

由 *Fusarium solani* 複合種引起之西洋南瓜貯藏性
果腐病及防治方法探討

Fruit Rot of *Cucurbita maxima* Caused by *Fusarium
solani* Species Complex and Postharvest Disease Control

羅佩昕、林煜恆、賴奕佐

Pei-Hsin Lo, Yu-Heng Lin and Yi-Tso Lai

抽印自臺中區農業改良場研究彙報 161: 45-56 (2023)

農業部臺中區農業改良場

由 *Fusarium solani* 複合種引起之西洋南瓜貯藏性果腐病及防治方法探討¹

羅佩昕²、林煜恒²、賴奕佐³

摘 要

西洋南瓜(*Cucurbita maxima*)是全球普遍栽培的南瓜種類之一，臺灣地區夏秋季節產量低，為調節市場需求，可運用 10-13°C 低溫貯藏，以延長 2-3 個月貯藏壽命，然貯藏期間易發生貯藏性病害，造成損失。本研究為瞭解臺灣地區西洋南瓜於貯藏期間發生之病害，分析造成貯藏性病害之主要病原菌，對不同種南瓜(*C. maxima*, *C. moschata*, *C. pepo*) 及對西洋南瓜不同品種之病原性，並測試以非農藥防治資材處理，降低貯藏期間果腐病之效果。結果顯示雲林縣西螺鎮南瓜集貨場發生之貯藏性病害，於病徵上觀察到 *Diaporthe* spp.、*Fusarium* spp.、*Stagonosporopsis* spp. 及 *Colletotrichum* spp. 等病原菌，其中以 *Fusarium solani* 複合種 (*Fusarium solani* species complex, FSSC) 所引起之果腐病為主，採集之菌株分別為 FSSC 1 (*F. petroliophilum*) 與 FSSC 3+4 (*F. falciforme*)，其對不同種的南瓜果實及西洋南瓜 5 種不同品種皆具有病原性。另於西洋南瓜 12°C 低溫貯藏前，以 0.4 ppm 次氯酸水處理，可顯著降低西洋南瓜貯藏性病害之發生。因此，未來於建立臺灣地區西洋南瓜果實低溫貯藏技術，可搭配採收後以次氯酸水處理，不僅可清潔表面，並可達到降低西洋南瓜貯藏期間病害發生之效果。

關鍵字：西洋南瓜、貯藏性病害、*Fusarium solani* 複合種、次氯酸水

前 言

南瓜(*Cucurbita* sp.)為廣泛種植於全球的葫蘆科(*Cucurbitaceae*)蔬菜，其中以西洋南瓜(*C. maxima*)、中國南瓜(*C. moschata*)及美國南瓜(*C. pepo*)為全球普遍栽培的南瓜種類^(12,26)。根據行政院農業委員會 110 年統計資料顯示，臺灣南瓜總栽培面積達 5,143.79 ha，總收穫量約 78,300 ton，以嘉義縣、臺南縣及雲林縣為主要產區⁽¹⁾。根據 111 年行政院農業委員會農糧署農產品批發市場交易行情站統計資料顯示，中國南瓜全年交易量約 13,315 ton，最高平均交易價為 44.9 元/公斤；西洋南瓜全年交易量為 1,415 ton，最高平均交易價為 108.8 元/公斤⁽²⁾。研究指出，南瓜富含果膠(pectin)、礦物鹽、 α 和 β -胡蘿蔔素、葉黃素、維生素 C、膳食纖維、礦物質及酚類化合物等，營養價值極高

¹ 農業部臺中區農業改良場研究報告第 1068 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計畫助理。

(11, 12)。而西洋南瓜口感鬆軟並富含澱粉質，連皮食用帶有栗子風味，因而有栗南瓜之稱，於國內市場廣受消費者喜愛^(3, 4)。西洋南瓜主要栽培期多於 9 月下旬至隔年 3 月中旬間，低溫貯藏可調節西洋南瓜夏、秋季節市場需求，其最適貯藏溫度 10-13°C，相對濕度 50%-70%，可延長其 2-3 個月貯藏期⁽²⁴⁾。

然南瓜因真菌或細菌感染進而引起果實腐爛，部分病害發生於田間栽培期間至採收前，或於南瓜運輸與貯藏期間。常見造成南瓜果實病害之真菌性病原菌為 *Phytophthora capsici*、*Fusarium* spp.、*Stagonosporopsis cucurbitacearum* (*Didymella bryoniae*) 及 *Sclerotinia sclerotiorum* 所引起之果實腐爛；細菌性病原菌則為 *Xanthomonas campestris* pv. *cucurbitae* 所引起之細菌性斑點(bacterial spot)^(7, 38)。其中 *P. capsici* 可感染田間任何栽培生長期、運輸期及貯藏期的南瓜^(6, 25)；*S. cucurbitacearum* (*D. bryoniae*) 主要造成南瓜植株萎凋的蔓枯病(gummy stem blight)，亦會感染果實造成黑腐病(black rot)⁽⁷⁾；*Fusarium* spp. 所造成的果腐病，為南瓜或多種瓜類作物在採前或採後普遍發生的病害，包含 *F. oxysporum*、*F. graminearum* 及 *F. acuminatum*⁽⁷⁾，其中以 *F. solani* f. sp. *cucurbitae* race 1 與 race 2 引起之南瓜果腐病為主^(14, 36)。隨著親緣演化分析發展，*F. solani* 複合種(FSSC)被深入探討，Sritongkam 氏等人(2022)針對臺灣地區引起瓜類果腐病之 FSSC 進行親緣演化分析，顯示造成瓜類莖腐與果腐病菌具有四大演化群，其中南瓜所分離之菌株歸類於兩大群中 FSSC1 與 FSSC3+4⁽³⁴⁾。而在南瓜果腐病的防治上，由於造成南瓜果實病害之病原菌多為土壤傳播性病害，南瓜與土壤接觸面不易被殺菌劑覆蓋到，導致防治上難度較高^(7, 20)。前人研究指出，加強田間栽培管理可降低南瓜果腐之情形，如：至少 3 年輪作非寄主作物、種植健康種苗及即時防治葉部病害等⁽⁷⁾；採後防治資材處理，則以木灰、米糠及芒果葉之萃取物處理具有抑制病害發生效果，其所產生之物質具有抑菌效果^(5, 21)。在採後防治貯藏期間病害所用之非農藥資材多樣，如 GRAS (generally recognized as safe)、幾丁聚醣(chitosan)及次氯酸水(hypochlorous acid, HClO)等，皆常見應用於採後處理^(29, 30)。

為瞭解臺灣地區西洋南瓜於貯藏期間之病害發生種類，並透過非農藥防治資材處理，以降低西洋南瓜低溫貯藏之病害發生，本研究目的：(1)針對集貨場西洋南瓜之採後病害種類進行調查、(2)針對主要造成果腐病之 FSSC 感染南瓜之特性進行分析、(3)以非農藥防治資材進行西洋南瓜採後處理以降低在低溫貯藏期間果腐病之發生。

材料與方法

一、西洋南瓜貯藏性病害採集及病原菌分離與鑑定

自雲林縣西螺鎮南瓜集貨場，採集貯藏期間發生腐爛病徵之西洋南瓜果實進行組織分離，切取南瓜果實病斑與健康組織交界處，以 0.06% NaOCl 消毒 30 s，再將組織以高溫高壓滅菌過的 dH₂O 漂洗 2 次，將經過消毒的組織置於水瓊脂培養基(Water agar, WA)上，於 28°C 恆溫培養箱內，黑暗培養 5 天後，切取其菌落周圍之菌絲塊，移至馬鈴薯葡萄糖瓊脂培養基(Potato dextrose agar, PDA)，

放置於 28°C 恆溫培養箱內，黑暗培養 7 天後，觀察其菌落形態。病原菌分離自具南瓜果腐病徵之西洋南瓜，代號 FSN2 菌株為分離自西洋南瓜‘東昇’，代號 FSP3 菌株分離自西洋南瓜‘丘桑’。FSN2 與 FSP3 已由 Sritongkam 氏等人(2022)完成鑑定。

二、FSSC 於不同種南瓜果實之寄主範圍

將 FSN2 與 FSP3 菌株分別接種至西洋南瓜 *C. maxima* ‘東昇’(農友種苗股份有限公司)、中國南瓜 *C. moschata* ‘阿成’(農友種苗股份有限公司)及美國南瓜 *C. pepo* ‘黑魔二號’(生生種苗股份有限公司)果實上，測試其對不同種南瓜之病原性。將已達可採收食用成熟度之南瓜果實表面以 75%酒精進行消毒，風乾後以接種針製造傷口，並以 8 mm 之濾紙圓盤上滴加 80 μ l 2×10^6 spores/ml 培養於 PDA 培養基所製備之孢子懸浮液，放置於傷口上進行接種，再將果實放置於 20 L 之透明保鮮盒內進行保濕，於 25°C 不照光培養箱進行培養，14 天後觀察其發病狀態，以確認其病原性，每處理接種 3 顆果實為三重複。

三、FSSC 對西洋南瓜市售不同品種病原性測試

將 FSN2 與 FSP3 菌株分別接種至 5 種西洋南瓜品種，分別為‘紅海’(稼穡種子有限公司)、‘東昇’(農友種苗股份有限公司)、‘朱光’(農友種苗股份有限公司)、‘小紅’(農友種苗股份有限公司)及‘味真’(德城行有限公司)。將可採收食用成熟度之果實表面以 75%酒精進行消毒，風乾後以接種針製造傷口，南瓜果實頂部與底部分別製造 4 個傷口，以 8 mm 之濾紙圓盤滴加 2×10^6 spores/ml 培養於 PDA 培養基所製備之孢子懸浮液，放置於傷口上進行接種，將果實放置於 20 L 之透明保鮮盒內進行保濕，於 25°C 不照光培養箱進行培養，每隔 7 天觀察其發病情形，以確認其病原性，每處理 3 重複。

四、西洋南瓜貯藏病害防治試驗

本試驗於雲林縣西螺鎮之南瓜集貨場進行，所採用之西洋南瓜品種為‘東昇’，中果形。將由產地送至集貨場的西洋南瓜分別以 0.4 ppm 次氯酸水及 0.1%幾丁聚醣浸泡 30 s 後，取出進行風乾後，以具孔隙之塑膠籃裝，每籃 4 顆，每重複為 1 籃，每處理 3 重複，並以處理水作為對照組。放置於 12°C 之冷藏庫中存放，每 4 週進行病害種類及罹病率調查。

罹病率(Disease incidence, %)=產生果腐病斑之南瓜果實數量/每重複總南瓜數量 $\times 100\%$

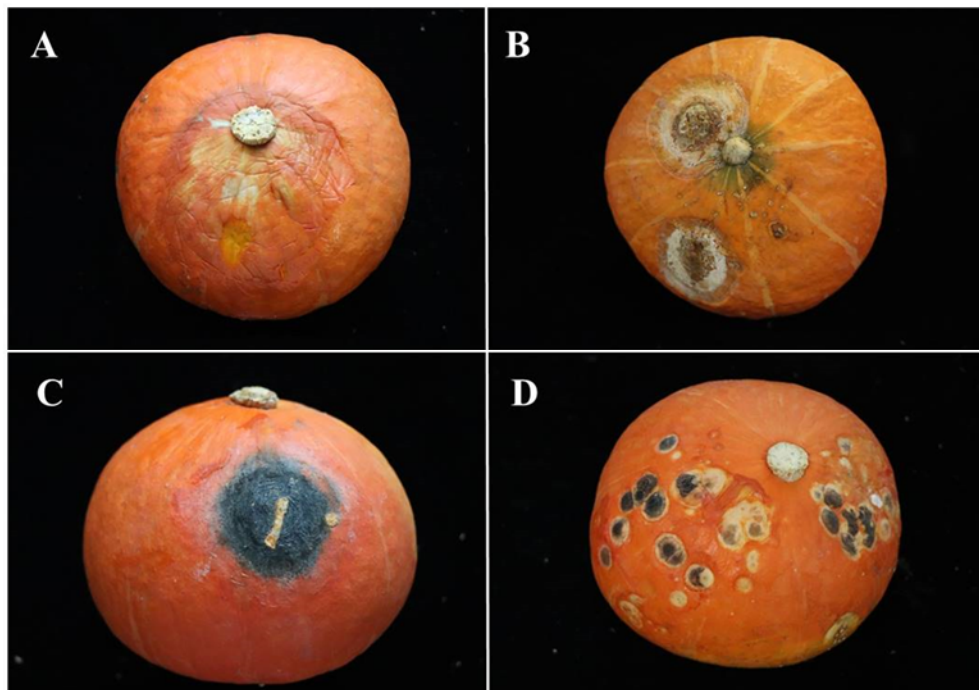
五、統計分析

本研究所得之實驗數據以 PASW Statistics 統計軟體進行分析，以 LSD (Fisher Least Significant Difference)分析比較各處理間之顯著差異($p \leq 0.05$)。

結 果

一、引起南瓜果腐病之病害種類調查

自集貨場貯藏過程果腐之西洋南瓜‘東昇’果實，於果實腐爛病徵上觀察到 *Diaporthe* spp.、*Fusarium* spp.、*Stagonosporopsis* spp.及 *Colletotrichum* spp.病原菌，*Diaporthe* spp.於果實上引起水浸狀病徵，後期造成果實大面積腐爛（圖一 A）；而由 *Fusarium* spp.引起果實上充滿奶油色孢子及白色菌絲之凹陷病斑（圖一 B），其中又以 FSSC 為主要病原菌；*Stagonosporopsis* spp.於果實上造成凹陷褐色病斑，後期於病斑產生黑色柄子殼（圖一 C）；*Colletotrichum* spp.於果實上造成褐色凹陷斑，後期進展為黑色病斑（圖一 D）。其中 FSSC 為西洋南瓜貯藏期間常見引起果實腐爛之病原菌，本次自西洋南瓜果實分離菌株 FSN2 與 FSP3，FSN2 菌株於 PDA 培養基上呈現奶油色之菌落形態，FSP3 則呈現白色且具絨毛狀氣生菌絲之菌落形態，兩菌株已於 Sritongkam 氏等人(2022)之研究指出，經親緣演化分析兩菌株為 FSSC，FSN2 為 FSSC 1，FSP3 為 FSSC 3+4。

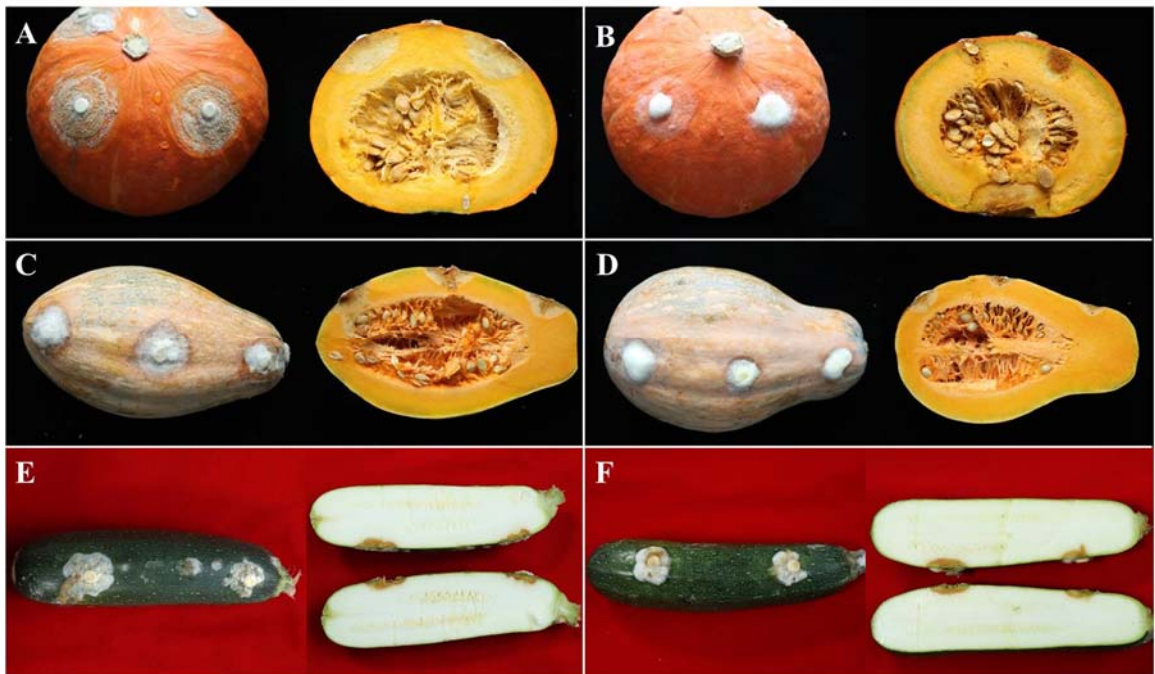


圖一、西洋南瓜常見之真菌性貯藏病害，由(A) *Diaporthe* spp.於果實上引起水浸狀病徵；(B) FSSC 引起之水浸狀凹陷病徵；(C) *Stagonosporopsis* spp.於果實上造成凹陷黑褐色病斑；(D) *Colletotrichum* spp.於果實上造成褐色凹陷斑。

Fig. 1. Fungal postharvest diseases of *C. maxima*. (A) Fruit rot caused by *Diaporthe* spp. with water soaked lesion. (B) FSSC caused water soaked and sunken symptom. (C) *Stagonosporopsis* spp. caused black-brown and sunken symptom. (D) *Colletotrichum* spp. caused brown and sunken symptom.

二、FSSC 對不同種南瓜寄主範圍

將 FSN2 與 FSP3 菌株分別接種至西洋南瓜、中國南瓜及美國南瓜果實，結果顯示 FSN2 及 FSP3 菌株於三種南瓜果實上皆具有病原性，FSN2 接種於西洋南瓜果實上，產生凹陷水浸狀病斑，後期於病斑佈滿奶油色分生孢子，於果實剖面可見由接種處向果心蔓延之白色病斑(圖二 A); FSP3 菌株接種於西洋南瓜可見果實產生水浸狀病斑，且病斑上佈滿白色菌絲，於果實剖面可見由接種處向果心蔓延之褐色病斑(圖二 B)。而 FSN2 與 FSP3 菌株接種於中國南瓜果實，皆可產生水浸狀凹陷病斑，於果實剖面可見由接種處向果心蔓延之白色及褐色病斑(圖二 C、D)。FSN2 與 FSP3 於美國南瓜果實表面，皆可產生水浸狀病斑，FSN2 於病斑上產生奶油色孢子及較為稀疏之白色菌絲，而 FSP3 則於病斑上產生茂密之白色氣生菌絲，於果實剖面皆產生自接種處向果心蔓延之褐色病斑(圖二 E、F)。



圖二、FSN2 菌株與 FSP3 菌株分別接種於 *C. maxima*, *C. moschata*, *C. pepo*，皆具有病原性，可產生水浸狀凹陷病斑，且病斑可向果心延伸。(A)(C)(E)為 FSN2 菌株，(B)(D)(F)為 FSP3 菌株。
 Fig. 2. Pathogenicity test of FSN2 (A)(C)(E) and FSP3 (B)(D)(F) isolate inoculated on *C. maxima*, *C. moschata*, *C. pepo* fruits separately. It showed water soaked and sunken lesions, and it extended to the heart of fruit.

三、FSSC 對不同品種西洋南瓜病原性測試

將 FSN2 與 FSP3 菌株分別接種至 5 種不同商業品種之西洋南瓜果實上，結果顯示接種後第 7 天，FSN2 菌株於‘東昇’果實上造成水浸狀凹陷病斑，於病斑上產生奶油色孢子與白色菌絲，且於果實剖面可見自接種處向果心蔓延之病斑，於接種後第 14 天，則於 5 個品種果實接種處皆產生病斑；而 FSP3 菌株在接種後第 14 天，於‘東昇’與‘味真’上引起水浸狀凹陷病斑，且於病斑上產生絨毛狀之白色菌絲，於接種後第 21 天在 5 品種上皆造成病斑。可見 FSN2 與 FSP3 菌株對於西洋南瓜 5 不同品種皆具有病原性，且以‘東昇’於接種後最先產生病斑。

四、西洋南瓜貯藏病害防治

西洋南瓜至集貨場後，以不同非農藥資材進行處理後，於 12°C 冷藏庫進行貯藏，以降低病原菌造成之南瓜果腐病發生。結果顯示，貯藏期間造成果實腐爛之病害包含：*Diaporthe* spp.、*Fusarium* spp.、*Stagonosporopsis* spp. 及 *Colletotrichum* spp. 所引起之病徵，於貯藏 4 週之綜合病害罹病率皆於 16.7% 以下，以未做任何資材處理之罹病率最高，然於統計分析上並無顯著差異。於貯藏後第 8 週，可見以水處理之對照組，罹病率達 29.2% 最高，與以 0.4 ppm 之次氯酸水處理具有顯著差異，另於貯藏第 12 週，可見對照組之罹病率達 47.2% 為最高，而以 0.4 ppm 之次氯酸水之罹病率 18.1% 為最低，另以 0.1% 幾丁聚醣處理之罹病率為 25.0% 次之，於統計分析上皆與對照組具有顯著差異。可見於貯藏前使用次氯酸水或幾丁聚醣等資材處理，具有降低果實貯藏性病害罹病率之效果，且以次氯酸水處理降低病害發生之效果最佳。

表一、非農藥防治資材處理對西洋南瓜‘東昇’貯藏 4 至 12 週之貯藏性病害防治效果

Table 1. The efficiency of non-pesticide materials on controlling postharvest diseases during 4 to 12 weeks storage of *C. maxima* ‘Dong-sheng’

| Storage time (weeks) | Disease Incidence (%) | | |
|----------------------|-----------------------|---------|---------|
| | 4 | 8 | 12 |
| Treatment | | | |
| A ^y | 12.5 a ^z | 16.7 b | 18.1 b |
| B | 8.3 a | 16.7 ab | 25.0 b |
| W | 8.3 a | 29.2 a | 47.2 a |
| N | 16.7 a | 16.7 ab | 30.6 ab |

^y A, B, W, N represent 0.4 ppm HClO, 0.1% chitosan, water treatment, non-treatment respectively.

^z Means in the same columns followed by the same letter indicate no significant difference by LSD test at $p \leq 0.05$.

討 論

由於在臺灣西洋南瓜無法進行全年生產，因此建立西洋南瓜長期貯藏技術具有其必要性，本研究自位於雲林縣之集貨場調查西洋南瓜貯藏性病害發生種類，以真菌性病原菌所造成之果腐病居多，果實水浸狀與凹陷病斑上觀察到 *Diaporthe* spp.、*Fusarium* spp.、*Stagonosporopsis* spp. 及 *Colletotrichum* spp. 等病原菌。於 2009 年之研究報告指出，南瓜在結果至採收後可被病原菌感染，且在運輸與貯藏期間病害逐漸顯現，主要造成南瓜果腐病之病害包含 *P. capsici*、*Fusarium* spp.、*S. cucurbitacearum* 及 *S. sclerotiorum* 所引起之果實腐爛⁽⁷⁾。其中國內外均有報導由 *Fusarium* 所引起之採收後果腐病，於世界上大部分南瓜產區皆可觀察到⁽⁷⁾，於美國俄勒岡(Oregon)與日本北海道(Hokkaido) 地區分別報導由 *F. culmorum* 及 *F. sambucinum*、*F. ipomoeae* 與 *F. citri* 引起^(22, 23, 32)；摩洛哥(Morocco)地區則報導由 *F. equiseti* 所引起⁽¹⁵⁾。俄亥俄州 (Ohio) 為美國南瓜 (*C. pepo*) 主要產區，以 FSSC 中之 *F. solani* f. sp. *cucurbitae* race 1 為主⁽³⁶⁾。西班牙、美國(Arkansas, Connecticut)、中美洲等地，亦有由 FSSC 造成南瓜果腐病之相關報導^(9, 14, 17, 19, 31)。

本研究自西洋南瓜水浸狀凹陷之果腐病徵所分離之病原菌，以 *Fusarium* 所引起之水浸狀凹陷病斑為主要貯藏性病害，其中以 FSSC 為主。FSSC 近年來在分子生物學分析下已知具有 100 個以上的演化種(phylogenetic species)^(18, 37)，依據最新研究指出 *F. solani* f. sp. *cucurbitae* race 1 歸類於 FSSC10，重新命名為 *F. cucurbiticola*；而 *F. solani* f. sp. *cucurbitae* race 2 則歸類於 FSSC 1，重新命名為 *F. petroliphilum*^(28, 33)。在臺灣對於造成南瓜果腐病之 FSSC 並未清晰，直至 2022 年 Sritongkam 氏等人，針對臺灣造成瓜類莖腐與果腐之 FSSC 進行研究，可知臺灣造成南瓜果腐病之 FSSC 主要分為兩群，為 *F. petroliphilum* (FSSC1) 及 *F. falciforme* (FSSC 3+4)⁽³⁴⁾。

本研究將所分離自西洋南瓜之菌株，屬於 FSSC 1 及 FSSC 3+4 群，分別接種至不同種之南瓜果實，結果顯示對不同種之南瓜皆具有病原性，於西洋南瓜、中國南瓜及美國南瓜果實上皆會產生褐色水浸狀病斑，且病斑向果心延伸。國外多數研究造成南瓜果腐病之 FSSC 多報導於美國南瓜(*C. pepo*) 為主^(8, 31)，於 2022 年美國學者報導加利福尼亞州由 *F. petroliphilum* 引起義大利麵條瓜 (Spaghetti squash, *C. pepo* L. subsp. *pepo*) 之果腐病⁽⁸⁾，另西班牙於 2018 年報導由 *F. petroliphilum* 所引起奶油南瓜(*C. moschata*)之果腐病，可見 FSSC 1 可引起不同種南瓜之果腐病，且在全球多個南瓜產區造成嚴重損失⁽¹⁹⁾。

另試驗中 2 株自南瓜果實分離之菌株對西洋南瓜 5 個不同品種皆具有病原性，可知目前常見之商業品種於採收後，對由 FSSC 引起之果腐病不具有抗性，其中‘東昇’於接種後 7 天即可產生病斑，顯示該品種對病原菌具較高之感受性，後續研究可透過採後貯藏環境管理或防治資材處理，以降低果腐病之發生。*Fusarium* 於田間感染南瓜果實，除了潛伏至採收後發病外，亦可在田間直接呈現小且孔洞狀的斑點，後期逐漸擴大呈凹陷斑，表面覆蓋白色或灰色黴狀物，通常是與地面之土壤接觸感染^(7, 14)，FSSC 是可殘存於土壤之病原菌，在高濕的環境下可直接侵入感染，傷口則利於病原

菌經由傷口侵染果實。此類病原菌所造成的果腐病在防治上十分具有難度，田間栽培期間可透過定期施用化學農藥達到防治效果或輪作非葫蘆科作物減少罹病率，另則是需避免在採收、運送及包裝過程傷口的產生，並維持良好的貯藏與運輸環境⁽⁷⁾。

本研究以 12°C 低溫貯藏西洋南瓜以降低果腐病之發生，然仍可見除 *Fusarium* 以外之病原菌所造成之果腐病，因此為有效降低西洋南瓜在貯藏期間果腐病之罹病率，並因應後端消費者對安全農產品之需求，選用非農藥防治資材於西洋南瓜貯藏前進行浸泡處理，以降低南瓜果腐病之罹病率。Kazi 氏等人(2019)研究顯示芒果葉、粗糠及木灰萃取液於培養基與果實上，皆可有效抑制南瓜採後造成果腐病病原菌生長效果⁽²¹⁾。然在非農藥防治資材處理以降低南瓜採後果實果腐病之相關研究並不多，目前國外對於南瓜採後處理之方式，通常不建議以水進行清潔，若為移除果表土壤及因應市場果表清潔度之要求，以提升果品價值，於南瓜貯藏或包裝前進行清洗，建議在清洗之水溶液中添加具殺菌效果之物質，如：10%含有氯離子之漂白水溶液進行清潔，以減少貯藏期間果腐病的發生^(10, 13)。本研究可見以水處理之對照組，相較於未經任何資材處理之罹病率高，驗證以水清洗果實表面，若未於水中添加任何消毒劑，可能造成病害情形更加嚴重，而研究中若以次氯酸水溶液或幾丁聚醣處理，即可相較以水處理之對照組降低罹病率，其中以次氯酸水的效果最佳。次氯酸水是透過電解食鹽水，並且通過濾膜而得弱酸性溶液，具有抗菌效果，可破壞有害微生物的細胞壁和細胞代謝，目前已是美國食品藥物管理局(Food and Drug Administration, FDA)表列可用在食品加工過程應用以維持水質的安全物質，並已被證實可減少新鮮蔬果受環境污染的風險，是有效、相對便宜及對環境友善的消毒資材，已有許多研究應用次氯酸水處理以防治蔬果採後病害^(16, 27, 35)。

目前西洋南瓜在臺灣貯藏過程中，FSSC 所造成之果腐病為重要的貯藏性病害之一，透過最新研究結果可知臺灣所採集之菌株分為兩大群，而本研究證實這兩群的菌株皆可感染不同種的南瓜及不同品種的西洋南瓜，將可供未來在南瓜果腐病防治相關研究之基礎資料。由於大部分南瓜貯藏性病害多為田間所感染，因此不易防治，故為降低西洋南瓜貯藏病害發生，建議可於貯藏前進行果實表面清洗，而清洗之水溶液可添加次氯酸水進行消毒，以提升病害防治效果。

參考文獻

1. 農業統計年報 <https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>
2. 農產品批發市場交易行情站 <https://amis.afa.gov.tw/main/Main.aspx>
3. 李阿嬌 2010 設施藍耕直立式栽培之西洋南瓜(*Cucurbita maxima*)品種適應性評估 桃園區農業改良場研究彙報 68: 13-22。
4. 林煜恒、張富翔、藍玄錦 2019 整蔓方式對於露天栽培西洋南瓜果實品質及產量之評估 臺中區農業改良場研究彙報 142: 67-75。
5. Anjili, S. M., N. Kazi and I. B. Chimbekujwo. 2019. Causal agents of post-harvest rot of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) and their control using indigenous practices in Hong, Adamawa State. J. Plant Sci.

- Phytopathol. 3(2): 062-066.
6. Babadoost, M. 2000. Outbreak of Phytophthora foliar blight and fruit rot in processing pumpkin fields in Illinois. Plant Dis. 84(12): 1345-1345.
 7. Babadoost, M. and T. A. Zitter. 2009. Fruit rots of pumpkin: A serious threat to the pumpkin industry. Plant Dis. 93(8): 772-782.
 8. Brown, A. A., M. C. Soriano, S. R. Latham and C. L. Blomquist. 2022. First report of *Fusarium petroliphilum* causing fruit rot of spaghetti squash in California. Plant Dis. 106(3): 1072.
 9. Castroagudin, V., J. Correll and R. Cartwright. 2009. First report of fruit rot of pumpkin caused by *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae* in Arkansas. Plant Dis. 93(6): 669-669.
 10. Drost, D. 2014. Vegetable Production Recommendations. p.10. In: Bunn, B. (eds) Utah vegetable production and pest management guide 2014. Utah State University Extension, Utah.
 11. Dhiman, A. K., K. Sharma and S. Attri. 2009. Functional constituents and processing of pumpkin: A review. J. Food Sci. Technol. 46(5): 411.
 12. Dini, I., G. C. Tenore and A. Dini. 2013. Effect of industrial and domestic processing on antioxidant properties of pumpkin pulp. LWT-Food Sci. Technol. 53(1): 382-385.
 13. Ekman, J., A. Goldwater and E. Winley. 2016. Postharvest management of vegetables: Australian supply chain handbook. National Library of Australia Cataloguing-in Publication.
 14. Elmer, W. H., S. F. Covert and K. O'Donnell. 2007. Investigation of an outbreak of *Fusarium* foot and fruit rot of pumpkin within the United States. Plant Dis. 91(9): 1142-1146.
 15. Ezrari, S., R. ahlali, N. Radouane, A. Tahiri and A. Lazraq. 2020. First report of *Fusarium equiseti* causing pre-and postharvest fruit rot on zucchini in Morocco. J. Plant Pathol. 102: 251-251.
 16. Feliziani, E., A. Lichter, J. L. Smilanick and A. Ippolito. 2016. Disinfecting agents for controlling fruit and vegetable diseases after harvest. Postharvest Biol. Technol. 122: 53-69.
 17. Gómez, J., J. Guerra-Sanz, M. Sánchez-Guerrero, Y. Serrano and J. Melero-Vara. 2008. Crown rot of zucchini squash caused by *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae* in Almería Province, Spain. Plant Dis. 92(7): 1137-1137.
 18. Geiser, D. M., A. M. Al-Hatmi, T. Aoki, T. Arie, V. Balmas, I. Barnes, G. C. Bergstrom, M. K. Bhattacharyya, C. L. Blomquist and R. L. Bowden. 2021. Phylogenomic analysis of a 55.1-kb 19-gene dataset resolves a monophyletic *Fusarium* that includes the *Fusarium solani* species complex. Phytopathology 111(7): 1064-1079.
 19. González, V., J. Armengol and A. Garcés-Claver. 2018. First report of *Fusarium petroliphilum* causing fruit rot of butternut squash in Spain. Plant Dis. 102(8): 1662-1662.

20. Hausbeck, M. K. and K. H. Lamour. 2004. *Phytophthora capsici* on vegetable crops: research progress and management challenges. *Plant Dis.* 88(12): 1292-1303.
21. Kazi, N., I. Chimbekujwo and S. Anjili. 2019. Identification and control of post-harvest rot of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) in Hong, Adamawa State. *Afr. J. Plant Sci.* 13(9): 239-245.
22. Kitabayashi, S., A. Kawaguchi, M. Yoshida, D. Kami, K. Sugiyama and A. Kawakami. 2022. First report of *Fusarium sambucinum* causing postharvest fruit rot of winter squash (*Cucurbita maxima*). *J. Gen. Plant Pathol.* 88(3): 207-211.
23. Kitabayashi, S., A. Kawaguchi, M. Yoshida, D. Kami, K. Sugiyama and A. Kawakami. 2023. First report of *Fusarium ipomoeae* and *F. citri* causing postharvest fruit rot of winter squash (*Cucurbita maxima*). *J. Gen. Plant Pathol.* 89(1): 61-66.
24. Kitinoja, L. and A. A. Kader. 2002. p. 131. In: Small-scale postharvest handling practices: a manual for horticultural crops. University of California, Davis, Postharvest Technology Research and Information Center.
25. Lee, B. K., B. S. Kim, S. W. Chang and B. K. Hwang. 2001. Aggressiveness to pumpkin cultivars of isolates of *Phytophthora capsici* from pumpkin and pepper. *Plant Dis.* 85(5): 497-500.
26. Lee, Y. K., W. I. Chung and H. Ezura. 2003. Efficient plant regeneration via organogenesis in winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.). *Plant Sci.* 164(3): 413-418.
27. Lu, L., H. Guo, N. Kang, X. He, G. Liu, J. Li, X. He, X. Yan and H. Yu. 2022. Application of electrolysed water in the quality and safety control of fruits and vegetables: A review. *Int. J. Food Sci. Technol.* 57(9): 5698-5711.
28. O'Donnell, K., A. M. Al-Hatmi, T. Aoki, B. Brankovics, J. F. Cano-Lira, J. J. Coleman, G. S. De Hoog, A. Di Pietro, R. J. Frandsen, D. M. Geiser and C. F. Gibas. 2020. No to Neocosmospora: Phylogenomic and practical reasons for continued inclusion of the *Fusarium solani* species complex in the genus *Fusarium*. *Mosphere* 5(5): e00810-20.
29. Palou, L. 2014. *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum* (Green Mold, Blue Mold). p.45-105. In: Bautista-Baños S (eds.) Postharvest Decay (1st). Academic Press. Mexico.
30. Palou, L. 2018. Postharvest treatments with GRAS salts to control fresh fruit decay. *Horticulturae* 4(4): 46.
31. Rampersad, S. 2009. First report of *Fusarium solani* fruit rot of pumpkin (*Cucurbita pepo*) in Trinidad. *Plant Dis.* 93(5): 547-547.
32. Rivedal, H., A. Stone and K. Johnson 2018. First report of *Fusarium culmorum* causing fruit rot of winter squash (*Cucurbita maxima*) in Oregon. *Plant Dis.* 102(12): 2659.

33. Short, D. P., K. O'Donnell, U. Thrane, K. F. Nielsen, N. Zhang, J. H. Juba and D. M. Geiser, 2013. Phylogenetic relationships among members of the *Fusarium solani* species complex in human infections and the descriptions of *F. keratoplasticum* sp. nov. and *F. petroliphilum* stat. nov. *Fungal Genet. Biol.* 53: 59-70.
34. Sritongkam, B., P. L. Sun, P. H. Lo, Y. M. Shen, C. J. Wang, J. Unartngam and W. H. Chung, 2022. Novel causative agents of *Fusarium solani* species complex causing stem and fruit rot in cucurbit in Taiwan. *J. Phytopathol.* 170(7-8): 462-478.
35. Wang, J. 2011. Evaluation of hypochlorous acid (electrolyzed water), lactic acid, and peroxyacetic acid as sanitizers for fresh vegetables. Oklahoma State University.
36. Wyenandt, C. A., R. M. Riedel, L. H. Rhodes, M. A. Bennett and S. G. Nameth. 2010. Survey of *Fusarium* spp. associated with fruit rot of pumpkin in Ohio. *Plant Health Prog.* 11(1): 9.
37. Zhang, N., K. O'Donnell, D. A. Sutton, F. A. Nalim, R. C. Summerbell, A. A. Padhye and D. M. Geiser 2006. Members of the *Fusarium solani* species complex that cause infections in both humans and plants are common in the environment. *J. Clin. Microbiol.* 44(6): 2186-2190.
38. Zitter, T. A., D. L. Hopkins and C. E. Thomas. 1996. *Compendium of cucurbit diseases*. Aps Press.

Fruit Rot of *Cucurbita maxima* Caused by *Fusarium solani* Species Complex and Postharvest Disease Control¹

Pei-Hsin Lo², Yu-Heng Lin² and Yi-Tso Lai³

ABSTRACT

Cucurbita maxima Duch. is one of the most popular variety of pumpkin worldwide. In Taiwan, it showed low yield during summer to fall. That, low temperature storage could maintain the quality and extend the storage at least 3 months. The objectives of this study were to realize the main postharvest diseases of *C. maxima* in Taiwan, and analyze the pathogenicity of main pathogen to 3 varieties of pumpkin and 5 commercial cultivars of *C. maxima*. Furthermore, to establish non-chemical fungicide materials on controlling postharvest diseases of *C. maxima*. As the results, it showed that *Diaporthe* spp.、*Fusarium* spp.、*Stagonosporopsis* spp. and *Colletotrichum* spp. were the main pathogens observed on the symptom of fruit rot during storage, and *F. solani* species complex (FSSC) was the most important pathogen. Two isolates from *C. maxima* in this study were divided into FSSC 1 (*F. petroliphilum*) and FSSC 3+4 (*F. falciforme*). They showed pathogenicity on the fruit of *C. maxima*, *C. moschata*, *C. pepo*, and 5 commercial cultivars of *C. maxima*. Moreover, the treatment of 0.4 ppm hypochlorous acid water showed the effect on decreasing disease incidence of postharvest diseases dominantly. Therefore, it is better to wash the fruit with hypochlorous acid water before low temperature storage of *C. maxima*. It could control the postharvest diseases efficiently.

Keywords: *Cucurbita maxima*, postharvest disease, *Fusarium solani* species complex, hypochlorous acid

¹Contribution No.1068 from Taichung DARES, MOA.

²Assistant Researcher of Taichung DARES, MOA.

³Assistant of Taichung DARES, MOA.