

## 더덕포장 선충발생 상황 및 당근뿌리혹선충에 의한 피해

임주락\* · 황창연<sup>1</sup> · 김종엽 · 박춘봉 · 김대향 · 최정식 · 추병길<sup>2</sup>

전라북도농업기술원, <sup>1</sup>전북대학교 농업생명과학대학, <sup>2</sup>한국한의학연구원

### Occurrence of plant parasitic nematodes in *Codonopsis lanceolata* field and its damage by *Meloidogyne hapla*

Ju Rak Lim\*, Chang Yeon Hwang<sup>1</sup>, Jong Yub Kim, Chun Bong Park, Dae Hyang Kim, Jung-Sick Choi and Byung Kil Choo<sup>2</sup>

Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan 570-704, Korea

<sup>1</sup>Faculty Biological Resources Science, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

<sup>2</sup>Korea insititute of oriental medicine, Daejeon 461-24, Korea

**ABSTRACT** : This study was conducted to survey plant-parasitic nematodes and their damages on *Codonopsis lanceolata* Trautv at 116 fields of 15 major cultivation areas in Korea. Among the 9 plant-parasitic nematode genera detected in the fields, *Ditylenchus citri*, *Meloidogyne hapla*, *M. incognita*, *Pratylenchus neglectus*, *Tylenchorynchus clayton* were identified. *M. hapla* Chitwood showing the highest field infection rate of 61.9% followed by *Tylenchus* spp. 16.1%, *Pratylenchus neglectus* 7.8%, *Ditylenchus citri* 5.1%, and *Helicotylenchus* sp. 5.1%. Average field infection rate of root-knot nematodes in 2-year-old *C. lanceolata* was 67.0%, and the average plant infection rate was 60.2%. The average yield decrease rate was 10%. The damage rate by the root-knot nematode increased as the cultivation year extended in Jeonbuk province, and the damage was also higher in flat land than in mountainous areas.

**KEY WORDS** : *Codonopsis lanceolata*, *Meloidogyne hapla*, Infection rate, Damage status

**초 록** : 우리나라 더덕의 주 재배지인 전라남북도, 경상북도, 경기도, 강원도, 제주도, 울릉도 등 15지역 116개 재배포장을 대상으로 한 식물기생선충의 분포와 피해를 조사하였다. 분포가 확인된 9속의 선충 중 *Ditylenchus citri*, *Meloidogyne hapla*, *M. incognita*, *Pratylenchus neglectus*, *Tylenchorynchus claytoni* 등 5종이 동정되었다. 이들 중 *M. hapla*의 포장감염률이 61.9%로 가장 높았고, *Tylenchus* spp. 16.1%, *Pratylenchus neglectus* 7.8%, *Ditylenchus citri* 5.1%, *Helicotylenchus* sp. 5.1%순이었다. 더덕 2년생을 대상으로 한 지역별 당근뿌리혹선충에 의한 피해는 포장감염률과 감염주율이 각각 67.0%, 60.2%였으며 평균 감수율은 10%였다. 전북지역 더덕 재배지에서 당근뿌리혹선충에 의한 피해는 재배년수가 길어질수록 많았고, 평야지가 산간지나 중산간지보다 많은 경향이였다.

**검색어** : 더덕, 당근뿌리혹선충, 감염율

\*Corresponding author. E-mail: jr1138@lycos.co.kr

더덕(*Codonopsis lanceolata* Trautv)에 피해를 주는 주요 해충은 점박이응애(*Tetranychus urticae*), 더덕수염진딧물(*Megouroleucon codonopsicola*) 및 당근뿌리혹선충(*Meloidogyne hapla*) 등이 기록되어 있다(Lee *et al.*, 1994). 특히 선충류는 주로 뿌리를 가해하기 때문에 더덕과 같이 뿌리를 이용하는 약용작물에 있어서는 가장 중요한 해충류 중 하나이다.

더덕 재배지의 선충류 조사는 경북지역에서 제한적으로 발생 상황이 조사되었고(Park, 1992), 강원도, 경북, 경남의 34개 포장을 대상으로 한 더덕 재배지의 식물기생선충 종류 및 발생지 특성 조사에서는 뿌리혹선충이 97%의 포장에서 검출되었고, 검출된 평균 선충수도 1,700 마리/토양 300 ml 이상으로 대단히 높아 뿌리혹선충에 의한 피해가 가장 큰 것으로 보고하였다(Chung and Han, 2003).

식물기생선충은 주로 토양에서 식물의 내외부에 기생하여 피해를 주기 때문에 외관상으로 양분결핍 증상으로 판단되는 예가 허다하나, 선충으로 인한 농작물의 피해에 관한 1970년 미국선충학회의 보고에 의하면 일반작물은 6%, 과실류는 12%, 채소류는 11%, 관상식물은 10%가 감소된다고 하였고(Anonymous, 1971), Sasser(1989)는 세계 75개국 37명의 선충학자로부터 선충으로 인한 감수율에 대한 설문조사에서 식량작물은 10.7%, 경제작물은 14.0% 등 평균 12.3%의 감소를 나타냈다고 하였다.

뿌리혹선충류(*Meloidogyne* spp.)는 세계적으로 78종이 분포하고 있으며(Jepson, 1987), 국내에는 모두 6종의 뿌

리혹선충이 보고되었다(Cho & Han, 1986; Cho *et al.*, 2000). 이 중 문제가 되는 뿌리혹선충은 땅콩뿌리혹선충(*Meloidogyne arenaria*), 당근뿌리혹선충(*M. hapla*), 고구마뿌리혹선충(*M. incognita*) 등 3종이다. 이들 선충은 가지, 감자, 고추, 담배, 당근, 딸기, 땅콩, 무, 배추, 상추, 수박, 시금치, 양파, 오이, 우엉, 인삼, 작약, 참깨, 참외, 콩, 토마토, 포도, 호박 등 700여종의 식물을 기주로 한다(Choi, 1978; Choi & Choo, 1978; Choi & Choi, 1982; Choo *et al.*, 1987).

따라서 본 연구는 우리 나라에서 식용 및 약용으로 많이 이용되는 더덕에 피해를 주고 있는 식물기생선충에 대하여 지역별로 종류를 조사하고, 특히 당근뿌리혹선충(*M. hapla*)에 의한 피해를 구명하여 향후 선충방제를 위한 기초 자료를 제공하는데 목적을 두었다.

## 재료 및 방법

### 더덕 재배지 식물기생선충 동정

우리 나라 더덕의 주 재배지인 전라남북도, 경상북도, 경기도, 강원도, 제주도, 울릉도 등 15개 지역 116개 포장을 대상으로, 2003년에 생육 중기에서부터 수확기에 걸쳐 포장당 10지점에서 더덕 뿌리 주위의 토양과 더덕 20뿌리를 채취하여 10℃ 저온창고에 보관하면서 선충을 분리하였다(Fig. 1).

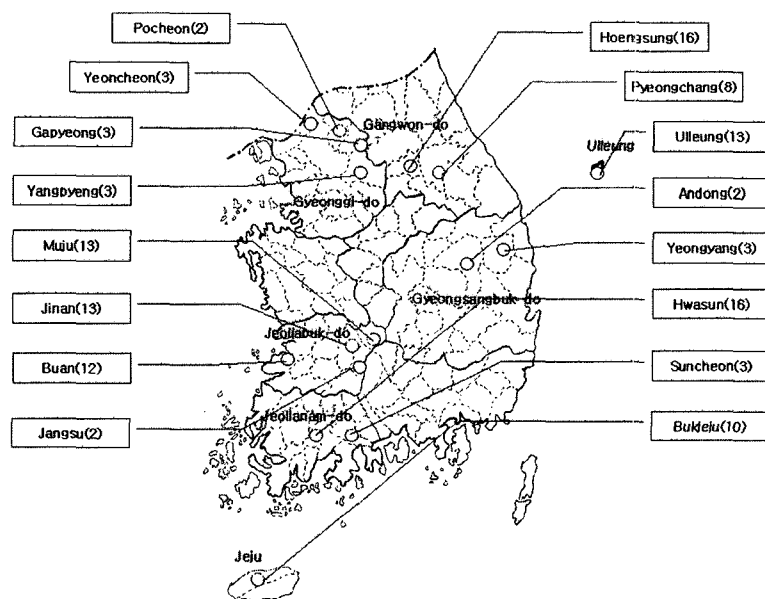


Fig. 1. Sampling places and major *Codonopsis lanceolata* cultivation areas surveyed on distribution of plant-parasitic nematodes in Korea.

선충분리방법은 잘 혼합한 토양 300 ml씩을 체와 깔데기를 이용한 개량깔데기법과 원심분리법(centrifugal sugar floatation)을 사용하였고, 선충을 분리한 후 선충현탁액을 80℃로 가열한 F:G 4-1 고정액으로 고정하여 5℃ 냉장고에 보관하였으며, 실체현미경을 이용하여 속별 선충 밀도를 조사하였다. 또한 seinhorst rapid glycerin법으로 탈수하여 paraffin ring method로 봉입하고, aluminum double cover glass로 영구표본을 만들어 광학현미경(400×, 1,000×)으로 선충의 종류를 동정하였다.

뿌리혹선충의 종을 동정하기 위하여 흑이 형성된 뿌리를 물로 씻어 0.9% sodium chloride 용액으로 옮겨 보관하였고, 암컷을 실체현미경하에서 분리하여 perineal pattern 부위를 중심으로 선충 몸체의 1/4 가량을 잘라서 순수 글리세린 한 방울을 떨어뜨린 슬라이드글라스에 옮겨 정리한 다음, 커버글라스를 덮고 매니큐어로 테두리를 봉입하여 표본을 만들었으며, 이를 광학현미경(400×, 1,000×)으로 검정하였다.

## 당근뿌리혹선충에 의한 더덕의 피해

### 1) 지역별 피해

당근뿌리혹선충 기생에 의한 지역별 더덕 피해상황을

알아보기 위해 국내 더덕 주산지 15지역을 대상으로(Fig. 1) 포장감염률과 감염주율 및 토양 내 유충밀도를 조사하였고, 뿌리혹수, 난낭수, 건전주와 감염주의 곁뿌리수를 비교하였으며, 건전주와 감염주의 뿌리무게를 비교하여 감수율을 산정하였다. 뿌리혹수와 난낭수는 더덕 20뿌리씩을 취하여 조사하였고, 난낭은 phloxine B로 염색하여 조사하였다.

### 2) 재배년수별 피해

재배년수에 따른 더덕 피해정도를 알아보기 위해 전북 지역을 평야지(부안), 중산간지(진안), 산간지(무주)로 나누어 지역별 피해 조사와 동일한 방법으로 조사하였다.

## 결과 및 고찰

### 더덕 재배지 식물기생선충 동정

우리 나라 더덕의 주 재배지인 전라남북도, 경상북도, 경기도, 강원도, 제주도, 울릉도 등 6개 도, 15지역 116개 재배포장에서 식물기생선충 종류 및 포자검출률을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 식물기생선충 종류는 *Aphelenchus*

Table 1. Nematode species and detection rate from 116 fields of *Codonopsis lanceolata* in Korea, 2003

Nematode species	Detection rate(%)	No. of fields by population density					Locolity of occurrence <sup>a</sup>
		Total	1~10 <sup>b</sup>	11~100	101~500	>500	
<i>Aphelenchus</i> sp.	0.9	1	1				Gyeonggi Pocheon
<i>Ditylenchus citri</i>	5.1	6	5	1			Jeonbuk Jinan, Jangsu, Muju Gyeonggi Gapyeong, Yangpyeong Bukjeju
<i>Helicotylenchus</i> sp.	5.1	5	2	3			Gyeongbuk Yeongyang Gangwon Hoengsung, Pyeongchang Gyeonggi Gapyeong, Yangpyeong
<i>Meloidogyne hapla</i>	61.9	73	1	14	38	20	except Gyeonggi Pocheon
<i>Meloidogyne incognita</i>	3.4	4		2	2		Ulleung, Bukjeju
<i>Pratylenchus neglectus</i>	7.8	9	1	6	2		Ulleung, Bukjeju
<i>Rotylenchus</i> sp.	1.7	2	1	1			Gyeonggi Gapyeong, Bukjeju
<i>Tylenchorynchus claytoni</i>	0.9	1		1			Bukjeju
<i>Tylenchus</i> spp.	16.1	19	14	5			Jeonbuk Jinan, Muju, Buan Jeonnam Suncheon Gyeongbuk Yeongyang Gangwon Hoengsung Gyeonggi Gapyeong, Yangpyeong Ulleung
<i>Xiphinema</i> sp.	1.7	2	2				Ulleung

<sup>a</sup> See Fig. 1 for exact location

<sup>b</sup> No. of nematodes per 300 ml of soil.

속 등 9속이 검출되었고, 지황줄기선충(*Ditylenchus citri*), 당근뿌리혹선충(*M. hapla*), 고구마뿌리혹선충(*M. incognita*), 콩뿌리썩이선충(*Pratylenchus neglectus*), 담배위축선충(*Tylenchorynchus claytoni*) 등 5종이 동정되었다. 이는 Park(1992)이 보고한 7속 8종과, Chung & Han(2003)이 보고한 10속의 결과와 유사하나, 본 조사에서는 *Cricone-moides* sp. 와 *Hirschmanniella* sp.가 검출되지 않았고, 콩뿌리썩이선충이 검출되었는데, 이는 서식지의 환경 및 조사시점 간에 차이가 있기 때문으로 보인다. 특히 콩뿌리썩이선충은 국내에서 작약, 두충, 맥문동, 감국, 목단, 오이, 당근, 땅콩, 조, 고추, 딸기, 벼, 감자, 소나무, 해송, 담배, 박하, 밀, 호밀, 보리, 옥수수, 사탕수수, 토끼풀에서 보고되었을 뿐(Choi, 2001), 더덕에서는 처음 검출된 종이다. 뿌리썩이선충류(*Pratylenchus* spp.)는 세계적으로 61종이 알려져 있고, 국내에서도 8종이 기록된 바 있으며, 뿌리혹선충과 마찬가지로 기주범위가 넓은 것이 특징이다(Choi *et al.*, 1991; Han *et al.*, 1995).

포장검출률은 당근뿌리혹선충이 116개 조사포장 중 73개 포장에서 검출되어 61.9%로 가장 높았고, 다음으로 *Tylenchus* spp. 16.1%, 콩뿌리썩이선충 7.8%, 지황줄기선충 5.1%, *Helicotylenchus* sp. 5.1% 순으로 높았다. 발생 밀도 역시 당근뿌리혹선충이 감염된 73개 포장 중 토양 300 ml당 100마리 이상 포장이 58개 포장으로 높은 밀도를 보였고, 다음이 고구마뿌리혹선충, 콩뿌리썩이선충, *Tylenchus* spp. 순으로 높게 검출되었으며, 기타 6속은 발생밀도가 극히 낮았다.

이는 뿌리혹선충의 경우 Cho & Han(1986)의 주요 경제작물 재배지 포장감염률 28.1%나 Park *et al.*(1992)의 약용작물 재배지 포장감염률 43.3~73.0%, 경북 의성 및 영천 지역의 작약 재배지 감염률 78%(Park *et al.*, 1998)와 비슷한 경향을 보였다. 또한 박과채소 주산지에서 참외는 68%, 오이는 85%, 수박은 71%가 당근뿌리혹선충에 감염되었다고 보고한 Park *et al.*(1995a)의 결과에서와 같이 당근뿌리혹선충은 우리 나라 노지에서 발생하고 있는 뿌리혹선충류 중 우점종으로(Choi & Choo, 1978), 더덕은 노지에서 재배기간이 2년 이상이기 때문에 당근뿌리혹선충이 우점할 수 있는 환경이 제공되는 것으로 생각된다.

한편 고구마뿌리혹선충은 울릉도와 제주도 일부 포장에서만 검출되었는데, 국내 시설재배지에서 고구마뿌리혹선충과 땅콩뿌리혹선충의 발생이 심하다는 보고(Kim, 2001)와 위도가 높아 기온이 낮고 가온시설이 없는 곳에서 재배되는 참외에서는 저온성인 당근뿌리혹선충이 우점한다는 보고(Cho *et al.*, 2000)에서와 같이 더덕이 거의

노지에서 재배되기 때문에 고구마뿌리혹선충보다는 저온성인 당근뿌리혹선충이 우점하고 고온성인 고구마뿌리혹선충은 상대적으로 따뜻한 남쪽에서 많이 발생한 것으로 생각된다.

## 당근뿌리혹선충에 의한 더덕의 피해

### 1) 지역별 피해

지역별로 더덕 2년생 재배지를 대상으로 한 당근뿌리혹선충에 의한 피해 조사결과는 Table 2와 같다. 포장감염률은 25.0~100%, 감염주율은 47.5~78.3%로 다양하였고, 평균 포장감염률과 감염주율은 각각 67.0%, 60.2%였다. 또한 전남 화순, 경북 영양, 경기 양평을 제외하고는 포장감염률이 60% 이상으로 높았고, 감염포장을 대상으로 한 감염주율은 전남 순천과 경기 가평에서 50% 이하로 약간 낮았으나, 전체적으로 높은 감염주율을 나타내었다. 지역별 토양 내 유충밀도 역시 126~2,213마리로 큰 차이가 있었고, 평균 542.1마리로 높았으며, 감염주율이 높았던 전북 무주, 부안, 강원 횡성 등에서 밀도가 높았다.

감염된 포장의 주당 뿌리혹수는 17~126개, 난낭수는 18~130개로 지역별로 차이가 있었고, 평균 뿌리혹수 61.5개, 난낭수 63.6개에 비하여 전북 진안, 무주, 부안, 강원 횡성, 평창 등에서 많았다. 결뿌리수는 건전주 평균 26.8개, 감염주 평균 28.2개로 차이가 없었는데, 이는 작약에서 뿌리혹선충의 피해가 심한 주는 결뿌리수가 많았다는 Park(1992)의 결과와는 다른데, 이것은 작물의 특성에 따른 차이인 것으로 생각된다. 실제로 작약은 뿌리혹이 많고 크게 형성되어 주근이 기형적으로 비대되는데 비하여, 더덕은 근부의 끝이 뭉툭하거나 혹이 많이 형성되어 미관상 나쁘고, 주근의 발육과 비대가 약해져 품질이 떨어지며, 결뿌리수는 차이가 없으나, 결뿌리의 양이 많아지는 것이 특징이다.

주당 생근중은 토양이 비옥한 울릉도와 생육기간이 긴 제주도에서 다른 지역에 비해 무거웠지만, 전체적으로 건전주 평균 23.7g, 감염주 평균 21.3g으로 감염주에서 가벼운 경향이였다. 이에 따른 감수율은 최저 6.4%에서 최고 14.2%로 평균 10.0%였으며, 지역별로는 역시 감염이 심하였던 전북 부안, 강원 횡성, 북제주 등에서 감수율이 높았다.

뿌리혹선충류에 의한 피해에 관하여 포장에서 조사된 바는 없으나, 미국의 경우 고추 수량이 매년 15% 정도 감수될 것으로 추정하였고(Anonymous, 1971), pot 접종 실험에 의하면 당근뿌리혹선충이 주당 10,000마리 이상

**Table 2.** Occurrence and damage in *Codonopsis lanceolata* by *Meloidogyne hapla*, 2003

Locality	Sampling date	Cropping history (year)	Infected field rate (%)	Infected plant rate (%)	No. of juveniles/300 ml soil	No. of galls/plant	No. of egg sacs /plant	Fresh root weight(g)		
								Healthy	Infected	Decreasing rate(%)
Jeonbuk										
Jinan	Jun. 24	2	66.7	70.0	489.0	94.2	96.9	22.7	20.3	10.6
Muju	Jun. 25	2	62.5	74.0	824.8	107.6	107.4	26.3	23.7	9.9
Buan	Jun. 28	2	75.0	78.3	2,213.3	125.9	126.7	23.4	20.1	14.2
Jangsu	Jun. 29	2	100.0	67.5	319.0	55.4	55.9	22.7	20.1	11.5
Jeonnam										
Hwasun	Aug. 6	2	25.0	58.8	117.0	33.2	33.5	23.3	21.8	6.4
Suncheon	Aug. 7	2	66.7	47.5	136.5	17.3	18.0	22.3	20.8	6.7
Gyeongbuk										
Andong	Aug. 13	2	100.0	57.5	295.5	56.2	56.2	23.0	20.8	9.6
Yeongyang	Aug. 14	2	33.3	50.0	312.0	48.0	53.1	23.1	20.8	9.1
Ulleung	Oct. 23	2	84.6	60.6	185.0	43.8	46.8	29.1	27.2	9.3
Gangwon										
Hoengsung	Sep. 3	2	68.8	66.7	1,961.7	97.9	102.3	25.8	22.6	12.4
Pyeongchang	Sep. 4	2	75.0	53.3	225.7	67.0	72.4	21.9	19.5	11.0
Gyeonggi										
Yeoncheon	Sep. 18	2	66.7	57.5	303.0	54.0	56.1	21.6	19.4	10.2
Gapyeong	Sep. 19	2	66.7	47.5	140.0	25.7	29.1	21.7	19.8	8.8
Yangpyeong	Sep. 19	2	33.3	55.0	126.0	37.3	39.8	21.5	19.9	7.4
Jeju										
Bukjeju	Nov. 18	2	80.0	58.3	483.3	58.5	59.7	25.9	22.6	12.4
Average		2	67.0	60.2	542.1	61.5	63.6	23.7	21.3	10.0

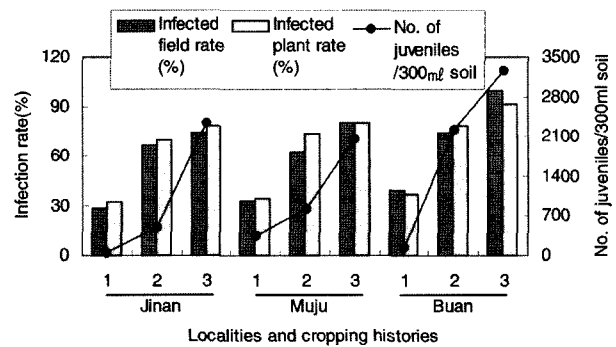
이면 고추 수량이 15% 감소되었으며(Cho & Han, 1983), 고구마뿌리혹선충의 밀도가 높을 경우 42%까지 감소되고, 피해허용수준은 토양 ml당 2.2마리였다(Di Vito et al., 1992)고 하였으며, Kim & Choi(2001)는 당근뿌리혹선충이 참외 수량을 50% 정도까지 감소시킨다고 보고하여 본 조사 결과를 뒷받침하고 있다.

또한 뿌리혹선충류에 의한 피해는 전 세계적으로 나타나는데, 한대지방보다는 온도가 높아 선충의 번식횟수가 많은 열대나 아열대지방에서 특히 더 심하다는 보고(Kim, 2001)와 같이, 채집시기가 다른 본 연구에서 지역별 피해 정도의 차이는 큰 의미가 없다 하겠으나, 국내 더덕 재배지에서 당근뿌리혹선충에 의한 피해 정도를 파악하였다는 데에 의의가 있다.

## 2) 재배년수별 피해

전북지역에서 산간지, 중산간지, 평야지로 나누어 재배년수별 당근뿌리혹선충에 의한 피해를 조사한 결과 포장감염률은 세 지역 모두 재배년수가 길어질수록 높아졌고, 감염주율 역시 같은 경향이었으며, 토양 내 유충밀도 역시

재배년수가 길어질수록 많아지는 경향이였다. 또한 평야지인 부안에서의 포장감염률, 감염주율 및 토양 내 유충밀도가 산간지나 중산간지보다 높은 경향이었는데(Fig. 2), 이는 부안이 타 지역에 비해 연작을 많이 했기 때문인 것으로 파악되었으며, 당근뿌리혹선충의 밀도는 연작횟수가 증가할수록 급격히 증가하여 2년 이하의 연작 토양



**Fig. 2.** Occurrence of *M. hapla* on *Codonopsis lanceolata* by different localities and cropping years in Jeonbuk province, 2002.

에서는 토양 300 ml당 수박 18마리, 오이 25마리, 참외 91마리이나, 3~5년에서는 245~318마리, 7년 이상 연작 지에서는 1,354(수박)~1,866(참외)마리로 급격히 증가한다는 Park *et al.*(1995b)의 결과와, 작약의 당근뿌리혹선충 감염주율은 생육기간에 따라 차이를 보여 2년생은 46%, 3년생은 64%, 4년생은 82%였다고 보고한 Park & Choi(1990)의 결과와 일치하는 경향이였다.

재배년수별 당근뿌리혹선충에 의한 뿌리혹수 및 난낭수 역시 재배년수가 길어질수록 많아졌고, 곁뿌리수는 감염주와 건전주 모두 재배년수가 길어질수록 13~25개가 많아지는 경향이거나, 건전주와 감염주 사이에는 차이가 없었다. 또한 당근뿌리혹선충에 감염되었을 때 감염주의 생근중이 떨어지는 경향이었고, 감수율은 1년생이 5.0~11.4%, 2년생은 9.9~14.2%, 3년생은 10.0~20.1%로 재배년수가 길어질수록 높아지는 경향이며, 산간지보다는 평야지인 부안에서 높았다(Table 3). 또한 지역별, 재배년수별 감수율은 통계적으로 유의성이 인정되었다(Table 4).

더덕의 경우 재배년수가 길어질수록 지상부 고사가 점점 빨라지는 경향이 심하게 나타나는데, 당근뿌리혹선충이 그 한 원인으로 추정되며, 뿌리혹선충에 의한 피해가

백화현상 및 일반적인 잎의 성장 방해를 포함해서, 심하게 감염된 식물체는 위조 증상을 보이고, 건조조건 또는 습도가 낮은 지역에서는 식물체가 죽을 수도 있다는 보고(Kim *et al.*, 1996)와, 수박의 수확기 전후의 뿌리혹 지수가 5이상 되는 밀도조건, 또는 정식 전·후에 작토층의 당근뿌리혹선충 밀도가 1,000마리/토양300 g 이상이면 선충 단독으로 위조 증상을 유발한다는 보고(古賀 & 中山, 1986) 및 작약의 고사 원인으로 뿌리혹선충, 뿌리썩음병, 뿌리썩이선충 및 곰팡이 등을 언급한 Park(1992)의 결과 등은 이와 같은 결과를 뒷받침해 주는 것으로 생각한다.

이상에서 당근뿌리혹선충에 의한 피해는 지역별로 다양하게 나타났지만, 더덕은 3년생으로 수확할 경우 지역에 상관없이 전국적으로 10~20% 정도의 감수율이 예상되고, 연작할 경우 피해가 더욱 클 것으로 생각된다. 이는 박과작물에서 접수작물은 물론 모든 대목이 뿌리혹선충에 대하여 감수성으로 나타났고, 시설에서 연작으로 재배하기 때문에 뿌리혹선충에 의한 피해가 크게 우려된다는 Ko(1999)의 견해와 일치하며, 시호에 대한 당근뿌리혹선충의 피해는 주근의 발육과 비대가 약화된다는 Choi *et al.*(1995)의 보고와 토마토에 있어서 고구마뿌리혹선충이 수량감소와 뿌리발육 불량에 의한 원인이 된다는 Baker *et*

Table 3. Damage status of *Codonopsis lanceolata* by *M. hapla* from different localities and cropping years, Jeonbuk province, 2002

Locality	Cropping history (year)	No. of galls	No. of egg sac	No. of rootlet		Fresh root weight(g)		
				Healthy	Infected	Healthy	Infected	Decreasing rate (%)
Jinan	1	29.8	30.8	25.8	24.1	10.1	9.3	7.9
	2	94.2	96.9	22.7	27.9	22.7	20.3	10.6
	3	228.1	231.0	39.1	40.0	49.9	41.4	17.0
Muju	1	54.4	58.0	26.7	25.3	12.4	11.9	5.0
	2	107.6	107.4	30.8	30.6	26.3	23.7	9.9
	3	237.2	247.4	40.5	38.6	54.1	48.7	10.0
Buan	1	39.9	41.9	20.6	26.6	12.3	10.9	11.4
	2	125.9	126.7	36.0	36.8	23.4	20.1	14.2
	3	267.1	268.6	45.5	46.7	48.7	38.9	20.1

\* Twenty plants per field were investigated.

Table 4. Split plot analysis of damage status in *Codonopsis lanceolata* by *M. hapla* from different localities and cropping years, Jeonbuk province, 2002

Locality	Fresh root weight decreasing rate (%)			
	1yr	2yr	3yr	Average
Jinan	7.9	10.6	17.0	11.8 ab <sup>a</sup>
Muju	5.0	9.9	10.0	8.3 a
Buan	11.4	14.2	20.1	15.2 b
Average	8.1 a <sup>a</sup>	11.6 b	15.7 c	

<sup>a</sup> In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

al.(1976)의 보고에서도 알 수 있다.

## 사 사

선충 분류 지도와 동정을 해주신 경북대 최영연 교수님, 농과원 박병용 연구사님, 경북 성주과채류시험장 박소득 장장님, Dr. Khan님, 경북농업기술원 김동근 박사님께 깊은 감사를 드립니다.

## Literature Cited

- Anonymous. 1971. Estimated crop losses from plant-parasitic nematodes in the United States (Soc. Nematol. U.S.A. spec. publ. No. 1). J. of Nematology suppl.: pp. 7.
- Barker, K.R., P.B. Shoemaker and L.A. Nelson. 1976. Relationships of initial population densities of *Meloidogyne incognita* and *M. hapla* to yield of tomato. J. of Nematology 8: 232~239.
- Cho, H.J. and S.C. Han. 1983. Effects of root-knot nematode, *Meloidogyne hapla*, on growth and yield of Pepper and Tomato. Korean J. Plant Prot. 22(1): 15~20.
- Cho, H.J. and S.C. Han. 1986. Survey of plant parasitic nematodes on economic crops. Korean J. Plant Prot. 25: 175~182.
- Cho, H.J., C.H. Kim, J.S. Park, and M.G. Jeong. 1987. Distribution of root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp. and their races in economic crops in Korea. Korean J. Plant Pathol. 3: 159~163.
- Cho, M.R., B.C. Lee, D.S. Kim, H.Y. Jeon, M.S. Yiem and J.O. Lee. 2000. Distribution of plant-parasitic nematodes in fruit vegetable production areas in Korea and identification of root-knot nematodes by enzyme phenotypes. Korean J. Appl. Entomol. 39: 123~129.
- Choi, D.R. and Y.E. Choi. 1982. Survey on plant parasitic nematodes in cropping by controlled horticulture. Korean J. Plant Prot. 21: 8~14.
- Choi, D.R., H.S. Kim and B. Y. Park. 1995. Effect of *Meloidogyne hapla* Chitwood on the growth of the hare's ear root *Bupleurum falcatum* L. RDA. J. Agri. Sci. 37(1): 313~317.
- Choi, K.M., Y.M. Choi, J.I. Kim, D.R. Choi and S.C. Han. 1991. An introduction to plant parasitic nematodes in Korea. National institute of agricultural technology. pp. 296.
- Choi, Y.E. 1978. Studies on root-knot nematodes in Korea. Kasetsart J. 12: 31~35.
- Choi, Y.E. 2001. Economic insects of Korea 20, Plant parasitic nematodes. National institute of agricultural science and technology. Jeong hang sa. 70~71.
- Choi, Y.E. and H.Y. Choo. 1978. A study on the root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) affecting economic crops in Korea. Korean J. Plant Prot. 17: 89~98.
- Choo, H.Y., H.K., Kim, J.C., Park, S.M., Lee, and J.I., Lee. 1987. Studies on the patterns of plastic film house, their growing conditions, and diseases and pests occurrence on horticultural crops in southern part of Korea. Insects and nematodes associated with horticultural crops and effect of nursery soil conditions on the infection of root-knot nematode. Korean J. Plant Prot. 26: 195~201.
- Chung, D.C. and S.C. Han. 2003. Studies on plant parasitic nematodes in the fields of *Codonopsis lanceolata*. Korean J. Plant Res. 16(3): 200~206.
- Di vito, M.N., F. Saccardo, A. Errico, G. Zaccheo and F. Catalano. 1992. Genetic of resistance to root-knot nematodes in *Capsicum chacoense*, *C. chinense* and *C. frutescens*. Proceedings of the EUCARPLA meeting on genetics and breeding on capsicum and eggplant. Rome. 205~209.
- Han, H.H., S.H. Han, and Y.G. Kim. 1995. Anatomical and biochemical changes of corn roots infected with *Pratylenchus vulnus*. Korean J. Appl. Entomol. 34(2): 112~119.
- Jepson, S. B. 1987. Identification of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species) CAB International, Walingford, Oxon, United Kingdom. pp. 265.
- Kim, D.G. 2001. Occurrence of root-knot nematodes on fruit vegetables under greenhouse conditions in Korea. Res. Plant Dis. 7(2): 69~79.
- Kim, D.G. and S.K. Choi. 2001. Effects of incorporation method of nematicides on reproduction of *Meloidogyne arenaria*. Korean J. Appl. Entomol. 40(1): 89~95.
- Kim, S.D., E.H. Kim, S. Y. Park, I.M. Cheong and S.M. Kim. 1996. Effects of pinching times on root yield and quality of *Codonopsis lanceolata* (S. et Z.) Trautv. Korean J. Plant Res. 9(3): 268~273.
- Ko, K.D. 1999. Response of cucurbitaceous rootstock species to biological and environmental stresses. Department of horticulture, graduate school Seoul national university. pp. 111.
- Lee, M.H., K.M. Choi, M.J. Han, S.B. An, S.H. Lee, J.Y. Choi and D.R. Choi. 1994. Compendium of medicinal plant pest with color plates. National institute of agricultural technology, Rural development administration. pp. 214.
- Park, S.D. 1992. Studies on the nematodes associated with medicinal herbs and their control in Korea. A thesis for a doctor's degree of Kyungpook national university. pp. 79.
- Park, S.D., K.J. Kim, J.H. Kim, O.J. You and J.K. Ryu. 1998. Occurrence of *Meloidogyne hapla* in peony fields. Korean J. Appl. Entomol. 37(2): 123~125.
- Park, S.D., S.D. Park, T.Y. Kwon, B.S. Choi, W.S. Lee and Y.E. Choi. 1995a. Study on integrated control against root-knot nematode of fruit vegetables(oriental melon and cucumber) in vinyl house. Korean J. Appl. Entomol. 34(1): 75~81.
- Park, S.D., T.Y. Kwon, H.S. Jun and B.S. Choi. 1995b. The occurrence and severity of damage by root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in controlled fruit vegetable field. RDA J. Agric. Sci. 37: 318~323.
- Park, S.D., Y.D. Choo, K.C. Jung, S.D. Park, D.W. Choi and Y.E. Choi. 1992. Nematodes associated with medicinal herbs. Korean J. Appl. Entomol. 31(4): 396~415.
- Park, S.D. and Y.E. Choi. 1990. Studies on the nematodes associated with medicinal plants and their control. Annual Report of Kyeongbuk Provincial R.D.A.: 303~311.
- Sasser, J.N. 1989. Plant-parasitic nematodes: The farmer's hidden enemy. Department of Plant Pathology and Consortium for International Crop Protection. pp. 115.
- 古賀成司, 中山武則. 1986. スイカの連作障害とその対策. 農業および園藝. 61: 540~546.

(Received for publication 2 November 2005;  
accepted 7 December 2005)

