

番茄苗嫁接機之應用測試¹

吳浩銘、張金元、田雲生²

摘 要

本研究係針對引進之西班牙製番茄苗嫁接機加以應用測試。該機採氣壓裝置搭配可程式控制器、人機介面等作動，由人工供給接穗及根砧，機械分別斜切、接合與嫁接夾夾持後，再以機械手臂將完成之嫁接苗送至輸送帶上。經測試結果顯示，機械每小時作業速率390株，效率較傳統人工嫁接快1.56倍，嫁接成功率95.3%、存活率94.9%，其最大優點是機械操作無須長時間學習即可上手，可協助解決部分嫁接人力短缺與高齡化問題。

關鍵詞：番茄、茄子、嫁接苗、嫁接機

前 言

番茄依用途可分為加工及鮮食番茄，品種及型式多樣⁽³⁾，為因應氣候變遷及栽培管理，愈來愈多農友採行設施溫網室栽培。依據行政院農業委員會105年度農業統計年報資料顯示，臺灣地區番茄全年栽培面積5,006 ha，年產量118,958 ton，並以秋冬季節栽培為主；主要產區位於嘉義、臺南、雲林及高雄等地區，為臺灣重要的經濟蔬菜作物之一⁽²⁾。然而，番茄採土耕栽培常受到青枯病、根瘤線蟲病及萎凋病等土壤傳播性病害的危害，造成極大的經濟損失⁽⁸⁾。因此，國內研究人員及育苗業者透過嫁接的方式，將番茄接穗嫁接於茄子根砧，利用茄子根砧具有抵禦青枯病等土壤傳播病害之優勢，使番茄易於栽培管理^(5,7)。

目前臺灣地區番茄嫁接苗主要採用番茄接穗嫁接於品種EG213、EG203等茄子根砧，苗株間嫁接用的固定資材係使用橡膠套管⁽⁹⁾，因套管價格便宜且嫁接苗存活率高⁽⁶⁾，為目前嫁接育苗場廣泛採用的苗株切接方式；國外則使用矽膠材質並具開口結構的嫁接夾固定穗砧接合處。

由於農村面臨人力外流及從農高齡化，並且嫁接工作精細及辛苦費工，需耗費眼力、勞力及精神，使得嫁接人手培養不易；每逢種植期嫁接苗因需求量大，有嫁接人力短缺問題，為提高嫁接效率及減輕勞力負荷，亟需機械化、自動化的嫁接作業模式來完成嫁接工作，提高效率與產能，已是重要的發展方向^(1,4)。本研究藉由引進西班牙半自動嫁接機械進行試用測試，期能推動機械化應用於番茄嫁接產業，解決農業勞力缺乏及達到省工作業目的。

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0920 號。

² 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究助理、助理研究員、副研究員。

材料與方法

試驗設備與材料

試驗設備：番茄苗嫁接機(西班牙製EMP-300)，空氣壓縮機(2 HP)，4層推車及癒合室(4.7 坪，具溫度、濕度控制功能)。

試驗材料：茄子根砧(104格穴盤、品種：EG203)、番茄接穗(128格穴盤、品種：玉女番茄)。

量測器材：計時器(CABORT 168，精度0.01 sec) 1個、游標卡尺(Mitutoyo Super Caliper Series 500，精度0.01 mm) 1支、捲尺(5 m) 1個、鐵尺(30 cm) 1支。

試驗方法

一、番茄苗嫁接機之機械結構及作業方式

分析探究引進番茄苗嫁接機之機構配置、原理；番茄苗嫁接機各機構功能及作業方式介紹及嫁接夾之分析，並分解與建立其嫁接作業步驟流程。

二、穗砧苗性狀調查

測量機械嫁接所使用的茄子根砧及番茄接穗之莖徑與株高等尺寸規格。

三、番茄苗嫁接機之性能測試

試驗測試番茄苗嫁接機之嫁接速率、嫁接成功率；嫁接完成後之嫁接苗放置於癒合室，環境控制溫度 $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、相對濕度 $90\% \pm 5\%$ ，暗室處理3天後，再以 $10 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 光量栽培3天，隨後馴化作業3天後，計算嫁接苗存活率。其中嫁接速率、嫁接成功率及嫁接存活率之定義⁽⁷⁾如下所示：

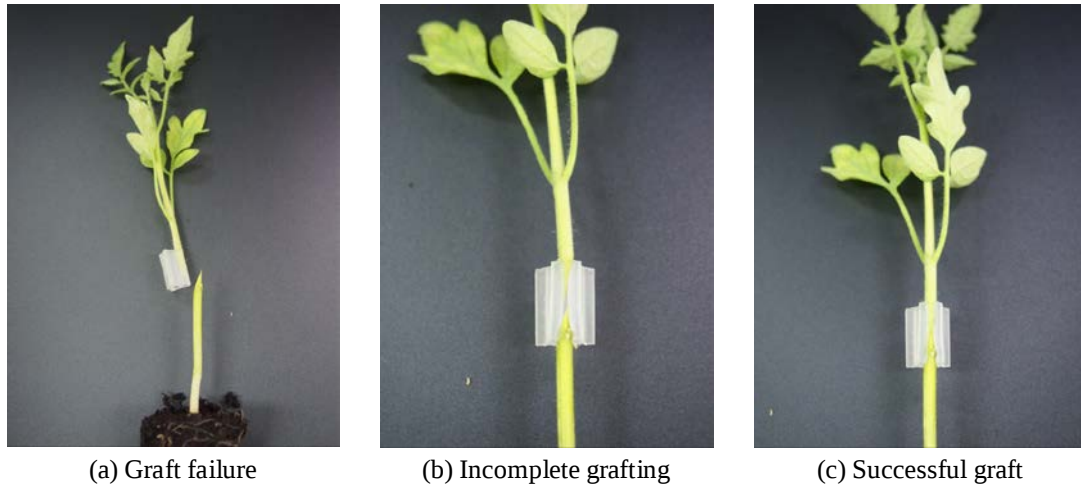
嫁接速率：

自嫁接機操作人員取苗開始，直至完成嫁接作業，將嫁接苗置放於穴盤為止，計算每小時可完成之嫁接株數。

嫁接成功率：

在嫁接作業結束後，即進行嫁接苗接合狀況之檢視。將嫁接苗區分為嫁接不成功、嫁接不良及嫁接成功3種類型，其定義如圖一所示。其中嫁接不成功者：接穗或根砧未完成固定接合，抑或嫁接夾未能夾持穗砧苗。嫁接不良者：嫁接傷口處間隙過大、擠壓或歪斜等，苗株切面接合異常者。嫁接成功者：苗株切面接合完好，且嫁接夾夾持固定良好，如下公式計算嫁接成功率。

$$\text{嫁接成功率} = \frac{\text{嫁接成功苗株數}}{\text{總嫁接苗株數}} \times 100\%$$



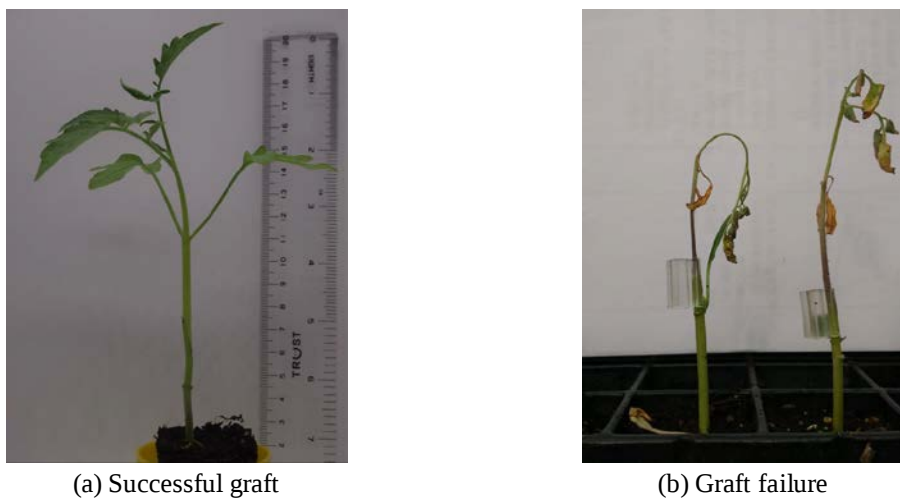
圖一、嫁接苗嫁接狀況檢視依據

Fig. 1. The quality test of seedling grafting

嫁接存活率：

穗砧苗嫁接完成後，移入癒合室進行癒合作業，待癒合作業完成後，檢視嫁接苗復原狀況。若嫁接苗生長狀況良好，則視為嫁接成功，如圖二(a)所示；嫁接苗凋萎、腐敗或明顯死亡，如圖二(b)所示，則判定為嫁接失敗。檢查存活之苗株數，如下公式求出嫁接存活率：

$$\text{嫁接成功率} = \frac{\text{嫁接苗存活株數}}{\text{嫁接成功苗株數}} \times 100\%$$



圖二、嫁接結果

Fig. 2. Grafting results

結果與討論

一、番茄苗嫁接機之機械結構及作業方式調查結果

(一)機械之組成結構與作業情形

自西班牙引進之番茄苗嫁接機係由 Conic-System 公司所生產之機型，型號為 EMP-300⁽¹⁰⁾，如圖三所示。機臺尺寸為 70 × 140 × 130 cm，使用 110 V 電源、7 kg/cm² 壓縮空氣，由單人操作，人工供應穗、砧苗，腳踏開關起動機械進行嫁接作業，為半自動化嫁接機械，其可提供番茄接穗嫁接於番茄根砧，或番茄接穗嫁接於茄子根砧。該機臺面設置穗砧苗斜切及定位機構，苗株分置於機臺兩側方便操作人員取苗嫁接作業，開口式嫁接夾捲設置在機臺前下方處，利於嫁接夾輸送及切斷機構作業，當穗砧苗斜切完畢，往機臺中間移動進行接合固定，嫁接夾供夾及接合機構由機臺中間下方往上升，將嫁接夾夾持住穗砧苗接合處，再經由機械手臂夾持至輸送帶上，予以收集至穴盤後移至癒合室。



- | | |
|--------------|---|
| ① 砧木(茄子苗) | Rootstock(eggplant seedlings) |
| ② 機械手臂 | Mechanical arm |
| ③ 砧木斜切及定位機構 | Rootstock miter and positioning mechanism |
| ④ 控制箱 | Control box |
| ⑤ 番茄接穗 | Scion(tomato seedlings) |
| ⑥ 開口式嫁接夾捲 | Grafting clip tube |
| ⑦ 嫁接夾輸送及切斷機構 | Grafting tube supply and cut mechanism |
| ⑧ 接穗斜切及定位機構 | Scion miter and positioning mechanism |
| ⑨ 嫁接夾供夾及接合機構 | Tube supply and grafting mechanism |
| ⑩ 腳踏開關 | Pedal switch |

圖三、引進之西班牙番茄苗嫁接機

Fig. 3. The tomato seedling grafting machine made in Spain

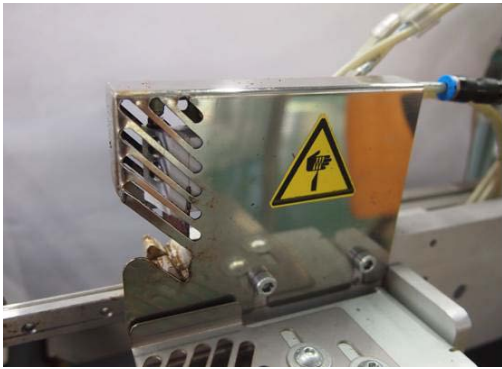
西班牙製嫁接機之機械結構包含砧木斜切及定位機構、接穗斜切及定位機構、嫁接夾輸送及切斷機構、嫁接夾供給及接合固定機構、機械手臂、開口式嫁接夾捲、控制箱等機構及零件，各機構功能說明如下：

1.接穗斜切及定位機構

接穗斜切定位機構，如圖四所示，其功能為夾持接穗上半部，並進行苗莖斜切，經切除後之接穗下半部介質塊，須由人工手動移除。作業動作為操作人員放置苗株後，機構夾持接穗，利用切刀機構斜切接穗，夾持機構再將接穗上半部輸送至中央處，進行後續嫁接作業。

2.砧木斜切定位機構

砧木斜切及定位機構，如圖五所示，功能為夾持及斜切砧木，操作員放置苗株於夾持機構，夾持砧木後利用切刀機構斜切砧木莖部，砧木上半部自動掉落滑道收集丟棄，砧木下半部帶介質塊則輸送至中央處，進行後續嫁接作業。



圖四、接穗斜切及定位機構



圖五、砧木斜切及定位機構

Fig. 4. Scion miter and positioning mechanism

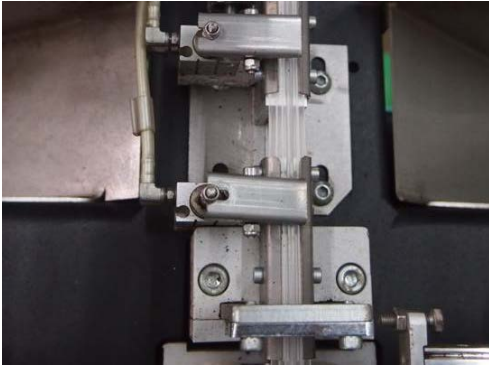
Fig. 5. Rootstock miter and positioning mechanism

3.嫁接夾輸送及切斷機構

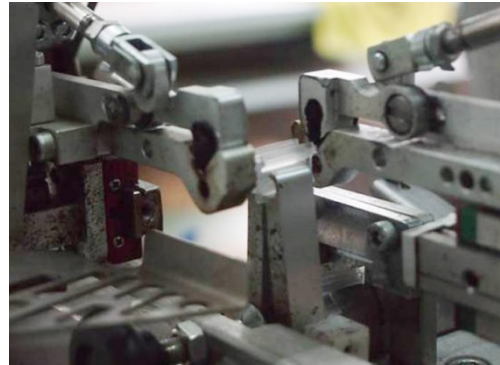
嫁接夾輸送及切斷機構如圖六所示，其功能為嫁接夾自動輸送、切斷與定位，主要動作為將嫁接夾自導入至設定的長度後，利用夾爪夾持、切刀機構作動切斷，由嫁接夾夾爪機構推送至嫁接夾供給接合機構，等待穗苗與砧木接合。

4.嫁接夾供給接合固定機構

嫁接夾供給接合固定機構，如圖七所示。其功能將穗苗與砧木斜切傷口面靠緊夾持接合固定，主要動作為穗苗與砧木兩斜切面推合靠緊，利用嫁接夾供給機構供給嫁接夾上升，並夾持斜切面處作接合固定，完成嫁接後，機構下降由機械手臂夾取嫁接苗移至輸送帶上，再由人工將嫁接苗放入穴盤。定位後與接穗之斜切傷口進行嫁接靠接。



圖六、嫁接夾輸送及切斷機構



圖七、嫁接夾供夾及接合機構

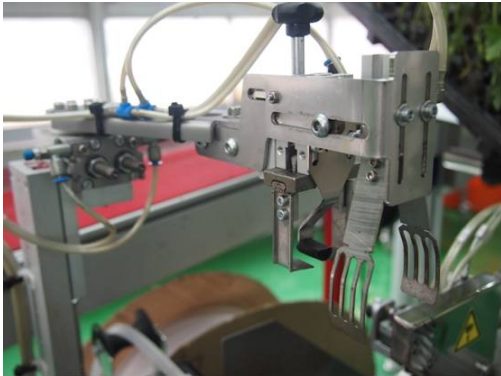
Fig. 6. Grafting tube supply and cut mechanism Fig. 7. Tube supply and grafting mechanism

5.機械手臂

機械手臂，如圖八所示，其功能可將穗苗與砧木在接合固定時，機械手臂上的海綿結構輕觸嫁接苗，使嫁接夾上升時，能準確的夾持穗砧苗，防止嫁接失敗；嫁接苗由機械手臂上的爪子，夾持移送至輸送帶上，進行人工檢視及集中置盤作業。

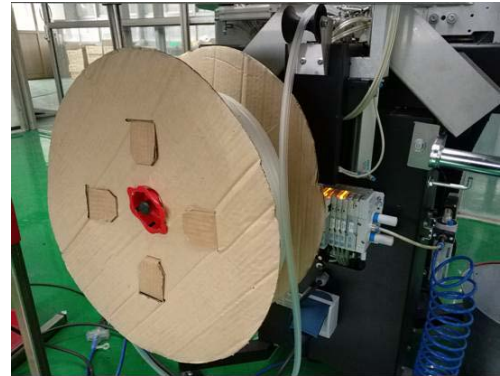
6.開口式嫁接夾捲

整捲的開口式嫁接夾放置於嫁接機臺後方，透過嫁接夾輸送及切斷機構夾持固定嫁接夾，並自動供應及剪切相同長度之嫁接夾，如圖九所示。



圖八、機械手臂

Fig. 8. Mechanical arm



圖九、嫁接夾捲

Fig. 9. Grafting clip tube

7.控制箱

控制組件含電源供應器、人機介面、可程式控制器(PLC)、腳踏開關、電磁閥組、電路系統與氣壓管路系統等組件，其功能為自動控制各機構組件自動運作。

(1)人機介面

控制箱包含人機介面，如圖十所示，介面可設定手動或自動操作模式，手動模式為將嫁接動作分段完成，即腳踏啟動開關，每啟動一次嫁接動作一次；自動模式為腳踏啟動踏板後，嫁接機械一次完成所有嫁接動作。此功能可在嫁接異常時，作為嫁接機動作檢查維修之應用。

(2)可程式控制器(PLC)：

為機臺機械主要核心，將嫁接作業步驟程式編寫入可程式控制器(PLC)內，與人機介面的結合，控制各項機構組件之運作，如圖十一所示。



圖十、控制箱
Fig. 10. Control box



圖十一、電磁閥組
Fig. 11. Solenoid valve group

(二)嫁接夾之規格調查

西班牙嫁接機所使用的嫁接夾，為歐美地區廣泛使用並具開口結構之嫁接夾，如圖十二所示。其中嫁接夾之夾持內徑為其標稱規格，內徑由 $\varnothing 1.8 \text{ mm}$ 至 $\varnothing 3.4 \text{ mm}$ 之間，每間隔 0.2 mm 為一尺寸級距，共9種規格。穗砧苗於嫁接接合後，可藉由嫁接夾之開口處檢視穗砧苗切接面之嫁接接合情形，為其優點。目前國內番茄苗嫁接育苗場廣泛所使用之橡膠套管內徑約為 $2.3 \sim 2.4 \text{ mm}$ ，因此可選用內徑規格為 2.2 mm 或 2.4 mm 規格之開口式嫁接夾。



圖十二、開口式嫁接夾
Fig. 12. Grafting clip tube

(三)嫁接機作業方式

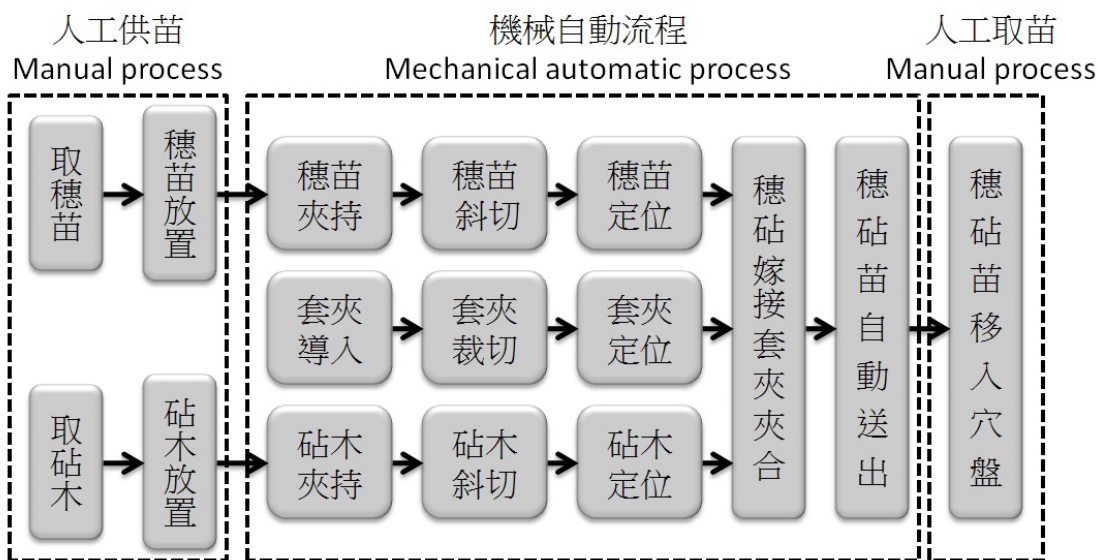
引進測試之西班牙嫁接機包含穗砧苗夾持及斜切機構、嫁接夾供夾及接合機構、嫁接夾輸送及切斷機構、機械手臂等作業機構，分別完成穗砧苗夾持、斜切、嫁接靠接、夾持固定、搬運等機械化嫁接作業項目。

首先，操作者拾取穗砧苗，並將穗、砧苗分別放置於嫁接機兩側之穗砧苗苗株夾持及斜切機構中，經腳踏啟動開關，穗砧苗夾持及斜切機構隨即夾持住穗、砧苗，並進行苗株斜切作業。斜切完畢後，將穗砧苗株移動至中央處進行嫁接靠接作業，使兩者之斜切傷口面碰觸接合。

嫁接夾之輸送及切斷機構自動供應適當長度15 mm之嫁接夾，再由嫁接夾供夾及接合機構提取上升，並將穗砧苗夾持固定，完成後再經由機械手臂抓取苗株放置於輸送帶上，即完成機械化嫁接作業。

嫁接作業流程，即完成1株嫁接苗所需之連續動作，整個嫁接流程可分為人工供苗、機械自動嫁接、人工拾苗等3大流程。完成嫁接苗之連續動作，可從作業人員取穗砧苗、放置穗砧苗、穗砧苗夾持、穗砧苗斜切、穗砧苗定位、嫁接夾導入、嫁接夾裁切、嫁接夾定位、穗砧嫁接嫁接夾夾合、穗砧苗自動送出、穗砧苗移入穴盤共8項動作，其嫁接作業流程，如圖十三所示，使純人工嫁接步驟中，如苗株切斷、嫁接接合、置放嫁接苗等動作，皆由機械取而代之。

藉由機械化應用進行嫁接作業，協助作業人員減少拾取、斜切、接合固定、移置苗株等多項精細動作，可減緩長時間操作之身心疲勞及減輕工作負荷，並提高嫁接作業效率。



圖十三、嫁接機作業流程

Fig. 13. Flowing chart operated by grafting machine

二、穗砧苗性狀調查結果

栽培適合機械嫁接之穗砧苗，並調查其平均莖徑及平均株高，經試驗結果發現，茄砧子葉處高度20.9 mm、本葉處高度51.9 mm、株高101.4 mm、子葉處莖徑2.93 mm、本葉處莖徑2.61 mm；番茄接穗之子葉處高度49.3 mm、第一本葉處高度102.5 mm、株高152.8 mm、子葉處莖徑2.77 mm、第一本葉處莖徑2.66 mm、全株高處莖徑1.81 mm。其測量情形如圖十四所示，穗砧苗株高調查結果如表一，穗砧苗莖徑調查表二所示。

穗砧苗之莖徑相近，可使開口式嫁接夾之夾持力道均衡，並使兩者間之接觸面密合。由試驗結果顯示，茄砧本葉處之平均莖徑為2.61 mm、番茄接穗第一本葉處平均莖徑2.66 mm，穗砧苗嫁接處之莖徑相近，為相當適合機械嫁接使用之穗砧苗。此外，因穗砧莖徑約為2.6 mm，因此選用2.4 mm規格之嫁接夾進行機械嫁接作業。



Eggplant rootstock



Tomato scion

圖十四、嫁接種苗性狀量測

Fig. 14. Measurement of the grafting seedlings

表一、穗砧苗子葉、真葉及株高調查

Table 1. Height of cotyledon, first leaf and plant of scion and rootstock

Height at reference point	Tomato			Eggplant		
	Max (mm)	Min (mm)	Ave (mm)	Max (mm)	Min (mm)	Ave (mm)
Height of cotyledon	58	45	49.3	26	11	20.9
Height of the first leaf plant height	115	88	102.5	62	41	51.9
Height of plant	168	142	152.8	121	75	101.4

表二、穗砧苗莖徑調查

Table 2. Seedlings diameter of scion and rootstock at reference point

Seedling diameter at reference point	Tomato			Eggplant		
	Max (mm)	Min (mm)	Ave (mm)	Max (mm)	Min (mm)	Ave (mm)
Diameter at cotyledons	3.16	2.21	2.77	3.39	2.36	2.93
Diameter at the first leaf	3.32	1.89	2.66	3.24	2.24	2.61
Diameter at top leaves	2.25	1.20	1.81			

三、番茄苗嫁接機之性能測試結果

嫁接機之嫁接速率由試驗結果顯示為390株/hr，機械嫁接成功率達操作熟練之95.3%，以及嫁接苗經癒合處理後之存活率為94.9%，如表三所示。因手工嫁接作業效率中，專業人員為370株/hr，不熟練之業餘人員則為130株/hr⁽⁹⁾，取兩者嫁接速率之平均值為250株/hr進行計算，則手工與機械之嫁接效率相較下，採用西班牙嫁接機可提升56%之嫁接效率。

分析機械與手工之嫁接動作，採用機械嫁接可省去之嫁接步驟，包含提取刀片及嫁接夾之動作項目，並由機械自動完成苗株斜切及嫁接接合之動作，因此採用西班牙嫁接機作業，可延後嫁接作業人員之操作疲勞時機、提高嫁接工作的效率，而且對於嫁接技術純熟度的需求亦降低許多，可減少對嫁接作業人員的訓練成本，不需由專業人員操作，可直接由初學者操作嫁接機進行嫁接作業。

表三、西班牙番茄苗嫁接機之作業能力

Table 3. Grafting performance operated by grafting machine made in Spain

Item	Grafting capacity (units/hr)	Success rate (%)	Subsistence rate (%)
Average	390	95.3	94.9

經分析過程中，發現嫁接種苗尺寸規格，會影響苗株裁切及嫁接接合之精確度及效率，進而影響機械嫁接成功率、存活率，因此番茄苗嫁接機在進嫁接作業時，應儘量採用相近尺寸規格之穗、砧苗，以提升嫁接機作業效率。

結論與建議

一、結論

因種苗產業是農業發展重要一環，協助種植季節期間提供優良種苗給予農民，透過栽培分工方式降低生產成本，以提高農產業競爭力，儼然已成為重要措施。在目前農產業缺工及高齡化之際，本研究藉由國外嫁接機種之引進及試用測試，期望能提供產業參考選用，並進

行嫁接機作動方式與原理之研究及使用，以瞭解機械化推展及應用在產業之可行性，作為後續國產嫁接機械之研發參考。

種苗嫁接生產機械化、自動化已是必然趨勢，因此本研究透過引進西班牙嫁接機進行測試應用，在嫁接機械使用上，作業人員可在短時間教育訓練後，即可上機操作，作業效率達每小時390株，解決育苗場在生產旺季，緩解缺乏嫁接人手之產業問題，藉由嫁接機械使用之優點，可減輕嫁接作業人員之操作疲勞時機。

二、建議

在試驗過程中，機械之嫁接成功率、存活率與穗砧苗之尺寸規格息息相關，影響苗株裁切、嫁接接合之精確度及效率。惟因國內各家嫁接育苗場之穗砧苗尺寸規格均有所不同，如何育成適合機械嫁接的穗砧苗規格，為可進一步探討的題目之一，因提供規格化及品質一致的穗砧苗，可使機械嫁接成功率大幅提高，有利於機械之推廣應用。

誌 謝

本研究係執行科發基金管理會補助「重要蔬果作物嫁接技術升級計畫」(MOST 104-3111-Y-466-020)之研發成果。承蒙中興大學生物產業機電工程學系盛中德教授、建國科技大學自動化工程系暨機電光系統研究所退休教授樂家敏博士斧正，以及農業機械研究室全體同仁鼎力配合協助，方得以順利完成，謹此一併誌謝。

參考文獻

1. 田雲生、龍國維 2002 百香果種苗嫁接機之改良與測試 臺中區農情月刊 第38期第二版。
2. 行政院農業委員會 2017 中華民國105年農業統計年報: 64-65。
3. 行政院農業委員會 2011 番茄品種發展史 番茄主題館 <https://kmweb.coa.gov.tw/subject/ct.asp?xItem=515274&ctNode=7994&mp=349&kpi=0&hashid>。
4. 邱奕志、張允瓊、陳世銘 2007 蔬菜嫁接苗自動化生產技術手冊 國立宜蘭大學出版。
5. 陳世芳、張金元、田雲生 2016 玉女番茄育苗場導入嫁接機之經營效益分析 臺中區農業改良場研究彙報131: 45-55。
6. 陳世銘、邱奕志、周立強、張允瓊、陳鍾華、鄭榮瑞、張振厚、張金發 2003 套管式蔬果種苗嫁接機之研製 臺灣農業機械 18(2): 7-9。
7. 黃圓滿 2014 蔬果嫁接 科學發展 496: 14-19。
8. 黃圓滿 1999 蔬菜作物的嫁接技術 臺南區農業專訊 30: 9-14。
9. 鍾瑞永、鄭榮瑞、劉政宏、許健興、黃圓滿 2005 套管式番茄苗嫁接機之研製測試 臺南區農業改良場研究彙報45: 74-84。
10. Spain Conic-system. 官網 <http://www.conic-system.com/>。

The Application and Experiment of the Tomato Seedling Grafting Machine¹

Hao-Ming Wu, Chin-Yuan Chang and Yun-Sheng Tien²

ABSTRACT

A tomato seedling grafting performance test was conducted on the grafting machine imported from Spain. The machine consists of a barometric device with programmable logic controllers and action driven by human machine interface. To produce grafted tomato seedling, rootstock and scion were supplied manually to machine for angle cutting, juncture, clamp and then the grafted seedling was transferred to conveyor by automatic robotic arm. Testing results showed 390 tomato grafted seedlings can be produced in one hour via the grafting machine with the success rate of 95.3% and survival rate of 94.9%. The working efficiency was 1.56 times faster than conventional grafting by purely manpower. Advantage of the grafting machine is the simplified operation process enable workers to operate the machine within short learning time. The problems of labor shortage and lack of skilled workers on grafting can be solved with the aid of this grafting machine.

Key words: tomato, eggplant, grafted seedling, grafting machine

¹ Contribution No. 0920 from Taichung DARES, COA.

² Assistant, Assistant Agricultural Engineer and Associate Agricultural Engineer of Taichung DARES, COA.

巴克素對春石斛蘭To My Kids ‘Smile’ 生長及開花之影響¹

許嘉錦²

摘 要

春石斛蘭基部節位徒長問題為優質盆花生產之障礙，本研究以矮化劑巴克素施用於To My Kids ‘Smile’品種，探討對其植株生育及開花之影響。結果顯示濃度 $1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上之巴克素即具有抑制株高與節間長度、減少植株平置下垂角度、增加假球莖基部之直徑、提高葉長寬比及葉片上舉之效果，但施用濃度達 $20\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 會發生致死情形。施用3 ml之1或 $2\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 劑量的巴克素，可增加假球莖基部第2~6節之直徑，由對照組的7.9~15.5 mm增加為9.7~25.5 mm，並使植株平置下垂角度減少36.7%以上；亦會延長植株始花時間5.8~7.2日，但花朵數、花朵大小及單花壽命並未較對照組衰減，而開花節位占全株節位比率達29%，優於對照組的24%。

關鍵字：春石斛蘭、巴克素、假球莖、開花

前 言

春石斛蘭(nobile-type dendrobium)為全球性新興盆花，主要生產國家有日本、荷蘭、美國及泰國等，日本2013年拍賣量約19.5萬盆，荷蘭2012年拍賣量約300萬盆，美國春石斛蘭最大生產公司松井蘭園年產量約12萬盆，臺灣則年產約10萬盆。目前日本產量呈現微幅縮減，荷蘭FloraHolland市場於2012年則有12.9%成長，美國亦為成長的市場，臺灣年產量則以約15%成長^(2,5,7,15,20)，均顯示春石斛蘭產業現階段為成長期之新興盆花。

春石斛蘭屬於複莖性蘭花，於10月至隔年2月假球莖基部萌生側芽，5至8月為營養生長期，8至10月間假球莖停止伸長，轉肥大充實而成熟，待節間腋芽感受11月下旬的涼溫，可活化花芽而轉為生殖生長，並於2至4月開花^(1,3)。由於其側芽萌生於冬季，恰為涼溫且光照不足時節，所形成的假球莖普遍較生育後期的其他節位細瘦而伸長，不利於整體盆花之外形表現，易倒伏而需實施插鐵絲支撐的作業，因此，發展改善假球莖細長之技術，在春石斛蘭商業生產上顯得格外重要。

¹行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0921 號。

²行政院農業委員會臺中區農業改良場助理研究員。

矮化劑為人工合成的化合物，又稱為植物生長阻礙劑(Plant Growth Retardants, PGRs)，經由適當的施用方式和濃度，可以有效抑制植物莖節間的伸長，並具有減少葉面積葉色濃綠及提高對環境的抗性等特色⁽¹¹⁾，其中以巴克素(paclobutrazol, PP333)最為廣泛使用，其機制為抑制植物體內激勃素(gibberellins, GA)之生合成^(16,17,18)，進而抑制新梢與根部的生長⁽¹¹⁾。其具有低濃度高效果之特性，運用於玉蘭花、向日葵、菊花、銀柳、葫蘆竹、秋海棠等多種花卉^(4,6,8,9,10,13,19,21)及蝴蝶蘭之花梗矮化^(12,22)，且不改變植株總節數⁽⁹⁾。適量且適時的施用PP333，可以調整盆花株型比例，亦可加深葉色，增加耐寒性，然而濃度過高會造成作物葉片皺縮、畸型、葉面積縮小⁽¹⁷⁾。

綜上所論，本研究目的為探討矮化劑PP333施用於春石斛蘭之濃度與劑量，期能調整株型使免於倒伏與提升園藝性狀，並避免其他不利影響，提供日後進一步研究與商業應用。

材料與方法

一、試驗材料

參試春石斛蘭*Dendrobium To My Kids 'Smile'*為國內商業生產主流品種，試驗材料為單節扦插苗，栽培容器係9 cm塑膠盆，介質為水苔。

矮化劑採用巴克素，為好速化學公司出品，商品名「好擋頂」，有效成分10%之棕色水懸劑。

二、試驗地點與操作管理

(一)試驗地點位於彰化縣大村鄉臺中區農業改良場水牆溫室，海拔高度為25m。

(二)栽培管理

參試材料前一代假球莖高度約為10 cm，於其新生側芽高度約3 cm時進行矮化劑處理，至10月間進行植株性狀調查，在隔年3月間調查其自然開花之特性，1月至8月的栽培管理期間，每週施用液肥1次(Peter's 20 N-20 P₂O₅-20 K₂O)，濃度0.5 gm•L⁻¹，施用量每盆約0.3 公升；夏季時每週使用地下水澆灌1~2次，秋季至冬季為每週1次。

(三)高濃度PP333對春石斛蘭生育試驗(試驗1)

參試材料於2014年3月側芽高度約3 cm時進行矮化劑處理，將90株To My Kids 'Smile'單節扦插苗隨機分成6組，每組15株，分別將其介質施灌濃度為5、10、20、40、80 mg•L⁻¹之巴克素，每盆用量為20 ml，並以澆灌20 ml自來水為對照組。

(四)適量濃度PP333對春石斛蘭植株及開花試驗(試驗2)

試驗於2015年3月進行，將125株To My Kids 'Smile'單節扦插苗隨機分成5組，每組25株，分別將其幼苗施灌濃度為1、2、3、4 mg•L⁻¹之巴克素(依序簡稱為P1、P2、P3、P4處理)，以定量噴壺向新生側芽噴施3 ml藥劑，並以噴施3 ml自來水為對照組，植株自定植後栽培至隔年3月間，調查其自然開花特性。

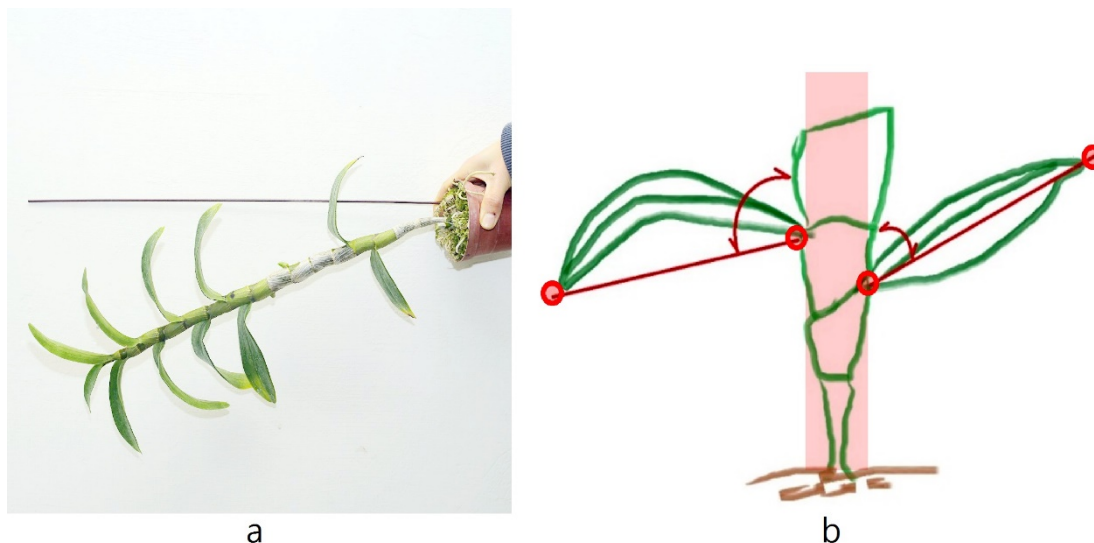
三、調查項目

(一)試驗1調查項目為：株高(假球莖基部至頂端之長度)、節數。

(二)試驗2調查項目為：株高(plant height)、節數(nodes)、各節節長(length of nodes)、各節莖徑(diameter of stem：取較長直徑)、葉長(leaf length)、葉寬(leaf width)、葉長寬比(葉長/葉寬)、葉片捲曲度(leaf recurved angle：葉片基部至葉尖所成直線與假球莖之角度，如圖一b所示)、平置下垂角度(down angle of horizontal pseudobulb：將植株水平橫置3秒後，假球莖偏離原位置的角度，如圖一a所示)、到花日數(days to flowering：處理至植株自然開花之日數)、開花節數(flower node)、開花節位比率(ratio of flowering node：開花節位占全株節位之百分比)、總花朵數(total flower)、花朵橫徑(transverse diam. of flower：頂部向下第1節位以下其中一朵)。其中各節長度因為植株節數不同，因此將其分成3個區段(Zone I-III)進行比較，由假球莖基部起算，第3~6節位(基部以上長度超過1 cm之節位為第1節)定義為 Zone I，末端最後3個節位定義為 Zone III，中間節位則為 Zone II。

四、統計分析

試驗設計採用完全隨機設計(Completely Random Design, CRD)。試驗數據以Microsoft Office Excel 2016版軟體計算與繪圖。以SAS (Statistic Analysis System)套裝軟體進行變方分析(Analysis of Variance, ANOVA)後，以最小顯著差異性(Least Significant Difference, LSD)分析各處理間之差異性(LSD multiple test)，以5%顯著水準作為差異顯著性標準。



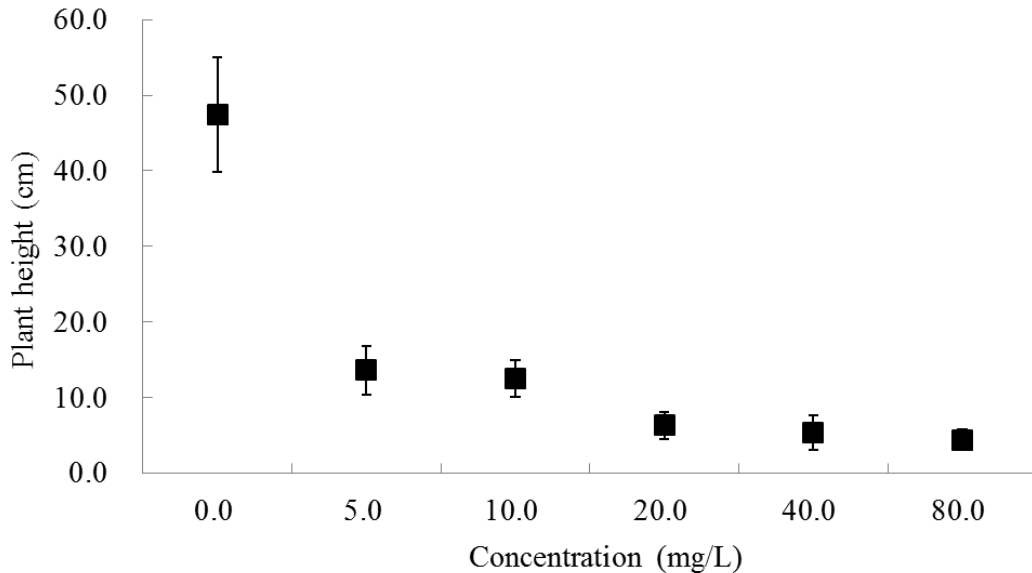
圖一、假球莖平置下垂角度(a)與葉片捲度(b)之測量示意圖

Fig. 1. The measurement methods of (a) Down angle of horizontal pseudobulb and (b) Leaf recurved angle.

結果與討論

一、高濃度PP333施用對春石斛蘭To My Kids ‘Smile’之生育影響

由試驗1可知，PP333最低濃度 $5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 即對春石斛蘭To My Kids ‘Smile’之株高產生顯著的抑制效果(圖二)，其株高由對照組的47.5 cm降低至13.5 cm ($p<0.05$)，濃度 $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 處理組與其相當；而施用濃度達 $20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上之處理組，其株高更受抑制為6.3 cm以下，且植株出現滯育及死亡情形，所有植株於2014年3月栽培至2015年4月，僅對照組開花，其他各處理組均未能開花。因此，以春石斛蘭To My Kids ‘Smile’而言，PP333施用濃度 $20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上會有致死的危害，濃度 $5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 雖無明顯受害，但是株高受抑制達71.4%，而未達商業產品20 cm以上之株高要求，且葉鞘嚴重疊合，未能正常開花，顯示合理的施用濃度應該在 $5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以下。



圖二、春石斛蘭 To My Kids ‘Smile’施用不同濃度 PP333 之株高比較

Fig. 2. Comparison of plant height after treating with different concentrations of PP333 on *Den. To My Kids ‘Smile’*. Bars indicate standard deviation of the means (n=15).

二、低濃度PP333施用對春石斛蘭To My Kids ‘Smile’之生育影響

由試驗2結果指出，PP333 在 $1\sim4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 濃度之處理，植株高度均較對照組顯著降低(圖三及表一)，且各組間之株高表現穩定而差異顯著，表示PP333對春石斛蘭To My Kids ‘Smile’之效果顯著且穩定，不同的施用濃度可穩定的控制株高。惟其低濃度而高效果之抑制結果與過去的研究不同，如菊花及向日葵^(8,9)矮化處理的PP333施用濃度為 $15\sim100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ，聖誕紅⁽⁶⁾為 $8\sim63 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ，而蝴蝶蘭^(12,23)的花莖則為 $40\sim500 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ，顯示欲在春石斛蘭苗期施用PP333，需特別注意低濃度的劑量控制。

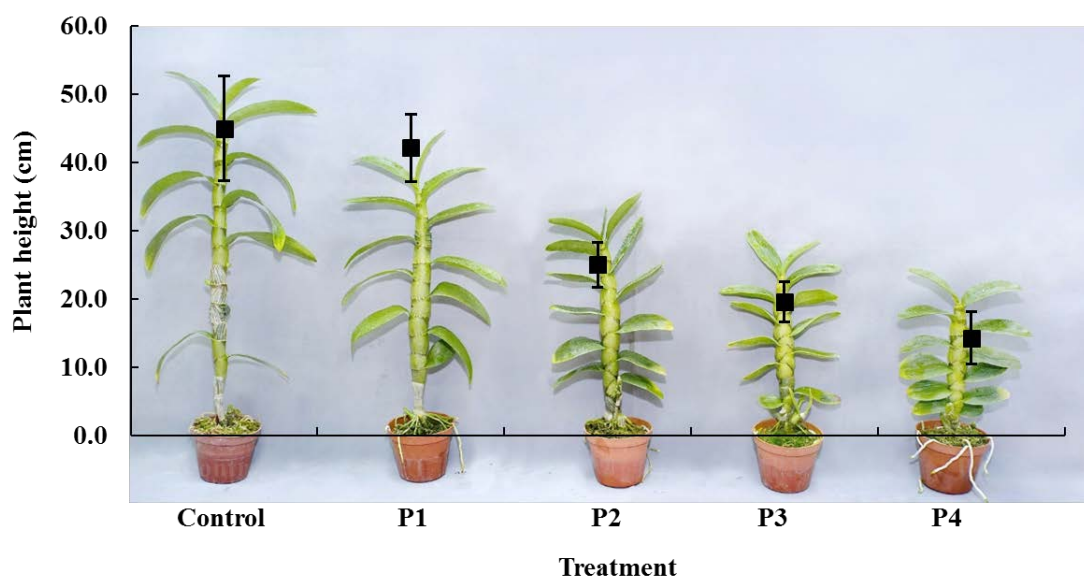

 圖三、春石斛蘭 *To My Kids 'Smile'* 施用低濃度 PP333 之株高比較

Fig. 3. Comparison of plant height after treating with lower concentrations (P1-P4) of PP333 on *Den. To My Kids 'Smile'*. Bars indicate standard deviation of the means (n=25)

 表一、施用低濃度 PP333 對春石斛蘭 *To My Kids 'Smile'* 植株形態之影響

 Table 1. Effect of PP333 concentrations on plant morphology of *Den. To My Kids 'Smile'*

Treatment	Plant height (cm)	Nodes (No.)	Down angle of horizontal pseudobulb (degree)	Leaf recurved angle (degree)	Leaf thickness (mm)
Control	45.0±7.6 a ¹	16.4±0.8 a	38.9±17.0 a	132.9±15.4 a	0.73±0.6 a
P1	42.1±4.9 b	15.8±0.6 a	24.6±5.3 b	113.3±11.8 b	0.86±0.7 a
P2	25.0±3.3 c	14.6±0.7 b	12.8±5.2 c	82.3±10.9 c	0.78±0.7 a
P3	19.6±2.9 d	12.4±0.5 c	9.7±3.1 d	82.5±9.7 c	0.83±0.5 a
P4	14.3±3.8 e	12.4±0.8 c	9.1±2.9 d	79.1±8.3 c	0.74±0.6 a

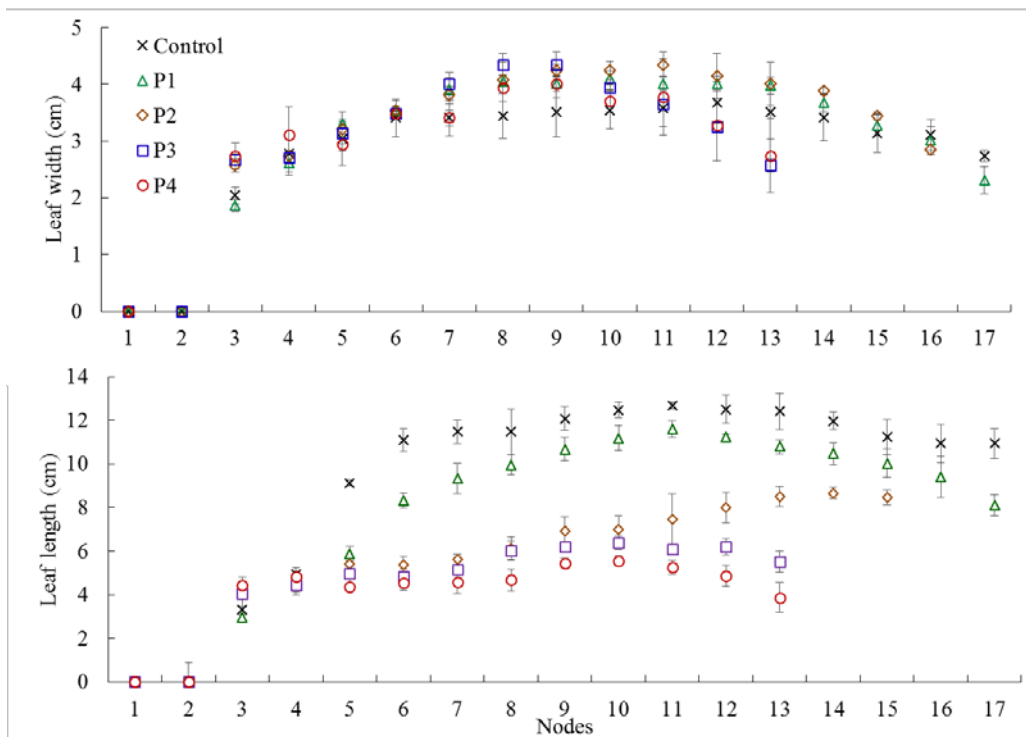
¹ Means in the same column followed by different letter are significantly different at $P \leq 0.05$ by least significant different test.

在植株節數的結果與株高的趨勢相近，隨施用濃度增加而其節數明顯較少(表一)，對照組平均節數為16.4節，P2處理組為14.6節，P3及P4處理組則僅為12.4節，顯示春石斛蘭之假球莖節位數受到PP333的抑制。

植株水平放置時，假球莖平置下垂角度以對照組角度最大，達38.9度，其他各處理組均顯著小於對照組，即以PP333處理之植株較不易下垂，此有助於植株在栽培管理時保持直立性，避免倒伏而減少商業生產時插鐵絲之工序。

葉片的捲曲程度亦隨著PP333施用濃度而顯著的減小，對照組的葉片捲曲度達132.9度，P1處理組為113.3度，其他各處理組則均小於90度，表示春石斛蘭To My Kids 'Smile'的葉片由反捲而下垂的狀態(葉片捲曲度大於90度)，改變為接近水平(葉片捲曲度90度)及上舉的狀態(葉片捲曲度<90度)，有助於提升盆花之觀賞性。至於在葉片厚度的變化上，各處理組與對照組並無顯著差異，表示施用PP333並未如預期增加葉片的厚度。

春石斛蘭To My Kids 'Smile'植株各個節位之葉長與寬的資料顯示，低節位(基部)與高節位(頂梢)之葉片長度與寬度均較小，而中間節位的葉片最為寬大。PP333對春石斛蘭To My Kids 'Smile'之葉片長與寬之影響不同，各處理組及對照組間同一節位之葉片寬度均無顯著差異(圖四)，而第12及13節位之葉寬值雖有顯著差異性，但考量前述在單一植株上由基部至頂梢形態的變化，加上受PP333影響而減少節數的情形，所以P3及P4處理組的頂梢節位(即第12及13節)的葉寬值應該要同對照組及P1、P2處理組的頂梢節位(第16及17節)比較，則此差異性將不復存在。至於葉長的變化，則是自第5節以上即有顯著差異，施用PP333的各處理組葉長明顯較對照組縮短，且施用濃度愈高葉片長度愈短，而P3及P4處理組的頂梢節位即使與對照組及P1、P2處理組的頂梢節位葉片長度相比較，亦明顯較短，表示直到植株最後生長期，於苗株所施用的PP333仍具藥效而能抑制葉片長度。

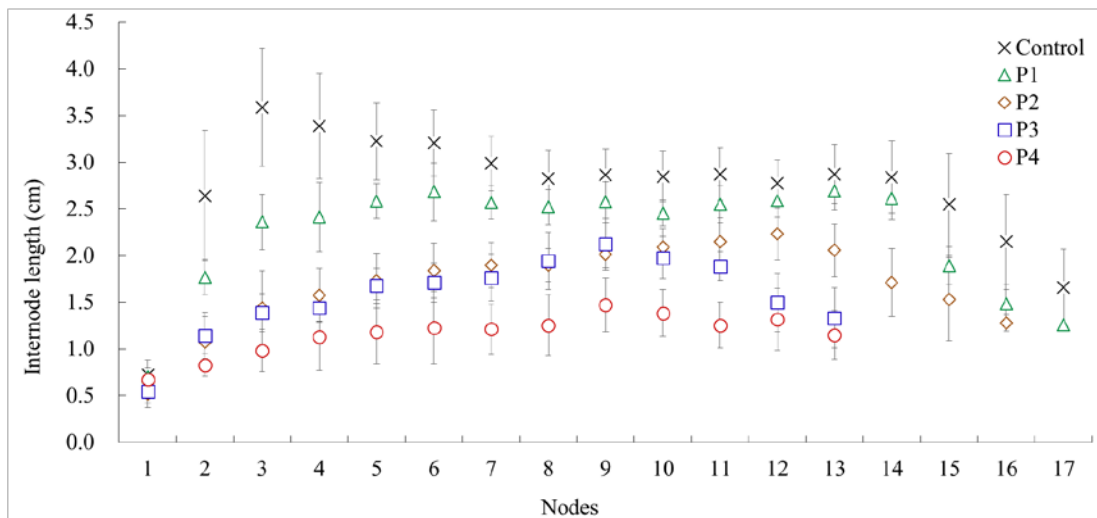


圖四、春石斛蘭 To My Kids 'Smile' 施用 PP333 後各節位之葉長與葉寬之變化

Fig. 4. Changes in leaf length and width in nodes of *Den. To My Kids 'Smile'* after treating with PP333.

Bars indicate standard deviation of the means (n=20)

由春石斛蘭 To My Kids ‘Smile’ 對照組假球莖上各節位之長度變化可知(圖五)，未處理的植株在 Zone I 區(第3~6節位)之節間長度(3.2~3.6 cm)顯著高於其他節位，Zone II 區(中間節位)節間長度都在3.0 cm以下(2.8~3.0 cm)，而 Zone III 區(最後3節位)的節間長度則快速縮短至1.7 cm；P1處理組在 Zone I 節間長度明顯受到抑制，而與 Zone II 的各節間長度相近，P2和P3組 Zone I 區之節間長度短於 Zone II 區的各節，表示在施藥初期受到更強的抑制效果，至於P4組則與P2及P3的結果相似，但各節間長度數值更為短縮，使得 Zone I 至 Zone III 間的節間長度數值趨近一致。



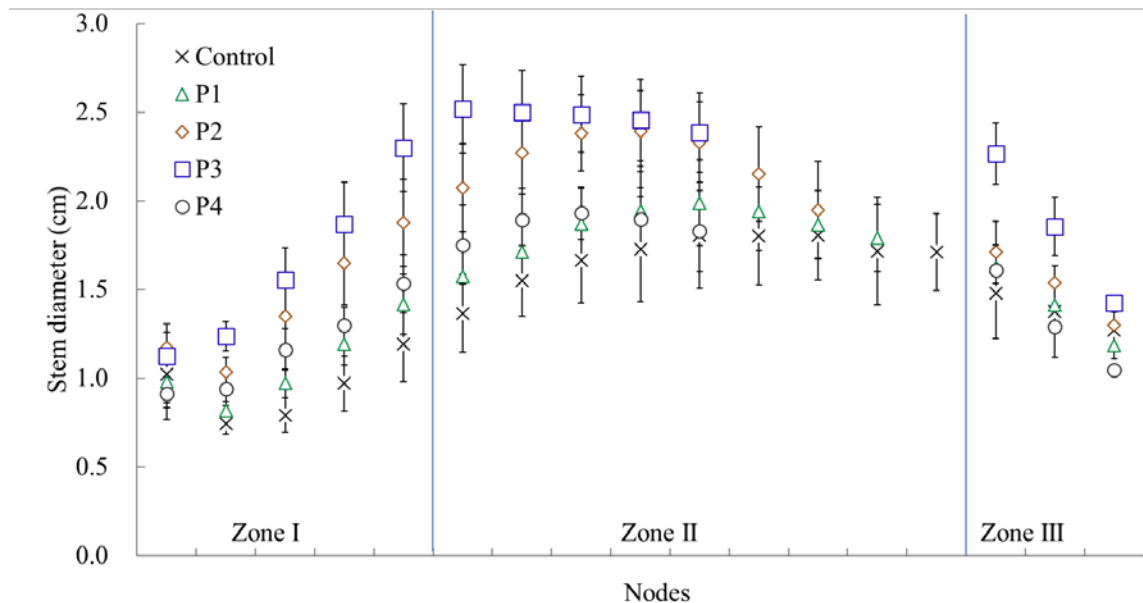
圖五、春石斛蘭 To My Kids ‘Smile’ 施用 PP333 後各節位之節長變化

Fig. 5. Changes in internode length of *Den. To My Kids ‘Smile’* after treating with PP333. Bars indicate standard deviation of the means (n=20)

莖徑之的資料顯示，對照組 Zone I 的各莖徑隨節數漸次增粗(圖六)，但均顯著較 Zone II 的個各節細瘦，Zone III 各節的莖徑隨則是隨節數漸次的愈細，亦較 Zone II 的個各節細瘦，PP333 處理各組在全株莖徑的變化趨勢與對照組相當，但是自植株的第1節開始，處理組的莖徑均顯著較對照組增粗，如對照組第3節徑粗為0.97 cm，P1組為1.19 cm，P2組為1.65 cm，P3組為1.87 cm，P4組為1.30 cm，其兩兩間比較均為顯著差異，表示PP333抑制節間長度，而能提高莖徑粗，且施用濃度相差 $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 即具明顯差別，亦可發現到P4組之莖徑雖然顯著較對照組及P1組為粗，但卻較P2與P3組為細瘦，表示促進莖粗的最佳施用濃度應在3至 $4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 之間。

此外，由植株的營養生育情形可知，各處理組之較高節位的節間長度並未達到與對照組相同的長度，表示PP333對春石斛蘭 To My Kids ‘Smile’ 的藥效期間可能長達7個月以上，因此不利於應用在春石斛蘭特定生長期的短期抑制操作，比如第2至5節的生長期。較高濃度PP333

之施用量，春石斛蘭 To My Kids ‘Smile’ 之總節數減少，而菊、葫蘆竹、宮燈百合等作物並未有此現象^(9,13,14)，可能因葉面積明顯減少且葉片未增厚，造成同化作用能力降低有關。



圖六、春石斛蘭 To My Kids ‘Smile’ 施用 PP333 後各節位之莖徑變化

Fig. 6. Changes in stem diameter of *Den. To My Kids ‘Smile’* after treating with PP333. Bars indicate standard deviation of the means (n=20).

三、施用PP333對春石斛蘭始花時間及開花品質之影響

自施用矮化劑(2015年3月間)至植株第一朵花開放(2016年3月至4月)，各處理間之始花日數具顯著差異，P3處理組之平均始花日數395.4日，遠較對照組的383.8日延後11.6日(表二)，表示施用PP333有延後花期的情形，而P4處理組直到對照組花期結束，均未有植株開花，表示 $4\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的處理濃度會抑制開花。

除了未開花的P4處理組外，其他組之開花節數均值亦達顯著差異，且P1和P2和對照組的開花節數相當，分別為4.0、4.4和4.5個開花節位，遠高於P3組的1.8個節位。其植株總花朵數與開花節位的結果相似，顯示個別處理間每節的花序所著生的花朵數並無差異。然而，若考量各處理下植株之節位數差異，以開花節位比(開花節位數除以全株節位數)而言，則顯示P2處理組的開花節位比為0.29，顯著較對照組及P1、P3處理組為佳，其個別為0.24、0.24及0.14。

另外，其花朵橫徑為6.5~6.8 cm，單花壽命為30.5~35.8日，處理組間並不具差異性。因此，整體而言P2處理組植株的開花表現最佳(圖七)。

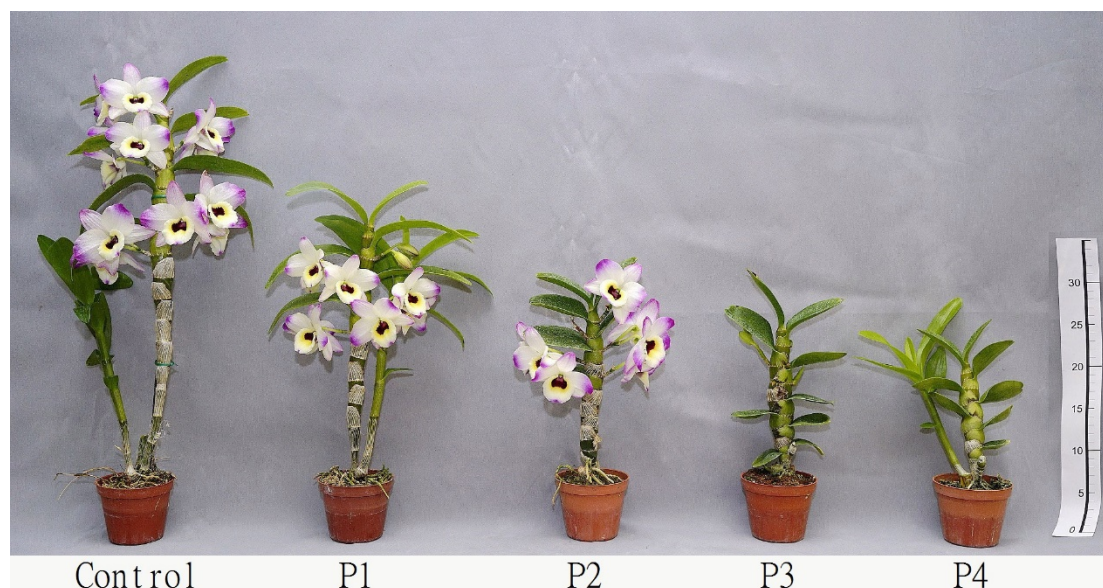
此外，由圖三各處理植株之節間長度與葉鞘的相對位置可知，施用PP333濃度3及4 mg•L⁻¹處理，其節間已過度矮化而造成葉鞘重疊畸形，而圖四亦可發現濃度2 mg•L⁻¹處理組的節間長度較短，致使花朵伸展空間不足而有重疊的情形，不利於盆花之展現，故推論以3 ml施用量而言，1至2 mg•L⁻¹為較佳之施用濃度。

表二、施用低濃度 PP333 對春石斛蘭 To My Kids ‘Smile’ 開花之影響

Table 2. Effect of PP333 concentrations on flowering characters of *Den. To My Kids ‘Smile’*

Treatment	Days to flowering (days)	Flowering node (No.)	Total flower (No.)	Ratio of flowering node	Transverse Diam. of flower (cm)
Control	383.8±7.7 a ¹	4.5±0.9 a	12.0±2.8 a	0.24±0.05 b	6.8±0.4 a
P1	389.6±8.6 ab	4.0±0.8 a	10.3±1.7 a	0.24±0.04 b	6.7±0.3 a
P2	391.0±5.8 b	4.4±0.7 a	10.5±1.4 a	0.29±0.06 a	6.5±0.3 a
P3	395.4±9.8 c	1.8±0.5 b	3.3±1.9 b	0.14±0.05 c	6.6±0.5 a
P4	-	-	-	-	-

¹ Means in the same column followed by different letter are significantly different at $P \leq 0.05$ by least significant different test.



圖七、春石斛蘭 To My Kids ‘Smile’ 施用 PP333 後植株開花比較

Fig. 7. Changes in flower after treating with PP333 on *Den. To My Kids ‘Smile’*

結 論

- 一、春石斛蘭To My Kids 'Smile'對矮化劑PP333濃度敏感，施用濃度達 $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 會發生致死情形，而使用劑量3 ml，濃度 $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以上即具有抑制株高與節間長度、減少植株平置下垂角度、增加Zone I區假球莖直徑、提高葉長寬比、提高葉片上舉(葉反捲角度較小)之效果。
- 二、幼苗期施用PP333濃度1或 $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ，劑量3 ml，可以增加假球莖基部第2至6節之莖徑，使植株平置下垂角度減少36.7%以上，具有增加假球莖支持強度而抗倒伏之效果，應可運用於免除插鐵絲之栽培作業。
- 三、幼苗期施用PP333會延長植株始花時間，但 $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 劑量3 ml的施用量，其花朵數、花朵大小及單花壽命並未較對照組衰減，相反的因為假球莖總數較少，而開花節位未減少，所以開花節位占全株比例較對照組佳。

參考文獻

1. 小西國義、今西英雄、五井正憲 1998 デンドロビウム p.248-261 花卉の開花調節 株式会社養賢堂 東京 日本。
2. 王寅東、T. W. Starman、R. G. Bichsel、顏永婷、林敏 2010 從學術研究與實際應用的角度探討春石斛蘭商業盆花生產 生活蘭藝 58: 46-60。
3. 市橋正一、蔡嫻婷 2011 日本之春石斛蘭花產業及基礎生理研究 植物種苗 13(3): 1-18。
4. 吳安娜 2010 巴克素及萘乙酸處理對盆栽玉蘭花生育與開花之影響 桃園區農業改良場研究彙報 67: 1-8。
5. 東京都中央卸売市場 市場取引情報 2014 <http://www.shijou.metro.tokyo.jp/>。
6. 張育森、沈再木、侯清利 1994 生長調節劑在花卉栽培上之應用 台灣花卉園藝月刊 86: 58-62。
7. 許嘉錦 2016 春石斛蘭之育種及消費市場趨勢 台灣蘭花 23: 34-37。
8. 郭能禎、李晔 2004 PP-333於向日葵盆花矮化栽培之應用 臺灣花卉園藝 190: 44-48。
9. 陳耀煌、王裕權、張元聰、王仕賢 2005 數種生長抑制劑對多花菊植株生育之影響 臺南區農業改良場研究彙報 46: 45-54。
10. 黃秀真、黎仲軒、蘇曄婷、簡嘉維 2009 利用矮化劑處理生產高品質的銀柳盆栽 宜蘭大學農業推廣季刊 49: 1-6。
11. 黃敏展 1988 矮化劑在花卉之應用 p.141-159 植物生長調節劑在園藝作物之應用研討會專集 臺中區農業改良場特刊第12號。
12. 葉育哲、蔡月夏 2013 噴施生長抑制劑paclobutrazol對蝴蝶蘭花序生長之影響 花蓮區農業改良場研究彙報 31: 33-41。

13. 廖宇賡、謝佳玲 2006 施用巴克素對葫蘆竹營養生長性狀之影響 臺灣林業科學 21(4): 567-573。
14. 劉明宗、何陽修、陳駿季、蕭吉雄、李珣 2003 巴克素與種球切斷處理對宮燈百合盆植高度之影響 中國園藝 49(4): 329-334。
15. 魏芳明 2011 春石斛蘭研究現況與展望 農業試驗所特刊第154號 p.63-70。
16. Cathy, H. M. and H. E. Heggestad. 1973. Effect of growth retardants and fumigations with ozone and sulfur dioxide on growth and flowering of *Euphorbia pulcherrima*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98:3-7.
17. Dasoju, S., M. R. Evans and B. E. Whipker. 1998. Paclobutrazol drenches control growth of potted sunflowers. Department of Horticulture, Iowa State University, Ames, IA 50011-1100, USA. Horttechnology, 8(2): 235-237.
18. Hedden, P. and J. E. Graebe. 1985. Inhibition of gibberellin biosynthesis by paclobutrazol in cell-free homogenates of *Cucurbita maxima* endosperm and *Malus pumila* embryos. J. Plant Growth Regul. 4:111-122.
19. Krauskopf, D. M. and P. V. Nelson. 1976. Chemical height control of ‘Reiger Elatior’ begonia. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101: 618-619.
20. Lapornik, K. H. 2014 Orchid production and marketing in the EU p. 25-29 Bloom-Taiwan orchid talks Taiwan Orchid Growers Association Tainan, Taiwan.
21. Menhenett, R. 1984. Comparison of a new triazole retardant paclobutrazol with ancymidol, chlorphonium chloride, daminozide and piproctanyl bromide on stem extension and inflorescence development in chrysanthemum. Scientia Hort. 24: 349-358.
22. Wang, Y. T. and T. Y. Hsu. 1994. Flowering and growth of Phalaenopsis orchids following growth retardant applications. HortScience 29: 285-288.

Effects of Paclobutrazol on Growth and Flowering of *Dendrobium* To My Kids ‘Smile’¹

Chia-Chin Hsu²

ABSTRACT

One of the major problems of in high quality nobile-type dendrobium pot flower production is overgrowth of basal nodes. In this study, different concentration of PP333 solutions were applied to the variety To My Kid ‘Smile’ to investigate the effects on subsequent growth and flowering. The results showed that application of PP333 at concentration higher than $20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ would be lethal, concentration higher than $1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ could effectively reduce plant height, length of internodes, the stalk drooping degree when placed horizontally, and reduce the recurved angle of leaves. While the diameter of stems at basal nodes and the length/width ratio of leaves were increased. When spraying 3 ml of PP333 at concentrations of 1 or $2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, the diameter of basal 2nd-6th nodes were increased from 7.9-15.5 mm in the control to 9.7-25.5 mm in the treatments. When treated plants were placed horizontally, the stalk drooping degree was also reduced by 36.7% compared to the control. The flowering time of plants were delayed by 5.8-7.2 days, with no adverse effects on total number of flowers, size and longevity of individual flowers. The proportion of flowering nodes of total plants was increased from 24% in the control to 29% in PP333 treatments.

Key words: nobile-type dendrobium, paclobutrazol, pseudobulb, flowering

¹ Contribution No. 0921 from Taichung DARES, COA.

² Assistant Researcher of Taichung DARES, COA.

不同米穀配方對高脂高膽固醇飲食 所誘導倉鼠高脂血症之影響¹

陳容蓉²、陳裕星³、陳怡伶⁴

摘 要

稻米為國人主食，雖然糙米營養價值高於白米，但因食味不若白米，國人仍以食用白米為主。糙米碾下之米糠亦尚未廣泛利用，應可開發為營養強化之加工米穀粉，以增加營養價值，並促進國產加工米穀食品之消費。本研究利用糙米及添加米糠之糙米，透過擠壓膨發熟化米穀粉，探討此加工產品對於以高脂飲食誘導高脂血症倉鼠之影響，以了解添加米糠於加工米穀粉產品之保健潛力。糙米選用本場栽培的台中秈10號及外加米糠作為調節血脂動物實驗之材料，實驗動物分為控制組、高脂高膽固醇飼料組及試驗組取代20%高脂飼料，2組試驗組分別為100%糙米粉或添加30%米糠之糙米穀粉，飼料均調整使具有等量的碳水化合物、蛋白質及脂肪。各組動物餵食8週後犧牲進行檢驗分析，結果顯示，70%糙米+30%米糠的攝取可較高血脂飼料組降低倉鼠的體重、腹部及副睪周圍脂肪組織重量；添加米糠組動物之肝臟總膽固醇(TC)及三酸甘油酯(TG)濃度亦低於高脂飼料組；餵食100%糙米則可增加倉鼠血中高密度脂蛋白膽固醇(HDL-C)之濃度，以及降低動脈粥狀硬化指數(Atherogenic coefficient, AI)。綜上所述，不論是餵食100%糙米及70%糙米+30%米糠，皆有改善及調節倉鼠高脂血症的效果。

關鍵詞：糙米、米糠、膳食纖維、高脂血症

前 言

由於生活型態的靜態化及飲食習慣的西化，使人們攝取過多能量卻減少熱量的消耗，導致肥胖症的產生；另有研究指出，睡眠不足、環境溫度變化減少、人種和人群年齡結構的重新分布，以及晚育等，會導致肥胖症發病率和患病率增高⁽⁶⁾。根據衛生福利部公布之2013~2014年「國民營養健康狀況變遷調查」統計⁽¹⁾，我國成人過重及肥胖盛行率已達43%，其中男性比率為48.9%、女性為38.3%，國人過重和肥胖之比率與世界肥胖聯盟(World Obesity Federation, 2013)資料比較，我國成年男性及兒童肥胖比率皆為亞洲之冠，顯示肥胖在臺灣已成為嚴重之問題。肥胖會導致高脂血症、糖尿病、癌症、心血管疾病、非酒精性脂肪肝、骨關節炎、阻

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0922 號。

² 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究助理。

³ 行政院農業委員會臺中區農業改良場副研究員、通訊作者。

⁴ 薌園生技股份有限公司營養師。

塞型睡眠呼吸中止症等疾病，故目前亦成為全球關注之健康議題⁽⁶⁾。要改善肥胖，一般除了體育鍛煉外，研究顯示透過調整飲食如多攝食全穀食品，提高膳食纖維攝取量可改善民眾之三高症狀，故衛福部國民健康署呼籲國人要多食用全穀食品。

根據衛生福利部國民健康署在2012年公佈「每日飲食指南」顯示，全穀食品之每日攝取量應達200 g。全穀是指小麥、玉米、稻米、燕麥、大麥、粟米等各種穀物中全部可食用的部分，由麩皮、胚乳和胚芽等3部分組成。全穀類食物的主要營養成分包括：(1)澱粉：澱粉分為直鏈澱粉與支鏈澱粉，消化分解後直接產生葡萄糖作為能量來源。(2)蛋白質：在全穀中大約含有10~15%的蛋白質，主要為種子貯存蛋白。(3)不飽和脂肪酸：主要包括油酸和亞油酸等，約佔穀物油脂的75%。(4) B群維生素：穀類的麩皮和胚芽中富含維生素B2，全穀類或粗加工穀類食物中，有效保存了B群維生素；而過度加工的糧穀類可損失70%以上的B群維生素。(5)抗氧化成分：包括生育醇、硒等。(6)植物化學成分：包括植物雌激素、酚類化合物等。(7)膳食纖維(Dietary Fiber)：可分為水溶性膳食纖維(Soluble dietary fiber, SDF)及非水溶性膳食纖維(Insoluble dietary fiber, 或稱粗纖維)。研究指出全穀食品有助於人體調節血糖血脂及降膽固醇，此外，直鏈澱粉含量較高之稻米，推測其中含有較高抗性澱粉含量，有助於餐後血糖值的穩定，且直鏈澱粉與膳食纖維含量和GI值為負相關。

不同品種的糙米、胚芽米與白米的熱量相當接近，但糙米所含的維生素、礦物質及膳食纖維等營養成分卻遠高過白米(表一)。雖然一般將糙米及白米列為高GI食物⁽⁸⁾，Panlasigui氏等⁽⁹⁾以健康志願者及糖尿病患者進行人體試驗，分別提供白米或糙米交叉測定餐後血糖值，發現健康者及糖尿病患者食用糙米的餐後血糖值比白米可分別降低12.1%及35.6%。而依據Sun氏等之2010年報告⁽¹⁵⁾，分析197,228位美國民眾飲食習慣與健康風險，結果顯示每週攝取糙米5次以上者，發展第二型糖尿病風險的機會顯著低於每個月攝取糙米低於1次者，若對比每週攝取白米5次以上者，可以降低發生糖尿病風險達16%。糙米優於白米的保健效果可能來自於植酸、多酚、膳食纖維、生育醇(tocopherols, tocotrienols)、穀維素(oryzanol)，以及烹調時間造成的澱粉膠體變化所致^(3,4,9,11)。

米糠含有豐富的營養成分，具有開發為健康食品的潛力⁽¹⁴⁾。Hundemer 氏等⁽⁴⁾以等量不同來源的膳食纖維，包括米糠、燕麥、大麥麩皮及黃豆等，比較其降血脂效果，發現米糠可以顯著降低血漿及肝臟的膽固醇。Kim氏等⁽⁷⁾以40%安定化米糠添加到飼料中，對於高脂誘導肥胖的小鼠可以減重、降血糖，脂肪組織的抗氧化酵素也較高。Justo氏等⁽⁵⁾添加1%的米糠萃取物到飼料中，可以降低高脂飼料導致脂肪組織的發炎，調降IL-6、IL1 β 發炎基因表現，回復PPAR- γ 和脂聯素(Adiponectin)的濃度到健康個體的水準。高脂飲食中添加5%的米糠萃取物，也可以調降TG、TC，減少動脈細胞凋亡基因的表現⁽¹²⁾。Gerhart氏等⁽²⁾針對高膽固醇志願者進行人體臨床試驗，在每日飲食中添加84 g的安定化米糠加工食品，發現可以降血脂。

一般認為米糠可以降血脂的成分主要是米糠的油脂，約占12~23%的重量百分比，油脂中無法皂化的成分，包括有生育醇(tocopherols, tocotrienols)、米糠醇(oryzanol)、植物固醇等，約佔米糠總重的4.2%⁽¹⁴⁾，都是可以調節血脂的成分，並且使用脫脂米糠無法降血脂，但用米

糠油則可以⁽¹¹⁾。其次，一般認為可溶性膳食纖維可以吸附膽鹽(bile salt)，使之無法結合膽固醇再吸收回體內，結果會促進體內低密度脂蛋白膽固醇分解，達到調節血脂的功能^(2,4)。調查亦顯示在日常生活中，多攝取膳食纖維可以減少內臟脂肪堆積，並且為負相關⁽¹⁰⁾。由於米糠中脂解酶(lipase)活性相當高，會將米糠中油脂分解為游離脂肪酸，糙米在碾下米糠後，需在數小時內進行安定化處理⁽¹³⁾，產業上可用擠壓膨發機加熱(extrusion cooking)或微波安定化。

表一、糙米、胚芽米、白米及米糠之一般組成分*

Table 1. Proximate composition of brown rice, germ rice, white rice and rice bran*

Compositions	Per 100g	Brown rice, indica variety	TCS- 10 germ rice	TCS-10 white rice	Rice bran
Calorie	kcal	352	357	357	316.0
Moisture	g	14.4	12.3	13.0	12.0
Protein	g	7.3	8.3	7.4	15.0-18.0
Fat	g	3.2	2.1	0.7	12.0-23.0
Saturated fat	g	0.8	0.5	0.3	3.2-4.0
Ash	g	1.5	1.3	0.4	7.0-8.0
Total carbohydrate	g	73.6	76.1	78.5	50.0
Dietary fiber	g	3.3	2.8	0.6	6-14.4
Total vitamin E	mg	1.11	1.73	0.16	4.9

* The nutritional value of brown rice, germ rice and white rice are cited from Nutrition database of Taiwan, Ministry of Health and Welfare. Nutritional value of rice bran is from Saunders⁽¹⁴⁾.

本研究依據衛福部建立之糙米、胚芽米及米糠的營養成分資料(表一)為基礎，以糙米及額外添加米糠的糙米穀粉，介入取代高脂飲食組成內之corn starch，並依穀物的成分調整飼料配方為等熱量及等營養的飲食組，探討不同米穀配方對改善高脂高膽固醇誘導倉鼠高脂血症的影響，以及應用國產糙米、米糠開發調節血脂保健加工食品之可能性。

材料與方法

一、糙米及米糠原料

本研究糙米原料以本場栽培的台中秈10號為主，米糠原料為國姓鄉之有機冷泉米米糠(台梗9號)，碾製後米糠原料冷藏保存寄至本場，再以熱擠壓膨發方式安定化，使用儀器為國產新迪牌SDR-1型單軸式擠壓機，儀器設定條件為溫度130℃、進料速度20~25 rpm及擠壓轉速50 rpm。

加工米穀粉之製作先將糙米原料以旋風式粉碎機粉碎至小於20 mesh，加水調濕至18%水分含量後，以上述擠壓膨發加工條件熟化，之後再磨成60 mesh以下粉末提供做為動物試驗飼料部分取代使用。糙米添加米糠組則將熟化之糙米及米糠以7:3之比例混合，添加入飼料中取代20%高脂飼料。

二、動物試驗

本研究之倉鼠調節血脂實驗部分委外至台北醫學大學進行試驗。實驗動物分為

A.控制組，以AIN-76為基礎之正常飲食。

B.高脂/高膽固醇飲食組(high fat/high cholesterol Diet, HFD)。

C.HFD含100%糙米台中秈10號飲食組，取代20%高脂飼料。

D.HFD含70%糙米台中秈10號+30%米糠飲食組，取代20%高脂飼料。

倉鼠分為4組，每組10隻動物，開始餵予以AIN-76為基礎的不同實驗飲食，各組飲食配方如表二所示，樣品的介入取代20%高脂飲食組成，並依樣品的成分調整為等熱量的飲食組成並維持等量三大營養素(醣類、蛋白質、脂肪)，並提供等量的微量營養素(礦物質及維他命)，各組營養成分差異主要為碳水化合物種類及纖維素。

實驗為期八週，在第八週以Zoletil 80 mg/kg 腹腔注射麻醉，採集腹腔動脈血液後犧牲並取肝臟、腎臟、腹部及副睪脂肪組織進行秤重，並將肝臟組織儲存於-80℃待之後分析。檢測項目包含血清生化分析(血清三酸甘油酯、總膽固醇、高密度脂蛋白膽固醇以及低密度脂蛋白膽固醇)、血清LDL分析、肝臟及糞便之三酸甘油酯及總膽固醇測定。因LDL-C/HDL-C的相對數值較個別絕對數值與心血管疾病的發生率呈現較顯著的正相關性，因此LDL-C/HDL-C的比值與動脈粥狀硬化指數 (Atherogenic coefficient, AI)=(TC-HDL)/(HDL)的影響亦被分析。

表二、實驗高脂高膽固醇飲食組成

Table 2. Compositions of experimental high fat/high cholesterol diet

Ingredients (g/kg dietary weight)	A		B		C		D	
	Control		High fat diet		Brown rice		Brown rice:Rice bran (7:3)	
	g	Kcal	g	Kcal	g	Kcal	g	Kcal
Casein	200	800	200	800	185	738	166	664
Corn oil	50	450	30	270	30	270	30	270
Lard	-	-	150	1350	146	1310	133	1193
Cholesterol	-	-	10	90	10	90	10	90
Corn starch	350	1400	210	840	59	236	73	293
Sucrose	300	1200	300	1200	300	1200	300	1200
Cellulose	50	-	50	-	48	-	45	-
Mineral mix	35	-	35	-	35	-	35	-
Vitamin mix	10	-	10	-	10	-	10	-
Methionine	3	-	3	-	3	-	3	-
Choline bitartrate	2	-	2	-	2	-	2	-
Brown rice	-	-	-	-	200	-	140	-
Rice bran	-	-	-	-	-	-	60	-
Total	1000	3850	1000	4550	1028	4550	1007	4550

三、統計分析

使用SPSS Statistic 19.0版本軟體，以Student's t test分析控制組及高脂飲食組之結果差異；以單因子變異數分析(One-way analysis of variance, ANOVA)分析高脂飲食組間不同飲食介入之影響，並以LSD (Fisher Least Significant Difference)進行事後檢定。所有數值以mean±SD表示， $p < 0.05$ 表示具有統計上意義。

結果與討論

一、不同米穀配方之熱量與膳食纖維含量

稻穀去殼後之糙米，由米糠層、胚及胚乳構成，熱量為352 kcal (表一)。雖然米糠層含油脂高於胚乳，但是膳食纖維含量也高，因此整體熱量為每百公克316 kcal，但營養成分及熱量會因糙米精白碾磨程度而異。本試驗以70%糙米混合30%米糠，熱量為每百公克341 kcal，膳食纖維含量依表一數值以14%計算為6.5%。依規定一般食品若標示「高纖」或「富含膳食纖維」，每100 g固體食品所含膳食纖維必須達到或超過6 g，以「含有膳食纖維」為營養宣稱時，每100 g固體食品必須達到或超過3 g，本試驗所用之比例配方可宣稱為高纖食品。

二、不同米穀配方對於倉鼠體重、攝食量及組織重量之影響

為了解不同米穀配方對於動物體重及一般健康的影響，本試驗以AIN-76飼料為主，以糙米或糙米+米糠組取代20%的高脂飼料，並將蛋白質、脂肪及澱粉等三大營養素調整為相同，使飼料營養成分及熱量接近以利比較(表二)。於實驗期間每週記錄體重及攝食量之變化(表三)，並於試驗結束後犧牲動物比較體重、攝食量與組織器官重量。實驗初期，各組間體重並無顯著差異，但在餵食樣品八週後，高脂飲食組動物之體重顯著高於正常飲食組動物，餵食糙米組及糙米+米糠組之動物又顯著低於高脂飲食組。各組間之平均攝食量雖無顯著差異，但實驗組有減少攝食的趨勢，推測糙米及糙米+米糠組減少體重之因素包括減少食物攝取及降低食物利用率(Feed efficiency)，最後糙米+米糠組的動物體重變化率(20.61%)與控制組(20.42%)不相上下(表三)。

在臟器重量部分，與正常飲食組相比，高脂飲食組皆造成顯著較高的絕對及相對肝臟重量，較高的副睪脂肪與總脂肪重量，以及顯著較低之腎臟相對重量(表三)。不同的米穀配方與高脂高膽固醇飼料組相比，則顯著減少腎臟絕對重量，對於肝臟、腹部及副睪周圍脂肪的絕對重量也有減少的效果，但是皆未達顯著水準。整體而言，高脂飼料顯著增加肝臟重量，目前所提供的糙米及糙米+米糠飼料劑量，並無法改變形成脂肪肝的結果，解剖之動物皆呈現明顯的脂肪肝(圖一)。

三、不同米穀配方對於倉鼠血液脂質之影響

在血液脂質方面，與一般正常組相比，高脂飲食組對於血中三酸甘油酯(TG)並無顯著影響，但血漿總膽固醇(TC)、低密度脂蛋白膽固醇(LDL-C)及高密度脂蛋白膽固醇(HDL-C)皆顯著增加(表四)。餵食100%糙米組與高脂飲食組相比可顯著增加血液HDL-C濃度，但是TG、TC

及LDL-C並無顯著差異。較為意外的是糙米+米糠組各項血液脂質數據與高脂飼料組皆無顯著差異，同時血漿TG比高脂飼料組增加約50%，推測原因可能為所用的米糠原料，雖然在碾米後即冷藏保存，但是並未立即安定化，使其中的游離脂肪酸增加，在本場相關研究中發現，新鮮碾製的米糠油脂，其酸價大約為7~10 mg KOH/g，若未立即加以安定化，在4℃冷藏過程中，會逐漸增加到約200 mg KOH/g。本次試驗並未妥善控制米糠品質，可能因為貯存期間酵素作用增加游離脂肪酸，使本試驗倉鼠血漿三酸甘油脂高於高脂飼料組。

表三、不同米穀配方對高脂高膽固醇飲食誘導倉鼠體重、攝食量及臟器重量之影響

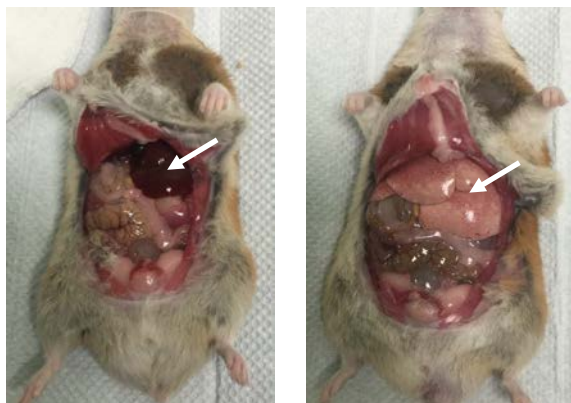
Table 3. Effects of different rice formulations on body weight, food intake, and visceral organ weights in high fat/high cholesterol-induced hamsters

Group	A	B	C	D
Body weight				
Initial (g)	101.23 ± 9.92	107.59±11.75	102.41 ± 11.38	102.32 ± 8.02
End (g)	121.36 ± 7.00	136.64 ± 9.06*	126.77 ± 12.36 [#]	123.23 ± 9.09 [#]
Change (%)	20.42 ± 7.44	27.76 ± 9.75*	24.32 ± 10.32	20.61 ± 6.52 [#]
Food intake				
g/wk/hamster	57.31 ± 6.85	48.27 ±8.97	47.46 ± 7.68	44.11 ± 4.59
Feed efficiency (%)	35.63	57.51	51.24	46.72
Liver weight				
End (g)	5.15 ± 0.82	9.88 ± 0.68*	9.54 ± 0.82	9.49 ± 1.00
% of BW	4.24 ± 0.63	7.24 ± 0.44*	7.55 ± 0.60	7.70 ± 0.55
Kidney weight				
End (g)	1.15 ± 0.08	1.13±0.07	1.02 ± 0.08 [#]	0.97 ± 0.06 [#]
% of BW	0.95 ± 0.07	0.83 ±0.05*	0.81 ± 0.04	0.79 ± 0.06
Abdominal fat weight				
End (g)	1.33 ± 0.22	1.70±0.41	1.53 ± 0.54	1.50 ± 0.39
% of BW	1.09 ± 0.14	1.24±0.25	1.18 ± 0.33	1.21 ± 0.26
% total fat	35.96 ± 3.33	36.32±3.32	35.06 ± 4.29	37.51 ± 3.37
Epididymal fat weight				
End (g)	2.37 ± 0.36	2.94 ±0.46*	2.74 ± 0.51	2.47 ± 0.41
% of BW	1.95 ± 0.20	2.15±0.28	2.14 ± 0.22	1.99 ± 0.21
% total fat	64.04 ± 3.33	63.68±3.32	64.94 ± 4.29	62.49 ± 3.37
Total fat weight				
End (g)	3.70 ± 0.52	4.65±0.83*	4.27 ± 1.03	3.97 ± 0.77
% of BW	3.04 ± 0.27	3.39±0.49	3.33 ± 0.52	3.20 ± 0.45

* Statistically significant difference between control (A) and high-fat control (B) at p<0.05.

[#] Statistically significant difference between high-fat control (B) and treated groups at p<0.05.

Value are expressed as mean ± SD (n=10).



圖一、高脂飼料造成倉鼠脂肪肝現象，圖中箭號所指處為肝臟。控制組倉鼠(左)肝臟呈暗紅色，高脂飼料組倉鼠(右)肝臟則呈淡粉色脂肪肝。

Fig. 1. High fat diet resulted in fatty liver in hamsters. Livers (indicated by arrow) of hamsters were dark red in control diet (left) and showed pinky fatty liver in high fat diet (right).

對於LDL-C/HDL-C的比值與動脈粥狀硬化指數(Atherogenic coefficient, AI)分析結果顯示，高脂飲食組與正常飲食組相比顯著增加，顯示高脂飲食會增加罹患心血管疾病及動脈粥狀硬化之風險。然而餵食100%糙米組可顯著增加高密度脂蛋白膽固醇，降低AI指數，具有降低動脈粥狀硬化風險之潛力。

表四、不同米穀配方對高脂高膽固醇誘導倉鼠血脂質之影響

Table 4. Effects of different rice formulations on serum lipid in high fat/high cholesterol-induced hamsters

	A	B	C	D
Triglyceride (mg/dl)	186.91 ± 76.79	212.55 ± 62.02	261.09 ± 84.72	308.82 ± 75.42
Total cholesterol(μg/dl)	145.55 ± 14.22	387.45 ± 17.48*	399.36 ± 63.74	424.18 ± 54.66
HDL-c (mg/dl)	94.05 ± 12.13	121.59 ± 12.37*	141.31 ± 10.75 [#]	129.19 ± 16.57
LDL-c (mg/dl)	10.51 ± 1.95	56.56 ± 12.28*	53.27 ± 19.11	59.95 ± 16.85
LDL-c/HDL-c	0.11 ± 0.02	0.48 ± 0.14*	0.38 ± 0.13	0.46 ± 0.11
Atherogenic coefficient (AI)	0.56 ± 0.13	2.22 ± 0.43*	1.83 ± 0.42 [#]	2.29 ± 0.30

* Statistically significant difference between control (A) and high-fat control (B) at $p < 0.05$.

[#] Statistically significant difference between high-fat control (B) and treated groups at $p < 0.05$.

四、不同米穀配方對於倉鼠肝臟及糞便脂肪之影響

餵食老鼠高脂飼料八週後，其肝臟中TG及TC之含量與正常飲食組相比有顯著增加的趨勢(表五)，餵食糙米組其肝臟TC、TG改變並不明顯，但是糞便TG增加。而餵食糙米+米糠組飼料可降低肝臟TG之濃度，顯著降低肝臟內的脂質含量，但是糞便中TC及TG之含量也較少。

表五、不同米穀配方對高脂高膽固醇誘導倉鼠肝臟及糞便脂肪之影響

Table 5. Effects of different rice formulations on lipid of liver and feces in high fat/high cholesterol-induced hamsters

	A	B	C	D
Liver				
Total cholesterol ($\mu\text{g/g}$)	198.0 $\pm$ 118.1	690.4 $\pm$ 260.5*	750.4 $\pm$ 306.1	511.0 $\pm$ 275.1
Triglyceride ($\mu\text{g/g}$)	675.7 $\pm$ 172.9	1099.5 $\pm$ 239.3*	1063.2 $\pm$ 162.7	471.6 $\pm$ 72.6 [#]
Feces				
Total cholesterol ($\mu\text{g/g}$)	97.2 $\pm$ 48.3	235.2 $\pm$ 71.2*	216.9 $\pm$ 40.5	96.4 $\pm$ 43.1 [#]
Triglyceride (mg/g)	192.0 $\pm$ 96.8	540.1 $\pm$ 217.2*	746.1 $\pm$ 411.0	229.1 $\pm$ 128.0 [#]

* Statistically significant difference between control (A) and high-fat control (B) at $p < 0.05$.[#] Statistically significant difference between high-fat control (B) and treated groups at $p < 0.05$.Value are expressed as mean $\pm$ SD (n=10).

攝取高脂飲食會導致肝臟脂肪的累積，進而導致脂肪肝的形成，因此若可減少肝臟中脂肪的含量，其生成脂肪肝的機率也會降低。一般認為高纖飲食可吸附脂質並排出於糞便中，與降低血脂有關連性^(4,7,10)，從本試驗結果觀察，僅糙米組可增加糞便TG，糙米+米糠組的動物糞便TC與TG皆顯著低於高脂飼料組，推測本處理組食物中的TC與TG在腸道中即被吸收回體內。

在前人的研究中，為了瞭解糙米、米糠對動物或人類健康的效益，通常添加相當高含量的米糠加工食品，例如Kim氏等的小鼠試驗，添加40%的米糠⁽⁷⁾取代高脂飼料，Gerhardt氏等的人體試驗中，則提供每日攝取84 g的米糠加工食品⁽²⁾，相當於每日以米糠取代16.8%的食物，在日常生活中較不容易實現。本研究中，以70%糙米+30%米糠取代20%飼料，相當於每日攝取食品中含6%的米糠，是較為可行的劑量。但是此劑量於本研究中，只有部分達到顯著改善血脂的目的。此外，本研究中所使用之米糠雖經過安定化才用於倉鼠飼料，但是並未檢測分析其品質，推測在運送及暫時貯存過程中，已經產生相當可觀的游離脂肪酸，未來需要再將米糠品質做更完善的管控。

綜合以上結果，倉鼠攝食100%糙米比高脂飼料組可以顯著減少體重、增加高密度脂蛋白膽固醇，減少動脈粥狀硬化風險，其餘指標雖有改善但是未達顯著水準。攝食70%糙米+30%米糠組倉鼠亦可以顯著減少體重，減少肝臟TG，其餘指標則未達顯著水準，兩組試驗物質都具有部分改善血脂的效益，需要提供更高食用量才能達到更好的保護效果。未來如能廣泛推廣糙米的食用，以及開發含有安定化米糠的高纖加工食品如米糠穀奶、高纖米果等，對國民健康應該會有改善的效果。

結論與建議

米糠為營養豐富但是低度利用的原料，為避免精緻飲食造成營養不均衡，美國之食品主管機構建議食品業者應將穀物麩皮加工回填至餅乾、穀物片、穀物棒等產品，以提供足夠的

膳食纖維於日常飲食中，但是在國內利用米糠的情形尚不普遍。主要原因可能包括碾米廠並無米糠安定化設備、國內加工廠商尚不清楚米糠的保健潛力或不易取得安定化米糠、慣行農法碾製米糠可能含有農藥殘留等。有鑑於米糠具備的保健潛力，可在有機米專區設置安定化設備，協助栽培有機米農戶生產安定化米糠。此外，本研究也顯示糙米加工穀粉也具有改善血脂的功效，不同品種及加工方法或許對調節血糖、血脂、腸胃功能會有助益，需要跨領域結合，探討具有保健功效的品種、加工方法與食用量範圍，開發出優質糙米及米糠加工食品，提供多元化的米穀保健食品選擇。

誌 謝

本研究由農委會科技計畫國產機能性穀物產品之開發補助(編號105農科-16.3.1-中-D1)，在動物試驗方面承台北醫學大學保健營養系陳玉華教授協助進行，國姓鄉黃國峰農友致贈有機米糠，特此致謝。

參考文獻

1. 衛生福利部國民健康署 2016 台灣肥胖的情形嚴重嗎? 肥胖防治網 2017年12月擷取 [<https://obesity.hpa.gov.tw/TC/faqContent.aspx?id=67&chk=84b32626-2bca-430c-982b-784a9b53fe69¶m=pn%3D3>].
2. Gerhardt, A. L. and N. B. Gallo. 1998. Full-fat rice bran and oat bran similarly reduce hypercholesterolemia in humans. *The Journal of nutrition*, 128(5): 865-869.
3. Heinemann, R. J. B., P. L. Fagundes, E. A. Pinto, M. V. C. Penteado and U. M. Lanfer-Marquez. 2005. Comparative study of nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil. *Journal of Food Composition and Analysis*. 18: 287-296.
4. Hundemer, J. K., S. P. Nabar, B. J. Shriver and L. P. Forman. 1991. Dietary fiber sources lower blood cholesterol in C57BL/6 mice. *The Journal of Nutrition*. 121: 1360-1365.
5. Justo, M. L., C. Claro., M. Zeyda, T. M. Stulnig, M. D. Herrera and R. Rodríguez-Rodríguez. 2016. Rice bran prevents high-fat diet-induced inflammation and macrophage content in adipose tissue. *European Journal of Nutrition*. p. 1-9.
6. Keith, S. W., D. T. Redden, P. T. Katzmarzyk, M. M. Boggiano, E. C. Hanlon, R. M. Benca, D. Ruden, A. Pietrobelli, J. L. Barger, K. R. Fontaine, C. Wang, L. J. Aronne, S. M. Wright, M. Baskin, N. V. Dhurandhar, M. C. Lijoi, C. M. Grilo, M. DeLuca, A. O. Westfall and D. B. Allison. 2006. Putative contributors to the secular increase in obesity: exploring the roads less traveled. *Int J Obes (Lond)*, 30: 1585-1594.

7. Kim, J. Y., M. Shin and Y. R. Heo. 2014. Effects of Stabilized Rice Bran on Obesity and Antioxidative Enzyme Activity in High Fat Diet-induced Obese C57BL/6 Mice. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition* 43: 1148-1157.
8. Miller, J. B., E. Pang and L. Bramall. 1992. Rice: a high or low glycemic index food?. *The American journal of clinical nutrition*, 56(6): 1034-1036.
9. Panlasigui, L. N. and L. U. Thompson. 2006. Blood glucose lowering effects of brown rice in normal and diabetic subjects. *International journal of food sciences and nutrition*, 57(3-4): 151-158.
10. Parikh, S., N. K. Pollock, J. Bhagatwala, D. H. Guo, B. Gutin, H. Zhu and Y. Dong. 2012. Adolescent fiber consumption is associated with visceral fat and inflammatory markers. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 97: 1451-1457.
11. Patel, M and S. N. Naik. 2004. Gamma-oryzanol from rice bran oil – A review. *Journal of scientific and Industrial Research*. 63:569-578.
12. Perez-Tenero, C., M. D. Herrera, U. Laufs, M. Alvarez de Sotomayor and C. Werner. 2017. Food supplementation with rice bran enzymatic extract prevents vascular apoptosis and atherogenesis in ApoE^{-/-} mice. *European Journal of Nutrition*. p. 1-12.
13. Randall, J. M., R. N. Sayre, W. G. Schultz, R. Y. Fong, A. P. Mossman, R. E. Tribelhorn and R. M. Saunders. 1985. Rice bran stabilization by extrusion cooking for extraction of edible oil. *Journal of Food Science*, 50(2): 361-364.
14. Saunders, R. M. 1990. The properties of rice bran as a foodstuff. *Cereal Foods World*, 35(7): 632-636.
15. Sun, Q., D. Spiegelman, R. M. van Dam, M. D. Holmes, V. S. Malik, W. C. Willett and F. B. Hu. 2010. White rice, brown rice, and risk of type 2 diabetes in US men and women. *Archives of internal medicine*, 170(11): 961-969.

The Effects of Different Rice Formulations in High Fat and High Cholesterol Diet Induced Hyperlipidemic Hamsters¹

Jung-Jung Chen², Yu-Hsin Chen³ and Yi-Ling Chen⁴

ABSTRACT

Rice is the main staple food of Taiwan, although the nutritional value of brown rice is higher than white rice, however people consume more white rice as the palatability is better than brown rice. Rice bran is not yet utilized extensively in Taiwan, it is feasible to make fortified processed rice products to improve its nutritional value to increase the consumption of domestic rice. The aim of this study was to investigate the effect of extrusion cooked whole grain brown rice and addition of rice bran on high fat diet induced hyperlipidemia in hamsters. The rice variety Taichung Sen No. 10 was chosen, the experiment diets include the control, high fat diet, the 100% brown rice, and 70% brown rice with 30% stabilized rice bran, in which the latter 2 rice diets replace 20% of high fat diet. The nutritional values of carbohydrate, protein and fat are adjusted to equal. After 8 weeks of feeding, hamsters are sacrificed to determine weight of body, liver, kidney, abdominal and epididymal fat, and serum lipids. The results indicated that the administration of 70% brown rice plus 30% rice bran could significantly reduce body weights, reduce TG and TC level in liver and weight of total fat tissue. Besides, the administration of 100% brown rice could significantly increase HDL-c level and reduce the risk of Atherogenesis. In conclusion, 100% brown rice and 70% brown rice plus 30% rice bran can potentially prevent hyperlipidemia in hamsters fed with high fat/cholesterol diet.

Key words: Brown rice, rice bran, dietary fiber, hyperlipidemia

¹ Contribution No. 0922 from Taichung DARES, COA.

² Research Assistant of Taichung DARES, COA.

³ Associate Researcher of Taichung DARES, COA. Corresponding Author.

⁴ Nutritionist, Sweet Garden Food Co., Ltd.

列印時間:2016-03-24 14:09:47

功能性微生物製劑 應用於甘藍栽培與黑腐病防治之評估¹

郭建志²、莊天心³、陳俊位⁴、廖君達²

摘 要

本研究篩選促進生長與對病害發生具保護效果之微生物菌株，並導入甘藍苗期與田間施用方法，結合病蟲害發生時機資料，建立甘藍病害綜合管理策略。本試驗自南投縣魚池鄉及霧社鄉的土壤樣本中，篩選出30株具耐熱性之微生物菌株，經由溶血測試後，選取17株不溶血的微生物菌株，進行後續的溶磷活性分析、4種分解酵素能力測定，結果選擇溶磷活性達500 (µg/ml/day)以上的5株菌株進行5種甘藍病原菌的抗菌圖譜測定，其結果以TCB237對甘藍黃葉病、甘藍苗立枯病*Rhizoctonia solani*、甘藍黑腐病與甘藍軟腐病的拮抗測試最為優異，其次為TCB207，而TCB203、TCB263與TCB298則無明顯的拮抗效果。在菌種鑑定部分，TCB203為巨大芽孢桿菌*Bacillus megaterium*、TCB207為*Bacillus velezensis*、TCB237與TCB263為*Bacillus* sp. (尚未確認其種名)，TCB298則是鑑定為類芽孢桿菌(臺中種) *Paenibacillus taichungensis*。經由搖瓶培養的試驗結果，所有菌株以LB broth培養菌量均可達10⁹ cfu/ml以上，選定LB broth為基礎發酵培養基。應用此5菌株經LB broth發酵72 hr後，進行甘藍台中2號盆栽與溫室之根部澆灌試驗，盆栽處理的結果，經6次澆灌後，以TCB237處理最佳，其葉片數、株高及根長相較對照組具有顯著差異。此外，在溫室栽培的處理中，仍以TCB237處理之單球重最高。其後應用本場原有的液化澱粉芽孢桿菌微生物製劑Tcba05、TCB102-B7與TCB9407，進行甘藍台中2號黑腐病帶菌種子處理，檢測處理後之黑腐病帶菌率，結果以Tcba05、TCB102-B7處理後的甘藍種子無檢出黑腐病產生，顯示種子預先浸泡於微生物製劑中，可以降低種子帶菌風險及苗期病害的發生。此3株微生物製劑，施用於夏季甘藍台中2號的試驗田中，經根部澆灌與葉部噴施共7次，以TCB102-B7處理之黑腐病罹病度最低，僅6.25%，而Tcba05處理9.17%，對照組則達45%，顯示預先澆灌與噴施可降低甘藍黑腐病的發生。本研究已篩選具有耐熱、溶磷與抗黑腐病之微生物菌株TCB237，具發展微生物農藥之潛力，可融入甘藍整合性病害管理中，成為友善耕作的植物保護資材。

關鍵詞：甘藍、功能性微生物、芽孢桿菌

¹行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0923 號。

²行政院農業委員會臺中區農業改良場副研究員。

³國立中興大學農資學院農業推廣中心研究助理。

⁴行政院農業委員會臺中區農業改良場研究員兼分場長。

前 言

甘藍(*Brassica oleracea* L. var. *capitata*)為國人最普遍食用，以及世界各地民眾賴為維護健康的重要蔬菜，國內每年種植面積平均在7,000~8,000 ha左右，105年全國產量達399,174 ton，平地主要產地在雲林縣、彰化縣；高冷地區主要為南投縣、宜蘭縣、臺中市等地⁽⁵⁾。105年國內甘藍種植面積已達8,644 ha，而本場轄內甘藍生產面積為2,653 ha，佔全國總面積30.7%，是本場輔導的重點作物之一。目前臺灣甘藍品種主要來自日本，其中初秋甘藍市佔率高達70%，但該品種不耐熱，為滿足夏季消費市場需求，只能往高冷地種植；而近年興起之甘藍228品種，為臺灣目前最耐熱之夏季商業品種，但其食用品質並無法滿足消費者需求。隨著高冷地栽培所衍生之環境爭議及高生產成本問題，加上氣候變遷因素，甘藍品種之耐熱性成為種植成功與否之重要關鍵。甫近，本場所培育的甘藍台中1號及2號，則為夏季甘藍栽培品種的新生力軍，大量採種生產後，未來將可取代228品種成為夏季平地甘藍栽培的主力品種⁽⁵⁾。

甘藍生產從盤苗至採收需時約80~90天，平地種植的甘藍易受到立枯病、軟腐病與黑腐病之威脅與侵擾⁽⁴⁾，而夏季高海拔地區種植的甘藍則會受到根瘤病之危害。這些病害除影響田間甘藍種植的存活率與生長外，並易伴隨夏季的豪雨與颱風等天然災害的發生，造成重大損失而影響夏季甘藍產業。農友為搶夏季甘藍高價市場，濫用及誤用農藥情況嚴重，造成嚴重的食安問題。因此，如何導入友善的植物保護資材—微生物製劑施用，藉以降低甘藍栽培期間病害的發生，是目前尚需克服的問題。

目前國內針對生物農藥中的微生物製劑，有相當多的試驗機關與學者專家進行菌種篩選與產品研發，歷年來投入的經費更是可觀，但是實際應用於田間且成功的產品仍然有限。有關微生物肥料的發展近來亦相當熱門，此類的微生物菌株具有溶磷、溶鉀等功效，可以幫助作物更有效率的吸收土壤中的肥分，達到減少化肥仍可維持產量的農業資材^(12,13)。近年來，本場除自行篩選與研發木黴菌、芽孢桿菌菌種製劑外，並結合各種農業資材研發生物製劑產品，相關微生物製劑與衍生性產品如生物堆肥、栽培介質、農業廢棄物與功能性製劑，互相搭配實際應用於田間，對作物生長促進效益及病蟲害防治，有極顯著效益^(1,2,6)。

最近所篩選出的木黴菌*Trichoderma asperelloides* TCTr-668菌株，為國內首先發現的新菌種，與液化澱粉芽孢桿菌*Bacillus amyloliquefaciens* Tcba05，皆為農委會推動雄才大略計畫中生物農藥產業化的標的菌株，液化澱粉芽孢桿菌Tcba05及本場原有菌株TCB102-B7則對甘藍黑腐病具防治效果，對作物並具有促進生長與提升產量之效益^(3,9)，其菌株發酵過程中，所產生的代謝物質中具有抗生物質⁽¹⁵⁾，可以抑制植物病原真菌與細菌^(7,8,11)。

有鑑於本場在微生物製劑研發技術純熟，因此，本研究篩選並研發促生與保護型微生物菌株及製劑，並導入甘藍苗期與田間預先施用方法，結合病蟲害發生時機資料，建構甘藍病害綜合管理策略，改善甘藍栽培種植問題與提升產業價值，提供建構整套病害綜合管理策略使用之新技術或防治資材等，以供農友參考利用，裨益提升國內甘藍產業的生產力與競爭力。

材料與方法

一、功能性微生物菌種之篩選

(一)耐熱性有益微生物之篩選

分離與篩選具耐熱性之微生物菌種並分析其溶血與溶磷活性及4種分解酵素能力。

1.耐熱性菌株之篩選

本試驗從南投縣魚池鄉及霧社鄉的山林土採集土壤樣本，將每批土壤樣本均勻混拌後，取10 g土樣加入90 ml的無菌水血清瓶中，混和攪拌後放置於60℃的水浴槽30 min，後續再取1 ml土壤稀釋液加入9 ml的無菌水試管中，依序序列稀釋至 10^{-4} 次方，最後從 10^{-4} 次方的取樣100 μ l，均勻塗抹於LA (Luria-agar, Difco)上，放置於28℃定溫箱中培養2~3 hr，後續挑選微生物菌株。

2.溶血活性分析測定

自土壤中所篩選出來的微生物菌株，進行試驗前需經過溶血性測試，以確保菌株的安全性。將所有待測菌株已滅菌過的移植環沾取單一菌落，接種於含羊血成分的Blood Agar Plate (BAP) (TSA with 5% Sheep Blood)血液培養基，放置於28℃定溫箱中培養48 hr，檢測菌株在培養基透化之情形。

3.溶磷活性分析測定

將所篩選之微生物菌株進行純化培養，並挑選單一菌落接種至5 ml的LB (Luria-Bertaini broth, Difco) Broth培養1天後，自LB Broth中取出500 μ l至液態磷酸三鈣、磷酸鋁及磷酸鐵或磷礦石粉(Rock-P, CCM FERTILIZER Sdn Bhd)培養基中，經培養4天後以鉬藍法^(17,18)進行水溶性磷含量分析，藉以篩選具溶磷特性菌株，並分析其溶磷量(μ g/ml/day)。磷酸三鈣、磷礦石粉、磷酸鋁及磷酸鐵培養基之配方參照肥料檢驗方法(方法編號AFS3183-1)。此外，配製含有溴酚藍(bromophenol blue)的溶磷平板(Dissolve Phosphorus Agar, DPA)，將測試菌株接種於平板上，經24 hr後觀察菌落周圍是否有透化情形。

4.分解酵素能力分析測定

依據前人研究文獻配製測試澱粉酶(amylase)、脂肪分解酶(lipase)、蛋白酶(protease)與纖維素酶(cellulase)活性之培養基^(14,16,20)，將測試菌株已移植環沾取單一菌落，接種於上述各培養基上，依照測試條件，培養足夠天數後，直接觀察或是利用染劑，量測酵素作用圈(degradation zone)。

5.抗菌圖譜之建立

篩選具耐熱、溶磷及分解酵素特性的菌株與甘藍病原菌，包含甘藍黑腐病(*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*)、立枯病(*Rhizoctonia solani* 與 *Pythium aphanidermatum*)、甘藍黃葉病(*Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*)及甘藍軟腐病(*Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*)等5種病原菌進行平板拮抗測試，真菌

病原測試微生物菌株對病原菌菌絲生長抑制率；細菌病原測試微生物菌株對該細菌之透化圈大小。

(二)微生物菌株鑑定與少量搖瓶發酵測試

利用本場已篩選之微生物菌株，應用16S核糖體RNA與旋解酶(*gyrB*)基因進行分子生物鑑定，其片段序列與美國國家生物技術資訊中心(National Center for Biotechnology Information, NCBI)比對，並進行與測試功能性微生物菌株500 ml搖瓶菌量濃度測試。

1. 16S核糖體RNA與旋解酶(*gyrB*)基因鑑定

抽取各篩選菌株之DNA樣本，再以可增幅出16S核糖體RNA之引子對primer 27F/1492R，與旋解酶基因引子對*gyrB*-41F/*gyrB*-44R分別進行PCR反應，根據Brosius等人的文獻⁽¹⁰⁾，利用27F與1492R為細菌16S rRNA通用引子對，所添加之引子濃度約10 μ M，分別加入PCR各反應物，總反應體積20 μ l，進行PCR反應，反應條件增幅序列之條件為：94 $^{\circ}$ C -5 min，94 $^{\circ}$ C -30 sec，57 $^{\circ}$ C -45 sec，72 $^{\circ}$ C -1 min 30 sec，共30個循環，最後再進行72 $^{\circ}$ C -7 min 1個循環，預期產物長度約1,400~1,500 bp。利用*gyrB*-41F/*gyrB*-44R，針對*Bacillus*屬菌種進行種間鑑定。反應條件為：95 $^{\circ}$ C -5min，95 $^{\circ}$ C -60 sec，55 $^{\circ}$ C -60 sec，72 $^{\circ}$ C -1 min 30 sec，共30個循環，最後再進行72 $^{\circ}$ C -10 min 1個循環，預期產物長度為1,200 bp⁽¹⁹⁾。兩組序列如下。

27F：5'-AgAgTTTgATCMTggCTCAg-3'

1492R：5'-TACggYTACCTTgTTACgACTT-3'

gyrB-41F：5'-gAAgTCATCATgACCGTTCTgCAYgCNggNggNAARTTYgA-3'

gyrB-44R：5'-AgCAgggTACggATgTgCgAgCCRTCACRTCNgCRTCNgTCAT-3'

所得之專一性片段經委由源資國際生物科技股份有限公司進行定序作業，所得序列再經由NCBI進行比對結果，鑑定其菌種學名。

2. 基礎500 ml培養基的搖瓶測試

本試驗以LB、NB (Nutrient Broth, Difco)及PDB (Potato Dextrose Broth, Difco)等基礎液態培養基作為篩選菌株的培養基，將每個菌株的單一菌落分別接種於LB、NB及PDB broth中，以28 $^{\circ}$ C、125 rpm轉速的條件下進行培養，每隔6hr取樣1次，檢測OD₆₂₀的數值，經取樣7次後，比較測試的結果。

(三)甘藍盆苗、盆栽與溫室小規模應用微生物製劑之促進生長試驗

以具有優異分解酵素與溶磷特性之微生物菌株，分別處理甘藍盆苗、盆栽以臺中改良場有機區溫室小規模之甘藍，品種為台中2號，應用5種微生物製劑，包括TCB203、TCB207、TCB237、TCB263及TCB298，經LB培養3天後，分別以100倍稀釋液澆灌於甘藍台中2號盆栽與溫室小規模栽培，其中盆栽處理，每盆種植3株，每處理3盆，對照組則是以澆灌水處理，每週1次，連續澆灌6次調查其生長性狀，溫室栽培每處理共定植15株苗，待定植後15天開始進行根部澆灌，每週1次，連續2次後改成葉噴處理，連續4次葉噴後，待採收時調查病害發生情形與園藝性狀。

二、應用微生物菌株發酵液防治甘藍黑腐病之試驗

(一)甘藍黑腐病苗期防治評估試驗

利用本場先前篩選與研發之液化澱粉芽孢桿菌 Tcba05、TCB9407 與芽孢桿 TCB102-B7 等三種微生物菌株，針對甘藍黑腐病之種子帶菌防治試驗，測試微生物製劑對黑腐病之效果評估，據以建立防治種子與苗期處理防治技術1式。試驗的進行為利用甘藍種子以浸菌的方式分別處理 Tcba05、TCB9407 與 TCB102-B7 等3菌株，並設置無菌水處理之對照組。供試種子之處理為秤取種子 10 g 後，將甘藍種子預先浸泡於濃度達 10^6 cfu/ml 的甘藍黑腐病菌 (*X. campestris* pv. *campestris*) 菌株 TCXCC01 細菌懸浮液 3 分鐘。等蔭乾後再浸泡各微生物製劑 100 倍稀釋液中，菌量調製為 ($OD_{620} = 0.3$)，5 分鐘後取出蔭乾，再將種子播種於 PDA 上，置於 30℃ 培養箱中黑暗培養 24 hr，然後取出調查其 PDA 上之種子發芽率、黑腐菌率及拮抗微生物的種子帶菌率。

(二)甘藍黑腐病田間先期防治評估試驗

本次試驗應用3種微生物製劑進行田間先期甘藍黑腐病防治評估試驗，試驗的甘藍品種為夏季耐熱的臺中2號，待試驗田之甘藍苗定植後15天，開始應用 Tcba05、TCB9407 與 TCB102-B7 等發酵後之微生物製劑 100 倍稀釋液，包含對照組共4組處理，每組處理三重複。試驗採用逢機完全區集排列，每重複種植 20 株。自 106 年 9 月 4 日開始，每週進行根部澆灌 1 次，連續 2 次後，改成由葉部噴施，每週 1 次，共 4 次，待採收期前後進行甘藍黑腐病防治評估調查。甘藍黑腐病罹病率調查，每小區調查 20 株甘藍，每棵調查 5 片下位葉。依發病面積分為 4 級，0：未發病；1：發病面積佔全葉 1~5%；2：發病面積佔全葉 6~25%；3：發病面積佔全葉 25~50%；4：發病面積佔全葉面積 50% 以上。罹病度 = Σ (發病面積指數 × 該指數葉數) / (4 × 總調查葉數) × 100%。

三、結合促生及植物保護型功能性微生物製劑應用於甘藍田間試驗

本試驗於 2016 年 11 月份在彰化溪州與南投水里甘藍栽培地區選定 2 處試驗田，品種為「初秋」，利用先前篩選及測試之 3 株具有促進生長效果之菌株進行田間處理，田間規劃 5 種處理，包括對照組 1 (不用殺菌劑)、慣行區、TCB207-100X、TCB237-100X 與 TCB298-100X 共 5 種處理、均以澆灌甘藍根部為主，每週 1 次共澆灌 3 次；每種處理甘藍棵數均達 200 粒以上，兩處試驗田之田間規劃相同。依據病害發生時期，進行整合性病害管理試驗，調查項目為：甘藍促進生長效果、栽培期程縮短效益評估及栽培期間病害之罹病度調查。此外，以不施微生物製劑、慣行區作為對照區。蟲害預防與管理，則以性費洛蒙誘蟲器與蘇力菌微生物殺蟲劑施用為主。

結 果

一、促進生長型微生物菌種之篩選及鑑定

(一)耐熱性有益微生物之篩選

1.耐熱性菌株之篩選

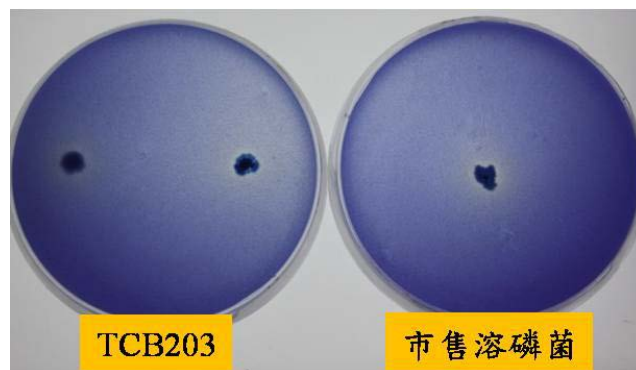
本試驗從魚池鄉與霧社的土壤中，經由60℃處理30 min後，於LA培養基上挑選出30株微生物菌株，從魚池鄉土壤所篩選之菌株共有10株，分別為TCB203、TCB204、TCB205、TCB206、TCB207、TCB208、TCB215、TCB237、TCB239、TCB240；從霧社土壤樣本1篩選之菌株共11株，分別為TCB261、TCB263、TCB264a、TCB 264b、TCB265、TCB266、TCB267、TCB268、TCB269、TCB270、TCB271；從霧社土壤樣本2篩選之菌株共9株，分別為TCB298、TCB304、TCB305、TCB306、TCB307-1、TCB310、TCB311-1、TCB312、TCB313，共計有30株。

2.溶血活性分析測定

將本試驗中所篩選的30株微生物菌株，均以移植環沾取單一菌落後，接種於5%羊血Sheep Blood培養基上，經過48 hr培養後，不具有溶血特性的菌株為TCB203、TCB207、TCB237、TCB215、TCB239、TCB240、TCB263、TCB264a、TCB264b、TCB266、TCB267、TCB268、TCB271、TCB298、TCB305、TCB307-1、TCB312等17株微生物菌株，其餘菌株初步檢測具有溶血特性，暫不進行後續試驗。

3.溶磷活性分析測定

將所篩選的耐熱且不具溶血特性的17株菌株，進行溶磷活性測定，具有溶磷效果之菌株如圖一所示，可產生出透化情形。所有菌株經培養於溶磷培養基上及磷酸三鈣液態培養基、磷酸鋁培養基、磷酸鐵培養基及磷礦石粉培養基中，培養4天以鉬藍法進行水溶性磷含量分析，檢測出17株菌株每天可溶出水溶性磷的含量。磷酸三鈣液體培養測試分析結果，共14株菌株具有活性，其中以TCB298表現最優異，活性可達4357.38 $\mu\text{g/ml/day}$ 、磷酸鋁培養基分析結果僅只有TCB298具有活性，可達31.60 $\mu\text{g/ml/day}$ 、磷酸鐵培養基分析結果僅只有TCB203與TCB237具有活性，分別為4.26 $\mu\text{g/ml/day}$ 與182.56 $\mu\text{g/ml/day}$ 、磷礦石培養基分析結果僅7株具有活性，以TCB267為最高，可達196.63 $\mu\text{g/ml/day}$ 。



圖一、TCB203 菌株接種於含有磷酸三鈣之溶磷平板上 48 小時之透化結果

Fig. 1. The hydrolysis of tricalcium phosphate by strain TCB203 inoculated on soluble phosphorous plate at 28℃ for 48 hr.

表一、17 株耐熱菌株測試溶磷活性($\mu\text{g/ml/day}$)分析之結果

Table 1. The phosphate solubilizing activity by 17 heat-resistance strains.

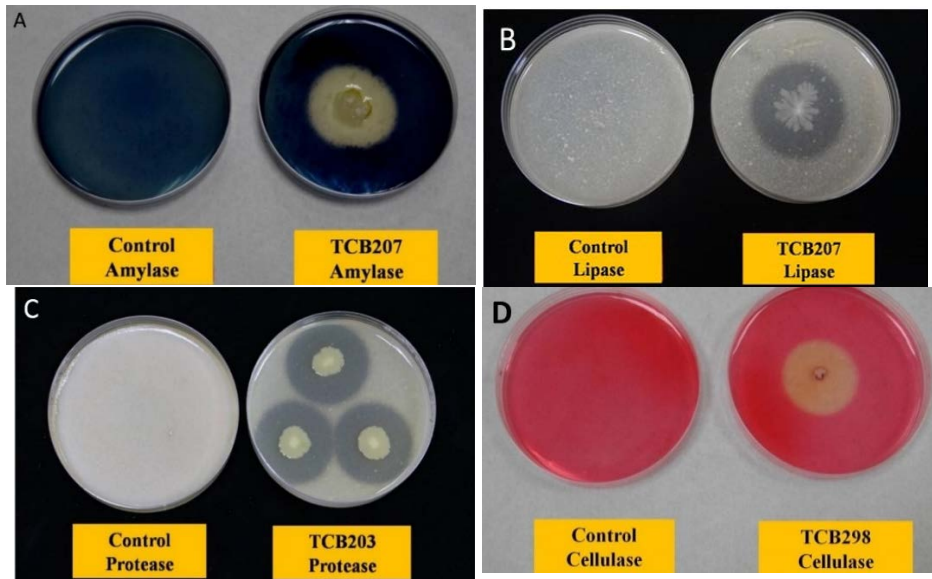
Strains	Tricalcium phosphate	Aluminium phosphate	Iron phosphate	Phosphate powder
TCB203	1941.80	-- ¹	4.26	23.78
TCB207	680.91	--	--	--
TCB237	573.85	--	182.56	13.65
TCB215	219.98	--	--	--
TCB239	450.29	--	--	--
TCB240	453.69	--	--	--
TCB263	681.97	--	--	1.52
TCB264a	162.17	--	--	--
TCB264b	498.63	--	--	--
TCB266	--	--	--	10.7
TCB267	--	--	--	196.63
TCB268	35.88	--	--	--
TCB271	9.73	--	--	4.38
TCB298	4357.38	31.60	--	23.21
TCB305	110.10	--	--	--
TCB307-1	122.88	--	--	--
TCB312	--	--	--	--
Control ²	--	--	--	--

¹ Indicated the detected data lower than control.² Use water as the control.

4. 分解酵素能力分析測定

17株試驗菌株進行澱粉、脂質、蛋白質及纖維素分解能力測試，經培養3天後，觀察菌株透化情形，如圖二。並量測透化圈直徑與菌落直徑數值，以菌落透化能力(透化圈直徑/菌落直徑)數值表示。分析其透化能力，測試Amylase的結果，以TCB207的表現最佳，數值可達2.74；分析Lipase的結果，僅只有TCB207具有分解效果；同樣地在Protease及Cellulase的分析結果，則以TCB203及TCB237的表現最佳，詳細數值與結果詳如表二。

本試驗所篩選之17株耐熱菌株，經由溶磷與分解酵素能力分析後，僅有TCB203、TCB207、TCB237、TCB263、TCB298此5株菌株之溶磷活性均達500 ($\mu\text{g/ml/day}$)以上，並具有1種以上的分解酵素能力。



圖二、利用所篩選的菌株進行於(A)澱粉(B)脂質(C)蛋白質(D)纖維素培養 48 小時之透化結果。

Fig. 2. The hydrolysis activity of 4 kinds of enzyme by screened strains inoculated on the plate at 28°C for 48 hr. (A) Amylase, (B) lipase, (C) Protease, (D) Cellulase.

表二、17 株耐熱菌株測試 4 種分解酵素能力之透化圈透化數值結果

Table 2. The average diameters of 4 enzyme hydrolysis zone test of 17 heat-resistance strains.

Strains	Amylase	Lipase	Protease	Cellulose
TCB203	1.66b ¹	— ²	2.49a	1.12c
TCB207	2.74a	1.31	1.25b	—
TCB237	2.33a	—	1.42b	2.29b
TCB215	—	—	—	—
TCB239	—	—	—	—
TCB240	—	—	—	—
TCB263	—	—	1.41b	1.21c
TCB264a	1.11c	—	—	—
TCB264b	1.13c	—	—	—
TCB266	—	—	—	—
TCB267	—	—	—	—
TCB268	—	—	—	—
TCB271	—	—	—	—
TCB298	—	—	1.59b	3.24a
TCB305	—	—	—	—
TCB307-1	1.22c	—	—	—
TCB312	—	—	—	—
Control ²	—	—	—	—

¹ Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% by LSD test.

² Indicated no hydrolysis zone production.

5. 微生物菌株抗菌圖譜之建立

以此5株與5種甘藍病原菌進行平板拮抗試驗。結果在 *P. aphanidermatum* 的測試部分，所有菌株均無抑制菌絲之能力。對甘藍黃葉病的拮抗測試中，以TCB237的效果最佳，菌絲抑制率可達51.1%，其次為TCB207，菌絲抑制率為48.9%，其餘菌株皆低於10%以下。在甘藍苗立枯病 *Rhizoctonia solani* 測試結果，TCB207與TCB237的菌絲抑制率均為44.4%，其餘菌株皆低於10%以下。在細菌病害拮抗測試方面，TCB203、TCB263與TCB298對甘藍黑腐病與軟腐病無抑制拮抗效果，而TCB207與TCB237對兩細菌病原具有拮抗效果，TCB207對黑腐病與軟腐病之抑制圈直徑分別可達 25.34 ± 0.93 cm 及 10.33 ± 1.15 cm；TCB237之抑制圈直徑分別可達 33.23 ± 1.74 cm 與 33.23 ± 1.74 cm，結果以TCB237較TCB207優異，尤其對黑腐病之抑制圈直徑可達3 cm以上。

表三、5株菌株對3種甘藍病原真菌之菌絲抑制率結果

Table 3. Mycelial inhibition rate of 5 tested strains against 3 pathogenic fungi on cabbage.

Strains	Mycelium growth inhibition of plant pathogens (%) ¹	
	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>conglutinans</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>
TCB203	4.4	9.3
TCB207	48.9	44.4
TCB237	51.1	44.4
TCB263	0	0
TCB298	8.9	1.5

¹ Inhibition (%) = [(Diameter of treatment mycelial growth - diameter of control mycelial growth) / diameter of control mycelial growth] × 100%.

6. 16S核糖體RNA與旋解酶gyrB基因鑑定

本試驗針對16S rRNA及gyrB基因序列，利用各別之專一性引子對結合聚合酶連鎖反應PCR對此5試驗菌株增幅出專一性核酸片段，此專一性片段經膠體電泳確認後，將PCR產物委由源資國際生物科技股份有限公司進行片段定序，定序結果之核酸序列比對美國全國生物技術信息中心(National Center for Biotechnology Information, NCBI)資料庫，進行分子鑑定。鑑定結果TCB203為 *Bacillus megaterium* (巨大芽孢桿菌)、TCB207為 *Bacillus velezensis*、TCB237與TCB263鑑定仍為 *Bacillus* sp. (芽孢桿菌)、TCB298為 *Paenibacillus taichungensis* (類芽孢桿菌－臺中種) (表四、表五)。

表四、5 株試驗菌株之 16S rRNA 之定序片段與 NCBI 核苷酸資料庫比對結果

Table 4. The results of 16S rRNA sequences analysis of 5 tested strains compared with representative sequence in NCBI Nucleotide database.

Strains	16S rRNA		
	Identification	Accession no.	Identity%
TCB203	<i>Bacillus megaterium</i>	MF687401.1	98.3
TCB207	<i>Bacillus</i> sp.	AB918712.1	97.0
TCB237	<i>Bacillus</i> sp.	CP027061.1	98.4
TCB263	<i>Bacillus</i> sp.	KY312756.1	97.0
TCB298	<i>Paenibacillus taichungensis</i>	NR044428.1	99.3

表五、5 株試驗菌株之 gyrB gene 之定序片段與 NCBI 核苷酸資料庫比對結果

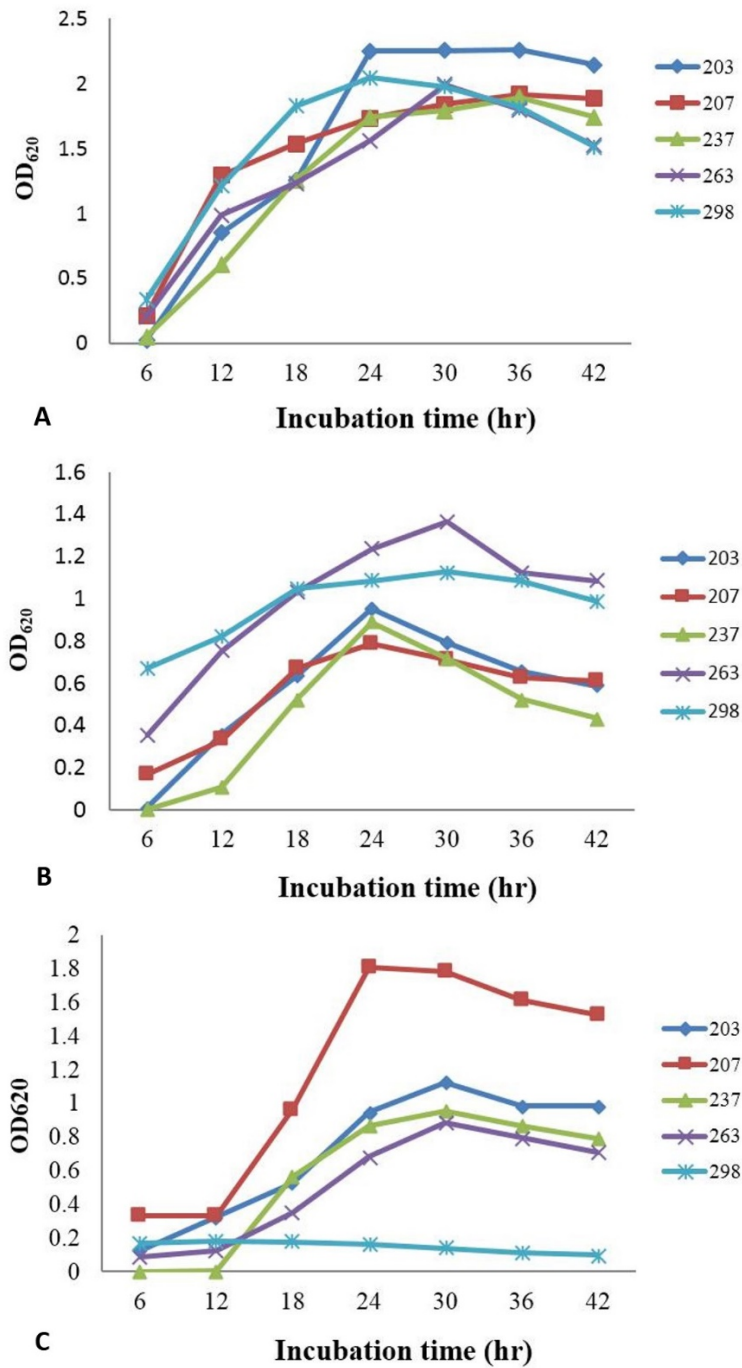
Table 5. The results of gyrB gene sequences analysis of 5 tested strains compared with representative sequences in NCBI Nucleotide database.

Strains	gyrB gene		
	Identification	Accession no.	Identity%
TCB203	<i>Bacillus megaterium</i>	CP018874.1	93.5
TCB207	<i>Bacillus velezensis</i>	CP015911.1	99.0
TCB237	<i>Bacillus</i> sp.	AB936836.1	99.0
TCB263	<i>Bacillus</i> sp.	KY673628.1	99.3
TCB298	<i>Paenibacillus taichungensis</i>	KT318609.1	99.1

(二) 促生型微生物菌株少量搖瓶發酵測試

1. 基礎 500 ml 培養基的搖瓶測試

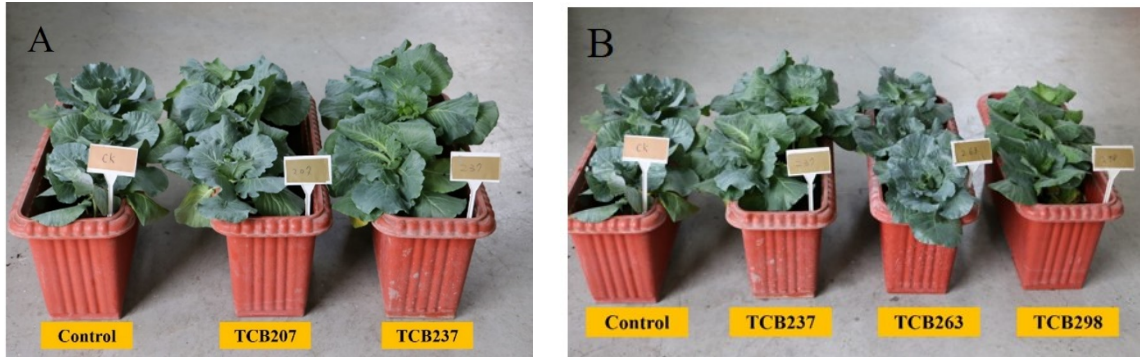
本試驗測試3種液態培養基，包含LB、NB及PDB等基礎培養基，將每個菌株的單一菌落接種於上述三種5 ml培養基試管中，以28℃、125 rpm轉速的條件下進行培養，每隔6小時取樣測試菌量的OD₆₂₀數值並記錄。經由42小時的取樣檢測結果後，此5株菌株以LB medium的數值最高，經由系列稀釋及塗佈平板計數活菌數，結果均可達10⁸ cfu/ml以上。而NB及PDB等培養基檢測結果，數值偏低，僅TCB203與TCB207的濃度達10⁸ cfu/ml，其餘菌株均低於10⁷ cfu/ml以下。後續實驗均以LB medium為發酵培養的基礎培養基。三種取樣結果如(圖三)。



圖三、由根圈所篩選的 5 株菌株以 LB、NA 及 PDB 培養後之取樣檢測 OD₆₂₀ 值結果
 Fig. 3. The detected OD₆₂₀ value of 5 strains cultured in (A) LB ; (B) NB ; (C) PDA media.

(三)甘藍盆栽與溫室小規模應用微生物製劑之促進生長試驗

應用5種微生物製劑處理盆栽甘藍試驗，經6次澆灌之後，調查其葉片數、株高及莖寬等資料，以TCB237與TCB298處理之葉片數最多，達9.33葉。株高及莖寬部分則以TCB237處理相較對照組具有顯著差異，分別為17.64 cm與4.57 cm，詳細對照如圖四(表六)。



圖四、盆栽處理試驗甘藍盆栽生長情形。由左至右依序為(A)對照組、TCB207 與 TCB237；(B)對照組、TCB237、TCB263 與 TCB298。

Fig. 4. Pot treatment test from left to right, is control, TCB207 and TCB237 in (A), and the control, TCB237, TCB263 and TCB298 in (B), respectively,

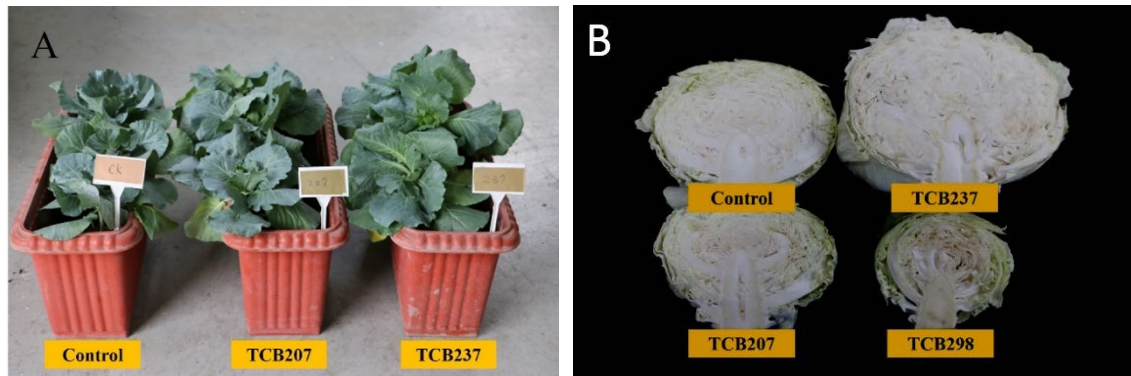
表六、5 株菌株微生物製劑施用甘藍盆栽 6 次後，調查其葉片、株高與莖寬之結果

Table 6. The growth of seedling after application of 5 microbial strains for 6 times. The number of leaves, plant height and stem width were recorded.

Strains	No. of Leaves	Plant height (cm)	Stem width (cm)
Control	7.89±0.6c ¹	14.23±1.29c	3.4±0.59b
TCB203	7.89±0.93abc	17.33±1.06ab	4.27±0.76a
TCB207	8.89±1.27ab	17.62±2.00a	4.42±0.46a
TCB237	9.33±1.12a	17.64±1.63a	4.57±0.45a
TCB263	8.89±1.17ab	17.39±1.65a	4.32±0.47ab
TCB298	9.33±1.22a	16.96±1.44ab	3.82±0.51ab

¹ Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% by LSD test

有關溫室小規模試驗，本試驗於本場有機區溫室進行，於2017年8月中旬定植台中2號甘藍苗，待定植後15天，開始應用5種微生物製劑包含2組對照組(清水處理及活力3號處理)對照進行根部澆灌處理，每週進行部澆灌1次，連續2次後，改成由葉部噴施，每週1次，共4次，後續至10月中旬採收期進行園藝性狀生長調查。調查結果顯示以TCB237在地上部重、根鮮重、單球重方面，均優於其餘菌株、清水對照組與活力三號對照組(圖五與表七)。而TCB298-100倍處理後，並未提升甘藍生長勢與園藝性狀，後續可能須調整使用倍數及培養基成分微調。



圖五、溫室小規模種植甘藍台中 2 號生長情形。(A)，對照組與施用 TCB207、TCB237-100X 後植株生長；(B)，甘藍對照組與處理組採收後剖面比較。

Fig. 5. The growth of cabbage cultivar Taichung No. 2 in greenhouse small-scale planting trial (A) The treatment of TCB207, TCB237 and control. (B), The cross section of the control and strains TCB237, TCB207 and TCB298.

表七、微生物製劑處理甘藍台中 2 號之溫室小規模試驗結果

Table 7. Results of microbial agent treatment on cabbage Taichung 2 in greenhouse small-scale trial.

Treatments	Weight of above ground (Kg)	Root fresh weight (g)	Single ball weight (Kg)	Single ball height (cm)	Single ball width (cm)
Control-water	1.449b ¹	70.882b	0.717b	12.122ab	15.611ab
Control-Bio-tech 3	1.407b	70.777b	0.810b	10.733b	15.167ab
TCB203	1.303b	80.715a	0.798b	12.133ab	15.167ab
TCB207	1.330b	76.807ab	0.747b	11.933b	15.500ab
TCB237	1.728a	93.323a	1.030a	13.217a	16.000a
TCB263	1.127b	48.533d	0.447c	10.767b	14.333b
TCB298	0.840c	60.453c	0.397c	10.433b	12.400b

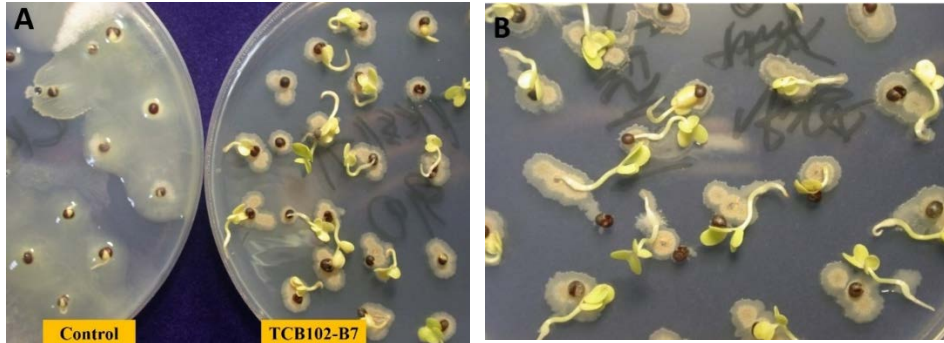
¹ Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% by LSD test.

二、植物保護型功能性微生物製劑之研究

(一)甘藍黑腐病苗期防治評估試驗

應用甘藍種子浸泡甘藍黑腐病菌病原菌細菌懸浮液，當作帶菌種子，後續再浸泡 Tcba05、TCB9407 與 TCB102-B7 等 3 菌株發酵液 100 倍 5 分鐘後，取出種子待蔭乾後將種子放置於 PDA 培養基上與穴盤上，觀察後續種子帶菌發病情形。PDA 培養基上之結果(如圖六)，對照組帶菌種子呈現黑腐病菌泥出現，而浸泡 3 種芽孢桿菌微生物製劑後之種子，僅 TCB9407 處理後有 2% 種子發病，其餘都無黑腐病菌泥產生。另一方面，帶菌種子浸泡 3 種芽孢桿菌 100 倍稀釋液後，其種子帶有芽孢桿菌的比率高達 96% 以上，以上結果說明，帶菌種子預先處

理芽孢桿菌的發酵液稀釋液後，具有明顯大幅降低種子發病的情形(表八)，並減少苗期產生黑腐病的機會。



圖六、甘藍帶菌種子測試處理微生物菌株之結果。(A)左為對照組、右為 TCB102-B7；(B)甘藍種子處理芽孢桿 TCB102-B7 菌株後發芽情形。

Fig. 6. Germination of cabbage seed pre-contaminated with *Xanthomonas campestris* pv. *Campestris*. (A) The contaminated control (left) and treated with TCB102-B7 (right). (B) The cabbage seeds harboring *Bacillus* sp. TCB102-B7 germinated successfully.

表八、甘藍帶菌種子處理 3 種芽孢桿菌微生物發酵液之種子發芽率、黑腐病種子帶菌率及芽孢桿菌帶菌率結果

Table 8. Percentage of seed germination. The seeds were pre-infested with *Xanthomonas campestris* pv. *Campestris* and further harboring 3 *Bacillus* spp. as treatments.

Strains	Cabbage seed germination (%)	² XCC infested seed (%)	<i>Bacillus</i> sp. harboring seed (%)
Control	32b ¹	72a	0
Tcba05-100x	90a	0	96a
TCB102-B7-100x	92a	0	100a
TCB9407-100x	92a	2b	100a

¹ Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% by LSD test.

² XCC means *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*

(二)甘藍黑腐病田間先期防治評估試驗

本次試驗應用3種芽孢桿菌微生物製劑進行先期田間黑腐病防治評估試驗。自8月下旬開始進行根部澆灌處理2次後，9月中旬開始進行葉部噴施處理連續5次後，10月下旬開始進行採收調查階段，調查期間均未見甘藍黃葉病與軟腐病的發生，僅只有甘藍黑腐病發生(圖七)，處理芽孢桿菌Tcba05-100倍、TCB102-B7與TCB9407之罹病率均低於10%以下，以TCB102-B7之100倍處理為最低，僅6.25%，相較對照組罹病率已達45% (結果詳如表九)。



圖七、甘藍先期田間病害防治試驗，左為對照組，右邊為 TCB102-B7 處理組

Fig. 7. The occurrence of cabbage black rot disease with the treatment of water as a control (left) and the *Bacillus* sp. TCB102-B7(right).

表九、利用芽孢桿菌發酵液於田間防治甘藍黑腐病之結果

Table 9. Disease incidence and disease severity of cabbage black rot control by *Bacillus* spp. fermentation solutions in field trial.

Treatments	Cabbage black rot disease incidence (%)	Cabbage black rot disease severity (%)
Control	85.67b ¹	45.05b
Tcba05-100x	36.67a	9.17a
TCB102-B7-100x	25.45a	6.25a
TCB9407-100x	40.25a	10.00a

¹ Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% by LSD test.

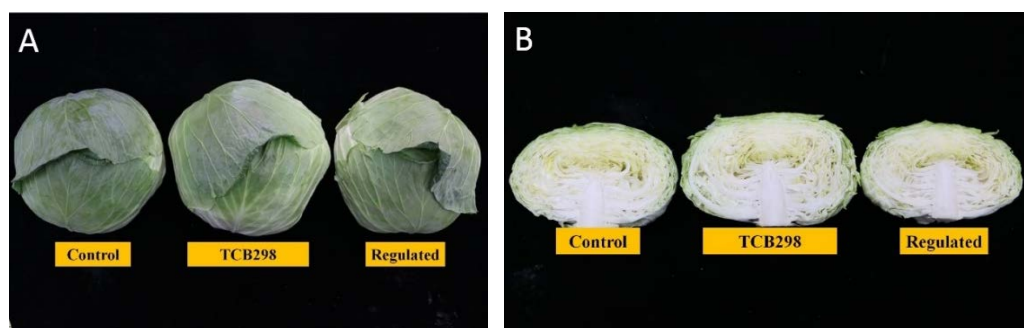
三、結合促進生長及植物保護型功能性微生物製劑應用於甘藍田間試驗

於本場轄內彰化縣溪州鄉與南投縣水里鄉上安村之2處甘藍試驗田，利用本場的促生型微生物製劑，選用TCB207、TCB237與TCB298作為田間試驗的菌株材料，進行甘藍根部澆灌處理；另外植物保護型微生物製劑則是施用液化澱粉芽孢桿菌TCB102-B7進行黑腐病管理。溪州試驗田之調查結果：本次試驗應用本場所篩選之芽孢桿菌TCB207、TCB237與TCB298菌株進行甘藍促生與病害防治試驗，結果在促進生長試驗方面，3株菌株在全株重、地上部重、根鮮重與甘藍單球重均高於對照組處理，尤其TCB298處理組之單球重最為顯著(表十)。病害防治部分，處理期間葉部噴施3株菌株處理與對照、慣行(conventional control)相比，甘藍黑腐病發生全區相當輕微(圖八)，而軟腐病與根瘤病均未發生。



圖八、對照區(A)與處理區(B)之甘藍黑腐病發生情形

Fig. 8. The occurrence of cabbage black rot disease in control group (A) and with the treatment of *Bacillus* sp. (B)



圖九、微生物製劑處理對甘藍結球之影響。(A)甘藍單球相比較；(B)甘藍剖面相比較。由左自右分別為對照組、TCB298 及慣行栽培。

Fig. 9. The effects of microbial agent on cabbage. (A) Appearance of cabbage head, (B) Cross section of cabbage head. Treatments from left to right are the control, TCB298 and conventionation cultivation.

表十、溪州鄉初秋甘藍應用微生物製劑處理之田間試驗結果

Table. 10. The field trial of the application of microbial agents on 'Tsuchiu' cabbage in the field at Xizhou township

Treatments	Weight of above ground (Kg)	Root fresh weight (g)	Single head weight (Kg)	Single head height (cm)	Single head width (cm)
TCB207	3.118a ¹	45.257a	1.967ab	13.667a	16.354a
TCB237	3.163a	42.053b	1.997ab	13.667a	16.358a
TCB298	3.222a	41.895b	2.142a	13.833a	16.763a
Conventional control	3.007a	43.452ab	1.873ab	13.667a	14.321a
Control	2.682b	33.432c	1.617b	13.000a	14.527a

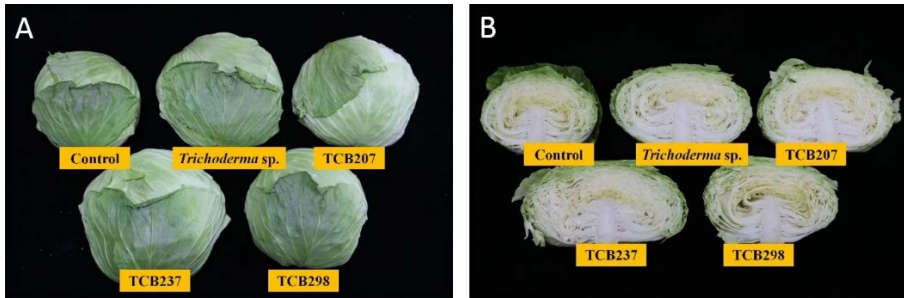
¹ Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% by LSD test.

水里鄉上安村試驗田之調查結果：本次試驗應用本場所篩選之芽孢桿菌TCB207、TCB237與TCB298菌株進行甘藍促生與病害防治試驗，結果在促生試驗方面，3株菌株在全株重、地上部重、根鮮重與甘藍單球重均高於對照組處理，尤其TCB237與TCB298處理組之單球重最為顯著(表十一)。病害防治部分，處理期間葉部噴施3株菌株處理與慣行相比全區相當輕微，僅對照組黑腐病達6.5%。而軟腐病與根瘤病同樣均未發生。



圖十、甘藍黑腐病發生情形(A)對照區，與(B)微生物處理區。

Fig. 10. The occurrence of cabbage black rot disease in control group (A) and with the treatment of *Bacillus* spp. (B).



圖十一、本試驗採收各處理之單粒重比較(A)及各處理之單球剖面比較(B)。

Fig. 11. The head size of cabbage with each treatment in field trial (A) and cross section of cabbage head (B).

表十一、水里鄉初秋甘藍應用微生物發酵液處理之田間試驗結果

Table 11. The effects trial of application of microbial agents on ‘Tsuchiu’ cabbage the field trial at Shuili township.

Treatment	Weight of above ground (Kg)	Root fresh weight (g)	Single head weight (Kg)	Single head height (cm)	Single head width (cm)
TCB207	2.50a ¹	39.70a	1.74ab	13.00b	16.23ab
TCB237	2.76a	37.08ab	1.95a	14.67a	17.68a
TCB298	2.69a	36.61ab	1.88a	13.83ab	15.21b
Conventional	2.50a	36.55ab	1.62ab	13.58ab	15.43b
Control	2.10b	37.35ab	1.42b	13.78ab	14.22c

¹ Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% by LSD test.

討 論

本研究從南投縣魚池鄉與霧社鄉的土壤中，經熱處理分離出30株微生物菌株，再由溶血測試、溶磷活性分析與分解酵素能力測定試驗後，篩選出5株溶磷微生物菌株，分別為TCB203、TCB207、TCB237、TCB263與TCB298進行抗菌圖譜拮抗試驗，與5種甘藍病原真菌與細菌平板拮抗分析後，以TCB237的拮抗能力最為優異，其次為TCB207，而TCB203、TCB263與TCB298則無拮抗效果。此5株菌株經由PCR增幅出16S rRNA與*gyrB*基因後，進行專一性片段定序與比對後，鑑定結果TCB203為*Bacillus megaterium* (巨大芽孢桿菌)、TCB207為*Bacillus velezensis*、TCB237與TCB263鑑定仍為*Bacillus* sp.、TCB298為*Paenibacillus taichungensis* (類芽孢桿菌—臺中種)。後續此5株菌株在盆栽與溫室小規模栽培試驗中，仍以TCB237、TCB207處理相對照組可顯著促進甘藍生長並具溶磷活性，而TCB207與TCB237之溶磷活性結果並非最高，僅介於550~700 $\mu\text{g/ml/day}$ ，推測可能促進作物生長的因子並非溶磷活性為主。許多文獻試驗報導，芽孢桿菌屬之細菌在發酵過程中會產生代謝產物，對於病原菌的孢子或菌絲有很強的抑制作用，連續施用田間後可以降低病害的發生^(12,13,15)。選用本場的芽孢桿菌菌株Tcba05、TCB102-B7與TCB9407等三菌株，進行甘藍帶菌種子防治與田間小規模甘藍黑腐病防治試驗。種子帶菌防治試驗中，以浸泡Tcba05-100x與TCB102-B7-100x，種子黑腐病帶菌率則為0%。在田間小規模試驗方面，連續使用多次微生物製劑後，以施用TCB102-B7的處理，黑腐病可降低為6.25%、Tcba05處理後可降低為9.17%，而對照組則已達45%。顯示預先施用微生物製劑可以有效降低甘藍黑腐病的發生及罹病度。在結合促進生長及植物保護型功能性微生物製劑的實驗中，經由2處試驗田應用微生物製劑對甘藍栽培之田間試驗結果分析，以TCB237菌株及TCB298菌株的表現最為優異，但TCB298在溫室小規模栽培試驗中，呈現比對照組差的現象，可能溶磷活性太高或稀釋倍數較低的原因，導致此菌株的功效無法完全發揮。本研究中，已篩選具有耐熱、溶磷肥效及病害防治效果之微生物菌株TCB207與TCB298菌株，待後續可融入甘藍之整合性病蟲害管理中，或是發展成微生物農藥，成為友善環境的植物保護資材，同時可減少化農藥的施用，提供農友可用的一個新利器。

參考文獻

1. 陳俊位、鄧雅靜、蔡宜峯 2014 木黴菌在作物病害防治的開發與應用 農業生物資材發展研討會專刊 臺中區農業改良場特刊 121: 87-115。
2. 陳俊位、鄧雅靜、蔡宜峯 2014 木黴菌生物製劑之開發與應用 生物性資材與生態綜合經營在有機農業之應用研討會專刊 臺中區農業改良場特刊 127: 10-47。
3. 郭建志、陳俊位、廖君達、陳葦玲、蔡宜峯 2014 液化澱粉芽孢桿菌在作物病害防治的開發與應用 農業生物資材產業發展研討會專刊 臺中區農業改良場特刊 121: 69-86。
4. 楊秀珠 2011 十字花科蔬菜病蟲害發生情形與管理 行政院農業委員會藥物毒物試驗所 合理、安全及有效使用農藥輔導教材 p.1-58 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局編印 臺北。

5. 蕭政弘 2017 甘藍產業特性與品種類型 甘藍栽培技術與病蟲害管理 臺中區農業改良場農業專訊 96: 3-5。
6. 蔡宜峯、陳俊位 2012 農業廢棄物資源化微生物之研究 農業生技產業季刊 32: 52-59。
7. 謝奉家 2011 臺灣芽孢桿菌生物殺菌劑的研發與應用現況 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所技術專刊第205號 p.1-11。
8. Arrebola, E., R. Jacobs and L. Korsten. 2009. Iturin A is the principal inhibitor in the bio-control activity of *Bacillus amyloliquefaciens* PPCB004 against postharvest fungal pathogens. J. Appl. Microbiol. 108: 386-395.
9. Ashwini, N. and S. Srividya. 2014. Potentiality of *Bacillus subtilis* as bio-control agent for management of anthracnose disease of chilli caused by *Colletotrichum gloeosporioides* OGC1. Biotech 4: 127-136.
10. Brosius, J., J. L. Palmer, H. P. Kennedy and H. F. Noller. 1978. Complete nucleotide sequence of a 16S ribosomal RNA gene from *Escherichia coli*. Proc. Natl. Acad. Sci. 75: 4801-4805.
11. Cawoy, H., W. Bettiol, P. Fickers and M. Ongena. 2011. *Bacillus*-Based Biological Control of Plant Diseases. Pesticides in the Modern World - Pesticides Use and Management. Chapter 13: 273-303.
12. Chung, H. M., P. M. Madhaiyan, S. Seshadri, J. Song, H. Cho and T. Sa. 2005. Isolation and characterization of phosphate solubilizing bacteria from the rhizosphere of crop plants of Korea. Soil Biol. Biochem. 37: 1970-1974.
13. Gyaneshwar, P. G., G. Naresh Kumar, L. J. Parekh and P. S. Poole. 2002. Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. Plant Soil 245: 83-93.
14. Magnelli, P. E., A. Martinez and O. A. Mercuri. 1997. Simple method for determining cellulolytic activity in fungi. Argent. Microbiol. 29: 210-214.
15. Ongena, M. and P. Jacques. 2007. *Bacillus* lipopeptides : versatile weapons for plant disease biocontrol. Trends Microbiol. 16(3): 115-125.
16. Suzuki, T., T. Nakayama, T. Kurihara, T. Nishino and N. Esaki. 2001. Cold-active lipolytic activity of psychrotrophic *Acinetobacter* sp. strains No 6. J. Biosci Bioeng. 92: 144-148.
17. Tao, G. C., S. J. Tian, M. Y. Cai and G. H. Xie. 2008. Phosphate solubilizing and mineralizing abilities of bacteria isolated from soils. Pedosphere 18: 515-523.
18. Watanabe, F. S. and S. R. Olsen. 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorous in water and NaHCO₃ extracts from soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 29:677-678.
19. Yamamoto, S. and H. Shigeaki. 1995. PCR amplification and direct sequencing of *gyrB* genes with universal primers and their application to the detection and taxonomic analysis of *Pseudomonas putida* strains. Appl. Environ. Microbiol. 61: 1104-1109.
20. Yang, S. S. and J. Y. Wang. 1999. Protease and amylase production of *Streptomyces rimosus* in submerged and solid state cultivations. Bot. Bull. Acad. Sin. 40: 259-265.

The Evaluated of Functional Microbial Agents Application for the Cabbage Cultivation and Black Rot Disease Control¹

Chien-Chih Kuo², Tian-Hsin Chuang²,
Chien-Wei Chen⁴ and Chung-Ta Liao³

ABSTRACT

The aim of this study are to screen and introduce growth-promoting, disease protecting microbial agents for cabbage integrated crop and diseases management. In this study, we isolated and screened about 30 microbial strains from the two soil samples in Lianhuachih and Wushe area. According to the blood agar test, phosphate-solubilizing analysis and 4 kinds of enzyme decomposition analysis, five strains were selected for further study. The five strains were selected based on the phosphate solubilizing activity that was 500 µg/ml/day at least, the antagonistic spectrum against 5 types of pathogen fungi and bacteria of cabbage. The result show that TCB237 could inhibit 4 kinds of pathogens. Based on the sequences of 16S rRNA and *gyrB* genes comparison with GenBank database. Strain TCB203 was identified as *Bacillus megaterium*, TCB207 as *Bacillus velezensis*, TCB237 and TCB263 as *Bacillus* spp. TCB298 as *Paenibacillus taichungensis*. The cell density of each strain cultured in LB medium could reach 10⁹ cfu/ml, thus LB medium was selected for microbials fermentation. The five strains were applied on cabbage for six times in field trials and the leaves number, plant height and root length were recorded. We founded that the growth of cabbage with treatment of strain TCB237 was better than other treatments. In addition, we applied the 3 *Bacillus* sp. microbial agents Tcba05, TCB102-B7 and TCB9407 on seeds inoculated with *X. campestris* pv. *campestris*, the results showed that no black rot pathogen was detected with the treatment of strain Tcba05 and TCB102-B7, suggesting that soaking the seeds with microbial agents can reduce the black rot disease occurrence in seedling stage. Application 3 *Bacillus* sp. microbial agents Tcba05, TCB102-B7 and TCB9407 on cabbage Taichung No.2 in the field trial in summer. The disease severity of black rot with treatment of strain TCB102-B7 by root irrigation and leaves spraying was 6.25%, while

the treatment with Tcba05 and water as the control were 9.17% and 45%, respective. It showed pre-irrigation and spraying could inhibited the black rot disease severity effectually. TCB237 which had phosphate-solubilizing characteristic had the potential to development the microbial pesticides, which would integrated into cabbage cultivation system, to be the plant protection materials which environment friendly.

Key words: cabbage, microbial agent, *Bacillus* sp.

¹ Contribution No. 0923 from Taichung DARES, COA.

² Associate researcher of Taichung DARES, COA.

³ Corresponding Author. Assistant, National Chung Hsing University Agricultural Extension Center.

⁴ Corresponding Author. Researcher (Branch Chief) of Puli Branch, Taichung DARES, COA.

薏苡新品種台中4號之育成¹

廖宜倫²、曾勝雄³、廖君達²

摘 要

為提高薏苡單位面積產量，於1983年自日本引進41個品種(系)進行品系觀察試驗，結果顯示其中「松滬種」具有分蘗力強、稔實率佳、抗病及產量高等優良農藝性狀，因此以混合選種法進行品系選拔，於1991年選出優良品系，並陸續完成該新品系產量試驗及區域試驗；2017年12月命名為台中4號。本品種植株高度及最低穗位較低，株高為152.5~185.7 cm，比對照品種台中3號株高158.9~187.2 cm為矮，產量為3,070~4,747 kg/ha，屬高產品種，且具有耐倒伏及適合機械收穫等特性。

關鍵詞：薏苡、台中4號、育種、栽培

前 言

薏苡為禾本科薏苡屬一年生或多年生植物，屬內有很多物種，最常見的栽培種有二，一為馬援種(*Coix lacryma-jobi* L. var. *mayuen stapf*)，另一為大粒種(*Coix lacryma-jobi* L. var. *major stapf*)，國內栽培品種主要為馬援種。薏苡籽實脫去外殼與種皮後的種仁為糙薏仁，亦即市面上所稱之紅薏仁，紅薏仁再經碾白除去麩皮後俗稱薏仁⁽¹⁾。薏仁為傳統保健食品，具有健胃、除濕、利尿、美白、消炎和鎮痛等功效，近年來之研究認為薏仁具有抗腫瘤、調節免疫力、消炎、降血脂及降血糖等功效^(2,3,4,5)。臺灣每年薏苡籽實進口量由1983年之776 ton增加至2016年之5,509 ton，期間增加7.09倍，而2016年我國薏苡栽培面積為250 ha，籽實之年產量為571 ton，只有進口量之10.3%⁽⁶⁾。進口薏苡價格便宜，每公斤約29元，不及國產薏苡製作價格之1/2，因此提高薏苡單位面積產量，以提升國產薏苡之競爭力，其最簡捷之方法為加強薏苡品種改良。

國內薏苡品種有台中1號(1995年育成)、台中2號(2006年育成)及台中3號(2008年育成)，均具有強稈、高產等特性^(7,8,9)。本場育成之新品種－薏苡台中4號因於2004年在臺中市大雅區進行區域產量試驗，深受地區農民喜愛且自行留種種植，並由大雅區農會與當地農民契作，每年契作面積超過20 ha，形成地區農特產品產業，近年來更由農民自行推廣至雲林縣四湖鄉及嘉義縣朴子市，達全國薏苡栽培總面積4成，為國內薏苡重要栽培品系。因此綜整本品種歷年相關試驗資料，提出命名審查，於2017年12月通過命名。

¹行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0928 號。

²行政院農業委員會臺中區農業改良場副研究員。

³行政院農業委員會臺中區農業改良場前研究員。

材料與方法

一、薏苡引種品系觀察試驗與混合選種

本場於1983年自日本引進岡山種等41個薏苡(*Coix lacryma-jobi* L.)品種(系)，進行引種品系觀察試驗，選出8個豐產品系，再採用混合選種法(mass selection)，選拔株高及最低穗位較低、單位面積枝數較多及稔實率較高之優良選系。

二、初級品系產量比較試驗

(一)試驗時間：1992年春作及1993年春作。

(二)試驗地點：彰化縣二林鎮(Erlin, Changhua)及南投縣草屯鎮(Caotun, Nantou)。

(三)試驗品系：台中選育4號(台中4號)，以岡山在來為對照品種。

(四)試驗方法：採RCB設計，4重複。

(五)調查項目及方法⁽¹⁰⁾：

生育日數(Growth duration)：自種植日起至單位面積內50%植株已達成熟之日數為標準。

抽穗日數(Spikelet visible)：自種植日起至小穗可見日數。

株高(Plant height)：由莖桿基部至穗頂之高度。

最低穗位高(Lowest spike position)：由莖桿基部至最低穗位置之高度。

每株小穗數(Spike number)：每株中穗數目。

稔實率(Fertility rate)：每株成熟的完整種子占全部種子比例。

千粒重(Grain weight)：1,000粒完整種子重量。

公頃產量(Grain yield)：每小區收取全部薏苡種子，予以乾燥風選，秤種子重量後再換得公頃產量。

三、高級品系產量比較試驗

(一)試驗時間：1995年春作。

(二)試驗地點：彰化縣二林鎮及南投縣草屯鎮。

(三)試驗品種：台中選育4號(台中4號)，以岡山在來為對照品種。

(四)試驗方法：採RCB設計，4重複。

(五)調查項目：生育日數、株高、最低穗位高、每株小穗數、每株粒數、稔實率、千粒重及公頃產量等性狀，調查方法同初級品系產量比較試驗。

四、新品系區域試驗

(一)試驗時間：2004年春作、2016年春作及秋作。

(二)試驗地點：南投縣草屯鎮、臺中市大雅區及彰化縣二林鎮。

(三)試驗品系：台中選育4號(台中4號)、2004年對照品種為台中1號(1995命名，當年度推廣品種)，2016年以台中3號為對照品種(2008年命名，當年度推廣品種)。

(四)田間設計：

1. 2004年田間採RCB設計，4重複，水田移植栽培，小區面積12.6 m² (3 m×4.2 m)，利用育苗箱育苗，每箱播種量200 g，播種後12~15日，苗齡3葉時，利用人工移植，行株距30×21 cm，每叢插3株苗。
2. 2016年田間採RCB設計，4重複，旱田直播栽培，每小區8行，行長4 m，行距60 cm，株距15 cm，單畦雙行植。

(五)調查項目：

1. 2004年：生育日數、株高、最低穗位高、每株小穗數、每株粒數、稔實率、千粒重及公頃產量等性狀。
2. 2016年：抽穗日數、生育日數、株高、單叢分蘗數、千粒重及公頃產量等性狀。
- 3.調查方法同初級品系產量比較試驗。

五、病蟲害檢定

薏苡之主要病蟲害有葉枯病、玉米螟蟲及莖潛蠅。為探討台中選育4號(台中4號)對葉枯病、玉米螟蟲及莖潛蠅之抗病蟲性，以提供田間栽培病蟲害防治之參考，於2017年春作在本場試驗農場以慣行栽培法栽培並進行病蟲害檢定，供試品種(系)計有台中3號、台中選育4號(台中4號)，病蟲害檢定均採RCB設計，4重複，於2月中旬播種，採慣行栽培，行株距60×15 cm，每小區8行，行長4 m。於6月7日進行調查，然後將罹病蟲等級分為5級：

- 1級為罹病蟲株率0%以下，為極抗(HR)。
- 2級為罹病蟲株率0~5%，為抗(R)。
- 3級為罹病蟲株率5.1~25%，為中抗(MR)。
- 4級為罹病蟲株率25.1~50%，為中感(MS)。
- 5級為罹病蟲株率50.1~100%，為極感(HS)。

結果與討論

一、選育過程

本場於1983年自日本引進岡山種等41個品種(系)進行引種品系觀察試驗，選育出8個豐產品系，結果發現「松滬種」之農藝性狀及產量表現良好，隨即進行品系選拔，採用混合選種法，選拔株高及最低穗位較低、單位面積枝數較多及稔實率較高之優良選系台中選育4號，於1992年起參加各級產量比較及相關之試驗，至2017年春作完成各項育種程序(如表一)，於2017年12月經命名委員審查通過，命名為台中4號。

二、品系比較試驗

- (一) 1992年彰化二林地區春作：台中選育4號(台中4號)生育日數為121天，多於對照品種(岡山在來)的116天；株高為111.6 cm，低於對照品種的165.5 cm；最低穗位高為50.2 cm，低於對照品種的76.3 cm；每株小穗數有32.7個，少於對照品種的35.1個；稔實率為86.9%，

高於對照品種的85%；千粒重為89.6 g，略高於對照品種的89.4 g；平均公頃產量為3,642 kg，與對照品種(岡山在來)的3,704 kg無顯著差異(表二)。

表一、薏苡台中 4 號的育種過程

Table 1. The breeding procedures of Job's tears Taichung No. 4.

Program	Season/Year	Location
Introduction line test	1983	Dacun, Changhua
Mass selection	1983 ~1991	Dacun, Changhua
Preliminary yield test	1992 ~1993	Erlin, Changhua
		Caotun, Nantou
Advanced yield test	Spring, 1995	Erlin, Changhua
		Caotun, Nantou
Regional yield test	Spring, 2004	Caotun, Nantou
		Daya, Taichung
		Erlin, Changhua
	Spring and fall, 2016	Daya, Taichung
		Caotun, Nantou
Resistance test of disease and bug	Spring, 2017	Dacun, Changhua

表二、1992 年彰化二林地區台中選育 4 號(台中 4 號)於初級品系產量試驗之農藝性狀

Table 2. The agronomic characters of Taichung selection No. 4 in preliminary yield trial. (Changhua Erlin, 1992)

Variety	Growth	Plant	Lowest spike	Spike	Fertility	Grain	Grain*
	duration	height	position	number	rate	weight	yield
	(day)	(cm)	(cm)	(no./plant)	(%)	(g/1000 grain)	(kg/ha)
Taichung selection No. 4	121	111.6	50.2	32.7	86.9	89.6	3,642a
Okayama Zairei (CK)	116	165.5	76.3	35.1	85.0	89.4	3,704a

*Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by LSD. (From Annual Report of Dryland Food Crops Improvement, 1992)

(二) 1992年南投草屯地區春作：台中選育4號(台中4號)生育日數為122天，多於對照品種(岡山在來)的118天；株高為156.6 cm，低於對照品種的171.5 cm；最低穗位高為73.8 cm，低於對照品種的79.5 cm；每株小穗數有22.5個，多於對照品種的19.4個；稔實率為83.5%，少於對照品種的85.8%；千粒重為88.9 g，少於對照品種的99.5 g；平均公頃產量為2,619 kg，少於對照品種(岡山在來)的2,896 kg，並達顯著性差異(表三)。

(三) 1993年彰化二林地區春作：台中選育4號(台中4號)生育日數為121天，多於對照品種(岡山在來)的117天；株高為145.5 cm，低於對照品種(岡山在來)的154.6 cm；最低穗位高為76.8 cm，低於對照品種(岡山在來)的83.6 cm；每株小穗數有32.6個，多於對照品種的29.9個；稔實率為75.4%，少於對照品種的77.2%；千粒重為80.9 g，低於岡山在來的83.5 g；平均公頃產量為2,224 kg，與對照品種(岡山在來)的2,140 kg無顯著差異(表四)。

(四) 1993年南投草屯地區春作：台中選育4號(台中4號)生育日數為118天，多於對照品種(岡山在來)的114天；株高為131.0 cm，低於對照品種岡山在來的135.1 cm；最低穗位高為74.1 cm，低於對照品種岡山在來的74.6 cm；每株小穗數有28.2個，多於對照品種的25.7個；稔實率為78.3%，多於對照品種的77.9%；千粒重為84.0 g，高於於岡山在來的83.4 g；平均公頃產量為2,111 kg，與對照品種(岡山在來)的1,951 kg無顯著差異(表五)。

綜上結果，台中選育4號(台中4號)之株高及最低穗位高較矮，千粒重及產量與對照品種(岡山在來)相近且穩定，因此獲選進入高級產量比較試驗。

表三、1992 年南投草屯地區台中選育 4 號(台中 4 號)於初級品系產量試驗之農藝性狀及產量

Table 3. The agronomic characters of Taichung selection No. 4 in preliminary yield trial. (Nantou Caotun, 1992) Sowing date: 03/24

Variety	Growth duration (day)	Plant height (cm)	Lowest spike position (cm)	Spike number (no./plant)	Fertility rate (%)	Grain weight (g/1000 grain)	Grain* yield (kg/ha)
Taichung selection No. 4	122	156.6	73.8	22.5	83.5	88.9	2,619b
Okayama Zairei (CK)	118	171.5	79.5	19.4	85.8	99.5	2,896a

*Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by LSD. (From Annual Report of Dryland Food Crops Improvement, 1992)

表四、1993 年彰化二林地區台中選育 4 號(台中 4 號)於初級品系產量試驗之農藝性狀

Table 4. The agronomic characters of Taichung selection No. 4 in preliminary yield trial. (Changhua Erlin, 1993) Sowing date: 03/22

Variety	Growth duration (day)	Plant height (cm)	Lowest spike position (cm)	Spike number (no./plant)	Fertility rate (%)	Grain weight (g/1000 grain)	Grain* yield (kg/ha)
Taichung selection No. 4	121	145.5	76.8	32.6	75.4	80.9	2,224a
Okayama Zairei (CK)	117	154.6	83.6	29.9	77.2	83.5	2,140a

*Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by LSD. (From Annual Report of Dryland Food Crops Improvement, 1993)

表五、1993 年南投草屯地區台中選育 4 號(台中 4 號)於初級品系產量試驗之農藝性狀

Table 5. The agronomic characters of Taichung selection No. 4 in preliminary yield trial. (Nantou Caotun, 1993) Sowing date: 03/23

Variety	Growth duration (day)	Plant height (cm)	Lowest spike position (cm)	Spike number (no./plant)	Fertility rate (%)	Grain weight (g/1000 grain)	Grain* yield (kg/ha)
Taichung selection No. 4	118	131.0	74.1	28.2	78.3	84.0	2,111a
Okayama Zairei (CK)	114	135.1	74.6	25.7	77.9	83.4	1,951a

*Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by LSD. (From Annual Report of Dryland Food Crops Improvement, 1993).

三、高級產量比較試驗

(一) 1995年彰化二林地區春作：台中選育4號(台中4號)生育日數為124天，多於對照品種(岡山在來)的120天；株高為117.4 cm，低於對照品種的132 cm；最低穗位高為61.3 cm，低於對照品種的70.8 cm；每株小穗數有11個，少於對照品種的14.1個；每株粒數有41.1，粒多於對照品種的38.1粒；稔實率為79.3%，略少於對照品種的79.9%；千粒重為72.2 g，低於對照品種的81.5 g；平均公頃產量為2,028 kg，與岡山在來的2,019 kg無顯著差異(表六)。

(二) 1995年南投草屯地區春作：台中選育4號(台中4號)生育日數為119天，多於對照品種(岡山在來)的115天；株高為118.9 cm，低於對照品種的134.1 cm；最低穗位高為60.4 cm，低於對照品種的68.9 cm；每株小穗數有23.4個，略多於對照品種的23.1個；每株粒數有66.5粒，多於對照品種的62.4粒；稔實率為68.5%，少於對照品種的76.9%；千粒重為83.4 g，低於於對照品種的87.8 g；平均公頃產量2,432 kg，與岡山在來的2,492 kg無顯著差異(表七)。

綜上結果，台中選育4號(台中4號)之株高及最低穗位高均矮於對照品種(岡山在來)，千粒重較少，產量與對照品種相近且穩定。

表六、1995年彰化二林地區台中選育4號(台中4號)於薏苡高級品系產量試驗之農藝性狀

Table 6. The agronomic characters of Taichung Selection No. 4 in advanced yield trial. (Changhua Erlin, 1995)

Variety	Growth	Plant	Lowest spike	Spike	Grain	Fertility	Grain	Grain*
	duration (day)	height (cm)	position (cm)	number (no./plant)	number (no./plant)	rate (%)	weight (g/1000 grain)	yield (kg/ha)
Taichung selection No. 4	124	117.4	61.3	11.0	41.1	79.3	72.2	2,028a
Okayama Zairei (CK)	120	132.0	70.8	14.1	38.1	79.9	81.5	2,019a

*Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by LSD. (From Annual Report of Dryland Food Crops Improvement, 1995)

表七、1995年南投草屯地區台中選育4號(台中4號)於薏苡高級品系產量試驗之農藝性狀

Table 7. The agronomic characters of Taichung selection No. 4 in advanced yield trial. (Nantou Caotun, 1995)

Variety	Growth	Plant	Lowest spike	Spike	Grain	Fertility	Grain	Grain*
	duration (day)	height (cm)	position (cm)	number (no./plant)	number (no./plant)	rate (%)	weight (g/1000 grain)	yield (kg/ha)
Taichung selection No. 4	119	118.9	60.4	23.4	66.5	68.5	83.4	2,432a
Okayama Zairei (CK)	115	134.1	68.9	23.1	62.4	76.9	87.8	2,492a

*Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by LSD. (From Annual Report of Dryland Food Crops Improvement, 1995)

四、新品系區域試驗

(一) 2004年春作二林地區資料顯示，台中選育4號(台中4號)生育日數為116天，多於對照品種(台中1號)的114.8天；株高為170.3 cm，顯著低於對照品種的173.9 cm；最低穗位高為100.1 cm，顯著低於對照品種的103 cm；每株小穗數有17.4個，少於對照品種的20.5個；每株粒數有69.3個，少於對照品種的80.5個；稔實率為65.2%，小於對照品種的68.9%；千粒重為87.7 g，顯著低於對照品種的89.1 g；台中選育4號(台中4號)平均公頃產量為3,333 kg/ha，顯著少於台中1號的3,705 kg/ha (表八)。

(二) 2004年春作大雅地區資料顯示，台中選育4號(台中4號)生育日數為117.3天，多於對照品種(台中1號)的116天；株高為169.2 cm，顯著低於對照品種的178.7 cm；最低穗位高為111.2 cm，顯著低於對照品種的116.8 cm；每株小穗數有17.6個，多於對照品種的16.2個；每株粒數70.5個，多於對照品種的63.5個；稔實率為76.1%，高於對照品種的70.4%；千粒重方面，台中選育4號(台中4號)為86.8 g，顯著少於台中1號的87.3 g；台中選育4號(台中4號)平均公頃產量為3,586 kg/ha，顯著多於台中1號的3,438 kg/ha (表九)。

表八、2004年春作二林地區台中選育4號(台中4號)於區域試驗之農藝性狀及產量

Table 8. The agronomic characters of Taichung selection No. 4 in regional yield trial at Erlin in spring, 2004. Sowing date: 03/17

Variety	Growth duration (day)	Plant height (cm)	Lowest spike position (cm)	Spike number (no./plant)	Grain number (no./plant)	Fertility rate (%)	Grain weight (g/1000 grain)	Grain yield (kg/ha)
Taichung selection No. 4	116.0a	170.3b	100.1b	17.4b	69.3b	65.2b	87.7b	3,333b
Taichung No. 1 (CK)	114.8b	173.9a	103.0a	20.5a	80.5a	68.9a	89.1a	3,705a

*Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by LSD. (From Annual Report of Dryland Food Crops Improvement, 2004)

表九、2004年春作大雅地區台中選育4號(台中4號)於區域試驗之農藝性狀及產量

Table 9. The agronomic characters of Taichung selection No. 4 in regional yield trial at Daya in spring, 2004. Sowing date: 03/10

Variety	Growth duration (day)	Plant height (cm)	Lowest spike position (cm)	Spike number (no./plant)	Grain number (no./plant)	Fertility rate (%)	Grain weight (g/1000grain)	Grain yield (kg/ha)
Taichung selection No. 4	117.3a	169.2b	111.2b	17.6a	70.5a	76.1a	86.8b	3,586a
Taichung No. 1 (CK)	116.0b	178.7a	116.8a	16.2b	63.5b	70.4b	87.3a	3,438b

*Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by LSD. (From Annual Report of Dryland Food Crops Improvement, 2004)

(三) 2004年春作草屯地區資料顯示，台中選育4號(台中4號)生育日數為115天，多於對照品種(台中1號)的114天；株高為172.4 cm，顯著低於對照品種的178.2 cm；最低穗位高為

121.5 cm，顯著低於對照品種的125 cm；每株小穗數有14.9個，少於對照品種的16.6個；每株粒數有58粒，少於對照品種的65.5粒；稔實率為70.6%，高於對照品種的67.7%；千粒重方面，台中選育4號(台中4號)為88.5 g與台中1號的88.9 g未達顯著差異；台中選育4號(台中4號)平均公頃產量為2,779 kg/ha，與台中1號的2,763 kg/ha未達顯著差異(表十)。

(四) 2016年春作草屯地區資料顯示，台中選育4號(台中4號)抽穗日數為70天，多於對照品種(台中3號)的69天；生育日數為115天，少於對照品種的118天；株高為194.9 cm，顯著低於對照品種(台中3號)的203.6 cm；單叢分蘖數有8.8個，與對照品種的7.53個未達顯著差異；千粒重為88.37 g，與對照品種的87.5 g未達顯著差異；台中選育4號(台中4號)公頃產量為5,353 kg/ha，顯著少於台中3號6,181 kg/ha (表十一)。

表十、2004 年春作草屯地區台中選育 4 號(台中 4 號)於區域試驗之農藝性狀及產量

Table 10. The agronomic characters of Taichung selection No. 4 in regional yield trial at Caotun in spring, 2004. Sowing date: 03/15

Variety	Growth duration (day)	Plant height (cm)	Lowest spike position (cm)	Spike number (no./plant)	Grain number (no./plant)	Fertility rate (%)	Grain weight (g/1000grain)	Grain yield (kg/ha)
Taichung selection No. 4	115.0a	172.4b	121.5b	14.9b	58.0b	70.6a	88.5a	2,779a
Taichung No. 1 (CK)	114.0a	178.2a	125.0a	16.6a	65.5a	67.7b	88.9a	2,763a

*Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by LSD. (From Annual Report of Dryland Food Crops Improvement, 2004)

表十一、2016 年春作草屯地區台中選育 4 號(台中 4 號)於區域試驗之農藝性狀及產量

Table 11. The agronomic characters of Taichung selection No. 4 in regional yield trial at Caotun in spring, 2016. Sowing date: 02/19

Variety	Spikelet visible (day)	Growth duration (day)	Plant height (cm)	Tillering number (no./plant)	Grain weight (g/1000 grain)	Grain yield (kg/ha)
Taichung selection No. 4	70	115	194.9b	8.80a	88.3a	5,353b
Taichung No. 3 (CK)	69	118	203.6a	7.53a	87.5a	6,181a

*Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by LSD.

(五) 2016年春作大雅地區資料顯示，台中選育4號(台中4號)抽穗日數96天，少於對照品種台中3號的97天；生育日數為158天，少於對照品種的160天；株高為176.5 cm，與對照品種台中3號的170.74 cm未達顯著差異；單叢分蘖數有4.13個，與對照品種的5.73個無顯著差異；千粒重為67.8 g，與對照品種的65.3 g未達顯著差異；台中選育4號(台中4號)平均公頃產量為4,140 kg/ha，與台中3號的3,472 kg/ha未達顯著差異(表十二)。

表十二、2016 年春作大雅地區台中選育 4 號(台中 4 號)於區域試驗之農藝性狀及產量

Table 12. The agronomic characters of Taichung selection No. 4 in regional yield trial at Daya in spring, 2016. Sowing date: 04/29

Variety	Spikelet visible (day)	Growth duration (day)	Plant height (cm)	Tillering number (no./plant)	Grain weight (g/1000 grain)	Grain yield (kg/ha)
Taichung selection No. 4	96	158	176.5a	4.13a	67.8a	4,140a
Taichung No. 3 (CK)	97	160	170.7a	5.73a	65.3a	3,472a

*Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by LSD.

(六) 2016年秋作草屯地區資料顯示，台中選育4號(台中4號)抽穗日數為58天，多於對照品種台中3號的57天；生育日數為104天，同於對照品種104天；株高為159.3 cm，與對照品種台中3號的168.9 cm未達顯著差異；單叢分蘗數有3.53個，與對照品種的3.13個未達顯著差異；千粒重為78.9 g，與對照品種的79.5 g未達顯著差異；台中選育4號(台中4號)平均公頃產量為3,287 kg/ha，與對照品種台中3號的3,395 kg/ha未達顯著差異(表十三)。

表十三、2016 年秋作草屯地區台中選育 4 號(台中 4 號)於區域試驗之農藝性狀及產量

Table 13. The agronomic characters of Taichung No. selection 4 in regional yield trial at Caotun in fall, 2016. Sowing date: 08/05

Variety	Spikelet visible (days)	Growth duration (day)	Plant height (cm)	Tillering number (no./plant)	Grain weight (g/1000 grain)	Grain yield (kg/ha)
Taichung selection No. 4	58	104	159.3a	3.53a	78.9a	3,287a
Taichung No. 3 (CK)	57	104	168.9a	3.13a	79.5a	3,395a

*Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by LSD.

(七) 2016年秋作大雅地區資料顯示，台中選育4號(台中4號)抽穗日數為58天，多於對照品種台中3號的57天；生育日數104天，同於對照品種的104天；台中選育4號(台中4號)株高為145.7 cm，與對照品種台中3號的148.9 cm未達顯著差異；單叢分蘗數有5.2個，與對照品種的5.07個未達顯著差異；千粒重方面，台中選育4號(台中4號)為76.1 g，與台中3號的75.8 g未達顯著差異；台中選育4號(台中4號)平均公頃產量為2,853 kg/ha，與台中3號的3,096 kg/ha未達顯著差異(表十四)。

綜上結果顯示，台中選育4號(台中4號)在株高方面，分別矮於對照品種台中1號(2004年)或台中3號(2016年春作及秋作，2016年春作大雅除外)；千粒重略低於台中1號(2004年)，但2016年表現與台中3號無顯著差異；於2004年的產量表現與台中1號無顯著差異，2016年的產量表現與台中3號亦無顯著差異。

表十四、2016 年秋作大雅地區台中選育 4 號(台中 4 號)於區域試驗農藝性狀及產量

Table 14. The agronomic characters of Taichung selection No. 4 in regional yield trial at Daya in fall, 2016. Sowing date: 08/04

Variety	Spikelet visible (day)	Growth duration (day)	Plant height (cm)	Tillering number (no./plant)	Grain weight (g/1000 grain)	Grain yield (kg/ha)
Taichung selection No. 4	58	104	145.7a	5.20a	76.1a	2,853a
Taichung No. 3 (CK)	57	104	148.9a	5.07a	75.8a	3,096a

*Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by LSD.

五、病蟲害檢定

2017年春作台中選育4號(台中4號)之葉枯病、玉米螟及莖潛蠅抗性試驗，結果由表十五得知，台中選育4號(台中4號)對葉枯病之抗病性屬中抗級；對螟蟲之抗蟲性屬中感級，對莖潛蠅為中抗等級，田間栽培仍須注意防治。

表十五、2017 年春作台中選育 4 號(台中 4 號)之葉枯病、玉米螟及莖潛蠅抗性

Table 15. Resistant test of leaf blight, borer and stem maggot of Taichung No. selection 4 at Dacun Changhua (Spring, 2017).

Variety	Leaf blight		Borer		Stem maggot	
	Disease rate (%)	Levle	Susceptible rate (%)	Level	Susceptible rate (%)	Level
Taichung No. selection 4	20	MR	40	MS	10	MR
Taichung No. 3 (CK)	15	MR	40	MS	30	MS

六、薏苡台中4號之特性

台中4號具有株高及最低穗位較低之優點，株高為152.5~185.7 cm，矮於對照品種台中3號158.9~187.2 cm，其產量為3,070 (秋作)~4,747 (春作) kg/ha，屬高產品種，具有耐倒伏且適合機械收穫等優良特性，新品種特性表如表十六，本品種可供開發為保健食品原料，預期可順利推廣於產業。然而，本品種對螟蟲抗性低，如發生蟲害時建議依照植物保護手冊之推薦用藥進行防治。

七、栽培方法及注意事項

- (一)為提高薏苡新品種之籽實產量，春作宜於1月下旬至2月下旬播種。
- (二)建議播種密度為60×15 cm或70×10 cm。
- (三)薏苡之施肥方法以磷肥全量，氮、鉀肥各50%做基肥，25%做追肥於播種後40日施用，餘25%於抽穗期做二次追肥施用。
- (四)追肥後建議進行中耕、培土及除草作業，降低倒伏性風險。

(五)抽穗期時加強水分管理，避免土壤乾燥造成柱頭活性降低，致授粉不完全而降低稔實率。

(六)本品種對螟蟲之抵抗力屬中感級，幼苗期如有發生時，須參酌「植物保護手冊」推薦的藥劑及防治方法實施。

(七)本品種對葉枯病之抗病性雖屬中抗級，田間栽培如有發生時，可參照「植物保護手冊」推薦的藥劑及防治方法實施之。

表十六、台中 4 號新品種特性與對照品種台中 3 號比較表

Table 16. The comparison in characters between Taichung No. 4 and Taichung No. 3 (C.K.).

Year and crop season	Spring, 2016		Fall, 2016	
Variety	Taichung No. 4	Taichung No. 3 (C.K.)	Taichung No. 4	Taichung No. 3 (C.K.)
Plant Growth habit	Semi upright	Semi upright	Semi upright	Semi upright
Plant height (cm)	185.7	187.15	152.5	158.9
Tillering (no.)	6.47	6.63	4.37	4.1
Growth duration (days)	131	139	104	104
Stem color	Green	Green	Green	Green
Leaf color	Green	Green	Green	Green
Spikelet visible (days)	83	83	58	57
Stigma color	White	White	White	White
Grain weight (g/1000 grain)	78.1	76.4	77.5	77.6
Seed shape	Oblong	Oblong	Oblong	Oblong
Seed color	Tan	Dark brown	Tan	Dark brown
Grain yield (kg/ha)	4,747	4,826	3,070	3,245
Resistance to pest and disease	Taichung No. 4		Taichung No. 3 (C.K.)	
Leaf blight	20 %	MR	15 %	MR
Borer	40 %	MS	40 %	MS
Stem maggot	10 %	MR	30 %	MS

誌 謝

本試驗係由曾前研究員勝雄完成薏苡品種引種、選拔及產量試驗，以及雜糧研究室同仁協助田間工作、性狀調查等作業，特誌謝意。

參考文獻

1. 高德錚 1994 薏苡 p.563-610 雜糧作物各論I.禾穀類 財團法人臺灣區雜糧發展基金會臺北。
2. 李毓、胡笑克 2005 苡仁脂對人鼻咽癌細胞裸鼠移植瘤的放射增敏作用 華夏醫學 18(2): 147。

3. 胡笑克、李毓、吳棣華 2000 薏苡仁脂對人鼻咽癌細胞的放射增敏作用 中山醫科大學學報 21(5): 334。
4. 苗明三 2002 薏苡仁多糖對環磷醯胺致免疫抑制小鼠免疫功能的影響 中醫藥學報 30(5): 49。
5. 徐梓輝、周世文、黃林清 2002 薏苡仁多糖對實驗性2型糖尿病大鼠胰島素抵抗的影響 中國糖尿病雜誌 10(1): 44。
6. 行政院農業委員會 2016 農業統計資料查詢 <http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>.
7. 曾勝雄、高德錚 1995 薏苡台中1號之育成 臺中區農業改良場研究彙報 47: 11-22。
8. 曾勝雄、陳裕星 2007 薏苡台中2號之育成 臺中區農業改良場研究彙報 97: 1-11。
9. 曾勝雄、陳裕星、廖宜倫 2009 薏苡台中3號之育成 臺中區農業改良場研究彙報 102: 59-69。
10. 行政院農業委員會農糧署－農糧法規 2016 薏苡品種試驗檢定方法。

Breeding of a New Job's-tears Variety Taichung No. 4¹

Yi-Lun Liao², Sheng-Hsiung Tseng³ and Chung-Ta Liao²

ABSTRACT

To improve the yield per unit area of Job's tears, 41 varieties (lines) were introduced from Japan in 1983. The results of introduction line test showed that "Song-Hu" had the characteristics of stronger tillering ability, good fertility and high grain yield. In 1991, a superior line selected by mass selection method, was subjected to preliminary yield test and regional trials. Finally it was named as Job's tears Taichung No. 4 in Dec., 2017. The variety has lower plant height and spikelet position. The plant height is about 152.5-185.7 cm, which is shorter than the control variety Taichung No. 3 (158.9-187.2 cm). In conclusion, the Taichung No. 4 is a high yield variety (3,070-4,747 kg/ha) with resistance to lodging, and suitable for mechanical harvesting.

Key words: Job's-tears, Taichung No.4, breeding, cultivation.

¹ Contribution No. 0928 from Taichung DARES, COA.

² Associate Researcher of Taichung DARES, COA.

³ Former Researcher of Taichung DARES, COA.

學校支援型食農教育推動模式之研究 —以臺中地區為例¹

張惠真、曾康綺²

摘 要

本研究針對臺中、彰化、南投三縣市曾配合各農會四健作業推展食農教育之國中小學學校行政人員、教師、營養午餐主辦人員為受訪對象，共得有效問卷138份，進行食農教育知識、食農教育培訓需求程度對執行食農教育能力之差異檢定與影響分析。結果顯示有無參加食農課程研習、縣市別、服務單位別，對食農教育知識均呈現差異。而近二年有無承辦食農教育活動、推動食農教育對象，對推動食農教育能力有差異。食農教育培訓需求程度也會正向影響執行食農教育能力，食農教育培訓需求程度係影響執行食農教育能力主要因素。建議未來可透食農教育培訓需求中之「與現有課程搭配實施」、「教材提供」及「專業團隊提供諮詢」等優先項目，進行培訓課程與相關執行面等內容、作法之整合建置，以強化執行食農教育能力。

關鍵詞：食農教育、學校支援型、培訓需求、推動模式

前 言

近年有關「食農」、「食育」、「食安」等議題逐漸受到民眾重視，產官學界陸續以各種型態推展食育，投入食農教育推廣，如農委會透過相關單位辦理食農教育紮根推廣計畫(以糧食為主)、四健作業組(透過農業推廣體系)等推動食農教育工作，民間亦有中華民國四健會協會辦理食育小學堂等活動，校園食農教育相關推動工作目前則由農委會企劃處、輔導處、農糧署、漁業署、林務局與水保局等單位辦理，包括輔導處「推動農村青少年農業教育及社區服務計畫」之四健作業組，透過農業推廣體系辦理農村青少年培育工作、農糧署辦理「食米養成教育推廣計畫—食米學園」及「有機農業行銷輔導及消費教育計畫」等，來與民眾溝通說明；為回應民眾的消費期待，除透過其他領域持續進行農業技術改良、合理化施肥、安全用藥等研究提升生產效率與產品品質，亦須加強與民眾互動溝通、與消費市場相結合，期能提升農產品的市場競爭力，進而引導產業發展。

可見，推展食農並無特定型態，亦無對象、場域及範圍限制，主要是透過學校教學型、學校教育支援型、社區組織型來執行，以學校與社區為實施場域。故應符合我國食農教育推

¹行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0927 號。

²行政院農業委員會臺中區農業改良場研究員、助理研究員。

動，依循建立食農教育推動基礎、建構安全農業生產、強化全民支持國產農產品等主軸原則，故本研究擬從農會四健作業結合支援學校教學、體驗活動觀點切入，提升食農教育之實踐與連結。再者，鑒於目前國內食農教育相關研究、計畫，大多仍聚焦於推行成效、作法、課程、指標等主題上，有關直接針對食農推動型態研究，了解各不同單位執行者對活動設計的差異規劃，至今仍付諸闕如。因此，本研究擬針對學校支援型食農教育進行研究，瞭解臺中地區學校教職員對於食農教育教學支援角色與推動概況，釐清食農教育知識、培訓需求及執行能力之關聯性，並提出建議，以供後續推動食農教育、設計種子教師課程等之參考。

研究與方法

一、文獻探討

有關食農教育定義，董⁽⁹⁾參考義大利慢食運動(slow food movement)及日本食育運動(Shokuiku)，認為食農教育係「一種藉由親手做來學習的體驗教育過程，學習者經由親身與食物、飲食工作者、動植物、農業生產者、自然環境和相關行動者互動之體驗過程，學習耕食的基本生活技能，並認識在地的農業、正確的飲食生活方式和二者所形成的文化，以及農業、飲食方式與生態環境的關聯性」。簡言之，食農教育是一種強調「親手做」的體驗教育，學習者經由親自參與農產品，從生產、處理至烹調之完整過程，發展出簡單的耕食技能⁽¹⁰⁾。

翁⁽³⁾將食農教育初步定義為以農業為核心，透過教育、推廣及農業體驗等多元方式，培養國人具正確飲食知識、低食物里程、友善環境等理念，實踐健康飲食生活，促進飲食文化傳承，提升糧食自給率、活化農村及促進農業永續；另農委會將食農教育立法列為優先推動方案，在考慮與釐清立法內涵及技術問題，以原則性法條、鼓勵方式辦理。而顏等⁽¹¹⁾指出，食農教育是藉由與飲食和農業相經驗、知識的設計與傳承，培養學生與消費者具有產地消、食材安全、飲食文化傳承、體驗農業及生命教育等的綜合學習歷程。

食農教育依對象與主辦單位不同，將教學活動設計類型概分為學校教育型、學校教育支援型和社區組織型三大類，此學校教育支援型食農教育的學習主題，可追溯自2007年起就持續納入四健年度工作計畫辦理，每年近200個作業組中，約50個作業組之學習內容是與食農教育或健康飲食相關，10年來引領農村青少年逾萬人參與食農教育的體驗與學習活動，逐步奠定食農教育的推動基礎⁽¹⁾。學校教育支援型活動設計主要對象為學生，由各類團體組織或農場人員設計執行，學校教職員對食農教育課程僅擔任教學支援角色，大多由學校外組織(農場、農會或非營利組織等人員)依據在地學校需求，提供長期支援或短期營隊課程等教學協助，例如到學校擔任農事操作或飲食健康講師、協助校園菜圃之經營技術，或安排學生到農場做戶外教學等⁽¹⁰⁾。可見以農會四健作業之食農教育教學活動，乃歸屬學校教育支援型活動，近來已透過農會持續深入校園進行食農教育相關課程。至於推廣與設計食農教育課程可歸納為八大面向核心概念，包括與飲食教育相關的低碳飲食、飲食文化、均衡飲食(正確飲食知識)，與農業教育相關的社區產業(含農村及在地經濟)、食農體驗、全球環境變遷調適(糧食安全)，以及串聯飲食教育及農業教育的友善環境、食品安全等，作為參考依據⁽⁷⁾。

張⁽⁴⁾指出食農教育推動目標，以導入食農體驗及環境教育理念，推動綠色農業旅遊，結合綠色消費理念開發食農體驗服務，輔導食農體驗場域友善化，並透過食農體驗，鼓勵市區型學校參與農村體驗，增進國人對國產農產品、在地飲食文化的認同與支持，提升農業社會價值，達到農村社區產業活化及環境永續目的。農委會相關計畫以農業體驗為主，後續將著重於由產地到餐桌之連結，強化加工體驗、銷售體驗、農村文化交流等內容。

綜合國內食農教育之實證研究，曹⁽⁵⁾探究都市型小學推動食農教育前後，學童農業素養與飲食習慣差異，發現食農教育課程能提升農業與飲食知識。小學生接受食農教育課程後，農業素養中的農業知識和農業態度有明顯正向差異，但飲食態度與飲食行為無顯著差異。陳⁽⁶⁾研究指出，學生在食農知識、食農態度、食農行為等三大面向上，均達顯著差異。另陳⁽⁷⁾亦指出，學童之食農知識、食農態度及食農行為意向產生正面學習成效。而王⁽²⁾指出推行食農教育的教師所遇到的困境，包括人力資源不足、農事體驗時間不易安排、教師缺乏意願、經費缺乏、課程缺乏整體規劃、缺乏教學夥伴合作、土地不足、教學資源不足、食農教育知識不足、設備不足、家長不支持、申請經費行政程序繁雜等。

參考日本食育以學習飲食相關知識、選擇飲食能力、健全飲食生活等為目標，我國食農教育已延伸擴展為結合農事體驗與飲食教育之多元行動方案，本研究認為從食農教育之教學支援角色觀點，有必要讓學校老師深入瞭解食農教育指標內涵，冀從飲食與農業層面之有效結合，協助其正確理解食農教育之核心內容與知識，以裨益於學校食農教育之有效普遍推廣。故本研究藉由「飲食」與「農業」等方向，導入食農教育知識之評估，檢測並確認受訪者對農業生產、友善環境、食物調理、食物來源與選擇、食農政策目標、作物標章認識等之相關理解，試圖從基礎面培養食農教育知識正確認知，進而透過各種方式融入學校或社區教學課程，利於推展食農教育課程，以增進執行食農教育能力。

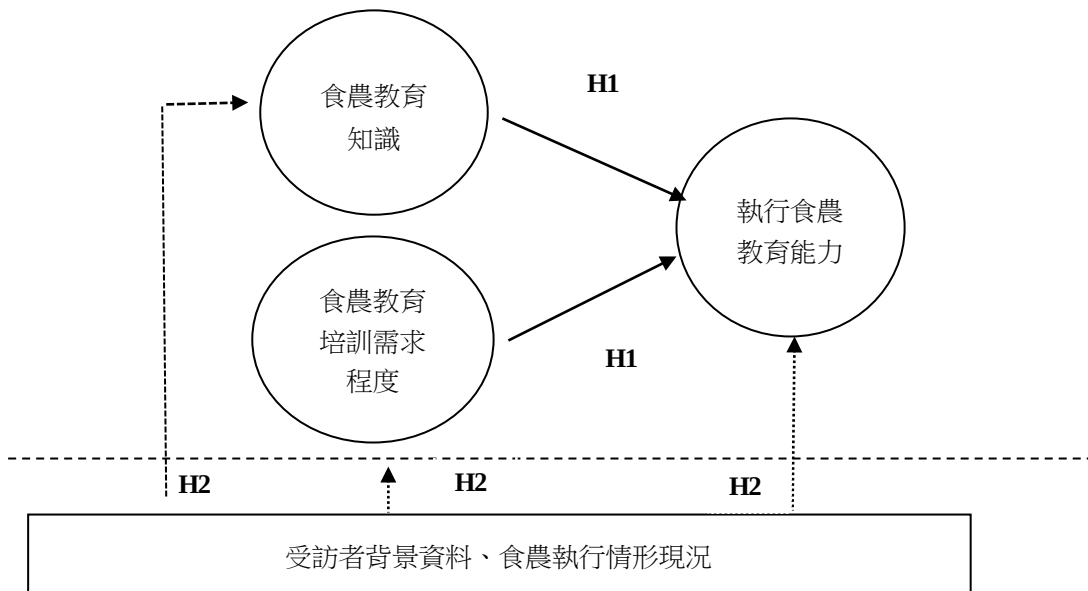
目前國內對於食農教育相關培訓，一般是以食農教育為活動主題，透過教學活動或配合社區體驗，彈性搭配各種實作與多元應用方式，提供教師入門食農推動概念與知識，進而形塑具在地特色之食農教育課程，進行種子教師知識性培訓，或針對參與者導入食農活動相關研習，讓食農得以深耕、扎根校園或社區各個角落。為強化以學校教職員為執行主體之食農教育執行能力，可透過網路平台、課程(教法)研習、教材提供、實作體驗、觀察參訪、專業諮詢等各種培訓方式，將食農教育廣泛應用於活動培訓或教育訓練中。考量從學校支援型食農教育推動模式觀點，重點在於探討如何透過食農教育知識與培訓需求，以提昇食農教育執行能力，故本研究擬從食農教育培訓需求程度，探討其對提高實作執行能力之影響。

所謂執行食農教育能力指執行辦理食農教育時所具備之能力，本研究認為辦理食農教育課程活動的執行能力，應將食農教育融入教學領域知識、教學計畫(教案)、課程活動規劃、教材內容、評估學習成效、班級飲食常規以及營造教育情境中，以強化為食農教育實踐能力，進而落實食農教育深耕校園目標。根據曹⁽⁵⁾研究指出，食農教育課程對於學生農業知識與飲

鑒於食農教育具備多元面向，為因應食農其與時俱進、多重領域發展之特點，推動執行者當應具備充分知識，方能有效推動與落實。由於目前國內尚欠缺對於食農教育知識、培訓需求及執行能力之直接實證研究，故本研究為進一步了解學校食農推動者之食農教育知識、培訓需求與執行能力關係，探討彼此關係與影響情形。

(一)研究架構

本研究架構主軸在於探討食農教育知識、培訓需求程度與其執行能力之關係，冀能透過建立高食農知識認知、強化有效培訓需求，以提升其實際執行效能。若以人力資源層面而言，專業能力實際應用與培訓需求間有顯著關係，而訓練需求評估與訓練成效有正向影響，訓練成效對組織效能確有顯著影響，然綜觀食農教育相關研究，發現仍存在文獻上缺口，欠缺直接文獻支持，基於共同研究之前題要求，經文獻探討與專家工作坊會議討論，擬訂共同訪談大綱為主要研究工具，驗證食農教育知識、培訓需求與執行能力成效評估之影響關係，故分析架構如圖一所示，以執行食農教育能力為依變數，並以食農教育知識與食農教育培訓需求程度為影響變項，瞭解食農教育知識、食農教育培訓需求程度與執行食農教育能力間關係，另探討受訪者背景資料與食農執行現況在食農教育知識、食農教育培訓需求程度及執行食農教育能力之差異。



圖一、研究架構
Fig. 1. Research framework

依研究架構，提出本研究欲驗證的研究假設：

H1：食農教育知識與食農教育培訓需求程度對執行食農教育能力，均有顯著影響。

H2：受訪者背景資料、食農執行情形現況等類別變項，對食農教育知識、食農教育培訓需求程度及執行食農教育能力，均有顯著差異。

(二)研究範圍、抽樣及資料收集

本研究範圍為臺中、彰化、南投等三縣市曾配合各農會四健作業推展食農教育之國中小學，調查方式為透過農會推廣部四健主辦，將問卷發放於配合學校之行政人員、教師、營養午餐主辦人員，每所學校2~4位，於2017年8月初將量測問卷寄出，進行書面問卷調查，共施調158份問卷，截至9月初日回收日止，經多次電話催收，實際回收問卷149份，回收率94.3%；其中扣除填答不完整及有問題者，有效問卷為138份，臺中市、南投縣和彰化縣等三縣市之受訪者比率分別為32.6%、24.6%和42.8%。

(三)資料整理和分析方法

調查資料以社會科學統計軟體PASW Statistics進行分析，使用描述性分析、T檢定、變異數分析及多元迴歸分析等，瞭解變項間之關聯性。問卷設計中屬於態度量表包括食農教育培訓需求程度與執行食農教育能力，以Cronbach's α 方法測驗問卷各衡量變數內部一致性或穩定性，經檢測得知其總信度 α 值分別為0.949、0.901，且量表中每一問項標準差均小於1，表示該量表具有高信度、穩定性高。由於Cuieford⁽¹²⁾提出Cronbach's值之取捨標準，認為當 α 值大於0.7者為高信度，小於0.35為低信度；因此，本研究問卷各量表之信度Cronbach's α 值均大於0.7，表示該量表衡量變項具有高信度水準與一致性。

資料分析與結果

一、受訪者特性之敘述性分析

在受訪者特性方面，服務單位別依序為國小(86.2%)、國中(10.1%)和其他(包括農場、農會等，3.6%)。性別以女性67.4%多於男性32.6%。年齡平均為44.7歲，年齡介於41~50歲占41.8%，其次40歲以下占28.9%。教育程度以研究所(含以上) 57.2%最多，其次為大學40.2%，高中職(含)以下者僅占2.2%。受訪者任教或服務年資平均為17.2年，以11~25年居多，占62.0%，其次為10年以下占21.9%，26年以上者僅占16.1%；職稱別主要以學校教師、學校主管為主，各為54.3%、37.7%。

二、食農教育基本狀況之敘述性分析

就食農教育活動基本狀況分析(表一)，近二年有參加食農教育相關課程或研習，有參加者(55.8%)多於未參加者(44.2%)，平均參加次數約7.3次，以參加6~8次最多占62.0%，其次為9次以上21.1%，5次以下占16.9%；受訪者對整體食農教育的理解與掌握，若以10分為滿分，平均得分約7分，得分以6~8分最多占55.0%，1~5分者占23.3%，9~10分者占21.7%。另表示無

參加者占44.2%，未來參加食農教育課程或研習的意願強度平均為4.3分，以1~4分最高占59.7%，其次5~7分占22.2%，8~10分者之18.1%最低。

有關近二年承辦食農教育活動情形，表示有承辦者占55.1%多於未承辦者44.9%，承辦活動項目依序為四健計畫(71.1%)、食農·食米計畫(21.1%)及其他(7.9%)，其平均總場次各為4.7、1.1、0.1次，平均參與總人數各為114、56、21人，各平均承辦場次、人數差異甚大。承辦四健計畫活動總場次最高總場次24次、參與總人數最多為500人。至於平均每學期參與推動食農教育活動時數為16.3 hr，以10 hr以下最多，占50.8%，11~20 hr占33.9%，21 hr以上者僅占15.3%，推動時數在20 hr以下者約占八成五左右。

學校推動食農主要決策方式，較多之前三項依序為配合其他校外組織(40.0%)、校長、主任等為主(20.3%)與各學年教師討論決定(15.7%)，其他諸如學年主任決定、個人自己興趣推動而已、家長(會)建議、教育局(處)指定貴校推動、其他各選項方式，所占百分比則均在10%以下，以“學年主任決定”之百分比相對最低，僅0.9%。至於推動食農教育困難點，前五項依次為可運用於食農教育的時間不足(23.0%)、經費不足(20.1%)、對食農教育認知的缺乏(13.4%)、缺乏食農教育教材(13.4%)、校園缺乏農作空間(13.4%)等，以“家長不支持”與“其他”兩選項之百分比皆相對最低。

表一、食農教育基本狀況之描述性分析

Table 1. The descriptive statistics for status of food and agriculture education

問項	類 別	次數	百分比%
近二年參加食農教育相關課程或研習	有	77	55.8
	無	61	44.2
	合計	138	100.0
參加食農教育相關課程或研習 次數(平均 7.3 次)	5 次以下	13	16.9
	6~8 次	48	62.0
	9 次以上	16	21.1
	合計	77	100.0
整體對食農教育的理解與掌握 (平均 7.0 分)	1~5 分	18	23.3
	6~8 分	42	55.0
	9~10 分	17	21.7
	合計	77	100.0
未來參加食農教育相關課程 或研習的意願強度 (平均 4.3 分)	1~4 分	36	59.7
	5~7 分	14	22.2
	8~10 分	11	18.1
	合計	61	100.0
近二年承辦食農教育活動	有	76	55.1
	無	62	44.9
	合計	138	100.0

問項	類 別	次數	百分比%
承辦食農教育活動類型	1.食農・食米計畫	16	21.1
	2.四健計畫	54	71.1
	3.其他	6	7.9
	合計	76	100.0
每學期參與推動食農教育活動時數 平均 16.3 小時	10 小時以下	30	50.8
	11~20 小時	20	33.9
	21 小時以上	9	15.3
	合計	59	100.0
學校推動食農教育決策方式 (複選題)	各學年教師討論決定	18	15.7
	學年主任決定	1	0.9
	校長、主任等為主	28	24.3
	個人自己興趣推動而已	8	7.0
	家長(會)建議	6	5.2
	配合其他校外組織	46	40.0
	教育局(處)指定貴校推動	4	3.5
	其他(技藝課(職群)社團課程、校本課程、班級配合主任推動等)	4	3.5
	合計	115	100.0
推動食農教育的困難點 (複選題)	經費不足	42	20.1
	對食農教育認知的缺乏	28	13.4
	缺乏食農教育教材	28	13.4
	學校主管/行政單位不支持或不重視	6	2.9
	可運用於食農教育的時間不足	48	23.0
	校園缺乏農作空間	28	13.4
	缺乏志同道合的團隊	15	7.2
	家長不支持	1	0.5
	欠缺上位法規/政策/課綱等的依循	12	5.7
	其他(孩子認知配合)	1	0.5
	合計	209	100.0

三、食農教育執行情形之描述性分析

有關食農教育執行情形之敘述性分析(表二)，主要設計執行者以農會最多占48.7%，其次是學校教師占35.5%，另非營利組織、農場人員及其他(社區家長)等選項，僅占10%以下。係以學生79%為主要對象，其次為學生與家長17.9%。實施地點以校園菜圃42.4%與校園教室32.2%相對較多。其教案活動期程以中期(月或學期)最高，占54.8%，其次為長期(一年以上)與短期(日/週)，各占25.0%與19.0%。至於教學方法以體驗及操作教學、講述教學及影片教學

等方法相對較高，分別占36.6%、24.1%、16.7%。在準備教材及道具方面，主要包括體驗教材(食材、廚具、餐具、鋤頭等) (19.4%)、學習單(15.9%)、電腦(14.6%)、單槍投影機(14.0%)、簡報(PPT) (13.2%)、紀錄表(11.3%)。評量方式則以實作評量最高，占38.2%，其次為紙筆評量(學習單)23.7%、親子檢核表自省/行為實踐考察 19.1%。在主題重點方面以農事體驗 34.6%、健康飲食26.4%相對較高。此外，受訪者認為學校支援型人員與外部單位人員進入學校推動食農教育，均有甚高必要性，分別各占90.8%、91.1%。

表二、食農教育之執行情形分析

Table 2. The descriptive statistics for implementation of food and agriculture education

問項	類別	次數	百分比%
推動食農教育的主要設計執行者	學校教師	27	35.5
	非營利組織	4	5.3
	農場人員	6	7.9
	農會	37	48.7
	其他(社區家長等)	2	2.6
	合計	76	100.0
推動食農教育的主要對象	學生	60	79.0
	學生及家長	15	19.7
	社區成員	1	1.3
	一般社會大眾	0	0.0
	其他	0	0.0
	合計	76	100.0
推動食農教育的實施地點(複選題)	校園教室	38	32.2
	校園菜圃	50	42.4
	農民的農園	25	21.2
	社區菜園	2	1.7
	其他(承租田區、學校頂樓平台等)	3	2.5
	合計	118	100.0
推動食農教育教案的活動期程(複選題)	短期(日/週)	16	19.0
	中期(月或學期)	46	54.8
	長期(一年以上)	21	25.0
	其他(職群)	1	1.2
	合計	84	100.0
推動食農教育的教學方法 (複選題)	欣賞教學	20	9.3
	影片教學	36	16.7
	講述教學	52	24.1
	討論教學	27	12.5
	體驗及操作教學	79	36.6
	其他(在地專業分享等)	2	0.9
	合計	216	100.0

問項	類別	次數	百分比%
推動食農教育的準備教材及道具 (複選題)	電腦	54	14.6
	單槍投影機	52	14.0
	簡報(PPT)	49	13.2
	報紙	7	1.9
	相關書籍	13	3.5
	平面教材(圖卡、標籤、貼紙、地圖等)	22	5.9
	體驗教材(食材、廚具、餐具、鋤頭等)	72	19.4
	紀錄表	42	11.3
	學習單	59	15.9
	其他(食材示範)	1	0.3
	合計	371	100.0
推動食農教育的評量方式 (複選題)	紙筆評量(學習單)	41	23.7
	口頭評量	32	18.5
	實作評量	66	38.2
	親子檢核表自省/行為實踐考察	33	19.1
	其他(戲劇)	1	0.6
	合計	173	100
推動食農教育主題的重點 (複選題)	農事體驗	72	34.6
	健康飲食	55	26.4
	飲食文化	41	19.7
	低碳及友善環境	37	17.8
	政令法規	2	1.0
	其他(了解在地農產)	1	0.5
	合計	208	100.0
學校支援型人員進入學校推動食農教育的必要性	非常不必要	1	1.3
	不必要	1	1.3
	普通	5	6.6
	必要	35	46.1
	非常必要	34	44.7
	合計	76	100.0
外部單位人員進入學校推動食農教育的必要性	非常不必要	0	0.0
	不必要	1	1.3
	普通	6	7.9
	必要	41	53.9
	非常必要	28	36.9
	合計	76	100.0

四、食農教育知識與食農教育培訓之需求程度分析

有關「食農教育知識」分析，係以是非題與選擇題共22個題項分別施測，計算其整體平均得分為21.0分(最高為22分、最低為18分)，顯示受訪者食農教育知識普遍甚高。在是非題施測方面，其平均答對率為98.0%，最高者達100%，整體平均得分為13.7分(共14題，最低12分、最高14分)。再者，在選擇題施測方面，平均答對率為90.1%，整體平均得分為7.3分(共8題，最低4分、最高8分)，其中以「四章一Q中，生產過程完全不使用農藥與化學肥料的選項」與「農委會推動之四個農產品標章(四章)及生產責任追溯制度(一Q)，四章一Q之四章標誌選項」兩題項答對率相對較低，百分比分別為83.9%與82.4%。

有關食農教育培訓需求程度分析(表三)，整體平均分數為4.31分，有92.2%有高度殷切需求。各單項平均分數均在4分以上，表示受訪者對食農教育培訓需求屬正向積極態度，其中需要程度最為殷切選項為「與現有課程搭配實施」4.39分、「教材提供」4.37分及「專業團隊提供諮詢」4.35分。而需要程度相對較弱，較無急切選項為「教法研習」4.24分、「課程研習」4.25分。

表三、「食農教育」培訓之需求程度分析

Table 3. The demand degree of food and agriculture education and training

問 項	平均 分數	食農教育培訓需求程度(次數、%)				
		非常 不需要	不需要	普通	需要	非常 需要
食農教育相關資訊的網路平台	4.30	0 (0.0)	0 (0.0)	5 (6.3)	45 (57.0)	29 (36.7)
食農教育相關的課程研習	4.25	0 (0.0)	0 (0.0)	8 (10.1)	43 (54.4)	28 (35.4)
食農教育相關的教材提供	4.37	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (3.8)	44 (55.7)	32 (40.5)
食農教育相關的教法研習	4.24	0 (0.0)	0 (0.0)	10 (12.7)	40 (50.6)	29 (36.7)
食農教育如何與現有課程搭配實施	4.39	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (5.1)	40 (50.6)	35 (44.3)
食農教育主題課程活動的規劃做參考	4.33	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (3.8)	47 (59.5)	29 (36.7)
其他學校/支援單位推動案例參訪	4.29	0 (0.0)	1 (1.3)	9 (11.4)	35 (44.3)	34 (43.0)
食農教育的專業團隊提供諮詢	4.35	0 (0.0)	1 (1.3)	4 (5.1)	40 (50.6)	34 (43.0)
食農教育學科知識主軸	4.25	0 (0.0)	0 (0.0)	7 (8.9)	45 (57.0)	27 (34.2)
整體平均分數、%	4.31	0.0	0.3	7.5	53.3	38.9

五、執行食農教育能力分析

有關執行食農教育能力分析(表四)，整體平均分數為3.75分，有67.8%受訪者認為食農教育能力是屬於同意和非常同意的程度。若以各單項平均分數比較，同意程度相對較高之選項為「建立有助於學生學習的班級飲食常規」4.12分、「營造安全且有助於學習食農教育的情境」4.09分，其次為「運用學習評量評估飲食學習成效」3.68分。同意需要程度相對較低的選項為「熟悉食農教育教學領域知識(土壤判別、農事技術、農作適種季節等)」3.41分、「清楚呈現食農教育的教材內容」3.59分。可見受訪者執行食農教育能力主要是來自於建立班級學習飲食常規與營造安全學習情境，但對食農教育教學領域知識與清楚呈現教材內容能力有待加強。

表四、執行食農教育能力之需求程度分析

Table 4. The demand degree on implementation of food and agriculture education

問 項	平均 分數	執行食農教育能力(次數、%)				
		非常 不同意	不同意	普通	同意	非常 同意
熟悉食農教育教學領域知識(土壤判別、農事技術、農作適種季節等)	3.41	2 (2.5)	14 (17.7)	24 (30.4)	28 (35.4)	11 (13.9)
能研擬適切的食農教育教學計畫(教案)	3.62	0 (0.0)	8 (10.3)	25 (32.1)	34 (43.6)	11 (14.1)
能進行食農教育主題課程活動的規劃	3.67	1 (1.3)	7 (9.0)	18 (23.1)	43 (55.1)	9 (11.5)
能清楚呈現食農教育的教材內容	3.59	1 (1.3)	6 (7.7)	24 (30.8)	40 (51.3)	7 (9.0)
能運用學習評量評估飲食學習成效	3.68	1 (1.3)	7 (9.0)	16 (20.5)	46 (59.0)	8 (10.3)
能建立有助於學生學習的班級飲食常規	4.12	0 (0.0)	1 (1.3)	9 (11.7)	47 (61.0)	20 (26.0)
能營造安全且有助於學習食農教育的情境	4.09	0 (0.0)	0 (0.0)	12 (15.4)	47 (60.3)	19 (24.4)
整體平均分數、%	3.75	0.9	7.9	23.4	52.2	15.6

六、食農知識、培訓需求程度與其執行能力之差異分析

綜合t檢定結果，有無參加食農教育相關課程或研習，對食農教育知識有差異影響($t=-2.46^*$ ，無<有)。不同推動食農教育主要對象，對食農教育培訓需求程度呈差異性影響($t=-2.26^*$ ，學生<學生及家長等)。對執行食農教育能力呈現差異影響者，包括近二年承辦食農教育活動($t=-2.46^*$ ，無<有)、推動食農教育主要對象($t=-4.66^{***}$ ，學生<學生及家長等)等二個類別變項，但男女性別與其影響變項、依變項之間，均未達差異。

根據變異數檢定結果，發現食農教育知識、食農教育培訓需求程度及執行食農教育能力不因教育程度差異而有不同。而縣市別與服務單位別，對於食農教育知識均呈現顯著差異 ($F=8.68^{***}$, $p<0.001$; $F=4.56^*$, $p<0.05$)，發現台中市分別比起南投縣與彰化縣，服務單位為國小相較於國中之受訪者，其食農教育知識皆有相對較高情形。而不同職稱別對執行食農教育能力僅略有差異，但經事後比較，並未出現明顯不同。

七、多元迴歸分析結果

根據食農教育知識、食農教育培訓需求程度對執行食農教育能力之多元迴歸分析結果(表五)，經分析發現各變項變異數膨脹因素(Variance Inflation Factor, VIF)均小於2，顯示變項間不具多重線性重合現象。總迴歸模式的F值為6.997，達非常顯著水準($P<0.001$)，表示此迴歸方程式具有統計顯著性，其調整 R^2 值為0.139，表示食農教育知識、食農教育培訓需求程度對執行食農教育能力之總解釋力13.9%，其標準化迴歸係數(β)為3.734 ($P<0.001$)，顯示食農教育培訓需求程度對執行食農教育能力達顯著正向影響，有相互關係存在，原因為對培訓需求程度愈高時，表示受訪者對食農教育培訓需求較正面與積極，願透過培訓課程與執行面等內容之整合建置，以強化執行食農教育能力以提高其執行能力。

表五、食農教育知識、食農教育培訓需求程度對執行食農教育能力的多元迴歸

Table 5. The multiple regression analysis for the knowledge and training demand in the implementation of food and agriculture education

影響變項	執行食農教育能力之標準化迴歸係數(β)				
	迴歸係數(B)	標準化迴歸係數(Beta)	T 值	顯著性(Sig)	變異數膨脹值(VIF)
食農教育知識	-0.281	-0.063	-0.585	0.560	1.009
食農教育培訓需求程度	0.391	0.404	3.734 ^{***}	0.000	1.009
迴歸模式值、調整值	adj $R^2 = 0.139$			$F = 6.997^{**}$	

*: $p<0.05$, **: $p<0.01$, ***: $p<0.001$.

結論與建議

本研究以學校支援型食農教育推動模式為研究範疇，分析食農教育知識與食農教育培訓需求程度對執行食農教育能力之影響，並探討受訪者背景資料、食農執行情形現況等控制變項對食農教育知識、食農教育培訓需求程度及執行食農教育能力之差異。採取立意抽樣方式，於臺中場轄區中針對臺中、彰化、南投等三縣市學校曾配合各農會四健作業推展食農教育，無論該校是否曾承辦過食農教育活動之國小小教師、營養午餐主辦為問卷調查對象，共計獲得有效回收問卷138份。資料經統計分析，綜其結果發現：

1. 研究對象主要集中於國小教師、女性、中年齡層、大學以上高等教育程度，25年以下服務年資，學校教師與主管。

2. 近二年有參加食農教育相關課程或研習者，整體對食農教育理解與掌握均呈現中等以上程度，而未參加者對未來參加食農教育課程或研習意願強度偏低；將來應多宣導與增加誘因，提高參加意願。再者，受訪者於近二年承辦食農教育活動，表示有承辦者高於未承辦者，以辦理四健計畫活動最多，平均每學期參與推動食農教育活動時數主要為20小時以下。學校推動食農大多是配合其他校外組織來推動，而推動食農教育主要困難點是可運用於食農教育時間不足、經費不足。
3. 有承辦學校食農教育基本狀況，以辦理四健計畫活動最多，推動食農教育之主要設計執行者、對象、實施地點及教案活動期程，分別以農會與學校教師、學生、校園教室與菜圃、中期(月或學期)之所占比例相對最高。
4. 學校推動食農主要配合其他校外組織，透過體驗及操作教學方法，以農事體驗與健康飲食等為主題重點，採取體驗教材與學習單等教材道具，進行實作評量。推動之主要困難點是可運用時間不足、經費不足、缺乏對食農教育的認知與教材及校園農作空間。而學校支援型人員與外部單位人員進入學校推動食農教育之必要性與需求程度，則均呈現正面高度傾向。
5. 有無參加食農教育相關課程或研習會對食農教育知識產生差異影響，有參加相關課程或研習者，相對其食農教育知識較高；且食農教育培訓需求程度對執行能力達到顯著正向影響，因此辦理食農教育相關課程或研習會之師資培訓有其必要性，不僅能提高食農教育知識，亦能增加執行食農教育的能力。
6. 食農教育培訓需求以「與現有課程搭配實施」、「教材提供」及「專業團隊提供諮詢」最為殷切。執行食農教育已具備能力以「建立有助於學生學習的班級飲食常規」與「營造安全且有助於學習食農教育的情境」相對最高；認為執行能力較低的選項為「熟悉食農教育教學領域知識(土壤判別、農事技術、農作適種季節等)」、「清楚呈現食農教育的教材內容」，對於培訓需求較高與執行能力較低項目，應列入將來訂定培訓課程及編列教材應加強部分。
7. 受訪者食農教育知識普遍甚高，答對率都在九成以上，而「長期的食農教育之推動最終政策目的」、「農委會推動四章(農產品標章)一Q(生產責任追溯制度)的認識與其生產過程使用農藥與化學肥料情形」，答對率較其他選項相對較低，應列為加強宣導內容。
8. 經多元迴歸分析發現，食農教育培訓需求程度對執行食農教育能力具有關聯性，有顯著正向影響，亦即當受訪者食農教育培訓需求程度愈強，其執行食農教育能力會隨之相對較高。反之亦然，原因為對培訓需求需求愈高時，表示受訪者對食農教育培訓需求較正面與積極，可透過培訓課程與相關執行面等內容、作法之整合建置，以提高其執行能力。再者，食農教育知識與執行食農教育能力無顯著影響，可能原因在於知識自評雖高，但題項辨識率差異性不大，不足以對執行食農教育能力產生影響。

參考文獻

1. 王勝平 2016 食農教育系列報導食育小學堂：踏出食農教育的第一步 農政與農情 294: 113-115。
2. 王巧芬 2016 新北市國小推行食農教育現況與困境之探究 臺北市立大學地球環境暨生物資源學系環境教育與資源碩士論文。
3. 翁章梁 2016 食農教育政策與立法規劃論壇 台灣農業推廣學會105年度會員大會暨食農教育立法與體制論壇 台灣農業推廣學會主辦。
4. 張致盛 2016 台灣農業體系食農教育推動現況論壇 台灣農業推廣學會105年度會員大會暨食農教育立法與體制論壇 台灣農業推廣學會主辦。
5. 曹錦鳳 2015 都市型小學推行食農教育之行動研究 國立中興大學生物產業管理學碩士論文。
6. 陳建志、林妙娟 2012 全球環境變遷下食農教育的課程內涵探討 國教新知 62(4): 61-72。
7. 陳冠佑 2017 農園蔬菜栽種教育課程對國小學生 食農知識、態度及行為之影響 佛光大學未來與樂活產業學系碩士論文。
8. 陳慶峰 2016 運用盆耕輔助食農教育之成效研究－以臺北市某國小三年級學生為例 臺北市立大學地球環境暨生物資源學系碩士論文。
9. 董時叡 2015 日本食農教育與台灣農業推廣體制之連結 農業推廣文彙 60: 1-6。
10. 董時叡、蔡嫦娟 2016 食農教育手冊 當筷子遇上鋤頭－食農教育作伙來 台灣農業推廣學會編印。
11. 顏建賢、曾宇良、張瑋琦、陳美芬、謝亞庭 2015 我國食農教育推動策略之研究 農業推廣文彙 60: 69-86。
12. Cuieford, J. P. 1965. Fundamental Statistics in Psychology and Education. 4th Edition. New York: McGraw Hill.

Feasibility Study on the School-Supported Promotion Model of Food and Agriculture Education - A Case Study in Taichung District¹

Hui-Chen Chang and Kang-Chi Tseng²

ABSTRACT

This research is based on a model of school-supported on food and agriculture education to survey onto the staff of the primary and secondary school located in the counties of Changhua, Nantou and Taichung City of Taichung District, and the subjects were onto whom have cooperated with the 4-H Club activities of the Local Farmers' Association to promote the food and agriculture education. A total of 138 effective questionnaires were collected, measured, and analyzed as well. The results indicated that there were differences among counties and organizations whether it conducted food and agriculture education activities or not. There are also differences in the ability to promote food and agriculture education which are affected by the experience of undertaking food and agriculture education activities, and by the target subjects of food and agriculture education in the past two years. The demand for agricultural education and training showed a significant positive impact on willing to implement food and agriculture education, which is also the main influencing factor. It is strongly suggested that in the future, the educational training needs of food and agriculture education should be integrated with "the implementation of existing curriculum", "the teaching materials provided" and "the professional consultant team", so as to strengthen the implementation of the learning capacity on it.

Key words: food and agriculture education, school-supported, training needs, promotion model

¹ Contribution No. 0927 from Taichung DARES, COA.

² Researcher, Associate Researcher of Taichung DARES, COA.

2017年研究彙報

第134期至第137期

審稿委員名單

(按姓氏筆劃順序排列)

- | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1. 方珍玲 | 2. 王智立 | 3. 艾 群 | 4. 宋 好 | 5. 林宜賢 |
| 6. 林順福 | 7. 林慧玲 | 8. 金石文 | 9. 洪進雄 | 10. 徐慶琳 |
| 11. 張 正 | 12. 張哲嘉 | 13. 張錦興 | 14. 盛中德 | 15. 郭純德 |
| 16. 陳仁炫 | 17. 陳右人 | 18. 陳姿伶 | 19. 陳澤民 | 20. 陳麗鈴 |
| 21. 黃文理 | 22. 黃姿碧 | 23. 楊秋忠 | 24. 葉德銘 | 25. 蔡必焜 |
| 26. 羅筱鳳 | 27. 羅慧珍 | 28. 樂家敏 | | |

臺中區農業改良場研究彙報稿約

- 一、本刊以供本場同仁發表試驗研究成果為原則，但可邀請外稿。
- 二、來稿一經刊登其著作權歸行政院農業委員會臺中區農業改良場所有，本人聲明並保證授權著作為本人所自行創作，若屬多人共同創作，則本人亦取得其他作者同意，有權為本同意之各項授權。且授權著作未侵害任何第三人智慧財產權。
- 三、來稿一律不支稿費，但經刊用後，則致贈單行本 10 本(可要求至 20 本)。
- 四、文章之架構為題目、作者、中文摘要、中文關鍵字、前言、材料與方法、結果與討論(或分開成結果、討論)、誌謝、參考文獻(加阿拉伯數字序號)、英文摘要(包括題目、作者、摘要、關鍵字)。題目下之作者英文姓、名首字用大寫，其餘小寫，以用全名為原則，名在前，姓在後，如 Jia-Shin Lin，作者二人時，則用 and 連接，三人以上則如 Jia-Shin Lin, Lin-Ren Chang and Wan-Jean Liaw。英文關鍵字除專用學名(如 Ringspot Virus)、元素符號縮寫(如 Ca, Mg)等首字母大寫，其餘一般性語詞用小寫。另本文內中文後附加英文全名又有英文縮寫時，則英文全名與英文縮寫間以逗號分開，如木瓜輪點病毒(papaya ringspot virus, PRV)。
- 五、來稿以 A4 紙“雙行距”印出，紙之上端留白 2 cm，其他三邊留白 1 cm。
- 六、來稿以精簡易懂為原則，學名、et al., via 等需以斜體字印出，引用書名以 In：表示。
- 七、關於表格之注意點：(一)表格上方須並列中英文標題，中文在上，英文在下，並加表一、(Table 1.)等冠號，不需句號，但表註要句號。(二)表格內容只用英文，只有第一個字母大寫，不可中英文並列。(三)能以文字說明之小表或項目，請用文字說明。(四)原始記錄應統計分析並簡化後始可列入表中。(五)表註用小號 1 或 2 等註明於表中數字之右上角。(六)表格一律設計成“可被彙報篇幅正常容納”之大小。
- 八、關於插圖之規定：(一)插圖應單頁獨立，註明文題。(二)插圖下方須有標題，並加圖一、圖二、(Fig. 1. 2.....)等冠號。(三)所繪製線條粗細、標號、數字及文字等應注意協調及清楚。(四)已列表中之內容，勿再重複以插圖表示。
- 九、關於照片之規定：(一)照片用紙一律採用光面紙，黑白照片為佳，品質為要。(二)需有圖說，如有特別指明點應標示之。(三)可在文中用文字說明清楚之非必要照片請剔除。
- 十、關於參考文獻之規定：(一)參考文獻以引用為限，如係來自轉載之其他書刊時必須加註明。(二)本國及日本作者則依據姓名筆劃數為序，若無作者而以出版機關(社)為首時，則以首字筆劃列入參考文獻之排序。以上三種文獻均列於英文作者之前。作者之姓置於前，名或簡寫隨之。(三)中、日期刊文獻作者姓名以後為發行年份，然後為論文名稱，期刊名稱、卷期數及頁數。(四)西文雜誌名之縮寫方式儘量根據美國出版之“Biological Abstracts”雜誌；中日文雜誌用全名(例 1)。(五)書籍必須加註版別及出版書局。(六)引用西文書籍之寫法為：作者姓名—年份—章節名—引用頁數—編輯者—書名(西文書名除介詞外其餘首字母大寫)—出版社—出版地(例 5)。(七)西文參考文獻第一作者姓在前，名用縮寫接在後；第二作者以下名用縮字排在前，姓在後(見例 2~5)。(八)引用機關或出版社編著之非定期性中、日書刊寫法：1. 書籍有分篇作者時：分篇作者—年份—章節名—參考頁數—書名—主編—出版社(機關)—出版地點(見例 6)。2. 書籍無分篇作者時：作者名—年份—章節名—參考頁數—書名—出版社—出版地點(見例 7)。3. 無作者但有發行(編輯)機關(社)時：發行機關—年份—書名—參考頁數—出版社(見例 8)(此時並以首字之筆畫列入參考文獻之排序)以上如缺某項時可略過，但順序不宜變更，且重要項目不可少。(九)文字敘述及參考文獻時，根據文獻之號數，用阿拉伯字，加以括號，如(1)等，插入句中右上角，如引用多篇，則加逗點，如(1,2,3)。(十)未正式發行之報告，如農林廳年度成果報告，不可引用為參考文獻。
例如：1. 張守敬 1954 臺灣水稻肥料施用適量之分區 科學農業 2(5): 1-6。
2. Jones, J. W. and A. E. Longley. 1941. Sterility and aberrant chromosomes numbers in Caloro and other varieties of rice. Jour. Agr. Res. 62:381-399.
3. 作者 3 人之寫法：Jone, A. B., L. H. Lin and A. B. Chen. 1991....
4. 作者 3 人以上之寫法：Jone, A. B., L. H. Lin, C. D. Wang and A. B. Chen. 1991....
5. Eastop, V. F. 1977. World importance of aphids as virus vectors. p.1-61. In: Harrrts, K. F. and K. Maramorosch (eds.). Aphid as Virus. Academic Press. London.
6. 黃正華、朱永華 1970 臺灣雜糧生產現況與增產潛力之探討 p.66-67 臺灣雜糧增產之研究 科學農業叢書第 7 號。
7. 郭魁士 1978 土壤學 p.x-x 土壤學 中國書局 屏東，臺灣。
8. 臺灣省政府農林廳 1990 臺灣農業年報 臺灣省政府印刷廠。
- 十一、文字敘述之號次以下列為序：中文用：一—(一) 1.(1)A(A)，英文用：1.(1)A(A)a(a)。
- 十二、腳註以小號 1 或 2 等阿拉伯字標於右上角，說明時阿拉伯字置於左上角及文辭回復正常大小。
- 十三、文字敘述中之數字，儘量用阿拉伯字表示之。
- 十四、單位須用公制單位記號，例如以 m、cm、mm、m²、ml、l、mg、g、kg、ha、℃、pH、N、ppm、t、hr 等，不必用中文表示之。
- 十五、原稿審查後經由課室送還作者，作者對審查意見有異議，可書面申訴。修正後需將原稿、審查意見表及修正稿送回編輯。必要時可再外審，且本刊有刪改權。“完全定稿”後送請排版(排版後不接受大幅度修改)。
- 十六、作者“自行、完全”負責格式及內容之校對。
- 十七、其他未盡事項，得經場長核定後，隨時補充修正之。

BULLETIN OF TAICHUNG DISTRICT AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION STATION

Publisher

H. S. Lin

Editorial Board

M. C. Hong

C. H. Chao

C. H. Hsiao

J. L. Yang

K. F. Pai

H. Y. Yang

Y. H. Chen

Y. S. Tien

S. F. Chen

L. Y. Chiu

書名：行政院農業委員會臺中區農業改良場研究彙報(第 137 期)

出版機關：行政院農業委員會臺中區農業改良場

通訊處：彰化縣大村鄉田洋村松槐路 370 號

網址：<http://www.tdais.gov.tw/>

電話：04-8523101~7

發行人：林學詩

編輯委員：洪梅珠(總編輯)、趙佳鴻(副總編輯)

蕭政弘、楊嘉凌、白桂芳、楊宏瑛、陳裕星、田雲生、陳世芳、邱玲瑛

出版年月：106 年 12 月

定價：新臺幣 100 元整

展售處：行政院農業委員會臺中區農業改良場

展售書局：1.五南文化廣場臺中總店／400 臺中市中山路 6 號 (04)22260330

2.國家書店松江門市／104 臺北市松江路 209 號 1 樓 (02)25180207

中華郵政中臺字第 0 四九九號執照登記認為第一類新聞紙類

新聞局登記權：局版臺誌字第五八二三號

GPN: 2006500018

ISSN: 0255-5905

版權所有，翻拷必究

