

# 蔬菜无土栽培发展现状及趋势

李 程, 冯志红, 李 丁

(宁夏农林科学院蔬菜花卉研究所, 750002)

中图分类号: S63 S604<sup>+</sup>.7 文献标识码: A 文章编号: 1001-0009(2002)06-0009-03

蔬菜无土栽培是无土栽培体系中的主要组成形式, 从该技术产生以来, 因其自身的诸多优点<sup>[1,2,3]</sup>, 如: 节水、节肥、省工、省药、产品洁净卫生、高产优质等, 得到了飞速的发展。尤其是近 30 年来, 随着农业现代技术、计算机技术、环境控制技术及材料学技术等的发展和综合运用, 蔬菜无土栽培又有了新的发展。它不再是一项仅与土壤、根系有关的单方面的技术措施, 而是已形成了一种在技术上高度密集配套, 管理上达到科学优化, 生产上实现高产、优质、高效、低耗要求的集约化、工厂化、自动化、现代化程度很高的农业生产技术新体系。无土栽培在农业生产上的应用, 不仅改变了传统农业的生产形式, 而且对生产的技术内容和生产效果产生了质的飞跃和深刻影响<sup>[4]</sup>。现就其发展历史与现状及今后的发展趋势做简明的介绍。

## 1 蔬菜无土栽培发展历史及现状

### 1.1 国外蔬菜无土栽培发展历史及现状

#### 1.1.1 起步与发展

在 1859 年, 德国科学家萨奇斯(sachs)和克诺普(knop)通过植物对矿质营养需求的研究, 为蔬菜无土栽培技术研究拉开了序幕。1929 年美国加州大学教授格雷克(W. F. Gericke)用营养液栽培番茄获得了株高 7.5 m(米), 单株产量 14 kg(公斤)的种植效果, 蔬菜无土栽培自此开始走向商业化。虽然在发展前期出现了一段时间的停滞, 但自 50 年代以后, 无土栽培生产开始了新的发展, 在此期间, 国际无土栽培学术组织相继成立, 1955 年成立了国际无土栽培工作组(IWOSC), 后更名为国际无土栽培学会(ISOSC), 该组织为推动无土栽培技术的发展作了大量工作。世界许多国家, 尤其是技术发达国家, 先后在本国建立了无土栽培基地, 进行技术研究和作物生产, 如 70 年代初, 美国在亚利桑那州图森市(Tucson)建立了 5 hm<sup>2</sup>(公顷)的水培温室; 在福尼克斯建立了 6.11 hm<sup>2</sup>(公顷)的水培温室等, 到 1972 年美国已有类似的基地 30 余处。其他国家如荷兰、日本、英国、德国、加拿大等也都不同程度地发展了蔬菜无土栽培生产。70 年代中期, 蔬菜无土栽培生产应用由起步阶段进入迅速发展阶段, 不仅是发达国家, 一些发展中国家也开展了此项研究。由于无土栽培是在保护地设施内进行的, 荷兰和日本原来就是温室栽培比较普及、技术基础较好的国家, 所以无土栽培在这两个国家发展较快, 在一定程度上反映了世界无土栽培的发展态势。荷兰无土栽培面积由 1971 年 20 hm<sup>2</sup>(公顷)发展到了 1995 年的 8500 hm<sup>2</sup>(公顷), 日本无土栽培面积由 1971 年 35 hm<sup>2</sup>(公顷)发展到了

1995 年的 760 hm<sup>2</sup>(公顷), 而且有些国家的最终发展目标是把所有的温室均采用无土栽培, 如欧共体国家温室主要是果菜生产, 目前 90% 以上已采用无土栽培形式<sup>[3]</sup>。同时, 随着科学技术进一步的发展, 诸如机械、化工、电子、自动化技术等新技术在无土栽培中的广泛应用, 使发达国家在无土栽培的经营和技术管理上达到了相当高的水平, 并逐步实现了集约化、现代化、自动化、工厂化生产, 达到了高产、优质、低耗、高效的目的。如日本采用无土栽培技术后比同等条件下土壤栽培的蔬菜产量提高 1.4~4 倍以上, 而且产品品质好, 效益高; 荷兰种植的温室番茄每平方米产量由常规种植的 13 kg(公斤)增加到了由无土栽培种植的 52 kg(公斤), 产量增加了 3 倍多。

#### 1.1.2 国外主要的蔬菜无土栽培形式及栽培种类

蔬菜无土栽培的设置形式, 各国不尽相同, 但立足点均是符合本国条件和取得高效益。目前以岩棉栽培和营养液膜水培(NFT)两种形式为主导, 其它诸如砾石基质培、沙培、蛭石培、锯末培、深水培、雾培等无土栽培形式, 根据各国实际情况也都有一定的栽培面积。蔬菜栽培种类主要有: 番茄、辣椒、茄子、草莓等果菜类; 黄瓜、甜瓜、西瓜等瓜菜类; 以及生菜等叶菜。栽培品种一般都为温室专用品种。

#### 1.1.3 国外蔬菜无土栽培主要技术的应用

1.1.3.1 生产管理自动化技术的应用 一些发达国家把工业技术用于蔬菜无土栽培的大型保护地设施中, 使之成为蔬菜生产工厂, 他们利用系列化传感系统, 各种自动化调控系统, 通过电脑作业, 自动调节和控制设施内温、光、水、肥、气(CO<sub>2</sub>)等生育条件, 如营养液配置及调控系统的应用, 采用 10 个母液罐, 营养液可进行单向离子测定, 可根据太阳辐射、作物生长等要求每天数次单独调整营养液各种离子成分的浓度, 经调整后的营养液完全适合作物生长要求。通过自动化技术的应用可使保护地设施最大限度地满足不同作物生长发育对环境的需求, 从而发挥最大的生产潜力。如 1985 年日本国际博览会期间, 展示了用一粒 2~3 mg(毫克)的番茄种子, 采用无土栽培技术, 在生育环境全都是人工调控的条件下, 对番茄不整枝、不摘心, 任其自由水平生长, 植株最后长成番茄树, 茎粗达 20 cm(厘米), 枝叶覆盖 10 m<sup>2</sup>(平方米)以上, 单株结果量达 13 000 个<sup>[2]</sup>。同时还利用微电子技术、传感技术开发了机器人, 使蔬菜生产从播种、育苗、定植、管理以及产品收获、分级包装等工序都作到了操作自动化, 实现了生产全过程的自动化管理。

1.1.3.2 专用 F<sub>1</sub> 代高产品种育种技术的应用 通过现代生物技术结合常规育种方法定向培育专用于无土栽培的蔬菜新

品种,如番茄品种 counter, F<sub>1</sub> 大架品种,具有耐弱光、低温能力,并可连续座果,具有高产、稳产的特性<sup>[4]</sup>。通过这些专用品种的应用,可极大的发挥无土栽培技术的优势。

1.1.3.3 环保技术、生防技术的应用 CO<sub>2</sub> 施肥在无土栽培中是获得高产不可缺少的技术措施,过去的 CO<sub>2</sub> 施肥存在着价高、不易控制等缺点,现在欧洲许多国家采用将锅炉烟囱排出的废气,通过特殊过滤,除去有害气体后,提供给温室施肥使用,这样既解决了环境污染问题,又降低了施肥成本。因温室环境较特殊,果菜类常因授粉不良而影响产量,现在发达国家在无土栽培的茄果温室内,多采用生防技术,即通过放养澳大利亚熊蜂来授粉,这样既增加了产量,又降低了成本,同时避免了化学污染。

此外,新栽培技术的应用如蔬菜作物栽培采用大小行栽培和大苗稀植等新措施,番茄每平方米栽 2.1 株,黄瓜仅栽 1.4 株<sup>[4]</sup>。通过改变常规栽培技术,使之更能够适合无土栽培的要求。还有一些如航天农业技术等的应用,充分发挥了无土栽培的优势,实现了蔬菜作物种植的高产、优质和高效。

## 1.2 国内蔬菜无土栽培发展历史与现状

### 1.2.1 起步与发展

我国的现代蔬菜无土栽培要追溯到上海的四维农场,1937年其首次采用基质培生产少量番茄,随后经过多年沉寂,直到1969年,台湾龙潭农校又开始砾培蔬菜的生产、研究,1975年山东农业大学基质培番茄、黄瓜、西瓜等获得了成功<sup>[9]</sup>。随着我国改革开放和旅游业的发展,无土栽培被列入国家重点课题进行全国攻关,“七五”期间经科技人员5年的协作攻关,通过引进、消化、吸收,研制成了基质培、营养液膜技术(NFT)和深水培等实用技术,使我国的商业性无土栽培从无到有发展到了7 hm<sup>2</sup>(公顷),蔬菜无土栽培从实验研究阶段开始跨入商品化生产阶段。“八五”期间,经过努力,开发了具有高效、节能、节约成本等特点的浮板毛管水培(FCH)和有机生态型基质培系统。其间我国还积极争取对外合作,如中国农科院蔬菜花卉所在1989年~1994年还承担了联合国发展计划署(UNDP)援华项目“蔬菜无土栽培”的研究,通过外引内联,进一步的提高了我国在蔬菜无土栽培技术上的科技水平,不但实现了番茄、黄瓜、生菜等单产超万公斤,还研究开发成四季生菜、冬草莓、春网纹甜瓜等10多种高档蔬菜的反季节无土栽培技术,基本上克服了我国无土栽培推广中遇到的成本高和经济效益不够理想的难题。随着这些适合中国国情的无土栽培技术的研究、推广和普及,全国无土栽培面积日益扩大,1993年50 hm<sup>2</sup>(公顷),1996年100 hm<sup>2</sup>(公顷),目前已达到300 hm<sup>2</sup>(公顷),其中大部分以种植蔬菜作物为主。

### 1.2.2 蔬菜无土栽培形式及栽培种类

国内蔬菜无土栽培开发研制了两大主体形式,一种是固体基质培,目前其主要代表是有机生态型基质培<sup>[6]</sup>,同时还有基质袋培、槽培、立体培<sup>[7]</sup>、鲁SL型槽式基质培和岩棉培等形式,因其对水质要求不很严格,特别适于在北方硬水区使用;另一种是水培,目前以浮板毛管水培技术(FCH)为主体,同时还有营养液膜技术(NFT)<sup>[8]</sup>和华南深水培技术等。

蔬菜栽培种类主要有:番茄、茄子、黄瓜、辣椒、甜瓜、草莓、丝瓜、莴笋、生菜、蕹菜、芹菜等。生产中为取得高效益,多

采用反季节种植,目前栽培品种还不是专用品种。

### 1.2.3 国内蔬菜无土栽培主要的技术理论

1.2.3.1 水质检测 结果确定了南方软水区 EC 值为 0.10~0.20 ms/cm,符合无土栽培用水标准,北方硬水区 EC 值高达 0.70~1.20 ms/cm,用其配置营养液有困难,故目前主张在北方多采用缓冲性强的基质培技术。

1.2.3.2 高效低成本营养液配方的研究 (1)消毒固态有机肥替代基质培中的营养液。中国农业科学院利用高温发酵消毒的干燥鸡粪,配以饼肥、蒿秆末等混拌入栽培基质,再根据作物种类需肥特性配合一定复合肥、KNO<sub>3</sub> 等分期追施,以清水灌溉进行蔬菜的基质栽培<sup>[10]</sup>,结果不仅排出液不污染环境,而且产量、品质不受影响,产品质量符合国家要求的绿色食品标准<sup>[11]</sup>。该项技术的应用可以使肥料成本下降 60%,较好的解决了无土栽培成本过高的难题。(2)氮素营养研究。中国农业大学、南京农业大学等在白菜、生菜、番茄等蔬菜无土栽培中,在一定总 N 下,以国产酰胺态氮和铵态氮部分代替进口硝态氮,比例最高达 50% 以上,结果证明复配比单一使用硝态氮源的产量、品质都好。(3)铁素和硒素营养的研究。蔬菜无土栽培多以螯合铁作为铁源,其价格约占肥料成本的 1/3~2/5。南京农业大学进行了耐缺铁生菜、白菜基因型筛选研究,并获得了各 2 个有明显耐缺铁胁迫的品种,同时还研究出生菜在采收前一定时间内添加 0.05 mg/L(毫克/升)硒于培养液中,可生产出富硒生菜,从而为我国缺硒地区生产富硒食品提供了一条新途径。

1.2.3.3 水培蔬菜根际丰氧技术的研究 浙江农科院与南京农业大学针对南方地区因水温高造成营养液中溶氧不足的状况,提出分根法,有效的解决了这一问题;同时又研究出水生与旱生蔬菜间作的生物丰氧法,为解决海岛、沙漠等环境恶劣地区蔬菜生产提供了可行的技术。

1.2.3.4 根际适温对增强地上部逆境胁迫的适应性研究 针对夏季高温季节栽培,南京农业大学等采取遮阳网覆盖、地面覆盖,改变基质种类成分及地下水灌溉等多种方式降低根际温度,能显著改善根系合成细胞分裂素,改善膜功能等生理效应,可有效缓解生菜、番茄等蔬菜的高温生长障碍。

1.2.3.5 环保及生态型蔬菜无土栽培系统的研究 针对如何利用区域性自然资源来进行无土栽培,并达到保护环境和生态的目的,一些地区做了开拓性的研究。浙江大学实验将养鳖生产中的废水用于水培蔬菜生产,将养鳖温室中的空气经过循环用于对蔬菜的 CO<sub>2</sub> 施肥,建立了一套可进行营养物质循环与气体交换的工厂化养鳖—水培蔬菜综合生产系统<sup>[12]</sup>;南京农业大学利用造纸的废渣芦苇末,进行了基质栽培研究<sup>[6]</sup>等。

此外我国还对各种基质的理化成分, pH 值与营养元素吸收,营养液成分自动检测系统<sup>[13,14]</sup>,温室自动化调控系统等进行了深入研究,这些基础性研究都将为适合我国国情的蔬菜无土栽培技术的开发利用提供依据和支持。

## 2 蔬菜无土栽培发展趋势

### 2.1 国外蔬菜无土栽培发展趋势

2.1.1 蔬菜无土栽培所显示的生产优势日益受到各国的重视,今后在生产中所占比重将越来越大。

随着生产效率的提高,无土栽培集约化、现代化、自动化

程度将不断增强,这一趋势在科技发达国家表现的尤为突出,以荷兰为例,因该国人口密度大,故必须走高效农业之路,全国 4 000 hm<sup>2</sup>(公顷)种植蔬菜的温室几乎全部采用现代无土栽培技术。

2.1.2 具有高度的控制技术智能化,生产技术专业化、工厂化和经营管理规模化、企业化。

蔬菜无土栽培将成为多学科、多技术相互渗透、交叉的综合体。其在生产过程全自动化、操作高度智能化、生物技术应用及环境保护功能方面将有更大的发展。

2.1.3 蔬菜无土栽培生产的社会化服务程度将不断提高,其与相关部门的联系更加密切。

随着现代农业的发展,高度发达的社会化服务已成为其重要特征,无土栽培已不再是简单的一种生产方式,通过生产过程向前、向后延伸,其已发展成为一条完整的产业链条,诸如温室建造、良种培育、生产栽培、产后加工、包装运输、销售等都由独立的经营部门提供服务,这种发展趋势在不断的加强。

2.2 我国蔬菜无土栽培的发展趋势

2.2.1 适合我国国情的蔬菜无土栽培系统的研究和开发将成为今后的发展重点

目前从国外直接引进的蔬菜无土栽培系统存在着成本高等不利因素,通过引进吸收,遵循就地取材、因地制宜、高效低耗的原则,积极开发有机生态型无土栽培、FCH 无土栽培系统等符合国情的生产系统,并对其进行深入性研究。

2.2.2 加强蔬菜无土栽培基础理论与相关实用技术的研究

我国在今后将重点研究开发结构、性能更加完善的保护地设施;研究开发成型化、轻量化、商品化及无污染的基质;研究基质、营养液再利用技术;完善蔬菜的各项栽培生理指标,

并加强栽培自动化调控系统的开发研究;利用生物技术结合常规育种手段培育专用品种等。

2.2.3 生产、经营将逐步实现专业化、规模化和企业化

随着我国经济的发展,贸、工、农、产、研、供、销一体化进程的加快,蔬菜无土栽培将加速其集约化、现代化,服务社会化的进程,一条完整的产业链将逐步形成。

参考文献

[1] 蒋卫杰.我国无土栽培的现状与展望[J].农村实用工程技术.1997.7.2~2.

[2] 邢禹贤.世界无土栽培及其发展趋势[J].农业新技术新方法.1997.3.17~22.

[3] 李式军、高丽红、庄仲连.我国无土栽培研究新技术新成果及发展动向[J].长江蔬菜.1997(4):1~4.

[4] 郭世荣、李式军.有机基质培在蔬菜无土栽培上应用研究[J].沈阳农业大学学报.2000(1):89~92.

[5] 刘伟、刘增鑫、陈殿奎.高效益立柱式无土栽培技术[J].沈阳农业大学学报.2000(1):137~139.

[6] 李迁等.改良型营养液膜栽培番茄[J].中国蔬菜.1998(4):35.

[7] 王学军等.无土栽培芹菜配方试验[J].中国蔬菜.1998(4):40.

[8] 蒋卫杰、郑光华、汪浩等.有机生态型无土栽培技术及其营养生理基础[J].园艺学报.1996.23(2):139~144.

[9] 郑光华.绿色食品蔬菜—21世纪设施农业的主导产品[J].中国蔬菜.1999(1):1~3.

[10] 苗欣、崔绍荣、苗香雯.工厂化养鳖—水培蔬菜综合生产系统中营养物质循环与气体交换[J].农业工程学报.2000(2):83~86.

[11] 邱雪峰.设施栽培中营养液成分的在线检测[J].农业工程学报.2000(1):83~86.

(联系电话:0951—5043943)

欢迎订阅《中国农业市场》

《中国农业市场》专刊由全国农业院校办产业协会、全国农业高新技术成果产品交流交易中心、《中国技术市场报》社共同创办。本刊具有专业性强、信息量大、内容新颖、广告效果好、更具市场性等特点,是我国第一张面向农业市场的报纸。

专刊对开四版,每月一期,中旬出刊。随《中国技术市场报》全国发行,各地邮局均可订阅,《中国技术市场报》统一刊号:CN12—0020 国内邮发代号 5—8,全年整套报纸订阅 73.2 元(每周三刊,周末为八版);如只需《中国农业市场》专刊,请直接与编辑部联系,每份 1.50 元,全年定价 18.00 元(含邮资),可随时订阅。

《中国农业市场》专刊主要内容:重点宣传国家农业相关政策、各省市农业结构调整的新举措及全国农业市场的重大新闻;着重报道全国农业院校及科研院所的科技成果及大型活动;介绍推广农业新技术、新成果、新产品、新项目;探讨农业与畜牧业发展的新理论;提供全国农牧业相关会议消息;研究农业市场发展新模式;反映农业、畜牧业市场的热点、难点及焦点问题。

专刊辟有“政策窗口”、“卖方与买方”、“养殖天地”、“农业院所动态”、“农机博览”、“会议资讯”、“现代农业交流交易广场”、“企业名片(名人、名家、名品)”、“市场大家谈”等 40 多个栏目。除邮局正常发行外,还针对生产厂家、经营单位、农场、垦殖场、养殖场等单位定向投寄。欢迎广大读者及全国县市主管农业的领导、负责人和农业科研院所、高校、乡镇企业的广大科技人员踊跃投稿并认订刊。

来函来电赠阅样报

地址:(100094)北京·圆明园西路 2 号中国农业大学《中国农业市场》专刊编辑部

电话:010—62891388 传真:010—62819231

欢迎订阅 2003 年《果农之友》

《果农之友》是经国家新闻出版总署批准公开发行的、中国农业科学院郑州果树研究所主办的、果业界唯一一本大 16 开科普杂志,她介绍果树瓜类最新科研成果、新品种、新技术,普及果树瓜类栽培技术、病虫害防治和贮藏保鲜、果品深加工等科技知识,提供果瓜产销供求信息。具有先进性、科学性、实用性、通俗性等特色,是广大果农瓜农发家致富的好参谋。

《果农之友》2003 年改为月刊,大 16 开,48 页套色印刷。每月 20 日出版,全年 12 期,每期定价 4 元,全年 48 元。全国各地邮局(所)均可订阅,统一刊号,CN41—1343/S,邮发代号:36—225。未订到本刊的读者,汇款到编辑部办理手续。欢迎集体订阅(50 份以上优惠 10%,100 份以上优惠 20%),如需邮挂每期另加 2 元。编辑部地址:河南省郑州市航海东路南中国农业科学院郑州果树研究所,邮编:450009,电子信箱:gnzy@371.net 电话:0371—6815740,6723741,传真:0371—6815771