

## 고구마 뿌리혹선충 저항성 토마토 품종 스크리닝

김형환\* · 조명래 · 강택준 · 정재아 · 한유경

농촌진흥청 원예특작과학원 원예특작환경과

### Screening of Tomato Cultivars Resistant to Root-knot Nematode, *Meloidogyne incognita*

Hyeong-Hwan Kim\*, Myoung-Rae Cho, Taek-Joon Kang, Jae-A Jung and You-Kyoung Han

Horticultural Environment Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Suwon 441-440, Korea

(Received on November 9, 2010; Accepted on November 19, 2010)

Thirty-two tomato cultivars, eleven cherry tomato cultivars and eight rootstock tomato cultivars were inoculated with *Meloidogyne incognita*, to evaluate tomato cultivars for resistance against root-knot nematodes. One tomato cultivar, Homerunking was proved to be resistant while eight cultivars such as Regendsummer, Regend, Sunmyung, Pinktop, Top3, Delice, Tasha and Lilyance were moderately resistant to the root-knot nematodes. Five cherry tomato cultivars (Tenten, Desert, Redstar, Veryking and Arigatto) showed moderate resistance and one cultivar (Redcherry) was resistant to root-knot nematodes. In eight rootstock tomato cultivars, two cultivars (Bukinghae, Special) were resistant and five cultivars (B-blocking, Solution, Dongbanja and Greenpower) were moderate.

**Keywords :** Egg mass, *Meloidogyne incognita*, Resistant, Tomato cultivar

전 세계적으로 약 500여종의 식물기생성 선충이 보고 되어 있고, 뿌리혹선충(*Meloidogyne* spp.)은 78종이 분포 하는 것으로 기록되어 있으며(Jepson, 1987), 국내에서는 시설원예재배지에 서식하고 있는 뿌리혹선충으로 땅콩뿌리혹선충(*M. arenaria*), *M. cruciani*, 당근뿌리혹선충(*M. hapla*), *M. hispanica*, 고구마 뿌리혹선충(*M. incognita*), 자바니카뿌리혹선충(*M. javanica*) 등 6종이 알려져 있는데 이 중에서 땅콩뿌리혹선충, 당근뿌리혹선충, 고구마 뿌리혹선충, 자바니카뿌리혹선충 등 4종이 농업상 중요 뿌리혹선충이다(Cho 등, 2000; Kim 등, 2001).

뿌리혹선충은 국내에 재배되고 있는 과채류, 엽채류 및 화훼류 등 원예작물 전반에 걸쳐 2령충이 작물에 침입하여 기생하면 구침으로 작물의 조직을 찢어 영양분을 섭취하면서 뿌리에 혹을 형성하게 되어 양분과 수분의 이동을 저해하고, 탈취하므로 지상부의 생육이 불량해진다

(Kim, 2001). 또한 뿌리혹선충은 양분과 수분의 흡수에 의한 직접적인 피해뿐만 아니라 선충의 침입에 의해 뿌리혹 주변 세포조직이 와해되어 토양에 서식하는 각종 병원균이 침입하여 이차적으로 토양 전염성 병의 침입을 조장하기도 한다(Park 등, 1995).

우리나라는 공정육묘장의 증가로 대부분의 원예작물 재배 농가에서는 육묘를 자가 육묘하기 보다는 구입하여 사용하고 있어 육묘기에 뿌리혹선충에 의한 감염은 극히 드물어 뿌리혹선충과 접촉하게 되는 것은 정식과 더불어 시작되기 때문에 방제는 대부분 정식 전·후에 행해지고 있다. 뿌리혹선충의 방제 방법에는 담전윤환, 객토, 태양열 소독, 약제방제, 저항성 품종, 윤작, 휴경, 재배시기 조절, 길항식물과 유치작물 재배, 잔재물 소각, 담수, 기생된 작물 잔재물 제거, 접목, 유기물 토양 개선과 생물적 방제, 작물 경작 개선 등과 같이 다양한 방법들이 알려져 있다(Park 등, 1995; Kim, 2001; Kim과 Choi, 2001; Kim과 Lee, 2008). 그러나 뿌리혹선충의 종이나 race에 따라 저항성 품종에 대한 반응이 상이하기 때문에 다양한 뿌리혹선충 방제법 중에서도 효과가 높으면서 환경 친화적인

\*Corresponding author

Phone) +82-31-290-6227, Fax) +82-31-290-6259

Email) hhkim8753@korea.kr

방법은 저항성 작물을 이용한 윤작임이 보고되고 있다 (Rhoades, 1976; Kim, 2001).

따라서 뿌리혹선충과 같은 연작에 의한 토양전염성 병해충에 의한 피해가 증가하고 있음에도 불구하고 육종단계에서 토마토 품종에 대한 기본적인 자료가 미비한 것이 현실이다. 그리하여 본 연구는 국내에서 시판되고 있는 51개의 토마토 품종을 대상으로 시설원예작물 재배지의 우점종인 고구마 뿌리혹선충에 대한 저항성 품종을 스크리닝하여 재배농가와 육종전문가에게 기초 자료를 제공하기 위하여 수행하게 되었다.

## 재료 및 방법

**뿌리혹선충 증식.** 토마토 저항성 품종 및 대목 스크리닝의 포트 검정에 이용된 고구마 뿌리혹선충은 국립원예특작과학원 원예특작환경과 유리온실에서 토마토 유묘를 활용하여 증식하였다. 증식은 상토(바르크, 서울바이오)가 들어 있는 직경 16.0 cm 높이 13.5 cm 플라스틱 포트에 45~50일된 토마토(서광, 흥농) 유묘를 정식하여 40~45일 동안 뿌리혹이 형성되도록 관리하였다. 실험에 이용된 고구마 뿌리혹선충의 유충은 2세대 이후의 감염유충을 이용하였다.

**식물체 준비.** 토마토 품종은 시중에 판매되고 있는 완숙 토마토 32종, 방울토마토 11종, 대목토마토 8종을 구입하여 저항성 검정에 이용하였다. 각 품종은 원예용 32공 트레이에 각각 32립씩 파종하여 품종간 저항성 정도를 조사하였다.

**저항성 검정.** 고구마 뿌리혹선충에 대한 토마토의 저항성 품종을 스크리닝하기 위하여 온실에서 누대증식중이던 토마토 뿌리를 수거하여 깨끗이 씻어서 뿌리속의 뿌리혹선충의 알과 유충을 분리하기 위하여 개량된 sodium-hypochloride 방법(Barker 등, 1985)을 사용하였다. 분리 방법은 깨끗이 씻은 뿌리를 1 cm 간격으로 잘라서 200 ml의 1% NaOCl 용액이 들어있는 믹서기에 넣고 고속으로 1분간 회전시켰다(Kim과 Lee, 2008). 그리고 믹서기 내의 뿌리 찌꺼기, 알, 유충은 75 µm와 28 µm 체를 통시키고 28 µm 체에 걸린 알이 부화할 때까지 25°C 상온에서 보관하였다. 알이 부화하면 개량깔때기법으로 유충을 분리하여, 토마토 품종별로 유묘가 심겨져 있는 1,300 g의 사질양토가 들어 있는 직경 15 cm 높이 18 cm 플라스틱 포트에 유충(2령충)을 10,000마리 농도로 접종하였다. 고구마 뿌리혹선충 유충을 접종한 후 관행으로 물관리를 하면서 45일째 난낭수를 조사하였다. 뿌리혹선충의 난낭수 조사는 선충 접종 후 토마토 뿌리에 난낭이 형성되면 뿌

리를 깨끗하게 씻어서 Phloxin B 용액(15 mg/l)에 15분간 침지하여 염색한 후 난낭수를 조사하였다. 시험은 각 품종당 10주를 임의배치하여 처리하였다.

**저항성 평가.** 저항성 판정은 Fassuliots(1985)가 제시한 방법으로 토마토 뿌리에 형성된 고구마 뿌리혹선충의 난낭수가 가장 많은 감수성 품종과 비교하여 난낭수가 10% 이하이면 저항성(R), 11~25% 사이면 중간 저항성(M), 26% 이상이면 감수성(S)으로 판정하였다.

## 결과 및 고찰

본 시험에서는 다양한 뿌리혹선충의 방제법 중에서 고구마 뿌리혹선충에 대한 저항성 토마토 품종을 스크리닝하기 위하여 시판 및 재배되고 있는 완숙, 방울, 대목 토마토 51품종에 대하여 저항성 검정을 수행하였다. 고구마 뿌리혹선충에 대한 토마토 품종별 저항성은 뿌리 속에 침입할 수 있는 선충 2령충을 접종하여 뿌리혹과 난낭이 충분히 형성될 수 있는 45일 후 뿌리혹 속에 형성된 난낭수를 조사하여 품종간 차이를 조사하였다.

토마토 51개 품종에서 나타난 난낭수는 가장 작은 것이 주 당 3.1개(부킹하게)였고, 가장 많은 것은 326.4개(매직2)로 조사되어 품종간에 유의하게 난낭수에 차이를 보였으며 매직2가 저항성과 감수성을 결정하는 품종이었다(Table 1). 또한 51개 토마토 품종 중에서 고구마 뿌리혹선충에 저항성이 높은 것은 대목 토마토였으나, 완숙 토마토는 72%에 속하는 23품종이 감수성을 보이고 있었다(Table 1).

완숙 토마토 32 품종 중에서 매직2(Magic2)의 난낭수와 비교하여 저항성인 품종은 홈런킹(Homerunking) 한 품종이었으며 중간 저항성 품종은 레전드썸머(Regendsummer), 레전드(Regend), 선명(Sunmyung), 핑크탑(Pinktop), Top3, 델리스(Delice), 타샤(Tasha), 릴리앙스(Lilyance) 등 8 품종이었고, 로꾸산마루(Roggusanmaru), 호용(Hoyong), 마이로꾸(Myroggu), 흥도(Hongdo), 주이코102(Juikko102), 슈퍼도태랑(Superdotaerang), 도태랑레귤러(Dotaerangregular), 썬글로브(Sunglove), 썬레드(Sunred), 포세이돈(Posidon), 제우스(Jeus), 서광(Seogwang), 슈퍼킹(Superking), 레드킹(Redking), 매직2, 비타민(Vitaman), 오피라(Opiera), 라피토(Rapido), 랍소디(Rhapsody), 메디슨(Madison), TP-7, 마카레나(Macarena), 하우스챌린지(Housechallenge) 등 23 품종은 감수성을 보였다(Table 1). 그러나 현재 서광, 마이로꾸 등 대부분의 완숙 토마토가 뿌리혹선충에 저항성 품종으로 알려져 시판되고 있는 점을 감안한다면 향후 고구마 뿌리혹선충이 발생하는 시설하우스에 완숙 토마토

**Table 1.** Resistance degree of tomato cultivars to *Meloidogyne incognita* in 45 days after inoculation

Tomato Cultivars	No. of egg mass /Plant	Resistant reaction <sup>a</sup>	Tomato Cultivars	No. of egg mass /Plant	Resistant reaction <sup>a</sup>	Cherry tomato Cultivars	No. of egg mass /Plant	Resistant reaction <sup>a</sup>	Rootstock tomato Cultivars	No. of egg mass /Plant	Resistant reaction <sup>a</sup>
Roggusanmaru	156.3	S	Seogwang	226.2	S	Yoyocaptin	192.3	S	Match	186.7	S
Hoyong	149.3	S	Homerunking	25.6	R	Yoyoforseason	131.5	S	Bukinghgae	3.1	R
Myroggu	141.5	S	Superking	109.3	S	Redcherry	23.0	R	B-blocking	46.2	M
Hongdo	248.0	S	Redking	123.0	S	Tenten	34.1	M	Solution	51.2	M
Juikko102	126.7	S	Magic2	326.4	S	Choice	104.7	S	J3Bstrong	193.7	S
Superdotaerang	94.1	S	Delice	55.3	M	Sweet	161.4	S	Dongbanja	80.3	M
Regendsummer	75.0	M	Vitaman	141.7	S	Desert	69.3	M	Greenpower	34.7	M
Regend	59.3	M	Opiera	239.8	S	Akiko	119.3	S	Special	19.2	R
Dotaerangregular	281.6	S	Tasha	68.4	M	Redstar	32.7	M			
Sunglove	173.2	S	Rapido	246.1	S	Veryking	42.6	M			
Sunred	312.8	S	Lilyance	36.9	M	Arigatto	34.6	M			
Sunmyung	39.1	M	Rhapsody	152.8	S						
Pinktop	57.2	M	Madison	217.0	S						
Top3	79.0	M	TP-7	213.5	S						
Posidon	143.8	S	Macarena	139.2	S						
Jeus	91.5	S	Housechallenge	108.5	S						

<sup>a</sup>R=Resistant: <32.6 egg mass/plant, M=Moderate resistant: 33.0~81.6 egg mass/plant, S=Susceptible: > 81.6 egg mass/plant.

를 재배할 때는 홈런킹, 레전드썸머, 레전드, 선명, 핑크탑, Top3, 텔리스, 타샤, 릴리앙스를 권장해야 할 것으로 본다.

방울토마토 11 품종 중에서 매직2의 주 당 326.4개인 난당수와 비교하여 주 당 난당수가 23.0개인 레드체리(Redcherry)가 저항성 품종으로 판명되었으며, 텐텐(Tenten), 디저트(Desert), 레드스타(Redstar), 베리킹(Veryking), 아리가또(Arigatto) 등이 중간 저항성을 나타내었고, 요요캡틴(Yoyocaptin), 요요포시즌(Yoyoforseason), 초이스(Choice), 스위트(Sweet), 아끼꼬(Akiko) 등이 난당수가 81.6개 이상으로 감수성 품종으로 판명되었다(Table 1).

8개의 대목 토마토에서는 부킹하계(Bukinghae), 스페셜(Special)이 저항성 품종으로 판명되었으며 B-블로킹(B-blocking), 솔루션(Solution), 동반자(Dongbanja), 그린파워(Greenpower)가 등이 중간 저항성을 나타내었고, 매치(Match), J3B스트롱(J3Bstrong)이 감수성 품종으로 판명되었다(Table 1).

대목 토마토로 이용되고 있는 8개의 품종을 대상으로 고구마 뿌리혹선충에 대한 난당수를 조사한 결과 매치가 주당 186.7개, 부킹하계가 3.1개, B-블로킹이 46.2개, 솔루션이 51.2개, J3B스트롱이 193.7개, 동반자가 80.3개, 그린파워가 34.7개, 스페셜이 19.2개로 전반적으로 완숙 토마토나 방울 토마토 품종 보다 다소 난당수가 적었다(Table 1).

뿌리혹선충이 1877년 브라질의 커피나무에서 처음으로 발견된 이래 우리나라에서는 1938년에 당근뿌리혹선충, 고구마 뿌리혹선충, 땅콩뿌리혹선충, 자바니카뿌리혹선충, *M. cruciani*의 5종이 분포한다고 하였다(Choi와 Choo, 1978). 국내에 뿌리혹선충이 보고된 이후 다양한 뿌리혹선충 관련 연구가 수행되었지만, 품종 저항성에 관한 연구는 많지 않다. 다만 Cho 등(1986)이 당근뿌리혹선충에 대한 강육토마토 등 107 품종의 저항성 정도를 조사한 결과 107 품종 중에서 저항성 품종은 없었다고 하여 토마토가 당근뿌리혹선충에 매우 감수성을 나타낸다는 것을 알 수 있다. 또한 Kim과 Lee(2001)가 땅콩뿌리혹선충에 대한 선명과 홍도 토마토 품종의 난당 형성수를 조사한 결과도 뿌리 당 280개 이상으로 감수성이 강하게 발현되었으며, 알찬과 홍영 품종은 20개 이내로 중간 정도의 저항성이었다(Kim과 Lee, 2001)고 하여 뿌리혹선충의 종에 따른 저항성 차이는 작물에 따라 다르게 나타날 수 있음을 말해주고 있다.

외국에서는 최근까지 고추, 담배, 옥수수, 콩, 토마토 등 15종 이상의 주요 농작물에서 250품종 이상의 저항성 품종들이 개발되었다(Fassuliotis, 1979). 또한 뿌리혹선충 저항성 유전자인 *Mi gene*에 대하여 여러 가지 연구가 수행

되어 단일 우성으로 유전되는 *Mi gene*에 대하여 지속적인 연구가 진행되고 있으며 이 유전자는 토양의 온도에 따라 저항성 반응이 달라지는 특징이 있다고 하였다(Dropkin, 1969).

우리나라는 1970대 비닐하우스가 보급된 이래 재배기술의 발달과 재배 작물의 다양화 및 연작으로 인해 시설 재배지대의 약 54%가 뿌리혹선충에 감염되었고, 해마다 뿌리혹선충의 밀도도 증가하여 미국보다 밀도와 피해가 높을 것으로 예상되고 있다(Kim, 2001). 따라서 토마토 품종에 따라 저항성과 감수성 정도가 지속적으로 변화할 가능성이 있으므로 주기적으로 농가에서 많이 재배되고 있는 시판 품종을 대상으로 뿌리혹선충의 저항성 정도를 검정하고 보급함으로써 뿌리혹선충으로 인한 피해를 줄이는 노력이 필요할 것으로 사료된다.

## 요 약

고구마 뿌리혹선충(*Meloidogyne incognita*)에 대한 저항성 품종을 스크리닝하고자 32개 완숙 토마토 품종, 11개 방울 토마토 품종 및 8개 대목 토마토 품종을 대상으로 포트 검정을 통해 조사하였다. 완숙 토마토 32 품종 중에서 저항성인 품종은 홈런킹이었고, 중간 저항성 품종은 레전드썸머, 레전드, 선명, 핑크탑, Top3, 텔리스, 타샤, 릴리앙스 등 8 품종이었다. 방울 토마토 11 품종 중에서는 레드체리가 저항성 품종이었고, 텐텐, 디저트, 레드스타, 베리킹, 아리가또 등이 중간 저항성 품종이었다. 8개의 대목 토마토 품종 중에서는 부킹하계, 스페셜이 저항성 품종이었고, B-블로킹, 솔루션, 동반자, 그린파워가 등이 중간 저항성 품종이었다.

## 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 원예특작과학원에서 수행된 공동연구사업(과제번호: PJ006325200904)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## 참고문헌

- Barker, K. R., Schmitt, D. P. and Imbriani, J. L. 1985. Nematode population dynamics with emphasis on determining damage potential to crops. In: An advanced treatise on *Meloidogyne*, Vol. II, ed. by Barker, K. R., Carter, C. C. and Sasser, J. N. pp. 135-148. North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, USA.
- Cho, M. R., Na, S. Y. and Yiem, M. S. 2000. Biological control of

- Meloidogyne arenaria* by *Pasteuria penetrans*. *J. Asia-Pacific Entomol.* 3: 71-76.
- Cho, H. J., Han, S. C. and Choi, D. R. 1986. Screening peanut, pepper, cucumber, and tomato varieties for resistance to root-knot nematode, *Meloidogyne hapla*. *Res. Rept. RDA.* 28: 94-97.
- Choi, Y. E. and Choo, H. Y. 1978. A study on root-knot nematodes affecting economic crops in Korea. *Kor. J. Plant Prot.* 17: 89-98.
- Dropkin, V. H. 1969. The necrotic reaction of tomatoes and other hosts resistant to *Meloidogyne*: Reversal by temperature. *Phytopathology* 59: 1632-1637.
- Fassuliotis, G. 1985. The role of nematologist in the development of resistance cultivars. An advanced treatise on *Meloidogyne*. Vol. I: Biology and control edited by Sasser, J. N. and Carter, C. C., pp. 234-240.
- Jepson, S. B. 1987. Identification of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). CAB International, Wallingford, Oxon, United Kingdom. 265 pp.
- Kim, D. G. 2001. Occurrence of root-knot nematodes on fruit vegetables under greenhouse conditions in Korea. *Res. Plant Dis.* 7: 69-79.
- Kim, D. G. and Choi, S. K. 2001. Effects of incorporation method of nematicides on reproduction of *Meloidogyne arenaria*. *Korean J. Appl. Entomol.* 40: 89-95.
- Kim, D. G. and Lee, J. H. 2008. Economic threshold of *Meloidogyne incognita* for greenhouse grown cucumber in Korea. *Res. Plant Dis.* 14: 117-121.
- Kim, D. G., Lee, Y. K. and Park, B. Y. 2001. Root-knot nematode species distributing in greenhouses and their simple identification scheme. *Res. Plant Dis.* 7: 49-55.
- 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. J. Agric. Sci.* 37: 318-323.
- Rhoades, H. L. 1976. Effects of *Indigofera hirsuta* on *Belonolaimus longicaudatus*, *Meloidogyne incognita*, and *M. javanica* and subsequent crop yield. *Plant Dis. Rep.* 60: 384-386.