

바이오효소(bio-enzyme)의 엽면시비가 오이, 고추 유묘의 생장에 미치는 영향

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

Effects of Foliar Application of Bio-enzyme on the Seedlings Growth of Cucumber 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 conducted to know the effects of foliar applied bio-enzyme on the early growth of cucumber and red pepper seedlings. Bio-enzyme was manufactured by the culture and proliferation of *Bacillus* genus and foliar applied by the concentration of 0.075, 0.15, 0.3 g·ℓ⁻¹. Foliar application of bio-enzyme had great influence on the early growth both cucumber and red pepper seedlings.

Optimum concentrations of bio-enzyme applied for the growth of plant height were determined as 0.075 g·ℓ⁻¹ in cucumber but in red pepper seedlings 0.15 g·ℓ⁻¹ was more favored.

However, foliar application of 0.15 g·ℓ⁻¹ of bio-enzyme was recommended for both cucumber and red pepper seedlings. Especially, leaf area and total dry weight which are main indices of good seedling were highest in the plot of standard concentration(0.15 g·ℓ⁻¹) of bio-enzyme.

Key words : foliar application, bio-enzyme, *Bacillus* genus, plug seedling, cucumber, redpepper.

I. 서 언

환경보전형농법에 대한 관심이 날로 증가되면서 유기농산물에 대한 선호가 높아지고 있지만 아직도 대부분의 농가에서는 농업생산성 증대를 위하여 화학비료 위주의 농업생산 방식을 택하고 있어서 토양, 수질 등 각종 환경의 오염문제가 심각해지고 있다. 따라서, 이를 회피하기 위하여 토양에 화학비료의 사용을 최대한으로 줄이면서 유기물을 부숙시켜 퇴비화함으로써 작물생산에 효율적으로 이용할 수 있는 다양한 방법들의 개발이 요구되고 있다. 또한, 미생물을 이용하여 병충해 방제 및 화학물질의 사용량을 줄임으로써 환경오염원을 회피하고 농업생산성을 향상시킬 수 있는 식물생장촉진 유용미생물의 개발 및 실용화를 위한 체계적인 연구가 절실히 요구되고 있는 실정이다(이 등^{10,12}).

최근들어 작물의 생육촉진에 효과가 있는 미생물들에 대한 실용화 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이들 미생물에 대한 작물예의 처리이용 방법, 균체의 보존방법 및 근권 정착능력의 향상 등 다양한 방법들이 검토되고 있다(Dagat et al.^{1,2,6,8,11,14}). 특히, 시설재배 시 내부환경과 근권 토양의 이화학성이 불량해져 각종 생육장해가 빈번하게 발생하고 작물의 수량과 품질을 감소시키는 경우가 많은데, 이러한 농업용 유용 미생물은 작물재배 시 발생하는 생육장해나 병해를 극복할 수 있는 능력을 가지고 있다고 한다(황 등^{4,7,11}). 예를 들어 세균이 분비하는 식물생장촉진 물질인 siderophore는 철의 유효도와 관련된 물질로써 병원성 사상균에 대한 길항력과 작물생육촉진 효과를 갖는 것으로 밝혀졌다(Schippers et al¹⁴).

길항미생물에 의한 병해의 억제나 작물생장촉진 효과에 대한 많은 연구결과가 보고되고 있으며, 토양병원성 미생물에 대한 생물학적 방제에는 *Bacillus*속, *Pseudomonas*속의 세균과 *Trichoderma*속, *Penicillium*속의 사상균과, *Streptomyces*속 등의 방선균이 이용되고 있으며(Geoffrey et al.^{3,8}), 이들 미생물들 가운데 특히 열악한 환경에서도 생존력이 우수하며 근권 정착력이 우수한 길항균인 *Bacillus*속 세균(Jeffrey et al⁵)과 저온 환경하에서도 강한 활성을 갖고, 길항력 및 작물 생장촉진 효과가 뛰어난 *Pseudomonas*속 세균 등이 많이 이용되고 있다(김 등^{8,9,16}).

따라서, 본 실험은 원예작물중 중요 과채류인 오이와 고추를 대상으로 육묘과정에서 *Bacillus*속 세균이 주종을 이루고 있는 미생물제재인 바이오효소(bio-enzyme)를 농도별로 물과 희석하여 엽면관주함으로써 우량건묘 생산을 위한 미생물제재의 효과를 확인하고, 적정 처리농도를 구명함으로써 보다 합리적이고 효과적인 엽면시비용 미생물제재 및 이용방법을 개발하기 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 오이(*Cucumis sativus* L.)는 “겨울살이청장오이(홍농종묘)”, 고추(*Capsicum annuum* L.)는 “녹광고추(홍농종묘)”를 사용하였다.

배지재료는 산흙과 미생물부숙퇴비를 70:30(용적비)으로 혼합하여 사용하였고, 72공 플러그트레이에 배지를 충전시킨 후 공시작물을 파종하고, 암조건의 발아실(growth chamber)에서 28~30℃로 온도를 관리하여 발아시켰다.

이식 및 육묘는 앵글과 철그물망을 이용하여 만든 L600cm×W120cm×H60cm의 벤치 위에 각 공시작물을 파종한 플러그트레이를 올려놓고 7~10일간 육묘한 후 근권의 용적을 충분히 확보하기 위하여 지름 10cm의 폴리에틸렌 포트에 처리별로 각각 이식하였다. 관수는 맑은 날에는 오전 10시, 오후 4시경에 2회, 흐린 날에는 오전 11시경에 물뿌리개로 두상살수하였으며, 공시 미생물제재의 농도별 엽면시비는 3일 간격으로 실시하였다.

공시 미생물제재는 사단법인 한국유기농업협회에서 제공받은 바이오효소(bio-enzyme)를 사용하였으며, 바이오효소에는 *Bacillus subtilis*, *B. licheniformis*, *B. stearothermophilus*, *B. pumilus*, *B. megaterium* 등 *Bacillus*속의 균주들이 주를 이루고 있는 미생물제재로써 그 처리내용은 <표 1>과 같다.

Table 1. Concentrations of diluted Bio-enzyme with water.

(Unit : g/ℓ)

Concentration	Bio-enzyme	Black sugar
Con.	-	-
1/2	0.075	0.26
1	0.15	0.26
2	0.30	0.26

각 처리별 육묘배지의 EC와 pH는 산흙과 미생물부숙퇴비의 혼합배지를 풍건하여 시료 5g씩을 시험관에 취하고 증류수 25ml를 가하여 자주 흔들어주면서 1시간 동안 방치 후 EC meter와 pH meter를 이용하여 측정하였다(Lemaire et al.^{13,15}).

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 육묘후반기인 2월 26일에 있어서의 각 처리별 EC와 pH를 나타낸 것으로 본 실험에서 사용한 상토는 일반 토양과 미생물부숙 퇴비의 혼합비율을 70:30의 용적비로 일정하게 고정시켰기 때문에 처리간에 EC와 pH값의 유의차는 크게 없었다.

파종시기인 1월 25일의 공시토양은 바이오효소의 염면시비가 실시되지 않은 상태이며, 공시토양이 모두 같기 때문에 EC는 0.79mS/cm를 나타냄으로써 일반적인 적정 육묘농도를 0.5~1.0mS/cm로 보면 다소 낮은 농도를 갖고 있지만 육묘용 상토의 농도조건에는 적합한 것으로 나타났다. 재배후반기인 2월 26일에는 EC가 파종시기와 비교하여 다소 감소하는 경향을 볼 수 있는데, 이는 육묘과정에서 작물이 영양성분을 흡수이용하면서 시간이 경과함에 따라 이온성분이 감소했기 때문으로 추정된다.

pH는 배지 중의 수소이온(H⁺) 농도의 지수를 나타내는 것으로서 일반적으로 5.5~7.0 범위가 식물생육에 적합하다고 하지만 8.0까지도 작물생육에는 지장이 없다. 본 실험에 사용된 혼합배지들의 pH를 보면 미생물부숙퇴비 자체의 pH가 9.3의 강알칼리성을 나타냄으로써 각각의 배지들은 pH가 비교적 높은 경향을 볼 수 있다.

Table 2. EC and pH of each substrate 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)}	0.79	0.44	7.84	7.87
B-1/2 ^{Y)}		0.52		7.81
B-1		0.39		7.94
B-2		0.62		7.65

* Microorganism compost fermented : EC 5.11, pH 9.30

^{X)} Treatment without Bio-enzyme

^{Y)} Concentration of Bio-enzyme

2. 오이유묘의 생장특성

<표 3>은 바이오효소의 처리농도에 따른 파종후 41일째의 오이의 생장특성을 나타낸 것으로 초장은 바이오효소 1/2배 농도에서 20.8cm로써 가장 많이 확보하였으며, 다음으로 표준 농도, 2배 농도 순으로 초장을 확보하였다. 바이오효소를 처리하지 않은 대조구에서는 19.4cm로 가장 낮은 초장확보를 나타내었다.

엽면적에 있어서도 바이오효소를 표준농도로 엽면시비하였을 때 353cm²를 확보함으로써 가장 많았으며, 다음으로는 1/2배 농도에서 328cm²로 많은 엽면적을 확보하였다. 대조구에서는 254cm²의 엽면적을 확보함으로써 바이오효소 2배 농도와 큰 차이는 없지만 가장 적은 엽면적 확보결과를 나타냈다.

총건물중에 있어서도 초장과 엽면적의 성장특성과 유사한 경향을 나타냈으며, 역시 바이오효소를 표준농도로 엽면시비하였을 때에 가장 많은 건물중을 확보하였고, 바이오효소를 처리하지 않은 대조구에서는 가장 낮은 건물중 확보량을 보여주고 있다.

Table 3. Growth characteristics of cucumber as affected by different concentration of Bio-enzyme on foliar application at 41 days after sowing.

Treat.	Plant ht. (cm)	Stem dia. (mm)	No. of leaves (ea)	Leaf area (cm ²)	Fresh weight(g)				Dry weight(g)			
					Leaf	Stem	Root	Total	Leaf	Stem	Root	Total
Con. ^{x)}	19.4b ^{z)}	5.00ab	6.0b	254b	6.93b	3.12bc	4.59a	14.64b	0.87ab	0.19ab	0.27	1.33c
B ^{y)} -1/2	20.8a	5.10a	7.0a	328a	8.75a	4.00a	4.59a	17.34a	1.02a	0.23a	0.27	1.52a
B-1	20.1ab	5.37a	7.0a	353a	8.53ab	3.92ab	3.67ab	16.12ab	0.97a	0.22a	0.25	1.59a
B-2	19.9ab	4.70b	6.0b	258b	6.59b	2.67c	2.40b	11.66c	0.54b	0.14b	0.15	1.41b

^{z)} Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

^{x)} Treatment without Bio-enzyme

^{y)} Concentration of Bio-enzyme

따라서, 오이의 유묘 성장시 바이오효소를 표준농도로 엽면시비하였을 때 거의 모든 성장특성들이 가장 양호하게 나타났으며, 바이오효소를 처리하지 않은 대조구에서는 비교적 저조한 성장특성들을 나타내고 있다. 이들 처리간에 큰 유의차는 없었지만 바이오효소를 표준농도로 엽면시비하였을 때에 오이유묘의 생장은 전반적으로 양호하였다.

<그림 1>은 오이의 유묘에 바이오효소를 농도별로 희석하여 엽면시비하였을 때의 초장의 경시적 변화를 나타낸 것으로 전반적으로 초장은 크게 증가하는 경향을 보이고 있다. 그 중에서도 바이오효소를 1/2배 농도로 희석하여 엽면시비한 처리구에서 가장 큰 증가경향을 보이고 있으며, 바이오효소를 처리하지 않은 대조구에서 가장 낮은 증가경향을 보이고 있다. 처리간에 큰 유의차는 보이지 않지만 초장의 확보율은 전반적으로 거의 일정한 간격을 유지하면서 증가하는 경향을 보이고 있다.

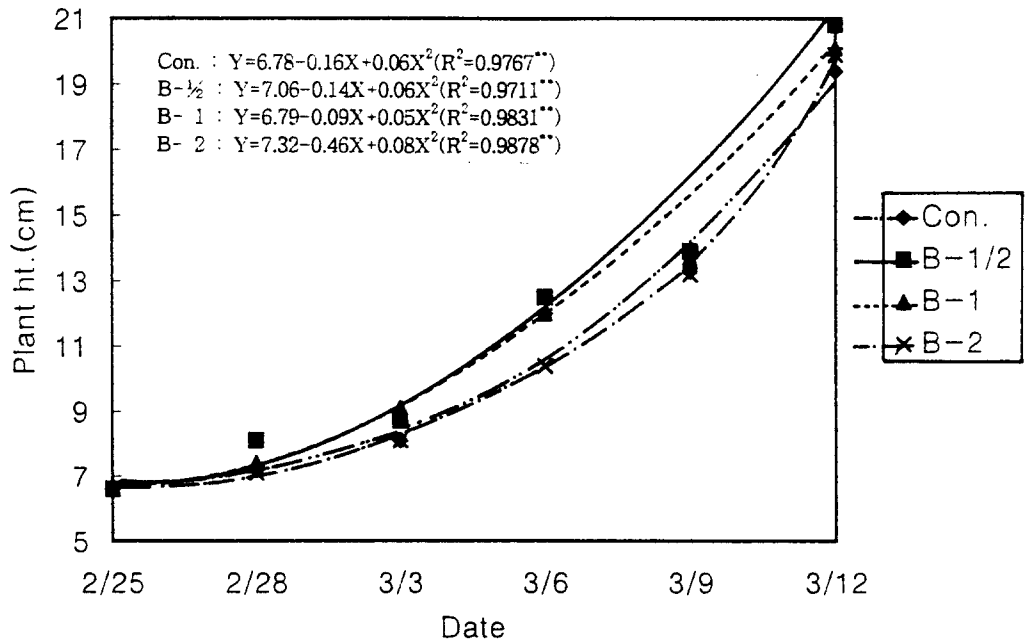


Fig 1. Changes in plant height of cucumber seedlings as affected by foliar application of Bio-enzyme

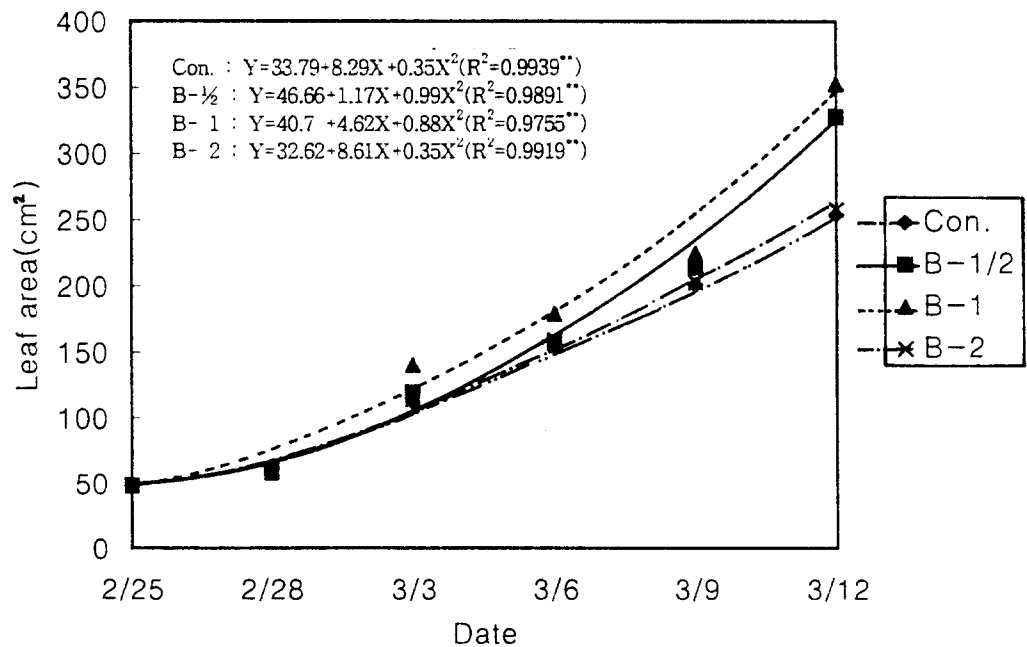


Fig 2. Changes in leaf area of cucumber seedlings as affected by foliar application of Bio-enzyme

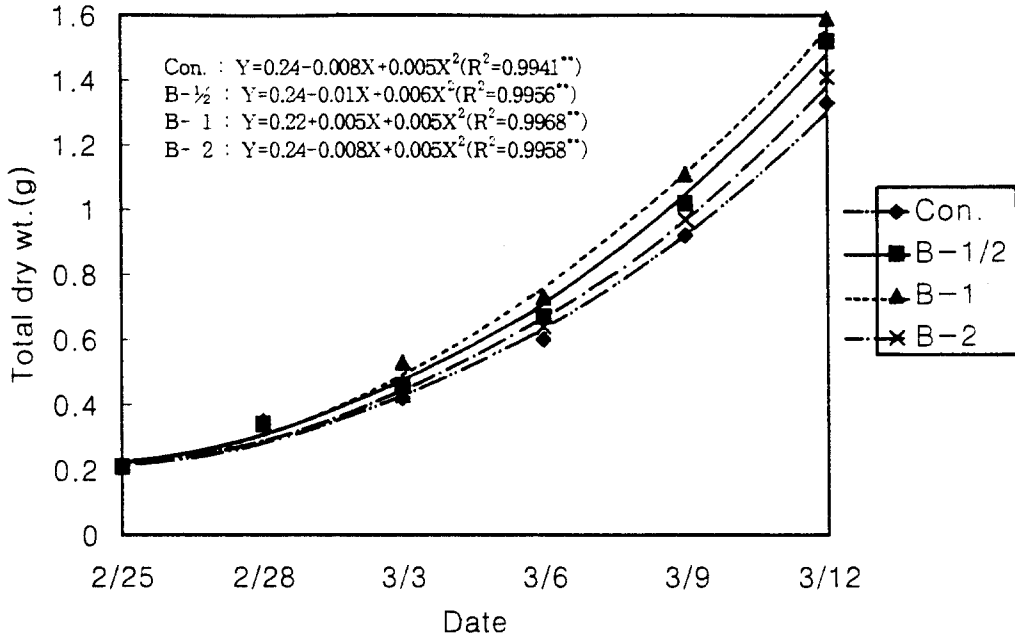


Fig 3. Changes in total dry weight of cucumber seedlings as affected by foliar application of Bio-enzyme

<그림 2>는 각 처리별 오이 유묘의 엽면적 확보경향을 나타내고 있는데, 초장에서와는 달리 바이오효소 표준농도에서 가장 많은 엽면적을 확보하고 있음을 알 수 있으며, 다음으로는 1/2 농도로 엽면시비하였을 경우에 높은 증가율을 보이고 있다. 바이오효소 2배 농도에서는 대조구에서의 증가경향과 거의 유사하게 나타나고 있다.

<그림 3>은 각 처리별 오이유묘의 총건물중 확보를 경시적으로 나타낸 것으로 엽면적에서와 마찬가지로 바이오효소를 표준농도로 희석하여 유묘에 엽면시비하였을 때 가장 많은 건물중 확보를 보였으며, 다음으로는 1/2배 농도로 희석하여 엽면시비하였을 경우에 비교적 높은 건물중의 확보경향을 나타내었다. 바이오효소를 처리하지 않은 대조구에서는 가장 낮은 건물중을 확보하였다.

따라서, 바이오효소를 표준농도로 오이유묘에 엽면시비하였을 경우에 거의 모든 성장특성들이 양호하게 나타났으며, 바이오효소를 표준농도 이상으로 처리하였을 경우나 전혀 처리하지 않은 대조구에서는 오히려 성장특성들이 전반적으로 저조함을 알 수 있었다.

3. 고추유묘의 성장특성

<표 4>는 bio-enzyme의 처리농도에 따른 파종후 37일째의 고추유묘의 성장특성을 나타낸 것으로 초장은 바이오효소의 표준농도에서 13.3cm로써 가장 많은 초장을 확보하였으며, 다음으로는 2배 농도, 1/2배 농도 순으로 초장을 많이 확보하였다. 바이오효소를

처리하지 않은 대조구에서는 12.2cm로 가장 낮은 초장확보를 나타내었다.

엽면적에 있어서는 바이오효소를 표준농도로 엽면시비하였을 때 138cm²로 가장 많은 엽면적을 확보하였으며, 대조구와 2배 농도에서는 128cm²의 엽면적을 확보하였다. 바이오효소 1/2 농도에서는 가장 적은 122cm²를 확보하였는데 이는 대조구에 비하여 오히려 적은 엽면적 확보를 나타냈다.

총건물중에 있어서도 초장의 생장특성과 유사하게 나타났으며, 역시 바이오효소를 표준농도로 엽면시비하였을 때에 가장 많은 건물중을 확보하였고, 바이오효소를 처리하지 않은 대조구에서는 가장 낮은 건물중 확보를 보여주고 있다.

Table 4. Growth characteristics of red pepper seedlings as affected by different concentrations of Bio-enzyme on foliar application at 37 days after sowing.

Treat.	Plant ht. (cm)	Stem dia. (mm)	No. of leaves (ea)	Leaf area (cm ²)	Fresh weight(g)				Dry weight(g)			
					Leaf	Stem	Root	Total	Leaf	Stem	Root	Total
Con. ^{x)}	12.2b	3.13	14.0	128b	3.34	1.23	0.78b ^{z)}	5.35	0.48	0.15b	0.14b	0.77b
B ^{y)} -1/2	12.5ab	3.53	13.7	122b	3.56	0.97	0.70b	5.23	0.50	0.15b	0.19a	0.84ab
B-1	13.3a	3.40	13.3	138a	3.76	1.26	1.32a	6.34	0.54	0.16a	0.20a	0.90a
B-2	12.9ab	3.27	14.3	128b	3.26	1.29	1.25a	5.80	0.49	0.17a	0.20a	0.86ab

^{z)} Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

^{x)} Treatment without Bio-enzyme

^{y)} Concentration of Bio-enzyme

따라서, 고추의 유묘생장시 바이오효소를 표준농도로 엽면시비하였을 때 거의 모든 생장특성들이 가장 양호하게 나타났으며, 바이오효소를 처리하지 않은 경우에 비교적 저조한 생장특성들을 나타내고 있다. 이들 처리간에 큰 유의차는 없었지만 바이오 효소를 표준농도로 엽면시비하였을 때 고추유묘의 생장은 전반적으로 양호하였음을 알 수 있다.

<그림 4>는 고추의 유묘에 바이오효소를 농도별로 희석하여 엽면시비하였을 때의 초장의 경시적 변화를 나타낸 것으로 전반적으로 초장은 크게 증가하는 경향을 보이고 있다. 그 중에서도 바이오효소를 표준농도로 희석하여 엽면시비한 처리구에서 가장 큰 증가경향을 보이고 있으며, 바이오효소를 처리하지 않은 대조구에서는 가장 낮은 증가경향을 보이고 있다. 처리간에 큰 유의차는 보이지 않지만 초장의 확보율은 전반적으로 거의 일정한 간격을 유지하면서 증가하는 경향을 보이고 있다.

<그림 5>는 각 처리별 고추 유묘의 엽면적 확보경향을 보이고 있는데, 초장에서와 마찬가지로 바이오효소 표준농도에서 가장 많은 엽면적을 확보하고 있음을 알 수 있으며, 1/2 농도로 엽면시비하였을 경우 오히려 대조구에 비하여 낮은 엽면적 확보를 나타내고 있다. 바이오효소 2배 농도는 대조구의 증가경향과 유사하게 나타나고 있다.

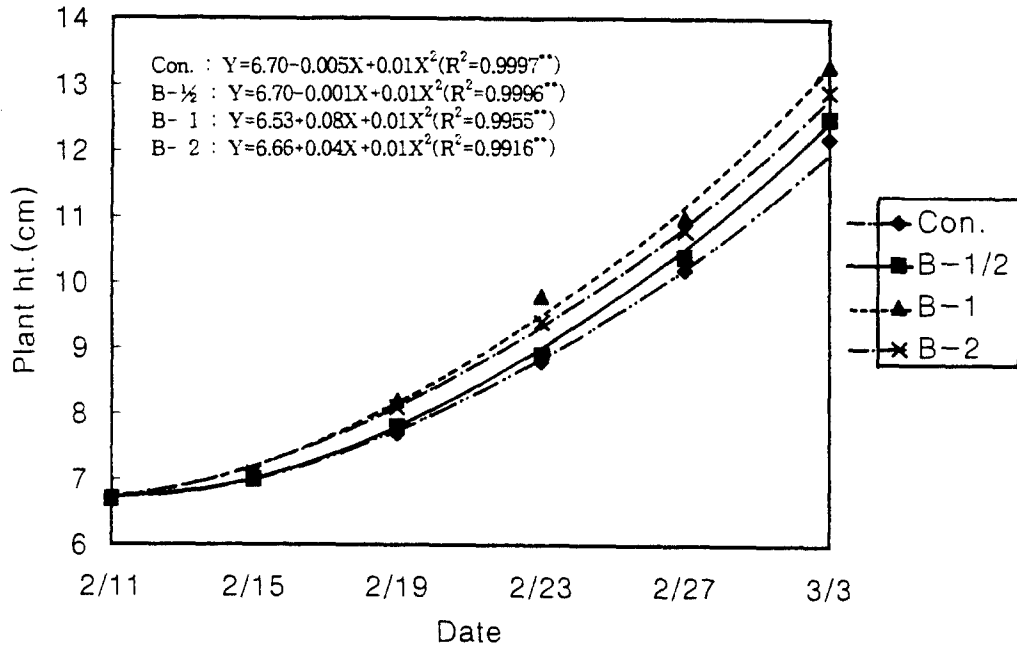


Fig 4. Changes in plant height of red pepper seedlings as affected by foliar application of Bio-enzyme

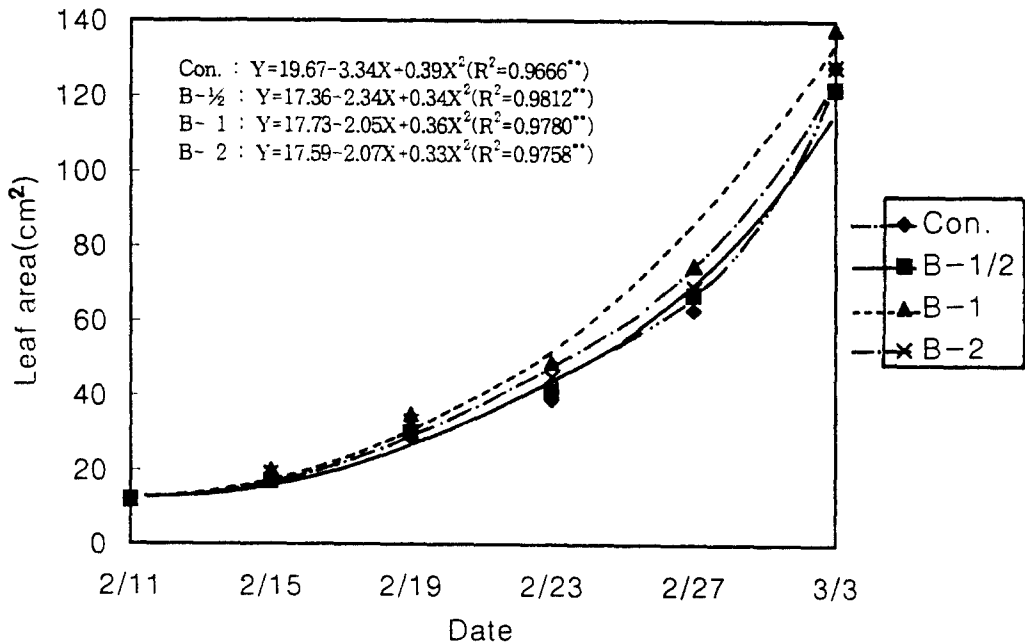


Fig 5. Changes in leaf area of red pepper seedlings as affected by foliar application of Bio-enzyme

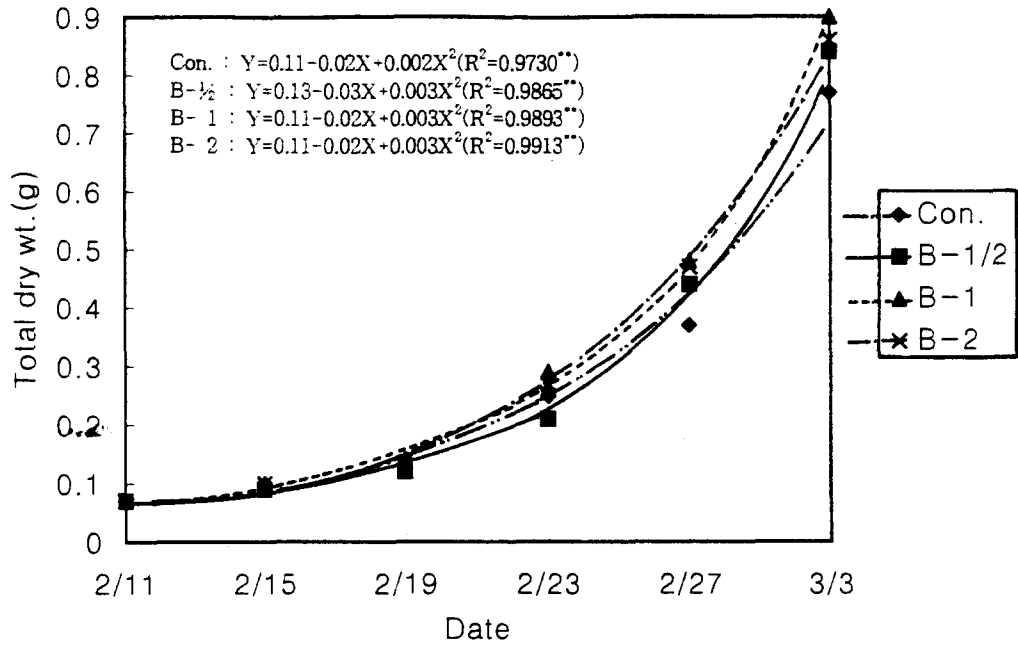


Fig 6. Changes in total dry weight of red pepper seedlings as affected by foliar application of Bio-enzyme

<그림 6>은 각 처리별 고추유묘의 총건물중 확보를 경시적으로 나타낸 것으로 초장과 엽면적에서와 마찬가지로 바이오효소를 표준농도로 희석하여 유묘에 엽면시비하였을 때 가장 많은 건물중 확보를 보였으며, 바이오효소를 처리하지 않은 대조구에서는 가장 낮은 건물중을 확보하였다. 바이오효소 1/2 농도에서 육묘 전반기에는 오히려 대조구에 비해 낮은 건물중 확보경향을 보였으나 육묘 중·후반기로 갈수록 대조구에 비해서 더 많은 건물중을 확보하고 있다.

IV. 적 요

본 실험은 오이와 고추의 육묘시 *Bacillus*속 세균이 주종을 이루고 있는 미생물제재인 바이오효소(bio-enzyme)를 농도별로 물과 희석하여 엽면관주함으로써 우량건묘 생산을 위한 미생물제재의 효과를 확인하고, 적정 처리농도를 구명하여 보다 효과적인 엽면시비용 미생물제재 및 이용방법을 개발하기 위한 기초 자료로 활용하고자 수행하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 오이유묘의 초장생장은 바이오효소를 1/2배 농도로 엽면시비하였을 경우에 가장 많았으며, 고추에서는 표준농도로 처리하였을 경우에 가장 많은 초장을 확보하였다.
2. 오이와 고추유묘 모두에서 바이오효소를 표준농도로 엽면시비하였을 경우에 가장 많은 엽면적을 확보하였으며, 총건물중의 확보에 있어서도 오이와 고추 모두 바이오효소 표준 농도에서 가장 많은 건물량을 확보하였다. 전반적으로 바이오효소를 엽면시비하지 않은 대조구에서 초장, 엽면적, 총건물중의 확보량이 적었으며, 바이오효소를 2배 농도로 처리하였을 경우에 오히려 표준농도에서보다 성장특성들이 저조한 결과를 나타내었다.

인 용 문 헌

1. Dagat, B., M. Gaudillat and J. M. Labadie. 1990. Susceptibility of various tomato and lettuce genotypes to plant growth promoting *Pseudomonas putida*. *Symbiosis* 9(1/3):395-303.
2. Frommel, M. I., J. Nowak and G. Lazarovits. 1991. Growth enhancement and developmental modifications of in vitro growth potato. *Plant Physiol.* 96(3):928-936.
3. Geoffrey, C., B. J. Al-achi, E. Platsouka and S. B. Levy. 1988. Survival of rifampicine-resist mutants of *Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas putida* in soil systems. *Appl. Environ. Microbiol.* 54:2432-2438.
4. 황선웅, 김유섭, 연병렬, 이용재, 박영대. 1993. 몇가지 제염방법에 의한 비닐하우스내 토양의 염류제거 효과. *농시논문집* 35(1):276-280.
5. Jeffrey, S. B. and J. Leong. 1986. Iron transport-mediated antagonism between plant growth-promoting and plant-deleterious *Pseudomonas* strains. *J. Biol. chemistry* Vol.261(2).
6. Jeffrey, S. B., G. K. Marian and J. S. Lawrence. 1993. A method for detection of pseudobactin the siderophore produced by a plant-growth-promoting *Pseudomonas putida* strain in the barley rhizosphere. *Appl. Environ. Microbiol.* 59(3):677-681.
7. 강항원, 강위금, 정연태. 1993. 시설재배지의 염류집적이 근권 토양의 미생물상과 화학성 변화에 미치는 영향. *농시논문집* 35(1):306-314.
8. 김광식, 김용웅, 박재우, 김영일. 1993. 원예작물 생육에 미치는 미생물 제재의 이용 연구. *농업과학논문집('92농업산학협동)* 35:129-140.
9. 이명철, 김용웅, 김광식. 1990. 소맥근권에서 분리한 형광성 *Pseudomonas* spp.에 관한 연구. *한국토양비료학회지* 23(2):152-159.

10. 이상복, 최윤희, 이경보, 유철현, 이경수. 1995. 유기물 연용답토양에 있어서 미생물상의 계절적 변화. 한국토양비료학회지 28(4):356-362.
11. 이영한, 양민석, 윤한대. 1996. 염류수준별 고추 생육과 수량에 미치는 식물생육촉진 미생물 접종효과. 한국토양비료학회지 29(4):396-402.
12. 이영한, 윤한대, 하호성. 1996. 식물생육촉진 세균 분리, 동정과 고추에 대한 처리효과. 한국토양비료학회지 29(1):67-73.
13. Lemaire, F. 1995. Physical, chemical and biological properties of growing medium. Acta Horticulturae 396:273-284.
14. Schippers, B., B. Lugtenberg and P. J. Weibeek. 1987. Plant growth control by fluorescent *Pseudomonas*. pages 19-40 in: Innovative Approaches to Plant Diseases Control. I. Chet. ed. John Wiley & Son. New York, Toronto, Singapore.
15. Wilson, G.C.S. 1986. Analyses of substrates. Acta Horticulturae 178:155-160.
16. Xu, H. W. and D. C. Gross. 1986. Field evaluations of the interaction among *Fluorescent Pseudomonas*, *Erwinia carotovora*, and potato yields. The American Phytopathological Society 76:423-430.