

# 馬鈴薯種薯水耕生產

王至正<sup>1</sup>、劉宛妮<sup>2</sup>

## 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 公斤，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



圖 1、馬鈴薯組織培養苗

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 1 公分深）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 公分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

<sup>1</sup> 種苗改良繁殖場繁殖技術課 助理研究員

<sup>2</sup> 種苗改良繁殖場繁殖技術課 約用助理

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 250 公克以上。

### 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 NFT 馬鈴薯水耕系統為例，植槽長 3-6 公尺、寬 15 公分、高 7 公分，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 2,000-5,000L 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

表一、種薯水耕栽培常用養液配方

| 文獻                        | 主要及量元素 (mg L <sup>-1</sup> )  |                              |    |     |     |      |    |      |      |       |      |     |     |
|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|----|-----|-----|------|----|------|------|-------|------|-----|-----|
|                           | NO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | 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 |

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 公分、寬 16-25 公分、高 9.5 公分植槽，以間隔 10 公分距離栽植 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。

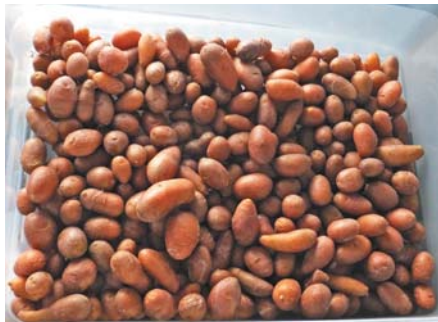
## 五、種薯收穫

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 3-4 公分時即採下 (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。一次性次採收

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。



▲ 圖 3、荷蘭 Livingfoods 公司水耕生產馬鈴薯種薯

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

