

## 시설 상추에 대한 *Rhodobacter* sp. SA16 처리 효과

이영한 · 정한택<sup>1)</sup> · 윤한대<sup>2)\*</sup>

경상남도농업기술원, <sup>1)</sup>(주)신안그로, <sup>2)</sup>경상대학교 응용생명과학부 및 농업생명과학연구원  
(2008년 6월 9일 접수, 2008년 6월 18일 수리)

### Effects of *Rhodobacter* sp. SA16 on Lettuce (*Lactuca sativa* L.) in Plastic Film House

Young-Han Lee, Han-Taek Jeong<sup>1)</sup>, and Han-Dae Yun<sup>2)\*</sup> (Gyeongsangnam-do Agricultural Research and Extension Services, Jinju 660-360, Korea, <sup>1)</sup>Shinangrowth Co. 211-20 sanpyeong-dong, Jinju 660-903, Korea, <sup>2)</sup>Division of Applied Life Science, Gyeongsang National Univ. and Research Institute of Agriculture and Life Science, Jinju 660-701, Korea)

**ABSTRACT:** This experiment was conducted to determine the development of mixed organic fertilizer using photosynthetic bacteria and mass production of mixed microbial compound for the environment-friendly agriculture. Photosynthetic bacteria, *Rhodobacter* sp. SA16 was isolated from soil collected by plastic film house. The SA16 strain was identified based on 16S rDNA sequence analysis and it is closely related to *Rhodobacter* sp. (100% similarity). The mixed organic fertilizer using SA16 was made of N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=60-10-20 g kg<sup>-1</sup> with combined soybean cake, sesame cake, powdered blood, fish meal, powdered bones and red-yellow soil. The mixed organic fertilizer 0.45, 0.90 and 1.35 Mg ha<sup>-1</sup> application in Ihyeon series was treated based on soil testing for lettuce cultivation in plastic film house. These results showed that the yield was increased the 18 and 19% over control by the mixed organic fertilizer application 0.45 and 0.90 Mg ha<sup>-1</sup>, respectively. In the physical properties of the soil, the porosity of mixed organic fertilizer 1.35 Mg ha<sup>-1</sup> treatment was highest at 58.8%. Our results clearly revealed that the organic fertilizer using *Rhodobacter* sp. SA16 and mass production of mixed strains could be a useful technology in pursuing environment-friendly agriculture.

**Key Words:** *Rhodobacter* sp., Organic fertilizer, Lettuce, Soil testing, Optimum application

## 서 론

친환경 농산물에 대한 소비자들의 관심이 증대되면서 농산물 품질향상과 안정적인 농작물 재배기술 개발이 시급한 실정이며<sup>1)</sup> 화학비료를 대체하면서 작물 생산량을 올릴 수 있는 유기질 자재의 농업적 활용과 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다<sup>2-7)</sup>. 식물의 광합성은 매우 복잡한 화학 반응으로 일어나고 있으며<sup>8-12)</sup> 일반 미생물은 생체나 생명이 없는 사체에 기생을 하던 식물의 엽록소가 합성한 물질을 영양원으로 생존을 하지만 빛 에너지를 이용하여 스스로 탄수화물을 합성하여 생존하는 미생물도 있다. 이들 미생물중에는 광합성세균이 있는데 식물의 잎은 엽록소에서 탄산가스를 흡수하고 물을 분해하여 태양 에너지로 양분을 합성하지만 이들

광합성세균은 엽록소와 좀 다른 구조를 가지는 '테트라디히트로포르핀'이라는 물질에 의하여 탄소나 유황 등을 산화시켜 양분을 합성하므로 식물의 양분 합성과는 차이가 있다. 또한 생식방법에 따라 색깔이 다양하여 홍색세균, 홍색유황세균, 홍색비유황세균, 녹색황세균 등으로 구분된다<sup>13,14)</sup>. 생물학적 질소고정에 의하여 토양에 공급되는 질소량은 적지 않은 것으로 보고되고 있는데 Quispel<sup>15)</sup>은 질소고정량은 ha 당 연간 두과작물은 55~140 kg, 비두과작물은 5 kg이며 토양별로 볼때 논토양에서는 30 kg, 밭토양에서 25~30 kg이라고 하였다. 이 량은 그 작물에 대한 시비량의 25~100%에 해당되는 량이다. 그러나 생물의 질소고정에 의한 자연 질소 공급은 화학비료 제조법의 발달과 시비량의 증가에 따라 나라별 차이가 있다. 토양중 미생물에 의한 질소고정은 1976년 Hardy 등<sup>16)</sup>이 acetylene 환원법에 의한 생물학적 질소고정능 측정용 개발한 이래 이에 대한 많은 연구가 수행되었으며 특히 수도재배기간중 자양성 혹은 타양성 미생물에 의한 질소

\*연락처:  
Tel: +82-55-751-5469 Fax: +82-55-757-0178  
E-mail: hdyun@nongae.gsnu.ac.kr

고정에 대한 연구가 세계 각지에서 수행되고 있으며 어류양식장과 유기물 분해, 축사의 가스제거 및 악취제거, 수질정화, 토양의 폐알구조 형성까지 다양한 분야에 응용되고 있다<sup>17-23)</sup>. 유기질비료의 원료 중 어분은 생선 등을 가열하고 압착하여 유지와 수분을 제거한 후 건조시킨 것이고 골분은 생 뼈를 분쇄하여 2기압으로 2-4시간 찌서 만든다. 채종박류는 참깨, 면화, 후추, 대두, 피마자에서 압착 또는 추출법으로 기름을 짜고 남은 것으로 토양개량제 효과뿐만 아니라 토마토에서 선충 밀도를 감소시키고<sup>24-26)</sup> 벼의 키다리병을 일으키는 *Fusarium moniliforme*을 억제하는 효과가 있다<sup>27)</sup>. 혈분은 10~13%의 유기태 질소를 함유하고 있는 유기성 질소비료이며 철분과 결합된 헤모글로빈이 주성분이다<sup>28)</sup>. 농경지 토양의 물리성은 작물 근권에서 토양의 경도와 공기 및 수분의 전달 및 저장 특징으로 주로 언급될 수 있다<sup>29-31)</sup>. 토양입단은 토양미생물, 토양뿌리 등의 생물학적 작용과 토양의 골격을 형성하는 무기입자 그리고 유기물, 양이온 등이 함께 작용할 뿐만 아니라 온도와 수분 등의 환경인자에 의존하여 형성 및 파괴되는 것으로 토양생태계의 다양한 작용의 종합적인 산물이라 할 수 있다<sup>32,33)</sup>. 전통유기물인 퇴비와 볏짚 등 식물잔재는 토양의 용적밀도와 경도를 낮추고 내수성 입단 및 통기성을 높여 토양 물리성을 개선한다고 여러 연구자에 의해 밝혀졌다<sup>34,35)</sup>. 그러나 이러한 유기물의 토양개선효과는 토양특성 및 토지이용 형태에 따라 달라질 수 있다. Park<sup>36)</sup>은 논보다 밭에서 물리성에 미치는 유기물 사용효과가 뚜렷하다고 보고하였으며 Hur<sup>34)</sup>과 Aggelids와 Londra<sup>37)</sup>는 유기물의 사용효과가 토양에 의존함을 밝혔다. 유기물질의 토양사용은 토양의 유기물질 농도를 증가시키고 토양의 수분보유능, 공극량, 입단 안정화 및 온도 절연성 등을 높이는 것으로 알려져 있으며<sup>38,39)</sup> pH 5.5 이하의 토양에서 나타나는 Al과 Mn의 독성현상을 방지하며 전기전도도는 높아지게 된다<sup>40)</sup>. 본 연구는 시설상추를 친환경적으로 재배하기 위한 방안으로 광합성세균을 분리 선발하여 혼합유기질비료에 접종하고 적정 사용량을 구명함으로써 화학비료를 대체할 수 있는 가능성을 검토하였다.

재료 및 방법

광합성 세균의 분리

광합성 세균은 free-living 상태로 존재하므로 경남 진주시 초전동 일대 시설재배지 및 논토양에 식생하는 토착균을 Athiorhodaceae 기초배지 [NH<sub>4</sub>Cl 1.0 g, NaHCO<sub>3</sub> 1.0 g, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.2 g, CH<sub>3</sub>COONa 3 g, MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O 0.2 g, NaCl 1.0 g, 무기염류용액 (FeCl<sub>3</sub> · 6H<sub>2</sub>O 5 mg, CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O 0.05 mg, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 1 mg, MnCl<sub>2</sub> · 4H<sub>2</sub>O 0.05 mg, ZnSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O 1 mg, Co(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O 0.5 mg, 증류수 1000 ml) 10 ml, 발육인자(비타민 B, 니코틴산, P-아미노산식향산, 비오틴) 10 mg, Agar 20 g, 증류수 1,000 ml, pH 7.0]를 이용하여 분리하였으며 광합성균 중에서도 토양내 우점하는 *Rhodobacter* 속의 광합성균을 주로 분리하였다<sup>41)</sup>.

광합성 세균의 동정 및 광합성 관여 유전자 확인

선발된 광합성 세균의 분류학적 동정을 위해 *Bergey's Manual*의 방법에 따라 형태, 배양학적 특성과 현미경 관찰 등 형태학적 조사 및 16S rDNA 분석법을 사용하였다<sup>42)</sup>. 16S rDNA 분석을 위한 primer는 NCBI 데이터베이스에서 광합성균의 16S rDNA 염기서열을 검색한 후 primer #413F (ACACATGC AAGTCGAGCGAG), #414F (ACCCTGATCTAGCCATGCCG), #415R (AGTGTGGGTTGCGCTCGTT), #416R (TTGGC GCACCWTCTT AGGG)을 제작하였다.

상추 재배 및 토양 조건

경상남도 진주시 초전동 비닐하우스 내에서 청치마 잎상추(*Lactuca sativa* L)를 대상으로 이현미사질양토(Ihyeon series, coarse silty, mixed, mesic family of Dystric Fluventic Eutrochrepts)에서 시험하였다. 혼합유기질 비료는 탄소원과 질소원 비율을 고려하여 Table 1과 같은 대두박, 채종박, 혈분, 어분, 골분 및 황토 등을 혼합하고 선발된 균주를 2×10<sup>5</sup> cells g<sup>-1</sup> 개체수로 접종하였다. 생산공정은 원료를 선발하여 혼합

Table 1. The fertilizer components of organic materials

Content (g kg <sup>-1</sup> )	Soybean cake	Sesame cake	Powdered blood	Fish meal	Powdered bone
T-N	68.1	57.1	155.2	96.1	26.3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	13.9	25.9	12.0	19.7	186.9
K <sub>2</sub> O	26.9	17.7	8.3	6.7	1.5

Table 2. The chemical properties of soil used in this experiment

pH	EC	O.M.	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	Ca	Mg	Na	NO <sub>3</sub> -N
(1:5)	(dS m <sup>-1</sup> )	(g kg <sup>-1</sup> )	(mg kg <sup>-1</sup> )	-----	(cmolc kg <sup>-1</sup> )	-----	-----	(mg kg <sup>-1</sup> )
5.1	2.90	21	490	0.95	6.95	1.79	0.09	123

하고 광합성 세균을 집중한 후 제제를 pellet화하여 건조시켰다.

처리내용은 토양검정 시비량 처리구 ( $N-P_2O_5-K_2O=54-39-25 \text{ kg ha}^{-1}$ )와 질소시비량인  $5.4 \text{ kg } 10a^{-1}$ 에 해당하는 혼합 유기질 비료( $N-P_2O_5-K_2O=60-10-20 \text{ g kg}^{-1}$ )  $0.90 \text{ Mg ha}^{-1}$ 과  $0.45, 1.35 \text{ Mg ha}^{-1}$  등 4수준으로 난괴법 3반복으로 수행하였으며 시험전 토양화학성은 Table 2와 같다.

**생육조사 및 분석방법**

식물체의 생육, 수량 및 토양물리성 조사는 농촌진흥청 농사시험 연구 조사기준<sup>43)</sup>에 준하였으며 식물체 생육은 초장, 엽수, 근장, 주당 엽중 등을 조사하였고 토양물리성은 가밀도, 공극율, 액상율, 고상율 등을 조사하였다. 토양과 식물체의 무기성분 및 토양 미생물 분석은 농촌진흥청 토양 및 식물체 분석법<sup>44)</sup>과 SSSA<sup>45)</sup>법에 준하여 pH 및 EC는 초자전극법, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법으로 spectrophotometer (Genesis, Spectronic Ins., Rochester, USA)를 이용하여 비색정량하였다. 치환성 양이온은 1N-NH<sub>4</sub>OAc 용액으로 침출한 후 Atomic absorption spectrophotometer (Anaylst 300, Perkin-Elmer, Norwalk, USA)를 사용하여 분석하였고, 암모니아태 질소함량은 Kjeldahl법으로 분석하였다. 식물체 무기성분분석에 사용된 시료는 채취 후 70℃에서 24시간 건조시키고 wiley mill을 사용하여 조제한 후 건물 0.5 g을 습식 분해하여 분석에 이용하였다. 전질소는 Kjeldahl법, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 Vanadate법으로 spectrophotometer를 사용하여 380 nm에서 측정하였다. K<sub>2</sub>O, CaO 및 MgO 함량은 원자흡광분광광도계를 이용하여 정량하였다. 토양미생물상은 희석평판법으로 호기성 세균의 경우 egg-albumin agar 배지를, 사상균은 rose-bengal agar 배지를 사용하여 개체수를 측정하였다. 처리간의 유의성 검정 등 통계적 처리방법은 SAS 통계프로그램을 이용하여 분석하였다<sup>46)</sup>.

**결과 및 고찰**

**광합성 세균의 분리**

경남 농업기술원 시설 및 논토양으로부터 광합성 세균 분리법에 준하여 광합성 세균을 분리하였으며 이 중에서 형태적으로 가장 분포가 많은 균주를 선정하고 이를 SA16 균주로 명명하였다. Fig. 1과 같이 광합성 세균은 배양 후 며칠이 지나면 붉은 색의 코로니를 형성하는 특성에 따라 분리하였다.

형태적 특징 관찰을 위해 전자현미경으로 관찰한 결과는 Fig. 2와 같으며 배양 상태에 따라 선발된 균주는 폭 0.5~1.2 μm, 길이 2~2.5 μm의 간균 혹은 구균에 가까운 형태로 관찰되었다.

**광합성 세균의 동정**

분리균 SA16의 생화학적 특징으로 *Rhodobacter* 속에 가까운 것으로 나타났으나 종의 구별이 명확하지 않았기 때문

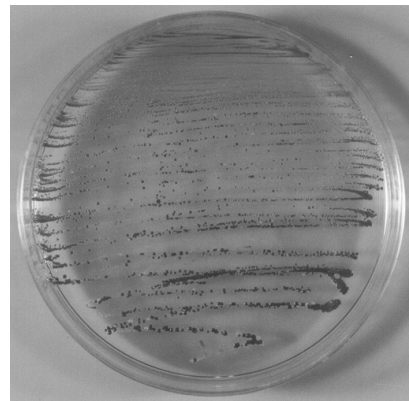


Fig. 1. *Rhodobacter* sp. strain SA16 isolated from soil collected by plastic film house.

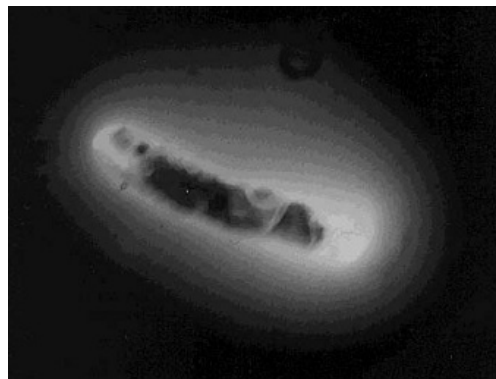


Fig. 2. Transmission electron micrograph of cells of strain SA16 (60,000x).

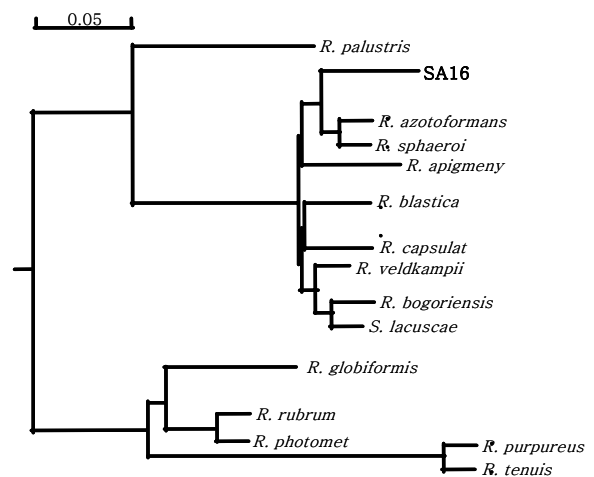


Fig. 3. Phylogenetic tree of SA16 relative 16S rDNA homologues.

에 16S rDNA 분석법 동정을 위해 *Rhodobacter* 속의 16S rDNA의 특이 primer를 사용하여 PCR한 결과 약 1.3 kb DNA 단편을 얻었으며 이것을 DNA 염기서열로 분석한 결과 1,282개의 DNA 염기서열을 구하였다. 분석된 DNA는 BlastX를 이용하여 상동성을 조사하고 Fig. 3과 같이 계통

도를 분석한 결과 *Rhodobacter* sp.와 100%의 상동성을 나타냈다.

**생육상황 및 수량**

혼합유기질 비료 처리후 상추의 생육상황은 Table 3에서 보는 바와 같다. 혼합유기질비료 0.90 Mg ha<sup>-1</sup> 처리구는 토양 검정시비 처리구 보다 초장은 차이가 없었으나 주당 엽수는 2장 정도 많았고 뿌리길이도 2 cm 정도 길었다. 혼합유기질 비료 사용량별 수확량은 0.90≥0.45>1.35 Mg ha<sup>-1</sup> 순으로 많았고 5% 수준에서 처리간에 유의성이 인정되었으며 Fig. 4

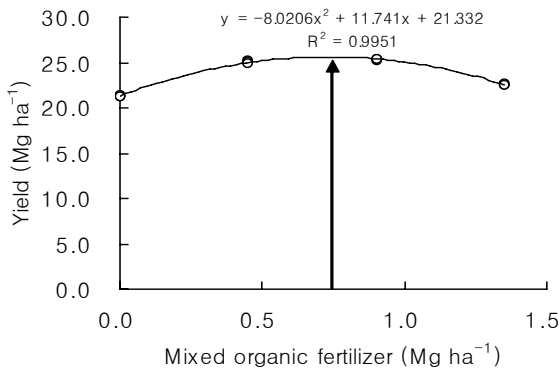


Fig. 4. The regression of lettuce yield (*Lactuca sativa* L.).

Table 3. Effects of mixed organic fertilizer application on growth and yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.)

Treatment of mixed organic fertilizer	Plant height (cm)	Leaf number (No. plant <sup>-1</sup> )	Root length (cm)	Root dried weight (g plant <sup>-1</sup> )	Yield (Mg ha <sup>-1</sup> )	Yield index
Control <sup>1</sup>	19.8	9.7b <sup>2</sup>	10.0b	0.94b	21.3c	100
0.45 Mg ha <sup>-1</sup>	21.6	12.8a	12.6a	1.15a	25.1a	118
0.90 Mg ha <sup>-1</sup>	19.7	11.9a	12.2a	0.96b	25.3a	119
1.35 Mg ha <sup>-1</sup>	21.1	12.0a	9.8b	0.85c	22.6b	106

<sup>1</sup>Control : N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 54-39-25 kg ha<sup>-1</sup>

<sup>2</sup>Values within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

Table 4. Physical properties of soil at harvesting stage

Treatment of mixed organic fertilizer	Bulk density (g cm <sup>-3</sup> )	Phase		Porosity (%)
		Air	Liquid	
Control <sup>1</sup>	1.16a	20.1c <sup>2</sup>	34.9a	55.0b
0.45 Mg ha <sup>-1</sup>	1.19a	26.9b	29.3b	56.2b
0.90 Mg ha <sup>-1</sup>	1.15a	25.1b	31.5b	56.6b
1.35 Mg ha <sup>-1</sup>	1.09a	31.2a	27.6c	58.8a

<sup>1</sup>Control : N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 54-39-25 kg ha<sup>-1</sup>

<sup>2</sup>Values within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

와 같이 최대 수확량을 얻을 수 있는 적정 사용량을 2차 회귀곡선(y=-0.0008x<sup>2</sup>+0.1174x+21.332, R<sup>2</sup>=0.9951)으로 구한 결과 0.72 Mg ha<sup>-1</sup>로 나타났다. 위의 결과 혼합유기질비료는 서서히 분해되어 완효성 효과가 있는 것으로 판단되었으며 화학비료를 이용할 때 보다 사용량을 20% 줄이는 것이 좋은 것으로 생각되었다.

**토양 이화학성 변화**

수확 후 토양의 물리성인 가밀도와 공극율을 조사한 결과는 Table 4와 같이 혼합유기질 비료 1.35 Mg ha<sup>-1</sup> 사용구는 가밀도가 1.09 g cm<sup>-3</sup>로 대조구 보다 6% 낮았으며 공극율은 58.8%로 대조구 보다 3.8% 많은 것으로 나타났다. 혼합유기질 비료 사용량별 가밀도는 사용량이 많을수록 낮아지는 경향을 보였으며 공극율은 높아지는 경향이였다.

수확후 토양의 화학성은 Table 5와 같이 혼합유기질 비료 0.90 Mg ha<sup>-1</sup> 처리구는 대조구 보다 질산태질소, 유효인산, 칼륨 성분은 약간 낮았으며 칼슘과 마그네슘 함량은 약간 증가되는 경향이였으나 통계적 유의성은 없었다. 혼합유기질 비료구가 대조구인 화학비료 처리구 보다 질산태질소, 유효인산, 칼륨 함량이 낮아진 것은 작물에 흡수 이용되도록 토착 미생물들이 작용한 것으로 추측된다. 토양 pH는 혼합유기질 비료 사용량이 증가할 수록 낮아지는 경향이였다.

**Table 5. Change of chemical properties in soil after harvesting stage**

Treatment of organic fertilizer	pH (1:5)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	OM (g kg <sup>-1</sup> )	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	K	Ca	Mg	Na	NO <sub>3</sub> -N (mg kg <sub>-1</sub> )
Control <sup>1</sup>	5.6a <sup>2</sup>	1.52ab	17.8c	788a	0.63a	6.43a	1.80a	0.22a	144a
0.45 Mg ha <sup>-1</sup>	5.5a	1.19b	19.3b	683a	0.34a	6.78a	1.86a	0.20a	114a
0.90 Mg ha <sup>-1</sup>	5.3ab	1.64a	22.2a	724a	0.42a	7.02a	1.84a	0.22a	129a
1.35 Mg ha <sup>-1</sup>	5.1b	1.67a	22.6a	750a	0.42a	6.01a	1.67a	0.19a	141a

<sup>1</sup>Control : N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 54-39-25 kg ha<sup>-1</sup>

<sup>2</sup>Values within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

**Table 6. Inorganic content in lettuce at harvesting stage**

Treatment of organic fertilizer	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	Fe	Mn	Zn
Control <sup>1</sup>	2.20a <sup>2</sup>	0.93a	3.57a	1.33a	0.44a	0.29a	653b	161a	104a
0.45 Mg ha <sup>-1</sup>	2.24a	0.97a	3.87a	1.06b	0.42a	0.22a	531b	151a	112a
0.90 Mg ha <sup>-1</sup>	2.34a	0.95a	3.37a	1.11b	0.45a	0.20a	632b	145a	88a
1.35 Mg ha <sup>-1</sup>	2.18a	0.90a	3.70a	1.28a	0.51a	0.25a	856a	116a	84a

<sup>1</sup>Control : N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 54-39-25 kg ha<sup>-1</sup>.

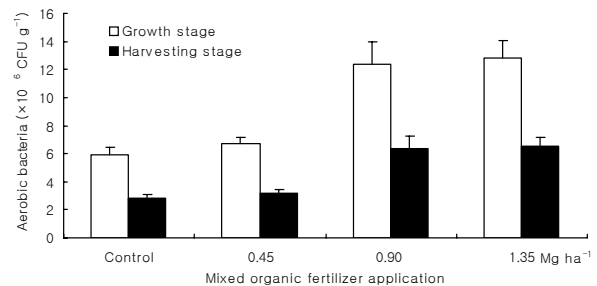
<sup>2</sup>Values within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

**식물체 무기성분 변화**

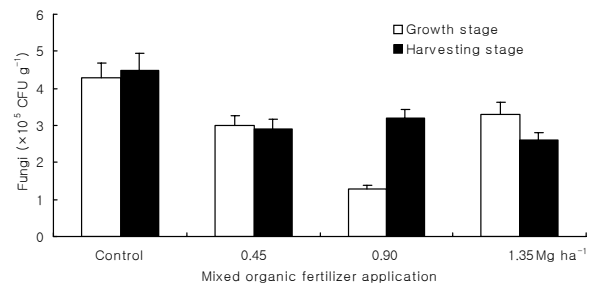
수확기 상추에 대한 무기성분은 Table 6에서 보는 바와 같다. 혼합유기질 비료 0.90 Mg ha<sup>-1</sup> 처리구는 대조구인 토양 검정시비 처리구 보다 질소와 인산 함량을 약간 높았고 나트륨과 미량원소인 망간 및 아연 함량은 낮은 경향이었으나 유의성은 없었다. 혼합유기질 비료 사용량별로 보면 인산, 망간, 아연은 사용량이 많을 수록 흡수가 적게되고 칼슘 및 마그네슘 함량은 사용량이 많을 수록 흡수가 많아지는 경향이 있었으나 유의성은 없었다. 따라서 혼합유기질 비료의 무기화가 성분별로 차이가 있든지 아니면 성분 상호간의 길항에 의한 영향인지 검토가 되어야 이상적인 친환경 유기농 자재 생산이 될 것으로 생각되었다.

**토양 미생물상 비교**

혼합유기질 비료 사용량에 따른 호기성세균의 분포를 조사한 결과 Fig. 5와 같이 생육기와 수확기 모두 혼합유기질 비료 0.90 Mg ha<sup>-1</sup> 처리구에서 2배정도 많았다. 혼합유기질 비료의 사용량별 토양 미생물의 변화는 0.90 Mg ha<sup>-1</sup> 처리구가 0.45 Mg ha<sup>-1</sup> 처리구 보다 미생물의 개체수가 현저히 많았으나 1.35 Mg ha<sup>-1</sup> 처리구와는 큰 차이가 없었다. 따라서 생육전후 호기성세균의 분포비도 혼합유기질 비료 처리구가 대조구인 화학비료 사용구 보다 많은 것으로 보아 혼합유기질 비료 사용효과가 있는 것으로 인정되었다. 곰팡이수의 분포는 Fig. 6과 같이 생육기에 혼합유기질 비료 0.90 Mg ha<sup>-1</sup> 처리구가 1.3×10<sup>5</sup> CFU g<sup>-1</sup>로 대조구인 검정시비 처리구 보다 3배로 낮았으며 혼합유기질 비료 사용량 간에는 일정한 경향이 없었다.



**Fig. 5. Change of aerobic bacterial population in soil. Bars indicate the S.E. of the mean.**



**Fig. 6. Change of fungal population in soil. Bars indicate the S.E. of the mean.**

**요 약**

유기물이 많고 작물생육이 양호한 시설 및 논토양에서 우점하는 광합성 세균을 분리하여 대두박 등의 유기물질과 혼

합하여 혼합유기질 비료를 개발하였고 상추에 대한 시용효과를 검토하였다. 광합성 세균은 시설 및 논토양에서 형태적으로 가장 분포도가 많은 균주를 선정하고 이를 SA16 균주로 명명하였다. 선발된 균주는 폭 0.5~1.2  $\mu\text{m}$ , 길이 2~2.5  $\mu\text{m}$ 의 간균 혹은 구균에 가까운 형태로 관찰되었으며 16S rDNA 분석으로 1.3 kb DNA 단편을 얻어 염기서열을 분석한 결과 *Rhodobacter* sp.와 가장 유사한 것으로 나타났다. 질소기준으로 토양 검정시비 처리구와 동량인 혼합유기질비료 0.90  $\text{Mg ha}^{-1}$  처리구는 대조구 보다 주당 엽수는 2장 정도 많았고 뿌리길이도 2 cm 정도 길었다. 혼합유기질 비료 시용량별 수확량은  $0.90 \geq 0.45 > 1.35 \text{ Mg ha}^{-1}$  순으로 많았으며 5% 수준에서 처리간에 유의성이 인정되었고 최대 수확량을 얻을 수 있는 적정 시용량을 2차 회귀곡선( $y = -0.0008x^2 + 0.1174x + 21.332$ ,  $R^2 = 0.9951$ )으로 구한 결과 0.72  $\text{Mg ha}^{-1}$ 로 나타났다. 수확 후 토양 공극율은 혼합유기질 비료 1.35  $\text{Mg ha}^{-1}$  처리구가 58.8%로 가장 좋은 것으로 나타났으며 혼합유기질 비료 처리에 따른 토양중 호기성세균의 분포는 혼합유기질 비료 0.90 및 1.35  $\text{Mg ha}^{-1}$  처리구가 12.4, 및  $12.8 \times 10^6$  CFU  $\text{g}^{-1}$ 로 가장 높았다.

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 : 20070101 03616502)의 지원 및 교육과학기술부 BK21 사업 지원에 의하여 수행되었습니다.

## 참고문헌

- Sohn, S. M. and Han, D. H. (2000) Assessment of environmentally sound function on the increasing of soil fertility by Korean organic farming. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 33(3), 193-204.
- Lee, Y. J., Choi, D. H., Kim, S. H., Lee, S. M., Lee, Y. H., Lee, B. M. and Kim, T. W. (2004) Long-term changes in soil chemical properties in organic arable farming systems in Korea. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 37(4), 228-234.
- Kim, C. G. (2003) Evaluation and project on support policies for improvement in environmentally friendly agriculture. pp. 5-19. Proceedings of symposium for evaluation and development on policies of environmentally friendly agriculture. Agriculture, Fisheries & Livestock News, Seoul, Korea.
- Lee, M. S., Yoo, J. H. and Lee, J. Y. (1996) The use of soybean meal, corn gluten meal, meat meal, meat and bone meal, or blood meal as a dietary protein source replacing fish meal in Korean rockfish (*Sebastes Schlegeli*). *Korean J. Nutr. Feed* 20, 21-30.
- Yoon, S. H. (2000) Understanding and usage of organic materials for agriculture. In T. G. Lee (ed.). Theory and practice of environmental agriculture. Heuksalim, Goesan, Korea.
- Simamoto, K. (2000) Advanced microbiological farming for promoting soil. Gardening Part. pp. 110-131, Translated by Korean Society of Compost Farming (3rd ed.). Seongju, Korea.
- Whitman, A. (2001) Organic gardening for dummies. IDG Books Worldwide, Inc., Foster City, USA.
- Allen, J. F. (1983) Protein phosphorylation carburettor of photosynthesis? *Trends in Biochem. Sci.* 8, 369-373.
- Anderson, J. M. (1982) Distribution of the cytochromes of spinach chloroplasts between the appressed membranes of grana stacks and stroma-exposed thylakoid regions. *FEBS letters* 138, 62-66.
- Barber, J. (1983) Photosynthetic electron transport in relation to thylakoid membrane composition and organization. *Plant, Cell and Environ.* (Commissioned Review) 6, 311-322.
- Goedheer, J. C. (1979) Carotenoids in the photosynthetic apparatus. *Berichte der Deutschen Botan. Gesamte* 92, 427-436.
- Stemler, A. and Radmer, R. (1975) Source of photosynthetic oxygen in bicarbonate-stimulated Hill reaction. *Science* 190, 457-458.
- Melis, A. and Brown, J. S. (1980). Stoichiometry of system I and system II reaction centers and of plastoquinone in different photosynthetic membranes. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 77, 4712-4716.
- Strotzman, H. and Schumann, J. (1983) Structure, function and regulation of chloroplast ATPase. (Mini-review) *Physiologia Plantarum* 57, 375-382.
- Quispel, A. (1974) The biology of nitrogen fixation. 3. *North-Holland Research Monograph.* 3, 3.
- Hardy, R. W. F., Burns, R. C. and Holsten, R. D. (1973) Application of the acetylene-ethylene assay for measurement of nitrogen fixation. *Soil Biol. Biochem.* 5, 47-81.
- Dommergues, Y., Balandreau, J., Rinaudo, G. and Weinhard, P. (1973) Non-symbiotic nitrogen fixation in the rhizosphere of rice, maize and different tropical grasses. *Soil Biol. Biochem.* 5, 83-89.
- Kobayashi, M. and Haque, M. Z. (1971) Contribution to nitrogen fixation and soil fertilities by photosynthetic

- bacteria. P1. Soil special vol. pp. 443-456.
19. Lee, S. K. and Lee, M. G. (1987) Studies on physiological nitrogen fixation II. effects of soil physical properties-soil texture, soil type, drainage and agricultural locality-on the changes of photo synthetic and aerobic heterotrophic nitrogen fixing activity. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 20(2), 185-192.
  20. Lee, S. K., Lee, M. G., Lim, S. U. Studies on  $C_2H_2$ - $C_2H_4$  reducing activities ( $N_2$ -fixing) in paddy soil. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 10(1), 23-28.
  21. Rao, V. R., Kaliniskaya, T. A. and Miller, U. M. (1973) The activity of non-symbiotic nitrogen fixation in soil of rice fields studies with  $N_{15}$ . *Microbiol.* 42, 729-734.
  22. Rinaudo, G., Balandreau, J. and Dommergues, Y. (1971) Algal and bacterial non-symbiotic nitrogen fixation in paddy soil. P1. Soil special vol. pp. 417-442.
  23. Yoshida, T. and Ancajas, R. R. (1973) The fixation of atmospheric nitrogen in the rice rhizosphere. *Soil Biol. Bioch.* 5, 153-155.
  24. Khan, R. A. and Saxena, S. K. (1997) Integrated management of root knot nematode *Meloidogyne javanica* infecting tomato using organic materials and *Paecilomyces lilacinus*. *Bioresource Technol.* 61, 247-250.
  25. Saifullah, A. G. and Shah, S. F. A. (1990) Control of root-knot nematodes in tomato through organic amendments and NPK. *Sarhad J. Agric.* 6, 95-97.
  26. Saifullah, A. G. and Zulfiqar, M. (1990) Promising control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) of tomato through organic amendments. *Sarhad J. Agric.* 6, 417-420.
  27. Panneerslvam, A. and Saravanamuthu, R. (1996) Studies on the saprophytic survival of *Fusarium moniliforme* J. Sheld in soil under treatment of oil cakes. *Indian J. Agric. Res.* 30, 12-16.
  28. Ciavatta, C., Govi, M., Sitti L. and Gessa, C. (1997) Influence of blood meal organic fertilizer on soil organic matter : a laboratory study. *J. Plant Nutr.* 20, 1573-1591.
  29. Han, I. K. and Chae, B. J. (1987) Studies on the nutritive values of locally produced fish meals. II. A study on the amino acid composition of locally produced fish meals. *Korean J. Anim. Sci.* 29, 93-99.
  30. Topp, G. C., Reynolds, W. D. Cook, F. J. Kirby, J. M. and Carter, M. R. (1997) Physical attributes of soil quality. pp. 21-58. In E. G. Gregorich and M. R. Carter (ed.) Soil quality dor crop production and ecosystem health. *Developments in Soil Science*, Vol. 25. Elsevier, New York, NY, USA.
  31. Reynolds, W. D., Bowman, B. T. Drury, C. F. Tan, C. S. and Lu., X. (2002) Indicators of good soil physical quality : density and storage parameters. *Geoderma* 110, 131-146.
  32. Boix-Fayos, C., Calvo-Cases, A., Imeson, A. C. and Soriano-Soto, M. D. (2001) Influence of soil properties on the aggregation of some Mediteranean soils and the use of aggregate size and stability as land degradation indicators. *Catena* 44, 47-67.
  33. Deneff, K., Six, J., Paustian, K. and Merckx, R. (2001) Importance of macroaggregate dynamics in controlling soil carbon stabilization : short-term effects of physical disturbance induced by dry-wet cycles. *Soil Biol. Biochem.* 33, 2145-2153.
  34. Hur, B. K., Kim, L. Y., Jo, I. S., Park, Y. S. Um, K. T. and Kim, M. S. (1986) Effects of organic matter resources on the soil improvement and crop growth. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 17, 155-160.
  35. Jo, I. S. (1990) Effect of organic fertilizer on soil physical properties and plant growth. Technical Bulletin No. 119. p. 1-16. Food & Fertilizer Technology Center, Suwon, Korea.
  36. Park, C. S. (1978) Effects of organic materials application on the growth and yield of crops in Korea. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 11, 175-194.
  37. Aggelides, S. M. and Londra, P. A. (2000) Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. *Bioresour. Technol.* 71, 253-259.
  38. Hortenstine, C. G. and Ruthwell, D. F. (1973) Pelletized municipal refuse compost as a soil amended and nutrient sorghum. *J. Environ. Qual.* 2(3), 343-344.
  39. Pagliai, M., Guidi, G., La Marca, M., Giachetti, M. and Luccamante, G. (1981) Effects of sewage sludge and composts on soil porosity and aggregation. *J. Environ. Qual.* 10(4), 556-561.
  40. Chu, L. M. and Wong, M. H. (1987) Heavy metal contents of vegetable crops treated with refuse compost and sewage sludge. *Plant Soil.* 103(2), 191-197.
  41. Imhoff, J. F. and Truper, H. G. (1989) Purple nonsulfur bacteria. pp. 1658-1662. In J. T. Staley et al. (ed.) *Bergey's manual of systematic bacteriology.*

- Vol. 3. Williams and Wilkins, Baltimore.
42. Holt, J. G. (1984). Bergey's manual of systematic bacteriology. Williams & Wilkins press. 3, 469-476.
43. RDA (1995) Standard of agricultural research.
44. NIAST (2000) Methods of soil and plant analysis, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.
45. Soil Science Society of America, 1996. Methods of soil analysis. SSSA, Wisconsin. USA.
46. Little, T. M. and Hills, J. J. (1978) Agricultural Experimentation. Design and analysis. John Wiley. Chichester.
-