

生物製劑枯草桿菌(*Bacillus amyloliquefaciens* WG6-14)對促進菜豆生長之影響¹

陳俊位²、曾德賜³

摘 要

枯草桿菌(*Bacillus amyloliquefaciens* WG6-14)生物製劑為中興大學植物病理學系分子植物病理研究室所研發生產之一具拮抗多種病原微生物及促進植物生長之有益微生物製劑，本試驗應用於菜豆(*Phaseolus vulgaris* L.)栽培上，以期能減少苗期病害的損失及增加其產量。利用枯草桿菌浸種菜豆臺中一號種子30分鐘，在稀釋濃度 10^6 cfu/ml即可有效抑制菜豆種子上夾雜的真菌數量。溫室試驗利用盆鉢栽植菜豆，於種子播種後施用枯草桿菌製劑 10^8 cfu/ml 500 ml及混用根瘤菌(*Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*) 10^6 cfu/ml 10 ml，於種子發芽後調查其發芽率及根瘤數，處理枯草桿菌之發芽率比對照組高兩倍，根瘤數則以混合接種者最高。田間試驗於種子播種後一週以 10^8 cfu/ml 500 ml枯草桿菌溶液灌注於土壤中，於第四週調查菜豆植株之園藝性狀，發現處理枯草桿菌者其株高、葉長、葉寬及地上部鮮重皆高於未處理者。而在根系固氮根瘤菌的形成上，處理枯草桿菌者其感染率100%未處理者30%，平均每株根瘤數5.9個也高於未處理者的3個，處理組植體內氮素含量5.09%高於未處理組之3.99%，產量上處理組每株平均0.531 kg高於未處理者之0.368 kg。由結果顯示施用枯草桿菌製劑，除可增加菜豆苗期的發芽率外，並可促使根系固氮根瘤菌的形成，進而使植株在生長、發育及產量上皆優於未處理者。

關鍵字：菜豆、枯草桿菌、根棲細菌。

前 言

微生物在作物生長過程中扮演極重要的角色⁽³²⁾，其對作物的功用包括協助植物吸收養份促進生長，如菌根菌、固氮菌、根圈有益微生物群^(4,5)，其次為可防治病蟲害之生物防治微生物群如蘇力菌、木黴菌、枯草桿菌^(7,8)，再者為改善作物生長環境，如溶磷菌^(3,25)。微生物之功用主要皆在促進植物生長、增加產量、減少病蟲害，其它功能尚包含有產生植物賀爾蒙、誘發植物抗病反應、降低土壤酸化、減低土壤鹽類累積、誘使其它有益微生物產生，此類微

¹行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第0812號。

²行政院農業委員會臺中區農業改良場副研究員。

³國立中興大學植物病理學系教授。

生物近年來已有相當多的研究人員投入製劑的開發⁽¹³⁾。桿菌屬(*Bacillus* spp.)細菌普遍存在於土壤及植物體表，本屬細菌中部份種類由於可產生對植物病原真菌、細菌甚或有害昆蟲等具有毒害作用之抗生物質^(11,33)，因此常被加以研究並發展應用於植物病害或蟲害的生物防治上；其中如蘇力菌(*Bacillus thuringiensis*)已被商品化推廣應用於實際蟲害防治工作上多年⁽²⁹⁾；在植物病害防治上，本屬細菌常被研究應用的有*Bacillus amyloliquefaciens*⁽²⁸⁾、*Bacillus cereus*⁽²²⁾、*Bacillus. megaterium*⁽¹⁸⁾及*Bacillus pumilus*等，其中尤以枯草桿菌*B. subtilis*在生物防治上之應用最具潛力^(13,16,21)，甫近其促進作物生長效益的研究為另一新趨勢⁽²⁷⁾。而微生物幫助作物養份吸收的以具有固氮功能的根瘤菌(*Rhizobium* spp.)為主要菌種，據估計其固氮量每年約九億公噸，為化學工廠固氮量的兩倍，亦達生物總固氮之一半⁽²³⁾。目前已知豆科750屬植物(約16,000到19,000種)大多均能與根瘤菌形成根瘤共生⁽⁶⁾，近年來的研究方向著重在有效菌株之篩選、菌種生產、接種介質、接種源貯藏及接種源品質管制各方向，並努力於提高接種效率^(12,34)。研究者另針對根瘤菌之生理、分類及遺傳、感染辨識(recognition)根瘤形成(nodulation)及固氮作用各種機制及調控基因深入了解^(14,17,19,20)，以促進作物之增產。然而針對土壤中及作物根系上的諸多種類微生物，探討其與根瘤菌相互影響下是否會促進或抑制其形成的探討則不多^(9,26)。

菜豆(*Phaseolus vulgaris* L.)栽培上由於其生長初期根部固氮菌不易形成而影響其後之生長⁽¹⁾，植物根系的微生物在學者的研究下已發現其可促進植物根系發育、促進養份吸收利用，並可協助其它有益微生物的作用⁽³²⁾，根棲細菌的生物性固氮作用可促使多種C₃及C₄型作物利用氮素而提昇產量，在這些微生物中學者利用*Serratia proteamaculans*可促使大豆根瘤菌的形成⁽²⁾，放射線菌*Streptomyces lydicus* WYEC108已發現可提高豌豆根部根瘤菌的形成與作物生長⁽²⁹⁾，使用*Bacillus polymyxa*結合*Rhizobium etli*一起施用可提高菜豆根系根瘤菌的結合率⁽²³⁾，應用枯草桿菌於花生可促進根瘤菌之形成並提昇產量^(10,31)。枯草桿菌(*Bacillus subtilis* group:*B. amyloliquefaciens* WG6-14)⁽¹⁵⁾生物製劑為中興大學植物病理學系分子植物病理研究室所研發生產之一具拮抗多種病原微生物及促進植物生長之有益微生物製劑，本實驗為解決國內菜豆生長限制因子並提高其產量，遂使用枯草桿菌WG6-14生物製劑於菜豆上，初步試驗已證實枯草桿菌WG6-14生物製劑可有效抑制菜豆種子上的微生物，幫助根系發育初期根瘤菌形成並可提高菜豆產量，為國內首次成功利用枯草桿菌*B. subtilis* group菌株於菜豆生長促進之研究。

材料與方法

枯草桿菌對菜豆種子微生物相之影響

供試菜豆種子品種為臺中一號，枯草桿菌生物製劑(*Bacillus amyloliquefaciens* WG6-14, BS)由中興大學植物病理學系曾德賜教授提供，種子拌種處理方式係將供試種子25顆浸於含枯草桿菌300 ml稀釋液的燒杯中，浸種濃度分別為含10⁸、10⁷及10⁶ cfu/ml，浸泡30分鐘後取出以消毒過濾紙(Whatman No. 1)吸乾多餘水份後置於馬鈴薯葡萄糖洋菜平板培養基上，旋置於

25°C 培養箱以12小時光照/12小時黑暗處理培養，於一星期後取出觀察真菌覆蓋率及其上之微生物相，每處理四重覆，另以無菌水浸泡種子當對照組，以比較二者間之差異。

接種枯草桿菌及根瘤菌對菜豆種子發芽及根瘤數形成之影響

將供試菜豆種子分別依下列方式處理：1. 枯草桿菌(BS)、2. 枯草桿菌(BS)+根瘤菌(*Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*, 10^8 cfu/ml, RZ)混合使用(BS+RZ)、3. 根瘤菌(RZ)及未處理對照組(CK)，根瘤菌由中興大學土壤環境科學系楊秋忠教授提供。處理方式為以泥炭土(花神栽培土4號，千卉園藝公司，臺中市后里區，臺灣)、珍珠石(南海珍珠石三號，南海蛭石工業股份有限公司，新北市樹林區，臺灣)及蛭石(南海蛭石三號，南海蛭石工業股份有限公司，新北市樹林區，臺灣)以體積比1:1:1混合後以5吋盆裝填介質，每盆播種5顆菜豆種子後，接種二種微生物，枯草桿菌處理組 10^8 cfu/ml之懸浮液500 ml澆灌，根瘤菌則先予菜豆種子上拌種 10^6 cfu/ml之根瘤菌懸浮液10 ml後，再分別添加及未添加枯草桿菌200 ml，於播種後置於溫室觀察其發芽生長情形，處理微生物後四星期後取出菜豆根系，去除根上所附著之介質後，計數根上所形成的根瘤數，以比較各處理間枯草桿菌對菜豆根系上根瘤數形成促進效果。

於田間施用枯草桿菌對菜豆根瘤菌數形成、園藝性狀及產量之影響

田區產量試驗於彰化縣大村鄉臺中區農業改良場臺中一號菜豆種植田進行，試區田間設計採逢機區集設計，四重覆，二行區，行長10 m，行株距70×45 cm，每植穴4株，生長初期不施用殺菌劑。播種後一週以枯草桿菌WG6-14 (1×10^8 cfu/ml)稀釋液500 ml澆灌於田間種植剛萌芽之菜豆(臺中一號)植穴中，接種枯草桿菌後，調查初期根瘤菌形成數量及計數根瘤菌重量，此外並調查菜豆初期生長株高、植體鮮重及植體含氮量，產量調查為每試區採四株產量為平均產量，計算其採收期之總產量，以比較枯草桿菌施用對菜豆生長效益之影響。

結 果

枯草桿菌對菜豆種子微生物相之影響

利用枯草桿菌WG6-14醱酵液處理菜豆種子後，在各種稀釋濃度下可降低種子上的真菌纏繞比率且皆低於對照組的85%，而在微生物種類抑制上，各處理濃度皆可有效抑制菜豆種子上的微生物，其中以抑制*Fusarium* sp.的效果最為顯著(表一)。

接種枯草桿菌及根瘤菌對菜豆種子發芽之影響

由結果中發現菜豆種子種植後分別處理BS，BS+RZ，RZ等微生物對種子發芽率有提升現象，發芽率與對照組比較可提升50% (圖一A)，而在調查菜豆根系的固氮菌數時，以BS+RZ處理之根部之根瘤菌形成數量最高平均每株可達250顆，單獨使用BS及RZ則促使根瘤菌形成數較少，至於未添加之菜豆則根瘤菌形成數最少(圖一B)。

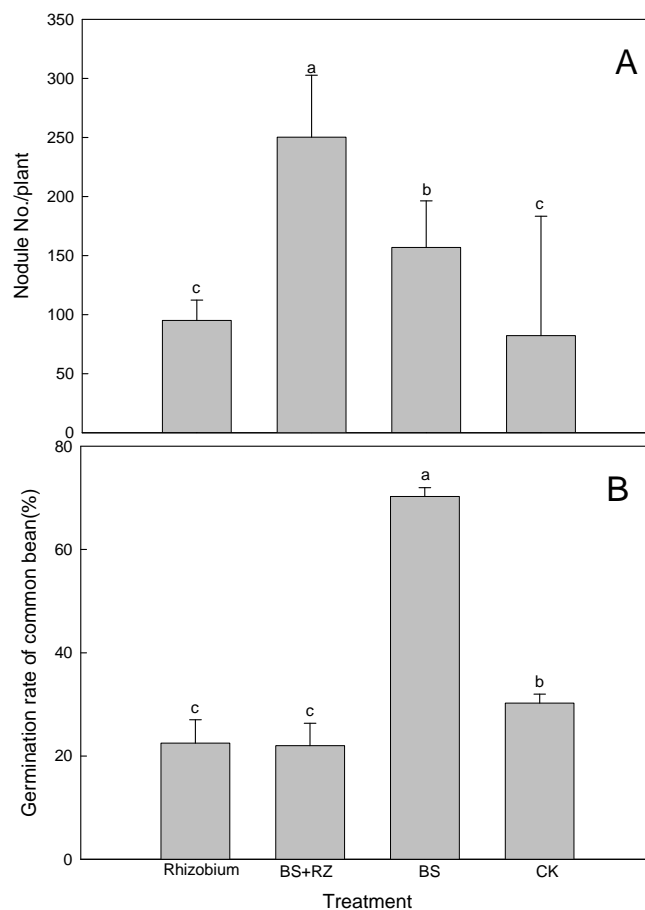
表一、菜豆種子處理枯草桿菌對其上微生物相之影響

Table 1. Effect of the treatment by *Bacillus amyloliquefaciens* WG6-14 on microbial dynamics of common bean seed

Treatment	Fungi colonization rate (%)	<i>Aspergillus</i> sp.	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Fusarium</i> sp.	Unknow
10 ⁸ cfu/ml ¹	52.5a ²	37.5bc	0.0a	0.0a	0.0a
10 ⁷ cfu/ml	57.5ab	27.5a	30.0c	0.0a	0.0a
10 ⁶ cfu/ml	52.5a	30.0ab	2.5b	0.0a	0.0a
CK	85.0c	40.0c	35.0c	22.5b	2.5b

¹ 25 seeds were used in each treatment. Results were from four replicates.

² Means with the same superscript letter in the same column are not significantly different at P<0.05 in a one-way analysis of variance with a Duncan's multiple range test.



圖一、接種枯草桿菌及根瘤菌對菜豆根瘤菌形成數(A)及種子發芽率之影響(B)。

Fig 1. Effects of the treatment with *Bacillus amyloliquefaciens* WG6-14 and *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* on A) nodulation and B) germination rate of common bean. Bars with different letters are significantly different at p<0.05 in one-way analysis of variance with a Duncan's multiple range test. (RZ: *R.leguminosarum* biovar *phaseoli*, BS: *B. amyloliquefaciens* WG6-14).

施用枯草桿菌對田間菜豆根瘤菌形成數、園藝性狀及產量之影響

調查發現處理枯草桿菌者其株高、葉長、葉寬、地上部鮮重及植體內氮素含量皆高於未處理者。而在根系固氮根瘤菌的形成上，處理枯草桿菌者其感染率及平均每株根瘤數皆高於未處理者。在植株隨後生長上，處理組可提早開花期時間，並使菜豆產量高於未處理者(表二)。

表二、施用枯草桿菌對田間菜豆根瘤菌形成數、園藝性狀及產量之影響

Table 2. Effect of the treatment by *Bacillus amyloliquefaciens* WG6-14 on nodulation rate and some horticultural characteristics of common bean

Treatment	Germination rate (%)	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Nodulation rate (%)	Nodule No./plant	Nodule weight (g)	Plant fresh weight (g)	N content in leaf (g/gX100%)	Pod yield (kg/plant)
BSWG6-14	95a ¹	14a	10.5a	7.8a	100a	158a	1.10a	3.4a	3.4a	0.53a
CK	50b	12a	10.0a	6.1b	30b	80b	0.48b	2.2b	2.2b	0.37b
T test	*	ns	ns	*	*	*	*	*	*	*

¹ Means with the same superscript letter in the same column are not significantly different at $P < 0.05$ in a one-way analysis of variance with t test.

討 論

環境中所存在的根瘤菌種類繁多⁽⁶⁾，其與寄主植物間的認知結合具專一性⁽¹⁴⁾，菜豆一般生長時根瘤形成在後期，而菜豆生育後期開花結豆莢時需氮量提高，菜豆根瘤因形成太慢，無法供應充足氮肥，一般農民會利用化學肥料進行補充⁽¹⁾，因此如在初期形成，將可促進養分吸收利用。在本試驗中發現施用枯草桿菌*Bacillus amyloliquefaciens* WG6-14後可促進菜豆根系在初期根瘤之形成，且數量高於對照未接種枯草桿菌者，並進而提昇其園藝性狀及產量。枯草桿菌可抑制的微生物很多⁽²⁷⁾，在本試驗中，經調製乾燥過的菜豆種子其上微生物相以*Aspergillus*、*Penicillium*及*Fusarium*三種為主，經處理枯草桿菌後可完全抑制*Fusarium*，並減少*Aspergillus*及*Penicillium*的檢出率(表一)，並提高種子發芽率。枯草桿菌已知其本身可產生多種抗生物質來抑制其他微生物的生長與繁殖⁽¹⁶⁾，因此常被用來做生物防治用的微生物，本實驗中利用枯草桿菌生物製劑處理可有效降低菜豆種子上的有害微生物，此結果學者利用植物生長促進根棲微生物處理花生時可降低其種莢上的微生物數量相同^(10,31)。在田間試驗結果的資料顯示菜豆接種枯草桿菌，除可增加菜豆苗期的發芽率外，並可促使根系固氮根瘤菌的形成，進而使植株在生長、發育及產量上皆優於未處理者(表二)。植物根圈微生物在促進作物生長研究上，學者研究發現除所接種微生物發揮作用外⁽⁴⁾，並可促進其它微生物發揮功能，已知利用*Serratia proteamaculans*及*B. cereus* UW85可促使大豆根瘤菌的形成並提高產量^(2,22)，施用放射線菌*S. lydicus* WYEC108可提高豌豆根部根瘤菌的形成與促進作物生長⁽³⁰⁾，使用*B. polymyxa*結合*R. etli*一起施用可提高菜豆根系根瘤菌的結合率⁽²⁴⁾，枯草桿菌應用於花生可促進根瘤菌之形成並提昇產量^(10,31)。由結果顯示施用所開發枯草桿菌WG6-14製劑於菜豆上增產的效益與這些學者的研究結果相同。

由本試驗中以人工接種方式處理之菜豆，在種子發芽時添加枯草桿菌及混用根瘤菌皆可提高幼苗上之根瘤菌數量，但單獨接種與未接種根瘤菌處理組，其根系上之根瘤菌數則相差不多(圖一A)，此試驗結果證實菜豆上根瘤菌無法在初期大量形成外，藉由枯草桿菌的添加可誘使土壤中的根瘤菌與菜豆根系結合。前人研究中已發現感染辨識與根瘤形成的機制受多種調控基因及誘引物質控制^(5,16,19,33)，本研究在菜豆生長初期所增加根瘤菌形成的原因是否為在施用枯草桿菌後，菌體的代謝產物改變或誘發根瘤菌與菜豆間的認知作用產生，而提高其根瘤形成數量尚待探討。而在發芽率上單獨使用枯草桿菌的發芽率最高，混合根瘤菌的處理發芽率則與對照組無差異(圖一B)，此與de Jensen氏等的研究相反⁽⁸⁾，由於本研究所使用的枯草桿菌WG6-14對多種細菌具抑制能力，對根瘤數形成效益雖未影響，但根瘤菌是否影響枯草桿菌抑制菜豆種子上病原菌的能力值得進一步研究。

本試驗已證實枯草桿菌WG6-14生物製劑可有效抑制菜豆種子上的微生物，並幫助根系發育初期根瘤菌形成而提高菜豆產量，為國內首次成功利用枯草桿菌 *Bacillus amyloliquefaciens* group 菌株於菜豆生長促進之研究。

參考文獻

1. Amarger, N., V. Macheret and G. Laguerre. 1997. *Rhizobium gallicum* sp. nov. and *Rhizobium giardinii* sp. nov., from *Phaseolus vulgaris* nodules. Int. J. Syst. Bacteriol. 47: 996-1006.
2. Bai, Y., A. Soulemanov and D. L. Smith. 2002. An inducible activator produced by a *Serratia proteamaculans* strain and its soybean growth-promoting activity under greenhouse conditions. J. Exp. Bot. 53: 1495-1502.
3. Bardin, S. D. and T. M. Finan. 1998. Regulation of phosphate assimilation in *Rhizobium (Sinorhizobium) meliloti*. Genetics 148: 1689-1700.
4. Barea, J. M., M. J. Pozo, R. Azcon and C. Azcon-Aguilar. 2005. Microbial co-operation in the rhizosphere. J. Exp. Bot. 56: 761-1778.
5. Bloemberg, G. V. and B. J. J. Lugtenberg. 2001. Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol by rhizobacteria. Curr. Opin. Plant Biol. 4: 343-350.
6. Broughton, W. J. 2003. Roses by Other Names: Taxonomy of the Rhizobiaceae. J. Bacteriol. 185: 2975-2979.
7. Chang, I. P. and T. Kommedahl. 1968. Biological control of seedling blight of corn by coating kernels with antagonistic microorganism. Phytopathology 58: 1395-1401.
8. de Jensen, C. E., J. A. Percich and P. H. Graham. 2002. Integrated management strategies of bean root rot with *Bacillus subtilis* and *Rhizobium* in Minnesota. Field Crops Res. 74: 107-115.
9. de Kievit, T. R. and B. H. Iglewski. 2000. Bacterial quorum sensing in pathogenic relationships. Infect. Immun. 68: 4839-4849.

10. Dey, R., K. K. Pal, D. M. Bhatt and S. M. Chauhan. 2004. Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth-promoting rhizoctonia. *Microbiol. Res.* 159: 371-394.
11. Fiddaman, P. J. and S. Rossall. 1993. The production of antifungal volatiles by *Bacillus subtilis*. *J. Appl. Bacteriol.* 74: 119-126.
12. Garcia, J. A. L., A. Probanza, B. Ramos, J. Barriuso and F. J. G. Manero. 2004. Effects of inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) and *Sinorhizobium fredii* on biological nitrogen fixation, nodulation and growth of *Glycine max* cv. Osumi. *Plant and Soil.* 267: 143-153.
13. Gardener, B. B. M. and A. Driks. 2004. Overview of nature and application of biocontrol microbes: *Bacillus* spp. *Phytopathology* 94: 1244.
14. Gonzalez, J. E. and M. M. Marketon. 2003. Quorum sensing in nitrogen-fixing Rhizobia. *Microbio. Mol. Bio. Rev.* 67: 574-592.
15. Huang, T.P., D. D. Tzeng, C. L. Wong, C. H. Chen, K. M. Lu, Y. H. Lee, W. D. Huang, B. F. Hwang and K. C. Tzeng. 2012. DNA Polymorphisms and Biocontrol of *Bacillus* Antagonistic to Citrus Bacterial Canker with Indication of the Interference of Phyllosphere Biofilms. *PLoS ONE* 7(7): e42124.
16. Jacobsen, B. J., N. K. Zidack and B. J. Larson. 2004. The role of bacillus-bases biological control agents in integrated pest management systems: Plant disease. *Phytopathology.* 94: 1272-1275.
17. Jayaraman, V. and H. R. Das. 1998. Interaction of peanut root lectin (PRA II) with rhizobial lipopolysaccharides. *ACTA-BIOENERG.* 1381: 7-11.
18. Liu, Z. L. and J. B. Sinclair. 1990. Biocontrol of Rhizoctonia root and crown rot of soybeans by *Bacillus megaterium* ATCC-55000. *Phytopathology.* 80: 1051 (abstract).
19. Moris, M., K. Braeken, E. Schoeters, C. Verreth, S. Beullens, J. Vanderleyden and J. Michiels. 2005. Effective symbiosis between *Rhizobium etli* and *Phaseolus vulgaris* requires the alarmone ppGpp. *J. Bacteriol.* 187: 5460-5469.
20. Murphy, P. M. and B. L. Kock. 1971. Compatibility of the components of nitrogenase from soybean bacteroids and free-living nitrogen-fixing bacteria. *ACTA-BIOENERG.* 253: 295-297.
21. Nemeč, S., L. E. Datnoff and J. Strandberg. 1996. Efficacy of biocontrol agents in planting mixes to colonize plant roots and control root diseases of vegetables and citrus. *Crop protection* 15: 735-742.
22. Osburn, R. M., J. L. Milner, E. S. Oplinger, R. S. Smith and J. Handelsman. 1995. Effect of *Bacillus cereus* UW85 on the yield of soybean at two field sites in Wisconsin. *Plant Dis.* 79: 551-556.
23. Patriarca, E. J., R. Tatè and M. Iaccarino. 2002. Key role of bacterial NH₄⁺ metabolism in Rhizobium-plant symbiosis. *Microbio. Mol. Bio. Rev.* 66: 203-222.

24. Petersen, D. J., M. Srinivasan and C. P. Chanway. 1996. *Bacillus polymyxa* stimulates increased *Rhizobium etli* populations and nodulation when co-resident in the rhizosphere of *Phaseolus vulgaris*. FEMS Microbio. Lett. 142: 271-176.
25. Rodríguez, H. and R. Fraga. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotechnology Advances. 17: 319-339.
26. Roesti, D., R. Gaur, B. N. Johri, G. Imfeld, S. Sharma, K. Kawaljeet and M. Aragno. 2005. Plant growth stage, fertiliser management and bio-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria effect the rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. Soil Bio. & Biochem. 35: 1-10.
27. Ryu, C. M., M. A. Farag, C. H. Hu, M. S. Reddy, H. X. Wei and P. W. Pare. 2003. Bacterial volatiles promote growth in *Arabidopsis*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 100: 4927-4932.
28. Schisler, D. A., P. J. Slininger, R. W. Behle and M. A. Jackson. 2004. Formulation of *Bacillus* spp. for biological control of plant disease. Phytopathology 94: 1267-1271.
29. Schnepf, E., N. Crickmore, J. Van Rie, D. Lereclus, J. Baum, J. Feitelson, D. R. Zeigler and D. H. Dean. 1998. *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. Microbio. Mol. Bio. Rev. 62: 755-806.
30. Tokala, R. K., J. L. Strap, C. M. Jung, D. L. Crawford, M. H. Salove, L. A. Deobald, J. F. Bailey and M. J. Morra. 2002. Novel plant-microbe rhizosphere interaction involving *Streptomyces lydicus* WYEC108 and the pea plant (*Pisum sativum*). Appl. Environ. Microbiol. 68: 2161-2171.
31. Turner, J. T. and P. A. Backman. 1991. Factors relating to peanut yield increases after seed treatment with *Bacillus subtilis*. Plant Dis. 75: 347-353.
32. Whipps, J. M. 2001. Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere. J. Exp. Bot. 52: 487-511.
33. Yu, G. Y., J. B. Sinclair, G. L. Hartman and B. L. Bertagnolli. 2002. Production of iturin A by *Bacillus amyloliquefaciens* suppressing *Rhizoctonia solani*. Soil Bio. & Biochem. 34: 955-963.
34. Zahran, H. H. 1999. *Rhizobium*-Legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 63: 968-989.

Effects of Bioagent *Bacillus amyloliquefaciens* WG6-14 on the Growth Promotion and Yield Enhancement of Common Bean ¹

Chien-Wei Chen² and Der-Syh Tzeng³

ABSTRACT

Bacillus amyloliquefaciens WG6-14 have been developed by National Chung Hsing University as a potential biocontrol agent to the control many pathogens and to the plant growth promotion. In laboratory experiment, The *B. amyloliquefaciens* inoculation with 10⁶ cfu/ml on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed found to be able to inhibit the microbial growth and enhance germination rate of common bean. Combined inoculation of two organisms *B. amyloliquefaciens* and *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* showed to increase in nodulation rate. *B. amyloliquefaciens* inoculation could increase germination rate of common bean seed. In the field test, inoculation of *B. amyloliquefaciens* showed to the better performance in germination rate, nutrient uptake rate, plant height, number of nodules, nodulation rate, nodule weight, pod yield and total biomass of common bean than uninoculated control one.

Key words: common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), *Bacillus amyloliquefaciens*, rhizobacteria.

¹ Contribution No. 0812 from Taichung DARES, COA.

² Associate Researcher of Taichung DARES, COA.

³ Professor of Dept. of Plant Pathology, National Chung Hsing University.