

미생물제제 처리가 토양 미생물상의 변화 및 배추의 생육에 미치는 영향

석운영* · 오주성* · 김도훈* · 정원복* · 정순재**

Effect of Microbial Product on Microorganisms in Soil and Growth of Chinese Cabbage

Seok, Woon-Young · Oh, Ju-Sung · Kim, Doh-Hoon ·
Chung, Won-Bok · Jeong, Soon-Jae

This study was conducted to investigate the effect of different concentrations of microbial products on growth of chinese cabbage and microorganisms in soil. Two different levels of microbial products, such as 50 times and 100 times diluted solutions of chitosan, wood vinegar and EM activity liquid, were treated for foliar application. The results were summarized as follows : Among foliar applications of microbial products, 100 times diluted solution of chitosan was effective on growth of chinese cabbage comparing to other levels of dilutions and untreated control plot. The number of microorganism in the soil tended to increase under the treatment of microbial products compared to control plot. Especially, the numbers of the bacteria and actinomycetes were estimated 73.67×10^3 CFU/g and 34.00×10^3 CFU/g, respectively, under the treatment of 100 times diluted solution of chitosan.

Key Words : Chitosan, wood vinegar, EM activity liquid

I. 서 언

현재 유기농업 농가에서 안전한 농산물을 생산하기 위하여 미생물제제를 사용하는 농가가 증가하고 있으며, 시판되는 미생물제제의 종류도 다양하다. 미생물제제란 일정한 규정 농도 이상의 미생물을 함유하여 특정한 유용성을 나타내며, 사용하고자 하는 목적에 따라

* 동아대학교 생명자원과학대학

** 대표저자, 동아대학교 생명자원과학대학 교수

토양, 작물 및 가축 등에 사용할 경우 특정함유 유효 미생물의 활성화에 의해 토양개량, 작물 재배 및 가축 성장에 도움을 주는 액상 혹은 고상 분말형 제제를 말한다. 미생물제제를 사용하면 토양 중의 유용 미생물 수가 증가하여 토양 근권 활성화를 촉진하고, 양·수분의 흡수촉진 및 다양한 생리활성기능의 역할을 하여 작물의 생장이 촉진되는 것으로 알려져 있다. 현재 유기농업 농가들이 화학비료와 농약 대응으로 키토산, 목초액 및 EM 활성액 등의 미생물제제를 가장 많이 사용하고 있다. 미생물제제 중 목초액은 주로 80~150℃에서 채취되며, 일반적으로 발근 및 발육촉진, 저항성증대 등의 효과가 있는 것으로 알려져 있다 (조성택, 1998). 그리고 EM활성액은 최근에는 농업분야 뿐만 아니라 음식물쓰레기의 처리, 생활 및 산업하수 처리 등(比嘉照夫, 1993) 환경분야까지 그 효용성이 확대되고 있다. 키토산은 키틴의 유도체로서 계, 새우같은 갑각류의 주요성분이며(Hirano, S., and N. Nagao, 1989) 농업분야에서는 토양개량제로 이용되고 있고, 몇 가지 식물병원균에 대한 항균활성도 보고 되고 있다(EI Ghaouth, A. et al., 1991, Hadwiger, L. A., and Beckman, 1980). 뿐만 아니라 平野(平野茂博, 1998)는 세포의 활성화에 의한 식물체의 성장촉진효과가 크다고 하였다.

따라서 본 연구는 미생물제제인 키토산, 목초액, EM 활성액이 토양미생물의 변화와 배추의 생육에 미치는 영향을 구명코자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

본 시험은 2003년 8월부터 동년 12월 10일까지 동아대학교 종합농장의 플라스틱 하우스 내에서 수행하였다. 처리구는 150×80cm로 이랑을 만든 후 토양에 미생물제제를 공히 100배액으로 동일하게 관주하였으며, 무처리구는 농업용수로 관주하였다. 그리고 정식은 9월 3일에 하였으며, 처리구당 재식본수는 10주로 하였다. 공시작물은 흑장미(동부한농종묘)을 사용하였다. 시험처리내용은 처리구는 키토산, 목초액 EM 활성액을 각각 50배액, 100배액 처리구와 대조구인 무처리구를 포함하여 7개 처리구로 하였으며, 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였다. 그리고 시험기간 중 농약과 화학비료는 사용하지 않았다. 미생물제제의 엽면처리는 정식 후 15일 간격으로 3회 실시하였으며, 12월 3일 수확하여 생육조사를 실시하였는데 조사기준은 농사시험연구 조사기준에 준하여 실시하였다(김광희, 1995). 생육조사는 엽장 및 엽폭은 결구엽 중 가장 길이가 큰 엽을 조사하였다. 그리고 엽수, 외엽수(결구를 형성하고 있지 않은 잎의 수), 내엽수(결구를 형성하여 식용으로 이용할 수 있는 잎의 수), 주중(뿌리를 제외한 포기 전체의 무게), 구중(결구된 부분의 무게), 구고(결구된 부위의 최대 종경), 구폭(결구된 부위의 최대 횡경) 등을 조사하였다.

미생물제제처리 전·후의 토양분석은 농촌진흥청 토양 화학분석법에 준하여 실시하였는

데 토양시료 채취는 1개의 시험구에서 4군데를 채취하여 고루 섞은 후 그늘에서 풍건한 후 20mesh 체로 쳐서 조제하여 pH(1:5)는 토양 시료 5g에 증류수 25ml을 가한 후 가끔 저어주면서 1시간 방치 후 SUNTEXDigital pH meter로 측정하였고, EC(1:5)는 토양 시료 5g에 증류수 25ml을 가한 후 가끔 저어주면서 1시간 방치 후 Conductivity electric meter로 측정하였다. 유기물함량 분석은 60mesh체로 쳐서 토양 시료 1g에 0.4N-K₂Cr₂O₇ 용액 10ml을 가하여 3분간 끓인 후 잔반의 K₂Cr₂O₇을 0.2N-FeSO₄(NH₄)₂ SO₄ 6H₂O 용액으로 적정하였다.

유효인산은 토양시료 5g에 Lancaster 침출액 20ml을 가한 후 10분간 진탕 침출하여 Amonium molybdate의 청색으로 발색시켜 토양시료 5g에 Bray No1 침출액 50ml을 가한 후 5분간 진탕 침출하여 Amonium molybdate로 발색 후 비색 측정하였다. 치환성 이온은 토양을 침출한 후 원자흡광분석기로 측정하였다.

시험 토양의 미생물 조사는 미생물제제를 처리하기 전 토양과 공시작물을 재배한 후 토양 표면으로부터 깊이 10cm까지의 흙을 채취한 후, 가는 체(20mesh)로 쳐서 0.85%(w/v) NaCl 멸균수에 현탁시킨 다음 선택배지를 사용하여 미생물제제의 처리량 및 균 종류별로 희석법과 한천배지 평판 도말법으로 토양내의 미생물의 종류별 계수를 실시하였다(Pump, H. H. and H. Krist, 1988). 실험에 사용한 선택배지의 종류로는 일반 세균을 선별하는 Tryptic Soy Agar(TSA), 방선균을 선별하는 Actinomycetes Isolation Agar(AIA), 일반 곰팡이의 선별에 사용하는 Potato Dextrose Agar(PDA)에 50 μ g/l의 Chloramphenicol을 함께 사용하였으며, 트리코데마를 선별하는데 사용하는 malt Extract Agar(MEA)에 항생제로 Chlorotetracyclin을 20 μ g/l 첨가한 배지를 사용하였다. 선별 배지에 도말한 미생물은 30 $^{\circ}$ C에 6일간 배양하여 형성된 균수를 측정하였다. 총 균수는 이들 선택배지를 사용하여 계수된 개별 미생물들의 생균수의 총 합계로 계산하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

본 시험은 유기농업 농가에서 많이 사용하고 있는 키토산, 목초액 및 EM 활성액 등의 미생물제제의 효과를 검증하기 위하여 2003년 9월부터 동년 12월까지 실시한 결과는 다음과 같다.

미생물제제 처리 전·후의 토양을 분석한 결과는 <Table 1>에서 보는 바와 같다. pH는 시험전·후 각각 6.3 및 6.34로 적정범위내의 토양이며, EC는 미생물제제처리 전에는 적정범위인 2.0 이하 보다 약간 높은 편이었으나 시험 후에는 2.06으로 약간 낮은 편이었다. P₂O₅ 함량은 적정범위보다 상당히 높은 편이었으며, 유기물함량은 적정범위인 2.5~3.5보다 약간 낮은 토양이었다. 이런 결과로 볼 때 미생물제제 처리 전·후의 토양의 화학성분변화는 거의 없었다.

Table 1. Changes of soil component before and after using microorganisms.

Treatment	pH (1:5)		EC (ds/m)		P ₂ O ₅ (mg/kg)		OM (%)		Ex. cation(Cmol/kg)					
									K		Ca		Mg	
	be.	af.	be.	af.	be.	af.	be.	af.	be.	af.	be.	af.	be.	af.
Control	6.3	6.4	2.3	2.1	821	819	2.4	2.3	0.63	0.61	12.7	12.7	4.3	4.2
EM 50	6.3	6.4	2.3	2.3	821	820	2.4	2.3	0.63	0.63	12.7	12.6	4.3	4.3
EM 100	6.3	6.3	2.3	1.9	821	817	2.4	2.4	0.63	0.61	12.7	12.8	4.3	4.1
Chito 50	6.3	6.2	2.3	2.0	821	818	2.4	2.5	0.63	0.63	12.7	12.9	4.3	4.4
Chito 100	6.3	6.4	2.3	2.1	821	816	2.4	2.3	0.63	0.62	12.7	12.6	4.3	4.3
WV 50	6.3	6.3	2.3	2.1	821	820	2.4	2.5	0.63	0.61	12.7	12.7	4.3	4.3
WV 100	6.3	6.4	2.3	1.9	821	819	2.4	2.3	0.63	0.64	12.7	12.8	4.3	4.2
Mean	6.3	6.34	2.3	2.06	821	818	2.4	2.37	0.63	0.62	12.7	12.73	4.3	4.26

Note; be. : before experiment, af. : after experiment.

EM 50 : EM activity liquid 50, EM 100 : EM activity liquid 100,

Chito. 50 : Chitosan 50, Chito. 100 : Chitosan 100,

WV 50 : Wood vinegar 50, WV 100 : Wood vinegar 100.

미생물제제 처리에 따른 배추의 생육특성을 <Table 2>에서 보면 엽장은 키토산 100배액 처리구에서 32.96cm로 가장 길었으며, 대조구인 무처리구에서 30.33cm로 가장 짧았으나 처리간 큰 차이는 없었다. 엽폭은 키토산 100배액 처리구에서 21.34cm로 가장 넓었으며, 대조구인 무처리구에서 18.71cm로 가장 좁게 나타났다. 전체 엽수에 있어서 외엽수는 목초액 100배액 처리구에서 15.53개로 가장 많았고, 내엽수는 키토산 100배액 처리구에서 47.43개로 가장 많았으나 처리간 큰 차이는 나타나지 않았다. 내엽수와 외엽수를 합한 총엽수는 키토산 100배액 처리구에서 61.2개로 가장 많았으며, 무처리구에서 57.57개로 가장 적었다. 이상의 결과를 요약하면 처리농도간에는 50배액 처리보다 100배액 처리에서 생육이 비교적 양호하게 나타났는데 이는 엽채류에서 미생물제제처리는 대체적으로 엽면처리 농도를 100~500배액을 사용하고 있기 때문에 본 연구에서도 50배액 처리보다 100배액 처리에서 식물의 생리 활성이 높아 배추의 생장이 촉진된 것으로 판단된다. 미생물제제 종류간에는 키토산 처리구에서 배추의 생육이 비교적 양호하게 나타났는데 이는 공시 미생물제제의 성분함량 분석 결과 키토산이 EM 활성액이나 목초액에 비해 작물에 필요한 무기성분이 다소 포함하고 있어, 이것이 배추의 생육을 촉진시킨 것으로 생각된다. 특히 키토산에는 식물체내의 성장활성제인 Hexosamine의 증가로 생리활성이 높아 배추의 생장이 촉진된 것으로 판단된다.

Table 2. Effect of growth characteristic of microorganisms treatments on the chinese cabbage.

Treatment	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Outer leaf number (ea/per plant)	Inner leaf number (ea/per plant)	NO. of leaves (ea/per plant)
Control	30.33d ^z	18.71d	12.20b	45.37ab	57.57b
EM activity liquid 50 times solution	30.98cd	19.39cd	15.37a	45.10b	60.47a
EM activity liquid 100 times solution	31.75b	20.19bc	14.87a	45.47ab	60.33a
Chitosan 50 times solution	31.93b	20.42b	13.53ab	46.67ab	60.20a
Chitosan 100 times solution	32.96a	21.34a	13.83ab	47.43a	61.27a
Wood vinegar 50 times solution	30.50d	19.07d	15.17a	44.90b	60.07a
Wood vinegar 100 times solution	31.50bc	20.11bc	15.53a	45.23b	60.77a
Mean	31.42	19.89	14.36	45.74	60.10

^zMeans separation in columns by Duncan's multiple range test at the 5% level.

미생물제제 처리에 따른 배추의 생육특성을 <Table 3>에서 보면 뿌리를 제외한 주중은 목초액 50배액 처리구에서 4.44kg으로 이는 무처리구인 대조구 4.63kg에 비해 약간 가벼웠으며, 키토산 100배액 처리구에서 5.60kg으로 가장 무거웠다. 절구된 부분의 무게인 구중은 목초액 50배액 처리구에서 3.71kg으로 가장 가벼웠으며, 키토산 100배액 처리구에서 4.45kg으로 가장 무거웠으나 미생물제제간에는 큰 차이가 없었다. 절구된 부위의 최대 종경인 구고는 대조구인 무처리구에서 28.04cm로 가장 작았으며, 키토산 100배액 처리구에서 30.60cm로 가장 컸으나 처리간 뚜렷한 차이는 없었다. 절구된 부위의 최대 횡경인 구폭은 무처리구인 대조구에서 20.03cm로 가장 폭이 좁았으며, 키토산 100배액 처리구에서 21.07cm로 가장 넓게 나타났다.

이상의 결과를 종합하면 미생물제제인 EM 활성액, 키토산 및 목초액을 토양관주 및 엽면살포하여 배추의 생육특성을 조사한 결과 생육 및 수량에서 EM 활성액, 키토산 및 목초액 처리간에는 뚜렷한 차이는 없었으나 키토산 100배액 처리구에서 생육이 다소 양호한 것으로 나타났다. 이는 平野茂博⁶⁾에 의하면 키토산의 작용이 세포의 활성화에 의한 식물체의 성장촉진효과가 크다고 보고한 것과 비슷한 경향을 보였으며, 특히 키토산에는 식물 체내의 성장활성제인 Hexosamine의 증가와 키틴, 키토산의 분해효소인 키틴나제, B-13, 글루키

나제 작용으로 생리활성이 높아 배추의 생육이 촉진된 것으로 판단된다.

Table 3. Effect of growth characteristic of microorganisms treatments on the chinese cabbage.

Treatment	Weight of plant (kg)	Head weight (kg)	Head height (cm)	Head width (cm)
Control	4.63bc ^Z	3.62c	28.04b	20.03c
EM activity liquid 50 times solution	5.23ab	4.13b	30.37a	20.43bc
EM activity liquid 100 times solution	5.35a	4.20b	31.17a	20.87ab
Chitosan 50 times solution	5.45a	4.28b	30.51a	20.79ab
Chitosan 100 times solution	5.60a	4.45a	30.60a	21.07a
Wood vinegar 50 times solution	4.44c	3.71c	28.33b	20.47bc
Wood vinegar 100 times solution	5.29ab	4.14b	31.10a	20.62abc
Mean	5.14	4.08	30.02	20.64

^ZMeans seperation in columns by Duncan's multiple range test at the 5% level.

미생물제제가 배추 재배토양의 미생물상에 미치는 영향을 알아보기 위하여 미생물제제 처리전·후 토양을 채취하여 각각의 토양에 존재하는 총균수와 균종별 미생물수를 조사하여 토양미생물의 구성 및 균들의 수적인 변화를 조사하였는데 본 토양미생물상 조사는 일반적으로 토양 미생물에는 세균, 사상균, 방사상균, 방선균 등이 토양유기물의 분해자로서 무기성분의 산화·환원에도 관여하는 중요한 미생물로서 본 시험에서도 작물 재배에 가장 중요한 역할을 하는 일반 세균, 곰팡이, 트리코데마 및 방선균의 수를 조사한 결과는 다음과 같다.

미생물제제처리 전·후의 일반 세균수의 변화는 <Fig. 1>에서 보는 바와 같다. 미생물제제 처리전에 토양을 채취하여 조사한 세균수는 29.67×10^3 CFU/g이었으나 토양관주 및 엽면 처리를 하고, 배추를 수확한 후의 세균수를 조사한 결과 대조구를 제외한 전 처리구에서 미생물제제 처리전에 비해 다소 증가하였다. 미생물제제처리간에는 키토산 100배액 처리구에서 73.67×10^3 CFU/g로 가장 많았으며, 목초액 50배액 처리구에서 64.33×10^3 CFU/g로 가장 적었으나 처리간 뚜렷한 차이는 없었다.

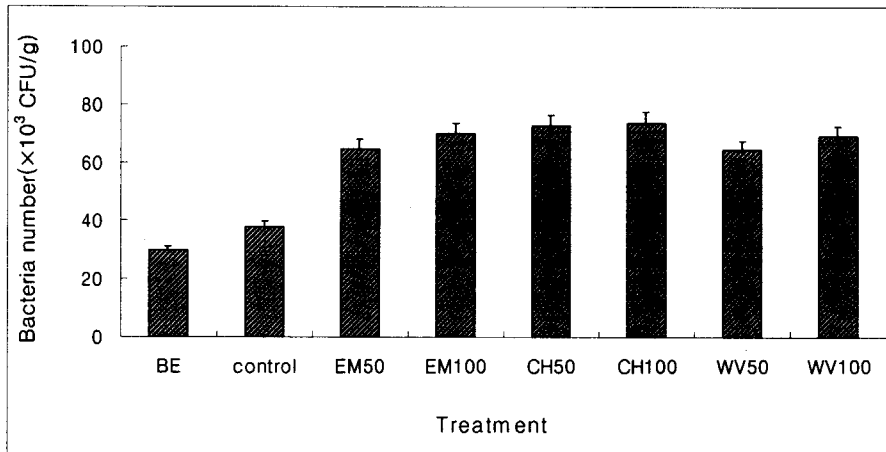


Fig. 1. Change in bacteria number in the soil for cultivation of chinese cabbages.

미생물제제 처리전·후의 곰팡이수의 변화는 <Fig. 2>에서 보는 바와 같다. 미생물제제 처리전의 곰팡이수는 15.33×10^3 CFU/g이었으며, 배추를 수확한 후의 곰팡이수를 조사한 결과 미생물제제처리간에는 대조구인 무처리구에서 13.67×10^3 CFU/g로 가장 많이 증가하였다. 목초액 50배액 처리구에서 10.33×10^3 CFU/g로 감소하였다. 엄 등(엄미정 외, 2002)은 키토산 2,000배액과 목초액 200배액을 고추의 생육기간 중 5회, 10회, 15회로 경엽살포와 토양관주를 하여 미생물상을 조사한 결과 사상균수는 관행에 비해 밀도가 감소하는 경향을 보였다는 보고와 유사한 경향이었다.

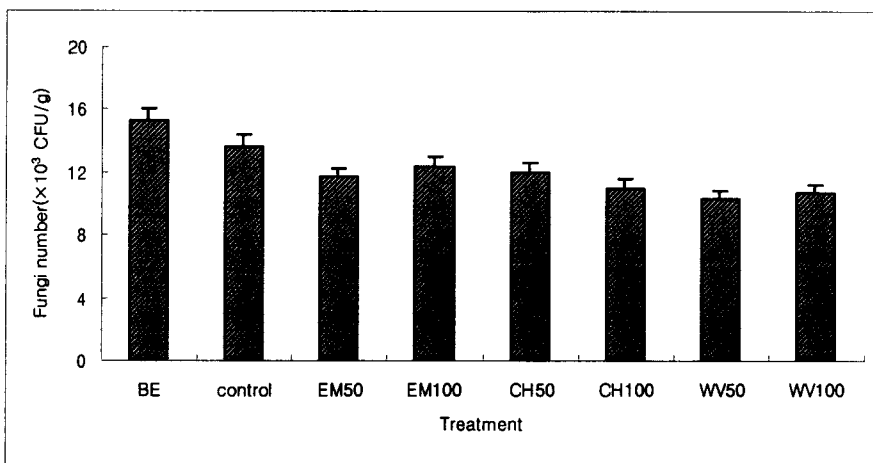


Fig. 2. Change in fungi number in the soil for cultivation of chinese cabbages.

미생물제제 처리전·후의 트리코데마수의 변화는 <Fig. 3>에서 보는 바와 같다. 미생물

제제 처리전의 트리코데마수는 16.33×10^3 CFU/g이었으며, 처리후에는 대조구인 무처리구를 포함한 전 처리구에서 약간 증가하였으나 일정한 경향은 없었다. 시험결과 키토산 50배액 및 키토산 100배액 처리구에서 공히 27.33×10^3 CFU/g로 가장 많이 증가하였는데 트리코데마는 병원성 곰팡이를 잡아먹는 천적 곰팡이로서 *Rhizoctonia*와 같은 난방제성 토양전염성 병해를 일으키는 병원균을 억제하는 효과가 뛰어나다고 알려져 식물병 방제용으로 널리 사용되고 있는 미생물이다(Ahmad, J. S. and R. baker. 1987).

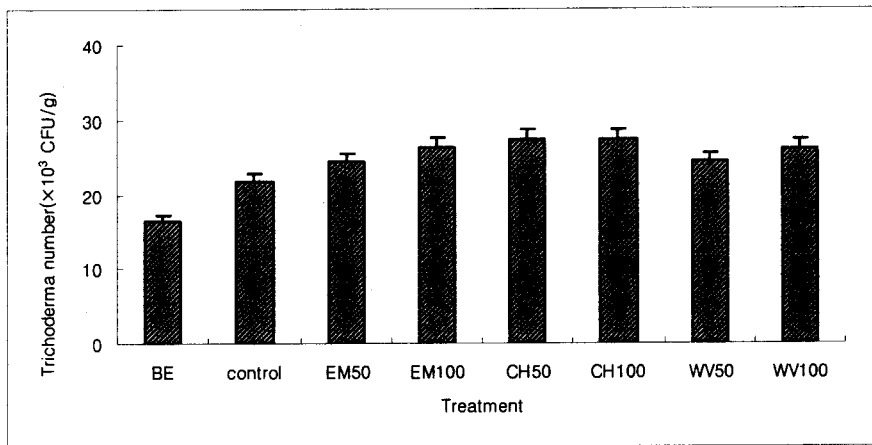


Fig. 3. Change in trichoderma number in the soil for cultivation of chinese cabbages.

미생물제제 처리전·후의 토양 미생물 중 방선균의 변화는 <Fig. 4>에서 보는 바와 같다. 미생물제제 처리전의 방선균수는 18.00×10^3 CFU/g이었으며, 미생물제제 처리 후에 방선균

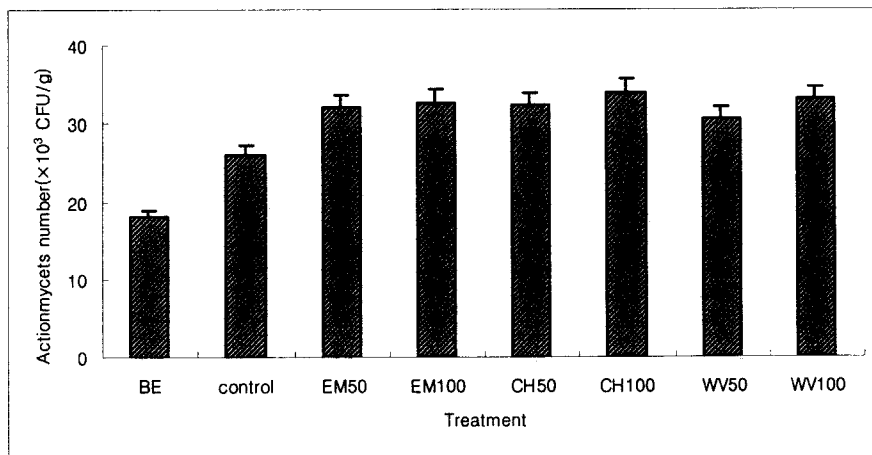


Fig. 4. Change in actinomycetes number in the soil for cultivation of chinese cabbages.

수를 조사한 결과 대조구인 무처리구에서 26.00×10^3 CFU/g로 미생물처리전보다 다소 증가한 경향을 보였으며, 미생물제제 처리구간에서 다소 증가한 경향을 보였다. 미생물제제 처리간에는 키토산 100배액 처리구에서 34.00×10^3 CFU/g로 방선균수가 가장 많이 증가하였으나 처리간 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다.

이상의 결과를 요약하면 세균, 사상균, 트리코데마 및 방선균의 총 미생물수는 미생물제제 처리전 토양에서는 79.33×10^3 CFU/g이었으나 배추 수확후 조사한 결과 대조구인 무처리구에서는 99.33×10^3 CFU/g, EM 활성액 50배액 처리구 132.67×10^3 CFU/g, EM 활성액 100배액 처리구 141.32×10^3 CFU/g, 키토산 50배액 처리구 144.33×10^3 CFU/g, 키토산 100배액 처리구 146.00×10^3 CFU/g, 목초액 50배액 처리구 129.66×10^3 CFU/g, 목초액 100배액 처리구 138.67×10^3 CFU/g로 전 처리구에서 증가하였으며, 특히 키토산 100배액 처리구에서 미생물제제 처리 전에 비해 가장 많이 증가하였다. 균 종 별 구성은 세균이 주종을 이루었고, 사상균과 트리코데마의 비율은 대체적으로 낮았다. 이는 자연환경에 존재하는 미생물상의 일반적인 구성과 미생물 개체수의 변화를 보여 주는 것이다. 배추를 수확한 후 미생물상을 조사한 결과 미생물제제 처리 전에 비해 세균, 방선균 및 트리코데마 수는 일정한 비율로 증가하였고, 사상균수는 약간 감소하였으나 일정한 경향은 없었다. 특히 키토산 100배액 처리구에서 세균, 트리코데마 및 방선균이 증가하였고, 사상균이 감소하였는데 이와 같은 결과는 키토산 처리로 토양중의 방선균 활동이 증가되고 사상균의 활동이 일시적으로 억제되었다는 Lee 등(Lee, Y. and B. C. Jang, 2000)의 보고와 유사한 경향을 보였다. 본 연구 결과를 종합하면 미생물제제 처리에 따른 배추의 생육특성을 살펴보면 대조구인 무처리구보다 미생물제제를 처리한 시험구에서 생육이 다소 양호하였으나 처리간 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다. 미생물제제간에는 키토산이, 처리간에는 키토산 100배액 처리구에서 엽장, 엽폭 및 총엽수 등 생육이 다소 양호하였다. 토양 미생물상 변화를 보면 무처리구보다 미생물제제를 처리한 시험구가 세균, 방선균 및 트리코데마수는 일정한 비율로 증가하였으나 사상균수는 약간 감소한 경향을 보였다. 이러한 결과로 볼 때 토양 중의 생물, 특히 세균의 활성은 주변 토양의 입자나 식물뿌리와 밀접한 관계를 가지고 있으며(服部 勉 外, 1933), 전반적으로 미생물제제처리가 무처리에 비해 배추의 생육이 좋아졌는데 이는 미생물제제 자체가 배추의 생육촉진에 기여하는 것도 있지만 대부분 토양중의 미생물상에 영향을 줌으로서 토양 미생물수와 양이 증가함으로 근권이 활성화되어 지상부의 생육에 영향을 미친 것으로 판단된다.

IV. 적 요

본 시험은 배추로 하였고, 미생물제제인 키토산, 목초액 및 EM 활성액을 처리하여 2003

년 9월부터 동년 12월까지 동아대학교 부속농장의 시설 하우스내에서 미생물제제의 처리 농도에 따른 효과를 검정하기 위하여 실시한 결과는 다음과 같다.

미생물제제 처리에 따른 배추의 생육은 전반적으로 무처리구인 대조구에 비해 미생물제제 처리구에서 비교적 양호하였으며, 미생물제제간에는 키토산 처리구에서 다소 양호하였다. 특히 키토산 100배액 처리구에서 배추의 엽장 및 주중이 각각 32.96cm 및 5.60kg으로 다른 처리구에 비해 양호하였다. 토양 미생물상 변화는 무처리구에 비해 미생물제제 처리구에서 다소 증가하는 경향을 보였고, 특히 키토산 100배액 처리구에서 세균 및 방선균수가 각각 73.67×10^3 CFU/g 및 34.00×10^3 CFU/g로 다른 처리구에 비해 증가한 경향을 보였다.

[논문접수일 : 2004. 9. 20. 최종논문접수일 : 2004. 11. 18.]

참 고 문 헌

1. 김광희. 1995. 삼정. 농사시험연구조사기준. 농촌진흥청.
2. 엄미정 · 박현철 · 문영훈 · 김갑철 · 한수곤. 2002. 키토산과 목초액 처리가 고추의 생육 및 양분 흡수에 미치는 영향. 생물환경조절학회. 11(2), 67-73.
3. 조성택. 1998. 목질탄화물의 규격화 및 자료개발. 목질탄화물의 농업 및 환경적 이용에 관한 국제 심포지움. pp. 151-166.
4. 服部 勉, 金澤普二郎, 木村龍介, 吉倉淳一郎, 南澤 究, 早野恒一, 木村真人, 中村好男. 1933. 土壤生物. 日本土壤肥料學雜誌 第64券 第5号 515-526.
5. 比嘉照夫. 1993. 有用微生物による畜産廢棄物の淨化および再利用に関する研究. 平成4年度食肉にする助成研究調査成果報告書. vol. 11: 219-222.
6. 平野茂博. 1998. 키토산의關與する植物の細胞活性化および病原菌に對する自己保護機能. 日農化會誌. 62: 293-295.
7. Ahmad, J. S. and R. baker. 1987. Rhizosphere competence of *Trichoderma harzianum*. *Phytopathol.* 77: 182-189.
8. El Ghaouth, A., J. Arul, R. Ponnampalam, and M. Boulet. 1991. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh stawberries. *J. of food science.* 56: 1618- 1620.
9. Hadwiger, L. A., and Beckman. 1980. Chitosan as a component of Pea-*Fusarium solani* interactions. *Plant Physiol.* 66: 205-211.
10. Hirano, S., and N. Nagao. 1989. Effects of Chitosan, pectic acid, lysozyme, and chitinase on the growth of several phytophogens. *Agric. Sio. Chem.* 53: 3065-3066.

11. Lee, Y. and B. C. Jang. 2000. Identification and use of activated substance derived from the commercialized environmental friendly agro-materials on plant growth. *Agro-Environment Research 2000*. Department of Agro-Environment. *National Institute of Agricultural Science and Technology*. RDA. pp. 337-345
12. Pump, H. H. and H. Krist. 1988. *Laboratory manual for the examination of water, and soil*, VCH., Weinheim, Germany.