

经全国中小学教材审定委员会 2006 年初审通过
普通高中课程标准实验教科书

WUTUZAIPAI



通用技术(选修4)

现代农业技术·专题三

无土栽培

河南省基础教育教学研究室 组编
河南科学技术出版社

河南科学技术出版社



经全国中小学教材审定委员会 2006 年初审通过

普通高中课程标准实验教科书·通用技术(选修 4)

现代农业技术·专题三

无土栽培

河南省基础教育教学研究室 组编
河南科学技术出版社



河南科学技术出版社

总 主 编: 傅水根

本册主编: 孙治强

编写人员: 孙治强 李胜利

责任编辑: 陈淑芹

美术编辑: 宋贺峰

责任校对: 柯 姣

普通高中课程标准实验教科书·通用技术(选修4)

现代农业技术·专题三

无土栽培

河南省基础教育教学研究室 组编
河南科学技术出版社

★

河南科学技术出版社出版发行

(郑州市经五路66号)

邮政编码: 450002 电话: (0371) 65737028

河南第一新华印刷厂印刷

全国新华书店经销

★

开本: 890mm × 1240mm 1/16 印张: 4.25 字数: 97千字

2006年7月第1版 2006年7月第1次印刷

ISBN 7-5349-3289-0/G · 960

定价: 5.05元

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与出版社联系调换

致同学们

作为高中通用技术的选修模块《现代农业技术》的一个专题,这本《无土栽培》与同学们见面了。

随着社会的发展,人口不断增加,土地资源逐年减少,食品安全的压力越来越大。如何获得更多和更优良的食品满足社会的需求,是农业生产的一个永恒的主题。无土栽培技术可以在不可耕种的沙荒土地和海岛上生产农产品;可以在有限的土地上生产出较土壤栽培产量高几倍的产品;通过人工控制可以生产人们所需要的特殊质量的农产品;还可以在航天飞机上直接种植宇航员所需要的绿色食品……无土栽培技术作为一项农业高新技术,与生物技术一起被列为20世纪对农业生产影响较大、引起人们广泛关注的两项具有重大意义的新技术。

无土栽培具有这么多奇妙的功能,具有这么重要的地位,那么,它究竟是怎么回事?无土怎么栽培?这种技术是怎么产生的?它有哪些特点?它需要哪些设施?无土栽培植物的管理有什么特殊之处?通过本专题的学习,上述问题都可以得到解答。当同学们从自己无土栽培的番茄树或黄瓜树上采摘果实的时候,丰收的喜悦将是对我们学习这门技术课程最好的褒奖!

作为通用技术课程必修模块《技术与设计》的后续课程,《无土栽培》也贯穿了设计的思想,体现了流程、系统和控制的思想。希望同学们在学习本专题内容时,要注意自觉地运用前面学过的基本知识和技术思想,在结合所学知识进行实践、探究的过程中不断提高自己的技术素养。

为了拓宽同学们的知识视野,培养实践技能和创新思维能力,本书精心设计了“学习导航”、“现象与问题”、“探究尝试”、“新视窗”、“小资料”、“实践活动”、“活动延伸”、“阅读材料”等栏目,在附录中给出了“部分中英文词汇对照表”。

虽然在编写时查阅了大量的相关资料,也付出了较大的努力,但是,无土栽培是一门正在发展的学科,通用技术也是基础教育改革的新课程,加之编者水平所限,本书中仍然会存在很多不足甚至错误之处,恳请同学们在学习过程中积极思考,发现问题,向我们提出宝贵的意见,以便在今后的修订中日臻完善。

编写者

2004年11月

目 录

第一章 走近无土栽培 (1)



第一节 认识无土栽培 (2)

一、什么是无土栽培 (2)

二、无土栽培的特点 (2)

三、无土栽培的发展过程 (4)

第二节 无土栽培的类型 (7)

一、水培 (7)

二、基质栽培 (9)

三、雾培 (11)

第二章 营养液与基质 (14)



第一节 营养液 (15)

一、作物生长需要的营养元素 (15)

二、营养液浓度的表示方法 (17)

三、如何配制营养液 (17)

第二节 无土栽培的基质 (23)

一、无土栽培基质的种类 (23)

二、无土栽培基质的特性 (25)

三、基质的配制 (27)

第三章 无土栽培的设施 (31)



第一节 水培设施 (32)

一、栽培槽 (32)

二、定植板 (33)

三、营养液循环系统 (33)

第二节 基质栽培设施 (37)

一、岩棉基质栽培 (37)

二、基质钵栽培 (39)

第四章 无土栽培的管理 (43)

第一节 无土育苗与嫁接育苗 (44)

一、穴盘育苗 (44)

二、苗期管理 (46)

三、嫁接方法和技术 (46)



第二节 营养液的管理	(50)
一、营养液浓度的管理	(50)
二、酸碱度的调整	(52)
三、营养液溶氧量的管理	(53)
四、其他问题	(54)
第三节 植株管理	(55)
一、番茄的植株管理	(55)
二、黄瓜的植株管理	(57)

附录 部分中英文词汇对照表	(61)
---------------------	------

第一章 走近无土栽培

在地球上，有肥田沃野，这里生长着一望无际的玉米、小麦、水稻、蔬菜和果树。可是也有的地方却十分贫瘠、荒芜，如岩石密布的高山、飞沙走石的戈壁荒漠、白花花的盐碱地，这些不适合种植庄稼的地区，其面积要比肥田沃野大得多。

我国人口约占世界总人口的 $\frac{1}{5}$ ，但所具有的耕地面积仅为世界总耕地面积的约 $\frac{1}{7}$ ，要使国民经济可持续发展，不断提高国民生活水平，必须不断提高有限土地面积的生产效率，开拓农业生产的空间。而无土栽培不用土壤，利用现代的栽培技术手段，不仅可提供超过普通土壤栽培几倍甚至几十倍的产品数量，而且克服了自然界带给人的不利因素，大幅度地扩大了农业生产的空间，扩大了人类生存的空间，在技术和观念上是一项重大的改革和进步，特别是随着宇航事业的发展，有的国家已将无土栽培列入“空间生活维持系统”的研究内容，这就使无土栽培有可能成为将来宇宙航行中生产食品的基本途径。因此，它有着巨大的发展潜力和广阔的发展前景。



第一节 认识无土栽培



学习导航

1. 什么是无土栽培?
2. 无土栽培有哪些特点?
3. 无土栽培经历了哪些发展阶段?

现象与问题



“土壤是农业之母”，“万物土中生”，这些谚语已流传了数百年。但我们在市场上也看到水仙花在水里抽茎开花，一筐筐芽苗菜也不是生长在土中……

讨论：

1. 上述现象作何解释?
2. 没有土壤的哺育，作物还能生长吗?



图 1.1 水培生菜



图 1.2 基质培黄瓜

一、什么是无土栽培

“土壤是农业生产的基础”，这是长期以来人们对作物种植所形成的基本概念。但在图 1.1、图 1.2 中，绿油油的生菜漂浮在水面上，茂盛的黄瓜生长在小小的塑料槽中，这些蔬菜并没有生长在土壤里，这是一种什么样的栽培方式呢？

这就是神奇的无土栽培，即不用天然土壤，而用营养液或固体基质加营养液栽培作物的方法。

当你在花卉市场欣赏漂亮花卉的时候，你会发现很多盆栽花卉都是用无土栽培方式种植的；在河、湖及池塘的一些水面上，你可能会发现上面竟然生长着蔬菜和花卉；在一些大型温室里种植的作物，也大多采用无土栽培。

二、无土栽培的特点

无土栽培使作物生产摆脱土壤的约束，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进行作物生产，特别是在人口密集的城市，可利用楼顶平



图 1.3 屋顶草坪



图 1.4 屋顶花卉

台、阳台等空间栽培作物，同时可改善生存环境。

尽管土壤是最普遍的自然资源之一，由于无土栽培能充分发挥作物的生产潜力，与土壤栽培相比，产量可以成倍或几十倍地提高。在世界人口日益增长，而耕地逐渐减少的情况下，进行无土栽培可以满足人们对粮食、蔬菜、水果的需求。



小资料

番茄树

1985年日本学者野尺重雄先生在筑波举办的世界博览会上展出了一株“番茄树”。这株“番茄树”于1984年10月播种，到1985年3月博览会开幕时树冠已达 5m^2 ，到9月闭幕时已达到 14m^2 ，累计结果1.2万个。



图 1.5 番茄树

无土栽培可以避免土壤中水分、养分的流失和渗漏，提高水、肥利用效率。无土栽培的耗水量大约只有土壤栽培的 $1/4 \sim 1/10$ （表1.1），节省水资源，尤其是对于干旱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。

表 1.1 茄子无土栽培与土壤栽培的耗水量比较

栽培方式	耗水量/kg	茄子产量/kg	产量：水
土壤	5 250	13.05	1 : 400
水培	2 000	21.50	1 : 93
雾培	1 000	34.20	1 : 29

新视窗·知识外延

无土栽培与太空农业

太空农业是以航天技术为基础，为开发利用太空环境资源而开辟的一个崭新的农业领域。目前，太空农业生产还处在试验阶段。俄罗斯1997年进行模拟太空蔬菜水培试验，成功地种出“月球生菜”、“宇宙胡萝卜”、“外太空番茄”等。同年，俄罗斯农业科学院和国家宇宙局在“和平号”空间站上的太空温室里试种“太空小麦”又获成功。美国和日本科学家联合攻关，将甘薯种在航天器内，不仅可以补充舱内氧气，而且可供宇航员食用。可见，太空这一无菌、高洁净、高真空、微重力、强辐射的得天独厚的特殊环境，也是食品资源向新领域延伸的一个新舞台。



新视窗·知识外延

水培与污水净化

在北海水面上漂浮有美人蕉和旱伞草等众多水生植物，它们都使用无土栽培技术，它们主根的长度可达1m以上。这些漂亮的植物可以充分吸收水体中的氮、磷等物质，使水体不再富营养化，这样水面上就不会再出现那一层绿油油的厚膜了。利用无土栽培技术可以净化污染的水体，这就是“水面绿化”工程（图1.6）。



图1.6 水面绿化



无土栽培与土壤栽培相比也有不足之处，一是需要一定的投资建造栽培设施，二是需要较为复杂的栽培管理、控制技术。



探究尝试

根据上面的图片和知识介绍，请你谈谈发展无土栽培的重要意义，与同学们交流你的体会并总结出无土栽培的特点：

三、无土栽培的发展过程

种庄稼不用土，是人类创造的奇迹。2000多年前人们已无意识地进行过无土栽培，埃及、巴比伦、墨西哥都有关于原始的无土栽培方式的文字记载，我国在春秋时代就有关于无土栽培的记载。人类自觉地进行无土栽培实验研究到今天大规模生产应用还不到200年的历史，而现代无土栽培技术最早出现在美国，是在人们对植物的生理基础进行了深入了解之后。无土栽培的发展大体经历了实验研究和生产应用两个阶段。

(一) 实验研究阶段

1840年，德国科学家李比希（J.V.Liebig）提出了植物矿物质营养学说，为无土栽培奠定了理论基础。1842年，德国科学家卫格曼（Wiegmann）和波斯托洛夫（Postolof）使用白金坩埚和白金碎屑来支撑植物，并加入溶有硝酸铵和植物灰分浸提液的蒸馏水来栽培植物获得成功，这是人类历史上第一次有意识地配制营养液，成为营养液栽培的雏形，并证实了矿物质营养学说。

1859—1865年，美国科学家萨克斯（Sachs）和克诺普（Knop）以无机化合物硝酸钾、硝酸钙、磷酸二氢钾、硫酸镁、氯化铁为营养源，设计了一种水培植物装置（图1.7），探索了水培过程的管理方法，栽培植物获得成功，成为现代无土栽培技术的先驱。

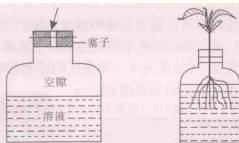


图1.7 萨克斯和克诺普的水培装置



实践活动

设计一个简易的水培装置

给你一个塑料瓶、一个软木塞、幼苗和营养液，请你参照萨克斯和克诺普的水培装置进行设计，并将幼苗栽入。你还可以设计出其他的无土栽培装置吗？



小资料

李比希的植物营养学说

17世纪时海耳蒙特根据他著名的柳枝土培试验，认为植物从土壤中得到的除水分以外，没有其他任何物质。19世纪初，德国的A.D.泰伊尔提出，除了水分以外，土壤中的腐殖质是唯一能作为植物养料的物质，是植物碳素营养和其他营养物质的源泉，错误地认为腐殖质可以被植物直接利用。当时德国的著名化学家李比希致力于研究植物所需要的营养来源问题。他判断植物是通过吸收氮来获得含氮养料的。他还做了许多农业化学的实验，揭开磷和磷酸对植物生命的价值。他的研究还表明，除碳、氢、氧、氮、磷、钾之外，植物还需要硫、钙、铁、锰、硅等许多元素。他对植物燃烧后剩下来的灰作了详细分析，证明了自己的论点。植物吸收上述各种元素的唯一源泉就是土壤。1840年，他出版了《化学在农业和植物生理学上的应用》一书，在总结前人研究成果的基础上提出了矿物质营养学说，阐明植物是以矿物质为原始营养源，植物吸收的矿物质元素，为其生长和形成产量所必需。这个学说首次明确地指出了土壤矿物质是土壤肥力的核心，从而修正了A.D.泰伊尔的错误。它不仅在土壤科学和农业化学发展史中具有划时代的意义，而且促进了化肥工业的发展。李比希开创了农业化学的研究，提出植物需要氮、磷、钾等基本元素，研究了提高土壤肥力的问题，因此他被农学界称为“农业化学之父”。

(二) 生产应用阶段

1929年美国科学家格里克(W.F.Gericke)应用营养液栽培番茄成功，设计了一个“水培植物装置”(图1.8)，并取得专利，将该方法命名为“水培法”，成为第一个将无土栽培用于商业化生产的人。此后无土栽培便进入了生产应用阶段。1935年在格里克的指导下建造了8000m²的

新视窗·背景外延

我国无土栽培的早期记载

最早有无土栽培文字记载的是我国。早在春秋时代(公元前770—前476年)就有“豆芽菜”水培技术。魏晋时期(220—420年)，上虞人嵇含著《南方草木状》中记载：“薤，叶如落葵而小，性冷，味甘。南人编薤为筏，做小孔，浮于水上，种子于孔中，则如萍，根浮于水面。及长，茎叶皆出于薤筏孔中，随水上下，南方之奇蔬也。”



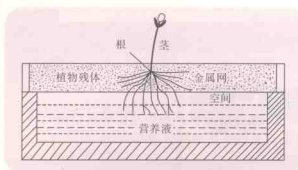


图 1.8 格里克的“水培植物装置”



图 1.9 水培生菜工厂

无土栽培生产设施，此后美国泛美航空公司在太平洋中部的威克岛建立了蔬菜无土栽培生产基地。第二次世界大战期间和战后，美军在无土壤的岛屿上建立了大规模的无土栽培基地，生产蔬菜以供军需。此外，许多大石油公司在石油基地也发展蔬菜无土栽培，解决员工的吃菜需求。这些都对无土栽培技术在世界范围的传播起到了重要作用。

20世纪80年代后，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，计算机和自动控制技术的应用，使得环境条件的调控实现了自动化；设施园艺的发展，使无土栽培的保护设施不断提高与完善；小型机械的研发与使用，使得生产过程逐步实现了机械化和自动化。大型的无土栽培工厂已在世界各地建立，无土栽培已成为植物工厂的核心技术。

阅读材料

植物工厂

工厂化高效农业是国内外新兴的一项产业技术，它是指在人工控制或创造的环境（设备场所）条件下，不依赖太阳和土壤，而利用水体（藻类等），使动物（主要是养殖业）、粮食作物、蔬菜、花卉、苗木、牧草、药草等不受大自然因素的制约，进行有计划的、程序化的、如同工业品一样的连续生产。在一些发达国家，把上述这种实行现代化科学管理、高度自动化地培育植物生长的设施叫做“植物工厂”。

1957年世界第一家植物工厂诞生于丹麦首都哥本哈根市郊区的斯滕森农场，并最先实际投产运行，它生产的是一种生吃的叶菜，从播种到收获平均只需6d。美国通用面粉公司于1980年在芝加哥郊外的迪卡布建立了一座植物工厂，实行企业化生产，平房式的厂房面积为4600m²，分隔为上下两层，每层各设2条包括从育苗到包装全过程的生产线。这个工厂仅有39名工作人员，生产的品种为菠菜和西蓝花，每年上市量为30万箱。1981年英国达雷卡德设施农业工程公司，发明了一种工厂化栽培果树的新方法。此法不是把果树栽在土壤中，而是把枝条插在像树枝形的胶管上，以营养液输送养分，开花、结果、成熟后，只需在胶管中输入脱落素，果实则自行脱落。每根果树枝可用2~3茬，1年能收3~5次。

第二节 无土栽培的类型

学习导航

1. 无土栽培有几种类型？各有什么特点？
2. 水培主要有哪几种方式？各有什么特点？
3. 基质栽培主要有哪几种方式？各有什么特点？

现象与问题



这里是几幅无土栽培的图片：

(a) 生长在玻璃瓶里的花卉；(b) 生长在管子里的生菜；(c) 漂浮在水面上的生菜；(d) 生长在墙壁上的花卉和蔬菜。

讨论：

1. 这些无土栽培在形式上有什么差异？
2. 无土栽培为什么要采用不同的形式？这些不同的形式可以互换吗？



(a) 花瓶水培



(b) 管状栽培



(c) 浮板栽培



(d) 花卉墙

一、水培

水培是指植物根系浸润生长在营养液中的一种无土栽培方法，在上面我们看到的浮板栽培形式就是水培的一种。根据营养液液层的深度和设施结构的不同，水培大体可分为两大类型：深液流技术和营养液膜技术。

1. 深液流技术 (Deep Flow Technique, DFT) 深液流技术需要的营养液液层较深，一般达到20~30cm，植物根系生长在深层营养液内 (图 1.10)。深液流技术是最早成功应用于商业化植物生产的无土栽培技术，1929年由美国加州农业实验站的格里克首先应用于作物的

商业化生产。由于营养液液层深,其浓度、pH值、温度等比较稳定,缓冲能力强。

2. 营养液膜技术 (Nutrient Film Technique, NFT) 在营养液膜栽培方式中作物的根系生长在很浅的小型栽培槽里(图1.11),植株大部分根系裸露在潮湿空气中,大约0.5cm的浅层营养液不断地流过作物根系表面,由于营养液层很浅,像一层水膜,因而获得了营养液膜这一名称。



图 1.10 深液流法种植生菜

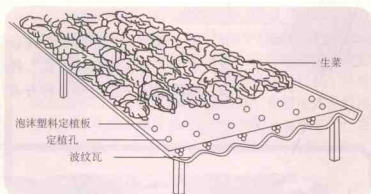


图 1.11 营养液膜法种植生菜



探究尝试

想一想,上述两种水培方式各有什么优点和缺点?你还见过其他类型的水培形式吗?



小资料

蔬菜花卉台

与大面积商业化水培生产不同,家庭用的水培装置侧重于小巧轻便,造型新颖美观,日常管理方便。图1.12是小巧灵活、移动方便的蔬菜花卉台。其支架分为两层,栽培床安装在支架的上层,为90cm×90cm的正方形,支架的下层放营养液盒。支架脚上的轮子可使栽培装置移动。如摆放在室内,需要人工补光装置,可将人工光源安装在支架的顶部。

因其洁净、美观、简易的特点而适宜于家庭使用。在有限的空间种植蔬菜、花卉等作物,不仅可以为家庭提供新鲜的产品,而且可以美化环境、赏心悦目。



图 1.12 蔬菜花卉台

二、基质栽培

基质栽培与水培不同,作物的根系不是像水培作物一样生长在营养液中,而是生长在人工配制的栽培基质中,植物从基质中吸收水分和养分。基质是根据植物根系生长需要而配制的一些有机或无机固体材料,它比土壤更有利于作物生长。

根据栽培形式的不同,基质栽培可分为四种类型:容器栽培、槽培、袋培和立体柱式栽培。

1. 容器栽培 用花盆、塑料瓶、玻璃瓶等容器盛放基质栽培植物的方法称为容器栽培(图1.13)。容器栽培小巧轻便、日常管理简单,可以栽培多种作物。



陶瓷容器



塑料容器



玻璃容器

图 1.13 容器栽培

并不只是花卉和观叶植物可以在容器中栽培,我们经常食用的蔬菜也可以栽培在容器中(图1.14),如樱桃番茄、飞碟西葫芦、观赏辣椒等。只要采取一些特别的栽培措施,如把植株矮化等,就可以美化自己的小环境,又可以品尝到美味果实。

2. 槽培 槽培是一种在一定的槽体内填入基质,供应营养液栽培作物的方法(图1.15)。槽的体积大,里面可以盛放较多的基质,有利于满足作物对水分和养分的需求,这种栽培方式主要在大面积生产中应用。



图 1.14 容器栽培的观赏番茄



苯乙烯槽培红掌



塑料槽培黄瓜



砖槽培番茄

图 1.15 各种类型的槽培

3. 袋培 在尼龙袋或聚乙烯塑料袋内装入基质也可以进行瓜类和茄果类蔬菜的栽培,这种方法即为袋培(图1.16)。



种植袋



黄瓜袋培

图 1.16 袋培



实践活动

袋培用栽培袋的制作

材料与工具：直径 30~35cm 的塑料薄膜筒 2m，岩棉（岩棉是矿石经高温熔融后喷射而成的一种丝状材料）基质 50L，电熨斗一个。

制作：

(1) 筒式栽培袋：将塑料薄膜筒剪成 35cm 长，用熨斗将筒膜一端封严，装入 10~20L 岩棉基质，直立放置，即成为一个筒式栽培袋。

(2) 枕式栽培袋：将塑料薄膜筒剪成 70cm 长，用熨斗封严筒膜的一端，装入 20~30L 岩棉基质，再封严另一端，平放到栽培温室中。在袋上开两个直径为 10cm 的定植孔，两孔中心距离为 40cm。即成为枕式栽培袋。

4. 立体柱式栽培 你见过长在“柱子”上的蔬菜吗？如果说，在一根一人多高、电线杆粗细的“柱子”上能长出六七层几十棵生菜、芹菜，你会相信吗？图 1.17 便是这种神奇的“柱子”。

这种“柱子”里布满了输送营养液的管子，蔬菜的营养问题全由它来解决。这就是立体柱式栽培：将固体基质装入长条形袋状或柱状容器中，容器四周有螺旋状开孔，用来种植小型作物。

立体柱式栽培技术借助于栽培体使植物向空间发展，从而可大幅度提高单位面积的种植量和收获量，充分发挥有限空间的生产潜力，大大提高了土地的利用率。



图 1.17 立体柱式栽培

三、雾培

雾培又称气培,在这种栽培方式中,作物的根系既没有生长在营养液中,也没有像基质栽培那样生长在基质中,而是生长在相对湿度达到100%的“湿空气”中,作物的根系悬挂在封闭、不透光的容器(槽、箱或床)内,营养液经特殊设备形成雾状,间歇性地喷到作物根系上,提供作物生长所需的水分和养分。



(a) 生菜雾培生产



(b) 雾培生菜的根

图 1.18 生菜雾培



图 1.19 立柱式雾培

新视窗·知识外延

立柱式雾培

作物种植在垂直的柱式容器四周,根系生长在容器内部,每根立柱的顶部均有喷嘴,可将雾状营养液和空气喷到根系上,多余的营养液经柱底部的排液管回收,循环使用。立柱式雾培的特点是充分利用空间,节省占地面积。这种栽培方式最初由意大利图比萨大学的研究人员开发。立柱式雾培的主要设施包括立柱、喷雾装置、营养液循环系统和自动控制系统。立柱的柱体一般用白色不透明硬质塑料制成,高1.8~2.0m,直径25~35cm,柱间距80~100cm,柱的四周有许多定植孔定植作物。



探究尝试

比较图 1.18 和图 1.10, 深液流与雾培这两种栽培形式根系的生长环境有什么不同? 雾培与深液流相比有哪些优点与缺点?