

科技前沿信息

第13期 (总第133期)

上海科技成果转化促进会
上海科学技术情报研究所 主办

2019年7月 上旬刊

【专题报道】

垂直农业的未来：智能生态系统

[导读] 垂直农业是在城市中心附近种植作物的唯一途径，不仅可有效扩大生产面积和产量，且在降低运输成本和提高产品质量方面具有很大优势。

垂直农业的未来：智能生态系统

“垂直农业”（Vertical Farming）主要指的是在高楼里种植、生长和收获农产品的一种新型农业发展模式和途径。“垂直农业”已经不是什么新概念。早在1998年就由哥伦比亚大学的生态学家迪克森·德斯波米尔（Dickson De-spommier）首次提出。他的设想是在城市里30层以下高度的建筑物中生产食物（包括养殖鱼类和家禽）来供给附近居民。这座构想中30层楼高的“垂直农场”，动力能源来自太阳能、风能及不可食用的植物废料，并用污水来灌溉。每年可为5万人提供足够的食物和水。通过在封闭的灌溉系统中循环用水来减少用水量、避免径流造成土肥流失。更重要的是，在吸收城市产生的二氧化碳的同时，还能减少交通运输所产生的二氧化碳。

近日，剑桥咨询公司（该公司创建于1960年，是创新产品开发工程和技术咨询的世界级供应商，与全球公司合作帮助其将创新概念转化为创新产品。目前在英国、美国、新加坡和日本拥有800多名员工）发布《垂直农业的未来：

智能生态系统》报告指出，垂直农业是在城市中心附近种植作物的唯一途径，不仅可有效扩大生产面积和产量，且在降低运输成本和提高产品质量方面具有很大优势。然而，垂直农业的成本高于传统农业，特别是运营成本，其中照明、空气管理和水管理三项基础设施的运营成本最高，因此垂直农业在最初建造垂直农场时应预先考虑解决环境带来的挑战，构建高效的智能环境系统，以降低运营成本。为此需重点加强三个关键领域的技术创新，包括传感技术、空气管理和操控技术。

一、传感技术

目前大多垂直农场仍靠人力检测和操控作物，未来可借助智能传感建立自动反馈系统来调整照明、温度和湿度，监控植物健康，指导自动修剪和收集等。在该领域需重点加强4个方面的技术创新，即叶片大小与健康检测、生长阶段和开花检测、单个结构（如单片叶子、单个果实或害虫）的识别、单个结构（单片叶子、单个果实）的价值评估，目前这4个方面的技术现状及需求如下。

1、叶片大小与健康检测

已被用于大田作物无人机监测的视觉系统在室内的应用也越来越普遍，可用于垂直农业。

2、生长阶段和开花检测

已有的高光谱成像专注于利用宽带光源和光谱仪收集信息，效率较低且成本高，应采用针对特定色素的更有针对性的频率检测。该检测使用的典型方法包括各种非接触式光学方法，检测指标包括化学物质释放、养分吸收和植物硬度等。

3、单个结构的识别

需要开发分辨率更高的成像技术，增强计算能力，并运用其他检

测方法，包括 X 射线、声波检测和激光干涉测量等。

4、单个结构的价值评估

需将光学器件和其他传感器结合使用，以对系统进行实时检测和控制，从而实现对每个果实的优化，实时去除劣质的叶子或果实，以确保每株植物都能获得最大产量，同时也可以根据果实或叶子的情况选取最佳收获时间，以获得比较均匀一致的农产品。可利用的技术包括通过机器学习的多光谱成像技术和模式检测等光学技术，也可以根据环境适当使用少量传感器，以及创建新的传感器类型，如可使水果采摘力最小化并内置柔性末端执行器的滑动传感器。

二、空气管理

在空气管理领域，未来垂直农业需要重点加强对空气温度、湿度和水分及植物密度和气流的控制。

1、空气温度控制

为避免靠近冷风出口的地方太冷，远离出口的地方过热，可采用分布式空气管理和冷却系统，以均匀控制环境温度。

2、湿度和水分控制

大多数作物需要高温高湿环境，而这样的环境远超出普通暖通空调系统的运行条件。因此，需加强暖通空调系统的技术创新，一方面提高效率，另一方面提高其在高湿环境下的耐腐蚀性和耐磨损性。此外，还可把灌溉水用作降低湿度的冷凝器，或者通过水在植物上蒸发增加湿度。

3、植物密度和气流控制

垂直农场中大量的水相当于是一个大型散热器，而作物因为蒸腾作用发挥着制冷器的作用并吸收二氧化碳，因此需要施加强风力，否则植物间的环境条件会发生显著变化。

总之，随着垂直农业自动化解决方案的推出，所有上述空气管理

面临的问题会更加突出。鉴于垂直农场环境条件的独特性及其较高的功率密度，需综合考虑植物、照明系统、暖通空调系统与任何自动化或人工干预之间的互动，综合考虑后形成的系统方法可提高整体性能和产量。

三、操控技术

农业生产自动化程度越来越高，正在向机器人操控农业系统迈进，但现有的机器人还不能满足确定成熟度、找到隐藏在树冠中的果实、从植株上仅采集最好的叶子等需求。当前的创新重点是提高机器人的自动化水平及感知和灵活性。

1、提高自动化水平

由于机器人和植物都是可移动的，因此可根据不同的作物制定不同的解决方案，可以选择将机器人移动到植物旁边，也可以选择移动植物。机器人手臂系统可通过操纵器靠近植物，但通常会有较大的区域难以靠近。因此在设计机器人的垂直高度时可以引入垂直间隙要求，降低密度。移动植物通常对较小的植物更有效，需要更多的移动组件，不过复杂程度通常远低于移动机器人的等效组件。此外应注意，任何移动系统都必须考虑基础设施，以维持合适的照明条件、湿度、照明和营养。

2、提高感知和灵活性

人采摘水果具有很高的感知和灵活性，是目前的机器人难以企及的。机器人系统要取代人，必须确定最相关的独特运动和反馈通道，以最大程度降低复杂性和提高可靠性。虽然移动植物相对简单，但以低成本方式模拟测试和采摘水果或修剪将更加困难。

报告最后指出，垂直农业仍处于起步阶段，从长远来看，发展垂直农业需要通过创建智能生态系统，来投资设计更有效、更有针对性的低运营成本系统。