수종의 식물생장촉진 근권세균이 암면과 코코피트경 오이의 생장에 미치는 영향

趙自容* · 池年泰** · 鄭淳柱*
全南大學校 農科大學 園藝學科** · 全南大學校 農科大學 遺傳工學科**

Effects of Various Plant Growth Promoting Rhizobacteria on the Growth of Hydroponically Grown Cucumber Plants in Rockwool and Cocopeat Culture

Cho Ja-Yong* · Chi Yeon-Tae** · Chung Soon-Ju*
Dept. of Horticulture, Chonnam Nat'l Univ., Kwangju 500-757, Korea*
Dept. of Genetic Engineering, Chonnam Nat'l Univ., Kwangju 500-757, Korea**
corresponding author*

ABSTRACT

This study was conducted to clarify the effects of various rhizobacteria in the root zone in terms of *Azospirillum* sp., *Rhodopseudomonas* sp., *Pseudomonas* sp., fusant of *Bacillus* sp. and *Corynebacterium glutamicum* on the growth of hydroponically grown cucumber plants. Densities in bacterial cells of fusant of *Bacillus* sp. and *Corynebacterium glutamicum* at different substrates were in the order of cocopeat > rockwool > nutrient solutions at 4 days after bacterialization. Plant growth promoting effects of the various rhizobacteria on the growth of hydroponically grown cucumber plants were in the order of *Azospirillum* sp. > *Rhodopseudomonas* sp. ≥ fusant of *Bacillus* sp. and *Corynebacterium glutamicum* > *Pseudomonas* sp. > control.

Key words : *Azospirillum* sp., *Rhodopseudomonas* sp., *Pseudomonas* sp., fusant

Ⅰ. 緖 言

최근, 우리나라는 농자재 가격 및 농업용 난방비의 급격한 상승과 더불어 시설원예 농가가 많은 어려움을 겪고 있으며, 이를 극복하기 위한 적정 생산시설 및 재배기술의 개발이 필요한 실정이다. 이와 더불어 양액재배를 포함한 시설원예를 환경부하가 적은 농업으로 개발한다는 측면에서 저농약을 통한 고품질 원예산물의 생산, 폐쇄순환식 양액재배를 이용한 배액의 환경오염방지, 암면에 대한 대체배지로서 다양한 유기물질 농업부산물의 적극적인 이용 및 배지와 생산시설의 국산화, 길항성 유용미생물과 천적을 이용한 생물학적 방제 및 식물생장촉진 근권미생물의 활용을 통한 양수분의 효율적인 이용 등에 관한 새로운 기술개발이 필요한 실정이다(Mishustin과 Naumova, 1962 ; Nah et al., 1997). 이러한 측면에서 유용미생물을 원예분야, 즉 공정육묘와 양액재배에 적극적으로 도입 및 활용하는 연구가 절실히 요구되고 있지만, 우리나라에서는 아직까지 이에 관한 연구가 거의 전무한 실정이다(Van Peer와 Schippers, 1989 ; Cho et al., 1998).

양액재배 근권에서 유용 미생물의 이용은 많은 기대에 비해 선결해야 할 문제가 다소 남아있다. 양액재배는 토양을 대체하여 무기성 고형 및 비고형배지에서 무기양분을 영양원으로 공급하여 작물을 생산하는 방식이기 때문에 유기물을 주 영양원으로 살아가는 근권미생물에게는 생육에 매우 불리한 환경이다(Brown, 1974 ; Barber와 Lynch, 1977 ; Krieg와 Holt, 1984). 양액재배 근권에 입식하고 있는 유용 미생물 및 병원성 미생물들은 이러한 무기성 근권환경에서 무기물 뿐만아니라 뿌리분비물이나 파편, 뿌리조직 등의 유기물을 영양원으로 이용하여 생육하고 있다(Lynch, 1982 ; Cho et al, 1997). 그러므로 양액재배에서 유용미생물의 이용은 균주라는 단일요인뿐만아니라 식물, 근권미생물 및 균주의 영양원이라는 복합적인 관련성 속에서 연구하고 개발해야 할 필요성이 있다(Lynch, 1982 ; Cho et al., 1997).

본 연구에서는 무기성 고형배지인 암면경과 유기성 고형배지인 코코피트경에 수종의 근권세균을 처리하여 오이에 대한 식물생장촉진효과를 구명하므로써 향후 유용미생물을 이용한 환경친화적 양액재배의 기초자료로 활용하고자 실시하였다.

Ⅱ. 材料 및 方法

본 실험은 겨우살이청장오이(*Cucumis sativus* L. ; 홍농종묘)를 공시하여 전남대학교 농과대학 원예학과 시설원예실험포 유리온실(100㎡)에서 1997년 1월부터 12월까지 수행하였다. 오이 종자는 27℃의 항온기에서 최아하여 코코피트를 충진한 50공 트레이에 파종하였으며, 본엽 1매 전개시에 암면큐브와 직경 10㎝×높이 10㎝의 코코피트경 정식용 폿트에 이식하여 山崎處方 1/2배액으로 양액육묘하였다.

Table 1. Chemical composition of the balanced nutrient solution formulated by Japanese Horticulture Experiment Station.

Substance	Chemical formula	Concentration(g/1,000L)
Potassium nitrate	KNO_3	810
Calcium nitrate	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	950
Magnesium sulfate	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	500
Ammonium dihydrogenphosphate	$NH_4H_2PO_4$	155
Iron EDTA	$[CH_2N(CH_2COO)_2]FeNa$	20
Boric acid	$H3BO_3$	3
Maganese chloride	$MnCl_2 \cdot 4H_2O$	2
Zinc sulfate	$ZnSO_4 \cdot H_2O$	0.22
Copper sulfate	$CuSO_4 \cdot 7H_2O$	0.05
Ammonium molybdate	$(NH_4)_2MoO_4$	0.02

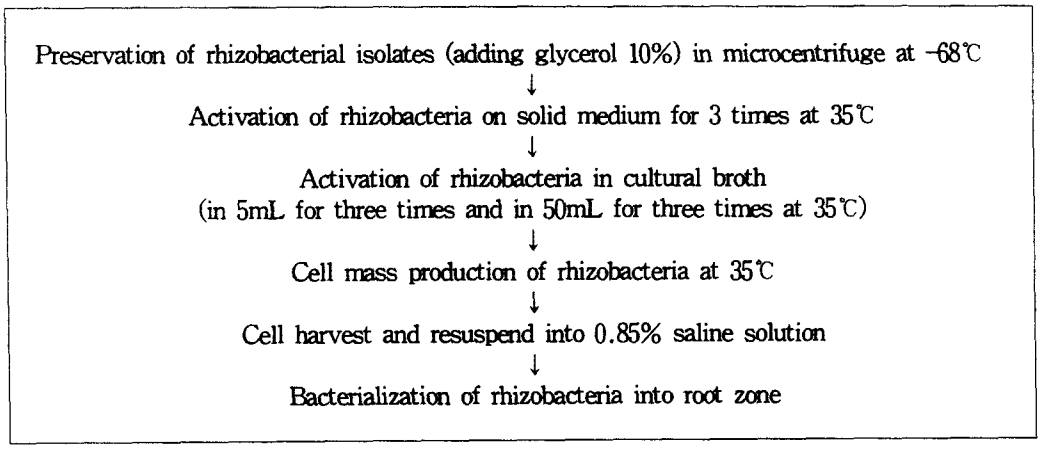

Fig. 1. Bacterialization of plant growth promoting rhizobacteria into the root zone of hydroponically grown cucumber plants.

재배시스템은 암면경과 코코피트경을 사용하였다. 암면경은 L 90㎝×W 20㎝×H 6.5㎝의 암면 슬라브(grodan 社)를 스티로폼 성형베드(세기교역 社) 위에 놓고 점적관수하였다. 코코피트경은 L 100㎝×W 30㎝×H 6.5㎝의 코코피트 슬라브(상품명 Cocovita, 벨지움)를 스티로폼 성형베드(세기교역 社) 위에 놓고 점적관수하였다.

양액공급은 타이머와 솔레노이드 밸브 등을 이용하여 1.5L/일을 오전 10시부터 오후 6시까지 폐액식으로 공급하였으며, 야간급액은 1회 실시하였다. 오이는 암면큐브와 코코피트경 정식용 폿트에 이식한 오이의 뿌리가 저면으로 충분히 뻗어나왔을 때 암면과 코코피트 슬라브에 정식하였다.

균주는 *Azospirillum* sp., *Pseudomonas* sp., *Rhodopseudomonas* sp.(이하 광합성세균 또는 photosynthetic bacteria라 칭함), 및 Cho 등 (1998)이 개발한 *Bacillus* sp.와 *Corynebacterium glutamicum* ATCC 13058과의 융합균주(이하 fusant 또는 융합균주라 칭함) 등을 공시하였다 (Cho et al., 1998). 균주를 배양한 배양액은 2,000rpm(5℃)으로 15분간 원심분리한 후, 0.85% 생리식염수로 희석한 후 양액재배 근권에 처리하였다. 균주의 근권처리는 종자를 파종전 육묘용토내 혼입처리와 정식전 슬라브내에 각각 1회 실시하였다(그림 1). 암면 슬라브내에 균주배양액을 처리할 경우 영양원으로 glucose 0.01%를 양액과 함께 공급하였다. 처리에 따른 생육조사는 초장, 경경, 엽수, 엽면적, 엽과 경의 생체중 및 건물중 등을 정식후 60일에 실시하였다. 엽면적은 Delta-T area meter (CB 3535, OEJ, U.K.)로 측정하였고, 건물중은 80℃의 dry oven에서 48시간 정도 건조시킨후 정량하였다.

Ⅲ. 結果 및 考察

1. 배지내 균주의 밀도변화

공시균주중에서 대표적으로 융합균주(*Bacillus* sp.와 *Corynebacterium glutamicum* ATCC 13058과의 융합균주)를 대상으로 배양액 탱크, 암면과 코코피트경의 슬라브에서 균주의 근권처리후 생장변화양상을 측정한 결과는 〈그림 2〉와 같다.

오이의 양액재배에서 사용한 근권세균류중에서 융합균주를 대상으로 배양액 탱크 및 암면과 코코피트의 슬라브에 균주를 처리한 후 균주의 밀도변화를 측정한 결과 양액탱크내에서는 균주처리후 4일에 균주의 밀도가 현저히 저하하는 것을 알 수 있었다. 또한, 코코피트에서의 균주 밀도변화는 적은 폭으로 완만하게 감소하였으나, 암면에서는 처리후 4일에 현저히 감소하였다. 즉, 근권의 배지가 미생물의 생장에 양호한 유기물이 첨가된 코코피트경보다는 무기물질 고형배지로 조성된 암면경에서 균주의 생장이 불량하여 일정량의 탄소/질소원 등 균주의 영양원을 공급하므로써 유용균주의 활성을 높이는 것이 필요할 것으로 생각되었다(Brown, 1974). 또한, 배양액중에도 소량의 유기물질 탄소/질소원을 공급하므로 유용균주의 생장 및 밀도를 일정하게 유지하며, 식물체의 뿌리에 균주가 함유된 양액을 공급하여 식물의 생육을 촉진하고 뿌리전염성 병원균의 생장을 억제하는 등 양액재배에서 유용미생물의 활성을 높이는 연구가 더 많이 수행되어야 할 필요성이 있는 것으로 생각되었다.

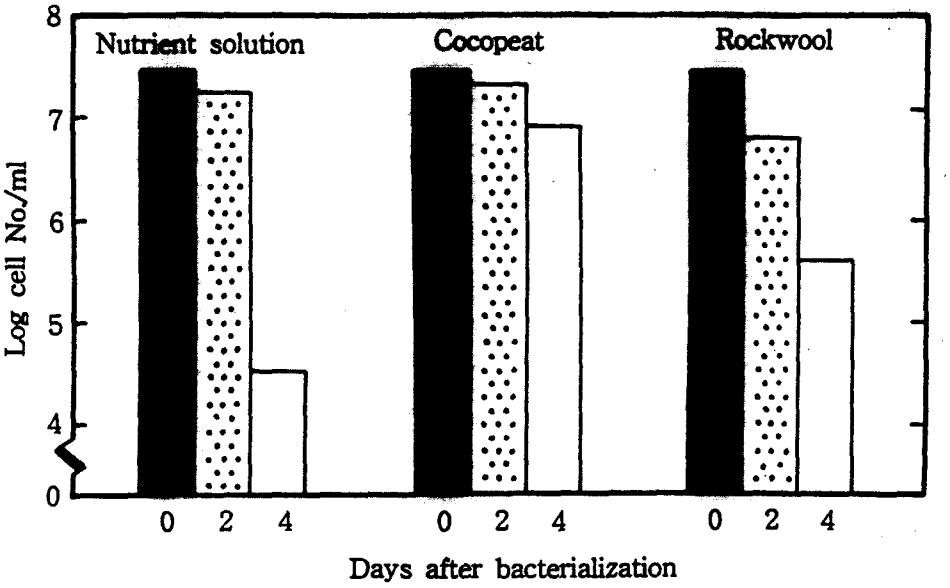

Fig. 2. Changes in the microbial growth of fusant of Bacillus sp. and Corynebacterium glutamicum ATCC 13058 in the nutrient solution, and the root zone of rockwool and cocopeat culture.
(■ : 0 DAB[z], ▨ : 2 DAB, □ : 4 DAB)
[z] Days after bacterialization

2. 암면재배 오이의 생장특성

암면경 오이에 수종의 근권세균 현탁액을 처리한 후 오이의 생장을 정식후 60일에 측정한 결과는 〈표 2〉와 같다.

Table 2. Growth characteristics of hydroponically grown cucumber plants as affected by the bacterialization of the various rhizobacteria into the root zone in rockwool culture.
Data were obtained at 60 days after transplanting.

Characters / Strains[y]	Plant ht. (cm)	Stem dia. (mm)	No. of leaves	Leaf area (cm^2)	Fresh wt.(g/plant) Leaf	Fresh wt.(g/plant) Stem	Dry wt.(g/plant) Leaf	Dry wt.(g/plant) Stem
Control	167.5b[z]	11.6	15.8	3,502.7b	185.4b	96.7b	14.9b	7.9
Azospirillum sp.	186.7a	12.4	16.1	4,359.4a	206.7a	110.4a	17.0a	8.9
Rhodopseudomonas sp.	190.1a	12.6	16.2	4,294.0a	203.8a	109.8a	16.7a	8.7
Pseudomonas sp.	170.4b	11.7	15.9	3,870.9ab	192.7ab	98.4b	15.2b	8.0
Fusants[x]	180.9ab	12.1	16.0	4,104.6a	196.4ab	104.7a	16.2ab	8.2

[z] Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level
[y] Bacterialization of *Azospirillum* sp., *Rhodopseudomonas* sp., *Pseudomonas* sp. and fusant into root zone were 6.5×10^7 cells/g, 8.9×10^5 cells/g, 9.0×10^6 cells/g and 2.9×10^5 cells/g, respectively
[x] Fusant of *Bacillus* sp. JY103R and *Corynebacterium glutamicum* ATCC 13058 K

전반적으로 *Azospirillum* sp., 광합성세균, 융합균주 등의 현탁액을 처리한 경우에 암면경 오이의 생장이 대조구에 비해 촉진되었으며, *Pseudomonas* sp.의 근권처리시에는 대조구에 비해 생장이 다소 촉진되기는 하였지만 통계적 유의차는 보이지 않았다. 초장의 생장반응을 보면 *Azospirillum* sp. > 광합성세균 ≥ 융합균주 > *Pseudomonas* sp. > 대조구 등의 순으로 나타났으며, 엽면적, 엽과 경의 생체중 및 건물중 등도 이와 유사한 경향을 보였다. 특히, 광합성 작용에 필요한 엽면적 확보를 보면 *Azospirillum* sp., 광합성세균 및 융합균주 등을 처리시에 4,104.6~4,359.3㎠ 정도로서 대조구의 3,502.7㎠에 비해 약 601.9~856.6㎠ 정도 증가한 것으로 나타나, 균주처리에 따른 생장초기의 많은 엽면적의 확보는 암면재배 오이의 후기생장 및 과실생장에도 좋은 영향을 미칠 수 있을 것으로 생각되었다.

양액재배에서 균주처리에 의한 식물생장촉진효과를 보면, *Azospirillum* sp.는 질소고정과 뿌리전염성 병원균에 대한 항균작용 및 양수분의 효율적인 이용(Morgenstern과 Okon, 1987 ; Cho와 Chung, 1998), 광합성세균은 광합성물질 및 다양한 생리활성물질의 생산(Nah et al., 1997), *Bacillus* sp.와 *Pseudomonas* sp.는 siderophores 등을 포함한 살균성 단백질 및 생리활성물질의 생산(Mishustin과 Naumova, 1962 ; Brown, 1974 ; Lynch, 1982 ; Schippers et al., 1987) 등이 식물생장촉진에 관여하는 것으로 보고되고 있다. Van Peer와 Schippers(1989)는 토마토, 오이, 상추 및 감자 등의 양액재배시 식물생장촉진 근권미생물(plant growth promoting rhizobacteria ; PGPR)로서 수종의 *Pseudomonas* sp.를 처리하여 지상부와 지하부의 생체중을 증가시킬 수 있었으며, 근권에서 균주처리에 의한 유해미생물의 생장억제가 식물생장촉진과 많은 관련성을 갖고 있다고 보고하였다. 그러나, 본 실험의 경우 *Pseudomonas* sp.의 처리에 의한 식물생장촉진효과는 다른 균주에 비해 현저히 낮았는데, 이는 균주가 갖는 효과 뿐만아니라 균주의 처리농도를 달리하여 처리해 볼 필요성이 있는 것으로 생각되었다(Brown, 1974 ; Cho와 Chung, 1998).

또한, 균주처리에 따른 오이의 생장반응은 균주의 처리농도와 균주의 활성이 유지되는 근권환경의 차이에 따라서도 달리 나타날 것으로 생각되며, 앞으로 균주의 활성을 극대화할 수 있는 근권환경의 제반요인을 고려하고, 식물생장촉진에 관여되는 균주의 생리활성물질도 상세하게 구명되어야 할 필요성이 있는 것으로 생각되었다(Barber와 Lynch, 1977 ; Cho et al., 1998).

3. 코코피트경 오이의 생장특성

유기물질 고형배지인 코코피트경에 수종의 세균류를 근권처리하고, 오이를 재배하여 정식후 60일에 측정한 결과는 〈표 3〉과 같다.

균주의 종류에 따른 코코피트경 오이의 생장차이는 암면경 오이와 거의 비슷한 경향을 보였다. 대조구에 비해 *Azospirillum* sp., 광합성세균 및 융합균주 등은 오이의 생장을 촉진한 반면, *Pseudomonas* sp.는 생장촉진효과가 다소 있었으나 통계적 유의차는 보이지 않았다. Glucose 1%를 함유한 양액을 공급하여 암면경으로 재배한 오이에 비해서 코코피트경으로 재배

한 오이의 생장이 전반적으로 더 좋은 것으로 나타났다(표 2, 3). 이것은 배지의 종류에 따른 양수분관리의 차이보다는 암면경에 비해 코코피트경에서 식물생장촉진 근권미생물이 생육하면서 유용한 활성 및 작용을 갖기에 좋은 근권환경을 조성해 준 결과로 생각되었다. 즉, 양액재배에서 식물은 무기성 다량원소와 미량원소를 영양원으로 이용하여 생장하는 반면, 근권세균류는 영양원으로 유기성 탄소원과 질소원을 다량원소로 이용하고 황(S) 등을 미량원소로 이용하여 생장하기 때문에 고형배지의 종류에 따른 균주의 활성차이에 의하여 식물의 생장차이가 유기되었던 것으로 생각되었다(Barber와 Lynch, 1977 ; Lynch, 1982 ; Krieg와 Holt, 1984).

Table 3. Growth characteristics of hydroponically grown cucumber plants as affected by the bacterialization of the various rhizobacteria into the root zone in the cocopeat culture. Data were obtained at 60 days after transplanting.

Characters / Strains[y]	Plant ht. (cm)	Stem dia. (mm)	No. of leaves	Leaf area (cm^2)	Fresh wt.(g/plant)		Dry wt.(g/plant)	
					Leaf	Stem	Leaf	Stem
Control	223.1b[z]	12.1	18.5	5,857.0b	225.6a	137.1b	18.2b	9.2
Azospirillum sp.	250.7a	12.8	19.0	6,210.4a	241.1a	146.7a	21.9a	9.3
Rhodopseudomonas sp.	258.4a	12.7	18.9	6,267.0a	239.8a	147.0a	21.4a	9.3
Pseudomonas sp.	230.0b	12.2	18.3	5,981.7b	229.4b	138.4b	19.0b	9.1
Fusants[x]	246.1a	12.5	18.4	6,137.9a	236.1ab	144.0a	20.1b	9.2

[z] Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level
[y] Bacterialization of *Azospirillum* sp., *Rhodopseudomonas* sp., *Pseudomonas* sp. and fusant into root zone were 6.5×10^7 cells/g, 8.9×10^5 cells/g, 9.0×10^6 cells/g and 2.9×10^5 cells/g, respectively
[x] Fusant of *Bacillus* sp. JY103R and *Corynebacterium glutamicum* ATCC 13058 K

Cho 등(1997)은 고형배지를 이용한 양액재배시 근권미생물상을 토양재배와 비교하여 보고하였다. 양액재배의 근권에도 다수의 근권미생물이 존재하며 유용 세균류를 양액재배에서 이용하는 것이 가능하다고 보고하였다. 양액재배는 토양재배에 비해 현저히 적으나 다수의 근권미생물이 입식하고 있으며, 배지경중에서 훈탄, 왕겨 등과 같은 유기물의 함량이 많은 고형배지일수록 근권미생물의 밀도가 더 높았던 것으로 보고하였다. 그러므로 암면경이나 펄라이트경과 같이 무기성 고형배지에 식물생장촉진 근권미생물(PGPR)을 이용할 경우에는 양액재배 근권에 외부에서 유기성 탄소/질소원을 공급하거나, 뿌리분비물이나 파편 등을 이용 또는 뿌리와 공생적 관계를 갖는 유용균주의 개발이 필요하다고 생각되었다(Schippers et al., 1987). 그러나, 오이를 장기재배할 경우 발효성 또는 분해능력이 높은 균주를 이용하면 고형배지를 분해하여 배지의 물리화학성이 불량하게 변할 수 있는 위험성이 항상 존재하므로 뿌리와 공생하며 뿌리 전염성 병원균의 생장을 억제하고 뿌리의 양수분 이용성을 향상시키는 균주의 개발이 더 필요할 것으로 생각되었다(Mishustin과 Naumova, 1962 ; Brown, 1974).

Ⅳ. 摘 要

수종의 근권세균이 양액재배 오이의 생장에 미치는 영향을 구명하기 위하여 *Azospirillum* sp., *Rhodopseudomonas* sp., *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp.와 *Corynebacterium glutamicum*간의 융합균주 등을 근권처리하였다. 융합균주의 근권처리후 4일에 세균의 밀도변화를 보면 코코피트 > 암면 > 배양액 등의 순으로 나타났다. 균주의 근권처리에 따른 오이의 생장촉진효과는 암면경보다 코코피트경에서 더 높았으며, 균주의 종류별 오이의 생장촉진효과를 보면 *Azospirillum* sp. > 광합성세균 ≥ 융합균주 > *Pseudomonas* sp. > 대조구 등의 순으로 나타났다.

주요어 : *Azospirillum* sp., *Rhodopseudomonas* sp., *Pseudomonas* sp., 융합균주

引用文獻

1. Barber, D.A., J.M. Lynch. 1977. Microbial growth in the rhizosphere. Soil Biology and Biochemistry 9:305-308.
2. Brown, M.E. 1974. Seed and root bacterialization. Annu. Rev. Phytopathol. 12:181-197.
3. Cho, J.Y., J.I. Cho., and S.J. Chung. 1997. Rhizosphere microorganisms of hydroponically grown cherry tomato and melon plants in substrate culture. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38(5):468-473.
4. Cho, J.Y., J.I. Cho., and S.J. Chung. 1998. Cell fusion of *Bacillus subtilis* and *Corynebacterium glutamicum* and its characteristics and development of effective rhizobacteria for hydroponics. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39(1): In press.
5. Cho, J.Y., S.J. Chung. 1998. Plant growth promoting effects of cultured solution of various rhizobacteria in compost on the early growth of cucumber and tomato plug seedlings. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39(1): In press
6. Krieg, N.R. and J.G. Holt. 1984. Bergey's manual of systematic bacteriology. Williams and Wilkins, Baltimor, pp. 215-232.
7. Lynch, J.M. 1982. Interaction between bacteria and plants in the root environment. Soil Appl. Bacteriol. Symp. Ser. 10:1-23.
8. Mishustin, E.N. and A.N. Naumova. 1962. Bacterial fertilizers, their effectiveness and mode of action. Microbiologiya 31:543-555.
9. Morgenstern, E. and Y. Okon. 1987. Promotion of plant growth and NO_3^- and Rb^+ uptake in *Sorghum bicolor*×*Sorghum sudanense* inoculated with *Azospirillum bransilense* Cd. Arid Soil Res. Rehabil. 1:211-217.

10. Nah, K.C., J.Y. Cho., and S.J. Chung. 1997. Effects of compost supplemented with cultured solution of photosynthetic bacteria (*Rhodopseudomonas capsulatus*) on the early growth of plug seedlings of tomato. Kor. J. Organic Agriculture 5(2):105-115.
11. Schippers, B., A.W. Bakker., and P.A.H.M. Bakker. 1987. Interaction of deleterious and beneficial rhizosphere microorganisms and the effect of cropping practices. Ann. Rev. Phytopathol. 25:339-358.
12. Van Peer, R. and B. Schippers. 1989. Plant growth responses to bacterialization with selected *Pseudomonas* spp. strains and rhizosphere microbial development in hydroponic cultures. Can. J. Microbiol. 35:456-463.