

보리호위축병 (*Barley yellow mosaic virus*)에 의한 보리의 생육 피해 및 세포학적 변화

박종철* · 이재동 · 서재환 · 김양길 · 정선기¹ · 김형무²

작물과학원 호남농업연구소, ¹경상남도 농업기술원, ²전북대학교 농생명학과

Growth Damage and Alteration of Cellular Tissue of Barley Infected by *Barley yellow mosaic virus*

Jong-Chul Park*, Jae-Dong Lee, Jae-Hwan Seo, Yang-Kil Kim,
Seon-Gi Jeong¹ and Hyung-Moo Kim²

Honam Agricultural Research Institute, National Institute of Crop Science, Iksan 570-080, Korea

¹Gyungsangnam-do Agricultural Research and Extension Service, Jinju 660-360, Korea

²Faculty of Biological Resources Science, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

(Received on February 3, 2004)

The damage of plant growth and alteration of cellular tissues of barley infected by *Barley yellow mosaic virus* (BaYMV) was explored. The infected plots significantly damaged in all of measured factors by the disease. In severely diseased plant, the viral infection affected on plant growth like as shorten culm length about 25cm, 36% constrained ratio, comparing to healthy. The yield decreased over 70% in diseased plots by fewer numbers of spike and kernel per square meter and spike, respectively. BaYMV constructed typical inclusion body like a pinwheel type inside barley leaves, and the infection affected on cellular elongation or growth not cell division in examined three parts as stem, neck of panicle and node, related to dwarfness of infected barley. The stem tissues were most severely affected on cell growth as restrained epidermis cell length in diameter and vascular bundle size. In neck of panicle tissues, distribution and size of tissues of fiber and cortex parts, respectively, showed differences between healthy and infected plants. In node part, healthy plant showed bigger tissue size as 1.5 times than infected plant. These results suggest that BaYMV infection could affect on the cell growth not cell division, and which resulted shorten culm length in plant growth and decreased yield, finally.

Keywords : BaYMV, Cellular alteration, Growth damage, Plant tissue

보리호위축병(*Barley yellow mosaic virus*, BaYMV)은 *Polymyxa graminis*에 의해 매개되는 토양 전염성 병으로 1940년 일본(鏑方와 河合, 1940)에서 처음 보고된 이후 주로 영국(Huth와 Adams, 1990)과 독일(Peerenboom 등, 1992) 등 유럽에서 큰 피해를 일으키는 것으로 알려져 왔다. 국내에서는 이(1981)에 의해 처음 보고되었으며, 소 등(1990, 1991)은 우리나라 남부지역 맥류 재배지의 약 40%가 발생하고 있으며 맥류 재배지에서 가장 중요한 바이

러스병으로 보고하였다. BaYMV에 의한 병징은 보리 잎에 모자이크나 황화의 변색과 재생기 이후 신장기에 줄기의 신장이 억제되어 간장이 단축되는 것으로 크게 확인할 수 있다. 발병 후 전신 감염을 일으키며 줄기 신장의 억제로 인한 출수기의 지연 등이 발생하며, 이병정도에 따라 80% 이상의 수량 감소가 보고되었다(김, 1997). BaYMV는 *Bymovirus* 그룹의 다른 바이러스들과 같이 세포질내에만 봉입체를 형성하는 것으로 알려져 있으며(Singh, 1995), 소 등(1990)에 의해 엽육조직의 피해상황이 보고되어 있다. 그러나 보리의 생육 및 수량의 피해와 식물체 조직내의 병태해부학적인 연구는 미흡한 실정이다. 이 연구에서는 BaYMV에 의한 생육과 수량의 피해

*Corresponding author

Phone)+82-63-840-2249, Fax)+82-63-840-2112

E-mail)pacc43@rda.go.kr

를 조사하였으며, 한편 기주 세포내에서의 바이러스 감염 형태와 줄기 생장의 위축과 관련된 식물체 조직의 변화를 형태학적 관찰을 통해 조사하였다.

재료 및 방법

BaYMV에 의한 보리의 피해 조사. BaYMV에 의해 발생하는 보리의 피해정도를 조사하고자 농가에서 가장 많이 재배되고 있는 새싹보리를 호남농업시험장내 상습 발병 포장과 건전 포장에 파종하였다. 발병정도는 2002년도 10월 20일에 추파한 후 병징 발현 최성기인 이듬해 3월 20일에 황화 및 모자이크성 병징 발생 정도를 육안으로 관찰하여 소 등(1997)에 의한 조사방법을 통하여 이 병 정도를 무발병(0), 1~10%(1), 11~30%(3), 31~50%(5), 51~70%(7), 71%이상(9)등으로 나누어 조사하였다. 생육 조사는 월동후 출수기 이후의 간장과 수량 구성 요소를 조사하여 생육 및 수량 감소 등의 피해 상황을 조사하였다.

세포내 봉입체 형성. BaYMV 감염에 의한 세포학적 변화 특성을 조사하기 위해 모자이크 및 황화 등 전형적인 병징을 보이는 보리를 채집하여 세포내 감염 형태를

확인하였다. 채집된 이병주는 면역혈청학적검정(ELISA) 방법을 이용하여 감염여부를 조사하였으며(Table 1), BaYMV만 감염된 재료에 대해 세포내 감염 특성을 조사하였다. 이를 위한 전자현미경 관찰용 시료는 보리의 잎을 Karnovsky 고정액을 이용 4°C에서 over-night시킨 전 고정 처리와 1% osmium tetroxide 용액으로 후고정하여 이중 고정처리 하였다. Epoxy resin으로 포매한 후 초박 절편기로 연속 절편을 만들고, uranylacetate로 전자염색한 후 transmission electron microscope(Jeol 1010, Japan)를 이용하여 병태해부학적 관찰을 하였다.

감염조직의 세포학적 변화. BaYMV 감염에 의한 식물체 조직의 변화상을 확인하기 위해 성숙기의 새싹보리를 간장 단축 정도에 따라 건전주와 이병주로 구분한 후 줄기, 추수도, 마디의 형태적 피해 정도 및 변화상을 관찰하였다. 보리 조직은 FAA(formalin : acetic acid : 95% ethanol : DW = 1 : 0.5 : 5 : 3.5) 용액 내에서 탈기한 후 48시간 고정하였다. 고정된 재료는 ethanol series로 탈수과정을 거친 후 paraplast로 포매하였다. 포매된 재료를 rotary microtome을 이용하여 8 µm 두께의 연속절편을 만들어서 gelatin으로 코팅한 slide glass에 그 절편을 접착시키고, 1% hematoxylin과 0.5% safranin으로 대비 염색하였다. 염색된 절편을 Permount(Fisher)로 봉입하여 영구표본으로 만들어 광학현미경(Carl Zeiss, Axiophot/German)하에서 관찰하였다.

Table 1. Diagnosis of viral infection by ELISA

Variety	Virus		
	BaYMV ¹⁾	BaMMV	SBWMV
Saessalbori	+ ²⁾	-	-
	+	-	-
	+	+	-
	+	+	-
	-	-	-
	+	-	-
	+	+	-
	+	-	-

¹⁾The abbreviation means *Barley yellow mosaic virus* (BaYMV), *Barley mild mosaic virus* (BaMMV) and *Soil-borne wheat mosaic virus* (SBWMV), respectively. ²⁾+ and - mean viral infection as +: infection and -: non infection. Diseased plant only by BaYMV was used in observation of inclusion body construction inside leave tissues.

결과 및 고찰

보리의 생육 및 수량의 영향. BaYMV에 의한 보리의 생육 피해정도를 조사한 결과 전형적인 황화와 모자이크 등의 병징을 나타내는 이병포장에서는 이병정도 9, 건전 포장에서는 병징이 발생하지 않아 0으로 조사되었다(Table 2). 이병주와 건전주의 생육과 수량을 검정한 결과 전체 조사항목에서 유의성 있는 차이를 나타내었다. 보리의 생육은 줄기의 신장이 억제되는 피해를 보여 간장이 이병주에서 45.4 cm로 건전주의 70.4 cm에 비해 25 cm가 작은 약 36%의 간장 단축율을 보였다. 줄기 신장의 억제는

Table 2. Comparison of barley growth and yield by BaYMV infection

Variety	Diseased degree ¹⁾ (0-9)		Culm length (cm)		Spike number per m ²		Spike length (cm)		No. of kernel/spike		Yield (kg/10a)	
	I ²⁾	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI
Saessalbori	9	0	45.4**	70.4	240**	449	47.7*	58.5	45.7*	54.3	79.5**	277.9

¹⁾Diseased degree was measured by ratio of symptom manifestation in leaves referred to So *et al.* (1997) as 0 (no symptom) and 9 (over 71%), respectively. ²⁾I and NI mean infection and no infection by BaYMV, respectively. The yield components were investigated according to criteria from Rural Development Administration (RDA). * and ** means significant differences at 0.05 and 0.01 probabilities, respectively.

출수를 억제하게 되어 출수기가 지연되고(이, 1997), 이로 인해 수수확보가 적어져 수량이 감소하게 된다. Frahm(1989)은 품종의 저항성 정도와 기상이나 토양 조건에 따라 40~100%의 수량 감소가 발생한다고 하였다. 수량 구성요소와 수량의 영향을 조사한 결과 간장 외에도 이병포장에서 수수가 건전 포장에 비해 m²당 200개 이상 적었으며, 수장과 수당립수에서도 유의성 있는 피해를 받아 수량은 건전포장의 277.9 kg/10a에 비해 이병포장에서 79.5 kg/10a로 약 70%의 수량 감소를 보였다. 본 시험에서 BaYMV 감염시 심한 간장 단축과 적은 수의 수수 확보로 인해 모든 수량 구성요소와 수량이 감소하였는데, 이 결과는 이병정도가 5 이상이면 수량이 100 kg/10a 이하로 수확이 거의 불가능하였다는 보고와 파종기별로 BaYMV 감염에 의해 간장, 수장, 수수와 수당립수가 영향을 받아 수량 감소율이 83% 이상이었다는 보고와도 같은 경향으로 나타났다(김, 1997; 서, 1995).

세포내 봉입체의 형성. BaYMV에 감염된 조직의 변화와 피해를 조사하였다. BaYMV는 세포내에서 전형적인 pinwheel 형태의 세포내 봉입체(inclusion body)를 형성하였다(Fig. 1). 세포내 봉입체는 *Potyviridae*의 중 분류에도 이용되는 큰 형태적 특징으로 *Bymovirus*의 경우 감염 식물체의 세포질내에만 pinwheel 형태의 봉입체를 형성하는 것으로 알려져 있다(Francki 등, 1991; Brunt, 1992; Edwardson, 1974). 본 실험의 결과에서도 세포내 봉입체

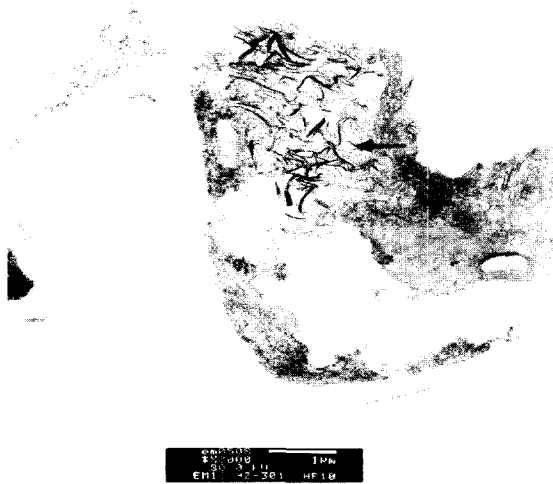


Fig. 1. Cytological change of barley leaves infected BaYMV by electron microscopy (×16,000) in barley leaves. An arrow indicated the viral inclusion bodies. The materials were treated two times, pre- and post-fixation, with Karnovsky's fixative solution and in 1% osmium tetroxide, respectively. Infected leaf tissues were processed by the embedding method of epoxy resin.

의 형성으로 BaYMV의 감염을 확인할 수 있었다. 일반적으로 세포내 감염된 바이러스는 엽록소 구조를 퇴화시켜 광합성 효율 저하와 식물 성장 호르몬의 감소를 초래하게 된다. 또한, 바이러스가 급격히 증식하면서 수용성 질소화합물의 감소가 발생하게 되는데, 성장호르몬과 질소화합물의 변화는 식물 성장과 기관의 분화에 피해를 미치게 된다고 알려져 있다(Agrios, 1988). BaYMV의 감염에 의해 세포내 엽육조직에서 grana 구조의 퇴화 및 세포성 기관의 미발달 등의 피해도 보고되어 있는데(소 등, 1990), 본 시험의 결과에서 확인된 BaYMV의 세포내 감

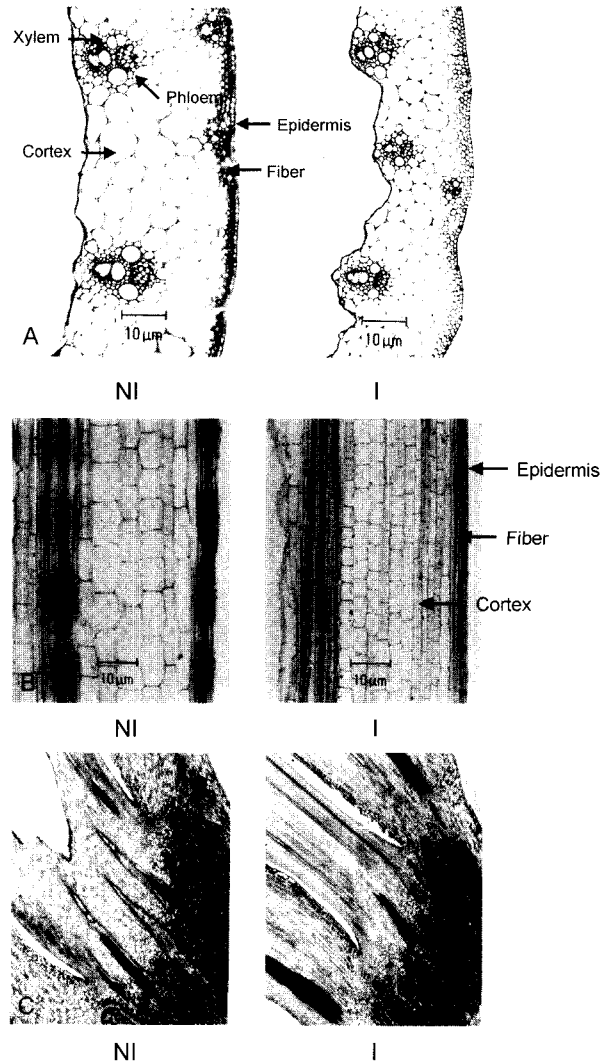


Fig. 2. Comparison of distortion of stem (A), neck of panicle (B) and node (C) tissues of barley between infected and no infected plants by BaYMV, respectively. NI and I mean non infection and infection by BaYMV, respectively. These pictures magnified fifty times under the light microscope and the bars indicated 10 μm. After being pre-treated with FAA, ethanol and paraplast, the tissues dyed with hematoxylin and safranin before observation.

염 역시 세포내 기관이나 보리의 생리작용에 피해를 미치게 되어 결국 식물체의 생육이나 생장에 영향을 주는 것으로 생각된다.

감염 조직의 병태해부학적 변화. BaYMV의 감염에 의한 간장의 단축과 관련된 식물 조직의 피해 양상을 조사하였다. 그 결과 줄기 신장의 억제는 세포분열의 감소가 아닌 세포 각 조직의 신장이 영향을 받은 것으로 나타났다. 각 조사 부위별 영향을 관찰한 결과 다른 부위에 비해 줄기 부위의 조직에서 가장 큰 피해를 받은 것으로 조사되었다(Fig. 2A). 줄기 조직에서 이병주의 표피층 세포 길이가 건전주의 세포보다 짧고 폭의 크기도 작았으며, 피층세포도 건전주에 비해 5~6층 적은 것으로 나타나 BaYMV의 감염이 줄기 조직내 세포의 크기 생장에 영향을 주는 것으로 나타났다. 또한 2층의 유관속은 물관부가 2~3개의 세포로 이루어져 있으면서 체관부의 조직이 주위를 싸고 있는 폐쇄유관속 구조를 하고 있었고, 이병조직은 건전주에 비해 유관속 구조가 위축되어 있었다. 반면, 섬유조직은 이병주에서 건전주보다 많은 층으로 분포하고 있었다. 추수도의 조직에서는 두개체간에 cortex 층의 세포 크기에서 뚜렷한 차이를 보였으며, 섬유조직이 건전주에서 이병주보다 많이 분포하고 있었다. 표피층 세포의 길이나 직경에는 차이를 보이지 않았으며 층수 또한 같았다(Fig. 2B). 마디부위의 조직에서는 전체 조직의 크기에서 차이가 나타났으며, 이병주가 건전주에 비해 약 1.5배정도 작은 것으로 조사되었다(Fig. 2C). 이 결과는 BaYMV의 감염이 줄기부위의 조직 생장에 가장 영향을 미치며, 세포의 신장을 억제시키게 되고, 이로 인해 외관상 식물체 간장이 단축되는 피해를 보이게 된 것으로 나타났다. 이 결과는 *Potato spindle tuber viroid*(PSTV)에 감염된 토마토의 생육 위축은 세포 분열 때문이 아니라 세포 팽창의 약화에 의해 발생하였다는 보고와 같은 결과를 보였다(Qi와 Ding, 2003). Verchot 등(2001)은 *P. graminis*에 의해 감염된 SBWMV의 이동이 식물체 체관부 조직을 이용하는 것을 확인하였는데, 본 시험에서는 체관부의 뚜렷한 피해 정도나 양상은 확인이 되지 않아 이와 관련한 정밀한 검토도 요구되었다. BaYMV에 감염된 보리 줄기의 신장 억제와 관련된 부위들의 세포 신장이 저해되는 것이 확인되었으나 BaYMV의 감염 시기와 보리 생육시기에 따른 조직이나 세포의 피해 양상에 대한 연구가 더 필요할 것으로 보인다.

요 약

보리호위축병(BaYMV)에 의한 보리의 생육 피해 및 세

포학적 변화를 조사하였다. 보리호위축병에 이병된 포장의 보리는 생육 및 수량 구성요소가 피해를 받은 것으로 조사되었다. 보리호위축병에 의해 간장은 건전주에 비해 25 cm 작아져 36%의 간장 단축율을 보였으며, 이 줄기 신장의 억제는 m²당 수수와 수당립수 등을 감소시켰다. 이들 생육의 피해로 인해 이병포장에서의 수량은 건전포장에 비해 70% 이상 감소된 것으로 조사되었다. BaYMV에 감염된 보리 잎에는 전형적인 *Bymovirus*의 pinwheel 형의 세포내 봉입체의 형성이 확인되었다. 또한 BaYMV는 줄기 신장과 관계가 있는 줄기와 추수도, 그리고 마디 조직의 세포 신장에 영향을 미치는 것으로 조사되었다. 특히, 줄기의 세포는 표피세포의 길이나 유관속 조직 크기와 같은 세포 생장에 큰 피해를 받은 것으로 조사되었다. 추수도 조직에서는 섬유조직과 cortex 세포의 크기에서 뚜렷한 차이를 보였으며, 마디 조직에서는 건전주의 조직 전체 크기가 이병주에 비해 1.5배 정도 큰 결과를 보였다. 이들 결과는 BaYMV의 감염은 세포의 신장이 억제에 영향을 미치고, 이는 보리의 줄기 신장과 생육을 억제하게 되어 결국 수량 감소를 일으키는 것으로 나타났다.

참고문헌

- Agrios, G. N. 1988. "Plant Pathology", 3rd ed. Academic Press INC. San Diego, California 803pp.
- Brunt, A. A. 1992. The general properties of *potyviruses*. *Arch. Virol. Suppl.* 5: 3-16.
- Edwardson, J. R. 1974. Host ranges of viruses in the *Potyvirus* group. Florida Agric. Exp. Stn. Monograph Ser. 5.
- Frahm, J. H. 1989. Reduced yield caused by BaYMV - in Lippe, Westphalia an analysis of causal factors. *Gesunde Pflanzen* 41: 45-46.
- Francki, R. I. B., Fauquent, C. M., Kundson, C. L. and Brown, F. 1991. *Potyvirus* classification and nomenclature of viruses, *Arch. Virol. Suppl.* 2: 351-354.
- Huth, W. and Adams, M. J. 1990. *Barley yellow mosaic virus* (BaYMV) and BaYMV-M: two different viruses. *Intervirology* 31: 38-42.
- 銹方末彦, 河合 一郎. 1940. 小麥縞萎縮病に關する研究. 農事改良資料 154: 1-123.
- 김양길. 1997. 파종시기에 따른 보리호위축병 발생이 맥주보리의 수량 및 품질에 미치는 영향. 원광대학교 석사학위 논문. 34pp.
- 이귀재. 1997. 한국에 발생하는 보리마일드모자이크 바이러스 (BaMMV)의 특성 및 유전자 구조. 전북대학교 박사학위 논문. 117pp.
- 이순형. 1981. 한국의 주요 작물 바이러스병에 관한 연구. 농시보고, 23: 62-74.
- Peerenboom, E., Prols, M., Schell, J., Steinbiss, H. H. and

- Davidson, A. D. 1992. The complete nucleotide sequence of RNA 1 of a German isolate of barley yellow mosaic virus and its comparison with a Japanese isolate. *J. Gen. Virol.* 73: 1303-1308.
- Qi, Y. and Ding, B. 2003. Inhibition of cell growth and shoot development by a specific nucleotide sequence in a noncoding viroid RNA. *Plant cell.* 15: 1360-1374.
- Singh, R. P., Singh, U. S. and Kohmoto, K. 1995. Pathogenicity and host specificity in plant disease; Histopathological, biochemical, genetic and molecular bases; Vol. III: Viruses and Viroids. 1-18. Elsevier Science Ltd. The Boulevard, Langford Lane, Kidington, Oxford U. K. 417.
- 서세정. 1995. 보리호위축병 바이러스의 계통분류 및 저항성품종 육성의 기초적 연구. 서울대학교 박사학위논문. 97pp.
- 소인영, 정성수, 이귀재, 오양호. 1990. 보리호위축바이러스 (BaYMV)의 매개체 검정 및 방제법에 관한 연구. 농시논문집 33: 203-213.
- 소인영, 정성수, 이귀재, 오양호. 1991. 보리호위축바이러스 (BaYMV)의 매개체 검정 및 방제법에 관한 연구(II). 농시논문집 34: 75-83.
- 소인영, 이귀재, 전길형, 서재환. 1997. 남부지방에 발생하는 보리호위축바이러스(BaYMV) 및 보리마일드모자이크바이러스(BaMMV)의 분포와 저항성 품종 선발. 한국식물병리학 회지 13: 118-124.
- Verchot, J., Driskel, B. A., Zhu, Y., Hunger, R. M. and Littlefield, L. J. 2001. Evidence that soilborne wheat mosaic virus moves long distance through the xylem in wheat. *Protoplasma* 218: 57-66.