

# 氣候變遷下馬鈴薯栽培之調適

## Adjustment of potato cultivation under climate change

王至正<sup>1</sup>

### 一、前言

在人類飲食選項中，馬鈴薯是全球重要的糧食作物之一，根據國際馬鈴薯中心(CIP)統計，目前全球超過100國家栽培馬鈴薯，臺灣的馬鈴薯栽培面積也達2千6百多公頃。然而，氣候變遷衝擊不只影響到人們日常生活，對於馬鈴薯生產影響也不容小覷。眾所皆知造成氣候變遷的重要因素為溫室氣體排放，而農業生產過程同樣也是向大氣排放溫室氣體的來源之一。Morgan等人(2007)研究在馬鈴薯生產過程中，最大宗的溫室氣體來自田間散溢的N<sub>2</sub>O，其來源為過量的氮肥施用，其次為農機具排放之CO<sub>2</sub>等。

目前全球農業組織都致力於朝向增加農業生產及減少碳排放的目標前進，我國在104年7月1日公布實施「溫室氣體減量及管理法」，行政院於107年1月23日核定「第一期溫室氣體階段管制目標」，預計在第一階段(105年至109年止)國家溫室氣體淨排放量要較基準年94年減量2%，希望藉由文獻回顧與探討，了解馬鈴薯栽培應採行之作為。

### 二、氣候變遷對馬鈴薯栽培之影響

如同其他農業作物，馬鈴薯生產也受到氣候變遷所影響，主要之因素包含CO<sub>2</sub>

增加、水分逆境(乾旱或淹水)、土壤鹽化、臭氧及太陽輻射、病蟲害威脅增加等。

#### (一) CO<sub>2</sub> 增加

環境中CO<sub>2</sub>增加對於馬鈴薯生產而言會帶來正面效益，Schapendonk(1995, 2000)研究將環境中CO<sub>2</sub>濃度由350ppm提升至700ppm，馬鈴薯產量平均增加36%，不同品種馬鈴薯受CO<sub>2</sub>影響表現不同，其中晚熟種受CO<sub>2</sub>影響產量增加較明顯。其原因可能在於高CO<sub>2</sub>條件下，葉片行光合作用能產出更多同化物質運移至薯塊，最終導致產量增加。Wolf(2003)指出氣候變遷影響馬鈴薯增加，連帶影響環境中氮源利用率增加，此外，高CO<sub>2</sub>濃度會使葉片氣孔縮小，減少蒸散作用水分散失，Magliulo(2003)試驗將CO<sub>2</sub>濃度從370ppm提升至550ppm，馬鈴薯栽培水分利用率下降11%。

#### (二) 高溫逆境

高溫會促進葉片發育，延緩塊莖形成，影響馬鈴薯生長特性，例如每株馬鈴薯塊莖數量增多但較小，薯塊比重降低。然而，溫度增加及水資源減少帶來之負面效應，可能與受到CO<sub>2</sub>增加帶來之產量提升相抵而不顯著，因此，在氣候變遷影響糧食安全的危機下，更顯露出馬鈴薯的

<sup>1</sup> 種苗改良繁殖場繁殖技術課 助理研究員

重要性。相較於高緯度地區環境，高溫對於熱帶及亞熱帶栽培之馬鈴薯衝擊較明顯，馬鈴薯需栽培在 25°C 以下環境，但國際專家預測，50 年間全球氣溫將升高 2.1°C - 3.2°C (Hijmans, 2003)，這會造成世界上許多產區無法繼續栽培馬鈴薯，除了高溫造成減產問題，亦有可能造成二次生長的畸形薯現象產生，因此，加強耐熱品種選育，種植適合當地氣候的馬鈴薯品種為降低高溫衝擊之最佳良方。

## (三) 水分逆境

乾旱環境對於馬鈴薯生長影響甚大，不同土質條件、馬鈴薯品種對於乾旱忍受力有所不同，一般而言，馬鈴薯生育初期發生乾旱，直接影響每株馬鈴薯塊莖數量，在塊莖膨大期發生乾旱，將會抑制塊莖生長並促使新塊莖產生，這種情況不僅使馬鈴薯等級降低，同時也使產量下降。薯塊採收前土壤濕度過高，可能會造成薯塊比重下降，內部壞疽或空心產生。

## (四) 土壤鹽化

一般而言，馬鈴薯被歸類在中等耐鹽植物，土壤鹽分過高將抑制萌芽，延緩莖葉及薯球生長，並會加速植株老化。馬鈴薯葉片則對澆灌水鹽度非常敏感，特別是在塊莖形成初期階段，直接噴施過濃的養液容易造成葉片傷害。馬鈴薯生長階段，鹽分累積將減少超大薯產生比例，反之增加體積較小的可售薯球比例，總產量幾乎不受影響。許多資料顯示馬鈴薯的耐鹽性受到品種差異影響，雖然目前沒有不同馬鈴薯品種耐鹽程度數據資料，但一般認為早熟品種耐鹽性較高，因早熟種生長速率較高，植體組織中鹽份離子累積能快速被稀釋掉。

## (五) 病蟲害

現今病蟲害對馬鈴薯生產造成持續且嚴重的威脅，需要投入大量農藥才能做好防治工作，隨者氣候變遷及馬鈴薯栽培區域擴張，馬鈴薯生產受到更大之挑戰。

全球馬鈴薯生產面臨的主要病程害包含了晚疫病、線蟲、細菌及病毒威脅、昆蟲危害等。以晚疫病而言，每年防治病害成本及蟲害造成損失就超過 670 萬歐元 (Haverlort 等人, 2009)。細菌性病害常發生熱帶及亞熱帶地區，影響全球 300 萬農戶，全球危害面積含蓋 150 萬公頃，每年造成 9.5 億美元損失 (Walker and Collion, 1998)，僅能靠施用拮抗菌、輪作或調整土壤酸鹼值來進行有限度防治。

## 三、馬鈴薯栽培減碳管理策略

未來十年內農業溫室氣體排放預計會持續上升，這不僅包含為了增加生產而提高氮肥施用所產生的溫室氣體，另一方面，隨者農產品國際貿易腳步邁出，運輸消耗能源也會增加二氧化碳排放，在這種情況下，有必要先確定溫室氣體排放對馬鈴薯產業鏈整體影響，才能建立對溫室氣體排放有效管理模式。

以作物施肥方面來說，須精準計算所需氮源供應，假如施用過多氮源而無法被植物有效吸收利用，可能會直接從土壤中產生 N<sub>2</sub>O 氣體。而有機肥製造應用方面，要設法減少 CH<sub>4</sub> 及 N<sub>2</sub>O 氣體產生量，並設法回收 CH<sub>4</sub> 作為再生能源。舉例來說，馬鈴薯栽培與豆科作物輪作，藉由豆科作物固碳作用，可減少每公頃的碳排放量。表一列舉了不同農業操作可固碳效率，根據專家估計，透過農業活動，在未來 40 年內可以固定 8 億噸碳於農地中，只要持續維持良好農業操作，減少碳排放之收益將持續存在，以受到氣候變遷影響的乾旱地區

為例，增加了灌溉及施肥管理，這些措施都有助於提高土壤固碳能力，並可使作物產能大幅提升。

#### 四、高鹽環境下馬鈴薯栽培管理

氣候變遷也可能造成海平面上升等危機，對於栽培於海濱地區的馬鈴薯，或使用帶有鹽份的灌溉用水，都可能造成土壤中鹽分累積，在高鹽土地上栽培馬鈴薯，常用的管理措施包含改善灌溉模式、覆蓋栽培或間作及輪作等方式。

馬鈴薯栽培常使用畦種植，靠雨水灌溉或引水溝灌，但在高鹽地或帶鹽灌溉水溝灌情形下，鹽分反而會累積在畦對側處，如在畦兩側同時溝灌，對稱之灌溉反造成鹽累積在馬鈴薯植株根部(圖1)，影響馬鈴薯根系生長，在高鹽環境下，最好之灌溉方式是另外引乾淨水源自土表滴灌，不僅可以節省灌溉用水，也可將土中鹽分帶離根域。

在畦面使用覆蓋處理可改善鹽分條件下馬鈴薯生長表現，研究指出，使用稻草或蘆葦桿等覆蓋畦面，可使土溫降低4-6°C，維持土壤濕度，提高葉面積指數與水分利用率，最終提升馬鈴薯產量。輪作也是降低土壤鹽分方式之一，歐洲地區將馬鈴薯與甜菜或耐鹽之藜麥輪作，可逐步降低土壤鹽分。另外在埃及沙漠地區農民將養殖漁業廢水用於灌溉馬鈴薯，建立不同型態農漁業整合生產模式。

#### 五、結語

透過現有農業技術改善，提高每單位面積作物產量，將有助於減少溫室氣體產生，過去20年來，已開發國家講求合理化施肥，精準控制氮肥利用率，這項技術的發展成為降低溫室氣體排放之關鍵因素，但要將合理化施肥觀念帶入開發中國家仍

是重要的工作之一。目前全球馬鈴薯研究團隊已針對乾旱環境水分管理、病蟲害防治、耐高溫育種等多項主題進行研究，並逐步改善栽培管理體系以適應環境變化，期望能在氣候變遷的影響下，仍能維持馬鈴薯產量穩定。

表一、不同農業操作模式對於田間固碳效率估算(摘錄自 Blom-Zandstra and Verhagen, 2015)

農業操作	地區	碳固定 (噸/公頃/年)	持續時間 (年)
增加作物產能	全球	0.05-0.76	25
增產或減少休耕地	加拿大	0.17-0.76	15-25
	美國	0.25-0.37	8
	中國	0.02	10
灌溉管理	美國	0.1-0.3	
施肥管理	美國	0.1-0.3	
土壤改良	歐盟	0.2-1.0	50-100
輪作栽培	挪威	0.3	37
友善栽培	歐盟	0.54	100

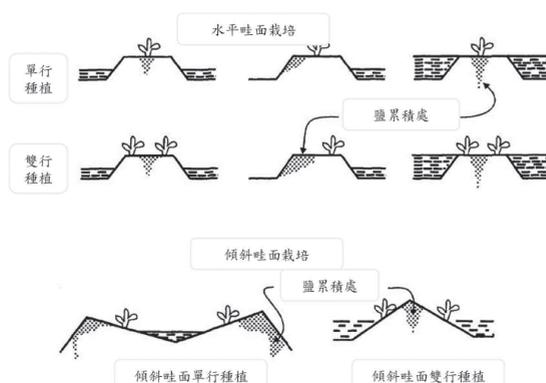


圖1. 馬鈴薯溝灌情形下鹽累積模式(摘錄修改自 Blom-Zandstra and Verhagen, 2015; Hillel, 2000)