

수박에 오이녹반모자이크바이러스의 토양전염과 예방대책

최국선* · 김재현 · 김정수
원예연구소

Soil Transmission of *Cucumber green mottle mosaic virus* and Its Control Measures in Watermelon

Gug-Seoun Choi*, Jae-Hyun Kim and Jeong-Soo Kim

National Horticultural Research Institute, Rural Development Administration, Suwon 441-440, Korea
(Received on November 17, 2003)

Soil transmission ratio of *Cucumber green mottle mosaic virus* (CGMMV) was 0.2 to 3.5% in watermelon growing fields naturally infested with the virus. Biological activities of CGMMV lost after 17 months in moist well-aerated soil but still continued more than 33 months in waterlogged soil. To inhibit the virus infection through soil, the roots of watermelon seedlings were soaked in 10% solution of skim milk prior to transplanting. The seedlings treated with skim milk solution were not infected, while 5.0 to 7.6% out of control seedlings were infected. The roots treated with skim milk were coated with membrane around the roots under scanning electron microscope.

Keywords : *Cucumber green mottle mosaic virus*, Skim milk, Soil transmission

수박은 국내에서 연중 생산되고 있으며, 2001년 재배면적은 28,451 ha로 과채류 중 제일 넓은 재배면적을 차지하고 있다. 그러나 연작재배로 인한 염류 축적 및 토양전염 병해에 의한 피해로 농가의 경제적 손실을 초래하고 있다. 이와 더불어 중국에서 채종되어 국내로 유입된 수박 대목용 박 종자로부터 오이녹반모자이크바이러스(*Cucumber green mottle mosaic virus*, CGMMV)가 1998년 463 ha의 수박 경작지역에 발생되었다(Choi, 2001). 이 바이러스병으로 인하여 경작지가 오염되었으며 농가 피해는 물론 사회적으로 문제되었다. 세계적으로 수박을 포함한 박과 작물에서 보고된 바이러스는 약 30여 종이며(Provvidenti, 1993), 국내에서는 *Cucumber mosaic virus* (CMV) (Lee, 1981), *Watermelon mosaic virus*(WMV) (Lee와 Lee, 1981), *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) (Kim 등, 1995) 및 *Zucchini green mottle virus*(ZGMMV) (Ryu 등, 2001)가 이들 작물에서 보고되었다. CGMMV는 Ainsworth(1935)가 처음 보고하였으며, 국내에서는 경남

진주 등 남부지역에서 재배되고 있는 수박에서 발생이 처음 보고되었다(Lee 등, 1990). 이 바이러스는 병원성이 강하고 물리적으로 안정화되어 있는 *Tobamovirus* 속으로 종자·토양·접촉 전염되는 바이러스이다. 수박에 감염시 과실의 내부는 흑적색 및 동공과로 변하여 상품성을 손실하는 주요한 병원체로 인식되고 있다(Brunt 등, 1996).

따라서 본 연구에서는 CGMMV의 1차 전염원 중의 하나인 토양전염 발생을 조사하였고, 이 바이러스의 토양전염을 억제하기 위하여 정식시 탈지분유액 처리에 따른 효과를 검토하였기에 그 결과를 보고한다.

재료 및 방법

바이러스 원. 수박 잎에 자연 발생된 CGMMV type II (Choi, 2001)를 본엽 2~3엽기인 수박대목용 참박에 인위적으로 접종하여 모자이크 증상이 나타난 식물체를 다량 수확한 후, -80°C 냉동실에서 보존하면서 사용하였다.

토양전염 조사. 수박에서 CGMMV가 자연적으로 100% 발병된 충남 부여와 논산에서 각각 한 농가를 선정 한 후 다음 작기에 이 바이러스 병이 자연 발병되는 토양전염

*Corresponding author
Phone)+82-31-290-6224, Fax)+82-31-295-9548
E-mail)choigs@rda.go.kr

을 조사하였다. 또한 전년도 발병지역을 순회하면서 윤작작물의 경작지를 논 및 밭 토양으로 구분하여 이 바이러스 병의 재발생 여부를 조사하였다. 조사 방법은 바이러스 병의 증상이 보이는 수박 잎을 채집하여 rapid immunofilter paper assay(RIPA) (Choi 등, 2001) 및 전자현미경으로 tobamovirus 입자를 검경하였다.

또한 토성별 CGMMV가 뿌리에서의 활성 기간을 알아보고자 포트(직경 25, 높이 30 cm)에 참박을 정식하고 본엽 2~3엽기에 바이러스를 인위적으로 접종하여, 60일 후 밭의 지상부를 제거하였다. 이와 같이 처리된 포트들을 담수 및 경작지 토양 상태로 유지하면서 각각 처리구의 잔재 뿌리를 시기별 채취하였다. 채취된 뿌리는 이 바이러스에 감수성인 *Nicotiana benthamiana*에 접종하여 감염여부에 따라 바이러스의 생물 활성 여부를 조사하였다.

탈지분유액 처리. -80°C에 보존된 CGMMV에 감염된 식물체를 잘게 분쇄하여 상토와 이병식물체를 20:1(w/w) 비율로 혼합하였다. 이어서 상기와 동일한 용량의 포트에 오염된 토양을 담고 탈지분유액 처리에 따른 CGMMV의 토양전염에 대한 억제효과 포트시험을 2회 실시하였다. 또한 포장시험은 수박 묘의 정식부위 토양에 1주당 10g 씩 매몰하여 오염토양을 조성하였다. 이와 같이 오염토양을 조성한 2일 후 다음과 같은 방법으로 접목 묘(삼복꿀 수박/참박)를 정식하였다. 탈지분유액 처리 방법은 플러그 묘판에서 육묘한 수박 묘의 근권 부위를 정식 직전 10% 탈지분유액에 순간적으로 침지한 다음, 오염토양에 각각 정식하였다. 탈지분유액을 처리한 시험구와 무처리

구의 토양 전염률은 정식 후 15일 간격으로 60일 동안 관찰하여 의심주는 RIPA로 진단하여 비교하였다. 탈지분유액을 침지한 뿌리는 주사전자현미경(Hitachi S2460N)에서 500배율로 관찰하였다.

결과 및 고찰

CGMMV 토양전염. 수박에서 자연 발생된 CGMMV의 발병률이 100%인 충남 부여와 논산에서 각각 반축성 재배 포장을 선정하여 다음 작기에 동일 작형으로 재배되고 있는 이 경작지에서 CGMMV의 생육 초기에 발병 현황을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 이들 재배 포장은 윤작작물로 벼를 재배한 포장이었다. 수박 정식 30일 후 0.2%, 정식 45일 후 2.6%, 정식 50일 후 3.5%가 발생하였다. 수박 순자르기 등 작업에 의한 접촉전염을 제외하면 실질적인 재배포장에서 토양 전염율은 이 보다는 낮은 것으로 여겨지지만, 기 보고(Hollings 등, 1975)된 CGMMV의 강한 전염 특성으로 볼 때 재배 포장에서 토양전염이 낮은 비율일지라도 종자전염과 함께 1차 전염 원으로써 병 확산에 주요 요인으로 작용한다고 판단된다.

또한 전년도 이 바이러스병이 발병한 포장에 벼 또는 비박과작물인 알타리무 등으로 윤작한 포장을 구별하여 토양 전염을 조사한 결과, 담수 상태로 유지한 벼를 재배한 37동 비닐하우스에서 8동(21.6%)에서 발생되었으며, 밭 상태로 비박과 작물로 윤작한 비닐하우스 26동 중 2동(7.7%)에서 발병이 확인되었다. 이러한 원인을 구명하고자 수박 대목용 밭에 CGMMV를 접종 60일 후 식물체의 지상부를 제거한 포트를 담수 및 관행 재배 상태로 토양 습도를 유지하면서 식물체 잔재에 존재하는 바이러스의 생물 활성 지속기간을 *N. benthamiana*에 접종하여 조사하였다. 그 결과 관행 재배 상태로 습도를 유지한 토양에서는 17개월 이후에 바이러스 활성을 손실한 반면, 담수 처리 토양에서는 33개월에도 바이러스의 활성이 유지되었다(Table 2). 이는 CGMMV가 오염된 토양에서는 밭 상태로 유지하는 것이 담수 상태인 논으로 유지하는 것 보다 이병 잔재물의 부패를 촉진시키

Table 1. Occurrence of CGMMV on watermelon plants growing in the soil naturally infested with the virus

Days after transplanting	No. of plants surveyed	No. of plants infected ^a	% of plants infected
30 days	1,350	3	0.2
45 days	1,220	32	2.6
50 days	820	29	3.5

^aThe watermelon leaves showing virus-like symptoms in the fields were collected and detected by RIPA and electron microscopy for CGMMV.

Table 2. Biological activity of CGMMV in the waterlogged soil and in moist well-aerated soil infested with the virus

Soil conditions	Biological activity of the virus after months ^a							
	3	7	10	17	18	19	24	33
Waterlogged soil	+	+	+	+	+	+	+	+
Moist well-aerated soil	+	+	+	+	-	-	-	-

^aThe root debris of bottle guard infected with the virus was collected from the different soils and those were inoculated on *N. benthamiana* to detect the biological activity (+) or inactivity (-) of the virus.

므로 이에 따라 바이러스의 불활성 또한 빨리 촉진되는 것으로 유추된다.

탈지분유액 효과. 동물 및 식물체 소재 유래 물질인 탈지분유액, 자귀나무, 독말풀, 명아주, 향나무, 민들레, 목초액, 키토산, 효모 추출액(Difico)과 화학물질인 Rox와 sodium hypochloride에 대한 CGMMV의 억제효과를 *Chenopodium amaranticolor*를 이용하여 조사하였다(자료 생략). 이들 재료 중 억제효과가 가장 높고 용이하게 구입할 수 있는 탈지분유액을 선발하여 이 바이러스의 토양전염을 억제할 수 있는 활용적 측면을 검토하였다. 그 결과, CGMMV가 오염된 토양이 담긴 포트 시험에서 무처리구에서는 6.3~7.6%의 발병률을 나타낸 반면, 10% 탈지분유액을 묘의 근권부위에 침지하여 정식한 처리구에서는 토양전염이 되지 않았다. 또한 인위적으로 조성한 오염 토양의 하우스 시험에서도 탈지분유액을 처리한 시험구에서는 발병이 되지 않았으나 무처리구는 5%가 발병되었다(Table 3). 이와 같이 수박묘 정식시 탈지분유액

을 처리한 시험구에서는 발병이 되지 않아 토양전염의 억제효과가 인정되었다. 억제효과의 요인을 분석하고자 탈지분유액에 침지된 묘의 뿌리 부위를 주사 전자현미경으로 관찰한 결과, 묘의 뿌리 부위에 무처리구에서 보이지 않는 탈지분유액이 얇은 막으로 코팅되어 있는 것으로 나타났다(Fig. 1). Tobamovirus의 토양전염을 시키는 매개자는 아직 밝혀진 바 없으며, 이 속의 바이러스에 대한 토양전염은 뿌리의 상처 또는 뿌리간의 접촉에 의하여 전염된다는 보고(Avgelis 등, 1992; Broadbent, 1963; Inoue 등, 1967; Matthews, 1991)가 있다. 따라서 탈지분유액이 CGMMV의 토양전염을 억제하는 기능은 수박묘 정식시 발생하는 뿌리의 상처부위를 코팅하여 바이러스의 침입을 차단하는 것으로 판단되며, 또한 바이러스가 식물체의 감염 부위를 인지하지 못하는 기작 등으로 생각되지만 정확한 기작에 관하여 더 많은 연구가 이루어져야 될 것이다.

요 약

오이녹반모자이크바이러스(CGMMV)가 오염된 포장에서 이 바이러스병의 토양전염율은 0.2~3.5%였다. 경작지 토양과 같이 습도가 적당히 유지된 토양에서 CGMMV의 생물활성 지속기간은 17개월 후에는 바이러스의 활성이 손실되었으나, 담수 토양에서는 33개월 이상 이 바이러스의 생물활성이 유지되었다. CGMMV의 토양전염을 억제하기 위하여 정식직전 수박 묘의 뿌리를 10% 탈지분유액에 침지하여 정식한 처리구에서는 이 바이러스병이 발병되지 않았으나, 무처리구에서는 5.0~7.6%가 발병되었다. 탈지분유액을 처리한 뿌리를 주사전자현미경으로 관찰한 결과 뿌리 주위로 얇은 막이 형성되어져 있었다.

Table 3. Inhibition effect of CGMMV infection through the virus-contaminated soil by soaking the roots of watermelon seedlings into 10% solution of skim milk prior to transplanting

Experiments	Treatments	No. of plants	No. of infected plants ^a	% of infected plants
Pot experiment I	skim milk	80	0	0
	control	80	5	6.3
experiment II	skim milk	80	0	0
	control	80	6	7.6
Field experiment	skim milk	60	0	0
	control	60	3	5.0

^aDetection of the virus was conducted with RIPA at 50 days after transplanting.

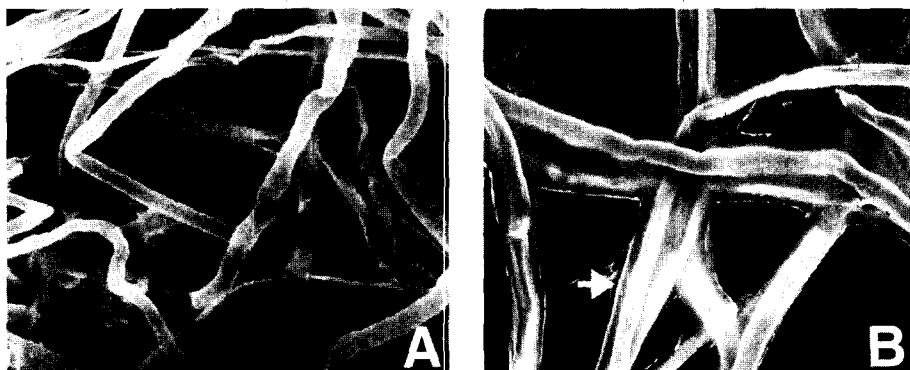


Fig. 1. Scanning electron micrograph of the control root (A) of bottle guard using as a stock of watermelon and the root (B) soaked into 10% solution of skim milk. Arrow represents a membrane of skim milk coated around the root. The roots are examined with 500 magnification.

참고문헌

- Ainworth, G. C. 1935. Mosaic disease of cucumber. *Ann. Appl. Biol.* 22: 55-67.
- Avgelis, A. D., Manios, V. I., Balis, C., Bertoldi, M. and Ferreo, G. L. and Kapetannios, E. 1992. Elimination of cucumber green mottle mosaic tobamovirus by compositing infected cucumber residues. *Acta-Hort.* 302: 311-314.
- Broadbent, L. H. 1963. The epidemiology of tomato mosaic. III. Clearing virus from hands and tools. *Ann. Appl. Biol.* 52: 225-232.
- Brunt, A. A., Crabtree, K., Dallwitz, M. J., Gibbs, A. J., Watson, L. and Zurcher, E. J., eds. 1996. *Plant Viruses Online: Descriptions and Lists from the VIDE Database*. Published by the Australian National University, Canberra, Australia.
- Choi, G. S. 2001. Occurrence of two tobamovirus diseases in cucurbits and control measures in Korea. *Plant Pathol. J.* 17: 243-248.
- Choi, G. S., Kim, J. H., Chung, B. N., Kim, H. R. and Choi, Y. M. 2001. Simultaneous detection of three tobamoviruses in cucurbits by rapid immunofilter paper assay. *Plant Pathol. J.* 17:106-109.
- Hollings, M., Komuro, Y. and Tochihiro, H. 1975. *Cucumber green mottle mosaic virus*. CMI/AAB Descriptions of Plant Virus No. 154., Kew Surrey, U.K.
- Inoue, T., Inoue, N., Asatani, M. and Mitsuhata, K. 1967. Studies on cucumber green mottle mosaic virus in Japan (in Japanese). *Nogaku Kenkyu* 51: 175-186.
- Kim, J. S., Yoon, M. K., Choi, H. S., Lee, K. H., Choi, G. S., Kim, J. Y. and Cho, J. D. 1995. Zucchini yellow mosaic virus from *Cucurbita moschata* in Korea. *RDA. J. Agri. Sci.* 37: 352-362.
- Lee, K. W., Lee, B. C., Park, H. C. and Lee, Y. S. 1990. Occurrence of cucumber green mottle mosaic virus disease of watermelon in Korea. *Korean J. Plant Pathol.* 6: 250-255.
- Lee, S. H. 1981. Studies on virus disease occurring in various crops in Korea. *Res. Rept. RDA* 23: 62-74.
- Lee, S. H. and Lee, K. W. 1981. Incidence of watermelon mosaic virus in cucurbits. *Korean J. Plant Prot.* 20: 191-195.
- Matthews, R. E. F. 1991. Ecology. in *Plant Virology*. Academic Press, Inc. San Diego, California. pp582-585.
- Provvidenti, R. 1993. Resistance to Viral Diseases of Vegetables. in: *Breeding for Viral Diseases of Cucurbits*. Kyle, M. M. ed. Timber Press, Portland. pp.44-60.
- Ryu, K. H., Min, B. E., Choi, G. S., Choi, S. H., Kwon, S. B., Noh, G. M., Yon, J. H., Choi, Y. M., Jang, S. H., Lee, G. P., Cho, K. H. and Park, W. M. 2001. Zucchini green mottle mosaic virus is a new tobamovirus; Comparison of its coat protein gene with that Kyuri green mottle mosaic virus. *Arch. Virol.* 145: 2325-2333.