

## 面對循環水耕方式存在的問題

星芝國際農業科技 技術執行長 蔡尚光

植物的營養吸收態勢受既定的生長韻律左右，特別是養水份的供給，總是在環境、天候與生理的條件相互影響下反復進行適當的交換運作，可喻為植物水份吸收之自然“潮汐機制”。在設施農業上以效率相對穩定的底部給液潮汐循環技巧(ebb and flow)來從事生產的主要應用項目，大都見於盆花或切花為普遍，但傳統的方式需要設置超大型的迴流槽以作定時循環的水體交換，其耗電耗水且無法跟隨植物吸收韻律的缺點則依舊淪於“循環和湛液”的渲染框架之中。近年來新一代整合節能省水綠色環保主張的“自主潮汐式” Autopot Systems 生產系統的問世與推展，令全新思維的設施養液栽培技術在資源實用化和投資合理化的雙目標上更臻於完善。

設施養液栽培技術長期以來在台灣的發展，大都承襲著日本傳統的 湛液 (DFT) 或是歐美的 薄膜(NFT)、點滴(Dripping)等循環與排液方式(recirculating & run-to-waste)，也就是一般所泛指之“水耕栽培”，這類的體系雖非現代農業科技上唯一的選項，但卻是許多生產設施普遍慣用的架構；然而事實上建立在“循環”模式下，不論湛液、點滴、氣霧、管狀直立等的應用方法，至今依舊存在諸多操作效能上不易克服的缺陷，許多架構上造成的缺失，很大程度上皆來自“循環”所導致的結果，所謂建立在“永續與環保”的雙向議題上，仍難以跳脫被媒體誇大誤導的假像，學術面亦鮮少有對這些缺點的析作出具體而客觀之描述。

綜觀現行養液栽培方式的設置，可於經營和操作面上來進行探討：

1. 湛液水耕之水體用量極大，驅動迴流的能源耗費不貲，一般業者經常忽視在循環中的頻率，也就所謂的水體交換率(nutrition exchange rate)，基本上每小時 2~3 次或以上的床區與地下養液槽互換比例少有被重視，幫浦能率毫無計算而隨意安裝者比比皆是，原本混拌與增氧的目的難以落實。設計上欲達到水中平均溶氧 Do 值 4~6ppm 的地下部正常生理需求標準以及養液中元素的分散均衡值(balance of elements)，每分地 1000m<sup>2</sup> 基本上需配置 3.75kw 或 4~5Hp 的幫浦 2 台或以上；而依照台電、能源局等單位之排碳量的基本計算，暫且無論湛液 DFT 式或需 24 小時作動的薄膜 NFT 式，若每天每小時平均作動 15~30 分，(尚不包含瞬間多次啟動的最大耗電能量以及加裝各種微細氣泡裝置或是採用上、下分槽方式之迴流設置管道的額外耗能)，則產生碳排量平均每天約為 48 公斤以上，年間則高達約 17,500 公斤之譜，相當於需要耗費 20 歲齡的樹木 1580 株，才可完全吸收其排放之二氧化碳，這僅為 1 分地(1000m<sup>2</sup>)的排碳量而已，此充分顯示隨設施面積的擴大，節能環保議題更是背道而馳，且一旦發生電力中止而持續時間超過植物的忍受臨界點時，生產即易蒙受質與量的損失。傳統循環

式水耕或是坊間常見的浮筏式、虹吸式魚菜共生等架構皆同樣無法避開且有效的解決此項問題。

2. 主要元素與微量元素容易在數次循環過程被蒸散或吸收後配方結構漸趨瓦解，造成各種不可預期的植物生理症(plant deficiency disease)，除非有專職人員搭配精密高價的分析機器來操作，否則植物的元素吸收指數將無法有效控管。另一方面，台灣業者採用之養液配方大都以日本園試興津 II 或是山崎氏等處方為主，其最初含考慮為平衡水中離子酸鹼值的成份而設計，特別是阿摩尼亞態氮  $\text{NH}_4\text{-N}$  的加入均含有 1~4me/l 不等濃度，長期或多次的循環使用下，經常因過度累積因素而造成像是萵苣、草莓、甜瓜、胡瓜等作物的阿摩尼亞氣體障害，令多種葉菜類基部黃化葉增多，然而即使是以硝酸態氮  $\text{NO}_3\text{-N}$  為主動利用的番茄、菠菜、青椒、豆科等作物，也因全體根部沉浸養液中而產生強選擇性的吸收，導致危害人體之硝酸鹽類含量過高的情形時有所聞，若無特定人工光源之輔助或是充足適度的自然光照，則定期更換培養液或半量交換補充的手續將無法避免。

根據日本設施園藝協會 JGHA 的平均統計，系統 2 星期~2 個月為維持植物有效平衡吸收值的循環水體交換上限，不進行養液更換的水耕農家，不但後續病蟲害罹患比例大增，收量與品質皆視不同作物而有明顯相異程度的下降。這類方式(包含點滴式)的不定期的廢液大量排放，除了肥料與水源的浪費外，對周遭環境以及地下水源的污染都是必需面對的事實，坊間諸多宣稱“永不需換水”的水耕或是魚菜共生農場，很大程度都是在商業立場上唬弄吹噓，只要栽培期間延續過長則總是問題叢生。

3. 傳統循環型水耕床(包括湛液型 DFT、薄膜流層型 NFT 等)，大都以保麗龍材料成型前後相互連接再於上鋪設塑膠布以防水，一般在農場溫室內栽培床平均長度皆超過 20m 以上，甚至有 30~40m 的情形亦不少見(管狀 NFT 型式則以 6m 為一單位視所需長度連結設置)，此舉極易形成栽培床前後端的養液吸收無法均衡之弊病，前半段的養液離子濃度與後半段尾端平均產生 15~30% 的落差，水中溶氧值亦隨之降低，給水端自 5ppm 減至末端 3ppm 或更低的情況成為常態，尤其在炎夏高溫期更為明顯，以致於作物生長無法均勻，其根部普遍褐化或呈現茶色狀態且大小不一的植株更為明顯。這類現象即使在定植板下方保持一定的空氣層或是設計一些柵狀凹凸式的床體，基本上其實難以有效改善，主要因素是原本理論上冀望空氣層中誘發出的上部濕中根(根毛)，並無法發揮養份吸收的功能，對於下部已褐化衰敗的水中根系亦無法活化取代。這類“循環式架構”雖然仍可以生產，然卻難以提升整體產質的良率又耗損率高，收穫品穩定度亦經常低於最初的預設目標，在經濟設施果菜類以及部份品種的萵苣類種植上屢見不鮮。

4. 工程費用高及地下設置養液槽體積龐大，以一般葉菜類的水體設置容積計算，地下水槽即需有 30~40t/1000m<sup>2</sup> 的容量，加上栽培床內的水量，使整體近乎有二倍 50~80t，此架構特別是在溫室內的場合，實施人為加溫或是降溫皆需消耗更大的能源，耗電排碳量亦相對增高；薄膜 NFT 循環型水量雖較湛液型稍小，但整體養液之緩衝能力亦隨之減低。此類狀況於大樓室內立體多層型植物工場的架構中，同樣因需考慮建物樓板承重結構而只能大幅降低其空間的利用配置比率，看看絕大多數單位床架下層的空間，無法避免的養液桶設置即是明顯的表徵，這對於整體自動化控制的設計，徒增多方面的困擾與成本。

5. 循環方式在台灣亞熱帶氣候下，特別於長達半年以上的炎夏之際，溫室內不論何種保溫材料的使用，自然狀態下水溫極易在若干迴流週期後逐漸提昇至 30~35°C，且一旦升溫後的緩衝能效應使然下難以再度大幅度降溫，除非是於具環控空調設備的室內，或是有加裝養液冷卻裝置，亦或是進行大量水體更換，此尤其以圓、方塑膠管平設或立體長型管狀式的結構(Trough types)更為明顯。生產中易造成溶氧 Do 值下降而形成地下部褐化並提高水中根腐菌(Pythium spp.) 類的滋生，影響了花卉、葉菜或果菜等作物之正常生長，許多此類型的農業設施(包括休閒家庭型套組)，最終皆產生夏秋季高溫期長達半年時間無法順利栽培的情況。且地下部病原菌源必然伴隨循環方式而在短時間內擴散蔓延至全場。

6. 果菜類普遍使用的介質點滴方式在台灣雖大都不行循環模式，除極少數進口的高價 ISFET 可測型調整回收設施外，一般簡易自然排放(run to waste)的模式令長期介質鹽類蓄積(build up)以及排液污染等問題層出不盡，導致溫室內濕度過高、青苔叢生且病蟲害指數提高的情況持續累積，進而增加了各種防治藥劑的使用頻率，介質內亦因由上往下的澆灌模式，濃度 EC 分佈極端不均，造成植物生長偏差且生理症狀嚴重。點滴技術(Dripping)的應用，需配合環控程式以蒸散量、日積射值(Ly/min(day) or Cal/cm<sup>2</sup>)或飽差(VPD)來作為標準 PLC 程式的控制設定，一般常見於坊間者，仍多數配置廉價草率的點滴管，只拘泥於定時器、水份 pf 計或是照度值 Lux 這類的測值機器，其準確度容易失真且已不合時宜。部份廢液的排放即使能執行循環回收再利用，但最終很大程度仍是拘泥在上述之循環方式的各種錯誤框架中反覆運行。

7. 慣用之水耕保麗龍資材耐久性差，特別是面板部分極易附著大量青苔並間接促進病蟲害滋生，每段時期後的廢棄品也總是造成環保上的困擾，且需依靠大量水源來作清洗或進行曝曬消毒。整個操作體系連同循環水體的不定期排放和蒸散，並非媒體大肆渲染的“省水節能”，號稱較慣行農法省水 95% 以上的說詞，完全是媒體以訛傳訛，擦脂抹粉的誤導。

8. 循環水耕方式生產的農作物耐保存性較差，普遍被詬病和指摘其葉薄、食用味淡而缺乏口感，尤其以葉菜類、香料作物等為甚。生產者必需要對事實有所面對與認知，僅依靠單純保麗龍板覆蓋或是發泡煉石為介質的循環水耕型式，並無法有效滿足各種高質量的農作經濟種植。環視人工光植物工場內以“循環式”生產的蔬菜，口味在多數品種間幾乎千篇一律，植株本身除因硝酸鹽降低而形成的多種維他命和無機物(A、B1、C、Ca等)有所上昇外，其他應富有之多種氨基酸(amino acid)、多屬單萜(monoterpene)、倍半萜(sesquiterpene)和某些芳香族(aromatic)的含氧衍生化合物，如芳香醇、酚、醚、酮、酯等，若無特殊光譜週期和溫濕差參數處理，含量皆呈現偏低或不穩定傾向。搭配其衍生而來的傳統“循環魚菜共生”形式，如不額外進行水體部分如鈣、鐵等若干離子和 pH 值的調整或是添加營養素葉面施肥以及裝設各種昂貴的過濾系統等操作，生產物均難以得到長期應有的品質和穩定的產量，這在面積較小的簡單葉菜類休閒栽培或許還能勉強收穫，但對於較高經濟價值的專業設施果菜類生產上，無疑是緣木求魚，欲得到應有的穩定收穫數值相當不易。“永續循環”或許是個看似環保又吸引人的口號，但在循環體系天生的缺陷架構下，並無法達到真正理論上元素間的平衡(true balance)，充其量只能稱之假像“偽平衡”(false balance)，其本質上只是侷限於“水體緩衝能”的調整層面(adjustment to buffering)而已。當然這樣的生產密度、養殖種類、操作勞力、能源消耗等各方面，皆會受到很大程度的限制，理論與實際在交集上總是處於矛盾與困難間不斷重蹈覆轍。循環式水耕或其衍生的類似架構，最直接的迷失與瓶頸則莫此為甚。

目前被媒體大肆炒作的魚菜共生，本質上亦是基於循環方式造成的迷失，幾十年來理論不斷，卻至今仍無法達到真正的水體平衡，只能在植物與水產間的耐受性上取得部份折衷上的妥協，這更是被循環方式所框架的癥結點。



不論管狀平面 NFT 或是立體式、湛液式 DFT 等，都普遍存在循環上的瓶頸

### [新農業世代的新思維]

改善循環型水耕這類“耗能式”主動強制供液架構，必需從新的操作思維來著手，Autopot Systems自主潮汐式系列即是近年來全球唯一跳出此框架的“植物自體驅動”(Plant Driven)新概念技術。其最初為澳洲乾旱氣候下所開發的新世

代水耕系統，不論在葉菜、果菜、花卉、根莖菜類、禾本科作物，乃至於全環控植物工場或是魚菜共生複合式生態養殖和休閒綠化景觀等各個農業領域，都有十分傲人的傑出表現。其操作技術下所栽種之蔬菜果物等，生長迅速健全，能夠保有植物原本特有之香氣、顏色、株型，且葉肉厚實、清脆可口，明顯顛覆一般循環水耕方式的產品。

Autopot Systems曾多次連續榮獲澳洲皇家農業賞的最高獎，並與聯合國 UNDP 組織長期合作，協助多數第三世界國家的農業糧食生產，於南北半球各地至目前為止總計設立了數百公頃以上大面積的專業室內、室外各個不同系列和對象的科技農業設施，區域亦持續增加中。近年來在台灣並成功推展多場大小型節能環保之現代化農業養液栽培農場，包含電腦全環控封閉式 LED 植物工場、太陽光與補光型果菜和葉菜植物工場、魚菜共生、景觀園藝等設施，成效卓著且備受矚目。



全環控 LED 植物工場 Autopot Smart Wing



串收高品質番茄 Autopot Single Try



日本網紋洋香瓜 Autopot Double Try



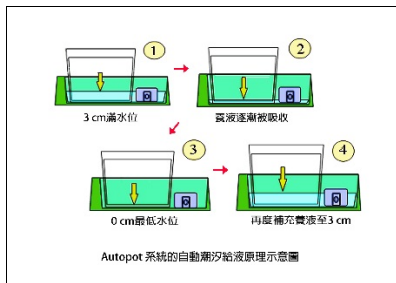
休閒景觀園藝 Autopot Caplus&Hanging

### [自主潮汐技術的優勢]

Autopot 其設計基礎架構，主要取決於全新概念的“自主潮汐式”原理，並融合了湛液浮根式和毛細管式的技巧，微妙的利用特殊的新人工智能閥 Smart Valve 來左右給液的動作。每一組栽培床皆可自體獨立管理，換言之，控管每一單株作物的理想操作模式成為了可實現的目標；其各組獨立栽培床內水位依照每株植物生理吸收韻律作合理之供給，各司其職單獨運作，因而與舊型傳統循環湛液水耕全體植株一成不變的巨量混合水位大異其趣；植物可依照天候季節的吸收和蒸散頻率來配合本身肥培需求效率，作自主的調控；吸水次數多則補

充養液次數亦頻繁，吸水需求少則給液隨之降低。

若以原理來詮釋，即栽培床內的無動力型專利多點式的水位控制，一般會最高保持 3 cm 左右的液面，當培養液受到植物根部吸取或是自然蒸散的消耗時，液面則隨之逐步下降，機制上必須等待底床內液面呈現無水 0 cm，也就是養液完全被用盡後才會再度進行自動補充作業，使其水位逐漸重回 3 cm 的狀態，而在 0~3 cm 間的乾→濕→乾→濕（乾與濕的間隔長短取決於植物的主動吸收頻率，並非人為之時間設定）自然交替之緩衝地帶與自主式上下灌排液時間的進行中，則提供非常有利於地下部空氣與養份的置換和吸收條件，亦對植物體內二次代謝產物有所提昇；這也就是所謂“植物自體驅動” (Plant Driven)之原理應用。



Autopot 專利智能給液閥 Smart Valve MX18

### [系統穩定配方安定]

此一進化的設計比較以往傳統循環湛液式、簡易點滴式等需經常維持一定水位的構造，或是只能依靠大動力來定時定量強制循環或注入的運作模式，Autopot Systems 更能夠有效促進植物之生長以及介質保水狀態的精密掌握，對於肥料營養供給巨量與微量元素均衡性的維持亦跳脫傳統循環式水耕易於崩解的瓶頸，穩定保持養液配方的等比吸收率十分顯著。生產上若搭配專屬之高純度完全均衡養液肥料，更可準確且安定提供植物所需之 16 項基本元素，固態粉末包裝便於儲藏運輸與使用且調製快捷省力，可依照植物需求濃度互換比例作應對，適合手動及自動控制架構使用。Autopot 專屬 A/B 劑均衡肥料為通過澳洲 Victoria State 國家 CHARLES BERNARD GORE BRETT NOTARY PUBLIC 機構，以及台灣中央標檢局 22 項安全檢驗雙認證之高規格農業生產用養液栽培專業級肥料。各營養成份皆為水溶性離子礦物型態，除各式養液栽培專用外，亦可作為一般土壤慣型農法之追肥或葉面施肥作業，應用範圍廣闊。

自主潮汐式 Autopot 系統同時具有施工快速簡便、用水量小且無保麗龍材質的環保問題，尤其對於果菜類惱人的“連作障礙” (Replant failure)，提供了有效的解決方案，讓栽培作業的銜接與清理更為輕鬆自在。其系統穩定性高，各種獨特防蚊蟲、防雨水的設計可有效迴避戶外登革熱之困擾，設施場內清潔不泥

濶，後續工作少，於屋頂或建物的室內或室外花園造景上，更是提供了量輕，省水、隔熱、防水等有效的城市綠化解決方案。因而不論於環控植物工場、設施園藝、魚菜共生、景觀綠化、有機農法或是休閒趣味等諸多領域，均有其耀眼的表現，更能協助真正節能減碳的綠色農業政策落實。

#### [四大與眾不同的效能]

自主潮汐式 Autopot Systems 在養液供給的設計上，完全相異於所有目前水耕栽培的強制耗能框架，形成獨樹一格的現代化系統，簡單歸納其作動流程，其實現了四項與眾不同的操控效能：

- \*不排液→養水份 100%完全吸收利用，無廢液亦無環境污染的憂慮。
- \*不循環→獨立單位給液設計，可阻隔地下部病蟲害可能的全場蔓延。
- \*不回收→減少養液的後處理，pH 與 EC 可維持有效均衡狀態而幾乎不需調整。
- \*不耗能→可採自動控制或重力無動能給液，實現節能減碳的環境農法。

#### [絕低耗能的綠色環保農法]

Autopot 自主潮汐技術的水源的供給，是直接採用自體水壓力或是高點重力的連結，無須動力或只需微量能源即可達到精準的澆灌動作。管路一般設計上以 13mm、4mm 二型式為主，管內壓力依照場內的距離及栽培床數量來作設定，搭配 Smart valve 智能給液閥 Mk II i、Mk III、MX18 等相對應型號來驅動，令供水壓力維持在穩定的 10~50psi 有效間隔內持續運作，投資生產者可輕易自行 DIY 組裝工程，配置上也只需要極小型的養液調配槽。一般每分地 1000m<sup>2</sup> 視栽培種類或配置狀況，只需要最低 35~105 公升的小型衡壓給液系統即可滿足全場之所需；重力模式則可依照手動調配期待次數自由適度加大，利用約 1~2m 的高低落差自主無動力驅動整場的自然準確給液，工程上無需地底埋設的大型繁雜管路亦不需動輒數十公噸的上下不等循環水槽。

在 Autopot 系統種植下的作物，地下部溶氧充足無虞，可採取無介質的純水耕或是搭配各式有機等介質的方式來進行，其獨立基床式的水平調整更為容易，可高架、可平舖，省去大規模的整地工程。對於偏遠供電困難或不足的地區，也只需連接 10~20w 左右小型太陽能板和一般汽車用蓄電池即可滿足所需，超低耗電量 7~12V 的自動衡壓控制系統更為傳統典型需靠大馬力驅動的循環水耕方式所相形見绌。



Autopot Smart Double 胡瓜混栽模式



Autopot NUWA 溫室萵苣立體栽培

### [特殊設計的多樣性]

Autopot 目前已成功開發超過二十個針對不同作物種類及操作模式的系列與作型技術，全體皆採用高抗紫外線 UV 耐候性材料，可於室內或露天長時期連續使用，其包含電腦密閉型全環控植物工場Smart Wing、NUWA、Caplus Table等系列，太陽光型設施Double Tray、Single Tray、NUWA、New Caplus等系列，景觀休閒綠化Hanging basket、Window box、Smart mini Pot等系列，以及全般可互換式之魚菜共生Smart Aqua和有機栽培Organic plus等多項系列。現階段推展進程已廣達澳洲、紐西蘭、馬來西亞、新加坡、美國、中國大陸、台灣、歐盟以及非洲等各地區，總面積超過 700 公頃以上且持續增加中。

Autopot 植物工場適合種類包括全般西洋生菜、亞洲蔬菜、香草類、新鮮牧草、菠菜低草酸作型、低鉀鹽蔬菜、草莓、山葵、藥草類等以及各式種苗類、組織培養馴化苗等之穩定生產，產品質量高、產量豐且操作簡易又迅速確實。另依照栽培設計之需求，應用在各種太陽光型或補光型溫室設施內亦同樣能高度發揮栽培產物的良果比率，特別對於洋香瓜、番茄、胡瓜、椒類、茄子等溫室果菜類經濟作物，以及各種專業花卉、鳳梨、薑類、葡萄、玉米、水稻等之培育與間苗(Spacing)等，皆有其適合的專用模式能夠全面勝任，為現代化農業產銷數據化流程中不可或缺的技术。

### 參考文獻：

1. 板本利隆 1987 施設園藝装置と栽培技術 誠文堂新光社
2. 蔡尚光 2012 現代田園與養液栽培 淑馨出版社-百通圖書公司
3. 蔡尚光 2020 都會休閒水耕 尖端出版社-城邦集團
4. Jim Fah 2012 Hydroponics Made Easy Autopot Corp.,3<sup>rd</sup>-Edition



# 循環水耕的迷思與革新

揭示傳統系統的隱藏缺陷，擁抱植物驅動的未來

## Autopot Systems 的前瞻應用

By 蔡尚光, 星芝國際農業科技 技術執行長

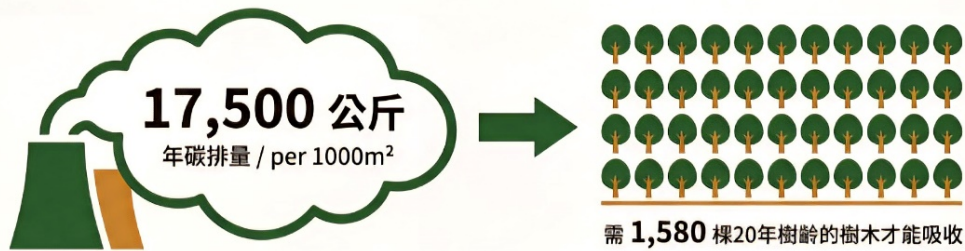
### 循環水耕：被過度美化的「永續」神話

傳統的湛液(DFT)、薄膜(NFT)、點滴(Dripping)等循環與排液方式是現代設施農業的骨幹。媒體將其描繪為節水節能的終極方案，宣稱比傳統農法省水95%以上。然而，學術界對其固有效能缺陷的客觀分析卻極為罕見。

核心問題：如果「循環」這個基本概念本身，就是所有問題的根源呢？這些系統的「永續與環保」形象，很大程度上是被媒體誇大誤導的假象。



### 驚人的能源消耗與碳足跡



#### 高耗能

湛液水耕(DFT)需要巨大水體與高功率幫浦。以1000m<sup>2</sup>為例，需配置至少2台4-5Hp的幫浦才能達到理想的水體交換率與溶氧值(4-6ppm)。



#### 巨大碳排放

僅1000m<sup>2</sup>的設施，每日平均碳排放高達 48公斤，年碳排放總計 17,500公斤。



#### 資材與水資源浪費

「省水95%」的說法忽略了必需的定期大量換水。常用的保麗龍資材耐久性差，造成環保問題。

# 正在毒害作物的「偽平衡」養液



## 養液失衡與毒素累積 (Nutrient Imbalance & Toxin Buildup)

循環過程導致配方結構瓦解。阿摩尼亞態氮(NH<sub>4</sub>-N)過度累積造成氣體障礙，而硝酸態氮(NO<sub>3</sub>-N)過量則危害人體健康。系統只能達到「偽平衡」(false balance)，而非真正的元素平衡。

## 養分與溶氧分佈不均 (Uneven Nutrient & Oxygen Distribution)

在長栽培床，首尾兩端養液離子濃度落差可達15-30%。水中溶氧(DO)值從5ppm降至3ppm以下，結果導致作物生長不均，根部普遍褐化、衰敗。

© NotebookLM

# 高成本、高風險、低品質的惡性循環

## 病害快速擴散



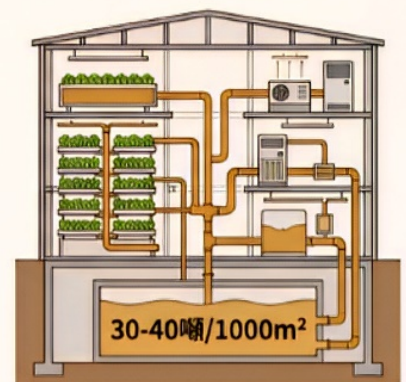
夏季水溫易升至 30-35°C，助長根腐菌(Pythium spp.)滋生。一旦感染，病源會隨循環系統在短時間內擴散至全場，導致災難性損失。

## 作物品質低落



產品普遍被訴病：葉薄、味淡、缺乏口感、不耐儲藏。缺乏關鍵的氨基酸與芳香族化合物，導致風味千篇一律。

## 資本支出高昂



需建置大型地下養液槽，管路複雜。對水體進行加溫或降溫需消耗巨大能源。此問題在樓板承重受限的垂直農場中更為嚴重。

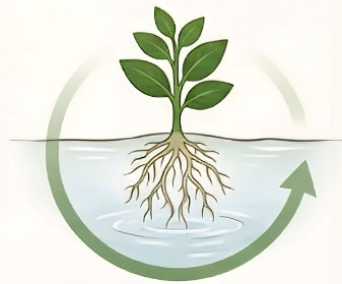
# 跳脫框架：從「強制循環」到「植物自主」

所有問題的根源，都來自於「耗能式」的主動強制供液架構。我們試圖用複雜的工程去控制植物。  
一個新世代的思維是：傾聽植物的需求，讓植物自己決定養分和水分攝取。

## 強制循環 (Forced Recirculation)



## 植物自體驅動 (Plant Driven)



介紹全新概念：“植物自體驅動” (Plant Driven) 技術

NotebookLM

# 自主潮汐：Smart Valve 的智慧核心

1. 智能閥 (Smart Valve) 將淺盤注水至約 3 cm 的淺水位。
2. 閥門關閉，等待植物將水分完全吸收或蒸散。
3. 當水位降至 0 cm (完全用盡) 時，閥門才會再次打開。
4. 自動補充養液，使水位重回 3 cm。



### The Result

這個過程創造了一個自然的 乾→濕→乾→濕 循環，完美模擬植物水份吸收的自然“潮汐機制”，為根部提供絕佳的空氣與養分交換條件。

NotebookLM

# 重新定義效率的四大革新



## 不排液 (No Discharge)

養水分100%完全吸收利用，無廢液，無環境污染。



## 不循環 (No Recirculation)

獨立單位給液，有效阻隔地下部病蟲害的全場蔓延風險。



## 不回收 (No Recirculation)

無需後處理，pH與EC值能長期維持穩定均衡，幾乎不需調整。



## 不耗能 (No Power Consumption)

可採重力或微動力給液，真正實現節能減碳的環境農法。

# 超越傳統水耕的卓越品質與風味



## 生長更健康 (Healthier Growth)

生長迅速健全，地下部溶氧充足。



## 品質更卓越 (Superior Quality)

葉肉厚實、清脆可口，保有植物特有之香氣與顏色。



## 解決連作障礙 (Solves Replant Failure)

有效解決果菜類惱人的連作障礙問題，讓栽培銜接更輕鬆。



NotebookLM

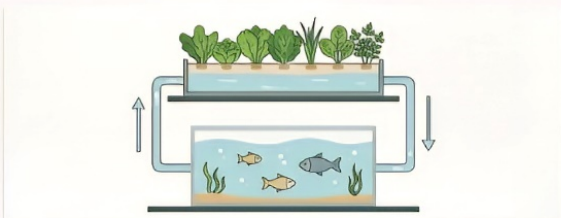
## 從植物工廠到景觀園藝的全方位解決方案



電腦全環控封閉式 LED 植物工廠



太陽光溫室果菜與葉菜生產



魚菜共生 (Aquaponics) 與有機農法



休閒景觀園藝與城市綠化

NotebookLM

## 全球信賴的綠色農業技術



**700+ 公頃**

全球總安裝面積，且持續增加中

(Over 700 hectares installed globally and growing)



### 獎項肯定 (Award Recognition)

連續榮獲澳洲皇家農業賞最高獎。



### 國際合作

#### (International Partnership)

與聯合國(UNDP)組織長期合作，協助第三世界國家的糧食生產。



### 在地實績 (Local Success)

在台灣已成功推展多場大型現代化養液栽培農場。

## 兩種思維，兩種結果

Feature	傳統循環水耕 (Traditional Recirculation)	Autopot 自主潮汐 (Autonomous Tidal)
能源消耗 (Energy)	高耗能、高碳排 (High Energy, High Carbon)	✓ 極低耗能、近零碳排 (Ultra-low Energy)
養液管理 (Nutrients)	結構易瓦解、需頻繁更換 (Unstable, Frequent Changes)	✓ 穩定均衡、100%吸收 (Stable, 100% Absorption)
病害風險 (Disease Risk)	系統性擴散風險高 (High Systemic Risk)	✓ 獨立單元、有效隔離 (Isolated Units)
資本支出 (CAPEX)	槽體與管路工程浩大 (High Infrastructure Cost)	✓ 系統簡潔、建置快速 (Simple, Fast Setup)
作物品質 (Quality)	風味平淡、品質不穩 (Mediocre, Inconsistent)	✓ 風味濃郁、品質卓越 (Premium, Consistent)
核心邏輯 (Logic)	強制供液 (Forced Supply)	✓ 植物驅動 (Plant Driven)

NotebookLM

