

## 성주 지역 시설참외 연작지의 토양특성 및 토양선충 변화

전한식\* · 박우철<sup>1)</sup>

\*경북농업기술원, <sup>1)</sup>경북대학교 농과대학 농화학과

(2001년 4월 26일 접수, 2001년 6월 19일 수리)

### Soil Chemical Characteristics and Comparison with Infested Status of Nematode (*Meloidogyne* spp.) in Plastic House Continuously Cultivated Oriental Melon in Songju

Han-Sik Jun\*, Woo-Chul Park<sup>1)</sup> (Kyongbuk Agricultural Technology Administration, Taegu, 702-708, Korea, E-mail : hans@nongup.kyongbuk.kr, <sup>1)</sup>Dept. of Agricultural Chemistry, Kyungpook National University, Taegu, 702-701, Korea)

**Abstract.** This study was conducted for ten years to evaluate the effective soil management for preventing the infection of root-knot nematode in the field of continuous cultivation with oriental melon under plastic house in Songju area of kyongbuk province. The content of available phosphate, total nitrogen, organic matter, CEC, and exchangeable base in the soil increased with the increase of continuous cultivation year. Especially salt content in the soil increased from 1.2 to 4.55 mS/cm and the yield of oriental melon dramatically decreased with the continuous cultivation year. The number of root-knot nematode was 91 per 300 cm<sup>3</sup> of soil in the field of continuous cultivation for 3 years and showed slight damage on the oriental melon, but it was 518 in the field of 4~6 years continuous cultivation and showed that 50% of plants died in August, and the yield of late season was less than 50% compared to normal plant. For the seasonal changes in infection rate of root-knot nematode on oriental melon plant, 15% of the normal plant was infected by nematode in February and increased gradually by 10~20% per month, 60% of plants was infected in July. The density of root-knot nematode nymph was 167 in February and increased to 1,625 in August. The infection rate of nematode was 35%, and the number of nematode was about 54 in nursery soil originated from paddy soil, upland soil, and river sand. There were no relationship between the number of nematode and available phosphate or exchangeable base in the soil of plastic house where oriental melon plants were grown.

**Key words :** oriental melon, injury by continuous cropping, root-knot nematode, soil management

## 서 론

최근 집약 농업 경영 형태에서 시설 원예 농업의 도입으로 동일 작물의 연작재배에 의해 토양의 특정 화학성분이 과다 축적 또는 결핍되고 토양 기생선충의 밀도가 증가하는 등 불균형이 생기게 되었다<sup>1-3)</sup>.

1999년 현재, 우리나라의 시설참외 재배면적은 9,365 ha로서 전체 참외 재배면적(10,412 ha)의 89.9%를 차지하고 있으며, 특히 성주 참외 재배는 시설참외 전국 면적의 44.7%, 전국 생산량의 약 50%를 차지하고 있다<sup>4)</sup>. 성주 참외 재배역사는 자가소비용으로 보리밭 사이 직파재배에서 1950년 이후 기름종이 고깔재배, 1960년대 비닐 터널 재배, 1970년대부터 대나무비닐하우스 재배, 1980년대부터 철재 파이프 하우스로 시설이 바뀌어진 후 연작재배가 시작되었다. 특히 현재는 흙비리와 병해에 강한 호박대목에 접목

재배하여 덩굴쪼김병 등의 연작지현상이 해결되면서 5년, 10년 이상 연작하는 포장에 대부분을 차지하게 되었다<sup>5)</sup>.

1980년대 초부터 철근파이프 하우스설치와 함께 고정된 시설 하에서 연중재배하여 왔고, 또 최근에는 겨울철인 12월에 파종하여 1~2월에 본포에 정식한 후 3~4월부터 시작하여 가을철인 9~10월까지 6~7회 수확하는 연중재배를 하고 있어 참외 재배 토양에서 유효인산, 치환성 염기 등의 염류가 축적되고 K, Na 등의 양이온과 유효인산이 심토까지 축적되는 등 큰 문제로 대두되고 있으나<sup>6-8)</sup> 참외 후작으로 벼를 재배하는 지역은 다른 지역에 비하여 염류 집적이 적고 많은 양의 객토로 토양 중의 유효인산 및 염기 함량이 적어졌다<sup>9)</sup>.

그리고 참외 연작으로 뿌리혹선충의 피해가 심한데, 뿌리혹선충은 절대기생성으로서 참외의 뿌리에 침투하여 상처를 입히는 물론 상처 부위에 세균이나 곰팡이의 2차 감염에 의해 각종 부패병을 유발하고 참외의 수확 최성기인 5월부터는 식물체 전체가

말라죽는 소위 고사현상을 나타낸다<sup>9,12)</sup>.

현재까지 참외의 연작실태와 이로 인한 피해조사 및 부분적인 병해충 방제에 대한 연구는 많이 있으나<sup>13-19)</sup> 시설참외를 연작하고 있는 주산지에 대한 토양의 특성 분석이나 재배년도에 따른 토양 중의 양분 함량 변화 및 뿌리혹선충에 대한 종합적인 방제 연구가 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 경북 성주지역 시설 참외 주산지의 연작에 의한 토양 특성 및 토양 선충 변화에 대한 기초 자료를 얻고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 성주 지역의 시설참외 재배 특성

우리나라 시설참외의 재배 주산지역인 경상북도 성주지역의 연도별 시설참외의 재배현황과 연작면적을 조사한 결과는 Table 1과 같다.

성주지역의 시설참외의 재배 면적은 전국 면적의 49.2%를 차지하며, 이는 우리나라의 다른 어떤 작물의 주산지에서 차지하는 전국대비 점유율(무안양파 전국대비 19.2%, 의성마늘 전국대비 4.4%, 영양고추 전국대비 2.6%, 청도복숭아 16.4% 등)보다 훨씬 큰 대단지이다<sup>9)</sup>.

이 지역에서는 참외재배 면적이 전체 논 면적의 절반을 차지하기 때문에 매년 연작을 피할 다른 경작지가 없고, 참외 재배에 대한 기술이 축적되어 있으며 참외 재배 소득이 높아 생산자의 입장에서는 연작장애를 무릅쓰고 연작을 하고 있는 실정이다<sup>6)</sup>.

### 참외 연작실태 조사

참외의 연작실태 조사는 성주군 농업기술센터가 주관이 되어 경북 성주군 지역(Fig. 1)의 참외 재배 농가를 방문 청취 설문하였고 연작년수는 3년 단위 4단계로 구분하였으며, 연작 면적 조사는 읍면별·부락별로 조사하였다.

Table 1. Research on the actual condition of oriental melon in Sungju region

Year	Controlled melon cultivation			Comparison per paddy field area		Replant area in Sungju	
	Nation (ha)	Sung ju (ha)	Percentage (%)	Nation (%)	Sung ju (%)	Area(ha)	Percentage (%)
1988	3,745	1,331	35.5	0.3	14.4	1,150	86.0
1990	4,209	1,670	39.7	0.4	18.0	1,470	88.0
1995	9,745	3,075	31.6	0.8	33.2	2,875	93.5
1997	9,199	4,554	49.5	0.8	49.1	4,354	95.6
1998	9,365	4,653	49.7	0.8	50.2	4,403	94.6

\* 1998 paddy field area of nation : 1,157,000 ha.

\* 1998 paddy field area of Sungju : 9,268 ha.

### 토양 화학성분 분석

참외 연작경과 년도별 토양의 화학 성분 함량 변화를 조사는 성주군 월향면 용각리 동일 시험포장에서 1989년부터 1998년까지 3년 간격으로 토양성분을 분석하였고, 토양시료는 대각선법에 의거 조사구별 20개 지점 작토 15 cm 깊이의 흙을 채취 혼합하여 풍건한 후 2 mm 체를 통과한 것을 분석시료로 하였다.

모든 분석방법은 농촌진흥청 농업과학기술원에서 고사한 토양 화학분석법<sup>20)</sup>에 준하여 분석하였다. 분석 토양 pH는 토양시료와 H<sub>2</sub>O를 1:5로한 현탁액을 초자전극법으로 측정하였으며 전질소는 Kjeldahl법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성염기(K, Ca, Mg)는 1 N-ammonium acetate (pH 7.0) 용액으로 침출하여 원자흡광분석기(Perkin Elmer 2380)로 정량하였다. 유기물은 Tyurin 법, CEC는 1 N 초산암모늄법으로 각각 분석하였으며, EC는 EC meter(TOA Electronics 사의 cm-24)로 측정하였다.

### 선충 피해 고사주율 및 뿌리혹선충 밀도 조사

연작지의 참외 고사주율은 1998년부터 2년간 7~8월에 성주군 전읍면의 참외재배 지역에 44개 시험구(시험구별 평균면적 20 a)를 지정하여 시험구당 3반복 20포기를 육안으로 조사하였다. 참외 생육기간 중의 월별 선충감염율과 육묘상토원 5종 120점 및 본포의 토성별 4종 12개 시험구의 선충감염을 조사를 위해 각 조사 대상 포장당 10개 지점에서 참외 뿌리 들레 반경 20 cm 위치의 작토 10~20 cm 깊이까지 토양을 채취하여 잘 혼합하고 점당 300 mL의 토양을 Baermann funnel 및 Centrifugal sugar flotation method(CSF법)로 선충을 분리한 후 실체 현미경으로 뿌리혹선충 유충밀도를 조사하였다.

## 결과 및 고찰

### 시설참외 연작 피해 현황

시설참외의 연작에 의한 피해정도는 Fig. 2에 나타난 바와 같이 5년 연작의 경우 참외의 대부분이 고사하게 되며, 뿌리혹선충의

Table 2. Damage situation of root-knot nematode in cultivation field of oriental melon in Sungju region

Year of continuous cropping	Oriental melon.		Population		Ratio of blight plant in Aug. middle (%)	Yield/10a (kg)
	Cultivated (ha)	Component ratio (%)	Number of field	Density (No./300 mL)		
Total	4,653	100	44	-	-	-
< 3	400	8.6	9	91	5	3,950
4~6	707	15.2	10	518	50	3,550
7~9	1,270	27.3	10	1,784	70	3,100
> 10	2,276	48.9	15	1,866	80	2,600

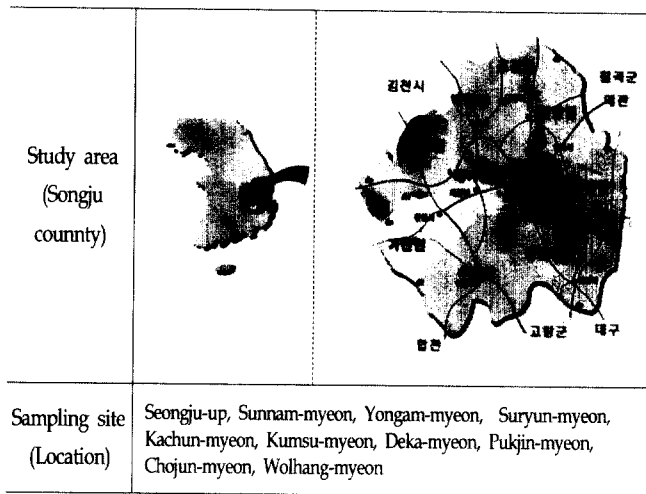


Fig. 1. Sampling site in the study area.

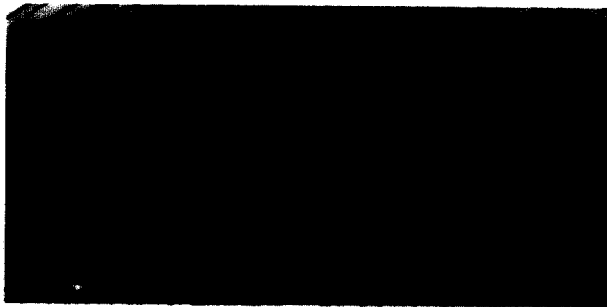
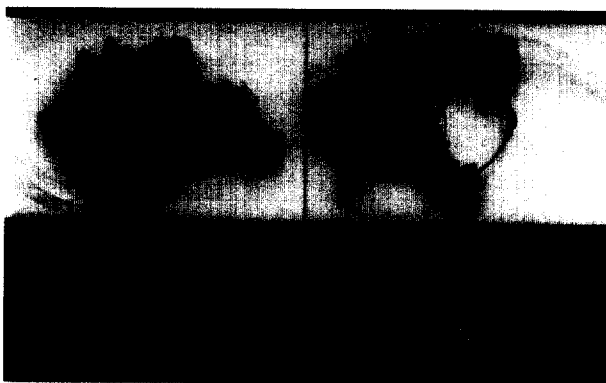


Fig. 2. Damages of continuous cropping with oriental melon for 5 years.



(a) Not-infected (b) Infected

Fig. 3. Comparison of infested status root-knot nematode on oriental melon.

건전주(Fig. 3a)와 감염주(Fig. 3b)를 비교해 보았을 때 Fig. 3에 나타난 바와 같이 건전주에 비해 감염주는 그 생육이 불량하며 뿌리 발육이 기형적인 것을 볼 수 있다.

참외 연작 년수에 따른 선충의 피해상황을 조사한 결과는 Table 2에서 보는 바와 같이 연작 3년 이하의 필지에서는 뿌리혹

선충의 밀도가 토양 300 mL당 91마리로 다른 필지에 비해 적고 참외 고사주율도 낮아 피해가 거의 나타나지 않았기 때문에 4~5월부터 시작하여 10월까지 계속해서 참외 수확이 가능하였다. 그러나 연작 4~6년 차에는 선충밀도가 518마리로 증가하고 참외 고사주율도 8월에 50%로 나타나 후기 수량이 절반 이하로 떨어져 경제성이 낮았다.

박 등<sup>11)</sup>은 시설 과채류 재배지에서 참외·오이·딸기·수박의 연작 년수 조사에서 3년 이하 재배가 11.2%, 7~9년 재배가 40.8%, 10년 이상 연작하는 농가가 23%로 보고하였다. 또 과채류에 대한 뿌리혹선충의 포장 감염율이 60% 이상이었고 3년 이상 재배시 토양 300 mL당 200 마리 이상, 5년 이상 연작시 500 마리 이상 검출되어 선충 기생에 의한 토양 병원균 침입으로 8월 중순에는 고사율이 20.3%였다고 하였다. 본 연구에서는 4년 이상 연작 재배시 8월 중순의 고사율이 50%에 달해 박 등<sup>11)</sup>의 결과보다 더욱 심함을 알 수 있었다. 또한 7년 이상 연작한 경우는 선충밀도가 연작 3년 이하에 비하여 약 20배나 급증하고 고사주율도 8월에 70% 이상 되어 더 이상 연장재배가 불가능해져서 7~8월경에 수확을 끝내어야 하는 불리함이 있다.

참외 재배기간 중 뿌리혹선충의 감염양상은 Fig. 4와 5에 나타내었다. Fig. 4는 참외 재배기간 중 5월경의 뿌리혹선충 1차 감염 주로서 선충에 의한 뿌리혹 발생이 시작되어 있는 것을 볼 수 있으며, Fig. 5는 참외 재배기간 중 8월경의 뿌리혹선충의 2차 감염 주로서 뿌리혹 발생이 현저히 많고 참외 생육이 정지되면서 점차 고사하는 등 감염 정도가 매우 심함을 육안으로 볼 수 있다.

시설참외 지역의 토양 특성

참외 연작에 따른 토양 염류집적이나 토양성분의 함량을 측정 한 결과는 Table 3과 같았다. 연작년수가 길수록 유효인산 함량이 증가하여 3년 이하 연작 토양(165 mg/kg)에 비해 4년 이상 연작 할 때 평균 438 mg/kg(361~484 mg/kg)으로 265% 증가하였다. 질소함량과 치환성 염기함량도 연작년수가 길수록 많이 축적되었다. 특히 염농도는 1.20에서 4.55 mS/cm로 높아져 3년 이상 연작시에는 과채류의 염류집적에 따른 장애로 인해 그 수량이 현저히 감소되는 것으로 나타났다(Table 2).

Table 3. Changes in soil chemical properties with cultivated years of continuous cropping with oriental melon in Sungju region

Year of continuous cropping	pH	T-N (%)	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. cation (cmol <sup>+</sup> /kg)			EC (mS/cm)	OM (g/kg)	CEC (cmol <sup>+</sup> /kg)
				K	Ca	Mg			
< 3	6.1	0.11	165	0.30	9.0	1.7	1.20	9	7.50
4 ~ 6	6.0	0.13	361	0.63	9.6	2.2	4.00	12	8.21
7 ~ 9	6.3	0.14	470	0.66	10.7	2.7	4.25	14	10.55
> 10	6.5	0.15	484	0.75	11.0	2.8	4.55	16	10.78



Fig. 4. The 1st root of oriental melon infected by root-knot nematode.



Fig. 5. The 2nd root of oriental melon infected by root-knot nematode.

따라서 농가에서는 석회나 벅짚·부산물·유기질 비료를 매년 많이 사용하게 되어 토양 유기물 함량이 9에서 16 g/kg으로, pH가 6.1에서 6.5로, CEC는 7.50 cmol<sup>+</sup>/kg에서 10.78 cmol<sup>+</sup>/kg로 증가하였다.

박<sup>10)</sup>의 연구에 의하면 성주 과채류 재배지 토양의 평균 유효 인산 함량은 413 mg/kg으로 본 연구의 3년 이상 연작지 토양의 값인 361~484 mg/kg과 비슷한 범위를 보였으며, 가리의 경우 본 조사에서 10년 이상 연작구에서의 0.75 cmol<sup>+</sup>/kg와 비슷한 0.73 cmol<sup>+</sup>/kg으로 나타났다. 그러나 이러한 수치는 일반 경작지에 비해서는 매우 높아 인산과 가리의 염류집적이 높음을 알 수 있어 이에 따른 생리 장애 및 생육 장애가 나타날 수 있을 것으로 판단되며 연작장애를 일으키는 한 요인으로 작용할 것으로 생각된다.

참외 연작지의 경과 연도별 토양의 화학성분 변화를 조사한 결과(Table 4) 동일 필지에서 연작을 계속함에 따라 참외 재배시 과량의 석회와 각종 비료를 많이 넣어주므로 토양 pH는 5.4에서 6.3까지 중화되는 경향을 나타내었다. 또한 유효인산은 그 함량이 196 mg/kg에서 678 mg/kg으로 346%로 증가하여 많은 인산이 집적되었을 뿐만 아니라 치환성 염기 함량이 월등히 증가하였으며,

Table 4. Temporal changes in soil chemical properties of continuous cropping with oriental melon in Sungju region

Year	pH	T-N (%)	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. cations(cmol <sup>+</sup> /kg)			EC (mS/cm)	OM (g/kg)	CEC (cmol <sup>+</sup> /kg)
				K	Ca	Mg			
1989	5.4	0.10	196	0.21	6.3	1.6	1.40	9	7.91
1992	5.9	0.12	289	0.46	9.2	3.5	2.65	14	10.48
1995	6.2	0.13	419	0.52	10.4	2.2	3.15	15	10.76
1998	6.3	0.14	678	0.62	13.5	4.2	4.20	21	11.34

Table 5. Changes in Infested ratio according to the time course in controlled house on oriental melon

Month Season	No. of field	Ratio of Infested plant (%)	No. of nematode per 300 mL	Yield (kg/10 a)		
				Continuous field(A)	Standard (B)	Provision A/B (%)
February	121	15	167	-	-	-
March	117	25	175	160	160	100
April	84	25	490	480	495	97
May	68	35	775	750	800	94
June	74	45	970	800	900	89
July	82	60	1,011	320	720	46
August	72	75	1,625	150	500	30

따라서 EC도 1.40에서 4.20 mS/cm로 3배 증가하였다.

참외 연작지의 토양선충 감염 실태

참외 생육시기별 총감염실태는 Table 5와 같다. 2월에는 감염주율이 15%로 낮았으나 매월 10~15%씩 증가되었고 6월에는 45%, 7월에는 60%로 감염주율이 높았으며, 뿌리혹선충 유충 밀도는 2월 167마리에서 점차 증가하여 8월에는 1,625마리로 약 10배의 증식율을 보였다.

참외 수확량은 연작지에서 4월에는 3%의 수량 감소율을 나타냈으나 6월에는 정상구에 비해서 11%의 감소율을 나타내어 10 a 당 100 kg의 차이가 났고 7월부터는 정상구의 수량보다 54%에서 8월에 70%의 수량이 감소되어 8~9월에 조기 폐경해야 되는 실정이었다.

박 등<sup>11)</sup>의 조사에서는 뿌리혹선충 감염주율을 보면 5월에 18.2%, 7월 상순에 33.3%이었으며 8월 중순에는 66.7%로 증가하였는데 본 연구에서도 감염주율이 높고 시일이 경과할수록 뿌리혹선충이 증가함을 알 수 있었다. 한편 5월의 평균 선충 밀도가 775마리로 나타났는데, 이 정도의 선충밀도는 참외 생육에 상당한 피해를 줄 수 있다고 생각된다.

Table 6. Comparison with Infested status of nematode (*Meloidogyne* spp.) in different nursery bed

Origin of seedling soil	Location	No. of soil sample	No. of isolation	Rate of isolation (%)	Density of nematode (No./300mL)
Riverside sand	Sohakri SunnamMyean	30	11	36.7	29
Coarse sand	Daeheungri SungjuUp	26	0	0	0
Upland field soil	Keunsanri SungjuUp	11	6	54.5	43
Paddy field soil	Oksongri DaegMyean	35	25	71.4	89
Red yellow soil	Jayangri ChojeonMyean	18	0	0	0
Total		120	42	35*	54*

\* Mean value.

상토원 재료에 들어있는 선충 밀도를 조사한 결과는 Table 6과 같다. 선충의 분리비율은 평균 35%이며, 선충의 평균 서식밀도도 300 mL당 54마리였는데 상토원별로 보면 강변모래·밭흙·논흙에서 선충이 검출되었고 논흙과 강변모래에서 검출 점수가 많았으며 검출율은 밭흙과 논흙에 많았다.

이것은 논과 밭에서 참외를 계속 재배해 왔기 때문에 선충이 많이 서식하고 있었으며, 이것을 상토원으로 이용할 경우 선충의 감염은 불가피하다. 또 강변모래가 선충으로 오염된 것은 인근 상류의 참외 재배지에서 오염된 결과라고 생각된다. 그러므로 상토원으로 이용할 토양은 선충이 서식하지 않는 토양을 택하여야 하며, 그러기 위해서는 상토를 제초할 당시 주위 상황을 고려해야 하고 상토에 반드시 살선충제를 넣어서 혼합한 후에 육묘하는 것이 초기 감염을 방지하는 최선의 방법인 것으로 생각된다.

박 등<sup>11)</sup>은 과채류에 대한 초기 감염율의 영향을 조사한 결과 참외와 수박재배에 이용되는 상토는 강변 모래나 모래산흙에서 선충 감염율이 11.5~12.2%이고 선충밀도는 5~68마리/토양 300 mL로 보고하였다. 따라서 육묘시에 선충이 감염되어 본포에 정식할 경우 뿌리혹난랑, 유충밀도가 높아 피해가 커지기 때문에 뿌리혹선충의 피해를 경감시키기 위해서는 육묘상토는 물론 본포의 선충밀도를 함께 감소시켜야 한다.

참외를 정식한 본포의 토성에 따른 토양성분 분석과 선충밀도 차이를 조사한 결과는 Table 7과 같다.

유효인산, 치환성 염기 등은 유의성이 없었고 염농도는 사양토보다 식양토쪽으로 갈수록 3.70 mS/cm에서 5.35 mS/cm로 높아졌으나, 선충밀도는 사양토로 갈수록 토양 300 mL당 318에서 593마리로 2배(186%)에 가까운 수치로 증가되었으며, 참외 고사주율도 8월 조사결과 식양토 50%에 비하여 사양토 85%로 사양토에 갈수록 높았다. 따라서 낙동강변 사양토인 선남면 소학리에서는

Table 7. Changes of chemical properties and nematode population according to soil texture in continuous cropping field

Soil	pH	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. cation (cmol <sup>+</sup> /kg)			EC (mS/cm)	OM (g/kg)	Population (No./300mL)	Ratio of blight plant (%)	
			K	Ca	Mg				July	Aug.
Clay loam	6.6	162	0.28	11.2	1.7	5.35	6	318	30	50
Loam	6.4	195	0.30	12.3	1.8	5.10	7	300	27	50
Coarse sand	6.4	182	0.14	7.8	1.5	3.45	4	584	50	80
Sandy loam	6.1	218	0.78	6.4	1.4	3.70	9	593	55	85

시설참외 재배면적의 80%정도는 연작재배를 못하고 7월초에 2기 작으로 물을 담고 모내기하여 선충밀도를 줄이고 있다.

이와 같은 결과를 박<sup>21)</sup>의 연구 결과와 비교해 보면 당귀 약용작물에서 사양토에서 재배한 선충밀도는 1,764~1,872마리였으나 식양토에서는 420마리, 식토에서는 125마리로 유충의 밀도가 현저히 떨어졌는데 뿌리혹선충의 경우 생리 특성상 토양에 공기가 많이 분포하며 그 유동이 자유로운 사양토에서 생활이 가장 좋다고 하는데, 본 연구의 결과도 이와 같이 토양의 이화학적 특성에 기인한 것이라고 생각된다.

## 요 약

시설참외 연작지 토양의 염류집적 해결과 뿌리혹선충 방제에 필요한 기초자료를 얻고자 수행한 성주 지역 시설참외지의 연작에 대한 토양 특성 및 토양선충 변화를 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 참외 연작 년수에 따른 뿌리혹선충의 피해는 연작 3년 이하의 밭에서는 토양 300 mL당 91마리로 적어 피해가 거의 나타나지 않았으나 연작 4~6년 차에는 선충밀도가 518마리로 증가되고 참외 고사주율도 8월에 50%로 나타나 후기 수량이 절반 이하로 떨어졌다.
2. 토양 염류집적 및 토양성분 함량은 유효인산 함량이 3년 이하 연작보다 4년 이상 연작할 때 438 mg/kg로 265% 증가되었고 질소함량과 치환성 염기함량도 연작 연수가 길수록 많이 축적되었으며, 특히 염농도는 1.20에서 4.55 mS/cm로 높아져 3년 이상 연작시에는 수량이 현저히 감소되었다. 그리고 토양유기물 함량은 9에서 16 g/kg으로 증가되고 pH가 6.1에서 6.5로, CEC는 7.50 cmol<sup>+</sup>/kg에서 10.78 cmol<sup>+</sup>/kg로 증가하였다.
3. 경시적인 선충 감염율은 2월에는 감염주율이 15%로 낮았으나 매월 10~20%씩 증가되었고 6월에는 45%, 7월에는 60%로 감염주율이 높았으며, 뿌리혹선충 유충 밀도는 2월 167마리이던

것이 점차 증가하여 8월에는 1,625마리로 10배의 증식율을 보였다.

4. 상토원 재료별의 선충 분리비율은 평균 35%이고 서식밀도도 300 mL당 54마리였으며, 논흙과 강변모래에서 검출 점수가 많았고 검출율은 발효과 논흙에 많았다.
5. 정식 본포의 토양성분 분석과 선충밀도와의 상관관계는 유효인산, 치환성 염기는 유의성이 없었고 염농도는 사양토보다 식양토쪽으로 갈수록 3.70 mS/cm에서 5.35 mS/cm로 높았으며, 선충밀도는 사양토로 갈수록 토양 300 mL당 318에서 593 마리로 1.9배 증가되었다. 참외 고사주율도 8월 조사결과 식양토 50%인데 비하여 사양토 85%로 사양토에 갈수록 높았다.

## 참고 문헌

1. 표현구 외. (1985) 채소원예총설. 향문사. p.179-182.
2. 농촌진흥청. (1993) 원예작물 전문기술 교재. p.137-146.
3. 나우현. (1990) 채소병해충 방제. 농진청. p.242-249.
4. 농림부. 1988 ~ 1998 작물통계.
5. 농림부. 1988 ~ 1998 농림업주요통계.
6. 성주군농업기술센터. (1999) 참외수박교본. p.57-84.
7. 성주군농업기술센터. (1997) 성주군 현황. p.2-4.
8. 손일수, 정연태, 윤지수. (1993) 영남지역의 시설 수박·참외재배 실태와 토양 특성 조사. 농시논문집. 35(1), 295-300.
9. 박소득, 박선도, 권태영, 임양숙, 최부술. (1995) 과채류에 대한 뿌리혹선충의 초기 감염의 영향. 농업논문집. 37(1), 308-312.
10. 박선도. (1995) 과채류 연작지의 토양 특성과 병해충에 관한 연구. 효성여자대학교 농학박사 학위논문.
11. 박소득, 박선도, 권태영, 전한식, 최부술. (1995) 시설 과채류 재배지 뿌리혹선충 발생과 피해실태. 농업논문집. 37(1), 318-323.
12. 농촌진흥청. (1995) 참외 토양선충 방제 기술개발. 농업특정 연구개발 사업 연구보고서.
13. 이용환, 신용광, 황광남, 이경수. (1993) 비닐하우스 토양의 화학적 특성에 관한 연구. 한토비지. 26(4), 236-241.
14. 서장선, 정병진, 권장식. (1998) 우리나라 중부지방 시설재배지 토양미생물의 다양성에 관한 연구. 한토비지. 31(2), 197-203.
15. 권장식, 서장선, 원항연, 신재성. (1998) 염류집적 시설재배지의 토양미생물상 평가. 한토비지. 31(2), 204-210.
16. 정구복, 유인수, 김복영. (1994) 충북지역 시설원예지 토양의 토성, 염농도 및 화학성분의 조성. 한토비지. 27(1), 33-39.
17. 육창수, 김재정, 홍순달, 강보구 (1993) 충북지역 시설원예재배지 토양의 염류집적 실태조사. 한토비지. 26(3), 172-180.
18. 허태구, 김리열, 조인상, 박용수, 엄기태, 김만수. (1986) 유기물 자원이 토양의 물리 화학성 개량과 작물 생육에 미치는 영향. 농시논문집. 28(1), 7-12.
19. 이강만, 신철우, 박준규, 이주영. (1987) 채소연속 및 윤작재배지 토양의 비옥도 변동 양상에 관한 연구. 농시논문집(원예편). 29(2), 174-180.
20. 농업기술연구소. (1988) 토양화학 분석법. p.26-204.
21. 박소득. (1992) 약용작물에 기생하는 선충종류 및 방제에 관한 연구. 경북대학교 농학박사 학위논문.