

꽃마름병 저항성 토마토 품종 선발

한유경* · 민지선 · 박종한 · 한경숙 · 김대현 · 이종섭 · 김형환

국립원예특작과학원 원예특작환경과

Screening of Tomato Cultivars Resistant to Bacterial Wilts

You-kyoung Han*, Ji-seon Min, Jong-han Park, Kyung-sook Han, Dae-hyun Kim,
Jung-sup Lee and Hyeong-hwan Kim

Horticultural & Herbal Crop Environment Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science,
RDA, Suwon 441-744, Korea

(Received on November 10, 2009; Accepted on December 8, 2009)

Bacterial wilts, caused by *Ralstonia solanacearum*, is a very destructive disease to tomato plants (*Solanum lycopersicum*) in Korea. Selection of resistant cultivar is the best way to prevent or reduce the occurrence of this disease. Thirty-nine tomato cultivars, twenty-one cherry tomato cultivars and thirteen rootstock tomato cultivars were inoculated with *Ralstonia solanacearum*, to evaluate tomato cultivars for resistance against bacterial wilts. Thirty-seven cultivars were highly susceptible to bacterial wilts and 61-100% of their whole tissue became wilted within 10 days after inoculation. Twenty-four cultivars showed moderate resistance and twelve were resistant to bacterial wilts. In an evaluation of 73 major commercial cultivars, 'Lilyance', 'TP-7', 'Choice', 'Dadaki', 'Akiko', 'Redstar', 'Match', 'B-blocking', 'Magnet', 'Support', 'Friend' and 'Special' were found to have a high level of resistance to bacterial wilts of tomatoes.

Keywords : Baterial wilt, *Ralstonia solanacearum*, Resistant, Tomato

가지과(Solanaceae)에 속하는 토마토(*Lycopersicon esculentum*)는 라이코펜, β-카로틴 등의 항암·항산화물질이 다량 함유되어 있어 소비자들에게 건강식품으로 인식되면서 재배 면적 및 생산량이 계속 증가하는 추세이다. 이런 증가추세에 따라 토마토 재배 포장에서 발생하는 병해의 종류도 다양해지고 있다. 그중 꽃마름병을 일으키는 *Ralstonia solanacearum*은 간균으로 극생편모를 가지고 있고 토마토뿐만 아니라 고추, 감자 등의 가지과 작물을 포함한 50과 200여종이 넘는 기주에 시들음 증상을 일으키는 주요 병원균이다(Hayward, 1991). 꽃마름병이 발생한 포장에서 발병주의 피해 증상을 보면 잎이 시들고 도관부에 갈변현상이 일어나고 결국 식물체가 고사한다(농촌진흥청, 2000).

시설재배에 따른 연작으로 많은 농가에서 꽃마름병에 의한 피해를 겪고 있으며, 이를 해결하기 위해 비기주 작

물을 재배하거나 저항성 품종을 재배하는 것이 가장 기본적인 방제법으로 알려져 있다. 토마토의 경우 저항성 대목을 이용한 접목묘를 이용하여 예방적 차원에 방제를 실시하고 있으나 대목품종에서도 꽃마름병이 발생이 되고 있어 전적으로 피해를 막을 수는 없다. 이에 본 연구는 토마토 꽃마름병의 경종적 방제를 위하여 국내에서 재배되고 있는 품종들에 대한 저항성 품종을 선발하고자 수행되었다.

재료 및 방법

병원균 준비. 토마토 꽃마름병 균주는 2007년에 토마토 이병주로부터 분리하였다. 병원균 분리는 갈변된 지체 부로부터 조직을 잘라내어 1% 차아염소산나트륨으로 표면 살균을 한 후 멸균수로 2회 씻어준 후 살균된 조직을 멸균수가 들어있는 tube에 넣고 vortexing 후 현탁액을 Luria-Bertani(LB) 배지에 도말하여 30°C에서 배양하였다. 배양된 배지에서 단일 colony를 순수 분리하여 꽃마름병 판별배지인 2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride(TTC) 배지

*Corresponding author

Phone) +82-31-290-6232, Fax) +82-31-290-6259

Email) ykhan@rda.go.kr

Table 1. Response of tomato cultivars to *Ralstonia solanacearum* 10 days after inoculation

Tomato		Tomato		Cherry tomato		Rootstock tomato	
Cultivar	Resistant reaction ^a	Cultivar	Resistant reaction ^a	Cultivar	Resistant reaction ^a	Cultivar	Resistant reaction ^a
Roggusanmaru	M	Redking	M	DRC310	M	Match	R
Hoyong	S	Nahnta	S	kissggool	M	Bukinghgae	M
Myroggu	M	Magic2	S	Songalsongal	S	B-blocking	R
Seogeon	S	Delice	S	Redyoyo	S	Solution	M
Juikko102	S	Lovely230	M	Yoyocaptin	M	J3Bstrong	M
Superdotaerang	S	Vitaman	M	Yoyoforseason	M	Magnet	R
Regendsummer	S	Opiera	S	Lycopene-9	M	Support	R
Regend	S	Tasha	S	Smile	S	Dongbanja	S
Dotaerangregular	S	Rapido	S	Redcherry	S	Youngmuja	S
Sunglove	S	Matrix	S	Tenten	M	Freinds	R
Sunred	M	Lilyance	R	Choice	R	Greenpower	M
Sunmyung	M	DRK2068	S	Sweet	M	Special	R
Pinktop	S	Rhapsody	S	Desert	S	SO-01393	S
Charming	M	Madison	S	Dadaki	R		
Top3	S	TP-7	R	Akiko	R		
Posidon	S	Macarena	S	Naver	M		
Jeus	S	Seogwang102	M	Redstar	R		
Seogwang	S	Housechallenge	S	Veryking	M		
Homerunking	S			Girin	S		
Superking	S			Arigatto	S		
Hiking	M			Goldenbell	M		

^aR=Resistant: 0~20%, M=Moderate resistant: 21~50%, S=Susceptible: 51~100%.

(Kelman, 1954)에서 배양하였다. 분리된 꽃마름병 균주 (07-086)는 LB배지에 48 h 배양하여 한 후 20% glycerol에 현탁하여 -70°C에 보관하면서 접종시 사용하였다.

식물체 준비. 농자재상에서 판매되고 있는 완숙 토마토 39품종, 방울 토마토 21종, 대목 토마토 13종(Table 1)을 구입하여 토마토 꽃마름병 저항성 검정에 사용하였다. 각 품종에 종자는 원예용 32공 트레이에 파종하였다. 이 중 20립은 병원균 접종에 사용하고 10립은 병원균 무처리구로 사용하였다.

저항성 검정. 토마토 이병주로부터 분리한 꽃마름병원균 07-086을 LB 고체배지에 2일간 배양하였다. 배양된 single colony를 LB 액체배지에 다시 2일간 배양한 후 살균수로 1×10^6 cfu/ml의 농도로 희석한 후 병원성 검정에 사용하였다. 토마토 유묘는 원예용 상토에 파종하였다. 25°C에서 2주간 키운 본엽 2엽기 유묘를 병원성 검정에 사용하였다. 접종방법은 무상처리관주, 뿌리를 절단하여 상처를 주고 병원균을 관주하는 단근관주, 뿌리에 상처를 주고 배양된 병원균에 10분간 침지하는 단근침지법을 사

용하였다. 병원균 접종 후 유묘는 32공 트레이에 정식하였다. 병원균 무처리구는 단근 후 증류수에 10분간 침지한 후 32공 트레이에 정식하였다. 접종된 토마토 식물체는 28~30°C의 유리온실에 보관하면서 발병을 유도하였다. 접종 5일 후부터 발병주율을 조사하였다.

저항성 평가. 접종 후 토마토 식물체가 시드는 발병주율을 조사하였으며, 최종적으로 접종 14일 후 토마토의 이병주율(%)을 (이병주수/처리주수)×100으로 산출하였다. 토마토 품종에 대한 꽃마름병 저항성 평가는 이병주율(%)을 기준으로 하였으며, 저항성(R): 0~20%, 중도저항성(M): 21~50%, 감수성(S): 51% 이상의 3단계(Table 1)로 평가하였다.

결과 및 고찰

꽃마름병 저항성 토마토 품종을 선발하기 위해 국내에서 시판, 재배되고 있는 완숙, 방울, 대목 토마토 73품종에 대하여 저항성 검정을 수행하였다. 접종방법에 따른

저항성 정도의 차이를 보기 위해서 무상처관주, 단근관주, 단근침지법을 이용하여 병원균을 접종하였다. 토마토 세균 접종 5일 후부터 병이 발생되기 시작하였으며, 5일 후부터 모든 처리구에서 병이 발생되었다. 접종방법에 따라 최초 병발생일과 병 진전속도가 다르게 나타났다. 단근관주법과 단근침지법에서 먼저 병이 발생되었으며, 단근관주법에서 병 발생 속도가 빠르게 진전되었다. 상처를 주지 않은 것에 비해 상처를 주는 것이 병이 더 많이 발생되었으며, 발병속도도 빠르게 나타났다(데이터 미포함). 처리한 접종 방법 중 단근침지법이 병접종 후 병발생이 빠르고, 병원균이 식물체 내에 고르게 흡수되는 점을 감안하여 단근침지법을 저항성 검정에 사용하였다. 풋마름병은 토양전염성 병이기 때문에 트레이 내에 수분이 마르지 않도록 조절을 하였다. 온실내 온도는 28~30°C의 온도를 유지하며 발병을 유도하였고 병접종 5일 후부터 발병주율을 조사하였다.

시판중인 토마토 품종의 풋마름병 감수성을 비교한 결과(Table 1) 대목토마토에서 저항성품종이 가장 많이 나타났다. 결과적으로 완숙토마토 중 2품종, 방울토마토 중 4품종, 대목토마토 중 6품종이 풋마름병에 대해 저항성을 보이는 것을 알 수 있었다(Table 2). 저항성 검정시 식물체의 증상을 보면 신초부분을 시작으로 윗부분부터 시들다가, 결국 전체적으로 고사하였다(Fig. 1). 이는 뿌리부터 병원균이 침입한 후, 세균에 증식하여 도관부를 막아

뿌리에서 흡수되는 양분이나 수분의 공급이 원활히 이루어지지 않는 결과라고 볼 수 있겠다. 완숙 토마토에서는 릴리앙스, TP-7이 저항성을 나타냈고, 농가에서 일반적으로 재배되고 있는 슈퍼도태랑, 호용등은 병발생률이 굉장히 높아 감수성 품종으로 분류되었다(Fig. 1). 또한 농가에서 많이 재배되고 있는 마이로꾸의 경우 시판품종 포장 용지 뒷면에 시들음병, 반쪽시들음병, TMV, 잎곰팡이 등에 저항성이며 고구마 뿌리혹선충, 청고병에 내병성으로 알려져 있지만, 저항성 검정 결과 중도 저항성으로 판명되었다.

방울토마토의 경우 초이스, 다다기, 아끼꼬, 레드스타에서 저항성을 보였다. 남부지방의 반축성 재배에 많이 이용되는 방울토마토 품종 중 일명 꼬꼬라고 불리는 텐텐은 풋마름병, 시들음병, 뿌리혹선충에 저항성을 보인다고 알려져 있지만, 풋마름병에 대해서는 중도저항성의 결과를 보였다(Fig. 1).

대목토마토의 경우 매치, B-블로킹, 마그네트, 써포트, 프렌즈, 스페셜 품종에서 저항성을 나타냈다(Fig. 1). 이 여섯품종은 풋마름병에 대해 저항성을 보인다고 알려져 있으며, 저항성 검정결과와 일치함을 알 수 있었다. 특히 B-블로킹과 프렌즈 품종에서 거의 발병이 되지 않음을 볼 수 있었다. 또한 위 대목 토마토의 경우 풋마름병에 대해 저항성을 보일 뿐만 아니라 대부분 *Fusarium oxysporum*에 의한 시들음병에도 고도의 내병성을 가지고 있다고 알려져 있다. 그러나, 풋마름병에 저항성을 가지고 있다고 알려진 J3B-스트롱과 부킹하계는 중도저항성을 보였으며, 풋마름병에 강하다고 알려진 영무자(가게무샤), 동반자는 감수성으로 확인되었다. 이러한 결과는 이들 품종이 초기에는 풋마름병에 대해 저항성을 보이다가 병원균이 개발된 품종에 맞게 돌연변이를 일으켜 다시 병원성을 획득함에 따라 나타난 결과로 생각되어진다.

특히 농가에서 많이 재배되고 있는 완숙토마토인 슈퍼도태랑, 방울토마토인 텐텐, 대목 토마토 품종인 J3B스트롱, 영무자 등은 풋마름병에 대해 감수성을 보이고 있어, 경종적 방제 차원에서 이들 품종을 대체할 만한 품종을 재선발하거나 품종 육성이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

감자의 경우 풋마름병을 방제하기 위하여 경종적 방법으로 가지과 이외의 작물을 돌려짓기를 하거나 화학적 방제로 클로로피크린, PCNB, 밧사미드 등의 토양소독제를 이용하여 방제를 하고 있지만 그 효과가 미흡한 것으로 알려져 있다(조 등, 2009; Kim 등, 2005). 감자 뿐만 아니라 국내 토마토 재배시에도 약제나 재배법에 따른 방제법이 전무후무한 상태이다. 따라서, 현재 국내에서 저항성 품종 육성을 위하여 해외 유전자원으로부터 저항성

Table 2. Bacterial wilt resistance of tomato which has been used in domestic cultivar breeding

Varietal kind	Total test number	Resistant cultivar	Response ^a
Tomato	39	2 including Lilyance	wilt
Cherry tomato	21	4 including Choice	wilt
Rootstock tomato	13	6 including Match	wilt

^aThe test used nursery stage in greenhouse.

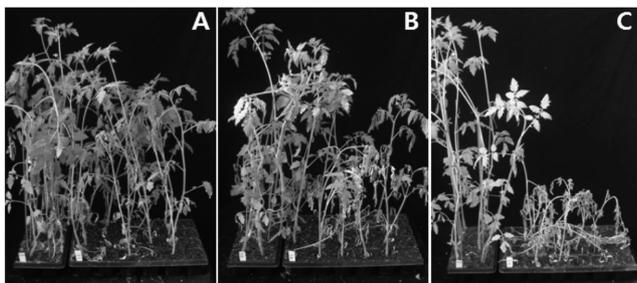


Fig. 1. Symptoms of Bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* on tomatoes. A, Resistant cultivar (B-blocking); B, Moderate resistant cultivar (Tenten); C, Susceptibility cultivar (Superdotaerang); Left (non-inoculated); Right (inoculated).

유전인자를 도입하기 위해 분자표지 마커 등을 이용한 품종 육성 연구들이 많이 이루어지고 있다.

해외에서도 꽃마름병 저항성 품종 개발 뿐만 아니라 AFLP를 이용해 감수성과 저항성 품종 사이에 특이적으로 발현되는 유전자를 이용해 병저항성 마커를 개발하는 연구를 수행하고 있다(Miao 등, 2009). 또한 Afroz 등(2009)은 2-DE를 이용한 저항성과 감수성 토마토 품종간의 단백질 발현 차이에 따른 병저항성과 관련 메카니즘을 밝히는 일이 진행중에 있다. 여기서 chaperonin, apical membrane antigen 등의 단백질이 저항성 품종에서 많이 발현된다고 보고하였다. 이런 병저항성 관련 마커들을 분자 육종등에 도입하는 일도 앞으로 연구가 되어야 할 것으로 보이며, 병저항성 관련 마커들을 이용한 품종 육성은 포장에서의 저항성 검정과 동시에 이루어져야 할 것이다.

국내 시판품종 포장표지에 보면 저항성 여부가 표시되어 있지만, 시설내 재배조건이 다르고, 토양환경 등 병원균의 품종에 대한 토착화에 따라 병저항성이 다르게 나타나고 있다. 따라서 주기적으로 시판품종에 대한 저항성 검정에 따른 꽃마름병 품종 선발이 이루어져야 할 것으로 사료된다. 또한 본 연구에서 저항성 검정을 통해 선발된 저항성 12품종은 농가 재배시 품종 선택에 기초적인 자료로 활용될 수 있으며, 추후 포장에서 평가가 이루어져야 될 것으로 판단된다.

요 약

국내에서 *Ralstonia solanacearum*에 의한 꽃마름병은 토마토 재배에 심각한 피해를 주고 있다. 이에 꽃마름병 발생의 감소와 방제를 위해서는 저항성 품종이 최선의 해결책으로 대두되고 있다. 따라서, 저항성으로 개발된 품종이 꽃마름병 방제에 사용되어 지고 있다. 국내에서 시판되고 있는 완숙토마토 39품종, 방울토마토 21품종, 대목토마토 13품종에 대하여 저항성 품종을 선별하기 위해

*Ralstonia solanacearum*을 이용하여 저항성 검정을 실시하였다. 그중 37품종이 61-100%의 발병율로 감수성임을 알 수 있었고, 접종 10일안에 대부분 시들다가 고사되었다. 또한 24품종은 중도 저항성, 12품종은 꽃마름병에 대해 저항성품종으로 확인되었다. 시판되는 73품종중 릴리양스, TP-7, 초이스, 다다끼, 아끼꼬, 레드스타, 매치, B-blocking, 마그넷, 써포트, 프렌즈, 스페셜 품종이 꽃마름병에 대해 높은 저항성을 나타내었다.

참고문헌

- Afroz, A., Khan, M. R., Ahsan, N. and Komatsu, S. 2009. Comparative proteomic analysis of bacterial wilt susceptible and resistant tomato cultivars. *Peptides*. 30: 1600-1607.
- 조지홍, 원홍식, 조광수, 안원경, 박영은, 김점순, 김현준, 조현묵. 2009. 감자 꽃마름병 저항성 유전자원 선발 및 RAPD를 이용한 유전적 다양성 분석. *원예과학기술지*. 27: 441-447.
- Hayward, A. C. 1991. Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. *Annu. Rev. Phytopathol.* 29: 65-87.
- Kelman, A. 1954. The relationship of pathogenicity in *Pseudomonas solanacearum* to colony appearance on a tetrazolium medium. *Phytopathology* 44: 693-695.
- Kim, H., Moon, J. S., Hong, Y. J., Kim, M. S. and Cho, H. M. 2005. Bacterial wilt resistance in the progenies of the fusion hybrids between haploid of potato and *Solanum commersonii*. *Amer J. Potato Res.* 82: 129-137.
- McGarvey, J. A., Denny, T. P. and Schell, M. A. 1999. Spatial-temporal and quantitative analysis of growth and EPS I production by *Ralstonia solanacearum* in resistant and susceptible tomato cultivars. *Phytopathology* 89: 1233-1239.
- Miao, L., Shou, S., Cai, J., Jiang, F., Zhu, Z. and Li, H. 2009. Identification of two AFLP markers linked to bacterial wilt resistance in tomato and conversion to SCAR markers. *Mol Biol Rep.* 36: 479-486.
- 농촌진흥청. 2000. 채소병해충 진단과 방제. 72 pp.