

병원균 접종에 의한 Muscadine 및 플로리다 교잡종 포도의 줄기혹병 저항성 검정*

노정호** · 박교선** · Jiang Lu*** · 윤해근****

Screening Resistance to Crown Gall Disease by Pathogen Inoculation in Muscadine and Florida Hybrid Grapes

Noh, Jung-Ho · Park, Kyo-Sun · Lu, Jiang · Yun, Hae-Keun

It is necessary to evaluate the resistance to disease among genetic resources for development of disease resistant grapes. This study was conducted to screen the resistance to crown gall in muscadine and Florida hybrid bunch grapes by pathogen inoculation. In order to compare the responses to infection with different pathogen strains, muscadine and Florida hybrid grapes were inoculated with 3 strains of *Agrobacterium vitis*. Although there were different levels crown gall formation among grape cultivars, there little variation in response to inoculated strains. Among 29 muscadine cultivars tested by inoculation of *A. vitis* 'C4612', most of them were shown to be susceptible, and 'Gold Isle' and 'Africa Queen' were highly susceptible, and two cultivars, 'Welder' and 'Jumbo' were found to be resistant to crown gall disease. Among Florida hybrid grapes, 'Daytona', 'Stover', and 'Swanee' were susceptible and 'Blanc du Bois' was moderately susceptible to crown gall. Because muscadine grapes have been actively utilized as useful genetic resources for development of new grape varieties by intersub-genus cross, this result from the screening of resistance among muscadine grapes can provide valuable information in breeding programs of grape resistant to crown gall.

Key words : *Agrobacterium vitis*, breeding, cultivars, genetic resources

* 본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 : PJ011631)의 지원에 의해 수행되었습니다.

** 국립원예특작과학원 과수과

*** China Agricultural University

**** Corresponding author, 영남대학교 원예생명과학과(haekun@ynu.ac.kr)

I. 서 론

세균성 병원균인 *Agrobacterium vitis* (이명 *Rhizobium vitis*)에 의해 발생하는 포도나무 줄기혹병은 전 세계의 포도재배지역에서 발생하며(Burr and Otten, 1998), 우리나라에서도 큰 피해를 유발하는 주요 병해이다(Chung and Shim, 1996; Park et al., 2000). 병원균에 감염된 포도나무에는 지지부에 혹이 형성되고 포도나무의 수세가 저하되어 과실의 품질저하와 생산량 감소 등의 경제적 손실을 초래하며(Schroth et al., 1988; Burr et al., 1998), 국내에서도 천안, 진천 등지의 포도 재배지역에서 줄기혹병이 발생하고 있음이 보고되었다(Park et al., 2000). 국내에서 발생하는 포도나무 줄기혹병균의 유전적 다양성 및 ‘거봉’ 포도에 대한 병원성의 차이에 대해서도 보고되어 있다(Kim et al., 2006).

병원균인 *A. vitis*는 토양 내에서 오랫동안 생존할 수 있으며, 이병잔해에서는 수년간 생존하여 건전한 식물체를 가해하기 때문에(Pu and Goodman, 1993; Burr and Otten, 1998) 방제가 어려워 효과적인 방제법의 개발이 요구된다. 포도 근두암중병 방제를 위해서는 50°C 열탕 처리(Bazzi et al., 1991; Burr et al., 1998), 병원균 무병주 생산을 위한 정단배양(Burr 등, 1998), 건전한 삼수채취를 통한 번식 및 건전토양 과원의 개원(Burr 등, 1987) 등의 연구가 진행되었다. 또한 길항균을 이용한 생물학적 방제에 관한 연구(Webster et al., 1986; Burr et al., 1998; Wang et al., 2003; Eastwell et al., 2006; Chen et al., 2007; Kawaguchi et al., 2013)가 진행되었지만 효과적인 적용은 아직 미흡한 실정이다.

국내에서도 포도나무의 월동법에 의한 발병 감소(Nam et al., 1998; Kang et al., 2007; Choi et al., 2008) 및 품종 및 계통 간의 저항성 검정(Yun et al., 2003; Rho et al., 2006) 및 생물학적 방제를 위한 길항균 분리(Yang et al., 2009)에 관한 연구가 수행되었으나, 현재까지 효과적인 방제수단은 보고되어 있지 않다. 포도나무 줄기혹병은 방제가 어려운 병해이므로 저항성 품종의 육성과 보급이 매우 중요하여 병해에 저항성인 품종이나 대목을 사용하거나(Belanger et al., 1995; Süle and Burr, 1998), 저항성인 품종을 선발하고자 품종간의 저항성 검정에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔으며(Ferreira and van Zyl, 1986; Goodman et al., 1993; Stover et al., 1997; Süle et al., 1994), 포장 저항성 검정 및 병원균 접종 시험을 통해 저항성인 포도속 유전자원을 선발하였다. 또한 다양한 대목과 포도속 식물체는 여러가지 병원균주에 대해 다른 저항성을 나타내는 것으로 보고되어 있으며(Stover et al., 1997; Süle et al., 1994), 포도의 줄기혹병에 대한 저항성은 매우 복잡한 유전자가 관여하고 양상으로 유전된다고 여겨지고 있다(Burr et al., 1998).

포도나무 줄기혹병의 발생으로 인한 피해를 최소화하기 위해서는 저항성인 품종의 개발이 요구되며, 줄기혹병에 저항성인 육종소재의 개발이 선행되어야 한다. 또한 포도나무 유전자원은 감염하는 병원균의 균주에 따라 다른 반응을 나타내기 때문에 다양한 유전자원의 확보가 매우 절실하다. 따라서 본 연구에서는 다양한 포도나무 줄기혹병 저항성 육종

소재를 선발하기 위하여 머스카딘포도아속(*Muscadinia*) 및 미국 플로리다 교잡종의 포도 유전자원을 대상으로 줄기혹병에 대한 저항성을 검정하였다.

II. 재료 및 방법

1. 병원 세균

본 연구에서 병원 세균인 *Agrobacterium vitis* 3균주를 미국 코넬대학교로부터 분양 받아 사용하였으며(Table 1), 병원균은 30% glycerol stock을 -80℃ 초저온냉동고에 보관하면서 균주를 배양 후 접종에 사용하였다. 병원균은 접종 3일 전 potato dextrose agar (PDA)배지에 48시간 평판배양 한 다음 yeast-beef extracts-peptone (YEB) 배지(yeast extract 1 g, beef extract 5 g, peptone 5 g, sucrose 5 g, MgSO₄ 0.5 g/L, pH 7.2)에 접종하여 28℃에서 18시간 동안 진탕배양하여 시험재료로 사용하였다. 식물체에 접종하기 전 배양한 세균현탁액을 3000 rpm에서 15분간 원심분리하여 배양액을 제거하였다. 병원균의 농도는 멸균수로 희석하면서 10⁹ cfu/mL (OD600=1.0)로 조정하였다.

Table 1. Strains of *Agrobacterium vitis* used for grapevine inoculation

Strains	Plasmids
C6412	Nopaline Ti plasmid
C6435	Octapine Ti plasmid
C6450	Vitopine Ti plasmid

2. 포도나무 식물체

Muscadine 30품종(*Muscadinia rotundifolia* Milch), 플로리다 교잡종 8품종(*Vitis hybrid*)을 대상으로 녹지삼목을 통해 줄기혹병균을 접종한 후 저항성을 검정하였으며, 머스카딘 11품종, 플로리다 교잡종 6품종을 대상으로 3개 균주를 이용하여 접종하였다. 머스카딘 포도는 미국 수행기관의 머스카딘 유전자원포에서 줄기혹병 병징이 없는 건전한 10년생 머스카딘 녹지를 6월에 채취하여 접종시험 재료로 이용하였다. 접종을 위한 삼수는 직경 5~7 mm 굵기의 가지를 선택하여 20 cm 길이로 조제하여 줄기혹병 저항성 검정용 접종 재료로 사용하였다.

3. 병원균 접종

경지 삽수 접종을 위해 전기드릴을 이용하여 삽수 줄기에 인위적인 상처를 가한 후 각 처리별로 *A. vitis* 세포현탁액 30 μ l를 접종하고 파라핀테이프로 상처부위를 밀봉하였으며 이틀간 수압을 통해 식물체에 활력을 가한 다음 pot에 삽목하였다.

머스카딘 포도를 대상으로 녹지 삽수 접종을 위해 전기드릴을 이용하여 삽수 줄기에 인위적인 상처를 가한 후 *A. vitis* 세포현탁액 30 μ l를 접종하고 파라핀테이프로 밀봉하여 pot에 삽목하였다. 병원균을 접종한 식물체는 미스트 시설이 되어 있는 온실에서 유지하였다.

4. 저항성검정

포도 줄기혹병 저항성 검정 연구는 접종 2개월 후에 혹 발생률, 혹의 직경과 횡경, 그리고 혹의 무게를 조사하였으며, 혹 발생률은 총 접종한 식물체수에서 혹이 발생한 식물체의 수를 백분율로 나타내었으며 혹의 직경과 횡경은 혹의 가장 긴 종축과 횡축의 길이를 캘리퍼스로 측정하였다. 혹의 무게는 접종부의 입구면에서 수술용 칼을 이용하여 혹을 절취한 다음 직시저울로 측정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

미국 플로리다A&M대학의 머스카딘포도 품종과 플로리다 교잡종 포도 품종을 대상으로 *A. vitis* 3균주(Table 1)를 접종한 후, 줄기에 형성되는 혹의 크기를 조사하였다. 온실내의 화분에서 재배되고 있는 포도나무 식물체에 상처를 내고 각각의 병원균주를 접종 한 결과, 검정한 포도의 품종 간에는 혹형성에 차이가 나타났으나, 접종한 균주간의 큰 차이는 나타나지 않았다(Table 2).

Table 2. Gall formation in grapevine stems kept in pots by 3 strains of *Agrobacterium vitis*

Cultivars		Gall diameter (mm) by inoculated strains		
		C6450	C6435	C6412
Muscadine grapes	Carlos	0	0	0
	Cowart	1.2	1.1	1.3
	Doreen	1.1	0.5	1.6
	Fry	1	1.5	2.5
	Higgins	0	0	0

Cultivars		Gall diameter (mm) by inoculated strains		
		C6450	C6435	C6412
Muscadine grapes	Jumbo	0	0	0
	Magnolia	0	0	0
	Southern Land	0	0	0
	Summit	1.7	1.5	1.8
	Tara	1.7	1.4	1.2
	Welder	0	0	0
Bunch grapes	Blanc du Bois	1	1	1
	Conquistador	0.13	0.2	0.2
	Daytona	2.2	1.8	1.7
	Stover	2.3	2.7	4.5
	Suwanee	3.2	3.8	1.2

공시한 *A. vitis* 균주 중에서 Octapine 형태의 플라스미드를 지니고 있는 *A. vitis* C4612 병원균을 이용하여 머스카딘 21개 품종의 줄기혹병 저항성 검정을 실시하였으며 그 결과는 아래 Table 3 및 Fig. 1에 나타내었다. 대부분의 머스카딘포도는 줄기혹병에 감수성 또는 중도감수성으로 나타났으나, ‘Supreme’과 ‘Noble’ 품종은 중도저항성으로 나타났다. 공시한 품종 중에서 ‘Welder’, ‘Jumbo’ 등의 품종은 저항성을 나타내었다.

Table 3. Gall formation by *Agrobacterium vitis* inoculation in green shoot cuttings of muscadine grapevines

Cultivar	Rate of gall incidence (%)	Weight of gall (mg)	Cultivar	Rate of gall incidence (%)	Weight of gall (mg)
Gold Isle	87.5	255.0 ^a	Late Fry	87.5	101.3 ^{cde}
Africa Queen	75.0	233.8 ^{ab}	Dixie Red	100	95.0 ^{cde}
Albermale	100	165.0 ^{bc}	Black Fry	87.5	85.0 ^{de}
Cowart	100	162.5 ^{bcd}	Black Beauty	87.5	82.5 ^{de}
Farrar	100	160.0 ^{bcd}	Early Fry	87.5	72.5 ^{de}
Summit	87.5	159.5 ^{bcd}	Florida Fry	75.0	63.8 ^{de}
Tara	87.5	159.5 ^{bcd}	Higgins	50.0	62.5 ^{de}
Alachua	100	147.5 ^{bcd}	Supreme	62.5	22.5 ^e
Dixie	87.5	146.3 ^{bcd}	Noble	87.5	21.3 ^e
Nesbitt	100	126.3 ^{cd}	Carlos	0	0 ^f
Fry Seedless	87.5	118.8 ^{cde}	Jumbo	0	0 ^f
Triumph	100	116.3 ^{cde}	Magnolia	0	0 ^f
Dixie Land	100	113.8 ^{cde}	Southern Land	0	0 ^f
Fry	100	113.8 ^{cde}	Welder	0	0 ^f
Doreen	87.5	113.8 ^{cde}			

¹⁾ Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P = 0.05.



Fig. 1. Galls in the stems of muscadine grapevines inoculated with *Agrobacterium vitis* (C6412). Left; Fry (muscadine), right; Stover (Florida hybrid).

감수성으로 나타난 품종 중에서 50%의 가장 낮은 흑발생율을 보인 ‘Higgins’ 품종을 제외한 나머지 모든 머스카딘포도 품종들은 75% 이상의 흑발생율을 보였다. ‘Gold Isle’과 ‘Africa Queen’ 품종은 본 시험에 이용된 품종들보다 뚜렷하게 더 큰 흑을 형성하였는데 각각 255.0 mg과 233.8 mg으로 나타났다. 반면에 가장 적게 나타난 품종은 ‘Supreme’과 ‘Noble’ 품종으로서 각각 22.5 mg과 21.3 mg의 흑을 형성하였다. 결론적으로 본 시험에 이용된 머스카딘포도 품종 중 줄기흑병에 저항성으로 나타난 ‘Supreme’과 ‘Noble’ 품종은 중도저항성을 나타내고 많은 품종은 감수성으로 특히 ‘Gold Isle’과 ‘Africa Queen’ 품종은 극 감수성으로 나타났다.

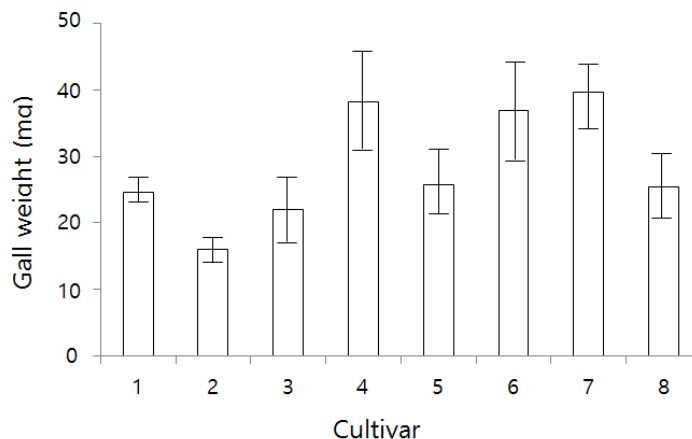


Fig. 2. Gall formation by *Agrobacterium vitis* (C6412) inoculation in green shoot cuttings of Florida hybrid grapevines.

¹⁾ Cultivars 1; Orlando Seedless, 2; Blanc du Bois, 3; Conquistador, 4; Daytona, 5; Mid South, 6; Stover, 7; Suwanee, 8; Cabernet Sauvignon. Vertical bars represent standard deviation of the mean value.

플로리다 교잡종인 포도 품종은 대부분 머스카딘포도에 비해 저항성이었으며, 'Daytona', 'Stover', 'Swanee' 등의 품종은 감수성이었으며, 'Blanc du Bois'는 대표적인 양조용 유럽종 포도 품종인 'Cabernet sauvignon'에 비해 저항성이었다(Fig. 2).

포도나무 줄기혹병에 대한 저항성은 포도 품종과 종간에 큰 차이를 나타낸다. 미국종 포도 품종이 구미잡종이나 유럽종 품종보다 줄기혹병에 대해 저항성이라고 보고되었으며(Stover et al., 1997), Burr 등(1998)도 일부 품종을 제외한 대부분의 미국종 포도 품종이 줄기혹병에 대해 저항성을 나타낸다고 보고하였다.

포도나무 줄기혹병에 대한 생식용 품종의 저항성 검정(Süle et al., 1994; Stover et al., 1997), 진정포도아속 유래 야생종 포도의 저항성 검정(Szegedi et al., 1984), 포도대목의 저항성 검정(Ferreira and van Zyl, 1986; Goodman et al., 1993; Süle et al., 1994; Rho et al., 1996; Süle and Burr, 1998) 등의 다양한 저항성 검정 연구가 수행되어 왔다. 그러나, 머스카딘포도는 수체에 발생하는 병해에 주로 저항성을 나타내는 것으로 보고되어 있음에도 불구하고(Ren et al., 2000; Xu et al., 2002; Louime et al., 2011), 포도나무 줄기혹병에 대한 저항성 검정이 이루어져 있지 않았다. 따라서 본 연구에서는 병원균을 인위적으로 접종하여 머스카딘포도 품종의 줄기혹병 저항성을 검정하였으며 그 결과, 'Welder', 'Jumbo' 등의 품종은 저항성을 나타내었지만, 대부분의 머스카딘포도 품종이 줄기혹병에 감수성으로 판별되었다.

이러한 결과는 포도나무 흑별레에 저항성인 포도 대목이 줄기혹병에도 저항성을 나타내고(Ferreira and van Zyl, 1986; Goodman et al., 1993; Süle et al., 1994), 미국종이 주로 줄기혹병에 대해 저항성을 나타내어 원산지가 미국인 품종이 저항성인 것으로 여겨진다. 그러나 미국종 포도 품종 또는 대목 품종과 같은 원산지이지만 분류학상 포도屬(*Vitis*)이 다른 머스카딘포도의 줄기혹병 발병의 주 요인 중에 하나인 내한성이 약한 특성이 머스카딘포도의 줄기혹병에 대체로 감수성인 결과를 나타낸 것으로 생각된다. 또한 다양한 대목과 포도속 식물체에서 여러 가지 *A. vitis* 균주에 대한 저항성을 검정하였던 바, 같은 유전형을 가진 포도나무라도 어떤 *A. vitis* strains에는 저항성으로 나타나지만 다른 strain으로 접종하였을 때는 보다 큰 혹을 형성하기도 하였다(Süle et al. 1994; Stover et al., 1997). 따라서 포도의 줄기혹병에 대한 저항성은 식물과 병원균의 유전적인 결정 인자에 의해 한정되기보다 매우 복잡한 유전양상으로 유전된다고 볼 수 있다(Burr et al., 1998). 그러나 머스카딘포도는 접종에 사용된 3개의 균주에 대해 유사한 저항성 반응을 나타내었다.

*A. vitis*에 의한 포도 줄기혹병은 심한 경우 50%이상의 생산량 감소를 초래하는 등 큰 손실을 유발하기도 하여(Schroth et al., 1988) 방제가 반드시 필요한 병해 중의 하나이다. 본 병을 방제하는 방법으로는 생물적, 경종적방제법 등이 적용되고 있으나 토양내의 병원균의 빠른 오염으로 인해 실질적인 방제가 어려워(Burr et al., 1998), 저항성 품종의 선발이 중요시되고 있다(Stover et al., 1997; Süle et al., 1994; Szegedi et al., 1984). 본 연구에 이용된 머

스카딘포도는 미국종 포도 품종들과 같은 지역의 원산이고 포도 분류학상 같은 갈매나무目(Rhamnales), 포도科(Vitaceae), 포도屬(Vitis)에 속하지만, 머스카딘아속(*Muscadinia*)으로 진정포도아속(*Euvtis*)과는 크게 구분된다. 머스카딘포도는 형태와 유전적으로 진정포도아속과 구별되지만, 내병성 포도 육종에 중요한 유전자원이며 또한 포도의 중간교잡 및 아속간 교잡이 성공적으로 수행되어 교잡품종이 육성이 가능하기에 내병성 육종소재로서 활용이 증가하고 있다(Lu et al., 2000; Ren et al., 2000; Reisch et al., 2012). 그러나 머스카딘 포도 품종의 줄기혹병에 대한 정확한 검정이 이루어지지 않아 육종소재로 활용하는데 어려움이 있으며 본 연구에서 저항성을 판별하여 줄기혹병 저항성인 포도 신품종육성 프로그램에 중요한 정보를 제공할 것으로 여겨진다. 또한 머스카딘의 포도 과실의 형태와 과실의 식미 특성이 우리나라 주요 포도 품종을 구성하는 진정포도아속의 포도와는 다르므로 특이한 포도 과실을 요구하는 소비자의 요구에도 부응할 포도 품종육성에도 기여할 것으로 기대된다.

IV. 적 요

내병성 포도 신품종을 육성하기 위해서는 병해 저항성인 유전자원을 선발하는 것이 요구된다. 본 연구에서는 머스카딘포도와 플로리다 교잡종포도를 대상으로 병원균을 상처접종하여 포도나무 줄기혹병에 대한 저항성을 검정하였다. 3종류의 *Agrobacterium vitis* 균주를 접종한 포도나무는 품종 간에는 흑의 형성에 차이를 나타내었지만, 병원균의 균주 간에는 차이가 나타나지 않았다. 머스카딘포도는 많은 품종이 감수성이었으며, ‘Gold Isle’과 ‘Africa Queen’은 고도의 감수성이었고 ‘Welder’와 ‘Jumbo’는 저항성이었다. 플로리다 교잡종포도는 머스카딘포도에 비해 덜 민감하였으며 ‘Daytona’와 ‘Stover’ 등은 감수성이고, ‘Blanc du Bois’는 중도감수성이었다. 본 연구는 머스카딘포도를 대상으로 줄기혹병에 대한 품종저항성을 판별함으로써 아속간 교잡을 통한 줄기혹병 저항성 포도 신품종육성에 중요한 정보를 제공할 것이다.

[Submitted, April. 29, 2015 ; Revised, August. 4, 2015 ; Accepted, August. 6, 2015]

Reference

1. Bazzi, C., E. Stefani, R. Gozzi, and T. J. Burr. 1991. Hot water treatment of grape

- propagation material: Its effects on *Agrobacterium* and on vine growth. *Vitis* 30: 177-187.
2. Belanger, C., M. L. Canfield, L. W. Moore, and P. Dion. 1995. Genetic analysis of nonpathogenic *Agrobacterium tumefaciens* mutants arising in crown gall tumors. *J. Bacteriol.* 177: 3752-3757.
 3. Burr, T. J., A. L. Bishop, B. H. Katz, L. M. Blanchard, and C. Bazzi. 1987. A root-specific decay of grapevine caused by *Agrobacterium tumefaciens* and *A. radiobacter* biovar 3. *Phytopathology* 77: 1424-1427.
 4. Burr, T. J. and L. Otten. 1998. Crown gall of grape : Biology and disease management. *Ann. Rev. Phytopathol.* 37: 53-80.
 5. Burr, T. J., C. Bazzi, S. Süle, and L. Otten. 1998. Crown gall of grape-Biology of *Agrobacterium vitis* and the development of disease control strategies. *Plant Dis.* 82: 1288-1297.
 6. Chen, F, Y. B. Guo, J. H. Wang, J. Y. Li, and H. M. Wang. 2007. Biological control of grape crown gall by *Rahnella aquatilis* HX2. *Plant Dis.* 91: 957-963.
 7. Choi, J. E., S. S. Kang, S. H. Park, M. K. Park, T. J. Park, and H. W. Kang. 2008. Ecology of crown gall disease and population of *Agrobacterium* spp. in vineyard soils. *Res. Plant Dis.* 14: 90-94.
 8. Chung, K. J. and J. S. Shim. 1996. Isolation and Identification of pathogenic bacteria of grapevine crown gall in Korea. *Kor. J. Plant Pathol.* 12: 197-201.
 9. Eastwell, K. C., P. L. Sholberg, and R. J. Saylor. 2006. Characterizing potential bacterial biocontrol agents for suppression of *Rhizobium vitis*, causal agent of crown gall disease in grapevines. *Crop Prot.* 25: 1991- 1200.
 10. Ferreira, J. H. S. and F. G. H. van Zyl. 1986. Susceptibility of grape-vine rootstocks to strains of *Agrobacterium tumefaciens* biovar 3. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 7: 101-104.
 11. Goodman, R. N., R. Drimm, and M. Frank. 1993. The influence of grape rootstocks on the crown gall infection process and tumor development. *Am. J. Enol. Viti.* 44: 22-26.
 12. Kang, S. S., S. H. Park, M. K. Park, T. J. Park, H. W. Kang, and J. E. Choi. 2007. Selection of rootstock and development of overwintering method for control of crown gall in grapevine. *Res. Plant Dis.* 13: 98-103.
 13. Kawaguchi, A., K. Kondo, and K. Inoue. 2012. Biological control of apple crown gall by nonpathogenic *Rhizobium vitis* strain VAR03-1. *J. Gen. Plant Pathol.* 78: 287-293.
 14. Kim, J. K., S. H. Lim, D. S. Lee, J. E. Choi, H. K. Yun, S. H. Park, S. S. Kang, and H. W. Kang. 2006. PCR based rapid isolation of *Agrobacterium vitis* strains in Korea and their pathogenic and biochemical characteristics. *Res. Plant Dis.* 12: 205-212.

15. Louime, C., J. Lu, O. Onokpise, H. Vasanthaiah, D. Kambiranda, S. Basha, and H. Yun. 2011. Resistance to *Elsinoë Ampelina* and expression of related resistant genes in *Vitis Rotundifolia* Michx. grapes. Intl. J. Mol. Sci. 12: 3473-3488
16. Lu, J., L. Schell, and D. W. Ramming. 2000. Interspecific hybridization between *Euvitis* and *Muscadinia* grape species. Acta Hort. 528: 479-486.
17. Nam, S. Y., S.K. Kim, K. M. Kim, J. H. Jung, and K. S. Choi. 1998. The differences of temperatures, growth and crown gall occurrence in young 'Kyoho' grapevines according to heat conservation materials during winter. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 16: 517-519.
18. Park, K. H., K. S. Jeong, and J. S. Cha. 2000. Incidence of severe crown gall disease on tetraploid cultivars of grape in Korea. Plant Pathol. J. 16: 290-293.
19. Pu, X. A. and R. N. Goodman. 1993. Tumor formation by *Agrobacterium tumefaciens* is suppressed by *Agrobacterium radiobacter* HLB-2 on grape plants. Am. J. Enol. Vitic. 44: 249-254.
20. Reisch, B. I., C. L. Owens, and P. S. Cousins. 2012. Grape, p. 225-262. In: M. L. Badenes and D. H. Byrne (eds.) Fruit breeding; Handbook of plant breeding (II). Springer, New York.
21. Ren, Z. and J. Lu. 2000. Muscadine rootstock increased the resistance of Florida hybrid bunch grapes. Proc. Fla. State Hort. Soc. 115: 108-110.
22. Rho, J. H., H. K. Yun, K. S. Park, C. H. Lee, and S. B. Jeong. 2003. In vivo evaluation of resistance grape varieties to crown gall disease. Plant Pathol. J. 19: 235-238.
23. Schroth, M. N., A. H. McCain, J. H. Foott, and O. C. Huisman. 1988. Reduction in yield and vigor of grapevine caused by crown gall disease. Plant Dis. 72: 241-246.
24. Stover, E. W., H. J. Swartz, and T. J. Burr. 1997. Crown gall formation in a diverse collection of *Vitis* genotypes inoculated with *Agrobacterium vitis*. Am. J. Enol. Vitic. 48: 26-32.
25. Süle, S. and T. J. Burr. 1998. The effect of resistance of rootstocks to crown gall (*Agrobacterium* spp.) on the susceptibility of scions in grape vine cultivars. Plant Pathol. 47: 84-88.
26. Süle, S., J. Mozsar, and T. J. Burr. 1994. Crown gall resistance of *Vitis* spp. and grapevine rootstocks. Phytopathology 84: 607-611.
27. Szegedi, E., J. Korbuly, and I. Koleda. 1984. Crown gall resistance in East-Asian *Vitis* species and their *V. vinifera* hybrid. Vitis 23: 21-26.
28. Wang, H. M., H. X. Wang, T. B. Ng, and J. Y. Li. 2003. Purification and characterization of an antibacterial compound produced by *Agrobacterium vitis* strain E26 with activity

- against *A. tumefaciens*. Plant Pathol. 52: 134-143.
29. Xu, X., H. Huang, and J. Lu. 2002. Investigating the *Xylella fastidiosa* in Pierce's disease resistant and susceptible grapevines. Proc. Fla. State Hort. Soc. 115: 105-108.
 30. Yang, S., S. Park, Y. K. Lee, and J. S. Cha. 2009. Characterization of *Agrobacterium* spp. isolated from roots of crown gall-infected grapevines in Chungbuk. Res. Plant Dis. 15: 77-82.
 31. Yun, H. K., J. H. Rho, K. S. Park, J. S. Cha, and S. B. Jeong. 2003. Screening system for crown gall resistance by pathogen inoculation in grapes. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 21: 325-328.