

기상 요인이 보리호위축병(BaYMV) 발생에 미치는 영향

박종철*† · 서재환* · 김형무** · 이귀재** · 박상래* · 서득룡*

*농촌진흥청 호남농업시험장, **전북대학교 농생물학과

Effect of Climatic Factors on Disease Incidence of Barley Yellow Mosaic Virus (BaYMV)

Jong-Chul Park*†, Jae-Hwan Seo*, Hyung-Moo Kim**, Kui-Jae Lee**, Sang-Lae Park*, and Duck-Yong Suh*

*National Honam Agricultural Experiment Station, RDA, Iksan, 570-080, Korea

**Dept. of Agricultural Biology, Jeonbuk Nat'l Univ., Jeonju, 561-756, Korea

ABSTRACT : Barley yellow mosaic virus (BaYMV) cause severe damage in barley cropping field especially yield reduction about 40% to 100% depend on climatic conditions and varieties. The correlations between disease incidence (DI) and changes of climatic conditions were analyzed. The average temperature affected on the DI in early barley growing stage before wintering. However any factors was not correlated with DI during wintering season that means barley growth was closely related to virus reproduction. Significant correlation between the highest temperature and DI during barley regeneration time that temperature, especially the highest, has to be considered to set appropriate time for DI investigation.

Key words : Barley, BaYMV, temperature, disease incidence, climatic factors

보리는 주곡 식량뿐 아니라 주정 원료로서 오랜동안 재배되어 왔으며 안전한 수량과 고품질의 재배를 위한 연구가 진행되어 오고 있다. 그러나 병해와 관련된 연구는 주로 곰팡이에 한정되어 곰팡이나 세균에 비해 발생이 많고 방제가 어려워 수량 및 품질에 큰 영향을 미치는 병해 특히 바이러스병에 대해서는 많은 연구가 되어 있지 않다. 보리에 발생하는 바이러스병중에서도 보리호위축병(BaYMV)은 80년대 후반 매개체와 바이러스가 동정되었고 포장 발병이 확인되었으며(소 등, 1990, 1993), 남부지역에 맥주보리 재배 면적의 확대와 함께 본 병의 발생 증가로 전국 보리재배지에서 약 39~41%의 발병율이 보고되었다(소 등, 1990, 1991). 보리호위축병의 발생은 품종과 기상조건에 가장 큰 영향을 받는 것으로 알려져 있으며 감수성 품종의 경우 40~100% 수량 감소를 초래하는 것으로 보

고되었다(Frahm J. H., 1989). BaYMV는 보리 파종후 유근이 신장하는 생육초기에 약 10°C에서 매개 곰팡이에 의해 뿌리내로의 침입과 감염이 가장 잘 일어나는 것으로 보고되었으며(齊藤康夫 등, 1953), 또한 인위 즙액 접종시에도 10°C에서 병징 발현이 가장 효과적인 것으로 알려져 있다. 많은 저항성 검정 시험 결과에서 동일한 포장내에서 동일품종이 연차간 발병 정도나 저항성 정도 차이가 크게 나타나는 것으로 조사되고 있어, 포장내에서의 발병율 조사나 품종의 저항성 검정과 선발에 있어 문제시되고 있다. 이에 따라 본 실험은 연차간 보리호위축병 발병율의 변이와 기상 요인과의 관계를 조사하여 발병율의 조사 및 검정시기 예측 그리고 저항성 품종 선발시의 기초 자료로 이용하고자 실시하였다.

재료 및 방법

본 시험은 호남농업 시험장내 보리호위축병 상습 발병포장에서 1994년, 95년, 96년, 99년도 4개년 동안 실시하였다. 공시 품종은 이병성으로 알려진 Amagi Nijo 등과 저항성으로 알려진 Ishikushirazu 등 6품종을 이용하였으며, 파종은 호남지역(익산)의 파종 적기인 10월 중순에 추파하여('93, '94, '95, '98년도) 이듬해 월동후('94, '95, '96, '99년도) 보리호위축병의 발병 조사가 적합한 3월 10~15일경에 각각의 품종별 발병율을 조사하였다. 발병 확인은 보리호위축병의 특이 병징인 모자이크와 황화 증상을 기준으로 포장에서 조사하였다. 바이러스의 감염여부는 소 등(1997)에 의해 보고된 방법과 일본농림수산성농업연구센터에서 분양받은 BaYMV 항혈청을 이용하여 면역 혈청학적 검정(ELISA) 방법으로 확인하였다. 보리호위축병의 발병율은 1 m 휴장내 병징 발현 증상엽의 이병엽율을 달관 조사하였다. 기상 요인은 호남농업시험장내 기상 자료를 이용하여, 기온과 강우량 등 보리호위축병 발생과 병징 발현에 영향을 미칠 수 있는 요인들에 대해 3시기로 나누어

†Corresponding author: (Phone) +82-63-840-2249

(E-mail) Pacc43@rda.go.kr

<Received October 7, 2002>

조사하였다. 즉, 보리의 생육초기인 월동 전(10월 하순~12월 상순), 보리 생장 정지 시기인 월동기(12월 중순~이듬해 2월 중순)와 보리의 생육 재생기 이후 및 보리호위축병의 병징이 발현되는 월동 후(2월 하순~4월 상순) 등 3시기의 기상요인과 조사된 발병율과의 관계를 조사하였다. 일반적으로 보리호위축병의 발병율은 4월 중순 이후에는 병징이 은폐되는 masking 현상의 발생으로 조사가 어려워지기 때문에 4월 상순 이후의 기상 자료는 본 실험의 조사에서는 제외하였다.

결과 및 고찰

연도별 보리호위축병 발생 변화

4개년 동안 동일한 포장에 추파한 보리의 연도별 보리호위축병의 발병율을 조사한 결과 연도별 병 발생율은 '94년, '95년과 '99년도에는 53.3~62.5%로 큰 변화를 보이지 않았으나 '96년도에는 6.6%로 매우 낮은 발병율을 보였다(Table 1). 이들 이병주에 대한 면역혈청학적 검정(ELISA) 결과 전 품종이 보리호위축병에 감염된 것으로 확인되었으며, Amagi Nijo, Agaki Nijo, Haruna Nijo, Misato Golden 등에서 Barley mild mosaic virus(BaMMV)와의 혼합 감염 발생도 확인되었다(Table 2). 국내에는 이들 바이러스의 혼합 감염이 보고는 되어 있으나(소 등, 1997) 이들에 의한 발생율의 변화와 피해에 미치는 영향은 정확히 구명되어 있지 않다. 본 실험에서는 연차간 혼합 감염 발생이 큰 차이를 보이지 않아 보리호위축병에 대한 병 발생을 조사 결과에는 큰 영향을 미치지 않은 것으로 생각된다. 한편, 공시품종은 일본에서 보리호위축병 바이러스의 strain 분류를 위해 육성되어 이용되고 있는 품종으로 각각 BaYMV에 대한 저항성 유전자를 가지고 있어 본 실험의 발병율 차이 결과는 품종의 재배 변이에 의한 발병율의 차이보다는 기상이나 바이러스 계통 또는 다른 균과의 반응등

Table 1. Variation of disease incidence caused by barley yellow mosaic virus

Variety [†]	Disease Incidence (%) [‡]			
	1994	1995	1996	1999
Amagi Nijo	30	100	10	100
Agaki Nijo	90	100	20	60
Haruna Nijo	60	100	0	20
Misato Golden	40	30	5	80
Ishikushirazu	20	5	5	10
Josuihadadaka	80	40	0	80
Mean	53.3	62.5	6.6	58.3

[†]Varieties which have different resistant genes, and have been used for BaYMV strain classification in Japan. [‡]Disease incidence was checked from March 10 to 15 in field. And percentage of diseased leaves was scored from 1 m row with 3 replications by eye-sight investigation.

Table 2. The results of diagnosis for viral infection by ELISA

Variety	Year			
	1994	1995	1996	1999
Amagi Nijo	Y	Y	Y,M	Y
Agaki Nijo	Y	Y,M	Y,M	Y
Haruna Nijo	Y,M	Y	Y	Y,M
Misato Golden	Y	Y,M	Y	Y
Ishikushirazu	Y	Y	Y	Y
Josuihadadaka	Y	Y	Y	Y

Variety tested has been used for barley yellow mosaic virus (BaYMV) strain classification in Japan and has different resistant genes. Y and M indicated BaYMV and Barley Mild Mosaic Virus (BaMMV) infection, respectively, by ELISA test.

과 관련된 차이에 의한 것으로 생각된다.

생육시기별 기상요인과 발병율과의 관계

1) 생육 초기 기상 요인과 발병율과의 관계

보리 생육 초기 즉 보리호위축병이 감염되는 시기인 생육초기(10월 하순~12월 상순)에 기상요인과 발병율과의 관계를 조사한 결과 발병율이 크게 낮았던 '96년도에는 다른 시험년도에 비해 평균기온이 2°C 정도 차이를 보였으며, 최고기온은 2.6~0.7°C 낮은 것으로 나타났다(Table 3). 최저기온은 3.5~2.5°C 낮게 경과하였고 이시기의 토양 수분은 13.1%로 '99년과 비슷하였으나 '94년과 '95년에 비해서는 약 14%정도 낮게 나타났다. 일조시수와 강수량은 연차별로 차이를 보여 일정한 관계를 보이지 않았다. 이들 기상 요인과 발병율간 상관 관계를 분석한 결과 발병율과 평균기온만이 유의성 있는 상관을 보여 이 기간의 평균기온이 BaYMV의 초기 감염과 이로 인한 발병정도에 영향을 미치는 것으로 조사되었다(Table 4).

BaYMV의 감염은 곰팡이인 *polymyxa graminis*에 의해 매개되는데, 보리의 유근이 신장하면서 보리 뿌리에 이 매개균이 침입하여 바이러스를 보리에 감염시키게 되며(소, 1993), 보리호위축병의 감염에 있어 매개균의 활력과 보리의 생장은 밀접

Table 3. Comparison of several climatic factors on disease incidence in early stage of barley growth

Year [†]	Climatic factor [‡]						DI
	AT	HT	LT	DT	RF	SW	
'94	7.9	13.4	3.6	179.9	114.8	25.5	53.3
'95	8.8	15.7	2.9	340.9	24.5	27.5	62.5
'96	6.2	13.1	0.1	332	32	13.7	6.6
'99	8.0	14.6	2.6	249.1	37.5	15.1	58.3

[†]Year of disease incidence scored not the seeding year. [‡]AT; average temperature, HT; highest temperature, LT; lowest temperature, DT; length of day time, RF; amount of rain fall, SW; soil water content, DI; disease incidence.

Table 4. Simple correlations between disease incidence and several climatic factors

Factor [†]	AT	HT	LT	DT	RF	SW	DI
AT	-						
HT	0.83ns	-					
LT	0.86ns	0.44ns	-				
DT	-0.16ns	0.38ns	-0.63ns	-			
RF	0.06ns	-0.50ns	0.54ns	-0.89ns	-		
SW	0.75ns	0.47ns	0.74ns	-0.16ns	0.38ns	-	
DI	0.97*	0.72ns	0.92ns	-0.37ns	0.19ns	0.64ns	-

ns and * mean non-significant and significant correlation in 95% level respectively. [†]AT; average temperature, HT; highest temperature, LT; lowest temperature, DT; length of day time, RF; amount of rain fall, SW; soil water content, DI; disease incidence.

한 관계에 있게 된다. 齊藤康夫 등(1953)에 의하면 전엽 매개체인 *P. graminis*의 최적 활성온도는 10°C라고 보고하였는데, 본 실험의 결과에서 월동전 보리 생육 초기의 평균기온이 6.2°C인 '96년도에 발병율이 6.6%로 나타나 이 기간의 저온으로 인해 매개균의 감염율이 낮아진 것이 발병을 저하의 한 요인으로 분석되었다. 김(1997)에 의하면 동일 포장과 품종에서 파종 한계기인 11월 10일 파종시 10월 10일, 20일에 비해 뚜렷한 발병을 저하를 보고하였는데, 이는 파종후 출현기의 저온으로 인해 매개 곰팡이의 활력 저해와 보리 생육의 지연에 의한 것으로 본 실험의 조사와 같은 결과로 생각된다.

2) 월동기중의 기상요인과 발병율

보리 생육기중 생육 재생기전 월동기(12월 중순~2월 중순)의 기상요인과 보리호위축병 발병율과의 관계를 조사하였다 (Table 5). 이 기간 중에도 다른 연도에 비해 '96년에 평균 기온은 -0.7°C로 가장 낮았고 그 외 연도에는 0.2~1.2°C의 분포를 보였으며, 최고기온과 최저기온에서도 다른 해에 비해 낮게 나타났다. 일조시수는 '99년도에 353시간으로 418~443시간인 다른 조사 년도에 비해 짧았다. 강수량은 15.0~45.5mm로 연차간 다른 분포를 보이는 것으로 조사되었다.

이들 기상요인과 발병율의 상관 분석을 조사한 결과 어느 기상 요인도 발병율과 유의성 있는 상관을 나타내지 않았다 (Table 6). 이 결과는 월동기중 바이러스의 감염이나 증식이 더 이상 일어나지 않는 것을 나타내었다. 식물 바이러스의 감염이나 증식은 식물체의 생장과 대사과정에 의존하게 되는데 (Agrios G. N., 1988), 월동시 보리 생육은 정지 상태로 경과하기 때문에 더 이상의 뿌리 감염이나 감염된 바이러스의 증식이 이루어지지 않는 것이 이 시기의 발병율과 기상요인간에 상관없이 없는 결과를 보인 원인으로 생각된다.

3) 생육재생기이후 기상요인과 발병율과의 관계

생육재생기 이후 병징 발현 시기(2월 하순~4월 상순)의 기상 요인과 발병율의 관계를 조사하였다. 이 기간의 평균기온은 3.7~6.3°C로 조사되었고 '96년에 3.7°C로 가장 낮았다

Table 5. Comparison of several climatic factors on disease incidence in winter season.

Year [†]	Climatic factor [‡]					DI
	AT	HT	LT	DT	RF	
'94	0.5	5.9	-4.3	418.1	20.5	53.3
'95	0.2	6.0	-4.5	412.2	38.0	62.5
'96	-0.7	4.1	-5.8	443.3	45.5	6.6
'99	1.2	7.4	-4.0	353	15.0	58.3

[†]Year of disease incidence scored not the seeding year. [‡]AT; average temperature, HT; highest temperature, LT; lowest temperature, DT; length of day time, RF; amount of rain fall, SW; soil water content, DI; disease incidence.

Table 6. Simple correlations between disease incidence and several climatic factors.

Factor [†]	AT	HT	LT	DT	RF	DI
AT	-					
HT	0.98*	-				
LT	0.95*	0.95*	-			
DT	-0.92ns	-0.94ns	-0.79ns	-		
RF	-0.93ns	-0.85ns	-0.87ns	0.79ns	-	
DI	0.82ns	0.86ns	0.94ns	-0.65ns	-0.65ns	-

ns and * mean non-significant and significant correlation in 95% level respectively. [†]AT; average temperature, HT; highest temperature, LT; lowest temperature, DT; length of day time, RF; amount of rain fall, SW; soil water content, DI; disease incidence.

(Table 7). 최고기온은 '96년 9.6°C로 다른 해의 12.1~12.5°C에 비해 2.5~2.9°C 낮았으며 최저 기온도 -1.6°C로 가장 낮았다. 일조시수는 '99년도에 540.8시간으로 가장 길었고, 강수량은 24~123 mm, 토양수분은 22.1~25.4%로 조사되었다. 이 시기의 기상 요인에 대한 발병율과의 상관을 조사한 결과 최고기온만이 95% 수준에서 유의성이 있는 상관을 나타내어 생육 재생기 이후 병징 발현에는 최고 기온이 영향을 주는 것으로 조사되었다(Table 8). 병발생에 미치는 환경요인에는 광, 온도, 수분, 영양, 일조시수 등이 알려져 있으며(Matthews R. E. F. 1991) 특히 온도 처리와 발병정도에 대한 실험결과 바이러스의 인위 접촉시 작물의 적정 생육 온도보다 고온에서 그리고 고온 shocking 처리가 바이러스 증식과 병징 발현에 효과적이라는 보고가 되어 있다(Kassanis, B., 1952; Fosters and Ross, 1975). 보리호위축병의 병징 발현에는 10°C 부근이 최적 조건이며 15°C 이상에서는 병징이 은폐되는 것으로 보고되어 있는데(齊藤康夫 등, 1953), 이는 본 실험에서 최고기온이 10°C 이하인 경우에 병징 발현이 억제되는 것과 같은 결과로 나타났으며 병징 발현기의 최고온도가 15°C 부근까지 증가함에 따라 병 발생율도 증가할 가능성이 있는 것으로 생각되었다. 또한 이 결과는 바이러스 병 발생에 있어 어느 한계 온도까지의 온도 상승이 병 발생을 증가시킨다는 Jensen(1973)

Table 7. Comparison of several climatic factors on disease incidence in re-growth stage.

Year†	Climatic factor‡						DI
	AT	HT	LT	DT	RF	SW	
'94	5.2	12.2	-0.1	341.5	24.6	23.8	53.3
'95	5.6	12.1	-0.2	369.5	31.5	22.1	62.5
'96	3.7	9.6	-1.6	374.4	123.0	24.2	6.6
'99	6.3	12.5	1.2	540.8	110.0	19.7	58.3

†Year of disease incidence scored not the seeding year. ‡AT; average temperature, HT; highest temperature, LT; lowest temperature, DT; length of day time, RF; amount of rain fall, SW; soil water content, DI; disease incidence.

Table 8. Simple correlation between disease incidence and several climatic factors on re-growth stage of barley.

Factor†	AT	HT	LT	DT	RF	SW	DI
AT	-						
HT	0.95ns	-					
LT	0.97*	0.89ns	-				
DT	0.61ns	0.35ns	0.73ns	-			
RF	-0.30ns	-0.56ns	-0.13ns	0.58ns	-		
SW	-0.86ns	-0.65ns	-0.88ns	-0.90ns	-0.21ns	-	
DI	0.93ns	0.98*	0.82ns	0.26ns	-0.64ns	-0.62ns	-

ns and * mean non-significant and significant correlation in 95% level respectively. †AT; average temperature, HT; highest temperature, LT; lowest temperature, DT; length of day time, RF; amount of rain fall, SW; soil water content, DI; disease incidence.

의 보고와도 같은 결과로 나타났다. 이외에도 다른 미생물과의 상호 반응, BaYMV strain에 따른 병 발생 변화 등에 대한 검토가 계속 이루어져야 할 것으로 생각되며, 한편, 최근 지구 온난화 등의 기온의 변화를 고려할 때 보리호위축병 발생이 더욱 증가할 가능성이 있으며, 따라서 저항성 품종 육성과 보급이 시급한 문제로 생각된다.

적 요

1. 4개년 조사 기간 중 보리호위축병 발병율은 6.6%~62.5%로 연차간 기상조건에 따라 큰 변이를 나타내었다.
2. 면역혈청학적 검정 결과 보리호위축병의 감염이 확인되었으며, 일부 품종은 BaMMV와의 혼합 감염이 발생하였으나 보리호위축병에 비해 상대적으로 발생이 낮은 경향이였다.

3. 월동전 보리 초기 생육 기간의 기상 조건과 발병율의 변화 조사 결과 평균기온이 바이러스의 감염과 유의성 있는 상관을 나타내었다.

4. 월동기중에는 기상조건과 발병율과는 어떤 요인도 유의성 있는 상관을 나타내지 않았다.

5. 생육재생기 이후의 발병율은 최고기온과 유의성 있는 상관을 나타내어 병징 발현에는 최고기온이 영향을 미치는 것으로 조사되었다.

인용문헌

Agrios, G. N. 1988. Plant Pathology 3rd Ed. in "Virus infection and virus synthesis pp.630-634" Academic Press INC. San Diago, California. p.803.

Frahm J. H. 1989. Reduced yields caused by BYMV-in Lippe, Westphalia an analysis of causal factors. Gesunde Pflanzen. 41(2):45-46.

Foster, J. A. and A. F., Ross. 1975. Properties of the initial tobacco mosaic virus infection sites revealed by heating symptomless inoculated tobacco leaves. Phytopathology 65. 610-616.

Jensen, S. G. 1973. Systemic movement of barley yellow dwarf virus in small grains. Phytopathology 63: 854-856.

Kassanis, B. 1952. Some effects of high temperature on the susceptibility of plants to infection with viruses. Ann. Appl. Biol. 39:358-369.

김양길. 1997. 파종시기에 따른 보리호위축병 발생이 맥주보리의 수량 및 품질에 미치는 영향. 원광대학교 석사학위 논문. p.34.

Matthews, R. E. F. 1991. Plant Virology in "Factors influencing the course of infection and Disease pp.460-464" Academic Press, INC. p.835.

齊藤康夫, 高梨和雄, 岩田吉人, 岡本弘. 1953. 土壤傳染性ムギウイルス病に關する研究 1. 病原ウイルスの諸性質. 農林研報告C 17:19-25.

소인영, 이귀재, 정성수. 1990. 보리호위축바이러스 분리 동정 및 매개체의 생리생태에 관한 연구. 농시논문집. 31:117-126.

소인영. 1993. Polymyxa graminis에 의한 보리호위축바이러스의 전염기작에 관한 연구. 한국식물병리학회지 9(2):128-135.

소인영, 정성수, 이귀재, 오양호. 1991. 보리호위축바이러스(BaYMV)의 매개체 검정 및 방제법에 관한 연구. 농시논문집 33:203-213.

So, I. Y., S. Kashiwazaki and T. Tsuchizaki. 1993. Barley mild mosaic virus occurring in south Korea. Abstracts of 9th Intern. Congress of Virology. p.350.

소인영, 이귀재, 전길형, 서재환. 1997. 남부지방에 발생하는 보리호위축바이러스(BaYMV) 및 보리마일드모자이크(BaMMV)의 분포와 저항성 품종 선발. Korean J. Plant Pathol. 13(2):118-124.