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
河 南 科 学 技 术 出 版 社 组编



河南科学技术出版社

微信公众号：电子课本大全

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：张晓东
美术编辑：宋贺峰
责任校对：柯　姣
责任印制：张　巍

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
河南科学技术出版社　组编

★

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
河南大美印刷有限公司
全国新华书店经销

★

开本：890mm×1 240mm　1/16　印张：4.25　字数：97 千字
2006 年 7 月第 1 版　2016 年 1 月第 5 次印刷
ISBN 978-7-5349-3289-2
定价：5.30 元

如发现印、装质量问题，影响阅读，请与出版社联系调换

微信公众号：电子课本大全

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《营养与饲料》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传统不可耕种的非耕地和退化的耕地上生产农产品；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。随着都市农业、阳台园艺和屋顶园艺在城市的发展，无土栽培技术的应用范围越来越广？

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，它究竟是怎么一回事？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料的时候，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》也贯设计的思想，体出了流程、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”“探究浓度”“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”。

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。但由于编者水平有限，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　者

2004 年 11 月

微信公众号：电子课本大全

微信公众号：电子课本大全

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)

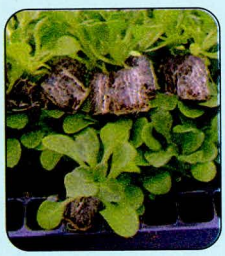


第一节　水培设施 …… (32)
一、栽培槽 …… (32)
二、定植板 …… (33)
三、营养液循环系统 …… (33)
第二节　基质栽培设施 …… (37)
一、岩棉基质栽培 …… (37)
二、基质钵栽培 …… (39)

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)

微信公众号：电子课本大全



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）

微信公众号：电子课本大全

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1/5，但所具有的耕地面积仅为世界总耕地面积的约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。



微信公众号：电子课本大全

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薹开花，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?

一、什么是无土栽培



图 1.1　水培生菜



图 1.2　基质培黄瓜

“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

微信公众号：电子课本大全



图 1.3　屋顶草坪

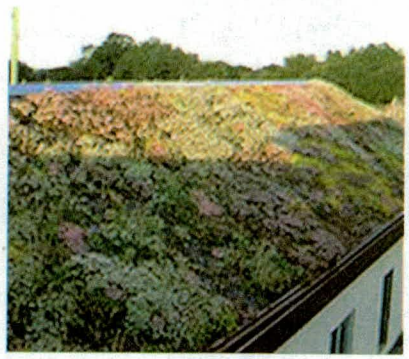


图 1.4　屋顶花卉

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5m²，到9月闭幕时已达到14m²，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1/4～1/10（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。美国和日本的科学家联合攻关，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。

微信公众号：电子课本大全

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。2 000 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）和波斯托罗夫（Postolof）使用白金坩埚和白金碎屑来支撑植物，并加入溶有硝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。

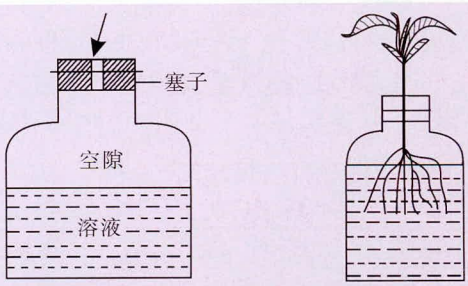


图 1.7　萨克斯和克诺普的水培装置

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

微信公众号：电子课本大全



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氨来获得含氮养料的。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”。



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：“蒲，叶如落葵而小，性冷，味甘。南人编苇为筏，做小孔，浮于水上，种子于孔中，则如萍，根浮于水面。及长，茎叶皆出于苇筏孔中，随水上下，南方之奇蔬也。”



（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8 000m^{2}的

微信公众号：电子课本大全

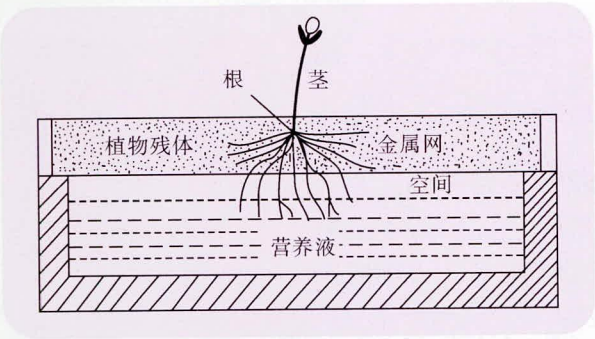


图 1.8　格里克的“水培植物装置”



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4 600m^2，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。

微信公众号：电子课本大全

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



(a) 花瓶水培



(b) 管状栽培



(c) 浮板栽培



(d) 花卉墙

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？

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

微信公众号：电子课本大全

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

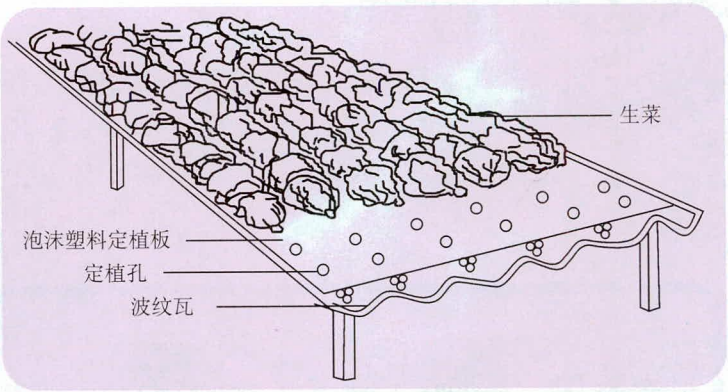


图 1.11　营养液膜法种植生菜



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

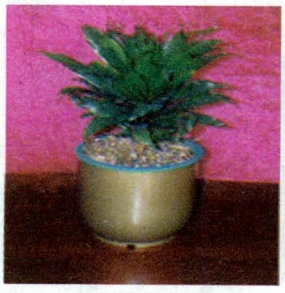
微信公众号：电子课本大全

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，就既可以美化自己的小环境，又可以品尝到美味果实。


图1.14　容器栽培的观赏番茄

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。


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）。

微信公众号：电子课本大全


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制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”。

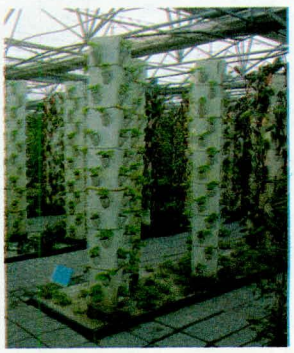




图 1.17　立体柱式栽培

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。

微信公众号：电子课本大全

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？

微信公众号：电子课本大全

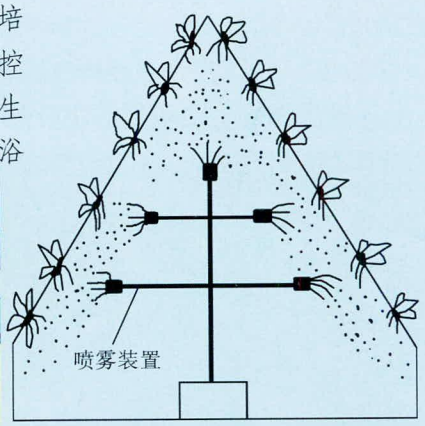
小资料

A字型雾培

这一栽培方式由美国亚利桑那大学研究开发。A字型雾培的主要设施包括栽培床、喷雾装置、营养液循环系统和自动控制系统。A字型的栽培框架是该类型雾培的典型特征，作物生长在侧面板上，根系侧垂于A字型容器的内部，间歇性地沐浴在雾状营养液中。如果框架侧边与底边的夹角为60°，则栽培作物的面积是占地面积的2倍。因此，A字型雾培可以节约温室面积，提高土地利用率。这种栽培方式适用于空间狭小的场合，如宇宙飞船、屋顶花园、家庭阳台等。

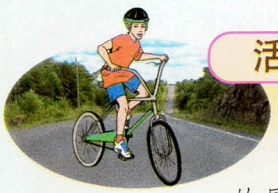


A字型雾培栽培床



A字型雾培剖面图(池田，1990)

图1.20　A字型雾培



活动延伸

参观附近的花卉市场和蔬菜、花卉种植基地，观察有哪些是无土栽培，种植的是什么作物，然后将你所看到的无土栽培进行分类，比较它们各有什么特点。

阅读材料

利用无土栽培制作三维艺景系统

三维艺景系统是科学、园艺、艺术和个人爱好的完美结合。在世界闻名的迪斯尼乐园，这种新颖的高科技园艺技术在专门的新科技区就有着完美的体现。坐在公园的游览车上，人们可以看到各式各样的瓜果、蔬菜、花草和其他植物生长在三维艺景系统之中。

三维艺景园艺系统适合室内和户外。我们可以把它放置在任何地方——室内、屋外，阳台上、办公室或客厅中，让春天的气息一年四季常驻身边。三维艺景系统可栽培的植物品种丰富，有观赏型和食用型的瓜果、蔬菜、草药、花卉等，搭配形式丰



(a) 蔬菜巨龙

微信公众号：电子课本大全



(b) 果菜花争奇斗艳



(c) 各色南瓜

图1.21　三维艺景系统

富多彩，适合家居、会议室、宾馆厅堂房间的绿化和艺术布置。在典型的五层系统上，可以培育20种不同的植物。三维艺景系统所提供的水培营养液包含了植物健康成长所需的13种必需元素，通过珍珠岩和其他基质渗透让植物吸收。珠海市农科所的珍奇瓜果园，以无土栽培方法生产各类新、奇、特的瓜果品种，配以各种独具特色的艺术造型，布局新颖奇特，令游人流连忘返。



本章小结

无土栽培指不用天然土壤，而用营养液或者营养液加固体基质栽培作物的方法。无土栽培可利用人工为植物创造优良的根系环境条件，最大限度地满足根系对水、肥、气、温度等条件的要求，充分发挥作物生产的潜力，它使农业生产摆脱了对天然土壤的依赖，从而极大地扩展了农业生产的空间。

采用无土栽培的作物生长快，产量高，栽培环境清洁，可生产优质高档农产品；无土栽培省水、省肥、省工，可以降低生产成本。

两千多年前人类就采用过无土栽培，但现代无土栽培技术是建立在德国科学家李比希的植物矿物质营养学说基础之上的。1929年美国科学家格里克首次将水培法用于商业生产，目前无土栽培已成为大型植物工厂的核心技术。

无土栽培的主要类型有水培、基质栽培和雾培。水培根据营养液液层的深度、设施结构的不同可分为深液流技术和营养液膜技术两大类型；基质栽培根据栽培形式的不同可分为容器栽培、槽培、袋培和立体柱式栽培，立体柱式栽培可使植物向空间发展，从而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；雾培（又称气培）不同于水培，作物的根系悬挂生长在封闭、不透光的容器内，营养液经特殊设备形成雾状，间歇性地喷到作物根系上，以提供作物生长所需的水分和养分。

微信公众号：电子课本大全

第二章　营养液与基质

基质和营养液是无土栽培的基础和核心。在无土栽培中，固体基质的使用非常普遍，从固体基质栽培，到水培中的育苗阶段和定植时利用少量基质来固定和支持作物，都需要应用不同的固体基质。营养液是将含有各种植物必需营养元素的化合物溶解于水中配制而成的溶液，无论是固体基质栽培还是非固体基质栽培，都主要依靠营养液来为作物生长发育提供所需的养分和水分。无土栽培生产的成功与否，在很大程度上取决于营养液配方和浓度是否合适、营养液管理是否能满足植物各个不同生长阶段的需求。



微信公众号：电子课本大全

第一节　营养液

学习导航

1．作物生长需要哪些营养？
2．如何表示营养液的浓度？
3．如何配制无土栽培营养液？

现象与问题



这里是一幅用营养液栽培的红掌，瓶子里面是由一些化学元素按照一定的浓度配制而成的营养液。

讨论：

1．作物正常生长需要哪些元素？

2．对于红掌这种观赏植物来说，影响其营养液质量的因素可能有哪些？

在图2.1中玻璃容器里面盛放的可不是普通的水，而是含有各种植物必需营养元素的化合物所配制成的溶液——营养液。无土栽培主要依靠营养液来为作物生长发育提供所需的养分和水分。

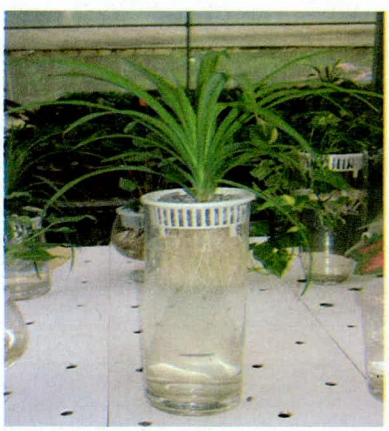


图 2.1　营养液栽培花卉

一、作物生长需要的营养元素

作物生长过程中不仅要从空气中获得氧气，从土壤中获得水分，更要通过根系吸收土壤中的养分，这些养分就是植物的营养。在无土栽培中，由于没有土壤，要求人工配制营养液，保证作物生长的需要。

作物对不同元素的需求量是不同的，对氮、磷、钾、钙、镁、硫等元素的需求量较大，这类元素称为大量元素；而对铁、锰、锌、铜、硼、钼等元素需求量比较小，这类元素称为微量元素。这些元素都以化合物的形式存在于一些化学物质当中。

下面是无土栽培配制营养液时经常用到的原料，配制营养液时可以从下面列举的化合物中选择。

1．大量元素的化合物　作物对大量元素需求量大，一般占到营养液浓度的90%以上，这些元素的化合物主要有四水硝酸钙、硝酸铵、硫

微信公众号：电子课本大全

酸铵、尿素、磷酸二氢钾、磷酸氢二钾、磷酸二氢钠、硫酸钾、硫酸钙、硫酸镁等（表 2.1）。

表 2.1　植物营养液中常用大量元素化合物的性质与纯度

名称	分子式	色泽和形状	溶解度①	生理酸碱性	纯度要求 /%②
四水硝酸钙	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	白色，小晶	129.3	碱性	90
硝酸钾	KNO_3	白色，小晶	31.6	弱碱性	98
硝酸铵	NH_4NO_3	白色，小晶	192.0	弱碱性	98.5
硫酸铵	$(NH_4)_2SO_4$	白色，小晶	75.4	强酸性	98
尿素	$CO(NH_2)_2$	白色，小晶	37.2	酸性	98.5
磷酸二氢钾	KH_2PO_4	白色，小晶	22.6	中性	96
磷酸氢二钾	K_2HPO_4	白色，小晶	167.0	中性	98
磷酸二氢钠	$NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$	白色，小晶	85.2	中性	98
硫酸钾	K_2SO_4	白色，小晶	11.1	强酸性	95
硫酸钙	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	白色，粉末	0.204	酸性	98
硫酸镁	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	白色，小晶	35.5	酸性	98

注：①在 20℃时，100g 水中最多溶解的克数（以无水化合物计）。

②指每 100g 固体物质中含有本物质的克数，即质量分数。



(a) 大量元素(工业用)　　(b) 大量元素(化学纯)

图 2.2　配制营养液的某些大量元素

2. 微量元素的化合物　作物对微量元素的需求虽然很小，但却是必需的。微量元素一般占到营养液浓度的 10% 以下，这些元素的化合物主要有硫酸亚铁、乙二胺四乙酸一钠铁、乙二胺四乙酸二钠铁、硼酸、硫酸锰、硫酸锌、硫酸铜、钼酸铵等（表 2.2）。

表 2.2　植物营养液中常用微量元素化合物的性质与纯度

名称	分子式	色泽和形状	溶解度①	酸碱性	纯度要求 /%
硫酸亚铁	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	浅青，小晶	26.5	水解酸性	工业用 98
乙二胺四乙酸一钠铁	$NaFeC_{10}H_{14}O_8N_2 \cdot 2H_2O$	白色，小晶	易溶	微碱	化学纯 99
乙二胺四乙酸二钠铁	$Na_2FeC_{10}H_{12}O_8N_2$	黄色，小晶	易溶	微碱	化学纯 99
硼酸	H_3BO_3	白色，小晶	5.0	微酸	化学纯 99
硫酸锰	$MnSO_4 \cdot 4H_2O$	粉红，小晶	62.9	水解酸性	化学纯 99
硫酸锌	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	白色，小晶	54.4	水解酸性	化学纯 99
硫酸铜	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	蓝色，小晶	20.7	水解酸性	化学纯 99
钼酸铵	$(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$	浅黄色，晶块	易溶	微酸	化学纯 99

微信公众号：电子课本大全



小 资 料

营养元素在植物体内的作用

氮是构成蛋白质的基本元素，直接参与每个植物细胞的生命活动，氮更是植物叶绿素的重要组分，其充足与否，会直接影响到植物光合作用的强弱，从而在根本上影响到植物的生长；磷是植物细胞核的重要组分，对细胞分裂和植物各器官的分化发育，特别是对开花结实有着重要的作用；钾能促进光合作用、促进豆科作物根瘤的固氮作用，提高作物的抗性；钙是构成细胞膜的重要成分，能抑制真菌的破坏，提高作物抗病性；镁是叶绿素的主要组分之一，还是许多酶的活化剂，有利于促进植物的代谢作用和呼吸作用，促进植物合成维生素A和维生素C，从而有利于提高果品和蔬菜的品质；铁是绿色植物中叶绿素的组分；硼有增强作物输导组织的作用，促进碳水化合物的运输转化，硼能促进植物生殖器官的发育，促进早熟，有利于蛋白质的合成和固氮菌固氮；锌是作物体内许多酶的组分，能促进作物体内生长素和蛋白质的合成，并能提高作物籽粒质量，改良其品质。

二、营养液浓度的表示方法

在一定质量或一定体积的溶液中，用所含溶质的量来表示溶液的浓度的方法即为直接表示法。例如10L营养液中含有50g的硝酸钾，那么这种营养液中硝酸钾的质量浓度可表示为5g/L。在配制营养液的过程中，常用这一种方法来表示其浓度。营养液浓度的表示方法主要有以下几种：

1．化合物B的质量浓度 ρ_B　通常用每升溶液中所含化合物B的质量数来表示，单位为g/L或mg/L。这种表示法通常称为工作浓度或操作浓度，具体配制时是按照这种方法来进行的。

2．元素B的质量浓度 ρ_B　通常用每升溶液中所含营养元素B的质量数来表示，单位为mg/L。如某种营养液中氮含量为每升210mg，该营养液氮的质量浓度 $\rho(N) = 210mg/L$。用元素质量表示浓度是科研比较上的需要，不能用来直接进行操作。

3．物质B的浓度或物质B的物质的量浓度 C_B　这里用每升溶液中所含某物质（化合物、元素或者离子）的摩尔数来表示，单位为mol/L或mmol/L。使用物质的量浓度有助于了解溶液的确切化学组成，但不能直接进行操作，需进行换算后才能称取配制。

三、如何配制营养液

为了便于说明问题，下面就以番茄树的营养液配制（参见上小节的“实践活动”）为例来讲述。

1．选择合适的养料　根据番茄生长所需要的营养，请选择配制营养液时所用的肥料：

微信公众号：电子课本大全



实践活动

三种浓度表示方法的换算

栽培番茄树所用的营养液配方，其浓度我们用每升溶液中元素的质量数来表示，单位为 mg/L，其中大量元素的质量浓度分别为：ρ (N) =196，ρ (P) =33，ρ (K) = 371，ρ (Ca) =250，ρ (Mg) = 29，ρ (S) =108。微量元素的质量浓度为：ρ (Fe) =0.84，ρ (B) =0.27，ρ (Mn) = 0.55，ρ (Zn) = 0.33，ρ (Cu) = 0.05，ρ (Mo) = 0.05。

现在请同学们选择含有这些元素的化合物，并计算其相应的化合物的质量浓度、化合物的浓度与元素的摩尔浓度。

表 2.3　三种浓度表示方法的换算

元素的质量浓度 / ($mg \cdot L^{-1}$)	所选化合物	化合物的质量浓度 / ($mg \cdot L^{-1}$)	化合物的浓度 / ($mmol \cdot L^{-1}$)	元素的摩尔浓度 / ($mmol \cdot L^{-1}$)
ρ (N) =196				
ρ (P) =33				
ρ (K) =371				
ρ (Ca) =250				
ρ (Mg) = 29				
ρ (S) =108				

大量元素：_____

_____

微量元素：_____

_____

原料选择好后，下一步让我们来计算各种化合物的用量。

2. 原料用量的计算　在番茄树的营养液配方中Ca元素的质量浓度为250mg/L，我们配制体积为1 000L的营养液，选择 $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$（四水硝酸钙）作为Ca的肥源，请同学们计算一下，需要多少质量的 $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$?

计算公式：_____

$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ 的用量：_____

_____

微信公众号：电子课本大全



探究尝试

请同学们思考一下，$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$除了含有营养液中需要的Ca元素外，哪些元素也是营养液中应该有的？这对于我们下一步营养液的配制有什么影响？

$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$还含有N元素，在满足营养液中Ca元素需求的同时，我们已经加入了一部分的N元素，那么我们在下一步计算含有N元素化合物的用量时就应该减去这一部分。

假如我们计算得出$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$的用量为xg，请同学们计算一下，在这1 000L营养液中，N元素的含量是多少克？

计算公式：_____

假如计算得出N元素的含量为yg，那么我们在计算含有N元素化合物的用量时，就应该以满足（196−y）mg/L的量为准进行计算。



实践活动

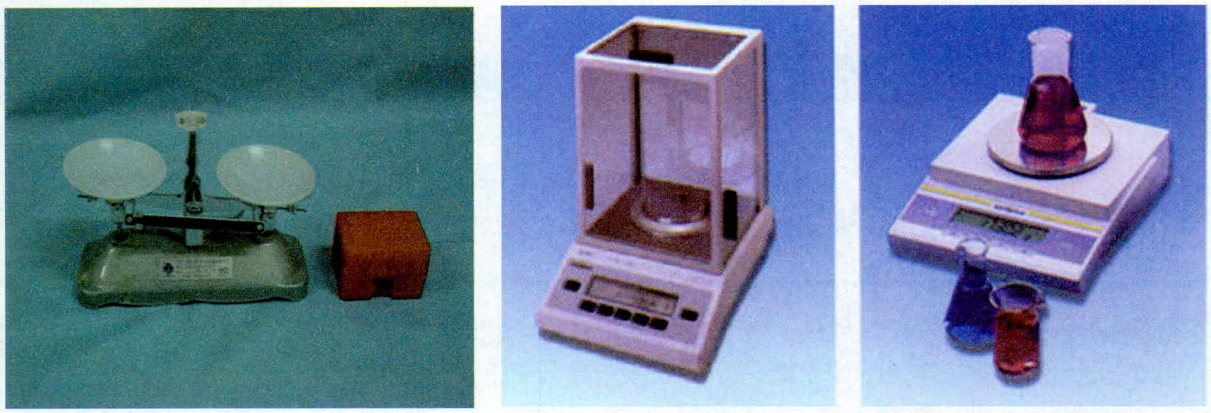
生菜正常生长所需的各种营养元素的质量浓度(mg/L)分别为：$\rho(N)=112$，$\rho(P)=30$，$\rho(K)=185$，$\rho(Ca)=80$，$\rho(Mg)=24$，$\rho(S)=64$，$\rho(Fe)=2.8$，$\rho(B)=0.5$，$\rho(Mn)=0.5$，$\rho(Zn)=0.05$，$\rho(Cu)=0.02$，请你选择$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$、KNO_3、KH_2PO_4、K_2SO_4、$MgSO_4 \cdot 7H_2O$为大量元素，Na_2Fe—EDTA、$MnSO_4 \cdot 4H_2O$、H_3BO_3、$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$、$CuSO_4 \cdot 5H_2O$作为微量元素的肥源，根据这个配方为生菜准备1L的营养液，计算各种肥源的用量：

表2.4　选择并计算营养液肥料的用量

元素		元素的质量浓度／（mg · L^{-1}）	所选肥源	肥源的质量／g
大量元素	N			
	P			
	K			
	Ca			
	Mg			
微量元素	Fe			
	Mn			
	B			
	Zn			
	Cu			

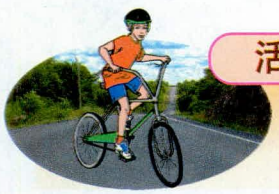
3．化合物的称量　所需的各种化合物用量计算完毕后，下一步就该量取相应的化合物了。称取各肥源，大量元素因其用量大，可选用托

微信公众号：电子课本大全



(a) 托盘天平　　(b) 电子天平

图 2.3　各种类型的天平



活动延伸

请同学们上网查询，熟悉其他类型的电子天平及使用方法。

盘天平［图 2.3(a)］或台秤进行量取；微量元素用量极少，为满足其精确度，需用精度较高的分析天平或电子天平［图 2.3(b)］称量。

4．营养液的配制　我们先在营养液池中注入一定体积的水，然后将称量好的全部化合物逐一溶解于水中，最后加水到规定的体积，这样我们就为番茄树准备好了一顿丰盛“大餐”。

配制完一次营养液后，你有什么感受呢？在大面积栽培时，营养液消耗很快，我们如何才能减少工作量呢？

5．浓缩储备液（母液）的配制　为了减少工作量、方便使用，规模生产时应先配制成高浓度的营养液，使用时再进行稀释，这就是



探究尝试

现在再为番茄树配制 1L 元素成分不变、但浓度是原来 50 倍的营养液，观察一下营养液会发生什么情况。你是否发现营养液中有絮状的沉淀物？产生的沉淀物是什么化合物呢？配制营养液时所选用的化合物，将它们混合在一起时都会产生哪些沉淀？为什么配制浓度低的营养液不会产生沉淀，而浓度增大时产生沉淀了呢？如何才能避免浓缩储备液产生沉淀呢？

微信公众号：电子课本大全

浓缩储备液（母液）。

为了避免母液储存时的沉淀，母液配制时要根据化合物的特性进行分类，把相互之间不会产生沉淀的化合物在一起溶解，然后用不透光的容器存放（图 2.4）。母液浓度提高的倍数，根据营养液配方规定的用量和各种盐类化合物在水中的溶解度来确定，以不致过饱和而析出为准。一般来说，大量元素可浓缩为200倍，微量元素因其用量小，可浓缩为 1 000 倍。

6．工作营养液（栽培营养液）的配制　规模栽培时直接供给作物生长用的营养液称为工作营养液。工作营养液一般用浓缩储备液来配制，根据所需的浓度对母液进行稀释，在加入各种母液的过程中，要稀释均匀，避免局部出现沉淀。在规模化生产中一般由电脑控制调节，稀释、混合形成工作营养液（图 2.5）。



图 2.4　浓缩液盛放桶

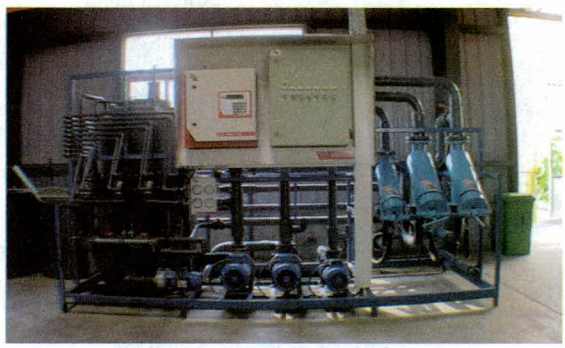


图 2.5　工作液配制系统

小 资 料

常用营养液配方

至今为止已发表了 200 种以上营养液配方，其中霍格兰氏等研究的营养液配方最为有名，以该配方为基础，稍加调整演变形成了许多营养液配方，正被世界各地广泛使用。另外，日本学者研制的山崎配方、园试均衡营养液配方也被广泛采用。在无土栽培实践中，有许多实用、可行的配方可供选用。

1．Hoagland 番茄配方(mg/L)：四水硝酸钙 708、硝酸钾 1 011、磷酸二氢铵 230、七水硫酸镁 493、乙二胺四乙酸－钠铁 20、四水硫酸锰 2.13、七水硫酸锌 0.22、五水硫酸铜 0.08、四水钼酸铵 0.02。

2．日本山崎黄瓜配方(mg/L)：四水硝酸钙 826、硝酸钾 607、磷酸二氢铵 115、七水硫酸镁 483，微量元素同 Hoagland 番茄配方。

3．日本山崎草莓配方(mg/L)：四水硝酸钙 236、硝酸钾 303、磷酸二氢铵 57、七水硫酸镁 123，微量元素同 Hoagland 番茄配方。

4．香石竹配方(mg/L)：四水硝酸钙 950、硝酸钾 500、磷酸二氢钾 170、硝酸铵 20、七水硫酸镁 250，微量元素同 Hoagland 番茄配方。

微信公众号：电子课本大全



活动延伸

请查阅《营养液栽培全编》《无土栽培原理与技术》等收集营养液配方，填入表 2.5 中。

表 2.5　营养液配方的搜集

营养物质用量 / 营养液配方名称及适用对象	化合物的质量浓度 /（mg · L^{-1}）												元素的浓度 /（mmol · L^{-1}）						
	四水硝酸钙	硝酸钾	硝酸铵	磷酸二氢钾	磷酸氢二钾	磷酸二氢铵	硫酸铵	硫酸钾	七水硫酸镁	二水硫酸钙	氯化钠	盐类总计(g/L)	N		P	K	Ca	Mg	S
													NH_4^+—N	NO_3^-—N					

微信公众号：电子课本大全

第二节　无土栽培的基质

学习导航

1．无土栽培基质有哪些类型？
2．衡量基质理化性质的指标主要有哪些？对基质理化特性的一般要求是什么？
3．在单一基质不能满足栽培需要时，如何进行基质的配制？

现象与问题



岩棉育苗

在植物栽培中，也有既不用土壤也不用营养液的情况，由图可见，从生菜幼小秧苗的培育，到刚刚定植到栽培槽里的黄瓜，再到快要收获的甜瓜，我们并没有看到土壤与营养液的踪迹，其中用于植物栽培的物质，你能叫出它们的名称，说出它们的作用吗？



珍珠岩种植黄瓜



草炭栽培甜瓜

在无土栽培中为植株提供支撑作用的物质称为基质。基质能为作物生长提供稳定协调的水、气、肥根际环境的条件，具有支持锚定植物、保持水分和透气的作用。

一、无土栽培基质的种类

1．无机基质　天然矿物或其经高温等处理后的产物，称为无机基质。生产中常用的无机基质主要有岩棉、珍珠岩、炉渣、陶粒、苔

微信公众号：电子课本大全


(a) 珍珠岩


(b) 岩棉


(c) 陶粒


(d) 苔藓

图 2.6　部分无机基质

藓等（图 2.6）。无机基质化学稳定性好，可以用于长期栽培。

除了上面图片列举的一些无机基质，你还见过哪些用于无土栽培生产的无机基质？你知道它们的成分吗？



新视窗 · 知识外延

岩棉与珍珠岩的来源

岩棉是由60%辉绿石、20%石灰石和20%焦炭混合，在1 500～2 000℃高温下熔化，喷成直径为5 μm的细丝，压成密度为80～100kg/m³的板块状，在冷却至200℃左右时，加入酚醛树脂以减少表面张力而制成的；珍珠岩是把一种灰色火山岩加热至1 000℃，因岩石颗粒膨胀而形成的。





小 资 料

水晶泥

水晶泥又称水晶土（图2.7），是一种储存水分、养分及微量元素的高吸水性载体。水晶泥经充分吸水后，可超过自身重量150～200倍，用于室内种植各类观叶植物。植物根部能缓慢吸取水晶泥提供的水分、养分和微量元素。水晶泥有各种色彩，主要以无色透明、红色、蓝色、黄色、绿色为主。将干燥水晶泥颗粒放入一定量的水中，经1～2小时浸泡膨胀，即可放入美观的玻璃器皿中，种入有关植物或插花（图2.8）。


图 2.7　水晶泥


图 2.8　水晶泥栽培花卉

2．有机基质　主要由一些含碳、氢的有机生物残体及其衍生物构成的栽培基质称为有机基质。主要有草炭、锯末（图2.9）、树皮、作物秸秆等。有机基质除了具有无机基质的作用外，还具有养分供应、病虫防除和缓冲作用，可以使根际环境保持相对稳定。

除了上面列举的一些有机基质，你还见过哪些有机基质用于无土栽培生产呢？


(a) 锯末


(b) 草炭

图 2.9　有机基质

微信公众号：电子课本大全

二、无土栽培基质的特性



实践活动

了解不同基质的物理特性

材料：准备三种常见的风干基质，如珍珠岩、锯末、草炭等。

用具：天平、烧杯（500ml）、小塑料瓶（50ml）若干个、纱布、滤纸、橡皮筋等。

步骤：

（1）分别称量小塑料瓶的质量，记为W_1。

（2）取基质分别装满小塑料瓶，注意使基质呈自然状态放置，不要压迫基质，然后称质量，记为W_2。

（3）用细纱布将容器的口封闭，让其浸泡在盛满水的烧杯中充分吸收水分，当基质全部充满水后取出，去掉纱布，用滤纸擦干瓶外的水分，然后称质量，记为W_3。

（4）再用纱布封闭瓶口，将容器倒置，等到水珠不再滴落时去掉纱布，用滤纸擦干瓶外的水分，然后称质量，记为W_4。

想一想：

1．同样是50ml的体积，不同基质的质量相同吗？

2．同体积的基质吸收水分的能力一样吗？基质吸收的水分存放在哪里？

3．小塑料瓶倒置后，水为何会从瓶中流出来呢？各瓶中流出的水量相等吗？

上面的小实验说明了基质物理特性的差异，下面就让我们来了解一下基质的物理、化学特性。

1．基质的物理特性

（1）堆密度。堆密度指单位体积内干燥基质的质量，单位为g/L或g/cm³。相同体积的容器装满不同基质后质量的差异反映了堆密度的不同。

现在请你根据上面的实验计算出所测定基质的堆密度，填入表2.6中。（假设容器的形状并不规则，它的体积怎么计算？你能否想出一种最简单的方法求得容器的体积？）

表2.6　基质堆密度的计算

	容器的质量/g	装满基质后容器的质量/g	基质的质量/g	容积/cm³	堆密度/(g·cm⁻³)
基质1					
基质2					
基质3					

（2）总孔隙度。基质所吸收的水分主要储存在基质之间的孔隙中，基质吸收水分的能力反映了基质总孔隙度的大小。总孔隙度是指基质中所有孔隙的体积总和与基质体积的百分比。

现在请你根据上面的实验计算出所测定基质的总孔隙度，填入表2.7中。

微信公众号：电子课本大全

表 2.7　基质总孔隙度的计算

	装满基质后容器的质量 /g	吸水后容器的质量 /g	容积 /cm^3	总孔隙度 /%
基质 1				
基质 2				
基质 3				

（3）通气孔隙和持水孔隙。基质的总孔隙由通气孔隙和持水孔隙组成。通气孔隙的直径一般在0.1mm以上，灌溉后的溶液会随着重力而从其中流出，因此这部分的作用是储气；持水孔隙直径在0.001～0.1mm，水分在这些孔隙中会由于毛细管作用而被吸持，这种孔隙的主要作用是储水。

现在就请你根据上面的实验计算所测定基质的通气孔隙和持水孔隙，填入表2.8中。

表 2.8　基质通气孔隙和持水孔隙的计算

	重力水 /g	吸附水 /g	容积 /cm^3	通气孔隙 /%	持水孔隙 /%
基质 1					
基质 2					
基质 3					

新视窗 · 知识外延

草炭的形成与特点

草炭是古代低湿地带生长的植物残体，由半分解的水生、沼泽湿地生、藓沼生或沼泽生的植被所组成，包括未分解的植物残体、植物残体分解形成的腐殖质和矿物质。草炭持水性好，具有良好的通气性，使用中分解缓慢。草炭在世界各国都有分布，我国北方地区较多，且质量较好；南方仅在一些山谷的低洼地表土下有零星分布。我国草炭蕴藏量小，属不可再生资源，限量开采。

小 资 料

常见基质的物理特性

表 2.9　一些常见基质的物理特性

基质名称	堆密度 /（$g \cdot cm^{-3}$）	总孔隙度 /%	通气孔隙 /%	持水孔隙 /%
沙子	1.49	30.5	29.5	1.0
煤渣	0.70	54.7	21.7	33.0
蛭石	0.13	95.0	30.0	65.0
岩棉	0.11	96.0	2.0	94.0
炭化稻壳	0.15	82.5	57.5	25.0
蔗渣（堆沤6个月）	0.12	90.8	44.5	46.3

2. 基质的化学特性

（1）pH值。pH值表示基质的酸碱度。无土栽培基质的pH值应保持相对稳定，最好为中性或微酸性。pH值过高或过低都会影响营养液的平衡与稳定。

（2）电导率（electrical conductivity，EC）。表示营养液的导电能力强弱，在一定浓度范围内，营养液的含盐量与电导率呈密切的正相关，用以表示各种离子的总量，电导率（或称EC值）的单位一般为mS/cm。

微信公众号：电子课本大全

良好的无土栽培基质的理化特性要达到一定的要求：堆密度在0.1～0.8g/cm³，密度范围为0.4～0.8 g/cm³，总孔隙度范围为54%～96%，pH值在6.5左右，电导率在2.5mS/cm以下，且具有一定的缓冲能力。



探究尝试

通过上面对一些基质物理特性的测定，考虑一下，在无土栽培中，珍珠岩、锯末、草炭这三种基质会存在什么问题呢？当单一基质的理化特性不能满足要求时，应该如何进行弥补呢？

三、基质的配制

每种基质都有自身的特点，其透气性、保水性等各不相同，单一基质在栽培作物时，总会存在一些缺陷和不足，如密度过小或过大、通气不良或保水性差等，故常将两种或三种以上基质进行科学的混配，形成复合基质，以满足生产的需求。小批量混合可用手工操作，大量基质混合时可采用基质混拌机（图2.10）。



图2.10　基质混拌机



实践活动

基质配方的设计与测定

在上面的实验中你已经测定了珍珠岩和草炭这两种基质的物理特性，根据所测定的数据，试设计两种基质的不同配比，将这两种基质充分混合后，取一部分复合基质测定其物理特性，填写表2.10。

表2.10　基质配方实验及测定

配方	基质1	基质2	体积比	堆密度／（g·cm⁻³）	总孔隙度／%	通气孔隙／%
1	珍珠岩	草炭				
2	珍珠岩	草炭				
3	珍珠岩	草炭				
4	珍珠岩	草炭				

根据你所测定的数据，对照无土栽培对适宜栽培基质物理特性的要求，你是否设计出了这两种基质适宜的配方？

适宜的基质配方：_____

_____

_____

微信公众号：电子课本大全

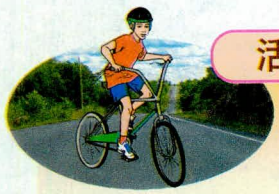


小 资 料

常用基质配方

表 2.11　常用基质配方

配方	基质 1	基质 2	基质 3	体积比
1	草炭	蛭石		1 : 1
2	草炭	蛭石	珍珠岩	4 : 3 : 3
3	草炭	珍珠岩	砂	1 : 1 : 1
4	椰子壳	砂		1 : 1
5	刨花	炉渣灰		1 : 1
6	葵花秆	炉渣灰	锯末	5 : 2 : 3
7	花生壳	蛭石	炉渣灰	4 : 3 : 3
8	草炭	树皮	刨花	2 : 1 : 1
9	草炭	炉渣灰		2 : 3
10	玉米芯	炉渣灰	蛭石	5 : 3 : 2



活动延伸

1.人造基质——水晶泥的制作

(1) 把20g的海藻酸钠放入一个容器中，并冲入水温在60℃左右的水（每10g海藻酸钠应加水 1 kg），当加水冲泡后充分搅拌均匀，然后静置浸泡24h，海藻酸钠化解成糊状备用。

(2) 在另一个干净的容器中加入150g适量的清水，然后按5 : 1的浓度倒入氯化钙，并充分搅拌均匀使之溶化于水中，然后根据颜料色彩的需求配入一定比例的色素剂。

(3) 准备一个小塑料桶，在桶底钻上几排直径约 8 mm的小孔。然后将已化解成糊状的海藻酸钠全部倒入小桶内，让海藻酸钠胶液顺着桶底的一排排小孔，滴入已配置好的氯化钙溶液中，经过几小时后，海藻酸钠珠便会自行固化干结，形成晶莹剔透的水晶球。

2.利用农作物壳、秆、芯等配制复合基质

选择稻壳、花生壳、向日葵秆、玉米芯等为原材料，把这些材料分别进行粉碎，然后分别过3mm和10mm筛，去掉其线度小于3mm的颗粒和大于10mm的颗粒，然后分别测定这些原材料的物理特性。根据测定结果，判断这些材料是否适宜用做无土栽培的基质，如果不满足要求，选择其他的基质按不同的体积比进行混合，直到无土栽培基质所要求的物理特性符合为止。

微信公众号：电子课本大全

阅读材料

常用基质的性能及利用

1．砂　砂在河流、海、湖的岸边以及沙漠等地均有分布，来源广泛，价格便宜，栽培应用效果较好。但由于密度大，给搬运、消毒和更换等管理带来不便。砂由于来源不同，其组成成分差别很大。一般含二氧化硅在50%以上，不具有阳离子交换量，堆密度为1.5～1.8g/cm^3，粒径以0.5～3mm的砂为宜。用于无土栽培的砂应不含有毒物质，海砂通常会有较多的氯化钠，在使用前要用清水冲洗。石灰岩质砂因含有较多的石灰质，会影响营养液的酸碱性，会使一些养分失效，应特别注意。砂是砂培的基质，中东地区、美国的亚利桑那州、我国新疆等地都采用大面积的砂培技术。

2．石砾　石砾来源于河边石子或石矿场岩石碎屑。来源不同，化学组成差异很大，做基质以非石灰性的花岗岩等发育形成的石砾为好，粒径应在1.6～20mm之间，且应有一半石砾直径为13mm左右。应选用坚硬、不易破碎、棱角钝的石砾使用。由于石砾的堆密度大（1.5～1.8g/cm^3），和砂一样有许多不便之处。目前主要用做深液流水培定植杯中的填充物。

3．岩棉　岩棉的外观是白色或浅绿色的丝状体，疏松多孔，作物根系很容易穿插进去，孔隙度高达96%，吸水力很强，具有良好的透气和持水性能。新制岩棉pH值在7.0以上，灌水时要加入少量酸来降低pH值。岩棉在中性或微酸微碱条件下稳定，它不像石棉那样对人体健康有害。岩棉在无土栽培中主要用于育苗和循环营养液栽培的植株固定、袋培等。

4．珍珠岩　珍珠岩是一种封闭的轻质团聚体，堆密度小，为0.03～0.16g/cm^3，通气孔隙约53%，持水容积约40%。珍珠岩没有吸收性能，pH值为7.0～7.5。珍珠岩中的养分多数植物不能吸收利用。珍珠岩是一种易破碎的基质，使用时粉尘污染较大，以水喷湿较好。珍珠岩通常用于种植槽或复合基质中，但使用中浇水较多时易浮于水面。

5．蛭石　蛭石为云母类硅质矿物，1 000℃下颗粒片层爆裂，形成小的、多孔的海绵状核。堆密度仅为0.09～0.16g/cm^3，孔隙度高达95%。蛭石一般为中性至微碱性，若为碱性，应加酸中和后使用。含有丰富的钾、钙、镁等营养元素，并可为作物吸收利用。蛭石的吸水能力很强，每立方米可吸水100～650kg。用于育苗的蛭石粒径0.75～1.0mm，用于无土栽培的蛭石粒径应在3mm以上。蛭石易破碎，使结构受到破坏，通气性降低。蛭石一般使用1～2次便需更换。

6．草炭　草炭来自草炭藓、灰藓、苔草和其他水生植物的分解残留体，是迄今为止世界各国普遍认为最好的一种无土栽培基质，尤其在工厂化

微信公众号：电子课本大全

穴盘育苗中应用效果较好。在使用时，大多配合蛭石、砂、珍珠岩等基质制成复合基质，以增大堆密度，改善结构。草炭的阳离子交换量高，呈酸性（pH＜4），可用白云石粉等中和酸性。

7．芦苇末　芦苇末基质是利用造纸厂废弃的芦苇末短纤维下脚料做原料，加入一定量配方的辅料和发酵微生物堆制合成的一种环保型无土栽培有机基质。芦苇末基质堆密度为0.2～0.4g/cm³，总孔隙度80%～90%，大小孔隙比0.5～1.0，EC值1.5～1.7mS/cm，含有足够作物生育所需的微量元素和丰富的大量元素。芦苇末基质可用于育苗，在槽培、袋培和立体栽培中广泛用做栽培基质，宜添加一定比例的蛭石、砂、炉渣、草炭等形成复合基质使用。

8．椰子纤维　椰子纤维为长纤维，松泡多孔，保水和通气性能良好。椰子纤维基质堆密度约0.08g/cm³，总孔隙度高达94%，偏酸（pH值为4.5～5.5），EC值0.4～6.0mS/cm，碳／氮为117，含有较多的木质素和纤维素，具有丰富的有机质和营养元素。作物栽培应用效果不亚于草炭，也是公认的无土栽培良好基质。椰绒基质等同样具有良好的栽培效果。



本　章　小　结

植物生长所需的营养元素中，其中氮、磷、钾、钙、镁、硫的用量很大，称为大量元素，而铁、锰、锌、铜、硼、钼的用量则相对小得多，称为微量元素。这些元素都必须依靠化合物来提供。营养液是用含有各种植物必需营养元素的化合物所配成的溶液，无土栽培主要依靠营养液来为作物生长发育提供所需的养分和水分。

在配制营养液时，首先应根据作物吸收营养的特性设计出营养液的配方，然后根据其配方规定的浓度称取相应的肥料进行配制，在实际操作时为减少工作量，一般先配制成浓缩液，使用时再稀释成工作营养液。浓缩液为避免沉淀应该分开存放。

在无土栽培中，固体基质的使用非常普遍，从固体基质栽培，到营养液栽培中的育苗阶段和定植时利用少量的基质来固定和支持作物，都需要应用不同的固体基质。基质有很多种类，天然矿物或其经高温等处理后的产物，称为无机基质；由一些含碳、氢的有机生物残体及其衍生物构成的栽培基质称为有机基质；另外还有人工合成的基质。

作为无土栽培适宜基质的堆密度为0.4～0.8 g/cm³，总孔隙度为54%～96%，既要有一定的保水性，又要通气性良好。当单一的基质不能满足栽培需求时，需要将不同的基质混合使用。

微信公众号：电子课本大全

第三章　无土栽培的设施

在上一章我们配制好了无土栽培所用的基质，也为番茄树储备了大量的食物，你是否已经急不可待地想培育出自己的番茄树，品尝到那鲜美的果实？你是否也想利用基质在花盆里栽培出美丽的花卉，来装点一下自己的校园和家庭？

别着急，大厦不是一朝一夕建立起来的，只有基质和营养液，没有一个舒适的“家”，番茄树怎么能茁壮地生长呢？我们还是先来了解一下无土栽培的各种设施吧。



微信公众号：电子课本大全

第一节　水培设施

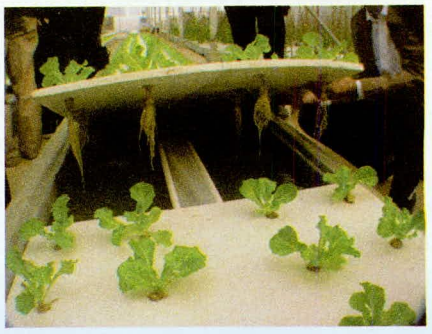
学习导航

1．水培设施是由哪几部分组成的？
2．水培设施各部分有什么特点呢？

现象与问题



传统的土壤栽培中，土壤就是作物温暖的家，土壤不仅可以容纳作物生长所需要的水分和营养，而且可以起到固定根系，防止作物倒伏的作用。而在无土栽培中，什么物质既可以盛放营养液，又可以固定作物，防止它倒伏呢？根据这幅深液流设施的示意图，你能说出这种无土栽培设施由哪几部分组成吗？从图片中你能看出各部分的作用吗？



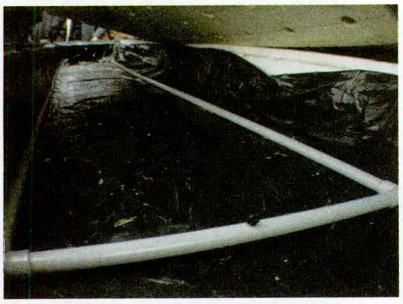


图 3.1　固定式栽培槽



图 3.2　简易栽培槽

番茄树在生长的过程中要不断地吸收水分和营养，这些都需要由营养液来提供，那么这些营养液由什么来盛放呢？

我们在为番茄树建“房”的第一步就是要解决营养液的盛放问题，这种结构被称为栽培槽。

一、栽培槽

1．固定式栽培槽　图 3.1 所示的水泥池就是用来进行生菜水培的栽培槽，槽底是 5cm 厚的混凝土，槽框用水泥砂浆和砖制成，并用高标号耐酸抗腐蚀的水泥砂浆抹面。这种种植槽管理方便，耐用性好，但为永久性建筑，不能拆卸搬迁，槽体沉重，要求较坚实的地基，一经建成就难以更改。

2．简易栽培槽　在用于观赏及家庭栽培时只需要简易的栽培槽，它由不漏水的容器构成，可以选择瓶、盆、箱、桶等（图 3.2）。容器除了不能漏水之外，还不能透光，使营养液和根系处于黑暗之中，以防营养液中滋生绿藻。

栽培槽做好后，里面就可以盛放营养液，在土壤栽培中，根系可

微信公众号：电子课本大全



图 3.3　定植孔

以由土壤来固定，而植株在液体中就需要用定植板来固定。

二、定植板

定植板由聚苯乙烯硬泡沫板块制成，板厚2～3cm，板面上按株、行距要求开直径5～6cm的定植孔（图3.3）。定植孔内嵌入定植杯，定植杯由塑料制成，高7.5～8.0cm，杯口的直径与定植孔相同，杯口外沿有一宽约5mm的唇，以卡在定植孔上，不使其掉进槽内，杯的下半部及底上开有许多孔，孔径约3mm，见图3.4。

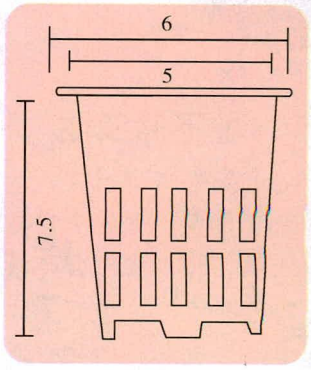


图 3.4　定植杯（单位：cm）



实践活动

定植板与定植杯的制作

材料与工具：聚苯乙烯硬泡沫板、打孔器、塑料杯、直尺、圆规、石砾、剪刀、铅笔。

制作方法与步骤：

(1) 按照所要种植作物的种类确定适宜的间距，如定植叶菜类，株、行距可以为15cm × 15cm，然后用直尺和铅笔定出打孔的部位；

(2) 以定出的部位为圆心，以塑料杯的上部宽度的一半作为半径，用圆规在定植板上画圆；

(3) 用剪刀在塑料杯上竖直剪开一些小孔，然后将石砾放在塑料杯内；

(4) 将放有石砾的塑料杯卡在打好的孔中。

想一想，除了用定植杯固定作物外，还有哪些方法可以达到同样的效果？

三、营养液循环系统

营养液循环系统由供液管道、回流管道和水泵组成。所有管道均采用硬质塑料管。供液管道是向种植槽内提供营养液的管道，总供液管再分出许多支管接上槽内供液管，槽内供液管为一条贯通全槽的长塑料管，其上每隔一定距离开有喷液小孔，使营养液均匀分布到全槽。回流管道是种植槽内的多余营养液返回到地下储液池内的管道，在种植槽的一端底部设一回流管，出水管口与槽底面持平，管下段埋于地下，经总回流管流入储液池，见图3.5。

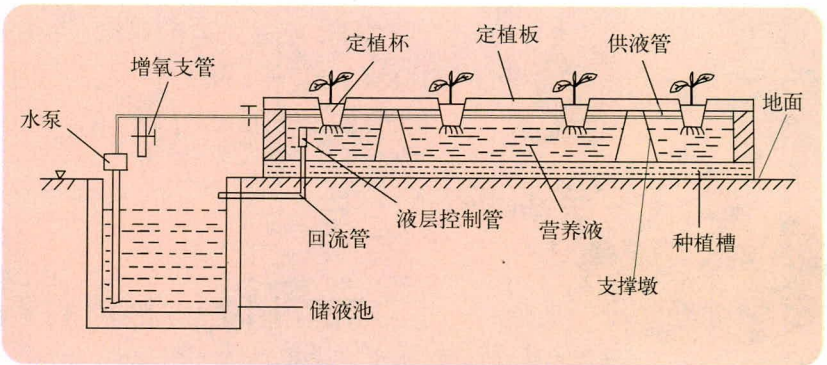


图 3.5　深液流设施的组成

微信公众号：电子课本大全

新视窗·知识外延

地下储液池

在大面积生产时，需要建造一个地下储液池，它可以增大营养液的缓冲能力，为根系创造一个较稳定的生存环境，同时也便于营养液的循环，便于调节营养液的浓度、pH值、温度等。池的容积，可按每个植株适宜的占液量来计算，一般大株型作物（如番茄、黄瓜等）每株需15～20L，小株型作物（如生菜等）每株需3L左右。算出总液量后，按1/2存于种植槽中，1/2存于地下储液池中来计算池的容积。建筑材料应选用耐酸抗腐蚀的水泥，池壁砌砖，池底为混凝土结构，池面应有盖，保持池内黑暗以防藻类滋生。

探究尝试

图3.5是深液流设施的营养液循环系统，同学们观察一下，营养液是如何从储液池流进栽培池，又如何从栽培池回流到储液池呢？你能画出营养液的流程图吗？图形中增氧支管的作用是使从储液池中吸上来的营养液的一部分重新回流到储液池中。为何要采取这样的措施？它的作用是什么？图3.6是深液流循环系统控制营养液深度的装置，在种植槽槽底设置一根回流管，为防止营养液流失，回流管口由橡皮塞堵着，在橡皮塞中插有一段约20cm长并可升降的硬质塑料管，塑料管的上部套有橡皮管。你能说出它的调控原理吗？

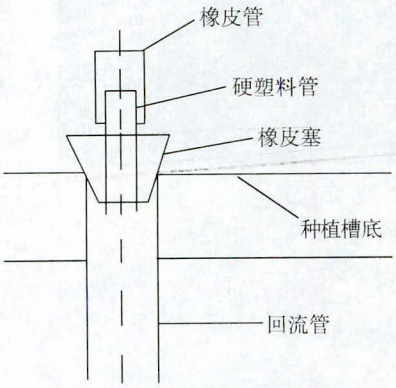


图3.6　回流液及液层控制装置



图3.7　亲手操作



图3.8　居室美化

将自己设计的深液流装置栽培上蔬菜或花卉幼苗放置在教室的阳台上，经过细心的照料，不久你就会欣赏到开放的漂亮花朵或品尝到自己种植的没有污染的绿色蔬菜了。不需走出校门，就能接触大自然、了解大自然了。

活动延伸

家庭用小型深液流装置的制作

材料与工具：塑料槽（泡沫槽、玻璃槽），规格1m × 0.5m × 0.3m；泡沫板，规格0.9m × 0.4m × 0.03m；岩棉；剪刀；小型充氧机；番茄苗，黄瓜苗。

制作方法与步骤：

(1)将配制好的营养液倒入塑料槽中，深度为25cm。

微信公众号：电子课本大全

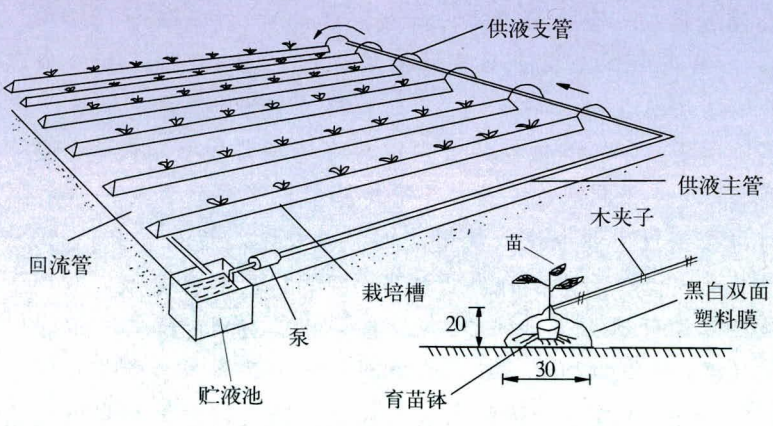
(2)用剪刀在泡沫板上按照株、行距15cm × 15cm的距离在泡沫板上打直径为3cm的圆形小孔，将泡沫板放入槽中，然后用岩棉裹住幼苗的根茎部将苗子栽到泡沫板上的小孔里。

(3)把充氧机的充气管放入栽培槽的底部。

阅读材料

营养液膜水培设施的结构

营养液膜技术简称NFT。NFT的设施主要由种植槽、储液池、营养液循环系统和一些辅助装置所组成（图3.9）。



(a) NFT全系统示意图　　(b) 种植槽示意图

图3.9　营养液膜水培设施（单位：cm）

1．种植槽　大株型作物的种植槽是用0.1～0.2mm厚的面白里黑的聚乙烯薄膜临时围起来的薄膜三角形槽，槽长10～25m，槽底宽25～30cm，槽高20cm［图3.9 (b)］，为了改善作物的吸水和通气状况，可在槽底铺一层无纺布；小株型作物可采用多行并排的密植种植槽，以玻璃钢制成的波纹瓦或水泥制成的波纹瓦做槽底，波纹瓦的谷深2.5～5.0cm，峰距13～18cm，宽度100～120cm，可种6～8行，槽长20m左右，槽坡降（即槽两端的高度差与槽长之比）为1：(70～100)。一般波纹瓦种植槽都架设在木架或金属架上，槽上加一块厚2cm左右的有定植孔的硬泡沫塑料板做槽盖，使其不透光。

2．储液池　设于地平面以下，其容量根据作物数量计算：大株型作物每株5L、小株型作物每株1L。加大储液池有利于营养液的稳定，但建设投资也同时增加。

3．营养液循环系统　由水泵、管道及流量调节阀门等组成。水泵选用耐腐蚀的自吸泵或潜水泵，功率大小应与整个种植面积营养液循环流量相匹配；管道应采用耐腐蚀的塑料管，安装时要严格密封，采用牙接的方式连接。为了方便工作、避免日光照射加速老化，尽量将管道埋于地下。管道分为供液管和回流管两种，供液管是从水泵接出向种植槽供液的管道，从水泵接出主管，在主管上接出

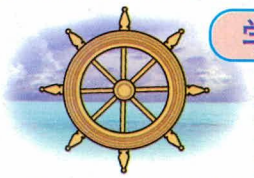
微信公众号：电子课本大全

支管，其中一条支管引回储液池上，使一部分抽起来的营养液回流到储液池中，搅拌营养液使之更均匀，并增加其中的溶存氧，同时可通过其上阀门来调节输往种植槽方向去的流量。在通往种植槽的支管上又接出许多毛管输到每条种植槽的高端，每条毛管设流量调节阀，毛管上再接出数条小输液管引入种植槽中，流量调节以大株型作物2～4L/min、小株型作物2L/min为准。回流管是将多余营养液引回到储液池的管道，在种植槽的低端设排放口，用管道接到集液回流主管上，再引回到储液池中。

4．其他辅助装置　包括间歇供液定时器、电导率自控装置、pH自控装置、营养液温度调节装置和安全报警器等。间歇供液是NFT特有的管理措施，如每小时内供液15min，停止45min，如此日夜不断地进行，在水泵上安装一个定时器来控制间歇供液可省去人工操作的麻烦。定时器要比较准确，设定间歇时间要符合作物生长的实际需要。电导率自控装置由电导率传感器和控制仪表、浓缩营养液罐（分A、B两个）及注入泵组成，当电导率传感器感应到营养液的浓度降到设定的浓度以下时，控制仪表便令注入泵将浓缩营养液注入储液池中，使营养液恢复到原先的浓度。反之，如营养液的浓度过高，控制仪表则会令水源阀门开启，加水冲稀营养液使其浓度达到规定的要求。pH自控装置由pH传感器和控制仪表及带注入泵的浓酸（碱）储存罐组成，其工作原理与电导率自控装置相似，pH值采用两点设定，变化幅度0.5左右，浓酸由硝酸或磷酸、浓碱由氢氧化钠或氢氧化钾配制而成。营养液温度太高或太低都会抑制作物的生长，通过营养液温度调节装置调节液温可以改善作物的根际生长条件。小面积生产时营养液加温可采用电热管进行，大规模生产可采用热水锅炉将暖气通过不锈钢螺旋管导入储水池中加温。营养液的冷却，首先要用隔热性能良好不易受光照影响而剧烈升温的材料建造种植槽，有条件的也可利用冷泉或深层井水通过管道在储液池中循环降温，或采用其他强制冷却剂降温。NFT种植槽内的液层很薄，一旦停电或水泵故障而不能及时循环供液，很容易因缺水而使作物萎蔫，即使槽底有吸水无纺布做衬垫，在强光下也只能维持1～2h，所以NFT系统应配置备用电机和水泵，同时在循环系统中装有报警装置。电导率、酸度计、温度等自动调节装置和报警装置的质量要灵敏而稳定，要经常监视其是否失灵，保证不出差错，以免危害作物。

微信公众号：电子课本大全

第二节　基质栽培设施



学习导航

1．岩棉种植垫栽培的步骤是什么？应注意哪些问题？
2．如何用容器进行基质栽培？
3．什么是有机基质培技术？它有什么特点？



现象与问题

这里是一幅黄瓜基质栽培的图片，在栽培槽中盛有炉渣、草炭等基质，黄瓜扎根于其中。

讨论：

1．这种栽培槽与水培的栽培槽有哪些不同？

2．除了盛放基质的栽培槽外，基质栽培还需要哪些设施？



基质栽培不同于水培的最大特点是植物的根系生长在固体基质中。下面就让我们来了解一些常用的基质栽培设施的结构。

一、岩棉基质栽培

岩棉是一种用多种岩石熔融在一起，喷成丝状冷却后黏合而成的疏松多孔型的固体基质，与其他基质相比具有良好的保水和通气性能。岩棉培就是将植物种植于一定体积的岩棉块中，让作物在其中扎根锚定，吸水和吸肥。

1．筑畦　首先将地面整平，做成龟背形的高畦并将其压实，紧贴地面铺一层0.2mm厚的黑白塑料薄膜。畦的规格依作物种类而定，一般果菜类可采用宽150cm、高10cm的畦，畦面坡降为1∶50，畦长约30m，畦沟沿长边方向坡降为1∶100，见图3.10。



图3.10　番茄岩棉垫栽培

微信公众号：电子课本大全

2．制作岩棉种植垫　选用亲水性好、理化性能稳定、无毒的农用岩棉毡。岩棉毡要厚薄均匀，一般厚度8～10cm，宽度以20～25cm为宜，应事先切好。在地面平摊一宽70cm、厚0.05mm黑白双色聚乙烯薄膜，最好再铺一层30g/m^{2}的无纺布，以利吸水和稳定根际温度。将备好的岩棉毡平放其上，相邻的两块之间要连接好，不能保留空隙而导致营养液滞留。然后用钉书钉或黏合剂将黑膜封牢。注意根际封口要紧，以减少蒸发和营养液外溢，并防止高温季节汽化热从根际外泄灼伤茎叶。

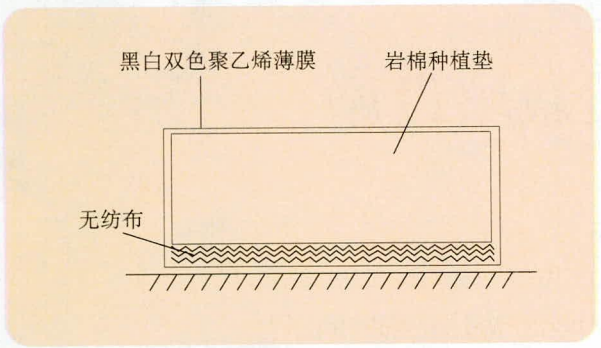


图3.11　岩棉种植垫横切面



探究尝试

1．在建造岩棉栽培床时，所做的畦为何要有一定的坡度？

2．黑白塑料薄膜一面是黑色的，一面是白色的，用来包裹岩棉块。在包裹岩棉块时，是黑色的一面在里面，还是白色的一面在里面？为何要这么做？

3．摆放岩棉种植垫　在畦背上一个接一个地摆放两行岩棉种植垫，垫的长边应与畦长方向一致，每一行种植垫都放在畦的斜面上（图3.12）。

4．布置供排液装置　供液采用滴灌系统，每株附近安装一个滴头；开放式岩棉培的排液设施很简单，在每个岩棉种植垫一侧用刀将塑料包装割开一长5cm的口，以便让多余的营养液流出，利用畦面斜坡的作用，使流出的营养液进入畦沟中，然后集中流到设在畦横头的排液沟中，最后将其引至设施外的集液坑内处理。

5．定植　种植时，将岩棉种植垫的上面薄膜每40cm割开一个直径8～10cm的小穴，栽上带有育苗块的小苗，并滴入营养液，植株即可吸到水分和养分（图3.13）。



图3.12　岩棉种植垫的排列与供液滴管

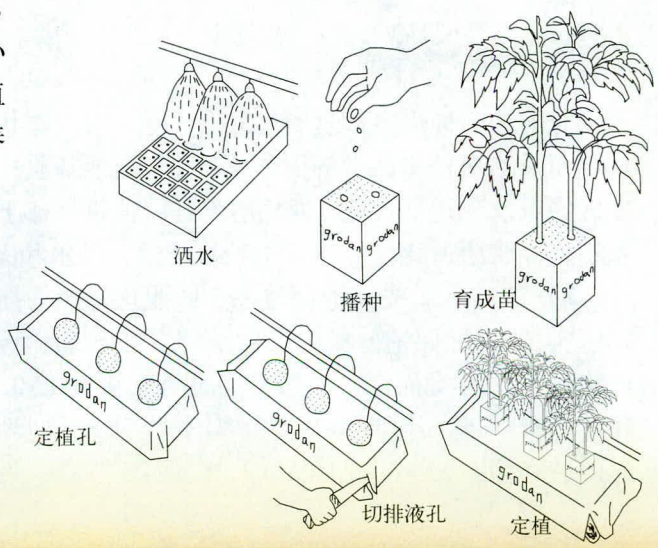


图3.13　岩棉育苗和定植

微信公众号：电子课本大全

二、基质钵栽培

将基质装入各种钵（盆）容器内，进行无土栽培的方法称为基质钵栽培。采用基质钵栽培的方法，重要的是容器的选择。容器要适宜于所栽培作物的种类与大小。生长高大且生育期较长的作物需要较大的容器，其目的是使作物根系充分扩展，长期供应养分。相反，像香料植物那样的小型作物和生育期短的作物，就可以在小型容器中栽培。

小资料

常用栽培容器的材质

陶瓷容器：由陶土烧制而成，其壁面多孔，透水性与通气性良好，能充分保证氧气供应。盛放基质后温度变化较小，但由于基质易干，需要注意水分管理。

塑料制品：这是一种轻便而易于操作且美观价廉的容器，但有通气性与排水性不好、温差较大的缺点。由于水分只能从表面蒸发，必须注意不能浇水过量。

木制品：木制的桶与盆的通气性与排水性良好，温度变化也小。但没涂防腐剂的部位易于发霉腐烂。



(a) 陶瓷容器　(b) 塑料容器　(c) 木制花篮

图 3.16　各种栽培容器

采用基质钵栽培时，与容器一样不可缺少的是基质的选择。要求选用的基质具有良好的保水性、排气性、通气性及保肥性能等。一般多采用草炭、腐叶土、蛭石和珍珠岩配制合成的基质。落叶腐败后而成的基质，加入后可以提高通气、排水性及肥效，覆盖在表面有增温和保温效果；以天然岩石等为原料经加工而成的蛭石和珍珠岩，可以提高通气性。

新视窗·方法介绍

岩棉袋栽培

用聚乙烯黑色薄膜或黑白双面膜做成岩棉袋，内装岩棉垫、岩棉下脚料和粒状岩棉，以此组合成栽培床，并配以供液装置，可将幼苗直接定植在栽培床上，也可先用岩棉块育苗然后定植。根据栽培袋的形状，岩棉袋培主要分为开口筒式袋培（图 3.14）和枕头式袋培（图 3.15）。

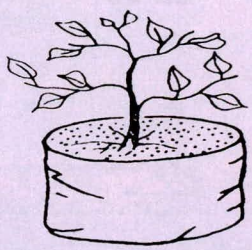


图 3.14　开口筒式袋培

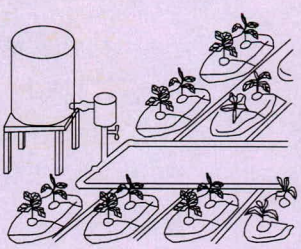


图 3.15　枕头式袋培

微信公众号：电子课本大全



活动延伸

用花盆种植番茄

1.首先选择一个塑料容器，直径30cm，高20cm，底部要有排水孔，然后用一个网芯，里面填入无纺布，放入塑料盆的底部[图3.17(a)]。想一想，塑料盆底放无纺布的作用是什么？

2．利用第二章所学知识，选择不同的基质(填写表3.1)，混合后装入盆中［图3.17(b)］。

表3.1　基质配方

配方	基质1	基质2	体积比
配方1			
配方2			

3.播种或移栽入幼苗。请同学们探究一下：在播种或移栽入幼苗时应该怎么做？需要注意些什么？



(a) 网芯装无纺布



(b) 装入基质



(c) 播种长出幼苗或移栽入幼苗

图3.17　盆栽番茄

阅读材料

有机基质培技术

有机基质培无土栽培技术是现代无土栽培技术与传统有机农业相结合的产物，它具有一般无土栽培的特点，同时追施固态有机肥、滴灌清水或低浓度的大量元素营养液，进行开放式栽培，与水培相比大大简化了操作管理过程，降低了设施系统的投资，节省生产费用，产品洁净卫生，而且对环境无污染。

有机基质培一般采用槽式栽培（图3.18）。栽培槽可用砖、水泥、混凝土、泡沫板、硬质塑料板、竹竿或木板条等材料制作。建槽的基本要求为槽与土壤隔绝，在作物栽培过程中能把基质拦在栽培槽内。槽可用永久性的水泥槽，也可做成半永久性的砖槽，还可制成移动式的泡沫板槽等。为了降低成本，可就地取材制作各种形式的栽培槽。为了防止渗漏并使基质与土壤隔离，应在槽的底部铺1～2层塑料薄膜。槽的大小和形状因作物而异，甜瓜、迷你番茄、迷你西瓜、普通番茄、黄瓜等大株型作物，槽内宽度一般为48cm，每槽种植2行，槽深15cm。

微信公众号：电子课本大全

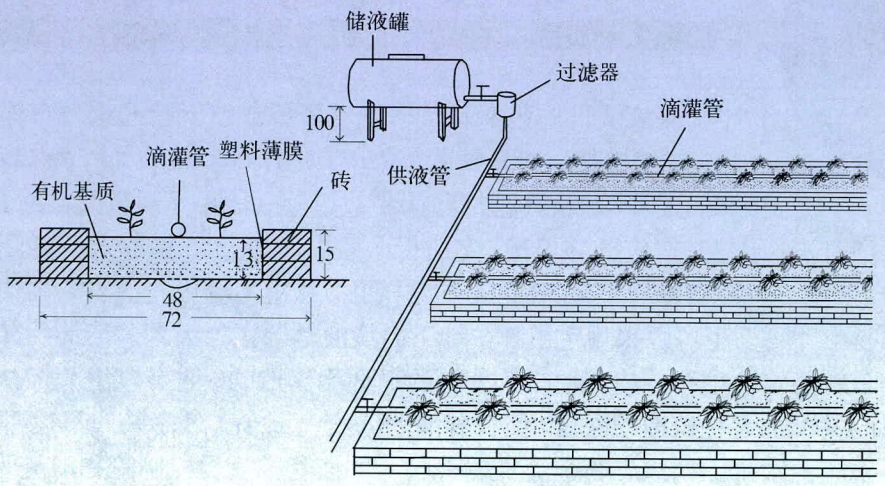


图 3.18　有机基质培设施（单位：cm）

奶油生菜、西洋芹等矮生或小株型作物，可设置较宽的栽培槽，以栽培管理及采收方便为度，一般70～95cm，多行种植，槽深12～15cm。小株型作物也可进行立体式栽培，提高土地利用率，便于田间管理。槽的长度可视灌溉条件、设施结构及所需走道等因素来决定。槽坡降应不小于1∶250，还可在槽的底部铺设粗炉渣等基质或一根多孔的排水管，有利于排水，增加通气性。

有机基质培系统的灌溉一般采用膜下滴灌装置，在设施内设置储液（水）池或储液（水）罐。储液池为地下式，通过水泵向植株供液或供水；储液罐为地上式，距地面1m左右，靠重力作用向植株供液或供水。滴灌一般采用多孔的软壁管，40cm宽的槽铺设1根管，70～95cm宽的槽铺设2根管。滴灌系统的水或营养液，要经过一个装有100目纱网的过滤器，以防杂质堵塞滴头。

微信公众号：电子课本大全



本　章　小　结

深液流设施包括栽培槽、定植板、地下储液池和营养液循环系统。栽培槽是用来盛放营养液的，是作物生长的场所，有简易栽培槽和固定栽培槽两种类型。简易栽培槽只能用于观赏及家庭栽培，在进行大面积生产时，必须建造固定的栽培槽。定植板一般由厚2～3cm的聚苯乙烯硬泡沫板做成，在板面上按株、行距要求开直径5～6cm的定植孔。在定植时用一些岩棉裹住植株的根茎部，插入孔中即可，也可以采用定植杯。地下储液池是为了增大营养液的缓冲能力，为根系创造一个较稳定的生存环境和便于营养液的循环而建造的。它可以增大每株植株营养液的占有量而又不加大种植槽的深度，使营养液的浓度、pH值、溶存氧、温度等保持稳定；营养液循环系统由水泵、增氧支管、流量调节阀、供液管、液层控制管和回流管组成。

在建造岩棉栽培床时，首先筑畦，然后摆放岩棉种植垫和安装排液设备，种植时，将岩棉种植垫的面上薄膜割开一个小穴，即可定植幼苗。基质钵栽法是利用一定大小的容器，里面装入基质进行栽培的方法。常用容器的材质有陶瓷容器、塑料制品和木制品。

微信公众号：电子课本大全

第四章　无土栽培的管理

从一个出生的婴儿到长成栋梁之材，中间包含了母亲多少的辛劳！同样从一粒种子到长成挂满果实的植株，中间是一个漫长的过程，也需要园艺工作者的精心呵护。无论是生长在营养液里郁郁葱葱的生菜，还是挂满果实的番茄树，它们都是从一粒幼小的种子开始自己的生长历程的，而这个漫长过程的第一步是幼苗期，幼苗的培育和嫁接是无土栽培管理中的重要环节，营养液和植株的管理也必不可少。

我们已经为番茄树准备好了“盛宴”，也为它建造了一个舒适的“家”，给你一粒番茄种子，你能收获鲜艳的番茄果实吗？



微信公众号：电子课本大全

第一节　无土育苗与嫁接育苗

学习导航

1. 什么是穴盘育苗？其操作步骤是什么？
2. 为什么要进行嫁接育苗？嫁接育苗的方法有几种？各有什么特点？

现象与问题



我们在田野中经常会看到一块块的苗圃，有树苗，有稻秧，有幼小的花卉和菜苗，这里是一幅生菜育苗的现场图。

讨论：

1. 岩棉和黑色的容器在育苗中起什么作用？
2. 作物为什么要首先育苗？
3. 这是一种什么样的育苗方法？

无土育苗是指不用天然土壤，而利用蛭石、草炭、珍珠岩、岩棉等天然或人工合成基质及营养液进行育苗的方法。无土育苗省去了传统土壤育苗所需的大量床土，减轻了劳动强度，另外，育苗基质体积小、重量轻，便于秧苗长途运输和进入流通领域。

按照使用的育苗容器不同，无土育苗的方式有育苗钵育苗、泡沫小方块育苗、岩棉块育苗、育苗箱育苗、育苗筒育苗和穴盘育苗。目前无土育苗多采用穴盘育苗。

一、穴盘育苗

图4.1中，每棵番茄、黄瓜的幼苗生长在一个小格室里，这些小格室又互相连接在一起，它们每株有一个独立的生活空间，又可以相互招手交流，生活得多么惬意啊！这种育苗方法就是穴盘育苗。

穴盘育苗是以草炭、蛭石等轻质材料做育苗基质，采用机械化精量播种，一次成苗的现代化育苗方式。由于这种育苗方式选用的苗盘是分格室的，播种时一穴一粒，成苗时一室一株，并且成株苗的根系与基质能够相互缠绕在一起，根坨呈上大底小的塞子形，故也称为塞子苗，目

微信公众号：电子课本大全



图 4.1　穴盘育苗



图 4.2　穴盘苗

前多称做穴盘苗(图 4.2)。

1．育苗容器——穴盘　穴盘是按照一定的规格制成的带有很多小型钵状穴（又称格室）的塑料盘（图 4.3），穴盘根据蔬菜种类和用途规格不尽相同。国际上使用的穴盘外形大小多为27.8cm × 54.9cm，根据穴盘孔穴数的多少，穴盘分为 50、72、128、200、288 等不同规格。在培育番茄和黄瓜幼苗时一般可选用 72 孔的穴盘。

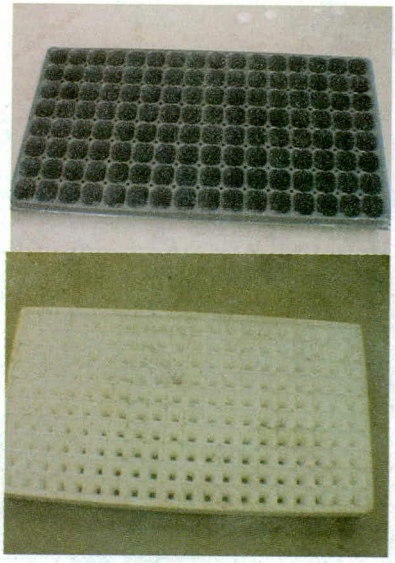


图 4.3　穴盘

2．配制育苗基质　在第二章我们已经设计了一些无土栽培的基质配方，现在就请你利用自己设计的基质配方，培育 5 个穴盘的番茄和黄瓜幼苗，选择需要的基质并计算各种基质所需的用量（见表4.1），量取相应的体积然后进行混合。

表 4.1　所需基质体积的计算

单个穴盘的体积	所需总基质的体积	基质 1 的需要量	基质 2 的需要量

3．装盘与压穴　将充分混合好的基质装入穴盘内，然后用一个刮板刮平穴盘，再用一根小木棒在每个小格室中央压一个深 0.5cm 的小穴。

4．播种　选取饱满的番茄（或黄瓜）种子，将它们轻轻地放入每个格室的小穴中央。番茄种子较小，直接手播较难控制，可以采用点播器吸取种子进行播种（图 4.4）。



图 4.4　用于播种小粒种子的点播器

5．覆盖与浇水　每个穴盘播种完毕后，检查一下是否每个小格室都摆放了种子，然后用蛭石覆盖 1cm，最后浇透水，见图 4.5。这样一盘穴盘苗就播种完了。

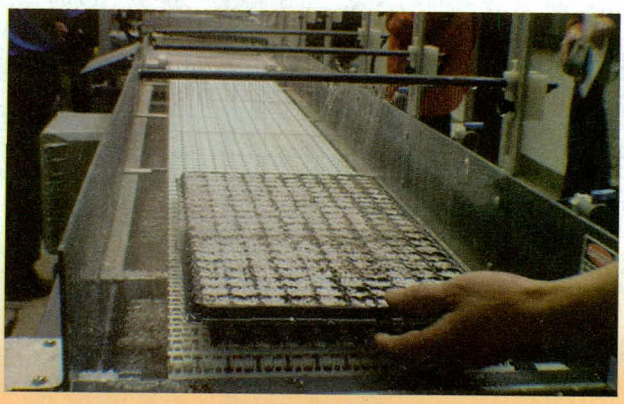


图 4.5　洒水

微信公众号：电子课本大全

小资料

自动播种生产线

蔬菜育苗穴盘自动精播生产线装置，是工厂化育苗的一组核心设备，它由育苗盘(钵)摆放机、送料及基质装盘(钵)机、压穴及精播机、覆土机和喷淋机等五部分组成(图4.6)。这五大部分在一起是自动生产线，拆开后每一部分又可独立作业。

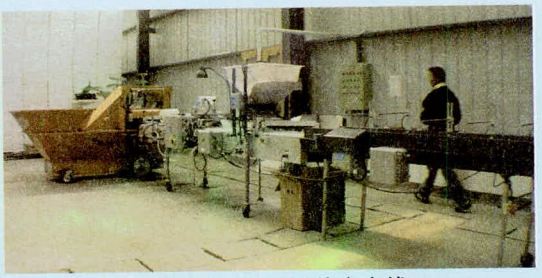


图4.6　自动播种生产线

新视窗·方法外延

岩棉块育苗

播种时在小方块岩棉中部划个“十”字型，当种子发芽幼苗生长到两片真叶时，然后再将其放入大块岩棉上。大块岩棉中央开有一个小方洞，刚好与嵌入的小方块相吻合，叫做“缸中缸”。大块的岩棉除上下两个面外，四周应用黑色或乳白色不透光的塑料薄膜包上，防止水分蒸发、在四周积累盐分及滋生藻类。



图4.7　岩棉块育苗

二、苗期管理

完成了穴盘播种的操作，在合适的环境条件下，种子就可以依靠自身储存的营养完成发芽过程（图4.8），首先长出幼小的根，然后是胚轴的生长，直至子叶伸出。

随着番茄真叶的长出，植株就可以进行光合作用了，这就需要加强幼苗的营养与水分供应。在幼苗期由于生长量小，我们可以采用常规浓度的1/2～1/3进行营养液的配制。

我们在第二章已经学习过营养液的配制方法，现在就可以为番茄幼苗配制一些营养液了。

育苗期的灌溉还因季节而不同，夏天气温高，每天喷水2～3次，每隔1天喷肥1次。冬季气温低，2～3天喷1次，可以采取一次喷水一次喷肥的方法，效果较好。

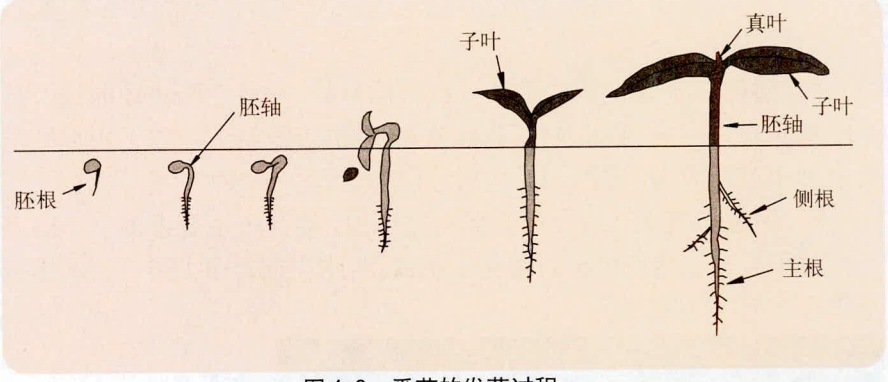


图4.8　番茄的发芽过程

三、嫁接方法和技术

俗话说“根深叶茂”，植物只有根系发育良好，才能吸收较多的水分和营养物质，充分满足地上部生长的需要，促进植株健壮生长和形成较大的果实，获得较高的产量。为了获得强大的根系，通常在幼苗期采用换根的方法，这就是嫁接育苗。

微信公众号：电子课本大全

小资料

幼苗对温度的要求

表 4.2　不同幼苗对温度的要求

植物种类	白天最适温度／℃	夜间最适温度／℃
番茄	20～25	12～16
黄瓜	22～28	15～18
莴苣	15～22	8～15
草莓	15～22	8～15
紫罗兰	19～21	23.5～25.5

将一植物体的芽或枝接到另一植物体的适当部位，使两者接合成一个新植物体的技术称为嫁接。采用的芽或枝称为接穗，而另一接受接穗的植物体称为砧木。

1．舌接法嫁接黄瓜

(1) 接穗处理：取接穗，在子叶下部1～1.5cm处呈15°～20°角向上斜切一刀，深度达胚轴直径的3/5～2/3。

(2) 砧木处理：去除砧木生长点和真叶，在其子叶节下0.5～1cm处呈20°～30°角向下斜切一刀，深度达胚轴直径的1/2。

(3)砧木与接穗结合：将砧木和接穗的切口相互套插在一起，用专用嫁接夹固定或用塑料带绑缚。将砧穗复合体栽入营养钵中，保持两者根茎距离1～2cm，以利于成活后断茎去根，见图4.9。

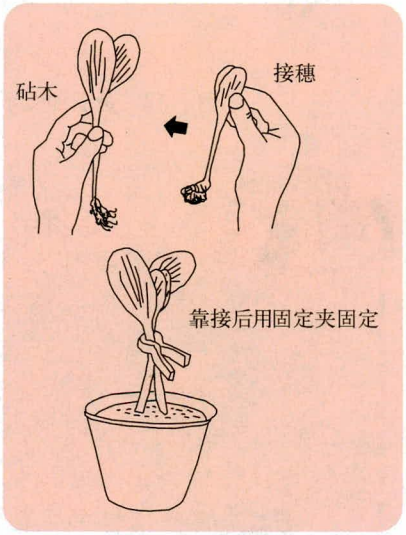


图 4.9　舌接法

2．劈接法嫁接番茄

(1) 接穗处理：将接穗苗拔出，保留两片真叶和生长点，用锋利刀片将其基部削成楔形，切口长度1～2cm。

(2) 砧木处理：将砧木于第二片真叶上方截断，用刀片将茎从中间劈开，劈口长度1～2cm。

(3) 砧木与接穗结合：将削好的接穗插入砧木劈口中，用夹子固定或用塑料带活结绑缚，见图4.11。

3．插接法嫁接黄瓜

(1)接穗处理：拔出接穗幼苗，用食指和中指夹住其根部，右手持刀片在子叶节以下0.5cm处呈30°角向前斜切，切口长度0.5～0.8cm，接着从背面再切一刀，使下胚轴呈不对称楔形，见图4.12（c）。

(2) 砧木处理：用竹签剔除砧木的真叶和生长点。然后左

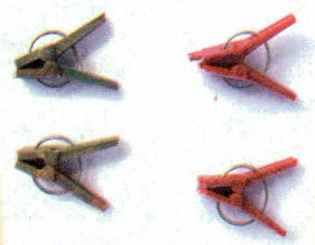


图 4.10　嫁接夹

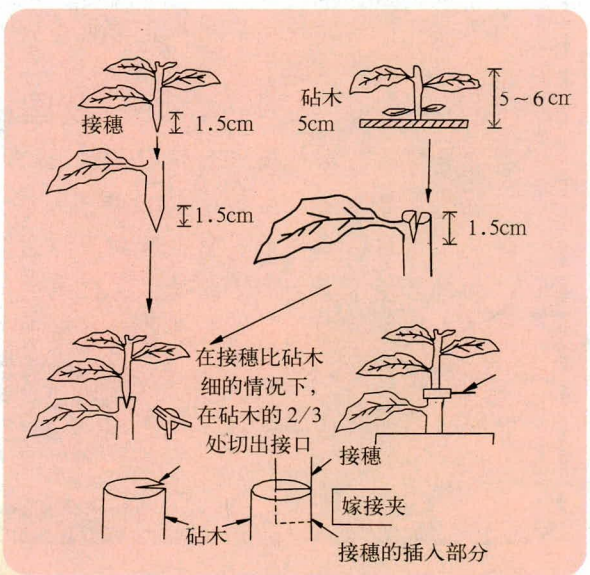


图 4.11　番茄劈接示意图

微信公众号：电子课本大全

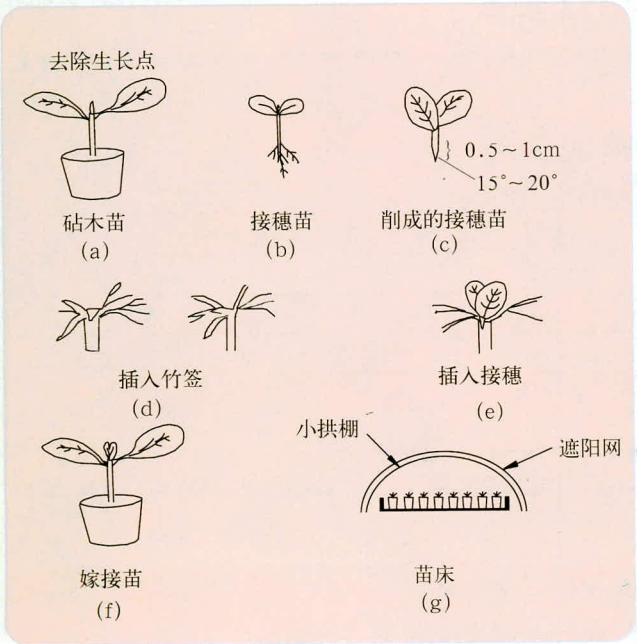


图 4.12　黄瓜插接示意图

手轻捏砧木苗，右手用竹签斜插，深度0.5～0.8cm，见图 4.12(a) 、(d)。

(3) 砧木与接穗结合：将削好的接穗插入砧木小孔中，使两者密接，见图 4.12(e)。

4．嫁接苗的管理

(1)光强：嫁接愈合过程中，前期尽量避免阳光直射，以减少叶片蒸腾，防止幼苗失水萎蔫，但要注意让幼苗见散射光。嫁接后2～3d内适当遮阴 [图4.12(g)]；3d后早晚不再遮阴，只在中午光照较强一段时间临时遮阴；7～8d 后去除遮阴物，全日见光。

(2)温度：嫁接后保持较常规育苗稍高的温度可以加快愈合进程。嫁接后3～7d，随通风量的增加降低温度 2～3℃。一周后叶片恢复生长时说明接口已经愈合，即转入正常温度管理。

(3) 湿度：将接穗水分蒸腾减少到最低限度是提高嫁接成活率的决定性因素之一。每株幼苗完成嫁接



小 资 料

嫁接成活机理

嫁接的基本要求是使砧木和接穗形成一个整体。砧木和接穗切口处细胞由于受刀伤刺激，两者的形成层和薄壁细胞组织开始旺盛分裂，从而在接口部位产生愈伤组织，将砧木和接穗结合在一起。与此同时，两者切口处输导组织相邻细胞也进行分化形成同型组织，使上下输导组织相连通而构成一个完整个体。这样砧木根系吸收的水分、矿物质营养及合成的物质可通过输导组织运送到地上部，接穗光合同化产物也可以通过输导组织运送到地下部，以满足嫁接后植株正常生长的需要。

我国古代的嫁接技术

植物的嫁接技术为我国首创，据考古记载，我国古代嫁接技术是仿效自然界“木连理”现象逐渐演变产生的。“木连理”又称“连理枝”，是指树木在自然条件下枝干彼此摩擦造成损伤后两个枝干发生自然愈合而连接生长在一起的现象。将这种自然现象沿用于其他植物就产生了原始的舌接技术。公元前 1 世纪《氾胜之书》上就有葫芦舌接的记载：“下瓠子十棵……即生长二尺余，便总聚十茎一处，以布缠之五寸许，复用泥泥之，不过数日，缠处便合为一茎。”这种做法即利用10株葫芦的根系吸收营养集中供应一条蔓生长，据说培育的葫芦比原来的大得多。

微信公众号：电子课本大全

后立即将基质浇透水，随嫁接随将幼苗放入已充分浇湿的小拱棚中[图4.12(g)]，用薄膜覆盖保湿，嫁接完毕后将四周封严。前3d相对湿度最好在90%～95%以上，每日上下午各喷雾1～2次，保持高湿状态，以薄膜上布满露滴为宜。4～6d内相对湿度可稍微降低，85%～90%为宜，一般只在中午前后喷雾。嫁接一周后转入正常管理。



活动延伸

黄瓜苗的嫁接

材料：培育好的黄瓜接穗幼苗和砧木幼苗。

工具：刀片、竹签、纱布或酒精棉、塑料夹、小喷雾器、嫁接台等。嫁接场所要求没有阳光直射、空气湿度80%以上。

嫁接要求：按舌接法的操作步骤进行。

记载嫁接苗嫁接及管理要点（表4.3），统计嫁接苗成活率，写出实验报告。

表4.3　幼苗嫁接后的环境管理

嫁接后天数	温度/℃	遮阴时数	湿度/%

阅读材料

适于机械化作业的嫁接方法

机械化嫁接过程中，要解决的重要问题是胚轴或茎的切断，砧木生长点的去除和砧、穗的把持固定方法。日本小松株式会社研制成功了全自动式智能嫁接机（图4.13）。嫁接机的作业过程如下：首先，由一台砧木预切机将用穴盘培育的砧木在穴盘行进中从子叶以下把上部茎叶切除。然后，将切除了砧木上部的穴盘与接穗的穴盘同时放在全自动式智能嫁接机的传送带上，嫁接作业由机械自动完成。砧木穴盘与接穗穴盘在嫁接机的传送带上同速行至作业处停住，一侧伸出一机器手把砧木穴盘中的一行砧木夹住，同时，切刀在贴近机器手面处重新切一次，使其露出新的切口；紧接着另一侧的机器手把接穗穴盘中的一行接穗夹住从下面切下，并迅速移至砧木之上将两切口平面对接，然后由从喷头喷出的黏合剂将接口包住，再喷上一层硬化剂把砧木、接穗固定。这种平面智能机嫁接法每小时可嫁接1 000株苗，管理方便，成活率及幼苗质量高，适用于子叶展开的黄瓜、西瓜和1～2片真叶的番茄、茄子。

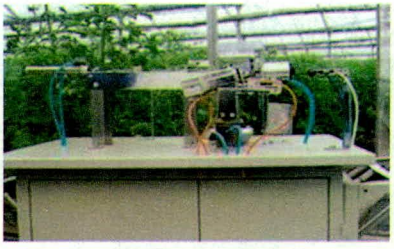


图4.13　自动嫁接机

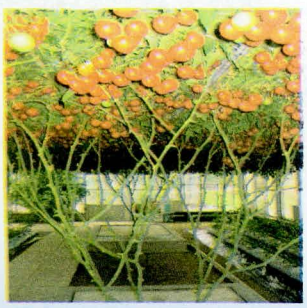
微信公众号：电子课本大全

第二节　营养液的管理

学习导航

1. 如何对营养液的浓度进行管理?
2. 如何调整栽培营养液的酸碱度?
3. 怎样提高栽培营养液的溶氧量?

现象与问题



在番茄树生长的前期，浓度很低的营养液就能满足作物的需求，而在作物旺盛生长的时期，我们不仅需要增加营养液的浓度，还要增加营养液的量。为什么在作物不同的生育阶段，对营养液浓度的需求也在变化？你能说出植物在不同生育阶段的营养需求有哪些差异吗？基于这些差异，我们应当考虑哪些问题？

一、营养液浓度的管理

以番茄树的培育为例，一粒种子长出幼苗，经历植株茎叶的生长、开花、果实的发育直至成熟，中间要跨越多个生长阶段。在不同的阶段，由于植株生长速度和生长部位的不同，对营养吸收存在很大的差异，加上营养液自身水分的蒸发，营养液的浓度也会发生变化，为了满足作物生长的需要，就需要对营养液的浓度进行检测和调整。营养液浓度管理的指标通常用电导率来表示。

生产中一般每隔 7d 左右检测一次营养液，记录耗水量及 EC 值的变化，并及时补充和调整。EC 值可用电导仪简便准确地测定出来，表 4.4 给出了一些蔬菜在不同生育时期所需营养液浓度所对应的 EC 值。当营养液浓度低时，可加入母液进行调整，当营养液浓度高时，应加入清水稀释。

表 4.4　果菜类不同生育时期营养液所对应的 EC 值

生育时期	合适浓度所对应的 EC 值 /(mS · cm^{-1})
育苗期	0.8～1.0
定植初期	1.0～1.5
生长中后期	1.5～2.0
果实发育期	2.5～3.0

微信公众号：电子课本大全

小资料

营养液浓度的测定

配制营养液用的无机盐是强电解质，其水溶液具有导电作用，导电能力的强弱可用电导率表示。在一定浓度范围内，溶液的含盐量(即浓度)与电导率呈密切的正相关，含盐量愈高，溶液的电导率愈大，因此营养液的电导率能间接反映溶液浓度的高低。电导率用电导仪(图4.14)测定，常用单位为mS/cm。这是目前无土栽培生产中最常用的测定营养液浓度的方法。

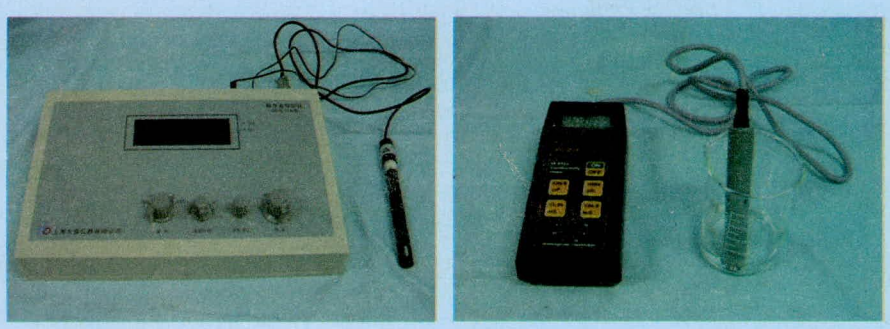


图4.14　电导仪



实践活动

营养液浓度的调整

番茄在果实发育期，营养液的适宜浓度所对应的EC值应为2.5 mS/cm，起始体积为500L。栽培一段时间后EC值降为1.5 mS/cm，营养液体积下降到300L。为了果实的正常发育，需要将营养液的浓度和量调整到原来的水平。在第二章学习过程中，我们已经配制好了栽培番茄树的浓缩液，请计算一下，需要加入多少量的浓缩液与水分，才能使营养液恢复到原来的水平？

浓缩液（大量元素）加入量：_____

浓缩液（微量元素）加入量：_____

水加入量：_____

在具体操作时为避免失误，先取一定体积的营养液进行调整，然后进行电导率的测定，待达到了规定的要求，再根据该比例进行浓缩液的添加。

微信公众号：电子课本大全

新视窗 · 知识外延

pH值的测定方法

营养液pH值的测定方法有：pH试纸法、标准色管比色法和电位计测定法。试纸法和比色法测定容易产生干扰，准确度差。电位计测定法可排除上述干扰，其精密度和准确度高，一般可准确到0.02个pH单位。较精密的酸度计可达0.001个pH单位。现在市场上已有多种便携式pH仪（图4.15），测试方法简单、快速、准确，是进行无土栽培必备的仪器。



图4.15　酸度计

二、酸碱度的调整

营养液的酸碱度即pH值影响作物的代谢和作物对营养元素的吸收。如铁对营养液的酸碱度特别敏感，在碱性条件下，二价铁易转化为三价铁而沉淀，铁的有效性也随之降低。大多数作物根系在pH值为5.5～6.5的酸性环境下生长良好，栽培番茄树的营养液pH值应控制在6.5左右。



实践活动

酸度计的使用

步骤：

（1）按说明书调节好仪器。

（2）玻璃电极在使用前应放入纯水中浸泡12h以上。

（3）将酸度计的电极浸入25℃与样品溶液相接近的pH值标准缓冲溶液中，校正酸度计刻度。取下电极，用水冲洗干净，然后浸泡在蒸馏水中备用。

（4）取营养液并调整液温至25℃，将校正过的酸度计电极用纯水冲洗干净，放入样品溶液中，搅拌1min，测试两次，误差范围±0.02，取其平均读数值。测定完毕后，将电极冲洗干净，其中玻璃电极浸在蒸馏水中备用。

在种植过程中对营养液的pH值进行调控，主要是用酸碱中和的方法，使其pH值恢复到合适的水平。当pH值上升时，可用稀硫酸（H_2SO_4）或稀硝酸（HNO_3）来中和；当营养液的pH值下降时，可用稀碱溶液，如氢氧化钠（NaOH）或氢氧化钾（KOH）来中和。进行营养液pH值调节所用的酸或碱的浓度不能太高，一般可用1～3mmol/L的浓度，并且要用水稀释后才能加入种植系统的储液池中。

在确定所用酸或碱的量时，必须用实际滴定曲线的办法来确定。取一定体积的营养液，用已知浓度的酸碱溶液逐滴加入，用酸度计监测其pH值的变化，达到要求后记下其用量，然后推算出整个栽培系统的用量。

微信公众号：电子课本大全



实践活动

营养液 pH 值的调整

1. 测定所配制的工作液的 pH 值。

2. 取 100ml 营养液，将其 pH 值分别上调和下调 1、2，选择相应的酸碱试剂，并计算用量：

表 4.5　pH 的调整

试剂 \ pH 值	pH 值下调 1	pH 值下调 2	pH 值上调 1	pH 值上调 2
化学试剂				
用量 /ml				

三、营养液溶氧量的管理

植物的呼吸作用需要氧，包括幼小的叶和根系都有旺盛的呼吸作用。地上部的叶子可从大气中吸收氧，深液流培的番茄树根系完全浸在营养液中，根系的供氧全靠营养液中的溶氧来保证，而营养液中的溶氧量又受到液温等条件的影响，稍有不慎就会缺氧，因此要特别注意解决根系的供氧问题。

1．营养液溶氧量的测定　要对营养液中的溶氧进行管理，首先需要测定营养液中的溶氧量。



实践活动

营养液溶氧量的测定

现在我们用在高中化学中学过的碘量法测定营养液中的溶氧量。

1．量取 100ml 营养液，迅速加入固定剂 $MnSO_4$ 溶液和碱性 KI 溶液（含有 KOH），立即塞好瓶塞，反复振荡，使之充分反应，其反应式为 _____ 。

2．测定：开塞后迅速加入 12ml 浓 H_2SO_4（提供 H^+）使之生成 I_2，再用 0.5mol/L 的 $Na_2S_2O_3$ 溶液与之反应（以淀粉为指示剂），消耗 _____ ml，有关反应方程式为 _____ 。

3．计算营养液中的溶氧量，计算式是 _____ 。

上述这种测定营养液溶氧量的方法是比较复杂的，现在有一种专门的仪器——溶氧仪（图 4.16）可以迅速而准确地测定出溶氧的浓度。溶氧仪的使用方法可在网上查询。

微信公众号：电子课本大全

小 资 料

作物的耗氧量

1g番茄根在100ml溶液中，15℃时每小时耗氧量为0.16ml，当液温上升到30℃时，耗氧量为0.39ml，增加1.44倍。1g黄瓜根在100ml溶液中，20℃时每小时耗氧量为0.18ml，30℃时耗氧量上升到0.41ml，增加1.28倍。据日本山崎所做试验，网纹甜瓜的开花期在液温23℃时，每株每日吸液量为600ml，耗氧量每日为170ml；果实出现网纹时每日吸液量990ml，耗氧量为516ml；收获期每日吸液量310ml，耗氧量减少到422ml。





图4.16　溶氧仪

2．增加溶氧量的方法　营养液中溶存氧的来源，一是空气向溶液中自然扩散，二是人工增氧。自然扩散方法增氧的速度很慢，增氧量仅为饱和溶解氧的1%～2%，远远赶不上植物根系的耗氧速度。因此，人工增氧是水培技术中的一项重要措施。在水培生产中常用的增氧方法主要有压缩空气法、循环流动法、落差法、喷雾法和利用增氧机（图4.17）等。

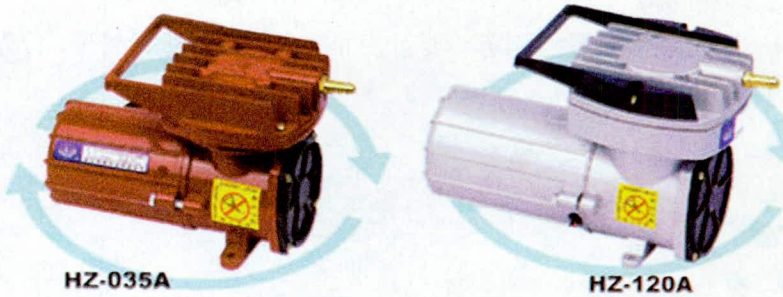


图4.17　增氧机

四、其他问题

在无土栽培的营养液管理方面除了应注意以上三个关键问题外，还要根据栽培作物和季节的不同及时调节营养液的温度，以满足作物生长的要求（例如，生菜等叶菜类植物的营养液温度应控制在15～20℃，黄瓜、番茄等则应控制在20～25℃）；在深液流技术栽培中还要注意，每隔30～40d更换一次营养液。

微信公众号：电子课本大全

第三节　植株管理

学习导航

1．番茄的植株管理有哪些项目？如何实施？
2．黄瓜的植株管理有哪些项目？如何实施？

现象与问题



这是一幅厚皮甜瓜果实发育期的图片，植株在塑料绳的牵引下生长的多么整齐。

讨论：

1．图片中的塑料绳起什么作用？
2．植株直立生长有什么好处呢？
3．每株为什么不留太多的果实呢？

一、番茄的植株管理

1．整枝　整枝是为了去除多余的枝条，使番茄有一个良好的空间分布，以利于接受阳光。普通番茄通常采用单干整枝(图4.18)，即除主枝生长点外，其余侧枝全部打掉。它又可根据需要，采取留1～5穗果摘心的方式，一般以留2～3穗果居多。应根据茬口安排决定摘心时期，摘心时应在植株最上部果穗之上留2～3片叶。

番茄树采用多干整枝法(图4.19)：选留健壮枝条，通过线绳牵引，使枝蔓像树冠一样沿不同方向生长，适宜的主干数量以植株达到网架时有25～32个生长点，植株平展达2m为宜。以后继续留枝蔓，并通过牵引使枝蔓在棚架上均匀分布，通过修剪去除过密枝蔓，避免相互遮蔽。前期摘除全部花穗，发现老黄病叶及下部细弱枝条及时打掉，后期摘除下部老叶和黄病叶。

2．吊蔓　番茄是半蔓生植物，自身不会直立生长，要让它像树木一样直立生长，我们必须给它一根“拐杖”来帮扶，这就是吊蔓。番茄通常采用直立吊蔓(图4.20)。



图4.18　番茄的单干整枝

微信公众号：电子课本大全

小资料

番茄的摘心

番茄生长到一定时期，将植株顶部摘除，称为摘心。摘心保证在有限的生长期内所结的果实能充分肥大和成熟。摘心时间应根据品种及生长期而定。有些品种长至2～4个花序后不再发生新的花序，不需摘心，过早摘心反而会抑制根系发育。一般栽培，留4～5层果穗，于拉秧前40～50d摘心。

新视窗·知识外延

其他整枝方法

连续摘心整枝：当主枝第1穗花开放后，将紧靠该穗花下部的叶腋中出现的第2侧枝留下，其余侧枝打掉，待第1侧枝上第2穗花出现后，上留2片叶摘心。依此类推，可根据需要留4～10穗果。

多次换头整枝：先在主枝上留3穗果后，上留2片叶摘心，然后待主枝上第2穗果采收结束时，选择上部发出的健壮侧枝留1～2个，然后每侧枝上留2～3穗果再次摘心，待侧枝上1～2穗果采收结束后，再选择植株上部发出的健壮侧枝留1～2个。依此类推，可根据需要留5～10穗果。



图4.19　番茄树的多干整枝



图4.20　番茄的直立吊蔓

微信公众号：电子课本大全

探究尝试

不用吊蔓，番茄的植株也可以匍匐在地面生长，为何还用吊蔓方法？吊蔓与爬地生长相比，有哪些优点呢？

番茄树的秧体高大，因此需要支撑设施。由于是草本植物，植株茎蔓不能直立生长，因此需用栽培架结合丝线牵引，以达到形成理想株形的目的。栽培架用直径3～5cm的铁管连接而成，离地面2～2.5m处用尼龙绳做成33cm见方的网格。如果温室内有吊蔓铁线，则不必搭栽培架，直接将铁线和尼龙绳做成33cm见方的网格，用以吊蔓和支撑秧体即可。

3．疏花疏果　在自然状况下，番茄可以着生很多果实，如此多的果实挂在番茄植株上竞相吸收养分，结果是谁也长不好，这就需要我们采取“计划生育”，栽培学上称之为“疏花疏果”。当番茄植株在栽培架上水平展幅达4m，生长点数量500个左右时，开始留花留果。为促进果实生长膨大，可用熊蜂授粉，或用20～40mg/kg的坐果灵喷花。每穗花留4～6个果实。

4．其他管理　在植株生长到距温室顶部30cm时要及时“落蔓”，即将吊蔓的绳子松开，使部分植株松落到地面上，然后再将已下降的茎蔓用吊绳绑紧，以便植株继续向上生长。在番茄生长的中后期，还应及时摘除植株下部的叶片，一般是摘除红熟果实以下的老叶和病叶，以便通风透光。

二、黄瓜的植株管理

1．整枝　普通黄瓜栽培通常采用单干整枝(图4.22)。黄瓜树一般采用多干整枝(图4.23)，6～8节开始留果，根据长势和产出高峰期安排每节留1果或每2节留1果。从茎基部至生长线采用单干，当植株顶端越过生长线后留一片叶在生长线上部，然后摘心。用绳子在该叶片下将主蔓与生长线系在一起，待发出侧蔓时，留两条侧枝继续生长。在侧枝越过生长线后牵引其向下生长，待侧枝



图4.22　黄瓜的单干整枝

新视窗·知识外延

番茄果实的成熟过程

番茄果实的成熟过程一般分为四期：青熟期：果实基本停止生长，果顶白色；转色期：果顶部由绿白色转为淡黄至粉红色；坚熟期：整果着色，果肉较硬；完熟期：果实肉质开始变软。



图4.21　番茄果实的成熟期

微信公众号：电子课本大全



图 4.23　黄瓜树的多干整枝



图 4.24　黄瓜的吊蔓

长至离地面 1m 时，摘心留二级侧枝继续生长。

2．吊蔓　黄瓜像番茄一样也是蔓生植物，自身不会直立生长，需要采取吊蔓才能直立生长。在吊蔓之前，首先在植株上方拉挂铁丝，然后用塑料绳一端挂在铁丝上，一端固定在黄瓜植株的下部，将植株向上牵引(图 4.24)。



实践活动

黄瓜吊蔓

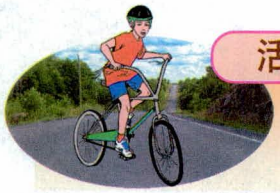
用具：细铁丝、塑料绳、剪刀。

操作步骤：在黄瓜植株上方 2m 左右，顺着行向固定细铁丝；将塑料绳按 2.4m 一段剪开；把塑料绳一端绑在黄瓜植株茎基部，另一端固定在上方的铁丝上；将黄瓜植株小心缠绕在铁丝上。

3．其他管理　及时摘除主茎上的侧枝、卷须，可减少养分的损失，同时有利于果实的良好发育和植株的生长。及早摘除不需要的果实对植株生长很重要，如果果实过多，会引起果实畸形、弯曲、粗短或色泽差而影响品质。及时摘除下部变色衰老叶片（一般叶龄 60d 以上）有利于通风透光，方便采果，同时可促进新枝叶的生长。

打老叶、整侧枝宜在上午进行，以利于伤口干燥，减少病菌侵染。绑蔓（绕头）每周 3 次，宜在下午进行，因上午植株水分含量较高，绑蔓时易折断。

微信公众号：电子课本大全



活动延伸

果菜的植株管理

1．材料与用具：

园艺植物：可在下列蔬菜植物中选择一种进行操作：番茄、茄子、辣椒、甜瓜和黄瓜植株。

用具：竹竿、剪刀、绳子、记号笔、标签牌等。

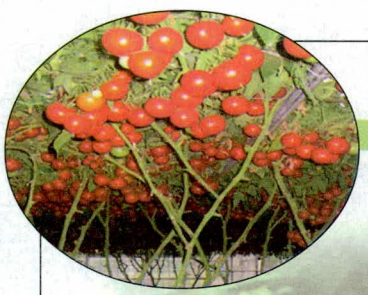
2．方法与步骤：

搭架、吊蔓、缚蔓：番茄苗高30cm左右时进行搭架，植株每生长3～4片叶缚蔓一次；黄瓜、甜瓜于5片真叶时支架或吊蔓，蔓长30cm以后缚或绕一次，以后每隔3～4节一次。

整枝：番茄采用单干整枝，只留主干，去除所有侧枝；甜椒和茄子采用双干整枝或三干整枝；黄瓜和甜瓜采用单蔓整枝法，甜瓜去除第12节前和第14节以后的所有侧蔓。

疏花疏果：番茄大果型每穗留2～3个果，中果型每穗留4～6个果，其余花果全部疏去；对于黄瓜，及时摘去根瓜及畸形花果；甜瓜一般只保留1～2个果，开花后要进行人工授粉，待幼果长至鸡蛋大小时，选留其中生长良好的一个果。

3．要求：写出实验报告，记录每个活动的操作步骤。



本　章　小　结

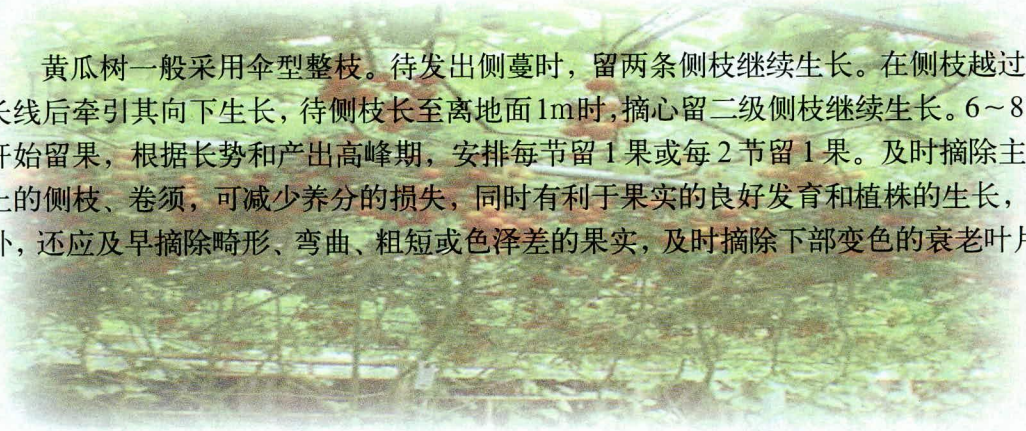
穴盘育苗是以草炭、蛭石等轻基质材料做育苗基质，采用机械化精量播种，一次成苗的现代化育苗体系，是国际上20世纪70年代发展起来的一项新的育苗技术。一般采用穴盘作为育苗容器，用2～3份草炭和1份蛭石混合作为基质，用蛭石作为覆盖种子的材料；播种分为人工播种和机械播种，人工播种时先将配好的基质装入穴盘内，接着压穴，深度为0.5～1cm，然后将种子播入穴内，用蛭石进行覆盖，最后浇透水。

将一植物体的芽接到另一植物体的适当部位，使两者接合成一个新植物体的技术称为嫁接。采用的芽或枝称为接穗；而另一接受接穗的植物体称为砧木。嫁接方法主要有舌接法、劈接法和插接法。

在植株栽培过程中需要不断地对营养液的浓度、pH值和溶解氧进行监测与调整。浓度一般用电导仪进行测定，适宜的范围为1.5～2.5 mS/cm；pH值可用酸度计进行测定，适宜的范围为5.5～6.5，失调时可用稀酸或稀碱进行调整。

番茄的植株管理包括：整枝、吊蔓、留花留果等。普通种植的番茄多采用单干整枝，而番茄树采用多干整枝；为了保证果实的质量，需要对番茄进行疏花疏果，每穗一般留3～4个果实，番茄树每穗可多留一些果实。

微信公众号：电子课本大全



黄瓜树一般采用伞型整枝。待发出侧蔓时，留两条侧枝继续生长。在侧枝越过生长线后牵引其向下生长，待侧枝长至离地面1m时，摘心留二级侧枝继续生长。6～8节开始留果，根据长势和产出高峰期，安排每节留1果或每2节留1果。及时摘除主茎上的侧枝、卷须，可减少养分的损失，同时有利于果实的良好发育和植株的生长，另外，还应及早摘除畸形、弯曲、粗短或色泽差的果实，及时摘除下部变色的衰老叶片。

微信公众号：电子课本大全

附录　部分中英文词汇对照表

无土栽培	soilless culture
太空农业	space agriculture
营养液膜技术	nutrient film technique，NFT
岩棉培	rock wool culture
水培	hydroponics
深液流技术	deep flow technique，DFT
固体基质栽培	solid substrate culture
有机基质栽培	organic substrate culture
雾培	aeroponics
袋培	bag culture
营养液	nutrient solution
配方	formula
溶存氧	dissolved oxygen，DO
基质	substrate
有机基质	organic substrate
无机基质	inorganic substrate
砂	sand
石砾	gravel
珍珠岩	perlite
草炭	peat moss
蛭石	vermiculite
岩棉	rock wool
锯末	sawdust
树皮	bark
消毒	pasteurization
蒸汽消毒	steam pasteurization
化学消毒	chemical pasteurization
堆密度	bulk density
总孔隙	total porosity
通气孔隙	air-filled porosity
持水孔隙	water-holding porosity
阳离子代换量	cation exchange capacity, CEC
电导率	electrical conductivity, EC
水泵	pump
储液池	sump

微信公众号：电子课本大全

供液主管	inlet manifold
回流主管	outlet manifold
栽培垫	slab
塑料膜	plastic film
定植板	planting board
定植孔	planting hole
排水孔	drain hole
温室	greenhouse
生菜	lettuce
黄瓜	cucumber
番茄	tomato
茄子	eggplant
辣椒	pepper
幼苗	seedling
嫁接	grafting
砧木	root stock
接穗	scion，cion

微信公众号：电子课本大全