

數種의 植物生長促進 根圈細菌이 '녹광' 고추 幼苗의 初期生長에 미치는 影響

趙自容* · 鄭淳柱

全南大學校 農科大學 園藝學科

Effects of Various Plant Growth Promoting Rhizobacteria on the Early Growth of
Red Pepper Seedlings, *Capsicum annuum* L. cv. Nockkwang

Cho Ja-Yong* · Chung Soon-Ju

Dept. of Horticulture, Chonnam Nat'l Univ., Kwangju 500-757, Korea

corresponding author*

ABSTRACT

Various rhizobacteria was isolated, and was bacterialized into the substrates to clarify the plant growth promoting effects of rhizobacteria on the early growth of red pepper seedlings. Total 125 bacterial isolates were primarily isolated and purified from the soils in greenhouse. And four strains were finally screened, based on the antifungal activities against *Fusarium* sp., *Pythium* sp. and *Rhizoctonia* sp. of red pepper plants. The strongest antifungal strain RB 109 has a antagonistic activity against *Fusarium* sp., *Pythium* sp. and *Rhizoctonia* sp. in terms of 66.0%, 65.0% and 66.1%. Early growth of red pepper seedlings was promoted, when cultured solution of rhizobacteria RB 109 was bacterialized into the substrates. Antifungal rhizobacteria RB 109 was identified as *Pseudomonas* sp. related strains, which has a similarity of 82% to the *Pseudomonas* sp.

Key-words : PGPR, root-infected pathogen, antifungal activity, *Pseudomonas* sp.

I. 緒 言

우리나라의 시설원에 농가에서 사용하고 있는 미생물제제의 시장규모가 지속적으로 증가되고 있는 반면, 농가에 유통되고 있는 미생물제제의 효과와 활성유지에 대한 체계확립은 미흡한 실정으로 이에 대한 대책이 절실하다. 지금까지 원예분야에서 이용되고 있는 유용 미생물제제의 이용을 보면 식물의 성장을 촉진하는 영양원과 병해충을 예방 및 방제하는 생물농약으로서 주로 이용되고 있다. 식물의 성장을 촉진하는 세균류(plant growth promoting rhizobacteria ; PRPR)를 근권에 처리시 식물성장촉진에 관여되는 기작을 보면, 뿌리전염성 병원균의 성장억제(Barber와 Lynch¹⁾, Schippers 등¹⁰⁾), 양수분의 흡수촉진 및 효율적인 이용(Kapulnik 등⁵⁾, Li와 Alexander⁷⁾, Mishustin과 Naumova⁸⁾, 羅 等⁹⁾), 균주가 분비하는 식물성장촉진 홀몬류 등을 포함한 다양한 생리활성물질의 이용(Eklund⁴⁾, Mishustin과 Naumova⁸⁾) 등에 의하여 작물의 성장촉진이 이루어지는 것으로 보고되고 있다. 근권에 처리된 균주는 오랜기간동안 생존하며 식물체에 생리적으로 유용하게 작용해야 한다(Barber와 Lynch¹⁾, 조 등²⁾, Schippers 등¹⁰⁾). 그러므로 원예분야에서 유용균주의 이용은 뿌리전염성 병원균에 대하여 높은 항균작용을 갖고, 다양한 생리활성물질을 분비하여 식물의 성장을 직·간접적으로 촉진하는 균주를 분리하고, 이러한 균주의 활성을 최대화하는 방향으로 개발되어야 한다(Mishustin과 Naumova⁸⁾).

본 연구에서는 시설재배 토양에서 뿌리전염성 병원균에 대한 항균작용을 기초로하여 분리한 근권세균류의 배양액을 코코피트 육묘용토에 혼입처리시 '녹광' 고추의 유묘생장에 미치는 성장촉진효과를 구명하여, 향후 유용 근권세균류를 이용한 환경친화적 농업개발의 기초자료로 활용하고자 실시하였다.

II. 材料 및 方法

본 연구는 1997년 1월부터 1998년 3월까지 전남대학교 농과대학 원예학과 시설원예실험포와 생물공학연구소 및 순천대학교 농과대학 원예학과에서 실시하였다. 시설재배 고추에서 발생하는 위조병원균, 입고병원균, 묘잘룩병원균 등의 뿌리전염성 병원균에 대하여 길항작용이 높은 근권세균류를 분리한 후 균주배양액을 육묘용토에 혼입처리하여 '녹광' 고추(*Capsicum annuum* L. cv. Nockkwang ; 홍농종묘)의 유묘성장촉진에 미치는 영향을 조사하였으며, 식물성장촉진효과가 가장 좋은 균주를 대상으로 동정을 실시하였다.

1. 근권세균류의 분리 및 항균작용

광주광역시 지아동과 신창동의 시설토양을 지표로부터 10cm 정도에서 채취한 후 0.85% 생리식염수를 이용하여 적정농도로 희석한 후 영양한천배지[nutrient agar(NA) medium]에 희석도

말평판법으로 접종하였다. 현탁액을 접종한 배지는 35℃의 incubator에서 24~48시간 정도 암배양한 후 배지상에 나타난 단일 콜로니를 형태적 특징에 따라 순수분리하였다. 길항균의 선별은 시설재배 고추에서 발생하는 위조병원균(*Fusarium* sp.), 묘잘록병원균(*Rhizoctonia* sp.), 입고병원균(*Pythium* sp.) 등에 대하여 항균작용을 갖는 4주의 균주를 감자한천배지(PDA medium)에서 최종적으로 분리하였다.

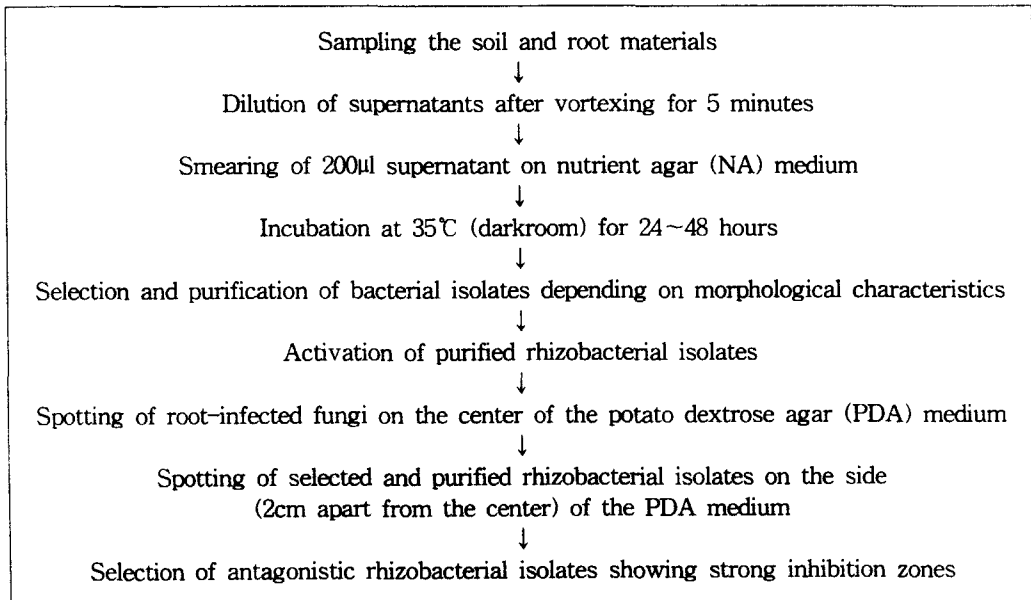


Fig. 1. Selections of antagonistic rhizobacteria against root-infected pathogens of red pepper plants in greenhouse.

2. 고추 유묘의 성장반응

'녹광' 고추(*Capsicum annuum* L. cv. Nockkwang)를 공시하여 100m²의 유리온실에서 수행하였다. 고추 종자는 27℃의 항온기에서 최아하여 코코피트 배지를 증진한 50공 트레이에 파종하였다. 고추의 본엽이 2매 정도 전개되면서부터 W 15cm×H 15cm의 와그너 포트에 정식하여 山崎處方(山崎¹¹⁾) 2/3배액으로 양액육묘하였다. 양액은 1/3HP 모터펌프와 타이머, 스프링클러를 이용하여 오전 10시와 오후 3시경에 7분간 두상살수하여 공급하였다. 균주배양액의 육묘용토내 혼입처리는 충분히 활성화한 각 균주를 영양액체배지(NB medium)에서 24시간 정도 진탕배양한 후 0.85% 생리식염수를 이용하여 균주배양액을 $\times 10^7$ cells/ml의 농도로 희석한 후 균주배양액 1L를 코코피트 배지 500g에 혼입하여 처리하였다. 고추의 생육조사는 균주처리후 50일에 각 처리구별 초장, 엽수, 경경, 엽면적, 최대근장, 각 기관별 생체중 및 건물중 등을 조사하였다. 엽면적은 Delta-T area meter (CB 3535, CBS OEJ, U.K.)로 측정하였고, 건물

중은 80℃의 dry oven에서 48시간 정도 건조시킨후 정량하였다.

3. 길항균의 동정

고추에서 발생하는 뿌리전염성 병원균에 대하여 항균작용이 높고, 육묘용토에 혼입처리시 생장 촉진효과가 가장 우수한 균주를 대상으로 동정을 실시하였다. 균주의 동정은 *Bergey's manual*, *Microbiological method*, 미생물학 실험과 *Biolog system* 등을 기초로 수행하였다. 공시 대조균으로는 *American Type Culture Collection (ATCC)*에서 분양받은 *Pseudomonas sp.* ATCC 31125를 공시하여 본 연구에서 검색 및 분리한 길항세균과 비교하였다(Krieg와 Holt⁶).

Ⅲ. 結果 및 考察

1. 근권세균류의 분리 및 항균작용

광주광역시 북구 신창동과 지아동의 고추 시설재배 토양에서 총 125주의 근권세균류를 균주의 형태적 특징에 기초하여 순수분리하였다. 순수분리한 125주의 근권세균류는 고추에서 발생하는 위조병원균(*Fusarium sp.*), 입고병원균(*Pythium sp.*) 및 묘잘록병원균(*Rhizoctonia sp.*) 등에 대하여 감자한천배지상에서 1차적으로 항균작용을 측정하였다. 항균작용이 우수한 균주를 최종적으로 4주 분리하여 각각 RB 012, RB 087, RB 109 및 RB 127로 각각 명명하였다. <표 1>은 본 실험에서 분리한 길항성 근권세균류가 고추의 위조병원균, 입고병원균 및 묘잘록병원균 등에 대하여 갖는 항균력을 측정한 결과이다.

Table 1. Suppressiveness of antagonistic rhizobacteria against root-infected *Fusarium sp.*, *Pythium sp.* and *Rhizoctonia sp.* of red pepper plants in greenhouse. Antifungal activities were measured at 7 days after incubation (25℃, darkroom).

Characters Strains	<i>Fusarium sp.</i>		<i>Pythium sp.</i>		<i>Rhizoctonia sp.</i>	
	Inhibition zone(mm)	Antifungal activities(%)	Inhibition zone(mm)	Antifungal activities(%)	Inhibition zone(mm)	Antifungal activities(%)
RB 012	4.70	52.0	4.91	54.0	6.94	76.9
RB 087	5.82	63.9	5.62	62.4	5.36	59.3
RB 109	5.86	66.0	5.78	65.0	5.83	66.1
RB 127	4.50	50.0	5.89	65.5	5.61	62.4

$$^2 \text{ Antifungal activities} = \frac{\text{Colony diameter(mm) of antagonistic rhizobacteria}}{\text{Pathogen colony diameter(mm) of no treatment}}$$

전반적으로 RB 109가 위조병원균, 입고병원균 및 묘잘록병원균 등에 대하여 가장 높은 항균 작용을 보이는 것으로 나타났다. 길항성 근권세균류의 고추 위조병원균(*Fusarium sp.*)에 대한

항균작용을 보면 RB 109 > RB 087 > RB 012 > RB 127의 순으로 나타났다. 이러한 경향은 고추의 입고병원균(*Pythium* sp.)과 묘잘록병원균(*Rhizoctonia* sp.)에 대한 항균작용에서도 거의 유사하게 나타났다(표 1).

<그림 2>는 본 실험에서 분리한 근권세균류중에서 고추에서 발생하는 뿌리전염성 병원균에 대하여 항균작용이 가장 우수한 RB 109(표 1)의 위조병원균, 입고병원균 및 묘잘록병원균에 대한 길항력을 측정한 사진이다.

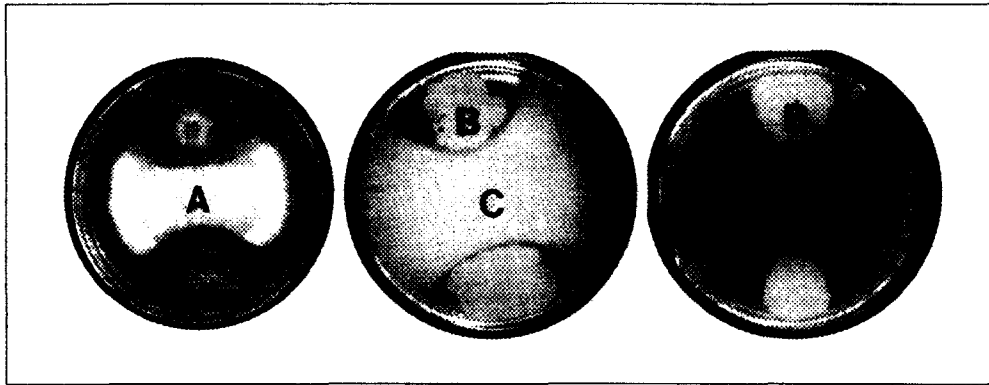


Fig. 2. Inhibition effect of antifungal rhizobacterial isolates against root-infected fungi of red pepper plants in greenhouse. A, B, C and D represent *Fusarium* sp., rhizobacterial isolate RB 109, *Pythium* sp. and *Rhizoctonia* sp.

고추에서 발생하는 뿌리전염성 병원균에 대하여 항균작용이 가장 우수한 RB 109의 길항력을 보면 위조병원균에 대해서는 66.0%, 입고병원균에 대해서는 65.0%, 묘잘록병원균에 대해서는 66.1% 정도로 나타나 전반적으로 60% 이상의 길항작용을 갖는 것으로 보였다.

2. 고추 유묘의 성장반응

<표 2>는 고추에서 발생하는 위조병원균, 입고병원균 및 묘잘록병원균 등에 대하여 항균작용이 높은 4주의 균주 배양액을 각각 육묘용토에 혼입처리시 고추 유묘의 초기생장에 미치는 영향을 측정한 결과이다.

전반적으로 근권세균 RB 087, RB 109 및 RB 127 등이 고추유묘의 성장을 촉진하는 것으로 보였으며, RB 012는 고추유묘의 성장촉진에 별다른 영향을 미치지 않거나 성장을 억제하는 것으로 나타났다. '녹광' 고추의 유묘생장을 촉진했던 3종류의 균주중에서는 RB 109가 가장 많은 성장촉진효과를 보였다. 고추에서 발생하는 위조병원균, 입고병원균 및 묘잘록병원균 등의 뿌리전염성 병원균에 대한 항균작용과 식물촉진효과를 비교해 보면, RB 109를 제외한 나머지 3주의 근권세균은 항균작용과 식물성장촉진효과가 비례하는 것으로 보였다(표 1, 3). 지금까지

식물생장에 유용한 작용을 갖는 균주를 분리했던 연구를 보면, 균주가 갖는 병원균에 대한 항균작용과 다양한 생리활성물질의 생산을 기초로하여 균주를 검색, 분리 및 동정하여 이용하는 경우가 대부분인 것으로 보여지는데^{1,3,5,10}, 본 실험에서 이용한 길항성 균주의 분리 및 근권처리에 의한 식물생장촉진효과도 이와 많은 유사성을 갖는 것으로 보여졌다.

Table 2. Growth characteristics of red pepper seedlings as affected by the bacterialization of cultured solution of antagonistic rhizobacterial isolates in cocopeat at 50 days after treatment.

Characters Rhizobacteria	Plant ht.	Stem	No. of	Leaf area	Top root	DW/FW
	(cm)	dia.(mm)	leaves	(cm ²)	length (cm)	(%)
Control	10.4b ²	3.01b	10.0b	82.0b	9.5b	9.777
RB 012	9.6b	3.00b	9.0b	76.0b	9.3b	10.360
RB 087	15.5a	4.85a	12.0a	154.0ab	16.7a	9.133
RB 109	16.7a	5.26a	13.0a	204.0a	19.5a	9.307
RB 127	16.4a	4.95a	13.0a	172.0ab	16.8a	10.810

Characters Rhizobacteria	Fresh wt.(g/plant)			Dry wt.(g/plant)		
	Leaf	Stem	Root	Leaf	Stem	Root
Control	2.29b	0.55b	0.74b	0.22	0.05	0.08
RB 012	2.47b	0.56b	1.12ab	0.28	0.06	0.09
RB 087	4.67a	1.36a	2.62a	0.47	0.13	0.19
RB 109	5.89a	1.92a	2.29a	0.58	0.20	0.16
RB 127	5.15a	1.69a	1.76ab	0.54	0.18	0.21

² Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

초장생장에 미치는 균주배양액의 육묘용토내 혼입처리효과를 보면 RB 109가 가장 좋았는데, 균주를 전혀 처리하지 않은 대조구에 비해 약 6.3cm 정도 증가한 것으로 나타났다. 경경의 경우도 RB 187, 109 및 127을 근권처리한 경우에 두꺼워 졌으며, 엽수도 1~2매 정도 증가하였다. 광합성작용에 필요한 엽면적의 생장을 보면 균주처리시에 약 154~204cm² 정도로서 대조구에 비해 약 2배 정도 증가하였는데, 이러한 엽면적 생장의 증가는 '녹팡' 고추의 후기생장에 많은 성장촉진효과를 줄 것으로 기대되었다. 또한, 균주배양액의 혼입처리는 주근장의 생장을 촉진하였다. 균주의 근권처리는 엽, 줄기 및 뿌리의 생체중에 많은 영향을 미쳐 처리간 유의차를 보였으나, 건물중은 처리간에 유의성이 없는 것으로 보였다.

본 실험의 경우 전반적으로 근권세균 RB 109가 '녹팡' 고추의 육묘생장에 가장 많은 성장촉진효과를 보여, RB 109를 대상으로 균주의 동정을 실시하였으며 성장촉진에 관여되는 메카니즘에 대해서는 향후 많은 연구가 수행되어야 할 것으로 생각되었다.

3. 길항균의 동정

시설재배 고추에서 발생하는 위조병원균, 입고병원균 및 묘잘록병원균 등에 대하여 길항력이 높고, 육묘용토내 혼입처리시에 식물생장촉진효과가 가장 좋았던 균주 RB 109를 대상으로 균주

의 동정을 실시한 결과 균주의 형태 및 영양원적 주요 특성을 비교한 결과는 <표 3> 및 <표 4>와 같다.

근권세균 RB 109를 동정한 결과 *Pseudomonas* sp.와 약 82% 정도의 유사성을 갖는 균주로 동정되어 *Pseudomonas* sp. RB109로 명명하였다(Krieg와 Holt⁶). *Pseudomonas* sp. RB109는 균체의 크기가 약 1.8 μ m 정도였으며, glucose, sucrose, saccharose 등의 다양한 탄소원에 대하여 높은 이용성을 갖는 것으로 보여졌다. 또한, 4 $^{\circ}$ C의 저온에서는 생장이 가능하나 41 $^{\circ}$ C의 고온에서는 생장이 어려운 특성이 있는 것으로 나타났다.

현재, 식물의 성장을 촉진하고 생산량을 증대시키기 위하여 종자나 뿌리에 *Pseudomonas* sp.를 처리하는 방법이 다양하게 이용되고 있는 것으로 알려져 있다^{4,8,10}. *Pseudomonas* sp.는 양수분의 효율적 이용, 근권에 있는 유해 진균류와 세균류의 성장을 억제하는 길항작용 등에 의하여 식물생장을 촉진하는 것으로 알려져 있다^{4,8,10}. 또한 토착미생물과의 철 흡수 및 이용을 제한하는 것 역시 식물생장촉진에 관여되는 것으로 보여지며^{8,10}, 이밖에 많은 생리활성물질의 작용 메카니즘에 대해서는 지금도 다수의 연구가 수행되고 있다. 본 실험의 경우 *Pseudomonas* sp.의 배양액을 종자과종전 육묘용토와 혼입처리하므로 고추유묘의 생장이 촉진되었던 것을 알 수 있었는데, 성장촉진에 관여하는 *Pseudomonas* sp.의 작용 메카니즘에 대해서는 앞으로도 많은 연구가 수행되어야 할 필요성이 있는 것으로 생각되었다. 또한, 본 실험에서 분리한 균주를 대상으로 다른 작물 및 대단위 공정육묘 등에 활용하는 광역적응성 실험 역시 상세하게 수행되어야 할 것으로 생각되었다.

Table 3. Characteristics of antifungal rhizobacteria RB 109.

Characters	<i>Pseudomonas</i> sp. ATCC 31125	RB 109
Cell length	1.5~3.0 μ m	1.8 μ m
Flagellar	>1	1.6
Pyoverdin production	+	+
Oxidase	+	+
PHB production	-	-
Starch hydrolysis	-	-
Tween 80 hydrolysis	-	-
Denitrification	+	-
Arginine dihydrolase	+	+
D-Xylose	-	+
Glucose	+	+
D-galactose	-	+
D-Fructose	+	+
Sucrose	+	+
Saccharose	+	+
Butyrate	-	+
Sorbitol	+	-
Acetate	+	+
Maltose	-	-

Table 4. Characteristics of antifungal rhizobacteria RB 109.

Characters	<i>Pseudomonas</i> sp. ATCC 31125	RB 109
Ethanol	-	+
Benzoate	+	+
Quinate	+	+
Glycine	-	-
Green pigment	-	-
Propionate	+	+
Butyrate	-	+
Adonitol	+	-
Ethanol	-	+
Growth at 4°C	+	+
Growth at 41°C	-	-
Oxygenase	+	+
Pipicolate	+	+
Cadaverine	+	-

IV. 摘 要

수종의 근권세균류를 시설토양에서 분리한 후 육묘용토에 혼입처리하여 식물생장촉진효과를 측정하였다. 시설토양에서 총 125주의 단일균주를 1차적으로 순수분리하였으며, 고추에서 발생하는 위조병원균, 입고병원균 및 묘잘록병원균 등에 대하여 항균작용이 우수한 4주의 근권세균을 최종적으로 분리하였다. 항균작용이 가장 높았던 균주로는 RB 109로서 위조병원균에 대해서는 66.0%, 입고병원균에 대해서는 65.0%, 묘잘록병원균에 대해서는 66.1% 정도의 항균작용을 나타내 전반적으로 60% 이상의 길항작용을 갖는 것으로 보였다. 길항성 균주 RB 109의 배양액을 육묘용토에 혼입처리시 고추유묘의 초기생장이 촉진되었다. 길항성 세균 RB 109를 동정한 결과 *Pseudomonas* sp.와 82% 정도 유사한 균주로 동정되어 *Pseudomonas* sp. RB 109로 명명하였다.

주요어 : 식물생장촉진 근권미생물, 뿌리전염성 병원균, 항균작용, *Pseudomonas* sp.

引用文獻

1. Barber, D.A. and J.M. Lynch. 1977. Microbial growth in the rhizosphere. Soil Biol. Biochem. 9:305-308.
2. 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.
3. Cho, J.Y., K.S. Kim., and S.J. Chung. 1997. Selection and bacterialization into rootzone of the various plant growth promoting rhizobacteria in peatmoss compost on the early growth of cucumber and tomato plug seedlings. Kor. J. Organic Agriculture 6(1):151-160.
4. Eklund, E. 1970. Secondary effects of some pseudomonads in the rhizoplane of peat grown cucumber plants. Acta Agr. Scand. Suppl. 17:1-57.
5. Kapulnik, Y., R. Gafny. and Y. Okon. 1985. Effect of *Azospirillum* spp. inoculation on root development and NO_3^- uptake in wheat (*Triticum aestivum* cv. Miriam) in hydroponic systems. Can. J. Bot. 63:627-631.
6. Krieg, N.R. and J.G. Holt. 1984. Bergey's manual of systematic bacteriology, Williams and Wilkins, Baltmor. pp. 215-232.
7. Li, D. and M. Alexander. 1988. Co-inoculation with antibiotic-producing bacteria to increase colonization and nodulation by rhizobia. Plant and Soil 108:211-219.
8. Mishustin, E.N. and A.N. Naumova. 1962. Bacterial fertilizers, their effectiveness and mode of action. Microbiologiya 31:543-555.
9. Nah, K.C., J.Y. Cho. and S.J. Chung. 1997. Effects of compost supplemented with cultured solution of photosynthetic bacteria (*Rhodospseudomonas capsulatus*) on the early growth of plug seedlings of tomato. Kor. J. Organic Agriculture 5(2):105-115.

10. 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.
11. 山崎肯哉. 1979. 養液栽培全篇. 博友社 pp.34-49.