

# 施用溶磷菌與根瘤菌複合菌、氮肥及磷肥 對落花生生長效應之研究<sup>1</sup>

賴文龍、蔡宜峰<sup>2</sup>

## 摘 要

本試驗目的在於探討施用溶磷菌及根瘤菌複合劑、配合氮肥及磷肥不同用量處理等，對春作落花生生長效應之影響。試驗於臺中縣外埔鄉進行，試區土壤屬於紅壤(Red Soil)的陳厝寮系(CCe)。試驗結果顯示，接種溶磷菌及根瘤菌複合劑處理的落花生豆莢產量較不接種處理者增加約5.3%，不施用磷肥0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha處理的落花生豆莢產量較高於施用磷肥30及60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha處理者，分別可以增加約9.1及7.2%。施用氮肥40 kg N/ha處理與不施氮肥0 kg N/ha處理間的落花生豆莢產量差異不顯著。落花生根部的根瘤數在不施氮肥0 kg N/ha處理及施用磷肥60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha處理者較高，落花生根部的根瘤重在不同處理間的差異則不顯著。

**關鍵字：**落花生、溶磷菌、根瘤菌、氮肥、磷肥。

## 前 言

近年由於農業技術之進步，化學肥料已經大量取代有機質肥料施用，惟化學肥料和有機肥料若使用不當，極易造成農業生態環境之破壞，因而微生物肥料之發展，在肥料應用上可多一種選擇，可減少化學肥料的施用量。土壤微生物已知會直接或間接影響作物生長，其中包括固氮菌、菌根菌、有機物分解菌、放射菌、硝化菌等種類甚多，作用功能甚廣，如能增加土壤氮源，增加養分溶解度及有效性，增進作物根系生長及養分吸收，分解有機物質以釋出養分與病菌抗衡作用，及聚合成土壤腐植質等功能<sup>(6,17)</sup>。土壤微生物中的溶磷菌，接種於酸性土壤中，可以增進磷礦石粉、過磷酸鈣、鋁磷化合物的溶解<sup>(7)</sup>。溶磷菌除可溶解磷酸鹽化合物增加作物根部對磷之吸收能力外，還能分泌植物生長激素如IAA、NAA等。楊<sup>(5)</sup>在大豆、毛豆、落花生接種根瘤菌及菌根菌均可使氮肥和磷肥的用量減少，大豆產量反而可提高3~7%，而毛豆則增加6~12%，落花生可增加20%以上；另落花生分別接種根瘤菌、菌根菌或溶磷菌則可增產20~73%，若三者混合接種於落花生可增產33~76%，提高豆科的產量及品質。大豆根瘤菌每公頃每年可固定100 kg以上氮，增進土壤肥力，減少化學肥料施用，有助節約不可再生性之能源的目標。溶磷菌、根瘤菌混合菌種可增加埃及豆(chickpea) 的乾物重、果

<sup>1</sup>行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0645 號。

<sup>2</sup>行政院農業委員會臺中區農業改良場助理研究員、副研究員。

實產量、植物體氮與磷的吸收<sup>(10)</sup>。本試驗擬於中部酸性土壤落花生栽培區進行，探討接種溶磷根瘤複合菌，對落花生根瘤生成，磷及其他要素釋出，根部營養吸收，及減少化學氮和磷肥施用量的影響效果，期能建立落花生合理化施肥，提高落花生豆莢產量，以提供農民栽培管理之參考。

## 材料與方法

### 田間試驗

本試驗於2005年在臺中縣外埔鄉陳厝寮系(CCe)紅壤土類之酸性土壤進行春作落花生田間試驗，試驗前之土壤肥力為pH 5.48、電導度(EC) 0.27、有機質含量20 g/kg、Bray No.1萃取性磷含量13 mg/kg、交換性鉀含量195 mg/kg、交換性鈣含量792 mg/kg、交換性鎂含量172 mg/kg、銅含量3 mg/kg、錳含量7 mg/kg、鋅含量3 mg/kg、鐵含量255 mg/kg。菌種來自國立中興大學土壤環境科學系楊秋忠教授，落花生品種為臺南選九號，由臺南區農業改良場提供，採裂區設計，主區：接種與否，副區：氮用量0、40 kg/ha二級，磷酐用量0、30、60 kg/ha三級(表一)，四重複，共計48小區。鉀肥用量均為60 kg/ha。溶磷根瘤菌共生根瘤菌(rhizobia)，其根瘤菌數約 $2 \times 10^9$  CFU/ml。施用時機於播種前菌種與落花生種子充分攪拌均勻，氮肥半量、磷肥及鉀肥等全量充當基肥施用，餘半量氮肥於播種後30天施用，肥料使用以硫酸銨、過磷酸鈣、氯化鉀。本試驗於2月22日播種，於7月5日收穫，生育日數134天。

表一、試驗處理

Table 1. Treatments of this experiment

Treatment	Phosphorus-solubilizing Bacteria and Rhizobium	N (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)
R-N <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	Non-inoculation	0	0
R-N <sub>0</sub> P <sub>30</sub>	Non-inoculation	0	30
R-N <sub>0</sub> P <sub>60</sub>	Non-inoculation	0	60
R-N <sub>40</sub> P <sub>0</sub>	Non-inoculation	40	0
R-N <sub>40</sub> P <sub>30</sub>	Non-inoculation	40	30
R-N <sub>40</sub> P <sub>60</sub>	Non-inoculation	40	60
R+N <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	Inoculation	0	0
R+N <sub>0</sub> P <sub>30</sub>	Inoculation	0	30
R+N <sub>0</sub> P <sub>60</sub>	Inoculation	0	60
R+N <sub>40</sub> P <sub>0</sub>	Inoculation	40	0
R+N <sub>40</sub> P <sub>30</sub>	Inoculation	40	30
R+N <sub>40</sub> P <sub>60</sub>	Inoculation	40	60

### 分析項目及方法

採收期分別採試區土壤0~20 cm表土，土壤樣品先經風乾處理，經2 mm過篩後分別測定土壤肥力特性<sup>(13,14,15,16)</sup>，其中土壤EC及pH以水：土1:1萃取，用電極法測定。土壤有機質含量採用Walkley-Black法測定。土：1 M醋酸銨(pH 7.0)溶液比1:10 抽出液，用燄光分析儀測土壤

交換性鉀含量，用原子吸收分析儀測土壤交換性鈣及鎂含量。以Bray No. 1方法抽取並用鉬藍法測土壤磷有效性含量。用0.1 M鹽酸抽出液萃取土壤後，用原子吸收分析儀分別測定銅、錳、鋅及鐵含量<sup>(3)</sup>。落花生於始花期採取植株(全株)樣品清洗後，先經70°C烘箱烘乾，以濕灰法(硫酸)分解，此分解液測定氮、磷、鉀、鈣及鎂含量。氮定量以Kjeldahl分解液之微量擴散法<sup>(4)</sup>，磷、鉀、鈣、鎂、銅、錳、鋅及鐵含量用二酸(HNO<sub>3</sub>及HClO<sub>4</sub>)分解法，磷用鉬黃法呈色以光電比色計測定，鉀用火燄光分析儀(Flame photometer)測定，用原子吸光儀(Atomic Absorption Spectrophotometer)測定鈣、鎂、銅、錳、鋅及鐵濃度<sup>(4,12)</sup>。

## 結果與討論

### 對試驗後土壤肥力之影響

於紅壤土類之土壤種植落花生接種溶磷根瘤菌劑，植後100天進行土壤採樣檢測土壤肥力。對土壤pH值之變化，接種溶磷根瘤菌後試區土壤pH值較不接種降低0.03(表二)；施氮肥與否，以施氮肥(40 kg N/ha)後試區土壤pH值較不施氮肥(0 kg N/ha)降低0.57；磷肥用量以施磷肥(30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)處理土壤pH較不施磷肥降低0.09，而施60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha處理亦降低0.07，顯示在酸性土壤種植落花生接種溶磷根瘤菌劑及施氮、磷肥均會使土壤pH值略為降低。土壤有機質含量以接種溶磷根瘤菌處理較不接種處理增加0.4 g/kg，施氮肥(40 kg N/ha)處理之土壤有機質含量較不施氮肥(0 kg N/ha)增加0.7 g/kg；磷肥用量以施磷肥(30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)處理之土壤有機質含量較不施磷肥(0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)增加0.9 g/kg，而施磷肥(60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)處理較不施磷肥增加0.5 g/kg。土壤磷有效性以接種溶磷根瘤菌處理者較不接種處理降低2 mg/kg，施氮肥與否對土壤磷有效性無差異，但磷肥用量則對土壤磷有效性提高而有助落花生對磷的吸收，磷肥(30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)處理較不施磷肥(0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)增加4 mg/kg，磷肥(60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)處理較不施磷肥(0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)增加12 mg/kg。強酸性土壤接種溶磷根瘤菌於有效磷含量低土壤中，能增進土壤磷有效性，增施磷肥後反而降低土壤磷有效性。土壤中磷存在的形式包括無機態與有機態磷，無機態磷常與土壤鈣、鎂、鋁結合呈難溶解形態，導致作物不易吸收；有機態磷則存在於許多與磷酸鍵結合有機化合物如磷脂、植酸鈣鎂(phytins)及核酸等<sup>(11)</sup>。Ralton *et al.* <sup>(18)</sup>將 *Pseudomonas* spp.於松樹幼苗種植前接種溶磷菌於土壤磷含量低土壤中，能促進土壤磷有效性，對松樹苗有顯著生長，且與添加磷酸一鉀肥料處理相較並無顯著差異。於酸性土壤中接種溶磷菌可以增進磷礦石粉、過磷酸鈣及鋁磷化合物的溶解<sup>(7,10)</sup>，可見溶磷根瘤菌接種於低磷酸性土壤，有助於難溶性鈣磷、鐵磷化合物的溶解，而促進落花生根部對磷和鈣養分之吸收。表二結果亦顯示，土壤交換性鈣含量於接種溶磷根瘤菌處理較不接種處理略為增加5 mg/kg；施氮肥(40 kg N/ha)處理之交換性鈣含量較不施氮肥處理為高，增加17 mg/kg；土壤交換性鈣含量以施磷肥(60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)處理較高，其次為施用磷肥(30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)處理者，而以不施磷肥(0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)處理者較低。賴與蔡<sup>(8)</sup>之報告指出，於微鹼性土壤中種植茄子，試區施磷肥或灌注溶磷菌後，對土壤交換性鈣含量有增加現象。土壤交換性鎂含量於接種溶磷根瘤菌或施氮、磷肥之處理間差異不顯著。

表二、試驗後土壤肥力之影響

Table 2. Effects on the soil fertility after experiment

Treatment <sup>1</sup>	pH 1:1	OM g/kg	P Bray-1 -----mg/kg-----	Exchangeable		
				K	Ca	Mg
Inoculated	5.39 a <sup>2</sup>	22.5 a	20 a	128 a	554 a	233 a
Non-inoculated	5.42 a	22.1 a	22 a	121 a	549 a	234 a
N-0	5.69 a	21.9 a	21 a	126 a	543 a	231 a
N-40	5.12 b	22.6 a	21 a	123 a	560 a	227 a
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -0	5.46 a	21.8 a	16 c	127 a	523 a	234 a
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -30	5.37 a	22.7 a	20 b	125 a	563 a	218 a
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -60	5.39 a	22.3 a	28 a	122 a	568 a	234 a

<sup>1</sup>The same as Table 1.

<sup>2</sup>Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test at 5% level.

#### 對落花生農藝性狀之關係

落花生不同生育期株高之調查(表三)，於始花期之株高，在接種溶磷根瘤處理株高較不接種處理略低0.3 cm，施氮肥40 kg N/ha處理較不施氮肥處理低1 cm，不同磷肥用量以磷肥0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha處理株高最高，而以施磷肥60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha處理之株高最低；成熟期之株高於接種溶磷根瘤菌處理較不接種處理株高增高0.9 cm，施氮肥40 kg N/ha處理株高較不施氮肥處理增高2 cm。結果由表三得知，落花生接種與否於生育初期(始花期)對株高差異不顯著，而以不接種處理植株稍高。成熟期之株高以接種溶磷根瘤菌處理反而較不接種高出約3.3~3.5 cm顯著差異。施氮肥40 kg N/ha配合磷肥施用後接種處理者較不接種處理之落花生株高增高約1.9~3.2 cm。本試驗與賴和蔡<sup>(9)</sup>與王和賴<sup>(1)</sup>有相同結果，接種根瘤菌試驗有促進菜豆及大豆植株增高的效果。

於始花期調查落花生蔓莖之分支數(表三)，在接種溶磷根瘤菌處理與否及氮肥40 kg N/ha與否均對始花期之蔓莖分支數差異不顯著，但在不同磷肥用量對分支數之關係，則以不施磷肥0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha處理之落花生分支數最多，其次為磷肥30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha者，而施磷肥60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha者之分支數最低；成熟期之分支數接種溶磷根瘤菌處理較不接種處理增加0.4分支數，而施氮肥40 kg N/ha處理分支數較不施氮肥處理增加0.3支，不同磷肥用量之分支數則無差異。落花生生育始花期間，需要足夠氮源供給，促進落花生蔓莖分支增加分支數，生育後期配合氮肥施用，對落花生分支數有增加效果。

#### 對落花生豆莢產量之影響

由表三得知，接種溶磷根瘤菌處理者之落花生豆莢產量較不接種處理者產量增產5.3%，施氮肥(40 kg N/ha)處理較不施氮肥處理者落花生豆莢產量減產0.7%，不施磷肥處理之豆莢產量最高，施磷肥者豆莢產量反而降低7.2~9.1%。顯示以落花生栽培增施氮肥用量似無法增加落花生豆莢產量，與賴和蔡<sup>(9)</sup>於菜豆接種根瘤菌增施氮肥量無法增加菜豆豆莢產量相符合。

落花生係豆科作物，栽培於酸性土壤時，接種之溶磷根瘤菌液與豆科之根部共生行固氮作用，提供落花生生育期之氮源，以增加豆莢產量。由表三亦顯示，施磷肥30及60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha用量之落花生豆莢產量均較不施磷肥0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha者低；顯示酸性土壤接種溶磷根瘤菌微生物溶解土壤中被固定之磷化合物，適時提供適量之磷吸收並增加豆莢產量，而相對有降低土壤磷含量。

表三、對落花生生育性狀及產量之影響

Table 3. Effects on the growth characteristics and yield of peanut

Treatment <sup>1</sup>	Primary flower stage		Mature stage		Yield (kg/ha)	Index (%)
	Plant height (cm)	Branch (No./plant)	Plant height (cm)	Branch (No./plant)		
Inoculated	21.9 a <sup>2</sup>	5.4 a	77.3 a	8.5 a	2,126 a	105.3
Non-inoculated	22.2 a	5.5 a	76.4 a	8.1 b	2,019 b	100
N-0	22.6 a	5.4 a	75.8 b	8.1 b	2,080 a	100
N-40	21.6 a	5.4 a	77.8 a	8.4 a	2,066 a	99.3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -0	22.3 a	5.9 a	77.8 a	8.3 a	2,192 a	100
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -30	22.1 a	5.4 b	75.3 b	8.3 a	1,992 b	90.9
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -60	21.9 a	5.0 c	77.4 a	8.2 a	2,035 b	92.8

<sup>1</sup>The same as Table 1.

<sup>2</sup>Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test at 5% level.

### 對落花生根部根瘤形成之影響

於始花期對落花生根部之根瘤數及重量進行調查，如表四。落花生於始花期之根瘤數以接種溶磷根瘤菌處理者之根瘤數較不接種處理增加6.0粒/株，施氮肥40 kg N/ha用量處理者較不施氮肥處理減少24.55粒/株，不施0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha用量處理者較施磷肥30及60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha處理分別減少15.78及31.73粒/株。結果以不施氮肥0 kg N/ha及磷肥30及60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha時，接種溶磷根瘤菌可增加落花生之根瘤數目，增施氮肥40 kg N/ha接種處理者反而減少根瘤數。本試驗之根瘤形成符合賴和蔡<sup>(9)</sup>在酸性土壤菜豆播種時接種根瘤有助根瘤形成及根瘤數增加，加施不同等量之氮肥，反而會減少或抑制根瘤形成。王和賴<sup>(1)</sup>於紅壤土類之土壤種植大豆接種根瘤後加施氮肥40 kg N/ha後卻使大豆根瘤數減少及重量下降而降低根瘤固氮效果。

由表四得知，始花期落花生之根瘤重以接種溶磷根瘤菌處理之根瘤重較不接種處理增加0.012 mg/100粒。在施氮肥40 kg N/ha處理者之根瘤重較不施氮肥略增0.002 mg/100粒，不施磷肥0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha處理者較施30及60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha處理分別增加0.005及0.013 mg/100粒，顯示增施氮肥40 kg N/ha及不接種溶磷根瘤菌處理對落花生根瘤形成數目會受抑制，直接或間接皆會影響根瘤數(表四)與產量(表三)，但接種溶磷根瘤菌後對落花生豆莢產量或根瘤形成有增加趨勢。據賴和蔡<sup>(9)</sup>報告得知指出，施用不同氮肥用量，於不施氮肥情形下，以菜豆接種處理之根瘤重較重，不接種之處理者較輕；加施氮肥者仍以接種根瘤處理之根瘤重量高於未接種者。

王和賴<sup>(1)</sup>報告亦指出，大豆接種根瘤菌並於播種後60天調查根瘤重有明顯增加的現象，但加施40 kg N/ha卻使根瘤重下降，惟仍比不接種處理者重。

落花生全株乾物重在接種溶磷根瘤菌處理者乾物重較不接種處理者略減0.27 g/株(表四)，施氮肥40 kg N/ha處理者之乾物重較不施氮肥處理增加0.75 g/株，在施不同用量磷肥之乾物重則以不施磷肥0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha處理者之乾物重最重，其次施磷肥30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha處理者，而施磷肥60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha處理者乾物重最低。顯示接種溶磷根瘤菌後落花生植株對土壤磷吸收利用而增加落花生植株乾物重量有增加效果。地下根乾重以接種處理較不接種增重0.41 g/株，施氮肥40 kg N/ha處理者較不施氮肥0 kg N/ha增加0.45 g/株呈顯著性差異。

表四、對始花期落花生根乾重、地上部乾重、根瘤數及根瘤乾重之影響

Table 4. Effects on the dry weight of root, dry weight of shoot, nodule number and dry weight of nodule of peanut at primary flower stage

Treatment <sup>1</sup>	D.W. of root (g/plant)	D.W. of shoot (g/plant)	Nodule number (No./plant)	D.W. of nodule (mg/100 No.)
Inoculated	3.75 a <sup>2</sup>	5.51 b	189.74 a	0.271 a
Non-inoculated	3.34 b	5.78 a	183.74 a	0.260 a
N-0	3.32 b	5.27 b	198.89 a	0.266 a
N-40	3.77 a	6.02 a	174.34 b	0.265 a
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -0	3.54 a	6.03 a	170.78 c	0.272 a
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -30	3.46 a	5.50 b	186.56 b	0.259 a
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -60	3.64 a	5.39 c	202.51 a	0.266 a

<sup>1</sup>The same as Table 1.

<sup>2</sup>Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test at 5% level.

#### 始花期落花生之全株養分含量分析

落花生接種溶磷根瘤菌後於始花期採取落花生全株進行分析。由表五得知，葉氮濃度於接種溶磷根瘤菌處理者較不接種處理增加葉氮濃度0.25%；用量以接種處理者較施氮肥40kg N/ha處理者之葉氮濃度較不施氮肥處理者減少0.02%。施磷肥60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha處理者葉氮濃度最高，較施30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha處理者增加0.11%，而較不施磷肥處理者增加0.21%。在於接種溶磷根瘤菌處理有助提高落花生植株生物性固氮之效率，因此於氮肥施用與否對落花生之葉氮濃度皆有增加趨勢。據高<sup>(2)</sup>報告指出，大豆栽培施氮肥40或60 kg N/ha用量再接種根瘤菌效果不明顯，因大豆植株內所需氮素養分大部分仍需來自化學肥料，而根瘤之固氮量者仍不足以滿足大豆生長所需。葉磷濃度對接種與否及磷肥用量差異不顯著，而施氮肥40 kg N/ha與0 kg N/ha處理間有顯著差異。接種溶磷根瘤菌劑增施氮肥時對葉磷濃度似無增加葉磷含量，但可增加落花生對氮吸收而增加葉氮濃度。葉鉀濃度處理間差異不顯著，葉鈣濃度則在磷肥用量以60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha處理者葉鈣濃度最高，不施磷肥處理葉鈣濃度較低。顯示葉鈣濃度深受磷肥用量不同而影響落花生對土壤鈣吸收。葉鎂濃度在接種溶磷根瘤菌處理之濃度較不接種處理者葉鎂濃度略低，施氮肥與否及磷肥用量之處理間對葉鎂吸收差異不顯著。

表五、對始花期落花生植株養分含量之影響

Table 5. Effects on the nutrient contents of peanut at primary flower stage

Treatment <sup>1</sup>	N	P	K	Ca	Mg
	-----%-----				
Inoculated	1.30 a <sup>2</sup>	0.21 a	2.97 a	0.30 a	0.29 b
Non-inoculated	1.05 b	0.21 a	3.00 a	0.31 a	0.32 a
N-0	1.18 a	0.22 a	2.97 a	0.31 a	0.31 a
N-40	1.16 a	0.20 b	3.00 a	0.30 a	0.30 a
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -0	1.07 c	0.21 a	2.99 a	0.29 b	0.31 a
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -30	1.17 b	0.21 a	2.99 a	0.30 b	0.30 a
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -60	1.28 a	0.22 a	2.98 a	0.33 a	0.31 a

<sup>1</sup> The same as Table 1.

<sup>2</sup> Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test at 5% level.

## 誌 謝

本試驗研究之田間工作、土壤、植物體分析及報告統計，承蒙本場土壤肥料研究同仁協助，在此謹致誠摯謝意。

## 參考文獻

1. 王錦堂、賴文龍 1987 施用根瘤菌及內生菌根菌對春作大豆生長效應之研究 臺中區農業改良場研究彙報 14, 15:45-53。
2. 高德錚 1984 接種有效根瘤菌對大豆及後作玉米產量與土壤肥力之影響 臺中區農業改良場研究彙報 9:57-67。
3. 張愛華 1981a 本省現行土壤測定方法 臺灣省農業試驗所特刊 13:9-26。
4. 張淑賢 1981b 本省現行植物體分析法 臺灣省農業試驗所特刊 13:52-59。
5. 楊秋忠 1990 微生物肥料對豆類生產及磷肥吸收之研究 豆類作物土壤與肥培管理研討會專集 高雄區農業改良場編印 p.217-225。
6. 楊秋忠 1998 本土固氮及溶磷菌作用微生物的研究及應用 微生物與生物技術上之應用 臺灣大學農化系編印 p.285-300。
7. 楊秋忠、趙震慶 1998 作物土壤微生物肥料的應用手冊 國立中興大學土壤研究所編印。
8. 賴文龍、蔡宜峰 2004a 溶磷菌及磷肥施用對茄子生長效益之研究 臺中區農業改良場研究彙報 83:19-27。
9. 賴文龍、蔡宜峰 2004b 根瘤菌及氮肥施用對秋作菜豆生長效應之研究 臺中區農業改良場研究彙報 85:47-55。

10. Alagawasi, A. R. and A. C. Gaur. 1988. Associative effect of Rhizobium and phosphate solubilizing bacteria on the yield and nutrient uptake of chickpea. *Plant Soil*. 105:241-246.
11. Gerrtsen, F. C. 1948. The influence of microorganisms on the phosphate intake by the plant. *Plant Soil*. 1:51-81.
12. Isaac, C. A. and T. B. Jones, 1972. Effects of various dry ashing temperatures on the determination of 13 nutrient elements in five plant tissues. *Con Soil. Plant Anal*. 3:261-269.
13. Kundsens, D. and G. A. Peterson. 1982. Lithium, sodium, and potassium. p.225-246. In: Page, A. L., H. Miller and D. R. Keeney (eds.). *Method of Soil Analysis. Part 2*. Academic press, Inc., New York.
14. Lanyon, L. E. and W. R. Heald. 1982. Magnesium, calcium, strontium, and barium. P.247-262. In: Page, A. L., H. Miller and D. R. Keeney (eds.). *Method of Soil Analysis. Part 2*. Academic press, Inc., New York.
15. Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. P.539-579. In: Page, A. L., H. Miller and D. R. Keeney (eds.). *Method of Soil Analysis. Part 2*. Academic press, Inc., New York.
16. Olsen, S. R. and L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. P.403-430. In: Page, A. L., H. Miller and D. R. Keeney (eds.). *Method of Soil Analysis. Part 2*. Academic press, Inc., New York.
17. Paul, E. A. and F. E. Clarf. 1989. *Soil Microbililgy and Biochemistry*. Academic Press. Lnc., New York.
18. Ralston, D. B. and R. P. McBride. 1976. Interaction of mineral phosphate-dissolving microbes with red pine seedlings. *Plant Soil* 45:493-507.
19. Russel, E. W. 1973. *Soil Condition and Plant Growth*. 10th ed. Longman, London. p.555-603.

# Effects of Application of Phosphorus-solubilizing Bacteria, *Rhizobia*, Nitrogen and Phosphate Fertilizers on the Growth and Root Nodule Formation of Peanut<sup>1</sup>

Wen-Lung Lay and Yi-Fong Tsai<sup>2</sup>

## ABSTRACT

The purpose of this experiment was to evaluate the growth effects of spring peanut on the application of phosphorus-solubilizing bacteria and *Rhizobia* (inoculated or non-inoculate), nitrogen fertilizer (0 and 40 kg/ha) and phosphate fertilizer (0, 30 and 60 kg/ha). Experiment was conducted on red soil (CCe series) at Waipu Hsiang, Taichung. The field results indicated that the yield of peanut with the inoculation of phosphorus-solubilizing bacteria and *Rhizobia* was higher than that with the non-inoculation by the rate of 5.3%. The yield of peanut with the application of phosphate fertilizer 0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha was higher than that with the application of phosphate fertilizer 30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha and 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha by the rate of 9.1% and 7.2%, respectively. There was not significantly different on the yield of peanut between the application of nitrogen fertilizer 0 kg N/ha and 40 kg N/ha. The results also showed that the nodule number in the root of peanut were higher on the application of nitrogen fertilizer 0 kg N/ha and phosphate fertilizer 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, respectively. However, the dry weight of nodule in the root of peanut showed no significantly different among the treatments.

**Key words:** peanut, phosphate-soluble bacteria, *Rhizobia*, nitrogen fertilizer, phosphorus fertilizer.

---

<sup>1</sup>Contribution No. 0645 from Taichung DARES, COA.

<sup>2</sup>Assistant Soil Scientist and Associate Soil Scientist of Taichung DARES, respectively.