

·科技工作大家谈·
文/刘文科,杨其长

现代设施园艺的最高形式——植物工厂

随着世界人口的不断增长、农产品需求数量逐年增加,农业资源总量却持续减少,环境污染日益严重,气候灾害频繁发生,农田生态系统生产性能及其稳定性降低且难以保障,这对国家粮食安全、食品安全及农产品的可持续供给构成了严重的挑战。因此,如何增加我国农产品及食物产能,保障食品安全成为我国未来必需面临和解决的现实问题。

设施园艺(Protected horticulture)是指在不适于园艺作物露地生长的季节(寒冷或炎热)或地区,利用特定的设施(房屋、温室等),人为创造适于作物生长的环境,以生产优质、高产、稳产的蔬菜、花卉、水果等园艺产品的一种环境控制农业生产方式。设施园艺也是集生物技术、栽培技术、农业工程和环境控制技术等高技术于一体的技术密集型农业生产形式,是现代农业的重要组成部分。发展设施园艺产业不仅能提供反季节园艺产品(蔬菜、水果、花卉、药用植物、食用菌等),而且在保障国家食品安全,强化植物固碳减排,提高农业资源利用效率,减缓农业环境污染,抵御自然灾害等农业负效应方面具有重要的战略意义和实用价值。

我国是设施园艺大国,设施栽培面积已接近6000万亩,居世界首位。现今,根据设施条件和设施内环境因子控制水平来分,我国园艺设施类型主要包括小拱棚、塑料大棚、日光温室、连栋温室和植物工厂(Plant factory)等几类。通常,随着设施内环境因子控制精度的提高,设施园艺生产过程受到自然环境影响的程度降低,集约化程度增加,生产效能和系统稳定性提高。植物工厂作为环境因子控制精度最高的设施园艺类型,被誉为是设施园艺的最高形式,是未来设施园艺发展的必然趋势和顶级阶段,在解决世界资源、环境问题,促进农业可持续发展上具有重要价值。

植物工厂是指通过计算机对设施内环境因子实施高精度控制(温度、湿度、CO₂浓度、气流、光照和营养液组分等),实现作物周年、立体连续生产的高效农业系统,是不受或少受自然条件制约的省力型生产方式。植物工厂按光照来源可分为人工光植物工厂和太阳光植物工厂2种。前者指在完全密闭可控的环境下采用人工光源与营养液栽培技术,在不受外界气候条件影响的环境下,进行植物周年生产的植物工厂;后者指在半密闭的温室环境下,主要利用太阳光或短期人工补光以及营养液栽培技术进行植物周年生产的植物工厂。植物工厂在反季节蔬菜、花卉、果品和食用菌生产方面具有重要用途,而且在种苗、组培苗、大田作物育苗(水稻、烟草等)和濒危植物(中草药)扩繁与生产中具有独特的用途。目前,已经出现了蔬菜工厂、食用菌工厂、种苗工厂、植物组培工厂、微藻工厂等形式。植物工厂具有露地农业生产无法比拟的优势,具体表现为:(1)不受外界气候条件影响,可进行计划性周年连续生产;(2)可实施多层立体栽培,单位面积产量高,土地资源利用率高;(3)机械化、自动化程度高,劳动强度低,工作环境舒适;(4)洁净程度高,无病虫害,不使用农药,产品安全无污染;(5)可在非可耕地上生产,也可建在城市周边或市区,就地生产

销售。最后,植物工厂环境因子控制精度高,植物生长快,不仅缩短生长周期,且确保了植物苗生长的一致性。据估算,以生产叶菜为例,人工光植物工厂的生产效能约为露地生产的40~108倍。

植物工厂的产生和发展主要得益于2项技术的突破,即以矿质营养学说为基础的营养液栽培技术(尤其是营养液膜栽培方法和深液流栽培方法的出现)和发光二极管(LED)植物照明技术。世界上第一座太阳光植物工厂出现于1957年,坐落在丹麦约克里斯顿农场,面积1000平方米,种植水芹。第一座人工光植物工厂出现在奥地利的卢斯那公司,种植生菜。1973年,英国温室作物研究所发明了营养液膜栽培方法(Nutrient Film Technique, NFT),同时日本研制出了深液流栽培方法(Deep Flow Technique, DFT),极大地推进了世界范围内植物工厂技术的进步。随后,美国、日本、荷兰、中国等国开展了植物工厂的研究与应用,全球现运行的植物工厂已超过200座。我国于1998年和1999年从加拿大引进了2套太阳光植物工厂技术与装备,分别安装在北京市顺义区和广东省深圳市。2002年,以中国农业科学院为代表的科研单位开始研发适合中国国情的植物工厂系统与关键技术,已建成和推广20余座植物工厂,用于种苗、叶菜、组培苗和食用菌的生产。LED植物照明技术是推动植物工厂发展另一项技术突破,此技术的出现大幅度降低了植物工厂照明能耗,降低了植物工厂的运行成本。LED为半导体固态光源,具有传统光源无法比拟的光电优势,植物工厂应用前景广阔。主要优势表现在以下几个方面。(1)LED可按植物生长发育需求调制光谱,按需用工,生物光效率高;(2)LED为冷光源,贴近植物照射,可提高空间利用率;(3)LED为直流电可控性好,可精准调控光强、光质和光周期等,适宜工厂化生产;(4)节能、环保、长寿命、体积小、重量轻;(5)LED光源装置多样(灯板、灯带、灯管和灯泡),适用于设施园艺光环境调控的各领域应用。据行业评估机构估算,2013年仅植物工厂LED光源的产业规模已经高达12亿美元,较2012年增加了27%,产业规模非常可观。

目前,植物工厂已经进入研发推广阶段,为了进一步提高植物工厂的生产效益,仍需对一些技术与装备进行研发。首先,需弄清不同植物种类环境因子需求规律及综合控制方法;其次,基于作物光环境需求开发LED光源装置并制定光环境控制策略;再次,开发营养液质量可持续管理与蔬菜品质分段控制技术。随着相关技术的不断突破,我们有理由深信,植物工厂产业必将迅速发展,为国家设施园艺及农业发展作出贡献。

作者简介 刘文科,中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所,研究员;杨其长,中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所,研究员。

本栏目专门刊登就促进科学技术发展提出的意见和建议,欢迎国内外科技工作者投稿。

(编辑 祝叶华)