

거봉의 뿌리혹병 방제를 위한 저항성 대목 선발 및 월동법

강성수 · 박상현 · 박문균 · 박태진 · 강희완¹ · 최재을^{2*}

천안시농업기술센터, ¹한경대학교 생물환경정보통신전문대학원, ²충남대학교 농업생명과학대학

Selection of Resistant Rootstock and Development of Overwintering Methods for Control of Crown Gall Disease on Grapevine

Sung-Su Kang, Sang-Heon Park, Mun-Kyun Park, Tae-Jin Park,
Hee-Wan Kang¹ and Jae-Eul Choi^{2*}

Agricultural Development and Technology Center, Cheonan 330-846, Korea

¹Graduate School of Biotechnology and Information Technology, Hankyong National University,
Ansung 456-749, Korea

²College of Agriculture, Chungnam National University, Taejeon 305-764, Korea

(Received on August 9, 2007)

Grapevines will experience various types of winter damage. Some winter damages are caused by mechanical injury, freezing temperatures or poor vine vigor. This research was conducted to find out the appropriate control methods through selection of resistant rootstocks and improvement of overwintering methods for the control of crown gall disease on 'Kyoho' grape. The crown gall symptoms were not found when three stock plants of grapevine SO4, 5BB and 3306 were inoculated with 10^4 cfu/ml of *Agrobacterium vitis* strains (YK2823, YK3312, LMG259, HKA234). But when they were inoculated with higher concentration (10^6 cfu/ml) of *A. vitis*, irrespective of stocks plants, crown galls were formed all of them and the gall size was much smaller than that of Kyoho. Three stock plants were selected as resistant based on above mentioned. Covering trunks and branches with rice straw and insulating coverlet was the most effective method for prevention of crown gall disease. This treatment minimized the ambient temperature changes on grapevine trees during winter season to 9.6°C and the normal plant growth was due to the absence of freezing injury.

Keywords : Control, Covering, Crown gall, Grapeskin, Stock plant

우리나라의 주요 과수인 포도는 2005년도 재배면적이 2만 2천ha로 총 과수 재배면적의 12.9%이며 연간 생산량은 38만 1천 톤으로 총 과일 생산량의 12.9%를 차지하고 있다(농림부, 2006). 재배품종 중에서 '거봉' 포도는 4배체의 대립계로 품질이 매우 우수하여 중부지방을 중심으로 재배되고 있다. 그러나 거봉은 내한성과 뿌리혹병에 대한 저항성이 약한 단점이 있다. 뿌리혹병에 감염된 포도나무는 활력이 저하되고 생산성이 낮아지며(Schroth 등, 1988), 발병 후 2~3년 내에 고사하기도 한다(Dhanvantari, 1983).

뿌리혹균(*Agrobacterium vitis*)은 주로 포도나무 줄기의 지체부에 다육질의 혹을 형성시키며, 덩굴 줄기와 가지에 병을 일으키기도 한다(Ophel과 Kerr, 1990). 뿌리혹병은 여름에 희고 다육질인 켈러스처럼 발생하며 늦여름에 갈색으로 변하고 나무에서 떨어져 전염원이 된다(Person과 Goheen, 1988).

천안과 안성 등 중부지방에서 거봉은 자연 상태로의 월동이 불가능하다. 따라서 동해 방지를 위하여 매년 땅에 묻어주고(흙매물) 있으나 흙매물 작업은 노동력이 많이 필요하다. 전정부위나 나무를 눕히는 과정에서 줄기가 세로로 갈라져 상처가 자주 발생하는데 이 상처를 통하여 토양에 존재하는 뿌리혹균이 감염하여 발병한다(Chamberlain, 1962; Lehoczky, 1968). Park 등(2000)도 포도나무를 땅에 묻을 때 뒤틀림 등으로 생긴 상처를 통하

*Corresponding author

Phone)+82-42-821-5729, Fax)+82-42-822-2631

E-mail) choije@cnu.ac.kr

여 병원균이 감염되므로 거봉 흑병 발생이 많았다고 하였다. 그러므로 거봉포도 줄기를 매몰하지 않고 노지월동이 가능한 지역에서 재배하는 것이 안전하다(Burr 등, 1998).

뿌리혹병은 품질 및 수량을 저하시켜 농가소득이 감소되는 원인이 되기도 한다. 또한 묘목 갱신 주기를 단축시켜 감염되지 않은 상태보다 수령이 약 2~3년 정도 단축되므로 농가의 생산비를 상승시키고 생력재배를 저해하는 원인이 된다.

최근에 김 등(2006)은 PCR 방법에 의하여 포도나무 뿌리혹병균주의 신속한 분리방법을 개발하여 조기 검정법으로 활용할 수 있도록 하였다. 흑병 방제에 관한 연구는 포도품종의 저항성 검정(윤 등, 2003; Rho 등, 2006), 월동방법과 뿌리혹병 발병과의 관계(남 등, 1998) 등이 보고되었을 뿐 연구가 미진한 실정이다. 게다가 포도나무뿌리혹병을 방제할 수 있는 농약의 개발이 전혀 없다. 따라서 본 연구는 거봉의 뿌리혹병 피해를 최소화 하기 위하여 저항성 대목을 대상으로 병 저항성을 탐색하고 효과적인 월동방법을 구명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

대목용 포도의 저항성 검정. 대목의 저항성 검정은 저항성 품종으로 알려진 SO4(Sule 등, 1994), 101-14(Stover 등, 1997), 5BB, SO4, 3306, 3309, 188-08 등을 국내외에서 수집하여 천안농업기술센터에서 증식한 것을 사용하였다. 저항성 검정에 사용한 균주는 HKA234(한경대학교), CNU51과 CNU64(충남대학교), YK2823과 YK3312(농촌진흥청 농업과학기술원 식물병리과), LGM259(Belgium Culture Collection Microorganism) 균주를 초저온저장고에 보관하면서 필요시에 증식하여 실험에 사용하였다.

접종원은 뿌리혹병균을 King's B 배지(proteose peptone 20%, glycerol 10%, KH₂PO₄ 1.5%, MgSO₄·7H₂O 0.5%, agar 1.5%, pH 7.2)에 접종하여 28°C의 항온기에서 48시간 배양한 후 살균수로 세균현탁액(10²-10⁸ cfu/ml)을 만들어 사용하였다.

저항성 검정은 포도 줄기를 잘라 상처 접종하여 온실의 모래가 담긴 포트(직경 30 cm)에 심어 흑의 형성 유무 및 크기를 조사하였다. 각 처리당 5주씩 3반복으로 실시하였다.

포도 줄기 피복에 의한 월동법 비교. 월동시험은 천안시농업기술센터 포도시험연구포장에서 재배중인 5년생 거봉포도나무를 사용하였다.

피복 재료로는 보온덮개(570 g/m², 보림화섬, 충북), vinyl 코팅재(57 g/m², 세원화성, 대전), 보온덮개+벗짚, vinyl 코

팅재+벗짚, 아큐론(570 g/m², 테크론, 경기) 및 벗짚(두께 10 cm)을 사용하였으며, 겨울이 시작되기 전인 11월 하순에 이들 재료들로 줄기를 피복하였다. 흙매몰을 제외한 모든 처리는 줄기의 지제부에서 1.8 m 높이까지 2겹으로 피복하였으며 지면과 접하는 부분은 흙으로 덮었다. 흙매몰은 예비전정 후 결과모지를 가지런히 묶어 눕힌 후 지상부 전체를 흙으로 30 cm 두께로 매몰하였다. 각 처리당 1주씩 10반복으로 하였다.

외기 온도와 토양 및 피복재 내부의 온도는 자동 온도 기록계(SR3000, Yokokawa, Japan)로 외부 기온이 최저로 내려간 2004년 1월 19일부터 1월 25일까지 7일간 조사하였다. 온도측정부위는 흙매몰 처리구는 흙 표면 30 cm 아래, 피복 처리구는 지제부에서 1 m 지점 높이에서 피복재 내부 및 외기의 온도를 측정하였다.

발아율은 1차 눈따기 실시 전인 4월 29일, 신초장 및 절간 굵기는 9월 10일, 고사주는 9월 1일, 과실 수량은 9월 9일에 조사하였다.

결과 및 고찰

뿌리혹병 저항성 대목 선발. 포도나무 대목에 뿌리혹병균을 인공 접종하여 흑의 발생 유무를 조사한 결과는 Table 1 및 2와 같다. 5BB, 3306, SO4 대목은 YK2823, YK3312, LMG259, HKA234 균주를 접종한 결과 뿌리혹이 전혀 발생되지 않아 뿌리혹병에 저항성으로 판단되었다. 또한 SO4와 5BB 대목은 CNU51과 CNU64 균주의 배양액을 10²~10⁴ cfu/ml로 희석하여 접종한 경우는 흑이 전혀 형성되지 않았다. 그러나 세균농도가 10⁶ cfu/ml 이

Table 1. Evaluation of disease resistance of ten grape rootstocks to *Agrobacterium vitis*

Root stock	Tumor size ^a			
	YK2823	YK3312	LMG259	HKA234
5CC	++	+	-	+
3309	+	+	-	+
5BB	-	-	-	-
LN33	+++	+++	+	+++
1201	++	+	-	++
188-08	+	+	-	+
3306	-	-	-	-
CF	++	+	-	+
101-14	+	-	-	+
SO4	-	-	-	-

^a-: no formed, +: 1~2 mm, ++: 2~5 mm, +++: over 5 mm; Inoculum concentration : 10⁴ cfu/ml.

Table 2. Development of crown galls one month after inoculation of different concentrations of *Agrobacterium vitis* on rootstocks

Rootstock	Inoculum concentration (cfu/ml)	Tumor size ^a	
		CNU51	CNU64
SO4	10 ²	-	-
	10 ⁴	-	-
	10 ⁶	++	++
	10 ⁸	++	++
5BB	10 ²	-	-
	10 ⁴	-	-
	10 ⁶	+	++
	10 ⁸	++	++
5CC	10 ²	-	-
	10 ⁴	-	+
	10 ⁶	++	+
	10 ⁸	++	++
Kyoho	10 ²	++	++
	10 ⁴	+++	+++
	10 ⁶	+++	+++
	10 ⁸	+++	+++

^a-: no formed, +: 1~2 mm, ++: 2~5 mm, +++: over 5 mm.

상에서는 흑이 발생하였으나 흑의 크기가 거봉에 비하여 매우 작았다. 5CC 대목은 CNU51 균주의 10⁴ cfu/ml의 농

도에서는 발병하지 않았으나 CNU64 균주의 10⁴ cfu/ml의 농도에서는 작은 흑이 발생하였다.

이상과 같이 저항성 대목은 10⁴ cfu/ml의 농도에서는 발병하지 않는 경우가 많았으나 10⁶ cfu/ml의 농도에서는 인공 접종 시에 흑이 발생하여 완전 저항성은 나타나지 않았다. Sle와 Burr(1998)는 포장 조건에서 저항성 대목에 접목한 포도나무는 뿌리흑병이 현저하게 감소하였음을 보고한 바 있다. 따라서 본 실험을 통하여 선발된 뿌리흑병 저항성 대목은 포도나무 뿌리흑병 방제를 위해 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 판단되었다.

포도나무 월동법 비교. 포도나무의 월동 방법은 Fig. 1과 같으며, 월동 기간 중 보온피복재 처리별 포도나무 줄기 표면의 온도변화(2003년~2004년)는 Table 3과 같았다. 최고기온은 외부 기온(6.4°C)이 가장 높았으며, 그 다음으로 짚 피복(4.7°C), vinyl 코팅피복재(3.0°C), 보온덮개와 볏짚+보온덮개 피복(2.7°C), vinyl 코팅피복재+볏짚(1.5°C), 흙매물(0.3°C) 순으로 나타났으며, 최저기온은 외부 기온(-13.4°C)이 가장 낮았으며, 그 다음으로는 보온덮개 피복(-9.7°C), 짚+vinyl 코팅피복재(-9.5°C), vinyl 코팅피복재(-7.5°C), 볏짚+보온덮개(-6.9°C), 볏짚(-6.0°C), 흙매물(0.0°C) 순으로 낮았다. 거봉의 재배한계온도가 -15°C 이상(농업기술연구소, 1990)이므로 피복에 의한 월동방법도 큰 문제가 없을 것으로 판단되었다.

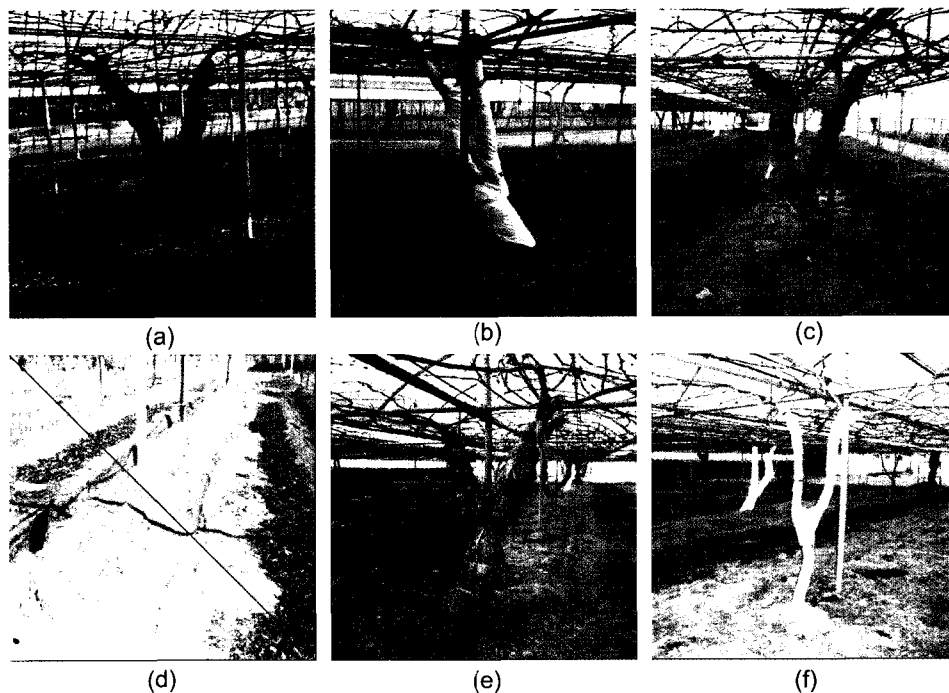


Fig. 1. Covering trunks and branches of grape with some materials for prevention of freezing. (a) nonwoven fabric, (b) vinylcoating covering material+straw, (c) straw+nonwoven fabric, (d) burying under the ground, (e) straw, (f) vinylcoating covering material.

Table 3. The highest and lowest temperature on grapevines covered with heat conservation materials during the winter on January 20, 2004

Covering method	Temperature (°C) on grapevine		Diurnal range (°C)
	Highest	Lowest	
Burying under the ground	0.3	0	0.3
Straw	4.7	-6.0	10.7
Straw+nonwoven fabric	2.7	-6.9	9.6
Nonwoven fabric	2.7	-9.7	12.4
Vinylcoating covering material+straw	1.5	-9.5	11.0
Vinylcoating covering material	3.0	-7.5	10.5
Air temperature	6.4	-13.4	19.8

최고 및 최저온도의 폭은 흙 매물처리구가 0.3°C로 온도변화가 가장 적었고 그 다음으로는 볏짚+보온덮개피복(9.6°C), vinyl 코팅제 피복(10.5°C), 볏짚 피복(10.7°C), 볏짚+vinyl 코팅제 피복(11.0°C), 보온덮개 피복(12.4°C), 외부 기온(19.8°C) 순으로 나타났다. 이는 어린 거봉 묘목의 볏짚+보온덮개의 피복에서의 온도차이가 6.4°C로 가장 적어 동해에 가장 안정할 것이고 보고한 남 등(1998)의 보고와 잘 일치하였다.

외부 기온의 일교차(최고온도와 최저온도와의 차)는 19.8°C이었으며, 모든 처리구의 일교차는 무처리에 비하여 적었다. 특히 흙매물은 최저기온이 0°C로 온도 교차가 가장 적어 안전한 월동법으로 확인 되었다. 또한 피복재의 피복으로도 최저기온과 최고기온이 무처리에 비하여 크게 저하되어 동해 방지에 효과가 있을 것으로 생각되었다.

월동피복재 처리별 뿌리혹병 발생유무를 육안조사 결과 흙매물 처리의 경우 10주중 6주가 감염되었고 vinyl 코팅제 피복, 보온덮개 피복, 보온덮개+볏짚 피복에서는 각각 2주가 발병되었으며 무처리구, vinyl 코팅제 피복+볏짚, 볏짚 피복 처리구에서는 발병되지 않았다(Table 4).

Table 4. The number of infected and died 'Kyoho' grapevines covered with heat conservation materials^a

Covering method	Number of plants		
	Total	Infected	Died
Burying under the ground	10	6	0
Straw	10	-	4
Straw+nonwoven fabric	10	2	2
Nonwoven fabric	10	2	2
Vinylcoating covering material+straw	10	-	2
Vinylcoating covering material	10	2	2
Control	10	-	6

^a Investigated date: September 1, 2004.

Table 5. Budbreak percentage of 'Kyoho' grapevine influenced by heat conservation materials

Covering method	Budbreak percentage (%)
Burying under the ground	79.0 a ^a
Straw	63.0 d
Straw+nonwoven fabric	75.0 b
Nonwoven fabric	69.0 c
Vinylcoating covering material+straw	75.4 b
Vinylcoating covering material	58.0 e
Control (Non-treatment)	56.5 e

^aMeans followed by same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

피복처리구의 발병은 월동처리 이전에 감염된 것인지 월동중에 감염된 것이지는 알 수 없으나 피복처리구의 혹병 발병부위는 모두 줄기 아래쪽인 지체부였다. 흙매물 처리구 이외의 처리에서 발병률이 적게 나타난 것은 흙속의 병원균에 접촉되지 않았기 때문이라 생각하였다.

또한 월동처리별 포도나무의 동해로 인한 고사 정도를 보면 무처리구에서는 10주 중 6주가 고사하였고, 볏짚 피복이 4주, 볏짚+보온덮개 피복이 2주, 보온덮개 2주, vinyl 코팅피복재 2주, vinyl 코팅피복재+볏짚 처리가 2주 고사되었으며, 흙매물 처리구에서는 고사된 나무가 없었다. 고사된 포도나무도 4월 29일에는 발아되었으나 생육 후반에 신초가 모두 고사되었다(Table 4).

보온피복재에 따른 출아율은 Table 5와 같이 흙매물한 처리에서 79%로 가장 높았고 짚+vinyl 코팅피복재 피복 75.4%, 볏짚+보온덮개 피복 75.0%, 볏짚 73.0%, 보온덮개 피복 69.0%, vinyl 코팅제 피복 58.0%, 무피복 56.5% 순으로 낮아졌다.

월동기간 중 보온피복재를 처리하고 이듬해 생장이 멈

Table 6. The shoot length and shoot diameter of 'Kyoho' grapevine covered with different heat conservation materials during winter

Covering method	Shoot length (cm)	Shoot diameter (mm)
Burying under the ground	95.1 a ^a	7.6 a ^a
Straw	82.2 d	6.8 b
Straw+nonwoven fabric	93.3 b	7.5 a
Nonwoven fabric	74.9 e	6.6 b
Vinylcoating covering material+straw	83.3 c	6.9 b
Vinylcoating covering material	74.5 f	6.7 b
Non-treatment	54.7 g	5.7 c

^aMeans followed by same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 7. The effect of heat conservation materials on the number of cluster and soluble solids of grape fruit in 'Kyoho' grape

Covering materials and method	Number of cluster per vine	Soluble solids (°Bx)
Burying under the ground	41.4 b ^a	15.9 ab ^a
Straw	40.5 b	15.9 ab
Straw+nonwoven fabric	44.5 a	15.9 ab
Nonwoven fabric	31.5 d	15.8 b
Vinylcoating covering material+straw	41.2 b	16.0 a
Vinylcoating covering material	38.8 c	15.8 b
Non-treatment	30.4 e	15.4 c

^aMeans followed by same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

춘 수확기인 9월 10일 신초의 길이와 신초의 기부 3~4마디의 절간 굵기를 조사한 결과는 Table 6과 같이 무피복의 5.7 mm에 비해 흙매몰과 벚짚+보온덮개 피복 처리구가 각각 7.6 mm, 7.5 mm로 굵었다. 평균 신초장의 경우는 흙매몰이 95.1 cm, 벚짚+보온덮개 피복구가 93.3 cm로 무피복 54.7 cm 보다 각각 73.8%, 70.5% 길었다. 이는 무피복의 경우 동해에 의해 발아와 생장이 둔화된 것으로 판단되며, 동해방지를 위해 겨울철 월동관리가 필요함을 알 수 있었다.

월동피복재 처리별 상품이 가능한 포도 착과량 및 당도(Table 7)는 벚짚+보온덮개 피복이 1주당 44.5송이로 착과량이 가장 많았고, 그 다음으로는 흙매몰 41.4송이, vinyl 코팅피복+벚짚피복 41.2송이, 벚짚피복 40.5송이, vinyl코팅제피복 38.8송이, 보온덮개피복 31.5송이, 무피복 30.4송이 순이었다. 과실 당도는 무피복이 15.4 Bx로 가장 낮았고 다른 처리구는 차이가 뚜렷하지 않았다. 이를 통해 겨울철 보온 월동 피복재를 활용하여 포도나무를 보호하면 발아와 과실 착과량도 양호하게 나타나는 것을 확인하였다.

이상과 같이 월동 전 벚짚+보온덮개로 줄기와 가지에 피복하는 처리는 혹한기에 수체의 온도변화가 다른 피복재보다 적었고, 동해발생이 없어 출아 및 수세도 안정적이었으며 착과량 및 당도도 우수하였으며, 또한 뿌리혹병을 예방하는데 효과적인 방법으로 판단되었다.

요 약

포도나무의 추위피해는 여러 형태로 나타난다. 월동피해 중에는 기계적 피해, 동해 또는 수세의 약화 원인이 된다. 본 연구는 '거봉'의 뿌리혹병의 피해를 억제하기 위하여 저항성 대목의 선발과 월동법 개선을 통한 방제법

을 개발하기 위하여 실시하였다. SO4, 5BB, 3306 대목에 10⁴ cfu/ml의 뿌리혹병균(YK2823, YK3312, LMG259, HKA234)을 접종했을 때는 흑이 발병하지 않았으나 10⁶ cfu/ml의 높은 농도에서는 모든 대목에서 흑이 형성된다. 그러나 흑의 크기는 거봉에서보다 매우 작았다. 인공접종에 의하여 3 품종의 뿌리혹병 저항성 대목을 선발하였다. 벚짚과 보온덮개로 줄기와 가지에 피복하는 월동법은 뿌리혹병을 예방하는데 가장 효과적이었다. 이러한 처리방법은 포도나무가 월동하는 동안 수체의 온도 차이가 9.6°C로 온도변화가 최소화되었고 동해발생이 없어 정상적으로 생육하였다.

감사의 글

본 연구는 2002년부터 2005년까지 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의하여 수행되었음.

참고문헌

- Burr, T. J., Bazzi, C., Sule, S. and Otten, L. 1998. Crown gall of grape-biology of *Agrobacterium vitis* and the development of disease control strategies. *Plant Dis.* 82: 1288-1297.
- Chamberlain, G. C. 1962. The occurrence of aerial crown gall of grapevines in the Niagara peninsular of Ontario. *Can. Plant Dis. Surv.* 42: 208-211.
- Dhanvantari, B. N. 1983. Etiology of grape crown gall in Ontario. *Can. J. Bot.* 61: 2641-2646.
- 김종근, 임선화, 이대성, 최재을, 윤해근, 박상현, 강성수, 강희완. 2006. PCR 특이검출에 의한 국내 포도나무 흑병 (*Agrobacterium vitis*) 균주의 신속분리 및 병원학적, 생화학 적 특성 비교. *식물병연구* 12: 205-212.
- 남상영, 김선규, 김경미, 정재현, 최관순. 1998. 보온피복재 종류가 '거봉' 포도 유목의 월동시 온도차이, 발아 및 근두암종 병 발생에 미치는 영향. *원예과학기술지* 16: 517-519.
- 농림부. 2006. 농림업 주요 통계. pp. 527.
- 농업기술연구소. 1990. 주요 과수 재배지대의 기후 특성. 농촌진흥청. pp. 183-199.
- Ophel, K. and Kerr, A. 1990. *Agrobacterium vitis* sp. nov. for strains of *Agrobacterium biovar 3* from grapevines. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 40: 236-241.
- Peoson, R. C. and Goheen, A. C. 1988. *Compendium of grape diseases*. APS Press. p. 41. Rho, J. H., Yun, H. K. Park, K. S. and Choi, C. 2006. Evaluating resistance of grapevine cultivars against crown gall by *Agrobacterium vitis*. *Hort. Environ. Biotechnol.* 47: 188-191.
- Schroth, M. N., McCain, A. H., Foott, J. H. and Huisman, O. C. 1988. Reduction in yield and vigor of grapevine caused by crown gall disease. *Plant Dis.* 72: 241-246.
- Stover, E. W., Swartz, H. J. and Burr, T. J. 1997. Crown gall

- formation in a diverse collection of *Vitis* genotypes inoculated with *Agrobacterium vitis*. *Amer J. Enol. Vitic.* 48: 26-32.
- Sle, S., Mozsar, J. and Burr, T. J. 1994. Crown gall resistance of *Vitis* spp. and grapevine rootstocks. *Phytopathology* 84: 607-611.
- Sle, S. and Burr, T. J. 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.