

Zhongguo Nongcun Shukao

★ 汪兴汉 汤国辉 编著

★ 中国农业出版社



无土栽培蔬菜 生产技术问答

中国农村书库

无土栽培蔬菜生产 技术问答

汪兴汉 汤国辉 编著

中国农村书库
**无土栽培蔬菜生产
技术问答**

汪兴汉 汤国辉 编著

* * *

责任编辑 孟令洋

中国农业出版社出版 (北京市朝阳区农展馆北路2号 100026)
新华书店北京发行所发行 中国农业出版社印刷厂印刷

787mm×1092mm32开本 5.25印张 107千字

1998年2月第1版 1998年2月北京第1次印刷

印数 1~40 000册 定价 5.00元

ISBN 7-109-05110-2/S·3232

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

出版 说明

党的十一届三中全会以来，在邓小平建设有中国特色社会主义理论的指导下，我国在农村实行了一系列改革开放政策，使农村面貌发生了巨大变化。但是，我国农村发展的潜力还很大。为了实现农村经济快速增长、富国强民、振兴中华民族的宏伟蓝图，迫切需要依靠科学技术振兴农业和农村经济。为此，中国农业出版社组织编辑人员深入农村进行了大范围、多层次的实地调查，根据农民的需要，约请了全国数百位具有较高理论水平和丰富生产经验的专家，编写了这套《中国农村书库》大型丛书。希望通过这套丛书的出版，对我国农业生产、农村经济的发展和农民生活起到指导作用。

这套丛书共有 100 余种，内容涉及到与农民有关的方方面面，如农业政策、法律法规、思想道德、农村经济、种植业、养殖业、农产品储藏加工、农用机械和农村医疗保健等。考虑到目前我国农民的文

化水平，本套丛书使用了通俗易懂的语言文字，并多以问答的形式编写成书；注重理论联系实际，说理明白，使农民知道更多的道理；农业生产技术方面，着重介绍生产中的主要环节，关键性技术、方法和成功经验，其中不少是国内外研究成果和高产、优质、高效生产技术，可操作性强；力求科学性、实用性相结合，使农民学习之后，能解决生产中遇到的问题，并取得较好的效益。

衷心希望农村读者能从这套丛书中获益，通过辛勤劳动，早日脱贫致富，过上小康生活。

中国农业出版社

1997年7月

前言

无土栽培是近代现代化农业的一项高新技术，不论在技术的先进性上，还是生产的实用性方面均跃居当代农业发展之前列，而最重要的是由于无土栽培技术的发展，使农作物的栽培冲破自然传统农业的束缚，离开大地和土壤进入世人梦寐以求的工厂化生产的乐园。从不能耕种的沙漠、海涂，到海军的舰艇直至宇航中心；从阳台、屋顶的利用，到全自控封闭式工厂化生产；从 1929 年美国加州大学格里克教授试种一株无土栽培番茄采收 14 千克，到现代日本筑波科学馆一株无土栽培番茄结果 12 000 个的动人情景，无不显示出现代无土栽培技术的发展前景和魅力！

在生产实践中无土栽培这项新技术又有广阔的应用前景。无土栽培可以大幅度地提高产量，改进品质，生产清洁卫生的产品；无土栽培又能减轻人们的劳动强度，节水省肥，节省劳力；在设施栽培中

应用无土栽培可以避免土传病害，克服长期连作所造成的土壤连作障碍；无土栽培还可以在不能耕种的沙地、油田、海涂以至庭院阳台和屋顶应用。因此，无土栽培在我国的设施栽培发展中，在蔬菜、花卉和高档瓜果特需供应中，在无污染、少污染的绿色食品生产中，以至阳台庭院经济发展中都将发挥积极的作用。

近 10 多年来，我国的无土栽培技术发展也很快，不少科研单位、大专院校相继开展许多卓有成效的研究，推动了这项技术的发展并使之实用化；不少大中城市、油田和开发区亦建成一定规模的无土栽培蔬菜生产基地，探索无土栽培蔬菜生产技术产业化的经验；北京、上海、广州、深圳等市还引进国外成套设施安装运行，这对推动我国的无土栽培技术的发展，都有重要意义。

我们从 1985 年以来，正式立项进行专题研究，并先后帮助 30 多个单位开展蔬菜无土栽培技术的试验、示范和适度规模的生产，均取得预期效果。实践证明，只要根据当地的生产和市场的实际需要，及经济、技术等条件，科学规划，因地制宜，讲究实效，发展蔬菜无土栽培的生产，一定会获得可喜的成就。

由于无土栽培是一项高新技术，其所

涉及的学科和知识面很广，技术的难度亦很大，诚恳希望从事这方面工作的同志，结合生产实际，精益求精，刻苦钻研，扎实工作，共同为发展我国的无土栽培事业做出奉献。

为适应大面积生产和广大读者的需要，根据十多年来个人的科研、技术工作的实践与体会，编写此书，以供参考。由于个人水平所限，时间仓促，内容和文字欠妥之处难免，敬请读者斧正。

汪兴汉

1997年8月

出版说明

前言

一、无土栽培的发展概况与应用

前景 1

(一) 无土栽培的概述 1

(二) 无土栽培的发展概况 6

(三) 我国无土栽培的发展前景 ... 9

二、无土栽培的理论基础 11

(一) 作物的生长发育与环境 11

(二) 蔬菜作物的无机营养 13

(三) 蔬菜作物对水分的需求 19

(四) 蔬菜作物对土壤条件的
要求 20

三、无土栽培的基本类型与装置 22

(一) 无土栽培装置的基本构件 22

(二) 营养液膜栽培的基本
装置 23

(三) 深水培的主要装置 25

(四) 岩棉培的装置 29

(五) 其它固体基质培的装置 32

(六) 国内自行研制可供选用的无土栽培装置	34
四、无土栽培营养液配方的组配及计算	38
(一) 无土栽培营养液配方组配的依据	38
(二) 可供无土栽培的肥料	40
(三) 营养液浓度的表示方法与组配换算	51
(四) 营养液配方所用肥料数量的计算实例	52
五、无土栽培营养液配方的配制与使用	55
(一) 无土栽培营养液配方介绍	55
(二) 营养液的配制	64
(三) 营养液的使用要点	66
六、无土育苗的原理与技术	73
(一) 无土育苗的概述	73
(二) 无土育苗的理论基础	75
(三) 无土育苗的设施与装置	79
(四) 无土育苗的关键技术	81
七、营养液膜栽培 (NFT) 技术	83
(一) 营养液膜栽培的概述	83
(二) 营养液膜栽培的设施与装置	85
(三) 营养液膜栽培 (NFT) 的技术关键	88
八、岩棉培 (RF) 技术	91
(一) 岩棉培 (RF) 的概述	91
(二) 岩棉培 (RF) 的装置	93
(三) 岩棉培 (RF) 的技术关键	94
九、基质栽培技术	97
(一) 基质栽培的概述	97
(二) 基质栽培的装置	100
(三) 基质栽培的技术要点	103

十、深水栽培技术	104
(一) 深水栽培的概述	104
(二) 深水栽培的装置	106
(三) 深水栽培的技术关键	107
十一、无土栽培蔬菜生产的安排与实施	111
(一) 规划与布局的安排	111
(二) 茄果类蔬菜无土栽培技术关键	114
(三) 瓜类无土栽培的主要技术	118
(四) 其它蔬菜无土栽培技术要点	120
(五) 草莓和花卉无土栽培技术要点	121
十二、作物营养失调症状的诊断与防治	126
(一) 作物营养失调症状及其形成	126
(二) 作物营养失调症状的表现	129
(三) 作物营养失调症状的防治	133
十三、设施、基质的消毒与病虫害防治	136
(一) 设施与基质的消毒	136
(二) 生理障碍及其预防	139
(三) 主要病虫害的防治	143

一、无土栽培的发展概况 与应用前景

(一) 无土栽培的概述

1. 什么是无土栽培？

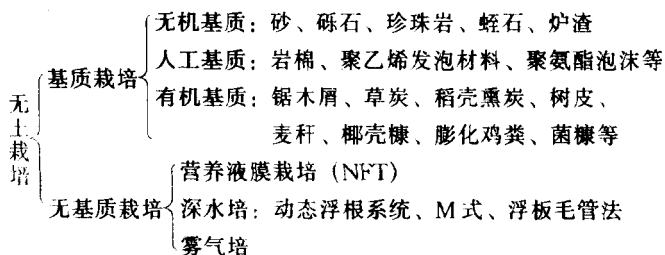
无土栽培，是一种不用土壤作基质而使用营养液的栽培技术。众所周知，除水生植物和多数低等植物外，植物的生长都离不开土壤，因此，各种农作物包括粮食、棉花、油料、果树、蔬菜、茶叶、花卉、烟草等，都必须利用土壤栽培，可以说，农业尤其是种植业就是利用土地和土壤的栽培技术，由此可见农业与土壤的关系是何等密切。而无土栽培则无须依赖土壤，它是将蔬菜等作物栽培在盛放营养液的一定栽培装置中，或者栽培在充满营养液的砂、砾石、蛭石、珍珠岩、稻壳熏炭、炉渣、岩棉等非天然土壤基质材料作成的栽培床上，因其不用土壤，所以称作无土栽培。还因其不用一般的有机肥和无机肥，而是依靠供应营养液来代替传统的农业施肥技术，所以人们又把无土栽培叫作营养液栽培，或简称水培、水耕栽培技术。

无土栽培由于不用土壤，在技术上是—重大改革和进步，同时应用先进的设施与装置、新型的基质材料和配套技术，以至全封闭，温、光、肥、水、气完全根据不同作物的生长发育需要进行自动调节与控制，实行工厂化生产或发展

“宇航农业”，因此，无土栽培又是当代现代化农业的高新技术，是现代设施栽培的新技术。

2. 无土栽培的类型和方式包括哪几种？

无土栽培的类型和栽培方式很多，依其栽培床是否使用固体的基质材料，可把无土栽培分为两个基本类型，即基质栽培和水培。基质栽培中又根据使用基质材料的不同，分成不同的栽培方式，如砂培、砾培、蛭石培、稻壳熏炭培、岩棉培等；而水培中又根据栽培床的装置不同、通气方式不同和营养液供应方式的不同，又可分成许多种，如营养液膜栽培（NFT）、深水培和雾气培等。



不同的无土栽培类型和方式，由于采用不同的栽培基质、不同装置的栽培床和不同的供液方式，其应用技术与应用效果亦各不相同，技术的难度大小不一，不同栽培设施与装置的一次性投资额度多少差别也很大。所以，我们在进行无土栽培时，必须事先了解和掌握不同的无土栽培方式的特点和具体应用技术，然后根据财力、物力等投资能力、技术条件和不同栽培作物种类，选择适当的无土栽培方式。

3. 无土栽培有哪些优越性？

无土栽培是现代化农业最先进的栽培技术，从栽培设施到环境控制都能做到根据作物生长发育的需要进行监测和调

控，所以，无土栽培具有一般传统的土壤栽培所无法比拟的优越性，可以概括为以下几个方面：

(1) 无土栽培的作物生长快，产量高。根据印度试验，水培番茄平均单株产量在 11 千克以上，每公顷的产量为 500 吨，比一般土壤栽培高 20 倍。1929 年美国加利福尼亚大学·格里克教授用营养液栽培一株番茄，植株高度 7.5 米，采收番茄 14 千克。山东农业大学试验结果：无土栽培西瓜单株产量 6.9 千克，比土壤栽培增产 59.5%。韭菜无土栽培比土壤栽培增产 110.1%，无土栽培黄瓜比土壤栽培增产 172.6%，番茄无土栽培比土壤栽培增产 190.4%。据江苏省农业科学院蔬菜研究所 1987~1989 年连续 3 年较大面积试验结果，营养液膜栽培(NFT)和岩棉培番茄平均单株产量达 3 千克左右，比一般土壤栽培的高 1 倍以上。小面积试验番茄平均单株产量 3.47 千克，果大色鲜而整齐，单果重 200~250 克左右，最大果重达 1150 克，黄瓜平均单株产量 3.73 千克。

(2) 无土栽培可以生产清洁卫生、少污染、无公害、品质好的产品。无土栽培的作物，尤其是蔬菜、瓜果，由于不施用人粪尿、厩肥等农家肥料，加之病虫害相对又少，大大减少农药的使用，不喷洒除草剂，因此其产品大大地减少了肥料、农药、寄生虫以及病菌污染，清洁卫生无公害。同时，无土栽培的蔬菜和瓜果，果大而整齐，颜色鲜艳，商品性和食用品质都好。

(3) 无土栽培能省工、节水、省肥。无土栽培不需要进行土壤耕作，整地、施肥、中耕除草以及病虫害防治等田间管理工作也大大减少，田间无须喷洒除草剂，不仅能节省用工，同时劳动强度亦不大，能大大改善农业生产的劳动条件，有利于省力化栽培。一些发达的国家如英国、荷兰、日

本、以色列等，利用无土栽培进行蔬菜和花卉等园艺作物的工厂化生产。近几年，我国的北京、上海、镇江、深圳等地，也先后引进国外成套的设施与技术，建成自控的无土栽培园艺作物试验场。由于无土栽培是在人工控制下，通过营养液的科学管理来确保水分和养分的供应，以及其它根际环境和大气环境的自动控制，因而大大减少了土壤栽培中水肥的渗漏、流失、挥发与蒸腾，所以在沙漠干旱地区进行无土栽培亦是一项很好的“节水工程”。

(4) 应用无土栽培可以避免土壤连作障害。众所周知，在保护地栽培中，由于设施条件的限制，为争取多茬次高产高效益的栽培，土壤连作频繁，因而导致土壤连作障害，如土传病虫害日见增长，土壤盐类不断积聚或土壤酸化，土壤耕作层板结等，已成为影响蔬菜保护地生产发展的一个重要障碍。而应用无土栽培则可以避免上述土壤连作障害的发生，因此，在保护地栽培中，无土栽培的发展更有着积极意义和发展前景。

(5) 无土栽培不受地区、土壤等条件的限制，可以在屋顶、阳台以及不能进行土壤栽培的地方如沙漠、油田、海涂、盐碱地和土壤严重污染的地区应用。随着我国城镇住宅建设的不断发展，庭院阳台园艺爱好者不断增多，在屋顶阳台进行无土栽培蔬菜、花卉、小盆景观赏植物，既可以美化环境，陶冶情操，又可增添生活乐趣，施展各自的才华。

应用无土栽培，可以在现有工厂厂房进行改造，实施蔬菜、花卉、中草药和芽苗菜的工厂化生产。

4. 无土栽培蔬菜的品质是否优于一般土壤栽培？

根据我们多年试验和大量生产的结果，无土栽培蔬菜的产品品质明显优于一般土壤栽培，主要表现在三个方面：

一是无土栽培蔬菜产品的商品性，即外观好于土壤栽培的产品，茄果类及瓜类蔬菜，果实大而整齐，瓜条直而长，色泽鲜亮；叶菜类鲜嫩可口，叶球紧实，大小一致；花卉色泽鲜艳，香味浓郁。二是无土栽培蔬菜的产品内在品质亦比一般土壤栽培的产品好。以番茄为例，无土栽培番茄的果实经测定分析结果，其可溶性固形物高于一般土壤栽培，果实中的可溶性糖、有机酸以及维生素 C 的含量显著增加。三是由于无土栽培蔬菜产品，土壤、肥料和水质的污染以及农药的污染能大大减少，可以称之为清洁卫生少污染的“绿色食品”。

5. 无土栽培怎样能防止土壤连作障害？

近 10 年来，我国的设施栽培如大棚、日光温室栽培蔬菜的面积发展很快，由于设施栽培周年多茬次的综合利用，同一种蔬菜的连作频繁，土壤出现连作障害，如盐渍化、酸化、土壤板结，根线虫及土传病害严重发生，蔬菜产量和经济效益日见下降，严重田块甚至不能继续利用，因此，急待实行轮作换茬，或换土，或进行土壤消毒、灌水洗盐等处理，但以上措施很难大面积地实施，同时又都受到大棚、温室等固定设施的限制，这些设施又不能大面积地搬迁，在此情况下，采用无土栽培的方法，利用可移式的定型栽培床或简易无土栽培方式如简易式营养液膜栽培和基质培，即能继续栽培蔬菜，经过 3~5 年，土壤状况改善后，又可恢复土壤栽培。由此可见，利用无土栽培是解决土壤连作障害的一个好办法。根据这个原理，在土传病害发生严重田块，以及其它土壤污染严重地区，亦可以采取无土栽培种菜。

6. 楼房平顶及庭院阳台能否发展无土栽培？

我国实行改革开放以来，城市建设事业和住宅建设发展很快，城市建筑楼面平顶及庭院阳台的面积亦越来越大，利

用这块天地发展小型简易无土栽培生产，对搞好城市绿化和发展家庭园艺事业，美化城市环境，净化空气，增加家庭生活情趣，陶冶人们的情操都有积极意义。

由于无土栽培不用土壤，而是采用一定的装置或基质，依靠供应营养液来栽培，因此，可以在楼房平顶及庭院阳台发展无土栽培，但应注意以下几个问题：

第一，无土栽培装置及基质的重量不能太大，不能超过现有建筑物的承受能力。因此应用轻基质栽培或营养液膜栽培的方式较好。

第二，一定要确保整个栽培系统不能渗漏，既要保证营养液供应的水源充足与方便，又要确保废液的及时排放。

第三，阳台无土栽培可选用小型多层的阳台无土栽培装置。

第四，要有相应的保护地栽培设施和防雨栽培设施。

第五，以栽培花卉和速生叶菜及绿叶菜类和生产芽苗菜为主。

（二）无土栽培的发展概况

7. 国外无土栽培的发展情况如何？

国外无土栽培最早渊源于德国的沙奇斯和克诺普等科学家们先后应用营养液进行的植物生理学方面的试验。具有重大意义的是 1929 年，美国加利福尼亚州立大学格里克 (W.F.Gericke) 教授利用自己设计的植物无土栽培装置成功地种出一株植株高 7.5 米，单株果实重量达 14 千克的水培番茄，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亦产生了深远的影响，以后，美国又试验成功砂培、砾培技术。