

国家科学技术学术著作出版基金资助

上海科普创作出版专项资金资助

中草药生物技术

主编 唐克轩

復旦大學出版社

主编 唐克轩

编委 (以姓氏笔画为序)

- | | |
|---------------------------|---------------|
| 左开井 副教授 上海交通大学植物生物技术研发中心 | 谭 岳 教授 上海交通大学 |
| 李新生 教授 陕西理工学院陕西省资源生物重点实验室 | 谭 岳 教授 上海交通大学 |
| 张汉明 教授 中国人民解放军第二军医大学药学院 | 谭 岳 教授 上海交通大学 |
| 林 娟 副教授 复旦大学遗传工程国家重点实验室 | 谭 岳 教授 上海交通大学 |
| 苗志奇 副教授 上海交通大学植物生物技术研发中心 | 谭 岳 教授 上海交通大学 |
| 周选围 教授 陕西理工学院陕西省资源生物重点实验室 | 谭 岳 教授 上海交通大学 |
| 赵淑娟 博士 上海中医药大学中药研究所 | 谭 岳 教授 上海交通大学 |
| 唐克轩 教授 复旦大学遗传工程国家重点实验室 | 谭 岳 教授 上海交通大学 |
| 谈 锋 教授 西南师范大学生命科学学院 | 谭 岳 教授 上海交通大学 |

序

如同人类自身,自然界的一花一草也无不透着造化的神奇。随着中医理论研究和临床实践在世界范围内的不断深入开展,几千年来守护着中华民族人民生命健康的传统中草药越来越受到全人类的关注,作为医疗用药或保健品的需求量日益增加。然而,由于利益的驱使,人们对中药材的掠夺性采挖正导致许多野生资源的快速减少甚至灭绝。长此以往,不仅会使人类赖以生存的生态环境日趋恶化,人类的生命健康也将不复受到大自然的呵护。传统的人工栽培固然可在一定程度上缓解这种灾难,但却常常导致栽培品种的品质退化、有效成分含量低以及被农药污染等问题,严重制约着我国传统中药材的开发和应用。如何走出这种两难的困境?立法保护野生药用植物资源是必要的,但其作用是有限的,主要的责任和挑战落在生物科技工作者身上。

早在 20 世纪 80 年代,我国就开始了传统中药材离体培养和试管繁殖研究,目前已有 100 多种药用植物经离体培养成功地获得了试管植株,且多数已在中药材的实际生产中得到了应用,如苦丁茶、芦荟、怀地黄等。在药用植物细胞液体培养方面,我国已经建立了三七、人参、西洋参等十几种药用植物的培养系统,通过对培养基和培养条件的优化,某些有效成分的含量达到或超过了野生型。近年来随着基因工程理论和技术的不断完善,建立了甘草、丹参、黄芪、青蒿等多种传统药材的农杆菌介导的遗传转化系统,拓宽了生物技术在传统药材生产和改良中的应用范围。通过根癌农杆菌 质粒转移获得冠瘿瘤,国外已在留兰香等多种药用植物上获得成功;利用发根农杆菌 质粒转化可快速获得某些药用植物毛状根,从中提取到具有重要应用价值的生物活性物质,目前我国也在山萸蓂类药材、丹参和金荞麦等药用植物上获得初步成功。此外,用转基因动物或植物作为表达系统生产具有重要医用价值蛋白的“新一代制药厂”已初具规模,并备受生物医药研究和临床工作者的关注,必将成为未来生物制药的主要途径之一。

作为 21 世纪的年轻一员,中国已置身于竞争激烈的国际大市场中,中医药事业的发展也面临着空前的机遇和挑战。如何在继承和发扬我国中医药优势和特色的基础上,充分利用现代科学技术理论、方法和手段,借鉴或制定国际认可的中医药标准和规范,生产出以高新技术为特征的安全、高效、稳定和可控的现代中药产品,使我国中药产业完成由“小作坊”向高新大企业转变,从而成为具有强大国际竞争力的现代产业和国民经济新的增长点,已成为我国中医药科研工作者今后相当长一段时期内的重要任务。为此,在不断推进产业化的同时,我们必须加强基础和应用研究,充分利用植物学、遗传学、生药学、微生物学和分子生物学等相关领域的最新研究成果,建立并完善中药的保护、栽培、鉴定、加工、成分提取、利用“生物工厂”特异性生产有效成分以及临床应用的科学技术体系,尽早实现传统中药的国际化 and 现代化。

在利用生物技术开发中草药资源的工作中,我们已经取得了一些可喜的成绩。但寻遍书海,目前国内尚未见到一本系统论述中草药生物技术的专著。这在很大程度上限制了该

领域研究工作者之间的交流与借鉴。有鉴于此,复旦大学遗传工程国家重点实验室唐克轩教授组织了一批活跃在中草药及相关研究领域第一线的科研工作者编写了《中草药生物技术》一书。编写人员中既有学术造诣高的老专家,又有思想活跃、勇于创新的年轻人。该书总结了他们多年的研究成果和经验,系统地阐述了细胞工程、酶工程、发酵工程、基因工程和分子标记等在中草药理论研究和产品开发中的应用,并对中草药生物技术研究的最新进展和产业化前景进行了较全面的描述,堪称集多学科研究成果和现代技术于一炉的佳作。我相信该书的出版必将进一步推动我国中草药研究和产业化发展。看到这样一批老中青学者活跃在中草药研究领域,老怀快慰,欣然此序。

谈家桢
圆年 远月

前摇摇头

随着科学技术的迅速发展,跨入 21 世纪的人类虽然仍在不同程度上面临着战争、瘟疫和环境恶化等的威胁,但已基本摆脱了温饱问题的困扰,人们开始追求高质量的健康长寿。然而对于人类这一梦想,现代西方医学却显得有些无助并日益暴露出其弊端。显然,将人体还原为组织、细胞的简单集合,单纯依靠化学药物和手术进行“头痛医头、脚痛医脚”式的治疗,远不能满足人们对健康长寿的要求;不仅如此,化学药品的毒副作用、滥用抗生素引起的病原微生物耐药性的提高等,也有将人类征服疾患的过程导入“道高一尺、魔高一丈”的恶性循环之势。于是,伴随着“回归自然”的全球化思潮,人们也开始向以“天人合一”为理论基础、预防和调理(治疗)为宗旨、服(敷)天然药物为主要手段的传统中医寻求健康长寿之道;同时,一个巨大且仍将不断快速增长的全球天然药物市场也由此产生。

自 20 世纪 80 年代以来,这一市场以年均 15% 以上的速率增长,除临床中药外,其产品范围已扩展到保健食品和饮料、药膳、药浴、药枕、美容化妆品以及天然香料、色素、甜味剂、苦味剂乃至天然杀虫剂等。1998 年国内药品销售总额为 1000 亿元,其中中成药就占 300 亿元(30%),此外还有中药饮片 200 亿元和中药保健品 100 亿元。目前在我国市场销售的中成药,约有 15% 是从植物中提取或半合成的;在美国处方药中也有约 15% 来源于高等植物。

我国天然药物资源十分丰富,据统计有 10000 种。其中除药用动物和矿物质外,绝大多数是药用植物,数量达 10000 种,分布在 100 多个科、1000 多个属中;已实行人工栽培的药用植物近 1000 种,种植面积约 100 万公顷,产量达 100 万吨,占传统药材的 15%。在美国食品及药品管理局(FDA)对中药使用的认同之后,为了抢占市场,许多国家特别是亚太地区国家又开始了新一轮中草药研究和开发的热潮,这为有着几千年历史的我国中草药走向国际市场带来了前所未有的机遇和挑战。尽管拥有丰富的资源以及作为中医起源地的传统特色和优势,并且我国对中药的研究也一直没有间断过,但在研究的深度和产品开发方面,我国却还远不及毗邻的日、韩等东亚国家。此外,近年来,大量来自欧、美、日、韩及其他东南亚国家的“洋中药”,如洋参丸(片)、高丽参片(冲剂)、红花油等纷纷抢占我国药物市场,其销售额已超过国内中成药的 15%。面对如此激烈的市场竞争和别国的技术优势,单凭消耗野生资源无异于饮鸩止渴,传统的人工栽培也远不能满足质和量两方面的要求。为此,国家科技部倡导、发起了“中药现代化科技行动”,旨在进一步推动和加强现代科学技术尤其是生物科学技术在中药材研究、开发和产业化上的应用,以高科技产品大幅提升我国在国际中药材市场上的竞争力——事实上这是我们唯一的出路!

传统中药材中绝大多数是植物。1958 年和 1960 年分别在 1958 年和 1960 年的细胞理论中提出了细胞“全能性”,即每个细胞都含有该物种的全部遗传物质并具有发育成完整个体的潜力;对植物而言,每个植物细胞都含有该种植物的全部遗传物质并具有发育成完整植株的潜力。细胞“全能性”的提出,为植物细胞工程和基因工程的兴起奠定了基础。半个

多世纪以来,随着基础理论研究的深入、技术手段和方法的不断改进以及与其他相关学科的交叉、综合,植物生物技术已从群体、植株不断深入到器官、组织、细胞、染色体直至基因的各个层次,其应用范围也日益扩大。在药用植物上,现代生物技术已广泛应用于栽培、道地性鉴别、新品种培育、种质资源发掘和保存、种苗及特异活性物质的工业化生产、加工和流通过程中的检验等诸多环节。具体来说,如通过试管育苗、快速繁殖、脱毒、诱变和杂交等培育优良品种;应用细胞工程进行大规模的组织培养和细胞悬浮培养,从中分离具有特殊功效的组分;应用发酵工程从真菌类中药中提取多糖类成分;采用 ~~阅读~~ 指纹技术进行道地药材的鉴别和成药质量检验等。特别是随着基因工程技术的迅猛发展,伴随着高效转化技术体系的建立和完善,通过基因工程手段创造全新的转基因药材或提高现有药材的品质、增加药用植物的抗性和植物体内有效成分含量已成为可能并显露出十分广阔的发展前景。但尽管如此,与其他领域如农业、工业相比,现代生物技术在中药材研究、开发和产业化上的应用还远未充分展开;虽然在细胞工程和发酵工程方面取得了一定的进展,但在基因工程的应用上才刚刚起步。这也正是我国生物科技工作者面临的机遇和挑战所在。

为了推动“中药现代化行动”进程,作为生物科技工作者理应尽一点绵薄之力,同时考虑到目前国内类似的系统论述中草药生物技术专著的阙如,阻碍了相关领域专家、学子及其他爱好者之间的交流与合作,我们组织复旦大学、上海交通大学、上海中医药大学、第二军医大学、陕西理工学院、西南师范大学等一些长期从事药用植物研究与开发的专家、学者编写了这本《中草药生物技术》。全书以生物技术在中草药中的应用、最新研究进展和产业化前景为重点,共分为 5 篇章。第一章介绍并讨论中草药生物技术的范畴、研究内容和进展、产业化概况和发展前景;第二、三、四、五章对中草药组织及原生质体培养技术及其具体应用做了较为详细的论述;第六章主要介绍药用植物的单倍体、多倍体和细胞突变体育种技术;第七章介绍酶工程技术的进展和应用;第八、九、十章重点阐述基因工程和分子标记技术在药用植物研究中的应用和前景;第十一章讨论了生物技术和中药现代化的关系以及生物技术在中草药 ~~研究~~ 基地建设和质量标准体系建立中的应用前景和思路。

“取法乎上,得乎其中”。我们的编写原则是“阐明原理、重视技术、展开应用”,力求做到融科学性、前瞻性、知识性、实用性和可读性于一体,尤其注重技术表述的精确、翔实、可靠,以期使本书成为相关领域科研工作者、教师、学生及其他中草药爱好者的高质量参考著作。但本书内容涉及多个学科,理论、技术及其应用相互交织,再加上编者水平所限及时间仓促,虽经呕心沥血亦难免疏漏、舛谬,诚望读者批评指正。

本书的编写、出版得到了国家科学技术学术著作出版基金和上海科普创作出版专项资金的资助以及复旦大学出版社领导和编辑人员的大力支持;年近百岁高龄的中国科学院院士、美国科学院外籍院士谈家桢先生给予编者热情的鼓励并欣然为本书作序;复旦大学遗传学研究所乔守怡教授、中国科学院上海植物生理生态研究所卫志明研究员、上海市卫生事业管理研究所顺庆生研究员等一批同行专家也对本书寄予厚望,在申报国家基金的过程中予以推荐并就编写过程提出了许多宝贵的意见;此外,复旦大学、上海交通大学和复旦 ~~大学~~ 大鄂诺丁汉植物生物技术研发中心的教师、博士后和研究生,包括孙小芬、王立新、赵凌侠、张利达、曹又方、王绛、费炯、钱红妹、余舜武、李柱刚、赵静雅、赵东利、庞永珍、廖志华、陈敏、龚一富、秦洁、开国银、郭宾会、刘东辉、王劲、陈中海、蒋科技、吴为胜、邓仲香、王鹏、皮妍、刘晓军、王兴龙、林玲、刘学奋、潘新竹、李威、王子楠、魏雅敏、冯小琦等,也对本书提出了许多宝

贵的修改意见和建议。对于这些帮助,除了真诚的谢意,我们唯有希望:我们奉献的不只是时间、精力和汗水!

唐克轩
圆缘年 远月
于复旦大学遗传学研究所

目 录

第一章 中草药生物技术概论	员
第一节 中草药生物技术的范畴	员
一、中草药概念的辨析	员
二、中草药生物技术的概念	猿
猿援生物技术的概念及其发展	猿
源援中草药生物技术的概念	源
三、中草药生物技术的构成	缘
猿援细胞工程	缘
源援发酵工程	缘
猿猿酶工程	远
源源基因工程	远
缘援分子标记技术	远
第二节 中草药生物技术的研究内容	苑
一、细胞工程的研究内容	苑
二、发酵工程的研究内容	愿
三、酶工程的研究内容	愿
四、基因工程的研究内容	怨
五、分子标记技术的研究内容	圆
第三节 中草药生物技术的研究进展	员
一、我国药用植物资源的研究现状	员
二、我国药用植物资源开发利用的研究进展	圆
猿援通过植物次生代谢工程开发药物	猿
源援药用植物组织细胞培养取得进展	猿
猿猿药用植物的发酵工程产品投入市场	缘
三、药用植物酶和蛋白质工程的研究亟待加强	员
四、中草药基因工程研究的热点和发展趋势	员
猿援转基因药用植物	员
源援次生代谢途径关键基因的克隆及代谢工程	员
猿猿药用植物分子标记育种	苑
第四节 中草药生物技术的产业化与发展前景	苑
一、中草药生物技术的产业化研究概述	苑
猿援药用植物生物技术的产业化初具雏形	苑
源援医药生物技术产业化进展迅速	愿

摇猿援我国医药生物技术及其产业发展面临的问题	猿怨
二、中草药生物技术的发展前景	猿园
摇员援应用生物技术开展药用植物资源研究及品种选育	猿园
摇圆援利用植物细胞培养及转基因技术生产次生代谢产物	猿园
摇猿援分子标记技术在药用植物研究上的应用前景	猿园
第二章摇中草药组织培养的基本技术	猿苑
摇第一节摇药用植物组织培养技术	猿苑
一、药用植物组织培养的基本原理	猿苑
摇员援植物细胞的全能性	猿苑
摇圆援植物细胞全能性的实现	猿愿
二、药用植物组织培养的基本技术	猿怨
摇员援植物组织培养的基本设施	猿怨
摇圆援常用工具和器皿的准备、清洗和灭菌	猿园
摇猿援培养基及其配制	猿猿
摇源援外植体的制备	猿猿
摇缘援接种与培养	猿源
摇远援定期检查和细胞学观察	猿源
摇苑援生根与移栽	猿源
摇第二节摇药用植物组织培养中存在的问题与对策	猿苑
一、污染的原因及对策	猿苑
摇员援真菌性污染及对策	猿苑
摇圆援细菌性污染及对策	猿愿
摇猿援常见污染方面的问题及对策	猿怨
二、褐变现象产生的机制及对策	猿园
摇员援褐变现象产生的影响因素	猿园
摇圆援褐变的主要机制	猿员
摇猿援克服褐变现象的对策	猿园
三、玻璃化的原因及对策	猿猿
摇员援玻璃苗发生的影响因素	猿猿
摇圆援玻璃化主要机制	猿缘
摇猿援克服玻璃化现象的对策	猿缘
第三章摇中草药原生质体培养与细胞杂交	猿园
摇第一节摇原生质体培养	猿园
一、材料的选择与预处理	猿员
摇员援材料的选择	猿员
摇圆援材料的预处理	猿圆
二、原生质体分离与纯化	猿圆
摇员援原生质体分离的基本技术	猿圆
摇圆援原生质体纯化	猿缘

三、原生质体鉴定与活力测定	远
摇摇原生质体鉴定	远
摇摇活力测定	远
摇摇活力计算	远
四、原生质体培养与植株再生	远
摇摇原生质体的培养基	远
摇摇原生质体培养条件	远
摇摇原生质体培养方法	远
摇摇原生质体发育与植株再生程序	远
五、提高原生质体培养质量的技术要点	远
摇摇选择适当的起始材料	远
摇摇材料预质壁分离	远
摇摇培养基的组成	远
摇摇选择适宜的培养方法	远
摇摇原生质体植板密度	远
摇摇防止褐变	远
六、药用植物原生质体培养	远
摇摇药用植物原生质体培养现状	远
摇摇几种重要药用植物的原生质体培养	远
第二节 摇摇细胞杂交	远
一、诱导原生质体融合	远
摇摇原生质体融合方法	远
摇摇对称性融合与非对称性融合	远
二、融合体的检测与筛选	远
三、杂种植株的鉴定	远
摇摇形态学鉴定	远
摇摇细胞学鉴定	远
摇摇同工酶谱分析	远
摇摇分子生物学方法	远
摇摇其他方法	远
第三节 摇摇杂种植株的遗传与育种应用	远
一、植物体细胞杂交与遗传育种	远
二、药用植物体细胞杂交在品种改良中的应用	远
三、药用植物体细胞杂交遗传育种应用举例	远
摇摇原生质体对称性电融合实例	远
摇摇“供体 受体”系统原生质体融合实例	远
摇摇“配子体 体细胞”系统原生质体融合实例	远
第四章 摇摇药用植物的细胞培养与发酵工程技术	远
第一节 摇摇药用植物细胞培养的基本技术	远

一、药用植物细胞培养的主要材料和条件	页四
摇员援外植体和细胞培养材料的选择	页四
摇圆援培养基	页猿
摇猿援培养条件	页源
二、药用植物细胞悬浮培养系的建立和高产细胞株的筛选方法	页缘
摇员援愈伤组织诱导和继代培养	页远
摇圆援液体悬浮培养的建立	页远
摇猿援用振荡法或酶法游离出单个细胞或小细胞团进行继代培养	页苑
摇源援高产细胞株的筛选	页苑
三、药用植物悬浮细胞的继代培养	页愿
摇员援批量培养	页愿
摇圆援连续培养	页怨
四、药用植物悬浮细胞的同步培养	页怨
摇员援体积选择法	页园
摇圆援冷处理方法	页园
摇猿援营养饥饿法	页园
摇源援生长素饥饿法	页园
摇缘援抑制和抑制解除法	页员
摇远援有丝分裂阻抑法	页员
五、药用植物细胞悬浮培养过程中各种参数的测定	页员
摇员援细胞大小测定	页员
摇圆援细胞重量测定	页圆
摇猿援细胞体积测定	页圆
摇源援有丝分裂指数测定	页圆
摇缘援细胞起始密度测定	页猿
摇远援舌细胞率测定	页源
摇第二节摇药用植物细胞的大量培养	页源
一、药用植物细胞大规模培养工艺与技术优化	页远
摇员援药用植物细胞大规模培养工艺	页远
摇圆援药用植物细胞大规模培养过程的优化	页员
摇猿援药用植物细胞大规模培养过程中的几个问题	页源
二、药用植物细胞大规模培养应用实例	页缘
摇员援红豆杉细胞培养生产紫杉醇	页缘
摇圆援人参细胞培养生产人参皂苷	页远
摇猿援长春花细胞培养生产生物碱	页苑
摇源援紫草细胞培养生产紫草宁及其衍生物	页愿
摇缘援丹参细胞培养生产二萜醌类和酚酸类化合物	页怨
摇第三节摇药用真菌发酵工程的技术与应用	页员
一、药用真菌的基本生产技术	页圆

摇摇援一般生产技术	员圆
摇摇援发酵工程生产技术	员猿
二、药用真菌发酵工程技术的应用	员缘
摇摇援灵芝液体深层发酵技术	员缘
摇摇援云芝液体深层发酵技术	员苑
摇摇援冬虫夏草菌液体深层发酵	员苑
摇摇援猴头菌的液体发酵技术	员愿
第五章摇摇药用植物组织培养技术的应用	员缘
摇摇第一节摇摇药用植物茎培养的技术	员缘
一、离体茎培养的基本过程	员缘
摇摇援主要材料	员缘
摇摇援茎培养的具体过程	员愿
摇摇援离体茎的培养结果	员愿
二、影响茎培养的因素	员愿
摇摇援植物生长激素	员愿
摇摇援茎段的褐变	员愿
摇摇援植株的年龄及生理状态	员愿
摇摇援芽的部位	员愿
摇摇援茎尖的大小	员愿
摇摇第二节摇摇药用植物茎尖培养的应用技术	员圆
一、药用植物的快速繁殖	员圆
摇摇援快速繁殖体系的建立	员象
摇摇援影响快速繁殖的主要因素与解决方法	员缘
二、药用植物的脱毒培养	员苑
摇摇援植物组织培养脱毒技术的现状	员苑
摇摇援茎尖培养脱毒的理论基础	员愿
摇摇援茎尖培养育成脱毒苗的方法	员怨
摇摇援通过茎尖培养提高植株脱毒率的有效措施	员缘
摇摇援茎尖培养脱毒的注意事项	员苑
摇摇第三节摇摇药用植物茎尖培养的应用实例	员苑
一、药用植物脱毒培养的应用实例	员苑
摇摇援地黄病毒病及脱毒培养	员苑
摇摇援甘薯病毒病及脱毒培养	员怨
二、药用植物快速繁殖的应用实例	员猿
摇摇援芦荟的快速繁殖	员猿
摇摇援枸杞的快速繁殖	员源
摇摇援贝母的快速繁殖	员缘
摇摇第四节摇摇药用植物种质资源的超低温保存与人工种子	员愿
一、药用植物种质资源的超低温保存	员愿

摇员援种质资源保存概述	员怨
摇圆援种质资源超低温保存的原理	员怨
摇猿援种质资源超低温保存的程序和影响因素	员圆
摇源援药用植物种质资源超低温保存应用实例	员猿
二、植物体细胞胚胎发生与人工种子	员源
摇员援植物体细胞胚	员源
摇圆援人工种子的概念、结构和原理	员缘
摇猿援人工种子制作的基本过程	员远
摇源援人工种子实用化的关键技术	员愿
摇缘援药用植物人工种子制作应用实例	员圆
摇远援人工种子的意义与发展前景	员员
第六章摇药用植物育种技术及应用	员苑
摇第一节摇药用植物的单倍体育种	员苑
一、单倍体与单倍体育种	员苑
二、单倍体在药用植物育种中的作用	员愿
三、应用组织培养技术进行单倍体育种	员怨
摇员援应用花药(或花粉)培养技术培育单倍体	员怨
摇圆援应用子房培养技术培育单倍体	圆远
四、中草药单倍体育种的应用实例	圆愿
摇员援花药培养技术培育单倍体的应用实例	圆愿
摇圆援子房培养技术培育单倍体的应用实例	圆怨
摇第二节摇药用植物的多倍体育种	圆园
一、多倍体与多倍体育种	圆园
二、多倍体在药用植物育种中的作用	圆员
三、应用组织培养技术进行多倍体育种	圆圆
摇员援应用胚乳培养技术培育三倍体	圆圆
摇圆援应用组织培养技术培育多倍体	圆缘
四、药用植物的多倍体育种的应用实例	圆怨
摇员援胚乳培养技术培育多倍体的应用实例	圆怨
摇圆援组织培养技术培育多倍体的应用实例	圆圆
摇第三节摇药用植物的细胞突变体育种	圆圆
一、突变与细胞突变体育种	圆圆
二、利用细胞变异筛选突变体的优缺点	圆圆
三、利用植物组织细胞培养技术进行突变体育种的途径	圆源
摇员援应用单细胞培养技术培育突变体	圆源
摇圆援应用体细胞无性系变异培育突变体	圆员
四、中草药的突变体育种的应用实例	圆远
摇员援单细胞培养技术培育突变体的应用实例	圆远
摇圆援体细胞无性系变异产生突变体的应用实例	圆远

第七章摇酶工程技术及应用	园原
摇第一节摇酶工程的基本技术	园原
一、酶	园圆
摇员援酶的发现历史及其化学本质	园圆
摇圆援酶作为催化剂的特点	园圆
二、酶工程简介	园原
摇员援酶的合成	园原
摇圆援酶的分离纯化	园原
摇猿援酶的固定化	园缘
摇源援细胞的固定化	园缘
摇缘援固定化酶反应器概述	园缘
摇远援固定化酶反应器的选择	园远
摇苑援固定化酶反应器操作	园苑
摇第二节摇酶工程技术在制药工业中的应用	园缘苑
一、青霉素酰化酶在新型抗生素生产中的应用	园缘苑
二、酶应用于生物大分子	园缘愿
三、固定化酶在生物传感方面的应用	园缘怨
摇第三节摇酶工程技术研究及应用进展	园园园
一、紫杉醇及其药源问题	园园园
二、紫杉醇生物合成途径及其相关酶克隆研究现状	园园员
三、从员圆园园年开始酶法半合成紫杉醇的可行性与其优势	园园猿
四、与紫杉醇相关的酶催化研究现状	园园原
摇员援紫杉醇及其类似物的酶催化修饰	园园原
摇圆援紫杉醇骨架前体紫杉萜的酶催化合成	园园缘
摇猿援紫杉醇全合成过程中外消旋同分异构体混合物的酶法拆分	园园远
五、酶法半合成紫杉醇需要解决的主要问题与研究方向	园园苑
第八章摇药用植物基因工程技术	园园园
摇第一节摇目的基因的克隆	园园园
一、根据基因编码产物的功能克隆基因的方法	园园园
二、根据已知核苷酸或蛋白序列克隆基因的方法	园园员
摇员援同源克隆	园园员
摇圆援电子克隆	园园圆
三、利用各种遗传标记技术克隆基因的方法	园园猿
四、通过创造突变体克隆基因的方法	园园原
摇员援转座子标签法	园园原
摇圆援基因组文库标签法	园园缘
五、根据基因的差异表达克隆基因的方法	园园远
摇员援差减杂交	园园远
摇圆援自显差异显示	园园远

摇猿援代表性差示分析	圆苑
摇源援抑制性差减杂交	圆苑
摇缘援阅晕粤微阵列	圆苑
摇第二节摇植物基因转化载体系统的构建	圆愿
一、根癌农杆菌栽质粒基因转化载体构建	圆愿
摇员援栽质粒的改造及卸甲载体构建	圆愿
摇圆援中间载体的构建	圆怨
摇猿援中间载体上的启动子元件	圆园
摇源援中间载体对植物的转化	圆员
二、发根农杆菌砸质粒基因转化载体构建	圆园
摇员援发根农杆菌的分类	圆园
摇圆援砸质粒的结构特征和发根农杆菌对植物的转化机制	圆猿
摇猿援砸质粒载体的构建	圆源
摇第三节摇目的基因的遗传转化系统	圆源
一、载体型植物遗传转化系统	圆源
摇员援转化受体系统的建立	圆源
摇圆援根癌农杆菌栽质粒介导的遗传转化法	圆苑
摇猿援发根农杆菌砸质粒介导的遗传转化法	圆怨
二、阅晕粤直接转化系统	圆猿
三、种质转化系统	圆缘
四、各种转化系统的比较	圆苑
摇第四节摇转基因植物的检测	圆苑
一、报告基因的检测	圆苑
摇员援新霉素磷酸转移酶基因的检测	圆愿
摇圆援潮霉素磷酸转移酶基因的检测	圆愿
摇猿援庆大霉素抗性基因的检测	圆愿
摇源援氯霉素乙酰转移酶基因的检测	圆愿
摇缘援β-葡萄糖苷酸酶基因的检测	圆愿
摇远援荧光素酶基因的检测	圆怨
摇苑援冠瘿碱合成酶基因的检测	猿园
摇愿援绿色荧光蛋白基因的检测	猿园
二、外源基因整合水平上的鉴定	猿园
摇员援孕砸检测转化植株	猿员
摇圆援孕砸-杂杂交检测转化植株	猿员
三、外源基因转录水平上的检测	猿园
摇员援晕粤-杂杂交检测	猿园
摇圆援反转录孕砸检测	猿猿
四、外源基因翻译水平上的检测	猿源
摇员援宰-杂杂交检测	猿源

摇圆援免疫技术检测	猿缘
五、基因工程在中草药遗传改良中的应用前景和问题	猿远
第九章 摇药用植物基因工程技术的应用	猿员
摇第一节 摇药用植物抗性基因工程	猿员
一、药用植物抗虫基因工程	猿员
摇员援苏云金芽孢杆菌杀虫晶体蛋白基因	猿员
摇圆援蛋白酶抑制剂基因	猿缘
摇猿援α-淀粉酶抑制剂基因	猿远
摇源援植物凝集素基因	猿远
二、药用植物抗病及其他抗性基因工程	猿愿
摇员援病毒外壳蛋白基因及其应用	猿愿
摇圆援核糖体失活蛋白基因及其应用	猿怨
摇猿援几丁质酶基因及其应用	猿园
摇源援β-甘露聚糖酶基因及其应用	猿员
摇缘援抗菌肽基因及其应用	猿员
摇远援病毒卫星 砸晕粤 的利用	猿圆
摇苑援病毒复制酶基因及其应用	猿猿
摇愿援溶菌酶基因及其应用	猿猿
摇怨援硫堇	猿猿
摇员园援植物防卫素	猿猿
摇员员援其他抗性基因	猿源
摇第二节 摇药用植物的代谢工程	猿苑
一、黄酮类化合物及其代谢工程	猿苑
摇员援黄酮类化合物的生物功能	猿愿
摇圆援黄酮类化合物的生物合成途径	猿愿
摇猿援黄酮类化合物合成的代谢工程	猿怨
二、萜类物质及其代谢工程	猿员
摇员援青蒿素的代谢工程	猿圆
摇圆援紫杉醇的代谢工程	猿源
摇猿援其他萜类物质及其代谢工程	猿苑
三、生物碱及其代谢工程	猿愿
摇员援萜类吲哚生物碱及其代谢工程	猿愿
摇圆援莨菪烷生物碱及其代谢工程	猿员
摇猿援其他生物碱及其代谢工程	猿源
四、其他植物次生代谢物及其代谢工程	猿源
摇第三节 摇毛状根培养技术的应用	猿缘
一、毛状根培养在次生代谢产物生产中的应用	猿缘
摇员援利用毛状根培养生产次生代谢物的优点	猿远
摇圆援影响毛状根生长和次生代谢产物合成的因素	猿苑

二、毛状根的大规模培养	猿猴
摇猿猴生物反应器应用于植物组织、细胞培养的发展概况	猿猴
摇猿猴适用于毛状根大规模培养的生物反应器	猿猴
摇猿猴毛状根大规模培养的新技术	猿猴
摇猿猴毛状根大规模培养的新型反应器设计原则	猿猴
三、菘蓝毛状根的诱导	猿猴
四、人参毛状根的诱导	猿猴
五、甘草毛状根的诱导	猿猴
六、其他药用植物毛状根的诱导	猿猴
摇第四节摇转基因植物作为生物反应器生产药物	猿猴
一、疫苗的生产	猿猴
二、抗体的生产	猿猴
三、其他蛋白质药物及细胞因子的生产	猿猴
四、利用转基因植物生产糖类物质	猿猴
摇第五节摇药用植物基因工程可能涉及的安全性	猿猴
一、药用植物基因工程的环境安全性	猿猴
二、药用植物基因工程的安全性	猿猴
三、基因工程技术的发展对药用植物转基因安全性的影响	猿猴
第十章摇分子标记技术在药用植物中的应用	猿猴
摇第一节摇分子标记的种类与基本技术	猿猴
一、分子标记的种类	猿猴
二、常用分子标记的基本原理与技术	猿猴
摇猿猴RFLP标记技术	猿猴
摇猿猴AFLP标记技术	猿猴
摇猿猴RAPD标记技术	猿猴
摇猿猴SCAR标记技术	猿猴
摇猿猴SSR标记及其衍生的分子标记	猿猴
摇猿猴STP标记和杂合标记	猿猴
摇猿猴SNP标记技术	猿猴
三、分子标记在分子生物学研究中的应用	猿猴
摇第二节摇分子标记技术在药用植物中的应用	猿猴
一、种质资源鉴定	猿猴
摇猿猴分子标记在药用植物分类上的应用	猿猴
摇猿猴植物药材的真伪鉴别	猿猴
摇猿猴中草药的道地性分析	猿猴
摇猿猴中药材基原植物的鉴定	猿猴
摇猿猴复方制剂、粉剂中药材的成分分析	猿猴
二、分子标记辅助药用植物育种	猿猴
三、分子标记技术在药用植物研究上的应用前景	猿猴