

ISSN 0255-5905



BULLETIN OF

TAICHUNG DISTRICT AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION STATION, MINISTRY OF AGRICULTURE

No. 160

September 2023



農業部臺中區農業改良場

研究彙報

第160期

中華民國 112年 09月

農業部臺中區農業改良場

CONTENTS

- Influence of Feather Compost Surface Covering on Different Peat-based Media on Muskmelon Production..... You-Hong Zeng and Ming-Chich Hsu... 1
- Effects of turmeric (*Curcuma longa*) and Job's tears (*Coix lacryma-jobi*) on Serum and Hepatic Lipid Profiles in Mice Fed with a High-fat-high-cholesterol Diet Yu-Hsin Chen, Kai-Liang Tang, Wei-Chung Chiou, Ruey-Yu Hsieh, Cheng Huang...11
- Evaluation of Water-Saving and Revenue in Rice-Wheat Rotation System..... Jin-Ying Yang and Hsun-Shih Lin...29
- The Study on the Product of Rice with Different Variety by Using Single-screw Extruder..... Yi-Chun Chen and Chih-Jou Su...39
- Investigation on the Characteristics of Photosynthesis and Optimal Nitrogen Fertilization Quantity for Broccoli..... Chun-Jung Shen and Wei-Ling Chen...51
- Confirmatory Factor Analysis of Agricultural Social Responsibility Identity and Attitude Scale of Farmers Association-Taking the Members in Central Taiwan Shih-Fang Chen and Pei-Jen Chen...75

目次

- 不同泥炭介質中表面施用羽毛堆肥對洋香瓜生產之影響.....曾宥絃、許明傑... 1
- 薑黃及薏仁對高脂高膽固醇飲食模式小鼠血液及肝臟脂質之影響..... 陳裕星、唐愷良、邱韋中、謝瑞裕、黃琇...11
- 稻麥輪作系統之節水效益與收益評估.....楊金英、林訓仕...29
- 不同品種白米經單軸擠壓之成品分析.....陳依純、蘇致柔...39
- 青花菜光合作用特性與最適氮肥施用量探討.....沈峻榮、陳葦玲...51
- 農會農業社會責任認同態度量表之驗證性因素分析-以中部地區農會人員為例.....陳世芳、陳蓓真...75

研究彙報第一六〇期

TAICHUNG DISTRICT AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION STATION, MINISTRY OF AGRICULTURE
Tatsuen Hsiang, Changhua, Taiwan, Republic of China

ISSN: 0255-5905



GPN: 2006500018
定價：新臺幣100元

中華民國一十二年九月

農業部臺中區農業改良場 編印
彰化縣 大村鄉

不同泥炭介質中表面施用羽毛堆肥對洋香瓜生產之影響¹

曾宥紘²、許明傑³

摘 要

本試驗探討 3 種不同質地組成之泥炭介質搭配表面施用高羽毛含量(FH)及低羽毛含量堆肥(FL)對洋香瓜生產之影響，其中 FH 堆肥之氮含量較高，而 FL 堆肥之鉀與鎂含量較高，FH 堆肥之水溶性銨離子與硝酸根離子比值為 0.95，而 FL 堆肥則為 0.07。施用相同化學營養液條件下，Basesubstrate 泥炭 413 表面施用 FL 堆肥(413-FL)及 Basesubstrate 泥炭 612 表面施用 FH 堆肥 (612-FH)之單果重顯著高於不施堆肥之 413 及 612 處理組，分別為 19.1 及 18.8%，其中以 612-FH 處理組之單果重 2,467.3 g 為各處理最高，果實糖度各處理間無顯著差異。413-FL 葉片鎂與鐵含量較 413 處理組高，而 612-FH 處理組則磷與鉀含量較 612 處理組高。本試驗採收前 15 天各處理葉片寬度與果實重量具較佳之回歸特性，可應用為產量預估之參考。

關鍵字：洋香瓜、泥炭、羽毛堆肥

前 言

為因應氣候變遷對作物生產之影響，政府鼓勵農友興建強固型溫室以免風災雨害，農友為快速回收搭建溫室之成本，常於溫室內種植高單價之果菜類作物洋香瓜，此外，為精準控制作物養分利用及免除土傳性病害經多期作生產為害，許多農友改採介質耕作模式搭配滴灌化學營養液以支持作物生產，而農友普遍以粗纖維泥炭作為栽培介質，以增加通氣性與提高產量。部分農友為提高洋香瓜產量或增加果實風味，常以人工澆灌方式補充有機營養液，以避免滴灌管路阻塞，額外增加施肥人力成本。

羽毛為高氮含量之養分，經堆肥化後雖可直接應用為洋香瓜栽培介質，並具生產效能⁽¹⁾，然而因農友所慣用之營養液濃度及組成不一，洋香瓜種植於高 EC 之羽毛堆肥並搭配農友慣用營養液，對作物增加產量或減少產量則無法預測，為此，本試驗應用洋香瓜種植於不同粗細質地之泥炭介質且表面鋪放羽毛堆肥，探討有機養分下滲供洋香瓜根系吸收及提高作物產量之可行性。

¹ 農業部臺中區農業改良場研究報告第 1067 號。

² 農業部臺中區農業改良場助理研究員。

³ 農業部臺中區農業改良場約僱技術員。

材料與方法

一、洋香瓜試驗介質

本試驗於彰化縣福興鄉晨照溫室農場進行洋香瓜(*Cucumis melo* L.) (綠誼秋冬系 2 號)泥炭介質試驗，泥炭(Klasmann peat)介質包含(1)Basesubstrate recp.413、(2)Basesubstrate recp.414 及(3)Basesubstrate recp.612。3 種泥炭基本性質如表一所示。

介質裝填槽體長寬深分別為 62 cm、18 cm 及 18 cm，每槽種植 2 株洋香瓜幼苗，每處理 3 槽，種植洋香瓜幼苗後，於泥炭介質表面鋪放 5 cm 厚(每盆定量 290 g)之(1)高羽毛含量堆肥(FH)、(2)低羽毛含量堆肥(FL)及(3)不鋪放堆肥。試驗期間統一滴灌農友慣用營養液，以硝酸鉀、磷酸一鉀、硫酸鎂、硝酸鈣及綜合微量元素進行養液調配，養液中之氮、磷、鉀、鈣、鎂、銅、錳、鋅、鐵、硼及鋁含量分別為 10.2%、1.7%、14.0%、9.9%、1.5%、91.4 mg/L、2,436.5 mg/L、91.4 mg/L、2,436.5 mg/L、30.5 mg/L 及 6.1 mg/L。洋香瓜種植 12 天內每日每株滴灌營養液 395 mL、定植後 12-14 天每日每株滴灌 493 mL、定植後 15-25 天每日每株滴灌營養液 658 mL、定植後 26 天至採收前 20 天每日每株滴灌營養液 987 mL。採收前 20 天調整營養液之氮、磷、鉀及鎂含量為 4.2%、1.7%、23.0% 及 1.5%而微量元素含量不變，每日每株滴灌營養液 658 mL。每日上午 11 時及下午 4 時滴灌清水，依氣候條件及植株生育期調整水量，每日每株滴灌量為定植後 14 天內，約 200 mL，定植後 15-25 天約 400 mL，定植後 26 至採收前 20 天約 600 mL，採收前 20 天約 400 mL。洋香瓜於 2022 年 9 月 30 日定植，於 10 月 16 日及 12 月 13 日調查葉片長、寬及葉柄長，並於 12 月 28 日採收果實，調查單果重、果肉重、剖面長與寬、果肉厚度及糖度。另採收果實及其上下各一葉之葉片進行元素養分含量分析。

表一、本試驗之泥炭介質特性

Table 1. Characteristics of three peat-based media used in the experiment

Media	Particle size distribution (mm)	Air capacity (%)	Water holding capacity (%)	Dry matter (%)	pH (1:2.5)	Salt level (g/L(1:3.6))
Basesubstrate 413	0-5	8-12	78-82	<10	6	<0.2
Basesubstrate 414	0-70	25-35	55-65	<10	6	<0.2
Basesubstrate 612	0-25	25-30	60-65	<10	6	<0.2

二、泥炭介質與羽毛堆肥之水溶性養分分析

泥炭介質及羽毛堆肥(1:10)水萃液以電極測定 pH 及 EC，樣品之氮用微量擴散法測定⁽³⁾，磷用比色法定量⁽⁶⁾，鉀用火焰光度計測定(Sherwood flame photometer 410)，鈣、鎂及微量元素則用原子吸收光譜儀(Hitachi Polarized Zeeman Atomic absorption spectrophotometer Z-5000)分析。

三、堆肥與葉片養分分析

堆肥及植體先以濃硫酸及雙氧水消化分解⁽⁵⁾，依上述方法測定氮、磷、鉀、鈣及鎂。而微量元素銅、錳、鋅及鐵則以 1 N 鹽酸反應⁽¹⁰⁾後以原子吸收光譜儀分析。

四、統計分析

以SAS Enterprise Guide 7.1軟體進行統計分析，以Least Significance difference (LSD)法進行比較，表中相同字母表示彼此間無顯著差異($p < 0.05$)。

結果與討論

一、堆肥及介質養分分析

本試驗之鴨毛堆肥為以菇包生產剩餘木屑為主體，分別添加 25%鴨毛(FH)及 5%鴨毛(FL)，其養分分析如表二所示，添加 25%之鴨毛堆肥(FH)其酸鹼值、鉀、鎂、銅及碳氮比較低，而氮含量及 EC 值則顯著較高，鴨毛之氮含量約 13.65%、磷含量 0.09%、鉀含量 0.01%、鈣含量 0.26%而鎂含量 0.07%，除氮含量外，其他養分含量皆低於菇包生產剩餘木屑⁽¹⁾，當添加 25%鴨毛而降低堆肥之菇包木屑添加量時，易導致堆肥成品某些養分含量偏低，如鉀、鈣及鎂含量較添加 5%鴨毛之堆肥(FL)低。而高羽毛添加量確實可顯著提高堆肥成品之氮含量。

本試驗 5 種有機資材之水溶性養分(1:10)如表三所示，泥炭養分含量低，以鈣離子較具差異，如泥炭 413 鈣含量最高而 612 鈣含量最低，可能與泥炭組成或石灰資材調整酸鹼值之添加量不同所致，其中以粗纖維泥炭(414 及 612)之鈣含量較低。FH 堆肥其銨離子、磷、鋅及鐵含量顯著高於 FL 堆肥，而 FL 堆肥硝酸根、鉀及鎂含量較高。FH 堆肥中具有較多有機氮，經微生物持續分解而釋放出銨離子。依據前人研究，高濃度銨離子會抑制亞硝酸氧化菌生長，降低硝酸根離子濃度⁽¹¹⁾，可能因此導致 FH 堆肥之硝酸根濃度較 FL 堆肥低。而 FL 堆肥之銨離子濃度較低，較有助於硝化作用進行而產生較高濃度之硝酸根。

表二、堆肥酸鹼值、電導度值及消解養分分析

Table 2. The pH、EC and elemental nutrients of compost FH and FL

Compost	pH	EC (dS/m)	N			P			K			Ca			Mg			Cu			Mn			Zn			Fe			C/N
			(g/kg)																											
FH	6.8a ¹	5.9b	38a	7.8a	18b	25a	8b	4.7b	216.7b	165.3a	928.7a	10.3b																		
FL	6.5a	6.7a	33b	8.7a	23a	26a	10a	7.7a	296.7a	167.7a	976.7a	11.6a																		

¹Significance in comparison at $P < 0.05$ (LSD test)

表三、本試驗各種資材之酸鹼值、電導度值及水溶性養分分析

Table 3. The pH, EC and water soluble nutrients in different materials

Material	pH	EC (dS/m)	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	P	K	(mg/kg)					
							Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
413	5.2abc ¹	0.3c	68.3c	66.3c	12.0c	89.7c	304.3c	41.7c	1.2b	0.5cd	2.1b	11.6b
414	4.6c	0.3c	66.3c	66.0c	3.7c	19.3c	162.7d	19.7c	0.9c	0.8c	0.8c	4.4cd
612	4.9bc	0.3c	157.7bc	165.0c	6.0c	18.7c	41.3e	6.0c	0.7c	ND	0.04d	2.1d
FH	6.8a	5.9b	2342.7a	2467.7b	3306.0a	11692b	626.0b	778.0b	1.5ab	5.1a	3.9a	20.0a
FL	6.5ab	6.7a	279.0b	4115.0a	1695.0b	16637a	779.0a	1105.3a	1.6a	3.4b	2.0b	6.0c

¹Significance in comparison at P < 0.05 (LSD test)

二、洋香瓜植株生育調查

洋香瓜生育初期之葉片性狀如表四所示，以 3 種泥炭表面鋪放高羽毛含量堆肥(FH)處理組，其葉片長度有較長趨勢，以 413-FH 顯著高於 413 處理組而 612-FH 顯著高於 612 處理組，葉柄長則不受各相同泥炭介質表面鋪放羽毛堆肥與否之影響，如 413、413-FL 及 413-FH 皆無顯著差異，此外，比較 413、414 及 612，以 612 處理組之葉柄長度顯著高於 413 及 414。洋香瓜生育後期之葉片性狀如表五所示，以 413-FH 之葉片長度及寬度顯著高於 413 處理組，葉柄長度則以 414-FL 處理組顯著高於 414 處理組。不同泥炭處理間以 612 之葉片寬度顯著高於 413。洋香瓜採收前 15 天之各葉片性狀經與採收果實重量進行迴歸分析，結果以葉片寬度與單果重具較佳之迴歸分析結果(迴歸顯著值 0.002842)，如圖一所示，或可做為採收前預估產量之參考。

表四、洋香瓜生育初期葉片性狀調查

Table 4. Leaf characteristics of muskmelon at early growth stage among different treatments

Treatment	Leaf length	Leaf width	Petiole length
	(cm)		
413	25.3bc ¹	25.1a	21.2bc
413-FL	26.8abc	26.4a	20.8c
413-FH	28.4a	28.3a	21.8abc
414	25.2b	25.3a	22.2abc
414-FL	24.8b	26.2a	23.8a
414-FH	27.9ab	28.1a	23.3ab
612	25.1b	25.5a	24.3a
612-FL	26.8abc	27.2a	23.2abc
612-FH	28.8a	28.4a	24.0a

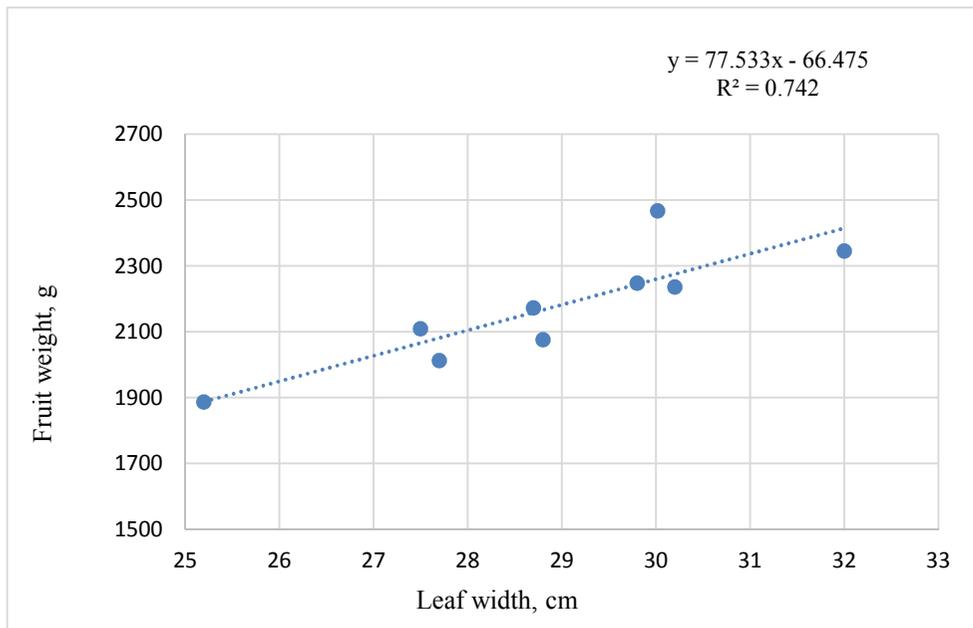
¹Significance in comparison at P < 0.05 (LSD test)

表五、洋香瓜生育後期(採收前 15 天)葉片性狀調查

Table 5. Leaf characteristics of muskmelon at late growth stage (15 days before harvest) among different treatments

Treatment	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Petiole length (cm)
413	25.0b ¹	25.2c	24.2bcd
413-FL	26.7ab	29.8ab	22.8cd
413-FH	28.5a	28.7b	23.0cd
414	27.8ab	27.5bc	23.0cd
414-FL	27.8ab	27.7bc	27.2a
414-FH	29.3a	30.2ab	21.8d
612	27.3ab	28.8ab	24.2bcd
612-FL	28.8a	32.0a	25.5abc
612-FH	29.5a	30.02ab	26.3ab

¹Significance in comparison at P < 0.05 (LSD test)



圖一、洋香瓜採收前 15 天之葉片寬度與單果重之迴歸分析

Fig. 1. Regression analysis between muskmelon leaf width and fruit weight on the 15 day before harvest

三、洋香瓜果實性狀調查

本試驗應用不同質地粗細泥炭搭配表面施用高羽毛添加量(FH)及低羽毛添加量(FL)之堆肥，其果實性狀調查如表六所示，在未施用羽毛堆肥之條件下，洋香瓜種植於 3 種泥炭(413、414 及 612)之單果重、果肉重、果實剖面長寬及糖度皆無顯著差異，然而，在相同泥炭表面施用羽毛堆肥，則對洋香瓜果實重量產生影響，如 413 泥炭表面鋪放 FL 及 612 泥炭表面鋪放 FH 可顯著提高果實重量，分別為 19.1 % 及 18.8 %。

銨離子與硝酸根離子之比例不同，將影響作物生產，如前人研究發現銨離子與硝酸根離子之養分比例會影響作物最高生產量，對菜心而言，銨離子與硝酸根離子之比例為 10:90 與 25:75 可顯著增加產量，而比例 50:50 則會降低產量⁽¹³⁾；對芥藍菜而言，當銨離子與硝酸根離子之比例為 25:75 其生質量最大，而提高至 50:50 則會抑制芥藍菜後期生長⁽⁹⁾；銨離子與硝酸根離子之比例為 25:75 可刺激辣椒根系發展及提高果實產量與品質⁽¹²⁾。本試驗之洋香瓜化學營養液中，氮肥施用以硝酸鉀為主，額外施用 FH 堆肥(銨離子與硝酸根離子之養分比值約為 0.95)可增加介質之銨離子養分含量，但施用 FL 堆肥則對銨離子補充效果較為有限(其銨離子與硝酸根離子之養分比值僅為 0.07)(表三)，可由試驗後介質養分分析結果得到佐證，如 413-FH 處理組之銨離子濃度為 413-FL 處理組之 3.2 倍；414-FH 處理組之銨離子濃度為 414-FL 處理組之 3.8 倍而 612-FH 處理組之銨離子濃度為 612-FL 處理組之 5.1 倍。然而高銨離子養分對促進洋香瓜生產之效果因不同泥炭介質而異，如洋香瓜種植於 413 介質，額外施用 FL 堆肥可提高單果重，種植於 612 介質則以施用 FH 堆肥可提高單果重，本試驗結果發現高硝酸根含量之羽毛堆肥較適用於細質地泥炭(413)；而高銨離子養分含量之 FH 羽毛堆肥較適用於粗質地泥炭(612)，可提高洋香瓜產量。

前人研究發現，棉花在不同氧氣濃度下，施用銨態氮或硝酸態氮皆隨氧氣濃度增加而增加根系生長，然而在相同氧氣濃度下，銨態氮或硝酸態氮對根系生長無顯著差異，但施用硝酸態氮之棉花地上部生育較佳⁽⁴⁾。細質地 413 泥炭介質及粗質地 612 泥炭介質在相同水管理下，介質中的氧氣含量是否不同，並影響根系對銨離子及硝酸根離子養分吸收仍需驗證。此外，本試驗因有機堆肥養分多元，且存在有機態氮，未來需於不同泥炭介質搭配滴灌不同銨離子與硝酸根離子比例之營養液，探討洋香瓜種植於不同質地泥炭之產量，藉以探討 FH 堆肥應用於提高洋香瓜種植於 612 泥炭之產量提升，高濃度銨離子是否為關鍵因子之一。

本試驗各處理之果實糖度皆無顯著差異，若能提高果實重量則可增加農友收益，結果顯示洋香瓜種植於粗質地泥炭如 414 與 612 較種植於細質地泥炭，其單果重較重，而種植於 413-FL、414-FH、612-FL 及 612-FH 之單果重可較種植於 414 介質增加 6-17%，且以 612 泥炭介質搭配表面施用 FH 處理組之單果重最佳，顯示特定粗細組成之泥炭介質表面施用 FH 羽毛堆肥有助於提高秋冬季之洋香瓜產量。

表六、洋香瓜果實性狀調查

Table 6. Fruit characteristics of muskmelon among different treatments

Treatment	Fruit weight (g)	Pulp weight (g)	Pulp thickness (cm)	Fruit length (cm)	Fruit width (cm)	TSS (° Brix)	Relative fruit weight (%)
413	1886.5d ¹ (100 ²)	1727.9d	4.0b	15.2d	15.2c	13.7a	89.4
413-FL	2247.5abc (119.1)	2043.4abc	4.9a	16.6abc	16.0abc	14.3a	106.6
413-FH	2172.8bcd (115.2)	1984.6abcd	4.8a	16.2abc	16.0abc	14.0a	103.0
414	2109.3bcd (100)	1920.3bcd	4.7a	16.1bcd	15.6abc	14.4a	100
414-FL	2012.7cd (95.4)	1837.3cd	4.8a	15.9bcd	15.4bc	14.3a	95.4
414-FH	2236.2abc (106.0)	2043.0abc	4.8a	16.7abc	16.0abc	14.4a	106.0
612	2076.3bcd (100)	1938.2bcd	5.1a	15.8cd	15.7abc	13.9a	98.4
612-FL	2345.5ab (113.0)	2152.3ab	5.0a	16.8ab	16.2ab	14.7a	111.2
612-FH	2467.3a (118.8)	2255.5a	5.0a	17.1a	16.4a	14.0a	117.0

¹Significance in comparison at $P < 0.05$ (LSD test)

²Percent of control

四、葉片養分分析

洋香瓜果實採收期之成熟葉片養分分析如表七，本試驗 413-FL 及 612-FH 處理組之洋香瓜單果重分別高於 413 及 612 處理組，其中 413-FL 處理組可較 413 處理組增加葉片鎂及鐵含量，而降低葉片鈣含量及鈣鎂比；612-FH 處理組可較 612 處理組增加葉片磷、鉀含量及鉀鈣比，而降低葉片鈣、錳含量。

葉片養分含量增加或為提高洋香瓜單果重之關鍵因子，如前人研究發現 Hoagland 養液中的鎂含量為 100% 可顯著較 75% 鎂處理組提高莖徑、葉片葉綠素與胡蘿蔔素含量及葉片硝酸還原酶活性，較 50% 鎂處理組提高莖乾重、莖徑、葉片葉綠素與胡蘿蔔素含量、光合作用速率、葉片鉀與鎂含量及葉片硝酸還原酶活性⁽⁸⁾，顯示足量鎂含量條件下，有助於光合作用與氮轉化吸收效率，如本試驗顯示當洋香瓜葉片鈣鎂比介於 4.4-4.7 其葉片氮含量為各處理組最高或為鎂促進氮吸收之論證。甜瓜於施用足量鉀肥條件下，可顯著增加產量如洋香瓜施用 Steiner nutrient solution 並提高鉀濃度至 9 mM 或 11 mM 可較施用 7 mM 鉀濃度顯著提高單果重⁽⁷⁾，土耕甜瓜當肥料鉀氮比由 1:1 提高至 1.8:1 可顯著增加甜瓜產量⁽²⁾。414 泥炭處理組之葉片養分含量，無法歸納出與洋香瓜單果重之關聯，如 414-FL 處理組較 414 處理組可提高葉片鉀含量並降低葉片鈣含量，但其洋香瓜單果重並無顯著增加。試驗結果顯示，應用特定泥炭介質表面鋪放羽毛堆肥，有助於提高洋香瓜葉片某些特定養分含量，或為提高果實重量之原因。

表七、洋香瓜葉片養分分析

Table 7. Leaf nutrients of muskmelon among different treatments

Treatment	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Cu (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	N/ K	K/Ca	Ca/Mg
413	2.39ab ¹	0.39c	3.2bc	6.5ab	1.1bc	468.0ab	64.0cd	102.7bc	125.3b	0.75a	0.49bc	5.8ab
413-FL	2.53a	0.43bc	3.6abc	6.0cde	1.4a	540.0a	68.7cd	108.3ab	259.0a	0.71ab	0.60ab	4.4e
413-FH	2.48ab	0.40c	3.6abc	5.8d	1.1bc	564.0a	88.3c	126.3a	215.3a	0.70ab	0.62a	5.1cd
414	2.22b	0.43bc	3.1bc	6.9a	1.1bc	474.7ab	42.7d	89.0cd	111.3b	0.72ab	0.43c	6.2a
414-FL	2.37ab	0.53ab	4.0a	6.3bcd	1.1bc	447.3ab	57.7cd	92.7bc	107.7b	0.60b	0.62a	5.5bc
414-FH	2.23b	0.59a	3.1c	6.8ab	1.0c	436.0ab	65.0cd	71.0d	113.0b	0.73ab	0.45c	6.5a
612	2.41ab	0.40c	3.0c	6.4bc	1.3a	380.7b	283.3a	96.0bc	131.7b	0.80a	0.47bc	4.8de
612-FL	2.52a	0.44bc	3.6abc	5.9cd	1.4a	463.3ab	234.7b	105.7bc	121.3b	0.71ab	0.60ab	4.4e
612-FH	2.58a	0.52ab	3.7ab	5.8d	1.2ab	433.7ab	248.0b	101.3bc	132.7b	0.72ab	0.63a	4.7de

¹Significance in comparison at P < 0.05 (LSD test)

五、試驗後介質養分含量

試驗後介質養分分析如表八，相同介質表面施用羽毛堆肥，會顯著提高介質電導度值，如 413-FL 較 413 高；612-FL 與 612-FH 較 612 高；414-FH 則略高於 414 介質。施用 FH 堆肥可顯著提高介質銨離子濃度，此為高羽毛添加量堆肥之養分特性，另施用兩種羽毛堆肥，皆可提高介質磷、鉀及鎂含量，而微量元素含量則互有高低。

表八、試驗後介質酸鹼值、電導度值及水溶性養分分析

Table 8. The pH, EC and water soluble nutrients of different culture media after harvest

Treatment	pH	EC (dS/m)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	P (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Cu (mg/L)	Mn (mg/L)	Zn (mg/L)	Fe (mg/L)	NH ₄ ⁺ / NO ₃ ⁻
413	5.9bc ¹	1.8cd	56.0d	275.3d	96.3d	1484.3d	594.7b	110.7d	0.7d	0.9b	3.2bc	3.0b	0.20
413-FL	6.7a	2.9ab	114.0d	631.0b	848.7bc	3887.0ab	413.7b	263.0b	1.0cd	1.3ab	3.7bc	4.3b	0.18
413-FH	6.3ab	2.3bcd	364.0c	689.7b	816.7c	2890.7bc	421.7b	284.3ab	1.2bcd	1.6ab	3.3bc	6.7b	0.53
414	5.8b	2.7abc	58.0d	305.3d	75.7d	1949.0cd	1812.7a	245.3bcd	0.9cd	2.4a	3.1bc	3.2b	0.19
414-FL	6.7a	3.0ab	128.7d	780.7ab	1037.3ab	4485.0a	424.7b	404.7a	1.6b	1.6ab	1.4d	4.2b	0.16
414-FH	6.4a	3.6a	487.3b	976.3a	987.3abc	4101.7ab	625.0b	348.7ab	1.1bcd	2.5a	2.6bc	7.5b	0.50
612	4.6d	1.6d	91.3d	198.7d	87.0d	1150.0d	544.0b	120.3cd	5.2a	1.6ab	7.5a	69.7a	0.46
612-FL	6.3ab	2.9ab	133.3d	804.3ab	1151.3a	4009.7ab	311.0b	359.3ab	1.0cd	1.5ab	3.1bc	4.8b	0.17
612-FH	6.4a	3.5a	675.0a	970.7a	1020.3ab	4048.0ab	393.3b	252.3bc	1.4bc	2.1ab	4.8ab	10.5b	0.70

¹Significance in comparison at P < 0.05 (LSD test)

參考文獻

1. 曾宥紘、郭雅紋 2020 羽毛生物堆肥開發和應用 臺中區農業改良場特刊 141 號。
2. Bouzo, C. A., G. Cécconi, and F. Muñoz. 2018. Effect of potassium and calcium upon the yield and fruit quality of *Cucumis melo*. *Agriscientia* 35: 25-33.
3. Keeney, D. R. and D. W. Nelson. 1982. Nitrogen-Inorganic Form. p.659-663. In: Page A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney. (eds.). *Methods of Soil Analysis, Part 2*, 2nd edition. ASA, Madison, Wisconsin.
4. Leonard O. A. and J. A. Pinckard. 1946. Effect of various oxygen and carbon dioxide concentrations on cotton root development. *Plant Physiol.* 21: 18-36.
5. Lowther, J. R. 1980. Use of single sulfuric acid hydrogen peroxide digest for the analysis of *Pinus radiata*, needles. *Commun. Soil Sci. Plant Analysis* 11: 175-188.
6. Olsen, S. R. and L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. p.403-430. In: Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (eds.). *Methods of Soil Analysis. Part 2*. Academic Press, Inc., New York.
7. Preciado-Rangel, P., L. Salas-Pérez, M. A. Gallegos-Robles, F. H. Ruiz-Espinoza, A. V. Ayala-Garay, M. Fortis-Hernández and B. Murillo-Amador. 2018. Increasing doses of potassium increases yield and quality of muskmelon fruits under greenhouse. *Hortic. Bras.* 36: 184-188.
8. Saghalesha, S.P., M. K. Souria and M. Moghaddamb 2019. Effects of different magnesium levels on some morphophysiological characteristics and nutrient elements uptake in Khatouni melons (*Cucumis melo* var. inodorus). *J. Plant Nutri.* 42: 27-39
9. Wang, Y., X. Zhang, H. Liu, S. Sun, S. Song and R. Chen. 2022. High $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ Ratio inhibits the growth and nitrogen uptake of Chinese kale at the late growth stage by ammonia toxicity. *Horticulturae* 8: 8.
10. Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Cock, and K. A. Gomez. 1976. Procedures for routine analysis of zinc, copper, manganese, calcium, magnesium, potassium, and sodium by atomic absorption spectrophotometry and flame photometry. p. 27-34. In: Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Cock, and K. A. Gomez (eds.). *Laboratory manual for physiological studies of rice*. IRRI. Philippines.
11. Zhang, F., H. Yang, J. Wang, Z. Liu and Q. Guan. 2018. Effect of free ammonia inhibition on NOB activity in high nitrifying performance of sludge. *RSC Adv.* 8: 31987-31995.
12. Zhang, J., J. Lv., M.M. Dawuda, J. Xie, J. Yu, J. Li, X. Zhang, C. Tang, C. Wang and T. Gan. 2019. Appropriate ammonium-nitrate ratio improves nutrient accumulation and fruit quality in pepper (*Capsicum annuum* L.). *Agronomy.* 9: 683.
13. Zhu, Y., B. Qi, Y. Hao, H. Liu, G. Sun, R. Chen and S. Song. 2021. Appropriate $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio triggers plant growth and nutrient uptake of flowering Chinese cabbage by optimizing the pH value of nutrient solution. *Front. Plant Sci.* 12: 656144.

Influence of Feather Compost Surface Covering on Different Peat-based Media on Muskmelon Production¹

You-Hong Zeng² and Ming-Chich Hsu³

ABSTRACT

In this experiment, two feather composts including low feather-contained (FL) and high feather-contained composts (FH) were covered on surface of different peats to study their influences on muskmelon production. Compared with FL, higher nitrogen but lower potassium and magnesium contents were found in FH. The ratio of ammonium ion/nitrate ion in FH and FL was 0.95 and 0.07. Under the condition of dripping the same chemical nutrients, muskmelon fruit weight planted in the peat basesubstrate 413 (413-FL) with surface cover of the FL was 19.1% higher than planting in the peat basesubstrate 413 (413); muskmelon fruit weight planting in the peat basesubstrate 612 (612-FH) with surface cover of the FH was 18.8% higher than planting in the peat basesubstrate 612 (612). Among different treatments, the heaviest fruit weight of muskmelon among the different treatments was recorded in the treatment of 612-FH as 2,467.3 g. The TSS of muskmelon fruit among different treatments was not significant different. Higher leaf magnesium and iron were observed in the treatment of 413-FL compared with 413; higher phosphorous and potassium were observed in the treatment of 612-FH compared with 612. In this experiment, high regression correlation between the leaf width at 15 days before fruit harvest and fruit weight were found, that could be used in predicting muskmelon yield in future.

Keywords: muskmelon, peat, feather compost

¹ Contribution No.1067 from Taichung DARES, COA.

² Assistant researcher of Taichung DARES, COA.

³ Technician of Taichung DARES, COA.

薑黃及薏仁對高脂高膽固醇飲食模式小鼠血液及肝臟脂質之影響¹

陳裕星²、唐愷良²、邱韋中³、謝瑞裕⁴、黃琤^{3*}

摘 要

薑黃(*Curcuma longa*)為中國及印度常見之傳統藥食兩用食材，其主要成分薑黃素具有調節血脂、抗發炎、抗氧化、抑制腫瘤等效果，本研究探討薑黃及薑黃薏仁對調節血脂及抗脂肪肝之功效。動物試驗提供高脂高膽固醇飼料作為 C57BL/6 品系小鼠基礎飲食，試驗組分別為添加 0.2% 薑黃粉及以全穀紅薏仁(*Coix lacryma-jobi* var. *Ma-yuen*)取代 20% 高脂高膽固醇飼料再混入 0.2% 薑黃粉，並以辛伐他汀(simvastatin)藥物作為正對照組，正常飲食作為控制組，進行各組小鼠血液、肝臟脂質與肝腎功能評估。結果顯示，添加薑黃組與薑黃薏仁組皆可顯著抑制體重增加，改善高脂高膽固醇飼料導致的血漿三酸甘油酯，並改善高脂高膽固醇飼料造成的脂肪肝、肝臟總膽固醇、肝臟三酸甘油酯且降低肝臟重量。於腎臟功能指標部分，則可顯著降低血清中尿素氮的濃度。另外比較全穀紅薏仁的添加是否對薑黃改善代謝疾病各項指數有所助益，結果顯示兩者在改善血脂效果上並無明顯差異。整體而言，薑黃於本研究中具有降低血脂、改善脂肪肝之現象，具有可開發為降血脂及護肝健康食品之潛力。

關鍵字：薑黃素、脂肪肝、高脂血症、尿素氮

前 言

近年來，因為生活形態改變，導致肥胖的盛行率在全球快速增加，根據世界衛生組織的估計，自1975年以來，全球肥胖人數增加了近兩倍⁽³⁹⁾。2016年，18歲及以上的成年人超重人口超過19億人。其中超過6.5億人為肥胖；超過3.4億5-19歲的兒童和青少年超重或肥胖。肥胖同時可能引起許多併發症，包括高血脂症、第2型糖尿病(Type 2 diabetes, T2D)、非酒精性脂肪肝(Non-alcoholic fatty liver disease, NAFLD)、心血管疾病等⁽⁹⁾，各種併發病間同時亦有複雜之相互作用。研究顯示肥胖和血脂異常及非酒精性脂肪肝之間存在密切關係，超重或肥胖的兒童和成人相對於體重正常者，更可能患有血脂異常和代謝症候群⁽²⁹⁾。非酒精性脂肪肝則由脂質代謝失衡所造成，目前已有為數不少

¹ 農業部臺中區農業改良場第 1035 號研究報告。

² 農業部臺中區農業改良場副研究員、助理研究員。

³ 國立陽明交通大學醫學生物技術暨檢驗學系碩士、教授，*通訊作者

⁴ 豐滿生技精緻農場董事長

的臨床經驗顯示，「脂肪肝」容易演變為「肝硬化」，進而發生脂肪性肝炎及肝壞死的現象⁽¹⁴⁾；高血脂容易導致動脈粥狀硬化和冠心病，從而導致嚴重的心臟病和腦中風，也是心血管疾病(Cardiovascular disease, CVD)的主要危險因素^(9,14,37)。因肥胖而行伸出之種種問題儼然已成為二十一世紀全球性的公衛議題。近年來，食療概念盛行，若能藉由健康的飲食改善及預防代謝異常狀況，有助於減少未來公共醫療的龐大支出。

薑黃(*Curcuma longa*)，為薑科薑黃屬植物，其根莖所磨成的深黃色粉末為咖哩的主要成分之一，主要產地為印度，在中國、臺灣等亞洲地區通常作為食物防腐劑、香料以及染料⁽¹⁾，利用部位為其地下莖，在傳統醫學中常用來治療膽道疾病、食慾減退、咳嗽、肝疾病、風濕病、鼻竇炎等⁽²⁴⁾。由於其「藥食同源」特性，已成為近年來備受矚目的特作物。

研究顯示薑黃在醫療中的主要功效成分可能源自於薑黃素，一種從薑黃根莖中提取得到的親脂性多酚物質。薑黃中的類薑黃素含量大約佔了其根莖總重的 2-6%，其中包括薑黃素(Curcumin)及去甲氧基薑黃素(Demethoxycurcumin)、雙去甲氧基薑黃素(Bisdemethoxycurcumin)等三種主要成分，三者在類薑黃素中所佔比例分別約為80%、18% 及 2%⁽²⁴⁾。薑黃素展現出廣泛的藥理作用，包括降血脂^(26,29-31)、抗氧化、抗發炎^(7,10)、抗動脈粥狀硬化⁽²⁶⁾、護肝^(36,38)、改善非酒精性脂肪肝病患之血糖指標與瘦體素^(14,21,25)、抗老化及阿茲海默症等^(8,22,33)。薑黃中，薑黃素之外的成分也可能具有療效，例如Aggarwal氏等展示了薑黃去除薑黃素的成分也具有抗發炎與抗癌效果⁽⁷⁾，因此捨去萃取程序，食用全薑黃也是許多學者呼籲的保健方式^(7,8,16,35,36)。

除了抗發炎、改善代謝症候群及抗老化之外，抗癌作用無疑是薑黃最受矚目的焦點，在抑制腫瘤作用的部分已在許多生醫實驗中反覆驗證^(15,34)，例如Dorai等⁽¹³⁾以大鼠誘導前列腺癌後進行試驗，給予2%全薑黃粉做為膳食補充劑6週後，發現可降低腫瘤體積，促進癌細胞壞死；薑黃素(10-30 μ M)可抑制三陰性乳癌細胞EGFR之表現，進而促進細胞凋亡⁽³⁴⁾；對於非小細胞肺癌細胞(NSCLC)的細胞試驗中，以10 μ M薑黃素處理細胞可抑制EGFR的磷酸化，與抗癌標靶藥gefitinib共用下可以促進NSCLC細胞凋亡^(18,20)，以A549及H226肺癌細胞株為材料，薑黃素在5, 10, 20 μ M的濃度下可抑制NSCLC細胞繁殖及轉移⁽⁴²⁾，半致死劑量(IC₅₀)分別為19.71及30.88 μ M，被認為可搭配抗癌標靶藥治療肺癌；薑黃精油也具有殺死NSCLC癌細胞之效果，以薑黃精油處理A549及H1299細胞3天後可促進細胞凋亡，半致死劑量約80 μ g/mL⁽¹¹⁾。綜合各項的研究，薑黃及薑黃素在抗癌應用受到廣泛的學理研究支持，並可搭配抗癌或標靶藥物食用。在安全性方面，Chainani-Wu 回顧1966-2002年期間的6個人體試驗結果顯示⁽¹⁰⁾，每日口服薑黃素8000mg之高劑量3個月後，在人體並無相關副作用或不良反應，並具有廣泛的抗發炎作用，故在中醫藥管理上，薑黃也屬於安全的辛香類食材。

臺灣種植薑黃已有兩百多年歷史，種植巔峰為日治時期，二戰期間引進不同薑黃品種來臺種植及供應。薑黃在臺灣主要之栽培地區以南投、高雄及東部地區等為主，全臺薑黃種植面積約 200 至 300 公頃⁽¹⁾。因長期培養適應臺灣氣候而生長良好，每公頃薑黃產量超過 6 公噸。

本試驗為探索性試驗，使用國產薑黃粉為原料，探討薑黃對高脂飲食模式小鼠體重、脂肪重量、血液脂質及肝臟脂質之影響，進行肝組織切片以分析其脂肪肝情形，並檢測其腎功能以了解食用安全性。此外，研究發現國產之全穀紅薏仁(*Coix lacryma-jobi* var. *Ma-yuen*)具有降低血脂，改善脂肪肝及肝損傷之功效⁽²⁻⁵⁾，故本次試驗亦以薑黃及全穀紅薏仁混合粉末作為一試驗組，探討薑黃與全穀紅薏仁是否存在協同作用，對於肥胖、血液及肝臟脂質進行一般評估。

材料與方法

一、原料及加工

試驗薑黃根莖由臺灣豐滿生技精緻農場所提供，新鮮根莖經切片、烘乾磨粉過 60 mesh 篩網，本品種為高薑黃素含量之明道 1 號紅薑黃品種，材料中薑黃素(curcumin)及類薑黃素(curcuminoids)總量合計超過 6% 乾重。紅薏仁使用「台中 5 號」全穀紅薏仁，加工磨粉後以單軸擠壓機膨發熟化，擠壓出之全穀紅薏仁以烤箱溫度 60°C 烘乾，並磨粉過 60 mesh 篩網備用。

二、動物試驗

本研究動物試驗部分委託國立陽明交通大學執行，經該校實驗動物照顧及使用委員會審查通過(編號 IACUC 1070213)，使用 5 週齡之 C57BL/6J 品系小鼠進行試驗，實驗動物購自樂斯科生物科技股份有限公司，動物飼育房保持 24°C 恆溫環境，並調控光/暗之週期為 12 hr 循環。將實驗動物隨機分為 5 組，每組 8 隻，實驗動物飼料購自岑祥公司所代理 MP Biomedicals 公司之飼料，沙拉油購自台糖公司，動物飼料配方如下表一，薑黃組之飼料配方依照重量百分比調配比例，不再另行更動配方比例。薑黃薏仁組則依衛福部食品營養資料庫中，「糙薏仁」之營養資料調配等熱量等營養試驗。

(一) 控制組(Normal Diet, ND)：使用基礎飲食，熱量 3.8 kcal/g 自由取食 20 週。

(二) 高脂高膽固醇飼料組(High Fat High Cholesterol Diet, HFHCD)：使用高脂高膽固醇飼料，熱量 4.8 kcal/g (45% fat and 1% cholesterol)自由取食 20 週(表一)。薑黃組

(三) 薑黃組(HFHCD-C)：與 HFHCD 組同使用高脂高膽固醇飼料取食 8 週後，另於高脂高膽固醇飼料中混入 0.2%薑黃粉末，不另調配飼料之營養組成，並持續飼養 12 週作為本實驗試驗組。

(四) 薑黃薏仁組(HFHCD-CC)：與 HFHCD 組同使用高脂高膽固醇飼料取食 8 週後，另於高脂高膽固醇飼料中混入試驗物質 20%全穀紅薏仁，並調整配方為等熱量等營養素組成(如表一)，調配後再加入 0.2%薑黃粉末並持續飼養 12 週作為本實驗試驗組。

(五) 辛伐他汀組(HFHCD-S)：為本試驗正對照組，與 HFHCD 組同使用高脂高膽固醇飼料取食 8 週後，以腹腔注射方式投予臨床用降膽固醇藥辛伐他汀 10 mg/kg⁽¹⁸⁾，並持續飼養 12 週作為本實驗正對照組。

於實驗期間每週記錄體重變化，試驗結束進行 12 小時禁食後以 thiopental 麻醉，犧牲時以心臟採血，每隻小鼠可採約 500 μ L 血液，於室溫靜置 30min 後，離心 10 分鐘以取得血清樣本，另取其肝臟及副睪脂肪組織進行秤重，並將組織儲存於 -70°C 待之後分析。

表一、本試驗使用之動物飼料配方

Table 1. Compositions of the experimental diets.

Diets	ND	HFHCD HFHCD-C	HFHCD-CC
Protein (%)	14.3	14.1	14.2
Carbohydrates (%)	76.2	40.7	40.6
Fat (%)	9.5	45.2	45.2
kcal/g	3.8	4.8	4.8
Ingredients (g/kg diet)			
Casein ($\geq 95\%$)	140	175	140
(Protein from ASEC)			(35)
L-Cystine	1.8	1.8	1.8
Corn starch	465.7	289.3	150.7
(Carbohydrates from ASEC)			(138.6)
Dextrinized corn starch	155	96.4	96.4
Sucrose	100	100	100
Lard	0	200	200
Soybean oil (no additives)	40	40	23.4
(Fat from ASEC)			(16.6)
Cellulose	50	50	44.8
(Fiber from ASEC)			(5.2)
Mineral mix (AIN-93G-MX)	35	35	35
Vitamin mix (AIN-93-VX)	10	10	10
Choline bitartrate (41.1% choline)	2.5	2.5	2.5

三、測定項目

- (一) 體重變化、附睪脂肪組織(epididymis adipose tissue)重量及肝臟重量，以電子磅秤進行測量。
- (二) 基本生化檢測包括血漿及肝臟三酸甘油酯(TG)和膽固醇(TC)分析；腎臟安全性分析以測量血漿之 BUN 及 Creatinine 參數代表；肝臟脂肪性發炎指數以血漿之 GOT 及 GPT 代表，均使用 FUJI DRI-CHEM NX500 生化儀搭配之生化試片分析。
- (三) 肝臟及附睪脂肪組織之病理切片。實驗終了小鼠犧牲後，取出肝臟及脂肪組織並浸泡於 4% paraformaldehyde，之後進行石蠟包埋及切片。執行基本 H&E 的組織染色，用以判斷肝臟及脂肪組織型態，透過顯微鏡觀察代表性影像。肝臟之病理切片委託世宥生技公司獸醫師判讀。

四、統計分析

使用 SPSS Statistic 12.0 版本軟體，以 Student's t test 分析正常飲食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試驗物質介入之影響，並以 LSD (Fishers Least Significant Difference)進行事後檢定， $p < 0.05$ 表示具有統計上意義。

結果與討論

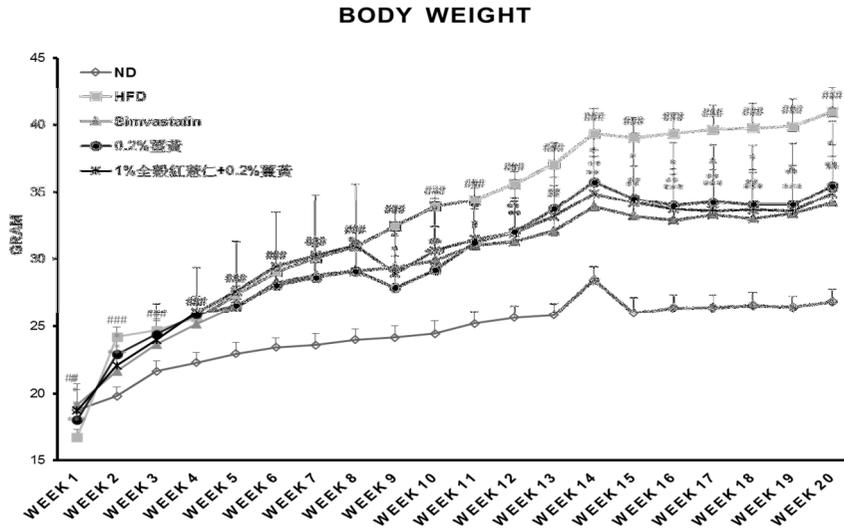
一、薑黃及紅薏仁對於小鼠體重、脂肪組織重量及肝臟重量之影響

本試驗中，薑黃組及薑黃薏仁組實驗動物之平均攝食量分別為 2.70 及 2.94 g/d，參考實驗動物與人之體表面積及攝食量⁽²³⁾換算 60kg 體重成人每日食用量，分別為薑黃 1.32-1.43 g/d、全穀薏仁為 143.4 g/d，對比前人研究文獻，本試驗之薑黃較一般試驗用量低，但卻是在日常保健較容易實施的劑量，薑黃粉可用膠囊錠劑或是食品型態如薑黃麵條、薑黃糖、咖哩(添加薑黃粉)等提供攝取。

本試驗採自由取食，由剩餘飼料重量計算推估採食量，試驗限制為無法確保每一隻動物均攝取相同飼料重量。試驗結果顯示在實驗第 1 週，體重在各組間並無顯著差異，而採用高脂高膽固醇飼料模式飲食之動物體重迅速增加，第 2 週後即明顯高於控制組(圖一)，可顯示餵食高脂高膽固醇飼料對小鼠體重增長有明顯之正相關。於八週飼養結束後，開始於高脂高膽固醇飼料模式飲食之動物飼料中分別混入本研究使用之試驗材料(0.2%薑黃及 0.2%薑黃+20%全穀紅薏仁)。可發現薑黃組及薑黃薏仁組之小鼠重量，於第九週起即明顯低於高脂高膽固醇飼料組(圖一)，於 20 週試驗結束後，體重則介於高脂高膽固醇飼料組及辛伐他汀組間，薑黃組及薑黃薏仁組有降低小鼠體重之效果($p < 0.05$ 、 $p < 0.01$)。從攝食量觀察，可發現薑黃顯著減少飼料攝食量($p < 0.001$)、同時顯著減少食物利用效率($p < 0.01$)，趨勢及變化幅度和使用辛伐他汀相似(表二)，顯示本減少體重的效果除了來自於減少攝食量之外，也減少食物利用率。餵食薑黃薏仁組對比薑黃組，其食物攝取量略高但食物利用效率降低(表二)，此結果應與添加薏仁相關，根據前人研究顯示，薏仁對大鼠及倉鼠可以顯著降低食物利用率並減少體重^(2,4,5,12)，其機制為紅薏仁之成分可促進 AMPK 酵素磷酸化，進一步促進葡萄糖和脂質分解代謝產生能量所致⁽¹²⁾。

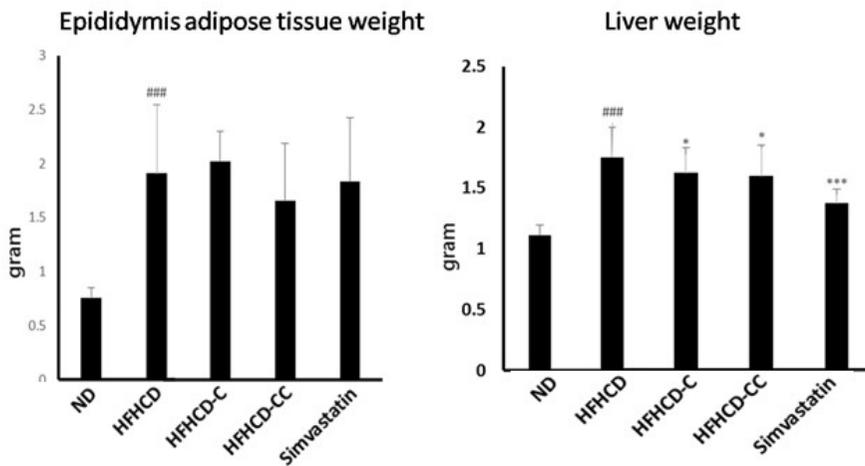
在肝臟重量方面，與控制組相比，餵食高脂高膽固醇飼料造成小鼠脂肪組織重量及肝臟重量顯著提升($p < 0.001$)(圖二)，肝臟對體重比值亦顯著高於控制組($p < 0.001$)(表三)，飲食添加薑黃或是薑黃薏仁則可顯著降低($p < 0.05$)，但以辛伐他汀效果最佳($p < 0.001$)。在肝臟對體重比方面，薑黃、薑黃薏仁及藥物組均顯著高於控制組($p < 0.001$)，三者之間數值接近。

針對脂肪重量與脂肪對體重比值，在薑黃、薑黃薏仁及辛伐他汀 3 組之間互相比較，可發現薑黃薏仁組之數值均較低，也符合薏仁可以減少脂肪組織重量之前人研究成果^(2,4,5,12)。



圖一、實驗動物在 20 週試驗期間之體重變化。

Fig.1. Body weight in C57BL/6J mice during 20 weeks period. (ND vs. HFHCD: #P < 0.05; ##P < 0.01; ###P < 0.001; Sample vs. HFHCD: *P < 0.05; **P < 0.01; ***P < 0.001).



圖二、薑黃及薑黃薏仁對於高脂飲食小鼠脂肪組織及肝臟重量之影響。

Fig. 2. Effects of turmeric and Job's tears on adipose tissue weight (A) and liver weight (B) in C57BL/6J mice fed with HFHCD. (ND vs. HFHCD: #P < 0.05; ##p < 0.01; ### p < 0.001; Sample vs. HFHCD: *p < 0.05; ** p < 0.01; *** p < 0.001).

表二、薑黃及薑黃薏仁對餵食高脂飼料小鼠體重及飼料效率的影響

Table 2. Effects of turmeric and Job's tears on body weight gain and food efficiency in C57BL/6J mice fed with HFHCD.

Group	ND	HFHCD	HFHCD-C	HFHCD-CC	Simvastatin
Body weight					
Initial (g)	18.80 ± 0.55	16.72 ± 0.57 ^{###}	18.05 ± 1.21 [*]	18.78 ± 1.96 [*]	19.18 ± 1.15 ^{***}
End (g)	26.86 ± 0.92	40.94 ± 1.85 ^{###}	35.48 ± 3.06 ^{**}	34.93 ± 5.35 [*]	34.20 ± 3.48 ^{**}
Change (%)	42.92 ± 4.28	135.68 ± 23.43 ^{###}	96.87 ± 16.37 ^{***}	86.03 ± 20.27 ^{***}	78.33 ± 14.96 ^{***}
Average intake					
Food (g/d)	3.36 ± 0.37	3.32 ± 1.01	2.70 ± 0.28 ^{***}	2.94 ± 0.36 [*]	2.72 ± 0.28 ^{***}
Food efficiency ¹	1.71 ± 0.16	4.86 ± 0.72 ^{###}	3.71 ± 0.59 ^{**}	3.43 ± 0.91 ^{**}	3.20 ± 0.62 ^{***}

^{*,**,*} Statistically significant difference between ND group and high-fat diet group at $p < 0.05, 0.01, 0.001$.

^{###,###} Statistically significant difference between high-fat diet group and treated group at $p < 0.05, 0.01, 0.001$.

Value are expressed as mean ± SD.

¹Food efficiency: (body weight gain/total food intake)*100%.

表三、薑黃及薑黃薏仁對餵食高脂飼料小鼠肝臟及脂肪重量的影響

Table 3. Effects of turmeric and Job's tears on fat and liver weight in C57BL/6J mice fed with HFHCD

Group	ND	HFHCD	HFHCD-C	HFHCD-CC	Simvastatin
Liver weight (g)	1.11 ± 0.08	1.76 ± 0.30 ^{###}	1.55 ± 0.20 [*]	1.52 ± 0.25 [*]	1.31 ± 0.11 ^{***}
Fat weight (g)	0.76 ± 0.10	1.66 ± 0.88 ^{###}	1.94 ± 0.28	1.67 ± 0.54	1.85 ± 0.60
Liver/body weight (%)	4.12 ± 0.29	4.46 ± 0.27 ^{###}	4.30 ± 0.38 ^{***}	4.40 ± 0.56 ^{***}	3.85 ± 0.29 ^{***}
Fat/body weight (%)	2.79 ± 0.32	4.20 ± 2.00 ^{###}	5.37 ± 0.44 ^{***}	4.68 ± 0.80 ^{***}	5.29 ± 1.10 ^{***}

^{*,**,*} Statistically significant difference between ND group and high-fat diet group at $p < 0.05, 0.01, 0.001$.

^{###,###} Statistically significant difference between high-fat diet group and treated group at $p < 0.05, 0.01, 0.001$.

Value are expressed as mean ± SD.

二、薑黃對於小鼠血液脂質之影響

在血漿脂質方面，本研究控制組 C57BL/6 小鼠的 TG 與 TC 值為 57.7±18.6、72.9±6.3 mg/dL，以高脂飼料餵食後，HFHCD 組小鼠的 TG 與 TC 值分別增加至 84.7 ± 35.8、159.1 ± 20.4 mg/dL。與實驗條件接近的前人研究⁽³²⁾相比，正常飲食的 C57BL/6 小鼠的 TG 與 TC 值，平均分別約為 130、

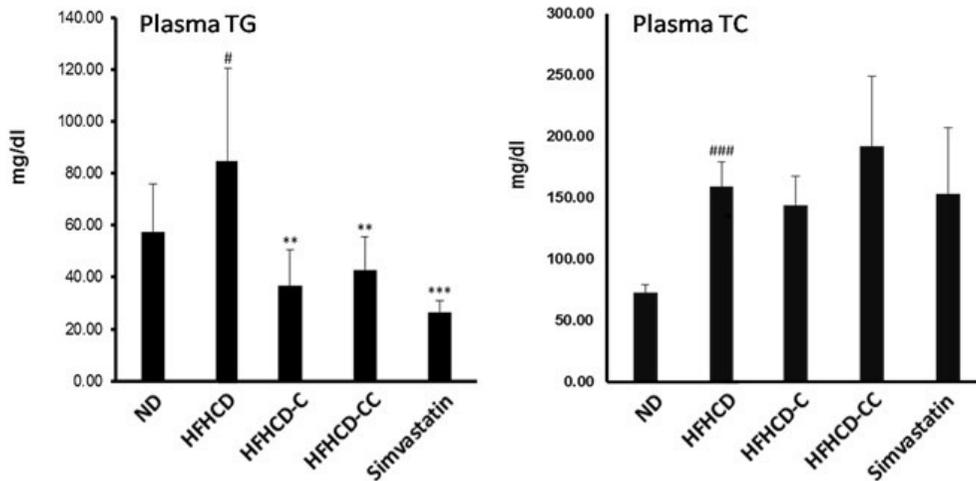
104 mg/dL，餵食高脂飼料後，TG 與 TC 值分別增加到 116.2、185.8 mg/dL。在另一篇 Schreyer 氏等研究中⁽³¹⁾，正常飲食的 TG 與 TC 值為 17、49 mg/dL，餵食高脂飼料後則為 7、129 mg/dL。在不同研究中，C57BL/6J 小鼠的血脂值呈現相當大的差異，可能為飼料組成不同，例如本研究控制組飼料之碳水化合物佔 76%，Silva 氏等使用之飼料碳水化合物佔 42%，但也不排除是實驗誤差所致。

與控制組相比，高脂高膽固醇飲食會顯著提升血漿中三酸甘油酯(TG, $p < 0.05$)數值，高脂飼料添加薑黃、薑黃薏仁及辛伐他汀皆可顯著降低血液中 TG 數值($p < 0.01$)(圖三)，對於肝臟 TG 也有同樣的效果(表四)，薑黃組降低血液及肝臟 TG 的幅度分別高達 56%、58%，是非常可觀的差異。高脂高膽固醇飲食會顯著提升血液及肝臟總膽固醇含量(TC; $p < 0.001$)，高脂飼料添加薑黃、薑黃薏仁及辛伐他汀對血漿 TC 無顯著改善(圖三)，但可顯著減少肝臟 TC ($p < 0.05$) (表四、圖四)。比較薑黃組及薑黃薏仁組的血液生化數值變化，薑黃添加薏仁對於血液與肝臟脂質並無特殊的協同作用或加乘效果(表四)。

在調節血脂的機制探討上，本試驗使用對照藥物辛伐他汀，他汀類藥物之主要效果為抑制 HMG-CoA 還原酶活性⁽¹⁷⁾，減少膽固醇合成前驅物 mevalonic acid 的合成，動物為了維持正常的生理功能運作，開始消耗儲存的膽固醇，並從血液中攝取利用 LDL-C，從而降低血中總膽固醇及 LDL-C。本研究中可得到一致的印證，包括辛伐他汀降低肝臟總膽固醇、血液及肝臟的三酸甘油酯(表四)，薑黃與薑黃薏仁組也有接近的效果。

Sahebkar 等⁽³⁰⁾指出薑黃素可影響多個有關脂質代謝酶的基因表現量，包括 PPAR- α 、PPAR- γ 、CETP 和 LPL，藉此降低三酸甘油酯之濃度，並透過抑制脂肪生成基因之表現量來降低血漿內三酸甘油酯和膽固醇濃度。Yiu 氏⁽⁴¹⁾等也證實了薑黃萃取物可以調節多個脂質代謝相關基因的表現量，包括 CYP7A1, LDL-receptor, HO-1 以及 HMG-CoA reductase 等，同時改善脂肪肝及減少肝臟脂質堆積，顯示薑黃調節血脂的作用可能與他汀類藥物類似。Panahi 等發現薑黃素可以調節受他汀類藥物影響的脂質代謝途徑^(19,24,28)，協同使用可降低他汀類藥物的有效劑量並降低嚴重不良反應的發生率，藉此作為他汀類藥物治療脂質代謝的輔助藥物。

在薑黃調節血脂的人體試驗方面，Qin 等⁽²⁷⁾ 進行一份系統性文獻回顧及統合分析研究，分析了 7 件薑黃對高血脂症狀(代謝症候群及第二型糖尿病)患者之人體試驗，結果指出薑黃粉末和薑黃素於食品上之添加，可顯著降低受試者之 TG，在改善 TC 上之療效則無定論，上述結果與本研究動物試驗結果一致。



圖三、薑黃及薑黃薏仁對於高脂飲食小鼠血液脂質之影響。

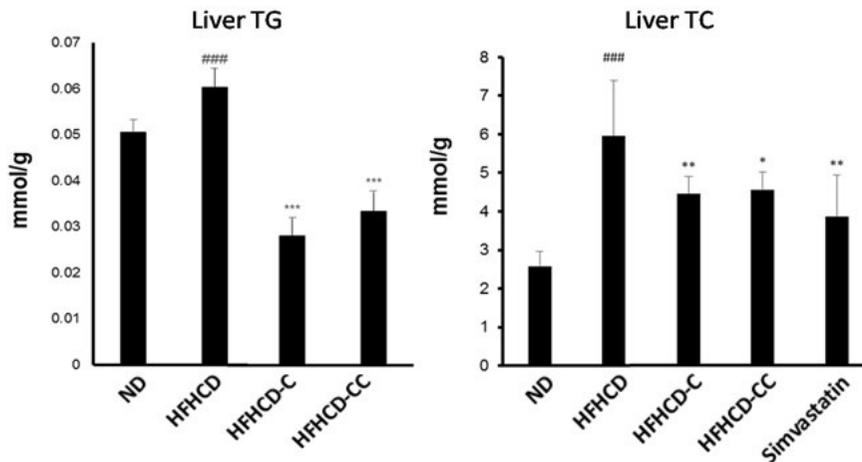
Fig. 3. Effects of turmeric and Job's tears on plasma TC (A) and plasma TG(B) in C57BL/6J mice fed with HFHCD. (ND vs. HFHCD: [#] $P < 0.05$; ^{###} $P < 0.01$; ^{####} $P < 0.001$; Sample vs. HFHCD: ^{*} $P < 0.05$; ^{**} $P < 0.01$; ^{***} $P < 0.001$).

在薑黃素調節血脂研究方面也有無效的結果，Silva 氏等⁽³¹⁾以正常或高脂飼料餵食 C57BL/6 小鼠，同時每天給予每隻小鼠 8mg 的純薑黃素，發現並無法減少體重、脂肪組織重量、TG 與 TC。對比本研究在飼料中添加 0.2% 的全薑黃粉，換算每隻小鼠平均每天攝取 5.4mg 的薑黃粉，其中總薑黃素含量 6%，約為 0.324mg，低於 Silva 氏等給予的薑黃素重量，推測薑黃或薑黃素調節血脂應有一合適的濃度或用量範圍，超過之後反而無法呈現改善效果。

三、薑黃及薑黃薏仁對於小鼠肝臟脂質及肝臟損傷指數之影響

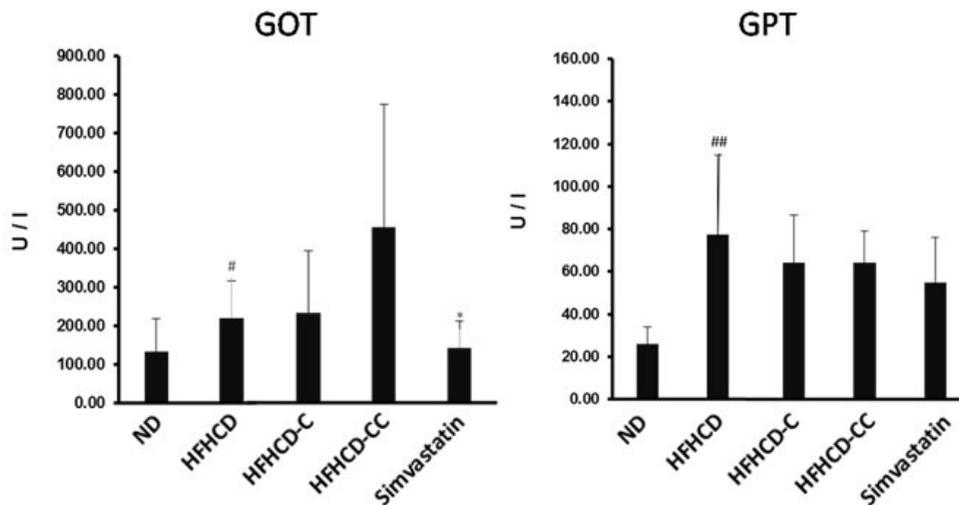
高脂飲食會增加肝臟 TC、TG ($p < 0.001$) 及肝臟損傷指數 GOT、GPT ($p < 0.05$, $p < 0.01$) (表三、圖四)。飼料中添加 0.2% 薑黃可降低肝臟 TG 與 TC ($p < 0.001$, 0.01)，同時顯著減少 BUN 數值 ($p < 0.001$)，意味著薑黃有減少肝臟脂質含量之潛力。而於肝臟損傷指數部分，於飼料中添加薑黃或薑黃薏仁皆無法顯著降低 GOT 及 GPT 的數值(表四、圖五)。

Mansour-Ghanaei 等⁽²¹⁾整理了 4 件薑黃對非酒精性脂肪肝患者肝臟發炎指數變化之人體試驗(共 228 位受試者)並進行統計分析，結果顯示在薑黃素劑量 ≥ 1000 mg/天的組別可顯著減少 ALT (-11.36 IU/L)，整體大數據分析在食用薑黃素 8 週後可以顯著減少 AST (-9.22 IU/L)，但服用 12 週的患者則無顯著差異，這結果或許顯示了薑黃素作為改善脂肪肝或肝臟損傷的補充劑上，需注意使用期間與劑量，才可獲得最佳效果。



圖四、薑黃及薑黃薏仁對於高脂飲食小鼠肝臟脂質之影響。

Fig. 4. Effects of turmeric and Job's tears on liver TC(A) and liver TG(B) in C57BL/6J mice fed with HFHCD. (ND vs. HFHCD: # $p < 0.05$; ## $p < 0.01$; ### $p < 0.001$; Sample vs. HFHCD: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$).

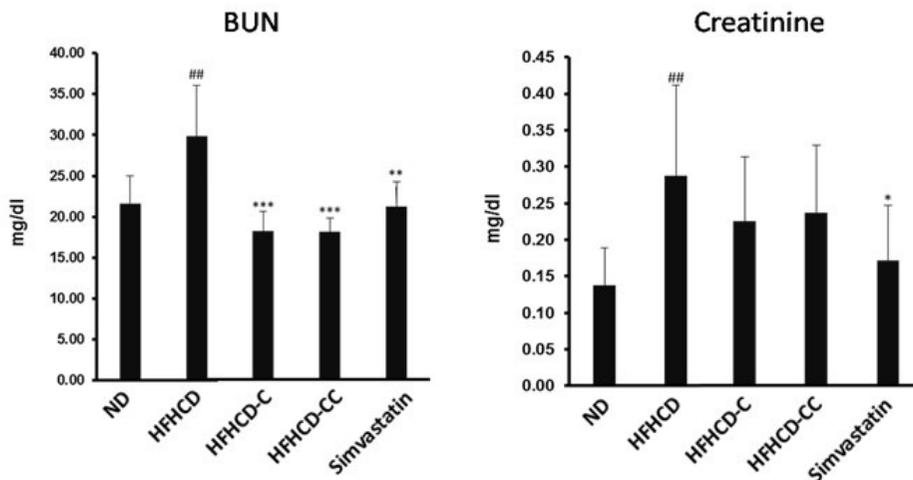


圖五、薑黃及薑黃薏仁對於高脂飲食小鼠肝損傷指數之影響。

Fig. 5. Effects of turmeric and Job's tears on liver damage indexed with GOT and GPT in C57BL/6J mice fed with HFHCD.(ND vs. HFHCD: # $p < 0.05$; ## $p < 0.01$; ### $p < 0.001$; Sample vs. HFHCD: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$).

四、薑黃對於小鼠腎功能指數之影響

尿素氮(BUN)及肌酐酸(Creatinine)是臨床上最常用的腎功能指標。尿素氮是人體蛋白質代謝的產物，由肝臟合成，並由腎臟將其過濾到尿中而排出體外，當腎臟受損或腎功能障礙時，此項功能可能因此降低或完全喪失，導致過多的尿素氮累積在血液中，而出現濃度上升的情形；血漿中的肌酐酸則主要來自於肌肉蛋白質代謝產生，透過腎臟由尿液排出，腎功能之減退亦會造成血中肌酐酸濃度上升的現象。本試驗針對小鼠血液生化值進行腎功能檢測，結果顯示高脂高膽固醇飼料會顯著增加小鼠之尿素氮及肌酐酸，於高脂高膽固醇飼料中添加薑黃及全穀紅薏仁薑黃可顯著降低尿素氮 ($p < 0.001$) 之數值(圖六、表四)，而薑黃的添加雖可使肌酐酸數值略微下降，但數據上未能呈現顯著差異。此實驗結果顯示，薑黃或可改善腎功能，或是透過改善各項生理指標包括血脂、肝臟脂質等等，達到減少腎臟負荷的效果。



圖六、薑黃及薑黃薏仁對於高脂飲食小鼠血漿尿素氮與肌酐酸之影響。

Fig. 6. Effects of turmeric and Job's tears on blood urine and creatinine in C57BL/6J mice fed with HFHCD. (ND vs. HFHCD: # $p < 0.05$; ## $p < 0.01$; ### $p < 0.001$; Sample vs. HFHCD: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$).

表四、薑黃及薑黃薏仁對餵食高脂高膽固醇飲食小鼠血漿生化數值的影響

Table 4. Effects of turmeric and Job's tears on plasma biochemical indices in C57BL/6J mice fed with HFD

Group	ND	HFHCD	HFHCD-C	HFHCD-CC	Simvastatin
TG (mg/dL)	57.5 ± 18.6	84.7 ± 35.8 [#]	36.9 ± 13.8 ^{**}	42.9 ± 12.9 ^{**}	26.6 ± 4.3 ^{***}
TC (mg/dL)	72.9 ± 6.3	159.1 ± 20.4 ^{###}	144.1 ± 23.7	192.2 ± 56.8	153.0 ± 54.6
Liver TG (μmol/g)	5.06 ± 2.71	6.65 ± 5.26 ^{####}	2.82 ± 3.94	3.35 ± 4.40	4.62 ± 2.61
Liver TC (mmol/g)	2.58 ± 0.37	5.96 ± 1.43 ^{####}	4.46 ± 0.45	4.55 ± 0.47	3.85 ± 1.09
GOT (U/L)	137.85 ± 88.97	220.52 ± 99.23 [#]	235.29 ± 156.62	461.62 ± 316.17	142.86 ± 72.61 [*]
GPT (U/L)	26.32 ± 8.15	74.78 ± 38.04 ^{###}	63.85 ± 25.17	63.65 ± 14.54	55.04 ± 23.29
BUN (mg/dL)	21.63 ± 3.42	29.84 ± 6.21 ^{###}	18.15 ± 2.39 ^{***}	18.05 ± 1.73 ^{***}	21.16 ± 3.02 ^{**}
CRE (mg/dL)	0.14 ± 0.05	0.29 ± 0.12 ^{###}	0.23 ± 0.09	0.24 ± 0.09	0.17 ± 0.08 [*]

^{*,**,***} Statistically significant difference between ND group and high-fat diet group at $p < 0.05, 0.01, 0.001$.

^{###,####} Statistically significant difference between high-fat diet group and treated group at $p < 0.05, 0.01, 0.001$.

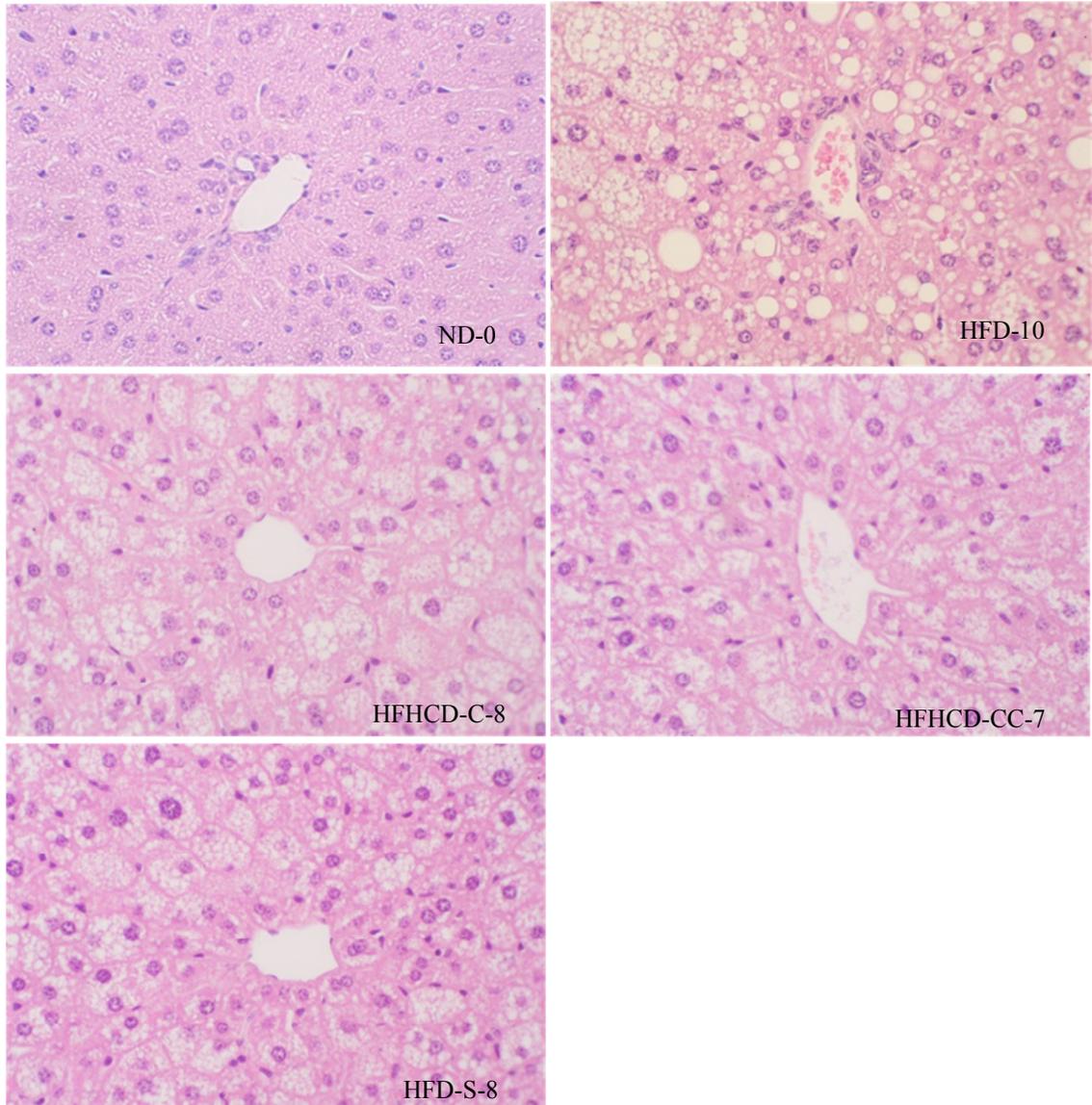
Value are expressed as mean ± SD.

TG, triglyceride (mg/dL); TC, total cholesterol (mg/dL); GOT, glutamic oxaloacetic transaminase; GPT, glutamic pyruvic transaminase; BUN, blood urea nitrogen (mg/dL); CRE, creatinine (mg/dL).

五、薑黃對於小鼠肝臟組織病理學檢查及評分

小鼠犧牲後進行肝臟組織切片，並以 H&E 染色進行組織病理學檢查，由切片結果可以觀察到控制組的肝細胞排列緊密且整齊，而高脂高膽固醇飼料組則產生許多脂肪，造成肝細胞排列較為鬆散且凌亂。於飼料中添加薑黃及薑黃薏仁則對肝臟細胞有不同程度的改善(圖七)。

組織切片委請世宥生物科技公司的專任獸醫師進行脂肪肝症狀評分(表一)，以控制組作為 0 分，高脂高膽固醇飼料組作為 10 分，結果顯示薑黃及薑黃薏仁的添加可降低脂肪肝之程度分別為 8 分及 7 分，與降膽固醇藥辛伐他汀之評值 8 分相同或略優。



圖七、高脂飲食誘導肥胖之 C57BL/6J 小鼠肝臟組織切片圖。各組代號後之數字代表由肝臟切片判讀之脂肪肝數值，其中 0 為正常(控制組)，10 為脂肪肝(高脂高膽固醇飼料組)。

Fig. 7. The histological analysis of liver tissue in C57BL/6 mice fed with HFHCD and test diet. The number after the codes in each figure represent the fatty liver score judged by the liver biopsy, in which '0' represent normal liver (the control) and '10' is the HFHCD group.

結 論

依據衛生福利部 2013-2016「國民營養健康狀況變遷調查」顯示，我國成人過重及肥胖盛行率已高達 45.4%⁽⁶⁾，依據國人全民健康保險就醫疾病資訊，在肥胖相關的醫療花費方面，肥胖與過重易引發的糖尿病、高血壓、腦血管疾病、缺血型心臟病、代謝性疾患等疾病，已佔全民健康保險費用的 14.2%，若以該年度國民醫療保健支出 7 兆 3,842 億元計算，肥胖相關醫療保健支出已達 1 兆 486 億元。肥胖所造成的健康危害已成為我國一大國安議題，單以藥物進行治療僅為治標不治本的方法，其所衍生出的醫療支出亦造成龐大的社會成本。近年來，除了提倡運動、健康飲食等良好生活型態外，由飲食介入預防疾病也成為重要方法之一。

本研究結果顯示，高脂飼料中添加 0.2% 之全薑黃粉可有效降低高脂飲食模式小鼠之體重、血脂，減少肝臟脂肪改善脂肪肝，並減少尿素氮，可改善腎臟功能，換算人體食用劑量為 1.32-1.43 g/d。添加 20% 的全穀薏仁於飼料中，可以減少脂肪重量，但是與薑黃併用對改善血脂及脂肪肝的效果並不顯著，推測在此添加量下，在調節血脂及護肝功效方面並無協同作用。從本試驗與前人研究結果顯示，全薑黃粉對於改善健康，減緩肥胖的效果相當全面，可作為國內保健特作物之選擇。目前在國內以健食字登記可調節血脂的產品包括油品(魚油、調和油等)、燕麥、天然植物素材(如洛神花、番茄汁、藻類)、含膳食纖維高纖產品等，尚無薑黃產品，未來可在此研究劑量基礎上開發調節血脂及護肝產品。

誌 謝

本研究由農委會科技計畫補助(計畫名稱：抗代謝症候群機能性產品研發，計畫編號：107 農科-13.3.1-子-C1)，特此致謝。

參考文獻

1. 邱琴瑟、郭培圻 2011 薑黃素的成分與應用 中華體育季刊 25(3): 410-418。
2. 陳裕星、洪鈺雯、蘇致柔、楊啟裕 2019 全穀薏仁對餵與高脂高膽固醇飲食大鼠血液及肝臟脂質的影響 臺中區農業改良場研究彙報 145: 65-76。
3. 楊莉君、陳美櫻、許文音、白永河、喻小珠、蔡敬民 1998 薏仁對高血脂病患血脂質及血糖的影響 食品科學 25(6): 727-736。
4. 楊莉君、蔡敬民 1998 薏苡對倉鼠血漿脂質的影響 食品科學 25(5): 638-650。
5. 蔡敬民、楊莉君、許輝吉 1999 薏苡攝取可改善倉鼠因高油飲食所造成之肝臟脂質堆積 食品科學 26(3): 265-276。
6. 衛生福利部 2019 國民營養健康狀況變遷調查(102-105年)衛生福利部國民健康署委託研究計畫 2022 年 4 月 21 日讀取。

7. Aggarwal, B. B., Yuan, W., Li, S., & Gupta, S. C. 2013. Curcumin-free turmeric exhibits anti-inflammatory and anticancer activities: Identification of novel components of turmeric. *Molecular nutrition & food research*, 57(9), 1529-1542.
8. Ahmed, T., & Gilani, A. H. 2014. Therapeutic potential of turmeric in Alzheimer's disease: curcumin or curcuminoids? *Phytotherapy Research*, 28(4), 517-525.
9. Casavalle, P. L., F. Lifshitz, L. S. Romano, M. Pandolfo, A. Caamano, P. M. Boyer and S. M. Friedman. 2014. Prevalence of dyslipidemia and metabolic syndrome risk factor in overweight and obese children. *Pediatric endocrinology reviews: PER*. 12(2): 213-223.
10. Chainani-Wu, N. 2003. Safety and anti-inflammatory activity of curcumin: a component of tumeric (*Curcuma longa*). *The Journal of Alternative & Complementary Medicine*, 9(1), 161-168.
11. Chen, C. C., Chen, Y., Hsi, Y. T., Chang, C. S., Huang, L. F., Ho, C. T., ... & Kao, J. Y. 2013. Chemical constituents and anticancer activity of *Curcuma zedoaria* roscoe essential oil against non-small cell lung carcinoma cells in vitro and in vivo. *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(47), 11418-11427.
12. Chiang, H., Lu, H. F., Chen, J. C., Chen, Y. H., Sun, H. T., Huang, H. C., ... & Huang, C. 2020. Adlay seed (*Coix lacryma-jobi* L.) extracts exhibit a prophylactic effect on diet-induced metabolic dysfunction and nonalcoholic fatty liver disease in mice. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2020.
13. Dorai, T., Cao, Y. C., Dorai, B., Buttyan, R., & Katz, A. E. 2001. Therapeutic potential of curcumin in human prostate cancer. III. Curcumin inhibits proliferation, induces apoptosis, and inhibits angiogenesis of LNCaP prostate cancer cells in vivo. *The prostate*, 47(4), 293-303.
14. Gaggini, M., M. Morelli, E. Buzzigoli, R. A. DeFronzo, E. Bugianesi, and A. Gastaldelli. 2013. Non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD) and its connection with insulin resistance, dyslipidemia, atherosclerosis and coronary heart disease. *Nutrients*. 5(5): 1544-1560.
15. Gupta, S. C., S. Patchva and B. B. Aggarwal. 2013. Therapeutic roles of curcumin: lessons learned from clinical trials. *The AAPS journal*. 15(1): 195-218.
16. Hutchins-Wolfbrandt, A., & Mistry, A. M. 2011. Dietary turmeric potentially reduces the risk of cancer. *Asian Pac J Cancer Prev*, 12(12), 3169-73.
17. Kureishi, Y., Luo, Z., Shiojima, I., Bialik, A., Fulton, D., Lefer, D. J., ... & Walsh, K. 2000. The HMG-CoA reductase inhibitor simvastatin activates the protein kinase Akt and promotes angiogenesis in normocholesterolemic animals. *Nature medicine*, 6(9), 1004-1010.
18. Lee, J. Y., Lee, Y. M., Chang, G. C., Yu, S. L., Hsieh, W. Y., Chen, J. J., ... & Yang, P. C. 2011. Curcumin induces EGFR degradation in lung adenocarcinoma and modulates p38 activation in intestine: the versatile adjuvant for gefitinib therapy. *PloS one*, 6(8), e23756.

19. Leung, B. P., Sattar, N., Crilly, A., Prach, M., McCarey, D. W., Payne, H., ... & McInnes, I. B. 2003. A novel anti-inflammatory role for simvastatin in inflammatory arthritis. *The Journal of Immunology*, 170(3), 1524-1530.
20. Lev-Ari, S., Starr, A., Vexler, A., Karaush, V., Loew, V., Greif, J., ... & Ben-Yosef, R. 2006. Inhibition of pancreatic and lung adenocarcinoma cell survival by curcumin is associated with increased apoptosis, down-regulation of COX-2 and EGFR and inhibition of Erk1/2 activity. *Anticancer research*, 26(6B), 4423-4430.
21. Mansour-Ghanaei, F., M. Pourmasoumi, A. Hadi, F. Joukar. 2019. Efficacy of curcumin/turmeric on liver enzymes in patients with non-alcoholic fatty liver disease: A systematic review of randomized controlled trials, *Integrative Medicine Research*, 8(1): 57-61.
22. Mishra, S., & Palanivelu, K. 2008. The effect of curcumin (turmeric) on Alzheimer's disease: An overview. *Annals of Indian Academy of Neurology*, 11(1), 13.
23. Nair, A. B., & Jacob, S. 2016. A simple practice guide for dose conversion between animals and human. *Journal of basic and clinical pharmacy*, 7(2), 27.
24. Nasri, H., Sahinfard, N., Rafieian, M., Rafieian, S., Shirzad, M., & Rafieian-Kopaei, M. 2014. Turmeric: A spice with multifunctional medicinal properties. *Journal of HerbMed Pharmacology*, 3.
25. Navekar, R., Rafraf, M., Ghaffari, A., Asghari-Jafarabadi, M., & Khoshbaten, M. 2017. Turmeric supplementation improves serum glucose indices and leptin levels in patients with nonalcoholic fatty liver diseases. *Journal of the American College of Nutrition*, 36(4), 261-267.
26. Panahi, Y., Y. Ahmadi, M. Teymouri, T.P. Johnston, A. Sahebkar. 2018. Curcumin as a potential candidate for treating hyperlipidemia: A review of cellular and metabolic mechanisms. *J Cell Physiol*. 233: 141–52.
27. Qin, S., L.Huang, J. Gong, S. Shen, J. Huang, H. Ren and H. Hu. 2017. Efficacy and safety of turmeric and curcumin in lowering blood lipid levels in patients with cardiovascular risk factors: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutr J*. 16(1): 68.
28. Riyad, P., Purohit, A., Sen, K., & Ram, H. 2022. Atherosclerotic plaque regression and HMG-CoA reductase inhibition potential of curcumin: An integrative omics and in-vivo study. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 10(1), 129-135.
29. Sahebkar, A. 2014. Curcuminoids for the management of hyper-triglyceridaemia. *Nat Rev Cardiol*. 11: 123.
30. Sahebkar, A. 2014. Low-density lipoprotein is a potential target for curcumin: novel mechanistic insights. *Basic Clin Pharmacol Toxicol*. 114: 437-8.
31. Schreyer, S. A., Wilson, D. L., & LeBoeuf, R. C. 1998. C57BL/6 mice fed high fat diets as models for diabetes-accelerated atherosclerosis. *Atherosclerosis*, 136(1), 17-24.

32. Silva, C. B., Fassini, P. G., Ramalho, L. N. Z., da Conceição, E. C., Zordan, A. J. C. M., Carlos, D., & Suen, V. M. M. 2020. Curcuma supplementation in high-fat-fed C57BL/6 mice: no beneficial effect on lipid and glucose profile or prevention of weight gain. *European journal of nutrition*, 59, 93-102.
33. Small, G. W., P. Siddarth, Z. Li, K. J. Miller, L. Ercoli, N. D. Emerson and J. R. Barrio. 2018. Memory and brain amyloid and tau effects of a bioavailable form of curcumin in non-demented adults: a double-blind, placebo-controlled 18-month trial. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*. 26(3): 266-277.
34. Sun, X. D., Liu, X. E., & Huang, D. S. 2012. Curcumin induces apoptosis of triple-negative breast cancer cells by inhibition of EGFR expression. *Molecular medicine reports*, 6(6), 1267-1270.
35. Uchio, R., Higashi, Y., Kohama, Y., Kawasaki, K., Hirao, T., Muroyama, K., & Murosaki, S. 2017. A hot water extract of turmeric (*Curcuma longa*) suppresses acute ethanol-induced liver injury in mice by inhibiting hepatic oxidative stress and inflammatory cytokine production. *Journal of Nutritional Science*, 6.
36. Vafaeipour, Z., B. M. Razavi and H. Hosseinzadeh. 2022. Effects of turmeric (*Curcuma longa*) and its constituent (curcumin) on the metabolic syndrome: An updated review. *Journal of Integrative Medicine*, 20(3), 193-203.
37. Van Dijk, S. J., R. L. Tellam, J. L. Morrison, B. S. Muhlhausler and P. L. Molloy 2015. Recent developments on the role of epigenetics in obesity and metabolic disease. *Clinical epigenetics*. 7(1): 1-13.
38. White, C. M., & Lee, J. Y. 2019. The impact of turmeric or its curcumin extract on nonalcoholic fatty liver disease: a systematic review of clinical trials. *Pharmacy Practice (Granada)*, 17(1).
39. World Health Organization. 2021. Obesity and overweight. Detail. Fact sheets. Newsroom. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>. [accessed 21 April 2022].
40. Yin, W., Carballo-Jane, E., McLaren, D. G., Mendoza, V. H., Gagen, K., Geoghagen, N. S., ... & Strack, A. M. 2012. Plasma lipid profiling across species for the identification of optimal animal models of human dyslipidemia. *Journal of lipid research*, 53(1), 51-65.
41. Yiu, W. F., Kwan, P. L., Wong, C. Y., Kam, T. S., Chiu, S. M., Chan, S. W., & Chan, R. 2011. Attenuation of fatty liver and prevention of hypercholesterolemia by extract of *Curcuma longa* through regulating the expression of CYP7A1, LDL - receptor, HO - 1, and HMG - CoA reductase. *Journal of Food Science*, 76(3), H80-H89.
42. Zhang, L., Tao, X., Fu, Q., Ge, C., Li, R., Li, Z., ... & Song, X. 2019. Curcumin inhibits cell proliferation and migration in NSCLC through a synergistic effect on the TLR4/MyD88 and EGFR pathways. *Oncology reports*, 42(5), 1843-1855.

Effects of turmeric (*Curcuma longa*) and Job's tears (*Coix lacryma-jobi*) on Serum and Hepatic Lipid Profiles in Mice Fed with a High-fat-high-cholesterol Diet¹

Yu-Hsin Chen², Kai-Liang Tang², Wei-Chung Chiou³, Ruey-Yu Hsieh⁴,
Cheng Huang^{3*}

ABSTRACT

Tumeric (*Curcuma longa*) is one of the traditional medicinal foods in China and India. Its main ingredient, curcumin, is recognized as the major functional compounds. Curcumin shown multiple functions such as ameliorating hyperlipidemia, anti-inflammatory, anti-oxidation, hepatic protection and anti-tumors. This study uses C57BL/6J mice fed with high fat high cholesterol diet (HFHCD) for 8 weeks to induce fatty liver, test materials were incorporated into HFHCD afterwards for another 12 weeks. The experiment consisted of two groups, supplementation of 0.2% turmeric powder (HFHCD-C), and whole grain Job's tear (*Coix lacryma-jobi* var. Ma-yuen) replaced 20% of HFHCD diet with 0.2% turmeric powder (HFHCD-CC), simvastatin was used as the positive control group. At the end of experiment, all mice were sacrificed to examine the effects of turmeric or turmeric-Job's tears on serum and hepatic lipids profiles. The results showed that mice fed with HFHCD were all induced hyperlipidemia and fatty liver. Both groups supplemented with turmeric (HFHCD-C), or turmeric-Job's tears (HFHCD-CC) could reduce body weight gain and liver weight significantly. The serum TG, hepatic TC, TG and the concentration of blood urea nitrogen was all reduced significantly. The addition of whole grain job's tear in diet could reduce food efficiency and total fat weight, while the lipids profiles did not differ significantly with turmeric group in this experiment. In conclusion, turmeric can ameliorate hyperlipidemia and fatty liver in this study. Turmeric showed great potential to be developed as a healthy food for hyperlipidemia and non-alcoholic fatty liver disease.

Keywords: curcumin, fatty liver, hyperlipidemia, BUN

¹ Contribution No.1035 from Taichung DARES, COA.

² Associate Researcher and Assistant Researcher of Taichung DARES, COA.

³ Master and Professor of Department of Biotechnology and Laboratory Science in Medicine, National Yang Ming Chiao Tung University. *Corresponding author.

⁴ President of Fong-Man Farm, Taiwan.

稻麥輪作系統之節水效益與收益評估¹

楊金英、林訓仕²

摘 要

本研究為探討稻麥輪作之節水效益與收益評估，於彰化縣大城鄉以水稻-小麥輪作栽培模式為處理，慣行之水稻-水稻(連續灌溉與乾濕輪灌)連作為對照，生育期間調查需水量，成熟後調查其產量性狀。試驗結果顯示，水稻乾濕輪灌-小麥輪作處理，全年度每公頃需水量為 13,190 m³，為最節水栽培模式，較水稻連續灌溉-小麥節水 810 m³ (5.8%)，較水稻乾濕輪灌-乾濕輪灌連作節水 2400 m³ (15.4%)，較水稻連續灌溉-水稻連續灌溉節水 3,325 m³ (20.1%)。生產成本調查與效益評估顯示，小麥生產成本每公頃合計 58,350 元，其中以人工費(含機械包工費)佔總成本 50.5%最高，換算每公斤小麥生產成本為 17.3 元；一期稈稻每公頃生產費 123,000 元，人工費(含機械包工費)佔總生產成本 51.2%最高，每公斤水稻生產成本為 17 元，二期稈稻生產費 117,200 元，人工費(含機械包工費)佔總生產成本 54.6%最高，每公斤水稻生產成本為 21.6 元。綜整全年度栽培模式，水稻小麥輪作農家賺款可達 122,823 元，與水稻水稻連作 115,353 元相近，倘稻麥輪作再納入小麥轉作補助每公頃 45,000 元，每公頃收益較水稻連作增加 52,471 元，可增加農民轉作誘因。綜上結果，在因應節省水資源與缺工問題下，稻麥輪作可做為推廣栽培之推薦選項。

關鍵字：稻麥輪作、節水、收益

前 言

在亞洲，稻麥輪作耕作模式面積約有 1,800 萬 ha，廣泛分布於印度、巴基斯坦、孟加拉、尼泊爾，是南亞地區重要的糧食生產栽培系統。常見的耕作方式包括整地、低整地及不整地等，不同耕作方式可能改變小麥田的土壤結構，包括土壤總體密度及水分滲透率，進而影響小麥根系發展與伸長，以及攝取土壤養分與水分的能力差異，最終則表現於產量的高低⁽¹⁾。不同耕作方式可能改變小麥生長的微環境，包括土壤構造、土壤資源利用效率及植體發育的差異等，最終影響小麥產量的變動⁽⁹⁾。耕作首先影響的是土壤理化性質，由總體密度(bulk density)可以瞭解土壤的通氣性及保水性，總體密度高代表土壤密實及保水，總體密度低則表示土壤疏鬆而易排水，各種耕作處理會使土壤總體密度及滲透率發生不等程度的變化⁽⁸⁾。研究調查發現不整地耕作平均總體密度高於整地及低整地，由於慣行整地經由多種耕犁機具的操作以翻動土壤，使表土疏鬆利於種植，因此總體密度較

¹ 農業部臺中區農業改良場研究報告第 1062 號。

² 農業部臺中區農業改良場助理、助理研究員。

低，相對地也具有較高的水分滲透率，而不整地的土壤未經翻轉較為夯實，使總體密度較高，水分較不易由表層往土壤深處滲透，低整地則介於兩者中間⁽¹⁰⁾。有學者認為整地及低整地使土壤結構較為鬆散而具高的水分滲透性，有助於小麥根系發展及截取水分，促進小麥生長發育，可能是產量造成差異的原因之一^(8,10)。進一步分析小麥根系在不同耕作土壤中的分布，發現小麥根系在整地及不整地土壤中的密度具有顯著差異，約有 25-50% 的根系集中於 0-0.6 m 的土壤層，其中整地耕作的根系密度多於不整地，可能使整地處理之小麥生長較不整地為佳^(8,13)。

因國人飲食習慣改變，小麥已成為水稻以外的另一主食，臺灣近年來每年需進口約 120-130 萬 ton 小麥，主要作為麵包、麵食及餅乾使用。小麥為溫帶作物，地處亞熱帶的臺灣冬季裡作為最適種植期，1960 年全臺栽培面積曾高達 25,208 ha，然而，據農糧署統計，臺灣 2021 年本土小麥栽培面積(含金門縣)為 2,241 ha，產量 2,905 ton，僅占需求量約千分之二⁽¹¹⁾。近年來因休耕地活化轉契作進口替代作物、大糧倉等政策推動，逐步增加國內小麥栽培面積。中部地區小麥主要產地(彰化縣大城鄉、二林鎮、臺中市大雅區)多採水稻-水稻-小麥栽培模式，此模式受限於一期水稻需栽培早熟品種，連帶影響產量與收益，另因在原本一、二期作後增加小麥冬季裡作，對水資源需求則更加提升^(11,12)。水稻為臺灣地區栽培面積最廣也是國人主要糧食作物，現行的水稻栽培多採湛水模式，在水稻生育期間除曬田過程外，通常維持 3-6 cm 水深，需要不斷灌水以補充植株蒸散及水田蒸發所需，生育期間灌水措施除影響水稻生長外，最終亦會反應於產量及品質表現上^(1,5,14)。因此，穩定水稻產量與生產品質持續為國家所重視，近年來隨著氣候變遷，導致降雨不穩定，水資源分配成為新的挑戰。根據經濟部水利署 2020 年統計，全年農業用水 11,592.48 Mm³，約占全臺用水量的 69.7%，其中灌溉用水又占農業用水最大宗，水稻亦是用水量較高的作物，因此，如何提高水稻節水栽培韌性，穩定國內稻米生產係為近年來重要的議題^(2,3)。

材料與方法

一、稻麥輪作與水稻連作產量及水分利用效率調查

(一)試驗地點與材料

本研究於 2021 年彰化縣大城鄉進行，小麥參試品種為台中選 2 號，水稻參試品種為台南 11 號，稻麥輪作之水稻插秧日期為 7 月 15 日，小麥播種日期為 11 月 15 日；水稻連作之插秧日期分別為 2 月 5 日及 7 月 10 日。

(二)栽培管理

試驗皆採逢機完全區集設計(*Randomized complete block design, RCBD*)，4 重複，以水稻-小麥輪作栽培模式為處理，對照為水稻-水稻連作，其中水稻另分連續灌溉(*continuous irrigation, CI*)與乾濕輪灌(*alternate wetting drying, AWD*)兩種栽培模式，肥培管理採合理化施肥模式，基肥每公頃施用氮素 54 kg、磷鉀 50 kg 及氧化鉀 40 kg，第一次追肥施用氮素 36 kg，第二次追肥施用氮

素 45 kg 及氧化鉀 40 kg，幼穗形成期施用氮素 45 kg。水稻每公頃施用氮肥 180 kg，分配比率分別為基肥 30%、分蘖始期之第一次追肥 20%、分蘖盛期之第二次追肥 25%及幼穗形成期之穗肥 25%。需水量調查於播種後利用水量計統計灌水量，成熟後調查產量，栽培期間訪談並記錄各項生產成本，進行生產成本與收益評估。

二、生產成本與收益調查

資料蒐集與調查：小麥與水稻生產成本及收益調查係於彰化縣大城鄉實際訪談農友並參考行政院農業委員會農產品生產成本統計年報進行整理，將生產成本分為「第一種生產費」及「第二種生產費」，其計算方法說明如下⁽⁵⁾：

(一)第一種生產費 = 種子費 + 肥料費 + 病蟲害防治費 + 能源費 + 其他生產資材及運銷費 + 其他雜費 + 人工費(自家工工資 + 僱工工資) + 折舊費

1. 種子費：購入之種子以市價計算

2. 肥料費：化學肥料及有機質肥料，依購入之市價或取得成本計算

3. 病蟲害防治費：田間病蟲害及雜草防治費用

4. 能源費：在生產與運銷過程中使用之農機具或設備所用之汽油、柴油、潤滑油、水電等

5. 其他生產資材及運銷費：農場使用之包裝袋、包裝紙箱、運費、手續費等

6. 其他雜費：農產品標章費、驗證費(含有機蔬菜驗證年費、水質和土壤檢驗費用、產品檢驗費用、維修費)

(二)第二種生產費 = 第一種生產費 + 地租 + 資本利息

(三)粗收益 = 產量 × 單價

(四)損益 = 粗收益 - 生產費用總計(第二種生產費)

(五)家族勞動報酬 = 損益 + 自家工工資

(六)農家賺款 = 家族勞動報酬 + 自給地租 + 自給資本利息

結果與討論

一、稻麥輪作與水稻連作之產量及需水量調查

水稻乾濕輪灌技術係 2000 年由國際稻米研究所 (International Rice Research Institute, IRRI) 提出，於田間設置可觀察水位的直管，水稻生育期間將水灌至逾土壤表面 5 cm 高後，讓水位自然下降，並透過直管觀察土面下之水位，當水位低於土壤表面 15 cm 時再行補水，可有效降低灌溉次數及灌溉用水，並確保水稻不會因缺水造成傷害^(3,9)。本次試驗地點為彰化縣大城鄉，小麥台中選 2 號於 11 月 15 日播種，生育期間以水錶記錄灌溉水量，2020-2021 年小麥全生育期用水量為 3,650 m³，主要灌水時期為播種初期，其次分蘖盛期、孕穗期及開花期，皆為少量灌溉。該年度小麥抽穗日數為 63 天，成熟日數 131 天，株高 87.5 cm，每公頃產量 3,885 kg，換算水分利用效率為 1.06 kg/m³。

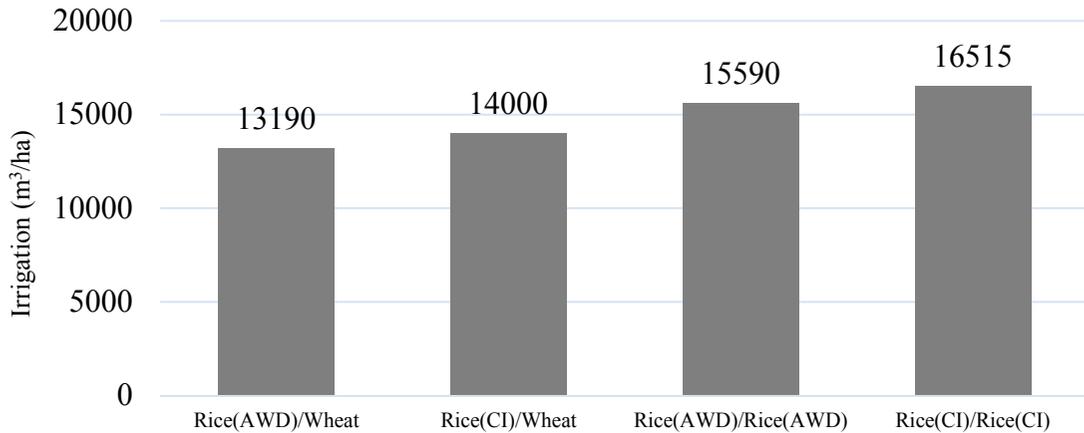
對照處理種植水稻台南 11 號，於 2 月 5 日插秧，分為連續灌溉與乾濕輪灌處理，連續灌溉每公頃用水量 $10,350 \text{ m}^3$ ，水稻每公頃產量 $7,220 \text{ kg}$ ，水分利用效率為 0.7 kg/m^3 ；乾濕輪灌處理每公頃用水量 $9,540 \text{ m}^3$ ，水稻每公頃產量 $7,105 \text{ kg}$ ，較連續灌溉減產 115 kg ，但其水分利用效率達 0.74 kg/m^3 。二期稻作連續灌溉處理用水量 $7,580 \text{ m}^3$ ，水稻每公頃產量 $6,165 \text{ kg}$ ，水分利用效率為 0.81 kg/m^3 乾濕輪灌處理用水量 $6,850 \text{ m}^3$ ，水稻每公頃產量 $6,050 \text{ kg}$ ，水分利用效率為 0.88 kg/m^3 ，水稻連續灌溉與乾濕輪灌相較，每公頃乾濕輪灌較連續灌溉節水 810 m^3 (7.8%)，產量連續灌溉處理僅較乾濕輪灌增產 115 kg ，本研究灌溉水量與前人研究相近，顯示利用乾濕交替灌溉模式可顯著降低灌溉水用量，節省水資源消耗，提高水分利用效率⁽³⁾。綜合上述結果顯示，小麥較一期作水稻(連續灌溉)節水 $6,700 \text{ m}^3$ ，達 64.7%，較一期作水稻(乾濕輪灌)節水 $5,890 \text{ m}^3$ ，達 61.7%，較二期作水稻(連續灌溉)節水 $3,930 \text{ m}^3$ ，達 51.8%，較二期作水稻(乾濕輪灌)節水 $3,200 \text{ m}^3$ ，達 46.7%，顯示小麥實為耐旱節水作物(表一)。綜合不同輪作制度之灌溉水量顯示，水稻乾濕輪灌-小麥輪作全年度每公頃需水量為 $13,190 \text{ m}^3$ ，為最節水栽培模式，較水稻連續灌溉-小麥栽培模式節水 810 m^3 (5.8%)，較水稻乾濕輪灌-乾濕輪灌連作節水 2400 m^3 (15.4%)，較水稻連續灌溉-水稻連續灌溉連作節水 $3,325 \text{ m}^3$ (20.1%)(圖一)。

表一、不同灌溉模式下之小麥與水稻產量及水分利用效率調查

Table 1. Grain yield and water use efficiency (*WUE*) for irrigation of wheat and rice under various irrigation regimes

Treatment	Irrigation(m^3/ha)	Yield (Kg/ha)	WUE (kg/m^3)
2020-2021 Wheat	3,650	3,885	1.06
2021 Rice1 st (AWD)	9,540	7,105 a	0.74 a
2021 Rice1 st (CI)	10,350	7,220 a	0.70 a
2021 Rice2 nd (AWD)	6,850	6,050 a	0.88 a
2021 Rice2 nd (CI)	7,580	6,165 a	0.81 a

Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.



圖一、全年度不同耕作模式下總累積灌溉水量

Fig. 1. The accumulation of water under different cropping systems.

二、生產成本調查與效益評估

石(2017)研究指出，由農糧署 2009 年至 2015 年平均統計資料顯示，一般農民雙期作種植水稻的平均產量為 6.3 ton/ha/crop，生產成本為 116,535 元/ha/crop，收入為 141,663 元/ha/crop，淨收益為 25,127 元/ha/crop，農家賺款為 63,411 元/ha/crop，全年度的總收益為 12,6823 元/ha/year⁽²⁾。吳等(2014) 研究報告指出，雲嘉南地區農民雙期作種植水稻，平均產量為 6.5 ton/ha/crop，生產成本為 94,296 元/ha/crop，收入為 152,782 元/ha/crop，淨收益為 58,486 元/ha/crop，農家賺款 98,486 元/ha/crop，全年總收益約 196,971 元/ha/crop⁽⁴⁾。本研究之小麥生產成本調查顯示，每公頃小麥生產成本中，直接費用合計 45,750 元，間接費用 1,600 元，第一種生產費合計 47,350 元，第二種生產費(第一種生產費+地租，地租屬向其他農戶承租價錢，自給為自有耕地承租價值)合計 58,350 元，其中以人工費(含機械包工費)佔總成本 50.5% 最高，其次為地租與肥料費(表二)，換算每公斤小麥生產成本為 17.3 元，每公頃小麥合計粗收益為 101,100 元(公頃產量 3,370 kg，每公斤製作收購價 30 元)，損益 42,750 元，農家賺款 51,250 元(損益+自家工+自給)，加上政策轉作補貼之 45,000 元可達 96,250 元(表三)，較農糧署 2009 年至 2015 年轉作硬質玉米之 53,289 元收益佳⁽²⁾。一期硬稻第一種生產費 100,000 元，第二種生產費 123,000 元，人工費(含機械包工費)佔總生產成本 51.2% 最高，其次為肥料、農藥及種苗，換算每公斤水稻生產成本為 17 元，每公頃水稻粗收益為 160,573 元，農家賺款 71,573 元。二期硬稻第一種生產費 101,200 元，第二種生產費 117,200 元，人工費(含機械包工費)佔總生產成本 54.6% 最高，其次為肥料、農藥及種苗，換算每公斤水稻生產成本為 21.6 元，每公頃水稻粗收益為 132,979 元，農家賺款 43,779 元。綜上調查顯示，小麥與水稻栽培生產成本主要差異係小麥栽培不須育苗及插秧，生育期間亦不進行病蟲害防治，因此人工費(機械包工費)顯著低於水稻生產。

整合一年二期作，水稻小麥輪作農家賺款達 122,823 元，較水稻連作 115,353 元增加 7,471 元，倘稻麥輪作再納入小麥轉作每公頃 45,000 元補助，每公頃收益可較水稻連作增加 52,471 元(表四)。可增加農民轉作誘因。綜上結果，在因應節省水資源與缺工問題下，稻麥輪作可為推廣栽培之推薦選項。

表二、小麥與兩期作水稻之生產成本

Table 2. Production cost of wheat and two cropping rice

Item	Wheat		Rice 1 st crop		Rice 2 nd crop	
	Cost (NTD/ha)	%	Cost (NTD/ha)	%	Cost (NTD/ha)	%
Seed	5,100	8.7	10,000	8.1	10,000	8.5
Fertilizer	8,800	15.1	12,600	10.2	13,300	11.3
Labor	29,500	50.5	63,000	51.2	64,000	54.6
(Family labor)	2,000	3.4	-		-	
Chemical & herbicide	0	0	10,000	8.1	12,000	10.2
Energy	350	0.6	-		-	
Direct cost	45,750	78.4	98,000	79.7	99,300	84.7
Equipment & farming tool	1,600	2.8	2,000	1.6	1,900	1.7
Indirect cost	1,600	2.7	2,000	1.6	1,900	1.6
Primary prod. cost	47,350	81.1	100,000	81.3	101,200	86.3
Land rent	11,000	18.6	23,000	18.7	16,000	13.7
Capital interest	6,500	11.1	-		-	
Secondary production cost	58,350	100	123,000	100	117,200	100
Total production cost	58,350		123,000		117,200	

表三、小麥與兩期作水稻收益分析

Table 3. Revenue of wheat and two cropping rice

Item	Wheat	Rice 1 st crop	Rice 2 nd crop
Yield (kg/ha)	3,370	7,220	6,165
Gross revenue (NTD/ha)	101,100	160,573	132,979
Net revenue (NTD/ha)	42,750	37,573	15,779
Income (NTD/ha)	51,250	71,573	43,779

表四、稻麥輪作與水稻連作生產成本及收益比較

Table 4. Comparison of production cost and revenue between rice-wheat rotation and rice monocropping

Item	Rice/Wheat			Rice/Rice		
	Rice	Wheat	Total	Rice 1 st crop	Rice 2 nd crop	Total
Primary prod. Cost (NTD/ha)	100,000	47,350	147,350	100,000	101,200	201,200
Secondary production cost (NTD/ha)	123,000	58,350	181,350	123,000	117,200	240,200
Gross revenue (NTD/ha)	160,573	101,100	261,673	160,573	132,979	293,552
Net revenue (NTD/ha)	37,573	42,750	80,323	37,573	15,779	53,352
Income (NTD/ha)	71,573	51,250	122,823	71,573	43,779	115,352

參考文獻

1. 丁文彥、黃秋蘭、江瑞拱 2009 節水灌溉栽培模式對水稻與陸稻生育及產量之影響 臺東區農業改良場研究彙報 19: 1-16。
2. 石郁琴 2017 雲嘉南地區水稻及硬質玉米大專業農經營規模及效益之研究 臺南區農業改良場研究彙報 69: 69-95。
3. 林家玉、吳東鴻、吳以健、楊靜瑩、楊明德、賴明信、張素貞 2022 不同氮肥施用量對截水栽培水稻臺南 11 號產量之影響 苗栗區農業改良場研究彙報 11: 67-78。
4. 吳昭慧、王仕賢、黃涵靈 2014 國產大豆競爭力提昇策略之探討 臺南區農業改良場研究彙報 63: 31-39。
5. 陳世芳、戴登燦 2009 有機蔬菜農場經營效益之個案研究 臺中區農業改良場研究彙報 105: 13-21。
6. 陳榮坤、楊純明 2005 水稻節水栽培之可行性探討(二)灌溉對水稻生產影響 農業試驗所技術服務 61: 1-5。
7. 經濟部水利署各項用水統計資料庫 <https://wuss.wra.gov.tw/annuals.aspx>
8. Arora, V. K., A. S. Sidhu, K. S. Sandhu and S. S. Thind. 2010 Effects of tillage intensity, planting time and nitrogen rate on wheat yield following rice. *Expl. Agric.* 46: 267-275.
9. Bouman, B. A. M. and T. P. Tuong. 2000. Field water management to save water and increase its productivity in irrigated lowland rice. *Agric. Water Manag.* 1615: 1-20.
10. Gangwar, K. S., K. K. Singh, S. K. Sharma and O. K. Tomar. 2006 Alternative tillage and crop residue management in wheat after rice in sandy loam soils of Indo-Gangetic plains. *Soil Till. Res.* 88: 242-252.

11. Hsiao, C. L., C. M. Yang, C. H. Ho and H. S. Lin. 2016 Influence of rice-wheat rotation system on weed population, weed density and weed management. *Weed Sci Bull.* 37: 207-216.
12. Saharawat, Y. S., B. Singh, R. K. Malik, J. K. Ladha, M. Gathala, M. L. Jat and V. Kumar. 2012 Evaluation of alternative tillage and crop establishment methods in a rice-wheat rotation in North Western IGP. *Field Crop Res.* 116: 260-267.
13. Xu, X., M. Zhang, J. Li, Z. Liu, Z. Zhao, Y. Zhang, S. Zhou and Z. Wang. 2018. Improving water use efficiency and grain yield of winter wheat by optimizing irrigations in the North China Plain. *Field Crops Res.* 221: 219-227.
14. Yang, J., Q. Zhou and J. Zhang. 2017 Moderate wetting and drying increases rice yield and reduces water use, grain arsenic level, and methane emission. *Crop J.* 5: 151-158.

Evaluation of Water-Saving and Revenue in Rice-Wheat Rotation System¹

Jin-Ying Yang and Hsun-Shih Lin ²

ABSTRACT

This study discussed the water efficiency and profitability of rice–wheat rotation. The rice–wheat rotation model was implemented in Dacheng Township, Changhua County, and compared with the conventional rice–rice rotation model incorporating conventional irrigation (CI) and alternate wetting and drying (AWD). The water requirement was investigated during the growth period, and the yield traits were examined at maturity. The results revealed that the annual water demand per hectare was 13,190 m³ for the rice AWD–wheat rotation model, which was the most water-efficient model and required 810 m³ less water than the conventionally irrigated rice (CI) –wheat rotation model (5.8%), 2,400 m³ less water than the rice AWD–rice AWD model (15.4%), and 3,325 m³ less water than the conventionally irrigated rice (CI)–conventionally irrigated rice(CI) model (20.1%). According to the production cost and benefit analysis, the total production cost of wheat per hectare was NT\$58,350, with labor and mechanical contract labor accounting for 50.5% of it. In other words, each kg of wheat cost NT\$17.3 to produce. The total production cost of first-crop rice per hectare was NT\$123,000, with labor and mechanical contract labor accounting for 51.2% of it. In other words, each kg of first-crop rice cost NT\$17 to produce. The total production cost of second-crop rice per hectare was NT\$117,200, with labor and mechanical contract labor accounting for 54.6% of it. In other words, each kg of second-crop rice cost NT\$21.6 to produce. In summary, each farmer adopting the rice–wheat rotation model could earn as high as NT\$122,823 per year, which was nearly equal to a profit of NT\$115,353 for a farmer adopting the rice–rice rotation model. If the subsidy for the crop type transfer to wheat (NT\$45,000/hectare) is incorporated into the rice–wheat rotation model, then the farmer adopting this model can earn NT\$52,471 more than a farmer adopting the rice–rice rotation model. This provides an incentive for farmers to switch the type of crops they plant. The rice–wheat rotation model is recommended as a cultivation model to conserve water and address agricultural labor shortage.

Keywords: rice-wheat rotation, water-saving, revenue

¹Contribution No.1062 from Taichung DARES, COA.

²Assistant and Assistant Researcher of Taichung DARES, COA.

不同品種白米經單軸擠壓之成品分析¹

陳依純²、蘇致柔²

摘 要

稻米為我國主要糧食之一，近年國人飲食習慣改變使得國內稻米市場嚴重萎縮，因此積極發展米食加工產品以提振國產稻米消費市場為當務之急。本試驗取用多種市面上常見稻米品種之白米作為試驗材料，以單軸擠壓機製作膨發成品，探討原料品種差異對膨發加工品質之影響，期能發揮國內水稻品種豐富之優勢，以增加產品特色。試驗結果顯示，‘台中秈 197 號’之直鏈澱粉與粗蛋白含量最高達 32.9%、7.29%，且其膨發成品具有最佳膨發率(4.63%)及低密度(11.48 g/ml)。低直鏈澱粉含量品種‘台中 200 號’之膨發成品具有低膨發率(4.16%)及低硬度(3,257.2 g)特性。本試驗結果顯示不同品種白米會影響擠壓膨發性質，可供穀物擠壓膨發應用之參考。

關鍵字：稻米、擠壓膨發、直鏈澱粉

前 言

稻米(*Oryza sativa*)為世界三大糧食之一，也為我國主要的糧食作物，具豐富的營養與機能性成分⁽¹³⁾。國內以梗稻為主要食用品種，其次為秈稻，但因開放進口農產品及受飲食習慣多樣化影響，國人食用米數量有逐年下滑趨勢，110 年降至歷史新低每人每年僅食用 43.3 公斤⁽²⁾。

為提高米糧消費量，增進國人食用國產稻米的機會，以提升糧食自給率，國內近年發展許多米食加工品項。擠壓膨發為乾熱預糊化之加工技術，依原料特性、進料速度、套筒配置、轉軸速度、模具規格等參數調整膨發條件，藉套筒、螺軸與其他機械結構作業，將原料送入加熱套筒中，經壓縮、混合、搓揉、剪切、加熱等加工過程，當原料經擠壓通過模孔時，壓力驟降促使材料內部水分瞬間轉化為蒸汽，將可塑性的材料撐開並經冷卻固化成為具多孔結構的膨發成品^(8,9,10)。擠壓膨發加工可連續作業，提供高效率產能，相較於其他加工製程，擠壓膨發原料不需太多水分且製程耗能相對低^(7,9,10)。可應用於不同穀物原料產出或製成各式型態成品廣泛利用於即食性產品，如穀物棒、沖泡飲、脆片與零食點心等商品。

稻米胚乳(白米)主要成分為澱粉，其含量、組成與構造影響米的理化性質^(4,14)。澱粉是由葡萄糖聚合成長鏈的多醣(polysaccharide)，又分為直鏈澱粉(amylose)與支鏈澱粉(amylopectin) 兩種聚合形式，直鏈澱粉為葡萄糖聚合成之線性聚合物，各單體以 α (1→4) 糖苷鍵接起成螺旋狀結構，會抑

¹ 農業部臺中區農業改良場第 1058 號研究報告。

² 農業部臺中區農業改良場研究助理、助理研究員。

制澱粉顆粒膨潤，而當直鏈澱粉比例越高則支鏈澱粉比例相對減少^(3,9)。於加熱糊化過程中該比例影響米的凝膠形成與黏度性質⁽¹¹⁾。食品中直鏈澱粉含量高者，其抗性澱粉含量通常也較高，較不易水解消化，有益平緩食用後的血糖表現⁽¹⁾，利用高直鏈澱粉品種米製成麵條，可減緩澱粉消化率且降低升糖指數⁽¹²⁾。以精白米測得直鏈澱粉含量，當直鏈澱粉含量高(25%)時該稻米黏性較低，口感較硬⁽⁵⁾。Saha 與 Roy(2022)指出膨發過程中直鏈澱粉含量多寡影響原料膨發體積，膨發高溫中直鏈澱粉其線性葡萄糖鏈結提供高強度的結構組成，使原料有更大幅度的膨發，以白米而言，直鏈澱粉含量落在 20-27%其膨發槍膨發效果較佳⁽¹⁶⁾。本試驗使用多種市面上常見稻米品種之白米分析其組成成分，並使用單軸擠壓機加工製成膨發成品，藉以瞭解不同總澱粉、直鏈澱粉及蛋白質含量對膨發成品加工品質之影響，初步評估膨發成品的膨發性質以供後續穀物膨發應用之參考。

材料與方法

一、試驗材料

‘台中194號’(TC194)為110年一期作、‘台中秈197號’(TC197)為109年二期作、‘台中200號’(TC200)及‘台稈9號’(TK9)為110年二期作，皆為臺中區農業改良場提供；‘高雄147號’(KH147)購自皇家穀堡股份有限公司；‘台農71號’(TN71)，購自億東企業股份有限公司。試驗樣品白米以新型4兩裝高速粉碎機(RT-N04，榮聰精密科技有限公司)研磨，過篩100 mesh，以提供後續試驗使用。

二、試驗方法

(一)總澱粉含量測定

參照AACC 76.13.01 (1976)試驗方法，使用Total starch assay kit (Megazyme Ltd., Ireland)，使用thermostable α -amylase 及 amyloglucosidase，作兩階段分解澱粉。精秤0.1 g樣品粉末，加入10 ml sodium acetate buffer (100mM, pH 5.0)，迅速加入0.1 ml α -amylase均勻後置入沸水水浴15 min，使澱粉樣品分解為maltodextrins並每2 min取出均質一次。置入50°C水浴平衡溫度5 min，再加入0.1 ml amyloglucosidase並均質，放回50 °C水浴反應30 min，使樣品分解為D-glucose。於室溫降溫10 min，取2 ml樣品溶液置離心管以13000 rpm離心5 min。取上清液1 ml加入10 ml sodium acetate buffer作混合稀釋，由稀釋液取0.1 ml加入3 ml GOPOD (glucose oxidase and peroxidase determination reagent)試劑，置於50°C水浴20 min，以510 nm測定該吸光值。

計算公式如下：

$$\begin{aligned}\text{starch}(\%) &= \Delta A \times F \times \frac{EV}{0.1} \times D \times \frac{1}{1000} \times \frac{100}{W} \times \frac{162}{180} \\ &= \Delta A \times F \times EV \times \frac{D}{W} \times 0.9\end{aligned}$$

ΔA ：樣品吸光值與blank吸光值之差

F：100 μg glucose/standard的吸光值

EV：樣品萃取體積

D：樣品稀釋倍數

W：樣品的乾重 (mg)

(二)直鏈澱粉含量測定

參考Yun與Matheson(1990)之試驗方法⁽¹⁷⁾，使用Amylose/amylopectin assay kit (Megazyme Ltd., Ireland)，精秤樣品粉末20-25 mg，加入1 ml DMSO(Dimethyl sulfoxide)且均質，沸水水浴1 min，再高速震盪均質後沸水水浴15 min，每2 min作震盪使DMSO完全溶解澱粉。取出室溫下靜置5 min後加入2 ml 95%乙醇(ethanol)，均質後再加入4 ml 95% 乙醇，上下倒轉數次後靜置15 min。以2000 g離心5 min，倒除上清液，並倒置15 min使殘液排乾使澱粉沉澱並除去樣品中所含之油脂與可溶性醣類。加入2 ml DMSO放入沸水水浴15 min，每2 min均質一次確認無結塊沉澱，離開水浴後即加入新鮮配置Concentrated Con A solvent 4 ml，並定量至25 ml即為溶液A (澱粉參考液)。

支鏈澱粉含量測定:取1 ml溶液A於2 ml微量離心管，緩慢加入0.1 ml Freeze dried Con A Solutin勿使起泡，上下倒置數次靜置1 hr以沉澱支鏈澱粉，再以14000離心5 min。取上清液1 ml加入3 ml sodium acetate buffer (1000mM, pH4.5)放入沸水水浴5 min以降解Con A酵素，移至40°C水浴平衡溫度5 min，加入amyloglucosidase/ α -amylase酵素液0.1 ml再回到40°C水浴30 min使澱粉分解為葡萄糖，以2000 g離心5 min，取上清液1 ml加入4 ml GOPOD溶液510 nm測定該吸光值。

總澱粉含量:取0.5 ml溶液A，加入amyloglucosidase/ α -amylase酵素液0.1 ml到40°C水浴10 min後取1 ml加入4 mlGOPOD溶液，再回到40°C水浴20 min與支鏈澱粉一同測定該項吸光值。

計算公式如下：

$$\begin{aligned}\text{Amylose}(\%, \text{w/w}) &= \frac{\text{Absorbance}(\text{Con A Supernatant})}{\text{Absorbance}(\text{Total Starch Aliquot})} \times \frac{6.15}{9.2} \times \frac{100}{1} \\ &= \frac{\text{Absorbance}(\text{Con A Supernatant})}{\text{Absorbance}(\text{Total Starch Aliquot})} \times 66.8\end{aligned}$$

6.15與9.2分別為Con A與澱粉萃取物之稀釋倍數

(三)粗蛋白質含量分析

秤取樣品0.2 g置於消化管，加入4 ml濃硫酸後於400°C加熱板進行消化分解，1 hr後晃動樣品使均質至消化完全，加入H₂O₂ 2 ml使樣品液還原澄清。使用凱氏氮自動蒸餾裝置(Kjeltec™8400, Foss) 進行粗蛋白質含量分析，樣品液加入鹼液進行蒸餾，以0.1N HCl滴定接收液測得樣品氮含量(N%)後，以氮轉換係數5.95計算蛋白質含量。

三、擠壓膨發試驗

以單軸擠壓膨發機(C-1，源創食品機械)進行試驗，入料轉速14 rpm，主軸溫度72°C，主軸轉速70Hz，切料速度14 rpm，每2 sec截切，製作不同品種白米之膨發成品。

四、加工指標

(一)色澤分析

膨發成品研磨成粉後以色差儀(color meter NE4000，日本電色工業株式會社)進行色澤分析，不同品種白米之膨發成品粉末填裝樣品槽至 8 分滿，測定其 L*、a*、b*值，每個樣品測定 3 重複取平均值。L*值代表色澤明亮度，100 為最亮、0 為最暗；a*值代表紅綠互補色，正值為紅色、負值為綠色；b*值代表黃藍互補色，正值為黃色、負值為藍色。校正白板:L*:97.97；a*：-0.34；b*：0.28。

(二)徑向膨發率(Puffed Rate)

隨機擇取10個膨發成品以數位電子式游標尺量測成品截面直徑後旋轉截面90度再量測一次取其平均為膨發成品之膨發直徑，再以膨發直徑除以模孔直徑3 mm即為平均徑向膨發率(mm/mm)。

(三)硬度(Hardness Analysis)

以食品物性分析儀(Texture Analyzer TVT 6700，Perten)測試，取10個長約5 cm膨發成品，使用671170探頭(Break Probe 70 mm Aluminium)進行三點彎曲折斷(Three Point Bend)，試驗參數：Pre test speed:1.0mm/sec；Test speed: 3 mm/sec；trigger force: 20 g，下壓至樣品破裂以求得硬度(Hardness)。

(四)水活性分析

取膨發成品粉末填入樣品皿至八分滿，使用手持式水活性測定儀(HP23-A, Rotronic)於室溫下分析，紀錄樣品水活性數值。

(五)水分分析

取 5 g 膨發成品粉末進行分析，使用水分分析儀(MF-50, Mettler Toledo)以 105°C 測定，紀錄樣品水分含量。

(六)體積密度(Bulk Density)

參考詹⁽⁷⁾之試驗方式，隨機擇取膨發成品 15 個秤重後加入一定體積的油菜籽(rape seed)，置

於 250 ml 量筒中，輕敲數次至樣品高度固定不變，紀錄體積。

計算方式：

$$\text{體積密度} = \frac{\text{膨發成品重量(g)}}{\text{體積(ml)}}$$

四、統計分析

每種處理重複 3 次，所有數據均使用 R (4.2.2) 統計軟體進行變異數分析(ANOVA)及最小顯著差異法(Fisher's least significance difference procedure, LSD)分析。

結果與討論

一、不同品種白米之澱粉、直鏈澱粉與粗蛋白質含量分析

澱粉含量以 TC194 最高為 84.83%，最低為 TC200 與 TK9 分別為 74.23%與 74.83%，直鏈澱粉含量以 TC197 含量最豐富達 32.9%，與王(2019)所測得數值 30.9%相較稍高⁽¹⁾。白米之直鏈澱粉含量因品種不同而有很大差異，可以直鏈澱粉含量分成：0-2%為糯米；10-20%為低直鏈澱粉含量；20-25%為中等直鏈澱粉含量；25%以上為高直鏈澱粉含量。且同一品種白米會因穀粒發育期溫度不同，使其直鏈澱粉含量有所變化，低溫環境下直鏈澱粉含量會增加，可達 6%以上差異⁽⁵⁾。國內水稻栽培一年有兩期作，第一期作大抵介於 2-7 月，第二期作由 8-12 月，其氣候狀態完全不同，溫度、日照量以及雨量等氣象條件不同，直接影響到稻米的物化性質⁽⁴⁾，導致直鏈澱粉含量差異。以直鏈澱粉含量區分，TC197 屬於高直鏈澱粉品種，KH147 屬中等含量直鏈澱粉品種，TC194、TK9、TN71、TC200 屬低含量直鏈澱粉品種(表一)。一般白米中粗蛋白質含量約 7%⁽⁵⁾，本試驗中粗蛋白質以 TC197 含量較高為 7.29%，TK9 含量較低僅 5.83%。

表一、不同品種白米之總澱粉、直鏈澱粉與蛋白質含量分析

Table 1. The total starch, amylose and crude protein content of rice with different variety

Varieties	Total starch(%)	Amylose(%)	Crude protein(%)
TC194	84.83±2.82 a	17.66±0.93 b	6.02±0.05 d
TC197	83.32±3.04 ab	32.90±2.27 a	7.29±0.14 a
TC200	74.23±4.17 c	10.23±0.36 c	6.85±0.10 b
TK9	74.83±4.96 c	18.40±0.41 b	5.83±0.36 d
TN71	79.89±3.93 abc	16.77±0.30 b	6.54±0.34 bc
KH147	76.71±5.22 bc	20.73±3.19 b	6.44±0.06 c

Data represents mean ± SD; Different letters indicate statistically significant difference by LSD test at $P \leq 0.05$.

二、不同品種白米膨發成品之型態分析

操作溫度、轉軸速度、材料特性及水分含量會影響原料膨發效果。Ding等指出，當米原料水分含量增加時，於膨發過程中降低物料黏度及機械力作用，減少膨發成品之膨發率，使其密度及硬度變高、脆度降低^(9,15)，因此本試驗白米原料水分含量調整至12-13%，以減少水分含量對膨發成品的影響。不同品種白米擠壓膨發後成品型態有所不同，當膨發成品體積越大時體積密度會下降，TC197膨發成品之孔隙分布較其他品種膨發成品緻密(圖一、圖二)，其具有最高徑向膨發率4.63%及最低體積密度為11.48 g/ml，表示其膨發程度較其他品種之膨發成品佳(表二)；KH147、TC200具有最低膨發率(4.15%、4.16%)及較高的體積密度(16.96 g/ml、16.89 g/ml)，與前人研究相符。膨發加熱過程材料的粗蛋白質開展(unfolding)、變性(denaturation)，與澱粉產生交聯鍵結使膨發成品更好的結構強度而可以更為擴張膨大⁽¹³⁾。高直鏈澱粉含量之穀物原料膨發後結晶狀況較差，具較佳的膨發率，反之，低直鏈澱粉含量之穀物原料結晶狀況則較好，導致膨發率較差，本試驗中TC197粗蛋白質、直鏈澱粉含量最高的品種，其徑向膨發率均表現最佳，而低直鏈澱粉含量的TC200具有最低的膨發率，與前人研究相符，推估是由於高粗蛋白質及高直鏈澱粉含量可以促使更好的膨發效果。硬度表示為切斷膨發成品所需的力量，通常膨發成品的硬度與消費者接受度呈負相關⁽⁶⁾，TC200膨發成品具有較低硬度3257.2g，可能與其低直鏈澱粉含量相關，其餘品種膨發成品硬度則無顯著差異。

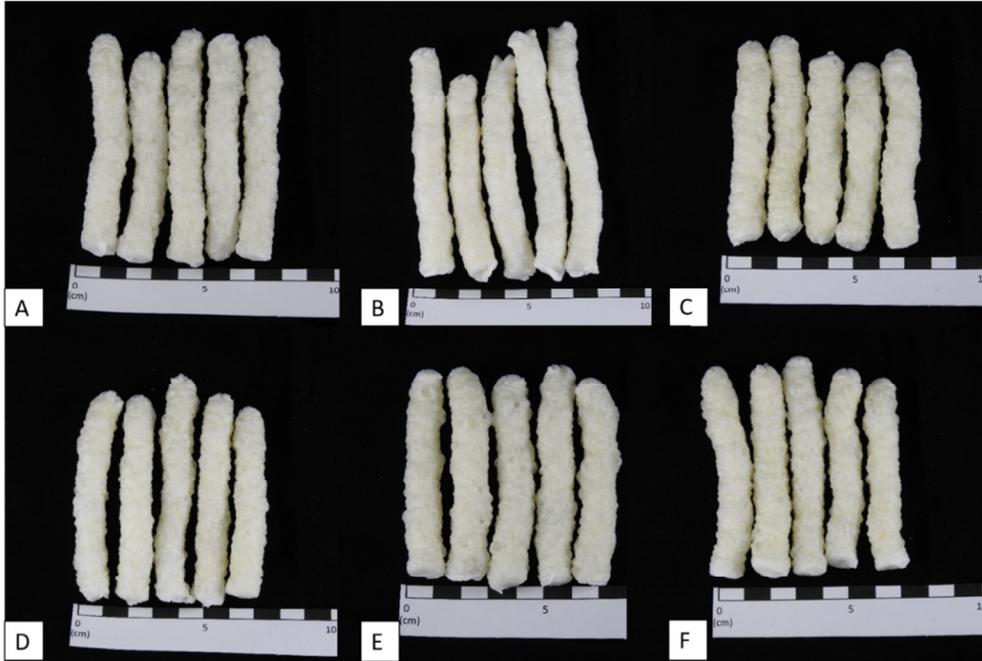
經擠壓膨發處理後，不同品種白米的膨發成品水活性均介於0.26-0.34區間，水分含量介於5.41-6.34%(表三)，經膨發處理後成品水分含量降低，且前人研究指出膨發成品具較低水活性(0.1-0.4)可抑制微生物生長並延長保存期限⁽¹⁵⁾。

表二、不同品種白米膨發成品之膨發率與硬度

Table 3. Puffed rate, hardness and bulk density of rice with different variety

Varieties	Puffed rate (%)	Hardness (g)	Bulk density(g/ml)
TC194	4.57±0.16 ab	3570.2±295.8 a	15.12±2.19 b
TC197	4.63±0.18 a	3435.8±250.8 ab	11.48±1.43 c
TC200	4.16±0.14 d	3257.2±431.8 b	16.89±1.76 a
TK9	4.48±0.10 b	3616.0±344.9 a	13.89±2.50 b
TN71	4.35±0.07 c	3674.2±342.1 a	16.99±2.37 a
KH147	4.15±0.11 d	3490.3±361.6 ab	16.96±3.24 a

Data represents mean ± SD; Different letters indicate statistically significant difference by LSD test at $P \leq 0.05$.



圖一、不同品種白米於相同擠壓條件下之膨發成品外觀。

(A)TC194 (B)TC197 (C)TC200 (D)TNG71 (E) TK9 (F)KH147.

Fig. 1. The puffed products of rice with different variety by single-screw extruder.



圖二、不同品種白米於相同擠壓條件下之膨發成品型態。

(A)TC194 (B)TC197 (C)TC200 (D)TNG71 (E)TK9 (F)KH147.

Fig. 2. The puffed products of rice with different variety by single-screw extruder.

表三、不同品種白米膨發成品之水活性、水分分析

Table 3. Water activity and moisture content of rice with different variety

Varieties	Water activity(A _w)	Moisture content(%)
TC194	0.29±0.02 b	6.13±0.30 b
TC197	0.30±0.00 b	5.41±0.14 e
TC200	0.33±0.00 a	6.34±0.10 a
TK9	0.34±0.03 a	5.89±0.08 c
TN71	0.26±0.01 c	5.58±0.06 d
KH147	0.31±0.01 b	5.96±0.07 c

Data represents mean ± SD; Different letters indicate statistically significant difference by LSD test at $P \leq 0.05$.

三、不同品種白米膨發成品之顏色之影響

原料組成成分及加工過程溫度會影響外觀顏色，多因非酵素褐化(梅納反應與焦糖化)以及色素降解致使膨發成品產生褐色⁽⁸⁾，而影響消費者選購意願。Saha 與 Roy(2022)膨發槍試驗中，發現水分、粗蛋白質含量可作為膨發米感官接受度與色差的參考指標，粗蛋白質含量高之白米膨發成品，具較低 L*值，較高 a*與 b*值之特性⁽¹⁴⁾。本試驗中具有較高粗蛋白質含量的 TC197 及 TC200，其膨發成品 L*值表現較低，a*較高，具有較低粗蛋白質含量的 TK9 及 TC194，其膨發成品 L*值較高，a*與 b*值較低，但蛋白質含量高低與顏色變化趨勢不完全相符，可能除蛋白質含量外仍有其他因素影響膨發成品的外觀顏色。

表四、不同品種白米膨發成品之顏色分析

Table 4. Color of rice with different variety

Varieties	L*	a*	b*
TC194	87.44±0.27 a	0.50±0.07 c	10.36±0.17 e
TC197	85.03±0.92 d	1.46±0.32 a	12.58±0.24 b
TC200	86.29±0.53 c	0.80±0.05 b	12.26±0.39 c
TK9	87.25±0.42 ab	0.31±0.08 d	11.60±0.36 d
TN71	86.86±0.57 b	0.92±0.04 b	12.29±0.20 c
KH147	86.75±0.32 bc	1.34±0.11 a	12.94±0.25 a

Data represents mean ± SD; Different letters indicate statistically significant difference by LSD test at $P \leq 0.05$.

結 論

擠壓膨發應用性廣，與其他食品加工製程比較相對節省能源，使用的原料特性與機具的參數設定密切影響膨發成品物性。本試驗結果顯示，不同品種白米的膨發成品水活性落在 0.26-0.34 區間，直鏈澱粉與粗蛋白含量影響膨發成品孔隙、膨發率及明亮度，以高直鏈澱粉含量品種 TC197 製成之膨發成品具有高膨發率、低密度且膨發成品孔隙分布較為緻密；以低直鏈澱粉含量品種 TC200 製成之膨發成品孔隙較大、膨發率及硬度較低且口感較佳。國內水稻一年有兩期作，氣象條件不同連帶影響產出稻米的物化性質。不同品種白米、不同收穫期作試驗材料在膨發製程中，應先了解該原料物化性質，以利調整膨發機操作設定參數，使膨發成品更臻完善。

參考文獻

1. 王柏蓉、鄭佳綺、吳東鴻 2019 初步建構國內水稻品種米質及澱粉特性相關指標資料平台 臺中區農業改良場研究彙報 143: 35-48。
2. 行政院農業委員會統計資料庫 <https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx> (下載日期：110.12.12)。
3. 洪梅珠 2003 米飯食味品質與澱粉特性間相關之研究(二) 臺中區農業改良場研究彙報 79: 41-50。
4. 洪梅珠、許志聖、陳隆澤、陳素娥、林國清、李超運、邱運全、黃秋蘭 2002 臺灣硬稻新品系之米質 臺中區農業改良場研究彙報 74: 25-43。
5. 宋勳、洪梅珠、許愛娜 1991 臺灣稻米品質之研究 臺中區農業改良場特刊第 24 號。
6. 陳旅揚 2015 不同膨發加工條件對米餅物理性質的影響 國立宜蘭大學生物資源學院食品科學系碩士論文 宜蘭縣，臺灣。
7. 詹依屏 2011 以加工模式系統-探討沖泡即食米穀粉理化性質及其品質修飾效果 國立中興大學食品暨應用生物科技學系碩士論文 臺中市，臺灣。
8. Dalbhat, C. G., D. K. Mahato and H. N. Mishra. 2019. Effect of extrusion processing on physicochemical, functional and nutritional characteristics of rice and rice-based products: A review. Trends in Food Sci. & Tech. (85): 226-240.
9. Ding, Q.B., P. Ainsworth., G. Tucker and H. Marson. 2005. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks. Journal of food engineering. 66(3): 283-289.
10. Gu, B., R. J. Kowalski and G. M. Ganjyal. 2017. Food extrusion processing: An overview. Wsu Ext: 1-7.
11. Lu. S. 2016. Rice: Chinese Food Uses. Encyclopedia of food grains. 3: 110-115.

11. Lu, S. 2016. Rice: Chinese Food Uses. Encyclopedia of food grains. 3: 110-115.
12. Panlasigui, L.N., Thompson, L.U., Juliano, B.O., Perez, C.M., Jenkins, D.J.A. and Yiu, S.H. 1992. Extruded rice noodles: starch digestibility and glyceric response of healthy and diabetic subjects with different habitual diets. Nutrition Research. 2: 1195-1204
13. Patindol, J., G. Xiaofang and Y. J. Wang. 2009. Chemometric Analysis of the Gelatinization and Pasting Properties of long-grain rice starches in relation to fine structure. Starch. 61(1): 3-11.
14. Saha, S. and A. Roy. 2022. Selecting high amylose rice variety for puffing: A correlation between physicochemical parameters and sensory preferences. Measurement Food. 5(2022): 100021.
15. Shelar, G. A. and Gaikwad. S. T. 2019. Extrusion in food Processing: An overview. The Pharma Innovation. 7(1): 2-13
16. Singh, S., S. Gamlath and L. Wakeling. 2007. Nutritional aspects of food extrusion: a review. Int. Jour. of Food Sci. and Tech. 24: 916-929.
17. Yun, S. H. and Matheson, N. K. 1990. Estimation of amylose content of starches after precipitation of amylopectin by concanavalin-A. Starch. 42(8): 302-305.

The Study on the Product of Rice with Different Variety by Using Single-screw Extruder¹

Yi-Chun Chen ² and Chih-Jou Su ^{2*}

ABSTRACT

Rice is the staple food in Taiwan, but the change in dietary habits make the consumption of domestic rice decreased seriously in recent years. Therefore, it is imperative to develop rice processing products. The study used different varieties of rice as materials to produce extrusion products by single-screw extruder. The effects of different varieties of rice materials on extruded properties were investigated. It is hoped that the advantages of rich in domestic rice varieties can be brought into play and add value to rice products. The results showed that TC197 contained the highest amount of amylose (32.9%) and protein (7.29%), and the extruded product of TC197 had the highest puffed rate (4.63%) and the lowest bulk density (11.48g/ml). The extruded product of low amylose variety TC200 had a low puffed rate (4.16%) and low hardness (3257.2 g). In conclusion, the different varieties of rice have effects on extruded properties, which can be used as a reference for grain extrusion products.

Keywords: rice, extrusion, amylose

¹Contribution No.1058 from Taichung DARES, COA.

²Research assistant and Assistant Researcher of Taichung DARES, COA.

青花菜光合作用特性與最適氮肥施用量探討¹

沈峻榮²、陳葦玲^{2,3}

摘 要

為建立青花菜在臺灣栽培環境下植株光合生理及肥培管理基本參數，本試驗以鮮食用青花菜‘42’號為材料，分析環境因子對不同生育期光合作用影響，並評估最適氮肥施用量。結果顯示各生育期結果一致，以氣溫 20 及 25°C 下‘42’青花菜淨光合作用速率(Pn)較佳，Pn 值隨著光合作用光子通量密度(PPFD)增加而提升，光飽合點(Lsp)約 1,000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，CO₂ 飽和點(CO₂sp)約為 800 ppm，並從田間植株光合作用實測數值推算出 PPFD、氣溫與 Pn 間呈現 Paraboloid 曲線相關。在氮肥施用量評估方面，以不同處理(0、5、20、40、80 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{N}$)建立 3 期作植株生育及產量資料，結果以 40 及 80 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{N}$ 處理有較高的株幅、葉面積及地上部鮮重，其中又以 40 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{N}$ 肥處理有較高的產量，花球收穫指數於春作為 36%，冬作則為 30.9%，但處理間葉片氮含量無顯著差異，貯藏品質調查則以 20 及 40 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{N}$ 處理花球有較佳的表現。透過對青花菜植株光合生理資料蒐集分析，推薦 40 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{N}$ 為最適施用量，有助於後續建立生長產量預測模式及協作生產管理。

關鍵字：青花菜、光合作用、氮肥、產量

前 言

青花菜(*Brassica oleracea* L. var *italica*)為十字花科蕓苔屬之世界性大宗蔬菜作物，由野生甘藍演化而來⁽²⁴⁾，原產於西歐義大利沿海，性喜冷涼，為綠植株春化型植物。臺灣自40年代由美國引進青花菜但消費量極少，直至1966年後，因優良品種的引進及採後處理技術普及⁽¹⁾，再加上研究指出十字花科植物中的硫配醣體(Glucosinolate)經由芥子酶(Myrosinase)水解後產生之異硫氰酸酯(Isothiocyanate)，具有誘導預防癌症發生之代謝酵素作用之功效，例如芳香族及吡啶族硫醣苷水解之產物可藉由抑制phase1酵素的氧化還原能力，以及誘導phase2酵素的解毒代謝能力，phase2解毒酶系統是一種具誘導非的生物性防治系統，能防護哺乳類動物之DNA免於受到生化致癌物之傷害⁽⁴⁾。而其中又以青花菜之硫配醣體含量較高^(17,36)，消費量逐漸提升。2020-2022年臺灣青花菜種植面積年均約1,500公頃，產量3萬多公噸⁽¹²⁾，產值約達7億8,000萬元新臺幣，由於適合冬季裡作生產，多以契作栽培，鮮食及加工兩用且內外銷皆有市場需求；其經採後處理冷藏調節可供應1個月，分切

¹ 農業部臺中區農業改良場研究報告第 1069 號。

² 農業部臺中區農業改良場計畫助理、副研究員。

³ 通訊作者(E-mail: chenwl@tdais.gov.tw)。

後以急速冷凍(individually quick freezing, IQF)則可供應半年以上，能調節國內夏季蔬菜供應及外銷市場需求。且青花菜國內市場需求暢旺，除產季國內生產外，鮮食進口量達17,520公噸，冷凍加工品也有7,200多公噸⁽¹³⁾，為一具市場潛力之重要蔬菜。

光合作用是植物提供生長能量與碳同化的基本過程，除了受到植體本身生理、組織構造或型態因子影響外，亦受到光線、溫度、蒸氣壓差、CO₂濃度等外在環境因子影響⁽⁷⁾。植物體乾物重之90%以上來自光合作用產物^(3,5,10,26)，生物產量形成的生理基礎主要包含光合作用面積如葉面積指數(leaf area index, LAI)、葉面積比例(leaf area ratio, LAR)、淨光合作用同化率(net assimilation rate, NAR)、光輻射利用效率(radiation use efficiency, RUE)、光合作用時間及呼吸消耗等⁽³³⁾，而作物生長速率即為淨光合作用同化率，約為光合作用同化率乘以葉面積指數，基於葉面積的光利用效率(light use efficiency, LUE)，由植被所擷取到的所有入射光之光輻射來計算，其公式為(growth rate, GR) ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$) = $\text{NAR} \cong \text{Pn} \times \text{LAR} = \text{LUE}(1 - e^{-k\text{LAI}}) \times \text{Incident PAR}$ ⁽³⁴⁾，因此瞭解環境因子對青花菜光合作用之影響，有助於預測生長模式及產量。青花菜為花菜類作物，施肥方式不同於短期葉菜類，且盛產有短期貯藏之需求，施肥需依目標調整。青花菜生育對氮、鉀及鈣的需求較大，植體內氮、鉀及鈣含量是所有元素中的前三名，分別為3.3%、5%及2%，植體若是缺氮、鉀及鈣相較於正常植株之葉面積分別減少92%、77%及96%，植體乾物重也會分別減少70%、66%及68%⁽¹⁴⁾，顯示氮肥對青花菜生長之重要性。高氮肥施用雖能提高青花菜的產量，並讓花球更加濃綠且減少畸形產生，但也容易導致莖部發生空心與腐爛^(15,16)，氮肥缺乏則會導致葉片黃化，植株矮小且葉片較小，亦降低光合作用速率與氣孔導度⁽¹⁴⁾，因此適量的氮肥十分重要，然臺灣氣候環境下仍缺乏青花菜栽培基礎參數，故本試驗擬探討青花菜光合作用相關生理特性並評估最適栽培期及氮肥施用量，以供栽培管理與生育產量預測之參考。

材料與方法

一、試驗材料

以目前主流鮮食‘42’青花菜為試驗品種，4週大穴盤苗(博華育苗場，彰化，臺灣)依下列試驗定植於內含 Peltracom 泥炭土介質(Lorry Ltd., Germany)、內徑 39.5 cm、高 33 cm 的歐洲圓盆內，至於溫室內栽培或定植於臺中區農業改良場試驗田區(24°08'N, 120°32'E)，畦寬(含畦溝)1.4 m，行株距 45 cm × 45 cm，栽培管理期間視介質或土壤狀態給水維持水分充足，並依照慣行栽培方式管理。

二、試驗處理

試驗一：青花菜光合作用特性研究

1. 光強度及氣溫之影響

定植後 15、30 及 45 天之植株移置 15、20、25 及 30±2°C 的生長箱內，馴化 24 hrs 後進行調查，生長箱內 CO₂ 濃度設為 400 mg·L⁻¹，以人工光源(6400-02B LED light source)提供光強度 0-2,000

$\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，由全暗開始依序提供光線，其強度每次遞增 $200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，約 5 分鐘待植株反映穩定後，量測植株之光合作用數值，包括光合作用速率及氣孔導度等相關生理。

2. CO₂ 濃度之影響

將定植 15、30 及 45 天之植株，移置於 20 及 25±2°C 的生長箱內，馴化 24 hrs 後進行實驗，光強度設定為 $800 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，透過 CO₂ 鋼瓶提供 CO₂ 濃度由 0 mg·L⁻¹ 開始至 1,200 mg·L⁻¹，每次遞增 200 mg·L⁻¹，待植株狀態穩定 10 分鐘後，量測植株光合作用相關生理值。

3. 光合作用日變化

調查用青花菜取自氮肥施用量評估之田間試驗，以 20 g·m⁻² 氮肥處理植株為取樣對象，於 2020/2/18 定植，定植後 15、30 及 45 天調查之植株自 06:00AM 至 18:00PM 光合作用相關生理變化，量測間格為 1 hrs。

試驗二：青花菜氮肥施用量評估

植株分別於 2019/10/16、2020/2/18 及 2020/10/19 定植，氮肥用量試驗處理在 2019 年期作施用量為 0、10、20、40 及 60 g·m⁻²，2020 年修正為 0、5、20、40、80 g·m⁻²，施用比例及時間則依據合理化施肥手冊⁽¹¹⁾建議如表一。

表一、青花菜於 2019 及 2020 年氮肥施用量試驗處理

Table 1. Treatment of nitrogen applied quantity for broccoli in 2019/2020 two years.

Treatment	Total fertilization (g·m ⁻²)		Basic fertilization (g·m ⁻²)		1st top dressing ¹ (g·m ⁻²)		2nd top dressing (g·m ⁻²)		3rd top dressing (g·m ⁻²)	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
N1	10	5	4.5	2.25	1.5	0.75	1.5	0.75	2	1.25
N2	20	20	9	9	3	3	3	3	4	5
N3	40	40	18	18	6	6	6	6	19	10
N4	60	80	27	36	9	12	9	12	12	20

¹First, second, and third dressing were applied on 10, 25, and 35 day after transplanting, respectively. K₂O and P₂O₅ were applied 20 and 10 g·m⁻² for each treatment.

二、分析與調查項目

1. 光合生理調查

淨光合作用(net photosynthetic rate, Pn)、氣孔導度(stomatal conductance, E)及蒸散作用(transpiration rate, gs)等生理數值測定參照 Chen 等(2014)之步驟⁽¹⁹⁾，以可攜式光合作用測定儀 LI-COR 6400xt (Li-Cor Inc., Lincoln, NE., USA)量測植株第 4 片完全展開葉，氣體流速設定為 500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、上下葉片氣孔數比設為 0.2，光強度與 CO₂ 濃度之設定因應試驗處理調整，光合作用日變化及氮肥施用量評估為田間測量，光源設為自然光，CO₂ 濃度固定設為 400 mg·L⁻¹。

2. 植體生育性狀調查及生理表現

植株定植後每 7 天調查植株各生育性狀及光合作用相關生理反應，其中生育性狀調查項目包括株幅、地上部鮮重、總葉面積、葉面積指數、葉綠素計讀值及單位面積最終產量。不同株齡共 580 筆田間調查及單株影像，後續可用於生長建立之分析資料。

- (1)株幅：俯瞰植株並量測最遠葉片之對角距離作為長度，再以垂直 90°量測另一最遠葉片之對角距離作為寬度，再套用公式： $(\text{長度}/2) \times (\text{寬度}/2) \times \pi$ 求得該植株株幅。
- (2)地上部鮮重：葉片鮮重與莖鮮重加總。
- (3)總葉面積：將植株上所有葉片剪下，以 LI-3100 AREA METER(Li-Cor Inc., Lincoln, NE., USA)測量所有葉片之葉面積並加總得之。葉面積範圍以葉柄之上的葉片為主。
- (4)葉面積指數(LAI)：葉面積指數公式=株幅/總葉面積。
- (5)葉綠素計讀值(SPAD-502 value)：俯視植株上方選擇 3 片成熟葉，於葉緣避開葉脈處並以葉綠素計(SPAD-502, Minolta Camera Co., Tokyo)測量葉色，測得 3 片成熟葉之讀值再平均作為一重複。

3. 植體及土壤氮含量

- (1)植體氮含量分析：將地上部以蒸餾水清洗兩次，經 70°C 烘乾、磨粉、灰化，以硫酸分解後，利用蒸餾法測定植體全氮濃度。
- (2)土壤氮含量分析：取土面下 20 cm 處土壤後風乾，以體積比 1：5 的比例混和蒸餾水，放置 1hr 再取上清液，加入硫酸並以擴散法來測定土壤全氮濃度。
4. 花球儲藏品質調查：花球採收後放置於保麗龍箱內，加入碎冰預冷後貯藏在 1°C 冷藏庫，以目視觀察花球外觀及顏色變化，貯藏至 35 至 40 天花球變化為止。

四、試驗設計與統計

試驗採隨機完全區集設計(randomized complete block design , RCBD)，每一處理三重複。每一重複取 6 株調查。數據則以 Costat 6.2(CoHort Software, Berkeley, CA, USA)進行 Fisher's Least Significant Difference test ($P < 0.05$)分析各處理間有無顯著差異，並以 Sigmaplot 12.5 (SPSS Inc., USA)進行迴歸分析與繪圖。

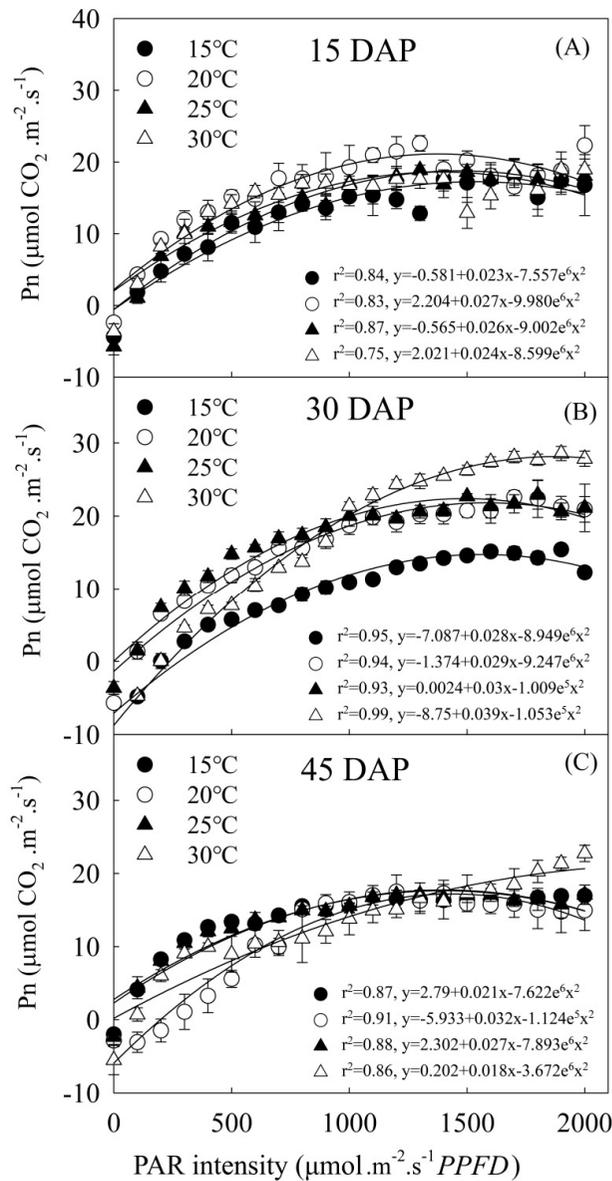
結 果

一、青花菜光合作用特性

1. 光強度及氣溫之影響

不同株齡(15、30、45 DAP)之青花菜栽培於不同溫度(15、20、25、30°C)下，結果顯示溫度對苗期(15DAP)的Pn影響不明顯，在不同光度下以20°C有較佳Pn值，而15°C最低，然當植株進入生長快速期(30DAP)及開花期(45DAP)，在30°C下，提高PPFD，Pn顯著增加且在2,000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 時出

現尚未到達光飽和之狀態，其曲線光飽和點顯著高於其他三處理溫度。整體而言，20及25°C下青花菜Pn較佳，Lsp約1,000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，此時15DAP、30DAP及45DAP植株Pn值分別為26 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、20 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 及16 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，可見隨著株齡增加，最大Pn值隨之減少(圖一)。

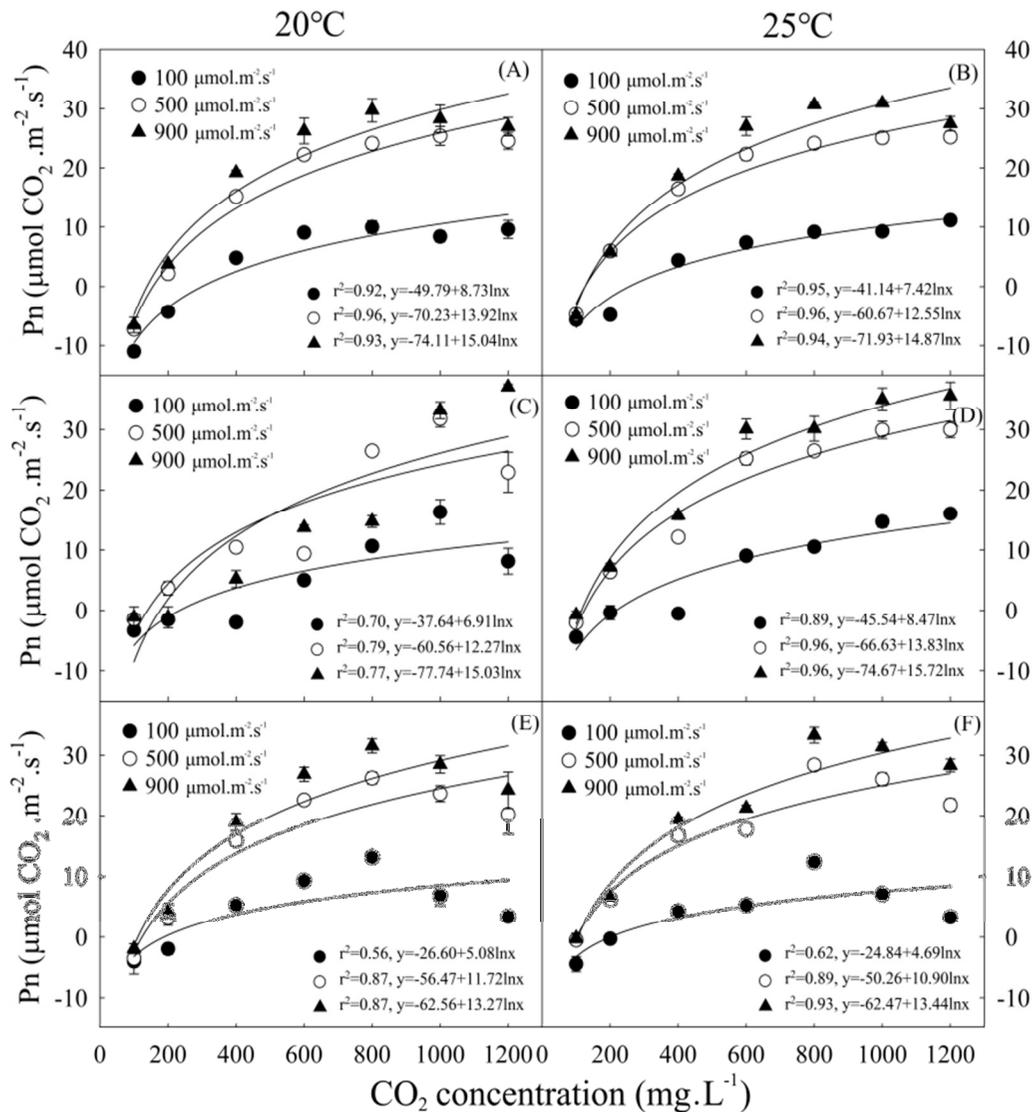


圖一、不同光強度及溫度對不同株齡青花菜‘42’淨光合作用之影響。

Fig. 1. Net photosynthetic curve of different age broccoli ‘42’ plants growth under different light intensity and temperature. (A,B: 15DAP ; C,D: 30DAP ; E,F: 45DAP).

2.CO₂ 濃度之影響

由前述試驗選擇青花菜光合作用表現較佳溫度20及25°C，進一步探討光合作用CO₂曲線方面，結果顯示青花菜二氧化碳飽和點(carbon dioxide saturation point, CO₂sp)約為800 mg·L⁻¹，但20°C、30DAP植株在高PPFD 900 μmol·m⁻²·s⁻¹下Pn並未達到CO₂sp(圖二)。就整體來看，隨著PPFD增加，CO₂利用效率提升，Pn值增加。



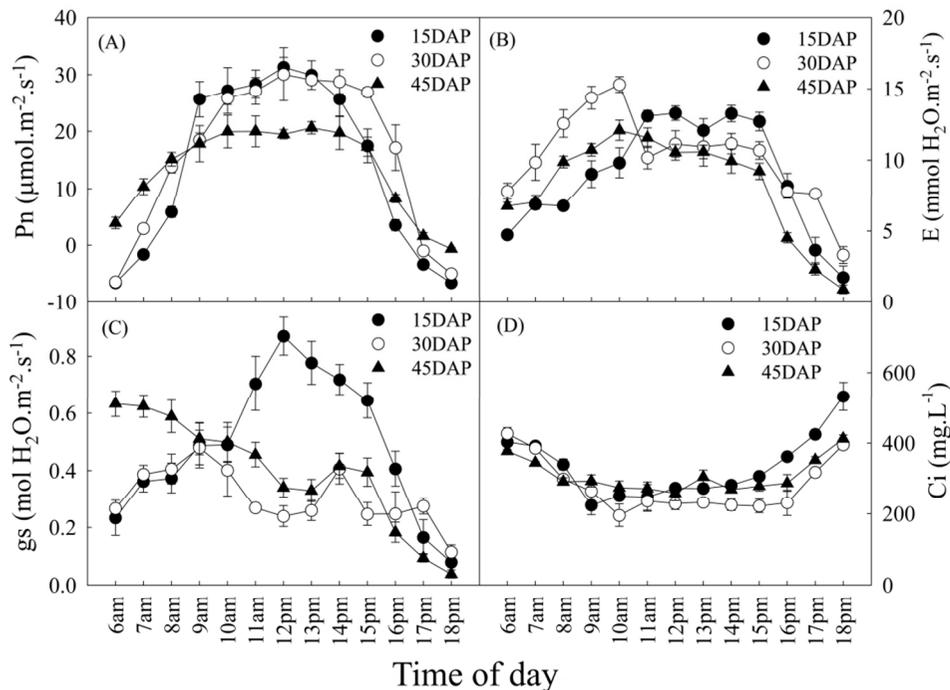
圖二、光強度及 CO₂ 濃度在 20 及 25°C 下對不同株齡青花菜'42'淨光合作用之影響。

Fig. 2. Net photosynthetic curve of different age broccoli '42' plants growth under different light density and CO₂ concentration at 20 and 25°C condition. (A,B: 15DAP ; C,D: 30DAP ; E,F: 45DAP).

3. 光合作用日變化

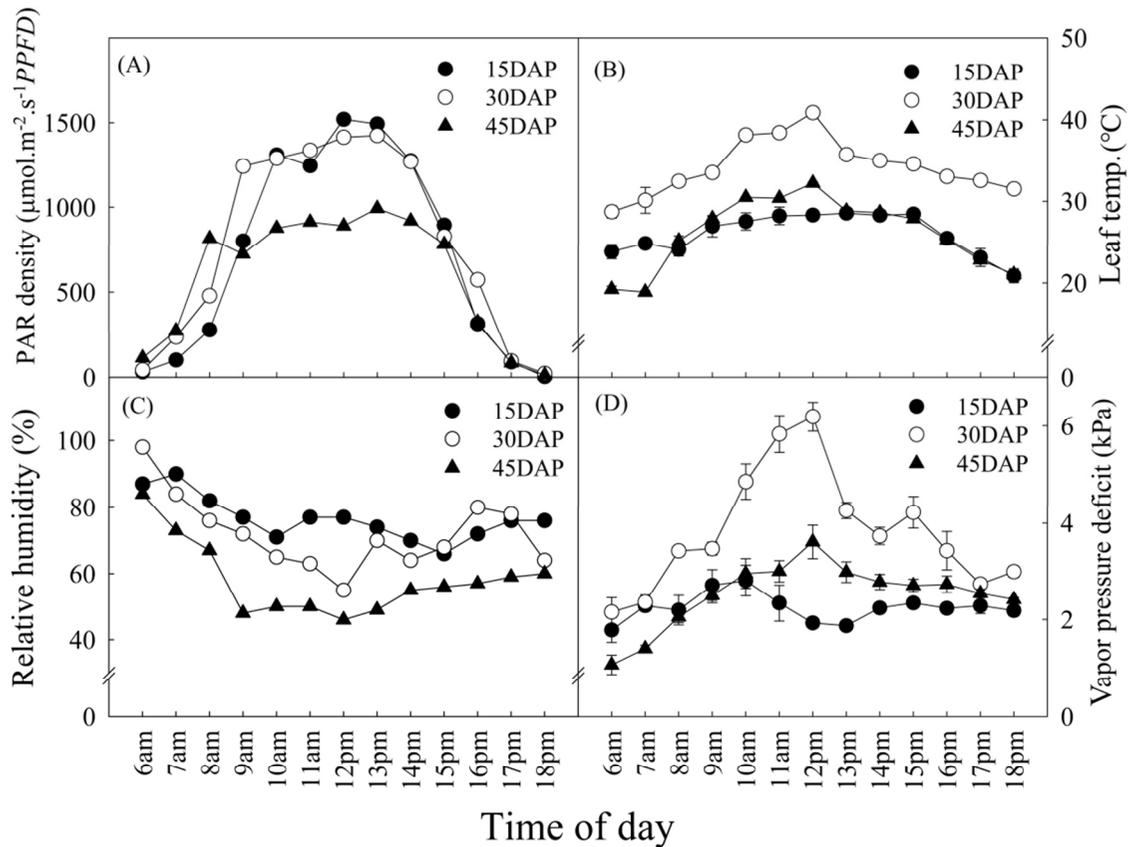
不同株齡之青花菜苗分別於 2020/3/4、2020/3/19 及 2020/4/3 調查，結果顯示 15DAP 及 30DAP 植株其 Pn 較 45DAP 高，與先前試驗結果一致，光合作用較旺盛的時間點位於上午 9 點至下午 3 點，這與光強度較高的時段相符。蒸散速率也有類似的趨勢，下午 3 點後會越來越低，這表示氣孔逐漸關閉，Pn 與 E 值也跟著下降。15DAP 植株其 gs 會隨時間越來越高，過中午 12 點後逐漸下降，30DAP 植株其 gs 則在上午 10 點後持續下降，落在 0.2-0.4 mol H₂O·m⁻²·s⁻¹ 之間，45DAP 植株的 gs 在清晨最高，隨時間持續下降(圖三)；同時觀察到 30DAP 的植株在調查日葉片溫度在上午 10 點之後持續上升至 40°C 後下降，然 15DAP 與 45DAP 植株葉片溫度則維持在 25-30°C 之間(圖四)。

因光強度和溫度是影響光合作用的主要因素，故進一步分析此三個株齡植株在光強度和溫度其相互影響下的Pn變化(圖五)，並以Paraboloid($Z=Z_0+ax+by+cx^2+dy^2$) 公式推算，其中 $Z=Pn$ 、 $x=PPFD$ 、 $y=air\ temperature$ ，求出15DAP青花菜 $Pn=-6.390e^{+1}+5.027x+5.822e^{-2}y-1.097e^{-1}x^2-2.190e^{-5}y^2$ ($R^2=0.93$)、30DAP 青花菜 $Pn=-2.103e^{+2}+1.119e^{+1}x+2.732e^{-2}y-1.411e^{-1}x^2-8.553e^{-6}y^2$ ($R^2=0.87$)、45DAP 青花菜 $Pn=5.632-1.615e^{-1}x+5.571e^{-2}y-6.587e^{-3}x^2-2.722e^{-5}y^2$ ($R^2=0.93$)。



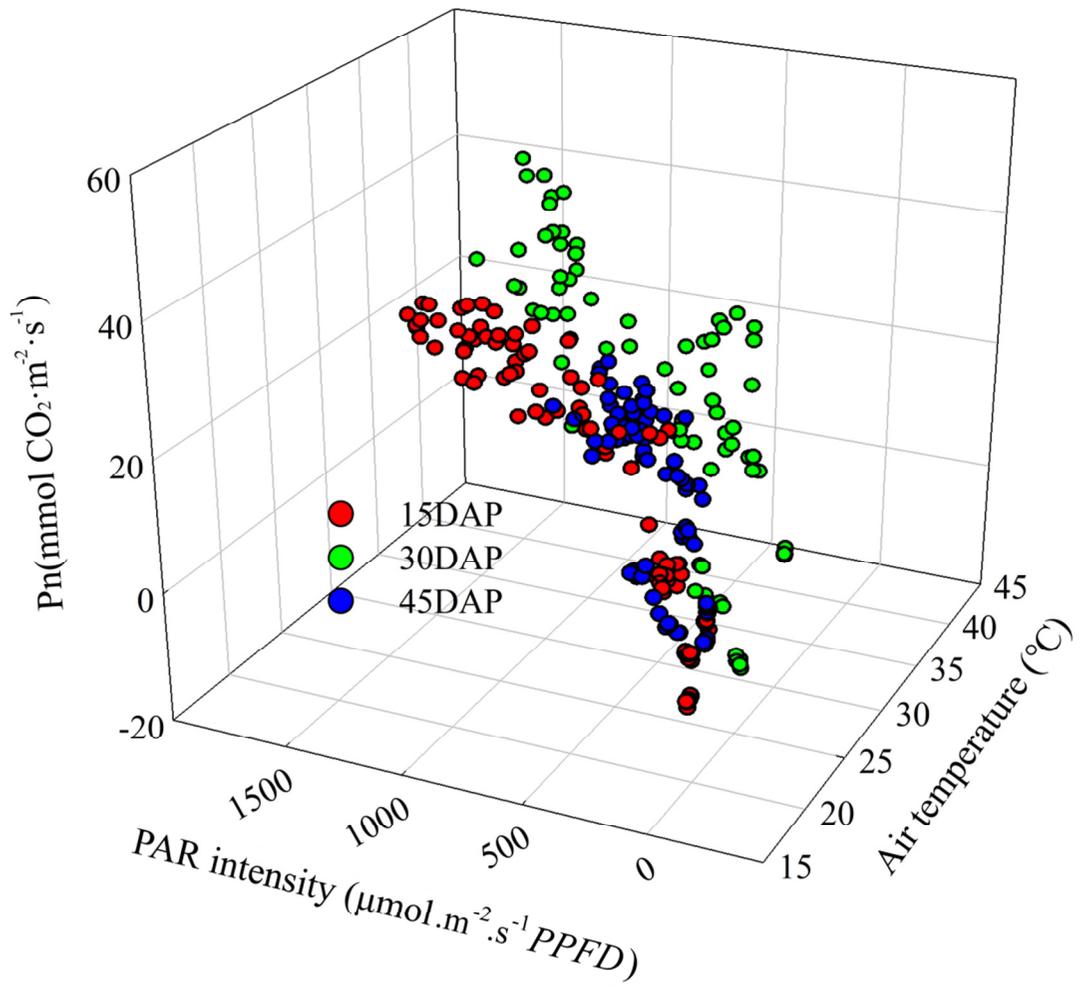
圖三、不同株齡‘42’青花菜之淨光合作用(A)、蒸散速率(B)、氣孔導度(C)及細胞間隙CO₂濃度(D)日變化。

Fig. 3. Daily change of net photosynthetic rate, Pn (A), transpiration rate, E (B), stomatal conductance, gs (C), cellular CO₂ concentration, Ci (D) of different age broccoli ‘42’ plants.



圖四、不同株齡'42'青花菜之光合作用生理日變化調查期間環境對應光強度(A)、葉溫(B)、相對溼度(C)及蒸氣壓值(D)。

Fig. 4. The daily changes of photosynthetic related traits including light intensity (A), leaf temperature (B), relative humidity (C), and vapor pressure (D) during the measuring day of different age broccoli '42' plants.

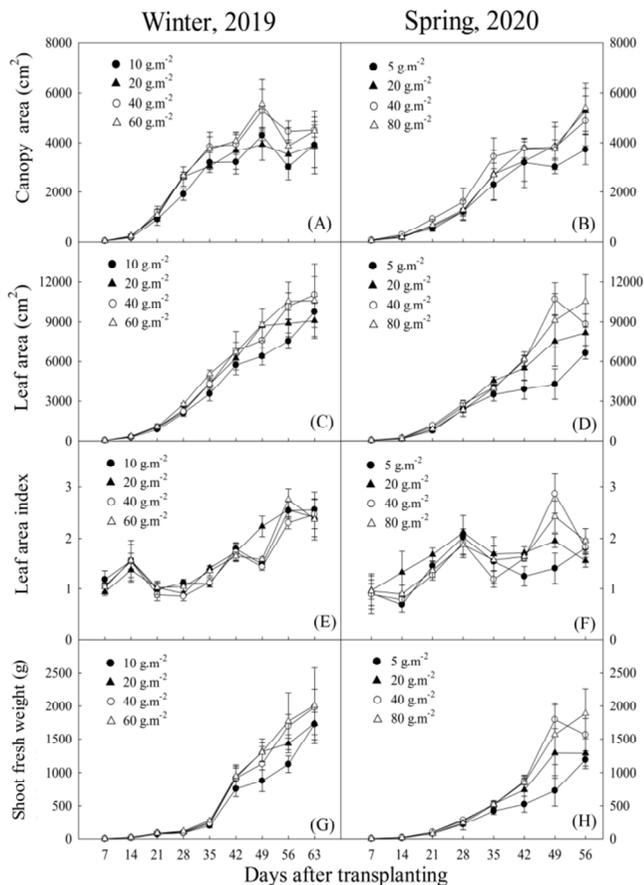


圖五、不同株齡‘42’青花菜植株之淨光合作用、光強度與溫度之相互關係。

Fig. 5. The relationship between net photosynthetic rate, PPFD, and air temperature of different age broccoli ‘42’ plants.

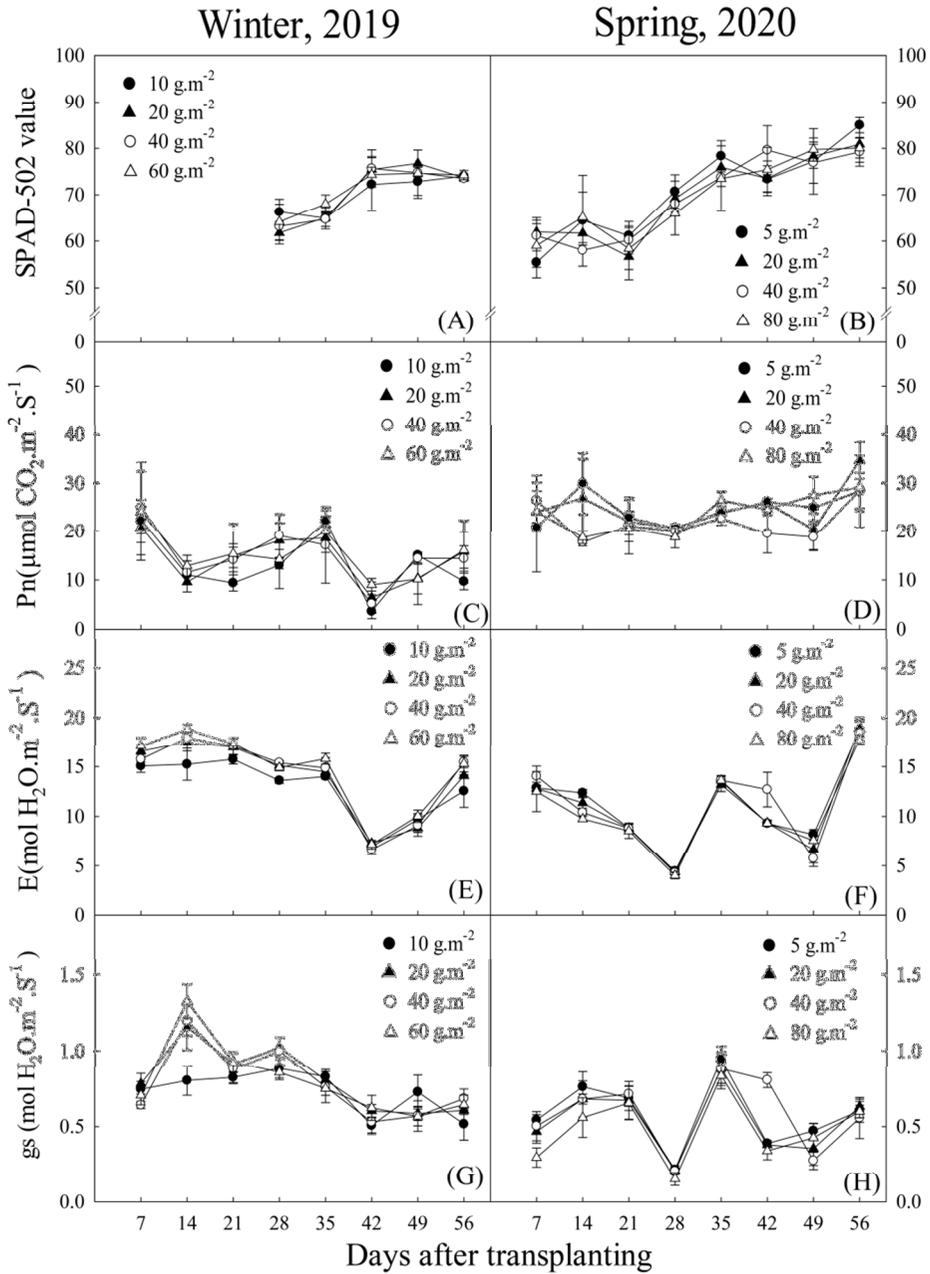
二、青花菜最適氮肥施用量

本試驗於2019年冬作及2020年春、冬作共三季，利用不同N肥施用量(5/10、20、40及60/80 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)調查青花菜不同的生長表現，2019冬作青花菜的生育天數約為63天，2020春季與冬季的青花菜生育天數分別為62天及59天，分析這三季栽培期之平均溫度分別為22.2 $^{\circ}\text{C}$ 、20.2 $^{\circ}\text{C}$ 及23.2 $^{\circ}\text{C}$ 。本試驗結果顯示，青花菜定植後21-49天為快速生長期，此時株幅、葉面積、葉面積指數和地上部鮮重皆會大幅度增加，葉綠素計SPAD-502讀值在生長後期亦有增加，但氮肥施用中除5和10 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 處理表現較差外，其它處理間並無顯著差異(圖六、圖七A和七B)。光合相關生理指標Pn、E及gs則是受到環境和植物年齡的影響，氮肥施用量除2019年冬作生育初期E和gs外，處理間亦無顯著差異(圖七C-H)。



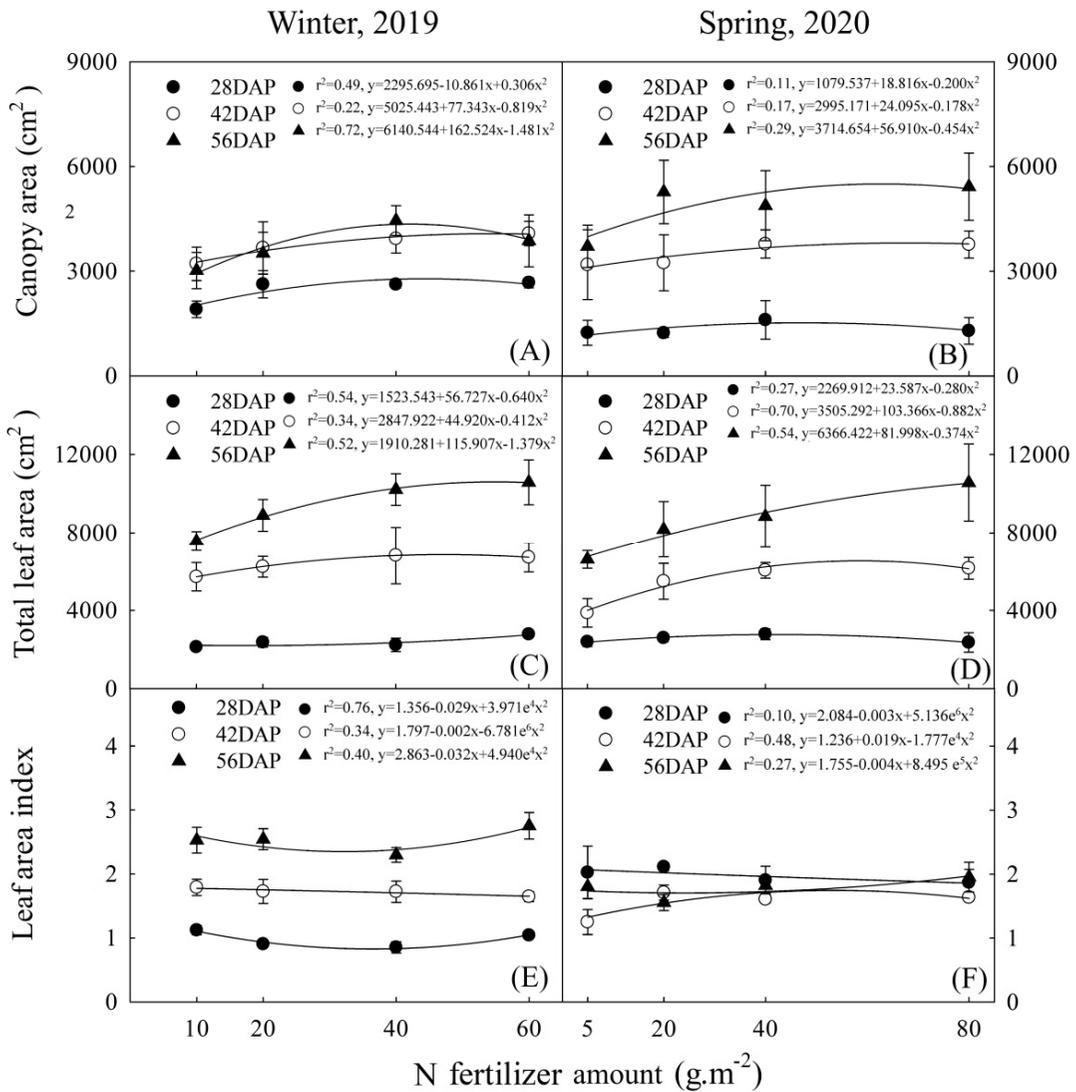
圖六、兩個栽培期間不同氮肥施用量對青花菜'42'植株之株幅(A、B)、總葉面積(C、D)、LAI值(E、F)及植體地上部鮮重(G、H)等性狀之影響。

Fig. 6. Effect of N fertilizer amount on shoot growth included canopy area (A, B), total leaf area (C, D), LAI (E, F) and shoot fresh weight (G, H) of broccoli '42' during two cropping.



圖七、兩個栽培期間不同氮肥施用量對青花菜‘42’植株之葉綠素計 SPAD-502 讀值(A、B)、淨光合作用速率(C、D)、蒸散速率(E、F)及氣孔導度(G、H)等生理特性之影響。

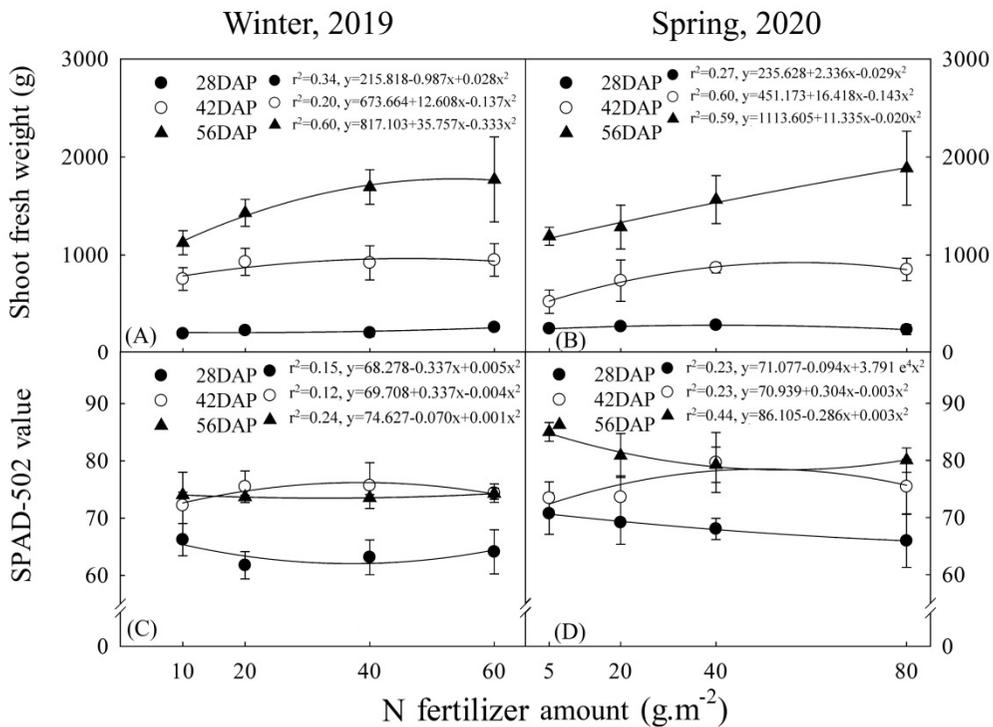
Fig. 7. Effect of N fertilizer amount on broccoli ‘42’ plant performances included chlorophyll meter SPAD-502 reading (A,B), net photosynthetic rate (C,D), transpiration rate (E,F), and stomata conductivity (G,H) during two cropping.



圖八、兩期作氮肥施用量與不同株齡青花菜‘42’植株株幅(A、B)、總葉面積(C、D)及葉面積指數(E、F)之相關性。

Fig. 8. The relationship between N fertilizer amount, plant canopy area (A, B), total leaf area (C, D), and leaf area index (E, F) of different age broccoli ‘42’ plant in two cropping.

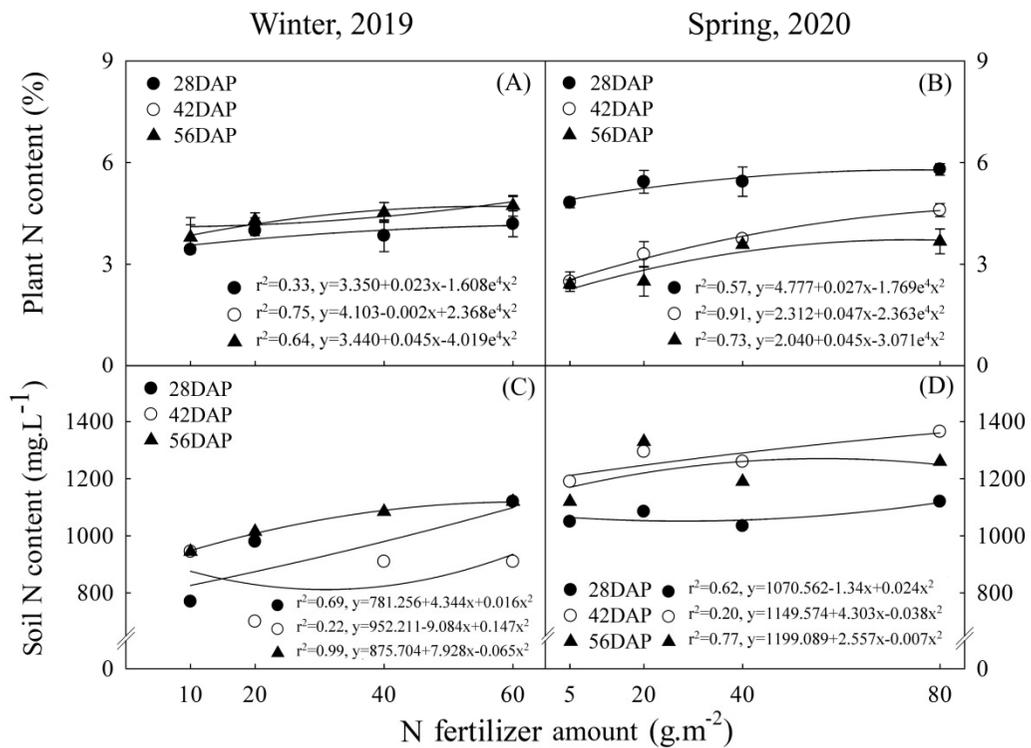
在本試驗中所分析之三期作結果一致，定植後不同株齡植株之株幅和總葉面積與氮肥施用量呈現正相關，隨著氮肥施用量增加從5/10 g·m⁻²增加到20~40 g·m⁻²各項生育性狀有提升的趨勢，但相關係數偏低，然LAI則無此趨勢(圖八，僅顯示2019冬作和2020春作數據)。地上部鮮重趨勢與株幅、總葉片趨勢類似，但在SPAD-502葉綠素讀值則在冬春兩期作表現不一致，冬作環境下不同株齡數據與氮肥施用無相關性，在春作28DAP及56DAP時反而呈現氮肥施用越多，葉綠素計讀值越低的負相關趨勢(圖九，僅顯示2019冬作和2020春作數據)。



圖九、氮肥施用量與不同株齡青花菜‘42’植株地上部鮮重(A、B)及葉綠素計 SPAD-502 讀值(C、D)之相關性。

Fig. 9. The relationship between N fertilizer amount, shoot fresh weight (A, B) and chlorophyll meter SPAD-502 reading (C, D) of different age broccoli ‘42’ plants.

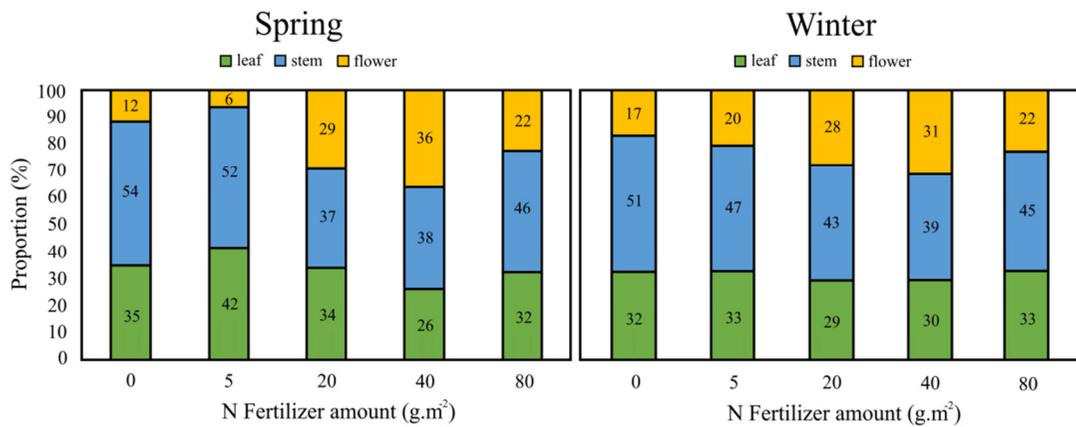
進一步分析植體及土壤中氮含量，氮肥施用量與其呈指數相關，在 108 年冬作植體 N 含量隨著株齡增加，42DAP 及 56DAP 較多，28DAP 較少；而在 109 年春作則趨勢相反，28DAP>42DAP>56DAP (圖十，僅顯示 2019 冬作和 2020 春作數據)。



圖十、氮肥施用量與不同株齡青花菜‘42’植體(A、B)與土壤氮含量(C、D)之相關性。

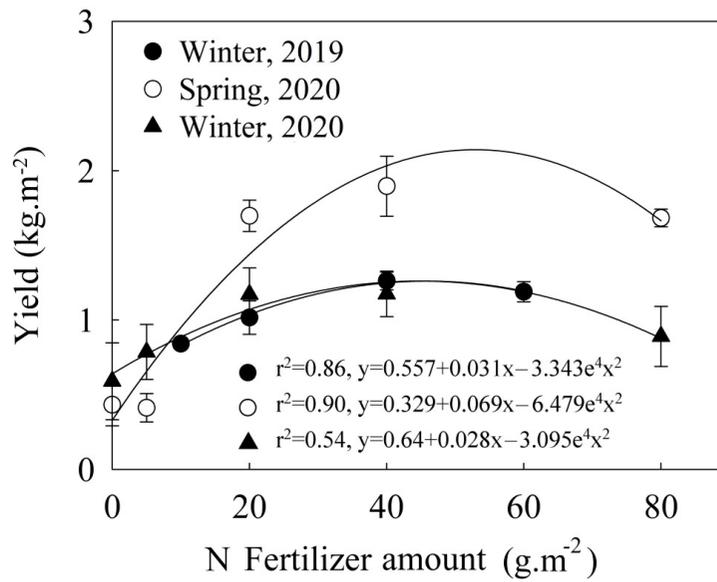
Fig. 10. The relationship between N fertilizer amount, plant (A, B), and soil (C, D) N content of different age broccolis '42' plants.

花球是青花菜最具商品價值部位，分析花球佔植株總鮮重之比例，有助於推估產量，結果顯示花球採收率在 2020 年兩期作皆以 40 g·m⁻² 較高，春及冬作分別為 36% 和 31% (圖十一)，冬作的花球佔全株比例較小。計算單位面積產量，試驗三期作亦以 40 g·m⁻² 處理較佳，不同年份同一期作趨勢與結果一致，顯示試驗數據具重複性可信度高，而同一期作不同季節產量差異大，表示其生育、產量甚至其肥料利用效率受氣候影響，108 年冬作及 109 年春、冬作產量分別為 1.26 kg·m⁻²、1.89 kg·m⁻² 及 1.14 kg·m⁻² (圖十二)。



圖十一、不同季節氮肥施用量對青花菜‘42’其葉片、莖與花球佔全株比例之差異。

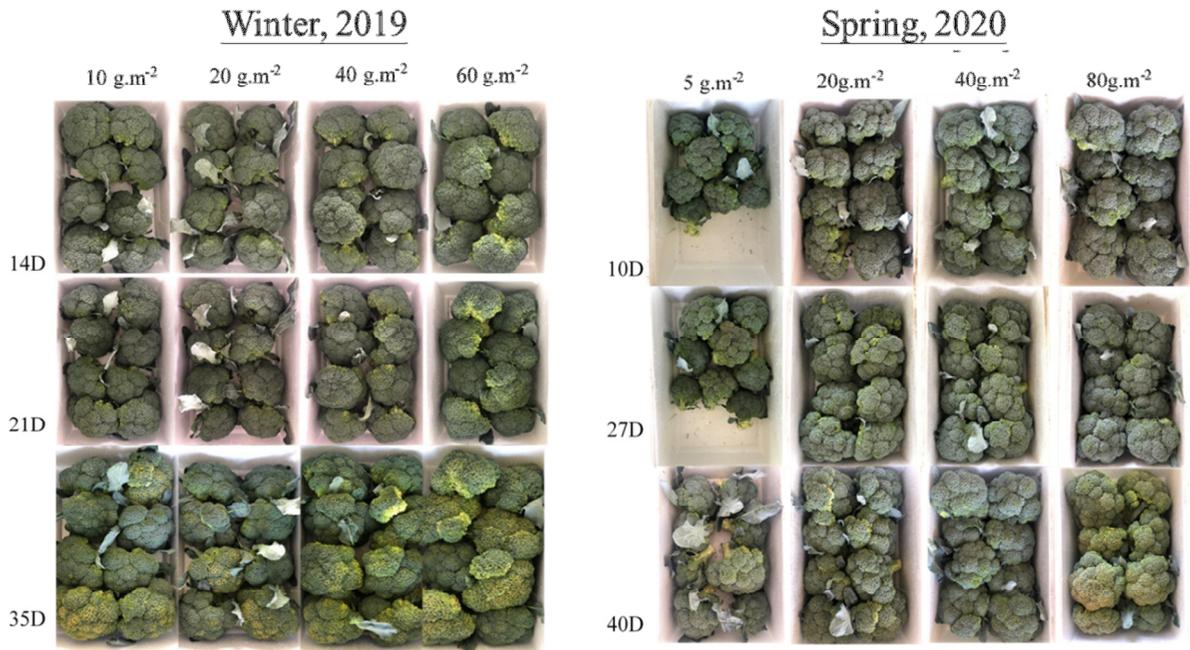
Fig. 11. The proportion of leaf, stem, and flower of broccoli ‘42’ shoot with different N fertilizer amount in two seasons.



圖十二、'42'青花菜不同栽培期氮肥施用量與最終產量之相關性。

Fig. 12. The relationship between N fertilizer amount and final yield of broccoli '42' during three croppings.

花球採收後先以碎冰預冷後貯藏在1°C冷藏庫，觀察其貯藏性，高氮肥處理(60 g·m⁻²及80 g·m⁻²)的花球儲藏期較短，冬及春作分別在貯藏14及27天時，花球邊緣出現黃化，5 g·m⁻²及10 g·m⁻²氮肥施用處理之花球貯藏性亦不佳。整體來看春作花球儲藏性較冬作佳，冬作貯藏期可到21天，春作則可到40天以上，又以40 g·m⁻²氮肥處理表現最好，儲藏40天後仍有良好的花球外觀品質(圖十三)。



圖十三、兩個栽培期不同氮肥施用量之青花菜‘42’花球採後貯存於1°C之花球情形。

Fig. 13. The postharvest quality of flower head storage at 1°C of broccoli ‘42’ with four N fertilizer amount during winter and spring cropping.

討 論

溫度與光照是影響青花菜生長的重要環境因子⁽²⁷⁾，植物的生長發育都有其特定的溫度需求，一般而言，植物在適當範圍下，其光合作用會隨著溫度增加而提高，而植物的最適溫度皆有所不同，C4型植物較高約為30-40°C，C3型植物較低約為20-30°C，CAM型植物則約為35°C^(6,7,8)。青花菜為C3型之綠植株春化型植物，性喜冷涼，其營養生長及花球發育適溫分別為20-22°C與15-18°C，若發育期間遇到高溫會影響青花菜的花芽發育，導致青花菜花球品質不良甚至不結球而影響產量⁽⁹⁾。

於本試驗中觀察到青花菜的淨光合速率Pn值隨著光強度增加而提升(圖一)，植株在20及25°C的光飽合點約為1,000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，此與前人研究中，青花菜光飽合點為1,070 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 之結果相符⁽³⁰⁾，此時植株的Pn值介於16-26 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。然30及45DAP植株在30°C的Pn值隨著PPFD的提升，於2,000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPFD時其Pn值在28與20 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 且趨於光飽和狀態，可能是由於溫度與光強度提高，促使光合作用速率加快。另在光合作用與二氧化碳濃度試驗中(圖二)，觀察到30DAP植株在20°C下，隨著CO₂濃度越高，Pn值持續上升且未達飽合點，推測30DAP植株為營養旺盛期，在生長適溫及光強度高的條件下，CO₂濃度足以供應植株進行光合作用，因此淨光合作用速率會更快，CO₂飽合點會往上提高。

當太陽輻射很強和溫度很高的狀況下，植物葉片吸收能量會使葉片溫度比氣溫高5°C以上，葉片會透過蒸散作用來釋放熱能，但同時也會有調節的方式來為避免水分流失過多⁽⁶⁾，在本試驗中觀察到30DAP植株光合作用日變化其葉片溫度在白天時高達35-40°C，且氣孔導度與蒸散速率皆有下降的趨勢(圖四)，多數蔬菜在這種環境下，其光合作用日變化會呈現雙曲線，稱為光午休現象，在下午1點會有下降的趨勢，多數學者認為這和環境低空氣濕度與高蒸氣壓差(vapour pressure deficit, VPD)而造成氣孔關閉，進而導致光合作用下降⁽⁸⁾。部分青花菜研究觀察到青花菜之蒸氣壓差大多位於0.5-2 kPa左右⁽²¹⁾，而30DAP植株在遭遇高溫時，蒸氣壓差高達6 kPa，為避免水分散失，進而促使部分氣孔關閉以及蒸散速率下降，此與光午休現象發生的環境條件類似，然而光合作用並未因此而下降(圖三)，推測可能原因是由於栽培環境並非連續高溫，未導致青花菜發生不可逆的高溫障礙，因此淨光合速率仍與光強度的變化有近似的趨勢。

Cha等人(2020)進行研究指出，青花菜種植於日夜溫35/30°C的環境，和日夜溫20/15°C之對照組植株相比，其葉綠素a與b的含量並沒有顯著差異⁽¹⁸⁾，但其莖部的EC值高於對照組，表示高溫逆境之植株其水分及離子運輸有受到影響，可能與本試驗中觀察到氣孔關閉而影響蒸散速率之結果相呼應。中度高溫逆境並不會造成光系統II (photosystem II, PS II)發生嚴重損傷，雖然會抑制光系統II的修復，但其減少光合作用的影響是能夠逆轉的，因此可以推測如30DAP所遇到的中度高溫逆境狀況，植株調節氣孔是減緩逆境影響的方式之一。

青花菜植株營養生長及生殖生長期的溫度與光照處理亦有所不同，營養生長期間溫度提高能誘發花芽生成，而生殖生長期間溫度處理於品種間沒有顯著的差異，至於光週期及光輻射變化則無顯

著影響⁽³⁵⁾。在本實驗中，2019冬作青花菜的生育天數約為63天，2020春季與冬季的青花菜生育天數分別為62天及59天。三季栽培期之平均溫度分別為22.2°C、20.2°C及23.2°C。栽培期間的平均溫度僅相差約3°C，對植株的生育天數及開花期影響不大。然光照量的差異影響花球產量，觀察本試驗中兩年三季的栽培期間光照輻射量(solar radiation)，2019年冬及2020年春、冬作分別為1005.17、1128.26及798.46 MJ/m² (數據未顯示)，而40 g·m⁻²氮肥於三期作之花球產量分別為1.26 kg·m⁻²、1.89 kg·m⁻²及1.14 kg·m⁻²，另外花球佔全株比例於2020年春及冬作的分別為36%和31%(圖十一)，顯示較高的光照量確實能促進花球發育並提高產量。

生物量累積與光輻射量呈線性關係，提高與截取更多光輻射量能增加生物量的累積，Monteith 定義生物量累積和截取輻射量的比值稱為光輻射利用效率(radiation-use efficiency, RUE)，大多數作物在良好的生長環境其RUE可達1.4 g MJ⁻¹(³³)，且RUE會隨葉面積指數及生育階段而改變⁽³⁾，Vågen 等人研究顯示青花菜增加氮肥施用量，能提高其LAI約2.7-4.6倍，進而提高RUE約63%，最高能達到2.5 g MJ⁻¹，透過增加葉面積與LAI，來獲得更多的輻射攔截量，進而提高生物量之累積⁽⁴⁰⁾。

青花菜是氮肥需求高的作物，氮肥能影響青花菜的產量及品質^(25,40)，增加氮肥施用量能提高植株鮮重並促進花球提早成熟^(15,16)，增加花球的重量與直徑^(22,23,29,32,37,38,41,42)，然依品種及栽培環境不同，建議氮肥施用量亦有所差異(圖六、圖七)。氮肥施用量較高，其花球畸形率下降，顏色會更加濃綠，但莖部空心 and 頭爛病的發生率也會增加(圖十三)。部分研究認為氮肥施用量於22-27 g·m⁻² ^(16,20,23,28,31,39)及30-50 g·m⁻²為佳^(15,25,41)，本試驗中有較佳產量之氮肥施用量為40 g·m⁻²，此與前人研究相符且花球品質較其它處理佳，可提供青花菜肥培管理之參考。

本試驗針對青花菜不同生育階段之環境因子與NAR進行分析並推導公式，從植株生育調查中分析LAI變化，可用於計算青花菜的生長速率，且青花菜春及冬作採收參數harvest index (HI) 分別設定為36%及31%，則可推估最終產量，協助栽培者以合理適量之施肥管理，配合水分管理以因應氣候環境變化，有效降低生產之成本，提高產量及品質以增加收益。

參考文獻

1. 王仕賢、謝明憲 2005 農家要覽農作篇(二)青花菜 增修訂三版豐年社 臺北 臺灣。
2. 艾希珍、張振賢、楊秀華 2000 一些蔬菜作物光合與蒸騰特性研究 園藝學報 27: 371-373。
3. 姚銘輝、陳守泓、梁連勝 2005 水稻之氣象資源利用效率探討- I. 輻射利用效率 台灣農業研究 54(2): 123-134。
4. 柯侑婷 2007 十字花科蔬菜中硫醣苷含量與芥子酶特性之研究 臺灣大學園藝學研究所學位論文 81。
5. 柯勇 2002 植物生理學 藝軒圖書出版社 臺北 臺灣。
6. 徐善德、廖玉琬 2009 植物生理學 初版二刷 偉明圖書有限公司 臺北。
7. 翁仁憲 1989 溫度對蔬菜光合作用及呼吸作用之影響 第二屆設施園藝研討會專集

- 209-217。
8. 陳葦玲、錢昌聖、莊佩蓉 2017 花胡瓜光合作用特性之研究 臺中區農業改良場研究彙報 135: 25-37。
 9. 陳葦玲、蕭政弘、蕭瑞展 2013 高溫逆境下青花菜之生理、組織結構變化及開花表現之研究 臺中區農業改良場研究彙報 121: 9-24。
 10. 舒英杰、周玉麗 2005 蔬菜植物光合特性研究進展 長江蔬菜 9: 34-38。
 11. 羅秋雄 2005 作物施肥手冊 農業部農糧署 117。
 12. 農情報告資源網 2021 https://agr.afa.gov.tw/afa/afa_frame.jsp
 13. 海關進出口統計資料 2020
https://portal.sw.nat.gov.tw/APGA/GA30_LIST;APGAJSESSIONID=HGdykR5d6StsJhvG41L9L85wm1R7vXZqj7rjTYTG65HIBtp2J2dL!1038621913
 14. Almeida, H. J. D., V. M. V. Carmona, V. S. Cavalcante, A. B. C. Filho, R. D. M. Prado, R. A. Flores, B. M. M. N. Borges and M. Mauad. 2020. Nutritional and visual diagnosis in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* L.) Plants: disorders in physiological activity, nutritional efficiency and metabolism of carbohydrates. *Agronomy*, 10(10) 1572.
 15. Babik, I. and K. Elkner. 2000. The effect of nitrogen fertilization and irrigation on yield and quality of broccoli. In *Workshop Towards and Ecologically Sound Fertilisation in Field Vegetable Production* 571: 33-43.
 16. Bakker, C. J., C. J. Swanton and A. W. McKeown. 2009. Broccoli growth in response to increasing rates of pre-plant nitrogen. I. Yield and quality. *Canadian Journal of Plant Science*, 89(3): 527-537.
 17. Bhattacharya, A., Y. Li, K. L. Wade, J. D. Paonessa, J. W. Fahey and Y. Zhang. 2010. Allyl isothiocyanate-rich mustard seed powder inhibits bladder cancer growth and muscle invasion. *Carcinogenesis*, 31(12): 2105-2110.
 18. Cha, S. J., H. J. Park, J. K. Lee, S. J. Kwon, H. K. Jee, H. Baek, H. N. Kim and J. H. Park. 2020. Multi-sensor monitoring for temperature stress evaluation of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *Journal of Applied Biological Chemistry*, 63(4): 347-355.
 19. Chen, W. L., W. J. Yang, H. F. Lo and D. M. Yeh. 2014. Physiology, anatomy, and cell membrane thermostability selection of leafy radish (*Raphanus sativus* var. *oleiformis* Pers.) with different tolerance under heat stress. *Scientia Horticulturae* 179: 367-375.
 20. Cutcliffe, J. A., D. C. Munro and D. C. MacKay. 1968. Effect of nitrogen, phosphorus, potassium, and manure on terminal, lateral, and total yields and maturity of broccoli. *Canadian Journal of Plant Science* 48(5): 439-446.
 21. Erdem, Y., L. Arin, T. Erdem, S. Polat, M. Deveci, H. Okursoy and H. T. Gültaş. 2010. Crop water

- stress index for assessing irrigation scheduling of drip irrigated broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*). *Agricultural Water Management*, 98(1): 148-156.
22. Everaarts, A. P., C.P. de Moel and P. de Willigen. 1996. Stikstofbemesting en nutriëntenopname van broccoli. Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, Lelystad, verslag nr. 216.
 23. Everaarts, A.P., and P. de Willigen 1999. The effect of nitrogen and the method of application on yield and quality of broccoli. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 47:123-133.
 24. Fahey, J.W., 2003. Brassicas. In: Caballero B, Trugo L, Fingla SP (eds) *Encyclopedia of food science and nutrition*. Academic, St Louis, 606-61503.
 25. Feller, C. and M. Fink. 2000. Nmin target values for field vegetables. In *Workshop Towards and Ecologically Sound Fertilisation in Field Vegetable Production* 571: 195-201.
 26. Flore, J. A. and A. N. Lasko. 1989. Environmental and physiological regulation of photosynthesis in fruit crops. *Horticultural Reviews* 11: 111-157.
 27. Francescangeli, N., M. A. Sangiacomo and H. Martí. 2006. Effects of plant density in broccoli on yield and radiation use efficiency. *Scientia Horticulturae*, 110(2): 135-143.
 28. Greenwood, D. J., T. J. Cleaver, M. K. Turner, J. Hunt, K. B. Niendorf and S. M. H. Loquens 1980. Comparison of the effects of nitrogen fertilizer on the yield, nitrogen content and quality of 21 different vegetable and agricultural crops. *The Journal of Agricultural Science*, 95(2): 471-485.
 29. Gutezeit, B. 1996. Effect of N supply on growth and yield of broccoli measured non-destructively by gamma-scanning. *Acta Horticulturae* 428: 45-52.
 30. Jihua, Y., X. Jianming and S. Yingjie. 2002. Studies on the photosynthetic characteristics of broccoli. *Lanzhou Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban)*, 38(2): 111-114.
 31. Kowalenko, C. G. and J. W. Hall. 1987. Effects of nitrogen applications on direct-seeded broccoli from a single harvest adjusted for maturity. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 112(1): 9-13.
 32. Letey, J., W. M. Jarrell, N. Valoras and R. Beverly. 1983. Fertilizer application and irrigation management of broccoli production and fertilizer use efficiency. *Agronomy Journal* 75: 502-507.
 33. Monteith, J. L. 1977. Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 281(980): 277-294.
 34. Poorter, H., N. P. Anten and L. F. Marcelis. 2013. Physiological mechanisms in plant growth models: do we need a supra-cellular systems biology approach?. *Plant, cell & environment*, 36(9): 1673-1690.
 35. Tan, D. K. Y., C. J. Birch, A. H. Wearing and K. G. Rickert. 2000. Predicting broccoli development I. Development is predominantly determined by temperature rather than photoperiod. *Scientia*

- Horticulturae, 84(3-4): 227-243.
36. Tang, L., J. D. Paonessa, Y. Zhang, C. B. Ambrosone and S. E. McCann. 2013. Total isothiocyanate yield from raw cruciferous vegetables commonly consumed in the United States. *Journal of functional foods*, 5(4): 1996-2001.
 37. Thompson, T. L., T. A. Doerge, and R. E. Godin. 2002. Subsurface drip irrigation and fertigation of broccoli: I. Yield, quality, and nitrogen uptake. *Soil Science Society of America Journal*, 66(1): 186-192.
 38. Tremblay, N. 1989. Effect of nitrogen sources and rates on yield and hollow stem development in broccoli. *Canadian Journal of Plant Science* 69: 1049-1053.
 39. Vågen, I. M. 2003. Nitrogen uptake in a broccoli crop. 1: Nitrogen dynamics on a relative time scale. In *XXVI International Horticultural Congress: Toward Ecologically Sound Fertilization Strategies for Field Vegetable Production* 627: 195-202.
 40. Vågen, I. M., A. O. Skjelvåg and H. Bonesmo. 2004. Growth analysis of broccoli in relation to fertilizer nitrogen application. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79(3): 484-492.
 41. Yoldas, F., S. Ceylan, B. Yagmur, and N. Mordogan. 2008. Effects of nitrogen fertilizer on yield quality and nutrient content in broccoli. *Journal of Plant Nutrition*, 31(7): 1333-1343.
 42. Zebarth, B. J., P. A. Bowen and P. M. A. Toivonen 1995. Influence of nitrogen fertilization on broccoli yield, nitrogen accumulation and apparent fertilizer-nitrogen recovery. *Canadian Journal of Plant Science* 75:717-725.

Investigation on the Characteristics of Photosynthesis and Optimal Nitrogen Fertilization Quantity for Broccoli¹

Chun-Jung Shen ² and Wei-Ling Chen ^{2,3}

ABSTRACT

The basic parameters included photosynthetic and fertilizer parameters for broccoli growth under Taiwan's environment was absented. The aim of this study was to analyze the effects of climatic factors on photosynthesis and evaluate optimal amounts of nitrogen fertilizer applied through using the major broccoli '42' as experiment material. The results showed that the net photosynthetic rate (Pn) of broccoli was higher at 20 and 25°C ambient temperature and increased with elevated photosynthetic photon flux density (PPFD) until light saturation point (Lsp) and CO₂ saturation point (CO₂sp) was readed, which was approximately 1,000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ and 800 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, respectively. Besides, the parabolic curve relationship was exsited among PPFD, ambient temperature, and Pn. Regarding the evaluation of nitrogen fertilizer amount, plant growth and final yield were collected over three croppings in two years with different levels (0, 5, 20, 40, and 80 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{N}$). The results were found consistently in all three croppings that 40 and 80 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{N}$ treatment had high canopy area, leaf area, and shoot fresh weight, furthermore 40 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{N}$ application had high yield and harvested indices for flower heads, 36% in spring and 30.9% in winter, respectively. However, there was no significant difference in leaf nitrogen content within N treatments. The flower heads of 20 and 40 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{N}$ treatments performed better storage quality. In conclusion, the photosynthetic traits and optimal nitrogen fertilizer for broccoli were well analyzed, the results would accelerate the establishment of yield prediction model and assist production management in the future.

Keywords: broccoli, photosynthesis, nitrogen fertilizer, yield

¹ Contribution No.1069 from Taichung DARES, COA.

² Research assistant and associate researcher of Taichung DARES, COA.

³ Corresponding author (E-mail: chenwl@tdais.gov.tw).

農會農業社會責任認同態度量表之驗證性因素分析- 以中部地區農會人員為例¹

陳世芳²、陳蓓真²

摘 要

本研究之目的為建構穩定與客觀之農業社會責任認同與態度量表，並以驗證性因素分析驗證量表的信效度，提供農會自我檢測，作為農會人員以組織影響力協助農民從農相關輔導之參考，乃透過文獻探討與研究工作坊討論的方式建構農業社會責任之認同態度量表，將態度量表指標分為環境、社會及經濟 3 大構面與 20 個次構面共 65 個題項，針對中部地區農會人員進行問卷調查，回收 241 份有效問卷，檢驗量表之信度與效度，在信度方面，以 cronbach's α 係數測驗量表內部一致性，建構效度則以結構方程模式之驗證性因素分析以驗證量表的模式適配度。研究結果顯示本量表具有高度的信度，若刪除 8 個題項保留 57 個題項包括環境構面 21 題、社會構面 24 題及經濟構面 12 題，則研究模式適配度良好，可作為農會農業社會責任之衡量使用。

關鍵字：農會、農業社會責任、驗證性因素分析

前 言

在全球性永續發展的浪潮趨勢下，社會企業責任在國際間長期受到關注，例如德國、義大利、美國、日本、韓國以及新興市場國家各有不同的相關法令及政策支持社會企業，社會企業發展的形態包含福利、健康、社會關懷、教育指導、環境與生態保育、發展文化傳統、社會觀光及支持社會企業等^(14,15)。

聯合國 193 個會員國於 2015 年通過 2030 年要達到的 17 項永續發展目標，其中與農糧產業習習相關的包括：「2.消除飢餓，實現糧食安全，改善營養狀況和促進永續農業」、「6.為所有人提供水資源衛生及進行永續管理」、「12.確保永續的消費與生產模式」、「13.採取緊急行動應對氣候變遷及其衝擊」及「15.保育和永續利用陸域生態系統，永續管理森林，防治沙漠化，防止土地劣化，遏止生物多樣性的喪失」等。為接軌國際永續發展趨勢，2014 年行政院舉行「研商社會企業市政府於各政策中落實永續發展目標(sustainable development goals, SDGs)精神及指標、頒布「地方自願檢視報告」，遵循 SDGs 原則，逐步實踐「安、居、樂、業」的目標。農業部為業相關事宜」

¹農業部臺中區農業改良場研究報告第 1070 號。

²農業部臺中區農業改良場副研究員、助理研究員。

會議，並先由經濟部、勞動部及衛生福利部作為前導推動單位，緊接著 2019 年新北發展社會企業，先以農業青年、農村社區為社會企業主要推動對象⁽⁸⁾。加以農委會極為重視氣候變遷的議題並投入研究，除積極建構抗耐逆境篩選平臺，加速調適技術之研發量能，及運用農業氣象資訊提升農民自主防災能力外，並研發各式減碳循環技術，以減少二氧化碳及其他溫室氣體排放，2021 年更成立氣候變遷調適及淨零排放專案辦公室，宣示農業部門在 2040 年要達成淨零排放目標。另 2022 年 5 月 4 日「食農教育法」公布施行，更依據該法第 9 條，提出「零飢餓」計畫，以期確保所有人都能獲得安全、營養及充足的食物，並提供在地性的農業與營養教育，達成支持在地生產，建構永續及具韌性的糧食系統。

在農業社會企業的相關報告中^(9,12)，常舉出農學市集、農業合作社、農村社區等社會企業型態，近年來具有經濟性、政治性、社會性功能且標榜農業公益社團法人的農會亦逐漸關注此項責任^(4,6)，基層農會擁有專業人才、財務運作成熟、組織考核制度完整，在資訊科技發達的數位時代，應善用在地組織量能，在農村中展現對環境、社會及經濟永續性的影響力。

文獻探討

企業社會責任(corporate social responsibility, CSR)之議題受國際所重視，但在各個領域賦予不同的意義與解釋，期使企業要「取之社會、用之社會」，不僅是替股東獲取利益，還要對所有利害關係人的永續發展付出貢獻⁽²⁾。依據社團法人中華民國企業永續發展協會 2014 年發布「GRI G4 永續性報告指南：實施手冊」，指出實施標準揭露內容分為「一般標準揭露」與「特定標準揭露」兩大部分，其中特定標準揭露內容為經濟、環境及社會三大類別。隨著全球化浪潮的推波助瀾，跨國企業的影響力早已深入全世界，由於各國政府對跨國企業的產業鏈成員在環境永續與社會責任等作為的重視與要求，許多企業須自發性定義與規劃企業社會責任方面的措施與發展，以符合外界對企業需善盡社會責任之期待。

我國自從 2008 年臺灣金融監督管理委員會訂定企業社會責任揭露之規範，臺灣證券交易所股份有限公司於 2010 年發布「上市上櫃公司企業社會責任實務守則」，2014 年發布「上市公司編製與申報企業社會責任報告書作業辦法」，該辦法規定上市公司之食品業、化工業、金融保險業或餐飲營收達 50% 以上及股本達新臺幣 50 億元以上之上市櫃公司，開始強制編製企業永續報告書；2023 年起擴及至食品業、化工業、金融保險業及股本達新臺幣 20 億元以上之公司亦需加入。2022 年已於公開資訊觀測站申報「110 年度永續報告書」之上市公司共計 487 家，上櫃公司共計 194 家，總計共 681 家。企業永續報告書為企業揭露非財務資訊之總稱，旨在揭露企業於經濟、環境及社會各層面議題的策略，做為與績效共列之報告書，是企業與利害關係人溝通的最有利的工具，並有助於企業檢視政策推動與內部管理成效，永續經營及社會責任的目標、成果、承諾及規劃。此項規定帶動各行各業陸續將社會責任納入企業永續發展目標，也引起產業界關注企業社會政策及績效管理相關研究之議題，包括：餐廳、旅行社、資訊產業、金融業、食品業及生技產業等。

企業社會責任是一個概念，企業要對環境與社會的影響負責，而不是僅對其經濟影響負責，隨著企業社會責任進入農業領域，企業社會責任的永續發展理念會影響從農場到加工再到零售的食品供應鏈。孫智麗⁽⁹⁾將農業社會企業定位為透過商業模式解決特定農業、農民、農村等三農問題的經營者，第一種組織型態為其所得盈餘之一定比例用於農業發展目的，以解決社會問題之觀點分為非營利組織之社區發展協會、農會及合作社，該等組織以追求社會利益及社會影響力極大化；第二種以追求社會與經濟利益及財務利潤與社會影響力並重之農業社會企業；第三種以追求經濟利益及財務利潤優先型態之科技農企業、一般企業。

農會是臺灣農村歷史最悠久的農民組織，在發展階段數度改組，經歷 1953 年農會改造、1974 年新農會法公布施行、1990 年代金融風暴、2013 年全國農會成立等，演變為現今多目標多功能的農會系統體制。1974 年修正「農會法」，廢除股金制度後原屬於合作經濟的組織，轉型成為公益社團法人職業團體屬性的農民組織，業務範疇涵括信用事業、經濟事業、保險事業及推廣教育⁽⁵⁾，依地區總人口數與農業人口比例可區分為都市型農會、鄉村型農會及混合型農會^(10,13)。以農會存在的價值而言，係以解決農民、農業與農村的問題為宗旨，劉芳梅等⁽¹¹⁾認為基層農會導入社會企業經營理念與管理機制，可獲取更多有形與無形的助益。高昱龍⁽⁶⁾提出農會本質上屬於社會企業，應該讓 CSR 作為農會本身之企業文化核心價值，基層農會之總盈虧、信用部與供銷部盈虧三項經營績效與金融科技、服務農民及農村福利、人才培育與留才、永續經營服務會員、推廣教育及農業推廣、農村社會服務及環境保護與永續農業等七個指標有顯著之正向關係。農會執行政府多種業務計畫，提供福利服務，再者傳遞農業資訊的農業推廣人員需具備與農民溝通與解決問題的推廣基本核心能力、附加專長領域能力⁽¹⁾，從輔導農民之角度思考，實踐社會責任實可替農會發展加分。

Thia 等⁽¹⁷⁾指出選擇一組指標的標準應考量簡約、一致性、充分性。農業永續性指標緊扣在重視農村的環境、經濟及社會三大構面，Diazabakana⁽¹⁶⁾表示，對於農場而言，環境永續性所涵蓋的主題眾多，具有實質性影響人類活動的環境主題，以營養素、殺蟲劑、不可再生資源、土地管理、溫室氣體排放與酸化物質、生物多樣性與物理、化學及生物土壤質量具有代表性指標。經濟指標以盈利能力、生產力及收入多樣化為主題，指標相對較少。社會指標通常涵蓋整個社會與農業社區，指標主要分為教育、工作條件及生活質量之主題。環境、經濟指標與社會指標性質不同，許多社會指標是定性的，較難以量化表示，多數存在主觀的認知態度，永續性目標之間存在互補的關係，提高社會與環境永續性的作為也有助於實現經濟目標。

因此，本研究將農業社會責任評估分為環境、社會及經濟 3 個構面，主要參考 Thia 等⁽¹⁷⁾於通過 Teagasc 全國農場調查衡量農場水平的可持續性一文所提出之指標，與林正木⁽²⁾的農業社會責任衡量指標，其構面對應至聯合國永續發展目標，有關農業範疇之目標與指標。

過去對於農會組織功能定位、經濟事業經營績效及農業推廣服務之研究居多，近年來針對農會導入社會企業經營理念與管理機制較欠缺，有必要建立適切之衡量指標供農會自我檢測社會責任認知程度，協助政府共同輔導農民永續發展之工具。因此，根據上述研究背景與動機，本研究之目的

為建構穩定與客觀之農業社會責任認同與態度量表，並以驗證性因素分析驗證量表的信效度，提供農會自我檢測，作為農會人員以組織影響力協助農民從農相關輔導之參考。

材料與方法

一、研究設計：

本研究探討農會組織功能、農業社會責任組織與發展相關文獻資料，由國立臺北大學方珍玲教授召集農業試驗所、農業藥物毒物試驗所、畜產試驗所以及各區農業改良場共 10 個農業試驗場所研究人員組成之研究工作坊，共同擬定問卷大綱形成研究工具，本研究根據農會總幹事、理事長及推廣人員基本背景與參加訓練及辦理活動之情形，瞭解其對於農業社會責任認同程度與態度，再以結構方程模式驗證性因素分析量表之信效度。

二、問卷設計

(一)本研究透過 2 次研究工作坊討論的方式，依方教授歸納出農業社會責任各構面之問卷題項，再加以整理出針對研究對象之農業社會責任衡量指標問卷。各構面指標綜整出 65 題問卷題項，在認同與態度方面，採六點量表計分方法，非常同意給 6 分、同意給 5 分、稍微同意給 4 分、稍微不同意給 3 分、不同意給 2 分、非常不同意給 1 分。

(二)農業社會責任認同與態度量表構面與題項

擬定問卷分為二部分，第一部分基本資料，包括：性別、年齡、縣市別、教育程度、任職部門、農會年資、農會類型、農會是否曾獲獎，參加或辦理農業社會責任相關訓練或研討會、辦理農業社會責任相關活動；第二部分農業社會責任認同程度環境、社會及經濟 3 個構面 20 個次構面，並將修改後之問卷加以命名、編碼。3 個構面 65 個題項整理於表一。

表一、農業社會責任認同與態度量表構面與題項

Table 1. Facets and items of consent attitude on agricultural responsibility

Facet	Subfacet	Item
Environmental	Rational fertilization	v1. Farmers should choose brands and types of fertilizers that are less likely to cause harm to farmland or the environment
		v2. Farmers should fertilize according to the recommended amount of rational fertilization
		v3. Farmers should test soil nutrient elements regularly
	Pesticide usage	v4. Farmers check the spraying equipment and wear protective gear before spraying each time
		v5. Farmers rinse the empty pesticide bottles with clean water

	3 times before recycling to avoid pesticide residues v6.Farmers should bag pesticide waste containers separately from other recyclables before recycling
Expendable or consumable resources	v7.Use renewable resources as much as possible in the agricultural production process v8.Farmers should strengthen the use of water-saving technologies (such as sprinkler irrigation, micro-irrigation, water-retaining agents, etc.) v9.The production irrigation of crops should be kept clean to avoid chemical or pesticide pollution
Land management	v10.Overexploitation of land will lead to loss of soil and water conservation function v11.Farmers must bear legal responsibility when violating land use control regulations v12.Farmers build farmhouses on arable land, which is convenient for living during farming
Emission of greenhouse gases	v13.Excessive emissions of methane and carbon dioxide will harm the environment v14.Farms should adopt friendly farming to reduce greenhouse gas emissions v15.Livestock farms should install excrement treatment equipment to reduce greenhouse gas emissions
Acidification emissions	v16.Soil acidification has a serious impact on crop quality and the environment v17.Before using pesticides, farmers should confirm its impact on soil acidification or salinization v18.Wastewater from livestock farming must be properly treated before being discharged to reduce environmental pollution
Ecology and Biodiversity	v19.Overexploitation of resources will cause biodiversity decline v20.Farmers can increase ecology and biodiversity by adopting different crop rotations v21.Farmers apply organic fertilizers to help diversify soil microflora
Soil quality	v22.Soil pollution comes from water sources, air, excessive application of chemical fertilizers and accumulation of pollutants on agricultural land v23.Farmers should participate in the relevant publicity and

		seminars on rational fertilization from time to time v24. Farmers need to use different methods to improve soil quality
Societal	Education	s1. Farmers receive training on knowledge and skills related to farm management according to their needs s2. Farmers receiving training according to their needs will increase their concern for the environment and society s3. Farmers receive environmental education and training according to their needs, which is beneficial to agricultural production and ecology
	Working conditions	s4. The agricultural work site and environment (including toilets and rest places) should be kept neat and clean s5. Maintaining a good quality of farm workspace and environment will elevate agricultural production efficiency s6. Farm workers must obtain comprehensive occupational accident protection
	Contribution to employment	s7. The farm should provide or create job opportunities for local people s8. The farm should provide opportunities for nearby school students or those who are preparing to work as farmers s9. Farms should pay employees a reasonable wage, not just the minimum wage
	Life quality	s10. The physical function of farmers should be able to support daily life s11. Farmers should enjoy life s12. Farmers' lives should be meaningful s13. Farmers are generally satisfied with their ability to carry out their daily activities s14. Farmers should look at things with positive thoughts s15. Farmers are usually satisfied with their social relationships s16. Farmers are usually accepting of their appearance
	Local cohesion	s17. Farmers should participate more in local organizations and community activities

		s18. Farmers should participate more in farmers' organizations (production and marketing classes, farmers' associations, cooperatives, youth farmers' associations, etc.)
		s19. Farmers should participate in agricultural promotion activities (observation demonstration, technical exchange, discussion, etc.)
		s20. Farmers should build more relationships with consumers through activities (exhibition fairs and markets)
	Product and service quality	s21. Farmers should participate in the safe agricultural product verification system, so that consumers have more confidence in agricultural products
		s22. Farm management should consider the delivery of product value
		s23. Establishing an agricultural product brand can improve product recognition
	Animal welfare	s24. Farmers adopt more animal-friendly farming methods. Although it increases production costs, it can protect the environment
		s25. Ensuring the welfare of economic animals allows them to produce better quality products (e.g. eggs or milk)
		s26. Animal welfare should be regulated by the government and the violators should be strictly punished
Economic	Profitability	e1. Farmers must have a stable income in order to continue to operate the farm
		e2. Farmers have stable profits in order to continue to operate the farm
		e3. Other part-time jobs during the slack period can increase personal or farm income
	Productivity	e4. Technological innovation can help farms increase productivity without increasing excessive investment
		e5. Farmers should be able to calculate operating costs to avoid increase on operating risk
	Solvency	e6. Farmers must find a way to repay the loan within the time limit
		e7. Farmers should conduct financial assessment and have a repayment plan before borrowing
		e8. Low-interest agricultural loan offered by the government help continuous investment into agriculture

Multiple income	<p>e9.Diversified income is a way to increase income from farming</p> <p>e10.Secondary processing or service activities engaged in by the farm can increase personal or farm income</p> <p>e11.Diversified income in rural areas is helpful for industrial economy/social stability</p>
Degree of subsidy dependence	<p>e12.Relying on government subsidies (such as natural disaster relief, small-scale agricultural machinery subsidies, interest-free loans, etc.) can increase diversified agricultural income</p> <p>e13.The government should provide green environmental benefits and environment-friendly subsidies to farmers</p> <p>e14.Agricultural subsidies provided by the government can help continuous investment into agriculture</p> <p>e15.Farm operations should not rely too much on government subsidies</p>

三、抽樣方法與調查對象：調查期間從 2022 年 4 月 1 日至 7 月 30 日，利用寄發紙本問卷與人員親自訪談方式，進行調查對象為臺中區農業改良場轄區之中彰投各級農會總幹事、理事長及推廣人員共 300 人，計回收 254 份有效問卷，刪除填答不完全或太一致的問卷 13 份，有效問卷共 241 份回收率達 80.3%。

四、資料整理與分析方法：以 SPSS22.0 統計軟體分析，農業社會責任態度量表之信度係以 Cronbach's α 係數檢驗問卷題項間之內部一致性與穩定性，三個構面 65 個題項整體量表信度 Cronbach's α 值為 0.968，環境構面之信度係數為 0.922，社會構面為 0.953，經濟構面為 0.848，各題項之信度均達 0.7 以上，顯示問卷之內容具有可信任之內部一致性。對於基本背景資料、參加訓練、辦理活動之情形及農業社會責任認同程度採用敘述性統計，再以驗證性因素分析農業社會責任量表各構面因素。

五、問卷效度與鑑別力：本問卷經由臺北大學方教授召集農業試驗所、農業藥物毒物試驗所及各區農業改良場等研究人員討論、修定及確定問卷，具有專家效度。並採取描述性統計之題項平均數與變異數標準差、偏態、峰度，極端組檢驗法、題項總分相關檢測效度⁽⁷⁾。計算結果平均值需大於 5.87 或小於 4.68、或是標準差低於 0.75，或是偏態絕對值大於 3，峰度絕對值大於 10，以及探索性因素分析之因素負荷量小於 0.5，或是極端組檢驗法內部一致性未達顯著其鑑別力不佳，題項總分相關(修正的項目總相關)係數未達 0.3 以上者，為不符合標準可考量刪除題目。綜整分析後(表二)，刪除環境構面之反向題項「v12.農民於耕地上興建農舍有利於耕作時方便居住」、「v19. 資源過度開發會造成生物多樣性下降」及「v21.農民施用有機肥可幫助土壤微生物菌群的多樣性」，社會構面之題項「s33.農場要給僱工合理薪資，並

不是只給最低薪資」、「s46.農場經營要考量產品價值的傳遞」，及經濟構面之題項「e62.依靠政府補助金(如天然災害救助、小型農機補助、免息貸款等)可增加農業多元化收入」、「e63.政府應提供綠色環境給付及友善環境補貼給農民」、「e64.政府提供農業補助項目，有助於持續投入農業」共計 8 題，保留 57 題。

表二、效度分析彙整表

Table 2. Summary of validity analysis

Item	Mean	Standard deviation	Skewed	Kurtosis	Extreme group test	Factor loadings	Modified item total correlation	Delete the question
v1	5.36	0.855	-2.292	8.126	4.97***	0.855	0.366	No
v2	5.39	0.674	-0.975	1.096	8.16***	0.595	0.558	No
v3	5.22	0.777	-0.988	1.542	6.28***	0.750	0.517	No
v4	5.45	0.746	-1.551	2.892	9.05***	0.766	0.610	No
v5	5.42	0.782	-1.734	4.620	10.29***	0.822	0.643	No
v6	5.51	0.665	-1.381	2.014	13.26***	0.786	0.722	No
v7	5.34	0.730	-1.135	1.883	10.87***	0.684	0.719	No
v8	5.31	0.779	-1.513	4.409	8.81***	0.587	0.713	No
v9	5.52	0.633	-1.180	1.204	10.48***	0.627	0.712	No
v10	5.45	0.682	-1.401	3.153	9.30***	0.600	0.623	No
v11	5.03	1.110	-1.540	2.366	7.42***	0.822	0.526	No
v12	2.58	1.289	0.808	0.189	-1.16	0.020	-0.040	Yes
v13	5.31	0.682	-0.722	0.189	10.15***	0.548	0.643	No
v14	5.26	0.736	-1.269	0.351	9.40***	0.685	0.681	No
v15	5.44	0.643	-0.895	4.139	9.37***	0.589	0.624	No
v16	5.46	0.605	-0.857	0.610	9.49***	0.705	0.636	No
v17	5.35	0.649	-0.869	0.927	12.09***	0.566	0.737	No
v18	5.54	0.598	-1.054	1.291	10.79***	0.748	0.658	No
v19	5.40	0.651	-1.169	0.721	9.72***	0.495	0.655	Yes
v20	5.31	0.745	-1.602	3.033	9.08***	0.737	0.606	No
v21	5.49	0.613	-1.01	5.554	10.88***	0.488	0.649	Yes

v22	5.33	0.711	-0.791	1.092	14.43***	0.544	0.684	No
v23	5.43	0.698	-1.627	0.145	12.54***	0.811	0.584	No
v24	5.34	0.639	-0.541	5.991	14.43***	0.670	0.691	No
s25	5.28	0.647	-0.620	-0.164	13.38***	0.686	0.703	No
s26	5.24	0.712	-0.798	0.659	11.76***	0.765	0.703	No
s27	5.32	0.660	-0.804	0.798	13.09***	0.744	0.750	No
s28	5.40	0.651	-0.804	1.043	14.92***	0.709	0.722	No
s29	5.35	0.649	-0.592	0.414	9.31***	0.660	0.716	No
s30	5.54	0.645	-1.556	-0.189	-13.31***	0.612	0.681	No
s31	5.32	0.658	-0.530	3.125	10.21***	0.683	0.649	No
s32	5.22	0.774	-1.334	-0.288	9.70***	0.653	0.638	No
s33	5.28	0.770	-1.296	3.999	11.02***	0.446	0.636	Yes
s34	5.32	0.652	-0.699	3.496	12.28***	0.694	0.647	No
s35	5.34	0.633	-0.524	0.670	10.76***	0.775	0.624	No
s36	5.48	0.606	-0.932	-0.133	8.77***	0.796	0.627	No
s37	5.01	0.885	-0.889	1.027	12.10***	0.738	0.496	No
s38	5.30	0.629	-0.438	1.146	8.78***	0.610	0.633	No
s39	4.83	0.845	-0.596	-0.137	8.65***	0.888	0.417	No
s40	4.80	0.869	-0.632	0.353	13.72***	0.852	0.425	No
s41	5.36	0.617	-0.406	0.968	13.97***	0.666	0.636	No
s42	5.46	0.598	-0.730	-0.655	13.40***	0.774	0.665	No
s43	5.48	0.585	-0.745	0.212	12.25***	0.759	0.639	No
s44	5.26	0.725	-0.832	0.288	11.25***	0.514	0.627	No
s45	5.43	0.686	-1.570	1.058	14.92***	0.537	0.677	No
s46	5.34	0.619	-0.380	6.051	14.18***	0.479	0.722	Yes
s47	5.47	0.639	-1.187	-0.657	11.90***	0.596	0.604	No
s48	5.21	0.753	-1.138	2.605	12.10***	0.750	0.696	No
s49	5.19	0.749	-1.100	3.381	11.99***	0.761	0.713	No

s50	5.03	0.926	-1.273	3.383	7.88***	0.795	0.506	No
e51	5.59	0.564	-0.989	3.221	8.90***	0.875	0.481	No
e52	5.63	0.534	-1.017	-0.019	10.58***	0.847	0.550	No
e53	5.25	0.729	-0.952	-0.035	6.46***	0.549	0.445	No
e54	5.33	0.662	-0.563	1.527	9.67***	0.627	0.531	No
e55	5.40	0.598	-0.663	-0.289	11.52***	0.619	0.637	No
e56	5.10	0.786	-1.170	0.777	8.59***	0.731	0.489	No
e57	5.36	0.611	-0.615	3.326	11.33***	0.816	0.594	No
e58	5.43	0.693	-1.270	0.611	8.97***	0.623	0.437	No
e59	5.27	0.777	-1.629	2.390	10.83***	0.870	0.575	No
e60	5.20	0.765	-1.425	6.147	11.92***	0.816	0.635	No
e61	5.30	0.691	-1.543	4.861	11.82***	0.857	0.653	No
e62	4.55	1.303	-0.900	6.901	3.81***	0.841	0.164	Yes
e63	5.03	0.981	-1.101	0.329	5.16***	0.888	0.232	Yes
e64	5.05	0.971	-1.017	1.427	5.62***	0.864	0.295	Yes
e65	5.12	0.978	-1.646	0.858	5.33***	0.861	0.370	No
Full scale mean	5.26							
Fullscale standard deviation	0.39							
Full scale mean + 1.5SD	5.87							
Full scale mean - 1.5SD	4.68							

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

研究結果

一、受訪者基本資料分析

受訪者縣市別分別為彰化縣占 43.2%、臺中市占 40.2%、南投縣占 16.6%。性別為男性多於女性，男性占 62.2%、女性占 37.8%。平均年齡 50 歲，最低 24 歲、最高 81 歲，51-60 歲最多占 35.3%，其次是 41-50 歲占 27.4%、61 歲以上者占 17.8%。教育程度以大學(專)最多占 57.3%、其次是高中(職)占 27.8%、研究所及以上占 14.9%。任職部門以推廣部居多占 73.9%，理事長與總幹事分別各占 12.4%、13.7%。平均年資為 15.3 年，10 年以下者最多占 45.2%，其次為 11-20 年、21-30 年者分別占 24.1%、17%，31 年以上者僅占 13.7%。農會類型以鄉村型居多占 36.9%，都市型占 34.4%、混合型占 28.6%(表三)。近 4 年曾獲中央機關獎項之農會占 46.1%，較未曾獲獎者 (53.9%)少，其中以農金獎居多占 28.6%、綠色照顧獎占 20.7%、金推獎占 12%、十大產銷班占 6.6%。有參加農業社會責任相關訓練或研討會者占 73.9%，遠高於沒有參加者(26.1%)，其辦理方式包括農訓協會占 35.9%、參加其他政府機關或學校之教育訓練或研討會占 32.2%、農會邀請專家自辦之教育訓練占 30.5%、其他民間組織占 1.4%。推廣業務中有辦理過與農業社會責任相關之活動者(74.7%)，遠大於沒有辦理者(25.3%)，辦理活動之類型包括綠色照顧類 41.3%、其他協助社區服務與捐助占 34.7%、食農教育類占 14.9%、友善環境與農產品行銷類占 9.1%，多數偏向於推廣部門之家政或四健主辦之活動(表四)。

表三、受訪者基本背景分析

Table 3. The background of respondents

Items	Category	Frequency(N=241)	Percentage(%)
County	Taichung city	97	40.2
	Changhua county	104	43.2
	Nantou county	40	16.6
Gender	Male	150	62.2
	Female	91	37.8
Age	18-40 years old	47	19.5
	41-50 years old	66	27.4
	51-60 years old	85	35.3
	Above60 years old	43	17.8
Education	Senior high school	67	27.8
	University	138	57.3
	Research institute	36	14.9
Department	Chairman	30	12.4
	Director general	33	13.7
	Extension department	178	73.9

Seniority	Below 10 years	109	45.2
	11-20 years	58	24.1
	21-30 years	41	17.0
	Above 31 years	33	13.7
Farmer association type	Urban	83	34.4
	Hybrid	69	28.6
	Country style	89	36.9
Ever won an award	Yes	111	46.1
	No	130	53.9
Ever won awards (multiple choice)	Golden extension award	29	12.0
	Agricultural finance award	69	28.6
	Green care award	50	20.7
	Top ten production and marketing teams	16	6.6
	Others	1	0.4

表四、受訪者參加農業社會責任相關訓練、辦理活動之情形

Table 4. Condition of respondents participated in agricultural social responsibility-related training and handling activities

Items	Category	Frequency(N=241)	Percentage(%)
Participated in educational training or seminars related to agricultural social responsibility	Yes	178	73.9
	No	63	26.1
Educational training or seminars related to agricultural social responsibility (multiple choice)	Invite experts to conduct their own education and training	107	30.5
	Participate in educational training or seminars of other government agencies or schools	113	32.2
	Participate in educational training of national training institute for Farmers' organization	126	35.9
	Others	5	1.4
	Have handled activities related to agricultural social responsibility in the extension work	Yes	180
	No	61	25.3

Have handled activities related to agricultural social responsibility in the extension work(multiple choice)	Friendly environment and marketing of agricultural products	30	9.1
	Food and agriculture education	49	14.9
	Green care	136	41.3
	Others	114	34.7

三、結構方程模式分析

以效度綜合分析之 20 個次構面 57 個題項，採取結構方程模式(SEM)的統計方法，使用 AMOS 分析軟體進行相關變數的分析。結構方程模式分析採取兩階段進行，第一階段為測量模式分析，用以檢驗研究模式中的測量變數是否能正確的量測到研究構面，測量模式配適度可接受者，再進入第二階段之結構方程模式分析。根據 Anderson and Gerbing、Bagozzi and Yi 及 Gefen et al.的收斂效度分析、驗證性因素分析評估標準與模式配適度指標進行測量模式⁽⁷⁾。效度之評估需先檢定是否有違反估計之現象，測量模式中 20 個次構面標準化參數估計值介於 0.29-0.855 皆未大於 0.95 之標準，其 t 值介於 3.01-12.621 均大於 1.96 之標準(表五)，達顯著水準，其結果顯示未違反估計之現象。

表五、農業社會責任認同與態度量表模式參數估計

Table 5. Estimation of model parameters of agricultural social responsibility recognition and attitude scale

Parameter	Standard error	Standardized parameter estimates	t value
1-Rational fertilization ← Environment facet	0.095	0.677	9.919
2-Pesticide usage ← Environment facet	0.104	0.78	11.558
3-Expendable or consumable resources ← Environment facet	0.101	0.855	12.621
4-Land management ← Environment facet	0.102	0.57	8.498
5-Emission of greenhouse gases ← Environment facet	0.095	0.805	11.915
6-Acidification emissions ← Environment facet	0.085	0.844	12.465
7-Ecology and Biodiversity ← Environment facet	0.073	0.703	11.511
8-Soil quality ← Environment facet	0.092	0.808	11.948

1-Education	←	Societal facet	0.079	0.833	12.584
2-Working conditions	←	Societal facet	0.074	0.828	12.515
3-Contribution to employment	←	Societal facet	0.085	0.74	11.167
4-Quality of life	←	Societal facet	0.072	0.677	10.207
5-Local cohesion	←	Societal facet	0.069	0.802	12.116
6-Product and service quality	←	Societal facet	0.076	0.742	11.193
7-Animal welfare	←	Societal facet	0.065	0.717	11.412
1-Profitability	←	Economicl facet	0.303	0.704	4.126
2-Productive forces	←	Economicl facet	0.184	0.766	4.178
3-Solvency	←	Economicl facet	0.329	0.692	4.15
4-Multiple income	←	Economicl facet	0.36	0.546	3.917
5-Degree of subsidy dependence	←	Economicl facet	0.30	0.29	3.01

(一)收斂效度

本研究參考陳寬裕⁽⁷⁾之收斂度標準為因素負荷量大於 0.5，多元相關平方(Squared multiple correlations, SMC)值大於 0.2，組合信度(Combination reliability,CR)大於 0.6，平均變異數抽取量(Average variance extracted, AVE)之平方根大於 0.5。因此，各潛在變項的收斂效度分析結果整理於表六。本研究 3 個測量構面 20 個次構面因素負荷量除了經濟構面之補貼依賴程度小於 0.5，其餘均大於 0.5，表示 19 個次構面有足夠之信度。而各測量題項之多元相關平方值介於 0.299 至 0.731 之間，符合 Bentler and Wu 與 Joreskog and Sorbom 所建議的標準(SMC>0.2)。各構面的組合信度(CR)均高於 0.7，環境與社會構面平均變異數抽取量高於 0.5、經濟構面 0.465 接近於 0.5，顯示環境與社會構面具有收斂效度，經濟構面之補貼依賴程度可再修正題項內容。

表六、收斂效度檢定分析表

Table6. Convergent validity test summary analysis table

Item	Estimated parameters of MLE		SMC	CR	AVE
	Factor loadings	Measure error			
Environmental facet				0.89	0.578
1-Rational fertilization	0.667	0.555	0.445		
2-Pesticide usage	0.78	0.392	0.609		
3-Expendable or consumable resources	0.855	0.269	0.731		
4-Land management	0.57	0.675	0.325		
5-Emission of greenhouse gases	0.805	0.352	0.649		
6-Acidification emissions	0.844	0.288	0.712		
7-Ecology and Biodiversity	0.703	0.506	0.494		
8-Soil quality	0.808	0.347	0.652		
Societal facet				0.884	0.606
1-Education	0.833	0.306	0.693		
2-Working conditions	0.828	0.314	0.686		
3-Contribution to employment	0.74	0.452	0.547		
4-Quality of life	0.677	0.542	0.459		
5-Local cohesion	0.802	0.357	0.643		
6-Product and service quality	0.742	0.449	0.550		
7-Animal welfare	0.717	0.486	0.513		
Economic facet				0.774	0.465
1-Profitability	0.704	0.504	0.496		
2-Productive forces	0.766	0.413	0.587		
3-Solvency	0.692	0.521	0.479		
4-Multiple income	0.546	0.702	0.299		
5-Degree of subsidy dependence	0.29	0.916	0.084		

(二)區別效度

區別效度用於驗證兩個不同構面相關在統計上是否存在差異，在不同構面的題目應該不具有高度相關，區別效度以每一個構面平均變異數抽取量之平方根需大於成對構面間之相關值為佳。表七區別效度相關矩陣分析得知環境、社會及經濟構面之平均變異數抽取量之平方根值介於

0.682-0.778，社會構面之平均變異數抽取量之平方根高於經濟構面 (AVE=0.778 > 0.621)之間的相關係數，2 個構面間之測量題項具有區別，而環境構面之平均變異數抽取量之平方根(AVE=0.76 < 0.778)則未高於社會構面，兩者之題項尚有未足夠之區別效度，需再加以調整題項之設計。

表七、區別效度相關矩陣分析

Table 7. Correlation matrix analysis of discriminant validity

Facet	Number of items	Correlation coefficient		
		Environmental	Societal	Economic
Environmental	8	0.76		
Societal	7	0.783**	0.778	
Economic	5	0.551**	0.621**	0.682

The value on the diagonal represents the square root of the average variance extracted. ** $p < 0.01$.

(三)模型適配度

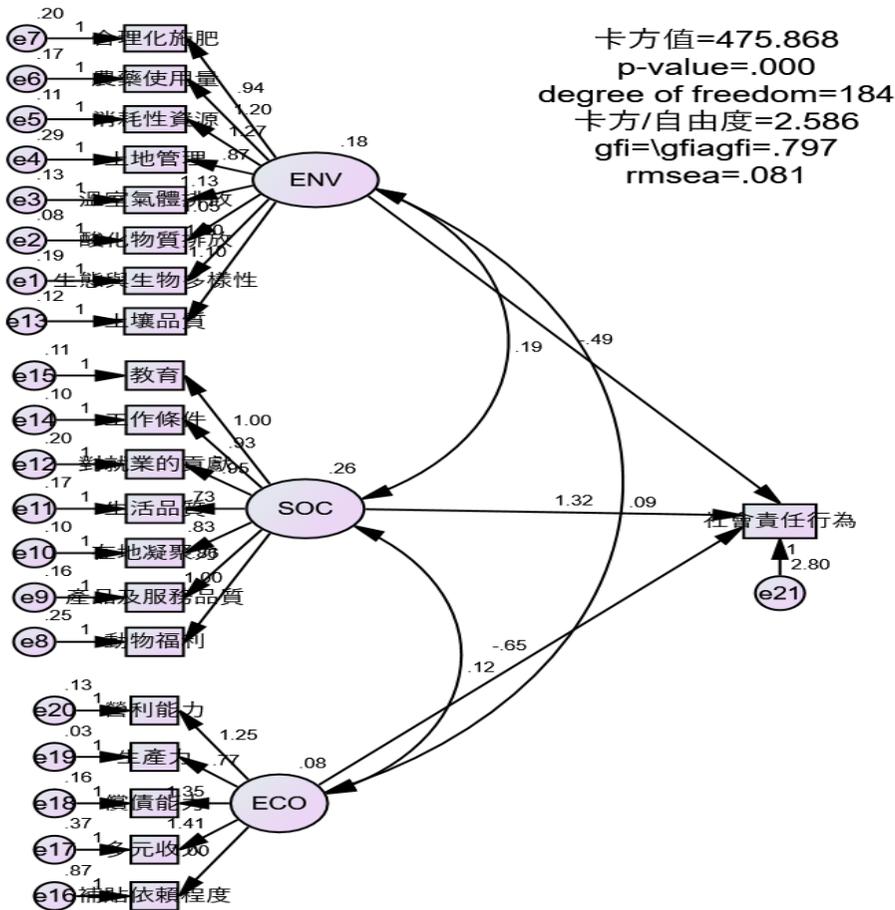
檢測模型適配度指標可分為絕對適配指標、增量適配指標及精/簡配適度等指標，本研究選取卡方統計量對自由度的比值、均方根誤差(Root mean square residual, RMR)、標準化均方根殘差值(Standardized RMR, SRMR)、平均概似平方誤根係數(Root mean square error of approximation, RMSEA)、卡方差指數(Normed fit index, NFI)、漸進適合度指數(Incremental-fit index, CFI)、增量擬合指數(Incremental fit index, IFI)、簡約擬合優度指數(Parsimony goodness of fit index, PGFI)等 8 項指標，針對模型進行適配度分析(表八)及圖一整體模型配適圖，結果呈現測量模式合乎適合度指標，包括： $\chi^2 = 475.87$ ， $\chi^2/df=2.59$ ($P > 0.0$)，均方根誤差(RMR)=0.03，標準化均方根殘差值(SRMR)=0.056，平均概似平方誤根係數(RMSEA)=0.08，較假設模型與獨立模型的卡方差指數(NFI)=0.85，漸進適合度指數(CFI)=0.9，增量擬合指數(IFI)=0.9，簡約擬合優度指數(PGFI)=0.67 皆達可接受的水準，顯示測量模式與研究資料的適配度良好。

表八、模型適配度彙整表

Table 8. Summary table of model fitness

Overall fit index	Standard value	Value	Test result
一、Absolute fit index			
Normal theory weighted least squares chi-square	The smaller the better	475.87	Meet the standard
chi-square/Degrees of freedom	<3	2.59*	Meet the standard
Root mean square residual(RMR)	<0.08	0.03*	Meet the standard
Standardized RMR(SRMR)	<0.08	0.056*	Meet the standard
Rootmean square error of approximation(RMSEA)	<0.08	0.08*	Meet the standard

二、Relative fitness index			
Normed fit index(NFI)	The bigger the better	0.85	Meet the standard
Comparative fit index(CFI)	>0.9	0.90*	Meet the standard
Incremental fit index(IFI)	>0.9	0.90*	Meet the standard
三、Simple fit indexparsimony goodness of fit index(PGFI)			
	>0.5	0.67*	Meet the standard



圖一、整體模型配適圖。
Fig.1. Structural Equation Modeling Path Diagram.

結論與建議

一、結論

- (一)受訪農會有參加農業社會責任相關訓練或研討會者，遠高於沒有參加者，其參加之辦理單位包括農訓協會 35.9%、其他政府機關或學校之教育訓練或研討會占 32.2%、農會邀請專家自辦之教育訓練占 30.5%及其他民間組織占 1.4%。理事長與總幹事均以參加農訓協會辦理之員工教育訓練為主，推廣部則以參加其他政府機關或學校之教育訓練或研討會居多。
- (二)推廣業務中有辦理過與農業社會責任相關之活動者，遠大於沒有辦理者，辦理活動之類型包括綠色照顧類 41.3%、其他協助社區服務與捐助占 34.7%、食農教育類占 14.9%、友善環境與農產品行銷類占 9.1%，多數偏向於推廣部門之家政或四健主辦之活動。
- (三)整體農業社會責任認同與態度量表有高信度，具可信任之內部一致性。刪除反向題項「v12.農民於耕地上興建農舍有利於耕作時方便居住」、「v19.資源過度開發會造成生物多樣性下降」及「v21.農民施用有機肥可幫助土壤微生物菌群的多樣性」，社會構面之題項「s33.農場要給僱工合理薪資，並不是只給最低薪資」、「s46.農場經營要考量產品價值的傳遞」，及經濟構面之題項「e62.依靠政府補助金(如天然災害救助、小型農機補助、免息貸款等)可增加農業多元化收入」、「e63.政府應提供綠色環境給付及友善環境補貼給農民」、「e64.政府提供農業補助項目，有助於持續投入農業」共計 8 題，保留 57 題，進行結構方程模式分析，整體測量模式與研究資料的適配度良好。

二、建議

- (一)受限於研究調查之時間與成本考量，本研究對象之範圍為中部地區各級農會理事長、總幹事及推廣部人員，有效樣本數僅有 241 份，由於臺灣各級農會有 302 個，建議後續研究者可與各區農業改良場合作，分區調查統整分析，擴增樣本數至農會其他部門員工、農民正會員及社區居民等其他利害關係人，以增加量表之外在效度，並獲致更多面向之結果。
- (二)結構方程模式實證結果，本研究量表具有很高的信度與研究模式適配度良好，顯示本量表可為農會農業社會責任之測量使用。有關未具效度之反向題項可修改為正向題型，例如：「v12.農民於耕地上興建農舍有利於耕作時方便居住」可修改為「農舍應供農業使用，以不影響農業生產環境與農村發展為原則」。環境構面與社會構面有部份題項尚未能有足夠之區別效度，可將語意相似之題項合併，如保留「51.農民有穩定的收入才能持續經營農場」，刪除「52.農民有穩定的利潤才能持續經營農場」。經濟構面之補貼依賴程度，可將題項「e64.政府提供農業補助項目，有助於持續投入農業」修改為「農場經營不應過度依賴政府補助」。
- (三)農業社會責任之行為意向多數偏向於推廣部門之家政或四健主辦之活動，農事主辦人員相對較少，農會可安排不同職務人員永續發展目標 SDGs 與農業社會責任之知識訓練，並標竿學習企業與非營利組織在社會責任之治理目標與社會責任報告書之擬定，引導管理階層應用永

續發展目標之精神治理農會，實踐自身農會之農業社會責任活動。透過公私部門串連相關活動，在環境議題輔導農民促進減碳生產方式，推廣農事生產使用低碳農機、減少農藥使用量、合理化施肥、有機質肥料改善地力，農業剩餘物質循環再利用，友善農耕、維護生態等。在社會議題協助農民改善工作條件與提升自我價值，辦理永續教育培訓與社區支持之綠色照顧與食農教育活動。在經濟面整合產銷班、青農聯誼會社群資源，協助農民取得土地、資金、市場行銷資源，以穩定其農業收入與利潤。

(四)未來對於農會或農民評量時，可設計農業社會責任行為意向之變項，採六點量表計分方法衡量，設計對應之變項與題項，例如：從事農業除了獲取經濟利益外從自身做起，或鼓勵週遭利害關係人一起善盡社會責任，以實證實踐農業社會責任之行為。

參考文獻

1. 方珍玲、藍麗琪 2020 從美國近期農業推廣體制探討台灣農業推廣人員能力之發展農業推廣文彙 65: 85-98。
2. 社企流 2015 社企力！社會企業=翻轉世界的變革力量。用量創業，做好事又能獲利！p.26-40 果力文化漫遊者事業股份有限公司出版臺北，臺灣。
3. 林正木 2022 花宜地區農民學院農業社會責任及課程發展之研究 111 年度農業推廣研討會台灣農業推廣學會主辦。
4. 林秀真 2016 台中市龍井區農會企業社會責任之研究 逢甲大學經營管理碩士在職專班碩士論文。
5. 胡忠一 2014 臺灣農會發展史 檔案季刊 13(1): 20-33。
6. 高昱龍 2021 企業社會責任與臺灣農會關係之初探 臺灣大學生物資源暨農學院農業經濟學研究所碩士論文。
7. 陳寬裕、王正華 2022 論文統計分析實務：SPSS 與 AMOS 的運用 p.499-781 五南圖書出版股份有限公司出版 屏東，臺灣。
8. 曹昌文 2017 優雅轉身，展現農會綜合發展 農政與農情 305: 6-11。
9. 孫智儷 2018 我國農業社會企業發展的影響與價值創造 農業生技產業季刊 53: 21-29。
10. 張東海 2016 人力資本及區域型態對台灣地區農會薪資之影響 南華大學財務金融學系財務管理碩士論文。
11. 劉芳梅、洪忠修 2017 社會企業整合性觀點在基層農會多元發展之意涵 農政與農情 300: 67-71。
12. 劉力嘉、陳明賢 2015 農村社區產業導入社會企業的新作為 農政與農情 273: 9-12。
13. 盧永祥、李佳珍 2016 基層農會的技術效率與總幹事特質之研究 調查研究 36: 44-86。
14. 蕭景楷 2020 社會企業在社區的發展機會和挑戰(上) 農政與農情 342: 42-45。

15. 蕭景楷 2021 社會企業在社區的發展機會和挑戰(下) 農政與農情 343: 56-62。
16. Diazabakana, A., L.Latruffe, C.Bockstaller, Y.Desjeux, J.Finn, E.Kelly, M. Ryan, andS.Uthes. 2014. A review of farm level indicators of sustainability with a focus on CAP and FADN, nINRA: Rennes, France.
17. Thia, H.,C. Buckley, E. Dillon,T. Donnellan, K. Hanrahan, B. Moran, and M. Ryan.2013. Measuring farm level sustainability with the Teagasc national farm survey p.1-27. Agricultural Economics & Farm Surveys Department Rural Economy and Development Programme TeagascAthenry, Co. Galway.

Confirmatory Factor Analysis of Agricultural Social Responsibility Identity and Attitude Scale of Farmers Association-Taking the Members in Central Taiwan¹

Shih-Fang Chen² and Pei-Jen Chen²

ABSTRACT

The purpose of this research is to construct a stable and objective agricultural social responsibility identity and attitude scale, and to analyze the reliability and validity of the scale with confirmatory factors, to provide farmers' associations with self-testing, and to assist farmers with their organizational influence as members of farmers' associations. The reference of agriculture-related counseling is through literature review and research workshop discussion. This research constructed an evaluation scale for assessment of consent attitude on agricultural responsibility. The indicators of the scale encompass three main facets including environmental, societal, and economic; and further divided into 20 sub-facets and 65 items. With the constructed evaluation scale, we conducted a questionnaire survey on members of Farmers' Association in Taichung area. The reliability and validity of the evaluation scale was analyzed based on 241 returned valid questionnaires. For reliability, the Cronbach α coefficient was used to test the degree of internal consistency of the scale. For construct validity, the confirmatory factor analysis of the structural equation model was applied to verify the model fit of the scale. The results showed that the scale has very high reliability and good research model fit when 7 items in the scale are deleted to retain the rest 57 ones including 21 items on the environmental facets, 24 items on the social facets and 12 items on the economic facets. Therefore, the constructed scale provides a suitable tool for assessment of consent attitude on agricultural social responsibility.

Keywords: Farmers' association, Agricultural social responsibility, Factor analysis

¹Contribution No.1070 from Taichung DARES, COA.

²Associate Researcher, Assistant Researcher of Taichung DARES, COA.

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農業部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之智慧財產權。
- 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，則加短點，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: Harts, 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 土壤水 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. Y. Yang

Editorial Board

C. H. Hsiao

C. J. Wang

K. F. Pai

Y. H. Chen

Y. S. Tien

J. L. Yang

W. L. Chen

C.W. Chen

C. M. Wu

B. Y. Tsai

書名：農業部臺中區農業改良場研究彙報(第 160 期)

出版機關：農業部臺中區農業改良場

通訊處：彰化縣大村鄉田洋村松槐路 370 號

網址：<https://www.tcdares.gov.tw/>

電話：04-8523101-7

發行人：楊宏瑛

編輯委員：蕭政弘(總編輯)、王照仁(副總編輯)

白桂芳、陳裕星、田雲生、楊嘉凌、陳葦玲、陳俊位、吳建銘、蔡本原

出版年月：112 年 9 月

定價：新臺幣 100 元整

展售處：農業部臺中區農業改良場

展售書局：1.五南文化廣場臺中總店／400 臺中市臺灣大道 2 段 85 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

不同泥炭介質中表面施用羽毛堆肥對洋香瓜生產
之影響

Influence of Feather Compost Surface Covering on
Different Peat-based Media on Muskmelon Production

曾宥紘、許明傑

You-Hong Zeng and Ming-Chich Hsu

抽印自臺中區農業改良場研究彙報 160: 1-10 (2023)

農業部臺中區農業改良場

薑黃及薏仁對高脂高膽固醇飲食模式小鼠血液及
肝臟脂質之影響

Effects of turmeric (*Curcuma longa*) and Job's tears
(*Coix lacryma-jobi*) on Serum and Hepatic Lipid Profiles
in Mice Fed with a High-fat-high-cholesterol Diet

陳裕星、唐愷良、邱韋中、謝瑞裕、黃琤

Yu-Hsin Chen, Kai-Liang Tang, Wei-Chung Chiou, Ruey-Yu Hsieh,
Cheng Huang

抽印自臺中區農業改良場研究彙報 160: 11-28 (2023)

農業部臺中區農業改良場

稻麥輪作系統之節水效益與收益評估
Evaluation of Water-Saving and Revenue in Rice-Wheat
Rotation System

楊金英、林訓仕
Jin-Ying Yang and Hsun-Shih Lin

抽印自臺中區農業改良場研究彙報 160: 29-37 (2023)
農業部臺中區農業改良場

不同品種白米經單軸擠壓之成品分析
The Study on the Product of Rice with Different Variety
by Using Single-screw Extruder

陳依純、蘇致柔
Yi-Chun Chen and Chih-Jou Su

抽印自臺中區農業改良場研究彙報 160: 39-49 (2023)
農業部臺中區農業改良場

青花菜光合作用特性與最適氮肥施用量探討
Investigation on the Characteristics of Photosynthesis and
Optimal Nitrogen Fertilization Quantity for Broccoli

沈峻榮、陳葦玲
Chun-Jung Shen and Wei-Ling Chen

抽印自臺中區農業改良場研究彙報 160: 51-74 (2023)
農業部臺中區農業改良場

農會農業社會責任認同態度量表之驗證性因素分析-
以中部地區農會人員為例

Confirmatory Factor Analysis of Agricultural Social
Responsibility Identity and Attitude Scale of Farmers
Association-Taking the Members in Central Taiwan

陳世芳、陳蓓真

Shih-Fang Chen and Pei-Jen Chen

抽印自臺中區農業改良場研究彙報 160: 75-96 (2023)

農業部臺中區農業改良場