

토마토반점위조바이러스에 대한 재배 및 야생형 고추 수집종의 병징과 저항성 조사

한정헌* · 이원필 · 이준대 · 김미경¹ · 최홍수¹ · 윤재복*

(주)고추와 육종 기업부설연구소, ¹국립농업과학원

Symptom and Resistance of Cultivated and Wild *Capsicum* Accessions to Tomato Spotted Wilt Virus

Jung-Heon Han*, Won Phil Lee, Jundae Lee, Mi-Kyung Kim¹, Hong-Soo Choi¹ and Jae Bok Yoon*

Research & Development Unit, Pepper & Breeding Institute, Business Incubator, CALS, Seoul National University, Suwon 441-853, Korea

¹Agricultural Microbiology Division, National Academy of Agricultural Science, Suwon 441-707, Korea

(Received on November 22, 2010; Accepted on March 7, 2011)

One hundred *Capsicum* accessions were screened for symptomatic response and resistance to *Tomato spotted wilt virus-pb1* (TSWV-pb1). Symptom and its severity rating were checked by visual observation at 9, 12, 14, and 45 days after inoculation, respectively. Enzyme-linked immune-sorbent assay was performed all tested individuals on non-inoculated upper leaves after the third rating to indentify viral infection. Leaf curling was predominant in almost susceptible individuals of each accession. Stem necrosis was most frequent in wild species while yellowing in commercial hybrids and Korean land race cultivars. Ring spot, a typical symptom of TSWV, was rarely detected in some of a few accessions. Different levels of resistance to TSWV-pb1 were observed among the tested accessions. High level of resistance was detected in 4 commercial cultivars of Kpc-35, -36, -57, and -62, and 8 wild species of PBI-11, C00105, PBC076, PBC280, PBC426, PBC495, PBC537, and PI201238 through seedling test by mechanical inoculation.

Keywords : Chili pepper, Resistance, Tomato, *Tomato spotted wilt virus*

토마토반점위조바이러스(*Tomato spotted wilt virus*; TSWV)는 *Bunyaviridae*과 *Tospovirus*속으로 분류되는 구형 바이러스로 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis*)에 의해 주로 전파된다(Whitfield 등, 2005). 1919년에 호주의 토마토에서 처음 발생한 이후 TSWV는 하와이, 브라질, 유럽의 여러 국가, 남아프리카공화국 등에서 보고되었으며(조 등, 2005), 국내에서는 2003년에 충남 예산 신안면 파프리카 재배 농가에서 최초로 발생하였다(Choi 등, 2010). 이후 강원도 지역을 포함한 총 23개 지역에서 발생하였고, 고추와 토마토뿐만 아니라 국화, 콩 등에도 감염하여 지속적으로 관찰해야 할 주요 바이러스로 인식

되고 있다(Choi 등, 2010). 우리나라에 발생하는 TSWV는 식물 종류별, 발생 지역별 병원성 분화가 일어나는 것으로 확인되어 각 작물 별 저항성 유전자원 확보가 매우 중요한 것으로 보고되었다(조 등, 2009).

한편, 국내에서는 TSWV 발생현황과 바이러스에 대한 특성 연구가 주로 보고 되었으나 외국에서는 TSWV 저항성 연구가 활발하게 수행되었다. *Capsicum chinense* PI159236과 PI152225에서는 단일 우성 유전자인 *Tsw*이 보고되었으며, 이와 연관 분자 표지도 개발되어 실제 상업 육종에 이용되고 있다(Boiteux와 Avila, 1994; Boiteux, 1995). 비록 *Tsw* 유전자가 도입된 상용 파프리카가 판매되고 있지만, 1992년부터 브라질(Boiteux와 Nagata, 1992), 루이지아나(Hobbs 등, 1994), 이탈리아(Roggero 등, 2002), 스페인(Margaria 등, 2004), 호주(Sharman와 Persley, 2006)에서는 *Tsw* 저항성을 극복하는 새로운 TSWV 계통이 보

*Corresponding author

Phone) +82-31-296-5797, Fax) +82-31-296-5794

Email) jungheon1@hanmail.net and yoonjb2@snu.ac.kr

고 되었다. 그러나 2003년에 새로운 TSWV 계통에도 저항성을 보이는 ECU-973이라는 새로운 고추 계통이 *chinese* 수집종에서 발견되었고(Cebolla-Cornejo 등, 2003), 이후 관련 연구가 활발히 진행되고 있다. 반면에, 국내에서는 안양의 TSWV가 상습적으로 발생하였던 지역에서 토양 소독에 의한 TSWV 방제 효과가 85.3%로 매우 효과적인 것으로 보고되었으나(Kim 등, 2009), 고추의 TSWV 저항성 연구는 부족하여 TSWV 저항성 상용 고추 육성을 위한 현황 파악에 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 국내 시판 고추품종의 TSWV 저항성 조사를 통해 TSWV 피해 가능성을 분석하고, 국내 TSWV 분리주(TSWV-pb1)에 대한 수집 유전자원의 저항성을 평가 하였다.

재료 및 방법

검정 시료 및 바이러스 분리주. 시중에서 판매되는 상용 고추 58개 품종과 국내재래종 5종 및 37개 수집종을 저항성 검정 재료로 이용하였다. 바이러스 분리주(TSWV-pb1)는 경기도 광주 일대의 TSWV 발생 고추 포장에서 분리하였으며, *Nicotiana rustica*에 증식한 후 실험 종결 시까지 동일 종류의 담배에 계대 하면서 접종원으로 사용하였다.

바이러스 접종. TSWV-pb1 접종시 일부 *N. rustica*에서 병징이 나타나지 않는 개체가 발견되었으며 또한 ELISA 검정에서 음성반응을 보였다. 따라서 *N. rustica*에서 다중 원형반점 또는 괴저를 동반하는 심한 모자이크 증상을 나타내는 잎을 접종시료로 사용하였다. 감염 잎 1g에 1% sodium sulfite가 함유된 0.2 M 인산완충액(pH7.4)을 3 ml를 첨가하고 막자사발로 분쇄한 다음 시중에 판매되는 두루마리 화장지 4겹을 이용하여 여과하였다. 분엽이 1-2매 전개되고 있는 고추 떡잎에 Carborundum(600 mesh)을 고르게 흩어 뿌리고 유회용 붓에 여과액을 묻힌 다음 가볍게 문질러주는 방식으로 접종하였다. 접종엽은 접종 후 곧바로 수세하였고, 접종된 개체는 온도, 광, 암 조건이 각각 28°C(±3°C), 16시간, 8시간으로 설정된 조직배양실에서 재배하였다.

병징 판독 및 바이러스 검정. 접종된 개체의 병 저항성 정도는 검정 재료당 5개체씩을 우선적으로 평가한 다음 후보재료를 선발하고 재료당 20개체씩 평가하였다. 병징에 의한 저항성 정도는 접종엽의 괴사 병반 발생 유무를 우선적으로 판독하였고, 이후 바이러스에 의한 병징 발현 양상은 2주 동안 매일 조사하였다. 접종 14일 이후부터 41일까지 병징 발현 유무를 육안으로 관찰하였다.

이후 병징이 나타나지 않은 개체만을 따로 골라 플라스틱 화분에 이식하고 육안으로 병징 출현 여부를 관찰하였고, 한편으로 TSWV 진단 kit를 이용하여 효소면역항체법(ELISA)을 수행하여 바이러스 감염 유무를 최종적으로 판독하였다. 또한 ELISA 검정에서 음성반응을 보인 식물체는 큰 화분에 이식하고 2달간 유리온실에서 재배하면서 병징발현 유무를 관찰하거나 ELISA를 수행하여 바이러스 감염 유무를 재확인하였다.

실험에 사용한 ELISA 검정 절차는 다음과 같다. 1g의 잎 시료를 비닐 봉지에 넣고 hand-held homogenizer로 마쇄한 다음 0.1 M carbonate(pH 9.6) 완충액 1 ml를 첨가하고 비닐봉지의 지퍼를 닫은 후 부드럽게 비벼주었다. 잎즙액은 원심분리용 tube에 옮기고 8,000 rpm에서 5분간 원심분리 후 상층액을 1차 항체 용액에 4°C에서 8시간 동안 반응시킨 ELISA plate에 100 µl씩 첨가하고 36°C에서 3시간 동안 정치하였다. 세척액(0.05% Tween-20과 0.85% NaCl이 녹아 있는 0.01M Tris-HCl, pH7.4)으로 반응판을 3회 수세하고 200 µl의 blocking 용액(세척액+1% Bovine serum albumin(Sigma, A7080)을 첨가하고 36°C에서 40분간 정치하였다. 세척 후 항체용액(세척액+0.1% Bovine serum albumin, Alkaline phosphatase conjugate IgG)에 2시간 반응시킨 후 FAST pNPP(Sigma)을 첨가하여 발색시켰으며, 발색반응은 1시간 이후에 405 nm에서 흡광도를 측정하였다. 바이러스 감염 유무는 건전잎 시료의 흡광도 값 2배 이상을 양성으로 판독하였다.

결과 및 고찰

TSWV 병징 유형. 바이러스에 감염된 식물체에서 나타나는 병징은 감염된 바이러스의 종류를 판독하는 기준의 하나로 활용될 수 있다. 국내에서는 TSWV가 감염된 파프리카(*Capsicum annuum* var. Grossum) 잎과 과실에서 괴사반점과 기형증상이 보고되었고(Kim 등, 2004), 정식 초기 고추에서 작은 원형반점과 이후 황화, 위축, 순 고사(조 등, 2005), 전형적인 다중 원형반점, 부정형의 다중 원형반점, 국부반점(조 등, 2007) 등이 보고된 바 있다. 따라서 다중 원형반점은 고추뿐만 아니라 다양한 작물에서 TSWV가 유발하는 전형적인 병징으로 보고되어 있다. 본 연구에서는 국내에서 시판되고 있는 상용 건고추 품종, 재래종, 기타 수집종을 대상으로 TSWV-pb1에 대한 병징발현 유형을 조사하였다. 분엽 1-2매 전개된 고추의 자엽에 바이러스를 접종했을 때, 접종 9일 후부터 일부 개체의 상업에서 병징이 발현되었는데, 공시한 고추에서는 크게 엽맥퇴락, 잎 말림, 모자이크, 황화, 줄기괴사, 원

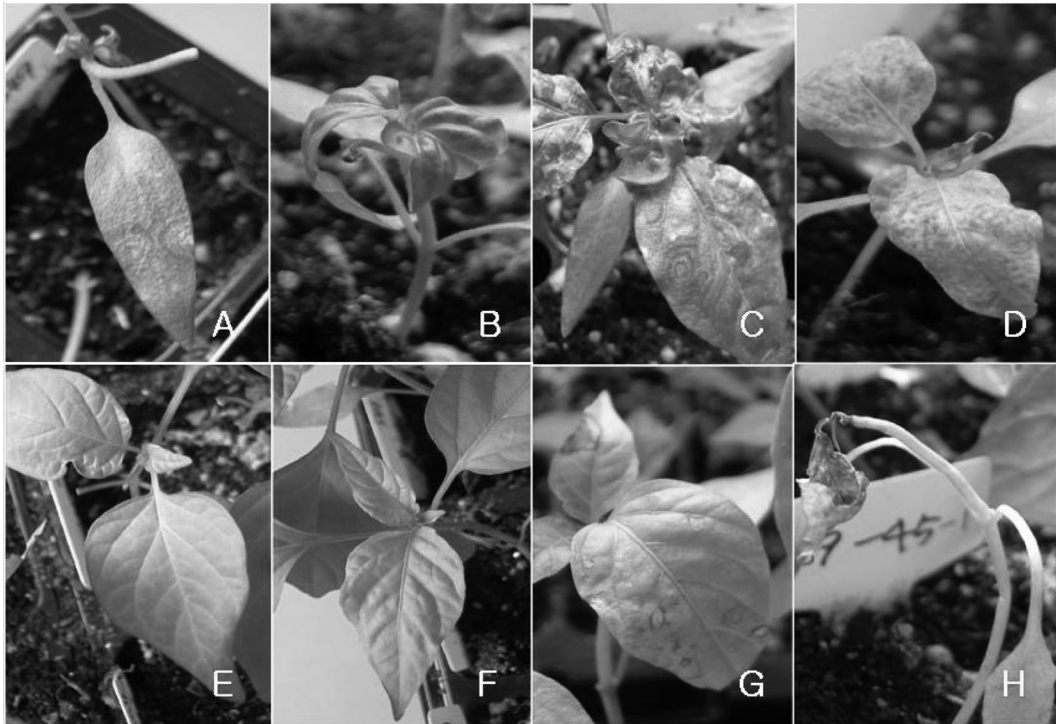


Fig. 1. Symptoms by TSWV-pb1 infection in pepper accessions were typical multiple ring-spots (A), leaf curling (B), malformation with typical multiple ring-spots (C), severe yellowish mosaic with ring spots (D), vein clearing (E), yellowing (F), systemic necrosis with necrotic ring spots (G), and bud necrosis (H). Photographs were taken at 14 days after inoculation.

형반점 병징을 관찰할 수 있었다(Fig. 1). 병징의 발현시기와 유형은 식물의 종류와 생육 시기에 따라 달리 나타났으나, 근본적으로는 TSWV-pb1과 고추의 유전적 상호작용에 의해 나타나는 것으로 알려져 있다. 잎 말림과 옆맥 퇴색 증상이 실험에 사용된 대부분의 고추에서 가장 일반적인 것과는 달리, 야생형 고추에서는 줄기괴사 증상이 빈번히 관찰되었고 원형 병징은 Kpc-1 등 6개의 일부 상용 고추 품종에서만 관찰되었다(Table 1과 2). 이는 2009년 경기도 양평지역과 충청남도 괴산지역의 고추에서 오이모자이크바이러스(CMV)에 의해 다중 원형반점이 발생했다는 보고(최 등, 2010)에서도 알 수 있듯이, 다중 원형반점 병징만으로 TSWV 감염 유무를 판단하는 것에 주의가 필요하다.

재배 및 야생형 고추의 TSWV 저항성. 2002년에서 2006년까지 수행된 연구결과에 따르면 국내 고추에서 보고된 TSWV 발병률은 상습 발생 포장을 제외하면 평균 1% 정도였다(조 등, 2007). 최근 보고에 따르면 TSWV가 거의 전국 단위(강원도를 포함한 23개 지역)로 확산하고 있음을 알 수 있다(최 등, 2010). 현재 TSWV 감염에 의한 고추의 피해 사례가 일부 지역의 특정 농가에 국한된다 할지라도 TSWV의 대 발생 가능성을 완전히 배제하

기 힘든 실정이다. 본 연구에서는 TSWV 발생 가능성을 예측하는데 필요한 기초자료로 활용하고자 국내에서 재배되고 있는 건고추를 대상으로 TSWV 저항성을 조사했으며, 아울러 TSWV-pb1 분리주에 대한 저항성 재료 탐색도 함께 실시하였다. 따라서 본 실험에서 공시한 국내 시판 고추 품종의 TSWV-pb1에 대한 저항성은 접종 후 1달 이내에 모두 감염되는 것, 감염 후 병징이 은폐되거나 회복되는 것(Kpc-13, Kpc-14, Kpc-15, Kpc-31), 병진 전 속도가 현저히 느린 것(Kpc-35, Kpc-36, Kpc-40, Kpc-41, Kpc-55, Kpc-56, Kps-57, Kps-62)으로 대별할 수 있었다(Table 1). 상용 F₁ 고추 품종임에도 불구하고 TSWV-pb1에 대하여 저항성 반응이 동일 품종 내에서도 개체별로 다르게 나타났는데, 이는 TSWV-pb1에 대하여 저항성 유전자가 완전히 고정되지 않았기 때문이며, TSWV-pb1에 저항성을 보이는 유전자가 상용고추 품종에 존재할 가능성을 의미하고 있다.

한편, 병징 진전, 지연 또는 병 회복 관련된 특성은 환경적 요인 보다는 유전 요인에 의해 더 많이 지배 받을 것으로 예상되었는데, 국내 재래종 및 야생형 고추에서는 PBC615-a, PI159266, Chilsung 고추에서만 병징 회복 현상이 관찰되었다. 특이한 것은 외형으로 구분하기 힘든

Table 1. Symptom and resistance of commercial pepper varieties to *Tomato spotted wilt virus-pb1*

Code	Symptom	Days after inoculation					Code	Symptom	Days after inoculation				
		9	12	14	21	41			9	12	14	21	41
Kpc-1	Curl, M, RS, VC, SL	0 ^a	0	3(4)	4	5	Kpc-32	VC, SL	0	0	0(3)	3	3
Kpc-2	Curl, VC	0	2	5(5)	5	-	Kpc-33	Curl, VC, RS, SL	0	0	0(0)	0	4
Kpc-3	Curl, VC, RS	0	3	4(4)	4	-	Kpc-34	VC	0	1	1(1)	1	-
Kpc-4	Curl, SL	0	0	3(5)	5	5	Kpc-35	SL	0	0	0(0)	0	-
Kpc-5	m, SL	0	0	0(2)	2	3	Kpc-36	SL	0	0	0(0)	0	-
Kpc-6	m, SL	0	0	1(3)	3	4	Kpc-37	VC	0	1	1(1)	1	-
Kpc-7	VC, TN	0	0	2(5)	5	-	Kpc-38	m	0	1	1(1)	1	-
Kpc-9	Curl	0	0	1(3)	3	4	Kpc-39	VC	0	1	1(1)	1	-
Kpc-10	Curl, Y	0	3	3(3)	3	4	Kpc-40	m, M	0	0	0(0)	0	3
Kpc-11	SL	0	0	0(2)	2	-	Kpc-41	SL	0	0	0(0)	0	4
Kpc-12	Curl, M, VC, SL, Y	0	1	3(3)	3	4	Kpc-42	M, SN, SN, D	4	3	2(4)	4	5
Kpc-13	VC	0	4	0(0)	0	-	Kpc-43	Curl, SL, VC, Y	0	1	3(3)	3	4
Kpc-14	VC	0	4	0(0)	0	-	Kpc-44	Curl	0	0	1(5)	5	-
Kpc-15	VC	0	5	0(0)	0	-	Kpc-45	Curl, RS	0	0	0(2)	2	2
Kpc-16	VC, D, SL	0	1	2(4)	4	4	Kpc-47	m, M	1	1	3(5)	5	4
Kpc-17	Curl, VC	0	3	5(5)	5	-	Kpc-48	M, SL, Y	0	0	1(5)	5	4
Kpc-18	Curl, SL	0	2	2(5)	5	5	Kpc-50	Curl, RS, C	0	0	2(4)	4	-
Kpc-19	m, SL	0	0	3(5)	5	5	Kpc-51	m, M	0	0	3(4)	4	4
Kpc-20	Curl, VC	0	2	3(5)	5	-	Kpc-52	m, M	0	1	2(2)	2	2
Kpc-21	Curl	0	0	1(1)	1	-	Kpc-53	Curl, M, Y	0	0	0(3)	3	4
Kpc-22	Curl, SL	0	1	3(4)	4	4	Kpc-54	D	0	2	2(2)	2	-
Kpc-23	M, SL	0	2	2(5)	5	-	Kpc-55	SL	0	0	0(0)	0	1
Kpc-24	M, Y	0	0	2(3)	3	-	Kpc-56	SL	0	0	0(0)	0	1
Kpc-25	m, SL, RS, Y	0	0	0(2)	2	5	Kpc-57	SL	0	0	0(0)	0	-
Kpc-26	M, SL	0	0	2(5)	5	-	Kpc-58	D	0	2	2(2)	2	-
Kpc-27	Curl	0	2	2(4)	4	-	Kpc-59	D	0	1	1(1)	1	-
Kpc-28	Curl	0	2	2(4)	4	-	Kpc-60	SL	0	0	0(0)	0	2
Kpc-30	VC, SN	0	1	1(3)	3	-	Kpc-61	VC	0	1	1(1)	1	-
Kpc-31	VC	0	5	0(0)	0	-	Kpc-62	SL	0	0	0(0)	0	-

^aThe number of infected individuals by visual observation and ELISA (parenthesis).

Five individuals per each variety were inoculated with TSWV-pb1. Virus infection was checked by visual observation at 9, 12, 14, and 41 days after inoculation (DAI), respectively. ELISA was performed for virus infection on non inoculated upper leaf at 14 DAI. Abbreviations; Curl (leaf curling), D (dead), m (mild mosaic), M (mosaic), RS (ring-spot), SL (symptomless), SN (stem necrosis), TN (tip necrosis), VC (vein clearing), Y (yellowing), and - (not tested).

PBC615-a와 PBC615-b는 동일 개체의 후대로 TSWV-pb1에 대한 반응이 달랐고, 대부분의 계통에서 저항성과 감수성으로 분리되었다(Table 2). 이것은 상용고추 품종에서도 관찰되었던 현상으로 알려지지 않은 저항성 관련 인자가 하나 이상 존재함을 의미한다고 판단된다. 따라서 본 저항성 검정 결과와 함께 앞으로 무 병징 및 ELISA 검정 시 음성반응이 나타난 PBI-11 등 9개 계통을 중심으로 병징 발현 타입이 다른 고추와 병원성이 다른 TSWV의 계통에 대하여 자세한 저항성 평가가 이루어져야 여

러 종류의 저항성 관련 유전자를 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

고추의 TSWV 저항성 평가에 영향을 주는 인자. 고추에서 보고된 TSWV 저항성 유전자는 *Capsicum chinense* PI159236과 PI152225의 *Tsw*인데, *Tsw*이 있는 고추에서는 접종엽에 국부병반이 형성되고 이후 감염잎이 떨어지는 것으로 알려져 있다(Moury 등, 1997). *Tsw*을 가진 식물체를 접종하고 32°C에서 9일 이상 유지할 경우 접종엽에 괴사반점형성 후 TSWV가 비접종 상엽으로 이동하지만,

Table 2. Symptom and resistance of wild and domestic peppers to *Tomato spotted wilt virus*-pb1

Code	Origin	Symptom	Days after inoculation					Code	Origin	Symptom	Days after inoculation				
			9	12	14	21	41				9	12	14	21	41
Jejujarae	Korea	M	0	0	1(1) ^a	1	-	PBC076	Taiwan	CS, Curl, VC	0	1	5(5)	5	-
Banweol	Korea	Curl, M, VC, SN, Y	1	4	5(5)	5	5	PBC076	Taiwan	SL	0	0	0(0)	0	-
Gosung	Korea	Curl, SN	1	1	4(3)	3	3	PBC149	India	Curl, SN	2	4	4(5)	5	4
Chilsung	Korea	Curl, SN	1	0	0(0)	0	-	PBC280	Mexico	SL	0	0	0(0)	0	-
Daewhwa	Korea	SL	0	1	5(5)	5	-	PBC354	Indonesia	Curl, SN	0	0	2(2)	2	2
PBI-1	China	Curl, VC, SN, Y	1	4	3(3)	3	4	PBC380	Indonesia	Curl, m, M	0	1	3(4)	4	4
PBI-2	China	Curl, SN	2	4	5(5)	5	-	PBC426	Taiwan	SL	0	0	0(0)	0	-
PBI-3	China	Curl, SN	1	1	3(3)	3	4	PBC495	Indonesia	SL	0	0	0(0)	0	-
PBI-4	China	Curl, m, VC, Y, CS	0	2	4(5)	5	4	PBC537	Indonesia	SL	0	0	0(0)	0	-
PBI-8	Philippines	Curl, D	0	0	3(4)	3	4	PBC602	Taiwan	Curl, SN, D	2	2	4(4)	4	4
PBI-9	Korea	Curl, SN	2	3	4(4)	4	4	PBC 615-a	Taiwan	Curl	0	3	1(1)	1	-
PBI-10	Korea	Curl, M, SN	4	5	5(5)	5	-	PBC 615-b	Taiwan	SL	0	0	0(0)	0	-
PBI-11	Korea	SL	0	0	0(0)	0	-	PI159261	Turkey	Curl	0	3	4(4)	4	4
PBI-12	Korea	Curl, M	0	2	3(3)	3	-	PI159266	Turkey	Curl, SN	4	3	5(5)	5	3
PBI-13	Korea	Curl, SN	3	5	5(5)	5	-	PI169122	Turkey	Curl, SN, D	0	2	2(3)	3	4
PBI-14	Korea	Curl	0	1	3(3)	3	-	PI178847	Mexico	Curl	0	5	5(5)	5	-
PBI-15	Korea	Curl, M	0	1	5(5)	5	-	PI201234	Mexico	Curl, SN	2	3	4(4)	4	-
C00104	Malaysia	Curl, m, M, CS	0	1	4(4)	4	-	PI201238	Mexico	SL	0	0	0(0)	0	-
C00105	Malaysia	SL	0	0	0(0)	0	-	PI260549	Peru	Curl, M, SN	0	4	3(3)	3	4
C00290	France	Curl, VC	0	2	3(4)	4	4	PI438559	USA	Curl, M, VC, Y	0	2	2(5)	5	4
C00679	Guatemala	Curl	0	0	3(3)	3	-	PI123469	India	Curl, M, VC, SN	3	3	3(4)	4	5

^aThe number of infected individuals by visual observation and ELISA (parenthesis). Five individuals per each variety were inoculated with TSWV-pb1. Virus infection was checked by visual observation at 9, 12, 14, and 41 days after inoculation (DAI), respectively. ELISA was performed for virus infection on non inoculated upper leaf at 14 DAI. Abbreviations; CS (chlorotic spot), Curl (leaf curling), D (dead), m (mild mosaic), M (mosaic), RS (ring-spot), SL (symptomless), SN (stem necrosis), VC (vein clearing), TN (tip necrosis), Y (yellowing), and - (not tested).

Table 3. Effect of inoculum concentration and growth temperature on the resistance phenotype in commercial and wild pepper accessions to *Tomato spotted wilt virus*-pb1

Code	Treatment ^a			
	Low-Low	High-Low	Low-High	High-High
Kpc-17	3/(20) ^b	17/(21)	3/(22)	11/(22)
Kpc-35	2/(20)	16/(21)	8/(21)	19/(22)
Kpc-36	9/(22)	13/(20)	5/(15)	21/(21)
Kpc-56	1/(21)	19/(21)	9/(20)	14/(22)
Kpc-62	1/(22)	17/(21)	1/(21)	13/(23)
C00105	7/(21)	15/(22)	2/(25)	10/(19)
PBC426	4/(21)	12/(19)	0/(0)	12/(19)
PBC602	1/(21)	12/(21)	1/(23)	15/(22)
PI178847	0/(21)	13/(22)	3/(23)	5/(22)
PI201238	6/(21)	9/(20)	4/(23)	12/(22)

^aInoculum was prepared from *N. rustica* infected with TSWV-pb1. Using a pestle and mortar, the infected leaves (1 g) were macerated in 3 ml/0.1 M Tris-HCl, pH7.4 supplemented 1% sodium sulfite. After filtrating the extract through four-folded clean tissue papers, the resultant was used as high concentration inoculum (g/3 ml) and diluted three times with the above same buffer for low concentration inoculum (g/9 ml). Twenty individuals per each accession inoculated with the virus were grown at different growth conditions (low temperature for day/night of 24°C/21°C and high temperature of 28°C/25°C). The left and right sides of dash (-) indicate inoculum concentration and growth temperature, respectively.

^bVirus infection was checked by sandwich ELISA at 14 days after inoculation (DAI). The left and right sides of slash (/) indicate the number of infected and tested plants, respectively.

22°C에서는 T_{sw} 에 의한 저항성이 안정하다고 한다. 또한 T_{sw} 에 의한 저항성은 T_{sw} 의 이형 접합성(heterozygosity)이나 감염 식물체의 연령에 영향을 받는다고 하며 어린 유묘에서 주로 전신 괴사 증상이 발생하는 것으로 알려져 있다(Moury 등, 1998).

이상의 보고에 기초하여 이전의 실험에서 저항성이 높은 품종과 계통을 선발하고 재배온도를 달리하여 TSWV 저항성을 조사하였으며, 아울러 접종농도에 어떤 영향을 받는지를 알아보기 위하여 두 가지 농도의 접종액으로 공시 재료를 접종하였다(Table 3). 그 결과 공시한 재료는 T_{sw} 와는 다르게 접종 후 식물체의 생육온도 변화에 영향을 덜 받았으며, 접종 농도를 높였을 때 대부분이 감염되었다. 이는 상용고추와 야생형 고추 수집종에 존재하는 저항성이 바이러스 접종농도에 의존적임을 시사한다. 고추의 TSWV의 저항성 검정을 위해서는 고농도(*N. rustica* 감염 잎을 이용할 경우 감염잎 1g 당 완충액 3ml 농도)의 접종원을 사용해야 할 것으로 생각되며, 비록, 매개충에 의한 전염과 인공 접종 농도와와의 연계성이 구명되지는 않았으나 TSWV 피해를 줄이기 위해서는 고추 육묘 시기에 매개충의 밀도가 높지 않도록 발생포장을 관리해야 할 것으로 판단된다. 아울러 TSWV 저항성을 품종 육성에 활용하기 위해 바이러스 농도와 관련된 저항성 유전자에 대한 유전학적 연구와 연관분자표지 개발이 필요할 것으로 사료된다.

요 약

토마토반점위조바이러스(*Tomato spotted wilt virus*, TSWV)에 대한 고추 유전자원 및 시판품종 등 100점의 병징 유형과 저항성 반응을 조사하였다. 병징 유형과 TSWV 감염률은 접종 후 9, 12, 14, 45일에 각각 육안으로 조사하였으며, 접종 14일에는 효소면역항체법을 이용하여 실험에 사용한 모든 개체의 비 접종 상업에서 바이러스 감염 유무를 검정하였다. 감염된 대다수의 개체에서 잎 말림 증상이 가장 빈번하게 관찰되었으며, 국내 상용 F₁ 품종과 재래종고추에서는 황화 증상이, 야생형 수집종에서 줄기괴사 증상이 특이적으로 관찰되었다. TSWV의 전형적인 병징으로 알려진 원형반점은 조사한 일부 계통에서 관찰되었고, 계통 내 개체간 바이러스 병징 발현 정도는 상이하였다. 상용 F₁ 4품종(Kpc-35, -36, -57, -62)과 야생형 고추 8계통(PBI-11, C00105, PBC076, PBC280, PBC426, PBC495, PBC537, PI201238)은 유묘기에 기계적 접종했을 때 TSWV에 대해 고도의 저항성을 보였다.

Acknowledgements

This work was supported by a grant (#20100401030103) from the Agricultural R&D 15 Agendas, Rural Development Administration, Republic of Korea.

참고문헌

- 조점덕, 김정수, 김진영, 김재현, 이신호, 최국선, 김현란, 정봉남. 2005. 채소류의 토마토 반점 위조 바이러스 발생과 병징(I). 식물병연구 11: 213-216.
- 조점덕, 김정수, 이신호, 최국선, 정봉남. 2007. 우리나라 고추 바이러스 종류, 병징 및 발생 형태. 식물병연구 13: 75-81.
- 최홍수, 이수현, 김미경, 광해련, 김정수, 조점덕, 최국선. 2010. 2009년 우리나라주요 작물 바이러스병 발생 상황. 식물병연구 16: 1-9.
- Boiteux, L. S. 1995. Allelic relationships between genes for resistance to tomato spotted wilt tospovirus in *Capsicum chinense*. *Theor. Appl. Genet.* 90: 146-149.
- Boiteux, L. S. and Nagata, T. 1992. Susceptibility of *Capsicum chinense* PI 159236 to tomato spotted wilt virus isolates in Brazil. *Plant Dis.* 77: 210.
- Boitex, L. S. and de Avila, A. C. 1994. Inheritance of a resistance specific to tomato spotted wilt tospovirus in *Capsicum chinense* 'PI 159236'. *Euphytica* 75: 139-142.
- Cebolla-Cornejo, J., Soler, S., Gomar B., Soria, M. D. and Nuez, F. 2003. Screening *Capsicum* germplasm for resistance to tomato spotted wilt virus (TSWV). *Ann. Appl. Biol.* 143: 143-152.
- 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.
- Hobbs, H. A., Black, L. L., Johnson, R. R. and Valverde, R. A. 1994. Differences in reactions among tomato spotted wilt virus isolates to three resistant *Capsicum chinense* lines. *Plant Dis.* 78: 1220.
- 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.
- Kim, J.-Y., Cho, J.-D., Kim, J.-S., Hong, S.-S., Lee, J.-G., Choi, G.-S. and Lim, J.-W. 2009. Reduction of Tomato spotted wilt virus on Table Tomatoes in Greenhouses by Soil Fumigation. *Plant Pathol. J.* 25: 151-156.
- Margaria, P., Ciuffo, M. and Turina, M. 2004. Resistance breaking strain of Tomato spotted wilt virus (Tospovirus; Bunyaviridae) on resistant pepper cultivars in Almeria, Spain. *Plant Pathol.* 53: 795.
- Moury, B., Selassie-Gebre, K., Marchoux, G., Daubeze, 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.
- Roggero, P., Masenga, V. and Tavella, L. 2002. Field isolates of Tomato spotted wilt virus overcoming resistance in pepper and their spread to other hosts in Italy. *Plant Dis.* 86: 950-954.
- Sharman, M. and Persley, D. M. 2006. Field isolates of Tomato spotted wilt virus overcoming resistance in capsicum in Australia. *Australasian Plant Pathology* 35: 123-128.
- Whitefield, A. E., Ullman, D. E. and German, T. L. 2005. Tospovirus-Thrips interactions. *Annu. Rev. Phytopathol.* 43: 1-31.