

## 밀기울 토양 혐기발효 처리가 멜론의 뿌리혹선충 방제 및 품질에 미치는 영향

박동금<sup>1\*</sup> · 김홍림<sup>2</sup> · 박경섭<sup>3</sup> · 허윤찬<sup>4</sup> · 이우문<sup>1</sup> · 이희주<sup>1</sup>

<sup>1</sup>국립원예특작과학원 채소과, <sup>2</sup>국립원예특작과학원 남해출장소,  
<sup>3</sup>국립원예특작과학원 시설원예시험장, <sup>4</sup>국립농업과학원 농업유전자원센터

## The Effect of Anaerobic Fermentation Treatment of Wheat bran on the Root-Knot Nematodes and the Quality of Melons in Plastic Film House Soil

Dong Kum Park<sup>1\*</sup>, Hong-Lim Kim<sup>2</sup>, Kyoung-Sub Park<sup>3</sup>, Yun-Chan Huh<sup>4</sup>,  
Woo-Moon Lee<sup>1</sup>, and Hee-Ju Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Vegetable Research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science,  
Rural Development Administration, 475 Imok-dong, Jangan-gu, Suwon 440-706, Korea

<sup>2</sup>Namhae Sub-Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science,  
Rural Development Administration, Namhae 668-812, Korea

<sup>3</sup>Protected Horticulture Experimental Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science,  
Rural Development Administration, Busan 618-380, Korea

<sup>4</sup>National Agrobiodiversity Center, National Academy of Agricultural Science,  
Rural Development Administration, Suwon 441-100, Korea

**Abstract.** This study was conducted to investigate the effect of anaerobic fermentation of wheat bran to prevent root-knot nematodes which are infected in plastic house due to over 10 years continuous cultivation of fruits and vegetables. Anaerobic fermentation treatment of wheat bran was done for 20 days by mixture of 2,000 kg fresh wheat bran per 10 are and soil with water in 30 cm soil depth. Chemical treatment of fos-thiazate was done by mixture of 6 kg soil for 7 days. Both treatments show suppression of density of root-knot nematodes, especially in anaerobic fermentation treatment. Anaerobic fermentation treatment keeps the low level of root-knot nematode density until 90 days of cultivation and also showed good effect of melon growth. Related with death percentage of melon plant, anaerobic fermentation treatment shows only 3% and also large size of quality fruit but control 65%. Anaerobic fermentation treatment of wheat bran have proved to control the level of root-knot nematodes instead of synthetic chemicals for at least one cropping season and it showed good effect to fruit quality.

**Key words :** musk melon, physicochemical properties, quality, soil

### 서 론

참외와 멜론은 3,000년이 넘게 동서양에 걸쳐 널리 이용되고 있는 중요한 채소중의 하나로, 최근에는 시설 재배기술의 발전과 소비패턴의 변화에 따라 작형이 다양하게 분화되어 있으며 농가소득증대에도 기여한 바

크다(Lee 등, 2007). 그러나 대부분의 멜론 재배농가들은 동일한 비닐하우스에서 이어짓기로 인해 뿌리혹선충을 비롯한 각종 토양전염성 병해충이 발생되고 염류 성분이 집적되어 재배상 많은 어려움을 겪고 있다(Park 등, 2003). 특히 뿌리혹선충은 멜론을 비롯해 오이, 수박, 참외 등 시설내 열매채소에 큰 피해를 주며, 심하게 감염된 작물은 생육기에 고사하거나 수확량이 크게 감소한다(Di Vito 등, 1982; Park 등, 2007). 이러한 연관장해를 극복하기위해 멜론재배에도

\*Corresponding author: dkpark@korea.kr  
Received November 10, 2010; Revised November 30, 2010;  
Accepted December 10, 2010

양액재배나 격리상을 이용한 관비재배 등이 시도되고 있으나 전체 면적으로 확대하기는 현실적인 어려움이 있다(Zhang 등, 2006).

뿌리혹선충을 방제하는 방법은 담전윤환, 태양열소독, 약제방제, 저항성 품종 그리고 윤작 등이 있다(Park 등, 1995). 태양열을 이용한 방제는 온도가 높은 여름철에만 제한적으로 사용할 수 있으며, 살선충제를 이용한 방제는 다조멧 입제, 포스타아제이트 입제 등이 있으나 안전에 대한 소비자의 불안 등이 문제점으로 대두되고 있다. 담수를 이용한 뿌리혹선충 방제는 경제적인 측면에서 추천할 만 하나 윤작과 함께 장시간을 요하는 단점을 가지고 있다(Whitehead, 1997). 최근에는 환경친화적인 방제에 대한 관심이 높아지면서 곰팡이, 세균, 곤충, 포식성선충 등 천적을 이용한 생물학적 방제에 관한 연구가 많이 이루어지고 있으나, 실제 포장에서는 적용력이 떨어져 보다 많은 검토가 필요하다(Galper 등, 1995).

기후가 서늘한 일본 홋카이도 지역에서 태양열소독보다 효과를 높이기 위해 개발된 밀기울 토양혐기발효소독법은 멜론 덩굴쪄짐병, 토마토갈색뿌리썩음병, 토마토근부위조병, 뿌리혹선충 등에 방제효과가 있는 친환경 소독법으로 평가되고 있다(Kubo 등 2002; Ogawara 등, 2004).

따라서 본 시험은 연간 2~3회 집약적 재배형태를 가지는 국내 멜론재배 여건상 수용 가능한 친환경 뿌리혹 선충방제 방법을 개발하고자 밀기울 토양혐기발효처리에 대한 효과를 검토하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

본 연구는 한 포장에서 10년 이상 수박과 멜론을 재배하여 뿌리혹선충발생이 심한 청양군 남양면 농가 단동형 비닐하우스 내에 밀기울 환원처리, 약제처리, 소독을 하지 않은 무처리구 등 3처리를 수행하였다. 얼스게 네트멜론을 5월 하순에 파종하여 6월 하순에 정식하고 9월 중순에 수확하였으며 뿌리혹선충밀도의 변화, 멜론의 수량과 품질 등을 조사하였다.

### 1. 토양 소독 처리 방법

밀기울 토양환원처리는 발효 또는 부패되지 않은 신선한 밀기울을 0.1ha 당 2,000kg 을 토양과 고르게

혼합한 후 30cm 깊이까지 포화상태가 되도록 충분한 양의 물을 공급하였다.

수분을 공급한 후 비닐을 이용하여 처리포장 전체가 덮이도록 하고 외부 공기가 유입되지 않도록 완전히 밀폐시킨 상태에서 20일 동안 유지하였다. 처리가 끝난 토양은 비닐을 제거하고 10일 동안 로터리작업을 3회 실시하여 처리 시 생성된 가스와 유기산을 제거하였다.

약제 처리는 Fosthiazate( $C_9H_{18}NO_3PS_2$ )를 1,000m<sup>2</sup> 기준 6kg을 토양과 골고루 섞이도록 표면에 뿌린 후 경운 하여 약 7일간 방치한 후 경운 후 이랑을 만들어 정식을 준비하였다.

### 2. 토양 양분함량 분석

토양의 pH, 유기물함량, Av.P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 및 NO<sub>3</sub>-N, K, Na, Ca, Mg은 농촌진흥청 토양화학분석법에 준하여 분석하였으며, pH는 초자 전극법, 유기물함량은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, NO<sub>3</sub>-N은 KCl로 침출시킨 다음 Kjeldahl법으로 분석하였다. 양이온은 ICP를 이용하여 분석하였다.

### 3. 뿌리혹선충 발생 밀도 조사

선충밀도는 토양시료를 뿌리부근 6개 지점에서 5~15cm 깊이의 토양을 채취하여 충분히 혼합한 다음 300g을 취하여 체거름법으로 조사하였다. 밀도조사 시기는 처리 전(정식 30일 전), 소독처리후(정식기), 과실 성숙기(처리후 90일), 수확후(처리후 120일) 등 4회 실시하였다.

### 4. 재배 방법

적심은 원당굴을 유인하여 22절에 적심하고, 11~13 절의 아들당굴을 결과지로 남기고, 그 2절에서 적심했으며 결과지 이외의 아들당굴은 모두 제거했다. 착과는 개화당일 오전 8시~10시 사이에 수꽃으로 결과지 암꽃에 인공수분하고, 1주일 후에 주당 1개의 과실만 남기고 적과하였고, 착과후 60일만에 수확하였다. 시비량은 기비로서 우분원숙퇴비를 토양 1,000m<sup>2</sup>당 2,000kg 사용하고 추비는 생육상태를 감안하여 질소와 칼륨을 2회에 각각 3kg 관비했으며, 토양수분관리는 각 처리 공히 -30kPa 도달시 10mm 관수하였고, 기타 재배관리는 표준재배법에 준하였다.

### 5. 멜론의 생육 및 과실 품질조사

초장은 지표부터 선단까지를 측정하였으며, 절간장은 총 절간수를 초장으로 나눈값을 이용하였다. 과장은 수확기의 과실의 세로 길이를, 과폭은 수확기의 과실의 가로 너비를, 과육두께는 과실을 세로로 잘라 중간부위의 과육두께를 측정하였으며 당도는 당도계(Digital refractometer PR-101, Atago, Japan)로 과실을 세로로 잘라 중간부위의 2지점씩 과육즙을 내어 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 처리별 선충 밀도 변화 및 작물 고사율

처리별, 생육 단계별 뿌리혹선충 밀도는 Fig. 1과 같이 처리 전(정식 30일전) 뿌리혹선충의 밀도는 토양 300g당  $1,098 \pm 1,123$ 마리 수준 이었으며 소독후 정식기의 뿌리혹선충 밀도를 조사한 결과, 밀기울처리구가 3마리로 방제 효과는 대단히 높았으며, 그다음이 약제처리구, 무처리구 순이었다. 무처리에서도 유충이 감소하였던 원인은 기주식물이 없는 상태에서 유충이 생존하지 못하고 죽은 것으로 추정된다(Whitehead, 1997).

과실성숙기인 처리 후 90일 후 각 처리별 선충밀도를 조사한 결과 무처리구는 1,770마리로 급격하게 증가하는 경향을 보였으며 약제 처리구도 539마리로 피해가 우려되는 수준이었다. 이에 반해 밀기울처리구는 유충이 발견되지 않아 이 시기까지 소독효과가 지속된 것으로 판단된다.

Whitehead(1997)는 뿌리혹선충을 방제함에 있어 휴경이나 약제소독은 살아있는 유충을 죽게 하나 땅속

깊은 곳에서 부화하지 않은 알상태의 것은 살아남게 되므로 완전방제는 어렵다고 했는데 본 시험에서도 다시 밀도가 높아진 것으로 보아 약제효과는 생육후기까지 지속되기 어려운 것으로 사료된다. 멜론을 수확 후 잔류하고 있는 선충의 밀도를 조사한 결과(소독후 120일)는 무처리구와 약제방제 처리구는 각각 5,445마리와 5,911마리로 급속히 증가하는 경향을 보였다. 밀기울 처리는 무처리나 약제처리보다는 상대적으로 적었으나 1,176마리로 처리전과 비슷한 수준으로 밀도가 증가하였다(Fig. 1).

이와 같이 수확기에 밀기울을 비롯한 모든 처리구에서 뿌리혹선충 밀도가 크게 증가하였으나 밀기울처리구는 재배 기간동안에 뿌리혹선충 밀도가 매우 낮아 처리 후 1작기 동안 멜론을 안전하게 재배할 수 있을 것으로 생각된다. 밀기울 처리에 의한 억제 효과는 태양열 및 발효열에 의한 고온, 분해에 따른 토양내 산소 부족, 유기물로부터 생성되는 초산 등의 유기산, 미생물에 의한 길항작용 등 복합적인 요인에 의해 밀기울이 처리된 부근의 선충들이 대부분 질식사 하였을 것으로 추정된다(Kim 등, 2007; Kubo 등, 2002; Whitehead, 1997). 특히 식물체 뿌리에 형성된 혹에 존재하는 선충의 경우 크게 용해된 뿌리 상태로 인하여 외부로 노출 후 약산 등의 유기화합물과 혐기화된 공기 조성에 영향을 받았을 것으로 추정된다.

수확 후에 밀기울처리구에서 밀도가 급격히 증가하고 뿌리에 혹이 착생된 것(Fig. 2)은 밀기울처리의 영향이 적은 심토부근의 알상태로 있던 선충이 후기에 부화하여 멜론에 침입하여 증식하였을 것으로 생각되는데, 이는 Kubo 등(2002)의 연구결과와도 일치한다.

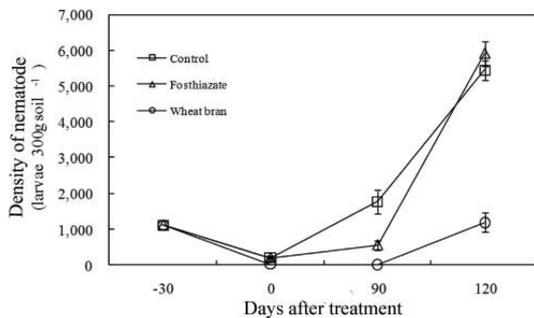


Fig. 1. Density of root-knot nematode in rhizosphere soil as affected by anaerobic fermentation of wheat barn and fosthiazate in the soil. Vertical bars represent standard deviation.

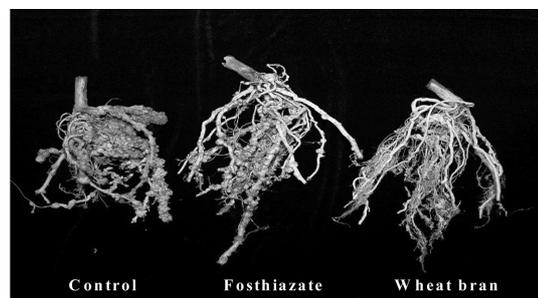
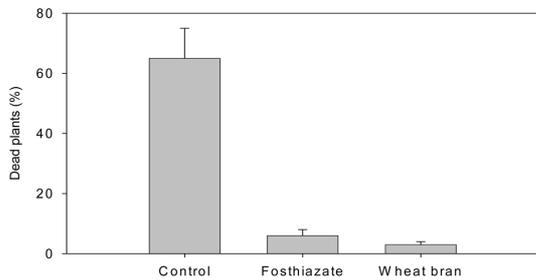


Fig. 2. Roots infected with *Meloidogyne* spp. at 120 days after anaerobic fermentation of wheat barn and fosthiazate in the soil.



**Fig. 3.** The percentage of dead plant as affected by anaerobic fermentation of wheat barn and fosthiazate in the soil infested with *Meloidogyne* spp. Vertical bars represent standard deviation.

수확 15일 전인 과실 성숙기의 멜론 줄기 고사율은 무처리구가 65%로 매우 높은 수준이었으며, 약제를 처리한 구는 유충의 밀도가 다소 높았음에도 불구하고 고사율은 약 6% 내외로 낮았고, 밀기울을 처리한 시험구도 고사율이 3%로 매우 낮은 수준을 보였다(Fig. 3, 4) 이는 생육중의 뿌리혹선충의 밀도(Fig. 1)와 뿌리에 감염되어 혹이 형성된 정도(Fig. 2)와 관계가 있을 것으로 생각되며, 밀기울처리구의 시들증상은 뿌리혹선충에 의한 영향보다는 작업자의 실수 등으로 인해 상처를 받아 시들증상을 나타낸 것으로 추정되었다.

**2. 처리별 토양 양분 함량 및 품질특성**

처리별 초장은 밀기울환원처리가 무처리에 비해 길

었지만 절간장은 차이가 없었다. 잎과 줄기의 무게는 밀기울처리구가 가장 무거웠으며 무처리구는 가장 가벼웠다(Table 1).

광합성량에 영향을 미치는 엽면적도 밀기울 처리구가 무처리구에 비해 현저히 넓었다. 무처리구에서 생육이 부진하였던 원인은 Fig. 1에서와 같이 생육기의 선충밀도가 높았던 것에 기인한 것으로 생각된다. 이는 뿌리혹선충 밀도가 높을수록 참외 생육이 부진했다는 연구결과와도 일치하였다(Park, 2007).

수확한 멜론의 크기와 과실품질을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 과실의 무게와 과실길이는 무처리구와 비교하여 밀기울처리구가 무겁고 길었으며, 식용부위인 과육두께도 무처리에 비해 밀기울처리가 두꺼웠다.

네트멜론의 외형상 중요한 품질의 기준이 되는 네트형성 지수는 무처리구와 비교하여 약제처리와 밀기울처리구가 매우 뛰어난 것으로 조사되었으며, 과실의 당도는 무처리가 11.3°Brix로 낮아 반해 약제처리가 14.6°Brix, 밀기울처리구가 16.1°Brix로 현저히 높았다.

처리 120일 후 토양 양분함량을 조사한 결과는 Table 3과 같이 밀기울 처리구가 유기물 함량, 질산태 질소, 칼륨함량이 높았으며 염류집적의 지표로 활용되고 있는 EC도 높았다. 밀기울로 시용된 유기물이 무기화되었지만 식물체로 완전히 흡수되지 않아 토양에 잔류된 양분으로 추정된다. 이는 Kim 등(2006)이 밀기울처리가 무처리에 비해 질산태질소함량이 낮아진다



**Fig. 4.** Plant growth affected by anaerobic fermentation of wheat barn and fosthiazate in the soil infested with *Meloidogyne* spp. (A: control, B: fosthiazate, C: wheat barn).

**Table 1.** Effect of anaerobic fermentation of wheat barn and fosthiazate in the soil on the growth quality of melon.

Treatment	Plant length (cm)	Internode length (cm)	Leaf weight (g)	Stack weight (g)	Leaf area (cm <sup>2</sup> /plant)
Control	141.1b <sup>2</sup>	22.3a	413.5c	139.2c	7,231b
Chemical	144.7ab	22.2a	724.2b	178.4b	7,773ab
Wheat bran	150.7a	21.7a	988.9a	215.0a	8,818a

<sup>2</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P = 0.05.

밀기울 토양 혐기발효 처리가 멜론의 뿌리혹선충 방제 및 품질에 미치는 영향

**Table 2.** Effect of anaerobic fermentation of wheat barn and fosthiazate in the soil on the fruit quality of melon.

Treatment	Fruit			Thickness of sarcocarp (mm)	Degree of netting (1~9 <sup>z</sup> )	Soluble solid content (°Brix)
	Weight (g)	Height (mm)	Diameter (mm)			
Control	1,489b <sup>y</sup>	147.2b	142.8a	34.2b	4.2a	11.3c
Fosthiazate	1,606ab	145.2b	143.2a	37.2ab	1.8b	14.6b
Wheat bran	1,719a	152.2a	145.4a	40.6a	1.2b	16.1a

<sup>z</sup>The degree of net appearance was graded from 1 to 9. 1: excellent, 9: very poor.

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P = 0.05$ .

**Table 3.** Chemical properties at 120 days after anaerobic fermentation of wheat barn and fosthiazate in the soil.

Treatment	pH (1 : 5)	OM (g kg <sup>-1</sup> )	EC (dS m <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N (mg kg <sup>-1</sup> )	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Ex.cation (cmol kg <sup>-1</sup> )		
						K	Ca	Mg
Control	6.1	4.3	2.1	123	1,328	1.6	9.8	4.6
Fosthiazate	6.3	4.1	1.8	93	1,283	1.5	9.9	4.4
Wheat bran	6.0	5.2	3.8	297	1,242	2.3	9.6	5.1

는 결과와는 다소 상반되는 경향을 보였는데, 재배작물, 재배방법, 시비량 등에 의한 차이가 아닐까 추정되지만 앞으로 보다 더 면밀한 검토가 필요하다고 생각된다.

Kubo 등(2002)은 유기물인 밀기울을 다량으로 사용한 토양소독을 행할 경우 사용한 밀기울에 의한 토양의 화학성 변화나 작물의 생육에 영향을 미치므로 매년 처리할 경우에는 토양 및 각 작물의 생육에 미치는 영향을 분명히 알고 시비량을 조절하는 것이 바람직하다고 하였다. 본 연구결과로 보아 밀기울 토양 혐기발효 처리시에는 시비량을 줄이는 것이 바람직할 것으로 생각되었다.

이상의 결과와 같이 밀기울처리구가 무처리구와 비교하여 크게 향상된 생육 및 품질개선 효과를 나타낸 것은 뿌리혹선충방제 효과와 함께 밀기울처리구의 토양 물리성 개선효과와 투입된 밀기울의 유기물 이용효과로 생각된다(Kim 등 2006; Park 등, 2007) 그러나 뿌리혹선충 발생포장에 계속적으로 안전하게 재배하려면 재배 후 멜론 뿌리의 혹 발생상태를 관찰하여 피해가 조금이라도 나타나면 다음 작기에는 필히 소독 후 재배해야 안전하다고 생각된다.

**적 요**

본 연구는 10년 이상 과채류를 재배하여 뿌리혹선충 피해가 많이 발생되었던 시설재배 토양에서 친환경적인 뿌리혹선충방제를 위하여 밀기울 토양환원처리 효

과를 구명하였다.

토양소독처리후 뿌리혹선충의 밀도를 조사한 결과 시험전과 비교하여 모든 처리구에서 뿌리혹선충밀도가 감소하는 경향을 보였지만 특히 밀기울처리구에서는 높은 방제효과를 보였다. 처리후 90일경에도 밀기울처리구가 매우 낮게 유지되었으며 멜론의 생육도 가장 양호하였다. 수확기 멜론의 고사율을 조사한 결과 무처리구 65%인데 비해 밀기울처리구, 3%로 현저히 낮았으며 과실의 크기와 품질도 밀기울처리구가 우수하였다.

따라서 밀기울 토양환원처리는 뿌리혹선충 발생포장에 농약을 사용하지 않고 멜론을 1작기 동안 안전하게 재배할 수 있는 유망한 소독방법일 뿐만 아니라 멜론의 품질을 개선하는데 매우 효과적인 방법으로 생각되었다.

**주제어 :** 머스크멜론, 이화학적, 토양, 품질

**인 용 문 헌**

1. Di Vito, M.N., N. Greco, and A. Carter. 1982. Effect of various population densities of *M. incognita* on the yield of pepper. *J. Nematol.* 14:437.
2. Gelper, S., L. Eden, G.R. Stiring, and L.J. Smith. 1995. Simple screening methods for assessing the predacious activity of nematode-trapping fungi. *Nematologica* 41:130-140.
3. Kim, H.L., B.K. Sohn, K.H. Jung, and Y.K. Kang. 2006. The effect of anaerobic fermentation treatment

- of rice or wheat bran on the physical and chemical property of plastic film house soil. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 39:366-371 (in Korean).
4. Kim, H.L., B.N. Jung, and B.K. Sohn. 2007. Production of weak acid by anaerobic fermentation of soil and its antifungal effect. J. Microbiol. Biotechnol. 17:691-694.
  5. Kubo, C., M. Matase, K. Shimizu, H. Kato, and T. Takeuchi. 2002. Effect of sterilization by soil reduction on soilborne diseases and nematode. Chiba Agricultural Center Research Report. Japan. pp. 1-15 (in Japanese).
  6. Lee, J.M., G.W. Choi, and J. Janick. 2007. Horticulture in Korea. Kor. Soc. Hort. Sci. Suwon, Korea. pp. 52-65.
  7. Ogawara, T., Y. Tamita, Y. Imaizumi, T. Chiba, and H. Nagatsuka. 2004. Control of fusarium wilt of melon by soil reduction. Ibaraki Agricultural Center Horticultural Institute Research Report. Japan 12:23-27 (in Japanese).
  8. Park, D.K., J.K. Kwon, J.H. Lee, Y.H. Choi, Y.C. Huh, and S.G. Lee. 2003. Effects of soil salinities on growth and fruit quality in oriental melon (*Cucumis melo*). J. Kor. Hort. Sci. 44:616-619 (in Korean).
  9. Park, D.K., J.K. Kwon, J.H. Lee, Y.H. Choi, Y.C. Huh, and D.G. Kim. 2007. Effects of root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita*) on growth and yield of oriental melon (*Cucumis melo* L. var. *makuwa* Mak.). Kor. Hort. E. B. 48:92-96.
  10. Park, S.D., T.Y. Kwon, B.S. Choi, W.S. Lee, and Y.E. Choi. 1995a. Studies on integrated control against root-knot nematode of fruit vegetable(oriental melon and cucumber) in vinyl house. Korean J. Appl. Entomol. 34:75-81 (in Korean).
  11. Whitehead, A.G. 1997. Plant Nematode Control. Cab-international. Harpenden, UK. pp. 209-225.
  12. Zhang, S.H., H.M. Kang, and I.S. Kim. 2006. Effect of using waste nutrient solution fertigation on the musk melon and cucumber growth. J. Bio-Env. Con.15:400-405 (in Korean).