

키토산, 목초액 및 EM 처리가 토양 미생물상의 변화 및 토마토의 초기생육에 미치는 영향

정 순 재* · 오주성** · 석운영** · 김 정 완** · 김도훈** · 정원복**

Effect of Chitosan, Wood Vinegar and EM on Microorganisms in Soil and Early Growth of Tomato

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

With treatment of Kitosan, Wood vinegear and EM(effective microoganism) which farmers call it as substance in fertilizing, conditioning and disease control substances, authors in vestigated on microorganisms change in soil and ealy growth characteristics of tomato. The results were summarized as follows :

Among foliar application of kitosan, wood vinegear and EM(effective microoganism) treatments diluted by chitosan 500 times solution level was effective considering growth of tomato as compared other dilutions and control plot. Change of microorganism number in the soil for cultivation of tomato was increased with microorganism treatment plot as compared with control plot. Specially chitosan 500 times solution level shows the most significant effect.

Key words : *chitosan, wood vinegar, EM(effective microoganism)*

I. 서 언

최근 국민경제의 향상으로 건강한 환경과 안전식품에 대한 요구 등 이른바 ‘웰빙문화’를 만들게 되었고, 이러한 시대적 변화는 우리 농업에서도 친환경농업이 대두되게 되었다. 친환경농업은 환경을 보전하고, 소비자에게 안전한 농산물을 공급하기 위하여 농약과 화학비

* 대표저자, 동아대학교 생명자원과학대학

** 동아대학교 생명자원과학대학

료 및 사료첨가제 등 합성 화학물질을 사용하지 않거나, 최소량만 사용하여 생산한 농산물을 말한다. 친환경농산물을 재배할 때 몸에 유해한 물질을 사용하지 않기 때문에 안심하고 먹을 수 있다. 또 맛과 향이 좋고, 영양가 함량이 높으며, 인공첨가물을 넣지 않아 신선도가 오래 지속된다. 현재 우리나라에서 인증하는 친환경농산물은 유기농산물, 전환기 유기농산물, 무농약농산물 및 저농약농산물이며, 건강에 대한 관심이 높아지면서 친환경농산물 소비량이 급증하고 있다. 이에 따라 친환경인증을 받은 농가수도 2005년 말 현재 약 2,595 농가나 되며, 친환경인증을 받은 농산물의 품목은 모두 220개 품목으로 이 가운데 곡류가 20개, 과실류 12개, 채소류 180개, 특작류 10개 품목이다. 그리고 2005년 4월말까지 친환경농산물의 출하량은 21,197t으로 전년 같은 기간에 비해 무려 54.9%나 증가했다(농촌진흥청, 2004). 이러한 요구에 비해 친환경농업에 대한 개발과 보급은 다소 부족하여 친환경농업을 실천하고자 하는 농가 중 일부는 과학적으로 검증되지 않은 농자재나 농법을 사용하고 있는 실정인바 검증된 친환경농업 자재의 보급과 농가들이 실천하고 있는 친환경농법에 대한 객관적인 판단이 시급히 요구되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 안전한 농산물을 생산하기 위한 기초연구로서, 친환경농자재인 목초액, 목탄, 유산균, 천혜녹즙, 한방영양제, 토착미생물, 현미식초, 키토산, 미생물제제, 토곡, 규조토, 피트모스, 생선아미노산 중 현재 화학비료와 농약 대신 많이 사용하고 있는 자재인 키토산, 목초액 및 EM 3종류를 토마토에 농도별로 사용하여 초기생육과 토양 미생물상 변화에 대해 조사하였다.

II. 재료 및 방법

본 연구는 2004년 3월부터 8월까지 동아대학교 부속농장 플라스틱하우스에서 Pot(Ø25×20cm) 시험으로 공시작물은 과채류인 토마토(사카타교배, 쥬이코 102)를 사용하였으며, 공시 친환경자재는 키토산, 목초액 및 EM을 사용 하였다. Pot 시험에 사용한 토양은 '부농상토'를 사용하였다. 시험처리 내용은 키토산, 목초액 및 EM을 각각 100배, 500배, 1,000배 희석액으로 하여 대조구를 포함하여 10개 처리구를 두고, 3반복으로 실시하였으며, 처리구당 재식본수는 10주로 하였다. 키토산, 목초액 및 EM 처리는 정식 10일 전에 관주를 하였고, 엽면처리는 정식 후 1주일 간격으로 9회 살포하여 6월 23일에 수확하였다. 조사기준은 농사시험연구(김광희, 1995) 조사기준에 준하여 실시하였다.

토마토의 생육조사는 초장, 엽장, 엽폭, 엽수, 엽면적 및 생체중을 조사하였고, 과실특성 조사는 과실수 및 과중을 조사하였다. 생육조사는 처리구에서 길이가 가장 긴 엽을 선정하여 엽장, 엽폭 및 엽면적을 조사하였으며, 과실특성 조사는 과중이 50g 이상인 것만으로 과수 및 과중을 조사하였는데 Pot시험으로 인해 과수는 적게 조사되었다.

토마토 재배지 토양분석은 농촌진흥청 토양 화학분석법(농촌진흥청, 1998)에 준하여 실시하였다. 그리고 토양의 미생물 조사는 미생물제제를 처리하기 전 토양과 재배한 후 토양을 채취한 후, 가는 체(20mm)로 쳐서 0.85%(w/v) NaCl 멸균수에 현탁시킨 다음 선택배지를 사용하여 미생물제제의 처리량 및 균 종류별로 희석법과 한천배지 평판 도말법으로 토양 내의 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 50µg/l의 Chloramphenicol을 함께 사용하였으며, 트리코데마를 선별하는데 사용하는 malt Extract Agar(MEA)에 항생제로 Chlorotetracyclin을 20µg/l 첨가한 배지를 사용하였다. 선별 배지에 도말한 미생물은 30℃에 6일간 배양하여 형성된 콜로니수를 측정하였다. 총균수는 이들 선택배지를 사용하여 계수된 개별 미생물들의 생균수의 총 합계로 계산하였다.

본 시험에 사용한 키토산, 목초액 및 EM에 함유되어 있는 성분은 <Table 1>과 같으며, 시험에 사용한 토양의 분석결과는 <Table 2>와 같다.

Table 1. Chemical properties of substances for experiment on microorganisms.

Division	pH	Macro nutrient elements(%)					Micro nutrient elements(%)			
		T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Cu	Fe	Mn	Zn
Wood vinegar	3.3	0.04	0	0.03	0	0	0	112	0	7
EM	4.4	0.06	0	0.04	0	0	0	87	0	0
Chitosan	3.6	0.01	0	0.78	0.69	0	0	561	0	0

Note : EM(effective microorganism)

Table 2. Chemical composition of soil in the experiment.

pH (1:5)	EC (ds/m)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	OM (%)	Ex. cation(Cmol/kg)		
				K	Ca	Mg
6.0	0.5	84	1.8	5.76	35.2	14.9

Ⅲ. 결과 및 고찰

키토산, 목초액 및 EM을 농도별로 각각 100배 희석액, 500배 희석액 및 1,000배 희석액

처리로 하여 토양 미생물상의 변화와 토마토의 초기생육에 미치는 영향을 연구한 결과를 편의상 구분하여 기술하면 다음과 같다.

키토산, 목초액 및 EM을 농도별로 처리한 전·후의 토양의 변화는 <Table 3>에서 보는바와 같이 처리간 뚜렷한 차이는 없었다.

Table 3. Chemical composition of soil in the chitosan, wood vinegar and EM.

Item Treatment	pH (1:5)		EC (ds/m)		P2O5 (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	6.0	5.5	0.5	0.5	83	26	1.8	1.6	5.76	3.61	35.2	32.7	14.9	11.2
EM 100	5.9	5.4	0.5	0.4	82	31	1.7	1.3	5.74	4.63	35.2	32.6	14.9	12.3
EM 500	6.0	5.6	0.5	0.4	83	29	1.7	1.4	5.75	4.61	35.2	32.8	14.9	12.1
EM 1000	6.0	5.6	0.5	0.4	82	30	1.7	1.4	5.74	4.65	35.2	38.1	14.9	13.5
CT 100	5.9	5.4	0.5	0.5	83	32	1.9	1.4	5.75	4.63	35.2	35.9	14.9	12.4
CT 500	6.0	5.4	0.5	0.5	83	31	1.9	1.3	5.75	3.95	35.1	36.6	14.9	11.3
CT 1000	6.0	5.4	0.5	0.4	83	29	1.8	1.4	5.74	3.99	35.3	37.8	14.8	12.5
WV 100	6.0	5.3	0.5	0.5	84	32	1.9	1.5	5.74	4.61	35.2	38.7	14.9	11.3
WV 500	6.0	5.4	0.5	0.5	84	28	1.9	1.3	5.75	4.64	35.2	38.8	14.9	12.2
WV 1000	6.0	5.4	0.5	0.4	83	29	1.8	1.4	5.75	4.59	35.4	37.9	14.8	13.7
Mean	6.0	5.4	0.5	0.5	84	818	1.8	1.33	4.39	0.42	35.2	12.73	14.9	12.3

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

EM 100 : EM activity liquid 100, EM 500 : EM activity liquid 500, EM 1000 : EM activity liquid 1000, CT 100 : Chitosan 100, CT 500 : Chitosan 500, CT 1000 : Chitosan 1000, WV 100 : Wood vinegar 100, WV 500 : Wood vinegar 500, WV 1000 : Wood vinegar 1000.

키토산, 목초액 및 EM 처리에 따른 토마토 초장의 경시적 변화는 <Table 4>에서 보는바와 같이 토마토 모종을 4월 14일에 정식하여 1주일 간격으로 엽면살포한 후 4월 29일(1차), 5월 22일(2차), 6월 23일(3차)에 각각 초장의 경시적 변화를 보면 1차 조사에서는 평균 초장이 15.81cm로 처리간에는 뚜렷한 차이는 없었으며, 2차 조사에서는 엽면살포를 5회 실시 후 조사했는데 평균 48.37cm로 1차 조사에 비해 평균 32.56cm나 초장이 길었다. 친환경 자재간에는 키토산 처리구에서 다소 길었으며, 처리간에는 키토산 500배액 처리구에서 51.16cm로 가장 길었다. 3차 조사에서는 엽면살포를 9회 실시 후 조사했는데 평균 88.73cm로 2

차 조사에 비해 평균 40.36cm나 초장이 길었다. 친환경 자재간에는 키토산 > EM > 목초액순이었으며, 처리간에는 키토산 500배액 처리구에서 100.14cm로 가장 길었다. 이상의 결과를 요약하면 대조구에 비해 키토산, 목초액 및 EM 처리구에서 초장이 길었으며, 친환경 자재간에는 키토산이 다른 자재에 비해 초장이 길었다.

Table. 4 Changes of plant height with the chitosan, wood vinegar and EM on the tomato.

Treatment	Item	Plant height(cm)		
		1st	2nd	3th
Control		17.25a	44.25f	73.71g
EM 100		17.45a	49.81c	85.35e
EM 500		17.74a	49.57c	89.61c
EM 1000		17.78a	49.58c	89.35c
CT 100		17.78a	50.08ab	89.38c
CT 500		17.80a	51.16a	100.14a
CT 1000		17.81a	51.09ab	98.69b
WV 100		17.35e	44.32e	83.68f
WV 500		17.34a	44.51e	88.68d
WV 1000		17.58a	49.38cd	88.73d
Mean		17.63	48.83	90.40

²Means separation in columns by Duncan's multiple range test at the 5% level.
 Note; EM 100 : EM 100, EM 500 : EM 500, EM 1000 : EM 1000, CT 100 : Chitosan 100, CT 500 : Chitosan 500, CT 1000 : Chitosan 1000, WV 100 : Wood vinegar 100, WV 500 : Wood vinegar 500, WV 1000 : Wood vinegar 1000.

키토산, 목초액 및 EM 처리에 따른 토마토의 생육 및 과실특성은 <Table 5>에서 보는바와 같다. 생육특성으로 엽장, 엽폭, 엽수 및 엽면적은 대조구에 비해 키토산, 목초액 및 EM 처리구에서 처리간에는 키토산 500배액 처리구에서 다소 양호하게 나타났다. 처리간에 키토산 500배액 처리구에서 엽장, 엽폭, 엽수 및 엽면적 공히 40.25cm, 34.92cm, 14.24개, 1,504 cm²로 가장 양호하였다.

토마토의 과실특성을 살펴보면 과수는 처리구 평균은 2.59개 였으며, 과중은 평균 133.79 g으로 대조구의 2.02개 및 114.03g보다 높게 나타났다. 친환경 자재인 키토산, 목초액 및 EM간에는 키토산 자재가 다소 양호하였으며, 특히 키토산 500배액 처리구에서 과수 및 과중은 각각 3.12개, 154.59g이었다.

Table 5. Effect of growth characteristic and fruit characteristics of substances treatments on the tomato.

Treatment \ Item	Leaf				Fruit	
	length (cm)	width (cm)	number (No.)	area (cm ²)	number (No.)	weight (g)
Control	33.83a ^Z	33.11i	13.01d	1,006h	2.02f	114.03j
EM 100	38.94b	33.66g	13.33c	1,316g	2.56c	131.37e
EM 500	39.83ab	34.13d	13.66b	1,355e	2.55c	130.12f
EM 1000	39.93ab	34.36c	13.53b	1,403c	2.98b	138.51c
CT 100	39.93ab	34.06e	13.70b	1,368d	2.58c	132.21d
CT 500	40.25ab	34.92a	14.24a	1,504a	3.12a	154.59a
CT 1000	40.20ab	34.76b	14.18a	1,489b	3.01ab	140.24b
WV 100	38.30c	33.36h	13.21c	1,311g	2.25e	120.60i
WV 500	38.28c	33.83f	13.45c	1,338f	2.39d	127.33h
WV 1000	38.39c	33.85f	13.30c	1,343f	2.41d	129.10g
Mean	39.33	34.10	13.62	1,381	2.65	133.79

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

키토산, 목초액 및 EM 처리에 따른 엽록소함량의 경시적 변화는 <Table 6>에서 보면, 1차(4월 29일, 엽면처리 2회) 엽록소함량 측정에서는 평균 19.15로 처리간 뚜렷한 차이는 나타나지 않았으며, 2차(5월 22일, 엽면처리 5회), 3차(6월 23일, 엽면처리 9회)조사에서는 생육기간이 경과할수록 엽록소함량이 증가하는 경향을 보였고, 자재간에는 키토산이 목초액, EM 처리에 비해 엽록소함량이 다소 높았다.

Table. 6 Change of chlorophyll contents by the different characteristics of substances.

Treatment \ Item	Chlorophyll contents (SPAD value)		
	1st	2nd	3th
Control	19.15a	29.13i	35.84h
EM 100	19.20a	30.52h	36.14g
EM 500	18.65a	32.14g	39.70e
EM 1000	19.05a	36.25e	42.56d

Treatment	Item	Chlorophyll contents(SPAD value)		
		1st	2nd	3th
CT 100		19.24a	38.81b	45.76b
CT 500		19.51a	41.05a	47.36a
CT 1000		19.35a	41.00a	47.53a
WV 100		19.03a	33.94f	39.53ef
WV 500		19.15a	37.62c	44.73c
WV 1000		19.20a	37.53cd	44.70cd
Mean		19.15	36.54	43.11

²Means separation in columns by Duncan's multiple range test at the 5% level.

키토산, 목초액 및 EM 처리전·후의 토마토 재배 토양의 미생물상을 처리구별로 토양을 채취하여 세균, 사상균, 트리코데마, 방선균의 수를 조사한 결과는 다음과 같다(Fig. 1, 2, 3, 4). 처리전·후의 일반 세균수의 변화는 키토산, 목초액 및 EM 처리 전에 토양을 채취하여 조사한 세균수는 26.28×10^3 CFU/g이었으나 토마토를 수확한 후 세균수를 조사한 결과 대조구를 제외한 전 처리구에서 키토산, 목초액 및 EM 처리 전에 비해 다소 증가한 경향을 보였다. 키토산, 목초액 및 EM 처리간에는 키토산 500배액 처리구에서 50.67×10^3 CFU/g로 23.39×10^3 CFU/g로 가장 많이 세균수가 증가하였다. 처리전·후의 사상균수는 처리 전에는 12.67×10^3 CFU/g이었으며, 토마토를 수확한 후의 사상균수를 조사한 결과 키토산, 목초액 및 EM 자재간에는 대조구에 비해 약간 증가하였으나 EM 500배액 처리구에서 12.52×10^3 CFU/g로 다소 감소하였다. 처리전·후의 트리코데마수의 변화는 처리 전에는 14.33×10^3 CFU/g이었으며, 토마토 수확 후에는 대조구를 포함한 전 처리구에서 다소 증가하였으나 일정한 경향은 없었다. 시험결과 키토산 500배액 및 키토산 1,000배액 처리구에서 각각 25.67×10^3 CFU/g 및 26.21×10^3 CFU/g로 가장 많이 증가하였는데 트리코데마는 병원성 곰팡이를 포식하는 천적 곰팡이로서 *Rhizoctonia*와 같은 난방제성 토양전염성 병해를 일으키는 병원균을 억제하는 효과가 뛰어난 것으로 알려져 있는 미생물이다(Ahmad, J. S. and R. baker, 1987).

방선균의 변화를 보면 키토산, 목초액 및 EM 처리전의 방선균수는 15.33×10^3 CFU/g이었으며, 토마토 수확 후에 방선균수를 조사한 결과 대조구에서 15.43×10^3 CFU/g로 미생물처리전보다 약간 증가하였으며, 미생물제제 처리구간에서는 다소 증가하였다. 친환경 자재간에는 키토산 500배액 및 키토산 1,000배액 처리구에서 공히 20.67×10^3 CFU/g로 방선균수가 가장 많이 증가하였으나 처리간 뚜렷한 차이는 없었다. 이는 일반적으로 키토산처리는 토양 중 방선균의 밀도를 증가시켜 병원성 사상균을 억제시키는 작용을 하는데 본 시험에서도 키토산 처리시 구성 균종이 토마토재배 토양에 안정적으로 정착하여 생존하는 것으로

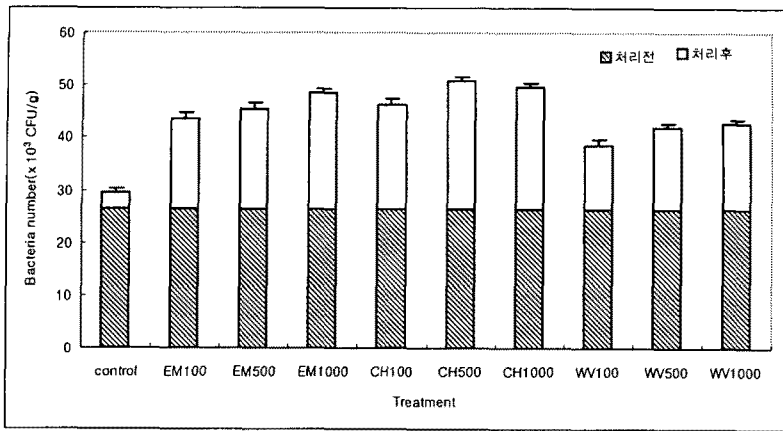


Figure 1. Change in bacteria number in the soil cultivation of tomato.

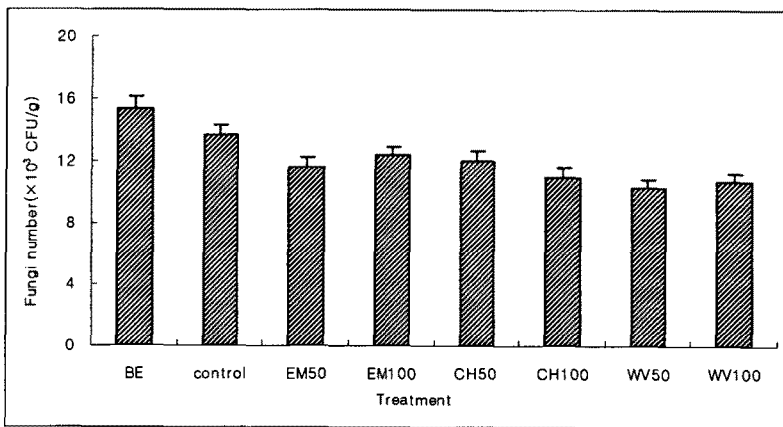


Figure 2. Change in fungi number in the soil for cultivation of tomato.

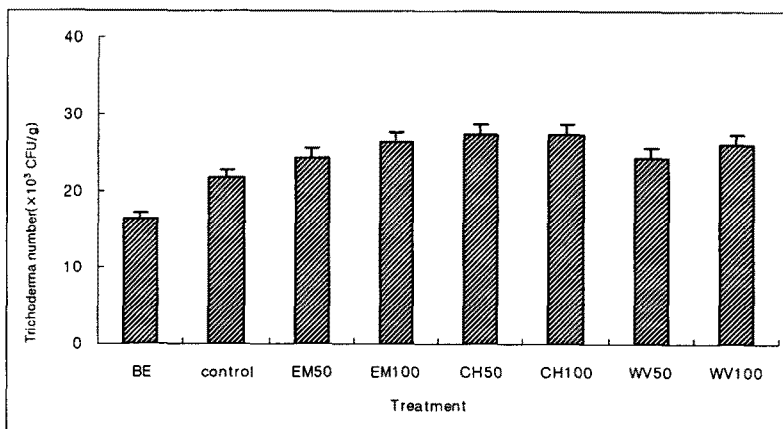


Figure 3. Change in trichodema number in the soil for cultivation of tomato.

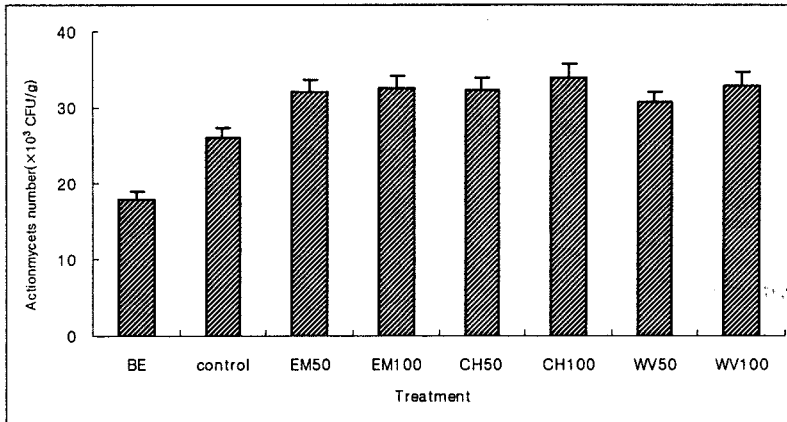


Figure 4. Change in actinomycetes number in the soil for cultivation of tomato.

판단되어지며, 토마토 재배토양 미생물상을 구성하는 여러 종류의 미생물에 대하여 유익하고, 지속적인 효과를 나타내고 있는 것으로 추정되어진다.

키토산, 목초액 및 EM 처리에 따른 토마토의 초기생육 및 토양 미생물상의 변화에 관한 연구결과를 종합하면 대체적으로 키토산, 목초액 및 EM 처리구가 대조구에 비해 생육 및 수량이 양호하였으며, 친환경 자재간에는 키토산이 비교적 양호하였다. 특히 키토산 500배액 처리구에서 양호하였다. 이는 엽장, 엽폭, 엽수, 엽면적 등의 양호한 생육이 토마토의 과실특성에도 영향을 미친것으로 판단된다. 처리농도간에는 500배액 처리구에서 다른 농도 처리구에 비해 다소 생육이 양호하였는데 이는 과채류에서 미생물제제처리는 대체적으로 엽면처리 농도가 300~700배액을 사용하고 있기 때문에 본 연구에서도 100배액이나 1,000배액 처리보다 500배액 처리에서 식물의 생리 활성이 높아 토마토의 생장이 촉진된 것으로 판단된다. 친환경 자재간에는 키토산 처리구에서 토마토의 생육이 비교적 양호하게 나타났는데 이는 공시 친환경 자재의 성분함량 분석 결과 키토산이 EM이나 목초액에 비해 작물에 필요한 무기성분을 다소 포함하고 있어, 이것이 토마토의 생육을 촉진시킨 것으로 생각된다. 특히 키토산에는 식물 체내의 성장활성제인 Hexosamine의 증가로 생리활성이 높아 토마토의 생장이 촉진된 것으로 판단된다.

키토산, 목초액 및 EM을 농도별 처리 전·후에 세균, 사상균, 트리코데마 및 방선균의 미생물수를 조사한 결과 대조구에 비해서 친환경 자재를 처리한 시험구에서 다소 증가하였다. 자재간에는 키토산이 다른 친환경 자재보다 다소 증가하였다. 미생물 종류를 조사한 결과 균 종별 구성은 세균이 주종을 이루었고, 사상균과 트리코데마의 비율은 대체적으로 낮았다. 이는 자연환경에 존재하는 미생물상의 일반적인 구성과 미생물 개체수의 변화를 보여 주는 것이다. 토마토를 수확한 후 미생물상을 조사한 결과 친환경자재 처리 전에 비해 세균, 방선균 및 트리코데마수는 일정한 비율로 증가하였고, 사상균수는 약간 감소하였으

나 일정한 경향은 없었다. 특히 키토산 500배액 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 유사하였다. 그리고 키토산, 목초액 및 EM 활성액 처리가 대조구에 비해 토마토의 생육 및 수량이 다소 높았는데 이는 키토산, 목초액 및 EM 활성액 속에 들어 있는 물질 자체가 토마토의 초기생육 촉진에 기여하는 것도 있지만 대부분 토양중의 미생물 상에 영향을 미치므로서 토양 미생물수와 양이 증가함으로 근권이 활성화되어 지상부인 작물생육도 다소 양호해지는 것으로 판단된다.

IV. 적 요

친환경 농자재인 키토산, 목초액 및 EM 을 농도별로 처리하여 토양 미생물상 변화와 토마토의 초기생육특성에 미치는 효과에 대해 연구한 결과는 다음과 같다.

1. 토마토의 초기생육은 전반적으로 대조구에 비해 키토산, 목초액 및 EM 처리구가 비교적 생육이 양호하였으며, 처리간에는 키토산 500배액 처리구에서 초장, 엽면적, 과중 등이 양호하게 나타났다.
2. 엽록소함량의 경시적 변화는 생육초기에는 처리간 뚜렷한 차이가 나타나지 않았으나 생육기간이 길수록 엽록소함량이 증가하였는데 자재간에는 키토산이 EM 및 목초액에 비해 엽록소함량이 증가하였다.
3. 토양 미생물상의 변화는 대조구에 비해 키토산, 목초액 및 EM 처리구에서 세균, 트리코데마 및 방선균수는 다소 증가하였고, 사상균수는 약간 감소하였으나 처리간 일정한 경향은 없었다.

[논문접수일 : 2006. 10. 30. 최종논문접수일 : 2006. 12. 6.]

참 고 문 헌

1. 농촌진흥청. 2004. 친환경, 유기농업 영농활용 매뉴얼.
2. 김광희. 1995. 삼정. 농사시험연구조사기준. 농촌진흥청.
3. 농촌진흥청. 1998. 토양화학분석법.

4. 엄미정·박현철·문영훈·김갑철·한수곤. 2002. 키토산과 목초액 처리가 고추의 생육 및 양분 흡수에 미치는 영향. 생물환경조절학회. 11(2): 67-73.
5. 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 64(5): 515-526.
6. Ahmad, J. S. and R. baker. 1987. Rhizosphere competence of *Trichoderma harzianum*. *Phytopathol.* 77: 182-189.
7. Kenneith, W. T. and H.R. Caffey. 1996. 83rd-88rd Annual research report. U.S. Department of agriculture. Crowley Luisians p. 233-355.
8. 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. p. 337-345
9. Lee, Y. S. and C. O. Lee. 1999. Change of free sugars, Lipoxygenase activity and effects of chitosan treatment during cultivation of soybean sprout. *Korean journal of Food Science and Technology* 31(1): 115-121.
10. Pump, H. H. and H. Krist. 1988. Laboratory manual for the examination of water, and soil, VCH., Weinheim, Germany.