

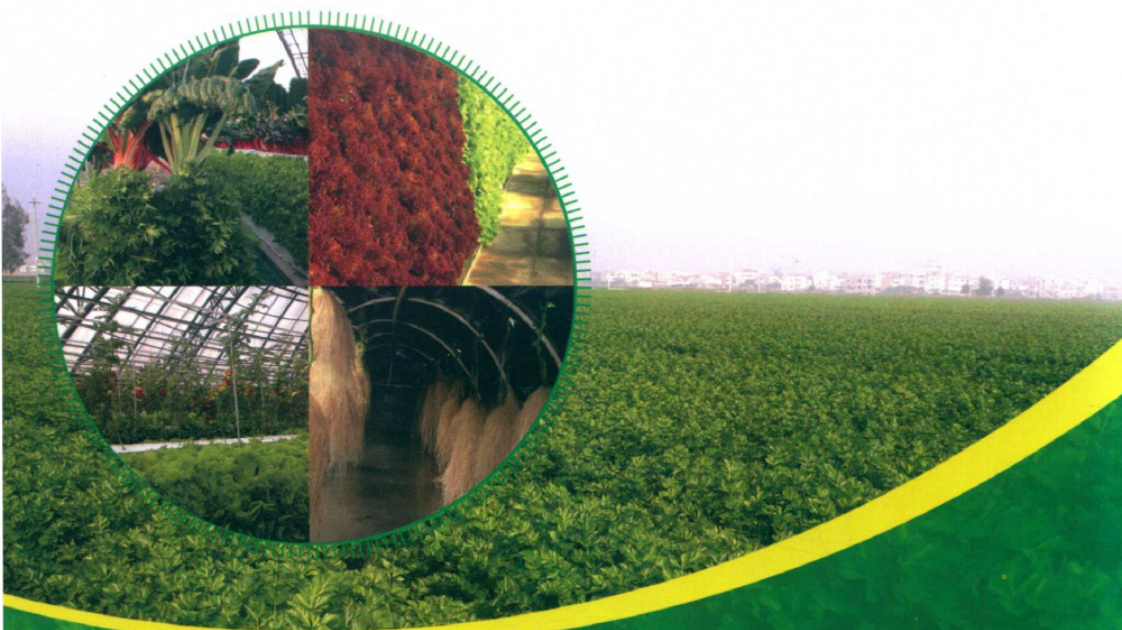


军队农副业生产技术丛书

SHUCAIQIWUZAPEISHIYONGJISHU

蔬菜气雾栽培实用技术

中央军委后勤保障部军需能源局 编



解放军出版社

◆军队农副业生产技术丛书

蔬菜气雾栽培实用技术

中央军委后勤保障部军需能源局 编

解放军出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

蔬菜气雾栽培实用技术 / 徐伟忠, 杨连成编. —北京: 解放军出版社, 2015. 8
ISBN 978 - 7 - 5065 - 7041 - 1

I. ①蔬… II. ①徐…②杨 III. ①蔬菜园艺 IV. ①S63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 193156 号

书 名: 蔬菜气雾栽培实用技术

编 者: 徐伟忠 杨连成

责任编辑: 张晋生 余彦隆

装帧设计: 江林春

出版发行: 解放军出版社

社 址: 北京市西城区地安门西大街 40 号 邮编: 100035

电 话: 66531659

E - Mail: jfwybs@public.bta.net.cn

经 销: 全国新华书店

印 刷: 北京市朝阳燕华印刷厂

开 本: 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

字 数: 210 千字

印 张: 17.25

印 数: 1 ~ 2500 册

版 次: 2016 年 08 月第 1 版

印 次: 2016 年 08 月北京第 1 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 5065 - 7041 - 1

定 价: 68.00 元

(如有印刷、装订错误, 请寄本社发行部调换)

《军队农副业生产技术丛书》

编辑委员会

顾 问：杨其长

主 任：关节福

副主任：佟胜海

委 员：张绍青 侯晓明 邵春渝 侯志华 仇多清
杨连成 段帅红 刘支平 姜凤宝 睦 艺

主 编：徐伟忠 杨连成

副主编：段帅红 邓伟杰 程瑞锋 张 义 仝宇欣
陈银华 林伟洋

编 写：陈晓利 陈 锴 徐 勇 敬 军 邓思源
夏水平 范青山 许如意 李 琨 王 君
卢 威 周 升 周 波 李志鹏

前 言

为贯彻落实科技强军和现代后勤建设的要求，依靠科技促进部队农副业生产发展，根据部队科技兴农工作和农技人员学习培训的需要，我们通过调研选题，组织有关专家编写了这套《军队农副业生产技术丛书》。

《丛书》包括《物理农业》、《未来农业》、《植物水生诱变技术》、《植物非试管快繁技术》、《蔬菜工厂化生产技术》、《鸟巢温室开发与利用》和《蔬菜气雾栽培实用技术》等7本，其内容基本涵盖当前试验、推广、应用的农业新知识和新技术，一定程度上代表着现代农业的发展方向和趋势。其中，《物理农业》介绍电、磁、声、波、场、纳米等物理手段对植物生长发育的影响，以及在农业生产中的实际运用；《未来农业》讲述随着社会需求和科学技术的发展，农业生产的功能拓展和形式手段变化；《植物水生诱变技术》讲述区别于传统土壤栽培方式，采用技术手段，激发植物在水环境条件下的生长潜能，开辟植物生产的新途径；《植物非试管快繁技术》介绍根据生物全息性原理，利用植物组织进行扩繁的育苗技术；《蔬菜工厂化生产技术》讲述利用设施栽培和智能化控制的技术手段，创造不依赖于自然环境的生长条件，进行蔬菜工厂化生产的新模式；《鸟巢温室开发与利用》讲述利用鸟巢结构特点和效能，拓展日光温

室生产功能和应用范围；《蔬菜雾化栽培实用技术》讲述该项技术在生产中的具体应用，包括设施建造、设备选配、操作管理及生产实例等。

《丛书》编写在理论上侧重于技术的基本原理和发展趋势，在实践上侧重于技术的创新性和生产经验，既可供部队农副业生产培训教学使用，也可作为生产人员工作学习参考。

由于时间仓促，加之一些新知识、新技术有待于进一步实践完善，书中错误和不当之处在所难免，恳请读者在工作实践中提出批评指导意见。

——编者

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 气雾栽培历史及发展现状	(1)
第二节 气雾栽培技术原理	(5)
第三节 植物的气雾栽培生理	(8)
一、环境是基因表达的先决条件，是农业技术的关键	(9)
二、环境的优化是植物潜能激发的关键	(11)
三、气雾环境下植物表现的特有生理与形态特征	(14)
四、具有线性生长的规律	(21)
五、气雾栽培植物的抗性生理	(22)
六、根系的微生态发生变化	(24)
七、根系的再生生理	(26)
八、气雾栽培的矿质营养吸收生理	(27)
第四节 气雾栽培技术特点及意义	(29)
第五节 气雾栽培应用范围	(35)
第二章 营养液技术及生理障碍诊断	(40)
第一节 营养液基本知识	(40)
一、植物生长机理及所需营养元素	(40)

二、营养液中各种矿质元素的生理功能及吸收形态	(40)
三、气雾栽培与土壤栽培的产品品质区别	(45)
四、营养液成分和浓度的表示方法	(49)
第二节 营养液配方	(50)
一、营养液配方的组成原则	(50)
二、营养液原料的选择	(52)
三、对水质的要求及水源选择	(58)
第三节 营养液配制技术	(62)
一、营养液配方的计算方法	(63)
二、营养液配方的调整	(71)
三、营养液配制的原则	(74)
四、营养液的配制技术	(75)
五、营养液配方集锦	(78)
第四节 植物营养诊断	(83)
一、作物营养失调症状的形成	(83)
二、作物营养失调症状的诊断	(84)
三、作物营养失调症状的表现	(86)
四、营养失调症状的防治	(101)
第三章 气雾栽培设施建设	(103)
第一节 气雾栽培系统的组成	(103)
一、固定支撑部分	(103)
二、营养液供应部分	(106)
三、计算机控制部分	(107)
第二节 基地建设及设备设施安装	(110)
一、苗床建设	(110)

二、栽培架设计	(111)
三、定植板选择及开孔	(112)
四、架设弥雾管道与安装喷头	(113)
五、苗床回流口处理	(114)
六、管道系统的埋设安装	(115)
七、营养液池的建设	(115)
八、水泵的配备	(116)
九、过滤器选择安装	(117)
十、强磁处理器	(118)
十一、营养液杀菌器	(118)
十二、超声波雾化器	(119)
十三、弥雾方式选择	(120)
十四、电功能水设备	(121)
十五、电场发生器	(122)
十六、养液回流口处理	(123)
十七、计算机控制系统的运用	(123)
十八、备用发电机	(124)
十九、适合海绵块播种的半自动播种机	(125)
二十、PH 计及电导率仪	(126)
二十一、加温与降温等环控设备	(127)
第三节 气雾栽培基地建设方案参考	(128)
一、3600 平方米日光温室型雾培蔬菜工厂设计	(128)
二、1256 平方米鸟巢温室型雾培蔬菜工厂设计	(131)
三、1256 平方米鸟巢温室型垂直农场式雾培工厂设计	(135)
四、1225 平方米金字塔温室型雾培蔬菜工厂设计	(141)
五、1200 平方米实用型联体拱式雾培蔬菜工厂设计	(146)

第四章 气雾栽培日常管理	(149)
第一节 营养液的管理	(149)
一、营养液的浓度	(150)
二、营养液酸碱度的调节	(152)
三、营养液的更换	(154)
四、营养液温度的控制	(156)
第二节 蔬菜栽培管理	(158)
一、育苗	(158)
二、定植	(159)
三、环境调控	(160)
四、病虫害防治	(161)
五、叶菜的生产管理	(163)
六、果菜的生产管理	(164)
七、果树类的生产管理	(166)
第三节 设施设备使用维护	(168)
一、防堵防漏	(168)
二、清洁消毒	(169)
三、计算机工作参数调整	(169)
四、过滤器的清洗	(170)
五、紫外线杀菌器的更换维护	(171)
第五章 气雾栽培实践及技术问题答疑	(172)
一、造成气雾栽培叶菜出现苦味的原因分析	(172)
二、气雾栽培具有比水培更为强大的根系活力	(174)
三、草莓气雾栽培技术关键环节	(175)
四、水稻的气雾栽培	(177)

五、15 天一茬的菠菜再生栽培	(178)
六、根系活力的保持是气雾栽培技术的最大优势	(180)
七、巨峰葡萄气雾栽培根域环境对新根生长的影响	(181)
八、为什么绿藻及菌类滋生会导致雾培蔬菜缺铁失绿 ...	(184)
九、物联网技术在雾培蔬菜工厂上的运用	(185)
十、生姜气雾栽培及营养液配方	(187)
十一、蔬菜雾培器官出现巨大化发育的原因分析	(189)
十二、在高山沙漠孤岛搞气雾栽培生产如何获取水	(191)
十三、气雾栽培植物气生根形成 是生物自组织的一种表现	(192)
十四、气雾栽培根系特点	(195)
十五、气雾栽培生长速度是基质培的 3 倍水培的 2 倍 ...	(199)
十六、气雾栽培使种植业在模式上得到真正的统一	(200)
十七、气雾栽培存在的问题及进一步完善的思路	(201)
十八、高温胁迫环境对气雾栽培辣椒的影响	(207)
十九、如何判断植物的雾培适应性	(208)
二十、寒区气雾栽培的几项保温加温节能技术措施	(209)
二十一、芳香类蔬菜气雾栽培香味更浓郁	(213)
二十二、雾培方式的韭菜生产	(213)
 第六章 气雾栽培在雾增殖技术（气雾快繁）上的运用	(216)
第一节 雾增殖技术产生背景	(216)
一、传统育苗技术存在的主要问题	(217)
二、现代育苗技术的不足之处	(219)
第二节 气雾快繁的理论基础	(221)
第三节 气雾快繁的操作实践	(224)

一、雾增殖技术的快繁体系如何建立	(224)
二、雾增殖技术在生产上的操作流程	(226)
三、与雾增殖技术相关的几个关键技术环节	(230)
四、形成了以苗繁苗的快速增殖体系	(232)
五、雾增殖技术在生产上的具体应用	(234)
六、以快速成苗为目的的长枝气雾快繁	(236)
第四节 气雾快繁存在问题和发展前景	(239)

第七章 果树的管道化气雾栽培

(242)

第一节 创新的理论依据

(242)

一、枝组化、超矮化、可控化的需要	(242)
二、让根系结构变得简单,让吸收效率变得高效	(243)
三、让植株的生长变得更为可控	(244)
四、可以高效的补充肥料及激素, 快速修正与优化植物生长发育动态	(245)
五、对根环境温度调节成为可能	(245)
六、人工制冷解除低温休眠变得可行	(246)
七、省免传统栽培果树大量的田间劳作	(247)
八、在根系科学研究及植物生理缺素性的 研究上变得更为直观	(248)

第二节 果树管道化雾培操作实践

(248)

一、安装 X 架并铺设大口径 PVC 管道	(249)
二、安装内置喷头并密封端头	(249)
三、安装定植管	(250)
四、果苗进行催根处理	(251)
五、移栽及管理	(251)

第三节 果树管道化雾培存在问题及发展前景	(253)
----------------------------	-------

第八章 今后研究方向	(255)
------------------	-------

一、根雾环境的深入研究	(255)
-------------------	-------

二、温室环境调控技术的研究	(257)
---------------------	-------

三、计算机控制及传感器技术的研究	(257)
------------------------	-------

四、栽培模式的创新与研究	(258)
--------------------	-------

五、品质及营养提升及改善方面的研究	(259)
-------------------------	-------

第一章 概 述

蔬菜工业化生产的探索已有半个多世纪的历史，尝试的模式与方法也较多，但总体来说是沿袭了以下的发展过程：从露天到保护地，从保护地到人工环境；从土壤到无土基质栽培，从无土基质栽培再发展到水培，其间包括管道化的蔬菜工业，再就是到这里提出的气雾工业。所谓气雾工业，它是农业生产与栽培模式转型发展过程中，迄今为止最为先进与实用的技术，也是能使蔬菜工厂实现生长与生产最大化的新方法。气雾技术不仅仅是使蔬菜植物的生长环境从水与土壤中解放出来，更重要的是它可以让平面耕作轻松地发展成为空间立体耕作的模式，是对温光水气营养设施等资源的最大化运用，更是实现工厂化集约化生产的最佳模式。

第一节 气雾栽培历史及发展现状

植物生长在气雾当中，并不是人类的发明，其实是自然造化给人类的启示。在大自然中，有许许多多的植物不需要基质与土壤而直接附生于岩石及树皮上，甚至根系直接悬长于空中而形成壮观的气根世界，这些根最后成熟膨大，盘根错节，成为现代雨林气候原始森林的生态景观，特别是生长于高湿雨林条件下的榕树，气根是

它抗拒自然与适应自然所形成的生态适应性特征与形态的演变。从植物的起源来说,最早的植物是由原生态植物藻登陆后成为蕨类植物,许多蕨类植物就是以假根的方式附生于岩石上,从某种角度来说,它也是一种特异的气生根。还有现在还大量存在的攀崖类植物,它也常常具备遇高湿环境易于节部长出气生根的特性,还有众多的兰科植物,是一种附生于岩石或树皮上的气生兰,根系在空中起到吸收水分与营养元素的作用。其实,生长于土壤中或沙漠中的植物都有较大的空气间隙以满足根系对空气的需求,土壤颗粒也只是起到保持湿度与营养的作用,如果土壤间隙被水完全浸渍,根系会因缺乏空气窒息而死,说明根系对空气的依赖性是在进化过程中自然形成的,而且对空气中氧气的需求是不可或缺的,否则会导致生长不良而死亡。就如恐龙的灭绝,曾经有种猜想,因为恐龙时期地球空气层中氧气的含量原来是30%以上,后来由于气候地质及环境的变化使氧气含量成为21%左右时,它因窒息而死的灭绝过程是一样的道理。所以植物生长的根域环境中,空气中氧的需求还是关键,从进化角度来说,植物登陆进化到现在千万种植物的分化,都是在空气含量充足的过程中完成的。所以,当空气中湿度适合于根系或根原基发育时,这些气生根就会本能性地自然形成,这种现象在热带雨林气候中就特别的多见。由此可见,空气栽培是植物进化过程中以及现存的特殊环境下,都会自然发生与形成的一种生态适应性表现。而它在生产上的运用也就是人工环境的创造,为根系形成发育创造最适合的氧气水分营养环境的一种技术。

气雾栽培源于上个世纪40年代,美国为了在“和平号”空间站上建立生命支撑系统,而首次构思运用的气雾技术进行蔬菜植物的种植,是空间技术研究的一个重要课题。在失重的空间用常规种植方式进行植物的栽培,不仅操作不便利用率低,而且水肥的资源浪

费及回收循环利用也较难，为了在窄小的空间内建立生命支撑系统以完成空间站内生态的平衡及人类新鲜蔬菜植物的需求，必须构建以植物代谢生产为中心的生命与食物支撑系统，利用植物的生物代谢转换氧气与吸收废气，保持良好的空气质量，人体活动放出的二氧化碳成为植物光合转化与释放氧气的主要原料，也成为微环境气候创造的生命支撑体。美国科学家率先大胆地设计了气雾种植系统，解决了植物在失重情况下对肥及水的获取问题与人们的栽培管理问题，同时也使运载的材料空间大大缩小，人可采用轻巧的气囊设计构建种植模型，可以折叠式的轻巧化的载入空间站，再行充气种植。目前，这种气雾栽培已成为空间站研究植物生长发育的主要模式，而且在雾化技术上也有了很大的发展与改进，气动雾化或超声雾化得以有机结合，使气雾栽培在空间站的发挥达到了极致。从上世纪的80年代起，一些商业运作者开始思考与运用雾化技术构思生产性的发展计划，在植物的克隆上开始尝试与运用，特别是对于一些较难生根的植物，产生了极好的生根效果，于是一种所谓“克隆机”的产品开始在生产上运用，为种苗的培育开发了一条新的路径，那就是气雾无性繁殖法。在生产蔬菜与药草上的运用，最早是以家庭生产的迷你型系统为主，到现在以设施大棚为基础的大型气雾生产基地渐渐形成，而且产业化的趋势越来越明显。美国利用气雾技术建立的番茄工厂，就是气雾栽培的一种产业化运用；以色列近年开发与运用的商业化基地也越来越多，这种方式更适合少水干旱地区的生产，它的节水性更强，而且可以做到正常的零排放；日本叫喷雾耕技术，也正在快速地发展着，特别是利用它进行番茄的高糖度栽培，已在生产上得到普遍的认可，形成规范化的生产规程。新加坡则是以立足城市市区农业为主，发展家庭或庭院型的小型气雾栽培生产绿化装置，为城市绿化美化及市区农产品的生产提供了最为

高效与便捷的技术支撑，可以在楼顶阳台公共场所任何地方建立雾培系统，进行立体化的高效生产，为增加农产品的供给作出极大的贡献。

气雾栽培从束之高阁到普及运用，成为一种实用型新技术，其间的发展也经历了以下几个阶段，从利用它作为研究植物根系分泌物及根构形态到成为教育及实验室科研工具，到用于商业化的植物克隆，再到大面积地运用于种苗工程与生产性产业化发展，前后经历了数十年的发展历史。我国最早把气雾栽培主要用于马铃薯脱毒种薯培育，而且是在简易的设施与简单的定时控制条件下进行，但也没有达到产业化发展的程度，只限于少部分科研院所的研究所需，根本没有商业化标准化的配套设施与设备。随着根系科学这门学科的兴起，利用它便于观察根系生长与提取根系分泌物的优点，进行了实验型设计的雾培研究，但也没有成为一项重要的生产性的技术。一直到种苗工程上取得很好的无性生根效果后，才开始商业化雾培殖种苗技术的研究。在美国开发了各种各样称之为克隆机的种苗生产系统，但也没有进行大型基地或设施设备的专业化开发，只作为生产的一项辅助技术在运用，其间利用该系统进行了数百种植物无性快繁的应用研究，取得了极好的效果，对于它的产业化起到了较大的促进作用。各种各样商业化克隆机可以在市场上见到，或者利用小型的克隆机进行家庭式蔬菜的生产，这方面在美国较为普及。以色列对于气雾栽培的研究运用也是从克隆植物，特别是在研究桃的无性生根过程中，获得了极好的效果，才引起了众多研究及生产者的重视，现在以色列开发的一种集装箱式的高度集约化的移动式植物工厂，其实也是利用了气雾栽培技术，在一个不大的集装箱内，可以达到令人惊叹的产量，这就是立体化多层次的闭锁型气雾生产系统，也可以叫做未来城市生活机，能利用不大的空间生产出数十上百倍的平面面积产量。新加坡是从天台农业发展过程中，需要充