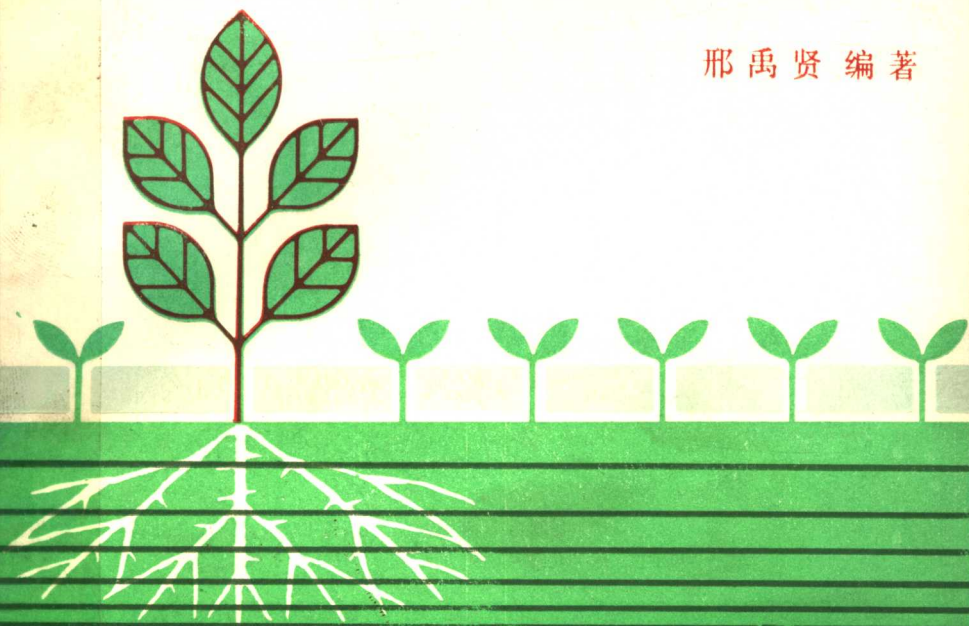


WUTUZAIPEIYUANLIYUJISHU

邢禹贤 编著



# 无土栽培

## 原理与技术

农业出版社

# 无土栽培原理与技术

邢禹贤 编著

农业出版社

## 前 言

近几十年来,无土栽培在农业生产上逐渐发展起来,它象天空出现的一颗新星,不断扩大,散射着夺目的光辉。它给人类带来了财富,也带来了创造财富的希望。为了及时地介绍这一新技术的应用和发展,使它更好地为我国农业现代化服务。1980年我们曾编写了《温室蔬菜无土栽培》一书。时至今日已八年了。目前无土栽培技术的应用范围,技术内容,应用效果等,都有了较大的变化。更加显示出了它的广阔发展前途和旺盛的生命力。国内无土栽培已由当时刚刚起步和小规模的试验阶段,逐步开始进入生产领域,获得不少可喜的成果。

我们从1975年以来开始进行无土栽培的小规模试验研究工作,1984年以后又在胜利油田等地,与当地生产单位结合进行了大规模的生产开发研究,均取得了预定的试验结果。试验实践使我们深刻认识到:无土栽培这一农业生产中的一项新技术,它是人类向自然索取财富的科学手段,我们不但应当占有它,而且应当很好地发展它。如果把无土栽培视为奥妙而不可攀登,是不符合实际的。我国某些地区,某些生产单位已具备或部分具备了应用、研究这一技术的条件,因此应当积极地应用这一先进技术,为人类创造更多的财富。胜利油田地处鲁西北盐碱地区,土地条件和种菜基础都很差,但无土栽培却能在这里大面积开发试验成功,取得十分可喜的成果,这不充分说明,无土栽培在我国存在着大面积发展的可能性吗?当然,无土栽培技术在生产上得到广泛

应用，无疑这是人类摆脱土壤栽培束缚，向栽培的自由“王国”迈出的一大步，其中科学技术的发展，又为它在生产上的应用，奠定了坚实的基础。提供了必要的条件。因此，无土栽培技术的应用是科技发展到一定阶段的产物。同时它也必然随着科学技术的发展而进一步得到发展和壮大。在研究和应用这一技术时，如果只看到它的优势和技术上的先进性，而忽视当地应用这一技术在设备上、技术上应具备的条件，那么，就很难使这一技术与当地生产结合，取得应有的增产作用。所以在进行无土栽培技术的研究和应用时，既要权衡利弊，因地制宜，避免盲目行事，采取稳妥慎重的态度，同时也要防止因无土栽培设施和技术较高，虽具备研究和应用的条件也不予以重视。应当看到，无土栽培毕竟是一项先进的栽培技术措施，它具有土壤栽培无可相比的许多优点，因此应当以积极态度，研究推广这一技术，使它更好更快地为农业现代化服务。可能有人认为：无土栽培技术在国外已达到了较高的应用水平，因此，我们无须再进行试验研究，可以通过直接引进，加以利用。当然不能否定通过引进国外无土栽培技术以推动这一技术在我国发展的可能性。但是，农业栽培的一个特点是具有较强的地区性。国外无土栽培技术的设施形式和栽培系统种类较多，但都是根据本国条件研究设置的，如果直接引用，很难完全适合我国条件，而且，他们农业生产社会化程度较高，与我国农业生产条件相比，尚存在较大差距，完全依靠引进来解决我们的问题，是不够现实的。况且，国外也在不断地通过研究，使这一技术进一步提高。因此，着眼于本国条件，研究与吸取国外先进技术，创造出适于我国条件的无土栽培配套设置系统，才是行之有效的办法。所以说我国的无土栽培技术的研究工作，不但要进行，而且应当进一步加强。

近几年来，由于农村种植结构的改革，保护地蔬菜生产发展

十分迅速，为了寻求解决保护地连作重茬土传染病害和土壤盐分积累所造成的产量降低问题，生产上对无土栽培技术的要求十分迫切，我们不断收到这方面的信件和接待来访人员。有的农业院校也开始增设“无土栽培学”这一新课程，为了满足生产上和教学上的需求，我们根据几年来从事科研所积累的资料以及手头掌握的国内外有关无土栽培的书籍、文章，编写此书，以求对推动我国无土栽培事业的发展发挥点滴作用。由于水平所限，书内不妥之处，在所难免，敬请读者指正。

编著者于山东农业大学

1988年

# 目 录

## 前 言

|                |        |
|----------------|--------|
| 第一章 绪论         | ( 1 )  |
| 一、概念           | ( 1 )  |
| 二、无土栽培的历史与现状   | ( 2 )  |
| 三、无土栽培的优点      | ( 8 )  |
| 四、无土栽培的效益      | ( 12 ) |
| 五、无土栽培增产原因分析   | ( 24 ) |
| 第二章 作物的根系与功能   | ( 30 ) |
| 一、根系的类型与形态     | ( 30 ) |
| 二、根系的结构        | ( 34 ) |
| 三、根的功能         | ( 39 ) |
| 四、根系的吸收        | ( 41 ) |
| 第三章 矿质营养及其生理功能 | ( 61 ) |
| 一、大量元素及其生理功能   | ( 62 ) |
| (一)氮素及其生理功能    | ( 62 ) |
| (二)磷素及其生理功能    | ( 64 ) |
| (三)钾素及其生理功能    | ( 65 ) |
| (四)钙素及其生理功能    | ( 67 ) |
| (五)镁素及其生理功能    | ( 72 ) |
| (六)硫素及其生理功能    | ( 77 ) |
| 二、微量元素及其生理功能   | ( 78 ) |
| (一)铁素及其生理功能    | ( 78 ) |
| (二)硼素及其生理功能    | ( 79 ) |
| (三)锰素及其生理功能    | ( 80 ) |

|                           |         |
|---------------------------|---------|
| (四) 锌素及其生理功能.....         | ( 80 )  |
| (五) 铜素及其生理功能.....         | ( 80 )  |
| (六) 钼素及其生理功能.....         | ( 81 )  |
| 三、作物营养元素缺乏或过多症状.....      | ( 81 )  |
| 第四章 无土栽培的设置形式与类型.....     | ( 90 )  |
| 一、无土栽培的基本条件 .....         | ( 90 )  |
| 二、设置形式分类.....             | ( 91 )  |
| (一) 基质栽培.....             | ( 91 )  |
| (二) 半基质栽培.....            | ( 92 )  |
| (三) 水培.....               | ( 92 )  |
| (四) 喷雾栽培.....             | ( 92 )  |
| 三、主要栽培类型 .....            | ( 93 )  |
| (一) 基质体栽法.....            | ( 93 )  |
| (二) 基质槽栽法.....            | ( 95 )  |
| (三) 袋培法.....              | ( 97 )  |
| (四) 岩棉栽培.....             | ( 99 )  |
| (五) 营养液膜栽培法 ( NFT ) ..... | ( 101 ) |
| (六) 鲁SC-1型无土多层栽培.....     | ( 108 ) |
| (七) 家庭、机关用无土栽培装置.....     | ( 110 ) |
| (八) 宇宙航行与月球间的农业.....      | ( 111 ) |
| (九) 海上水耕栽培.....           | ( 113 ) |
| 第五章 栽培基质 .....            | ( 114 ) |
| 一、栽培基质选用的条件和原则.....       | ( 114 ) |
| 二、基质种类及性能.....            | ( 117 ) |
| (一) 水.....                | ( 119 ) |
| (二) 砂.....                | ( 120 ) |
| (三) 砾石.....               | ( 121 ) |
| (四) 蛭石.....               | ( 121 ) |
| (五) 岩棉.....               | ( 122 ) |
| (六) 炭化稻壳.....             | ( 122 ) |

|                    |       |
|--------------------|-------|
| (七) 珍珠岩 .....      | (124) |
| (八) 泡沫塑料 .....     | (124) |
| (九) 泥炭 .....       | (124) |
| (十) 锯末 .....       | (125) |
| 三、基质的利用 .....      | (125) |
| 第六章 营养液及配制管理 ..... | (128) |
| 一、肥源及其性质 .....     | (128) |
| (一) 硝酸钙 .....      | (128) |
| (二) 硝酸钾 .....      | (128) |
| (三) 硝酸铵 .....      | (128) |
| (四) 硝酸钠 .....      | (129) |
| (五) 硫酸铵 .....      | (129) |
| (六) 氯化铵 .....      | (129) |
| (七) 尿素 .....       | (130) |
| (八) 过磷酸钙 .....     | (130) |
| (九) 重过磷酸钙 .....    | (131) |
| (十) 磷酸二氢钾 .....    | (131) |
| (十一) 磷酸氢二铵 .....   | (131) |
| (十二) 偏磷酸铵 .....    | (131) |
| (十三) 硫酸钾 .....     | (131) |
| (十四) 氯化钾 .....     | (132) |
| (十五) 硫酸镁 .....     | (132) |
| (十六) 硫酸钙 .....     | (132) |
| (十七) 三氯化铁 .....    | (132) |
| (十八) 硫酸亚铁 .....    | (132) |
| (十九) 硫酸亚铁铵 .....   | (133) |
| (二十) 螯合态铁 .....    | (133) |
| (二十一) 硫酸锰 .....    | (133) |
| (二十二) 硫酸锌 .....    | (133) |
| (二十三) 硼酸 .....     | (134) |
| (二十四) 硼砂 .....     | (134) |



|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| (二十五) 硫酸铜 .....             | (134) |
| (二十六) 钼酸铵 .....             | (134) |
| 二、营养液大量元素浓度与组配换算方法 .....    | (136) |
| 三、营养液微量元素组成 .....           | (146) |
| 四、营养液的酸碱度 .....             | (148) |
| 五、营养液盐度(离子浓度)及检测方法 .....    | (167) |
| 六、营养液管理 .....               | (163) |
| 七、经配方案示例 .....              | (168) |
| 第七章 环境因素及管理技术 .....         | (175) |
| 一、概述 .....                  | (175) |
| 二、光照与调节 .....               | (176) |
| 三、温度指标与温度调节 .....           | (181) |
| 四、湿度指标与调节 .....             | (191) |
| 五、CO <sub>2</sub> 施肥 .....  | (194) |
| 第八章 无土育苗 .....              | (207) |
| 一、无土育苗效果 .....              | (207) |
| 二、无土育苗的设备 .....             | (209) |
| 三、育苗基质 .....                | (214) |
| 四、营养液 .....                 | (214) |
| 五、无土育苗技术 .....              | (215) |
| (一)育苗前的准备 .....             | (215) |
| (二)种子处理 .....               | (215) |
| (三)播种 .....                 | (216) |
| (四)苗期管理 .....               | (216) |
| (五)栽植 .....                 | (218) |
| 六、嫁接育苗 .....                | (219) |
| 第九章 主要蔬菜作物与花卉无土栽培技术要点 ..... | (226) |
| 一、黄瓜 .....                  | (226) |
| 二、西瓜 .....                  | (229) |

|                                               |              |
|-----------------------------------------------|--------------|
| 三、番茄 .....                                    | (234)        |
| 四、辣椒 .....                                    | (237)        |
| 五、茼蒿 .....                                    | (240)        |
| 六、菜豆 .....                                    | (241)        |
| 七、芹菜 .....                                    | (244)        |
| 八、小白菜、菠菜 .....                                | (247)        |
| 九、苋菜 .....                                    | (249)        |
| 十、莴苣 .....                                    | (251)        |
| 十一、排石竹 .....                                  | (252)        |
| 十二、唐菖蒲 .....                                  | (253)        |
| 十三、仙客来 .....                                  | (253)        |
| 十四、大岩桐 .....                                  | (254)        |
| 十五、紫罗兰 .....                                  | (255)        |
| <b>第十章 保护地作物病虫害防治 .....</b>                   | <b>(256)</b> |
| 一、保护地设施及材料消毒 .....                            | (256)        |
| 二、作物主要病害及防治方法 .....                           | (258)        |
| (一) 瓜类作物病害及防治方法 .....                         | (258)        |
| 黄瓜霜霉病 (258)      黄瓜白粉病 (259)      黄瓜疫病 (261)  |              |
| 枯萎病 (261)      黄瓜花叶病毒病 (262)      黄瓜苦味瓜 (262) |              |
| (二) 茄果类作物病害及防治方法 .....                        | (263)        |
| 番茄病毒病 (263)      番茄轮纹病 (263)      番茄叶霉病 (265) |              |
| 辣椒炭疽病 (265)      辣椒疮痂病 (266)      菜豆炭疽病 (267) |              |
| 三、作物主要虫害及防治方法 .....                           | (267)        |
| (一) 蚜虫 .....                                  | (267)        |
| (二) 温室白粉虱 .....                               | (270)        |
| (三) 温室螨类 (茶黄螨) .....                          | (272)        |
| (四) 棉红蜘蛛 .....                                | (272)        |
| (五) 瓜亮蓟马 .....                                | (274)        |
| <b>主要参考文献 .....</b>                           | <b>(275)</b> |

# 第一章 绪 论

## 一、概念

无土栽培 (Soiless Culture) 是近几十年发展起来的一种作物栽培新技术, 它不是在土壤里栽培作物, 而是把作物生长所需要的矿质营养物质, 溶于水中配成营养液, 通过一定的栽培设施形式, 在一定的栽培基质中, 用营养液进行作物的栽培。因为不用土壤栽培作物, 所以称无土栽培, 又称营养液栽培或称水培法。

几千年来, 人类所进行的农业生产都是在大自然的支配和“恩赐”下进行的, 完全处于依附于大自然, “靠天吃饭”的状态。尽管农业生产和栽培条件不断有所提高, 但它依然不能摆脱对大自然这种依附。无土栽培技术的出现, 无疑使农业生产栽培从这种依附地位中, 向栽培的“自由王国”迈出一大步。无土栽培的特点是以人工创造的作物根系环境、取代土壤环境, 这种人工创造的根系环境, 不仅满足作物对矿质营养、水分、空气条件的需要, 而且人工对这些条件能加以控制和调整, 借以促进作物的生长和发育, 使它发挥最大的生产潜力。所以无土栽培的作物生长好, 产量高, 品质优良。此外, 由于它摆脱了土壤栽培的种种局限, 可以在不适于土壤栽培的地块上, 如沙滩地、盐碱地、宅旁地边、城市楼顶、凉台等都可以得到栽培利用。从而扩大了作物的栽培领域, 更好地发挥作物栽培向自动化、工厂化发展的作用。当前无土栽培主要用于作物的育苗、温室大棚蔬菜和花卉作物的栽培, 特别在温室作物的栽培中, 效果更为显著。

## 二、无土栽培的历史与现状

用无土的方法进行作物的栽培和研究，至今已有一段很长的历史了，早在几个世纪以前，不论国内或国外，都有用水来培养和研究植物的记载，但这种用水来培养植物的方法，主要靠植物体自身所贮存的营养来维持生长，因此这是一种原始的、不完全的无土栽培形式。到19世纪中叶，1859—1865年期间，德国科学家萨奇斯（Sachs）和克诺普（Knop）通过进行植物矿质营养的生理研究，为植物无土栽培的理论和栽培技术奠定了基础，从而使这一技术的建立和应用，展开了新的一页。他们的贡献将永远铭记在无土栽培技术的发展史上。1929年美国加利福尼亚大学的格雷克（W.F.Gericke）在进行植物营养的大规模试验研究中，用营养液种植出高达7.5m的番茄，单株收果14kg，当时科技界受到很大震动，从而引起人们的极大注意。他还用营养液成功的栽培出萝卜、胡萝卜、马铃薯及一些花卉植物。但是直到20世纪40年代，无土栽培才被作为一种新的栽培形式，开始大面积地用于农业生产。在第二次世界大战期间，美国曾在太平洋的威克岛用无土栽培法生产蔬菜作物，英国在伊拉克的沙漠空军基地上，曾用此法生产蔬菜作物。进入20世纪50年代后，这种技术在世界许多国家得到了应用。如意大利、荷兰、联邦德国、瑞典、丹麦、西班牙、苏联、美国、日本、印度、斯里兰卡、科威特等国家都先后建立了无土栽培基地和水培场，如美国的亚里桑那州（Arizona）的塔克森（Tucson）建立了66.75亩的水培温室，福尼克斯（Phoenix）建立了约91.65亩的水培温室，至1972年全美国有类似的水培场地达30余处。1979年美国成立了水培学会（Hydroponic Society of America）其宗旨是促进国内外学术交流，加速水培技术的科学研究以及栽培水平的提高，根据日本伊东正在欧洲及日本考察无土栽培发展情况认为，日本水耕栽

培的发展可分为三个时期:

第一发展时期: 1960—1965年主要采用砾耕、循环水耕、喷雾耕;

第二发展时期: 1968—1978年主要采用久保田式、协和式、M式和薰炭耕等。

第三发展时期: 1979年以后, 由于节能技术和生物工程研究的进展, 主要采用等量交换式, NFT技术, 岩绵培技术等。

欧洲水培的发展也分为三个时期:

1960—1965年为固体基质探索期, 即第一个发展时期, 主要进行以泥炭、麦柴、塑料泡沫为基质进行栽培;

1972—1978年为人工合成基质开发研究时期, 即第二时期, 主要进行以人工合成基质, 如玻璃纤维、聚乙烯纤维、聚氨脂类海绵泡沫, 聚酯塑料以及酚醛泡沫等材料为基质进行无土栽培。

1978年以后为NFT与岩绵栽培时期, 即第三时期, 主要进行NFT及岩绵栽培。今以日本与荷兰为例, 列出其无土栽培的发展面积情况(表1-1)。

表1-1 荷兰与日本无土栽培面积

(伊东正)

| 年 份  | 日本(亩) | 荷兰(亩) |
|------|-------|-------|
| 1971 | 525   | 30    |
| 1975 | 1755  | 75    |
| 1979 | 3450  | 750   |
| 1981 | 4275  | 1800  |
| 1983 | 4395  | 11400 |
| 1984 | 6000  | 19500 |

1984年前后, 日本的温室、塑料温室面积约60万亩以上。荷兰面积约为12.8万亩。无土栽培主要用于温室栽培。由表1-1看

出，两国无土栽培已占温室栽培相当大的比重。特别是荷兰无土栽培的发展速度快，现代化程度高。近些年主要发展以岩棉栽培为主的形式，大部分实现了微电脑控制，成为世界上无土栽培最先进的国家。其他诸如英国，联邦德国，意大利，加拿大，美国等，在发展面积，应用技术水平等方面，也都居世界前列。此外，科威特、阿布扎比酋长国，在沙漠上用无土栽培大面积生产蔬菜，收到了明显的效益。在缺少淡水的墨西哥和中亚一些国家、地区，利用海水淡化以后，配成营养液栽培蔬菜，从而为农业利用海水解决水源问题，找到了新的途径。

无土栽培技术已不再是只由少数国家掌握和应用了，现已分布于世界各大洲的许多国家。它不只限于蔬菜、花卉作物的栽培，其栽培范围已扩大到大田作物育苗、果树育苗和栽培，牧草、药用植物、稀有植物等栽培。它不仅是一般农业，同时也成为航天农业技术开发的一个重要领域。

应用技术总是伴着科学技术的发展而发展的。无土栽培技术发展的所以如此迅速，与科学技术的发展和对无土栽培技术研究工作重视分不开。30年来，不少国家在应用这一技术的同时，也加强了对该技术的研究工作。据有关资料报道，世界上有几十个国家先后成立了作物无土栽培专门研究机构，或成立研究单位附设于某一研究机构之中。专门从事无土栽培的技术和理论方面的研究。

国际上无土栽培学术活动也十分活跃。1955年在第14届国际园艺会议上成立了国际无土栽培工作组(International Working Group on Soilless Culture—IWOSC)，1963年在意大利召开第一届国际无土栽培会议，1969年在西班牙举行第二届国际无土栽培会议。1973年在意大利西西里岛举行第三次国际会议。1976年在西班牙拉伯尔马斯举行了第四次国际无土栽培会议，参加这次会议人员较多，约105人。经过20余年的努力，无土栽培

在世界各地逐步开展起来。但发展较快的首推荷兰，所以1980年在荷兰召开了第五届国际无土栽培会议，出席人员175人，发表论文50多篇，并在会上决定把“无土栽培工作组”改称为“国际无土栽培学会”(International Society For Soilless Culture—ISOSC)。1984年4月29日到5月5日在荷兰召开第六届国际无土栽培会议，参加人数175人，代表来自37个国家，发表论文67篇。这届会后收集论文数量和质量都超过了以往各届会议。会后出版了第六届国际无土栽培会议论文集，全集达813页。1988年5月13—21日在荷兰召开第七届国际无土栽培会议。其规模之大，参加人员之多，论文水平之高，将为历届所不及。

国际无土栽培科学研究工作日益广泛地开展，国际上发表关于无土栽培研究论文日益增多，从论文内容数量，可知发展情况和动态。据张振武对农业文献资料覆盖面极广的CAB园艺学文摘(Commonwealth Agricultural Bureaux Horticultural abstracts)1980—1983年全年各期，1984年和1985年的大部分有关无土栽培文摘519篇统计，其中基质研究占19.2%，栽培方式研究占35.5%，营养液研究占22.9%，营养生理研究占19.0%，病害研究占4.4%。上述数字表明：栽培形式研究占主导地位，它和营养液研究一起成为无土栽培技术发展的核心。营养液研究的论文内容，详见表1-2。

从无土栽培作物的种类研究，仍以蔬菜作物为主，约占52%—70%。就蔬菜作物种类来看，以番茄无土栽培研究为最多，约占文献总数的50%，其次黄瓜占15%，莴苣占10%，甜椒占5%，其他如甜瓜、菜豆、茄子、豌豆等10余种占20%。

由于无土栽培科研工作的广泛开展，使无土栽培的应用范围逐步扩大。应用范围主要有以下几个方面：

1. 用于蔬菜栽培 当前无土栽培主要用于保护地的蔬菜生

表1-2 1980—1985年营养液研究中各专题文献统计

| 专题名称 | 文献数量 (篇) | 占合计数% |
|------|----------|-------|
| 营养成分 | 34       | 28.3  |
| 盐分浓度 | 31       | 25.8  |
| 温 度  | 24       | 20.0  |
| pH值  | 16       | 13.3  |
| 通 气  | 10       | 8.3   |
| 分析技术 | 5        | 4.2   |
| 合 计  | 120      | 100.0 |

产。不仅由于它栽培的作物高产质优、收益高，还由于蔬菜无污染而深受人们的重视。适于无土栽培的蔬菜作物，如黄瓜、番茄、菜豆、甜椒、莴苣、西瓜、甜瓜等。

2. 用于花卉栽培 切花和盆花等已成为一些国家人们生活中的组成部分。用无土栽培的花卉不仅花朵大，花期长，而且色泽艳丽，因此，用无土栽培花卉，已成为发展花卉生产的重要趋势和形式。大部分草花和一部分木本花很适于用无土栽培。如：菊花、香石竹、仙客来、郁金香、水仙、百合、风信子、唐菖蒲、大岩桐、球根海棠、马蹄莲以及蔷薇、月季等。

3. 药用植物的栽培 许多中草药或名贵药用植物都可用无土进行栽培并具有良好的栽培效果。

4. 用于树木苗或果树苗木生产 用无土栽培方法生产树木或果树幼苗，生长成苗快，苗木素质好。

5. 用于生产牧草 苏联西伯利亚，南非等水源缺乏的地方，用无土栽培方法种植牧草，取得了良好的效果。

6. 城市楼顶、凉台、沙漠、荒滩以及盐碱地的利用 城市楼顶是发展无土栽培很有潜力的阵地，不仅可以补充城市蔬菜与花卉的需要，而且可以美化环境，调节气候。在沙滩薄地，盐碱



地上可以大面积栽培蔬菜作物。

7. 航天农业的应用 用无土栽培方法, 解决宇航员的食物来源, 称航天农业。有的国家已经开始这方面的研究工作。

8. 用于生产蘑菇 英国等西欧国家用无土栽培生产食用菌, 取得良好效果。栽培床内填入草炭和炭渣(厚5cm), 再加入适量的石灰石粉。产量可达每平方米16—17kg, 最高可达20kg以上。

我国无土栽培的研究工作和用于生产的时间较晚, 进入20世纪70年代, 首先在作物的营养液育苗方面开展了研究和推广, 如大田作物的水稻无土育秧, 蔬菜作物的无土育苗等较为活跃, 在生产上取得了较为明显的效果。1980年全国成立了蔬菜工厂化育苗协作组, 其中无土育苗技术是该协作组的研究内容之一。与此同时, 保护地蔬菜无土栽培技术的研究工作, 也相继得到了开展。

其中, 山东农业大学园艺系蔬菜栽培教研室, 较早地进行了这方面的研究和技术的应用。1975年开始, 先后在温室中对西瓜、黄瓜、番茄、韭菜、小白菜及小萝卜等多种蔬菜作物的无土栽培效果进行了研究。1979—1984年进行了温室蔬菜无土栽培形式及营养液配套系统研究, 研制出了“鲁 SC-I 型”番茄无土多层栽培设置配套形式, 1984—1987年与胜利油田联合进行了该项无土栽培系统的开发研究。温室蔬菜无土栽培开发面积达 6699m<sup>2</sup>, 番茄年亩产量达13000余kg, 1988年初, 除胜利油田栽培面积又有发展以外, 济南、淄博等市也进行了推广应用。总计温室无土栽培面积达14000余m<sup>2</sup>。成为无土栽培面积最大, 产量最高的省。沈阳农业大学在1980年前后对大棚无土栽培的形式进行了研究。北京农业大学、南京农业大学、南京农业科学研究所以及中国农业科学院蔬菜研究所, 上海农业科学院园艺研究所等单位近几年进