

·科技工作大家谈·

文/刘文科,刘喜明,杨其长

减排工业源 CO₂ 的一种方法

——设施园艺固碳

工业革命以来,随着全球工业化的蓬勃发展和化石燃料的大量消耗,造成了以 CO₂ 为主体的温室气体(甲烷、氧化亚氮、氢氟碳化物、臭氧等)大量排放。CO₂ 的全球排放在 1751 年仅为 300 万 t,经过近 200 年的缓慢增长后,自 20 世纪 40 年代开始迅速攀升,到 2008 年,全球的 CO₂ 排放已经达到 299 亿 t,增速为 3%,略低于世界实际 GDP 增速 3.78%。CO₂ 累积在空气中,其吸热和隔热的功能使太阳辐射到地球上的热量无法向外层空间散发,并逐年增强,从而引发全球气候变暖等一系列严重问题。

规模化的工业生产是产排 CO₂ 的主要来源,同时也是减排 CO₂ 的重要领域。开发低成本、绿色环保、经济效益较高的工业 CO₂ 固碳减排技术十分迫切,而设施园艺固碳减排则是一种值得推荐的技术。

1 设施园艺系统内固碳减排的原理

植物是生物固碳的主体,通过叶片的光合作用固定大气中的 CO₂,形成光合产物、生物量和农产品,符合生态学和生物学规律,绿色环保。但受低温制约,北方露地植物冬春季节无法进行光合固碳,使植物固碳效能受到限制。设施园艺是在温室等设施内进行园艺作物生产的现代农业方式,可周年生产,复种指数高,冬春季节仍具有较高固碳效能,周年固碳潜力大。目前,设施园艺已成为反季节蔬菜和花卉栽培与供应的主体,发挥着不可或缺的作用。在中国三西北地区,设施园艺发展迅速,已具规模。设施园艺作物在冬春季节旺盛的固碳作用可弥补露地植物固碳活力的空白期,成为北方冬春季节的潜在碳汇。

受日照条件和农艺措施的控制,设施园艺系统内 CO₂ 浓度表现出明显的日变化特征,即上午持续降低,下午缓慢上升,晚上快速上升的变化趋势。从植物生理角度而言,设施园艺处于碳饥饿状态,需要人工补充 CO₂ 气肥。众所周知,补充 CO₂ 气肥是设施园艺作物优质高产的必须的农艺措施,人工施用 CO₂ 气肥十分必要。但因净化罐装 CO₂ 气体成本高等问题,园艺农户很难支付费用,因此,将工业 CO₂ 提纯净化后直接用作设施园艺生产气肥,既能提高设施园艺作物的产量,又为工业 CO₂ 资源化利用、固碳减排提供了新方法,具有双重效益。

2 设施园艺固碳的潜力与优势

设施园艺固碳的潜力首先在于:我国设施园艺规模大,居世界首位,具有大规模利用固碳减排工业源 CO₂ 的潜力。截止到 2012 年底,我国设施园艺面积已达 350 万 hm² 以上,日光温室面积达 125 万 hm²,玻璃温室面积在 10~20 万 hm²,设施蔬菜产量位列世界第一。按每公顷固碳 5t 计算,固碳量相当可观。其次,设施园艺可周年生产,复种指数高,单位面积固碳能力强。在应用实践中,可将设施内的 CO₂ 浓度从 100mg/L 甚至更低提升到 800~1000mg/L,提升幅度大,固碳潜力大。设施园艺具有规模化固碳减排工业源 CO₂ 的优势,体现在①设施园艺固碳减排工业源 CO₂ 可产生双重效益。工业源 CO₂ 用作设施园艺气肥,既可固

碳减排工业源 CO₂,也可增加设施园艺产量和品质。②设施园艺具有规模化固碳减排工业源 CO₂ 可工程化实施,可行性高。设施园艺具有集中特点,可采用工程手段实现工业源 CO₂ 的输送释放与运用,连接工业 CO₂ 气源和温室群,可行性高。

3 需要解决的技术问题

利用设施园艺具有规模化固碳减排工业源 CO₂ 需要解决几个技术问题。首先,确定设施园艺作物杂质气体含量基准,改进工业废气中 CO₂ 的净化提纯技术,将工业源 CO₂ 气体转变为符合植物光合要求的 CO₂ 气肥,不对设施园艺作物造成生理伤害。其次,研发工程技术实现工业源 CO₂ 管道运输到规模化温室群,建立气肥供给网络。再次,需要开发适合各种类型温室设施 CO₂ 智能化释放技术,实现温室中 CO₂ 浓度的智能控制,最大程度地提高 CO₂ 气肥的利用效率,保证固碳效果。最后,筛选高效固碳植物品种和高产栽培技术提高 CO₂ 气肥的利用效率,保证固碳效果。园艺作物响应 CO₂ 气肥的增产效果和品质效应不清等,也是有待解决的一个技术问题。

目前,较为成熟的工业废气 CO₂ 净化提纯技术为通过设施园艺固碳减排工业源 CO₂ 提供了技术支撑。此外,完善的设施园艺环境控制技术和高效高产立体周年栽培技术发展成熟,也为设施园艺固碳减排工业源 CO₂ 提供了技术支撑。有关设施园艺的 CO₂ 浓度控制技术已经十分完善,基于 PLC 的 PWM 控制可实现 CO₂ 浓度渐进式控制,在密闭空间内控制精度可达到 100mg/L 以下,完全能够满足设施园艺 CO₂ 施肥的需求。近 10 年,基于无土栽培的设施园艺高产立体栽培技术发展迅速,设施蔬菜生物学产量得以大幅度提升,在某种意义上提高了设施园艺系统的固碳减排能力。设施蔬菜高产立体栽培技术是利用人工墙体、立柱、栽培床等装置和工程工艺,采用果叶菜可调控栽培方法,并通过营养液进行养分的供给,环境因子控制创造十分有利于园艺作物生长的环境条件,充分利用蔬菜无限生长的生物学特性,形成超常规栽培冠幅和寿命,实现超常规产量和固碳效果。目前,多种高效立体栽培技术已广泛应用于设施园艺生产、观光休闲农业中。其中,蔬菜树式栽培技术大规模应用。设施蔬菜立体栽培是利用营养液槽等装置和工程技术,采用果菜无土栽培技术,利用果菜(辣椒、茄子和番茄)无限生长的生物学特性,运用设施环境可控的优势,充分延长辣椒、茄子和番茄等的生育期,形成高大的树形体态,具有观赏点。总之,设施园艺固碳减排大有可为,具有广阔的应用前景。

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,农业部设施农业节能与废弃物处理重点实验室,研究员;刘喜明,农艺师;杨其长,研究员。

本栏目专门刊登广大读者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。

(责任编辑 王芷)