

氣象因子對馬鈴薯 (*Solanum tuberosum* L.) 生育特性之影響

陳一心 羅正宗

台灣省農業試驗所嘉義農業試驗分所

摘 要

本試驗利用大葉種 (kenebec) 及卡迪娜 (cardinal) 兩個馬鈴薯品種參試，於不同栽培地區及相同栽培環境之不同栽植期的氣候下，探討其對塊莖產量及薯形大小與乾物率等收穫品質之影響，1990年冬季裡作在后里、斗南及溪口三地栽植之結果顯示，大葉種在溪口地區栽植產量最高，卡迪娜則在后里地區產量最高。1991年冬季裡作在后里地區之栽植期試驗結果顯示，第一次種植(9月24日)之塊莖產量最高，隨著植期之延後，塊莖產量都隨之降低；另就塊莖收穫品質而言，亦呈現與產量相似之情形，隨栽植期之延後而降低。1992年冬季裡作在溪口地區之結果則顯示，大葉種在早、晚兩個植期間，其產量均無大差異；但卡迪娜則以晚植期產量較高，惟早植者因塊莖肥大期受寒流及乾旱氣候影響，晚植者於塊莖形成期亦遭遇寒流及生長後期之雨量過多，故生產之塊莖多呈現不具經濟價值之形態，塊莖乾物率因生長後期突遇甚高雨量(189 mm)而下降。藉相關分析探討氣象因子與馬鈴薯生育間之相關關係，結果發現塊莖與全株乾重分配比例及生長後期之日夜溫差呈顯著正相關，塊莖乾物率與生育期氣溫及生育前期之日夜溫差呈顯著負相關，但與生育後期之日夜溫差及生育前期之日射量呈極顯著正相關。

關鍵詞：馬鈴薯，塊莖產量，適栽環境，相關分析。

Studies on the Climate Effect on Growth Character in Potato (*Solanum tuberosum* L.)

Yi-Shin Chen and Jeng-Chung Lo (Chia-Yi Agricultural Experiment Station Taiwan Agricultural Research Institute, Chia-Yi, Taiwan, ROC.)

ABSTRACT: Potato varieties, Kenebec and Cardinal, were used to study the effects of growth region and planting date on tuber yield and quality. Results indicated that tuber yield of kenebec of winter crop (1990) at Hsikou was the highest among the growth regions, but cardinal at Houli had the highest tuber yield. Among the four planting dates at Houli, it showed that both varieties obtained the highest yield and quality when planted on 24 September of 1991. In the winter crop of 1992, the tuber yield was similar for Kenebec planted at either earlier or later season at Hsikou. However, the yield of Cardinal was higher when planted earlier than that of planted later. The distribution ratio of tuber and whole plant dry weight were positively correlated with difference between day and night temperature of later growth stage. Percentage of tuber dry matter was negatively correlated with mean air temperature of whole growth period and difference between day and night temperature of early growth stage, but was positively correlated with difference between day and night temperature of later growth stage and solar radiation of early growth stage.

Key words: Potato, Tuber yield, Suitable growth environment, Correlation analysis.

收到稿件 (Received): 10 Jun. 1994. 接受刊登 (Accepted): 22 Jan. 1995

本研究承行政院農業委員會 [80 農建-9.1-林 (7) 、 81 農建-2.1-林-28(9) 及 82 農建-2.1-林-05(2)] 補助。

前 言

馬鈴薯 (*Solanum tuberosum* L.) 原產於美洲，係適於溫帶冷涼氣候地區栽培的一年生草本植物，其地下部塊莖可供人類利用，而塊莖收量多寡及品質的好壞受到氣候環境因子影響極大。因此，選擇適當之種植期及地點更顯其重要性。因本省馬鈴薯大都採冬季裡作之耕種方式，栽培氣候在此期間的前期日照較強、氣溫較高，適合地上部莖葉發育，後期氣溫低，日照短適合塊莖之肥大。就本省氣候而言，馬鈴薯應較適於北部地區生長，但因栽植制度的關係，台中后里、雲林及嘉義逐漸成為本省馬鈴薯產地 (曹等, 1991)。馬鈴薯薯塊過去多為供應鮮食用，收穫品質著重於薯形大小；但近年來由於速食業風行，薯條已漸為消費者接受，而塊莖之乾物質比例為影響薯條品質之重要因素。馬鈴薯之生育期可分成前後兩個階段，前段是以莖葉的生長為主之營養生長期，後段為薯塊 (塊莖) 的形成與肥大期。一般品種於種植後 35 至 45 天進入薯塊形成期，由於各栽植地區的氣候環境條件對各階段的生長發育反應不一，於薯塊形成至成熟期間，其產量及塊莖品質 (如薯形大小及乾物率) 受氣候環境因子影響甚鉅 (Lynch and Tai, 1989; Manrique *et al.*, 1991)。因此，本試驗之目的乃在探討不同栽培地區，及同一栽培地區之不同種植時期之下，其生育環境及氣象條件對馬鈴薯薯塊生長發育與收穫品質影響，以建立本省馬鈴薯適地適作之基本資料。

材料與方法

本試驗所採用之參試材料為大葉種 (kenebec, 鮮食為主) 及卡迪娜 (cardinal, 加工為主) 兩個馬鈴薯品種。

試驗於 1990 年 12 月 10 日，分別將上述兩供試品種種植於台中縣后里鄉、雲林縣斗南鎮及嘉義縣溪口鄉三個地區。田間採逢機完全區集設計，重複三次，每小區為 $0.9 \times 6\text{m}$ 之雙行畦三個，行株距 $45\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ ，為避免多次取樣造成邊際效應，

每個小區內分為九個取樣單位，每個取樣單位包含有六株，取樣單位間皆有保護行相隔，於種植後 40 天開始，每隔 10 天逢機調查一取樣單位，調查項目包括莖葉乾重、塊莖產量及薯塊烘乾後與烘乾前重之比例及塊莖乾物率。1991 及 1992 年為縮小區域性的差異，探討連續性氣象因子對馬鈴薯生育的影響，分別在后里及溪口兩地進行試驗。后里地區分四次種植，依次為 1991 年 9 月 24 日、10 月 24 日、11 月 24 日及 1992 年 1 月 4 日。溪口地區在 1992 年分二次種植，早植區 11 月 10 日，晚植區 12 月 10 日。每品種每試區亦含三個 $0.9\text{ m} \times 15\text{ m}$ 雙行畦，重複三次，每重複 300 株，成熟採收時，將薯塊依重量大小分成可售薯 (marketable tuber, 薯重大於 80 g) 及不可售薯 (unmarketable tuber, 薯重小於 80 g)，分別記錄其產量，並測其乾物率。另於試驗田區置 Seisakusho 公司出品之自記式氣象記錄計，調查生育期間之溫度、相對濕度、雨量、日射量等氣象因子之變化。

試驗栽植期間，肥料用量為每公頃硫酸銨 120 kg，過磷酸鈣 120 kg，氯化鉀 80 kg，以硫酸銨及氯化鉀之 2/3 及過磷酸鈣之全量為基肥，餘者於種植後一個月作為追肥之用。

應用試驗所得塊莖生育變化資料，配合試驗田區蒐集之氣象變數，進行生育性狀與氣象因子之相關關係分析，探討氣象變數對馬鈴薯生育的影響，所有試驗資料均利用個人電腦上的 SAS (Statistic Analysis System) 套裝軟體進行分析工作。

結 果

1. 不同栽培地區環境下馬鈴薯塊莖產量之差異

由表 1 及表 2 可知兩品種在三個栽培地區生育表現之差異，表 3 則為該三個地區之四個氣象因子在生育前期、生育後期及整個生育期的變化。大葉種的塊莖產量於種植後 90 天達最高，且三個地區都相同，而溪口與后里兩地之塊莖乾物率亦在此時

Table 1. Comparison of growth and tuber yield of potato variety kenebec grown at the various regions. (mean ± SE)

DAP	Hsikou			Tounan			Houli		
	TDW	TY	PTDM	TDW	TY	PTDM	TDW	TY	PTDM
40	17.3±1.6	12.7±1.3	13.6±1.3	8.8±1.6	36.8±3.2	10.3±1.3	3.8±0.9	3.5±0.8	11.6±1.8
50	33.3±5.1	275.3±21.3	14.8±1.6	15.8±2.1	128.6±11.2	16.7±1.8	8.8±1.7	43.5±6.5	14.4±2.1
60	26.7±3.1	375.3±25.6	15.7±2.1	14.6±1.9	191.0±18.5	16.5±1.7	14.2±2.0	240.9±22.3	14.8±2.3
70	28.4±3.1	639.3±58.3	17.9±2.5	12.3±1.5	343.5±25.6	16.6±2.1	24.0±2.7	383.7±28.5	17.2±2.1
80	27.4±2.8	737.5±59.6	17.1±2.2	20.0±1.8	428.7±33.2	20.3±2.3	16.8±2.2	390.8±38.5	19.3±2.0
90	24.1±2.9	903.4±77.2	20.1±2.9	16.1±1.6	610.9±54.2	18.5±2.0	15.2±2.0	657.2±55.9	20.4±2.0
100	13.4±2.0	675.1±61.3	19.2±3.1	—	420.8±44.3	19.5±2.0	—	555.6±33.7	19.3±1.9

DAP: Days after planting; TDW: Top dry weight; TY: Tuber yield; PTDM: Percentage of tuber dry matter.

Table 2. Comparison of growth and tuber yield of potato variety cardinal grown at the various regions. (mean ± SE)

DAP	Hsikou			Tounan			Houli		
	TDW	TY	PTDM	TDW	TY	PTDM	TDW	TY	PTDM
40	3.1±0.8	—	—	9.4±1.8	23.6±3.2	14.3±1.2	4.3±0.9	2.5±0.5	14.9±1.5
50	9.8±1.2	17.7±1.9	15.8±1.8	23.9±3.8	99.6±7.1	14.6±1.8	8.0±1.2	19.2±1.2	14.9±1.5
60	13.1±1.6	74.7±10.2	14.3±1.8	20.0±2.2	164.9±11.2	17.9±2.0	13.6±1.6	186.2±8.4	15.5±1.9
70	24.3±2.2	245.7±19.7	17.4±2.1	28.9±2.7	455.0±33.2	17.3±2.0	22.0±1.8	338.0±22.5	17.8±2.1
80	30.6±2.9	414.7±36.6	17.2±1.9	20.4±2.2	482.8±35.8	22.6±2.1	24.4±2.1	481.8±28.7	20.5±1.8
90	28.3±2.7	616.3±55.1	20.3±2.4	15.1±2.0	944.9±46.2	18.9±2.4	19.2±2.1	580.2±42.2	20.8±2.1
100	17.1±2.4	757.4±59.8	19.2±2.2	14.1±2.0	770.5±35.8	19.8±1.8	—	795.6±38.2	20.8±1.9

DAP: Days after planting; TDW: Top dry weight; TY: Tuber yield; PTDM: Percentage of tuber dry matter.

Table 3. Meteorological data during various growth stage at Hsikou, Tounan and Houli.

		Hsikou	Tounan	Houli
Mean air temperature (°C)	a	15.25	16.83	16.42
	b	17.88	17.66	17.19
	c	16.71	17.29	16.85
Difference between day and night temperature (°C)	a	10.45	10.86	9.50
	b	9.51	9.21	9.66
	c	9.93	9.94	9.59
Solar radiation (MJ cm ⁻¹)	a	15.76	9.25	24.05
	b	5.04	10.42	29.45
	c	9.80	9.90	27.05
Sunshin hour	a	4.99	4.71	4.77
	b	5.02	4.88	4.55
	c	5.01	4.81	4.65

Planting date: December 10, 1990. a: 0 to 40 days after planting; b: 40 to 90 days after planting; c: Whole growth period; Day temperature: The maximum temperature; Night temperature: The minimum temperature.

Table 4. Correlation coefficients between growth characters and meteorological factor.

		Growth Character			
		T	D	P	Y
Mean air temperature	a	-0.232	0.125	-0.532	-0.080
	b	—	0.142	-0.388	0.441
	c	—	0.241	-0.887*	0.185
Difference between day and night temperature	a	0.488	0.257	-0.835*	0.474
	b	—	0.883*	0.970**	0.596
	c	—	0.216	-0.667	0.481
Solar radiation	a	-0.444	-0.272	0.904**	-0.454
	b	—	-0.167	0.480	-0.459
	c	—	-0.201	0.645	-0.480
Sunshine hour	a	0.256	-0.113	0.493	0.103
	b	—	0.147	-0.408	0.445
	c	—	0.071	-0.134	0.372

* and **: Significant at 5% and 1% levels, respectively; T: Top dry weight of early growth stage; D: Distributive ratio on tuber and whole plant dry weight; P: % of tuber dry matter; Y: Tuber yield; a,b,c: Same as those shown in Table 3.

達最高，惟斗南地區塊莖乾物率則在 80 天即達最高。卡迪那種之塊莖產量在斗南地區於種植後 90 天即達最高，溪口及后里兩地則都在種植後 100 天才達最高；大葉種之塊莖產量以溪口地區最高，卡迪娜則以斗南最高。而三地區之塊莖產量最高日數之前十天，其塊莖乾物率都已達最高。另由表 1 及表 2 中亦可知，兩品種在三地區之塊莖產量及乾物率若超過最高生育量之時日，都會呈現降低的現象。

2. 馬鈴薯生育特性與氣象因子間之關係

由表 4 中可知，馬鈴薯在塊莖形成期

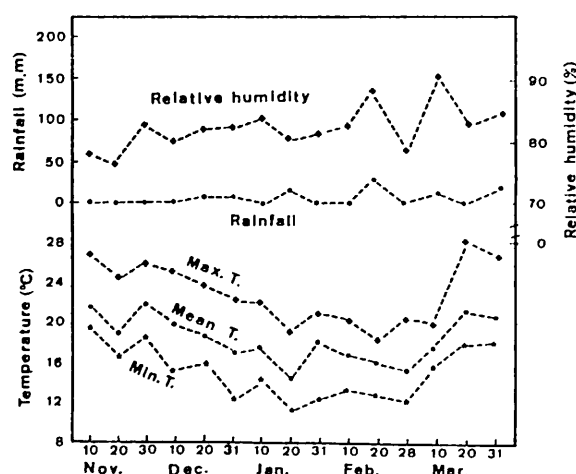


Fig. 1. Meteorological data during the experimental period at Houli, 1991-1992.

Table 5. Effect of the planting dates on potato tuber yield ($\text{kg}300 \text{ plants}^{-1}$) and quality at Houli, 1991-1992.

Variety	Kenebec				Cardinal				LSD
	9/24	10/24	11/24	1/04	9/24	10/24	11/24	1/04	
Growth period	↓ 1/02	↓ 2/07	↓ 3/12	↓ 4/16	↓ 1/02	↓ 2/07	↓ 3/12	↓ 4/16	
Total yield	200.0 (100)	156.7 (100)	142.0 (100)	79.7 (100)	135.7 (100)	83.3 (100)	93.0 (100)	44.7 (100)	23.16
Marketable tuber yield	143.6 (71.9)	105.0 (67)	102.3 (71.2)	23.0 (28.8)	85.3 (71.9)	41.0 (67)	54.9 (71.2)	6.3 (28.8)	14.04
Unmarketable tuber yield	56.4 (28.1)	51.7 (33)	39.7 (28.8)	56.7 (71.2)	50.4 (28.1)	42.3 (33)	38.1 (28.8)	38.4 (71.2)	9.34
% of tuber dry matter	17.3	16.7	16.5	17.7	20.3	19.2	18.1	18.1	2.11

Marketable tuber: $>80\text{g tuber}^{-1}$, Unmarketable tuber: $<80\text{g tuber}^{-1}$.

之地上部總乾物重與該時期之四個氣象因子間均無明顯的相關關係，但收穫期塊莖與全株乾重分配比與生育後期之日夜溫差有顯著的正相關。就塊莖乾物率而言，其與全生育期之溫度呈顯著負相關，與生育前期之日夜溫差亦呈顯著負相關，但與生育後期之日夜差則呈極顯著正相關，且與生育前期之日射量亦呈極顯著正相關。而在塊莖產量上則與四個氣象因子間均無顯著的相關關係。

3. 相同栽植地區之不同栽植期對馬鈴薯塊莖產量及收穫品質的影響

(1) 后里地區：

圖 1 為后里試區 1991 年 9 月下旬至 1992 年 4 月上旬之溫度、濕度及雨量變化，9 月下旬至 10 月下旬平均氣溫均維持在 25 °C 左右，至 11 月中上旬氣溫才直線下降至 20 °C 以下。至 1992 年 1 月中下旬達最低，平均僅 13 °C 左右，而後逐漸上昇；而相對濕度在整個生育期間變化不大，1991 年 9 月至 12 月維持在 60 ~ 70% 之間，1992 年明才略上升，但仍維持在 70 ~ 80% 之間。由圖中可明顯看出，整個生育期雨量變化甚小，呈現乾旱氣候型態。

表 5 為兩供試品種在后里地區四個不同植期下，其產量與收穫品質的差異，由表中可知，兩品種皆以第一次栽植期（9 月 24 日）之產量最高，隨著植期的延後，產量亦隨之下降，且兩品種以第四次植者（1 月 4 日）之產量最低，僅第一次種植者之三分之一，兩品種均成相同趨勢。另就具有經濟價值薯塊的比例而言，仍以第一次種植者具最高比例，且亦以第四次種植者最低。

大葉種四次植期薯塊之乾物率變化並無一趨勢，但以第一及第四次種植之薯塊有較高之乾物率，但卡迪娜塊莖之乾物率則明顯隨植期之延後而下降。由以上結果顯示，第一次種植者不但產量較高，且具經濟價值之薯塊的比例亦較高，反之，愈晚植者其薯塊產量亦較低，無經濟價值之薯快亦較高。

(2) 溪口地區：

圖 2 為 1992 年 11 月上旬至 1993 年 3 月下旬溪口試區之溫度、相對濕度及雨量累積變化，1992 年 12 月上旬之前，溫度平均在 20 °C 以上，而後下降。至 1993 年 1 月下旬遭遇寒流，最低溫曾出現低於 10 °C，平均 13 °C 左右，而後再逐漸上升。相對濕度在整個生育期間之變化不大，維持在 73-84% 之間。生育前期雨量累積甚少（6.5

mm），但後期之雨量突然增至 189 mm。由表 6 可知，大葉種在溪口試區兩植期下，產量無太大差異。而卡迪娜在晚植環境下，產量較早植者明顯增加，但就具有經濟價值的薯形比例而言，晚植區雖部份薯塊具有經濟價值，但比例仍偏低。兩品種在兩植期環境下，不具經濟價值之薯塊佔絕大部份；另兩品種之乾物率在晚植期則明顯呈現較早植期為低的現象。

討 論

過去臺灣地區馬鈴薯以食用為主，內、外銷皆有。近幾年來，由於社會生活及消費型態的改變，薯條及洋芋片等以加工為

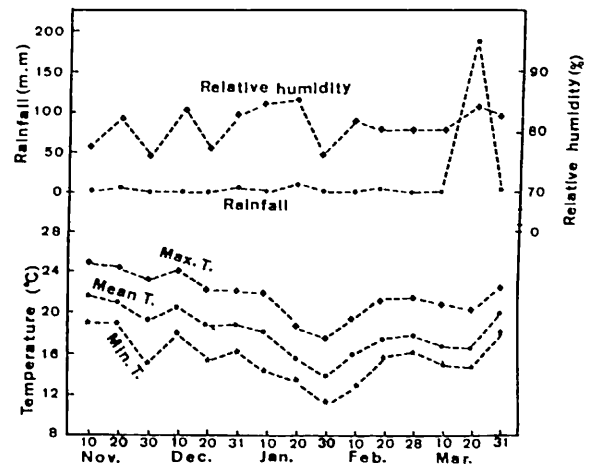


Fig. 2. Meteorological data during the experimental period at Hsilou, 1992-1993.

Table 6. Effect of the planting dates on potato tuber yield (kg 300 plants⁻¹) and quality at Houli, 1992-1993.

Variety	Kenebec		Cardinal	
	11/10 ↓ 2/17	12/10 ↓ 3/30	11/10 ↓ 2/17	12/10 ↓ 3/30
Total yield	190.2 ± 7.46 (100)	176.7 ± 6.92 (100)	187.5 ± 8.25 (100)	385.2 ± 20.33 (100)
Marketable tuber yield	0 (0)	13.5 ± 1.03 (8)	0 (0)	18.9 ± 2.21 (4)
Unmarketable tuber yield	190.2 ± 7.46 (100)	163.2 ± 6.44 (92)	187.5 ± 8.25 (100)	366.3 ± 20.25 (96)
% of tuber dry matter	22.0 ± 0.5	21.3 ± 0.4	23.0 ± 0.4	22.3 ± 0.4

主的用途亦漸漸風行。加工用薯除薯形大小的要求外，對品質亦更加嚴格，尤其是乾物率之高低更變重視，一般加工用馬鈴薯需具有20%以上之乾物率(曹，1986)。

不同品種有其特性，且對不同栽培環境有不同的適應力及表現，本試驗有此相同之結果(表1、2)，供鮮食之大葉種在溪口試區之產量明顯高於斗南及后里兩地，加工用之卡迪娜在斗南試區則明顯高於溪口及后里兩地。Manrique及Bartholomew(1991)認為馬鈴薯生長初期之地上部繁茂可增加後期塊莖之產量，由表1、2中亦發現在不同地區，各品種若塊莖產量相對較低者，其地上部生長乾物重達到最大之日數較晚，與此一結論相同。再者，營養組織生長期在高溫下，地上部生長較好，至生長後期溫度較低，可得較高產量；概因馬鈴薯生育初期日照宜長，以促進地上部之莖葉發育，一旦地上部莖葉繁茂，將來光合產物轉流至塊莖的量相對增加，導致塊莖乾物蓄積增加，因而促進其肥大；而在生育後期，日照宜短，尤其在塊莖肥大期，短日可促進塊莖充實而肥大(蔡及陳，1984)。由本試驗中亦可發現，當地上部停止生長即莖葉重下降之際，塊莖乾物率則有明顯增加，由此可判斷應為養分的轉移開始。由表4中可知，四個氣象因子對生育前期馬鈴薯植株之地上部乾物生產雖無顯著的相關關係，但本試驗之大葉種在溪口試區及卡迪娜在斗南試區的地上部生長均較其他兩地為迅速，產量亦較高，顯示地上部初期生長有利於塊莖的產量。作物栽培在適地適作原則下，顯示冬季裡作在溪口地區以大葉種及斗南地區以卡迪娜較為適宜，惟在后里地區兩品種之塊莖產量差異較小。

表4中可知生育後期日夜溫差與收穫時期塊莖與全株乾物分配率呈現顯著的正相關，顯示生育後期日夜溫差之增大可增加乾物質轉流至地下塊莖。另就加工性狀之乾物率而言，生育後期之日夜溫差增大亦可增加乾物率百分比，此乃如上述之增加乾物質之轉流所致。

臺灣地處亞熱帶，同一地區之作物生長期間，氣候變化雖不及溫帶地區明顯，但對栽培作物而言，仍有一定影響。由表3中可知，在后里地區第一次種植(9月24日)之產量及優良薯形比例均較高，且隨種植日期之延後而下降。由圖1中可知，后里地區四個不同植期之生長期間濕度變化較小，因此推論產量、乾物率及收穫品質之差異以溫度之影響較大，顯示適宜馬鈴薯生長之前期高溫、後期低溫的環境，僅第一次種植期適宜，第二、三植期者整個生長期之溫度均較低，第四植期則前低後高，亦不適馬鈴薯生長。Manrique等(1989)認為馬鈴薯塊莖生長之後期，若遇高溫會降低塊莖對同化物質的競爭能力，使小薯比例增加，此因為高溫延遲塊莖形成所致。由本試驗結果亦顯示，低溫對塊莖生長較對營養組織生長更不利於產量。

1992年11月至1993年3月下旬溪口試區試驗期間，相對濕度變化亦如前一年后里試區，其差異甚小(圖2)，然由蒐集的資料中可知，溫度與雨量對馬鈴薯生育影響較相對濕度為大，由圖2中可看出，此年度試驗因氣候異常，致使兩品種在早、晚植期下產量表現之試驗結果無法充分顯現其代表性。早植者因薯塊肥大期適逢寒流及乾旱型氣候，造成經濟價值偏低的小薯及不良薯之比例過高。晚植者寒流來襲時，正值塊莖剛形成，影響塊莖發育，及至收穫期雨量突然累積至189 mm，導致田間薯塊腐爛之比例很高，產量影響很大。Lynch及Tai(1989)指出，一般生產者認為馬鈴薯生育過程中，塊莖肥大期之水分供應管理較生育初期重要，但在其試驗中顯示，此或因品種之差異而不同，部份品種在塊莖形成期若遇乾旱逆境，其對產量之影響大於塊莖肥大時乾旱效應。

誌 謝

本研究計畫蒙行政院農委會補助經費，又承賴昭蓉助理、趙政男助理研究員、吳俊傑助理參與及陳玲蘭小姐協助調查工作，謹致謝忱。

引用文獻

- 曹幸之 1986 馬鈴薯之品種比較試驗。
中華農業研究 35:300-307。
- 曹幸之、陳培昌、李碩朋、劉慧卿 1991
馬鈴薯品系之區域試驗。中華農業研究
40:178-187。
- 蔡養正、陳素芬 1984 馬鈴薯塊莖形成
與發育的探討。科學農業 32:99-108。
- Draper, N. R. and H. Smith. 1981. *Applied Regression Analysis*. 2nd ed pp. 294-419. Inc. New York Chichester. Brisbane Toronto.
- Lynch, D. R. and G. C. C. Tai. 1989. Yield and yield components response of eight potato genotypes to water stress. *Crop Sci.* 29:1207-1211.
- Manrique, L. A., D. P. Bartholomew and E. E. Ewing. 1989. Growth and yield performance of several potato clones grown at three elevations in Hawaii. I. Plant morphology. *Crop Sci.* 29:363-370.
- Manrique, L. A. and D. P. Bartholomew. 1991. Growth and yield performance of potato grown at three elevations in Hawaii. II. Dry matter production and efficiency of partitioning. *Crop Sci.* 31:367-372.