



# 臺農57號於臺灣北部 夏秋作裂蒞情形之探討

## 一、前言

臺灣在1945年二戰後，甘蒞育種目標由二戰前的澱粉及家畜飼料用途，轉變成澱粉與食用品種為主軸，而臺農57號於1955年育成，係當時改良品種中鮮少的食用甘蒞品種，推廣迄今已超過60年，此品種在1962年時已超過4,500公頃之栽培面積，近年則約可維持在6,000公頃上下，係臺灣甘蒞產業中最具代表性的品種之一。

臺灣甘蒞多集中於7~8月前後栽種，每年11月至翌年1月份為盛產期間，是甘蒞價格浮動較小的時期，在批發及傳統市場、零售超市及量販店中隨時可見的農產品，更是農戶重要收入的時期。

本場於2017年11月起陸續接獲轄區內農友反應裂蒞情形，且知悉僅在臺農57號品種上普遍發生，導致與合作社契作之農友多因57號裂蒞而損失收益，甚有農民因裂蒞情形嚴重而決定不進行收穫作業，以減少成本支出。有鑑於此，本場乃著手進行調查探討，並將結果呈現如後，以作為參考應用。

## 二、研究方法

本研究針對臺農57號栽種面積在一公頃以上的4位農友採取面訪與田間調查法，取得該期甘蒞的種植日期、收穫日期、生育日數、前期作物、水分管理與施肥狀況，土壤肥力、土壤質地(沉降法分析)以及栽培期間降雨量變化，裂蒞率以裂開之塊根重量佔總收穫量的比例來計算。再應用文獻分析法，探討臺農57號裂蒞的原因。

## 三、調查結果

本次裂蒞探討的3個栽培田區，期栽培管理內容與裂蒞率如表1所示，種植時期落在8月之夏秋作之間，生育日數在130~150天，3個栽培地點的裂蒞率在12.9%以上，其中以觀音的裂蒞率超過6成為最嚴重，單株所產的塊根皆無一倖免(圖1右)，兩圖皆為收穫當下所觀察到之裂蒞情形(圖1)。早在80多年前，美國專家Harter與Weimer(1929)就已發現和觀察到此一現象並指出，甘蒞塊根裂開(cracking)的症狀為一個或多個縱向或橫向裂縫，或者兩者兼具。

<sup>1</sup>桃園區農業改良場農業推廣課計畫助理、<sup>2</sup>研究員兼課長、<sup>3</sup>副研究員

<sup>4</sup>桃園區農業改良場作物改良課助理研究員

<sup>5</sup>桃園區農業改良場場長

表1. 2017年臺農57號於北部3個地點栽培管理與裂蒞率

栽培地點	前期作物	種植日期	收穫日期	生育日數	裂蒞率(%)
桃園市蘆竹區 內厝里	水稻	2017/8/15	2018/1/12	150	34.2
桃園市觀音區 藍埔里	西瓜	2017/8/16	2017/12/26	132	67
新竹縣橫山鄉 田寮村	水稻	2017/7/30	2017/12/15	138	12.9



▲ 圖1. 蘆竹裂蒞(左圖)與觀音裂蒞(右圖)之情形

臺農57號於北部3個栽培點之施肥管理與收穫後採土檢驗土壤肥份，如表2所示。

表2. 三個栽培地的施肥管理、土壤肥份與裂蒞率

栽培地點	施肥管理	採後土壤肥份 (公斤/公頃)						裂蒞率 (%)
		有機質	PH值	磷酐	氧化鉀	氧化鎂	氧化鈣	
桃園市蘆竹區 內厝里	無施肥	2.1%	6.4	145	205	186	1,543	34.2
桃園市觀音區 藍埔里	無施肥	5%	5.1	77	171	419	1,430	67
新竹縣橫山鄉 田寮村	台肥39號 (氮12-磷18-鉀12) : 200公斤/公頃	3.4%	5.5	102	134	564	2,990	12.9

根據土壤粒徑的不同，利用沉降法原理，分析3地的土壤粒徑比例，分析結果和所在地點一同對照土壤三角圖、台灣土壤資源

與農地土地覆蓋圖資系統以及《臺灣地區主要土類圖輯》，作一歸納如表3。

表3. 三個栽培地的土壤特性、水分管理與裂諸率

栽培地點	施肥管理	土壤質地	排水特性	水分管理	裂諸率 (%)
蘆竹區 內厝	洪積母質紅壤	粉砂質土壤	低台地淺層 排水不完全	共灌溉2次： 插植後淹灌2/3， 第30天淹灌1/2	34.2
觀音區 藍埔	洪積母質紅壤	黏質壤土	細質地 排水不良	插植後灌溉1次 約30天再灌溉1次	67
橫山鄉 田寮	砂頁岩黃壤	砂質壤土	中質地 排水良好	共灌溉3次： 皆在炎熱乾燥天氣時 淹灌至8分滿	12.9

資料來源：台灣土壤資源與農地土地覆蓋圖資系統、謝與王(1991)及本場調查整理

## 四、討論

本研究以過去國外專家試驗研究之文獻為討論依據，將前述面訪與田間調查之資料做綜合性的探討，資料分析與討論分作四大項目。

### (一) 品種差異

作物性狀在品種上的表現差異，是最為普遍亦是最大的特點。El-Kattan與Stark (1954)就指出甘藷品種對裂開的感受性之差異是一個很重要因素；在某些品種中，它似乎是一種遺傳特徵(Schrock, 2004)。美國農業部曾在維吉尼亞州進行了18個品種的試驗，結果顯示10個品種完全無裂開，3個品種

的裂開皆為顯著的增長，其餘則屬於輕微(Harter and Weimer, 1929)。澳大利亞的試驗顯示，在7個品種中，僅有塊根表皮紫色，肉白色的品種產量最低且塊根有嚴重的裂開性(Traynor, 2005)。中國河南省農科院指出，同一地塊種植的寧選1號未出現裂諸，另有3個品種皆較易裂諸(肖, 2016)。日本茨城縣農業研究中心連續8年的試驗結果中，農林36號(紅東)品種在其中5年裡的裂諸率為0，另3年平均僅1.8%，而農林22號品種則連續7年皆有裂諸情況，平均裂諸率超過4.2%。

在本場調查地點的觀音區藍埔及橫山鄉田寮，除了在同期作栽培臺農57號之外，皆另有鳴門金時品種，由諸農實際的反應顯示，該

品種在裂蒞的表現上與臺農57號差異甚大，鳴門金時在橫山田寮的裂蒞率不到5%，觀音藍埔則是無裂蒞的情況。所以認為在相同環境條件下，品種特性是影響裂蒞的最大因素。

## (二) 水分管理及降雨

有關裂蒞和水分的關係，最早是由美國農業部Harter與Weimer (1929)說明，可能歸因於乾燥後的潮濕天氣以及氮肥過多，並觀察到裂開的情況是在多年的強降雨中導致生長季節裡的土壤含水量過高。Ogle (1952)也發現甘蒞遭受長期乾旱，接著過多的降雨後裂開更為明顯，並確定在較大的塊根會比較小的塊根，表現出更大的裂紋，而任何能導致增長速率不平衡的因素都可能造成裂開。El-Kattan與Stark (1954)研究了裂蒞貯藏根之組織活性和結構差異，並認為水分是調節組織發育活動的主要因素，並解釋由於維管

束的擴展而向外部組織所施加的壓力，裂開便釋放了這種來自內部的壓力。加勒比農業研究與發展所 (CARDI, 2010) 與澳大利亞北領地政府的專家 (Traynor, 2005) 皆指出，隨著甘蒞貯藏根開始肥大，水分含量在第10週之後尤其重要，在這階段土壤含水量變動的程度會降低產量，如筆根和畸形根的發展，並導致塊根裂開。以土壤乾濕的即刻變化與塊根裂開的關係最為密切，在甘蒞生長中、後期，因為土壤水分急遽變化，使塊根的外表與內部的生長呈現不平衡狀態，而發生裂開 (李, 1994)。因為甘蒞在逆境脅迫時會暫停生長，當環境適宜時，還會再次膨大 (吳等, 2017)，使原本停止生長的塊根再次處於適宜的生長條件下，此時的塊根表皮局部或全部已經老化，而沒有老化的部分迅速恢復生長和澱粉合成，最終形成畸形蒞與裂蒞 (肖, 2016)。

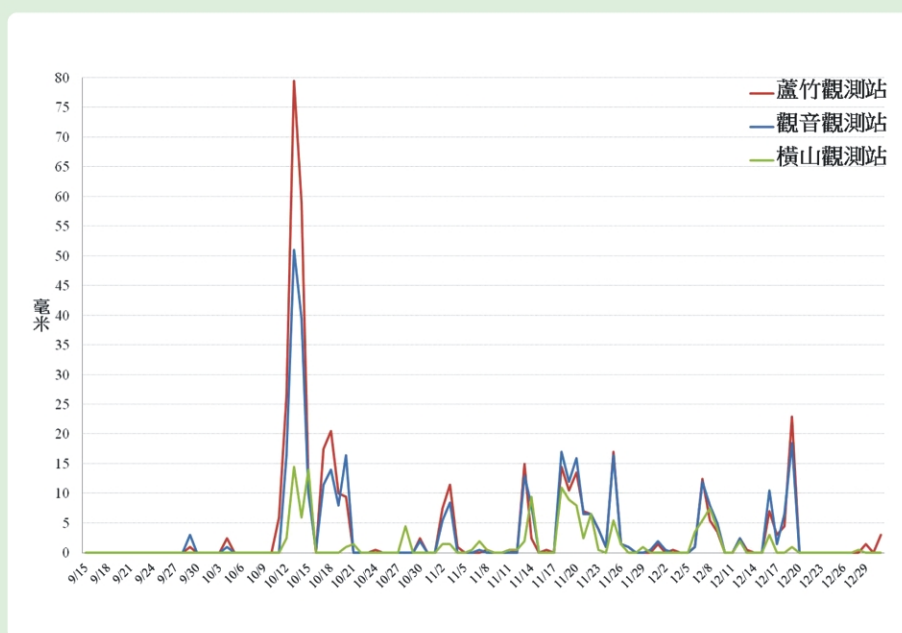


圖2. 甘蒞插植30日後的每日降雨量(毫米)變化

資料來源：交通部中央氣象局、本研究整理製圖

依表1、表3及圖2所示，蘆竹區內厝與觀音區藍埔的插植期相近，且灌溉的方法也相似，兩地降雨時期與雨量亦差不多，蘆竹區內厝在第2次灌溉後直至10月中旬(第9週起)，逢15小時內累計達104毫米的大雨量。根據首段之國外研究論述，意謂著蘆竹內厝的甘藷在此降雨之前，已經歷了約20天的乾燥期，甘藷塊根生長趨於停止，後因受到土壤含水量急遽的變化，造成塊根外表與內部組織的不平衡增長速率而裂開，並且又位在南崁溪主、支流匯聚的排水不完全之低地，之後的生長季節裡更有平均性的降雨，致使土壤持續處於高含水量狀態。

觀音區藍埔的情形也具有相同關係，第2次灌溉後所經歷的乾燥期，並在第9週起連續15小時降下68.5毫米的雨量(圖2)，而造成土壤含水量急遽變化而裂開，加上黏質土壤而使排水不良的特性，也會導致後期生長季節裡土壤含水量的過高。

對照氣象局觀測的降雨資料顯示(圖2)，橫山鄉田寮在7月底插植後便立即有2天20~28毫米的降雨，第25~29天平均有27毫米降雨，直到第45天皆陸續有降雨適量適時的補充土壤含水量，接著在75天及105天也都有維持多日降雨，而農友表示在甘藷生育期當中，都在天氣炎熱且乾燥時進行灌溉，也就表示了3次灌溉大約分布在插植後的第2週與第7和9週進行。然而尚有近13%裂藷率的原因，依據田間調查時之觀察，認為這與多塊田區地勢高低不同有關，造成即時的灌溉可能未補充到高處的區域，在乾旱後的降雨而造成該區域的裂藷。

此外，澳大利亞專家Ekman與Lovatt(2015)、美國伊利諾州立大學以及知名園藝家Roach(2010)都指出，甘藷在收穫前的一

個月，生長後期的大雨或過多灌溉會導致根部的裂開，尤其是在水分進入開始前，土壤已經乾燥了一段時間；也就是長時間的乾燥之後而過度的潮濕造成(Schrock,2004)；因此，觀音區、蘆竹區和橫山鄉三地的裂藷，也可能與11月中下旬的降雨(約收穫前1個月左右)，以及在此之前的一段乾燥時期有關(圖2)，橫山砂質土不保水的特性，在此波降雨前至少乾燥了2週或以上的時間。而日本農業研究單位發現，甘藷在塊根形成初期的肥大容易誘發裂開，之後在條件適合的情況下也相對容易自行癒合，但是在低溫與乾燥條件下，癒合會受到抑制，並增加裂開率(小柳等，1987；渡邊與林川，2016)。

### (三) 土壤營養管理

#### 1. 土壤有機質與氮素

由表2土壤肥分檢測結果及表3土壤與排水特性來看，蘆竹區內厝屬有機質含量偏低，而觀音區藍埔的則是最高。根據蘇等(1991)試驗結果指出，有機質含量會在含砂較多、排水較優的土壤降低，含砂較少、排水不完全之土壤則提高。當旱田環境時，土壤微生物相中，好氣性微生物活躍易於有機質分解，就雨量而言，有機質含量常隨雨量之增高而增加。有機質於期作間的變動，經第一期稻作後增加，第二期稻作或裡作旱作後降低，而在以旱作為主的土壤，有機質經第二期作物後增加(蘇等，1991)。

有機質為土壤中氮素的主要供給來源，其含量的高低可約略反映出含氮量的多寡(譚等，2005)；研究顯示高氮肥的施用導致塊根嚴重裂開(Ogle, 1952；Nusbaum, 1946)。綜合以上論述，意謂著蘆竹區內厝因為含砂較多，且經南崁溪溪水流動而使有機質含量低；觀音區藍埔則是因為西瓜-甘藷雙旱作的

連作環境、降雨量多，以及黏質土壤的排水不良，而使有機質含量最高，而有機質含量豐富則可以反映出該地具有高量氮肥，認為也可能是影響裂蒞的主要原因之一。

## 2. 土壤酸鹼度 (pH值) 與礦物營養

甘藷於臺灣的氣候下，最適pH值在5.2~6.7之間。表2中以觀音區藍埔的連續旱作地pH值和磷為最低，而pH值越低，鹼性陽離子鉀、鈣、鎂易遭淋洗流失，而造成鈣與鎂的缺乏，同時硼、鋅、銅、鉬元素也缺乏，而當旱田環境時，土壤呈氧化狀態，磷與氧化鐵、氧化鋁結合則磷的有效性降低。蘇楠榮等(1991)解釋土壤pH值變化亦與土壤氧化、還原狀態有關，連年種植旱作或以旱作為主的情況下，土壤pH值下降幅度較大，而連年種植水稻下降最小。

硼可促進植物根系生長，與木質素合成、活躍某些酵素、種子和細胞壁的形成以及醣類的運輸有關(Uchida, 2000)。高等植物對低硼脅迫反應最迅速的部位是根系，而硼主要在細胞壁中起作用，超過90%的硼存在於此，缺硼時會引起根尖生長組織細胞分裂和延伸受阻，果膠含量減少而纖維素含量增加，致使細胞壁產生異樣結構，韌皮部薄壁細胞和一般薄壁細胞增厚，使組織易於撕裂，並且由於酚類物質的聚合作用受到阻礙，造成木質素含量下降，形成不正常的腫脹且纖細木質化髓部的根，缺硼也會破壞膜轉運過程、膜定位蛋白的活性和細胞膜的組成(Brown, *et al.* 2002; Dell and Huang, 1997; Matoh, 1997)。由此可知，硼在擴張器官中有重要作用，缺乏導致異常細胞壁的形成，改變細胞骨架聚合和質膜透性的變化(Uluisik, *et al.* 2018)。甘藷塊根水飽和裂開的異常生長被認為是土壤中缺硼所引起

(Miller and Nielsen, 1970)，田間調查發現，土壤在高pH值下症狀會加重(Ando, 1986)，當缺硼嚴重將使根系開裂或空心霉爛，甚至壞死脫落(劉，2002)。

Willis(1943)發現硼的施用會減少裂開情況；缺硼的塊根通常短而鈍，並有增加裂開的發生率(O'Sullivan, *et al.* 2005)，Byju等(2007)指出，缺硼導致甘藷塊根起水飽和裂開是印度可銷售塊根產量減少的原因，模型試驗結果則顯示隨著硼的比率增加，裂蒞的產量減少，表明硼肥可以改善塊根品質，並確定了甘藷對硼的需求。由於作物對微量元素硼的需求較少，適於作物生長的範圍很小，較易出現缺硼與毒害現象，劉(1991)指出缺硼的臨界濃度為0.5mg/kg，<0.25mg/kg可見症狀的缺硼，>2.0mg/kg生長受抑制。Nusbaum(1946)便發現甘藷塊根的裂開會隨著硼的應用而增加；中國山東省試驗適量施硼可提高甘藷產量和乾物率，建議鮮食品種施硼量每公頃15kg，澱粉和紫藷品種7.5kg，但過量施硼會減產，葉片有毒害症狀(姚等，2015)。

鎂與鈣會促進磷的吸收而使該地磷的含量低，而鈣的有效性會隨著pH值上升而增加，然而鈣肥過高，會抑制植株對氮、鉀、鎂、硼的吸收，若遇上乾旱，土壤增加對硼的吸附和固定，減少了植株在硼的吸收，若是濕潤多雨地區，常由於強烈淋洗作用而導致硼的損失。土壤的質地以砂壤土、砂土、石礫土易流失硼素，以土壤pH 7~8時之有效性最低(p33.圖3)，而酸性或鹼性太強，即pH 4.5以下、pH 7.5以上，易造成缺硼現象，若肥料中鈣肥偏高易導致缺硼，此乃元素間彼此相互拮抗所致(林，2005；陳，2009)。故酸性土壤易流失硼素，而施用過量石灰會減

少硼吸收與利用，也會抑制植物細胞裡硼的機能，缺硼也易發生在砂質土及乾旱地(張，1987；郭，2008)，沈等(1992)研究表明鈣會使硼的吸收和移動性下降。韋等(2006)發現施鈣後，鈣硼相互作用正效應，協調營養、生理代謝及促進葉片糖分轉出，當超過一定的鈣時，鈣硼表現呈負效應，抑制對硼的吸收及運轉，加劇硼的缺乏；這與鈣硼關係表現為低濃度時相互促進及高濃度時相互抑制有關(王等，1998)。

中國相對於歐美國家對硼的研究雖起步較晚，但已有大量作物上的研究成果：有關裂開之主題，諸如缺硼易使柑橘和蘿蔔的根龜裂木栓化(韓，2007；陳與郭，2012；楊，2013)，施硼肥可降低李、甜桔和甜瓜的裂果率(張與桂，2006；李等，2005；林，2014)，鈣硼比值與錦橙裂果率呈顯著相關(秦與王，1996)。然而臺灣尚缺乏硼在作物上的試驗研究，各項作物的鈣硼比建議值仍需進一步努力。綜上所述，觀音區藍埔除了因前作植物殘體隨著田區耕耘而提高有機質含量，致含氮量過高而裂蒞之外，也由於該地多雨而使鈣、硼元素受到淋洗流失，植株缺乏吸收鈣硼元素。橫山鄉田寮也可能土壤砂質且乾旱，從而缺硼導致裂蒞，而鈣含量可能稍偏較高則會有降低使硼元素的吸收，影響細胞壁的穩定性，進而影響塊根裂開現象。

#### (四) 線蟲因素

臺灣於1971年發現甘藷等諸多根莖作物皆有線蟲寄生之事實，1992年鑑定以南方根瘤線蟲及爪哇根瘤線蟲最為普遍(蔡，2006)。根瘤是感染南方根瘤線蟲最主要的症狀，並且在裂蒞的蒞肉中存在著根瘤線蟲，感染通常會在線蟲周圍的區域造成變黑和軟木化的組織(Jatala, 1991)，日本農業研究中

心指出，受線蟲感染之塊根根部發黑，有十字狀中等大小裂紋，大型裂紋是垂直性裂開，而裂開情形與線蟲寄生數量在甘藷品種上也具有顯著差異(百田等，1988)。本場根據現場觀察塊根裂縫以及整體根系情形，並未發現變黑與瘤狀等情形，是故排除是線蟲引起之裂蒞。

## 五、結語

### (一) 造成裂蒞的因素

2017年北部夏秋作甘藷裂蒞的因素：

(1) 品種差異，(2) 土壤水分急遽變化，(3) 土壤氮素肥過量，或鈣硼比的不適。

### (二) 預防裂蒞的方法

裂蒞對商品價值之影響甚鉅，且易受病原菌侵入，不易貯存，應注意防止，以減少農戶損失，本文根據文獻資料與參考國內外專家之建議，歸納以下5點預防方法，提供蒞農參考之用。

1. 栽培不易裂開的甘藷品種，或栽培品種多元化以減少損失。
2. 生育期間宜保持土壤水分適濕狀態，勿使土壤水分發生急遽變化。
3. 不宜施用過量的氮素肥及氧化鈣，甘藷栽培宜先進行土壤肥力檢測針對不同肥力狀況應用，如土壤pH值的改善(過低時施用適量苦土石灰)、添加適量微量元素或完全腐熟有機質肥料等，用以平衡生育期間各階段所需的肥分，有機質並可維持土壤一定的濕度。
4. 釐清土壤微生物相情況(如根瘤線蟲)，以及蒞苗來源健康與否。
5. 選擇地勢較高、排水較佳栽培地：整地時可採用深耕打破犁底層，增加排水性，並在田區四周挖鑿深溝，以防大雨產生久積水情形。

## 六、參考資料

### (一)中文及日文書籍、期刊

1. 小柳敦史、中谷誠、渡辺泰。1987。サツマイモ塊根裂開症の発症要因に関する研究。日本作物学会紀事56(2):190-197。
2. 王火焰、王運華、吳禮樹。1998。不同硼效率甘藍型油菜品種的鈣硼營養效應。中國油料作物學報20(2):59-65。
3. 百田洋二、上田康郎、大島康臣。1988。線虫によるサツマイモ塊根ひび割れ症発現の品種間差異。関東東山病虫害研究会年報35:209-210。
4. 李良。1994。甘藷。載於蔡文福(主編)，雜糧作物各論Ⅲ.根及莖類(1327-1477頁)。臺北市：台灣區雜糧發展基金會。
5. 李榮、李建光、潘學文。2005。春甜桔夏秋季裂果原因及防裂措施研究。中國南方果樹34(3):9-10。
6. 肖利貞。2016。甘藷“畸形薯”“裂皮薯”形成的原因及預防措施。鄉村科技19:10-11。
7. 沈振國、沈康、張秀省。1992。油菜幼苗對硼的吸收與運轉及鈣的影響。植物學通報9(4):33-37。
8. 吳銀亮、王紅霞、楊俊、范維娟、楊楠、殷旻昊、張鵬。2017。甘藷儲藏根形成及其調控機制研究進展。植物生理學報53(5):749-757。
9. 林正忠。2005。缺硼症。植物保護圖鑑系列15—番石榴保護。臺北市：行政院農委會動物防疫檢疫局。
10. 林文麗。2014。設施栽培條件下施肥對厚皮甜瓜生長的影響及養分管理研究。南京農業大學碩士論文。
11. 章劍鋒、梁和、章冬萍、何燕文、孫傳芝。2006。鈣硼營養對龍眼糖積累及果實發育的影響。西南農業學報19(6):1139-1143。
12. 姚欣、楊守祥、史衍璽、劉慶。2015。施硼對四個甘藷品種產量和品質的影響。山東農業科學47(10):49-53。
13. 秦煊南、王寧。1996。營養平衡與代謝對錦橙裂果的影響。西南農業大學學報18(1):34-39。
14. 張仲民。1987。普通土壤學。臺北市：國立編譯館。

15. 張林靜、桂明珠。2006。李的裂果機制及防止措施。園藝學報33(4):669-704。
16. 郭周武。2008。土壤肥料。臺南市：復文圖書。
17. 陳尊賢。2009。臺灣問題土壤與土壤重金屬污染診斷(9月9、10日)。【簡報】國立臺灣大學。
18. 陳葦玲、郭雅紋。2012。蔬菜作物缺硼症狀及其防治方法。臺中區農情月刊158:2-2。
19. 楊金蘭。2013。蘿蔔裂根的原因及防治措施。北方園藝17:182-182。
20. 蔡東纂。2006。臺灣植物線蟲病害圖鑑。臺中市：興大農推中心。
21. 劉錚。1991。微量元素的農業化學。北京市：農業出版社。
22. 劉鵬。2002。硼脅迫對植物的影響及硼與其它元素關係的研究進展。農業環境保護21(4):372-374。
23. 謝兆申、王明果。1991。臺灣地區主要土類圖輯。臺中市：國立中興大學土壤調查試驗中心編印。
24. 韓霜。2007。缺硼對柑橘生理生化的影響。福建農林大學碩士論文。
25. 蘇楠榮、王錦堂、吳懷國。1991。臺灣多作制度下土壤肥力之變化。輪作制度對土壤肥力及作物之影響研討會論文專輯1-27。
26. 譚增偉、劉禎祺、陳桂暖。2005。土壤肥力與合理化施肥。合理化施肥專刊43-62。

### (二)外文書籍、期刊

1. Ando, K. 1986. Determination of available boron in soil with a beer can. Soil Sci Plant Nutr. 32:333-336.
2. Brown P. H., N. Bellaloui, M. A. Wimmer, E. S. Bassil, J. Ruiz, H. Hu, H. Pfeffer, F. Dannel and V. Römheld. 2002. Boron in plant biology. Plant Biol. 4(2):205-223.
3. Byju G., M. Nedunchezhiyan and S. K. Naskar. 2007. Sweet potato response to boron application on an alfisols in the subhumid tropical climate of India. Commun Soil Sci Plan Anal. 38: 2347-2356.
4. CARDI Root and Tuber Commodity Group. 2010. Sweet potato technical manual.

- Trinidad and Tobago: Caribbean Agricultural Research and Development Institute (CARDI).
5. Dell B. and L. Huang. 1997. Physiological response of plants to low boron. *Plant and Soil*. 193:103-120.
  6. El-Kattan A. A. and F. C. Stark. 1954. Tissue activity and structural differences in the storage roots of Maryland Golden and Jersey Orange sweet potatoes as related to cracking. *Proc Am Soc Hort Sci*. 63: 378-388.
  7. Ekman J. and J. Lovatt. 2015. Pests, diseases and disorders of sweetpotato: A field identification guide. Australia: Horticulture Innovation.
  8. Harter L. L. and J. L. Weimer. 1929. A monographic study of sweet potato diseases and their control. U. S. Department of Agriculture. *Tech. Bull.* 99.
  9. Jatala P. 1991. Biology and management of plant-parasitic nematodes on sweet potato. In: Jansson, R.K. and Raman, K.V. (eds.), *Sweet Potato Pest Management, A Global Perspective*. Westview Press, Boulder, Colorado, pp. 359-378.
  10. Miller C. H. and L. W. Nielsen. 1970. Sweet potato blister, a disease associated with boron nutrition. *J Am Soc Hortic Sci*. 95:685-686.
  11. Match T. 1997. Boron in plant cell walls. *Plant and Soil*. 193:59-70.
  12. Nusbaum C. J. 1946. Internal brown spot, a boron deficiency disease of sweet potato. *Phytopathology* 36:164-167.
  13. Ogle W. L. 1952. A study of factors affecting cracking of the storage roots of the sweet potato, *Ipomoea batatas* Poir. Ph.D Dissertation, Univ. of Maryland. 98pp.
  14. O'Sullivan J., V. Amante, G. Norton, E. van de Fliert, E. Vasquez and J. Paradales. 2005. Sweetpotato DiagNotes: a diagnostic key and information tool for sweetpotato problems. Australian Centre for International Agricultural Research.
  15. Schrock D. 2004. Home gardener's problem solver. Des Moines, Iowa: Meredith Books.
  16. Traynor M. 2005. Sweet potato production guide for the top end. Information Booklet IB1. Darwin, Australia: Northern Territory Government.
  17. Uchida R. 2000. Essential nutrients for plant growth: Nutrient functions and deficiency symptoms. In *Plant nutrient management in Hawaii soils*, ed. J. A. Silva and R. Uchida, 31-55. Honolulu: College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii.
  18. Uluisik I., H. C. Karakaya and A. Koc. 2018. The importance of boron in biological system. *J Trace Elem Med Biol*. 45:156-162.
  19. Willis L. C. 1943. Apply borax to improve quality of sweet potatoes. North Carolina Agricultural. Experiment Station Special Circular 1.

### (三) 網路資料

1. 交通部中央氣象局。氣候統計。觀測資料查詢系統。取自<http://e-service.cwb.gov.tw/HistoryDataQuery/index.jsp>
2. 行政院農業委員會農業試驗所。台灣土壤資源與農地土地覆蓋圖資瀏覽查詢系統。取自<http://soilsurvey.tari.gov.tw/SOA/index.aspx>
3. 農林水產省茨城縣農業總合研究中心。2010、2011、2012、2013、2014、2015、2016、2017。甘藷。農研速報。取自<http://www.pref.ibaraki.jp/nourinsuisan/noken/sokuho/soku-ho.html>
4. 渡邊健、林川修二。2016。防除ハンドブックサツマイモの病害虫。インターネット版。東京都：全国農村教育協会。取自<http://www.boujo.net/handbook-17>
5. Roach M. 2010. 9 things I needed to learn about sweet potatoes. from <https://awaytogarden.com/9-things-i-needed-to-learn-about-sweet-potatoes/>
6. University of Illinois Extension. N.d. Watch your garden grow. Vegetable Directory: sweet potato. Retrieved March 5, 2018, from <http://extension.illinois.edu/veggies/directory.cfm>