

生态农业函授学院试用教材

无土栽培技术

马太和 赵之光

中国北方生态农业研究中心培训处

前 言

近年来无土栽培在我国已为中国人民所熟悉，由于它有许多优点，用途广泛，受到广大人民的欢迎，但究竟如何进行种植，这方面的资料还比较少。为了使人们能自己进行无土栽培，马太和教授和赵之光同志把近年来国际上无土栽培的研究和种植，特别是第五届国际无土栽培会议论文中的有关文章加以译编，辑成此册，其中有营养液的配制，各种基质的使用，蔬菜、花卉、饲料、葡萄等的种植方法，用无土栽培改造沙漠地带的经验，以及蔬菜工厂的设计，建筑物的绿化等，可供无土栽培工作者及业余爱好者的学习和参考。

我们认为本书内容丰富，对有关无土栽培的各方面问题，都有详细讨论，是一本难得的教材。

编者 1986年3月

无 土 栽 培 技 术

目 录

前言

第一章 无土栽培的概述	1
第一节 无土栽培的历史.....	1
第二节 无土栽培的优点.....	4
第三节 无土栽培的应用.....	7
第四节 无土栽培方法的分类.....	13
第二章 无土栽培的营养液	16
第一节 营养液的配制.....	16
第二节 斯泰纳的通用营养液.....	31
第三节 植物对营养液组成的影响.....	37
第四节 营养液总浓度及其钾含量的影响.....	43
第五节 营养液中磷浓度的影响.....	46
第六节 不同化合物对蔬菜产量的影响.....	51
第七节 营养液中硝酸盐浓度对茄子产量和硝酸盐含量的影响.....	55
第八节 三种氮肥对营养液的影响.....	57
第三章 无土栽培的基质	61
第一节 岩棉的应用.....	61
一 在岩棉中种植黄瓜和西红柿.....	61
二 格罗丹岩棉在园艺种植中的应用.....	66
三 在岩棉种植中营养液灌和排对盐分聚集和淋洗的关系.....	72
四 在岩棉中培育苗木.....	76
第二节 在膨胀陶粒中的兰花种植.....	82
第三节 在珍珠岩和蛭石混合基质中的种植.....	86
第四节 在锯末中的种植.....	89
一 在锯末中种各种蔬菜.....	89
二 在锯末中种西红柿.....	92
第四章 种植方法	92
第一节 甜瓜的无土栽培.....	92
第二节 葡萄的无土栽培.....	100
第三节 在聚苯容器中的种植.....	102
第四节 珍珠岩袋种植.....	109

第五节 草莓的立体种植	112
第六节 茼蒿的立体种植	118
第七节 饲料的水培	121
第五章 海滨沙土中的水培	127
第六章 蔬菜工厂化的水培	131
第七章 建筑物的绿化	135
第一节 建筑物内的绿化	135
第二节 建筑物外的绿化	145

第一章 无土栽培的概述

第一节 无土栽培的发展史

1. 原始的无土栽培

无土栽培就是不要土壤完全用化学溶液（营养液）种植植物的技术和科学。

自古以来，作物都是种植在土壤上的，农业离不开土壤。在英文中农业Agriculture（Agri意为土壤，Culture就是栽培种植）合起来就是在土壤上种植的意思。我国《前汉食货志》中说：“辟土种谷曰农”。可见农业和土壤是密不可分的，而无土栽培不要土壤，可以说是农业的革命。

其实，无土栽培的原理并不是新的，在我国有悠久的历史。生豆芽就是一种原始的无土栽培，豆芽的出现究竟在什么时候，还不清楚，至晚出现于宋代，宋代林洪《山家清供》有生豆芽的记载。明代陈巍《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（音rui，草木茂盛的样子）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水上菜园，最常种的为空心菜，又称蕹菜。国外巴比伦有空中花园。墨西哥的阿兹提克早在西班牙入侵以前的17世纪就使用“漂浮菜园”了。在克什米尔，一些世纪以来，当地人民就在使用水中的框架进行蔬菜种植。一般在盘子里养蒜苗，在碟子里养水仙，也都是无土栽培。

2. 近代的无土栽培

科学的无土栽培起源于1859到1865年德国科学家沙奇斯（Sachs）与克诺普（Knop）的实验，他们把化学品加到水中，配成营养液，培养植物，取得成功。他们称这种方法为水培。1920年营养液的实验室制备达到标准化。这一方法现在仍然用于植物生理，植物营养，植物病理，植物污染等方面的试验。

虽然出现了水培，但它一直停留在实验室的实验上，科学家们忽视这种发现的价值。直到1929年，美国加利福尼亚大学教授格里克（W·F·Gericke）作出了大的发展，他成功地种出了一棵七米半高的西红柿，收摘果实14公斤。这种成就连最保守的评论家也为之惊奇，引起了人们的极大关注。美国新闻界欢呼这是本世纪最伟大的发现，报纸用大量篇幅报导，宣称土壤将成为博物馆中的纪念品，通栏大字标题宣布这一成果，同时大量图片刊登这位博士在四脚梯子上采摘西红柿的盛况，作广泛宣传。

水培法虽然冲破了实验的束缚进入到了实际生产中，但没有认识到它是一门科学。同时由于夸大的宣传破坏了它的发展，不诚实的商人以高价出售其无用的设备和不明成分的肥料混合物来赚钱。这都给水培带来了不良的影响，使水培受到了挫折，幸而有一些有经验的研究者和科学机关对水培给予了注意。1933年格里克申请了一个美国专利，“在水中种植植物的施肥设备”。1935年一些蔬菜和花卉种植者，在格里克的指导

下，进行了大规模的生产试验，面积最大的有0.8公顷。同时在美国中西部发展出了一种沙培和砾培的技术。水培技术很快传到了欧洲，印度和日本。

3 无土培的传栽播

无土栽培相当长的时间还是在实验阶段，最先把无土栽培用于生产的是军事和商业部门。最初的应用为泛美航空公司在太平洋中部荒芜威克岛上的蔬菜种植，在格里克的指导下，用无土栽培为航空班机的乘客和服务人员提供新鲜蔬菜。以后英国农业部对无土栽培发生了兴趣，特别是在1939年到1945年战争期间增产食物运动中，认识到它的重要性。1945年伦敦英国空军部在伊拉克的哈巴尼亚和波斯湾的巴林群岛开始进行无土栽培，哈巴尼亚是盟军的一个繁忙联络站，原来所用蔬菜是靠从巴勒斯坦空运的，消耗大，费用高。巴林群岛是油田所在地，由于干旱，蔬菜靠外地供应。美国陆军设有专门的水培机构，1952年生产了三百六十万公斤新鲜蔬菜。这时一些国家和地区也采用了无土栽培进行种植。

在圭亚那，硫磺岛和阿森松岛一些孤立的基地建立了一些最成功的水培场。在东亚的美军司令部有32公顷的蔬菜生产设备。在西印度群岛，中亚和不毛的沙原，特别是远离委内瑞拉海岸的阿鲁巴和库拉索岛，以及科威特的石油公司，都采用了无土栽培为他们的雇员生产新鲜蔬菜。在美国有大量的商业水培场，特别是在伊利诺斯，俄亥俄，加利福尼亚，亚力桑那，印第安那和佛罗里达，生产大量食物。在中美的墨西哥和附近地区，无土栽培也有很大发展。

4 国际无土栽培学会的成立

由于一些国家的采用无土栽培，许多学者的研究，在国际上获得了相当广泛的发展，许多无土栽培工作者要求对无土栽培进行学术和经验交流，成立了国际无土栽培学会，国际无土栽培学会是在1955年9月在荷兰斯赫维宁根举行的第十四届国际园艺会议上成立的，当时的名称为国际无土栽培工作组（IWOSC），工作组的成员只有12人，其中有荷兰的斯泰纳工程师，联邦德国的潘宁斯菲尔德教授，比利时的霍姆斯教授等。

1961年在比利时布鲁塞尔举行的第16次国际园艺会议上，IWOSC要求召开一个座谈会，遭到国际园艺学会一些人的反对，他们声称“无土栽培没有任何意义，没有人感兴趣”，因而未能举行。

到了1963年，意大利佩鲁贾大学邀请国际无土栽培工作组参加一个无土栽培座谈会，这次会议以后被认为是第一届国际无土栽培会议。

1967年西班牙的加那利群岛对无土栽培发生了兴趣，结果加那利合作援助银行的农业事务部邀请国际无土栽培工作组于1969年在拉斯帕尔马斯举行第二届国际无土栽培会议，费用全部由援助银行支付。这次会议出席65人，有论文22篇，出版有论文集。

1970年在IWOSC的赞助下，在拉斯帕尔马斯建立了国际无土栽培中心。开展研究工作，提供咨询和培训专家。

1973年在意大利的萨萨里组织了第三届国际无土栽培会议，出席85人，有论文29

篇，出版有第三届国际无土栽培会议论文集。在这次大会上决定把国际无土栽培工作组的组织，由工作组改为学会，但名称不变。

1976年又在拉斯帕尔马斯组织了第四届国际无土栽培会议。出席105人，有40篇论文，出有第四届国际无土栽培会议论文集。

1980年在荷兰的瓦赫宁根，召开了第五届国际无土栽培会议，出席172人，论文超过了50篇，出版了第五届国际无土栽培会议论文集，正式把国际无土栽培工作组改称为国际无土栽培学会（ISOSC）。会员人数发展为45个国家的300人。大会决定在澳大利亚成立一个ISOSC分部。

短短的25年，国际无土栽培学会由最初的12个成员发展为现在的300个会员，这也代表了无土栽培的迅速发展。

国际无土栽培学会的成立和国际无土栽培会议的召开，对无土栽培的发展起到了推动的作用，最近十多年来，无土栽培发展很快。南非在1970年开始采用无土栽培生产饲料，到1973年，水培设备已发展到400多套，设备有美国制，英国制和法国制的。新加坡1971年引进了无土栽培，生产蔬菜和花卉。英国的花卉种植有很多从土培改为水培。美国的无土栽培主要集中在伊利诺斯，俄亥俄，加利福尼亚，亚力桑那，印第安那和佛罗里达，现几乎所有的州都有无土栽培。另外美国还有成百万的家庭使用无土栽培。现在世界采用无土栽培的国家有发达的国家如英、美、法、德、荷、比、丹麦、瑞典、苏联、保加利亚、波兰等，也有发展中国家如印度，斯里兰卡、菲律宾、坦桑尼亚、伊朗、科威特、塞舌耳群岛，加那利群岛等。据不完全统计，世界上采用无土栽培的国家和地区不下一百多个。据英国库珀的统计，单是采用无土栽培中营养膜技术的国家就有72个。

5 无土栽培在生产领域中的发展

无土栽培在一些国家占有相当大的比重。在新西兰，有一半的西红柿是用无土栽培生产出来的。在意大利的园艺生产中，无土栽培占有五分之一的比重。在日本，无土栽培的草莓占总产量的66%，青椒占52%，黄瓜占37%，西红柿占27%。古巴的哈瓦那，市售的西红柿和黄瓜全是郊区的一个露天水培蔬菜工厂生产的。

水培温室的数量在各国有很大发展，有许多土培温室逐渐改为水培温室，美国有成千上万的各种水培温室。加拿大的不列颠哥伦比亚有80%的温室采用不同形式的水培。世界上有一些大的水培温室，意大利西西里有五万平方米的水培温室，美国亚力桑那的格伦代尔水培公司，有六万平方米的水培温室，阿布扎比酋长国的萨地亚特岛，有一个干旱地区研究所，属有一个水培温室，原为两万平方米面积，现已扩大为八万平方米。英国1981年在英格兰北部的坎伯来斯福尔斯，新建成一个八万平方米的水培温室，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”，年产西红柿二千二百多吨，还要再建造十座这种类型的温室，总面积达一百二十多公顷，届时，仅西红柿产量便可达全国目前总产量的五分之一，其它蔬菜也占一定的比例。

世界上对无土栽培的研究发展很快。除国际无土栽培中心外，许多国家都有无土栽

培研究机构，如英国有15个，美国有24个，比利时有5个，荷兰有6个，苏联有5个，日本有5个，印度有4个，坦桑尼亚、伊朗，科威特等国都有不同数量的研究机构，据不完全统计全世界的研究机构在一百三十个以上。

美国政府委员会把无土栽培列为现代十大技术之一。1978年英国皇家农学会组织举办的农业展览会在“今后二十五年馆”中展出了无土栽培的西红柿、圆白菜等，用电子计算机控制，温度、湿度、光照、养分。把它列为未来的农业，世界上的一些科学家认为无土栽培是解决世界粮食问题的希望。

第二节 无土栽培的优点

1. 产量高

无土栽培较土壤种植所获得的产量为高，从几倍到几十倍、如下表所示：

作物	土壤（亩）	无土（亩）	无土／土壤产量比率
大豆	91斤	235	2.6
菜豆	1666	7000	4.2
豌豆	333	3000	9.0
小麦	91	621	6.8
稻子	151	758	5.0
燕麦	151	379	2.5
甜菜	1333	4000	3.0
土豆	2424	23333	9.6
甘蓝	1970	2727	1.4
莴苣	1363	3182	2.3
黄瓜	1063	4242	4.0
西红柿	1667—3333	20000—100000	12—30

从上表可以看出不同的作物用无土栽培产量所增长的倍数是不同的。其中西红柿最高，为土壤的20到30倍，其次为豌豆和土豆，再次为菜豆和黄瓜。其中小麦和水稻的产量也是相当高的，但由于本身价值低，一般很少种植。最常用于水培的作物为西红柿、黄瓜、莴苣等。

我国一些无土栽培工作者的试验，也获得了良好结果，如成都市化纤厂的楼顶种植，16米²的水培面积产菠菜168斤，合亩产7000斤，112米²产西红柿1400斤，合亩产12000斤。山东农学院邢禹贤等的实验，无土栽培单株产西瓜9.5斤（土壤为5.2斤），亩产115024斤（土壤为7209.5斤）；西红柿亩产13820.1斤（土壤为4759.1斤）。

意大利的试验，茄子土壤种植，每公顷产33,625公斤。水培为86,000公斤，增加了一倍半。

奥地利的维也纳，有向高空发展的所谓蔬菜工厂，有8米高的、20米高的，甚至有

50米高，每1—3公顷的建筑面积可年产西红柿一万吨，甚至不到一平方米的建筑面积就能生产一吨蔬菜。

2. 质量好

无土栽培产品质量好，如西红柿，其产品有良好的外观，形状和颜色好，维生素和矿物质的含量也高。维生素C的含量约增加30%，维生素A的含量也稍有增加。矿物质的含量增加将近一倍，如下表所示：

新鲜西红柿的矿质元素含量（鲜重的%）

种 植	钾	磷	镁	硫	钙
土壤种植	0.99	0.21	0.05	0.06	0.20
无土种植	1.63	0.33	0.10	0.11	0.28

对于花卉，无土栽培也比较优越，如香石竹，无土栽培的有浓馥香味，花期长，不木质化，不象土壤种植下部叶子易脱落。无土栽培的平均每株每年开九朵花，土壤只有五朵，无土栽培的香石竹少劈裂，劈裂数不高于8%，土壤种植的可达90%，无土栽培的香石竹开花高峰在六月，土壤的在八月，提前两个月开花价格能高一倍以上。再如仙客来，无土种植的花丛直径可达50厘米，花朵高度可达40厘米，一棵仙客来平均开20朵花，一年可开130朵花。

3. 节省水分和养分

在土壤种植中，灌溉的水分大部分蒸发、流失，渗漏了。水分损失很大。意大利作了个试验，在四平方米的面积上用土培，气培和水培三种方法种植茄子，所得水分消耗和产量的数字如下：

在四平方米上	水分消耗（升）	茄子产量（公斤）	产量：水
土壤	5250	13.05	1 : 400
水培	2000	21.50	1 : 93
气培	1000	34.20	1 : 29

可以看出土壤种植产量低，而消耗水分多。

养分的损失根据世界上的一般情况约为百分之50左右。我国农村由于科学技术水平低，肥料的利用水平更低，只有30—40%，一多半养分都流失或失效了。

磷酸盐肥料施用于土壤中时，可溶性的磷酸盐有大部分转变为难溶性的形式。据报告，施用颗粒状过磷酸盐于湿土中，可以溶解成4摩尔（120克/升）的浓度，但在离颗粒只有几毫米的地方，浓度只有约 10^{-5} 到 10^{-8} 摩尔（300—30微克/升）的浓度，也就是稀释了百万倍。因为它在土壤中可以为铁、铝和锰的氧化物和氢氧化物所吸收，也可以为钙离子所吸收，形成磷酸钙盐类如氢氧磷灰石，或者在钙质土中形成八磷酸钙。所以在

土壤中施用的磷酸盐接近植物，则作物第一年至多能利用20%的施用的磷酸盐。

钾离子在土壤中可以为粘粒和腐殖质吸附，这种吸附是代换性的。这种吸附和磷酸盐的吸收不同，在土壤溶液中的浓度可以为 10^{-4} 到 10^{-5} 摩尔、不过在施用钾肥时，也可以升至 10^{-3} 摩尔、但也有一部分钾变为不溶的形式，这是被固定在云母和蛭石的粘粒的间层中。所以在粘土和壤土中，钾非常不活动，没有多少能移动到50到70厘米的深度。

钙和镁。由于使用氮肥，增加了土壤中的硝酸盐，硝酸盐在土壤中大部分为硝酸钙，有少量为硝酸镁，这些盐类易于从土壤中淋洗，所以在非钙质土壤中，需要定期使用石灰物质以补充淋洗掉的钙和镁，防止土壤酸化。

氮肥在土壤中的过程是复杂的。氮肥大部分为尿素、氨、铵盐和硝酸盐，另外还有少量的有机肥如毛发、干血和骨肉废物。在正常的条件下，当土壤排水良好而温暖时，氮肥易氧化为硝酸盐，硝酸盐不为土壤吸附，完全存在于土壤溶液中，易于流失。有的肥料易挥发，如氨常有一部分挥发。在PH高于6的湿土中，尿素易水解为碳酸铵，碳酸铵分解生成氨能逸入大气，硫酸铵也是一样。硝酸盐在土壤中，一部分为微生物摄取转入腐殖质，一部分以硝酸盐的形式被淋洗，一部分则反硝化以氮气或氮的氧化物主要为氧化二氮的形式而挥发到大气中，只有一部分为植物直接利用。

由于在土壤中肥料的过程非常复杂，不仅有许多损失，而且由于各种元素损失量的不同，土壤中养分元素的量很难保持平衡。而在无土栽培中，营养液是根据植物的需要配制的，不仅不会损失，而且能保持平衡。养分流失不仅造成经济上的损失，而且带来环境问题。有人统计说臭氧的减少，据现在的资料，到21世纪，同温层 O_3 的损失接近10%，臭氧是地球生物的保护层，防护太阳紫外线对生物的伤害，紫外线能使生物突变、致畸、致癌，甚至使生物灭绝，引起人们的关心。另外地下水中硝酸盐的增加也使不少地方发生了硝酸盐中毒。

4 清洁卫生

无土栽培所使用的肥料是无机盐类，没有什么气味，一般土壤种植往往使用有机肥，不管堆肥，人粪尿，家畜家禽粪，污泥污水都有臭气味。颐和园的同志就反映，我们种的花施用的粪肥有臭味，外宾看时都捂着鼻子，多么大杀风景。我们提倡家家户户开展花卉栽培，家里种点花和菜，满屋臭味，总是不讨人喜欢吧。现在在花盆中养花用的有机肥，还往往成为蚊蝇滋生之地。

5 无污染，病虫害少

无土栽培离开了土壤，土壤传播的病虫害就可以避免，病虫害少了，使用杀虫剂杀菌剂的机会少了，这样就减少了农药污染。另外无土栽培是用化学品和水配成的营养液种植植物的，里边没有污染物，不会为植物吸收。而土壤中的污染物是很多的，有寄生虫、病毒、病菌、农药、重金属等。食物污染不污染，价值也有很大差别。但空气传播的病虫害，还是应该注意的。

6 无杂草

杂草对作物的危害是很大的,世界上农民花费到除草剂上的费用,是农药中最大项目。而无土栽培基本上没有杂草,不仅节省了人工和农药,而且提高了养分的使用效率。

7 劳动强度小

我们知道的农业劳动,强度是很大的,仓颉造字造的字就很说明问题。男字是在田间下大力的、农田操作如犁田、耙田、插秧、播种、收割等等都是劳动强度很大的,无土栽培可以自动化操作,节省人力,也可以人工操作,使用很多劳力。但劳动强度都不大。

8 地方不受限制

一般不宜于农业的地方都可以进行无土栽培。如我国有很多沙漠、戈壁、石山等不毛之地,可以开展无土栽培。在城市一般单位和居民没有土地,但可利用窗台、阳台、走廊、屋顶、墙壁等空闲地进行无土栽培。

9 节省土地

无土栽培产量高,就可以节省土地,如西红柿单产量提高12—30倍,就可以节省11到29倍的土地面积。据安徽省的调查,蔬菜供应不足,是由于蔬菜土地面积太小,每人只有2.5厘土地合16.65平方米,为了满足人民需要,计划扩大为每人2.5厘,合23.31平方米。而用无土栽培,有四、五平方米甚至不到一平方米,就能满足一人的需要。每人每年按250斤计。

南非在520平方米的面积上用无土栽培种植青饲料,养了250头绵羊,用传统的牧场、则需要2.5公顷的面积、二者所需面积之比为一比四十八。

根据英美等国生产的设备,在22平方米的面积上每天用45公斤的谷粒能生产450公斤的水培青饲料,16到18公斤的青饲料能满足一头产奶奶牛的需要,这样在22平方米的面积上就可以饲养25到30头奶牛。草地养牛每头需0.5—1.0公顷草地。

美国亚力桑那的格伦代尔水培公司生产的饲料生产设备,其大小为 2.4×3.5 米,每天生产的饲料可供70匹马的食用。

最能节省土地的要算奥地利维也纳的蔬菜工厂了,它能在不到一平方米的面积上每年生产出一吨蔬菜,而且还有很大潜力。

第三节 无土栽培的应用

无土栽培可用于所有植物的种植,但由于具体条件限制,有些植物如高大的乔木不宜用水培法。现在使用最多的是蔬菜、花卉、饲料和苗木。

1. 生产粮食

粮食是人类生活不可缺少的食物,现在世界上成千上万的人缺乏食物或适当的食

物,饥饿和营养不良是非常现实的问题,主要是人口增长太快,据推算在两千年前,世界人口不足2.5亿,到十七世纪,增加了一倍,十八世纪中叶增加到10亿,到1930年,又翻一番成了20亿,现在人口已经超过40亿,据联合国的报告,到2000年,将再增加二十亿,达到60亿。一方面人口增加,而生产粮食的耕地,由于文化、交通、建筑等用地却在减少,如英国每年要减少30万市亩,从二次世界大战以来,英国已减少了三百多市亩。美国每年损失一千八百万市亩。另外风蚀水蚀还要失去二千四百万市亩,总计年损失4千2百万市亩。意大利每年损失耕地40万5千公顷,合六十六万五千市亩。我国从1957年到1977年二十年间净减耕地一亿八千万市亩。年平均减少土地九百万市亩。二十年间减少的耕地相当于四川、广东、广西三个省的耕地。北京市三十年来减少耕地270万亩,每年合九万亩。近年来耕地减少有加速之势。

人口在增加,而耕地却在减少。一些科学家把世界粮食问题的解决寄希望于无土栽培,因无土栽培的产量较同面积的土地要高将近十倍。目前使用无土栽培生产粮食的还不多,二次世界大战期间,英国使用过,有少数阿拉伯国家在采用。为了解决将来世界的粮食问题,有可能采用无土栽培。

世界每人平均占有耕地面积为平均5.5亩,我国三十年来人均耕地面积却由2.7亩下降为1.6亩,仅为世界每人平均占有耕地的27%。

土地的减少,以辽宁为例,1949年全省耕地面积为7100万亩,1979年下降为5600万亩,三十年内减少了1400万亩,占耕地面积的25%,平均每年减少50万亩,该省同期人口由1800万增加到3400万。

2. 生产饲料

在缺乏牧草的地区和国家如南非、苏联的西伯利亚,就用无土栽培生产饲料。因为用发芽饲料饲养的家禽生产的乳、肉、卵不仅产量高,质量也好。

为了加强马的竞走力,水培饲料起了良好的作用。

为使动物园饲养的动物健壮,有很多采用水培青饲料饲养。

在南非从1970年开始使用无土栽培生产饲料,到1973年三年的时间已增加为400套设备。

3. 生产苗木

我国是森林覆盖面积比较小的国家,因此农田得不到保护,气候得不到调节,1981年四川大洪水,受灾县119个,淹没县城53个,场、厂、镇580个,城乡直接损失约25亿元。这次洪水除了大气环境是造成暴雨的自然因素外,究其原因,主要是由上江上游的森林严重破坏,土地失去保护,一遇暴雨,山洪暴发,一泻千里,势不可挡,1981年五届人大四次会议“关于开展全民义务植树运动的决议”规定,“每人每年义务植树三至五棵”。按照这一规定,全国所需苗木的数量是可观的,就拿北京市来说,如以每人每年植树四棵计,除去无力栽植的老弱病残幼外,每年将需要二千万棵苗木,这大量的苗木,单用传统的方法育苗,需地多,育苗慢,很难完成这一任务。如果采用无土育

苗，占地少，育苗快，栽植成活率高，有助于完成这一任务，英国在《英国的林业》一书中就介绍了他们用无土育苗的经验。荷兰育成的大量苗木，还出口到国外，国际上有不少无土育苗的好经验。

4. 生产能源

能源问题是世界都关心的问题，全世界都在为寻找能源和开发能源而努力，无土栽培由于它的高生产力，也是产生能源的有力手段。

我们知道，植物叶绿素通过吸收二氧化碳和水，进行光合作用，把日光能贮存在有机质中。叶绿素是自然界吸收和贮存太阳能的最重要的机器。每生产一克干物质需要4.25大卡。光能或辐射能是以地球空间外层每平方米面积上每分钟所受到太阳垂直平面照射的能量来计算的。据测定每平方米每分钟所受到阳光能为1.94卡。地面上所受的光能要看太阳在空中的位置，空气清浊度与云层云量的多少而定。一般来说，纬度愈高，太阳辐射能的年总量也愈小。世界上年辐射量最大的地区为非洲撒哈拉沙漠和西亚阿拉伯沙漠，每平方米为二百大卡（一大卡等于一千卡）靠近南北极圈的地方最小，为八十大卡。

我国长江下游和华南地区年总辐射量为每平方米120大卡，合每公顷120亿大卡，黄河流域还要高过此数。西藏高原和西北沙漠地区年总辐射量还要高。120亿大卡如能利用1%，则一季作物每亩应产941公斤。一般来说，植物对太阳能的利用率为0.1—1.0%，超过2%的很少，而无土栽培能提高对太阳能的利用率。生产大量植物产品，作为动物食物。动物排泄物还可以用来生产沼气，然后用作肥料，有的植物还可以直接提取石油代用品。

生产特别快的植物有水葫芦、藻类等。几天就可以翻一番。

5. 生产蔬菜

用无土栽培可以生产各种蔬菜，如西红柿、黄瓜、莴苣、茄子、青椒、菜豆、甘蓝，莙送菜（牛皮菜）、芹菜等。其中最常生产的为西红柿，其次为黄瓜、莴苣等。因为西红柿这种蔬菜，特别适合于水培。现在世界上的一些大温室大都是生产西红柿。

用大温室生产蔬菜产量高，比较经济，国外有许多家庭用的小温室、这种家庭水培温室也有优点，能吃上鲜嫩的蔬菜，同时可以利用家庭空闲地方。

6. 净化空气

空气中二氧化碳含量为万分之三。由于人和动物的呼吸，排出大量二氧化碳，特别是随着工业的发展，木材、煤炭、石油、天然气等的大量燃烧，放出很多二氧化碳，使局部地区的含量可达万分之四。二氧化碳量的增加，对人和动物的呼吸都是有害的。植物是二氧化碳的主要吸收者，无土栽培又可使植物成许多倍的生长、因而能大量吸收二氧化碳和放出氧气。

植物能吸收空气中的硫和氮的氧化物。

植物能消灭一些有害病菌。有的还能消灭有害昆虫。

培养的小球藻可用于潜艇净化空气，有50克的小球藻能满足一个人的氧气需要。一些科学家还在想把它用于航天器。

7. 处理污水和废水

利用水培，一些植物如水葫芦能从污水中吸收有毒离子。据美国航天技术实验所的研究，在一个深度为91到122厘米的池子中放养水葫芦，污水经过5天的处理后流出时，生化需氧量（BOD），由流入时的110毫克/升，降为流出时的10毫克/升，平均减少了90%，氮的含量由流入时的12毫克/升，减少为流出时的3.4毫克/升，此外，水葫芦还能抑制有害藻类的生长。污水经过水葫芦的养殖，获得了净化，池子里不再发生任何气味，可以生长许多水生动物，如鱼、青蛙和水鸟。

对于化学废水，水葫芦可以从其中吸收一些有毒重金属，据测定，化学废水中的水葫芦，根部含594ppm的铜、297ppm的铅、113ppm的银、164ppm的镉和286ppm的铬，水葫芦虽然吸收聚积了这么多的重金属，却没有任何中毒症状。水葫芦还能从少至0.001毫克/升的废水中快速富集镉。

水葫芦还可以吸收一些有机化合物，每公斤水葫芦在72小时内，能除去36.4毫克的酚。另一个试验表明每公斤水葫芦在七天内能除去258毫克的有机污泥。

在污水池中养水葫芦达到饱和时收获处理，有毒物污染的可用以发酵生产沼气，可以从废渣中回收矿物质。无毒物污染的可作饲料养猪，猪的排泄物可用以生产沼气，生产沼气后的废物可作肥料。

8. 生产花卉

花卉大多数是娇嫩的植物，对种植的要求比较高，而无土栽培由于解决了土壤中无法解决的水分、空气和养分的矛盾，能保证花卉生长所需的要求，因而生长良好。例如唐菖蒲在温室中水培的较土壤中种植的能提前两个月开花。

茼蒿在温室的土壤中种植很难开花，开花的记录为：1889年在伦敦，1929年在汉堡，1936年在布尔诺和1937年在纽约。植物文献收集了这些记录，认为在植物园中这种植物开花的现象是罕见的，这种植物在波兰弗罗茨瓦夫大学的植物园中种植了十年，连一次花也没有开过。但当1959年进行水培后，每年都开花。

菊花最适于无土栽培，在开始种植花卉时，最好选用菊花，以取得经验。其它许多花卉也培养的很成功，如香石竹、蔷薇、仙客来、球根、球茎和根茎植物中的郁金香，水仙、百合、鸢尾、风信子、唐菖蒲等、马蹄莲、大岩桐、石刀柏、蕨类中的肾蕨（蜈蚣草）、铁线蕨、非洲菊（扶郎花）、花叶芋、彩叶芋、花叶万年青、蓬莱蕉，茼蒿；攀缘植物中的香子兰、黄桐、球兰、黄蝉、马兜铃和西香莲，豆科植物的澳洲金合欢（含羞草）。仙人掌在水培中也比较生长快，开花好。

荷兰的阿莱斯梅尔，为世界最大花市，花卉、花木大都用无土栽培种植，质地良好，行销世界一些大城市。每年园艺产品出口外汇收入合人民币40亿元。

9. 美化环境, 陶冶情操

无土栽培能培养花卉, 灌木和乔木, 用以布置屋顶花园。一些发达国家, 往往在室内种植各种植物, 把办公室装饰得象花园一样, 一进办公室或工作室, 就感到精神愉快, 这样可以提高工作效率, 在老人之家培种花草花木能增进身心健康、延年益寿。一些文明国家视花卉为生活所必需。

花香是没有其它东西可以代替的。虽然市面上出售的化妆品和香水种类繁多, 也具有浓郁的香气, 但它们都有一种难免的缺点, 那就是它们香的不自然, 不能实实在在地吸引人。所以文明的国家很注意花卉培植, 用以美化环境, 陶冶性情。

10. 进行立体种植

土壤种植需要土地, 在城市中由于房屋的修建, 失去了土地, 自然要减少植物的种植, 但无土栽培不仅平面种植, 也可以立体种植, 种到墙上。不仅能在室内的墙上种植, 还可以在室外的墙上种植。只要在墙上从上到下铺设上一条一条的塑料袋, 根据不同的植物在一定的距离开孔, 既可种植蔬菜, 也可种植花卉, 这样不仅楼顶可以种植, 楼的周围也可以种植。袋子的上面通入营养液管, 定期浇水和施加养分。房子不仅不受种植妨碍, 而且增加了种植面积。

当然最好是在建筑房屋时, 把种植管修在墙上。

11. 促进城市绿化, 保持生态平衡

大家都知道, 城市的生态系统失去了平衡, 给人民带来许多困难, 其中主要就是绿地面积太少。绿地的植物不仅为人民们制造氧, 还吸入城市的许多有害气体, 吸收灰尘, 为了使城市保持生态平衡, 必须扩大绿化面积, 一个城市环境质量的好坏, 绿化面积是一个重要的指标。北京的绿化面积与世界其它城市相比, 是比较低的。

要扩大绿化面积就要有土地, 而城市往往人口多, 建筑物多, 土地少, 扩大绿化面积就遇到困难, 而无土栽培可以利用城市所有的闲散土地面积, 如楼顶、墙壁、阳台, 走廊等, 在加拿大的一些城市, 甚至电线杆都被绿化了。

12. 开展屋顶种植

屋顶无土栽培可以调节室温保护建筑, 无土栽培由于基质轻, 可用于屋顶栽培, 或种植蔬菜, 或种植花卉, 或种植苗木, 这不仅增加了植物收获, 美化了环境, 净化空气, 还可以调节室温, 保护建筑。

据重庆市建筑科学研究所李百根工程师的试验, 无土栽培屋顶 SO_2 的含量平均为0.26毫克/立方米, 未进行无土栽培屋顶 SO_2 的含量平均为0.60毫克/立方米, 相差1.3倍。当然无土栽培屋顶 SO_2 的含量也超过了国家标准(国家标准为不大于0.15毫克/立方米)。较最大值0.91降低3.5倍。

无土栽培屋顶 NO_2 的含量也有所降低, 未进行栽培的高干大楼屋顶为0.07毫克/立方

米,设计院屋顶为0.05,而无土栽培的楼顶所测的12个数据中只有两个达到0.04,其余十个均数检出,307平方米的无土栽培,竟有如此明显净化空气效果。如果扩大种植面积,效果会更显著。

隔热保温效果,根据用热电偶的测定,以一天中温度最高的下午四时为准,栽培屋顶外表面的温度较未进行栽培的低 23.7°C 。栽培屋顶的天棚内表面较未进行栽培的低 7.2°C 。栽培屋顶的顶室内较未进行栽培的降低 4.8°C 。按一天的平均值计,未栽培屋顶的顶层屋内为 35.6°C ,气温为 35.8°C ,而栽培屋顶的顶层房屋内温度只有 32.5°C ,较气温低 3.3°C ,较未进行栽培的屋顶也低了 3.1°C 。

另外,栽培屋顶的温度差是很小的,无疑,这对于减小屋面板的温度应力,避免屋顶开裂具有很大意义。试想,在未栽培屋顶上,当遇连晴高温天气时,砼屋面温度可达五、六十度,如突降暴雨,可骤降至二十多度,势必引起砼屋面的接缝及刚性防水层开裂。开裂是常见的现象。

冬季无土栽培屋顶可以保温,据测定在气温为 7.3°C 时,栽培屋顶外表面平均温度为 8.7°C ,天棚表面为 9.2°C ,室温为 9.1°C ,未栽培屋顶的外表面为 7.1°C ,天棚表面为 7.7°C ,室温为 7.3°C 。可以看出栽培与未栽培的室温相差 1.8°C 。气温变幅也小,无土栽培的室温变幅为 0.6°C ,未栽培的为 2.1°C ,相差一倍,无土栽培屋顶有保温的效果。

13. 开发戈壁沙漠

戈壁、沙漠、海滩在世界有广泛分布,由于缺乏土壤,无法进行农业生产,给这种地区的开发造成困难,特别是这种地区也有它优越的条件,大多有丰富的光照,适合农作物的温度,有的还有丰富的地下资源。采用无土栽培可以为这些地区的开发。提供蔬菜食物。如伊朗,阿布扎比,科威特等国,都在为不毛的沙漠地区,用无土栽培生产出农产品,他们用石油作能源淡化海水,也有利用太阳能的。在沙漠地带,大都有丰富的太阳能,也可以用来发电,淡化海水或其它咸水,如阿布扎比在萨地亚特岛上建立了一个干旱土地研究中心,附设有一个温室,在两公顷的温室中,每年生产黄瓜、萝卜、西红柿、辣椒、洋白菜等471吨。使过去靠伊朗和黎巴嫩运输蔬菜供应的阿布扎比,有了自己生产的蔬菜。现在该温室已扩大为8公顷,无土栽培的发展促进了其它事业的发展,也促进了沙漠地带的开发。

14. 国防建设上的应用

无土栽培在国防建设上有重要意义,美国各军种都有自己的无土栽培,以陆军无土栽培的面积最大,美国陆军没有专门无土栽培机构,负责为部队生产蔬菜,海军的潜艇中用无土栽培的植物净化空气,人呼出的二氧化碳被植物吸收,植物放出的氧可供人呼吸,促成有益的循环,而这只有用无土栽培才能完成,空军也在试验航天中的无土栽培。苏联的空间站就用无土栽培生产蔬菜。

另外国防上的边防哨所有的在高山,有的在海岛,有许多地方不适于种蔬菜,而且大都远离居民区,蔬菜供应成为一大难题,采用无土栽培,就可以得到解决。

15. 工矿企业上的应用

有许多工厂矿山都设在边远的地区，那里蔬菜生产条件差，工人和工作人员吃菜感到困难，远途运输运费高，消耗大，不但给职工生活造成困难，经济上也受到损失。

我国新疆南疆的铁路建设，通过人烟稀少的地区，蔬菜供应的困难影响了铁路修建的进度，如能采用无土栽培在当地为职工生产蔬菜，对铁路进展将会起到很大影响，再如克拉玛依油田，许多工人在荒凉不毛的地方开采石油，生活非常艰苦，很希望吃上新鲜蔬菜，有的同志曾要求用无土栽培生产蔬菜，但未获很好解决，给生产造成困难，如能采用无土栽培在当地生产蔬菜，对油田建设是会大有裨益的。

16. 进行教学

给儿童以植物生活的基本知识，在课堂上只讲植物学是很枯燥的。如用无土栽培中的水培，以实际操作进行示范，学生可以看到植物的根、茎、叶、花能引起学生学习的兴趣，提高植物学的教学效果。

无土栽培还可用于其它许多方面如土壤种植中的种子处理，作物育苗，培养蘑菇等。总之无土栽培已渗入到人类生活和人民生活的各个方面，使我们的生活更加丰富多彩，对我国的四化建设将起到有益的作用。

第四节 无土栽培的方法的分类

最近几十年来，无土栽培不管是为了科学实验，或是为了商业生产，在世界上有相应的发展。这就需要对无土栽培的方法进行分类。例如只说无土栽培，就很难理解生产植物采用的是什么方法，不研究近年来的无土栽培，就不了解无土栽培的许多方法。在二次世界大战以前，无土栽培的方法主要是水培，砂培和砾培。我国《辞源》中就把无土栽培分为水培、砂培和砾培。

1959年本特来 (M. Penfley) 把水培分为以下几类：1. 水培或格里克的原始水培，2. 无土培或团聚体培 (是使固体材料) 这又分为 (1) 砂培和蛭石培，(2) 砾培 (所谓砾就是不是石头，而是小的石头，其直径为2—9毫米)。

1967年尔马可夫 (E. J. Ermakov) 提出了一个水培 (Hydroponics) 的分类，他把无土植物生产方法分类为：1. 水培 (水培和气水石质培)。2. 团聚体水培 (包括 (1) 有机培 (2) 石质培；(3) 气水石质培)。3. 气培 (其中包括 (1) 气水石质培，(2) 气团聚体培，(3) 气溶胶培)。此外，根据营养液的供应技术，他分为七种方法：1. 用或不用循环；2. 定期下方灌水——内部循环或喷洒；3. 移动营养边界法——营养液和水分别施用；4. 不间断和分别的施用营养液和水；5. 在根区的上部和下部中用在固定最边界区不间断的分别滤过营养液；6. 定期的表面湿润或从下面喷洒根；7. 不间断的或定期的以气溶胶的形式施用。

1977年达夫提安 (G. S. Davtyan) 根据所用物质的特性分为以下几类：1 水培