

S H U C A I W U T U Z A I P E I J I S H U



蔬菜 无土栽培 技术

杨家书 主编



辽宁科学技术出版社

蔬菜无土栽培技术

杨家书 主编

辽宁科学技术出版社

·沈阳·

主 编 杨家书

副主编 姚 平 毛国杰 邓长河 王军利

编 著 者 魏松红 秦 利 钟 鸣 任 勇

余朝阁 腾国龙 张恩禄 张鸿雁

图书在版编目 (CIP) 数据

蔬菜无土栽培技术/杨家书主编. - 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1998.10

ISBN 7-5381-2849-2

I. 蔬… II. 杨… III. 蔬菜-无土栽培 IV. S630.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 20566 号

辽宁科学技术出版社出版

(沈阳市和平区北一马路 108 号 邮政编码 110001)

沈阳市第二印刷厂印刷 辽宁省新华书店发行

开本: 787×1092 毫米 1/32 字数: 146 千字 印张: 6 5 8

1998 年 10 月第 1 版

1998 年 10 月第 1 次印刷

责任编辑: 栾世禄 吕忠宁

版式设计: 于 浪

封面设计: 庄庆芳

责任校对: 王 莉

插 图: 程本正

印数: 1—5,000

定 价: 9.50 元

前 言

无土栽培又称营养液栽培，是指利用无机营养液代替土壤向植物提供生长发育所必需的营养元素的栽培方式。这项新技术的应用改变了人类长期以来依赖于土壤栽培农作物的习惯，是农业生产向集约化转化的有效途径，成为跨世纪农业发展的重要方向，具有广阔的发展前景。

无土栽培不受土地条件、地域环境限制，可以充分提高有效空间的利用率，便于进行自动化、现代化管理，减轻了病虫害的发生，从而降低了农药的使用量，省水、省工、节能，产量高、品质好、污染轻、效益明显，特别适合在人口多、耕地少的大中城市、郊区在海岛、荒滩、无土、少水等缺乏土壤耕作条件的地区应用，对于解决一些特定地区、行业（外贸、宾馆等）对作物产品的特殊要求，具有特别的优越性。目前，无土栽培技术在不少领域已有应用，但在蔬菜生产上的应用最普遍，并取得了理想的经济效益和社会效益。随着近代人们环境保护意识和健康观念的增强，对蔬菜生产品种和产品质量的要求不断提高，以及对无公害蔬菜需求的增加，蔬菜生产专业化、社会化、商品化已成为必然的发展趋势，可以预言，在不久的将来，无土栽培将在蔬菜生产中发生革命性的变化。

蔬菜无土栽培技术含量高，与传统生产有很大区别，但目前这方面的资料不多，沈阳农业大学博士生导师杨家书教授

组织有关人员，总结了他们多年来的研究成果和生产经验，编写了本书，为蔬菜无土栽培者提供了比较全面翔实的资料。书中重点介绍了蔬菜无土栽培基质、营养液、供液设施，以及果菜类、叶菜类、浆果类、芽菜类共 30 种蔬菜的无土栽培技术，包括品种选择、栽培设施、无土育苗、定植与管理、病虫害及其防治等内容，突出了实用性，可供广大蔬菜无土栽培生产者使用，亦可供有关科研、教学人员参考。

本书不足及疏漏之处在所难免，敬请专家和读者批评指正。

编 者

1998 年 3 月

目 录

第一章 蔬菜无土栽培的概念及优点	1
第一节 蔬菜无土栽培的概念和意义.....	1
第二节 蔬菜无土栽培的优点.....	2
第二章 蔬菜无土栽培的历史、现状及发展	5
第一节 蔬菜无土栽培的历史.....	5
第二节 蔬菜无土栽培的现状与发展.....	6
第三章 蔬菜无土栽培的基质、营养液及其供液设施	8
第一节 基质.....	8
第二节 营养液	14
第三节 供液设施	20
第四章 果菜类无土栽培	24
第一节 黄瓜	24
第二节 番茄	45
第三节 茄子	76
第四节 辣椒	86
第五节 角瓜	91
第六节 节瓜	99
第七节 佛手瓜.....	106
第五章 叶菜类无土栽培	110
第一节 莴苣.....	110
第二节 芹菜.....	119

第三节	油菜	123
第四节	薤菜	126
第五节	落葵	130
第六节	豌豆	134
第七节	小白菜	139
第八节	京水菜	142
第九节	茼蒿	145
第十节	芥蓝	147
第十一节	菠菜	150
第十二节	苋菜	153
第十三节	细香葱	156
第十四节	豆瓣菜	158
第六章	浆果类无土栽培	160
第一节	草莓	160
第二节	甜瓜	167
第三节	西瓜	179
第七章	芽菜类无土栽培	187
第一节	芽菜的生产概况	187
第二节	芽菜的种类及其营养价值	190
第三节	豌豆苗	193
第四节	萝卜芽	197
第五节	花生芽	198
附录		201
附表 1	26 种蔬菜作物无土栽培营养液适宜的 pH 值 ...	201
附表 2	营养液肥料用量计算表	202
附表 3	营养液肥料稀释倍数与有效成分浓度 (毫克/千克) 换算表	203

第一章 蔬菜无土栽培的概念及优点

近代农业生产的发展在于高科技成果的推广和应用，现代化农业必须克服传统农业栽培形式受大自然的束缚，从而在有限的土地上为人类创造出丰富的农业产品。继 60 年代在世界农业上开展的“绿色革命”以来，无土栽培技术的兴起开创了 21 世纪可持续农业的发展模式。无土栽培的实施改变了人类依赖于土壤进行传统农业生产的种植习惯，是农业由分散、小规模生产走向集约化、社会化、工厂化和商品化等专业化生产的必由之路。

第一节 蔬菜无土栽培的概念和意义

无土栽培 (Soilless Culture) 又称为营养液栽培或水耕栽培，是利用无机营养液直接向植物提供生长发育所必需的营养元素，代替由土壤和有机质向植物提供营养的栽培方式。无土栽培技术是以人为调控提供根系生长的最佳生态环境为主导，达到使作物能在库源流得到满足的状态下，发挥最大生产潜能的目的。无土栽培技术的应用，脱离了传统农业生产对大自然和土壤控制环境的依附，降低了农业生产中防治病虫害对环境的污染，在增加作物生长循环周期的同时，为提高作物的产量和产品的质量创造条件；无土栽培技术具有有效的肥料供应、节水、节能、节省劳力、不受环境条件限制等特点，在高技术的开发下，使蔬菜等作物在整个生产过

程中，达到专业化、商品化和自动化的连续生产，为人类提供无污染、高质量的蔬菜，因此，无土栽培技术在解决可能出现的人口高密度增长而引发的耕地危机中，有着重要的开发前景。

无土栽培技术是我国农业发展中的一套技术含量较高的高科技产物，在不同的环境条件下，根据不同的需求有着较广阔的市场。

(1) 在保护地蔬菜面积发展的情况下，实现工厂化育苗，为传统农业引入专业化机制，加速蔬菜生产进入商品产业化的行列。

(2) 蔬菜无土栽培技术是人口多、可耕地面积较少的大中城市所具有的一种近郊农业类型，其发展和利用可为大中城市的菜篮子工程提供丰富、优质的速生蔬菜来源。

(3) 在海岛、荒滩、无土、少水等缺乏土壤耕作条件的地区，蔬菜无土栽培是解决无蔬菜生产供应的最佳途径。

(4) 无土栽培技术可解决一些特定地区、行业（外贸、宾馆等）的特殊需求，并可作为创汇型农业进行发展。

(5) 由于无土栽培不受环境、空间的约束，营养和温度便于调控，是进入家庭、工矿美化环境的一种休闲方式。

(6) 无土栽培在生物技术研究中，可以根据研究的需求进行微量元素的调整，为研究提供最佳的配套手段。

第二节 蔬菜无土栽培的优点

蔬菜无土栽培是在农业技术高速发展的条件下，为适应人类对蔬菜品质不断提出新的要求中出现的新技术。现代化农业高新技术可以使蔬菜等作物在无土栽培中，根据不同作物种类的需求，创造最适合其生长的环境条件，在有效的时

间和空间内增加蔬菜的生长循环周期，并针对营养需求进行元素含量的调整，从而具有提高产品品质、作物产量成本低和工序简单的特点，有利于向农业的现代化、自动化、工厂化方向发展的优势，主要表现在：

(1) 减少了传统农作物对土壤的依赖性：蔬菜的无土栽培不受土地条件、地域环境的限制，在任何不适于种植作物的环境下都有发展的潜力，如空闲荒地、沙滩、屋顶、阳台等没有很大种植面积的场所、地点都可以进行，并且没有杂草的生长和农药的污染；在平面、立体的多重栽培形式下可以充分提高有效空间的利用率。

(2) 环境条件稳定，便于进行自动化、现代化管理：无土栽培可以根据需要在大面积范围内进行自动化控制和机械化操作，不受土壤环境和季节变化的影响，可简化栽培程序，有利于栽培设施的改进，便于操作规范化，使播种、育苗、定植管理、收获、包装、运输等项措施进入程序化、系列化管理。

(3) 省水、省工：根据果菜、叶菜种类的差异及不同的生育时期对水分、营养的需求，定时、定量地供应营养液，半封闭式循环供液方式可避免水分和养分由于自然蒸发、流失、渗漏造成的大量损失，从而大量的节省了水分、肥料的供应和人工的利用，水分消耗的降低对缺水地区的蔬菜种植尤为重要。

(4) 产量高、品质好、效益明显：无土栽培可以为作物的生长发育提供充足的水分和各种营养物质，为作物高产创造良好的库、源、流基础，无土栽培的产量较土壤栽培在产量上有明显的提高，一般无土栽培的产量是有土栽培的几倍到十几倍，见表1，在一些先进国家，每平方米番茄产量可

达 60 千克。

表 1 温室黄瓜、番茄无土栽培与常规栽培产量比较

(山东农业大学 1986 年)

作物	栽培方式	产量比较 (千克/公顷)
番茄	无土栽培	108778.5
	常规栽培	33517.5
黄瓜	无土栽培	130159.5
	常规栽培	31543.5

由于无土栽培没有土壤微生物、杂草、农药等污染源的影响,能够提供有益于作物生长的环境条件,使产品矿物质含量丰富,品质优良,见表 2。

表 2 无土栽培新鲜番茄的矿物质元素含量 (%)

种植方式	钙	磷	钾	硫	镁
无土栽培	0.28	0.33	1.63	0.11	0.10
常规栽培	0.20	0.21	0.99	0.06	0.05

(5) 减轻病虫害的发生,降低农药投入费用:无土栽培隔断了土壤传播病虫害的传播途径。现代化的管理设施在减少农药使用的同时,将因农药引起蔬菜污染质量的影响降到最低程度,一般可节省农药费用 50% ~ 80%,在提高社会效益和经济效益上都具有明显的作用。

第二章 蔬菜无土栽培的历史、现状及发展

第一节 蔬菜无土栽培的历史

蔬菜无土栽培的应用在农业技术发展中具有悠久的历史，在我国宋代（约 12 世纪）林洪所写的《山家清洪》一书中就有过生豆芽的记载。墨西哥人阿兹提克在 17 世纪就使用“漂浮花园”种植蔬菜，而克什米尔人在水中用轻质框架进行蔬菜种植已有几个世纪的历史了。

从公元 1648 年比利时科学家霍尔蒙特通过试验得出“植物从水中获得生长所需物质”的结论开始，又有许多科学家进行了大量关于植物生长所需元素的实验，门捷列夫的元素学说为无机营养学说提出理论基础，直至 19 世纪中叶，德国科学家萨切斯和克诺普进行了植物营养生理研究，用营养液培养多种植物获得成功，并将这种方法称为“水培”。他们研制的营养液配方在生产上沿用至今，这两位科学家被人们公认为是无土栽培科学的奠基人。1929 年美国科学家格雷克成功地利用营养液种植番茄，高度达 7.5 米，单株结果达 14 千克，走出了将无土栽培技术推向生产的第一步。

无土栽培技术大面积的应用开始于 20 世纪 40 年代的第二次世界大战后期，美国与英国在海岛、沙漠和陆地上的军

事基地，利用无土栽培的方法生产蔬菜。50年代，无土栽培技术在许多国家应用于生产蔬菜、花卉等作物。60~70年代，无土栽培技术随着温室面积的增加，由于连续的土壤使用带来的病虫害严重、土壤蒸汽消毒耗能太大及对环境的污染等一系列问题的出现，而得到大面积的推广，从而使无土栽培进入了高速发展的时期。

目前，世界上有100多个国家和地区在大田作物、蔬菜、果树、花卉和药用植物的栽培方面应用了这一技术。如美国的无土栽培基地有30余处，特别是在福尼克斯有规模近百亩的水培温室；欧洲、亚洲和中东等国家都进行了蔬菜无土栽培的研究和大规模的生产。我国的无土栽培研究起步于1976年，国内有关单位进行了番茄、芹菜、黄瓜等蔬菜的无土栽培研究。1980年以来，无土栽培作为一项新技术引起了农业科技界和各级领导的高度重视，在进行理论研究的同时，根据不同作物对营养的需要研制出多种营养液专用配方和相应的配套技术。1986年，上海、南京、沈阳等地研究、引进和推广了无土栽培技术（简易营养液膜式 NFT 和岩棉培技术），建立了一批无土栽培基地，使我国蔬菜无土栽培技术的推广和应用进入了新的阶段。

第二节 蔬菜无土栽培的现状与发展

改革开放以来，我国在自我发展蔬菜无土栽培研究的同时，引进了国外先进的无土栽培技术，随着近代人们环境保护意识的增强，对蔬菜生产品种、产品质量和无公害绿色食品的要求不断提高，蔬菜生产中的专业化、社会化、商品化和管理方式的程序化、自动化、系统化成为当前的发展趋势。由于人类受到生态失衡、环境污染和农药残留的影响和

危害，人们的健康观念和环境意识增强，为蔬菜无土栽培技术的应用提供了广阔市场。

在农业生产高速发展的今天，无土栽培技术已成为跨世纪农业发展的重要方向，蔬菜栽培将向高技术设施化和简易栽培设施化方向发展，同时植物生理学、园艺栽培学、物理学、化学、生物工程学、电子学、机械工程学等多学科的综合应用将为无土栽培技术的全面发展开拓美好的未来。

第三章 蔬菜无土栽培的基质、 营养液及其供液设施

第一节 基 质

无土栽培是在避开土壤的同时，利用基质来固定植物的根系。基质栽培可以减少土壤消毒的费用，避免土传病害及杂草的危害，促进植物较快地生长。无土栽培基质的种类很多，常用的有岩棉、砂、砾、蛭石、珍珠岩、炭化稻壳、草炭、锯木屑、棉籽皮、各种泡沫塑料和陶粒等，水和空气也是无土栽培的重要基质。

一、基质的选择

(一) 选用基质的原则

1. 适用性：指选用的基质是否适合于作物的生长，一般容重为 0.5 克/厘米^3 、总孔隙度为 60%、大小孔隙比为 1:2、化学稳定性强、pH 值接近于中性以及无有毒物质存在的基质都是适用的。

2. 经济性：有些基质虽然对植物的生长有良好作用，但因其不易获得或价格太高而不宜使用。现已证明，岩棉、草炭、炉渣、砂砾等均是较好的基质，应根据当地条件选择使用。

(二) 基质的性质

1. 基质的物理性质：基质一般是化学性质不太活泼的物质，不能和肥料发生复杂的置换、吸收等化学变化。在营养液栽培中，并不需要基质来提供营养，但基质的蓄水力大小、通气性好坏会影响到作物的生长，所以，在选择基质时应注意其物理性质。

(1) 容重：指单位体积基质的重量，用克/升或克/厘米³表示。容重与基质粒径、总孔隙度有关，主要受基质的含水量、紧实度和颗粒大小的影响。容重过大，则基质过于紧实，透水、透气性较差，对作物生长不利；容重过小，则基质过于疏松，通透性虽较好，但不易固定作物。一般认为，容重为 0.1~0.8 克/厘米³ 的基质栽培效果最好。

(2) 总孔隙度：指基质中持水孔隙度和通气孔隙的总和，用相当于基质体积的百分数(%)表示。总孔隙度大的基质，其空气和水的容纳空间就大；反之就小。孔隙度大的基质利于植物根系的生长发育，如岩棉、蛭石的总孔隙度都在 95% 以上，砂的孔隙度小，只有 30.5%。颗粒大小不同的基质应混合使用，一般孔隙度在 60%~96% 的基质均可用于无土栽培。

(3) 大小孔隙比：大孔隙是指基质中空气所能够占据的空间，即气孔隙；小孔隙是指基质中水分所能够占据的空间，即持水孔隙。通气孔隙与持水孔隙的比值称为大小孔隙比。大小孔隙比能够反映出基质中水、气之间的状况，如果大小孔隙比大，则说明空气容量大而持水容量较小；反之，如果大小孔隙比小，则空气容量小而持水量大。一般而言，大小孔隙比在 1:1.5~4 的范围内，作物都能良好地生长。

(4) 颗粒大小：颗粒大小用粒径表示，分为 1 毫米、1~5 毫米、5~10 毫米、10~20 毫米、20~50 毫米 5 级。不

同基质的适宜粒径不同。粒径过大，则孔隙度小，容重增加；粒径过小，则透气不良，不利于栽培。

常用基质的物理特性见表3。

表3 基质的物理性状与 pH 值

基质名称	容重克/厘米 ³	总孔隙度(%)	孔隙(%)	孔隙(%)	气水比	pH 值
菜园土	1.16	66.0	21.0	45.0	1:2.14	6.8
砂 子	1.49	30.5	29.5	1.0	1:0.03	6.5
煤 渣	0.70	54.7	21.7	33.0	1:1.51	6.8
蛭 石	0.25	133.5	25.0	108.5	1:4035	6.5
珍珠岩	0.16	60.3	29.5	30.75	1:1.04	6.3
岩 棉	0.11	100.0	64.3	35.71	1:0.55	6.3
草 炭	/	/	/	/	/	6.9
棉籽饼	0.24	74.9	73.3	26.69	1:0.36	6.4
锯 末	0.19	78.3	34.5	43.75	1:1.26	6.2
炭化稻壳	0.15	82.5	57.5	250.0	1:0.43	6.5
泡沫塑料	/	829.8	101.3	726.0	1:7.13	/

2. 基质的化学性质：对栽培作物生长有较大影响的基质的化学性质，主要有以下几方面：

(1) 基质的化学稳定性：即基质发生化学变化的难易程度。无土栽培要求基质具有较强的化学稳定性，从而减少营养液受干扰的机会，保持营养液的化学平衡，便于管理。

(2) 基质的酸碱性 (pH)：由于基质的酸碱性不同，都会影响营养液的平衡和稳定。