

토양 전염성 바이러스 감염이 청보리 품종별 생육 및 수량에 미치는 영향

김경훈¹ · 서은조² · 신상현¹ · 최재성¹ · 이미자¹ · 박태일¹ · 박종철^{1*}

Effects on Growth and Yield Whole-crop Barley by Soil-borne Virus Infection

Kyeong-Hoon Kim¹, Eun-Jo Seo², Sang-Hyun Shin¹, Jae-Seong Choi¹, Mi-Ja Lee¹,
Tae-Il Park¹ and Jong-Chul Park^{1*}

ABSTRACT

Barley yellow mosaic virus (BaYMV) and Barley mild mosaic virus (BaMMV) cause severe diseases in winter barley in Europe and East Asia. We investigated the effect of different level of resistance to virus disease on the plant growth and yield in whole-crop barley. In the virus infection, BaYMV was detected all tested cultivars in first diagnosis at 30th March. BaYMV infection was identified only in the susceptible Sunwoobori in 6th April, but not in the Yuyeon (moderate, M) and Youngyang (moderate resistant, MR) cultivars. Plant height was restrained about 14.6~32.9% in overwintered plant regeneration stage depending on the resistance of each cultivar. The tiller numbers also reduced to 8.7~19.7% by BaYMV infection in overwintering season. We evaluated culm length, spike length, and spike number in the virus-infected field and non-infected field. For the culm length, Youngyang (MR) reduced only 14.5% by BaYMV. However Sunwoo (susceptible, S) and Yuyeon (M) cultivars were decreased to 24.8~42.7%. The spike length and spike number also affected to 8.9~21.3% and 24.3~31.0%, respectively, depending on the resistance. After harvesting, dry-matter yield of whole crop yield reduced by approximately 21.6~58.0% according to cultivar resistant degrees. For example, Sunwoobori (S) decreased 58.0% in comparing to non-infected field. The grain yield was also significantly reduced in virus infected cultivars. Sunwoobori (S) was severely decrease more than 60.0%. Yuyeonbori (M) and Youngyangbori (MR) also decreased 30.0~47.5% by the viral infection comparing to those in the non-infected field.

(Key words : Whole-crop barley, BaYMV, BaMMV, Resistance, Yield)

I. 서 론

국내에서 보리는 주로 식용과 엿기름, 맥주 제조 등의 가공식품 형태로 이용되어 왔다. 그

러나 2008년부터 온난화에 따른 국제 곡물 수급의 불안정과 환율 급등으로 인해 국내 사료 곡물의 공급이 문제된 이후 겨울철 보리 재배를 이용한 국내 조사료 자급률 제고에 대한 관

¹ 농촌진흥청 국립식량과학원 벼맥류부 맥류사료작물과 (Department of Rice and Winter Cereal Crop, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea)

² 전북대학교 농업생명과학대학 농생물학과 (College of Agriculture & Life science, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea)

Corresponding author : Jong-Chul Park, Rice and Winter Cereal Crop, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea.

Tel: +82-63-840-2243, E-mail: pacc43@korea.kr

심이 급격히 증가하였다. 국내에서 사료용으로 이용하는 보리는 6조 겉보리로서, 청보리로 명명하였다. 청보리는 이삭과 줄기를 함께 수확하여 사일리지 형태로 제조하여 이용한다. 국내에서 청보리를 재배하는 농가는 소득 향상을 위해 수량을 높이고 고품질의 조사료를 생산하는 것에 관심을 가지고 있다. 일반적으로 안정적인 작물 생산을 위해서는 병해 저항성 품종을 개발하여 이용하는 것이 가장 효율적인 방법으로 알려져 있다. 국내 보리 재배는 주로 추파 형태로 이루어지고, 가장 발생비율이 높은 병해는 바이러스에 의한 것으로 알려져 있다. 보리의 바이러스 감염은 주로 토양 서식 곰팡이인 *Polymyxa graminis*에 의해 매개되며, 국내에서는 BaYMV가 우점하며, BaMMV와 soil-borne wheat mosaic virus (SBWMV)가 복합 감염 되는 것으로 보고되어 있다(Park et al., 2004b). 이들 바이러스에 감염될 경우 품종의 저항성 정도와 기상 조건에 따라 40~100% 종실 수량이 감소된다(Frahm, 1989). 약제나 경종적 방법에 의한 바이러스 병의 방제는 그 효과나 효율이 낮은 것으로 알려져 있다(So et al., 1990; 1991). 다른 작물과 마찬가지로 가장 효율적인 방제 방법은 저항성 품종을 이용하는 것이다(Agrios, 1988). 토양 전염성인 맥류 바이러스는 국내 보리 재배지에 걸쳐 분포하고 있어(Park et al., 2004a), 청보리의 생육과 수량에도 영향을 주는 것으로 생각된다. 그러나 국내에서는 바이러스에 의한 청보리의 생육이나 수량 피해에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 시험에서는 국내에서 청보리 재배전용으로 육성된 품종(Park et al., 2008)에 대해 바이러스의 감염과 저항성 정도를 평가하였고, 토양 전염성 바이러스 감염에 의한 청보리 육성 품종의 저항성 정도에 따른 수량 피해를 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험재료 및 파종

공시품종은 청보리 품종 중에서 수량, 품질 및 바이러스 저항성에서 차이를 보이는 3 가지 품종으로 시험하였다. 국내 보급량이 가장 많고 수량이 높으며 호위축병에 내성이 있는 영양보리(Youngyang, MR), 삼차망 까락으로 기호성이 높으며 호위축병 감수성이 중간 정도인 유연보리(Yuyeon, M), 보리호위축병(BaYMV)에 감수성이 높은 것으로 알려진 선우보리(Sunwoo, S) 3품종을 이용하였다. 파종은 10월 25일에 농촌진흥청 국립식량과학원 벼맥류부(익산)내 발병 상습지 포장(발병포장)과 동일 장소의 병 발생이 없는 일반 포장(건전포장) 등 밭 포장 조건에서 40 cm × 18 cm (휴폭 × 파폭) 간격으로 조파하였다. 파종량은 겉보리 기준량에 따라 140톤/ha 파종하였다. 시험 조사 및 재배는 품종별 3반복으로 2010년과 2011년 2개년 동안 동일 포장에서 수행되었다. 파종 후 재배, 포장 관리는 표준 재배법에 준하여 수행하였다(HARI, 2002). 시험성적은 SAS 프로그램(SAS Institute, Cary, NC)을 이용하여 각 품종별로 발병포장과 건전포장에서의 수치를 LSD 분석하였다.

2. 품종별 발병정도 및 바이러스 감염 조사

품종별 발병정도는 월동 후 모자이크 병징과 황화 증상이 많이 나타나는 3월 중하순과 4월 상순에 달관으로 조사하였으며, 무발병(0), 1~10% (1), 11~30% (3), 31~50% (5), 51~70% (7), 71% 이상 (9) 등급으로 조사하였다(So et al., 1997). 바이러스 감염은 품종별로 증상을 보이는 잎을 채집하여 -20℃에 보관하면서 혈청학적 검정 방법(Enzyme linked immuno-sorbent

assay, ELISA)으로 확인하였다. 바이러스 검정은 국내 보리 재배지에서 가장 발생이 많은 것으로 보고된 (Park et al., 2003) BaYMV, BaMMV 2종에 대하여 실시하였다. 바이러스 감염 여부는 ELISA complete Kit (Loewe Co. Germany)의 검정 방법에 따라 조사하였다. 검정 방법은 antibody coating IgG : coating buffer 를 1:200 농도로 37°C에서 4시간 incubation과 washing 단계를 거쳤다. 다음으로 검정 시료와 항체의 conjugation, antibody-AP-conjugate 등의 과정을 통하여 수행하였다. 모든 과정을 거친 조사 시료는 ELISA Reader (KC-Junior, Bio-Tek Co., Germany)기를 이용하여 405 nm 파장에서 양성 대조 표준 반응과 발색 정도를 비교하여 감염 여부를 확인하였다.

3. 생육 및 수량 피해 정도 조사

보리의 전형적인 바이러스 감염 증상인 초장 위축 및 분얼감소는 월동 전 (12월 10일) · 후 (3월 26일)에 조사하였다. 초장은 각 10주, 경수는 30 cm 내의 모든 주수를 각각 3반복으로 농사시험연구 조사기준에 의해 조사하였다. 수량 피해 정도는 수량 구성 요소와 수량성을 조사하였다. 수량 구성 요소는 간장, 수장, 수수 등

을 조사, 비교하였다. 수량성은 사료용으로서의 용도에 따라 총체 (줄기 + 종실) 수량과 종실 수량성을 각각 조사하여 품종별로 비교하였다. 수량성은 전체 시험구를 수확하였으며, 총체 수량은 건물중과 종실중을 조사하였다. 조사는 발병 포장과 건진포장에서 각각 3반복으로 수행하였다. 시험 결과의 수량성 차이는 R (2.15.1, Windows) 통계분석 프로그램을 이용하여 품종별, 감염정도에 따른 차이를 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 품종별 이병정도 및 바이러스 검정

품종별 저항성 정도에 따른 이병정도를 잎의 황화 및 모자이크 발생정도에 따라 조사한 결과, 가장 감수성으로 알려진 선우보리 (선우)는 7~9로 심한 발병을 보인 반면, 바이러스 중도 저항성으로 알려진 유연보리 (유연)와 영양보리 (영양)는 각각 5와 3의 발병정도로 중도저항성의 발병 증상을 보였다 (Table 1). 일반적으로 보리의 종류 중에 6조 겉보리가 바이러스에 강하고 2조 겉보리 (맥주보리)가 약한 것으로 알려져 있다. 그러나 품종간의 저항성 차이가 크고 피해 양상도 다른 것으로 보고된 결과 (Park

Table 1. Various diseases and ELISA results of three barley genotypes in the virus-infected field

Cultivar	Diseased degree (0~9)	Viral infection			
		BaYMV ¹⁾		BaMMV ¹⁾	
		30 March	6 April	30 March	6 April
Sunwoo	7~9	+ ²⁾	+	+	-
Yuyeon	5	+	+	+	+
Youngyang	3	+	-	-	-

* Diseased degree = 0 (no symptom), 9 (over 71%).

¹⁾ BaYMV = Barley yellow mosaic virus, BaMMV = Barley mild mosaic virus.

²⁾ + and - mean viral infection as +: infected and -: non-infected

et al., 2006; 2010)와 같이 본 시험 결과도 사료용 6조 겉보리에서도 품종들 간의 저항성 정도가 다르게 나타났다. 바이러스 검정 결과에서 3월 30일경에는 모든 품종에서 BaYMV가 검출되었으며, 선우는 BaYMV와 BaMMV의 혼합 감염이 조사되었다. 2차 조사인 4월 6일에는 유연과 선우에서 BaYMV와 BaMMV가 단독 또는 복합 감염된 것으로 나타났다. 이 결과는 국내 보리 재배지에는 BaYMV와 BaMMV 등이 단독 또는 혼합 감염되어 피해를 주고 있다는 보고된 결과와 같았다 (Park et al., 2004a). 그러나 이들 바이러스의 혼합감염이 어떤 차이의 영향을 보이는지에 대한 연구가 미흡하여 앞으로 이에 대한 연구도 필요할 것으로 생각된다. 세계적으로 보리의 BaYMV와 BaMMV에 대한 저항성 유전자는 16종이 알려져 있다 (Ordon et al., 2009). 국내에서는 이들 저항성 유전자를 이용한 품종 육성은 미흡한 단계로서, 국내 육성 품종의 저항성 유전자의 동정과 분자생물학적 마커의 개발 등과 같은 저항성 증진과 관련한 유전적 연구도 필요할 것으로 생각된다.

2. 월동 후 생육과 저항성 정도에 따른 차이

월동 전과 후 초장과 경수의 변화를 조사하

여 품종별 바이러스 감염에 의한 신장 피해 정도를 조사하였다. 월동 후 (3월 26일) 초장 조사 결과 모든 품종에서 건전포장 시험구에 비해 신장 억제 피해를 보였다 (Table 2). 영양과 유연은 3.0 cm, 3.4 cm 작아진 반면 선우는 6 cm 작아져, 건전구에 비해 전체 품종에서 약 15~33%의 신장 억제율을 보였다. 반면 건전포장에서 영양과 선우는 약 20 cm로 비슷한 초장을 보였고, 유연이 가장 작아 품종 간에도 월동 후 생육 특성에서 차이가 있는 결과를 보였다. 본 시험 결과는 BaYMV 감염이 월동 후 감수성 품종에서 생육재생기 이후 잎의 병징 발생과 함께 저항성 품종에 비해 신장억제가 가장 일반적인 피해라는 보고 (So et al., 1991; Park et al., 2006; 2010)와도 같았다. 쌀보리의 경우 중도저항성과 감수성 품종에서 11~12 cm 신장이 억제되는 생육 피해 보고 (Park et al., 2006)와 비교할 때 본 시험의 6조 겉보리의 월동 후 신장 억제 정도는 약한 결과를 보여 겉보리가 쌀보리에 비해 바이러스 저항성이 큰 것으로 나타났다.

월동 후 초기 신장 생육과 함께 사료 수량성에 중요한 요인인 분얼 줄기 수의 차이를 비교하였다. 감수성 품종인 선우는 분얼수가 약 20% 정도 감소하였으며, 영양과 유연은 건전포장에 비해 각각 9%와 10% 감소하였다. 바이러

Table 2. Comparisons of plant height and tiller of three barley genotypes in the virus-infected field and non-infected field

Cultivar (Resistance) ^a	Plant height (cm)				Number of tiller (no/m ²)			
	IF ^b	NF	Damage		IF	NF	Damage	
			cm	%			No.	%
Sunwoo (S)	12.8	19.1	6.3	32.9	1,141	1,421	280	19.7
Yueon (M)	13.6	17.0	3.4	20.0	1,524	1,685	161	9.6
Youngyang (MR)	17.5	20.5	3.0	14.6	1,325	1,452	127	8.7

^a S = susceptible; M = moderate; MR = moderate resistance.

^b IF and NF mean infected field and non-infected field by BaYMV, respectively.

스의 감염은 월동 후 초기 분얼에서부터 영향을 주는 것으로 나타났으며, 품종의 저항성 정도에 따라 피해 정도도 차이를 보이는 것으로 나타났다. 본 시험의 재료와 같은 겉보리 계통인 맥주보리에서 중정도와 감수성에서 분얼수가 월동 후 약 10~14% 감소한 보고 (Park et al., 2010)가 있다. 본 시험 결과에서도 맥주보리에서와 피해 정도나 품종 간 차이 등에서 비슷한 결과를 보였으며, 일반적으로 6조 겉보리가 2조에 비해 바이러스에 저항성을 보인다는 것보다도 같게 나타났다.

3. 수량구성 요소의 피해

출수기 이후 청보리 품종별 BaYMV 바이러스 감염에 의한 수량 구성 요소인 간장, 수장, 수수의 피해 정도를 건전포장에서와 비교 조사하였다. 수확기의 간장을 조사한 결과, 건전포장에 비해 발병포장의 품종에서 간장이 작아지는 결과를 보였다. 특히 품종의 저항성 정도에 따라 피해율도 큰 것으로 나타났다. 영양은 14.5%, 유연은 24.8%의 간장 단축 피해를 보인 반면, 선우는 42.7%의 큰 피해율을 보였다. 이 결과는 BaYMV 감염시 세포 신장이 억제되어 초장이 작아지고 이로 인해 간장 단축의 피해

가 발생한다는 이전의 결과와 일치하였다 (Park et al., 2004b).

간장 단축율과 월동 후 신장 억제 정도를 비교해 보면 (Table 2, Table 3), 선우에서 초기 신장 억제율이 32.9%인 반면 후기 생육인 간장 단축율은 42.7%를 나타내어 후기 생육까지도 바이러스의 피해를 받은 것으로 나타났다. 그러나 BaYMV와 BaMMV는 평균 기온이 20℃ 이상에서는 바이러스 생육이 정지되고 병징이 은폐 (masking)되는 특성이 있어 (So et al., 1990; Park et al., 2003), 출수기경 고온 조건인 생육 후기에는 보리의 생육이 회복되는 것이 일반적인 현상이다. 따라서 본 시험 결과에서 선우는 바이러스 감염 후 피해에 대한 회복력이 낮아 생육 피해가 큰 것으로 나타났다. 반면, 영양과 유연은 초기 신장 억제율과 간장 단축율이 비슷하게 나타나 월동 후에는 피해가 진전되지 않고 회복되는 저항성을 가진 것으로 나타났다. 그리고 본 시험 결과로 보아 영양은 감염증상에 의한 병 발생정도는 3과 5로 유연과 비슷하였으나 (Table 1), 감염 피해정도가 유연에 비해 적은 것으로 조사되어 보다 저항성 품종으로 확인되었다.

수장과 수수에 대한 조사 결과에서도 간장 단축율의 결과와 비슷하였다 (Table 3). 수장 조

Table 3. Culm length, spike length, and spike number of three barely genotypes in the virus-infected field and non-infected field

Cultivar (Resistance) ^a	Culm length (cm)			Spike length (cm)			Spike number (no/m ²)		
	IF ^b	NF	Reduction ratio(%)	IF	NF	Reduction ratio(%)	IF	NF	Reduction ratio(%)
Sunwoo (S)	51.6	90.1	42.7	3.7	4.7	21.3	568	760	25.3
Yuyeon (M)	72.4	96.3	24.8	3.8	4.5	16.7	580	820	31.0
Youngyang (MR)	82.2	96.2	14.5	3.8	4.2	8.9	574	773	24.3

^a S=susceptible; M=moderate; MR=moderate resistance.

^b IF and NF mean infected field and non-infected field by BaYMV, respectively.

Table 4. Comparisons of dry matter and grain yield of three barley genotypes in the virus-infected field and non-infected field

Cultivar (Resistance) ^a	Dry matter yield (ton/ha)			Grain yield (ton/ha)		
	IF ^b	NF	Reduction ratio (%)	IF	NF	Reduction ratio (%)
Sunwoo (S)	4.2	10.0	58.0	1.57b	4.05a	61.2
Yuyeon (M)	8.0	11.4	29.8	2.78b	5.30a	47.5
Youngyang (MR)	8.0	10.2	21.6	3.36b	4.80a	30.0

^a S = susceptible; M = moderate; MR = moderate resistance.

^b IF and NF mean infected field and non-infected field by BaYMV, respectively.

The letter a and b within grain yield row means significant differences by Duncan's multiple range test $p=0.05$.

사에서 건전 포장에 비해 영양과 유연에서 8.9%와 16.7%의 길이 단축율을 보였으며, 선우에서는 21.3%를 나타내 가장 감수성이었다. 수수의 피해정도를 건전 포장과 비교한 결과 24.3~31.0%의 감소율을 보였다. 맥주보리와 쌀보리에서는 품종의 저항성에 따라 각각 26~33%와 12~58%의 수수 감소율 결과 (Park et al., 2010)를 보였다. 본 시험 결과는 같은 종류의 겉보리인 맥주보리의 수수 감소율과 비슷한 결과를 보였다. 한편, 두 종류의 겉보리에서 품종 간 차이가 쌀보리에 비해서는 크지 않은 것으로 나타났다. 이들 품종간의 저항성 차이 정도에 대한 원인에 대해서는 더욱 정밀한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

4. 수량성 피해

품종별 저항성 정도에 따른 총체 수량과 종실 수량의 피해 정도를 조사하였다 (Table 4). 건전포장에서 세 품종의 총체 수량은 10.0~11.4톤/ha의 수량을 보였으나, 발병포장에서는 저항성 정도에 따라 21.6%~58.0%의 감소율을 보였다. 이는 바이러스 감염과 저항성 정도에 따라 수량이 감소되는 피해를 받은 결과로 나타났다. 저항성 정도에 따른 수량 감소율은 영양이

발병 포장에서 8.0톤/ha을 보여 건전 포장의 10.2톤에 비해 약 21.6%의 피해를 받은 것으로 조사되었다. 유연은 29.8%의 피해율을 보였으며, 감수성이 가장 큰 선우는 58.0%의 피해율로 건전포장의 10.0톤/ha에 비해 바이러스 감염에 의해 4.2톤/ha의 수량을 보였다. 종실의 수량을 조사한 결과에서도 비슷한 결과를 보였다. 종실 수량은 30.0~61.2%의 감소율로 총체 수량에 비해 약간 더 큰 피해를 받는 것으로 나타났다. 그러나 품종의 저항성 정도에 따른 감소 차이는 영양 30.0%, 유연 47.5%와 선우 61.2%로 총체 수량성에서의 품종간 차이와 비슷하였다. 이 결과는 총체 수량성은 바이러스 감염에 의한 종실 수량의 영향이 크게 작용한다는 것을 나타낸다. 본 시험의 결과는 쌀보리와 맥주보리에서와 같이 (Park et al., 2010) 생육과 수량 피해는 월동 후 신장억제와 분얼 수 감소로 시작되어 후기 간장 단축과 수수 감소로 진행되는 것으로 나타났다. 한편, 바이러스 감염에 의한 줄기 신장의 억제와 종실 수량의 감소가 전체 총체수량성에 가장 큰 영향을 주는 중요한 원인으로 나타났다. 이들 바이러스의 감염은 생육이나 수량성뿐만 아니라 생산물의 품질에도 영향을 줄 수 있다. 따라서 최근 청보리의 경우 품질에 대한 관심이 증가하고

있어 바이러스 감염에 의한 사료 품질의 영향에 대한 시험도 필요할 것으로 생각된다. 이들 토양 전염성 바이러스는 국내 보리 재배지에 전국적으로 분포하여 피해를 주는 병해이다 (So et al., 1991). 청보리 재배농가의 안정적인 소득 보전과 고품질의 사료 생산을 위해서는 저항성 증진에 대한 품종 개발과 기초 관련 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

IV. 요약

우리나라에서 가장 우점하는 BaYMV (*Barley yellow mosaic virus*)에 의한 국내 육성 청보리 품종의 저항성 정도에 따른 생육 및 수량 피해를 조사하였다. 바이러스 감염 검정에서 선우는 BaYMV와 BaMMV (*Barley mild mosaic virus*)에 감염되어 있었으나 영양보리와 유연보리는 BaYMV에만 감염된 것으로 나타났다. 병징 발생 정도에 따라 선우와 유연보리가 각각 7~9와 5의 이병 정도를 보였으며 저항성 품종인 영양은 3정도의 저항성이 조사 되었다. 월동 후 초장과 분얼 경수의 생육을 조사한 결과 품종별 저항성 정도에 따라 14.6~32.9%의 신장 억제율을 보였으며, 생육 후기의 분얼 경수 단축률은 8.7~19.7%로 낮아지는 결과를 보였다. 수량구성 요소의 피해를 건전포장 결과와 비교했을 때 중도 저항성과 감수성 품종에서 저항성 품종에 비해 간장에서 특히 큰 차이가 났으며, 수량 구성요소인 간장, 수수 및 수장 등을 발병포장과 건전포장에서 수확한 재료에 대해 조사하였다. 간장 단축 피해율을 조사한 결과 영양보리는 14.5%가, 유연 및 선우보리는 각각 24.8%와 42.7%의 신장 피해를 보였다. 수장과 수수에 대한 조사 결과에서도 간장의 피해 정도와 비슷한 결과를 보였다. 수장과 수수는 품종의 저항성 정도에 따라 각각 8.9~21.3%와 24.3~31.0%의 감소율을 보였다. 총체 건물 수량성

을 조사한 결과 저항성 정도에 따라 건전 포장에 비해 21.6~58.0% 감소를 보여 바이러스 감염에 의해 유의적인 차이가 있었다. 특히, 감수성이 큰 선우보리에서는 건전포장의 8.0톤/ha에 비해 58.0%의 감소 피해를 나타내었다. 종실 수량은 약 30.0~61.2%의 감소율로 총체 수량의 피해와 비슷한 결과였다. 감수성인 선우보리에서 감염포장에서 60% 이상의 종실 수량이 감소하여 가장 큰 피해정도를 나타내었다.

V. 인용 문헌

1. Agrios, G.N. 1988. "Plant Pathology", 3rd ed. Academic Press INC. San Diago, California 803 pp.
2. Frahm, J.H. 1989. Reduced yields caused by BYMV-in Lippe, Westphalia an analysis of causal factors. *Gesunde Pflanzen*. 41(2):45-46.
3. Honam Agricultural Research Institute. 2002. 2002 Annual Report. Rural Development Administration Institute. 773pp.
4. Ordon, F., A. Habekuss, U. Kastirr, F. Rabenstein, and T. Kuhne. 2009. Virus resistance in cereals: Sources of resistance, genetics and breeding. *J. Phytopathol.* 157:535-545.
5. Park, J.C., J.H. Seo, H.M. Kim, K.j. Lee, S.L. Park and D.Y. Suh. 2003. Effect of Climatic Factors on Disease Incidence of Barley Yellow Mosaic Virus (BaYMV). *Korean J. Crop Sci.* 48: 156-159.
6. Park, J.C., J.H. Seo, M.K. Choi, K.j. Lee and H. M. Kim. 2004a. The Incidence and Distribution of Viral Diseases in Barley Fields in Korea. *Plant Dis.* 10(3):188-193.
7. Park, J.C., J.D. Lee, J.H. Seo, Y.K. Kim, S.G. Jeong and H.M. Kim. 2004b. Growth Damage and Alteration of Cellular Tissue of Barley Infected by Barley yellow mosaic virus. *Plant Dis.* 10(1): 34-38.
8. Park, J.C., M.J. Lee, I.B. Choi, M.J. Kim, C.S. Park and J.G. Kim. 2006. Growth and Yield Comparisons among Barley Varieties with Different Resistance to Barley Mosaic Virus. *Korean J.*

- Crop Sci. 51(5):477-482.
9. Park, J.C., M.J. Kim, E.S. Lee, C.S. Park, C.S. Kang, J.N. Hyun, J.J. Lee, T.S. Kim and K.J. Kim. 2010. Effects on Growth and Yield of Korean Malting Barley Cultivars by Soil-borne Bymovirus Infection. *Plant Dis.* 16(1):21-26.
 10. Park, T.I., O.K. Han, J.H. Seo, J.S. Choi, K.H. Park and J.G. Kim. 2008. New Barley Cultivars with Improved Morphological Characteristics for Whole Crop Forage in Korea. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 28(3):193-202.
 11. So, I.Y., S.S. Cheong, K.J. Lee and Y.H. Oh. 1990. Vector of barley yellow mosaic virus and considerlation on its control. Rept. RDA (Agri. Institutional cooperation). 33:203-213.
 12. So, I.Y., S.S. Cheong, K.J. Lee and Y.H. Oh. 1991. Vector of barley yellow mosaic virus and considerlation on its control. Rept. RDA (Agri. Institutional cooperation). 34:75-83.
 13. 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. *Korean J. Plant Pathol.* 13(2):118-124.

(Received August 6, 2012/Accepted September 19, 2012)