

국내 감자바이러스 Y (PVY) 저항성 육성 계통에서 분리한 PVY Mutant의 특성

김재현* · 금완수 · 이신호¹⁾ · 김정수¹⁾ · 전용호 · 정석훈 · 정열영 · 박용학
KT&G 중앙연구원 생물자원연구소, 농촌진흥청 원예연구소¹⁾
(2006년 11월 21일 접수)

Characteristics of *Potato Virus Y* (PVY) Mutant Isolated from PVY Resistance Breeding Line in Korea

Jae-Hyun Kim*, Wan-Soo Kuem, Sin Ho Lee¹⁾, Jeong Soo Kim¹⁾,
Yong Ho Jeon, Suk Hun Jung, Youl Young Chung and Yong Hack Park

Bio-resources Research Group, KT&G Central Research Institute, Suwon 441-480, Korea

¹⁾Dept. of Horticultural Research Institute, Rural Development Administration, Suwon 441-440, Korea

(Received November 21, 2006)

ABSTRACTS : A mutant of *Potato virus Y* (PVY) was occurred in PVY resistance flue-cured tobacco breeding line KF0402 (TC1146×KF117) showing vein necrosis at Suwon in Korea. This isolate, PVY-SWM, was differentiated from other PVY based on biological properties and nucleotide sequence analyses of coat protein gene. PVY-SWM caused typical symptoms on 21 indicator plants as compared to the PVY-TOJC37. Remarkably, the PVY-SWM induced distinctly different symptom of systemic vein necrosis on tobacco cultivars V.SCR, PBD6, TN86, TN90, Virgin A Mutant (VAM), Wislica, NC744, KB108 and KB111, which were reported to have the recessive potyvirus resistance gene *va*. In RT-PCR assays with specific primers for detection of PVY, a single band of about 800bp in length was produced. The amplified DNA was cloned and the nucleotide sequence was determined. The coat protein gene of PVY-SWM showed 88.4%-99.0% and 92.5%-98.5% identities to the 12 different PVY isolates of Genbank Database at the nucleotide and amino acid, respectively. Multiple alignments as well as cluster dendrograms of PVY-SWM isolate revealed close phylogenetic relationship to the PVY^{NTN} subgroup.

Key word: *Potato virus Y*, tobacco, potyvirus resistance, mutant

감자바이러스 Y(PVY)는 담배, 감자, 고추 그리고 다른 여러 작물에 심각한 병을 일으키는 경제적으로 중요한 병원체이다(Salazar, 1996). PVY

는 Potyvirus 속에 속하고 750×11 nm의 사상형이며, 약 9.7 kb의 single-strand positive sense RNA는 348 kDa의 단일 open reading

*연락처 : 441-480 경기도 수원시 권선구 당수동 434 번지, KT&G 중앙연구원 생물자원연구소

*Corresponding author : Bio-resources Research Group, KT&G Central Institute, 434 Dangsu-dong, Gwonsun-gu, Suwon 441-480, Korea

frame (ORF)를 가지고 있다(de Bokx와 Hunttinga, 1981; Riechmann 등, 1992; Robaglia 등 1989; Weidemann, 1988). 국내에서는 1980년대부터 감자와 담배 재배 지역 여러 곳에서 PVY의 발병이 보고된바 있다(Cheong 등, 1995; Cho 등, 1994; Joung 등, 1997, Park 등, 1984). PVY는 가지과 작물이나 잡초가 많이 분포된 주변에 인접한 담배밭이나 감자밭에 발병율이 상대적으로 높으며, 주로 복숭아혹진딧물에 의하여 다른 포장으로 전파된다.

현재까지 세계 많은 나라에서 새로운 PVY isolate가 보고된 바 있는데 (Canto 등, 1995; Robaglia, 등 1989; Singh과 Singh, 1996; Thole 등, 1993; van den Heuvel 등, 1994; van der Vlugt 등, 1993), 주로 PVY⁰ (common strain), PVY^N (toacco veinal necrosis strain) 과 PVY^{NTN} (potato tuber necrosis strain)으로 나누어지고 있다(de bokx과 Hunttinga, 1981; Le Romancer 등 1994). PVY 병징에 있어서 PVY⁰는 다양한 모자이크병징을 나타내는 반면에 PVY^N은 Burley종 담배에 엽맥괴저증상을 일으키며(Weidemann, 1988), PVY^{NTN}은 감자 괴경에 괴사윤문반점증상을 일으키고(Le Romancer 등 1994), 국내의 담배산지에서 발생되는 PVY는 병징에 따라 엽맥녹색(PVY-VB)와 엽맥괴저(PVY-VN) 계통으로 구분된다(Park 등, 1984).

PVY는 전술한바와 같이 진딧물에 의하여 감염되기 때문에 기주식물의 진딧물을 완전히 방제한다는 것은 현실적으로 어려우므로 PVY 저항성 품종을 육성하여 재배하는것이 가장 효과적인 방제법이다. PVY 저항성 유전자원은 Koelle (1958)가 Virginia type 담배에 X-ray를 처리하여 Virgin A Mutant (VAM)을 얻은 후 이 유전자원을 이용하여 TN 86 (Miller, 1987)과 TN 90 (Miller, 1991)등이 육성되었으며, 최근에는 *N. africana*의 저항성을 재배품종에 도입하여 PVY 저항성 신품종 육성에 이용하고 있다(Lewis, 2005). 국내 Burley종의 경우 VAM으로부터 PVY 저항성을 도입하여 KB108 및 KB111을 품종 육성하였으며 (정 등, 1994; 정 등, 1998). 황색종의 경우 *Nicotiana africana*의 PVY 저항성

을 *N. tabacum* cv. NC 82에 도입한 사례가 있다(금 등, 1991). PVY 저항성은 담배 종류간에 다르게 나타나며 Burley종의 경우 완전저항성을 나타내나 황색종의 경우 약 4 % 정도 이병성 개체가 나타난다고 보고되고 있다(Xiong과 Acosta-Leal, 2005).

본 연구에서는 *N. africana*에서 유래된 황색종 PVY 저항성 품종 육성과정 중 저항성으로 나타난 계통에 대하여 PVY 저항성을 재검정 하였으며 그 과정 중 일부 개체에서 이병된 개체가 나타나 이들 개체에서 얻은 PVY를 VAM과 *N. africana*에서 유래된 저항성 계통에 재접종한 결과 모든 식물체가 이병성으로 나타났다. 이에 돌연변이로 나타난 바이러스를 분리하여 지표식물 반응 및 분자생물학적 특성 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

바이러스 분리

황색종 PVY 저항성 품종을 육성하기 위하여 교배된 KF0402 (TC1146×KF117)의 바이러스 저항성개체 선발 후 저항성 재검정을 검정 하던 중 일부 개체가 엽맥괴저 증상을 나타내어 이들 담배 잎을 채취하여 실험재료로 사용하였다. 바이러스 순수분리는 이병즙액을 *Chenopodium quinoa*에 접종하여 단일 국부병반을 3회에 걸쳐 순수 분리하였다. 최종 단일 국부병반을 *Nicotiana tabacum* cv. Burley 21에 접종하여 증식시켰으며, 접종 10~14일 후 전신 감염된 잎을 실험재료로 사용하였다.

전자현미경 검정

이병된 담배에서 바이러스 입자를 확인하기 위하여 이병엽의 조직을 dip 방법을 이용하여 2 % phosphotungstic acid (PTA, pH 6.0)로 염색한 다음, 투과전자현미경 (Carl Zeiss, LEO906)으로 관찰하였다.

지표식물 검정

PVY-SWM이 증식된 *N. tabacum* cv. Burley 21의 잎을 0.01M 인산완충액(pH7.0)으로 마쇄

(W/v=1:10)한 후 이 즙액을 carborundum (600 mesh)을 사용하여 *Chenopodium quinoa*를 포함한 21종의 지표식물에 즙액접종을 실시하였다. 대조 바이러스로는 2005년 충북 제천 담배재배지역에서 분리한 PVY-TOJC37을 실험에 사용하여 병징 발현을 비교하였다.

Primer 제작 및 RT-PCR

PVY가 감염된 식물체로부터 바이러스를 검출하기 위하여 RT-PCR을 수행 하였다. 이때 사용된 primer는 기존에 보고된 Potyvirus의 염기서열을 참고하여 degenerate primer로 제작하였다. Potyvirus의 외피단백질 영역의 upstream primer는 5'-ATT-TGT-GCA-KCW-ATG-ATT-GA-3', downstream primer는 5'-CCA-TAB-CKT-GGC-ATR-TAT-GG-3'로 올리고뉴클레오타이드를 합성하였다. RT-PCR의 조건은 42 °C에서 60분간 역전사 반응을 한 다음 이 반응액에 94 °C에서 2분간 가열한 후 1cycle을 94 °C 30초 / 54 °C 30초 / 72 °C 1분으로 하여 총 35 cycle의 PCR을 실시하였으며 마지막으로 72 °C에서 10분간 반응 시켰다. 이렇게 증폭된 PCR 산물은 0.5×TBE 완충액을 이용한 1.2 % agarose gel에서 전기영동을 하여 바이러스 유전자의 증폭여부를 확인하였다.

클로닝 및 염기서열 분석

클로닝 및 염기서열 분석은 이병된 담배에서 확인된 PVY-SWM의 RT-PCR 산물을 이용하였다. 증폭된 cDNA는 pGEM-T easy vector (Promega)에 삽입하여 *Escherichia coli* JM109에 형질전환 하였다. 형질전환된 클론들로부터 PVY-SWM cDNA의 삽입 유무는 alkaline lysis 방법(Sambrook 등, 1989)을 이용해 플라스미드를 추출한 후 제한효소 *EcoRI*으로 절단하여 확인하였다. 정제된 플라스미드는 ABI Prism™ BigDye Terminator Cyclic Sequencing Reaction Kit와 Prism™ 377 Genetic Analyzer (PE Applied Biosystems)를 이용하여 cyclic sequencing을 실시하였으며 염기서열은 DNASTar (Madison, WI) 프로그램을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

지표식물 검정

황색증 PVY 저항성 품종육성을 하는 과정에서 PVY 저항성 source를 가지고 있는 담배에서 저항성을 검정한 후 심한 엽맥괴저 증상을 나타내는 담배잎을 채취하여 전자현미경으로 관찰한 결과 폭 11nm, 길이 750nm의 전형적인 Potyvirus 입자(Fig. 1-A)가 확인 되었다. 순수 분리한 PVY-SWM은 *C. quinoa*에서 접종엽에 퇴록반점을 나타냈으며, *N. benthamiana* (Fig. 1-B)와 *N. glutinosa* (Fig. 1-C)에서는 상엽에서만 각각 심한 모자이크와 모틀 증상을 나타냈다. *N. debneyi*와 *N. occidentalis*에서는 접종엽에 퇴록반점, 상엽에서는 심한 모자이크 증상을 나타냈다(Table 1). PVY 이병성 담배품종인 'Burley 21', 'Havana 92', 'K326', 'NC95', 'KY17'과 PVY 저항성 담배품종인 'V.SCR', 'PBD6', 'TN86', 'VAM', 'NC744' 및 'Wislica'에서 대조바이러스인 PVY-TOJC37은 이병성 담배품종에서만 접종엽과 상위엽에 엽맥괴저증상을 나타냈으나 PVY-SWM은 이병성 및 저항성 담배품종 모두에서 접종엽과 상위엽에서 대조 바이러스보다 심한 엽맥괴저 증상을 보였으며 담배생육도 위축시켰다(Table 1, Fig. 2-I, Fig. 2-II). 기존 버어리종 담배산지에 보급된 PVY 저항성 품종의 안정성 평가를 하기 위하여 KB111과 이 품종의 모부분인 MSTC613과 KB108에 PVY-TOJC37과 PVY-SWM을 접종한 결과 PVY-TOJC37은 모든 품종에서 병징을 나타내지 않았으나 PVY-SWM은 모든 품종의 저항성을 파괴시키며 심한 병징을 나타내었다(Fig. 3).

RT-PCR 및 염기서열 분석

PVY-SWM과 PVY-TOJC37에 감염된 식물체로부터 RNA를 추출한 다음 potyvirus의 외피단백질 영역을 증폭할 수 있는 primer로 RT-PCR을 실시하였다. 그 결과 약 800bp로 예상되는 PCR 산물을 확인할 수 있었다. PVY 저항성 품종인 'VAM'에 PVY-TOJC37과 PVY-SWM를 각각 접종하고 2주 후에 접종엽과 상엽를 채취하여

국내 감자바이러스 Y (PVY) 저항성 육성 계통에서 분리한 PVY Mutant의 특성

Table 1. Biological reactions induced by PVY-SWM and PVY-TOJC37 on indicator plants

Indicator plant	Host reaction ^a	
	PVY-SWM	PVY-TOJC37
<i>Chenopodium quinoa</i>	cl/-	cl/-
<i>Nicotiana benthamiana</i>	-/sM,Dis	-/sM,Dis
<i>N. glutinosa</i>	-/Mo	-/Mo
<i>N. debneyi</i>	cl/sM	cl/M
<i>N. occidentalis</i>	cl/sM	cl/M
<i>N. clevarandii</i>	cl/VC, Mal	cl/VC, Mal
<i>N. tabacum</i> cv. Samsun	cl/sVN, Dis	cl/VN, Dis
Burley 21	VN/sVN	VN/VN
Havana 92	VN/sVN	VN/VN
K326	VN/sVN	VN/VN
NC95	VN/sVN	VN/VN
Ky17	VN/sVN	VN/VN
V.SCR	VN/sVN	-/-
PBD6	VN/sVN	-/-
TN86	VN/sVN	-/-
TN90	VN/sVN	-/-
VAM	VN/sVN	-/-
NC744	VN/sVN	-/-
Wislica	VN/sVN	-/-
KB108	VN/sVN	-/-
KB111	VN/sVN	-/-

^aM, mosaic; sM, severe mosaic; Mo, mottle; Mal, malformation; Dis, distortion VN, vein necrosis; sVN, severe vein necrosis; VC, vein clearing; cl, chlorotic local ; -, no symptom; Inoculate leaf/ Upper leaf.

RT-PCR을 실시한 결과 PVY-TOJC37은 접종엽과 상위엽에서 증폭된 band를 확인할 수 없었고, PVY-SWM은 접종엽과 상위엽 모두에서 증폭된 band를 확인할 수 있었다(Fig. 4). 증폭된 cDNA를 이용하여 염기서열을 결정 한 결과 primer를 제작할 때 예상되었던 총 850개의 염기서열을 얻을 수 있었다. 외피단백질 유전자는 801개 뉴클레오타이드로 구성되어 있으며, 이 염기서열로부터 267개 잔기의 아미노산 서열이 분석되

었다.

Genbank database를 활용하여 PVY-SWM과 타종의 Potyvirus의 외피단백질 영역의 상동성을 비교한 결과, PVY^{NTN}계통의 PVY-Hung95와 염기에서는 99.0 %, 번역된 아미노산에서는 98.1 %로 가장 높은 상동성을 나타내었다(Fig. 6). PVY-SWM과 PVY-TOJC37간의 외피단백질 염기서열을 비교해 본 결과 74번째 염기가 각각 T와 A로, 349번째 염기가 A와 G로 차이가 있었다.

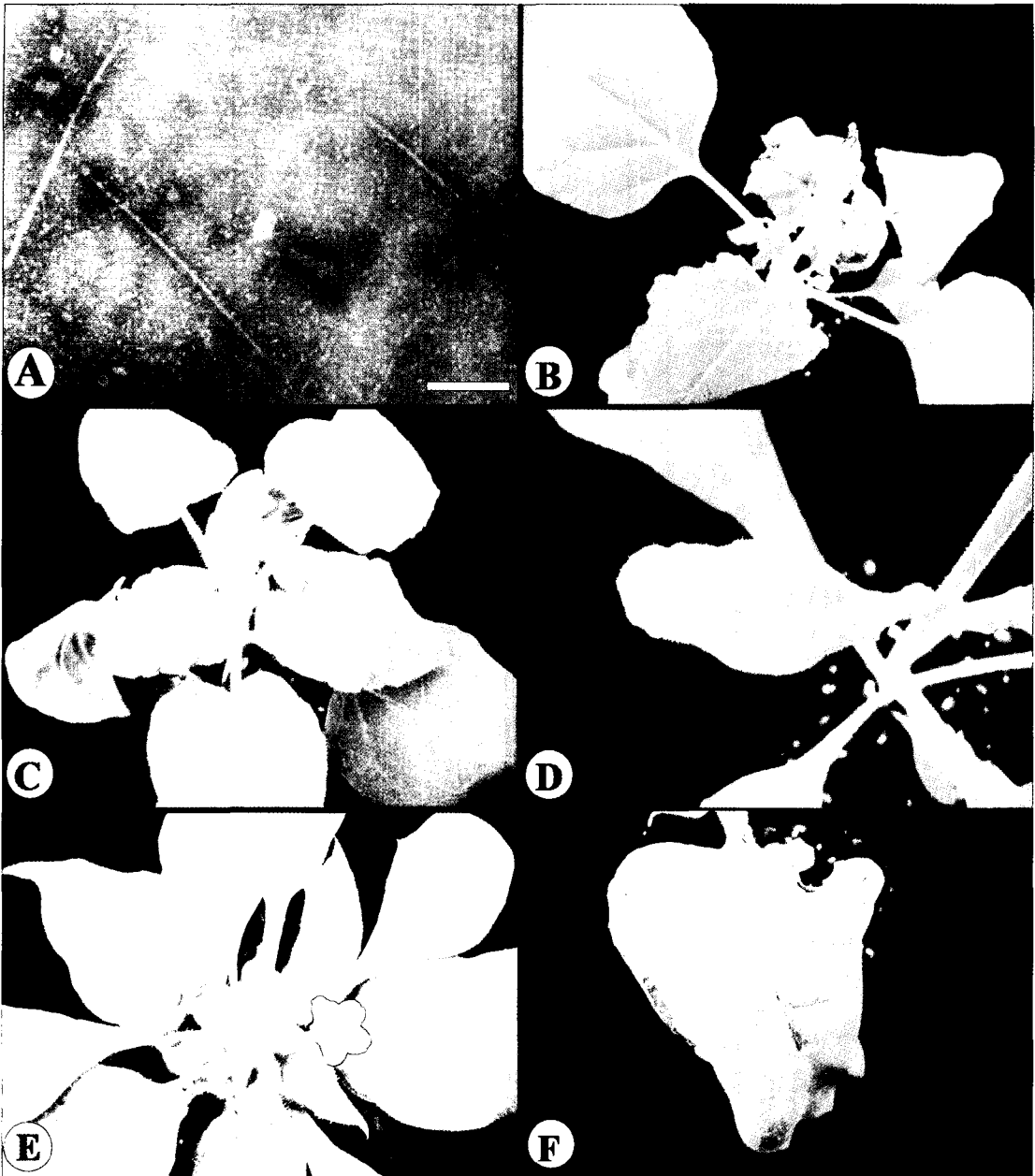


Fig. 1. Electron micrograph of the virus particles showing flexuous rod having 680nm length (A). The bar represents 200nm. PVY-SWM infected systemically on *N. benthamiana* (B), *N. glutinosa* (C), *N. occidentalis* (D) and *N. clevarandii* (E). The virus induced vein necrotic on the upper leaves of *N. tabacum* cv. VAM by mechanical inoculation (F).



Fig. 2. External symptoms by PVY-SWM (upper row) and PVY-TOJC37(bottom row). In PVY susceptible tobacco (I) 'Burley 21' (A), 'Havana92' (B), 'K326' (C), 'NC95' (D) and 'KY17' (E), vein necrosis on inoculated and upper leaves were showed by PVY-SWM and PVY-TOJC37. In PVY resistible tobacco (II) 'V.SCR' (F), 'PBD6' (G), 'TN86' (H), 'VAM' (I) and 'Wislica' (J), vein necrosis on inoculated and upper leaves were showed by PVY-SWM only.

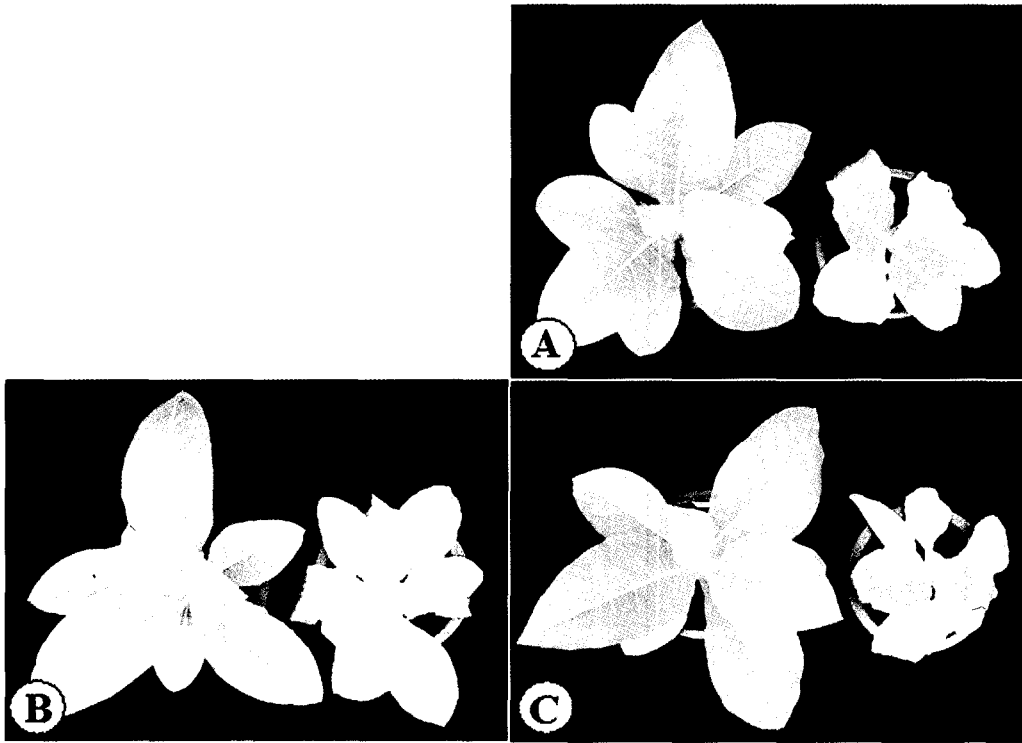


Fig. 3. External symptom on *N. tabacum* cv. MSTC613 (A); KB108 (B) and KB111 (C) infected with PVY-TOJC37 (left) and PVY-SWM (right).

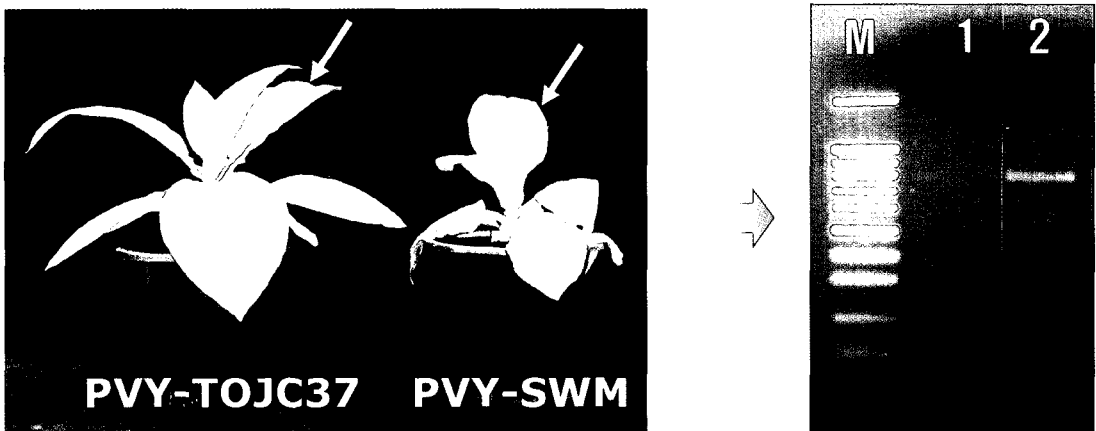


Fig. 4. RT-PCT assay with potyvirus specific primer at the upper leaves (arrows) of VAM infected with PVY-TOJC37 and PVY-SWM. Lane M: 1kb maker (promega), 1: PVY-TOJC37 and 2: PVY-SWM.

국내 감자바이러스 Y (PVY) 저항성 육성 계통에서 분리한 PVY Mutant의 특성

```

G N D T I D A G G S T K K D A K Q E Q G S I Q
PVY-SWM      GGAAATGACACAATCGATGCAGGAGGAAGCACTAAGAAGGATGCAAAAACAAGGCAAGGTAGCATTCAAC 70
PVY-TOJC37   GGAAATGACACAATCGATGCAGGAGGAAGCACTAAGAAGGATGCAAAAACAAGGCAAGGTAGCATTCAAC 70
G N D T I D A G G S T K K D A K Q E Q G S I Q

P L N K E K E K D V N V G T S G T H T V P R I
PVY-SWM      CAATTCCTCAACAAGGAAAAGGAAAAGGACGTGAATGTTGGAACATCTGGAACCTCATACTGTGCCACGAAT 140
PVY-TOJC37   CAATTCCTCAACAAGGAAAAGGAAAAGGACGTGAATGTTGGAACATCTGGAACCTCATACTGTGCCACGAAT 140
P L N K E K E K D V N V G T S G T H T V P R I

K A I T S K M R M P K S K G A T V L N L E H L
PVY-SWM      TAAAGCTATCACGTCCAAAATGAGAATGCCCAAGAGTAAAGGTGCAACTGTACTAAAATTTGGAACACTTA 210
PVY-TOJC37   TAAAGCTATCACGTCCAAAATGAGAATGCCCAAGAGTAAAGGTGCAACTGTACTAAAATTTGGAACACTTA 210
K A I T S K M R M P K S K G A T V L N L E H L

L E Y A P Q Q I D I S N T R A T Q S Q F D T W
PVY-SWM      CTCGAGTATGCTCCACAGCAAATTGACATCTCAAATCTCGAGCAACTCAATCAGAGTTTGATACGTGGT 280
PVY-TOJC37   CTCGAGTATGCTCCACAGCAAATTGACATCTCAAATCTCGAGCAACTCAATCAGAGTTTGATACGTGGT 280
L E Y A P Q Q I D I S N T R A T Q S Q F D T W

Y E A V Q L A Y D I G E T E M P T V M N G L M
PVY-SWM      ATGAAGCAGTACAACCTGCATACGACATAGGAGAAAAGTAAATGCCAACTGTGATGAATGGGTTATGAT 350
PVY-TOJC37   ATGAAGCAGTACAACCTGCATACGACATAGGAGAAAAGTAAATGCCAACTGTGATGAATGGGTTATGAT 350
Y E A V Q L A Y D I G E T E M P T V M N G L M

W C I E N G T S P N I N G V W V M M D G D E Q
PVY-SWM      TTGGTGCATTGAAAATGGAACCTCGCCAAACATCAACGGAGTTTGGGTTATGATGGATGGAGATGAACAA 420
PVY-TOJC37   TTGGTGCATTGAAAATGGAACCTCGCCAAACATCAACGGAGTTTGGGTTATGATGGATGGAGATGAACAA 420
W C I E N G T S P N I N G V W V M M D G D E Q

V E Y P L K P I V E N A K P T L R Q I M A H F
PVY-SWM      GTCGAATACCCATTGAAACCAATCGTTGAGAATGCAAAAACCAACTTAGGCAAATCATGGCACATTTCT 490
PVY-TOJC37   GTCGAATACCCATTGAAACCAATCGTTGAGAATGCAAAAACCAACTTAGGCAAATCATGGCACATTTCT 490
V E Y P L K P I V E N A K P T L R Q I M A H F

S D V A E A Y I E M R N K K E P Y M P R Y G L V
PVY-SWM      CAGATGTTGCAGAAGCGTATATAGAAATGCGCAACAAAAAGGAACCATATATGCCACGATATGGTTTAGT 560
PVY-TOJC37   CAGATGTTGCAGAAGCGTATATAGAAATGCGCAACAAAAAGGAACCATATATGCCACGATATGGTTTAGT 560
S D V A E A Y I E M R N K K E P Y M P R Y G L V

R N L R D G S L A R Y A F D F Y E V T S R T P
PVY-SWM      TCGTAATCTGCGCGATGGAAGTTTGGCTCGCTATGCTTTTGACTTTTATGAGGTCACATCACGAACACCA 630
PVY-TOJC37   TCGTAATCTGCGCGATGGAAGTTTGGCTCGCTATGCTTTTGACTTTTATGAGGTCACATCACGAACACCA 630
R N L R D G S L A R Y A F D F Y E V T S R T P

V R A R E A H I Q M K A A A L K S A Q P R L F
PVY-SWM      GTGAGGCTAGGGAAGCGCACATTCAAATGAAGGCCCGCAGCATTGAAATCAGCCCAACCTCGACTTTTCG 700
PVY-TOJC37   GTGAGGCTAGGGAAGCGCACATTCAAATGAAGGCCCGCAGCATTGAAATCAGCCCAACCTCGACTTTTCG 700
V R A R E A H I Q M K A A A L K S A Q P R L F

G L D G G I S T Q E E N T E R H T T E D V S P S
PVY-SWM      GGTGGACGGTGGCATCAGTACACAAGAGGAGAACACAGAGAGGCACACCACCGAGGATGTCTCTCCAAG 770
PVY-TOJC37   GGTGGACGGTGGCATCAGTACACAAGAGGAGAACACAGAGAGGCACACCACCGAGGATGTCTCTCCAAG 770
G L D G G I S T Q E E N T E R H T T E D V S P S

M H T L L G V K N M
PVY-SWM      TATGCATACTCTACTTGGAGTCAAGAACATG 801
PVY-TOJC37   TATGCATACTCTACTTGGAGTCAAGAACATG 801
M H T L L G V K N M
    
```

Fig. 5. Alignment of the coat protein nucleotide sequences and the predicted gene products of PVY-SWM and PVY-TOJC37.

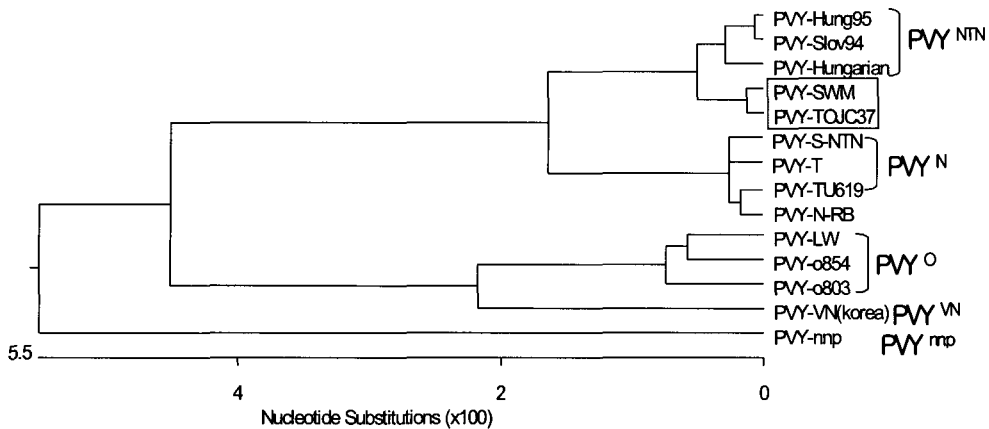


Fig. 6. Phylogenetic tree constructed from nucleotide sequence alignment of CP genes of PVY-SWM isolate and other potyvirus isolates PVY strains. The sources of sequence data were from the following Genbank database accession number: Hung95 (AJ390300), Slov94(AJ90293), Hungarian (M95491), S-NTN (AJ390295), T(D12570), TU619(AJ390309), N-RB(AJ390285), LW(AJ890349), o803(AJ223594), o854(AJ223595), VN(U06789) and nnp (AF237963).

번역된 아미노산에서는 25번째 아미노산이 각 각 I와 N, 117번째 염기가 I와 V로 차이가 있었다 (Fig. 5). 이와 같이 아미노산 서열의 변화가 PVY의 저항성을 파괴시키는 것은 Masuta 등 (1999)의 보고와 유사하였으며 외피단백질 뿐만 아니라 바이러스의 복제와 세포간 이동에 관여하는 NIa 영역의 VPg gene의 차이도 있을 것으로 생각된다.

황색종 PVY 저항성 품종 육성중 분리한 potyvirus는 지표식물 반응 및 외피단백질의 상동성을 비교한 결과 potyvirus 속인 PVY^{NTN} subgroup으로 확인 되었고 PVY 저항성을 파괴하는 변이종으로서 PVY-SWM으로 명명하고자 하며, 앞으로 유전자 재조합이나 전장 염기서열 등을 결정하여 병징 발현에 관여하는 것에 대하여 연구가 더 이루어져야 된다고 생각되어진다.

결 론

황색종 *Potato virus Y* (PVY) 저항성 계통을 육성하는 과정에서 기존의 PVY 저항성을 파괴하

는 mutant를 분리하였다. 이 바이러스(PVY-SWM)는 생물학적 특성과, 염기서열분석을 통해 기존에 보고된 다른 PVY와 비교하였다. PVY-SWM은 PVY 저항성 유전자 va를 가지고 있는 것으로 보고된 V.SCR, PBD6, TN86, TN90, Virgin A Mutant (VAM), Wilslica, NC744, KB108 및 KB111 품종에서 기존의 PVY와는 달리 상업에서 엽맥괴저 증상을 나타냈다. 외피단백질 유전자는 801개 뉴클레오타이드로 구성되어 있었으며, 이 염기서열로부터 267개 잔기의 아미노산 서열이 분석되었다. 기존에 보고된 다른 PVY들과 외피단백질의 염기서열과 아미노산서열을 비교해본 결과 각각 88.4% - 99.0%와 92.5% - 98.5%로 높은 염기서열을 보였으며 PVY^{NTN} subgroup인 PVY-Hung95와 가장 유사하였다.

참 고 문 헌

Canto, T., Lopez-Moya, J., Serra-Yoldi, M., Diaz-Ruiz, J. and Lopez-Abella, D. (1995) Different helper component

- mutations associated with lack of aphid transmissibility in two isolates of *Potato virus Y*. *Phytopathology* 85:1519-1524.
- Cheong, S.R., Choi, J.K., Yoshida, K. and Lee, B.Y. (1995) Complementary DNA cloning and sequencing of the coat protein gene of *Potato virus Y*-Ordinary Korean strain. *Korean J. Plant Pathol.* 11:73-79.
- Cho, H.S., Jun, S.I., Kwon, S.Y., Park, E.K., Paek, K.Y. and Paek, K.H. (1994) Isolation and nucleotide sequence analysis of a partial cDNA clone for *Potato virus Y*-VN (Korean isolate) genome. *Mol. Cells* 4:143-148.
- de Bokx, J.A. and Huttinga, H. (1981) *Potato virus Y*. CMI/AAB Description of Plant Viruses, No 242.
- Joung, Y.H., Jeon, J.H., Choi, K.H., Kim, H.S., Yi, Y.S. and Joung, H. (1997) An effective detection of *Potato virus Y* using RT-PCR technique. *Korean J. Plant Pathol.* 13:219-224.
- Koelle, G. (1958) Versuche zur Vererbung der Krankheitsresistenz bei Tabak; 2 mitt eine rippen-brüune-resistente Virgin A Mutante nach Anwendung künstlicher Mutations aufsung durch Röntgenstrahlen. *Tabak-Forschung* 24:83-84.
- Le Romancer, M., Nedelee, M. (1994) Biological characterization of various geographical isolates of *Potato virus Y* inducing superficial necrosis on potato tubers. *Plant Pathol.* 43:138-144.
- Lewis, R.S. (2005) Transfer of resistance to *Potato virus Y* (PVY) from *Nicotiana africana* to *Nicotiana tabacum*: possible influence of tissue culture on the rate of introgression. *Theor. Appl. Genet.* 110:678-687.
- Masuta, C., Nishimura, M., Morishita, H. and Hataya, T. (1999) A single amino acid change in viral genome-associated protein of potatovirus Y correlates with resistance breaking in 'Virgin A Mutant' tobacco. *Virology* 89:118123.
- Miller, R.D. (1987) Registration of TN 86 burley tobacco. *Crop. Sci.* 27:365-366.
- Miller, R.D. (1991) Registration of TN 90 burley tobacco. *Crop. Sci.* 31: 852.
- Park, E.K., Kim, J.J. and Boo, K.S. (1984) Two new PVY strains isolated from tobacco plant in Korea. *Korean J. Plant Pathol.* 23:209-214.
- Riechmann, J.L., Lain, S. and Garcia, J.A. (1992) Highlights and prospects of potyvirus molecular biology. *J. Gen. Virol.* 73:1-16.
- Robaglia, C., Durand-Tardif, M., Tronchet, M., Boudazin, G., Astier-Manificier, S. and Casse-Delbart, F. (1989) Nucleotide sequence of *Potato virus Y* (N Strain) genomic RNA. *J. Gen. Virol.* 70:935-947.
- Sambrook, J., Fritsch, E.F. and Maniatis, T. (1989) *Molecular Cloning: A Laboratory Manual*, 2nd Eds. New York, Cold Spring Harbor.
- Singh, M. and Singh, R.P. (1996) Nucleotide sequence and genome organization of a Canadian isolate of the common strain of *Potato virus Y* (PVY-O). *Can. J. Plant Pathol.* 18:209-214.
- Thole, V., Dalmay, T., Burgyan, J. and Balazs, E. (1993) Cloning and sequencing of *Potato virus Y* (Hungarian isolate) genomic RNA. *Gene* 123:149-156.
- van den Heuvel, J.F. J.M., van der Vlugt, R.A.A., Verbeek, M., DeHaan, P.T. and Huttinga, H. (1994) Characteristics of a resistance-breaking isolate of *Potato*

- virus Y* causing potato tuber necrotic ringspot disease. *Eur. J. Plant Pathol.* 100:347-356.
- van der Vlugt, R.A.A., Leunissen, J. and Goldbach, R. (1993) Taxonomic relationships between distinct *Potato virus Y* isolates based on detained comparisons of the viral coat proteins and 3' nontranslated regions. *Arch. Virol.* 131:361-375.
- Weidemann, H.L. (1988) Importance and control of *Potato virus Y-N* (PVY-N) in seed potato production. *Potato Res.* 33:85-94.
- Xiong, Z. and Acosta-Leal, R. (2005) Resistance to and Resistance-breaking of Potato Virus Y. <http://ag.arizona.edu/~zxiong/pvy.html>. *Dept. of Plant Pathology, University of Arizona.*
- 금완수, 정윤화, 정석훈, 최상주, 이승철 (1991) *N. africana*의 감자바이러스 Y 엽맥괴저 계통에 대한 저항성 유전. *한국연초학회지* 13:48-51.
- 정석훈, 최상주, 조천준, 김대승, 조명조, 이승철 (1994) 버어리종 연초 신품종 KB 108의 육성 및 특성. *한국연초학회지* 16:57-63.
- 정석훈, 조천준, 최상주, 조명조 (1998) 연초 버어리종 웅성불임 일대잡종 KB111의 육성경과 및 농경적 특성. *한국연초학회지* 20:153-159.