

臺灣草莓種原對炭疽病菌之抗性篩檢

吳佳宜^{1,2}、吳岱融^{3,4}、李怡蓓³、鐘珮哲³、羅國偉^{5,6}、鍾嘉綾^{1,6}

¹ 國立臺灣大學植物病理與微生物學系。臺北市。

² 行政院農業委員會花蓮區農業改良場作物環境課。花蓮縣。

³ 行政院農業委員會苗栗區農業改良場生物防治分場。苗栗縣。

⁴ 行政院農業委員會花蓮區農業改良場作物改良課。花蓮縣。

⁵ 行政院農業委員會桃園區農業改良場新埔工作站。新竹縣。

⁶ 聯絡作者，E-mail: clchung@ntu.edu.tw; kuowei@tydais.gov.tw

摘 要

吳佳宜^{1,2}、吳岱融^{3,4}、李怡蓓³、鐘珮哲³、羅國偉^{5,6}、鍾嘉綾^{1,6}。2022。臺灣草莓種原庫對炭疽病菌之抗性篩檢。植物醫學 64(4): 123-130。

草莓炭疽病為嚴重危害草莓之真菌性病害，其病原菌為 *Colletotrichum* spp.，可感染草莓全株，在各個生長期皆能造成危害。臺灣田間炭疽病菌族群以 *C. siamense* 為主 (佔75%)，*C. fructicola* 次之 (佔11%)。‘桃園 1 號’ 為臺灣草莓主流栽培品種之一，然其對炭疽病菌十分感病，產業上對於具有良好園藝性狀又抗 (耐) 病的新品種有殷切需求。國內草莓種原保存於桃園區農業改良場五峰工作站及苗栗區農業改良場生物防治分場。為釐清種原對炭疽病菌之抗性，且為減少走蔓苗材料消耗，本研究建立可同時評估葉部炭疽病及冠腐病的接種系統。以本土高致病力代表菌株 *C. siamense* ML133 及 *C. fructicola* ML356 接種種原庫中的 55 個品種 (系)，其中14 個品種 (系) 之葉部抗性較佳，兩菌株接種之葉部罹病面積率均小於 10%，顯著低於感病對照品種 ‘桃園1號’ 接種ML133之42.4%；7個品種 (系) 之冠部罹病面積率小於20%，但只有 ‘TYS16109’ (兩菌株接種皆小於10%) 與 ‘桃園1號’ 接種ML133 (53.5%) 有顯著差異。同一菌株在葉部與冠部造成之罹病程度並無顯著相關 (ML133為 $r = 0.23$, $p = 0.112$ ；ML356 為 $r = 0.06$, $p = 0.686$)。本研究篩選出良好之葉部抗性且冠部罹病率在 20% 以下之 ‘TS4’、‘Rassen’、‘TS13’、‘久留米103’ 及 ‘TYS16109’ 等品種 (系)，尤其 ‘TYS16109’ 兼具良好之葉部與冠部抗性，皆可作為未來選擇抗病育種親本之參考。

關鍵詞： *Colletotrichum siamense*、*Colletotrichum fructicola*、草莓種原庫、抗性檢定、抗病育種

臺灣草莓的種植現況

草莓 Strawberry (*Fragaria xananassa* Duch.) 是臺灣冬季頗受歡迎的水果，於109年總產量突破九千公噸，鮮食草莓與草莓加工產品皆受國人喜愛。根據 109 年農業統計年報，臺灣草莓栽培面積達 527 公頃，其中以苗栗縣最高，約 465 公頃，佔全國總栽培面積之 9 成。產區多集中於大湖鄉與其鄰近之獅潭鄉、卓蘭鄉及公館鄉。其他縣市之鄉鎮區如新竹縣關西鎮、南投縣國姓鄉、臺中市后里區以及臺北市內湖區等皆有零星栽培。臺灣的草莓種植為一年一作，夏季為走蔓育苗期，定植期約為九月中旬至十月，第一期果約在十一月下旬開始採收，可連續採收至翌年的三至四月底。四月以後天氣轉熱，果實品質不佳且病蟲害增加，則不再採收⁽¹⁾。

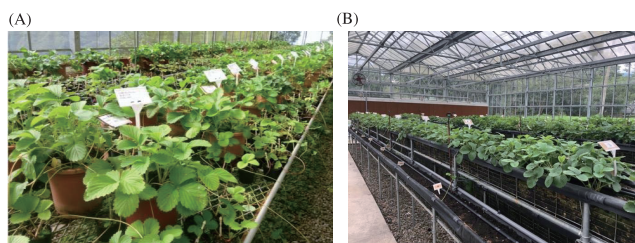
草莓種苗需求量大，以每公頃種植5萬株苗估算，僅在苗栗地區每年就約需 2300 萬株⁽²⁾，農民多自行育苗，亦有農民或育苗場逐漸投入專業育苗。近年因氣候變遷，夏季高溫期變長，育苗期病害發生頻繁，尤以 *Colletotrichum* spp. 引起的草莓炭疽病 (anthracnose) 最為嚴重。不僅危害苗圃，且於本田期造成植株冠腐死亡，以致大量缺株，提高種植成本。因 ‘桃園1號’ (又稱 ‘豐香’) 草莓為炭疽病感病品種，農民近幾年紛紛轉種植抗性相對高的 ‘香水’ 草莓，但 ‘香水’ 近兩年又受 *Neopestalotiopsis rosae* 引起的葉枯病 (leaf blight) 嚴重危害⁽²⁴⁾。

化學藥劑防治為控制病害的常見手段，但化學藥劑之長期、重複及過度使用，存在環境汙染與農藥殘留之疑慮，且易增加病原菌族群產生抗藥性的風險。病害綜合管理策略中，栽植抗耐病品種是安全且環境友善的方法^(8, 19, 22)，且能降低後續之管理成本。在抗病育種工作中，由於現今國內商業栽培品種不多，產業對有優良園藝性狀且具抗病性之新品種需求高，而

若要進行抗病育種，則需先有具優良抗耐病性的品系作為親本 (16, 22)。

臺灣草莓種原庫

國內草莓種原保存圃目前設於桃園區農業改良場 (以下簡稱桃園場) 五峰工作站 (海拔高度約1,000公尺) 及苗栗區農業改良場 (以下簡稱苗栗場) 生物防治分場 (海拔高度約460公尺) (圖一)，蒐集場內歷年育成品種 (系) 及種原保存材料。國內草莓種原引種記錄可追溯自 1948 年開始，參與引種單位有臺北區及新竹區農業改良場，1968 年後參與引種單位則不限於公立機構，民間團體也加入引種行列，引種地區遍及草莓主要生產國家如美國、德國、法國及日本等，歷年間引進數目約161 品種次⁽¹³⁾。臺灣最早的草莓栽培紀錄，可追溯至 1934 年，由日本人在陽明山地區引種試種，但未達經濟栽培規模。前農林廳臺北區農業改良場在 1948 年引進「福羽」品種，大湖鄉民於1958年將草莓引進大湖種植，當地環境與氣候適宜，最初栽培品種為「阿美利加」、「馬歇爾」及「福羽」。1969年前中國農村復興聯合委員會 (農復會) 的李秀技正自美國加州引進「Solana」、「Fresno」、「Tioga」及「Aliso」品種，在前農林廳新竹區農業改良場試種，後選拔出「Aliso」進行推廣。1973 年由前新竹區農業改良場引進「春香」、「大石四季成」、「芳玉」、「久留米 32 號」與「久留米 103 號」等品種。「春香」性狀優良，適合作為鮮果食用，故於 1979 年推廣種植，隔年即與「Aliso」各佔栽培面積之一半，後便取代「Aliso」^(12, 15)。後引進「豐香」、「久能早生」及「愛倍利」等品種，因「豐香」香氣濃厚及果形優美，以此品種選育優良單株，於 1990 年命名為「桃園 1 號」，此品種果色鮮紅、果型碩大、香氣足甜度高，市場接受度高，遂成為種植之主流品種⁽¹⁴⁾。桃園場後續推出「桃園 3 號」，選育自「桃園 1 號」自然雜交之後代，果實碩大，但其硬度較低⁽¹¹⁾。2012 年再推出「桃園 4 號」，具有果型大、產量高且硬度高等特性⁽¹⁷⁾。苗栗場於 2019 年推出「苗栗 1 號」戀香品種，正在推廣栽植階段⁽²³⁾。農業試驗所亦於2022年推出「台農



圖一、草莓種原保存圃。(A) 桃園場五峰工作站種原圃；(B) 苗栗場生物防治分場種原溫室。

Fig. 1. Strawberry germplasm. (A) Nursery in Wufong Branch Station, Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station; (B) Greenhouse in Biological Control Branch, Miaoli District Agricultural Research and Extension Station.

1 號」新品種⁽²⁰⁾。

炭疽病之抗性檢定

雖然種原圃內品種眾多，然絕大多數並無商業繁殖，僅繁殖少數植株作為品種保存及育種親本來源。為了釐清國內草莓種原對炭疽病菌之抗感病特性，本研究團隊調查本土病原菌族群組成，並建立標準化人工接種評估流程，使用高致病力代表菌株進行抗性檢定。

為降低植株生育差異對抗性檢測之影響，於育苗階段挑選含至少 3 片完整展開葉之草莓苗株作為供試種苗。苗株統一栽培於 2.5 吋黑色軟鉢，介質為不含肥料之荷蘭BVB育苗專用泥炭土，並使用新好康多1號粒劑長效複肥與介質混合作肥培管理。由於不同草莓種原之走莖苗生長時期不一致、繁殖數量亦十分有限，本研究自2018至2021年分批完成共55個品種 (系) (表一) 之接種測試。苗株分批從改良場運送至臺灣大學後，放置於 22 至 24°C、光週期 16 小時光照，8 小時黑暗的植物栽培室至少 2 週，後進行接種試驗。試驗品種為種原庫中 55 個品種 (系)，包含桃園場 33 個品種 (系)，苗栗場 21 個品種 (系)，以及作為感病性受試品種之「桃園 1 號」。

Chung等人^(3, 4)於 2010至2018年針對臺灣田間草莓炭疽病菌族群進行調查，初以型態分別，再以 ITS、ACT、CAL、CHS-1、 β -tubulin 2 (TUB2) 等基因建構親緣關係樹，鑑定出田間病原菌族群以 *C. gloeosporioides* species complex 中的 *C. siamense* 佔比最高約75%，*C. fructicola*次之約11%，另有少數屬於 *C. boninense* species complex 之 *C. boninense* (佔2%) 及 *C. karstii* (佔6%)，該研究亦鑑定出炭疽病菌新種 *C. miaoliense* (佔6%)。*C. boninense*、*C. karstii* 及 *C. miaoliense* 致病力不高，即使在高溫 (30°C) 的利病條件下，也只能在葉片有傷口下造成微小病徵。由於草莓品種繁多，多數種原能繁殖出的走莖苗有限，因此本研究選擇針對優勢菌種 *C. siamense* 與 *C. fructicola*，每個種內各挑選一株高致病力、於人工培養基上生長及產孢穩定之代表性菌株 *C. siamense* ML133 與 *C. fructicola* ML356 進行接種。

將菌株培養於 1/4 馬鈴薯葡萄糖培養基 (potato dextrose agar, PDA) 4 至 7 天，將無菌 0.02% Tween 20溶液約 5 mL 加入培養基中，以無菌玻棒刮取菌絲表面收取孢子液，並用4層無菌紗布過濾菌絲，以血球計數器計算孢子量，再以無菌 0.02% Tween 20 溶液稀釋至 1×10^6 conidia/mL，以空氣壓縮機與噴槍 (壓力約 15 psi) 噴灑孢子液於葉表與葉背進行葉部接種，一株植物約噴灑 3 mL 孢子液，直至葉片完全濕潤，植株放置陰乾後再進行冠部接種。根據苗栗場之田間觀察推測，炭疽病菌在草莓冠部之感染，主要透過農民拔除老葉後的傷口入侵 (罹病冠部剖開後，九成以上可見壞疽病徵由冠部上端或側邊之傷口往內拓展)，因此先以 18 G 針頭 (38 mm, 18 G $\times$ 1 $\frac{1}{2}$ " TERUMO) 穿刺植株冠部，再滴上 10 μ L、濃度 1×10^7 conidia/mL 之孢子液進行冠部接種。接著將植物放進鋪滿濕擦手紙的

表一、草莓試驗品種 (系)

TABLE 1. Cultivars and lines in the screening assay

Cultivars/lines ^a	Germplasm ^b	Origins ^c	Parents ^c
Taoyuan No. 1	Miaoli DARES、Taoyuan DARES	Taoyuan DARES	‘Toyonoka’ OP
Earliglo	Miaoli DARES	USA	N
Tristar	Miaoli DARES	USA	N
Tufts	Miaoli DARES	California, USA	‘CAL 46.5-1’ × ‘Tioga’
Cruz	Miaoli DARES	USA	N
Sequoia	Miaoli DARES	California, USA	‘Cal.52.16-15’ × ‘Cal.51s1-1’
Fukuba	Miaoli DARES	Japan	‘General Chanzy’ OP
Solana	Miaoli DARES	California, USA	‘Cal.177-19’ × ‘Cal.103-22’
Fresno	Miaoli DARES	California, USA	‘Lassen’ × ‘CAL 42.8-16’
Tioga	Miaoli DARES	California, USA	‘Lassen’ × ‘CAL 42.8-16’
Coral	Miaoli DARES	Spain	N
Nyo-ryo	Miaoli DARES	Japan	N
Camarosa	Miaoli DARES	USA	‘Douglas’ × ‘Cal 85.218-605’
Akihime	Miaoli DARES	Japan	‘Kunowase’ × ‘Nyo-ho’
Xiangshui	Miaoli DARES	Dahu local cultivar	N
E7	Miaoli DARES	Miaoli DARES	‘Taoyuan No. 1’ × ‘MLSBL’
Y2	Miaoli DARES	Miaoli DARES	‘Taoyuan No. 1’ × ‘YE’
YE	Miaoli DARES	Miaoli DARES	N
E05	Miaoli DARES	Miaoli DARES	‘Taoyuan No. 1’ × ‘MLSE0’
TS04	Miaoli DARES	Miaoli DARES	‘Taoyuan No. 1’ × ‘MLSPA’
TS13	Miaoli DARES	Miaoli DARES	‘Taoyuan No. 1’ × ‘MLSPA’
33-1	Miaoli DARES	Miaoli DARES	N
Taoyuan No. 2	Taoyuan DARES	Taoyuan DARES	‘Sequoia’ × ‘Kunowase’
Taoyuan No. 3	Taoyuan DARES	Taoyuan DARES	‘Taoyuan No. 1’ OP
Tainong No. 1	Taoyuan DARES	Taoyuan DARES	N
Saga	Taoyuan DARES	Japan	‘Osuzu’ × ‘Toyonoka’
Chizuru	Taoyuan DARES	Japan	[(Donner-s)-s × (Harunoka-s)-s]-sx Harunoka-s
Kurume 103	Taoyuan DARES	Japan	‘Miyazaki × Sun’ × ‘Fukuba’
D82	Taoyuan DARES	Taoyuan DARES	N
Aliso	Taoyuan DARES	USA	<i>F. chiloensis</i> (hexaploid) × ‘CA 1327’
Allstar	Taoyuan DARES	USA	‘US 4419’ × ‘MDVS 3184’
Delizzo	Taoyuan DARES	N	N
NW-V-006	Taoyuan DARES	Norway	N
NW-V-007	Taoyuan DARES	Norway	N
Ozark Beauty	Taoyuan DARES	USA	‘Red Rich’ × ‘Twentieth Century’
Quinault	Taoyuan DARES	USA	N
Rassen	Taoyuan DARES	Japan	N
Robinson	Taoyuan DARES	USA	N
Vista	Taoyuan DARES	France	N
Tochiotome	Taoyuan DARES	Japan	‘Kurume 103’ × ‘Tochinonyo’
Momokaori	Taoyuan DARES	Japan	‘K58N7-21’ × ‘Kurume IH1’
Seasonfruiting	Taoyuan DARES	Japan	N
Tohoku No. 9	Taoyuan DARES	Japan	N
Tohoku No. 11	Taoyuan DARES	Japan	N
Tianlai	Taoyuan DARES	Neihu local cultivar	N
Jiaxiangshui	Taoyuan DARES	Dahu local cultivar	N

Cultivars/lines ^a	Germplasm ^b	Origins ^c	Parents ^c
Dahu × Xiangshui	Taoyuan DARES	Taoyuan DARES	N
TYS92-p8	Taoyuan DARES	Taoyuan DARES	N
TYS92-P7	Taoyuan DARES	Taoyuan DARES	‘Taoyuan No. 1’ OP
TYS0317	Taoyuan DARES	Taoyuan DARES	‘TYS80-25’ × ‘Taoyuan No. 3’
TYS84-41	Taoyuan DARES	Taoyuan DARES	‘Taoyuan No. 3’ × ‘TYS80-125’
TYS76-01	Taoyuan DARES	Taoyuan DARES	‘Cruz’ OP
TYS16057	Taoyuan DARES	Taoyuan DARES	‘TYS0317’ × ‘TYS84-41’
TYS16091	Taoyuan DARES	Taoyuan DARES	‘TYS84-41’ × ‘Taoyuan No. 1’
TYS16109	Taoyuan DARES	Taoyuan DARES	‘Taoyuan No. 4’ × ‘TYS15-01’

^a Taoyuan No. 1: 桃園1號; Fukuba: 福羽; Nyo-ryo: 女嶺; Akihime: 章姬; Xiangshui: 香水; Taoyuan No. 2: 桃園2號; Taoyuan No. 3: 桃園3號; Tainong No. 1: 台農1號; Saga: 佐賀; Chizuru: 千鶴; Kurume 103: 久留米103; Tochiotome: 栃乙女; Momokaori: 桃薰; Seasonfruiting: 四季結果; Tohoku No.9: 東北9號; Tohoku No. 11: 東北11號; Tianlai: 天來; Jiexiangshui: 假香水; Dahu × Xiangshui: 大湖 × 香水1.

^b Miaoli DARES: Miaoli District Agricultural Research and Extension Station; Taoyuan DARES: Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station.

^c N: Uncertain or unknown origins or parental lines; Dahu: 大湖; Neihu: 內湖; OP: Open pollinated; Toyonoka: 豐香; Kunowase: 久能早生; Nyo-ho: 女峰; Miyazaki × Sun: 宮崎×ザサン; Tochinonyo: 栃之峰; Kurume IH1: 久留米IH1.

密封箱，置於 28°C，光照 16 小時，黑暗 8 小時之生長箱。每一品種（系）每種處理組五棵植株，另負對照組 0.02% Tween 20 處理為三棵，每次接種試驗均以‘桃園 1 號’作為感病之對照品種。接種後 10 至 14 天觀察葉部與冠部之剖面病徵，並記錄罹病面積率（罹病區域面積/該葉片或冠部剖面總面積 × 100%）。每株植物取完整展開之三至五片葉進行罹病面積判別；冠部以兩傷口為對角進行縱剖，以剖面進行罹病面積判別。結果以 Tukey's studentized range (HSD) 法進行統計分析，並以 Pearson's correlation test 比較相關性。

草莓品種（系）葉部及冠部之抗感病性

感病品種‘桃園 1 號’以上述接種法接種後，呈現炭疽病菌感染時之典型病徵，葉部為黑褐色圓形略凹陷斑，冠部則褐化腐爛（圖二）。葉部及冠部在同時接種下，與單獨接種時呈現的病徵一致，唯同時接種下葉片基部及葉柄處有時呈現壞疽，推測與冠部感染造成之萎凋有關（單獨接種冠部或田間冠部自然感染之植株，均可觀察到葉柄壞疽萎凋、葉片黃化壞疽之現象）。55個草莓品種（系）以 *C. siamense* ML133 與 *C. fructicola* ML356 接種後，葉部及冠部罹病面積率如圖三。10 品種（‘久留米103’、‘桃園 2 號’、‘Allstar’、‘NWV-007’、‘Coral’、‘台農 1 號’、‘Rassen’、‘女嶺’與‘Robinson’）與 4 品系（‘TYS106109’、‘TYS76-1’、‘TYS92-p7’與‘TS04’）葉部抗性較佳，兩菌株接種之罹病面積率均小於 10%，與感病品種‘桃園 1 號’接種 ML133 之處理在統計上有顯著差異（圖三A）。在冠部的結果中，大部分品種系罹病嚴重，可能與強勢傷口接種有關，僅有 3 品種（‘久留米103’、‘Rassen’與‘Delizzo’）與 4 品系（‘TYS16109’、‘TS13’、‘TS04’與‘TYS16091’）罹病面積率小於 20%，其中‘Delizzo’、‘TS04’及

‘TYS16109’在 ML133 接種處理中，罹病面積率小於 10%，但唯‘TYS16109’抗性最佳，接種兩菌株之罹病面積率均小於 10%，與感病品種‘桃園 1 號’有顯著差異（圖三B）。

兩菌株對葉部之致病力在品種間具有高度正相關性（ $r = 0.81$, $p < 0.001$ ）（表二），且 ML133 普遍高於 ML356。兩菌株對冠部之致病力則為中度正相關（ $r = 0.58$, $p < 0.001$ ）（表二），部分品種的冠部在 ML356 接種下，罹病面積率較 ML133 高。值得

(A)

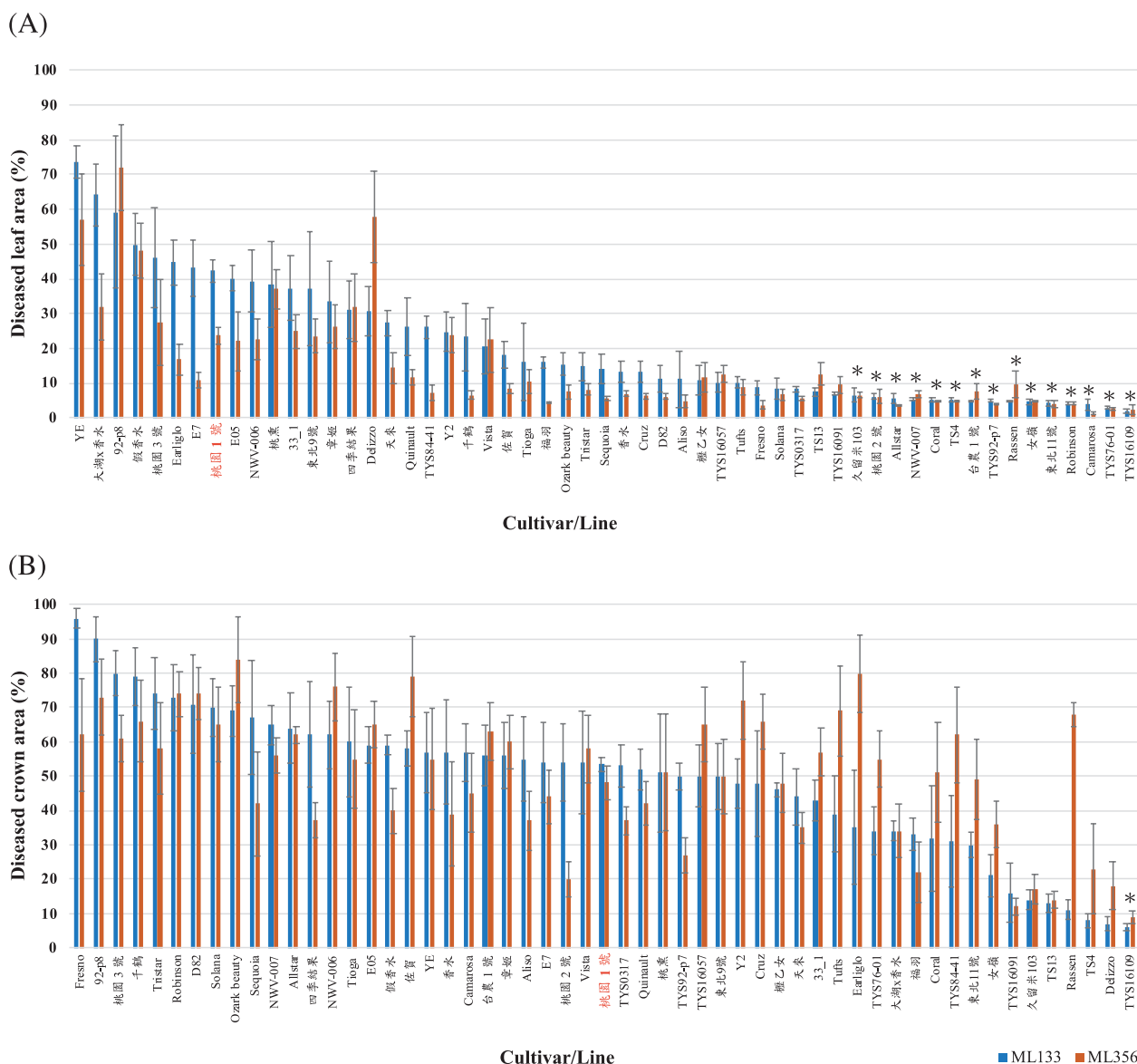


(B)



圖二、以炭疽病菌同時接種‘桃園 1 號’葉部及冠部，於接種後 11-12 天呈現之典型病徵。(A) *Colletotrichum siamense* ML133；(B) *C. fructicola* ML356。左：單一接種植株之四片病葉。右：接種冠部之縱剖面。比例尺為 1 公分。

Fig. 2. Typical anthracnose symptoms at 11-12 days post the simultaneous leaf and crown inoculation of ‘Taoyuan no.1’ with *Colletotrichum* sp. (A) *C. siamense* ML133; (B) *C. fructicola* ML356. Left: Four diseased leaves of an inoculated plant. Right: Longitudinal section of the inoculated crown. Scale bar = 1 cm.



圖三、以本土高致病力炭疽病菌 *Colletotrichum siamense* ML133 及 *C. fructicola* ML356 接種 55 個草莓品種 (系) 之結果。(A) 葉部罹病面積率 (%)；(B) 冠部罹病面積率 (%)。兩菌株接種於不同草莓品種 (系) 之一部位下之結果 (平均值 $\pm$ 標準誤差) 以 Tukey's studentized range (HSD) 分別進行統計分析。與桃園 1 號 (以紅色字體標示) 之接種結果具有顯著差異者 ($p < 0.05$) 以 * 符號標示。

Fig. 3. Results of 55 strawberry cultivars/lines inoculated with domestic highly virulent *Colletotrichum siamense* ML133 and *C. fructicola* ML356. (A) Diseased leaf area (%); (B) disease crown area (%). Data (mean $\pm$ standard error) with * are significantly different from 'Taoyuan no.1' (marked in red) according to Tukey's studentized range (HSD) test at $p < 0.05$.

注意的是，同一菌株對葉部與冠部之致病力並無明顯相關性 (*C. siamense* ML133: $r = 0.23$, $p = 0.112$; *C. fructicola* ML 356: $r = 0.06$, $p = 0.686$) (表二)。以接種 ML133 為例，‘Fresno’ 品種具有葉部抗性 (葉部罹病面積率 8.6%) 但冠部高度感病 (冠部罹病面積率 96%)，‘大湖x香水’ 品系則葉部偏感病 (葉部罹病面積率 64.1%) 但冠部罹病面積約 34%；對於葉部及冠部均高度感病之品種 (系) 如 ‘92-p8’ 及 ‘桃園3號’，即使冠部罹病面積達 80% 以上，其葉片仍完整且病徵可清楚判釋。

草莓植株冠部遭炭疽病菌侵染，直接造成植株冠部組織腐爛壞死，水份養份無法運輸，植株死亡，因此釐清草莓品種對炭疽病菌之冠部抗性有其必要性。此外炭疽病菌在自然界中主要以無性世代的分生孢子依靠流動水與灌溉水飛濺傳播⁽⁷⁾，因此頂灌方式利於病原孢子擴散，在育苗期病原菌則易透過流動水自走莖傳予無性繁殖苗。植株冠部直接接觸病原菌的機會不多，感染源主要由葉柄上的流動水帶至冠部，再從去除老葉的傷口入侵。因此病原菌在葉部受感染的程度依然影響冠部的感

表二、炭疽病菌*Colletotrichum siamense* ML133與*C. fructicola* ML356於草莓葉部與冠部造成罹病程度之相關性

TABLE 2. Correlation between the degrees of disease in strawberry leaves and crowns caused by *Colletotrichum siamense* ML133 and *C. fructicola* ML356

	ML133 leaf ^a	ML356 leaf ^a	ML133 crown ^b	ML356 crown ^b
ML133 leaf ^a	-			
ML356 leaf ^a	0.81 ***	-		
ML133 crown ^b	0.23	0.12	-	
ML356 crown ^b	0.18	0.06	0.58***	-

^a Diseased leaf area (%) caused by *C. siamense* ML133 or *C. fructicola* ML356.

^b Diseased crown area (%) caused by *C. siamense* ML133 or *C. fructicola* ML356.

^c Pearson correlation coefficient. *0.01 < *p* < 0.05. **0.001 < *p* < 0.01. *** *p* < 0.001.

染風險，葉部抗病性高，亦使冠部感染風險降低⁽¹⁸⁾，故葉部抗病性應仍是選拔的重點。

抗病育種的展望

國內草莓產區高度集中，產區多數連作多年，且種植之商業品種單一，利於病蟲害發展。傳統上育種多以植株生長勢、果實風味與產量等性狀為育種目標。唯因臺灣地區高溫多雨，病蟲害相多且發生頻仍，又近年國人對於食品安全、農業安全和生態保育逐漸重視，抗病品種預期為草莓產業日後的發展方向。本研究結果顯示，目前的種原庫存在對炭疽病菌具優良抗性之品種，如‘久留米103’、‘桃園2號’、‘Allstar’、‘NWV-007’、‘Coral’、‘台農1號’、‘Rassen’與‘女嶺’，及品系‘TYS106109’、‘TYS76-1’、‘TYS92-p7’與‘TS04’，尤‘TYS106109’兼具葉部及冠部抗性，這些品種系可供未來抗病育種親本選擇之參考，期能增加國內商業品種的多元性。受限於試驗材料及空間，本研究僅使用高致病力之*C. siamense* ML133及*C. fructicola* ML356進行接種，未來若能對更多菌株進行測試，將可進一步釐清所測得之抗性具有廣幅性 (broad-spectrum) 或生理小種專一性 (race-specific)。

除了國內種原庫保存的品種外，從國外引進已知具抗性的品種也是一種選擇，國外針對抗耐病性進行草莓商業品種的篩選與選育測試，已有不少報導，例如 Lewers 等人⁽¹⁶⁾ 曾以 *C. gloeosporioides*、*C. fragariae* 及 *C. acutatum* 對美國種原庫之 20 種非栽培種草莓及兩商業品種進行葉柄及冠部抗性篩檢，栽培品種‘Pelican’對三種炭疽病菌有明顯抗性。Mangandi 等人⁽¹⁸⁾ 以 *C. gloeosporioides* 對 28 種非栽培種草莓、兩個選育品系及四個商業品種進行抗性篩檢，其中 *F. virginiana* (PI 612320 與 PI 612323)、*F. chiloensis* (PI 551736) 與品系‘FL 10-

128’及‘FL 10-129’具有良好的冠部抗性。另有文獻指出現今栽培種草莓的基因來源單一，種原庫內基因多樣性不足，抗性基因的導入機率不高^(6, 9, 21)，因此可嘗試引進非栽培種八倍體草莓 (*F. virginiana* 與 *F. chiloensis*) 的基因，提高基因多樣性，以利於抗性品種的選育^(10, 11, 16)。傳統育種需耗時多年，若未來能釐清草莓對炭疽病菌的抗病機制，鑑別出抗性基因座，則有機會進一步透過分子標誌技術輔助篩選，縮短育種的時程。

謝辭

本研究承行政院科技部生科司一般研究計畫 MOST 107-2321-B-002-058、MOST 108-2321-B-002-023及MOST 109-2321-B-002-048經費挹注，試驗植株培育與管理承桃園區農業改良場新埔工作站張美琴及陳俊源、苗栗區農業改良場生物防治分場陳春蓉等同仁協助，特此致謝。

引用文獻

1. Chung, P. C. 2016. Detection and application of important strawberry diseases. Miaoli Agriculture Newsletter 73: 13-14. (In Chinese).
2. Chung, P. C. and Peng, S. C. 2013. Management of important diseases in strawberry seedling stage. Miaoli Agriculture Newsletter 61: 9-10. (In Chinese).
3. Chung, P. C., Wu, H. Y., Ariyawansa, H. A., Tzean, S. S., and Chung, C. L. 2019. First report of anthracnose crown rot of strawberry caused by *Colletotrichum siamense* in Taiwan. Plant Disease 103: 1775-1776.
4. Chung, P. C., Wu, H. Y., Wang, Y. W., Ariyawansa, H. A., Hu, H. P., Hung, T. H., Tzean, S. S. and Chung, C. L. 2020. Diversity and pathogenicity of *Colletotrichum* species causing strawberry anthracnose in Taiwan and description of a new species, *Colletotrichum miaoliense* sp. nov. Scientific Reports 10: 1-16.
5. Council of Agriculture. 2021. Agricultural statistics yearbook of the 109th Republic of China era. Council of Agriculture. Taipei. Taiwan. (in Chinese).
6. Dale, A., and Sjulín, T. M. 1990. Few cytoplasm contribute to North American strawberry cultivars. HortScience 25: 1341-1342.
7. Debode, J., Van Hemelrijck, W., Xu, X. M., Maes, M., Creemers, P. and Heungens, K. 2015. Latent entry and spread of *Colletotrichum acutatum* (species complex) in strawberry fields.

- Plant Pathology 64: 385-95.
- 8 Denoyes-Rothan, B., Guérin, G., Lerceteau-Köhler, E., and Risser, G. 2005. Inheritance of resistance to *Colletotrichum acutatum* in *Fragaria* × *ananas*. *Phytopathology* 95: 405-412.
 - 9 Hancock, J., and Luby, J. 1995. Adaptive zones and ancestry of the most important North American strawberry cultivars. *Fruit Varieties Journal* 49: 85-90.
 - 10 Hancock, J., Hokanson, S., Finn, C., and Hummer, K. 2000. Introducing a supercore collection of wild octoploid strawberries. Pages 77-79 in: *Proceedings of the 4th International Strawberry Symposium*.
 - 11 Hancock, J., Callow, P., Dale, A., Luby, J., Finn, C., Hokanson, S., and Hummer, K. E. 2001. From the Andes to the Rockies: native strawberry collection and utilization. *HortScience* 36: 221-224.
 - 12 Lee, C. M. 1993. Evolution of Taiwan's strawberry industry in 40 years. Pages 315-332 in: *Monograph of the Evolution of Taiwan's Vegetable Industry in 40 years*. (in Chinese).
 - 13 Lee, C. M. 1995. The study of strawberry seedling propagation and breeding in Taiwan. Pages: 97-122 in: *Proceedings of the Vegetable Breeding Conference*. (in Chinese).
 - 14 Lee. 2003. Cultivation management in strawberry production field. *Taoyuan Agriculture Newsletter* 44: 15-20. (In Chinese).
 - 15 Lee, C. M. and Hung, L. 1982. Effects of cultivar, temperature, storage and days after harvest on germination of strawberry seeds. *Journal of the Chinese Society for Horticultural Science* 28: 36-44. (In Chinese).
 - 16 Lewers, K., Turechek, W., Hokanson, S. C., Maas, J., Hancock, J., Serce, S., and Smith, B. 2007. Evaluation of elite native strawberry germplasm for resistance to anthracnose crown rot disease caused by *Colletotrichum* species. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 132: 842-849.
 - 17 Lo, G. W., Lee, C. M. and Zhang, Z. Z. 2012. Release of strawberry new cultivar 'Taoyuan no.4'. *Bulletin of Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station* 72: 1-10. (In Chinese).
 - 18 Mangandi, J., Peres, N. A., and Whitaker, V. M. 2015. Identifying resistance to crown rot caused by *Colletotrichum gloeosporioides* in strawberry. *Plant Disease* 99: 954-961.
 - 19 Neal, J., Ko, H., Gomez, A., De Faveri, J., Verbyla, A., Mayer, R., and Herrington, M. 2016. Testing strawberry genotypes for resistance to *Colletotrichum gloeosporioides* in Queensland. Pages 743-750 in: *Proceedings of the 8th International Strawberry Symposium*.
 - 20 Shiao, Y. J. 2021. Introduction to the main product of the 2021 R&D Achievement Matchmaking Conference of Taiwan Agricultural Research Institute - strawberry 'Tainong no.1'. *Technical Service Quarterly Bulletin, Taiwan Agricultural Research Institute* 125: 2. (In Chinese).
 - 21 Sjulín, T., and Dale, A. 1987. Genetic diversity of North American strawberry cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 112: 375-385.
 - 22 Smith, B. J. 2008. Epidemiology and pathology of strawberry anthracnose: a North American perspective. *HortScience* 43: 69-73.
 - 23 Wu, D. R., Lu, M. C. and Chang, K. M. 2019. Study on the traits of 'Miaoli No.1' strawberry. *Journal of the Taiwan Society for Horticultural Science* 65: 67-74. (In Chinese).
 - 24 Wu, H. Y., Tsai, C. Y., Wu, Y. M., Ariyawansa, H. A., Chung, C. L., and Chung, P. C. 2021. First report of *Neopestalotiopsis rosae* causing leaf blight and crown rot on strawberry in Taiwan. *Plant Disease* 105: 487-487.

ABSTRACT

Chia-Yi Wu^{1,2}, Dai-Rong Wu^{3,4}, Yi-Pei Li³, Pei-Che Chung³, Kuo-Wei Lo^{5,6} and Chia-Lin Chung^{1,6} 2022. Screening of strawberry germplasm in Taiwan for resistance to *Colletotrichum* spp. *J. Plant Med.* 64(4): 123-130.

*Corresponding author, E-mail: clchung@ntu.edu.tw; kuowei@tydais.gov.tw

Anthracnose, caused by *Colletotrichum* spp., is a devastating disease to strawberry. The pathogen can infect the whole strawberry plant at all growth stages. The predominant *Colletotrichum* spp. causing strawberry anthracnose in Taiwan are *C. siamense* and *C. fructicola* that account for 75% and 11%, respectively. 'Taoyuan no.1', one of the most popular strawberry cultivars in Taiwan, is highly susceptible to anthracnose. New cultivars with desirable horticultural traits and high resistance (tolerance) to diseases are in high demand. Strawberry germplasm resources in Taiwan are preserved in Wufong Branch Station at Taoyuan District Agricultural and Research Extension Stations and Biological Control Branch at Miaoli District Agricultural and Research Extension Stations. To understand the resistance/susceptibility of the strawberry cultivars/

lines in the germplasm, with the consideration of reducing the consumption of experiment seedlings, we established an inoculation system which allows simultaneous evaluation of anthracnose leaf blight and crown rot. Total 55 cultivars/lines were inoculated with two domestic highly pathogenic representative isolates — *C. siamense* ML133 and *C. fruticola* ML356. High level of leaf resistance was observed from 14 cultivars/lines. Their percentages of disease leaf area were less than 10%, which was significantly lower than the susceptible control ‘Taoyuan no.1’ inoculated with ML133 (42.4%). Seven cultivars/lines showed less than 20% of diseased crown area, but only ‘TYS16109’ (< 10% for inoculations of both isolates) was significantly different from ‘Taoyuan no.1’ inoculated with ML133 (53.5%). No significant correlation was observed between the degrees of disease in leaves and crowns caused by the same isolate (ML133: $r = 0.23$, $p = 0.112$; ML356: $r = 0.06$, $p = 0.686$). According to the inoculation tests in this study, ‘TS4’ , ‘Rassen’ , ‘TS13’ , ‘久留米103’ and ‘TYS16109’ showed good leaf resistance and less than 20% of diseased crown area. In particularly, ‘TYS16109’ exhibited high level of both leaf and crown resistance. These cultivars/lines can be used as parental lines for resistance breeding in the future.

Keywords: *Colletotrichum siamense*, *Colletotrichum fruticola*, strawberry germplasm, resistance screening, resistance breeding