光合成細菌 培養液의 床土內 混入處理가 토마토 플러그苗의 幼苗生長에 미치는 影響

羅光出* · 趙自容** · 鄭淳柱**
朝鮮大學校 工業專門大學 食品工學科*, 全南大學校 農科大學 園藝學科**

Effects of Compost Supplemented with Cultured Solution of Photosynthetic Bacteria (Rhodops eudomonas capsulatus) on the Early Growth of Plug Seedlings of Tomato

Nah, Kwang-Chul* · Cho, Ja-Yong** · Chung, Soon-Ju**
Dept. of Food Industry., Technical College., Chosun Univ., Kwangju 501-759, Korea, Dept. of Hort., Chonnam Nat'l., Univ., Kwangju 500-757, Korea**, Corresponding author***

ABSTRACT

This experiment was conducted to clarify the plant growth promoting effects of compost supplemented with cultured solution of photosynthetic bacteria (*Rhodopseudomonas capsulatus*) before sowing on the early growth of plug seedlings of tomato and to evaluate the optimum concentration of bacterialization. Bacterializing concentrations(v/w) to the compost were 2%, 3.3%, 10%, 20% and 50%, respectively. Plant growth in terms of plant height, stem diameter, leaf area, total fresh and dry weight were promoted by the bacterialization of photosynthetic bacteria. Especially, in the plots supplemented with 10 to 20% the early growth was promoted markedly over 2 times. Compositions of photosynthetic bacteria consisted of crude protein 60.7%, soluble carbohydrates 20.1%, crude fat 7.6%, crude fiber 3.2% and crude ash 4.8%, respectively.

Key words : photosynthetic bacteria, *Rhodopseudomonas capsulatus*, tomato seedling, cultural substrates.

Ⅰ. 緖 言

현재 우리나라 유기재배농가에서 실시하고 있는 지속적 농업을 보면 자연계의 유용미생물을 순수분리한 후 대량증식을 하여 이용하고 있다(小林達治[8]). 그러나, 자연계중에 있는 토착균주의 분리 및 배양적 체계에 관한 연구가 아직도 미비한 실정이고, 농업현장에 직접적으로 관련하여 실제적인 문제해결에 중점을 둔 연구가 부족하여 수입 미생물제재에 대한 의존도가 높다. 유용미생물의 농업적 이용을 보면 농업부산물에 대한 부숙촉진효과(Darbyshire와 Greaves[2]), 생물학적 방제원으로서 살균 및 살충력을 이용한 생물농약(Schippers 등[12], Kloepper 등[6]), 미생물이 분비하는 각종 영양 및 생리활성물질을 활용(Okon 등[11], Katznelson와 Bose[5], Duff 등[3])하는 등의 측면에서 이용되고 있다. 유용균주로는 사상균, 방선균, 효모 및 세균 등이 이용되고 있으나, 주로 세균류가 많이 이용되고 있다(Lynch[10]). 지금까지 원예작물에서 이용되고 있는 유용미생물은 *Pseudomonas* sp.와 *Bacillus* sp. 등이 많이 이용되어 왔으나, 용인균, 질소고정균 및 광합성세균 등 새로운 균주의 개발이 활발히 이루어지고 있다(Lifshitz 등[9], Okon 등[11], Kloepper 등[6]).

이 중에서 광합성 세균은 유기·무기성 영양원을 이용하여 광합성산물을 생산하는 것으로 알려져 있다(小林達治[8]). 지금까지는 주로 양어장에서 활어의 영양원으로 많이 이용되어 왔으며, 최근에는 광합성세균의 농업적 이용에 관한 연구와 미생물 상품으로의 개발이 일부 시도되고 있는 실정이다. 그러나, 광합성세균을 원예작물의 육묘나 생장촉진을 목적으로 근권에 처리시 그 적정처리농도와 생장촉진효과에 대한 보고는 거의 없는 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 광합성산물의 생산을 포함한 각종 생리활성물질을 생산하는 것으로 알려진 광합성 세균을 파종전 육묘상토에 농도별로 혼입처리하여 토마토 플러그 유묘에 대한 생장촉진효과를 구명하고 또한 적정 처리농도를 평가하여 향후 원예작물의 생장과 발육촉진을 위해 광합성세균의 효과적 이용을 위한 기초자료를 제공하기 위하여 실시하였다.

Ⅱ. 材料 및 方法

본 실험은 1997년 1월부터 5월까지 전남대학교 농과대학과 조선대학교 공업전문대학 식품공학과에서 실시하였다. 서광토마토(*Lycopersicon esculentum* L. cv. Seokwang : 홍농종묘)를 공시하였으며, 항온기에서 최아시켜 피트모스 혼합배지(짱짱이 2호, 신토산업)를 충진한 50공 트레이에 1월 15일 파종하였다. 광합성세균(*Rhodopseudomonas capsulatus*)은 토마토 종자를 피트모스 혼합배지에 파종하기 전에 육묘용토와 광합성세균의 균주배양액을 혼합하므로써 처리하였다. 광합성세균의 상토혼합처리는 육묘용토 510g을 혼합하는데 필요한 물 1l에 대한 비율로 처리하였으며, 7.5×10^9c.f.u./ml의 농도의 균주배양액을 육묘용토에 무처리, 2%, 3.3%, 10%, 20% 및 50%로 각각 혼합(v/w)하여 근권에 1회 처리하

였고, 균주의 현탁액은 선택배지에서 24시간 동안 배양(30℃)한 배양액을 0.85% 생리식염수로 희석하여 사용하였다.

광합성세균은 자연계에서 분리한 *Rhodospirillaceae*科중 보존력이 양호하고 영양성분의 생성능이 우수한 *R. capsulatus*를 순리분리하였으며, 균주배양은 KH_2PO_4 5g, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 2g, NaCl 2g, NH_4Cl 5g, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ 0.5g, Na-lactate 10g, yeast extract 2g, 증류수 10l을 가압멸균하여 분리된 균주를 접종한 다음 5% 질소가스로 혐기화하여 밀폐하고 5,000~8,000Lux의 광조건하에 30~35℃에서 5일간 배양하였다. 광합성세균 배양액내 조성되어 있는 물질의 분석은 배양액을 원심분리한 다음 세척하여 65℃로 열풍건조하고 분쇄하여 분해시료로 하였다. 조단백질은 Kjeldahl법, 조지방은 ether 추출법, 조섬유는 헨네베르크 및 스토만개량법, 조회분은 탄화법으로 정량하였다. 또한 가용성 탄수화물은 AOAC법으로 정량하였는데, 전체 탄수화물을 ethanol로 추출하여 환원당과 비환원당을 정량하고 추출 잔사를 염산으로 가수분해하여 중화, 제단백한 다음 Somogy법으로 당을 정량하고 환원당은 glucose로, 비환원당은 sucrose로, 그리고 산 가수분해당은 전분으로 환산했다(土壤微生物研究會[4]).

토마토는 본엽 2매 전개시에 직경 15cm, 높이 20cm 높이의 와그너 폿트에 이식하여 재배하였다. 양수분공급은 山崎肯哉 처방액(山崎肯哉[13]) 표준농도를 두상살수로 공급하여 양액육묘하였고, 토마토는 5일간격으로 6회 조사하였으며, 조사항목은 초장, 경경, 엽수, 주근장, 엽면적, 각 기관별 생체중 및 건물중 등을 측정하였고, 상기 얻어진 자료를 이용하여 생장해석을 하여 처리간에 비교검토하였다.

Ⅲ. 結果 및 考察

광합성세균을 배양하여 그 배양액 농도별로 상토에 혼입처리한 후 서광토마토를 육묘하였다. 정식후 30일에 광합성세균의 농도별 처리에 따른 토마토의 유묘생장반응을 보면 <표 1>과 같다.

Table 1. Growth characteristics of tomato seedlings as affected by the bacterialization of photosynthetic bacteria into the compost at 30 days after transplanting.

처리전반적으로 광합성세균의 상토내 혼입비율이 10%와 20%일 경우에 토마토의 생장이 좋은 것으로 나타나 광합성세균의 적정처리농도는 10~20% 정도인 것으로 보였으며, 이러한 생장반응은 초장 뿐만아니라 경경, 엽면적, 각 기관별 생체중 및 건물중에서도 유사하게 나타났다. 초장의 경우 20%와 10% 처리구에서 20.7cm와 20.5cm로 가장 좋았고, 광합성세균을 처리하지 않은 대조구와 비교하여 약 2배 정도로 증가하였다. 또한, 광합성세균의 배양액을 50%로 높게 조성하여 처리하였을 경우에는 20%와 비교하여 생장이 저

하하였으나, 대조구와 비교하면 초장이 약 3.7cm 정도 큰 것으로 나타났다. 현재 농가에서는 광합성세균을 ~10^9c.f.u./ml의 농도로 배양한 후 배양액을 약 3,000배액으로 희석하여 사용한다. 본 실험에서 이와 같은 농도인 3.3%로 희석하여 육묘용토에 혼입처리한 결과 대조구에 비해서 전반적으로 생장이 증가하였으나, 적정처리농도인 10~20%와 비교하면 다소 낮은 생장을 보였다. 엽수는 처리간에 유의성을 보이지 않았으며, 경경의 경우 2%와 3.3%의 처리구에서는 대조구와 거의 같은 정도의 두께를 보였고, 10%와 20%에서는 줄기가 더 두꺼워지는 것으로 나타났다. 광합성작용을 하는 엽면적을 보면 광합성세균을 처리한 모든 처리구에서 증가하였다. 엽·경 및 근 생체중과 건물중을 보면 대조구에 비해서 광합성세균을 처리한 모든 처리구에서 각 기관별 생체중 및 건물중이 증가하였고, 적정 처리농도는 10~20% 정도로 나타났으며, 그 이상의 농도에서는 생체중과 건물중이 약간 저하하는 경향을 보였다. 그러므로 본 실험의 결과 서광토마토의 유묘생장의 촉진에 적합한 광합성세균의 처리농도는 10~20% 정도의 범위인 것으로 나타났다.

<그림 1>은 광합성세균의 배양액을 10%, 20% 및 50%로 조성하여 육묘용토에 혼입처리시 토마토 유묘생장에 미치는 영향을 측정한 결과이다.

Fig 1. Growth responses of tomato seedlings as influenced by the bacterialization of photosynthetic bacteria into the compost during experimental period.

초장의 경우 처리전반적으로 대조구에 비하여 높은 생장반응을 보였으며, 10%와 20% 처리구에서 거의 같은 정도로 높았고, 50% 처리구에서는 약간 저하하였다. 엽면적과 총 생체중 및 건물중도 이와 유사한 생장반응을 보인 것으로 나타났다. 특히, 광합성세균의 처리효과는 3월 11일과 16일에 현저한 처리간 차이를 보였는데, 앞으로 토마토 유묘생장뿐만아니라 과실생장까지도 검토할 필요성이 있는 것으로 생각되었다.

지금까지 유용 근권미생물의 이용에 관한 연구를 보면 처리방법 및 처리시기에 따라서 작물의 생장반응이 다르게 나타나는 것으로 보고되고 있다(Brown[1]). 처리방법을 보면 종자침지 및 코팅처리, 육묘용토에 처리, 본포에 정식후 처리 및 엽면살포처리 등이 보고되고 있는데, 유용균주 및 작물의 종류에 따라서 그 작용이 다르게 나올수 있으며, 육묘용토에 처리시 생육촉진효과 및 뿌리전염성 병해에 대한 생물적 방제효과가 비교적 높은 것으로 보고되고 있다(Brown[1]). 본 실험의 경우 육묘용토에 광합성세균을 혼입하는 방법을 사용하여 토마토 유묘의 생장반응을 본 결과 비교적 양호한 생육촉진효과를 얻을 수 있었다.

광합성세균의 육묘용토 혼입처리에 따라서 토마토의 유묘생장이 촉진되는 것을 확인할 수 있었는데<표 1, 그림 1>, 균주처리에 따른 생육촉진효과를 분석하기 위하여 광합성세균을 32℃에서 72시간 정도 배양한 후 광합성세균에 함유되어 있는 성분을 조사한 결과는 <그림 2>와 같다.

Fig 2. Compositions of photosynthetic bacteria in cultural broth at 72 hours after incubation(32℃).
z) Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

<그림 2>에서 보는 바와 같이 광합성세균의 균체내 조단백질(crude protein)은 60.7% 정도로 가장 많았고, 가용성 탄수화물(soluble carbohydrate)의 함량이 20.1%로 높았으며, 조지방(crude fat)은 7.6%, 조섬유 및 조회분은 3.2%와 4.8%로 각각 나타나 광합성세균은 조단백질과 가용성 탄수화물이 가장 많은 것으로 나타났다. 이러한 유기성분이 효소와 영양원으로 이용되어 근권의 미생물상을 양호하게 유지하며, 뿌리의 생리활성을 높이고 영양분의 이용성을 촉진한 것으로 생각되었다(小林達治[7,8]).

<그림 3>은 토마토 유묘가 생산한 광합성 산물중에서 엽, 줄기 및 뿌리로의 건물분배율을 정식후 30일에 측정한 결과이다.

Fig 3. Dry matter partitioning ratio of tomato seedlings as affected by the bacterialization of photosynthetic bacteria into the compost at 30 days after transplanting. (□ : leaf, ▨ : stem, ■ : root)
z) Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

광합성세균의 농도별 처리에 다른 건물분배율을 보면 전반적으로 줄기와 뿌리로의 건물분배보다는 엽으로의 건물분배가 많았다. 엽으로의 건물분배는 대조구의 경우 약 70% 정도에 해당하였는데, 광합성세균을 처리한 실험구에서 재배한 토마토 역시 이와 유사한 경향을 보였다. 전반적으로 뿌리로의 건물분배보다는 줄기로의 건물분배율이 약간 높았다. 광합성세균의 처리에 따라서 전반적으로 생장이 양호하였던 10~20% 처리구의 토마토를 보면, 10% 처리구의 토마토는 대조구와 거의 유사한 건물분배율을 보인 반면, 20% 처리구의 토마토는 뿌리보다는 줄기로의 건물분배가 더 많은 특징을 보였다.

<그림 4>는 광합성세균 배양액의 농도별 처리에 따른 토마토 유묘의 생장반응을 사진촬영한 결과이다.

Fig 4. Photographs of tomato seedlings and leaves as affected by the bacterialization of photosynthetic bacteria into the compost at 20 days after transplanting.

<그림 4-B>를 보면 대조구에 비하여 광합성세균 배양액을 처리시 토마토 유묘의 생장이 촉진된 결과를 알 수 있다. 전반적으로 지상부의 엽과 줄기의 생장 뿐만아니라 뿌리의 생장 역시 촉진된 것으로 나타났다. <그림 4-A>는 광합성세균 배양액 처리에 따른 각 토마토 유묘의 제 3엽을 분류하여 사진을 촬영한 결과이다. 광합성세균 2% 처리구의 엽은 대조구와 유사하였지만 그 이상의 농도처리시에는 엽의 생장이 양호하여 더 큰 것

으로 나타났다.

<그림 5>는 광합성세균의 처리농도에 따른 정식후 30일의 토마토 유묘의 총생체중 및 건물중을 나타낸 그림이다.

Fig 5. Total fresh and dry weight as affected by the bacterialization of photosynthetic bacteria at 30 days after transplanting. (■ : total fresh wt., ●—● : total dry wt.)
z) Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

총생체중의 경우 10~20%에서 가장 좋았고, 2%, 3.3% 및 50%의 농도에서도 약간의 생육촉진효과가 있는 것으로 보였으며, 총건물중 역시 총생체중과 거의 유사한 생장반응을 보였다. 광합성세균의 처리에 따른 생육촉진효과를 총건물중을 기준으로 보면 광합성세균 10%와 20% 처리시에 약 2.3배 정도의 생육촉진효과가 있는 것으로 나타났다. 그러므로 본 실험의 결과 광합성세균의 배양액을 육묘용토에 혼입처리시 토마토 유묘의 생장촉진효과가 인정되었으며, 그 적정처리농도는 10~20% 정도인 것으로 보였다.

Ⅳ. 摘 要

광합성세균(photosynthetic bacteria)이 토마토 플러그묘의 생장에 미치는 생육촉진효과와 적정처리농도를 구명하기 위하여 광합성세균의 배양액 농도를 2%, 3.3%, 10%, 20% 및 50%로 조성하여 육묘용토에 혼입처리(V/W)하였다. 광합성세균의 처리에 의해 초장, 경경, 엽면적, 총생체중 및 건물중 등의 생장이 촉진되었다. 육묘용토에 광합성세균의 배양액을 10~20%로 처리시에 전체적인 생장이 2배 정도 현저하게 촉진되었으며, 광합성세균의 구성물질은 조단백질 60.7%, 가용성 탄수화물 20.1%, 조지방 7.6%, 조섬유 3.2% 및 조회분이 4.8% 정도로 구성되어 있었다.

주요어 : 광합성세균, 토마토 유묘, 상토

引 用 文 獻

1. Brown, M.E. 1974. Seed and root bacterization. Annu. Rev. Phytopathol. 12:181-197.
2. Darbyshire, J.F. and M.P. Greaves. 1973. Bacteria and protozoa in the rhizosphere. Pesticide Science 4:349-360.
3. Duff, R.B., D.M. Webley. and R.O. Scott. 1963. Solubilization of minerals and related materials by 2-ketogluconic acid-producing bacteria. Soil Sci. 95:105-114.
4. 日本土壤微生物研究會. 1975. 土壤微生物試驗法. 養賢堂 PP. 206-220.
5. Katznelson, H. and B. Bose. 1959. Metabolic activity and phosphate dissolving capability of bacterial isolates from wheat roots, rhizosphere and non-rhizosphere soil. Can. J. Microbiol. 5:79-85.
6. Kloepper, J.W., R. Lifshitz. and M.N. Schroth. 1988. Pseudomonas inoculants to benefit plant production. Anim. Plant Sci. 60-64.
7. 小林達治. 1968. 光合成細菌-その"生態"と窒素固定を中心として-. 生物科學20(2):63-70.
8. 小林達治. 1992. 有機營養栽培論. ハイドロポニックス 6(1):40-45.
9. Lifshitz, R., J.W. Kloepper., M. Kozlowski., C. Simonson., J. Carlson., E.M. Tipping. and I. Zaleska. 1987. Growth promotion of canola(rapeseed) seedling by a strain of *Pseudomonas putida* under gnotobiotic conditions. Can. J. Microbiol. 33:390-395.
10. Lynch, J.M. 1982. Interaction between bacteria and plants in the root environment. Soil. Appl. Bacteriol. Symp. Ser. 10:1-23.
11. Okon, Y., E. Fallik., S. Sarig., E. Yahalom. and S. Tal. 1988. Plant growth promoting effects of *Azospirillum*. In Nitrogen Fixation. Gustav Fischer, Stuttgart, West Germany, pp.741-746.
12. Schippers, B., A.W. Bakker. and P.A.H.M. Bakker. 1987. Interactions of deleterious and beneficial rhizosphere microorganisms and the effect of cropping practices. Annu. Rev. Phytopathol. 25:339-358.
13. 山崎肯哉. 1979. 養液栽培全篇. 博友社.

Table 1. Growth characteristics of tomato seedlings as affected by the bacterialization of photosynthetic bacteria into the compost at 30 days after transplanting.

Photosynthetic bacteria (%)[y]	Plant ht.(cm)	No. of leaves	Stem dia.(mm)	Leaf area (cm^2)	Fresh wt.(g/plant)			Dry wt.(g/plant)		
					Leaf	Stem	Root	Leaf	Stem	Root
Control	11.6b[z]	8.0	5.17c	186.0c	6.40b	2.00c	1.92b	0.47b	0.09b	0.11b
2.0	13.2b	8.3	5.23c	225.0b	7.55b	2.61c	2.51b	0.58b	0.14ab	0.14b
3.3	16.6ab	8.7	5.73c	281.3ab	9.52ab	3.52b	3.37b	0.72ab	0.19ab	0.14b
10.0	20.5a	9.0	6.30b	398.0a	13.8a	5.63a	5.30a	1.05a	0.25a	0.22a
20.0	20.7a	8.7	7.72a	357.3a	14.1a	5.61a	4.75a	0.97a	0.31a	0.21a
50.0	15.3ab	8.3	5.07c	229.0b	7.42b	2.79c	2.34b	0.54b	0.15ab	0.11b

[z] Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.
[y] Mixing ratio(v/w) of cultural broth to the substrates

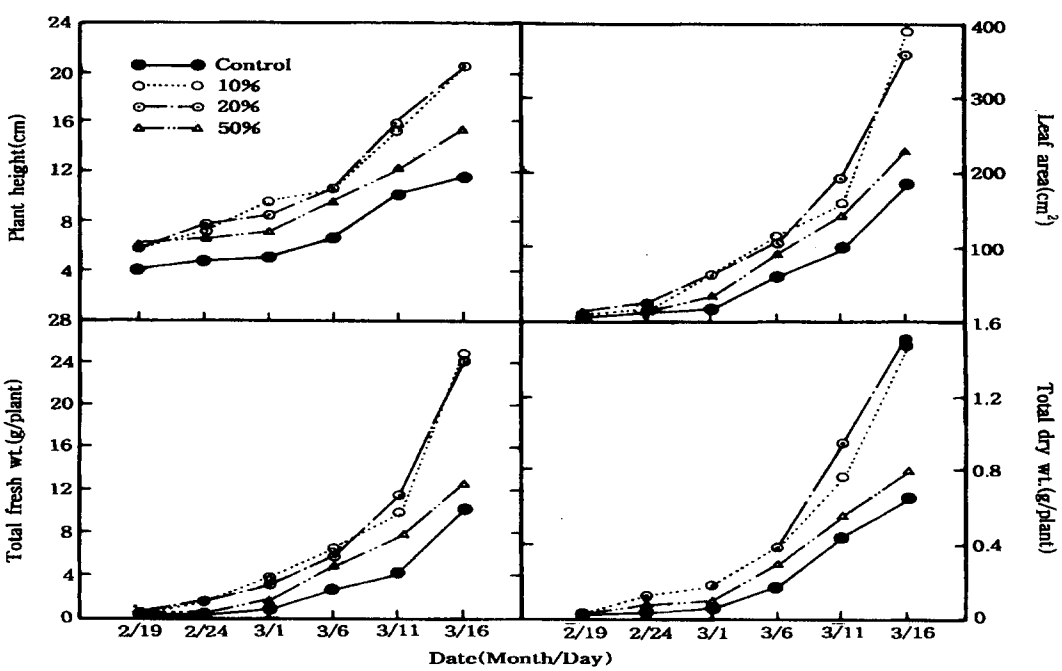

Fig 1. Growth responses of tomato seedlings as influenced by the bacterialization of photosynthetic bacteria into the compost during experimental period.

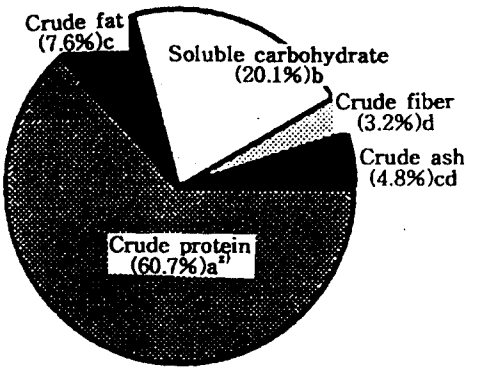

Fig 2. Compositions of photosynthetic bacteria in cultural broth at 72 hours after incubation(32℃).
z) Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

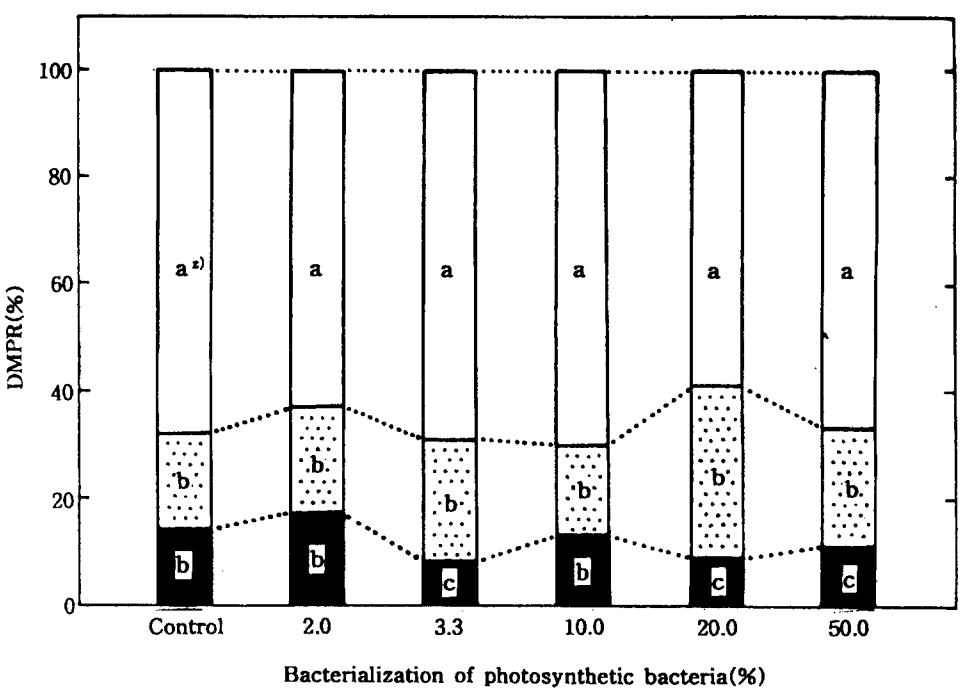

Fig 3. Dry matter partitioning ratio of tomato seedlings as affected by the bacterialization of photosynthetic bacteria into the compost at 30 days after transplanting. (□ : leaf, ▨ : stem, ■ : root)
z) Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Korean Journal of Organic Agriculture 5(June 1997) Copyright 1997 Korean Society of Organic Agriculture

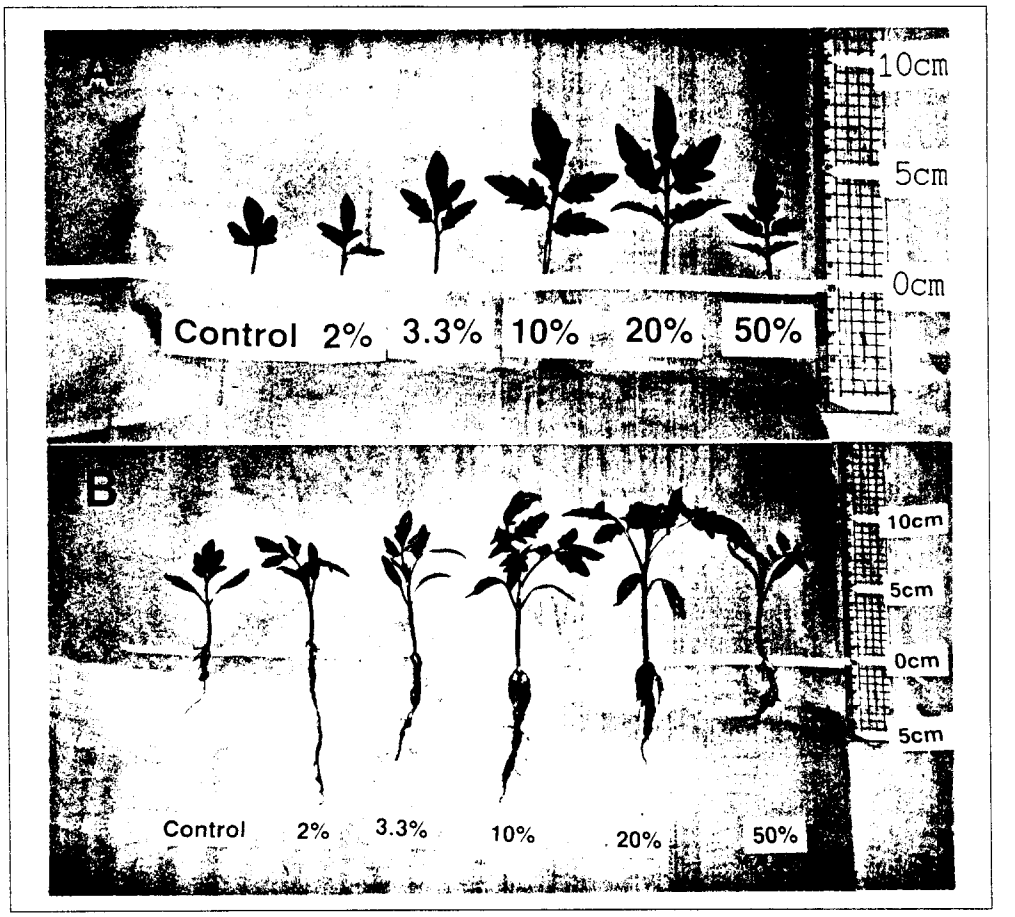

Fig 4. Photographs of tomato seedlings and leaves as affected by the bacterialization of photosynthetic bacteria into the compost at 20 days after transplanting.

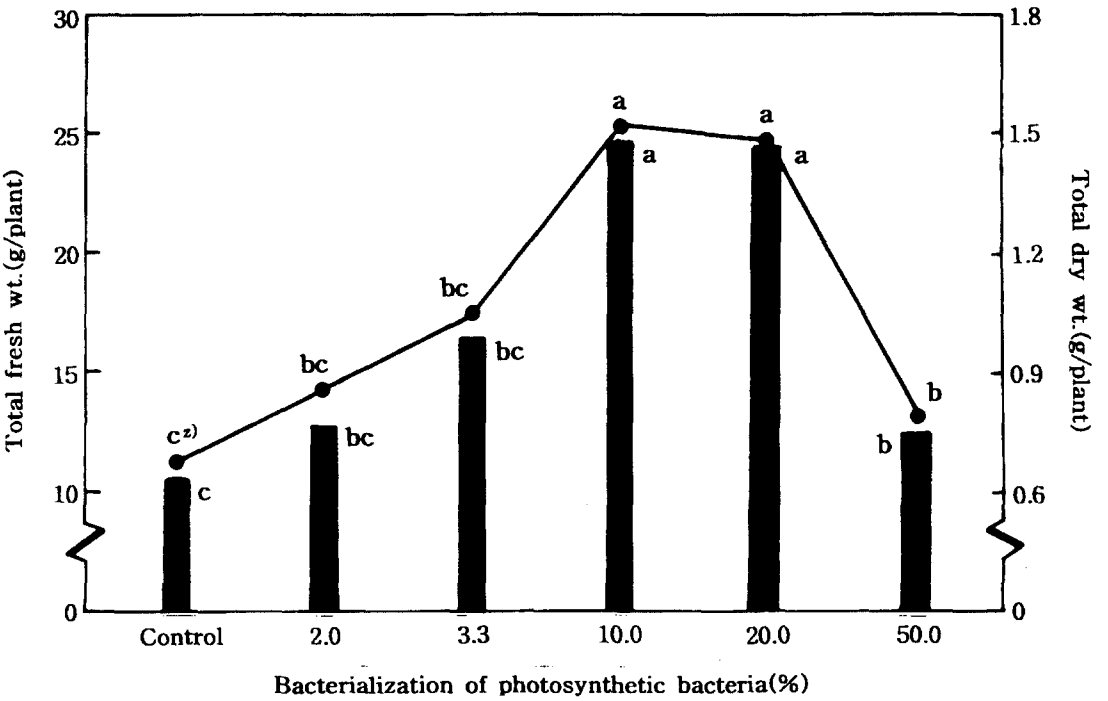

Fig 5. Total fresh and dry weight as affected by the bacterialization of photosynthetic bacteria at 30 days after transplanting. (■ : total fresh wt., ●—● : total dry wt.)
z) Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.