

## 더덕(*Codonopsis lanceolata*) 재배지에서 당근뿌리혹선충 (*Meloidogyne hapla*)의 생물적 방제

정도철 · 한상찬<sup>1\*</sup>

상주대학교 식물자원학과, <sup>1</sup>안동대학교 생명자원과학부 농생물학과

### Biological Control of the Northern Root-Knot Nematode, *Meloidogyne hapla* in the Fields of *Codonopsis lanceolata*

Do Chul Jung and Sang Chan Han<sup>1\*</sup>

Department of Plant Resources, Sangju National University, Sangju, 742-711, Republic of Korea

<sup>1</sup>Department of Agricultural Biology, Andong National University, Andong, 760-749, Republic of Korea

**ABSTRACT :** This study was conducted to develop optimal control tactics of the northern root-knot nematode, *Meloidogyne hapla*, using cultural method and biological agents {*Bacillus thuringiensis* (Bt), *Paecilomyces lilacinus* and plant extract (Huhjuni)} in the fields of *Codonopsis lanceolata*. Germination of *C. lanceolata* was susceptible to fosthiazate, but not to Bt or a plant extract. In pot assay, the inhibitory effect of two microbial agents, Bt and *Paecilomyces lilacinus*, on *M. hapla* were significant, but less than that of fosthiazate. The plant extract also had significantly inhibitory effect on *M. hapla*. In field assay, treatments of *P. lilacinus* and fosthiazate resulted in maximal yields and qualities of *C. lanceolata*. The effect of the plant extract on the yields of *C. lanceolata* was also better than no treatment. The nematode-occurring condition of the fields before transplanting had significant effect on development of *C. lanceolata*; nematode-occurring field type gave less yields than nematode-free field type. These results suggest that a cultural control technique using paddy field, microbial pesticides using Bt or *P. lilacinus*, and the plant extract are the promising control tactics against *M. hapla* in *C. lanceolata* fields. As a field manual to decrease economical damage of *C. lanceolata* due to *M. hapla*, this study suggests that *C. lanceolata* can be cultured directly in paddy field or in upland field after nematode control using microbial agents or the plant extract.

**KEY WORDS :** Biocontrol, Medicinal plant, Plant extract, Cultural control

**초 록 :** 더덕(*Codonopsis lanceolata*) 재배지에서 당근뿌리혹선충의 환경친화적 방제법을 구명코자 방제실험을 수행한 결과 당근뿌리혹선충 방제 실험에 사용된 방제제들(*Bacillus thuringiensis*, *Paecilomyces lilacinus*, fosthiazate, 한약제 추출물) 중 더덕의 발아를 향상시키는 것은 Bt와 한약제 추출물이었고, 억제시키는 것은 fosthiazate였다. Pot에서 미생물제에 의한 당근뿌리혹선충 밀도억제 효과는 Bt와 *Paecilomyces lilacinus* 모두 우수하였으나 fosthiazate보다는 떨어지는 경향이였다. 또한 한약제 추출물도 방제효과가 우수하였다. 포장실험에서도 *Paecilomyces lilacinus*와 fosthiazate 처리시 수확량이 가장 많았으며 수확된 더덕의 품질도 가장 우수하였다. 한약제추출물도 무처리에 비하여 더덕의 수량 증대에 효과가 있었고, 뿌리혹선충 감염지에서 키운 더덕을 이식한 것이 비감염지에서 키운 이식한 더덕에 비하여 수량 증가율이 저조하였다.

**검색어 :** 생물적 방제, 약용식물, 식물체 추출물, 경종적 방제

\*Corresponding author. E-mail: schan@andong.ac.kr

더덕(*Codonopsis lanceolata*)은 초롱꽃과(Campanulaceae)의 다년생 덩굴 초본으로서(Yoo, 1989) 뿌리에는 saponin, inulin, phytoderin, leiothin, pentosane, vitamin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, 탄수화물, 단백질 및 식물성지방 등의 성분이 함유되어 있어(Lee, 1984) 약용 및 식용으로 쓰인다(Lee, 1981). 재배면적도 꾸준히 증가하고 있는 추세로 1988년부터 1993년까지 6년 연속해서 10위권 이내의 약용재배 면적을 차지하고 있다(Park and Lim, 1994). 1999년 현재 전국적으로 5,277농가에서 더덕을 재배하고 있는데, 농가수에서는 경북이 1,286호로 가장 많으며 재배면적에서는 강원도가 470.8 ha로 가장 많다(Cho, personal communication).

야생 더덕을 재배화 함에 따라 재배적인 어려움과 각종 병해충들이 문제시되고 있으나 더덕에 관한 연구들이 대부분 재배나 이용 및 약리성분 분석 등(Kim, 1985; Park et al., 1985; Lee et al., 1996a; Woo, 1997; Kang et al., 1997a, b)에 치우쳐 병해충에 관한 연구들은 미흡한 실정이다. 더덕은 비교적 병해충의 발생이 적은 작물이지만(Kim and Shin, 1992), 중요 해충으로 응애류와 거세미나방, 굽벵이류 등이 알려져 있고(Kim, 1993), 식물기생선충이 발생하여 피해를 주고 있다(Park et al., 1992; Chung and Han, 2003). 이들 중 특히 당근뿌리혹선충(*Meloidogyne hapla*)의 발생과 피해가 심한 편이다(Park et al., 1992; Jung and Han, 2003; Jung et al., unpublished data).

Park et al. (1998)은 11개 약초를 대상으로 기생하는 뿌리혹선충을 조사하여 당근뿌리혹선충이 43.3%에 기생하여 기생율이 가장 높다고 하였으며, 또한 Park et al. (1999)은 당근뿌리혹선충의 접종 밀도가 높을수록 작약 분주묘의 피해는 증가하는데 10,000마리부터 뿌리무게, 길이, 주근경에 큰 영향을 미친다고 하였다. Pot 실험에서 당근뿌리혹선충은 더덕의 초기 생장을 억제시켰다(Jung et al., unpublished data).

이러한 뿌리혹선충에 의한 피해의 심각성에도 불구하고, 약용작물의 경우 농약사용이 제한적이기 때문에 농가에서 현실적으로 적용 가능한 방제방법에 대한 연구가 필요하다.

따라서 본 연구는 우리나라의 주요 약용작물의 하나인 더덕에 피해를 주고 있는 당근뿌리혹선충에 대해 환경친화적 인자를 이용한 방제에 관한 연구를 통해 더덕의 생산성 향상과 안전성을 높이는데 기여하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 방제제

당근뿌리혹선충 방제 실험에 이용한 방제제는 기생성 진균인 *Paecilomyces lilacinus*, 세균인 *Bacillus thuringiensis* (Bt)와 한약제 추출물이었으며 대조 약제로는 fosthiazate 입제를 시중 농약방에서 구입하여 이용하였다. *P. lilacinus*는 고려바이오연구소(경기도 화성군 정남면 신리 소재)에서 증식한 균주로서 peat-moss와 밀기울, soybean flour 등을 배양원으로 배양하여 10<sup>9</sup> spore/g으로 증식시켜 액체형으로 만든 것을 이용하였다. Bt는 프로바이오닉(대전시 유성구 어은동 소재)에서 '항선충'이라는 상품명으로 제품화시킨 것을 이용하였다. 한약제 추출물(Huhjumi)은 정향을 주원료로 하여 빈랑, 사군자, 여로, 멸구슬, 담배풀, 생강, 백부, 붉나무, 정향, 오이풀, 민들레 등이 첨가된 미량요소 복합비료로 '허주니'라는 상품명으로 (주)삼흥지티에스(경남 김해시 생림면 봉림리 소재)에서 제품화시킨 것을 이용하였다. 정향은 고무뿌리혹선충에 살선충 활성이 있는 물질로 밝혀진 바 있다(Lee, unpublished data).

### 2. 선충 방제제가 더덕 발아에 미치는 영향

#### 1) 기내 발아 실험

직경 8.5 cm petri-dish를 이용하여 실험을 수행하였다. 각 petri-dish에는 여과지(Whatman, #2)를 물에 10초간 침지시킨 뒤, 1매씩을 넣었다. 그리고 방제제들의 희석액에 10분간 침지시킨 더덕 종자 50립씩을 여과지 위에 놓고, petri-dish 뚜껑을 덮은 다음 건조를 방지하기 위하여 비닐에 씌운 후 25°C 항온기에 두면서 매일 발아 유무를 15일까지 조사하였다. 물 1l에 fosthiazate는 2 g (권장량)과 4 g (배량), Bt는 10 g (권장량)과 20 g (배량), 한약제추출물은 2 ml (권장량)와 4 ml (배량)를 희석한 7개의 처리로 4반복 완전임의법으로 배치하였다.

#### 2) 토양 중 발아 실험

구멍(hole)의 크기가 직경 5 cm, 깊이 15 cm인 스티로폼 50구 tray pot에서 실험을 수행하였다. 토양 1g 당 당근뿌리혹선충이 1마리 정도 서식하고 있는 발토양(pH = 6.9, 유기물함량 = 1.45%, 유효인산 = 70.12 mg/kg, 치환성 칼리 = 0.21 cmol/kg, 질산태질소 = 12.59

mg/kg)을 각 흙에 27g씩 채워 넣고, 포화상태로 관수하였다. 처리 당 약량은 ① 무처리, ② fosthiazate 0.012 g, ③ Bt 0.148 mg, ④ Huhjuni 3.9  $\mu$ l, ⑤ 살균한 토양(당근뿌리혹선충이 없는 토양)으로 하였다. 관수 후 방제제를 처리하고, 강원도 횡성 농업기술센터에서 분양 받은 전년도 수확 더덕 종자를 1립씩 파종하였다. 10개의 hole을 한 반복으로 4반복 처리하였으며 파종 후 건조를 방지하기 위하여 부직포를 1주일간 덮어 두었는데 수분 관리는 매일 필요에 따라 물뿌리개로 관수하였다. 파종 2주 후 종자의 발아를 조사하였다.

### 3. 당근뿌리혹선충 방제 실험

#### 1) 미생물 방제제의 효과

##### (1) Pot 실험

직경 21.5 cm, 깊이 25 cm의 플라스틱 화분을 이용하여 실험을 수행하였다. 상주대학교 부속 농장에서 직파재배 시와 동일한 발효를 화분에 7kg씩 넣고, 실험구는 ① 무처리, ② *P. lilacinus*  $10^5$  cfu 49 ml, ③ *P. lilacinus*  $10^6$  cfu 49 ml, ④ Bt 0.2 g, ⑤ fosthiazate 0.3 g 처리구를 두었다. 각 fosthiazate는 토양혼화 처리하였고, Bt와 *P. lilacinus*는 관주처리하였는데, 무처리구는 물만 200 ml 살포하였다. 처리 후 각 화분에 뿌리혹선충의 발생이 없는 논토양에서 재배한 약 3.4g내외의 1년근 더덕을 4주씩 이식하였다. 화분의 당근뿌리혹선충 밀도는 약 637마리/화분이었다. 이식 후 각 화분에 물 200 ml씩을 추가로 살포하였으며, 차광막이 쳐진 하우스 내에 두면서 관리하였다. 이식 후 차광과 건조 방지를 위하여 화분 위에 부직포를 1주일간 덮어두었으며 이후 관리는 관행 재배법에 준하였다. Bt처리구는 2주마다 1차 처리와 동일한 방법으로 8주째까지 5회 방제제를 처리하였다. 처리 90일 후 토양 내 당근뿌리혹선충수와 더덕에 형성된 뿌리혹수를 조사하였다. 각 처리별로 12개의 화분을 완전임의배치법으로 배치하였다.

##### (2) 포장 실험

미생물제의 효과 검증을 위한 포장 실험은 상주대학교 부속 농장에서 수행하였다. 포장은 전년에 더덕을 재배하여 당근뿌리혹선충의 발생한 밭으로 관행 재배법에 준하여 시비 및 관리하면서 실험을 수행하였다. 1.2 m  $\times$  0.6 m 크기로 시험구를 설정한 후 ① 무처리, ② *P. lilacinus*  $10^5$  cfu 600 ml, ③ *P. lilacinus*  $10^6$  cfu 600 ml, ④ Bt 3.5 g, ⑤ fosthiazate 6 g 구로 처리하

였다. Fosthiazate는 토양혼화 처리하였고, Bt와 *P. lilacinus*는 관주처리하였는데, 무처리구는 물만 600 ml 살포하였다. 여기에 부직포를 덮은 다음, 가로와 세로 각각 10 cm 간격으로 칼로 흙을 낸 뒤 당근뿌리혹선충 무발생지에서 1년간 재배한 약 3.4g인 더덕을 각 구당 128주씩 이식하였다. Bt처리구는 2주마다 1차 처리와 동일한 방법으로 8주째까지 방제제를 처리하였다. 시험구는 난괴법 3반복으로 하였으며, 시험구 사이는 0.5 m씩 사이를 띄웠다. 이식 후 더덕의 덩굴이 잘 자랄 수 있게 2 m 높이의 지주를 설치하였고, 탄저병과 응애 방제를 위하여 아족시스트로빈 액상수화제와 비펜스린수화제를 권장량으로 살포하였다. 이식 90일 후에 각 구에서 5주의 더덕을 채취하여 뿌리혹수를 조사하였으며, 동일 지점의 토양을 채취하여 전술한 방법으로 선충 밀도를 조사하였다. 또한 이식 4주 후에 20주의 덩굴길이를 조사하였고, 180일 후 각 처리구별로 20주의 더덕을 채취하여 선충밀도 조사와 뿌리길이, 무게를 조사하였다.

#### 2) 한약제 추출물의 효과

##### (1) 직파재배시 당근뿌리혹선충 방제

구멍의 크기가 직경 5 cm, 깊이 15 cm의 스티로폼 50구 tray pot에서 실험을 수행하였다. 시험토양은 토양 중 발아시험 토양을 이용하여 각 흙에 27g씩 채워 넣고 포화상태로 관수하였다. 처리는 ① 더덕 기경지 토양, ② 더덕 기경지 토양+fosthiazate 0.012 g, ③ 더덕 기경지 토양+Bt 0.148 mg, ④ 더덕 기경지 토양+한약제 추출물 3.9  $\mu$ l, ⑤ 더덕 기경지 발효 13.5g+더덕 미경지 논흙 13.5g, ⑥ 더덕 미경지 논흙, ⑦ 더덕 미경지 발효로 하였다. 각각을 처리한 후, 강원도 횡성 농업기술센터에서 분양 받은 전년도에 수확한 더덕 종자를 3립씩 파종하고 발아후 1개체만 남기고 솟음질 하였다. 10개의 hole을 한 반복으로 4반복으로 배치하였으며 파종 후 관리는 방제제가 발아에 미치는 영향 실험과 동일한 방법으로 하였다. 파종 50일 후 덩굴 길이를 조사하였으며 180일 후 뿌리무게와 뿌리길이를 조사하였다.

##### (2) 포장 실험

한약제 추출물의 효과에 대한 시험은 경남 진주의 경상대학교 부속농장에서 수행하였다. 포장은 매년 고구마, 당근, 우엉 등을 재배하여 당근뿌리혹선충의 발생이 심한 밭이었다. ① fosthiazate 처리구(6 g/구), ② Bt처리구(0.826 g/구), ③ 한약제 추출물 처리구(2

ml/구). ④ 무처리구(대조구로서 물만 1//구 살포), ⑤ fosthiazate 처리구(6 g/구), ⑥ Bt처리구(0.826 g/구), ⑦ 한약제 추출물 처리구(2 ml/구), ⑧ 무처리구(대조구로서 물만 1//구 살포)에 각각 당근뿌리혹 선충이 감염된 더덕과 감염되지 않은 더덕을 이식한 8개의 처리를 1×1 m 크기의 시험구에 난괴법 3반복으로 배치하였다. 처리후 각 구에는 검은색 농업용 비닐을 덮었으며 여기에 처리 전에 무게와 뿌리혹수를 조사한 더덕을 구 당 10주씩 이식하고 출아 후에는 비닐구멍을 뚫어 주었다. 처리구 사이는 50 cm 간격을 유지하였다. 이식 후 더덕의 덩굴이 잘 자랄 수 있게 1 m 높이의 지주를 설치하였고, 7월 30일 탄저병과 응애 방제를 위하여 아족시스트로빈 액상수화제와 비펜스린수화제를 권장량으로 살포하였다. Bt처리구는 2주마다 1차 처리와 동일한 방법으로 8주째까지 5회에 걸쳐 방제제를 처리하였다. 180일 후 각 처리구별로 더덕을 채취하여 뿌리길리와 뿌리무게 및 뿌리혹 형성 수를 조사하였다.

4. 통계처리

당근뿌리혹선충 방제실험의 결과는 Student-Newman-Keul test로 분산분석하여 처리 평균간 차이를 비교하였으며, 당근뿌리혹선충 방제제가 더덕 발아에 미치는 영향의 발아율은 arcsin변환하여 분산분석하였는데(SAS Institute, 1986), 결과는 변환전의 수치로 표기하였다.

결 과

1. 처리 방제제가 더덕의 발아에 미치는 영향

1) 기내발아 실험

당근뿌리혹선충 방제에 이용한 방제제들이 더덕 발아에 미치는 영향을 알아보기 위하여 petri-dish에서 일별 누적발아율을 조사한 결과는 Fig. 1과 같았다. 초기 발아율은 Bt제 처리가 무처리와 비슷하였으나 7일째에는 Bt제와 한약제 추출물 권장량 처리에서의 발아율이 무처리구에 비하여 높았고(df=6, 21; F=7.09; P=0.0003), 11일째에도 동일한 경향을 보였다(df=6, 21; F=9.70; P=0.0001).

2) 토양중 발아 실험

당근뿌리혹선충 방제에 이용한 방제제들이 더덕 발

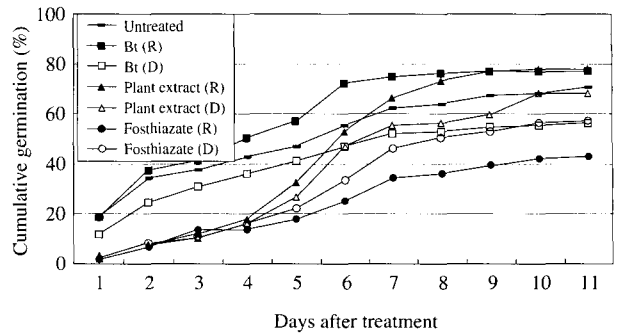


Fig. 1. Effect of nematode control agents on the germination of *Codonopsis lanceolata* in petri-dish at 25°C, where the seeds were soaked in each agent for 10 minutes. R: recommended dose, D: double recommended dose.

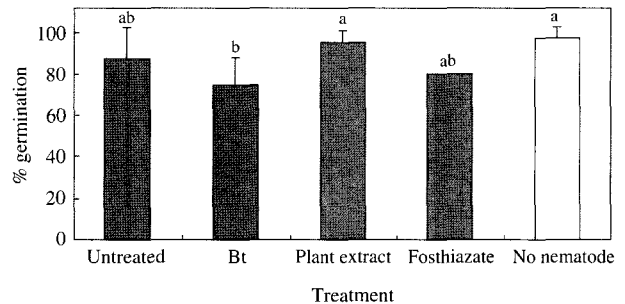


Fig. 2. Effect of different nematode control agents on the germination of *Codonopsis lanceolata* in pot for 30 days after treatment. Filled bar; Used the soils with root-knot nematode, while open bar used the soil without root-knot nematode, *Meloidogyne hapla*. Different letters above mean bars are significantly different at  $\alpha=0.05$  (S-N-K test).

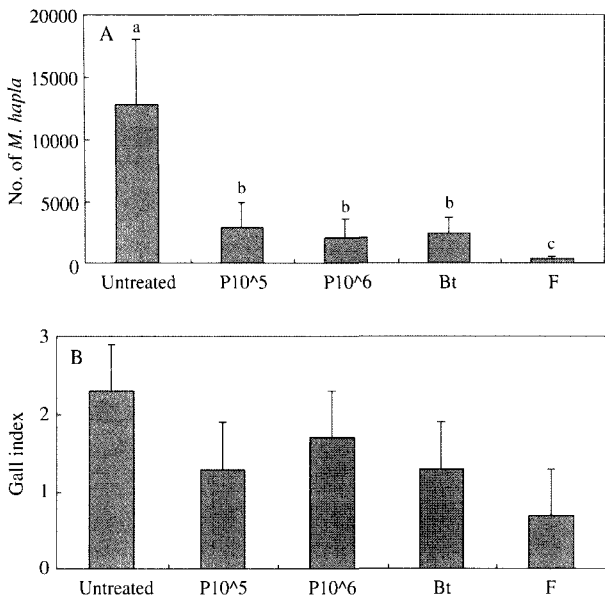
아에 미치는 영향을 알아보기 위하여 pot에서 발아율을 조사한 결과는 Fig. 2와 같았다(df=4, 15; F=4.08; P=0.0196). Pot 실험에서도 기내발아 실험에서와 비슷한 경향으로 한약제 추출물은 발아 저해 요인이 없는 것으로 나타났으나 Bt의 경우 발아억제 효과가 있는 것으로 나타났다. 그러나 일반 농가에서는 더덕 파종시 5-6립씩을 점파한 후 숙음질을 함으로 실용성에는 크게 문제가 없을 것으로 생각된다.

2. 당근뿌리혹선충 방제 실험

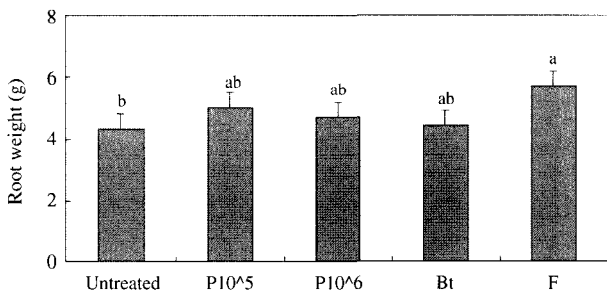
1) 미생물 방제제의 효과

(1) Pot 실험

1년근 더덕 이식 재배지에서 당근뿌리혹선충 방제를 위하여 미생물제들을 처리한 구에서는 생육 초기(방제제 처리 90일 후) 무처리구에 비하여 당근뿌리혹선충의 밀도가 현저히 감소하였다(df=4, 10; F=



**Fig. 3.** Effect of control agents on *Meloidogyne hapla* (A) and root gall index (B) of *Codonopsis lanceolata* in pot at 90 days after treatment. P10<sup>5</sup>: *Paecilomyces lilacinus* (10<sup>5</sup> cfu), P10<sup>6</sup>: *Paecilomyces lilacinus* (10<sup>6</sup> cfu), Bt: *Bacillus thuringiensis* (0.148 mg), F: fosthiazate (0.3 g). Gall index: 1: less than 10 galls, 2: between 10 and 50 galls, 3: between 50 and 100 galls, 4: more than 100 galls/plant. Different letters above mean bars are significantly different at  $\alpha=0.05$  (S-N-K test).

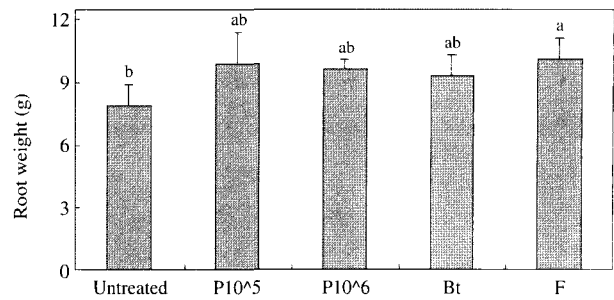


**Fig. 4.** Effect of different control agents against *Meloidogyne hapla* on root growth of *Codonopsis lanceolata* in pot at 90 days after treatment. P10<sup>5</sup>: *Paecilomyces lilacinus* (10<sup>5</sup> cfu), P10<sup>6</sup>: *Paecilomyces lilacinus* (10<sup>6</sup> cfu), Bt: *Bacillus thuringiensis* (0.148 mg), F: fosthiazate (0.3 g). Different letters above mean bars are significantly different at  $\alpha=0.05$  (S-N-K test).

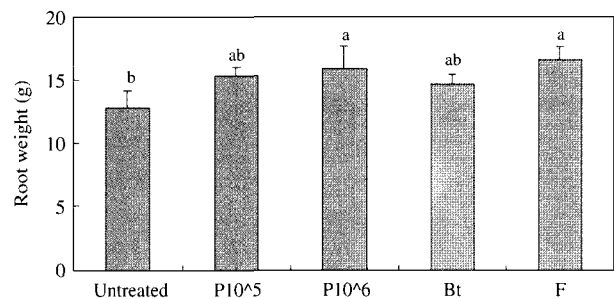
10.23;  $P=0.0015$ ) (Fig. 3A).

방제제들 중에서 fosthiazate 처리구의 선충 밀도가 가장 낮았으며 Bt제나 *Paecilomyces lilacinus* 처리는 비슷한 밀도를 보였다. 더덕에 형성된 뿌리혹 수는 방제제 처리구들에서 무처리구에 비하여 적었으나 유의성은 없었다( $df=4, 10; F=3.3; P=0.0572$ ) (Fig. 3B).

더덕의 뿌리무게는 무처리구에 비하여 방제제 처리구에서 많았으나 fosthiazate 처리 이외에는 유의성이



**Fig. 5.** Effect of different control agents against *Meloidogyne hapla* on root growth of *Codonopsis lanceolata* in pot at 150 days after treatment. P10<sup>5</sup>: *Paecilomyces lilacinus* (10<sup>5</sup> cfu), P10<sup>6</sup>: *Paecilomyces lilacinus* (10<sup>6</sup> cfu), Bt: *Bacillus thuringiensis* (0.148 mg), F: fosthiazate (0.3 g). Different letters above mean bars are significantly different at  $\alpha=0.05$  (S-N-K test).



**Fig. 6.** Effect of different control agents against *Meloidogyne hapla* on root growth of *Codonopsis lanceolata* in pot at 180 days after treatment. P10<sup>5</sup>: *Paecilomyces lilacinus* (10<sup>5</sup> cfu), P10<sup>6</sup>: *Paecilomyces lilacinus* (10<sup>6</sup> cfu), Bt: *Bacillus thuringiensis* (3.5 g), F: fosthiazate (6 g). Different letters above mean bars are significantly different at  $\alpha=0.05$  (S-N-K test).

없었다( $df=4, 10; F=25.86; P=0.0001$ ) (Fig. 4).

방제제 처리 150일 후(생육 후기)에도 더덕의 뿌리 무게를 조사한 결과 생육 초기와 유사한 경향을 보였다. 즉, fosthiazate 처리에서만 무처리구와 무게의 차이를 보였으며 다른 미생물 처리간에는 차이가 없었다( $df=4, 10; F=22.92; P=0.0082$ ) (Fig. 5).

## (2) 포장 실험

당근뿌리혹선충 방제를 위한 미생물제의 효과를 알아보기 위하여 포장에서 실험한 결과 수확기 더덕의 수량에 차이를 보였다( $df=4, 10; F=4.54; P=0.0238$ ) (Fig. 6). 무처리구 더덕의 평균 무게가 12.8 g이었는데 비하여 fosthiazate 처리구에서는 평균 16.6 g이었으며 *Paecilomyces lilacinus* 10<sup>6</sup> cfu 처리구에서는 평균 15.9 g으로 차이가 있었다. 또한 수확된 더덕들의 무게별 비율을 조사한 결과 fosthiazate 처리나 *Paecilomyces lilacinus* 10<sup>6</sup> cfu 처리에서 10 g 이하의 작은 더덕의 비

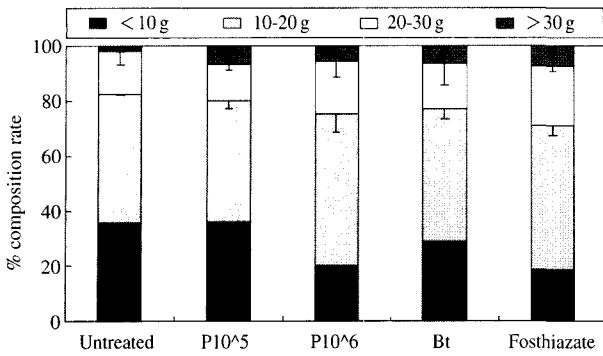


Fig. 7. Quality assessment by root weight of *Codonopsis lanceolata* according to different control agents against *Meloidogyne hapla*. The plants were grown in the field for 180 days.

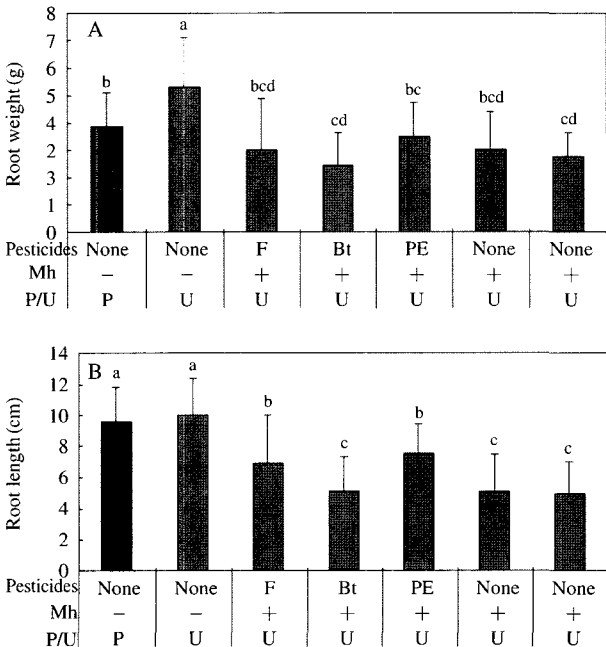


Fig. 8. Effect of different control techniques on root weight (A) and length (B) of *Codonopsis lanceolata* in pot at 180 days after treatment. Pesticides include 'F' (fosthiazate), 'Bt' (*Bacillus thuringiensis*), and 'PE' (plant extract). 'Mh' represents *Meloidogyne hapla* free (-) or occurring (+). 'P/U' indicate paddy/upland, respectively. Different letters above mean bars are significantly different at  $\alpha=0.05$  (S-N-K test).

율이 20% 이하로 가장 낮게 분포하여 상품성이 좋은 비교적 큰 더덕의 비율이 높았다(Fig. 7).

2) 한약제 추출물의 효과

(1) 직파재배시 당근뿌리혹선충 방제

과중 더덕에 대한 각 방제제들의 당근뿌리혹선충 방제 효과를 알아보기 위하여 tray pot에서 실험을 수행한 결과 더덕의 뿌리무게(df=6, 171; F=13.69; P=

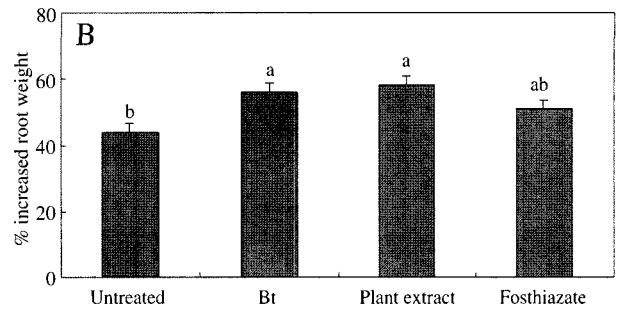
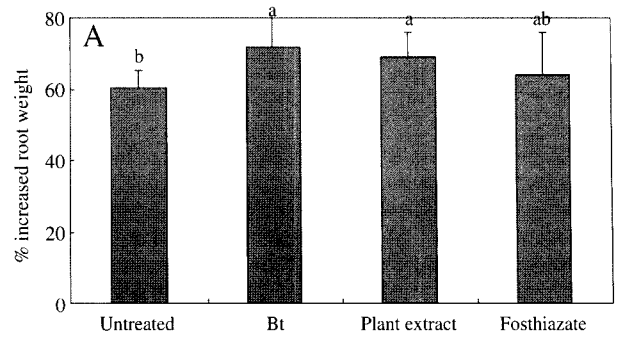


Fig. 9. Effect of *Meloidogyne hapla* control agents on increased root weight of *Codonopsis lanceolata* in the field for 150 days after treatment according to soil condition before transplanting: nematode free soil (A) and nematode-occurring soil (B). Different letters above the mean bars indicate significant difference at  $\alpha = 0.05$  (S-N-K test).

0.0001) (Fig. 8A)나 길이(df=6, 171; F=23.52; P=0.0001) (Fig. 8B)는 처리간에 차이를 보였다. 즉, 뿌리 무게는 더덕 미경지 밭 토양 처리에서 가장 무거웠으며 기경지 토양 처리들 중에서는 한약제 추출물 처리구가 가장 무거워 논토양과 같은 경향이였다.

(2) 포장 실험

한방체추출물의 당근뿌리혹선충 방제 효과를 더덕 포장에서 실험한 결과는 Fig. 9과 같았다. 수확된 더덕의 뿌리 무게 증가를 식재시와 비교한 결과 방제제 무처리구(A)에 비하여 처리구(B)에서 전반적으로 15% 내외 증가하였는데 전체적인 더덕 뿌리는 뿌리혹선충 미감염 더덕을 식재하였을 때가 감염 더덕을 식재하였을 때보다 우수하였다(뿌리혹선충 미감염 더덕 식재 처리구: df=3, 8; F=1.58; P=0.2675, 뿌리혹선충 감염 더덕 식재 처리구: df=3, 8; F=7.73; P=0.0095).

고찰

더덕과 같은 약용작물들은 농약의 사용이 매우 제

한적이며(Choi and Park, 1991), 일반 소비자들도 약용으로 사용하는 작물에 농약을 이용하는데 대한 강한 거부감을 가지고 있다. 그러나, 당근뿌리혹선충은 무방제로 방치하였을 경우 더덕의 수량이나 품질에 큰 영향을 미치고(Jung *et al.*, unpublished data), 이는 결국 농가 소득의 감소로 직결된다. 따라서, 본 연구에서는 일반 소비자들의 농약에 대한 우려를 불식시키면서 선충에 의한 더덕 피해를 줄일 수 있는 합리적인 방제법을 찾기 위하여 몇 가지 미생물과 한약제 추출물을 이용한 방제 효과를 검토하였다.

선충의 생물적 방제에 관한 연구는 1990년대 환경오염과 농약 사용으로 인한 잔류문제의 대두로 환경보전형 해충 방제 체제의 개발 욕구가 증대되면서 본격화되기 시작하였는데(Cho, 2001) 우리나라에서 선충의 생물적 방제에 관한 연구도 1990년대 초부터 간헐적으로 이루어지고 있으나 아직 초보적인 수준이다. 선충 방제에 활용 가능성 있는 미생물들은 다양한데 그들 중 *P. lilacinus*는 1980년 Peru에서 처음 발견하여 뿌리혹선충에 효과적이면서도, 감자 생산량 증대를 가져와(Jatala, 1980) 본격적으로 연구되었다.

식물체 추출물 또는 한약제 추출물 등을 이용한 해충방제에 관한 국내의 연구는 Kweon *et al.* (1994)이 배추좁나방이나 담배거세미나방 살충활성을 연구한 바 있고, Yang *et al.* (1996)이 인삼포 뿌리혹선충 방제를 위하여 26종의 식물체 추출물의 살선충 활성을 검정한 바 있다. Kim *et al.* (1998)은 만수국 추출물과 잔디, 산검양옻나무, 붉나무, 양파 추출액을 토마토에 처리하여 당근뿌리혹선충의 생물적 방제 가능성을 제시한 바 있다.

연구에 이용한 방제제들 중 fosthiazate와 Bt 배양 처리는 기내발아에서 더덕의 발아를 지연시키고, 발아율을 저하시켰다. 그러나 토양중 발아시험에서는 발아율이 다소 떨어지기는 하였으나 무처리구와 차이는 없었다. 기내발아 시험에서는 방제제들에 더덕 씨앗을 직접 침지하였기 때문에 조건보다 더 높은 농도의 방제제에 노출되어 발아율에 차이를 보였을 것으로 생각된다. 반면 한약제 추출물 처리의 경우 기내발아 시험에서 비록 초기 발아가 더디기는 하여도 발아율이나 토양중 발아시험에서 발아율이 무처리에 비하여 우수하였다. 한약제 추출물의 주성분은 정향이라는 한약제가 들어있는데 정향은 살선충 작용뿐 아니라 식물 생육 촉진 작용이 있는 것으로 알려져 있다(Lee, unpublished data). 따라서 정향의 이러한 역할로 인하

여 더덕의 발아율이 높아진 것으로 생각된다. 더덕에는 16-19%의 정유를 포함하고 있고, 이들 중에는 에우게놀이나 아세틸에우게놀이 포함되어 있는데(Mun, 1994) 이들 물질이 살선충 활성을 가지는지 여부는 추후 연구가 필요할 것으로 사료된다.

토양 중 발아 시험에서 당근뿌리혹선충 방제를 위하여 미생물 처리와 한약제추출물 처리를 한 결과 한약제추출물 처리의 효과가 가장 우수하였다. 특히 미경지 토양에 더덕을 파종하였을 때가 선충 감염토양에 방제제를 처리한 것보다 더덕의 생육이 우수하였다. 따라서 더덕을 1년 차에 파종 한 뒤 다음해 이식할 경우 선충 미감염 포장에서 재배 후 이식하는 것이 바람직 할 것으로 생각된다. 특히 본 실험의 결과에서 선충 미감염 발효에서 재배시 생장이 가장 좋았고, 다음이 논토양에서 재배하였을 때 생장이 우수하였는데 기존 경작지 밭토양들이 대부분 선충에 감염되어 있는 것을 고려하면 1년 차에 논토양에서 더덕을 키운 후 이식하는 것이 바람직 할 것으로 생각된다. 1년근 더덕을 이용한 방제 실험에서는 fosthiazate 처리구의 효과가 우수하였다. 파종 더덕과 이식 더덕 처리간에 이러한 차이가 있는 것은 파종 더덕의 경우 초기 발아 시에 fosthiazate에 의하여 발아억제 효과를 받았기 때문으로 생각된다. 포장실험에서 더덕의 초기 지상부 생장은 pot에서 발아율 실험과 동일하게 fosthiazate 처리가 가장 저조하였다. 그러나 수확기 더덕 뿌리무게는 *P. lilacinus* 처리와 함께 가장 우수하였다. 따라서 실험에 이용한 미생물제들 중 *P. lilacinus*의 사용 가능성이 인정되었다. 특히 수확된 더덕들 중에서 근중이 적은 더덕의 구성이 적어 이들의 처리는 더덕의 수량성 뿐만 아니라 품질 향상 효과도 기대되었다. Choi and Park (1991)도 당귀와 백지에 *P. lilacinus*를 처리하였을 경우 수량에는 큰 차이가 없으나 무처리구에 비하여 세근의 수를 감소시켜 상품의 가치를 증대시킨다고 하였다.

이식 이전에 뿌리혹선충에 미감염된 더덕은 감염 더덕에 비하여 수량이 증가하였다. 이러한 수량 증가의 차이는 선충 방제제 처리에 의한 증수 효과보다도 크게 나타났다. Park *et al.* (1995)은 육묘상과 정식후 본포의 뿌리혹선충 감염 유무에 따라 참외의 생육에 미치는 영향을 조사하여 육묘상과 본포 모두에 뿌리혹선충이 감염되었을 때 피해가 가장 심하고, 다음으로는 육묘상에서는 감염이 되지 않더라도 본포에 감염이 되었을 경우 피해가 더 심하다고 하였는데 본

연구의 결과들을 종합해 보면 뿌리혹선충 무병지에 더덕을 파종하는 것이 뿌리혹선충의 피해를 줄일 수 있는 방법으로 생각된다. 특히 Park *et al.* (1995)도 지적인 바와 같이 비록 묘포장의 선충 감염이 본포의 선충 감염보다 피해가 적을지라도 묘포의 선충 감염은 본 포장에 선충을 옮기는 역할을 함으로 더덕 재배에 있어서도 이러한 점을 고려하여야 할 것으로 생각된다.

본 실험의 결과들을 활용한 더덕 재배지 당근뿌리혹선충 경감 방안으로는 유기물 시용을 충분히 한 후 더덕을 재배하거나 1년 차에 선충이 감염되지 않은 논토양에 더덕을 파종한 후 다음 해 Huhjuni나 *P. lilacinus*를 처리한, 밭에 이식하는 방법과 벼 재배 후 건답상태에서 직파한 더덕을 2년만 재배하여 수확 후 다시 벼재배를 하는 답전순환 재배가 선충방제 뿐 아니라 잡초방제 면에서도 바람직한 작형이 될 수 있을 것으로 생각된다. 또한 작부체계별 더덕의 타 뿌리혹선충 경감 방안에 관한 연구도 부가적으로 수행되어야 할 것으로 생각된다.

## 사 사

본 연구의 포장 실험을 위하여 포장 관리를 해주신 상주대학교와 경상대학교 부속 농장 관계자들에게 감사하며 실험 수행에 도움을 주신 안동대학교와 경상대학교 선충실험실 실원 여러분들께 감사를 드린다.

## Literature Cited

- Cho, M.R. 2001. Researches on biological control of plant-parasitic nematodes by *Pasteuria* spp. Trends in Agriculture & Life Sciences 1: 59-62.
- Choi, Y.E. and S.D. Park. 1991. Biological control of root-knot nematodes on medicinal herbs. Res. Rept. RDA. 34: 149-154.
- Jatala, P. 1980. Biological control of plant-parasitic nematode. Ann. Rev. Phytopathol. 24: 453-489.
- Jung, D.C. and S.C. Han. 2003. Studies on plant parasitic nematodes in the fields of *Codonopsis lanceolata*. (In press)
- Kim, H.J. 1985. Proximate and amino acid composition of wild and cultivated *Codonopsis lanceolata*. Korean J. Food Sci. Technol. 17: 22-24.
- Kim, J.G. and Y.C. Shin. 1992. Cultivation of medicinal plant. Namsandang. Seoul. pp. 213-214.
- Kim, H.H., H.Y. Choo, C.G. Park, S.M. Lee, and J.B. Kim. 1998. Biological control of the northern root-knot nematode, *Meloidogyne hapla* with plant extract. Korean J. Appl. Entomol. 37: 199-206.
- Kweon, J.H., Y.H. Ahn, H.W. Kwon, K.S. Jang and K.Y. Cho. 1994. Larvicidal and antifeeding activities of oriental medicinal plant extracts against *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) and *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). Korean J. Appl. Entomol. 33: 225-229.
- Lee, D.B. 1981. Pictorial book of Korean animal and plant (useful plant). Samhwachulpansa. 419 pp.
- Lee, S.K. 1984. Chemical compositions of dried wild and cultivated *Codonopsis lanceolata*. J. Korean Agricultural Chemical Society. 27: 225-230.
- Lee, S.P., S.K. Kim, M.S. Nam, B.S. Choi and S.C. Lee. 1996a. Effects of shading and organic matter applications on growth and aromatic constituents of *Codonopsis lanceolata*. Korean J. Crop. Sci. 41: 496-504.
- Lee, S.P., S.K. Kim, G.G. Min, J.H. Cho, B.S. Choi, S.C. Lee and K.U. Kim. 1996b. Agronomic characteristics and aromatic compositions of Korean wild *Codonopsis lanceolata* collections cultivated. Korean J. Crop Sci. 41: 188-199.
- Lee, S.P., S.K. Kim, B.S. Choi, S.C. Lee and S.K. Yeo. 1998a. Effects of organic matter applications on general components and essential oils in *Codonopsis lanceolata* Trauty. Korean J. Medicinal Crop Sci. 6: 21-27.
- Lee, S.P., S.K. Kim, S.H. Chung, B.S. Choi and S.C. Lee. 1998b. Effects of soil pH on crude components and essential oil contents of *Codonopsis lanceolata* Trauty. Korean J. Medicinal Crop Sci. 6: 239-244.
- Mun, K.S. 1994. Use and ingredient of medicinal plant. Pyeongyang Jonghap Press. Pyeongyang. 755 pp.
- Park, B.S., Y.G. Park and K.S. Choi. 1985. Chemical composition of cultured and wild *Codonopsis lanceolata* roots of different age groups. J. Korean Soc. Food Nutr. 14: 274-279.
- Park, S.D., K.J. Kim, S.J. Kim, J.H. Shin and Z. Khan. 1999. Effect of Inoculum levels of root-knot nematode, *Meloidogyne hapla*, on growth of peony (*Paeonia lactiflora*) propagated by divided roots. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40: 492-494.
- Park, S.D., S.D. Park, T.Y. Kwon, Y.S. Im and B.S. Choi. 1995. Effect of early infection by *Meloidogyne incognita* on fruit vegetables. RDA. J. Agri. Sci. 37: 308-312.
- Park, S.D., D.C. Yeon, K.C. Jung, S.D. Park, D.W. Choi and Y.E. Choi. 1992. Nematodes associated with medicinal herbs. Korean J. Appl. Entomol. 31: 396-415.
- Park, S.D., Z. Khan, J.C. Kim, B.S. Choi and T. Kim. 1998. Incidence, and identification of three root - knot nematode species occurring in the medicinal herbs. Korean J. Plant. Pathol. 14: 603-605.
- Park, S.K. and S.M. Lim. 1994. The cultivation and export of major medicinal crops in Korea. J. Oriental Bot. Res. 7: 177-182.
- SAS Institute. 1986. SAS/STAT guide for personal computers. version 6ed. SAS Institute, Cary, NC.
- Woo, Y.M. 1997. Chemical characteristics relating to aroma substances in wild grown and cultivated species of *Codonopsis lanceolata* Benth. et Hook. Dissertation of Master. Andong National University. 22 pp.
- Yang, K.J., E.S. Doh and K.H. Kim. 1996. Screening and utilization of antagonistic plants to control northern root-knot nematode in ginseng fields. Korean J. Ginseng Sci. 20: 331-338.
- Yoo, K.O. 1989. A taxonomic study of the genus *Codonopsis* in Korea. Dissertation of Master. Kangweon National University. 40 pp.

(Received for publication 23 October 2003;  
accepted 15 December 2003)