

温室蔬菜 无土栽培

邢禹贤编著



农业出版社

温 室 蔬 菜 无 土 栽 培

邢禹贤 编著

封面设计 姬小农

温室蔬菜无土栽培

邢禹贤 编著

农业出版社出版 (北京枣营路)

新华书店北京发行所发行

通县向阳印刷厂印

787×1092毫米32开本 2.625印张 54千字

1981年5月第1版 1989年12月北京第3次印刷

印数21,001—23,800册 定价 1.05 元

ISBN 7-109-00643-3/S·486



前 言

蔬菜等作物的无土栽培技术是近几十年发展起来的一种栽培作物的新方法，具有显著的增产作用，比传统的土壤栽培有更多的优越性，因此很受重视，不少国家已在生产上应用，特别是在温室蔬菜、花卉等方面，应用更为广泛。

“温室蔬菜无土栽培”一书，概述了国内外无土栽培的发展概况，无土栽培在生产上的优越性、栽培形式，并分析了增产原理。同时还详细阐述温室蔬菜无土栽培的设备、技术措施和技术原理以及与提高无土栽培效果有关的温室环境因素，病虫害防治， CO_2 施肥技术等。为了使无土栽培这一新技术尽量便于读者所掌握，在编写过程中，力图做到理论与实践、原理与措施紧密结合。但由于水平所限，错误不妥之处在所难免，敬希读者予以批评指正。

本书在编写时，曾蒙山东农学院园艺系蒋先明副教授审阅指正，特致谢意。

1980年8月

目 录

一、概述	1
(一) 什么是无土栽培	1
(二) 无土栽培发展的概况	1
(三) 无土栽培的优点	3
(四) 无土栽培增产原理分析	8
二、栽培设置及形式	10
(一) 地点选择	10
(二) 设备器具及材料	11
(三) 无土栽培设置形式	11
三、蔬菜作物的根系营养	17
(一) 作物的营养元素	17
(二) 作物对矿质营养的吸收	23
(三) 影响作物吸收矿质营养的外因条件	26
四、矿质营养物质及营养液	28
(一) 矿质营养物质的种类及化学性质	28
(二) 营养液的成分与配比	35
(三) 配方示例	39
五、营养液的酸碱度	46
(一) 什么是营养液的酸碱度	46
(二) 测定营养液pH值的方法	47
(三) 营养液pH值校正	48
六、播种育苗和栽植	48

(一) 播种前的准备	49
(二) 种子处理	49
(三) 播种	50
(四) 栽植	51
七、无土栽培管理技术	51
(一) 营养液的管理	52
(二) 温度管理	54
(三) 植株调整	58
八、病虫害及防治技术	61
(一) 栽培前的消毒	61
(二) 病害的综合栽培措施和药剂防治	62
(三) 瓜类作物嫁接换根防病	64
(四) 作物营养元素缺乏症诊断	68
(五) 虫害防治	72
九、CO ₂ 施肥	72
(一) 冬季温室蔬菜无土栽培进行CO ₂ 施肥的必要性	73
(二) CO ₂ 肥源	77
(三) CO ₂ 施肥技术要点	79

一、概 述

(一) 什么是无土栽培 无土栽培是近几十年发展起来的一种新的栽培作物的方法。它不是在土壤里栽培作物，而是将作物栽培在营养液中，或是栽培在河沙、泡沫塑料、蛭石、稻糠等介质中，定时供应营养液。因为这种方法不是用土壤栽培作物，所以称无土栽培，或称水栽法。

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，尽管农业生产和栽培条件不断有所发展提高，但它依然不能摆脱对大自然的依附。无土栽培的出现，无疑使农业生产从这种依附地位中向前迈出了一步。无土栽培的特点是以人工创造的根系环境取代土壤环境，这种人工创造的作物根系环境，不仅能够满足作物对矿质营养、水分和气体条件的需要，而且人工能够对这些条件加以控制和调整，借以促进作物的生长和发育，使它发挥最大的生产能力。所以，无土栽培的作物生长好，产量高、品质优良。当前无土栽培主要用于蔬菜作物和花卉作物，特别在温室蔬菜作物的栽培中，效果更为显著。

(二) 无土栽培发展的概况 用无土进行作物栽培的研究，至今已有一段较长的历史了。早在1665年爱尔兰著名科学家罗伯特·卜伊尔(Robert Boyle)首次进行了用水栽培作物

的尝试，1859—1865年克诺普（Кноп）进一步用营养液进行了栽培作物的试验。这些尝试不过是进行无土栽培试验的启蒙阶段。1929年美国的格里克（Gericke）教授用营养液进行了番茄栽培试验，栽培的番茄株高达7.5米，产量极高，从而受到了较大的注意。此后无土栽培开始进入实际应用阶段。但从五十年代起，随着农业科学技术的发展，无土栽培的面积才得以迅速扩大，栽培技术逐步有了很大提高，栽培的形式和作物种类也逐年增加。如日本从六十年代初开始在温室内用无土栽培的方法栽培蔬菜，至1966年温室无土栽培的面积为330亩，1970年为465亩，1975年为1500亩，至1977年则发展到2271亩。1966—1977年的十年中，无土栽培面积增加了6.8倍。其发展速度之快，是十分显著的。无土栽培的形式也由最初的循环水栽培法发展成喷雾法、熏炭钵水栽法，喷雾水栽法，砾栽法等近20种。栽培的作物也由最初的1—2种果菜类蔬菜发展到30余种。日本温室无土栽培事业的发展，充分显示了无土栽培这一新技术的优越性和它有希望的发展前景。

现在无土栽培技术除日本、北欧、美国等农业科学发达的国家较广泛地用于生产之外，印度、巴基斯坦、斯里兰卡、缅甸以及非洲一些国家也都先后有了不同程度的发展。

现在无土栽培在国际上已发展成一门独立学科——无土栽培学。据有关资料报道，现在世界上有十三个国家先后成立了无土栽培研究机构，专门从事无土栽培的技术和理论研究工作。在国际上，无土栽培的学术活动也十分活跃。1955年在第14次国际园艺会议上成立了国际无土栽培组织

(IWOSC), 1969年成立了国际无土栽培协会, 发挥着无土栽培科技情报交流中心的作用。至 1977 年在国际上已开过 4 次无土栽培会议, 交流技术, 开展学术活动。

无土栽培在我国尚处于开始试验和引用阶段。上海、南京、北京等大城市的有关蔬菜生产单位, 近几年进行了蔬菜无土育苗的工作, 取得了可喜的效果。不少农业院校、科研单位也先后进行无土栽培的试验工作。

从 1975 年以来, 我们根据科研和生产需要, 在温室内进行了西瓜、黄瓜和番茄的无土栽培试验, 初步取得了一些成效。几年的实践使我们深信: 蔬菜无土栽培技术在我国必将得到迅速地发展, 它在我国农业现代化的进程中, 必将日益发挥它应有的作用, 开出绚丽的花, 结出丰硕的果。

(三) 无土栽培的优点 一项新的农业技术措施, 是否具有优越性和发展前途, 主要取决于它是否能提高作物的产量, 降低生产的成本、节省工料、简化工序, 有利于栽培技术现代化的进行等等。实践证明, 无土栽培具备上述的优点, 且存在很大的潜力。为了进一步说明问题, 根据多年来在温室进行无土栽培试验的结果和国外有关资料, 加以综合, 简述于下:

1. 无土栽培的作物长势强、产量高、品质好。

1975 年以来, 我们在温室内进行了西瓜、黄瓜、番茄等蔬菜作物的无土栽培试验, 取得了良好的结果。如 1976 年春一茬无土栽培的西瓜试验, 供试品种为 401×蜜宝无子西瓜, 2 月 12 日播种, 用瓷钵进行无土栽培, 每钵一株, 株行距为 2.3 米×0.5 米, 折每亩 570 株, 秧蔓上架。对照采用土壤高畦

栽培,按一般措施进行栽培管理。试验于5月上旬陆续采收。

从秧蔓的长势情况看,无土栽培的西瓜生长快而健壮,播后30天的植株,高20厘米,而对照只有8.5厘米;播后60天的植株高215厘米,对照只有60厘米。在叶片数目和叶面积等方面,也有类似的趋势(表1)。

表1 温室西瓜无土栽培与土壤栽培秧蔓比较
(1976年5株平均)

栽培形式	播 后 30 天			播 后 60 天		
	植株高 (厘米)	叶数 (枚)	相对最大单叶面积 (叶长×叶宽) (平方厘米)	植株高 (厘米)	叶数 (枚)	相对最大单叶面积 (叶长×叶宽) (平方厘米)
无土栽培	20.0	4.0	72.0	215.0	24.0	248.0
土壤栽培	8.5	1.5	16.0	60.0	11.0	135.0

从西瓜结果情况看,无土栽培西瓜座纽快,果实体积大,品质较好(表2)。

表2 温室西瓜无土栽培与土壤栽培果实产量表
(1976,13株平均)

栽培形式	出土至座纽天数 (第二个雌花)	单株果重 (斤)	果 实 品 质		整 齐 度
			可溶性固 形物(%)	质 地	
无土栽培	52	9.5	10—12	良 好	整 齐
土壤栽培	74	5.2	9—10	部分果有裂瓢 及结块	不整齐

从温室黄瓜无土栽培的情况看,黄瓜无土育苗试验所用品种为津研2号,于1978年3月2日播种,分别播于无土育

苗箱和土壤育苗箱中，幼苗达四片真叶展平时进行测定（表3）。

表3 温室黄瓜无土育苗与土壤育苗生长比较
(1978年, 10株平均)

育苗形式	苗高 (厘米)	真叶面积		地上部鲜重		地下部鲜重		根:茎
		平方厘米	%	克	%	克	%	
无土育苗	6.07	19.10	204.9	1.67	163.7	0.53	212.0	1:3.15
土壤育苗	5.40	9.29	100.0	1.02	100.0	0.25	100.0	1:4.16

无土育成的幼苗,明显比土壤育成的幼苗植株大而健壮,10株的平均高度两者相差无几,而叶面积相差十分悬殊,无土育成的幼苗,真叶面积比土壤育成的幼苗大一倍多。幼苗地上部鲜重与地下部鲜重,无土育成的苗均重于土壤育成的苗,而地下部的差别两者更为明显,无土育成的幼苗具有较强大的根系,为幼苗的健壮生长奠定了良好的营养基础(表3)。

关于黄瓜伸蔓及结果情况,分别列于表4和表5。

表4 温室黄瓜无土与土壤栽培结果前狭蔓生长比较
(1978年, 5株平均)

栽培方式	播种后28天				播种后50天			
	株高 (厘米)	叶数 (枚)	单株叶面积		株高 (厘米)	叶数 (枚)	单株叶面积	
			平方厘米	%			平方厘米	%
无土栽培	10.0	3.5	67.5	121.1	110.0	14	2530	264.4
土壤栽培	9.0	3.0	55.6	100.0	95.0	11	956.7	100.0

表 5 温室黄瓜无土栽培及土壤栽培结果情况比较

(1978年, 23株平均)

栽培形式	第一雌花节位	单株结果数 (条)	单果重 (斤)	单株产量	
				斤	%
无土栽培	5.7	12.3	0.32	3.98	272.6
土壤栽培	8.3	6.0	0.24	1.46	100.0

从黄瓜无土栽培的试验看, 不论是无土育苗或是无土栽培, 植株的长势和产量均比对照高。

此外进行的少量番茄无土栽培试验, 品种为“栗源”, 1977年8月25日播种育苗, 10月4日栽于砂钵内。12月23日开始采收, 1978年3月25日拉秧。番茄植株平均高达3.5米, 单株平均结果29个, 单果平均重0.27斤, 单株平均产量7.83斤。

关于国外无土栽培的资料更多, 据报道, 作物增产的幅度也很大, 今选一例, 列于表6。

表 6 蔬菜作物无土栽培与土壤栽培产量比较*

作物	土壤栽培每市产量 (斤)	无土栽培每市产量 (斤)
马铃薯	988.4	20593.1
番茄	1647.4	19769—98816.8
豌豆	329	2965.4
蚕豆	1647	6919

* 引自“作物无土栽培(蛭石栽培)”一书原文为: Growing Plants without Soil (Vermiculaponics) By Maxwell Bentley

Hydro-Chemical Industries(PTY.) LTD, 1955 P. 11.

2. 节约肥水 无土栽培可根据作物不同种类、不同生育期按需定量用肥，营养液还可以回收再利用。因而可避免土壤施肥中的肥水流失以及被土壤微生物吸收等问题，做到节约用肥。

可以节约用水，特别在水源不足的地方，效果尤为明显。

3. 作物病虫害轻微、产品清洁卫生 无土栽培由于作物生长健壮，可减轻叶部病害及土壤腐生病害对作物的侵染（如瓜类的枯萎病等）因而病害轻微，不存在土壤栽培中因施用有机粪尿，而带来的寄生虫卵及公害污染。产品清洁卫生。

4. 节省劳力、减少轮作换茬 无土栽培简化了栽培中的耕作工序，不需进行耕翻土壤、整畦、除草等，大大节省了劳力。同时还可解决土壤栽培中因单一作物连作造成的地力衰竭、病虫害严重等问题，减少轮作换茬、土壤改良等措施。

5. 栽培地点选择余地大 无土栽培地点选择的余地大，空闲的荒地，甚至沙漠滩地，都可进行作物的栽培，特别在人口密集的城市，可充分利用栽培空间如楼顶、凉台等栽培作物。在温室可发展立体栽培，因而可充分挖掘温室的生产潜力。

6. 有利于实现蔬菜栽培的现代化 由于无土栽培简化了栽培工序，便于栽培设置、操作管理向自动化、现代化的方向发展。

以上叙述了无土栽培作物的优点，但也应当看到，无土栽培是农业科学技术发展到一定阶段的产物，它的应用要求一定的设备和必要的技术条件。如果只注意到它的优点，而

对后者考虑不够，那么，无土栽培在生产中是不能充分发挥它的应有作用的。特别是目前我国农业栽培技术条件较差，无土栽培尚处于试验阶段，对它的发展和引用，采取慎重、稳妥的步骤，是十分必要的。

（四）无土栽培增产原理分析 如上所述，无土栽培具有许多优点，而主要的是具有显著的增产作用。其所以增产，与这种方法为作物根系创造了极为良好的环境条件和营养条件有关。

根系是作物的支持器官，又是矿质营养、水分等物质的吸收器官和某些物质的制造合成器官，所以根系的生长状况与植株的生育和产量形成息息相关。无土栽培极好地改善了根系环境条件和营养条件，主要包括三个方面。

1. 空气 根系的通气状况是影响作物生长的一个重要因素，氧对维护根系的正常生长是十分必要的。如果根系发生缺氧或无氧则根系呼吸会发生严重障碍，甚至完全停止。

特别在较高的温度条件下，根系的需氧量就更多。此外通气状况还影响作物地上及地下部的成分组成，如糖分、淀粉以及灰分、氮、钙、钾、镁、磷等的总量，在通气良好的条件下，这些成分的含量比通气差的情况下要高。如果根系通气不良，氧气不足，根系变粗短、根毛减少，因而降低根系对水分和矿质营养的吸收利用能力。

无土栽培作物的根系着生在通气良好的砂石、稻糠、蛭石等介质中，因而为根系生长提供了比土壤栽培更为优越的气体条件，所以无土栽培作物的根系比土壤栽培作物的根系发达，代谢旺盛，吸收功能较强。

2. 水分 水分是作物生长发育不可缺少的因素之一，概括地说，它对作物生长有以下几种作用：

①蔬菜作物的植株或鲜嫩产品，90%以上的重量是由水分构成；②是形成同化产物的原料；③保持原生质的生活状态；④是作物吸收矿质元素的溶媒；⑤保持细胞的紧张状态；⑥保持作物体内物质分布充分等等。因此说，水分供应的充分与否，会直接影响作物的产量。作物在吸收水分过程中，要受到诸如：土壤中可用水多少；土壤通气状况；土壤温度、土壤溶液浓度等因素的影响，如果这些个因素不协调，就会使作物对水分的吸收，不能正常进行。但这些因素在土壤栽培条件下，往往不易达到完全协调，因此不同程度地影响到作物对水分的吸收和利用。如早春黄瓜育苗时，虽然苗床内土壤水分充足，但由于土温较低，影响到根系对水分的吸收，因而发生供水不足的症状。再如作物浇水过多，造成积水，严重影响土壤通气，根系因供氧不足而发生沤根等等。而无土栽培不仅充分满足作物对水分的需要，而且也人工创造了适于作物吸水所需要的其它条件，因而不会发生水分不足或水分失调等问题。这是无土栽培作物所以高产的一个重要因素。

3. 矿质营养 除了水分以外，植物也需要多种矿质元素，来维持自己的正常生命活动。这些矿质元素，有的作为作物体的组成成分的，有的作为调节作物生命功能的，也有的兼备这两种功能的，因此矿质元素对作物生长发育和高产是十分重要的。

无土栽培作物的矿质营养条件比土壤更为优异，主要表

现在两个方面：其一是人为地按作物和作物不同生育时期为作物充分的提供所需要的各种矿质营养；其二是人工为作物创造了吸收矿质营养所需要的环境条件。因而大大改善了土壤栽培中作物容易发生的缺肥和偏肥问题，以及可以消除各种因环境条件不良而发生的根系吸肥功能障碍。

此外，无土栽培作物所以高产，还有其它方面的原因，如人工可以更有效的按栽培的要求去调整和控制作物的生长发育，使它向着有利于增产的方向发展等。

当然，无土栽培不是完备无缺的，作为一种技术措施来说，它是以一定的条件而存在，也必然随着时间的推进，而不断有所发展。

二、栽培设置及形式

无土栽培的特点是不受土壤的局限而实现对作物的栽培。所以，栽培的地点较土壤栽培更为广泛，但必须有一定的栽培容器和相应的栽培设备。

(一) 地点选择 在具备一定光照、温度、水源的条件下的空旷场地，都可进行无土栽培。一般可以在蔬菜园地作栽培场地；也可以利用沙漠、山地、河滩、住宅空地进行栽培；甚至在城市也可以利用楼房凉台，边沿空地作为无土栽培场地。在当前条件下，由于无土栽培需要一定的设备和较高的技术，作为大面积栽培来说，主要用于温室生产，在温室内进行无土栽培，能更好地发挥温室的作用，挖掘温室的生产潜力。

(二) 设备器具及材料

1. 栽培容器

栽培槽 大面积的生产性栽培应设置栽培槽，一般槽宽1.3—1.5米，槽长10—20米，槽高20—25厘米，栽培槽的材料可因地制宜的采用水泥砌成，聚乙烯板、玻璃钢等材料，按栽培规格做成。或者按栽培需要确定槽体形式和大小。

栽培钵 栽培钵也是一种适用于无土栽培的良好容器，其规格可根据栽培要求和作物确定，我们进行无土栽培所用的栽培钵为陶瓷钵，钵高40厘米，直径30厘米，在钵基部设一排水口，便于回收废液。

以上栽培容器如用水泥砌槽，为防止营养液与水泥发生作用，可在槽内铺聚乙烯塑料薄膜一层。国外有关资料报道，可在槽内涂沥青一层。如用栽培钵进行无土栽培，最好选用瓷钵、塑料钵等。

2. 栽培基质 栽培基质是无土栽培中作为固定作物根系的主要物质。根据无土栽培的要求，栽培基质应具备以下条件：①透气性良好，为作物根系提供良好的透气环境条件；②化学性质稳定，不与营养液成分发生反应，不改变营养液的酸碱度；③有一定的持水力，取材容易，价格便宜。根据以上原则和在生产实践中常使用的栽培基质材料有：河沙、砾石、蛭石、泡沫塑料、炭化稻糠、炭渣等等。河沙在我国取材广泛、方便，因此是良好的无土栽培基质。

3. 其它设备 另有贮放营养液池（或贮液罐、缸）供液与排液管道、水泵等。

(三) 无土栽培设置形式

无土栽培最早是从水栽开始