

丛书主编：屈冬玉 杨 旭

小·康·之·路

无土栽培

特选项目与技术

中国科学技术协会 中国农业科学院/组织编写

蒋卫杰 杨其长 等 编著



科学普及出版社



全民科学素质行动计划纲要书系
当代农民科技教育培训丛书

小·康·之·路

无土栽培特选项目与技术

中国科学技术协会
中国农业科学院

组织编写

蒋卫杰 杨其长 葛 红
余宏军 胡 鸿 汪晓云
张成波 程瑞锋 丁海凤
张学杰 谢开云

编 著

科学普及出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

小康之路:无土栽培特选项目与技术/蒋卫杰,杨其长等
编著. —北京:科学普及出版社,2008.2

(全民科学素质行动计划纲要书系 当代农民科技教育
培训丛书)

ISBN 978-7-110-06227-2

I. 无... II. 蒋... III. 无土栽培 IV. S317

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 198767 号

自 2006 年 4 月起本社图书封面均贴有防伪标志,未贴防伪标志的
为盗版图书。

科学普及出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081

电话:010-62103210 传真:010-62183872

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

科学普及出版社发行部发行

北京市玥实印刷有限公司印刷

*

开本:850 毫米×1168 毫米 1/32 印张:11 字数:290 千字

2008 年 2 月第 1 版 2008 年 2 月第 1 次印刷

定价:26.00 元

ISBN 978-7-110-06227-2/S·427

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、
脱页者,本社发行部负责调换)

全民科学素质行动计划纲要书系

当代农民科技教育培训丛书

小·康·之·路

编 辑 委 员 会

顾问：王 可 牛政斌 颜 实 高 勘

丛书主编：屈冬玉 杨 旭

丛书副主编：王 奕 陈 璐

编委会主任：屈冬玉

编委副主任：杨 旭 王春林

丛书总策划：王 奕 陈 璐

编委委员：(按姓氏笔画排序)

王 奕	王春林	史晓红	朱向平	刘桂荣
杨 旭	杨力军	杨其长	杜永臣	李 莉
李时夫	李滋睿	陈立志	陈 璐	张军民
屈冬玉	赵红鹰	胡 鸿	蒋为杰	楼 伟
葛 红				

天津出版传媒集团天津人民美术出版社

智·美·童·书

会员美书展

（一）会员专享：会员专享图书，会员专享折扣。

（二）会员专享：会员专享图书，会员专享折扣。

（三）会员专享：会员专享图书，会员专享折扣。

（四）会员专享：会员专享图书，会员专享折扣。

（五）会员专享：会员专享图书，会员专享折扣。

（六）会员专享：会员专享图书，会员专享折扣。

（七）会员专享：会员专享图书，会员专享折扣。

责任编辑：史晓红 李时夫 王 雨

责任校对：韩 玲

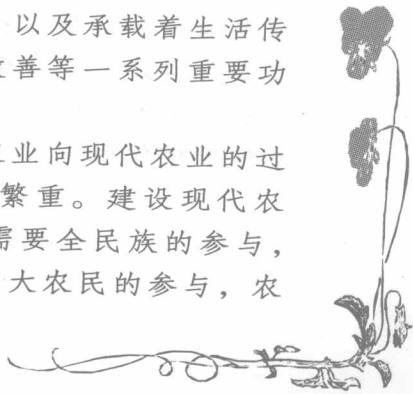
责任印制：安利平

序 言

胡锦涛总书记在党的“十七大”报告中指出，解决好“三农”问题事关全面建设小康社会大局，必须始终作为全党工作的重中之重，要加强农业的基础地位，走中国特色农业的现代化道路，培育有文化、懂技术、会经营的新型农民，发挥亿万农民建设新农村的主体作用。这些重要的论述和部署，对我国今后的“三农”工作，对农业科技工作提出了新的要求，为推进农业科技进步指明了方向。

农业在国民经济发展中占有极其重要的地位，是安天下的战略性基础产业，农业科技则是国家经济发展、科学技术进步和生活水平提高的重要标志之一。近年来，现代科学技术的迅猛发展，极大地带动了农业科学技术的进步和发展。现代农业一方面带给了人们环保、绿色和营养更加丰富的农业食品；另一方面，又把农业生产过程变为精神产品，极大地丰富了现代人精神世界的多种需求。它已不再是仅仅具有食品安全保障功能的单一产业，而是被赋予了具有工业原料供给、增加就业、国民增收，以及承载着生活传承，生产发展，生态安全，生活改善等一系列重要功能的新型综合性产业。

目前，我国农业仍处于传统农业向现代农业的过渡阶段，推进现代农业建设任务繁重。建设现代农业，需要现代科学技术的支撑，需要全民族的参与，特别是具有现代农业科技知识的广大农民的参与，农



业科学技术知识的普及意义重大。农业科技工作者不仅仅要做农业科技创新的主力军，更应成为现代农业科技知识的普及者和推动者，以及广大农民学科学用科学的好老师。

为推进我国现代农业建设，普及现代农业科学知识，推广和应用现代农业科技成果，提高广大农民科学素质，助力“全民科学素质行动计划纲要”的实施，中国科协、中国农业科学院共同组织编写了“小康之路”这套丛书。该套丛书有两个特点：第一是丛书的编辑始终以现代农业为主线，将近年来农业科技研究的最新科技成果编辑成书，在广大农民自身（包括合作组织）可实施的条件下，将现代农业的高新技术成果和先进农业技术介绍给读者，使他们听得懂、学得会，简便易行，立竿见影。第二是丛书特聘农业专家和学者撰写文稿，其中不乏我国老一辈著名农业专家和为我国农业科学事业作出贡献的青年学者。他们站在科学前沿，以诚挚的热情和高度责任感，接近广大农民，介绍最新、最实用的成果，让广大农民直接受益，从而激励更多的农民群众走上科技致富的道路。

最后，我们真心希望通过“小康之路”丛书的出版发行，使广大干部、农民、农业企业家能从中获得启迪，获得知识；也希望该书能为现代农业建设，新农村建设，普及现代农业知识，提高农民素质，加快农业生产手段、生产方式和生产理念的转变等方面发挥积极作用。

中国农业科学院副院长 屈冬玉

2007年12月8日



前 言

无土栽培技术的科学研究始于 19 世纪 60 年代,但作为一项农业高新技术应用于规模化生产则还是在 20 世纪中叶。可以说 20 世纪 50 ~ 60 年代是无土栽培大规模商品生产的时期,进入 20 世纪 80 年代以后,世界高科技日新月异的发展对无土栽培的发展起了巨大的推动作用。20 世纪 80 年代后期和 90 年代初,许多发达国家的无土栽培已实现了集约化、现代化、自动化、工厂化生产和高产、优质、高效、低耗,特别是在获取高产值和高附加值方面,效果十分明显。在全球面临人口、环境、资源的严重危机的今日,西欧等发达国家纷纷立法禁止使用化学农药进行土壤消毒,限制化肥使用量,以防地下水被污染。迫使经营温室园艺的农家舍弃土壤栽培,而改用易于消毒的轻基质无土栽培。我国推广应用无土栽培技术起步较晚。从 1986 年到 1990 年,我国无土栽培主要处于引进和消化吸收阶段,1990 年代以后,我国无土栽培进入自主研发阶段,1990 年到 2000 年的 10 年内,我国自己研究创造了一些投资少、更适合我国国情的无土栽培系统,如有机生态型无土栽培系统、浮板毛管系统等,大大促进了无土栽培的推广应用,已形成许多个规模化、产业化的无土栽培基地。无土栽培技术是国外农业高新技术在我国率先实现国产化、实用化,并大面积推广应用的范例。无土栽培这一农业高新技术,在我国虽然开发利用的时间不长,但已取得明显



效果，表现出广阔的发展前景和巨大的开发潜力。本书由多年从事无土栽培研究和技术推广工作的专家和学者编著，他们既有扎实的理论基础，又有丰富的实践经验，并融入近年来国家科技部、农业部和各级地方政府设立的一系列有关无土栽培技术的重点研究课题所取得的最新研究成果，使本书的内容更丰富、更先进。全书由蒋卫杰研究员统稿完成。无土栽培是一门多学科交叉的农业应用性学科，我们在编写过程中以"实用"和"新"为原则，力求本书内容既有理论指导作用，又有实际指导作用。在实用技术上突出介绍已在我国实际应用，证明是适合我国国情的代表技术。由于编著时间匆促，书中不妥之处在所难免，恳请读者不吝赐教，以便再版时修改完善。

编 者

2007 年 11 月



目 录

第一章 无土栽培及其发展	(1)
第一节 无土栽培及其应用	(1)
第二节 无土栽培的历史、现状和趋势	(7)
第二章 无土栽培营养液	(18)
第一节 营养液的配制原理	(18)
第二节 营养液配方的计算方法	(23)
第三节 营养液的制备与调整	(31)
第四节 试剂与化肥的使用	(36)
第五节 无土栽培对水质的基本要求	(42)
第三章 无土栽培基质	(46)
第一节 基质的理化性质	(46)
第二节 基质的种类	(58)
第三节 基质中的微生物	(71)
第四节 基质的配制	(77)
第五节 基质消毒	(83)
第四章 无土栽培有机肥及其生产方法	(89)
第一节 现代有机农业	(89)
第二节 有机肥与无土栽培的结合	(93)
第三节 商品有机肥的生产方法与应用	(96)
第四节 液体有机肥的应用前景	(105)
第五章 无土栽培环境管理技术与配套设施设备	(107)
第一节 无土栽培的环境保护设施	(107)

第二节	无土栽培的设施环境管理技术	(115)
第三节	无土栽培的配套灌溉设施	(124)
第六章	主要无土栽培类型与管理	(128)
第一节	营养液膜技术	(128)
第二节	深液流技术	(131)
第三节	动态浮根法和浮板毛管法	(138)
第四节	雾培法	(140)
第五节	鲁 SC 法	(143)
第六节	岩棉培	(144)
第七节	基质栽培设施系统	(146)
第七章	有机生态型无土栽培	(154)
第一节	有机生态型无土栽培的特点	(156)
第二节	有机生态型无土栽培技术的实施	(159)
第三节	有机生态型无土栽培对作物产量与 品质的影响	(167)
第四节	有机生态型无土栽培的生产成本与 经济效益	(169)
第五节	有机生态型无土栽培的发展前景	(173)
第八章	无土育苗生产技术	(174)
第一节	蔬菜种苗生产	(174)
第二节	雾培种薯	(182)
第九章	主要蔬菜无土栽培技术	(191)
第一节	番茄	(191)
第二节	甜椒	(202)
第三节	茄子	(209)
第四节	黄瓜	(215)
第五节	甜瓜	(222)
第六节	西瓜	(230)

第七节	草莓	(238)
第八节	生菜	(246)
第九节	其他叶菜	(250)
第十章	芽菜生产	(253)
第一节	芽苗菜生产	(254)
第二节	主要芽菜生产技术	(265)
第三节	芽菜的工厂化生产	(273)
第十一章	无土栽培常见病虫害及其综合防治技术	(276)
第一节	根系病害	(276)
第二节	叶部病害	(284)
第三节	虫害	(297)
第四节	生理病害	(307)
第十二章	无土栽培的生产成本与经济效益	(315)
第一节	各种无土栽培系统的一次性投资	(316)
第二节	无土栽培的运转成本与经济效益	(318)
第十三章	蔬菜质量与安全管理控制	(324)
第一节	蔬菜质量与安全管理的基础知识	(324)
第二节	绿色食品标准体系	(332)
第三节	无土栽培与绿色食品和有机食品生产	(335)

第一章 无土栽培及其发展

第一节 无土栽培及其应用

无土栽培技术是现代农业建设的重要构架，也是超越设施农业的更高层次农业生产方式。无土栽培使植物在人为控制的适宜条件下生长发育，加上设施栽培的环境控制，基本可以摆脱自然环境的制约而实现无季节性周期生产，被称为第三代农业，是未来农业的发展方向。

一、无土栽培的定义

无土栽培是指不用天然土壤，而用人工基质或仅育苗时用基质定植后不用基质；利用含有植物生长发育必需元素的营养液或仅用清水灌溉作物而直接应用固态肥来为作物提供营养，并可使植物正常完成整个生命周期的种植技术。简而言之，无土栽培就是不用天然土壤来种植植物的方法。固体基质或营养液代替天然土壤向作物提供良好的水、肥、气、热等根际环境条件，使作物完成从苗期开始的整个生命周期。由于无土栽培使用营养液的时间较早且较长，因此早期又把无土栽培称为营养液栽培、水培、水耕、溶液栽培、养液栽培（Soiless Culture, Hydroponics, Solution Culture）等。无土栽培是一种代表当今农业现代化的生产技术。与土壤栽培相比，无土栽培的主要优点是能克服土壤连作障碍，栽培作物的产量高、品质好、商品价值高，省水、省肥、省工，病虫害少，能充分利用土地资源，它可以在海岛、石山、南极、北极以及一切不适宜于一般农业生产的地方进行作物生产。

但大部分无土栽培类型的缺点是一次性设备投资大，用电多，肥料费用高，营养液的配制、调整与管理等都要求具有一些专门知识的人才，技术上要求较高。近十年来，我国广泛应用有机基质无土栽培技术，用含有一定营养成分的有机基质作载体，栽培过程中浇灌低浓度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（有机生态型无土栽培），大大降低了一次性投资和生产成本，简化了操作技术。

二、无土栽培的分类

无土栽培从早期的实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（Sachs）和克诺普（Knop）的无土栽培基本模式（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，但要进行科学、详细的分类比较困难，现在比较通用的分类方法为依其栽培床是否使用固体的基质材料，把其分为非固体基质栽培和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。

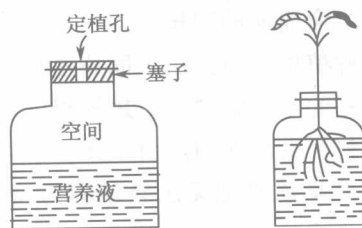


图 1-1 Sachs 和 Knop 的水培装置图

1. 非固体基质栽培

非固体基质无土栽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种类型。

(1) 水培：水培是指作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度不同分为多种形式。以 1~2cm 的浅层流动营养液来种植作物的营养液膜技术 (NFT)；液层深度 6~8cm 的深液流水培技术 (DFT)；在 5~6cm 深的营养液液层中放置一块上铺无纺布的泡沫板，根系生长在湿润的无纺布上的浮板毛管水培技术 (FCH)；还有以早期格里克开发应用的“水培植物设施”为代表的半基质栽培 (图 1-2)，实际上也是水培的一种形式。

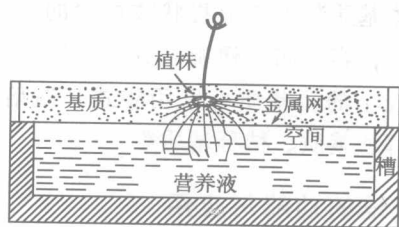


图 1-2 格里克开发应用的“水培植物设施”

(2) 雾培：雾培又称为喷雾培或气培，它是将营养液用喷雾的方法，直接喷到作物根系上。根系悬空在一个容器中，容器内部装有自动定时喷雾装置，每隔一段时间将营养液从喷头中以雾状的形式喷洒到植物根系表面，同时解决了根系对养分、水分和氧气的需求。由于雾培设备投资大，管理不甚方便，而且根系温度易受气温影响，变幅较大，对控制设备要求较高，生产上很少应用。雾培中还有一种类型是有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空间，称为半雾培。也可把半雾培看做是水培的一种。

2. 固体基质培

固体基质无土栽培简称基质培，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。基质培可很好地协调根际环境的水、气矛盾，且投资较少，便于就地取材进行生产。



基质培可根据选用的基质不同而分为不同类型，例如以泥炭、秸秆基质、椰绒等有机基质为栽培基质的基质培称为有机基质培，另外还有岩棉培、砂培、砾培等无机基质培。

基质培也可根据栽培形式的不同而分为槽式基质培、袋式基质培和立体基质培。槽式基质培是指将栽培用的固体基质装入一定容器的种植槽中以栽培作物的方法，一般有机基质培和容重较大的重基质多采用槽式基质培；袋式基质培是指把栽培用的固体基质装入塑料袋中，排列放置于地面上以种植作物的方法；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之中，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。一般容重较小的轻基质可采用袋式基质培和立体基质培，如岩棉、蛭石、椰绒基质、秸秆基质等。

三、无土栽培的功能与应用

无土栽培的主要优点是能避免土壤传染的病虫害及连作障碍，这是目前温室作物生产上存在的主要问题之一。作物长势强、产量高、品质好，肥料利用效率高，节约用水，病虫害少。它可以在海岛、石山、南极、北极以及一切不适宜于一般农业生产的地方进行作物生产，同时可以减轻劳动强度，使妇女和老年人也能从事这种生产活动，也是对城市学生进行农业教育的好场所。

无土栽培的缺点是一次性设备投资大，用电多，肥料费用高，营养液的配制、调整与管理，都要求有一些专门知识的人才管好，因此在经济不发达的地方难以推广。虽然有机生态型无土栽培省去了营养液的配制、调整等农民不易掌握的环节，但其所使用的有机肥需要严格处理，水分管理也需要有一定的种植经验。

无土栽培作为一项新的现代化农业技术，具备许多土壤栽培不可比拟的优越性，具有广阔的发展前景，但同时也存在着一些

缺陷和不足。只有正确评价无土栽培技术,充分认识其特点,才能充分发挥无土栽培的作用,扬长避短,恰到好处地真正应用好这一新技术。无土栽培的应用范围如下所述。

1. 在土壤连作障碍严重的保护地应用

随着农村产业结构的调整,保护地蔬菜栽培发展迅猛。由于同一种蔬菜频繁连作,极易导致土壤连作障碍,如盐渍化、酸化、土传病害严重等。而传统的处理方法,如换土、土壤消毒、灌水洗盐等都有很大的局限性。对于由此产生的蔬菜产量、品质和效益下降问题,菜农普遍采用的措施是不断增加化肥用量和不加节制地大量使用农药,从而造成生产成本不断上升,环境污染日趋严重,直接影响设施园艺的生产效益和可持续发展。无土栽培技术作为解决温室等园艺保护设施土壤连作障碍的有效途径被世界各国广泛应用,在我国设施园艺迅猛发展的今天,更具有其重要的意义。适合我国国情的各种无土栽培形式为设施园艺的可持续发展提供了技术保障。

2. 在不适宜传统农艺耕作的地方应用

无土栽培对土地没有特别的要求,可以利用不可耕地,在荒山、荒地、河滩、海岛,甚至沙漠、戈壁等难以进行传统农业耕作的地方都可以进行无土栽培。打破了传统意义上的植物对土壤的依赖,在沙漠、荒滩、礁石岛等偏远地区,可通过无土栽培的方式生产蔬菜,满足驻军官兵、油田或矿山工人的需要。例如,解放军某部在南沙群岛布满礁石的岛上用无土栽培技术生产出了郁郁葱葱的蔬菜满足驻岛官兵的需求,在新疆哈密戈壁滩上建了面积达近 140hm^2 的塑料日光温室,温室内以有机生态型无土栽培系统种植哈密瓜和蔬菜等作物,取得了很好的经济效益和社会效益,这对于缓和日益严重的耕地问题有着深远意义。

3. 在高档蔬菜的生产中应用

无土栽培能更好地满足植物生长和发育对环境条件的要求,能做到按植物生长发育规律供应养分,因而与土壤栽培相比,无