

맥류 바이러스병 발생 현황 및 BaYMV-Ik와 BaMMV에 대한 저항성 유전자의 반응

박종철[†] · 서재환 · 김양길 · 김정곤

농촌진흥청 작물과학원 호남농업연구소, 전북 익산시 송학동 381

Occurrence of Viral Diseases in Barley Fields and Responses of Resistant Genes to BaYMV-Ik and BaMMV

Jong-Chul Park[†], Jae-Hwan Seo, Yang-Kil Kim, and Jung-Gon Kim

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

ABSTRACT: The major symptom such as yellowish and mosaic spots in overwintering barley were mostly caused by viruses such as *Barley yellow mosaic virus* (BaYMV) and *Barley mild mosaic virus* (BaMMV) in the nation-wide for four years. The result showed that more than 78% collected samples were infected by the viruses. The incidence of BaYMV was more than 70%, and relatively uniformly distributed in the southern regions of barley fields in Korea. However the incidence of BaYMV in Gyeonggi Province was as low as 19% compared to 65 ~ 85% in the rest of regions. Occurrence of BaMMV varied depending on investigated regions such as 20 ~ 40% in Jeonbuk, Jeonnam, Gangwon and Gyeongnam, and a lower infection in Gyeongbuk, Chungnam and Gyeonggi Provinces. In this result, 60% of BaMMV was found to be in the southwest regions of Korea such as Jeonbuk and Jeonnam Provinces. Over all, both BaYMV and BaMMV were thought to be dominantly casual agents in overwintering barley by either solely or mixed infections. *Soil-borne wheat mosaic virus*(SBWMV) occurred at most 14% in Gyeonggi and *Barley yellow dwarf virus-MAV* (BYDV-MAV) was found only one place in Jeonbuk, suggesting that SBWMV and BYDV-MAV were not significant diseases in Korea. Exotic genetic resources that possess different resistant genes to BaYMV and BaMMV were tested to identify the responses to the viruses occurred in Iksan. According to the ELISA results, BaYMV and BaMMV were infected in some plant materials but SBWMV was not identified. Any resistant gene was not effective to BaYMV-Ik (Insan strain) and BaMMV. Ishukushirazu (*rym* 3) and Chosen (*rym* 3), Tokushima Mochi Hadaka (*rym* 4y) and Hakei I-41 (*rym* 5a) showed resistant response with little symptoms to BaYMV. The other five accessions possessing *rym* 1+5, *rym* 2, *rym* 4m, *rym* 5 and *rym* 9, respectively, were resistant to BaMMV. Various

symptoms were observed in the tested plant materials such as not only yellowish and mosaic symptoms mostly but also necrotic spot, tissue necrosis, leaf stripe and leaf curling. However, it was difficult to find any relationship between resistant genes and specific symptoms.

Keyword: barley, disease, virus, BaYMV, BaMMV, resistant gene

우리나라 보리 병해는 주로 깜부기병, 흰가루병, 붉은곰팡이 병 등 진균에 의한 피해가 알려져 왔으나, 근래에 와서는 바이러스병에 의한 피해가 보리중 가장 감수성으로 알려진 맥주 보리를 중심으로 남부지역에서 주로 문제시되고 있다. 보리에 발생하는 바이러스병의 전염 경로는 토양전염(Barr & Slykhus, 1976; Chen *et al*, 1991), 충매전염(Kojima *et al*, 1983; 村山와 蘆, 1965) 및 종자전염(나와 박, 1979; Lundsgaard, 1976) 등이 보고되어 있다. 국내에 보고된 보리 바이러스병에는 보리호위축병(*Barley yellow mosaic virus*, BaYMV), 보리마일드모자이크병(*Barley mild mosaic virus*, BaMMV), 보리줄무늬모자이크병(*Barley stripe mosaic virus*, BaSMV), 보리황화위축병(*Barley yellow dwarf virus*, BYDV), 북지모자이크병(*Northern cereal mosaic virus*, NCMV), 오갈병(*Soil-borne wheat mosaic virus*, SBWMV), 줄무늬잎마름병(*Rice stripe virus*, RSV) 등이 있다(나와 박, 1979; 이, 1981; 이, 1997). 이들 바이러스병 중 맥류 주재배 지인 국내 남부지역에서는 곰팡이인 *Polymyxa graminis*에 의해 매개되는 토양 전염성인 BaYMV와 BaMMV가 주로 발생하는 것으로 보고되어 있다(소 등, 1997). 이들 바이러스는 *P. graminis*에 의해 매개되어 보리의 유근으로 침입하여 감염을 일으키게 되는데 약 10°C가 최적 감염 온도로 알려져 있다(소 등, 1991; Adams *et al*, 2001). BaYMV의 감염은 품종

[†]Corresponding author. (Phone) +82-63-840-2249 (E-mail) Pacc43@rda.go.kr

<Received April 5, 2005>

의 저항성과 기상 조건에 따라 40~100%의 수량이 감소되는 것으로 보고되어 있다(Frahm, 1989; 김, 1997). BaMMV와 관련된 피해나 저항성 관련 연구는 국내에서는 거의 이루어져 있지 않고 있다. 다만 발생시기에 있어 월동후 고온에서 발생이 많아 BaYMV에 비해 발생 시기가 늦은 것으로 알려져 있다(이 등, 2002). 맥류 재배지에는 토양 전염성 바이러스 외에도 진딧물에 의해 매개되는 BYDV의 발생은 최근 잦은 월동기 이상 난동으로 발생 증가가 예상되지만 이들 바이러스병의 발생 조사나 피해에 관련된 보고는 미흡한 실정이다. 일반적인 바이러스병의 방제와 마찬가지로 맥류 바이러스병의 방제도 저항성 유전자원이나 유전자의 활용이 가장 중요한 대책이라고 할 수 있다. 그러나 현재까지 국내에서는 맥류 바이러스병과 관련된 저항성 유전자 이용은 도입 품종을 활용하는 정도에 머물러 있는 실정이다. 국내와 일본에서 발생하는 BaYMV는 병원성에서 차이를 보임에 따라(이 등, 1998), 일본 관별 품종은 국내에서의 이용이 어렵다는 보고(소 등, 1997) 등으로 보아 도입 품종의 국내 이용에 앞서 저항성 반응의 검정이 우선되어야 한다. 국내 발생하는 BaYMV 역시 일본에서와 같이 지역적으로 병원성이 다른 strain이 분포하는 것으로 보고(서, 1995; 와 박, 2004)되어 있다. 그러나 현재까지 BaYMV strain 및 다른 바이러스병에 대한 저항성 유전자의 반응에 대한 결과나 관련 연구의 보고가 미흡한 실정이다. 이에 따라 본 시험은 국내 맥류재배지에서 바이러스병의 발생 상황을 지역 및 바이러스별로 조사하였으며, 국외에서 개발되

어 도입되고 있는 저항성 유전자에 대해 국내에서 보고된 BaYMV 익산 strain(BaYMV-Ik) 및 다른 바이러스병에 대한 저항성 반응 여부를 검정하여 국내 이용 가능성 검토와 효과적인 저항성 유전자를 선발하였다.

재료 및 방법

주요 바이러스 발생 조사

국내 맥류 재배지에서 발생하는 바이러스병의 발생과 연차간 지역별 발생 변화를 조사하기 위해 2001년부터 2004년까지 4개년간 전국 34개 지역을 대상으로 수행하였다. 조사 시료의 채집은 3월 상순~하순 사이에 수행하였으며, 앞에서 황화나 이상 증상이 나타나는 보리를 채집하여 ELISA를 이용하여 바이러스 감염 여부를 판정하였다(Table 1). 지역별 연도별 채집 시료수는 Table 2와 같이 4개년간 각각 269점과 99점, 122점, 205점 등 총 695점을 수집하여 분석하였다. 조사용 시료는 앞에서 황화나 모자이크 또는 변색의 증상을 보이는 개체를 수집하였다(Fig. 1). 대부분의 채집 시료는 보리(쌀보리, 걸보리, 맥주보리)였으나 경기도(수원) 지역에서는 변색을 보이는 밀이나 호밀 등도 일부 포함되었다.

바이러스 검정

조사 대상 바이러스는 국내 맥류 재배지에서 주로 발생하는 것으로 알려진 BaYMV, BaMMV, SBWMV 등 3종에 대해

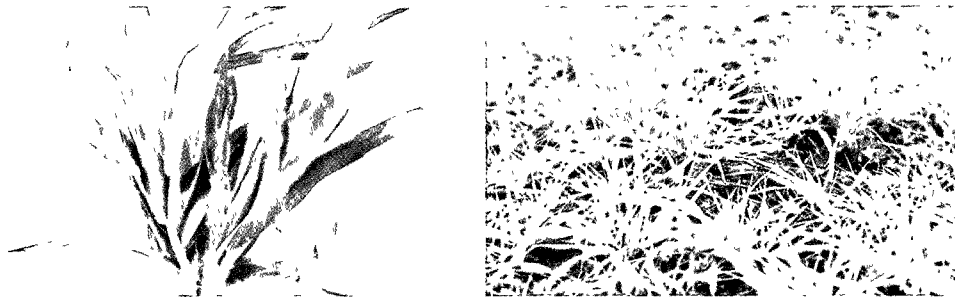


Fig. 1. Typical symptom of virus diseases of barley observed in the early spring in the fields. The most ubiquitous symptoms in barley fields are mosaic spots (left) and yellowish discoloration (right).

Table 1. Places for the collection of barley leaf samples.

Province	Region	Total
Jeonbuk	Buan, Gimje, Gochang, Gunsan, Iksan, Imsil, Namwon, Wanju.	8
Jeonnam	Boseong, Gangjin, Haenam, Hampyung, Hwasun, Jangheung, Jindo, Muan, Naju, Wando, Youngam, Younggwang.	12
Chungnam	Nonsan, Younsan, Youseong.	3
Gyungnam	Goseong, Jinju, Milyang, Muan, Sacheon	5
Gyungbuk	Daegu, Gyungju.	2
Gyeonggi	Suwon.	1
Gangwon	Donghae, Gangleung, Samcheok.	3
Total		34

Table 2. The total number of the samples, showing diseased-like symptoms, collected from overwintering barley fields.

Province	Year				Total
	'01	'02	'03	'04	
Jeonbuk	38	24	50	61	173
Jeonnam	107	33	25	96	261
Gyungnam	51	19	15	22	107
Chungnam	2	7	20	9	38
Gyungbuk	14	-	-	-	14
Gyunggi	3	11	7	9	30
Gangwon	54	5	5	8	72
Total	269	99	122	205	695

Table 3. The tested varieties including different resistant genes.

Gene	Variety	Gene	Variety
None	Baegdong	rym 4y	Tokushima Mochi Hadaka
rym 1	231-60	rym 5	Misato Golden
rym 1+5	Mokusekko 3	rym 5a	Hakei I-41
rym 2	Mihori Hadaka 3	rym 6	Amagi Nijo
rym 3	Ishukushirazu	rym 9	Bulgarian 347
rym 3	Chosen	Unknown	Saessalbori
rym 3	Ea 52	Unknown	Hinchalssalbori
rym 4m	Franka		

These resistant varieties were introduced directly from National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region (KONARC), Japan, in 2003. This test was conducted against to viral disease occurred in Iksan, Jeonbuk Province.

실시하였다. 한편 이들 3종의 바이러스외에 2003년도에는 채집 시료중 95점에 대해 BYDV-MAV strain을 추가하여 바이러스별 감염 여부를 검정하였다. 외에 이상 증상을 보이는 채집된 시료를 -20°C에 보관하면서, 소 등(1997)에 의해 보고된 면역 혈청학적 검정(ELISA) 방법으로 바이러스의 감염 여부를 확인하였다. 혈청 반응에 이용된 BaYMV, BaMMV와 SBWMV 항혈청은 일본농림수산성농업연구센터에서 분양받았으며, BYDV-MAV strain의 검정은 DAS ELISA PathoScreen Kit(Agdia, Co., USA)를 구입하여 이용하였다. 바이러스 검정 시 멸균토양에서 키운 보리를 건전 대조구로 이용하였으며, 감염여부는 PBST buffer와 건전주를 대조구로 이용하여 발색 반응 수치를 비교하여 바이러스의 감염을 판정하였다

저항성 유전자의 반응 검정

효과적인 바이러스 저항성 유전자의 선발과 저항성 유전자에 따른 병징 발생 양상을 조사하고자 시험을 수행하였다. 저항성 유전자는 Table 3에서와 같이 일본 구주농업시험장에서 분양받은 각각 다른 저항성 유전자를 보유한 12품종과 저항성 유전자가 없거나 확인되지 않은 백동 등 국내 3 품종을 포함하여 모두 15품종을 이용하였다. 바이러스 저항성 검정은 전북 익산에서 발생하는 BaYMV strain type III(박, 2004)와 BaMMV, SBWMV를 대상으로 하여 발병 상습지 포장(호남농

업연구소, 익산)에서 수행하였다. 파종은 심한 병 발생을 유도하기 위해 전북지역의 파종적기(10월 20일경)에 비해 빠른 10월 10일(2003년)에 실시하였다. 한편, 시비등 기타 재배관리는 호남농업연구소 표준재배법에 준하여 수행하였다(호남농업시험장 2002). 시료채집은 이듬해(2004년) 3월 25일에 병징 발생 여부와 관계없이 전체 조사 품종을 채집하여 바이러스 검정 방법과 동일하게 ELISA를 이용하여 바이러스 감염 여부를 조사하였다.

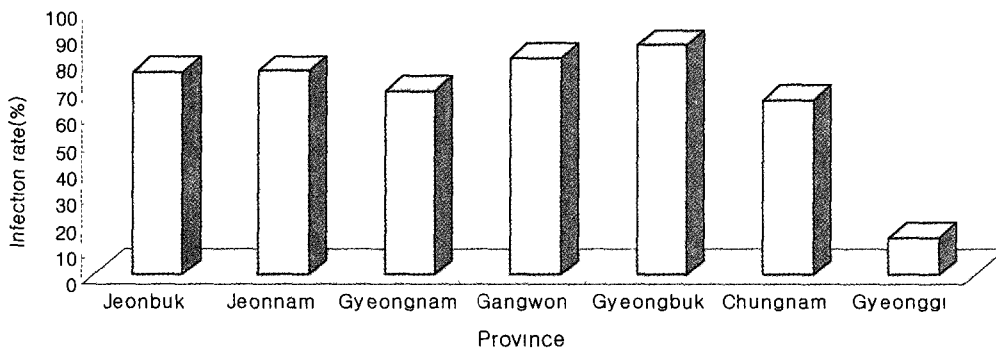
결과 및 고찰

바이러스에 의한 황화 증상 발생

전국일원에서 채집된 황화 등 이상 증상을 보이는 개체를 대상으로 바이러스 감염 여부를 검정한 결과 78% 이상이 바이러스에 감염되어 있는 것으로 확인되었다(Table 4). 소 등(1991)은 국내 남부지역 조사 포장의 약 40%가 바이러스병에 감염되어 있다고 보고하여 본 시험의 결과에 비해 낮게 나타났는데 이는 남부지역에 국한된 조사와 달관에 의한 황화 포장 조사 등에서 차이를 보인 것으로 생각된다 또한 90년대 초반이후 토양 전염성인 조사 대상 바이러스가 기계작업 등에 의한 건전포장으로의 유입이나 전반과 지역별, 연차간 기상 조건의 변화(박 등, 2003) 등도 지역별 감염율에 영향을 미친

Table 4. Viral disease infection in domestic barley fields from 2001 to 2004.

Province	2001		2002		2003		2004		No. of collection/Infection	Infection rate(%)
	No. of collection	No. of infection	No. of collection	No. of infection	No. of collection	No. of infection	No. of collection	No. of infection		
Jeonbuk	38	34	24	19	50	49	61	42	173/144	83.2
Jeonnam	107	96	33	28	25	13	96	84	261/221	84.7
Gyeongnam	51	39	19	17	15	9	22	16	107/81	75.7
Gyeongbuk	14	12	-	-	-	-	-	-	14/12	85.7
Gangwon	54	42	5	5	5	3	8	7	72/57	78.0
Chungnam	2	1	7	7	20	11	9	5	38/24	63.2
Geonggi	3	0	11	5	7	2	8	2	30/9	30.0
Total (%)	269	224(83.3)	99	81(81.8)	122	87(71.3)	205	156(76.1)	695/548	78.8

**Fig. 2.** Average occurrence of *Barley yellow mosaic virus* (BaYMV) in domestic barley fields from 2001 to 2004.

것으로 생각되었다. 연도별 바이러스병의 발생은 2001년도의 83.3%를 비롯하여 4개년동안 70%이상의 높은 감염율을 보였다. 지역별 평균 발생율은 경기도(수원)에서 30%의 낮은 감염율을 보였으나 다른 조사지역에서는 63~85%이상으로 높게 나타났다. 경북지역의 경우 1개년도 조사 성적과 적은 시료수 때문에 전체 감염율을 대표하는데는 어려움이 있으나 다른 지역의 결과로 볼 때 이 지역에서도 보리 재배지에서 바이러스 발생이 많을 것으로 생각되었다. 월동직후 맥류 재배지의 황화나 이상증상 발생 원인은 병해, 습해, 한해 등 다양한 요인에 의해 발생하는 것으로 알려져 있어(하, 2000), 포장에서 이상 증상 발현시 그 판별에 많은 혼란이 있었다. 그러나 본 조사에서 국내 맥류재배지의 황화 증상 발생 주요인은 바이러스병에 의한 것으로 확인되었다. 하지만 경기 지역은 바이러스병보다는 한해 등과 같은 기상 요인이 보리의 월동직후 생육에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며 이에 대한 더욱 세밀한 조사가 필요할 것으로 생각되었다.

바이러스별 발생 조사

전국일원에서 채집한 바이러스별 발생 조사 결과 보리호위축병(BaYMV)이 경기도(수원)를 제외하고는 전체 지역에서 4개년 평균 70%이상의 높은 발생율과 고른 발생 분포를 보였다(Fig. 2). 경기도의 경우는 4년 평균 20% 정도로 낮은 발생

율이 조사되었는데 이는 시료채집 포장에 다른 지역의 주 채집 시료인 보리외에도 밀, 호밀, 귀리 등 다양한 맥종이 재배되고 있어 토양중 매개균의 밀도가 낮은 원인과 보리 속 (*Hordeum* spp.)만을 침해하는 것으로 알려진 BaYMV의 기주 특이성(Singh *et al.*, 1995)에 의한 것으로 생각된다. 따라서 다양한 맥종이 재배되는 지역에 대해서는 더욱 정밀한 조사와 분석이 필요할 것으로 보인다. 본 조사 결과는 국내 맥류 재배지에서는 BaYMV에 의한 바이러스병이 가장 문제시 되고 있으며 기존의 보고(박 등, 2004, 김 등, 2003)에서와 같이 생육과 수량 및 품질에까지 피해를 주고 있는 것으로 나타났다. BaMMV의 발생은 지역별로 큰 차이를 보였는데 4개년 조사에서 전북, 전남, 경남, 강원지역에서 20~40%대의 발생율을 보인 반면 경북, 충남, 경기지역에서는 거의 발생하지 않는 것으로 나타났다(Fig. 3). 한편 특이한 점은 전북과 전남 지역이 전체 BaMMV 발생율의 60%이상을 차지하고 있었으며, 이로 인해 전남북 지역의 보리 재배지에는 BaYMV와 BaMMV가 혼합 감염되어 피해를 받고 있는 것으로 나타났다. 이 결과는 남부지방 보리 재배지에서 BaYMV와 BaMMV가 혼합 감염되어 많은 피해를 주고 있다는 소 등(1997)의 보고와도 같았다. BaYMV의 발생정도는 기상조건에 따라 영향을 받는 것으로 보고되었는데(齊藤康夫 등, 1953; 박 등, 2003), 두 종 이상의 바이러스 혼합 감염과 관련된 기상의 영향이나 지역별

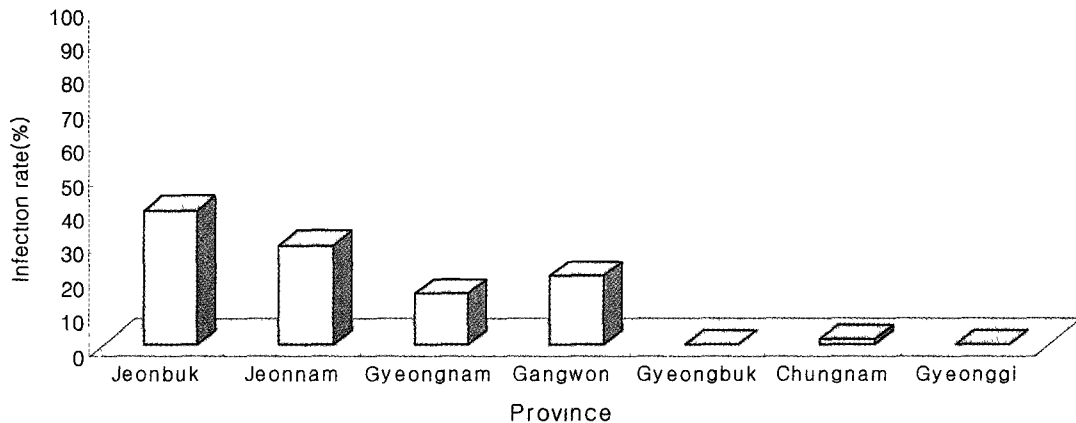


Fig. 3. Average occurrence of *Barley mild mosaic virus* (BaMMV) in domestic barley fields from 2001 to 2004.

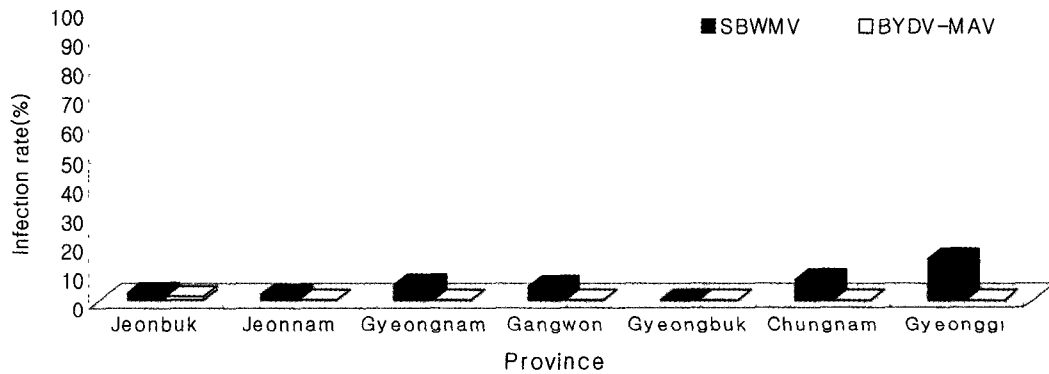


Fig. 4. Average occurrence of *Soil-borne wheat mosaic virus* (SBWMV) from 2001 to 2004 and *Barley yellow dwarf virus-PAV* (BYDV-MAV) in one year, 2003, in domestic barley fields.

발생율의 차이에 관해서는 보고가 없어 이에 대한 더욱 정밀한 분석이 필요할 것으로 보인다. 또한, 전남북 지역에서 BaYMV와 BaMMV가 주로 발생하는 원인에 대해 기상 조건이나 토양, 재배되는 기주 보리의 차이 등 관련 연구가 더 필요할 것으로 생각된다. 바이러스 병 발생에 있어 어느 한계 온도까지의 온도 상승이 병 발생을 증가시킨다는 Jensen(1973)의 보고와 최근의 월동기 중 이상 난동은 BaYMV 뿐만 아니라 발생 적은 BaYMV에 비해 고온인 BaMMV의 발생시기를 앞당겨 발생을 증가와 이들의 혼합감염으로 인한 피해도 더욱 커질 수 있을 것으로 생각되어 발병상습지에서는 저항성 품종으로의 재배전환이 필요할 것으로 보인다.

SBWMV와 BYDV-MAV에 대한 발병율을 조사한 결과 SBWMV의 경우 경기지역에서 약 14%로 조사지역중에서 가장 높은 발생율을 나타내었으며 다른 조사지역에서는 거의 발생하고 있지 않은 것으로 조사되었다(Fig. 4). SBWMV나 BYDV는 주로 밀에서 발생하는 병으로 알려져 있으며(Prescott et al., 1986), 본 조사에서도 국내 보리 재배지에서 그 발생이나 피해에서 큰 문제가 되지 않는 것으로 나타났으나 경기(수원)지역에서는 다른 지역과는 바이러스 발생 양상에서 차이를

보이는 특이한 결과를 보였다. 특히 다른 지역에서 우점하는 BaYMV의 발생이 적은 반면 SBWMV의 발생은 상대적으로 다른 지역에 비해 높게 나타났다. BYDV-MAV의 경우 2003년도 조사에서 전북지역에서만 발생이 확인되었고, 다른 지역에서는 감염되지 않은 것으로 나타났다. BYDV에 대한 국내 연구는 거의 이루어져 있지 않은 실정이나, 우(2000)는 국내 맥류재배지에서 BYDV-MAV와 PAV strain에서 각각 3.4%와 65% 이상의 발생율을 보고하였는데 본 시험에서 조사된 MAV의 발생율과 비슷한 경향이였다. BYDV는 주로 밀에서 문제가 되고 있으나, 보리의 경우 전세계적으로 우점하는 것으로 알려진 BYDV-PAV에 저항성인 *Yd2* 유전자를 보유하고 있어 크게 문제가 되지 않는다(Lister & Ranier, 1995). 그러나 저항성 기작이 재배 조건 등에 크게 의존한다는 보고(Abbott et al., 2002)도 있어 조사지역이나 시기에 따라 보리에서의 발생율도 차이를 보일 수 있으므로 앞으로 BYDV strain에 대해서도 구체적이고 지속적인 발생 조사와 검토가 필요하다고 생각된다.

저항성 유전자별 반응 검정

일본에서 도입한 저항성 유전자원에 대해 익산 지역에서 발

생하는 BaYMV-Ik strain, BaMMV, SBWMV에 대한 저항성 반응을 검정하였다 그 결과 저항성 유전자에 따라 다양한 반응을 보였다. 또한 이병 증상을 보이는 품종에 대해 바이러스의 감염 여부를 검정한 결과 BaYMV-Ik와 BaMMV가 단독 또는 복합 감염되는 형태로 나타났으며, SBWMV는 감염이 확인되지 않았다(Table 5). 저항성 유전자별 반응 검정 결과에서 BaYMV-Ik와 BaMMV에 대해 모두 저항성인 유전자는 확인되지 않았으나 국내 맥류 재배지에서 가장 발생이 많은 그룹에 속하는(박, 2004) BaYMV-Ik에 대해 저항성 반응을 보인 유전자는 Ishukushirazu, Chosen에 들어있는 *rym 3*, Tokushima Mochi Hadaka의 *rym 4y* 및 Hakei I-41의 *rym 5a*로 나타났다. 그러나 *rym 3*를 가진 것으로 알려진 Ea 52는 BaYMV-Ik와 BaMMV에 모두 감염이 되어 다른 *rym 3* 보유 품종과는 차이를 보였다 이는 각각의 저항성 품종들의 유전적 배경의 차이에 따른 결과로 생각된다. 따라서 일본의 BaYMV II-I strain과 국내 해남 분리 BaYMV와의 형태 및 혈청학적 특성, 외피단백질 유전자의 구조등을 분석한 결과 병 원성에서만 차이가 있다는 보고(이 등, 1998)와 본 시험 결과를 볼 때 동일한 유전자를 가진 도입품종들에 있어서도 국내 발생 바이러스에 대한 저항성 반응을 검토한 후에 이용하는 것이 효율적인 저항성 품종의 육성과 재배시 피해를 줄이는 방법으로 생각된다. BaYMV-Ik에 대해 저항성으로 확인된 *rym 3*, *rym 4y* 및 *rym 5a*의 경우 BaMMV에는 모두 감염이 확인되어 호남지역처럼 BaYMV와 BaMMV의 혼합감염

이 심한 지역에서는 직접적인 어려움이 예상되었다. 한편 *rym 1+5* 두개의 저항성 유전자를 가지고 있으며 일본의 모든 BaYMV strain에 저항성(Kashiwazaki *et al*, 1989)으로 나타난 Mokusekko 3도 이전의 조사(호남농시, 1996)와 본 시험에서 BaYMV-Ik에 감염이 확인되는 결과를 보여 국내 발생 BaYMV뿐만 아니라 BaMMV에 대해서도 저항성인 유전자를 확보하는 것이 시급한 문제로 나타났다. 또한 유전자에 따른 병징 발생 양상을 조사한 결과 일반적인 바이러스 병징과 같이 대부분 모자이크나 황화가 발생하였다(Table 5). 그러나 감수성으로 알려진 백동에서는 줄기도 고사되는 증상이 나타났고 그 외에도 각각의 다른 유전자에 따라 괴사반점, 조직 괴사, 줄무늬성 증상과 잎 말림등의 다양한 증상이 확인되었다. 본 시험에 이용된 유전자의 수나 조사 개체수등이 적은 이유로 본 결과로는 저항성 유전자와 병징 발생과는 뚜렷한 상관을 확인하기에는 어려움이 있었다. 하지만 이들 다양한 증상과 저항성 유전자 보유 여부와의 관계에 대해 더욱 다양한 저항성 유전자를 이용하여 검토할 경우 포장에서 육안에 의한 바이러스병 판별과 저항성 유전자 보유 관련 여부를 검정하는데 기초 자료를 제공할 수 있을 것으로 보인다. 한편 본 시험은 익산지역에서 발생하는 BaYMV-Ik 및 BaMMV에 대해서만 이루어졌으나 BaYMV의 다른 strain 및 다양한 바이러스병에 대해서도 더 많은 도입 또는 재래 저항성 유전자에 대한 검정과 선발이 우선적으로 이루어져야 할 것으로 보인다

Table 5. Investigation of resistant responses and symptoms of exotic barley germplasms to BaYMV strain type III and BaMMV occurred in Iksan

Gene	Variety	Virus infection*			Symptom
		BaYMV-Ik	BaMMV	SBWMV	
None	Baegdong	+	+	-	mosaic, yellowing and dead
<i>rym 1</i>	231-60	+	+	-	mosaic yellowing
<i>rym 1+5</i>	Mokusekko 3	+	-	-	faint mosaic
<i>rym 2</i>	Mihori Hadaka 3	+	-	-	leaf curling, necrotic spot and stripelike
<i>rym 3</i>	Ishukushirazu	-	+	-	necrotic spot and yellowing
<i>rym 3</i>	Chosen	-	+	-	yellowing
<i>rym 3</i>	Ea 52	+	+	-	mosaic yellowing
<i>rym 4m</i>	Franka	+	-	-	mosaic and necrotic spot
<i>rym 4y</i>	Tokushima Mochi Hadaka	-	+	-	water soaked
<i>rym 5</i>	Misato Golden	+	-	-	mosaic yellowing
<i>rym 5a</i>	Hakei I-41	-	+	-	yellowing
<i>rym 6</i>	Amagi Nijo	+	+	-	yellowing and dead
<i>rym 9</i>	Bulgarian 347	+	-	-	mosaic yellowing
Unknown	Saessalbori	+	+	-	mosaic yellowing
Unknown	Hinchalssalbori	+	-	-	yellowing and tissue necrosis
Unknown	Jinyangbori	+	+	-	yellowing and discoloration

*This test was conducted to viral diseases occurred in Iksan region.

적 요

월동후 맥류 재배지에서 나타나는 이상 증상으로는 주로 잎에 황화등의 변색과 모자이크성 반점 등이 조사되었다. 이들 증상을 가진 잎의 바이러스 검정 결과 78% 이상에서 바이러스 감염이 확인되었으며, 주로 BaYMV와 BaMMV에 의해 발생하였다. 전국일원의 맥류 재배지에서 4개년간 BaYMV, BaMMV, SBWMV와 BYDV-MAV(2003년) 등 4종의 바이러스의 발생율을 조사한 결과 대상 바이러스 중 BaYMV가 가장 높은 감염율을 나타내었다. BaYMV는 조사 4개년 동안 평균 발생율이 70% 이상으로 전국적으로 큰 차이 없이 가장 높은 발생율을 보였다. 그러나 경기지역의 경우는 20% 정도로 다른 지역의 65-85%에 비해 낮은 발생율을 보였다. BaMMV는 전북, 전남, 경기, 강원, 경남지역에서 20-40%를 보인 반면, 경북, 충남, 경기지역에서는 발생이 적었다. SBWMV와 BYDV-MAV는 현재까지 국내 보리 재배지에서 다발생되고 있지는 않았다 저항성 유전자원에 대해 바이러스에 대한 저항성 반응을 검정한 결과 BaYMV와 BaMMV가 단독 또는 복합 감염되는 형태로 나타났으며, SBWMV는 감염이 확인되지 않았다. 저항성 유전자별 반응을 검정한 결과에서 익산 발생하고 있는 BaYMV-Ik strain과 BaMMV에 대해 모두 저항성인 유전자는 확인되지 않았으나 국내 맥류 재배지에서 가장 발생이 많은 BaYMV-Ik에 대해 저항성 반응을 보인 유전자는 Ishukushirazu, Chosen에 들어있는 *rym 3*, Tokushima Mochi Hadaka의 *rym 4y* 및 Haker I-41의 *rym 5a*로 나타났다. 그러나 BaYMV-Ik에 대해 저항성으로 확인된 *rym 3*, *rym 4y* 및 *rym 5a*의 경우 BaMMV에는 모두 감염이 확인되었으며, *rym 1+5* 두개의 저항성 유전자를 가지고 있으며 일본의 모든 BaYMV strain에 저항성인 Mokusekko 3도 감염이 확인되었다. 유전자에 따른 병징 발생 양상을 조사한 결과 일반적인 바이러스 병징과 같이 대부분 모자이크나 황화가 발생하였다. 그러나 저항성 유전자에 따라 고사, 괴사 반점, 조직 괴사, 줄무늬성 증상과 잎 말림등의 다양한 증상이 확인되었다.

인용문헌

Abbott, D, M B. Wang, and P Waterhouse. 2002. A single copy of virus-derived, transgenic-encoding hairpin RNA confers BYDV immunity Barley Yellow Dwarf Disease symposium proceeding 22-26pp. CIMMYT. Mexico. p. 139.
 Adams, M J., J. F. Antoniwi, and J. G. Mullins. 2001. Plant virus transmission by plsmodiophorid fungi is associated with distinctive transmembrane regions of virus-encoded proteins Arch Virol 146 1139-1153.
 Barr, D J. S and J. T Slykhuic 1976 Further observation on zoosporic fungi associated with wheat spindle streak mosaic Can. Plant Dis 556 77-81.

Chen, J., A. G. Swaby, M J Adams, and Y. Ruan 1991 Barley mild mosaic virus inside its fungal vector, *Polymyxa graminis*. Ann. Appl Biol 118 · 615-621
 Frahm, J H. 1989 Reduced yield caused by BaYMV - in Lippe, Westphalia an analysis of causal factors. Gesunde Pflanzen 41 : 45-46.
 하용웅 2000 보리 제 6장 병해충 및 기상재해 pp. 275-292 하용웅 박사 정년기념집 발간 위원회.
 호남농업시험장 1996 1996년도 시험 연구 보고서 pp. 102-115. 농촌진흥청 호남농업시험장.
 호남농업시험장. 2002 2002년도 시험 연구 보고서 표준재배법-쌀보리 pp. 26-27 농촌진흥청 호남농업시험장.
 Jensen, S. G. 1973. Systemic movement of barley yellow dwarf virus in small grains. Phytopathology 63 . 854-856
 Kashiwazaki S, K Ogawa, T Usugi, T Omura, and T. Tsuchizaki. 1989 Characterization of several strains of barley yellow mosaic virus. Ann. Phytopath. Soc. Japan 55 : 16-25
 김양길. 1997. 파종시기에 따른 보리호위축병 발생이 맥주보리의 수량 및 품질에 미치는 영향. 원광대학교 석사학위 논문
 김양길, 서재환, 박종철, 이중호 2003. 보리호위축병(BaYMV)이병에 따른 쌀보리 품종의 생육특성 및 품질. 한국작물학회. 48(6) 501-505
 Kojima, M., A. Matsubara, S Yanase, and S Toriyama 1983 The occurrence of barley yellow dwarf disease in Japan Ann Phytopath. Soc. Japan 49 . 338-346.
 이귀재 1997. 한국에 발생하는 보리마일드모자이크 바이러스 (BaMMV)의 특성 및 유전자 구조. 전북대학교 박사학위 논문. 117pp
 이귀재, 소인영, S. Kashiwazaki 1998. 보리누른모자이크바이러스 (BaYMV) 의 분리 및 동정. 한국식물병리학회지 14 : 62-67
 이귀재, 박종철, 이왕휴 2002 보리호위축바이러스의 genome 구조와 병원성, 보리호위축병 저항성 육종의 분자생물학적 접근 71-80 호남농업시험장
 이순형 1981 한국의 주요 작물 바이러스병에 관한 연구. 농시보고 23 · 62-74
 Lister, R M. and R Ranier. 1995. Distribution and economic importance of barley yellow dwarf virus. In D'Arcy, C J. and Burnett, P A (eds). *Barley Yellow Dwarf 40 years of Progress* The American Phytopathological Society, Minnesota. pp. 29-53
 Lundsgaard, T. 1976. Routine seed health testing for barley stripe mosaic virus in barley seeds using the latex-test. J. of Plant Disease and Protection pp. 278-283.
 村山大記, 蘆耀村. 1965. 北地ムギモサイク病に關する研究. 日植病報 30 : p 86
 나용준, 박양수. 1979 혈청학적 방법에 의한 보리와 밀 종자의 보리줄무늬모자이크바이러스 감염상 조사. 한국식물보호학회지 18 29-33
 박종철, 서재환, 김형무, 이귀재, 박상래, 서득룡. 2003. 기상요인이 보리호위축병(BaYMV) 발생에 미치는 영향. 한국작물학회지 48 . 156-159.
 박종철, 이재동, 서재환, 김양길, 정진기, 김형무 2004. 보리호위축병(*Barley yellow mosaic virus*)에 의한 보리의 생육 피해 및 세포학적 변화 식물병 연구10(1) : 34-38
 박종철 2004 보리호위축병(*Barley yellow mosaic virus*)의 발생 상황과 핵산 구조에 의한 지역간 비교. 전북대학교 박사학위 논문.
 Prescott, J. M., P A. Burnett, E. E. Saari, J Ransom, J Bowman, W de Millano, R. P. Sing, and Bekele, G. 1986 Wheat Disease and Pests: a guide for field identification CIMMYT Mexico, D F. Mexico
 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

- 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
- 서세정. 1995. 보리호위축병 바이러스의 계통분류 및 저항성품종 육성의 기초적 연구 서울대학교 박사학위 논문.
- Singh, R. P, U. S Singh, and K Kohmoto. 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
- 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 . 118-124
- 우미옥 2000 Barley yellow dwarf virus의 분자학적 동정 및 밀 계통별 저항성 유전자원 탐색 서울대학교 석사학위 논문.