

미생물제재 처리에 의한 토양 미생물상의 변화 및 배추와 토마토의 생장에 미치는 영향

김지모 · 김철승¹ · 김현주¹ · 문병주¹ · 이재현² · 이동수³ · 이진우*

동아대학교 생명자원과학대학 생물공학 전공, ¹응용생물학 전공, ²생물자원전공,
³(주)케이비피 생물공학연구소,

Effect of microbial product on microorganisms in soil and growth of cabbage and tomato

Ji-Mo Kim, Chul-Seung Kim¹, Hyun-Joo Kim¹, Byung-Joo Moon¹,
Jae-Heon Lee², Dong-Soo Lee³ and Jin-Woo Lee*

Division of Biotechnology, ¹Applied Biology, and ²Agronomy, Faculty of Natural
Resources and Life Science, Dong-A University, Busan 604-714, Korea and
³Research Center of Biotechnology & Bioengineering, KBP Co., Ltd, Shihung,
Kyung-gi 429-450, Korea

Abstract

Effect of the microbial product, which consisted of *Bacillus coagulans* DL-1 and rice bran, on the microorganisms in soil and growth of cabbage and tomato was investigated. *Bacillus coagulans* DL-1 was isolated from the soil and identified in this study. Total number of microorganisms in the soil treated with the microbial product was higher than the untreated soil. The growth of cabbage and tomato on the soil treated with microbial product was faster than that on the untreated soil. The treatment of microbial product in the soil resulted in the increase of useful microorganisms, which seemed to enhance the growth of cabbage and tomato. It seemed that microbial product can increase the number of certain microorganisms and change the ratio of different species of microorganisms.

Key words – Microbial product, Soil microorganisms, Cabbage, Tomato

서 론

토양은 지구 생태계의 대다수 생명체들이 살아가는 바탕으로, 토양에서 서식하는 미생물 중 많은 종류의 미생물이 식물의 생육촉진, 물질 순환 및 환경 정화 등 수 없이

많은 중요한 역할을 수행하고 있다[2,18]. 미생물제재란 특정한 유용성을 가지고 있는 하나 혹은, 그 이상의 미생물이 일정한 규정 농도로 함유 되어있어 특히, 사용하고자 하는 목적에 따라 토양 및 가축 등에 사용 할 경우, 특정 함유 유효 미생물의 활성에 의해 용도에 따른 효과와 식물 재배 및 가축 생장에 도움을 주는 효능을 가지고 있는 액상 혹은 고상 분말형 제재를 말한다. 이러한 미생물제재의 용도는 최근 농업뿐만이 아니라 음식물 쓰레기의 처리, 해

*To whom all correspondence should be addressed
Tel : 051-200-7593, Fax : 051-200-6993
E-mail : jwlee@mail.donga.ac.kr

양 유류 오염 방제 및 적조 방제, 난분해성 오염물의 제거, 생활 및 산업 하수처리 그리고 농업 폐수처리 등 환경 분야에까지 그 효용성을 넓혀 가고 있다[3,8,13,16,19-21].

농업과 축산업에서는 생산력을 높이기 위해 화학비료, 농약 및 동물성 수입 사료 등의 무분별한 사용으로 인한 문제점이 부각되어지기 시작하면서부터 농업에 있어서는 유기농법에 대한 중요성이 부각되고 있다[10,11,15]. 작물 생산의 기반이 되는 토양 내에 존재하는 미생물 상이 작물의 생산력에 큰 영향을 주는 요인이며, 그 중 유용 미생물의 영향이 생산력 증대에 있어서 가장 중요한 부분임을 고려해 보면, 농업에 있어서 미생물제제의 이용은 화학 비료와 농약의 과도한 사용량을 감소시키는 역할과 동시에 환경 친화적인 농업의 생산력 증대 및 자연 환경보호에 부합되는 것이라고 볼 수 있다.

미생물제제를 사용하는데 대한 문제점은 제제에 함유되어 있는 미생물의 종류에 따라 대략적인 기능의 분류가 가능하지만, 각 미생물들에 의한 중복적인 효과가 대부분을 차지하기 때문에 사용 미생물에 대한 유효성을 보다 명확하게 구분 할 수 없다는 것이다. 또한, 현재 무분별한 미생물제제 생산업체의 난립과 명확히 검증되지 않은 제품의 생산 그리고, 체계적이고 표준화된 미생물제제의 효과에 대한 검증 부족이 또 다른 문제점으로 지적되고 있다.

본 연구는 유기물이 풍부한 토양에서 분리한 토양미생물을 분리하여 동정하였고, 이 미생물을 사용하여 미생물제제를 만들었으며 이 미생물제제가 배추와 토마토의 생육에 미치는 영향을 조사하였다. 또한 미생물제제를 처리한 토양의 미생물상의 변화를 확인하여 환경에 미치는 미생물제제의 영향을 연구하였다.

재료 및 방법

토양 미생물의 분리 및 동정

미생물제제의 제조에 사용된 미생물은 경남 김해에 위치한 동아대학교 부속농장의 유기물이 풍부한 토양에서 분리하였다. 채취한 토양 시료는 멸균수로 희석한 후 Nutrient agar 배지를 사용하여 평판 도말법으로 미생물을 분리하였다. 분리한 균주는 API 50CH/B kit (BioMerieux, France)를 사용하여 일차 동정하였으며 16s rRNA의 염기서열을 분석하여 확인하였다.

미생물제제의 제조

분리한 균주를 5.0 g/l의 K_2HPO_4 , 1.0 g/l의 NaCl, 0.2 g/l의 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 0.6g/l의 $(NH_4)_2SO_4$ (Sigma Co., U.S.A) 및 2.5 g/l의 효모 추출물(yeast extract, Difco Lab., U.S.A.)이 포함된 배지를 사용하여 배양하였으며, 탄소원으로 포도당을 별도로 멸균한 후, 멸균된 배지에 무균적으로 2.0%(w/v)으로 혼합하여 사용하였다. 전배양은 고체 배지에서 일정시간 배양한 균주를 백금이에 취하여 500 ml 용량의 플라스크에 멸균하여 준비된 120 ml의 배지에 접종한 후, 30℃에서 180 rpm의 진탕 속도로 48시간 진탕 배양하였다. 본배양은 전배양한 배양액을 7 L 용량의 생물 배양기(KoBioTech Co. Ltd., Korea)에 멸균되어 준비된 5 L의 동일 배지에 5% (v/v)를 접종하여 전배양과 동일한 방법으로 3일간 배양하였다. 배양액 1 l를 9 kg의 미강에 혼합시킨 후, 30℃에서 24시간 배양하여 10% (w/w) 이하의 수분함량을 유지하는 미생물제제를 제조하였으며 미생물제제에 존재하는 생균의 함량은 $9.6 \pm 0.6 \times 10^6$ CFU/g 이었다.

공시작물 재배지 토양의 미생물 조사

미생물제제를 처리하기 직전과 처리한 후 공시작물을 재배한 뒤, 2주 단위로 총 3회씩, 공시작물의 재배토양 표면으로부터 깊이 10 cm까지의 흙을 채취한 후, 가는 체로 고른 다음 0.85% (w/v) NaCl 멸균수에 현탁 시킨 다음 선택배지를 사용하여 미생물제제의 처리량, 채취 시기별 및 균 종류별로 희석법과 한천배지 평판 도말법으로 토양내의 미생물의 종류별 계수를 실시하였다[12]. 실험에 사용한 선택배지의 종류로는 일반 세균을 선별하는 Tryptic Soy Agar (TSA), 방선균을 선별하는 Actinomycetes Isolation Agar (AIA), 곰팡이의 선별에 사용하는 Potato Dextrose Agar (PDA)에 50 μ g/l의 Chloramphenicol을 함께 사용하였으며, 트리코데마를 선별하는데는 Malt Extract Agar (MEA)에 항생제로 Chlorotetracyclin을 20 μ g/l 첨가한 배지를 사용하였다. 선별 배지에 도말한 미생물은 30℃에 48시간 배양하여 형성된 콜로니수를 측정하였다. 토양 상의 총균수는 이들 선택배지를 사용하여 계수된 개별 미생물들의 생균수의 총 합계로 계산하였다.

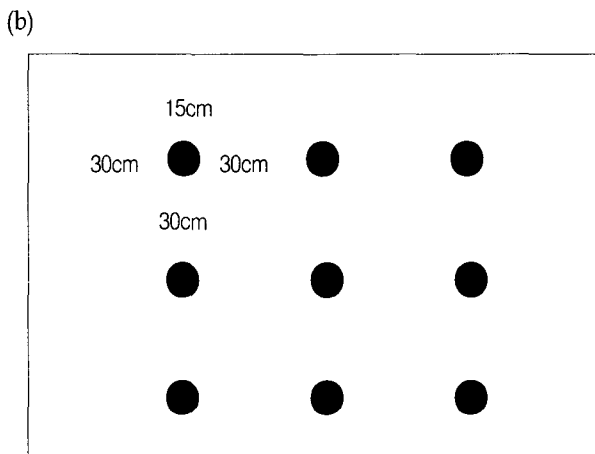
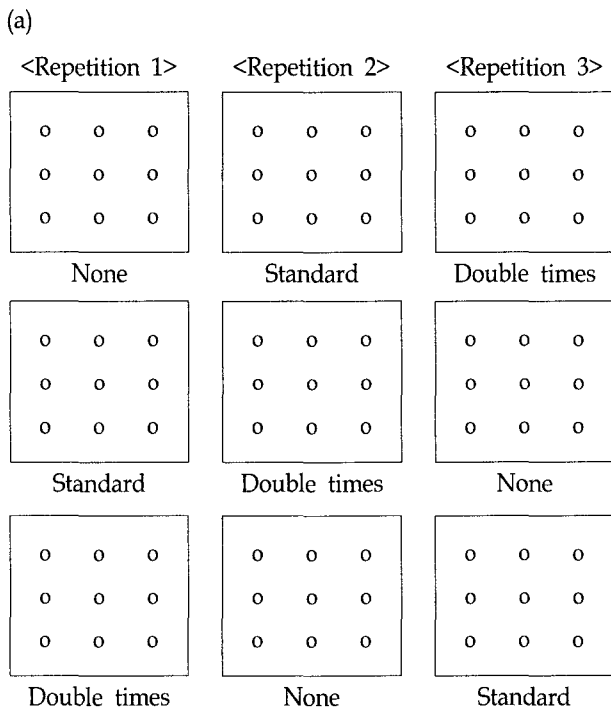


Fig. 1. Schematic diagram of (a) arrangement and (b) plant size per management of cultivation test

공시작물을 이용한 미생물제제의 효과검정

미생물제제의 효과를 검정하기 위한 공시작물로는 배추와 토마토를 사용하였다. 시험 장소는 경상남도 김해시 소재 동아대학교 생명자원과학부 실험 농장에서 실시하였으며, 미생물 동정 및 토양 이화학적 조성규명 시험과 공시작물의 포장시험으로 나누어 두 가지의 시험을 동시에 수행하였다. 공시작물의 포장시험에서 시험구의 배치는 Fig

1. (a)에서 보는 바와 같이 완전임의배치법 (Completely randomized design)을 이용, 3회 반복 처리로 하여 1 m×1 m의 면적에 미생물제제를 처리하지 않은 무 처리구, 제품에 명시된 표준량을 처리한 기준량 처리구, 기준량에 두 배로 처리한 배량 처리구로 하였고, 시험 처리구 당 두 종류의 공시작물의 재식은 Fig. 1. (b)와 같이 실시하였다. 공시작물인 배추와 토마토를 재배할 토양에 투입된 미생물제제의 처리는 토양 1 m² 당 물 10 l를 살포한 무 처리구, 물 10 l에 미생물제제 400 g을 녹여 토양 1 m²에 살포한 기준량 처리구와 물 10 l에 미생물제제 800 g을 녹여 토양 1 m²에 살포 한 배량 처리구로 구분지어 처리하였다. 미생물제제를 처리한 후 기계적으로 표층과 표층에서 20 cm 깊이의 하층 토양을 고루 섞어 주었다. 공시작물에 대한 미생물제제의 특성과 효과를 조사하기 위해서 배추와 토마토의 생체중으로 지상부 생체중, 경장으로 지상부의 높이, 경태로 공시작물 줄기의 직경, 근중으로 밑 등으로부터 2 cm 하단 부의 토양을 수세시킨 후 생체중, 근중으로 뿌리를 곧게 편 후 최장길이, 옆면적으로 잎의 면적을 각각 측정하였다.

결과 및 고찰

미생물제제의 미생물 분리동정

미생물의 탄소원 이용도를 비교하여 미생물을 동정하는 API 50CH/B kit를 사용하여 토양에서 분리하여 미생물제제의 제조에 사용한 균주를 동정하였다. 토양에서 분리하여 미생물제제의 제조에 사용한 균주의 다양한 탄소원의 이용도는 Table 1과 같으며 이 결과를 바탕으로 계산된 균주의 명칭은 *Bacillus coagulans*의 확률이 98%이었다. 16s rRNA의 염기서열 분석을 통하여 동정한 결과 균주의 명칭은 *Bacillus coagulans*로 확인되었다. 따라서 유기질이 풍부한 토양에서 분리하여 미생물제제의 제조에 사용한 균의 명칭을 *Bacillus coagulans* DL-1으로 명명하였다.

미생물제제가 배추 재배토양의 미생물 상에 미치는 영향

미생물제제가 배추 재배토양의 미생물 상에 미치는 영향을 조사하기 위하여 재제를 처리하지 않은 토양과 기준량 및 배량 처리한 토양을 처리 전과 처리 후의 토양을 채

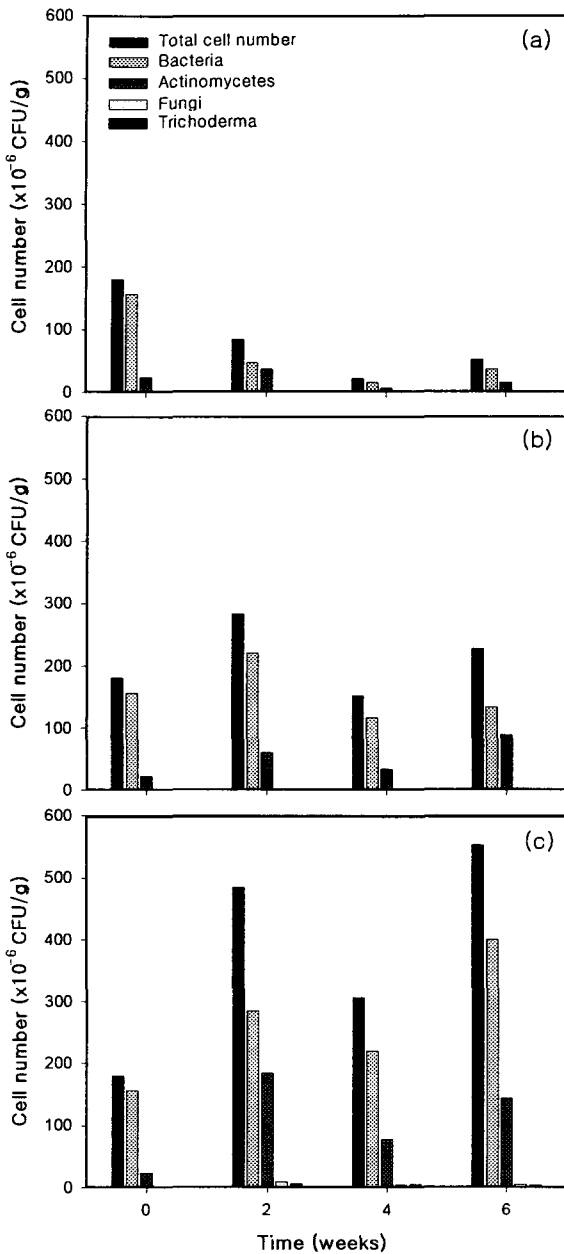


Fig. 2. Change in number microorganisms in the soil for cultivation of cabbages after (a) none treatment, (b) standard treatment and (c) double times treatment

취하여 각각의 토양에 존재하는 총균수와 균종 별 밀도를 조사하여 토양미생물의 구성 및 균들의 수적인 변화는 Fig. 2와 균종 별 증가율은 Fig. 3에 나타냈다. 미생물제제를 처리하지 않은 배추 재배지 토양의 총균수는 179.9×10^6 CFU/g 이었으나 시간의 경과에 따라 계속 감소하여 2차 채취시기에 약 21.5×10^6 CFU/g 이었으며, 이 후, 약

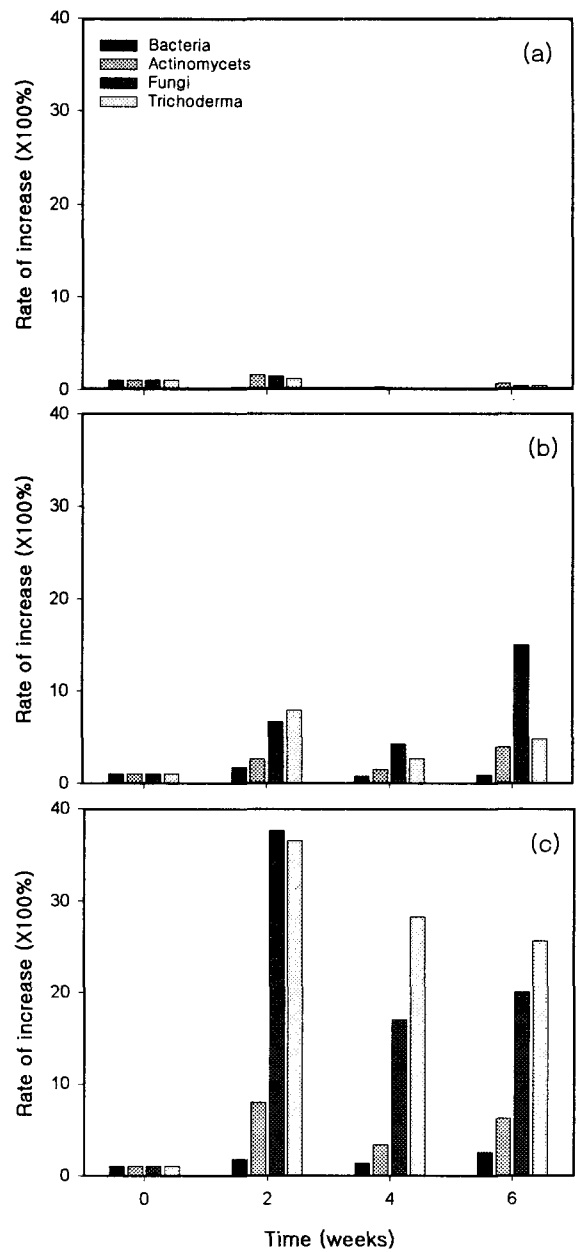


Fig. 3. Change in relative number of microorganisms in the soil for cultivation of cabbages after (a) none treatment, (b) standard treatment and (c) double times treatment

간 증가하여 3차 채취시기의 총균수는 52.2×10^6 CFU/g 이었다. 제제의 기준량 및 배량 처리한 배추 재배토양의 총균수는 3차 채취시기에 각각 227.1×10^6 CFU/g 및 552.9×10^6 CFU/g 이었다. 이는 제제를 처리하지 않은 배추 재배지 토양의 총균수에 비하여 각각 4.4배 및 10.6배

증가한 결과이다.

균 종별 구성으로는 세균과 방선균이 주종을 이루었고, 곰팡이와 트리코데마의 비율은 매우 낮았다. 이는 자연 환경에 존재하는 미생물의 일반적인 구성과 미생물 개체수의 변화를 보여 주는 것이다. 미생물제재를 기준량과 배량 처리한 배추 재배토양에서 3차 채취한 토양 중에 존재하는 방선균의 수는 미생물제재를 처리하지 않은 토양에 비하여 각각 5.7배 및 9.3배가 증가하였다. 미생물제재를 기준량과 배량 처리한 배추 재배지 토양에서 3차 채취한 토양 중에 존재하는 곰팡이의 수는 미생물제재를 처리하지 않은 토양에 비하여 각각 37.5배 및 50.0배가 증가하였다. 미생물제재를 기준량과 배량 처리한 배추 재배지 토양에서 3차 채취한 토양 중에 존재하는 트리코데마의 수는 미생물제재를 처리하지 않은 토양에 비하여 각각 11.7배 및 62.1배가 증가하였다.

일정한 시간이 경과된 후, 미생물제재를 처리한 토양의 미생물 수는 처리하지 않은 배추 재배토양에 비하여 세균 뿐만 아니라 방선균, 곰팡이 및 트리코데마도 일정한 비율로 증가하였다. 이는 미생물제재의 구성 균 종이 배추 재배토양에 안정적으로 정착하여 생존하는 것으로 판단되어지며, 배추 재배토양 미생물 상을 구성하는 여러 종류의 미생물에 대하여 유익하고, 지속적인 효과를 나타내고 있는 것으로 판단되어진다.

미생물제재가 토마토 재배토양의 미생물 상에 미치는 영향

미생물제재가 토마토 재배토양의 미생물 상에 미치는 영향을 조사하기 위하여 배추 재배토양과 동일한 시험 방법으로 미생물제재를 처리하지 않은 토양과 기준량 및 배량으로 처리한 토양을 처리 전과 처리 후의 토양을 채취하여 각각의 토양에 존재하는 토양 미생물의 구성 및 균들의 수적인 변화는 Fig. 4와 그 증가율은 Fig. 5에 나타냈다. 미생물제재를 처리하지 않은 토마토 재배토양의 총균수는 179.9×10^6 CFU/g 이었으며 1차 채취 시에는 다소 증가하였으나 시간의 경과에 따라 계속 감소하여 3차 채취 시기에 약 33.2×10^6 CFU/g 이었다. 미생물제재를 기준량 및 배량 처리한 토마토 재배토양의 총 균 수는 3차 채취 시기에 각각 228.4×10^6 CFU/g 및 338.9×10^6 CFU/g 이었다. 이는 미생물제재를 처리하지 않은 토마토 재배토양의 총균수에 비하여 각각 6.9배 및 10.2배정도 증가한 결과이다.

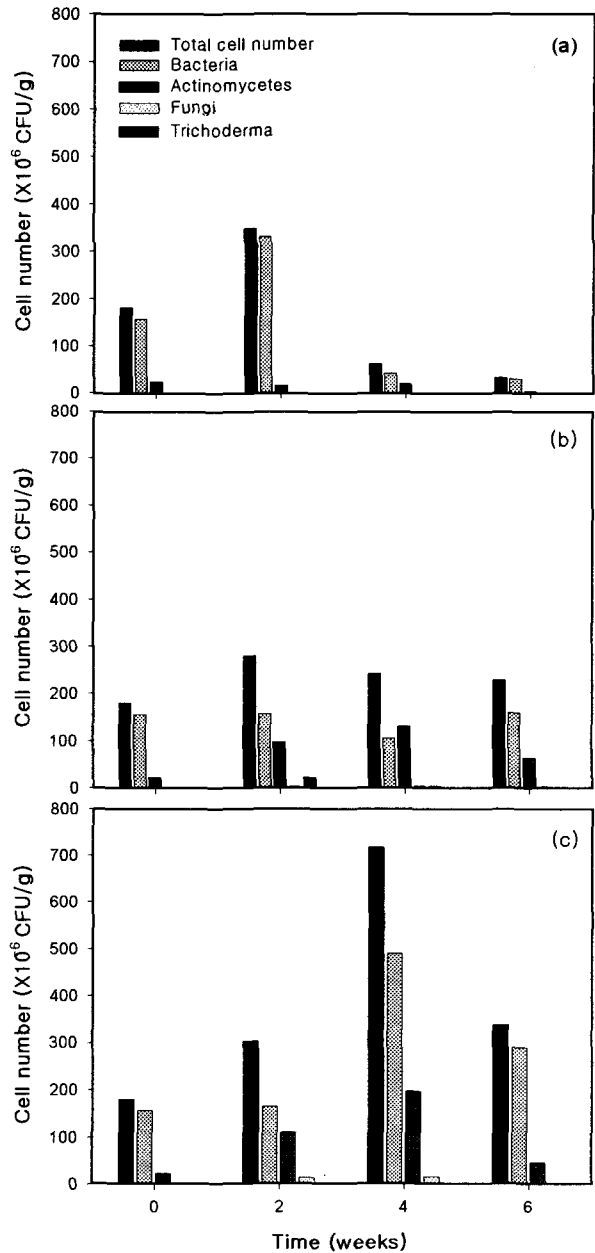


Fig. 4. Change in number microorganisms in the soil for cultivation of tomatoes after (a) none treatment, (b) standard treatment and (c) double times treatment

균 종별 구성은 배추 재배토양과 유사하게 세균과 방선균이 주종을 이루었으며, 곰팡이와 트리코데마의 비율은 매우 낮았다. 미생물제재를 기준량과 배량 처리한 토마토 재배토양에서 3차 채취한 토양 중에 존재하는 방선균의 수는 미생물제재를 처리하지 않은 토양에 비하여 각각 21.3

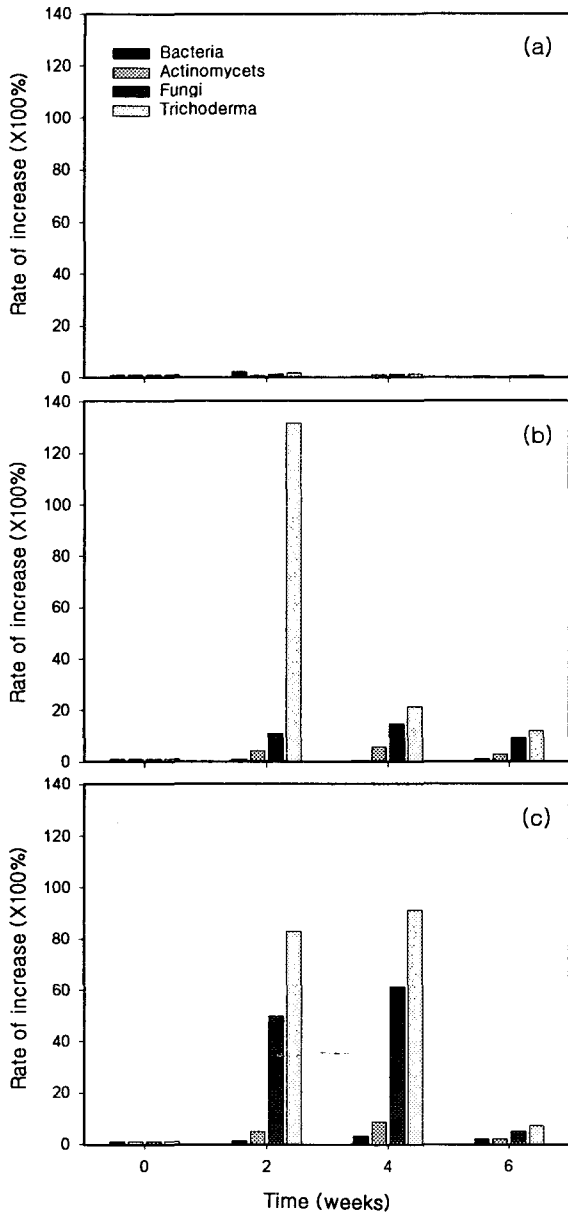


Fig. 5. Change in relative number of microorganisms in the soil for cultivation of tomatoes after (a) none treatment, (b) standard treatment and (c) double times treatment

배 및 15.5배 정도가 증가하였다. 미생물제제를 기준량 및 배량 처리한 토마토 재배토양에서 3차 채취한 토양 중에 존재하는 곰팡이의 수는 미생물제제를 처리하지 않은 토양에 비하여 각각 19.4배 및 10.2배가 증가하였다. 미생물제제를 기준량과 배량 처리한 토마토 재배토양에서 3차 채취

한 토양 중에 존재하는 트리코데마의 수는 미생물제제를 처리하지 않은 토양에 비하여 각각 20.2배 및 11.9배로 증가하였다.

일정한 시간이 경과한 후, 미생물제제를 처리한 토마토 재배토양은 처리하지 않은 토마토 재배토양에 비하여 세균 뿐만 아니라 방선균, 곰팡이 및 트리코데마 역시 일정한 비율로 증가된 결과를 확인하였으나 세균을 제외한 나머지 종류의 미생물의 경우, 배추 재배토양에서와 같이 처리한 미생물제제의 양에 비례하여 증가하지는 않았다.

미생물제제의 처리가 배추와 토마토의 생육에 미치는 영향은 미생물제제의 처리가 배추의 생육에 미치는 영향은 Fig. 6에서 보는 바와 같이 기준량을 처리하였을 경우에는 배추의 생체중량, 엽 장, 엽 수는 무 처리구에 비해서 21.5%, 10.6%, 10.0% 정도 증가하였다. 전체적인 조사항목으로 볼 때는, 기준량 처리가 배량 처리 보다 더 우수한 결과를 나타내고 있어 배추의 경우 기준량 처리가 바람직한 것으로 확인되었다.

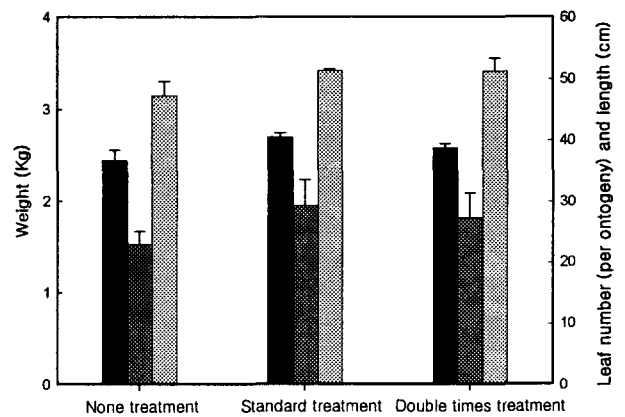


Fig. 6. Effect of the microbial product on growth of cabbage (■, leaf width; ■, weight and ■, leaf number)

미생물제제의 처리가 토마토의 생육에 미치는 영향은 Fig. 7에서 보는 바와 같이 기준량을 처리하였을 경우에는 토마토 열매의 생체중량, 근장으로 뿌리를 곧게 편 후 최장길이 및 열매의 직경은 무 처리구에 비해 30.4%, 10.6%, 10.0% 정도 증가하였다. 미생물제제의 처리가 배추의 생육에 미치는 영향과 유사하게, 기준량 처리가 배량 처리 보

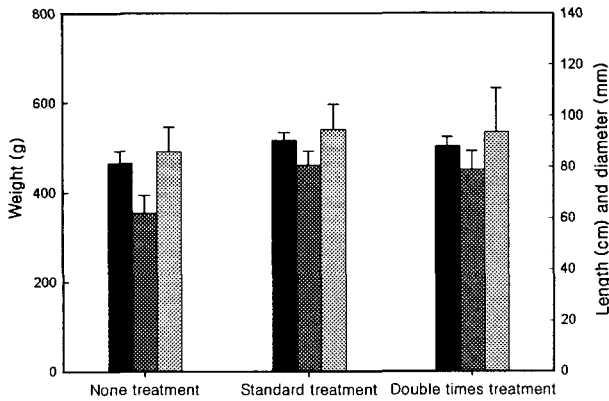


Fig. 7. Effect of the microbial product on growth of tomato (■, length; ■, weight and ▨, diameter)

다 우수한 결과를 나타내고 있으므로 토마토의 경우도 배추 재배와 마찬가지로 기준량 처리가 바람직하였다.

미생물제제를 처리한 토양에서는 처리하지 않은 토양에 비해 곰팡이와 트리코데마의 상대적인 밀도가 증가함을 알 수 있었다. 미생물제제를 처리한 토양에서 상대적으로 밀도가 증가된 곰팡이는 유해한 곰팡이보다는 유익한 곰팡이임을 배추와 토마토 재배 실험의 결과로 확인되었다. 토양 중에 존재하는 미생물들의 기능은 다양하나 일반적으로 *Bacillus* 속에 속하는 미생물은 식물체의 잔사 등에 포함되어 있는 유기물을 분해하는 능력이 우수한 미생물로서 토양 내에 서식하는 대표적인 유효 미생물로 알려져 있다 [5,7,17]. 방선균은 병원성 곰팡이의 천적 미생물로서 토양 내에서 자라면서 병원균을 죽이거나 생육을 정지시키는 항생물질을 만들어 내는 유익한 미생물로 퇴비 제조 시 내부의 온도가 고온일 때 퇴비 내에 주로 생존하는 미생물은 고온성 세균과 고온성 방선균이며 퇴비를 많이 넣은 토양의 병해 억제능력이 높은 것은 바로 이 방선균에 의하여 생산된 다량의 항생물질 때문이다[4,9,14]. 또한, 이 균은 토양 중의 식물의 잔사를 빠른 속도로 분해하는 특징이 있기 때문에 식물의 잔사를 먹고사는 서식지를 근절시켜 병원균의 활동근거를 없애으로써 작물의 토양 병의 발병 확률을 현저히 낮추어주는 역할을 한다[6]. 트리코데마는 병원성 곰팡이를 잡아먹는 천적 곰팡이로써 *Rhizoctonia*와 같은 난방제성 토양전염성 병해를 일으키는 병원균을 억제하는 효과가 뛰어나다고 알려져 식물병 방제용 토양미생물로서 널리 사용되고 있다[1].

이와 같이 미생물제제를 처리한 토양에서 재배한 배추와 토마토의 생장이 처리하지 않은 토양에서 자란 배추와 토마토 보다 높은 이유는 미생물제제를 처리한 토양에 존재하는 작물에 유익한 세균, 방선균, 곰팡이 및 트리코데마의 상대적 밀도가 미생물제제를 처리하지 않은 토양에서 비하여 높다는 사실에서 알 수 있다. 즉, 미생물제제의 처리에 의한 배추와 토마토의 생육촉진 효과는 미생물제제를 처리한 토양의 미생물상에 변화를 주는 유용한 미생물의 증가에 따른 간접적인 효과라고 말할 수 있을 것이다. 이와 같이 미생물제제를 처리한 토양은 처리하지 않은 토양에 비하여 전체적인 균 수의 증가와 유용한 종류의 미생물이 상대적으로 높게 증가하기 때문에 배추와 토마토의 생장이 높은 것으로 생각된다.

요 약

유기물이 풍부한 토양에서 분리한 *Bacillus coagulans* DL-1을 사용하여 미생물제제를 제조하고 미생물제제의 처리가 배추와 토마토 재배 토양의 미생물상에 미치는 영향과 배추와 토마토의 성장에 미치는 영향을 조사하였다. 일정한 시간이 지난 후, 미생물제제를 처리한 배추와 토마토 재배 토양의 총균수는 미생물제제를 처리하지 않은 토양에 비하여 4.4~10.6 배가 증가하였다. 미생물제제를 처리한 토양의 미생물 수는 제제를 처리하지 않은 공시작물 재배 토양에 비하여 세균뿐만 아니라 방선균, 곰팡이 및 트리코데마도 일정한 비율로 증가하였다. 미생물제제를 처리한 토양에서 자란 배추의 생체중량, 배추잎의 넓이 및 개수는 무 처리구에 비해서 21.5%, 10.6%, 10.0% 가 증가하였다. 미생물제제를 처리한 토양에서 자란 토마토 열매의 생체중량, 근장으로 뿌리를 뜯어낸 후 최장길이 및 열매의 직경은 무 처리구에 비하여 30.4%, 10.6%, 10.0% 가 증가하였다. 미생물제제를 처리한 토양은 처리하지 않은 토양에 비하여 전체적인 미생물 수의 증가와 유용한 종류의 미생물이 상대적으로 높게 증가하기 때문에 배추와 토마토의 생장이 높은 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농림부 농림기술개발연구 (과제관리번호

201119-3) 지원으로 수행되었으므로 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- Ahmad, J. S. and R. Baker. 1987. Rhizosphere competence of *Trichoderma harzianum*. *Phytopathol.* **77**, 182-189.
- Alexander, M. 1982. Most probable number method for microbial populations, *In methods of soil Analysis, Part 2: Chemical and microbiological properties*, pp. 815-820, *In* A. L. Page, R. H. Miller, D. R. Keeney (eds.), American Society of Agronomy, Inc., Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin.
- Al-Thukair and A. Assad. 2002. Effect of oil pollution on euendolithic cyanobacteria of the Arabian gulf. *Environ. Microbiol.* **4**, 125-129.
- Belghith, H., S. Ellouz-Chaabouni and A. Gargouri. 2001. Biostoning of denims by *Penicillium occitanis* (Pol6) cellulases. *J. Biotechnol.* **89(23)**, 257-262.
- Ehab, R. E. and M. E. Amany. 1999. Lichenase production by catabolite repression-resistant *Bacillus subtilis* mutants: optimization of an agro-industrial by-product medium. *Enz. Microb. Technol.* **24**, 325-331.
- Elad, Y., I. Chet and Y. Henis. 1982. Degradation of plant pathogenic fungi by *Trichoderma harzianum*. *Can. J. Microbiol.* **28**, 719-725.
- Ferrero, M. A., G. R. Castro, C. M. Abate, M. D. Baigori and F. Sineriz. 1996. Thermostable alkaline proteases of *Bacillus licheniformis* MIR 29 : isolation production and characterization. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **45**, 327-332.
- Kim, S. J. and S. K. Shin. 1997. Effects of bioremediation products on the oil degradability. *Kor. J. Microbiol.* **33**, 157-162.
- Koichiro, M., T. Nishimura, Y. Nakamura, J. Koga, T. Moriya, N. Sumida, T. Yaguchi and T. Kono. 2002. Purification and characterization of new endo-1,4-glucanases from *Rhizopus oryzae*. *Enz. Microb. Technol.* **30**, 319-326.
- Lee, D. K. 1993. Ecological study on the aquatic insect community in organic and chemical farming rice paddies. *Kor. J. Limnol.* **26**, 129-140.
- Lutzow, V. M., J. Leifeld, M. Kainz, I. Kogel-Knabner and J. C. Munch. 2002. Indications for soil organic matter quality in soils under different management. *Geoderma.* **105**, 243-258.
- Pump, H. H. and H. Krist. 1988. Laboratory manual for the examination of water, and soil, VCH, Weinheim, Germany.
- Raghukumar, C., V. Vipparthy, J. J. David and D. Chandramohan. 2001. Degradation of crude oil by marine cyanobacteria. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **57**, 433-436.
- Sharma, S. K. and J. S. Gupta. 1980. *Streptomyces rochei* in relation to *Alternaria bassicola* on the surface of brown's arson. *J. Indian Bot. Soc.* **59**, 161-165.
- Tomy, D., H. Niels and R. P. John. 2001. A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. *Agr. Ecosyst. Environ.* **62**, 1-14.
- Trewavas, A. 2001. Urban myths of organic farming. *Nature.* **410**, 409-410
- Turner, J. T. and P. A. Backman. 1991. Factors relating to peanut yield increases after seed treatment with *Bacillus subtilis*. *Plant Dis.* **75**, 347-353
- Wollum, A. G. 1982. Cultural methods for soil microorganisms, *In methods of soil analysis, Part 2 : Chemical and microbiological properties*, pp. 781-802, 2nd ed., American Society of Agronomy, Inc., Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin.
- Yamada, Y., H. Uemura, H. Nakaya, K. Sakata, T. Takatori, M. Nagao, H. Iwase and K. Iwadate. 1996. Production of hydroxy fatty acid (10-Hydroxy-12(Z)-octadecenoic acid) by *Lactobacillus plantarum* from linoleic acid and its cardiac effects to guinea pig papillary muscles. *Biochem. Biophys. Res. Comm.* **226**, 391-395.
- You, K. S. and H. S. Park. 1998. Effect of feeding probiotics on performance and Intestinal microflora of broiler chicks. *Kor. Soc. Poul. Sci.* **25**, 31-37.
- Yun, H. J., S. J. Kim and K. H. Min. 1993. Crude oil-degrading properties of psychrotrophic bacterium *Acinetobacter calcoaceticus* A1-1. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* **21**, 74-81.

(Received July 23, 2002; Accepted August 21, 2002)