



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

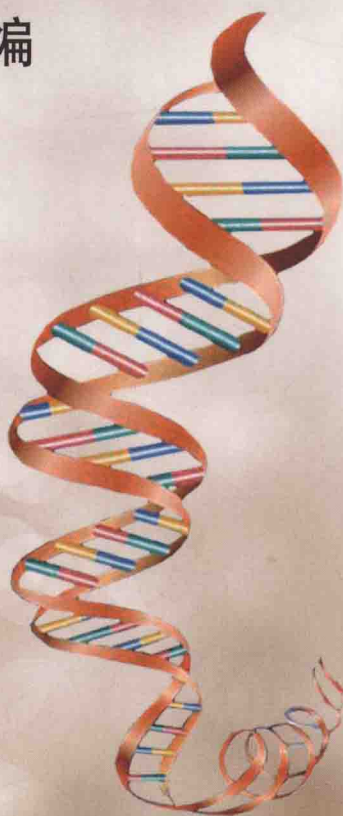
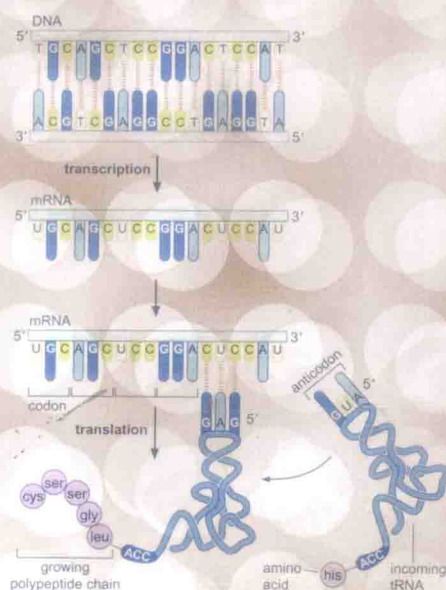


面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

基因工程

第二版

陈 宏 主编



中国农业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

基 因 工 程

第 二 版

陈 宏 主编

中 国 农 业 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

基因工程 / 陈宏主编. —2 版. —北京: 中国农业出版社, 2011. 6

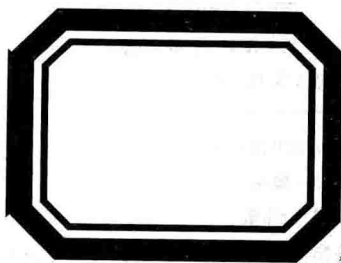
普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 面向 21 世纪课程教材

ISBN 978-7-109-15702-6

I. ①基… II. ①陈… III. ①基因工程-高等学校-教材 IV. ①Q78

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 098491 号

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)
(邮政编码 100125)
责任编辑 刘 梁



新华书店北京发行所发行

2011 年 8 月第 2 版

北京第 1 次印刷

1/16 印张: 26.5

千字

50 元

吴, 请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本教材全面、系统地阐述了基因工程的基本理论和基本概念，并力求反映该学科的最新进展。全书涉及的内容包括基因工程的分子生物学基础、基因工程工具酶、基因工程载体、分子操作基本技术、聚合酶链式反应技术、基因文库的构建、目的基因的获取、DNA 体外重组与基因转移、重组子的筛选与鉴定、外源基因的表达、微生物基因工程、植物基因工程、动物基因工程、生物信息学、分子标记及其他相关技术、基因工程规则、专利及安全性等。

本教材可作为高等院校生物技术、生物工程、农学、园艺、畜牧、兽医、植保等生命学科相关专业本科生和研究生教材，同时对从事基因工程的教学、科研人员也是一本有益的参考书。

第二版编写人员

主 编 陈 宏（西北农林科技大学）

副主编 孙怀昌（扬州大学）

易自力（湖南农业大学）

张金文（甘肃农业大学）

编 委 （按姓名拼音顺序排列）

陈 宏（西北农林科技大学）

范三红（西北农林科技大学）

李碧春（扬州大学）

李浩戈（沈阳农业大学）

李景鹏（东北农业大学）

李莉云（河北农业大学）

林良斌（云南农业大学）

闵令江（青岛农业大学）

潘庆杰（青岛农业大学）

孙怀昌（扬州大学）

王 昕（西北农林科技大学）

易自力（湖南农业大学）

张金文（甘肃农业大学）

朱苏文（安徽农业大学）

审 稿 郭蔼光（西北农林科技大学）

张智英（西北农林科技大学）

第一版编写人员

主 编 陈 宏（西北农林科技大学）

副主编 易自力（湖南农业大学）

张金文（甘肃农业大学）

编 委 （按姓名拼音顺序排列）

陈 宏（西北农林科技大学）

范三红（西北农林科技大学）

李碧春（扬州大学）

李浩戈（沈阳农业大学）

李景鹏（东北农业大学）

李莉云（河北农业大学）

林良斌（云南农业大学）

潘庆杰（莱阳农学院）

孙怀昌（扬州大学）

王永清（四川农业大学）

易自力（湖南农业大学）

张金文（甘肃农业大学）

朱苏文（安徽农业大学）

主 审 郭蔼光（西北农林科技大学）

第二版前言

再版《基因工程原理与应用》，我们感到非常高兴，肩上的责任也更重了。现代生物科学技术发展迅速，一系列新技术、新方法不断涌现，生物学家在揭示生命奥秘和改造生物方面已经做出了重大贡献，同时也开拓了不少新的研究领域，从而全面地改变了生物科学的研究现状，因此基因工程学越来越显示出它的重要性。

基因工程学是以生物化学、分子生物学和分子遗传学等学科为基础而发展起来的一门新兴技术学科，广泛应用在医学、农业、工业、水产、环保等行业。因此，掌握和了解基因工程的基本原理和方法对于人才的培养和促进现代生物技术发展是非常重要的。

本教材在第一版的基础上增加了基因工程的分子生物学基础和目的基因的获取等内容，并对第一版的第十三、十四章内容进行了合并；对生物信息学、聚合酶链式反应技术、分子操作基本技术等内容以及基因工程的载体和克隆技术进行了更新。全书共十六章，涉及的内容包括基因工程的基本原理和操作步骤；动植物、微生物基因工程；各种分子操作技术；生物信息学和基因工程的安全性问题。全书由国内各大高校和科研院所从事基因工程教学和科研的老师编写，陈宏编写绪论，孙怀昌编写第一章和第六章，李莉云编写第二章，林良斌编写第三章，闵令江编写第四章，李景鹏编写第五章，李碧春编写第七章，陈宏、朱苏文编写第八章和第九章，李浩戈编写第十章，张金文编写第十一章，易自力编写第十二章，陈宏、潘庆杰编写第十三章，王昕、李碧春编写第十五章，范三红编写第十四章和第十六章，全书由陈宏教授统稿和定稿。考虑到本课程的系统性，全书按80学时编写，根据专业需要，课堂讲授时可有所取舍。

郭蔼光教授、张智英教授审阅了全书，为本书的修改和定稿提出了不少宝贵的意见。西北农林科技大学教务处和中国农业出版社的同志在本教材出版过程中给予了热情的指导、帮助与支持，在此一并表示衷心的感谢。此外，本教

材的部分插图引自书后相关参考文献，在此向原书作者表示感谢。

由于基因工程的发展异常迅速，加之编写人员时间仓促，水平有限，缺点和错误在所难免，敬请同行、师生批评指正，以便将来进一步完善。

陈 宏

2011年2月

第一版前言

近 30 年来, 现代生物科学迅速发展, 一系列新技术、新方法不断涌现, 生物学家在揭示生命奥秘和改造生物方面已经做出了重大贡献, 同时也开拓了不少新的研究领域, 从而全面地改变了生物科学的研究现状。其中, 最引人注目并被公认的是以重组 DNA 为中心的基因工程学。基因工程学是以生物化学、分子生物学和分子遗传学等学科为基础而发展起来的一门新兴技术学科, 它的应用已广泛涉及医学、农业、工业、水产、环保等行业。

本书共 16 章, 可分为 4 大块, 第一部分是基因工程的基本原理和操作步骤, 包括第二章 (基因工程工具酶)、第三章 (基因工程载体)、第六章 (基因组文库的构建与目的基因的获得)、第七章 (DNA 体外重组与基因转移)、第八章 (重组子的筛选与鉴定) 和第九章 (外源基因的表达); 第二部分主要讲述基因工程的应用, 包括第十章 (微生物基因工程)、第十一章 (植物基因工程) 和第十二章 (动物基因工程); 第三部分主要讲述以核酸为主的各种分子操作技术, 包括第四章 (核酸操作的基本技术)、第五章 (聚合酶链式反应)、第十三章 (分子标记及基因芯片技术与应用) 和第十四章 (差异显示技术及其应用); 第四部分主要讲述生物信息学和基因工程的安全性问题, 包括第十五章 (生物信息学) 和第十六章 (基因工程规则、专利及安全性)。陈宏编写第一章; 李莉云编写第二章; 林良斌编写第三章; 王永清编写第四章; 李景鹏编写第五章; 孙怀昌编写第六章; 朱苏文、陈宏编写第七章和第八章; 李浩戈编写第九章; 张金文编写第十章; 易自力编写第十一章; 潘庆杰、陈宏编写第十二章; 李碧春、陈宏编写第十三章; 李碧春、李景鹏编写第十四章; 范三红编写第十五章和第十六章; 全书由主编统稿和定稿。

本书可作为高等院校生物技术、生物工程、医学、农学、园艺、畜牧、兽医、植保等生命学科各有关专业本科生和研究生教材, 同时对从事基因工程的教学、科研人员也是一本有益的参考书。考虑到本课程的系统性, 全书按 80 学时编写, 根据专业需要, 课堂讲授时可有所取舍。

郭蔼光教授审阅了全书，为本书提出了不少宝贵的修改意见。西北农林科技大学教务处和中国农业出版社的同志在本教材出版过程中给予了热情的指导、帮助与支持，在此一并表示衷心的感谢。此外，本书的部分插图引自书后相关参考文献，在此向原书作者表示感谢。

由于基因工程的发展异常迅速，加之编写人员时间仓促，水平有限，缺点和错误在所难免，敬请各位读者批评指正，以便将来进一步修改完善。

陈 宏

2003年10月

目 录

第二版前言

第一版前言

绪论	1	第二章 基因工程工具酶	21
第一节 基因工程的概念	1	第一节 限制性核酸内切酶	21
第二节 基因工程的诞生与发展	2	一、寄主的限制和修饰现象	21
一、基因工程诞生的理论基础	2	二、限制性核酸内切酶的类型	22
二、基因工程的诞生	3	三、限制性核酸内切酶的命名	23
三、基因工程的发展	4	四、II型限制性核酸内切酶的基本特性	24
第三节 基因工程研究的内容	5	五、II型限制性核酸内切酶的反应条件	27
一、基因工程研究的主要内容	5	六、影响限制性核酸内切酶活性的因素	29
二、基因工程的基本操作程序	7	第二节 DNA 连接酶	31
三、基因工程的基本操作内容	7	一、概念与机理	31
第四节 基因工程的意义与发展		二、DNA 连接酶的种类	32
前景	7	三、DNA 连接酶的反应体系	33
一、基因工程的意义	7	四、影响连接反应的因素	33
二、基因工程的发展前景	8	第三节 DNA 聚合酶	34
本章小结	8	一、大肠杆菌 DNA 聚合酶 I	35
思考题	8	二、Klenow 片段	36
第一章 基因工程的分子生物学基础 ...	9	三、T4 噬菌体 DNA 聚合酶	37
第一节 细胞的分类	9	四、T7 噬菌体 DNA 聚合酶与测序酶	38
一、原核细胞	10	五、Taq DNA 聚合酶	38
二、真核细胞	10	六、逆转录酶	38
第二节 DNA 的复制、修复与重组 ...	10	第四节 末端脱氧核苷酸转移酶	39
一、DNA 结构	10	第五节 核酸酶	40
二、DNA 复制	11	一、核糖核酸酶	40
三、DNA 修复	12	二、脱氧核糖核酸酶 I	41
四、DNA 重组	13	三、S1 核酸酶	42
第三节 RNA 转录与加工	14	第六节 核酸外切酶	43
一、原核基因的转录与调节	14	一、大肠杆菌核酸外切酶 VII	44
二、真核基因的转录与调节	16	二、大肠杆菌核酸外切酶 III	44
三、mRNA 加工	17	三、Bal 31 核酸酶	45
本章小结	19	第七节 T4 噬菌体多核苷酸激酶	46
思考题	20	一、T4 噬菌体多核苷酸激酶的性质	46
		二、多核苷酸激酶的用途	47
		第八节 碱性磷酸酶	47

一、碱性磷酸酶的性质	47	第二节 RNA 基本操作技术	104
二、碱性磷酸酶的用途	48	一、总 RNA 提取技术	105
本章小结	48	二、mRNA 提取技术	108
思考题	50	第三节 核酸分子杂交技术	110
第三章 基因工程载体	51	一、探针的制备	110
第一节 质粒载体	51	二、核酸杂交技术	112
一、质粒的生物学特性	51	本章小结	115
二、理想质粒载体的必备条件	53	思考题	115
三、质粒载体的构建	54	第五章 聚合酶链式反应技术	116
四、常用的质粒载体类型	58	第一节 PCR 扩增原理	116
第二节 λ 噬菌体载体	61	第二节 PCR 反应体系	117
一、 λ 噬菌体的生物学特性	61	一、PCR 操作程序	117
二、 λ 噬菌体载体的构建	63	二、PCR 反应成分	118
三、常用的 λ 噬菌体载体	64	三、PCR 反应条件	120
第三节 单链 DNA 噬菌体载体	66	第三节 PCR 引物设计原则	120
一、M13 噬菌体的生物学特性	66	一、引物设计的一般原则	121
二、M13 噬菌体载体的构建	67	二、引物 3' 端的末位碱基	121
三、M13 噬菌体载体的主要用途	68	三、引物设计软件	121
四、噬菌体载体	69	第四节 PCR 技术类型及应用	123
第四节 黏粒载体	69	一、已知 DNA 序列的 PCR 扩增	123
一、黏粒载体的基本特点	70	二、逆转录 PCR	125
二、黏粒载体的构建	70	三、已知 cDNA 一端序列获得全长 cDNA 的 PCR	125
三、黏粒载体在基因克隆中的应用	71	四、已知侧翼序列 PCR 扩增	127
四、常用的黏粒载体及应用	72	五、未知序列 PCR 扩增	130
第五节 其他载体	73	六、定量 PCR	132
一、人工染色体	73	七、免疫相关 PCR	132
二、植物基因工程载体	74	八、PCR 技术衍生的分子标记	133
三、动物基因工程载体	77	九、PCR 技术的应用	133
第六节 表达载体	82	本章小结	134
一、表达载体构建的一般原则	83	思考题	134
二、植物表达载体	85	第六章 基因文库的构建	135
本章小结	91	第一节 基因组 DNA 文库的构建	135
思考题	91	一、构建基因组文库的载体	135
第四章 分子基本操作技术	92	二、基因组 DNA 克隆片段的制备	138
第一节 DNA 基本操作技术	92	三、重组 DNA 分子的产生	139
一、基因组 DNA 提取技术	92	四、基因组文库的产生	140
二、质粒 DNA 提取技术	96	五、基因组文库的大小及代表性	141
三、凝胶电泳技术	99	六、基因组文库的扩增与保存	141
四、DNA 片段纯化与回收技术	103		

第二节 cDNA 文库的构建	142	一、重组 DNA 的概念	163
一、mRNA 的提取	142	二、载体 DNA 与外源基因片段的 连接	163
二、cDNA 克隆载体的选择	143	第二节 基因转移	171
三、cDNA 克隆片段的获得	143	一、重组 DNA 向细菌细胞转入	171
四、cDNA 文库的生成	147	二、外源目的基因向真核细胞转入	173
五、cDNA 文库的质量分析	148	本章小结	175
六、cDNA 文库的扩增与保存	148	思考题	175
七、cDNA 末端的快速扩增	149	第九章 重组子的筛选与鉴定	176
第三节 差减 cDNA 文库的构建	149	第一节 遗传学检测法	177
一、基本原理	149	一、根据载体表型特征的筛选	177
二、杂交方法	149	二、根据插入基因遗传性状的筛选	178
三、载体选择	151	第二节 核酸分子杂交	178
第四节 基因库与畜禽遗传资源 保护	151	一、菌落印迹原位杂交	179
一、国内外畜禽遗传资源保护的现状	151	二、斑点印迹杂交	179
二、畜禽遗传资源保存的方式	152	三、Southern 印迹杂交	180
本章小结	153	第三节 物理检测法	180
思考题	154	一、直接凝胶电泳检测法	180
第七章 目的基因的获取	155	二、限制性核酸内切酶酶切片段分 析法	181
第一节 对已知序列基因的分离	155	三、R-环检测法	182
一、化学合成法	155	第四节 免疫化学检测法	182
二、从基因文库中钓取目的基因	156	一、放射性抗体检测法	182
三、逆转录法获得真核目的基因	158	二、免疫沉淀检测法	183
第二节 对未知序列基因的分离	159	三、Western 印迹分析法	183
一、染色体步移	159	第五节 核酸序列分析及其他方法	184
二、杂交捕捉和释放	159	一、核酸序列分析	184
三、mRNA 的差异显示分析	160	二、PCR 法	184
四、限制性标志 cDNA 扫描	160	三、Northern 印迹分析	184
五、“电子” cDNA 文库筛选	160	本章小结	184
第三节 从 cDNA 文库中获得目的 基因	160	思考题	185
一、从非全长 cDNA 文库中筛选新 基因	161	第十章 外源基因的表达	186
二、从全长 cDNA 文库中进行杂交 筛选	161	第一节 外源基因在大肠杆菌中的 表达	186
本章小结	162	一、正确表达的基本条件	187
思考题	162	二、常用的大肠杆菌表达载体	187
第八章 DNA 体外重组与基因 转移	163	三、外源蛋白质表达部位	193
第一节 重组 DNA 分子的构建	163	四、提高外源基因表达效率的方法	194
		五、表达产物的检测	198

六、表达实例：人生长素基因在大肠杆菌中的表达	200	一、根癌农杆菌的生物学特征	258
第二节 真核细胞表达系统概述	203	二、Ti 质粒的结构和功能	259
一、酵母表达体系	203	三、Ti 质粒的转化机理	260
二、昆虫细胞表达体系	204	四、农杆菌 Ti 质粒载体的改造与表达载体的构建	262
三、哺乳动物细胞表达体系	205	五、Ri 质粒载体系统	265
本章小结	206	第二节 目的基因的导入	266
思考题	206	一、植物转化的受体系统	266
第十一章 微生物基因工程	207	二、基因的导入方法	267
第一节 细菌基因工程	207	第三节 外源基因的表达、检测与遗传特性	273
一、实现外源基因表达的基本操作	207	一、转基因植物外源基因的表达及其调控	273
二、大肠杆菌工程菌的构建策略	210	二、外源基因的检测	276
三、基因工程菌遗传不稳定性及其对策	219	三、转基因植物的遗传特性	278
四、细菌表达外源蛋白的流程	222	第四节 植物基因工程的应用	279
第二节 酵母菌的基因工程	223	一、植物基因工程在植物分子生物学研究中的应用	279
一、酵母菌的宿主系统	223	二、改良植物品种	281
二、酵母菌的载体系统	225	三、转基因植物作为生物反应器	286
三、酵母菌的转化系统	229	本章小结	290
四、酵母菌的表达系统	230	思考题	291
五、酵母菌的蛋白修饰分泌系统	231	第十三章 动物基因工程	292
第三节 其他微生物系统在基因工程中的利用	233	第一节 动物基因工程的概念与发展	292
一、芽孢杆菌在基因工程中的应用	234	第二节 动物目的基因的选择与表达载体的构建	293
二、棒状杆菌在基因工程中的应用	237	一、动物转基因操作的一般程序	293
三、假单胞杆菌在基因工程中应用	237	二、目的基因的选择	294
四、链霉菌在基因工程中的应用	237	三、表达载体的构建	294
第四节 微生物基因工程的应用	238	四、外源基因的组织特异性表达	300
一、重组微生物工程菌与人类药物生产	238	第三节 基因导入的方法	300
二、重组微生物工程菌与疫苗生产	242	一、DEAE-葡聚糖转染法	300
三、重组微生物工程菌与食品、饲料工业	245	二、显微注射法	301
四、重组微生物工程菌与环境保护	249	三、病毒转染法	302
五、重组微生物工程菌与农业生产	251	四、胚胎干细胞介导法	303
本章小结	256	五、精子载体法	303
思考题	256	六、基因同源重组法	304
第十二章 植物基因工程	258	第四节 转基因动物的鉴定	306
第一节 农杆菌及其转化体系	258	一、DNA 水平的检测	306

二、RNA 水平的检测	307	第四节 序列比对和数据库搜索	353
三、目的蛋白的检测	307	一、序列比对原理	353
第五节 动物基因工程技术的应用	308	二、Blast	355
一、动物基因工程技术的应用	308	第五节 多序列比对及系统发育	
二、动物转基因技术存在的问题	314	分析	360
三、提高转基因动物外源基因表达水平的		一、多序列比对分析	360
方法与途径	315	二、系统发育分析	362
四、转基因动物的应用前景	317	本章小结	365
第六节 基因诊断	318	思考题	365
一、基因诊断的基本方法	318	第十五章 分子标记及其他相关	
二、基因芯片与疾病诊断	319	技术	366
第七节 基因治疗	320	第一节 分子标记技术	366
一、基因治疗概述	320	一、分子标记的概念	366
二、基因治疗的方式	321	二、分子标记的类型	367
三、基因治疗的前景	324	三、标记系统在应用时的选择	375
第八节 基因工程疫苗	325	四、分子标记的应用	377
一、基因工程活载体疫苗	325	第二节 基因芯片技术和应用	379
二、基因缺失疫苗	326	一、基因芯片的概念	379
三、基因工程亚单位疫苗	327	二、基因芯片的类型	380
四、合成肽疫苗	327	三、基因芯片的实验操作	380
五、转基因植物可食疫苗	327	四、基因芯片的应用	382
六、DNA 疫苗	328	五、使用基因芯片时应注意的问题	383
本章小结	328	第三节 差异显示技术及其应用	385
思考题	329	一、mRNA 差异显示技术	385
第十四章 生物信息学	330	二、扣除杂交或消减杂交技术	388
第一节 生物信息学概论	330	三、代表性差异分析 (RDA) 和抑制性扣	
一、蛋白质和核酸序列的测定	330	除杂交 (SSH)	389
二、生物大分子空间结构的测定	331	四、基因表达系列分析 (SAGE)	391
三、生物学信息的迅猛增长	331	五、差异显示技术的应用	392
四、生物信息学的基本概念及研究		本章小结	394
内容	332	思考题	394
五、生物信息学研究的热点领域	333	第十六章 基因工程规则、专利及安	
第二节 生物信息数据库	334	全性	396
一、核酸序列数据库	335	第一节 基因工程研究实验室安全性	
二、蛋白质序列数据库	340	基本要求	396
三、大分子空间结构数据库	342	第二节 基因工程产品的释放规则及	
四、基因组数据库	345	要求	397
第三节 数据的查询、提交和搜索	346	一、基因工程药物投放的规则和要求	397
一、Entrez 查询系统	346	二、转基因植物品种的释放要求	398
二、SRS 数据库查询系统	348		
三、数据提交	352		

三、ISO 认证	399	第五节 基因工程产品的安全性	
第三节 现代生物技术专利	400	问题	403
一、专利申请的要求	400	一、环境安全性	404
二、现代生物技术专利类型	401	二、食品安全性	404
三、专利的地域性	402	本章小结	406
四、专利与基础研究	402	思考题	406
第四节 现代生物技术的社会伦理			
问题	403		
主要参考文献	407		

绪 论

第一节 基因工程的概念

基因工程 (genetic engineering) 是现代分子生物技术的重要组成部分, 是 20 世纪 70 年代初发展起来的一门新兴技术, 这一技术的兴起, 标志着人类已进入定向控制遗传性状的新时代。一般认为, 遗传工程是按照人们预先设计的蓝图, 将一种生物的遗传物质绕过有性繁殖导入另一种生物中去, 使其获得新的遗传性状, 形成新的生物类型的遗传操作 (genetic manipulation)。遗传工程有广义和狭义之分, 广义的遗传工程包括细胞工程和基因工程; 狭义的遗传工程就是基因工程。一般所说的遗传工程多指基因工程。

基因工程是在分子水平上进行的遗传操作, 指将一种或多种生物体 (供体) 的基因或基因组提取出来, 或者人工合成的基因, 按照人们的愿望进行严密的设计, 经过体外加工重组, 转移到另一种生物体 (受体) 的细胞内, 使之能在受体细胞遗传并获得新的遗传性状的技术。由于被转移的基因一般须与载体 DNA 重组后才能实现转移, 因此, 供体、受体和载体称为基因工程的三大要素。其中, 相对于受体而言, 来自供体的基因属于外源基因。除了少数 RNA 病毒外, 几乎所有生物的基因都存在于 DNA 结构中, 而用于外源基因重组拼接的载体也都是 DNA 分子, 所以基因工程也称重组 DNA 技术 (recombinant DNA technology)。另外, DNA 重组分子大都需在受体细胞中复制扩增, 故还可将基因工程称为分子克隆 (molecular cloning) 或基因的无性繁殖。目前各种文献中经常出现的相关名词有遗传工程、基因工程、基因操作、重组 DNA 技术、分子克隆、基因克隆等, 它们在具体内容上彼此相关, 许多情况下混用。

最近的 20~30 年, 是现代生物科学迅速发展的年代。随着一系列新技术、新方法的不断涌现, 生物学家已经取得了许多前所未有的重大突破, 开拓了不少新的研究领域, 从而全面地改变了生物科学的研究现状。其中, 最引人注目并被公认的是以重组 DNA 为中心的基因工程学。

传统的育种方法只能通过有性杂交获得动植物新品种, 但是由于生殖隔离的制约, 有性杂交只能在物种内进行, 远缘杂交受到很大限制。随着分子遗传学的发展, 基于生物界遗传密码的通用性和碱基配对的一致性, 这就有可能用基因工程技术, 实现物种间的基因交流, 创造出用传统方法无法实现的生物类型。因此, 基因工程最突出的特点, 是打破了常规育种难以突破的物种之间的界限, 可以使原核生物与真核生物之间、动物与植物之间以及人与其他生物之间的遗传信息进行重组和转移。人的基因可以转移到大肠杆菌、植物以及其他动物中表达, 动物的基因也可以转移到植物中表达。

基因工程的研究和应用, 将为分子遗传, 细胞分化, 生长发育, 肿瘤发生及基因的结构、功能和调控等生物学基础理论研究提供有效的实验手段; 又可为解决农业、工业、医药等生产领域所面临的许多重大问题开辟新的途径。