

시설참외 연작재배지 토양의 객토 및 심토반전이 토양 화학성 변화와 토양선충 억제효과에 미치는 영향

전한식* · 박우철¹⁾ · 정재식*

경북농업기술원, ¹⁾경북대학교 농과대학 농화학과

(2001년 10월 22일 접수, 2001년 12월 18일 수리)

Effects of Soil Addition and Subsoil Plowing on the Change of Soil Chemical Properties and the Reduction of Root-Knot Nematode in Continuous Cropping Field of Oriental Melon (*Cucumis melo L.*)

Han-Sik Jun*, Woo-Chul Park¹⁾ and Jae-Sik Jung* (kyongbuk Agricultural Technology Administration, Daegu 702-708, Korea, ¹⁾Dept. of Agricultural Chemistry, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea)

Abstract : To elucidate the effect of soil addition and subsoil plowing on the change of soil chemical properties and the reduction of root-knot nematode, this experiment carried out in continuous cropping field of protected oriental melon (*Cucumis melo L.*). Soil addition reduced electric conductivity (E. C.) from 4.3 to 1.8 dS/m (58%), available P₂O₅ from 406 to 182 mg/kg (55%) and organic matter content from 16 to 11 g/kg (31%). Population densities of root-knot nematode in soil reduced as much as 89%, 84%, and 69% at first year, third years, and of five years later, respectively. The effects of subsoil plowing were similar to that of soil addition. E. C. and phosphate were reduced from 4.30 to 1.98 dS/m (54%) and phosphate from 406 to 329 mg/kg (19%), respectively. Population densities of root-knot nematode reduced as much as 71%, 67%, and 42% after 1, 3, and 5 years, respectively. Subsoil plowing reduced nematode densities only for three years.

Key words : oriental melon, continuous cropping damage, root-knot nematode, soil addition, subsoil plowing

서 론

경북 성주지역의 참외 연작재배는 철재 파이프 하우스로 시설이 바뀌어진 1980년대 초부터 시작되었고 특히, 흡비력과 병해에 강한 호박대목에 접목 재배함으로써 덩굴쪼김병 등의 피해가 해결되면서 5년에서 10년 이상 연작하고 있는 포장이 대부분이다¹⁾.

최근에는 겨울철인 12월에 파종하여 1~2월에 본포에 정식한 후 3~4월부터 시작하여 가을철인 9~10월까지 6~7회 수확하는 연장재배를 하고 있어 담수상태에서의 벼 재배는 거의 하지 않게 되어 토양 염류가 축적되고 뿌리혹선충 피해와 각종 병해 유발이 문제로 대두되고 있다¹⁻⁶⁾.

참외의 뿌리혹선충 피해 방지를 위해 재배농가는 10 a당 300~600 M/T의 객토를 하고 있어 논 높이가 30~50 cm까지 높아져 작토층이 객토층의 밑에 들어가는 등 논의 형태가 변하고, 토양 중 양분의 불균형 상태가 야기되어 퇴비 등의 유기질 비료와 각종 미량요소 비료 등을 필수적으로 넣어 주어야 할 형편이다^{5,7)}.

현재까지 참외의 연작실태와 피해조사 및 부분적인 병해충 방제에 대한 연구는 많이 있으나⁸⁻¹⁴⁾ 시설참외를 연작하고 있는 주산지에 대한 토양의 특성 분석이나 재배년도에 따른 토양 중의 양분 함량의 변화 및 연작지에 심한 피해를 입히는 뿌리혹선충에 대한 종합적인 방제 연구가 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 경북 성주 참외 주산지의 연작피해를 줄이기 위하여 객토와 심토반전(심경)에 의한 토양 화학성분의 변화와 뿌리혹선충 억제효과를 규명하고자 본 연구를 수행하였다.

연락처:

Tel: +82-53-320-0204 Fax: +82-53-320-0263

E-mail: hans@nongup.kyongbuk.kr

Table 1. Changes of chemical properties in soil after soil addition

Amount of soil addition (Depth of accumulation)	pH (1:5)	T-N (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cation (cmol ⁺ /kg)			EC (dS/m)	OM (g/kg)	CEC (cmol ⁺ /kg)
				K	Ca	Mg			
625 M/T (50 cm)	6.3	0.09	151	0.17	7.2	2.2	1.45	10	8.24
375 M/T (30 cm)	6.4	0.10	180	0.19	11.5	4.3	1.70	11	9.77
125 M/T (10 cm)	6.4	0.12	216	0.24	11.0	4.5	2.25	13	10.01
Control	6.5	0.13	406	0.44	11.9	4.6	4.30	16	11.10

※ Experimental place : Yonggakri Wealhangmyon Sungjugun.

재료 및 방법

객토 및 심토반전 (심경) 처리

성주군 월항면 용각들에서 '95년 10 a당 125 M/T, 375 M/T, 625 M/T, 객토한 필지를 각각 3개소씩 선정하였으며 객토 재료는 마사토와 산적토이었다. 심토반전은 '98년 11월 8일에 성주군 성주읍 예산리에서 300평 규모의 시험구를 포크레인으로 깊이 100 cm, 80 cm, 50 cm로 실시하였다.

토양 화학성분 분석

토양시료는 객토량별 3개 처리구 (10 a당 625, 375, 125 M/T)와 심경 3개 처리구 (100 cm, 80 cm, 50 cm)별로 10반복 흙을 채취 혼합하여 음건시킨 후 2 mm 체를 통과한 것을 분석시료로 하였다.

분석방법은 농촌진흥청 농업과학기술원에서 고시한 토양화학분석법¹⁵⁾에 준하여 pH는 토양시료와 H₂O를 1:5로 한 현탁액을 초자전극법¹⁵⁾으로 측정하였으며, 전질소는 Kjeldahl법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성염기 (K, Ca, Mg)는 1 N-ammonium acetate (pH 7.0) 용액으로 침출하여 이 침출액을 원자흡광분석법 (Perkin Elmer 2380)으로 하였으며, 유기물은 Tyurin 법, CEC는 1 N 초산암모늄법으로 각각 분석하였다. EC는 TOA Electronics 사의 cm-24의 EC meter로 측정하였다.

뿌리혹선충 밀도 및 선충피해 고사주율 조사

객토 후 객토량별 3개 조사구 (10 a당 625, 375, 125 M/T)와 객토재료별 3개 조사구 (마사토, 산적토, 대비구)에서 2년 간격으로 1년차, 3년차, 5년차에 참외 재배기간 중 선충활동이 가장 왕성한 8월에 각 조사대상 포장당 10개 지점에서 참외뿌리 둘레 반경 20 cm 위치의 작토 10~20 cm 깊이까지 토양을 채취하여

잘 혼합하고 점당 300 mL의 토양을 Baermann funnel 및 centrifugal sugar flotation method (CSF 법)로 선충을 분리한 후 실체 현미경으로 뿌리혹선충 유충밀도와 8월에 각 조사구별로 포장당 20포기를 육안으로 고사주율을 조사하였으며, 심토반전 포장의 참외 정식 후 35일 후인 1월 6일과 2월 15일, 3월 20일, 7월 25일 등 4개 시기로 구분하여 토양선충의 경시적 밀도변화를 조사하였다.

결과 및 고찰

객토효과

성주지방에서 '80~'90년대에 이르러 가장 많이 실시하고 있는 시설채의 연작지에 대한 객토는 보통 논밭의 객토와는 달리 작토를 완전히 덮어 버리는 객토로 산흙을 125~625 (M/T 10 a) 까지 복토하여 작토 위의 적토 높이가 10 cm에서 50 cm까지 이른다.

이와 같이 많은 양의 객토를 하기 때문에 객토량별 토양의 화학성분 변화를 측정된 결과를 Table 1에서 보는 바와 같다.

유기물 함량이 적은 산 흙을 사용하였으므로 질소함량이 0.13%에서 3개구 평균 0.10%까지 떨어지고 치환성 염기의 함량이 작토중에서 아주 낮아졌으며, 특히 파다 축적된 유효인산 함량이 406 mg/kg에서 3개구 평균 182 mg/kg로 55.2% 줄어들고 EC가 4.30 dS/m에서 평균 1.80 dS/m로 2.50 dS/m 를 줄이는 효과가 있었다. 그러나 유기물 함량이 16 g/kg에서 3개구 평균 11 g/kg으로 감소하고 양분보존능의 척도인 CEC가 11.10 cmol⁺/kg에서 9.34 cmol⁺/kg로 16% 떨어져 퇴비와 석회 등을 사용하여 이를 개선할 필요가 있다⁷⁾.

적토식 객토가 참외 뿌리혹선충의 밀도에 미치는 효과를 조사한 결과는 Table 2에서 보는 바와 같이 처리 후 1차년도에는 3개구 평균 89%, 3년차에는 84%, 5년차에는 69%로 작토 중 선충수

Table 2. Changes of root-knot nematode density by soil addition

Amount of soil addition (Depth of accumulation)	Population (No./300 mL)				Control effect (%) (Survival ratio)			Rate of blight plant (%)		
	Before treat. (95.8)	After 1 yr. (96.8)	After 3 yrs. (98.8)	After 5 yrs. (00.8)	After 1 yr.	After 3 yrs.	After 5 yrs.	After 1 yr.	After 3 yrs.	After 5 yrs.
625 M/T (50 cm)	1,037	8	15	56	99.5 (0.8)	99.3 (1.4)	98.0 (5.4)	5	10	30
375 M/T (30 cm)	1,021	86	152	627	94.7 (8.4)	92.2 (14.9)	77.3 (61.4)	10	30	50
125 M/T (10 cm)	976	435	716	1,838	72.1 (44.6)	61.3 (73.4)	30.5 (188.3)	20	50	95
Control	1,011	1,614	1,920	2,740	- (159.6)	- (189.9)	- (271.0)	100	100	100

Table 3. Changes of root-knot nematode density by different materials of soil added

Soil materials	Population (No./300 mL)				Controlled rate (%) (Survival rate)			Rate of blight plant (%)		
	Before treat.	After 1 yr.	After 3 yrs.	After 5 yrs.	After 1 yr.	After 3 yrs.	After 5 yrs.	After 1 yr.	After 3 yrs.	After 5 yrs.
Granite saprolite	161	0	148	797	100	87.3 (91.9)	55.7 (495.0)	0	30	60
Red yellow soil	147	0	18	115	100	98.3 (12.2)	93.0 (78.2)	0	10	20
Control	172	680	1,243	1,920	- (395.3)	- (722.7)	- (1116.3)	70	90	90

가 감소했다.

객토량 625 M/T 10 a 구에서는 5년차까지 98.0% 이상 선충 수 감소 효과가 유지되고 375 M/T 10 a 구에서는 3년 차까지는 92.2% 이상 5년 차에는 77.3%이며 참외 고사주율도 객토량 625 M/T 10 a 구에서 5년 차까지 30% 미만이었으며 375 M/T 10 a 구에서는 3년 차까지 30% 미만이며 5년 차에는 50%로 올라가 10 a당 객토량 375 M/T 10 a 이상 구에서는 8~9월까지 연장재배를 하여도 수익성이 있는 것으로 나타났으며 객토 125 M/T 10 a 구에서는 처리 1년 후에 72.1%, 3년 후에는 61.3%, 5년 후에는 30.5%로 3년 정도까지만 선충 감소 효과가 나타났다. 그런 까닭에 8월의 참외 고사주율이 1년 후에 20%, 3년 후에 50%이지만, 5년 후에는 95%로까지 고사하므로 3년 후에는 참외를 8월에 폐경해야했으며 더 이상 연장재배를 하여 수확을 기대할 수 없게 되었다.

권 등¹⁶⁾도 시설 참외하우스 뿌리혹선충의 밀도를 감소시키기 위하여 토양 개량의 적절한 주기를 결정하는 시험을 한 결과, 마사토를 객토하면 2년, 적황색토이면 3년, 경토의 뒤집기는 매년 실시해야 하는 것으로 보고하였으며, 본 연구의 결과도 이와 유사한 경향을 나타내었으며, 산적토 높이를 10 cm 까지 하였을 경우 객토시 5년 후에는 밀도억제 효과가 30.5%로 낮았으며, 8월의 고사율은 95%이었다. 따라서 산적토를 한번 객토시는 3년마다 경토 10 cm 이상 해야하는 것으로 판단되므로 지속성면과 환경보존면에서 권장할 수 있는 기술로 보기 어렵다.

한편 같은 양을 객토할 때 객토재료에 따라 그 효과 지속기간에 차이가 있을 것으로 생각되어 재료별 객토효과를 조사한 결과는 Table 3과 같다.

객토량을 375 M/T 10 a, 적토높이 30 cm로 객토한 후 3년째까지는 마사토와 산적토의 방제가가 각각 87.3%에서 98.3%로 그

Table 4. Changes of soil chemical properties after subsoil plowing

Depth of subsoil plowing	pH	T-N (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cation (cmol ⁺ /kg)			EC (dS/m)	OM (g/kg)	CEC (cmol ⁺ /kg)
				K	Ca	Mg			
100 cm	6.5	0.11	306	0.21	7.5	1.7	1.75	13	8.36
80 cm	6.5	0.12	316	0.21	7.2	1.8	1.90	15	9.30
50 cm	6.6	0.14	364	0.20	7.1	1.6	2.30	15	9.50
Control	6.5	0.13	406	0.44	11.9	4.6	4.30	16	11.10

Table 5. Inhibition effect of root-knot nematode by the treatment of subsoil plowing

Depth of subsoil plowing	Population (No./300 mL)				Inhibition rate(%) (Survival rate)			Rate of blight plant (%)		
	Before treat.	After 1 yr.	After 3 yrs.	After 5 yrs.	After 1 yr.	After 3 yrs.	After 5 yrs.	After 1 yr.	After 3 yrs.	After 5 yrs.
100 cm	276	174	324	824	83.1 (63.0)	79.0 (117.4)	55.5 (298.6)	5	10	40
80 cm	306	179	488	1,097	84.0 (58.9)	71.4 (159.5)	46.5 (282.7)	5	20	40
50 cm	288	597	788	1,474	44.3 (207.3)	51.0 (273.6)	23.7 (511.8)	10	50	80
Control	290	1,080	1,620	1,945	- (372.4)	- (558.6)	- (670.7)	100	100	100

효과에 차이가 적었으나 5년 차에는 마사토 객토는 방제가 55.7%로 감소했으며 참외 고사주율이 60%까지 상승하였으나, 점토함량이 많은 산적토는 객토효과가 5년까지도 지속되어 억제율이 93.0%이고 참외 고사주율도 20%에 지나지 않았다.

심토반전 (심경) 효과

심토반전은 표토에 주로 많이 분포하고 있는 뿌리혹선충을 토양 하부 심토층으로 넣어 선충 증식을 억제하고자 하는 시도인데 그 결과는 Table 4에서 보는 바와 같이 심토반전 후의 토양 화학성 변화를 보면 pH는 6.5 전후로 차이가 없었으나 유효인산의 함량이 406 mg/kg에서 3개구 평균 329 mg/kg로 19.0% 줄어드는 것을 비롯하여 질소 함량과 치환성 염기인 K, Ca, Mg 함량도 객토 시험구와 같은 경향으로 줄었다.

EC는 4.30에서 1.98 dS/m로 54% 줄었고 유기물 함량은 16 g/kg에서 평균 14 g/kg로 12.5% 떨어지며 CEC 함량도 무처리구 11.10 cmol⁺/kg에서 평균 9.05 cmol⁺/kg로 18.5% 떨어졌으나 객토 시험구보다 차이가 적었다.

토양반전은 농가에서 보통 포크레인으로 하고 있는데 장비대가 많이 드는 결점이 있어 일부 농가에서만 실시하고 있는 실정

이다. 이 방법은 객토층을 구하기 힘든 즉 객토원이 먼 곳이나 경작지 주위의 땅 높이보다 높아 더 이상 객토하기가 곤란한 곳에서만 실시할 수 있다.

뿌리혹선충 억제효과를 조사해 본 결과 Table 5에서 보는 바와 같이 선충밀도 억제효과는 심경 후 1년 차에는 3개구 평균 71%, 3년 차에는 67%, 5년 차에는 42%였으며 반전깊이 50 cm에서 3년 차에 절반(51.0%) 수준으로 떨어지기 시작하여 5년 차에는 20% 수준 (23.7%)까지 떨어져 7월에 참외 고사주율이 80%로 8월에는 폐경하고 더 이상 재배할 수 없게 되었다. 그러나 반전깊이 80 cm, 100 cm 처리구에서는 비슷하게 3년 차에 70%이상 (71.4~79.0%) 5년 경과 후까지 50%(46.5~55.5%) 수준으로 선충 억제효과가 있어 7월에 참외 고사주율이 40%이므로 8~9월까지 연장재배로 참외 수확이 가능하였다.

이와 같이 심토반전으로 연작지 토양의 뿌리혹선충의 밀도를 줄이려면 80 cm 이상 깊이 반전해야 하며 토양 염류집적을 해소하는 면에서는 50 cm 정도의 반전처리도 효과가 인정되었으나, 뿌리혹선충 억제효과는 극히 미미한 결점이 있었다.

권 등¹⁶⁾은 토양을 반전하였을 경우 반전 첫 해에는 선충이 50% 미만의 증식을 보였으나 그 이후에는 선충의 증식이 급격히

Table 6. Seasonal fluctuation of nematode population after subsoil plowing

Division	Before treatment '94. 12	Date of investigation			
		'99. 1. 6. (35 DAT)	'99. 2. 15. (75 DAT)	'99. 3. 20. (110 DAT)	'99. 7. 25. (237 DAT)
Population (No./300mL)	393	72	412	594	5,086
Increasing ratio (%)	100%	18.3	104.8	151.1	1,294.1

※ DAT : Days After Treatment.

늘고 있어 토양의 물리 화학성의 개선은 기대 할 수 있으나 선충을 효과적으로 방제하는 데는 좋은 방법이 못된다는 결과와 본 논문의 연구결과가 일치하였다.

심토반전 후 토양선충의 경시적 밀도변화는 Table 6과 같이 정식 후 35일 후인 1월 6일에는 선충은 처리 전 밀도의 18.3%에 그쳤으나 2월 15일에는 100% 수준으로 처리 전 밀도 수준이 되어 점차 증가하기 시작하여 110일 만에 1.5배, 8개월째인 7월 25일에는 13배에 달하는 5,086마리가 되었다.

여기에서 알 수 있는 것은 뿌리혹선충의 서식은 주로 참외의 근권이 분포하는 표토로부터 수직 20 cm까지는 많은 양이 서식하고 그 이하로 내려갈수록 밀도는 급격히 감소 하는데 본 실험에서는 50 cm 깊이까지의 토층을 반전하여도 경시적으로 밀도가 높아진 것은 표토에 있는 많은 양의 선충이 심토층으로 내려갔다 다시 서서히 밀도를 회복하여 증식량이 많았기 때문이라 생각된다.

박¹⁷⁾의 보고에서는 작약에서는 당근뿌리혹선충 (*M. hapla*)의 서식정도를 표토로부터 20 cm까지가 80%이상 서식하였고 50 cm 이상에도 토양 300 mL당 7마리로 0.2%가 서식하였는데 심토반전할 경우 위층에 있는 선충이 아래층으로 내려가니까 당분간 작토층의 선충밀도는 많이 떨어져 효과는 다소 있으나, 장기적으로 추천할 만한 선충의 억제 방법이 되지는 못하였다.

요 약

우리나라의 시설채의 주산지인 성주지역의 시설채의 연작 대책으로 객토와 심경에 의한 토양 화학성분의 변화와 뿌리혹선충 억제 효과를 조사한 결과는 다음과 같다.

시설채의 연작 대책으로 많은 양의 객토를 함으로 EC는 4.30 dS/m에서 1.80 dS/m로 58%, 유효인산은 406 mg/kg에서 182 mg/kg으로 55% 감축되고 유기물 함량이 16 g/kg에서 11 g/kg으로 31% 줄어 퇴비 등 각종 거름 시용량을 증가해야 하며 뿌리혹선충

밀도 억제효과는 1년 차 89%, 3년 차 84%, 5년 차 69%로 되어 근본 대책이 되지 못하면서 영농비 가중 및 환경 파괴의 문제가 수반되었다.

심토반전 효과도 객토와 비슷하여 EC 4.30 dS/m에서 1.98 dS/m로 54% 줄고 유효인산 406 mg/kg에서 329 mg/kg으로 19% 줄었으며 뿌리혹선충 밀도 억제 효과는 처리 후 1년 차 71%, 3년 차 67%, 5년 차 42%가 되므로 처리 3년 이후에는 다른 대책이 필요하였다.

참 고 문 헌

1. Seongju Agricultural Technology Center (1999) Oriental melon and watermelon, p.57-84.
2. Park, S. D., Kwon, T. Y., Im, Y. S. and Choi, B. S. (1995) Effect of early infection by *Meloidogyne incognita* on fruit vegetables, *RDA Journal of Agricultural Science* 37(1), 308-312.
3. Park, S. D. (1995) Studies on disease·pest and soil characteristic in successive cropping field of fruit vegetable, Department of Horticulture Graduate School, Hyosung Women's University.
4. Park, S. D., Park, S. D., Kwon, T. Y., Jun, H. S. and Choi, B. S. (1995) The occurrence and severity of damage by root-knot Nematode *Meloidogyne incognita* in controlled fruit vegetable field, *RDA Journal of Agricultural Science* 37(1), 318-323.
5. Rural Development Administration (1995) Control of *Meloidogyne* spp. in oriental melon, Special Res. Repr. of RDA (Cooperative Project).
6. Seongju Agricultural Technology Center (1997) Seongju-Gun Overview, 2-4.
7. Chun, H. S. (1994) Soil managements for counterplan of continuous cultivation obstacles in a Melon vinyl house culture, Agricultural Resources Major Graduate School of Agricultural.
8. Lee, Y. H., Shin, Y. K., Hwang, K. N. and Rhee, G. S. (1993) Studies on chemical properties of soils under the plastic house cultivation of vegetables, *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 26(4), 236-241.
9. Suh, J. S., Jung, B. G. and Kwon, J. S. (1998) Soil microbial diversity of the plastic film house fields in Korea, *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 31(2), 197-203.
10. Kwon, J. S., Suh, J. S., Weon, H. Y. and Shin, J. S. (1998) Evaluation of soil microflora in salt accumulated soils of plastic film house, *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 31(2), 204-

- 210.
11. Jung, G. B., Ryu I. S. and Kim, B. Y. (1994) Soil texture, electrical conductivity and chemical components of soil under the plastic film house cultivation in northern central areas of Korea, *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 27(1), 33-39.
 12. Yuk, C. S., Kim, J. J., Hong, S. D. and Kang, B. G. (1993) Salt accumulation in horticultural soils of PE film house in Chungbuk area, *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 26(3), 172-180.
 13. Hur, B. K., Kim, L. Y., Jo, I. S., Park, Y. S., Um, K. T. and Kim, M. S. (1986) Effect of organic matter resources on the soil improvement and crop growth, *The Research Reports of RDA*, 28(1), 7-12.
 14. Rhee, K. M., Shin, C. W., Park, J. K. and Lee, J. Y. (1987) Studies on the changes of soil fertility in continuous and rotated vegetable cropping systems, *Research Report, RDA (H)*, 29(2), 99-104.
 15. Agricultural Science Institute, RDA (1988) Soil analysis, p. 26-204.
 16. Kwon, T. Y., Jung, K. C., Park, S. D., Sim, Y. G. and Choi, B. S. (1998) Cultural and chemical control of root-knot nematodes, *Meloidogyne* sp. on oriental melon in plastic film house, *RDA J. Crop Prot.* 40, 96-101.
 17. Park, S. D. (1992) Studies on the Nematodes associated with medicinal herbs and their control in Korea, Department of Agricultural Biology, Graduate School, Kyungpook National University.