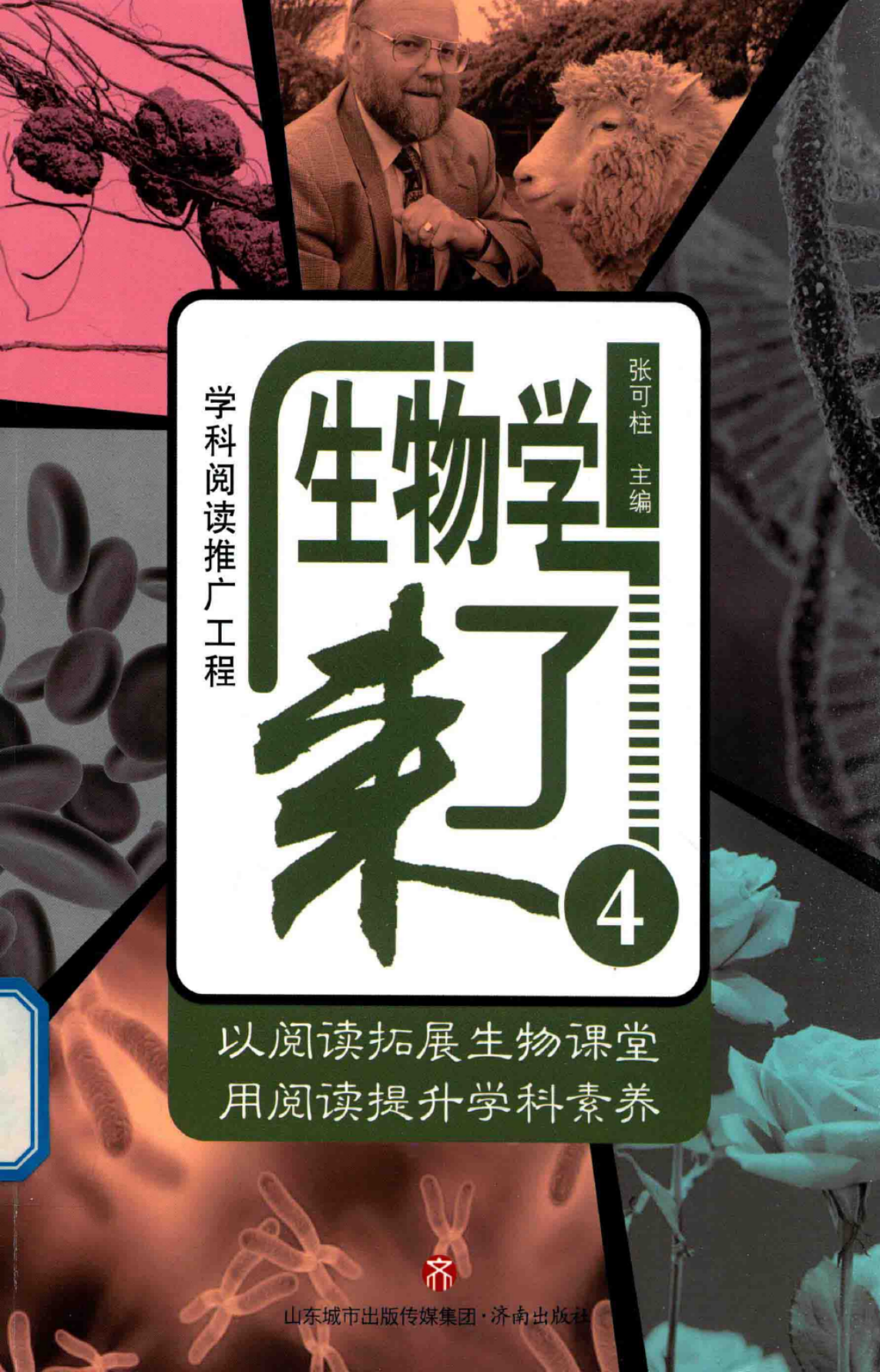




学科阅读推广工程

生物学 来了

张可柱 主编

4

以阅读拓展生物课堂
用阅读提升学科素养



山东城市出版传媒集团·济南出版社

学科阅读推广工程

生物学来了

张可柱 主编

4

本册主编：李成广

编者：（按姓氏笔画排序）

吕慧玲 曲江玲 齐洪波

李成广 李连梅 邹传龙

张玲 赵文静



山东城市出版传媒集团·济南出版社

图书在版编目(CIP)数据

生物学来了.4 / 张可柱主编. — 济南: 济南出版社, 2018.1

ISBN 978 - 7 - 5488 - 2945 - 4

I. ①生… II. ①张… III. ①生物课—初中—教学参考资料 IV. ①G634.913

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 004574 号

出版人 崔 刚
项目策划 周家亮
责任编辑 胡长娟
封面设计 胡大伟
出版发行 济南出版社
地 址 山东省济南市二环南路 1 号(250002)
发行热线 0531 - 86922073(省内) 0531 - 67817923(省外)
印 刷 肥城新华印刷有限公司
版 次 2018 年 1 月第 1 版
印 次 2018 年 4 月第 1 次印刷
成品尺寸 170 mm × 240 mm 16 开
印 张 6.5
字 数 97 千字
定 价 28.00 元

(济南版图书,如有印装错误,请与出版社联系调换。联系电话:0531 - 86131736)

以阅读拓展生物课堂 用阅读提升学科素养

(代序)

近年来，学科阅读的概念越来越受到重视。以教材为起点，引入丰富的相关文本，拉近课堂与课外的距离，拉近阅读与学习的距离，能使课堂变得更有张力和活力，形成对课堂的深度学习，构建起学科思维和学科素养，并进一步拓宽学科视野与探究能力。

这样的学科阅读，无疑能为我们的终身学习奠基。在此趋势下，为有效充实教材内容、拓展学科知识、培养学科素养，我们组织了一批教学经验丰富的专家和优秀教师，深入调查研究，认真总结分析，根据新课标和新考纲的要求精选内容，编写了本套《生物学来了》。

《生物学来了》选取了当前最前沿、最受关注的热点问题，用轻快的语言、鲜活的故事、活跃的学科思维，来分析热点问题背后的科学道理，有效拉近了学科知识与社会生活的联系。各册依据教材内容，精心选择主题文章，从不同侧面对生物学课本知识进行剖析、拓展和提升。从这些文章中，学生能读到与生物科学相关的奥秘、学科史等内容，目标是以一篇带多篇甚至多本，以课内带课外，以精读带博览，不断开阔学生视野，为学生打开知识之窗，将学科思维潜移默化地渗透于学生的学习当中。

苏联教育家苏霍姆林斯基说：让学生变聪明的方法，不是补课，不是增加作业量，而是阅读，阅读，再阅读。

愿本书能为你带来学习和生活的快乐，助你获得学科素养和能力的提升。

目 录

一 DNA 与亲子鉴定	001
二 神奇的转基因技术	005
三 基因工程	
——实现人类梦想的新途径	010
四 农杆菌与植物细胞的“特洛伊”之战	014
五 墨西哥玉米引发的论战	019
六 令人纠结的转基因食品	024
七 青春常驻不是梦	030
八 克隆技术	
——生命的复制	035
九 胚胎移植	
——现实版的“狸猫换太子”	041
十 相差 16 岁的双胞胎	046
十一 试管婴儿	051
十二 脐带血	
——为生命“备份”	057
十三 胰岛素	062

十四	地沟油的华丽转身	068
十五	生物武器	
	——廉价的原子弹	074
十六	细胞的“返老还童”	080
十七	人类器官可工厂化生产吗?	086
十八	番茄与土豆的“畸恋”	092
	参考答案	097

一 DNA 与 亲子鉴定

1. 你听说过哪些亲子鉴定方法？
2. 现代的亲子鉴定方法有哪些？
3. DNA 亲子鉴定的原理是什么？
4. DNA 亲子鉴定测试的步骤是什么？

生物探秘

在所罗门的审判中有这样一则故事：两位妇人都声称自己是孩子的母亲，于是所罗门就命令一名侍卫把那个孩子带来，要用剑将其劈成两半分给她们俩，结果假母亲同意所罗门的判决，而孩子真正的母亲却恳求侍卫饶了孩子的性命，她解释说：“把孩子给了假母亲，总比让孩子惨死好。”当然，真假母亲也就水落石出了。在这个故事中就牵涉到了有关亲子鉴定的话题。

原始的亲子鉴定方法

外貌对比法。由于遗传的原因，父子、母子、兄弟姐妹之间总会有些相似之处，通过外貌来确定亲子关系也许是最原始的方法，但这只能作为一种参考和猜测，不具权威性。

滴骨验亲法。就是将生者的血液滴在死人的骨骸上，若血液能渗透入骨则断定生者与死者有血缘关系，否则就没有。从现代的观点来看，这种方法并不科学，但开创了用血型鉴别血缘关系的先河。

滴血验亲法。又称合血验亲法，就是将小孩的血液与大人的血液放在一起，如果能融在一起，就是父母亲生的，否则就不是亲生的（图1-1）。这种认亲方法曾在中国宋代的法医著作里记载过。但是这种方法没有科学依据，亲子的血液不一定能融合，而非亲子的血液倒有可能融合。

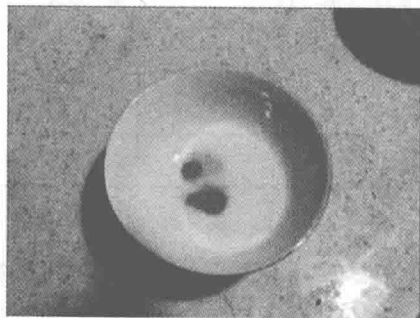


图 1-1 滴血验亲法

现代的亲子鉴定方法

利用血型测试进行亲子鉴定就是通过对血型的检验比对来确定亲子关系。依据孟德尔遗传定律，人类的血型是按照遗传基因传给下一代，故一定血型的父母所生子女也具有相应的血型。

人类的血型通常分为 A 型、B 型、O 型和 AB 型四种。如果明确父母的血型，那么就可以推断子女可能会出现的血型和子女不会出现的血型（表 1-1）。

表 1-1 ABO 血型遗传规律表

婚配式	子女可能有的血型	子女不可能有的血型
A × A	A、O	AB、B
A × B	A、B、O、AB	无
A × AB	A、B、AB	O
A × O	A、O	B、AB
B × B	B、O	A、AB
B × AB	A、B、AB	O
B × O	B、O	A、AB
AB × AB	A、B、AB	O
AB × O	A、B	AB、O
O × O	O	A、B、AB

从表中可知：孩子的血型不是唯一确定的，是一个大小差别很大的概率事件。但是，除 A 型血与 B 型血的人婚配以外，其他血型组合都有概率为 0 的不可能事件，即都有一些不可能出现的

血型。因此，用红细胞进行亲子鉴定，只能否定，不能肯定，也就是只能做亲权排除。

染色体多态性又称异态性，是指正常人群中常见的各种染色体形态的微小变异，这种多态是可以遗传的。这项技术就是利用染色体形态来鉴定亲子关系，要靠技术人员去仔细辨别各种染色体形态的微小差异，其准确率也不尽如人意。

DNA 是染色体的主要化学成分，携带有遗传信息，以引导生物发育与生命机能运作。携带有遗传信息的 DNA 片段称为基因，其他的 DNA 序列，有些直接以自身构造发挥作用，有些则参与调控遗传信息的表现。

DNA 亲子鉴定就是利用医学、生物学和遗传学的理论和技术，结合子代和亲代的形态构造或生理机能方面的相似特点，分析遗传特征，判断父母与子女之间是否是亲生关系。

DNA 亲子鉴定的原理

一个人有 23 对染色体，同一对染色体同一位置上的一对基因称为等位基因，其中一个来自父亲，一个来自母亲。如果检测到某个 DNA 位点的等位基因，一个与母亲相同，另一个就应与父亲相同，否则就存在疑问了。

利用 DNA 进行亲子鉴定，只需要

对十几至几十个 DNA 位点做检测比较。如果全部一样，就可以确定亲子关系；如果有 3 个以上的位点不同，则可排除亲子关系；有一两个位点不同，则应考虑基因突变的可能，加做一些位点的检测进行辨别。DNA 亲子鉴定，否定亲子关系的准确率几近 100%，肯定亲子关系的准确率可达到 99.99%。

DNA 亲子鉴定测试与传统的血液测试有很大的不同。它可以在不同的样本上进行测试，包括血液、口腔细胞、组织细胞样本和精液样本等。除双胞胎以外，每个人的 DNA 都是独一无二的，正是由于它的独特性，DNA 检测才成为最有效的亲子鉴定方法。

因为人体的 DNA 分布在所有的组织细胞里，所以含有人体细胞的检材，包括最常规的血液甚至人的毛发、唾液、口腔细胞、精液乃至吸食过的烟蒂都可以用于进行 DNA 亲子鉴定。

DNA 亲子鉴定测试的步骤

第一步：DNA 提取

首先抽取一家三口人的血液，之后对血样进行一定的处理，把血样中的 DNA 提取出来，然后进行一定的纯化，去除其中的杂质，得到纯净的 DNA 进行下一步的操作。

第二步：PCR 扩增

PCR 的中文名为多聚酶链式反应，

简单地说，PCR 扩增就是把我们所需要的 DNA 片段在仪器中进行大量复制，只需 2~3 个小时就可以得到几百万倍的 DNA，用于后面的分析。

第三步：后 PCR 反应

这一步主要是用测序仪检测的准备阶段，采用技术手段将双链的 DNA 打开，加一些检测用的标记，来标记需要检测片段的长度。

第四步：毛细管测序仪检测

由于 DNA 带有电荷，通过毛细管电泳的方法，借助之前的标记将不同片段的 DNA 分离出来，然后对一家三口人的不同 DNA 片段选取位点进行比对分析。

第五步：分析数据，出具报告

检测人员将检测结果进行进一步分析汇总，最后出具鉴定结论和报告。

盘点收获

1. 最可靠的亲子鉴定方法是

()

- A. 滴血验亲
- B. 滴骨验亲
- C. 血型测试
- D. DNA 亲子鉴定

2. 利用 DNA 进行亲子鉴定，只需要对十几至几十个 DNA 位点做检测比

较,如果全部一样,则 ()

- A. 无法确定亲子关系,必须对所有的 DNA 位点进行检测
- B. 可以确定亲子关系,不具有亲子关系的人是不可能有这么多的相同 DNA 位点的
- C. 无法确定亲子关系,换用血型测试更准确
- D. 可以确定亲子关系,因为检测亲子关系的两人所有的基因都相同

3. 可以用于 DNA 亲子鉴定的样品是 ()

- A. 黏膜
- B. 血液
- C. 口腔细胞
- D. 以上都可以

4. DNA 亲子鉴定的原理是:从被测试者的血滴、口腔黏膜细胞或培育的组织内提取 DNA,用限制性内切酶将 DNA 样本切成特定的小片段,放进凝胶内,用电泳推动 DNA 小片段分离,再使用特别的“探针”去寻找基因。相同的基因会凝聚在一起,然后利用特别的染料在 X 光下便会显示由 DNA 探针凝聚于一起的黑色条码。每个人的条码一半与其母亲的条码吻合,另一半与其父亲的条码吻合。反复几次,每一种探针用于寻找 DNA 的不同部位并形成

独特的条码,便可得到超过 99.9% 的分辨概率。请回答:

(1) 限制性内切酶能将 DNA 样品切成特定的小片段,这主要体现了酶的 ()

- A. 专一性
- B. 高效性
- C. 多样性
- D. 作用条件温和

(2) 每个人的条码一半与其母亲的条码吻合,另一半与其父亲的条码吻合。为什么?

二 神奇的转基因技术

1. 转基因技术的基本操作步骤有哪些?
2. 如何将目的基因导入受体细胞?
3. 如何检测某生物是否成功转入了目的基因?

生物探秘

2008年11月1日闭幕的东京国际花卉博览会上,全球首批真正的蓝玫瑰首次在公众面前亮相。从遗传学角度讲,玫瑰中不含天然的蓝色素,无法采用常规方法培育出真正的蓝玫瑰。最早出现在花卉市场上的蓝色玫瑰,实际上是用白玫瑰经染色技术培育而成的,而这次花卉博览会上展出的才是名副其实的蓝玫瑰。这种蓝玫瑰是转基因玫瑰,被植入三色紫罗兰中所含的一种能控制蓝色素产生的基因,花瓣因而自然呈现蓝色,这里用到的就是转基因技术。

转基因技术是指将外来基因导入生物体DNA中,由于外来基因的表达,引起生物体性状(即生物体的形态特征或生理特征,如玫瑰的颜色)的改变。可见,利用转基因技术可以有目的地改变生物性状,培育新品种,还可以培育出人们期望的生物制品。转基因技术最大的优势是可以打破常规育种难以突破的物种之间的界限,实现不同物种间遗传信息的重组和转移。1974年,科恩成功地将金黄色葡萄球菌质粒上的抗青霉素基因转到大肠杆菌体内,揭开了转基因技术应用的序幕。1982年,美国礼来公司首先实现用大肠杆菌生产重组胰岛素,标志着世界上第一个基因工程药物的诞生。1983年,世界上第一例转基因植物——一种含有抗生素类药物抗体的烟草在美国成功培植。1993年,世界上第一种转基因食品——转基因晚熟番茄正式投放美国市场。由此,转基因技术进入迅速发展的时期。



相关链接

基因的表达指基因控制蛋白质合成的过程。转基因的目的就是让目的基因在受体细胞内成功合成需要的物质或表现特定性状。

转基因技术的操作程序主要包括四个步骤：目的基因的获取、基因表达载体的构建、将目的基因导入受体细胞、目的基因的检测与鉴定。

目的基因的获取

获取目的基因是进行转基因技术的第一步。在转基因技术中，我们想要生物表现哪种性状，或想要生物生产哪种物质，那么，控制这种性状或这种物质合成的基因就是目的基因，如控制合成蓝色素的基因、控制抗虫特性的基因等。

基因是 DNA 分子的特定片段，一个 DNA 分子上有很多个基因，如何把目的基因单独提取出来呢？这就好比我们要把一条绳子上的某一段截取下来需要一把剪刀一样，把目的基因从 DNA 分子上剪取下来同样需要一把“剪刀”，它就是限制性核酸内切酶（图 2-1）。1970 年，美国微生物学家史密斯发现了第一个限制性核酸内切酶，随后几年又有很多限制性核酸内

切酶被发现。限制性核酸内切酶是专门用来切割 DNA 的工具，简称限制酶，它能识别 DNA 上的特定位置从而将其切断，不同的限制酶识别的 DNA 位置是不同的。1978 年，波兰遗传学家斯吉巴斯基在《基因》期刊中写道：限制酶将带领我们进入合成生物学的新时代。

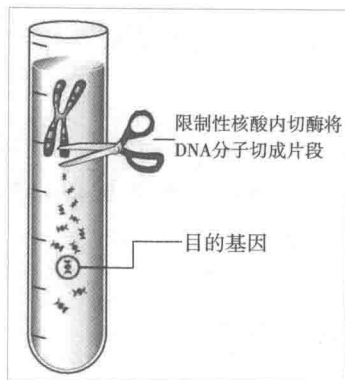


图 2-1 限制性核酸内切酶

随着基因测序工程的进行，我们对某些生物基因的结构了解得比较多，对于那些不易从生物体中提取的目的基因，我们往往就可以采用人工合成的方法。

基因表达载体的构建

基因表达载体的构建是转基因技术的第二步，也是核心部分。如果将目的基因直接导入受体细胞，受体细胞很可能将其作为外来者而降解掉，所以目的基因需要和运载体连接。运载体的作用是使目的基因在受体细胞中稳定存在、

相关链接

限制性核酸内切酶：是一类酶的总称，主要是从原核生物中分离纯化出来的，最初作用是在细菌中降解外来侵染的 DNA 分子，以限制或阻止病毒侵染，从而保护自身。

表达并遗传给下一代。现在较常用的运载体有质粒（图 2-2）、噬菌体、动植物病毒等。

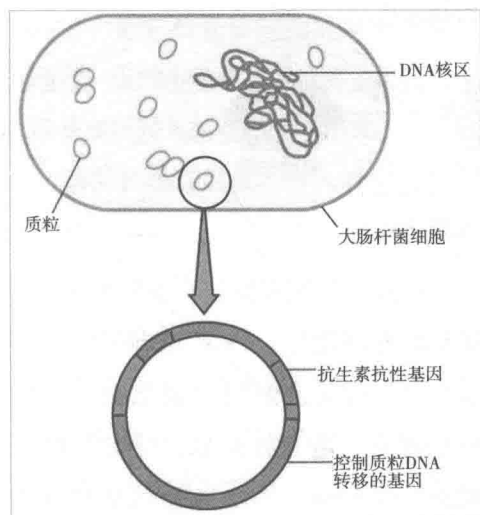


图 2-2 质粒

质粒主要存在于细菌当中，是一个闭合环状双链 DNA 结构，但它并不存在于细菌的 DNA 核区，而是独立于核区之外。质粒个体通常很小，一个细菌体内会有一个或多个质粒。质粒上有一定的遗传信息，能够进行自我复制。和普通的 DNA 分子一样，我们可以用限制酶切割质粒，切割后的质粒和目的基因要连接在一起，这就像要把两根切断的绳子连接起来需要针线一样，要把目的基因和质粒连接起来形成新的 DNA 分子也需要“针线”，这个“针线”就是 DNA 连接酶。DNA 连接酶是科学家于 1967 年发现的，主要从大肠杆菌和

噬菌体中分离出来。DNA 连接酶能将双链 DNA 片段“缝合起来”，从而将两个 DNA 分子片段连接形成新的 DNA 分子。这样构建成的重组载体实质就是含有目的基因的重组质粒，它可以在一定条件下，由一个细胞转移至另一个细胞并在此表达，在这个过程中就把目的基因也携带进入了受体细胞中并很可能随之而表达。

病毒也可以做载体，这是利用了它能够侵染细胞并能将遗传物质注入细胞的特点。将目的基因插入病毒的遗传物质中，病毒在进入细胞的过程中把目的基因也携带进细胞当中了。

将目的基因导入受体细胞

将目的基因导入受体细胞的方法有很多，这里介绍以下几种。

将目的基因导入植物细胞最常用的是农杆菌转化法，操作程序如下：将目的基因插入到农杆菌质粒的 T-DNA 上，让农杆菌侵染植物细胞，目的基因可随 T-DNA 插入到植物细胞染色体的 DNA 上，并可随 DNA 一起稳定地遗传和表达（图 2-3）。1983 年，第一例转基因植物——含抗生素类药物的转基因烟草就是用农杆菌做载体获得的。

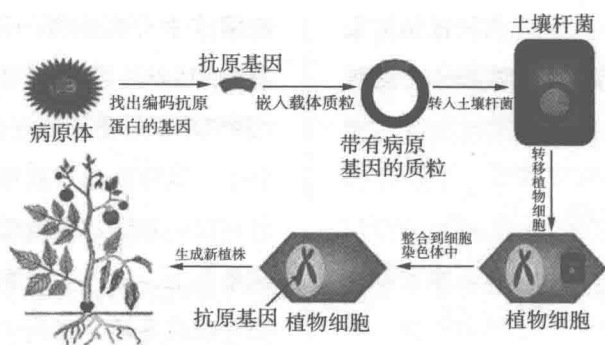


图 2-3 转基因技术操作过程

相关链接

农杆菌是生活在植物根的表面，依靠由根组织渗透出来的营养物质生存的一类普遍存在于土壤中的细菌，能在自然条件下感染双子叶植物的受伤部位。在农杆菌内部有一个独立于DNA核区之外的环状质粒，质粒上有一段T-DNA，当农杆菌侵染植物细胞时，质粒就会进入细胞内部，随之T-DNA会插入到植物细胞的DNA上。

转基因动物最常用的就是显微注射法。1980年，世界上首例转基因小鼠就是采用该法获得成功的。这个过程和我们生病了打针是一个道理，打针实际上就是用注射器把药物打到人的身体内。显微注射法是用一种非常微小的注射器将接入了目的基因的载体注射到受精卵内，成功后培养一段时间，再将早期胚胎植入动物的子宫内，使其发育为具有新性状的动物。

显然，上述方法对于微生物做受体细胞时并不适用。1970年有科学家发现，大肠杆菌的细胞经氯化钙（一种化学物质）适当处理后，更容易吸收噬菌体的DNA。1972年美国斯坦福大学以科恩为首的研究小组发现，经氯化钙处理的大肠杆菌也能摄取质粒的DNA。因此，将目的基因导入细菌等微生物细胞一般需要先利用氯化钙来处理，然后再将第二步中构建好的基因表达载体与其混合，在特定温度等条件下，促使细胞吸收重组的DNA。

目的基因的检测与鉴定

前边几步完成后，目的基因是否成功转入到了受体细胞中？是否可以稳定地遗传或表达？需要对其进行检测，这里只做简单介绍。

首先需要检测的就是目的基因是否转入到受体细胞中了，基因用肉眼是看不见的，我们怎么能知道呢？这就好比有一

堆金属,如果想知道里边有没有铁只要用一块磁铁就可以了,能被磁铁吸引的就是铁。在目的基因的检测中也需要这样一块“磁铁”,把它和受体细胞的基因放在一起通过一定的生物学技术检测,目的基因如果被成功转入就会被筛选出来。

如果目的基因成功转入就应该控制合成相应蛋白质。通过检测后,如果合成了相应蛋白质,就证明基因在生物体内成功表达。

如果转入的基因能控制某种性状,比如针对耐盐的转基因水稻,我们可用较高浓度的盐水浇灌以鉴定水稻植株的耐盐性。

亲爱的同学们,现在知道蓝玫瑰是如何培育出来的了吧!随着科技的发展,转基因技术已广泛应用于医药、工业、农业、环保、能源、新材料等领域,越来越多地影响着人们的生活!

盘点收获

1. 下列生物属于应用转基因技术培育出来的是 ()

- A. 抗虫棉
- B. 杂交水稻
- C. 脱去病毒的植株
- D. 克隆羊

2. 科学家利用基因工程培育出了

耐盐的转基因水稻新品系。下列有关叙述错误的是 ()

- A. 获得目的基因需用限制性核酸内切酶和 DNA 连接酶
- B. 可通过农杆菌的感染以实现重组质粒导入受体细胞
- C. 耐盐基因需与质粒连接后才能导入水稻细胞
- D. 可用较高浓度的盐水浇灌以鉴定水稻植株的耐盐性

3. 2007 年,日本信州大学教授中垣雅雄与冈本制袜公司合作,将横带人面蜘蛛的基因注入蚕卵中,此卵孵化的蚕吐出的丝中约含有 10% 的蜘蛛丝成分,这种生丝更韧、更软,在纤维产业有广阔应用前景。该生物技术属于

- A. 克隆技术
- B. 转基因技术
- C. 杂交技术
- D. 嫁接技术

4. 下列是基因工程的几个操作步骤:①使目的基因与运载体相结合;②将目的基因导入受体细胞;③检测目的基因的表达是否符合特定性状要求;④提取目的基因。其正确的操作顺序是

- A. ③②④①
- B. ②④①③
- C. ④①②③
- D. ③④①②

三 基因工程

——实现人类梦想的新途径

1. 什么是基因工程?

2. 如何利用基因工程技术培育发光植物?

3. 发光植物的广泛应用存在哪些问题?

生物探秘

“到处都是会发光的植物，即使到了深夜，森林里也是一片璀璨光芒。”电影《阿凡达》所呈现的这一景象让人们展开了大胆想象——150年后，地球上的植物是否就像电影里描绘的那样发光?



图 3-1 电影《阿凡达》中的发光植物

150 年太久，英国剑桥大学的安东尼·埃文斯和美国斯坦福大学的博士凯尔·泰勒以及奥姆雷·阿米拉夫·迪罗里已先行一步，在加利福尼亚州一个“自己动手”生物实验室里培育出了夜间发光植物：将萤火虫体内的发光基因转移到拟南芥、烟草等微小植物体内，使它们在黑暗中发光。科学家还希望能将这一成果应用到较大植物上，如白蜡、柳树等，树木发光就可以作为路灯照明，到那时，公路将变成美丽的荧光世界，那该多么漂亮!

上述科学家所培育的发光植物，就是我们平常所说的转基因生物，是通过基因工程技术获得的。

基因工程：掀起你的盖头来

通俗地说，基因工程技术又称基因拼接技术、转基因技术或 DNA 重组技术，是指按照人们的意愿，把甲种生物细胞内的某种基因（即 DNA 片段）获取后插入到乙种生物细胞（即接受外源基因的细胞，也称为受体细胞）中，乙种生物细胞可能把这段外源 DNA 当作自己的 DNA，使其发挥作用，从而在乙种生物体内得到我们想要的产物或者表现出新的性状。1976 年，风险投资家罗伯特和加州大学教授博耶创立以基因工程技术为基础的公司，世界上第一家生物技术公司——美国基因泰克公

司从此建立。这之后，基因工程技术的发展与应用风起云涌。

相关链接

性状指生物体的形态、结构、生理特征和行为方式等。在一定条件下，生物性状的差异反映它们在遗传物质上的差异。

发光烟草培育流程大揭秘

夏天的夜晚，萤火虫那“腾空类星陨，拂树若花生”的美丽荧光，曾引起人们的许多遐想。下面，我们尝试将萤火虫体内与发光有关的基因（简称发光基因）转入烟草植物细胞中（图 3-2）。



图 3-2 转入萤火虫发光基因的转基因烟草苗

第一步：获取发光基因。发光性状是由发光基因控制的，基因位于染色体上，每条染色体上有许多基因。若简单地把班级中的一排同学比喻成一条染色体，每一位同学就可以比喻为染色体上的一个基因，基因就这样依次排列在染色体上。要获得萤火虫的发光基因，我

们首先要找到发光基因并去研究它的位置、结构等相关信息，然后我们就可以通过一定的方法来获得此基因，比如根据发光基因的结构在体外直接人工合成。

第二步：发光基因和运载体的 DNA 连接，形成重组 DNA 分子。得到发光基因后不能直接放入烟草植物的细胞内，因为萤火虫的发光基因对于烟草植物细胞来说就是外来者，进入烟草植物细胞后很可能被降解。所以，发光基因需要运载体，既能保护它，又能帮助其表现出相应性状并遗传给下一代。谁能当此大任呢？生物学家想到了细菌、病毒等侵染性强的生物，它们的某些 DNA 可以在受体细胞内稳定存在且能复制遗传。因此要把发光基因导入烟草植物细胞，首先应把它与农杆菌的 DNA 连接，这就需要用一把专门的“小剪刀”将发光基因和农杆菌的 DNA 剪出互补的切口，然后用“针线”把发光基因和农杆菌的 DNA 缝合在一起。这个“小剪刀”被称作限制酶，目前发现的限制酶约有 5 000 种，主要来自大肠杆菌等微生物。“针线”被称为 DNA 连接酶，可以连接不同的 DNA 片段。

第三步：将发光基因导入烟草植物细胞。在这里，科学家采用了农杆菌转