

ISSN : 1015-5864

行政院農業委員會高雄區農業改良場



# 研究彙報

第 28 卷 第 1 期

中華民國 106 年 6 月

## 目 錄

### 研究報告

1. 手持式靜電噴霧器應用性之探討  
..... 陳正恩、曾敏南 ..... 1
2. 油芒種原(選系)的性狀評估  
..... 劉敏莉、鍾沛丞、徐子富、蔡元卿、邢禹依、周國隆 ..... 15

### 專題論述

3. 高溫對水稻品質之影響  
..... 張芳瑜、胡智傑、謝嘉如、吳志文 ..... 23

行 政 院  
農 業 委 員 會 高雄區農業改良場 編 印

屏東縣長治鄉德和村德和路 2-6 號



ISSN : 1015-5864

RESEARCH BULLETIN OF KAOHSIUNG  
DISTRICT AGRICULTURAL RESEARCH  
AND EXTENSION STATION

Vol.28, No.1

June. 2017

## Contents

1. Investigation of the applicability of hand-held pesticide electrostatic sprayer ..... Cheng-En Chen and Min-Nan Tseng ..... 14
2. Character evaluation of oil millet germplasm  
Min-Li Liu *et al.*, Pei-Chen Chun, Ze-Fu Shu, Yuan-Ching Tsai, Yue-Ie Hsing and Kuo-Lung Chou ..... 22
3. The effect of high temperature on rice quality  
..... Fang-Yu Chang, Chi-Chieh Hu, Chia-Ju Hsieh and Chih-Wen Wu ..... 30

---

**Published by**

**Kaohsiung District Agricultural Research and Extension Station**

**2-6, Dehe Rd., Dehe Village, Changjhih Township,  
Pingtung County 90846, Taiwan (R.O.C.)**

## 手持式靜電噴霧器應用性之探討

陳正恩、曾敏南<sup>1</sup>

### 摘要

手持式靜電噴霧器為近年來被引進之機具，可使被噴出的霧滴帶有負電荷，而提升霧滴對目標作物的覆蓋性，適於各式瓜菜類作物及果樹栽培時使用。本研究在匍匐式栽培的香瓜上探討此類機具在設施內對瓜類葉片藥液覆蓋率與病蟲害防治效果，及降低農藥使用量的應用成效，試驗結果顯示靜電噴霧器應用在匍匐式生長作物上，對降低藥液飄散及提升藥液在植株葉下表面的覆蓋度具明顯成效。以直立式栽培的小胡瓜為試驗對象，則發現應用靜電噴霧器時，藥液在攀附式作物上穿透力較佳，可提升非施藥側的藥液覆蓋度；且在減少農藥有效成分的情況下，達到不亞於使用傳統噴霧器的防治效率。進一步將靜電噴霧器應用於安全資材 800 倍亞磷酸混合 200 倍窄域油的施用，在小胡瓜白粉病防治上，可提升防治率；而應用於小胡瓜粉蝨防治時，其效果與傳統噴霧器無明顯差異。此外應用靜電噴霧器施用台肥 43 號即溶複合肥料，對甘藍葉球重量有提升效果，於 107 年春作及 107 年秋作進行調查，應用靜電噴霧器時平均葉球重分別為 1,098 及 1,328 公克，應用傳統噴霧器平均則分別為 797 及 978 公克。由上述結果顯示靜電噴霧器在提升農藥及肥料覆蓋性具有應用潛力。

關鍵語：靜電噴霧器、農藥減量、病蟲害防治、肥料

### 前言

我國地處熱帶及亞熱帶地區，病蟲害種類繁多，農藥的施用為病蟲害防治上常見且快速之策略，如何安全且有效率的利用農藥，為必須重視和探討的議題，且因應臺灣農業社會仍持續面臨缺工以及食品安全需求，化學防治應用時除顧及防治效率外，應考慮操作方便性及產品安全性，以創造生產者及消費者雙贏局面。為達到有效防治、操作便利及精簡用藥，良好施藥機具的選擇及利用為一可精進和推廣的方向，隨著時代和科技進步，陸續有標榜抗飄移性或增加覆蓋性的噴霧器問世，例如限制噴霧飄移的噴嘴於 1996 年在法國問世，製造廠商聲稱，該噴嘴抗飄移性優越，乃歸因於其能產生較大的霧粒<sup>(5)</sup>。臺東區農業改良場曾研發果園鼓風式靜電噴霧車，將靜電裝置搭載於鼓風噴霧車，使噴灑的藥液霧滴帶負電，增加藥液附著度，於番荔枝果園試驗，結果顯示靜電噴霧車在葉面及葉背皆可提高 5% 以上的藥液附著量<sup>(2)</sup>，可見靜電裝置在提升藥液覆蓋性上應具有潛力。靜電噴霧器的應用，在無人

<sup>1</sup>高雄區農業改良場助理研究員及副研究員兼課長

噴藥飛行載具上也有進行測試，不過由於無人飛行載具受到天候條件、機械複雜度高以及靜電場會干擾 GPS 訊號等因素限制，可應用的層面尚有限。相較之下應用手持式靜電噴霧器時環境條件較易掌握，透過對不同病蟲害防治成效確認，為靜電噴霧器推廣應用上可進一步試驗的方向。本研究透過商品化靜電噴霧器的應用，評估其在設施栽培時對防治成效、操作便利性、精簡用藥及提升肥料功效的助益，期能進一步推廣應用層面並提供農友理想的操作模式。

## 材料與方法

### 一、應用靜電噴霧器於病蟲害防治

#### (一) 試驗所用噴施器材

使用 20 公升之背負式電動噴霧機(環境王 LS-518，陸雄機械工業股份有限公司)進行施藥。傳統噴霧所用噴嘴為 5 孔內牙彎嘴(噴蓋孔徑 1.0mm，新得祥機械工業廠，臺灣)；靜電噴霧則使用 ASABA 靜電噴槍(ES1210-LT, ASABA Manufacturing, Japan)，施用流速固定調整為 1.8 公升/分鐘。

#### (二) 靜電噴霧器應用於匍匐式栽培香瓜之病害防治效果評估

於高雄市阿蓮區設施網室進行，田區試驗規劃如圖 1，每一處理區長度 15 公尺，寬度 8.7 公尺，各處理組 22 株香瓜(薄皮甜瓜)採匍匐式栽培。106 年 7 月 5 日定植，施用藥劑為 30%賽福座可濕性粉劑(台灣奄原農藥股份有限公司，臺灣)防治白粉病，及 9.4%賽座滅水懸劑(亞中實業股份有限公司，臺灣)防治露菌病，7 月 12 日、7 月 20 日、7 月 27 日、8 月 9 日各施藥 1 次，共 4 次，並於最後一次施用後 7 天調查罹病度並計算防治率。施藥時於施藥區及保護行放置水試紙(TeeJet water sensitive paper (26×76mm), Spraying Systems Co., USA)，用以檢視藥液於施藥區之葉上、下表面覆蓋情形，另調查未施藥保護行受藥液飄散影響情形，覆蓋率分級參考水試紙廠商提供資料如圖 2。每次施藥時，以風扇式電子風速計(Lutron AM-4206，路昌電子企業股份有限公司，臺灣)量測試驗期間風溫及風速。

#### (三) 靜電噴霧器應用於直立式栽培小胡瓜之病蟲害防治效果評估

##### 1.化學藥劑防治病害：

於高雄區農業改良場試驗溫室進行，田區規劃如圖 3，每一處理區長度 13 公尺，寬度 1 公尺，以對稱且直立的方式種植小胡瓜(河童盛夏 11 號)，每區 34 株，106 年 9 月 15 日定植，施藥時以賽福座 30%可濕性粉劑防治白粉病，賽座滅 9.4%水懸劑防治露菌病，以傳統噴霧器施藥時，藥劑稀釋 3,000

倍，水量 6 公升，以靜電噴霧器施藥時，降低藥劑使用量，藥劑稀釋達 5,000 倍，水量 6 公升，以評估藥劑減量下，是否可應用靜電噴霧器達到相同理想的防治成效。10 月 24 日、10 月 30 日、11 月 6 日各施藥 1 次，共 3 次，施藥時於施作區之非施藥側及未施藥對照區放置水試紙檢測藥液於葉上、下表面覆蓋情形，用以評估不同施藥方法在穿透度上之差異。

P 1	A1 傳統噴霧	P 2	B1 傳統噴霧	P 3	C1 傳統噴霧	P 4	D1 傳統噴霧	P 5	P 11	E2 靜電噴霧	P 12	F2 靜電噴霧	P 13	G2 靜電噴霧	P 14	H2 靜電噴霧
P 6	E1 靜電噴霧	P 7	F1 靜電噴霧	P 8	G1 靜電噴霧	P 9	H1 靜電噴霧	P 10	P 15	A2 傳統噴霧	P 16	B2 傳統噴霧	P 17	C2 傳統噴霧	P 18	D2 傳統噴霧

P: 保護行

圖 1、靜電噴霧器應用於匍匐式栽培香瓜試驗田區規劃圖

Fig.1. Experimental field layout of electrostatic sprayer applied on creeping growth melon

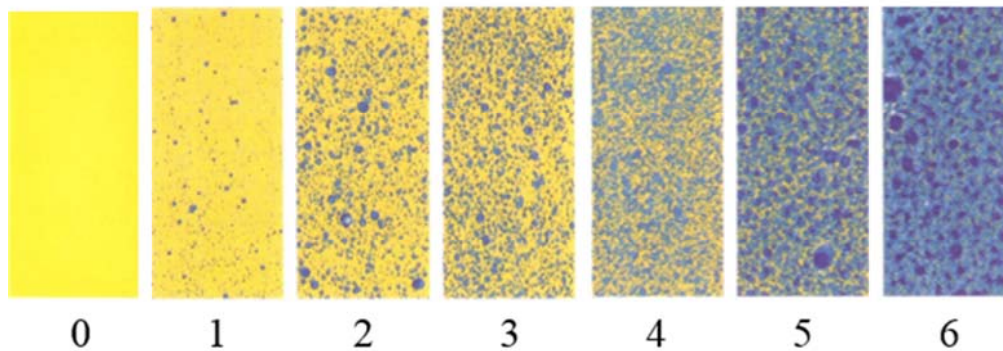


圖 2、水試紙檢測分級圖

Fig.2. Grading map of water test paper

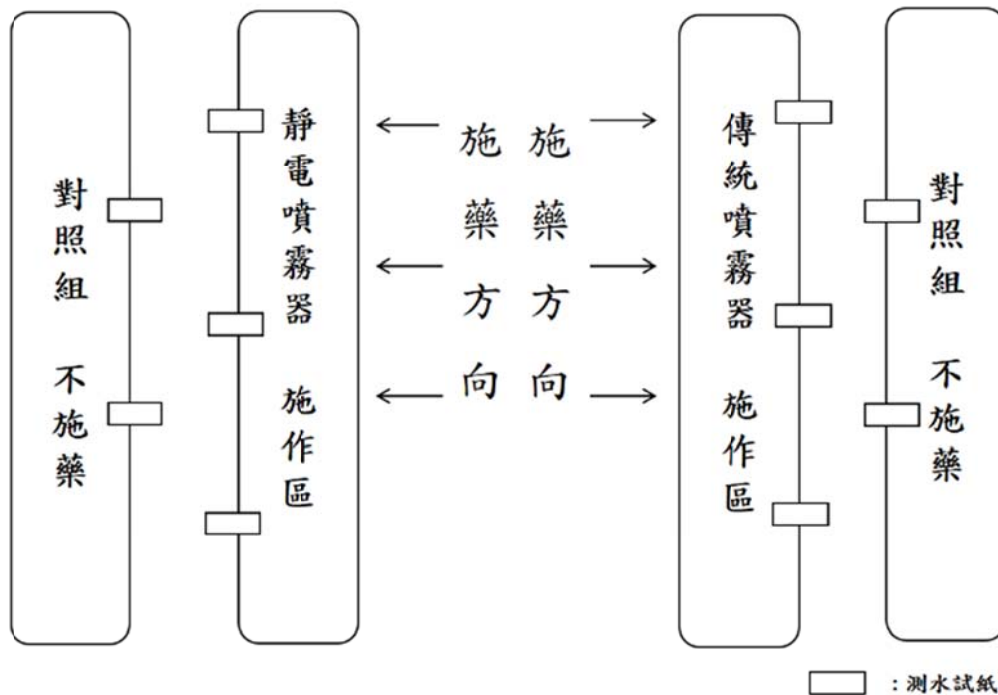


圖 3、靜電噴霧器應用於直立式栽培小胡瓜試驗田區規劃圖

Fig.3. Experimental field layout of electrostatic sprayer applied on vertical growth cucumber

2.安全資材防治病害：

於高雄區農業改良場試驗溫室進行試驗，設置傳統噴霧區、靜電噴霧區及未施藥對照區，每一處理區長度 13 公尺，寬度 1 公尺，以對稱且直立方式栽培小胡瓜(河童盛夏 11 號)，每區 34 株，107 年 3 月 1 日定植，於白粉病發生初期，施用 800 倍中性亞磷酸混和 200 倍窄域油進行防治，4 月 17 日及 4 月 24 日各施藥一次，共施用 2 次，

3.防治小型害蟲粉蝨

試驗於高雄區農業改良場試驗溫室進行，設置傳統噴霧區、靜電噴霧區及未施藥對照區，每一處理區長度 13 公尺，寬度 1 公尺，以對稱且直立方式栽培小胡瓜(河童盛夏 6 號)，每區 34 株，107 年 6 月 14 日定植。定植後在每區前、中、後各掛設一黃色黏蟲紙(農總黏 15x44cm，嘉和農業資材有限公司，臺灣)，間隔約 6.5 公尺，每區掛設三張，進行粉蝨族群監測，每週調查一次至試驗結束。於蟲害發生初期開始用藥，7 月 2 日、7 月 9 日及 7 月 16 日施用品達胺 18.2%水懸劑(台灣瑪斯德股份有限公司，臺灣)3,000 倍，7 月 23 日

施用亞滅培(億豐農化廠股份有限公司, 臺灣)20%水溶性粉劑4,000倍, 7月31日、8月7日及8月15日已屆採收期, 施用菸草浸出液50倍, 菸草浸出液製備方法為菸草粕(金農友企業股份有限公司, 臺灣)與水以1:50比例浸泡隔夜後, 以40目之紗網濾去雜質後使用。

#### (四) 病害罹病度調查及防治率計算

##### 1. 露菌病：

最後一次施用防治資材7天後進行調查, 每處理隨機調查10株, 每植株調查2藤蔓, 每藤蔓調查10葉片, 依葉片罹病比例分級, 未發病0級, 罹病比例0-10%為1級, 10-30%為2級, 31-50%為3級, 50-100%為4級。罹病度(%) =  $\sum(\text{罹病級數} \times \text{該級數罹病葉片數}) / (4 \times \text{總調查葉片數}) \times 100$ 。

##### 2. 白粉病：

最後一次施用防治資材7天後進行調查, 每處理隨機調查10植株, 每植株調查10葉片之發病級數, 發病級數分級為, 未發病0級, 病斑面積0-25%為1級, 病斑面積25-50%為2級, 病斑面積50-75%為3級, 病斑面積75-100%為4級。罹病度(%) =  $\sum(\text{罹病級數} \times \text{該級數罹病葉片數}) / (4 \times \text{總調查葉片數}) \times 100$ 。病害防治率計算方式為防治率(%) =  $[1 - (\text{處理組罹病度} / \text{對照組罹病度})] \times 100$ 。

#### (五) 害蟲防治率計算

害蟲防治率計算方式為防治率(%) =  $[1 - (\text{施藥後處理區蟲數} \times \text{施藥前對照區蟲數}) / (\text{施藥前處理區蟲數} \times \text{施藥後對照區蟲數})] \times 100^{(1)}$ 。

#### 二、應用靜電噴霧器於水溶性肥料施用

於高雄區農業改良場試驗溫室進行, 設置傳統噴霧區及靜電噴霧區, 每一處理區長度13公尺, 寬度1公尺, 每區種植25株甘藍, 品種為初秋。作物定植前未使用基肥, 栽培期施用肥料為台肥43號即溶複合肥(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-MgO:15-15-15-4)1,000倍。107年春作於3月1日定植, 3月27日施用第一次肥料, 每隔15日施用一次, 共施用三次, 每次每處理施用5公升, 均勻噴布至全株葉面濕潤, 定植後78天採收調查。秋作於10月31日定植, 11月20日施用第一次肥料, 每隔15日施用一次, 共施用四次, 定植後75天採收調查。各處理組之25株甘藍分別秤重後, 選取重量最重之5株, 進一步調查地上部總重、葉球重、球縱徑、球橫徑、中心柱長度和外葉數, 另計算球重比(葉球重/地上部總重)、球型指數(球縱徑/球橫徑)和中心柱長度比(中心柱長度/球縱徑×100%)<sup>(4)</sup>。

## 結果與討論

### 一、應用靜電噴霧器於病蟲害防治

#### (一) 靜電噴霧器應用於匍匐式栽培香瓜之病害防治效果評估

分別以傳統及靜電噴霧器進行施藥，並以水試紙檢測藥液在葉上下表面覆蓋度，首次施藥調查時(106年7月12日)，各處理的葉上下表面覆蓋度均為6.0級，此時植株幼小(4-8片葉)，藥液容易淋洗覆蓋。第二次施藥調查時(7月20日)，使用傳統及靜電噴霧器，葉上表覆蓋度皆為6.0級，葉下表覆蓋度則分別為1.5級及2.5級，此時植株約12-22片葉，靜電噴霧器可提升藥液在葉下表面的覆蓋度。第三次施藥調查時(7月27日)，使用傳統及靜電噴霧器，葉上表覆蓋度皆為6.0級，葉下表覆蓋度則皆為1.6級(表1)，此時植株生長勢旺盛，葉片及各植株間相互交疊，藥液接觸葉下表面機會降低，因此靜電噴霧器對提升藥液在葉下表面覆蓋效果不明顯。水試紙亦放置於各處理組間的保護行，比較使用傳統及靜電噴霧器時藥液飄散情形。使用傳統噴霧器，於保護行之藥液覆蓋度(飄散度)，三次調查依序為1.3級、1.1級及1.9級；使用靜電噴霧器則依序為0.6級、0.4級及1.1級(表2)。每次施藥時皆進行風速監測，因位處設施內，所測得最高風速僅有1.85 m/s；故推斷靜電噴霧器應用於匍匐式栽培作物時，於較低風速下，對減少藥液飄散具成效。然而調查結果也顯示，靜電噴霧器尚無法完全抑制藥液飄散，且隨著匍匐式作物向外生長，施藥時噴施範圍越靠近保護行，藥液飄散情形仍逐漸明顯。

表1、匍匐式栽培香瓜葉下表面藥液覆蓋度調查

Table 1. Investigation of water coverage on the leaf lower surface of creeping growth melon

date	sprayer	test area								
2017.7.12.	traditional	A1	B1	C1	D1	A2	B2	C2	D2	avg.
		6	6	6	6	6	6	6	6	6.0
	electrostatic	E1	F1	G1	H1	E2	F2	G2	H2	avg.
		6	6	6	6	6	6	6	6	6.0
2017.7.20	traditional	A1	B1	C1	D1	A2	B2	C2	D2	avg.
		1	1	2	2	1	2	2	1	1.5
	electrostatic	E1	F1	G1	H1	E2	F2	G2	H2	avg.
		1	2	4	3	1	3	3	3	2.5
2017.7.27	traditional	A1	B1	C1	D1	A2	B2	C2	D2	avg.
		1	2	2	1	1	1	2	3	1.6
	electrostatic	E1	F1	G1	H1	E2	F2	G2	H2	avg.
		1	1	3	3	1	1	1	2	1.6

表 2、匍匐式栽培香瓜藥液飄散情形調查

Table 2. Investigation of spray drift on protection lines of creeping growth melon

date	sprayer	test area									
2017.7.12.	traditional	P1	P2	P3	P4	P5	P15	P16	P17	P18	avg.
		1	1	1	2	1	1	2	2	1	1.3
	electrostatic	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	avg.
		0	0	0	1	0	1	0	1	2	0.6
2017.7.20	traditional	P1	P2	P3	P4	P5	P15	P16	P17	P18	avg.
		0	2	1	2	1	1	1	1	1	1.1
	electrostatic	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	avg.
		0	1	0	1	1	0	1	0	0	0.4
2017.7.27	traditional	P1	P2	P3	P4	P5	P15	P16	P17	P18	avg.
		1	3	2	2	2	2	1	3	1	1.9
	electrostatic	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	avg.
		0	3	1	1	1	1	1	1	1	1.1

此次試驗期間的病害調查，白粉病於試驗期間並未發生，露菌病在各處理組的罹病度皆為 4%以下，應與夏季設施內溫度過高，不利白粉病及露菌病發生有關。各次施藥時溫度監測資料顯示，曾於 7 月 27 日測得風溫高達攝氏 46.7 度，其餘各次測量設施內風溫也都達攝氏 35 度以上。因病害發生輕微，導致傳統及靜電噴霧處理組在病害防治上無明顯差異，然施藥覆蓋度調查結果顯示，靜電噴霧器對葉下表覆蓋度提升尚具成效，推估對提升病害防治效果仍具潛力。

## (二) 靜電噴霧器應用於直立式栽培小胡瓜之病蟲害防治效果評估

分別以傳統及靜電噴霧器在對稱且直立式栽培之小胡瓜單側進行施藥，並以水試紙檢測非施藥側的藥液覆蓋情形。三次施藥調查的結果顯示，使用傳統噴霧器，非施藥側葉上表平均覆蓋度 2.7 級，葉下表平均 2.3 級；使用靜電噴霧器，非施藥側葉上表平均 5.0 級，葉下表平均 3.7 級 (表 3)，顯示應用靜電噴霧器時，藥液穿透並覆蓋至非施藥側之效果較佳，在施藥操作上或有省工的潛力。然而作物在直立式栽培情形下，施藥時噴施高度較高，應用傳統或靜電噴霧器，藥液飄散至保護行(未施藥對照組)情況皆嚴重，應用靜電噴霧器亦無法有效減少藥液飄散情形。農藥飄散造成的臨田汙染，甚至汙染水源或住宅區等，是一持續被關注的議題，經由農業機械的改良或許可改善

此問題。例如，在噴頭上裝設雙弧薄板屏蔽遮罩、氣輔式噴霧設備、靜電噴霧器及感應式智慧型噴霧裝置等為已研發出的機械設備，然而包含風速、霧滴大小、霧滴速度、噴施高度、溫度和相對濕度等因子皆會影響農藥飄散<sup>(3,6)</sup>。靜電噴霧器的應用在溫室等相對穩定的環境且配合較低的噴施高度時，雖具有抑制飄散效果，然而當應用在直立式栽培小胡瓜，噴施高度較高時，則無法有效降低藥液飄散情形。若欲將靜電噴霧器應用於減少農藥飄散，有待進一步在不同作物、施用方法和環境中進行試驗和評估。

表 3、直立式栽培小胡瓜非施藥側藥液覆蓋度調查

Table 3. Investigation of water coverage on the non-application side leaf of vertical growth cucumber

sprayer	coverage	2017.10.24	2017.10.30	2017.11.6	avg.
traditional	upper surface	3	3	2	2.7
	lower surface	5	1	1	2.3
electrostatic	upper surface	6	5	4	5.0
	lower surface	6	2	3	3.7

本次試驗期間白粉病為主要發生病害，經應用傳統及靜電噴霧器進行施藥，於施藥側之病害防治率分別為 75%及 68%，在非施藥側則分別為 41%及 54%，防治成效差異不明顯。然而本試驗中以傳統噴霧器施藥時，藥劑使用建議稀釋倍數 3,000 倍，以靜電噴霧器施用相同藥劑時，稀釋倍數則為 5,000 倍，且兩處理組施用之水量相同，顯示靜電噴霧器在降低藥劑有效成分時，仍與傳統噴霧器施用建議稀釋倍數之防治成效相當，應用上具有降低藥劑使用量之潛力。靜電噴霧器之原理係透過讓施用的藥液帶負電，增加藥液於植物組織的附著度，為確認施用後是否增加農藥殘留風險，於最後一次施藥之安全採收期後，採樣進行多重農藥殘留檢驗，經化學檢驗法確認，施用藥劑皆無殘留超標之情形。

為增加靜電噴霧器的應用範圍，107 年春季時於直立式栽培之小胡瓜試驗田區，應用靜電噴霧器施用安全資材(800 倍亞磷酸混和 200 倍窄域油)，並調查其對白粉病防治成效。使用傳統噴霧器進行防治時，白粉病罹病度為 17%，防治率為 55%；應用靜電噴霧器時，病害罹病度為 0%，防治率達 100%。本次試驗以靜電噴霧器施用安全資材對白粉病防治成效理想，且優於傳統噴霧器，顯示靜電噴霧器在安全資材之施用上亦有提升防治成效的潛力；然本次試驗中不施藥對照組的罹病度僅達 38%，於白粉病發生較嚴重時是否仍具有如此理想的防治成效，未來可進一步探討。

此外也探討試驗靜電噴霧器於蟲害防治的應用性，以小胡瓜栽培過程中常發生的小型害蟲粉蝨為防治試驗對象，於蟲害發生初期開始施藥，並持續調查粉蝨數量如表 4。連續施用益達胺 18.2%水懸劑三次後，各處理組的粉蝨族群密度無法有效控制，不施藥對照組粉蝨量達 438 隻，傳統及靜電噴霧器施藥組分別達 554 隻及 560 隻，防治率則分別為 36%及 41%，除防治成效不甚理想外，靜電噴霧器亦無法明顯提升害蟲防治率。第四次施用亞滅培 20%水溶性粉劑，粉蝨族群在施藥處理後一週調查呈現下降趨勢，傳統及靜電噴霧器施藥組的防治率分別達 57%及 76%，以靜電噴霧施藥組之防治率較理想。進入採收期後採用菸草浸出液進行防治，粉蝨族群呈現起伏不定現象，施用菸草浸出液三次後，對照組、傳統及靜電噴霧施藥組的粉蝨數量分別為 361 隻、127 隻及 136 隻，傳統及靜電噴霧施藥組的防治率分別為 82%及 83%，無明顯差異。本次粉蝨防治試驗中，於連續施用益達胺三次及亞滅培一次後，粉蝨族群數量才開始出現下降趨勢，第四次施藥後一週調查，靜電噴霧施藥組的防治率達 76%，明顯較傳統噴霧施藥組的防治率 57%理想；然而於採收期開始施用菸草浸出液後，傳統及靜電噴霧施藥組雖都維持 7 成以上防治率，但最後一次施藥後一週之調查結果顯示，傳統及靜電噴霧施藥組之間，對小胡瓜之粉蝨防治成效差異並不明顯。由於本次試驗結果顯示，應用靜電噴霧器對於提升小型害蟲防治成效上較不穩定，未來可進一步在更多作物、害物、資材及農藥劑型種類上進行試驗，以推廣其應用層面。

表 4、不同噴霧器應用於小胡瓜害蟲防治之粉蝨數量調查及防治率

Table 4. The number of whitefly and control rate of pest in different sprayer applications

date	control group	sprayer	
		traditional	electrostatic
2018.07.02	77 <sup>a</sup>	152	168
2018.07.09	100	151 (24%) <sup>b</sup>	140 (36%)
2018.07.16	256	357 (29%)	234 (58%)
2018.07.23	438	554 (36%)	560 (41%)
2018.07.31	478	404 (57%)	248 (76%)
2018.08.07	1444	778 (73%)	656 (79%)
2018.08.15	1141	487 (78%)	261 (90%)
2018.08.21	361	127 (82%)	136 (83%)

<sup>a</sup> Three yellow sticky traps were set in each treatment, the sticky traps were inspected once a week, the average number of insects in three traps was taken.

<sup>b</sup> The control rate of pest is shown in the parentheses.

## 二、應用靜電噴霧器於水溶性肥料施用

分別應用傳統及靜電噴霧器於甘藍上施用台肥 43 號即溶複合肥，各處理組甘藍生長情形皆良好，外觀型態無明顯差異(圖 4)，進一步進行性狀調查及統計，結果顯示在施用相同肥料量時，應用靜電噴霧器可提升甘藍重量，春作時使用靜電噴霧器的甘藍地上部總重平均為 2,216 公克，高於傳統噴霧處理的 1,768 公克，靜電噴霧處理的葉球重平均為 1,098 公克，亦高於傳統噴霧處理的 797 公克(表 5)；剖面型態上也可看出明顯差異(圖 5)，靜電噴霧處理組的甘藍平均球橫徑 18.3 公分，平均球縱徑為 12.3 公分，傳統噴霧處理組平均球橫徑 15.7 公分，球縱徑 11.5 公分。而靜電噴霧與傳統噴霧處理組中心柱長度平均分別為 7.6 公分與 7.1 公分；靜電噴霧器與傳統噴霧器中心柱長度比平均皆為 62%，差異不明顯。秋作的試驗結果與春作趨勢相同，靜電噴霧處理的甘藍葉球重平均為 1,328 公克，高於傳統噴霧處理的 978 公克(表 6)。

表 5、不同噴霧處理施用肥料對甘藍生長影響調查(107 年春作)

Table 5. The effect of different sprayer application on cabbage growth (spring, 2018)

sprayer	total weight (g)	inner leaves weight (g)	inner leaves weight ratio (%) <sup>c</sup>	longitudinal diameter (cm)	diameter (cm)	spherical index <sup>d</sup>	central column length (cm)	central column length ratio (%) <sup>e</sup>	outer leaves number
e1 <sup>a</sup>	2638	1350	51	13.0	19.5	0.67	7.7	59	17
e2	1820	846	46	12.0	17.0	0.71	7.5	63	18
e3	2154	1028	48	12.0	17.5	0.69	7.5	63	19
e4	2292	1202	52	12.0	17.5	0.69	7.3	61	17
e5	2178	1064	49	12.6	20.0	0.63	7.9	63	18
avg.	2216	1098	49	12.3	18.3	0.67	7.6	62	18
t1 <sup>b</sup>	1348	538	40	11.0	12.7	0.87	7.0	64	17
t2	1906	870	46	11.5	17.0	0.68	6.7	58	19
t3	1426	624	44	11.0	15.0	0.73	7.5	68	17
t4	2116	928	44	12.0	17.2	0.70	7.2	60	20
t5	2046	1026	50	12.0	16.5	0.73	7.0	58	17
avg.	1768	797	45	11.5	15.7	0.74	7.1	62	18

<sup>a</sup> e : electrostatic sprayer<sup>b</sup> t : traditional sprayer<sup>c</sup> inner leaves weight ratio = (inner leaves weight / total weight) × 100<sup>d</sup> spherical index = longitudinal diameter / diameter<sup>e</sup> central column length ratio = (central column length / longitudinal diameter) × 100

傳統噴霧處理



靜電噴霧處理



圖 4、應用不同噴霧器施用台肥 43 號即溶複合肥料之甘藍(107 年春作)  
Fig. 4. Cabbage fertilization by use of different sprayer (spring, 2018)

傳統噴霧處理

靜電噴霧處理



圖 5、應用傳統(左)及靜電(右)噴霧施用台肥 43 號即溶複合肥料之甘藍剖面  
(107 年春作)

Fig. 5. The cabbage sectional view of different sprayer application (spring, 2018)

表 6、不同噴霧處理施用肥料對甘藍生長影響調查(107 年秋作)

Table 6. The effect of different sprayer application on cabbage growth (autumn, 2018)

sprayer	total weight (g)	inner leaves weight (g)	inner leaves weight ratio (%) <sup>c</sup>	longitudinal diameter (cm)	diameter (cm)	spherical index <sup>d</sup>	central column length (cm)	central column length ratio (%) <sup>e</sup>	outer leaves number
e1 <sup>a</sup>	2030	1200	59	11.5	17.1	0.67	6.0	52	20
e2	2100	1430	68	11.1	19.0	0.58	5.5	50	13
e3	2240	1440	64	12.1	18.4	0.66	7.5	62	17
e4	1970	1210	61	10.5	18.2	0.58	6.2	59	18
e5	2000	1360	68	13.2	17.7	0.75	6.7	51	15
avg.	2068	1328	64	11.7	18.1	0.65	6.4	55	17
t1 <sup>b</sup>	1760	1000	57	10.5	16.8	0.63	6.2	59	20
t2	1620	920	57	10.0	17.5	0.57	5.6	56	18
t3	1740	980	56	10.2	16.5	0.62	5.5	54	20
t4	1600	930	58	10.6	17.2	0.62	6.0	57	17
t5	1690	1060	63	11.4	17.1	0.67	6.0	53	16
avg.	1682	978	58	10.5	17.0	0.62	5.9	56	18

<sup>a</sup> e : electrostatic sprayer

<sup>b</sup> t : traditional sprayer

<sup>c</sup> inner leaves weight ratio = (inner leaves weight / total weight) × 100

<sup>d</sup> spherical index = longitudinal diameter / diameter

<sup>e</sup> central column length ratio = (central column length / longitudinal diameter) × 100

本試驗比較應用傳統噴霧及靜電噴霧器施用台肥 43 號即溶複合肥對甘藍生長的影響，應用靜電噴霧器，可提升植株總重量、葉球重及球橫徑等性狀表現，然而在球縱徑與中心柱長度比上差異較不明顯，應與栽培品種為初秋，其屬於平頭甘藍，結球的形狀為縱徑較短橫徑較長的扁圓形有關。而由試驗結果推測，使用靜電噴霧器應可提高肥料吸附於植體表面的能力，減少肥料的流失，增加利用效率，進而提升甘藍的重量。配合前述試驗結果，靜電噴霧亦有降低農藥使用量的潛力，未來若應用於短期葉菜類，具有降低肥料及農藥使用成本的潛力。

### 參考文獻

1. 白桂芳、陳昇寬、張煥英、李兆彬、陳明昭、郝秀花. 2010. 洋香瓜銀葉粉蝨. 99 年度農業藥劑委託試驗報告 51-52.
2. 林永順. 2010. 果園鼓風式靜電噴霧車之研製. 臺東區農業專訊

73:12-17.

3. 黃郁容、何明勳. 2014. 農藥飄散之預防管理與評估技術. 農政與農情 264:87-91.
4. 謝明憲、林棟樑、王仕賢. 2010. 甘藍台南二號之育成。臺南區農業改良場研究彙報 54:47-53.
5. Debroize, D. and J. Denoirjean. 2000. Spray application research in field crops in France evaluation of new nozzle type. Asp. Appl. Biol. 57:251-255.
6. Ganzelmeier, H. and D. Rautmann. 2000. Drift, drift reducing sprayers and sprayer testing. Asp. Appl. Biol. 57:1-10.

## 油芒種原(選系)的性狀評估

劉敏莉<sup>1</sup>、鍾沛丞<sup>2</sup>、徐子富<sup>2</sup>、蔡元卿<sup>3</sup>、邢禹依<sup>2</sup>、周國隆<sup>1</sup>

### 摘要

由中央研究院提供之 16 個品種/系進行種原觀察試驗，綜合種原葉片及花穗的性狀及盆栽試驗的調查中發現，現在所蒐集的種原中可分為 3 群植株型態，1. 日本岐阜族群、2. 屏東德文族群及 3. 屏東霧臺和瑪家族群。由田間觀察得知，屏東德文地區的種原因純化程度較高(S<sub>3</sub>)而結穗期集中，其他族群能否因純度高而結穗期集中需進一步研究。屏東霧臺和瑪家地區之植株莖葉生長旺盛且葉片富含臘質，可作為青貯飼料作物，目前進行種原純化工作。而屏東德文和屏東霧臺兩地區之臺灣油芒，是為臺灣傳統民俗作物且部落居民食用已久，應能純化選拔出穗整齊及稔實率高的品系加以推廣。

關鍵語: 油芒、種原、歧異性、部落居民

### 前言

油芒為禾本科油芒屬 (*Eccoilopus (Rendle) A. Camus*)，包含 3 個種分別為油芒(*Eccoilopus cotulifer*)、箭葉油芒 (*Eccoilopus cotulifer* f. *sagittiformis*)及臺灣油芒(*Eccoilopus formosanus*)，近期在能源作物上研究提出，油芒種子含油量高且莖含有大量長鏈脂肪酸，或油芒能為一新興能源作物<sup>(1)</sup>。而臺灣油芒最早出現在文獻記錄上是 1886 年 Forbes 和 Hemsley 所著 Index Flora Sinensis，1904 年 Rendle 的報告書中也提到在萬金庄(Bankinsing，今屏東萬巒)，吃到美味的油芒種子<sup>(4)</sup>。臺灣油芒莖桿粗，有時會木質化，株高 80-120 厘米，為原住民傳統農作物。魯凱族植物族語名稱 lalumai；如屏東縣德文、神山、青葉和來義等部落，排灣族則稱為 ljumay。根據日據時期採集標本的資料，顯示當時全臺灣皆有種植，如北部泰雅族的拉拉山、中部布農、鄒族傳統領域，和南部排灣、魯凱族等地<sup>(3)</sup>。透過訪問耆老經驗，種子用杵白脫殼時，飛揚的細毛沾附在人身上會引起搔癢，故族人不喜歡種植而逐漸消失。

植物種原具有多型性與遺傳歧異是作物育種的原動力，而保存種原的目的在於維持這些遺傳歧異以提供作為育種的遺傳變異來源<sup>(2)</sup>。作物生產增進不外乎藉由耕作面積的增加，病蟲害及栽培管理等技術之精進及品種更新等途徑。臺灣油芒經由臺灣原住民馴化為作物後，不曾散播到國外，只侷限生

<sup>1</sup> 高雄區農業改良場副研究員兼分場長

<sup>2</sup> 中央研究院植物暨微生物學研究所助理、研究助理、特聘研究員

<sup>3</sup> 國立嘉義大學農藝學系助理教授

長在臺灣，因此稱為孤兒作物。進行一個作物生產之前，必須先了解所蒐集到作物種原歧異性及該作物生產特性，如植株特性、開花期性狀及分蘗性等產量表現，藉以瞭解這些油芒種原的特性及可利用之方式。

## 材料與方法

### 一、材料

供試之 16 個品種/系，均由中央研究院提供，包含臺灣及日本各地蒐集而來，各品種系名稱及來源，如表 1。

表 1. 16 個油芒種原背景資料

Table1. Backgrounds of the sixteen germplasm oil millet evaluated.

種原編號 Germplasm No.	世代 Generation	採集地 Source	型態 Type
1-1	S <sub>1</sub>	臺灣苗栗卓蘭	野生種 ( <i>Eccoilopus cotulifer</i> )
3-5	S <sub>1</sub>	臺灣屏東神山	栽培種 ( <i>Eccoilopus formosanus</i> )
8-6	S <sub>1</sub>	臺灣屏東瑪家	栽培種
8-12	S <sub>1</sub>	臺灣屏東瑪家	栽培種
20-6	S <sub>1</sub>	臺灣屏東霧臺	栽培種
20-12	S <sub>1</sub>	臺灣屏東霧臺	栽培種
14-1-2	S <sub>2</sub>	日本岐阜	野生種
14-2-3	S <sub>2</sub>	日本岐阜	野生種
14-3-3	S <sub>2</sub>	日本岐阜	野生種
14-12-3	S <sub>2</sub>	日本岐阜	野生種
14-14-3	S <sub>2</sub>	日本岐阜	野生種
17-6-2	S <sub>2</sub>	臺灣屏東德文	栽培種
20-11-1	S <sub>2</sub>	臺灣屏東霧臺	栽培種
17-9-2-3	S <sub>3</sub>	臺灣屏東德文	栽培種
17-14-1-1	S <sub>3</sub>	臺灣屏東德文	栽培種
17-15-1-2	S <sub>3</sub>	臺灣屏東德文	栽培種

### 二、試驗方法

#### 1. 種原葉片及花穗的性狀調查：

本試驗採用育苗後定植油芒，於 2017 年 9 月 27 日播種，11 月 6 日定植於高雄區農業改良場旗南分場(高雄市旗山區)田區，每一處理 50% 植株達開花期時調查葉色(IRRI Leaf Color Chart)、葉緣、葉型、穗梗顏色、柱頭顏色及外穎型狀等植株質的性狀。

#### 2. 透明盆栽試驗

依種原採集地區分為日本岐阜、屏東德文、屏東霧臺及屏東瑪家等 4 族群，每群種植 3 盆，每盆種植 2 株。2018 年 4 月 18 日播種，5 月 18 日定植，分別取出 2 株幼苗定植在透明壓克力透明槽(L:W:H=71:15:60 公分)，內以滿

地王三號填滿 60 公分，定植一個月後進行株高、分蘗數、主莖葉數及根系分布密度調查，每個月調查一次，記錄三個月。

- (1) 株高(Plant height)：測量植株基部至最長葉片頂部高度，以公分為單位。
- (2) 分蘗數(Tillers of plant)：測量每單株的分蘗數並取其平均值，以數為單位。
- (3) 主莖葉數(Leaves of main stem)：測量每單株主莖上之葉數取平均值，以數為單位。
- (4) 根系分布密度(Root density)：於透明壓克力箱(高 60 公分)上於每 5 公分劃一橫線，計算根系通過該線之數量，以點為計算數。

## 結果和討論

### 一、種原葉片及花穗的性狀調查:

16 個種原調查結果如表 2，葉色除了日本岐阜有 1 個品系呈現綠色外，其餘 15 個品系均為深綠色。葉緣呈現紅色的有 9 個品系(屏東德文 4 個、日本岐阜 4 個、苗栗卓蘭 1 個)；葉片形狀分為細直、寬直、寬捲等三種，細直形有 6 個品系(日本岐阜 5 個、苗栗卓蘭 1 個)、寬直形有 4 個品系皆為屏東德文、寬捲形有 6 個品系(屏東霧臺 4 個、屏東瑪家 2 個)。至 107 年 4 月 15 日除了苗栗卓蘭品系未抽穗外，其餘 15 個品系均已抽穗，而穗頭顏色除了屏東德文 4 個品系為紫紅色外，其餘 11 個品系皆為黃綠色。

雌蕊柱頭有 9 個品系(屏東德文 4 個、日本岐阜 5 個)呈現紫色，有 6 個品系(屏東霧臺 4 個、屏東瑪家 2 個)呈現白色。小花的外穎為長型有 5 個品系皆來自日本岐阜，其他品系皆為短型外穎。綜合 16 個種原葉片及花穗的質性狀調查結果，可區分 3 個不同群 1.屏東德文、2.屏東霧臺及屏東瑪家與 3. 日本岐阜 3 個群(圖 1)。

表 2. 16 個油芒種原葉片及花穗的性狀調查

Table 2. Agronomic traits of 16 oil millet lines (field test, 2018 spring)

品系	葉色	葉緣色	葉形	穗梗色	柱頭顏色	外穎形狀
Line	Leaf color	Leaf edge color	Leaf shape	Spike color	Stigma color	Lemma shape
Pingtung Dewen						
17-6-2-3	DG	LR	WS	PR	P	S
17-9-2-3	DG	LR	WS	PR	P	S
17-14-1-1	DG	LR	WS	PR	P	S
17-15-1-2	DG	R	WS	PR	P	S
Pingtung Wutai						
20-11-1	DG	N	WC	YG	W	S
20-6	DG	N	WC	YG	W	S
20-12	DG	N	WC	YG	W	S
3-5	DG	N	WC	YG	W	S

品系	葉色	葉緣色	葉形	穗梗色	柱頭顏色	外穎形狀
Line	Leaf color	Leaf edge color	Leaf shape	Spike color	Stigma color	Lemma shape
Pingtung Majia						
8-6	DG	N	WC	YG	W	S
8-12	DG	N	WC	YG	W	S
Miaoli Juolan						
1-1	DG	R	SS	YG	W	S
Japan Gifu						
14-1-2	G	N	SS	PR	P	L
14-2-3	DG	R	SS	PR	P	L
14-3-3	DG	LR	SS	PR	P	L
14-12-3	DG	LR	SS	PR	P	L
14-14-3	DG	R	SS	PR	P	L

葉色 Leaf color(DG : dark green, G : green)

葉緣色 Leaf edge color (R : red, LR : light red, N : none)

葉形 Leaf shape(SS : slender and straight, WS : wide and straight, WC : wide and curly)

穗梗色 Spike color(PR : purple-red, YG : yellow-green)

柱頭色 Stigma color(P : purple, W : white)

外穎形狀 Lemma shape(L : long, S : short)

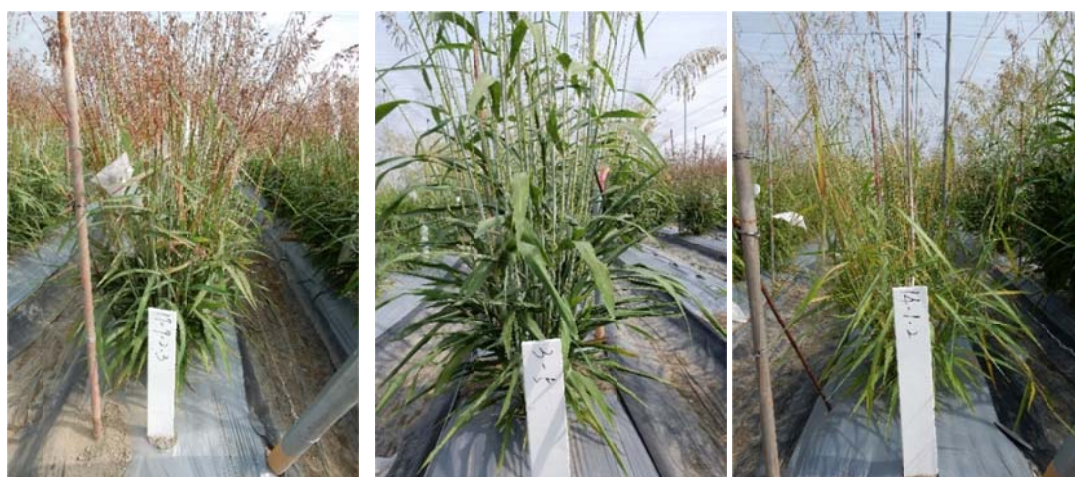


圖 1. 油芒種原中依葉型和穗的型狀可分成 3 群。

Fig 1. According to the phenotype of leaf and panicle of collected lines can be divided into three groups.

## 二、透明盆栽試驗：

為了解油芒地上部及根系生長情形，利用透明壓克力方形箱進行試驗。依據種原蒐集地區分為日本岐阜、屏東德文、屏東霧臺及屏東瑪家等 4 族群，種原定植後每個月進行調查，調查 3 個月。由壓克力箱之根系分布密度看出，在定植後 1 個月調查結果，屏東德文族群的根系生長速度較快(根系分布 31.5

點)，第2個月時，4個族群的根部均有明顯伸長，仍以屏東德文族群表現最佳，日本岐阜族群次優；定植後2個月後4個族群根系生長快速，其中以屏東德文族群的根系分布總數為4群之冠(239.5點)(圖2)。在箱下45公分的根系分布密度之表現，在第1個月時，屏東德文族群有少量表現。在第2個月及第3個月的調查中，仍以屏東德文族群(21.3/116.5點)表現明顯優於其他族群，屏東瑪家族群(9點)根系分布密度最低(圖3)。

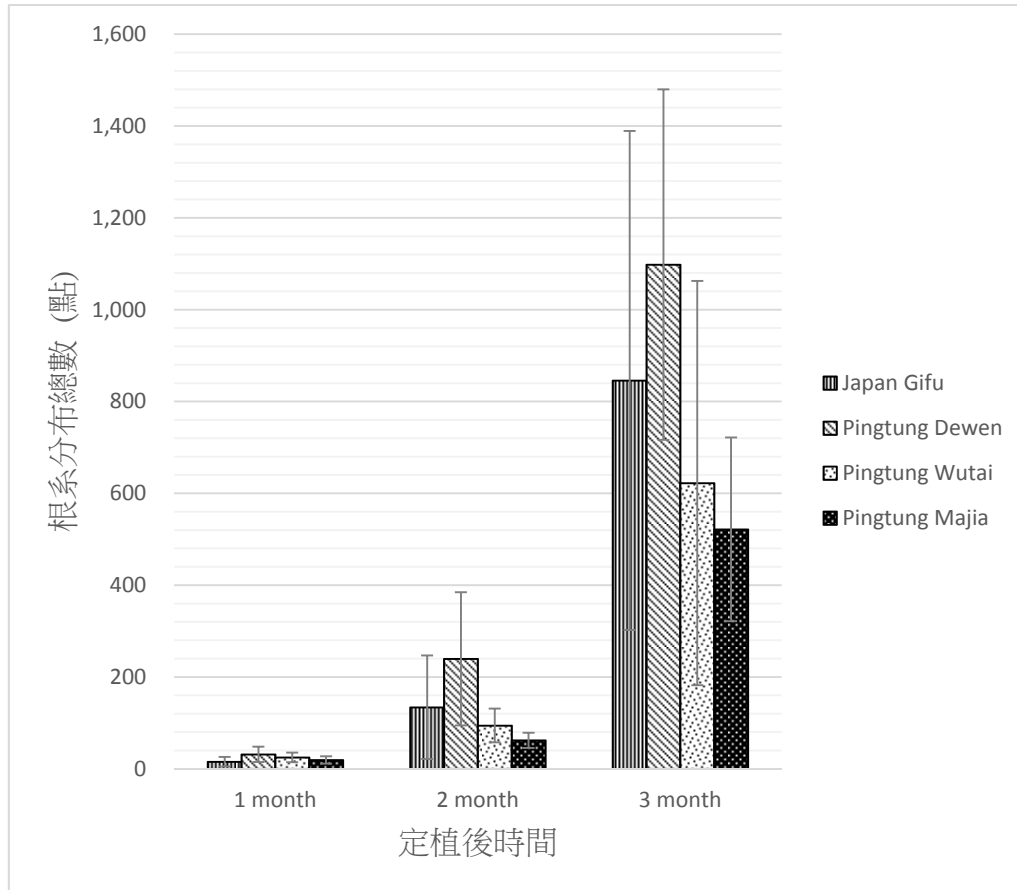


圖 2. 4 個族群油芒定植後不同月份之根系分布密度

Fig 2. Root density of 4 population oil millet accessions at different growth stage.

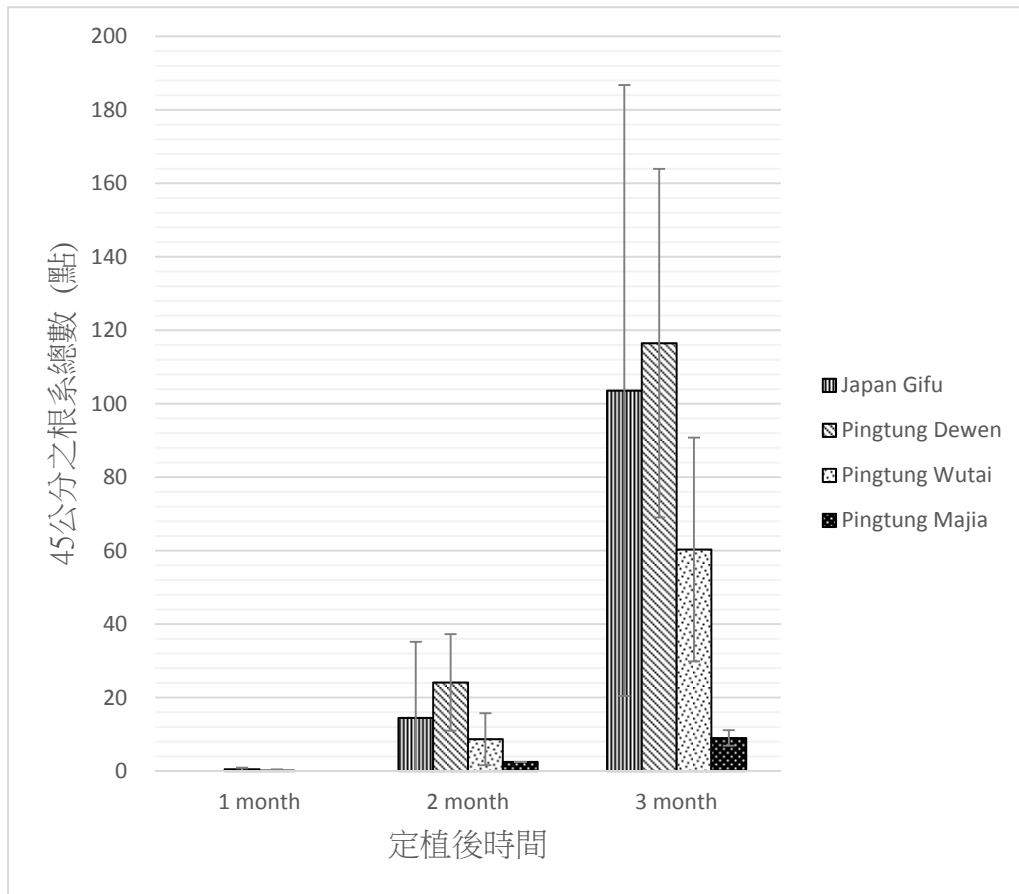


圖 3. 4 個地區油芒不同月份於箱下 45 公分之分布密度

Fig 3. Root density at 45cm underground at different growth stage.

在地上部的性狀上，由三個月的調查之株高表現，以日本岐阜族群(123.3公分)表現優於其他 3 個族群，屏東德文族群次之，而以屏東瑪家族群(70.2公分)較差；在總分蘗數上，第 1 個月的調查中 4 個族群無明顯差異，第 2 個月時，4 個族群均有明顯增加分蘗數，由第 3 個月調查發現，以日本岐阜族群分蘗表現較佳(53.2 分蘗數)；在主莖葉數上，4 個族群在調查期間並無明顯差異(表 3)。由調查發現，根系生長以屏東德文族群根系生長快速及伸長最深，日本岐阜族群地上部生長最為旺盛。4 個族群的依地上部和根系的表現可區分 1. 日本岐阜族群、2. 屏東德文族群及 3. 屏東霧臺和瑪家族群等 3 個群，與第一部分試驗結果一致。

表 3. 4 個油芒族群之農藝性狀

Table 3. Agronomic traits of 4 population oil millet accessions.

族群 Population	定植後月份 Month after plant	株高 Plant height (cm)	總分蘗數 Tillers of plant (no./per plant)	主莖葉數 Leaves of main stem (no./per stem)
Japan Gifu		----- mean±sd -----		
	1 month	46.5±14.6*	6.7±1.9	5.3±1.8
	2 month	76.6±19.2	21.6±7.2	7.7±1.9
	3 month	123.3±28.1	53.2±17.9	6.4±2.7
Pingtung Dewen				
	1 month	46.2±9.8	6.6±3.4	6.0±2.0
	2 month	65.8±15.5	19.9±9.8	6.5±1.2
	3 month	95.8±12.1	33.6±10.3	8.2±2.3
Pingtung Wutai				
	1 month	47.1±7.3	6.1±2.3	7.6±2.0
	2 month	63.8±15.4	14.1±6.1	7.6±1.3
	3 month	85.8±17.9	32.5±15.9	9.0±3.6
Pingtung Majia				
	1 month	34.5±1.1	4.2±2.3	7.7±3.1
	2 month	53.1±2.8	16.7±7.1	7.2±1.5
	3 month	70.2±4.7	28.5±11.9	6.2±0.5

\*於 2018.5.18 定植於壓克力槽。調查日期: 2018.06.19、2018.07.19、2018.08.20

\*: mean±sd

綜合種原葉片及花穗的性狀及壓克力箱根系的調查中發現，現在所蒐集的種原中可分為 3 群植株型態(圖 1)，日本岐阜地區、屏東德文地區及屏東霧臺和瑪家地區。由田間觀察得知，屏東德文地區的種原因為純化程度較高(S<sub>3</sub>)而結穗期集中，其他族群能否因純度高而結穗期集中需進一步研究。屏東霧臺和瑪家地區之植株莖葉生長旺盛且葉片富含臘質，可作為青貯飼料作物，目前進行種原純化工作。而屏東德文和屏東霧臺兩地區之臺灣油芒，是為臺灣傳統民俗作物且部落居民食用已久，應可選拔出穗整齊及稔實率高的品系加以推廣。

### 參考文獻

1. 王俊豪. 2005. 德國再生原料與生物能源之發展. 農政與農情 157: 78-83.
2. 邱輝龍、許圳塗. 2008. 全球作物野生近緣種的原地保存. 技術服務 74: 24-27.
3. Matsuzawa, Kazuko. 1982. 臺灣原住民の食事. 週刊朝日百科 Vol.7 :222-224. 東京: 朝日新聞社.
4. Takei Emiko. 2013. Millet Culture and Indigenous Cuisine in Taiwan. The Proceedings of the 2013 International Conference on Chinese Food Culture. Pp1-16.

## 高溫對水稻品質之影響

張芳瑜<sup>1</sup>、胡智傑<sup>1</sup>、謝嘉如<sup>2</sup>、吳志文<sup>3</sup>

### 摘要

氣候變遷對作物生產的影響已是全球問題。水稻為臺灣主要的糧食作物，因臺灣位處的地理位置及以粳稻為主之特性，在氣候暖化下對水稻生產的衝擊不容小覷。本篇論述主要針對高溫對稻米外觀品質及食味品質影響的相關研究做簡要回顧。高溫逆境使光合作用產生的碳水化合物運送至穎果的能力下降、參與澱粉合成相關酵素表現受抑制、澱粉降解能力提高、碳與氮代謝的轉換、胺醯-tRNA 合成酶與蛋白質二硫鍵異構酶等環節受影響，使白垚質粒產生。此外，本篇也針對高溫下背白粒發生機制的最新研究進行描述。高溫影響支鏈澱粉結構改變、使粒厚變小及根活性下降等因素，進而影響食味品質。未來因應暖化對稻作生產衝擊，需要更多單位共同努力。

關鍵語：水稻、高溫、白垚質、食味品質

### 前言

臺灣位處的地理環境為粳稻適栽區之最南端，當水稻穀粒充實期的日均溫高於 26°C、日高溫高於 30°C、日低溫高於 22°C，則容易導致白垚質粒產生<sup>(3)</sup>，尤其以抽穗後 20 日內對高溫最為敏感<sup>(15)</sup>。過去筆者統計高屏地區 1987 年至 2017 年一期作與二期作水稻穀粒充實期溫度之變化，發現一期作 1 月至 3 月低溫日數有增加趨勢，增加水稻抽穗期延後的機率，如此一來，一期作水稻穀粒充實期遭遇高溫的風險及收穫期遭遇梅雨季的機率均提高；此外，無論一、二期作穀粒充實期間的日均溫、夜均溫皆有逐年上升趨勢，且超過良質米安全溫度臨界值，顯示高屏地區稻作生產環境受高溫逆境挑戰日益嚴峻<sup>(1)</sup>。高溫逆境對水稻穀粒充實期的影響可針對產量、外觀品質及食味品質進行探討。雖說高溫對產量之影響亦頗為重要，研究指出，日低溫每上升 1°C 將使產量下降 10%<sup>(12)</sup>，惟本篇將先針對高溫對外觀品質及食味品質的層面進行論述。

### 高溫對水稻外觀品質影響

水稻穀粒中澱粉含量約占 80%，蛋白質含量約 7%-8%。白垚質粒產生主要原因是穀粒充實期間，澱粉粒與蛋白質粒堆疊不整齊，空隙間空氣反射導致白濁的現象。因此白垚質粒的產生初步可從澱粉合成與蛋白質合成進行探討。

<sup>1</sup> 行政院農業委員會高雄區農業改良場助理研究員

<sup>2</sup> 行政院農業委員會高雄區農業改良場聘用助理

<sup>3</sup> 行政院農業委員會高雄區農業改良場研究員兼副場長

高溫影響澱粉合成的因素可歸納下列幾項：(1)高溫下蔗糖轉運蛋白(sucrose transporter)基因表現量下降，導致蔗糖運送進入胚乳細胞能力下降，降低澱粉合成<sup>(19,20)</sup>。日本福岡縣水稻耐熱品種「Genkitsukushi」正是因高溫下有較高的蔗糖轉運蛋白表現，可維持澱粉合成的路徑，而有耐高溫的特性<sup>(10)</sup>；(2)高溫下澱粉合成前驅物質－腺苷二磷酸葡萄糖(ADP-glucose)的腺苷二磷酸葡萄糖焦磷酸化酶(AGPase)基因表現量下降<sup>(19,20)</sup>；(3)高溫下腺苷二磷酸葡萄糖轉運蛋白(BT1)表現受影響，導致 ADP-glucose 無法順利送入澱粉體(amyloplast)進行澱粉合成<sup>(20)</sup>；(4)高溫抑制澱粉合成相關酵素(GBSSI, SSIIa, SSIIIa, BEIIb)表現，其中 BEIIb 影響支鏈澱粉結構，使長臂鏈支鏈澱粉在高溫逆境下增加產生白堊質粒並影響食味<sup>(20)</sup>；(5)高溫下胚乳細胞偏好糖解作用(glycolysis)大於醣質新生(gluconeogenesis)<sup>(19)</sup>；(6)抑制呼吸傳遞鏈的細胞色素c氧化酶(cytochrome c oxidase)、細胞色素c還原酶(cytochrome c reductase)及F類三磷酸腺苷合酶(F-type H<sup>+</sup> transporting ATPase)，導致ATP合成受影響<sup>(19)</sup>。研究顯示，對高溫鈍感的水稻品種「Kimmaze」在抽穗後15天內，高溫下穎果內ATP含量可維持在常溫的表現量<sup>(13)</sup>，可見維持穎果ATP含量為耐高溫的關鍵之一；(7)高溫下澱粉水解酶( $\alpha$ -amylase)基因表現量提高，使澱粉無法順利累積。利用RNAi抑制澱粉解酶的結果顯示，在高溫下可降低白堊質比例，顯示澱粉水解酶可能廣泛分布於胚乳細胞，影響白堊質產生<sup>(8)</sup>；(8)高溫使穎果內ABA含量下降<sup>(8)</sup>。然而在穀類作物胚乳細胞中，ABA扮演的角色為促使澱粉累積的訊號<sup>(14)</sup>。換言之，一旦高溫使穎果內ABA表現下降，澱粉合成將受影響。

高溫對水稻穎果蛋白質合成的影響方面，碳代謝途徑中的丙酮酸(pyruvate)與草醯乙酸(oxaloacetic acid)是碳氮代謝的轉換點，高溫下丙胺酸轉胺酶(alanine aminotransferase)、乙醯乳酸合成酶(acetolactate synthetase)與天門冬胺酸轉胺酶(aspartate aminotransferase)表現提高，使丙酮酸與草醯乙酸轉換為丙胺酸(alanine)、纈氨酸(Valine)、白胺酸(Leucine)與天門冬胺酸(aspartate)，但卻因胺醯-tRNA合成酶(aminoacyl tRNA synthetase)與轉譯作用表現受到抑制，胺基酸無法順利進入蛋白質合成途徑，導致高溫下水稻穎果有胺基酸累積之現象<sup>(19)</sup>。另外，水稻主要兩大儲藏性蛋白依序為酸鹼溶性蛋白(glutelins)及醇溶性蛋白(prolamins)。酸鹼溶性蛋白主要儲存於蛋白質體II(protein body II, PB II)，而醇溶性蛋白主要累積於蛋白質體I。蛋白質二硫鍵異構酶(Protein disulfide isomerase, PDI)主要在幫助雙硫鍵形成<sup>(18)</sup>，PDI功能缺失下會導致白堊質、不規則形狀之澱粉粒及蛋白質體I產生<sup>(9)</sup>，高溫逆境下也觀察到13-KD prolamin及PDI表現量下降的情況<sup>(20)</sup>。

背白粒是高溫逆境下的白堊質粒形態之一，主要為氮素供應不足所導致，透過增施氮肥可以降低背白粒發生，但某些品種在超過 28°C 環境下之效果卻有限，顯示掌握各品種對溫度反應的特性的的重要性<sup>(17)</sup>。過去的研究中大多以整顆穎果進行白堊質研究，甚少針對特定區域的胚乳細胞層級進行探討。近年來，Wada 等人<sup>(16)</sup>觀察高溫下成熟穀粒背白發生區域的胚乳細胞，發現澱粉粒與蛋白質體占胚乳細胞的面積比例減少；而在高溫逆境前施加氮肥的情況下(以下稱高溫加氮)，澱粉粒與蛋白質體所占面積與常溫下類似。透過穿透式電子顯微鏡觀察，高溫下自抽穗後 20 天起，背部胚乳細胞的 protein storage vacuoles(PSV)並不像常溫下胚乳細胞充滿蛋白質體Ⅱ，存在許多空隙。而在高溫加氮情況下，空隙比例接近常溫下狀態。雖然高溫下 PSV 型態在抽穗後 12 天沒有差異，但胚乳細胞內代謝物質從此時便有差異，高溫下胚乳細胞累積半胱氨酸(cysteine)、抗壞血酸(ascorbic acid)及穀胱甘肽(glutathione)，而此時半胱氨酸累積目的應為調節滲透壓；相反地，高溫加氮下，半胱氨酸走向蛋白質合成途徑而非滲透壓調節。高溫加氮維持蛋白質合成，包含澱粉合成酵素及富含雙硫鍵的儲藏蛋白，使澱粉粒與蛋白質體Ⅱ正常合成，提高完整粒比例。PSV 體積在高溫下隨發育階段增大，但蛋白質體Ⅱ的體積卻無增加趨勢，推論高溫下 PSV 的體積增加與 PSV 內的介質增加有關，並指出 PSV 介質主要成分應為水。高溫下水分子進入 PSV 並保留至成熟期，導致高溫下穀粒含水量較常溫下高，而這些未被蛋白質體Ⅱ填滿的空間正是導致成熟期白堊質現象的原因(圖 1)。從 PSV 在高溫下不斷擴大的現象看來，可見液胞膜並無遭高溫破壞，所以水能送入 PSV，因此 Wada 等人<sup>(16)</sup>認為高溫已使細胞內氧化還原平衡狀態失調，抑制脂質過氧化現象，並與早期研究一致認為白堊質的形成，與其說是破壞胚乳發育的行為，不如解釋為一種「熱累積」(heat accumulation)的現象較為妥當。

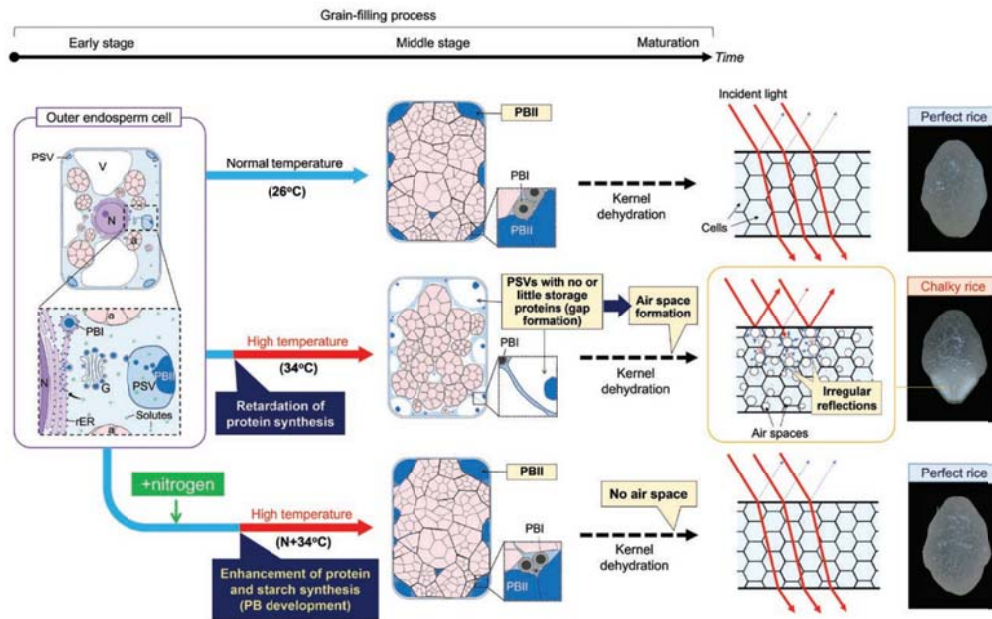


圖 1. 高溫下誘導白垩質粒發生機制及高溫加氮減緩白垩質粒發生機制

(Wada *et al.*, 2018)

### 高溫對水稻食味品質影響

稻米食味評鑑可歸納為以下幾種方式：(1)官能品評法<sup>(2,5)</sup>：臺灣與日本在此法上所評估的項目幾乎雷同，透過專業品評員針對米飯外觀、口味、香味、黏度、硬度及綜合評價等面向與對照品種差異進行評鑑。日本多以越光為對照品種；臺灣則多以臺稉9號為對照品種。(2)米飯物理性評估：透過物理特性測定儀檢測硬度(H值)、黏度(-H值)與附著性(A3值)。通常當 $H/-H$ 或 $H/A3$ 數值越小，則食味越好<sup>(2,5)</sup>。(3)直鏈澱粉與蛋白質含量：一般而言，直鏈澱粉與蛋白質含量越低，食味越好，但有些情況下，前述的直鏈澱粉含量與食味關係並不存在<sup>(2,5)</sup>。(4)澱粉糊化特性：透過快速黏度分析儀(Rapid visco analyzer)測定最高黏度與最低黏度，此兩者之差值稱為崩解值。一般而言，最高黏度與崩解值越大，食味較佳<sup>(2,5)</sup>。(5)游離脂肪酸含量：脂肪分解產生的游離脂肪酸使食味值降低<sup>(2,5)</sup>。(6)食味計測量：不同廠牌的儀器參數可能不盡相同，若當未清楚該儀器食味值與官能品評關聯性的情況下，要避免過度依賴儀器的測量值<sup>(2,5)</sup>。(7)食味相關的DNA分子標誌：透過Quantitative trait locus (QTL) mapping分析，在水稻12對染色體上找到與米飯食味綜合評價、外觀、口味、黏度與硬度相關的QTL，將這些標誌運用於選拔良好食味的水稻雜交後代<sup>(2,5)</sup>。

官能品評的食味值與穀粒充實期間(抽穗後 35 日內)的平均溫度成二次曲線關係，在食味值最高值的溫度稱為「最適成熟溫度」，一般粳稻多落於 24°C-26°C<sup>(5)</sup>。松江於 2014 年指出，早期研究中認為直鏈澱粉含量降低將有利於食味的提升，然而在後續相關研究裡，發現有時直鏈澱粉與食味呈負相關的關係並不存在，且直鏈澱粉對溫度的變化率因品種而異<sup>(5)</sup>。因此，高溫逆境下對水稻食味影響，與其從直鏈澱粉含量著手，不如更深入去探討澱粉結構的特性<sup>(2,5)</sup>。澱粉的組成除直鏈澱粉外，尚有支鏈澱粉。其中，支鏈澱粉的短臂鏈/長臂鏈比例越高，食味值越好<sup>(2,5)</sup>，然而在高溫下卻使此比例下降<sup>(20)</sup>，此特性進而影響米飯的物理性質  $H/H$  數值上升，導致食味降低<sup>(2,5)</sup>。反之，成熟期溫度未必對穀粒中氮含量或蛋白質含量造成影響，因氮的吸收從根到穀粒的過程相當複雜，且牽扯到碳素與氮素之間的平衡<sup>(4)</sup>。另一方面，高夜溫的環境導致糙米粒厚及粒寬變小<sup>(11)</sup>，表面看似僅影響產量，實際上與食味亦有關聯。隨著糙米的厚度下降，尤其當粒厚小於 1.9 mm 的情況下，不僅使糙米內的蛋白質含量提高、直鏈澱粉含量下降，且澱粉糊化的最高黏度下降，及米飯的物理性質  $H/H$  數值上升，導致食味下降<sup>(5)</sup>。另外，透過田間灌溉方式調整，在抽穗後 25 日內採取飽水管理(土壤 pF 值小於 1)的田區相較時常澆水(澆水深度約 5 公分)與間斷灌溉管理(每隔 3 至 4 天澆水一次，土壤 pF 值約 1.3 至 1.8)的田區，採取飽水管理田區的地溫較其他兩區低，且其生產的糙米粒厚最大、蛋白質含量最低、米飯物理性質  $H/H$  數值最低、米飯黏彈度最佳<sup>(6)</sup>，由此可見氣候暖化下，地溫升高對根活性及米質的影響亦不容小覷。

## 結論

森田曾提出以下幾點因應高溫逆境<sup>(7)</sup>:(1)選擇耐熱品種、(2)調整栽培期、(3)肥培管理、(4)田間水分管理、(5)氣象對應型栽培法，其中品種改良為因應高溫逆境最根本的解決之道。日本已陸續研發出耐高溫品種，在臺灣，過去曾觀察到本場研發之水稻「高雄 145 號」在高溫年的外觀品質表現上白垚質發生比例相對較低<sup>(1)</sup>。雖然在高溫研究的起步較日本晚，但臺灣目前也陸續有相關農業試驗單位參與水稻高溫逆境研究，其中亦有透過國際合作計畫進行，期待未來研究成果能提出解決的因應對策，降低氣候暖化對稻作生產的衝擊。

## 參考文獻

1. 張芳瑜、胡智傑. 2018. 氣候變遷下水稻高雄 145 號之栽培調整. 高雄區農業專訊 105: 08-09

2. 崔晶、松江勇次、楠谷彰人. 2019. 優質食味米生產理論與技術. 中國農業出版社
3. 盧虎生、劉韻華、中央氣象局第三組農業氣象科. 2006. 台灣優質水稻栽培環境挑戰與因應措施. 作物、環境與生物資訊.3: 297-306
4. 近藤始彥. 2018. 米の食味、外觀品質と養分、氣象環境. 米の外觀品質、食味. 養賢堂. 東京. 271-283
5. 松江勇次. 2012. 作物生産からみた米の食味学. 養賢堂. 東京
6. 松江勇次. 2018. 高温登熟条件下における増収、品質向上対策—登熟期間中の水管理と玄米仕上がり水分および玄米形状の視点から. 米の外觀品質、食味. 養賢堂. 東京. 283-292
7. 森田敏. 2018. 高温登熟障害の回避に向けた研究. 米の外觀品質、食味. 養賢堂. 東京. 283-292.
8. Hakata, M., M. Kuroda, T. Miyashita, T. Yamaguchi, M. Kojima, H. Sakakibara, T. Mitsui, and H. Yamakawa. 2012. Suppression of  $\alpha$ -amylase genes improves quality of rice grain ripened under high temperature. *Plant Biotechnol. J.* 10: 1110-1117.
9. Kim, Y. J., S. Y. Yeu, B. S. Park, H.-J. Koh, J. T. Song, and H. S. Seo. 2012. Protein disulfide Isomerase-Like Protein 1-1 controls endosperm development through regulation of the amount and composition of seed proteins in rice. *PLOS ONE* 7: e44493.
10. Miyazaki, M., M. Araki, K. Okamura, Y. Ishibashi, T. Yuasa, and M. Iwaya-Inoue. 2013. Assimilate translocation and expression of sucrose transporter, OsSUT1, contribute to high-performance ripening under heat stress in the heat-tolerant rice cultivar Genkitsukushi. *J. Plant Physiol.* 170: 1579-1584.
11. Morita, S., J.-I. Yonemaru, and J.-I. Takanashi. 2005. Grain growth and endosperm cell size under high night temperatures in rice (*Oryza sativa* L.). *Ann. Bot.* 95: 695-701.
12. Peng, S., J. Huang, J. E. Sheehy, R. C. Laza, R. M. Visperas, X. Zhong, G. S. Centeno, G. S. Khush, and K. G. Cassman. 2004. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 101: 9971-9975.
13. She, K.-C., H. Kusano, M. Yaeshima, T. Sasaki, H. Satoh, and H. Shimada. 2010. Reduced rice grain production under high-temperature stress closely

- correlates with ATP shortage during seed development. *Plant Biotechnol.* 27: 67-73.
14. Sreenivasulu, N., V. Radchuk, M. Strickert, O. Miersch, W. Weschke and U. Wobus. 2006. Gene expression patterns reveal tissue-specific signaling networks controlling programmed cell death and ABA- regulated maturation in developing barley seeds. *Plant J.* 47: 310-327.
  15. Tashiro, T. and I. Wardlaw. 1991. The effect of high temperature on the accumulation of dry matter, carbon and nitrogen in the kernel of rice. *Funct. Plant Biol.* 18: 259-265
  16. Wada, H., Y. Hatakeyama, Y. Onda, H. Nonami, T. Nakashima, R. Erra-Balsells, S. Morita, K. Hiraoka, F. Tanaka, and H. Nakano. 2018. Multiple strategies for heat adaptation to prevent chalkiness in the rice endosperm. *J. Exp. Bot.* 70: 1299-1311.
  17. Wakamatsu, K.-i., O. Sasaki, I. Uezono, and A. Tanaka. 2008. Effect of the amount of nitrogen application on occurrence of white-back kernels during ripening of rice under high-temperature conditions. *Japanese J. Crop Sci.* 77: 424-433.
  18. Wilkinson, B. and H.F. Gilbert. 2004. Protein disulfide isomerase. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Proteins and Proteomics* 1699: 35-44.
  19. Yamakawa, H. and M. Hakata. 2010. Atlas of rice grain filling-related metabolism under high temperature: Joint analysis of metabolome and transcriptome demonstrated inhibition of starch accumulation and induction of amino acid accumulation. *Plant Cell Physiol.* 51: 795-809.
  20. Yamakawa, H., T. Hirose, M. Kuroda, and T. Yamaguchi. 2007. Comprehensive expression profiling of rice grain filling-related genes under high temperature using DNA microarray. *Plant Physiol.* 144: 258-277.

行政院農業委員會高雄區農業改良場  
研究彙報

第 28 卷 第 1 期

發行人：戴順發  
總編輯：吳志文  
執行編輯：鄭文吉  
編輯委員：何素珍、王裕權  
周國隆、曾敏南  
賴榮茂、劉敏莉

本研究彙報採外審制

投稿稿約請參閱高雄區農業改良場全球資訊網  
<https://www.kdais.gov.tw/view.php?catid=410>

出版者：  
行政院農業委員會高雄區農業改良場

網址：<https://www.kdais.gov.tw>  
地址：屏東縣長治鄉德和村德和路 2-6 號

電話：08-7389158

出版日期：民國 109 年 6 月  
定價：零售每本 200 元  
印刷廠：振億印刷所

展售處(Distribution Stores)：

國家書店松江門市 臺北市松江路 209 號 1 樓 TEL：+886-2-25180207  
Sungjiang Store, National Bookstore, 1F, 209, Sungjiang Rd., Taipei  
五南文化廣場 臺中市中山路 6 號 TEL：+886-4-22260330  
Wunang Culture Plaza, 6, Chungshan Rd., Taichung

GPN :2007700056  
ISSN:1015-5864

版權聲明：本著作採「創用 CC」之授權模式，僅限於非營利、禁止改作且標示著作人姓名之條件下，得利用本著作。

Declaration of Copyright: Contents of published paper may be authorized to use under the Creative Commons conditions.

Research Bulletin

of

Kaohsiung District Agricultural Research  
and Extension Station

Volume 28 , Number 1

Publisher : Shun-Fa Tai  
Chief Editor : Chih-Wen Wu  
Executive Editor : Wen-Chi Cheng  
Editors : Su-Chen Ho, Yu-Chung Wang  
Chou, Kuo-Lung, Min-Nan Tseng  
Rong-Mao Lai, Min-Li Liu

Manuscript will be peer reviewed by  
external experts.

For guidelines of submitting manuscript, please visit  
<https://www.kdais.gov.tw/view.php?catid=410> for detail.

Published by :  
Kaohsiung District Agricultural Research and  
Extension Station  
Website: <https://www.kdais.gov.tw>  
Address: 2-6, Dehe Rd., Dehe Village, Changjhih  
Township, Pingtung County 90846,  
Taiwan, ROC  
TEL: +886-8-7389158

Published Date: June, 2020  
Price: 200 NTD per copy  
Printed by: Jen-Yi Printing Co.Ltd.