

고추에서 분리한 오이모자이크바이러스(CMV-GTN)의 특성과 고추 품종의 저항성 평가

Characteristics of *Cucumber mosaic virus*-GTN and Resistance Evaluation of Chilli Pepper Cultivars to Two *Cucumber mosaic virus* Isolates

최국선* · 권선정 · 최승국 · 조인숙 · 윤주연

농촌진흥청 국립원예특작과학원 원예특작환경과

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

Horticulture & Herbal Environmental Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science,
Rural Development Administration, Wanju-gun 565-852, Korea

***Corresponding author**

Tel : +82-63-238-6320

Fax: +82-63-2238-6305

E-mail: choigs@korea.kr

Cucumber mosaic virus (CMV) is one of the most destructive viruses in chilli pepper. An isolate of CMV was obtained from the chilli pepper cv. Chungyang showing top necrosis symptom in 2013 and designated as CMV-GTN. CMV-GTN was compared with the well-characterized isolate, CMV-Ca-P1, by investigating their amino acid sequences of the coat protein (CP) and biological reactions in several host plants. The CP of CMV-Ca-P1 composed of 217 amino acids but that of CMV-GTN composed of 218 amino acids by including additional valine in the 57th amino acid position. Amino acid sequence similarity of the CP gene among CMV-GTN and other CMV isolates recorded in the GeneBank database ranged from 96% to 99%. CMV-GTN was selected as a representative isolate to screen the resistance pepper cultivars to CMV because it was highly pathogenic to tomatoes and peppers upon biological assays. The virulence of CMV-GTN was tested on 135 pepper cultivars which has been bred in Korea and compared with that of CMV-Ca-P1. Only the cv. Premium was resistant and three cvs. Hot star, Kaiser, and Good choice were moderately resistant to CMV-GTN, whereas two cvs. Baerotta and Kaiser were resistant to CMV-Ca-P1.

Keywords : Cultivar, *Cucumber mosaic virus*, Pepper, Resistance

Received February 23, 2015

Revised March 17, 2015

Accepted April 21, 2015

고추(*Capsicum* spp.)는 열대 아메리카가 원산지이며 우리나라에서는 김치를 비롯한 양념에 주요 원료로 사용되는 대표적인 양념채소이다. 농림축산식품부 통계자료(2014)에 따르면 국내 고추의 재배면적은 45,000 ha이며 연간 118,000 t이 생산되고 있는 농가의 주요 소득작물이다. 그러나 고추에서는 다양한

병해충으로 인하여 수량 감소는 물론 품질저하의 피해가 나타나고 있다.

세계적으로 고추에 발생하는 바이러스는 60여 종이 알려져 있으며(Green과 Kim, 1991), 국내에서는 16종의 바이러스가 보고되었다(The Korean Society of Plant Pathology, 2009). 오이모자이크바이러스(*Cucumber mosaic virus*, CMV)는 국내 고추 재배에서 발생빈도가 가장 높으며 심각한 피해를 주는 바이러스로 알려져 있다(Cho 등, 2007; Choi 등, 2005). CMV는 65속 885종의 식물에 감염되는 기주범위가 넓고(Palukaitis와 Garcia-Are-

Research in Plant Disease

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

nal, 2003), 3개의 분절 계층으로 구성되어 있는 positive-sense single stranded RNA 바이러스이다(Peden과 Symons, 1973). RNA1은 복제효소, RNA2는 RNA-dependent RNA polymerase, RNA3는 3a와 외피단백질유전자를 암호화하고 있다(Canto 등, 1997; Ding 등, 1994; Hayes와 Buck, 1990; Palukaitis와 Garcia-Arenal, 2003). CMV에 대한 고추 저항성 품종 육성을 위하여 CMV-P0 계통을 이용하였으나, 최근에 이 바이러스 계통에 대하여 저항성을 갖는 고추 재배 품종에서 심한 병징을 발현하는 새로운 계통인 CMV-Ca-P1의 출현이 보고되었다(Lee 등, 2006). 오이모자이크바이러스병을 예방하기 위하여 저항성 발현 유전자를 이용한 형질전환 식물체의 육성 등 다양한 연구가 수행되고 있으나(Morrone 등, 2008), 농업현장에서의 적용은 아직 미흡한 실정이다.

본 연구는 고추에 발생하는 병원성이 강한 새로운 CMV-GTN을 순수 분리하여 생물적 특성 구명을 하고, 최근 육성된 고추 신품종을 포함한 시판 품종에 대한 저항성 평가 결과를 CMV-Ca-P1(Lee 등, 2006) 결과와 비교하여 저항성 품종 정보자료로 활용하고자 실시하였다.

CMV 분리주의 특성. 2013년 충북 괴산군 고추재배 농가에서 생육하고 있는 고추 품종 ‘청양’의 선단부위의 괴사 증상이 나타났으며, 이로부터 오이모자이크바이러스(*Cucumber mosaic virus*, CMV)를 순수 분리하였다. 이 분리주를 CMV-GTN이라고 명명하였다. CMV-P0에 대해 저항성을 표현하는 고추 품종 ‘Manitta’에 모자이크 증상을 발현하는 CMV-Ca-P1(Lee 등, 2006)은 서울여대대학교 식물바이러스유전자은행에서 분양을 받아서 *Nicotiana glutinosa*에 증식하여 대조구로 사용하였다. CMV 외피단백질유전자 영역을 클로닝하여 2종의 CMV 분리주의 아미노산 배열을 분석한 결과, CMV-Ca-P1의 외피단백질 아미노산은 217개로 이루어져 있었으나, -GTN은 아미노산 배열 57번째에 valine이 첨가된 218개로 구성되어 있었다 (Fig. 1). 이들 분리주의 외피단백질유전자 유사성은 93%, 아미노산의 유사성은 98%였다. 2013년도 고추 포장에서 분리한 CMV-GTN

를 포함한 6개의 CMV 고추 분리주에서도 외피단백질의 아미노산은 218개로 구성되어 있었다(자료 생략). NCBI에 등록된 CMV의 100개 분리주들이 갖는 외피단백질 아미노산을 분석한 결과, 97 분리주들은 218개, 2 분리주들(Accession ABG89138와 AAW71967)은 217개, 1 분리주에서는(AAW71967) 220개의 아미노산으로 구성되어 있음이 확인되었다. 현재 고추 저항성 품종 육종가들이 많이 이용하고 있는 CMV-Ca-P1(Lee 등, 2006; ABG89138)은 외피단백질유전자가 암호화하는 아미노산의 갯수에서 CMV-GTN를 포함한 대부분의 CMV 분리주와 차이를 나타냈다. CMV-GTN과 NCBI에 등록된 CMV의 100개 분리주의 외피단백질 유전자가 암호화하는 아미노산 서열의 유사성은 96–99%였다.

CMV-GTN과 -Ca-P1 두 분리주를 다양한 기주식물에 즙액 접종하여(Table 1) 증상을 확인한 결과 CMV-Ca-P1에 의해 오이 품종 ‘Bakbong dadagi’에서는 약한 모자이크 증상이 발현되

Table 1. Symptoms developed on the upper leaves of indicator plants inoculated mechanically with CMV isolates, Ca-P1 and -GTN isolates

Indicator plant	Symptoms of CMV isolates ^a	
	Ca-P1	GTN
<i>Nicotiana tabaccum</i> NC	M	M
<i>N. glutinosa</i>	M	M,N
<i>Cucurbita pepo</i> cv. Choigobong	SM	mM
<i>Cucumis sativus</i> cv. Bakbong dadagi	mM	-
<i>Lycopersicum esculentum</i> cv. Superdotaerang	SM	SM
<i>L. esculentum</i> cv. Minichal	-	M
<i>L. esculentum</i> cv. Pinktop	SM	SM
<i>Capsicum annuum</i> cv. Manitta	M	M
<i>C. annuum</i> L. cv. Cheonyang	M	M
<i>C. annuum</i> L. cv. PR smart	M	M
<i>C. annuum</i> L. cv. 99.9	M	M

^aM; mosaic, SM; severe mosaic, N; necrosis, mM; mild mosaic, -; no symptom.

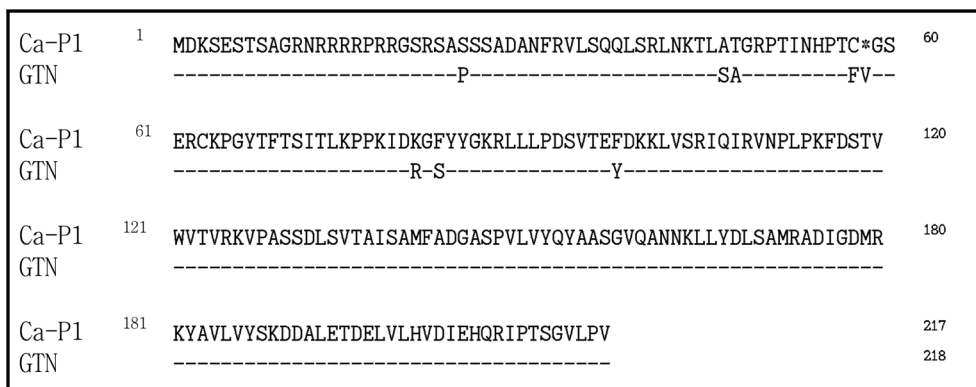


Fig. 1. Comparison of coat protein amino acid sequences between CMV-Ca-P1 and -GTN isolates.

었지만, CMV-GTN은 이 품종을 전염시키지 못했다. 또한 토마토 품종 'Minichal'에서는 CMV-GTN에 의하여 모자이크 증상이 나타났으나, CMV-Ca-P1에 의해서는 감염이 되지 않았다. *Nicotiana glutinosa*와 주키니 품종 'Choigobong'에서도 이들 CMV 분리주간의 병원성 차이가 확인되었다.

고추 시판 품종의 저항성 평가. 고추 132 시판품종을 대상으로 CMV-GTN 및 Ca-P1(Lee 등, 2006)에 대한 저항성 평가를 실시하였다. 이들 바이러스는 *N. glutinosa*에 각각 증식하여 접종원으로 사용하였고 고추 품종별 개체는 14-25주씩 2회 검정하였다. 접종은 고추 본엽 3-4엽기의 묘에 카보랜덤을 이용하여 1차 즙액 접종, 이어서 1주 후에 2차 접종을 하였다. 접종한 식물체는 25±3°C가 유지되는 유리 온실에서 병징 발현여부와 RT-PCR로 바이러스의 감염여부를 검정하였다. 저항성 정도는 접종 품종의 식물체에 대한 바이러스의 감염율에 따라 저항성 (R < 10% 감염), 중간 저항성(10 ≤ MR ≤ 30%), 감수성(30% < S)로 판정하였다. 이 판정의 범위는 고추 바이러스에 대한 저항성 품종을 육성하는 종자회사에서 보편적으로 사용되고 있는 기준에 준하였다.

저항성 검정 고추는 132 시판품종으로 프리미엄(Premium), 베로타(Baerotta), 카이저(Kaiser), 핫스타(Hotstar), 굿쵸이스(Good choice), 마니따(Manitta), PR스마트(PR smart), 프라이드(Pride), 99.9, 로데오, 태양건고추, PR부자, PR상생, 독립선언, 대박나고추, Fire bomb, Equator, 대권선언, 무한질주, 롱그린맛고추, PR씩슬이, 농우 파리꽃, 본가네, 일등공신, 천년만년, 기찬고추, 킹콩PR, PR평정, 나잘난, 흥진주, 신명고추, 장한고추, 엄지꽃, 참조은고추, 강세고추, 청정고추, 파리꽃고추, 세계고추, 신조광고추, 거성고추, 녹색고추, 독야청청, 오복, 일편단심, 참한홍, 천년약속, 폭탄선언, 금탑고추, 이천년고추, green sizzler, Victor, 빅스타, 한성고추, Tropical taste, 부강고추, 일송정, 21세기고추, PR케이스타, 백승, 안전벨트, 슈퍼리어, PR극찬, PR꿈에그린, PR불끈, 금초고추, 남자의 자격, 대춘, 만산, 살림꾼, 임꺽정막내, 조광고추, 천리향, 강철홍, 점핑, 청정꽃, 대명고추, 길상, 청복고추, 생그린고추, PR거물, PR대군, PR빠름, PR대명사, PR성공신화, PR스마트, PR절세미인, PR청춘, PR풍년가, PR행복한살림, 광명고추, 군계일학, 금수강산, 내고향건고추, 다보탑종묘, 다홍치마, 대가고추, 대통고추, 만사형통, 맛꽃고추, 베타랑, 불도장, 불맛, 불세출, 슈퍼금당, 슈퍼엄청나, 신동진, 신세계, 신역강홍장군, 신흥고추, 아삭이, 아시아점보, 역강수문장고추, 예쁜독야청청, 오부자고추, 온누리고추, 위대한탄생, 일당백골드, 재상고추, 정일품고추, 조향고추, 진미고추, 차세대고추, 청녹, 청산꽃, 청양고추, 충충고추, 타네강, 트렌드, 푸마시고추, 풍촌고추, 한강고추, 한반도고추, 흥장군골드 등이었다.

이들 고추 품종의 CMV-GTN 및 -Ca-P1에 대한 저항성 정도는 Table 2와 같다. CMV-GTN에 대하여 저항성을 갖는 품종은 'Premium', 중도 저항성은 'Hotstar', 'Kaiser' 및 'Good choice'였

Table 2. Classification of pepper cultivars based on resistance to CMV-GTN and -Ca-P1

CMV isolate	Degree of resistance ^a on pepper cultivars		
	Resistance	Moderate resistance	Susceptibility
CMV-GTN	Premium	Hotstar, Kaiser, Good choice	Manitta, PR smart Baerotta, Pride etc. 128 cultivars
CMV-Ca-P1	Baerotta, Kaiser	Premium	Hotstar, Good choice, Manitta etc. 129 cultivars

^aResistance (R < 10% infectivity), Moderate resistance (10 ≤ MR ≤ 30%), Susceptibility (30% < S).

으며, 감수성은 'Manitta' 등 128 품종으로 나타났다. CMV-Ca-P1에 대하여 저항성 고추 품종은 'Baerotta'와 'Kaiser', 중도 저항성은 'Premium', 감수성은 'Hotstar' 등 129 품종이었다. CMV-Ca-P1에 저항성을 발현한 'Baerotta'는 CMV-GTN에서는 감수성으로 표현되었다. CMV-GTN 및 -Ca-P1에 비교적 저항성을 나타내는 품종으로 'Premium'과 'Kaiser'가 선정되었다. CMV-GTN와 -Ca-P1의 분리주에 따라 저항성 정도의 차이가 나타남이 확인되었으며, 이것은 이들 바이러스에 대한 고추 품종들간의 저항성 발현 유전자의 상호작용에 기인한 것으로 판단되었다. 최근 국내 종자회사에서는 CMV 저항성 품종을 육성할 목적으로 CMV-Ca-P1을 접종원으로 이용하고 있다. 하지만 이 분리주는 외피단백질 아미노산이 1개 부족한 217개로 구성되어 있어 대부분 CMV의 분리주와 차이를 나타남에 따라 보편성이 높지 않은 CMV 분리주로 고려되었다. 따라서 외피단백질 아미노산이 218개로 구성되어 있으면서 고추에 병원성이 강한 CMV-GTN을 고추 저항성 선발 및 품종 육성에 접종원으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

요 약

오이모자이크바이러스(CMV)는 고추에 심한 피해를 주는 바이러스이다. 2013년 고추 품종 청양의 선단부위에 괴저증상이 나타난 식물체로부터 CMV를 순수 분리하였고 이 분리주를 CMV-GTN으로 명명하였다. CMV-GTN과 기존에 특성이 잘 알려진 CMV-Ca-P1을 대상으로 외피단백질의 아미노산 서열과 여러 기주식물에서 생물적 반응을 비교하였다. CMV-Ca-P1의 외피단백질 아미노산은 217개로 구성되어 있었으나, CMV-GTN은 아미노산 서열 57번째에 발린이 추가된 218개로 구성되어 있었다. CMV-GTN과 GeneBank에 등록된 다양한 CMV 분리주들의 외피단백질유전자 유사성은 96-99%였다. 생물 검정에서 토마토와 고추에서 병원성이 강하게 발현되는 CMV-GTN을 고추 품종에 대한 저항성 스크린을 위하여 선발하였다. 고추 시판 품종 135종에 대하여 CMV-GTN으로 검정하였고 CMV-Ca-P1과 저항성 반응을 비교하였다. 그 결과 CMV-GTN에 대하여 저항성

반응을 표현한 품종은 프리미엄, 중도 저항성 품종은 핫스타, 카이저, 굿초이스였다. 한편 CMV-Ca-P1에 대한 저항성 품종은 베로파와 카이저였다.

Acknowledgement

This work was carried out with the support of “Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ008472)” in Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

- Canto, T., Proir, T. A., Hellwald, K. H., Oparka, K. and Palukaitis, P. 1997. Characterization of *Cucumber mosaic virus*. IV. Movement protein and coat protein are both essential for cell-to-cell movement of *Cucumber mosaic virus*. *Virology* 237: 237–248.
- Cho, J. D., Kim, J. S., Lee, S. H. and Choi, G. S. 2007. Viruses and symptoms on peppers, and their infection types in Korea. *Res. Plant Dis.* 13: 75–81. (In Korean)
- Choi, G. S., Kim, J. H., Lee, D. H., Kim, J. S. and Ryu, K. H. 2005. Occurrence and distribution of viruses infecting pepper in Korea. *Plant Pathol. J.* 21: 258–261.
- Ding, S.W., Anderson, B. J., Haase, H. R. and Symons, R. H. 1994. New overlapping gene encoded by the *Cucumber mosaic virus* genome. *Virology* 198: 593–601.
- 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.
- Hayes, R. J. and Buck, K. W. 1990. Complete replication of a eukaryotic virus RNA in vitro by a purified RNA-dependent RNA polymerase. *Cell* 63: 363–368.
- Lee, M. Y., Lee, J. H., Ahn, H. I., Yoon, J. H., Her, N. H., Choi, J. K., Choi, G. S., Kim, D. S., Harn, C. H. and Ryu, K. H. 2006. Identification and sequence analysis of RNA3 of a resistance-breaking *Cucumber mosaic virus* isolate on *Capsicum annuum*. *Plant Pathol. J.* 22: 265–270.
- Morrioni, M., Thompson, J. R. and Tepfer, M. 2008. Twenty Years of Transgenic Plants Resistant to *Cucumber mosaic virus*. *MPMI* 21: 675–684.
- Palukaitis, P. and Garcia-Arenal, F. 2003. Cucumoviruses. *Adv. Virus. Res.* 62: 241–323.
- Peden, K. W. C. and Symons, R. H. 1973. *Cucumber mosaic virus* contains a unctionally divided genome. *Virology* 53: 487–492.
- The Korean Society of Plant Pathology. 2009. *List of plant diseases in Korea*. 5th ed., Suwon, Korea. 853 pp. (In Korean)