

# 草莓苗栗 1 號接種叢枝菌根菌效益之評估

蔡正賢<sup>1\*</sup>、林鈺荏<sup>1</sup>、吳岱融<sup>1</sup>、林素禎<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 行政院農業委員會苗栗區農業改良場

<sup>2</sup> 行政院農業委員會農業試驗所農業化學組

## 摘 要

本場新育品種草莓「苗栗 1 號」具有果大、繁殖倍率高、可溶性固形物高的特性，但果實成熟始期較晚，本研究擬藉由叢枝菌根菌接種，期能提早開花結果，促進草莓苗栗 1 號的產業應用。叢枝菌根菌於草莓育苗期接種，肥料用量分為追肥氮磷鉀全量、追肥氮磷鉀半量與不施追肥。試驗結果顯示，肥料用量的產量效應非常顯著。接種叢枝菌根菌的產量效應隨收穫階段而不同，其中追肥氮磷鉀全量並接種叢枝菌根菌處理在收穫初期產量最高，比未接種叢枝菌根菌處理產量高出 14.8 %，顯示接種叢枝菌根菌確可提早開花結果，增加草莓初期產量。草莓收穫初期價格為後期價格之 3 倍，接種叢枝菌根菌處理整體收益高於未接種叢枝菌根菌處理者。另外，追肥氮磷鉀全量並接種叢枝菌根菌處理可以提高果實糖度，且不影響糖酸比。由上述結果顯示，在草莓育苗期接種叢枝菌根菌，並配合適量施肥，可提早開花結果，且可提高果實品質，對草莓苗栗 1 號在產業的應用深具潛力。

**關鍵詞：**草莓、叢枝菌根菌、接種效益

## 前 言

草莓苗栗 1 號戀香為苗栗區農業改良場民國 108 年育成之品種，果實大而美，單粒較常見品種桃園 1 號豐香重約 5 公克，單株產量逾 346 公克，糖度亦高，最高達 16° Brix 以上，惟苗栗 1 號的始花期及果實成熟所需的時間皆比桃園 1 號晚 2 週左右，草莓收穫初期價格通常較高，因此苗栗 1 號需提早定植以因應其開花，與果實成熟較晚之特性（吳等，2019）。

\*論文聯繫人

e-mail: tsaijh@mdais.gov.tw

作物接種叢枝菌根菌(arbuscular mycorrhizal fungi, AMF)，可提早開花結果(邱等，2004；齊等，2001)。AMF 孢子萌發後接觸到作物根系，可從根毛侵入根部，並將菌絲伸出根外，協助宿主吸收養分和水分，能促進作物生長與增加產量，可視為是一種生物性肥料(Azcon and El-Atrash 1997；黃等，2011)。育苗期是 AMF 接種的最適時期，由於草莓育苗期可長達 6 個月，接種 AMF 應用潛能高。AMF 對宿主植物沒有很高的專一性(Smith and Read, 1997)，但土壤酸鹼度會影響 AMF 感染(林，2017)，確定試驗田土壤的酸鹼度後，可選擇適用之 AMF 菌種進行接種。

田間栽培時，必須配合適當的肥料量，方能使叢枝菌根菌效果顯著(吳和林，1998)。草莓生長期長達 5 至 6 個月，為顧及後期產量，草莓農友慣用施肥量大，但過多土壤養分可能對 AMF 的拓植及產孢有不利的影響(Marschner and Dell，1994)，加上草莓病蟲害多，田間化學藥劑用量多且複雜，可能影響 AMF 的感染或產孢(林及吳，2005)。本研究利用育苗期接種 AMF，評估 AMF 對提高苗栗 1 號草莓早期產量的功效，並配合肥料減量施用處理，評估 AMF 對作物產量的效益及肥料減量之效果。

## 材料與方法

- 一、育苗期叢枝菌根菌接種：草莓品種為苗栗 1 號戀香。AMF 菌土由農業試驗所農業化學組提供，菌種名稱為 *Funneliformis mosseae* 及 *Claroideoglossum etunicatum*，適合微酸性土壤至鹼性土壤。育苗介質為商業育苗介質，因育苗介質含較高養分可能影響 AMF 感染(黃及江，2019)，於育苗前浸水 2 次，將水分瀝出，以降低育苗介質養分含量，待介質風乾後添加珍珠石(體積比 3:1)。育苗於 108 年 10 月開始，共育苗 1,000 株，分為接種 AMF 處理與未接種 AMF 處理，接種 AMF 處理者將育苗介質混合 AMF 菌土(每個育苗盆約接種 100 個孢子)，未接種 AMF 處理只使用育苗介質。
- 二、田間試驗肥料用量：試驗田土壤性質(表一)，有效性磷為  $51 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，交換性鉀為  $93 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，肥力等級高。定植前全區施用有機質肥料，氮：磷：氧化鉀用量分別為 135:90:90 公斤/公頃。108 年 11 月 18 日定植於田間採隨機完全區集設計，試驗處理分為：(1) 追肥氮磷鉀全量 + 未接種 AMF；(2) 追肥氮磷鉀全量 + 接種 AMF；(3) 追肥氮磷鉀半量 + 未接種 AMF；(4) 追肥氮磷鉀半

量 + 接種 AMF；(5) 不施追肥 + 未接種 AMF；(6) 不施追肥 + 接種 AMF 等 6 種，4 區集，每小區 42 株。108 年 12 月 3 日始使用即溶化學肥料澆灌植株，約每 2 週 1 次，109 年 4 月 21 日停止，共澆灌 11 次（表二），3 種肥料用量處理三要素總用量，追肥氮磷鉀全量處理氮：磷酐：氧化鉀為 533：289：345 公斤/公頃，追肥氮磷鉀半量處理氮：磷酐：氧化鉀為 334：190：218 公斤/公頃，不施追肥處理氮：磷酐：氧化鉀為 135：90：90 公斤/公頃（基肥有機質肥料用量）。

表一、試驗田土壤性質分析

Table 1. Soil properties of test field

pH	EC dS·m <sup>-1</sup>	OM g·kg <sup>-1</sup>	Bray1 P mg·kg <sup>-1</sup>	Exg. K mg·kg <sup>-1</sup>	Exg. Ca mg·kg <sup>-1</sup>	Exg. Mg mg·kg <sup>-1</sup>
6.62	0.09	26.9	51	93	1880	219

表二、試驗田施肥時期與三要素用量

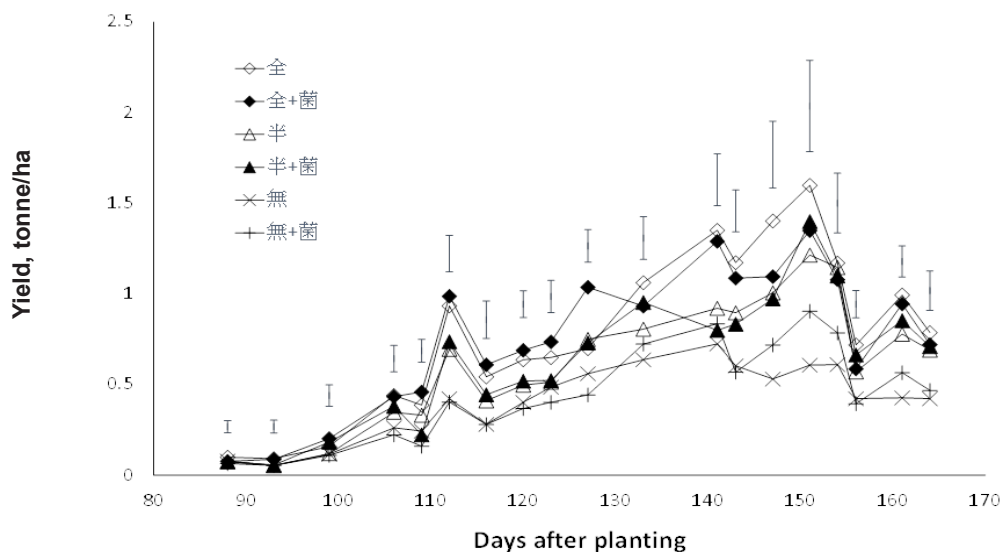
Table 2. Nitrogen, phosphate and potash application rates after planting

肥料用量	Days after planting											
	0	15	19	45	57	74	85	99	113	127	141	155
Application rates (kg·ha <sup>-1</sup> )												
追肥氮磷鉀全量												
N	135	17	17	35	35	35	49	49	49	38	38	38
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	90	9	9	17	17	17	24	24	24	19	19	19
K <sub>2</sub> O	90	9	9	17	17	17	24	24	24	38	38	38
追肥氮磷鉀半量												
N	135	9	9	17	17	17	24	24	24	19	19	19
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	90	4	4	9	9	9	12	12	12	9	9	9
K <sub>2</sub> O	90	4	4	9	9	9	12	12	12	19	19	19
不施追肥												
N	135	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sub>2</sub> O	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

三、生長調查：109年2月14日開始收穫果實，定期調查果實產量。分別於109年3月9日及4月8日（下雨後）進行果實糖度及酸度分析，每小區取3重複，糖度分析每次取3~4顆草莓切取前半段（末端尖點部分），秤取2.5~2.8 g均質化後，用糖度計量測果實果汁的糖度2次數值的平均值。酸度分析取2.5 g果泥混和15 mL水，使用自動滴定儀測定可滴定酸含量，利用0.1 N NaOH溶液滴定至pH=8.1，由消耗的NaOH用量計算果汁中檸檬酸當量。109年4月30日結束生產，統計果實收量，並以每公頃45,000株估算公頃產量。109年5月5日採取地上部植體（不含果實）與根圈土壤，新鮮根圈土壤以濕篩傾注法(Gerdemann and Nicolson, 1963)與糖液離心法(Daniels and Skipper, 1982)分離計數叢枝菌根菌孢子數，每小區取3重複，最後一批新鮮果實均質化後，消化分解測定養分含量，新鮮植體烘乾後，測量乾重，烘乾植體與風乾土壤分別測定養分含量。

## 結果與討論

果實於定植後88日開始採收，各採收期產量（圖一）結果顯示，肥料用量對產量的效應明顯，而接種叢枝菌根菌的產量效應隨收穫階段而不同。定植後102天



圖一、草莓接種叢枝菌根菌與肥料用量的產量變化。豎線為每次調查的LSD ( $p < 0.05$ )。

Fig. 1. Yield of strawberry response to AMF inoculation and fertilizer rates. Vertical bars represent LSD ( $p < 0.05$ ) for each comparison.

各處理產量出現高峰後，隨後產量並無下降趨勢，由於試驗土壤屬黏壤土，有機質含量較高，對後期產量確有幫助（蔡等，2003）；早期產量方面，追肥氮磷鉀全量 + 接種 AMF 處理在定植後 127 天累積產量最高，且較追肥氮磷鉀全量 + 不接種 AMF 之產量高出 14.8%，顯示接種 AMF，確可提早開花結果，增加收穫初期產量。而追肥氮磷鉀全量 + 不接種 AMF 處理之後期產量較高，在定植後 151 天累積產量高於接種 AMF 處理，可能與對照處理試區有機質含量較高（表三），養分供應能力較強有關。由於早期產量有利觀光採果經營，而後期產量不利於病蟲害管理，此結果值得重視。

表三、試驗結束期之土壤性質分析

Table 3. Soil properties at the end of experiment

Treatment <sup>x</sup>	pH	EC dS·m <sup>-1</sup>	OM g·kg <sup>-1</sup>	Av. N mg·kg <sup>-1</sup>	Bray1 P mg·kg <sup>-1</sup>	Exg. K mg·kg <sup>-1</sup>	AMF Spore no. 100 g <sup>-1</sup>
全量	6.55 b <sup>y</sup>	0.072 a	29.7 a	21.4 a	89.0 ab	147.0 ab	104 bc
全量 + 菌	6.37 b	0.067 a	25.2 b	20.3 a	98.8 a	163.0 a	123 a
半量	6.57 b	0.075 a	27.2 ab	17.7 a	90.8 ab	117.0 bc	93 c
半量 + 菌	6.74 ab	0.067 a	26.7 ab	14.8 ab	82.8 bc	120.0 bc	109 b
不施	6.96 a	0.059 a	26.2 ab	5.7 b	74.5 c	71.0 d	97 bc
不施 + 菌	7.01 a	0.055 a	27.7 ab	6.1 b	74.0 c	82.0 cd	130 a
LSD <sub>0.05</sub> <sup>z</sup>	0.39	0.030	3.6	10.9	12.5	41.5	13

<sup>x</sup> 全量：追肥氮磷鉀全量 + 未接種 AMF，全量 + 菌：追肥氮磷鉀全量 + 接種 AMF，半量：追肥氮磷鉀半量 + 未接種 AMF，半量 + 菌：追肥氮磷鉀半量 + 接種 AMF，不施：不施追肥 + 未接種 AMF，不施 + 菌：不施追肥 + 接種 AMF

<sup>y</sup> Within column, means followed by the same letters as not significantly different at  $p < 0.05$  by Fisher's protected LSD test.

<sup>z</sup> LSD<sub>0.05</sub>：values of least significant difference for mean comparisons at 5% level.

各處理每公頃產量分別為 14.9、14.4、11.8、12.1、7.9、8.5 公噸，產量百分率（各處理產量 ÷ 處理中最高之產量 × 100）分別為 100、97、79、81、53、57 %（表四），

產量以追肥氮磷鉀全量 + 不接種 AMF 處理較高，平均單株產量約 331 克。草莓收穫初期價格為後期價格 3 倍，以初期價格每公斤 240 元，中後期價格每公斤 80 元估算，由於追肥氮磷鉀全量 + 接種 AMF 處理有較高的初期產量，整體收益仍高於追肥氮磷鉀全量 + 不接種 AMF 之對照處理。其中追肥氮磷鉀半量 + 接種 AMF 處理每公頃收益較追肥氮磷鉀半量 + 不接種 AMF 之對照處理高約 43,737 元，每株草莓苗接種 AMF 增加的成本估計約 0.5 元，每公頃 45,000 株的成本增加約 22,500 元，增加的收益明顯高於接種 AMF 的成本，有利於 AMF 推廣。

表四、草莓接種叢枝菌根菌與肥料用量之產量及收入

Table 4. Yield and income of strawberry after AMF inoculation and fertilization

Treatment <sup>y</sup>	Yield (g) tonne • ha <sup>-1</sup>	Index %	Income (元) ha <sup>-1</sup>
全量	14.9±1.1 a <sup>z</sup>	100	2,429,777
全量 + 菌	14.4±2.1 a	97	2,444,694
半量	11.8±1.1 b	79	1,914,929
半量 + 菌	12.1±1.4 b	81	1,958,666
不施	7.9±1.3 c	53	1,349,823
不施 + 菌	8.5±1.5 c	57	1,370,791

<sup>y</sup> 同表三。

<sup>z</sup> Within column, means followed by the same letters are not significantly different at  $p < 0.05$  by Fisher's protected LSD test.

果實品質方面如表五所示，追肥氮磷鉀全量 + 接種 AMF 處理及不施追肥 + 不接種 AMF 處理在晴天時有較高的糖度，不施追肥 + 不接種 AMF 處理在雨天有較高的糖度。追肥氮磷鉀全量 + 接種 AMF 處理有較高的酸度，糖酸比則以不施追肥 + 不接種 AMF 處理最高。追肥氮磷鉀全量 + 接種 AMF 處理在晴天可以顯著提高果實糖度 1.7 ° Brix，且不影響糖酸比。

表五、草莓接種叢枝菌根菌與肥料用量對果實糖酸度之影響

Table 5. Effects of AMF inoculation and fertilization on total soluble solids and titratable acidity of strawberry fruits

Treatment <sup>x</sup>	Total soluble solids (Brix)		Titratable acidity(%)		Sugar / Acid	
	晴天	陰天	晴天	陰天	晴天	陰天
全量 <sup>y</sup>	11.10 c <sup>y</sup>	8.53 b	1.06 bc	0.757 ab	10.50 c	11.40 b
全量 + 菌	12.80 a	8.93 ab	1.17 a	0.798 a	11.00 bc	11.30 b
半量	11.90 cab	8.85 ab	1.02 c	0.772 ab	11.70 a	11.50 b
半量 + 菌	12.30 ab	8.76 ab	1.09 b	0.773 ab	11.30 ab	11.50 b
不施	12.70 a	9.13 a	1.08 bc	0.710 b	11.80 a	13.00 a
不施 + 菌	11.40 bc	8.56 b	1.02 c	0.744 ab	11.20 ab	11.90 b
LSD <sub>0.05</sub> <sup>z</sup>	0.96	0.43	0.06	0.070	0.71	0.91

<sup>x</sup> 同表三。

<sup>y</sup> Within column, means followed by the same letters as not significantly different at  $p < 0.05$  by Fisher's protected LSD test.

<sup>z</sup> LSD<sub>0.05</sub> : values of least significant difference for mean comparisons at 5% level.

果實收穫後各處理地上部植體養分含量、養分吸收量及果實養分吸收量如表六至表八所示，合計每公頃約吸收氮 102~180 公斤，磷酐 17~25 公斤，氧化鉀 64~110 公斤，本場早期以桃園 1 號品種的研究顯示，草莓每公頃約吸收氮 50~60 公斤，磷酐 20~30 公斤，氧化鉀 70~80 公斤，本研究氮的吸收量偏高，可能顯示草莓苗栗 1 號需要較高的氮肥。草莓果實吸收 65~71 % 的氮、18~31 % 的磷及 25~30 % 的鉀，果實分配的氮比例較高，收穫期被移除的氮量可觀，需於追肥中穩定補充，果實移除的磷、鉀較低，追肥補充的磷、鉀可能不需太高。



表六、草莓接種叢枝菌根菌與肥料用量對地上部植體養分含量的影響

Table 6. Effects of AMF inoculation and fertilizer rate on nutrients content of strawberry shoot

Treatment <sup>x</sup>	N	P	K	Ca	Mg
	----- g·kg <sup>-1</sup> -----				
全量	19.5 b <sup>y</sup>	2.59 c	24.4 ab	12.8 a	3.5 a
全量 + 菌	21.6 ab	2.83 bc	24.5 ab	12.9 a	3.9 a
半量	20.9 ab	3.27 bc	22.2 b	13.1 a	3.9 a
半量 + 菌	22.8 a	2.93 bc	23.6 ab	12.9 a	3.8 a
不施	19.5 b	4.14 a	24.6 a	12.9 a	3.6 a
不施 + 菌	21.5 ab	3.49 ab	22.7 ab	12.6 a	3.7 a
LSD <sub>0.05</sub> <sup>z</sup>	2.7	0.70	2.3	1.4	0.5

x 同表三。

y Within column, means followed by the same letters as not significantly different at  $p < 0.05$  by Fisher's protected LSD test.

z LSD<sub>0.05</sub> : values of least significant difference for mean comparisons at 5% level.

表七、草莓接種叢枝菌根菌與肥料用量對地上部植體養分吸收量的影響

Table 7. Effects of AMF inoculation and fertilization on nutrient uptake of strawberry shoots

Treatment <sup>x</sup>	N uptake	P uptake	K uptake	Ca uptake	Mg uptake
	----- kg·ha <sup>-1</sup> -----				
全量	51.0 a <sup>y</sup>	6.86 ab	63.9 ab	33.5 ab	9.3 ab
全量 + 菌	57.3 a	7.50 ab	65.0 a	34.3 a	10.3 a
半量	53.4 a	8.42 a	57.6 ab	33.6 ab	10.0 ab
半量 + 菌	51.1 a	6.61 ab	53.3 bc	29.0 b	8.6 b
不施	35.1 b	7.47 ab	44.4 cd	23.2 c	6.4 c
不施 + 菌	35.2 b	5.70 b	37.3 d	20.7 c	6.0 c
LSD <sub>0.05</sub> <sup>z</sup>	7.0	1.90	11.5	5.1	1.6

x 同表三。

y Within column, means followed by the same letters as not significantly different at  $p < 0.05$  by Fisher's protected LSD test.

z LSD<sub>0.05</sub> : values of least significant difference for mean comparisons at 5% level.



表八、草莓接種叢枝菌根菌與肥料用量對果實養分吸收量的影響

Table 8. Effects of AMF inoculation and fertilization on nutrient uptake of strawberry fruits

Treatment <sup>x</sup>	N uptake	P uptake	K uptake	Ca uptake	Mg uptake
	----- kg·ha <sup>-1</sup> -----				
全量	127.00 a <sup>y</sup>	3.13 a	27.70 a	2.70 a	2.67 a
全量 + 菌	123.00 a	3.02 a	26.80 a	2.61 a	2.58 a
半量	101.00 b	2.48 b	22.00 b	2.14 b	2.12 b
半量 + 菌	103.00 b	2.55 b	22.60 b	2.20 b	2.17 b
不施	67.00 c	1.66 c	14.70 c	1.43 c	1.41 c
不施 + 菌	72.00 c	1.78 c	15.70 c	1.53 c	1.51 c
LSD <sub>0.05</sub> <sup>z</sup>	18.70	0.46	4.08	0.39	0.39

x 同表三。

y Within column, means followed by the same letters as not significantly different at  $p < 0.05$  by Fisher's protected LSD test.

z LSD<sub>0.05</sub>: values of least significant difference for mean comparisons at 5% level.

進一步根據養分吸收量及三要素施用量，估算三要素回收率（表九），追肥氮磷鉀全量處理，氮的回收率約 34 %，磷酐回收率約 8 %，氧化鉀回收率約 32 %，磷酐（8 %）的回收率明顯偏低，顯示磷酐的土壤養分供應量高於作物需求，可降低磷肥施用量。追肥氮磷鉀半量處理，氮的回收率約 46 %，磷酐回收率約 12 %，氧化鉀回收率約 42 %，氮、磷酐及氧化鉀回收率較高，但其產量比追肥氮磷鉀全量處理少 21 %，追肥氮磷鉀半量處理可能需要增加氮肥與鉀肥的供應。不施追肥處理，氮的回收率約 77 %，磷酐回收率約 21 %，氧化鉀回收率約 74 %，氮及氧化鉀回收率最高，但其產量比追肥氮磷鉀全量處理少 47 %，不施追肥處理之氮肥及鉀肥的土壤養分供應不敷作物需求。綜上所述，以本試驗土壤條件及作物特性，氮的供應以 533 公斤 / 公頃較合理，遠高於現行氮肥推薦量（200 公斤 / 公頃），磷酐的供應以 90 公斤 / 公頃較合理，而氧化鉀的供應 345 公斤 / 公頃較合理。在本試驗田中，磷肥可減量施用。

表九、草莓接種叢枝菌根菌與肥料用量三要素回收率

Table 9. Nitrogen, phosphorus oxide and potassium oxide recovery rate at strawberry after AMF inoculation and fertilization

Treatment <sup>x</sup>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	----- % -----		
全量	33.4	7.9	31.9
全量 + 菌	33.8	8.3	31.9
半量	46.1	13.1	43.8
半量 + 菌	46.4	11.1	41.8
不施	75.6	23.2	78.8
不施 + 菌	79.3	19.1	70.7

x 同表三。

結束生產後分析根圈土壤 (表三)，接種叢枝菌根菌處理者每 100 克土壤 AMF 孢子數平均值顯著高於不接種 AMF 之對照處理，其中以不施追肥 + 接種 AMF 處理 130 ± 15 個最高，追肥氮磷鉀半量 + 不接種 AMF 處理 93 ± 5 個最低。由表三可知，接種 AMF 可提高土壤中 AMF 孢子數量。為維持收穫盛期草莓葉片適宜之氮濃度，土壤有效性氮含量應為 50 mg·kg<sup>-1</sup> (Albregts and Howard, 1984)，但各處理土壤有效性氮含量依序為 21.4、20.3、17.7、14.8、5.7、6.1 mg·kg<sup>-1</sup>，土壤有效性氮含量明顯偏低，可能也因此成為生長限制因子 (Poudel *et al.*, 2002)，叢枝菌根菌需宿主植物提供光合產物，任何限制宿主生長的因素也會限制叢枝菌根發展與功能 (王, 2007)。土壤有效性磷含量依序為 89.0、98.8、90.8、82.8、74.5、74.0 mg·kg<sup>-1</sup>，交換性鉀依序為 147、163、117、120、71、82 mg·kg<sup>-1</sup>，土壤養分含量明顯隨施肥量而增加，其中土壤有效性磷含量偏高，可能會影響 AMF 感染或產孢。AMF 應用於草莓栽培，受到土壤氮、磷含量及肥料施用量影響，在本試驗中，土壤有效性磷含量較高，若降低磷肥施用量，應可再提高 AMF 的接種效益。

## 結 論

肥料施用量對產量的效應非常顯著，而接種叢枝菌根菌 (AMF) 處理有較高的初期產量，並可提升果實糖度，整體效益仍高於不接種 AMF 之對照處理。草莓苗栗 1 號氮肥用量需高於現行推薦量，而有效性磷含量較高的農地，磷肥可減量施用。本試驗土壤有效性氮含量明顯偏低，有效性磷含量偏高，可能影響 AMF 肥效。AMF 應用於草莓栽培，可根據土壤有效性氮與磷含量，調整施肥量，才能使 AMF 接種效益達到顯著。

## 引用文獻

- 王均琍。2007。菌根菌應用於經濟果樹之栽培。農業生技產業季刊 12：43-48。
- 吳岱融、盧美君、張廣森。2019。草莓新品種‘苗栗 1 號’特性之研究。臺灣園藝 65(2)：67-74。
- 吳繼光、林素禎。1998。囊叢枝內生菌根菌應用技術手冊。台灣省農業試驗所。
- 林素禎、吳繼光。2005。微生物肥料在合理化施肥之應用。合理化施肥專刊。行政院農業委員農業試驗所。p. 289-304。
- 林子超。2017。叢枝菌根菌於不同性質土壤中對宿主之影響。台灣生物多樣性研究 19(3)：161-172。
- 邱展臺、黃天民、柯天雄、王均琍。2004。繡球屬叢枝菌根對木瓜植株生長及果實生產之促進。植物種苗 6(2)：42-55。
- 黃瑞彰、江汶錦。2019。生物性肥料在有機洋香瓜應用研究。溶磷菌肥料肥（功）效評估及驗證研討會論文集。行政院農業委員農業試驗所。p. 138-149。
- 黃瑞彰、江汶錦、林經偉、卓家榮。2011。菌根菌的特性及田間應用技術。臺南區農業專訊 75：14-19。
- 蔡正賢、張廣森、吳添益。2003。堆肥用量在土壤黏粒含量不同下對草莓盆栽產量的影響。土壤肥料通訊 85：242-243。
- 齊國輝、陳貴林、呂桂雲、乜蘭春、李建文。2001。叢枝菌根菌在草莓上的應用試驗。河北果樹 2001(1)：14-16。
- Albregts, E. E., and C. M. Howard. 1984. Strawberry production in Florida. Fla. Coop. Ext. Serv. Bull. p. 841.

- Azcon, R. and F. El-Atrash. 1997. Influence of arbuscular mycorrhizae and phosphorus fertilization on growth, nodulation and N<sub>2</sub> fixation (<sup>15</sup>N) in *Medicago sativa* at four salinity levels. *Biol. Fertil. Soils* 24:81-86.
- Daniels, B. A. and H. D. Skipper. 1982. Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil. p. 20-45. In: Schenck, N. C. (ed.). *Methods and principles of mycorrhizal research*. The American Phytopathological Society. St. Paul.
- Gerdemann, J. W. and T. H. Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*. 46: 235-244.
- Poudel, D. D., W. R. Horwath, W. T. Lanini, S. R. Temple, and A. H. C. van Bruggen. 2002. Comparison of soil N availability and leaching potential, crop yields and weeds in organic, low-input and conventional farming systems in northern California. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90:125-137.
- Smith, S. E. and D. J. Read. 1997. *Mycorrhizal symbiosis*, 2nd ed. London, UK: Academic Press. p. 605. Smith, G. S. and R. W. Roncadori. 1986 Responses of three vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi at four soil temperatures and their effects on cotton growth. *New Phytol.* 104:89-95.

# Effectiveness evaluation of the arbuscular mycorrhizal fungal inoculation on the strawberry variety Miaoli No. 1

Jeng-Hsien Tsai<sup>1\*</sup>, Yu-Ren Lin<sup>1</sup>, Dai-Rong Wu<sup>1</sup>, Su-Chen Lin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan

<sup>2</sup> Taiwan Agriculture Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan

## ABSTRACT

Strawberry variety, ‘Miaoli No. 1’ is characterized with features of large fruit size, high plantlet propagation rate, and high total soluble solid content. However, the timing of fruit ripening was late. The inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) could promote early flowering to meet the market demands. Strawberry plants were inoculated with AMF during nursery stage. Three top dressing treatments are, namely full NPK, 1/2NPK, and 0NPK. The crop yield well responded to fertilization rate. The effect of inoculation of AMF varied along different the harvest stages. The treatment of full NPK + inoculation showed the highest yield in the early harvest and 14.8% higher than the non-inoculation treatment. It showed that inoculation AMF could bloom earlier and increase the yield earlier, if compared with control. The earlier price of strawberry was 3 times higher than that of the later crops, inoculation treatment overall income is still higher than the control. Full NPK+ inoculation treatment can improve total soluble solids without affecting the sugar/acid ratio. In this study, our results suggested that strawberry was recommended to inoculate AMF during seedling stage, and applied with appropriate fertilization. Under these treatments, earlier flowering and fruiting could not only enhance the fruit quality, but also create potential industrial benefit to the strawberry variety, ‘Miaoli No. 1’ Strawberry.

**Keywords:** strawberry, arbuscular mycorrhizal fungi, inoculation effect

\*Corresponding author email: tsaijh@mdais.gov.tw