

国家星火计划培训丛书



蔬菜工厂—— 芽苗菜智能化栽培技术

科学技术部农村科技司 主编

浙江丽水市农科所农业智能化快繁中心 徐伟忠 编著



台海出版社

未来最为神速的雾增殖技术

植物的繁殖技术很多，有传统的种子播种、扦插、嫁接、组培育苗等，但不管哪种技术它的培育与成苗速度都有一定的局限性，前面三种倍增循环速度慢，也难以周年培育，而组培技术增殖快但成苗慢，而且投入与运行成本都较高。近年开发并大面积推广运用的植物非试管快繁技术能弥补以上的不足而成为当前效率最高的育苗技术，但生产中还存在着一些不足，就是有些品种生根时间与继代增殖周期长的问题，还未能让无性繁殖的速率达到极限。针对非试管快繁存在的这两个问题，开发了一种叫雾增殖快繁技术，它可以有效地得以解决，成为未来效率最高的快繁技术，是能真正快速地实现几何级倍增并且能快速壮苗的技术。它让离体材料在雾化的营养液中生根，并且不移栽可以直接进行气雾栽培，让它快速成为符合规格的壮苗，比移栽后的任何一种方式都要快好几倍的生长量，而且根系完整无任何损伤。再把快速增殖形成的营养体取下进行继代循环快繁，达到几何倍增的目的，这样就形成了雾化快繁——雾化增殖——继代循环的一体化快繁体系。而且它让离体材料在空气的富氧环境下生根，一些成活率低的品种特别有效，根系比基质发育更好，生根时间更短，也便于切口环境因子的调控，再加上营养液的不中断供给栽培，毫无生根后的缓苗现象产生，为快速生长成苗提供了营养持续供应的保障，不失为目前最为完善的技术，它将在未来的种苗产业发展上得以大面积运用。如下以转基因杨树的雾增殖为例进行技术分解说明，一根杨树枝段采用该技术一年内至少可增殖培育 2000—3000 多株苗。



杨树枝段第 20 天生根状



每株至少可取继代材料 5~10 个



第 40 天枝长 50cm 取材进行继代循环

第二十五辑书目

ISBN 7-80141-500-0



9 787801 415004 >

- 一叶成林——植物非试管克隆新技术
- 水培花卉——植物水生诱变技术
- 蔬菜工厂——芽苗菜智能化栽培技术
- 未来农业——城市、观光、休闲、旅游农业
- 物理农业——电磁声波场及纳米技术在农业上运用

ISBN 7-80141-500-0

定价：全五册 50.00 元

国家星火计划培训丛书

蔬菜工厂—— 芽苗菜智能化栽培技术

主 编	徐伟忠	苏朝安				
副 主 编	王雪武	程泽敏	林伟洋			
参编人员	陈银华	朱丽霞	詹喜法	徐小翠	章金栋	
	金伟平	周松年	林国华	王利炳	黄玉松	
	周仙根	余国军	刘丽华			

台海出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

蔬菜工厂——芽苗菜智能化栽培技术/徐伟忠编著

北京: 台海出版社, 2006. 8

(国家星火计划培训丛书, 第 25 辑)

ISBN 7-80141-500-0

I. 蔬… II. 徐… III. 人工智能—应用—芽菜—蔬菜园艺 IV. S63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 065956 号

丛 书 名/国家星火计划培训丛书

书 名/蔬菜工厂——芽苗菜智能化栽培技术

责任编辑/吕莺 李虎山

装帧设计/李虎山

印 刷/铁道科学研究院印刷厂

开 本/787×1092 1/32 印张/7.875

印 数/10000 册 字数/150 千字

发 行/新华书店北京发行所发行

版 次/2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

台海出版社(北京景山东街 20 号 邮编:100009 电话:010-68975073)

ISBN 7-80141-500-0 全五册定价:50.00 元

《国家星火计划培训丛书》编委会

顾问：何康 陈耀邦 卢良恕
石元春 李振声 王连铮
袁隆平

名誉主任委员：韩德乾

主任委员：杜占元 吴远彬

副主任委员：曹一化 王喆

委员：胡京华 于双民 卢兵友
王仕涛 袁学国 王敬华
史秀菊 陆庠 李虎山
方智远 孙联生 苏振环
杨淑兰

秘书长：胡京华

副秘书长：于双民 黄跃文 史秀菊

前 言

国家科委 1986 年提出的星火计划，对推动农村经济的发展，引导农民致富，推广各项新技术取得了巨大的成就。星火计划是落实科教兴农，把科学技术引向农村，促进农村经济发展转到依靠科技进步和提高劳动者素质的轨道上来的战略措施，为提高农民的生活质量，加快农村工业化、现代化和城镇化建设进程，推动农村奔小康发挥了重大作用。

星火项目主要是面向农村，以农民为主设立和推广的，但是，由于农民目前受文化程度、专业技术水平、信息不灵等因素的制约，影响了对科学技术的接受能力。科学技术部十分重视对农村干部、星火带头人、广大农民的科技培训。为了使培训有一套适应目前农村现实情况的教材，使农业科技的推广落到实处，科学技术部农村科技司决定新编一套《国家星火计划培训丛书》，并委托中国农村科技杂志社组织编写。

本丛书图文并茂，它浅显、直观、科学、准确，可以一看就懂，一学就会，便于普及，便于推广。

本丛书立意新颖，它不同于一般的农业科技书，不是只讲知识，而是注重知识、技术、信息和市场的全面介绍。可对农民、农村、农业上项目、找市场、调整产业结构提供参考和借鉴。

本丛书的作者大多是来自生产第一线的科技致富带头人和有实践经验的专家学者，内容来自第一手资料，更具体，更生动，更有示范作用。

星火计划在我国经济发展，调整农村经济结构中，发挥了重要的作用。目前，我国农业和农村经济发展已经进入了新阶段，对农业和农村经济结构进行战略性调整是新阶段农村和农村科技工作面临的重大任务，党中央、国务院确定的西部大开发战略，为星火计划的西进提供了机遇。在此际遇之际，我们真心地奉献给农民群众一套“星火培训”的实用教材。但由于时间紧促、水平所限，不尽人意的地方在所难免，衷心欢迎广大读者批评指正。

《国家星火计划培训丛书》编委会

写在前面

蔬菜是人们生活所必不可少的生活物资，是构成食物支撑体系中最为核心的组成部分，是人类营养的重要来源，也是一个地区生活水平的重要标志。它的生产一直以来都是采用土壤耕作法，而且大多还是以露天种植为主。生产周期因自然环境气候的影响难以做到如期上市，病虫害的滋生危害也较难免除，技术的标准也难以实施。以上三点是传统蔬菜栽培存在的主要问题，随着科技发展，生产力水平的不断提高，对蔬菜生产及需求的要求也发生着变化，一些大棚设施的保护地栽培模式越来越多，产业化规模化的蔬菜基地也在各地形成，许多蔬菜加工企业也如雨后春笋般地诞生，这是蔬菜生产从传统模式渐渐向新型模式转变的前奏与革命性的开始。

通过多年蔬菜生产技术的发展，在沿袭传统模式基础上，又出现了众多新技术与新模式。不管在设施的改进，技术的提升，还是产业规模的扩大上，都是前所未有的大发展。特别是无土栽培技术与有机耕作技术的发展成为近几年蔬菜发展的主导方向。蔬菜品种的多样化，供期的周年化，产品的绿色无公害化，成为当前蔬菜需求的一个主要趋势，政府也因势利导围绕三化推动着地方区域化产业基地的形成。最为有名的山东寿光蔬菜基地，它就是我国近年最大的蔬菜基地，也是我国最具代表性的先进蔬菜生产基地，为我国蔬菜产业的发展起到了推动与带动之作用。但与国际先进的生产模式方式相比，还是较为落后，还不是最先进的生产

力代表，它的许多技术问题及设施设备及机械问题还有待较大的提高与发展。作为本书就是一本引导性与前瞻性兼具的蔬菜生产技术指导丛书，能给蔬菜生产者以启发，能给未来趋势给予较为准确的引导，让蔬菜产业的生产技术水平与栽培模式在新时期有所提高与发展，为技术的国际接轨提出了方向。

目 录

第一章	蔬菜生产模式的演替	(1)
第二章	蔬菜的智能化工厂化生产	(7)
第一节	蔬菜生产实现智能化与工厂化是社会发展的必然趋势	(7)
第二节	蔬菜生产中相关的智能化技术及设备	(10)
第三章	几种新型的蔬菜生产模式	(39)
第一节	芽苗菜的智能化生产	(39)
第二节	可持续的有机耕作型蔬菜生产模式	(69)
第三节	水培蔬菜	(121)
第四节	天台农场	(138)
第四章	蔬菜的气雾栽培	(141)
第一节	气雾栽培生产概述	(141)
第二节	气雾栽培技术	(175)
第三节	叶菜类的气雾生产	(192)
第四节	瓜果类的气雾生产	(194)
第五节	地下根茎类的气雾生产	(199)
第六节	药草及野菜类的气雾生产	(201)
第七节	蔬菜气雾栽培的广阔前景	(202)
第五章	蔬菜工厂化生产技术问答	(204)
第六章	蔬菜工厂化生产的前景与展望	(231)
附	中国农业智能化革命的一颗新星 ——记浙江丽水市农科所智能化快繁中心主任徐伟忠	(234)

第一章 蔬菜生产模式的演替

人类在进化发展以及生产活动过程中，一直是与植物的进化与演化协同发展的，植物给人类以营养，促进了人类的身心发育，为人类的大脑分化肢体发育提供了营养保障，这是人类文明形成的物质条件，也是最基本的生存基础，这样才赋予人类得以繁衍与生生不息的生命。在与自然界的抗争及生存策略抉择过程中，人们发现了许多可食用的植物，特别是在漫长的自然农业活动过程中，当时的食物极为有限，原始人不得不以尝食各种各样的植物体得以充饥，在这过程中，人们找到了许多可食用的野果与植物的枝叶根等营养体或者种子，而且当食物有了剩余或残留抛弃后，发现这些植物体或种子能继续发育生长，从而在潜意识中慢慢形成了一种常理的经验认识，植物可以进行人为的种植，当然这种种植没有太多的技术，只是简单地在部落周边进行散播，任自然生长，这就形成了自然农业，是最原始的农业技术，通过这种方法可以较为轻松地获取食物，又可以减轻野生采集植物的工作量，这就是最初的农业模式，我们称之为自然农业。在自然农业活动中，人们把口味较好且无毒的植物进行了无意识的留种与选择，通过一代一代的人工适应性驯化就形成了现在可供人们食用的蔬菜与瓜果，这个过程是非常漫长的过程，也就是达尔文进化论中精辟的人工选择与自然选择相结合的进化理论基础。

植物从野生到人工种植而成为瓜果蔬菜，其间除了因势利导利用自然条件进行人工栽培外，更重要的是需要人们在实践中不断观察总结，而形成一套可指导生产的农业技术，在

古书《齐民要术》中就有大量农业生产技术与蔬菜栽培技术的记载,这个时期的农业包括蔬菜生产已形成了一定的技术,也就是真正的在人工干预条件下进行蔬菜栽培与农业生产,而不是自生自灭的原始农业,包括育种、栽培、施肥、灌溉、病虫害防治等都形成了有一定见解与实践的技术措施与体系。我国传统农业数千年其实都是在这种朴素自然的农耕技术下面进行生产,是一种自然的有机的人工农业模式。这种模式产量低,受自然因素影响大,常因气候、土壤、管理等因子而影响产量与质量,同时抵御自然灾害的能力也差,是一种靠天吃饭型的农业。人类的进步发展,科技的发明与创新,让蔬菜从原古的野生状态走向人工栽培,而形成当前琳琅满目的蔬菜品种,同样科技发展,又会不断地刷新与蕴育新技术的革命,从自然型的人工栽培又开始走向有设施大棚的保护地栽培,这跨越性的发展于我国始于上世纪的七十年代,盛行于九十年代,而且创造性地发明了多种类型适合于多种环境的温室大棚,于是蔬菜的栽培终于开始渐渐从自然环境请进了有设施大棚的保护地环境,这种改变使蔬菜生产的抵御自然和病虫害能力大大增强,从靠天吃饭变成了相对有保障的栽培与供给体系。可是,科技的发展之轮始终不会停顿,当一项技术发展至成熟,又会有新的技术萌芽与产生,在 20 世纪 90 年代中期,一项以人工基质的无土栽培技术在我国开始盛行,这种以改变根系环境为主导的技术革命源于发达的国家,但如追溯到起源,与我国最早的沙生芽苗菜又有类似的技术特征,无非是在肥水供给及植株固定上有了很大的创新与发展,在这个时期,众多的科研院校与生产单位开始进行有机基质无土栽培的尝试,让园艺蔬菜植物的栽培产量与质量都有了很大

的提高,通过有机营养人工基质的科学配置再结合滴灌技术为蔬菜植物的生长创造了较为适合的肥水气环境,从而大大改善了蔬菜生长的根域环境,也使管理用工的投入大大减少,诸如草的防除及施肥灌溉工作等。

人类探索的步伐是永远不会停止的,在基质无土栽培有所发展的同时,一些新型的技术模式又开始冲击与诞生,特别是我国正处快速发展时期的国家,在新技术的引进与运用更替上比其他发达国家都要来得快。在改革开放政策的指引下,近年科技的引进与运用使用范围与速度都比以往要大要快,蔬菜栽培也然。二次大战期间,美国为了满足军事基地官兵对蔬菜供给的需要,首次运用水培技术与沙培技术进行蔬菜生产,20 世纪 70 年代,日本静岗县建立了当前国际上第一个规模较大的水培蔬菜生产基地,直至 20 世纪 90 年代,水培蔬菜技术已在日本得到盛行与普及,成立了较多水耕协会以促进水耕技术的发展。这种以营养液为基础的新型栽培技术比原来的基质或土壤栽培有了很大的改进与生产的便利性,蔬菜的生长也更为快速良好,杂草及病虫也较易得到控制,是实现蔬菜生产省力化、洁净化与工厂化的基础技术。但是随着设施发展及水培技术在蔬菜生产上的运用,又出现了一些诸如设施投入成本高耗能大的问题,针对这问题,曾成为生产普及的困扰的阻碍因素,但科学的进步不会让它成为该先进技术的发展障碍,一种基于水培营养液技术,但又超越于水培的新型栽培模式又将得以诞生,这就是气雾栽培技术,该技术在水培技术基础上有了较大的提高与关键问题的突破,也为未来蔬菜的立体化构架工厂化生产创造了条件与技术基础。

到目前为止,雾培技术可以说是最为先进与高效的技术,也是成本最低的工厂化栽培技术,不管是效益与效率来说,都是其它栽培技术所不能比的,所以近年该技术在发达的国家发展较快,而且成为工厂化蔬菜栽培技术中,最为先进与实用的技术。特别是一些土地资源缺乏,耕地贫瘠的地区,发展气雾培将是最好的选择,新加坡已把气雾培技术作为城市农业发展的主要项目,它具有空间利用最大化的特点,不受耕地制限的优势,还有皆具生态建设及城市绿化的功能,这对于一个工业化城市旅游型的国家来说,气雾培技术具有最大的发展潜力与优势。日本是一个岛国,许多农产品都是依赖于国外进口,但对于一个国家来说,食品的安全不能仅仅依靠外援,必须发展自己的自给型农业产业,所以近年日本政府在设施高效农业的开发上投入极大的力度,全国的高科技设施化工厂化农场建设到处可见,特别是蔬菜的栽培,大多开始采用无土栽培模式,如有机基质无土栽培、养液土耕栽培、水培,让农业生产效率与蔬菜的产量及质量得以大幅度提高,特别是在供期上,可以得以确保,这是传统自然栽培难以保证的,利用现代农业设施设备进行规模化产业化发展已成为当前日本农业的主要格局。特别是近年,在栽培领域的发展可以说日新月异,革新更替加快,新技术不断地在生产上得以运用与普及,如国际上研究水平最为领先的植物工厂,地下农场,都是一种全新概念的蔬菜生产模式。当然这种高效但高能投入的农业要到普及程度还得一段时间,不过随着工业成本下降,不久的将来,这两种新农业模式也会成为生产的主要模式,它是一种完全工厂化的模式,是最先进的栽培技术。而气雾栽培是适合工厂化环境,实现工厂空间利用最大化的最佳方法。

可以进行多层次立体生产,可以进行工厂化流程式工艺化的管理,可以为生产场所创造最为洁净化环境与空间,可以实现农业生产节能化与省力化。所以气雾栽培模式很快就成为工厂化生产蔬菜的主要模式之一,是未来农业发展的主导方向与趋势性技术。

蔬菜栽培技术的发展与演替,无不体现着社会的综合进步与发展,每一次跨越与革命都是技术突破与改进的结果,就是当前最为先进的最适工厂化生产的气雾栽培技术,也还有许多有待进一步突破与发展的地方,特别是优化气雾培环境的温光气热营养等气候因子及内部的管理操作都需进一步的完善与改进,让这种气雾培技术成为一种真正能实施工厂化程序化流程化可控化的蔬菜生产系统与食物保障体系,也是完全食品生产的最有效方法。这本书就是以雾培作为基础,把雾培在栽培芽菜、苗菜,及叶菜上的运用作为技术主线,综合论述相关的技术与生产应用,让人们对新型的蔬菜生产与工厂化流程有全面的了解。蔬菜的生产从常规栽培发展到雾培,是一大跨越,也是实施工厂化生产实现高产高效的一种最先进生产模式。这种模式的运用多种多样,运用它最易达到工厂化的效果,现在以色列推出的集装箱式的蔬菜工厂,就是利用一个柜式的空间进行多层次立体生产的雾培新模式,在狭小的空间内最大化地利用层叠式生产技术,使单位面积的利用率达到数十倍的综合效果。美国的耕作大厦设计,更是一种规模与气势宏伟的未来蔬菜生产新模式,一幢百层高楼的大厦可以达到数百亩甚至上千亩的生产效率,是未来支撑都市食物的重要供给系统,也可以叫城市生活机器。日本的地下农场及植物工厂,更是一座高效率的完全人工环境型的

高效农场,在其间,水稻可年生产 5~6 季,生菜 25 天就可收获,而且可以达到完全控制质量与外观的效果。另外,用于太空农业生产的蔬菜生产模式更是一种空间隔离型的工厂,它的许多作业自然也结合了机械手臂技术,实现了无人化的操作,是完完全全的太空人食物保障机器,随着科技发展太空农场的建立,很有可能成为未来人类获取蔬菜与食物的主要生产场所,因为在太空中可以大大提高蔬菜的免疫力,达到最好的空间隔离效果。蔬菜苗的生产,更是最易实现工厂化培育的一种高效生产模式,这就是近年日本推行的闭锁型生产技术,它在一个完全隔绝隔热的空间内进行高密度的种苗生产,是实现种苗商业化的一种最高效生产技术,一个几平方米的面积上可以年生产出十万甚至数十万的蔬菜种苗。工厂化的生产模式是科技发展的必然结果,也是农业发展到一定程度所必然出现的替代技术,它像人类开始直立行走一样具有农业发展史上划时代的意义,是农业发展的伟大丰碑。

第二章 蔬菜的智能化工厂化生产

蔬菜的种类与区分方法众多,本书所称的蔬菜并不是平常大家所说的叶菜,它是一个综合性称谓的名词,包括了芽苗菜、叶菜、瓜果、药草,甚至包括所有可能食用的经济植物,是一种总称。所谓蔬菜智能化工厂化生产,就是利用人工智慧功能结合工厂化模式所进行的一种先进农业生产模式。

第一节 蔬菜生产实现智能化与工厂化是社会发展的必然趋势

蔬菜生产一直以来都是以人工土耕为主,是当前我国蔬菜生产的主体技术,那么科技发展与社会进步,将会使蔬菜生产发生什么样的变化呢?根据社会发展需要与科技进步的促进,新型的生产模式必将慢慢替代传统的生产模式,理由如下:

(一)我国虽然是农业大国,农业生产所占的比额及从业人群来说都是一个较大的国家,但是它的生产力水平还是较低,与发达国家相比相距甚远,特别是落后的农业生产工具严重阻碍了生产力水平的提高,不管从单位劳动力所管理的面积上,还是单位土地的产出效率上都极为低下,其间的主要原因还是生产工具的落后所致。如美国大型农业机械的运用,使人均耕作面积达 500~600 亩,日本高科技精准农业的发展,使单位面积的产出效率达到了最高,如 600 平方米的植物工厂,其可耕作面积达到 13 层,每天有 6000 多株蔬菜可以收获;以色列的节水灌溉农业可以精确地进行每株植物最适灌