

국내 남부지역의 맥류 바이러스병 발생 현황*

배주영** · 김상민** · 강미형** · 김강민*** · 이중환**** ·
주호종***** · 김선림** · 이봉춘*****

Occurrence of Barley Virus Diseases in Southern Part of Korea

Bae, Ju-Young · Kim, Sang-Min · Kang, Mi-Hyung · Kim, Kang-Min ·
Lee, Joong-Hwan · Ju, Ho-Jong · Kim, Sun-Lim · Lee, Bong-Choon

Virus disease surveys on barley cultivation areas in Jeonnam · Jeonbuk · Gyungnam · Gyungbuk-do were conducted during 2014-2015. In this study, we detected *Barley yellow mosaic virus* (BaYMV), *Barley mild mosaic virus* (BaMMV) and *Soil-borne wheat mosaic virus* (SBWMV) by RT-PCR from barley leaves. These viruses are of great economic importance for wheat and barley, causing significant quantitative and qualitative losses in yield. The result of investigation showed that the field incidence of BaYMV in Buan, Gimje was more than 90% in 2014. The infection field rate of barley virus including Boseong, Gangjin, Haenam, Jangheung in Jeonnam was \approx 30%. In 2014, double infections by BaYMV and BaMMV was detected in Boseong, Gangjin, Haenam and Jangheung. Only as a low rate BaYMV occurred in various fields of Jeonbuk in 2015. At the same time high infection field ratio of 70% was observed in Gunsan. Also in Yeonggwang was double infection of BaYMV and BaMMV. BaYMV occurred single infection has been confirmed in all of the study area of Gyungbuk and Gyungnam except for Goseong during the investigation period.

Key words : *barley*, *BaYMV*, *BaMMV*, *virus disease*

* 이 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 : PJ01004204)에서 연구비 지원으로 수행된 결과입니다.

** 농촌진흥청 국립식량과학원

*** 전북대학교 생명공학부

**** 경상북도농업기술원 생물자원연구소

***** 전북대학교 농생물학과

***** Corresponding author, 농촌진흥청 국립식량과학원(leebc21@korea.kr)

I. 서 론

맥류에 발생하는 바이러스병은 토양에 서식하는 곰팡이에 의해 매개되는 경우가 대부분을 차지하며 그 종류가 많고 외부병징이 유사하여 정확한 바이러스 동정이 어려운 실정이다. 뿐만 아니라 최근 이상기온 등의 기후변화로 밀, 보리 등에 바이러스병의 발생이 증가하고 있으며 특히 토양곰팡이 매개에 의한 바이러스병(Barr, 1979) 발생이 증가하는 추세를 보이고 있다. 밀, 보리 등 맥류에 심각한 피해를 일으키는 바이러스병은 보리누른모자이크병(*Barley yellow mosaic virus*, BaYMV), *Barley mild mosaic virus* (BaMMV), 보리위축병(*Barley yellow dwarf virus*, BYDV), 보리모자이크병(*Soil-borne wheat mosaic virus*, SBWMV) 등이 알려져 있고, 이들 바이러스병 중 국내 남부 보리재배지역에 주로 발생하는 바이러스병은 BaYMV와 BaMMV로 알려져 있다(Lee, 1981; So et al., 1997). 이들 바이러스병의 병징은 모자이크 반점, 황화 및 위축현상 등이 대표적인데 기온이 15°C 이상이 되는 특정한 환경조건에서는 병징이 나타나지 않고 은폐되기도 한다(Chen et al., 1991).

BaYMV는 보리의 뿌리에 침입하는 균인 *Polymyxa graminis*로부터 매개되어지는데(Toyama and Kusaba, 1970) 매개균인 *P. graminis*가 보리의 뿌리를 침입하면 유주자 혹은 유주자낭에 부착된 바이러스가 기주내에서 감염을 일으키게 된다(Adams et al., 1991; Adams et al., 1988; So, 1993). 포장이 일단 오염되면 매개균의 휴면포자에 존재하고 있는 이들 바이러스는 10년 이상 병원력을 유지하기 때문에 화학적 방제 및 윤작 등에 의한 재배학적 방법에 의해서도 완전히 오염원을 제거하기 어렵다(Kashiwazaki et al., 1989).

위와 같이 전남북 및 경남북 지역의 맥류 재배지를 중심으로 문제시 되고 있는 바이러스병의 발생현황을 조사하여, 토양전염성의 특성으로 인해 방제가 극히 어려운 상황에서 보리 유기농 재배에 필수적인 저항성 품종 육성을 위한 기초자료를 제공하고자 본 실험을 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 바이러스병 발생 조사

맥류 바이러스병의 연차간 지역별 발생 변화를 확인하기 위해서 2014년과 2015년 동안 주요 맥류재배지인 전남북 및 경남북 지역을 대상으로 조사를 실시하였다. 조사 시료의 채집은 3월 상순과 중순 사이에 수행하였으며, 잎에서 모자이크 증상 및 황화 그리고 변색의 병징을 보이는 시료를 위주로 수집을 실시하였다. 연도별 조사 지역은 2014년 부안, 김제, 밀양 등을 포함한 15개 지역 91필지를 조사하였고, 2015년에는 영암, 해남, 사천 등 전남북

및 경남북 17개 지역 130필지를 대상으로 조사를 수행하였다.

2. 바이러스 검정

지역별로 채집한 시료는 -80℃에 보존하면서 RT-PCR로 바이러스 검정을 수행하였다. 시료 있을 액체질소를 사용하여 마쇄 후, RNeasy[®] Plant Mini Kit (QIAGEN, Germany)로 전체 RNA를 추출하였다. 추출한 RNA는 BaYMV, BaMMV, SBWMV 각각의 외피단백질 유전자 부분에 특이적으로 반응하는 프라이머를 이용하여 RT-PCR을 실시하였다(Table 1). RT-PCR 반응조건은 45℃에서 45분간 반응시킨 반응액을 95℃ 5분간 1 cycle, 95℃ 30초, 58℃ 1분, 72℃ 40초 35 cycle, 72℃ 10분간 1 cycle 조건으로 수행하였다. 이렇게 하여 얻은 RT-PCR 산물은 1.5% agarose gel에서 전기영동으로 확인하였다.

Table 1. Primers designed for detection of barley viruses in the experiment

Viruses	Primer name	Sequences (5'-3')	Product size (bp)
BaYMV	BaYMV 386 F	TTCCCTTCATCGGATGGTGC	386 bp
	BaYMV 386 R	ACGCAGATTGGTAGTGTCGG	
BaMMV	BaMMV 521 F	CAACATAGAAACGCTCGCCG	521 bp
	BaMMV 521 R	TGTTCGTCTGTTCGGAGGTG	
SBWMV	SBWMV 372 F	AACGGTGCGAGTAAGCTAGG	372 bp
	SBWMV 372 R	CGAGCCCTCCCATTTCAAGT	

Ⅲ. 결과 및 고찰

맥류의 주 재배지인 전남북·경남북을 대상으로 월동 후 맥류 재배지에서 주로 잎에 황화증상이나 모자이크 반점 등이 나타나는 이병주를 대상으로 조사 및 채집을 실시하였다 (Fig. 1). 채집된 이병주를 RT-PCR 진단하여 BaYMV, BaMMV, SBWMV 3종의 바이러스 감염 여부를 분석하였고, RT-PCR 진단 결과를 Fig. 2에 나타내었다.



Fig. 1. Various symptoms on barley naturally infected with barley virus.

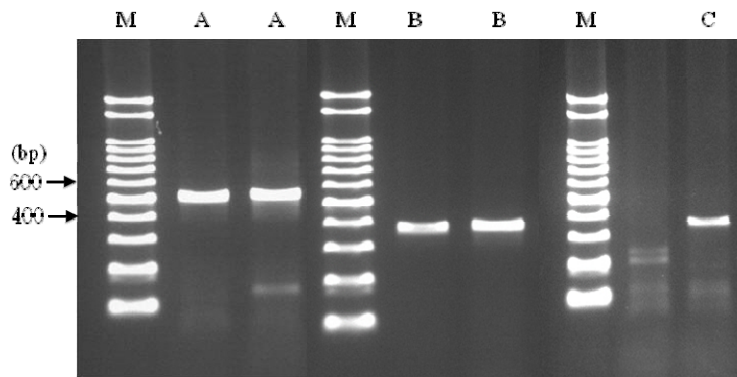


Fig. 2. Detection of BaMMV, BaYMV and SBWMV using RT-PCR. Lanes: M, marker 100 bp ladder; lane A, BaMMV (Yeonggwang, 521 bp); lane B, BaYMV (Yeonggwang , 386 bp); lane C, SBWMV (Goseong, 372 bp).

그 결과 2014년과 2015년 발병포장내 이병면적율은 5% 미만에서부터 90% 이상까지 지역에 따라 다양하게 조사되었다(Table 2).

Table 2. Barley viruses infection in the representative regions of barley cultivation

Region	Localities	Viral diseases in barley occurrence			
		2014		2015	
		Surveyed field	Infected field (%)	Surveyed field	Infected field (%)
Jeonbuk	Buan	10	>90	5	10-15
	Gunsan	-	-	20	40-70
	Gochang	5	<5	5	60-70
	Gimje	10	>90	10	5-15
	Iksan	8	5-10	10	20

Region	Localities	Viral diseases in barley occurrence			
		2014		2015	
		Surveyed field	Infected field (%)	Surveyed field	Infected field (%)
Jeonnam	Boseong	5	30	8	<5
	Gangjin	5	5-30	10	5-10
	Haenam	7	50	10	<5
	Jangheung	5	30	5	<5
	Naju	5	<5	-	-
	Yeonggwang	5	<5	10	40-70
	Yeongam	7	<5	10	<5
Gyungbuk	Cheongdo	5	<5	3	<5
	Pohang	-	-	5	<5
	Yeongdeok	10	5-10	10	5-20
Gyungnam	Goseong	-	-	5	10-50
	Miryang	4	<5	5	<5
	Sacheon	-	-	4	<5
Total		91		130	

2014년의 경우 전북지역의 부안과 김제 내 10개 조사 필지 중 9개 필지에서 BaYMV 단독감염이 확인되어 가장 높은 발병율을 보였다(Table 3). 그 외 고창과 익산지역은 이병면적율이 5% 미만으로 비교적 낮은 이병면적율을 나타내었다. 맥류 주 재배지인 전남지역의 경우는 보성, 강진, 해남, 장흥 지역에서 30%의 이병면적율을 보였다. 전남지역은 모든 조사 지역에서 BaYMV가 관찰되었는데 영광, 보성, 강진, 해남, 장흥 지역에서는 BaYMV뿐 아니라 BaMMV가 혼합 감염된 형태로 확인되었다. 특히 BaMMV의 발생은 지역별로 큰 차이를 보였는데 2014년과 2015년 조사에서 전남지역에서만 발병이 확인된 반면 전북 및 경남 그리고 경북 지역에서는 관찰되지 않았다. 선행연구결과에 따르면 월동기 중 이상고온 현상으로 BaYMV와 BaMMV의 혼합감염으로 인한 피해증가가 확인된 바 있는데(So et al., 1988; So et al., 1997) 본 실험 결과에서도 다른 지역에 비해 상대적으로 기온이 높은 전남 지역에서 높은 혼합 발병율을 확인할 수 있었다. 보리재배 면적이 점차 감소하는 경향을 나타내고 있는 경북과 경남지역에 해당하는 청도, 영덕 및 밀양은 발병포장내 이병면적율이 5% 이하로 조사되었고 모두 BaYMV에 의한 감염으로 확인되었다.

Table 3. Kind of the barley viruses detected in different location

Region	Localities	Viruses	
		2014	2015
Jeonbuk	Buan, Gunsan, Gochang, Gimje, Iksan	BaYMV	BaYMV
Jeonnam	Yeonggwang	BaYMV, BaMMV	BaYMV, BaMMV
	Boseong, Gangjin, Haenam, Jangheung	BaYMV, BaMMV	BaYMV
	Naju, Yeongam	BaYMV	BaYMV
Gyungbuk	Cheongdo, Pohang, Yeongdeok	BaYMV	BaYMV
Gyungnam	Goseong	BaYMV	BaYMV, SBWMV
	Miryang, Sacheon	BaYMV	BaYMV

2015년의 전체적인 발생상황을 보면 전북지역에서 조사한 대부분의 지역에서 10%이상의 이병면적율을 보였는데 전년도에 높은 이병면적율을 보인 부안과 김제는 15% 미만으로 감소한 반면 익산지역은 20% 그리고 고창지역은 70%로 증가한 이병면적율을 보였다. 또한 2015년 조사를 실시한 군산지역도 70%로 높은 이병면적율을 보이는 등 2014년에 비해 발병포장내 이병면적율의 최대값은 감소하였지만 전북의 다양한 지역에서 BaYMV 감염이 확인 되었다. 전남지역은 영광에서 40-70%의 발병포장 내 이병면적율을 보였고 그 외 지역은 5% 미만으로 낮은 이병면적율을 나타내었다. 2014년 BaYMV와 BaMMV의 복합감염이 확인된 지역 중 올해는 영광 지역만이 동일하게 두 바이러스병의 감염이 확인 되었고 그 외의 지역은 BaYMV 단독감염으로 나타났다. 2014년과 2015년 결과 비교 시 2014년 전남 지방에서의 BaMMV 발병율이 더 높게 나타났는데 이는 2014년과 2015년 BaMMV가 확인된 지역을 대상으로 발병조사시기인 3월 평균 기온을 조사 하였을 때 2014년 3월의 평균 기온이 다소 높게 나타난 결과와도 관련이 있다고 생각되어진다(Park et al., 2003).

올해 역시 경남북 모든 조사 지역에서 BaYMV는 확인되었고 BaMMV와의 복합감염은 없었다. 그러나 고성 지역의 경우 높은 이병면적율을 보임과 동시에 SBWMV에 의한 감염도 확인이 되었다. SBWMV는 주로 밀에서 발생하는 병으로 알려져 있는데 본 조사 시 고성 지역에서만 감염이 확인된 점으로 미루어 볼 때 국내 보리 재배 시 발생 피해가 크지 않을 것으로 사료되나 SBWMV나 BYDV등 발병이 조금 늦은 보리 바이러스 병에 대해서도 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

국내 주요 맥류 재배지인 전남북·경남북 지역을 대상으로 바이러스병을 조사한 결과 BaYMV가 가장 우점하여 발병하고 있음을 확인하였다. 또한 전남지역에 국한해서 BaMMV와 복합감염이 확인되었는데 이는 지역별 기온차이에 의한 영향으로 보리 바이러스의 발

생차이가 나타나는 것으로 생각되어진다. 현재 지구 온난화에 의한 기온상승으로 인하여 이러한 복합감염 된 형태의 발병양상이 늘어날 것으로 생각되어 지며 이를 막기 위하여 저항성품종의 재배유도 등과 같은 방제 방법이 강구되어야 할 것으로 사료된다.

IV. 요약

맥류 주 재배지인 전남북 및 경남북을 중심으로 국내에서 밀, 보리 등 맥류에 심각한 피해를 일으키는 바이러스인 BaYMV, BaMMV 그리고 SBWMV를 대상으로 바이러스 발병 현황 조사를 실시하였다. RT-PCR 방법을 이용하여 진단 한 결과 2014년과 2015년 발병포장 내 이병면적율은 5% 미만에서 90% 이상까지 지역에 따라 다양하게 확인되었다. 2014년 조사 결과 전북지역의 부안과 김제에서 90% 이상으로 가장 높은 이병면적율을 보였고, 전남 지역의 보성, 강진, 해남, 장흥 지역은 30%의 이병면적율을 보였다. 2014년 조사결과 전남북 및 경남북 모든 지역에서 BaYMV가 확인되었고, 전남의 일부 지역에서는 BaYMV가 우점하면서 BaMMV와 복합 감염되어 피해를 주고 있는 양상을 보였다. 2015년의 전체적인 발생상황은 군산지역에서 70%로 높은 이병면적율을 보임과 동시에 전북의 다양한 지역에서 BaYMV 감염이 확인되었다. 또한 전남 지역 중 영광지역이 BaYMV와 BaMMV의 복합 감염으로 나타났다. SBWMV 감염이 확인된 고성지역을 제외하고 조사기간 동안 경남북의 모든 조사 지역에서 BaYMV 단독 감염으로 확인되었다. 본 실험 결과 지역별 기온차이에 의해 복합감염 형태의 발병양상의 차이가 나타났으며, 지구 온난화에 의한 기온상승을 대비하여 관련 연구가 더 필요할 것으로 사료된다.

[Submitted, October. 19, 2015; Revised, November. 11, 2015; Accepted, November. 11, 2015]

References

1. Adams, M. J., A. G. Swaby, and P. Jones. 1988. Conformation of the transmission of barley yellow mosaic virus (BaYMV) by the fungus *Polymyxa graminis*. Ann. Appl. Biol. 112: 133-141.
2. Adams, M. J., J. F. Antoniw, and J. G. Mullins. 2001. Plant virus transmission by plasmodiophorid fungi is associated with distinctive transmembrane regions of virus-encoded proteins. Arch Virol. 146: 1139-1153.

3. Barr, D. J. S. 1979. Morphology and host range of *Polymyxa graminis*, *Polymyxa betae*, and *Ligniera pilorum* from Ontario and some other areas. Canadian Journal of Plant Pathology. 1: 85-94.
4. Chen, J., Swaby, A. G., Adams, M. J. and Ruan, Y. 1991. Barley mild mosaic virus inside its fungal vector, *Polymyxa graminis*. Ann. Appl. Biol. 118: 615-621.
5. Kashiwazaki, S., K. Ogawa, T. Usugi, T. Omura, and T. Tsuchizaki. 1989. Characterization of several strains of barley yellow mosaic virus. Ann. Phytopath. Soc, Jpn. 55: 16-25.
6. Lee, S. H. 1981. Studies on virus diseases occurring in various crops in Korea. Res. Rept. RDA 23: 62-74.
7. Park, J. C., J. H. Seo, H. M. Kim, K. J. Lee, S. R. Park, and D. Y. Seo. 2003. Effect of climatic factors on disease incidence of barley yellow mosaic virus (BaYMV). Korea J. Crop. Sci. 48: 156-159.
8. So, I. Y., K. J. Lee, and S. S. Cheong, 1988. Identification of barley yellow mosaic virus and physio-ecological consideration on its vector. Res. Rept. RDA 31: 117-126.
9. So, I. Y. 1993. Transmission of barley yellow mosaic virus by the fungal vector, *Polymyxa graminis* Ledingham. Korea J. Pl. Path. 9: 128-139.
10. So, I. Y., K. J. Lee, K. H. Chon, and J. H. Seo. 1997. Distribution and screening for barley cultivars resistance to barley yellow mosaic virus and barley mild mosaic virus in southern Korea. Korea J. Plant Pathol. 13: 118-124.
11. Toyama, A. and T. Kusaba. 1970. Transmission of soilborne barley yellow mosaic virus. 2. *Polymyxa graminis* Led. As vector. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 36: 223-229.