

新农村建设丛书

王 艳 主编



蔬菜无土栽培技术



吉林出版集团有限责任公司
吉林科学技术出版社

新农村建设丛书

蔬菜无土栽培技术

王 艳 主编

吉林出版集团有限责任公司
吉林科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

蔬菜无土栽培技术/王艳编.

—长春:吉林出版集团有限责任公司,2007.12

(新农村建设丛书)

ISBN 978-7-80762-039-6

I.蔬... II.王... III.蔬菜—无土栽培 IV.S630.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 187217 号

蔬菜无土栽培技术

主编 王 艳

出版发行 吉林出版集团有限责任公司 吉林科学技术出版社

印刷 大厂书文印刷有限公司

2010 年 3 月第 2 版

2010 年 3 月第 1 次印刷

开本 880×1230mm 1/32

印张 3.75 字数 93 千

ISBN 978-7-80762-039-6

定价 15.00 元

社址 长春市人民大街 4646 号

邮编 130021

电话 0431-85661172

传真 0431-85618721

电子邮箱 xnc 408@163.com

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

《新农村建设丛书》编委会

主 任 韩长赋

副 主 任 荀凤栖 陈晓光

委 员 (按姓氏笔画排序)

王守臣 车秀兰 冯晓波 冯 巍

申奉澈 任凤霞 孙文杰 朱克民

朱 彤 朴昌旭 闫 平 闫玉清

吴文昌 宋亚峰 张永田 张伟汉

李元才 李守田 李耀民 杨福合

周殿富 岳德荣 林 君 苑大光

侯明山 闻国志 徐安凯 栾立明

秦贵信 贾 涛 高香兰 崔永刚

葛会清 谢文明 韩文瑜 靳锋云

责任编辑 司荣科 祖 航

封面设计 姜 凡 姜 旬 恂

总 策 划 刘 野 成与华

策 划 齐 郁 司荣科 孙中立 李俊强

蔬菜无土栽培技术

主 编 王 艳

副主编 宋述尧 陈姗姗 迟燕平

编 者 (按姓氏笔画排序)

王 艳 陈姗姗 迟燕平 宋述尧

出版说明

《新农村建设丛书》是一套针对“农家书屋”、“阳光工程”、“春风工程”专门编写的丛书，是吉林出版集团组织多家科研院所及千余位农业专家和涉农学科学者，倾力打造的精品工程。

本丛书共分五辑，每辑 100 册，每册介绍一个专题。第一辑为农村科技致富系列；第二辑为 12316 专家热线解答系列；第三辑为普通初中绿色证书教育暨初级职业技术教育教材系列；第四辑为农村富余劳动力向非农产业转移培训教材系列；第五辑为新农村建设综合系列。

丛书内容编写突出科学性、实用性和通俗性，开本、装帧、定价强调适合农村特点，做到让农民买得起，看得懂，用得上。希望本书能够成为一套社会主义新农村建设的指导用书，成为一套指导农民增产增收、脱贫致富、提高自身文化素质、更新观念的学习资料，成为农民的良好益友。

目 录

第一章 概述	1
第一节 蔬菜无土栽培	1
第二节 蔬菜无土栽培的分类	8
第三节 无土栽培经济效益分析	10
第二章 营养液	14
第一节 水的来源及水质要求	14
第二节 营养液配制	17
第三节 营养液管理	28
第四节 营养液配方选集	32
第三章 固体基质	38
第一节 基质的作用及选用原则	38
第二节 基质种类	41
第三节 基质消毒	52
第四章 有机生态型无土栽培技术	56
第一节 有机生态型无土栽培技术	56
第二节 有机生态型无土栽培的实用技术	59
第五章 病虫害防治	63
第一节 无土栽培中病虫害的发生特点	63
第二节 无土栽培常见病害及其防治	66
第三节 常见虫害及其防治	76
第六章 无土育苗技术	83
第一节 无土育苗常用设施及方法	83

第二节	工厂化无土育苗	88
第三节	无土育苗的环境调控	90
第七章	主要蔬菜无土栽培技术	93
第一节	番茄的无土栽培	93
第二节	黄瓜的无土栽培	98
第三节	甜椒的无土栽培	102
第四节	茄子的无土栽培	106
第五节	生菜的无土栽培	109

第一章 概 述

第一节 蔬菜无土栽培

一、蔬菜无土栽培

无土栽培是指不用天然土壤而用基质或仅育苗时用基质，在定植后不用基质而用营养液进行灌溉的栽培方式。它和生物技术一样，是当今世界上发展很快的一门高技术学科，美国把无土栽培列为现代十大技术成就之一，它为实现农业的工业化生产，发展科技密集型的高品质的 21 世纪农业展示了广阔的前景。

目前，我国无土栽培的面积仅占我国温室面积的万分之一，而日本约占 20%，荷兰等国则占 80% 以上。毋庸置疑，随着我国经济的发展和人民生活水平的不断提高，无土栽培在我国必定会有较大的发展前景。无土栽培对于改造中低产田、宜农荒滩地、煤矿塌陷地、盐碱地和减轻粮菜争地的矛盾，也必定会作出应有的贡献。

二、蔬菜无土栽培技术优点

几千年来，人类所进行的农业生产都是在大自然的支配和“恩赐”下进行的，完全处于依附于大自然，“靠天吃饭”的状态。尽管农业生产技术和栽培条件不断有所提高，但它依然不能摆脱对大自然的这种依附。无土栽培技术的出现，无疑使农业生产栽培从这种依附地位中，向栽培的“自由王国”迈出了一大步。无土栽培的特点是以人工创造的作物根系环境取代土壤环境，这种人工创造的根系环境，不仅满足作物对矿质营养、水分、空气条件的需要，而且人工对这些条件能加以控制和调整，

借以促进作物的生长和发育，使它发挥最大的生产潜力。无土栽培是一项崭新的先进的栽培技术，和传统的土壤栽培相比，有着无可比拟的优越性。

（一）可以克服连作障碍

在日本，由于设施园艺技术的进行，温室、大棚的大型化，固定和密封性增加了，在经历了长年累月的连作后，土传病虫害数不断增长，土壤盐类积聚愈益严重，普遍出现了保护地连作障碍的严重局面。为此不得不采取土壤消毒（化学药品消毒会引起土壤的环境污染；用 $80^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ 水蒸气消毒，费用太高；高温休闲季节闭棚升温至 $60^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 有一定效果，但易引起覆盖物的老化，从而提高了成本）、嫁接（如日本已培育了许多抗病砧木，黄瓜 100%，西瓜、甜瓜 90%，茄子 40% 都用的是嫁接苗，但嫁接麻烦，技术要求高，且新的生理小种还会出现，防不胜防，也是权宜之计）、还有如抗病品种选育、深耕及增施有机肥等技术，但不论哪一种方法都不能治本，而且增加了劳力消耗和工本加重的负担。在这种情况下，许多农家，索性摒弃土耕，在保护地中架起了水耕床，以摆脱土耕连作出现的种种难以克服的弊端。因此，50% 的农民认为无土栽培的目的就是防止连作障碍。

（二）改善了劳动条件，利于省力化栽培

无土栽培无需像土耕那样耗费大量劳力去翻耕土地、整地作畦、中耕除草、堆制有机肥料、施肥、喷农药等等，而且便于自动化管理，大大减轻了劳动强度，并节省至少 $2/3$ 的用工量。特别是现代工业技术的飞速发展，使无土栽培的设备、环境调控、营养液的配制和管理等技术得到了电脑等先进工业技术的装备，实现了自动调控，使水培技术成为一种理想的清洁卫生的“按电钮”的农业而广泛地吸引着人们的注意。为农业生产的工厂化、自动化、科学化展示了广阔的前景。如荷兰派森温室花木生产公司，花卉温室面积 8000 平方米，从花卉播种、定植、管理到市场出售，都实现自动化操作，只需 3 个工人管理，每年生产的鲜

花达 30 万盆，产值 180 万美元。

（三）较土耕省水省肥，而且生长快产量高品质优

土耕条件下施肥不易均匀，个体间差异大，且有 50%~80% 的肥料从土壤中流失或被固定成不可给态，而无土栽培可按作物不同生育期对养分的需求提供可给态肥料，并可随时改变肥料的浓度，肥效得以充分发挥，大大节约了施肥量。在用水方面较土耕节省用水量 $1/2 \sim 1/3$ ，土耕的灌溉水 50%~80% 从土壤中渗透流失，并有大量从土表蒸发散失，而水培如管理得法其耗水量近似于植株的蒸腾量，不存在渗漏和蒸发的损失。有土栽培时常出现的干旱、缺水、缺肥等胁迫、在无土栽培中也可避免。由于无土栽培较土耕能给作物在不同生育阶段提供最适的水肥条件和较高的管理水平，只要阳光充足，可进行密植和立体栽培，一般单产较土耕高数倍以上。如荷兰过去温室土壤种植的黄瓜每平方米年产量不足 20 千克、番茄 13 千克，实施无土栽培以后，产量提高十分显著，该国海牙市 DALSEM 温室生产公司的大面积温室番茄每平方米年产量高达 52 千克、黄瓜每平方米年产量高达 70 千克，相当于土壤栽培产量的 3 倍多。同时由于不需移苗上钵，定植后没有缓苗期，生长期也大大缩短。科学的管理还可以提高品质，如日本在采收前 10 天增高营养液浓度，可使番茄可溶性固形物含量从 4%~5% 提高到 10%，甜瓜糖度从 14%~15% 提高到 15%~16%。

（四）能提供清洁卫生、健康而有营养的无公害蔬菜

无土栽培可避免重金属离子、寄生虫、传染病菌对蔬菜产品的污染，不需浇泼人粪尿，不需大量喷施农药、除草剂等，产品清洁卫生，外观整洁，品质好，为人们提供无公害的优质新鲜蔬菜。

（五）适于一切无法进行土耕的地方栽培

无土栽培摆脱了人们对土壤的长期依赖，像油田、重盐碱地、土壤严重污染区、沙漠、阳台、屋顶等都可进行无土栽培，

甚至还可用于航天、航海。如美国佛罗里达州南部的肯尼迪宇宙航天中心，与有关大学订立合同，在宇宙飞船上用最科学的方法在最小的面积上生产出量多质优的食品，以支持人类在太空的长期生存。现在，采用无土栽培方法和人工模拟环境技术、生物技术等生产人类在太空生活需要的某些食品已获成功。如用遗传工程培育的小麦用高度集约的无土栽培方法栽培，每平方米可栽万株，每天每株生长量 2.5 克，从种到收只需 6 周，1.2 平方米面积所生产的小麦便够一个人一年食用。玉米高 40~50 厘米，便已成熟。番茄每平方米种 100 株左右。马铃薯用雾培方法生产，使结的薯块悬挂在空气中，生长好，采收也方便。支持一个人在太空生活一年的食品，只需 6 平方米的面积就够了。因此可以预见，航天农业作为无土栽培的一个领域将会得到进一步发展。

三、蔬菜无土栽培技术缺点

尽管无土栽培具有上述的优点，但必须清楚地看到，无土栽培的应用受到一定条件的限制，它本身也具有缺点，只有充分考虑其缺点，寻求妥善的解决办法，才能充分地发挥无土栽培的优势。概括来说，无土栽培的缺点主要有：

（一）投资大、运行成本高

这是目前无土栽培技术应用中，特别是大面积的、集约化的无土栽培生产中最致命的缺点。因为无论是采用简易的或是自动化程度较高的无土栽培，都需要有相应的设施，这就要比土壤种植的投资高得多，特别是大规模的无土栽培生产，其投资更大。在 20 世纪 80 年代中期以来，引进的国外成套无土栽培设施，其价格更是昂贵。例如，广东省江门市引进荷兰专门种植番茄的“番茄工厂”，面积为 1 公顷，总投资超过 1000 万元人民币，平均每亩（667 平方米）投资近 70 万元。这在生产中是难以被广大种植者所接受的，而且在目前我国的社会经济水平条件下，依靠种植作物而收回这么大的投资，是非常困难的，有些地方甚至出现连基本的日常运行开支都无法维持的状况，更有甚者最终连设施

都变卖了。近几年来，引进国外大型温室等昂贵设施的势头有增无减的现象值得有关部门重视。近十几年来，国内的一些研究单位根据现阶段我国的国情，研制出的一些简易无土栽培生产设施，大大降低了投资成本，而且其种植效果并不见得比国外引进的设备差，使得越来越多的生产者逐渐接受了。例如，华南农业大学无土栽培技术研究室研制的深液流水培装置、简易槽式基质培（或袋培）营养液滴灌设施以及浙江农科院研制的浮板毛管水培技术等。每亩（667平方米）大棚的投资均在10万元以下，有些甚至低至2~3万元。这在经济较为发达的地区和难以种植作物的地区作为生产高档蔬菜和反季节（错季）作物的生产上的应用越来越广泛，其经济效益较高。但无论如何都需要有较大的投资，目前是无法克服的，只有通过无土栽培的高产、优质生产，来提高经济效益。

（二）技术要求高

无土栽培生产过程的营养液配制、供应以及在作物种植过程中的调控相对于土壤种植来说，均较为复杂。在无固体基质的无土栽培中，营养液的浓度和组成的变化较快，而有固体基质栽培类型中营养液供应之后在基质中的变化也不易掌握。再加上作物生长过程还需对大棚或温室的其他环境条件进行必要的调控，这就对技术上提出了较高的要求。管理人员必须有较高的素质，否则难以取得良好的种植效果。现在通过一些工厂预先配制好不同作物无土栽培专用的固体肥料以及自动化设备的采用，简化了操作上的复杂程度。

（三）管理不当，容易发生某些病害还的迅速传播

无土栽培生产是在棚室内进行的，其环境条件不仅有利于作物生长，而且在一定程度上也利于某些病原菌的生长，如轮枝菌属和镰刀菌属的病菌，特别是在营养液循环的无土栽培设施中和在高温高湿的环境条件下更易快速繁殖而浸染植物。如果管理不当，致使无土栽培的设施、种子、基质、生产工具等的清洗和消

毒不够彻底，工作人员操作不注意等原因，易造成病害的大量繁殖，严重时甚至造成大量作物死亡，最终导致种植失败。因此，为了取得无土栽培的成功，很重要的一点是要加强管理，增强技术人员的责任心，同时注意每一生产环节都严格按照要求进行，杜绝绝对作物生长产生不良影响的可能，同时在每一环节中要落实责任到人，每一生产过程均应有详细的记录，以便在出现问题时能够及时找出原因。

因此，经营无土栽培，没有一定的基础知识和技术培训，而贸然从事，将容易招致经营的失败。

四、蔬菜无土栽培技术发展历史、现状与展望

古老的无土栽培，在我国可追溯到远古的年代，如豆芽菜的生产就是其中之一，至少在宋代(公元 10 世纪)就盛行于我国，同时人们早就知道利用盘、碟盛水养水仙花、风信子和栽蒜苗；南方船户还巧妙地在船尾随水漂流一个竹筏加缚草绳的装置在水面栽培空心菜。当然，科学的无土栽培在我国起步较晚。我国最早是 1941 年由陈子原在上海开办了一家水培生产蔬菜的四维农场，采用基质培生产少量番茄应市，但由于生产成本太高，两年后就倒闭了。抗日战争胜利后，美军驻南京的空军由于不习惯于东方人用人粪尿浇泼蔬菜的种植方式，开始在南京御道街设有砾培水培场，生产生菜、小萝卜等蔬菜，满足其自身对洁净生食菜的需求，由于其系不计成本，人们都认为是不可能在我国推广应用的玩意儿。

我国最早将无土栽培技术应用于生产的则首推 1969 年台湾的龙潭农校进行蔬菜和花卉的无土栽培。大陆则首推山东农业大学于 1975 年最先使用无土栽培技术种植供“特需”用的无子西瓜、番茄、黄瓜等蔬菜，但均未能形成商品性的规模经营与生产。

直到 20 世纪 80 年代随着我国改革开放和旅游业的发展，各开放城市港口的涉外单位对洁净、无污染的生食菜的需求激增，

农业部和东南地区各省市及时组织“七五”科技攻关，研究开发符合国情国力的无土栽培设施与配套技术，经园艺和农业工程科技人员 5 年的协作攻关，通过引进消化吸收，研制成符合国情国力的基质培、营养液膜技术和深水培等实用技术，生产出生菜、黄瓜、番茄等洁净生食菜，满足了涉外宾馆、大油田和南海礁岛驻军对特需蔬菜的需求，取得了较高的社会经济生态效益，使我国的无土栽培技术从试验研究阶段跨进了商品化生产阶段。“八五”期间，继续立项攻关，终于开发出我国自行设计，具有高效、节能、节本特点的实用浮板毛管水培(FCH)和有机生态型基质培系统以及反季节的高档蔬菜无土栽培技术等系列成果，至 1995 年全国无土栽培面积发展到 50 公顷，涌现出南京市大厂区、无锡市场名乡和上海市马桥乡无公害园艺场等规模超过 4 公顷的大型无土栽培基地近 10 处。“九五”期间国家科技部将工厂化高效农业示范工程列为国家重大科技产业工程，这是惟一的一项农业产业示范工程项目。它与电动汽车、小康住宅、高清晰度电视等高科技工业产业化项目并驾齐驱，这在我国还是第一次，说明了农业现代化的重要性。国家级的工厂化高效农业示范工程项目总体目标是瞄准 21 世纪农业发展趋势，集成国内外农业高新技术，在北京、上海、辽宁、浙江、广东等 5 个代表我国不同生态气候型和区域经济特点的省市，建设一批以市场为导向，科技为先导，产业化为目标的科技经济一体化超前型示范工程模式，研究内容主要围绕蔬菜设施栽培的高产、优质、高效。其中蔬菜无土栽培也是主要内容之一。此项目于 1996 年正式启动，2000 年完成。该项目科研经费总投入高达 5000 万元(中央和地方各投 50%)，相当于“七五”、“八五”有关设施园艺重点项目经费总和(500 万元)的 10 倍。与设施园艺工程有关的科研项目，不仅有应用技术研究，还有基础理论的研究，1998 年国家自然科学基金委将“设施园艺高产优质的基础研究”列为重点项目正式启动，这在我国设施园艺工程科学领域，是新中国成立以来第 1

次，反映出我国的设施园艺工程科技水平已跃上新台阶，也足以说明国家对设施园艺工程的重视。

随着我国国民经济的迅速发展，人民物质文化水平的提高，作为无公害农业象征的无土栽培，备受各级政府和人民群众的重视，新的发展浪潮正在形成。在新形势下，要重视研制适合亚热带地区的无土栽培保护设施的攻关，研究出夏季能防暑降温、防台风暴雨、通气性好，冬季能耐雪压、耐弱光、抗风力强的连栋温室或大棚；研究开发成型化、轻量化、无污染的商品化轻基质；研究基质、培养液再利用技术，海水、盐水利用技术，防病虫技术，防止产品污染和环境污染的技术，以及种类品种多样化的高效集约型技术，规模化、集中化的生产经营管理技术等。

第二节 蔬菜无土栽培的分类

无土栽培从早期的实验室研究开始到现在在生产上的大规模应用，已有100多年的历史。在这期间，已从1859~1865年德国科学家萨克斯(Sachs)和克诺普(Knop)最早用于植物生理研究的无土栽培模式，发展到许许多多的无土栽培类型和方法。将这些浩繁的无土栽培类型进行科学的、详细的分类是不容易的，有许多人尝试着从不同的角度来进行分类，大多数人根据植物根系生长环境的不同，把无土栽培分为无固体基质栽培和有固体基质栽培两大类型。而这两大类型中，又可根据固定植物根系的材料不同和栽培技术上的差异分为多种类型。

一、固体基质栽培

固体基质无土栽培是指作物根系生长在各种天然或人工合成的固体基质环境中，通过固定基质固定根系，并向作物供应营养和氧气的方法。基质培可以很好的协调根际环境的水、气矛盾，而且投资少，便于就地取材进行生产。

固体基质栽培可以根据选用的基质不同而分为不同的类型，

如以泥炭、锯木屑、秸秆、菇渣等有机基质为栽培基质的栽培方式称为有机基质培，而以炉渣、珍珠岩、蛭石等无机基质为栽培基质的栽培方式称为无机基质培。

固体基质栽培还可以根据栽培形式的不同而分为基质袋培、槽培或垄培和立体基质培。所谓的槽式基质培是指把盛装基质的容器做成一个种植槽，然后把种植所需的基质以一定的深度堆填在种植槽中进行种植的方法。例如，沙培、砾培等。槽式基质培适宜于种植大株型和小株型的各种植物。所谓的袋式基质培是指把种植植物的生长基质在未种植植物之前用塑料薄膜袋把基质包装成一袋袋，在种植时把这些袋装的基质放置在大棚或温室中，然后根据株距的大小在种植袋上切开一个孔，以便在这个孔中种植植物的方法。由于袋式基质培的搬运问题，一般不用容重较大的基质，而是用容重较小的轻质基质，例如，岩棉袋培、锯木屑袋培等。袋式基质培较为适用于种植大株型的作物，如番茄、黄瓜、甜瓜等。因袋式基质培的株行距较大，不适宜种植小株型的植物。立体基质培是指将固体基质装入长形袋状或柱状的立体容器中，竖立排列于温室之中，容器四周螺旋状开孔，以种植小株型作物的方法。

此外，有机生态型无土栽培方式是近年来兴起的一种新型无土栽培方式，是指用基质代替天然土壤、使用有机固态肥并直接用清水灌溉作物代替传统营养液灌溉植物根系的一种栽培技术。

二、无固体基质栽培

无固体基质无土栽培类型是指根系生长的环境中没有使用固体基质来固定根系，根系生长在营养液或含有营养的潮湿空气之中。它又可以分为水培和喷雾培两种类型。

（一）水培

植物根系直接生长在营养液液层中的无土栽培方法。它又可根据营养液液层的深浅不同分为多种类型，其中包括以1~2厘米左右的浅层流动营养液来种植植物的营养液膜技术；营养液液