

植物工厂里的“花朵” 不再愁弱不禁风

撰文·供图
王晓东 李晶

近年来,气候变化和极端天气对全球水资源和植物生长环境造成了极大的影响,粮食安全问题已成为全球共同关注的热点问题之一。那么,气候环境对全球粮食作物产量有多大影响?是否会影响到人类的生存呢?

美国哥伦比亚大学国际气候与社会研究所(IRI)、国际食物政策研究所(IFPRI)等机构的研究人员最新发现,厄尔尼诺-南方涛动现象(ENSO)是近年来导致全球各地同时出现农作物大规模歉收的原因。在过去三十年里,气候变异导致全球玉米产量波动达到18%。每年因为气候变化会导致区域性农作物歉收,以及区域性农产品供需不平衡,出现了诸如“蒜你狠”“豆你玩”“姜你军”等现象。

为改变传统“靠天吃饭”的农业模式,人类发展了设施农业。在植物工厂内,除人工光环境和矿质营养环境外,还实现了封闭环境下空气气流、温湿度、CO₂等环境因子的精准调节控制,并突破了季节限制,实现了粮食、蔬菜、瓜果、药草等在一年内多茬种植和多次收获。由于植物工厂厂房的封闭性强,环境可控,植物总是处在最适宜的气候环境条件,植物工厂里的植物不再担心“弱不禁风”的难题。

众所周知,露天中的植物常常经历着“风吹雨打”“冷热交替”的境遇。那么,这些环境因素是如何影响植物生长的呢?我们人体的正常体温是37℃,但夏季,人们感到最舒适的气温是19~24℃,冬季是17~22℃。同样,不同植物的生长发育需要的适宜温度也存在着差异。在植物工厂里,我们对植物们“知冷知热”。微风习习,保证它们在清爽的环境中生长。在植物工厂内,我们可细分到不同品种在不同生长阶段内所需要温度的差异,控制冷热气流的出风速度、出风量,精心组织气流的路径,从而尽可能保证温度的均匀分布。合

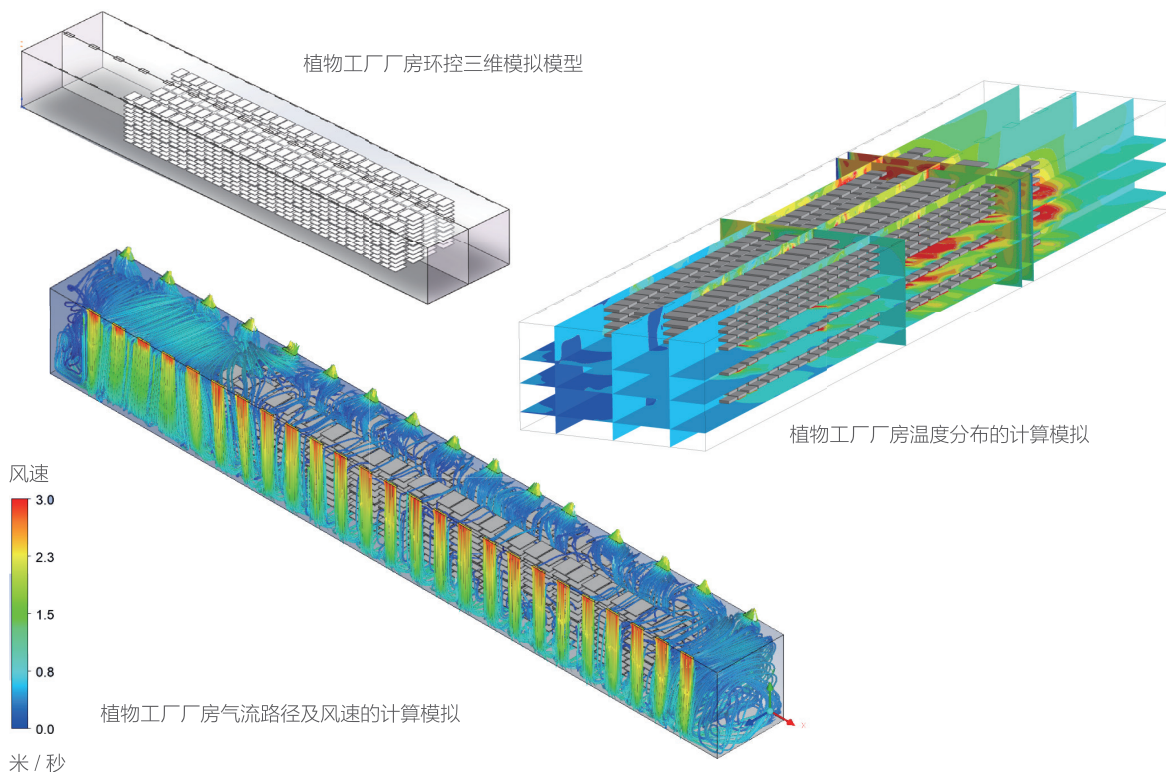
理有效地给植物提供适宜的生长温度,可以帮助它们长得快、长得大,并且质量优。

仅仅温度适宜还不够,植物在生长过程中,空气的相对湿度影响其蒸腾,从而直接影响到光合作用。蒸腾会产生拉力,让植物们源源不断地从营养液中汲取营养,以满足生长需求。湿度过高时,蒸腾减弱,会导致生长过程受阻。当然,湿度过低也不好。空气饱和水汽压差过高,也就是我们常说的空气干燥,植物们会把气孔关闭,CO₂不能进入叶肉细胞,这样不利于植物的光合作用,合成的光合产物也会大幅度减少。

CO₂有多重要呢?CO₂浓度的高低会显著影响植物们的生长。植物的光合作用在一定的范围内是随CO₂浓度的增加而增加的,合理有效地控制CO₂的浓度,可使植物的光合效率提高。因此,通常我们会通过提高环境的CO₂浓度到自然情况的两到三倍,来给植物“施CO₂肥”,促进其苗强苗壮、提高产量和改善产品品质。

那么,植物工厂内适宜的植物生长环境又是如何实现的呢?答案是需要先进的精准环境控制技术。环境控制技术包含两方面,一方面需要对环境的参数变化与分布规律进行预测,另一方面需要根据预测结果进行针对性的调节。

我们可以根据流体力学和传热学的规律来进行温度的调控。应用流体力学的方法,可以确定气流流动的速度,进而确定流动的路线及流量的大小。传热学则用来解决流动中的热量交换问题。如果想让植物工厂的温度控制在一定的范围内,就可以将上述两者结合起来,确定所需流体的流量及交换热量。流动问题和传热问题如果通过实验的方法来确定,则称为实验流体力学或实验传热学。如果通过计算机模拟流动问题或传热问题,则称为计算流体力学或计算传热学。实验和计算各有自己的一些特点,比如实验一般更



可靠，而计算则可以更方便地模拟各种流动。结合实验方法和计算模拟方法，我们就可以给植物设定合适的通风路线和通风量了。

虽然理论上我们可以为植物的不同生长阶段设计最适宜的温、湿度等环境参数，但是无论实验还是数值计算的方法，其工作量和花费都是巨大的。随着人工智能学科的发展，我们可以通过结合神经网络、深度学习方法，使实验和计算更智能化，进而减少实验和计算的工作量，同时提高温度控制的准确性。例如，闻名遐迩的围棋机器人阿尔法狗，它学习了上百万围棋专家的棋谱，利用神经网络来进行自我训练和深度学习，计算出复杂多变的棋局中给出获胜概率最大的落子位置，最终打败了人类的围棋世界冠军。人工智能应用在植物工厂中，也是基于相同的原理。我们实验过或者计算模拟过的通风设计，就相当于大量的“棋谱”，或者称之为数据库。机器的学习则是通过神经网络的构建来完成的。最好的落子位置相当于植物工厂中最优的通风设计及通风参数的选择。有了数据库

和对这些大数据的学习，针对不同的植物工厂，我们就不必每次都要重新实验或计算了，并且随着深度学习的发展，准确性也会越来越高！

目前，植物工厂的环境控制已实现了数字化、网络化、智能化，但环境控制与植物实际的生长发育环境需求的匹配技术仍然需要深入的研究。未来植物工厂环境控制将着眼于植物生长情况及环境的一体化控制技术，实现实时监控、在线诊断和智能调控，并融合植物工厂环境均匀性优化技术、植物工厂空调通风系统定制化设计技术等，全面实现植物生长环境需求的定制化。

作者简介

王晓东，博士，华北电力大学副教授，主要从事计算流体力学、风能、环境控制相关研究。

李晶，博士，中国科学院植物研究所助理研究员，福建省中科生物股份有限公司高级工程师，主要从事植物工厂栽培技术、品种筛选和育苗技术研发。

（责编 桑新华）