

식물병원진균의 생물적 방제 및 생물비료 활성을 갖는 다기능 세균의 탐색

김영숙 · 이명석 · 염지희 · 송자경 · 이인경 · 윤봉식*

전북대학교 생명공학부

Screening of Multifunctional Bacteria with Biocontrol and Biofertilizing Effects

Young-Sook Kim, Myeong-Seok Lee, Ji-Hee Yeom, Ja-Gyeong Song, In-Kyoung Lee and Bong-Sik Yun*

Division of Biotechnology, Chonbuk National University

(Received 17, June 2011., Accepted 25, July 2011)

ABSTRACT : In the course of search for multifunctional microbial inoculants, three *Bacillus* strains (BS11-1, BS11-2, BS11-3) with biological control and biofertilizing effects were selected. In this study, their ability for solubilization of insoluble phosphate, production of indole-3-acetic acid (IAA), siderophore, and hydrolytic enzymes, and antagonism against phytopathogenic fungi were estimated. All strains produced IAA and siderophore depending on culture time and produced a visible clear zone on agar plate containing 0.5% carboxymethyl cellulose as a carbon source. Also, these strains exhibited antifungal activities against phytopathogenic fungi, *Botrytis cinerea*, *Cylindrocarpon destructans*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, and *Phytophthora capsici*.

KEYWORDS : Antifungal activity, *Bacillus* spp., Biofertilizing effect, Biological control, Lytic enzyme

서 론

지속가능한 친환경농업에 대한 관심이 집중되면서 식물병을 방제하기 위한 생물농약이나 농작물에 영양분을 공급하는 미생물비료를 개발하기 위하여 길항 능력을 가지거나 식물생장촉진 기능을 가진 근권의 토양미생물을 이용하는 생물학적 방법이 연구되고 있다. 미생물을 이용하여 식물병을 방제하는 생물방제 기작은 크게 5가지로 구분되는데, 식물병원성 진균의 세포벽을 분해하는 용균작용, *Bacillus*속 (Kim *et al.*, 1997; Woo *et al.*, 2007), *Penicillium*속 (Imamura *et al.*, 2000), *Pseudomonas*속 (Jung and Kim, 2004), *Streptomyces*속 (Jeong *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 1990) 등이 생산하는 항생물질에 의해 직접 식물병원균의 생육을 저해하는 항생작용, 식물병원균에 기생하면서 식물에 대한 진균의 병원성을 억제하는 기생작용 (Lee *et al.*, 2004), 생육공간에서 영양분과 같은 생육에 필요한 인자를 경쟁함으로써 병원균의 생육 및 증식을 억제하는 경쟁적 길항작용 (Jung *et al.*, 2006; Neilands, 1984; Paulitz and Loper, 1991; Scher and Baker, 1982), 그리고 미생물이 생산하는 exopolysaccharide (EPS), lipopolysaccharide (LPS), salicylic acid (SA), hydrogen cyanide (HCN), 2,3-butanediol 등의 물질들에 의해서 식물의 면역기능을 활성화하여 병에 대한 저항성을 유도하는 유도저항성 작용 (Lee, 1997; Liu *et al.*,

1995; Ping and Boland, 2004) 등을 들 수 있다. 또한 미생물에 의한 식물성장 촉진 기작으로는 인산가용화, 질소 고정, 식물성장 촉진 호르몬 (auxin, cytokinin, gibberelin, IAA)의 생산, 에틸렌 조절 등이 알려져 있다. 토양 미생물 중에는 식물병원성 균주에 대한 길항능 외에도 식물성장 촉진 및 조절 등에 관여하는 물질을 생산하는 사례들이 보고되어 있다. 그러나 대부분의 연구들이 생물농약으로서의 활성과 생물비료로서의 활성을 서로 연계시키지 않은 채 각각 독립적으로 검토되어 왔다.

본 연구는 친환경농업에 적용할 수 있는 미생물제제를 개발하고자 생물비료 활성(불용성 인산 가용성, 식물성장 호르몬 생성능), 생물방제 활성(siderophore 생성능, 식물병원성 진균 세포성분 분해효소 생성능, 항균 물질 생성능) 등 식물의 생육 촉진과 식물병 방제 효과를 동시에 나타내는 길항미생물을 분리, 선발하였으며, 각종 생리활성을 조사함으로써 농업용 다기능성 미생물자원을 확보하고자 하였다.

재료 및 방법

미생물의 배양

본 연구에서 사용한 세균은 식물 및 토양으로부터 임의로 분리한 것으로, 분리 세균은 백금이를 이용하여 Mueller Hinton agar (MHA) 평판배지에 도말한 후 27°C에서 2일간 배양하고 단 콜로니를 분리하였다. 분리된 콜로니는 Mueller

*Corresponding author <E-mail : bsyun@jbnu.ac.kr>

Hinton broth (MHB) 배지에 27°C에서 3일간 배양한 다음 8000 rpm에서 20분간 원심분리하여 균체와 배양여액으로 나누어 후 사용하였다.

Siderophore 생산균주의 선발

Siderophore 생산균주를 Schwyn과 Neilands의 siderophore 검출 방법인 Chrome Azurol Sulfonate (CAS, Sigma) assay로 선발 하였다. 증류수 50 ml에 CAS 60.5 mg을 넣고 천천히 저으면서 72.9 mg의 HDTMA (Hexadecyltrimethylammonium bromide)를 증류수 40 ml에 녹인 용액을 첨가시켜 고압 멸균하여 진한 청색염료 용액을 준비 한 다음 H₂O 750 ml, 10X MM9 salt 100 ml, agar 15 g, Pipes 30.24 g, 10% casamino acid 용액 30 ml, carbon source와 vitamin 등을 혼합한 용액 (pH 6.8)을 고압 멸균하여 50°C로 식힌 후 준비해 둔 CAS 염료용액을 거품이 나지 않도록 첨가하여 plate에 분주하여 제조한 CAS 평판배지에 배양액 20 µl를 점적하고 30°C에서 2일간 배양한 후 주위에 orange halo zone의 생성을 확인 하였다. 또한 탈철화 배지인 King's B 배지에서 배양한 후 형광성 여부를 확인하였다.

항진균 활성 조사

선발된 균주들의 항진균 활성물질의 생산을 확인하기 위하여 식물병원진균인 *Botrytis cinerea*, *Cylindrocarpum destructans*, *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora capsici*, *Rhizotonia solani*를 대상으로 paper disk법으로 생육저지대 생성 유무를 조사하였다.

Lytic enzyme 생산성 조사

선발된 다기능 균주들의 lytic enzyme 생산을 확인하기 위해 각각의 선별배지를 사용하였다. 먼저 cellulase 생산능은 Nutrient agar에 1% carboxymethyl-cellulose (CMC)를 함유한 CMC agar에 각 선발 균주를 이주시개로 점적 점종하여 2일간 30°C에서 배양한 후 Congo red plate방법 (Teather and Wood, 1982)으로 cellulase의 생산을 확인하였다. 또한, 다른 식물병원성 진균 세포성분 분해 효소 (chitinase, pectinase, protease, amylase)의 활성은 표준방법 (Gerhardt *et al.*, 1981)에 의하여 분석하였다.

불용성 인산 가용성 조사

불용성 인산 가용성은 NBRIP agar plate(glucose 1%, (NH₄)₂SO₄ 0.01%, MgSO₄ 7H₂O 0.025%, MgCl₂ 6H₂O 0.5%, KCl 0.02% 및 불용성 인산원으로 Ca₃(PO₄)₂ 0.5%, pH 7.0)를 사용한 plate assay method로 확인하였다 (Ryu *et al.*, 2006). 순수 분리된 미생물을 NBRIP agar plate에 희석 도말한 후, 30°C에서 일정시간 배양하면서 콜로니 주위에 투명대를 생성하는 것을 불용성 인산 가용성이 있는 것으로 결정하였다. 투명대는 미생물에 의해 불용성 인산이 가용화되었음을 나타내는 지표이다 (Gupta *et al.*, 1994).

Indole-3-acetic acid (IAA) 생성능 조사

대표적인 식물생장 호르몬인 IAA의 생성능은 Tang과 Bonner의 방법 (Tang and Bonner, 1947)에 의하여 확인 하였다. 순수 분리된 미생물을 King's B medium (proteose peptone No.3 2%, K₂HPO₄ 0.15%, MgSO₄ 7H₂O 0.15%, glycerol 1.5%, pH 7.0)에 접종한 후, 30°C, 180 rpm에서 2일간 배양하였다. 균체를 제거한 배양 상등액을 Salkowsky reagent와 혼합하여 30분간 반응시킨 후, 반응액의 색상이 분홍색으로 전환된 것을 IAA 생성능이 있는 것으로 결정하였다.

선발균의 생장속진 조사

선발균주의 식물생장 촉진효과는 토양 관주에 의하여 조사하였다. 바로커 상토(한국농자재 주식회사)를 121°C에서 30분간 멸균한 후 지름 10 cm 포트에 200 g 채우고 고추 종자(마니파, 농우바이오)를 파종하였다. 종자 파종 후 길항균 배양액을 포트 당 30 ml씩 분주하고 25~30°C의 하우스에서 재배하였으며, 각각의 처리구는 10개의 포트씩 3회 반복으로 실시하였다. 이때 대조구는 길항균을 접종하지 않은 멸균된 배지만 처리한 상토에 심은 종자로 하였으며, 실험구와 대조구는 동일한 조건에서 4주간 생육시킨 후 흙을 물로 씻어 내고 실온에서 완전히 건조시킨 후 고추 유묘의 지체부 길이 및 생체중 그리고 뿌리의 무게를 측정하였다.

토마토 유묘를 이용한 선발균의 생물방제력 확인

선발된 길항균들이 식물병 방제에 효과적인지를 알아보기 위하여 토마토 유묘를 대상으로 잣빛곰팡이병 방제실험을 실시하였다. 먼저 온실조건에서 재배한 토마토 유묘 (서광품종, 4~5엽기)에 균 배양여액을 분무 살포하고 풍건한 후 잣빛곰팡이균 포자현탁액 (10⁵ conidia/ml)을 살포 접종하였다. 유묘는 25°C, 습실 조건에서 3~5일간 배양하면서 발병을 유도하였다. 토마토 잣빛곰팡이병에 대한 선발균의 방제 효과는 토마토 유묘 잎의 병반 면적율을 이용하여 조사하였다(Choi *et al.*, 2009). 병 방제활성의 재현성 확인은 유묘 25주씩을 대상으로 3회 반복하여 실시하였다.

결과 및 고찰

생물적 방제 및 생물비료 활성을 갖는 미생물의 분리

식물의 성장 촉진 및 병원성곰팡이에 대한 항진균 활성을 갖는 다목적의 미생물을 확보하고자 분리한 세균 120 균주를 각각 배양 후 원심분리한 상등액을 이용하여 siderophore 생성능을 조사한 결과 BS11-1, BS11-2, BS11-3 균주에서 높은 siderophore 생산을 확인할 수 있었다. Siderophore를 생산하는 균주의 선발은 CAS를 사용한 정성적인 chromogenic assay로 하였다. CAS agar plate에 well을 만들

어 배양액을 넣고 30°C에서 2일간 배양하면 siderophore 생산 균주는 강한 킬레이트인 siderophore가 CAS 용액의 Fe(III)과 결합하여 well주위에 orange zone을 형성하는 것을 확인할 수 있었다. 본 실험실에서 확보하고 있는 120 균주 중 콜로니 형태가 상이한 BS11-1, BS11-2, BS11-3의 세 균주가 CAS plate에서 orange halo zone을 형성하여 siderophore 생산 균주로 확인되었다(Table 2). Siderophore는 철이온 특이 결합물질로서 식물병원균의 생육을 저해하는 경쟁적 길항작용을 합과 동시에 식물이 이용할 수 없는 철을 가용화 시킴으로서 식물 성장에 도움이 되는 것으로 알려져 있다 (Gerhardt *et al.*, 1981). 이들 120 균주를 대상으로 대표적인 토양 식물병원균인 *B. cinerea*, *C. destructans*, *F. oxysporum*, *P. capsici*, *R. solani*에 대한 길항능을 paper disk 법으로 조사한 결과, siderophore 생성능이 우수한 BS11-1, BS11-2, BS11-3 균주에서 높은 항진균 활성이 확인되었으며, 이들 세 균주를 다기능성 미생물제 개발을 위한 활성균으로 최종 선발하였다(Table 1). 이들 균주의 강력한 길항작용으로 보아 siderophore 이외에 항생물질과 같은 길항물질을 생산할 것으로 예상되며 추후 추가 실험을 통해 확인하고자 한다. 또한 Table 2와 같이 선발균들은 cellulose, protease 등 식물병원성 진균의 세포성분을 분해 할 수 있는 효소를 생성하였는데 *P. capsici*의 경우 세포벽이 cellulose로 구성되어 있어 이들 균들이 생산하는 cellulase의 작용으로 세포벽의 용균작용이 일어날 수 있을 것으로 생각된다.

선발균의 생물비료로서의 활용가능성을 조사한 결과, 균체를 제거한 배양 상등액이 Salkowsky reagent에 의하여 분홍색으로 변함에 따라 선발 균주 모두 IAA 생성능이 있음을 확인하였으나 생물비료 활성의 하나로 토양 내 불용성 형태로 다량 축적되어 있는 인산염을 가용화시킬 수

있는 능력을 알아보기 위해 실시한 NBRIP agar plate에서는 불용성 인산 가용능이 관찰되지 않았다(Table 3). IAA는 대표적인 식물 성장 호르몬으로서 식물의 신장을 촉진시키는 작용 외에 뿌리 신장, 과실 형성 등을 촉진하는 것으로 알려져 있으며, *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Bacillus* 속 등에서 보고되어 있다 (Jung *et al.*, 2007; Khalid *et al.*, 2004). 선발된 활성균 BS11-1, 11-2, 11-3은 MHA(mueller hinton agar) 평판배지에서 배양 시 콜로니 형태가 상이하고 액체 배양 시 특정의 색소를 생성하여 형태학적, 배양적 특성이 다른 것으로 확인 되었으며 이들의 생화학적 특성 및 16S rDNA 염기서열 분석을 통한 동정이 진행 중이다.

선발균에 의한 식물생장 촉진 효과

고추 유묘를 대상으로 균 배양액 관주 시 식물 생장 촉진 효과를 조사한 결과, 무처리와 비교하였을 때 BS11-1, BS11-2, BS11-3은 고추 유묘의 생육을 132%, 122%, 120% 촉진 시켰으며, BS11-1, BS11-2 균주의 경우 뿌리의 무게가 140%와 125% 증가한 것을 알 수 있었다(Table 4). 이들 균주들은 *P. capsici*를 비롯한 토양 식물병원균에 대한 항진균 활성이 우수하여 식물 뿌리의 신장 등 작물의 생육을 촉진하는 식물생장 촉진형 생물방제제로서의 활용이 가능할 것으로 생각된다.

선발균의 생물방제 효과

길항 선발균을 대상으로 토마토 잿빛곰팡이병에 대한 방제 실험을 실시한 결과, 세 균주 모두 50%이상의 방제활성을 나타내었으며 특히 BS11-1과 11-3 균주의 경우 70.5%의 높은 병 방제 효과를 나타내었다(Fig. 1). 이는 선발 길항균

Table 1. Antifungal activity of the selected bacterial strains against phytopathogenic fungi

Phytopathogenic fungi	Antifungal activity (mm)		
	BS11-1	BS11-2	BS11-3
<i>Botrytis cinerea</i>	14.0	11.0	12.4
<i>Cylindrocarpum destructans</i>	12.3	0	12.0
<i>Fusarium oxysporum</i>	14.0	10.3	13.8
<i>Phytophthora capsici</i>	25.3	17.6	26.0
<i>Rhizoctonia solani</i>	33.0	22.3	27.4

Table 2. Production of siderophore and lytic enzyme by the selected bacterial strains

Strains	Activity zone (mm)			
	Production of siderophore	Cellulase activity	Chitinase activity	Protease activity
BS11-1	24.8	28.3	0	26.0
BS11-2	24.0	30.0	0	23.0
BS11-3	26.0	34.1	0	23.2

Table 3. Plant growth promoting activities of the selected bacterial strains

Strains	Solubilization of inorganic phosphate	Production of indole-3-acetic acid
BS11-1	-	+
BS11-2	-	+
BS11-3	-	+

Table 4. The effect of selected bacterial strains on growth of pepper seedlings

	Plant length (cm)	Root weight (g)
BS11-1	39.6 ± 0.76 ^b	4.37 ± 0.76
BS11-2	36.6 ± 1.78	3.89 ± 0.84
BS11-3	36.1 ± 0.50	2.49 ± 0.54
Control ^a	30.0 ± 2.85	3.10 ± 0.37

^aControl: Muller hinton broth

^bSTD: Standard deviation

Each value is the mean of 30 replicates.

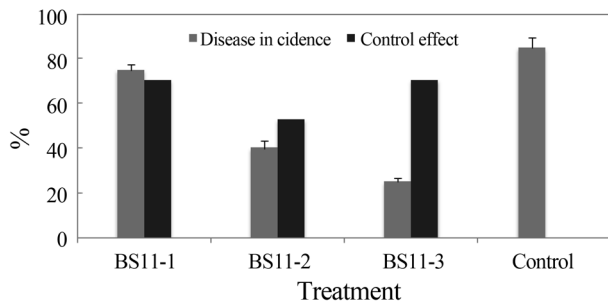


Fig. 1. Control effect of the selected bacterial strains against gray mold of tomato seedling. Data represent means of 25°C replications of each treatment. The experiment was repeated three times.

BS11-1, BS11-2 및 BS11-3이 *in vitro* 실험에서 확인된 항진균성 siderophore와 cellulase, protease 이외에 항진균성 항생물질을 생산함을 유추할 수 있는 결과이다. 따라서 이들 길항균을 미생물비료로 경작지에 적용한다면 질병의 방제와 함께 그들이 생산하는 IAA로 인한 작물의 생육촉진으로 농가에 수익 증대 효과를 줄 수 있을 것으로 생각된다.

적요

작물의 생육촉진 및 식물 진균병의 생물방제능을 동시에 나타내는 다기능성 미생물제제를 개발하고자 토양으로부터 분리하여 보관중인 세균 120종의 활성을 검토하였다. 그 중 siderophore를 생성하고 항진균 활성을 보이는 BS11-1, BS11-2, BS11-3를 선발하였다. 이들 균주는 cellulase, protease 같은 lytic enzyme를 생산하였으며 식물성장 촉진 호르몬 중의 하나인 IAA를 생성하였다. 이들 선발균들에 의한 식물생장 촉진을 조사한 결과, BS11-1, BS11-2, BS11-3 균 배양액 관주 시 고추 유묘의 생육을 132%, 122%, 120% 증가시켰으며, BS11-1, BS11-2 균주의 경우 뿌리의 신장 및 생육이 촉진되었음을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업 및 2009년 교육과학기술부 학문후속세대양성 사업(351-2009-1-F00007)의 재원에 의해 이루어진 것입니다.

참고문헌

Choi, G. J., J. C. Kim, K. S. Jang, M. H. Nam, S. W. Lee, and H. T. Kim. 2009. Biocontrol activity of *Acremonium strictum* BCP against *Botrytis* disease. *Plant Pathol. J.* 25:165-171.
Gerhardt, P., R. G. E. Murray, R. N. Costilow, E. W. Nester, W. A. Wood, N. R. Krieg and G. B. Phillips. 1981. *Manual of methods for general bacteriology*. American Society for Microbiology,

Washington, D. C. Gupta, R., R. Singal, A. Shankar, R. Chander and R. K. Saxena. 1994. A modified plate assay for screening phosphate solubilizing microorganisms. *J. Gen. Appl. Microbiol.* 40:255-260.
Han, K. H., C. U. Lee, and S. D. Kim. 1999. Antagonistic role of chitinase and antibiotic produced by *Promicromonospora* sp. KH-28 toward *F. oxysporum*. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 27:349-353.
Imamura, N., T. Ishikawa, T. Ohtsuka, K. Yamamoto, M. Dekura, H. Fukami, and R. Nishida. 2000. An antibiotic from *Penicillium* sp. covering the cocoon of the leaf-rolling moth, dactyloglyphatona. *Biosci. Biotech. Bioch.* 64:2216-2217.
Jeong, D. H., K. D. Park, S. H. Kim, K. R. Kim, S. W. Choi, J. T. Kim, K. H. Choi, and J. H. Kim. 2004. Identification of *Streptomyces* sp. producing antibiotics against phytopathogenic fungi, and its structure. *J. Microbiol. Biotechnol.* 14:212-215.
Jung, H. I., K. K. Kim, H. C. Park, S. M. Lee, Y. G. Kim, H. S. Kim, C. Y. Lee, H. J. Son. 2007. Isolation and characteristics of bacterial showing biocontrol and biofertilizing activities. *J. Life Science.* 17:1682-1688.
Jung, H. K., and S. D. Kim. 2004. Selection and antagonistic mechanism of *Pseudomonas fluorescens* 4059 against phytophthora blight disease. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* 32:312-316.
Jung, H. K., J. R. Kim, S. M. Woo, and S. D. Kim. 2006. An auxin producing plant growth promoting rhizobacterium *Bacillus subtilis* AH18 which has siderophore-Producing biocontrol activity. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* 34:94-100.
Khalid, A., M. Arshad and Z. A. Zahir. 2004. Screening of plant growth-promoting rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. *J. Appl. Microbiol.* 96:473-480.
Kim, K. Y., and S. D. Kim. 1997. Biological control of *Pyricularia arylae* blast spot with the antibiotic substances produced by *Bacillus* sp. KL-3. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 25: 396-402.
Lee, I. K., C. J. Kim, S. D. Kim, and I. D. Yoo. 1990. Antifungal antibiotic against fruit rot disease of red pepper from *Streptomyces parvulus*. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 18:142-147.
Lee, M. W. 1997. Root colonization by beneficial *Pseudomonas* spp. and bioassay of suppression of *Fusarium wilt* of radish. *The Kor. J. Mycol.* 25: 10-20.
Lee S. Y., S. B. Lee, Y. K. Kim, and H. G. Kim. 2004. Effect of agrochemicals on mycelial growth and spore germination of a hyperparasite, *Ampelomyces quisqualis* 94013 for controlling cucumber powdery mildew. *Kor. J. Pesti. Sci.* 8:71-78.
Lim, H. S. and S. D. Kim. 1995. The role and characterization of β -1,3-glucanase in biocontrol of *Fusarium solani* by *Pseudomonas stutzeri*. *J. Microbiol.* 33:295-304.
Liu, L., J. W. Kloepper, and S. Tuzun. 1995. Induction of systemic resistance in cucumber by plant growth-promoting rhizobacteria: duration of protection and effect of host resistance on protection and root colonization. *Phytopathology.* 85:1064-1068.
Neilsen, J. B. 1984. Siderophores of bacteria and fungi. *Microbiol. Sci.* 1:9-14.
Paulitz, T. C. and J. E. Loper. 1991. Lack of a role for fluorescent siderophore production in the biological control of *Phytophthora damping-off* of cucumber by a strain of *Pseudomonas putida*. *Phytopathology.* 81:930-935.
Ping, L., and W. Boland. 2004. Signals from the underground: bacterial volatiles promote growth in *Arabidopsis*. *Trends Pl. Sic.* 9:263-266.
Ryu, J. H., Madhaiyan, M., Poonguzhali, S., Yim, W. J., Indiragandhi,

- P., Kim, K. A., Anandham, R., Yun, J. C., Kim, K. H., Sa, T. M. 2006. Plant growth substances produced by *Methylobacterium* spp. and their effect on Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) and red pepper (*Capsium annuum* L.) growth. *J. Microbiol. Biotechnol.* 16:1622-1628.
- Scher, F. M., and R. Baker. 1982. Effect of *Pseudomonas putida* and a synthetic iron chelator on induction of soil suppressiveness to *Fusarium wilt* pathogens. *Phytopathology.* 72:1567-1573.
- Schwyn, B. and Neiland, J. B. 1987. Universal chemical assay for the detection and determination of siderophores. *Anal. Biochem.* 160, 47-56
- Tang, Y. W. and J. Bonner. 1947. The enzymatic inactivation of indole acetic acid I. Some characteristics of the enzyme contained in pea seedlings. *Arch. Biochem.* 13:17-25.
- Teather, R. and Wood, P. J. 1982 Use of congo red polysaccharide interactions in enumeration and characterization of cellulolytic bacteria from the bovine rumen. *Appl. Environ. Microbiol.* 43:777-780.
- Woo, S. M., J. U. Woo, and S. D. Kim. 2007. Purification and characterization of the siderophore from *Bacillus licheniformis* K11, a multi-functional plant growth promoting rhizobacterium. *Kor. J. Microbial. Biotechn.* 35:128-134.
- Yun, G. H., E. T. Lee, and S. D. Kim. 2001. Identification and antifungal antagonism of *Chryseomonas luteola* 5042 against *Phytophthora capsici*. *Kor. J. Appl. Microbial. Biotechnol.* 29:186-193.