

뿌리혹병 감염이 장미의 생육과 개화에 미치는 영향

한경숙* · 김원희¹ · 박종한 · 한유경 · 정승룡국립원예특작과학원 원예특작환경과, ¹국립원예특작과학원 원예작물부 화훼과

Influence of Crown Gall Infection on Growth and Flowering of Rose

Kyung-Sook Han*, Won-Hee Kim¹, Jong-Han Park, You-Kyoung Han and Seung-Rong CheongHorticultural & Herbal Crop Environment Division, ¹Floriculture Research Division, Department of Horticultural Crop Research, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Suwon 441-440, Korea

(Received on October 9, 2008)

Crown gall of rose (*Rosa hybrida*) was observed in greenhouse during 2003-2007. The average disease incidence was up to 38.1% and was more severe in hydroponic culture as compared to soil culture. The typical gall symptom occurred mainly on the root, crown, or both, and resulted on poor rooting, growth retardation and yield loss. The reduction rate of rooting influenced by crown gall was 57.5% as compared to healthy plants on nursery stock. The location of gall formation in the plant influenced growth vigor resulting in symptoms such as poor shooting. Healthy plants produced 19.1 flowers/m², while diseased plants produced 9.5 flowers/m² during the same cultivation period. Moreover, the number of days to flowering was longer for the diseased plants than for healthy plants - 51.2 days and 39.8 days for first harvest, and 60.6 days and 52.1 days for the second harvest, respectively. Conclusively, infection on the basal stem caused serious loss of the number of shoot formation; yield loss of cut flower was 38.7% due to crown gall infection and delay of harvesting time about 8-10 days.

Keywords : *Agrobacterium tumefaciens*, Crown gall, Rose

장미(*Rosa hybrida*)는 세계 3대 절화의 하나이며, 국제 교역량이 많고 국내 재배면적이 751.2 ha(MAF, 2006)로써 우리나라 화훼류 중 가장 비중이 큰 작물이다. 또한 장미는 기호도의 변화가 빨라 새로운 품종의 요구도도 높을 뿐 아니라 국제간 로얄티 문제 등으로 인해 국내 장미 육성에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그러나 최근 몇 년 사이에 뿌리혹병이 삼수를 통해 양액재배 농가를 중심으로 급격히 확산되어 장미 재배농가에서 많은 피해를 주고 있으나 장미 뿌리혹병에 대한 연구보고가 많지 않은 실정이다.

뿌리혹병은 1853년 포도나무에서 처음으로 발생이 보고된 이래 전 세계적으로 60여과, 140여종에 속하는 목본식물과 초본식물체에 발생하는 것으로 보고되어 있다(Agrios, 2005). 혹병이 생산성이 높은 작물 즉, 포도나무 등 과수에 발생할 경우 수세를 약화시켜 생산량을 감소

시키거나 품질을 떨어뜨린다고 보고된 바 있다(Cho 등, 1999). 특히 장미에서 뿌리혹병이 발생할 경우 주로 뿌리와 지체부에 발생하기 때문에 근권약화로 식물체가 왜소화 되고, 잎이 작아지며(Fig. 1A, B), 꽃수량이 적어지는 등 심각한 경제적 손실을 가져온다고 보고되었다(Horst 등, 2007). 국내에서는 한 등(2006)에 의하면 양액재배가 주로 이루어지는 장미에서는 뿌리혹병의 발생이 최고 38.1%까지 달하며, 채화 및 전정이 빈번히 이루어지는 장미 재배 현실을 감안할 때, 그 대책 마련이 시급하다고 하겠다. 장미 뿌리혹병에 대한 국내 연구로는 발생현황과 저항성 품종선발(한 등, 2006; 김 등, 2006)에 관한 연구가 이루어진 실정이다. 뿌리혹병에 감염된 체리나무의 경우 실제 생장에 영향을 받지 않는다는 보고(Garret, 1987)가 있는 반면 포도나무에서는 심각한 경제적 손실이 나타나는 것으로 Schroth 등(1988)은 보고하였다. 그러나 장미에 대해서는 Poncet 등(1996)이 뿌리혹병 발생이 장미 생육과 수량에 미치는 영향에 대해 보고한 바 있으나 개화 시 품질특성 등에 대한 연구는 보고된 바 없다.

*Corresponding author

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

E-mail) kshan9@rda.go.kr

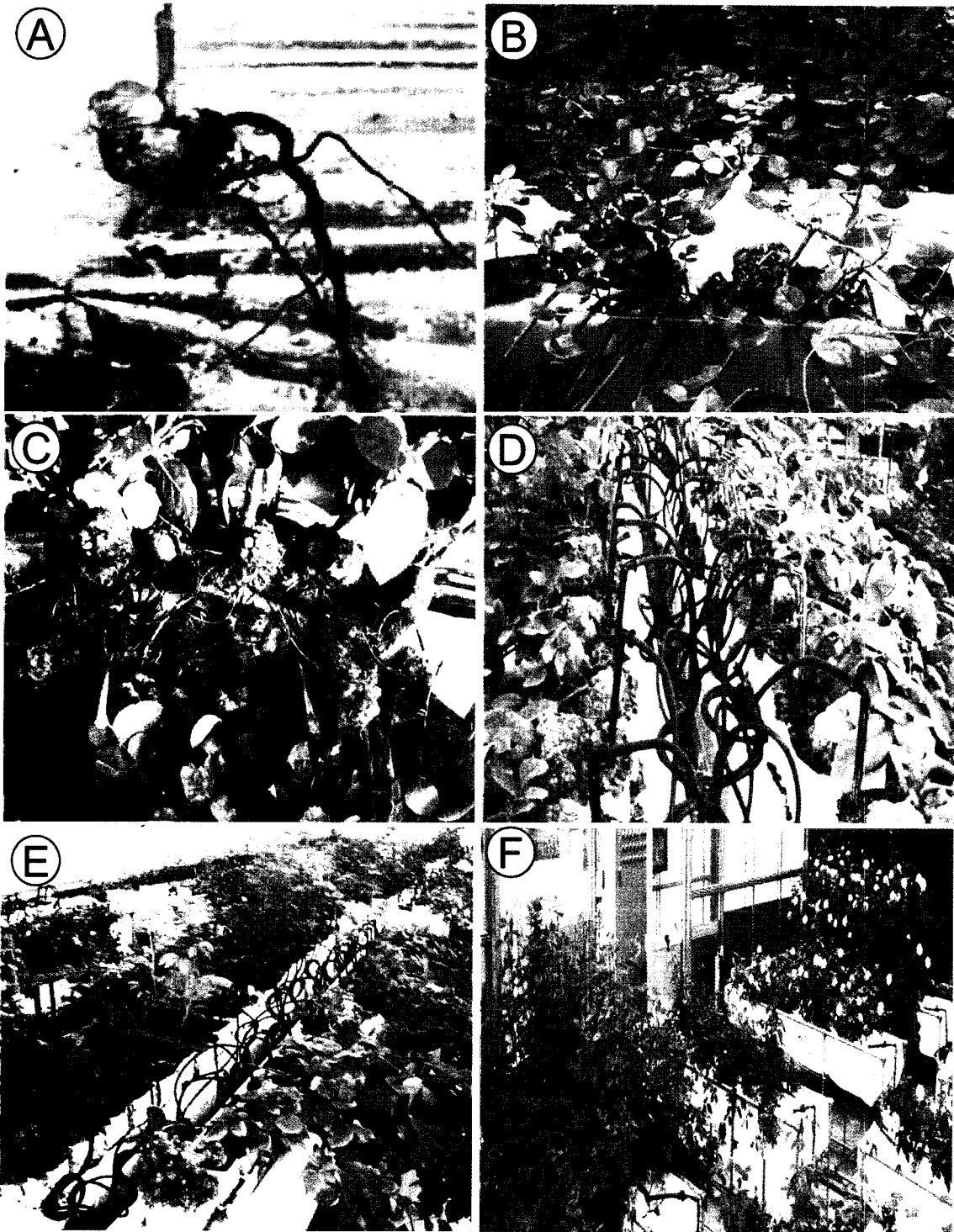


Fig. 1. Symptoms of crown gall of rose caused by *Agrobacterium tumefaciens* on the root at the field cultivated rose plant (A), on the crown (right : infected plant, left : non-infected plant) (B). Crown gall induced during propagating by cutting (C), induced by artificial inoculation for investing (D) influence of plant growth on the roots and crowns. Comparison of the plant growth and yields according between crown gall plants and healthy plants (E), and comparison of days to flowering between crown gall plants (left) and healthy plants (right) (F).

따라서 본 연구에서는 국내에서 발생하고 있는 장미 뿌리혹병의 병원균에 감염된 장미의 생육과 개화에 미치는

영향을 구명하여 이 병에 대한 예방 및 방제의 기초자료로 활용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

식물체 준비. 뿌리혹병 감염이 장미 생육과 개화에 미치는 영향을 조사하기 위해 'Golden gate'와 'Vital' 품종을 시험품종으로 사용하였다. 'Golden gate'는 황색 대륜계 장미로서 뿌리혹병에 대한 저항성에서 감수성을 나타낸 품종(한 등, 2006)이었으며, 'Vital'은 뿌리혹병에 중도 저항성을 나타내는 적색대륜계로서 국내 농가에서 재배를 가장 선호하는 대표적인 장미 품종이었다. 각각 품종은 뿌리혹병이 감염되지 않은 식물체로부터 삽수용 절화지를 채취하여 한마디 삽목방법으로 삽수를 조제하였으며 암면큐브(7.5×7.5×7.5 cm)에 삽목하였다. 삽목상의 온도는 야간 18°C 이상, 주간 25°C 내외가 유지될 수 있도록 관리하였고, 정식된 장미는 유리온실에서 양액재배에 의하여 재배되었으며 양액조성은 화란의 절화장미용으로 개발된 처방을 하였고 낮은 절곡 수형으로 관리하였다.

병원균 준비. 장미 재배농가에서 장미의 지체부 줄기에 형성된 뿌리혹을 채집하여 세균을 분리하였다. 채집한 혹은 수돗물로 표면을 깨끗이 씻어내고 70% 에틸 알콜과 1% 차아염소산나트륨으로 표면 소독 후 멸균증류수로 3회 씻고 건조시켰다. 소독된 혹 조직의 표면은 메스로 잘라내고 내부에 있는 유조직을 5 mm 정도의 크기로 잘라 0.5 ml의 멸균증류수가 들어있는 마이크로튜브에 넣고 실온에서 30분 정도 두었다. D-1 배지(Perry 등, 1982)에 도말, 순수 분리하였으며 *Agrobacterium tumefaciens*로 동정된 균을 10% 글리세롤에 현탁하여 -70°C 초저온 냉동고에 장기 보존하였다. 시험을 위해 병원균은 D-1 배지에 3일 배양한 후 살균수로 현탁하여 2×10^8 cfu/ml의 농도로 희석한 후 병원균 접종에 사용하였다.

발근 및 신초발아 특성. 뿌리혹병에 감수성인 'Golden gate'를 가지고 삽목 시 뿌리혹병 감염이 발근 및 초기생육에 미치는 영향을 조사하였다. 삽수의 발근부위를 뿌리혹병 병원균 현탁액에 30분 침지 후 암면큐브에 삽목하였으며, 무처리인 살균수에 같은 방법으로 침지 후 삽목하였다. 처리 당 30주씩 3반복으로 하였으며, 뿌리혹병 발생 정도와 발근된 뿌리의 무게를 조사하기 위해 굴취 할 것을 감안하여 30주씩 3반복을 추가로 처리하였다. 정식 후 7월 16일과 8월 31일에 걸쳐 신초발아율(%), 뿌리중량(g)과 형성된 혹의 무게(g)를 조사하였다.

수량 및 생육 특성. 뿌리혹병 감염부위에 따른 생육에 미치는 영향을 조사하기 위해 양액배드에 정식 후 균일한 생육을 보이는 'Golden gate'와 'Vital'을 대상으로 뿌리감염, 지체부감염, 뿌리+지체부감염으로 구분하여 뿌리혹병 발생을 유도하였다. 뿌리감염을 위해 정상적으로 발

근된 식물체를 굴취하여 뿌리부위를 뿌리혹병 포자현탁액에 30분 동안 침지 후 다시 암면큐브에 식재하였다. 지체부감염을 유도하기 위해 지체부 줄기에 칼로 상처를 준 뒤 상처부위에 병원균 현탁액을 접종하였다. 접종 후 10일 후부터 접종부위에 뿌리혹이 형성되는 것을 확인할 수 있었으며, 품종에 따른 생육정도를 보기위해 'Golden gate'와 'Vital' 품종을 시험품종으로 하여 각 30주씩 3반복으로 처리하였다. 10월 23일에 절화수량과 절화장(cm), 절화경(mm)을 조사하였다.

절화품질 및 개화특성. 양액장미에서 뿌리혹병 감염이 절화의 품질과 개화특성에 대한 영향을 조사하기 위해 개화단계까지 성장한 양액장미 'Golden gate'를 대상으로 절곡부위와 채화부위에 뿌리혹병 병원균을 상처접종한 후 뿌리혹병 발생을 그림과 같이 인위적으로 유도하였다. 절화수량은 m^2 당 식재주수를 가지고 환산하여 계산하였고 개화된 절화장미의 품질을 조사하기 위해 절화길이(cm), 절화중량(g), 절화경(mm), 꽃목길이(cm), 꽃목경(mm), 그리고 개화된 꽃을 가지고 꽃잎수, 꽃잎두께, 꽃목과 가지굵기 및 경도를 조사였다. 생육조사항목은 모두 농촌진흥청 조사기준(RDA, 1995)에 의거하여 조사하였다. 또한 뿌리혹병이 신초가 형성되는 지체부에 감염된 장미에서 개화에 미치는 영향을 조사하기 위해 낮은 절곡으로 일제히 전정한 시기부터 절화시점까지를 개화소요일수로 계산하였다.

결과 및 고찰

발근 및 신초발아 특성. 삽목 시 뿌리혹병 감염이 발근 및 초기생육에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 6월 9일 삽목한 장미묘에 대해 7월 16일에 뿌리혹병 감염 정도와 성장 정도를 조사하기 위해 감염주와 건전주를 굴취하여 조사한 결과 뿌리혹병을 접종한 식물체는 100% 감염되어 발근부위에 뿌리혹이 형성된 것을 확인할 수 있었으며, 뿌리혹병에 심하게 감염된 식물체는 뿌리를 거의 내리지 못해 발근이 매우 저조하였다(Fig. 1C). 삽목시 뿌리혹병에 감염된 식물체는 발근이 저하됨에 따라 신초발아율도 건전주에 비해 57.5%로 나타났다. 그러나 2차 조사시기인 8월 31일 조사결과에서는 신초발아율(%)이 91.7%로 회복됨을 알 수 있었다. 그러나 신초발아율은 회복되었지만 생육이 부진하여 뿌리발달은 낮아 평균 뿌리무게가 건전주 8.5 g에 비해 7.5 g으로 낮았다. 이처럼 삽목과정에서 발생이 용이한 뿌리혹병이 감염될 경우 식물체의 정상적인 생육에 지대한 피해를 미치는 것으로 판단되었다. 이러한 결과는 Poncet 등(1996)이 번식

Table 1. Influence of early plant growth on rose root-infected during propagating by cutting

Plant status ^a	Jul. 16			Aug. 31		
	Percentage of shoot formation (%) ^b	Weight of root (g)	Weight of gall (g)	Percentage of shoot formation (%)	Weight of root (g)	Weight of gall (g)
Diseased	57.5 b	2.0 b	3.7	91.7 a	7.5 a	10.0
Healthy	100.0 a	5.4 a	-	100.0 a	8.2 a	-

^aRooting date : 2006. 6. 9.^bMean separation in columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

과정에서 뿌리혹병이 감염될 경우 발근율이 현저히 저하되어 묘목생산 판매에 큰 손실을 가져온다는 보고와 일치하였다. 또한 Agrios(2005)에 의하면 식물체에 형성된 혹은 뿌리의 정상적인 양수분의 흡수를 저해함으로써 식물생육에 영향을 미치는 것으로 보고한 바 있다. 특히 국내 장미 생산농가에서는 농가에서 보편적으로 자가삼목을 실시하기 때문에 삼목 시 뿌리혹병에 감염되어 뿌리에 혹이 형성되는 초기 피해가 더욱 확산 될 것으로 예상되고 있다.

수량 및 생육 특성. 뿌리혹병 감염부위에 따른 생육에 미치는 영향을 조사하기 위해 뿌리감염, 지체부감염, 뿌리+지체부감염으로 구분하여 생육 특성을 조사한 결과는 Table 2와 Fig. 1C, D와 같다.

장미 뿌리혹병은 식물체 전체에 발생하여 피해를 주지만 대부분 채화와 절곡과정에서 생기는 상처를 통해 병원균에 감염되기 때문에 지체부 감염이 가장 보편적으로 많다(한 등, 2006). 줄기 하부에서 새로운 신초가 형성되어 자라는 장미의 재배특성상 지체부에 뿌리혹이 형성될 경우 직접적인 신초형성율에 영향을 주어 수량감소를 초

래할 것으로 예상되었다(Fig. 1B). 본 시험결과 'Golden gate'에서 m²당 절화수량은 건전주 10.9본에 비해 지체부 감염 24본, 지체부와 뿌리감염 1.9본으로 현저히 낮았으며, 'Vital'에서도 13.2본 대비 각각 5.8본과 5.5본으로 낮았다. 또한 비탈품종에서는 생장도중 뿌리가 감염된 경우에는 건전주에 비해 수량이 감소하는 경향을 나타내었다. 품종에 따른 피해정도는 감수성품종인 'Golden gate'가 'Vital'보다 현저히 수량이 감소되는 피해를 나타내었다. Porcet 등(1987)의 보고에 의하면 실제 생장에 대한 뿌리혹병의 영향은 기주의 저항성 정도, 감염시기, 감염부위에 따라 영향을 받는 것으로 보고하였다(Fig. 1E).

절화품질 및 개화특성. 뿌리혹병에 감염된 장미 'Golden gate'에서 수확한 절화의 품질과 개화특성에 대한 영향을 조사한 결과(Table 3) 가장 현저한 차이를 나타낸 것은 절화주에서 건전한 식물체에서 m²당 19.1본이 채화되어 상품화되는 것에 비해 뿌리혹병 감염주에서는 9.5본이 생산되었다. 실질적인 수량감소 뿐만 아니라 생산된 절화의 품질을 분석한 결과 장미의 품질에 영향을 주는 평균 절화길이도 건전주 65.2 cm에 비해 44.0 cm로 현저히 짧았

Table 2. Comparison of the plant growth and yields according to the location of gall formation.

Location of gall formation	Golden gate ^a			Vital		
	No. of cut flower (stems/m ²)	Cut flower stalk length (cm)	Cut flower stalk diameter (mm)	No. of cut flower (stems/m ²)	Cut flower stalk length (cm)	Cut flower stalk diameter (mm)
Crown	2.4 b ^b	52.3 ab	4.5 ab	5.8 b	83.2 bc	6.1 b
Root	8.4 a	56.2 ab	5.0 ab	8.4 b	92.6 ab	7.1 a
Crown + root	1.9 b	45.0 b	4.4 b	5.5 b	77.8 c	6.3 b
Non infected plant	10.9 a	60.6 a	6.0 a	13.2 a	94.0 a	7.5 a

^aRooting date : 2006. 6. 9.^bMean separation in columns by Duncan's multiple range test at 5% level.**Table 3.** Comparison of the cut rose flower-productions between crown gall plants and healthy plants

Plant status	No. of cut flower (stems/m ²)	Cut flower stalk length (cm)	Cut flower stalk diameter (mm)	No. of leaves	Cut flower stalk weight (g)	Cut flower blossom length (cm)	Cut flower stalk diameter (mm)	No. of flower petal
Diseased	9.5 b ^a	44.0 b	5.3 a	7.5 a	19.1 a	8.2 a	3.7 a	30.7 a
Healthy	19.1 a	65.2 a	5.3 a	8.1 a	22.2 a	9.1 a	3.9 a	31.5 a

^aMean separation in columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 4. Comparison of days to flowering between crown gall plants and healthy plants

Productions	Plant status	Bending time	Flowering date	Days to flowering
1st. production	Diseased	Jul. 19	Sep. 5-11	51.2
	Healthy	Jul. 19	Aug. 29 - Sep.1	39.8
2nd. production	Diseased	Sep. 11	Nov. 9-14	60.6
	Healthy	Sep. 1	Oct. 20-23	52.1

고, 꽃목길이도 차이를 나타내어 상품적 가치가 저하됨을 알 수 있었다. Porcet 등(1987)은 첫 수확에서 장미 수량은 건전주와 감염주간에 큰 차이를 보이지 않았으나 수확 횟수가 반복될수록 주당 평균수량에 있어서도 3.8본과 2.3본으로 현저히 수량이 감소하는 것으로 보고하였다. 오히려 수확한 장미의 절화길이에 있어 건전주의 59 cm에 비해 감염주 52 cm로 큰 생육차이를 보이는 것으로 보고한 바와 일치하였다. 그러나 절화경경, 꽃목경경, 꽃잎수에서는 큰 차이를 보이지 않았다. Porcet 등(1987)은 건전주의 줄기직경이 2.63 cm인데 반해 감염주는 0.9 cm로 현저히 차이를 보인 것으로 보고하였다. Schroth 등(1988)은 혹의 크기가 클수록 식물체의 생장은 저하된다 고 보고하였으며 감염시기가 빠를수록 식물생장은 저하되지만 한번 형성된 혹이 지속적으로 자라는 것이 아니라 어느 정도 기간이 지나 오래된 혹은 소멸되고 다시 새로운 혹이 형성되는 것과 연관이 있을 것으로 추정하였다.

뿌리혹병 감염된 장미에서 수량 감소 및 품질저하 뿐 아니라 생산성에 큰 영향을 주는 것으로 개화소요일수가 조사하였다(Table 4). 개화소요일수는 2차에 걸쳐 조사하였으며 7월 19일에 낮은 절곡으로 일제히 전정한 시기부터 절화시점까지를 개화소요일수로 계산한 결과 건전주는 8월 29일부터 개화가 시작되어 9월 1일 까지 수확이 가능하였다(Fig. 1F). 그러나 감염주에서는 개화시점이 건전주에 비해 일주일이나 늦은 9월 5일부터 개화가 시작되었으며 이런 개화기 지연은 장미 농가에서 노동효율성이 낮아지게 될 뿐 아니라 생산비에도 피해를 주는 판단되었다. 2차 조사에서도 건전주 52.1일에 비해 60.6일로 더 큰 차이를 나타내었다.

요 약

양액장미에서 발생하는 뿌리혹병에 대해 2003년부터 2007년 까지 피해상황을 조사하였다. 장미 뿌리혹병은 최고 38.1%까지 발생하였으며, 양액재배하는 장미에서 피해가 더욱 심하였다. 전형적인 뿌리혹병 병징은 뿌리와 지체부에 주로 발생하여 생육을 지연시키며 발근억제 뿐

아니라 수량감소를 초래하였다. 삼목과정에서 뿌리혹병에 감염될 경우 발근율이 57.5%로 건전주에 비해 현저히 낮아지는 것으로 조사되었다. 뿌리혹병이 감염된 식물체 부위별로 볼 때 지체부에 감염될 경우 새로운 신초생장을 억제하기 때문에 피해가 큰 것으로 나타났다(Fig. 1-B). 인공접종을 통해 생육중인 장미에서 수량에 미치는 영향을 조사한 결과 건전주의 수량이 19.1본/m²에 비해 감염주는 9.5본으로 수량에 있어 큰 차이를 보였고 절화길이 또한 건전주 65.2 cm에 비해 44.0 cm로 현저히 짧아짐으로서 절화장미의 상품성에도 영향을 주는 것으로 조사되었다. 또한 개화까지 소요되는 일수를 비교해 보면 건전주와 감염주가 각각 51.2일, 39.8일(1차 수확), 60.6일, 52.1일(2차 수확)을 나타내었다. 결론적으로 장미 뿌리혹이 지체부에 감염될 경우 신초의 형성을 억제함으로써 심각한 경제적 수량감소를 초래하여 건전주에 비해 38.7%의 수량감소를 나타내고 개화기까지 소요일수가 8-10일까지 지연되었다.

감사의 글

이 연구는 농촌진흥청농업과학기술개발 공동연구사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Agrios, G. N. 2005. *Plant Pathology*, 5th ed. Elsevier Inc., Academic Press. New York. 922 pp.
- Cho, Y. S., Park, C. S., Lee, S. G., Yi, Y. K., Lim, C. K., Cha, J. S., Choi, Y. C., Choi, J. E., Heu, S. and Hwang, I. 1999. *Bacterial Plant Pathology*. Seoul National University Press, Seoul, Korea. 455 pp.
- Garret, C. M. E. 1987. The effect of crown gall on growth of cherry trees. *Plant Pathol.* 36: 339-345.
- 한경숙, 김원희, 박종한, 이중섭, 서상태. 2006. 장미 뿌리혹병 발생과 품종간 저항성 차이. *식물병연구* 12: 75-80.
- Horst, R. K. and Cloyd, R. 2007. *Compendium of Rose Diseases and Pests*. 2nd ed. APS Press. pp. 28-30.
- 김원희, 한경숙, 이중섭. 2006. 수출장미 검역해충 종합관리 체계 및 뿌리혹병 저항성 품종 개발 연구. *원예시험연구보고서*. 2006. p. 456.
- MAF. 2006. Annual report of floriculture.
- Perry, K. L. and Kado, C. I. 1982. Characteristics of Ti plasmids from broad-host-range and ecologically specific biotype 2 and 3 strains for *Agrobacterium tumefaciens*. *J. of Bacteriology* 151: 343-350.
- Poncet, C., Antonini, C., Bettachini, A., Hericher, D., Pionnat, S., Simonini, L., Dessaux, Y. and Nesme, X. 1996. Impact of the

- crown gall disease on vigour and yield of rose trees. *Acta Hort.* (ISHS) 424: 221-226.
- RDA. 1995. Standard for investigation of agricultural experiment. p85.
- Schroth, M. N., McCain, A. H., Froott, J. H. and Huisman, O. C. 1988. Reduction in yield and vigour of grapevine caused by crown gall disease. *Plant Dis.* 72: 241-246.