义，主要是因为学生从媒体中可以接触到这些词，从字面上也能够理解其含义。L. R. 布朗的一段话，寓意深刻，希望教师能阅读一些有关的参考书，与学生共同交流对这段话的理解和认识。

生态系统的基本原理，包括生态学、系统工程和工程学的原理。由于前四个原理的理论基础是必修模块中学习过的内容，建议在教学时，用案例引出对原理的学习，再利用原理分析讨论对案例问题的解决。例如，从植树造林中出现的不注意多样性的问题，引出对物种多样性原理的学习，在此基础上再阅读珊瑚礁生态系统的多样性特点，以此为鉴，鼓励学生为当地植树造林设计生态工程。物质循环再生原理引用的实例是我国古代“无废弃物农业”，教师讲授这部分内容时，要注意强调我国人民的聪明才智，以加强民族自豪感教育。整体性原理的理论基础是社会系统和经济系统对生态系统的影响力，教师可以列举学生关注的一些实例，如农村的烧柴问题，湿地保护中遇到的农民生活问题等，来帮助学生从整体性上考虑解决生态工程建设中遇到的实际问题。教学中可采取角色扮演的方式，让学生通过模拟决策，把整体性原理学习得更为透彻。在学习生态工程的基本原理时，教师要注意培养学生的社会参与意识和分析问题的能力。

本节最后安排了一个实践活动，教师应该早作计划和安排，调查前应对学生进行安全教育。调查的目的是通过调查沼气工程，了解沼气工程的基本原理，生产方法，工艺流程，并且通过调查理解我国推广沼气工程的目的和意义。教师也可以将此活动组织成学生的研究性学习，分成不同的课题小组进行研究，培养学生的科学探究能力。

四、答案和提示

(一) 思考与探究

3. 桑基鱼塘分布在我国长江三角洲、珠江三

角洲一带的水乡，是一种典型的水陆物质和能量交换型生态工程。试分析桑基鱼塘的物质和能量流动途径。

提示：桑基鱼塘系统中物质和能量的流动是相互联系的，能量的流动包含在物质的循环利用过程中，随着食物链的延伸逐级递减。

能量的多级利用和物质的循环利用：桑叶用于喂蚕，蚕可以生产蚕丝；桑树的凋落物和蚕沙（粪）落到鱼塘中，作为鱼的饲料，经过鱼塘内的食物链过程，可以促进鱼的生长；甘蔗可以榨糖，糖渣用来喂猪，猪的排泄物也进入鱼塘；鱼的排泄物及其他未被利用的有机物和底泥经过微生物的分解，又可以作为桑和甘蔗的有机肥料。桑基鱼塘巧妙地利用了很难利用的大片低湿地，发展了多种经营，为农民创造了多种收入的门路，完全符合“无废弃物农业”的要求。桑基鱼塘系统物质、能量流动示意图5-1。

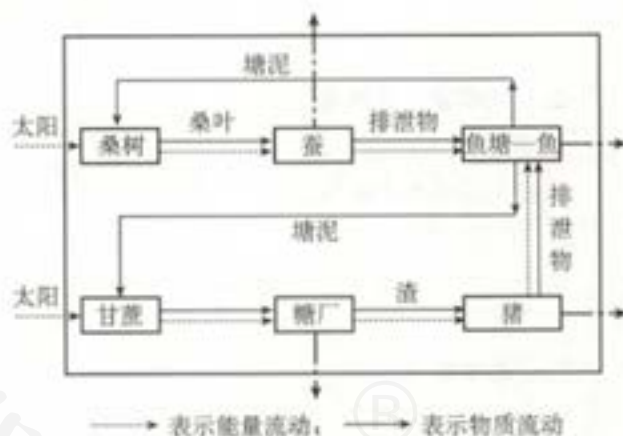


图 5-1 桑基鱼塘系统物质循环和能量流动示意图

(二) 正文中讨论题

【“关注生态工程建设”资料分析1】

1. 导致 1998 年长江洪水泛滥的主要原因是什么？

提示：根本原因：长江上游乱砍滥伐森林，水源涵养和水土保持功能急剧降低，造成大量泥沙淤积河道；中游围湖造田、乱占河道，造成具有蓄洪作用的湖泊面积急剧减少。

直接原因：1998 年度的罕见降雨。但这也与全球温室气体排放量增加而导致的温度升高、气

候异常有关。

解决长江洪水泛滥的措施有：我国政府提出的“积极营造长江中上游水源涵养林和水土保持林”计划，即以生物措施为主，结合工程措施，提高森林覆盖率；“退耕还湖”和改革不合理耕作方式等。

在进行生态工程建设时，要考虑到怎样解决农村（尤其是湖区或山区的迁出人员）的能源来源问题以及如何提高农民的经济收入。

2. 洪灾的发生反映出经济发展模式存在什么问题？

提示：传统的经济发展模式不注重生态环境的保护，没有考虑生态成本，经济的发展以巨大的生态环境破坏为代价。

【“关注生态工程建设”资料分析2】

1. 你对“石油农业”是如何理解的？

提示：“石油农业”大量使用化肥、农药和机械的生产方式，因对石油等能源有高度的依赖性而得名。它把农业生产这一复杂的生物过程，变成了简单的机械过程和化学过程。由于其投入高，产出也高，对粮食安全保障和提高人民生活水平起到了巨大的作用，但同时它所产生的废弃物和有害物质的数量也很庞大，大大削弱了农业生态系统的稳定性和持续生产力，并造成日益严重的农产品污染和环境污染等问题。

2. 你能举出一些农业生产活动对人体健康以及环境造成危害的实例吗？

提示：除日常生活中能够发现的实例外，农业活动对环境和人类健康造成危害的实例中，世界上影响较大的有蓝婴病。1973年，美国内布拉斯加州首次出现幼儿高铁血红蛋白症（蓝婴病）。其原因是饮用水中硝酸盐含量超过10 mg/L，这时过多的硝酸盐会与红细胞中的血红蛋白结合，形成高铁血红蛋白。高铁血红蛋白不能为细胞和组织运输足够的氧。患儿的临床症状是在口、手或脚等部位出现时断时续的蓝色或淡紫色，呼吸困难、腹泻、呕吐、抽搐，严重的会失去知觉，甚至死亡。硝酸盐来源于点源污染，如下水道、畜禽养殖场等，或非点源污染，如对农田、公园、

草地等的施肥。

3. 如何理解“污染物是放错地方的资源”这句话？

提示：对环境造成危害的污染物，采用一定的措施和技术，就能够进行回收和循环利用，这样不但能够减少环境污染，而且提高了资源的利用效率，减少了资源的浪费。例如，对废水中的重金属或氮、磷等养分就可以进行回收再利用。因此说污染物是放错了地方没有被利用的资源。

4. 石油农业的生产模式应当怎样改进？

提示：在不同的国家有不同的改进措施。例如，在我国，人多地少，应该大力发展生态农业。实施的具体措施包括：可以根据田间作物的需要适量施用高效、低毒、低残留的农药，多施有机肥，提高作物对水、肥等资源的利用效率，对作物秸秆和畜禽粪便进行再利用，实现物质的多级利用，等等。一方面要不断提高土地的产出水平；另一方面要减少农业活动对环境的污染，促进社会的可持续发展。

【“物种多样性原理”资料分析】

1. 为什么樟子松林的松毛虫会肆虐，几十亿株杨树会毁于一旦？而珊瑚礁区却能够在养分稀少的深海中，保持着很高的生物多样性？

提示：纯樟子松林、杨树林的生物多样性低，食物链短而单调，缺少松毛虫、天牛的天敌，而成片单一的林木又为其提供了丰富的食物来源，因而会导致了树林的毁坏。

珊瑚礁区的生物多样性高，食物链复杂，不同的生物占据了不同的时间位、空间位和资源位，因而充分利用了珊瑚礁生态系统的环境。例如，氮、磷等养分就能够在该区生物体间充分地循环利用而很少流出系统外。

2. 从上面正面和反面的实例，你能得出怎样的结论？你认为生物多样性的破坏有人为因素吗？

提示：只有保持生态系统较高的生物多样性，才能保证生态系统的稳定和平衡。生物多样性的破坏有人为因素，而且往往作用巨大。

【“协调与平衡原理”资料分析】

“西部大开发”是国家为振兴西部而提出的宏

观决策,其中很重要的一项内容就是生态工程建设。从协调与平衡原理出发,想一想,在我国西北地区进行防护林建设时,应选择哪些树种?如果在该地区发展畜牧养殖业,你认为应该注意什么问题?

提示:几种西北地区特别适宜树种的介绍

(1) 沙棘,俗称“酸柳”“酸刺”“黑刺”,属于胡颓子科,为落叶乔木或灌木。植株表面具有棘刺,叶呈条形或条状披针形,两端趋尖,背面密被淡白色鳞片,叶柄极短。沙棘花先于枝叶开放,雌雄异株;果实为肉质花被筒包围,近于球形,直径5~10 mm。沙棘喜阳,粗壮的枝干抗风沙。沙棘叶、皮、果实及种子在医药上有着广泛的应用价值。沙棘的嫩枝、嫩叶是牛、羊的精饲料,被誉为“铁杆牧草”。沙棘果维生素含量极高,营养保健价值高,有利于增加种植者的收入。沙棘是半干旱黄土高原迅速绿化荒山、保持水土、调节生态平衡和促进农林牧业发展的良好树种。内蒙古鄂尔多斯等地区,实施沙棘生态工程,大面积种植沙棘,有效地控制了沟道水土流失,每年可减少流入黄河泥沙2 100万吨。

(2) 山杏,主要指西伯利亚杏,它抗寒、耐旱,适应性强,是我国北方最普遍的果树之一,是绿化荒山、水土保持、防治风沙的先锋树种。山杏果仁营养丰富,含有大量维生素、微量元素和人体必需的氨基酸,是加工饮料的优质原料。

(3) 刺槐,属落叶乔木,适应性强,在年降水量200 mm左右,年平均气温不低于3℃的地区都能生长。它不仅生长快,且耐盐碱,有涵养水源和保持水土的作用。刺槐蜜丰富,蜜质优良,是主要蜜源植物之一。刺槐不仅可改善生态环境,还可用于发展畜牧业。

(4) 锦鸡儿(又称柠条),豆科,多年生落叶灌木,根系发达,具根瘤,高1.5~3 m;耐干旱和寒冷,喜生沙地或半固定的沙丘上,不怕沙压和风蚀。此种植物广泛分布于我国东北、内蒙古、河北、山西、陕西、宁夏等地,可用于防风固沙,保持水土。枝条可用于编筐,其枝叶是牛、羊等冬春季节主要的饲料之一。

(5) 杜梨,蔷薇科梨属落叶乔木,可高达10 m,原产于我国华北、西北及东北南部。耐寒,耐干旱、瘠薄,能在含盐量0.5%(质量分数)的土壤中正常生长,且耐涝性也较强。

(6) 沙枣,胡颓子科胡颓子属,落叶小乔木。分布于华北及西北等地,耐盐碱力较强。

(7) 合欢,豆科合欢属,落叶乔木,可高达20 m。分布于华北、西北及黄河以南等地区。耐盐碱力较强,但不耐水涝。

(8) 臭椿,苦木科臭椿属,落叶乔木,可高达25 m。原产于华南、华北、西北各地。抗性强,生长快,耐盐碱力强。

西北畜牧养殖应该注意牲畜数量不能超过草地的承载量。针对公共草地的过度放牧问题,应该实行草地承包,调动个人的管理积极性,减少过度放牧现象;另外,可以在有条件的地方,人工种植牧草,增加牧草产量。

(三) 旁栏思考题

你能举出系统整体功能大于部分之和的例子吗?

提示:豆科作物和固氮菌的共生就是一例。固氮菌为豆科作物提供氮素,而豆科作物为其提供能量和其他营养,两者的共生使豆科作物能够在氮素缺乏的土地上生长;当把它们分开时,两者的生长都要受到损害。

(四) 《实践活动》思考题

1. 为什么我国要大力发展沼气工程?

提示:21世纪是实现我国农业现代化的关键历史阶段,现代化的农业应该是高效的生态农业。沼气工程把农业生产、农村经济发展和生态环境保护、资源高效利用融为一体,不仅较好地解决了农村的能源来源问题,而且实现了废弃物的再循环利用和资源化,创造了新的生态产业,如沼气设施的建设和维护,促进了以农牧结合为中心的多种经营,从而为农村剩余劳动力提供了就业机会,促进了农村的全面发展。

2. 目前沼气工程还有哪些亟待解决的问题?

提示:目前沼气工程存在的问题有:北方地区沼气产气在冬天不稳定,需要加热;沼气的一

次性投资较大,相当部分的农民财力有困难;对沼气的研究较薄弱,如对发酵过程中有关微生物及一些酶的研究。应当加强这方面的研究,以促进沼气工程的推广。

五、知识拓展

1. 奥德姆(E. P. Odum)总结出的“六条自然智慧”是什么?

在使生态学真正对可持续发展起到指导作用方面,现代生态学的奠基人之一、美国的奥德姆教授做出了榜样。他认为“我们的重点始终应围绕着我们面对的环境问题,寻找出它们产生的根源以及解决问题的途径,但决不是急诊式的‘开方子’,尤其需要强调的是:①自然界、农业和城市生态系统之间的能动性相互关系;②把注意力从生产系统的产出转向对其投入的管理”。

奥德姆针对社会上多数人对生态学缺乏了解,很多决策者更是“环境教育盲”,而生态学未能充分发挥作用的现实情况,以年近90岁高龄之身,亲自编撰了配有卡通插图的科普著作《人类摆脱困境的生态学途径》。这个途径便是呼吁人们学习、模仿自然界求得可持续发展的智慧。奥德姆教授以他毕生从事生态学的经验和体会,高度概括了以下六条值得学习和研究的属于“自然界智慧”(wisdom of nature)的规律。

(1) 基于环境承载力的种群增长规律——S型曲线和物种的繁殖/生存不同侧重及“对策”分化。人类社会不能盲目追求增长,更需要区分数量型增长和质量型增长。

(2) 能量的生态学规律。处于顶级状态的自然生态系统,由于有足够的维持能源而不易崩溃。而人工系统的规模则与能耗的平方成正比,再加上现代社会所用的人工“浓缩”的高质能源在制造时效率极低,因此需要消耗巨量外源辅助能。

(3) 组织的生态学规律。自然界不同生物、成分组合成有层次的组织后,由于相互作用会产生新特性。例如,藻类与珊瑚虫共生可耐受养分含量极低的深海环境。但如果分开,则谁也不能生存。人与生物圈也是这种相互依存关系。

(4) 变化的生态学规律。自然界靠(正、负)反馈机制巧妙地控制增长和保持平衡。学习这种机制能预测出发展曲线的报酬递减点,有很大的实用价值。

(5) 行为的生态学规律。自然界不同物种间既有适者生存的对抗,也有很多互利共生的关系。但人类与绿色植物通过农业建立起的联系,迄今为止都是掠夺而非互利,所以才产生农业的不可持续性,以及有当今多种力图替代常规农业的新农作方式的产生。

(6) 生物多样性规律。生态系统内部都有多种生态服务功能,即生物多样性的机制,一旦由于某种原因,具有某种重要功能的物种缺失,就会有原处于功能冗余态的另一个物种来替代。而常规现代化农业却严重缺少物种多样性,难以避免少数几个人工培育品种会因某种病虫害大流行而灭绝的风险。传统农业则很好地保存了作物基因库。

奥德姆把上述这类对自然界智慧的学习科学地归结为“人类生态学”。同时指出,每一项新技术都有其副作用,必须采取处理负面效应的“对应技术”(counter technology)。而采用这类对应技术就需付出“转型成本”(transition cost),即转化到可持续态势所需的成本。科学家和公众的责任就是要告诉决策者:为了长远利益(人类的健康,生活质量),即使有暂时的转型成本要付出,也是必要的。人类为了走出面临的困境,必须改变那种“应急式”和割裂式解决环境问题的方法,放弃人类在进化初期不得不采取的“控制自然”的做法,建立生态道德及同自然的伙伴关系。

2. 生态工程的定义是如何提出和发展的?

美国生态学家H. T. 奥德姆于1962年首先提出“生态工程”概念:“A branch of engineering and field of science in which solutions to society's environmental problems would be grounded in the technology available from natural systems so that the human engineering required would be supplementary rather than primary (overhead).”即以从

自然系统获得的技术为基础,解决人类社会环境问题的一门工程分支科学,它所需的人类工程技术仅仅起辅助作用,而不是起主要作用;或“人类应用主要来自自然的能源作为辅助能对环境的控制”;或“对自然的管理就是生态工程,更好的措施是与自然结成伙伴关系”。

H. T. 奥德姆的学生米奇(W. J. Mitsch)继承其思想,于1989年编了世界上第一本生态工程专著(Ecological Engineering: An Introduction to Ecotechnology),并于1992年主编创办了《生态工程》杂志。他对生态工程的定义是: Ecological engineering has been defined as the design of ecosystems for the mutual benefit of humans and nature. 即生态工程是为了人类和自然的相互利益而进行的一种生态系统设计。

我国著名生态学家马世骏先生1979年首先倡导生态工程。他对生态工程下的定义是:生态工程是应用生态系统中物种共生与物质循环再生的原理、结合系统工程的最优化方法,设计的分层多级利用物质的生产工艺系统。生态工程的目标就是在促进自然界良性循环的前提下,充分发挥物质的生产潜力,防止环境污染,达到经济效益与生态效益同步发展。它可以是纵向的层次结构,也可以发展为由几个纵向工艺链索横连而成的网状工程系统。

3. 关于“增长极限”的讨论是怎么回事?

20世纪60年代后期,美国麻省理工学院以D. 梅多斯为首的研究小组接受“罗马俱乐部”的委托,花了21个月,耗资25万美元,利用刚问世的电脑世界模型,对资源、环境污染、工农业发展、人口健康等一系列复杂的社会经济、生态环境因子,进行了在过去看来是不可能的、极其复杂的运算和定量化分析,完成了名为《增长的极限》的报告。它被西方国家报纸称作“20世纪70年代爆炸性杰作”,也是罗马俱乐部的代表作之一。该报告在研究了世界人口增长、粮食生产、工业发展、矿物资源消耗和环境污染五种因素的正、负反馈和定量关系后指出,如果维持现有的人口增长率和资源消耗速度不变,那么,在100

年后的某一天,就会达到地球增长的极限:产生世界性的严重的粮食短缺、矿物资源耗竭(100年中至少有15种矿产将耗竭)、环境污染和生态环境破坏加剧等问题,最终导致世界人口和工业生产发生无法控制的崩溃。因此,该报告主张为了保护人类的生存和发展,对经济发展实施全面的限制,在世界范围内或在一些国家范围内有目的地停止物质资料和人口的增长,回到“零增长”的道路上。“零增长”的发展观作为对传统经济增长观念的第一次警觉,提醒世人要对生态问题高度关注,堪称经济和生态学、社会学结合的经典之作。

几十年过去后,增长的极限论中预测的景象并没有完全出现,经济社会增长并没有导致资源的耗竭。反思增长极限论的局限性,主要是机械地、静态地看问题,在建立全球模型时没有考虑到国家、地区之间的巨大差别;同时对科学技术在开发新资源,以及提高资源的加工深度和利用程度,使同量的资源能够支撑更大经济增长的作用估计不足。

4. 什么叫最大持续产量?

为了可持续发展,对可再生自然资源的利用要以最大可持续产量为上限,即对它的利用在数量上和速度上不能超过它们的自然恢复再生能力,以求资源可持续地长久利用。例如,我国沿海渔业虽然创造了巨大的经济效益,但却是建立在违背生态学原理、无序狂捕滥捞、牺牲渔业资源可持续基础之上的。为了增加渔业产量,渔船现代化、机械化程度不断提高,广泛使用先进的助航、助渔仪器,不顾鱼类资源的再生能力,以致现在18 000 km海岸线面临近乎“无鱼可渔”的尴尬局面。面对海洋捕捞渔业资源日趋枯竭的现状,我国渔政部门先是出台“伏季休渔”的规定,继而在1999年又提出海洋捕捞产量实行“零增长”,2001年,更提出必须实行“负增长”。

5. 北方地区的沼气池冬天是如何维持的?用什么方法能使沼气池中的菌类维持稳定的产气?

在冬季,可以通过加温方法(蒸汽、热水通入发酵池);或将沼气池用塑料大棚封闭起来来增

加产气。

沼气稳定产气的必须条件:

● 沼气池必须密闭。沼气菌群是一大类厌氧细菌,它的整个生命活动(生长、发育、繁殖、代谢等)中都不需要氧。

● 适当的水。发酵池中的料水比例得当是正常产生沼气的关键。如一个6 m³的标准池,首次投料大约需要人畜粪便1 500 kg、杂草500 kg,加入2 000 kg的水。料含水比例越高,外加水越少;反之,外加水则越多。

● 适当的温度。一般8℃以上,沼气菌即可活动,产生微量沼气;20~24℃,活动正常;28~30℃,最旺盛,产生沼气率最高。

● 酸碱度。沼气发酵适宜的pH为6.5~7.5,最适pH是6.8~7.0。

● 搅拌。适当搅拌,可以提高发酵池内产气率。一般每周搅拌2次即可。

● 接种。增加沼气菌种数量,尽快发酵、产

生沼气。沼气池正常产气后,还需不断地添加新料,清除旧料,才能确保持续产气。

6. 沼气就是甲烷吗?为什么清理沼气池时要防止中毒?

沼气是一种多成分混合气体,主要成分为甲烷和二氧化碳,甲烷的含量一般在60%~75%,并含有少量的一氧化碳、氢、硫化氢和氮等。

沼气池中氧气浓度低,一氧化碳等有害气体浓度高。人一定要注意在通风充分,确认安全后才可进入,否则会造成人员的伤亡。

7. 大型养殖场粪便处理和沼气发电工程是怎么回事?

采用高温(52℃左右)厌氧发酵,可使粪便物料的分解周期缩短到十几个小时,并能够稳定地产生大量沼气。通过沼气与燃油混烧的发电设备,使发出的电并到大电网上,出售商品电力,由此可以达到消除污染、获得可再生能源和优质生物肥料等多个目的。

5.2 生态工程的实例和发展前景

一、教学目标

1. 举例说出生态工程的实例,说出这些实例所运用的主要生态工程原理。

2. 评述生态工程发展前景,说出生态工程的局限性,举例说出我国生态工程的特点。

3. 尝试设计简单的生态工程。

二、教学重点和难点

1. 教学重点

生态工程的实例。

2. 教学难点

应用生态工程的原理,设计简单的生态工程。

三、教学策略

教材选择的六个生态工程各有特色,教师可以根据学生的经验,区域的特点进行选择,“搭

配”出适于学生学习内容。例如,在第一节的教学中组织了实践活动《调查沼气工程的实施情况》,教师要精心设计参观内容,让学生通过调查,总结出以沼气工程为中心的农村综合发展型生态工程的特点。

小流域综合治理生态工程的教学可以通过资料分析进行;如果学生的家乡有这类问题,教师就应从社会调查入手开展教学活动,使学生对具有我国特色的生态工程有一定的了解。教学中要注意强调我国农民和科技工作者在实践中的创造,让学生理解实践出真知的道理,培养学生求实、创新及勇于实践的科学精神和科学态度。

大区域生态系统恢复工程的教学,师生可以通过搜集资料了解我国沙漠化现状和三北防护林建设的背景、发展前景及存在的问题。在有条件的地区,应组织学生开展植树等志愿者活动,积

极参加生态工程的建设。

湿地生态恢复工程的教学,可适当加入湿地的生态功能、我国湿地面临的问题,以及生物多样性的保护等内容。可采取聘请专家开设专题讲座等多种方式进行,也可以组织志愿者活动,如去湿地观鸟、考察等,让学生重视湿地生态系统的保护,关注湿地生态恢复工程的建设,在教学中注意整体性原理的应用。

关于矿区废弃地生态恢复工程的教学,如果学生没有这方面的经验,除教材中的实例外,教师可查阅相关资料,如向学生介绍德国的矿区废弃地生态恢复工程(德国在这方面的工作很有特点)。

城市环境生态工程的教学,一种方式是对环境问题进行调查,组织学生进行研究性学习,如将学生分成不同的课题小组,分专题研究城市生态系统的主要问题,调查城市生态工程的现状,以小专题(如校园或小区绿化)的形式设计城市生态工程,撰写调查报告和开答辩会等。另一种方式是可以带领学生调查城市生态系统存在的问题,讨论目前所采用办法的利与弊,并在有条件的地方,组织学生参观城市环境生态工程,如污水处理厂、生态园区等。但无论哪种教学模式,都要把教学落实在学生的行动上,积极组织参加生态工程建设和环保活动,提高学生的环保意识,并用行动教育周围的居民自觉地保护环境。

关于“生物圈2号”内容的教学,虽然“生物圈2号”在初中和高中必修模块中都有介绍,但作为人工模拟自然生态系统的工程,在本专题中还有必要进行认真地分析。对这部分内容的讲授,一方面是从科学实验的角度学习,如教师提出实验方案,与学生讨论其设计思路,最主要的是总结分析其失败原因和带来的启示;另一方面,可以从一个导游者的角度,带领学生进行“生物圈2号”虚拟参观,让学生以游记的形式记录所见所闻,或以当年进入“生物圈2号”的科学家的口气描述实验的过程,反思其失败的原因。

关于我国生态工程前景的分析与展望的教学,

应在总结中西方生态工程区别的基础上,突出我国生态工程的特点,还可以让学生搜集古代哲学家的思想对生态工程 and 环境保护影响的名句。同时,应让学生理解建立生态工程是人们不得已而为之的,存在一定的局限性,而保护环境、建立循环经济是最根本的。可以引领学生分析“思考与探究”第1题中关于朝鲜三八线的例子,思考从一片没有生命的焦土到生机勃勃的野生生物乐园这一过程中带给人们的启示。

四、答案与提示

(一) 思考与探究

1. 分析朝鲜三八线的资料(具体资料见教材),说明它所蕴涵的意义。

提示:生态工程的恢复作用是有限的,不能认为只要有了生态工程,就可以先污染,后治理。人类迄今尚没有能力完全模拟出自然的生态系统。自然生态系统发展到今天已经过几十亿年的进化,每平方公里每年的无形服务价值高达6.4万美元,而为了达到同样的效果,用人工制造和模拟的办法,人类至少要花费10亿美元还不尽如人意。

另外,自然生态系统具有相当的自我恢复能力,我们在生态工程建设中应该积极利用自然生态系统的这种能力,以节省投资。

2. 在我国北方地区,由于冬天气温很低,会导致农作物不能生长,家畜生长缓慢,甚至停止,沼气池不能正常产气;而农民要解决蔬菜的不间断生产问题。很显然,大量使用造价昂贵、并用燃料加热的玻璃温室是不符合我国国情的。你能用所学知识,设计一种生态工程,来较好地解决上述问题吗?请在画出其物质和能量结构图的基础上,说明你所依据的生态工程原理。

提示:(以下为参考答案,可让同学们进行其他设计)

教材中“四位一体”的图所示为近年来出现在我国北方农区的一种生态工程类型,它较好地解决了习题中所述问题。“四位”指沼气池、猪禽舍、厕所及日光温室四部分,是庭院经济与生态农业相结合的一种生产模式。它的运行原理为:

日光温室的增温效应可使蔬菜等作物在冬天也能正常生长；同时也使猪禽免受严寒而快速生长；温室内的植物为动物提供氧气，同时吸收二氧化碳；人、猪、禽的粪尿及蔬菜废弃物和秸秆等物质投入沼气池产气，同时温室的高温也提高了沼气在冬天的产气稳定性；沼液和沼渣又是蔬菜的良好肥料，有助于减少蔬菜的病虫草害，提高蔬菜的产量和质量。

“四位一体”充分应用了物质循环和生物多样性等原理，提高了单位土地面积的产出，同时减少了环境污染，大大提高了农业的综合效益。“四位一体”的物质循环见图5-2；

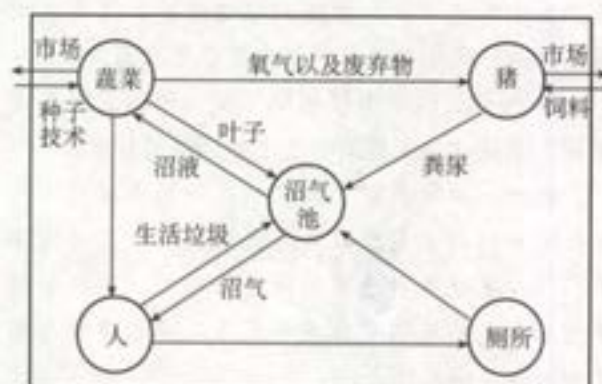


图5-2 “四位一体”生态工程物质循环示意图

(二) 正文中讨论题

【农村综合发展型生态工程案例】

1. 在这一案例中，主要运用了哪些生态工程的基本原理？

提示：物质循环再生原理、整体性原理、物种多样性原理等。

2. 这一生态系统的结构和功能有哪些特点？有哪些值得借鉴的做法？

提示：这个案例以沼气工程为核心，农林牧副渔各业全面发展，增加了劳动力就业机会，促进了经济发展；同时又降低了环境污染，促进了农村的可持续发展。

【小流域综合治理生态工程案例】

分析甘肃省陇南地区的“九子登科”模式，在说明“九子”措施含义的基础上，谈谈你对小流域综合治理生态工程的理解。

补充资料——“九子登科”措施的具体意义

● 山顶戴帽子：山头实行封禁管理、营造水土保持林，保护和恢复植被；

● 山腰系带子：半山陡坡退耕还林还草，发挥林草拦蓄作用，减少径流；

● 坡地修台子：坡耕地以坡改梯田为突破口，建设基本农田，为调整农业产业结构提供条件；

● 地埂种边子：充分利用地埂种植经济作物，既获得经济效益，又保护地埂；

● 荒地荒沟栽苗子：在荒山、荒沟、荒坡地建设薪炭林；

● 山脚种果子：山脚发展经济林果园，促进商品经济发展；

● 沟底穿鞭子：在干、支、毛沟沟底修建谷坊、拦挡坝，建设沟坝地，拦蓄泥沙，防止沟壑被水冲蚀而导致其不断扩张；

● 见缝插针扣扣子：利用田间地头、房前屋后栽植林果，发挥零星作用，提高治理程度；

● 秋田盖罩子：在缓坡耕地改顺坡种植为横坡等高种植，实行地膜覆盖等保土耕作措施。

1. 小流域的综合治理，“综合”表现在哪些方面？

提示：“综合”表现在它一改以前的单纯造林和蓄水、减沙等工程模式，同时考虑到了生态效益和经济效益；不但注重通过还林、还草、筑坝等措施达到蓄水、降低土壤侵蚀的生态效果；还考虑如何提高人们的生活水平。例如，不但种植农作物，还同时种植经济作物来提高人们的收入；考虑到了种植薪炭林解决人们的燃料来源问题。各种措施的结果是建立一个稳定、持久、高效的生态系统。

2. 为什么要针对不同的地形采取不同的措施？这体现了生态工程的什么原理？

提示：山顶土壤条件、气候条件恶劣，不宜蓄水，交通不便，改造成本高，适宜封山，依靠自然恢复力来恢复植被；山腰、荒地等土壤，虽然水分条件较好，但是仍不适宜种植农作物，对于这样的地方可以自然恢复，也可以人为种植适

宜的林木、草或果树等,加快植被恢复速度,这样既能降低土壤侵蚀,又能创造一定的经济效益;对沟底而言,应建设堤坝系统,它可以蓄水和淤积土地,还能够减少山体的崩塌和滑坡,保证人民的生命财产安全;对坡地和山脚农田来说,土壤、水分条件良好,交通也较方便,土地生产力高,适宜种植农作物来解决人们的粮食和收入等问题,但是在坡地上要水平梯田种植,以减少水土流失。根据不同的地形采取不同的措施,既要考虑到生态效益,又要考虑到人们的生活和收入问题,这体现了生态工程协调与平衡、因地制宜的原理和思想。

3. 从这一案例看,当地是怎么做到经济效益与生态效益相统一的?这一模式在其他小流域能够照搬吗?

提示:上题分析中已解答了经济效益与生态效益的统一问题。这种模式在其他小流域不能照搬,还是要因地制宜地进行生态工程建设,不同气候带、不同自然条件和不同经济发展水平的地区,其生态工程的模式应各具特色。

【大区域生态系统恢复工程——“三北”防护林案例】

1. 国家为什么投入巨大的人力和物力兴建“三北”防护林工程?这一工程为什么需要如此漫长的时间?

提示:“三北”防护林跨越中国13个省、自治区、直辖市,对我国具有重要的意义:生态环境的质量关系到这一地区人民的生产和生活问题,对维护社会稳定具有重要意义;更重要的是,这一地区的生态环境关系到下游地区人民的生产和生活,如黄河上游的水土流失容易导致下游地区的洪水泛滥,而危害巨大的沙尘暴的发生也与这一地区的土地沙漠化关系密切;同时这里自然矿产资源丰富,对我国的经济发展和国家安全具有重要战略意义。

这一地区区域广阔,气候、自然条件复杂,总体经济发展水平较低等情况也决定了这个工程需要较长的时间,非一朝一夕之功。

2. 这一工程横跨多个省区,根据协调与平衡

原理和生物多样性原理,不同地区在造林设计上应当注意什么问题?

提示:首先应考虑树种的生态适应性问题,种植适宜品种,宜林则林,宜灌则灌,宜草则草;其次要考虑树种的多样性,保证防护林体系的稳定性;不同地区应根据当地情况采取不同的策略,如条件恶劣的地区应该结合自然恢复力,而农区的防护林中农田防护林网可能占较大比重。

【湿地生态恢复工程案例】

1. 当初人们为什么要围湖造田?

提示:主要原因:我国历来人多地少,在“以粮为纲”的年代,围湖造田,种植农作物,以生产更多的粮食;片面强调经济发展,没有认识到湖泊的巨大生态调节功能也是重要原因。

2. 为什么说“退耕还湖”是一项巨大的系统工程?实施这一工程面临的主要困难是什么?

提示:退耕还湖不仅包括退耕地为湖区,还包括退耕后湖区上游以及湖区周围的生态环境保护工作;更重要的是原耕地上居民的迁移,要解决迁出居民的生活和就业等问题,这是退耕还湖工程的主要困难。

3. 地处湖区上游的人们对湿地恢复生态工程负有什么责任?

提示:保护环境,减少水土流失和水污染。例如,减少工厂、生活污水往水体中的排放,农田中减少化肥和农药的施用量等。

【矿区废弃地的生态恢复工程案例】

1. 在这一案例中,恢复植被的措施是植树和种草,为什么不是种植农作物?

提示:矿区土壤条件恶劣,不适宜农作物的生长,因此代之以适应性强,耐旱的灌木、草和树。

2. 怎样合理地筹划养殖肉牛的数量?

提示:首先要考虑到牧草的产量,以草定畜;从外地调运饲料要考虑饲养成本;更重要的是要考虑到土地对粪肥的承载力,以及对粪肥的加工或利用情况,要保持在承载力范围以内,以免养殖规模过大,粪肥数量巨大而造成新的污染。

3. 除煤矿外,你知道还有哪些矿区吗?这些

矿区的恢复工程与煤矿是否有不同之处?

提示:除煤矿外,还有金矿、铁矿等。这些生态恢复工程最重要的是改良表土,恢复植被,但要因地制宜。

【城市生态工程】

1. 汽车尾气是城市大气污染的主要来源之一,汽车噪声又是城市噪声污染的主要来源。你认为应当限制城市居民购买汽车吗?为什么?如果不限,应当采取什么措施来减少由汽车造成的污染?

提示:减少污染的措施:制定法律法规,禁止市区内鸣笛,禁止使用含铅汽油,鼓励使用电力、天然气等无污染能源的新型汽车,以及对其的研究和应用等。

2. 城市的水污染问题应当采取哪些措施来解决?每一个城市居民应当在这方面承担什么责任和义务?

提示:减少或禁止工厂的污水排放;进行污水净化回收利用;实行雨水和污水分流。

每一个城市居民都应该树立节水意识、宣传节水的意义,家庭生活中应该使用无磷洗衣粉和洗涤剂,制止或减少生活中的水污染行为。

(三) 旁栏思考题

发达国家与我国的生态工程建设强调的重点有所不同,为什么?

提示:发达国家经济发展水平较高,人均土地、水等资源占有量较多,所以这些国家的生态工程往往注重生态恢复,而较少注重经济效益。而我国人口较多,人均土地、水资源和能源占有量少,所以在进行生态工程时,一定要注重生态效益、社会效益和经济效益的统一。

五、知识拓展

1. 你知道美国的罗斯福工程吗?

19世纪中叶,美国鼓励向半干旱的西部大草原移民开垦,认为这是既发展西部又解决就业问题的聪明之举。1860—1890年,90 000 km²不宜作为农田的天然草原被开垦。但由于农作物的地面覆盖远没有草地来得有效,加上过度开垦、放

牧造成土地大面积沙化,从而提供了沙尘源。从20世纪30年代起,沙尘暴渐成气候。1934年5月12日,一场巨大的风暴席卷了美国东部与加拿大西部的辽阔土地。风暴从美国西部土地破坏最严重的干旱地区刮起,形成一个东西长2 400 km,南北宽1 500 km,高3.2 km的巨大的移动尘土带,空气含沙量达40 t/km³,遮天蔽日,向东部横扫过去,直达首都华盛顿。风暴持续了3天,掠过了美国2/3的大地,约3×10⁸ t土壤被刮走。风过之处,水井、溪流干涸,牛羊死亡,冬小麦严重减产,人们背井离乡。这就是震惊世界的“黑风暴”(Dust Bowl)事件。类似事件后来又发生过若干起。

1934年起罗斯福总统紧急实施“大草原各州林业工程”,即“罗斯福工程”。工程规划沿西经100度线种植一条纵贯美国的防护林带,南北长约1 850 km,东西宽160 km,建设范围约1 851.5×10⁴ hm²。用了约8年时间(1935—1942年),营造林带总长28 962 km,面积约10⁵ hm²。到20世纪80年代中期,人工营造的防护林带总长16×10⁴ km,面积约65×10⁴ hm²。

在开展造林工程的同时,美国成立了土壤保持局,鼓励各州采取土壤保持措施,如农田免耕、覆盖、休耕、粮草轮作、退耕还草等措施;同时把新垦地上的几十万居民举家迁往西海岸。这些系统的生态治理措施,使得美国后来基本上控制了黑风暴。这是人类应用生态工程改造环境的一个良好案例。

2. 你知道“新大林改造大自然计划”的前因和后果吗?

苏联从1954年开始提出“让荒地服务于社会主义”的口号,在哈萨克斯坦、乌拉尔等地的半干旱草原上,10年之内盲目开垦了约6×10⁵ km²土地。这虽然一度使苏联粮食年产量增加了大约2/3,但却造成了植被和表土结构的破坏。在1960年3月和4月,两次出现大面积黑风暴,仅哈萨克斯坦新垦区农田就被毁了2×10⁵ km²。其农耕系统几乎瘫痪,连邻国罗马尼亚、匈牙利和南斯拉夫也都尘土迷漫。比黑风暴波及更广、持续更

长的,是同时发生并绵延至今的白风暴。苏联在土库曼斯坦卡拉库姆沙漠中修建卡拉库姆运河,从亚洲第三大湖咸海的主要水源——阿姆河调水,灌溉农田和草场。这种“创造性地再造自然”带来了一系列生态环境问题:阿姆河河水被截走,使得阿姆河下游的咸海水位急剧下降,30年间湖岸线后退了10~20 km,咸海湖底盐碱裸露,周围地区沙化严重,“白风暴”(含盐尘的风暴)接踵而来,不仅使咸海附近的环境荒漠化,还永久性地毁灭了60%的新垦区,使其成为生命的禁区,导致了不可逆转的生态灾难。

1948年,苏联实行了“苏联欧洲部分草原和森林草原地区营造农田防护林,实行草田轮用,修建池塘和水库,以确保农业稳产高产计划”,这就是所谓的“斯大林改造大自然计划”。规划用17年时间(1949—1965年),营造各种防护林 $57 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 。实际营造各种防护林 $287 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。1967年,苏联发布“关于防止土壤侵蚀紧急措施”的决议,将营造各种防护林列为防止土壤侵蚀的主要措施,再次把防护林建设列入国家计划。到1985年,苏联已营造防护林约 $55 \times 10^5 \text{ hm}^2$;国家防护林带 $13.3 \times 10^4 \text{ km}$,总长11 500 km,这些林带分布在分水岭、平原、大河两岸、道路两旁,对调节径流、改善小气候、提高农作物产量等起到明显作用。20世纪80年代末期,苏联解体,防护林大规模营造活动中止。

从总体上看,苏联把生态恢复和保护工程片面理解为只是营造农田防护林网,而且是“改造”自然的行动;但伴随造林工程的不是退耕还林还草,反而是耕种面积的进一步扩展和生产用水扩大。其结果是虽然到1953年营建的防护林近 $23 \times 10^5 \text{ hm}^2$,但到20世纪60年代末,保存下来的防护林面积只有2%,其结果就是生态环境局部变好而整体恶化。

3. 最近这些年来我国北方沙尘暴问题日益严重的主要原因是什么?

沙尘暴的形成及其大小,直接取决于风力、气温、降水及与其相关的土壤表层状况。气候异常、高空气流运动、气温升高是造成沙尘暴的主

要原因;降水稀少导致表层土壤干燥、疏松;植被破坏、沙化土地不断扩展是沙尘暴频繁发生的重要原因,而这与人类的毁林毁草开荒、过度放牧、滥樵滥采等破坏活动密切相关;同时城市建设中工地裸露也是扬沙浮尘天气的原因之一。

4. 有什么新方法处理农作物的秸秆?

秸秆还田、青贮饲料、沼气发酵和秸秆汽化等。

秸秆汽化技术是近年来发展的一项较新的秸秆利用技术。秸秆经过汽化后,生成可燃气体(相当于发生炉煤气),用于农村居民的炊事及采暖,也可生产电力。这种技术比秸秆在作为燃料使用时的热效率大大提高,可以更有效地利用,并减少了环境污染。

5. 薪炭林种植的树种有什么特点?

薪炭林具有生长稳定、速生、高产、发芽率高、热值高等特性,包括天然林和人工林。发展以生产燃料为主要目的薪炭林是我国森林发展的重要方面。发展薪炭林,不仅关系着我国林业建设成效,也是缓解我国薪材供求矛盾和农村能源短缺的重要措施,对于改善林种树种结构,增强森林适应社会和抗御自然灾害能力,维护和改善生态环境,促进秸秆、畜粪还田和农村经济发展都具有重大战略作用。

6. 生物净化生态工程如何用于解决水体的富营养化?

包括养殖场、屠宰场废水在内的高浓度有机废水,虽然经过厌氧处理(沼气发酵),可以有效地降低生物耗氧量(BOD)和化学耗氧量(COD),但是沼液中大量的氮、磷养分并未脱去。如果集中排入水体,仍然可能导致富营养化。这种情况与由于面源污染和城市污水引起的富营养化是一样的。关键是如何能有效地脱出过多的氮、磷等,以致脱去水中的重金属。原中国水稻所科技人员创造了用浮床种植特殊的水生、半水生植物的办法,较好地解决了这个问题,所定期采收的绿色植物体有的可以直接用做饲料,或加工成绿肥,有的甚至在大量干燥处理后进行金属的熔炼,提取铜、锌、汞等金属。目前国内外都有类

似的试验。该技术一般在1~2年就能使水体内原来的劣V类标准净化达到Ⅲ类标准,并能使沉水植物和底栖生物等水生生物得到自然恢复,使水生生态系统逐步达到稳定状态。

7. “生物圈2号”生物群落分区的情况是怎样的?(图见教材)

(1) 人类居住区

这是首批“生态航行者”曾居住过的房间,现以博物馆的形式向公众开放。在第一层准备了一个有关地球发生气候变化的展览。通过电脑演示,参观者可以发现,当温室效应增强时,地球上将可能发生什么情况,并且可以参与设想各种拯救地球的方案。

(2) “肺”(大气扩张室)

在“生物圈2号”中,“肺”的作用是贮存缓冲空气,并推动空气在“生物圈2号”中的运动,以适应“生物圈2号”内的压力变化,这样可以避免温室发生爆炸。

(3) 农业区

温室的农业区称为精细农业生态区,在那里生产科学家所需要的食物,还要进行恶劣条件下可持续农业的实验。

(4) 沙漠

在“生物圈2号”内模拟的沙漠是以美国加利福尼亚沿海沙漠的生态系统为样板(冬季靠雨水灌溉)。目前正在进行的研究,是为了确定生物体在多大程度上能够适应这种土壤条件,尤其是适应湿度的重大变化。移植的植物大部分是所谓的“多汁”植物(肉质植物),其中包括各种仙人掌。

(5) 热带雨林

模拟热带雨林的生态系统区占地约2 000 m²,最高处达28 m。这个区域包括了绝大部分热带植物,其中以亚马孙河流域的物种占多数。该生态

区内部为各个物种提供了8个不同的生态环境,其中有山脉、河流、瀑布和芦苇丛生的湖泊等。

(6) 热带草原

这个区域分为两个部分,分别种植着不同植物。一部分由佛罗里达州大沼泽地岛上的水生植物和各种金合欢属植物(经过挑选,以便进行生产橡胶的试验)组成,另一部分则长满果树,主要是芒果树。

(7) 海洋

海洋以加勒比海珊瑚礁的生态系统为样板,由一个3 500 m²的大水池构成海洋。选择的物种较齐全,从浮游生物到大型捕食动物都有。目前的研究涉及珊瑚礁的营养循环,以及过量的二氧化碳对珊瑚生长的负面影响。

8. “生物圈2号”用了多长时间建成?

“生物圈2号”于1986年11月破土动工。1991年9月,第一批8名实验者进入其中并开始实验。1993年2月,向“生物圈2号”输氧,人员撤出。1994年2月第二批7名实验者进入其中,几个月后撤出,实验失败。

9. 什么是“精确农业”?

精确农业(precision agriculture, PA),或称精细农业、精准农业,是大约20年前在美国明尼苏达大学的土壤学者倡导下开始探索的环境保护型农业的通称。作为基于信息高科技的集约农业,PA将遥感、地理信息系统、全球定位系统等技术,与作物生长模型、作物—土壤养分动态等农学技术,以及传感技术、电脑控制喷洒施肥装置等农业机械技术结合起来,实现在农业生产全过程中对农作物、土地、土壤从宏观到微观的实时监测,进行因地(土地空间分布)制宜地精确施肥和用药,做到增产、节肥(药)、节水和减少农业化学品对环境的污染,同时实现生产率的提高和可持续发展。

前沿动态

1. 关于沼气的研究进展

沼气发酵是一个极其复杂的生物化学过程，包括各种不同类型微生物所完成的各种代谢途径。这些微生物及其所进行的代谢都不是在孤立的环境中单独进行的，而是在一个混杂的环境中相互影响。它们之间的相互作用包括：不产甲烷细菌与产甲烷细菌之间的作用；不产甲烷细菌之间的作用和产甲烷细菌之间的作用。

在沼气发酵过程中，不产甲烷细菌与产甲烷细菌之间，相互依赖，互为对方创造和维持生命活动所需要的良好环境条件，但它们之间又互相制约，在发酵过程中处于平衡状态。它们之间的主要关系表现在下列几方面：①不产甲烷细菌为产甲烷细菌提供生长所需要的基质；②不产甲烷细菌为产甲烷细菌创造了适宜的氧化还原条件；③不产甲烷细菌为产甲烷细菌清除了有害物质；④产甲烷细菌又为不产甲烷细菌的生化反应解除了反馈抑制；⑤不产甲烷细菌和产甲烷细菌共同维持环境中适宜的 pH。

沼气发酵的整个过程分为三个阶段，即液化阶段、产酸阶段、产甲烷阶段。有机物分解可分为两个阶段：第一阶段，复杂的高分子有机物质转化为低分子的有机物，例如乙酸、丙酸、丁酸等；第二阶段，将第一阶段的产物转化为甲烷和二氧化碳。其中乙酸转化为甲烷有两条途径：①乙酸的甲基化形成甲烷；②乙酸转化为 CO_2 和 H_2 ，再形成甲烷。

总体来看，目前我国关于沼气的科研较薄弱，沼气发生的一些基本原理仍在探索之中。

2. 我国生态农业面临的一些问题

生态农业是在不晚于国际可持续发展和可持续农业思想肇端的 20 世纪 70 年代晚期，由我国科技人员、农村基层干部和农民，在当时几乎与外部世界隔绝的特殊年代，完全靠自身对农业发展途径和战略的思考与判断而创建出的中国农业

可持续发展的模式。它基于中国传统农业的精华——无废弃物农业，同时又加入了符合农村实际需求的农业生态工程，在派生产业、增加劳动力的就业机会、降低环境污染、促进农村综合发展等方面发挥了巨大的作用。

但是随着市场经济的发展，农业重点的变化和内涵的扩展，进入 20 世纪 90 年代后期以后，生态农业的发展遇到了新的问题。

(1) 一个地区生态环境的改善，受益的不一定只是这个地区的农民。因此，谁来代表受益的地区或社会，为生态建设和环境治理的社会效益“埋单”，就成为生态农业持续发展的一个前提条件。

(2) 在过去的 20 多年中，生态农业过于依赖行政力量的推动和号召，结果是一旦行政部门的兴奋点转移，推动力就大为减弱。

(3) 从科技方面来看，生态农业技术的创新力度有待加强，对规律的总结提炼不够，国际交流与合作尚不够广泛。生态农业的产业化程度、骨干工程的规范化和标准化程度较低，迫切需要在今后加大研究开发的力度。

3. 西部生态治理的新思路

思路之一：在我国西部农区和牧区交错的地带，有数千年漫长的农牧区界线拉锯式变动和农进牧退的过程，这一地带不适合将种植的粮食作物不断向半干旱山坡地扩展，因为这会严重地破坏自然植被，诱发一系列破坏生态环境的效应，如滥垦兼撂荒，水土严重流失及土地肥力减退。但是如果在这—地带内采取断然措施，全部或大部分退耕还草、还林，势必同农民的生存（粮食安全和收入保障）发生尖锐的矛盾。为此，生态学者任继周、程序等提出了“离粮于草”“生态系统生产力”的概念和思路，即把耕地集中到十分有限的沟谷地区上，采用各种技术，如简易日光温室（以充分利用北方农牧交错带丰富的光能资

源),推行节水灌溉;配合种植瓜果、养猪及沼气池形成的“四位一体”,延长食物链,充分利用生物质能,增加增值环节;其余的山坡地全部退耕,宜林则林,宜草则草,宜灌则灌;或实行草田轮作,生产出的牧草、饲料用来发展畜牧业,生产肉、蛋、奶等畜产品,增加动物性食物生产,促进农牧系统的耦合,提高这一地区总的农业生态系统生产力,改善国民膳食结构,使农业产值成倍增长;此外,能很好地适应恶劣条件的植物往往含有某种对人类具特殊功能(如医用)的次生代谢产物或活性物质,提取这些以往未知或被看作是毒(废)物的成分,可形成商品(即经济生产力)。经济生产力同初、次级生产力的耦合将形成可观的“生态系统生产力”,从而为打破恶性循环提供足够的“启动”力。这将是一条解决发展农村经济同改善、保持生态环境质量之间矛盾的途径。

思路之二:目前我国每年都投入大量的资金用于西部生态退化的沙地和草地植树、飞播等,但是这些经费支出的效果相对于大量的投资来说收效很小。为此,中国科学院植物研究所蒋高明提出了建设生态城镇,以地养地,依靠自然力恢

复草原生态系统的治理方略。将这部分经费用于围封,建自然保护区及改善搬迁牧民的生活,腾出土地“休养生息”,将会收到事半功倍的效果;在沙尘暴的治理方面,关键要解决自然生态系统恢复演替中牲畜及人口的压力,生态系统的平衡可以借助自然力解决。由此可见,在荒漠化治理中存在更多的是管理问题。

我国内蒙古某旗飞播了三百多公顷沙地,使植被覆盖率提高了约30%;成本81万元,每提高10%的覆盖率合81元/公顷,这还不包括飞播不成功造成的各种浪费。而围栏实验证明,在2600多公顷沙地草地里的实际投入只有16万元围栏费,滩地的草本覆盖率达到100%,流动沙丘的自然恢复率达到30%,平均起来,每提高10%的覆盖率的费用为2.6元/公顷,而且自然恢复的植被没有外来种,为优质的禾本科牧草。因此,无论从经济上,还是从生态上来看,飞播都是不合算的。况且仅靠树木并不能阻挡沙尘暴,在沙尘暴发生最严重的早春,现场观察到的情况是,杨树林里的沙子照样在流动,林子外面的能见度在5 m以下;而灌木地和草本层覆盖较好的地段,能见度则能达到200 m以上。

教学案例

生态工程的实例:农村综合发展型生态工程

课前准备:考察前确立研究课题,师生共同制订研究计划。

研究计划

研究课题:《关于×××村综合发展型生态工程的调查报告》

阶段一:制订研究计划

1. 确立子课题

要求:各组认领课题后,明确课题负责人,开始进行研究。

组别	子课题	研究方法	负责人
一组	沼气工程的发展情况	调查法	
二组	沼气池的运营状况(能流、成本、管理等)		
三组	农业生态系统结构模式的变化		
四组	实行生态工程前后农民生活的变化		

2. 搜集资料

搜集有关资料,了解本课题有关的研究情况
(可通过网络、图书馆、书店等)。

3. 制订计划

要求组长组织同学制订计划,并由老师认可。

老师事先和×××村村长联系考察事宜,并将计划交村长安排调查工作。

阶段二:实地考察。

阶段三:整理资料并撰写报告。

阶段四:课题汇报交流(见交流实录)。

教学程序	教 学 活 动	教学手段和方法	预期目标
1. 介绍课前同学们工作的情况。	师:前一段时间大家做了《关于×××村农村综合发展型生态工程的调查报告》的研究课题。调查前各组都搜集了很多相关的资料,并制订了研究方案。有的组计划走访农户,自己设计了采访的问题,第四组同学还自己设计了调查问卷。上周三我们利用半天时间考察了×××村生态工程建设的情况。村沼气的负责人张工程师带领同学们参观了沼气工程,村长向同学们介绍了当地生态工程的建设情况,然后各课题组在村中开展了各自的研究工作。回来后,同学们利用一周的时间整理了自己的研究工作,分析材料,并写出了调研报告,今天大家在一起开一个课题报告会,总结交流各组的调研成果。	讲授。	使学生明确研究过程和本专题研究中承担的任务。
2. 提出汇报要求。	下面各课题组长将对本组的研究情况进行汇报。每组的汇报时间6 min。汇报内容包括研究过程、调查结果、结论、讨论、建议,以及收获与体会等,然后用2 min回答同学的问题。汇报结束后,用几分钟全班进行讨论和评议,最后教师总结。		使学生明确汇报的程序。
3. 提出听汇报的要求。	同学进行汇报时,各位同学都是评委,以组为单位,按照评价要求评价其他组同学的表现(内容见附表)。听汇报时应该注意以下要求:(1)认真听同学的汇报,并评判他们组是否按计划完成了调查工作;(2)如果发现某组调查中有问题或有补充意见,应该及时提出;(3)最重要的是要做好记录。在完成汇报后,大家共同对各组汇报进行评议。下面请第一组同学汇报。		培养学生听汇报的能力,参与讨论的能力,并学习评价论文。
4. 第一组汇报。	第一组汇报 我们组的研究课题是《×××村沼气工程的发展情况》。选择这个题目后,小组的五个同学就开始了准备工作,我们上网搜集了资料,查询了人们对沼气的认识和沼气工程在我国的发展情况。 很多同学认为沼气就是甲烷,经调查大家明白了沼气是一种混合气体,主要成分是甲烷,除此以外,还有少量的一氧化碳、硫化氢、氢气等,与天然气的成分相似。天然气是一种不可再生能源。我国农村的大面积推广沼气池是在20世纪60年代以后。 ×××村第一个沼气池建于20世纪80年代,是由城里的大学老师指导农民修建的。我们走访了村里60多岁的张大爷,他向我们介绍了村里沼气池的发展情况,并带我们参观了村里的第一个沼气池。	学生讲述。	清晰地表达自己的研究工作,并学会制作汇报讲稿。 培养获得信息、整理信息和分析信息的能力。

续表

教学程序	教 学 活 动	教学手段和方法	预期目标
(2) 调查结果。	这是一个老式的、家庭式的沼气池，沼气池的原料是人和牲畜的粪便，从外观上看像一口土井。但是由于发酵工艺的问题，菌的活动不稳定，特别是冬天，沼气池内温度过低，不能产气，这时农民就只能烧柴，沼气池的作用不能完全发挥出来。 20世纪90年代后，科学工作者研究出了新型的沼气池。这种沼气池价格便宜。最重要的是：它是按照生态工程的原理设计出的“四位一体”沼气池，同学们参考课本中“思考与探究”题中的图，“四位”是指沼气池、猪禽舍、厕所及日光温室四部分，这是庭院经济与生态农业相结合的一种生产模式。 大学的老师用新技术亲自指导农民建沼气池，并且帮助村里建立农村综合发展型生态工程，对沼气池进行综合开发和利用。农民尝到了农村综合型生态工程带来的好处，村里的经济蓬勃发展，农民的收入也不断提高。 我们参观的这个村子目前已经建立了各种类型的沼气池96个，家家都有家庭式的小型沼气池，造价比较便宜，很多家庭的沼气池都是“四位一体”模式，生产的沼气主要用于做饭和烧水。村里人提起沼气池都十分兴奋。	展示第一个沼气池的图片。 学生看书，并展示沼气池的实景照片、全村沼气池统计图，以及大学教师指导农民建沼气池的图片。	培养学生用图表介绍研究结果的能力。
(3) 调查结论。	沼气反应池结构相当简单，建造成本低。我们组的结论是在农村发展沼气池很有前途。		让学生通过分析问题，能够得出合理的结论，同时，培养学生对生态农业问题的关注。
(4) 调查体会。	通过这次调查和研究，我们了解了沼气工程在我国农村的发展状况，特别是体会到了沼气工程给整个村子带来的变化。以沼气池为核心的农村综合型生态工程，改变了农村旧的生产方式，特别是对农民的生活产生了重大影响。当然，通过研究设计思路、实地调查、撰写报告等活动，使我们搜集资料的能力也有所提高；在与农民的接触中，我们真正感受到了他们的朴实、诚恳和热情。		
(5) 答辩。	学生问：请问报告中为什么没有提出农民自家的沼气池成本情况，建个沼气池贵吗？ 答：家庭式沼气池很简单，工程部分是农民自己建设的。成本应该包括水泥砌的池子和台子，购买储气箱、导气管、气压表等费用，有的家庭不用农村土灶台了，改用新的灶台也要投入些钱。另外，产气多了，还能够带热水器等。以上费用合计，家庭沼气池的成本约为上千元，总体上说农民还能够承受。		培养学生质疑的能力，以及听取他人意见及回答他人提问的能力。
5. 第二组汇报。	师：下面请第二组同学汇报，课题是《×××村沼气池的运营情况》。 第二组汇报		
(1) 调查计划。	我们组的研究课题是《×××村沼气池的运营情况》。我们制定的研究方案包括下列几个方面的内容：沼气池的原料和产气状况、菌群的发酵和管理、沼气池的能流情况。	展示本组研究计划。	

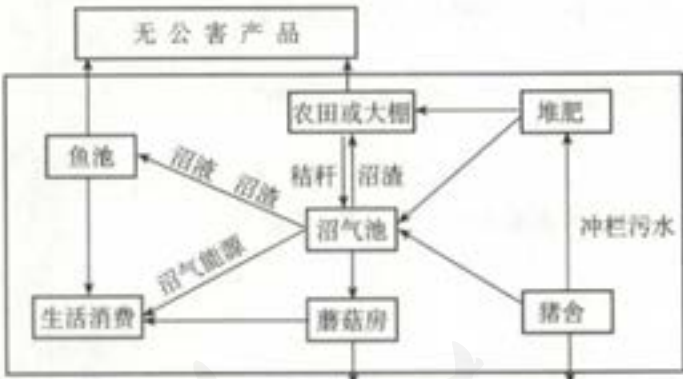
续表

教学程序	教 学 活 动	教学手段和方法	预期目标																		
(2) 调查结果和结论。	(一) 沼气池的原料和产气情况。 本村沼气池发酵用的原料有猪、鸡的粪便、废物污泥、麦秆、青草和人的粪便等。每种原料的产气量见表 5-1: 表 5-1 沼气池原料及产气情况 <table><tr><th>原料名称</th><th>产沼气量/($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$)</th><th>甲烷含量的体积分数/%</th></tr><tr><td>猪粪</td><td>600</td><td>55</td></tr><tr><td>鸡粪</td><td>300</td><td>60</td></tr><tr><td>废物污泥</td><td>400</td><td>50</td></tr><tr><td>麦秆</td><td>300</td><td>60</td></tr><tr><td>青草</td><td>630</td><td>70</td></tr></table> 我们组的结论是:(1) 沼气发酵的原材料几乎都是来自农家天然有机物;(2) 不同的材料发酵效果不同,但甲烷含量差别不大。 (二) 菌群的发酵和管理。 沼气发酵是一个复杂的过程,由若干种厌氧菌参与。在发酵过程中,每种菌的生长都受到一定的限制,实际上小型化沼气池甲烷生产过程中并不一定需要很高的技术及复杂的发酵工艺设备,而且发酵所需的原材料很容易得到。但是,大规模甲烷生产就需要对发酵过程中温度、pH、湿度等进行严格控制,这需要较高的技术。 (三) 沼气池的能流状况。 这方面在教材中已作详细介绍。原料无论是猪、鸡、人的粪便,还是麦秆和青草等,都是生产者固定的太阳能。这些原料经过微生物的发酵后,产出的沼气作为能源使用,还有一部分能量还保存在沼液和沼渣中,这是好的肥料和饲料。村里对沼渣的处理是:将沼液和沼渣分离出来做肥料或饲料。 我国农村自古就有一句俗语“庄稼一枝花,全靠肥(粪)当家”。畜禽粪便是宝贵的资源,它含有大量的氮、磷等营养物质。我们在书店里买到一本书《农村生态工程技术》,从书中查到了一些数据,例如,猪粪含磷量为 3.41 kg/t,含氮量为 5.88 kg/t。此外,利用沼气发酵的方法可将粪便污水进行发酵产生沼气,在此过程中,粪便中的有害细菌含量可大幅度下降,这样不仅可以提供清洁的新能源,而且还可以达到资源的多级利用,即“三沼”产品的综合利用:沼气可直接为农户提供能源;沼液可直接肥田、	原料名称	产沼气量/($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$)	甲烷含量的体积分数/%	猪粪	600	55	鸡粪	300	60	废物污泥	400	50	麦秆	300	60	青草	630	70	展示不同物质生产的沼气量。 展示常用的沼气原料中的氮、磷含量。	培养实地调查能力和使用图表介绍研究结果,以及整理资料的能力。 培养利用图表介绍研究结果的能力。
原料名称	产沼气量/($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$)	甲烷含量的体积分数/%																			
猪粪	600	55																			
鸡粪	300	60																			
废物污泥	400	50																			
麦秆	300	60																			
青草	630	70																			

续表

教学程序	教 学 活 动	教学手段和方法	预期目标																						
	养鱼等；沼渣是高效优质有机肥。更主要的是通过生产“沼气”这一环节，把种、养联系起来，形成一个物质多层次高效利用的生态农业良性循环系统。 表 5-2 畜禽粪便中氮、磷平均含量 <table border="1"> <thead> <tr> <th>畜禽类别</th><th></th><th>含磷量/(kg·t⁻¹)</th><th>含氮量/(kg·t⁻¹)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">猪</td><td>粪</td><td>3.41</td><td>5.88</td></tr> <tr> <td>尿</td><td>0.52</td><td>3.30</td></tr> <tr> <td rowspan="2">牛</td><td>粪</td><td>1.18</td><td>4.37</td></tr> <tr> <td>尿</td><td>0.40</td><td>8.00</td></tr> <tr> <td>鸡</td><td>粪</td><td>5.37</td><td>9.84</td></tr> </tbody> </table>	畜禽类别		含磷量/(kg·t ⁻¹)	含氮量/(kg·t ⁻¹)	猪	粪	3.41	5.88	尿	0.52	3.30	牛	粪	1.18	4.37	尿	0.40	8.00	鸡	粪	5.37	9.84		
畜禽类别		含磷量/(kg·t ⁻¹)	含氮量/(kg·t ⁻¹)																						
猪	粪	3.41	5.88																						
	尿	0.52	3.30																						
牛	粪	1.18	4.37																						
	尿	0.40	8.00																						
鸡	粪	5.37	9.84																						
(3) 体会。	本组的题目专业性强，为此，我们查阅了大量的书籍及网上资料，遇到不懂的问题，就问老师，老师耐心地回答我们的问题，并表扬了我们这种精神。	演示参考书目和感谢的教师名单。																							
(4) 答辩。	问：参观时，工程师介绍说沼气池产气还是不太稳定，例如冬天产气就少些，如果该做饭时没有气怎么办？ 答：产出的气要进入气室储存，需要时就能供气，但有些家庭也以瓶装液化气作为补充。 问：在沼气发酵的一定时期，需将沼渣和沼液排出，这时产气停止了吗？ 答：一般北方农民家里的沼气池一年清一次沼渣和沼液，多数在冬春季进行，这时沼气池内细菌活动减少，产气已基本停止。南方可根据情况随时清理。		培养质疑和答辩的能力。																						
6. 第三组汇报。	第三组汇报																								
(1) 调查计划。	我们的研究题目是《×××村农业生态系统结构模式的变化》。研究分两部分，一部分是没有实施沼气工程前，该地区的生态系统结构模式的特点；另一部分是推行沼气工程后，农村综合生态模式的建设情况，该村的生态模式发生了怎样的变化。调查时，我们将研究工作分两个小组进行。	展示研究计划。																							
(2) 调查结果。	第一小组研究推行沼气工程前的生态模式，研究方法是走访村中的老乡和村长。我们了解到的情况是：过去村里的农业模式是传统式的，农业的核心是农田，农民的收入全部依赖田里的产量。农田产量不高，能量的利用低，更多的是利用化肥的“石油农业”。 第二小组研究沼气工程推行后农村建立了以沼气工程为中心的生物质能多级循环利用工程。这个工程充分利用了物质循环原理（图 5-3）。在旧的农业模式中，以作物的秸秆作为燃料，来不	展示生态模式的物质循环示意图。																							

续表

教学程序	教学 活 动	教学手段和方法	预期目标
	及处理时就在田里焚烧,结果造成了空气污染。实行了生态工程后,作物的秸秆被用来发酵生产沼气,还能用来生产食用菌。村里建了蘑菇养殖房,产出的蘑菇是农民收入的来源之一。村里还利用了特殊的技术处理这些秸秆(利用氨水或氮素化肥处理稻麦秸秆,使之软化适口),经过处理后的秸秆可成为好的饲料,用来喂养畜禽。 人、畜粪尿过去被用来沤肥、浇地,这种做法不卫生,一些寄生虫病可通过人、畜粪尿传播。现在村里的这些粪尿可以进沼气池发酵。发酵产生的沼气可以用来做燃料;发酵后产生的沼液用于养鱼;清理出的沼渣也不是废物,由于发酵作用,一些致病细菌被消灭,营养成分含量高,成为有机农产品的“无公害肥料”。 该村生产的蔬菜已经符合绿色食品生产的标准,基本不使用化肥,成为绿色蔬菜生产基地。沼渣还可以用来喂养畜禽,秸秆中含纤维素,经过发酵后,沼渣中纤维素含量很低,而营养价值却提高了,村民养鸡和养鱼都可以利用沼渣。总之,沼气池带动了全村农业的大发展。 这一模式的能流、物流的结构示意图如下所示。  图 5-3 沼气工程能流、物流结构示意图	展示村里生产的“绿色蔬菜”等图片。 展示沼气工程能流、物流结构示意图。	培养学生比较研究能力。
(3) 结论。	我们组的结论是:以沼气工程为核心的农村复合型生态工程通过物质多级利用,循环再生,能够更有效地利用植物固定的太阳能,显示出明显的优越性。		
(4) 体会。	我们就从一个方面谈谈体会:物质循环利用图是我们自己画的,画好这张图需要实地调查,查阅资料,自学等。这使我们体会到做好一件事情是十分不容易的。		
7. 第四组汇报。	第四组汇报		
(1) 研究计划。	我们组的研究课题是《实行生态工程前后农民生活的变化》,研究的方法是走访农户,做访谈调查,为此,我们特别设计了问卷。在问卷设计过程中,本班同学的家长为我们提供了帮助,不		

续表

教学程序	教 学 活 动	教学手段和方法	预期目标
(2) 问卷设计。	仅教我们如何设计问题，还向我们介绍了参考书，另外还帮助我们修改问卷，下面是问卷的提纲部分： 第一部分：实行生态工程前后农民生活状况与生活质量 1. 生态工程实行前后人均年收入情况，各项主要的收入情况（包括粮食作物、经济作物、副业、外出打工收入等）。 2. 生态工程实行前后主要的支出有哪些？（衣食住行学等） 3. 生态工程实行前后每年剩余多少钱？剩余的钱打算干什么？ 4. 对目前的生活是否满意？主要满意的方面有哪些？不满意的有哪些？ 第二部分：农民对生态工程的认识 1. 是否知道本区域实施农村综合型生态工程？为什么要实施生态工程？ 2. 是否愿意支持生态工程？ 3. 生态工程和自己的生活有什么关系？ 4. 期望生态工程给自己的生活带来怎样的变化？ 我们共走访了10户，下面是我们的调查结果。		学会设计问卷。
(3) 调查结果。	第一部分：调查实行生态工程前后农民的生活状况和生活质量。 该村过去是有名的穷山村，种的庄稼只能满足农户自己的口粮，粮食卖出的很少，只靠本地的土产增加一些收入，人均收入一年才几百元，不少农民被迫外出打工。现在实现了沼气工程，村里的产品多了，种杂交玉米，产量提高了，卖粮食成为重要的收入。靠沼气工程带动的产业还创造出了较大的经济价值：绿色蔬菜使很多农民发了财；村里有几家是养鱼、养猪或养鸡专业户，这些人家靠卖鸡、卖猪就能赚很多钱；村里还利用沼渣和处理秸秆技术，建起了小型饲料加工厂，生产饲料，创造出了较大的经济价值；村里将自产的土特产（绿色食品）推销到城里，成了热销品；除此之外，他们还利用自己的优势，发展了旅游农业和观光农业，带动了这一地区农业经济结构的改变。村里人均收入翻了几番，达到了几千元。外出打工所占的比例有所下降。这些都充分说明实行生态工程对农民生活产生了巨大影响。农民的支出也大幅度增加，以前钱主要花在卖种子和化肥上，而现在主要花在孩子上学上，有一户农民还自己花钱送孩子到城里上学呢！此外，吃穿上花钱也比以前多了。看来生态农业带来的是农民观念的转变呀！农民的剩余资金增加了10倍。 我们最关心的是他们如何计划利用这些剩余资金。为此，我们走访了一些农民，他们各有打算，有的计划盖房子，有的计划投入扩大生产，也有一半人打算攒起来，用于自己生病和子女的	展示问卷和调查结论的图表。	

续表

教学程序	教学 活 动	教学手段和方法	预期目标
(4) 结论。	教育费用。 第二部分：调查农民对生态工程的认识。大部分人对生态工程有一定了解，而且接近 90% 的农民支持生态工程；80% 的受访者认为生态工程与他们的生活关系密切；60% 的农民认为目前生态工程给他们带来的变化与他们的期望相符。 通过第一部分的调查，我们的结论是：生态工程的确使农民的生活状况和生活质量有了很大的变化。村长说：“沼气工程是生态家园富民工程。”		
(5) 提问。	第二部分调查的结论是农民对生态工程有一定的认识，支持并认可生态工程给他们带来的变化，对村里生态工程带来的变化是满意的。 问：什么是副业？ 答：主要是卖些山里的土产：核桃、蘑菇等。		
8. 同学讨论、代表发言。	学生：我认为各组的汇报各有特点，例如，第一组同学认真查阅了沼气工程在我国开展的历史背景，使我们明白了为什么目前要大力推广沼气工程。第二组自己到大学找教授请教问题，我们很佩服。第三组同学自己画能流图。特别是第四组的问卷设计得太好了！统计后用数字来说明问题，使我们学会了问卷调查的方法。		培养评价他人工作的能力。
9. 老师总结。	学生：我想谈谈一些不足：第一组汇报调查内容设计的略简单了；第二组应该细致地调查原料的投入和产出比例；第三组同学提出了生态工程给村里带来的变化，但没有详细地统计每种变化的比例；第四组调查的样方太小了。但我感觉他们有些研究的味道，这次研究性调查，真正锻炼了我们的能力。 教师：各组的汇报都很出色。通过这次考察和研究，同学们共同认识到了农村综合发展型生态工程的特点。我国有 9 亿多人口生活在农村，农业、农村、农民就是大家常听到的“三农”问题，解决这个问题具有十分重要的意义。 我国为什么要发展沼气工程？21 世纪是实现我国农业现代化的关键历史阶段，现代化的农业应该是高效的生态农业。沼气工程把农业生产、农村经济发展和生态环境保护、资源高效利用融为一体，不仅较好地解决了农村的能源问题，而且实现了废弃物的再循环利用和资源化，并且创造了新的生态产业（如沼气池的建设和维护），促进了农牧结合为中心的多种经营，为农村剩余劳动力提供了就业机会，促进了农村的综合发展。 目前沼气工程还存在一些问题。例如：北方沼气产气在冬天不稳定，需要加热；沼气的一次性投资较大，部分农民在财力上有困难；对沼气的研究还应当加强，以促进沼气工程的推广。 大家在这次调查活动中所表现的能力和值得表扬。但研	讲授。	将学生还没有认识到的沼气工程的意义介绍给学生，使学生理解科学、技术和社会之间的关系。 客观分析沼气工程的不足，以发展的观点看待事物。

续表

教学程序	教 学 活 动	教学手段和方法	预期目标
	究过程也暴露出大家的一些问题,如调查时取样太少,数据的可靠性就不够了。 通过调查,我们还增进了对农业、农村和农民的了解,不少同学在调查结束后都流露出恋恋不舍的心情。我国是一个农业大国,农业、农村和农民问题关系到我们整个国家的兴衰。让我们继续关注农业的发展,力争为振兴农村经济作出自己的贡献吧!		

附:某位评委对第四组同学调查报告的评价

内 容	要 求	得 分	评 语
1. 搜集信息	从多种途径主动搜集生物学信息;对信息进行鉴别、选择、整理、运用和分享。	20	利用图书馆、书店和询问家长等途径设计调查问卷;利用网络查询北京市农村收入等信息。上述工作表现出较高的搜集信息的能力。
2. 实地调查	调查的问题数量适当;问题目的明确、清楚;层次分明;阐述准确;问题围绕研究目的而设;注意调查的科学性和准确性。	20	调查问卷准备充分;问题明确;层次分明;特别是在半天的调查中,尽可能取较多的样本;随机取样。
3. 论文写作	格式规范;思路清晰;语言表述流畅;能利用数学方法处理和解释数据;材料分析深刻、全面,并能作出合理判断;用准确的术语、图表介绍结果和阐明观点。	19	格式规范;特别对调查的结果,能运用数学的方法进行统计,并用柱形图和饼形图来表示结果;对结果的分析较深入;讨论部分充分。但应该对该村存在的问题进行更深入的分析,由于受到调查时间的限制,所以取样太少。
4. 调查汇报	态度端正;问题阐述明确;语言流畅;材料分析深刻、全面;听取他人的意见,利用证据对自己的结论进行辩护以及必要的反思和修改;利用Power Point汇报,制作认真、有特点。	19	汇报思路清晰、流畅;Power Point制作较好,希望回答问题更准确些。
5. 合作	分工合理、明确;配合默契;组长工作认真,能协调各方面的工作。	20	同组6位同学分工明确,配合默契,每个同学根据自己的特点完成了一部分工作。小组长威信高,工作负责。

参考书目

1. 中国的农业生态工程。马世骏,李松华编,北京:科学出版社,1987年。
2. 可持续农业导论。程序等,北京:中国农业出版社,1998年。
3. 生态工程。云正明,刘金钢编著,北京:气象出版社,1998年。
4. 生态工程学。钦佩等编著,南京:南京大学出版社,1998年。

5. 生态工程的原理与应用。由文辉, 上海: 华东师范大学出版社, 1998 年。
6. 生态恢复工程技术。杨京平, 卢剑波主编, 北京: 化学工业出版社, 2002 年。
7. 有机农业生态工程。席运官, 钦佩编著, 北京: 化学工业出版社, 2002 年。
8. 生态城市—建设与自然平衡的人居环境。[美] 理查德·瑞吉斯特著, 王如松, 胡聃译, 北京: 社会科学文献出版社, 2002 年。
9. 生态经济。[美] 莱斯特·R. 布朗著, 林自新等译, 北京: 东方出版社, 2003 年。

人教版®