

馬鈴薯種子繁殖栽培之研究

開花與結實¹

曹幸之 張有明²

摘要：馬鈴薯嫁接於番茄砧木，進行光照處理，植株每日接受光期 17 小時，約經一個月即能陸續開花，並且花期在 40 天以上，供試之馬鈴薯品系，其着果率均低，各品系花粉性有差異，試驗期間環境欠佳對結果不利。

以自然短日為對照，均顯示三種長日處理能促進馬鈴薯開花但效果差異不顯著，此三種長日處理以白熾燈延長自然短日至 16 小時、18 小時，以及夜半 45 分鐘的黑夜中斷 (night-break) 農林一號與五峰三號兩栽培品種在自然短日 (5f.c. 以上的時數為 12.6 小時) 下能少量開花，除 Kennebec 與 Cardinal 兩品種外其餘品種在短日照情形下均以嫁接株較未嫁接株開花早。

馬鈴薯單位面積每日生產的熱量與蛋白質分別高踞作物的第二與第四位⁽¹¹⁾，是世界主要糧食作物之一，在本省的蔬菜總生產中，馬鈴薯所佔地位也日見重要，目前 80 % 集中於中部地區，多係冬季裡作栽培，可以充分利用土地與農閒勞力^(1,11)。由於馬鈴薯的種薯易感染病害，因此栽培成功的第一要件是需有健康無病的種薯。本省現有採種技術與檢疫制度尚未健全，原原種圃與原種圃面積甚小，缺乏健康的優良種薯之供應，所以一般農民種植，種薯多帶病毒，單位面積產量很低，僅 11.5 t/ha^(7,11)。近年來，為針對熱帶、亞熱帶地區的無病毒種薯之供應困難，世界馬鈴薯中心 (CIP, 秘魯) 研究並提倡以種子 (true potato seed, TPS) 來繁殖馬鈴薯以替代現有種薯繁殖制度，已獲初步結果。^(8,9,10)，因為種子所帶病原甚少，貯藏與運送亦極便利，而成本甚低^(5,6)。本試驗在探討本省馬鈴薯在天然條件下以及利用嫁接與光期處理延長光照，是否有促進開花與結實之可能，使馬鈴薯在本省能大量生產種子，供商業栽培，減少病害，以振興本省馬鈴薯事業。

材料與方法

一、嫁接與長日處理對馬鈴薯開花結實之影響—網室盆栽試驗。

(一) 材料：番茄品種新四號與 301 為砧木。馬鈴薯十個品種 (品系) 170 (Juanita × NWS-66-66 (52)), 180 (62-66/1), 318 (APE-69-1), 514 (BBU-69-1), 664 (CAK-69-1), 666 (BQF-69-1), 718 (AFB-69-1), 883 (ARE-69-1), 農林一號與克尼伯 (Kennebec)。

(二) 嫁接：

1. 砧木番茄之栽培—新四號與 301 番茄種子於民國 68 年 10 月 20 日催芽後三日，播種於 20 cm × 40 cm 塑膠盆內，11 月 8 日移植於直徑 20 cm 素燒盆中，每盆一株，置於網室，依一般栽培法管理，作為砧木。

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告 第 960 號。本研究承萬所長與臺大洪教授指導斧正，謹誌謝忱。

2. 本所約聘研究員，園藝系技佐。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

2. 接穗馬鈴薯之栽培—十個馬鈴薯品系或品種之塊莖先經切薯，以硫氰酸 (NH_4SCN) 與激動素 (GA_3) 打破休眠後，於 11 月 10 日種於塑膠盆，一週後陸續發芽。

3. 嫁接方法—當馬鈴薯芽長 5 cm 以上時，切下，嫁接於番茄之上⁽³⁾，接口以塑膠夾固定，由於馬鈴薯發芽不一致，嫁接工作由 11 月 21 日始，陸續進行兩週。嫁接後，植株置高濕蔭棚內，經過十日，接穗成活，逢機移置網室自然環境，依一般馬鈴薯栽培法管理。

(三) 光期處理：馬鈴薯一般在低溫長日條件下始能開花，故嫁接植株再予長日處理，以燈光延長日照，由 68 年 12 月 24 日開始，連續 80 日，每日由 4:30~12:00 p.m.。照明方法則以白熾燈距植株頂上約 90 cm，間距 1 m×1 m，為免灼傷植株，燈與植株之距離，隨植株之生長而調節之。

(四) 授粉：為確保結實凡開花後均以人工自花或他花授粉。

二、嫁接與長日對馬鈴薯開花結實之影響—田間試驗。

(一) 材料：馬鈴薯 5 品種 Berolina, Cardinal, 農林一號，克尼伯與五峰三號，蕃茄品種為新四號。

(二) 馬鈴薯塊莖種植與嫁接：田間試驗採用裂區設計，三重覆、每一重覆有四小區，每小區作為一種光照處理，每一小區種植十行，每品種兩行，其中一行為塊薯直接種植，一行為嫁接，而 10 行在小區內完全逢機，行距 60 cm，穴距 30 cm，每行 10 株(農林一號則僅 7 株)。為利於排水，每小區內間隔兩行有小排溝一條。馬鈴薯五品種之塊莖處理後(如前述)，於 68 年 12 月 22 日種植於田間，69 年 1 月各品種陸續發芽，於 1 月 24 日至 2 月 1 日期間，取各品種之頂芽或側芽，嫁接於網室內之新四號蕃茄上，嫁接成活後於 2 月 12~14 日與 2 月 19~20 日移植於田間，由於嫁接苗數不足，每品種僅 8 株一行，Cardinal 品種未獲嫁接苗，故此一品種之嫁接苗缺如。

(三) 光期處理：光期處理亦以白熾燈加長光照時間，處理計分①自然光照約為 11.62~12.75 小時(不包括 civil twilight 在內)，② 16 小時由下午 4:30 開始至下午 11:00；③ 18 小時，由下午 4:30 至翌日上午 1:00 ④自然光照十 45 分鐘黑夜中斷，(night-break) 每日 12:00 PM 開始照明 45 分鐘。處理自 2 月 25 日開始，處理開始後，各不同光照處理間，自下午 4:30 開始至翌晨 8:30 以黑色塑膠布隔絕。

(四) 開花記錄：每處理分別就塊莖與嫁接植株各 7 株，每日記錄其開花株數，由光期處理後第 21 日起調查 35 日，然後計算每天開花株數百分率，即 $(35 \text{ 日內開花株數總和} / 35 \text{ 日} \times 7 \text{ 株}) \times 100$

試驗結果

一、網室盆栽嫁接與長日處理對馬鈴薯之開花、結實之影響

馬鈴薯與蕃茄同科，嫁接親和性高，成活後的接穗初時生長直立，一個月後，由下端產生許多側枝，為避免過盛的營養繁殖影響開花，每枝維持 5~8 枝莖，其餘剪去，並不時摘除由嫁接癒合處生出的匍匐枝與小薯塊，各品系均在光照處理一個月後陸續開花(表 1)；克尼伯有花芽分化，但花序發育不良，未開花；170 與 718 兩品系開花最早，平均 33 天後開花，170 花期兩個半月，718 花期兩個月，664 與 180 兩品系亦在平均 41 天後開花，花期分別為兩個半月與兩個月，883 品系開花最晚，平均 76 天後才開花，可能係生長初期有遮蔭而陽光不足，生長較慢較弱之故，但植株大都集中一處，開花較一致；170 品系的植株也集中，而其他品系的植株位置分散，每日所受陽光照射量不同，造成同品系的開花遲早差異(表 1)。

一月下旬至三月上旬陰霾的天氣或雨天甚多，日照時數(中央氣象局依無雲遮住陽光為標準)較低(圖 1)，初期花朵均不着果，各品系結果極少(表 1)，無論人工自花或雜交授粉，結果率均低，其中以 318 與 718 兩品系最低，170, 664, 與農林一號於後期能自然結果，其他品系均無自然結果現象。

採收果實放置於室內，經 1~2 個月，種子充分成長，有香味散出時，洗取種子，每果平均種子數不同，最多者品系 718，每果平均 150 粒，最少者為品系 318，每果平均種子數為 6.5，各品種平均每果為 22.6 粒。種子小如芝麻，平均 1 公克約有種子 1,700 粒。

表 1. 嫁接馬鈴薯自光照處理至平均開花之日數與結果數^a

Table 1. Number of days from supplemental light to first flowering and number of fruits harvested in grafted potatoes

品系 Line	株數 Number of plants	延長光照至開花日數 Days from light extension to first flowering	收穫果數 Fruits harvested	種子數 Seeds harvested	每果平均種子數 Seeds/fruit
170	16	33.06±3.40	74	722	9.8
180	16	40.63±10.30	46	1,339	30.2
318	12	48.50±14.61	4	26	6.5
514	13	53.62±14.88	9	372	41.3
664	28	41.68±13.12	52	1,050	20.2
666	12	62.17±12.92	21	530	25.2
718	10	38.00±14.04	1	150	150.2
883	18	76.56±5.46	19	153	8.1
農林一號	10	49.10±12.27	19	1,118	58.8
克尼伯	10	— —	—	—	—
Total	145		244	5,510	22.6

^a. 延長光照 68 年 12 月 24 日開始，每日由 4:30 pm~12:00 pm. potato received supplemental light daily from 4:30 p.m~12:00 p.m. beginning on December 24, 1979.

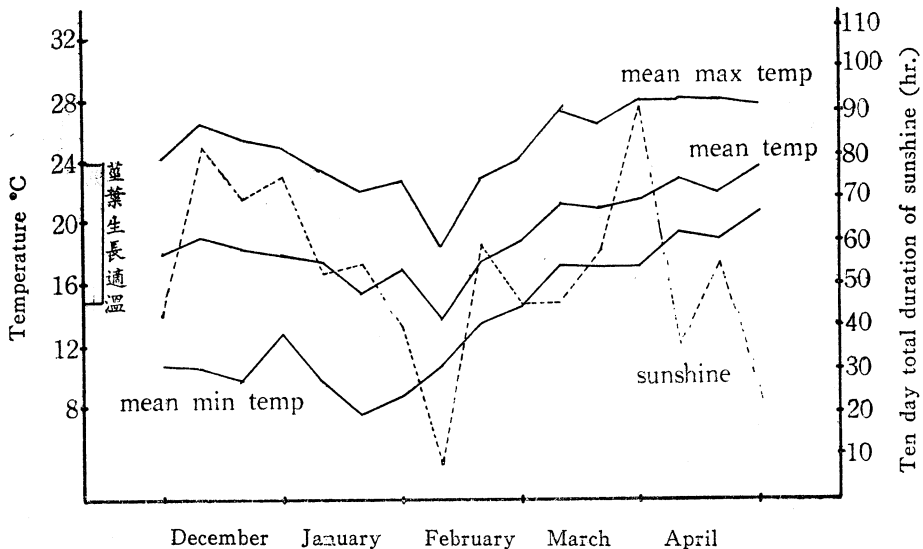


圖 1. 試驗期間溫度與日照時數變化

Fig. 1. Temperature and duration of sunshine during experimental period

二、田間嫁接與光照對馬鈴薯開花、結實之影響

四種光週期處理對於五品種馬鈴薯開花的影響如表 2。根據資料分析結果，不論直接種植或嫁接馬鈴薯，長日照顯然能促進馬鈴薯之開花；雖然農林一號與五峰三號在自然短日（5f.c. 以上時數為 12.6 小時）下亦能開花，開花日期與延長日照處理區時間相同，但開花株數較少，花數亦少，花期較短，而 Berolina, Kennebec 與 Cardinal 則在本試驗期間，自然短日下不能開花，顯示其開花所需的臨界日長當在 13 小時以上。各品種均在長日處理開始後第 25 天陸續開始開花。五峰三號與農林一號不論薯塊栽植或嫁接種植，開花均較早且整齊，Berolina 與 Cardinal 次之，五峰、農林與 Berolina 花期均在 40 天以上，Cardinal 則在花梗上離層發生早，落花快；Kennebec 開花最晚，平均在處理後第 35 天才開始開花，花數較少，黑夜中斷處理的嫁接株後有開花，此乃因試驗期中，風吹遮光之塑膠布壓壞嫁接株，植株生長甚弱之故。

表 2. 馬鈴薯品種不同光期處理的開光率

Table 2. Flowering percentage of 5 potato varieties under four different light treatments

品 種 Variety	光 期 Photoperiod								平 均 Mean	
	16 小 時		18 小 時		45分鐘黑夜中斷		自 然 短 日		直 播 Tuber	嫁 接 Grafted
	直 播 Tuber	嫁 接 Grafted	直 播 Tuber	嫁 接 Grafted	直 播 Ttuber	嫁 接 Grafted	直 播 Tuber	嫁 接 Grafted		
Berolina	64.3	61.7	60.3	59.0	61.0	43.0	0	22.0	46.4	46.4
Kennebec	59.0	25.0	57.0	39.0	56.0	0	0	0	41.8	17.5
五 峰 三 號	76.0	65.0	73.3	64.7	69.7	68.0	11.0	46.7	57.5	61.1
農 林 一 號	73.0	65.3	71.7	68.0	67.0	62.0	11.7	10.0	54.8	51.3
Cardinal	60.0	—	54.3	—	59.7	—	0	—	47.5	—
平 均	66.5	54.3	63.3	57.7	62.8	47.2	4.5	19.7	—	—

比較三種長日處理對於促進開花的效果如表 3，就開花早晚與整齊度言，三種長日處理—16 小時、18 小時與黑夜中斷一的效果沒有顯著差異（表 3 A），雖在嫁接株上，45 分鐘的黑夜中斷的效果不如 16 小時或 18 小時處理（表 3 B），但差異不大。由於嫁接株在田間種植時間較薯塊栽植者相差一個多月，光期處理開始時，嫁接株定植於田間僅一週餘，而薯塊栽植者已生長一個半月，故不能分析嫁接與否的效果。不過就表 2 的結果，其中五峰三號與 Berolina 兩品種在自然短日狀態下，嫁接顯然有促進開花之效，但在長日處理的情況下，嫁接都沒有促進開花的效果。

討 論

開花：馬鈴薯屬長日作物，雖然有些品種在光照 16 小時以下也能開花結子，但多數品種要在較長的日照下才能正常開花結實^(17,19)，光期短則花未開即掉落；馬鈴薯的理想開花條件是日溫 21~24°C，夜溫 17°C，光強度 1,600f.c.，光照時數 16 小時以上⁽⁴⁾，而這種條件，除日長外，也適於塊莖的生成發育，一些對日長不敏感的品種在促使開花的同樣條件下也會形成塊莖，一般，馬鈴薯於發芽後不久，即由地下莖節部位生出匍匐枝⁽¹⁴⁾，匍匐枝伸長生長約兩週許，不再伸長（elongate）而在先端的內皮組織附近開始積聚澱粉粒，先端并逐漸膨大形成薯塊，薯塊發育到成熟採收約需時兩個月⁽¹⁶⁾，地上部與地下塊莖競爭碳水化合物，開花結果會致塊莖減產⁽¹⁹⁾，但也有報導認為開花後

，摘除花朵并不有助產量的增加⁽¹⁶⁾，或開花結實并不影響薯塊的產量⁽⁹⁾，此依各地當時日照強度，日/夜溫的不同而有不一致的結果。除給予長日外，一般常用嫁接於番茄之上或在生長期中切除新生出的塊莖^(12,17,18)的方法使葉片製造的養分積存在地上部以促使「不開花」品種的開花。

表 3. 馬鈴薯不同光期處理開花率變方分析

Table 3. Analysis of variance for flowering percentage of potato varieties grown under different daylengths

(A) 塊莖直播 (Tuber planting)

變異原因	自由度	平方和	均方	F 值
區集	2	0.027	0.013	1.709
光期	3	3.674	1.224	154.632***
光照處理對短日對照	1	3.664	3.664	462.486***
16 與 18 小時光照對黑夜中斷	1	0.004	0.004	0.483
16 小時光照對 18 小時光照	1	0.007	0.007	0.929
主區機差	6	0.047	0.007	—
品 種	4	0.217	0.054	9.071***
品種 X 光期	12	0.029	0.002	0.403
副區機差	29	0.173	0.006	—
總 和	56	4.224	—	—

(B) 嫁接株 (grafted plants)

變異原因	自由度	平方和	均方	F 值
區集	2	0.006	0.003	0.088
光期	3	1.055	0.351	9.772**
光照處理對短日對照	1	0.990	0.990	27.507***
16 小時與 18 小時對黑夜中斷	1	0.058	0.058	1.614
16 小時光照對 18 小時光照	1	0.007	0.007	0.194
主區機差	6	0.215	0.036	—
品 種	3	1.257	0.419	71.629***
品種 X 光期	9	0.310	0.034	5.901***
副區機差	23	0.134	0.005	—
總 和	46	2.934	—	—

* 5 % 的顯著水準 • Significant at 5% level.

** 1 % 的顯著水準 • Significant at 1 % level.

*** 0.1% 的顯著水準 • Significant at 0.1% level.

本試驗中，網室栽培的十種馬鈴薯，除克尼伯外，均花開茂盛且花期甚長，而這些品系（種）在另一田間品種觀察試驗（由 68 年 10 月 22 日至 69 年 2 月，試驗結果未發表）中，自然短日未加燈光延長情形下，除 170 與 180 外，均無花，在自然短日下，170 開花少且未結果，180 只有花芽旋即脫落，顯示長日與嫁接的處理有效地促進馬鈴薯開花，克尼伯在網室 17 小時長日處理下未開花，但在田間的長日處理—16 小時，18 小時，與黑夜中斷下均能開花，可能因網室所用材料罹病以及光強不足生長勢弱所致。在田間光期試驗中，農林一號，五峰三號能在自然短日（12.5 小時）下開花，但花數少，不若長日處理下花開多且花期久（表 2）；在各品種中，黑夜中斷處理的植株，花期較連續 16 小時或 18 小時光期處理者為短，花數亦較少，當光照處理中止，該處理區的植株不久即不再開花，而另外兩種光期處理區的植株仍繼續開花一段時間，顯示 16 小時與 18 小時兩處理使植株製造開花促成物質的能力較持久。

嫁接對促進開花的單獨效果在本試驗中沒有測定，由於未嫁接株較嫁接株早植於田間一個多月（12 月 22 日 vs 次年 2 月中旬），當光照處理開始時，未嫁接株已達感光期，而嫁接株才移植於田間剛成活，營養生長不若嫁接株繁茂，在加光照的三種處理區，未嫁接株開花較嫁接株為早，但在不加光照的對照區，以嫁接株的開花情形較佳（表 2），其中 Berolina 品種且能因嫁接而開花，顯示單獨嫁接亦有助開花。

附表 1. 實驗期間的氣溫與雨量^a

Supplemental table 1. Meteorological data during experimental period

日期(每10日) Ten day (period)	十天平均溫度 Ten day average temperatme (°C)	均 溫 Mean temperature (°C)			絕 對 溫 度 Absolute temperatme (°C)		雨 量 Precipita- tion (mm) 10 day total	日照時數(10日總知) Duratim of sunsh- ine (hr)10 day total
		最 高 Maxinium	最 低 Mininam	差 Range	最 高 Maximum	最 低 Minimum		
21-31/XII 1979	18.0	25.1	12.9	12.2	28.3	8.7	1.0	75
1-10/I 1980	17.4	23.6	9.8	13.8	28.0	5.2	10.0	53
11-20/I	15.7	22.2	7.7	14.5	25.4	5.0	0.9	55
21-31/I	16.4	22.9	8.9	14.0	30.4	4.2	55.4	40
1-10/II	13.9	18.3	10.7	7.6	25.4	5.8	24.0	8
11-20/II	17.7	23.0	13.7	9.3	28.0	12.0	11.1	59
21-29/II	18.3	24.1	14.4	9.7	27.8	10.8	51.2	46
1-10/III	21.3	27.6	17.3	10.3	31.6	15.6	32.8	46
11-20/III	20.9	26.5	17.1	9.4	28.8	14.2	T	58
21-31/III	21.5	28.0	17.2	10.8	30.8	14.4	O	91
1-10/IV	22.8	28.0	19.6	8.4	30.6	15.8	1.0	36
11-20/IV	22.0	27.9	19.0	8.9	31.8	14.8	18.8	55
21-30/IV	23.5	27.6	20.7	6.9	31.4	18.4	73.2	23

^a. 中央氣象局菸葉試驗所氣象站資料。每日記錄由 6:00a.m. 至 6:00p.m.。

果實與種子：許多栽培種花粉不稔，有些品種即使授以稔性的花粉也落花而不結實^(12,16,17)，必須把帶花或花苞的枝莖由母株切下，放在營養液或含抗生素（以控細菌）的水瓶中，俟其花開，授粉才能結果，另外，若在授粉後兩三日噴施 auxin 生長素也可防止落花而提高結實率^(12,17)。若能自然

結果者，多為自花授粉結果^(17,20)，Janssen 與 T Hermsen (1976) 并指出花開後第一天的花粉發芽率最高，到第二日即大幅降低，每果種子數 10~300，依花粉稔性亦即花粉發芽率而定，由授粉後在柱頭上的花粉粒數與花粉發芽率的聚積，可預估每果種子數。

本試驗所用馬鈴薯品系(種)，僅 170, 664、農林一號有自然結果現象，惟果實甚少，但所有品系(種)即使人工授粉，結果率都很低，每果種子平均由數粒至 150 粒(表 2)，較之預期的每果 150 粒種子^(5,6,9)，相差甚遠；馬鈴薯的花粉常不稔，除遺傳因素外，也受環境因素的影響，高溫常致花粉母細胞的不正常分裂⁽¹²⁾，超過 21°C 則能促進花梗上離層的發生，且呼吸作用高，消耗植株內的養分造成落花，Patterson (1953) 以 18 小時光照，21°C，促使一般不開花的品種開花，花芽形成後即移置平均溫度低於 16°C 的環境，而能結實收取種子。觀察本試驗所用品系(種)一般花柱長，突出於花藥之上，農林一號、五峰三號，與 664 則柱頭僅略高於花藥，試驗期間的溫度偏高(附表 1)，可能是造成着果結子率低下的最大因素，因此今後如要大量生產種子供商業栽培，必須選用能自然結果，花粉稔性高，而種子后裔無論是薯色、薯形必須相當一致的品種為親本，藉長日處理，平地冬季(三月以前)採種，或利用嫁接株花期較長做雜交。至於用什麼品種為親本，如何播種栽培以配合冬季休閒田的利用，有待進一步的試驗探討。

參 考 文 獻

1. 陳培昌·1976·使用冷藏種薯：稻田多作馬鈴薯。豐年 26(1)：41-43。
2. 陳培昌·1977·馬鈴薯引進品種的親緣關係與其特性。新竹農業改良場研究報告 31：31-52。
3. 連錦昆·1979·馬鈴薯的播種栽培。科學發展月刊 7(6)：631-633。
4. 林書洛·1979·國內園藝研究發展工作考察報告。科學發展月刊 7(6)：634-635。
5. Accatino, P. 1979. A progress report on potato production from true seed at the International Potato Center. CIP publication, 2 pp.
6. Accatino, P. 1979. Agronomic management in the utilization of true potato seed preliminary results. 19th Planning Conference of the CIP. 45 pp.
7. Anony. 1974. "White potato". Asian Veg. Res. Develop. Center Ann. Rep. : 118-129.
8. Anony. 1979. International Potato Center Annual Report 1978. 109 pp.
9. Anony. 1980. International Potato Center Annual Report 1979. 123 pp.
10. Anony. 1980. True Potato Seed (TPS) Letter No. 1, 4 pp .
11. Calkins, P. H. and S. H. Tu. 1978. White potato production in Taiwan : a farm survey. Asian Veg. Res. Develop. Center Tech. Bull. 10 (78-87). 29 pp.
12. Harris, P. M. (ed.) 1978. "The potato crop—the scientific basis for improvement". Chapman and Hall Ltd. 730 pp.
13. Janssen, A. W. B. and J. G. Th. Hermsen. 1976. Estimating pollen fertility in *Solanum* species and haploids. *Euphytica* 25 : 577-586.
14. Okazawa, Y. 1973. Physiological aspects of tuberization in potato plant. *Japan Agric. Res. Quart.* 7 (1) : 11-14.
15. Patterson, C. F. 1953. A method of obtaining fruits in the potato variety Russet Burbank. *Am. Potato J.* 30 : 89-92.
16. Pushkarnath. 1976. "Potato in subtropics". Orient Longman Ltd., 289 pp.
17. Smith, O. 1975. "Potatoes : production, storing, processing". AVI Publishing Co. Inc. (2nd ed.), 642 pp.
18. Thijin, G. A. 1954. Observation on flower induction with potatoes. *Euphytica* 3 : 28-34.
19. Thompson, H. C. and W. C. Kelly. 1957. The potato. In : *Vegetable Crops*. London : McGraw-Hill Book Co. Inc. (5th ed.), : 372-404.

20. Whitehead, T ; T. P. McIntosh and W. M. Findlay. 1953. "The potato in health and disease".
Edinburgh : Oliver and Boyd Ltd. 774 pp.

Study on potato production by true seeds flowering and ruiting¹

Shing-jy Tsao and Yu-ming Chang²

Summary

Grafted potatoes, given a total period of illumination of 17hr, were induced to flowering. The natural short daylength was supplemented by incandescent light. The percentage of fruit set of all lines was rather low. It might be due to unfavorable environmental factors as well as low male fertility.

Four photoperiodic treatments were used to study their effects on flowering---16hr, 18hr, natural short day+45min night-break, and natural short day(12.5 hr.). Aeevarieties flowered profusely under 16hr, 18hr, and 45min night break. No significant difference was observed among these three long day treatments. Under natural short day, only *Nornin No. 1* and *Wu-feng No. 3* flowered sparsely, and grafted plants flowered earlier than ungrafted ones except kennebec.

1. Contribution No. 960 from the Taiwan agricultural Research Instiute.

2. Visting Horticulturist and Research Assistant of Department of Horticulture, TARI. Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 431, ROC.