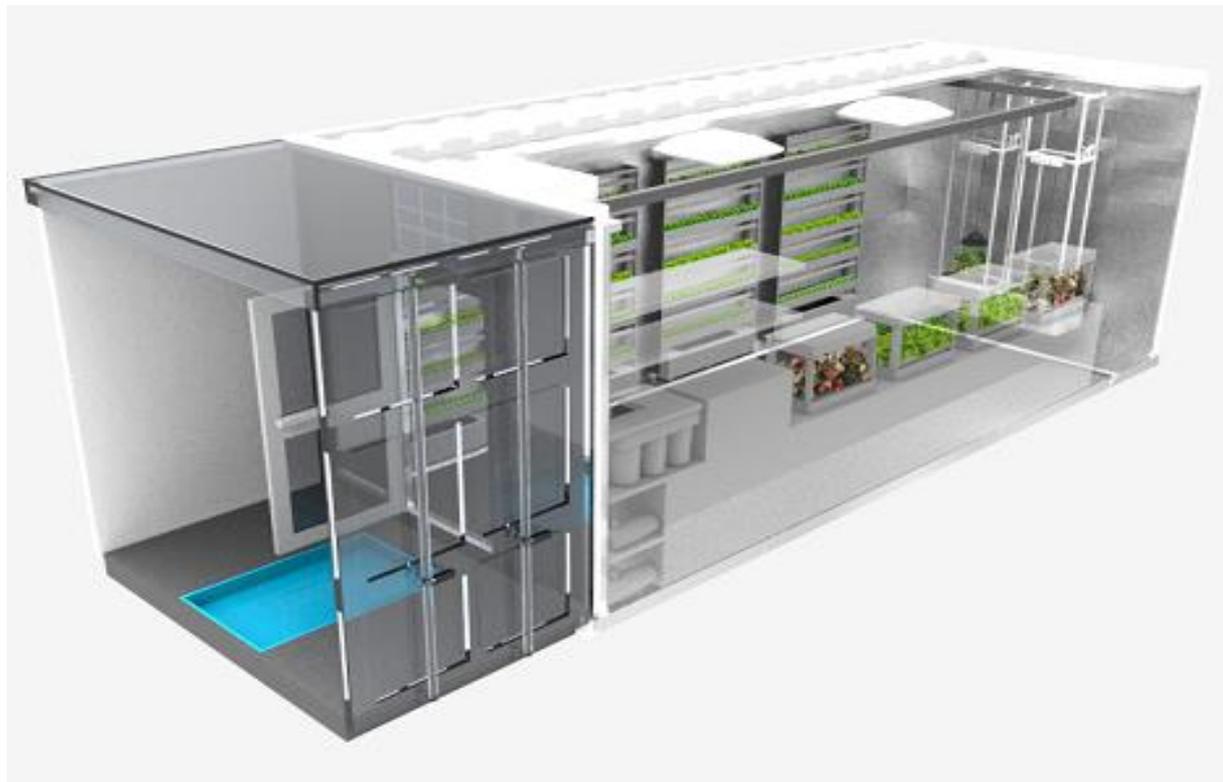


# OPCOM<sup>®</sup> Farm

先进的水耕种植技术  
+ 美国STEM教材



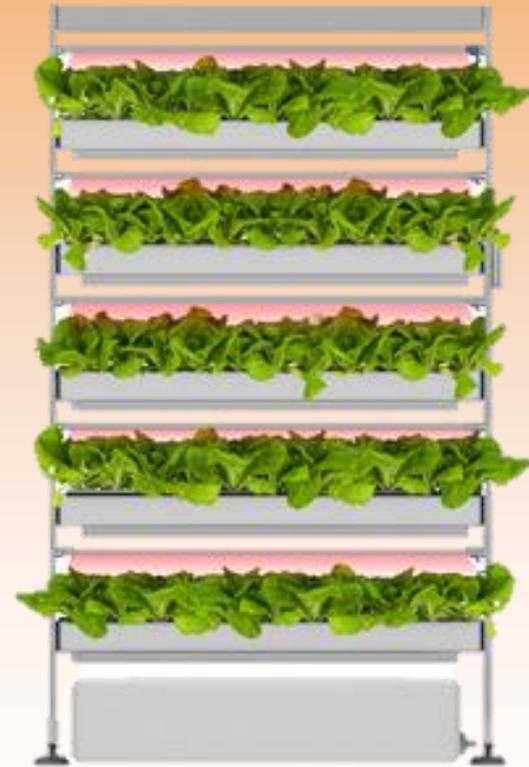
可回收的水资源 & 无污染的水耕植物

Version-TC 2.22

# 第一章

## 水耕种植

水耕种植，又称水培种植，意思是将植物种植在含有营养液的水中。水耕法有着非常悠久的历史，其中水耕法这个词出现在 20 世纪 30 年代，当时的美国军方和航空公司利用水培这项重大研究为偏远地区的士兵和机组人员提供食物。这一章，我们将介绍水耕法的基础知识。



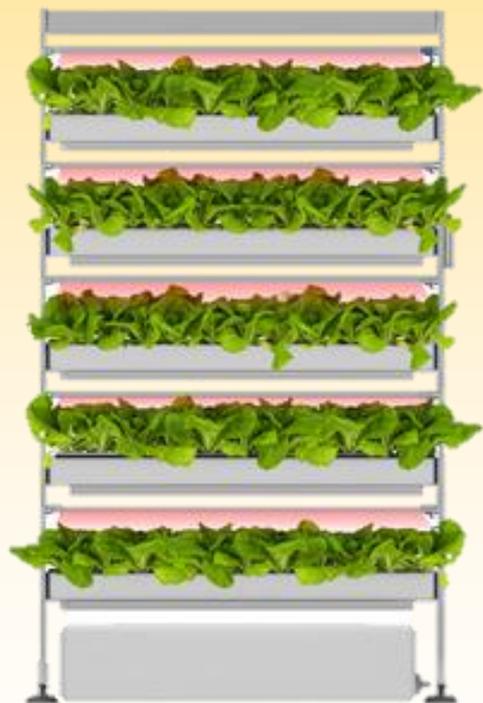
# 第一节

## 水耕种植是什么？

每一种植物的生长过程中都需要三种最基本的物质

：光、水和营养。

在传统的农业概念里，植物都是生长的室外的环境里，由阳光提供光照，灌溉系统提供水分，土壤提供植物生长所需要的养分。水培是一种不同的农业形式，首先，它是在室内进行，其次是在不需要土壤的情况下，在富含养分的水中进行种植。由于水培是一种室内的种植方式，所以，用照明替代光照是必不可少的一道程序。水培同样也可以应用于温室以及任何建筑里，温室里可以吸收太阳光，其他则可以用人工照明替代阳光。



### 涵盖的STEM主题

- 水耕种植是什么？
- 水耕种植的历史
- 控制农业环境
- 水耕种植的基本原理
- 室内水耕的作用

在传统种植中，土壤能够为植物提供生长所必须的养分，在水培中，就需要用含有14种植物所需营养成分的水来为植物提供养分。在拉丁语中，水培起源于单词“hydro”，意思是水，“ponos”意思是工作。字面上翻译过来就是，水培意思是“工作用水”

在拉丁语中，水培的意思是“工作用水”

### 水耕种植的历史

无土栽培的概念可以追溯到古时候。公元前 600 年左右，被誉为世界七大古代奇观之一的巴比伦空中花园，就是通过华丽的灌溉系统汲取幼发拉底河的水资源，让植物生长在周边的墙面上，造就了一幅如梯田般花园的美丽景象。十七世纪末期，来自英国植物学家、医生和地质学家——约翰·伍德沃德，发表了一份实验报告：在包括土壤和无土条件的不同环境中种植绿薄。十八世纪末期，英国科学家约瑟夫·普里斯特利发现，植物通过光合作用将氧气释放到空气中，并在此过程中将二氧化碳和水转化为葡萄糖，从而获取生长所需的养分。普里斯特利的实验表明，植物向空气中释放的氧气，能够满足老鼠存活的需求。这项伟大的发现为现代的水耕种植技术指明了方向。在19世纪中期，许多科学家研究了植物在水中生长所需的营养。1860年，乌尔茨堡大学的朱利叶斯·冯·萨克斯教授，发表了第一个无土栽培植物的水溶性养分标准公式。到了20世纪初，从事温室种植的农民们开始研究这项技术，因为相比传统农业方法，水耕种植节约了非常多的水资源，同时也降低了传统土耕农业无法避免的虫害风险。

到了 20 世纪 30 年代后期，水培这个词最终才被用来描述在没有土壤的条件下，通过营养液种植植物的种植方式。20 世纪 20 年代末至 30 年代初，加利福尼亚大学的威廉·F·格里克博士将他的研究扩展到在水中种植植物，并用“水培”一词来描述这项技术。随着技术的发展，人们认为水培是干旱气候和偏远地区最理想的选择。20 世纪 30 年代，泛美航空公司利用水培技术种植豆类、西红柿和蔬菜，以满足航空公司在太平洋威克岛加油站的工作人员和机组人员的需要。1945 年，美国空军利用水培技术，为驻扎在南大西洋和太平洋贫瘠岛屿上的美军提供新鲜蔬菜。

20 世纪 30 年代，泛美航空  
就已经使用了水培法

# 第一节: 水耕种植是什么

## 控制农业环境

在室内种植农产品会改变包括种植周期、收获、天气状况和害虫防治在内的很多事情。可控的农业环境是指在可控环境下，在室内种植食物的做法，无论是在温室，建筑物，甚至是仓库。室内种植是利用来自太阳的自然光或人工制造光源为植物提供光合作用所需的质子，简单来说就是生长。控制环境农业，或称室内种植，是一个快速发展的产业，有助于为世界各地的人们带来新鲜、优质的本地农产品。

## 水耕种植的基本原理

水培技术有很多种，但是，它们都有一些共同点。水培系统通常是用水泵将水进行循环，光为植物提供生长所需的光子，有营养物质为植物提供适当的元素，有一个盛水的盆来提供水分，还有一个育苗的培养基。每一个元素都可以设计成适合种植特定类型植物的方式。

OPCOM Farm提供用途广泛的多种水培技术。

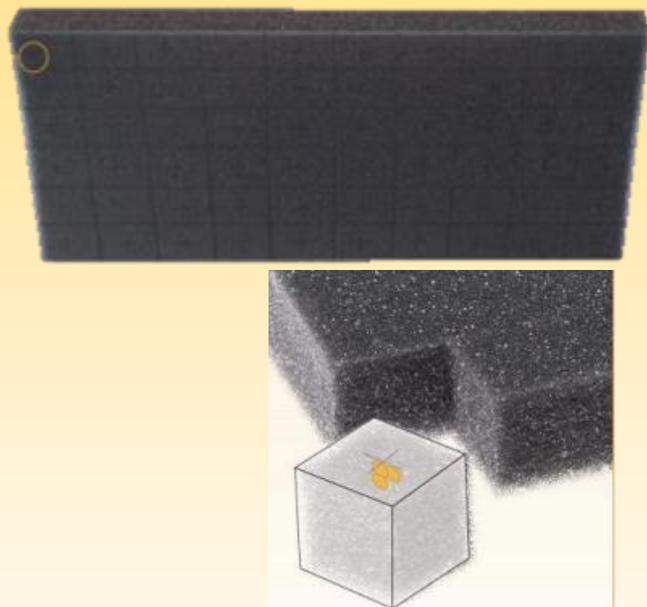
## 室内水耕作用

研究表明植物能过滤空气。室内种植的植物可以通过将有毒物质代谢成为无害副产品的方式来帮助我们去除有毒物质和吸收污染物。除了净化空气，植物还为室内空间增添了一种自然的美感元素。充满活力的绿色植物不仅仅可以美化室内环境，它还已经被证明了可以提高警觉性和缓解眼睛疲劳。此外，水培植物为资源有限的地方带来新鲜的本地产品。



## 第二节

### 水耕种植的载体



在传统农业中，种子是播种在土壤中的。当种子发芽并开始发芽时，土壤始终将种子保持在适当的位置。随着幼苗的生长，植物的根系也随之发育，它伸展在土壤中，将植物固定位。由于水培系统不依赖土壤来稳固地固定植物，大多数都会使用某种形式的生长介质来完成这项任务。这种生长介质，也称为生长基，代替了土壤，有助于将生长的植物固定在适当的位置。

#### 涵盖的STEM主题

- 水耕种植的载体
- 有机植物的载体
  - \* 椰子纤维，稻壳，泥煤，泥炭藓，锯木屑，树皮
- 无机的生长介质
  - \* 砾石、陶土、岩棉、蛭石、珍珠岩、塑料纤维、海绵泡沫

生长介质可以使营养液覆盖住植物的根系，从而使其可以健康的生长。生长介质有多种材料和大小，但它们的功能基本相同：在种子开始生长时将其固定在适当的位置，并为植物根部提供营养液的缓冲区。好的生长介质有足够的孔径，不会影响营养液的摄入。

## 第二节:水耕种植的载体

### 有机植物的载体

许多可用的有机生长介质是由有机材料组成的，如椰子纤维和泥煤

椰子纤维是一种非常常见的水培基质材料，它可以为新种植的种子提供良好的空气流通、排水和营养饱和度。椰子纤维基质也被称为椰子壳，或椰子泥炭，是一种由外层外壳和实际椰子之间的纤维材料制成的可生物降解介质，虽然它是有机性的，但分解很慢。另一种分解缓慢的纤维基质是稻壳，它们在水培系统使用前通常会经过加工或老化。

泥炭藓，又称泥煤，是一种有机基质，有一点很重要要记住的是，它是属于微酸性的物质。泥炭藓来自于生长在沼泽中的活泥炭藓下面的死亡植物物质。活的泥炭藓同样也可以用作生长介质。

锯木屑和树皮是另外一种有机生长介质，但是在2014年的《植物营养杂志》中研究表明，使用锯木屑同时也会导致叶片长度缩短、光合速率降低，且水蒸气或二氧化碳通过植物的小孔，也就是俗称的气孔的传导性降低。树皮虽然是一种非常适合种植的介质，但通常比较适合已经较为成熟的植物。



### 无机的生长介质

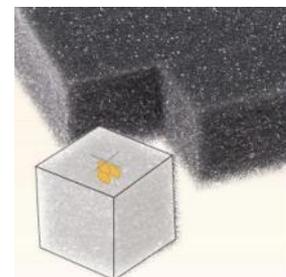
除了有机生长介质外，还有多种无机基质也可用于水培。例如砾石、陶土、岩棉、蛭石、珍珠岩、塑料纤维和泡沫海绵等。轻质陶土是许多水培系统中常用的基质。它是由粘土加热到超过1000摄氏度，使其具有独特特性的条件下产生。轻质陶土重量轻、孔多、不易燃烧，排水能力强。这种惰性、可重复使用的基质可以自由排水，更适合幼苗和成熟植物。岩棉，也称为石棉或矿物棉，是由融化的岩石制成的一种生长基质。天然材料，如玄武岩，被加热到超过1500摄氏度之后会变成一种类似于玻璃纤维的物质然后进入到旋转室并拉伸成纤维，最后将纤维压缩并切割成薄片或立方体。岩棉是一种广泛应用的基质，具有较高的含水量，能为植物的根系提供良好的通气性。蛭石是另一种常用于水培系统的生长介质。它是一种天然矿物，分布于世界各地，包括美国、巴西和澳大利亚。蛭石是一种由镁、铁、铝、硅酸盐在水中形成的一种化合物，加热时会脱落，形成细长、轻质、不可燃且吸水性高的颗粒



## 第二节:水耕种植的载体

珍珠岩是另一种无机基质，是一种天然存在的无定形耐火氧化铝硅酸盐岩石，加热时会膨胀。当开采它的时候，原始岩石的颜色会从透明的灰色变成闪亮的黑色，但是当它在加热过程中膨胀时，它会爆裂并变成白色。珍珠岩在加热时会爆裂是因为它的含水量高，就像爆米花。

泡沫海绵是一种通过化学方法制成的水培生长介质。用来制造泡沫的基本化合物是放热的，这意味着它们会产生热量。由此产生的泡沫将气体凝聚在固体中，形成一种轻质、多孔、吸水性强的材料，适合在水培系统中使用。这种基质在营养液中不起反应，对植物从种子到成熟的整个生长周期都有好处。OPCOM Farm水培系统使用泡沫基质进行植物生长。这些泡沫生长介质是非常适合作为种植基质的，因为它不仅可以用作育苗，也可以用作种植。OPCOM Farm将这种方形和圆形生长介质，应用到水培系统中，并称之为生长海绵。



## 第三节

### 植物生长条件



植物生长需要一些基本的物质。光照、水和养分是植物栽培的主要组成部分，但也有一些其他因素会影响植物的生长，尤其是在室内种植植物时。这些因素包括气温、湿度和空气循环。每一个组成部分都是非常重要的，因为任何一个元素的重大变化都会直接影响植物的生长情况，所以我们应当了解

#### 光照

光是植物生长最基本的元素之一。光是植物进行光合作用所必需的条件。许多方面都表明了植物在光照的条件下会做出各种反应。包括光照的强度、吸收的光谱和照射时间。

#### 涵盖的STEM主题

- 光照
- 水
- 营养
- 气温
- 湿度
- 空气循环

#### 光照强度

光照强度会影响植物的养分合成、茎的长度、叶子的颜色和开花等因素。例如，在光照强度较弱的情况下，植物就有较大可能性长出比较薄的浅绿色叶子，而在光照强度更高的条件下，植物则更有可能长出更短、更大、深绿色的叶子。光照强度可以用 $\mu\text{mol}$ 表示，也称为微摩尔(micromoles)，这是化学中用来表示原子和分子等非常小实体数量的计量单位。1摩尔(mole)相当于1000000微摩尔( $\mu\text{mol}$ )。一般来说，植物需要的光强度的计量单位光子通量密度(PPFD)为 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$ 。OPCOM生产的LED灯可以发出与自然光强度相似的灯光。

## 第三节:植物生长的条件

### 光谱

光谱也会影响植物生长的某些特性。可见光的光谱，将在第三章中进一步讨论，包括彩虹的颜色，其中蓝色和红色对植物生长的许多方面都很重要。一般来说，红光对植物的叶子和花的生长更有帮助，而蓝光则对植物的茎更有益处，红外光有利于促进植物结果，紫外线则有利于多肉植物的生长。

OPCOM利用过去20年在专业照明领域的研究知识，将先进的水培技术及其他先进的专利计入融入到了OPCOM Farm的应用中。

OPCOM开发出的LED植物生长灯可以将可见光光谱和非可见光，包括红外线和紫外线，用于促进植物的最佳生长。此外，OPCOM的植物生长灯可以根据不同植物的需要进行调整，将红光和蓝光的比例调整到最适合生长的状态下。

### 光照时间

植物所需要的光照时间，根据其光周期反应来分类，也就是植物如何对24小时内接收到的光量做出反应。对于传统农业来说，光照时间取决于日照时间，日照时间又会根据季节变化。这是某些植物只能在特定季节生长的原因之一，因为它们对光照的时间有特定的需求。因此对于室内种植技术来说，了解特定植物对光照的需求就显得格外重要。



## 第三节:植物生长的条件

植物通常分为三种不同的采光类别，长日照、中日照及短日照植物。

长日照植物每天需要约14-17小时的光照，包括莴苣和罗勒等植物。这些植物在白天长度超过临界白天长度的时候开始发芽。临界日照长度是每种植物特有的，因此确切的小时数将与每种植物的临界日照长度相关。如果一株长时间生长的植物没有得到足够的光照，就可能导致它延长植物或根茎的生长，而且开花的可能性会大大降低。

中长日照植物在一定范围的光周期的条件下往往不会限制其开花，一般来说，当植物达到一定的大小或发育阶段时，白天生长的植物就会开花。这些所说的植物包括黄瓜和西红柿。OPCOM Farm的产品可以将植物每天的光照周期设定在8小时、12小时或16小时等，足以满足各个植物的特定需求。

短日照植物每天需要约8-12小时的光照。这些植物在白天长度短于特定植物的临界白天长度时开始发芽。与长日照植物相反，如果短日照植物接受太多光照，它会产生过多的营养素从而导致开花量的减少

## 水

水是植物生长的必需元素。植物的根系可以将水中的营养物质吸收，通过光合作用，将吸收完的水分通过氧气的形式释放到空气中。在水培技术中心，将由水泵为主的水循环系统来为植物提供水分。不同的植物在不同的生产周期都需要消耗不同的水量。OPCOM Farm可以根据植物对水量的需求提供不同模式的水循环系统或不同规格的设备。流水中含有溶解氧，这对植物的健康很重要。植物利用水中的溶解氧进行呼吸作用，并将在光合作用产生的氧气与葡萄糖发生化学反应，促进细胞代谢功能。在水培系统中，用水泵循环水可以使水中的营养成分均匀分布，同时增加溶解氧的含量。OPCOM Farm可以根据不同植物的需要，通过技术手段达成各种不同的循环模式。



### 营养

植物生长所需的元素有14种，这些元素是植物正常发育、细胞工作和化学反应所需的营养物质。植物生长所需的主要元素，也称为大量元素，分别是氮、钾、钙、镁、磷和硫。植物健康所需的其他元素，又称微量元素，是氯、铁、硼、锰、锌、铜、钼、镍。不同的元素有不同的功能。例如，较高浓度的氮有利于叶片的生长，而高浓度的磷和钾则有利于开花。同时，不同的植物需要不同的营养成分。OPCOM根据不同种植物所需要的不同的营养元素配置出了有利于各种植物生长的营养配方。

### 气温

植物在相对有限的温度范围内才能良好的生长。这个范围因植物而异，但一般来说，大多数植物在41至86华氏度的范围内可以良好的生长。当温度过高或过低时，就会出现发育异常的情况而导致产量降低。OPCOM提供了一个特殊的保温罩，可以让植物在低于最佳温度的情况下保持合适的温度。

### 湿度

湿度，也就是大气中水蒸气的含量，也会影响植物的生长。湿度分为绝对湿度和相对湿度。绝对湿度是空气中水蒸气的实际含量。相对湿度是基于温度和压力的空气所能容纳的水量。当相对湿度水平达到100%时，往往会形成雾，这种情况在靠近海洋的地方很常见。一般来说，植物周围的空气需要40%-60%的湿度才能达到最佳的生长条件，不过，这可能会因为特定的植物而改变。当空气湿度过高时，会造成植物的病害，尤其是真菌和霉菌会在高湿度环境下迅速生长。当湿度过低时，会影响某些植物结果，叶片会因水分缺失而枯萎。建筑物内部的湿度通常比外部要低，因为集中供暖和空调系统会把空气中的水分带走。室内的湿度通常在20%-30%之间。在湿度降低的时候，定期用干净的水喷洒植物的叶子，可以保持植物的水分，使植物重新生长。

## 第三节:植物生长的条件

### 空气循环

除了温度和湿度水平，植物的生长还受益于风，或着说空气流通。植物从幼苗到结果的的过程中，风都可以从多个方面为其提供帮助。在传统农业中，微风可以帮助新植物长出结实健康的茎。随着植物的生长，风增加了大气的紊流，增加了二氧化碳的流通，有助于更快的进行光合作用。在户外，风力过大反而会损害植物。不过，这对于室内植物来说就不是问题了。对于室内种植系统，在一个空间内，周期性的空气流动可以为植物提供一个健康的环境从而刺激植物生长。风扇就足以完成这一项任务。



## 第二章

# OPCOM的水耕技术

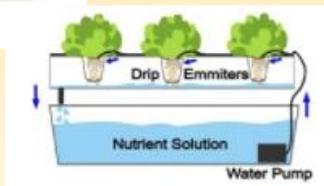
本章我们将介绍多种应用于水耕种植的水耕技术。每种技术都不相同，但它们都遵循在营养丰富的溶液中无土栽培植物的基本原理。

OPCOM Farm用不同的技术手段提供了一系列的水耕解决方案。在接下来的这一章里，我们将学习到更多关于这些水耕技术的知识。



# 第一节

## 深水耕技术(DFT)



### 深水耕技术 (DFT)

水耕种植有很多种不同的技术方法，但他们都遵循同一个概念，就是没有土壤的情况下，通过营养丰富的溶液种植植物。其中有一种水耕技术叫做深水耕，英文表示为Deep Flow Technique，简称为DFT。深水耕的工作原理是用持续不断的循环种植槽中的营养液，使其可以覆盖植物的根系。深水耕是深水培养的一种变形方式，可以让植物直接在营养液中生长。虽然种植槽其实比较浅，但它依然是深水种植的一种方式，是因为相比其他的技術，深水耕通常利用较大的容器来储存营养液来为植物提供养分。

### 涵盖的STEM主题

- 深水耕技术 (DFT)
- 深水耕的优势
- 深水耕的技术原理
- 自动化和控制系统
- GrowBox室内农场

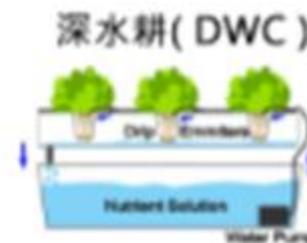
### 深水耕的优势

相比其他水耕技术，深水耕有一些优势。在深水耕中，营养物浓度和水温更稳定，变化缓慢。这些特点为那些对突变反应不佳的植物提供了理想的生长环境。此外，深水耕已经被证实可以为植物提供足够的氧气，为根系的健康生长打造一个最佳的环境。生长周期短的、浅根系的、结果的植物在深水耕技术里可以很好的生长。由于植物根系一直覆盖在营养液中，因此停电或水泵故障造成植物损失的风险较小。

# 第一节:深水耕技术

## OPCOM 深水耕技术

OPCOM Farm的GrowBox系列采用了深水耕技术。深水耕系统通过一个水泵在一天中每隔一段时间循环一次营养液来为植物根部提供养分。这些植物位于一个定植盘上，定植盘的位置稍微高于营养液，可以让植物的根部向下生长进入营养液中。随着水的循环，营养物质到达植物的根部。在这个系统中，根直接接触营养物质。自动循环系统可以使营养物质均匀分布于营养液中，增加了植物可利用的溶解氧量。



# 第一节:深水耕技术

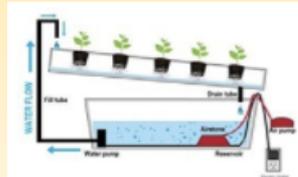
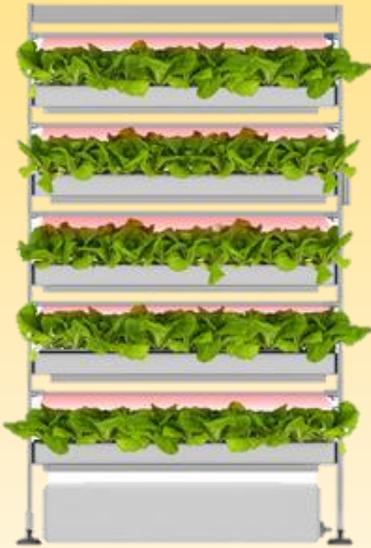
## OPCOM Farm 的 GrowBox 室内农场

OPCOM Farm的GrowBox系列是一种可以全年使用的一体化水耕种植设备。它提供了一个一次性可以种植50株植物的定植盘，以及浅水位的营养液循环水槽。GrowBox室内农场可以放置在桌面上，这是一个可以轻松的进行种植、收获和观赏的最佳高度。它有一个可调节的开放框架，可以容纳各种各样的植物品种，包括较高的植物和攀藤植物，如西红柿和黄瓜。OPCOM的植物生长灯可以根据特定的种植植物调节高度和角度。容积约15升的水槽不仅出水量充足，而且相比传统的室外农业，用水量减少了90%。GrowBox还有一个自动化的控制系统来管理照明和水循环，操作非常便捷。



## 第二节

### 养液薄膜型技术(NFT)



### 养液薄膜型技术(NFT)

另一种类型的水耕种植技术是营养液膜技术(NFT)。这种系统通常应用于植物工厂中，种植于一排排稍微倾斜有角度的种植平台里。每一行的种植平台通过管道连接，营养液从系统的水库中用水泵直接将水打入浅水生长区的植物根部。水泵将系统水库中的营养液送到最高层的浅水生长区里，然后通过倾斜的管道排出，让植物的根系在循环的系统中充气，因此，营养液可以周期性在浅水生长区内循环流动，为根部提供养分。

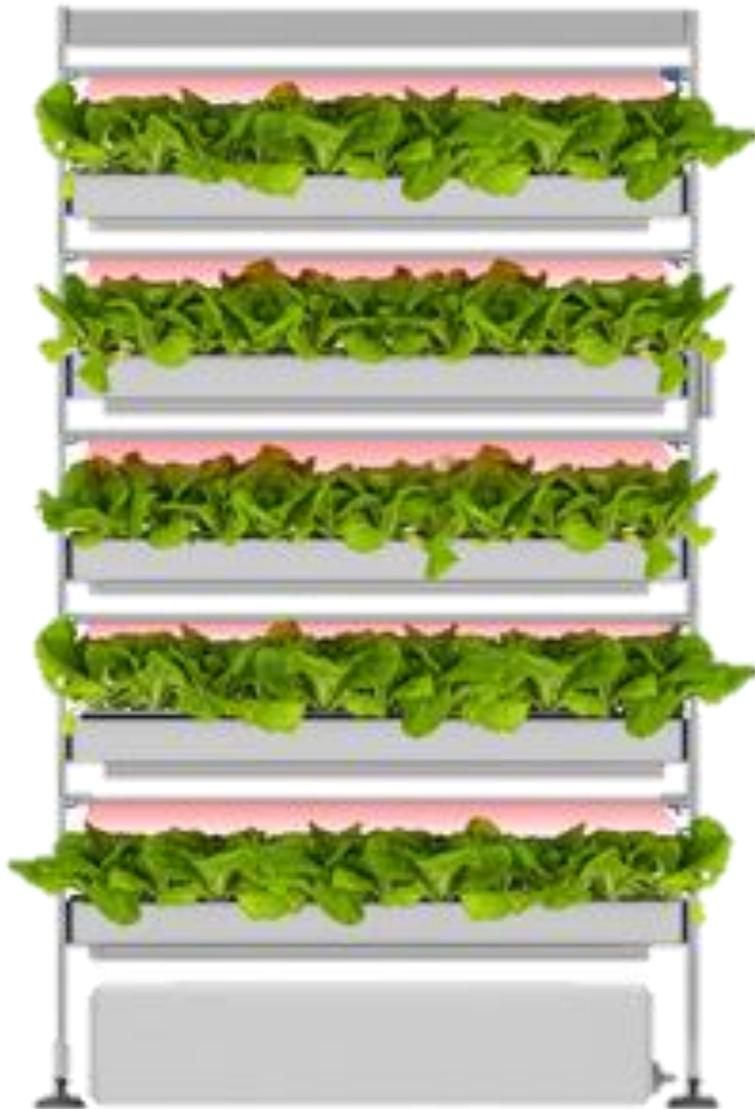
### 涵盖的STEM主题

- 营养液膜技术 (NFT)
- 营养液膜技术的优势
- OPCOM Farm的营养液膜技术
- GrowWall室内农场

### 营养液膜技术的优势

在营养液膜技术中，植物通常被种在小的塑料篮子里，这样就可以把植物安全地悬挂在生长室内。这种设计可以让最上面的根部在水循环系统中一直暴露在空气中，为植物提供充足的氧气，使其达到最佳的健康状态。此外，营养液膜系统的运作方式与自然生长的方式类似，水循环大约半天的时间，为各种植物创造了一个健康的生长环境。与其他水培技术相比，营养液膜技术的优势在于植物根部同时获得充足的水分、氧气和养分。

## 第二节:营养液膜技术(NFT)

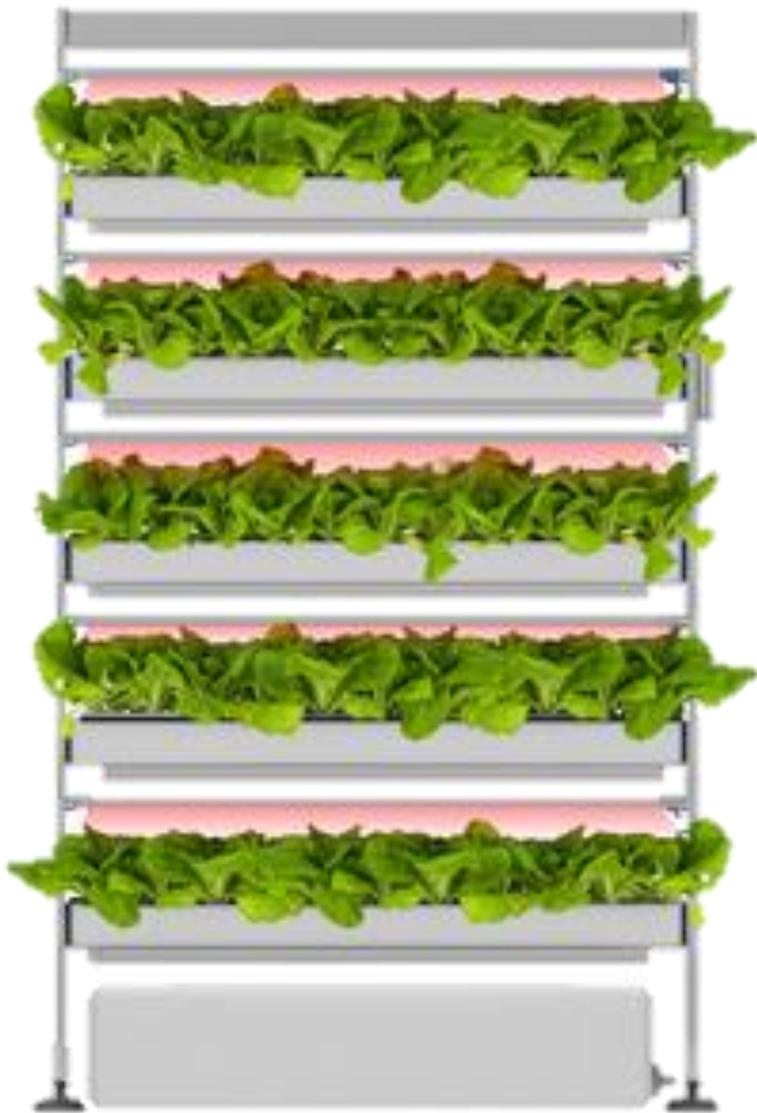


### OPCOM Farm的营养液膜技术

OPCOM Farm的GrowWall室内农场系列用的是营养液膜技术。这个生长墙是一个垂直设计的营养液膜系统,底部有一个蓄水池,以及五层的生长管道。因为GrowWall使用的是垂直设计,所以其整个构造比较狭窄,并不会占用太多的空间。对于GrowWall来说,以每10分钟一个周期的模式通过水泵将营养液从水槽输送到五个管子里。

营养液膜系统依靠一个可操控的抽水系统将营养液输送到植物的根部。由于这个原因,如果抽水系统受到停电或断电的影响,若此时不进行修复,工厂就会因为无法作业迅速受到影响,造成损失。OPCOM Link的自动连接系统就具有优势,如果系统由于电源中断而关闭,系统可以通过OPCOM Link的App远程打开。

LED植物生长灯可以安装在距离生长管5到30厘米的位置,可以根据植物的各个生长阶段进行调节,并提供最佳的亮度水平。



图片2.2:营养液膜技术(NFT)



OPCOM Farm GrowWall室内农场种植的红色及绿色莴苣墙



OPCOM Farm的 GrowWall室内农场

OPCOM Farm GrowWall室内农场是为高产量生产而设计的一体化水耕种植系统。以节省空间的垂直设计为特色，GrowWall可种植多种蔬菜和草药，创造出令人惊叹的视觉效果。它是一个高容量的系统，有75个种植孔，角度和高度可调的LED植物生长灯，一键式的自动模式可以让用户使用起来更加便捷。

### 鱼菜共生体系



#### 鱼菜共生体系

在室内种植植物的另一种方法，就是共生体系。共生体系实际上是水产养殖和水耕种植的结合。水产养殖有时也被称为鱼类养殖，水产养殖是在水环境中培育植物、鱼类和其他海洋生物。正如我们所了解的，水耕种植是在无土环境中使用营养液培养植物。综上所述，养殖学是指培养鱼类，为在无土环境中生长的植物提供养份。共生体系的好处是鱼和植物都可以在共生环境中养殖。



#### 涵盖的STEM主题

- 共生体系
- 欧洲亚硝化毛杆菌
- 硝化毛杆菌
- 水生循环系统

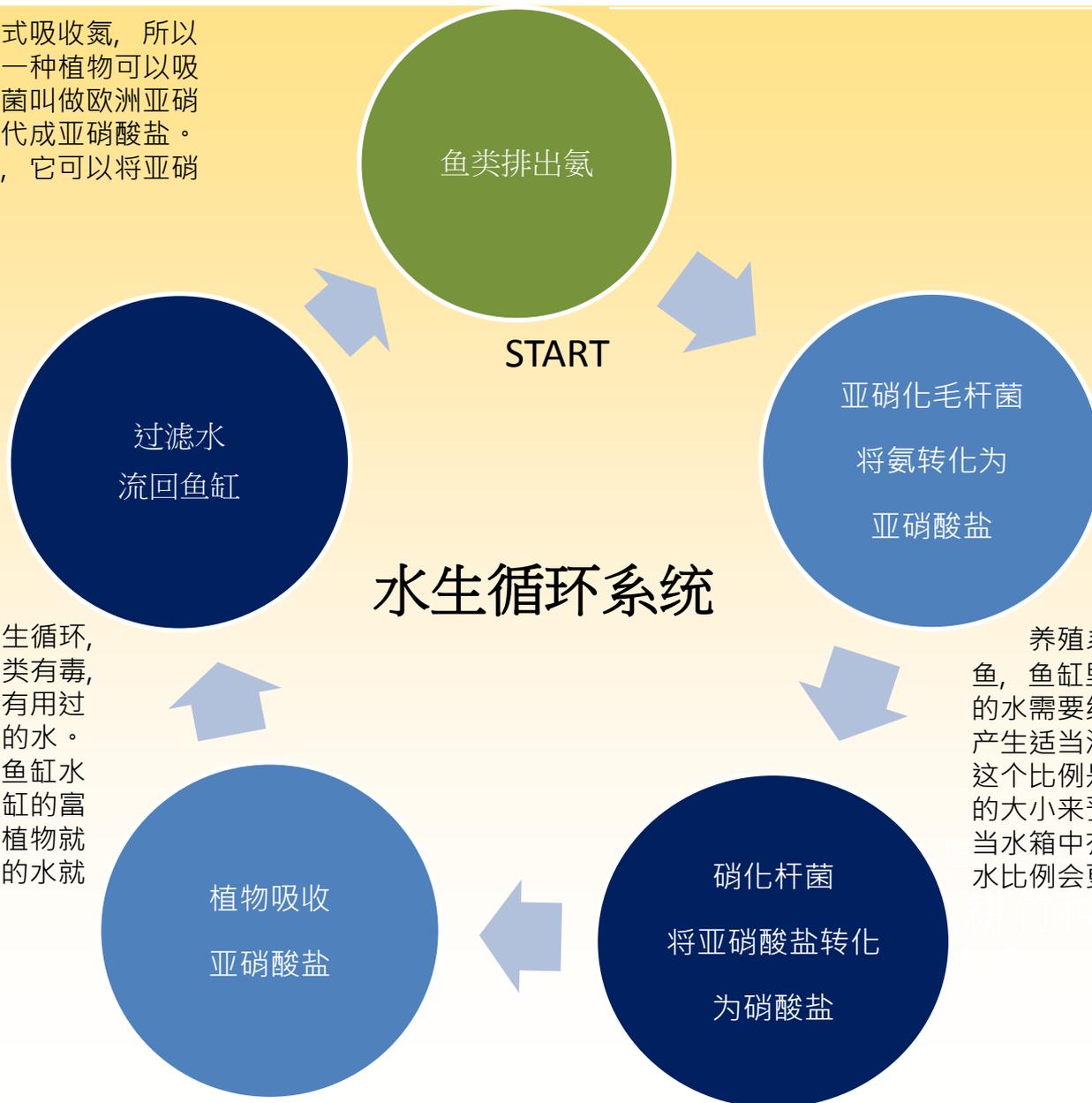
共生体系有一些必要的组成部分，包括一个用于养鱼的水箱和一个用于种植植物的平台。植物的生长过程中需要氮，这是植物不可或缺的营养。鱼类可以通过鳃分泌氨，这就使得鱼缸里的水变得富含养份，成为植物天然的营养液。

水产养殖+水耕种植  
= 鱼菜共生体系

### 第三节: 共生体系

然而，植物不能以氨的形式吸收氮，所以水生细菌可以将氨转化为一种植物可以吸收的氮。首先，有一种细菌叫做欧洲亚硝化毛杆菌，它可以把氨转代成亚硝酸盐。另一种细菌叫做硝化杆菌，它可以将亚硝酸盐转化为硝酸盐。共生体系的工作原理是利用鱼缸里充满了硝酸盐的水，作为植物生长的营养液。

这些植物也促成了这种共生循环，浓缩的氨和亚硝酸盐对鱼类有毒，在传统的水产养殖中，只有用过滤的方法来净化养鱼场所的水。在养殖系统中，植物作为鱼缸水的过滤系统。一旦来自鱼缸的富含硝酸盐的水流过植物，植物就会吸收硝酸盐，并过滤后的水就会流回鱼缸。



养殖系统使用淡水鱼，鱼缸里每15到30升的水需要约1斤的鱼来产生适当浓度的营养。这个比例是按照成年鱼的大小来预估的，因此，当水箱中有新鱼时，鱼水比例会更大。

### 气雾耕



#### 涵盖的STEM主题

- 气雾法

#### 气雾法

另一种在室内无土环境中种植植物的方法是气雾法。气雾栽培技术利用雾化系统向植物根部提供养分，而不是像其他水耕技术那样，利用循环或流动的营养液。在气雾栽培系统中，植物通常位于定植盘或垂直生长槽中，营养液则保存在单独或附着的水槽中。然后将营养液从水槽泵入喷雾，形成喷雾，或称雾气，每隔一段时间向植物根部喷洒营养液。这种栽培技术比其他形式的水培法更节约水资源，因为它直接将水分和养分输送到植物根部。

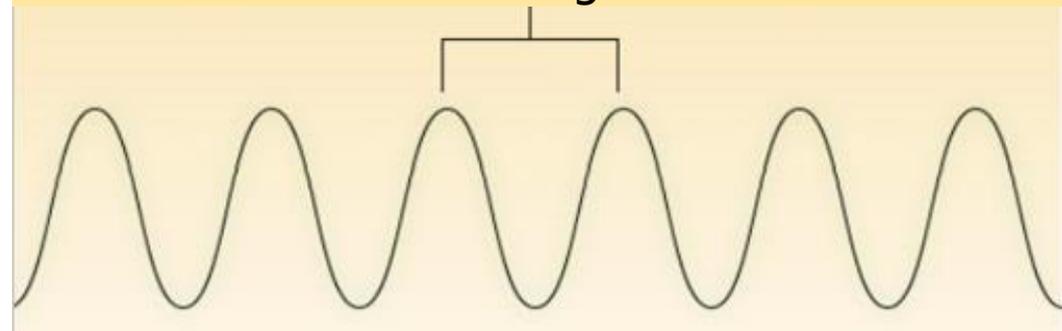
## 光

光是所有生物生长最基本的元素之一。光子是构成光的微小粒子，以每秒300,000 公里的速度传播，并为植物提供生长所需的能量。在这一章中，我们将学习光，它从哪里来，以及植物如何利用光来生产它们自己的食物



## 电磁辐射

波长  
Wavelength



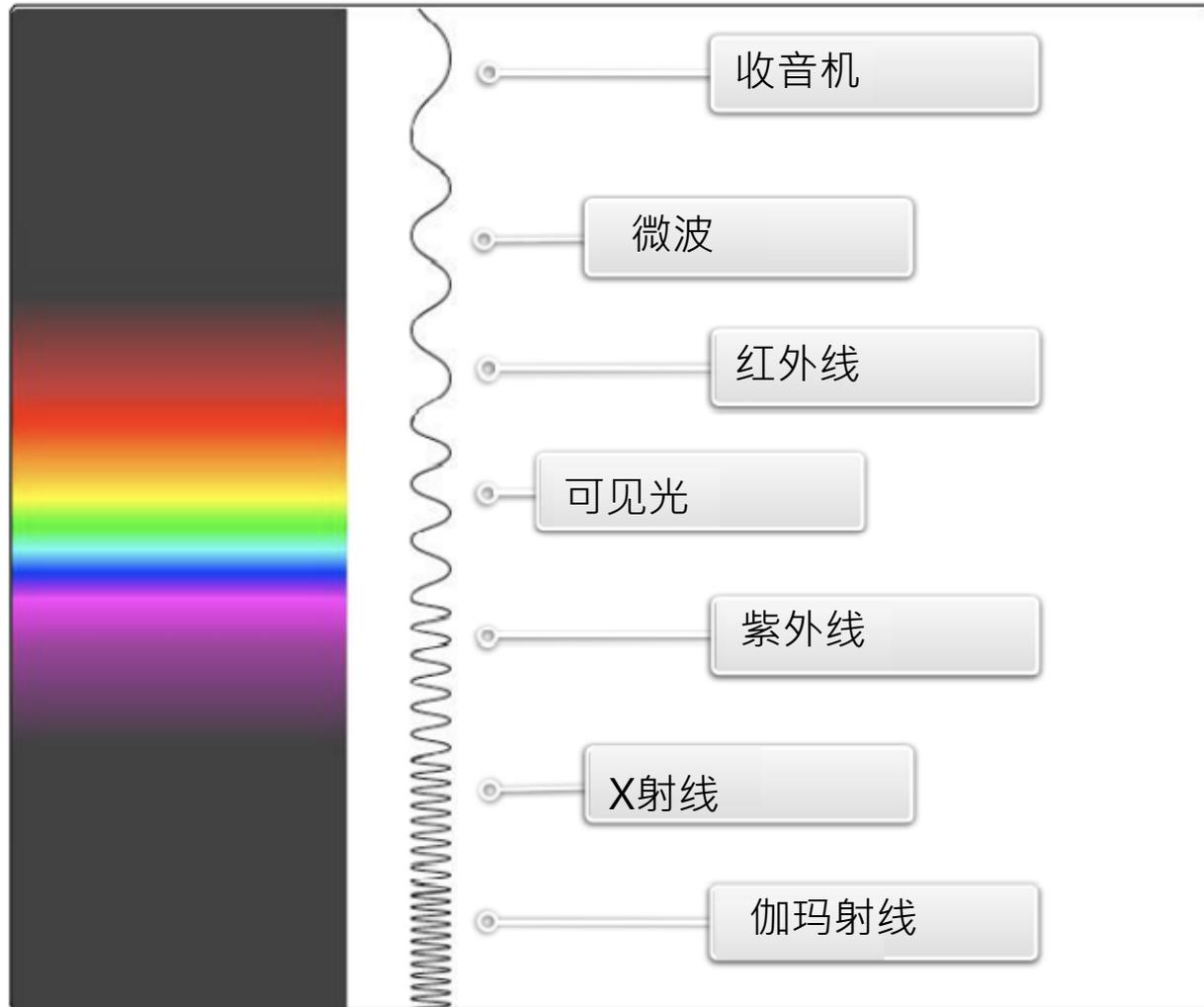
### 涵盖的STEM主题

- 电磁辐射
- 无线电波
- 微波
- 红外线
- 可见光
- 紫外线
- X射线
- 伽玛射线

所有的植物都需要光才能生存。即使是在海洋中生长的植物，也利用光的扩散穿过水面进行光合作用。我们在第一章讨论了光的某些属性，但光是什么？光是一种电磁辐射。电磁辐射有七种不同的类型，其中只有一种能被人眼看到，它被称为可见光，也被称为可见光谱。植物利用可见光和非可见光进行化学反应。OPCOM Farm照明球术被设计成模拟太阳光，以便为植物生长的高效生长提供全光谱植物生长灯。所有类型的电磁辐射的范围称为电磁波谱。有时，电磁辐射和电磁波谱的术语是通用并转换的。电磁辐射是用波长和频率来测量的。当电磁辐射在空间中传播时，它们以波的形式形成波纹。这些波可以通过特定的形状和长度，以及波峰和波谷来识别。波峰是波浪的最高点，而谷底，叫做波谷，是波浪的最低点。峰值之间的距离称为波长，以米作为计量单位，因为波长非常小，所以通常以纳米或是微米来表示。

# 第一节:电磁辐射

## 互动3.1电磁波谱



频率就是事情发生的频率。声波，交流电和电磁辐射都有频率，以赫兹为单位测量。赫兹表示每秒发生的周期或波数。对于电磁辐射，频率测量的是在一定时间内通过特定点的波长数量。这意味着更短的波长有更高的频率。

### 无线电波

人眼可以探测到波长为400纳米到760纳米的电磁辐射。这些光被称为可见光。

# 第一节:电磁辐射

## 微波

微波炉是我们大多数人都熟悉作为厨房用具，它可以快速加热食物。它之所以被称为微波炉，是因为它使用微波辐射来操作。一旦打开，微波炉就会发出微波辐射并以此来加熟食物。

## 红外线

红外光，也称为红外线，是一种非可见光，它的存在象征着热量。虽然人类无法用肉眼看到红外线，但有些动物能看到红外线，这有利于它们在夜间寻找食物和导航。红外光是植物健康生长的重要组成部分。

## 可见光

人眼可以探测到400纳米到760纳米的电磁辐射。这是光的可见光。可见光是植物光合作用和健康生长所必需的。彩虹则分散成可见光的不同颜色。

## 紫外线

紫外线对植物的健康也有重要作用。尽管人类肉眼无法探测到，紫外线每天以uv-a uv-b和uv-c射线的形式，照射地球表面。

## X射线

不做详细介绍

## 伽玛射线

不做详细介绍  
伽玛射线这个词的意思是“能穿透一切物质的射线”

### 植物生长的可见光

只有一小部分光谱或电磁波谱，是可见光。可见光表现为红色、橙色、黄色、绿色、蓝色和紫色。某些光，如蓝色和红光，在植物生长中起着重要的作用。

可见光的波长是以纳米(nm)来测量的。一米有10亿纳米。光谱的可见部分在纳米到760纳米之间。

可见光的频率是以兆赫(THz)为单位测量的。有一兆(1,000,000,000,000)兆赫(THz)是一赫兹(Hz)单位。

### 涵盖的STEM主题

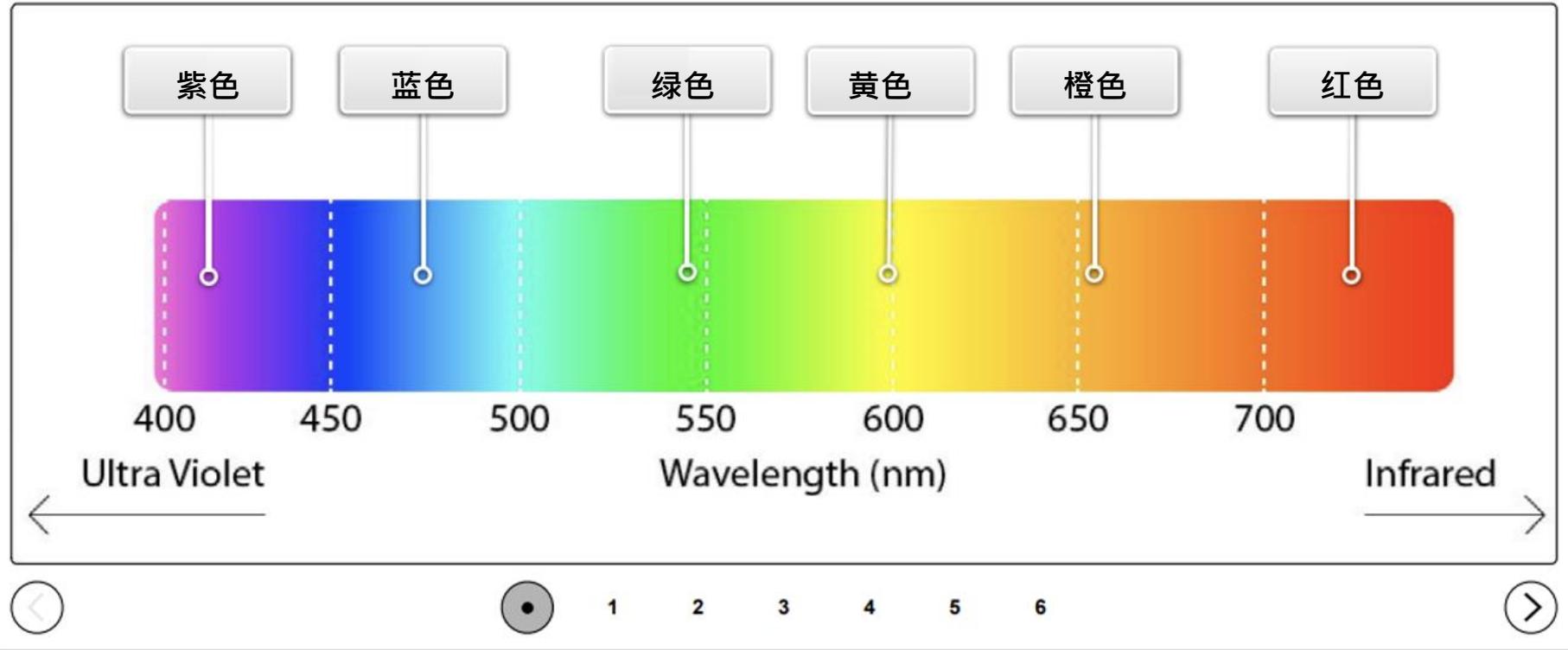
- 蓝光
- 红光
- 远红光
- 植物激素

光谱的可见部分大约在400thz到760thz之间。波长和频率是成反比的。波长越短，频率越高，波长越长，频率越低。通过了解可见光谱，科学家和发明家已经能够开发出今天使用的技术，使植物能够在室内生长。

太阳发出的红、蓝、绿光数量相对相似。电灯或灯泡的发光比例相似，高压钠灯 (HPS) 发出的红光比例稍高，因此在室内种植时很受欢迎。也就是通常所说的发光二极管，它的光强范围从0到100。LED也非常节能。基于这些原因，LED是室内水培技术的高效光源。

## 第二节:植物生长的可见光

### 互动3.2 可见光谱



#### 蓝光

400纳米到500纳米之间的可见光光谱叫做蓝光。

植物吸收

蓝光发育出健康又强壮的茎和叶。这个区域的光谱可以被称为

营养区,因为它更有助于叶片和茎生长的开始阶段,而不是开花,

因为后者发育较晚。植物对蓝光的吸收与植物叶片中叶绿素的产生直接相关。叶绿素是赋予植物绿色的物质。

蓝光是植物在室内生长的照明应用所必需的组成部分。除了产生叶绿素,蓝光还调节植物气孔的开放,气孔是叶片上控制气体交换的微小孔隙。对于光合作用来说,只有低强度的蓝光才是整个过程所必需的。此外,在蓝光下生长的植物叶片往往较短、较小,因为蓝光会抑制植物的生长,充足的蓝光是种植具有短叶和叶片的多种健康、观赏、装饰性植物的关键因素,例如芦荟和仙人掌。

## 第二节:植物生长的可见光

### 红光

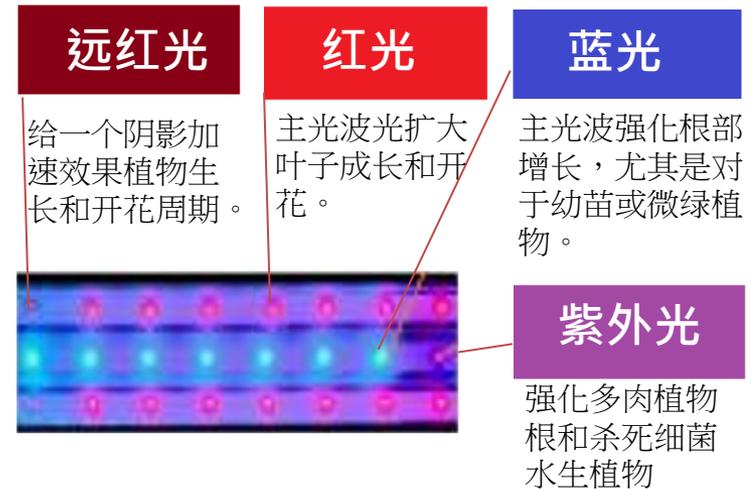
在可见光光谱上，红光在610纳米及760纳米之间。植物需要足够的红光才能正常生长。红光是植物开花结果过程中最重要的组成部分。

### 绿光

植物叶子的绿色表明叶子反射绿光而不是吸收绿光。但是，还有一些生长过程中需要绿灯的植物。绿光有助于气孔控制和向旋光性，当与蓝光、红光和远红光结合时，能为植物提供阳光所具有的完整的光谱活动范围。

### 远红(IR)灯

提供阴影效果以加快植物的生长和开花周期



### 植物激素

随着植物的生长，某些特殊的手段可以告诉植物如何对某些条件做出反应。例如，一种叫做生长素的植物激素告诉植物向远红光方向伸展。如果一株植物的叶子比预期的更长更薄，这可能是由于光线不足导致植物“伸手”够到光源的缘故。

# 光合作用



植物被称为自养生物,这意味着它们有能力合成,或产生自己的食物。这个过程叫做光合作用。

光合作用是一种化学过程。当植物,藻类,和一些细菌暴露在光线下,光线照射到植物的绿叶时,叶绿素使植物吸收能量。植物进行光合作用需要三样东西:二氧化碳、水和光。植物通过光合作用利用吸收来的能量将二氧化碳和水转化为葡萄糖或是其他糖类,并以此为食物。从历史上的了解中我们可以发现,光合作用一直是由阳光引发的,但对化学过程的了解,促进了先进的室内照明技术的发展,使室内生长成为可能。OPCOM Farm 室内照明技术提供了高效光合作用所需的全光谱灯光。

## 涵盖的STEM主题

- 光合作用
- 叶绿素
- 产氧光合作用
- 不产氧光合作用
- 感光细胞

## 叶绿素

植物含有一种叫做叶绿素的特殊分子,叶绿素是赋予植物绿色的色素。它的化学式是

$C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ , 它是光合作用的关键成分,因为它是植物吸收光能的分子。叶绿素分子的位置在一种特殊的细胞器内,称为叶绿体。叶绿体存在于植物的所有绿色部分。虽然光合作用可以在整个植物中进行,但在叶子中最为普遍。有几种形式的叶绿素,其中叶绿素“a”存在植物中,使它们能够进行产氧光合作用。

植物利用二氧化碳进行光合作用

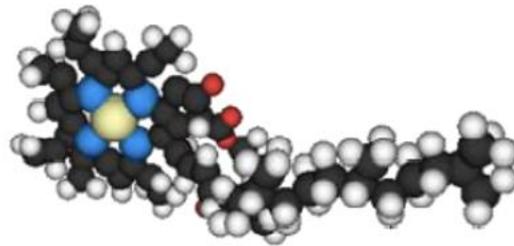
## 第三节: 光合作用

### 产氧光合作用

植物有两种光合作用，氧和非氧。光合作用这个词，通常指的是产氧光合作用。

这是我们周围所有植物中都会发生的现象，它也存在于藻类和某些光合细菌中，这些细菌被称为蓝细菌。它被称为氧合光合作用，因为这个过程的结果是氧气被释放回大气中，这就是它的工作原理。当植物从光中吸收能量时，叶绿素分子吸收能量。

然后植物利用这种能量将二氧化碳(CO<sub>2</sub>)和水(H<sub>2</sub>O)转化为所需的糖分作为食物。在这个过程中，电子被从水中提取出来，植物释放出分子氧回到大气中。这就是植物对环境有益的原因之一。它们从我们呼吸的空气中除去二氧化碳，然后释放氧气回到空气中，使空气变得更干净更健康。



叶绿素分子  
C<sub>55</sub>H<sub>72</sub>O<sub>5</sub>N<sub>4</sub>Mg

### 不产氧光合作用

不产氧光合作用不会在植物中发生。

它只存在于紫色细菌、绿色硫细菌、绿色非硫细菌和太阳杆菌中。这些光合作用的生物不是氧化水，而是氧化无机化合物，如硫代氢(H<sub>2</sub>S)和有机代合物，如苹果酸(C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>5</sub><sup>-2</sup>)，以提取光合作用所需的电子。这个过程不释放氧气，因此是缺氧的，这些细菌需要低水平的氧气才能生存。除了叶绿素“a”，不产氧的光合细菌还依赖于一种类似的成份-----菌绿素，它强烈吸收700nm到1000nm<sup>17</sup>之间的红外光。

## 第四章

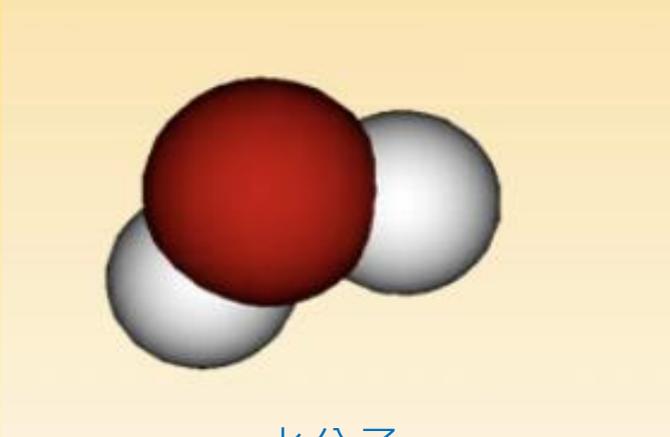
### 水和养分

除了光照，水分和养分是植物生长最重要的两个组成部分。植物可以通过水携带的必要养分，来进行化学反应，帮助它生长和茁壮成长。在这一章中，我们将了解为什么水对植物生长如此重要，我们还将介绍植物需要什么营养，它们从哪里来，以及为什么需要它们



# 第一节

## 水



水分子  
 $H_2O$

液态水是所有生物最基本的元素之一，是植物的重要组成部分。一些成熟的植物含水量较其他植物高，但一般而言，蔬菜的含水量介乎 75% 至 96% 之间。在干旱的沙漠气候中，水通常是有限的自然资源，年平均降水量低于25厘米。世界上有些沙漠每年的降雨量不足3厘米。地球上一些最著名的干旱地区，包括非洲北部的撒哈拉沙漠，那里几乎有一半地区每年的降雨量不足3厘米，还有南加州的死亡谷国家公园，这里每年接待超过100万的游客，每年的降雨量不足3厘米。死亡谷有时候一年多没下过一滴雨。这和水耕有什么关系？

### 涵盖的STEM主题

- 用水量
- 蒸腾作用
- 蒸发
- 蒸发散
- 呼吸作用

一般情况下，一个有效的水培系统可以比传统的耕作方法消耗更少的水，在某些情况下，可以减少90%以上的水消耗。这意味着水培系统可以把新鲜的农产品带到地球上最干旱和最偏远的地方。

进行光合作用

在种植过程中，水培的青菜是

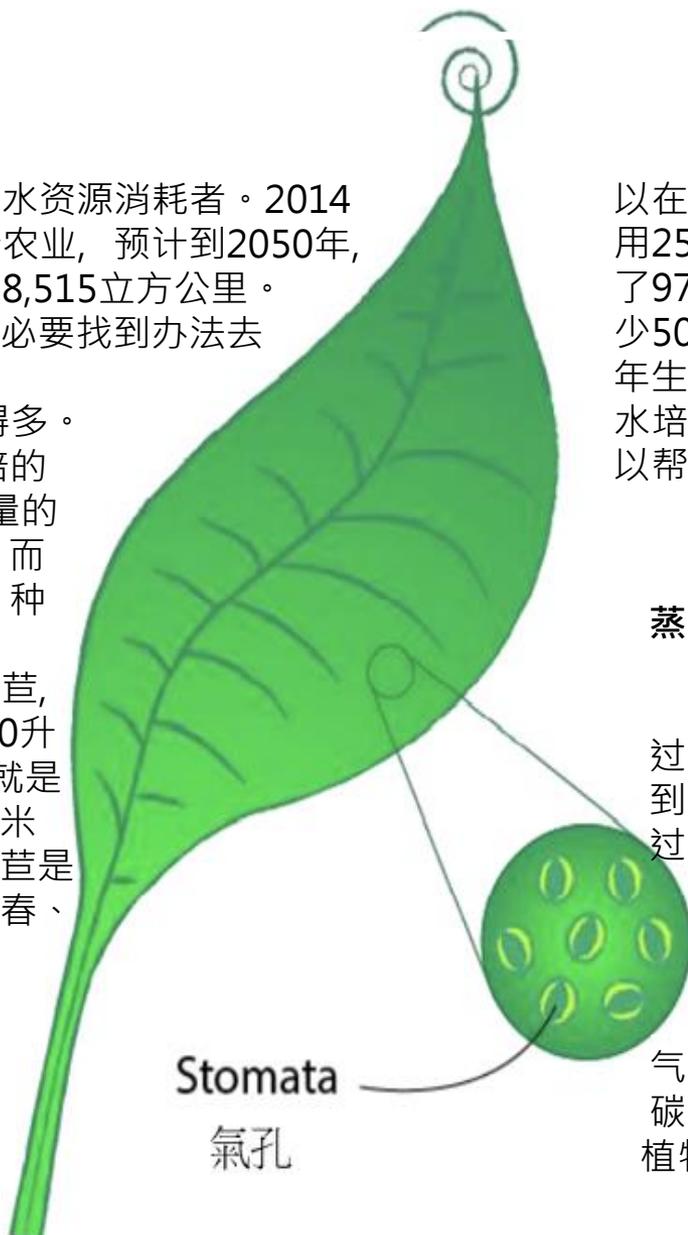
# 第一节: 水

## 用水量

传统农业是地球上最大的淡水资源消耗者。2014年, 全世界59%的淡水提取用于农业, 预计到2050年, 消费量将增加约19%, 达到每年8,515立方公里。在水资源匮乏的地方, 就非常有必要找到办法去抵消这些有限资源的消耗增长。

水耕法比传统农业用水少得多。一般来说, 水耕种植比土壤栽培的植物少用90%-99%的水。用水量的显著减少, 使得不仅在沙漠里, 而且在基础设施匮乏的偏远地区, 种植新鲜蔬菜成为可能。

一颗传统上种植在田里的莴苣, 需要20厘米 x 30厘米的空间和10升的水, 大约60天才能成熟。也就是说, 收获75颗莴苣, 需要8平方米的空间和800升的水。此外, 莴苣是一种凉爽季节性的作物, 只有在春、秋两个凉爽季节生长良好。



在OPCOM Farm的GrowWall里, 可以在大约0.5平方米的地面上, 在30天内用25升的水, 种出75颗莴苣。这几乎减少了97%的用水量, 减少94%的空间, 减少50%的生长时间。此外, 它们可以全年生长, 这意味着每年可以收获十二次。水培技术大大减少了水的使用量, 并且可以帮助资源有限的地方提供蔬菜。

## 蒸腾作用

植物生长所需要的部分水分在蒸腾过程中得到利用, 水分通过植物的根部到达叶片的时候发生蒸腾作用, 然后通过叶片下面的小孔释放到大气中。气孔可以让气体在植物中发生交换, 一旦水分从根部到达叶子, 它就变成水蒸气, 并释放到空气中。本质上, 蒸腾作用是植物叶子中水分的蒸发。气孔还能让植物吸收二氧化碳, 二氧化碳是植物进行光合作用所必需的气体, 植物通过这个过程自己制造食物。

## 第一节: 水

不同的植物以不同的速率蒸发。一些生长在沙漠中的植物,比如仙人掌和其他肉质植物,为了保存水分,蒸发性较差。随着植物的生长,蒸腾速率增加,因此它直接关系到植物的生长。如果植物得到足够的水分,气孔就会保持开放,光合作用就会发生。这也意味着植物通过开放的气孔失去水分。如果植物没有得到足够的水分,气孔就会关闭,导致光合作用减少,蒸腾作用也会因此减少。

### 蒸发

除了蒸腾作用之外,蒸发作用也会使植物在栽培过程中损失水分。对于传统农业来说,当土壤或植物表的水分变成水蒸气时,蒸发就发生了,而蒸腾则是水分从植物内部以水蒸气的形式释放出来。对于室内种植,蒸发速率可以明显低于传统农业。虽然水分会从室内生长的水库蒸发,但是温度,湿度和空气流动可以在室内得到控制,从而保证更少的蒸发和更稳定的生长环境。

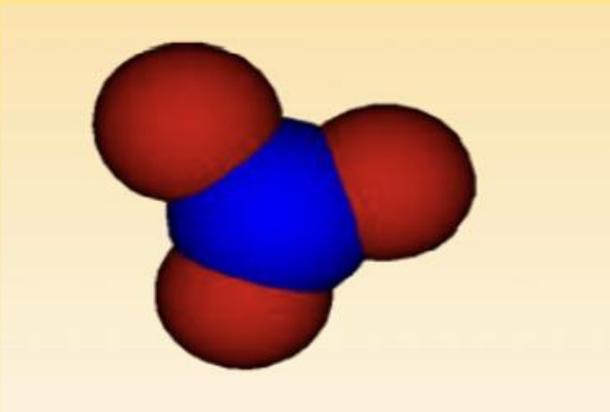
### 蒸发散

由于蒸发和蒸腾作用而失去水分的过程称为蒸发散。当在户外栽培植物时,蒸发散变化很大,并且受到诸如太阳辐射、温度、湿度和风等天气变化的影响。对于生菜等水培植物,蒸发散的生长速度与室内环境的气候条件和植株的年龄有关。

### 呼吸作用

所有的生物都会呼吸。对于植物来说,呼吸作用是光合作用的对立面。在光合作用期间,植物利用二氧化碳生成自己的食物,向空气中释放氧气。在呼吸过程中,植物细胞吸收氧气,氧气和葡萄糖在植物中结合,产生二氧化碳和水,并释放能量。这使植物能够维持细胞的新陈代谢过程,保持健康。

### 大量元素



什么是大量元素？  
硝酸盐分子  
 $\text{NO}_3^-$

植物是有生命的有机体，需要某些元素来维持正常的功能和生长。这些元素，或营养物质，使植物能够进行基本的化学过程，如光合作用，呼吸作用和蒸腾作用。每种植物所需要的营养量都有一个范围，而且这个范围因植物而异。当营养素水平超出这一最佳范围时，植物可能会因缺乏或过量而枯萎、发育不良，或者只是整体上不健康。植物生长需要十四种基本元素，其中6种元素的需求量较大，被称为大量元素。其他八种元素的需求量要小得多，被称为微量元素。根据平均需要浓度，主要营养素是氮(N)、磷(P)、钾(K)、镁(Mg)、硫(S)和钙(Ca)。

### 涵盖的STEM主题

- 什么是大量元素？
- 氮 (N)
- 钾 (K)
- 钙 (Ca)
- 镁 (Mg)
- 磷 (P)
- 硫 (S)
- 大量元素的缺乏和毒性
- 流动和不流动的营养物质
- 确定大量元素失调

### 氮(N)

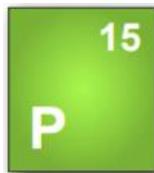
氮在元素周期表上的序数是7。1772年，苏格兰化学家丹尼尔·卢瑟福发现，氮是植物中一种重要的成分。植物比其他任何元素都需要更多的氮。氮是一种非金属，在室温下是一种气体，占地球大气的78%。



## 第二节: 大量元素

植物以硝酸盐( $\text{NO}_3^-$ )或是铵盐( $\text{NH}_4^+$ )的形式吸收氮。氮是植物健康生长所必需的元素之一, 因为它是叶绿素的关键组成部分, 叶绿素是使叶片呈绿色的物质。充足的氮可以使光合作用的效率提高并让叶子呈绿色。氮也是所有氨基酸的重要组成部分, 氨基酸是蛋白质的组成部分。水培培养基会使铵态氮浓度过高, 导致毒性, 因此硝酸盐是水培植物的首选氮源。

### 磷(P)



磷在元素周期表上的原子序数是十五。1669年由德国的商人和炼金术士亨利·布兰德发现, 磷是一种室温下柔软的固体。它是一种活性很高的元素, 在自然界中通常以化合物的形式存在, 例如磷酸钙。磷是一种磷光元素, 也就是说它能在黑暗中发光, 磷有三种形态, 白色、红色和黑色, 白色是最危险的, 黑色是最不危险的。磷是一种非金属元素, 也是植物生命的必需元素。植物可以吸收磷转化为正磷酸盐( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  and  $\text{HPO}_4^{2-}$ )。植物需要磷来调节细胞分裂和新组织发育所需的蛋白质合成。磷还能促进根的生长, 对于花和种子的生长起至关重要, 并帮助植物能够承受更低的温度。

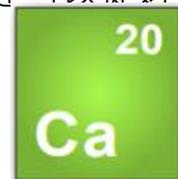
### 钾(K)

钾在元素周期表上的原子序数是19。它是在1807年由康沃尔郡的化学家—汉弗里·戴维发现的, 是地壳中第七丰富的元素。钾,



在室温下是固体, 被归类为碱金属, 用字母K表示, 来自拉丁词汇kalium。它是已知的第二轻的金属, 并且足够柔软, 可以很容易地用刀切割。植物以离子形式吸收钾离子。植物需要钾来完成许多功能。它可以调节气孔的关闭, 进行蒸腾作用, 还可以促进光合作用、抗旱抗病, 茎生长和健康。

### 钙(Ca)



钙在元素周期表上的原子序数是二十。1808年, 就在汉弗里·戴维发现钾之后不久, 发现了钙。作为一种碱土金属, 钙也是地壳中含量第五的元素。植物可以吸收钙转化为硝酸钙( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), 这是可溶的。钙有助于植物吸收其他营养物质, 包括氮、钾和磷。植物也需要钙来促进细胞壁发育和细强度。果胶是一种将植物细胞固定在一起的物质, 钙与果胶结合, 形成果胶酸钙, 使植物细胞壁坚固。

## 第二节: 大量元素

### 镁(Mg)



镁在元素周期表中的原子序数是十二。1755年, 苏格兰物理学家约瑟夫·布莱克发现了它。镁, 地壳中含量第八的元素, 高度易燃, 是最初闪光摄影技术的关键成分。它被归类为碱土金属, 在室温下是固体。植物吸收镁形成它的离子形式 $Mg^{2+}$ 。镁是叶绿素分子的中心分子, 它对植物的光合作用至关重要。它也有助于三磷酸腺苷 (ATP) 的产生, 这种物质在植物体内进行能量交换。当植物代谢足够的镁时, 它们能更好地生长出强壮的根系, 更能抵抗干旱和疾病。

### 硫(S)

硫, 也叫硫磺, 在元素周期表上的原子序数是十六。自古以来, 它就是一种众所周知的物质, 并在8世纪晚期被法国化学家安托万-洛朗·拉瓦锡认为是一种元素。任何形式的硫都会发出明显的刺激性气味, 这种气味广为人知。这种气味可以通过许多常见的生活用品及食物中发现, 如火柴、大蒜和煮熟的鸡蛋。硫在室温下是固体, 呈可辨认的亮黄色, 在自然界中以许多不同的形式存在。它可以在沉积岩、岩浆火山岩中发现, 呈晶体或黄色的粉末状覆盖物。硫属于非金属, 是植物健康的必需成分。植物以硫酸盐( $SO_4^{2-}$ )的形式吸收硫。硫有助于植物蛋白质的形成, 并提高氮和磷等其他营养物质的利用效率。



### OPCOM农田养分

OPCOM Farm可以提供专用的营养包以便利使用, 为植物提供最佳生长所需的营养。

## 第二节: 大量元素

### 大量元素的缺乏和毒性

当植物发育异常时, 可能是营养缺乏或中毒。营养缺乏是指植物生长所需的必需营养不足。当植物含有过多的某种营养物质时, 就会产生毒性, 这也会影响植物的健康。

许多营养缺乏或毒性可能彼此相似。营养缺乏的常见症状包括生长不良、黄化、脉间黄化、紫红色和颈部坏死。

### 流动和不流动的营养物质

当营养供应不足时, 有些营养物质可以从老叶子运输到年轻的植株部分, 以帮助补充营养物质。这些营养素被称为流动的, 因为它们能够在植物内部运输。主要营养成分为氮、钾、镁、磷、氯和钼。由于这些营养物质从老叶子运输到新的植物部位, 可移动营养物质的缺乏首先会在老叶子或较低的叶子上显现出来。

不可移动的营养物质不能在整个植物中传播, 因此首先在幼叶或上部叶片中可见营养不足, 不可移动的营养素有钙(Ca)、硫(S)、铁(Fe)、硼(B)、锰(Mn)、锌(Zn)、铜(Cu)和镍(Ni)。

### 常见的营养缺陷症状

**植物生长受阻:** 营养物质对许多植物功能至关重要, 如光合作用、蛋白质生产和茎生长。缺乏营养物质会导致茎变短、叶变小和虚弱。

**失绿症:** 植物需要营养物质进行光合作用和产生叶绿素, 叶绿素使植物变绿。营养缺乏会干扰光合作用, 导致植物组织变黄。

**脉间失绿症:** 植物和叶子的叶脉是绿色的情况下, 植物开始变黄。

**紫红色着色:** 如果植物的功能受到压迫, 茎叶会因为积累花青素而变成紫色, 这是一种紫色的色素。

**坏死:** 这通常发生在缺乏营养的后期, 是植物组织的褶皱和死亡。

如何通过观察来识别常量营养素失调的更多信息, 请参阅下页的图表。

### 鉴定大量元素紊乱

#### 氮(N)

**缺乏:** 植物可能因缺乏叶绿素而变得虚弱。叶子逐渐失去正常的绿色甚至变黄。

**毒性:** 叶子变得很暗, 根的发育减慢茎会变得又高又弱。过量的氮会抑制开花结果。

#### 磷(P)

**缺乏:** 植物缺磷会导致成熟延迟, 生长迟缓, 老叶可能变成深绿色, 茎变紫。

**毒性:** 磷毒性是罕见的, 因为它通常是由pH值限制来调节的。然而, 过量的磷会导致铜和锌的缺乏。

#### 钾(K)

**缺乏:** 较老的叶子会发生黄化(叶组织变黄), 死亡组织开始在叶尖周围蔓延。茎和分枝变弱。

**毒性:** 过量的钾对植物有间接的影响铁、锌等营养元素的缺乏会干扰镁、锌的吸收。

#### 钙(Ca)

**缺乏:** 缺钙首先影响新生的叶片, 会导致叶小、失绿、出芽受阻、果实不规则和根系不发达。

**毒性:** 钙毒性很少发生, 也不容易观察到。相反, 它通过抑制镁和钾的吸收间接影响植物。

#### 镁(Mg)

**缺乏:** 老叶发生脉间失绿症, 即叶脉之间的叶子变黄, 而叶脉保持绿色。

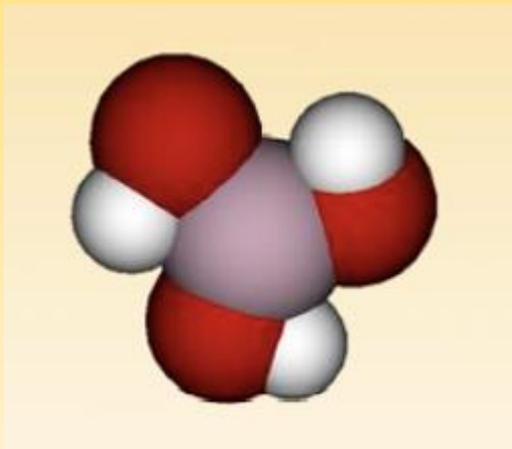
**毒性:** 镁毒性很少发生在植物中, 尽管它可以干扰钙和钾的吸收, 导致这些营养素的缺乏。

#### 硫(S)

**缺乏:** 对于幼叶, 硫缺乏会导致整个叶片变黄, 包括叶脉。它也会导致叶尖变黄和卷曲。

**毒性:** 过量的硫会导致整个植株生长迟缓, 叶片变小。叶子也可能会变黄或在边缘出现焦黄。

### 微量元素



硼酸分子  
 $H_3NO_3$

#### 什么是微量元素？

除了大量元素，植物还需要他少量的八种元素叫做微量元素。这些微量元素并不一定不如大量元素重要，相反，它们只有在浓度和数量低的情况下才需要。在大多数情况下，这些营养素缺乏或中毒的情况并不常见，但是，有的情况下，植物限有可能需要这些营养素的数量才能正常生长和发挥功能。根据所需的平均浓度，微量元素为铁、氯、锰、硼、铜和钼。

#### 涵盖的STEM主题

- 什么是微量元素？
- 氯(Cl)
- 铁(Fe)
- 硼(B)
- 锰(Mn)
- 锌(Zn)
- 铜(Cu)
- 钼(Mo)
- 镍(Ni)
- 微量元素缺乏和毒性
- 确定微量元素失调

#### 氯(Cl)

元素周期表中，氯的原子序数是十七。这种元素于1774年被瑞典化学家卡尔·威尔廉·舍勒发现。由于氯是种常温下的卤素和气体元素，是地球上含量最丰富的元素之一。



## 第三节: 微量元素

氯可以在海水、氯化钠或盐的天然来源中找到。植物以氯离子的形式吸收氯。除了钾, 植物还需要氯来维持气孔的正常功能和控制植物体内的水分平衡。氯还有助于光合作用, 有助于营养物质在植物体内的运输。

### 铁(Fe)

在元素周期表中, 铁的原子序数是26。作为一种过渡金属, 铁自古以来就是一种已知的元素。它是钢铁的关键组成部分, 钢铁是彻底改革建筑材料, 也是人类健康和植物健康的重要因素。植物以 $Fe^{2+}$ 或是 $Fe^{3+}$ 的氧化形式吸收铁。铁有助于叶绿素的合成, 铁缺乏的时候会呈黄色, 叶绿素损失导致植物叶片黄化。



### 硼(B)

硼在元素周期表上的原子序数是5。1808年由化学家汉弗里·戴维、约瑟夫·路易·盖-吕萨克和刘易斯·贾奎斯·瑟纳德共同发现。



硼是一种相对稀有的元素, 在地球上以化合物的形式存在。它被归类为半金属元素, 这意味着它同时具有金属和非金属的特征。植物以硼酸( $H_3BO_3$ ) 的形式吸收硼。植物以多种方式利用硼, 包括形式稳定的细胞壁, 将糖运输到植物的生长部位, 以及授粉。硼对于那些需要强壮细胞壁来保持结构稳定的高植物来说尤其必要。



### 锰(Mn)

锰在元素周期表上的原子序数是25。它是1774年被瑞典代化学家约翰·戈利布·业恩发现的。锰在室温下是固体, 属于过渡金属。当锰添加到钢中时, 它可以提高钢的硬度和抗拉强度, 即其抗拉断裂的能力。锰以 $Mn^{2+}$ 的形式被植物吸收, 它的离子形式。锰是植物健康的重要组成部分有助于叶绿体的形成、光合作用、呼吸作用和氮的吸收, 氮是一种必需的大量营养素。过量的某些营养, 如铜、铁、镍和锌, 可能会降低植物吸收锰的能力, 导致营养不良。

## 第三节: 微量元素

### 锌(Zn)

在元素周期表中, 锌的原子序数是30。虽然自古以来锌就是一种已知的物质, 16世纪瑞士炼金术士帕拉塞尔苏斯, 将其命名锌。

锌被熔化后, 会形成尖锐的晶体, 因此, 帕拉塞尔苏斯把这种物质为“Zinke”, 根据古德语词“Zinke”意思是尖锐的。德国科学家, 马格拉夫在1746年发现了锌, 他分离出了纯金属形态的元素。锌是一种过渡金属, 在室温下是固体, 是植物许多代谢反应的必需成分。锌被植物以 $Zn^{2+}$ 的形式吸收, 这是一种带正电荷的离子, 称为阳离子。虽然植物需要少量的锌, 但锌有助于植物生长和叶片形成, 是许多酶和蛋白质的关键成分。



### 铜(Cu)

在元素周期表上, 铜的原子序数是29。这个元素也已经知道自古以来, 很容易辨认其独特的颜色。植物以 $Cu^{2+}$ 的形式吸收铜。

### 钼(Mo)

钼在元素周期上子序数是42。相似钼酸盐 $MoO_4^{2-}$ 的形式被植物吸收。



### 镍(Ni)

镍在元素周期表上的原子序数是28。植物吸收镍作为镍离子( $Ni^{2+}$ )。



### 微量元素的缺乏和毒性

虽然植物需要的微量元素数量相比大量元素要少得多, 但是植物仍然会因为营养液中微量元素产生的毒性而导致生长异常。正如上一章所讨论的, 营养缺乏和毒性会导致植物生长和功能异常。营养缺乏是指植物没有足够的生长所需的必需营养, 而当植物有过多的某种营养时, 就会产生毒性。这两种情况都会让植物的生长出现各种各样的异常情况。有关如何通过观察识别微量营养素失调的更多信息, 请参阅下页的图表。

### 鉴定微量元素紊乱

#### 氯(Cl)

**缺乏:** 缺氯会导致叶子枯萎,变成青铜色。根尖肿胀发育不良。

**毒性:** 过量的氯会灼伤叶尖,使叶子变成青铜色,导致叶子生长缓并裂开。

#### 锌(Zn)

**缺乏:** 缺锌可导致黄化,叶片变小,叶缘扭曲,叶缘边界沿叶缘。

**毒性:** 过量的锌会使叶子变成深绿色,引起黄化,并减少根和叶的膨胀。

#### 铁(Fe)

**缺乏:** 缺铁导致幼叶叶脉间黄化,阻碍植物生长。

**毒性:** 具有铁毒性的植物可能在叶表面出现褐色斑点或青铜色。

#### 铜(Cu)

**缺乏:** 新叶可能会扭曲,变深绿色,出现坏死点或死亡组织。

**毒性:** 铜毒性可以取代铁,导致缺铁,如黄化和生长迟缓。

#### 硼(B)

**缺乏:** 叶子受到影响。根尖可能会肿胀,内部组织可能会发生真菌病。

**毒性:** 硼中毒导致黄化,然后在叶尖形成死亡组织,然后向内扩散。

#### 钼(Mo)

**缺乏:** 较老的叶子可能发生脉间失绿症,并可能蔓延。新叶可能以扭曲的方式生长。

**毒性:** 钼毒性通常不严重,但可能导致生长迟缓和黄棕色变色。

#### 锰(Mn)

**缺乏:** 缺乏硫的植物可能会导致生长迟缓、脉间失绿和叶片脱落。

**毒性:** 过量的锰会使叶子变成黑褐色,或者在老叶子上形成红点。

#### 镍(Ni)

**缺乏:** 缺镍可导致幼叶失绿,种子发芽不良,产量下降。

**毒性:** 镍的毒性也足以取代铁,导致生长迟缓和叶脉间黄化。

## 第五章

### 种植

使用水耕技术种植植物不同于传统的耕作方法。在水中生长的植物所需要的 pH 值通常与土壤中生长的植物所需要的不同，并且与传统农业获取养分的方式也不同。在这一章中，我们将更多地了解植物背后的科学，以确定如何在水耕系统中成功生长。



## 植物科学



在我们开始讨论在水耕系统中种植什么之前，重要的是要了解所有的植物科学，也称为植物学，以及植物系统在任何环境中是如何协同工作的。例如自然过程，如授粉，室内授粉不同于室外，没有蜜蜂或其他授粉昆虫或风来完成这项工作。同时，了解植物发芽时应该注意什么，有助于种植者判断种植是否出现了不该出现的问题。还有，水果和蔬菜的区别是什么？许多通常被称为蔬菜的植物实际上是水果，但答案其实很简单，只要辨识植物的部分。我们将在本章中找出这些差异，以及如何识别这些特征。

### 涵盖的STEM主题

- 子叶，单子叶和双子叶植物
- 植物种类
- 植物的各个部分
- 授粉
- 什么是蔬菜？
- 什么是水果？

植物利用二氧化碳  
进行光合作用

## 第一节: 植物科学

单子叶植物和双子叶植物也表现出明显不同的结构特征。单子叶植物的叶脉通常是平行的,而双子叶植物更多的是网状的。单子叶植物茎内的维管束通常是复杂的,而双子叶植物的特征是维管束排列成环状。单子叶植物的根通常是纤维状的,而双子叶植物的主根较大。最后,单子叶植物的花系成分通常是3倍的倍数,而双子叶植物则是4倍或5倍的倍数。

### 植物种类

植物有两种基本类型,气管植物和苔藓植物。气管植物是纤管植物,这意味着它们是由传导组织结构的,这些组织通过状细胞系统在植物体内传输水分和营养物质。苔藓植物是非纤管植物,因为它们不具有将水分和营养物质传输到植物高层组织的结构。由于这个原因,苔藓植物生长在离地面很近的地方,包括苔藓、角苔和地钱。大部分植物属于气管植物,由根、茎和叶组成。气管植物可分为被子植物和非开花植物,即裸子植物和蕨类被子植物。



蕨类被子植物产生的果实含有植物的种子以供繁殖,因此被子植物的其他成分包括花、果实和种子。裸子植物是在球果中产生种子并保持关闭直到成熟的维管束植物。蕨类植物没有种子,而是通过蕨类植物叶子下面产生的孢子繁殖。大部分被当作食物食用的植物是被子植物,通常按其可食用部分分类,例如根、茎、叶、果实或种子。松子是可食用裸子植物的一种。许多种类的被子植物可以在水耕系统中培养。

### 植物的各个部分

如前所述,大多数植物是由根,茎,叶,花,果实和种子组成的。植物的根系是植物维管系统的一部分,维管系统为植物的其他部分提供养分。水分和溶解的矿物质被植物的根部吸收,然后通过茎部运输到叶子上。植物的根系除了为植物提供食物,还能帮助植物固定在适当的位置,或者说“扎根”。延伸的须根继续延伸并穿过土壤或生长介质,以建立稳定性并寻求养分。在水培技术中,由于营养物质直接被带到植物体内,根系通常更加稳固。<sup>48</sup>

## 第一节: 植物科学

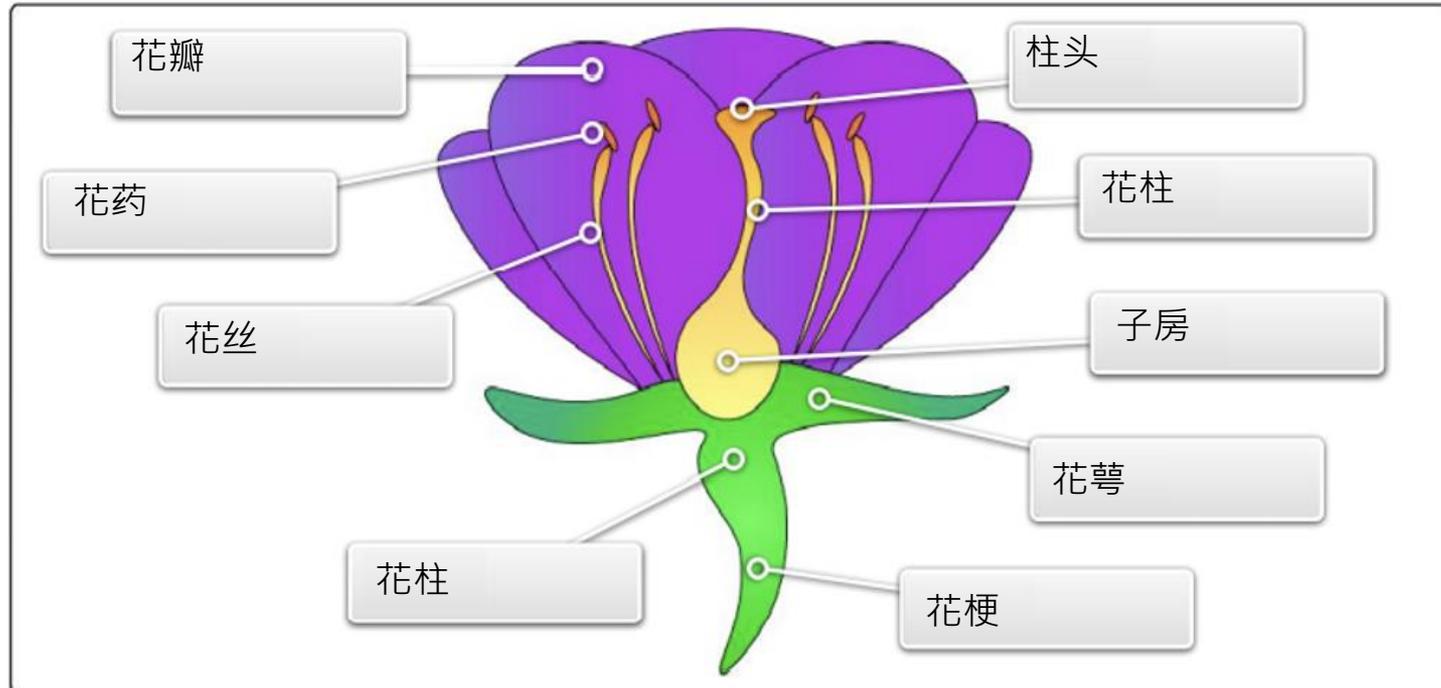
茎也是植物维管系统的一部分,因为它们把营养物质和水从根部输送到植物的叶子。营养物质、水分和葡萄糖通过木质部和韧皮部这两种维管运输组织在植物中运输。木质部和韧皮部通常在一起,形成穿过植物茎的维管束。木质部将营养物质和水分从植物的根部通过茎部运送到叶,而韧皮部将叶片中产生的葡萄糖运送回植物,作为食物。植物的叶子是植物维管系统的最后一部分,也是植物实际生产自己食物的地方。叶子通过叶柄连接到茎上,并由单个叶片构成的单叶,或是由单独的小叶组成的复叶。正如在“光合作用”一节中提到的,植物被称为自养生物,这意味着它们有能力为自己合成或产生食物。整个过程都发生在叶子上。



叶绿素使植物从光中吸收能量。通过光合作用,植物利用空气中的二氧化碳和植物根吸收的水分产生葡萄糖。当光合作用发生时,植物向空气中释放氧气。人们通常认为,植物根部所需的营养物质为植物提供了食物,然而,实际上是叶片通过光合作用产生的葡萄糖为植物提供了生存所需的碳水化合物。当花盛开时,花的内部结构就显露出来了,授粉的过程就可以进行了。一朵花有许多不同的部分,每个部分都有助于植物的繁殖(见图5.1)。雄蕊是花的雄性生殖部分,由纤细的花丝、花药和花粉组成。

花丝是支撑花药的细毛状结构。花药位于花丝顶部,花粉也在花丝顶部的小囊中产生。花粉是一种尘埃状物质,由生殖所需的微小颗粒组成,从囊中释放出来,覆盖花药。

图片5.1花的一部分



雌蕊是花的雌性生殖部分，由柱头、花柱、子房和胚珠组成。柱头是位于雌蕊顶部的黏性结节，花粉在此授精。柱头位于花柱顶部，花柱是长管状结构，通向子房和胚珠。子房里有胚珠，在授粉过程中受精的雌性卵细胞。卵巢一旦受精，就会变成植物的果实。在被子植物中，这种果实含有种子，可以播种以生长更多的植物。

花的其他部分包括花瓣、花萼和花托。花瓣作为屏障保护花朵的生殖器官，它们也以鲜艳的颜色吸引蜜蜂、蜂鸟和蝴蝶等传粉者。花萼很小，外部通常是绿色和叶状的，包围着发育中的芽。花托是花的扩大部分，位于花梗的顶端。

# 第一节: 植物科学

## 授粉

授粉是将花粉粒从花的雄花药传递到雌花柱头的过程。这使胚珠受精，并产生繁殖。授粉可以以多种方式进行，这取决于所授粉的花的类型。花要么是完美的，要么是不完美的。完美的花包含雄性和雌性部分，而不完美的花缺少其中一个。完美的花朵，例如蕃茄植株上的花朵，我们认为它是自花授粉植物，因为它们包含雄性和雌性器官，不需要其他花朵的花粉来授粉。然而，为了使不完美的花受精，不完美的雌花，例如黄瓜植物上的雌花，需要以雄花带来花粉才能授粉。自然界中，花粉通常是由风或动物传播的，例如蜜蜂、蝴蝶、飞蛾和蜂鸟。在没有风或动物的室内环境中种植有不完美花朵的植物时，可以通过人工授粉来传播花粉，如南瓜和瓜类植物。



## 什么是蔬菜?

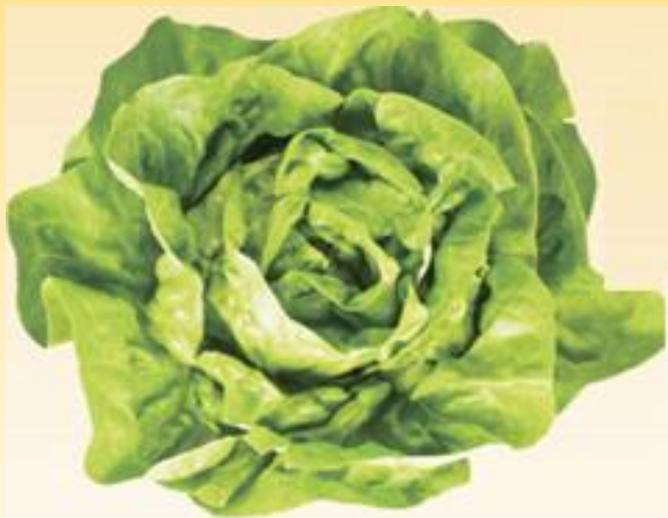
草本植物有很多部分。食物中的每一部分，例如根茎类蔬菜、叶菜类蔬菜和茎类蔬菜，一般都以这个部分来区分命名。草本植物是指地面上只有很少或没有木质茎的任何植物。植物的所有可被消费部分都被称为蔬菜，除了植物的花部分，也就是水果。

## 什么是水果?

关于如何区分什么是水果，什么是蔬菜，人们有很多误解。如上所述，可食用植物的，都被称为蔬菜。区分它们其实很简单。任何由花发育而成的植物都叫做水果。水果总是含有种子。因此，我们每天吃的很多蔬菜都是水果。其中包括西红柿，黄瓜，茄子，甜椒，以及所有包裹子的农作物。

**西红柿是水果!**

### 水耕植物



#### 绿叶蔬菜

莴苣属于菊科植物，通常被称为向日葵科。菊科植物是世界上最大的植物科之一，有超过23,600种，由许多观察植物组成，如菊花和金盏花，还有烹饪植物，如朝鲜蓟，菊苣，还有向日葵。通常情况下，生菜是一种凉爽的季节性作物，生长良好，白天较短，生菜和其他绿叶蔬菜，是在水培环境中生长极好的植物品种之一。

特定的植物需要特定的生长环境，有些植物在水耕系统中生长良好，OPCOM Farm提供了一些在水培系统中生长良好的非转基因种子。OPCOM目前提供三十种不同的种子，并且一直在研究室内成功栽培的新种子。

#### 涵盖的STEM主题

- 菊科
- 十字花科
- 唇形科
- 伞形科
- 葫芦科学
- 茄科
- 蔷薇科

在室内水培系统中，水分含量为96%的莴苣可以快速高效地生长。许多绿叶蔬菜在无土环境中取得成功，包括红绿叶莴苣、黄油生菜和十字花科绿叶蔬菜，如芝麻菜、羽衣甘蓝、卷心菜、西兰花、白菜和西洋菜。十字花科蔬菜通常被称为芥菜科，包含超3000种。芥菜科植物因含硫化合物硫苷的丰富来源而闻名。

莴苣的含水量超过了  
96%

## 第二节: 水耕植物

像罗勒和牛至这样的草本植物可以水培种植。

### 草本植物

除了绿色植物，大量的各种草本植物在水培系统中生长得很好。做得好的草本植物包括那些属于植物家族的，七叶科，通常被称为薄荷家族，如薄荷，罗勒，牛至，柠檬香茅，和薰衣草。兰花科植物有 7000 多种，包括作为食物、香料和药物种植的植物。在传统农业中，这些草本植物在温和的气候，充足的阳光和排水良好的土壤中生长良好。但是，在室内栽培这些植物的能力意味着它们没有了季节性的限制，在一整年的时间里都可以种植。除了薄荷科植物外，香菜和莳萝等草本植物也可以在水培系统中生长。这些植物属于伞形科，也叫胡萝卜科。它有超过 3700 种被子植物，如欧芹、莳萝、香菜和胡萝卜。每一种蔬菜都可以水培，在室内水耕系统种植这些类型的植物，不会遇到传统园艺常遇到的挑战，比如穴居动物、恶劣天气和土壤传播的害虫。



### 水果

在水培技术中生长良好的其他食用植物包括黄瓜、西红柿、青椒和草莓等水果。黄瓜、西红柿和青椒通常被认为是蔬菜，但由于它们含有植物的种子，它们被归类为水果。黄瓜属于葫芦科，也被称为南瓜科，黄瓜以产生主根和大量的分枝根而闻名，这些分枝根可以获取营养和矿物质。南瓜科植物有近 1000 种，包括南瓜、西葫芦和西瓜等其他植物。

## 第二节: 水耕植物

西红柿和辣椒属于茄科，其中包含 2500 种植物。茄科植物大部分是热带植物，但也有大量的品种在温度适宜的环境下生长良好。另一种可以在室内栽培的水果是草莓。草莓是蔷薇科植物的一部分，也被称为蔷薇科植物，包含近 5000 种已知物种。草莓的拥有属性是纤维状的根系，其可食用成分实际上生长在植物花朵的中央。从植物学的角度来说并不是真正的浆果，我们称之为果实的部分，实际上是植物的容器，可以看到它们围绕在草莓周围。通过水培技术，可以在以前从未种植过的地方种植这些植物。



### 装饰植物

水果和蔬菜并不是唯一可以在水培系统中种植的植物。其他植物如观赏植物、花卉，甚至仙人掌也能在室内生长繁茂。可以水培的装饰性植物包括各种各样的常春藤、波士顿蕨、非洲天门冬、卷柏属、秋海棠、桑海棠、桑氏球兰、仙人掌、芦荟和一品红。

### 维护



水耕种植有几个关键方面需要维护。例如水耕系统的日常维护，包括清洗系统和检查水泵是否正常循环。以及确保植物获得足够的养分，并确保其水源处于适宜生长的pH值范围。OPCOM提供了一些简单的工具，包括手持设备、数字pH值测试仪和电导率仪。这些设备可以让我们简单的进行常规测试，可以让我们保持水培环境，让植物和水果的生长到理想状态。

#### 测试电导率

电导率(EC)是检测营养液中盐浓度所必需的常规测试。所有的水培养分都是由溶于水的无机盐构成的。

#### 涵盖的STEM主题

- 电导率
- 酸碱度试验
- 水质
- 害虫治理

测试营养液的 EC 值来确定植物是否得到它所需要的营养。每种植物所需的营养量各不相同，而氨基甲酸乙酯的含量会显示植物是否需要额外的营养素或者是否吸收了过多的营养素。体型较大的果类作物通常比多叶蔬菜(如生菜和香草)需要更多的营养。对于经常使用的农作物，需要更频繁地添加营养素；对于轻度使用的农作物，可能要用水稀释营养液，使氨基甲酸乙酯水平达到最佳范围。一般来说，幼苗需要 0.5-1.0 的EC，多叶植物需要 0.8-2.0 的EC,被子植物需要 0.6-1.3 的EC,结果植物需要0.7-3.5的EC。

OPCOM Farm 提供专有的营养配方, 可以添加到水耕系统的出水槽进行 EC 调控。这些配方会自动调整营养水平, 为植物提供健康所需要的营养。为确保植物有一个健康的生长环境, 应经常进行 EC 检测。对于 OPCOM Farm 水耕系统, 应该每周检查一次 EC 值。如果 EC 值过高, 可以在营养液中加入清水, 稀释可溶性矿物盐, 降低浓度。如果 EC 值太低, 添加额外的 OPCOM Farm 营养素, 以提高营养液中的 EC 值。

### 酸碱度试验

植物健康的一个常规测试就是酸碱度监测。酸碱度测试可以测定溶液是酸性或碱性。pH 值范围从 0-14 不等, 0 表示酸性最强, 14 表示碱性最强。水耕植物的最佳 pH 值范围可能不同于同一植物在土壤中生长的最佳 pH 值范围。一般来说, 大多数水培植物喜欢 pH 值在 5.5-6.5 之间, 以达到最佳生长。在大多数地方, 自来水的 pH 值在左右, 正好接近 pH 值的中间值。当 pH 值过高或过低时, 植物需要

调整到正确 pH 值。以保持合适的酸碱度, 过高和过低的酸碱度都可能影响植物的生长, 甚至死亡。不正确的酸碱值会影响营养的吸收, 导致营养素缺乏或毒性。另一方面, 也可以通过酸碱值测试来检测营养素效率低下的情况。当 pH 值过高时, 可能是铁、锰、磷营养缺乏的结果。另一方面, pH 值过低, 可能是由于低钙 (Ca)、镁 (Mg) 和钾 (K)。OPCOM 公司提供专门的 pH 值胶囊, 可以快速、轻松地调节水的 pH 值。有许多因素可以导致 pH 值的变化。在大多数情况下, 较高的温度和增加的光照可以提高 pH 值, 而较低的温度和减少光照可以降低 pH 值, 不同的植物吸收不同的离子, 这也会影响 pH 值。随着生菜和草莓的生长, 它们会降低循环水的 pH 值, 而卷心菜在生长过程中会增加 pH 值。



## 第三节: 维护

### 水质

在水培环境中种植植物时, 水质很重要。不同的地方有不同的水质, 因此有必要对水进行测试并根据需要进行调整。OPCOM 提供的 pH 胶囊, 可以用于增加或减少水的 pH 值, 以达到最佳的植物健康。随着时间的推移, 植物的水培种植的过程中可能会培养出藻类, 这是一种绿色物质, 当水暴露在阳光下时会迅速产生。此外, 根系可能会因此变黄并开始腐烂, 因此必须对系统进行日常维护, 以保持环境清洁和良好的工作状态。光催化涂层可使藻类在光照下的光合反应减少近90%, 显著降低藻类的光合速率。OPCOM Farm 的新产品系列提供了一种光催化涂层, 可以抑制藻类在机器中生长, 保持水管清洁, 促进植物生长。

### 害虫治理

在室内种植植物可以大大减少与传统农业相关的害虫数量。通过土壤传播的昆虫、啮齿动物和其他能够破坏室外作物的动物, 通过室内种植很容易减少。不过, 还是有一些昆虫, 可以渗透进室内水培系统。有很多方法可以阻止室内的昆虫。如果昆虫在植物上被发现, 植物可以被清除, 以防止整个系统进一步感染。在必要的时候, 有一些针对昆虫的治疗方法, 也可以用来消除这个问题。

在某些情况下, 自然形式的昆虫控制可以用来避免昆虫数量的增长。例如, 在受控环境农业中, 将瓢虫引入水培系统可以帮助抑制蚜虫。OPCOM Farm 为易受昆虫影响的系统提供了防虫网。这种网可以防止昆虫进入系统, 对植物造成损害, 从而创造一个健康的种植环境。

### 溶解氧

溶解氧是任何水耕系统的关键组成部分。OPCOM Farm 水耕技术旨在将足够数量溶解氧注入水耕生长环境。这是通过保持水循环的水泵来完成的。

## 第三节: 维护

### 温度

保持室内水耕系统的空气温度和水温是必要的。大多数植物喜欢环境温度在41°F到86°F之间，但是，不同工厂的最佳空气温度可能有所不同。水温也很重要，最佳范围因植物而异。大多数植物喜欢水温在60°F到80°F之间，理想的温度范围是65°F到70°F。



## 收成

知道何时以及如何收获水培种植的产品是其自身的科学。当收获时，一些水培种植的食物反应与在土壤中种植的不同。在这一章，我们将学习不同的技术，可以帮助收获时间是最成功的



# 第一节

## 水耕植物如何收获



植物总是优先生长在顶端，所以如果你像薄荷一样切断叶端，植物会有更多的分支，使叶子更强壮。

也像生菜一样，总是有嫩叶生长，如果你为了制作色拉切掉较大的叶子，并用嫩叶保留根部，那么年轻的叶子会在你下周制作的色拉中长得很大.....我们称之为重新生长，但这可能不会因为沉重的劳动力成本而受到农民的欢迎。

### 涵盖的STEM主题

- Etc.

植物利用二氧化碳进行光合作用

在拉丁语中，“工作用水”  
莴苣的含水量超过了96%

## 第一节: 水耕植物如何收获

对于花卉和水果植物，可能需要时间和不同的营养及光照才能生长，环境温度花期和果实期，以获得最大的收获。



### 储存



#### 如何储存收获的农产品 保质期

你有没有注意到一些冰箱有一个特殊隔间来存放水果和蔬菜。有时候那个隔间里会有一控制栏，用来调节湿度。这是因为不同种类的蔬菜在适宜的湿度范围内存放时间更长。将草莓、生菜和黄瓜等肉质蔬菜储存在湿度较高的环境中，可以防止水分从水果中流失，从而延长货架期。根茎类蔬菜，如胡萝卜和甜菜，更喜欢干燥的环境，以延长货架期。

#### 涵盖的STEM主题

- Etc.

将会释放乙烯气体的水果和蔬菜与其他蔬菜分开存放。

释放乙烯气体的农产品有西红柿、苹果和梨。乙烯气体会让水果腐烂，所以分开存放以防止其他农产品过早变质。

# 营养和食谱

涵盖的STEM主题

- Etc.



# 第七章

## 环境收益

水培植物以多种方式促进可持续发展。植物可以去除我们呼吸的空气中的毒素和污染物, 这对室内环境尤其重要。室内种植也有助于减少食物里程, 从而减少对化石燃料的依赖, 创造更清洁的空气。在本章中, 我们将了解更多关于先进的水培技术如何帮助环境和说明向偏远地区供应食物。



## 室内空气净化

### 能源效率

能源效率这个词牛们最近经常听到，原因有很多。减少能源需求意味着减少能源消耗，同样意味着减少空气污染和对化石燃料的依赖等等。提高能源效率可以为人们节省电费和煤气费。总的来说，能源效率被认为是一件好事。但是有什么坏处吗？



减少能源需求和提高效率最常用的方法之一就是対建筑物进行超级隔热。这解决了最大的住宅能源消耗问题，即通过减少新鲜空气交换来维持室内温度，来为家庭供暖和降温。



### 涵盖的STEM主题

- 能源效率
- 室内空气污染
- 苯
- 甲醛
- 氨
- 二甲苯
- 三氯乙烯
- 可以净化室内空气的植物

在温和的月份，比晴朗的天气持续了更长的时间，供暖和制冷费用显著上升，人们花更多的时间在室内。这意味着更高的能源使用量和能源需求。

超级绝缘技术在 20 世纪 70 年代能源危机后开始流行。在此期间，由于 1973 年欧佩克的石油禁运，石油价格上涨了 350%，立即使能源效率成为一个高度重要的问题。然而，很快我们就发现，超级绝缘建筑物对居住在这些建筑物中的人们的健康问题有很大的影响。

## 第一节: 室内空气净化

### 室内空气污染

建筑材料、合成纤维和加热燃料等元素释放到我们呼吸的空气中。到了1984年，人们认为超级隔热建筑物导致了室内空气质量的恶化，并导致了“病态建筑物综合症”的发展，这是一种与暴露于室内有害物质有关的疾病状况。1989年8月，美国环境保护局(EPA)对10座公共出入建筑物的室内空气质量进行了研究，包括医院和办公楼。报告指出，在新建的建筑物中发现了900多种有化学物质，有些化学物质的含量是正常水平的10倍。报告还指出，有足够的证据得出结论认为：室内空气污染可能造成严重的急性和慢性健康风险。环保署向国会提交了他们的调查结果。

先进的通风系统使现代建筑更有可能级隔热，的确，这些通风系统对人们生活和工作的重要性是显著的。除了通风之外，植物还能降解有毒的有机化学物质，可以用于室内净化陈旧有毒空气。1989年，美国宇航局进行的研究表明，室内植物可以显著减少室内空气污染的许多常见的毒素排放在典型的室内环境。

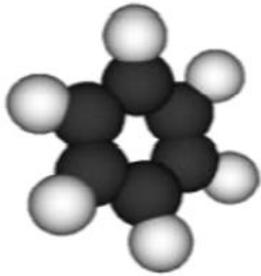
植物能净化我们呼吸的空气。它们从空气中吸收二氧化碳进行光合作用，并在此过程中从叶子下面的小孔中释放氧气。除了去除温室气体二氧化碳之外，植物还能净化空气中的许多其他常见污染物。室内种植的水培植物对于减少建筑物内空气中的有害挥发物起着重要作用，例如学校，办公室，还有我们的家。苯、甲醛、氨、二甲苯及三氯乙烯等物质所释放的挥发性有机化合物，通常存在于室内环境，植物可将这些有机化合物从空气中清除。但这些污染物是什么，又是如何影响我们的呢？

了解化学元素		
C	=	碳
H	=	氢
O	=	氧
N	=	氮
Cl	=	氯

# 第一节: 室内空气净化

## 苯

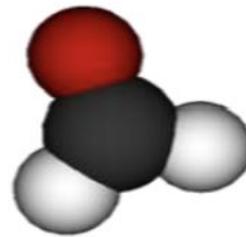
苯是美国使用最广泛的化学物质之一。它是一种有机的, 芳香的, 高度可燃的烃, 在室温下是无色或淡黄色的液体。这种环状的环状化合物的化学式为 $C_6H_6$ , 意味着它有六个碳原子和六个氢原子。它在空气中蒸发得非常快, 由于它的蒸气比空气重, 它会下沉到低温区域。苯是原油、汽油和烟草的天然成分, 广泛用于油墨、树脂、油漆、塑料、橡胶和合成纤维的生产。它是一种有毒物质, 与许多健康风险因素有关, 包括但不限于皮肤和眼睛刺激、胚胎活动、致癌性和白血病。苯会干扰正常的细胞功能, 还会引起皮炎、呼吸道疾病、肾损伤、头痛、神经过敏、贫血和瘫痪。尽管苯在室外和室内都能找到, 但是室内空气中的苯浓度通常高于室外空气中的苯浓度。减少室内环境中的苯污染的一种方法是通过水培培养能够吸收污染物的植物。



苯分子  
 $C_6H_6$

## 甲醛

甲醛是一种天然存在的有机化合物, 广泛用于各种化学制造过程中。这是一种无色, 活性很强的有害气体, 由氢碳酸不完全燃烧形成, 甲醛的化学式为 $CH_2O$ , 也可以写成 $H_2O_2$ 。这种化合物由两个氢原子和一个氧原子结合在一个中心碳原子上构成。甲醛是一种剧毒的系统性病毒, 几乎在所有室内环境中都可以发现, 原料包括刨花板和压制的木制品、纸袋、蜡纸和动力毛巾等消费纸制品、许多常用清洁剂、永久压榨布料和抗皱剂、黏合剂、烟草烟雾、以及天然气等烹饪燃料。甲醛是一种刺激物, 会对眼睛、鼻子和喉咙造成刺激, 可以引起皮炎、刺激上呼吸道、引起头痛和哮喘。此外环境保护机构进行的研究强烈怀疑, 如果长期居住在甲醛的环境下, 会导致一种罕见的咽喉癌。

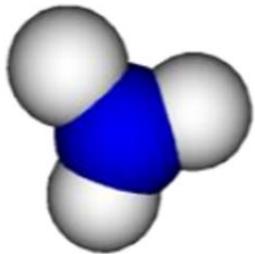


甲醛分子  
 $CH_2O$

# 第一节: 室内空气净化

## 氨

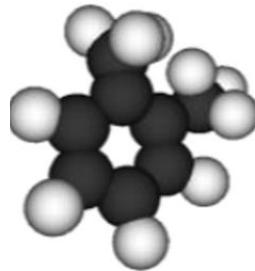
你有没有用过窗户清洁剂, 如果你用过, 就会发现它是一种特殊的刺激性气味。这个气味来自化学物质氨。氨是一种天然存在的无色气体, 由人类活动产生, 因其独特的性质被用于许多产品和工业中。它可溶于水, 蒸发得很快, 所以浴室镜子上没有条纹。它的化学式是 $\text{NH}_3$ , 意味着它有一个氮原子和三个氢原子。氨的排放源包括代肥制造、化石燃料燃烧、牲畜养殖和制冷材料。在家里, 窗户清洁剂、地板蜡和花园肥料中都可以找到氨。目前尚未发现典型的环境浓度的氨会影响人体健康, 尽管较高浓度的氨会对眼睛, 鼻子和喉咙造成刺激。如果大量吸入氨气, 则会产生毒性, 哮喘患者对于呼吸氨气的反应比其他人更为敏感。氨实际上是植物氮的一个很好来源, 是植物正常生长所需的必需营养素, 这就是为什么它被用于化肥中。



氨分子  
 $\text{NH}_3$

## 二甲苯分子

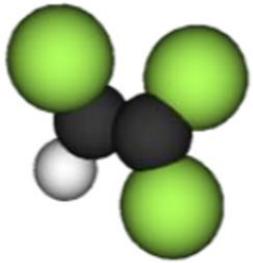
二甲苯分子是一种无色、易燃、芳香的液态烃, 通常用作印刷、橡胶、皮革和涂料工业中的溶剂。二甲苯以三种形式存在: 间二甲苯、邻二甲苯和对二甲苯, 这三种形式被称为异构体。二甲苯的化学式为 $\text{C}_8\text{H}_{10}$ , 也就是说它由8个碳原子和10个氢原子组成。这个化学式也可以写成 $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$ , 从而更清楚地表明它的分子结构。除了用作溶剂外, 二甲苯还用作清洁剂、油漆稀释剂和漆。二甲苯的其他来源包括烟草烟雾和汽车尾气。虽然二甲苯是一种有毒物质, 但正常环境下接触二甲苯并不会对健康造成危害。高浓度的二甲苯会刺激皮肤、眼睛, 鼻子和喉咙, 引起呼吸困难, 肺功能受损, 对视觉刺激反应迟缓, 并影响神经系统。高浓度的二甲苯, 即使在短时间内, 也是有毒的。室内二甲苯含量可能高于室外。



二甲苯分子  
 $\text{C}_8\text{H}_{10}$

## 三氯乙烯

三氯乙烯是一种合成的、剧毒的致癌化学物质，主要用作去除金属件上的油脂。这种有机氯化物，也叫卤化碳，是一种无色、不可燃的液体，有一种甜味。三氯乙烯的化学式是 $C_2HCl_3$ ，这意味着它有两个碳原子，一个氢原子和三个氯原子组成。除了用作溶剂外，三氯乙烯还用于打印机油墨、油漆、漆、黏合剂和除漆剂。这种挥发性物质被美国环保署列为人类致癌物质，影响器官发育和神经系统。暴露于高浓度的三氯乙烯会导致心律不齐、肝脏损伤、肾脏损伤，呼吸高浓度的有毒化学物质会导致面部神经损伤。据纽约州卫生部称，几乎所有暴露于三氯乙烯的物质都来自室内空气。室内植物可以助清除建筑物中的有害化学物质，改善学校、办公室、公共建筑 and 家庭的空气质量。



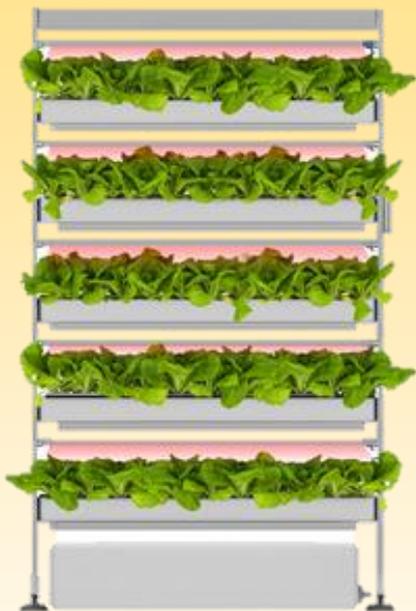
三氯乙烯分子  
 $C_2HCl_3$

## 室内空气更清新的植物

一些植物已经被研究以确定它们能从污染的室内空气中去除一些挥发性有机物。能有效去除这些毒素的植物包括边缘植物(红边竹蕉)、绿蜘蛛植物(吊兰)、和平百合(白鹤芋“莫纳罗亚”)、金花石(金黄色)、竹棕(雪佛里椰子)、杭白菊、非洲菊和波士顿蕨(肾鳞草“波斯塔塔”)。波士顿蕨类植物是最有效的室内植物，可以去除封闭环境中的甲醛。除了这些观赏植物，许多多叶的绿色植物，如葛苣和罗勒，也有助于清除室内空气中的这些毒素。多种观赏植物和绿叶蔬菜可以在室内水培系统中种植。OPCOM水培系统可用于在任何室内环境中创造一个更清洁、更健康的环境。



### 节约资源



据估计，到2050年，地球上的人口将比现在多25亿。他们中的80%将生活在城市，并且%以上的食物将被用来养活每一个人。然而今天，80%的耕地已经投入使用。与此同时，极端气候预计损害农业资源，导致食品价格上涨。此外，已知土壤和水资源的污染会导致食物中毒。由于些原因，以及更多的原因，室内种植技术将是必不可少的，以帮满足我们日益增长的社会的农业需求。



### 涵盖的STEM主题

- 食物里程
- 节水
- 节能
- 能源使用和用电单位kWh
- 如何计算用电量

### 食物里程

在当地种植粮食对环境有很大好处。我们吃的大部分食物，都要从收获和加工的地方运输到很远的地方。这些距离被称为食物里程。一般来说，构成一顿饭的食物要运行的距离，相当于石油、天然气的消耗，所制造的空气污染等等。

## 第二节: 节约资源

节水

节能

能源使用和用电单位kWh

如何计算用电量



## 第二节: 节约资源

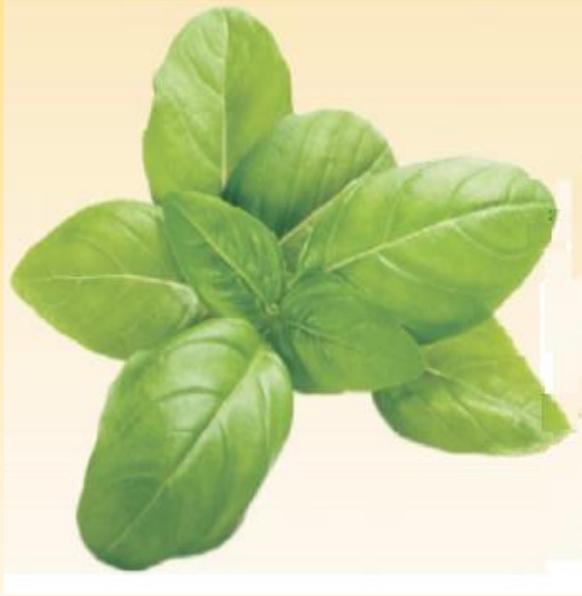


OPCOM Farm可以用水培的方式种植新鲜、健康的植物。使用节能的LED灯和节能水泵降低了普通的水培系统所需的能源消耗。此外, OPCOM Farm 是室内耕作, 这意味着比传统农业需要更少的土地和空间。

OPCOM Farm展望未来, 致力于为顾客提供最好的服务。通过OPCOM Farm 先进的水培技术, 可以满足不断增长的人口对食品的关键需求。



# 分布式水耕



## 空间水培法

而且，太空中的空间更小，这意味着国际空间站没有足够的空间来种植间隔10厘米的幼苗，来开始一个传统的农场。种植水培水果和蔬菜为包括深空旅行在内的革命性可能性打开了大门。2015年2月，宇航员在国际空间站上第一次吃到了水培红叶莴苣。靠近生长中的植物和大大减少水的消耗使得在像太空这样的地方生长比以往任何时候都更有可能。

## 涵盖的STEM主题

- Etc.

