

보리 모자이크 바이러스 저항성 정도가 상이한 보리 품종간 생육 및 수량 비교

박종철*[†] · 이미자* · 최인배** · 김미정* · 박철수* · 김정곤*

*농촌진흥청 작물과학원 호남농업연구소, **농촌진흥청 작물과학원 유전육종과

Growth and Yield Comparisons among Barley Varieties with Different Resistance to Barley Mosaic Virus

Jong Chul Park*, Mi-Ja Lee*, In-Bae Choi**, Mi-Jung Kim*, Chul Soo Park*, and Jung-Gon Kim*

*Honam Agricultural Research Institute, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea

**Breeding & Genetics Division, NICS, RDA, Suwon 441-857, Korea

ABSTRACT Viral diseases, especially *Barley yellow mosaic virus* (BaYMV) and *Barley mild mosaic virus* (BaMMV), have been most serious in barley fields. In this study, we investigated the effect of different level of resistance to viral diseases on the plant growth and yield in barley. Various viral disease symptoms on leaves of overwintered plants were similar between medial-resistant and susceptible varieties of Saessalbori and Baegdong. In diagnosis of virus infection, BaYMV and BaMMV were detected in Saessalbori and Baegdong, but not in the resistant variety, Naehanssalbori. Plant height was restrained about 11~12 cm prior to heading in Saessalbori and Baegdong comparing to Naehanssalbori. Even if both varieties were medial resistant to virus diseases, Saessalbori was different from Baegdong in heading date and culm length due to its recovery from viral damages prior to heading. Both medial-resistant and susceptible varieties were quite different from the resistant variety in yield components such as heading date, number of spikes and culm length when evaluated in the virus-infected or non-infected field. Baegdong delayed 7 days in heading date and reduced by more than 50% in culm length and spike numbers as compared to Naehanssalbori. On the other hand, Saessalbori showed similar heading date, but was shorter by 20% in culm length than Naehanssalbori. Three varieties tested in the non-infected field over two years were not significantly different for yield potential with ranges of 340~405 kg/10a. However, significant yield reduction ($P<0.01$) was observed in Saessalbori and Baegdong with ranges of 108~288 kg/10a as compared to Naehanssalbori (391 kg/10a) when tested in the virus-in-

ected field. Yield potentials of Saessalbori and Baegdong reduced by 35 and 63%, respectively in the virus-infected field as compared to those in the non-infected field. Our results showed that damages from virus diseases were significant on the early plant growth to yield and its components in barley.

Keywords : barley, BaYMV, BaMMV, resistance, yield

우리나라 보리 품종 육성은 1950년대 이후 순계분리 육성이 교잡육성으로 대체되면서 본격화되었다. 또한 육성 방향은 수량성 증대와 함께 벼나 콩 등과의 이모작 재배 특성으로 인하여 숙기 단축이 중요한 목표가 되었다. 또한 다비재배 조건에서 발생하는 도복 저항성 품종 육성 또한 70년대 이후 주요 육종 목표중의 하나가 되었다(하 등, 2000). 한편, 맥류바이러스에 대한 내병성 품종 육성과 관련된 연구는 90년대 후반에서야 관심을 가지는 분야가 되었다. 보리 발생 병해는 주로 감부기병, 흰가루병 및 붉은곰팡이병 등의 진균에 의한 피해가 알려져 왔으나, 90년도 후반부터 남부지역 맥주보리 재배지를 중심으로 바이러스병이 문제시 되어 왔다(소 등 1990, 1991). 특히, 보리호위축병(*Barley yellow mosaic virus*, BaYMV)과 보리마일드모자이크병(*Barley mild mosaic virus*, BaMMV)이 가장 우점하는 것으로 보고되었다(박 등, 2005). BaYMV에 감염시 품종의 저항성과 기상 조건에 따라 40~100%의 수량이 감소되는 것으로 보고(Frahm, 1989)된 것과 같이, 국내에서도 그 피해가 크게 나타나고 있는 것으로 보인다. 일반적인 바이러스병의 방제와 마찬가지로 맥류에서도 저항성 품종의 육성이 가장 효과적인 방제 방법으로 알려져 있으며(Agrios, 1988),

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

(E-mail) pacc43@rda.go.kr <Received February 19, 2006>

현재 보리 품종 육성에 있어 바이러스병 저항성은 가장 중요한 육성 목표중의 하나이다. 일반적으로 맥종별 저항성 정도는 겉보리가 가장 저항성을 보이며, 쌀보리는 중 정도 맥주보리는 감수성인 특성을 가지는 것으로 알려져 있다. 현재까지 보리 육성 품종은 지역별로 바이러스병에 대한 포장 검정 시험을 통해 저항성 정도가 평가되고 있으나, 품종의 저항성 정도에 따른 생육이나 수량의 피해 정도는 보고되어 있지 않고 있다. 따라서 본 시험은 저항성 정도별 보리의 생육 및 수량 감소 정도를 조사하여 바이러스병 발생 정도에 따른 생육 피해 및 수량 감소 정도를 예측하기 위한 자료로 활용하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 파종

보리 맥종중 품종간 바이러스병 저항성 정도가 가장 뚜렷한 쌀보리를 대상으로 시험을 수행하였다. 쌀보리 품종중 가장 감수성으로 알려진 백동과 회복능력이 좋은 중도저항성의 새쌀보리(새쌀), 그리고 저항성이 강한 내한쌀보리(내한)를 호남농업연구소(익산)내 발병 상습지 포장과 병발생이 없는 일반 포장에 각각 파종하여 시험을 수행하였다. 파종은 전북 익산의 파종 추천 적기인 10월 20일에 40 cm × 18 cm (휴폭 × 파폭) 간격으로 2 m 휴장의 전작 시험 포장에 조파하였으며, 품종별 3반복으로 2003년과 2004년 2개년 동안 동일 시험포장에서 수행되었다. 파종 후 재배 및 포장 관리는 표준 재배방법에 준하여 수행하였다(호남농시, 2002).

이병정도 및 바이러스 감염 조사

시험재료별 발병정도는 파종 후 이듬해(2004년, 2005년) 월동 후 병징 발현 최성기인 3월 중순에 모자이크와 황화증상의 발생정도에 따라 달관으로 소 등(1997)에 의한 조사방법을 통하여 이병정도를 무발병(0), 1~10%(1), 11~30%(3), 31~50%(5), 51~70%(7), 71% 이상(9) 등으로 나누어 조사하였다.

품종별로 이상 증상을 보이는 잎을 채집하여 -20℃에 보관하면서, 소 등(1997)의 면역 혈청학적 검정(ELISA) 방법으로 바이러스의 감염 여부를 확인하였다. 혈청 반응에 이용된 BaYMV, BaMMV와 SBWMV 항혈청은 일본농립수산성농업연구센터에서 분양받아 이용하였다. 바이러스 검정시 멸균토양에서 키운 보리를 건전 대조구로 이용하였으며, 감염여부는 PBST-buffer와 건전주의 발색 반응 수치보다 높은 경우 바이러스의 감염으로 인정하여 조사하였다.

생육 및 수량조사

바이러스 감염시 전형적인 증상인 보리의 신장 억제 정도의 변화를 월동전과 월동후 출수기 이전까지 조사하였다. 또한 출수기 차이와 성숙기 이후에는 간장, 수수, 수장, 일수립수 등 수량 구성요소를 조사하여 품종별로 비교하였다. 또한 수확 후 종실 수량에 대한 저항성 정도별 피해 정도와 수량 감소율을 조사하였으며, 저항성 정도는 병 발생이 없는 건전포장 결과와도 비교 분석하였다. 본 조사는 2004년과 2005년 2개년 동안 3반복으로 수행하였으며 보리의 생육은 처리별 10주를 3반복으로 조사하였고, 수량은 시험구 전체를 수확하여 측정하였으며, 통계처리 분석을 통하여 처리별 저항성 정도 차이를 분석하였다.

결과 및 고찰

품종별 이병정도 및 생육 차이 조사

품종별 저항성 정도에 따른 이병정도를 잎의 황화 및 모자이크 발생정도에 따라 조사한 결과 가장 감수성인 백동은 7~9, 중 정도의 새쌀은 5~7을 보였으나 내한은 0~1로 저항성인 것으로 조사되었다(Table 1). 한편 바이러스 감염 검정에서 백동과 새쌀은 BaYMV와 BaMMV에 감염되어 있었으나 내한은 BaYMV에만 감염된 것으로 나타났다. 이 결과는 본 시험에서 관찰된 증상이나 월동 후 보리 잎의 황화, 모자이크 증상이 바이러스에 의해 발생한다는 것을 나타내었다. 또한, 품종별로 바이러스병에 대한 저항성 정도가 다르게 나타났는데, 이는 바이러스병의 경우 저항성 품종만이 가장 효율적인 방제 방법이라는 일반적인 사실과도 같은 결과를 보였다. 최근까지 세계적으로 보리의 BaYMV와 BaMMV에 대해 *rym1*~*rym16*까지 16개의 저항성 유전자 보고되어 있다(Habekuß *et al.*, 2005). 그러나 국내에서는 내한이나, 찰보리등 몇몇 품종에 대해 저항성 유전자를 추정하고 있을 뿐 정확한 유전자의 동정이나 확인은 이루어지지 않고 있는 실정이다. 따라서 국내에서도 분자생물학적 marker의 개발 등과 같은 관련 연구가 더욱 필요할 것으로 생각된다. 이는 육성 품종이나 유전자원에 대한 저항성 유전자의 확인은 물론 복합저항성 품종육성과 안정적인 재배기술 향상 등에도 도움을 줄 수 있을 것이다.

품종별 보리의 생육 차이

월동 전과 월동 후 바이러스병 저항성 정도에 따른 보리의 생육을 조사하였다. 발병을 조사에서와 마찬가지로 보리의 신장 정도도 바이러스 발병 정도에 따라 영향을 받는 결

Table 1. Various diseased degree and ELISA result of three barley genotypes in the virus-infected field.

Resistance	Diseased degree [†] (0-9)	Viral infection		
		BaYMV ¹⁾	BaMMV	SBWMV
Susceptible (Baegdong)	7-9	+ ²⁾	+	-
Medial (Saessalbori)	5-7	+	+	-
Resistant (Naehanssalbori)	0-1	-	-	-

[†]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. 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.

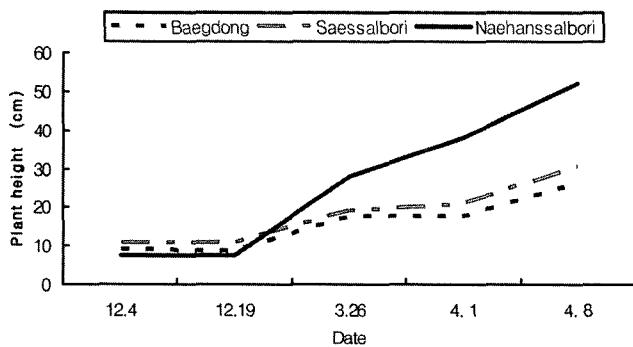


Fig. 1. Comparisons of three barley genotypes for plant height with different resistance level in the virus-infected field.

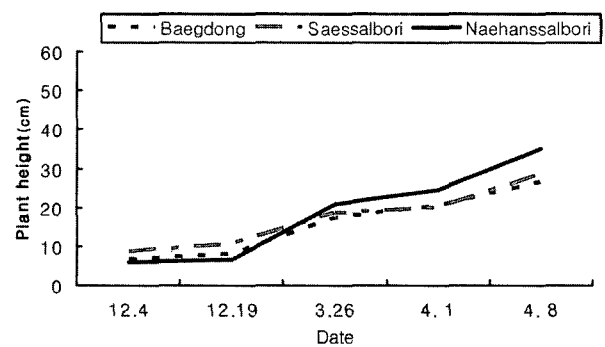


Fig. 2. Comparisons of three barley genotypes for plant height with different resistance level in the non-infected field.

과를 보였다(Fig. 1). 저항성으로 나타난 내한이 중도저항성과 감수성인 새쌀과 백동에 비해 신장 억제 없이 출수 전까지 지속적으로 신장하였다. 중도저항성인 새쌀도 감수성인 백동에 비해 신장 폭은 컸으나, 내한에 비해 생육이 억제되는 피해를 보였다. 발병을 조사 결과와는 관계없이 월동전의 초기 신장은 새쌀이 백동과 내한에 비해 약간 컸으나 월동 후에는 저항성인 내한의 생육속도가 빨랐다. 품종간 초장의 차이를 확인하기 위해 병 발생이 없는 포장에서 동일한 품종과 파종기에 파종한 후 생육의 차이를 비교한 결과 3 품종간 초장의 변화 양상은 같은 경향을 보였으며, 조사기간의 초장도 비슷한 차이로 경과하였다(Fig. 2). 다만 품종들의 초장이 상대적으로 발병상습지에 비해 작은 것으로 조사되었는데 이는 발병상황과는 상관이 없는 토양 비옥도의 차이에 의한 것으로 생각되었다. BaYMV에 감염된 보리에서 잎의 황화나 모자이크 증상이 나타난 후 신장이 억제되는 증상을 나타내는 것으로 보고되어 있다(박 등, 2004). 그

러나 저항성 정도에 따른 생육 차이 등은 보고되어 있지 않다. 본 시험의 결과에서 이병정도 5의 중도저항성과 9의 감수성 품종에서 월동 후 생육재생기 이후 잎의 병징 발생과 함께 저항성 품종에 비해 생육이 크게 저해되는 것을 확인할 수 있었다. 건전포장에서 나타난 품종 고유의 신장 특성을 고려해도 출수기 이전 4월 8일에 중도저항성인 새쌀은 10.5 cm, 감수성인 백동은 11.8 cm 정도 신장이 억제되는 초기 생육 피해를 보였다. 중도저항성으로 알려진 새쌀과 감수성인 백동에서 신장 차이가 1.3 cm 정도로 적어 초기 생육정도로는 중도저항성과 감수성의 판별이 어려운 것으로 나타났다. 이는 월동 후 병징 발현기에는 중도저항성 이하의 품종에서는 병징 발생정도가 비슷하게 나타나 저항성 정도를 뚜렷하게 판별하기가 어려우며, 이에 따라 초기 생육은 감수성과 거의 비슷한 수준으로 피해를 받는 것으로 나타났다.

Table 2. Comparisons of three barley genotypes for yield components with different resistance level in the virus-infected (DF) and non-infected (NF) fields.

Resistance	Heading date (Month. date)		No. of spikes (per m ²)		Culm length (cm)		Spike length (cm)		No. of kernels (per spike)	
	DF [†]	NF	DF	NF	DF	NF	DF	NF	DF	NF
Resistant (Naehan)	4.27	4.26	436	497	96.8	92.3	3.8	4.0	48.3	47.0
Medial (Saessal)	4.28	4.24	429	533	53.6	61.7	4.0	4.2	57.7	52.0
Susceptible (Baegdong)	5.6	4.30	156	369	31.5	67.0	5.4	5.1	62.0	65.0

[†]DF and NF mean infection and no infection field, respectively.

수량구성 요소의 피해

출수기 이후 생육 후기에 저항성 정도에 따른 품종별 피해 정도를 건전포장에서와 비교 조사하였다. 발병 상습지 조사 결과 중도저항성과 감수성 품종에서 저항성에 비해 출수기, 수수, 간장 등에서 특히 차이가 큰 것으로 나타났다 (Table 2). 품종간에 건전포장에서의 생육 특성을 비교한 결과에서도 간장과 수수, 출수기가 가장 큰 피해를 받은 것으로 조사 되었다. 이 결과는 감수성인 백동에서 바이러스병의 감염시 세포 신장이 억제되어 초장이 작아지고 이로 인해 출수기 지연, 간장 단축의 피해가 발생한다는 박 등 (2004)의 보고와도 같은 결과를 보였다. 품종별 생육 피해를 일반포장과 비교해 보면 감수성인 백동에서 출수기는 7일 늦어졌고, 간장과 수수는 50% 이하의 생육을 보였으나 일수립수는 피해를 받지 않은 것으로 나타났다. 중도저항성인 새쌀에서는 출수기는 1일 차이로 적었으나, 수수와 간장의 생육이 일반 포장에 비해 20% 정도 억제되는 피해를 보였다. 바이러스 감염에 의해 발생하는 보리 잎의 병징은 기온이 20°C 이상이 되면 은폐(masking)되는 특징을 보이는 것으로 알려져 있는데(소 등, 1997), 최고분얼기 이후 병징 은폐와 출수 전 생육 회복정도가 중도저항성 이하에서는 저항성 정도를 판단하는데 더욱 중요한 지표가 될 것으로 생각되었다. 즉, 중도 저항성의 경우 월동직후 병징 발생은 감수성과 비슷한 초기 신장의 억제정도를 보이더라도, 이후 생육 회복능력 정도를 관찰함으로써 품종의 저항성과 피해정도를 더욱 뚜렷이 확인할 수 있을 것으로 보인다. 그러나 국내 보리 재배지는 BaYMV, BaMMV, SBWMV 등의 여러 바이러스들이 혼합 감염되어 있으며(박 등, 2004), 또한 월동전후 온도 등의 기상조건에 따라 바이러스 발생정도가 차이를 보인다는 보고(박 등, 2003)로 볼 때 중도저항성 품종

은 특수 목적이나 재배지의 바이러스병 발생 정도가 미약한 경우를 제외하고는 재배하지 않는 것이 생육 피해를 줄일 수 있는 가장 효과적인 방법으로 생각된다. 한편, 보리에서는 4월 이후 고온이 되면서 잎의 병징이 은폐된 이후의 시기에 생육 회복 정도를 조사, 비교하는 것도 포장에서 품종에 대한 바이러스병 저항성 정도를 확인 할 수 있는 하나의 방법이 될 수 있을 것으로 보인다.

수량 피해

품종별 저항성 정도에 따른 수량 피해 정도를 조사하였다. 품종간 종실 수량 특성을 확인하기 위해 병 발생이 없는 포장에서 2개년간 재배하여 평균 종실중을 조사한 결과 품종간 수량 차이의 유의성이 인정되지 않았다(Table 3). 건전한 일반포장에서의 품종간 평균 수량은 340 kg - 405 kg/ 10a으로 유의성(P>0.01)을 보이지 않았다. 이는 본 시험에 사용된 품종들의 수량성은 바이러스병 발생이 없는 경우 저항성과 관계없이 차이가 없음을 보여주는 결과로 나타났다. 반면, 상습발병 포장에서 저항성 정도별 수량성을 조사한 결과 품종간 저항성 정도에 따라 유의성 있는 차이(P>0.01)를 보였다. 저항성인 내한쌀보리의 경우 10a당 391 kg로 건전 포장에서와 비슷한 결과를 보였지만 중도저항성과 감수성인 새쌀과 백동의 경우 10a당 각각 283 kg과 103 kg을 보여 내한쌀보리에 비해 108~288 kg 감소되는 피해를 보인 것으로 조사되었다. 또한, 바이러스 감염 포장에서의 수량성을 건전포장의 동일 품종과 비교해 볼 때 저항성인 내한은 큰 차이가 없었다(Fig. 3). 그러나 중도저항성인 새쌀은 건전구 수량의 약 60~70%로 평균 35%의 수량 감소 피해를 보였다. 감수성인 백동의 경우 연차별로 건전구 수량의 약 30~46%만을 보여 평균 63%의 수량 감소 피해를 나

Table 3. Comparisons of three barley genotypes for yield with different resistance level in the virus-infected (DF) and non-infected (NF) fields.

Resistance	2004		2005		Average	
	DF	NF	DF	NF	DF	NF
Resistant (Naehan)	338.0	307.3	443.5	478.1	391	393
Medial (Saessal)	225.0	376.8	340.4	432.3	283	405
Susceptible (Baegdong)	135.0	303.5	70.2	375.4	103	340
CV (%)					6.63	8.47
LSD (1%)					64.61**	120.64 ^{ns}

^{ns} and ** mean no and significant differences at 0.01 probabilities, respectively.

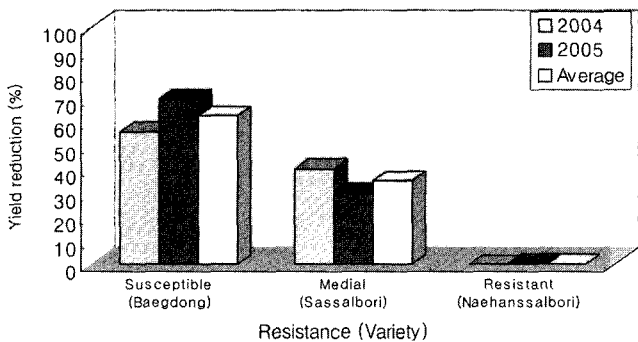


Fig. 3. Variation of yield reduction among three barley genotypes depending on their different resistance to viral diseases.

타내었다. BaYMV의 감염에 의한 보리의 수량 피해와 관련된 보고는 많지 않다. Frahm(1989) 등은 품종의 저항성 정도와 기상 등 환경조건에 따라 40~100%의 수량 감소를 보고하였으며, 김 등(1997)은 파종시기에 따른 수량 감소 정도를 보고하였다. 본 시험 결과에서도 위의 결과와 비슷한 수량 피해를 보인 것으로 조사되었다. 박 등(2005)은 국내 농가 포장에서 BaYMV등 4종의 바이러스 발생을 조사한 결과 BaYMV가 전국적으로 우점하며 지역적으로 BaYMV와 BaMMV의 혼합 감염을 보고하였다. 본 시험에서도 BaYMV와 BaMMV가 복합 감염되어 있는 결과를 보였으며 이로 인해 생육과 수량의 피해를 확인하였다. 따라서, 본 시험의 품종별 피해 정도는 실제 농가 포장에서 발병 정도와 품종의 저항성 정도에 따라 피해 정도를 예상할 수 있는 정보를 제공할 수 있을 것으로 생각된다. 바이러스에 의한 피해는 생육이나 수량뿐 아니라 생산물의 품질에도 영향을 미치는 것이 일반적인 보고이다(Matthews, 1991). 김 등(2003)은 BaYMV에 감

염된 보리의 경우 종실의 단백질 등 품질이 영향을 받는다고 보고하였다. 보리의 국내 주 용도는 식용, 주정과 최근의 사료용 총체보리의 이용 측면에서 볼 때 품질이 중요한 생산물의 가치 설정 기준의 하나로 여겨지고 있다. 따라서 바이러스 감염에 의한 품질 측면의 피해에 대한 보다 정밀한 분석이 필요할 것으로 생각된다. 또한, 보리 맥종중 맥주보리가 가장 감수성인 것으로 알려져 있으며, 전남, 경남 등 남부지역 맥주보리 주 재배지역이 가장 피해가 큰 지역으로 보고되어 있다(소 등, 1991). 이는 품질 특성이 중요한 맥주보리 이용면에서 볼 때 이들 지역에 대한 맥주보리의 수량과 품질 피해 원인과 양상에 대한 보다 정밀한 조사도 수행되어야 할 것으로 생각된다. 국내에서 가장 우점하는 바이러스병인 BaYMV는 지역별로 병원성이 다른 strain이 분포하는 것으로 보고(서, 1995; 박, 2004)되어 있다. 따라서 앞으로 저항성 품종 개발과 고품질, 안정적인 수량 확보를 위한 재배를 위해 이들 바이러스 strain에 대한 정밀한 세부 지역별 조사와 이에 대한 저항성 유전자의 확인에 관한 연구도 저항성 품종 육성과 안전 재배 및 고품질 보리 생산에 중요한 자료를 제공해 줄 것으로 생각된다.

적 요

보리의 저항성 정도에 따른 바이러스병에 의한 생육 및 수량 피해를 조사하였다.

1. 병징 발생정도에 따라 백동과 새쌀보리가 각각 7~9와 5~7의 이병정도를 보여 감수성과 중도저항성을, 내한쌀보리는 0~1 정도로 저항성으로 조사되었다.
2. 감수성과 중도저항성 품종에서 Barley yellow mosaic

virus와 Barley mild mosaic virus의 감염이 확인되었으나, 저항성인 내한쌀보리는 바이러스 감염이 검정되지 않았다.

3. 월동 후 생육 신장 조사에서 저항성은 지속적인 생육 증가 현상을 나타낸 반면, 중도저항성과 감수성 품종은 10.5~11.8 cm 신장이 억제되는 생육 피해를 보였다.

4. 수량구성 요소의 피해를 건전포장 결과와 비교했을 때 중도저항성과 감수성 품종에서 저항성에 비해 출수기, 수수, 간장 등에서 특히 차이가 큰 것으로 나타났다. 감수성 품종에서 출수기는 7일 늦어졌고, 간장과 수수는 50% 이하의 생육을 보였으며, 중도저항성에서는 수수와 간장의 생육이 일반 포장에 비해 20% 정도 억제되는 피해를 보였다.

5. 품종별 저항성 정도에 따른 수량 피해 정도를 조사 결과, 병 발생이 없는 일반포장에 비해 중도저항성과 감수성 품종에서 10a당 108~288 kg 감소되는 피해를 보인 것으로 조사되었다.

6. 바이러스 감염시 중도저항성인 새쌀보리는 평균 35%의 수량 감소 피해를 보였으며, 감수성인 백동의 경우 평균 63%의 수량 감소 피해를 나타내었다.

인용문헌

- Agrios, G. N. 1988. "Plant Pathology," 3rd ed. Academic Press INC. San Diago, California 803pp.
- Antje Habekuß, Thomas Kühne, Frank Rabenstein, Ilona Krämer, Fred Ehrig, Brigitte Ruge-Wehling, Winfried Huth, Frank Ordon. 2005. Detection of an *rym 5* resistance breaking virus strain in Germany. Abstract of Sixth International Working Group on Plant Viruses with Fungal Vectors Symposium. 58pp.
- Frahm J. H. 1989. Reduced yields caused by BYMV-in Lippe, Westphalia an analysis of causal factors. *Gesunde Pflanzen*. 41(2) : 45-46.
- 하용웅. 2000. 보리. "제6장 병해충 및 기상재해. pp. 275-292" 하용웅 박사 정년기념집 발간 위원회.
- 호남농업시험장. 2002. 2002년도 시험 연구 보고서. 표준재배 법-쌀보리 pp. 26-27. 농촌진흥청 호남농업시험장.
- 김양길. 1997. 파종시기에 따른 보리호위축병 발생이 맥주보리의 수량 및 품질에 미치는 영향. 원광대학교 석사학위 논문. 34pp.
- 김양길, 서재환, 박종철, 이중호. 2003. 보리호위축병(BaYMV) 이병에 따른 쌀보리 품종의 생육특성 및 품질. *한국작물학회*. 48(6) : 501-505.
- Matthews, R. E. F. 1991. Plant Virology in "Factors influencing the course of infection and disease 460-464" Academic Press, INC. 835.
- 박종철, 서재환, 김형무, 이귀재, 박상래, 서득룡. 2003. 기상요인이 보리호위축병(BaYMV) 발생에 미치는 영향. *한국작물학회지* 48 : 156-159.
- 박종철. 2004. 보리호위축병(*Barley yellow mosaic virus*)의 발생 상황과 핵산 구조에 의한 지역간 비교. 전북대학교 박사학위논문.
- 박종철, 이재동, 서재환, 김양길, 정선기, 김형무. 2004. 보리호위축병(*Barley yellow mosaic virus*)에 의한 보리의 생육 피해 및 세포학적 변화. *식물병연구*. 한국식물병리학회. 10(1) : 34-38.
- 박종철, 서재환, 김양길, 김정근. 2005. 국내 맥류재배지의 바이러스병 발생 현황과 BaYMV-Ik와 BaMMV에 대한 저항성 유전자의 반응 검정. *한국작물학회*. 50(3) : 197-204.
- 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. *한국식물병리학회지* 13(2) : 118-124.