

设施农业照明新光源

——发光二极管(LED)

随着人口的不断增长,物质需求不断增加,而农业资源却不断减少,环境污染问题日益严重,气候变化及其灾害逐年增多,农田生产系统稳定性难以保障,粮食安全保障问题凸现。设施农业作为环境可控、可周年生产的高效农业生产模式,越来越受到人们的关注,在动植物和食用菌集约化生产,解决国家粮食安全等方面起着不可或缺的作用。我国设施农业发展迅速,以设施园艺为例,到2012年底设施栽培面积已达3.8万 km²以上,人工光栽培面积20 km²左右,在蔬菜、花卉、食用菌、果树、苗木和中草药等栽培生产领域的地位和产量贡献方面逐年上升。另外,设施畜禽与水产养殖领域,规模化养殖场数量快速增长,产量比重逐年提高,在肉蛋奶和水产品供给方面起着重要作用。

与传统农业相比,设施农业的优势在于其环境的可控性和促生产功能。设施农业通过人为创造动植物和食用菌生长适宜的温度、光、水、气和营养条件,以达到周年连续生产和按照人类需求促进或延迟农业生物生长发育和繁殖的目的。比如,日光温室利用其蓄热保温性能,可在冬、春季节将其内的温度提高到植物生长发育所适宜的范围;同样,畜禽养殖用的圈舍均具有调温性能,能够在四季满足动物对温度的需求。

除了温度外,设施农业另一个需要人工调节的环境因素是光照,温光协同对于设施生物生长发育和繁殖至关重要。设施园艺方面,光作为环境信号和光合作用能量的唯一来源,是设施植物生长发育和产量品质形成的必需环境要素。自然界中,太阳光照随地理纬度、季节和天气状况的不同而变化,高纬度地区光照时间不足、低纬度地区因阴雨雾霾天气等恶劣天气,以及大气污染和浮尘等因素的影响,致使日光温室、塑料大棚等设施内光环境(光强、光质和光周期)不能满足设施作物的生长发育与产量品质形成的需求,光照时间不够、光照强度不足和光质欠缺现象普遍,限制了设施园艺生产潜力。另外,完全人工光栽培产业(植物组织培养、育苗工厂、蔬菜工厂和食用菌工厂等)更需要人工光照来为农业生物生长发育和繁殖提供适宜的光环境。同样,畜禽养殖用的圈舍虽具有一定的采光功能,但集约化养殖人工光源照明是非常必要的,人工光源可以控制养殖场所的光质、光强和光周期,为畜禽提供全方位的光照服务。更为重要的是,新近研究表明单色光照明可以调控畜禽生长发育的速率。比如,孵化期通过绿光刺激可以提高胚胎后期及出雏早期促生长轴激素的分泌,增加肌肉中相关激素受体的表达量,增强肉仔鸡胚胎后期和出雏早期骨骼肌卫星细胞的有丝分裂活性,进而促进肉仔鸡肌肉生长。而且,绿光、蓝光及其组合能显著促进肉鸡的生长发育和提高其生产性能。很显然,要实现设施农业优质、高产、生态、安全和高效生产目标,人工光调控的应用十分必要。

发光二极管(light-emitting diode, LED)是一种固态的半导体器件,是第4代电光源,它可以直接将电能转化为光能。LED光源具有传统电光源无法比拟的光电特性和光谱优势,是设施农业生产人工光调控的理想光源。首先,LED体积小、重量

轻、长寿命、节能、环保、安全性高;其次,LED光质纯且专一,光谱能量分布调制容易,可满足农业生物生长发育与繁殖对光质的需求,是当前唯一能够实现光质调控的新型光源;再次,LED为冷光源,可贴近生物照射,生物光效高;第四,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;最后,LED光源装置形状多样(灯板、灯带、灯管和灯泡),适于设施农业各领域的光环境调控需求。由于LED可为设施农业生产提供智能化的光环境调控,实现光强、光质和光周期按需调控,故此国外学者认为LED在农业照明中的应用是近几十年来农业照明发展的最大进步,具有里程碑式的意义。光环境调控不仅可以提高农业生物生长发育的速率,而且可提高农产品的品质。比如,光环境调控能促进植物的光合作用和光形态建成,显著提高蔬菜、食用菌等可食部分的营养品质和保健功能。

随着LED技术的发展和制造成本的下降,LED光源在现代农业生产中的应用将越来越受到世界各国学者、LED生产企业和设施农业从业者的广泛关注。在国家节能减排和设施农业优质高产目标的推动下,LED光源在设施园艺中的应用技术及其光生物学基础研究已成为世界学术界关注的热点。世界范围内,除中国以外,美国、日本、荷兰、韩国、立陶宛等国家已对LED光源在设施农业应用技术开展了广泛的研究工作,取得了重大进展。然而,LED的农业应用也在光生物学规律研究和LED光源装置推广应用方面存在阻碍:1)农业生物营养与生长发育规律具有多样性和复杂性;2)农业生产领域庞杂,农业生物赋存形态各异,光环境时空需求不同;3)光环境的数量属性(光强和光周期)、质量属性(光质和光谱)和电光源发光特性(占空比、频率)多,需要逐一研究其生物学效应。上述3方面因素叠加显现了农业光生物学研究的复杂性,由于LED技术成熟较晚,所以上述研究尚需时日。而且,当前也存在着LED农业照明产品的研发与成果转化上缺乏全国性交流平台,缺乏政府财政资金的扶持,涉农的LED制造企业的创新与成果转化能力不足,农业从业者意识淡薄等问题。但是,LED在设施农业中的应用前景非常广阔,据估算其总产业规模在千亿元以上,预期未来5~10年将有较大发展。

2013年12月6日,隶属于中国照明学会电光源专业委员会的农业照委员会在北京成立,标志着中国的农业照明产业正式启航,通过农业照明委员会这一全国性学术交流平台,科研机构与企业人士加强合作,一定能够抓住农业照明产业发展的战略机遇期,做大并分享农业照明产业效益。

文/刘文科¹,杨其长²

作者简介 1. 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所,研究员;2. 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)