

토마토반점위조바이러스에 대한 토마토 품종의 생물적 내병성 평가

Evaluation of *Tomato spotted wilt virus*-GT Tolerance in Tomato Cultivars

최국선* · 최승국 · 조인숙 · 권선정 · 윤주연 · 김장훈

농촌진흥청 국립원예특작과학원 원예특작환경과

*Corresponding author

Tel: +82-63-238-6320

Fax: +82-63-238-6305

E-mail: choigs@korea.kr

Gug-Seoun Choi*, Seung-Kook Choi, In-Sook Cho, Sun-Jung Kwon, Ju-Yeon Yoon, and Chang-Hun Kim

Horticulture and Herbal Crop Environmental Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

Received June 20, 2016

Revised July 11, 2016

Accepted July 20, 2016

Tomato spotted wilt virus (TSWV) is one of the most destructive viruses in tomato plant. TSWV-GT from the leaves of tomato plant showing top wilt symptom in 2015 was used to screen the tolerance in tomato cultivars. Among 51 cultivars commercially available in Korea, 'TY Smartsama' and 'Marnolia' showed tolerance to the virus in bioassay. Three cvs. 'Titichal', 'TY Sensq', and 'Venekia' were moderate tolerance.

Keywords: Cultivar, Tolerance, Tomato, *Tomato spotted wilt virus*

우리나라에서 토마토(*Lycopersicon esculentum*)에 발생하는 바이러스는 최근 황화잎말림병으로 잘 알려진 *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV)를 포함하여 10종의 바이러스가 보고되었다(Ji 등, 2008; Kwak 등, 2008). 이들 바이러스 가운데 토마토반점위조바이러스(*Tomato spotted wilt virus*, TSWV)는 *Bunyaviridae*과 *Tospovirus*속으로 분류되며, 900여 종의 작물과 잡초에 발생하는 기주 범위가 넓은 바이러스로 알려져 있다(Boiteux 등, 1993; Cho 등, 2005, 2009; van Zijl 등, 1986).

국내에서는 파프리카에서 TSWV 발생이 처음 보고된(Kim 등, 2004) 이후, 고추를 포함한 다양한 식물에서 발생이 확인되었다(Cho 등, 2010). 특히, 2015년도에는 인천광역시 강화군을 포함한 서해안 지역에서 재배하고 있는 토마토와 고추에 TSWV가 발생하여 심한 피해를 주었다. 이 바이러스에 감염된 토마토 식물체는 전체가 위축, 선단 부위 잎은 시

들음 또는 괴사, 과일은 불규칙한 원형 반점이 형성되면서 품종 고유의 과피 색이 발현되지 않아 결국은 상품성을 잃게 된다. TSWV는 즙액전염이 가능하지만, 주로 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis*)에 의해 영속전염으로 전파된다(Whitefield 등, 2005). 국내에서는 담배가루이가 옮기는 TYLCV에 대한 내병성 토마토 품종이 외국에서 도입되어 일부 재배되고 있지만, TSWV에 대한 국내 시판품종의 내병성 또는 저항성 정보는 아직 없다. 따라서 본 연구에서는 국내에서 재배되고 있는 토마토 시판 품종을 대상으로 TSWV에 내병성 여부를 평가하여 내병성 품종의 재배 및 육성의 기초자료를 제공하고자 실시하였다.

2015년 5월 하순 인천광역시 강화군 토마토 및 고추 재배 농가에서 생육초기 단계에서 작물이 위축되고 선단 부위의 시들음 병징이 대발생하였다. 이들 병징이 나타난 25개 토마토 감염주로부터 잎을 채취하고 TSWV의 특이적 프라이머를 이용하여 RT-PCR로 검정한 결과, 예상한 777 bp의 DNA 합성산물들이 전기영동 겔에서 모두 확

Research in Plant Disease

pISSN 1598-2262, eISSN 2233-9191

www.online-rpd.org

©The Korean Society of Plant Pathology

©This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

인되었다. 사용한 TSWV-777-For 프라이머의 염기배열은 5'-ATGTCTAAGGTTAAGCTCAC-3', TSWV-777-Rev 프라이머는 5'-TCAAGCAAGTTCTGCGAGTT-3'이었다. RT-PCR 조건은 45°C→94°C 2분→40회(94°C 30초→55°C 30초→72°C 1분)→72°C 10분이었다. RT-PCR에서 TSWV의 감염이 확인된 5개의 시료를 고추 품종 '청양' 및 파프리카 품종 '골드플러스'에 즙액 접종한 결과, 상업에 황화 모자이크 및 기형 등 모두 유사한 병징이 발현되었으며, 이들 중 한 분리주를 TSWV-GT로 명명하였다. 이 분리주를 *Nicotiana rustica*에 증식하여 온실에서 보존하면서 토마토 품종의 내병성 검정을 위한 접종원으로 사용하였다.

토마토 시판품종 51개를 대상으로 TSWV-GT에 대한 저항성은 유묘 검정과 성체 검정으로 각각 평가하였다. 1차 유묘 검정에서는 품종별로 10개체를 사용하였고, 본엽이 2-3개 전개된 묘의 잎에 600 mesh 카보렌덤을 뿌리고 즙액 접종을 하였으며, 1주 후에 다시 접종을 하였다. 접종한 식물체는 21°C±4°C가 유지되는 유리 온실에서 재배하면서 병징 발현 여부와 바이러스의 감염 여부를 RT-PCR로 검정하였다. 이 바이러스에 대하여 내병성을 검정한 토마토는 시판 51품종으로 TY 스마트사마(TY Smartsama), 티티찰(Titichal), 골드미니찰(Goldminichal), 미스꿀(Missggul), TY 센스큐(TY Sencequ), 대봉(Daebong), 미니찰(Minichal), 미니마루(Minimalu), 마놀리아(Manolia), 베네키아(Venekia), 티와이250(TY250), 핑크탑(Pinktop), 골드플러스, 그린탑, 클래식, 킹덤, 단토리, 데릴라,

토실이, 레드팡, 랜드마스터, 마스카라맵시, 만복, 마니마니, 마스카라맵시, 미니흑수, 비비안, 뷰티, 베타티니, 베테랑, 뽕포, 스마일네오, 슈퍼러브64, 슈퍼탑, 써니큐, 썬글로브, 지니오, 아랑카, 아로마20, 아로마100, 아로마220, 아마타루, 알렉산더디릭스, 엠버, 입크게45, 하왕, 큐피랑, 텐텐, 템프테이션, TY포르테, TY알토랑이었다. 유묘기의 내병성 평가에서는 검사한 개체 가운데 접종한 잎의 상업에 병징이 나타난 비율이 50% 이하인 품종들을 1차로 선발하였다. 선발한 품종은 TY 스마트사마, 티티찰, 마놀리아, TY센스큐, 대봉, 베네키아 등 6품종이었고, 마놀리아와 TY 스마트사마에서 접종 개체 모두(각각 10개체) 병징이 나타나지 않았다. 나머지 품종에서 병징 발현은 70%-100%로 나타났다.

TSWV-GT의 2차 평가는 1차에서 선발한 마놀리아 등 6품종과 대봉 등 감수성 6품종을 포함한 12품종을 비닐하우스에 정식하여 성체의 내병성 정도를 검정하였다. 본엽 4-5엽기에 TSWV-GT를 접종한 후, 온실에서 1주일 동안 식물체를 유지하고 이후 비가림 하우스에 정식하였다. 1차 저항성으로 선발한 6품종은 각각 20-25주, 감수성으로 판별된 6품종은 각각 10-15주씩 품종별로 그룹화하여 혼식하였다. 꽃노랑총채벌레가 TSWV-GT를 매개 조건을 좋게 하기 위해 감수성 품종을 혼식하였으며, 1화방이 형성될 시기에 정식한 식물체는 생육 77일까지 병징 발현 정도를 관찰하면서 내병성을 평가하였다. 내병성 정도는 종자회사에서 보편적으로 사용하고 있는 기준에 준하여 접종 품종의 식물

Table 1. Reactions on tomato cultivars inoculated mechanically with *Tomato spotted wilt virus-GT*

Fruit shape	Cultivar	No. of the plants inoculated	Symptom*		
			Leaves inoculated	Upper leaves	Stems
Cherry	TY Smartsama	25	NS (25)	sL (25)	sL (25)
	Titichal	20	NS (20)	N (3)	SN (3)
	Goldminichal	14	sL (14)	N (14)	SN (14)
	Missggul	14	sL (14)	N (14)	SN (13)
Roma	TY Sencequ	20	NS (20)	N (6)	SN (3)
	Daebong	25	sL (25)	N (25)	SN (21)
	Minichal	15	sL (15)	N (15)	SN (12)
	Minimalu	10	sL (10)	N (10)	SN (8)
Common	Manolia	23	sL (23)	sL (23)	sL (23)
	Venekia	20	NS (20)	N (4)	SN (4)
	TY250	24	sL (24)	N (19)	SN (12)
	Pinktop	15	sL (15)	N (15)	SN (10)

NS, necrotic spot; sL, symptomless; N, necrosis; SN, stem necrosis.

*Numbers of the plants showing symptoms.

체 상엽에 바이러스 증상을 발현하는 개체 수의 비율에 따라 내병성(tolerance; $R < 10\%$), 중간내병성(moderate tolerance; $10\% \leq MR \leq 30\%$), 감수성(susceptibility; $S > 30\%$)으로 판정하였다(Choi 등, 2015). 비가림 시설에서 재배한 토마토 품종의 TSWV-GT에 대한 반응 결과는 Table 1과 같다. 과일 형태가 방울형인 TY 스마트사마(TY Smartsama)와 일반형인 마놀리아(Manolia)는 접종엽에 괴사반점이 형성되었으나, 상엽과 줄기에는 병징을 보이지 않아 내병성으로 판별하였다. 방울형 티티찰(Titichal), 대추형 TY 센스큐(TY Sencequ), 일반형 베네키아(Venekia) 품종은 접종엽에는 모두 괴사 반점이 형성되었고 선단 부위에 괴사 병징이 나타난 개체는 접종 주수의 15%–30%, 나머지 식물체는 병징을 보이지 않아 중간내병성으로 판별하였다. 동일 품종에서 중간내병성이 관찰된 것은 교배 품종 F1에서 TSWV에 대한 내병성 관련 유전자가 고정되어 있지 않는 것에 기인한 것으로 판단된다. 골드미니찰(Goldminichal) 등 나머지 품종에서는 접종엽에 병징을 보이지 않았으나, 상엽에서는 괴사 반점과 더불어 줄기 괴사 병징이 79.1%–100% 발현되어서 감수성 품종으로 판별하였다. 감수성 품종을 포함하여 잎과 줄기에 괴사 병징을 발현하는 토마토 식물체에 착과한 과실은 과피의 표면에 괴사 또는 불규칙한 원형무늬가 나타나 상품성을 손실하였다. 토마토 51품종에 대한 유묘 검정과 성체 검정에서 내병성 2품종, 중간내병성 3품종, 감수성 46품종이었다(Table 2). TSWV-GT를 접종하였을 때 내병성 품종으로 판별된 TY 스마트사마와 중도 내병성 베네키아의 괴사반점 부위를 RT-PCR로 검정한 결과 777 bp의 목적 증폭산물이 검출되었다. 내병성으로 발현한 마놀리아와 TY 스마트사마, 내병성 품종인 지니오의 선단 부위 잎 조직에서 RT-PCR 증폭산물의 진하기를 조사한 결과 감수성 품종에서 더 뚜렷한 목적 DNA의 밴드가 확인되었다(data not shown). 내병성 품종은 이 바이러스의 증식을 억제하는 것으로 추론되었다. 고추에서 보고된 TSWV 저항성 유전자는 *Tsw*로 알려져 있으며, 이 유전자가 존재하는

고추의 접종엽에 국부병반이 형성되고 이후 감염 잎이 떨어지는 것으로 보고하였다(Han 등, 2011; Moury 등, 1998). 하지만 내병성을 발현하는 토마토의 접종엽에 괴사반점을 형성하였지만, 잎은 떨어지지 않았다. 따라서 우리나라에서 재배하고 있는 토마토 품종에 TSWV 내병성 품종이 존재하고 있다는 것이 이 연구에서 확인되었고 내병성 품종 육성에서 접종엽에 괴사 반점을 형성하는 개체를 내병성 후보로 우선 선별하는 것이 육종과정에 용이할 것으로 생각된다.

요 약

토마토반점위조바이러스(TSWV)는 토마토 식물체에 가장 심한 피해를 주는 바이러스들 중의 한 종이다. 2015년에 선단 부위가 고사되는 토마토 식물체의 잎에서 분리한 TSWV-GT를 토마토 품종들에 대한 내병성 검정에 활용하였다. 우리나라에서 시판되고 있는 토마토 51품종 중 'TY 스마트사마'와 '마놀리아'는 내병성, '티티찰', 'TY 센스큐' 및 '베네키아'는 중간내병성이었다.

Conflicts of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Acknowledgement

This work was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ00847203)" in Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

Boiteux, L. S., Nagata, T., Dutra, W. P. and Fonseca, M. E. N. 1993. Sources of resistance to *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) in cultivated and wild species of *Capsicum*. *Euphytica* 67: 89-94.
 Cho, J. D., Kim, J. S., Kim, J. Y., Choi, G. S. and Chung, B. N. 2009. Biological characteristics and nucleotide relationships in Korean *Tomato spotted wilt virus* isolates. *Plant Pathol. J.* 25: 26-37.
 Cho, J. D., Kim, J. S., Kim, J. Y., Kim, J. H., Lee, S. H., Choi, G. S., Kim, H. R. and Chung, B. N. 2005. Occurrence and symptoms of *Tomato spotted wilt virus* on vegetables in Korea (I). *Res. Plant Dis.* 11: 213-216. (In Korean)
 Cho, J. D., Kim, J. Y., Kim, J. S., Choi, H. S. and Choi, G. S. 2010. Oc-

Table 2. Division of tolerance tomato cultivars to TSWV-GT isolate

Virus isolate	Pathogenic tomato cultivar*		
	Tolerance	Moderate tolerance	Susceptibility
TSWV-GT	TY Smartsama Manolia	Titichal TY Sencequ Venekia	Goldminichal Minichal Pintop etc. 46 cvs.

TSWV-GT, *Tomato spotted wilt virus*-GT.

*Degree of tolerance: tolerance ($R < 10\%$ infectivity), moderate tolerance ($10\% \leq MR \leq 30\%$), susceptibility ($S > 30\%$).

- currence and symptoms of *Tomato spotted wilt virus* on egg plant, whole radish and sugar loaf in Korea. *Res. Plant Dis.* 16: 232-237. (In Korean)
- Choi, G. S., Kwon, S. J., Choi, S. K., Cho, I. S. and Yoon, J. Y. 2015. Characteristics of *Cucumber mosaic virus*-GTN and resistance evaluation of chilli pepper cultivars to two *Cucumber mosaic virus* isolates. *Res. Plant Dis.* 21: 99-102. (In Korean)
- Han, J. H., Lee, W. P., Lee, J. D., Kim, M. K., Choi, H. S. and Yoon, J. B. 2011. Symptom and resistance of cultivated and wild *Capsicum* accessions to *Tomato spotted wilt virus*. *Res. Plant Dis.* 17: 59-65. (In Korean)
- Ji, J., Oh, T. K., Lee, H. J., Kim, S. H., Rajangam, U., Kim, S. C., Kim, Y. S. and Choi, C. W. 2008. Molecular characterization of tomato infecting *Tobacco leaf curl geminivirus* isolated from Jeju island. *Res. Plant Dis.* 14: 238. (Abstract)
- Kim, J. H., Choi, G. S., Kim, J. S. and Choi, J. K. 2004. Characterization of *Tomato spotted wilt virus* from paprika in Korea. *Plant Pathol. J.* 20: 297-301.
- Kwak, H. R., Kim, M. K., Lee, G. S., Kim, C. S., Kim, M. J., Kim, J. D., Lee, S. H., Kim, J. S., Lee, S. C. and Choi, H. S. 2008. Molecular characterization of *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) isolated firstly in Korea. *Res. Plant Dis.* 14: 238. (Abstract)
- Moury, B., Selassie, G. K., Marchoux, G., Daubèze, A. M. and Palloix, A. 1998. High temperature effects on hypersensitive resistance to *Tomato spotted wilt tospovirus* (TSWV) in pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *Eur. J. Plant Pathol.* 104: 489-498.
- van Zijl, J. J. B., Bosch, S. E. and Coetzee, C. P. J. 1986. Breeding tomatoes for processing in South Africa. *Acta Hortic.* 194: 69-75.
- Whitefield, A. E., Ullman, D. E. and German, T. L. 2005. Tospovirus-thrips interactions. *Annu. Rev. Phytopathol.* 43: 459-489.