

## 보리누른모자이크바이러스(BaYMV)의 분리 및 동정

이귀재<sup>1</sup> · 소인영<sup>1\*</sup> · 柏崎 哲<sup>2</sup>

<sup>1</sup>전북대학교 농과대학 농생물학과, <sup>2</sup>日本農業研究センター

### Isolation and Identification of Barley Yellow Mosaic Virus in Korea

Kui Jae Lee<sup>1</sup>, In Young So<sup>1\*</sup> and Satoshi Kashiwazaki<sup>2</sup>

<sup>1</sup>College of Agricultural Biology, Chonbuk Nat'l Univ., Chonju 561-756, Korea

<sup>2</sup>National Agriculture Research Center, Tsukuba, Ibaraki 350, Japan

**ABSTRACT:** Barley yellow mosaic virus (BaYMV-HN) occurring Haenam area was isolated by mechanical inoculation onto barley cultivars, purification and production of antibody. BaYMV-HN were purified from infected plants a filamentous virus with 13 nm in diameter and 250~300 nm and 500~650 nm in length. Specific antibody made by injecting the purified virus to the muscle of a rabbit. In gel-diffusion tests antibody to BaYMV-HN did not make spur with two Japanese BaYMV isolates, BaYMV-II-1 or BaYMV-III. BaYMV-HN showed the symptom of yellowing and necrosis in host plants. Mechanical inoculation tests with Japanese barley cultivars showed that BaYMV-HN infected New Golden, Akagi Nijo and Tosan Kawa 73, but did not infect Amagi Nijo, Haruna Nijo, Ishukushirazu (ym3), Misato Golden (Ym1), Kashimamugi, Joshushiro Hadaka and Mokusekko 3 (ym1). In Korean barley cultivars, some of the naked barleys which are Hinssalbori, Kinssalbori, Saessalbori and Saechalssalbori were not infected by BaYMV-HN. However, it infected all the covered barley cultivars and the beer barley cultivars. BaYMV-HN had two RNAs, RNA 1 (7.6 Kb) and RNA 2 (3.5 Kb), and one coat protein (33 KDa).

**Key words:** BaYMV, BaYMV strain, RNA, coat protein.

Barley yellow mosaic virus(BaYMV)는 1940년 일본에서 처음 보고(13, 15)된 이래 일본, 중국(35) 등의 아시아 지역과 영국(10), 독일(11, 12), 남부유럽(20, 23) 등의 추파 맥류 재배 지역에 문제가 되고 있다. BaYMV가 최근 우리나라 남부 맥류재배지역에 만연되어 보리재배 농가에 경제적인 피해를 주고 있다(31). BaYMV는 폭이 13 nm, 길이 275 nm와 550 nm의 2입자성 ssRNA바이러스이다(7, 11, 34). 전염방법은 토양서식균인 *Polymyxa graminis*에 의하여 토양전염(1, 2, 30, 32)이 이루어지고 즙액접종은 잘 되지 않는다(8). 기주범위는 화본과(*Hordeum* spp.) 식물에 국한된다(35). 최근에는 barley mild mosaic virus(BaMMV)(11), wheat yellow mosaic virus(WYMV)(14), wheat spindle streak mosaic virus(WSSMV)(27), oat mosaic virus(OMV)(9) 및 rice necrosis mosaic virus(RNMV)(16)와 더불어 Potyviridae의 bymovirus속으로 분류되고 있다(3, 33). 현재까지 보고된 BaYMV 계통은 기주의 병원성에 의해서 일본 6개 계통(17), 독일(7, 12) 및 영국(10, 22) 계통이 분리되어 보고되었으며, 일본의 BaYMV-II-1계통의 전체유전자(18, 19) 및 독일(6, 25)과 영국(4, 26) 계통의 일부 유전자구조가 밝혀져 있다.

우리나라에서는 Lee(24)에 의하여 BaYMV가 최초로 보고되었으며, So 등(28, 29, 31)에 의하면 전남북, 경남북 등 우리나라 남부지역 맥류재배포장에 보리누른모자이크바이러스(縞萎縮)인 BaYMV가 발생한다고 보고하였다.

본 실험에서는 남부지방 보리 재배지역에서 문제시되고 있는 보리누른모자이크바이러스인 BaYMV를 정확히 분리 및 동정하고 기주반응, 항혈청제조, 바이러스의 외피단백질과 RNA 핵산의 특성을 조사하고자 실시하였다.

### 재료 및 방법

**공시 바이러스 및 항혈청.** 실험에 이용된 보리누른모자이크바이러스(BaYMV)는 전라남도 해남군 난지과수시험장 보리포장에서 바이러스성 병징의 맥주보리 두산 22호(*Hordeum vulgare* cv. Doosan 22)를 채취하여 BaYMV, BaMMV 및 Soil borne wheat mosaic virus(SBWMV) 항혈청을 이용하여 ELISA(enzyme-linked immunosorbent assay)검정을 실시하였으며 그 결과 BaYMV에 단독 감염된 것으로 판명된 보리 식물즙액을 계통판별 기주식물(barley cv. New Golden)에 즙액접종하여 순수분리한 BaYMV-HN을 계대 및 증식하여 공시하였다. BaYMV-HN과의 대조구조로 사용한 BaYMV-II-1 및 BaYMV-III 계통과 혈청반

\*Corresponding author.

용에 사용한 항혈청 BaYMV, BaMMV 및 SBWMV는 日本農林水産省農業研究센터로부터 분양 받아 이용하였다.

**공시 보리품종 및 즙액접종에 의한 기주반응.** BaYMV 분리주는 보리(barley cv. New Golden)에 즙액접종하여 계대 증식하였다. 즙액접종은 병징이 뚜렷한 감염엽 2~3엽을 채취하여 약 5배량(W/V)의 0.1 M 인산완충액(pH 7.0, 1 mM KCN함유) 및 금강사(600 mesh)를 첨가하고 멸균된 유발에서 마쇄하여 2~3엽기의 보리 유묘 잎에 즙액접종시켰다. 접종 30분 후 증류수로 접종잎을 수세하고 자연광 성장상(13~15°C)에서 생육시켰다.

기주반응의 조사는 공시품종에 즙액접종후 3~5주 사이에 병징을 육안으로 조사하였으며, 병징이 뚜렷하지 않은 것은 ELISA 검정을 실시하였다.

보리품종은 한국산 곁보리인 동보리 1호외 6품종, 쌀보리인 백동외 10품종, 맥주보리인 두산 22외 2품종과 계통 판별 품종인 일본산은 2조맥 New Golden 외 5개품종, 6조맥 Tosan Kawa 73외에 3품종을 공시하였다(Table 1, 2). 한국산 보리품종은 호남농업시험장 맥류연구실로부터 분양받았으며, 일본산 보리품종은 일본 농림수산성농업연구센터 바이러스연구실로부터 분양받았다.

**바이러스 정제.** BaYMV 정제는 Usugi 등(33)의 방법을 수정하여 실시하였다. 정제재료는 즙액접종으로 증식시킨 New Golden 보리잎을 공시하였다. 정제는 감염엽에 3배량(W/V)의 0.1 M 구연산완충액(0.1 M sodium citrate buffer, pH 6.8)을 넣고 4°C 냉장실에서 마쇄 후 거르기로 여과하였다. 여과액에 1/5양의 사염화탄소 및 1/5양의 에칠에테르를 넣고 10분간 교반하고 1,500 g로 10분간 원심하였다. 다시 10,000 g로 15분간, 137,500 g로 60분간 원심하여 침전물을 0.1 M 구연산완충액에 재현탁하여 10,000 g로 10분간 원심(이 과정을 4회 반복)하였다. 최후로 얻어진 침전물을 120,000 g로 16시간 CsCl(농도 1.28 g/cm<sup>3</sup>)밀도기울기원심분리를 실시하였다. 바이러스 밴드를 채취하여 0.1 M 구연산완충액에 재현탁한 후 150,000 g로 60분간 원심하여 최종적으로 침전된 바이러스를 0.1 M 구연산완충액에 현탁하여 실험재료로 사용하였다.

**항혈청 제조 및 항혈청 실험.** BaYMV-HN과 Freund's complete adjuvant를 1:1로 혼합하여 토끼에 각각 1 ml(1 mg/1 ml)씩 3주 간격으로 3회 근육에 주사하였다. 채혈 1주일 전에 추가로 1회 이정맥에 주사한 후 역가를 측정하였다. 항혈청 역가는 ring test를 실시하여 반응역 최종 희석배율이 480배에서 채혈하였다. 기타 실험에 이용한 BaYMV-III 항혈청은 日本農林水産省農業研究센터 바이러스연구실로부터 분양받았다.

한천겔이중확산법은 1% bacto-agar gel(0.5% lithium 3,5-diido-salicylate, 1 mM Na-EDTA, 0.02% Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>함유)을 이용하였다. 정제한 바이러스(OD<sub>260</sub>=1.0) 시료를 항원으로 하였고, 항체는 제조한 BaYMV-HN 및 BaYMV-III 항혈청을

이용하였다.

ELISA방법은 Clark & Adams(5)의 방법에 준하여 시료 0.1 g에 0.1 M 인산완충액(PBS-T, 0.05% Tween 20) 5 ml를 넣고 유발에서 마쇄한 조즙액을 항원으로 사용하였다. 반응액의 판정은 흡광도 405 nm에서 microplate reader를 이용하여 측정하였다.

**바이러스의 핵산 추출.** 즙액접종에 의해 증식시킨 감염엽으로부터 정제된 바이러스(2 mg/ml)를 150,000 g로 원심 침전시켜 0.5% SDS 및 proteinase K(1 mg/ml)를 첨가하여 37°C에서 20분 반응시켰다. 그 후 페놀(TE포화, pH 7.0), 클로로포름 처리 각각 2회, 에테르 처리 1회 추출 및 에탄올 침전을 실시했다. 침전물을 다시 70% 에탄올로 세척하고 5분간 진공건조시켜 증류수(RNase free) 50 µl에 용해시켜 재료로 사용하였다. 추출된 RNA는 증류수에 50배 희석하여 자외선 흡광도를 측정하였다.

**외피단백질 및 핵산의 전기영동.** 바이러스 외피단백질은 정제된 바이러스 10 µl에 4 µl의 용해용 완충액(0.25 M tri-HCl, pH 6.8, 8% SDS, 8% 2-mercaptoethanol, 40% glycerin, 0.04% bromo-phenol blue)을 혼합하여 100°C에서 3분간 열처리 후 Laemmli(21)의 방법에 준하여 SDS-PAGE 전기영동하였다. 전기영동은 5%~12.5% polyacrylamide gel을 이용하여 18 mA에서 6시간 영동하였다. 분자량 표준단백질은 Amersham제 rainbow marker를 이용하여 분자량을 비교판정하였다. 전기영동 후 겔을 멸균증류수에서 30분간 2회 수세하고 0.2% Coomassie brilliant blue R250 염색액으로 1시간 염색하여 제조된 탈색액으로 12시간 진탕 탈색시켜 영동대를 관찰하였다.

바이러스의 핵산 전기영동은 정제한 바이러스 10 µl (OD<sub>260</sub>=1.5)에 10% SDS 1 µl를 혼합하여 핵산을 유리시켜 전기영동 재료로 공시하였다. 전기영동은 1.2% 아가로스 겔 및 TBE완충액(89 mM Tris, 89 mM boric acid, 2 mM EDTA, 0.1% SDS)을 이용 20 mA로 10분, 70 mA로 1시간 영동하였다. Size marker는 RNA Ladder(GIBCO BRL사)를 이용하였다. 전기영동 후 겔을 멸균증류수에 20분씩 2회 수세, ethidium bromide(1 mg/ml) 염색 및 polaroid 사진 촬영을 하였다.

## 결 과

**즙액접종에 의한 기주반응.** 순수분리된 BaYMV-HN의 병원성을 조사하기 위하여 일본에서 분양받은 BaYMV-II-1을 대조로 하여 일본판별품종에 즙액접종하고 기주반응을 관찰한 결과는 Table 1과 같다. 판별품종에서 2조맥은 New Golden과 Akagi Nijo가 감수성으로 나타났으며, 6조맥은 Tosan Kawa 73에만 감염이 되었다. 보리누른모자이크병에 저항성 인자를 가지고 있는 Misato Goldden(Ym1), Ishukushirazu(y3), Mokusekko 3(y3)와 Amagi Nijo, Haru-

na Nijo, Kashimamugi, Joshushiro Hadaka에는 감염되지 않았다.

우리나라 보리품종의 반응에서는 전반적으로 감염율은 낮았으나 대부분 모자이크, 황화현상 및 괴사현상이 함께 나타났다(Table 2). BaYMV-HN은 걸보리와 맥주맥에서는 모든 품종에 감염이 되었다. 그러나 쌀보리에서는 전반적으로 감염율이 낮았으며 흰쌀보리, 긴쌀보리, 새쌀보리 및 새찰쌀보리에 감염되지 않았다. BaYMV-II-1은 걸보리인 동보리1호 및 조강보리, 쌀보리인 찰보리, 흰쌀보리, 긴쌀보리, 새쌀보리, 송학보리에 감염되지 않았고 기타 품종에는 감염되었다. 맥주보리는 모든 품종이 감염되었다.

**바이러스 정제.** BaYMV-HN 분리주를 보리품종 New Golden에서 증식시킨 후 정제하여 그 크기를 전자현미경으로 관찰한 결과 폭 13 nm, 길이 120~1,750 nm 범위에 분포하였으나 주로 250~300 nm 및 500~650 nm 범위의 2입자성 사상형바이러스가 관찰되었다(Fig. 1, 2). CsCl 밀도 기울기원심분리법으로 16시간 원심한 결과 CsCl의 밀도(1.33 g/cm<sup>3</sup>)와 일치하는 부분에 단일로 형성된 virus zone이 관찰되었다. 정제한 바이러스를 분광광도계를 이용하여 240~320 nm 파장의 자외선 흡수 패턴을 측정한 결과 전형적인 정제바이러스의 흡광도인 260 nm에서 최고, 246 nm에서 최저치를 보여 주었다.

**혈청반응.** 한국에서 분리한 BaYMV-HN 항혈청 및 일본에서 분양 받은 BaYMV-III 항혈청과 항원으로 BaYMV-HN, -II-1 및 -III(OD<sub>260</sub>=1.5)을 공시하여 한천이중확산법으로 반응시켰다. 항혈청 BaYMV-HN 및 -III에서는 항원 BaYMV-HN, -II-1 및 -III 모두 뚜렷한 반응을 하였으며, 반응분지도 형성되지 않았다(Fig. 3).

**바이러스 핵산 및 외피단백질의 전기영동.** 정제한 BaYMV-HN, -II-1 및 -III 3계통의 바이러스로부터 추출된

RNA를 전기영동한 결과 모든 계통에서 공히 2개의 band (RNA 1, RNA 2)가 확인되었다(Fig. 4). 이들 3계통의 바이러스 RNA의 전기영동상은 모두 같은 경향이었으며, RNA 1의 크기는 약 7.6 Kb였고, RNA 2는 약 3.5 Kb였다.

BaYMV-HN, -II-1 및 -III 3계통의 정제 시료로부터 분리한 외피단백질을 전기영동하였다. 모두 1개의 주요 band와 수 개의 작은 band가 확인되었다(Fig. 5). 외피단백질 전기영동상은 계통간 큰 차이는 없었고, 분자량은 약 33 KDa의 주밴드와 약 31 KDa 및 26 KDa의 작은 밴드가 관찰되었다.

## 고 찰

우리나라 남부지역 맥류 재배지에 발생하고 있는 보리 누른모자이크병의 감염주로부터 토양전염성 바이러스인 barley yellow mosaic virus(BaYMV-HN)를 ELISA 방법으로 확인후 판별기주 접종법에 의해 분리하였다. 분리된 BaYMV-HN의 바이러스형태를 전자현미경으로 관찰한 결과 폭 13 nm, 길이 250~300 nm 및 500~650 nm에 주로 분포되어 있는 2입자성 사상형바이러스였다. 이러한 결과는 Bymovirus속의 바이러스인 BaYMV(7, 11, 34), BaMMV

**Table 2.** Susceptibility of Korean barley cultivars to BaYMV strains

Barley cultivar	Virus strain	
	BaYMV-HN	BaYMV-II-1
Covered barley		
Dongbori 1	8/42 <sup>a)</sup>	0/31
Dongbori 2	6/34	2/28
Jokangbori	1/34	0/32
Milyangbori	3/41	2/38
Saebolbori	2/30	2/36
Topgolbori	4/37	10/39
Yeongnambori	1/31	1/29
Naked Barley		
Baegdong	11/36	10/35
Chalbori	1/32	0/37
Chalssalbori	2/37	1/31
Hinssalbori	0/34	0/39
Kinssalbori	0/32	0/32
Naehanssalbori	2/32	1/30
Nulssalbori	3/39	1/30
Olssalbori	2/37	-
Saessalbori	0/33	0/31
Saechalssalbori	0/32	-
Songhakbori	1/35	0/37
Beer barley		
Doosan 22	6/17	4/28
Jejubori	1/25	2/23
Jinkwangbori	4/23	1/21

<sup>a)</sup> Number of plants with symptoms/Number of inoculated plants.  
- : Not tested.

**Table 1.** Susceptibility of Japanese barley cultivars to BaYMV strains

Barley cultivar	Virus strain	
	BaYMV-HN	BaYMV-II-1
Two-rowed		
New Golden	+ <sup>b)</sup>	+
Akagi Nijo	+	+
Amagi Nijo	-	-
Haruna Nijo	-	-
Misato Golden(Ym1) <sup>a)</sup>	-	-
Ishukushirazu(ym3)	-	-
Six-rowed		
Tosan Kawa 73	+	+
Kashimamugi	-	-
Joshishiro Hadaka	-	-
Mokusekko 3(yml)	-	-

<sup>a)</sup> Letters indicate resistance genes.

<sup>b)</sup> Letters indicate infected plants (+) and not infected plants (-).

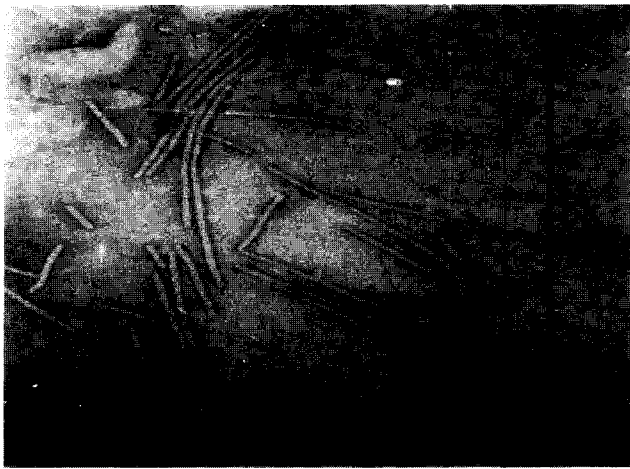


Fig. 1. Electron micrograph of purified BaYMV-HN particles. The sample was stained with 2% uranyl acetate.

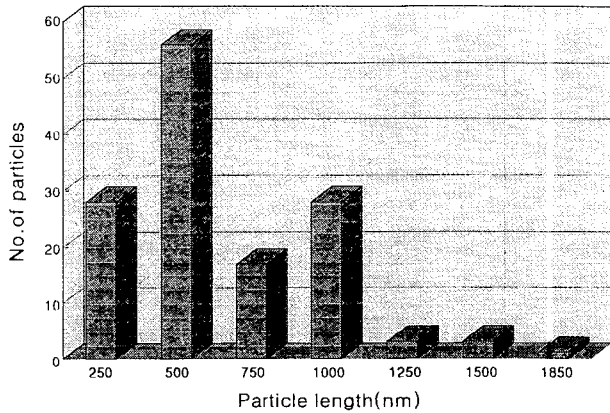


Fig. 2. Distribution range of BaYMV-HN particles.

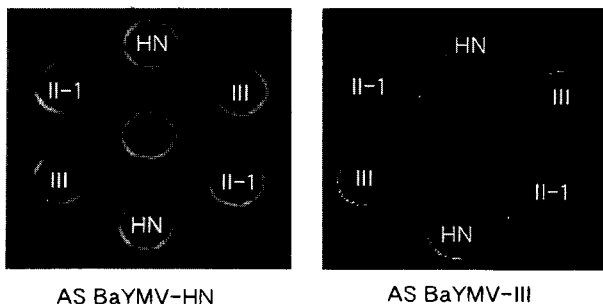


Fig. 3. Serological relationships among BaYMV strains in a double immunodiffusion test. HN: BaYMV-HN, II-1: BaYMV-II-1, III: BaYMV-III, AS: antiserum. The central wells contain anti BaYMV-HN and anti BaYMV-III sera and the peripheral wells contain sap from barley plant infected with the BaYMV-HN, BaYMV-II-1 and BaYMV-III, respectively.

(11), WSSMV(26), WYMV(14), RNMV(16), OMV(9)의 입자크기인 폭 13 nm, 길이 250~300 nm 및 500~650 nm에 주로 분포되어 있는 2립자성 사상형바이러스와 유사하였다. 바이러스 계통을 구별하고자 실시한 흡액접종에서

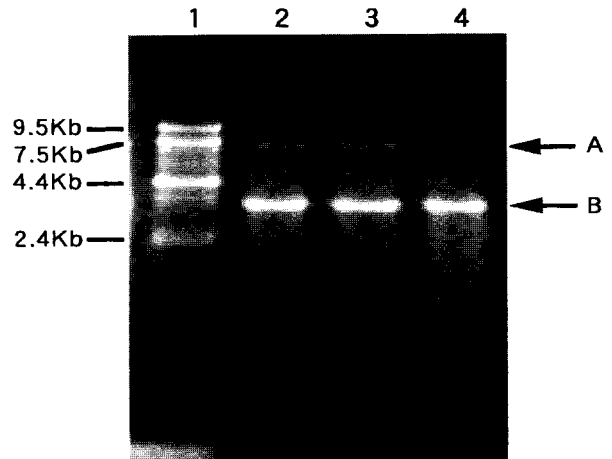


Fig. 4. Electrophoresis of RNAs of three BaYMV strains on 1.2% agarose gel. Lane 2, BaYMV-HN; lane 3, BaYMV-II-1; lane 4, BaYMV-III; lane 1, RNA ladder marker (Gibco BRL). Arrows indicate RNA1(A) and RNA2(B).

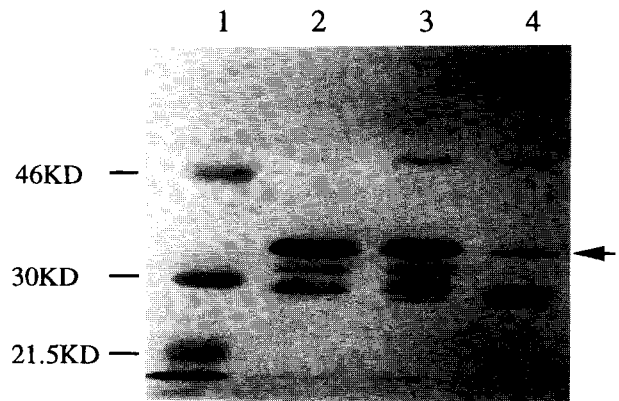


Fig. 5. SDS-PAGE of coat proteins of three BaYMV strains. Lane 2, BaYMV-HN; lane 3, BaYMV-II-1; lane 4, BaYMV-III; lane 1, contained the rainbow marker protein (Amersham Co.). Arrow indicates the position of BaYMV coat protein.

BaYMV-HN 및 -II-1은 공히 2조맥의 New Golden 및 Akagi Nijo, 6조맥의 Tosan Kawa 73에 감염이 되었으나 보리 누른오갈병 저항성인자를 갖고 있는 Misato Golden(*Ym1*), Ishukushirazu(*ym3*) 및 Mokusekko 3(*ym1*)과 Amagi Nijo, Haruna Nijo, Kashimamugi 및 Joshushiro Hadaka에 감염되지 않았다. 그러나 한국맥류품종에서는 맥주맥은 모두가 감수성이었고 걸보리 및 쌀보리에서 품종반응은 감수성의 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 BaYMV-HN가 BaYMV-II-1과 계통이 다를 것으로 추정된다.

바이러스를 CsCl밀도기울기원심분리법으로 정제한 결과 Usugi와 Saito(33)가 보고한 bymovirus에서 볼 수 있는 사상형바이러스를 관찰할 수 있었으며, 정제한 바이러스를 토끼에 근육주사한 후 얻은 항혈청을 이용하여 한천겔 확산법으로 BaYMV의 계통간 유연관계를 조사하여 본 바 항혈청 BaYMV-HN 및 BaYMV-III에서 항원인 BaYMV-

HN, -II-1 및 -III 등 3계통간에 반응분지가 형성되지 않았다. 이는 공시한 3계통간의 유연관계가 있는 것으로 생각된다.

BaYMV-HN의 외피단백질의 분자량은 Kashiwazaki 등 (17)과 Ehlers 등(7)의 보고와 같은 33 KDa였고, 1개의 주 밴드와 2~3개의 작은밴드가 관찰되었으나 계통간에 큰 차이는 없었다. 정제한 바이러스로부터 핵산을 추출하여 RNA 전기영동을 하여 본 결과는 모두 2개의 밴드(RNA 1, RNA 2)가 나타났다. RNA 1은 계통간 차이가 인정되지 않았으며, 크기는 약 7.6 Kb였다. RNA 2도 약 3.5 Kb로 계통간 차이가 없었다. 이는 Kashiwazaki 등이(7, 17) 보고한 결과와 일치하였다.

이상의 결과에서 BaYMV-HN은 혈청학적 및 생화학적 성질에서는 일본의 BaYMV-II-1 및 -III 계통과 동일하였으나 검정식물에서의 병원성에서는 다소 차이가 있음을 알 수 있었다. 따라서 이 바이러스를 BaMMV의 새로운 분리주(BaMMV-HN)으로 제안하고자 한다. 금후 BaYMV-HN에 대한 전체 염기배열과 아미노산 배열을 결정하고 이미 보고된 일본의 6계통 및 독일의 BaYMV와 비교되어야 할 것으로 사료되며 앞으로 지역에 따라 다른 계통이 분리될 가능성이 있으므로 전남 해남에서 분리한 BaYMV-HN을 한국 BaYMV 계통의 판별시 기준바이러스로 제의하고자 한다.

## 요 약

남부지방의 맥류재배 지역에 발생하고 있는 보리누른모자이크바이러스에 대한 기초 연구로서 바이러스를 순수분리하고 즙액접종에 의한 기주반응, 정제, 항혈청제조 및 바이러스의 이화학적 성질을 조사하였다. 보리바이러스 병징의 식물로부터 barley yellow mosaic virus(BaYMV-HN)를 분리하고 정제하여 전자현미경으로 관찰한 결과 폭 13 nm, 길이 250~300 nm와 500~650 nm의 2입자성 사상형 바이러스가 관찰되었다. 정제한 바이러스를 토끼에 근육주사 하여 BaYMV-HN 항혈청을 생산하였다. 한천겔확산법에 의한 반응은 분리주 항혈청 BaYMV-HN 및 일본산 BaYMV-III와 항원인 BaYMV-HN, BaYMV-II-1 및 BaYMV-V-III간에는 반응이 잘 일어났으나 반응분지는 형성되지 않았다. BaYMV-HN의 즙액접종 결과는 New Golden, Akagi Nijo 및 Tosan Kawa 73 등은 감수성이었고, Amagi Nijo, Haruna Nijo, Ishukushirazu(y<sub>m</sub>3), Misato Golden(Y<sub>m</sub>1)과 Kashimamugi, Joshushiro Hadaka 및 Mokusekko 3(y<sub>m</sub>1)에는 감염되지 않았다. 우리나라 맥류품종에 대한 반응은 결보리 및 맥주맥에서는 모두 감수성을 보였다. 그러나 쌀보리의 경우는 흰쌀보리, 긴쌀보리, 새쌀보리 및 새찰쌀보리가 감염되지 않았다. 정제한 BaYMV-HN의 RNA를 추출하여 전기영동을 하여본 결과 크기가 7.6 Kb의 RNA

1과 3.5 Kb의 RNA 2로 분리되었으며, 외피단백질을 전기영동하여 본 결과 분자량은 33 KDa였다.

## 감사의 말씀

이 논문은 농림수산 특정연구개발사업과제 “분자생물학, 세포생물학적 기법을 응용한 맥주보리바이러스 진단 및 저항성 유전자 추적 기술 개발(하용운, 심재욱) 1년차(1996. 11-1997. 10)” 결과의 일부로서 연구비를 지원하여 주신 농림수산부 농림수산 기술관리센터에 감사를 드립니다. 또한 항혈청, 바이러스 및 보리종자를 분양하여 주신 日本農林水産省農業研究센터에게 감사드리며 모든 실험에 협조하여 주신 호남농업시험장 관계자에게도 감사를 드립니다.

## 참고문헌

1. Adams, M. J., Swaby, A. G. and Jones, P. 1988. Conformation of the transmission of barley yellow mosaic virus(BaYMV) by the fungus *Polymyxa graminis*. *Ann. Appl. Biol.* 112:133-141.
2. Adams, M. J. 1991. Transmission of plant viruses by fungi. *Ann. Appl. Biol.* 118:479-492.
3. Andersen, J. F., Davies, J. W. and Coutts, H. A. 1993. Further evidence for the inclusion of barley mild mosaic virus(BaMMV) in the bymovirus group. *J. Phytopath.* 139:48-56.
4. 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.
5. 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.
6. Davidson, A. D., Prols, M., Schell, J. and Steinbiss, H. H. 1991. The nucleotide sequence of RNA2 of barley yellow mosaic virus. *J. Gen. Virol.* 72:989-993.
7. 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 electroblot immunoassay. *J. Phytopath.* 115:294-304.
8. Friedt, W. 1983. Mechanical transmission of soil-borne barley yellow mosaic virus. *Phytopath.* Z. 106:16-22.
9. Herbert, T. T. and Panizo, C. H. 1975. Oat mosaic virus. CMI/AAB Descriptions of Plant Viruses. No. 145.
10. Hill, S. A. and Evans, E. J. 1980. Barley yellow mosaic virus. *Pl. Path.* 29:197-199.
11. Huth, W., 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.
12. Huth, W. and Adams, M. J. 1990. Barley yellow mosaic virus(BaYMV) and BaYMV-M: two different viruses. *In-*

- tervirology* 31:38-42.
13. Ikata, S. and Kawai, I. 1940. Studies on wheat yellow mosaic disease. *Noji Kairyō Shiryo Japan* 154:1-123.
  14. Inouye, T. 1969. Filamentous particles as the causal agent of yellow mosaic disease of wheat. *Nogaku Kenkyū Japan* 53:61-68.
  15. Inouye, T. and Saito, Y. 1975. Barley yellow mosaic virus. CMI/AAB Descriptions of Plant Viruses. No. 143.
  16. Inouye, T. and Saito, Y. 1977. Rice necrosis mosaic virus. CMI/AAB Descriptions of Plant Viruses. No. 172.
  17. 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.
  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., Minobe, Y., Omura, T. and Hibino, H. 1990. Nucleotide sequence of barley yellow mosaic virus RNA1: a close evolutionary relationship with potyviruses. *J. Gen. Virology* 71:2781-2790.
  20. 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.
  21. Laemmli, U. K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227:680-685.
  22. Laing, K. G. and Coutts, H. A. 1988. The occurrence of two strains of barley yellow mosaic virus in England. *Neth. J. Pl. Path.* 94:221-224.
  23. Lapiere, H. 1980. Nouvelles maladies à virus sur céréales d'hiver. *Le Producteur Agricole Français* 56:11.
  24. Lee, S. H. 1981. Studies on virus diseases occurring in various crops in Korea. *Res. Rept. RDA* 23:62-74.
  25. Peerenboom, E., Prols, M., Schell, J., Steinbiss, H. H. and Davidson. 1992. The complete nucleotide sequence of RNA1 of a German isolate of barley yellow mosaic virus and its comparison with a Japanese isolate. *J. Gen. Virology* 73:1303-1308.
  26. 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.
  27. 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.
  28. So, I. Y., Lee, K. J. and Cheong, S. S. 1988. Identification of barley yellow mosaic virus and physio-ecological consideration on its vector. *Res. Rept. RDA* 31:117-126.
  29. So, I. Y., Cheong, S. S., Lee, K. J. and Oh, Y. H. 1991. Vector of barley yellow mosaic virus and consideration on its control II. *Res. Rept. RDA* 34:75-83.
  30. So, I. Y. 1993. Transmission of barley yellow mosaic virus by the fungal vector, *Polymyxa graminis* Ledingham. *Korean J. Pl. Path.* 9:128-139.
  31. So, I. Y., Lee, K. J., Chon, K. H. and Seo, J. H. 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.* 13:118-124.
  32. Toyama, A. and Kusaba, T. 1970. Transmission of soil-borne barley yellow mosaic virus. 2. *Polymyxa graminis* Led. as vector. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 36:223-229.
  33. 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.
  34. Usugi T., Kashiwazaki, S., Omura, T. and Tsuchizaki T. 1989. Some properties of nucleic acids and coat proteins of soil-borne filamentous viruses. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 55:26-31.
  35. Yili, R. and Dengdi, J. 1983. On barley yellow mosaic virus(BaYMV). *Acta. Phytophylacica Sinica* 13:49-55.

(Received January 18, 1998)