

## 淹水逆境對甘藷塊根營養成分及品質之影響

黃哲倫<sup>1</sup>、劉啟東<sup>2</sup>、廖文昌<sup>3</sup>、賴永昌<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所農藝系

<sup>2</sup>國立嘉義大學農藝系

<sup>3</sup>長庚科技大學護理系

### 摘要

本文研究目的在於了解春秋兩期作甘藷栽培期間，若在不同生育時期遭遇淹水逆境，對甘藷塊根營養成分及品質之影響。分別在春、秋兩期作以甘藷「台農 66 號」為材料，在 3 個不同生育時期進行淹水處理，分別是在甘藷種植後第 45 天、種植後第 110 天淹水 6 d 以及種植後第 45 與 110 天各淹 6 d，而以無淹水為對照組，比較收穫後塊根營養成分及品質(含物理性狀、抗氧化)分析之結果。試驗結果顯示，秋作時，淹水處理組之塊根硬度、乾物含量、醣類含量和藷肉顏色 Lab 值的 L 值與 b 值，與對照組並無顯著差異存在，抗氧化分析的總酚含量及抗氧化能力與對照組亦無顯著差異存在。塊根中的澱粉含量，在 45 d 的淹水處理較對照組顯著增加，而 110 d 及淹水兩次之處理其澱粉含量及藷肉顏色之 a 值則顯著較對照組低。春作時，淹水處理與對照組間之硬度、乾物含量、醣類含量及藷肉顏色 Lab 值無顯著差異存在。生育初期淹水處理之澱粉含量較對照組顯著為高，後期則與對照組無顯著差異存在。  
**關鍵詞：**甘藷、淹水逆境、澱粉含量。

### Effects of Flooding Stress on the Nutrient Components and Quality of Sweet Potato Tubers

\*通信作者, shuang@dns.caes.gov.tw

投稿日期：2016 年 8 月 1 日

接受日期：2016 年 9 月 28 日

作物、環境與生物資訊 13:126-133 (2016)

Crop, Environment & Bioinformatics 13:126-133 (2016)

189 Chung-Cheng Rd., Wufeng District, Taichung City 41362, Taiwan ROC

Che-Lun Huang<sup>1</sup>, Qi-Dong Liu<sup>2</sup>, Wayne-Chang Liao<sup>3</sup> and Yung-Chang Lai<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Agronomy, Chiayi Branch Station, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi 60044, Taiwan ROC

<sup>2</sup> Department of Agronomy, National Chiayi University, Chiayi 60004, Taiwan ROC

<sup>3</sup> Professor, Department of Nursing, Chang Gung University of Science and Technology, Chiayi 61363, Taiwan ROC

### ABSTRACT

In order to clarify the effects of flooding stress on nutrient ingredients and quality traits of tubers, sweet potato variety 'TNG66' was planted in the growing seasons of spring and fall. Three flooding treatments were applied in different growing stages of both seasons, including six days of flooding at 45 days, 110 days, and (45 and 110) days after planting. The nutrition content, quality components and antioxidant in tubers of sweet potato were analyzed after harvest. The results showed that in fall season, the hardness, dry matter, and L and b values of flesh color in flood-treated tubers were not significantly higher than that in the non-flood check, as that in total phenol and antioxidant activity. On the other hand, starch content in flooding treatment was significantly higher than that without treatment in tubers treated at 45 days after planting. The starch content and a value of flesh color were lower in tubers treated with flooding at 110 days after planting than that in control tubers, but were similar to that treated at (45 and 110) days after planting. In spring season, hardness, dry matter, sugar content and Lab vales of flesh color in flooding treatments were not significantly higher than that in non-treated tubers. The starch content

in flooding treatment was significantly higher than that in check in tubers flood-treated at 45 days after planting, but no significant difference in starch content was found between flooded and non-flooded tubers in tubers treated with flooding at 110 days after planting.

**Key words:** Sweet potato, Flooding treatment, Starch content.

## 前言

臺灣每年的甘藷栽培面積約 10,000 ha，係臺灣相當重要的雜糧作物之一。然而臺灣春夏季多雨，並且在夏季到秋季間常有颱風帶來的豪雨侵襲，乃春夏秋作甘藷生產最大的限制因子。臺灣全年都能種植甘藷，主要栽培期則在秋裡作，栽培面積可達全年甘藷生產面積 70%。此期作的降雨少，初期高溫有利地上部生長，至甘藷塊根發育時期溫度逐漸降低，日夜溫差加大，有利塊根生長發育(Li *et al.* 1985, Li *et al.* 1989)。近年來由於氣候變遷的影響，臺灣全年雨量分布呈現較以往集中的情況，發生豪雨的現象增加，而原本少雨的秋裡作卻常發生豪雨。其實不只是臺灣，全球氣候呈現極端化趨勢，學者們相信在亞洲及非洲有很高的機會發生水分過多對農作物生產造成的災害，由此推測亦將增加淹水逆境對甘藷生產的威脅(Rosenzweig *et al.* 2001, Vermeulen *et al.* 2012, Kamoshita *et al.* 2015)。

Li and Kao (1985)在甘藷生育初期(植後第 45 天)進行淹水處理，發現甘藷塊根個數、直徑及重量皆顯著減少。Roberts and Russo (1991)發現生育中期(植後第 60 天)遭遇淹水逆境使塊根數目及鮮重顯著下降，但在收穫前(植後第 110 天)遭遇淹水逆境對塊根發育則無影響。Li *et al.* (1989)指出「台農 66 號」甘藷在生育初期(植後第 45 天)遭遇淹水恢復力佳，而生育後期(植後第 100 天)遭遇淹水，塊根鮮重顯著降低並且不會恢復。以上研究報告，發現甘藷對不同生育期遭受淹水逆境之反應有很大的不同。

甘藷塊根的主要成分為水及澱粉，並含有豐富的膳食纖維、維生素、礦物質及胡蘿蔔素、花青素、多酚等抗氧化物(Woolfe 1993)。許多專家學者發現甘藷生育期間過多的灌溉水會造成土壤中二氧化碳濃度增加，使甘藷莖葉與塊根的發育受到阻礙，甘藷塊根的品質下降，包括塊根乾物含量、鮮藷與加工後的藷色、硬度及蛋白質含量比率，都有顯著下降的趨勢，而對塊根粗纖維含量與藷塊的厚度則影響極微或無影響。由於塊根乾物重有顯著的降低，顯示淹水逆境會直接對塊根的發育造成影響(Constantin *et al.* 1974, Siqinbatu *et al.* 2013, Zhang *et al.* 2015)。

Wu and Chu (2001)在「台農 66 號」甘藷植後第 60 天時淹水 7 d，發現塊根成分中澱粉含量和蔗糖含量降低，葡萄糖含量增加，但經排水後逐漸回復正常；蔗糖和葡萄糖在排水後 2 wk 內，含量即與對照組無差異，而澱粉含量雖逐漸增加，但與對照組仍有些微差異。葡萄糖含量明顯增加，而蔗糖及澱粉含量下降，原因是由於淹水逆境誘導塊根組織內 sucrose phosphate synthase 酵素活性降低及 sucrose synthase 酵素活性增加，使蔗糖分解為葡萄糖累積。但澱粉合成的相關酵素活性因淹水逆境受抑制，因此葡萄糖不供澱粉合成使用，而可能提供淹水逆境下塊根無氧呼吸所需的碳源使用。澱粉含量減少，除了合成的相關酵素活性受抑制外，也與塊根內澱粉的分解酵素活性受淹水逆境誘導而增加有關。

Thompson *et al.* (1992)在甘藷生育期間給予不同的灌溉水量，分析塊根中醣類含量，發現灌溉量增多時葡聚糖和麥芽糖含量會增加，葡萄糖含量與灌溉水量成二次反應，在達最大產量的灌溉水量時有最高葡萄糖，而後增加灌溉水量則隨之遞減，果糖含量則是隨著灌溉水量增加而遞減。在藷肉顏色和感官分析上，也與葡萄糖含量的結果相符合，呈現二次反應，過多的灌溉水量會降

低諸肉顏色明度。Ton and Hernandez (1978) 在甘藷收穫前進行 72 h 的淹水處理，發現收穫後的甘藷塊根胡蘿蔔素、乾物含量和烘烤品質皆顯著下降。甘藷塊根生育期間及收穫前遭遇淹水逆境可能會降低塊根的感官品質，包括諸肉顏色、硬度及烤藷品質等，而營養品質上，蛋白質、澱粉及抗氧化成份含量降低，但是在不同生育期遭遇淹水逆境的相關研究很少。

淹水逆境會造成甘藷植株光合作用效率下降與光合產物供源方向的改變，會影響甘藷塊根中碳水化合物的累積及組成比例，而且無氧呼吸的代謝產物累積也對細胞產生毒害，而在不同生育時期遭受淹水逆境也有不同的反應。因此，本試驗主要探討甘藷栽培期間不同生育時期遭遇淹水逆境，對甘藷塊根營養成分及品質的影響，希望瞭解甘藷塊根在遭遇淹水災害後品質之改變，期有助於甘藷產業在災後對甘藷塊根品質管控的參考。

## 材料與方法

### 供試材料與處理

本研究於 2011 年 9 月(秋作)在行政院農業委員會農業試驗所之嘉義分所農場進行試驗，試驗設計採用單因子逢機完全區集設計，以甘藷「台農 66 號」(‘TNG 66’)為供試品種，不同生育時期人工淹水逆境為處理，進行 3 重複試驗。每個處理小區種植 3 行各 6 m，行距 1.10 m，株距為 0.25 m，預計生育期 150 d。種植前進行整地，採畦作栽培，肥料用量為 110(N)-55(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)-220(K<sub>2</sub>O) kg ha<sup>-1</sup>，作為基肥一次施用，其他栽培管理及病蟲害防治依循一般甘藷田間管理栽培模式。試驗處理分別為於甘藷栽植後(1)第 45 天 (45 DAP; 45 days after planting)與(2)第 110 天 (110 DAP; 110 days after planting)進行人工淹水 6 天、及(3)第 45 天和第 110 天 [(45 and 110) DAP; 45 days and 110 days after planting]各進行人工淹水 6 d，以及(4)生育

期正常灌溉之對照組(CK)。試驗淹水高度達畦高 8 成以上，淹水處理 6 d 後即刻進行排水處理。對照組水分管理維持在土壤水分含量 60–70%，生育期間灌溉 2–3 次，灌溉後隔天立刻進行排水。處理組與試驗組皆於植後 150 d 進行收穫。植後 45 d 為塊根生育初期，即約為塊根形成初期，植後 110 d 為塊根發育後期，乃塊根澱粉主要充實階段。春作甘藷發育階段較秋作為早，約需要 4–4.5 mon，秋作甘藷收穫期則約需 5 mon。

### 抽樣調查與成分分析

由秋作及春作各重複小區收穫之塊根中，逢機選取 150–250 g 外觀良好無病蟲害之 5 個塊根，將塊根切成 1 cm<sup>3</sup> 的小塊，均勻混合後進行甘藷塊根營養成分及品質(含物理特性、抗氧化)分析。物理特性調查項目，包括塊根硬度及顏色，塊根硬度以質地分析儀(EZ test, Shimadzu Co., LTD., Tokyo, Japan)進行穿刺試驗，穿刺單位面積所需最大力量即代表甘藷塊根硬度；塊根顏色以色差儀(model NR-3000, Nippon Denshoku Industries Co., LTD., Tokyo, Japan)測量諸肉顏色 L、a、b 值，L 值為明亮度(lightness)，a 值為紅/綠色，b 值為黃/藍色表示。成分分析調查項目，包括乾物率、醣類含量及澱粉含量。乾物率計算係將樣品置於熱風乾燥箱中，以 50°C 熱風乾燥 24 h，至水分恆定後測量乾物重，乾物率即為乾物重與鮮重之比率。醣類含量之分析方法參照 Picha (1985) 經部分修飾而來，取 5 g 的甘藷泥加入 80% 乙醇，混合均勻後置入 80°C 熱水中，隔水加熱萃取 3 次，每次 15 min；第一次加入 5 mL 的 80% 乙醇，第二次與第三次各別加入 2.5 mL 的 80% 乙醇萃取。萃取液過濾後定量到 10 mL，再以 0.45 μm 拋棄式針筒過濾器過濾後，進行高效液相層析儀(high performance liquid chromatography; HPLC)分析(Pump model No. LC1150, GBC Scientific Equipment, Dandenong, Australia)。使用

reverse phase C18 分析管柱(Model No. LiChrolut RP-18, Merck, Darmstadt, Germany), 流動相(mobile phase)組成爲 80%的氰甲烷(acetonitrile)與 20%的純水, 流速爲 1 mL min<sup>-1</sup>, 管柱加熱溫度爲 45°C。HPLC 分析時所使用的 4 種醣類標準品葡萄糖(glucose)、果糖(fructose)、蔗糖(sucrose)和麥芽糖(maltose)購自 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA), 總醣含量由以上 4 種糖之總和表示。澱粉含量分析方法參照 Dubois *et al.* (1956)經部分修飾而來, 秤取 0.1g 乾燥甘藷粉末加入 10 mL 的 80%乙醇, 放入水浴鍋中以 80°C、100 轉(rpm/time)震盪 30 min 中後, 將上層的乙醇以玻璃吸管吸出, 再於烘箱以 70°C 烘乾。乾燥樣品加入 5 mL 超純水, 於 100°C、100 轉的水浴鍋震盪加熱 30 min, 待冷卻, 加入 2 mL 之 9.2 N 過氯酸(HClO<sub>4</sub>)放置 15 min, 期間不停以震盪器震盪攪拌。以定量瓶定量至 10 mL。以 2,500 g (10,000 rpm)離心 10 min, 取 0.2 mL 加超純水稀釋至 2 mL。取上清液 0.1 mL 加入 1.9 mL 超純水、0.1 mL 石炭酸(phenol)及 6 mL 濃硫酸, 震盪均勻後靜置 30 min, 以分光光度計(GENESYS 10S UV-VIS spectrophotometer, Thermo Fisher Scientific, USA)於波長 490 nm 測定吸光值。

### 資料統計與分析

秋作及春作試驗各項調查項目數據資料分析, 分別利用套裝軟 SAS EG (SAS Institute, Cary, NC, USA)進行 ANOVA 變方分析, 以最小顯著差異(least significance difference test; LSD)比較各處理組平均值之差異顯著性。

### 結果

以不同期作別、不同淹水處理下之甘藷塊根收穫後, 進行塊根物理及成分分析, 塊根物理特性及成分之變方分析結果如 Table 1。物理特性方面, 塊根硬度在秋作不同生育

期淹水處理間未達 5%顯著水準; 而春作不同淹水處理組間亦未達顯著水準。秋作及春作塊根硬度表現如 Table 2, 秋作塊根在不同淹水處理下, 其塊根硬度與對照組無顯著差異存在, 平均硬度介於 8.9–10.0 (kgf)。春作塊根之差異亦不顯著, 平均硬度介於 9.6–10.0 (kgf)。諸肉顏色方面, 秋作處理間之 L 值及 b 值未達 5%顯著水準, 處理間的 a 值達 5%顯著水準; 春作處理間之 L、a、b 值皆未達顯著水準。秋作及春作塊根顏色表現如 Table 2, 秋作塊根在不同淹水處理下, 其塊根顏色之 L 值及 b 值差異不顯著, L 值介於 73.1–74.6, b 值介於 42.7–43.8。但 a 值則有顯著差異, 對照組 a 值為 20.4, 與 45 DAP 的 21.2 無顯著差異, 但 110 DAP 與 (45 and 110) DAP 皆顯著較對照組和 45 DAP 為低, 110 DAP 與(45 and 110) DAP 皆為 20.0。而春作塊根在不同淹水處理下, 其塊根顏色之 L 值、a 值及 b 值差異皆不顯著, L 值介於 76.6–77.9, a 值介於 15.1–16.4, b 值介於 34.7–36.5。

營養成分變方分析的結果, 秋作與春作結果相似, 處理間之塊根乾物含量及總醣含量皆未達 5%顯著水準, 而澱粉含量達 5%顯著水準(Table 3)。由知, 秋作塊根乾物含量與總醣含量無顯著差異, 乾物含量介於 26.8–27.7%, 總醣含量介於 2.46–2.64%。澱粉含量有顯著差異, 對照組為 44.6%, 與 45 DAP (50.9%)和 110 DAP(40.6%)之間皆無顯著差異, 但顯著高於(45 and 110) DAP 的 33.4%, 45 DAP 也顯著高於 110 DAP 和(45 and 110) DAP 的處理。而春作處理間塊根乾物含量與總醣含量亦無顯著差異, 乾物含量介於 25.0–26.1%, 總醣含量介於 2.85–3.77%。春作處理間澱粉含量亦有顯著差異, 對照組為 42.6%, 與 110 DAP (39.7%)和(45 and 110) DAP (42.0%)之間無顯著差異, 45 DAP 的 47.3%顯著高於對照處及其他處理。

Table 1. ANOVA of physical and quality traits for sweet potato 'TNG66' tubers with different flooding treatments in fall and spring cropping seasons.

Cropping season	Source of variation	df	Mean square						
			Hardness	L value	A value	B value	Dry matter content	Starch content	Total sugar content
Fall crop	Flooding (F)	3	0.75	1.21	0.88*	0.72	0.76	161.61*	0.12
	Block (B)	2	1.10*	0.18	0.25	0.17	3.39	206.56*	0.03
	Error	6	0.21	0.40	0.18	1.24	2.30	25.43	0.36
Spring crop	Flooding (F)	3	0.27	1.19	1.46	1.86	0.41	30.00*	0.49
	Block (B)	2	0.10	0.92	4.02*	5.05*	0.19	2.20	0.18
	Error	6	0.34	1.50	0.74	0.78	0.96	3.39	0.17

Table 2. ANOVA of hardness and flesh color for sweet potato 'Tainung No.66' tubers during storage periods with different flooding treatments in fall and spring cropping seasons.

Cropping season	Flooding time	Hardness (kgf)	Color value		
			L	A	b
Fall crop	Control	9.2±0.8 a <sup>y</sup>	74.6±0.3 a	20.4±0.2 a	43.8±1.3 a
	45 DAP	9.7±0.6 a	73.1±0.2 a	21.2±0.6 a	43.5±1.3 a
	110 DAP	10.0±0.5 a	73.8±0.8 a	20.0±0.6 b	43.3±0.4 a
	45 and 110 DAP	8.9±0.6 a	73.6±0.8 a	20.0±0.2 b	42.7±0.5 a
Spring crop	Control	10.0±0.5a	76.6±1.0 a	15.1±0.6 a	35.1±1.2 a
	45 DAP	10.0±0.5 a	77.0±1.0 a	16.3±1.8 a	36.5±1.0 a
	110 DAP	9.6±0.3 a	76.6±1.7 a	16.4±1.4 a	35.8±1.9 a
	45 and 110 DAP	9.8±0.8 a	77.9±0.8 a	15.1±0.6 a	34.7±1.2 a

Mean ± standard error.

<sup>y</sup> Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test (n = 3).

Table 3. ANOVA of dry matter and weight loss percentage for sweet potato 'Tainung No.66' tuberous roots during storage periods with different flooding treatments in fall and spring cropping seasons.

Cropping season	Flooding time	Percent dry matter (%)	Total sugar (%)	Starch content (%)
Fall crop	Control	27.5±0.1 a	2.46±0.51 a	44.6±1.4 ab <sup>y</sup>
	45 DAP	27.7±1.0 a	2.64±0.30 a	50.9±2.0 a
	110 DAP	27.2±1.2 a	2.60±0.23 a	40.6±2.2 bc
	45 and 110 DAP	26.8±0.8 a	2.60±0.57 a	33.4±1.4 c
Spring crop	Control	25.6±1.8 a <sup>y</sup>	2.85±0.07 a	42.6±1.1 b
	45 DAP	26.1±1.3 a	3.77±0.36 a	47.3±2.5 a
	110 DAP	25.4±1.5 a	3.49±0.26 a	39.7±2.5 b
	45 and 110 DAP	25.0±1.4 a	3.13±0.71 a	42.0±0.9 b

Mean ± standard error.

<sup>y</sup> Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test (n = 3).

## 討論

在甘藷塊根的品質方面，Constantin *et al.* (1974)及 Thompson *et al.* (1992)等學者指出，生育期間過多的灌溉水可能會降低塊根的感官品質，包括鮮藷與加工後的藷色、硬度、藷肉的亮度，都會有顯著下降的趨勢。而本試驗結果顯示，秋作甘藷在不同生育時期遭遇淹水逆境，對塊根硬度以及藷肉顏色 L 值、b 值皆沒有影響，而 a 值則有顯著差異。對照組與 45DAP 的處理無顯著差異，而 110 DAP 和(45 and 110) DAP 的處理，降低甘藷塊根藷肉 a 值，顯然生育後期 110DAP 的淹水處理對藷肉顏色 a 值影響較顯著。而春作甘藷在不同生育時期的淹水處理，對甘藷塊根硬度及藷肉顏色 L、a、b 值皆無顯著差異，可能由於春作生育期間之累積雨量為 1,958 mm，遠高於秋作之 436 mm (Fig. 1)，故造成大部分儲藏期淹水處理組與對照組之間皆無顯著差異。塊根硬度與藷肉顏色之試驗結果，和 Constantin *et al.* (1974)及 Thompson *et al.* (1992)等學者的試驗結果不同。Constantin *et al.* (1974)及 Thompson *et al.* (1992)等學者是在整個生育期間，利用固定的灌溉水量進行，過多的灌溉水可能持續的造成淹水逆境，使硬度及亮度降低。本試驗則是給予短時間的淹水逆境，因此未造成塊根硬度及藷肉亮度的變化。Ton and Hernandez (1978)之試驗，在收穫前進行淹水處理，結果使胡蘿蔔素含量下降，與此次秋作生育後期淹水處理造成 a 值下降的結果相符。由於甘藷「台農 66 號」為胡蘿蔔素豐富的品種，胡蘿蔔素為橙色、紅色甘藷塊根中的主要色素來源，而色差表示中，正值的 a 值又代表了紅色的區域，因此試驗 a 值下降之原因，可能為生育後期淹水造成塊根中胡蘿蔔素含量下降，使 a 值下降。

在塊根成分方面，淹水逆境會造成甘藷植株光合作用效率下降與光合產物供源方向的改變，會影響甘藷塊根中碳水化合物的累

積及組成比例(Wu and Chu 2001)。本試驗結果在成分方面，發現兩期作淹水處理對乾物及醣類含量無顯著差異，對澱粉含量則有顯著差異。乾物重及醣類含量之結果，與 Wu and Chu (2001) 在「台農 66 號」甘藷 60 DAP 時淹水 7 d 後的分析結果相符。Wu and Chu (2001)的試驗在排水後 2 wk 回復正常值，而本次試驗在生育後期淹水處理後，距離收穫時間還有約 5 wk，因此有足夠時間能在收穫時回復。但對比 Ton and Hernandez (1978)的試驗，在收穫前 5 d 進行淹水，乾物重及醣類顯著的下降，可能是淹水逆境傷害沒有充分時間恢復，所以乾物重與醣類含量下降。由此可知，淹水逆境對甘藷塊根乾物重以及醣類成分之影響，排水後恢復時間的長短較不同生育時期處理的影響來得重要。Wu and Chu (2001)在「台農 66 號」甘藷 60 d 時淹水，結果澱粉含量顯著降低；Thompson *et al.* (1992)在生育期間以過量水灌溉，澱粉含量同樣降低；Ton and Hernandez (1978)的試驗，在收穫前 5 d 進行淹水，澱粉含量也顯著降低。本試驗澱粉含量分析結果，在生育後期的淹水處理 110 DAP 和(45 and 110) DAP 會降低澱粉含量，此部分與以上學者的試驗相符。但是，在生育初期(45 DAP)的淹水逆境處理會增加澱粉含量的結果，顯然與以上之試驗結果不同。根據 Wu and Chu (2001)的試驗，在 60 DAP 淹水後，澱粉含量會慢慢恢復，但在收穫時仍較低於對照組，而醣類及乾物重都已回復至正常。顯然淹水逆境對澱粉合成酵素的抑制以及光合產物分配改變的影響，使澱粉合成的恢復較慢。對照本試驗，在 45 DAP 進行淹水處理，其時間較 Wu and Chu (2001)的 60 DAP 早，由 Li and Kao (1985)和 Li *et al.* (1989)的試驗結果知道，甘藷生育初期(45 DAP)遭遇淹水逆境其恢復能力較強，而且澱粉合成反應的恢復時間較長，有足夠時間使收穫時澱粉含量恢復到與對照組相同。然而，較對照組有更高的澱粉含量，這部分可以進行更深入的研

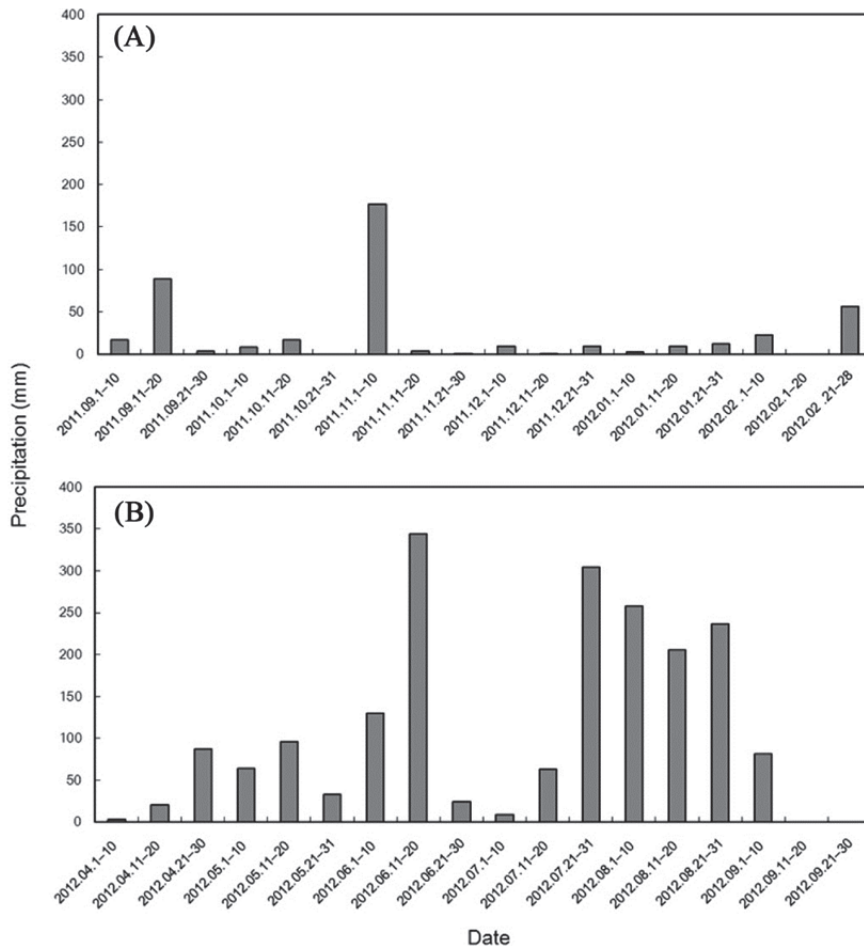


Fig.1. The precipitation of ten days calculated from weather data collected in Chayi area in spring and fall cropping seasons. (A) Fall Crop. (B) Spring Crop.

究，並做進一步確認。根據本研究調查結果，在生育初期遭遇淹水逆境造成澱粉含量上升，可以應用在甘藷澱粉製造工業的原料栽培管理上，在適當的甘藷生育時期給予人工淹水逆境，增加原料的澱粉含量。

### 引用文獻

- Constantin RJ, TP Hernandez, LG Jones (1974) Effects of irrigation and nitrogen fertilization on quality of sweet potatoes. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 99:308–310.
- Dubois M, KA Gilles, JK Hamilton, AP Robers, F Smith (1956) Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Anal. Chem.** 28:350–356.
- Kamoshita A, JI Sakagami, M Fosu (2013) Improvement of resilience of crop production under waterlogged conditions in humid Asia and Africa for sustainable agricultural development. **Field Crop. Res.** 152:1–2.
- Li L, CH Kao (1985) Stress physiology of sweet potatoes. 1. Flooding effects on sweet potatoes. **J. Agric. Assoc. China New Ser.** 132:115–120.
- Li L, HF Yen, CH Kao (1989) Stress physiology of sweet potatoes. 2. A reevaluation of flooding effect. **J. Agric. Assoc. China New Ser.** 147:28–37.
- Lin KH, PY Chao, CM Yang, WC Cheng, HF Lo, TR Chang (2006) The effects of flooding and drought stresses on the antioxidant constituents in sweet potato leaves. **Bot. Stud.** 47:417–426.

- Picha DH (1985) HPLC determination of sugars in raw and baked sweet potatoes. **J. Food Sci.** 50:1189–1190.
- Rosenzweig C, A Iglesias, XB Yang, PR Epstein, E Chivian (2001) Climate change and extreme weather events implications for food production, plant diseases, and pests. **Global Change Hum. Health** 2:90–104.
- Thompson PG, DA Smittle, MR Hall (1992) Relationship of sweet potato yield and quality to amount of irrigation. **Hort. Sci.** 27:23–26.
- Ton CS, TP Hernandez (1978) Wet soil stress effects on sweet potatoes. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 103:600–603.
- Vermeulen SJ, BM Campbell, JSI Ingram (2012) Climate change and food systems. **Annu. Rev. Environ. Resour.** 37:195–222 .
- Woolfe J (1993) Sweet potato: An untapped food resource. University Press, **Cambridge, U.K.** 643pp.
- Wu CY, TM Chu (2001) Physiological Responses of Sweet Potato Plant to Waterlogging Stress III : Carbohydrate Content and Related Enzyme Activity in Tuberos Roots. (in Chinese with English Abstract) **Chinese Agron. J.** 11:147–163.