

보리호위축병(BaYMV) 이병에 따른 쌀보리 품종의 생육특성 및 품질

김양길* · 서재환* · 박종철* · 최재성* · 김수동* · 이종호**†

*호남농업시험장, **원광대학교 생명자원과학대학

Growth Characteristics and Grain Quality of Naked Barley Infected by Barley Yellow Mosaic Virus

Yang-Kil Kim*, Jae-Hwan Seo*, Jong-Chul Park*, Jae-Seong Choi*, Soo-Dong Kim* and Joong-Ho Lee**†

*National Honam Agri. Exp. Sta., RDA, Iksan 570-080, Korea

**Col. of Life Sci. and Nat. Res., Wonkwang Univ., Iksan 570-749, Korea

ABSTRACT : The growth characteristics and damage of naked barley infected with barley yellow mosaic virus (BaYMV) were investigated between resistant and susceptible varieties in habitual field plot of BaYMV. BaYMV of the barley plants with typical disease symptom were identified by enzyme linked immunosorbent assay (ELISA) test. The visual degree (0-9) based on disease symptoms of BaYMV was different as 9 and 1 between susceptible variety Baegdong and resistant variety Naehansalbori, respectively. Susceptible variety, Baegdong showed significant damage in culm length, number of kernel per spike and tiller per square meter but not in 1,000 kernel weight, so these results caused yield reduction to only 80% comparing to the control. Seed germination did not affected by BaYMV infection both in susceptible and resistant variety. In grain quality test, abortive grain rate and crude protein content were significantly increased compared to the control. The relationships between BaYMV infection and growth characteristics showed the negative correlations in culm length, number of tiller, 1000 kernel weight and yield, but it showed the positive correlation in crude protein contents. These results implied that BaYMV can affect not only barley growth and yield but grain quality.

Keywords : barley, barley yellow mosaic virus, grain quality, growth characteristics

맥류에 발생하는 바이러스병은 대부분 토양 전염성으로 한번 발생한 포장에서는 매년 발생되며 연작시 더욱 증가하는 양상을 나타내게 되어 그 피해도 더욱 커지게 된다. 특히 보리호위축병(barley yellow mosaic virus: BaYMV)은 일본에서 처음 발병이 보고(Miyamoto, 1958)된 이래, 우리 나라에서도 1980년 발생이 확인되었고 남부지역 추파 맥주보리 재배지 면

적이 증가되면서 발생이 확대되어, 발생지역 및 피해가 급속하게 증가하고 있다(Lee, 1981; So et al., 1990; Lee et al., 2001). 토양전염성 virus인 보리호위축병은 곰팡이 균인 *Polymyxa graminis*에 의해서 매개되며(Miyamoto, 1958), 5°C 이하에서는 대부분 발생하지 않으므로 파종을 늦게하는 것이 피해를 경감시킬 수 있다고 하였다(So et al., 1990; Kim et al., 1998).

Frahm(1989)은 보리호위축병에 의한 보리의 수량감소는 품종과 기상조건 등에 따라 40-100%에 이른다고 하였으며, Proeseler(1988)도 보리호위축병에 이병되지 않은 곳에서 ha당 5.8톤의 수량을 얻었는데 반하여, 보리호위축병에 감염된 포장에서는 2.9톤으로 50% 밖에 수량을 얻지 못하였다고 하여 피해의 심각성을 보여 주었다. Lee & Kim(2000)은 작물학적 측면에서 보리호위축병에 의한 보리의 출수지연과 간장, 수수, 천립중 등이 현저하게 감소한다고 하였다.

이와 같이 보리호위축병은 보리 수량에 직접적인 피해를 주는데, 토양전염으로 이병되기 때문에 화학적 또는 경종적 방법에 의한 방제가 어렵고 효과가 적어 저항성 품종의 재배가 가장 효과적인 것으로 나타나있다. 이에 따라 최근 국내에서도 저항성 품종 육성에 중점을 두고 있는 실정이다. 그러나 보리호위축병의 발생 정도가 기상 조건의 영향을 받아 연차간 변이가 크고, 정확한 피해 양상에 대한 연구와 저항성 품종의 반응 등에 대한 조사가 미흡한 실정이다. 또한 보리호위축병 이병이 종실의 품질 특성에 미치는 영향에 관한 연구도 거의 되어 있지 않다. 따라서 본 연구는 보리호위축병에 대한 저항성과 감수성 품종간 수량구성요소, 수량 및 품질에 미치는 영향을 조사하고자 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구는 보리호위축병이 상습적으로 발병하는 호남농업시험장 보리호위축병 검정포와 건전포장에서 실시하였다. 공

†Corresponding author: (Phone) 82-653-850-6668 (E-mail) agrojhl@wonkwang.ac.kr

<Received October 8, 2003>

시품종은 보리호위축병에 감수성인 백동과 저항성인 내한쌀보리를 10월 20일에 각각 파종하였으며, 파종량은 10a당 13 kg을 협폭파(40×18 cm)로 하였다. 시비는 10a당 3요소 12-8-7 kg (N-P₂O₅-K₂O)을 질소는 기비:추비를 40:60%로 분시하였으며, 인산과 가리는 전량기비로 사용하였다. 시험구 배치는 완전 임의배치 3반복으로 하였으며, 기타 재배법은 호남농업시험장 보리 표준재배법에 준하였다. 보리호위축병 이병정도는 생육재생기 이후 10일 간격으로 3회 반복하여 발병상황을 무발병(0), 1~10%(1), 11~30%(3), 31~50%(5), 51~70%(7), 71% 이상(9)으로 달관 조사(So *et al.*, 1997)하였으며, 바이러스 감염여부는 일본 농림수산성 농업연구센터에서 분양받은 BaYMV 항혈청을 이용하여 ELISA(enzyme-linked immunosorbent assay) 법으로 확인하였다. 생육특성, 수량구성요소 및 수량은 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준(RDA, 1995)에 준하여 조사하였다. 호위축병 상습발병포장의 이병구와 건전포장의 건전구에서 수확한 종자의 발아율은 사레(Ø 9 cm)에 여과지 2매를 깔고 품종당 100립씩을 3반복으로 치상하고, 20°C±1의 항온기에서 120시간 후에 발근률을 조사하였다. 정립률은 건전구와 이병구의 종실을 1.8 mm 종목체로 선별하여 건전립 비율을 산출하였고, 조단백질은 Indophenol-Blue법으로 분석하여 얻은 값에 단백 계수 6.25를 곱하여 산출하였다.

결과 및 고찰

저항성 및 이병성 품종간 발병정도 및 ELISA 검정

보리 연작지에서 주로 발생하는 보리호위축병은 월동전에는 병징 발현이나 생육 피해가 나타나지 않고, 월동 후 날씨가 영상온도로 변하는 생육재생기에서부터 병징이 나타나게 된다. 보리호위축병은 전신감염을 일으키는 병으로 전형적인 초기 증상은 잎에 황색반점(yellow spot)과 모자이크 증상(Fig. 1)이 나타나고, 이들이 합쳐져 줄무늬(streak)를 이루다가 잎의 병징이 점차 진전되면서 잎끝에서부터 황화되면서, 분얼과 줄기의 신장이 억제되고 출수가 지연되어 심한 간장 단축 피해를 보였으며, 발병이 심한 곳에서는 식물체가 고사하여 전혀 수량

Table 1. Infection degree and ELISA test to the resistant (Naehanssalbori) and susceptible (Baegdong) varieties in habitual field plot of barley yellow mosaic virus (BaYMV).

Variety	Infection degree (0-9) [†]	ELISA test	
		Healthy Plants	Infected plants
Baegdong (S)	9	-	+
Naehanssalbori (R)	1	-	+

[†]0; No infected plant, 1; 1~10% of infected plants, 3; 11~30% of infected plants, 5; 31~50% of infected plants, 7; 51~70% of infected plants, 9; Over 71% of infected plants. - ; BaYMV not detected, + : BaYMV detected.

을 확보할 수 없게 되는 것을 관찰할 수 있었다.

상습 발병포장 검정 시험 결과 발병정도는 감수성 품종에서 백동은 90% 이상의 식물체가 감염되어 9의 이병정도를 보였고, 저항성 품종인 내한쌀보리는 5% 미만으로 이병정도 1로 조사되었다(Table 1). ELISA 검정 결과, 두 품종 모두 BaYMV에 감염된 것으로 나타났으나 건전구의 식물체에서는 전혀 감염되지 않았다. Lee *et al.*(2001)은 보리품종의 보리호위축병에 대한 저항성 검정결과, 저항성인 내한쌀보리를 포함한 15개 국내육성 품종을 선발하였는데, 그중 내한쌀보리는 1998-1999 2개년간 익산, 나주, 진주, 밀양에서 모두 0-1의 달관치를 보였고, 백동은 7-9의 달관치를 보였다고 하여 본 실험과 같은 결과를 보고한 바 있다. 또한 Park *et al.*(2003)도 저항성 품종이라도 면역혈청학적 검정결과에서는 BaYMV가 대부분 감염되어 있으며, 일부 품종은 barley mild mosaic virus(BaMMV)에도 감염되어 있다는 것을 확인하였는데, 이로 미루어 저항성 품종에서는 virus 증식을 억제하는 저항성 기작이 있는 것으로 보이며 이와 관련한 연구는 더욱 필요할 것으로 생각된다.

생육특성 및 수량

보리호위축병에 대한 저항성과 감수성 품종간 건전구와 이병구에서 출수일수 변이를 조사한 결과, 감수성 품종인 백동



Fig. 1. Typical yellowish mosaic symptom in leaves and the severe damage in fields infected by barley yellow mosaic virus (BaYMV).

에서는 정상적으로 생육한 건전구의 출수보다 이병구에서 출수가 2~3일정도 지연되었다(Table 2). 저항성 품종인 내한쌀보리는 출수시는 오히려 하루정도 빠른 경향을 보였으나, 출수기와 수전기에서 같은 경향을 보여 보리호위축병에 경미하게 감염된 경우에는 출수지연은 거의 없었다. 이러한 결과는 Lee & Kim(2000)이 이병구의 출수시작과 완료가 건전주보다 10~11일 정도 더 소요되며, 출수일수는 1.6일정도 더 길어졌다는 결과와도 비슷한 경향이였다. 특히 작부체계상으로 2모작 재배지에서는 보리재배시 출수가 균일해야 수확시 주경과 분지경간에 성숙차이가 적어 보리수확이 적기에 이루어질 수 있다. 그러나 보리호위축병에 이병된 포장에서는 출수지연으로 인하여 후작물의 적기재배가 어려워지는 원인이 되고 있으므로, 전년도에 경미한 발생을 보인 포장에서도 저항성 품종을 재배하는 것이 가장 바람직한 것으로 보인다.

또한 보리호위축병에 대한 저항성과 감수성 품종간 건전구

Table 2. Variation of days to heading of the resistant (Naehanssalbori) and susceptible (Baegdong) varieties in plot infected by barley yellow mosaic virus (BaYMV).

Variety		Days to heading (Mean \pm SD)		
		Start	40%	80%
Baegdong	Control	183 \pm 1.0	189 \pm 0.6	191 \pm 0.6
	Infected plot	185 \pm 1.2	192 \pm 1.5	194 \pm 1.0
Naehanssalbori	Control	182 \pm 0.6	187 \pm 1.0	190 \pm 1.2
	Infected plot	181 \pm 0.6	187 \pm 0.6	190 \pm 0.6

와 이병구에서 주요 농업형질을 비교 조사한 결과 간장의 변이를 보면, 감수성 품종인 백동에서는 정상적으로 생육한 건전구보다 이병구에서 50% 이상 단축되어 유의한 차이를 보였으나, 저항성 품종인 내한쌀보리의 간장은 건전구와 유의한 차이가 없었다(Fig. 2). 1수립수와 천립중에서도 감수성 품종인 백동에서는 유의한 차이를 보였으나, 저항성 품종인 내한쌀보리는 차이를 보이지 않았다. m²당 수수도 감수성 품종인 백동에서는 건전구보다 이병구에서 46.5%가 감소한 반면, 저항성 품종인 내한쌀보리는 차이를 보이지 않았다. 보리호위축병에 대하여 감수성인 백동에서 모든 수량구성요소들의 감소에 따라 10a당 수량도 건전구의 20% 수준으로 크게 감소한 반면, 저항성 품종인 내한쌀보리는 건전구의 97% 수준으로 약간의 감소를 보였으나 유의한 차이는 없었다(Fig. 3).

이와 같이 보리호위축병에 감염된 보리는 간장, 수수, 1수립수, 천립중, 수량 등이 본 실험결과와 같이 현저히 감소하였다는 보고가 많으나(Proeseler, 1988; Frahm, 1989; Huth, 1984; Kim *et al.*, 1998; Lee & Kim, 2000), Suh(1995)는 수량구성요소 중 천립중은 감소하지 않았다고 하여 약간의 상반된 결과를 보고하였는데, 이는 감염정도에 따른 차이로 보인다. 보리호위축병에 저항성인 내한쌀보리에서는 생육 및 수량 구성요소에서 건전구와 유의성 차이를 보이지 않아 보리호위축병의 방제에는 저항성 품종 재배가 가장 효과적인 방법으로 생각되었다.

종자의 발아

보리호위축병에 대한 저항성과 감수성 품종간 건전구와 이병구에서 채취한 종자의 품종별 발아율은 Table 3에서 보는

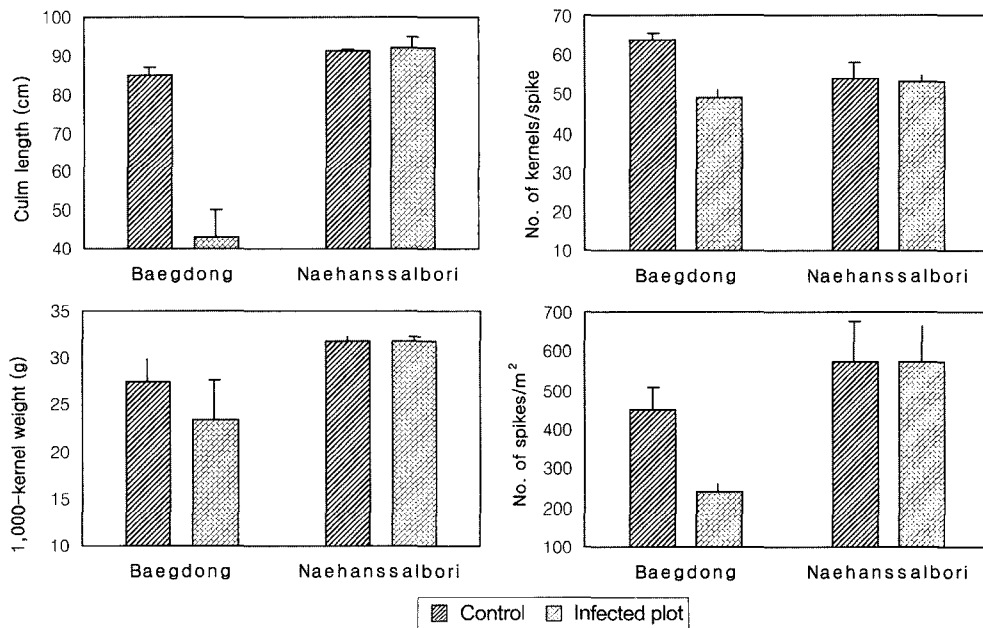


Fig. 2. Differences of yield components between resistant (Naehanssalbori) and susceptible (Baegdong) varieties in plot infected by barley yellow mosaic virus (BaYMV).

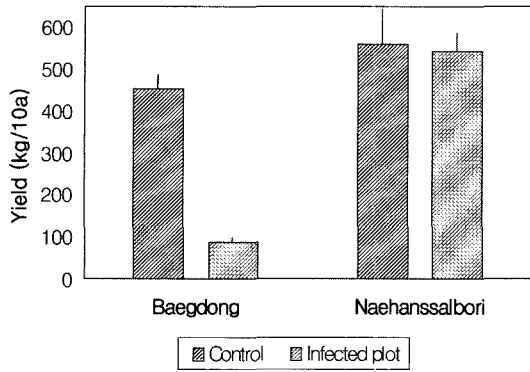


Fig. 3. Difference of yield between resistant (Naehanssalbori) and susceptible (Baegdong) varieties in plot infected by barley yellow mosaic virus (BaYMV).

바와 같이 모두 98.7~99.7%의 높은 발아율을 보였으며, 경과 시간에 따른 발아지연도 보이지 않는 것으로 보아 보리호위축병 감염이 발아에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Lee & Kim(2000)이 건전주의 종자가 이병주에서 채취한 종자보다 약간 높은 발아율을 나타냈으나, 유의성은 없었다고 보고한 결과와 일치하였다.

정립률과 조단백질 함량

저항성과 감수성 품종간 건전구와 이병구의 정립률 및 조단백질함량을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 저항성 품종인 내한

Table 3. Comparison of germination potential between resistant (Naehanssalbori) and susceptible (Baegdong) varieties infected by barley yellow mosaic virus (BaYMV).

Variety	BaYMV	Germination percentage (%) [†]		
		31 hours	61 hours	85 hours
Baegdong	Control	98.7a	99.7a	99.7a
	Infected plot	97.7a	99.7a	99.7a
Naehanssalbori	Control	96.3a	98.7a	99.3a
	Infected plot	95.3a	96.9a	98.7a

[†]Means followed by the same letter in a column are not significantly different at the 5% level by DMRT.

쌀보리는 정립률 및 조단백질 모두 대조 건전구와 차이가 없었으나, 이병성 품종인 백동은 건전구와 이병구간에 유의한 차이를 보였다. 보리호위축병에 이병된 식물체는 하엽이 빨리 고사되어 광합성 활동이 억제되므로 정상적인 전분축적이 되지 않아 종실의 등숙이 불량하여 설립이 증가하기 때문에 정립률은 낮아지고, 조단백질 함량은 증가하는 것으로 생각된다. 조단백질 함량이 높게 나타난 것은 결국 보리에 있어서 품질을 저하시키는 원인으로, 氏原 등(1984)은 양조용 맥주보리의 경우, 이병주 종실의 조단백질 함량이 2~3% 높아지고, 맥아 추출물이 1.5~2.2% 저하하기 때문에 품질에도 악영향을 미친다고 하였다.

한편 보리호위축병 이병에 따른 쌀보리의 체형질간 상관은 Table 5에서 보는 바와 같이 간장, 수량, 정립률, 수수, 전립중,

Table 4. Assortment percentage and crude protein content of the resistant (Naehanssalbori) and susceptible (Baegdong) varieties in plot infected by barley yellow mosaic virus (BaYMV).

Item	Assortment percentage		Crude protein content(%)	
	Baegdong	Naehanssalbori	Baegdong	Naehanssalbori
Control	95.8	96.7	11.1	10.9
Infected plot	84.9	96.5	12.8	10.7
F-value	*	ns	*	ns
SEM [†]	1.63	0.16	0.42	0.36

*: Significant at 5% level, ns : no significant, † SEM : Standard error of mean

Table 5. Correlation coefficients among agronomic characteristics and yield components.

Factors	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
Infection of degree (X1)	-								
Culm length (X2)	-0.963**	-							
No. of spike/m ² (X3)	-0.820**	0.872**	-						
No. of kernels/spike (X4)	-0.631*	0.470	0.122	-					
1,000 kernel/spike (X5)	-0.718**	0.841**	0.787**	0.084**	-				
Germination percentage (X6)	0.201	-0.283	-0.478	0.148	-0.292	-			
Assortment percentage(X7)	-0.825**	0.768**	0.704*	0.528	0.504	-0.418	-		
Crude protein content (X8)	0.834**	-0.813**	-0.762**	-0.444	-0.587*	0.346	-0.935**	-	
Yield (X9)	-0.937**	0.961**	0.964**	0.338	0.816**	-0.360	0.797**	-0.841**	-

*, **: Significant at 5% and 1% level, respectively.

1수립수 등의 순으로 부의 상관을 보여, 보리호위축병에 이병이 되면 절간이 제대로 신장하지 못하여 심할 경우 좌지현상이 발생하였고, 단위 면적당 수수가 감소되어 수량이 낮아지는 것으로 나타났으며, 이는 Kim *et al*(1998)이 보고한 수량 감소의 가장 큰 원인이 수수라고 보고한 내용과 일치하였다. 또한 보리호위축병 이병은 조단백질 함량과는 정의 상관을 보여 보리호위축병에 이병이 되면 수량 및 품질에 모두 크게 피해를 주는 것으로 나타났다.

적 요

보리호위축병 피해지역에 대한 수량감소의 예측을 위하여, 보리호위축병(BaYMV)에 대한 저항성 품종과 이병성 품종간 수량구성요소, 수량 및 품질 변이를 건전구와 이병구에서 비교 조사하였다.

1. 보리호위축병의 이병주는 BaYMV에 감염된 것으로 나타났으며, 이병정도는 감수성 품종인 백동에서 9, 저항성 품종인 내한쌀보리에서 1정도 발병하였다.
2. 감수성 품종인 백동은 천립중을 제외한 간장, 수당립수, m²당 수수 등의 수량구성요소가 유의하게 감소하였으며, 수량은 대조구의 20% 수준으로 현저히 감소하였다.
3. 보리호위축병 감염구에서 종자의 발아율은 감수성 품종과 저항성 품종간에 차이가 없었으나, 정립률은 감수성 품종인 백동에서 설립중이 유의하게 증가하였으며, 대조구에 비하여 정립률과 조단백질 함량 모두 유의한 차이를 보였다.
4. 보리호위축병은 간장, 수량, 정립률, 수수, 천립중, 1수립수 등의 피해와 부의 상관을, 조단백질 함량과는 정의 상관을 보여 보리호위축병에 이병이 되면 수량 및 품질에 크게 피해를 주는 것으로 나타났다.

사 사

본 연구는 2003년도 원광대학교 교내 연구비 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

인용문헌

- Frahm, J. H. 1989. Reduced yields caused by BaYMV in Lippe, Westphalia an analysis of causal factors. *Gesunde Pflanzen* 41(2) : 45-46.
- Huth, W. 1984. The barley yellow mosaic virus diseases in the Federal Republic of Germany-Observations since 1978. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz* 36 : 49-55.
- Kim, Y. K., J. H. Lee, J. S. Cho, J. H. Seo, and S. L. Park. 1998. Influence of BaYMV at different seeding date on growth characteristics and yield in barley. *RDA. J. Crop Protec.* 40(2) : 37-45.
- Lee, J. H., and Y.K. Kim. 2000. Influence of barley yellow mosaic virus (BaYMV) on agronomic traits in Naked Barley cv. *Baegdong*. *Kor. J. Crop Sci.* 45(3) : 181-184.
- Lee K. S., S. J. Suh, J. H. Hahn, H. I. Kim, J. W. Shim and N. C. Paek. 2001. Genetic analysis and mapping of resistance gene to barley yellow mosaic virus in barley. *Korean J. Breed* 33(3) : 145-152.
- Lee, S. A. 1981. Studies on virus diseases occurring in various crops in Korea. Res. Report, Office Rural Develop. 23(S. P. and M) : 62-74.
- Miyamoto, Y. 1958. Studies on soil-borne cereal mosaics. II. On the barley yellow-mosaic virus. (Part I). *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* XXIII, pp 69-75.
- 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). *Kor. J. Crop Sci.* 48(3) : 156-159.
- Proeseler, G. 1988. Yield losses in winter barley due to barley yellow mosaic virus. *Nachrichtenblatt fur den Pflanzenschutz in der DDR.* 42(11) : 213-215.
- RDA. 1995. Standard Investigation Methods for Agricultural Experiment. pp. 511-526.
- Suh, S. J. 1995. Studies on the classification of barley yellow mosaic virus strains and the breeding proposal for resistant barley varieties. Ph. D. Thesis Univ. of Seoul.
- So, I.Y., S.S. K.J., Cheong, Lee, and Y.H. Oho. 1990. Vector of barley yellow virus and consideration on its control. *Res. Rept. RDA(Agri. Institutional cooperation).* 33 : 203-213.
- 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.
- 氏原和人. 藤井敏男, 野澤清一, 關口忠男, 千葉恒夫(1984). 大麥萎縮病とピルムキ品質. *育種學雜誌* 34別冊 (1) : 302-303.