

국내 분포 보리호위축바이러스(*Barley Yellow Mosaic Virus*) strain에 대한 저항성 유전자 반응

박종철* · 노태환 · 박철수 · 강천식 · 강미형 · 이은숙 · 이준희 · 이정준 · 김태수
농촌진흥청 국립식량과학원 벼맥류부 맥류사료작물과

Responses of Resistant Genes to *Barley Yellow Mosaic Virus* (BaYMV) Strains in Korea

Jong-Chul Park*, Tae-Hwan Noh, Chul-Soo Park, Chun-Sik Kang, Mi-Hyung Kang, Eun-Sook Lee, Jun-Hee Lee, Jung-Joon Lee and Tae-Soo Kim

Department of Rice and Winter Cereal Crop, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea
(Received on June 29, 2009)

It was investigated the responses of BaYMV resistant genes to Korean BaYMV(*Barley yellow mosaic virus*) strains. BaYMV was distributed dominantly with about 51% detection ratio among the three investigated virus such as BaYMV, BaMMV(*Barley mild mosaic virus*) and SBWMV(*Soil-borne wheat mosaic virus*) in ELISA test. Double infection with BaYMV and BaMMV was detected also higher as 38.8%, however, BaMMV sole infection ratio was lower with only 1.4%. The 11 BaYMV resistant genes were tested their responses to four Korean BaYMV strains, BaYMV-N, H, I and M. Generally, *rym 3* genes showed resistant to Korean BaYMV strains and *rym 4m* and *5a* also was better. Three genes, *rym 1+5*(Mokusekko-3), *rym 3*(Ea 52, Baitori) and *rym 5a*(Solan) showed resistant responses to BaYMV-N type. In -H strain test, seven genes that *rym 2*(Mihori Hadaka 3), *rym 3*(Ea 52, Haganemugi, Baitori), *rym 4m*(Diana, Franka), *rym 5a*(Solan), *rym 7*(Hor 3365), *rym 9*(Bulgarian 347), *rym 12*(Jochiwon Covered 2) were considered as resistant. The three genes that *rym 1+5*, *rym 3* and *rym 5a* was effective to -I strain, and *rym 3*, *rym 4m* and *rym 5a* showed resistant to -M strain.

Keywords : Barley, BaYMV strains, BaMMV, Resistant gene

국내 보리 호위축병(*Barley yellow mosaic virus*, BaYMV)은 '90년대 발생이 보고되면서 남부지역 맥주보리 재배지를 중심으로 문제시 되어 왔다(소 등, 1990, 1991). BaYMV는 *Barley mild mosaic virus*(BaMMV)와 함께 국내 보리 재배지에 가장 우점하여 피해를 주는 것으로도 보고되었다(박 등, 2005). BaYMV에 감염시 품종의 저항성과 기상 조건에 따라 40~100%의 수량이 감소되는 것으로 보고(Frahm, 1989; 박 등, 2006)되어 있다. 한편 BaYMV의 strain 발생과 분포는 일본에서 지역적으로 동일한 품종에 대해 바이러스의 병원성 분화가 발생함으로써 보고(Okamoto, 1963; Saito and Okamoto, 1964)되었다. 영국에서는 2 계통이 보고(Adams 등, 1987)되어 있으며, 독일에서는

BaYMV-M을 BaYMV의 한 계통으로 보고하였는데 혈청학적 반응 차이로 인해 BaYMV와는 다른 종인 BaMMV로 분류하였다(Huth and Adams, 1990). 중국에서도 지역별 균주에 대한 핵산 분석과 관련된 strain 분류에 관한 연구를 수행하고 있는 것으로 보고되어 있다(Chen 등, 1999).

국내에서도 동일한 품종이 지역별로 다른 병원성을 보이는 결과에 따라 일본에서 이용되고 있는 판별 품종을 이용하여 BaYMV의 strain 판별이 시도되어졌다(소 등, 1998; 서, 1995). 그러나 국내 발생 BaYMV는 일본 strain과는 다른 병원성을 보이거나(이 등, 1998), 바이러스 발생이 기상조건에 따라 크게 영향을 받는 것으로 나타나(박 등, 2004) 포장검정의 strain 판별이 어려운 것으로 나타났다. 바이러스의 strain 분류에 있어 핵산 구조 분석이 효율적이라는 여러 보고(Ward 등, 1992; Singh 등, 1995)

*Corresponding author
Phone) +82-63-840-2243, Fax) +82-63-840-2116
Email) pacc43@rda.go.kr

가 되어 있다. 이에 따라 Park 등(2007)은 BaYMV RNA 1의 구조 분석을 통하여 유전자적 차이를 구명하여 국내에는 4개의 strain이 분포하는 것을 보고하였다. 본 시험은 이 결과를 바탕으로 국내 분포하는 BaYMV strain에 대한 저항성 유전자의 반응과 유용 유전자를 선발하여 저항성 품종 육성의 자료로 활용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

BaYMV strain별 시험지역 선정. Park 등(2007)이 제안한 대표지역인 익산(BaYMV-I type), 나주(BaYMV-N type), 해남(BaYMV-H type), 진주(BaYMV-M type)를 4개 strain의 대표 시험지역으로 선정하여 수행하였다.

시험 재료 및 파종. Strain별 저항성 유전자 탐색을 위해 BaYMV 및 BaMMV에 대한 저항성 유전자로 알려진 *rym* 1~12를 보유한 20개 품종(Table 1)을 2006년과 2007년 2개년간 파종하여 검정하였다. 시험품종은 국내 품종 중 저항성이지만 저항성 유전자가 밝혀지지 않은 내한쌀 보리와 감수성인 백동을 대비 품종으로 각각 파종하였다.

파종은 빠른 발병을 유도하기 위해 지역별 적정파종기에 비해 10일 정도 빠른 10월 10일~25일에 파종하였다. 각각의 품종은 3반복으로 파종하였다. 파종과 시비 및 파종 후 관리는 농촌진흥청 표준 재배관리(2002, 농촌진흥청)에 따라 준하였다.

바이러스 감염 및 유전자별 저항성 반응 조사. 이병조사 후 지역별로 시료를 채집하여 -20°C에 보관하면서 검정 시료로 이용하였다. 대상 바이러스는 국내 맥류 재배지에서 주로 발생하는 것으로 알려진 BaYMV, BaMMV,

SBWMV 등 3종에 대해 소 등(1997)에 의해 보고된 면역혈청학적 검정(ELISA) 방법으로 바이러스의 감염 여부를 확인하였다. 또한 이병정도는 파종 다음해 3월 상순~4월 상순에 품종별 병징 발생정도에 따라 달관으로 조사하였다. 발병정도는 잎의 황화, 모자이크 등 바이러스 증상을 달관으로 조사하여 소 등(1997)의 보고 기준에 따라 무발병(0), 1~10%(1), 11~30%(3), 31~50%(5), 51~70%(7), 71% 이상(9) 등으로 나누어 조사하였다.

결과 및 고찰

지역별 바이러스 발생 양상. 지역별 바이러스 검정 결과 BaYMV가 전체 약 51%로 가장 높은 발생을 보였으며 BaMMV와의 혼합감염도 38.8%의 높은 비율을 나타내었다(Table 2). BaMMV 단독 감염은 1.4%로 낮게 조사되었으며, 한편 SBWMV의 발생은 확인되지 않았다. 이 결과는 국내 보리 재배지에서 BaYMV가 가장 우점하여 발생하고 있으며, BaMMV와의 복합감염으로 피해를 주고 있다는 보고(박 등, 2004)와 같게 나타났다. 지역별로 바이러스별 발생 차이를 나타내었다. 나주의 경우 BaMMV 단독감염은 확인되지 않았으며, 전남 나주와 경남 진주 등 남부지역에서 특히 복합 감염이 많은 반면 해남 옥천과 익산의 경우는 적은 비율을 보였다. BaYMV와 BaMMV의 발생이 월동전후 기온에 차이를 보이는 보고(박 등, 2003)로 볼 때 본 시험의 지역별 기온 차이에 의해 발생 차이가 보인 것으로 생각된다. 그러나 한편 해남지역내에서도 옥천 지역 발생 BaYMV가 다른 지역과 바이러스 핵산 구조와 병원성이 다름이 보고(박 등, 2007)되었는데, 지역별 바이러스의 발생이 strain의 분화와 관련이 있는지에 대한 검토도 필요할 것으로 보인다.

저항성 유전자 보유 품종별 바이러스 감염양상을 ELISA

Table 1. The genetic differential varieties used in this test

| Variety | Resistant gene | Variety | Resistant gene |
|-----------------------------|----------------|------------------------|----------------|
| Naehanssalbori ^a | Unknown | Franka(Friedt) | <i>rym</i> 4m |
| Baegdong ^b | None | Tokushima Mochi Hadaka | <i>rym</i> 4y |
| Mokusekko-3 | <i>rym</i> 1+5 | Misato Golden | <i>rym</i> 5 |
| Mihori Hadaka 3 | <i>rym</i> 2 | Hakei I-41 | <i>rym</i> 5a |
| Chosen | <i>rym</i> 3 | Solan | <i>rym</i> 5a |
| Ea 52 | <i>rym</i> 3 | Amagi Nijo | <i>rym</i> 6 |
| Haganemugi | <i>rym</i> 3 | HOR 3365 | <i>rym</i> 7 |
| Baitori | <i>rym</i> 3 | 10247 | <i>rym</i> 8 |
| Ishukushirazu | <i>rym</i> 3 | Bulgarian 347 | <i>rym</i> 9 |
| Diana | <i>rym</i> 4m | Russia 57 | <i>rym</i> 11 |
| Sonate | <i>rym</i> 4m | Jochiweon Covered 2 | <i>rym</i> 12 |

^{a, b}These are Korean cultivars used as check the disease incidence, Naehanssalbori is resistant and Baegdong is susceptible control.

Table 2. Virus detection ratio from regional collections

| Collection area | Virus infection ^a | | |
|-----------------|------------------------------|--------------|-------------------|
| | BaYMV single | BaMMV single | BaYMV+BMMV double |
| Naju | 9 | 0 | 11 |
| Haenam | 11 | 2 | 1 |
| Iksan | 10 | 4 | 3 |
| Jinju | 4 | 1 | 11 |
| Total (%) | 34 (50.8) | 7 (10.4) | 26 (38.8) |

^aSamples were diagnosed by ELISA test for three viruses, *Barley yellow mosaic virus* (BaYMV), *Barley mild mosaic virus* (BaMMV) and *Soil-borne wheat mosaic virus* (SBWMV). However, the SBWMV was not detected in this test.

Table 3. Viral infection status on the different resistant genes in four different strains

| Variety | Resistant gene | BaYMV-strain ^a | | | |
|------------------------|----------------|---------------------------|----|----|----|
| | | N | H | I | M |
| Naehanssalbori | Unknown | y ^b | M | - | - |
| Baegdong | None | yM | YM | Y | Ym |
| Mokusekko-3 | <i>rym 1+5</i> | yM | - | M | Ym |
| Mihori Hadaka 3 | <i>rym 2</i> | Ym | y | - | Ym |
| Chosen | <i>rym 3</i> | y | y | yM | - |
| Ea 52 | <i>rym 3</i> | yM | yM | Y | - |
| Haganemugi | <i>rym 3</i> | yM | M | Y | M |
| Baitori | <i>rym 3</i> | y | - | Y | Y |
| Ishukushirazu | <i>rym 3</i> | y | M | YM | - |
| Diana | <i>rym 4m</i> | ym | - | M | Ym |
| Sonate | <i>rym 4m</i> | y | - | y | Ym |
| Franka(Friedt) | <i>rym 4m</i> | y | Y | M | Ym |
| Tokushima Mochi Hadaka | <i>rym 4y</i> | yM | M | M | Ym |
| Misato Golden | <i>rym 5</i> | yM | Y | yM | Ym |
| Hakei I-41 | <i>rym 5a</i> | YM | Y | y | Ym |
| Solan | <i>rym 5a</i> | Ym | Y | y | Ym |
| Amagi Nijo | <i>rym 6</i> | Ym | Y | Y | Y |
| HOR 3365 | <i>rym 7</i> | Y | Y | Ym | - |
| 10247 | <i>rym 8</i> | Y | Y | - | Y |
| Bulgarian 347 | <i>rym 9</i> | Y | Y | Y | YM |
| Russia 57 | <i>rym 11</i> | Y | Y | Y | Y |
| Jochiweon Covered 2 | <i>rym 12</i> | YM | YM | Y | YM |

^aEach strain, BaYMV-N, -H, -I and M, corresponding to the tested regions such as Naju, Haenam okcheon, Iksan and Jinju, respectively.

^bA small, capital letter and - mean weaken, severe and non- infection degree by ELISA results.

를 이용하여 조사하였다(Table 3). 그 결과 Table 2에서와 같이 BaYMV가 우점하면서 BaMMV와 복합 감염된 형태로 나타났다. 바이러스의 감염 조사 결과 저항성과 감수성 대비품종인 내한쌀보리와 백동에서 BaYMV와 BaMMV의 감염과 이병정도가 차이를 보여 저항성정도의 조사에는 적당한 발병을 보였다. 내한쌀보리에서도 지역별로 BaYMV와 BaMMV의 감염이 확인되었지만 증상 발생정도가 약하여 생육이나 병징 발생이 심하지 않아 포장 상태에서 저항성으로 조사되었다. BaYMV-N strain에서는 모든 품종에서 BaYMV의 감염을 보여 이병정도와 감염을 비교하여 저항성 유전자 선발이 가능하였다. -H strain의 경우 Baitori 등 *rym 3*와 Diana 등 *rym 4m*에서 무감염이나 BaMMV 감염을 보여 이들 유전자가 효과적인 저항성 인자로 나타났다. 반면 -I와 -M strain에서 Mihori Hadaka 3이나 Hor 3365 등에서 병징이 있어 이병정도가

Table 4. Diseased degree of the different resistant genes by four BaYMV strains

| Variety | Resistant gene | BaYMV-strain ^a | | | |
|------------------------|----------------|---------------------------|---|---|---|
| | | N | H | I | M |
| Naehanssalbori | Unknown | 0 ^b | 0 | 1 | 0 |
| Baegdong | None | 9 | 5 | 9 | 5 |
| Mokusekko-3 | <i>rym 1+5</i> | 1 | 5 | 1 | 3 |
| Mihori Hadaka 3 | <i>rym 2</i> | 5 | 1 | 5 | 3 |
| Chosen | <i>rym 3</i> | 3 | 3 | 3 | 1 |
| Ea 52 | <i>rym 3</i> | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Haganemugi | <i>rym 3</i> | 5 | 0 | 3 | 1 |
| Baitori | <i>rym 3</i> | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Ishukushirazu | <i>rym 3</i> | 3 | 3 | 3 | 1 |
| Diana | <i>rym 4m</i> | 5 | 1 | 5 | 1 |
| Sonate | <i>rym 4m</i> | 7 | 3 | 5 | 5 |
| Franka(Friedt) | <i>rym 4m</i> | 5 | 1 | 5 | 3 |
| Tokushima Mochi Hadaka | <i>rym 4y</i> | 5 | 3 | 3 | 5 |
| Misato Golden | <i>rym 5</i> | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Hakei I-41 | <i>rym 5a</i> | 5 | 5 | 1 | 1 |
| Solan | <i>rym 5a</i> | 1 | 1 | 1 | 5 |
| Amagi Nijo | <i>rym 6</i> | 7 | 3 | 7 | 7 |
| HOR 3365 | <i>rym 7</i> | 5 | 1 | 5 | 5 |
| 10247 | <i>rym 8</i> | 7 | 3 | 5 | 5 |
| Bulgarian 347 | <i>rym 9</i> | 7 | 1 | 5 | 5 |
| Russia 57 | <i>rym 11</i> | 7 | 5 | 5 | 7 |
| Jochiweon Covered 2 | <i>rym 12</i> | 7 | 1 | 5 | 5 |

^aEach strain, BaYMV-N, -H, -I and M, is corresponding to the tested regions such as Naju, Haenam okcheon, Iksan and Jinju, respectively.

^bDiseased degree referred to So *et al.* (1997) by visual typical symptoms, yellowish and mosaic spots on the leaves in barley.

조사되었으나 바이러스 감염은 확인되지 않았다. 이는 시료 채취시기가 늦어 바이러스 분리가 어려웠거나 바이러스 감염 농도가 낮아 혈청학적 방법인 ELISA에서 검정이 어려웠던 것으로 생각된다. 따라서 본 시험에서는 병징 발현에 의한 이병정도를 주 기준으로 유전자별 저항성 반응을 조사하였다. BaYMV의 감염과 발병은 환경 조건에 의한 영향을 많이 받으며(박 등, 2003), 포장에서 저항성 품종의 선발과 검정은 어려운 것으로 알려져 있다(소 등, 1997). Gilda 등(2006)은 포장 검정의 문제를 해결하기 위해 실내 검정법을 개발하여 보고하였다. 따라서 실내 검정법이나 토양 접종법의 개선을 통해 본 시험에서 검정이 어려운 유전자들에 대한 보완 결과가 필요할 것으로 생각된다.

BaYMV strain별 저항성 유전자의 반응. BaYMV 4개의 strain에 대해 대표 지역별 저항성 유전자의 반응을 일

반적인 증상을 달관으로 검정하여 조사한 결과 각각의 strain에 대한 반응이 다르게 나타났다(Table 4). BaYMV-N type에 대해 검정한 결과 *rym 1+5*(Mokusekko-3), *rym 3*(Ea 52, Baitori), *rym 5a*(Solan)가 저항성을 보였다. -H strain은 *rym 2*(Mihori Hadaka 3), *rym 3*(Ea 52, Haganemugi, Baitori), *rym 4m*(Diana, Franka), *rym 5a*(Solan), *rym 7*(Hor 3365), *rym 9*(Bulgarian 347), *rym 12*(Jochiwon Covered 2) 등 7종의 유전자가 저항성을 보여 다른 strain에 비해 효율적인 저항성이 많게 나타났다. -I strain의 경우 *rym 1+5*(Mokusekko-3), *rym 3*(Ea 52, Baitori), *rym 5a*(Hakei I-41, Solan) 등 3종의 유전자가 저항성을 보였다. -M strain에서는 *rym 3*(Chosen, Ea 52, Haganemugi, Baitori, Ishukushirazu), *rym 4m*(Diana), *rym 5a*(Hakei I-41) 등 3종의 유전자가 저항성을 보였다. BaYMV의 strain에 대한 저항성 유전자 선발에 관한 시험은 국내에서는 BaYMV-I strain에 대해서만 보고(박 등, 2005)되어 있어 국내 분포하는 4 type의 전체 strain에 대한 검정은 조사되지 않았다. 본 시험 결과 *rym 3* 유전자가 국내 분포하는 BaYMV strain에 대해 일반적으로 저항성을 보였다. 특히 Ea 52와 Baitori에 존재하는 *rym 3* 유전자가 전체 strain에 대해 저항성을 보였다. 반면 일본의 모든 BaYMV strain에 대해 저항성을 보이는 것으로 보고(Kashiwazaki 등, 1989)된 Mokusekko-3의 *rym 1+5*는 BaYMV-N과 I 등 두 strain에 대해서만 저항성 반응을 보여 일본과 국내 분포하는 BaYMV strain은 병원성에 있어 차이를 보이는 것으로 나타났다. 이 결과는 일본의 BaYMV II-I strain과 국내 해남 분리 BaYMV와의 형태 및 혈청학적 특성, 외피단백질 유전자의 구조등을 분석한 결과 병원성에서만 차이가 있다는 보고(이 등, 1998)와도 같은 결과로 생각되었다. 한편 하나의 strain에 대해서 같은 저항성 유전자라 할지라도 보유하고 있는 품종에 따라 다른 반응 결과를 보였다. 이는 이들 저항성 인자가 독일 또는 일본의 바이러스 strain에 대하여 결정된 것이므로 국내 strain에 대해서는 반응 차이가 있었기 때문이라는 보고(김 등, 2005)와 같은 결과로 생각된다. 따라서 외국에서 이미 보고된 저항성인자 체계를 국내에 직접 적용하여 저항성 품종 육성에 이용하기전에 저항성 유전자의 국내 반응을 충분히 검토하여 이용해야 할 것으로 생각된다. BaYMV strain 중 가장 많은 분포를 보이는 것으로 보고(박 등, 2004)된 BaYMV-I strain에 대해서는 보다 빨리 효율적인 저항성 유전자의 집적이 더욱 필요할 것으로 생각된다. 일본에서는 자체 개발한 판별 품종을 이용하여 포장에서 strain 판별(Kashiwazaki 등, 1989)이나 새로운 출현에 대해 검정할 수 있는 시스템을 가지고 있어 소 등(1997)의

제안과 같이 우리나라도 국내 적용이 가능한 판별 품종의 개발이 필요하다고 생각한다. 따라서 본 시험의 strain에 대한 저항성 유전자나 품종들의 반응 결과는 앞으로 국내 BaYMV strain 판별품종 개발에도 이용할 수 있는 자료로 생각된다.

요 약

국내 보리 재배지에 분포하는 BaYMV strain에 대한 BaYMV 저항성 유전자별 반응을 조사하였다. 지역별 바이러스 검정 결과 BaYMV가 전체 약 51%로 가장 높은 발생을 보였으며 BaMMV와의 혼합감염도 38.8%의 높은 비율을 나타내었다. BaMMV 단독 감염은 1.4%로 낮게 조사되었다. BaYMV 4개의 strain별 저항성 유전자의 반응을 조사한 결과 BaYMV-N type에 대해 검정한 결과 *rym 1+5*(Mokusekko-3), *rym 3*(Ea 52, Baitori), *rym 5a*(Solan)가 저항성을 보였다. -H strain은 *rym 2*(Mihori Hadaka 3), *rym 3*(Ea 52, Haganemugi, Baitori), *rym 4m*(Diana, Franka), *rym 5a*(Solan), *rym 7*(Hor 3365), *rym 9*(Bulgarian 347), *rym 12*(Jochiwon Covered 2) 등 7종의 유전자가 저항성을 보여 다른 strain에 비해 효율적인 저항성이 많게 나타났다. -I strain의 경우 *rym 1+5*(Mokusekko-3), *rym 3*(Ea 52, Baitori), *rym 5a*(Hakei I-41, Solan) 등 3종의 유전자가 저항성을 보였다. -M strain에서는 *rym 3*(Chosen, Ea 52, Haganemugi, Baitori, Ishukushirazu), *rym 4m*(Diana), *rym 5a*(Hakei I-41) 등 3종의 유전자가 저항성을 보였다.

참고문헌

- Adams, M. J., Swaby, A. G. and Jones, P. 1987. Occurrence of two strains of barley yellow mosaic virus in England. *Pl. Path.* 36: 610-612.
- Chen, J., Shi, N., Cheng, Y., Diao, A., Wilson, T. M., Antoniwi, J. F. and Adams, M. J. 1999. Molecular analysis of barley yellow mosaic virus isolates from China. *Virus Res.* 64: 13-21.
- Frahm, J. H. 1989. Reduced yield caused by BaYMV - in Lippe, Westphalia an analysis of causal factors. *Gesunde Pflanzen* 41: 45-46.
- Gilda, J., Park, J. C., Noh, T. W., Kim, M. J., Hyun, J. N. and Kim, J. G. 2006. Development of efficient mechanical inoculation technique to screen barley genotypes for resistance to Barley mild mosaic virusdisease and its comparison to natural infection. *Plant Pathol. J.* 22: 348-352.
- Huth, W. and Adams, M. J. 1990. Barley yellow mosaic virus (BaYMV) and BaYMV-M: two different viruses. *Intervirology* 31: 38-42.

- Kashiwazaki, S., Ogawa, K. Usugi, T., Omura, T. and Tsuchizaki, T. 1989. Characterization of several strains of barley yellow mosaic virus. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 55: 16-25.
- 김홍식, 백성범, 강문석. 2005. "맥류 바이러스 저항성의 체계적 검정방법 및 저항성 계통 선발 기술 개발. 27-44 pp". 맥류의 환경재해 및 병해저항성 육종의 효율 증진연구. 농촌진흥청 작물과학원. 237 pp.
- 이귀재. 1998. RT-PCR을 이용한 보리누른모자이크바이러스(BaYMV)와 보리 마일드모자이크바이러스(BaMMV)의 외피단백질 유전자 검정 및 해석. *한국식물병리학회지* 14: 314-318.
- Okamoto, H. 1963. Studies of the evaluation method of varietal resistance to yellow mosaic of barley(part1). *中國農業試驗場報告* A9: 127-134.
- Park, J. C., Rho, T. W., Kim, J. G., Kim, H. M., So, I. Y. and Lee, K. J. 2007. Strain distinction and their distribution of *Barley Yellow Mosaic Virus* base on RAPD analysis in Korea. 2007. *Korean J. Plant Res.* 20: 511-517.
- 박종철, 서재환, 김형무, 이귀재, 박상래, 서득룡. 2003. 기상요인이 보리호위축병(BaYMV) 발생에 미치는 영향. *한국작물학회지* 48: 156-159.
- 박종철, 서재환, 최민경, 이귀재, 김형무. 2004. 국내 맥류재배지의 바이러스 병 발생과 분포. *한국식물병리학회. 식물병연구* 10: 188-193.
- 박종철, 서재환, 김양길, 김정곤. 2005. 국내 맥류재배지의 바이러스병 발생 현황과 BaYMV-Ik와 BaMMV에 대한 저항성 유전자의 반응 검정. *한국작물학회* 50: 197-204.
- 박종철, 이미자, 최인배, 김미정, 박철수, 김정곤. 2006. 보리 모자이크 바이러스 저항성 정도가 상이한 보리 품종간 생육 및 수량 비교. *한국작물학회* 51: 477-482.
- Saito, Y. and Okamoto, H. 1964. Studies of the soil-borne virus disease of wheat and barley V. Variation in varietal resistance of wheat and barley. *Bulletin of the National Institute of Agricultural Science(Japan)* series No. 17: 75-102.
- 서세정. 1995. 보리호위축 바이러스 바이러스의 계통분류 및 저항성품종 육성의 기초적 연구. 서울대학교 박사학위논문. 97 pp.
- Singh, R. P., Singh, U. S. and Kohmoto, K. 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. 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: 118-124.
- 소인영, 이귀재, 柏揆哲, 土揆常男. 1998. 남부지방에 발생하는 보리마일드 모자이크바이러스(BaMMV)의 분리 및 동정. *한국식물병리학회지* 14: 68-79.
- Ward, C. W., Mckern, N. M., Frenkel, M. J. and Shukla, D. D. 1992. Sequence data as the major criterion for *potyvirus* classification. *Arch. Virol. Suppl.* 5: 283-297.