

한국에 발생하는 麥類바이러스病

소 인 영

전북대학교 농과대학 농생물학과

맥류바이러스병은 전세계적으로 발생하는 피해가 큰 병이다. 전염방법은 토양(3,7), 충매(24,34) 및 종자전염(26,32)으로 크게 구분할 수 있다. 기주범위는 화본과에 국한되며 바이러스의 형태는 barley yellow dwarf virus만이 구형이고(24), 모두가 사상및 봉상을 이루고 있다(표 1).

우리 나라에는 북지모자이크병(northern cereal mosaic virus, NCMV)(31), soil borne wheat mosaic virus(SBWMV)(31), 누른모자이크병(縞萎縮病, barley yellow mosaic virus, BaYMV)(30,31,46), barley mild mosaic virus (BaMMV)(29,54,55), 줄무늬모자이크병,(barley stripe mosaic virus, BaSMV)(26)등이 보고되어 있으나 南部 보리재배지역에 주로 발생하는 것은 BaYMV와 BaMMV로 밝혀졌다(54).李(31)에 의하면 NCMV와 SBWMV는 우리 나라 중부이북 지역에 발생하는 것으로 보고가 되어 있으나 현재는 그 발생 상황이 확인 안되고 있고, BaSMV는 나(26)에 의하여 우리나라 밀종자의 70%정도가 감염되어 있다고 보고하였으나 아직까지 분리 및 동정이 안되고 있는 실정이다. 곰팡이인 *Polymyxa graminis*에 의하여 토양전염이 이루어지는 BaYMV와 BaMMV는 우리 나라 보리재배지역 전역에 걸쳐 발생하고 있고 그 피해도 막심하다(50-55). 이들은 토양전염성이므로 방제가 어렵고, 저항성 품종육성및 선발방법이 연구되고 있으나 BaYMV와 BaMMV의 가 같은 지역에서 동시에 발생하고, 심지어 같은 포장내 및 동일식물체에서도 2개의 바이러스가 복합및 단독감염이 되고 있어서 많은 애로점이 있다(54-57).

1. 우리나라에 발생하는 BaYMV 및 BaMMV

보리누른모자이크병은 1934年 日本 岡山縣 에서 처음 발병 보고되어 있으며, 현재는 우리 나라를 비롯하여 중국등 아시아전역과 영국, 독일등 유럽의 추맥 재배지역에서 피해가 발생하는 문제의 바이러스성 병이다(1,12-14,16,23,30,41). BaYMV에 대한 연구는 일본에서 가장 많이 진행되고 있으며 병원성에 따라서 BaYMV I-1, I-2, I-3, II-1, II-2 및 III등 6개 계통으로 구분하고 있으며(19,56,57,63), 한국, 영국 및 독일계통등이 보고되어있다(27,54,55). BaYMV는 기주범위가 화본과에 국한하고, 사상형으로 *Polymyxa graminis*에 의하여 매개되며 현재 BaMMV, wheat yellow mosaic virus(WYMV), wheat spindle streak mosaic virus (WSSMV), oat mosaic virus(OMV), rice necrosis mosaic virus(RNMV)등과 더불어 *Potyviriidae*의 *Bymovirus*속으로 분류되고 있다(2,17,23). 이들의 유연관계를 규명하기 위하여 핵산과 외피단백질의 염기서열과 유전자분석이 일본, 한국, 영국및 독일에서 진행되고 있다(17-21,28,37,42).

2 식물병과 농업

BaYMV의 순쇄분리 및 동정을 위하여는 바이러스병에 걸린 보리를 채집하여 ELISA 하여, BaYMV 단독감염주로부터 판별기주식물(New golden)에 접종하고, 증식기주로는 백동보리를 사용하면 좋다. BaYMV는 즙액접종율이 낮으며 1.5~2엽기의 보리유묘가 좋고, 접종용 완충액은 0.1 mM KCN 함유 인산완충액(pH 6.8~7.0)이 가장 효과적이다. 또한 접종원 바이러스 농도는 고농도를 요구하므로 감염액:완충액 비율(W/V)은 1:4가 최소로 유지되어야 한다(21,46,62). 정제는 조직내의 바이러스 농도가 낮아서 회수율이 낮다. 우빈등(60), 소등(30,46)의 방법을 이용해 citrate buffer로 착즙하여 고속원심과 서당 및 CsCl 밀도기울기 원심분리를 하면 중하층부위에 1~2개의 바이러스 입자가 침강대가 생성된다. 입자 형태를 전자현미경으로 관찰하여 보면 폭 13 nm, 길이 120~1,750 nm 범위이나 주로 250~300 nm 및 500~600 nm의 2입자성 사상형 바이러스로 나타난다(14,30). 항혈청 제조는 보조제인 Freund's complete adjuvant와 정제바이러스를 1:1로 혼합하여 1 mg/ml 농도로 1 ml/씩 3주간격으로 3회 근육주사 후 체혈 1주일 전에 이정맥주사하는 것이 효과적이다.

ELISA 검정 가능농도는 항원은 감염식물즙액 1:완충액 40배까지 반응이 되고, 항체 및 기질의 농도는 4 µg/ml 까지 가능하다(8,60,62). 바이러스의 유연관계를 알아보기 위하여는 한천확산법으로 반응시키면 계통간에서도 차이가 있는 계통(strain)간에는 분지(super)가 형성되는 것을 볼 수 있다. 한국에서 분리한 BaYMV-HN(전남 해남 분리주)와 일본의 BaYMV-II-1, III을 한천확산법으로 반응시키면 반응대를 형성하나 반응분지는 나타나지 않는다(30,60). BaYMV-HN의 핵산을 추출하여 전기영동하면 크기가 7.6Kb의 RNA1과 3.5Kb의 RNA2의 2개 분리대가 나타난다. 또한 외피단백질을 분리하여 전기영동하면 1개의 주분리대와 수개의 작은 분리대가 나타난다. 분자량은 주분리대가 약 31KDa이고, 작은 분리대는 26KDa 범위에 전개된다(9,10,18,21,30). BaYMV의 기주반응을 보면 병해 저항성인자를 가진 일본계 보리품종인 Misato Golden(Ym1), Ishukushirazu(y3), 중국계 보리품종 목석항3호(y1) 등에는 감염이 되지 않는다(50,51,54). 이상의 여러가지 성질로 보아서 BaYMV-HN은 일본계통의 BaYMV II-1과 가장 유사한 것으로 생각된다.

BaMMV의 성질을 보면 입자의 크기, 매개체, 핵산의 크기, 외피단백질의 분자량 등이 BaYMV와 비슷하여 초기에는 BaYMV의 한계통(-M)으로 취급되었으나 기주반응이 다르고 혈청학적 유연관계가 없는 등 여러가지 차이점이 인정되어 현재는 Bymovirus속의 새로운 바이러스로 분류되고 있다(55). BaMMV는 Huth등(15)에 의하여 처음 보고되었으며 현재는 독일의 BaMMV-M(15), 영국의 -UK(17), 일본의 -Nal과 -Kal(22), 한국의 -Kor(52, 55)계통 등이 보고되고 있다.

BaMMV의 순수분리는 BaYMV와 혈청학적으로 유연관계가 없으므로 ELISA에 의하여 BaMMV 단독감염주로부터 BaYMV에 저항성인 보리품종 Ishukushirazu(y3)에 접종 후 백동보리에 증식하면 좋다(55). 즙액접종은 BaYMV보다 잘 된다(36,55). 정제는 BaYMV와 같은 방법으로 서당 또는 CsCl 밀도기울기 원심분리법으로 1~2개의 침강대가 형성된다(29,55). 전자현미경하에서의 바이러스 크기도 13×250~300 nm 및 500~650 nm의 2입자성 사상형 바이러스이다. 항체제조도 근육주사와 이정맥주사를 병행하면 효과적이다(29,35,55). ELISA는 반응이 잘 일어나며 BaYMV와는 유연관계가 없다. BaMMV strains간의 한천확산반응을 보면 BaMMV-kor는 -Nal과는 뚜렷한 반응대만을 형성하나 -Kal 및 -M와는 반응분지가 형성되는 것으로 보아 혈청학적으로

Table 1. 주요 맥류바이러스의 일반적 성질

바이러스명	병징	입자크기(nm)	전염방법	비고
Northern cereal mosaic virus 맥류북지바이러스병 (34, 43)	백색조반	300-370	충매전염, 영속성 <i>Laodelphax striatellus</i> 즙액전염 불가	다범성 TP:50-55°C 북부지방다발
Barley yellow dwarf virus 보리황화병 (24,33)	황화위축	25-27 구형	충매전염, 영속성 <i>Rhopalosiphum padi</i> (기장테두리진딧물)	다범성 TP:65-70°C
Barley yellow mosaic virus 보리누른모자이크병 (13,16,30,46,)	황화위축	17×200-300 500-600 사상,2입자성	토양전염 <i>Polymyxa graminis</i> Led. 즙액전염 난	WYMV유연관계 보리국한 TP:70°C 피해20-30%감수
Barley mild mosaic virus (35,52,55)	위조반문	17×200-300 17×500-600	토양전염 <i>Polymyxa graminis</i> 즙액전염 가	일본,독일,중국
Barley stripe mosaic virus 반엽모자이크병	위조반문	20×120-140 간상	종자전염(화분) 즙액전염 가	다범성
Soil-borne wheat mosaic virus 보리 오갈병(38)	황백색 반문위축	25×110-170 25×300 2입자성	토양전염, 즙액전염 가 <i>Polymyxa graminis</i>	다범성 TP:40-50°C DP:500-1000 AV:24 hrs
Wheat yellow mosaic virus 소맥호위축병(60)	황색 줄무늬 하엽황화	13×200-300 13×500-600 (13×800-800)	토양전염, 즙액전염 가 <i>Polymyxa graminis</i>	BYMV 및 WSSMV와 유연관계
Weat spindle streak mosaic virus (45,61)	황화얼룩줄 무늬	13×200-300 13×500-650 (800-900)	토양전염, 즙액전염 가 <i>Polymyxa graminis</i>	BYMV및 WYMV와 유연관계 TP:40-50°C DP:10 ⁻³ -10 ⁻⁵ AV:24 hrs 미국,캐나다,인도
Wheat streak mosaic virus(6)	황색 줄무늬	15×650-700	토양전염 <i>Polymyxa graminis</i> <i>Aceria tulipae</i> (Mite)	TP:50°C

4 식물병과 농업

성질이 다소 차이가 있음이 인정된다(29). RNA를 추출하여 전기영동하면 RNA1은 7.5Kb, RNA2은 3.5Kb이고, 외피단백질은 33KDa의 단백질 분리대가 전개되며 BaYMV와 비슷하다(28-30). 각 계통간의 차이점을 기주반응으로도 구분하기가 어려워 현재는 이들 계통간의 핵산및 외피단백질의 염기서열 분석연구가 활발히 진행되고 있다(11,17,22,40).

BaMMV-Kor의 외피단백질을 분석하여 보면 251개의 아미노산으로 구성되어 있다. 외국계통과의 아미노산 구성 유사도를 비교하여 보면 BaMMV-Kor과 -Nal은 97.2%, -G와는 93.2%, -Uk와는 92.8%, -Kal와는 92.0%의 관계를 나타내고 있다. 251개 아미노산 서열상의 틀리는 부위를 보면 BaMMV-Kor과 -Nal과는 6개부위, -Kal과는 19개부위, -G와는 18개부위, -UK와는 21개 부위에서 차이가 나타난다. RNA의 크기는 RNA 1은 7.632bp이고 RNA-2는 3.585bp이다(11,22,28,29,40,55). BaMMV-Kor에서 추출한 RNA와 oligo-dT primer를 이용하여 cDNA를 합성후 Northern hybridization으로 결정하면 RNA1은 2,500bp가 합성되며, RNA-2는 2,700bp까지 결정된다(29,55). RNA-2의 전체적인 결정을 위하여 5'-Ampli FINDER Kit와 S50(5' AAG-GATCCGGTGCAGCGCCAACGGGATA 3') primer을 이용하여 PCR시키면 3,520bp까지 RNA-2가 완전히 결정화된다. BaMMV-Kor의 RNA-2의 결합구조를 보면 ORF의 구조, AUG의 개시 codon 구조와 위치, UAA의 정지codon의 위치가 해석된다. 또한 N말단은 25KDa, C말단은 73KDa 단백질로 구성되어 있고, 5' 말단은 141개의 염기, 3' 말단은 697개의 염기로 되었다. RNA-2의 3,520염기배열을 타계통과의 상동성을 비교하여 보면 BaMMV-Kor RNA2와 Nal과는 92.4%, -UK-F와는 85.1%, -ASLI과는 83.7%, -UK-M과는 72.2%, -M와는 72.6%의 차이가 나타난다(22,28,29,40).

2. BaYMV 및 BaMMV의 발생생태

우리 나라의 보리재배포장에서 분리되는 바이러스는 누른모자이크병(BaYMV)와 보리마일드모자이크병(BaMMV)이고 이 두 바이러스는 위에서 기술한 바와 같이 바이러스의 성질이 비슷하다. 특히 이들 바이러스들은 점균류인 *Polymyxa graminis*에 의하여 토양전염되며 추파한 포장에서는 전국적으로 발생하나 춘파를 하면 발병되지 않는다. 이것은 전염매개체인 *P. graminis*의 활성온도가 10°C가 적은이기 때문이다. BaYMV는 1월 말경부터 비교적 일찍 나타나고 BaMMV는 BaYMV에 비하여 조금 늦게 2월 말경에 주로 발병된다. BaYMV는 모자이크, 황화및 괴사현상이 나타나고 심하면 위축되며 출수 불량이 된다. 그러나 평균기온이 15 °C이상이 되면 병징은폐 현상이 나타난다. BaMMV는 연한 모자이크, 황화 및 괴사현상이 나타나며 심하면 위축현상도 나타나고, 고온이 지속 되면 병징은폐 현상이 나타난다. 우리나라의 보리품종의 병해반응을 보면 맥주보리가 일반적으로 병해감수성이 높고, 쌀보리와 겉보리는 저항성이 다소 강하다. 일본의 편별보리품종과 우리나라의 보리품종의 병해감수성은 약간의 차이를 나타낸다(4,7,12,19,29,30,50-56,63).

우리나라 보리재배지역 발병상황을 조사하여 본 결과 수원지역을 비롯하여 전남북지역과 경남북지역 대부분의 조사포장에서 발병되고 있었으며 전북지방의 산간지역과 충남지역의 공주, 논산, 서산, 서천, 부여등의 조사포장에서는 병징을 관찰할 수 없었다. 포장별로는 논보리포장(334포장)와

밭보리포장(96포장)을 비교하여 보면 논보리가 10.4%, 밭보리가 11.0%로서 차이가 없었고, 연작포장 일수록 발병이 심하였다. 발병상황은 토양전염성이라 군데군데 집단적으로 발생하였으며 동일포장내에서도 심하게 발병되는 곳이 있는가 하면 전혀 발병없이 건전하게 생육하는 상태였다(29,50, 51,54).

토양전염성을 확인하기 위하여 발병포장을 중심으로 토양서식 지하소동물을 조사하여 본 결과는 선충류는 부식성이 93.5%, 식물기생성이 3.6%, 포식성이 2.9%로서 지표면 0~10 cm부위에 주로 서식하며 시기적으로는 12, 3, 1, 4월 순으로 밀도가 많았으며, 바이러스를 매개하는 선충은 채집되지 않았다. 응애류도 주로 지표면에 분포되고 있었으며 4월에 밀도가 제일 많았고, 날개응애류가 84%를 차지 하였으며 바이러스를 매개하는 응애는 채집되지 않았다(47,49). 황화현상을 나타내는 보리뿌리와 근권토양에서 *Pythium spp.* 을 분리하여 본 결과는 *P. aphanidermatum*, *P. irregulare*, *P. rostratum*, *P. spinosum*, *P. torulosum*등이 분리 동정되었으며 이중에서 병원성을 나타내는 것은 *P. irregulare*, *P. aphanidermatum*, *P. spinosum*이 보리에 기생성 이었으나 바이러스를 매개전염 시키지는 못하였다(25). 보리에 기생하여 바이러스를 매개하는 것으로 보고된 기장테두리진딧물 (*Rhopalosiphum padi*)와 옥수수테두리진딧물(*Rh. maidis*)을 접종하여 본 결과도 BaYMV 또는 BaMMV는 매개전염되지 않았다(53). 상습발병포장의 토양을 채취하여 화분에 파종 실험을 하여 보면 90%의 높은 발병율을 나타내었다. 따라서 감염주로부터 채취한 병든 뿌리를 풍건시킨것(10-20개월), 냉동보존(-20에서 10개월) 한 것을 멸균토양에 혼입하고 보리를 파종하면 50-80%의 발병율을 보였다(39,50,51). 병에 걸린 보리의 잔뿌리를 채취하여 광학 및 전자현미경으로 관찰하여 보면 유주자들이 많이 뭉쳐서 유주자괴를 형성하고 있는 것이 광학현미경으로 관찰된다. 전자현미경하에서도 유주자 및 휴면포자들이 관찰되는 것으로 미루어 보아서 유주자가 각피로 침입하여 조직내에서 변형체를 형성하고, 핵분열을 하면서 유주자낭으로 발전한다. 그 후에 유주자낭 속에서 유주자가 성숙하면 유주자낭이 해체되면서 유주자들이 다른 세포로 감염하여 증식생활을 하는 것과 다시 토양속으로 이탈하여 생활환을 갖는 것으로 생각된다(46). 바이러스입자가 *P. graminis*의 어느 부위에 존재하여 매개시키는 가를 확인하기 위하여 protein A gold complex을 이용한 면역세포학적 전자현미경법으로 관찰하여 보면 유주자 표면과 유주자속에 바이러스들이 존재하여 이들이 영속적으로 보리뿌리를 침해하여 감염을 이끄는 것으로 확인이 되었다(3,4,53).

BaYMV에 감염된 보리 엽육조직을 전자현미경으로 관찰하여 보면 X-body, 풍차구조, 유리된 바이러스입자들이 관찰되며 엽록체는 미분화되어 존재하는 것이 관찰된다(48).

3. 방제

보리호위축병과 BaMMV은 토양전염이 되며 발병이 유묘의 분얼기인 2-3월에 주로 발생되고 기온이 15°C를 상회하는 4월 중순이 되면 병징은폐 현상이 나타난다. 토양전염성 병이므로 주로 토양내의 매개체를 중심으로 여러 가지 방제 실험을 해보았다. 보리 파종전에 토양살균제와 살충제인 PCNB분제, 지오판, 에토프, 에토프+PCNB등을 처리하여 보았으나 약제간의 유의성은 없으며 다만 품종간에서만 유의성이 있었다. 또한 토양 pH에 영향을 주는 생석회를 200 kg/10a이상 산포하면

효과가 있으나 실효성이 적고, 보리 파종 후 왕겨와 퇴비로 토양피복을 하였으나 효과가 없었다. 상습 발병지 토양을 장기간 담수처리하면 효과가 있으나 실질적으로 실효성이 없고 *P. graminis*의 활성이 4-5년간이나 지속되므로 일시적 처리로서는 기대효과를 얻을수 없다. 길항미생물인 *Pseudomonas fluorescens* 8805, *P. cepacia*, *P. syringae* pv. *syringae*, *Erwinia herbicola* 8708, *E. herbicola* 8701, *Trichoderma hagianum*, *T. hagianum* T-1등을 상습발병지 토양이든 화분에 접종 후 보리를 파종하면 *Trichoderma* spp. 처리구에서는 50%의 발병억제효과가 나타난다. 그러나 이들 길항미생물들을 광활한 보리포장에 어떻게 처리하여야 할 것인가, 또는 이들 길항미생물들이 보리포장에서 어떻게 생태적으로 적응하며 증식 하는가의 연구가 이루어져야 할 것이다. 경종적으로는 파종시기를 늦출 수록 발병율이 낮아지나 파종시기는 생산량과 밀접한 관계가 있으므로 지역적으로 적정 파종시기를 연구 하여야 할 것이다(39,46,50,51).

보리바이러스병에 대한 저항성 품종을 선발하기 위하여 1차로 육종중인 생산성 예비시험 및 생산성 본시험중인 육종계통과 재배품종 등 총 1,096종류를 포장과 화분시험을 통하여 병 회복도가 빠른 479 종류를 선발하여 2차로 지역별로 상습발병포장에 파종하고, 병징이 약하고 회복이 빠른 품종을 선발하였다. 최종적으로 10개 지역에 50개 품종을 파종하고 지역별로 발병상황을 조사하였다. 지역별로, 포장별로 BaYMV 및 BaMMV의 발생상황이 다르게 나타나고 있다. BaYMV에만 저항성인 것, BaMMV에만 저항성인 품종등으로 구분된다(19,50,51,54). 따라서 앞으로 일본의 판별기주와 병행하여 지역별로 발생하는 바이러스의 병원성(계통)을 구분하여야 될 것이다. 또한 지역적으로 발생하는 바이러스들의 병원성이 서로 다르다면 학문적으로 이들을 구별할 수 있는 한국형 판별기주를 선정하여 우리나라에 발병되고 있는 BaYMV 및 BaMMV의 기본계통(대표 strain)과 병원성이 다른 계통의 판별을 할 수 있는 연구가 있어야 될 것이다.

참고문헌

1. Adams, M. J., Swaby, A. G. and Jones, P. 1998. Occurrence of two strains of barley yellow mosaic virus in England. *Pl. Path.* 36: 610-612.
2. Barnett, O. W. 1991. Potyviridae, a proposed family of plant viruses. *Arch. Virol.* 118: 139-141.
3. Barr, D. J. S. and Slykhuis, J. T. 1976. Further observations on zoospore fungi associated with wheat spindle sterak mosaic virus. *Can. Plant Dis.* 56: 77-81.
4. Barr, D. J. S. 1979. Morphology and host range of *Polymyxa graminis*, *Polymyxa betae*, and *Ligniera pilorum* from Ontario and some other areas. *Canadian Journal of Plant Pathology* 1: 85-94.
5. Batista. M. F., Antoniw, J. F., Swaby, A. G., Jones, P. and Adams, M. J. 1989. RNA/cDNA hybridization studies of UK isolates of barley yellow mosaic virus. *Pl. Path.* 38: 226-229.
6. Brakke, M. K. 1958. Properties, assay, and purification of wheat streak mosaic virus. *Phy-*

- topathology* 48: 439-445.
7. Chen, J., Swaby, A. G., Adams, M. J. and Ruan, Y. 1991. Barley mild mosaic virus inside its fungal vector, *Polymyxa graminis*. *Ann. Appl. Biol.* 118: 615-621.
 8. Clark, M. F. and Adams, A. N. 1977. Characteristic of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *J. Gen. Virol.* 34: 475-483.
 9. Davidson, A. D., Proles, M., Schell, J. and Steinbiss, H. H. 1991. The nucleotide sequence of RNA2 of barley yellow mosaic virus. *J. Gen. Virol.* 72: 989-993.
 10. Ehlers, U. and Paul, H. L. 1986. Characterization of the coat proteins of different types of barley yellow mosaic virus by polyacrylamide gel electrophoresis and electro-blot immunoassay. *J. Phytopath.* 115: 294-304.
 11. Foulds, I. J., Lea, V. J., Sidebottom, C., James, C. M., Boutlton, R. E., Brears, T., Slabas, A. R., Jack, P. L. and Stratford, R. 1993. Cloning and sequence analysis of the coat protein gene of barley mild mosaic virus. *Virus Res.* 27: 79-89.
 12. 宮本雄一. 1958. ムギ萎縮病の研究 II. オムギ縞萎縮病ウイルスについて(その 1). 日植病 報 23: 69-75.
 13. Hill, S. A. and Evans, E. J. 1980. Barley yellow mosaic virus. *Pl. Path.* 29: 197-199.
 14. Huth, W., and Leseman, D. E. and Paul, H. L. 1984. Barley yellow mosaic virus: purification, electron microscopy, serology and other properties of two types of the virus. *Phytopath. Z.* 111: 37-54.
 15. Huth, W. and Adams, M. J. 1990. Barley yellow mosaic virus(BaYMV) and Ba YMV-M: two different viruses. *Intervirology* 31: 38-42.
 16. Inouye, T. and Saito, Y. 1975. Barley yellow mosaic virus. CMI/AAB Descriptions of Plant Viruses. No. 143.
 17. Jacobi, V., Peerenboom, E., Schenk, P. M., Antoniw, J. F., Steinbiss, H. H. and Adams, M. J. 1995. Cloning and sequence analysis of RNA-2 of a mechanically transmitted UK isolate of barley mild mosaic bymovirus. *Virus Res.* 37: 99-111.
 18. Kashiwazaki, S., Hayano, Y., Minobe, Y., Omura, T., Hibino, H. and Tsuchizaki, T. 1989. Nucleotide sequences of the capsid protein gene of barley yellow mosaic virus. *J. Gen. Virology* 70: 3015-3023.
 19. Kashiwazaki, S., Ogawa, K., Usugi, T., Omura, T. and Tsuchizaki, T. 1989. Characterization of several strains of barley yellow mosaic virus. *Ann. Phytopath. Soc. Jpn.* 55: 16-25.
 20. Kashiwazaki, S., Minobe, Y., Omura, T. and Hibino, H. 1990. Nucleotide sequence of barley yellow mosaic virus RNA1: a close evolutionary relationship with potyviruses. *J. Gen. Virol.* 71: 2781-2790.

21. 柏崎哲. 1991. オオムギ縞萎縮病ウイルスの遺傳子構造および系統に関する研究. 東京大學 大學院 博士學位論文. pp. 1-198.
22. Kashiwazaki, S., Nomura, K., Kuroda, H., Ito, K. and Hibino, H. 1992. Sequence analysis of the 3'-terminal halves of RNA1 of two strains of barley mild mosaic virus. *J. Gen. Virol.* 73: 2173-2181.
23. Katis, N., Tzavella-Klonari, K. and Adams, M. J. 1997. Occurrence of barley yellow mosaic and barley mild mosaic bymoviruses in Greece. *European J. Pl. Path.* 103: 281-284.
24. Kojima, M., Matsubara, A., Yanase, S. and Toriyama, S. 1983. The occurrence of barley yellow dwarf disease in Japan. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 49: 338-346.
25. 金炯武 · 蘇仁永 · 千種雲. 1993. 黃化葉枯病徵의 보리뿌리 및 土壤에서 分離한 *Pythium* spp.의 同定 및 病原性. 全北大學校 農大 論文集 24輯 45-55.
26. 羅瑢俊 · 朴良教. 1979. 血清學的方法에 의한 보리와 밀種子의 보리줄무늬 모자이크 바이러스 感染相調查. 韓國식물보호학회지 18: 29-33.
27. Laing, K. G. and Coutts, H. A. 1998. The occurrence of two strains of barley yellow mosaic virus in England. *Neth. J. Pl. Path.* 94: 221-224.
28. Lee, K. J., Kashiwazaki, S., Hibi, T. and So, I. Y. 1996. Properties and capsid protein gene sequence of a Korean isolates of barley mild mosaic virus. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 62: 397-401.
29. 李貴宰. 1997. 한국에 발병하는 보리마일드모자이크 바이러스(BaMMV)의 특성 및 유전 구조. 全北大學校 大學院, 博士學位論文.
30. 이귀재 · 소인영 · 柏崎哲. 1998. 보리누른모자이크바이러스(BaYMV)의 분리 및 동정. 韓國식물 병리학회지 14: 62-67.
31. 李淳炯. 1981. 韓國의 主要作物바이러스病에 관한 研究. 農試報告 23: 62-74.
32. Lundsgaard, T. 1976. Routine seed health testing for barley stripe mosaic virus in barley seeds using the latex-test. *J. of Plant Diseases and Protection* 278-283.
33. Matsubara, A., Kojima, M., Kawano, S., Narita, M., Hattori, M., Uyeda, I. and Shikata, E. Purification and serology of a Japanese isolate of barley yellow dwarf virus. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 51: 152-158.
34. 村山大記, 蘆耀村. 1965. 北地ムギモザイク病に関する研究. 日植病報 30: 86.
35. Nomura, K. 1996. Biological and serological properties of strains of barley mild mosaic virus. *J. Phytopath.* 144: 103-107.
36. Ordon F., Huth, W. and Friedt, W. 1992. Mechanical transmission of barley mild mosaic virus(BaMMV) to rye(*Secale cereale* L.). *J. Phytopath.* 135: 84-87.
37. Peerenboom, E., Proles, M., Schell, J., Steinbiss, H. H. and Davidson. A. D. 1992. The complete nucleotide sequence of RNA 1 of a German isolate of barley yellow mosaic

- virus and its comparison with a Japanese isolate. *J. Gen. Virology* 73: 1303-1308.
38. Rao, A. S. and Brakke, M. K. 1969. Dark treatment of wheat inoculated with soil-borne wheat mosaic and barley stripe mosaic viruses. *Phytopathology* 60: 714-716.
39. 齊藤康夫, 高梨和雄, 岩田吉人, 岡本弘. 1964. 土壤傳染性ムギウイルス病に關する研究 IV. 土壤および病植物の根におけるウイルスの殘存. 農業技術研究報告 17: 61-103.
40. Schlichter, U., Shon, A., Peerenboom, E., Schell, J. and Steinbiss, H. H. 1993. Molecular analysis of the capsid protein gene of a German isolate of barley mild mosaic virus. *Plant Cell Rep.* 12: 237-240.
41. 徐世政. 1995. 보리縞萎縮病 바이러스의 系統分類 및 抵抗性品種 育成的 基礎的 研究. 서울大學校 大學院, 博士學位論文.
42. Shi, N. N., Zhu, M., Chen, J., Stratford, R., Wilson, T. M. A., Antoniw, J. F., Foulds, I. J., MacFarlane, S. A. and Adams, M. J. 1995. Molecular characterization of UK isolates of barley yellow mosaic bymovirus. *Virus Research* 38: 193-204.
43. Shirako, Y. and Ehara, Y. 1985. Composition of northern cereal mosaic virus and I its detection by enzyme-linked immunoserbent assay with anti-nucleocapsid serum. *Phytopathology* 75: 453-457.
44. Slykhuis, J. T. and Polak, Z. 1969. Purification of wheat spindle streak mosaic virus as a cause of mosaic of wheat in Ontario. *Can. Plant Dis. Surv.* 49: 108-111.
45. Slykhuis, J. T. and Polak, Z. 1970. factors affecting manual transmission, purification, and particle lengths of wheat spindle streak mosaic virus. *Phytopathology* 61: 569-574.
46. 蘇仁永 · 李貴宰 · 鄭性洙. 1998. 보리縞萎縮病바이러스 分離 同定 및 媒介體의 生理 生態 에 關한 研究. 農試論文集 農業産學協同篇 31輯 117-126.
47. 蘇仁永 · 金俊範 · 朴建鎬. 1989. 裡里近郊 보리圃場에 棲息하는 土壤微小動物에 關한 研究. 全北大學校 論文集 自然科學篇 31輯 205-211.
48. 蘇仁永 · 鄭性洙. 1990. 보리縞萎縮病바이러스에 감염된 보리조직의 세포학적 관찰. 韓國 電子顯微鏡學會誌 20: 120-127.
49. 蘇仁永 · 金俊範. 1991. 昆蟲寄生性線蟲, *Heterorhaditis heliothidis*의 生態에 關한 研究. 全北大學校 農大 論文集 22輯 145-151.
50. 蘇仁永 · 李貴宰 · 吳養鎬 · 鄭性洙. 1991. 보리縞萎縮바이러스(BaYMV)의 媒介體 檢定 및 防除法에 關한 研究. 農試論文集 農業産學協同篇 33輯 203-213.
51. 蘇仁永 · 李貴宰 · 吳養鎬 · 鄭性洙. 1991. 보리縞萎縮바이러스(BaYMV)의 媒介體 檢定 및 防除法에 關한 研究 II. 農試論文集 農業産學協同篇 34輯 75-83.
52. So, I. Y., S. Kashiwazaki and T. Tsuchizaki. 1993. Barley mild mosaic virus occurring in south Korea. Abstracts of 9th Intern. Congress of Virol. 350 p.
53. 蘇仁永. 1993. *Polymyxa graminis*에 의한 보리호위축바이러스의 전염기작에 관한 연구. 韓國植

物病理學會誌 9: 128-135.

54. 소인영 · 이귀재 · 전길형 · 서재환. 1997. 남부지방에 발생하는 보리호위축바이러스 (BaYMV) 및 보리마일드모자이크바이러스(BaMMV)의 분포와 저항성품종 선발. 韓國植物病理學會誌 13: 118-124.
55. 소인영 · 이귀재 · 柏崎哲 · 土崎常男. 1998. 남부지방에 발생하는 보리마일드모자이크바이러스 (BaMMV)의 분리 및 동정. 한국식물병리학회지 14: 68-73.
56. 高橋陸平, 井上忠男, 林二郎, 守室勇, 平尾忠三, 光畑與二. 1943. 大麥の縞萎縮病抵抗性に關する研究 第 2 報 品種の抵抗性程度と被害との關係ならびに異なる常發地の病原 ウイルスに對する品種反應比較. 農學研究 52: 65-78.
57. 高橋陸平, 林二郎, 守室勇, 平尾忠三. 1943. 大麥の縞萎縮病抵抗性に關する研究 第 3 報 抵抗性の遺傳と連鎖. 農學研究 53: 153-165.
58. 藤川降, 富來務, 岡留善次郎. 1965. ムギ類萎縮病に關するPCNB劑ならびにチウラム, キャプ タン劑の防除效果. 日植病報 30: 86.
59. Herbert, T. T. and Panizo, C. H. 1975. Oat mosaic virus. CMI/AAB Descriptions of Plant Viruses. No. 145.
60. Usugi, T. and Saito, Y. 1976. Purification and serological properties of barley yellow mosaic virus and wheat yellow mosaic virus. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 42: 12-20.
61. 宇彬富雄, 齊藤康夫. 1979. コムギ縞萎縮ウイルスと wheat spindle streak mosaic virus との類縁關係について. 日植病報 45: 397-400.
62. 宇彬富雄, 柔原達雄, 土崎常男. 1984. 酵素結合抗體法(ELISA)によるオオムギ縞萎縮病コムギ縞萎縮病およびムギ類縞萎縮病の血清學的診斷. 日植病報 50: 63-68.
63. 宇彬富雄, 柏崎哲, 土崎常男. 1985. オオムギ縞萎縮病ウイルスの系統について. 關東東山病 害蟲 研究會年報 32: 53-55.