

專 論

機械收穫本省馬鈴薯之評估

An Evaluation of Machinery Harvesting Potatoes in Taiwan

國立中興大學農學院農業教育學系農業機械組副教授

黃 陽 仁

Yang-ren Hwang

一、前 言 (Preface)

以往馬鈴薯在本省被認為屬蔬菜作物，因其栽培生育期短暫，又能耐寒耐霜，故多以冬季裡作種植。其栽培面積，於 1960 年為 732 公頃，至 1974 年時，則增至 2,328 公頃。產地大部集中於臺中縣，佔本省栽培面積之 90% 以上。過去 15 年來，每公頃之平均產量為 11,000 公斤；每一千公斤之平均價值為 3,400 元。表 1 為馬鈴薯在過去十五年內之生產統計資料。

表 1 本省生產馬鈴薯統計表⁽¹⁾

Table 1. A Statistics of Potato Production in Taiwan)

年度 year	種植面積 cultivated area 公頃 ha	收穫量 yield 公噸 toa	單位面積 平均收穫量 average yield 公斤/公頃 kg/ha	一千公斤 平均價值 average value 元 NT\$
1960	732	7427	10,144	3,950
1965	1,234	16,135	13,077	3,606
1970	2,408	23,634	9,817	3,500
1974	2,328	26,285	11,290	3,709

查歐美西方國家多以馬鈴薯作其主食之一；據 1969 年之統計，每人每年消費量，西德高達 102 公斤，法國 96 公斤，英國 89 公斤。據研究馬鈴薯營養價值甚富，蛋白質含量較甘藷多約一倍。除可供作各種食品外，亦可製成澱粉。臺灣於六十二年外銷香港、新加坡之馬鈴薯為 10,691 公噸。

稻米為國人之主食，惟因耕地及單位面積產量之增加有限，故政府對尋求稻米以外之新糧源，至為重視。其中，以農復會自民國六十二年，在臺中豐原

一帶，利用冬季休閒田，試種國人以組織培養方法 (tissue culture) 育成之無病毒馬鈴薯「梅峯農林一號」種薯，其平均產量在 110 天栽培期內，每公頃高達 25,000 公斤，而呈現曙光。因此，於六十四年秋，在農復會之繼續支助下，決定由臺灣省政府農林廳，將該項種薯推廣試作至全省其他地區二期稻作收穫後之休閒田，續觀效果。

同時，此項栽培試作，為減少生產成本，作業試行機械化操作。其中，收穫作業，除原先已自日本進口試用之小型馬鈴薯收穫機外，復於 1976 年 1 月自英國進口大型馬鈴薯收穫機。而機械收穫性能測定，係於馬鈴薯收穫期之二、三月間，在中南部試種區，由中興大學農業機械組進行。本文即對此項機械收穫本省馬鈴薯之評估報告。

二、馬鈴薯收穫機作業性能有關文獻之回顧 (Review of Literature about Potato Harvester)

馬鈴薯收穫機有兩類型；自田間將薯塊連土犁起後，經選篩去土令薯塊自機後排放於田面者，為挖薯機 (potato digger)；將薯塊挖起後與土壤石礫分離並去蔓分級一貫完成者，為收薯機 (potato harvester)。收薯機可配合運薯卡車，將薯塊運離田間。

影響馬鈴薯收穫機之性能者，一為田間損失率 (field loss)，一為機械損傷率 (mechanical injury)。前者決定收穫收益，而後者左右薯塊之等級及貯藏性。

據 Peterson 等氏對 1970 年及 1971 年五部收穫機所作之比較試驗稱，機械收穫馬鈴薯之田間損失率僅在 3% 左右，對當地之情況言認為無關緊要，如表 2 所示⁽⁷⁾。

表2 馬鈴薯收穫機之田間損失率比較
Table 2. Field losses from potato harvesters comparison.

年度 year	收穫機 harvester	田間損失 field losses	
		損失量 (kg/ha)	損失率 (%)
1970	A	964	1.7
	B	2981	5.5
	C	516	0.8
	D	1121	1.4
1971	E	807	1.8
	F	493	1.2
	G	807	1.8
	H	1479	3.5
	I	448	1.1

(by Peterson)

Sparks (1957) 調查 Idaho 州之馬鈴薯後稱，約有十分之一之薯塊因受損傷而不能列入一級品 (U. S No.1 Grade)。損傷係因於收穫及其後之處理(handling operation) 所造成⁽⁸⁾。Hansen 調查 1966~1968 年間 30 部之收穫機後發現，部份機械有使薯塊引起 25 %之嚴重損傷者，而影響其等級及貯藏問題⁽⁹⁾。

對薯塊造成機械損傷作分析後，Peterson 報告稱；5 %之損傷係發生於馬鈴薯剛被挖起進入挖薯鏈 (digger chain) 處，16 %之損傷則發生於第一段鏈之落薯點 (the first drop)，21 %之損傷則發生於第二段鏈之落薯點 (the second drop)，而其後至將馬鈴薯投入運薯卡車為止之損傷為12%⁽⁶⁾。

Johnson (1974) 之研究顯示，約 50 %之損傷，係於薯塊被挖薯刀 (blade) 隨土壤犁起後，進入第一段鏈 (primary chain)時所造成。於是用刃厚 $\frac{1}{2}$ 吋、長10吋之犁刀，設計以油壓方式驅動，使刀片作前後振動挖起之裝置。經對 0~700 stroke/min 之振動速度及 0~0.75 吋之振動衝程長度和犁刀扛土角 10°~30°，所作之試驗後，獲致其結論稱⁽⁴⁾：

- (1)振動式犁土挖薯裝置具有可行性。
- (2)振動法可加速土壤崩解，促使薯塊之分離。
- (3)一旦進入犁刀內之畦土和薯塊，無從旁側溢出 (spill-out) 之現象發生。
- (4)較長衝程之振動，對材料之流動和選別性良好

。振動速度至少需在 450 stroke/min 以上。

(5)篩選叉 (tine) 之形狀與作業性無關，惟其長度以 18 吋者最宜。

(6)犁刀扛土角對作業，無甚關係。

Johnson 又比較一般挖薯刀之收穫擦損率 (bruise damage) 為 6.1 %，而振動式者為 3.6 %。同時，於較難挖起之土壤田間，振動法對擦損率之減低顯著云。

為發展一項損傷率為最少之馬鈴薯收穫機，Johnson, Bailey 和 Peterson 氏終於研製具有十二項裝置之機型⁽⁶⁾，即(1)振動式挖起犁刀；(2)速度可變調整之鏈條驅動裝置；(3)第一段鏈及去蔓鏈 (deviner chain) 在曳引機座椅之速度控制；(4)減低一段及二段鏈間之落薯高度；(5)加長犁刀為15吋並減低扛土角為 21°；(6)降低落薯高度於 5 吋以下；(7)在第一段鏈及側向鏈之主軸前方置輔助棍 (auxiliary roller)，以防向上跳躍校正卸薯；(8)第一段鏈懸邊亦置驅動裝置，使側向鏈向其縮短 $1\frac{1}{4}$ 吋，以減少落薯高度；(9)將兩條第一段鏈之卸薯點前後配列於後側橫送鏈之兩側，以增加運薯之有效能量；(10)消除側向運薯裝置之階接 (flights)；(11)防滾皮帶式之側向運薯器；(12)設置自動卸薯高度控制裝置。表 3 即其與一般馬鈴薯收穫機之收穫試驗之比較。

表3 改良式收穫機與一般收穫機之性能
Table 3. Bruise evaluation data, 1973.

	完整薯% No damage	輕損薯% Slight	重損薯% Serious	切損薯% Cut	損芽薯% Broken knobs
Low damage harvester	84.1	14.3	0.3	0.5	0.7
Conventional harvester	61.1	35.8	0.2	1.5	1.4

(by Johnson, et al.)

三、收穫機機械損傷薯塊之表示方法 (Indication and Measurement of Mechanical Damage in Potato Harvester)

由前述論者對馬鈴薯收穫機之有關研究可知，探究如何減低機械對薯塊損傷之新裝置，為當前改良設計上之課題。惟因判斷辨識深淺輕重程度受損尺度衡量之不一，評估收穫機損傷度之結果亦隨之有所差異。綜合判斷薯塊機械損傷率之方法為：

(1)直接視覺法：用人眼和手指翻看捺壓薯面，僅外皮剝脫者屬皮傷；若皮下內層組織已受損，捺壓之有薯汁滲出者屬內傷；有明顯創痕者屬切傷。

(2)辨色削皮法：使受損部位變色，而以削皮器削除變色薯面，由削除斑跡之需用次數，決定受損程度者。此法又依變色方式之不同有二法：

a. Lye peeling (自然變色法)：法將薯塊靜置貯放一星期，則受傷薯面，因空氣氧化、微生物作用，呈現暗黑或黴斑變色，由損傷輕重程度，顯現自薯皮深淺不同之變色層者。

b. Catechol peeling (藥液變色法)：此法係利用易氧化變色之磷苯二酚 (catechol, 又名 pyrocatechine) 成分，塗滲薯面傷部，令其於短時間內變色辨識者。藥液為以 500 克磷苯二酚白色結晶，溶於 9 加侖 (34ℓ) 水內，續加入 ½ 杯液狀清潔劑 (liquid detergent) 配製而成。測定時，將試料薯塊盛於籃內，先泡入水中洗滌附着薯面之土壤等異物，後撈起滴乾。然後浸漬於上項藥液內 2 分鐘，復又撈起滴乾置放 5 ~ 7 分鐘，使傷痕呈現紫色或暗紅。

經自然變色或藥液變色之薯塊，以馬鈴薯削皮器 (potato peeler)，經將變色部位削下，一次即可削除痕跡 (stain) 者，列屬剝皮傷 (skinned damage)；需削二次者屬輕傷 (slight damage)；若需三次或三次以上始可去除者，則屬重傷 (severe damage)。但薯肉切割或芽眼受損 (knob broken off) 者，併屬切損 (digger cuts)。(4)。

Peterson 等氏曾於 1971 年之試驗中，同時用 lye peeling 及 catechol peeling 二法，分別測估五部收穫機之機械傷害薯塊後，將其數值標示在直角座標上，發現各點之間分散而無比例相關。因之論稱，上述二法之測估，未必互為一致。查其原因，係歸因於變色時間之長短懸殊；lye peeling 者可顯示至薯肉內裏之損害，反之 catechol peeling 者以表現薯塊外層之傷害為主云(7)。

由此可知，若欲獲知長期貯放和供作銷售市場等級之參考時，判斷損傷率之高低，以 lye peeling 法遠較 catechol peeling 為宜。

將一堆具有輕重損傷之馬鈴薯，以多項損傷率表示其高低時，不易與另一種試料結果比較孰為優劣。Peterson 氏乃以綜合損傷指數 (Total Damage Index 簡稱 TDI) 一詞，合併薯塊之輕重傷百分率值，以便直接獲知其大小。即

$$\text{綜合損傷指數(TDI)} = (\text{重傷百分率}) \times 7$$

$$+ (\text{輕傷百分率}) \times 3$$

表 4 為該五部收穫機之作業損傷率，分別用前述二法之測定比較結果。圖 1 則為其相關表示。由標點之分散知，lye peel 法之測定薯塊損傷率，未能與用 catechol peel 法所測者相一致。

表 4 5 部馬鈴薯收穫機之田間作業性
Table 4. Field performance of each potato harvester.

收穫機	行走速度 Ground speed m/sec	作業量 Capacity ha/hr	損傷度 Bruise damage	
			Catechol TDI	Lye peel %
A	0.69	0.43	101.1	28.2
B	0.88	0.55	94.5	31.2
C	1.02	0.64	106.4	18.0
D	0.71	0.44	83.6	22.2
E	0.81	0.50	71.1	24.4
Ave.	0.82	0.51	91.4	24.8

(by Peterson et al.)

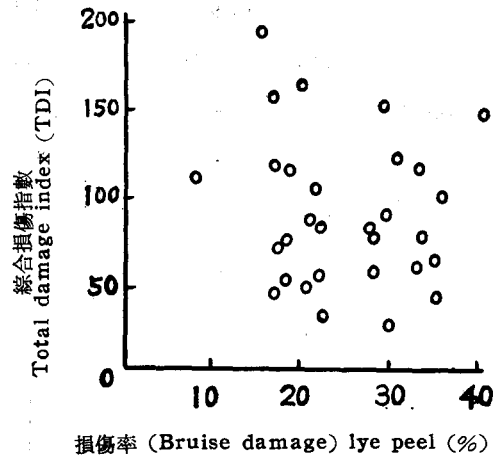


圖 1 對收穫機形成機械損害，分別以 lye peel 及 Catechol peel (TDI) 標示之結果。(7)
Fig. 1. Relationship between percent bruise damage as measured by lye peel and as measured by catechol. (1971).(7)

四、機械收穫本省馬鈴薯之田間測定和結果 (Field Measurement of Machinery Harvesting Potatoes in Taiwan)

(一)供試之收穫機(Experimented harvesters)

馬鈴薯為本省大部份地區之新興作物，故作業機械化體制之及早確立，為推廣上之重要工作。其中，

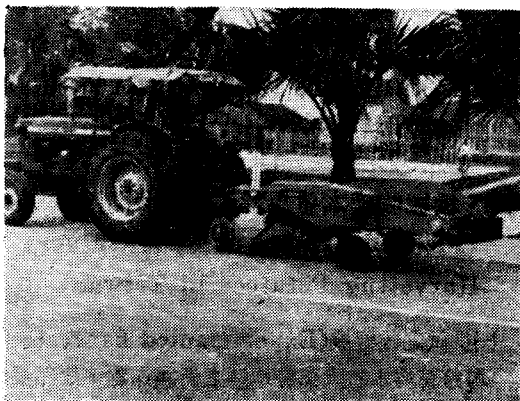
整地、築畦（或培土）已有耕耘機或曳引機連接適當¹之作業機達成。有待探討之迫切要務，為選定適用之種植機及收穫機。本年先行對收穫機一項予以試用和評估。

供試之馬鈴薯收穫機有大小二種型式，惟皆屬挖薯機（digger）之機種；大型者為以 52 馬力曳引機牽引驅動之桿鏈式（rod-chain type）根莖作物挖起機（root crop digger），小型者則為以 8 馬力耕耘機牽引驅動之振動式挖薯機。其規格特性如表 5 所示。

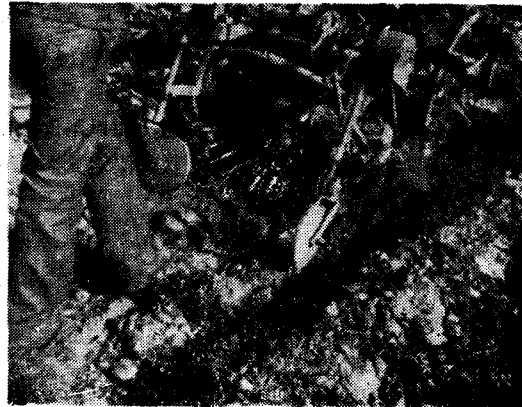
此等機械係由省農業試驗所屬臺南棉麻試驗分所之技術員操作，在各馬鈴薯試種地田間進行代收，而由中興大學農機研究人員於各現場測定者，圖 2 即其供試之收穫機。

表 5 供試之馬鈴薯收穫機規格比較
Table 5. Comparison specifications between tested potato harvesters)

規格項目 Specifications	大型收穫機 Large sized digger	小型收穫機 Small sized digger
• 機體連牽引機 全長(overall length)	6.3m (牽引式)	1.7m (承載式)
• 機體尺寸 (size)	長3.7m×寬1.9m ×高0.9m	0.8m×0.9m× 0.6m
• 機重 (weight)	710 kg	30 kg
• 需用牽引驅動動力 (required horse-power)	50 ps	8 ps
• 作業畦數 (number of working rows)	2	1
• 行走速度 (travel speed)	約 1.0m/sec	約 0.5m/sec
• 轉彎半徑 (turning radius)	3.5m	0.6m
• 機體購價 (cost of machine)	NT\$ 130,000	NT\$ 7,000



(a)



(b)

圖 2 供試之大型挖薯機 (a) 及小型挖薯機 (b).
Fig. 2. Tested large sized digger (a) and small sized digger (b).

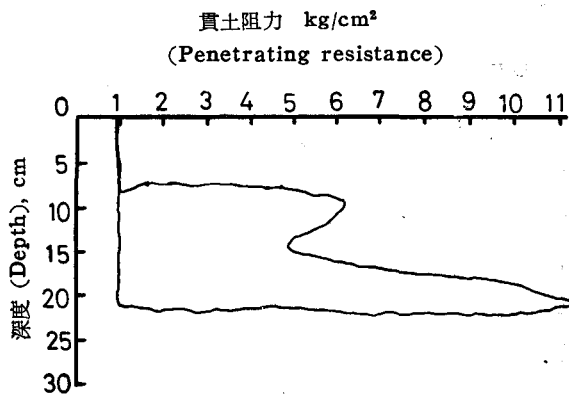
(二) 影響機械作業之馬鈴薯田間土壤之力學性質
(Soil properties of potato fields)

本省馬鈴薯之推廣試種，既以二期稻作收穫後之休閒田利用為旨，故除砂質旱田或排水性佳良之田間不致於發生農機作業行走性問題外，一般濕田粘質土壤之支持能力（bearing capacity）及抗剪力（shearing resistance）較為軟弱，故易發生沉陷、滑動等行走問題。表 6 列舉部份試種區之土壤質地。其中，彰化縣埤頭鄉路口厝試種區之地下水位稍高，土壤含水率多，經用 SH-36 型土壤力學係數測定器測繪其支持能力和抗剪阻力線圖後，如圖 3 所示。又，宜蘭地區冬季多雨，土壤粘重，排水欠良，有發生行走不能之慮，圖 4 即其測繪線圖。

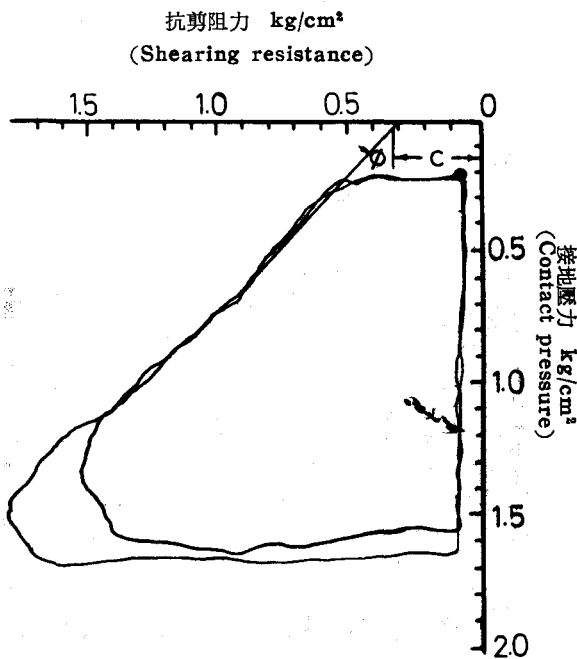
表 6 馬鈴薯試種區部份田間之土壤性質
Table 6. Soil properties of partial potato culture districts.

項 目	區 名			
	臺南縣 佳里鎮	嘉義縣 義竹鄉	彰化縣 埤頭鄉	宜蘭市 七張里
土 壤 質 地	砂質壤土	粘質壤土	粉質壤土	粘 土
含 水 率 %	10.0	27.7	28.2	30.5
粘 性 係 數 C, kg/cm ²	—	—	0.33	0.33
摩 擦 係 數 tanφ	—	—	0.98	1.02

由圖 3 (a) 及圖 4 (a) 之線圖知，貫土阻力在農機之地面間隙 (Ground clearance) 容許範圍以內，達 8 kg/cm² 以上之判定值⁽²⁾，故應無沉陷等行



(a)



(b)

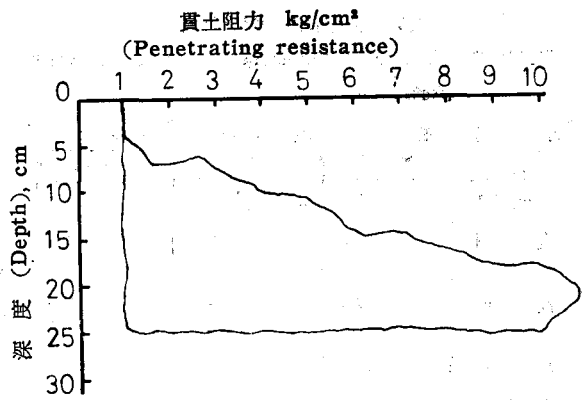
圖 3 彰化縣埤頭鄉路口厝之試種區之田間支持能力 (a), 及抗剪阻力 (b) 測定線圖

Fig. 3. Bearing capacity and shearing resistance of field at Pitou.

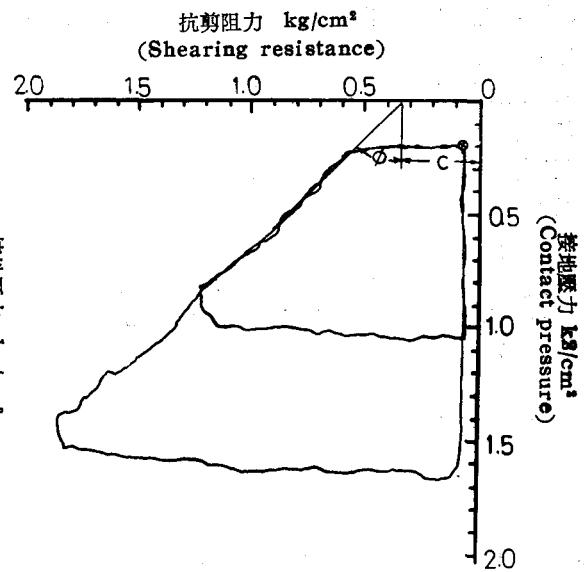
走困難情事發生之顧慮，而實際觀察曳引機之作業時，確未發生行走上之問題。

(三) 收穫期馬鈴薯之性質 (Nature of potatoes)

馬鈴薯於栽培 90 天以後至 120 天為止期間，薯塊之發育最為快速，但無明顯之成熟收穫期，故於其間皆可收穫之。各試種區，皆為一畦一行栽植，行距 75cm，株距 22~26cm，畦高視田間含水量而定，砂土田畦高為 25cm，粘土濕田畦高則為 35cm



(a)



(b)

圖 4 宜蘭市七張里試種區之田間支持能力 (a) 及抗剪阻力 (b) 測定線圖。

Fig. 4. Bearing capacity and shearing resistance of field at I-ran.

。馬鈴薯之含水量 (濕量標準) 之測定，係將薯塊切成薄片，以 80°C 烘乾 60 小時後秤計者。種植於砂質壤土之薯塊含水量稍少，為 78 %；而種植含水量多之粘質土壤者，薯塊含水量稍高，為 78.4 %。

各試種區薯塊之產量測估，係隨意取兩畦寬 (1.5m)，長 5m 之長方形面積三處，分別秤計全薯塊及 80 克以上薯塊重平均後，折算一公頃之產量而得。表 7 示其產量值，其中，義竹區之產量較低，係因缺少灌溉管理及栽培生育期較短所致。埤頭區之田間含水高，致雜草叢生，影響產量。

表7 試種區馬鈴薯之性質

Table 7. Nature of Potatoes in Trial-cultured districts

試種區 Potato cultured district	生育期 Grow period days	馬鈴薯含水量 Potato moisture content, %	薯塊全產量 Total tuber yield, kg/ha
佳里	102	78.0	20,000
義竹	95	—	12,400
埤頭	100	78.4	18,700

依豐原鎮農會收購馬鈴薯之等級分，薯塊重達 120 克以上者，為甲等；重為 80~120 克者，則為乙等；80 克以下者為丙等。圖 5 為彰化埤頭區之薯塊大小調查結果，丙等薯塊達 32% 係因管理作業中怠忽除草所致。將大小薯塊，按重量與其薯狀短軸直徑標示於直角座標後，如圖 6 所示。圖 7 為其比較對照圖。

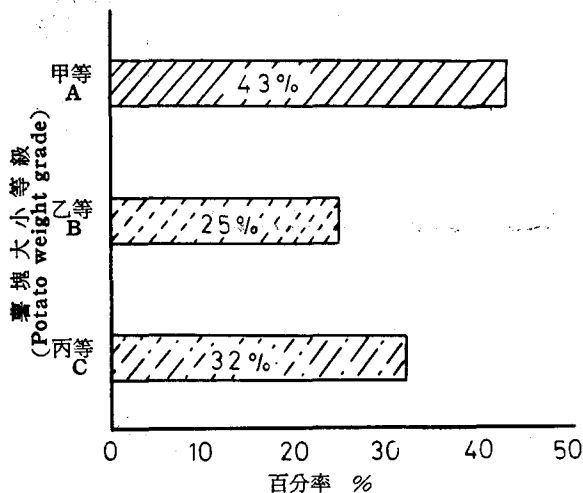


圖 5 收穫期馬鈴薯之薯塊分佈 (埤頭)
Fig. 5. Potato tuber weight sorting at harvesting.

表 8 馬鈴薯之等級標準
Table 8. Grading criterion of potatoes.

	甲等 A	乙等 B	丙等 C
薯重克 tuber weight	120 以上	80~120	80 以下

四機械收穫馬鈴薯之作業方式 (Operation)
本省一般作物之種植丘塊面積皆較小，除農地經

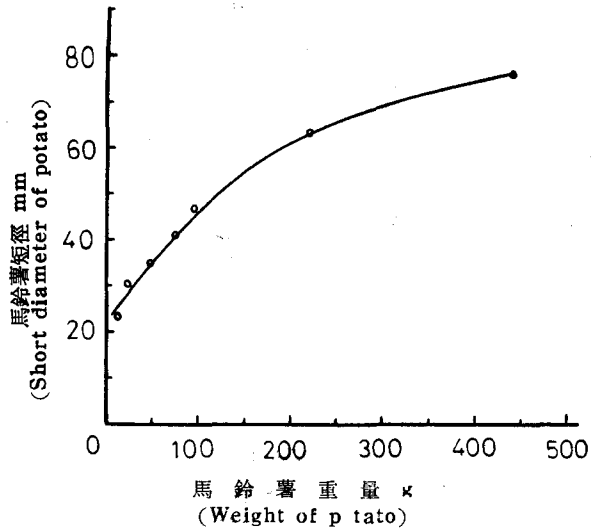


圖 6 薯重與薯徑之關係。

Fig. 6. Relationship between tuber weight and tuber size.

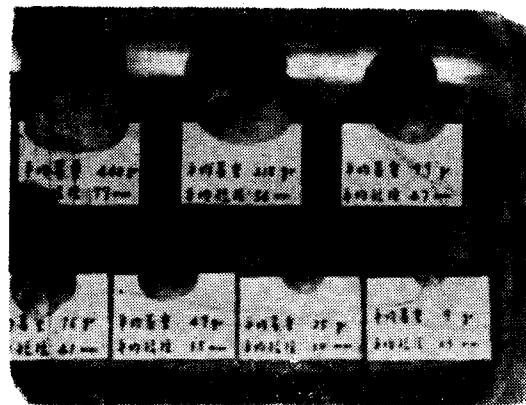


圖 7 薯重與薯徑對照圖

Fig. 7. A comparison of tuber weight v. tuber size.

重劃者為 0.2 公頃 (長 100m × 寬 20m) 以外，普通為 0.1 公頃左右。惟試種區為配合大型機械作業，將數個丘塊之間隔田埂去除之，合併成一塊較大田區，如表 9 所示。

作業之進行，係先以耕耘機 (久保田 ER 8 × KR850) 牽引驅動之小型收穫機 (SUKIGARA 式)，將待收田間畦向兩端各約 6~11 公尺之長度部份挖收，薯塊由雇用之女工 8~18 名檢拾成堆集中，使騰出頭地供轉彎之用後，然後以曳引機 (Ford 5000 型) 牽引驅動之大型收穫機 (Ransomes 牌) 將中段部份挖起。

表9 試種區之田坵尺寸

Table 9. Field size of cultured area

試種田 District	田坵大小 Size of field		面積 area (ha)
	畦向長(m)	全畦寬(m)	
佳里	63.0	66.5	0.42
義竹	126.0	38.0	0.48
埤頭	284.0	32.0	0.91

作業中，機械於畦端之轉彎方式，承載式 (mounted type) 連接之小型機係以隣畦轉返法往復作業；大型機之機體全長達 6 公尺，且中間以牽拖式 (tractive type) 相接，故需以隔畦轉彎來回作業。作業後，挖出田面之薯塊，悉需以人工檢拾，並按指定大小等級，受損與否而分類之。其後裝盛於墊有布衣之竹製籠內，外加草繩捆紮。

用以表示機械作業性之項目，包括：理論行走作業速度、實際行走作業速度、作業效率、無法作業之枕地長度、轉彎半徑、牽引機驅動輪之滑動率、不同田間土壤及不同作業機調整條件下之馬鈴薯損傷率問題等。

(四)機械收穫馬鈴薯之作業評估 (Evaluation)

1.機械作業對栽培上之省工性：

大型收穫機被曳引機作正常牽引行走，在馬鈴薯田間經測得以 0.92m/sec 之速度作業 (相當於 4,868 m²/hr 之理論行走作業量) 下，對畦寬 0.75m，畦長 41.0m，畦數 24 畦之田間作業所需時間，測得為 15 分 32 秒 (相當於 2,851m²/hr 之實際行走作業量)。由此求得其作業效率為 57.4 %。

又對同一馬鈴薯田間，以耕耘機牽引小型收穫機行收挖作業時，經測得行走作業速度為 0.43m/sec (相當於 1,161m²/hr 之理論行走作業量)，而對畦長 11.0m，畦寬 0.75m，畦數 14 畦之田間作業所需時間為 8 分 51 秒 (相當於 783m²/hr 之實際行走作業量)。由此求得其作業效率為 67.4 %。

上項結果，因測定時配合觀摩會之展開，舉辦收穫機示範操作，而未能對試種區全坵塊田間行連續作業，致僅能對局部田畦之連續作業速度記錄之，但機械作業手未知悉其作業結果被作成記錄，故筆者認為測定數值相當接近一般實際作業之數值。即小型收穫機之作業效率高於大型機者 10 % (=67.4-57.4)。但，大型收穫機之實際作業能量為小型機之 3.94 (=

2,851/783) 倍。

惟大型機挖薯需配合小型挖薯機作業，而檢拾裝籠作業則由雇用女工行之。經測定對 168m² (=14m × 12m) 之田間，由 13 名女工，使用箬箕檢拾薯塊之所需時間為 5 分整。(相當於 155m²/hr-man 之作業量。)

今對圖 8 所示面積 0.42 公頃田間 (佳里試種區)，所作以大小型機械挖薯，人工檢薯運搬之所謂機械採收作業，合計所需作業勞力工時為 29.2，折換成每公頃之所需作業勞力工時為 69.6，如表 10 所示。表 11 為該試種區由種植至收穫前之栽培管理作業所用勞力小時及以臺中馬鈴薯產區，一般以人工收穫 (0.1 公頃面積 1 日作業需 6 工) 時之需用勞力工時。

表10 試種區馬鈴薯機械化採收勞力工時
Table 10. Labor-hour of mechanized harvesting.

	收穫作業工時 (Labor-hour)			
	大型機械	小型機械	人工作業	合計 (Total)
0.42ha 試種區 (Cultured)	0.96	1.26	27.0	29.2
折算為 1.0ha 田間 (Converted)	2.28	3.00	64.3	69.6

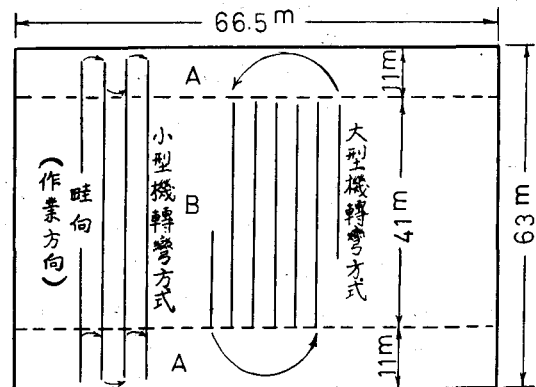


圖8 機械收穫馬鈴薯之作業方法

A區—小型收穫機作業區

B區—大型收穫機作業區

Fig. 8. Operating procedure of potato diggers.

Area A—Small size digger operating area.

Area B—Large size digger operating area.

表11 馬鈴薯栽培生產作業勞力工時

Table 11. Labor-hours of growing potatoes.

	種 植 Planting	防 治 Pest control	灌 溉 Irrigation	培 土 Hilling	除 草 Weeding	收 穫* Harvesting	合 計 Total
0.42ha 勞力工時 (Labor-hours)	80	30	20	40	5	252	427
1.0ha 勞力工時 (Labor-hours)	190.4 (18.7%)	71.4 (7.0%)	47.6 (4.7%)	95.2 (9.4%)	11.9 (1.2%)	599.8 (59%)	1,016.3 (100%)

* 人工收穫 (Hand harvesting) 時之推算值 (estimated value).

由表 10 及表 11 比較機械化收穫與人工收穫之需用工時知，前者僅需時後者之 1/8.63。而人工收穫時，所需工時佔總工時之 59%；機械收穫時，所需工時僅佔總工時之 14.3%，故收穫作業機械化之省工性甚高，此在農村勞力逐漸短少之今日，探討新興作物之推廣上，尤有其重要之意義與價值。

2. 機械收穫馬鈴薯後之薯品受損性：

馬鈴薯薯塊之商品價值，由薯塊大小和薯品損傷而定。影響前者之因素屬栽培管理上之問題，而左右後者之因素則屬收穫機械性能及調製操作上之範圍。以下茲就後一項之測定結果論述之。

調查計算收穫薯塊機械損傷率之取樣方法，係對被測田間隨機取樣六處，每處取 2 畦寬 (1.5m) 已被挖起之薯列 (tuber windrow)，長 5 公尺，即 7.5m² 之面積內，先查記暴露田面之薯塊損傷，按損傷程度及薯塊大小分類評重後，再挖出未被起出田面之埋沒薯塊，以同樣步驟計量各類薯重。損傷程度之鑑定標準，因礙於試種薯塊屬農家所有，不便帶回用辨色削皮法評定，故在現場採前述直接視覺法衡量之。損傷率之計算，固以受損薯重對挖起田面及埋沒土中之合計薯重決定。但為顧及其係對所有大小薯塊總量之百分率言，抑或係指具有商品價值薯塊之量言，而分二類。按美國對馬鈴薯大小之商品薯分類界限，係指最小薯徑 2 吋或 4 盎斯⁽¹⁾ (相當於 5.1cm, 113.4g)。即，小於該值之薯塊，被認為欠缺市場銷售價值。本省因值此推廣期間，獎勵農民種植馬鈴薯，故依豐原鎮農會所訂之標準為，薯重 2 台兩 (75克) 以上者始合銷售價值。因之，本研究將薯塊分為全薯塊標準 (overall basis) 及商品薯 (75 克重以上薯塊) 標準 (market basis) 二類分之，如表 12 所示。又，上述田間全薯塊或商品薯之合計平均，折算成單位一公頃之薯重者，即如表 7 所示之產量。

表 12 為圖 2(b) 所示小型收穫機於砂質壤土田間，掘挖馬鈴薯之品質性調查結果。受損薯包括瘀傷薯和切傷薯。結果顯示，按商品薯標準為分類時之完整薯較依全薯塊標準者，減少 $5 (= \frac{60-57}{60}) \%$ ，皮傷薯增加 6%，受損薯則增加 17%。即表示，較大薯塊之受損較小塊者為高，此係質量之輕重使然；大薯塊之慣性較大，故受外力時，局部之薯面承受較大之壓力，因之產生較烈之損傷。又，在此所指皮傷薯者，係對薯面表皮受挫剝離而言，對塊薯等級與貯藏性殆無影響，故宜不計入考慮屬劣品。

同一砂質壤土田間，以大型收穫機作業後，掘出田面馬鈴薯薯品調查結果，於 13 表所示。其作業調整，係由收穫機上裝置之改變，使之獲得不同程度選篩薯塊與土塊強度 (separating intensity)。其中，作業調整 A 者，係將一組加振器 (振幅 2 吋) 各裝接於主升送器與後段運送器上，產生較大土塊崩解性之狀態。作業調整 B 者，為無加振器裝在主升送器與後段運送器之狀態。而作業調整 C 者，為祇有主升送器，作業不加振，且為減少薯塊損傷，於機後成行板上覆蓋麻袋布之作業狀態。由結果比較知，大型機械對較大薯塊亦有增加損傷率之傾向。尤於篩土強度

表12 小型收穫機作業後之薯品類別

Table 12. Potato qualities after small size digger operation.

薯 塊 品 質 Tuber qualities	全薯塊標準 Overall basis	商品薯標準 Market basis
完整薯 No damage, %	60	57
皮傷薯 Skinned, %	34	36
受損薯 Damage, %	6	7

表13 大型收穫機作業後薯品類別

Table 13. Potato qualities after large size digger operation.

作業調整* Condition	薯塊品質 Tuber qualities	全薯塊標準 Overall basis	商品薯標準 Market basis
A	完整薯 No damage,%	36	36
	皮傷薯 Skinned,%	37	33
	受損薯 Damage,%	27	31
B	完整薯 No damage,%	72	71
	皮傷薯 Skinned,%	17	17
	受損薯 Damage,%	11	12
C	完整薯 No damage,%	83	82
	皮傷薯 Skinned,%	12	13
	受損薯 Damage,%	5	5

* Condition: A-Digger is fitted with 1 set of agitators (2 $\frac{1}{2}$ in throw) on the main elevator and on the rear conveyor for rod link chains.

B-Digger is not fitted with agitator on the main elevator and on the rear conveyor.

C-Digger is operated by main elevator without agitator, but jute cloths are covered on the windrowers.

Therefore, soil separating intensity: A > B > C.



圖9 收穫機作業之馬鈴薯三種薯品

Fig. 9. Potato qualities after operated by digger.

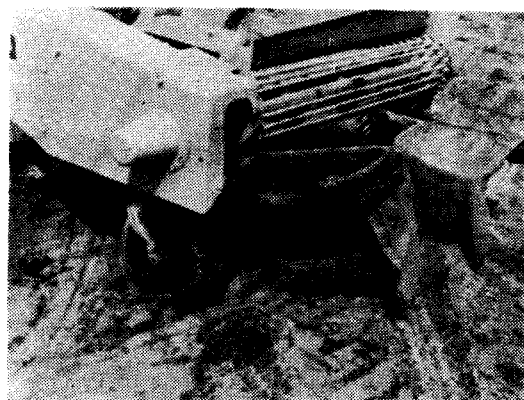


圖10 大型收穫機之 C 作業調整

表14 不同作業調整下之薯塊埋沒率

Table 14. Buried tubers at different conditions.

作業調整 Condition	土質 Soil property	土壤含水率 Moisture content, %	地上物 Vegetation	埋沒薯 Buried tubers, %
A	砂質壤土 sandy loam	10	薯莖葉	3
A	砂土 sand	7.4	薯莖乾枯	0
C	粘質壤土 clay loam	27.7	薯莖葉	12~22
C	坩質壤土 silt loam	28.2	薯莖葉及 雞腸仔菜	57(Overall basis) 52(Market basis)

最大之A作法為最顯著。同時表中表示，增裝加振器後，受損率增加 19(=31-12, 按商品薯標準) % ; C作法較B作法，可減少7%之受損率。

圖9表示三類薯品之實物比較。

將收穫機作如圖10所示C作業調整，以行作業時，大可減少受損率；但由表14知，由於對土壤之分離不足，部份薯塊仍埋沒土中，致埋沒率相對增加。此種現象，在粘質土壤，或含水率愈高土壤，以及收穫時田間表面，仍有呈綠色之馬鈴薯薯莖葉外，還有雜草時，因流動性，分離性不佳，埋沒率愈高。惟檢拾作業由多數人手進行，故稍翻動土壤，即可令薯塊暴露現出，故不能視作田間損失。圖11即示田間收穫時之埋沒薯堆。圖12為行速與薯品之關係。

以目前情況言之，收穫機之作業裝置之調整，以不造成顯著之損傷薯條件下，似可採用類似C作法之調整，在稍犧牲埋沒率之下作業之。

3.機械收穫作業體制之經營合理性：

於探討前述機械作業之省工性中獲知，大型收穫



圖11 形成薯塊埋沒之薯莖葉和田面雜草
Fig. 11. Potato stems and field weeds cause tubers buried.

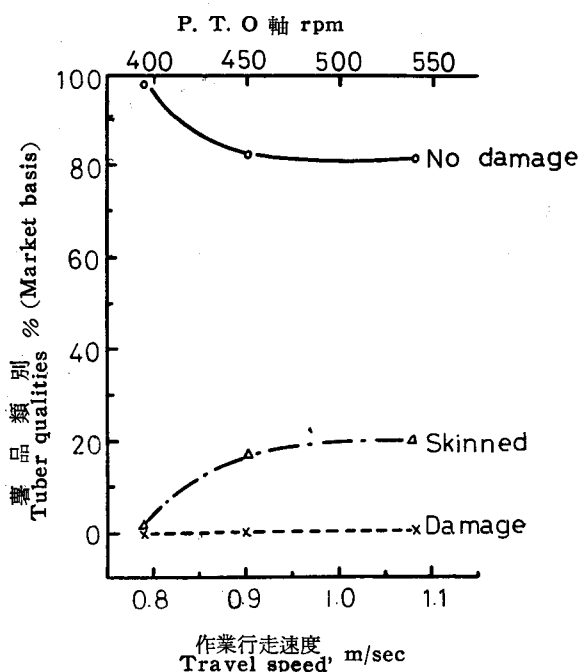


圖12 收穫機作業行走速度與薯品之相關曲線 (義竹區)。
Fig. 12. Relative curves of digger travel speed vs. potato tuber qualities.

機之理論作業量，雖然相當於小型機械者之 4.3 倍，但在本省小規模農地下，實際作業量，前者僅為後者

表15 馬鈴薯普通栽培區生產成本收益表 (每公頃)
Table 15. Potato production cost analysis of one traditional growing field. (Per 1 hectare)

項 目	價 值 (元) Values NT\$	備 註	
Items	Values NT\$	Remarks	
材 料 費 (materials)	種 薯 seed potato	13,600	
	肥 料 fertilizer	1,500	
	農 藥 agri. chemical	3,700	
生 產 成 本 (Wages)	整 理 地 land preparing	2,180	牛犁-500元/工
	種 植 planting	870	女工工資-80元/工
	管 理 management	3,470	除草-26工，噴藥-6.5工， 施肥-4.4工，培土-6.5工，
	收 穫 harvesting	3,460	栽培生產成本 29,300 元
工 費 (Wages)	運 搬 transportation	520	*每公斤生產成本 2.68 元
產 量 粗 收 入 gross yield return	28,000	產量 -10,900kg/ha. 價格 -3.5元/公斤	
液 收 益 net income	8,700	*每公斤生產收益 0.80 元	

表16 大型收穫機使用作業成本
Table 16. Operating cost of large size digger.

大型挖薯機使用成本	年作業時間 小時	小時					挖薯機 130,000 元 使用壽命 8 年 Ford 5000 型曳引機 332,000 元 年作業 500 小時 使用壽命 10 年 貸款年利率 7.2 % 依 Kepner 法計算
		100	200	300	400	500	
每小時固定費，元		286	143	95	72	57	
每小時變動費，元		65	65	65	65	65	
合計 大型收穫機 每小時成本		495	252	304	280	266	

之 3.6 倍。

然而，以大型機械作業需將田間兩端，以小型機械或人工先行收穫，其部份於佳里鎮 0.42 公頃農地上，即佔 35 %，故必甚影響大型機械之作業效率。在考慮馬鈴薯收穫作業之體制時，吾人將須由下列三種方式之中，擇定一種。即，(1)人工收穫、(2)小型機

械收穫、(3)大小型機械併用收穫，惟其中(2)、(3)法，仍有賴人工配合檢拾薯塊和裝籠，除非引進一貫作業收穫機。

表 15 為以一般傳統方式，在雲林縣荊桐鄉某農戶，於其 0.23 公頃農地種植馬鈴薯之生產作業成本，換算為單位一公頃之值。

表 17 小型收穫機使用作業成本

Table 17. Operating cost of small size digger.

小型挖薯機使用成本	年作業時間 每小時	100	200	300	400	500	挖薯機 7,000 元 使用壽命 5 年 Kubota ER 8 × KR 850 型耕 耘機 54,500 元 作業 500 小時 使用壽命 8 年
		20	10	7	5	4	
耕耘機使用成本	每小時 固定費, 元	24	24	24	24	24	
	每小時 變動費, 元	29	29	29	29	29	
合計	小型收穫機 每小時成本	73	63	60	53	57	

表 18 馬鈴薯試種區生產成本收益表 (每公頃)

Table 18 Potato production cost analysis of one mechanized harvesting field. (Per 1 hectare)

項 目	價 值 (元) Values NT\$	備 註	
Items		Remarks	
材料費 materials	種 薯 seed potato	13,600	栽培生產成本合計 33,800 元 *每公斤生產成本 1.69 元
	肥 料 fertilizer	2,200	
	農 藥 agri. chemical	4,000	
生產成本 wages	整 地 land preparing	800	機耕—800 元/公頃
	種 植 planting	1,710	女工工資—80~100 元/工 (平均 90 元/工)
	管 理 management	2,043	除草—1.2 工 防治—7.1 工 灌溉—4.8 工 施肥培土—9.6 工
	收 穫 harvesting	1,847	大型及小型機械併用，人工 配合作業，設機械年作 業 300hr.
產薯粗收入 gross yield return	60,000	產量 20,000 kg/ha 價格 3.0 元/公斤	
淨 收 益 net income	26,200	*每公斤生產收益 1.31 元	

表 16 為大型收穫機使用作業成本，表 17 則為小型收穫機之使用成本。其值係由機械購置費，考慮折舊、利息、修理費、稅金、車庫費等，以不同年作業時間、使用壽命，求出固定費，加上牽引機之使用時 (燃料柴油 5.7 元/公升，潤滑油 40 元/公升，人工操作費 200 元/工) 之每小時變動費合計所得者。其中，機械之年固定成本 T_f 為：

$$T_f = P \left\{ m(1-k) + \frac{\alpha}{2} (1+k) + \beta \right\}$$

但 P = 機械購置費 (元)

$$m = \frac{1}{n}, \quad n = \text{使用壽命 (年)}$$

$$k = \frac{S}{P}, \quad S = \text{折舊費, 設 } k = 0.1$$

$$\alpha = \text{貸款年利率, } 7.2 \%$$

$$\beta = \text{綜合係數, 設 } \beta = 0.0675$$

由表 16，表 17 及表 10，求出馬鈴薯試種區之一 (臺南縣佳里鎮) 機械化收穫後之生產成本收益，列表示於表 18。其中機械作業屬大小型機械併用，然後以人工配合檢薯。即

$$1. \text{大型機械作業成本} = 304 \text{ 元/小時} \times 2.28 \text{ 小時/公頃} = 692 \text{ 元/公頃}$$

$$2. \text{小型機械作業成本} = 60 \text{ 元/小時} \times 3.0 \text{ 小時/公頃} = 181 \text{ 元/公頃}$$

$$3. \text{人工配合作業成本} = 150 \text{ 元/工} \times 6.5 \text{ 工/公頃} = 974 \text{ 元/公頃}$$

$$\text{合計, 收穫成本} = 1,847 \text{ 元/公頃}$$

(年作業時間以 300 小時計算)

比較表 15 及表 18 知，非機械栽培區之每公頃淨收益，每公斤薯塊生產成本，每公斤薯塊生產收益，各為 8,700 元，268 元及 0.80 元；而機械作業區者，則各為 26,200 元，1,691 元及 1.31 元。顯示試種區，以機械收穫之效益，遠高於一般栽培區。

若按表 16、表 17 所示機械年作業時間之不同，分別標示大小型機械併用收穫，或單獨以小型機械收穫時之作業成本曲線，則如圖 13 下側所示。前者方式之成本稍高於後者，但年作業時間增長，則其差距呈有限。但人工收穫成本高於機械作業者。又，將產量粗收入減去收穫以外生產成本之值 (亦即收穫費成本與淨收益之和) ——名之為收穫費用上限，按收穫量之多寡標示之，則如圖中上側所示。由圖可知，若其他條件不變，則栽培馬鈴薯有利可圖之收穫量，大小型收穫機併用方式收穫者，為每公頃 11,270 公斤以上；以人工收穫者，為 12,650 公斤。故此，以試

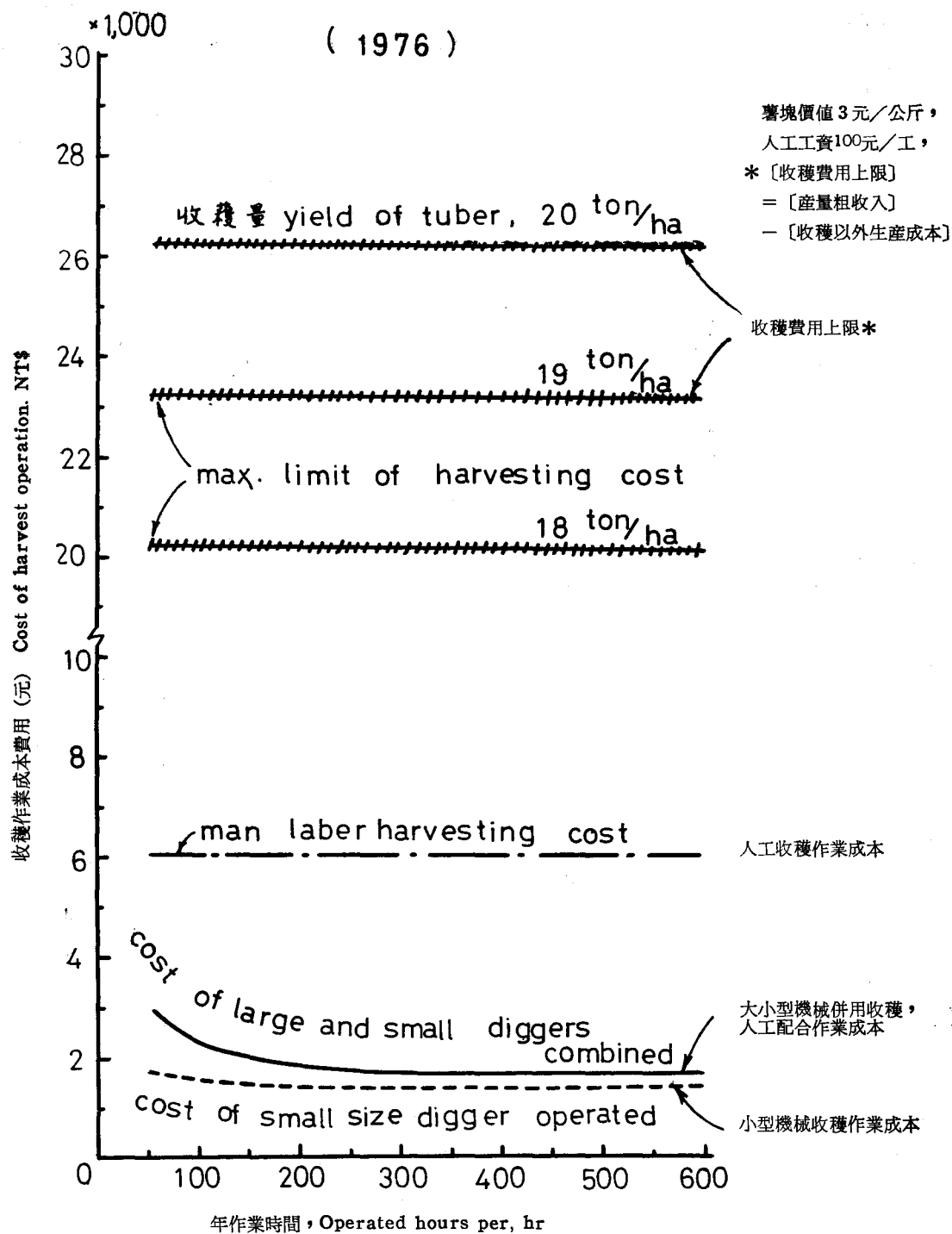


圖13 馬鈴薯試種區機械收穫成本關係曲線。

Fig. 13. Relative curves of mechanized harvesting cost of potatoes.

種區除義竹鄉外，佳里、埤頭之種植結果，堪稱良好。

五、摘要 (Abstract)

本文為探討機械化收穫本省新興作物—馬鈴薯—之可行性評估報告。使用之機械為大型及小型挖薯機，用以比較普通之人工收穫作業成本，期能建立最佳之作業體制。

1. 測定收穫期馬鈴薯田間土壤之力學性質後知，對一般車輪式牽引機言，不致發生行走中之滑動、沉陷等問題。

2. 大型及小型收穫機之實際作業量，各為 0.285 ha/hr 及 0.078ha/hr；作業效率，則各為 57 % 及 67 %。但需配合人工行檢拾薯塊及裝籠，其作業量為 0.0155ha/labor-hour。故，大小型機械併用作業之所需勞力工時，僅為人工收穫者之 8.6 % (人工收穫作業量為 600 勞力工時/公頃)。因收穫作業佔總栽培工時之 59%，故機械收穫之省工性甚高，由於機械方式收穫，使馬鈴薯栽培總工時由每公頃 1,016 小時，減為 486 小時。

3. 收穫機作業中，對薯塊造成不良後果之受損薯百分率，按商品薯標準，小型機為 7%，而大型機依選土裝置之作用強弱，為 5~31%。但若適當調整作業機，於不影響收穫之埋沒狀況下，可減少受損率接近於零。

4. 機械收穫試種區之每公斤薯塊生產成本為 1.69 元，生產收益為 1.31 元；而非機械區之值，分別為 2.68 元及 0.80 元。又，每公頃淨收益，前者為 26,200

元，後者則為 8,700 元。

5. 單獨以小型機械收穫之成本，雖稍低於大小型機械併用作業之方式者，但其差距有限故可判斷現行之收穫體制以小型機作業或大小型機併用作業兩者皆宜並行採用。

六、參考文獻 (References cited)

- (1) 臺灣省農業年報，第一輯，綜合統計，臺灣省政府農林廳，民國 64 年 6 月，p. 190.
- (2) 改訂農業機械ハンドブック，日本農業機械學會，昭和 47 年 12 月。p. 327.
- (3) Hansen, R. W. Injuries to potatoes during mechanical harvesting, Colorado State Univ. Expt. Sta., General Series, p. 893, 1970.
- (4) Johnson, L. F. A vibrating blade for the potato harvester, Trans. of the ASAE, Vol. 17, No. 4, p. 868~870, 873, 1974.
- (5) Johnson, L. F., Bailey, E. M., Peterson, C. L. New concepts in potato harvesting, American Potato Journal, 52 (1), p. 22~37, 1975.
- (6) Peterson, C.L. Analysis of mechanical harvester bruising, The Eighth Annual Washington State Potato Conference Proceedings, Moses Lake, Washington, p. 117~120, 1969.
- (7) Peterson, C. L., Thornton, P. E., and Smittle D. A. Potato harvester evaluation, Trans. of the ASAE, Vol. 18, No. 2, p. 240~245, 1975.
- (8) Sparks, W. C. Mechanical injury to potatoes from harvest to consumer, Univ. of Idaho, Agri. Expt. Station Bulletin, No. 280.

Summary

For the purpose to seek out the new source of provision, non-virus seed potato cultivation is being expected to be an important crop production in Taiwan. In order to decrease the cost of potato production, a large-size potato digger along with a small-size one were experimented in those potato trial-culture fields, from February to March in 1976.

It was observed that the real working capacity was 0.285ha/hr, 0.078ha/hr by the large-size digger and the small-size digger, respectively. However, by combining both types of digger to operate in potato field is acceptable in those small-scale fields. Meanwhile, the digging hours by combining operated machines would be decreased to 8.6% of that labor-hours done by the traditional hand digging method.

Mechanical bruise damage was 7% by the small size machine, and 5-31% by the large one depending upon the intensity condition of soil separating equipment.

The unit production cost, net income per one kilogram total potato tuber are NT\$ 1.69, NT\$1.31 by machine harvesting operation, and NT\$ 2.68, NT\$ 0.80 by traditional harvesting operation. Therefore, the net income per one hectare is NT\$ 26,200 at mechanized-cultured field, and is NT\$ 8,700 at the traditional-cultured field.