

장미 뿌리혹병 발생과 품종간 저항성 차이

한경숙* · 김원희¹ · 박종한 · 이종섭 · 서상태원예연구소 원예환경과, ¹원예연구소 화훼과

Occurrence of Crown Gall of Rose and Rose Cultivar-specific Resistance

Kyung-Sook Han*, Won-Hee Kim¹, Jong-Han Park, Jung-Sup Lee and Sang-Tae Seo

Division of Horticultural Environment, National Horticultural Research Institute, RDA, Suwon 441-440, Korea

¹Division of Floriculture Research, National Horticultural Research Institute, RDA, Suwon 441-440, Korea

(Received on March 2, 2006)

Crown gall on rose was observed in greenhouse during year 2003-2005. The disease incidence was up to 28.3% and the disease was the severer in hydroponics culture than that in soil. The typical gall symptom occurred mainly on the root and crown resulting in poor foliage, stunting, and fewer blossoms. Sixty-three rose cultivars were inoculated with *Agrobacterium tumefaciens* isolated from rose crown gall, to evaluate rose cultivar-specific resistance. The size of galls from inoculated rose stems was measured in a greenhouse test. Tumors formed in almost varieties of rose inoculated. Based on the frequency of tumor occurrence and weight of galls formed on the stem of rose, it was shown that 'Little Marble', 'Golden Gate' and 'Rosa Roxette' were extremely susceptible to crown gall. Some varieties such as 'Little Silver' appeared to be resistant to the crown gall.

Keywords : *Agrobacterium tumefaciens*, Crown gall, Resistance, Rose

장미(*Rosa hybrida*)는 세계 3대 절화의 하나이며, 국제 교역량이 많고 국내 재배면적이 764 ha(2004)로서 우리나라 화훼류 중 가장 비중이 큰 작물이다. 또한 장미는 기후도의 변화가 빨라 새로운 품종의 요구도도 높을 뿐 아니라 국제간 로얄티 문제 등으로 인해 국내 장미 육성에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 장미에서 발생하는 주요 병해에 대한 연구로는 흰가루병의 발생생태와 저항성 연구(한, 2003)가 수행된 바 있다. 그러나 최근 양액재배 농가를 중심으로 뿌리혹병이 급격히 확산되어 장미 재배농가에서 많은 피해를 주고 있으나 장미 뿌리혹병에 대한 연구보고가 많지 않은 실정이다. 특히 뿌리혹병은 농약 등 화학적 방제가 어려워 저항성 품종을 재배하는 것이 가장 효과적이다. 일본에서는 Zhou 등(1996, 2000)이 장미 대목과 재배품종에 대한 뿌리혹병의 저항성 차이를 연구 보고한 바 있다.

따라서 본 연구에서는 국내 주요 장미재배 지역의 뿌

리혹병 발생상황과 피해를 조사하고, 장미 주요품종을 대상으로 뿌리혹병에 대한 저항성 품종을 선발하고자 수행하였다.

재료 및 방법

뿌리혹병 발생 현황과 감염특성 조사. 2003년부터 2005년까지 경기 고양, 파주, 전남 구례, 전북 임실, 경남 김해 등 17개 시군의 장미 주산단지 중 중심으로 뿌리혹병의 발생상황을 조사하였다. 조사방법은 재배형태에 따라 양액재배와 토양재배로 구분하여 발생정도를 조사하였으며, 조사농가 포장당 5지점을 선정하여 100주에 대한 이병주율을 조사하여 농가의 평균 이병주율을 나타내었다. 또한 장미에서의 뿌리혹병 발생특성을 조사하기 위해 뿌리혹병 발생이 많은 양액재배 농가에서 장미의 식물체 부위를 뿌리, 지제부, 지상부 줄기로 구분하여 발병정도를 조사하였다.

영양번식하는 장미의 삽목에 따른 뿌리혹병의 감염특성을 조사하기 위해 뿌리혹병 발생이 심한 포장에서 장미 삽수를 채취하여 병 감염정도를 조사하였다. 2004년

*Corresponding author

Phone)+82-31-290-6233, Fax)+82-31-290-6259

E-mail) kshan9@rda.go.kr

원예연구소 유리온실에서 뿌리혹병에 감수성을 나타내는 ‘골든게이트’를 선정하여 시험하였다. 양액재식 6개월된 장미에 인위적으로 뿌리혹병 병원균을 지재부에 접종하여 뿌리혹병에 100% 감염된 다발생 포장을 조성하였다. 뿌리혹병에 심하게 감염된 식물체로부터 삽수를 채취하여 50공 트레이에 삽목(single-node cutting)한 후 유리온실 내 알루미늄 벤치에 두고 삽목 50일 후 뿌리혹병 재감염 정도를 조사하였다.

주요 품종에 대한 저항성 선발 시험. 장미 뿌리혹병 저항성 품종선발 시험은 2004년 원예연구소에서 수행하였으며 우리나라에서 재배되고 있는 롯데로제 등 주요 품종 64종에 대한 저항성 선발시험을 실시하였다.

식물체 준비. 뿌리혹병에 감수성을 나타내는 ‘골든게이트’를 대비 품종으로 이용하여 품종 저항성 검정 시험은 64개 품종을 대상으로 검정시험을 수행하였다. 각각 저항성 검정시험을 위해 원예연구소 화훼과에서 뿌리혹병에 감염되지 않은 식물체로부터 삽수를 채취하여 50공 트레이에 삽목하여 발근시킨 식물체를 사용하였다. 충분히 발근이 이루어진 식물체는 직경 8 cm 검정 비닐 포트에 상토:펄라이트를 9:1의 비율로 혼합하여 식재 후 유리온실 내 알루미늄 벤치에 처리 당 5주씩 3반복으로 배치하였다.

병원균 준비. 장미 재배농가에서 뿌리혹병에 걸린 장미로부터 뿌리혹을 수집하여 병원균을 분리하였다. 새로

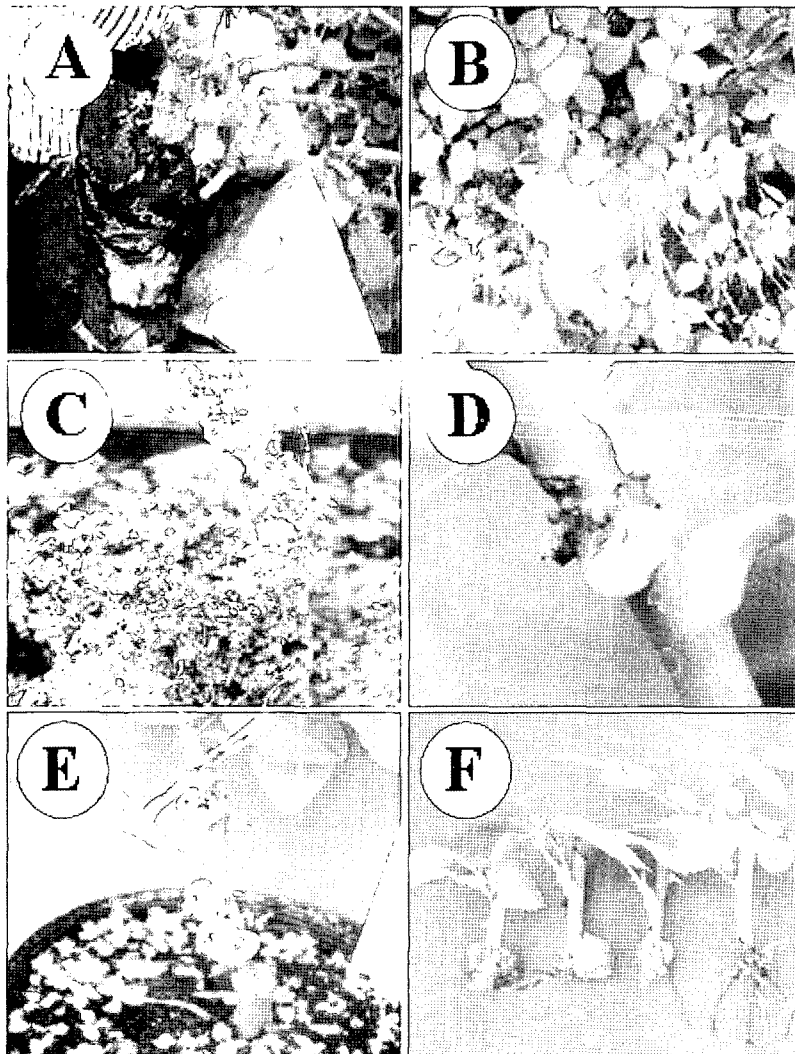


Fig. 1. Symptoms of crown gall of rose caused by *Agrobacterium tumefaciens*. **A:** Gall on rose root, **B:** crown and stem of rose in hydroponics culture, **C:** Gall at basal region of rose below soil surface, **D:** Young developing galls on stem, **E:** Symptom induced by artificial inoculation showing identical symptoms, **F:** Incidence of crown gall (**left**; rooted-plants from conducive fields, **right**; non-conductive fields).

형성된 흑병 조직을 잘게 잘라내어 살균수가 담긴 시험관에 현탁시켰다. 이 세균 현탁액을 D-1 배지(Dhingra, 1985)에 도말한 뒤 배지를 25°C에서 3일 동안 배양한 후 olive-green 색을 나타내는 단일 콜로니를 수거하였다.

저항성 검정. 장미 뿌리혹으로부터 분리하여 동정되어진 균주 중 하나인 04-021 균주를 D-1 배지에 3일 배양한 후 살균수로 2×10^8 cfu/ml의 농도로 희석한 후 병원성 검정에 사용하였다. 발근된 장미 줄기에 지체부로부터 지상 5 cm, 10 cm, 15 cm에 각각 실험용 메스로 길이 0.5 cm로 상처를 유발한 후 상처부위에 준비된 세균 현탁액을 0.1 ml/씩 주사기로 주입하였다(Fig. 1-E). 접종된 장미 식물체는 27~33°C 유리온실에 두고 접종 7일 후부터 흑형성 유무와 발병정도를 조사하였고 접종 30일 후 접종 부위에 대한 흑형성과 평균흑형성수를 산출하였다.

저항성 평가. 접종 후 장미 식물체 줄기에 형성된 뿌리혹의 발생을 조사하였으며, 최종적으로는 접종 30일 후 장미의 이병주율(%)을 (흑형성주수/처리주수) \times 100로 산출하였다. 또한 1주당 평균 흑형성수는 식물체 1주에 접종된 부위마다 형성된 흑의 수를 평균값으로 산출하였다. 장미 품종과 대목에 대한 뿌리혹병 저항성 평가는 이병주율(%)을 기준으로 하였으며, 강(R) : 10% 이하, 중(MR) : 11%~49%, 약(S) : 50% 이상의 3단계(Table 6)로 판정하였다.

결과 및 고찰

장미 주산단지에서 뿌리혹병 발생 조사. 장미 주산단지의 뿌리혹병 발생상황을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 이것은 줄기와 지체부에 발생하는 뿌리혹병의 발생특성에 따라 쉽게 발생이 확인되었다. 지역별 뿌리혹병 이병주율은 장미가 대규모로 오랫동안 재배되고 있는 고양, 김해, 구례, 임실 등에서 발생이 높았으나, 같은 지역에서도 농가포장에 따라 발생정도의 편차가 높아 농가에 따라 차이가 많이 나는 것으로 조사되었다.

재배형태에 따른 뿌리혹병은 발생 조사결과는 Table 2와 같다. 주로 양액재배에서 발생이 많았다. 그러나 토양재배의 경우 감염이 되었어도 외부로 흑이 형성되는 일이 드물어 직접 식물체의 뿌리를 굴취하여야 이병여부를 확인할 수 있었다. 특히 생육이 부진하고 shoot 형성이 저조한 식물체를 굴취하였을 경우 토양에 묻힌 지체부 또는 접목부위에 흑이 형성되는 경우(Fig. 1-C)가 많아 잠재적인 피해정도는 조사성적 보다 높을 것으로 예측되었다.

Horst(1983)에 의하면 뿌리혹병이 삽수에 의해 1차적 감염이 이루어지며, 장미 재배과정 중 전정 및 채화과정에

Table 1. The occurrence of crown gall on rose in major cultivation areas surveyed in Korea from 2003 to 2005

Area surveyed	No. fields surveyed	Disease incidence (%)
Gyeonggi-do Goyang-si	21	0~28.3
Paju-si	6	0~12.9
Yeoncheon-gun	3	0
Pyeongtaek-si	6	0~1.9
Chungcheongnam-do Taean-gun	5	0~25.3
Chungcheongbuk-do Jincheon-gun	3	1.3~15.7
Gangwon-do Hoengseong-gun	5	0~5.6
Pyeongchang-gun	1	0
Gyeongsangbuk-do Gumi-si	2	<1.0
Gyeongsangnam-do Gimhae-si	11	3.4~25.1
Busan metropolitan city	2	0~2.7
Jeollanam-do Gurye-gun	2	12.3~28.0
Yeosu-si	1	14.3
Jeollabuk-do Gimje-si	1	<1.0
Imsil-gun	3	9.3~27.7
Suncheon-si	1	8.3
Jangsu-gun	1	6.2
17	74	0~28.3

Table 2. The occurrence of crown gall on rose in culture type surveyed in Korea from 2003 to 2005

Culture type	No. fields surveyed	Disease incidence (%)
Hydroponics	51	0~28.3
Soil culture	23	0~<1.0

서 상처를 통해 쉽게 전염된다고 보고하였다. 특히 양액재배시 꽃이 피지 않을 가지(blind shoot) 옆으로 굽혀 재배하는 절곡(折曲) 기술의 도입으로 줄기 절곡과 채화가 빈번한 양액재배 장미에서 더 심한 피해를 나타내는 것으로 생각된다.

감염특성 조사. 식물체를 뿌리, 지체부, 지상부 줄기로 구분하여 발생정도를 양액장미에서 조사한 결과(Table 3) 지체부 감염율이 전체 발생농가의 83.3%를 차지하였고 이병주율도 28.3%로 매우 높았으며, 뿌리 감염농가도 23.3%로 조사되었다. Horst(1983)에 의하면 뿌리혹병은 땅가부위의 지체부에 주로 발생하여 crown gall이란 이름도 유래되었으며, 지상부 식물체 부위에는 발생이 드문 것으로 보고한 바 있다. 장미의 번식 및 재배의 특성으로 볼 때 삽목에 의한 영양번식과정에서 뿌리혹병에 감염되거나 병원균에 오염된 포장 또는 양액배지에 삽목했을 경우 감염이 이루어지기 때문에 주로 뿌리와 지체부에 감염이 높은 것으로 판단되었다(Fig. 1-A, B). 이에 비해 지상부 줄

Table 3. The incidence of crown gall on portion of rose plants in hydroponics culture

Portion of rose plants	No. fields diseased	Disease incidence (%)
Root	23.3	8.9
Crown	83.3	28.3
Stem	13.3	2.3

Table 4. The incidence of crown gall at single-node cutting root from plants detached at fields infected by crown gall

Treatments	Number of plants tested	Number of plants diseased	Disease incidence (%)
Infected fields	138	42	30.4
Non-infected	100	0	0.0

Table 5. Response of rose cultivars to *Agrobacterium tumefaciens* 30 days after inoculation

Cultivar	Disease incidence (%) ^a	Mean number of tumors ^b	Cultivar	Disease incidence (%) ^a	Mean number of tumors ^b
Little Silver	0	0	Joy	53.3	1.6
Adena	0	0	Cioce	55.6	1.7
Truth Mimy	0	0	Bravo	55.6	1.7
Marila	0	0	Vivaldi	58.3	1.8
Colormia	0	0	Juvena	60.0	1.8
Natasha	0	0	Dorless	61.1	1.8
Pretty Woman	5.1	0.2	Co Co	66.7	2.0
Red Sandra	6.7	0.2	Silva	66.7	2.0
Royal Touch	8.3	0.3	Clementine	66.7	2.0
Elliza	8.3	0.3	Shaphia	72.2	2.2
Airean Pink	13.3	0.4	Evelen	73.3	2.2
Yellow Mimi	15.2	0.8	Gold Struck	73.3	2.2
Lemon Dream	20.0	0.6	New Miracle	73.3	2.2
White Candy	20.0	0.6	Rockssette	73.3	2.2
Rote Rose	33.3	1.0	Charming	75.0	2.2
Vital	33.3	1.6	Whiteday	75.0	2.3
Pink Pearl	33.3	1.0	Lambada	77.8	2.3
Purple Prince	33.3	1.0	Pastel Bobo	80.0	2.4
Swing	33.3	1.0	Landora	80.0	2.3
Pink Charm	33.3	1.0	Beauty Black	80.0	2.4
Medeo	37.8	1.7	Spice	80.0	2.4
Pink Lady	38.9	1.2	Sunset	80.0	2.4
Commet Mue	40.0	1.2	Pinochio	86.7	2.6
Lidia	40.0	1.2	Marcalena	88.9	2.7
Veronica	40.0	1.2	Sweet Pink	91.7	2.8
Red Queen	41.7	1.3	Madonna	93.3	2.8
Marenas Dream	44.4	1.3	Lion Sunshine	93.3	2.8
Jellparey	50.0	1.5	Nobless	94.4	2.8
Rose-you-me	50.0	1.5	Scarlet Mimy	95.2	2.9
Escimo	51.3	2.5	Golden Gate	100.0	3.0
Glory	53.3	1.6	Rosa Roxette	113.3	3.4
Teresa	53.3	1.6	Little Marble	127.8	3.8

^aDisease incidence (%)^bMean number of tumors per plant

기에서의 감염은 2.3%로 비교적 낮았다.

지체부와 뿌리에 대한 뿌리혹병의 감염정도가 높은 것은 주로 장미를 삼목하는 과정에서 감염이 이루어지는 것으로 뿌리혹병의 발생이 심한 포장에서 삼수를 채취한 식물체에서 재감염율이 30.4%로 나타났다(Table 4). 삼목과정에서 병원균에 감염된 경우는 Fig. 1-F에서 보는 바와 같이 발근(發根)이 이루어지는 부위에 혹이 형성되어 뿌리생육이 불량해져 장미 생산에 심각한 피해를 나타내었다.

주요 품종에 대한 저항성 선발 시험. 장미 뿌리혹에서 분리한 병원균을 줄기에 접종한 결과 접종 7일 후 병 발생이 처음으로 확인되었고, 14일 후부터는 품종에 따라 혹 생장에 차이를 나타내었다. 이들 병징은 자연 발병된

Table 6. Difference in crown gall resistance among rose cultivars and rootstocks

Resistance to tumor formation	Cultivar
Low >50% ^a	Escimo, Glory, Teresa, Joy, Cioce, Bravo, Vivaldi, Juvena, Dorless, CoCo, Silva, Clementine, Shaphia, Evelen, Gold Struck, New Miracle, Rockssette, Charming, Whiteday, Lambada, Pastel Bobo, Landora, Beauty Black, Spice, Sunset, Pinochio, Marcalena, Sweet Pink, Madonna, Lion Sunshine, Nobless, Scarlet Mimy, Golden Gate, Rosa Roxette, Little Marble
Middle 11-49%	Airean Pink, Yellow Mimi, Lemon Dream, White Candy, Rote Rose, Vital, Pink Pearl, Purple Prince, Swing, Pink Charm, Medeo, Pink Lady, Commet Mue, Lidia, Veronica, Red Queen, Marenas Dream
High <10%	Little Silver, Adena, Truth Mimy, Marila, Colormia, Natasha, Pretty Woman, Red Sandra, Royal Touch, Elliza

^aDisease Incidence

병징과 동일하였다. 처음에는 장미 줄기 접종부위로부터 흰색-연한 녹색의 칼루스 조직이 형성되며 뚜렷한 흑의 형태를 나타내지 않는다. 저항성 품종은 상처부위에 칼루스만 형성한 후 흑으로 진전되지 않았다. 그러나 감수성 품종에서는 Fig. 1-D에서 보는 바와 같이 줄기외부에 팔알크기의 흑이 뚜렷하게 형성되며 흑의 크기가 빠른 속도로 증가하였다. Creasap 등(2004)에 의하면 흑은 식물체의 성장과 비례하여 발달하며 생체내에서 분비되는 생장조절물질인 auxin과 cytokinin의 조절에 의해 좌우되며 품종간 저항성과도 관련이 있다고 보고한 바 있다.

우리나라에서 재배되고 있는 주요 장미 품종을 대상으로 뿌리혹병에 대한 저항성 품종선발 시험 결과 대비품종인 ‘골든게이트’의 흑형성율은 100%, 평균 흑형성수는 3.0으로서 매우 높은 발병율을 나타내었다. 특히 장미농가에서 뿌리혹병 발생이 높은 품종으로 알려진 ‘리틀마블’과 ‘로사로제트’의 경우 흑형성율이 각각 127.8%와 113.3%를 보여 병원균이 접종된 부위 뿐 아니라 인근 줄기 조직에 까지도 흑병이 전이되어 흑형성수가 접종부위수 보다 높은 이례적으로 매우 높은 감수성을 나타내었다. Marti 등(1999)에 의하면 장미 줄기의 접종부위로부터 5 cm 이상 떨어진 부위에서도 병원균이 검출되었던 보고과 일치하였다. 그러나 ‘나타사’, ‘리틀실버’ 등 6개 품종은 흑이 전혀 발생하지 않아 저항성이 강한 것으로 조사되었다. 그 밖의 품종으로는 우리나라 재배면적이 많은 ‘롯데로제’와 ‘비탈’에서는 흑형성율이 33.3%로 조사되었다.

주요 장미 품종에서는 뿌리혹병에 대한 저항성의 차이에 따라 뿌리혹병의 발생이 많았던 포장에서는 품종 교체시 우선적으로 저항성 품종을 선택하여 재배하여야 하고, 시장성 등을 고려해 감수성 품종을 재배코자 한다면 철저한 포장소독을 통해 발병확률을 줄이고 반드시 뿌리혹병에 감염되지 않은 포장의 건전한 식물체로부터 삽수를 채취하여 재배해야 할 것이다. 저항성 검정에 사용한

64개 장미 품종 중 흑형성을 10% 이상을 나타낸 품종 비율이 84%로서 대부분의 품종이 병원균의 밀도가 높고 발병에 양호한 조건에 놓일 경우 뿌리혹병에 감염되어 장미 생산에 상당한 문제가 야기될 가능성이 있을 것으로 생각되었다. 김 등(2004)에 의하면 감나무 뿌리혹병의 발생시 나무의 직접적인 고사는 일어나지 않더라도 심각한 수량감소를 초래하여 경제성이 상실되는 피해를 보고한 바 있다. 또한 장미 뿌리혹병에 대한 저항성 대목연구의 필요성도 인식되고 있으며, 외국에서는 대목에 대한 저항성 검정과 차이에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으며(Benjama, 2002), Zhou 등(2000)은 저항성 대목을 검정할 수 있는 효과적인 진단법을 개발한 바 있어 우리나라도 저항성 대목연구를 통해 뿌리혹병에 대한 효과적인 예방이 이루어질 것이다.

요 약

2003년부터 2005년까지 장미 주요 재배단지를 중심으로 뿌리혹병 발생을 조사한 결과 전지역에서 발생이 확인되었으며, 주로 토양재배보다는 양액재배되는 장미에서 발생이 더 심하였다. 뿌리혹병에 감염된 장미는 주로 지체부에 발생이 많았으며, 뿌리에 발생하여 생육이 부진해지는 피해를 나타내었다. 저항성 품종 선발에서는 ‘리틀실버’ 등 10품종만이 저항성 품종으로 검정되었을 뿐 대부분이 감수성이었다. 특히 ‘골든게이트’, ‘리틀마블’, ‘로사로제트’ 등은 매우 감수성이 높았다.

참고문헌

- Benjama, A., Boubaker, A., Khelif, H., Krimi, Z., Nesme, X., Lopez, M. and Zoina, A. 2002. Susceptibility of stone-fruit rootstocks, rose and grapevine to *Agrobacterium radiobacter* var. *tumefaciens* in Arab Mediterranean countries. *Bulletin* 32: 463-466.

- Creasap, J. E., Reid, C. L., Goffinet, M. C., Aloni, R., Ullrich, C. and Burr, T. J. 2005. Effects of wound position, Auxin, and *Agrobacterium vitis* strain F2/5 on wound healing and crown gall in grapevine. *Phytopathology* 95: 362-367.
- Dhingra, O. D. and Sinclair, J. B. 1985. *Basic Plant Pathology Methods*. CRC Press. 291 p.
- 한경숙, 박종한, 이중섭. 2003. 장미 병해 저항성 검정기술 개발. 원예연구소 시험연구보고서 pp. 521-524.
- Horst, R. K. 1983. *Compendium of Rose Diseases*. APS Press. pp. 23-25.
- 김승한, 임양숙, 최성용, 김동근, 최성국, 윤재탁. 2004. 감나무 근두암증병의 발생실태. *한국식물병리학회 식물병연구* 10: 227-230.
- Marti, R., Cubero, J., Daza, A., Piquer, J., Salcedo, Morente, C. I. and Lopez, M. M. 1999. Evidence of migration and endophytic presence of *Agrobacterium tumefaciens* in rose plants. *Eur. J. Plant Pathol.* 105: 39-50.
- Zhou, L., Fukui, H. and Matsumoto, S. 1996. *In vitro* inoculation test for resistance to crown gall disease on rose. *Com. Proc. Inter. Plant Prop. Soc.* 46: 750-754.
- Zhou, L., Suzuki, K., Naruse, T., Fukui, H., Matsumoto, S. and Kageyama, K. 2000. Resistibility of rose rootstocks to crown gall disease determined by *in vitro* testing. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 69: 171-175.