미생물부숙퇴비의 상토 혼합처리가 토마토, 고추 유묘의 생장에 미치는 영향

김홍기* · 서범석* · 정순주**
호남온실작물연구소*, 전남대학교 농과대학 원예학과**

Effects of Compost Mixed with Microorganism Compost Fermented on the Seedlings Growth of Tomato and Red Pepper

Kim, Hong-Gi* · Seo, Beom-Seok* · Chung, Soon-Ju**
*Honam Greenhouse Crop Research Institute, Kwangju 500-060, Korea**
*Dept. of Hort., Chonnam Nat'l. Univ., Kwangju 500-757, Korea***

ABSTRACT

This experiment was carried out to investigate the effects of compost mixed with microorganism compost fermented for the production of high quality plug seedlings of tomato and red pepper. The results are summarized as follows.

As a result of compost analysis, EC value was increased with increment of microorganism compost supplemented but lowered gradually in the late period of seedlings growth. pH value of microorganism compost fermented was 9.3 which is strong alkalinity.

In the plot of 30 percent of microorganism compost fermented early growth of tomato seedlings was better in terms of plant height, leaf area and total dry weight. However, early growth of red pepper seedlings was shown in the plot of supplemented with 20 percent of microorganism compost fermented.

The higher the mixing rate over 60 percent of microorganism compost fermented to the soil used retarded the seedlings growth regardless of tomato and red pepper.

Key words : compost, microorganism compost fermented, plug seedling, tomato, red pepper.

Ⅰ. 서 언

최근 환경보전형 농업의 중요성이 인식되어 감에 따라 상수원의 수질보전 및 농촌지역의 쾌적한 생활환경 유지와 관련하여 유기농업의 다양한 방법들이 농업생산에서 상당한 관심을 끌어오고 있다. 특히, 1980년대 후반부터 대도시의 상수원 오염문제가 심각해지면서 각종 환경오염원에 대한 단속이 본격적으로 시작되었고, 이에 따라 농업환경오염원의 회피를 위한 대책으로써 유기농업의 역할이 크게 부각되고 있다(홍 등[3,15]).

그 중 가축분뇨나 톱밥 등을 부숙시켜 퇴비화하므로써 작물생산에 효율적으로 이용하는 방법이 널리 보급되고 있는데, 이와 같이 부숙(퇴비화)이라고 하는 과정을 거침으로써 발생하는 발효열에 의해 유해균이나 잡초종자의 사멸을 꾀하고 생유기물 특유의 취기, 색 및 점성 등의 문제를 해결하여 취급이 용이한 부숙퇴비를 만들어 이용하는 것은 매우 중요하다. 이러한 발효과정에서 부숙을 촉진시켜 퇴비화하기 위해서는 미생물이 잘 활동할 수 있는 조건을 맞추어줄 필요가 있는데, 그 조건으로서는 미생물이 활동하기 위한 영양원, 산소, 수분 및 온도가 그 선결조건이 된다(Haug et al.[2,3,6,7,11,15]).

원예작물에 있어서 육묘의 목적은 작기의 확대, 스트레스에 약한 유묘의 보호, 집약적 관리에 의한 노력·경영비 절감 및 경종의 효율적 활용에 있었다. 그러나, 최근에는 생산 및 소비의 주년화와 이에 따른 시설재배 면적의 확대, 농업노동력의 부족 및 농업의 국제경쟁력 강화의 필요성 등으로 육묘에 있어서도 공정육묘를 통한 규격화와 안정화의 단계로 접어들고 있으며, 특히 육묘용 배지의 중요성이 크게 부각되고 있다(池田 等[4,12]).

현재 농가에서 일반적으로 사용하고 있는 육묘용 배지로는 밭흙, 마사토, 모래 그리고 유기물 공급원으로써 퇴비, 부엽, 왕겨 등을 이용하고 있는데, 이러한 유기물 재료는 일정기간동안 숙성시켜야 되는 등 제조의 번거로움으로 인해 최근에는 수입에 의존되는 피트모스 등 원예용 배지를 혼합하여 사용하고 있으나, 이에 대한 정확한 물리·화학적 분석이 이루어져 있지 않다. 지금까지도 플러그육묘용 배지와 비료는 거의 전량을 수입에 의존하고 있고, 이에 대한 수요도 매년 증가할 전망이어서 배지나 비료의 국산화 및 합리적인 육묘기술의 개발이 절실한 상황이다(한 등[1,5,8,9,10,13]).

따라서, 본 실험은 주요 과채류의 육묘에 있어서 미생물을 이용하여 발효시킨 부숙퇴비를 일반 상토와 혼합함으로써 화학비료 사용으로 인한 농업환경오염을 최소화하고, 기존 수입 육묘배지들의 대체효과를 얻고자 하였으며, 또한 주요 과채류의 우량건묘를 육성하기 위한 미생물 부숙퇴비의 처리방법을 구명하기 위한 기초 자료로 활용하고자 수행하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

본 실험은 1997년 1월부터 4월까지 전남대학교 농과대학 원예학과 시설원예학 실험포 유리온실(25평)과 실험실에서 수행되었다. 공시작물 및 품종으로 토마토(*Lycopersicon esculentum* Mill.)는 "서광토마토(홍농종묘)", 고추(*Capsicum annuum* L.)는 "녹광고추(홍농종묘)"를 사용하였다.

배지재료는 산흙과 미생물부숙퇴비를 사용하였고, 실험목적에 따라 각 배지를 용적비로 혼합하여 72공 플러그트레이에 충진시킨 후 공시작물을 파종하고, 암조건의 발아실(growth chamber)에서 28~30℃로 온도를 관리하여 발아시켰다.

이식 및 육묘는 앵글과 철그물망을 이용하여 만든 L600㎝×W120㎝×H60㎝의 벤치 위에 각 공시작물을 파종한 플러그트레이를 올려놓고 7~10일간 육묘한 후 근권의 용적을 충분히 확보하기 위하여 지름 10cm의 폴리에틸렌 폿트에 처리별로 각각 이식하였다. 이식시 육묘용토는 처리내용에 따라 산흙과 미생물부숙퇴비를 용적비율로 혼합하여 충진하였으며, 관수는 맑은 날에는 오전 10시, 오후 4시경에 2회, 흐린 날에는 오전 11시경에 물뿌리개로 두상살수하였다.

산흙을 대조구로 하고, 산흙과 미생물부숙퇴비를 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60의 용적비로 균일하게 혼합하여 폴리에틸렌 폿트에 충진시키고, 각 공시작물의 묘를 이식하였으며, 그 처리내용은 <표 1>과 같다.

Table 1. Mixing ratio of microorganism compost fermented by volume per volume.

(Unit : %, volume ratio)

Treatment	Soil	Microorganism compost fermented	Treatment	Soil	Microorganism compost fermented
Con.	100	-	④	60	40
①	90	10	⑤	50	50
②	80	20	⑥	40	60
③	70	30			

각 처리별 육묘배지의 EC와 pH는 산흙과 미생물부숙퇴비의 혼합배지를 풍건하여 시료 5g씩을 시험관에 취하고 증류수 25㎖를 가하여 자주 흔들어주면서 1시간 동안 방치 후 EC meter와 pH meter를 이용하여 측정하였다(Lemaire et al.[10,14]).

각 처리별 생육조사는 본엽출현 직후부터 작물에 따라 3~4일 간격으로 각 처리별 초장, 엽수, 최대경경, 엽면적, 각 기관별 생체중과 건물중 등을 조사하였다. 엽면적은 Delta-T area meter(CB 3535, CBS OEJ, 영국)로 측정하였고, 건물중은 80℃의 dry oven에서 2일간 건조시킨 후 칭량하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 공시토양의 EC, pH 분석

<표 2>는 육묘과정 중 파종 시기인 1월 25일과 재배 후반기인 2월 26일에 있어서의 각 처리별 EC와 pH를 나타낸 것으로 대조구에 비하여 미생물부숙퇴비의 혼합비율이 증가할수록 혼합배지내의 이온농도인 EC의 값이 증가함을 볼 수 있다. 따라서, 본 실험에 사용된 미생물부숙퇴비의 EC가 5.11mS/cm임을 감안할 때 미생물부숙퇴비의 혼합비율이 높아짐에 따라 전체 혼합배지의 EC도 증가한다는 것을 알 수 있다. 재배후반기인 2월 26일에는 EC가 파종시기와 비교하여 다소 감소하는 경향을 볼 수 있는데, 이는 육묘과정에서 작물이 영양성분을 흡수이용하면서 시간이 경과함에 따라 이온성분이 감소하기 때문으로 추측된다.

EC는 혼합배지속에 녹아있는 양이온과 음이온의 비료성분의 합을 전기가 통하는 정도를 기준으로 나타낸 농도의 단위이며, 일반적으로 원예작물의 육묘시 EC 0.5~1.0mS/cm에서 정상적인 생장을 한다고 보고되어 있다(김 등[5,8,12]).

Table 2. EC and pH of each compost in this experiment. Data were obtained at Jan. 25 and Feb. 26.

Treatment	EC(mS/cm)		pH	
	Jan. 25	Feb. 26	Jan. 25	Feb. 26
Con.[X)]	0.06	0.06	5.81	6.17
90:10[Y)]	0.24	0.11	7.01	7.53
80:20	0.46	0.35	7.62	7.73
70:30	0.59	0.52	7.84	7.52
60:40	0.91	0.69	8.12	7.21
50:50	1.15	0.95	8.31	6.81
40:60	1.50	1.17	8.43	6.27

X) Soil

Y) The ratio of soil : microorganism compost fermented (volume : volume)

* Microorganism compost fermented : EC 5.11, pH 9.30

pH는 혼합배지 중의 수소이온(H^+) 농도의 지수를 나타내는 것으로써 일반적으로 5.5~7.0 범위가 식물생육에 적당하다고 보고되어 있다(김 등[5,8,12]). 본 실험에 사용된 혼합배지들의 pH를 보면 미생물부숙퇴비 자체의 pH가 9.3의 강알칼리성을 나타냄으로써 혼합비율이 증가함에 따라 pH가 증가하는 경향을 볼 수 있다. 전반적으로 대조구에 비하여 알칼리성을 갖고 있으며, 이는 혼합배지내 이온성분 중 음이온이 많이 존재함을 알 수 있다. 재배가 진행되어 감에 따라 pH는 작물생육에 비교적 안정적 범위에 근접해 감으로써 작물생육에 좋은 효과를 가져올 수 있을 것으로 기대된다.

2. 토마토 유묘의 생장특성

미생물부숙퇴비의 혼합비율에 따른 토마토 유묘의 생장특성을 알아보기 위하여 파종후 32일째의 생장특성을 조사한 결과는 <표 3>과 같다. 토마토 유묘의 초장은 토양:미생물부숙퇴비의 혼합비율이 70:30인 처리구에서 23.3cm를 확보함으로써 가장 많이 확보하였으며, 이는 40:60 처리구의 7.5cm에 비해 3배 이상의 높은 결과를 가져왔다. 60:40 처리구에서도 초장은 19.8cm를 확보함으로써 비교적 높은 초장을 확보하였고, 미생물부숙퇴비를 혼합하지 않은 대조구에서는 15cm를 확보함으로써 매우 낮은 결과를 나타냈다. 토양:미생물부숙퇴비의 혼합비율이 40:60인 처리구에서는 매우 낮은 초장의 신장을 가져옴과 동시에 엽이 황변화되어 가는 현상을 볼 수 있었다. 따라서, 적정 수준 이상의 미생물부숙퇴비의 혼합은 작물의 생장을 촉진하는 것이 아니라 오히려 작물생육에 지장을 초래한다는 결과를 알 수 있었다.

엽면적 확보면에서도 70:30 처리구에서 304㎠의 엽면적을 확보하여 가장 많았으며, 40:60 처리구에서 48㎠를 확보함으로써 가장 낮은 결과를 가져왔다. 60:40 처리구에서도 286㎠를 확보함으로써 비교적 많은 엽면적을 나타냈고, 80:20 처리구에서도 195㎠를 확보함으로써 50:50의 178㎠보다 더 많은 엽면적을 확보하였다.

Table 3. Growth characteristics of tomato seedlings as affected by different compost mixed with microorganism compost fermented at 32 days after sowing.

Treat.	Plant ht. (cm)	Stem dia. (mm)	No. of leaves (ea)	Leaf area (㎠)	Fresh weight(g)				Dry weight(g)			
					Leaf	Stem	Root	Total	Leaf	Stem	Root	Total
Con.[X)]	15.0e[Z)]	4.85cd	8.00cd	95c	3.46e	1.71d	1.74c	6.56e	0.59c	0.19c	0.21c	0.93de
90:10[Y)]	15.8de	4.73d	8.67c	124c	5.05d	2.44d	2.33b	9.81d	0.71c	0.26bc	0.24bc	1.21cd
80:20	18.6c	6.17b	9.67b	195b	7.83c	3.50c	2.87a	14.19c	0.93b	0.33b	0.29ab	1.55b
70:30	23.2a	6.87a	11.33a	304a	11.95a	5.70a	2.47ab	20.11a	1.20a	0.45a	0.32a	1.97a
60:40	19.8b	6.60ab	11.33a	286a	10.31b	4.74b	2.18b	17.23b	0.87b	0.31b	0.23c	1.41bc
50:50	16.1d	5.13c	10.00b	178b	6.13d	2.49d	0.90d	9.52d	0.67c	0.23c	0.13d	1.02d
40:60	7.5f	3.73e	7.33d	48d	1.48f	0.52e	0.26e	2.26f	0.19d	0.05d	0.04e	0.27f

[Z)] Mean separation within columns by DMRT at 5% level.
[X)] Soil
[Y)] The ratio of soil : microorganism compost fermented (volume : volume)

총건물중에서도 70:30 처리구에서 1.97g으로 가장 많은 건물중을 확보하였고, 40:60 처리구의 총건물중 0.27g에 비해서 무려 7배 이상의 많은 건물중을 확보하였다. 다음으로는 80:20 처리구에서 1.55g을 확보하였고, 60:40 처리구의 1.41g보다도 더 많은 건물중을 확보하였음은 초장이나 엽면적의 경향과 다소 차이가 있다. 이 외에 경경, 엽수, 생체중에

서도 처리간에 유사한 경향을 나타내었으며, 거의 모든 생장특성들에 있어서 토양:미생물부숙퇴비의 혼합비율이 70:30, 60:40, 80:20의 순으로 양호한 결과를 나타냈다.

<그림 1>은 토마토 유묘의 경시적인 초장변화를 나타낸 것으로 토양:미생물부숙퇴비의 혼합비율이 40:60인 처리구를 제외하고는 전반적으로 급속한 증가추세를 보이고 있다. 특히, 70:30 처리구에서 가장 높은 증가 경향을 나타내고 있으며, 다음으로는 60:40, 80:20 처리구의 순으로 경향이 뚜렷하다. 반면에 40:60 처리구에서는 매우 완만한 증가를 보이고 있어서 일정 수준 이상의 미생물부숙퇴비의 혼합은 오히려 토마토 유묘의 생장을 상대적으로 저해시킨다는 것을 알 수 있다.

<그림 2>는 토마토 유묘의 경시적인 엽면적변화를 보여 주는데, 전반적으로 초장에서와 유사한 경향을 보이고 있다. 특히, 2월 23일을 정점으로 하여 2월 26일에는 매우 급속하게 엽면적이 증가하였으며, 40:60 처리구에 비하여 약 6배의 엽면적을 확보하고 있음을 볼 수 있다.

<그림 3>은 토마토 유묘의 경시적인 총건물중변화를 나타낸 것으로 총건물중에 있어서도 혼합비율이 70:30인 처리구에서 급속한 증가경향을 보이며, 다음으로 80:20, 60:40의 순으로 초장과 엽면적에서의 경우와는 다소 차이가 있다. 40:60 처리구에서는 매우 완만한 증가추세를 보이고 있다.

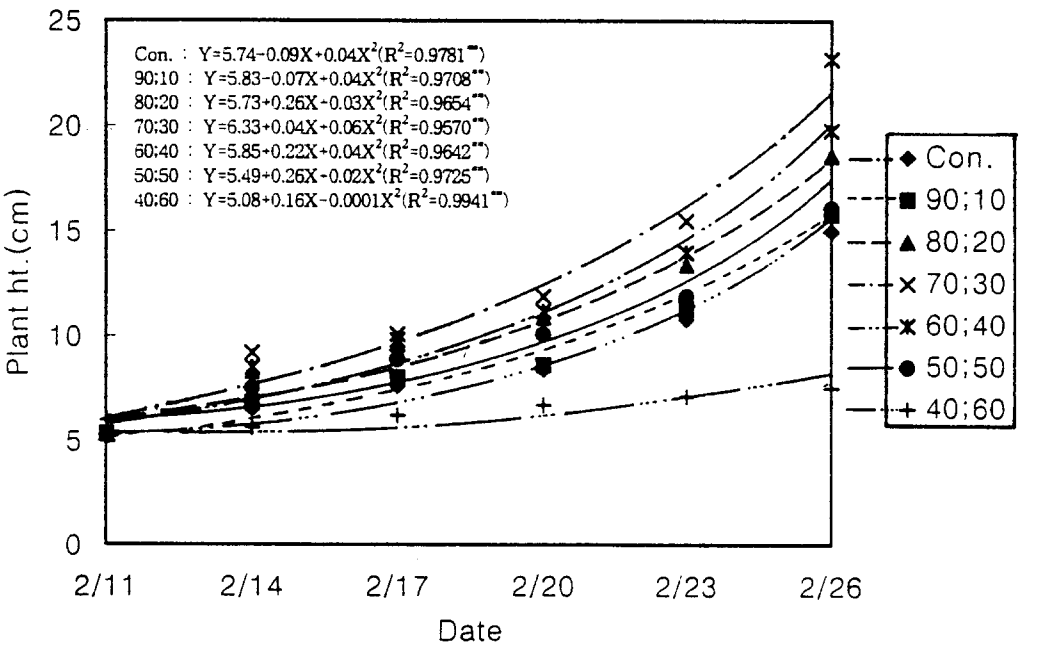

Fig 1. Changes in plant height of tomato seedlings as affected by compost mixed with microorganism compost fermented.

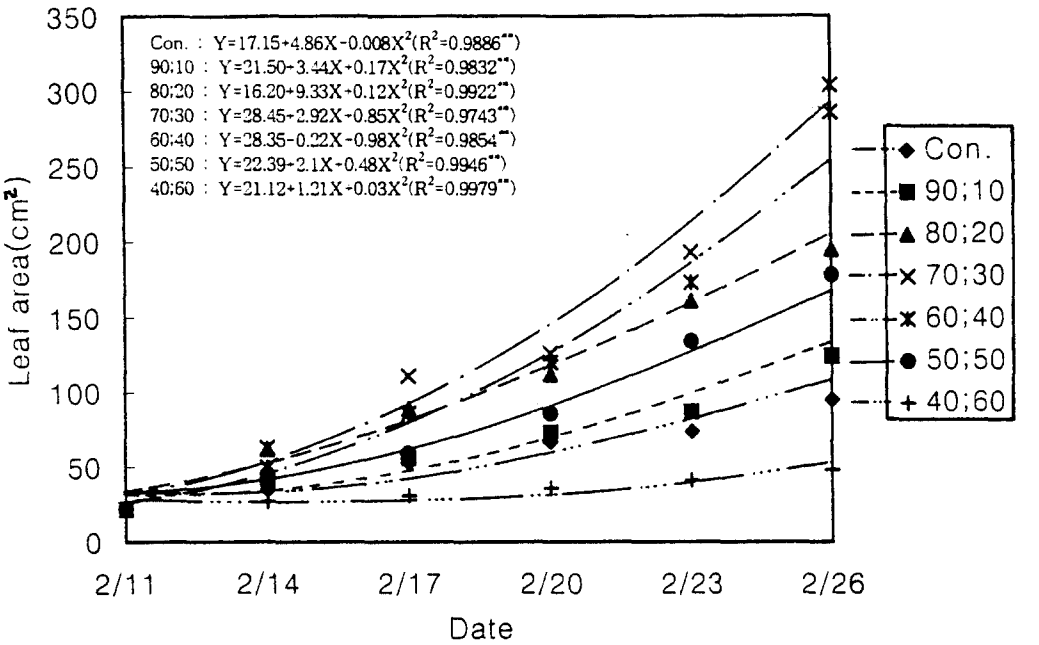

Fig 2. Changes in leaf area of tomato seedlings as affected by compost mixed with microorganism compost fermented.

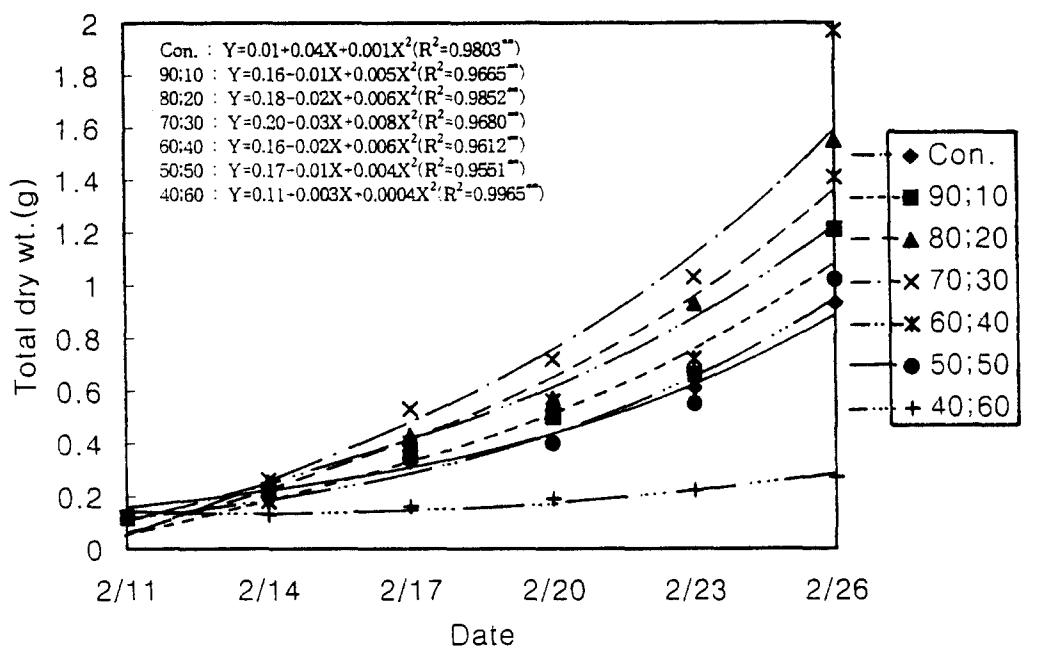

Fig 3. Changes in total dry weight of tomato seedlings as affected by substrates mixed with microorganism compost fermented.

3. 고추의 생장특성

<표 4>는 각 처리별로 파종후 37일째의 고추의 생장특성을 나타낸 것으로써 초장을 보면 토양:미생물부숙퇴비의 혼합비율이 80:20인 처리구에서 12.1cm로 가장 많이 확보하였으며, 다음으로 90:10 처리구에서 11.1cm, 70:30 처리구에서 10.8cm 순으로 초장확보율을 보이고 있다. 반면에 40:60으로 미생물부숙퇴비가 가장 많이 혼합되어 있는 처리구에서는 오히려 가장 낮은 초장을 확보하였으며, 60:40 이후의 처리에서 미생물부숙퇴비의 혼합비율이 높아질수록 초장은 감소하는 현상을 보이고 있다.

엽면적확보면에서도 80:20 처리구에서 91㎠로 가장 많았으며, 미생물부숙퇴비가 가장 많이 혼합되어 있는 40:60 처리구에서는 9㎠를 확보함으로써 거의 생장의 정지를 가져왔다. 이러한 현상은 적정 수준 이상으로 많은 양의 미생물부숙퇴비를 혼합하면 근권의 활력을 약화시키게 되며, 따라서 지상부의 생장도 거의 이루어지지 않았을 것으로 추정된다. 다음으로는 70:30 처리구에서 71㎠, 90:10 처리구에서는 69㎠를 확보하였으며, 80:20 처리구를 정점으로 미생물부숙퇴비의 혼합비율이 높아질수록 엽면적의 확보는 점점 낮아지는 경향을 나타내고 있다.

총건물중에 있어서도 토양:미생물부숙퇴비의 혼합비율이 80:20인 처리구에서 0.64g으로 가장 많았으며, 다음으로는 90:10, 70:30의 순으로 많은 건물중을 확보하고 있다. 역시 40:60의 처리구에서 가장 낮은 건물중 확보를 보이고 있다.

Table 4. Growth characteristics of red pepper seedlings as affected by different compost mixed with microorganism compost fermented at 37 days after sowing.

Treat.	Plant ht. (cm)	Stem dia. (mm)	No. of leaves (ea)	Leaf area (㎠)	Fresh weight(g)				Dry weight(g)			
					Leaf	Stem	Root	Total	Leaf	Stem	Root	Total
Con.[X]	10.4bc[Z]	2.20c	10.00b	40c	1.02d	0.43c	0.97b	2.42c	0.19c	0.06d	0.15a	0.40cd
90:10[Y]	11.1b	2.53b	12.00a	69b	1.86b	0.74b	1.13a	3.73a	0.27b	0.11a	0.17a	0.55b
80:20	12.1a	2.97a	12.33a	91a	2.33a	0.85a	0.94b	4.13a	0.37a	0.10ab	0.16a	0.64a
70:30	10.8b	2.90a	12.00a	71b	1.92b	0.67b	0.61c	3.20b	0.29b	0.08bc	0.10b	0.47c
60:40	9.5c	2.20c	10.67b	45c	1.32c	0.47c	0.54c	2.33c	0.21c	0.05de	0.08b	0.35d
50:50	7.2d	2.00c	8.33c	25d	0.75d	0.23d	0.18d	1.16d	0.13d	0.04df	0.05c	0.21e
40:60	5.9e	1.53d	5.33d	9e	0.32f	0.10e	0.05e	0.47e	0.05e	0.02f	0.02d	0.08f

[Z] Mean separation within columns by DMRT at 5% level.
[X] Soil
[Y] The ratio of soil : microorganism compost fermented (volume : volume)

고추에 있어서 토양:미생물부숙퇴비의 혼합비율이 80:20인 처리구에서 거의 모든 생장특성들이 가장 우수하였으며, 다음으로 70:30 처리구와 90:10 처리구가 유사한 경향을 보

이고 있다. 이와 같은 결과는 토마토의 70:30 처리구에서 가장 좋은 성적을 나타냈던 것과는 다소 다른 결과를 보이고 있다.

<그림 4>는 미생물부숙퇴비의 혼합에 따른 각 처리별 초장의 경시적 변화를 나타낸 것으로써 혼합비율이 40:60, 50:50 처리구를 제외하고는 전반적으로 증가추세를 나타내고 있다. 생장초기에는 90:10 처리구가 가장 높은 초장을 일시적으로 보이고 있지만 시간이 경과함에 따라 80:20 처리구가 가장 많은 초장을 확보하고 있다. 미생물부숙퇴비를 첨가하지 않은 대조구에서도 비교적 양호한 초장을 확보하였으며, 50:50 처리구에서는 2월 27일까지 증가경향을 거의 보이지 않다가 3월 3일 경에 약간의 증가경향을 나타내고 있다.

<그림 5>는 각 처리별 엽면적확보의 경시적 변화를 나타낸 것으로써, 2월 23일을 기점으로 하여 80:20, 70:30, 90:10 처리구의 증가경향이 급속해지고 있다. 반면에, 40:60 처리구에서는 매우 완만한 엽면적 확보경향을 보이고 있으며, 역시 대조구에 비해서 오히려 엽면적이 확보되지 않았음을 볼 수 있다.

<그림 6>은 각 처리별 고추유묘의 총건물중 확보경향을 경시적으로 나타낸 것으로써 초장이나 엽면적 확보에서와 유사한 경향을 나타내고 있으며, 특히 80:20 처리구의 총건물중 확보량이 가장 많았고, 40:60 처리구에서는 매우 완만한 증가추세를 보이고 있다.

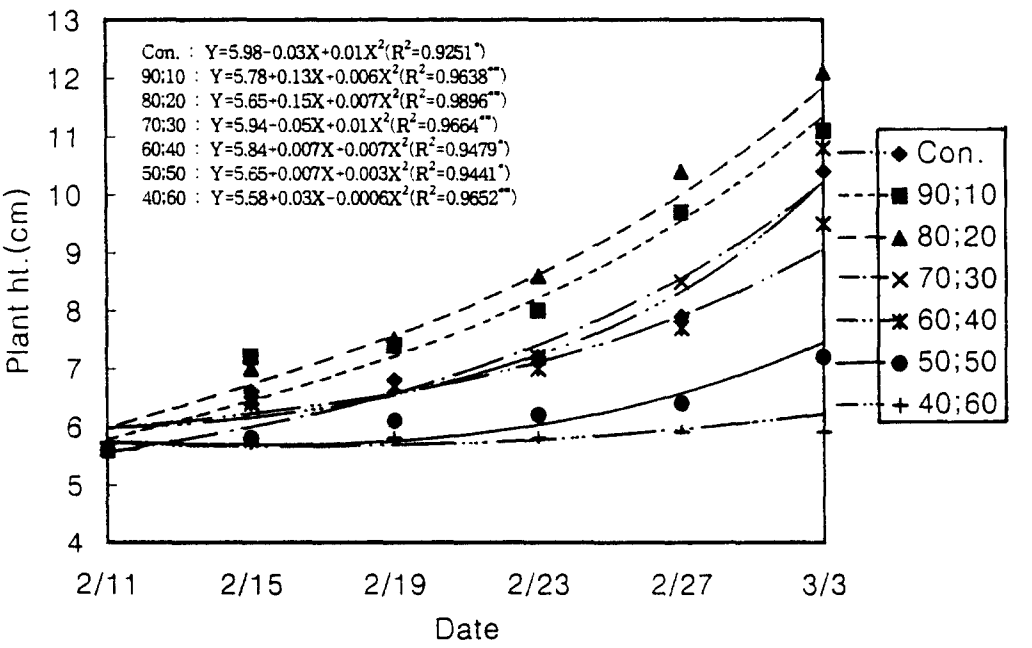

Fig 4. Changes in plant height of red pepper seedlings as affected by compost mixed with microorganism compost fermented.

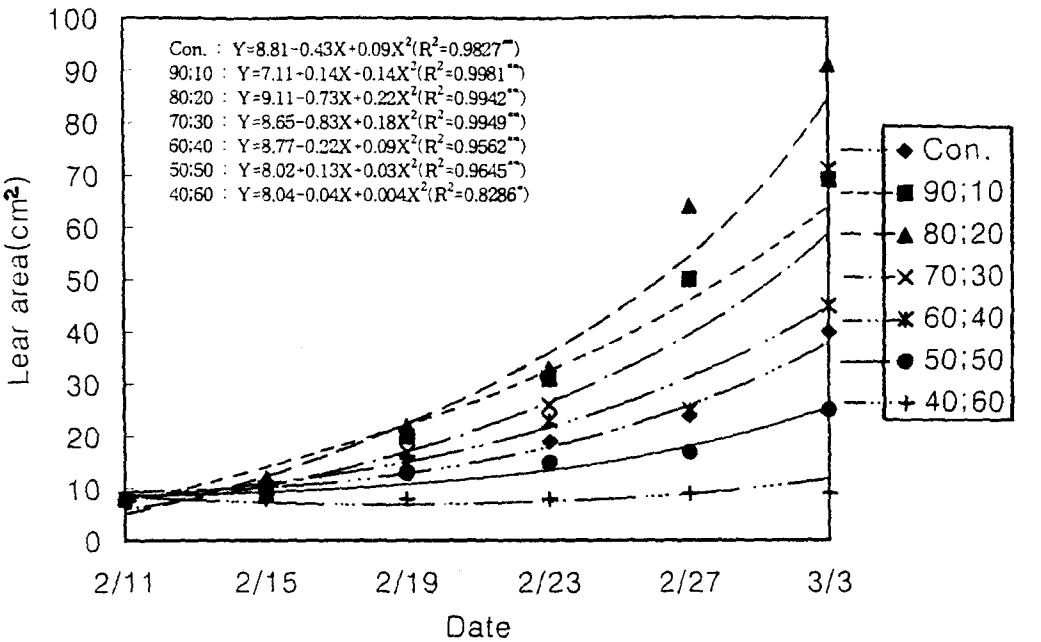

Fig 5. Changes in leaf area of red pepper seedlings as affected by compost mixed with microorganism compost fermented.

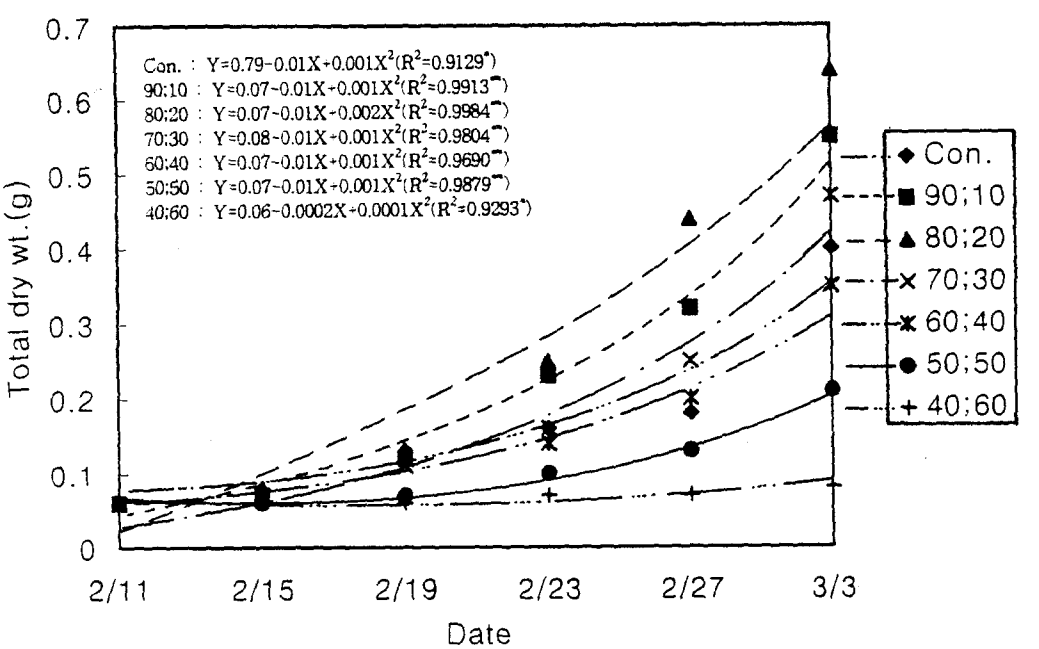

Fig 6. Changes in total dry weight of red pepper seedlings as affected by compost mixed with microorganism compost fermented.

Ⅳ. 적 요

본 실험은 산흙을 미생물부숙퇴비와 혼합하여 육묘용 상토로 이용함으로써 토마토, 고추의 우량건묘를 육성하기 위한 미생물 부숙퇴비의 처리방법을 구명하기 위해 수행하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 공시토양 분석 결과 미생물부숙퇴비의 첨가량을 증가시킬수록 EC는 증가하는 경향을 보였으 며, 육묘 후반기로 갈수록 EC의 값은 낮아졌다. 또한, 미생물부숙퇴비 자체의 pH는 9.3으로 강알칼리성을 나타냈으며, 이를 혼합한 각 배지에서는 전반적으로 알칼리성의 토성을 나타내었다.

2. 각 처리별 초장의 생장결과를 보면 토마토에서는 혼합비율 70:30 처리구에서 가장 높은 초장을 확보하였고, 고추에서는 80:20 처리구에서 가장 높은 초장을 확보하였다.

3. 토마토에서는 혼합비율 70:30 처리구에서 가장 많은 엽면적을 확보하였고, 고추에서는 80:20 처리구에서 가장 많은 엽면적을 확보함으로써 초장에서와 유사한 결과를 나타내었다.

4. 토마토에서는 혼합비율 70:30 처리구에서 가장 많은 총건물중을 확보하였고, 고추에서는 80:20 처리구에서 가장 많은 건물중을 확보함으로써 초장, 엽면적에서의 생장특성과 유사한 결과를 나타내었다. 전반적으로 미생물부숙퇴비가 적정 비율 이상으로 혼합되었을 경우에는 오히려 초장, 엽면적, 총건물중의 확보량이 적었으며, 특히 40:60 처리구에서는 가장 낮은 생장특성을 확보하였다. 또한, 미생물부숙퇴비를 혼합하지 않은 대조구에서도 전반적으로 생장특성들이 매우 저조한 결과를 나타내었다.

인 용 문 헌

1. 한정아, 전하준, 조익환. 1994. 원예용 육묘상토로서의 지렁이 분립의 이용에 관한 연구 -지렁이 분립의 혼합비율이 고추묘의 생육에 미치는 영향-. 한국유기성폐기물자원화협의회학회지 2(1):65-73.
2. Haug, R.T. 1993. The practical handbook of compost engineering. Lewis Publishers, pp.205-230.
3. 홍종운. 1993. 유기자원의 활용현황과 전망, 환경보전형 농업을 위한 토양관리 심포지움. 한국토양비료학회지 pp.31-67.

4. 池田辛弘. 1991. プラグ用配合土の特性と機能. 苗生産システム國際シンポジウム實行委員會主催 第3回講演會 pp.52-65.
5. 日本施設園藝協會. 1991. 園藝用育苗培地利用の手引. pp.30-46.
6. 磯部勝孝. 1997. 作物栽培におけるVA菌根菌の利用とその效果. 農耕と園藝 pp.129-131.
7. 강형모. 1996. 토양개량제겸 미생물 비료의 제조방법. 특허공보 제4354호 pp.51-53.
8. 김홍기. 1996. 과채류의 플러그묘 생산을 위한 혼합배지의 개발. 전남대학교 석사학위 청구논문.
9. 이주삼, 장기운, 조성현, 오진걸. 1996. 유기농산물 생산을 위한 퇴비시용이 무의 품질과 토양의 이화학성에 미치는 영향. 한국토양비료학회 29(2):145-149.
10. Lemaire, F. 1995. Physical, chemical and biological properties of growing medium. Acta Horticulturae 396:273-284.
11. 박무균, 김준식, 최진성, 한학석. 1995. 가축분뇨 자원화 이용기술 개발에 관한 연구. 축산기술연구소 종축개량부 연구보고서 pp.221-240.
12. 坂上 修. 1993. 最近の野菜育苗技術と育苗用機械. 農および園. 68(1):11-17.
13. 신영안. 1992. 육묘용 상토조제 실태와 상토자재의 특성. 한국시설원예연구회 5(1): 33-42.
14. Wilson, G.C.S. 1986. Analyses of substrates. Acta Horticulturae 178:155-160.
15. 유재일. 1995. 가축분뇨의 자원화 및 환경보전처리. 농림수산부 축산분뇨처리사업 홍보교육교재, pp.43-81.