

## 市售溶磷菌肥料產品之盆栽肥(功)效評估

林素禎<sup>1,\*</sup>、顏淑菁<sup>2</sup>

### 摘要

微生物肥料商品在田間施用時，常出現有效與無效兩極化之反應，使農民對微生物肥料缺乏信心。農業試驗所 2017 年從市面上購買溶磷菌肥料產品，測試這些產品對作物生長之效益，試驗作物為百日草，試驗土壤選擇紅壤與石灰質土壤，試驗地點在農業試驗所溫室。溶磷菌種類為市面上販售之 14 種溶磷菌肥料。試驗處理為接種 14 種溶磷菌肥料，另外也測試了這 14 種溶磷菌肥料載體之效果。試驗結果顯示：在鹼性土壤中，接種溶磷菌肥料產品 4 可增加百日草開花數 0.9 朵，及增加地上部磷吸收量 58%，而其載體亦可增加百日草開花數 0.9 朵及增加地上部磷吸收量 43%。接種溶磷菌肥料產品 10 對百日草開花數沒有影響，但可增加地上部乾重 13% 及增加地上部磷吸收量 24%，而其載體可增加百日草開花數 0.5 朵，並增加百日草地上部乾重 15% 及增加地上部磷吸收量 31%。其他 12 種溶磷菌肥料產品對百日草開花數、地上部乾重及磷吸收量無顯著促進效果。在酸性土壤中，接種溶磷菌肥料產品 4 可增加百日草開花數 0.7 朵及增加地上部乾重 5%，但對磷的吸收量沒有增加效果，而其載體可增加百日草開花數 1.2 朵，並增加地上部乾重 15% 及增加磷吸收量 17%。接種溶磷菌肥料產品 13 可增加百日草地上部乾重 5% 及地上部磷吸收量 8%，而其載體可增加百日草地上部乾重 12% 及地上部磷吸收量 8%。其他 12 種溶磷菌肥料產品對百日草開花數、地上部乾重及磷吸收量無顯著促進效果。

**關鍵詞：**溶磷菌、肥(功)效評估。

---

\* 通訊作者：linmay@tari.gov.tw

<sup>1</sup> 農委會農業試驗所農業化學組助理研究員。台灣。台中市。

<sup>2</sup> 農委會農業試驗所農業化學組計畫助理。台灣。台中市。

## 前言

農民每年在耕地土壤中施用大量化學肥料和農藥以提高作物產量，這些化學品可能導致重金屬，特別是鎘、鉛和砷的增加 (Atafar, et al. 2010)。Czarnecki & Düring (2015) 報導指出，長期施用化學肥料，土壤中的鎘、銅、錳、鉛與鋅含量會增加。Osztóics 等人 (2005) 報導指出，不同來源的磷酸鹽岩石可能含有不同量的重金屬和其他潛在的有毒元素或化合物。Gray 等人 (1999) 報導指出，長期施用過磷酸鈣，44 年後土壤中鎘的積存量很大，在高肥處理區 (376 kg 過磷酸鹽 ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>) 鎘的累積速率為 7.8 g ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>。

臺灣自 2008 年起推動合理化施肥至 2014 年止，經由合理施用化學肥料，每年業已減少化學肥料施用量 10.7%，平均每年約減少 12 萬公噸 (農委會農糧署農業統計年報 91-103 年, <http://www.afa.gov.tw>)，未來擬利用有機質肥料與微生物肥料之施用，期能再次降低化學肥料之施用量。

微生物肥料 (biofertilizer) 的商業化生產始於 1895 年，在美國和英國開始生產豆科植物用的根瘤固氮菌接種劑，到了 1993 年，根瘤固氮菌接種劑在世界各大洲許多國家都有生產 (Brockwell and Bottomley, 1995)。我國行政院農業委員會於 2010 年 7 月 29 日依「肥料管理法」修正「肥料種類品目及規格」公告增列微生物肥料類豆科根瘤菌肥料、游離固氮菌肥料、溶磷菌肥料、溶鉀菌肥料、複合微生物肥料及叢枝菌根菌肥料等 6 個肥料品目及規格，目前已取得登記證的溶磷菌肥料 (肥料品目 8-03) 有 36 個，溶鉀菌肥料 (肥料品目 8-04) 有 3 個，叢枝菌根菌肥料 (肥料品目 8-06) 有 1 個。( <http://fims.afa.gov.tw/WFR/PublicFun/QueryFertBrand.aspx> , 2018/05/26)

國內目前微生物肥料登記時得免附肥料效果試驗報告，且無定量的活性指標規範，而微生物肥料商品在田間施用時，常出現有效與無效兩極化之反應，使農民對微生物肥料缺乏信心。部分微生物農藥登記為微生物肥料上市販售，造成微生物農藥管理困擾，而農民在認知不清的情況下，施用未經政府把關且有殺菌或殺蟲功效的微生物，不僅徒增施用成本，亦有生態環境安全之隱憂。農業試驗所 2017 年與 2018 年從市面上購買溶磷菌肥料產品，測試這些產品對作物生長之效益，藉此瞭解市售溶磷菌肥料產品對作物是否真的具有肥效。

## 材料與方法

農業試驗所 2017 年從市面上購買 14 個溶磷菌肥料產品 (如表 1)，這 14 個溶磷菌肥料產品所使用的菌種共有 4 種，皆為芽孢桿菌屬或稱為桿菌屬 (*Bacillus*)，分別為沙福桿菌 (*Bacillus safensis*)、枯草桿菌 (*Bacillus subtilis*)、地衣芽孢桿菌 (*Bacillus licheniformis*) 及液化澱粉芽孢桿菌 (*Bacillus amyloliquefaciens*)。

表 1. 2017 年百日草盆栽肥功效評估試驗用之市售溶磷菌肥料產品

Table 1. Commercial phosphate-solubilizing microbial products evaluated for their fertility potential in Zinnia (*Zinnia elegans*) pot cultures, in 2017.

商品編號	原料	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	登記菌數
商品 1	<i>Bacillus safensis</i> 、澱粉、黃豆粉。	0.2	0.1	— <sup>z</sup>	6.3 × 10 <sup>10</sup> CFU g <sup>-1</sup>
商品 2	<i>Bacillus safensis</i> 、澱粉。	—	—	—	2.1 × 10 <sup>9</sup> CFU g <sup>-1</sup>
商品 3	<i>Bacillus subtilis</i> 、糊精。	—	—	—	4.6 × 10 <sup>7</sup> CFU g <sup>-1</sup>
商品 4	<i>Bacillus safensis</i> 、澱粉、黃豆粉、尿素、磷酸一銨、磷酸一鉀。	17.0	11.8	18.1	2.0 × 10 <sup>9</sup> CFU g <sup>-1</sup>
商品 5	<i>Bacillus safensis</i> 、澱粉、砂糖、黃豆粉。	0.2	—	—	2.0 × 10 <sup>9</sup> CFU g <sup>-1</sup>
商品 6	<i>Bacillus safensis</i> 、澱粉、黃豆粉。	0.2	0.1	—	2.5 × 10 <sup>9</sup> CFU g <sup>-1</sup>
商品 7	<i>Bacillus licheniformis</i> 、NB 培養基、酵母粉、糖蜜、水、竹醋液。	1.1	0.4	0.6	1.9 × 10 <sup>9</sup> CFU mL <sup>-1</sup>
商品 8	<i>Bacillus safensis</i> 、菌粉、高嶺土。	0.5	0.1	0.6	2.0 × 10 <sup>9</sup> CFU g <sup>-1</sup>
商品 9	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> 、大豆蛋白、乳糖、糖蜜、水。	0.5	—	0.2	5.0 × 10 <sup>9</sup> CFU mL <sup>-1</sup>
商品 10	<i>Bacillus subtilis</i> 、糖蜜、酵母粉、磷酸一銨、尿素、硫酸鉀、水。	2.3	2.3	1.9	4.2 × 10 <sup>8</sup> CFU mL <sup>-1</sup>
商品 11	<i>Bacillus subtilis</i> Y1336、酵母粉、玉米澱粉、乳糖、大豆蛋白、糖蜜、水。	0.3	0.6	0.2	5.3 × 10 <sup>9</sup> CFU mL <sup>-1</sup>
商品 12	<i>Bacillus licheniformis</i> 、黃豆粉、花生粕、菜籽粕、芝麻粕、米糠、海草粉。	4.7	1.5	3.0	4.4 × 10 <sup>8</sup> CFU g <sup>-1</sup>
商品 13	<i>Bacillus licheniformis</i> 、芝麻粕、米糠、棕櫚粕、椰子粕、聚合天門冬氨酸、磷酸一鉀、硫酸鉀、海草粉。	2.6	5.1	5.5	3.0 × 10 <sup>8</sup> CFU g <sup>-1</sup>
商品 14	<i>Bacillus safensis</i> 、澱粉。	—	—	—	1.8 × 10 <sup>9</sup> CFU g <sup>-1</sup>

<sup>z</sup> 溶磷菌肥料產品無標示檢驗值

試驗作物為百日草，百日草品種為夢鄉品種，花色為濃桃色，其花期在夏天，但以台灣的氣候而言，南部地區全年都能栽植，未來若廠商申請盆栽評估試驗，其等待期不會太久。試驗地點在農業試驗所溫室。

試驗土壤有鹼性土壤與酸性土壤(紅壤)，試驗前與作物採收後分析各項土壤理化性質，包括土壤酸鹼度(pH值)、電導度(EC值)、質地、有機質含量、無機態氮含量、有效性磷、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅、鋅與硼含量。土壤pH值測定方法為水土重量比1:1，以酸鹼度測定儀(Suntex SP-701)檢測之。土壤EC值測定方法為水土重量比5:1，以電導度測定儀(Denver Instrument Model 20)檢測之。土壤質地以粒徑分析儀(Beckman Coulter LS 13 320)分析。有機質以總有機碳分析儀(Elementar vario MAX C)測定後換算為有機質含量。無機態氮含量先用2M KCl抽出後以自動分析儀(Astoria Analyzer Series 300)測定。有效性磷、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅、鋅、硼含量先以Mehlich-3 method(Mehlich 1984)抽出後，以感應耦合電漿分析儀(Inductively coupled plasma spectrometry, ICP, HORIBA Jobin Yvon ULTIMA2C)測定。

試驗處理為接種14種溶磷菌肥料，而14種溶磷菌肥料再細分為滅菌與未滅菌兩處理，溶磷菌肥料產品滅菌處理後可瞭解微生物肥料載體的效果，上述28種處理再加上對照組共29種處理，每一處理3重複，每重複各種5盆。酸性土壤共計435盆，鹼性土壤共計435盆。試驗設計為逢機完全區集設計(RCBD)。

鹼性土壤的百日草盆栽肥功效評估試驗，百日草播種時間為2017年4月，播種21d後進行定植，定植45d後進行採收。試驗土壤採自雲林縣水林地區之石灰質土壤，其土壤質地為壤土，pH為7.8。百日草栽培介質為鹼土:石英砂=3:1(w/w)，並添加磷酸鈣(0.5%)。調查及分析項目包括株高、葉數、花朵數、開花數、地上部鮮重與乾重，及百日草地上部各種營養元素分析。

酸性土壤的百日草盆栽肥功效評估試驗，百日草播種時間為2017年5月，播種14d後進行定植，定植45d後進行採收。試驗土壤採自桃園市楊梅地區之紅壤，其土壤質地為黏壤土，pH為4.9。百日草栽培介質為紅壤:石英砂=2:1(w/w)，並添加磷酸鐵(0.5%)。調查及分析項目包括株高、葉數、花朵數、開花數、地上部鮮重與乾重，及百日草地上部各種營養元素分析。

市售溶磷菌肥料產品劑型分為液劑、粉劑及粒劑，液劑與粉劑使用方法為稀

釋 400 倍，在百日草定植隔天進行溶磷菌稀釋液澆灌，每盆澆灌 200 mL，每週施用 1 次，連續施用 3 次。粒劑使用方法為在百日草定植前，先將菌劑與栽培土壤混拌均勻，菌劑施用量為每盆 1.5 g。在百日草的鹼性土壤盆栽試驗中，營養液的氮含量為 300 mg/kg，鉀含量為 250 mg/kg，鈣含量為 250 mg/kg，鎂含量為 50 mg/kg，微量元素含量與 Hoagland 營養液相同，每週施用 1 次，每盆 100 mL。在百日草的酸性土壤盆栽試驗中，營養液配方與鹼性土壤盆栽試驗相同，但每週施用 2 次，每盆 100 mL。

資料統計與分析：本文中百日草的生育調查資料及土壤分析資料，皆利用 SAS 套裝統計分析軟體先進行變方分析 (analysis of variance; ANOVA)，若處理效應顯著 ( $P < 0.05$ )，則再利用最小顯著性差異 (least significant difference; LSD) 測驗以比較各處理平均值間之差異性。

## 結果與討論

### 一、市售溶磷菌肥料產品在鹼性土壤中對百日草盆栽肥(功)效評估

14 種市售溶磷菌肥料產品及其滅菌後之產品（載體）在鹼性土壤中對百日草地上部生長之影響如表 2，由表 2 中可知，百日草接種溶磷菌肥料商品 8 與商品 8 載體可顯著 ( $P < 0.05$ ) 增加株高，依序增加 2.5 cm 與 3.3 cm，而其他處理對百日草株高無顯著影響。百日草接種 14 種市售溶磷菌肥料產品及其載體對百日草葉數無顯著 ( $P > 0.05$ ) 影響。百日草接種溶磷菌肥料商品 4 可增加百日草花朵數 0.8 朵，而商品 4 載體可增加百日草花朵數 0.9 朵，其他處理則對百日草花朵數無顯著影響。百日草接種溶磷菌肥料商品 4、商品 4 載體與商品 10 皆可顯著增加開花數，依序增加 0.9 朵，0.9 朵與 0.5 朵，而其他處理對百日草開花數無顯著影響。百日草接種 14 種市售溶磷菌肥料產品及其載體對花朵乾重、莖葉乾重及地上部乾重皆無顯著影響。百日草接種溶磷菌肥料商品 10 與商品 10 載體可增加百日草地上部乾重 13% 與 15%。

百日草接種 14 種市售溶磷菌肥料產品及其載體在鹼性土壤中對地上部營養元素吸收之影響如表 3，由表 3 中可知，百日草接種溶磷菌肥料商品 4 與商品 4 載體可顯著增加地上部氮含量，依序增加 302 mg/plant 與 273 mg/plant，而溶磷菌

肥料商品 1、商品 3 載體與商品 14 載體皆可顯著降低百日草地上部氮含量，依序降低 203 mg/plant，206 mg/plant 與 186 mg/plant，其他處理則對百日草地上部氮含量無顯著影響。百日草接種溶磷菌肥料商品 4、商品 4 載體與商品 10 載體皆可顯著增加地上部磷含量，依序增加 58 mg/plant，43 mg/plant 與 31 mg/plant，其

表 2. 市售溶磷菌產品在鹼性土壤中對百日草生長之影響

Table 2. The influence of commercial phosphate-solubilizing microbial products on the growth of zinnia in alkaline soils.

處理	株高 (cm)	葉數 (No.)	花朵數 (No.)	開花數 (No.)	花乾重 (g/plant)	莖葉乾重 (g/plant)	地上部乾重 (g/plant)	相對生長量 (%)
CK	25.7	48.1	5.0	2.6	1.6	5.6	7.1	100
商品 1	25.3	45.7	4.7	2.7	1.4	4.4	5.8	81
商品 1 載體 <sup>z</sup>	24.9	42.7	4.7	2.4	1.5	4.7	6.2	86
商品 2	25.8	37.5	3.8	2.3	1.3	4.4	5.7	80
商品 2 載體	24.7	38.7	4.7	2.5	1.3	4.5	5.8	81
商品 3	23.8	42.9	4.9	2.5	1.4	4.1	5.5	77
商品 3 載體	26.5	41.3	4.5	2.5	1.4	4.5	5.9	82
商品 4	24.4	54.6	5.8	<b>3.5*</b>	1.9	5.5	7.3	<b>103</b>
商品 4 載體	24.8	52.1	<b>5.9*</b>	<b>3.5*</b>	1.9	5.7	7.6	<b>106</b>
商品 5	24.8	42.2	4.4	2.7	1.2	4.1	5.3	74
商品 5 載體	25.7	45.9	4.6	3.0	1.6	4.5	6.1	86
商品 6	24.8	40.7	4.3	2.5	1.2	3.7	4.9	69
商品 6 載體	25.7	39.1	4.7	2.5	1.4	4.6	6.0	84
商品 7	24.3	45.3	5.4	2.9	1.6	4.9	6.5	92
商品 7 載體	24.8	42.1	4.9	3.0	1.7	5.1	6.8	95
商品 8	<b>28.2*</b>	47.0	4.3	2.3	1.7	4.9	6.7	93
商品 8 載體	<b>29.0*</b>	47.4	5.5	3.2	1.8	5.5	7.4	103
商品 9	27.2	44.5	4.5	2.3	1.2	4.7	5.9	83
商品 9 載體	24.7	45.6	4.7	2.6	1.0	4.7	5.7	80
商品 10	27.1	44.9	4.9	<b>3.1*</b>	2.1	6.0	8.1	<b>113</b>
商品 10 載體	27.2	52.2	5.5	2.8	1.9	6.3	8.2	<b>115</b>
商品 11	24.8	45.1	5.1	2.9	1.6	4.9	6.4	90
商品 11 載體	24.9	52.0	5.3	3.1	1.9	5.8	7.7	108
商品 12	25.5	43.9	4.7	2.5	1.5	4.8	6.3	88
商品 12 載體	26.5	44.7	4.7	2.6	1.7	5.1	6.7	94
商品 13	27.0	48.2	5.1	2.8	1.6	5.2	6.8	95
商品 13 載體	26.1	37.6	3.6	2.3	1.1	3.6	4.7	66
商品 14	24.4	42.1	4.4	2.5	1.4	4.4	5.8	82
商品 14 載體	25.8	41.0	4.3	2.8	1.5	4.4	5.9	83
LSD <sub>0.05</sub>	2.5	19.2	0.9	0.5	0.6	1.8	2.3	

<sup>z</sup> 商品經滅菌處理，對作物生長之效果來自微生物菌劑之載體。

\* 與對照組差異達顯著水準 (LSD, P=0.05)。

表 3. 鹼性土壤中市售溶磷菌產品接種對百日草地上部營養吸收之影響

Table 3. The influence of commercial phosphate-solubilizing microbial products on the nutrient absorption and crop fresh weight of zinnia in alkaline soils.

處理	N 吸收量 (mg/plant)	P 吸收量 (mg/plant)	K 吸收量 (mg/plant)	Ca 吸收量 (mg/plant)	Mg 吸收量 (mg/plant)	磷相對吸收量 (%)
CK	803	100	1378	577	321	100
商品 1	<b>600*</b>	95	1157	463	252	95
商品 1 載體 <sup>z</sup>	629	104	1203	502	288	104
商品 2	695	93	1119	467	269	93
商品 2 載體	637	98	1112	509	259	98
商品 3	628	93	1102	459	265	93
商品 3 載體	<b>597*</b>	98	1148	450	259	98
商品 4	<b>1105*</b>	<b>158*</b>	1469	688	371	<b>157</b>
商品 4 載體	<b>1076*</b>	<b>143*</b>	1499	649	373	<b>143</b>
商品 5	623	88	1019	490	244	88
商品 5 載體	684	95	1162	515	278	95
商品 6	628	78	<b>930*</b>	<b>394*</b>	234	78
商品 6 載體	673	88	1146	450	257	88
商品 7	776	103	1317	521	297	103
商品 7 載體	754	103	1309	568	320	103
商品 8	695	111	1323	499	282	111
商品 8 載體	771	116	1445	560	308	116
商品 9	688	97	1198	461	263	97
商品 9 載體	661	82	1097	513	291	82
商品 10	825	124	1486	666	365	<b>124</b>
商品 10 載體	882	<b>131*</b>	1552	634	359	<b>131</b>
商品 11	763	102	1203	521	297	102
商品 11 載體	800	114	1478	638	351	114
商品 12	788	102	1188	523	302	102
商品 12 載體	786	107	1251	522	297	107
商品 13	808	114	1356	533	299	114
商品 13 載體	620	85	<b>969*</b>	<b>391*</b>	<b>227*</b>	85
商品 14	623	90	1127	471	257	90
商品 14 載體	<b>617*</b>	98	1166	479	262	98
LSD <sub>0.05</sub>	185	31	408	158	89	

<sup>z</sup> 商品經滅菌處理，對作物生長之效果來自微生物菌劑之載體。

\* 與對照組差異達顯著水準 (LSD, P=0.05)。

他處理對百日草地上部磷含量無顯著影響。百日草接種溶磷菌肥料商品 6 與商品 13 載體可顯著降低地上部鉀含量，依序降低 448 mg/plant 與 409 mg/plant，其他處理則對百日草地上部鉀含量無顯著影響。百日草接種溶磷菌肥料商品 6 與商品 13 載體可顯著降低地上部鈣含量，依序降低 183 mg/plant 與 186 mg/plant，其他

處理則對百日草地上部鈣含量無顯著影響。百日草接種商品 13 載體可顯著降低地上部鎂含量  $94 \text{ mg/plant}$ ，其他處理則對百日草地上部鎂含量無顯著影響。

百日草盆栽肥(功)效評估試驗用鹼性土壤之理化性質分析如表 4，由表 4 中可知，試驗前栽培土壤之 pH 為 7.8，EC 值  $304 \mu\text{S cm}^{-1}$ ，有機質含量  $17 \text{ g kg}^{-1}$ ，無機態氮含量  $49 \text{ mg kg}^{-1}$ ，有效性磷含量  $276 \text{ mg kg}^{-1}$ ，有效性鉀含量  $255 \text{ mg kg}^{-1}$ ，有效性鈣含量  $2764 \text{ mg kg}^{-1}$ ，有效性鎂含量  $404 \text{ mg kg}^{-1}$ 。百日草採收後，對照組土壤 pH 值為 7.7，與試驗前無顯著差異。其他 28 個處理之栽培土壤 pH 值與對照組亦無顯著差異。百日草接種商品 4 載體之栽培土壤其 EC 值最高 ( $265 \mu\text{S cm}^{-1}$ )，其他處理與對照組 ( $195 \mu\text{S cm}^{-1}$ ) 無顯著差異。各處理栽培土壤之有機質含量與對照組 ( $19 \text{ g kg}^{-1}$ ) 皆無顯著差異。百日草接種商品 4 與商品 4 載體之栽培土壤，其無機態氮含量最高，依序比對照組 ( $9 \text{ g kg}^{-1}$ ) 高  $6 \text{ g kg}^{-1}$  與  $9 \text{ g kg}^{-1}$ ，其他處理與對照組無顯著差異。百日草接種商品 4 與商品 4 載體之栽培土壤，其有效性磷含量最高，依序比對照組 ( $293 \text{ g kg}^{-1}$ ) 高  $44 \text{ g kg}^{-1}$  與  $47 \text{ g kg}^{-1}$ ，其他處理與對照組無顯著差異。百日草接種商品 2、商品 4、商品 4 載體及商品 13 載體之栽培土壤，其有效性鉀含量皆顯著比對照組 ( $196 \text{ g kg}^{-1}$ ) 高，依序比對照組高  $52 \text{ g kg}^{-1}$ ， $79 \text{ g kg}^{-1}$ ， $75 \text{ g kg}^{-1}$  與  $57 \text{ g kg}^{-1}$ ，其他處理與對照組無顯著差異。百日草接種商品 2 與商品 9 載體之栽培土壤，其有效性鈣含量皆顯著比對照組 ( $2885 \text{ g kg}^{-1}$ ) 高，依序比對照組高  $478 \text{ g kg}^{-1}$  與  $364 \text{ g kg}^{-1}$ ，其他處理與對照組無顯著差異。澆灌商品 2 之栽培土壤，其有效性鎂含量顯著比對照組 ( $377 \text{ g kg}^{-1}$ ) 高  $74 \text{ g kg}^{-1}$ ，其他處理與對照組無顯著差異。百日草採收後的栽培介質中，各處理間的有效性鐵、錳、銅、鋅與硼含量皆無顯著差異，其有效性鐵含量  $335\text{--}370 \text{ mg kg}^{-1}$ ，有效性錳含量  $93\text{--}111 \text{ mg kg}^{-1}$ ，有效性銅含量  $4.2\text{--}5.3 \text{ mg kg}^{-1}$ ，有效性鋅含量  $7.4\text{--}9.9 \text{ mg kg}^{-1}$ ，有效性硼含量  $2.1\text{--}2.7 \text{ mg kg}^{-1}$ 。

## 二、市售溶磷菌肥料產品在酸性土壤中對百日草盆栽肥(功)效評估

14 種市售溶磷菌肥料產品及其滅菌後之產品(載體)接種在酸性土壤中對百日草地上部生長之影響如表 5，由表 5 中可知，百日草接種 14 種市售溶磷菌肥料產品及其載體對百日草株高無顯著 ( $P > 0.05$ ) 影響。百日草接種溶磷菌肥料商品 4 載體可顯著 ( $P < 0.05$ ) 增加百日草葉數  $15.4$  葉/株，其他處理則對百日草葉

表 4. 百日草盆栽肥功效評估試驗用鹼性栽培土壤之理化性質分析

Table 4. The analysis of physical-chemical properties of alkaline soil used in fertility evaluation tests by zinnia pot cultures.

Treatment	pH (1 : 1)	EC ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	OM ( $\text{g kg}^{-1}$ )	N ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	P ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	K ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	Ca ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	Mg ( $\text{mg kg}^{-1}$ )
Pre-experiment	7.8	304	17	49	276	255	2764	404
After-experiment								
CK	7.7	195	19	9	293	196	2885	377
商品 1	7.7	209	19	10	308	222	3143	411
商品 1 載體 <sup>y</sup>	7.6	225	18	9	292	213	2990	400
商品 2	7.8	234	19	12	320	<b>248*</b>	<b>3363*</b>	<b>451*</b>
商品 2 載體	7.8	224	19	9	296	223	3031	406
商品 3	7.8	212	19	10	299	219	2961	400
商品 3 載體	7.7	230	19	11	287	210	2869	385
商品 4	7.7	210	19	<b>15*</b>	<b>337*</b>	<b>275*</b>	3160	402
商品 4 載體	7.7	265	19	<b>18*</b>	<b>340*</b>	<b>271*</b>	3185	415
商品 5	7.7	230	19	11	285	207	2847	383
商品 5 載體	7.8	203	19	10	309	221	3168	418
商品 6	7.7	229	20	11	299	233	3074	417
商品 6 載體	7.7	205	18	9	295	207	2984	400
商品 7	7.6	199	19	8	316	218	3150	416
商品 7 載體	7.8	224	19	12	299	224	3086	409
商品 8	7.8	168	19	8	292	203	2924	369
商品 8 載體	7.8	182	19	8	293	193	2860	369
商品 9	7.8	206	18	9	314	225	3172	419
商品 9 載體	7.7	227	18	10	305	228	<b>3249</b>	427
商品 10	7.6	216	18	9	321	215	3193	416
商品 10 載體	7.8	212	18	7	274	174	2699	345
商品 11	7.8	189	18	9	314	222	3102	406
商品 11 載體	7.8	208	18	6	297	197	2938	386
商品 12	7.8	191	18	10	297	204	2864	370
商品 12 載體	7.8	194	19	12	315	228	3126	406
商品 13	7.8	209	18	9	311	228	3030	396
商品 13 載體	7.8	207	18	11	316	<b>253*</b>	3077	405
商品 14	7.8	185	19	8	281	206	2886	384
商品 14 載體	7.8	198	19	7	310	227	3151	421
LSD <sub>0.05</sub>	0.2	42	2	5	30	39	364	52

<sup>y</sup> 商品經滅菌處理，對作物生長之效果來自微生物菌劑之載體。

\* 與對照組差異達顯著水準 (LSD, P=0.05)。

數無顯著影響。百日草接種 14 種市售溶磷菌肥料產品及其載體無一處理比對照組的花朵數 (7.9 朵) 多，相反地，百日草接種溶磷菌肥料商品 1、商品 3、商品 5、商品 6、商品 8、商品 10 載體、商品 11、商品 12 載體及商品 14，皆可顯著減少百日草花朵數，依序比對照組減少 1.2 朵，2.1 朵，1.2 朵，1.2 朵，1.2 朵，1.4 朵，1.3 朵，1.4 朵與 1.8 朵，其他處理的花朵數與對照組無顯著差異。百日草接種溶磷

表 5. 市售溶磷菌產品在酸性土壤中對百日草生長之影響

Table 5. The influence of commercial phosphate-solubilizing microbial products on the growth of zinnia in acidic soils.

處理	株高 (cm)	葉數 (No.)	花朵數 (No.)	開花數 (No.)	花乾重 (g/plant)	莖葉乾重 (g/plant)	地上部 乾重 (g/plant)	地上部乾重 相對生長量 (%)
CK	36.7	51.3	7.9	2.3	2.0	7.3	9.3	100
商品 1	36.5	44.1	<b>6.7*</b>	2.1	1.9	7.0	8.9	95
商品 1 載體 <sup>y</sup>	36.9	43.3	7.5	2.0	1.6	6.5	<b>8.1*</b>	<b>87</b>
商品 2	36.9	48.2	6.9	2.1	1.9	6.7	8.5	92
商品 2 載體	36.6	47.2	7.2	<b>1.8</b>	1.6	6.9	8.5	91
商品 3	35.4	39.7	<b>5.8*</b>	2.1	<b>1.5*</b>	<b>5.9*</b>	<b>7.4*</b>	<b>79</b>
商品 3 載體	38.5	49.3	7.0	2.3	1.9	7.4	9.3	100
商品 4	37.3	60.8	7.0	<b>3.0*</b>	2.4	7.3	9.7	105
商品 4 載體	37.5	<b>66.7*</b>	7.4	<b>3.5*</b>	<b>3.2*</b>	7.5	<b>10.7*</b>	<b>115</b>
商品 5	36.9	45.7	<b>6.7*</b>	1.9	1.6	6.9	8.4	91
商品 5 載體	38.4	50.0	7.6	2.3	1.9	7.2	9.1	98
商品 6	35.8	45.7	<b>6.7*</b>	<b>1.7*</b>	<b>1.5*</b>	6.4	<b>8.0*</b>	86
商品 6 載體	38.0	43.8	7.3	2.1	1.7	6.9	8.6	92
商品 7	38.7	55.4	7.8	2.5	1.9	7.1	9.0	96
商品 7 載體	37.7	46.3	7.2	2.3	2.1	7.6	9.6	103
商品 8	38.7	49.4	<b>6.7*</b>	2.3	2.0	7.7	9.7	104
商品 8 載體	39.0	55.1	7.6	2.5	2.0	7.6	9.6	103
商品 9	37.5	48.1	7.3	2.4	1.9	7.5	9.4	101
商品 9 載體	38.0	54.9	7.7	2.5	2.1	7.3	9.5	102
商品 10	37.3	47.1	7.0	2.4	2.0	7.0	9.1	97
商品 10 載體	36.2	44.0	<b>6.5*</b>	2.1	2.1	6.5	8.6	92
商品 11	38.3	43.7	<b>6.6*</b>	2.2	1.9	6.8	8.7	93
商品 11 載體	37.5	51.3	7.1	2.5	1.9	7.3	9.2	99
商品 12	39.1	54.2	7.5	2.7	2.4	7.2	9.6	103
商品 12 載體	37.9	45.8	<b>6.5*</b>	2.2	2.4	7.2	9.7	104
商品 13	38.7	52.1	7.8	2.7	<b>2.5*</b>	7.3	9.8	105
商品 13 載體	39.2	55.9	7.7	2.7	<b>2.5*</b>	8.0	<b>10.5*</b>	<b>112</b>
商品 14	38.4	44.7	<b>6.1*</b>	2.3	1.7	7.0	8.7	94
商品 14 載體	38.0	47.1	7.1	2.1	2.1	6.8	8.9	95
LSD <sub>0.05</sub>	2.9	7.4	1.2	0.5	0.5	1.0	1.2	

<sup>y</sup> 商品經滅菌處理，對作物生長之效果來自微生物菌劑之載體。

\* 與對照組差異達顯著水準 (P=0.05)。

菌肥料商品 4 與商品 4 載體可顯著增加百日草開花數，依序比對照組 (2.3 朵) 增加 0.7 朵與 1.2 朵，百日草接種溶磷菌肥料商品 2 載體與商品 6 可顯著減少百日草開花數，依序減少 0.5 朵與 0.6 朵，其他處理的開花數與對照組無顯著差異。百

日草接種溶磷菌肥料商品 4 載體、商品 13 及商品 13 載體皆可顯著增加百日草花乾重，依序比對照組 (2.0 g/plant) 多 1.2 g/plant, 0.5 g/plant, 0.5 g/plant, 百日草接種溶磷菌肥料商品 3 及商品 6 皆可顯著減少百日草花乾重，依序比對照組減少 0.5 g/plant, 0.5 g/plant, 其他處理的花乾重與對照組無顯著差異。百日草接種溶磷菌肥料商品 4 載體與商品 13 載體可顯著增加百日草地上部乾重，依序比對照組 (9.3 g/plant) 多 1.2 g/plant, 1.4 g/plant, 百日草接種溶磷菌肥料商品 1 載體、商品 3 及商品 6 可顯著減少百日草地上部乾重，依序比對照組減少 1.2 g/plant, 1.9 g/plant 及 1.3 g/plant, 其他處理則對百日草地上部乾重無顯著影響。

14 種市售溶磷菌肥料產品及其載體接種在酸性土壤中對百日草地上部營養元素吸收之影響如表 6, 由表 6 中可知, 百日草接種溶磷菌肥料商品 4、商品 4 載體、商品 8 及商品 13 載體可顯著增加百日草地上部氮含量, 依序比對照組(1.78 g/plant)增加 0.26 g/plant、0.39 g/plant、0.16 g/plant 及 0.16 g/plant, 而接種溶磷菌肥料商品 1 載體、商品 3 及商品 6 可顯著減少百日草地上部氮含量, 依序減少 0.20 g/plant、0.34 g/plant 及 0.21g/plant, 其他處理則對百日草地上部氮含量無顯著影響。百日草接種溶磷菌肥料商品 4 載體可顯著增加百日草地上部磷含量 23 mg/plant (增加 20%), 而接種溶磷菌肥料商品 1 載體與商品 3 皆可顯著減少百日草地上部磷含量, 依序比對照組 (117 g/plant) 減少 18 g/plant, 29 g/plant, 20 g/plant, 20 g/plant, 其他處理與對照組無顯著差異。百日草接種溶磷菌肥料商品 4 載體可顯著增加百日草地上部鉀含量 0.46 g/plant, 而接種溶磷菌肥料商品 2、商品 2 載體、商品 3、商品 5、商品 6 及商品 10 載體皆可顯著減少百日草地上部鉀含量, 依序比對照組 (2.00 g/plant) 減少 0.39 g/plant, 0.37 g/plant, 0.5 g/plant, 0.33 g/plant, 0.37 g/plant, 0.23 g/plant, 其他處理與對照組無顯著差異。百日草接種溶磷菌肥料商品 3 載體、商品 4 載體及商品 5 載體可顯著增加百日草地上部鈣含量, 依序比對照組 (614 mg/plant) 增加 147 mg/plant、124 mg/plant 及 133 mg/plant, 其他處理則對百日草地上部鈣含量無顯著影響。百日草接種溶磷菌肥料商品 2、商品 3 及商品 6 可顯著減少百日草地上部鎂含量, 依序比對照組 (313 mg/plant) 減少 57 mg/plant、88 mg/plant 及 58 mg/plant, 其他處理則對百日草地上部鎂含量無顯著影響。

表 6. 酸性土壤中市售溶磷菌產品接種對百日草地上部營養吸收之影響

Table 6. The influence of commercial phosphate-solubilizing microbial products on the nutrient absorption and crop fresh weight of zinnia in acidic soils.

處理	N 吸收量 (g/plant)	P 吸收量 (mg/plant)	K 吸收量 (g/plant)	Ca 吸收量 (mg/plant)	Mg 吸收量 (mg/plant)	磷相對吸收量 (%)
CK	1.78	117	2.00	614	313	100
商品 1	1.77	111	1.91	634	302	95
商品 1 載體 <sup>y</sup>	1.59	99	1.85	558	273	85
商品 2	1.70	108	1.61	662	256	92
商品 2 載體	1.69	108	1.63	676	273	92
商品 3	1.45	88	1.50	560	225	75
商品 3 載體	1.80	118	1.87	761	320	101
商品 4	2.04	125	1.98	704	279	107
商品 4 載體	2.17	140	2.46	738	319	120
商品 5	1.70	103	1.67	618	257	88
商品 5 載體	1.78	121	1.81	747	313	103
商品 6	1.57	104	1.63	605	254	89
商品 6 載體	1.66	111	1.86	572	288	95
商品 7	1.83	114	1.94	548	286	97
商品 7 載體	1.93	114	1.88	702	302	97
商品 8	1.95	117	2.01	610	323	100
商品 8 載體	1.88	129	2.06	604	322	110
商品 9	1.79	112	1.89	651	327	96
商品 9 載體	1.75	117	1.93	643	319	100
商品 10	1.73	106	1.90	589	291	91
商品 10 載體	1.72	111	1.77	557	282	95
商品 11	1.70	111	1.89	575	290	95
商品 11 載體	1.83	119	1.99	611	312	102
商品 12	1.92	130	2.10	653	320	111
商品 12 載體	1.86	117	2.01	652	300	100
商品 13	1.84	126	2.07	624	309	108
商品 13 載體	1.95	131	2.09	696	351	112
商品 14	1.67	104	1.84	585	282	89
商品 14 載體	1.70	106	1.86	584	288	91
LSD <sub>0.05</sub>	0.15	18	0.22	122	57	

<sup>y</sup> 商品經滅菌處理，對作物生長之效果來自微生物菌劑之載體。

\* 與對照組差異達顯著水準 (P=0.05)。

百日草盆栽肥(功)效評估試驗用酸性土壤之理化性質分析如表 7，由表 7 中可知，試驗前百日草栽培土壤之 pH 為 4.9，EC 值 65  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ，有機質含量 15  $\text{g kg}^{-1}$ ，無機態氮含量 10  $\text{mg kg}^{-1}$ ，有效性磷含量 46  $\text{mg kg}^{-1}$ ，有效性鉀含量 39  $\text{mg kg}^{-1}$ ，有效性鈣含量 109  $\text{mg kg}^{-1}$ ，有效性鎂含量 13  $\text{mg kg}^{-1}$ 。百日草採收後，土壤 pH 值為 4.6，比試驗前低 0.3。百日草澆灌商品 5、商品 6、商品 6 載體及商品 13 之栽培

表 7. 百日草盆栽肥功效評估試驗用酸性栽培土壤之理化性質分析

Table 7. The analysis of physical-chemical properties of acidic soil used in fertility evaluation tests by zinnia pot cultures.

Treatment	pH (1 : 1)	EC ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	OM ( $\text{g kg}^{-1}$ )	N ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	P ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	K ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	Ca ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	Mg ( $\text{mg kg}^{-1}$ )
Pre-experiment	4.9	65	15.0	10	46	39	109	13
After-experiment								
CK	4.6	264	14.7	29	65	73	354	56
商品 1	4.6	277	15.4	29	71	78	381	58
商品 1 載體 <sup>y</sup>	4.6	300	<b>15.8*</b>	29	<b>75*</b>	78	405	64
商品 2	4.6	270	15.0	27	68	76	388	60
商品 2 載體	4.6	264	15.7	24	64	69	343	55
商品 3	4.6	272	15.5	33	71	73	321	53
商品 3 載體	4.6	279	15.1	27	69	79	407	64
商品 4	4.7	290	<b>15.7*</b>	<b>50*</b>	<b>91*</b>	<b>98*</b>	399	61
商品 4 載體	4.6	252	15.5	<b>41*</b>	<b>88*</b>	<b>93*</b>	355	53
商品 5	<b>4.8*</b>	257	15.6	31	66	63	293	49
商品 5 載體	4.6	239	15.0	25	68	65	317	50
商品 6	<b>4.8*</b>	259	<b>15.8*</b>	25	72	77	340	55
商品 6 載體	<b>4.9*</b>	251	15.5	29	60	67	304	49
商品 7	4.6	244	15.2	24	65	62	287	<b>47*</b>
商品 7 載體	4.7	262	15.6	28	61	70	322	50
商品 8	4.7	254	<b>15.7*</b>	24	73	74	340	52
商品 8 載體	4.6	233	15.2	<b>19*</b>	73	<b>58*</b>	<b>300*</b>	<b>47*</b>
商品 9	4.6	263	15.3	23	65	69	321	51
商品 9 載體	4.7	251	15.1	23	62	67	323	50
商品 10	4.6	293	15.1	34	68	61	302	49
商品 10 載體	4.6	263	15.5	29	61	<b>60*</b>	<b>274*</b>	<b>44*</b>
商品 11	4.6	257	15.3	27	64	69	312	50
商品 11 載體	4.6	245	15.4	22	58	<b>57*</b>	<b>283*</b>	<b>46*</b>
商品 12	4.7	229	15.4	27	59	65	299	48
商品 12 載體	4.7	242	15.0	34	69	73	348	54
商品 13	<b>4.9*</b>	220	15.3	23	67	70	307	49
商品 13 載體	4.7	253	15.1	25	70	77	365	57
商品 14	4.6	248	14.9	29	64	63	329	50
商品 14 載體	4.6	233	15.3	24	65	64	341	55
LSD <sub>0.05</sub>	0.2	49	1.0	8	10	13	63	9

<sup>y</sup> 商品經滅菌處理，對作物生長之效果來自微生物菌劑之載體。

\* 與對照組差異達顯著水準 (P=0.05)。

土壤其 pH 值皆顯著提高，依序提高 0.2、0.2、0.3、0.3。各處理之百日草栽培土壤其 EC 值無顯著差異。百日草澆灌商品 1 載體、商品 4、商品 6 及商品 8 之栽培土壤其有機質含量皆顯著提高，依序比對照組 ( $14.7 \text{ g kg}^{-1}$ ) 提高  $1.1 \text{ g kg}^{-1}$ 、 $1.0 \text{ g kg}^{-1}$ 、 $1.1 \text{ g kg}^{-1}$ 、 $1.0 \text{ g kg}^{-1}$ 。百日草澆灌商品 4 與商品 4 載體其栽培土壤中無機態氮含量皆顯著提高，依序比對照組 ( $29 \text{ mg kg}^{-1}$ ) 提高  $21 \text{ mg kg}^{-1}$ 、 $41 \text{ mg kg}^{-1}$ ，而澆灌商品 8 載體則顯著降低栽培介質中無機態氮含量  $10 \text{ mg kg}^{-1}$ 。百日草澆灌商品 1 載體、商品 4 及商品 4 載體之栽培土壤其有效性磷含量顯著提高，依序比對照組 ( $65 \text{ mg kg}^{-1}$ ) 提高  $10 \text{ mg kg}^{-1}$ 、 $26 \text{ mg kg}^{-1}$ 、 $23 \text{ mg kg}^{-1}$ 。百日草澆灌商品 4 與商品 4 載體之栽培土壤其有效性鉀含量顯著提高，依序比對照組 ( $73 \text{ mg kg}^{-1}$ ) 提高  $25 \text{ mg kg}^{-1}$ 、 $20 \text{ mg kg}^{-1}$ ，而澆灌商品 8 載體、商品 10 載體及商品 11 載體之栽培土壤其有效性鉀含量皆顯著下降，依序比對照組減少  $15 \text{ mg kg}^{-1}$ 、 $13 \text{ mg kg}^{-1}$ 、 $16 \text{ mg kg}^{-1}$ 。百日草澆灌商品 7、商品 10 載體及商品 11 載體之栽培土壤其有效性鈣含量皆顯著下降，依序比對照組 ( $354 \text{ mg kg}^{-1}$ ) 減少  $67 \text{ mg kg}^{-1}$ 、 $80 \text{ mg kg}^{-1}$ 、 $71 \text{ mg kg}^{-1}$ 。百日草澆灌商品 7、商品 8 載體、商品 10 載體及商品 11 載體之栽培土壤其有效性鎂含量皆顯著下降，依序比對照組 ( $56 \text{ mg kg}^{-1}$ ) 減少  $9 \text{ mg kg}^{-1}$ 、 $9 \text{ mg kg}^{-1}$ 、 $12 \text{ mg kg}^{-1}$ 、 $10 \text{ mg kg}^{-1}$ 。百日草採收後的栽培介質中，各處理間的有效性鐵、錳、銅、鋅與硼含量皆無顯著差異，其有效性鐵含量  $93\text{--}129 \text{ mg kg}^{-1}$ ，有效性錳含量  $5\text{--}7 \text{ mg kg}^{-1}$ ，有效性銅含量  $1.1\text{--}1.4 \text{ mg kg}^{-1}$ ，有效性鋅含量  $1.1\text{--}1.5 \text{ mg kg}^{-1}$ ，有效性硼含量  $0.2\text{--}0.3 \text{ mg kg}^{-1}$ 。

由上述試驗結果可知，在鹼性土壤中，接種溶磷菌肥料產品 4 可增加百日草開花數 0.9 朵，及增加地上部磷吸收量 58%，而其載體亦可增加百日草開花數 0.9 朵及增加地上部磷吸收量 43%，由上述結果顯示，溶磷菌肥料產品 4 之菌體可增加百日草地上部磷吸收量 15%。接種溶磷菌肥料產品 10 對百日草開花數沒有影響，但可增加地上部乾重 13% 及增加地上部磷吸收量 24%，而其載體可增加百日草開花數 0.5 朵、地上部乾重 15% 及地上部磷吸收量 31%，由上述結果顯示，溶磷菌肥料產品 10 之菌體對百日草開花數、地上部乾重及磷吸收量無促進效果。其他 12 種溶磷菌肥料產品對百日草開花數、地上部乾重及磷吸收量無顯著促進效果。

在酸性土壤中，接種溶磷菌肥料產品 4 可增加百日草開花數 0.7 朵及增加地上部乾重 5%，但對磷的吸收量沒有增加效果，而其載體可增加百日草開花數 1.2 朵、地上部乾重 15% 及增加磷吸收量 17%，由上述結果顯示，溶磷菌肥料產品 4 之菌

體在酸性土壤中對百日草開花數、地上部乾重及磷吸收量無促進效果。接種溶磷菌肥料產品 13 可增加地上部乾重 5%及地上部磷吸收量 8%，而其載體可增加百日草地上部乾重 12%及地上部磷吸收量 8%，由上述結果顯示，溶磷菌肥料產品 13 之菌體在酸性土壤中對百日草開花數、地上部乾重及磷吸收量無促進效果。其他 12 種溶磷菌肥料產品對百日草開花數、地上部乾重及磷吸收量皆無顯著促進效果。

## 引用文獻

1. Gray, C. W., R. G. McLaren, A. H. C. Roberts, and L. M. Condrón. 1999. The effect of long-term phosphatic fertilizer applications on the amounts and forms of cadmium in soils under pasture in New Zealand. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 54: 267-277.
2. Osztoics, E., P. Csathó, T. Németh, Gy. Baczó, M. Magyar, and L. Radimsky. 2005. Influence of Phosphate Fertilizer Sources and Soil Properties on Trace Element Concentrations of Red Clover. *Commun. Soil Sci. Plant Analysis.* 36: 557-570.
3. Atafar, Z., A. Mesdaghinia, J. Nouri, M. Homaei, M. Yunesian, M. Ahmadimoghaddam, and A. H. Mahvi. 2010. Effect of fertilizer application on soil heavy metal concentration. *Environ. Monit. Assess.* 160: 83-89.
4. Czarnecki, S. and R. A. Düring. 2015. Influence of long-term mineral fertilization on metal contents and properties of soil samples taken from different locations in Hesse, Germany. *Soil 1*: 23-33.
5. Brockwell, J. and P. J. Bottomley. 1995. Recent advances in inoculant technology and prospects for the future. *Soil Biol. Biochem.* 27:683-697.

# Fertility Efficacy Evaluation of Commercial Phosphate-solubilizing Biofertilizers

Su-Chen Lin<sup>1,\*</sup> and Shu-Jing Yan<sup>2</sup>

## Summary

Biofertilizers often showed unstable responses in field trials with two extremes, i.e., effective and non-effective. This experience gave farmers weak confidence in biofertilizers. From 2017, commercial phosphate-solubilizing biofertilizers (PSB) were purchased and evaluated their growth efficacy by pot culture (*Zinnia angustifolia*) in Taiwan Agricultural Research Institute (TARI). The test soils were red soils and calcareous soils. Totally, 14 phosphate-solubilizing biofertilizer products and their carriers were evaluated in this report. The test results conducted in calcareous soil indicated that inoculation of PSB #4 could increase 0.9 flower number and 58% phosphate absorption to the upper ground biomass. Besides, the carrier of PSB #4 could increase 0.9 flower number and 43% phosphate absorption to the upper ground biomass as well. Inoculation with PSB #10 had no influence to flower number, but could increase 13% dry weight and phosphate absorption 24% to the upper ground portion. However, the carrier of PSB #10 could increase 0.5 flower number, 15% dry weight and phosphate absorption 31% to the upper ground portion. The other 12 products did not exhibit significant growth effect. The test results conducted in red soils indicated that inoculation of PSB #4 could increase 0.7 flower number and 5% dry weight to the upper ground biomass; however there was no effect in phosphate absorption. The carrier of

---

\* Corresponding author, e-mail: linmay@tari.gov.tw

<sup>1</sup> Assistant Researcher, Agricultural Chemistry Division, Taiwan Agriculture Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

<sup>2</sup> Research Assistant, Agricultural Chemistry Division, Taiwan Agriculture Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

PSB #4 could increase 1.2 flower number, 14% dry weight and 17% phosphate absorption to the upper ground biomass. Inoculation with PSB #13 had no influence to flower number, but could increase 5% dry weight and phosphate absorption 8% to the upper ground portion. However, the carrier of PSB #13 could increase 12% dry weight and phosphate absorption 8% to the upper ground biomass. The other 12 products did not show any significant growth effect.

**Keywords:** Phosphate-solubilizing bacteria, Fertility efficacy evaluation