



植物光配方研究 供图 / 李生云

光配方： 植物的“芯光大道”

撰文

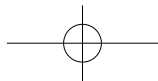
李阳 林荣呈

每一次突破都出现一个奇迹，人工“芯光”与植物结合，造就了植物工厂这一现代农业中的黑科技，人工光是其发展的主要力量。那么，离开了太阳光，人工光能否完全满足植物生长发育的需要呢？

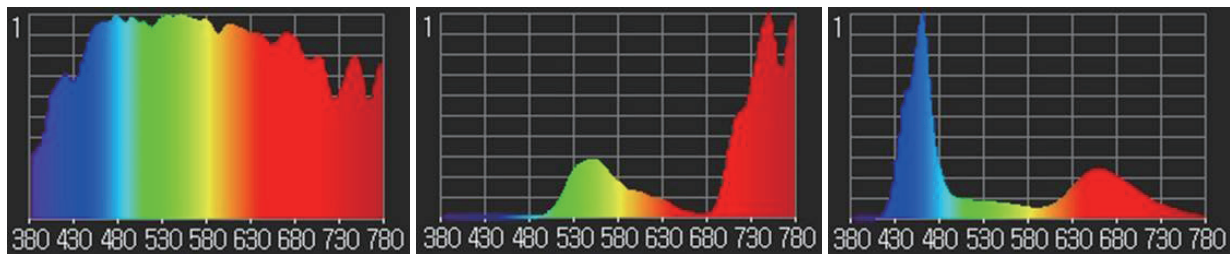
万物生长靠太阳，这似乎是一个颠扑不破的真理。太阳光为绿色植物和藻类提供源源不断的光能，驱动地球上最重要的化学反应——光合作用，从而生成地球上万物生存和发展的物质基础。在这个过程中，植物利用自己的“捕光天线”高效地吸收光能，传递给定位于叶绿体类囊体膜上的光系统反应中心，把裂解水产生的电子传递到 NADP^+ ，生成暗反应所需要的还原力（ATP和 NADPH ），进而合成我们熟知的淀粉和蔗糖等有机物。同时，光也作为环境信号因子参与植物的一系列生长发育行为，如种子的萌发、形态建成、开花和次生代谢产物的合成。无论是光合作

用还是信号传递，前提条件是植物能够识别并吸收所需要的光。然而，太阳光的波长范围覆盖了从X射线到无线电波的整个电磁波谱，在经过地球大气层时，被臭氧、水气和其他大气分子强烈吸收，只有波长在295~2500纳米的光到达地表，其中植物可利用的光合有效辐射位于可见光的范围（380~780纳米），也就是我们通常说的红橙黄绿青蓝紫七色光。光合色素的吸收光谱分析表明，植物主要吸收红光和蓝光两个区域的光波，进行光合作用，而绿光、黄橙光和远红光等对光合作用的贡献没有红光和蓝光大，植物吸收的就少一些，但是这些微量光对植物生长的其他代谢过程又是不可或缺的。

除了光谱的组成，植物的生长还需要适宜的光周期和光照强度。在一定的光照强度的范围内，植物的光合速率随着光照强度的增加而加速，但不能一味地提高光照强度。针对每一种植



太阳可见光谱（左）、经叶片吸收后的太阳光谱（中）和LED光配方光谱（右） 供图 / 李阳



物或者每一个发育阶段，往往光照强度和光照时间协同考虑，达到其每日的光需量，适宜的光照强度和光照时间在保证产量和节省成本方面能起到事半功倍的作用。正是植物对光的“识别”和“喜好”，为人工光栽培植物提供了理论指导，只要能够制造出满足植物生长发育所需的光，就可以保证植物的健康生长。我们把植物对光质、光周期、光照强度、光照方式等需求的总和称为光配方。

太阳光为万物共享，不会偏爱任何一种植物，只有植物去适应她。然而，人工光的出现，尤其是LED的诞生，让我们可以精准设计、量身定制植物的光配方，从而在植物工厂里，人工光配颠覆了“万物生长靠太阳”。

LED芯片具有单色性好、光谱较窄、光束集中稳定等特点，波长类型丰富的芯片发出的“芯光”可以覆盖380~780纳米的波长范围，是实现植物人工光环境的不二之选。那么，LED技术在植物工厂中是如何实现的？这就需要研究人员在充分了解不同植物、同一植物的不同生长阶段对光配方需求的基础上，运用LED“芯光”技术，对红橙黄绿青蓝紫等不同颜色的光进行不同比例和强度的组合，既能满足植物光合作用的能量需求，又适合其生长发育的精确控制，同时在生产中节约能源和成本，从而定制出最合适的光配方。

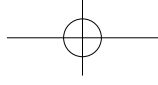
合适的光配方不仅能够保证植物光合作用的高效进行，同时特殊的光配方也能像调味品一样，调控植物的行为，让蔬菜更美味营养、鲜花更鲜艳、果实更香甜并更富营养。

实际应用中，我们首先要探究植物之间的差异性。不同作物类型或者收获的植物器官不同，如白菜和罗勒的叶、番茄和蓝莓的果、石竹和角堇的花、霍山石斛的茎干、党参和人参的块茎、

小麦和玉米的种子，甚至全株都是宝的金线莲，对光配方的要求也存在很大的差异。通过光配方的实施，可以精准调控植物或这些目标器官的产量和品质，提高植物的经济效益。有一种叫“优雅”的生菜，在其生长的光环境中，如果绿光太多，生长变缓慢，但是绿光太少，蔬菜下层的叶片容易发黄，这是绿光较强的穿透特性让



光谱检测 供图 / 李生云



下层叶片也接触到光照并保持了光合活性。远红光也有很高的透过率,适量的远红光可以增加叶菜的产量。然而,即使接受等量的远红光,叶菜、茄果类蔬菜的种苗易产生徒长现象,影响后期的产量,但对于石竹、角堇和黄瓜来说,增加远红光有利于提早开花或果实膨大、着色,实现提前上市。

通过精准的光配方,植物还可以作为生物反应器,生产我们所需的目标化合物。例如,增加一些蓝紫光,可促进紫色或红色蔬菜中花青素的积累,使蔬菜更加艳丽多彩,并有抗氧化功效;而对于金线莲和石斛等药用植物,可控的光质和配比更有利于多糖、生物碱等次生代谢物质或者一些蛋白的积累,使植物工厂生产保健

原料和医用蛋白或中间体成为可能。

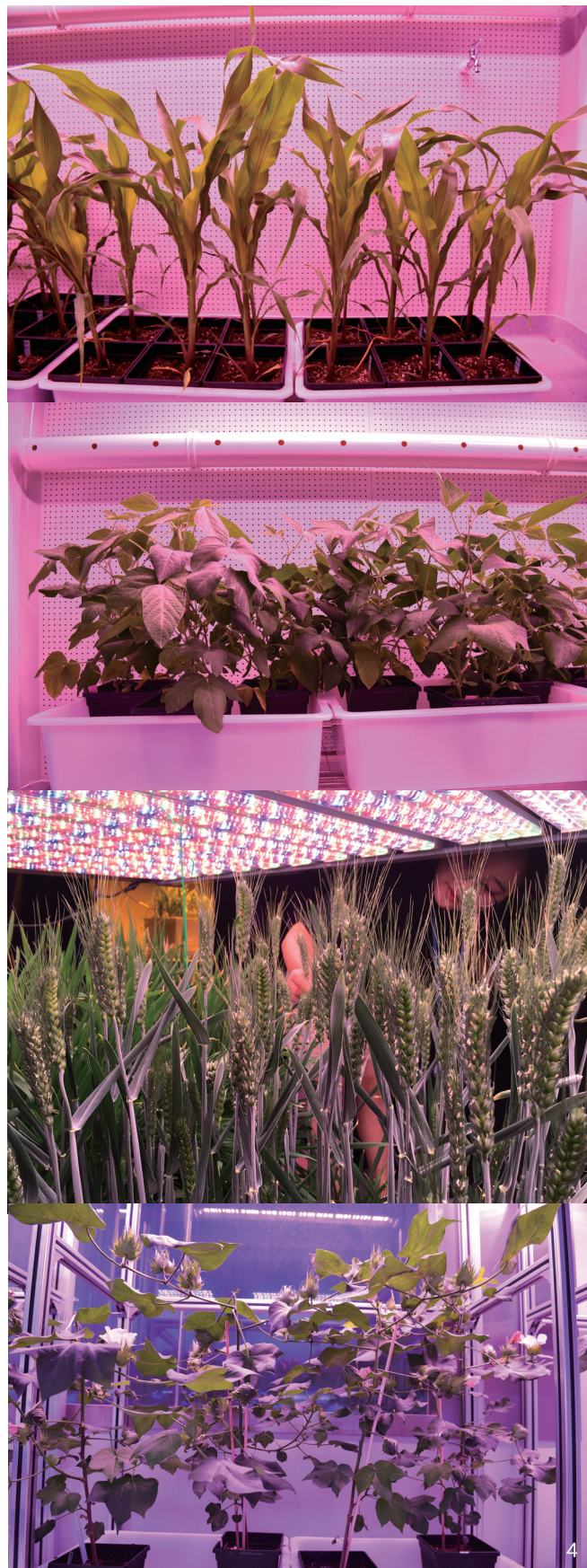
未来,专用的光配方将广泛应用于科学研究、现代农业和特殊领域的植物生产。高效的光配方不仅能给植物带来更好的生长环境,产生的经济效益和社会效益更让人耳目一新。“芯光”与“植物”的故事才刚刚开始,作为植物工厂产业化最关键的技术之一,寻找植物最佳光配方任重而道远。惟有为光配方执着,才能让植物工厂走上万丈光芒的“星光大道”,未来的光生物产业一定会更加绚丽多彩!

作者简介

李阳,中国科学院植物研究所植物工厂研发中心主任、副研究员,福建省中科生物股份有限公司光生



3



4

物产业研究院院长助理，主要从事植物生长光环境精准调控（光配方）、植物工厂关键技术研发和产业化。

林荣呈，中国科学院植物研究所光生物学重点实验室主任，研究员，博士生导师。

（责编 桑新华）

- 1. 甜椒果实转色的光质调控 供图 / 李生云
- 2. 番茄果实转色的光质调控 供图 / 李生云
- 3. 专用光配方下的食用花卉 供图 / 孙晨光
- 4. 光配方在植物工厂中的应用 供图 / 白如水 李阳