



WUTU ZAIPEI JISHU

无土栽培技术

主 编 秦新惠
副主编 李海波 李 鹏 张国森



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

无土栽培技术

主 编 秦新惠

副主编 李海波 李 鹏 张国森



重庆大学出版社

内容提要

本书以培养学生无土栽培生产与管理能力为主线,根据行业岗位需求和职业标准,选取教学内容。它集中反映近二十年来国内外无土栽培技术的新理论、新成果、新技术和新动态。全书内容包括 12 个项目,分别为:无土栽培概述、无土栽培的基本条件、无土栽培的环境保护设施、无土育苗技术、水培与雾培、固体基质培技术、蔬菜无土栽培技术、花卉无土栽培技术、其他植物无土栽培技术、无土栽培技术在其他方面的应用、工厂化无土栽培的生产与经营管理、技能训练。

为突出对学生实践技能的培养,本书本着“借鉴、创新、突出特色”的原则,遵循理论以“必需、可持续”为度,理论教学为实践教学服务的高职教育理念,强化技能训练,补充实用先进的无土栽培技术。如:在书中补充增加最新推广的有机生态型无土栽培技术及实用性的研究实验等内容。

本书可作为农林类职业院校园艺、园林、作物生产、生物技术等专业教材,也可供相关企事业单位技术人员和管理人员、个体专业户使用参考。

图书在版编目(CIP)数据

无土栽培技术 / 秦新惠主编. —重庆:重庆大学出版社,2015.8
ISBN 978-7-5624-9391-4

I. ①无… II. ①秦… III. ①无土栽培—高等职业教育—教材 IV. ①S317

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 197979 号

无土栽培技术

主 编 秦新惠
副主编 李海波 李 鹏 张国森
策划编辑:鲁 黎
责任编辑:陈 力 涂 昀 版式设计:鲁 黎
责任校对:贾 梅 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行
出版人:邓晓益
社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号
邮编:401331
电话:(023)88617190 88617185(中小学)
传真:(023)88617186 88617166
网址: <http://www.cqup.com.cn>
邮箱: fxk@cqup.com.cn (营销中心)
全国新华书店经销
万州日报印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:28.25 字数:601 千 插页:16 开 2 页
2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷
ISBN 978-7-5624-9391-4 定价:59.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究



马铃薯水培



旋转式水培装置



莴苣深液槽漂浮水培



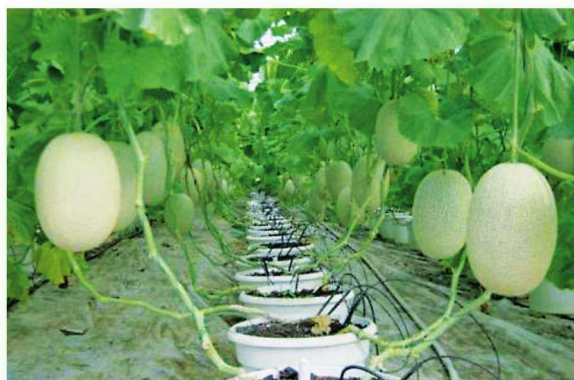
人参果组培苗无土驯化



立体培养架



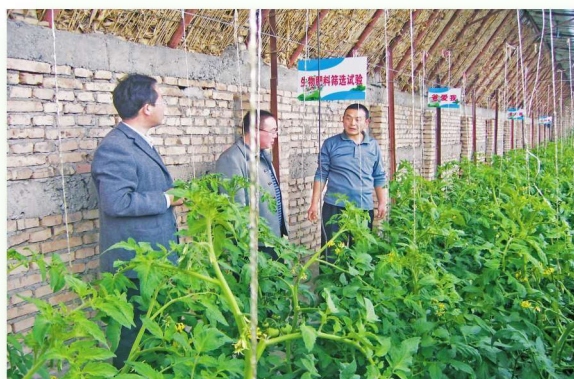
樱桃番茄 NFT 水培



甜瓜基质盆栽



仙客来基质盆栽



番茄有机生态型无土栽培实验



有机生态型无土栽培栽培槽



生菜立体栽培



草莓立柱栽培



叶菜DFT水培



芹菜水培



各种芽苗菜



黄瓜袋培



番茄基质盆栽



A字形雾培



前言

无土栽培主要研究在不同的栽培模式下,用营养液和基质取代土壤及肥料栽培作物的一项农业高新技术。无土栽培技术的形成极大地拓展了农业生产的空间,使沙漠、荒滩、海岛、盐碱地、南北极等不毛之地的作物生产变成了现实;使家庭绿化更方便、洁净、易行。特别是 20 世纪 80 年代后,随着塑料工业、自动化控制仪器仪表、计算机技术和温室建造技术的迅速发展,以及对植物生长过程的营养需求规律、环境因素对植物生长的影响等的深入研究,使无土栽培生产技术得到了广泛推广应用。许多发达国家已逐步实现了无土栽培的集约化、现代化、自动化、工厂化生产,达到了高产、优质、高效、低耗的目的。无土栽培已成为许多国家设施园艺的关键技术并被广泛采用,使设施园艺作物的产量和品质大幅度提高,生态环境得到保护。无土栽培的优越性越来越受到人们的重视,目前无土栽培技术的发展水平和应用程度已成为世界各国农业现代化水平的重要标志之一。

无土栽培技术作为一种先进的种植技术在我国生产中应用已有三十多年的历史了,已从试验研究、小规模生产示范发展到目前大规模应用于生产,取得了可喜的成绩。随着国家、省、市级农业高科技示范园区和无公害优质农产品市场的相继建立,以及绿色食品生产的需要,更加促进了无土栽培技术的推广应用。如今,在我国大力发展现代农业、积极推进生态农业,加快社会主义新农村建设的形势下,随着人们对健康重视程度和环保意识的增强,无土栽培凭借自身独特的技术优越性必将成为促进我国现代农业、设施农业、生态农业、旅游观光农业、都市农业和节水农业发展的强有力的技术支撑,也成为解决人口增长、耕地减少、土壤连作障碍、水资源匮乏等现实问题,以及实现农民增收、农业增效的有效手段和重要途径。

基于以上认识,我们组织编写了这部教材,按照无土栽培生产和管理岗位要求,按照理论基础—基本技术—技术应用—技能操作为主线序化了教材内容,补充了近年来我国大力推广、实用性强的有机生态型无土栽培技术(项目 6 固体基质培技术)及蔬菜花卉应用技术,及时反映了现代无土栽培技术的发展。

本书内容涉及无土栽培基本理论、无土栽培技术应用、无土栽培技能操作等,突出最新、最实用的无土栽培生产技术。强调内容的科学性、知识性、前沿性和基本实践技能训练。



本书由秦新惠担任主编,李海波、李鹏、张国森担任副主编。具体编写分工如下:秦新惠编写项目 1、项目 5、项目 7、项目 8、项目 9、附录,李海波编写项目 4、项目 12,李鹏编写项目 2、项目 3、项目 10、项目 11,张国森编写项目 6,全书由秦新惠完成统稿。

本书在编撰过程中,参阅和借鉴了许多专家、学者的研究成果,同时无土栽培生产企业和同行专家也提出了很好的改进意见,并提供了很多宝贵资料,在此一并表示衷心感谢。由于时间仓促,水平有限,书中错漏之处在所难免,恳请各位同行和广大读者批评指正,以便今后不断修改完善。

编 者

2014 年 12 月



目 录

项目 1 无土栽培概述	1
任务 1 无土栽培的概念与类型	1
任务 2 无土栽培的发展	4
任务 3 无土栽培的特点与应用	9
项目小结	16
项目考核	16
项目 2 无土栽培的基本条件.....	19
任务 1 营养液	19
任务 2 固体基质	45
项目小结	71
项目考核	72
项目 3 无土栽培的环境保护设施	75
任务 1 环境保护设施类型	75
任务 2 设施环境条件及其调控技术	81
项目小结	98
项目考核	98
项目 4 无土育苗技术	100
任务 1 无土育苗的特点与方式	100
任务 2 无土育苗的设备及操作	104
任务 3 无土育苗的管理	111
项目小结	117
项目考核	117



项目 5 水培和雾培	119
任务 1 水培和雾培的定义与分类	119
任务 2 深液流水培技术	123
任务 3 营养液膜水培技术	130
任务 4 其他水培技术	137
任务 5 雾培技术	147
项目小结	150
项目考核	151
项目 6 固体基质培技术	152
任务 1 基质培设施建造	152
任务 2 一般基质培技术	160
任务 3 有机生态型无土栽培技术	170
项目小结	190
项目考核	190
项目 7 蔬菜无土栽培技术	192
任务 1 蔬菜无土栽培概述	192
任务 2 茄果类蔬菜无土栽培技术	194
任务 3 瓜类蔬菜无土栽培技术	218
任务 4 叶菜类蔬菜无土栽培技术	241
任务 5 芽苗菜无土栽培技术	251
项目小结	264
项目考核	264
项目 8 花卉无土栽培技术	266
任务 1 花卉无土栽培概述	266
任务 2 常见观花类花卉无土栽培技术	275
任务 3 常见观叶类花卉无土栽培技术	321
项目小结	333
项目考核	334
项目 9 其他植物无土栽培技术	335
任务 1 果树无土栽培技术	335



任务 2 中药材无土栽培技术	344
任务 3 草坪无土生产技术	347
项目小结	353
项目考核	354
项目 10 无土栽培技术在其他方面的应用	355
任务 1 屋顶绿化技术	355
任务 2 水面无土栽培技术	360
任务 3 水培与污水净化	365
项目小结	367
项目考核	368
项目 11 工厂化无土栽培的生产与经营管理	369
任务 1 无土栽培基地的规划设计	369
任务 2 生产计划的制订与实施	372
任务 3 无土栽培的生产成本与经济效益	375
任务 4 工厂化无土栽培的经营管理	380
项目小结	384
项目考核	385
项目 12 技能训练	386
技能训练 1 水质化验	386
技能训练 2 电导率仪的使用	388
技能训练 3 EDTA-Fe 及其他金属螯合物的自制方法	391
技能训练 4 营养液的配制	392
技能训练 5 固体基质理化性质的测定	398
技能训练 6 基质混配与消毒	400
技能训练 7 鸡粪发酵处理	401
技能训练 8 固体基质栽培技术	403
技能训练 9 无土栽培设施类型的调查	405
技能训练 10 基质培设施的建造	407
技能训练 11 DFT 水培设施的建造	409
技能训练 12 小型水培设施的建造	412
技能训练 13 蔬菜简易静止水培技术	414



技能训练 14	西瓜深液流水培技术	416
技能训练 15	莴苣营养液膜水培技术	418
技能训练 16	育苗工厂的参观	420
技能训练 17	蔬菜无土育苗技术	421
技能训练 18	番茄有机生态型无土栽培技术	423
技能训练 19	参观智能温室	426
技能训练 20	无土栽培工厂的规划设计	427
技能训练 21	工厂化无土栽培	428
附录		432
附录 1	蔬菜、花卉等作物无土栽培的岗位能力与技能分解表	432
附录 2	无土栽培能力与技能考核方案(参考)	433
附录 3	常用元素相对原子质量表	434
附录 4	植物营养大量元素化合物及辅助材料的性质与要求	435
附录 5	植物营养微量元素化合物的性质与要求	437
附录 6	常用化肥供给的主要元素、百分含量及换算系数	438
附录 7	一些难溶化合物的溶度积常数	440
附录 8	pH 标准缓冲溶液	440
参考文献		441



项目 1 无土栽培概述

✧ 项目目标

- ❖ 了解无土栽培的发展史。
- ❖ 熟悉无土栽培的理论基础。
- ❖ 掌握无土栽培的概念、类型、特点及应用。
- ❖ 能够正确认识无土栽培技术在专业学习中的地位。

✧ 项目导入

无土栽培技术是研究无土栽培方式和管理的一门综合性应用技术。它是现代农业新技术与生物科学、作物栽培技术相结合的一门综合性生产技术；它是以植物及植物生理学、农业化学、作物栽培技术为基础，与材料学、计算机应用技术、环境控制等知识相关，与生产实践紧密结合的一门实用性农业生产技术。

任务 1 无土栽培的概念与类型

1.1 无土栽培的概念

无土栽培(soiless culture)是一种不用土壤而用营养液或固体基质加营养液的一场新的“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和商业化生产的新阶段。作为现代农业设施栽培的高新技术，其核心和实质是营养液代替土壤向作物提供营养，独立或与固体基质共同创造良好的根际环境，使作物完成自苗期开始的整个生命周期，并充分发挥作物的生产潜力，从而获得最大的经济效益或观赏价值。因为人工配制的营养液是以矿质营养学说(1840 年德国化学家李比希提出)为依据产生的，所以矿物质营养学说是无土栽培的理论基础。传统的无土栽培有时又称为营养液栽培或水培。

目前，我国广泛推广应用的以有机基质作载体，栽培过程中全程或阶段性浇灌营养液

的有机基质栽培技术,特别是在固体基质中只施用有机固体肥料并进行合理灌水的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。由此也丰富和拓展了传统无土栽培的内涵。

1.2 无土栽培的类型

无土栽培从早期的实验研究开始至今已有 150 多年的历史。它在从实验室走向大规模的商品化生产应用过程中,已从 19 世纪中期德国科学家萨克斯(Sachs)和克诺普(Knop)的水培无土栽培基本模式(图 1.1),发展到目前种类繁多的无土栽培类型和方法。不少人从不同角度对它进行过分类,但科学、详细地分类是比较困难的,目前较为统一的分类方法是按照是否使用基质,分为固体基质栽培和非固体基质栽培两大类型。进而根据栽培技术、设施构造和固定植株根系的材料不同又可分为多种类型(图 1.2)。按其消耗能源多少和对环境生态的影响,可分为无机耗能型无土栽培和有机生态型无土栽培。按设施不同可分:槽培、袋培、立体培、雾培。不同的无土栽培类型在技术难度、应用效果、一次性投资额度等方面差别都很大。所以,在进行无土栽培时,必须预先掌握不同无土栽培类型的特点和具体应用的技术,然后根据栽培作物的种类与特性、当地的技术与经济条件,选择适当的无土栽培类型。

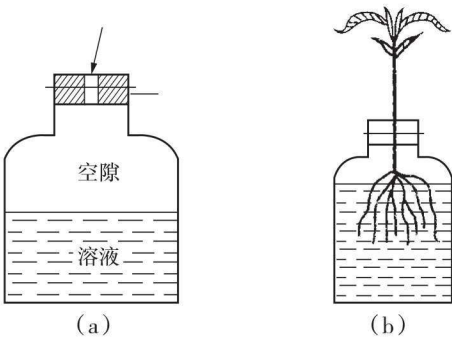


图 1.1 Sachs 和 Knop 的水培装置

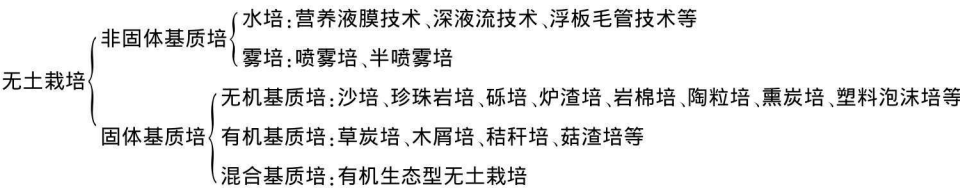


图 1.2 无土栽培的类型

1.2.1 非固体基质培

非固体基质培是指植物根系生长在营养液或含有营养成分的潮湿空气中的栽培方式,根际环境中除了育苗时用固体基质外,一般不使用固体基质。它又可分为水培和雾培两大类型。

(1) 水培

水培是指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浅分为多种形式(表 1.1)。水培类型各有优缺点,应根据不同地区的经济、文化、技术水平的实际情况来选用。



表 1.1 水培类型的比较

水培主要类型	英文缩写	液层深度/cm	营养液状态	备 注
营养液膜技术	NFT	1 ~ 2	流动	根系置于定植槽底
深液流技术	DFT	4 ~ 10	流动	根系悬挂在定植板上,部分根系浸入营养液中
浮板毛管技术	FCH	5 ~ 6	流动	营养液中有浮板,上覆无纺布,部分根系分部在无纺布上
浮板水培技术	FHT	10 ~ 100	流动或静止	植物定植在浮板上,浮板在营养液中自然漂浮

(2) 雾培

雾培又称喷雾培或气培,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的表面,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,但因雾培设备投资大,根际温度受气温影响大,设备和管理技术要求高,生产上很少应用,大多作为展览厅展览、生态酒店和旅游观光农业的观赏使用。雾培的特殊类型是半雾培(也可看作是水培的一种类型),即部分根系生长在浅层的营养液层中,另一部分根系生长在雾状营养液的空间内。

1.2.2 固体基质培

固体基质培简称基质培,是指通过各种天然或人工合成的固体基质固定根系,并通过基质吸收营养液和氧气的无土栽培方法。基质培的最大特点是有基质固定根系并借以保持和充分供应营养和空气,能够很好地协调水、肥、气三者之间的矛盾,设备投资较低,便于就地取材,生产性能优良而稳定。但基质会占用部分投资,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。根据选用的基质不同,基质培分为无机基质培、有机基质培和复合基质栽培;根据栽培形式的不同分为槽培、箱培、盆培、袋培和立体栽培等。

(1) 无机基质培

无机基质培是指用河沙、岩棉、珍珠岩、蛭石等无机基质为栽培基质的基质栽培方式。其中,应用最广泛的首推岩棉培,在西欧、北美基质栽培中占绝大多数。我国则以珍珠岩培、蛭石培、煤渣培和沙培等为常用的无机基质栽培方式。陶粒培则大多用于花卉无土栽培。目前无机基质培发展最快,应用范围较广。

(2) 有机基质培

有机基质培是指用草炭、木屑、稻壳、树皮、菇渣等有机基质为栽培基质的基质栽培方



式。由于这类基质为有机物,所以在使用前多做发酵处理,以保持理化性状的稳定,达到安全使用的目的。实践中应根据不同地区的资源状况,选择合适的有机基质栽培方式。

(3) 混合基质培

混合基质培是指把有机、无机基质按适当比例混合而成的复合基质作为栽培基质的基质栽培方式。复合基质可改善单一基质的理化性质,提高基质的使用效果,而且可就地取材,复合基质配方选择的灵活度较大,因而基质成本较低。它是目前我国应用最广、成本最低、使用效果较稳定的一种无土栽培方式。

1.2.3 无机耗能型无土栽培与有机生态型无土栽培

无机耗能型无土栽培是指全部用化肥配制营养液,营养液循环中耗能多,排出液污染环境 and 地下水,生产出的食品的硝酸盐含量较高或超标,不符合绿色食品的要求,如果硝酸盐含量得到有效控制,则能生产无公害食品。传统的无土栽培属于此种类型。有机生态型无土栽培是指全部使用固态有机肥代替营养液,灌溉时只浇清水的一种基质栽培类型,其排出液对环境无污染,能生产合格的绿色食品,其应用前景广阔。

任务2 无土栽培的发展

“土壤是农业生产的基础”,这是长期以来人们对作物种植所形成的基本概念,而无土栽培不用土壤,努力摆脱自然界,冲破传统概念的束缚,在技术和概念上是一重大的改革和进步。

2.1 无土栽培的发展简史

无土栽培是伴随着植物营养研究而发展起来的,是植物营养学研究、植物生理学研究、植物学研究的有效方法和手段。人们很早以前就开始了无土栽培的各种尝试,形成了原始的无土栽培雏形。随着人们对营养本质的逐步认识,进行了广泛地无土栽培实验研究工作,现已进入大规模的生产应用阶段。从人们无意地进行无土栽培至今已有 2 000 多年的历史,中国、古埃及、巴比伦、墨西哥都有文字记载原始的无土栽培方式。最原始的无土栽培要数生豆芽了,至于始于何时还无从考证,最晚出现于宋代林洪《山家清供》有生豆芽的记载。我国南方的船家用竹木制的水上菜园多种空心菜;墨西哥的阿兹提克早在 17 世纪就使用漂浮菜园;一直沿用至今的萝卜芽、豌豆芽、蒜苗、水仙栽培等。

无土栽培的历史从人们科学自主地进行无土栽培试验研究到现在的规模化生产应用前后历经了 150 多年,大体上可分为试验研究、生产应用和规模化、集约化、自动化生产应用 3 个时期。



2.1.1 试验研究时期(1840—1930 年)

1840 年德国化学家李比希(J. V. Liebig)在有关植物营养源于水说(1648)、土说(1731)、腐殖质说(1761)等前人大量研究的基础上,对植物的养分吸收进行了研究,对植物体进行了化学分析,并根据当时农业上关于物质循环的概念,提出了植物以矿物质作为营养的“矿质营养学说”,为科学的无土栽培奠定了理论基础。1865 年萨克斯和克诺普共同设计出一种水培植物的装置(图 1.1),进行栽培植物试验获得成功,配制出克诺普营养液,总结出许多水培过程的管理方法。此后其他科学家通过对营养液的深入研究,提出了许多标准的营养液配方。美国科学家霍格兰和阿农提出了营养液中添加微量元素的必要性,并对营养液中各种营养元素的比例和浓度进行了大量的研究,在此基础上发表的标准营养液配方,至今仍被广泛使用。

这一时期主要是科学家先后用营养液进行植物生理学方面的试验,无土栽培只是一种试验手段,在试验室中开展,其目的是探索植物的营养源问题,但还没有意识到这种先进农业生产技术的实际应用价值。

2.1.2 生产应用时期(1930—1960 年)

无土栽培技术最早应用于生产的是 1929 年美国加利福尼亚大学的格里克(W. F. Gericke)。他利用自己设计的“水培植物设施”(图 1.3)成功种出一株植株高 7.5 m、单株果实质量达 14.5 kg 的水培番茄,在科技界引起了轰动,同时对全世界无土栽培的兴起和发展也产生了深远的影响。格里克是第一个将无土栽培用于商业化生产的人,这意味着无土栽培技术趋于成熟,迈进了实用化时代。1933 年他申请了一项水培植物施肥设备专利。1935 年在他的指导下美国一些蔬菜和花卉种植者进行了大规模的生产试验。10 年后的第二次世界大战末期,这项技术应用到当时的盟军在太平洋关岛和中东的沙漠中用无土栽培生产蔬菜供应部队,对军队的后勤保障起到了积极作用,并传入欧洲和亚洲。后来美国又试验成功沙培、砾培技术。20 世纪 50 年代以后开始进入实际应用阶段。在这个时期,意大利、西班牙、法国、英国、瑞典、以色列、苏联等国家广泛开展了相关研究并进

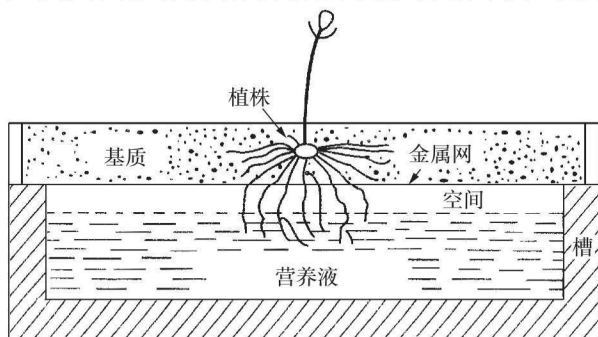


图 1.3 格里克的“水培植物装置”