



普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材



面向 21 世纪 课程 教材
Textbook Series for 21st Century

植物组织培养

第二版

ZHIWU ZUZHI PEIYANG

王 蒂 陈劲枫 • 主编



 中国农业出版社

面向 21 世纪课程教材

Textbook Series for 21st Century

普通高等教育农业部“十二五”规划教材

全国高等农林院校“十二五”规划教材

植物组织培养

第二版

王 蒂 陈劲枫 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

植物组织培养/王蒂, 陈劲枫主编. —2 版. —北京: 中国农业出版社, 2013. 8
普通高等教育农业部“十二五”规划教材 全国高等农林院校“十二五”规划教材 面向 21 世纪课程教材
ISBN 978-7-109-18160-1

I. ①植… II. ①王…②陈… III. ①植物组织—组织培养—高等学校—教材 IV. ①Q943.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 176141 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

北京通州皇家印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2004 年 6 月第 1 版 2013 年 8 月第 2 版
2013 年 8 月第 2 版北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 26.5
字数: 635 千字
定价: 43.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本教材全面系统地介绍了植物组织的概念、原理、方法及研究成果，分绪论、总论和各论三部分。绪论阐述了植物组织培养的基本概念、发展历史及应用；总论从实验室基本操作到组织和细胞培养原理与方法等都作了较为细致的阐述，内容涉及植物组织培养原理、器官和组织培养、胚胎培养及离体授粉、花药和花粉培养、细胞和原生质体培养、离体繁殖、无病毒苗木培育、体细胞无性系变异、遗传转化和种质资源保存；各论对国民经济具有重要意义的蔬菜、果树、观赏植物、大田作物、林木和药用植物的组织培养技术和应用实例进行了具体、重点的介绍。

本教材结构简练、内容丰富，既有理论又有实践，可作为林学、农学、园艺、生物科学、生物技术等专业本专科生及研究生的教材，也可供相关科研人员使用。

第二版编写人员

主 编 王 蒂 (甘肃农业大学)

陈劲枫 (南京农业大学)

副主编 朱延明 (东北农业大学)

张俊莲 (甘肃农业大学)

编 委 (按姓名笔画排序)

王 蒂 (甘肃农业大学)

王康才 (南京农业大学)

尹美强 (山西农业大学)

朱延明 (东北农业大学)

刘 艳 (内蒙古农业大学)

刘永立 (浙江大学)

刘学春 (山东农业大学)

李 勇 (东北农业大学)

张俊莲 (甘肃农业大学)

陈劲枫 (南京农业大学)

赖钟雄 (福建农林大学)

审 稿 谢从华 (华中农业大学)

第一版编写人员

主 编 王 蒂 (甘肃农业大学)

副主编 陈劲枫 (南京农业大学)

朱延明 (东北农业大学)

张俊莲 (甘肃农业大学)

编 委 (按姓名笔画排序)

王 蒂 (甘肃农业大学)

王玉国 (山西农业大学)

王康才 (南京农业大学)

朱延明 (东北农业大学)

刘永立 (浙江大学)

刘学春 (山东农业大学)

李 杰 (东北农业大学)

张俊莲 (甘肃农业大学)

陈劲枫 (南京农业大学)

赖钟雄 (福建农林大学)

审 稿 李浚明 (中国农业大学)

第二版前言

本书自2004年第一版问世以来,已作为高等学校本科生和研究生教材、相关领域科研人员参考书被广泛使用。这次应本学科发展的现实需要,我们对本书又进行了修订。修订过程中,编写组全体成员查阅了本学科最新的研究论文、专著和相关教材,力求使这次修订能更准确地反映研究进展和成绩,及时吐故纳新,为读者尽可能全面地展现植物组织培养的最新研究成果和发展动态。

根据本学科的发展动态,我们在第一版的基础上,增加了《植物遗传转化》一章内容,同时在《大田作物组织培养》一章中,增加了大豆和棉花的组织培养内容,以求使本书能更全面地反映本学科研究内容和发展方向。

本教材分为绪论、总论(第一至十二章)和各论(第十三至十八章)三部分:绪论(王蒂、张俊莲编写)、第一章实验室及基本操作(刘永立编写)、第二章植物组织培养原理(赖钟雄编写)、第三章植物器官和组织培养(刘艳编写)、第四章植物胚胎培养及离体授粉(尹美强编写)、第五章植物花药和花粉培养(陈劲枫编写)、第六章植物细胞培养(尹美强编写)、第七章植物原生质体培养及细胞融合(朱延明编写)、第八章植物离体快速繁殖(张俊莲、王蒂编写)、第九章无病毒苗木培育(刘学春编写)、第十章植物体细胞无性系变异(陈劲枫编写)、第十一章植物遗传转化(张俊莲、王蒂、李勇编写)、第十二章植物种质资源离体保存(赖钟雄编写)、第十三章蔬菜组织培养(陈劲枫编写)、第十四章果树组织培养(朱延明、李勇编写第一、二节,赖钟雄编写第三、四节)、第十五章观赏植物组织培养(刘学春编写)、第十六章大田作物组织培养(王蒂、张俊莲编写,其中大豆部分李勇编写,水稻部分赖钟雄编写)、第十七章林木组织培养(刘艳编写第一节,赖钟雄编写第二、三节)和第十八章药用植物组织培养(王康才编写)。附录中收录了常用培养基配方,常用化合物相对分子质量,常用激素浓度单位换算表,植物组织培养常用名词,部分植物、微生物和昆虫学名以及植物病毒的分类。全书由谢从华教授审稿,王蒂教授和张俊莲教授统稿、定稿。

本书的出版与全体编写人员的共同努力是分不开的,在此我深表谢意。我还要特别感谢华中农业大学的谢从华教授对本书提出的宝贵修改意见、中国农业出版社的同志对修订工作给予的支持和帮助。

王 蒂

2013年3月

第一版前言

具有百年研究历史的植物组织培养技术，特别是经过近 40 年的快速发展，已渗透到生物学科各个领域，成为生物学的重要研究技术和手段，广泛应用于农业、工业、林业和医药业，产生了巨大的经济效益和社会效益，成为当代生物科学中最有生命力的学科之一。

我国目前从事植物组织培养的人数和实验室总面积均居世界第一，但经济效益与发达国家相比还有相当差距。究其原因，一是缺乏人才，二是技术本身以及管理方面存在问题。为此也促使各高校相继设置了植物组织培养课程。该教材即为满足教学需要、方便相关人员的研究和开发工作而编写。

在编写过程中，各位编者查阅了大量的研究论文、专著和相关教材，广泛收集国内外商业化或将要商业化生产的植物种类和具有重要价值的作物种类，力求使读者尽可能全面掌握组织培养的基本原理，了解最新研究成果和未来发展动态，进而开展进一步的研究和商业开发。希望本教材对各高校相关专业本、专科生和研究生的学习有所帮助，为科研人员和生产者提供参考，也恳请读者提出批评和指正。

全书由绪论、总论（1~11 章）和各论（12~17 章）三部分组成。编写具体分工如下：绪论（王蒂、张俊莲）、第一章实验室及基本操作（刘永立）、第二章植物组织培养的基本原理（赖钟雄）、第三章植物器官和组织培养（张俊莲）、第四章植物胚胎培养及离体授粉（王玉国）、第五章植物花药和花粉培养（陈劲枫）、第六章植物细胞培养（王玉国）、第七章植物原生质体培养及细胞融合（朱延明）、第八章植物体细胞无性系变异（陈劲枫）、第九章植物离体繁殖（张俊莲、王蒂）、第十章无病毒苗木培育（刘学春）、第十一章植物种质资源离体保存（赖钟雄）、第十二章蔬菜组织培养（陈劲枫）、第十三章果树组织培养（李杰）、第十四章观赏植物组织培养（刘学春）、第十五章大田作物组织培养（王蒂、张俊莲、赖钟雄）、第十六章林木组织培养（赖钟雄）和第十七章药用植物组织培养（王康才）。附录中收录了植物组织培养常用名词英汉和汉英对照，部分植物、微生物和昆虫名称拉汉和汉拉对照，组织培养常用药品浓度换算表及植物病毒分类。全书由王蒂和张俊莲统稿、定稿，最后由李浚明教授审稿。

本教材的面世是与很多人的努力分不开的，特别感谢李浚明教授以严谨的治学态度对全书进行系统审阅并提出宝贵修改意见，中国农业出版社对编写工作给予了大力支持

和帮助,各编者在整个编写过程中通力合作并在章节取舍时表现了充分的理解。感谢甘肃农业大学常永义、陈伯鸿、金芳三位副教授惠赠照片。感谢南京农业大学罗向东博士、雷春硕士、宋慧硕士和东北农业大学侯爱菊博士给予帮助。

王 蒂

2004年2月

目 录

第二版前言

第一版前言

绪论 1

第一节 植物组织培养的基本概念 1

一、植物组织培养的概念 1

二、植物组织培养的特点和优越性
..... 2

三、植物组织培养的研究类型和任务
..... 3

第二节 植物组织培养的形成与发展
..... 4

一、植物组织培养的开创 4

二、植物组织培养的奠基 5

三、植物组织培养的建立 7

第三节 植物组织培养的应用及展望
..... 10

一、植物离体快速繁殖 10

二、无病毒苗木培育 11

三、培育新品种或创制新种质 12

四、次生代谢物的生产 15

五、植物种质资源的离体保存 15

六、人工种子 15

小结 16

主要参考文献 16

总论 18

第一章 实验室及基本操作 18

第一节 实验室及基本设备 18

一、实验室 18

二、基本设备 19

第二节 基本操作 22

一、洗涤 22

二、灭菌 23

三、无菌操作 24

第三节 培养基 24

一、培养基的构成 24

二、培养基的选择 27

三、培养基的配制 29

第四节 离体培养体系的建立 31

一、供体植物材料 31

二、外植体的选择和处理 31

三、培养条件 33

小结 35

复习思考题 35

主要参考文献 36

第二章 植物组织培养原理 37

第一节 植物细胞全能性和细胞分化
..... 37

一、植物细胞全能性 37

二、植物细胞分化 38

第二节 离体条件下植物器官的发生
..... 40

一、脱分化和再分化 40

二、影响细胞脱分化和再分化的因素
..... 42

三、愈伤组织培养 42

第三节 植物体细胞胚胎发生 45

一、体细胞胚胎发生过程 45

二、体细胞胚胎发生途径 47

三、体细胞胚胎发生的极性和生理隔离
..... 47

四、体细胞胚胎发生的生理学和生物化
学变化 48

第四节 影响植物离体形态发生的因素
..... 51

一、植物种类和生理状态 51

二、培养基	52	三、影响离体授粉受精的因素	82
三、培养条件	54	小结	83
小结	55	复习思考题	83
复习思考题	55	主要参考文献	84
主要参考文献	55		
第三章 植物器官和组织培养	57	第五章 植物花药和花粉培养	85
第一节 植物营养器官培养	57	第一节 植物花药和花粉培养的概念和 应用	85
一、植物根培养	57	一、花药和花粉培养的概念	85
二、植物茎培养	58	二、花药和花粉培养的应用	85
三、植物叶培养	59	第二节 花粉小孢子发育途径	86
第二节 植物繁殖器官培养	61	一、活体小孢子发育途径	86
一、植物花器官培养	61	二、离体小孢子发育途径	88
二、植物幼果培养	62	三、花粉植株形态发生方式	91
三、植物种子培养	62	第三节 花药和花粉培养方法	92
第三节 植物组织培养	62	一、花药培养	92
一、分生组织培养	62	二、花粉培养	92
二、愈伤组织培养	64	三、移栽驯化	94
三、薄层组织培养	65	四、白化苗现象	94
小结	66	五、影响花药和花粉培养的因素	96
复习思考题	66	第四节 单倍体植株鉴定和染色体加倍	101
主要参考文献	66	一、花粉和花药植株的倍性	101
		二、花粉和花药植株的染色体加倍	102
第四章 植物胚胎培养及离体授粉	67	小结	103
第一节 植物胚培养	67	复习思考题	103
一、胚培养的类型	67	主要参考文献	103
二、胚培养的应用	68		
三、幼胚培养	68	第六章 植物细胞培养	105
四、影响胚培养的因素	70	第一节 植物细胞培养	105
第二节 植物胚乳培养	73	一、单细胞培养	105
一、胚乳培养	73	二、细胞的悬浮培养	109
二、影响胚乳培养的因素	75	三、影响细胞培养的因素	114
第三节 植物胚珠和子房培养	76	第二节 培养细胞生长和活力的测定	115
一、胚珠培养	76	一、培养细胞生长的测定	115
二、子房培养	78	二、培养细胞活力的测定	117
第四节 植物离体授粉	79	第三节 植物细胞培养的应用	118
一、离体授粉的类型	79		
二、离体授粉的方法	81		

一、次生代谢产物的生产	118	四、继代培养	157
二、突变体的选择	121	五、移栽	157
第四节 人工种子	122	第三节 植物快繁的商业化应用	159
一、人工种子的概念及意义	122	一、商业化生产规模及工艺流程	160
二、人工种子的制备技术	123	二、商业化生产及效益分析	161
三、人工种子的储藏与萌发	125	三、降低商业化生产成本的措施	163
小结	125	四、商业化生产应注意的问题	164
复习思考题	125	小结	167
主要参考文献	126	复习思考题	167
主要参考文献	126	主要参考文献	167
第七章 植物原生质体培养及细胞融合	127	第九章 无病毒苗木培育	169
第一节 植物原生质体的分离	127	第一节 植物病毒为害及脱病毒机理	169
一、原生质体的分离	127	一、植物病毒的种类、分布与为害	169
二、原生质体的纯化	130	二、植物病毒的传播方式与脱病毒机理	171
三、原生质体活力测定	131	三、植物脱病毒的意义	174
四、影响原生质体数量和活力的因素	132	第二节 植物脱毒方法及茎尖脱毒技术	174
第二节 植物原生质体培养	133	一、植物脱毒方法	174
一、原生质体培养方法	133	二、植物茎尖脱毒技术	177
二、影响原生质体培养的因素	134	第三节 脱病毒植株的检测和繁殖	179
三、原生质体再生	135	一、脱病毒植株的检测技术	179
第三节 植物体细胞融合	137	二、脱病毒植株的繁殖	183
一、原生质体融合	137	小结	183
二、体细胞杂种的选择	141	复习思考题	184
三、细胞质工程	143	主要参考文献	184
小结	144	第十章 植物体细胞无性系变异	186
复习思考题	145	第一节 植物体细胞无性系的变异及其应用	186
主要参考文献	145	一、体细胞无性系的变异和筛选	186
第八章 植物离体快速繁殖	146	二、体细胞无性系变异的应用	189
第一节 植物快繁器官形成方式及繁殖程序	146		
一、快繁器官形成方式	146		
二、离体快繁程序	149		
第二节 影响植物快繁的因素	154		
一、外植体	154		
二、培养基	155		
三、培养条件	156		

第二节 体细胞无性系变异机理及影响因素	190
一、体细胞无性系变异机理	190
二、体细胞无性系变异的影响因素	193
小结	195
复习思考题	196
主要参考文献	196
第十一章 植物遗传转化	198
第一节 植物遗传转化的受体及表达载体	198
一、植物遗传转化的受体	198
二、植物遗传转化的表达载体	200
第二节 植物遗传转化方法	206
一、农杆菌载体介导转化法	206
二、载体直接或无载体基因导入法	207
三、活体转化方法	210
第三节 转基因植株鉴定方法及安全性	213
一、转基因植株鉴定方法	213
二、转基因植物的安全性	216
小结	216
复习思考题	217
主要参考文献	217
第十二章 植物种质资源离体保存	219
第一节 植物限制生长离体保存方法	219
一、低温保存法	219
二、高渗透压保存法	220
三、生长抑制剂(或延缓剂)保存法	221
四、其他限制生长保存法	223
五、限制生长条件下细胞结构变化	223
第二节 植物超低温离体保存	225
一、超低温保存原理	225
二、超低温保存方法	226
第三节 离体保存材料的遗传变异	229
一、遗传完整性变化	229
二、影响遗传完整性的主要因素	230
小结	230
复习思考题	231
主要参考文献	231
各论	233
第十三章 蔬菜组织培养	233
第一节 草莓	233
一、草莓脱毒苗培育	233
二、草莓无性系变异	236
三、草莓种质资源保存	237
第二节 大蒜	237
一、大蒜脱毒苗培育	238
二、大蒜单倍体育种	241
三、大蒜原生质体培养	242
第三节 胡萝卜	243
一、胡萝卜体细胞胚胎发生	243
二、胡萝卜原生质体培养及体细胞杂交	245
三、胡萝卜遗传转化	247
小结	248
复习思考题	249
主要参考文献	249
第十四章 果树组织培养	250
第一节 苹果	250
一、苹果脱毒与快繁	250
二、苹果原生质体培养	252
三、苹果遗传转化	254
第二节 葡萄	255
一、葡萄快繁与脱毒	255
二、葡萄胚胎及花药培养	257
三、葡萄原生质体培养	258
四、葡萄遗传转化	259

第三节 柑橘	260	三、油菜遗传转化	294
一、柑橘胚胎及花药培养	260	第三节 大豆	295
二、柑橘原生质体培养与融合	263	一、大豆组织和器官培养	295
三、柑橘微芽嫁接与脱毒	264	二、大豆细胞及原生质体培养	296
第四节 香蕉	265	三、大豆遗传转化	296
一、香蕉离体繁殖及工厂化生产	265	第四节 棉花	297
二、香蕉悬浮细胞及原生质体培养与融合	268	一、棉花组织和器官培养	297
小结	271	二、棉花原生质体培养与融合	298
复习思考题	271	三、棉花遗传转化	300
主要参考文献	271	第五节 禾本科作物	301
第十五章 观赏植物组织培养	273	一、玉米、小麦和水稻的组织 and 器官培养	301
第一节 兰花	273	二、玉米、小麦和水稻的原生质体培养	305
一、兰花快速繁殖及病毒检测	273	三、玉米、小麦和水稻的遗传转化	307
二、兰花合子胚培养及转基因	275	小结	309
第二节 香石竹	276	复习思考题	309
一、香石竹快速繁殖	276	主要参考文献	310
二、香石竹无病毒苗培育	277	第十七章 林木组织培养	312
第三节 菊花	278	第一节 杨树	312
一、菊花快速繁殖	278	一、杨树组织和器官培养	312
二、菊花无病毒苗培育	279	二、杨树原生质体培养	314
第四节 百合	280	三、杨树遗传转化	314
一、百合快速繁殖	280	第二节 针叶树	316
二、百合破除休眠	281	一、针叶树离体植株再生	316
小结	282	二、针叶树原生质体培养及遗传转化	318
复习思考题	282	第三节 相思树	319
主要参考文献	282	一、相思树外植体及其培养	319
第十六章 大田作物组织培养	283	二、相思树不定根诱导及移栽	322
第一节 马铃薯	283	小结	322
一、马铃薯组织和器官培养	283	复习思考题	323
二、马铃薯细胞培养	286	主要参考文献	323
三、马铃薯原生质体培养与融合	286	第十八章 药用植物组织培养	324
四、马铃薯遗传转化	289	第一节 红豆杉	324
第二节 油菜	289	一、红豆杉组织和器官培养	324
一、油菜组织和器官培养	289		
二、油菜原生质体培养与融合	292		

二、红豆杉悬浮细胞培养	326
第二节 人参	328
一、人参组织和器官培养	328
二、人参悬浮细胞培养	330
三、人参原生质体培养	332
四、人参毛状根培养	332
第三节 石斛	333
一、石斛组织和器官培养	333
二、石斛人工种子	336
第四节 生物反应器在药用植物组织 培养中的应用	337
一、植物细胞培养的生物反应器 ...	337
二、生物反应器生产紫草素	340
小结	343

复习思考题	343
主要参考文献	344

附录	345
----------	-----

附录 I 植物组织培养中常用培养基配方	345
------------------------------	-----

附录 II 植物组织培养基常用化合物相对 分子质量	357
------------------------------------	-----

附录 III 常用植物生长激素浓度单位换算 表	358
----------------------------------	-----

附录 IV 植物组织培养常用名词	359
------------------------	-----

附录 V 部分植物、微生物和昆虫学名	383
-----------------------------	-----

附录 VI 植物病毒的分类	400
---------------------	-----

绪 论

植物组织培养 (plant tissue culture, 简称组培) 研究领域经历了 100 多年的发展, 植物细胞全能性 (totipotency) 理论是其核心基础, 指导着植物离体 (*in vitro*) 材料的培养 (cultivation) 和繁殖 (propagation)。植物生长调节剂 (growth regulator) 的发现和应用, 有效地调控着离体培养材料的生长和发育方向; 植物离体培养环境和容器的研究及开发, 使离体培养材料的生长和繁殖更为经济、有效和快捷。经过众多研究者长期不懈的努力和创新, 植物组织培养研究领域快速发展, 已成为生物学科研究的重要技术手段, 并广泛应用于农业、林业、工业、医药业等行业, 产生了巨大的经济效益和社会效益。

第一节 植物组织培养的基本概念

一、植物组织培养的概念

植物组织培养是指在无菌 (asepsis) 和人工控制 (manual control) 的环境条件下, 利用适当的培养基 (medium), 对离体的植物器官 (organ)、组织 (tissue)、细胞 (cell) 及原生质体 (protoplast) 进行培养, 使其再生细胞或完整植株 (complete plantlet) 的技术。由于培养的植物材料已脱离了母体, 又称为植物离体培养 (plant culture *in vitro*)。

植物组织培养的概念分为广义概念和狭义概念。广义概念是指对植物的器官、组织、细胞及原生质体进行离体培养的技术。狭义概念是指对植物的组织 [如分生组织 (meristem)、表皮组织 (epidermal tissue)、薄壁组织 (parenchyma) 等] 及培养产生的愈伤组织 (callus) 进行离体培养的技术。

植物组织培养概念中所提到的无菌是指使培养器皿、器械、培养基和培养材料等处于无真菌 (fungus)、细菌 (bacterium)、病毒 (virus) 等微生物的状态, 以保证培养材料在培养器皿中正常生长和发育。然而, 近年来有学者提出利用开放式有菌环境进行离体材料的培养, 即开放式植物组织培养 (open plant tissue culture) (图绪论-1)。它是指在使用抑生素 (plantiotics) 的条件下, 在自然开放的有菌环境中进行植物离体组织的接种和培养, 且无需高压灭菌和超净工作台。其优点是脱离了严格的无菌操作要求, 简化组培环节, 降低组培成本。该技术的关键点是改造培养基, 即在培养基中添加一种或几种具广谱性的抗生素 (antibiotics), 解决培养基污染 (contamination) 问题。该技术目前尚处在探索阶段。人工控制的环境



图绪论-1 开放式植物组织培养

条件是指对光照、温度、湿度、气体等条件的人工控制,满足植物培养材料在离体条件下正常生长和发育。对离体培养环境条件控制的研究被称为离体生态学(*in vitro ecology*),其构成是培养基、植物材料和人工环境条件。植物组织培养中使用的各种器官、组织和细胞统称为外植体(explant)。愈伤组织是指外植体因受伤或在离体培养时,其未分化的细胞和已分化的细胞进行活跃的分裂增殖而形成的一种无特定结构和功能的组织。

二、植物组织培养的特点和优越性

(一) 植物组织培养的特点

植物组织培养的主要特点是采用微生物学的实验手段来操作植物离体的器官、组织和细胞。这一特点具体表现为:①组织培养的主要过程都是在无菌条件下(尽管目前有一些有菌条件下的研究)进行的,外植体、培养基、接种环境都须经过无菌处理。②组织培养多数情况下是利用成分完全确定的人工培养基进行的,除少数特殊情况(如营养缺陷型突变细胞的筛选)外,培养基中包含了植物生长所需的水分、无机成分[inorganic compound,包括大量元素(macronutrient)和微量元素(micronutrient)]、有机成分(organic compound)和植物激素(phytohormone)。培养基的pH和渗透压(osmotic pressure)也是人为设定的。因此,组织培养中的植物材料不需依靠自身的光合作用制造养分,而是处于完全的异养(heterotrophism)状态。③组织培养的起始材料可以是植物的器官、组织,也可以是单个细胞,它们都处于离体状态下。细胞的全能性不仅表现在二倍体(diploid)细胞水平上,也表现在单倍体(monoploid, haploid)细胞[如小孢子(microspore)]和三倍体(triploid)细胞[如胚乳(endosperm)]水平上,即使是去掉了细胞壁的细胞[原生质体(protoplast)],在组织培养条件下也能再生完整植株。④组织培养物通过连续继代培养可以不断增殖,形成克隆(clone,也称无性繁殖系),或通过改变培养基成分,特别是其中的植物激素种类和配比,可达到不同的实验目的,如茎芽增殖或生根。⑤组织培养是在封闭的容器中进行的。容器内气体和环境气体通过封口材料可以进行交换。容器内的相对湿度通常情况下几乎是100%。因此,组培苗(plantlet)叶片表面一般都缺乏角质层(stratum corneum)或蜡质层(wax coat),且气孔(stomata)保卫细胞(guard cell)不具正常功能,始终都是张开的。⑥组织培养的环境温度、光照强度和时间等都是人为设定的,找出这些物理因素的最适参数对于组织培养的成功也很重要。

(二) 植物组织培养的优越性

由于是利用可控制环境对离体植物外植体进行培养和繁殖,与田间植株繁殖技术相比较,植物组织培养的优越性表现为:①外植体遗传背景一致性高。再生植株的外植体可以来自细胞、组织、器官等,个体微小,可来源于同一植物体,遗传性状一致性高,试验精度得到提高。②经济方便。外植体培养和繁殖为微型化和精密化,来源广泛,易管理,成本低。③培养材料生长条件可控制。培养材料生长所需条件,即培养基和环境条件均可处于人工控制下,植株生长发育所需条件一致性高,试验误差低。④生长周期短。外植体生长处于优化条件下,其生长和繁殖速度快。⑤周年且规模化生产。不受季节影响,可周年进行工厂化大规模生产,保障了产品的质量和数量。