

农村实用科技与技能培训丛书



主编：崔富春

Vegetable


# 蔬菜

# 无土栽培技术

SHU CAI WU TU ZAI PEI JI SHU

李灵芝 编著




 中国社会科学出版社

农村实用科技与技能培训丛书

主编 崔富春

# 蔬菜无土栽培技术

李灵芝 编著

 中国社会出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

蔬菜无土栽培技术/李灵芝编著. —北京: 中国  
出版社, 2006. 9

(农村实用科技与技能培训丛书/崔富春 主编)

ISBN 7-5087-1157-2

I. 蔬... II. 李... III. 蔬菜—无土栽培  
IV. S630.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 099595 号

---

丛 书 名: 农村实用科技与技能培训丛书

主 编: 崔富春

书 名: 蔬菜无土栽培技术

编 著 者: 李灵芝

责任编辑: 逢玉静

---

出版发行: 中国出版社 邮政编码: 100032

通联方法: 北京市西城区二龙路甲 33 号新龙大厦

电话: (010) 66051698 电传: (010) 66051713

邮购部: (010) 66060275

经 销: 各地新华书店

---

印刷装订: 北京市后沙峪印刷厂

开 本: 110mm×203mm 1/32

印 张: 7.875

字 数: 173 千字

版 次: 2006 年 9 月第 1 版

印 次: 2006 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 12.00 元

---

(凡中国出版社图书有缺漏页、残破等质量问题, 本社负责调换)

# 建设社会主义新农村书屋

总顾问：回良玉

## 编辑指导委员会

主任：李学举

副主任：翟卫华 柳斌杰 胡占凡 窦玉沛

委员：詹成付 吴尚之 涂更新 王英利

李宗达 米有录 王爱平

## 农村实用科技与技能培训丛书编辑委员会

主任：崔富春

副主任：左义河 宗颖生 弓永华

成员：（按姓氏笔画为序）

王金胜 孙泰森 邢国明 李生才

李生泉 李宏全 李国柱 杨 鹏

郭晋平 郭玉明 郝利平 武星亮

蔺艮鼎 薛孝恩

# 总序 造就新农民 建设新农村

李学举

党的十六届五中全会作出了建设社会主义新农村的战略部署。在社会主义新农村建设过程中，大力发展农村文化事业，努力培养有文化、懂技术、会经营的新型农民，既是新农村建设取得进展的重要标志，也是把社会主义新农村建设不断推向前进的基本保证。

为落实中央的战略部署，中央文明办、民政部、新闻出版总署、国家广电总局决定，将已开展三期的“万家社区图书室援建和万家社区读书活动”由城市全面拓展到农村，“十一五”期间计划在全国三分之一以上的村委会开展农村图书室援建和读书活动，使两亿多农民由此受益，让这项造福城市居民的民心工程同时也造福亿万农民群众。中央领导同志对此十分重视，中共中央政治局委员、国务院副总理回良玉同志作出重要批示：“发展农村文化事业是新农村建设的重要内容，也是农村发展中一个亟待加强的薄弱环节。在农村开展图书室援建和读书活动，为亿万农民群众送去读得懂、用得上的各种有益书刊，对造就有文化、懂技术、会经营的新型农民，满足农民全面发展的需求，将发挥重要作用。对这项事关农民切身利益、事关社会主义新农村建设的重要活动，要精心组织，务求实效。”

中共中央政治局委员、中央书记处书记、中宣部部长刘云山

同志也作出重要批示。他指出：“万家社区图书室援建和万家社区读书活动，是一项得人心、暖人心、聚人心的活动，对丰富城市居民的文化生活、推动学习型社区建设发挥了重要作用。这项活动由城市拓展到农村，必将对丰富和满足广大农民群众的精神文化生活，推动社会主义新农村建设发挥积极作用。要精心组织，务求实效，把这件事关群众利益的好事做好。”

为了使活动真正取得实效，让亿万农民群众足不出村就能读到他们“读得懂、用得上”的图书，活动的主办单位精心组织数百名专家学者和政府相关负责人，编辑了“建设社会主义新农村书屋”。“书屋”共分农村政策法律、农村公共管理与社会建设、农村经济发展与经营管理、农村实用科技与技能培训、精神文明与科学生活、中华传统文化道德与民俗民风、文学精品与人物传记、农村卫生与医疗保健、农村教育与文化体育、农民看世界等10大类、1000个品种。这些图书几乎涵盖了新农村建设的方方面面。“书屋”用农民的语言、农民的话，深入浅出，使具有初中文化水平的人就能读得懂；“书屋”贴近农村、贴近农民、贴近农村生活的实际，贴近农民的文化需求，使农民读后能够用得上。

希望农村图书室援建和农村读书活动深入持久地开展下去，使活动成为一项深受欢迎的富民活动，造福亿万农民。希望“书屋”能为农民群众提供一个了解外界信息的窗口，成为农民学文化、学科技的课堂，为提高农民素质，扩大农民的视野，陶冶农民的情操发挥积极作用。同时，也希望更多有识之士参与这项活动，推动农村文化建设，关心支持社会主义新农村建设。

值此“新农村书屋”付梓之际，以此为序。

二〇〇六年九月

# 目 录

## 第一章 概述

- 一、无土栽培 /1
- 二、无土栽培的分类 /2
- 三、无土栽培的特点 /3
- 四、适于无土栽培的蔬菜种类 /7
- 五、蔬菜无土栽培的发展历史和现状 /7
- 六、蔬菜无土栽培的发展趋势 /15
- 七、我国推广无土栽培应注意的问题 /16

## 第二章 蔬菜无土栽培的营养液

- 一、营养液的原料 /19
- 二、蔬菜无土栽培营养液的组成 /23
- 三、蔬菜营养液配方 /30
- 四、营养液配方的计算方法 /34
- 五、营养液的配制与管理 /36

## 第三章 蔬菜无土栽培基质

- 一、固体基质的作用 /49
- 二、固体基质的选用原则 /50

- 三、固体基质的性质 /51
- 四、蔬菜无土栽培基质的分类及常用基质的性能 /57
- 五、蔬菜栽培基质的管理 /73
- 六、蔬菜栽培基质的消毒 /73
- 七、废弃基质的处理和利用 /77
- 八、蔬菜栽培基质的更换 /78

#### 第四章 蔬菜固体基质栽培技术

- 一、单一基质栽培技术 /80
- 二、复合基质栽培技术 /96

#### 第五章 蔬菜水培技术

- 一、深液流水培技术 /109
- 二、营养液膜技术 /122
- 三、浮板毛管水培技术 /131
- 四、鲁 SC 系统栽培技术 /133
- 五、喷雾栽培技术 /135

#### 第六章 主要蔬菜无土栽培技术

- 一、蔬菜无土育苗技术 /139
- 二、番茄无土栽培技术 /144
- 三、辣(甜)椒无土栽培技术 /168
- 四、茄子无土栽培技术 /178
- 五、黄瓜无土栽培技术 /188
- 六、西瓜无土栽培技术 /199



七、厚皮甜瓜无土栽培技术 /209

八、生菜无土栽培技术 /222

九、芹菜无土栽培技术 /228

**参考文献** /235

**后记** /238

# 第一章 概述

## 一、无土栽培

### (一) 无土栽培的概念

无土栽培 (soiless culture, hydroponics, solution culture) 是指不用天然土壤, 将作物栽培在营养液或基质中, 由营养液代替天然土壤向作物提供水分、养分等生活条件, 使作物能够正常生长并完成其整个生命周期的生产方式。到目前为止, 仍有一些国外学者认为无土栽培主要指营养液栽培, 所以无土栽培又称为营养液栽培、水培、溶液栽培、养液栽培、水耕等。近十年来, 我国广泛应用有机生态型无土栽培技术, 就是用含有一定营养成分的有机基质作为栽培的基质, 在栽培的过程中浇灌低浓度的营养液或阶段性浇灌营养液, 有时完全不用营养液而施用有机固体肥料并进行合理灌水, 大大降低了一次性投资和生产成本, 简化了操作技术。

无土栽培改变了自古以来农业生产依赖于土壤的种植习惯, 极大地推动了现代农业技术的进步, 使传统农业转向了现代化农业, 并把农业生产推向工业化生产和商品化生产的新阶段, 有利于实现园艺的机械化、自动化生产, 从而逐步走向园艺生产的工业化、现代化。

### (二) 无土栽培与土壤栽培的异同点

无土栽培和土壤栽培都是根据作物生长发育所必须的环境条件, 提供给作物充足的养分、水分、适宜的根系温度、供氧状况、

溶液浓度及酸碱度等，通过人为栽培来获得人们所必需的产品。但是，两者在各自的栽培方法及养分的供应等方面均存在较大的差异。土壤栽培的作物根系生活在具有良好的缓冲作用的土层之中，作物需要的水分和养分可通过根系从土壤中吸取。土壤不仅能固定植物，提供根系生长的环境，同时还不断地提供营养、水分和氧气给作物根系吸收。保持在土壤孔隙中的水分和溶解的盐分等构成土壤溶液，作物根系主要是从土壤溶液中吸收养分。土壤中存在的养分包括有机的和无机的两大类，都必须通过微生物等作用分解成简单可溶的化合物才能被作物吸收利用。土壤养分的来源主要靠施肥给予补充，以氮、磷、钾为主。土壤空气状况、微生物活动、土壤酸碱度等对作物根系养分的供应起着重要作用。施入土壤中的肥料由于土壤对肥料的固定、分解、挥发以及随着灌溉水、雨水的径流、下渗等的流失，肥料的利用率较低。而无土栽培作物根系是生长在人工配制的营养液或固体基质中，它们的缓冲性能较差。因此，易受到外界条件的影响，如酸碱度、浓度、养分之间的平衡等的影响，调控与管理需较高的技术。但由于无土栽培使用的营养液，均是采用可溶性的无机盐配成的，易于被作物所吸收。能及时而有效地满足作物生长的需要，促使作物生长迅速及提高产量。无土栽培的肥料利用率较高可达90%~95%以上，其产量也比土壤栽培的产量高出一倍以上。无土栽培不存在像土壤栽培那样的水分渗漏、土表径流等问题，因此，其水分的利用率远高于土壤，一般水分的消耗只有土壤的 $1/10\sim 1/4$ 。

## 二、无土栽培的分类

无土栽培从早期的试验研究开始至今已有140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 (Julius von Sachs) 和克诺普 (W. Knop) 的无土栽培基本模式发展到目前种类繁多的无土栽培类型和方法。通用的分类方法是依其栽培床是否使用固体的基质材料，将其分为非固体基质培 (liquid substrate culture) 和固体基质培 (solid substrate culture) 两大类型。非固体基质培是指根系直接生长在营养液或含有营养成分的潮湿空气之中，根系环境中除了育苗时用固体基质外，一般不使用固体基质。固体基质培，简称基质培，它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，通过固体基质固定根系，并向作物供应营养和氧气的方法。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。非固体基质培又分为水培 (如营养液膜技术、深液流技术、浮板毛管技术等) 和雾培 (如喷雾培、半喷雾培等)。固体基质培又分为无机基质培 (如砂培、砾培、珍珠岩培、岩棉培、炉渣培、陶粒培等) 和有机基质培 (如泥炭培、锯木屑培、秸秆基质培、菇渣培等)。

### 三、无土栽培的特点

无土栽培具有节能、节水和高产的特点，可以有效地解决传统土壤栽培中难以解决的水分、空气和养分供应的矛盾。使植物根系处于最适宜的环境条件下。从而充分发挥了作物的增产潜力，达到提高单位面积产量、提早或延后蔬菜供应期、且能培育壮苗的目的，利用机械化、自动化、工厂化生产，可以减少污染，生产无公害农产品。

#### (一) 无土栽培的优点

1. 产量高、品质好。无土栽培，目前主要作为设施栽培中的一

个组成部分，它不仅通过设施而达到的适于作物生长的光、温、气等条件，还具有基质和专门的水肥供给系统，提供了适于根部发育的最佳小环境，且各种环境因子均能人为地较好控制。因而能够更好地协调植株的地上与地下、营养生长与生殖生长等的关系，容易发挥高产的潜能。无土栽培技术较成熟的国家和地区，单位面积产量可比土壤栽培提高 0.4~20 倍，因作物而异，一般在 2~4 倍之间。生产及试验证明，无土栽培不仅提高了产量，同时也明显促进了作物的生长速度，产品的外观品质和理化性状也有不同程度的改善；如无土栽培的番茄形状端正、颜色鲜艳，着色均匀，味道较好、营养价值（Vc、糖等）比土壤栽培均有改善，叶菜、瓜果中的硝酸盐含量可得到理想控制，无土栽培的花卉花期早、长，颜色艳，香味浓，部分在土壤栽培条件下不易开花的品种，在无土栽培条件下也能较容易地达到目标。

2. 省水、省肥、省工。传统的土壤栽培方法中，灌溉水分、养分的流失和渗漏以及土壤微生物的吸收固定，充分被作物吸收利用，提高利用效率。无土栽培的耗水量大约只有土壤栽培的 1/10~1/4，节省水资源，尤其是对于干旱缺水地区的作物种植有着极其重要的意义，是发展节水型农业的有效措施之一；土壤栽培肥料利用率大约只有 50% 左右，甚至低至 20%~30%，而无土栽培尤其是封闭式营养液循环栽培，肥料利用率高达 90% 以上，即使是开放式无土栽培系统，营养液的流失也很少；无土栽培省去了繁重的翻地、中耕、整畦、除草等体力劳动，而且随着无土栽培生产管理设施中计算机和智能系统的使用，逐步实现了机械化和自动化操作，大大降低了劳动强度，节省了劳动力，提高了劳动生产率，可采用与工业生产相似的方式。

3. 病虫害少，避免土壤连作障碍，生产过程可实现无公害化。设施蔬菜栽培，是在相对封闭的环境条件下进行的，在一定程度上避免了外界环境和土壤病原菌及害虫对作物的侵袭，加之作物生长健壮，因此病虫害的发生轻微，也较易控制；不存在土壤种植中因施用有机粪尿而带来的寄生虫卵及重金属、化学有害物质等公害污染。设施土壤栽培，常由于作物连作导致土壤中土传病虫害大量发生、盐分积累、养分失衡以及根系分泌物引起自毒作用等成为设施土壤栽培的难题，只能采用耗工费力的“客土处理”方法解决，而且成本较高。无土栽培可以从根本上避免和解决土壤连作障碍问题，每收获一茬作物，只要对栽培设施进行必要的清洗和消毒处理之后就可以种植下一茬作物，杜绝了土壤病害的传播。

4. 不受地区限制，充分利用土地资源，可极大地扩展农业生产空间。无土栽培使作物生产摆脱了土壤的约束，可极大地扩展农业生产的可利用空间。空闲的荒山、荒地、河滩、海岛，甚至沙漠、戈壁滩都可采用无土栽培的方法加以利用。而且在人口密集的城市，可利用楼顶凉台、阳台等空间栽培作物，同时也改善了生存环境。在温室园艺设施内可发展多层立体栽培，充分利用空间、挖掘园艺设施的农业生产潜力。

5. 提高劳动生产率，适宜工厂化生产，可实现农业生产的现代化。无土栽培可采用先进的技术，按照人的意志进行作物生产，属一种可控环境的现代化农业生产。有利于实现农业生产的机械化、自动化，从而逐步走向工业化、现代化。

## （二）无土栽培的缺点

无土栽培技术是一种代表当今农业现代化的生产技术，它既存在着其优越的一面，也存在着不可避免的缺点。概括来讲主要有以

下几点：

1. 投资较大。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还是自动化程度较高的，都需要有相应的设施，这就要比土壤种植的投资高的多。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，平均每亩投资近70万元。这在生产中是难以被广大种植者所接受的。

2. 技术上要求较高。无土栽培生产过程的营养液调配、供应以及在作物种植过程中的调控相对于土壤来说均较为复杂。在无固体基质无土栽培中，营养液浓度和组成的变化较快，而在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中还需对大棚或温室的其他环境条件进行必要的调控，这就要对管理人员素质和技术水平上提出了较高的要求，否则难以取得良好的种植效果。

3. 容易造成病害的大面积传播。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。如果管理不当，工作人员操作不规范，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，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。

总而言之，无土栽培技术是当今现代化的农业生产技术，它代表着今后农业生产发展的一个方向。但在肯定其先进的一面时，也要承认它难以克服的缺点，只有客观地充分地发挥其优点，努力克服缺点，相信在不久的将来，它将在技术上更加成熟，从而获得良好的经济效益。

#### 四、适于无土栽培的蔬菜种类

无土栽培的蔬菜能大幅度提高产量、改善品质，因此所有蔬菜均适合于无土栽培。但无土栽培生产成本较高，如增加了设施设备投资、配制营养液成本，所以最好栽培一些经济效益高的蔬菜，才能获得较高的产投比。

目前，无土栽培的蔬菜主要有茄果类、瓜类、叶菜类和芽苗菜。茄果类蔬菜主要有番茄、茄子、辣椒等，同属茄科，产量高，供应期长，南北各地普遍栽培。在无土栽培条件下，这类蔬菜在我国的大部分地区能实现多季节生产和周年供应，其中栽培面积最大的是番茄，其次是甜椒。无土栽培的瓜类蔬菜主要是黄瓜，面积居瓜类之首，由于甜瓜、西瓜、节瓜、瓠瓜反季节栽培价值高，所以无土栽培的面积也不断增加。叶菜类栽培面积较大的叶菜有生菜、蕹菜、芹菜、小白菜等。芽苗菜以工厂化立体栽培为生产特色，对提高温室、塑料大棚的利用率，反季节栽培和周年均衡供应有重要作用。

#### 五、蔬菜无土栽培的发展历史和现状

##### (一) 国外蔬菜无土栽培的发展历史和现状

在1859年，德国科学家萨克斯（Julius von Sachs）和克诺普（W. Knop）通过植物对矿质营养需求的研究，为蔬菜无土栽培技术研究拉开了序幕。1929年美国加州大学教授格里克（W. F. Gricke）教授参照霍格兰营养液配方，用营养液栽培番茄获得了株高7.5米，单株产量14.5千克的种植效果，蔬菜无土栽培自此开始走向商业化生产。虽然在发展前期出现了一段时间的停滞，但自50年代以后，无土栽培生产开始了新的发展。在此期间，国际无土栽培学术组织



相继成立。1955年成立了国际无土栽培工作组 (IWOSC), 后更名为国际无土栽培学会 (ISOSC), 该组织为推动无土栽培技术的发展作了大量工作。世界许多国家, 尤其是技术发达国家, 先后在本国建立了无土栽培基地, 进行技术研究和作物生产, 如70年代初, 美国在亚利桑那州图森市 (Tucson) 建立了5公顷的水培温室; 在福尼克斯建立了6.11公顷的水培温室等, 到1972年美国已有类似的基地30余处。其他国家如荷兰、日本、英国、德国、加拿大等也都不同程度地发展了蔬菜无土栽培生产。70年代中期, 蔬菜无土栽培生产应用由起步阶段进入迅速发展阶段, 不仅是发达国家, 一些发展中国家也开展了此项研究。

由于无土栽培是在保护地设施内进行的, 荷兰和日本原来就是温室栽培比较普及、技术基础较好的国家, 所以无土栽培在这两个国家发展较快, 在一定程度上反映了世界无土栽培的发展态势。荷兰无土栽培面积由1971年20公顷发展到了1995年的8500公顷, 日本无土栽培面积由1971年35公顷发展到了1995年的760公顷, 而且有些国家的最终发展目标是将所有的温室均采用无土栽培, 如欧共体国家温室主要是果菜生产, 目前90%以上已采用无土栽培形式。目前, 日本无土栽培主要采用营养液膜技术 (NFT)、岩棉培技术, 用于无土栽培的作物种类主要是蔬菜和花卉。同时, 随着科学技术进一步的发展, 诸如机械、化工、电子、自动化技术等新技术在无土栽培中的广泛应用, 使发达国家在无土栽培的经营和技术管理上达到了相当高的水平, 并逐步实现了集约化、现代化、自动化、工厂化生产, 达到了高产、优质、低耗、高效的目的。如日本采用无土栽培技术后比同等条件下土壤栽培的蔬菜产量提高1.4~4倍以上, 而且产品品质好、效益高; 荷兰种植的温室番茄每平方米产量