

新编无土栽培 原理与 技术

邢禹贤 编著

中国农业出版社

图版1 单坡屋面塑料日光温室



图版3 基质柱状栽培辣椒(左上)、袋培茄子(右下)



图版2 基质沙培盆栽西瓜



图版4 岩棉滴灌栽培番茄





图版 5 岩棉滴灌栽培黄瓜

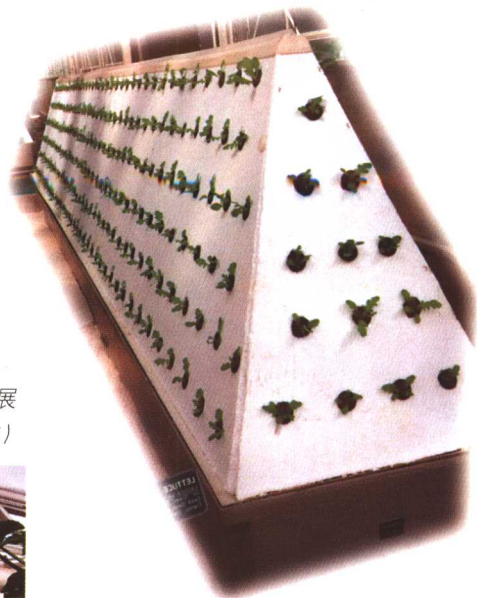


图版6 营养液膜技术 (NFT) 栽培生菜



图版 7 深水流动水培生菜

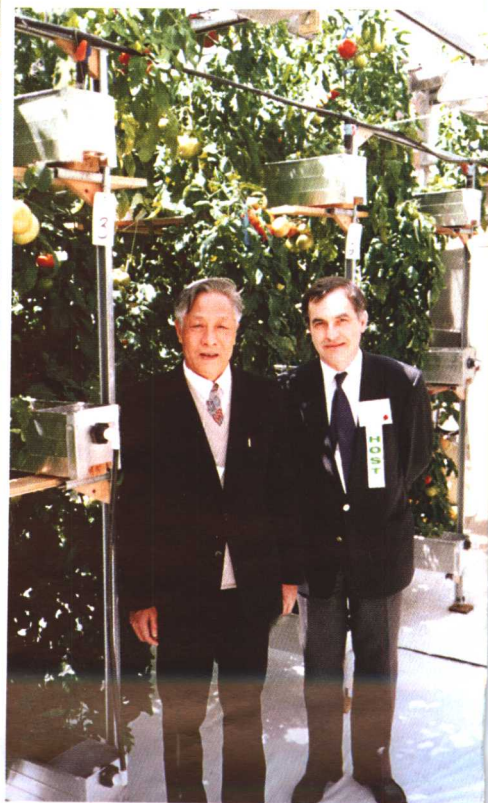
图版8 箱式立体雾培
(气培) 生菜

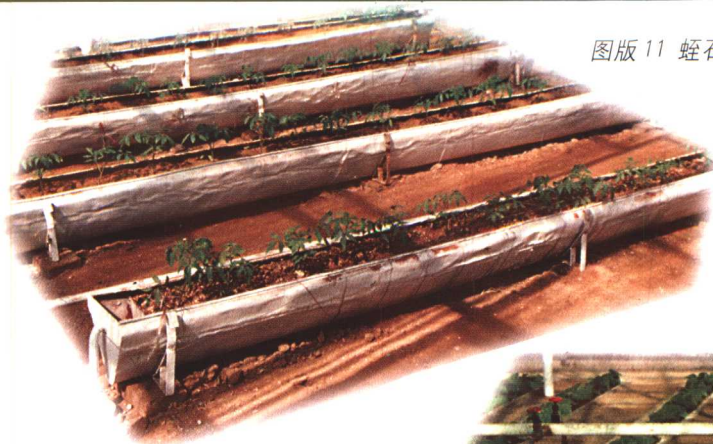


图版9 柜式雾培西葫芦 (转动展示根、茎、叶生长形态)

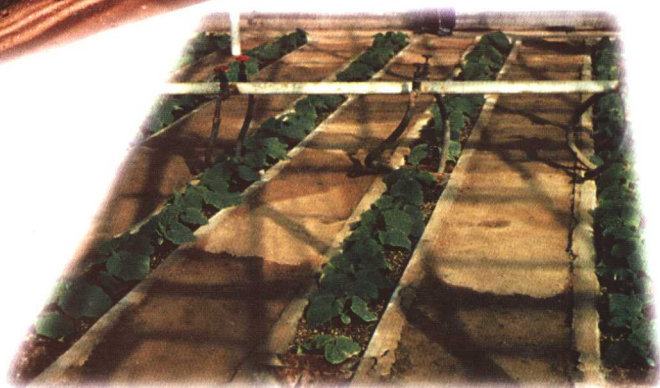


图版10 “鲁SC-I型”番茄
无土多层栽培装置





图版 11 蛭石无土槽栽番茄



图版 12 “鲁 SC 型”无土栽培黄瓜设置



图版 13 塑料大棚蛭石槽栽黄瓜



图版 14 岩棉块培丝瓜

再 版 前 言

本书出版至今已 10 年过去了。这 10 年是我国改革开放取得辉煌成绩的 10 年，在工农业生产得到迅速发展的形势下，无土栽培这种高新技术在全国的发展情况也发生了很大变化，由 10 年前发展的起步阶段，已进入较快发展阶段。不少省市的有关单位，不仅有了适于当地使用的栽培形式，而且发展到了一定面积。也有不少地区从国外引进了无土栽培设施和配套技术，从而形成了当前无土栽培技术蓬勃发展的局面。但是我们也应看到，无土栽培毕竟是一门农业高新技术，它是农业科学技术发展到一定阶段的产物，它又随着农业科学技术的发展而发展。由于受生产条件、科学技术、社会服务等因素的限制，我国无土栽培在生产上起步较晚，故还需要一个发展的过程。但在农业市场经济的发展影响下，无土栽培的高新技术特点必将进一步显示出来；同时，栽培作物的高产优质效果也会愈来愈为明显。无土栽培必将成为农业生产的一种重要生产形式，其发展前景是十分广阔的。1991 年我有机会参加农业技术考察团一行 6 人，赴无土栽培技术发达的荷兰、丹麦、瑞典及美国进行了为期月余的专项技术考察活动；1997 年 5 月我又应邀参加了国际园艺学会（ISHS）在加拿大安大

略省召开的栽培基质及水培国际学术研讨会和美国无土栽培协会第十八届年会，以及多次参加了在国内召开的有关无土栽培国际和国内学术会议。通过参加技术考察和学术会议、技术实践、交流活动等使我对无土栽培技术的发展与应用有了更加深刻的认识：①进一步确认无土栽培在农业上的高新技术位置，是人工控制作物高产优质的重要手段，具有广阔的发展前景；②设施条件和技术水平不同，无土栽培的效果存在很大差异，其栽培技术水平将不断发生变化，栽培效果将不断有所提高；③无土栽培是一项农业高新技术，但对它的利用和发展是有条件的，必须权衡利弊，因地制宜地发展。特别是引进发达国家的大型无土栽培配套设施和技术更应持慎重态度。

为了推动我国无土栽培技术的发展，我们在总结无土栽培科研和生产实践的基础上于1990年编著出版了《无土栽培原理与技术》一书，该书出版后曾受到同行和广大读者的支持和厚爱，给予较高的评价，虽经多次重印，仍不能满足读者的急切要求。为了适应我国无土栽培发展的需要，全面系统地介绍国内外无土栽培新的发展与新的栽培形式和技术内容，对前版本作了较大幅度的修订和内容补充，不妥之处，敬请读者指正。

邢禹贤

2001.3

目 录

再版前言

第一章 绪论 1

- 一、无土栽培的概念 1
- 二、历史与现状 1
 - (一) 荷兰温室及无土栽培情况 2
 - (二) 美国温室及无土栽培情况 5
 - ✓(三) 日本温室及无土栽培情况 6
 - ✓(四) 中国无土栽培的发展 7
- 三、无土栽培的优点 10
- 四、无土栽培的效益 13
 - (一) 产量效益 14
 - (二) 植株长势 16
 - (三) 群体结构 17
 - (四) 果实品质 19
- 五、无土栽培优势分析 20
 - (一) 水、肥、气条件的改善 20
 - (二) 生理原因分析 22

第二章 无土栽培与作物根系 25

- 一、根系的类型与形态 25

二、根的结构	26
(一) 初生结构	26
(二) 根的次生构造	27
三、根的功能	27
(一) 根的吸收功能	28
(二) 根的输导功能	29
(三) 根的固定支持功能	29
(四) 根的贮藏与合成功能	29
(五) 根的繁殖功能	30
四、根的吸收	30
(一) 对水分的吸收	30
(二) 对营养物质的吸收	39

第三章 作物矿质营养与功能 47

一、大量元素及其生理功能	48
(一) 氮素吸收及其功能	48
(二) 磷素吸收及其功能	50
(三) 钾素吸收及其功能	51
(四) 钙素吸收及其功能	53
(五) 镁素吸收及其功能	58
(六) 硫素吸收及其功能	62
二、微量元素及其生理功能	63
(一) 铁素及其生理功能	63
(二) 硼素及其生理功能	64
(三) 锰素及其生理功能	65
(四) 锌素及其生理功能	65
(五) 铜素及其生理功能	66
(六) 钼素及其生理功能	66

三、作物营养元素缺乏或过多症	66
(一) 氮素缺乏与过多症	66
(二) 磷素缺乏与过多症	67
(三) 钾素缺乏症	68
(四) 钙素缺乏症	69
(五) 镁素缺乏症	70
(六) 硫素缺乏症	71
(七) 微量元素缺乏症	71
 第四章 营养液及其配制管理	 74
一、水质及对其要求	74
二、肥源及其性质	75
三、营养液大量元素配方组配及 换算方法	 83
(一) 配制原则	83
(二) 营养液浓度及组配换算	83
(三) 经验配方示例	87
四、营养液微量元素组成	92
五、营养液酸碱度及调整	94
(一) 酸碱度对营养液肥力的影响	94
(二) 酸碱度对作物生育的影响	95
(三) 营养液酸碱度的调整	98
(四) 营养液酸碱度检测方法	99
六、营养液盐度(离子浓度)及 检测调整	 102
(一) 营养液盐度(离子浓度) 与测定	 102
(二) 电导率仪的使用	104

(三) 营养液 EC 值调整	106
七、营养液的管理	107
(一) 营养液浓度管理	108
(二) 营养液温度管理	109
(三) 营养液含氧量	109
(四) 供液时间与供液次数	110
(五) 营养液的更换	111
第五章 无土栽培基质	112

一、栽培基质选用的条件和原则	112
(一) 物理性状	113
(二) 化学性状	115
(三) 资源充分、价格便宜	117
二、基质种类及性能	117
三、基质的利用	122
(一) 基质选择与使用前处理	122
(二) 基质的消毒	123
(三) 其他处理	124

第六章 无土栽培设置形式与类型

一、无土栽培的基本条件	125
二、设置形式分类	126
(一) 基质栽培	126
(二) 半基质栽培	127
(三) 水培	127
(四) 喷雾栽培	128
(五) 航天超级农业无土栽培	129

三、无土栽培的主要栽培形式	130
(一) 钵钵基质栽培	130
(二) 基质槽栽法	131
(三) 袋培法	134
(四) 岩棉栽培	137
(五) “鲁 SC 型”半基质栽培	140
(六) 营养液膜技术	147
第七章 设施环境因素与管理技术	156
一、保护设施类型	156
二、设施光照与调节	157
(一) 温室结构与透光率	157
(二) 透明覆盖材料的选择与 光调节	157
(三) 人工补光	158
(四) 遮光	160
三、温度指标与温度调节	161
(一) 温度管理指标	162
(二) 调节温度的方法	168
四、湿度指标与调节	168
五、二氧化碳与二氧化碳施肥	169
(一) 二氧化碳日变规律	169
(二) 二氧化碳施肥的作用与效果	173
(三) 二氧化碳施肥技术	179
第八章 无土育苗	183
一、无土育苗效果	183

二、无土育苗的设备	185
三、育苗基质	188
四、营养液	188
五、无土育苗技术	189
(一) 育苗前的准备	189
(二) 种子处理	189
(三) 播种	190
(四) 苗期管理	190
(五) 栽植	192
六、嫁接育苗	192
(一) 嫁接原理与条件	193
(二) 砧木的选择	194
(三) 嫁接方法	195
(四) 嫁接后管理	199
 第九章 蔬菜、花卉无土栽培技术	 200
一、蔬菜无土栽培技术	200
(一) 黄瓜	200
(二) 西瓜	203
(三) 番茄	207
(四) 辣椒	210
(五) 莴苣	213
(六) 菜豆	214
(七) 芹菜	216
(八) 小萝卜、菠菜	219
(九) 草莓	220
二、花卉无土栽培技术	222
✓(一) 月季	222

(二) 香石竹	227
(三) 菊花	230
(四) 马蹄莲	233
(五) 非洲菊	235
(六) 非洲紫罗兰	238
(七) 鹅掌柴	240
 第十章 设施蔬菜病虫害防治	242
一、保护地设施及材料消毒	242
二、蔬菜作物主要病害及防治方法	243
(一) 瓜类蔬菜病害及防治方法	243
(二) 茄果类蔬菜病害及防治方法	261
三、蔬菜作物主要虫害及防治方法	264
 主要参考文献	278

第一章 绪论

一、无土栽培的概念

无土栽培 (Soiless Culture) 又称营养液栽培、水培等, 是近几十年发展起来的一种农业栽培高新技术。它不用土壤栽培作物, 而是用营养液通过一定的栽培设施形式栽培作物。无土栽培的特点是以人工创造的优良根系环境条件, 取代通常的根系土壤环境, 最大限度地满足根系对水、肥、气等诸条件的要求, 发挥作物生产的最大潜力。所以, 无土栽培的作物产量高, 品质好。随着科学技术的发展, 无土栽培已不仅仅局限于人工对根系环境的改善, 现今已发展成为科学化、现代化、自动化等水平很高的作物栽培系统。

无土栽培的兴起和发展, 标志着农作物种植跨入了一个崭新的阶段, 一次质的飞跃。使人类可能更充分地利用生存空间, 取得超常的产品和物质, 甚至成为人类到达难以生存的极地谋生的手段。

二、历史与现状

无土栽培从无到有, 现已发展成为世界性的农业高新技术, 它是随着科学技术的发展而产生, 又随着科学技术的发展而又不间断得到发展。早在 19 世纪中叶, 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, 分别提出了植物生长所需要的矿质营养成分, 组成栽培营养液配方, 成功地进行了植物栽培, 为作物无土栽培理论和实践技术奠定了基础。他们的贡献将永远铭记在无土栽培的发展史上。1929 年美国加利福尼亚大学格雷克教授 (W.F.Gericke) 在用营养液栽培作物的试验中, 栽培的番茄高达 7.5m, 单棵收果 14kg, 当时使科技界受到很大震动, 引起人们的极大关注。他还用营养液栽培了其他一些蔬菜和花卉植物。其后无土栽培技术在不少国家和地区得到发展。1955 年英国人马克维在南非的约翰内斯堡出版了《作物无土栽培》(蛭石栽培) 一书, 这是世界上较早出版的关于无土栽培的专著, 全书共 21 章, 详细系统地介绍了无土栽培的技术原理和花卉、蔬菜等作物的栽培操作方法。专著不仅是他本人在南非工作经验的总结, 也收集了其他国家开展无土栽培的情况。书中还说到许多年来在美国、加拿大、意大利、英国、德国、前苏联、芬兰、印度、日本等国的有关大学、水培试验站都进行了无土栽培的研究和应用, 取得了明显的经济效益。

由此看来, 20 世纪 50 年代以前, 无土栽培在世界许多国家已发展到相当大的面积, 栽培的作物种类、生产水平平均达到了一定高度。至 60 年代以后, 随着温室、塑料大棚设施栽培迅速发展, 在种植业中形成了一种新型农业生产形式——控制环境农业 (CEA——Controlled Environment Agriculture), 无土栽培也成为 CEA 中的重要组成部分, 并随之得到迅速发展。现在已发展为设置齐全而配套的农业现代化高新技术, 遍及世界各地, 一些发达国家的发展应用更为突出。下边重点介绍无土栽培有关国家生产发展的情况。

(一) 荷兰温室及无土栽培情况

荷兰是世界上温室栽培发达国家。温室面积约 10 000hm², 蔬菜作物占 4 500hm², 花卉占 4 400hm² 和盆栽作物占 1 100 hm²

(Erik, 1997)。上述作物用无土栽培的面积超过 4 000hm²。

荷兰温室无土栽培不仅发展快, 面积大, 而且充分发挥了无土栽培高产、高效益的优势。栽培上有如下特点:

1. **岩棉栽培为无土栽培的主要形式** 荷兰温室无土栽培有岩棉栽培、DFT、NFT 以及少量试验性雾培等, 但在生产上占主导地位的为岩棉栽培。如温室番茄岩棉栽培占 90%, 其他蔬菜作物和花卉也在不断地发展扩大中。岩棉无土栽培所以在荷兰占主导地位, 除岩棉具备更适于作物生长发育的理化性状之外, 也与荷兰岩棉栽培技术不断改进有关。如: ①减少岩棉板的体积与用量, 其宽度由 40cm 缩至 15.7cm, 单位栽培面积岩棉用量减少 60%。由于体积缩小, 与空气接触面相对加大, 增强了作物的吸收活力; ②植物采用多头滴灌, 使营养液的供应面大而均匀; ③由计算机及时检测调整营养液各种营养成分离子浓度和 pH。由过去检测总离子浓度改为单项成分的离子浓度, 更充分地保证作物对营养成分的需求; ④提高作物对岩棉的利用率, 由单茬栽培改为多茬栽培使用, 如玫瑰岩棉栽培使用时间长达 4 年之久, 因而相对降低了岩棉栽培的成本。

2. **无土栽培与温室密闭栽培系统相结合** 荷兰温室科学工作者认为: 无土栽培应与温室密闭系统相结合, 这不仅可以最大限度地节省能源, 而且可使温室栽培中植物所需的各种环境因素如光、温、二氧化碳、营养、水分等的作用得到充分地发挥, 取得最好的产量。因此, 温室不设通风天窗, 而在墙上设排风扇。

3. **作物达到稳产、高产** 荷兰温室蔬菜作物的高产、稳产是其得以稳定发展的基础条件。1960 年每平方米温室番茄产量为 9kg, 黄瓜为 27kg; 1980 年番茄、黄瓜分别达到 13kg 和 43kg; 现在, 例如荷兰海牙市的 DALSEM 温室作物生产公司, 大面积番茄平均每平方米的产量为 52kg (相当我国温室番茄产量的 3 倍左右), 荷兰大面积温室黄瓜每平方米产量平均高达 75kg (相当我国温室黄瓜的 4 倍左右)。温室无土栽培技术的优