

## 2종 뿌리혹선충에 대한 고추의 품종별 저항성

Resistance of Pepper Cultivars to Two Species  
of Root-knot Nematodes김동근\* · 이재국<sup>1</sup>Kim, Dong-Geun\* and Jae-Kook Lee<sup>1</sup>

**Abstract** - Nineteen pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars were screened for the resistance to two common species of root-knot nematodes, *Meloidogyne incognita* and *M. arenaria*. The tested pepper cultivars showed different degrees of resistance to *M. incognita* but all were resistant to *M. arenaria*. The cultivars cv. Gonggongchil, Green No. 500 Pimento, Dahonggeon, Manitta, Shinbaram, Perfecto, and Hanmaeum were resistant to the both species of root-knot nematodes. Therefore, seven selected resistant pepper cultivars are recommended as resistant rotation crops in greenhouses where root-knot nematodes are problematic.

**Key Words** - *Capsicum annuum*, *Cucumis melo*, *Meloidogyne*, Oriental melon, Resistance, Root-knot nematode, Rotation

**초 록** - 국내 고추 19품종을 이용하여 성주 참외 재배지역에 가장 많이 분포하고 있는 두 종의 뿌리혹선충, *Meloidogyne arenaria*와 *M. incognita*에 대한 저항성을 검정하였다. *M. arenaria*에는 검사대상 고추 품종 모두가 저항성이었으며, *M. incognita*에는 품종별로 차이가 있었다. 즉 농우파리꽃고추와 청옥고추는 감수성이었고, 알찬고추, 대왕고추, 진미고추, 조풍고추, 태양건고추, 한샘파리꽃고추 등은 중간 저항성이었으며, 공공칠고추, 그린 No. 500 피만고추, 다홍건고추, 마니따고추, 신바람고추, 퍼팩토고추, 한마음고추 등은 강한 저항성으로 나타났다. 이상의 결과로 미루어 참외재배지의 뿌리혹선충 피해가 심한 포장에는 6월경 참외를 수확한 후, 공공칠고추, 그린 No. 500 피만고추, 다홍건고추, 마니따고추, 신바람고추, 퍼팩토고추, 한마음고추 등을 재배함으로써 뿌리혹선충의 밀도를 감소시킴과 동시에 고추 생산으로 부가소득도 가져올 수 있을 것이다.

**검색어** - 고구마뿌리혹선충, 고추, 땅콩뿌리혹선충, 윤작, 연작재배, 연장재배, 저항성, 참외

뿌리혹선충은 우리나라의 주요 시설원예작물인 오이, 수박, 참외 등에 많은 피해를 주는 선충으로 우리나라에는 *Meloidogyne hapla*, *M. arenaria*, *M. javanica*, *M. incognita* 등 4종이 주로 분포하고 있으며(Choi, 1978; Choi *et al.*, 1978, 1982), 성주 참외 재배지역에는 주로 *M. incognita*와 *M. arenaria*가 분포하고 있다(Choi *et al.*, 1978; Cho *et al.*, 2000)

뿌리혹선충의 방제법으로는 담전윤환, 객토, 태양열소독, 약제방제, 저항성 품종, 저항성 윤작 등 여러 가지가 있는데 포장 조건, 방제효율, 경제성 등을 비교하여 여러 가지 방법 중 한 두 가지 방법을 선택하게 되는데(Park *et al.*, 1995a, b; Chon, 1996), 그 중 저항성품종을 이용한 윤작은 효과가 매우 높으며, 비용이 적게 들고, 환경 친화적인 방법이다(Kinloch

\*Corresponding author. E-mail : kimdgkr@chollian.net

성주과채류시험장(Seongju Fruit Vegetable Experiment Station, Seongju, Kyungbuk, 719-860, Republic of Korea)

<sup>1</sup> 농업과학기술원(National Institute of Agricultural Science)

*et al.*, 1972; Rhoades, 1976). 그러나 뿌리혹선충은 선충의 종과 레이스에 따라 저항성 품종에 대한 저항성 반응이 상이하기 때문에 윤작작물을 이용할 때에는 반드시 포장에 서식하고있는 선충의 종을 먼저 동정하여야 하며, 저항성 윤작작물은 특히 경제성이 높아야하는데(Taylor and Sasser, 1978), 뿌리혹선충은 기주 범위가 매우 넓어 경제성이 높은 저항성 윤작작물을 찾기가 어렵다는 단점이 있다.

전국의 참외 재배면적은 약 10,251 ha로서 그 중에서 약 77.2%는 시설재배이며(Ministry of Agr. & For., 1999), 시설재배의 약 77.4%는 12~1월에 정식하여 그 해 10월까지 재배하는 연장재배 작형으로 참외가 비닐하우스에서 재배되는 기간은 약 10개월이다(Park, 2000). 참외 재배기간중의 토양 10 cm 깊이의 적산온도는 약 5,000 DD<sub>5</sub> (5도 이상 일평균)로서 뿌리혹선충은 이 기간동안 최대 9세대를 경과할 수 있는 것으로 추정되어(김, 미발표), 생육후기 뿌리혹선충의 밀도증가로 식물체가 고사하고 수확기간이 단축되며 수확량이 감소하는 등 그 피해는 심각한 실정이다(Park *et al.*, 1995a, b; Kwon *et al.*, 1998; Park, 2000).

1998년 성주지역에서 뿌리혹선충 조사를 하는 중, 비닐하우스 포장의 참외에는 뿌리혹선충이 심하게 감염되어 있었으나 같은 하우스의 참외 주위에 심겨진 고추 뿌리에는 뿌리혹선충이 감염되지 않은 것을 관찰할 수 있었다. 고추 품종들의 뿌리혹선충에 대한 저항성 연구는 Red Chile, Santanka x S, Nemaheart 등이 *M. arenaria*와 *M. incognita*에 저항성으로 알려져 있고(Hare, 1956, 1957; Langford *et al.*, 1968; Vito and Saccardo, 1979), 국내에서는 한상찬 등(1995)이 국내 재래종 및 외국 도입종 고추를 이용하여 *M. hapla*에 저항성인 YSO-1 등 24계통을 밝혔으나, 국내의 고추품종들의 *M. arenaria*와 *M. incognita* 두 종의 뿌리혹선충에 대한 저항성은 알려져 있지 않다.

그러므로 참외 시설하우스에서 뿌리혹선충을 방제할 수 있는 저항성 윤작작물로 고추를 검토하고자 시판되는 몇 가지 고추품종들을 구하여 성주지역에서 가장 많이 분포하고 있는 2종의 뿌리혹선충, *M. arenaria*와 *M. incognita*에 대한 실험을 실시하였다.

## 재료 및 방법

저항성 검정을 위하여 공공칠고추 등 19품종(농우종묘)을 공시하였다(Table 1). 고추의 뿌리혹선충

저항성 정도를 비교하기 위하여 세계적으로 감수성 표준품종으로 사용되고 있는 Rutger 토마토를 같은 방법으로 시험에 공시하였으며, 이와 비교를 하기 위해 국내 토마토 품종인 선명토마토, 알찬토마토, 흥도토마토, 흥영토마토를 같이 공시하였다.

뿌리혹선충 *M. incognita*는 부산원예시험장에서, *M. arenaria*는 성주과채류시험장 온실포장의 흙을 채집하여 사용하였으며, 뿌리혹선충의 종은 perineal pattern과 뿌리혹선충 판별품종을 이용하여 판정하였다(Hartman and Sasser, 1985). 채집한 흙은 직경이 2-mm되는 체로 쳐서 굵은 돌과 식물 뿌리 등은 골라내고, 3번 이상 잘 섞어 선충의 밀도를 균일하게 한 후, 직경 10-cm 토화분에 담았다. 시험전 토양의 뿌리혹선충 유충 밀도는 토양을 잘 섞은 후 그 중에서 토양 300 cm<sup>3</sup>를 취하여 원심분리법(Southey, 1978)으로 선충을 분리하여 조사하였다. 시험전 토양의 뿌리혹선충 유충의 밀도는 3반복 평균으로 *M. arenaria*는 토양 100 cm<sup>3</sup>당 850마리, *M. incognita*는 토양 100 cm<sup>3</sup>당 350마리로 시험에 충분한 밀도였다.

고추 및 토마토 묘는 부농상토에서 3주전 미리 육묘 시켜두었다가, 그 중 균일한 묘를 골라 토화분에 1포기씩 이식하였으며 각 품종 당 5반복으로 하였다. 재배는 성주과채류시험장 온실에서 4월 8일~6월 14일 사이에 하였으며 시험기간중의 온실내 온도는 섭씨 15~30도였다.

시험 66일 후 토화분을 비우고 뿌리를 물로 조심스럽게 씻어 흙을 제거한 후 뿌리를 Phloxin B 용액(15 mg/l)에 15분간 염색하여 흰색용기에 담고 뿌리에 생긴 붉게 염색된 난랑의 수를 조사하였다(Taylor and Sasser, 1978). 저항성의 판정은 Taylor와 Sasser(1978)의 방법을 따라 뿌리에 생긴 난랑의 수가 10개 이하이면 저항성(R), 11~20개 사이이면 중정도 저항성(MR), 21개 이상이면 감수성(S)으로 판정하였다.

## 결과 및 고찰

고추 품종간 또는 2종류의 뿌리혹선충간 저항성 반응에는 큰 차이가 있었는데, *M. arenaria*에는 공시된 대부분 고추 품종이 모두 저항성이었으며, *M. incognita*에는 고추 품종간 저항성 차이가 뚜렷하였다.

감수성 표준품종인 Rutger 토마토 뿌리에 생긴 난랑의 수는 *M. arenaria*가 607개, *M. incognita*가 73개였다(Table 1). 감수성 비교에 사용된 국내 토마토 품종들의 2종의 뿌리혹선충에 대한 감수성 차이도

켰는데, *M. arenaria* 선충에 대해서는 선명토마토와 홍도토마토는 한 뿌리 당 280개 이상의 많은 난랑이 생겨 매우 감수성이었고 알찬토마토와 홍영토마토는 한 뿌리 당 난랑이 20개 이내로 중간정도의 저항성이었다(Table 1). *M. incognita* 선충에 대해서는 홍도토마토가 14개의 난랑으로 중간 저항성이었으며 나머지는 강한 저항성이었다. 이러한 결과는 지난 1977년 실시된 국내 토마토품종의 *M. incognita*에 대한 저항성시험(Choi, 1977)과 좋은 대조가 되는데, 1977년 시험에서는 대형복수토마토 등 시험에 공시된 10품종 모두 한 뿌리 당 난랑이 150~303개 정도로 모든 품종이 매우 감수성이었다. 외국에서는 1960년대부터 뿌리혹선충에 저항성인 토마토품종이 육성되어 사용되고 있는데(Dropkin, 1969), 그 동안 국내 토마토품종에도 뿌리혹선충 저항성 인자가 도입된 것으로 생각된다. 알찬토마토와 홍영토마토는 이 실험에 사용된 두 종의 뿌리혹선충에 모두 저항성이었다.

*M. arenaria* 실험에서는 고추 품종 당 난랑의 수가 0~4개로 대부분의 고추 품종들이 *M. arenaria*에 강한 저항성이었으며 그린 No. 500 피망고추에만

약간 난랑이 생겼다(반복간 0, 0, 0, 7, 11). 뿌리혹선충의 종 및 레이스의 판별품종으로 사용되고있는 'California Wonder'는 *M. incognita* race 1, 2, 3, 4, *M. arenaria* race 1 및 *M. hapla*에는 감수성이고 *M. javanica*와 *M. arenaria* race 2에 저항성이었다(Taylor et al., 1978). 이 실험에 사용된 뿌리혹선충 *M. arenaria*가 race 2이기 때문에 대부분의 고추품종들이 저항성을 보인 것이 아닌가 생각된다.

*M. incognita*에 대한 실험에서는 고추 품종 별로 난랑의 수가 한 뿌리 당 0~128개로 품종간 저항성 차이가 뚜렷하였는데, 가장 감수성 품종은 농우파리꽃고추와 청옥고추이었으며, 이 두 품종은 감수성 표준품종인 Rutger 토마토 보다 더 많은 112개와 128개의 난랑이 형성되었다. 알찬고추, 대왕고추, 진미고추, 조풍고추, 태양건고추, 한샘파리꽃고추 등은 중간 저항성이었으며, 공공칠고추, 그린 No. 500 피망고추, 다홍건고추, 마니따고추, 신바람고추, 피팩토고추, 한마음고추 등은 강한 저항성이었다(Table 1).

성주지역에서 뿌리혹선충 피해가 심한 포장은 7월경 참외가 고사하고 참외가 고사한 포장에는 다음해 선충 피해를 막기 위해 객토를 하고 있다. 그

**Table 1.** Resistance of pepper cultivars to two species of root-knot nematodes, *Meloidogyne incognita* and *M. arenaria*

Cultivar	Number of egg masses per root				
	Usage <sup>1</sup>	<i>M. incognita</i>	Rating <sup>2</sup>	<i>M. arenaria</i>	Rating
<b>Pepper cultivars</b>					
Alchan	P	7	R	0	R
Cheongcheong	G/P	61	S	0	R
Cheongog	G/P	128	S	0	R
Daega	P	62	S	1	R
Dacwang	P	7	R	0	R
Dahong-Geon	P	1	R	0	R
Gonggongchil	P	3	R	0	R
Green No. 500 Pimento	G	1	R	4	R
Hanmaeum	R/P	2	R	0	R
Hansaem-Kkwari-put	G	15	MR	0	R
Jeoncheonhu	R/P	37	S	0	R
Jinmi	P	7	R	0	R
Jopung	R/P	13	MR	1	R
Manitta	P	1	R	0	R
Nongwoo-Kkwari	G	112	S	0	R
Perfecto	G	0	R	1	R
Shinbaram	P	1	R	0	R
Shinhong	G/P	92	S	0	R
Taeyang-Geon	P	12	MR	0	R
<b>Tomato cultivars</b>					
Alchan (Korea)		1	R	18	MR
Hongdo (Korea)		14	MR	287	S
Hongyeong (Korea)		0	R	20	MR
Rutger (USA)		73	S	607	S
Seonmyoeng (Korea)		1	R	298	S

Experiments were conducted in a d-10-cm clay pot in a greenhouse with five replications.

<sup>1</sup> Usage of pepper: fresh green (G), fresh red (R), pepper powder (P).

<sup>2</sup> Resistance rating: Number of egg masses per root, 0~9 = R, 10~19 = MR, > 20 = S (Taylor & Sasser, 1978).

러나 객토는 비용 문제나 주변환경 파괴 문제 등으로 영구적인 뿌리혹선충 방제법이라고 할 수 없다. 따라서 이러한 포장에는 객토 대신 이번 실험에서 두 종의 뿌리혹선충에 모두 저항성으로 밝혀진 고추품종을 심는다면 저항성품종의 윤작 효과로 선충의 밀도를 줄일 수 있을 것이며 동시에 고추 생산으로 농가의 부가적인 소득도 기대할 수 있을 것이다. 열대지방에서 다년생 작물인 고추는 우리나라에서는 하우스 재배가 적당하는데, 기존의 참외 재배 하우스를 이용하여 2기작 고추 비가림재배를 하면 몇 가지 장점이 있다. 1) 새로 비가림하우스를 만드는 비용 약 600만원이 절약되며, 2) 비가림하우스 재배시의 고추 수량은 300평당 약 600 kg 정도로 일반 노지 재배에 비해 훨씬 많고, 3) 기존 참외 비닐하우스의 토양 멀칭비닐과 관수시설을 그대로 이용할 수 있음으로 빗물이 튀지 않아 고추농사의 풍흉을 결정할 정도로 중요한 병인 역병(*Phytophthora capsici* Leon.)과 탄저병(무성세대: *Colletotrichum gloeosporioides* Penz.)을 막을 수 있다. 4) 모든 발작물의 연작에는 반드시 연작장해가 발생함으로 참외만 연작하는 것보다 참외-고추 윤작은 토양의 미생물상과 이화학적 개선에도 도움이 될 것이다. 선발된 저항성 고추품종들은 건 고추용, 풋고추용, 파리고추용 등으로 다양하여 소비자의 기호에 따른 다양한 품종의 선택이 가능하였다 (Table 1).

국내에는 4종의 뿌리혹선충이 대부분 분포하고 있으며 윤작작물로 선충을 방제하려면 선충의 종을 먼저 알아야하나 일반 농민들로서는 선충의 종 동정은 불가능하다. 성주의 참외 시설재배지에 주로 분포하고있는 뿌리혹선충은 *M. arenaria*가 55%, *M. incognita*가 45%로 2종의 뿌리혹선충이 대부분이다 (Cho *et al.*, 2000). 공공칠고추, 그린 No. 500 피만고추, 다홍건고추, 마니따고추, 신바람고추, 퍼팩토고추, 한마음고추 등은 2종류의 뿌리혹선충에 모두 저항성이므로 성주 지역에서는 선충의 종을 동정할 필요 없이, 뿌리혹선충 피해가 있는 포장에는 위에서 밝혀진 저항성 고추를 심을 수 있을 것으로 생각된다.

이상의 결과로 미루어 성주 참외 연작재배지의 뿌리혹선충의 피해가 심한 지역에서는 6월까지 참외를 수확한 후, 기존 참외 하우스에 공공칠고추, 그린 No. 500 피만고추, 다홍건고추, 마니따고추, 신바람고추, 퍼팩토고추, 한마음고추 등을 심음으로서 고추 생산으로 인한 부가소득 외 뿌리혹선충의 밀도를 줄이는 두 가지 효과가 있을 것으로 기대된다.

## 사 사

공시 종자를 공급하여준 농우종묘에 감사 드립니다.

## Literature Cited

- 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, Y.E. 1978. Studies on root-knot nematodes in Korea. *The Kasetsart J.* 12: 31~35.
- Choi, D.R. and Y.E. Choi. 1982. Survey on plant parasitic nematodes in cropping by controlled horticulture. *Korean J. Plant Protec.* 21: 8~14.
- 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 Protec.* 17: 89~98.
- Choi, Y.E. 1977. Resistance of tomato variety to the root-knot nematodes, *Meloidogyne incognita* and chemical control. *Res. Rev. of Kyungpook Nat. Univ.* 24: 419~422.
- Choi, Y.E. 1978. Differential host responses to root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). *Res. Rev. of Kyungpook Nat. Univ.* 26: 611~615.
- Chon, H.S., H.J. Park, S.G. Yeo, S.D. Park and Y.E. Choi. 1996. Technical development for control of soil nematodes (*Meloidogyne* spp.) on oriental melon in plastic film house. *RDA J. Agric. Sci.* 38: 401~407.
- Dropkin, 1969. The necrotic reaction of tomatoes and other hosts resistant to *Meloidogyne*. Reversal by temperature. *Phytopathol.* 59: 1632~1637.
- Han, S.C. and Y.G. Kim. 1995. Screening hot pepper varieties for resistance to root-knot nematode and search for the resistance mechanisms. *RDA Agric. Sci. (Agric. Inst. Cooperation)* 37: 131~138.
- Hare, W.W. 1956. Resistance to root-knot nematodes in pepper. *Phytopathol.* 46: 98~104.
- Hare, W.W. 1957. Inheritance of resistance to root-knot nematodes in pepper. *Phytopathol.* 47: 455~459.
- Hartman, K.M. and J.N. Sasser. 1985. Identification of *Meloidogyne* species on the basis of differential host test and perineal-pattern morphology. pp. 69~77. *In: An advanced Treatise on Meloidogyne*. Vol. II. Eds K. R. Barker, C.C. Carter and J.N. Sasser. North Carolina State University, Raleigh, N.C., 223 pp.
- Kinloch, R.A. and K. Hinson. 1972. The Florida program for evaluating soybean (*Glycine max* L. Merr.) genotypes for susceptibility to root-knot nematode disease. *Proc. Soil Crop Sci. Soc. Florida* 32: 173~176.
- Kwon, T.Y., K.C. Jung, S.D. Park, Y.G. Sim and B.S. Choi. 1998. Cultural and chemical control of root-knot nematodes, *Meloidogyne* sp. on oriental melon in plastic film house. *RDA J. Crop Protec.* 40: 96~101.
- Langford, W.R., W.L., Corley, J.H. Massey and G. Sowell, Jr. 1968. Catalogue of seed available at the Southern Regional Plant Introduction Station, Georgia Exp. Station.
- Park, D.K. 2000. Studies on injury by continuous cropping and its solutions in oriental melon (*Cucumis melo* L.)-with a special reference to root-knot nematode and soil salt stress.

- Dept. of Agr. Biol., Andong Nat. Univ. Ph D. Thesis. 90 pp.
- 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.
- 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 (C.P.): 318~323.
- Rhoades, H.L. 1976. Effects of *Indigofera hirsuta* on *Belonolaimus longicaudatus*, *Meloidogyne incognita*, and *M. javanica* and subsequent crop yield. *Plant Dis. Repr.* 60: 384~386.
- Taylor, A.L. and J.N. Sasser. 1978. Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). North Carolina State Univ. Raleigh. 111 pp.
- Southey, J.F. 1986. Laboratory methods for work with plant and soil nematodes. London: Her Majesty's Stationery Office.
- Vito, M. Di and F. Saccardo. 1979. Resistance of *Capsicum* species to *Meloidogyne incognita*. In: Root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). Systemics, biology and control. eds. by F. Lamberti and C.E. Taylor. Academic Press, New York. 477 pp.

(Received for publication 9 January 2001; accepted 5 March 2001)