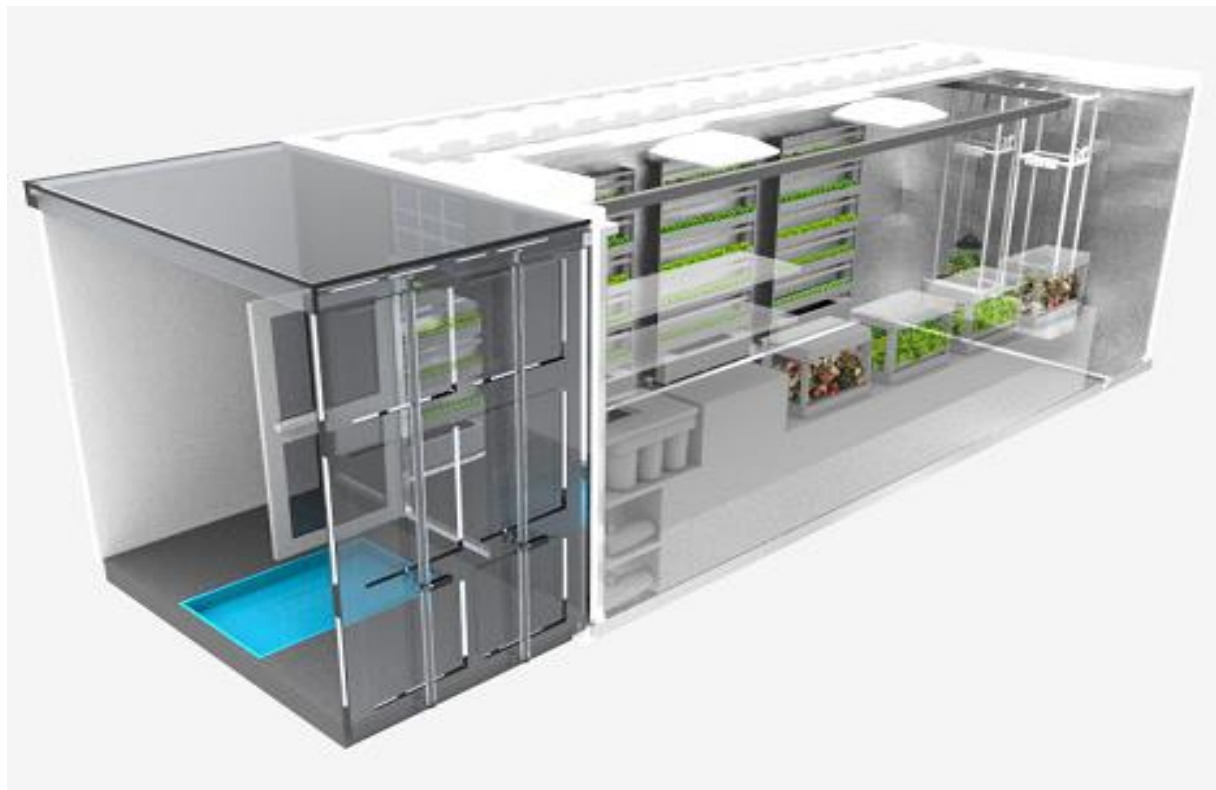


OPCOM[®] Farm

先進的水耕種植技術
+ 美國STEM教材



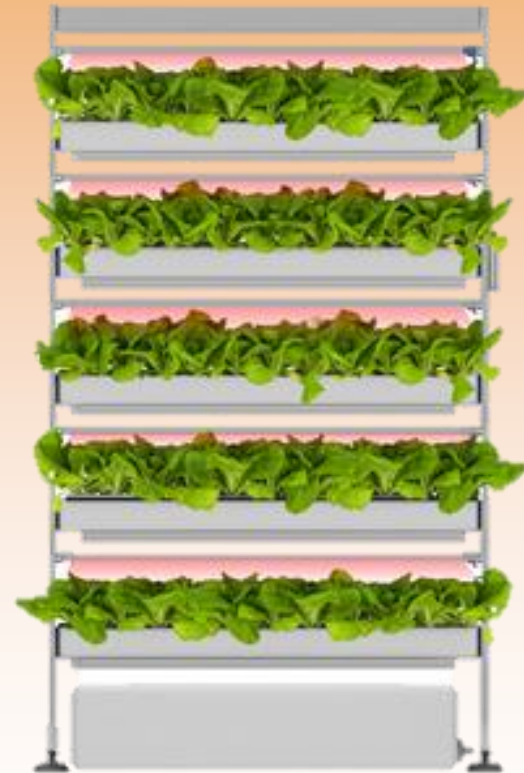
可回收的水資源 & 無污染的水耕植物

Version-TC 2.22

第一章

水耕種植

水耕種植，又稱水培種植，意思是將植物種植在含有營養液的水中。水耕法有著非常悠久的歷史，其中水耕法這個詞出現在 20 世紀 30 年代，當時的美國軍方和航空公司利用水培這項重大研究為偏遠地區的士兵和機組人員提供食物。這一章，我們將介紹水耕法的基礎知識。



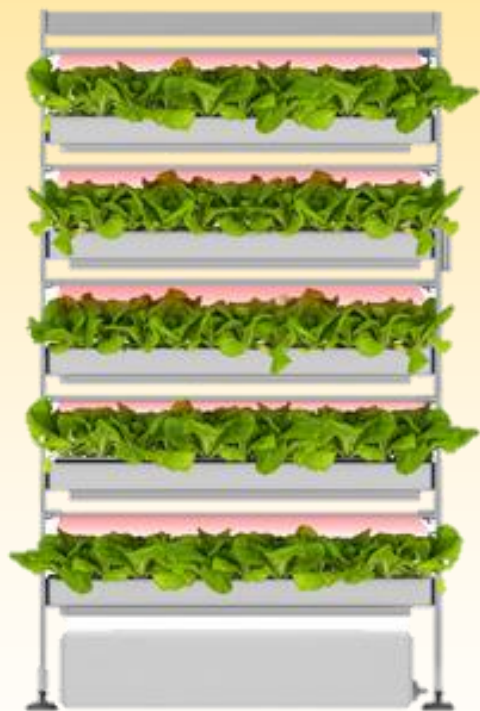
第一節

水耕種植是什麼？

每一種植物的生長過程中都需要三種最基本的物質

：光、水和營養。

在傳統的農業概念裡，植物都是生長的室外的環境裡，由陽光提供光照，灌溉系統提供水分，土壤提供植物生長所需要的的養分。水培是一種不同的農業形式，首先，它是在室內進行，其次是在不需要土壤的情況下，在富含養分的水中進行種植。由於水培是一種室內的種植方式，所以，用照明替代光照是必不可少的一道程序。水培同樣也可以應用於溫室以及任何建築裡，溫室裡可以吸收太陽光，其他則可以用人工照明替代陽光。



涵蓋的STEM主題

- 水耕種植是什麼？
- 水耕種植的歷史
- 控制農業環境
- 水耕種植的基本原理
- 室內水耕的作用

在傳統種植中，土壤能夠為植物提供生長所必須的養分，在水培中，就需要用含有14種植物所需營養成分的水來為植物提供養分。在拉丁語中，水培起源於單詞“hydro”，意思是水，“ponos”意思是工作。字面上翻譯過來就是，水培意思是“工作用水”

在拉丁語中，水培的意思是
“工作用水”

水耕種植的歷史

無土栽培的概念可以追溯到古時候。公元前 600 年左右，被譽為世界七大古代奇觀之一的巴比倫空中花園，就是通過華麗的灌溉系統汲取幼發拉底河的水資源，讓植物生長在周邊的牆面上，造就了一幅如梯田般花園的美麗景象。十七世紀末期，來自英國植物學家、醫生和地質學家——約翰·伍德沃德，發表了一份實驗報告：在包括土壤和無土條件的不同環境中種植綠薄。十八世紀末期，英國科學家約瑟夫·普里斯特利發現，植物通過光合作用將氧氣釋放到空氣中，並在此過程中將二氧化碳和水轉化為葡萄糖，從而獲取生長所需的養分。普里斯特利的實驗表明，植物向空氣中釋放的氧氣，能夠滿足老鼠存活的需求。這項偉大的發現為現代的水耕種植技術指明了方向。在 19 世紀中期，許多科學家研究了植物在水中生長所需的營養。1860 年，烏爾茨堡大學的朱利葉斯·馮·薩克斯教授，發表了第一個無土栽培植物的水溶性養分標準公式。到了 20 世紀初，從事溫室種植的農民們開始研究這項技術，因為相比傳統農業方法，水培種植節約了非常多的水資源，同時也降低了傳統土耕農業無法避免的蟲害風險。

到了 20 世紀 30 年代後期，水培這個詞最終才被用來描述在沒有土壤的條件下，通過營養液種植植物的種植方式。20 世紀 20 年代末至 30 年代初，加利福尼亞大學的威廉·F·格里克博士將他的研究擴展到在水中種植植物，並用“水培”一詞來描述這項技術。隨著技術的發展，人們認為水培是乾旱氣候和偏遠地區最理想的選擇。20 世紀 30 年代，泛美航空公司利用水培技術種植豆類、西紅柿和蔬菜，以滿足航空公司在太平洋威克島加油站的工作人員和機組人員的需要。1945 年，美國空軍利用水培技術，為駐紮在南大西洋和太平洋貧瘠島嶼上的美軍提供新鮮蔬菜。

20 世紀 30 年代，泛美航空
就已經使用了水培法

第一節: 水耕種植是什麼

控制農業環境

在室內種植農產品會改變包括種植週期、收穫、天氣狀況和害蟲防治在內的很多事情。可控的農業環境是指在可控環境下，在室內種植食物的做法，無論是在溫室，建築物，甚至是倉庫。室內種植是利用來自太陽的自然光或人工製造光源為植物提供光合作用所需的質子，簡單來說就是生長。控制環境農業，或稱室內種植，是一個快速發展的產業，有助於為世界各地的人們帶來新鮮、優質的本地農產品。

水耕種植的基本原理

水培技術有很多種，但是，它們都有一些共同點。水培系統通常是用水泵將水進行循環，光為植物提供生長所需的光子，有營養物質為植物提供適當的元素，有一個盛水的盆來提供水分，還有一個育苗的培養基。每一個元素都可以設計成適合種植特定類型植物的方式。

OPCOM Farm提供用途廣泛的多種水培技術。

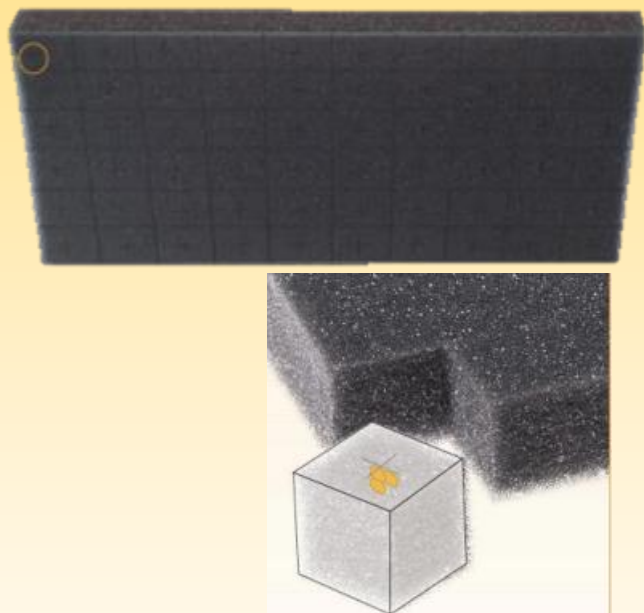
室內水耕作用

研究表明植物能過濾空氣。室內種植的植物可以通過將有毒物質代謝成為無害副產品的方式來幫助我們去除有毒物質和吸收污染物。除了淨化空氣，植物還為室內空間增添了一種自然的美感元素。充滿活力的綠色植物不僅僅可以美化室內環境，它還已經被證明了可以提高警覺性和緩解眼睛疲勞。此外，水培植物為資源有限的地方帶來新鮮的本地產品。



第二節

水耕種植的載體



在傳統農業中，種子是播種在土壤中的。當種子發芽並開始發芽時，土壤始終將種子保持在適當的位置。隨著幼苗的生長，植物的根系也隨之發育，它伸展在土壤中，將植物固定位。由於水培系統不依賴土壤來穩固地固定植物，大多數都會使用某種形式的生長介質來完成這項任務。這種生長介質，也稱為生長基，代替了土壤，有助於將生長的植物固定在適當的位置。

涵蓋的STEM主題

- 水耕種植的載體
- 有機植物的載體
 - * 椰子纖維，稻殼，泥煤，泥炭蘚，鋸木屑，樹皮
- 無機的生長介質
 - * 礫石、陶土、岩棉、蛭石、珍珠岩、塑料纖維、海綿泡沫

生長介質可以使營養液覆蓋住植物的根系，從而使其可以健康的生長。生長介質有多種材料和大小，但它們的功能基本相同：在種子開始生長時將其固定在適當的位置，並為植物根部提供營養液的緩衝區。好的生長介質有足夠的孔徑，不會影響營養液的攝入。

第二節:水耕種植的載體

有機植物的載體

許多可用的有機生長介質是由有機材料組成的，如椰子纖維和泥煤

椰子纖維是一種非常常見的水培基質材料，它可以為新種植的種子提供良好的空氣流通、排水和營養飽和度。椰子纖維基質也被稱為椰子殼，或椰子泥炭，是一種由外層外殼和實際椰子之間的纖維材料製成的可生物降解介質，雖然它是有機的，但分解很慢。另一種分解緩慢的纖維基質是稻殼，它們在水培系統使用前通常會經過加工或老化。

泥炭蘚，又稱泥煤，是一種有機基質，有一點很重要要記住的是，它是屬於微酸性的物質。泥炭蘚來自於生長在沼澤中的活泥炭蘚下面的死亡植物物質。活的泥炭蘚同樣也可以用作生長介質。

鋸木屑和樹皮是另外一種有機生長介質，但是在2014年的《植物營養雜誌》中研究表明，使用鋸木屑同時也會導致葉片長度縮短、光合速率降低，且水蒸氣或二氧化碳通過植物的小孔，也就是俗稱的氣孔的傳導性降低。樹皮雖然是一種非常適合種植的介質，但通常比較適合已經較為成熟的植物。



無機的生長介質

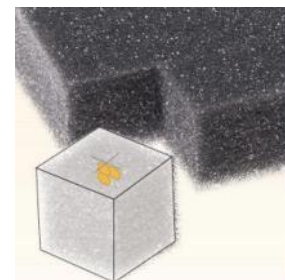
除了有機生長介質外，還有多種無機基質也可用於水培。例如礫石、陶土、岩棉、蛭石、珍珠岩、塑料纖維和泡沫海綿等。輕質陶土是許多水培系統中常用的基質。它是由粘土加熱到超過1000攝氏度，使其具有獨特特性的條件下產生。輕質陶土重量輕、孔多、不易燃燒，排水能力強。這種惰性、可重複使用的基質可以自由排水，更適合幼苗和成熟植物。岩棉，也稱為石棉或礦物棉，是由融化的岩石製成的一種生長基質。天然材料，如玄武岩，被加熱到超過1500攝氏度之後會變成一種類似於玻璃纖維的物質然後進入到旋轉室並拉伸成纖維，最後將纖維壓縮並切割成薄片或立方體。岩棉是一種廣泛應用的基質，具有較高的含水量，能為植物的根系提供良好的通氣性。蛭石是另一種常用於水培系統的生長介質。它是一種天然礦物，分佈於世界各地，包括美國、巴西和澳大利亞。蛭石是一種由鎂、鐵、鋁、矽酸鹽在水中形成的一種化合物，加熱時會脫落，形成細長、輕質、不可燃且吸水性高的顆粒



第二節:水耕種植的載體

珍珠岩是另一種無機基質，是一種天然存在的無定形耐火氧化鋁矽酸鹽岩石，加熱時會膨脹。當開採它的時候，原始岩石的顏色會從透明的灰色變成閃亮的黑色，但是當它在加熱過程中膨脹時，它會爆裂並變成白色。珍珠岩在加熱時會爆裂是因為它的含水量高，就像爆米花。

泡沫海綿是一種通過化學方法製成的水培生長介質。用來製造泡沫的基本化合物是放熱的，這意味著它們會產生熱量。由此產生的泡沫將氣體凝聚在固體中，形成一種輕質、多孔、吸水性強的材料，適合在水培系統中使用。這種基質在營養液中不起反應，對植物從種子到成熟的整個生長周期都有好處。OPCOM Farm水培系統使用泡沫基質進行植物生長。這些泡沫生長介質是非常適合作為種植基質的，因為它不僅可以用作育苗，也可以用作種植。OPCOM Farm將這種方形和圓形生長介質，應用到水培系統中，並稱之為生長海綿。



第三節

植物生長條件



植物生長需要一些基本的物質。光照、水和養分是植物栽培的主要組成部分，但也有一些其他因素會影響植物的生長，尤其是在室內種植植物時。這些因素包括氣溫、濕度和空氣循環。每一個組成部分都是非常重要的，因為任何一個元素的重大變化都會直接影響植物的生長情況，所以我們應當了解

光照

光是植物生長最基本的元素之一。光是植物進行光合作用所必需的條件。許多方面都表明了植物在光照的條件下會做出各種反應。包括光照的強度、吸收的光譜和照射時間。

涵蓋的STEM主題

- 光照
- 水
- 營養
- 氣溫
- 濕度
- 空氣循環

光照強度

光照強度會影響植物的養分合成、莖的長度、葉子的顏色和開花等因素。例如，在光照強度較弱的情況下，植物就有較大可能性長出比較薄的淺綠色葉子，而在光照強度更高的條件下，植物則更有可能長出更短、更大、深綠色的葉子。光照強度可以用 μmol 表示，也稱為微摩爾(micromoles)，這是化學中用來表示原子和分子等非常小實體數量的計量單位。1摩爾(mole)相當於1000000微摩爾(μmol)。一般來說，植物需要的光強度的計量單位光子通量密度(PPFD)為 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$ 。OPCOM生產的LED燈可以發出與自然光強度相似的燈光。

第三節:植物生長的條件

光譜

光譜也會影響植物生長的某些特性。可見光的光譜，將在第三章中進一步討論，包括彩虹的顏色，其中藍色和紅色對植物生長的許多方面都很重要。一般來說，紅光對植物的葉子和花的生長更有幫助，而藍光則對植物的莖更有益處，紅外光有利於促進植物結果，紫外線則有利於多肉植物的生長。

OPCOM利用過去20年在專業照明領域的研究知識，將先進的水培技術及其他先進的專利計入融入到了OPCOM Farm的應用中。

OPCOM開發出的LED植物生長燈可以將可見光光譜和非可見光，包括紅外線和紫外線，用於促進植物的最佳生長。此外，OPCOM的植物生長燈可以根據不同植物的需要進行調整，將紅光和藍光的比例調整到最適合生長的狀態下。

光照時間

植物所需要的光照時間，根據其光週期反應來分類，也就是植物如何對24小時內接收到的光量做出反應。對於傳統農業來說，光照時間取決於日照時間，日照時間又會根據季節變化。這是某些植物只能在特定季節生長的原因之一，因為它們對光照的時間有特定的需求。因此對於室內種植技術來說，了解特定植物對光照的需求就顯得格外重要。



第三節:植物生長的條件

植物通常分為三種不同的採光類別，長日照、中日照及短日照植物。

長日照植物每天需要約14-17小時的光照，包括萵苣和羅勒等植物。這些植物在白天長度超過臨界白天長度的時候開始發芽。臨界日照長度是每種植物特有的，因此確切的小時數將與每種植物的臨界日照長度相關。如果一株長時間生長的植物沒有得到足夠的光照，就可能導致它延長植物或根莖的生長，而且開花的可能性會大大降低。

中長日照植物在一定範圍的光週期的條件下往往不會限制其開花，一般來說，當植物達到一定的大小或發育階段時，白天生長的植物就會開花。這些所說的植物包括黃瓜和番茄。OPCOM Farm的產品可以將植物每天的光照週期設定在8小時、12小時或16小時等，足以滿足各個植物的特定需求。

短日照植物每天需要約8-12小時的光照。這些植物在白天長度短於特定植物的臨界白天長度時開始發芽。與長日照植物相反，如果短日照植物接受太多光照，它會產生過多的營養素從而導致開花量的減少

水

水是植物生長的必需元素。植物的根系可以將水中的營養物質吸收，通過光合作用，將吸收完的水分通過氧氣的形式釋放到空氣中。在水培技術中心，將由水泵為主的水循環系統來為植物提供水分。不同的植物在不同的生產週期都需要消耗不同的水量。OPCOM Farm可以根據植物對水量的需求提供不同模式的水循環系統或不同規格的設備。流水中含有溶解氧，這對植物的健康很重要。植物利用水中的溶解氧進行呼吸作用，並將在光合作用產生的氧氣與葡萄糖發生化學反應，促進細胞代謝功能。在水培系統中，用水泵循環水可以使水中的營養成分均勻分佈，同時增加溶解氧的含量。OPCOM Farm可以根據不同植物的需要，通過技術手段達成各種不同的循環模式。



營養

植物生長所需的元素有14種，這些元素是植物正常發育、細胞工作和化學反應所需的營養物質。植物生長所需的主要元素，也稱為大量元素，分別是氮、鉀、鈣、鎂、磷和硫。植物健康所需的其他元素，又稱微量元素，是氯、鐵、硼、錳、鋅、銅、鉬、鎳。不同的元素有不同的功能。例如，較高濃度的氮有利於葉片的生長，而高濃度的磷和鉀則有利於開花。同時，不同的植物需要不同的營養成分。OPCOM根據不同種植物所需要的不同的營養元素配置出了有利於各種植物生長的營養配方。

氣溫

植物在相對有限的溫度範圍內才能良好的生長。這個範圍因植物而異，但一般來說，大多數植物在41至86華氏度的範圍內可以良好的生長。當溫度過高或過低時，就會出現發育異常的情況而導致產量降低。OPCOM提供了一個特殊的保溫罩，可以讓植物在低於最佳溫度的情況下保持合適的溫度。

濕度

濕度，也就是大氣中水蒸氣的含量，也會影響植物的生長。濕度分為絕對濕度和相對濕度。絕對濕度是空氣中水蒸氣的實際含量。相對濕度是基於溫度和壓力的空氣所能容納的水量。當相對濕度水平達到100%時，往往會形成霧，這種情況在靠近海洋的地方很常見。一般來說，植物周圍的空氣需要40%-60%的濕度才能達到最佳的生長條件，不過，這可能會因為特定的植物而改變。當空氣濕度過高時，會造成植物的病害，尤其是真菌和黴菌會在高濕度環境下迅速生長。當濕度過低時，會影響某些植物結果，葉片會因水分缺失而枯萎。建築物內部的濕度通常比外部要低，因為集中供暖和空調系統會把空氣中的水分帶走。室內的濕度通常在20%-30%之間。在濕度降低的時候，定期用乾淨的水噴灑植物的葉子，可以保持植物的水分，使植物重新生長。

第三節:植物生長的條件

空氣循環

除了溫度和濕度水平，植物的生長還受益於風，或著說空氣流通。植物從幼苗到結果的的過程中，風都可以從多個方面為其提供幫助。在傳統農業中，微風可以幫助新植物長出結實健康的莖。隨著植物的生長，風增加了大氣的紊亂，增加了二氧化碳的流通，有助於更快的進行光合作用。在戶外，風力過大反而會損害植物。不過，這對於室內植物來說就不是問題了。對於室內種植系統，在一個空間內，週期性的空氣流動可以為植物提供一個健康的環境從而刺激植物生長。風扇就足以完成這一項任務。



第二章

OPCOM的水耕技術

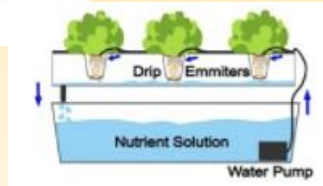
本章我們將介紹多種應用於水耕種植的水耕技術。每種技術都不相同，但它們都遵循在營養豐富的溶液中無土栽培植物的基本原理。

OPCOM Farm用不同的技術手段提供了一系列的水耕解決方案。在接下來的這一章裡，我們將學習到更多關於這些水耕技術的知識。



第一節

深水耕技術(DFT)



深水耕技術 (DFT)

水耕種植有很多種不同的技術方法，但他們都遵循同一個概念，就是沒有土壤的情況下，通過營養豐富的溶液種植植物。其中有一種水耕技術叫做深水耕，英文表示為Deep Flow Technique，簡寫為DFT。深水耕的工作原理是用持續不斷的循環種植槽中的營養液，使其可以覆蓋植物的根系。深水耕是深水培養的一種變形方式，可以讓植物直接在營養液中生長。雖然種植槽其實比較淺，但它依然是深水種植的一種方式，是因為相比其他的技術，深水耕通常利用較大的容器來儲存營養液來為植物提供養分。

涵蓋的STEM主題

- 深水耕技術 (DFT)
- 深水耕的優勢
- 深水耕的技術原理
- 自動化和控制系統
- GrowBox室內農場

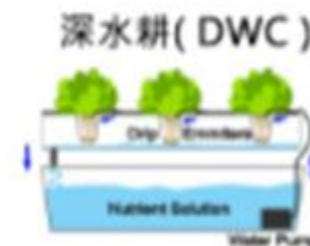
深水耕的優勢

相比其他水耕技術，深水耕有一些優勢。在深水耕中，營養物濃度和水溫更穩定，變化緩慢。這些特點為那些對突變反應不佳的植物提供了理想的生長環境。此外，深水耕已經被證實可以為植物提供足夠的氧氣，為根系的健康生長打造一個最佳的環境。生長周期短的、淺根系的、結果的植物在深水耕技術裡可以很好的生長。由於植物根系一直覆蓋在營養液中，因此停電或水泵故障造成植物損失的風險較小。

第一節:深水耕技術

OPCOM 深水耕技術

OPCOM Farm的GrowBox系列採用了深水耕技術。深水耕系統通過一個水泵在一天中每隔一段時間循環一次營養液來為植物根部提供養分。這些植物位於一個定植盤上，定植盤的位置稍微高於營養液，可以讓植物的根部向下生長進入營養液中。隨著水的循環，營養物質到達植物的根部。在這個系統中，根直接接觸營養物質。自動循環系統可以使營養物質均勻分佈於營養液中，增加了植物可利用的溶解氧量。



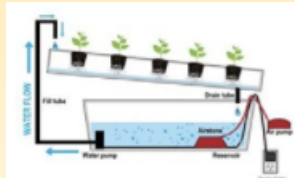
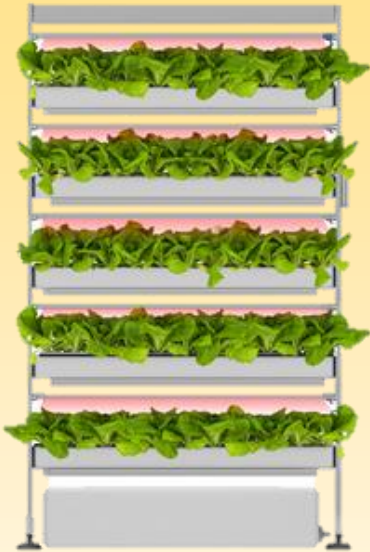
第一節:深水耕技術

OPCOM Farm 的 GrowBox 室內農場

OPCOM Farm的GrowBox系列是一種可以全年使用的一體化水耕種植設備。它提供了一個一次性可以種植50株植物的定植盤，以及淺水位的營養液循環水槽。GrowBox室內農場可以放置在桌面上，這是一個可以輕鬆的進行種植、收穫和觀賞的最佳高度。它有一個可調節的開放框架，可以容納各種各樣的植物品種，包括較高的植物和攀藤植物，如西紅柿和黃瓜。OPCOM的植物生長燈可以根據特定的種植植物調節高度和角度。容積約15升的水槽不僅出水量充足，而且相比傳統的室外農業，用水量減少了90%。GrowBox還有一個自動化的控制系統來管理照明和水循環，操作非常便捷。



養液薄膜型技術(NFT)



養液薄膜型技術(NFT)

另一種類型的水耕種植技術是營養液膜技術(NFT)。這種系統通常應用於植物工廠中，種植於一排排稍微傾斜有角度的種植平台裡。每一行的種植平台通過管道連接，營養液從系統的水庫中用水泵直接將水打入淺水生長區的植物根部。水泵將系統水庫中的營養液送到最高層的淺水生長區裡，然後通過傾斜的管道排出，讓植物的根系在循環的系統中充氣，因此，營養液可以周期性在淺水生長區內循環流動，為根部提供養分。

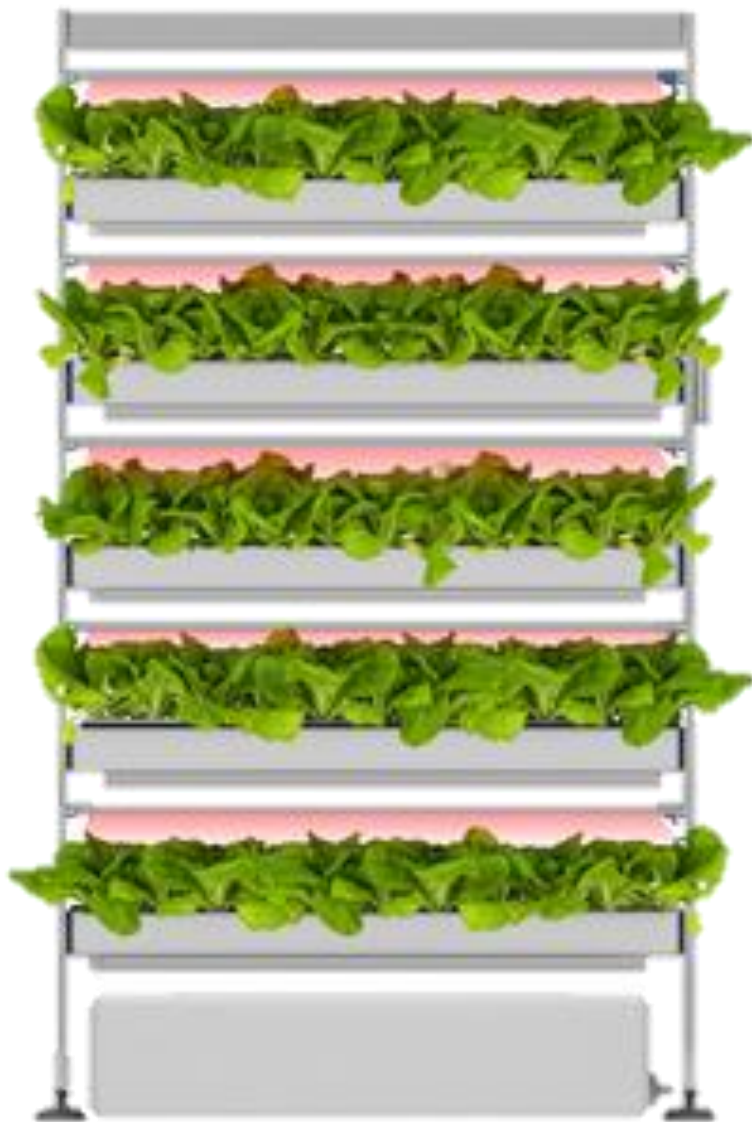
涵蓋的STEM主題

- 營養液膜技術 (NFT)
- 營養液膜技術的優勢
- OPCOM Farm的營養液膜技術
- GrowWall室內農場

營養液膜技術的優勢

在營養液膜技術中，植物通常被種在小的塑料籃子裡，這樣就可以把植物安全地懸掛在生長室內。這種設計可以讓最上面的根部在水循環系統中一直暴露在空氣中，為植物提供充足的氧氣，使其達到最佳的健康狀態。此外，營養液膜系統的運作方式與自然生長的方式類似，水循環大約半天的時間，為各種植物創造了一個健康的生長環境。與其他水培技術相比，營養液膜技術的優勢在於植物根部同時獲得充足的水分、氧氣和養分。

第二節:營養液膜技術(NFT)



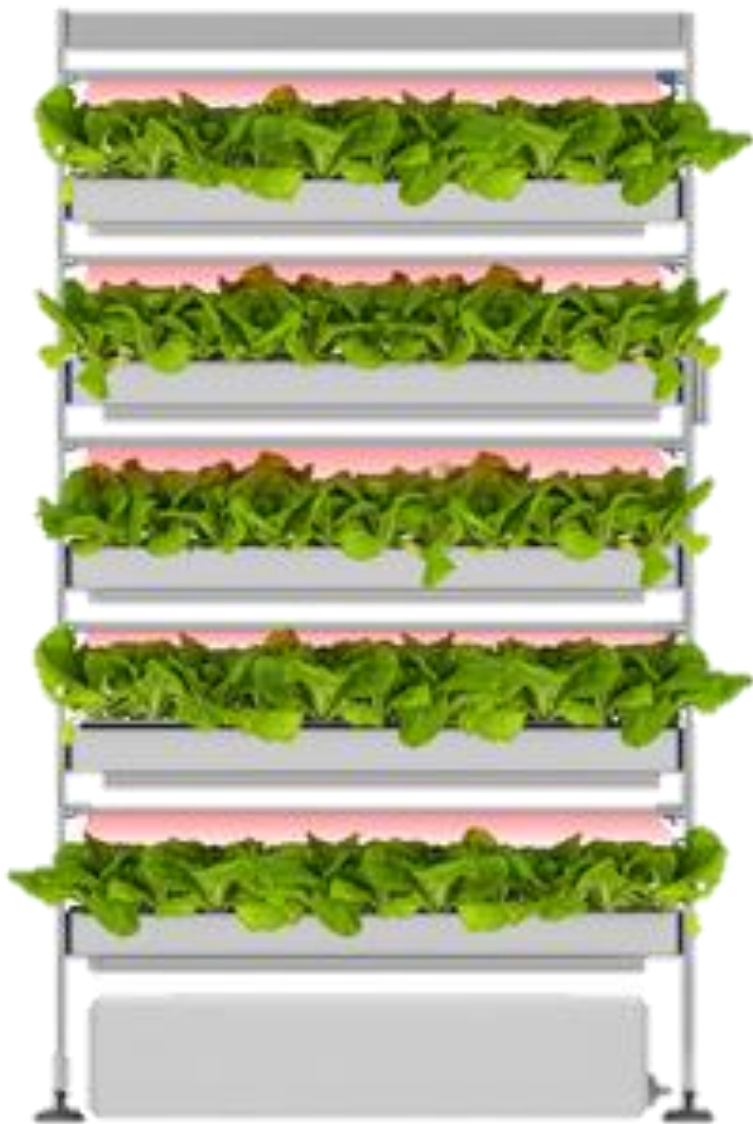
OPCOM Farm的營養液膜技術

OPCOM Farm的GrowWall室內農場系列用的是營養液膜技術。這個生長牆是一個垂直設計的營養液膜系統,底部有一個蓄水池,以及五層的生長管道。因為GrowWall使用的是垂直設計,所以其整個構造比較狹窄,並不會佔用太多的空間。對於GrowWall來說,以每10分鐘一個周期的模式通過水泵將營養液從水槽輸送到五個管子裏。

營養液膜系統依靠一個可操控的抽水系統將營養液輸送到植物的根部。由於這個原因,如果抽水系統受到停電或斷電的影響,若此時不進行修復,工廠就會因為無法作業迅速受到影響,造成損失。OPCOM Link的自動連接系統就具有優勢,如果系統由於電源中斷而關閉,系統可以通過OPCOM Link的App遠程打開。

LED植物生長燈可以安裝在距離生長管5到30厘米的位置,可以根據植物的各個生長階段進行調節,並提供最佳的亮度水平。

第二節:營養液膜技術(NFT)



圖片 2.2:營養液膜技術(NFT)



OPCOM Farm GrowWall室內農場種植的紅色及綠色萵苣牆



OPCOM Farm的 GrowWall室內農場

OPCOM Farm GrowWall室內農場是為高產量生產而設計的一體化水耕種植系統。以節省空間的垂直設計為特色，GrowWall可種植多種蔬菜和草藥，創造出令人驚嘆的視覺效果。它是一個高容量的系統，有75個種植孔，角度和高度可調的LED植物生長燈，一鍵式的自動模式可以讓用戶使用起來更加便捷。

魚菜共生體系



魚菜共生體系

在室內種植植物的另一種方法，就是共生體系。共生體系實際上是水產養殖和水耕種植的結合。水產養殖有時也被稱為魚類養殖，水產養殖是在水環境中培育植物、魚類和其他海洋生物。正如我們所了解的，水耕種植是在無土環境中使用營養液培養植物。綜上所述，養殖學是指培養魚類，為在無土環境中生長的植物提供養份。共生體系的好處是魚和植物都可以在共生環境中養殖。



涵蓋的STEM主題

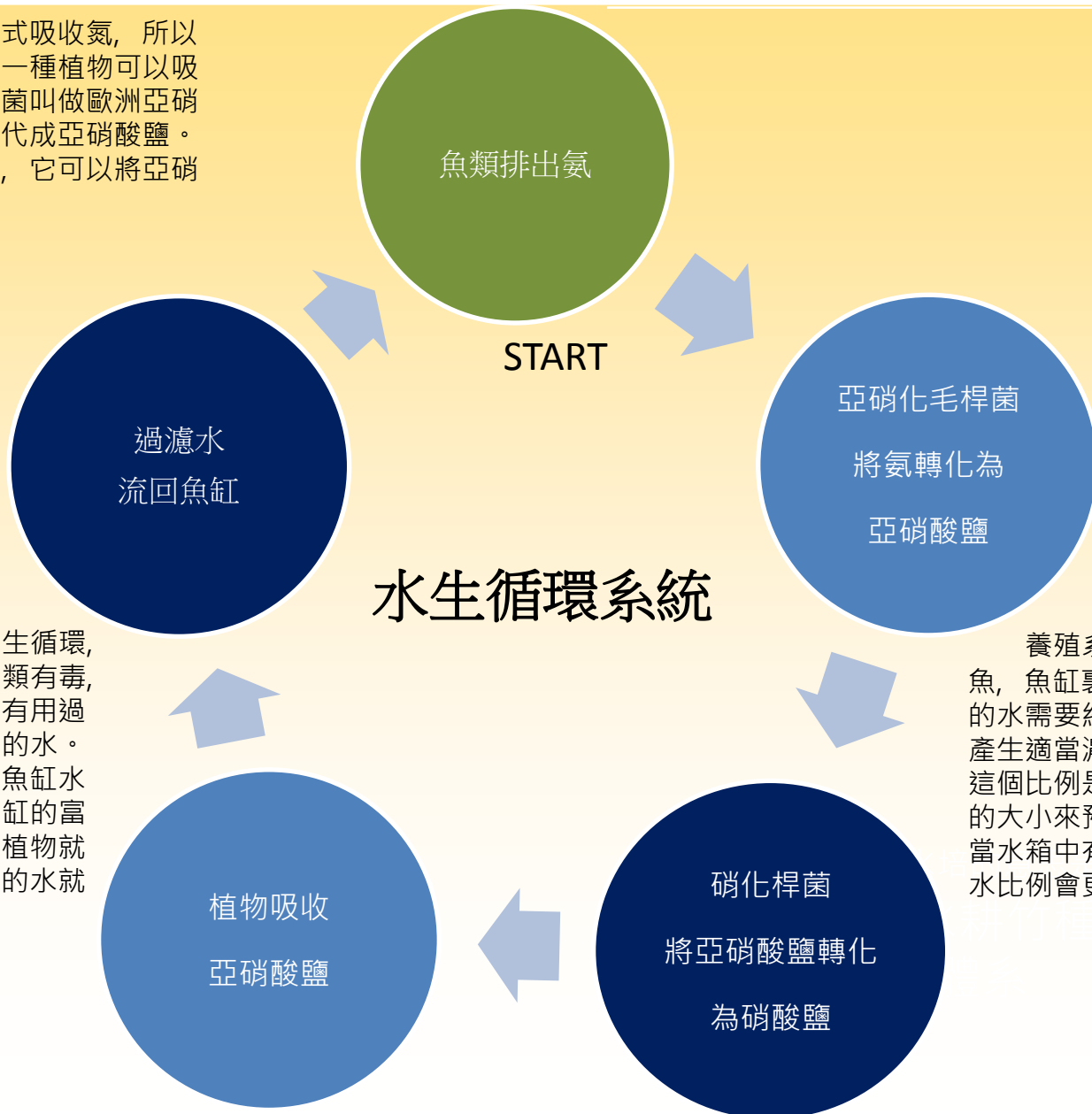
- 共生體系
- 歐洲亞硝化毛桿菌
- 硝化毛桿菌
- 水生循環系統

共生體系有一些必要的組成部分，包括一個用於養魚的水箱和一個用於種植植物的平台。植物的生長過程中需要氮，這是植物不可或缺的養分。魚類可以通過鰓分泌氨，這就使得魚缸里的水變得富含養份，成為植物天然的營養液。

水產養殖+水耕種植
=魚菜共生體系

第三節: 共生體系

然而，植物不能以氨的形式吸收氮，所以水生細菌可以將氨轉化為一種植物可以吸收的氮。首先，有一種細菌叫做歐洲亞硝化毛桿菌，它可以把氨轉化成亞硝酸鹽。另一種細菌叫做硝化桿菌，它可以將亞硝酸鹽轉化為硝酸鹽。共生體系的工作原理是利用魚缸里充滿了硝酸鹽的水，作為植物生長的營養液。



這些植物也促成了這種共生循環，濃縮的氨和亞硝酸鹽對魚類有毒，在傳統的水產養殖中，只有用過濾的方法來淨化養育場所的水。在養殖系統中，植物作為魚缸水的過濾系統。一旦來自魚缸的富含硝酸鹽的水流過植物，植物就會吸收硝酸鹽，並過濾後的水就會流回魚缸。

養殖系統使用淡水魚，魚缸裏每15到30升的水需要約1斤的魚來產生適當濃度的營養。這個比例是按照成年魚的大小來預估的，因此，當水箱中有新魚時，魚水比例會更大。

氣霧耕



涵蓋的STEM主題

- 氣霧法

氣霧法

另一種在室內無土環境中種植植物的方法是氣霧法。氣霧栽培技術利用霧化系統向植物根部提供養分，而不是像其他水耕技術那樣，利用循環或流動的營養液。在氣霧栽培系統中，植物通常位於定植盤或垂直生長槽中，營養液則保存在單獨或附著的水槽中。然後將營養液從水槽泵入噴霧，形成噴霧，或稱霧氣，每隔一段時間向植物根部噴灑營養液。這種栽培技術比其他形式的水培法更節約水資源，因為它直接將水分和養分輸送到植物根部。

第三章

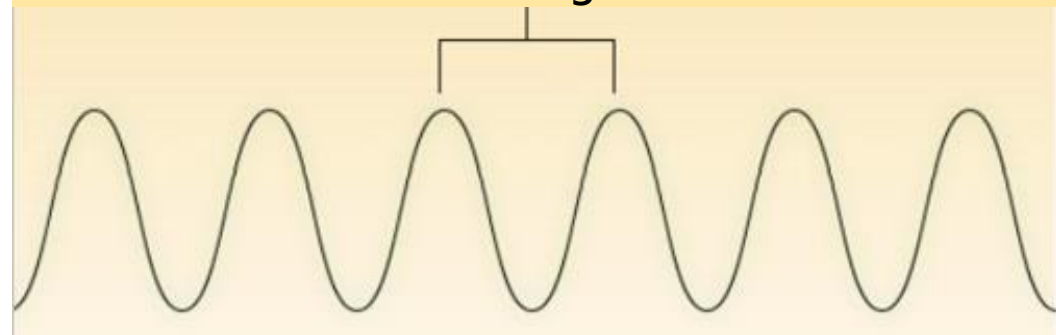
光

光是所有生物生長最基本的元素之一。光子是構成光的微小粒子，以每秒300,000 公里的速度傳播，並為植物提供生長所需的能量。在這一章中，我們將學習光，它從哪裡來，以及植物如何利用光來生產它們自己的食物



電磁輻射

波長
Wavelength



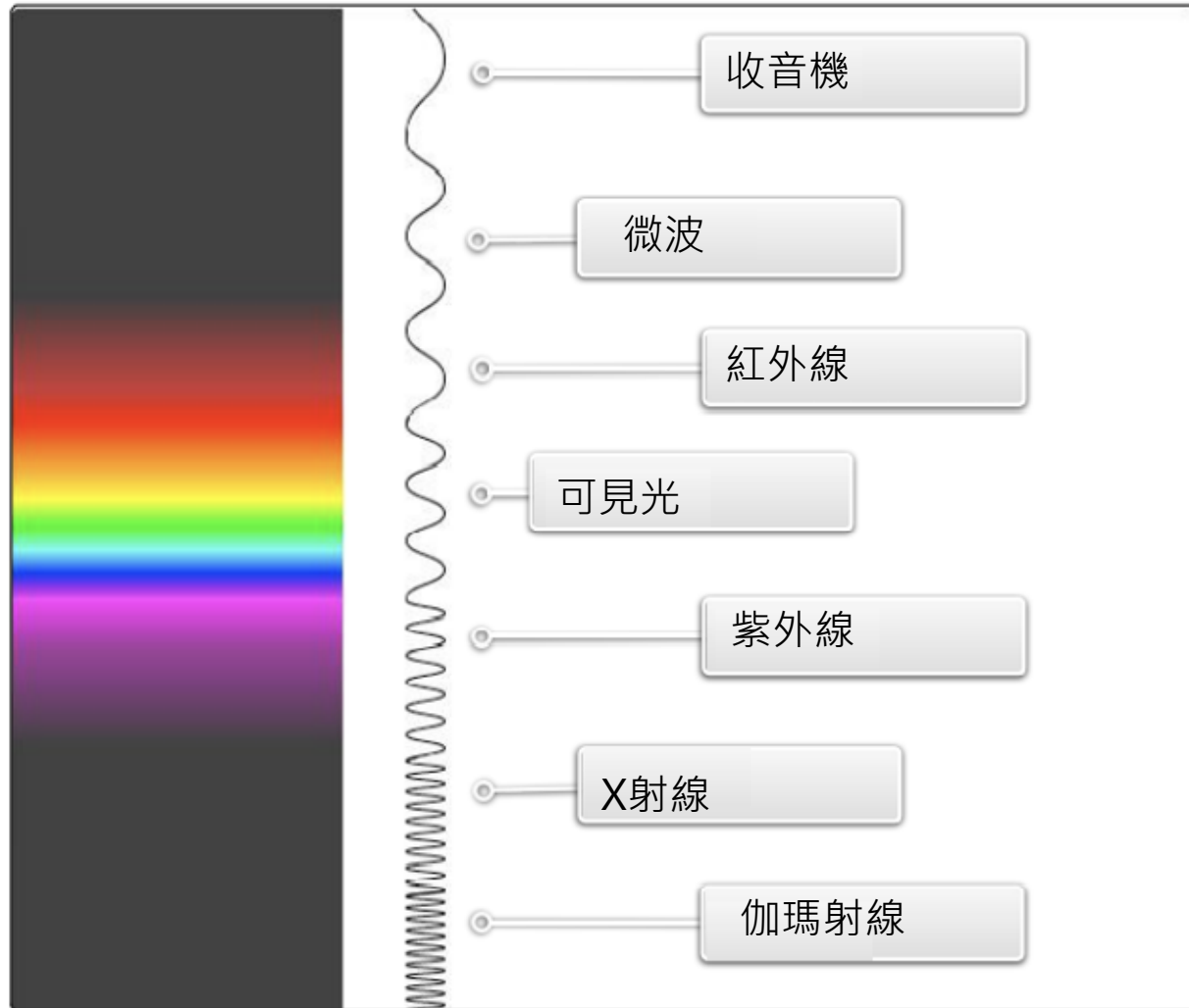
涵蓋的STEM主題

- 電磁輻射
- 無線電波
- 微波
- 紅外線
- 可見光
- 紫外線
- X 射線
- 伽瑪射線

所有的植物都需要光才能生存。即使是在海洋中生長的植物，也利用光的擴散穿過水面進行光合作用。我們在第一章討論了光的某些屬性，但光是什麼？光是一種電磁輻射。電磁輻射有七種不同的類型，其中只有一種能被人眼看到，它被稱為可見光，也被稱為可見光譜。植物利用可見光和非可見光進行化學反應。OPCOM Farm照明球術被設計成模擬太陽光，以便為植物生長的高效生長提供全光譜植物生長燈。所有類型的電磁輻射的範圍稱為電磁波譜。有時，電磁輻射和電磁波譜的術語是通用並轉換的。電磁輻射是用波長和頻率來測量的。當電磁輻射在空間中傳播時，它們以波的形式形成波紋。這些波可以通過特定的形狀和長度，以及波峰和波谷來識別。波峰是波浪的最高點，而谷底，叫做波谷，是波浪的最低點。峰值之間的距離稱為波長，以米作為計量單位，因為波長非常小，所以通常以納米或是微米來表示。

第一節:電磁輻射

互動3.1 電磁波譜



頻率就是事情發生的頻率。聲波，交流電和電磁輻射都有頻率，以赫茲為單位測量。赫茲表示每秒發生的周期或波數。對於電磁輻射，頻率測量的是在一定時間內通過特定點的波長數量。這意味著更短的波長有更高的頻率。

無線電波

人眼可以探測到波長為400納米到760納米的電磁輻射。這些光被稱為見光。

第一節:電磁輻射

微波

微波爐是我們大多數人都熟悉作為廚房用具，它可以快速加熱食物。它之所以被稱為微波爐，是因為它使用微波輻射來操作。一旦打開，微波爐就會發出微波輻射並以此來加熱食物。

紅外線

紅外光，也稱為紅外線，是一種非可見光，它的存在象徵著熱量。雖然人類無法用肉眼看到紅外線，但有些動物能看到紅外線，這有利於它們在夜間尋找食物和導航。紅外光是植物健康生長的重要組成部分。

可見光

人眼可以探測到400納米到760納米的電磁輻射。這是光的可見光。可見光是植物光合作用和健康生長所必需的。彩虹則分散成可見光的不同顏色。

紫外線

紫外線對植物的健康也有重要作用。儘管人類肉眼無法探測到，紫外線每天以uv-a uv-b和uv-c射線的形式，照射地球表面。

X射線

不做詳細介紹

伽瑪射線

不做詳細介紹
伽瑪射線在中文中常被誤稱為「核輻射」，其意思是指由核反應所產生的電磁輻射。

植物生長的可見光

只有一小部分光譜或電磁波譜，是可見光。可見光表現為紅色、橙色、黃色、綠色、藍色和紫色。某些光，如藍色和紅光，在植物生長中起著重要的作用。

可見光的波長是以納米(nm)來測量的。一米有10億納米。光譜的可見部分在納米到760納米之間。

可見光的頻率是以兆赫(THz)為單位測量的。有一兆(1,000,000,000,000)兆赫(THz)是一赫茲(Hz)單位。

涵蓋的STEM主題

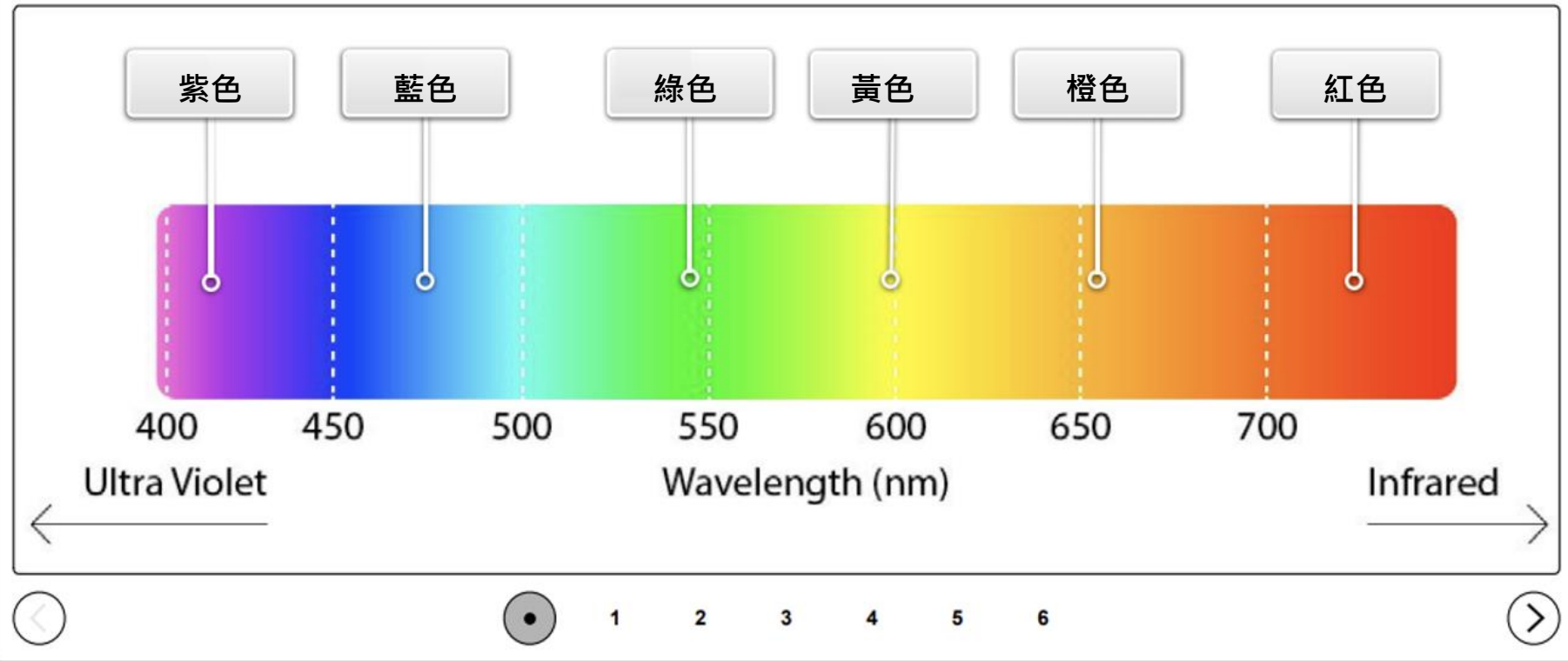
- 藍光
- 紅光
- 遠紅光
- 植物激素

光譜的可見部分大約在400thz到760thz之間。波長和頻率是成反比的。波長越短，頻率越高，波長越長，頻率越低。通過了解可見光譜，科學家和發明家已經能夠開發出今天使用的技術，使植物能夠在室內生長。

太陽發出的紅、藍、綠光數量相對相似。電燈或燈泡的發光比例相似，高壓鈉燈 (HPS) 發出的紅光比例稍高，因此在室內種植時很受歡迎。也就是通常所說的發光二極管，它的光強範圍從0到100。LED也非常節能。基於這些原因，LED是室內水培技術的高效光源。

第二節:植物生長的可見光

互動3.2 可見光譜



藍光

400納米到500納米之間的可見光光譜叫做藍光。

植物吸收

藍光發育出健康又強壯的莖和葉。 這個區域的光譜可以被稱為

營養區，因為它更有助於葉片和莖生長的開始階段，而不是開花，

因為後者發育較晚。植物對藍光的吸收與植物葉片中葉綠素的產生直接相關。葉綠素是賦予植物綠色的物質。

藍光是植物在室內生長的照明應用所必需的組成部分。除了產生葉綠素，藍光還調節植物氣孔的開放，氣孔是葉片上控制氣體交換的微小孔隙。對於光合作用來說，只有低強度的藍光才是整個過程所必需的。此外，在藍光下生長的植物葉片往往較短、較小，因為藍光會抑制植物的生長，充足的藍光是種植具有短葉和葉片的多種健康、觀賞、裝飾性植物的關鍵因素，例如蘆薈和仙人掌。

第二節:植物生長的可見光

紅光

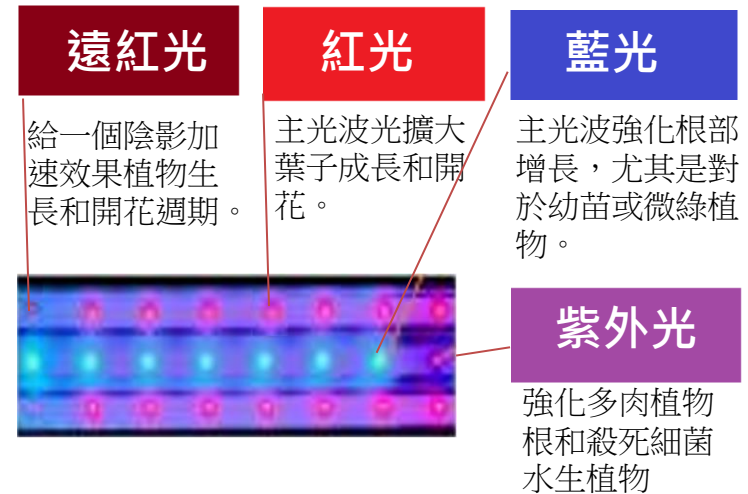
在可見光光譜上，紅光在610納米及760納米之間。植物需要足夠的紅光才能正常生長。紅光是植物開花結果過程中最重要的組成部分。

綠光

植物葉子的綠色表明葉子反射綠光而不是吸收綠光。但是，還有一些生長過程中需要綠燈的植物。綠光有助於氣孔控制和向光性，當與藍光、紅光和遠紅光結合時，能為植物提供陽光所具有的完整的光譜活動範圍。

遠紅(IR)燈

提供陰影效果以加快植物的生長和開花週期



植物激素

隨著植物的生長，某些特殊的手段可以告訴植物如何對某些條件做出反應。例如，一種叫做生長素的植物激素告訴植物向遠紅光方向伸展。如果一株植物的葉子比預期的更長更薄，這可能是由於光線不足導致植物“伸手”夠到光源的緣故。

光合作用



植物被稱為自養生物，這意味著它們有能力合成，或產生自己的食物。這個過程叫做光合作用。

光合作用是一種化學過程。當植物，藻類，和一些細菌暴露在光線下，光線照射到植物的綠葉時，葉綠素使植物吸收能量。植物進行光合作用需要三樣東西：二氧化碳、水和光。植物通過光合作用利用吸收來的能量將二氧化碳和水轉化為葡萄糖或是其他糖類，並以此為食物。從歷史上的了解中我們可以發現，光合作用一直是由陽光引發的，但對化學過程的了解，促進了先進的室內照明技術的發展，使室內生長成為可能。OPCOM Farm 室內照明技術提供了高效光合作用所需的全光譜燈光。

涵蓋的STEM主題

- 光合作用
- 葉綠素
- 產氧光合作用
- 不產氧光合作用
- 感光細胞

葉綠素

植物含有一種叫做葉綠素的特殊分子，葉綠素是賦予植物綠色的色素。它的化學式是

$C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ ，它是光合作用的關鍵成分，因為它是植物吸收光能的分子。葉綠素分子的位置在一種特殊的細胞器內，稱為葉綠體。葉綠體存在於植物的所有綠色部分。雖然光合作用可以在整個植物中進行，但在葉子中最為普遍。有幾種形式的葉綠素，其中葉綠素“a”存在植物中，使它們能夠進行產氧光合作用。

植物利用二氧化碳進行光合作用

第三節: 光合作用

產氧光合作用

植物有兩種光合作用，氧和非氧。光合作用這個詞，通常指的是產氧光合作用。

這是我們周圍所有植物中都會發生的現象，它也存在於藻類和某些光合細菌中，這些細菌被稱為藍細菌。它被稱為氧合光合作用，因為這個過程的結果是氧氣被釋放回大氣中，這就是它的工作原理。當植物從光中吸收能量時，葉綠素分子吸收能量。

然後植物利用這種能量將二氧化碳(CO₂)和水(H₂O)轉化為所需的糖份作為食物。在這個過程中，電子被從水中提取出來，植物釋放出分子氧回到大氣中。這就是植物對環境有益的原因之一。它們從我們呼吸的空氣中除去二氧化碳，然後釋放氧氣回到空氣中，使空氣變得更乾淨更健康。



葉綠素分子
C₅₅H₇₂O₅N₄Mg

不產氧光合作用

不產氧光合作用不會在植物中發生。

它只存在於紫色細菌、綠色硫細菌、綠色非硫細菌和太陽桿菌中。這些光合作用的生物不是氧化水，而是氧化無機化合物，如硫代氫(H₂S)和有機代化合物，如蘋果酸(C₄H₄O₅⁻²)，以提取光合作用所需的電子。這個過程不釋放氧氣，因此是缺氧的，這些細菌需要低水平的氧氣才能生存。除了葉綠素“a”，不產氧的光合細菌還依賴於一種類似的成份-----菌綠素，它強烈吸收700nm到1000nm¹⁷之間的紅外光。

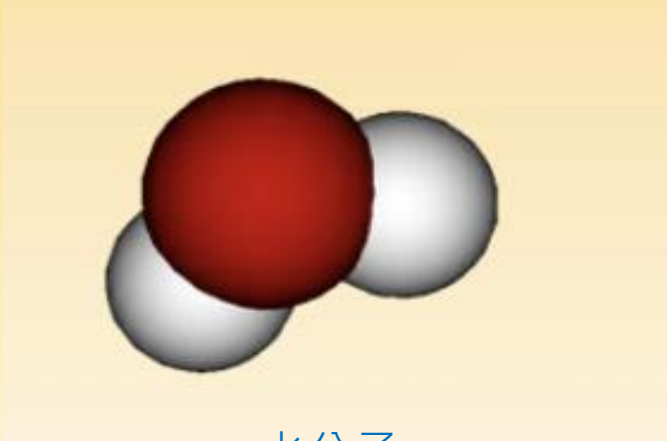
第四章

水和養分

除了光照，水分和養分是植物生長最重要的兩個組成部分。植物可以通過水攜帶的必要養分，來進行化學反應，幫助它生長和茁壯成長。在這一章中，我們將了解為什麼水對植物生長如此重要，我們還將介紹植物需要什麼營養，它們從哪裡來，以及為什麼需要它們



水



水分子
 H_2O

液態水是所有生物最基本的元素之一，是植物的重要組成部分。一些成熟的植物含水量較其他植物高，但一般而言，蔬菜的含水量介乎 75% 至 96% 之間。在乾旱的沙漠氣候中，水通常是有限的自然資源，年平均降水量低於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乾旱地區，包括非洲北部的撒哈拉沙漠，那裏幾乎有一半地區每年的降雨量不足3厘米，還有南加州的死亡谷國家公園，這裏每年接待超過100萬的遊客，每年的降雨量不足3厘米。死亡谷有時候一年多沒下過一滴雨。這和水耕有什麼關係？

涵蓋的STEM主題

- 用水量
- 蒸騰作用
- 蒸發
- 蒸發散
- 呼吸作用

一般情況下，一個有效的水培系統可以比傳統的耕作方法消耗更少的水，在某些情況下，可以減少90%以上的水消耗。這意味著水培系統可以把新鮮的農產品帶到地球上最乾旱和最

進行光合作用

在地球上最乾旱和最

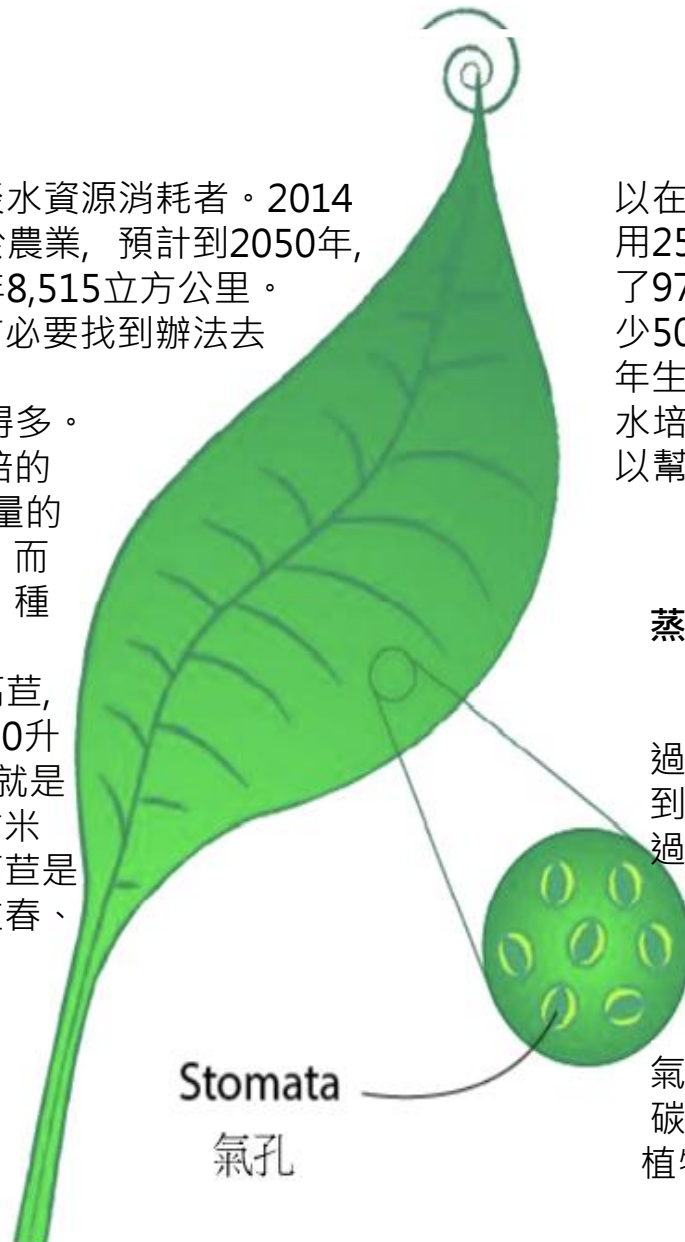
第一節: 水

用水量

傳統農業是地球上最大的淡水資源消耗者。2014年, 全世界59%的淡水提取用於農業, 預計到2050年, 消費量將增加約19%, 達到每年8,515立方公里。在水資源匱乏的地方, 就非常有必要找到辦法去抵消這些有限資源的消耗增長。

水耕法比傳統農業用水少得多。一般來說, 水耕種植比土壤栽培的植物少用90%-99%的水。用水量的顯著減少, 使得不僅在沙漠裏, 而且在基礎設施匱乏的偏遠地區, 種植新鮮蔬菜成為可能。

一顆傳統上種植在田裏的萵苣, 需要20厘米 x 30厘米的空間和10升的水, 大約60天才能成熟。也就是說, 收穫75顆萵苣, 需要8平方米的空間和800升的水。此外, 萵苣是一種涼爽季節性的作物, 只有在春、秋兩個涼爽季節生長良好。



在OPCOM Farm的GrowWall裏, 可以在大約0.5平方米的地面上, 在30天內用25升的水, 種出75顆萵苣。這幾乎減少了97%的用水量, 減少94%的空間, 減少50%的生長時間。此外, 它們可以全年生長, 這意味著每年可以收穫十二次。水培技術大大減少了水的使用量, 並且可以幫助資源有限的地方提供蔬菜。

蒸騰作用

植物生長所需要的部分水分在蒸騰過程中得到利用, 水分通過植物的根部到達葉片的時候發生蒸騰作用, 然後通過葉片下面的小孔釋放到大氣中。氣孔可以讓氣體在植物中發生交換, 一旦水分從根部到達葉子, 它就變成水蒸氣, 並釋放到空氣中。本質上, 蒸騰作用是植物葉子中水分的蒸發。氣孔還能讓植物吸收二氧化碳, 二氧化碳是植物進行光合作用所必需的氣體, 植物通過這個過程自己製造食物。

第一節: 水

不同的植物以不同的速率蒸發。一些生長在沙漠中的植物,比如仙人掌和其他肉質植物,為了保存水分,蒸發性較差。隨著植物的生長,蒸騰速率增加,因此它直接關係到植物的生長。如果植物得到足夠的水分,氣孔就會保持開放,光合作用就會發生。這也意味著植物通過開放的氣孔失去水分。如果植物沒有得到足夠的水分,氣孔就會關閉,導致光合作用減少,蒸騰作用也會因此減少。

蒸發

除了蒸騰作用之外,蒸發作用也會使植物在栽培過程中損失水分。對於傳統農業來說,當土壤或植物表的水分變成水蒸氣時,蒸發就發生了,而蒸騰則是水分從植物內部以水蒸氣的形式釋放出來。對於室內種植,蒸發速率可以明顯低於傳統農業。雖然水分會從室內生長的水庫蒸發,但是溫度,濕度和空氣流動可以在室內得到控制,從而保證更少的蒸發和更穩定的生長環境。

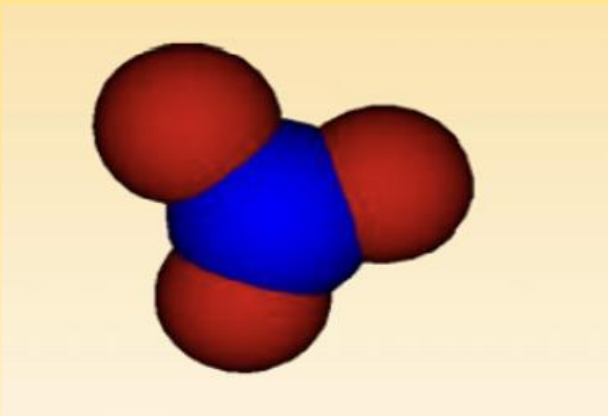
蒸發散

由於蒸發和蒸騰作用而失去水分的過程稱為蒸發散。當在戶外栽培植物時,蒸發散變化很大,並且受到諸如太陽輻射、溫度、濕度和風等天氣變化的影響。對於生菜等水培植物,蒸發散的生長速度與室內環境的氣候條件和植株的年齡有關。

呼吸作用

所有的生物都會呼吸。對於植物來說,呼吸作用是光合作用的對立面。在光合作用期間,植物利用二氧化碳生成自己的食物,向空氣中釋放氧氣。在呼吸過程中,植物細胞吸收氧氣,氧氣和葡萄糖在植物中結合,產生二氧化碳和水,並釋放能量。這使植物能夠維持細胞的新陳代謝過程,保持健康。

大量元素



什麼是大量元素？ 硝酸鹽分子 NO_3^-

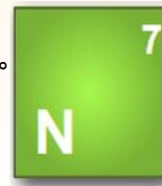
植物是有生命的有機體，需要某些元素來維持正常的功能和生長。這些元素，或營養物質，使植物能夠進行基本的化學過程，如光合作用，呼吸作用和蒸騰作用。每種植物所需要的營養量都有一個範圍，而且這個範圍因植物而異。當營養素水平超出這一最佳範圍時，植物可能會因缺乏或過量而枯萎、發育不良，或者只是整體上不健康。植物生長需要十四種基本元素，其中6種元素的需求量較大，被稱為大量元素。其他八種元素的需求量要小得多，被稱為微量元素。根據平均需要濃度，主要營養素是氮(N)、磷(P)、鉀(K)、鎂(Mg)、硫(S)和鈣(Ca)。

涵蓋的STEM主題

- 什麼是大量元素？
- 氮 (N)
- 鉀 (K)
- 鈣 (Ca)
- 鎂 (Mg)
- 磷 (P)
- 硫 (S)
- 大量元素的缺乏和毒性
- 流動和不流動的營養物質
- 確定大量元素失調

氮(N)

氮在元素元素周期表上的序數是7。1772年，蘇格蘭化學家丹尼爾·盧瑟福發現，氮是植物中一種重要的成分。植物比其他任何元素都需要更多的氮。氮是一種非金屬，在室溫下是一種氣體，占地球大氣的78%。



第二節: 大量元素

植物以硝酸鹽(NO_3^-)或是銨鹽(NH_4^+)的形式吸收氮。氮是植物健康生長所必需的元素之一，因為它是葉綠素的關鍵組成部分，葉綠素是使葉片呈綠色的物質。充足的氮可以使光合作用的效率提高並讓葉子呈綠色。氮也是所有氨基酸的重要組成部分，氨基酸是蛋白質的組成部分。水培培養基會使銨態氮濃度過高，導致毒性，因此硝酸鹽是水培植物的首選氮源。

磷(P)



磷在元素周期表上的原子序數是十五。

1669年由德國的商人和鍊金術士亨利·布蘭德發現，磷是一種室溫下柔軟的固體。它是一種活性很高的元素，在自然界中通常以化合物的形式存在，例如磷酸鈣。磷是一種磷光元素，也就是說它能在黑暗中發光，磷有三種形態，白色、紅色和黑色，白色是最危險的，黑色是最不危險的。磷是一種非金屬元素，也是植物生命的必需元素。植物可以吸收磷轉化為正磷酸鹽(H_2PO_4^- and HPO_4^{2-})。植物需要磷來調節細胞分裂和新組織發育所需的蛋白質合成。磷還能促進根的生長，對於花和種子的生長起至關重要，並幫助植物能夠承受更低的溫度。

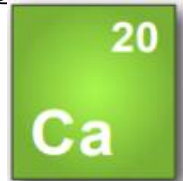
鉀(K)

鉀在元素周期表上的原子序數是19。它是在1807年由康沃爾郡的化學家——漢弗里·戴維發現的，是地殼中第七豐富的元素。鉀，



在室溫下是固體，被歸類為鹼金屬，用字母K表示，來自拉丁詞匯kalium。它是已知的第二輕的金屬，並且足夠柔軟，可以很容易地用刀切割。植物以離子形式吸收鉀離子。植物需要鉀來完成許多功能。它可以調節氣孔的關閉，進行蒸騰作用，還可以促進光合作用、抗旱抗病，莖生長和健康。

鈣(Ca)



鈣在元素周期表上的原子序數是二十。1808年，就在漢弗里·戴維發現鉀之後不久，發現了鈣。作為一種鹼土金屬，鈣也是地殼中含量第五的元素。植物可以吸收鈣轉化為硝酸鈣($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)，這是可溶的。鈣有助於植物吸收其他營養物質，包括氮、鉀和磷。植物也需要鈣來促進細胞壁發育和細胞強度。果膠是一種將植物細胞固定在一起的物質，鈣與果膠結合，形成果膠酸鈣，使植物細胞壁堅固。

第二節: 大量元素

鎂(Mg)



鎂在元素周期表中的原子序數是十二。1755年，蘇格蘭物理學家約瑟夫·布萊克發現了它。鎂，地殼中含量第八的元素，高度易燃，是最初閃光攝影技術的關鍵成分。它被歸類為鹼土金屬，在室溫下是固體。植物吸收鎂形成它的離子形式 Mg^{2+} 。鎂是葉綠素分子的中心分子，它對植物的光合作用至關重要。它也有助於三磷酸腺苷 (ATP) 的產生，這種物質在植物體內進行能量交換。當植物代謝足夠的鎂時，它們能更好地生長出強壯的根系，更能抵抗乾旱和疾病。

硫(S)

硫，也叫硫磺，在元素周期表上的原子序數是十六。自古以來，它就是一種眾所周知的物質，並在8世紀晚期被法國化學家安托萬-洛朗·拉瓦錫認為是一種元素。任何形式的硫都會發出明顯的刺激性氣味，這種氣味廣為人知。這種氣味可以通過許多常見的生活用品及食物中發現，如火柴、大蒜和煮熟的雞蛋。硫在室溫下是固體，呈可辨認的亮黃色，在自然界中以許多不同的形式存在。它可以在沉積岩、岩漿火山岩中發現，呈晶體或黃色的粉末狀覆蓋物。硫屬於非金屬，是植物健康的必需成分。植物以硫酸鹽(SO_4^{2-})的形式吸收硫。硫有助於植物蛋白質的形成，並提高氮和磷等其他營養物質的利用效率。



OPCOM農田養分

OPCOM Farm可以提供專用的營養包以便利使用，為植物提供最佳生長所需的營養。

大量元素的缺乏和毒性

當植物發育異常時，可能是營養缺乏或中毒。營養缺乏是指植物生長所需的必需營養不足。當植物含有過多的某種營養物質時，就會產生毒性，這也會影響植物的健康。

許多營養缺乏或毒性可能彼此相似。營養缺乏的常見症狀包括生長不良、黃化、脈間黃化、紫紅色和頸部壞死。

流動和不流動的營養物質

當營養供應不足時，有些營養物質可以從老葉子運輸到年輕的植株部分，以幫助補充營養物質。這些營養素被稱為流動的，因為它們能夠在植物內部運輸。主要營養成分為氮、鉀、鎂、磷、氯和鉬。由於這些營養物質從老葉子運輸到新的植物部位，可移動營養物質的缺乏首先會在老葉子或較低的葉子上顯現出來。

不可移動的營養物質不能在整個植物中傳播，因此首先在幼葉或上部葉片中可見營養不足，不可移動的營養素有鈣(Ca)、硫(S)、鐵(Fe)、硼(B)、錳(Mn)、鋅(Zn)、銅(Cu)和鎳(Ni)。

常見的營養缺陷症狀

植物生長受阻: 營養物質對許多植物功能至關重要, 如光合作用、蛋白質生產和莖生長。缺乏營養物質會導致莖變短、葉變小和虛弱。

失綠症: 植物需要營養物質進行光合作用和產生葉綠素, 葉綠素使植物變綠。營養缺乏會干擾光合作用, 導致植物組織變黃。

脈間失綠症: 植物和葉子的葉脈是綠色的情況下, 植物開始變黃。

紫紅色著色: 如果植物的功能受到壓迫, 莖葉會因為積累花青素而變成紫色, 這是一種紫色的色素。

壞死: 這通常發生在缺乏營養的後期, 是植物組織的褶皺和死亡。

如何通過觀察來識別常量營養素失調的更多信息, 請參閱下頁的圖表。

鑑定大量元素紊亂

氮(N)

缺乏: 植物可能因缺乏葉綠素而變得虛弱。葉子逐漸失去正常的綠色甚至變黃。

毒性: 葉子變得很暗, 根的發育減慢莖會變得又高又弱。過量的氮會抑制開花結果。

磷(P)

缺乏: 植物缺磷會導致成熟延遲, 生長遲緩, 老葉可能變成深綠色, 莖變紫。

毒性: 磷毒性是罕見的, 因為它通常是由pH值限制來調節的。然而, 過量的磷會導致銅和鋅的缺乏。

鉀(K)

缺乏: 較老的葉子會發生黃化(葉組織變黃), 死亡組織開始在葉尖周圍蔓延。莖和分枝變弱。

毒性: 過量的鉀對植物有間接的影響鐵、鋅等營養元素的缺乏會干擾鎂、鋅的吸收。

鈣(Ca)

缺乏: 缺鈣首先影響新生的葉片, 會導致葉小、失綠、出芽受阻、果實不規則和根系不發達。

毒性: 鈣毒性很少發生, 也不容易觀察到。相反, 它通過抑制鎂和鉀的吸收間接影響植物。

鎂(Mg)

缺乏: 老葉發生脈間失綠症, 即葉脈之間的葉子變黃, 而葉脈保持綠色。

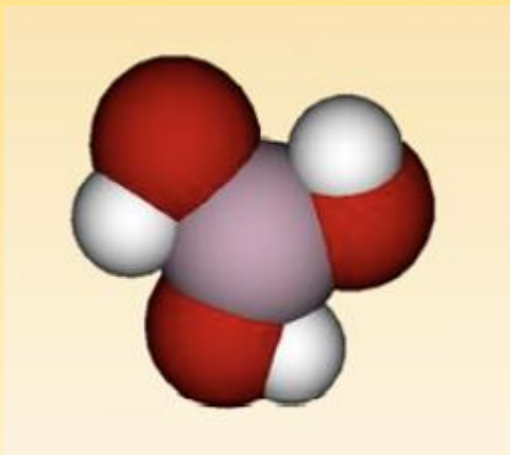
毒性: 鎂毒性很少發生在植物中, 儘管它可以干擾鈣和鉀的吸收, 導致這些營養素的缺乏。

硫(S)

缺乏: 對於幼葉, 硫缺乏會導致整個葉片變黃, 包括葉脈。它也會導致葉尖變黃和捲曲。

毒性: 過量的硫會導致整個植株生長遲緩, 葉片變小。葉子也可能会變黃或在邊緣出現焦黃。

微量元素



硼酸分子
 H_3NO_3

什麼是微量元素？

除了大量元素，植物還需要他少量的八種元素叫做微量元素。這些微量元素並不一定不如大量元素重要，相反，它們只有在濃度和數量低的情況下才需要。在大多數情況下，這些營養素缺乏或中毒的情況並不常見，但是，有的情況下，植物限有可能需要這些營養素的數量才能正常生長和發揮功能。根據所需的平均濃度，微量元素為鐵、氯、錳、硼、銅和鉬。

涵蓋的STEM主題

- 什麼是微量元素？
- 氯 (Cl)
- 鐵 (Fe)
- 硼 (B)
- 錳 (Mn)
- 鋅 (Zn)
- 銅 (Cu)
- 鉬 (Mo)
- 鎳 (Ni)
- 微量元素缺乏和毒性
- 確定微量元素失調

氯 (Cl)

元素周期表中，氯的原子序數是十七。這種元素於1774年被瑞典化學家卡爾·威爾廉·舍勒發現。由於氯是種常溫下的鹵素和氣體元素，是地球上含量最豐富的元素之一。



第三節: 微量元素

氯可以在海水、氯化鈉或鹽的天然來源中找到。植物以氯離子的形式吸收氯。除了鉀，植物還需要氯來維持氣孔的正常功能和控制植物體內的水分平衡。氯還有助於光合作用,有助於營養物質在植物體內的運輸。

鐵(Fe)

在元素周期表中，鐵的原子序數是26。作為一種過渡金屬，鐵自古以來就是一種已知的元素。它是鋼鐵的關鍵組成部分，鋼鐵是徹底改革建築材料，也是人類健康和植物健康的重要因素。植物以 Fe^{2+} 或是 Fe^{3+} 的氧化形式吸收鐵。鐵有助於葉綠素的合成，鐵缺乏的時候會呈黃色，葉綠素損失導致植物葉片黃化。



硼(B)

硼在元素周期表上的原子序數是5。1808年由化學家漢弗里·戴維、約瑟夫·路易·蓋-呂薩克和路易斯·賈奎斯·瑟納德共同發現。



硼是一種相對稀有的元素，在地球上以化合物的形式存在。它被歸類為半金屬元素，這意味著它同時具有金屬和非金屬的特徵。植物以硼酸(H_3BO_3)的形式吸收硼。植物以多種方式利用硼，包括形式穩定的細胞壁，將糖運輸到植物的生長部位，以及授粉。硼對於那些需要強壯細胞壁來保持結構穩定的高植物來說尤其必要。



錳(Mn)

錳在元素周期表上的原子序數是25。它是1774年被瑞典代化學家約翰·戈利布·業恩發現的。錳在室溫下是固體，屬於過渡金屬。當錳添加到鋼中時，它可以提高鋼的硬度和抗拉強度，即其抗拉斷裂的能力。錳以 Mn^{2+} 的形式被植物吸收，它的離子形式。錳是植物健康的重要組成部分有助於葉綠體的形成、光合作用、呼吸作用和氮的吸收，氮是一種必需的大量營養素。過量的某些營養，如銅、鐵、鎳和鋅，可能會降低植物吸收錳的能力，導致營養不良。

第三節: 微量元素

鋅(Zn)

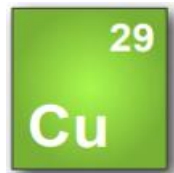
在元素周期表中，鋅的原子序數是30。雖然自古以來鋅就是一種已知的物質，16世紀瑞士煉金術士帕拉塞爾蘇斯，將其命名鋅。

鋅被熔化後，會形成尖銳的晶體，因此，帕拉塞爾蘇斯把這種物質為“Zinke”，根據古德語詞“Zinke”意思是尖銳的。德國科學家，馬格拉夫在1746年發現了鋅，他分離出了純金屬形態的元素。鋅是一種過渡金屬，在室溫下是固體，是植物許多代謝反應的必需成分。鋅被植物以 Zn^{2+} 的形式吸收，這是一種帶正電荷的離子，稱為陽離子。雖然植物需要少量的鋅，但鋅有助於植物生長和葉片形成，是許多酶和蛋白質的關鍵成分。



銅(Cu)

在元素周期表上，銅的原子序數是29。這個元素也已經知道自古以來，很容易辨認其獨特的顏色。植物以 Cu^{2+} 的形式吸收銅。



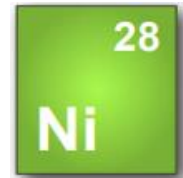
鉬(Mo)

鉬在元素周期上子序數是42。相似鉬酸鹽 MoO_4^{2-} 的形式被植物吸收。



鎳(Ni)

鎳在元素周期表上的原子序數是28。植物吸收鎳作為鎳離子(Ni^{2+})。



微量元素的缺乏和毒性

雖然植物需要的微量元素數量相比大量元素要少得多，但是植物仍然會因為營養液中微量元素產生的毒性而導致生長異常。正如上一章所討論的，營養缺乏和毒性會導致植物生長和功能異常。營養缺乏是指植物沒有足夠的生長所需的必需營養，而當植物有過多的某種營養時，就會產生毒性。這兩種情況都會讓植物的生長出現各種各樣的異常情況。有關如何通過觀察識別微量營養素失調的更多信息，請參閱下頁的圖表。

鑑定微量元素紊亂

氯(Cl)

缺乏: 缺氯會導致葉子枯萎,變成青銅色。根尖腫脹發育不良。

毒性: 過量的氯會灼傷葉尖,使葉子變成青銅色,導致葉子生長緩並裂開。

鋅(Zn)

缺乏: 缺鋅可導致黃化,葉片變小,葉緣扭曲,葉緣邊界沿葉緣。

毒性: 過量的鋅會使葉子變成深綠色,引起黃化,並減少根和葉的膨脹。

鐵(Fe)

缺乏: 缺鐵導致幼葉葉脈間黃化,阻礙植物生長。

毒性: 具有鐵毒性的植物可能在葉表面出現褐色斑點或青銅色。

銅(Cu)

缺乏: 新葉可能會扭曲,變深綠色,出現壞死點或死亡組織。

毒性: 銅毒性可以取代鐵,導致缺鐵,如黃化和生長遲緩。

硼(B)

缺乏: 葉子受到影響。根尖可能會腫脹,內部組織可能會發生真菌病。

毒性: 硼中毒導致黃化,然後在葉尖形成死亡組織,然後向內擴散。

鉬(Mo)

缺乏: 較老的葉子可能發生脈間失綠症,並可能蔓延。新葉可能以扭曲的方式生長。

毒性: 鉬毒性通常不嚴重,但可能導致生長遲緩和黃棕色變色。

錳(Mn)

缺乏: 缺乏錳的植物可能會導致生長遲緩、脈間失綠和葉片脫落。

毒性: 過量的錳會使葉子變成黑褐色,或者在老葉子上形成紅點。

鎳(Ni)

缺乏: 缺鎳可導致幼葉失綠,種子發芽不良,產量下降。

毒性: 鎳的毒性也足以取代鐵,導致生長遲緩和新葉脈間黃化。

第五章

種植

使用水耕技術種植植物不同於傳統的耕作方法。在水中生長的植物所需要的 pH 值通常與土壤中生長的植物所需要的不同，並且與傳統農業獲取養分的方式也不同。在這一章中，我們將更多地瞭解植物背後的科學，以確定如何在水耕系統中成功生長。



植物科學



在我們開始討論在水耕系統中種植什麼之前，重要的是要了解所有的植物科學，也稱為植物學，以及植物系統在任何環境中是如何協同工作的。例如自然過程，如授粉，室內授粉不同於室外，沒有蜜蜂或其他授粉昆蟲或風來完成這項工作。同時，了解植物發芽時應該注意什麼，有助於種植者判斷種植是否出現了不該出現的問題。還有，水果和蔬菜的區別是什麼？許多通常被稱為蔬菜的植物實際上是水果，但答案其實很簡單，只要辨識植物的部分。我們將在本章中找出這些差異，以及如何識別這些特徵。

涵蓋的STEM主題

- 子葉，單子葉和雙子葉植物
- 植物種類
- 植物的各個部分
- 授粉
- 什麼是蔬菜？
- 什麼是水果？

植物利用二氧化碳
進行光合作用

第一節: 植物科學

單子葉植物和雙子葉植物也表現出明顯不同的結構特徵。單子葉植物的葉脈通常是平行的, 而雙子葉植物更多的是網狀的。單子葉植物莖內的維管束通常是複雜的, 而雙子葉植物的特徵是維管束排列成環狀。單子葉植物的根通常是纖維狀的, 而雙子葉植物的主根較大。最後, 單子葉植物的花系成分通常是 3 倍的倍數, 而雙子葉植物則是 4 倍或 5 倍的倍數。

植物種類

植物有兩種基本類型, 氣管植物和苔蘚植物。氣管植物是纖維管植物, 這意味著它們是由傳導組織結構的, 這些組織通過狀細胞系統在植物體內傳輸水分和營養物質。苔蘚植物是非纖維管植物, 因為它們不具有將水分和營養物質傳輸到植物高層組織的結構。由於這個原因, 苔蘚植物生長在離地面很近的地方, 包括苔蘚、角苔和地線。大部分植物屬於氣管植物, 由根、莖和葉組成。氣管植物可分為被子植物和非開花植物, 即裸子植物和蕨類被子植物。



蕨類被子植物產生的果實含有植物的種子以供繁殖, 因此被子植物的其他成分包括花、果實和種子。裸子植物是在球果中產生種子並保持關閉直到成熟的維管束植物。蕨類植物沒有種子, 而是通過蕨類植物葉子下面產生的孢子繁殖。大部分被當作食物食用的植物是被子植物, 通常按其可食用部分分類, 例如根、莖、葉、果實或種子。松子是可食用裸子植物的一種。許多種類的被子植物可以在水耕系統中培養。

植物的各個部分

如前所述, 大多數植物是由根, 莖, 葉, 花, 果實和種子組成的。植物的根系是植物維管系統的一部分, 維管系統為植物的其他部分提供養分。水分和溶解的礦物質被植物的根部吸收, 然後通過莖部運輸到葉子上。植物的根系除了為植物提供食物, 還能幫助植物固定在適當的位置, 或者說“扎根”。延伸的鬚根繼續延伸並穿過土壤或生長介質, 以建立穩定性並尋求養分。在水培技術中, 由於營養物質直接被帶到植物體內, 根系通常更加穩固。⁴⁸

第一節: 植物科學

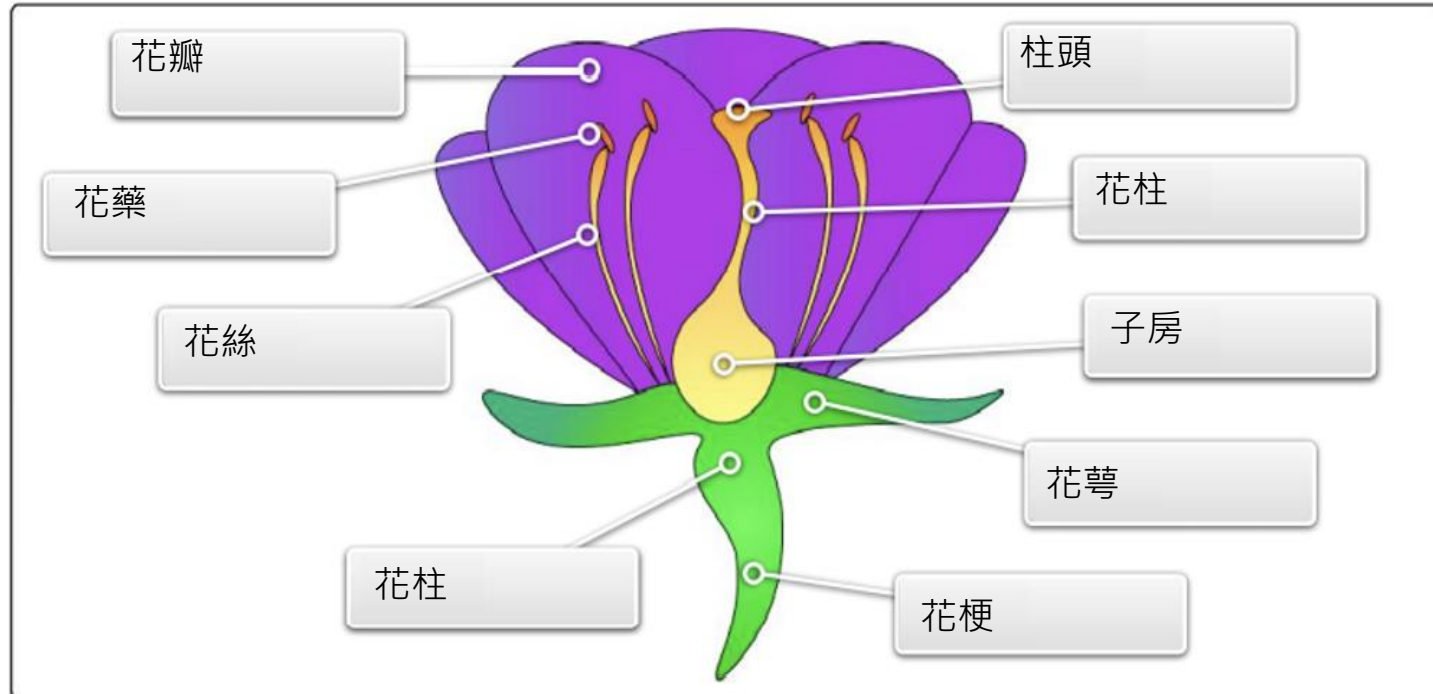
莖也是植物維管系統的一部分，因為它們把營養物質和水從根部輸送到植物的葉子。營養物質、水分和葡萄糖通過水質部和韌皮部這兩種維管運輸組織在植物中運輸。木質部和韌皮部通常在一起，形成穿過植物莖的維管束。木質部將營養物質和水分從植物的根部通過莖部運送到葉，而韌皮部將葉片中產生的葡萄糖運送回植物，作為食物。植物的葉子是植物維管系統的最後一部分，也是植物實際生產自己食物的地方。葉子通過葉柄連接到莖上，並由單個葉片構成的單葉，或是由單獨的小葉組成的複合葉。正如在“光合作用”一節中提到的，植物被稱為自養生物，這意味著它們有能力為自己合成或產生食物。整個過程都發生在葉子上。



葉綠素使植物從光中吸收能量。通過光合作用,植物利用空氣中的二氧化碳和植物根吸收的水分產生葡萄糖。當光合作用發生時,植物向空氣中釋放氧氣。人們通常認為,植物根部所需的營養物質為植物提供了食物,然而,實際上是葉片通過光合作用產生的葡萄糖為植物提供了生存所需的碳水化合物。當花盛開時,花的內部結構就顯露出來了,授粉的過程就可以進行了。一朵花有許多不同的部分,每個部分都有助於植物的繁殖(見圖5.1)。雄蕊是花的雄性生殖部分,由纖細的花絲、花藥和花粉組成。

花絲是支撐花藥的細毛狀結構。花藥位於花絲頂部,花粉也在花絲頂部的小囊中產生。花粉是一種塵埃狀物質,由生殖所需的微小顆粒組成,從囊中釋放出來,覆蓋花藥。

圖片5.1花的一部分



雌蕊是花的雌性生殖部分，由柱頭、花柱、子房和胚珠組成。柱頭是位於雌蕊頂部的黏性結節，花粉在此授精。柱頭位於花柱頂部，花柱是長管狀結構，通向子房和胚珠。子房裏有胚珠，在授粉過程中受精的雌性卵細胞。卵巢一旦受精，就會變成植物的果實。在被子植物中，這種果實含有種子，可以播種以生長更多的植物。

花的其他部分包括花瓣、花萼和花托。花瓣作為屏障保護花朵的生殖器官，它們也以鮮豔的顏色吸引蜜蜂、蜂鳥和蝴蝶等傳粉者。花萼很小，外部通常是綠色和葉狀的，包圍著發育中的芽。花托是花的擴大部分，位於花梗的頂端。

授粉

授粉是將花粉粒從花的雄花藥傳遞到雌花柱頭的過程。這使胚珠受精，並產生繁殖。授粉可以以多種方式進行，這取決於所授粉的花的類型。花要麼是完美的，要麼是不完美的。完美的花包含雄性和雌性部分，而不完美的花缺少其中一個。完美的花朵，例如蕃茄植株上的花朵，我們認為它是自花授粉植物，因為它們包含雄性和雌性器官，不需要其他花朵的花粉來授粉。然而，為了使不完美的花受精，不完美的雌花，例如黃瓜植物上的雌花，需要以雄花帶來花粉才能授粉。

自然界中，花粉通常是由風或動物傳播的，例如蜜蜂、蝴蝶、飛蛾和蜂鳥。在沒有風或動物的室內環境中種植有不完美花朵的植物時，可以通過人工授粉來傳播花粉，如南瓜和瓜類植物。



什麼是蔬菜？

草本植物有很多部分。食物中的每一部分，例如根莖類蔬菜、葉菜類蔬菜和莖類蔬菜，一般都以這個部分來區分命名。

草本植物是指地面上只有很少或沒有木質莖的任何植物。植物的所有可被消費部分都被稱為蔬菜，除了植物的花部分，也就是水果。

什麼是水果？

關於如何區分什麼是水果，什麼是蔬菜，人們有很多誤解。所上所述，可食用植物的，都被稱為蔬菜。區分它們其實很簡單。任何由花發育而成的植物都叫做水果。水果總是含有種子。因此，我們每天吃的很多蔬菜都是水果。其中包括西紅柿，黃瓜，茄子，甜椒，以及所有包裹子的農作物。

西紅柿是水果！

水耕植物



綠葉蔬菜

萵苣屬於菊科植物，通常被稱為向日葵科。菊科植物是世界上最大的植物科之一，有超過23,600種，由許多觀察植物組成，如菊花和金盞花，還有烹飪植物科，如朝鮮薊，萵苣，還有向日葵。通常情況下，生菜是一種涼爽的季节性作物，生長良好，白天較短，生菜和其他綠葉蔬菜，是在水培環境中生長極好的植物品種之一。

特定的植物需要特定的生長環境，有些植物在水耕系統中生長良好，OPCOM Farm提供了一些在水培系統中生長良好的非轉基因種子。OPCOM目前提供三十種不同的種子，並且一直在研究室內成功栽培的新種子。

涵蓋的STEM主題

- 菊科
- 十字花科
- 唇形科
- 傘形科
- 葫蘆科
- 茄科
- 薔薇科

在室內水培系統中，水分含量為96%的萵苣可以快速高效地生長。許多綠葉蔬菜在無土環境中取得成功，包括紅綠葉萵苣、黃油生菜和十字花科綠葉蔬菜，如芝麻菜、羽衣甘藍、捲心菜、西蘭花、白菜和西洋菜。十字花科蔬菜通常被稱為芥菜科，包含超3000種。芥菜科植物因含硫化合物硫苷的豐富來源而聞名。

萵苣的含水量超過了
96%

第二節: 水耕植物

像羅勒和牛至這樣的草本植物可以水培種植。

草本植物

除了綠色植物，大量的各種草本植物在水培系統中生長得很好。做得好的草本植物包括那些屬於植物家族的，七葉科，通常被稱為薄荷家族，如薄荷，羅勒，牛至，檸檬香茅，和薰衣草。蘭花科植物有 7000 多種，包括作為食物、香料和藥物種植的植物。在傳統農業中，這些草本植物在溫和的氣候，充足的陽光和排水良好的土壤中生長良好。但是，在室內栽培這些植物的能力意味著它們沒有了季節性的限制，在一整年的時間裏都可以種植。除了薄荷科植物外，香菜和蒔蘿等草本植物也可以在水培系統中生長。這些植物屬於傘形科，也叫胡蘿蔔科。它有超過 3700 種被子植物，如歐芹、蒔蘿、香菜和胡蘿蔔。每一種蔬菜都可以水培，在室內水耕系統種植這些類型的植物，不會遇到傳統園藝常遇到的挑戰，比如穴居動物、惡劣天氣和土壤傳播的害蟲。



水果

在水培技術中生長良好的其他食用植物包括黃瓜、西紅柿、青椒和草莓等水果。黃瓜、西紅柿和青椒通常被認為是蔬菜，但由於它們含有植物的種子，它們被歸類為水果。黃瓜屬於葫蘆科，也被稱為南瓜科，黃瓜以產生長的主根和大量的分枝根而聞名，這些分枝根可以獲取營養和礦物質。南瓜科植物有近 1000 種，包括南瓜、西葫蘆和西瓜等其他植物。

第二節: 水耕植物

西紅柿和辣椒屬於茄科，其中包含 2500 種植物。茄科植物大部分是熱帶植物，但也有大量的品種在溫度適宜的環境下生長良好。另一種可以在室內栽培的水果是草莓。草莓是薔薇科植物的一部分，也被稱為薔薇科植物，包含近 5000 種已知物種。草莓的擁有屬性是纖維狀的根系，其可食用成分實際上生長在植物花朵的中央。從植物學的角度來說並不是真正的漿果，我們稱之為果實的部分，實際上是植物的容器，可以看到它們圍繞在草莓周圍。通過水培技術，可以在以前從未種植過的地方種植這些植物。



裝飾植物

水果和蔬菜並不是唯一可以在水培系統中種植的植物。其他植物如觀賞植物、花卉，甚至仙人掌也能在室內生長繁茂。可以水培的裝飾性植物包括各種各樣的常春藤、波士頓蕨、非洲天門冬、卷柏屬、秋海棠、桑海棠、桑氏球蘭、仙人掌、蘆薈和一品紅。

維護



水耕種植有幾個關鍵方面需要維護。例如水耕系統的日常維護，包括清洗系統和檢查水泵是否正常循環。以及確保植物獲得足夠的養分，並確保其水源處於適宜生長的pH值範圍。OPCOM提供了一些簡單的工具，包括手持設備、數字pH值測試儀和電導率儀。這些設備可以讓我們簡單的進行常規測試，可以讓我們保持水培環境，讓植物和水果的生長到理想狀態。

測試電導率

電導率(EC)是檢測營養液中鹽濃度所必需的常規測試。所有的水培養分都是由溶於水的無機鹽構成的。

涵蓋的STEM主題

- 電導率
- 酸鹼度試驗
- 水質
- 害蟲治理

測試營養液的 EC 值來確定植物是否得到它所需要的營養。每種植物所需的營養量各不相同，而氨基甲酸乙酯的含量會顯示植物是否需要額外的營養素或者是否吸收了過多的營養素。體型較大的果類作物通常比多葉蔬菜 (如生菜和香草) 需要更多的營養。對於經常使用的農作物，需要更頻繁地添加營養素；對於輕度使用的農作物，可能要用水稀釋營養液，使氨基甲酸乙酯水平達到最佳範圍。一般來說，幼苗需要 0.5-1.0 的EC，多葉植物需要 0.8-2.0 的EC，被子植物需要 0.6-1.3 的EC，結果植物需要0.7-3.5的EC。

OPCOM Farm 提供專有的營養配方, 可以添加到水耕系統的出水槽進行 EC 調控。這些配方會自動調整營養水平, 為植物提供健康所需要的營養。為確保植物有一個健康的生長環境, 應經常進行 EC 檢測。對於 OPCOM Farm 水耕系統, 應該每周檢查一次 EC 值。如果 EC 值過高, 可以在營養液中加入清水, 稀釋可溶性礦物鹽, 降低濃度。如果 EC 值太低, 添加額外的 OPCOM Farm 營養素, 以提高營養液中的 EC 值。

酸鹼度試驗

植物健康的一個常規測試就是酸鹼度監測。酸鹼度測試可以測定溶液是酸性或鹼性。pH 值範圍從 0-14 不等, 0 表示酸性最強, 14 表示鹼性最強。水耕植物的最佳 pH 值範圍可能不同於同一植物在土壤中生長的最佳 pH 值範圍。一般來說, 大多數水培植物喜歡 pH 值在 5.5-6.5 之間, 以達到最佳生長。在大多數地方, 自來水的 pH 值在左右, 正好接近 pH 值的中間值。當 pH 值過高或過低時, 植物需要

調整到正確 pH 值。以保持合適的酸鹼度, 過高和過低的酸鹼度都可能影響植物的生長, 甚至死亡。不正確的酸鹼值會影響營養的吸收, 導致營養素缺乏或毒性。另一方面, 也可以通過酸鹼值測試來檢測營養素效率低下的情況。當 pH 值過高時, 可能是鐵、錳、磷營養缺乏的結果。另一方面, pH 值過低, 可能是由於低鈣 (Ca)、鎂 (Mg) 和鉀 (K)。OPCOM 公司提供專門的 pH 值膠囊, 可以快速、輕鬆地調節水的 pH 值。有許多因素可以導致 pH 值的變化。在大多數情況下, 較高的溫度和增加的光照可以提高 pH 值, 而較低的溫度和減少光照可以降低 pH 值, 不同的植物吸收不同的離子, 這也會影響 pH 值。隨著生菜和草莓的生長, 它們會降低循環水的 pH 值, 而捲心菜在生長過程中會增加 pH 值。



水質

在水培環境中種植植物時，水質很重要。不同的地方有不同的水質，因此有必要對水進行測試並根據需要進行調整。OPCOM 提供的 pH 膠囊，可以用於增加或減少水的 pH 值，以達到最佳的植物健康。隨著時間的推移，植物的水培種植的過程中可能會培養出藻類，這是一種綠色物質，當水暴露在陽光下時會迅速產生。此外，根系可能會因此變黃並開始腐爛，因此必須對系統進行日常維護，以保持環境清潔和良好的工作狀態。光催化塗層可使藻類在光照下的光合反應減少近 90%，顯著降低藻類的光合速率。OPCOM Farm 的新產品系列提供了一種光催化塗層，可以抑制藻類在機器中生長，保持水管清潔，促進植物生長。

害蟲治理

在室內種植植物可以大大減少與傳統農業相關的害蟲數量。通過土壤傳播的昆蟲、嚙齒動物和其他能夠破壞室外作物的動物，通過室內種植很容易減少。不過，還是有一些昆蟲，可以滲透進室內水培系統。有很多方法可以阻止室內的昆蟲。如果昆蟲在植物上被發現，植物可以被清除，以防止整個系統進一步感染。在必要的時候，有一些針對昆蟲的治療方法，也可以用來消除這個問題。

在某些情況下，自然形式的昆蟲控制可以用來避免昆蟲數量的增長。例如，在受控環境農業中，將瓢蟲引入水培系統可以幫助抑制蚜蟲。OPCOM Farm 為易受昆蟲影響的系統提供了防蟲網。這種網可以防止昆蟲進入系統，對植物造成損害，從而創造一個健康的種植環境。

溶解氧

溶解氧是任何水耕系統的關鍵組成部分。OPCOM Farm 水耕技術旨在將足夠數量溶解氧注入水耕生長環境。這是通過保持水循環的水泵來完成的。

第三節: 維護

溫度

保持室內水耕系統的空氣溫度和水溫是必要的。大多數植物喜歡環境溫度在41°F到86°F之間，但是，不同工廠的最佳空氣溫度可能有所不同。水溫也很重要，最佳範圍因植物而異。大多數植物喜歡水溫在60°F到80°F之間，理想的溫度範圍是65°F到70°F。



收成

知道何時以及如何收穫水培種植的產品是其自身的科學。當收穫時，一些水培種植的食物的反應與在土壤中種植的不同。在這一章，我們將學習不同的技術，可以幫助收穫時間是最成功的



第一節

水耕植物如何收穫



植物總是優先生長在頂端，所以如果你像薄荷一樣切斷葉端，植物會有更多的分支，使葉子更強壯。

也像生菜一樣，總是有嫩葉生長，如果你為了製作沙拉切掉較大的葉子，並用嫩葉保留根部，那麼年輕的葉子會在你下週製作的沙拉中長得很大.....我們稱之為重新生長，但這可能不會因為沈重的勞動力成本而受到農民的歡迎。

涵蓋的STEM主題

- Etc.

植物利用二氧化碳
進行光合作用

在拉丁語中，**高莖的含水量超過了**
“工作用水” **96%**

第一節: 水耕植物如何收穫

對於花卉和水果植物，可能需要時間和不同的營養及光照才能生長，環境溫度花期和果實期，以獲得最大的收穫。



第二節

儲存



如何儲存收穫的農產品 保質期

你有沒有注意到一些冰箱有一個特殊隔間來存放水果和蔬菜。有時候那個隔間裏會有一控制欄，用來調節濕度。這是因為不同種類的蔬菜在適宜的濕度範圍內存放時間更長。將草莓、生菜和黃瓜等肉質蔬菜儲存在濕度較高的環境中，可以防止水分從水果中流失，從而延長貨架期。根莖類蔬菜，如胡蘿蔔和甜菜，更喜歡乾燥的環境，以延長貨架期。

涵蓋的STEM主題

- Etc.

將會釋放乙烯氣體的水果和蔬菜與其他蔬菜分開存放。

釋放乙烯氣體的農產品有西紅柿、蘋果和梨。乙烯氣體會讓水果腐爛，所以分開存放以防止其他農產品過早變質。

第三節

營養和食譜

涵蓋的STEM主題

- Etc.



第七章

環境收益

水培植物以多種方式促進可持續發展。植物可以去除我們呼吸的空氣中的毒素和 污染物, 這對室內環境尤其重要。室內種植也有助於減少食物里程, 從而減少對化石燃料的依賴, 創造更清潔的空氣。在本章中, 我們將瞭解更多關於先進的水培技術如何幫助環境和說明向偏遠地區供應食物。



室內空氣淨化

能源效率

能源效率這個詞牛們最近經常聽到，原因有很多。減少能源需求意味著減少能源消耗，同樣意味著減少空氣污染和對化石燃料的依賴等等。提高能源效率可以為人們節省電費和煤氣費。總的來說，能源效率被認為是一件好事。但是有什麼壞處嗎？



減少能源需求和提高效率最常用的方法之一就是對建築物進行超級隔熱。這解決了最大的住宅能源消耗問題，即通過減少新鮮空氣交換來維持室內溫度，來為家庭供暖和降溫。



涵蓋的STEM主題

- 能源效率
- 室內空氣污染
- 苯
- 甲醛
- 氨
- 二甲苯
- 三氯乙烯
- 可以淨化室內空氣的植物

在溫和的月份，比晴朗的天氣持續了更長的時間，供暖和製冷費用顯著上升，人們花更多的時間在室內。這意味著更高的能源使用量和能源需求。

超級絕緣技術在 20 世紀 70 年代能源危機後開始流行。在此期間，由於 1973 年歐佩克的石油禁運，石油價格上漲了 350%，立即使能源效率成為一個高度重要的問題。然而，很快我們就發現，超級絕緣建築物對居住在這些建築物中的人們的健康問題有很大的影響。

第一節: 室內空氣淨化

建築材料、合成纖維和加熱燃料等元素釋放到我們呼吸的空氣中。到了1984年，人們認為超級隔熱建築物導致了室內空氣質量的惡化，並導致了“病態建築物綜合症”的發展，這是一種與暴露於室內有害物質有關的疾病狀況。1989年8月，美國環境保護局(EPA)對10座公共出入建築物的室內空氣質量進行了研究，包括醫院和辦公樓。報告指出，在新建的建築物中發現了900多種有化學物質，有些化學物質的含量是正常水平的10倍。報告還指出，有足夠的證據得出結論認為：室內空氣污染可能造成嚴重的急性和慢性健康風險。環保署向國會提交了他們的調查結果。

先進的通風系統使現代建築更有可能級隔熱，的確，這些通風系統對人們生活和工作的重要性和重要性是顯著的。除了通風之外，植物還能降解有毒的有機化學物質，可以用於室內淨化陳舊有毒空氣。1989年，美國宇航局進行的研究表明，室內植物可以顯著減少室內空氣污染的許多常見的毒素排放在典型的室內環境。

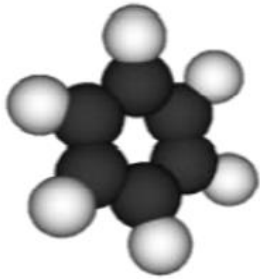
室內空氣污染

植物能淨化我們呼吸的空氣。它們從空氣中吸收二氧化碳進行光合作用，並在此過程中從葉子下面的小孔中釋放氧氣。除了去除溫室氣體二氧化碳之外，植物還能淨化空氣中的許多其他常見污染物。室內種植的水培植物對於減少建築物內空氣中的有害揮發物起著重要作用，例如學校，辦公室，還有我們的家。苯、甲醛、氨、二甲苯及三氯乙烯等物質所釋放的揮發性有機化合物，通常存在於室內環境，植物可將這些有機化合物從空氣中清除。但這些污染物是什麼，又是如何影響我們的呢？

了解化學元素		
C	=	碳
H	=	氫
O	=	氧
N	=	氮
Cl	=	氯

第一節: 室內空氣淨化

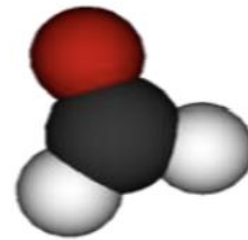
苯



苯分子
 C_6H_6

苯是美國使用最廣泛的化學物質之一。它是一種有機的, 芳香的, 高度可燃的烴, 在室溫下是無色或淡黃色的液體。這種環狀的環狀化合物的化學式為 C_6H_6 , 意味著它有六個碳原子和六個氫原子。它在空氣中蒸發得非常快, 由於它的蒸氣比空氣重, 它會下沉到低溫區域。苯是原油、汽油和煙草的天然成分, 廣泛用於油墨、樹脂、油漆、塑料、橡膠和合成纖維的生產。它是一種有毒物質, 與許多健康風險因素有關, 包括但不限於皮膚和眼睛刺激、胚胎活動、致癌性和白血病。苯會干擾正常的細胞功能, 還會引起皮炎、呼吸道疾病、腎損傷、頭痛、神經過敏、貧血和癱瘓。儘管苯在室外和室內都能找到, 但是室內空氣中的苯濃度通常高於室外空氣中的苯濃度。減少室內環境中的苯污染的一種方法是通過水培培養能夠吸收污染物的植物。

甲醛

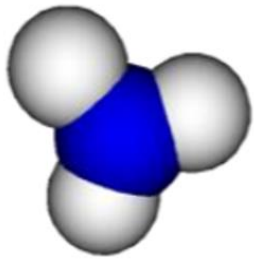


甲醛分子
 CH_2O

甲醛是一種天然存在的有機化合物, 廣泛用於各種化學製造過程中。這是一種無色, 活性很強的有害氣體, 由氫碳酸不完全燃燒形成, 甲醛的化學式為 CH_2O , 也可以寫成 H_2O_2 。這種化合物由兩個氫原子和一個氧原子結合在一個中心碳原子上構成。甲醛是一種劇毒的系統性病毒, 幾乎在所有室內環境中都可以發現, 原料包括刨花板和壓製的木製品、紙袋、蠟紙和動力毛巾等消費紙製品、許多常用清潔劑、永久壓榨布料和抗皺劑、黏合劑、煙草煙霧、以及天然氣等烹飪燃料。甲醛是一種刺激物, 會對眼睛、鼻子和喉嚨造成刺激, 可以引起皮炎、刺激上呼吸道、引起頭痛和哮喘。此外環境保護機構進行的研究強烈懷疑, 如果長期居住在甲醛的環境下, 會導致一種罕見的咽喉癌。

氨

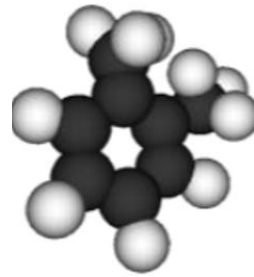
你有沒有用過窗戶清潔劑, 如果你用過, 就會發現它是一種特殊的刺激性氣味。這個氣味來自化學物質氨。氨是一種天然存在的無色氣體, 由人類活動產生, 因其獨特的性質被用於許多產品和工業中。它可溶於水, 蒸發得很快, 所以浴室鏡子上沒有條紋。它的化學式是 NH_3 , 意味著它有一個氮原子和三個氫原子。氨的排放源包括代肥製造、化石燃料燃燒、牲畜養殖和製冷材料。在家裏, 窗戶清潔劑、地板蠟和花園肥料中都可以找到氨。目前尚未發現典型的環境濃度的氨會影響人體健康, 儘管較高濃度的氨會對眼睛, 鼻子和喉嚨造成刺激。如果大量吸入氨氣, 則會產生毒性, 哮喘患者對於呼吸氨氣的反應比其他人更為敏感。氨實際上是植物氮的一個很好來源, 是植物正常生長所需的必需營養素, 這就是為什麼它被用於化肥中。



氨分子
 NH_3

二甲苯分子

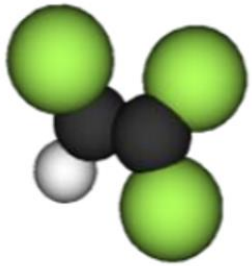
二甲苯分子是一種無色、易燃、芳香的液態烴, 通常用作印刷、橡膠、皮革和塗料工業中的溶劑。二甲苯以三種形式存在: 間二甲苯、鄰二甲苯和對二甲苯, 這三種形式被稱為異構體。二甲苯的化學式為 C_8H_{10} , 也就是說它由8個碳原子和10個氫原子組成。這個化學式也可以寫成 $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$, 從而更清楚地表明它的分子結構。除了用作溶劑外, 二甲苯還用作清潔劑、油漆稀釋劑和漆。二甲苯的其他來源包括煙草煙霧和汽車尾氣。雖然二甲苯是一種有毒物質, 但正常環境下接觸二甲苯並不會對健康造成危害。高濃度的二甲苯會刺激皮膚、眼睛, 鼻子和喉嚨, 引起呼吸困難, 肺功能受損, 對視覺刺激反應遲緩, 並影響神經系統。高濃度的二甲苯, 即使在短時間內, 也是有毒的。室內二甲苯含量可能高於室外。



二甲苯分子
 C_8H_{10}

三氯乙烯

三氯乙烯是一種合成的、劇毒的致癌化學物質，主要用作去除金屬件上的油脂。這種有機氯化物，也叫鹵化碳，是一種無色、不可燃的液體，有一種甜味。三氯乙烯的化學式是 C_2HCl_3 ，這意味著它有兩個碳原子，一個氫原子和三個氯原子組成。除了用作溶劑外，三氯乙烯還用於打印機油墨、油漆、漆、黏合劑和除漆劑。這種揮發性物質被美國環保署列為人類致癌物質，影響器官發育和神經系統。暴露於高濃度的三氯乙烯會導致心律不濟、肝臟損傷、腎臟損傷，呼吸高濃度的有毒化學物質會導致面部神經損傷。據紐約州衛生部稱，幾乎所有暴露於三氯乙烯的物質都來自室內空氣。室內植物可以助清除建築物中的有害化學物質，改善學校、辦公室、公共建築和家庭的空氣質量。



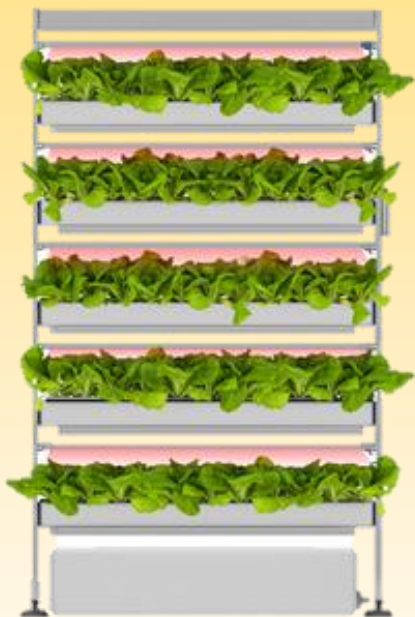
三氯乙烯分子
 C_2HCl_3

室內空氣更清新的植物

一些植物已經被研究以確定它們能從污染的室內空氣中去除一些揮發性有機物。能有效去除這些毒素的植物包括邊緣植物(紅邊竹蕉)、綠蜘蛛植物(吊蘭)、和平百合(白鶴芋“莫納羅亞”)、金花石(金黃色)、竹棕(雪佛里椰子)、杭白菊、非洲菊和波士頓蕨(腎鱗草“波斯塔塔”)。波士頓蕨類植物是最有效的室內植物，可以去除封閉環境中的甲醛。除了這些觀賞植物，許多多葉的綠色植物，如萵苣和羅勒，也有助於清除室內空氣中的這些毒素。多種觀賞植物和綠葉蔬菜可以在室內水培系統中種植。OPCOM水培系統可用於在任何室內環境中創造一個更清潔、更健康的環境。



節約資源



據估計，到2050年，地球上的人口將比現在多25億。他們中的80%將生活在城市，並且%以上的食物將被用來養活每一個人。然而今天，80%的耕地已經投入使用。與此同時，極端氣候預計損害農業資源，導致食品價格上漲。此外，已知土壤和水資源的污染會導致食物中毒。由於些原因，以及更多的原因，室內種植技術將是必不可少的，以幫滿足我們日益增長的社會的農業需求。



涵蓋的STEM主題

- 食物里程
- 節水
- 節能
- 能源使用和用電單位kWh
- 如何計算用電量

食物里程

在當地種植糧食對環境有很大好處。我們吃的大部分食物，都要從收穫和加工的地方運輸到很遠的地方。這些距離被稱為食物里程。一般來說，構成一頓飯的食物要運行的距離，相當於石油、天然氣的消耗，所製造的空氣污染等等。

第二節: 節約資源

節水

節能

能源使用和用電單位kWh

如何計算用電量



第二節: 節約資源



OPCOM Farm可以用水培的方式種植新鮮、健康的植物。使用節能的LED燈和節能水泵降低了普通的水培系統所需的能源消耗。此外，OPCOM Farm 是室內耕作，這意味著比傳統農業需要更少的土地和空間。

OPCOM Farm展望未來，致力於為顧客提供最好的服務。通過OPCOM Farm 先進的水培技術，可以滿足不斷增長的人口對食品的關鍵需求。



分布式水耕



空間水培法

而且，太空中的空間更小，這意味著國際空間站沒有足夠的空間來種植間隔10厘米的幼苗，來開始一個傳統的農場。種植水培水果和蔬菜為包括深空旅行在內的革命性可能性打開了大門。2015年2月，宇航員在國際空間站上第一次吃到了水培紅葉萵苣。靠近生長中的植物和大大減少水的消耗使得在像太空這樣的地方生長比以往任何時候都更有可能。

涵蓋的STEM主題

- Etc.

