

單獨或共同接種芽孢桿菌屬植物促生細菌對 東方型百合'Medusa'生長之影響

龔 本 璋¹⁾ 林 深 林²⁾

關鍵字：生物肥料、共同接種、芽孢桿菌屬、植物促生細菌、百合、切花品質

摘要：本試驗欲探討單獨或共同接種 *Bacillus* 屬的根圈有益細菌作為生物肥料，對生產百合切花時的效益。結果顯示在栽種前先以 *B. mycoides* 接種於百合鱗莖，定植後再以 *B. amyloliquefaciens* 之菌液澆灌於栽培介質，可使東方型百合'Medusa'在生長過程中保有最高的株高。於栽培三個月後，共同接種兩支有益微生物的處理有最多的葉片數和花蕾數，葉片、莖桿的鮮/乾重及花蕾的乾物重也較對照組顯著增加。在切花品質方面，共同接種 *B. mycoides* 及 *B. amyloliquefaciens* 可生產最長之切花枝，且每枝切花帶有最多的花蕾數，顯著增進百合切花的觀賞價值。

前 言

百合 (*Lilium* spp.)由於花色、花形豐富、瓶插壽命長且用途廣泛，其品種多樣，加上生產栽培容易、對環境需求低及早花等特性，使其得以在許多國家廣泛栽培。百合在全球切花排名第五，球根作物當中排名第二 (Huang *et al.*, 2014)，自 2012 年以來便成為台灣年產值最龐大的切花種類。然而百合鱗莖中的養分不足以使其生產高品質的切花，必須加強營養管理 (Arriaga *et al.*, 2012)。

目前切花生產者多是以化學肥料提供營養，然大量使用化學肥料不僅導致土壤劣化，改變土壤的物化性及生物相，也汙染土壤和水體，更增加作物生產上的成本開銷 (Kumari *et al.*, 2015)。植物促生根圈細菌 (plant growth promoting rhizobacteria, PGPR)為一群不同種類的自然土壤細菌，會纏據於植物根部並藉由各種機制直接或間接地促進植物生長 (Kumari *et al.*, 2015)。其中 *Bacillus* 屬的 PGPR 已被證實具有固氮 (Elkoca *et al.*, 2008)、溶磷、溶鉀、溶鋅等功效，可增進植物對於營養元素的吸收與利用，並顯著提升作物產量

1) 國立中興大學園藝系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝系講師，通訊作者。

(Amalraj *et al.*, 2012)。又因其可在逆境下形成內生孢子，使其得以由孢子懸浮液轉為粉狀生物製劑，並利於長途運輸及儲存，增加了在農業上的應用價值 (丁，2006；Kaki *et al.*, 2013)。

已有許多文獻指出接種 *Bacillus* 屬之植物促生根圈細菌 (PGPR) 作為生物肥料 (biofertilizers) 可促進植物生長，並增進作物產量。De Freitas 等人 (1997) 在油菜 (*Brassica napus* L. cv. Legend) 種子分別接種 5 種 *Bacillus* 屬的 PGPR，發現 *B. megaterium*、*B. sphaericus*、*B. polymyxa*、*B. brevis*-1 及 *B. thuringiensis* 可顯著增加 30-54% 的種莢數，其中 *B. thuringiensis* 還可使種莢增重 25%，並增進 35% 的油菜籽產量。Comakli 與 Dasci (2009) 以 *B. megaterium* var. *phosphaticum* 接種於土壤，可顯著提升每公頃的首蓿種子產量。Esitken 等人 (2005) 以葉面噴施的方式於滿花期時在杏樹 'Hacihaliloglu' 接種 *Bacillus* OSU-142 菌系，可顯著促進枝條生長並大幅提升產量。

本研究欲探討以生物肥料的形式，單獨或共同接種 *Bacillus* 屬的 PGPR 對切花百合於溫室條件下生長及營養吸收之功效，希冀透過生物肥料的施用促進百合的生長以提升東方型百合切花的品質。

材料與方法

一、試驗材料

植物材料為台中市后里區農民生產切花後自行留種之東方型百合 'Medusa' 二代球，以濕潤泥炭層積裝籃後於 0°C 冰庫貯藏 6 個月，再移至 5°C 冷藏庫 15 天，挑選球徑 5-6 公分且無病蟲害之健康單芽鱗莖。

二、試驗時間：於 2015 年 11 月至 2016 年 2 月

三、試驗處理

東方型百合 'Medusa' 二代球鱗莖於 0°C 之冰庫貯藏 6 個月，取出於常溫解凍後，以 *Bacillus mycoides* 進行鱗莖接種，取商品“菌專家蕈狀芽孢桿菌” (聯發生物科技股份有限公司，台灣) 粉末 500 g，溶於 150 L 清水後，平均澆灌於塑膠籃內，使包裹鱗莖之泥炭土徹底濕潤，對照組則不做處理，處理後再移至 5°C 冷藏庫 15 天後種植。栽培地點於國立中興大學園藝學系精密溫室，以 60 × 40 × 30 (cm) 之塑膠籃作為栽培容器，用不織布墊底以防栽培介質流失，將椰纖 (瑞荷椰土介質，Euro Substrates Ltd., Sri Lanka)：泥炭土 (凱吉拉愛沙尼亞泥炭栽培介質，Kekkila Oy, Estonia) 以體積比 2：1 之比例均勻混合後作為栽培介質填充於塑膠籃內至 25 cm 高。分別挑選未接種及已接種 *B. mycoides* 之健康單芽鱗莖，埋入介質中 15 cm 深後覆土，每籃種植 20 顆鱗莖，呈 5 × 4 之矩陣排列。

鱗莖種植後進行介質之芽孢桿菌屬微生物接種，分別接種兩種芽孢桿菌屬之有益微生物。接種劑為栽培前一天事先將 *B. mycoides* (“菌專家蕈狀芽孢桿菌”，聯發生物科技股份有限公司)

有限公司，台灣)及 *B. amyloliquefaciens* (“瓜瓜樂 A 劑”，先拿生物科技股份有限公司，台灣)菌粉溶於自來水中醒菌一夜後之溶液，每籃以澆水器均勻澆灌含有 60 g 菌粉之溶液 4 L，使介質完全濕潤。介質接種之對照組則以等量清水澆灌。

綜合鱗莖接種及介質接種後共有以下六處理，每處理 4 籃，每籃 20 株：

- Blk bulb+Blk drench：鱗莖未接種+介質未接種
- BM bulb+Blk drench：鱗莖接種 *B. mycoides*+介質未接種
- Blk bulb+BAI drench：鱗莖未接種+介質接種 *B. amyloliquefaciens*
- BM bulb+BAI drench：鱗莖接種 *B. mycoides*+介質接種 *B. amyloliquefaciens*
- Blk bulb+BM drench：鱗莖未接種+介質接種 *B. mycoides*
- BM bulb+BM drench：鱗莖接種 *B. mycoides*+介質接種 *B. mycoides*

栽培期間依植株生長狀況補充肥料，定植後第 10 天每籃施用硝酸鈣 55.76 g，平均每株施用 0.68 g Ca。以台肥特 43 號複合肥料 (15-15-15-4，台灣肥料股份有限公司，台灣)作為追肥，於定植三週後每籃施用 66.67 g。為因應溫室內通風不良所導致之缺鈣情況，當缺乏症發生時配置 1%之硝酸鈣水溶液 16 L，每株均勻噴灑。

四、生長調查

(一)株高

調查時期自鱗莖種植後 2 週開始至切花採收前 1 週，每週調查植株高度，單位為公分 (cm)。每籃隨機挑選 5 株，每處理 20 株。

(二)葉數

自鱗莖種植後每個月調查一次，計算莖桿上著生之完全展開葉數量。若有花梗出現，則著生於花梗上之葉片也計算在內。每籃隨機挑選 1 株，每處理 4 重複。

(三)花蕾數

自花芽出現後每個月調查一次，計算每株頂端生成之花蕾數目，若有消蕾或發育不健全者則不予計算。每籃隨機挑選 1 株，每處理 4 重複。

(四)莖徑

自鱗莖種植後每個月調查一次，自地際處剪取植株，量測莖桿斷面之直徑，單位為公厘 (mm)。每籃隨機挑選 1 株，每處理 4 重複。

(五)植體生物量

自鱗莖種植後每個月調查一次，將植株分為葉片 (含花梗上之苞葉)、莖桿 (含花梗)、鱗莖和花蕾，分別以電子天平秤取鮮重。後將植體各部位分置於烘箱中完全烘乾，再以電子天平秤取乾重。單位為公克 (g)。每籃隨機挑選 1 株，每處理 4 重複。

五、切花調查

於花序最下方之花蕾發育膨大、外觀完全轉色，但尚未開放時視為切花採收適期。採收時自植株地際處剪取，分別記錄各處理具觀賞價值之切花其長度、花蕾數及採收日期。每處理隨機調查 40 支切花之數據進行統計分析。

六、葉片元素分析

自鱗莖種植後一個月採收完整植株，摘下全株所有葉片。採樣時每籃隨機挑選 1 株，每處理 4 重複。參考沈 (2014) 之方法，將葉片洗淨後烘乾，以磨碎機將完全乾燥之百合葉片磨成粉狀備用。除氮以外之無機元素測定樣品以乾灰化法 (dry ashing method) 製備。

(一)全氮 (N)分析參考徐 (1992)之方法，以 micro-Kjeldahl 法測定。

(二)磷(P)之分析參考陳(2014)之方法，以鉬黃法(Vanadate-Molybdate Yellow Method)測定。

(三)其他無機元素(鉀、鈣、鎂、鐵、錳、鋅、銅)則以原子吸收光譜儀測定。

七、統計分析

數據以CoStat統計軟體進行分析，採單因子完全隨機試驗，以最小顯著差異(Least significant difference, LSD)分析各處理間之顯著差異($P \leq 0.05$)。

結 果

一、*Bacillus* 屬 PGPR 對百合生長之影響

在東方型百合'Medusa'定植後 2 週，所有處理之植株高度與對照組相比皆無顯著差異。然在栽培 3 週後直至切花採收，鱗莖接種 *Bacillus mycoides* 並於介質接種 *B. amyloliquefaciens* 之處理在每週皆有最高的株高，且顯著高於對照組(圖 1)。在葉片數方面，栽培後一個月所有處理之葉片數皆無顯著差異，介於 20-23 片；至栽培兩個月時，鱗莖接種 *B. mycoides* 可使百合的葉片數顯著提升；於栽培三個月後，共同接種 *B. mycoides* 與 *B. amyloliquefaciens* 的處理有最多的葉片數 32 片及花蕾數 5 朵，顯著高於對照組。各處理的莖徑則無顯著差異(表 1)。在植體各部位生長量的部分顯示，至栽培三個月時，接種兩種不同 *Bacillus* 屬有益細菌的處理有最高的葉片及莖桿鮮、乾重，且顯著高於對照組；而在鱗莖及介質都接種 *B. mycoides* 則可使百合的葉片鮮、乾重顯著提升至 24.6 g 及 2.73 g。此時所有處理的鱗莖和花蕾鮮重並無顯著差異，唯獨共同接種 *B. mycoides* 與 *B. amyloliquefaciens* 的植株有最高花蕾乾物重 2.27 g，且與對照組有顯著差異(表 2)。

二、*Bacillus* 屬 PGPR 對百合切花之影響

在切花品質與到花日數方面，共同接種 *B. mycoides* 及 *B. amyloliquefaciens* 可生產最長之切花枝達 90 cm，其與對照組有顯著差異；且每枝切花有最多的花蕾數 4 個，而栽培至採收的時程則與對照組無顯著差異(表 3)。

三、*Bacillus* 屬 PGPR 對百合植體無機元素含量之影響

栽培後一個月採取個接種處理的植株葉片分析的結果如表 4 所示，所有接種處理並不影響百合葉片中的氮含量，而鱗莖與介質都有接種 *B. mycoides* 的處理，使葉片中的磷和鋅含量有所提升，但與對照組無顯著差異。且鱗莖與介質皆有接種 *B. mycoides* 的植株，葉片中鐵、錳濃度顯著較完全未進行接種的對照組高，分別為 72 ppm 及 29 ppm。

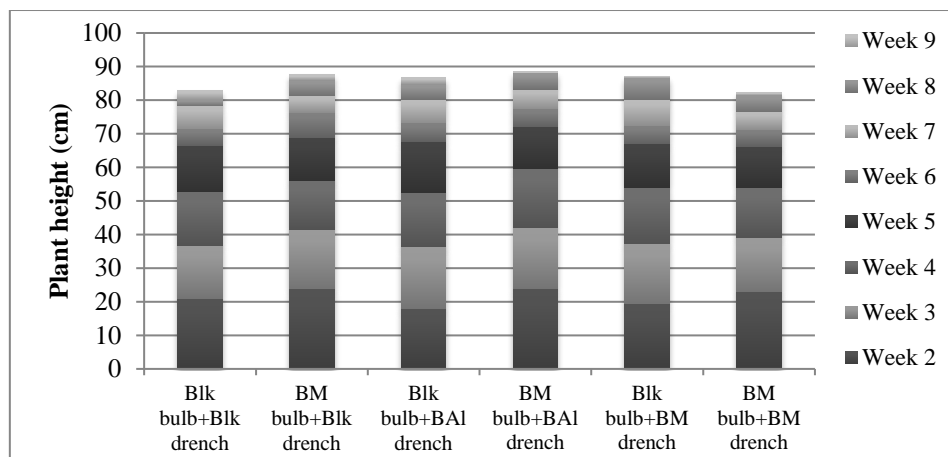


圖 1. 東方型百合'美杜莎'以不同 *Bacillus* 處理後於九週之栽培期間內株高變化。

Fig. 1. Plant height of Oriental hybrid lily 'Medusa' with varies *Bacillus* treatments within 9 weeks cultivation.

表 1. 東方型百合'美杜莎'以 *Bacillus* 處理 1、2 及 3 個月後對葉片數、花蕾數及莖徑的影響。

Table 1. Effect of leaf number, flower bud number and stem width of Oriental hybrid lily 'Medusa' plant 1, 2 and 3 months after *Bacillus* treatments.

Treatment	Leaf number/stem			Flower bud number/stem		Stem width (mm)	
	1 month	2 month	3 month	2 month	3 month	2 month	3 month
Blk bulb+Blk drench	20.5 a	26.5 b	22.8 b	4.0 c	3.5 b	7.2 b	7.1 a
BM bulb+Blk drench	22.5 a	31.8 a	26.0 ab	5.5 a	3.5 b	8.6 a	7.2 a
Blk bulb+BAI drench	22.3 a	29.0 ab	26.3 ab	5.3 a	4.3 ab	8.5 a	7.6 a
BM bulb+BAI drench	21.3 a	29.8 ab	31.8 a	4.3 bc	5.3 a	8.3 a	7.9 a
Blk bulb+BM drench	22.0 a	29.0 ab	28.5 ab	5.0 ab	4.5 ab	7.8 ab	7.9 a
BM bulb+BM drench	21.5 a	26.3 b	28.5 ab	4.0 c	4.3 ab	7.2 b	8.0 a
LSD	3.2	4.9	6.1	0.9	1.7	1.0	1.1

^z: Mean in a column followed by different letters are significantly different at 5% by LSD test.

表 2. 東方型百合'美杜莎'以 *Bacillus* 處理 3 個月後對植株各部位鮮重及乾重的影響。

Table 2. Effect of fresh weight and dry weight of every part of Oriental hybrid lily 'Medusa' plant 3 months after *Bacillus* treatments.

Treatment	Fresh weight (g)				Dry weight (g)			
	Leaf	Stem	Bulb	Flower bud	Leaf	Stem	Bulb	Flower bud
Blk bulb+Blk drench	18.1 c	22.5 b	3.7 a	16.5 a	1.94 b	2.89 b	0.51 a	1.54 b
BM bulb+Blk drench	20.9 bc	23.3 b	4.1 a	17.6 a	2.37 ab	3.14 b	0.47 a	1.89 ab
Blk bulb+BAI drench	20.6 bc	24.6 b	6.7 a	20.1 a	2.27 ab	3.07 b	1.01 a	1.93 ab
BM bulb+BAI drench	27.1 a	34.8 a	6.0 a	24.1 a	2.91 a	4.33 a	0.83 a	2.27 a
Blk bulb+BM drench	20.3 bc	26.1 b	6.0 a	18.4 a	2.16 ab	3.25 b	0.91 a	1.71 ab
BM bulb+BM drench	24.6 ab	29.9 ab	5.2 a	21.4 a	2.73 a	3.76 ab	0.73 a	1.98 ab
LSD	5.9	8.1	3.2	7.7	0.75	1.05	0.61	0.68

z: Mean in a column followed by different letters are significantly different at 5% by LSD test.

表 3. 東方型百合'美杜莎'以 *Bacillus* 處理後對切花品質及到花日數之影響。

Table 3. Quality of cut flowers and days to anthesis for Oriental hybrid lily 'Medusa' after *Bacillus* treatments.

Treatment	Length of cut flower (cm)	Number of flower/stem	Days to anthesis
Blk bulb+Blk drench	84.7 bc	3.7 ab	80.4 bc
BM bulb+Blk drench	87.5 ab	3.4 bc	80.3 bc
Blk bulb+BAI drench	87.2 ab	4.0 a	79.3 c
BM bulb+BAI drench	89.5 a	4.2 a	79.5 c
Blk bulb+BM drench	84.0 bc	3.7 ab	82.3 a
BM bulb+BM drench	83.2 c	3.0 c	80.8 b
LSD	3.7	0.6	1.2

z: Mean in a column followed by different letters are significantly different at 5% by LSD test.

表 4. 東方型百合'美杜莎'以 *Bacillus* 處理後 1 個月後葉片之元素濃度Table 4. Macro- and micro-elements concentration in leaf for Oriental hybrid lily 'Medusa' 1 months after *Bacillus* treatments.

Treatment	Macro-elements				
	N(%)	P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)
Blk bulb+Blk drench	4.09 a	0.46 ab	4.32 ab	0.43 a	0.31 ab
BM bulb+Blk drench	4.82 a	0.41 b	4.57 a	0.51 a	0.34 a
Blk bulb+BAI drench	4.17 a	0.41 b	3.91 b	0.51 a	0.21 b
BM bulb+BAI drench	4.50 a	0.43 b	4.23 ab	0.53 a	0.31 ab
Blk bulb+BM drench	4.11 a	0.41 b	4.24 ab	0.42 a	0.27 b
BM bulb+BM drench	4.03 a	0.51 a	4.36 ab	0.46 a	0.29 ab
LSD	1.41	0.08	0.53	0.17	0.07

Treatment	Micro-elements			
	Fe(ppm)	Mn(ppm)	Zn(ppm)	Cu(ppm)
Blk bulb+Blk drench	58.9 bc	23.9 b	64.1 ab	3.6 a
BM bulb+Blk drench	62.9 abc	26.3 ab	64.4 ab	3.0 ab
Blk bulb+BAI drench	51.4 c	23.5 b	61.5 ab	2.5 b
BM bulb+BAI drench	63.1 ab	24.4 b	59.6 b	3.4 a
Blk bulb+BM drench	63.4 ab	25.3 b	61.6 ab	3.0 ab
BM bulb+BM drench	72.0 a	28.6 a	68.6 a	3.3 ab
LSD	11.6	3.3	8.4	0.9

z: Mean in a column followed by different letters are significantly different at 5% by LSD test.

討 論

一、接種 *Bacillus* 屬 PGPR 對植物生長的影響

本試驗結果顯示共同接種 *B. mycoides* 與 *B. amyloliquefaciens* 可在東方型百合 'Medusa' 生長過程中有最高的株高，於栽培後三個月有最多的葉片數及花蕾數，並可收穫最長且帶有最多花蕾數目的切花枝。雖然單獨接種一種 *Bacillus* 屬之 PGPR 對植物生長促進的功效已被證實，但若與其他不同種或不同屬的促生根圈細菌共同接種則可得到更顯著的效果。如 Cakmakci 等人 (1999) 在甜菜 (*Beta vulgaris* var. *saccarifera* cv. *Sonja*) 及大麥 (*Hordeum vulgare* cv. *Tokak*) 的種子單獨或共接種 *B. polymyxa* 與 *B. megaterium* var. *phospaticum*，結果

發現接種*B. polymyxa*可使甜菜根及大麥種子的產量分別提升16.5%與19.5%，而接種*B. megaterium* var. *phosphaticum*則可較對照組分別增進6.6%及11.0%的產量；而若同時接種此兩種菌系，則可以獲得最佳的成效，可使兩種作物分別增產18.9%與25.9%。Orhan等人(2006)將樹莓'Heritage'的根部浸於兩種*Bacillus*菌系OSU-142與M3的懸浮液中進行單獨或共同接種，結果發現接種M3菌系或兩種菌系共同接種可顯著提升樹莓的產量、枝長、果串數量及結果數目，其中共同接種的處理更使樹莓較對照組大幅增產74.9%，遠高於單獨接種M3菌系的33.9%。Karlidag等人(2007)同樣在蘋果'Granny Smith'根部以浸泡的方式單獨或共同接種*Bacillus* OSU-142與M3菌系，和樹莓的結果則不盡相同。接種OSU-142菌系或兩支菌系共同接種可使蘋果產量、果實大小及果重顯著上升。Esitken等人(2010)以浸泡的方式在根部接種*Bacillus* M3菌系發現可使草莓的結果數量顯著高於對照組，並提升15.3%的產量，若是於葉片再噴施*Bacillus* OSU-142菌系，則可使草莓增產18.2%。Elkoca等人(2008)則以浸種的方式於鷹嘴豆單獨或共同接種*B. subtilis* OSU-142、*B. megaterium* M-3與根瘤菌(*Rhizobium*)，田間試驗的結果顯示無論單獨或是以不同組合接種此三種細菌，皆可顯著增進鷹嘴豆之株高、地上部乾重、單株豆莢數及每公頃的種子產量，尤其當三者共同接種時更可使種子產量較未接種之對照組增加30.5%。

本試驗發現在百合種植三個月後，共同接種*B. mycoides*及*B. amyloliquefaciens*的處理有最高的葉片及莖桿鮮、乾重，且顯著高於對照組。Han等人(2006)在單獨接種*B. megaterium* var. *phosphaticum*或與*B. mucilaginosus*共同接種的番椒(*Capsicum annum* L.)和胡瓜(*Cucumis sativus* L.)上也發現地上部乾物重累積顯著上升的現象。

二、接種*Bacillus*屬PGPR對植物營養吸收的影響

本試驗結果顯示在東方型百合'Medusa'栽培後一個月，葉片中鐵、錳濃度皆顯著較對照組高，磷和鋅的濃度也有所上升。

Orhan等人(2006)將單獨接種*Bacillus* M3菌系及與另一*Bacillus* OSU-142菌系共同接種的樹莓，於果實採收時分析葉片元素發現鐵和錳的濃度顯著增加。接種M3菌系可使葉片中的鐵、錳含量分別增加75.6%及64.4%；而兩支菌系共同接種則可使此二種元素在葉片中的含量分別上升85.1%及117.0%。Karlidag等人(2007)也發現於根部接種*Bacillus* M3菌系可顯著增加蘋果葉片中磷、鉀、鐵、錳、鋅等元素的濃度；另一*Bacillus*菌系OSU-142也可使蘋果葉片中的磷、鉀、鐵、鋅含量顯著高於對照組。Esitken等人(2010)以*Bacillus* M3菌系接種根部的草莓於種植三年後分析葉片，也發現葉片中的磷和鋅濃度顯著高於對照組。Han等人(2006)則是以*B. megaterium* var. *phosphaticum*及*B. mucilaginosus*單獨或共同接種於番椒及胡瓜的幼苗，於溫室條件下定植一個月後發現單獨接種*B. megaterium* var. *phosphaticum*或與*B. mucilaginosus*共同接種的番椒及胡瓜的地上部磷含量顯著提升。

接種*Bacillus*屬的PGPR之所以使植體中磷與鋅的濃度增加，可能是由於*Bacillus*屬下某些種的細菌可溶解土壤中不可溶的磷、鋅之礦化物質，增進植物對些元素的吸收。Amalraj等人(2012)就發現*B. megaterium* var. *phosphaticum*具有溶解磷礦、磷酸鈣、氧化鋅及碳酸鋅

的能力。以*B. megaterium* var. *phosphaticum*接種向日葵種子進行盆栽試驗的結果也顯示，於接種後60天植體內的磷含量顯著高於對照組，鋅的濃度也有所上升。至於植體對鐵的吸收增加，可能是*Bacillus*屬的細菌可使氧化的 Fe^{3+} 還原成植物可吸收的 Fe^{2+} 。Valencia-Cantero等人 (2007)表示將*B. megaterium*接種於添加葡萄糖的滅菌土壤一週後，每克土壤中所含的 Fe^{2+} 較未接種的對照組高出8倍之多。而將豌豆 (*Phaseolus vulgaris*)種子播於接種*B. megaterium*的土壤中12天則發現，根部所含的 Fe^{2+} 較未接種者高出了1.8倍，且莖部及全株的鐵含量也都有所增加。

結 論

在東方型百合'Medusa'栽培後3週直至切花採收，鱗莖接種*Bacillus mycoides*並於介質接種*B. amyloliquefaciens*之處理在每週皆有最高的株高，且顯著高於對照組；並於栽培三個月後，有最多的葉片數和花蕾數，葉片、莖桿的鮮/乾重及花蕾的乾物重也較對照組顯著上升。在切花品質方面，共同接種*B. mycoides*及*B. amyloliquefaciens*可生產最長之切花枝，且每枝切花有最多的花蕾數，但其外觀表現與各部位的營養元素含量並無明顯關聯。

參 考 文 獻

- 丁媿分。2006。番茄萎凋病之生物防治菌之鑑定與防病潛力評估。國立中興大學植物病理學系碩士學位論文。台中。51pp。
- 徐國彰。1992。銅過量對薤菜生長及生理之影響。國立中興大學園藝學系碩士學位論文。台中。70pp。
- 沈峻榮。2014。鈣肥與芽孢桿菌處理對彩色海芋生長之影響。國立中興大學園藝學系碩士學位論文。台中。78pp。
- 陳柏聰。2014。添加芽孢桿菌之微生物介質對百合及其他園藝作物生長的影響。國立中興大學園藝學系碩士學位論文。台中。104pp。
- Amalraj, E. L. D, S. Maiyappan, and A. J. Peter. 2012. *In vivo* and *In vitro* studies of *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* on nutrient mobilization, antagonism and plant growth promoting traits. *J. Ecobiotechnol.* 4(1): 35-42.
- Arriaga, M. R., A. G. Huerta, V. O. Portugal, B. G. R. Reyes, A. M. C. González, D. J. P. López, and L. I. A. Gómez. 2012. Phosphorus contribution to improving quality in *Lilium* and its relationship with *Glomus fasciculatum* and *Bacillus subtilis*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3: 125-139.

- Çakmakçı, R., F. Kantar, and O. F. Algur. 1999. Sugar beet barley yields in relation to *Bacillus polymyxa* and *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* inoculation. J. Plant Nutr. Soil Sci. 162(4): 437-442.
- Çomaklı, B. and M. Dasci. 2009. Effects of biofertilizer, cowpat ash and phosphorus and seed yield of alfalfa. Asian J. Chem. 21(1): 689-696.
- De Freitas, J. R., M. R. Banerjee, and J. J. Germida. 1997. Phosphate-solubilizing rhizobacteria enhance the growth and yield but not phosphorus uptake of canola (*Brassica napus* L.). Biol. Fert. Soils 24(4): 358-364.
- Elkoca, E., F. Kantar, and F. Sahin. 2008. Influence of nitrogen fixing and phosphorus solubilizing bacteria on the nodulation, plant growth, and yield of chickpea. J. Plant Nutr. 31(1): 157-171.
- Han, H. S., Supanjani, and K. D. Lee. 2006. Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant Soil Environ. 52(3): 130-136.
- Huang, H., M. Huang, G. Fan, X. Liu, Q. Zhang, J. Wang, and Q. Duan. 2014. Screening and characterization of plant growth-promotion rhizobacteria containing ACC deaminase from Lily soil and roots. Proc. Third Intl. Symp. Genus Lilium. pp. 241-246.
- Kaki, A. A., N. K. Chaouche, L. Dehimat, A. Milet, M. Youcef-Ali, M. Ongena, and P. Thonart. 2013. Biocontrol and plant growth promotion characterization of *Bacillus* species isolated from *Calendula officinalis* rhizosphere. Indian J. Microbiol. 53(4): 447-452.
- Karlidag, H., A. Esitken, M. Turan, and F. Sahin. 2007. Effects of root inoculation of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient element contents of leaves of apple. Scientia Hort. 114(1): 16-20.
- Esitken, A., S. Ercisli, H. Karlidag, and F. Sahin. 2005. Potential use of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in organic apricot production. Proc. Intl. Scientific Conf. Environmentally friendly fruit growing. pp. 90-97.
- Esitken, A., H. E. Yildiz, S. Ercisli, M. F. Donmez, M. Turan, and A. Gunes. 2010. Effects of plant growth promoting bacteria (PGPB) on yield, growth and nutrient contents of organically grown strawberry. Scientia Hort. 124(1): 62-66.
- Kumari, A., R. K. Goyal, M. Choudhary, and S. S. Sindhu. 2015. Response of single and co-inoculation of plant growth promoting rhizobacteria on growth, flowering and nutrient content of chrysanthemum. Afr. J. Microbiol. Res. 9(32): 1896-1906.
- Orhan, E., A. Esitken, S. Ercisli, M. Turan, and F. Sahin. 2006. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient contents in organically growing raspberry. Scientia Hort. 111(1): 38-43.

Valencia-Cantero, E., E. Hernández-Calderón, C. Velázquez-Becerra, J. E. López- Meza, R. Alfaro-Cuevas, and J. López-Bucio. 2007. Role of dissimilatory fermentative iron-reducing bacteria in Fe uptake by common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants grown in alkaline soil. *Plant Soil* 291(1-2): 263-273.

Effect of Single and Co-inoculation of Plant Growth Promoting Rhizobacteria *Bacillus* spp. on Growth of Oriental Lily 'Medusa'

Pen-Wei Kung ¹⁾ Shen-Lin Lin ²⁾

Key word: Bio-fertilizer, Co-inoculation, *Bacillus*, PGPR, Lily, Flower quality

Summary

The objective of this study was to investigate the effect of *Bacillus* PGPR inoculation to the production of lily cut flowers as bio-fertilizer. The result revealed that co-inoculation of *B. mycooides* on bulb and *B. amyloliquefaciens* on growing mix led to the highest lily plant in the whole life cycle. Maximum number of leaves and flower buds per plant were also recorded in plants co-inoculated with *B. mycooides* and *B. amyloliquefaciens*, the fresh weight and dry weight of leaves and stem, and the dry weight of flower buds were significant higher than control after treatments for 3 months. In conclusion, *Bacillus* co-inoculation improved the quality of 'Medusa' lily cut flowers with the longest length and the most flowers.

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Instructor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.