

王瑜 范双喜 编著
孙良先 韦强

庭院蔬菜无土栽培



海洋出版社

20
4

庭院蔬菜无土栽培

王 瑜 范双喜 编著
孙良先 韦 强

图书在版编目(CIP)数据

庭院蔬菜无土栽培/王瑜编著. - 北京:海洋出版社, 2000

ISBN 7-5027-4752-4

I. 庭… II. 王… III. 蔬菜-无土栽培 IV. S630.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 23780 号

海洋出版社 出版发行

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

北京媛明印刷厂印刷 新华书店发行所经销

2000 年 5 月第 1 版 2000 年 5 月北京第 1 次印刷

字数: 190 千字 开本: 787×1092 1/32 印张: 8.625

印数: 1~5000 册

定价: 13.00 元

海洋版图书印、装错误可随时退换

前 言

无土栽培的历史,可以追溯到 2000 多年以前。但是,作为一项兴起的农业高新技术,却是从本世纪 40 年代开始的。它是农业技术的一场革命,它不仅具有显著的增产作用,而且利用无土栽培可以有效地克服蔬菜、花卉等保护地栽培中土壤泛盐、土传病害、重茬等连作障碍问题,可在不适于耕作的地方(如盐碱地、沙漠、矿区、海岛、屋顶等)周年种植。因此受到许多国家的重视,如英国、荷兰等 90% 以上的瓜果蔬菜以及盆栽花卉采用了无土栽培,其设备完善、管理水平高,已达到全自动化、工厂化生产水平。我国无土栽培起步较晚,但自改革开放以来,设施园艺得到迅速发展,蔬菜无土栽培备受许多省市重视,兴起了研究、投资经营蔬菜无土栽培的热潮,近年来我国无土栽培面积已超过 200 公顷。随着我国国民经济的迅速发展,人民物质文化水平的提高,作为无公害农业象征的无土栽培,其发展浪潮正在形成。为了推动无土栽培技术的发展,以适应形势需要,我们编写了《家庭蔬菜无土栽培》这本书,以供读者参考。

编 者

1998 年 2 月 16 日

目 录

一、概 述	(1)
(一) 什么是无土栽培	(1)
(二) 无土栽培发展历史	(2)
(三) 无土栽培的分类	(4)
(四) 无土栽培的优点	(4)
(五) 我国无土栽培的发展前景	(8)
二、无土栽培与蔬菜的生长发育	(9)
(一) 蔬菜根系的特点	(9)
(二) 根系对水分的吸收	(12)
(三) 根系对矿质营养的吸收	(15)
(四) 根系对氧的吸收	(27)
三、无土栽培的形式与类型	(28)
(一) 无基质栽培	(28)
(二) 固体基质的作用和选用原则	(42)
(三) 有基质栽培	(45)
四、无土栽培的基质	(77)
(一) 固体基质的作用	(79)
(二) 基质的物理性质	(80)
(三) 基质的化学性质	(83)
(四) 基质与作物生长的关系	(87)

(五) 基质的选用原则与消毒	(89)
(六) 常用基质的分类	(92)
(七) 常用基质的性能	(93)
五、营养液	(106)
(一) 营养液的肥源及其种类	(106)
(二) 营养液的组成	(111)
(三) 营养液的酸碱度	(121)
(四) 营养液与水质	(125)
(五) 营养液的配制技术	(128)
(六) 营养液的管理	(131)
(七) 营养液经验配方示例	(141)
六、主要蔬菜作物无土栽培技术	(145)
(一) 黄瓜	(145)
(二) 甜瓜	(150)
(三) 西瓜	(152)
(四) 番茄	(157)
(五) 甜(辣)椒	(163)
(六) 菜豆	(167)
(七) 草莓	(170)
(八) 芹菜	(179)
(九) 鸭儿芹	(181)
(十) 茼蒿	(183)
(十一) 香葱	(185)
(十二) 小萝卜	(186)
(十三) 结球莴苣	(190)
(十四) 芽类蔬菜	(195)

七、无土栽培蔬菜的营养诊断与生理障碍诊治	(210)
(一) 主要蔬菜作物营养失调症状	(210)
(二) 蔬菜无土栽培中常见的营养障碍与诊断 ...	(215)
(三) 主要蔬菜作物生理障碍与防治	(220)
八、蔬菜主要病害防治	(237)
九、蔬菜主要虫害防治	(261)

一、概 述

(一) 什么是无土栽培?

无土栽培又称水培、营养液栽培等。是近几十年发展起来的不同于传统农业种植的一种新的栽培作物的方法。无土栽培不用天然土壤,而是把作物种植在一定的容器内,定时、定量地供应营养液,配合科学的管理技术,使栽培作物能够正常生长获得优质、高产。

无土栽培是农业上的一项重大改革。过去认为农业离不开土壤。几千年来,人类所进行的农业生产都是在大自然的支配下进行的,而无土栽培是以人工创造的根系和小区环境条件取代土壤环境。这种环境条件不仅能够满足作物对矿质养分、水分和气体条件的要求,而且人工能够对这些条件加以控制和调节,从而摆脱了土壤栽培的种种限制,扩大了作物栽培领域,促进作物的生长和发育,使它发挥更大的生产潜力。

所以,无土栽培是科学技术发展到一定阶段的产物,它必然随着科学技术的发展而发展。现在无土栽培在国际上已发展成一门专业学科——无土栽培学。1969 年成立了国际无土栽培协会。世界各国在发展无土栽培时,不断提高管理水平,以致完全达到无土栽培的现代化、自动化水平。我国无土栽培的应用起步较晚,但自改革开放以来,设施园艺得到迅速发展,蔬菜无土栽培受到了许多省市科研机构、政府机关的重视,1985 年成立了我国第一个无土栽培组织。

(二) 无土栽培发展历史

人们在很久以前就尝试不用土壤种植作物。宋代林洪的《山家清供》有生豆芽的记载。我国南方的“船户”在船后拖带一个竹木制作的筏子,在上面种菜。也有人在盘子里种蒜苗,碟子里养水仙等,这些都是原始的无土栽培。公元 1600 年,比利时科学家让·范霍尔蒙特进行的柳树试验,得出“植物从水中获得生长所需物质”的结论是正确的,是近代植物营养研究的启蒙。17 世纪人们认为促进植物生长的物质是水,18 世纪末则认为是腐植质,1838 年德国科学家斯普兰格尔鉴定出植物生长需要 15 种营养元素。

1859~1865 年德国科学家沙奇斯和他的学生克诺普为了进行植物生理试验,设计了一种水培装置(图 1-1)。

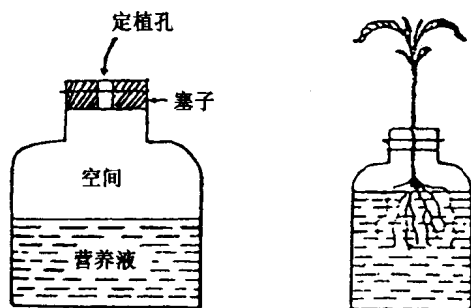


图 1-1 Sachs-Knop 水培装置

在这种装置中加入他们配制的营养液来栽培植物,他们得到了成功的结果,并明确了许多关于水培过程的管理方法。以后他们又研制了不同的营养液配方,对多种植物进行试验,均获得了成功,这种方法后来被称做水培法或营养液培法。

直到现在这种方法仍被广泛用于植物生理试验、营养试验和病理试验,示为现代无土栽培技术的先驱。

随着现代化科学进展,从1929年至第二次世界大战前夕,是无土栽培技术投入生产的发端期。1929年美国加利福尼亚大学格里克教授进行了大规模的植物营养研究,应用营养液栽培番茄获得成功,成为第一个将无土栽培用于商业化生产的人。1933年,他取得了一个“水培植物设施”专利,将它的设施命名为“水培法”。格里克水培的植物有甜菜、萝卜、胡萝卜、土豆、禾谷类作物、果类作物和观赏植物。40年代的早期,在太平洋中部的威克岛上建起了蔬菜无土栽培生产基地,向航空班机的乘客和服务员提供新鲜蔬菜。以后,水培生产技术很快传到了欧洲和亚洲。第二次世界大战期间,这一技术由于军事需要得到了发展,盟军在许多缺乏蔬菜的战略性无农业的岛屿上建立大规模的无土栽培基地,生产蔬菜解决军需。战后这一技术便在北美、欧洲、中东和日本等国迅速发展起来。进入20世纪50年代,许多国家先后建立了无土栽培基地,生产蔬菜、花卉等作物。此后,无土栽培进入快速发展阶段。80年代以后,世界不少国家在发展无土栽培技术方面又达到了一个新的高度,特别是荷兰无土栽培发展速度很快,现代化程度很高,全国近1万公顷的温室面积,几乎全部实现无土栽培生产。

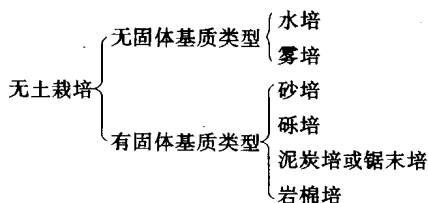
随着应用面积的扩大,无土栽培方法也在变化发展。1960~1965年间主要是固体基质探索期,采用麦秸、草炭、砂、蛭石、煤渣和锯末等天然基质。1978年以后,各国开始采用营养液膜技术(NFT)和岩棉栽培。

我国无土栽培的研究和应用起步较晚,从70年代后期首

先在营养液育苗方面进行了研究和应用,1980 年全国成立了蔬菜工厂化育苗协作组。80 年代中期以后,我国许多地区相继开展了无土栽培技术的引用、研究和推广工作。据不完全统计,至 1993 年底,全国无土栽培面积约 40~50 公顷。其中我国东部和东南沿海各大城市发展较快。当前无土栽培主要用于温室、大棚等保护地栽培,栽培种类多局限于保护地栽培已有的作物种类。但是,随着我国农业科学技术的发展,无土栽培技术将会呈现出全新的发展局面。

(三) 无土栽培的分类

无土栽培从最早的模式开始,至今经历了 100 多年,经过许多代人的努力已发展出多种类型。因此很难加以详细分类,现将最通常的分类介绍如下:



(四) 无土栽培的优点

无土栽培作为新兴起的农业高新技术与土壤栽培相比较其优势主要表现在以下方面:

1. 无土栽培作物产量高、品质好

无土栽培由于解决了土壤种植中水、空气的矛盾,因此植物生长快,产量可大大提高。据邢禹贤 70 年代中期进行的蔬菜作物无土栽培增产效果试验,各种蔬菜作物均有明显增产

作用,黄瓜、番茄的产量分别比土壤栽培提高 312.6% 和 224.5% (表 1-1)。1993 年新疆吐鲁番市中联公司绿色工厂大面积日光温室生产的黄瓜、番茄年亩(1 公顷 = 15 亩)产量为 10 吨以上,远远超过土壤栽培产量。不少发达国家大面积温室无土栽培的作物产量更为可观(表 1-2)。无土栽培不仅产量高,产品质量也好。如无土栽培的番茄,维生素 C 的含量较土壤种植的可增加 30%,矿物质的含量增加最多。

表 1-1 温室黄瓜、番茄无土栽培产量(山东农业大学 1986)

作物	栽培方式	产量(公斤/亩)
番茄	无土栽培	7251.9
	土壤栽培	2234.5
黄瓜	无土栽培	8677.3
	土壤栽培	2102.9

表 1-2 国外几种作物无土栽培与土壤种植产量对比

作物	土壤种植(公斤/亩)	无土栽培(公斤/亩)	相差倍数
菜豆	833	3500	4.2
碗豆	166.5	1500	9.0
甜菜	666.5	2000	3.0
马铃薯	1212	11666.5	9.6
甘蓝	985	1363.5	1.4
莴苣	680	1591	2.3
黄瓜	530	2121	4.0
番茄	834~1667	10000~50000	12~30

2. 充分利用土地,栽培地点选择的余地大

无土栽培一般不受土壤条件的限制,栽培地点选择的余地大。在不适宜于农业耕作的盐碱地、沙滩地、山岭薄地、空闲荒地等均可进行无土栽培。使矿山、油田、边防、海岛的蔬菜生产供应得到改善。另外,由于无土栽培基质较轻,搬运方便,所以在大城市的楼顶、阳台、窗口、走廊等地也可有条件地进行栽培,使城镇居民在工作之余或退休之后有更多的活动场所,栽花种菜,增加生活情趣,也美化了生活环境。

3. 能充分利用栽培空间。

番茄、生菜等可实现主体多层次栽培,在相同的土地平面上,获得更高的产量。

4. 省水、省肥、省工

无土栽培可根据作物的不同种类,甚至作物不同生育期配制营养液,定时定量供应,而营养液又一般是放在不渗漏的容器中,因此肥水流失浪费很少。而土壤种植施用的肥料,一般要损失一半以上。如磷酸盐肥料中的可溶性磷酸盐,在土壤中大部分转变为难溶的形态不被作物吸收,在接近植物的土壤中施用的磷酸盐,第一年至多能被植物利用 20%。在正常的条件下,当土壤排水良好而温暖时,氮肥易随水流失或挥发,所以只有一半的氮能为植物所利用。土壤种植所施用的肥料不仅有许多损失,而且由于损失元素的不同,往往造成养分的不平衡。因此,和土壤栽培相比,节约肥水效果十分明显,可节约用水 50%~70%。

由于无土栽培无需整地作畦,中耕锄草,而且无土栽培一般都有自动化、现代化管理设备,如营养液灌溉等,大大改善了劳动条件,节省了劳动力。

5. 能免除土壤栽培的连作障碍

连作是在同一块土地上不同年份内连年栽培同一种蔬菜。连作不仅影响作物的生长发育,而且造成病虫害的严重发生。由于无土栽培基质每种一茬都更换或进行消毒处理,所以基质不带危害作物的病虫害。而土壤种植由于连作障碍,往往使作物产量及质量因病虫害而受影响,采用蒸气或药剂进行大面积土壤消毒,要消耗大量能源,使生产成本提高。因此无土栽培是解决连作障碍的有效途径。

无土栽培由于注重消毒,防病措施严格,可减轻病虫害对作物的浸染危害。土壤种植往往施用大量有机肥料,以供应植物所需养分及改善土壤理化性质。而人粪尿,家畜家禽粪,淤泥污水等大都有不良气味且会带来大量寄生虫卵及公害污染,很不卫生。无土栽培既能改善植株的生长环境,生产无污染清洁卫生的优质蔬菜,而且又改善及美化了人类的生活环境。

6. 生产无污染的优质蔬菜

大城市近郊的蔬菜生产,由于受到城市废水和废气等的污染,使蔬菜产品的质量大受影响。而无土栽培则隔绝了土壤污染给蔬菜带来的危害,使蔬菜成为无污染清洁卫生的绿色食品。

7. 有利于实现蔬菜栽培的自动化、现代化管理

无土栽培脱离了土壤栽培的条件,简化了栽培程序,便于栽培设施、操作管理向自动化、现代化的方向发展。欧洲发达国家如英国、荷兰等有 90% 以上的瓜果蔬菜以及盆栽花卉,采用了无土栽培,其设备完善、管理水平高,普遍采用了电脑自动控制温室环境和营养液管理,因而高产、优质、高效。其

产量约为我国的 5 倍,降低了成本,明显增加了效益。再如皮托桑花木公司有 8000 平方米温室盆花无土栽培,每年可生产盆花 30 万盆,产值达 180 万美元。但整个生产只需 3 个工作人员管理,其栽培管理达到了相当高的自动化程度。

8. 宇宙航行上的应用

无土栽培的应用范围目前主要是在温室蔬菜和花卉生产上。随着航天技术的发展,俄罗斯、西欧等国已将无土栽培技术引入航天技术研究之中,想在宇航飞行器中通过无土栽培的方法,利用宇航员自身的排泄物来生产蔬菜等食物,使物质达到循环利用,并解决因长时间飞行而携带食物太多的问题。

无土栽培具有许多优点,但必须看到无土栽培对设施条件及技术条件要求十分严格,而且要求社会化生产达到一定的高度,具备这些条件,才能充分发挥无土栽培的优势。因此,我们既要看到它具备优势的一个方面,也要看到它要求一定条件的另一面,采取慎重和稳妥的态度,以免造成不必要的损失。

(五) 我国无土栽培的发展前景

我国无土栽培的研究和应用起步较晚,目前仍处于研究发展阶段,实际应用于生产的面积很小。但是,我国人多地少,现有耕地 100 万平方公里,占全国面积的 10.4%。许多重要工业基地、石油基地都处在边远地区,土地贫瘠、盐碱、或者沙漠化,一般的农业耕作技术难于种植成功。特别是蔬菜鲜嫩体积大,含水量多,不适于长途运输,采用无土栽培则是最好的办法。目前我国有 60% 的城市淡水供应不足,其中用水最多的首推农业生产,给城市和矿区的蔬菜生产、供应带来

了困难。采用无土栽培可比土壤栽培节水 50% ~ 70%。另外,我国改革开放以来,设施园艺得到了迅速发展。由于连年种植,土传病害已无法解决。发展无土栽培则可减少病害和农药污染。因此,无土栽培在我国有着广阔的发展前景,它将为社会提供大量无公害蔬菜,丰富居民菜篮子,保护生态环境,为实现“一优两高”农业作出贡献。

二、无土栽培与蔬菜的生长发育

(一) 蔬菜根系的特点

植物地上部与地下部的生长有密切的相关性。地下部的根系生长受抑,便会影响到地上部基叶的生长,反之又会影响地下部的生长。因此,作物不论是土壤栽培或无土栽培,都必须维持根系的良好生长与正常的生理功能,及其所必须的最适的根际生态环境。

1. 根系的构造

植物由种子萌发伸长的主根或由无性器官发生的不定根和在生长过程中形成的多级侧根,构成了一棵植物全部根的分支系统,称为根系。根据作物种类不同,根系可分为主根系和须根系两大类型。不论何种类型,其根系生长分布状况与根际环境条件有密切关系。

主根、侧根或不定根的先端幼嫩部分称为根尖,它是根系生命活动最活跃的部位。根的生长、组织的形成、对水分和养分的吸收,主要由这一部分来完成。根尖可依次分为根冠部、分生区、伸长区和根毛区 4 部分。

(1) 根冠 位于根尖顶部,形似帽状,系由许多薄壁细胞组成,具有调控根系向地性生长保护分生区顶端分生组织的作用。

(2) 分生区 位于根冠与伸长区之间,系根尖顶端分生组织存在的部位。这部位合成旺盛,富含蛋白质和生长素,也是合成细胞分裂素的地方,能不断进行细胞分裂,增生新细胞。

(3) 伸长区 位于分生区与根毛区之间。此区代谢旺盛,干物重和蛋白质含量高,转化酶、细胞壁合成酶类、氧化酶等活性均高,RNA 显著增加,赤霉素含量较分化区明显增多,吸水量也增加,细胞膨压高,细胞迅速伸长。

(4) 根毛区 又叫吸收区或成熟区,在伸长区上方。根毛的生长速度较快,但寿命较短,一般只有几天到十几天,随着根的生长,此区上部的根毛渐枯萎,而下部又产生新的根毛。根毛是吸收水分和养分的主要器官。根毛的分化使根系吸收面积增加了 20~60 倍,从而能从介质中吸收大量的水分、养分和氧气。在淹水条件下,很少或不发生根毛,而在湿气环境下,数目最多。但一旦遇干旱缺水,根毛首先萎蔫死亡,从而造成吸收功能的下降。

2. 根系的功能

根系作为植物体地上部的支持器官和具有吸收养分和水分的功能,已为人们所熟知。除此以外,根系还有以下功能。

(1) 具有积极地排除某些养分过多地进入植物体的功能。例如,能够极力限制海水污染区的钠离子进入植物体,即使进入,也被阻在根系而不向地上部转移。但随着根系生长的衰老,这一生理功能也随之下降。