

绿色农业技术推广丛书

无土栽培

WUTU ZAIPEI

冷 鹏 主编



化学工业出版社

绿色农业技术推广丛书

无土栽培

WUTU ZAIPEI

冷 鹏 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以“指导无土栽培高效化,进入寻常百姓家”为宗旨,突出新成果、新技术与传统经验和常规技术的有机结合。全书针对生产实际,系统介绍了无土栽培关键技术,主要包括无土栽培设施选择和建造、环境条件要求和温湿度调控、基质选用和营养液配制、工厂化无土栽培生产与经营、蔬菜和花卉的无土栽培、家庭阳台无土栽培等关键技术和实际应用。

本书重点突出,内容新颖,技术先进,科学实用,浅显易懂,适合从事无土栽培生产的科技人员和无土栽培爱好者参考,也可供高等学校相关专业师生参阅。

图书在版编目(CIP)数据

无土栽培/冷鹏主编. —北京:化学工业出版社,
2015.9
(绿色农业技术推广丛书)
ISBN 978-7-122-24860-2

I. ①无… II. ①冷… III. ①无土栽培 IV. ①S317

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第184203号

责任编辑:刘兴春

文字编辑:李 曦

责任校对:王素芹

装帧设计:孙远博

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张7 字数166千字

2015年11月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:25.00元

版权所有 违者必究

《绿色农业技术推广》丛书编委会

主 任 高东升

副主任 迟 斌 高文胜

编委会成员（按姓氏笔画排序）

王 涛 王志刚 孙玉刚 孙作文 李丰国

李计国 李玉胜 冷 鹏 迟 斌 昌云军

郝玉金 秦 旭 高文胜 高东升 郭跃升

《无土栽培》编写人员名单

主 编 冷 鹏

副主编 唐洪杰 彭美祥 彭金海 赵孝东 牛建群

编 者（按姓氏汉语拼音字母排序）

柏建峰 崔爱华 陈 刚 董慧颖 方瑞元

韩庆典 侯慧敏 冷 鹏 焦圣群 李 红

李 静 凌再平 刘 林 马宗国 牛建群

彭金海 彭美祥 宿刚爱 唐洪杰 王 萍

王俪晓 魏 萍 于慎兴 杨化恩 姚夕敏

翟今成 赵孝东 朱佩群

前言 FOREWORD

无土栽培 (Soiless Culture) 是指不用土壤而用营养液或固体基质加营养液栽培作物的方法。它是继 20 世纪 60 年代世界农业上的“绿色革命”之后兴起的一场新的“栽培革命”，改变了自古以来农业生产依赖于土壤的种植习惯，把农业生产推向工业化生产和商业化生产的新阶段，成为未来农业的雏形。实践证明，无土栽培具有节水、节能、省工、省肥、减少环境污染、防止连作障碍、产品无污染及高产、高效等一系列特点。

早在第二次世界大战期间，西方国家就应用无土栽培（无土栽培人才）技术生产蔬菜供应部队。到 20 世纪 60 年代，无土栽培技术在发达国家得到广泛应用。70 年代后，出现了营养液膜技术 (NFT)，生产成本有所下降，后来又出现多种人工基质，其中岩棉的应用较广，发展迅速。美国是世界上最早进行无土栽培商业化生产的国家。

现在世界上商业性无土栽培是以基质栽培为主。世界各国采用无土栽培主要生产蔬菜、花卉和水果，在欧盟国家温室蔬菜、水果和花卉生产中已有 80% 采用无土栽培方式。发达国家已经实现了采用计算机实施自动测量和自动控制，先进国家又采用了专家系统的最新技术，应用知识工程总结专家的知识 and 经验，使其规范化、系统化。目前，无土栽培技术发展有两种趋势：一种是高投资、高技术、高效益类型，如荷兰、日本等发达国家，无土栽培生产实现了高度机械化，通过计算机调控实现一条龙的工厂化生产和产品周年供应，经济效益显著；另一种趋势是以发展中国家为主，以中国为代表，就地取材，手工操作，采用简易的设备，节约生产，解决

人民的基本生活需要。如何掌握无土栽培的关键技术已成为当前急需。

本书是建立在专业研究成果基础上,广泛借鉴无土栽培最新技术资料编写而成。针对生产实际和读者需要,系统介绍了无土栽培设施的建造、基质的选择与处理、营养液的配制与管理、环境条件要求与调控、育苗技术等;针对实际操作,重点介绍了工厂化无土栽培的生产与经营,蔬菜、花卉等植物的无土栽培,家庭阳台无土栽培等系列应用技术。对于当前省力省工和简化的开展无土栽培,具有先进性、指导性和实用性,对我国无土栽培健康发展提供科学技术参考。

全书以现代栽培关键技术为主线,内容新颖,重点突出,技术先进,科学实用,浅显易懂,适合从事无土栽培管理的科技人员、无土栽培爱好者参考,也可供高等学校相关专业师生参阅。

本书在编写过程中,得到了多位同行的帮助,在此表示感谢,由于篇幅有限,不一一列出,敬请谅解!

限于编者编写时间和水平,书中难免有疏漏和不足之处,敬请广大读者批评指正!

编者电子信箱: hongqi366@126.com。

编者

2015年5月

目 录 CONTENTS

第一章 概述	1
第一节 无土栽培的含义与类型	1
一、无土栽培的含义	1
二、无土栽培的类型	2
第二节 无土栽培的特点、要求与应用范围	5
一、无土栽培的特点	6
二、无土栽培的一般要求	10
三、无土栽培的应用范围	11
第三节 无土栽培与绿色食品蔬菜生产	13
一、绿色食品蔬菜的概念和标准	13
二、无土栽培在绿色食品蔬菜生产中的作用	16
第四节 无土栽培的发展概况与展望	16
一、国外无土栽培的发展概况与展望	17
二、我国无土栽培的发展概况与展望	19
第二章 无土栽培设施的选择与建造	22
第一节 基本设施	22
一、栽培床	22
二、储液池	22
三、供液系统	23
四、控制系统	23
第二节 多功能 (LG-D 型) 无土栽培设施及栽培技术	24
一、LG-D 型无土栽培设施结构	24
二、LG-D 型无土栽培设施模式应用	26
三、LG-D 型无土栽培设施模式的优越性	28
第三节 LG-L 立体无土栽培设施及栽培模式	33
一、链条组合式墙体栽培设施结构	34

二、三角立柱栽培设施	35
三、组拼式墙面立体栽培设施	35
四、螺旋仿生立体水培柱	36
五、LG-L 立体栽培设施的应用	37
六、LG-L 系列立体栽培模式的主要优点	38
第三章 基质的选用及处理	42
第一节 固体基质的理化性质	42
一、固体基质的作用	42
二、基质的物理性质	43
三、基质的化学性质	46
第二节 基质的种类及特性	50
一、基质的种类	50
二、常用基质的特性	50
第三节 基质的选用	55
一、基质的选用原则	55
二、基质的选配	58
第四节 基质的消毒与更换	60
一、基质的消毒	60
二、基质的更换	63
第四章 营养液的配制与管理	64
第一节 营养液的原料及其要求	64
一、营养液对水源、水质的要求	65
二、营养液对肥料及辅助物质的要求	67
第二节 营养液的组成	70
一、营养液的组成原则	70
二、营养液组成的确定方法	72
三、营养液配方	75
四、营养液的种类	76
五、营养液浓度的表示方法	77
第三节 营养液的配制技术	81

一、营养液的配制原则	81
二、营养液配制前的准备工作	81
三、营养液配制方法	82
四、营养液配制的操作规程	86
第四节 营养液的管理	87
一、营养液中溶解氧的调整	87
二、营养液浓度的调整	90
三、营养液酸碱度的控制	93
四、光照与液温管理	95
五、供液时间与供液次数	96
六、营养液的更换	97
七、经验管理法	98
八、废液处理与再利用	98

第五章 无土栽培育苗技术..... 100

第一节 无土育苗的概念及特点	100
一、无土育苗的概念	100
二、穴盘无土育苗的特点	101
第二节 无土育苗的设备	102
一、精量播种系统	102
二、穴盘	103
三、育苗基质	104
四、育苗床架	104
五、肥水供给系统	105
第三节 无土育苗技术种子处理	105
一、种子消毒	105
二、种子活化处理	106
第四节 适宜基质及配方的选择	109
第五节 无土栽培的播种	111
一、基质混合	111
二、装盘	111

三、压穴	112
四、播种	112
五、覆盖	112
六、浇水	112
七、温度	113

第六章 无土栽培管理技术 114

第一节 温湿度管理技术	114
一、温度管理	114
二、湿度管理	114
第二节 营养施肥管理技术	117
第三节 化控技术的应用	118
第四节 二氧化碳施肥技术	119
第五节 无土栽培的营养障碍诊断	120
第六节 病虫害防治技术	121
一、保护地设施及材料消毒	121
二、病虫害防治	122

第七章 无土栽培环境调控技术 125

第一节 无土栽培设施与建造要求	125
一、无土栽培的基本设施	125
二、无土栽培设施建造总体要求	130
第二节 无土栽培的环境保护设施与建造要求	131
一、环境保护设施的类型与分类	131
二、无土栽培用日光温室建造总体要求	134
第三节 设施栽培环境的调控技术	135
一、保护设施环境的调控原则与目标	135
二、光照条件及其调控	136
三、温度条件及其调控	138
四、CO ₂ 及其调控	142
五、空气湿度	144
六、环境的综合调控技术	146

第八章 工厂化无土栽培的生产与经营管理 148

第一节 树立正确的经营思想 148

一、以市场需求为导向 149

二、选择名、优、特、稀高档种类，提高产品价值 149

三、树立企业品牌 149

四、做好产后工作，提高生产效益 150

五、以销定产，产销结合 150

第二节 加强企业管理 150

一、加强员工培训 150

二、加强生产及销售管理 151

三、加强生产管理 152

四、加强销售管理 153

第九章 蔬菜无土栽培 154

第一节 蔬菜无土栽培原理及应用 154

第二节 蔬菜无土栽培与常规栽培的区别 155

一、节约用水 156

二、清洁卫生 156

三、省力省工、易于管理 157

四、避免土壤连作障碍 157

五、不受地区限制、充分利用空间 157

六、有利于实现农业现代化 158

第三节 蔬菜无土栽培分类 158

一、水培 158

二、雾培 162

三、基质栽培 162

第四节 影响蔬菜无土栽培成功的关键因素 163

一、水质 163

二、营养液配方 163

三、栽培基质 164

四、供液系统 166

五、基质消毒	167
第五节 蔬菜无土栽培的应用	168
一、用于反季节和高档蔬菜的生产	168
二、在沙漠、荒滩、礁石岛、盐碱地等进行作物生产	168
三、在设施园艺中应用	168
四、在家庭中的应用	169
五、太空农业上的应用	169
第六节 无土栽培的发展前景	169
第十章 花卉无土栽培	171
第一节 花卉无土栽培的概念、优势及发展前景	171
一、花卉无土栽培概念	171
二、花卉无土栽培的优势	171
三、花卉无土栽培的发展前景	172
第二节 花卉无土栽培的分类及栽培基质	173
一、花卉无土栽培的类型	173
二、花卉栽培的形式	173
三、花卉栽培基质的选择标准	174
四、常用的栽培基质类型	174
第三节 花卉栽培的营养液配制	174
一、花卉营养液通用配方	174
二、营养液用法	174
三、配制营养液应注意的问题	175
第四节 花卉营养液缺素症状诊断	175
第五节 花卉无土栽培实际操作技术	176
一、水培花卉的操作技术	176
二、家庭常用花卉的水培方法	179
三、基质培花卉的操作技术	180
四、气雾培花卉的操作技术	185
第六节 几种常见家庭水培花卉	190
第七节 水培花卉需要注意的问题	191

一、温度条件	191
二、光照条件（耐阴问题）	192
第十一章 家庭阳台无土栽培——阳台农业	194
第一节 家庭阳台农业的概念、产生背景、意义及 发展前景	194
一、家庭阳台农业的概念	194
二、阳台农业产生背景	195
三、阳台无土栽培的意义	195
第二节 阳台农业生产	197
一、阳台农业的设施种类	197
二、家庭阳台菜园品种选择	198
三、阳台菜园的土壤与肥料管理	199
四、阳台种菜播种、移苗	200
第三节 阳台菜园系统六大突破	205
第四节 阳台农业的优势	206
一、创造低碳环境	206
二、提供绿色果蔬	206
三、循环利用垃圾	206
四、增加经济效益	207
五、国外阳台农业	207
六、阳台农业的发展前景	207
第五节 最新阳台生态无土栽培体系	208
一、蔬菜有机生态型无土栽培体系（中国农科院蔬菜 花卉研究所研制）	208
二、“傻瓜型”立柱式蔬菜花卉水培机	209
参考文献	212

第一章 概述

随着现代科技的不断发展，给当今社会创造了不少的财富，也给各个领域的发展创造了大量契机，继而推动整个社会的飞速前进。农业无疑是社会发展的一个重要方面，农业的发展直接关系到世界人民的物质保障。而现在各种问题的产生，在农业领域也有了很多矛盾，如环境污染、土地沙化、淡水危机等无疑都为农业带来不小的挑战。农业生产，需要增加更多出路。在科技的引领下，无土栽培技术渐渐地投入使用，无论是规模化还是家庭化都吸引着不少人的注意力。无土栽培以人工制造的作物根系环境取代了土壤环境，可有效解决传统土壤栽培中难以解决的水分、空气、养分的供应矛盾，使作物根系处于最适宜的环境条件，从而充分发挥作物的增产潜力。目前，世界上应用无土栽培技术的国家和地区已达 100 多个，由于其栽培技术的逐渐成熟和发展，应用范围和栽培面积也不断扩大，经营与技术管理水平空前提高，实现了集约化、工厂化生产，达到了优质、高产、高效和低耗的目的。

第一节 无土栽培的含义与类型

一、无土栽培的含义

无土栽培 (Soiless Culture) 是指不用土壤而用营养液或固体基质加营养液栽培作物的方法。它是继 20 世纪 60 年代世界农业上

的“绿色革命”之后兴起的一场新的“栽培革命”，改变了自古以来农业生产依赖于土壤的种植习惯，把农业生产推向工业化生产和商业化生产的新阶段，成为未来农业的雏形。其核心是不使用天然土壤，植物生产在装有营养液的栽培装置中或者生长在含有有机肥或充满营养液的固体基质中，这种人工创造的植物根系环境，不仅能满足植物对矿质营养、水分和空气条件的需要，而且能人为地控制和调整，来满足甚至促进植物的生长发育，并发挥它的最大生产能力，从而获得最大的经济效益或观赏价值。国外有些学者认为无土栽培主要指营养液栽培，所以无土栽培有时又称营养液栽培、水培、水耕、溶液栽培、养液栽培等。目前我国广泛应用的有机基质无土栽培技术，特别是有机生态型无土栽培技术，大大降低了一次性投资和生产成本，简化了操作技术，无土栽培内涵也发生了变化。

无土栽培的理论基础是 1840 年德国化学家李比希提出的矿质营养学说（即植物以矿物质作为营养）。通过对无土栽培技术原理、栽培方式和管理技术的不断研究与实践，无土栽培逐渐从园艺栽培学中分离出来并独立成为一门综合性应用科学，成为现代农业新技术与生物科学、作物栽培相结合的边缘科学。只有学习掌握好植物及植物生理学、农业化学、作物栽培学、材料学、计算机应用技术、环境控制等相关知识，并结合生产实践、观察和操作，才能理解和掌握无土栽培原理与技术。

二、无土栽培的类型

虽然无土栽培类型很多，却没有统一的分类法。按是否使用基质以及基质特点，可分为基质栽培和无基质栽培；按其消耗能源多少和对环境生态条件的影响，可分为有机生态型和无机耗能型无土栽培。如图 1-1 所示。



图 1-1 无土栽培的分类

(一) 无基质栽培

无基质栽培是指植物根系生长在营养液或含有营养液的潮湿空气中，但育苗时可能采用基质育苗方式，用基质固定根系。这种方式可分为水培和雾培两大类。

1. 水培

水培主要特征是植物大部分根系直接生长在营养液的液层中。根据营养液液层的深度不同分为多种形式（表 1-1）。水培类型各有优缺点，宜根据不同地区的经济、文化、技术水平的实际来选用。

2. 雾培

雾培又称喷雾培或气培，它是将营养液用喷雾的方法，直接喷到植物根系上。根系悬挂在容器中，容器内部装有自动喷雾装置，每隔一定时间将营养液从喷头中以雾状形式喷洒到植物根系表面，营养液循环利用，这种方法可同时解决根系对养分、水分和氧气的需求。但因设备投资大，管理技术高，根际温度受气温影响大，生

表 1-1 水培类型

	水培类型	英文缩写	液层深度/cm	营养液状态	备 注
主要类型	营养液膜技术	NFT	1~2	流动	
	深液流技术	DFT	4~10	流动	
	浮板毛管水培技术	FCH	5~6	流动	营养液中有浮板,上铺无纺布,部分根系在无纺布上
	浮板水培技术	FHT	10~100	流动、静止均可	植物定植在浮板上,浮板在营养液中自然漂浮
其他	潮汐式水培(EFT)、静止暴气技术(SAT)、暴气液流技术(AFT)、各种静止水培				

产上很少应用,大多在展览厅中展览,或是供生态酒店和旅游观光农业观赏使用。

(二) 基质栽培

基质栽培简称基质培,是指植物根系生长在各种天然或人工合成的基质中,通过基质固定根系,并向植物供应养分、水分和氧气的无土栽培方式。基质培的最大特点是,有基质固定根系并借以保持和供应营养和空气,在多数情况下,水、肥、气三者协调,供应充分,设备投资较低,便于就地取材进行生产,生产性能优良而稳定。缺点是基质占用部分投资,体积较大,填充、消毒再利用费用较高,费时费工,后续生产资料消耗较大。根据基质种类不同,基质培分为无机基质栽培、有机基质栽培和复合基质栽培;根据栽培形式的不同分为槽培、箱培和盆培、袋培、立体栽培。

1. 无机基质栽培

无机基质栽培是指用河沙、岩棉、珍珠岩、蛭石等无机物作基质的无土栽培方式。应用最广泛的首推岩棉,在西欧、北美基质栽培中占绝大多数。我国常用的基质有珍珠岩、蛭石、煤渣、沙等。陶粒则大多在种花时使用。目前,无机基质栽培发展最快,应用范