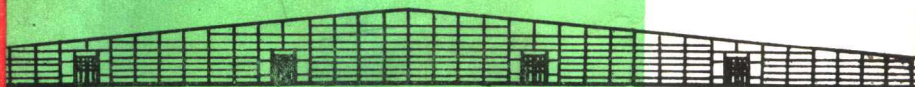
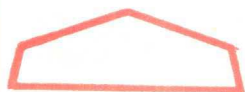
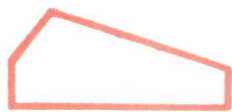
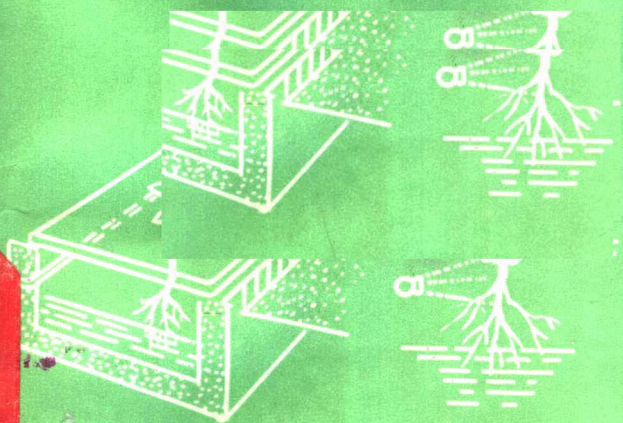


浅谈农业生产工厂化

赵鸿钧 编著



科学普及出版社

浅谈农业生产工厂化

赵 鸿 钧

科学普及出版社

内 容 提 要

这是一本介绍农业生产工厂化知识的普及读物，重点讲述什么是农业工厂化生产，怎样建造农业工厂，以及人工气候室、无土栽培、电子计算机和太阳能、地热能、原子能在农业工厂化生产中的应用。

全书取材丰富、新颖，叙述通俗生动，可供广大农业生产者、农业科研、教学人员参考和借鉴。

浅谈农业生产工厂化

赵 鸿 钧

责任编辑：肖 鸿

封面设计：王序德

*

科学普及出版社出版（北京白石桥紫竹院公园内）
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

固安农场 印刷厂印装

*

开本：787×1092毫米1/32 印张：3 字数：65千字

1982年8月第1版 1982年8月第1次印刷

印数：1—1,200册 定价：0.32元

统一书号：16051·1014 本社书号：0456

写在前面

番茄、黄瓜能够象花布一样，从工厂中生产出来吗？能。这就是农业生产工厂化。

用工厂生产的方式生产蔬菜、花卉、果品和饲料等，这是农业现代化生产方向之一。目前，世界上有不少国家正在试验、试用。本书主要阐述农业工厂化生产的概念，介绍农业工厂“三件宝”：人工气候、无土栽培、电子计算机，并简述农业工厂化将来可利用的能源——太阳能、地热能、原子能。

农业工厂化生产是一门新兴的学科，这方面资料很少。本书尽可能地收集国内外材料，并结合我国实际情况，讲述这方面的知识。

本书在编写过程中得到农业出版社应日建同志的帮助，深表感谢。

本书有不妥之处，谨请读者批评指正。

作者

1981.8.太原

目 录

一、什么是农业生产工厂化.....	1
(一) 理想中的农业.....	1
(二) 农业工厂从何而来.....	4
(三) 农业工厂是个什么样子.....	7
二、怎样建筑农业工厂.....	19
(一) 摸清地理.....	15
(二) 打好基础.....	16
(三) 覆盖材料.....	18
(四) 材料选择.....	21
(五) 建筑负荷.....	23
(六) 供水系统.....	25
(七) 供热系统.....	26
(八) 供电系统.....	29
三、怎样控制农业工厂的气候.....	31
(一) 从人工气候室的类型谈起.....	31
(二) 人工气候室的应用.....	32
(三) 怎样控制光线.....	36
(四) 怎样控制温度.....	41
(五) 怎样控制湿度.....	47
(六) 怎样控制氧气.....	51
(七) 怎样控制二氧化碳.....	55
四、农业工厂如何栽培植物.....	58
(一) 水培.....	58
(二) 砂培和砾培.....	61

(三) 雾培.....	63
(四) 泡沫塑料培养.....	66
(五) 营养膜培养.....	67
(六) 最佳营养液.....	68
五、电子计算机在农业工厂中的应用.....	74
六、农业工厂将来可利用的能源.....	80
(一) 太阳能和农业工厂.....	80
(二) 地热能 and 农业工厂.....	88
(三) 原子能和农业工厂.....	90

一、什么是农业生产工厂化

(一) 理想中的农业

理想中的农业是个什么样子呢？农民、农业技术人员、农业科学家以及和农业有直接或间接关系的人们，都在想着一个共同关心的问题：农业，难道永远是这样听天由命吗？黄瓜和茄子就不能象花布一样在工厂里进行生产吗？

这个问题乍听起来，好象异想天开。可是，科学就是科学，黄瓜和茄子开始进入了高大的厂房。红艳艳的柿子，绿渗渗的黄瓜，紫微微的茄子，翠滴滴的辣椒和花布一样从工厂中生产出来了。农业不仅摆脱了自然气候，而且脱离了土壤。

据统计，到目前为止，能够从工厂中生产的农产品有：西瓜、甜瓜、南瓜、冬瓜、苦瓜、丝瓜、瓠瓜、草莓、茄子、番茄、辣椒、马铃薯、菜豆、豌豆、豇豆、大豆、萝卜、芜菁、白菜、甘蓝、莴苣、芹菜、茺荑、菠菜、菜花、蕨菜、洋葱、韭菜、百合、蘑菇、香菇、木耳、银耳等各种蔬菜作物，还有香蕉、桔子、无花果、苹果、葡萄等果品，以及小麦、棉花、水稻、烟草、咖啡、甘蔗、甜菜等粮食作物和经济作物。

农业工厂中还可以生产各种花卉、观赏植物、药用植物和青饲料等，几乎所有从土壤里生长的作物都可以在工厂中

生产出来。

农业工厂全用玻璃、塑料或其它材料覆盖，温度、湿度完全人为控制，根据不同作物不同生育时期的要求进行自动调节。这里既无严寒，也无炎热，自作物进入工厂的那一天起，就完全置身于理想的人工气候之中，不管外边的气候多么恶劣，工厂中的小天地总是“风调雨顺”的。

土壤在农业工厂中是完全不需要的，甚至连微小土粒也都忌讳。农业工厂中生长的作物需要什么养分，我们就供给什么养分。需要多少，就供应多少。氮、磷、钾、钙、镁、铁、锌、铜、钼、硫、锰、硼等各种常量元素、微量元素，甚至更多种类的营养元素，我们都可以科学地供应。因此，农业工厂化生产中土壤只能够带来麻烦，没有一点儿用。

由于作物生长在最佳温度、最佳湿度和最满意的营养条件中，个个长得根粗棵壮，枝叶繁茂，果实累累，色泽引人。要和我们现阶段的生产水平相比，产量会高出几倍，甚至于十几倍，几十倍。

举个例子来说吧，人人爱吃的番茄，种在土地上，平常一亩地只能收上几千斤。这几年用塑料大棚生产番茄，使番茄亩产提高到2—3万斤。这确是一个很大的突破，可是比起工厂化生产来，还会有一定的距离。工厂中的番茄产量能有多高呢？老实讲，这还是个未知数。不过，十万斤的数字是已经有了的。就以美国苏必利尔农业公司的水培番茄来说，若以亩计，每天就可收1200斤。

这样生产的番茄不只是产量高，番茄中所含维生素C和矿质营养成分都是相当高的。美国人测定过用这种办法生产的番茄，其维生素C的含量要比普通菜园生产的高出30%左右。同时，香味较浓，色泽鲜艳，清洁整齐，一级品率很高，商

品性很好。

随着人民生活水平的提高，各种花卉的需要与日俱增。很多国家专门设置了农业工厂来生产花卉。科威特、印度、英国、法国和意大利等都有花卉工厂，专门生产花卉，远销五大洲。其中如月季花、水仙花、菊花、风信子、香石竹、晚樱等花卉的生产在世界各大城市尤负盛名。

农业工厂中新鲜饲料生产是事半功倍，而且成本低、收益高。美国有家公司根据工厂化生产的原理设计了一种生产新鲜饲料的小车，经试验成功，每一辆车所生产的青饲料，要比同样生产面积草地的收获量大好多倍。

奥地利鲁特纳农业工厂的青饲料生产工厂，年产3,560—73,000吨青饲料。从种子发芽到收获全部自动化控制（图1），产量不受自然条件的影响，饲料鲜嫩，牲畜非常爱吃。工厂占地面积小，约为常规饲料生产用地的万分之一。

农业工厂中还可以大量生产高蛋白的藻类，这对于发展畜牧业，供给人们以高蛋白食品等都是非常有益的。

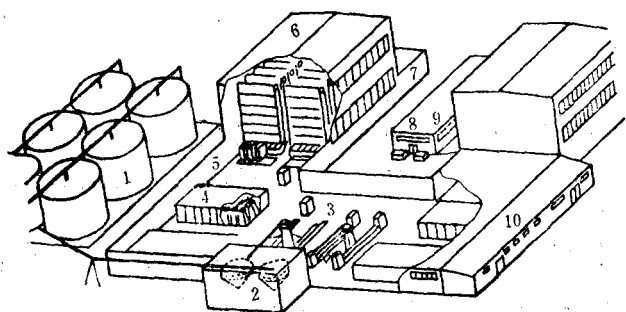


图1 农业工厂生产流程图

1. 原料筒；2. 种子处理室；3. 种子盘填充室；4. 发芽室；5. 传送带；6. 生产室；7. 收获室；8. 空调设备；9. 养液设备；10. 办公室

如上述农业工厂的种类很多，按作物种类进行专门化生产，在习惯上生产番茄的就叫番茄工厂；生产花卉的就叫花卉工厂；生产蘑菇的就叫蘑菇工厂；生产青饲料的就叫青饲料工厂。目前情况下，因为多数工厂都用来生产蔬菜，所以说蔬菜工厂在农业生产工厂化中使用得最多。

农业工厂不需土壤，不择地理，省去了土壤耕作，避开了病、虫、杂草的侵袭，也不必担心在同一个地方连年种植同一种作物所带来的麻烦。荒田、沙滩、郊外建厂都很方便，在繁华闹市布署几座蔬菜工厂也很美观，不仅可以就地生产，就地供应，而且可以美化环境，消减噪音，清洁空气。人们只要在控制室内看看荧光屏，按按电钮，番茄、黄瓜、苹果、香蕉就可以在工厂里生长发育，直到结出丰满果实……。这样的农业生产难道还不算理想吗？！

(二) 农业工厂从何而来

农业生产工厂化这一提法是从五十年代开始的，但实现工厂化生产还是近十多年来的事情。农业工厂有三大“法宝”，即无土栽培、人工气候和电子计算机。就是说，要讲工厂化生产的历史，还必须追溯到更早一些年代，因为农业工厂的发生发展，是和无土栽培、人工气候，以及电子计算机的出现分不开的。

十九世纪中叶，无机营养理论得到证明，化学肥料开始应用，这对今日农业工厂是非常重要的一步。没有这个发明，农业工厂化就无从谈起。

1860年，德国科学家萨克斯第一次用营养液在实验室里培养了植物。从而动摇了土壤是植物之本的理论，开始认识

到植物有可能从土壤的范畴中解放出来。

1929年，美国教授格里克在加利福尼亚大学，用自己配制的营养液种出了一株番茄，茎高达7.5米，收获果实14公斤，轰动了世界。这一试验被认为是本世纪内最伟大的成果之一。至此，营养液栽培才被人们所公认，而且形成了一个无土栽培的研究试验热潮，新的成果不断出现。

十多年以后，美国的中西部沙漠地区又有所突破。他们利用当地取之不尽的砂砾，试验成功了砂培和砾培，不用土壤而是利用砂砾作为基质以固定作物身躯，防止东摇西摆。当然，在基质中仍要加入配好的营养液，才能进行生产栽培。

之后，美国人在太平洋的一个荒岛上用水培法生产了成批的番茄和生菜。与此同时，有人在伊拉克的哈巴尼亚沙漠和波斯湾的巴林群岛上搞起了大面积的水培生产。

这种不用土壤的栽培，我们叫它无土栽培。无土栽培近三十年来发展很快，多数国家先后进行了试验，并逐步应用到生产中来。据前几年的报道，世界上已有三个专门研究无土栽培的国际性机构，而且，每个国家都设有专门的协会和研究机关，并培养专门人才。

近年来，利用无土栽培进行生产的国家已遍及全球。从西半球的美国、加拿大、委内瑞拉，到东半球的苏联、日本、法国、德国、英国、荷兰，以及印度、缅甸、澳大利亚、斯里兰卡、新加坡。还有非洲的中非共和国和坦桑尼亚，中东地区的埃及、伊朗、阿布扎比（阿联酋）、科威特。

美国无土栽培较为普及，各州都在进行。亚利桑那的一个水培菜园有60多亩。还有伊利诺斯、俄亥俄、加利福尼亚、印第安纳、佛罗里达等大、中城镇、工矿区，都有自己的水培蔬菜基地。美国不少家庭都有小型的水培设施，自己

生产蔬菜和种植鲜花。

小面积的水培多在室内进行，自然气候干扰不大。大面积的水培裸露于外界，受风、霜、雨、雪影响很大，产量极不稳定，这就必然要求助于人工气候。

在无土栽培发生和发展的同时，人工气候的研究也取得了重大突破。长期以来，风云莫测的气候实在是把人们给折腾苦了。狂风、暴雨、严寒、酷热和想不到的干旱、突如其来的寒潮，随时随地都在威胁着农业生产，遇上灾年，颗粒无收。

随着历史的变迁，人们在不断地总结生活经验，观察自然，了解自然，征服自然，改造自然，创造了风障、阳畦、温床、温室。应该特别指出的是近十多年发展起来的塑料大棚。我国几乎所有的城镇郊区，都有人应用塑料薄膜覆盖生产蔬菜。尽管这种人工气候还不够完善，但它确是农业工厂化生产的“预备试验”，它为进一步创建农业工厂提供了一定的思想准备和技术准备，也训练了部分科技人员。

今天的玻璃温室和塑料大棚，有些地方机械化程度是很高的，能够控制的气象因子越来越多，有的地区，进行了无土栽培，使用了电子计算机。实际上，农业工厂化生产的雏型已经形成，只是需要进一步完善罢了。再说，工厂有工厂的好处，大棚有大棚的优点，要将工厂化生产赶上现时的大棚覆盖面积，在短时间内是不可能做到的，而且根据我国的实际，也没有这个必要。

人工气候室越来越大，控制手段越来越完善，这就为农作物创造理想的环境提供了条件。再加覆盖材料性能的改进，工厂化生产的轮廓就有了坚实的基础。

玻璃工业，特别是近三十年来飞速发展的塑料工业，为工厂化生产的大面积的长期覆盖提供了优质的天棚和围墙。

特制的玻璃和塑料投石不破，降雪不裂，既耐高温，又防老化，透光良好。

、农业工厂化生产是农业现代化内容之一，是和科学化、机械化、自动化联系在一起的。手工操作，半机械化，或者是一般程度的机械化，是不可能实现农业工厂化生产的。从这个意义上讲，电子计算机的出现和发展至关重要。由于电子计算机进入了农业工厂，模拟任何环境条件，创造作物的最佳温度、最佳湿度、最佳光环境、最佳气体环境，以及最佳营养条件等才有可能。一切数据、实验、控制、操作等才能够变得简易、方便、准确。工厂化生产才能最大限度地降低劳动消耗、减少工时损失、削减成本、增加产品，获得有益的经济效果。

电子计算机发展到了今天，从单项控制到综合控制，人们只要坐在办公室，便可控制整个农业工厂里的气候、操作和作物营养，也可以看到整个工厂中的作物生长情况，随时都可进行录象、记录、观察、分析，为研究和生产提供数据，并随时校正机械动作、养液浓度，以及冷热、明暗、干湿等室内气候。

无土栽培为工厂化生产的多层立体栽培，为工厂化生产的全盘自动化、机械化、计算机控制创造了前所未有的方便条件。因为除了作物，就是水溶液，其机械操作要比在露天的土壤上生产容易得多，也简单得多。因此，有人说农业工厂就是人工气候加上无土栽培，再加上电子计算机，这是有一定道理的。

（三） 农业工厂是个什么样子

农业工厂是个什么样子呢？它和织布厂、钢铁厂或机械

厂一样吗？我们说它和机械厂有一样的地方，就是指农业工厂也有坚实的基础，高大的厂房，完整的供电、供热和供水系统等等。所不同的是产品。一个生产的是死的无生命的钢铁，一个生产的是活的有生命的农产品，如水果、蔬菜等。就是因为这个不同，农业工厂比工业工厂难度就要大得多，因为活的东西，随时随地都在进行着生命活动，它对周围的环境条件非常敏感，热了它会“中暑”，冷了又要“感冒”。条件理想时，它们生长旺盛，优质高产；条件差时，它们就会萎靡不振，发育不全，变质减产。为此，农业工厂的建筑要比工业厂房讲究。

首先，全用玻璃，也可以用透明的塑料。这就是说，不仅是天花板都用玻璃覆盖，而且四周也要用玻璃围起来。道理就是农作物需要光线。尽管农业工厂中有完全的人工光源，但太阳光仍是最廉价的自然能源。在可能的情况下，应尽量争得更多的太阳光进入室内。

第二个和钢铁厂不同的地方，就是农业工厂只能轮休，不能停产。水、电、空调系统尤其要保证不出问题，一时的停水、停电或供热系统失调，就会带来很大的麻烦，甚至将作物冻坏、干坏、营养不良，严重时，全部死亡。因此，一般情况下都要准备两套，有备无患，安全生产。这一点比工业厂房的要求高得多，建厂前需有严密的计划安排，一切工作就绪后才能开始生产。

农业工厂出现以来，每个国家都有自己的设计，大小不一，型式各异。有的设在地上，有的设在地下，还有的是设在空间，甚至设想将农业工厂建于海底和宇宙飞船上。总之，有人住的地方或将来要住人的地方，都可考虑筹建这一先进的科学设施。宇宙飞船长时间地悬在太空，三天、五天问题

不大，三年、五年没有菜吃可也是问题，这就是在宇宙空间和一些星球上考虑建设农业工厂的原因。

从工厂中栽培床的层次来讲，也不尽相同。有的只是一层，有的是两层，也有的三层、四层、七层、八层不一，还有的层次更多一些，这要看厂房高度、作物种类和生产方式而定。从机械传送带而言，有的是平面运转，有的是悬吊式立体运转，也有的在不同层次间斜面运转。外形设计有拱圆型和屋脊型两种。根据有无介质和介质种类不同，可以分为水培工厂、砂培工厂、雾培工厂和泡沫塑料培养工厂等。在平常情况下，人们则根据栽培作物的种类命名，如番茄厂、花卉厂、药用植物厂等多种内容的农业工厂。这里，我们仅根据工厂内的栽培形式，将它分为单层平面栽培和立体多层栽培两种类型简要介绍如下：

1. 单层平面栽培型

目前，单层平面栽培的农业工厂较多。它既不要上楼，也无需搭架，和平常的塑料大棚生产栽培一个样，只是用一层塑料板将土壤隔开，做成小池子能够存放营养液和介质就行了。覆盖要比塑料大棚讲究一些，农业工厂投资较高，要避免棚布因刮大风被吹“上天”的现象。不论是覆盖玻璃，还是塑料，都采用优质产品，以保证室内的人工气候。并可依赖电子计算机的帮助，为作物创造理想的温度、湿度和营养条件，获得较高的产量。

中东沙漠地区的阿布扎比酋长国，有个叫萨地亚特的小岛，是一片荒沙的不毛之地。科学家们在这里设计了一座两万平方米的农业工厂，外形象一个庞大的飞机库，外部全用塑料覆盖，地面用塑料板铺平，并在上面铺了一尺厚的干净沙子。然后用一台很大的柴油发动机做动力，调节室内温

度、湿度等环境条件。除了阳光和空气之外，一切都是人工创造的。倘若你要通过输送空气的闸门进到里面，会感到置身于另一个世界：番木瓜树的叶片在微风中摇曳，香蕉、葡萄和无花果挂满了通道，番茄、黄瓜、辣椒果实累累。这里没有杂草，没有蚜虫，整个工厂不因昆虫的毒素而污染，灌溉用水是海水淡化的，肥料完全实行计划供给。

众所周知，作物吸收养分是有选择性的。就是在普通的土壤中，它们也不是吸收所有的养分，而只是根据自己的需要选择吸收一定的化学物质。农业工厂就是按照这个道理区别对待的。对不同的作物，不同的生育时期，直接供给不同数量的营养物质。而且，都是一些容易被吸收的可溶性营养，一般都在灌水时施下去。很快便被作物吸收利用。这种施肥效率要比施在土壤中快得多，一般半小时左右就会明显见效。

上面是阿布扎比酋长国第一次试搞农业工厂所得的成果，作物种类都是蔬菜，产量较一般露地栽培提高了很多，和亩产较高的美国相比，也是十分引人注目的(表1)。

农业工厂和露地产量比较

表 1

作物种类	产 量 (吨/公顷)		阿布扎比农业工厂每年收获的次数
	露 地 (美 国)	农 业 工 厂 (阿 布 扎 比)	
生 菜	10	97	3
白 菜	27	230	4
黄 瓜	27	525	8
菜 豆	7	46	4
番 茄	67	318	2
小 萝 卜	15	180	8

阿布扎比尝到了农业工厂的甜头，又在艾因沙漠中建起了比第一个农业工厂大一倍的另一个工厂。这个国家过去根本不知道黄瓜是什么东西。而现在，由于农业工厂的生产，这个沙漠之国，变成了一个能在冬天向欧洲出口黄瓜的国家了。

2. 立体多层栽培型

立体多层栽培型是一种大厦形式，向高层建筑发展的农业工厂。立体布局，多层栽培。有的三层、五层、十层、八层，甚至十多层，几十层。这是一种与传统的露地和温室平面栽培截然不同的立体空间栽培（图2）。

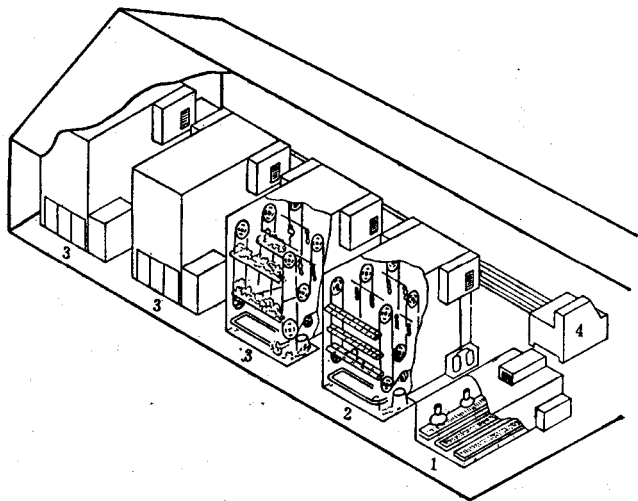


图2 农业工厂立体多层栽培

1.催芽间； 2.育苗间； 3.生产间； 4.分类包装室

这种立体多层栽培，根据其装配特点又可分为活动式和固定式两种。活动式的栽培床没有明显的层次，而是依靠传送带上下循环，实行连续性的流水作业。固定式的则不同，