

隔離生產之草莓種苗田間定植後炭疽病感病評估

吳岱融^{1*}、鐘珮哲¹、李裕娟²

¹行政院農業委員會苗栗區農業改良場

²行政院農業委員會農業試驗所

摘 要

炭疽病是草莓(*Fragaria × ananassa* Duchesne)的主要病害之一，在育苗場或是採果園都造成嚴重危害。本研究以隔離生產苗（無帶炭疽病種苗）與一般慣行苗進行田間定植試驗結果發現，隔離生產苗的發病病徵與缺株率顯著較低，尤其缺株率一直維持在1%以下，而對照苗數值則近30%，顯示使用無帶炭疽病種苗，可以有效控制定植期時種苗在採果田間的發病狀況。

關鍵詞：草莓、炭疽病、隔離生產苗

前 言

草莓 (*Fragaria × ananassa* Duchesne)在臺灣的栽培面積為約549.7公頃，每公頃的平均產量為13,619公斤，總產量為7,487公噸（行政院農業委員會農糧署統計年報，2017）。臺灣主要栽培的草莓品種為桃園1號（又稱豐香），育苗期為每年的5月至9月，9月至11月為定植期，採果期為12月至翌年4月（張等，2004）。臺灣所需的草莓種苗量推估為每年2,750萬株。近幾年夏季育苗期病害發生嚴重，種苗品質不一，2016年缺苗達400萬株，對產業影響頗鉅（吳，2018）。目前草莓種苗生產之母株來源，多採自冬季田間繁殖旺盛之植株走

蔓苗，篩選方式以外觀判斷，無法剔除已被潛伏感染的病原株，因此也造成夏季育苗時，種苗健康情況無法控管。

炭疽病是草莓的主要病害之一，由炭疽刺盤孢菌屬(*Colletotrichum*)的植物真菌病原引發，主要病原種包括 *C. acutatum* J. H. Simmonds、*C. fragariae* Brooks及 *C. gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc等 (Smith, 1986; Smith and Black, 1990; Howard *et al.*, 1992)。不論是在育苗場或是採果園，要控制炭疽病害都不容易。炭疽病菌所造成的植株冠腐，在美國的草莓產業不論是育苗圃或採果田區都造成嚴重危害，尤其是東南方的數個州（如佛羅里達州、南卡羅萊納州等），在美國之外，也在阿根廷、巴

*論文聯繫人

Email: wudr@mdais.gov.tw

西、墨西哥及印度造成損害(McInnes *et al.*, 1992)。草莓受到炭疽病菌感染在葉部形成黑斑，在走莖上形成環斑，莖基部感染後期會導致草莓植株萎凋並死亡。葉柄及走莖感染炭疽病菌，初產生小斑，之後擴大變黑色，乾燥、並略凹陷，且造成連接葉片變褐色、下垂。在葉片表面上形成黑色1至2公厘或更大之病斑，有時顏色會變淺灰色。炭疽病菌亦會造成冠腐(Smith, 2008)，由新芽侵入感染後，全株葉片變紅褐，會突然萎凋枯死，莖基內部呈現深紅色與青枯病類似，病株基部切開置於濕室中不產生菌泥，但會產生菌絲與孢子。炭疽病菌侵染草莓冠部造成冠腐是其所造成的病徵中最嚴重者，整株植物最終萎凋死亡(Peres *et al.*, 2005; 鐘、彭，2014)。

草莓種苗育苗場炭疽病的感染情形，可以藉由使用不帶菌繁殖母株來降低，這對於建立不帶特定病原的種苗繁殖圃來說是必須的(Freeman *et al.*, 1997)。炭疽病菌廣義來說可以算是半活體寄生(Hemibiotrophic)，因為依它在不同寄主的不同組織部位會有活體營養期(Biotrophic phase)或死體營養期(Necrotrophic phase)。有些炭疽病菌在部分作物造成之病徵具有組織專一性之特性(Tissue specific)(Peres *et al.*, 2005)，以甜橙為例，花會遭炭疽病菌感染，並且產生壞死病徵，然而嫩葉受到感染卻不會有病徵。由於炭疽病菌可以藉由壓器(Appressoria)於植物組織表面潛伏感染，並且可以產生二次孢子(Secondary conidia)，因此潛伏感染時仍舊可以產生分生孢子，造成田間感染源的增加與散播。Leandro的研究證實*C. acutatum*可潛

伏感染於無病徵之草莓葉片，而這些二次孢子可能即為果實受炭疽病菌感染的主要來源，而又因為育苗區與本田區在地裡位置上通常相距甚遠，因此推測草莓田之炭疽病感染來源可能是經由苗帶入的(Leandro *et al.*, 2001; 鐘、吳，2018)。

行政院農業委員會農業試驗所於草莓種苗繁殖上，發展出隔離環境健康種苗生產系統策略。有別於現在產業種苗來源為冬季採果園選蔓育成，種苗繁殖環境為露天栽培育苗的做法，該系統策略在於整合健康種原植株、水質淨化處理、介質滅菌處理、高密度隔離空間及人員管制措施關鍵節點，建置一套草莓育苗生產運作體系，以達到健康種苗育成目的(張等，2016)。這個概念，在國外已經有具體化的成功做法可參考，美國加州的草莓產區即使用無炭疽病害感染的繁殖圃，所生產出來的種苗，可以使後續採果園的病害發生狀況達到全面控制的效果(Paulus, 1990)。

材料及方法

一、材料來源

測試的草莓品種為桃園1號，試驗種苗包括高效隔離溫室生產之健康種苗(由農業試驗所農場組提供，無炭疽病害母株於隔離環境下，走蔓繁殖而來)及一般慣行苗(由本場依現行慣行方式於開放場域培育留種、繁殖之種苗，在本試驗中為對照苗)兩種。兩種種苗於種植前已確認植株表面無炭疽病斑。抽樣調查兩種種苗各20株單株之葉柄長、小葉長(取3小葉中的中葉)、冠徑、葉

數等外觀規格進行比較。

二、田間試驗設計

試驗種苗種植於本場生物防治分場之露天草莓試驗田區，分為土耕及高架兩種種植方式，土耕介質為一般壤土，高架介質為白泥炭土。皆以滴灌方式灌溉。各種植方式內以CRD方式排列3重複，各重複小區內種植株數為50株。自106年7月22日開始種植，種植後連續三日灌溉維持介質濕潤。由於種植後三日以外觀判斷即開始顯現差異性，即於7月25日開始紀錄田間表現，以7日的週期進行調查，執行試驗紀錄至定植一個月後（8月28日）。為比較試驗期間與傳統定植期間的氣候差異，另搜集試驗期間之田間氣象每天平均溫度及相對濕度資訊，與一般定植期（10月1日至10月31日）的氣象資訊做比較。整體執行試驗期間，已定植的隔離生產苗與一般慣行苗皆無使用藥劑防治病害，也無進行施肥。

三、評估指標

評估指標包括植株植株罹病度與缺株率。罹病度的調查方式為依全部植株表面的發病情況，定義不同的罹病指數，分為5級：無病徵為0級；輕微（植株表面病斑發生情況<10%）為1級；（植株表面病斑發生情況10~25%）為2級；病徵（26~50%）為3級；嚴重病徵（>50%、死亡植株）為4級。各小區內抽樣30株植株，紀錄罹病指數後以下列公式換算為罹病度：

$$\text{罹病度} = \frac{\text{罹病指數} \times \text{該指數罹病株數}}{4 \times \text{總調查株數}} \times 100\%$$

缺株率則以植株整體倒伏失去生長勢定義為缺株，計算試驗小區內該狀況的植株數目除以該小區的植株總數得之。

結果

一、種苗規格差異

隔離生產苗與一般慣行苗（對照苗）的調查結果如表一所示，隔離生產苗的葉柄長顯著長於一般慣行苗，平均數值分別為19.95cm與13.68cm。表示葉片大小的小葉長，隔離生產苗平均為7.09cm，對照苗平均為6.53cm，兩者具有顯著差異。葉片數隔離生產苗平均為4.4片，顯著高於對照苗平均的3.6片。但兩者在冠徑上沒有顯著差異存在，隔離生產苗平均為1.22cm，而對照苗平均為1.15cm。

二、定植期種苗罹病度

自定植三日後，隔離生產苗與一般慣行苗以外觀觀察植株的罹病狀況即呈現差異，經調查結果顯示（圖一），土耕栽培的隔離生產苗罹病度為0.42%，而對照苗的罹病度為18.75%，兩者具有顯著差異。高架栽培的隔離生產苗罹病度為0.83%，對照苗的罹病度為29.58%，兩者亦有顯著差異存在。在土耕栽培的表現部分，隔離生產苗的罹病度從定植後一個星期（7月28日）的1.67%，逐漸增加至一個月後（8月28日）的12.92%；而對照苗則從14.58%，逐漸增加為41.67%。在整個過程中，隔離栽培苗的罹病度，始終顯著低於對照苗。在高架栽培的表現部分，定植後一個星期隔離生產苗與

對照苗的罹病度分別為0.83%與29.58%，兩者數值逐步上升至定植一個月後的10.42%與35.83%。高架栽培的趨勢與土耕栽培的相同，隔離栽培苗的罹病度在整體試驗期中，皆顯著低於對照苗。

三、定植期種苗缺株率

定植後第三日不論在土耕栽培或是高架栽培，隔離生產苗與一般慣行苗在缺株率上並沒有顯著差異存在，但是在定植一個星期後，兩者之間即出現顯著差異，而且持續至整個試驗觀察期（圖二）。定植一個星期後，隔離生產苗在土耕的缺株率為0%，而在對照苗的數值為5.33%；在高架栽培部分，隔離生產苗與對照苗的缺株率分別為0%、6%。在定植一個月後（8月28日），隔離生產苗在土耕部分的缺株率為0.67%，而同時對照苗的數值為28.67%。在高架栽培的隔離生產苗缺株率為0%，而對照苗則為21.33%。隔離生產苗的缺株率，在土耕部分維持0%至定植兩個星期後，最高值為試驗結束的0.67%；在高架部分缺株率則持續維持0%至整個試驗調查期結束。

四、試驗期與傳統定植期之氣候差異

為了解進行定植試驗的氣候狀況，與傳統定植期的氣候差異，因此本試驗另比較7月22到8月28日（試驗期），與10月1日至31日（傳統定植期）的氣象數據。若將兩個時期分別分為前段、中段、後段三部分來看（表二），試驗期的氣象溫度從29.01°C漸升為30.73°C，再降為28.45°C；而傳統定植期的溫度則持續下降，從28.60°C到25.54°C，再降到

20.23°C。試驗期整體溫度都接近30°C，平均為29.40°C，顯著高於傳統定植期的平均溫度24.79°C。在相對濕度部分，試驗期從開始的83.17%，下降為76.84%，再回升為82.96%；而傳統定植期的相對濕度為80.47%，上升至85.75%，再降為75.05%。試驗期的平均相對濕度為80.99%，顯著高於定植期的80.43%。試驗期間的降雨日數（9日）也高於傳統定植期（3日）。因此，就草莓定植所需的氣候來說，試驗期比起傳統定植期有更嚴苛的氣候條件。

討論

在本次試驗中，不論是土耕或高架栽培，隔離生產苗與一般慣行苗在定植第3日後即顯現顯著差異。一般慣行苗的炭疽病徵即可以外觀檢視到，而在1個星期後慣行苗就開始有倒伏死亡的狀況發生。其中，一般慣行苗在高架栽培區的罹病度高於土耕栽培區，可能原因為高架栽培介質保水力較佳，營造出更潮濕而利於炭疽病發病的環境。這個觀察與目前產區田間的經驗相符，炭疽病發生的週期很短，約在3-5日。在整個試驗期中，隔離生產苗的發病病徵與倒伏死亡症狀顯著較低，尤其是缺株率一直維持在1%以下，同時對照苗數值則來到近30%，顯示使用無炭疽病病原的種苗進行定植，可以有效的控制定植期種苗在採果田間的發病狀況。這個觀察與前人研究相符，報告指出若採果田區定植時使用無炭疽病帶原的種苗，後續的炭疽病冠腐狀況幾乎不會發生（幾乎不需要補

植)，就算是隔壁鄰田的發病狀況非常嚴重(McInnes *et al.*, 1992)。在試驗期間一般慣行苗的罹病度增加幅度不高，而缺株率卻增加近15%，可能原因為植株地上部表面病斑情況輕微，但炭疽病原已自冠部感染，實際植株已無法於田間存活。由此可知，定植期植株冠腐的狀況，將決定後續的存活率。

本次試驗使用的一般慣行苗，種苗來源取自採果田區的健壯走蔓苗，在育苗圃繁殖階段進行炭疽病害防治管控並即時清園，最終挑選外觀無病徵的植株進行試驗，而試驗區定植結果與產區田間的定植結果（一般產業觀察的經驗值為10-30%的缺株率）相仿。前人研究指出，如果從無炭疽病病徵的採果田區中，留取種苗至育苗圃中繁殖，往往在育苗圃中還是會有炭疽病的發生。因為成熟度較高的植株，對炭疽病造成的冠腐具有相對較高的耐受性，但在高溫的狀況之下，植株上潛伏的炭疽病原依然會迅速造成植株死亡(McInnes *et al.*, 1992)。

在過去，美國路易斯安納州草莓產業的傳統育苗圃，種苗來源通常來自於當地採果田區的走蔓苗，後續轉移至夏季高架育苗圃繁殖。1986-1989年間，因為炭疽病嚴重發生，使當地的種苗短缺，該地草莓產業的種苗來源因此從當地生產，轉為購自外地的商業生產種苗。後來育苗圃使用組織培養的無炭疽病病原苗，做為起始種原後，炭疽病發生情況得到控制。傳統上從採果田區取走蔓苗做為育苗圃繁殖的做法因此被捨棄(McInnes *et al.*, 1992)。對照目前台灣草莓產業的現況，育苗圃的種苗來源，通常是選自採果田區的健壯走蔓植株，

炭疽病危害的症狀相仿，因此產業也面臨相似的困境。隔離生產苗以組織培養苗為起始種原，也屬於無帶炭疽病苗，在隔離的環境中培育而成。經由本次田間定植試驗證實，植株發生炭疽病的狀況顯著較低。借鏡國外成功的案例，這種異於一般傳統種苗生產的方式應具有產業應用潛力。

誌謝

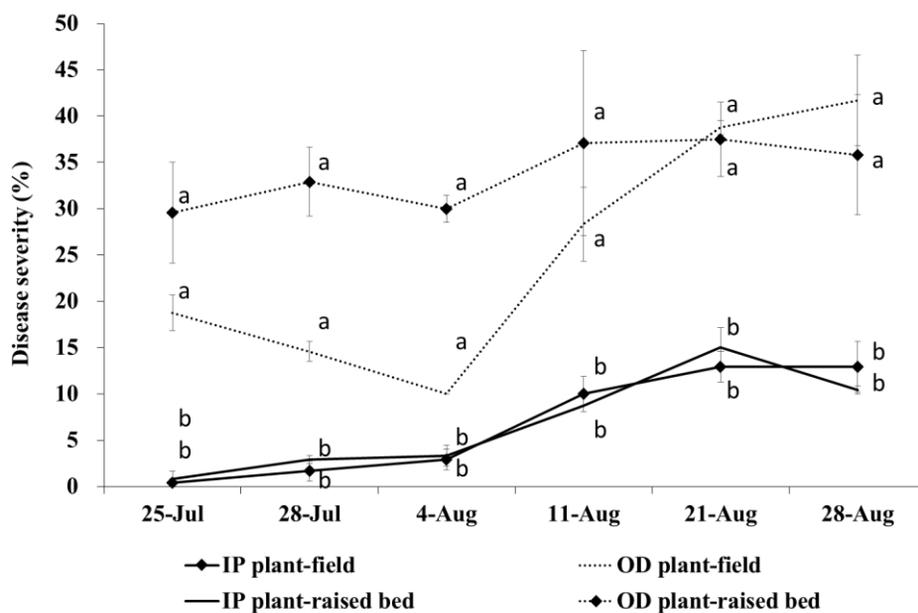
本試驗使用之隔離生產種苗，由農業試驗所農場組李裕娟博士提供，田間試驗工作由本場生物防治分場沈婉庭、謝振榮、古政中、劉秉竝、張福錦等同仁協助，在此一併誌謝。

表一 隔離生產苗與一般慣行苗的外觀比較

Table 1. The appearance of the isolate-propagation plants (IP plant) and ordinary plants (OD plant)

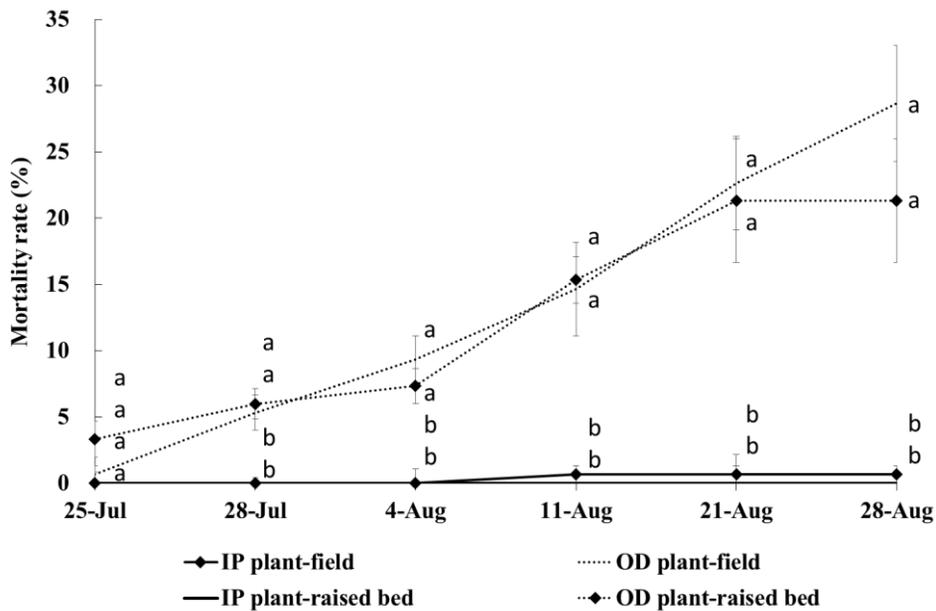
Material	Petiole length (cm)	Leaflet length (cm)	Crown diameter (cm)	Number of leaf
IP plant	19.95 ± 0.64 ^x a ^y	7.09 ± 0.16 a	1.22 ± 0.05 a	4.4 ± 0.2 a
OD plant	13.68 ± 0.49 b	6.53 ± 0.20 b	1.15 ± 0.04 a	3.6 ± 0.1 b

^xmean ± standard error; ^ymeans within each column followed by the same letter(s) are not significant at $P \leq 0.05$ by Fisher's protected LSD test.



圖一 隔離生產苗與一般慣行苗種植於土耕或高架床之罹病度表現。

Fig. 1. The disease severity of the isolate-propagation plants (IP plant) and ordinary plants (OD plant) cultivated in the field or on the raised bed. The different letters above the bars indicate significant difference between IP and OD plant.



圖二 隔離生產苗與一般慣行苗種植於土耕或高架床之缺株率表現。

Fig. 2. The mortality rate of the isolate-propagation plants (IP plant) and ordinary plant (OD plant) cultivated in the field or on the raised bed. The different letters above the bars indicate significant difference between IP and OD plant.

表二 試驗期與傳統定植期的氣候差異

Table 2. The weather conditions during the trial and the traditional transplanting time

Duration	Average temperature (°C)	Average relative humidity (%)	Days of precipitation (day)
21-Jul – 2-Aug	29.01 ± 0.08 ^x b ^y	83.17 ± 0.28 b	4
3-Aug – 15-Aug	30.73 ± 0.08 a	76.84 ± 0.27 d	2
16-Aug – 28-Aug	28.45 ± 0.09 c	82.96 ± 0.31 b	3
1-Oct – 10-Oct	28.60 ± 0.10 c	80.47 ± 0.43 c	0
11-Oct – 20-Oct	25.54 ± 0.07 d	85.75 ± 0.26 a	3
21-Oct – 31-Oct	20.23 ± 0.09 e	75.05 ± 0.36 e	0

^xmean ± standard error; ^ymeans within each column followed by the same letter(s) are not significant at $P \leq 0.05$ by Fisher's protected LSD test.

參考文獻

- 行政院農業委員會農糧署。2017。中華民國105年農業統計年報蔬菜生產概況。行政院農業委員會農糧署。
- 吳岱融。2018。草莓種苗產業概況與市場契機。農友月刊69(3): 22-25。
- 張定霖、李裕娟、張宏光。2016。高效隔離環境之草莓健康種苗生產簡介。農政與農情287: 82-85。
- 張廣淼、吳添益、彭淑貞。2004。草莓栽培管理。行政院農業委員會苗栗區農業改良場。39頁。
- 鐘珮哲、吳添益。2018。草莓栽培管理技術降低炭疽病發生率之探討。苗栗區農業專訊81期: 1-3。
- 鐘珮哲、彭淑貞。2014。草莓育苗期重要病害管理。豐年, 64(4): 24-27。
- Freeman, S., Y. Nizani, S. Dotan, S. Even, and T. Sando.** 1997. Control of *Colletotrichum acutatum* in strawberry under laboratory, greenhouse, and field conditions. Plant Dis. 81: 749-752.
- Howard, C. M., J. L. Maas, C. L. Chandler, and E. A. Albregts.** 1992. Anthracnose of strawberry caused by the *Colletotrichum* complex in Florida. Plant Dis. 76: 976-981.
- Leandro, L. F. S., M. L. Gleason, F. W. Nutter Jr, S. N. Wegulo, and P. M. Dixon.** 2001. Germination and sporulation of *Colletotrichum acutatum* on symptomless strawberry leaves. Phytopathology. 91: 659-664.
- McInnes, T. B., L. L. Black, and J. M. Gatti Jr.** 1992. Disease-free plants for management of strawberry anthracnose crown rot. Plant Dis. 76: 260-264.
- Paulus, A. O.** 1990. Fungal diseases of strawberry. HortScience 25: 885-889.
- Peres, N. A., L. W. Timmer, J. E. Adaskaveg, and J. C. Correll.** 2005. Lifestyles of *Colletotrichum acutatum*. Plant Dis. 89: 784-796.
- Smith, B. J.** 1986. First report of *Colletotrichum acutatum* on strawberry in the United States. Plant Dis. 70: 1074.
- Smith, B. J.** 2008. Epidemiology and pathology of strawberry anthracnose: a North American perspective. HortScience. 43: 69-73.
- Smith, B. J. and L. L. Black.** 1990. Morphological, cultural and pathogenic variation among *Colletotrichum* species isolated from strawberry. Plant Dis. 74: 69-76.

Field transplanting evaluation of anthracnose susceptibility assessment in the isolate-propagated strawberry runner plants

Dai-Rong Wu^{1*}, Pei-Che Chung¹, and Yuh-Jyuan Lee²

¹Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan

²Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan

ABSTRACT

The anthracnose rot is one of the most important diseases of the strawberry (*Fragaria × ananassa* Duchesne), which causes serious damage either in the nurseries or in the production fields. In this study the isolate-propagated (Anthracnose-free) strawberry runner plants and ordinary ones were transplanted in the field and evaluated. The results showed that the isolate-propagated plants had significantly lower disease severity and mortality rate. Especially, the mortality rate of the isolate-propagation plants remained lower than 1%, while the ordinary ones around 30%. The adoption of the anthracnose-free runner plants could lower down the disease severity in the production field.

Keywords: strawberry, anthracnose, isolated-propagated strawberry

*Corresponding author, e-mail: wudr@mdais.gov.tw