

## 植物工廠值不值得推廣？水耕蔬菜安不安全、營不營養？ 來看專家看法

文 / 光電協進會整理

面對全球糧食危機、水資源耗竭、食品安全等議題，吸引科技業投入植物工廠產業，以人工光源與營養液進行農作物種植，而台灣廠商積極發展至今將近四年，兩年多前網路上出現一篇文章提到明道大學陳世雄校長「反對植物工廠在台灣推廣」，陳校長認為投資高科技業廠房，動輒數百億，但投入植物工廠，不超過千萬，大老闆們認為是微不足道的小錢、小投資，但是大量錯誤投入植物工廠生產，陳校長認為將來可能成為大麻煩？

針對明道大學陳前校長（陳）提出的八大疑慮，台灣大學進修推廣部開辦的植物工廠應用技術研習班有多位學員在第一時間就向台大生物產業機電工程學系的方煒教授兼主任（方）詢問，方教授透過 Line 與 WeChat 對學員做了逐項的說明；經由網路的傳播，近期前述文章也在大陸引起討論，同樣困擾學界人士，近期（2016/1）華南農業大學劉厚誠教授（劉）在中國廣州的一次人工照明的農業應用研討會上，公開地針對陳校長認為台灣「不宜大量推廣植物工廠」的幾項理由提出他的看法。

光電協進會取得三方的說法，徵得方教授與劉教授的同意，將三方的說法加以整理條列如下：

議題一：台灣不適合推廣植物工廠嗎？	
問題	<b>Prof. 陳：</b> 植物工廠可以設在香港、新加坡、北極、南極、撒哈拉沙漠；但不宜設在台灣。因為過去政府錯誤政策，每年花一百多億補貼休耕，台灣有十幾萬公頃休耕地。這些休耕地才是最好的農業生產基地。不應該花大錢另外蓋植物工廠。台灣有最好的天然日照、溫度、土壤等農業條件。不適合發展高投資、高耗能、高耗水之植物工廠。
評析	<b>Prof. 方：</b> 政府並無出大錢設植物工廠，都是民間企業投入。台灣同樣也有高污染的農地，許多不當農法也讓土壤鹽化毒化，有機肥使用不當同樣造成汙染，有機肥來源不定，成份更不清楚，能不用土地就可務農生產農產品，還土地於山林於自然生態，這才是真環保。要說高投資、高耗能這要看是跟甚麼產業比，說高耗水則是胡扯，植物工廠栽培的用水量可以是田間栽培的不到 5%，說高耗水真是從何說起。台灣當然適合推廣植物工廠，人稠地狹兼糧食自給率低於 35%，農藥與肥料使用全球超標，食品安全問題嚴重，可耕地減少，農民老化等都是適合發展的原因，發展植物工廠還可做為振興傳統產業的新產業。

議題二：植物工廠的作物沒有足夠的營養價值？

問題	<p><b>Prof. 陳:</b> 植物工廠生產的農產品沒有足夠的營養價值，特別是缺乏攸關人體健康，抗癌、抗老化、抗自由基、提昇免疫能力的二次代謝產物。</p>
評析	<p><b>Prof. 方:</b> 植物工廠的產物可以富含二次代謝物，近期每年可有上百至千篇的研究論文發表。二次代謝物多半為逆境下產物，植物遭受逆境，自體產生二次代謝物來因應，部分二次代謝物有益於人體，所以被拿來利用。陽光中的 UV 是一種逆境來源，人工光源有些沒有 UV，螢光燈或 LED 都可提供 UV-A 的光譜，再者，部份 UV 對植物的影響可用藍光替代。武斷地說一定缺乏二次代謝物是偏頗了。</p> <p><b>Prof. 劉:</b> 在人工光條件下，通過控制光照時間、光強的不同照射，對生菜的保健營養成分產生影響。經實驗與數據證明維他命 C、可溶性糖、可溶性蛋白在不同光照條件下均發生了明顯的變化，特別是鉀、鈣、鎂、鋅有非常顯著的差別。不同的處理，差異是非常顯著的，這對於我們調控蔬菜礦物質含量提供了一個非常可行的途徑。抗氧化的能力在不同光線的調控下也有非常大的差異。不同光強下，常規的營養品質以及礦質元素含量及積累量都會發生非常顯著的變化，同時積累量差異尤為明顯。</p> <p>抗氧化能力在不同的光強條件有著非常顯著的差異，這說明通過光譜的調控，通過光照強度調控，不同的光照時間對蔬菜的營養成分和抗氧化能力有非常大的影響，對硝酸鹽、維生素 C、可溶性糖、游離氨基酸都有很大的影響。多酚、花色苷、類黃酮、自由基清除能力，這些含量皆可透過通過控制光照時間、光強的不同照射，對作物的營養成分做調節。植物工廠可以定向調節植物的營養價值，特別是二次代謝物，類黃酮這些都是二次代謝物，我們在植物工廠完全可以定向調節。</p>

議題三：水耕養液會影響健康嗎？	
問題	<p><b>Prof. 陳:</b> 人為調配的水耕液，比不上天然的土壤營養成分均衡，特別是土壤中含有許多抗癌、使人長壽、甚或與生育力有關之微量元素。這方面，人類迄今還有許多是無知的。</p>
評析	<p><b>Prof. 方:</b> 養液中並不缺微量元素，認為天然的一定最好那是天真了，臺灣的哪一塊農地沒有受到人為的影響？這影響包括土壤本身、空氣、地表水與地下水，開放的農地又有哪一塊不會受到 PM 2.5、酸雨等的影響？</p> <p><b>Prof. 劉:</b> 因為現代農業是建立在植物營養學的基礎上形成的農業，營養液包含了植物生長發育和品質形成所需要的 16 種營養液元素。這條把現代農業全部打掉了。若「因為你不要下化肥，下了化肥就不是自然肥，種出來的東西是不行的」，如果是這樣的話，那全世界的人都要</p>

	餓死了。
--	------

議題四：水耕養液會造成環境汙染嗎？	
問題	<b>Prof. 陳</b> ：水耕液(全是化學藥品)每兩星期更換一次，嚴重污染地下水源。
評析	<b>Prof. 方</b> ：沒有一家植物工廠的水耕液會是每兩週換一次，肥料也是成本誰會那麼笨？土耕的肥料、農藥灑到田裡，碰到下雨就全沖到水溝，這種污染就都不說？市區內植物工廠的養液用幾個月後才排放，排放的養液地肥度也絕對不會比每天廁所內的肥水還要肥，不擔心廁所的水會污染地下水就更不需要擔心植物工廠的養液會汙染到地下水。 <b>Prof. 劉</b> ：水耕液每個星期更換一次，做實驗是這樣做，但是在產業化的過程中並不是這樣做的，我們在有效的管理下，可以實現長期、循環、零排放、微排放的運行。

議題五：植物工廠最終還是需要農藥？	
問題	<b>Prof. 陳</b> ：植物工廠最終還是會有病害，仍須農藥防治。
評析	<b>Prof. 方</b> ：植物工廠內有可能有病害，但多半是與生物(昆蟲、細菌、真菌病毒等)無關的生理病，不需用藥。就算有生物感染的病害也可以有用藥之外的對策，非專業人士一聽到病害就以為一定免不了用藥是錯誤的。 <b>Prof. 劉</b> ：做過植物工廠的人都知道，只要在有效管理控制下，基本上可以控制蟲害的發生，可以不用藥。我們種的生菜、芥蘭、小番茄，全生長期過程中一次農藥都不用。由於前面幾點不成立，他的整個結論都是錯的。

議題六：植物工廠的作物風味不佳、營養成分也不足？	
問題	<b>Prof. 陳</b> ：植物工廠生產的蔬菜，絕對稱不上「健康、自然」。風味不佳，營養成分也不足。
評析	<b>Prof. 方</b> ：風味不佳、營養不足，前者這可訴諸公評，後者可有儀器量測，流於空口說白話沒多大意義，已有許多篇學術論文討論水耕加上人工光可以讓植物口感更佳、風味更好、營養更高。畢竟陽光不是永遠都夠，隔壁非有機田噴的農藥可能飄過來，雲林東勢六輕煙囪的汙染粉塵隨時影響整個臺灣西半側，陽光不足、連續陰雨都可能造成硝酸鹽過高；植物工廠只要提供足夠的日累積光量可確保硝酸鹽在適量範圍內。除了光量因素之外，過去的學術研究也可整理出至少十種以上的對策來控管蔬菜的硝酸鹽濃度，傳統農法或有機農法則只有仰賴陽光不要欠缺，然後只能祈求肥料中氮肥濃度不要太高，其他全無對策。機能性蔬菜是繼生菜、芽苗菜、香料作物之後的植物工廠的新栽

	<p>培選項，此所謂機能性包括低硝酸鹽、高營養、高抗氧、高鐵、高鈣、低鉀等都是重點。說植物工廠的蔬菜營養成分不足是完全認識錯誤。</p> <p><b>Prof. 劉:</b> 我們關注的點開始由食品安全轉向對食物的營養健康評價，這也是植物工廠未來發展重要的機會。功能食品在世界範圍內受到越來越多的關注，功能食品的需求越來越大。我們知道，吃保健品解決不了營養問題，所以大家追求更加天然的、更具生物活性的保健功能成分，用天然的食物來解決這個問題，這給植物工廠提供了途徑。現在腎病人越來越多，針對腎病的病人，開發了低鉀食物，這在植物工廠裡是可以實現的，日本已經成功實現了低鉀蔬菜的生產。植物工廠條件下，我們能夠實現功能食物生產。比如以廣東常見葉菜芥蘭來說，我們種了一個月，可以看出不同光譜對維生素 C 的含量，可溶性蛋白的含量，可溶性糖的含量、游離氨基酸的含量均具有可調節的功能。β胡蘿蔔素和花色苷也有明顯的差別，多酚也一樣。我們最關注的是自由基清除率，也有非常明顯的改變。而特別關注的，對我們人體有益的鈣、鎂、鋅，均可以通過光譜條件的改變，使它的含量發生顯著的變化。</p>
--	---

<p>議題七：植物工廠的價值是甚麼？</p>	
<p>問題</p>	<p><b>Prof. 陳:</b> 植物工廠既不環保、也不健康、低營養、高投入、高污染、浪費能源，不值得在氣候土壤條件良好的台灣，大量投資生產。或許應該以研究為主，利用台灣高科技，生產「植物工廠設備」外銷中東石油國家，而非在台灣生產農產品。</p>
<p>評析</p>	<p><b>Prof. 方:</b> 如果植物工廠真的那麼不好，那為何又贊同外銷到中東？這豈非前後矛盾。這種「死道友不死貧道」的心態一點都不可取。二十多年前也有一批學者說台灣本身就是大溫室，所以不需要發展溫室科技，事實證明沒有溫室就不會有臺灣的蝴蝶蘭產業、種苗產業與園藝產業。植物工廠既可節約用水、更可節省用地，也不汙染環境，作物生產可以是既環保又確保高效能；產品品質又可以有保障且可以是高營養，潔淨生產方式可以允許產品免洗即食或免洗即煮，免洗的優勢可進一步省水，此類產品都受到消費者與廚師的歡迎，因為處理上非常方便，植物工廠的特色更是允許穩態量產，全年穩定價格，對社會的安定也能發會局部貢獻。既可帶動地方產業的發展又有這麼多優勢，所以才受到全球的高度重視，近五年來由東亞擴散到東南亞、中東、歐美等地。</p>

<p>議題八：結語</p>	
<p>問題</p>	<p><b>Prof. 陳:</b> 農委會最好儘速將「休耕補貼」轉為「有機補貼」，大力發展有機農業，才是消費者之福，農民之福，才是農業永續經營的最佳</p>



	保障。
評析	<b>Prof. 方:</b> 「休耕補貼」轉為「有機補貼」? 這沒道理。有機產品並非較營養, 對人體健康的影響與傳統農法的產品來比也沒有顯著優越性而是其農法雖然對地球較友善但產量偏低, 這種看法在學術界早有定論。售價較高是成本考量而消費者願意以較高價格採買就是一種補貼。只想補貼, 農業就難脫離弱勢的命運, 農業是培育生命的產業是文化的一環, 是道德良心的事業, 必需讓每位務農者都有這種認知, 不能只想補貼。寵孩子只會斷了他們的未來, 教育專家如是說, 產業發展也是如此。

以下為方焯教授的補充:

不少國人對於水耕農法有誤解, 推廣有機農業的某些人對於水耕農法, 對於使用化學肥料, 非常反感, 感覺就像洪水猛獸般的要防範。台灣確實有肥料使用過量與農藥使用過量的問題, 但是不用又會有產量過低甚至完全無法收成的問題, 關鍵是在於用量, 不是完全不用, 因為在田間栽培完全不用是很難有好收成的。

有機栽培是一種對環境影響較小的農法, 不代表種出來的蔬果會比較營養, 水耕栽培是另一種可節約用水、用肥且可有高效益收成的農法, 過去多使用網室、溫室等這些具備環境調節能力的設施, 近幾年開始於植物工廠內使用, 使用人工光的植物工廠同時可立體化栽培, 大幅節省土地的使用。此些農法與田間的露天栽培都可以共存, 都是農業的一環, 各有優缺點, 誰也不會取代誰。

基本上植物的根系只能吸收無機鹽類, 也就是各種元素都是以正負離子的型態溶於水中, 讓植物吸收。水耕如此, 土耕如此, 有機栽培也同樣如此。就算由葉面施肥, 還是如此。有人種芭樂施肥加入牛奶, 有人加入養樂多, 也都是如此。不是植物的根會喝牛奶或是喝養樂多。牛奶含鈣與有機固形物, 養樂多含有益微生物與糖份, 這所有成分最終還是只能以溶於水中的離子型態被植物吸收。

危言聳聽的論調應該要避免, 網路上也有所謂的美食家對於水耕栽培也有不少批評, 某電視台有一次還拿土耕與水耕栽培的兩種不同品種的蔬菜擺在一起的照片作解說, 以前者較大, 後者較小來說明水耕栽培的農產品會有營養不足的問題。真想問問記者, 會有人將大象與老鼠擺在一起比大小, 然後說前者大所以營養高嗎? 這報導是那般地荒謬, 但還是引起部分消費者恐慌, 在農業界還造成話題被討論了幾週。

台灣各界想必不會因上述的質疑與錯誤的報導而放棄水耕栽培與植物工廠的推動, 希望這篇文章能釐清一些似是而非的論調, 如能導正大家對於水耕、對於化學肥料使用、對於植物工廠產品的認知, 則幸甚。

以下為劉教授的補充:

德國科學家利比希在1840年出版了《化學在農業和植物生理學上的應用》一書，提出礦物質營養學說，確立了植物是以礦物質作為原始營養給源的學術基礎，植物吸收的礦物質元素，為其生長和形成產量所必需。當時提出植物需要的氮、硫、磷、鉀、鈣、鎂、矽、鈉、鐵等營養元素，都是以鹽的形態從土壤中吸收的。

有機肥的氮除少量氨基酸可能通過葉面或根被植物吸收外，絕大部分是要經過微生物分解成氨（在嫌氧環境的水田是以銨離子存在）和硝酸鹽（好氧環境的旱地）才能被植物根部吸收，這和施化肥的結果是一樣的。磷、鉀的吸收，也是無機化（礦化）後才為植物吸收的。

土壤中相同的營養成分，對於作物或微生物都具有相同的營養作用，作物在吸收利用某一養分時，既不可能考慮其來源，更不可能優先吸收由有機物分解的養分。只要同樣的是銨離子，哪一個首先到達根表，哪一個就先被吸收。據此必須強調，施入農田的化肥成分，其實都是土壤中存在的成分。只是為了作物的平衡營養與增產需要，提高了那些重要養分在土壤中的濃度。

因此，營養液栽培（水耕）是一種可以提供安全食物的、高效的農作物栽培方式。