

不同氮肥施用量下草莓植株對炭疽病抗感性之影響

李怡蓓^{*1}、羅筱君²、吳竑毅²、鐘珮哲¹

¹ 農業部苗栗區農業改良場

² 國立臺灣大學植物病理與微生物學系

摘 要

氮肥為草莓育苗期間影響種苗繁殖之重要元素，提升氮肥施用量有助於增加草莓種苗繁殖數量，然而氮肥的供給量也影響草莓對炭疽病抗感性。炭疽病為草莓育苗期間好發之病害，本研究挑選桃園 1 號、香水、苗栗 1 號及 TS04 品系，藉由對炭疽病抗感性具差異的品種(系)評估不同氮肥施用量下對該病害感病性之影響。試驗以對炭疽病感病程度較低的香水品種進行 4 種炭疽病接種方法評估，以離葉接種方法在不同氮肥濃度處理下呈現之罹病程度差異最為明顯。4 種草莓品種(系)於 4 種氮肥濃度處理下，以離葉接種方法評估之結果顯示，高濃度氮肥澆灌下皆會促進 4 品種(系)表現對炭疽病之感病性；低濃度氮肥澆灌下，則以 TS04 品系對炭疽病感病性較低。澆灌氮肥 280 mg/L 下，平均病斑直徑以苗栗 1 號 1.09 公分及 TS04 品系 1.02 公分最長，香水 0.88 公分最小，並與苗栗 1 號及 TS04 品系具顯著差異。澆灌氮肥 70 mg/L、17.5 mg/L 及 0 mg/L 下，平均病斑直徑皆以 TS04 品系最小，分別為 0.72、0.39 及 0.12 公分，4 品種(系)中，桃園 1 號及 TS04 品系接種炭疽病後，4 個氮肥處理組間皆具有顯著差異，4 品種(系)草莓植株隨施用氮肥濃度越高，對炭疽病感病性越高，並以桃園 1 號及 TS04 品系最為明顯。

關鍵詞：草莓、炭疽病、氮肥

*論文聯繫人

e-mail: yibei@mdares.gov.tw

前 言

草莓種苗繁殖期為每年 4 月至 9 月，期間長達半年之久，時值高溫多雨，為草莓炭疽病 (*Colletotrichum siamense*, 以下簡稱炭疽病) 好發時節 (Chung *et al.*, 2020)。國內外研究報告指出有效率之母株管理法，是以種苗期每棵母株繁殖子苗數 40~50 棵為評估標準 (飯村強等, 2001; 彭等, 2005)。吳和蔡 (2019) 指出施用高氮肥有助於香水草莓種苗繁殖數量，在高氮 (800 kg/ha) 區各灌溉組都可達每棵母株繁殖 40~50 棵子苗，不論灌溉量高低皆可達到上述標準。

氮是對草莓植株生長及種苗繁殖至關重要的元素 (Trejo-Téllez and Gómez-Merino, 2014)。然而研究指出，隨著肥料中氮和鉀的濃度增加，草莓植株對炭疽病的感病程度也會隨之提高，不同型態的氮肥亦會影響草莓植株對炭疽病的感病性，炭疽病嚴重程度以施用 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 較施用 NH_4NO_3 輕微 (Walter *et al.*, 2008; Smith, 2009)。提升氮肥施用量雖有助於增加草莓種苗繁殖數量，但亦可能降低草莓的抗病性。

在氮肥施用量試驗中，葉片數、乾重及根冠直徑隨氮肥濃度上升而減少，經分析後發現 8.9 mmol/L 為最適濃度 (Andriolo *et al.*, 2011)。若以走蔓數進行比較，在 0~5.7 mmol/L 的氮肥施用中，走蔓數隨濃度提升而增加 (Tworkoski *et al.*, 2001)；而氮肥施用濃度若從 5.12 增加到 15.12 mmol/L，走蔓數則不具顯著差異 (Janisch *et al.*, 2012)。由於植物葉片之葉綠素含量與植物體內氮素含量具有高度相關性，故可藉由葉綠素計 (SPAD-502 meter) 測得之讀值 (Soil Plant Analysis Development, SPAD) 了解植物體內氮素含量 (Padilla *et al.*, 2018)，草莓葉片中的氮含量與葉片內 SPAD 值具有顯著的相關性，而品種間具有較大的差異性，葉片中氮素含量較高的品種也具有較高 SPAD 值 (Guler *et al.*, 2006)。故氮肥用量影響植株生長，於一定範圍濃度下能夠增進草莓走蔓繁殖，而不同品種草莓對於氮肥之吸收能力也不同，對種苗繁殖或病害之抗感性反應也會有所差異。

氮肥為草莓育苗期間影響種苗繁殖之重要元素，而炭疽病為育苗期間好發之病

害，發病後蔓延快速防治不易，且多有潛伏感染而影響後期本田定植狀況(鐘等，2021)。不同氮肥用量對炭疽病抗感性之關係於國內草莓品種尚未有相關研究，本研究挑選對炭疽病極感病之桃園 1 號、目前產區主流品種香水、本場 108 年發表之新品種苗栗 1 號及對炭疽病抗性較佳之 TS04 品系(吳等，2022)，藉由對炭疽病抗感性具差異之品種(系)評估不同氮肥施用量下對該病害耐受性影響，以期提供農民繁殖不同品種草莓種苗時施肥之參考。

材料與方法

一、草莓品種(系)與種苗

本試驗挑選桃園 1 號、香水、苗栗 1 號及 TS04 品系為試驗材料(TS04 品系為以桃園 1 號及場內種原 Spain 雜交之後代品系，並經臺大植醫團隊初步檢測對炭疽病抗性表現佳)，各品種(系)種植至少 5 株母株，於行政院農業委員會苗栗區農業改良場生物防治分場高效隔離溫室育苗，皆以四片展開葉且具一片未展開葉之種苗作為供試植株。

二、不同氮肥濃度試驗

為測試草莓植株合適之氮肥施用濃度及頻率，參考文獻(Andriolo *et al.*, 2011; Janisch *et al.*, 2012) 後選定 8 個氮肥(N)濃度，分別為 1,120、560、280、140、70、35、17.5 和 0 mg/L $\text{NH}_4\text{NO}_3\text{-N}$ ，每株澆灌 50 mL/week。同時，參考 Hoagland Solution 每株補充 5 mL 其他元素混和液(108 mg/L KH_2PO_4 、298 mg/L KCl 、394 mg/L $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、370 mg/L $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、11 mg/L H_3BO_3 、7 mg/L $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、0.8 mg/L $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、0.3 mg/L $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、0.36 mg/L H_2MoO_4 和 12 mg/L EDTA-NaFe)，連續施用 8 週。每氮肥處理組重複 9 株，進行兩次獨立試驗。第一週標記未展開新葉，每週進行各處理植株生長差異觀察及紀錄該標記葉片之葉綠素計讀值(以葉綠素計 SPAD-502Plus 測量)。於第八週時記錄每株植株第三片展開新葉之葉綠素計讀值，並採每株植株之第二、三和四片展開葉交於行政院農業委員會苗栗區農業改良場作物環境課進行植體元素分析。藉由植株生長差異、葉綠素計讀值及植

體元素分析結果選擇 4 種氮肥濃度進行澆灌，評估草莓植株於不同氮肥濃度對炭疽病抗感性之影響。

三、炭疽病抗感病性評估方法試驗

配合上述試驗選定之 4 種氮肥濃度，測試不同品種草莓植株在不同氮肥施用量下，對炭疽病之抗性影響。接種含有 0.01% tween 20 之 1×10^6 spores/mL 炭疽病菌 (*Colletotrichum siamense* ML133) 孢子懸浮液，方法為分為 4 種，包含全株接種、離葉接種、單點接種和葉圓片接種，每種接種方法 5 株植株，進行兩次獨立試驗，並均置於 30°C，光照 16 小時，黑暗 8 小時之潮濕生長箱中。

(一) 全株接種

以 20 psi 定壓的空氣壓力機接種於植株，持續噴施至菌液由葉緣滴落。接種過程中應避免孢子懸浮液流入根冠部，以免造成植株冠腐而快速死亡。於接種後第 6 天觀察和記錄植株發病情形，並進行統計分析。將病害嚴重程度分為 6 級，展開葉片上的壞疽病斑佔葉片 0% 為 0 級；1~10% 為 1 級；11~25% 為 2 級；26~50% 為 3 級；51~75% 為 4 級；75~100% 為 5 級。嚴重度 (%) = 該處理罹病指數總和 / (6 × 總調查株數) × 100。

(二) 單點接種

於植株第 3 片展開葉之三複葉上，左右各標記 1 點，以針頭 (23 G) 在標記處製造傷口，取 10 μL 炭疽病菌孢子懸浮液滴於標記處，於接種後第 6 天觀察和記錄病斑直徑，並進行統計分析。

(三) 離葉接種

取下植株第 3 片展開葉，於三複葉上，左右各標記 1 點，以針頭 (23 G) 在標記處製造傷口，取 10 μL 炭疽病菌孢子懸浮液滴於標記處，於接種後第 6 天觀察和記錄病斑直徑，並進行統計分析。

(四) 葉圓片接種

草莓葉依序以 75% 酒精、1% 次氯酸鈉水 (Clorox bleach) 表面消毒各 30 秒和無菌水漂洗 60 秒後，以打洞器製備成直徑 8.5 mm 之葉圓片。將直徑 7 cm 無菌濾紙置於 9 cm 培養皿中，濾紙均勻滴上 2 mL 炭疽病菌孢子懸浮液，並使濾紙完全吸附，後將葉圓片置於此吸滿孢子液之濾紙上培養，並封石蠟膜保濕，於 4 天後觀察葉圓片壞疽情形。將葉圓片拍照記錄後，以 Image J 軟體分析葉片壞疽程度百分比，並進行統計分析。

進行上述 4 種接種方法評估，選擇對炭疽病抗感病性具有分級差異之接種方式作為後續試驗抗感性之檢測方法。

四、不同氮肥施用量下草莓對炭疽病抗感性影響試驗

經氮肥濃度測試結果選定濃度為 280、70、17.5 和 0 mg/L $\text{NH}_4\text{NO}_3\text{-N}$ ，並以離葉接種作為後續評估抗感性之方法。以 4 品種 (系) 植株作為材料，在第一週標記未展開新葉，每週進行各處理植株生長差異觀察及紀錄該標記葉片之葉綠素計讀值。於第 8 週時，紀錄每株植株第 3 片展開新葉之葉綠素計讀值，每週施用 1 次氮肥，於第 8 週進行離葉接種試驗。每種品種與氮肥濃度 5 株植株，進行 2 次獨立試驗。

五、統計分析

試驗所得的數據資料於 Microsoft Excel 進行整理與製圖後，利用 SAS Enterprise Guide 7.1 進行單向變異數分析 (One-way Analysis of variance, ANOVA)。若分析結果顯示各組間具有差異，則以 Fisher's protected least significant difference test (LSD test) 進行統計分析，在 $p < 0.05$ 有顯著差異者，以不同字母標示。

結果與討論

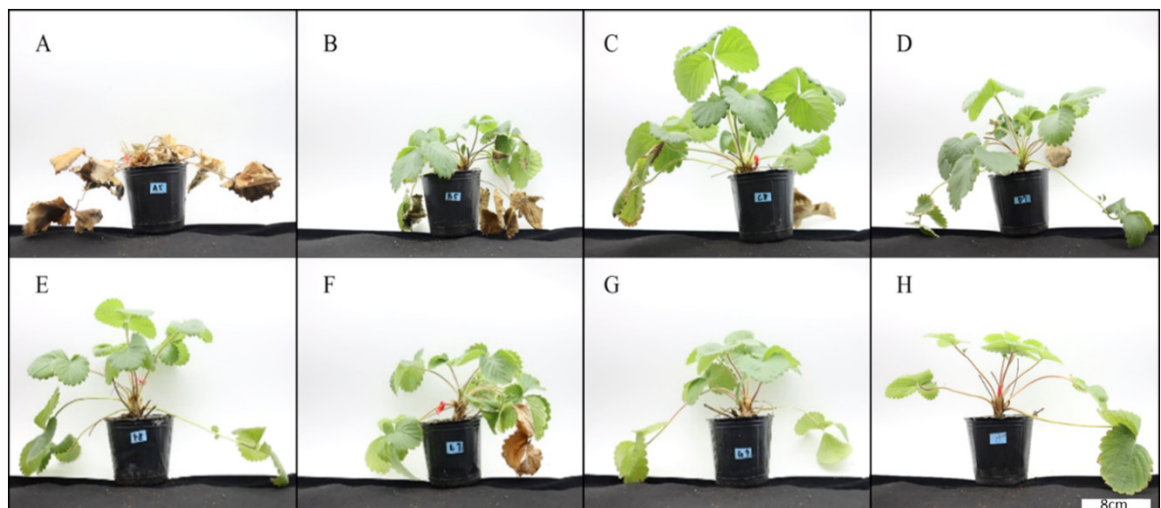
一、氮肥處理濃度試驗

連續 8 週澆灌不同濃度氮肥 (1,120、560、280、140、70、35、17.5 和 0 mg/L

NH₄NO₃-N)，各濃度處理組植株在第八週型態有顯著差異。1,120 mg/L 之處理組發生嚴重葉燒情況，560 mg/L 則有明顯老葉焦枯，各處理葉片顏色由高濃度到低濃度逐漸轉淺(圖一)。

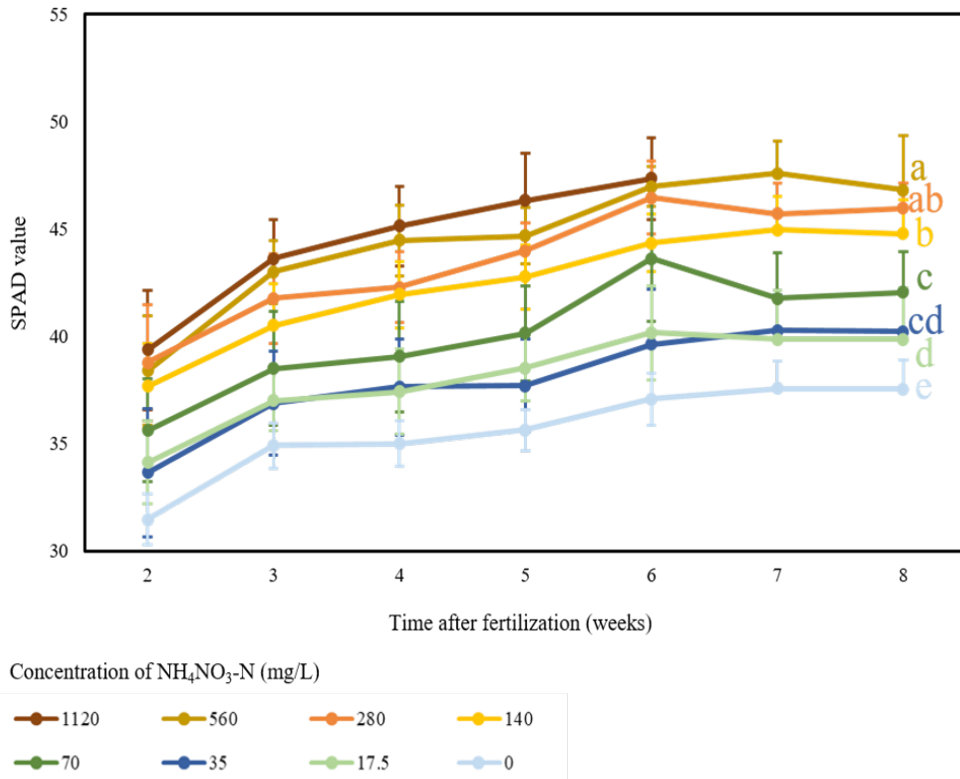
標記葉片每週之 SPAD 值於各處理組間差異隨週次拉大。高濃度氮肥處理組 SPAD 值逐漸提高，至第 7、8 週時，SPAD 值維持於最高峰，低濃度氮肥處理組 SPAD 值隨週次逐漸上升，但至第 7、8 週時 SPAD 值有降低趨勢(圖二)。由於氮元素於植體中屬於具高度移動性之元素，因此在低氮肥處理組中，新葉氮元素不足時，便會由老葉提供，運移至新葉(Tegeder and Masclaux-Daubresse, 2017)，造成葉片顏色較淺與 SPAD 值較低之情形。

第三展開葉片植體中氮含量百分比，隨氮肥施用濃度減少(表一)，SPAD 值亦隨之下降(圖三)，植體中氮含量百分比與葉綠素含量呈現正相關。考量試驗中澆灌氮肥濃度對草莓植株生長需具有差異之反應，以利後續評估氮肥濃度對炭疽病抗感性之影響，選擇 280、70、17.5 和 0 mg/L 作為後續試驗氮肥澆灌濃度。



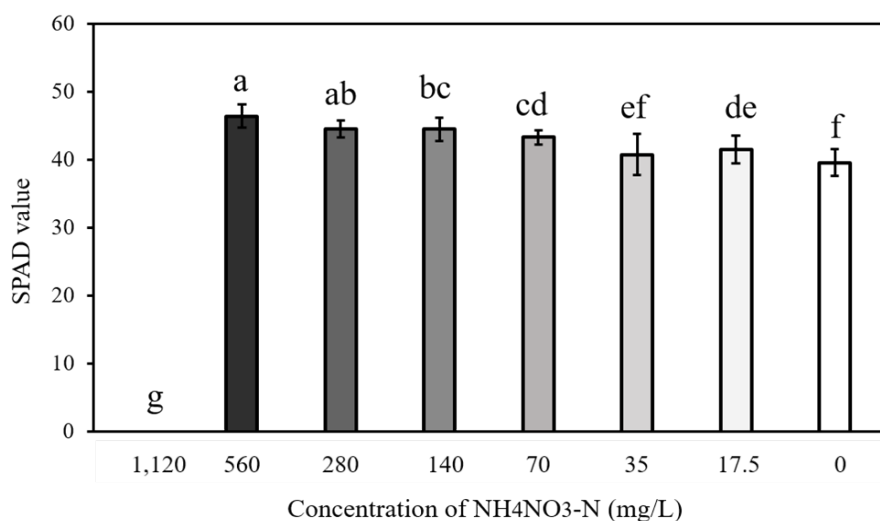
圖一、施用不同濃度氮肥 8 週後對香水品種草莓植株之型態影響，(A 至 H 分別為 1,120、560、280、140、70、35、17.5 和 0 mg/L NH₄NO₃-N)

Fig. 1. Effect of fertilizer concentrations on phenotypes of strawberry (Xiang-Shui cultivar) after fertilized for 8 weeks. (A-H represents 1,120、560、280、140、70、35、17.5 and 0 mg/L NH₄NO₃-N)



圖二、不同氮肥施用量與施用時間對香水品種草莓植株標記葉之葉綠素計讀值 (SPAD value) 影響 (各平均值以不同字母標示者為 5% 水準下經 LSD 測驗達顯著差異)

Fig. 2. Effect of nitrogen concentrations and fertilization time on SPAD value of marked leaves of strawberry (Xiang-Shui cultivar). Means with the different letter are significantly different from each other ($p < 0.05$ ANOVA followed by LSD test)



圖三、施用不同濃度氮肥 8 週後對香水品種草莓植株第 3 片展開葉之葉綠素計讀值 (SPAD value) 影響 (各平均值以不同字母標示者為 5% 水準下經 LSD 測驗達顯著差異)

Fig. 3. Effect of nitrogen fertilizer concentrations on SPAD value of strawberry (Xiang-Shui cultivar) after fertilized for 8 weeks. Means with the different letter are significantly different from each other ($p < 0.05$ ANOVA followed by LSD test)

表一、施用不同濃度氮肥 8 週後對香水品種草莓植株體內元素含量之影響

Table 1. Contents of essential nutrient elements of strawberry (Xiang-Shui cultivar) after applied with different concentrations of NH₄NO₃-N fertilizer for 8 weeks (n = 9)

NH ₄ NO ₃ -N Treatment (mg/L)	Nutrient elements (%)								
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
560	4.10 ± 0.93	0.39 ± 0.02	1.65 ± 0.10	1.58 ± 0.42	0.58 ± 0.18	153 ± 4.2	171 ± 86	nd	64 ± 30
280	3.86 ± 0.37	0.42 ± 0.09	1.84 ± 0.26	1.38 ± 0.26	0.56 ± 0.11	162 ± 3.5	211 ± 122	nd	75 ± 13
140	3.16 ± 0.01	0.38 ± 0.05	1.93 ± 0.32	1.22 ± 0.04	0.51 ± 0.06	148 ± 14.8	203 ± 111	nd	55 ± 11
70	2.56 ± 0.30	0.35 ± 0.05	1.80 ± 0.25	1.20 ± 0.12	0.47 ± 0.08	138 ± 16.9	206 ± 62	nd	53 ± 16
35	2.51 ± 0.04	0.32 ± 0.02	1.68 ± 0.01	1.30 ± 0.04	0.52 ± 0.02	140 ± 6.3	272 ± 165	nd	53 ± 6
17.5	2.24 ± 0.08	0.31 ± 0.03	1.83 ± 0.21	1.43 ± 0.25	0.53 ± 0.08	151 ± 21.2	217 ± 118	nd	60 ± 24
0	1.93 ± 0.04	0.28 ± 0.04	1.83 ± 0.23	1.39 ± 0.25	0.51 ± 0.07	146 ± 21.2	325 ± 214	nd	60 ± 40
Reference value ^x	2.6-3.5	0.25-0.35	1.5-2.5	0.5-1.5	0.25-0.5	90-200	20-800	2.0-5.0	20-40

^x Reference value: Reasonable contents of essential nutrient elements of strawberry

二、炭疽病抗感病性評估方法試驗

(一) 全株接種

以全株接種方式接種不同氮肥濃度處理之香水草莓植株，於接種後 6 天觀察並記錄發病度，以氮肥濃度 280 mg/L 處理平均病斑面積最大，平均病斑面積達 41.5%，氮肥濃度 0 mg/L 處理平均病斑面積最小，平均病斑面積達 28%，統計分析結果顯示 4 種處理組間無顯著差異。

(二) 單點接種

以單點接種方式接種不同氮肥濃度處理之香水草莓第三片展開葉，於接種後 6 天觀察並記錄病害嚴重度，經統計分析僅 280 mg/L 處理的平均病斑直徑最大，平均病斑直徑達 0.68 公分，與其他處理組具顯著差異。

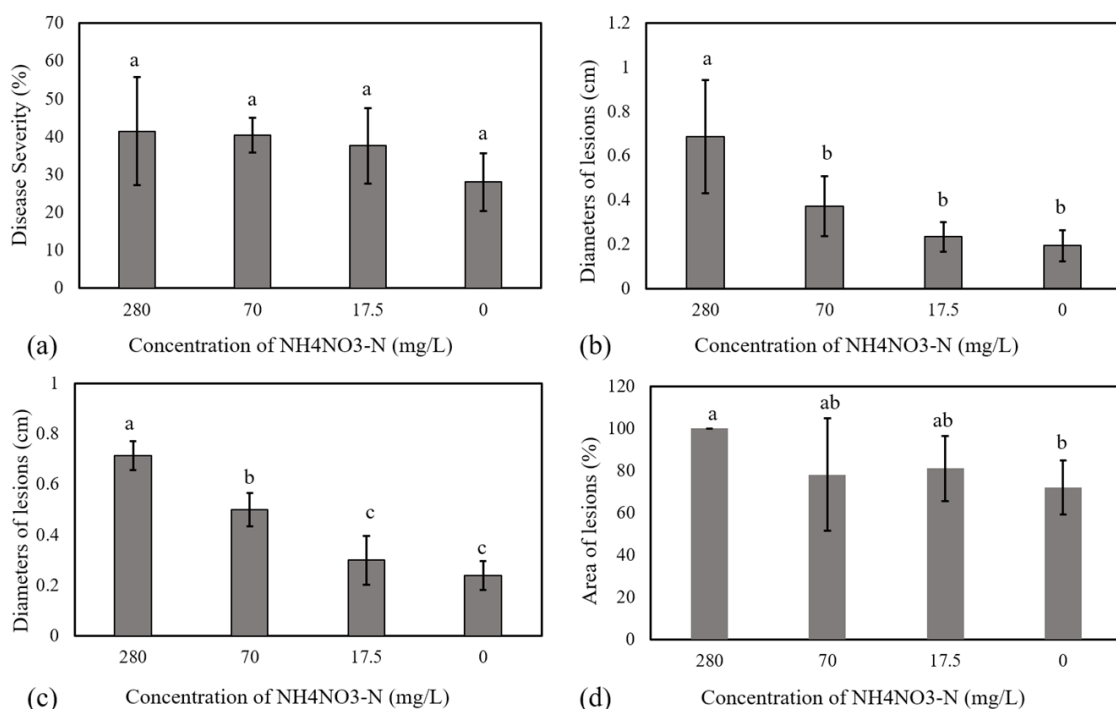
(三) 離葉接種

以離葉接種方式接種不同氮肥濃度處理之香水草莓第三片展開葉，於接種後 6 天觀察並記錄病害嚴重度，統計分析結果顯示 280 mg/L、70 mg/L 處理的平均病斑直徑較大，平均病斑直徑分別為 0.71 公分與 0.5 公分，兩者間達到顯著差異，同時亦與其他處理組間達顯著差異，為四種方法中結果差異最明顯之方法。

(四) 葉圓片接種

以葉圓片接種方法接種不同氮肥濃度處理之香水草莓第三片展開葉，於接種後 6 天觀察並記錄病害嚴重度，經統計分析僅 280 mg/L 處理的平均病斑面積百分比最大，平均病斑面積百分比達 100%，與 0 mg/L 處理組平均病斑面積百分比 71.9% 具有顯著差異，但與其他處理無顯著差異。

由於離葉接種方法相較於全株接種、單點接種及葉圓片接種更適合評估不同氮肥濃度處理對炭疽病抗感性之影響，故以離葉接種方法作為後續評估對炭疽病抗感性之檢測方法(圖四)。



圖四、不同氮肥施用量下的香水草莓植株分別以4種方式接種炭疽病 (*Colletotrichum siamense* ML133) 6天之後，其罹病程度的差異。(a) 全株接種方式；(b) 單點接種方式；(c) 離葉接種方式；(d) 葉圓片接種方式 (各平均值以不同字母標示者為5%水準下經LSD測驗達顯著差異)

Fig. 4. Disease development of strawberry (Xiang-Shui cultivar) inoculated with *Colletotrichum siamense* ML133 respectively by 4 different methods under different concentrations of nitrogen fertilization. (a) Whole potted-plant inoculation; (b) Single-dot inoculation on potted-plant leaves; (c) Detached leaf inoculation; (d) Leaf-disc inoculation. Means with the different letter are significantly different from each other ($p < 0.05$ ANOVA followed by LSD test)

三、不同氮肥施用量下草莓對炭疽病抗感性影響試驗

在植株葉片數上，澆灌 280 mg/L、70 mg/L 的苗栗 1 號及 280 mg/L 的 TS04 品系平均葉片數分別為 9.6、10.2 及 9.8 片葉，與其他處理組植株葉片數具有顯著差異，在植株葉片外觀亦可見此兩品種每週澆灌 280 mg/L 的老葉僅葉緣焦枯，不如桃園 1 號及香水品種全葉焦枯，顯示苗栗 1 號及 TS04 品系可能較為耐肥 (圖五)。

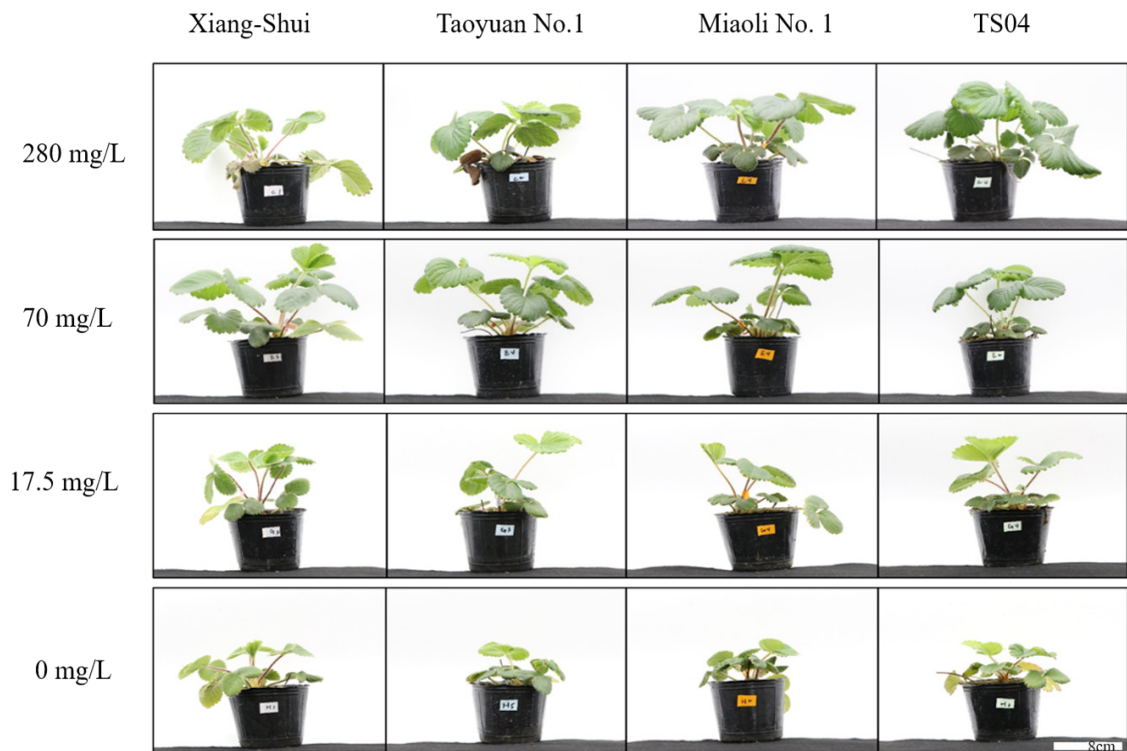
在不同濃度氮肥施用 8 週後，取下葉片接種草莓炭疽病菌 6 天後，在 280 mg/L 處理之離葉，平均病斑直徑以苗栗 1 號 1.09 公分及 TS04 品系 1.02 公分最長，香水 0.88 公分最小，並與苗栗 1 號及 TS04 品系具顯著差異。70 mg/L 濃度澆灌下，平均病斑直徑以 TS04 品系 0.72 公分最小，與苗栗 1 號病斑直徑 0.88 公分具顯著差異，17.5 mg/L 及 0 mg/L 濃度澆灌下，皆以 TS04 品系平均病斑直徑最小，分別為 0.39 公分及 0.12 公分，與其他品種間具顯著差異。高濃度氮肥澆灌下皆會提高 4 品種(系) 對炭疽病之感病性，低濃度氮肥澆灌下，則以 TS04 品系對炭疽病感病性較低(圖六)。

以品種(系)內進行比較，桃園 1 號及 TS04 品系接種炭疽病後，4 個氮肥處理組間皆具有顯著差異，並皆以 280 mg/L 處理組平均病斑直徑最大，分別為 0.96 公分及 1.02 公分，苗栗 1 號則是除 70 mg/L 和 17.5 mg/L 處理組間未達顯著差異外，280 mg/L 及 0mg/L 平均病斑直徑分別為 1.09 公分及 0.38 公分，與其他處理組間具顯著差異，香水以 280 mg/L 和 70 mg/L 處理組平均病斑直徑較大，分別為 0.88 公分及 0.82 公分，其他處理組間則均具顯著差異。各品種(系)內平均病斑直徑皆隨施用氮肥濃度提升而增加，顯示不論品種(系)，當施用氮肥濃度越高，將提升植株對炭疽病的感病性，而經 LSD test 進行統計分析 ($p < 0.05$)，結果顯示品種(系)內對炭疽病抗感性受氮肥濃度影響程度以桃園 1 號及 TS04 品系最為明顯(圖六)。

氮素影響植物對病害抗感性之原因可能涉及酚類代謝、高氮用量下植物細胞壁木質素含量較低、角質層蠟質厚薄等因素。草莓組織氮含量較低時，鈣和錳含量增加，而此兩元素可以直接參與酚類代謝(Choi *et al.*, 2000)。錳可以增加宿主防禦產物的合成，進而降低病害發病率和嚴重程度(Huber and McCay-Buis, 1993)。相較低氮肥處理，施以高氮肥的植體內次級細胞壁纖維素含量略低，但木質素含量則明顯低於低氮肥處理組；高氮肥處理會降低植物厚角細胞及維管束細胞次生細胞壁中木質素的累積，並有降低木質素生合成相關基因的表現，導致植體內及細胞壁中木質素含量不足，而降低植物組織結構強度(Zhang *et al.*, 2017)。此外，植物的角質層與其蠟質是防禦病蟲害入侵之重要被動性屏障，而角質層蠟質具有長鏈脂肪酸(C20-C34)組成，為植物碳骨架部位之一(Heredia, 2003; Raffaele *et al.*, 2009;

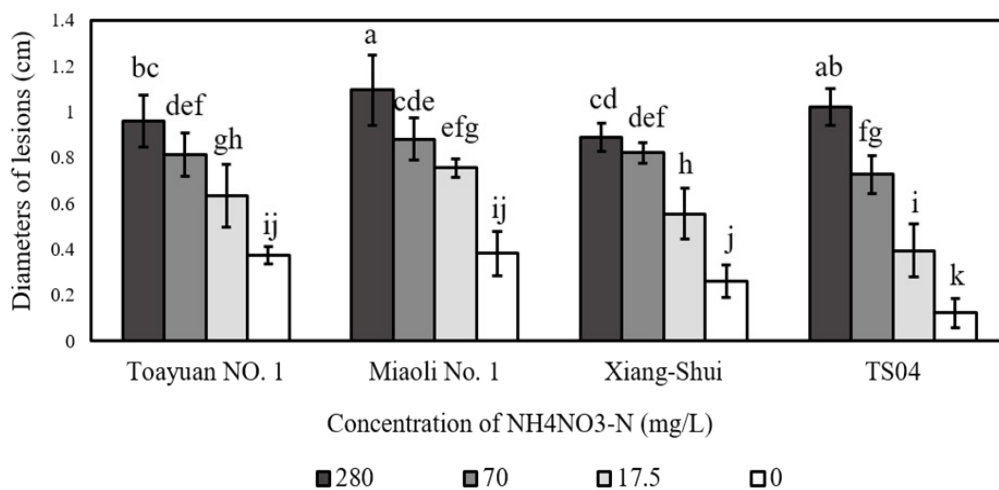
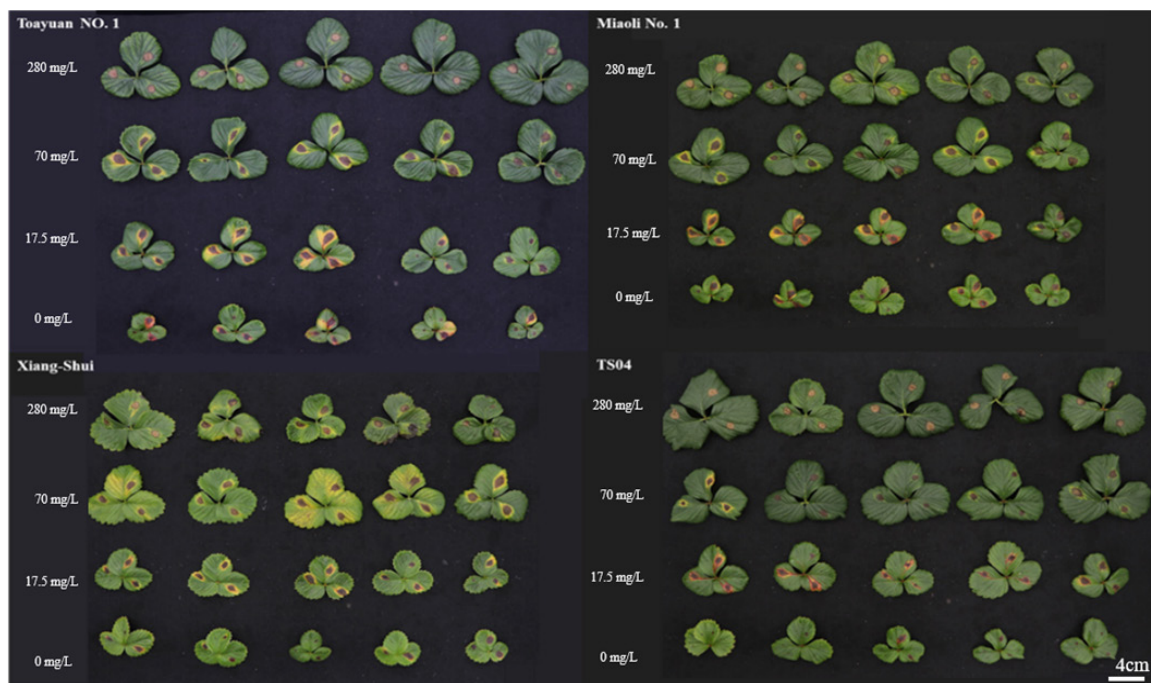
Malinovsky *et al.*, 2014)。當高氮肥使生質快速合成，而碳骨架不足以支持時，便會減少角質層與其蠟質的厚度，供植體其他部位生長及支持，亦有研究顯示，高氮肥處理組的植株葉片其角質層較低氮肥處理組薄 (Bondada *et al.*, 2001)。

綜上所述，增加氮肥施用量雖有助於生合成代謝的提升，促使草莓種苗生產量提高，但同時也影響植株對炭疽病之感病性。於低濃度氮肥施用量下對炭疽病抗性較佳的 TS04 品系明顯隨氮肥用量提升降低其對炭疽病耐受性，不同草莓品種對炭疽病之抗感性除本身品種特性外，栽培期間之肥培管理方式更為影響炭疽病發生的重要因素。



圖五、4 種品種 (系) 植株澆灌 4 種氮肥濃度 8 週的外觀型態

Fig. 5. Phenotypes of 4 varieties/lines after applied with different concentrations of $\text{NH}_4\text{NO}_3\text{-N}$ for 8 weeks



圖六、4 種品種 (系) 與 4 種氮肥濃度處理組植株的離葉接種後葉片型態 (上圖) 及病斑直徑 (各平均值以不同字母標示者為 5% 水準下經 LSD 測驗達顯著差異) (下圖)

Fig. 6. Disease development (above) and diameters of lesions (below) of 4 varieties/lines detached leaves inoculated with *Colletotrichum siamense* ML133 under different concentrations of nitrogen fertilization. Means with the different letter are significantly different from each other ($p < 0.05$ ANOVA followed by LSD test)

誌 謝

本研究承蒙科技部「草莓生產之關鍵病害管理」計畫 (MOST 110-2321-B-002-021) 經費支持，臺灣大學植物病理與微生物學系鍾嘉凌老師及吳佳宜小姐提供炭疽病葉圓片接種技術，本場作物環境課土壤肥料研究室蔡正賢副研究員、劉怡娟小姐、黃秀梅小姐、賴玉井先生、黃裕珠小姐及施彥同先生協助進行植體營養元素含量分析，生物防治分場陳春榕小姐及朱柏融先生協助育苗，特此致謝。

引用文獻

- 吳添益、蔡正賢。2019。灌溉量及氮肥施用量對草莓親株生長、走蔓繁殖與水養分收支之影響。苗栗區農業改良場研究彙報 8: 1-19。
- 吳佳宜、吳岱融、李怡蓓、鐘珮哲、羅國偉、鍾嘉綾。2022。臺灣草莓種原對炭疽病菌之抗性篩檢。植物醫學期刊 64(4): 123-130.
- 彭淑貞、吳添益。2005。磷肥施用量對草莓苗產量與品質之影響研究。灌溉量及氮肥施用量對草莓親株生長、走蔓繁殖與水養分收支之影響。土壤肥料通訊 88: 45-46。
- 飯村強、武井昌秀、小山田勉。2001。イチゴ高設採苗法におけるモミガラ培地の適應性。次城縣農業總合センター園藝研究所研究報告 9: 9-16。
- 鐘珮哲、吳竝毅。2021。利用滴帶給水降低育苗期病害發生。苗栗區農業專訊 93 期：15-16。
- Andriolo, J. L., L. Erpen, F. L. Cardoso, C. Cocco, G. S. Casagrande, and D. I. Jänisch. 2011. Nitrogen levels in the cultivation of strawberries in soilless culture. *Horticultura Brasileira*. 29: 516-519.
- Bondada, B. R., J. P. Syvertsen, and L.G. Albrigo. 2001. Urea nitrogen uptake by citrus leaves. *HortScience*. 36: 1061-1065.
- Choi, J. M., S. K. Jeong, K. H. Cha, H. J. Chung, and K. S. Seo. 2000. Deficiency symptom, growth characteristics, and nutrient uptake of 'Nyoho' strawberry as

- affected by controlled nitrogen concentrations in fertilizer solution. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*. 41: 339-44.
- Chung, P. C., H. Y. Wu, Y. W. Huang, H. A. Ariyawansa, H. P. Hu, T. H. Hung, S. S. Tzean, and C. L. Chung. 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: 14664.
- Guler, S., I. Macit, A. Koc, and H. Ibrikci. 2006. Estimating leaf nitrogen status of strawberry by using chlorophyll meter reading. *Journal of Biological Sciences*. 6: 1011-1016.
- Huber, D. M., and T. S. McCay-Buis. 1993. A multiple component analysis of the take-all disease of cereals. *Plant Disease*. 77: 437-47.
- Heredia, A. 2003. Biophysical and biochemical characteristics of cutin, a plant barrier biopolymer. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1620: 1-7.
- Janisch, D. I., J. L. Andriolo, V. Toso, K. G. F. Santos, dos, and J. M. de. Souza. 2012. Nitrogen for growth of stock plants and production of strawberry runner tips. *Bragantia*. 71: 394-399.
- Malinovsky, F. G., J. U. Fangel, and W. G. Willats. 2014. The role of the cell wall in plant immunity. *Frontiers in Plant Science*. 5: 178.
- Padilla, F. M., R. de Souza, M.T. Pena-Fleitas, M. Gallardo, C. Gimenez, R. B. Thompson. 2018. Different responses of various chlorophyll meters to increasing nitrogen supply in sweet pepper. *Frontiers in Plant Science*. 9: 1752.
- Raffaele, S., A. Leger, and D. Roby. 2009. Very long chain fatty acid and lipid signaling in the response of plants to pathogens. *Plant Signaling & Behavior*. 4: 94-99.
- Smith, B. J. 2009. Nitrogen fertilizer affects the severity of anthracnose crown rot disease of greenhouse grown strawberry. *The American Phytopathological Society* 9.
- Workoski, T. J., T. E. Benassi, and F. Takeda. 2001. The effect of nitrogen on stolon and ramet growth in four genotypes of *Fragaria chiloensis* L. *Scientia Horticulturae*. 88: 97-106.
- Trejo-Téllez, L. I., and F. C. Gómez-Merino. 2014. Nutrient management in strawberry: effects on yield, quality and plant health. *Strawberries: Cultivation, Antioxidant Properties and Health Benefits*. 239-267.

- Tegeder, M., C. Masclaux-Daubresse. 2017. Source and sink mechanisms of nitrogen transport and use. *New Phytologist*. 217: 35-53.
- Walter, M., B. Braithwaite, B. J. Smith, and G. I. Langford. 2008. Nutrient nitrogen management for disease control in strawberry. *New Zealand Plant Protection*. 61: 70-79.
- Zhang, W., L. Wu, Y. Ding, Y. Xiong, X. Wu, W. Fei, G. Li, Z. Liu, T. She, C. Ding. 2017. Nitrogen fertilizer application affects lodging resistance by altering secondary cell wall synthesis in japonica rice (*Oryza sativa*). *Journal of Plant Research*. 130: 1-13.

Study on the susceptibility of strawberry to anthracnose under different concentrations of nitrogen fertilization

Yi-Bei Li^{*1}, Hsiao-Chun Lo², Hung-Yi Wu², Pei-Che Chung¹

¹ Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Ministry of Agriculture

² Department of Plant Pathology and Microbiology, National Taiwan University

ABSTRACT

High nitrogen application could improve the number of nursery plants in the strawberry nursery but increase susceptibility to strawberry anthracnose, a common disease in strawberry nursery propagation. The purpose of this study was to evaluate the susceptibility of these four varieties/lines (Taoyuan No.1, Xiang-Shui, Miaoli No.1, and TS04) to anthracnose under different nitrogen fertilizer concentrations. Four different inoculation methods were tested on the relatively low susceptible variety- Xiang-Shui, and only the detached leaf inoculation showed a significant difference among the 4 tested nitrogen concentrations. In the detached leaf inoculation, all four varieties/lines showed high susceptibility to anthracnose when fertilized with a high concentration of $\text{NH}_4\text{NO}_3\text{-N}$, whereas TS04 showed significantly low susceptibility when fertilized with low concentrations of $\text{NH}_4\text{NO}_3\text{-N}$. In the treatments fertilized with 280 mg/L of $\text{NH}_4\text{NO}_3\text{-N}$, the average lesion diameters of Miaoli No.1 and TS04 were 1.09 cm and 1.02 cm, significantly larger than Xiang-Shui which showed the smallest lesions, the average diameter of 0.88 cm. However, in the treatments fertilized with 70, 17.5, and 0 mg/L of $\text{NH}_4\text{NO}_3\text{-N}$, TS04 showed the smallest lesion diameter, and the average lesion diameters were 0.72, 0.39, and 0.12 cm, respectively. Besides, Taoyuan No.1 and TS04 show significant difference under 4 tested nitrogen concentrations. All the tested varieties/lines showed a significant anthracnose susceptibility rise with an increase in nitrogen fertilizer concentration, especially for Taoyuan No.1 and TS04.

Keywords: strawberry, anthracnose, nitrogen

*Corresponding author email: yibei@mdares.gov.tw