

5317/1



无土栽培

北 京 出 版 社

无 土 栽 培

(增 订 版)

马 太 和

北 京 出 版 社

无 土 栽 培

(增订版)

Wu Tu Zai Pei

马 太 和

*

北 京 出 版 社 出 版

(北京崇文门外东兴隆街51号)

新华书店北京发行所发行

北 京 印 刷 一 厂 印 刷

*

787×1092毫米 32开本 10.75印张 215,000字

1980年12月第1版 1985年1月第2版第3次印刷

印数 26,101—41,500

书号: 16071·43 定价: 1.50元

增订版前言

无土栽培的历史，可以追溯到两千多年以前。但是，作为一门蓬勃兴起的新型科学技术，却是从本世纪四十年代开始的。现在，许多国家都有无土栽培设施，已广泛用于生产花卉、蔬菜、苗木等等。无土栽培还用于宇航和潜艇，可谓“上穷碧落下黄泉”，有着广阔的发展前途。我国一些城市、厂矿和业余爱好者也在试验无土栽培。

本书自1981年出版以来，虽经重印，仍不能满足各地读者的需要。趁这次再版的机会，对原书作了较大的增订和补充，全书由七万多字增加到二十万字。尤其是对无土栽培的关键部分——营养液的配制，以及各种主要的无土栽培方法，作了更为详细的介绍。本书适合城乡各单位和广大业余爱好者阅读并试用，也可供专业人员参考，或作教材使用。

本书承蒙刘泽先同志审校并作了补充。许多读者也提供了宝贵意见。在此一并深表谢意。

不当之处，敬请读者批评指正。

马太和

1983年11月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 无土栽培的历史	(1)
第二节 无土栽培的优点	(5)
第三节 无土栽培场地的位置特点	(10)
第四节 无土栽培方法的分类	(11)
第五节 无土栽培的应用	(12)
第二章 植物是怎样生长的	(16)
第一节 生命过程	(16)
第二节 水分	(19)
第三节 光合作用	(21)
第四节 空气	(24)
第五节 根系的支持	(27)
第六节 矿物质养分	(28)
第七节 植物对矿物质和水分的摄取	(34)
第八节 水分和养分的向上运动	(42)
第九节 植物营养状况的诊断	(43)
第三章 营养液	(57)
第一节 肥料	(57)
第二节 肥料化学成分的表示法和换算	(77)

第三节	肥料的杂质	(79)
第四节	营养液浓度的表示法	(80)
第五节	营养液的组成与浓度	(126)
第六节	营养液配方的调整	(129)
第七节	营养液的制备	(132)
第八节	防止营养液的养分失常	(133)
第九节	营养液的酸碱度	(135)
第十节	营养液的用量	(144)
第十一节	营养液的管理	(146)
第十二节	做好记录	(150)
第四章	基质	(151)
第一节	基质的特性	(151)
第二节	水的特性	(152)
第三节	灌溉	(155)
第四节	种植床的营养液浇灌	(155)
第五节	基质的消毒	(156)
第五章	水培	(159)
第一节	概述	(159)
第二节	早期的商业性水培法	(160)
第三节	弗罗茨瓦夫法	(161)
第四节	家用水培设备	(169)
第五节	鲁特纳的植物连续培育装置	(172)
第六节	营养膜技术	(174)
第七节	水培饲料设备	(187)
第六章	砾培	(192)

第一节	基质的特性	(192)
第二节	上方灌水砾培	(194)
第三节	下方灌水砾培	(197)
第四节	滴灌装置	(212)
第五节	家庭温室	(215)
第六节	作物种植间隙的砾消毒	(217)
第七节	砾培的优缺点	(217)
第七章	沙培	(219)
第一节	沙培的性质	(219)
第二节	沙培的构造	(219)
第三节	滴灌装置	(222)
第四节	灌水	(226)
第五节	作物更换期间的沙床消毒	(227)
第六节	小规模沙培装置	(228)
第七节	沙培的优缺点	(229)
第八节	干旱地区温室沙培的操作与产量	(231)
第八章	沙砾培	(233)
第一节	沙砾培容器	(233)
第二节	培养基	(238)
第三节	播种与移植	(239)
第四节	间作	(241)
第五节	施肥	(242)
第六节	浇水	(242)
第七节	基质的消毒	(243)
第八节	植物生长的适温和加温方法	(244)

第九节	机械化·····	(247)
第十节	简便的肥料配方·····	(248)
第九章	锯末培·····	(250)
第一节	概述·····	(250)
第二节	基质·····	(250)
第三节	种植床·····	(251)
第四节	袋状装置·····	(253)
第五节	营养液分布系统·····	(253)
第六节	施用养分的方法·····	(258)
第七节	灌水与盐分积结·····	(260)
第八节	小规模锯末培装置·····	(260)
第九节	锯末培的优缺点·····	(261)
第十章	其它无土栽培·····	(263)
第一节	概述·····	(263)
第二节	基质·····	(263)
第三节	简培·····	(271)
第四节	泥炭坨·····	(273)
第五节	垂直栽培·····	(273)
第十一章	花卉栽培·····	(277)
第一节	香石竹·····	(277)
第二节	蔷薇·····	(278)
第三节	仙客来·····	(279)
第四节	球根、球茎和根茎植物·····	(280)
第五节	马蹄莲、大岩桐、石刁柏·····	(281)
第六节	蕨类·····	(281)

第七节	非洲菊和其它观赏植物.....	(282)
第十二章	蔬菜栽培.....	(283)
第一节	概述.....	(283)
第二节	植物种植的温度.....	(285)
第三节	光照.....	(286)
第四节	移植.....	(286)
第五节	间距.....	(287)
第六节	施肥与灌水.....	(288)
第七节	二氧化碳的施用.....	(289)
第八节	植物的支持.....	(290)
第九节	打杈与整枝.....	(291)
第十节	授粉.....	(295)
第十一节	生理失常.....	(296)
第十二节	病害和虫害.....	(298)
第十三节	水培蔬菜种植表.....	(301)
第十四节	种植结束.....	(304)

附录：无土栽培所用化肥的简易自制和测定方法

1. 硝酸钙简易自制法.....	(305)
2. 磷酸铵简易自制法.....	(306)
3. EDTA铁(螯合铁)和其他金属螯合物 的简易自制法.....	(307)
4. 微量元素储备液的配制法.....	(308)
5. 营养液的配制和缺素试验.....	(309)
6. 无土栽培常用分析测定法说明.....	(313)
7. 水和营养液中氮的测定法——滴定法.....	(313)

8. 水和营养液中氯的测定法——比浊法……(314)
9. 水和营养液中钙、镁测定法——EDTA
容量法……(317)
10. 营养液中硝态氮的测定法——酚二磺
酸法……(318)
11. 营养液中硝态氮的测定法——硝酸试
粉法……(320)
12. 营养液中磷的测定法——磷钼蓝法……(321)
13. 植物体内磷的测定法——磷钼蓝法……(322)
14. 营养液中钾的测定法——四苯硼钠显
浊法……(322)
15. 植物体内钾的测定法——钾试纸法……(323)
16. 常用玻璃量器简单介绍……(325)

第一章 概 述

第一节 无土栽培的历史

无土栽培又称水培，就是不要土壤，完全用化肥溶液、也就是营养液栽种植物的技术和科学。

无土栽培可以说是农业上的一项重大改革。过去认为农业离不开土壤。在英文中，农业 Agriculture (Agri 是土壤，Culture 是栽培)，就是在土壤上种植的意思。我国《汉书·食货志》中说：“辟土种谷曰农。”可见农业与土壤关系的密切了。而无土栽培完全不用土壤，单用营养液就能种出植物，说它是农业上的重大改革，并非言过其实。

原始的无土栽培，在我国有悠久的历史，泡豆芽就是一例。豆芽究竟出现在什么时代，还不清楚，至少在宋代以前就有了。宋代林洪的《山家清供》有生豆芽的记载。明代陈崧有《豆芽赋》：“冰肌玉质，子不入于污泥，根不资于扶植。金芽寸长，珠蕤双粒；匪绿匪青，不丹不赤；白龙之须，黄蚕之蛰。”我国南方的“船户”往往在船后拖带一个竹木制作的筏子，在上面种菜，成为水上菜园。其他如在盘子里种蒜苗，在碟子里养水仙等，都是原始的无土栽培（图1-1）。

在西方，在亚里斯多德以前，西奥夫拉斯塔斯（公元前

372~287年)就进行了植物营养的各种试验。

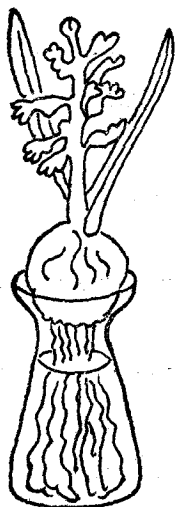


图1-1 风信子的水培

公元1600年,比利时科学家让·范霍尔蒙特用实验证明植物从水中获得物质。他在一个盛干土200磅的钵中种植了一株5磅重的柳树,钵上加以覆盖,以免灰尘进入,定期以雨水灌溉。五年后,柳树增加重量为160磅,而土壤的重量只减少2英两(合57克)。他得出的“植物从水中获得生长所需物质”的结论是正确的。但他不知道植物还从空气中获得二氧化碳和氧。1699年,英国科学家约翰·伍德瓦德在含

不同数量土壤的水中种植植物,发现含土壤最多的水中植物生长最好。因而他认为植物的生长是由于水中含有一些物质,这种物质来自土壤,而不是来自水本身。

1804年,德绍索尔提出植物是从水、土壤和空气中获得化学元素的。这一见解以后为法国化学家布详戈所证实(1851年)。

这时,一些研究者证明,在惰性基质中加入植物所需矿物质的水溶液,植物就能够生长。下一步就是除去基质,完全用这些矿物质的水溶液种植植物。这一工作被德国科学家沙奇斯和克诺普的试验所完成(1859~1865),这就是“养

分培育”的起源（图1-2）。这种技术现在仍然用于植物生理和植物营养试验。

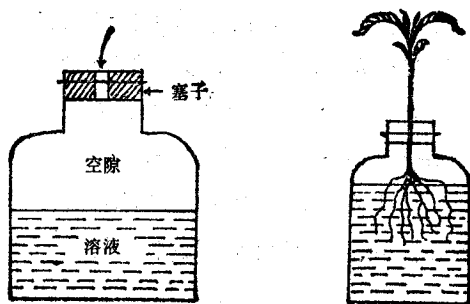


图1-2 水溶液培养
1859~1865年沙奇斯与克诺普的实验

1929年，美国加利福尼亚大学格里克 (W.F.Gericke) 教授进行了大规模的植物营养研究，种出植株高达七米半的西红柿，收果实14公斤，引起了轰动。他称这种方法为水培。但许多水培都采用一些固体基质如砾、砂、泥炭、蛭石、浮石或锯末，其中加入植物生长所需养分的溶液，一般称为无土栽培（图1-3）。

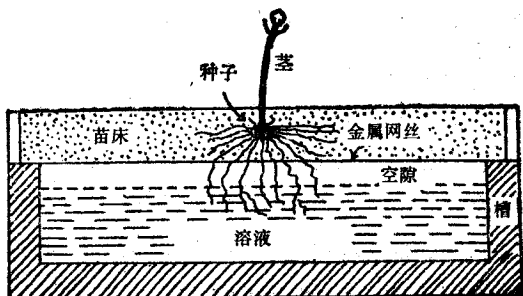


图1-3 格里克的植物无土栽培

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。在四十年代的早期，就为驻扎在太平洋的无农业岛屿的美国军队提供食物。

在第二次世界大战期间，无土栽培更受到了重视。1945年，英国空军部在伊拉克的哈巴尼亚和波斯湾的巴林群岛进行无土栽培。哈巴尼亚是盟军的一个繁忙联络站，巴林群岛是油田所在地，过去所需的蔬菜都是从巴勒斯坦空运来的，损耗大，运费高。用无土栽培生产食物，这个问题就不难解决了。

第二次世界大战以后，美国的一些州，建立了较大的商业性水培场。在中美的墨西哥及其附近地区，无土栽培也有很大发展。无土栽培还很快扩展到世界的许多国家如日本、印度、意大利、西班牙、法国、瑞典、苏联。

现在，随着塑料工业的发展，无土栽培也向前迈进了一大步。抽水机、计时器、电磁阀和其它设备的采用，整个无土栽培都可以自动化。世界上有不少大型水培设备，主要用于种植蔬菜和花卉。美国亚力桑那州的塔克森，有4.4万平方米的水培温室。意大利的西西里有5万平方米的水培温室。阿布扎比酋长国的萨地亚特岛，有一个干旱地区研究所，附设有一个8万平方米的水培温室。1981年，英国在英格兰北部的坎伯来斯福尔斯建成一个8万平方米的水培温室，号称世界第一大水培温室，专门生产西红柿，人们称它为“超级西红柿工厂”。在加那利岛，在成公顷的土地上搭设塑料大棚，在棚内用水培法种植西红柿。在加勒比和夏威夷地区，也用这种塑料大棚进行无土栽培。加拿大在温室蔬菜生

产中也广泛实行无土栽培。

墨西哥和中亚等干旱地区缺乏淡水，全套水培设备都配有海水淡化装置，用海水进行水培。

为了推动无土栽培的发展，现在许多国家都设有无土栽培研究机构。据报道，英国有15个，美国有24个（另一份资料为26个），德国有8个，意大利有7个，荷兰、波兰、西班牙各有6个，比利时、法国、日本、苏联各有5个。1955年，在荷兰举行第14届国际园艺会期间，一些无土栽培研究者发起成立了国际无土栽培工作组，简称IWOSC，以后多次进行科学研究、交流经验活动。1980年改称国际无土栽培学会，简称ISOSC。

近几年来，我国无土栽培也有了发展。成都、重庆、广州、泰安、上海、天津、保定、石家庄、承德、沈阳、哈尔滨等地都在进行无土栽培的研究，或将它应用于生产。我国台湾省，用无土栽培法生产的花卉，大量在香港市场上销售。

无土栽培虽然是一门很年轻的科学，但它已经被应用到许多方面，显示了许多优点，有着广阔的发展前途。

第二节 无土栽培的优点

1. 无土栽培的产量高

无土栽培，由于解决了土壤种植不易解决的水、空气和养分的供应矛盾，特别是水和空气的矛盾，因此植物生长很快。在土壤中，当植物有充足的水分时，往往会缺乏空气；当空气能满足需要时，又会感到水分不足。农民都知道，要

想解决这种矛盾是多么困难。无土栽培解决了这些矛盾，产量就大为提高。

现在把国外土壤种植与无土栽培的几种农作物的产量对比情况列表1-1:

表1-1

作物	土壤种植 (斤/亩)	无土栽培 (斤/亩)	相差倍数
菜豆	1,666	7,000	4.2
豌豆	333	3,000	9.0
甜菜	1,333	4,000	3.0
土豆	2,424	23,333	9.6
甘蓝	1,970	2,727	1.4
莴苣	1,360	3,182	2.3
黄瓜	1,060	4,242	4.0
西红柿	1,667~3,333	20,000~100,000	12~30

从上表可以看出，不管哪种作物，无土栽培的产量都比土壤种植的高得多。

我国的无土栽培虽然开展时间不长，但也取得可喜成果。如成都化纤厂无土栽培的黄瓜亩产8,800斤，西红柿亩产12,000斤。承德蔬菜所的水培韭菜，全年亩产65,452斤，产值11,540元。山东农学院的水培西红柿亩产16,000斤，最大的西红柿每个1.7斤。

2. 无土栽培的产品质量好

无土栽培不仅产量高，产品质量也好。如无土栽培的西红柿，形状端正，颜色鲜艳，味道上好，营养价值也高，维

生素 C 的含量较土壤种植的能增加30%，维生素 A 的含量也稍有增加，矿物质的含量增加最多，它与土培的对比情况如表1-2（鲜重的%）：

表1-2

种植方式	钾	磷	镁	硫	钙
土 培	0.99	0.21	0.05	0.06	0.20
水 培	1.63	0.33	0.10	0.11	0.28

无土栽培的花卉也生长良好。如香石竹，无土栽培的不仅香味强烈，花期长，不木质化，下部的叶子经久不落，而且花多，花的劈裂少，进入盛花期早。一般水培香石竹平均每株每年开九朵花，而土壤种植的只有五朵花；无土栽培的花的劈裂数不高于8%，而土壤种植的花的劈裂数达90%；无土栽培的六月进入开花盛期，比土壤种植的提前两个月开花，所以它市场价格也就分外高。再如仙客来，无土栽培的花丛直径达50厘米，花朵高度可达40厘米，一棵平均开20朵花，一年可开130朵花。无土栽培中水的蒸发能使仙客来凉爽，又能保持空气的适当湿度，从而易于耐过夏季的高温。这些都是土壤种植不可比拟的。

3. 节省水分

土壤种植灌溉的水，大部分都蒸发、流失和渗漏了，被植物吸收利用的只是很少一部分。意大利一家水培场在3.5平方米的面积上作试验，用土培、水培和气培等方法种植茄