

담수양어장 슬러지의 배지내 혼합비율이 고추(*Capsicum annuum*)와 토마토(*Lycopersicum esculentum*) 공정묘의 생장에 미치는 영향

이은주 · 황승재 · 김익준¹ · 박영훈² · 정병룡^{3*}

경남 진주시 가좌동 900 경상대학교 농업생명과학대학 원예학과, ¹농업기반공사 농업시설과

²USDA-ARS, WICS, Res. Unit, Cotton Enhancement Program, University of California-Davis, Shafter, CA 93263, USA

³경남 진주시 가좌동 900 경상대학교 농업생명과학연구원

Growth of Plug Seedlings of *Capsicum annuum* and *Lycopersicum esculentum* as Affected by the Mixing Ratio of Aquafarm Waste Water Sludge in the Growing Medium

Eun Ju Lee, Seung Jae Hwang, Ik Joon Kim¹, Young Hoon Park², and Byoung Ryong Jeong^{3*}

Department of Horticulture, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

¹Advanced Agricultural Facilities Project Team, Korean Agricultural & Rural Infrastructure Corporation, 437-703 Korea

²USDA-ARS, WICS, Res. Unit, Cotton Enhancement Program, University of California-Davis, Shafter, CA 93263, USA

³Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

Abstract. This research was conducted to determine the effect of mixing ratio of aquafarm waste water sludge (AWWS) in the growing medium as a source of fertilizers on growth of plug seedlings of pepper (*Capsicum annuum* L.) and tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Increased mixing ratio of AWWS resulted in increased fresh and dry weights, leaf area, plant height, and total chlorophyll content, although there were slight differences in growth characteristics at 20 and 40 days after sowing. Concentration of AWWS affected insignificantly the percent dry matter, number of leaves, and length of the longest root. The addition of AWWS increased pH and decreased EC in the medium as compared to that of chemical fertilizer. Compared to the control of a liquid fertilizer, 4 or 8 kg AWWS · 45 L⁻¹ medium (Sludge 4) gave a similar or slightly better growth. Above results suggested that addition of about 4 kg AWWS · 45 L⁻¹ medium is sufficient for seedling growth and the AWWS can be used as a substitute for the liquid fertilizer in plug seedling production.

Key words : mixing ratio, substitution fertilizer, organic fertilizer

*Corresponding Author

서 언

국민 생활의 고급화에 따른 수산물의 수요증진을 위해 길러져 수확하는 방식인 담수양어장이 도처에 건설되고 있다. 이들 양어장에서 부수적으로 배출되는 어류의 배설물 및 사료 잔여물은 중요한 환경 오염원으로 인식되어 양식장의 건설과 양식장의 폐수 배출은 정부의 통제를 받고 있다. 담수 양어장 폐수의 처리방식으로 침전이나 여과법 등이 연구되고 있으나 폐수

처리시 얻어지는 부산물의 이용에 대한 연구는 미비하고, 특히 이 물질의 농업에의 활용방안에 대한 국내 연구는 거의 없는 실정이다.

한편 척박한 토양이나 유기물 함량이 적은 토양에서 원예작물을 재배 할 경우는 물론이고 인공배지를 이용한 공정육묘나 양액재배 등 첨단기술을 이용한 원예작물 재배시에도 비료의 사용은 필수적이다(Jeong, 1996). 최근에는 환경과 식품오염에 대한 소비자들의 인식 때문에 원예작물의 재배시 화학비료를 대신할 유기질 비

료의 생산과 시용이 관심의 대상이 되고 있고 유기질 비료의 이용도가 점차 증가하고 있다.

담수 양어장 폐수내 함유물질은 건조된 슬러지로서의 침전이나 여과 등의 수처리 기술이 개발되고 있고, 이렇게 생산된, 유기물을 다량 함유한 슬러지의 원예작물 상토 배합재료로서의 활용이 기대된다. 따라서 본 연구에서는 농업과 수산업의 상호보완을 통한 환경오염 대처방안으로서 양어장 배설물 및 사료 잔여물의 농업분야에서의 활용방안을 모색하기 위하여 담수 양어장의 폐수 슬러지(이하 '슬러지' 또는 AWWS)를 첨가한 육묘용 상토에서의 고추와 토마토 공정묘의 성장반응을 알아보았다.

재료 및 방법

본 실험은 1995년 9월 14일부터 10월 25일까지 진주 영농조합법인 플러그 육묘장(경남 진주시 초전동)에서 실시하였다. 고추(*Capsicum annuum* L. cv. *Chunghong*)와 토마토(*Lycopersicon esculentum* MILL. cv. *Kwangmyung*) 종자를 1995년 9월 14일에 공정육묘 파종시스템(ASS-1, (주)대동기전)을 이용하여 128구 플러그 트레이((주)서명화학)에 파종하고 질석으로 복토후 관수하였다. 파종후 2일 동안 기온 27~30°C, 상대습도 90%의 발아실에서 최하시켜 지상 75 cm 높이에 설치된 가로 200 cm×세로 170 cm의 망식철재(expanded metal)메트로 옮겨 재배하였다. 발아되지 않은 플러그 셀에는 보식을 하여 플러그관당 식물체 수를 동일하게 하였다.

실험구는 기본배지인 공정육묘 전용 상토(토실이상토, (주)신안정밀)와 육묘용 액비(토실이 액비, (주)신안정밀)를 사용한 대조구와 토실이상토 45 L당 건조시킨 슬러지를 1, 2, 4 또는 8 kg을 첨가한 5처리구(각각 슬러지 1, 슬러지 2, 슬러지 4 및 슬러지 8구)로 설정하였다. 부경대학교 실험 양식장에 6개월 이상 축적된 침전 슬러지(aquafarm waste water sludge, AWWS)를 채취하여 공기 중에서 자연 건조시킨 후 분말로 만들어 사용하였다.

육묘중 묘의 상태를 관찰하면서 매일 오전 11시경에 동력 분무기를 이용한 수동식 두상관수를 하였는데, 파종후 10일째부터 3일 간격으로 대조구에는 액비를 1,000배로 희석하여 처리하였고, 슬러지 처리구에는 토

실이 액비 대신 지하수를 처리하였다. 병해충 방제는 육묘 초기(본엽 5~6매 출현기)에 총채벌레가 발견되어 10월 3일 살충제(코니도)를 1 g·L⁻¹의 농도로 살포하였다.

파종 후 4일째에 발아율을, 그리고 20일과 40일째에 식물체의 생체중, 건물중, 엽수, 엽면적, 초장, 최대근장 및 엽록소 함량을 측정하였다. 또 생체중과 건물중을 이용하여 건물률을 산출하였다. 실험 전후에 각 처리구 상토의 pH와 EC를 1:5희석법(v/v, Nelson, 1998)으로 측정하였다. 엽록소 함량은 각 실험구에서 4개의 소식물체의 경엽부를 채취하여 80% 아세톤으로 추출하고, 분광광도계를 이용하여 파장 645 nm와 663 nm에서 흡광도를 측정해, 다음과 같은 식을 이용해 산출하였다(Arnon, 1949).

$$\begin{aligned} \text{엽록소 함량}(\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}\text{fw}) &= (20.29 \times A_{645}) + (8.02 \times A_{663}) \\ &\times \frac{\text{아세톤량 (mL)}}{\text{생체중 (mg)}} \end{aligned}$$

결과 및 고찰

1. 고추

파종후 4일째의 배지내 슬러지 농도에 따른 고추 종자의 발아수와 발아율은 처리간에 유의성이 없었고 배지에 기비로 함유된 담수 양어장의 폐수 슬러지가 고추 종자의 발아에 악영향을 미치지 않았다(Table 1).

파종후 40일째의 생체중과 건물중은 슬러지 1구에서 타처리구에 비해 다소 작았고, 건물률은 대조구에서 다소 작았다(Table 2). 엽수는 타처리구에 비해 슬러지

Table 1. Percent germination of pepper seeds as affected by the mixing ratio of the AWWS in the medium.

Treatment ^a	No. of germinated seeds per 128 tray	Germination (%)
Control (Liquid fertilizer)	123a ^b	95.8a
Sludge 1	124a	96.6a
Sludge 2	125a	97.7a
Sludge 4	119a	93.0a
Sludge 8	121a	94.3a

^aNumbers in the treatment indicate the amount (in kg) of AWWS mixed per 45 L medium. The AWWS is aquafarm waste water sludge.

^bNumbers followed by the same letters are not significantly different at P=0.05 by DMRT.

Table 2. Fresh and dry weights, % dry matter, no. of leaves, leaf area, plant height, length of the longest root, and total chlorophyll content of pepper seedlings at 40 days after sowing as affected by the mixing ratio of the AWWS in the growing medium.

Treatment ^z	Fresh wt. (g)	Dry wt. (g)	Dry matter (%)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Plant height (cm)	Root length (cm)	Chlorophyll (μg · g leaf fw ⁻¹)
Control (Liquid fertilizer)	1.69ab ^y	0.16ab	9.31b	7.54b	26.47a	14.11a	10.54a	65.67a
Sludge 1	1.47b	0.15b	9.70ab	7.14b	19.87b	13.97a	11.44a	51.67b
Sludge 2	1.62ab	0.16ab	9.62ab	7.51b	21.97b	14.64a	10.91a	57.67b
Sludge 4	1.78a	0.18a	9.78ab	8.14a	28.04a	15.21a	10.34a	72.01a
Sludge 8	1.67ab	0.17a	9.93a	7.46b	28.87a	14.87a	10.71a	69.67a

^zNumbers in the treatment indicate the amount (in kg) of AWWS mixed per 45 L medium. The AWWS is aquafarm waste water sludge.

^yNumbers followed by the same letters are not significantly different at $P=0.05$ by DMRT.

Table 3. pH and EC of the growing medium used for pepper seedling production as affected by the mixing ratio of the AWWS in the growing medium.

Treatment ^z	pH			EC (dS · m ⁻¹)		
	Before use	20 DAS ^y	40 DAS	Before use	20 DAS	40 DAS
Control (Liquid fertilizer)	5.10d ^x	5.60c	6.03b	0.12e	0.14c	0.12d
Sludge 1	5.09d	6.21b	6.23b	0.27d	0.21c	0.21c
Sludge 2	5.42c	6.30b	6.63a	0.37c	0.35b	0.22c
Sludge 4	6.18d	6.88a	6.73a	0.50b	0.39ab	0.29bc
Sludge 8	6.39a	6.78a	6.90a	0.77a	0.47a	0.40a

^zNumbers in the treatment indicate the amount (in kg) of AWWS mixed per 45 L medium. The AWWS is aquafarm waste water sludge.

^yDAS is abbreviation of days after sowing.

^xNumbers followed by the same letters are not significantly different at $P=0.05$ by DMRT.

4구에서 가장 많았다. 엽면적은 슬러지 1구와 슬러지 2구에서 타처리에서 보다 유의성 있게 작았다. 초장과 최대근장은 처리구간에 유의차가 없었다. 엽록소 함량은 슬러지 1구와 슬러지 2구에서 타처리에 비해 낮았는데, 이는 잎의 황화현상 때문인 것으로 생각되며, 육묘시 상토 45 L 당 4 kg 이상의 건조 슬러지가 필요함을 나타낸다.

배지의 pH는 육묘전의 경우, 대조구가 5.10으로 슬러지 1구와 비슷하였다(Table 3). 또 슬러지의 함량이 증가할수록 배지의 pH가 높아졌다. 20일간 육묘후의 배지 pH는 대조구에서 5.60으로 육묘전 보다 0.5정도 높아졌고, 슬러지 처리구에서는 0.4~1.1정도 높아졌다. 슬러지 4 이상의 고농도 AWWS 처리에서는 다소 높았지만 그 이외의 처리에서는 작물의 생장에 적절한 수준의 pH를 가진 것을 판단된다(Lang, 1996).

배지의 EC는 육묘전의 경우, 슬러지 1구가 0.27 dS · m⁻¹로 0.12 dS · m⁻¹인 대조구의 약 2.3배였다

(Table 3). 육묘 20일후 배지의 EC는 대조구에서 0.14 dS · m⁻¹로 육묘전과 비슷하였으나, 슬러지 처리구에서 육묘전과 비교해 0.02~0.30 dS · m⁻¹로 낮아졌다.

육묘 40일후의 배지의 pH는 대조구에서 6.03으로 육묘전 보다 0.9정도 높아졌다(Table 3). 슬러지 처리구에서는 육묘전과 비교해 배지의 pH가 0.5~1.2정도 높아졌다. 육묘후의 배지의 EC는 대조구에서 0.12 dS · m⁻¹로 육묘전과 동일하였으나, 슬러지 처리구에서 육묘전과 비교해 0.06~0.37 dS · m⁻¹정도 낮아졌다. 육묘 20일후와 40일후의 pH는 변화가 거의 없었으나 EC는 40일후에 다소 낮아졌다. 특히 슬러지 8구를 제외한 모든 슬러지 처리구의 EC가 0.3 dS · m⁻¹ 이하로 떨어져 이들 처리에서의 양분이 고갈 상태에 근접했음을 시사하고(Nelson, 1998) 이를 통해서 슬러지 1~4 처리구에서는 양분결핍증상이 곧 나타나리라고 예측된다.

2. 토마토

파종후 4일째의 슬러지의 농도에 따른 토마토 종자의 발아수와 발아율은 슬러지 8구에서 가장 컸다 (Table 4). 그러나 전반적으로 고추 종자에 비해 발아

Table 4. Percent germination of pepper seeds as affected by the mixing ratio of the AWWs in the medium.

Treatment ^z	No. of germinated seeds per 128 tray	Germination (%)
Control (Liquid fertilizer)	82b ^y	62.3b
Sludge 1	79b	62.2b
Sludge 2	91ab	71.4ab
Sludge 4	54c	42.4c
Sludge 8	101a	79.2a

^zNumbers in the treatment indicate the amount (in kg) of AWWs mixed per 45 L medium. The AWWs is aquafarm waste water sludge.

^yNumbers followed by the same letters are not significantly different at $P=0.05$ by DMRT.

율이 매우 낮았다.

파종후 40일째의 생체중과 건물중은 슬러지 4구에서 각각 대조구 및 슬러지 1구에서 보다, 그리고 대조구, 슬러지 1구 및 슬러지 2구에서 보다 유의성 있게 컸다 (Table 5). 건물률은 슬러지 2구에서 대조구와 슬러지 8구에서 보다 유의성 있게 컸다. 엽수 및 엽록소 함량은 슬러지 8구에서 각각 대조구, 슬러지 1 및 슬러지 2구에서 보다, 그리고 슬러지 1구, 슬러지 2구 및 슬러지 4구에서 보다 유의성 있게 컸다. 엽면적은 슬러지 8구에서 타처리구에서 보다 유의성 있게 컸다. 초장은 슬러지 8구에서 슬러지 2구에서 보다, 최대근장은 슬러지 2구에서 슬러지 8구에서 보다 유의성 있게 길었다. 엽록소 함량은 파종후 20일째와 마찬가지로 슬러지 1구에서 가장 낮았다. 고추와 마찬가지로 토마토에서도 엽록소농도가 이 처리에서 낮은 이유는 양분흡수 부족에 의한 잎의 황화현상 때문으로 판단된다.

육묘전의 처리간의 배지의 pH 및 EC는 고추와 동

Table 5. Fresh and dry weights, % dry matter, no. of leaves, leaf area, plant height, length of the longest root, and total chlorophyll concentration of tomato seedlings at 40 days after sowing as affected by the mixing ratio of the AWWs in the growing medium.

Treatment ^z	Fresh wt. (g)	Dry wt. (g)	Dry matter (%)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)	Plant height (cm)	Root length (cm)	Chlorophyll (µg · g leaf fw ⁻¹)
Control (Liquid fertilizer)	2.78b ^y	0.22b	7.67c	5.97b	35.44c	20.47ab	10.74ab	64.34ab
Sludge 1	2.86b	0.25b	8.57ab	5.77b	31.61c	20.07ab	10.94a	43.67c
Sludge 2	2.73a	0.26b	9.22a	5.97b	31.87c	16.34b	11.77a	48.34c
Sludge 4	3.80a	0.34a	8.77a	6.91a	42.81b	20.94ab	10.81ab	56.01bc
Sludge 8	3.55a	0.28ab	7.74bc	7.07a	49.61a	22.64a	9.34b	70.34a

^zNumbers in the treatment indicate the amount (in kg) of AWWs mixed per 45 L medium. The AWWs is aquafarm waste water sludge.

^yNumbers followed by the same letters are not significantly different at $P=0.05$ by DMRT.

Table 6. pH and EC of the growing medium used for production of tomato seedlings as affected by the mixing ratio of the AWWs in the growing medium.

Treatment ^z	pH			EC (dS · m ⁻¹)		
	Before use	20 DAS ^y	40 DAS	Before use	20 DAS	40 DAS
Control (Liquid fertilizer)	5.10d ^e	5.32d	6.17c	0.12e	0.19d	0.11c
Sludge 1	5.09d	5.80c	6.48b	0.27d	0.26cd	0.17c
Sludge 2	5.42c	6.23b	6.42b	0.37c	0.32bc	0.33b
Sludge 4	6.18d	6.54a	6.71a	0.50b	0.37b	0.32b
Sludge 8	6.39a	6.79a	6.73a	0.77a	0.49a	0.46a

^zNumbers in the treatment indicate the amount (in kg) of AWWs mixed per 45 L medium. The AWWs is aquafarm waste water sludge.

^yDAS is abbreviation of days after sowing.

^eNumbers followed by the same letters are not significantly different at $P=0.05$ by DMRT.

Table 7. Chemical properties of aquafarm waste water sludge used in the experiment.

Exchangeable cation (Cmol · kg ⁻¹)				Ion concentration (mg · L ⁻¹)							
K	Ca	Mg	Na	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Fe	Mn	Cu	Zn
2.44	4.72	2.75	2.92	722	66	128	567	28.1	50.0	3.82	48.0

일하였다(Table 6). 육묘 20일후의 배지의 pH는 대조구에서 5.32로 육묘전 보다 0.22가 높아졌다. 슬러지 처리구는 육묘전보다 배지의 pH가 0.36~0.81 더 높아졌다. 육묘 40일후의 배지의 pH는 대조구에서 6.17로 육묘전 보다 1.07이 높아졌다(Table 6). 슬러지 처리구는 육묘전 보다 배지의 pH가 0.3~2.5정도 높아졌다. 슬러지 4 이상의 고농도의 AWWS 처리에서는 다소 높았지만 그 이외의 처리에서는 작물의 생장에 적절한 수준의 pH를 가진 것을 판단된다(Lang, 1996).

육묘후의 배지의 EC는 대조구에서 0.19 dS · m⁻¹로 육묘전 보다 0.07 dS · m⁻¹로 높아진 반면, 슬러지 처리구는 육묘전과 비교해 0.01~0.20 dS · m⁻¹ 낮아졌다. 육묘후의 배지의 EC는 대조구에서 0.11 dS · m⁻¹로 육묘전과 0.01 dS · m⁻¹의 차이를 보인 반면 슬러지 처리구는 육묘전과 비교해 0.04~0.31 dS · m⁻¹ 낮아졌다. 조사된 EC 값은 묘의 적정생장을 위해서는 저농도의 AWWS에서는 다소 낮고, 고농도의 AWWS에서는 적당한 수준이라고(Nelson, 1998) 판단된다.

슬러지의 분석결과를 보면 식물에 독성이 강한 암모니움, 망간, 염소, 그리고 아연의 함량이 적정수준 이상으로 지나치게 높았다(Table 7). 슬러지를 사용할 때 사료의 종류, 슬러지의 수집후 부숙기간이 중요하고 식물재배용으로 사용하기 전에 반드시 성분의 정밀분석이 선행되어야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 첫째 슬러지 폐수 수집후 새로 유입되는 슬러지가 차단된 상황에서 6개월 정도의 후숙기간을 거치거나, 암모니움등의 독성을 억제하기 위하여 NO₃를 보강한 후 사용하는 방안이 있다.

액비를 사용한 대조구와 4 kg AWWS · 45 L⁻¹ 배지 함유구(슬러지 4)에서의 전반적인 생장이 비슷하였고, 8 kg AWWS · 45 L⁻¹ 배지 함유구(슬러지 8)에서는 대조구보다도 유의성 있는 더 양호한 생장을 보였다.

이러한 결과는 양어장 폐수의 슬러지(AWWS)에 함유되어 있을 것으로 추정되는 잉여사료의 영양분과 어류 배설물에 함유된 비료 성분이 공정육묘 상토의 경우에 약 4 kg · 45 L⁻¹ 배지만 첨가하면 충분할 정도인

것이다. 이것은 어류에 필요한 영양분이 고추와 토마토 등의 원예작물의 생육에 필요한 영양양분과 유사하고 성분간의 균형도 유사하거나 유사한 농도로 공급됨을 시사한다. 단지 많은 양의 비료성분이 슬러지 내에 포함되어 있더라도 유기물은 서서히 분해되는 성질이 있으므로 고농도에 의한 장애는 받지 않았다고 생각되고, 고추와 토마토의 공정육묘 기간인 40일간 필요한 영양분을 충분히 공급할 수 있음을 나타낸다.

위의 결과는 공정육묘시 상토내의 슬러지의 첨가로 액비 대체효과와 함께 공정묘의 시비시 필요한 노동력과 액비의 절약으로 인한 생산비의 절감, 그리고 공정묘의 생장속도의 증가로 인한 육묘기간의 단축 가능성을 보여준다. 그리고 이 연구를 통해 담수양어장의 폐수 슬러지의 활용방안으로는 공정육묘용 상토첨가제 또는 화분식물 용토 첨가제로서 상품화, 원예작물의 토경재배시의 슬러지나 폐수의 비료로서의 대체 가능성, 그리고 원예작물에 국한하지 않고 작물의 범위를 넓혀 일반 농작물에의 적용 가능성을 제시할 수 있다.

우리나라 모든 담수 양어장에서 연간 생산할 수 있는 건조된 슬러지가 약 30~40톤 정도로 추정되는데, 이는 공정육묘용 상토와 화분 식물용 용토의 구성성분으로 첨가할 경우 현재의 전국적 양어 및 영농규모에 비추어 균형이 비슷할 것으로 생각된다. 다만 양식되는 어류의 종류와 사료의 차이, 슬러지의 후숙기간 등에 대한 추가 실험이 필요하다고 판단된다.

적 요

배지내의 양어장 폐수 슬러지(aquafarm waste water sludge, AWWS)의 농도가 고추 공정묘의 생장에 미치는 영향에 대해서 조사한 결과, 피종후 20일째와 피종후 40일째 조사의 경향이 약간 차이는 있었으나 생체중, 건물중, 엽면적, 초장 및 엽록소 함량은 배지내에 첨가된 AWWS의 농도가 높을수록 양호하였다. 그러나 건물중, 엽수 및 최대근장은 처리간에 큰 차이가 없었다. 대조구에서 보다도 슬러지 처리구에서 pH

는 증가하고 EC는 감소하는 경향을 보였다. 또 AWWS의 함량이 증가할수록 변화의 폭이 작아졌음에도 불구하고 생장은 AWWS 함량이 증가할수록 양호해 육묘후의 정식시의 생장도 우수하리라 기대된다.

배지내의 AWWS의 함량이 토마토 공정묘의 생장에 미치는 영향에 대해서 조사한 결과, 고추와 마찬가지로 파종후 20일째와 파종후 40일째의 경향에 약간 차이는 있었으나 생체중, 건물중, 엽수, 엽면적, 초장 및 엽록소 함량은 배지내에 첨가된 AWWS의 농도가 높을수록 양호하였다. 그러나 건물률 및 최대근장은 처리간에 큰 차이가 없었다. 대조구에서 보다는 슬러지 처리구에서 pH는 증가하고 EC는 감소하여 고추 공정묘에서와 비슷한 경향을 보였다.

액비를 사용한 대조구와 4 kg AWWS·45 L⁻¹ 배지 함유구(슬러지 4)에서의 전반적인 생장이 비슷하였다. AWWS를 육묘용 배지에 혼합하여 사용시 육묘시 액비의 절감과 시비 노동력의 감소로 인한 생산비의 절

감을 실현할 수 있고 묘의 생장속도의 증가로 인한 육묘기간의 단축이 가능하다고 생각된다.

주제어 : 혼합율, 대체비료, 유기비료

인 용 문 헌

1. Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta Vulgaris*. Plant Physiol. 24:1-15.
2. Jeong, B.R. 1996. Plug plant production. Management of high technology glasshouse and production techniques. Rural Development Cooperation. p. 465-562.
3. Lang, H.J. 1996. Growing media testing and interpretation. pp. 123-139. in David Wm. Reed (ed.) Water, media, and nutrition for greenhouse crops. Ball Publishing, Batavia, IL.
4. Nelson, P.V. 1998. Chapter 9. Fertilization. in Greenhouse operation and management. 5th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. p. 285-353.