

고추약한모틀바이러스 병원형에 대한 파프리카 품종의 저항성 스크리닝

Resistance Screening to *Pepper mild mottle virus* Pathotypes in Paprika Cultivars

최국선* · 최승국 · 조인숙 · 권선정

농촌진흥청 국립원예특작과학원 원예특작환경과

***Corresponding author**

Tel: +82-31-290-6234

Fax: +82-31-290-6259

E-mail: choigs@korea.kr

Gug-Seoun Choi*, Seung-Kook Choi, In-Sook Cho and Sun-Jung Kwon

Horticulture & Herbal Environmental Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Suwon 441-440, Korea

The Paprika plant infected with *Pepper mild mottle virus* (PMMoV) do not produce commercial fruit as causing necrotic spots symptom on the fruit. Ten cultivars of paprika were analyzed to select the resistance cultivars against PMMoV pathotypes, P_{1,2} and P_{1,2,3}, using bioassay and genetic markers. L¹, L³, and L⁴ genotypes expressing resistance to the pathotypes existed in those cultivars but L² genotype did not. L⁴L⁴ in cvs. Easy and Magnifico, L⁴L³ in cvs. Scirocco and Orange glory F1, L⁴L¹ in cv. Special F1, L³L³ in cvs. Fiesta, Piero and Derby, and L³L¹ in Cupra and Mazzona F1 were identified with SCAR and CAPS markers. The resistant cvs. to the 2 pathotypes were Magnifico, Easy, Scirocco F1, Orange glory and Special F1 and the susceptible cvs. were Fiesta, Piero, Derby, Cupra and Mazzona F1. The susceptible cvs. of the absence of L⁴ genotype showed systemic infection when inoculated with PMMoV-P_{1,2,3}. However, those cvs. despite the presence of L³ genotype showed vein necrosis on the inoculated leaf and hypersensitive necrosis symptom on the upper parts when inoculated with PMMoV-P_{1,2}.

Keywords: Paprika, *Pepper mild mottle virus*, PMMoV, Resistance

Received August 5, 2014
 Revised September 23, 2014
 Accepted October 8, 2014

고추(*Capsicum* spp.)의 일종인 파프리카(*Capsicum annuum*)는 중앙아메리카가 원산지이며 품종별 과일의 다양한 색깔과 단맛이 많아 우리나라에서는 착색단고추로 일컬기도 한다. 농림축산식품부 통계자료(2012)에서 파프리카의 시설재배면적은 매년 증가 추세이고 2011년은 전국 429 ha에서 43,160톤이 생산되었으며, 강원도 137 ha와 경상남도 135 ha로 주요 재배 지역이다. 비타민 C가 풍부한 이 과일은 일본 등으로 수출되고 있고 국내에는 샐러드용으로 소비자의 선호도가 점차 증가하는 추세이다.

파프리카를 포함함 고추류에는 다양한 병해충이 발생하여 수량 감소는 물론 품질저하의 요인으로 작용하고 있다. 이들 중 고추에 바이러스는 60여종이 세계적으로 알려져 있으며 (Green과 Kim, 1991), 국내에서는 오이모자이크바이러스를 포함한 16종의 바이러스 발생이 보고되었다(The Korean Society of Plant Pathology, 2009). 이들 바이러스에 감염된 파프리카의 과실은 기형과로 변하여 상품성을 손실하게 된다. 특히 병원성이 강하고 물리적으로 안정화되어 있는 *Tobamovirus*에 속하는 고추약한모틀바이러스(*Pepper mild mottle virus*, PMMoV)에 감염되면 작업자의 접촉전염으로 작업 방향으로 신속하게 전염되고 수경 베드 또는 토양에 오염되어 다음 작기에도 발병의 가능성이 높아진다고 하였다(Choi 등, 2011). *Tobamovirus*에 대한 고추의 저항성 발현에 따라서 고추 유전자 유전형을 L¹, L²,

Research in Plant Disease

©The Korean Society of Plant Pathology
 pISSN 1598-2262, eISSN 2233-9191

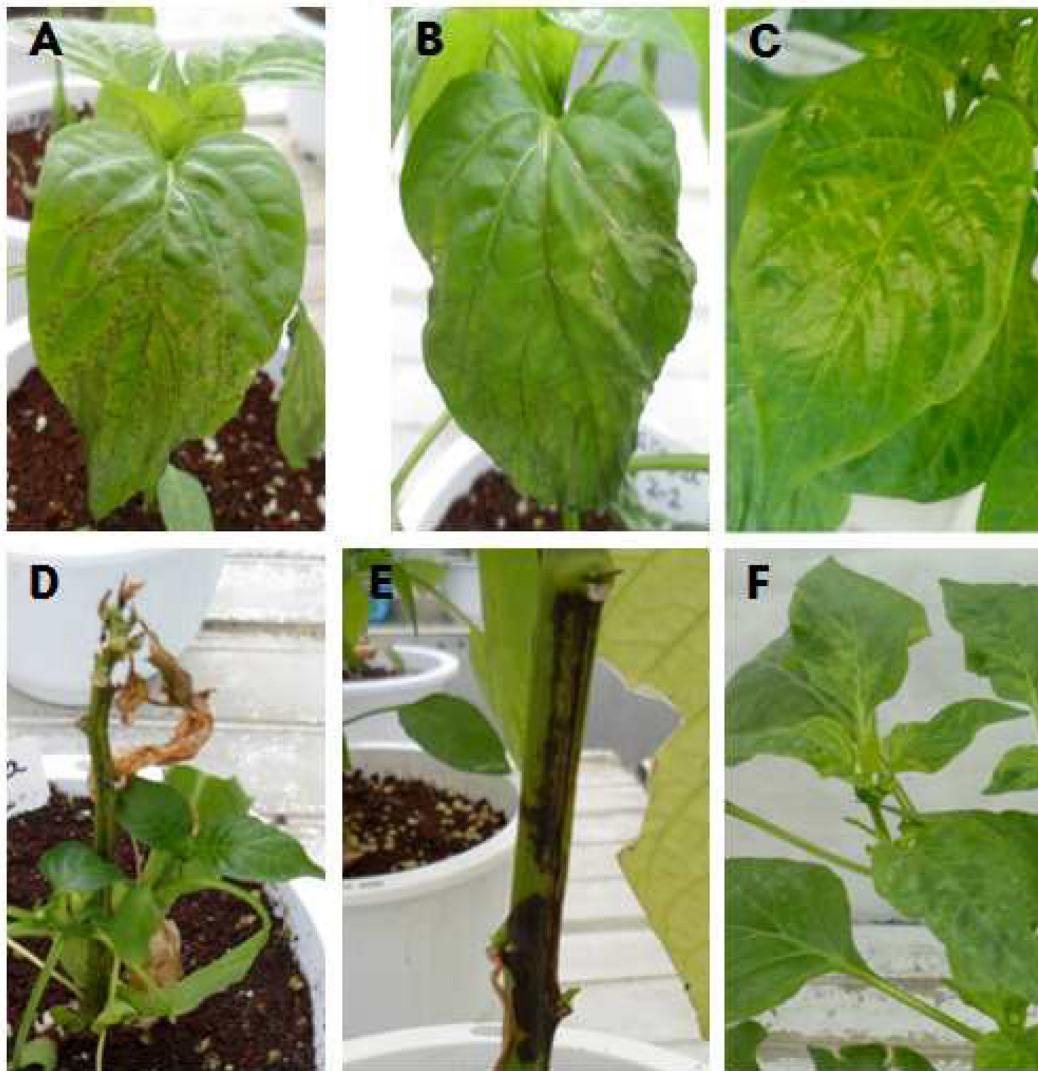


Fig. 1. Various symptoms of paprika plants inoculated mechanically with *Pepper mild mottle virus* pathotype PMMoV-P_{1,2} or -P_{1,2,3}. **A:** necrotic spots on the inoculated leaf, **B:** vein necrosis on the inoculated leaf, **C:** mottle on the upper leaf, **D:** top necrosis, **E:** stem necrosis, **F:** mosaic on the upper leaf.

L³, L⁴로 구분하였고, 이들 대립유전자에 대한 PMMoV 병원형 (pathotype)으로 P₀, P₁, P_{1,2}, P_{1,2,3}으로 구분하고 있다(Gilardi 등, 1999; Rast, 1979와 1988). 최근에는 L⁴ 유전자를 가지고 있는 고추 계통의 저항성을 무너뜨려 침입하는 새로운 병원형으로 PMMoV P_{1,2,3,4}가 보고되었다(Antignus 등, 2008). 우리나라에서는 고추에서 P_{1,2}, 파프리카 과실에 검은 반점 및 꼭지 부위에 괴사를 나타내는 식물체에서 PMMoV의 pathotype_{1,2,3}이 확인되었고, 이들 병원형을 달리하는 바이러스 분리주의 외피단백질 아미노산의 비교 분석이 이루어졌다(Choi 등, 2013).

본 연구에서는 파프리카에 발생하여 지속적인 피해를 초래하고 있는 이 바이러스병의 예방을 목적으로 2종의 PMMoV 병원형에 대한 저항성 파프리카 품종 평가를 통하여 선발된 품종은 이 바이러스로 오염된 경작지에 활용하고자 실시하였다.

PMMoV의 생물반응. 국내에서 재배되고 있는 주요 파프리카 10 품종에 대하여 PMMoV-P_{1,2} 및 -P_{1,2,3}을 본엽 출현 3-4 엽기에 접종하여 24±3°C 환경 조절 유리 온실에서 생물반응을 조사하였다. PMMoV-P_{1,2}에 접종된 ‘Magnipico’, ‘Scirocco F1’, ‘Easy’, ‘Special F1’, ‘Orange glory’의 접종엽에서만 괴사 반점이 나타났고 상업에는 감염되지 않았다(Fig. 1A). ‘Fiesta’, ‘Piero’, ‘Cupra’, ‘Mazzona F1’, ‘Derby’에서는 접종엽에는 엽맥을 따라 괴사가 발현되었고(Fig. 1B) 식물체의 상단부위 또는 줄기에 괴사 증상이 나타났다(Fig. 1D와 E). PMMoV-P_{1,2,3}에 접종된 ‘Magnipico’, ‘Scirocco F1’, ‘Easy’, ‘Special F1’, ‘Orange glory’의 접종엽과 상업의 반응은 PMMoV-P_{1,2}와 동일하였으나, ‘Fiesta’, ‘Piero’, ‘Cupra’, ‘Mazzona F1’, ‘Derby’에서는 접종엽에는 증상이 나타나지 않았고 상업에는 약한 모틀 또는 모자이크 증상이

Table 1. Biological reactions and resistance genotypes of paprika cultivars to *Pepper mild mottle virus* pathotype P_{1,2} and P_{1,2,3}

Paprika cvs.	Fruit colour	Biological reaction ^a		Resistance genotype ^b	Resistance evolution ^c
		P _{1,2}	P _{1,2,3}		
Magnipico	red	NS/-	NS/-	L ⁴ L ⁴	R
Easy	red	NS/-	NS/-	L ⁴ L ⁴	R
Scirocco F1	red	NS/-	NS/-	L ⁴ L ³	R
Orange glory	orange	NS/-	NS/-	L ⁴ L ³	R
Special F1	red	NS/-	NS/-	L ⁴ L ¹	R
Fiesta	yellow	VN/TN	-/M	L ³ L ³	S
Piero	yellow	VN/TN	-/M	L ³ L ³	S
Derby	yellow	VN/SN	-/M	L ³ L ³	S
Cupra	red	VN/TN	-/M	L ³ L ¹	S
Mazzona F1	orange	VN/SN	-/M	L ³ L ¹	S

^aInoculated leaf/upper leaf or plant stem, NS; necrotic spot, VN; veinal necrosis, TN; top necrosis, SN; stem necrosis, M; mosaic.

^bDetermination of the resistance genotypes against PMMoV-P_{1,2} and -P_{1,2,3} was conducted with SCAR and CAPS markers.

^cR; resistant, S; susceptible.

보였다(Fig. 1C와 F). 접종한 파프리카 식물체에 괴사 증상을 발현하는 PMMoV-P_{1,2}가 P_{1,2,3}보다 감수성 품종에서는 줄기 괴사와 상단부위의 순이 괴사하는 등 병징 표현 정도가 강하게 나타났다(Table 1).

파프리카 품종의 저항성 유전형. ‘Magnipico’ 등 파프리카 품종을 대상으로 주식회사 고추와 육종에서 보유하고 있는 4종의 SCAR marker와 2종의 CAPS marker를 이용하였다. *Tobamovirus*에 대한 저항성 유전형 표현은 Rast(1979와 1988)의 판별방법에 따라 분석하였다. 조사한 파프리카 품종에서 *Tobamovirus*에 대한 저항성 마커형 L¹, L³ 및 L⁴가 존재가 확인되었으나, L² 저항성 마커형은 검출이 되지 않았다. 파프리카 품종 ‘Magnipico’와 ‘Easy’는 L4L4, ‘Scirocco’와 ‘Orange glory F1’는 L⁴L³, ‘Special F1’는 L⁴L¹, ‘Fiesta’, ‘Piero’ 및 ‘Derby’는 L³L³, ‘Cupra’와 ‘Mazzona F1’는 L³L¹ 저항성 마커형을 보였다. L⁴ 동형(homozygous) 유전자를 갖고 있는 품종은 ‘Magnipico’와 ‘Easy’, L³ 동형 저항성 마커형을 갖고 있는 품종은 ‘Fiesta’, ‘Piero’ 및 ‘Derby’에서 나타났다(Table 1).

파프리카 품종의 저항성 평가. *Tobamovirus*에 속하는 PMMoV-P_{1,2} 및 -P_{1,2,3}에 대한 파프리카 품종을 대상으로 인위적 접종에 따른 생물적 반응과 저항성 유전형 분석을 기반으로 하여 이 바이러스의 2종 병원형에 대한 저항성 분석하였다. 접종의 앞에 단지 국부 병반을 형성하고 상업으로 이행되지 않고 저항성 유전형 L⁴를 갖고 있는 품종을 저항성, 줄기 괴사 또는 접종부위의 상업에 모자이크 증상이 나타나고 저항성 유전형 L³를 갖고 있는 품종을 감수성으로 구분하였다. 저항성 품종은 ‘Magnipico’, ‘Easy’, ‘Scirocco F1’, ‘Orange glory’ 및 ‘Special F1’, 감수성 품종은 ‘Fiesta’, ‘Piero’, ‘Derby’, ‘Cupra’ 및 ‘Mazzona F1’

이었다. P_{1,2,3} 감수성 ‘Fiesta’ 등 4 품종은 L⁴의 부재로 전신 감염되는 저항성 마커형과 증상 표현형이 일치하였다. 하지만 이들 품종에서 P_{1,2}에 대한 저항성 유전형 L³가 존재함에도 불구하고 접종엽에는 괴저 반점이 아닌 엽맥괴저가 나타나면서 식물체의 상단부위 또는 줄기에 괴저 증상이 발현되었다. 이것은 식물체 자체의 저항성 표현으로 일종인 개체의 과민감 반응으로 볼 수도 있지만(Heath, 2000), 저항성 품종의 재배 활용 측면에서는 감수성 품종으로 간주되어야 할 것이다. 이러한 이유로 작물에 대한 저항성 품종 또는 계통 선발시 유전자 마커만의 활용으로는 제한성이 있다는 것을 이 결과에서 제시한다.

요 약

파프리카에 고추약한모틀바이러스가 감염되면 과일에 검은 반점이 형성되어서 상품과를 생산할 수 없다. 파프리카 10 품종을 대상으로 PMMoV 병원형 P_{1,2} 및 P_{1,2,3}에 대한 저항성 품종 선발을 목적으로 생물 검정과 유전자 마커를 이용하여 분석하였다. 이들 품종에서는 *Tobamovirus*에 대한 저항성 저항성 마커형 L¹, L³ 및 L⁴가 존재가 확인되었으나, L² 저항성 마커형은 검출되지 않았다. SCAR와 CAPS 마커를 이용한 파프리카 품종의 저항성 마커형을 분석한 결과, ‘Magnipico’와 ‘Easy’는 L⁴L⁴, ‘Scirocco’와 ‘Orange glory F1’는 L⁴L³, ‘Special F1’는 L⁴L¹, ‘Fiesta’, ‘Piero’ 및 ‘Derby’는 L³L³, ‘Cupra’와 ‘Mazzona F1’는 L³L¹이 확인되었다. 2종의 병원형에 대한 저항성 품종은 ‘Magnipico’, ‘Easy’, ‘Scirocco F1’, ‘Orange glory’ 및 ‘Special F1’이었고, 감수성 품종은 ‘Fiesta’, ‘Piero’, ‘Derby’, ‘Cupra’ 및 ‘Mazzona F1’이었다. L⁴의 유전형이 부재한 이들 감수성 품종은 PMMoV-P_{1,2,3}을 접종시 전신 감염되었다. 하지만 이들 품종은 저항성 마커형 L³가 존재함에도 불구하고 PMMoV-P_{1,2}를 접종시 접종엽은 엽맥

을 따라 괴사가 일어나면서 식물체의 상단부위는 과민감한 괴사 증상이 나타났다.

Acknowledgement

This work was supported by a grant of “Cooperative Research Program for Agricultural Research Program for Agriculture Science & Technology Development(Project No. PJ008472)” in Rural Development Administration, Korea.

References

- Antignus, Y., Lachman, O., Pearlsman, M., Maslenin, L. and Rosner, A. 2008. A new pathotype of *Pepper mild mottle virus* (PMMoV) overcomes the L^4 resistance genotype of pepper cultivars. *Plant Dis.* 92: 1033–1037.
- Choi, G. S., Cho, J. D., Chung, B. N. Cho, I. S. and Choi, S. K. 2011. Cause of the scion death in green pepper grafting system by a tobamovirus. *Res. Plant Dis.* 17: 191–195. (In Korean)
- Choi, G. S., Choi, S. K., Cho, J. D. and Cho, I. S. 2013. A pathotype of *Pepper mild mottle virus* causing necrotic spot symptoms in paprika fruit. *Res. Plant Dis.* 19: 124–127. (In Korean)
- Gilardi, P., Wicke, B., Castillo, S., de la Cruz, A., Serra, M. T. and Garcia-Luque, I. 1999. Resistance in *Capsicum* spp. against the tobamoviruses. In: *Recent Research Developments in Virology*, vol. 1, pp547-558. ed. by S. G. Pandalai. India: Transworld Research Network.
- Green, S. K. and Kim, J. S. 1991. Characteristics and control of viruses infecting peppers: a literature review. Asian Vegetable Research and Development Center. Technical Bulletin No. 18. 60 pp.
- Heath, M. C. 2000. Hypersensitive response-related death. *Plant Mol. Biol.* 44: 321–334.
- Rast, A. T. B. 1979. Pepper strains of TMV in the Netherlands. *Meded Fac Lan* 44: 617–622.
- Rast, A. T. B. 1988. Pepper tobamoviruses and pathotypes used in resistance breeding. *Capsicum Newsletter* 7: 20–23.
- The Korean Society of Plant Pathology, 2009. List of plant diseases in Korea. 5th ed., Suwon, Korea. 853 pp. (In Korean)