

植物工厂发展史

撰文·供图

杨其长

植物工厂是一种采用人工光源与营养液栽培技术，在密闭可控且几乎不受外界气候条件影响的环境下，进行植物周年连续工厂化生产的高效农业系统。其主要特征为：①建筑结构为全封闭式，密闭性强，隔热性好；②只利用人工光源，光环境稳定；③室内光照、温度、湿度、CO₂浓度以及营养液电导率（EC）、酸碱度（pH）、溶氧（DO）和液温等均可进行精确控制，可实现周年均衡生产；④采用营养液水耕栽培方式，完全不用土壤；⑤可以有效地抑制病原微生物侵入，不使用农药；⑥设施建设与技术装备投入以及运行成本相对较高。

国际植物工厂发展

植物工厂的发展始于20世纪50年代欧美等一些发达国家，这期间有两项核心技术的突破对植物工厂的发展至关重要：一项被称为“营养液栽培技术”，20世纪40年代以来以“矿质

营养学说”为理论基础的营养液栽培技术的应用与推广，为植物工厂的发展提供了重要的技术支持；另一项就是“人工模拟环境与控制技术”，以1949年美国植物生理和园艺学家温特（F.W.Went）教授在加州帕萨迪纳建立的第一座人工气候室为标志，引发了“人工模拟生态环境”领域的革命性突破。

国际植物工厂发展大致分为三个阶段。

第一个阶段为试验探索阶段（1950—1990年）。随着人工模拟环境与营养液栽培技术的突破，1960年美国通用电气公司开发出第一个完全采用人工光源的植物工厂，随后陆续有通用食品公司、赛纳拉鲁米勒斯公司以及依法德法姆公司等多家开始植物工厂的研发。1963年奥地利卢斯那公司建成了一座高30米的塔式人工光植物工厂，利用上传送带旋转式立体栽培方式种植生菜，光源采用高压钠灯。1974年日本日立制作所中央研究所高辻正基带领课题组开始进行人工光植物工厂的研究，但真正在日本用



左：2000年的红光LED植物工厂 右：1995年的荧光灯植物工厂



于生产实践的第一个人工光植物工厂是1983年静冈三浦农场推出的平面式和三角板型植物工厂。其光源采用高压钠灯，栽培方式采用气雾培与水耕栽培。1989年4月日本还专门成立了植物工厂学会，来进行植物工厂技术的普及，但是，这一阶段由于高压钠灯能耗高、发热量大，植物工厂仅为单层或两层结构，生产效率较低，产业发展缓慢。

第二个阶段为示范应用阶段（1991—2008年）。这一时期荧光灯逐渐替代高压钠灯，红光LED等新型光源开始在植物工厂应用，植物工厂栽培层间距缩短至0.4米左右，空间利用率大幅提高，能源效率显著提升。到2008年，日本已经拥有规模不等的植物工厂32座，美国、欧洲等纷纷开展植物工厂研发与产业化示范应用，但由于建设成本和运行成本相对较高，产业发展依然较慢。

第三个阶段为稳定发展-快速发展阶段（2009—）。这一时期蓝光LED开始推广应用，红蓝组合LED光源逐渐取代荧光灯，栽培层间

距进一步缩短，空间利用率大幅提高。日本、美国、欧洲、韩国等积极支持植物工厂研发及产业化应用，盈利面扩大，商业化应用提速。2015年，日本宫城县多贺市建成占地面积2300平方米、15层立体栽培架、日产叶菜10000棵的LED植物工厂，以及大阪府立大学建成占地面积550平方米、18层栽培架、日产叶菜5300棵



日本静冈三浦农场三角板型植物工厂（1983）



上：国内最早的植物工厂（中国农业科学院，2006）
 中：100平方米LED植物工厂（中国农业科学院，2009）
 下：美国Areofarm植物工厂

的LED植物工厂。到2018年底，日本已经建成的植物工厂在300座以上。2009年以来，韩国的植物工厂技术也得到了快速发展，目前已建成的植物工厂在30座左右。近几年，美国也开始利用植物工厂进行种苗、芽苗菜、嫩叶菜、大麻等经济效益较好的植物产品的生产。位于新泽西州纽瓦克市附近的Areofarm植物工厂，占地面积3000平方米，栽培层数达12层，采用LED光源和气雾培进行嫩叶菜的生产。所生产的嫩叶菜16天即可收获，售价约12美元1磅。这一阶段，能耗成本大幅降低，经济效益逐步得到体现，商业化应用不断提速。

国内植物工厂发展

国内植物工厂的研究起步较晚，但发展迅速，目前已经成为世界上规模最大的植物工厂生产国之一。2006年3月，中国农业科学院“设施植物环境工程团队”在国内建成一座20平方米的小型植物工厂试验系统：一半采用LED光源，一半采用荧光灯；采用水耕栽培系统；由计算机对室内环境要素和营养液进行自动监测与控制。这是国内最早的植物工厂试验系统，2009年又在此基础上建成100平方米LED植物工厂试验系统，为我国植物工厂的研究奠定了基础。

2009年9月8日，是中国植物工厂发展史上值得纪念的一天，这一天第七届中国国际农产品交易会与第八届中国长春国际农业·食品博览会（交易会）在长春开幕，国内第一例智能型植物工厂亮相博览会。该植物工厂的建筑面积为200平方米，由蔬菜工厂和植物苗工厂两部分组成，以节能荧光灯和LED为人工光源，采用DFT（深液流）水耕栽培模式，植物工厂所有环境与营养要素均可由计算机实现智能化管理。继国内第一例智能型植物工厂研制成功后，中国农业科学院“设施植物环境工程团队”与北京中环易达设施园艺科技有限公司应上海世博会组委会的邀请，为世博会研制出了全球首款“低碳·智能·家庭植物工厂”，并于2010年5—10月在上海世博园成功展出，为植物工厂走向都市生活



中国农业科学院“设施植物环境工程团队”与北京中环易达设施园艺科技有限公司为上海世博会研制出的全球首款“低碳·智能·家庭植物工厂”

提供了示范样板。

近年来，植物工厂在中国呈现快速发展的势头，据不完全统计，截至2018年底，中国实际运行且有一定规模的人工光植物工厂有200余座，主要分布在广东、北京、上海、浙江、江苏、山东、陕西、福建等地，其中栽培面积超过20000平方米的植物工厂有两座。一批知名企业如富士康、三安、京东等也纷纷加入植物工厂

行列，有力地推动了中国植物工厂产业的发展。

作者简介

杨其长，研究员、博士生导师，中国农业科学院都市农业研究所副所长，国际园艺学会设施植物生产系统设计智能化专业委员会主席，国家智慧植物工厂创新联盟主席。

（责编 桑新华）



左：中科生物栽培面积超过20000平方米的植物工厂 供图 / 李生云 右：富士康栽培面积超过20000平方米的植物工厂