

오이 및 토마토 생육에 미치는 토양개량제 효과¹⁾

박성욱 · 박권우* · 이공표 · 김민제 · 이정훈
고려대학교 생명산업과학부

Effects of Soil Conditioners on the Growth of Cucumber and Tomato

Sung Ok Park, Kuen Woo Park*, Gung Pyo Lee, Min-Jea Kim, and Jeong Hun Lee
Division of Bioscience and Technology, Korea Univ., Seoul 136-701, Korea

Abstract. To investigate effect of soil conditioners on salt reducing effect, saline soil were treated with photomicrobe, soil plus, pyroligneous liquor and active charcoal and cucumber and tomato were grown. Yield and root development were enhanced in active charcoal treatment overall and tomato blossom end rot frequency was lowest in active charcoal treatment. Total sugar content was highest in soil plus treatment and nitrate and phosphate content were not significantly different within 4 treatments.

Key words : active charcoal, blossom end rot, pyroligneous liquor, photomicrobe, soil plus.

*Corresponding author

¹⁾본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것임

서 언

최근 다양한 토양개량제를 이용한 연작지의 염류피해 경감 연구에 관심이 증대되고 있다. Jo 등(1987)은 친수성 토양개량제인 polyacrylamide(PAM)과 소수성인 Bitumen을 각각 0.5, 1%씩 처리하여 토양 물리성을 개량하여 콩 생육이 증진되는 효과를 시험한 바 있다.

또한 고토석회, 석고, 규산질비료 등의 토양개량제가 땅콩의 생육과 수량을 증대했다고 한다(Choi 등, 1988). 최근에는 목초액을 이용한 연구가 많은데 이는 목초액이 강산성(pH 2.7~3.6)으로 토양의 pH를 낮추기 때문이다. Lee 등(2001)은 100~200배 목초액이 오이 근권환경개선을 하여 발아 발근을 촉진하고 연작장해를 해소 시킨다고 하였다. 또한 Cho 등(1997)은 활성탄이 양분보유액, 투수성개량, 토양 유기화합물의 부독화 등의 물리화학적 개선 효과가 크다고 보고한 바 있다. 이런 특성 때문에 고추연작지에서 고추의 생육과 수량을 촉진한다고 하였다(Park 등, 1993).

시설농가에서는 효과가 불분명하나 많은 미생물제제를 이용하여 시험한 결과들이 보고되고 있다. 배추의 경우에는 수량증진의 효과가 있다고 한다(Yun과 Shin 2001).

이와 같이 최근에 시설재배 토양에 다양한 토양개량제가 사용되고 있다. 따라서 본 연구는 염류집적 토양에서 몇가지 토양개량제가 오이 및 생육과 수량에 미치는 영향을 구명하고자 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

1. 염류집적 토양에서 토양개량제에 의한 제염효과 염류집적 토양에서 토양개량제의 제염효과를 알아보기 위한 토양개량제는 활성탄(Activate carbon), 목초액(Pyroligneous liquor)과 토양미생물제(Soil-plus)를 이용하였다. 활성탄(extra carbon activated powder, Yakuri, Japan)은 250~350 mesh의 크기로 1급 분말활성탄을, 목초액(제일침숙, Korea)은 pH가 3.3이고 함량이 4.88%, 살균효과가 강하며 용액타르가 0.35인 것을, 토양미생물제는 *Bacillus*, *Trichoderma*와 zeolite가 주

요 성분인 Soil-plus(Biobest, Korea)를 사용하였다.

시험을 위하여 1/5,000a Wagner pot와 용적이 같은 직경 20 cm plastic pot에 연작지 밭토양(EC 4.0~4.5 dS·m⁻¹, 약 4.8 kg)을 담고 각각의 토양개량제를 처리하였다. 처리구는 활성탄의 경우 50 kg·a⁻¹ 수준인 10 g/pot를 물 300 mL와 함께, 목초액은 75 L/a 수준으로 원액을 200배 희석하여 300 mL/pot, 토양미생물제는 24 kg·a⁻¹ 수준인 4.8 g/pot를 물 300 mL와 함께, 그리고 무처리한 대조구에는 물만 300 mL 처리하여 각각 4반복으로 배치하였다. 그리고 제염효과를 알아보기 위한 지표식물로 오이(은성백다다기, 홍농종묘)와 토마토(선명, 농우종묘)종자를 20립/pot씩 2003년 3월 15일 파종하였다.

관수방법은 염류제거 실험이므로 물로만 토양 상부에 비커를 이용하여 100 mL/day 관수하였다. 이후 관수 시에도 pot의 밖으로 나오는 폐수가 없도록 관리하였다.

포장발아율은 매일 오전에 1회씩 조사하였고 초장, 엽폭, 엽장, 엽병길이, 경경, 지상부와 지하부의 생체중과 건물중 등 생육조사는 파종 후 12일부터 일주일 간격으로 관행방법으로 실시하였다.

생육특성은 파종후 25일째인 2003년 4월 10일에 수확하여 초장, 엽폭, 엽장, 엽병길이, 경경, 지상부와 지하부의 생체중과 건물중, 염류소함량을 조사하였다.

2. 토양의 화학성 분석

토양의 화학성 분석은 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법(NIAST, 2000)에 준하여 토양개량제의 처리 전, 후 지표식물인 오이를 재배한 후의 토양 EC, 토양 pH와 무기성분인 전질소, 유효인산, 치환성양이온인 칼륨, 칼슘, 마그네슘 등을 각각 조사하였다.

EC와 pH는 1:5 H₂O법에 의해서 각각 EC meter(Cond 315i, WTW, Germany)와 pH meter(C535, Consort, Belgium)로 측정하였고, 전질소는 Block digester를 이용하여 켈달중류장치(Vapodest 40, Gerhardt, Germany)로 측정하였다.

유효인산은 Lancaster법으로 spectrophotometer(U-3010, Hitachi, Japan)를 사용하여 720 nm에서 비색 측정하였으며, 치환성양이온은 1 N NH₄OAc (pH 7.0)으로 추출하여 Ion chromatography(ICP: Plasmalab 8440, Labtam, Australia)를 이용하여 측정하였다.

3. 식물체 분석

식물체 분석은 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법(NIAST, 2000)에 준하여 지표식물인 오이의 전질소, 유효인산, 칼륨, 칼슘, 마그네슘 등 무기성분과 염류소 함량을 조사하였다.

식물체를 분석하기 전에 H₂SO₄-HClO₄ 분해법으로 시료를 분해하였다. 전질소는 켈달중류장치(Vapodest 40, Gerhardt, Germany)로 측정하였고, 유효인산은 spectrophotometer(U-3010, Hitachi, Japan)로 파장 470 nm에서 흡광도를 측정하였다. 치환성양이온은 H₂SO₄-HClO₄ 분해액을 ICP(Plasmalab 8440, Labtam, Australia)를 이용하여 측정하였다.

염류소 함량 측정은 DMF법으로 하였는데, 오이 잎의 생체 0.2 g을 DMF (N,N-Dimethylformamide) 10 mL에 넣고 일주일동안 암소, 저온에서 보관한 후 상등액 1.5 mL을 취해서 DMF 6 mL에 5배로 희석한다. Chlorophyll a는 664.5 nm, chlorophyll b는 647.0 nm 파장에서 spectrophotometer(DU650, Beckman, U.S.A.)로 측정하여 계산식에 의해 chlorophyll a와 b, 그리고 전체 함량을 계산하였다(Inskeep과 Bloom, 1985).

4. 통계 분석

통계처리는 SAS program(SAS Co. ver. 8.01)을 이용하여 최소유의차 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 염류집적 토양에서 토양개량제가 오이의 생육에 미치는 영향

오이의 수확량은 soil-plus, 활성탄 처리구에서 가장 좋았으며 그 다음이 광합성 촉진 미생물 처리구에서 좋았다(Table 1). 반면 목초액은 대조구보다 약간 낮았다. 목초액 처리 시 적정 함량을 조절하는 실험을 추가로 실시해야 할 것으로 사료되었다.

과실의 무게도 활성탄구가 98 g으로 가장 높았으며 반면에 광합성 촉진 미생물 처리구에서 96.2 g으로 soil-plus 87.3 g보다 양호하였다. 외적품질의 기준이 될 수 있는 과형은 모든 처리구에서 대조구보다 크게 나타났는데 이는 미생물제가 토양의 물리적·화학적 성질의 개선을 촉진했기 때문이라 사료되었다.

오이의 초장(Fig. 1)은 활성탄에서 가장 길었고 그

Table 1. Effect of soil conditioners on the cucumber fruit

Treatment	No. of fruits (ea)	Yield (g/plant)	Average weight (g/fruit)	Fruit length (cm)	Fruit width (cm)		
					Top	Middle	Bottom
Control	33b ^z	587c	89.0b	18.5ab	2.62ab	2.26b	2.06c
Photo microbe ^y	34b	654b	96.2a	19.0a	2.59b	2.35a	2.10b
Soil plus ^x	38a	664b	87.3b	17.9b	2.55b	2.31ab	2.16a
Wood vinegar ^w	32b	574c	89.7b	18.7a	2.58b	2.28ab	2.12b
Active charcoal ^v	37a	725a	98.0a	18.8a	2.67a	2.36a	2.14a

^zMeans separation within columns of each cultivar by DMRT, $P=0.05$.

^y4.8 g/pot mixed in 300ml water.

^x300 ml mixed 200 times

^w75 L/a (mixed 200 times)

^v10 g/pot mixed 300 ml water

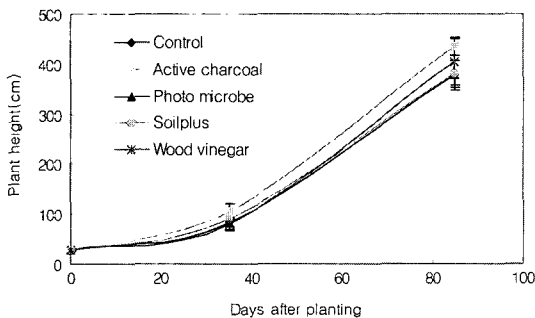


Fig. 1. Effect of soil conditioners on the plant height of cucumber in salinized soil.

Vertical bars presented mean \pm SD (n=5).

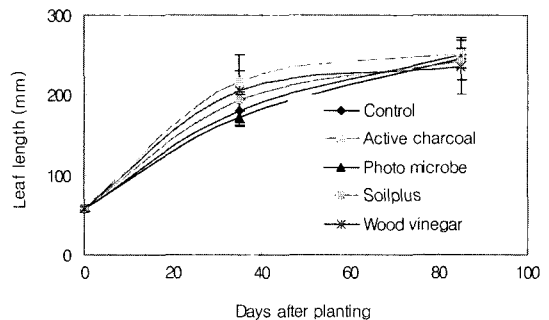


Fig. 2. Effect of soil conditioners on the leaf length of cucumber in salinized soil.

Vertical bars presented mean \pm SD (n=5).

다음에 soil-plus구였으며, 광합성 촉진 미생물과 대조구가 같았고 오히려 목초액은 대조구 보다도 낮게 나타났다. 이순서는 과실의 수확량이나 수량에서도 같은 양상으로 나타났다. Table에는 나타나 있지 않지만 실험을 하면서 관찰해보면 전체적으로 목초액 처리구가 생육이 좋지 않은 것으로 나타났다. 이는 목초액은 재료에 따라 성분이 일정하지 않고 실제 사용 시 산도의 조절 등이 문제가 있기 때문으로 생각된다. 그러나 일부 농가에서는 목초액의 효과를 인정하고 있어서 염류집적 토양에서 계속적인 연구가 필요하다고 본다.

오이의 엽장은 수확단계에서는 큰 차이가 없었으나 정식 한달 후를 보면 활성탄, 광합성, soil-plus, 대조구, 목초액 순으로 생육이 차이가 남을 알 수 있었다 (Fig. 2). 이는 잎의 크기와 생육관계는 정의 관계가 있음을 알 수 있다.

오이의 지하부 성장도 역시 활성탄 처리구가 무게와 길이가 가장 좋았다. Fig. 3과 같이 활성탄이 주근에 따른 세근의 고른 발달을 보였으며 soil-plus가 그 다음이었다. 지하부 성장도 식물의 생육을 알 수 있는

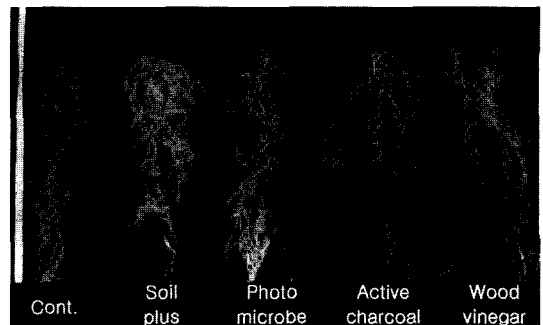


Fig. 3. Effect of soil conditioners on the growth of cucumber roots.

한 지표로서 지상부와 비슷한 경향을 보였다(Fig. 4). 이는 미생물제 등이 식물의 뿌리의 생육촉진(Hadas와 Okon, 1987), 옥수수과 수수의 무기염류 흡수 촉진 (Lin 등, 1983) 등이 보고된 바 있는데 이와 유사한 결과를 나타낸 것으로 사료되었다. 앞으로 국내 토양에서 분리한 새로운 미생물을 응용한 연작장해 경감 기술에 대한 계속적인 연구가 필요하다고 생각된다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 오이 재배 시에 활성

오이 및 토마토 생육에 미치는 토양개량제 효과

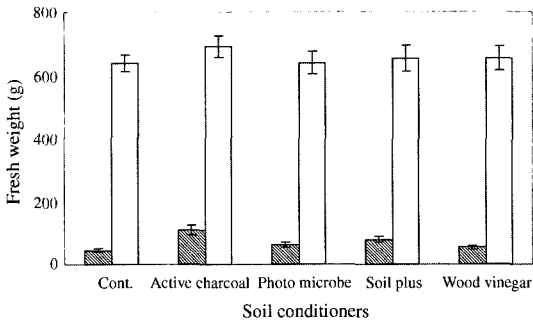


Fig. 4. Effect of soil conditioners on the top and root fresh weight of cucumber plant grown in saline soil. Vertical bars presented mean \pm SD (n=4).

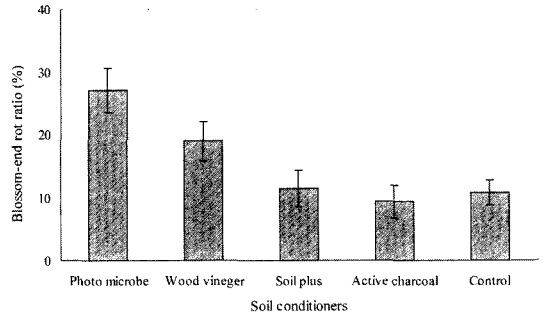


Fig. 6. The rate of blossom-end rot as affected by the several soil conditioners. Vertical bars presented mean \pm SD (n=10).

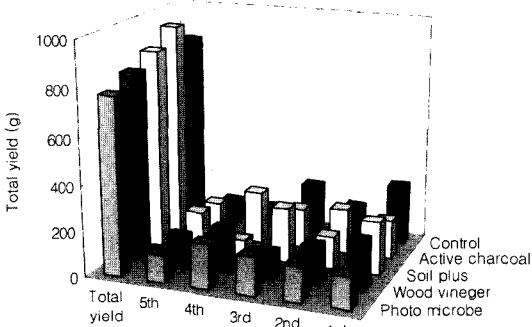


Fig. 5. Effect of several soil conditioners on the yield of tomato in the salinized soil.

탄을 이용하는 것이 토양의 이·화학적 특성을 향상시켜 오이의 생육을 좋게 하는 것으로 나타났다.

2. 염류집적 토양에서 토양개량제가 토마토의 생육에 미치는 영향

토마토 과실의 주당 총 수확량은 활성탄을 처리한 구가 가장 높았는데, 이는 기존의 결과와 일치하는 경향을 보였고, soil plus가 그 다음으로 높은 수량성을

보였다(Fig. 5). 광합성 미생물제와 목초액 처리구는 비교적 낮은 수량성을 보였는데 이것은 Fig. 6에서와 같이 수량성과 정반대의 결과를 보이는 배꼽썩음과율이 높았기 때문인 것으로 보여진다.

배꼽썩음과는 Ca 부족으로 일어나기 쉬운데 이것은 토양이나 양액에 의한 공급이 충분하더라도 염류 농도(EC)가 높을 경우 Ca의 흡수가 저해되어 발생한다는 보고로 볼 수 있다(Bergmann, 1992).

활성탄의 경우 갈탄·이탄(泥炭) 등을 활성화제인 염화이연이나 인산과 같은 약품으로 처리하여, 건조시키거나 목탄을 수증기로 활성화시켜 만든 것으로 탄소물질 또는 탄소를 함유한 물질을 활성 시킨 것으로 내부 표면적이 크고 흡착력이 매우 강한 무정형 탄소의 집합체이다. 활성탄의 흡착능력은 비표면적이 좌우하며 활성탄소 1g은 1,000~1,700 m²의 표면적을 가지고 있는 다공성 물질이다(Fig. 7). 이 같은 특징 때문에 고농도의 염류 토양에서 토양내의 주요한 양분을 흡착하고 있어 생육의 증진과 함께 양분 부족시에 양분의 고른 방출로 수량성을 향상시킨 것으로 보여진다.

토양미생물제제인 광합성 미생물은 근권환경을 개선

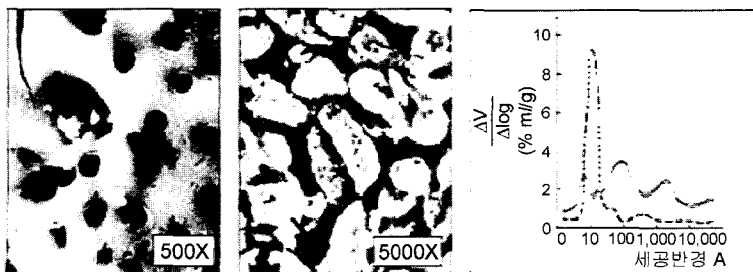


Fig. 7. Photo of active charcoal by electron microscope.

하는 미생물이다. 이들은 주로 부숙액비를 제조하는데 많이 사용되어 근권내의 병원성 미생물의 서식을 억제함으로써 근권부의 생육을 촉진하며, 토양내의 유기물을 분해하여 식물이 필요로 하는 무기물을 공급하는 역할을 주로 하는 미생물이다. 본 실험에서 미생물처리구가 비교적 낮은 수확량을 보인 것은 근권에 잔존하고 있던 다양한 유기물을 분해하여 많은 무기물을 만들어 주었으나 기본적으로 고염류 토양인 본 실험 토양에서 이러한 무기물 분해 효과는 오히려 근권내의 무기물 함량 증가를 유도해 식물의 양분 흡수 길항작용으로, Ca의 흡수를 저해하여 배꼽썩음과를 증가시키고 수량 증가에 크게 역할을 하지 못한 것으로 보여진다. 이러한 경향은 Soil plus 에서도 같은 효과가 있었으리라 예상된다. 그러나 Soil plus는 공급 방식이 과립형태로 상당한 양의 유기물을 포함하고 있고 또한 미생물이 쉽게 서식할 수 있는 환경을 만들어 줌으로써 비교적 우수한 결과를 보인 것으로 판단된다. 본 실험에 다양한 유기물을 첨가하여 미생물 제제를 이용한 실험을 실시하였다면 좀 더 우수한 결과를 얻을 수 있었으리라 판단된다. Hanan(1998)은 온실의 고염 토양에서는 mycorrhizae의 역할이 크지 않지만 상업적 이용 등에 대해 적용을 제시하고 있다. 따라서 다양한 유용 미생물제제를 국내 토양에서 양산해서 이용할 필요는 있다고 생각된다.

과실내 당도는 처리구에 따른 유의성은 없었으나 Soil plus가 6.3°Brix로서 가장 높은 반면 목초액은 5.6°Brix로 가장 낮게 나타났다(Fig. 8). 이와 같은 결과는 근권 환경과 관련된 식물의 생육 반응으로 사료된다.

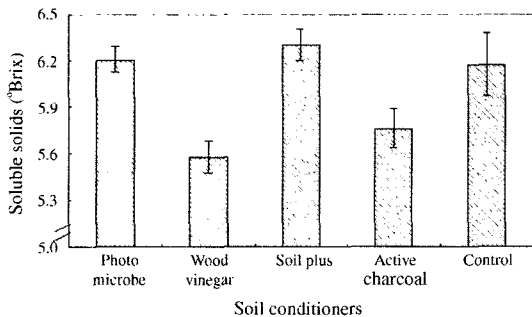


Fig. 8. Effect of several soil conditioners on the soluble solids of tomato fruits. Vertical bars presented mean \pm SD (n=5).

고염류 토양에서 가장 문제시되는 식물체내 $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 농도는 최근에 많이 부각되고 있는 주요 채소류의 문제점이라고 할 수 있는데 다량의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 이 인체 내에 집적되면 청색병을 유발함으로써 최근 유럽에서는 이미 $2,500\text{-}3,000\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 이상의 함량을 제한하고 있는 실정이다(Bergmann, 1992).

본 실험에서는 고농도의 염류 집적 토양에서 재배 되었음에도 불구하고 과실내의 $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 집적은 $2,500\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 이하로 그 집적이 낮은 수준임을 알 수 있었다. 비교적 목초액과 Soil plus에서 높은 함량을 보이고 있으며 대조구에서 가장 낮은 $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 함량을 보이고 있다(Fig. 9). 이것은 과실에서의 결과이기 때문에 식물체내의 함량과는 또 다른 경향을 보일 수 있을 것으로 판단된다.

인산은 결핍이 발생할 경우 잎은 소형으로 광택이 없어지고 과실은 소형으로 성숙이 늦어지고 수량이 떨어지게 된다. 또한 흡수의 저해는 온도가 낮은 시기 특히 13°C 이하에서는 흡수가 크게 저하된다. 또한 토양의 pH가 높은 토양에서 발생하기가 쉽다.

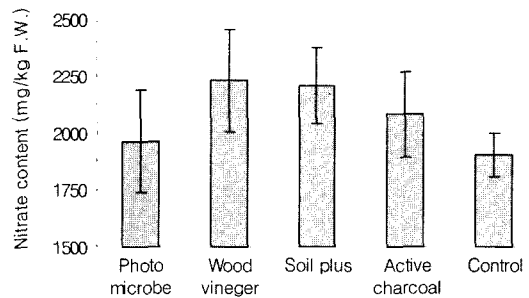


Fig. 9. Effect of several soil conditioners on the nitrate content of tomato fruits. Vertical bars presented mean \pm SD (n=5).

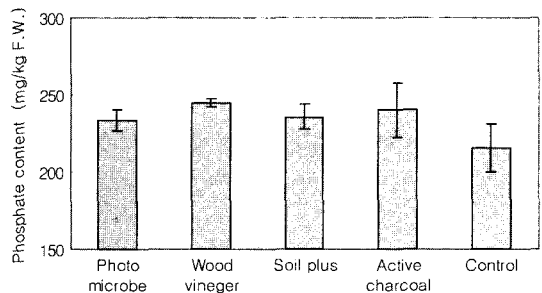


Fig. 10. Effect of several soil conditioners on the phosphate content of tomato fruits. Vertical bars presented mean \pm SD (n=5).

일반적으로 토마토 과실 내의 인 함량은 200~300 mg·L⁻¹ 수준으로 본 실험의 결과(Fig. 10)는 이러한 결과와 다르지 않고 비슷한 수준의 함량을 보임으로써 고염류 토양에서의 재배 기간동안에도 여러 양분의 흡수 경합이나 저해 요소가 발생되더라도 수량성에서는 크게 떨어질지도 모르지만 내적 품질은 정상 생산물과는 크게 다르지 않다는 것을 보여주고 있다. 앞으로 Chung과 Choi(2002)처럼 내염대목과 함께 활성탄 등을 병행하여 이용한다면 일시적이나 염류 집적지에서 토마토의 재배가 가능하리라 사료되어 이 분야의 계속적인 연구가 기대된다.

적 요

염류집적 토양에서 광합성균, Soil plus, 목초액, 활성탄 등 토양개량제가 오이와 토마토의 생육과 수량에 미치는 영향을 시험하였다. 그 결과 활성탄이 수량을 증진시키고 뿌리의 활력도 좋았다. 토마토 배꼽썩음병도 활성탄 처리구가 가장 낮았다. 토마토의 당도는 Soil plus구가 높았으며 질산염과 인산함량은 처리간에 차이가 없었다.

주제어 : 광합제, 목초액, 배꼽썩음병, 쏘일 프러스, 활성탄.

인 용 문 헌

1. Bergmann, W. 1992. Nutritional disorders of plants. Gustav Fischer Verlag.
2. Cho, B.H., M.K. Kim, C.S. Yang, S.J. Kim, D.I. Uhm,

- J.J. Kim, C.S. Yook, H.K. Kim, S.K. Lim, H.O. Kim, S.J. Cho, and C.S. Park. 1997. (3rd ed.) Soils. Hyangmoonsa, Seoul, Korea.
3. Choi, S.Y., J.S. Na, N.Y. Hwang, and D.H. Kim. 1988. Effect of soil conditioner application on some growth characters and yield of peanut in continuous cultivation upland soil. Res. Rept. RDA(S&F). 30:11-20.
4. Chung, H.D. and Y.J. Choi. 2002 Growth response on varying soil EC and selection of salt-tolerant rootstock of tomato(*Lycopersicon* spp). J. Kor. Soc. Hort. Sci. 43:536-544.
5. Hadas, R. and Y. Okon. 1987. Effect of *Azospirillum brasilense* inoculation on root morphology and respiration in tomato seedlings. Biol. Fertil. Soils. 5:241-247.
6. Hanan, J.J. 1998. Greenhouse. CRC. pp. 490-520
7. Inskeep, W.P. and P.R. Bloom. 1985. Extinction coefficients of chlorophyll a and b in N, N-dimethylformamide and 80% acetone. Plant Physiol. 77:483-485
8. Jo, I.S., B.K. Hur, K.S. Ryu, K.T. Um, and S.K. Cho. 1987. Effects of soil conditioner treatments on the changes of soil physical properties and soybean yields. J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert. 20:29-34.
9. Lin, W., Y. Okon, and R.W.F. Hardy. 1983. Enhanced mineral uptake by *Zea mays* and *Sorghum bicor* roots inoculated with *Azospirillum brasilense*. App. Environ. Microbial. 45:1775-1779.
10. National Institute of Agricultural Science and Technology. 2000. Soil and plant analysis method (in Korea).
11. Park, S.K., K.Y. Kim, J.W. Lee, Y.A. Shin, and E.H. Lee. 1993. Effect of application of woody chared materials on the plant growth and the chemical properties of soil in the continuous cropping field of red pepper. Kor. J. Env.. Agric. 12:1-8.
12. Yun, S.Y. and J.D. Shin. 2001. Effects of TLB microbial fertilizer application on soil chemical properties, microbial flora and growth of chinese cabbage(*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis* MAKINO). J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert. 34:1-8.