

馬鈴薯種薯水耕生產

王至正、劉宛妮

一、前言

馬鈴薯為國內重要作物之一，栽培面積 2 千餘公頃，年產量約 5 萬多公噸，不僅可全年供應鮮食市場，亦可作為加工及冷凍蔬菜使用。目前國內馬鈴薯種薯年需求量約 2,200 公噸，以繁殖倍率回推，直接由組織培養苗(圖 1)繁殖生產的第一代基本種薯(G1)年需求量約 300 kg，若以全球馬鈴薯栽培面積 19.2 萬平方公里回推，全球基本種薯年需求量約 2,400 公噸，以美國 Cornell 大學 Uihlein 農場銷售之基本種薯價格每磅 40 美元估算，全球馬鈴薯基本種薯年產值高達 2 億 1 千 3 百萬美元。

農業上水耕栽培大約始於 1930 年代，相較於其他生產方式，水耕栽培馬鈴薯基本種薯擁有許多優勢，包含 1.種薯繁殖快速；2.沒有土壤病原菌汙染風險；3.降低生理病害發生；4.無須進行土壤消毒；5.栽培管理容易。因此，在荷蘭、比利時、日本、巴西、俄羅斯等國普遍水耕栽培生產基本種薯。

二、水耕系統型式

現今主要使用在葉菜及馬鈴薯栽培的水耕方式包含養液薄膜法(Nutrient Film Technique, NFT)、湛液循環式水耕法(Deep Flow Technique, DFT)和氣耕法(Aeroponics)。NFT 系統的植槽有 1~4%斜度，養液薄膜流經植株根部空間(約 1cm 深)後落於集水槽，植株根部表面暴露在空氣中，而集水槽中養液再藉由幫浦加壓循環供應養分，因 NFT 系統設備簡易便宜，廣泛用於葉菜類栽培。DFT 系統由 5-20 cm 深的養液槽及栽植平台所組成，植株固定於平台上，根部完全浸漬於養液中，另有幫浦調控養液進出循環。氣耕栽培法設備較複雜且價格高昂，系統由直徑 20cm PVC 管組成，植株根部被固定在管內側，每隔一段時間噴灑養液，莖葉則在管外接受日照。

比較 NFT、DFT 及氣耕三種栽培方式生產馬鈴薯基本種薯，每平方公尺栽培株數分別為 6.25 株(NFT)、11 株(DFT)及 17 株(氣耕)，而生產效率以氣耕栽培系統最佳，每平方公尺產量可達 875 個種薯，同樣面積下 NFT 系統產量為 246 個、DFT 系統產量為 458 個。儘管三種水耕系統皆可用於馬鈴薯種薯栽培，但目前仍以 NFT 系統最為普及。Corrêa 等人(2009)報告指出以 NFT 系統栽植馬鈴薯，每株可生產 35 個薯球，雖然薯球大小不均，但最大薯球可達 250g 以上。

三、養液成分

礦物元素決定了水耕栽培種薯的產量與品質，養液基本的主要元素包含氮、磷及鉀。氮是合成蛋白質及葉綠素的元素，影響葉面積及產量。磷是核甘酸組成之一，並且是能量傳遞及代謝過程不可缺少的一部分，直接影響植物生長與養分吸收。鉀不僅是酵素反應的活化劑，也可增強植物抗蟲及抗病性。鎂和鈣也是重

要的主要元素，鎂不只是葉綠素分子組成分，同時也是酵素反應的催化劑。鈣是植物細胞壁成分之一，此外鈣也直接影響根的生長與功能。微量元素雖需求量少，但也影響了植物代謝作用。硼參與醣運輸、細胞壁合成、RNA 代謝及根生長反應，缺乏時會影響醣類及胺基酸釋放。鐵、鋅、銅皆為植物生長的酵素催化劑。

在水耕系統中，主要及微量元素的濃度以及養液酸鹼值，為整個生產體系的重要關鍵。目前在 NFT 系統中常用的養液組成有兩種(表一)，亦有依營養生長期與結薯期不同而調整養液配方(Molders *et al.*2012)。水耕栽培種薯產量常受到環境因素所影響，包含溫度、日照長度、碳氮比等。在水耕生產過程中，氮肥過高會阻礙碳水化合物自葉片部回流，延緩塊莖形成，氮肥過少直接影響乾物質生成，導致種薯數量減少。

四、養液薄膜水耕系統

水耕系統通常建置在溫室內，基本要具有 PE 膜防雨屋頂，並以防蟲網包覆。以巴西 Federal de Lavras 大學內的 NTF 馬鈴薯水耕系統為例，植槽長 3-6 m、寬 15cm、高 7cm，在馬鈴薯栽培時，為了阻隔陽光照到薯球，在植槽上方需覆蓋不透光塑膠膜。在水耕溫室外設置 2000-5000L 貯液槽，使用 0.5-2.0 hp 馬達加壓循環，植槽斜率為 4%，養液循環流量控制在 1-2L/min，並以定時器控制灌溉頻率，日間每灌溉 15 分鐘後停止灌溉 15 分鐘，到了夜間中斷灌溉時間會延長至 2-3 小時。為了確保植株正常生長，需持續監控養液酸鹼值(pH)與電導度，一般養液電導度維持在 2-3 mS/cm，pH 值維持在 5.5-6.0，pH 值過高可能影響微量元素吸收，並增加瘡痂病 *Streptomyces scabies* 感染風險。養液至少每 30 天需更換一次，以降低養液變質之風險。

另一套荷蘭 JBHydroponics 公司水耕栽培系統(圖 2)除了具有長 170 cm、寬 16-25cm、高 9.5cm 植槽，以間隔 10 cm 距離栽植 16 株馬鈴薯，養液槽另設計低溫循環系統，將養液溫度維持在 20°C，水耕溫室採人工照明，每日照光 16 小時、黑暗 8 小時，光強度 $300\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，植株營養生長 4 週後，養液會更換成無氮配方以促進結薯。

五、種薯收穫

採收方式不同會影響水耕種薯產量的差異，常用的採收方式可分為一次性採收及栽培過程中連續採收兩種，連續採收是在種薯發育至直徑 3-4cm 時即採下(圖 3)，種薯大小一致較符合商品價值，一個栽培期可收成 3-5 次種薯。一次性採收之栽培期較長，薯球較大(10 cm 以上)，但常會有薯型不規則狀發生。Corrêa 等人(2005)調查指出，單次採收平均每株產 19 個種薯，連續採收平均每株產 43 個種薯，雖然單次採收的薯球較大較重，但連續採收的整體產量仍高於單次採收 126%。

六、結語

水耕栽培是一種提高馬鈴薯種薯產量的生產方式，雖然初期設備建置成本較高，但水耕栽培能精準掌控灌溉用水，減少浪費，並能克服長期連作造成之土壤劣化。目前國內馬鈴薯基本種薯生產仍採無土介質容器栽培(圖 3)，種薯水耕栽培系統尚未引進臺灣，儘管現行栽培方式可滿足國內市場需求，但以外銷角度來看，馬鈴薯基本種薯仍有龐大市場商機，未來可進一步結合植物工廠生產模式與病害驗證制度，達成周年生產供應並提升種薯產量與品質。

表一、種薯水耕栽培常用養液配方

文獻	主要及量元素 (mg L ⁻¹)												
	NO ₃ ²⁻	NH ₄ ⁺	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mo	Mn	Zn	B
Corrêa <i>et al.</i> 2005	160	12	42	239	152	11.2	40	1.68	0.24	0.032	1.28	0.6	0.8
Factor <i>et al.</i> 2007	145	29	40	295	162	40	64	2.0	0.05	0.05	1.0	0.3	0.3



圖 1、馬鈴薯組織培養苗

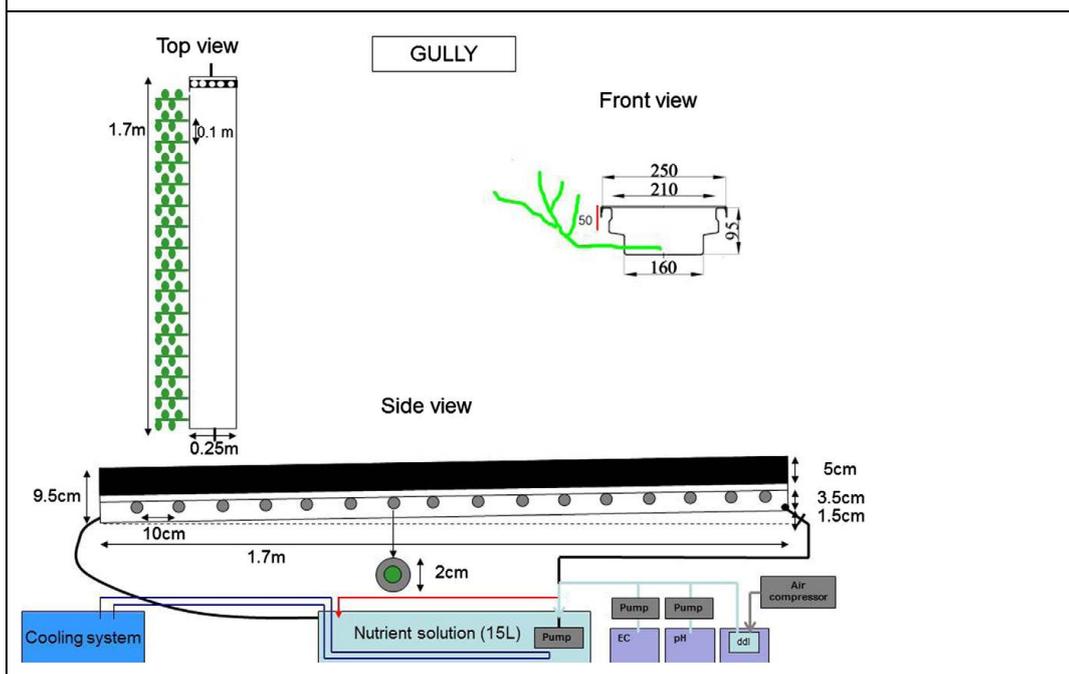


圖 2、荷蘭 JBHydroponics 公司水耕栽培系統(圖片摘錄自 Molders *et al.*2012)



圖 3、荷蘭 Livingfoods 公司水耕生產馬鈴薯種薯