

밀폐 기간, 소엽수 및 광주기에 따른 장미의 밀폐삽목 번식 효율

양경록¹ · 정현환² · 박기영³ · 송관정^{4,5*}

¹제주대학교 원예환경전공 대학원생, ²국립원예특작과학원 화훼과 박사후연구원, ³국립공주교육대학교 실과교육과 교수, ⁴제주대학교 원예환경전공 교수, ⁵제주대학교 아열대농업연구소 연구원

Efficiency of Closed Cutting Propagation Affected by Closed Periods, Leaflet Number and Photoperiod in Rose (*Rosa hybrida*)

Gyeong Rok Yang¹, Hyun Hwan Jung², Ki Young Park³, and Kwan Jeong Song^{4,5*}

¹Graduate Student, Faculty of Bioscience and Industry, SARI, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

²Post-doctoral Researcher, Floriculture Research Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Wanju 55365, Korea

³Professor, Department of Practical Arts Education, Gongju National University of Education, Gongju 32553, Korea

⁴Professor, Faculty of Bioscience and Industry, SARI, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

⁵Researcher, Research Institute for Subtropical Agriculture & Biotechnology, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

Abstract. When it comes to single node leafy stem cuttings of rose (*Rosa hybrida*), environmental management such as air temperature, relative humidity, and light affect productivity. In order to investigate the effect of air temperature and relative humidity on the cutting success rate and rooted cuttings quality, a transparent airtight box was used to implement a closed system. We have also tried to find out the most effective photoperiod and the number of leaflets in closed system using artificial light (white LED, 104.0 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ photosynthetic photon flux density). The first experiment was conducted for a total of 6 weeks under 4 airtight period conditions. The number of roots and longest root length decreased as the airtight period increased. But there were no significant differences in the survival rate, shooting rate, and rooting rate according to airtight periods. In the second experiment the results indicated that survival and shooting rate were significantly affected by the photoperiod (0/24, 2/22, 4/20, 8/16, and 16/8 h), the number of leaflets (0, 2, and 4 leaflets) of the cuttings and their interaction. The survival rate was the highest in the 16-h day length and 4 leaflets. By considering survival rate and shooting rate with energy efficiency, the 8-h day length and 2 or 4 leaflets were judged to be the most effective.

Additional key words : IBA (indole-3-butyric acid), PPF, photoperiod, relative humidity, *Rosa hybrida*

서 론

장미(*Rosa* spp.)는 장미과(Rosaceae) 장미속(*Rosa*)에 속하는 작물로 150여 개의 종이 보고되어 있으며 열대에서 한대에 이르기까지 북반구에 넓게 분포되어 있다(RDA, 2021). 국내 절화용 장미 생산은 거의 대부분 양액을 이용한 시설재배에 의존하고 있다(MAFRA, 2021). 시설 재배용 장미 묘목으로는 생산이 간단한 삽목묘가 널리 쓰인다. 절화 생산 암면재배의 경우 삽목묘와 접목묘의 절화 품질에 큰 차이는 없다고 하였다(Chung, 1989). 장미 삽목묘는 주로 암면(rock wool) 큐브를 이용한 플러그 육묘 방식으로 생산되는데(Kim 등,

2013) 발근까지 4주 이상 소요된다. 삽목상 온도는 24–28°C가 적정하고 공중의 상대습도는 98–100%에서 점차적으로 낮추어 관리해야 한다(De Hoog, 2001; Jeong 등, 2007). 공중 습도를 높게 유지하는 이유는 잎의 수증기압포차(vapor pressure deficit, VPD)를 낮춰 증산을 감소시키고 발근 전까지 잎이 시드는 것을 방지하기 위한 것이다(Fordham 등, 2001; Harrison-Murray와 Howard, 1998; Loach, 1977; Luna, 2009; Rosenberg 등, 1991). 사람이 주기적으로 물을 분사하는 방법이나 미스트, 포그 등의 시설이 이용되기도 한다. 최근에는 식물공장과 같은 폐쇄형 식물생산 시스템도 상업화되고 있으며(Kozai, 2007; Park 등, 2013; Um 등, 2009), 밀폐형 LED 식물공장을 활용한 *Phalaenopsis*, *Echeveria* 등 화훼작물의 번식 연구도 수행되고 있다(Kim 등, 2018; Min and Oh, 2020).

*Corresponding author: kwansong@jejunu.ac.kr
Received July 7, 2022; Revised July 25, 2022;
Accepted July 25, 2022

현재 국내에 식물공장을 활용하여 장미를 육묘한 사례는 없으며, 종묘업체는 미스트와 포그 시설을 활용하고 자가육묘 농가는 삼목상 위에 비닐을 설치하여 밀폐하였다가 비닐을 걷으며 물을 분사하는 방식을 주로 사용하고 있다. Ohira 등 (2009)은 장마철 삼목 시에 미스트 시스템을 이용한 것보다 비닐 하우스 밀폐 시스템을 이용한 것이 생존율이 더 높고 발근 속도가 빨랐다고 하였다. Lois와 Donald(2019)은 상대습도를 100% 가까이 유지할 필요는 없으며, 통풍 조건에서 발근이 향상되나 밀폐형보다 많은 관리가 필요했다고 하였다. 삼목상을 밀폐하는 방식이 간편하고 비용이 적게 드는 이점은 있지만, 완전히 밀폐가 되지 않아 상대습도가 기대보다 낮거나 주기적인 물 분사 노력이 들고 자연광에 의해 비닐 내부 온도가 상승하는 문제가 있다(Lois와 Donald, 2019). 특히 여름철은 자연광을 이용하는 모든 형태의 삼목 방식이 고온에 영향을 받아 묘 생존율이 매우 낮다. 차광하여 내부 온도를 낮추려 하지만 광이 부족할 경우 묘의 줄기가 검게 변하여 고사율이 높아진다. 장미 건전묘의 연중생산을 위해서는 인공광을 활용하는 실내에서 에너지 비용을 최소화하며 최적의 환경관리 조건을 갖추는 것이 공간 활용과 에너지 절감 측면에서 유리할 것이다(Um 등, 2009).

따라서 본 연구에서는 장미 밀폐 삼목의 이점을 극대화시키기 위해 투명 플라스틱 박스를 이용한 밀폐방법을 적용하여

밀폐 기간에 따른 삼목 성공률과 묘 소질을 분석하여 밀폐 기간을 최대한 늘리고자 하였으며, 밀폐 기간 동안 인공광 조건에서 가장 효율적인 삼수 소엽(leaflet)의 개수와 광주기(photo-period)를 구명하여 실내에서 최소 시설로 육묘할 수 있는 방법을 찾고자 하였다.

재료 및 방법

1. 식물 재료

식물 재료로 장미(*Rosa hybrida*)의 ‘Maisie’(Dümmen Orange Ltd., the Netherlands)를 사용하였다. 삼수의 채취는 개화 직전 단계의(De Hoog, 2001; RDA, 2021) 꽃봉오리 가지 중간 부위의 5매엽 마디를 사용하여 이루어졌으며, 삼수의 크기는 총 길이가 5-6cm가 되도록 1마디로 조제하였다.

2. 밀폐삼목 기간, 삼수의 소엽수 및 광주기의 처리

총 6주간의 삼목 기간에 밀폐 기간을 1주, 2주, 3주 및 6주로 하였고 나머지 기간은 밀폐용 덮개를 개방하여 유지하였다. 삼수는 기부 4개의 소엽만을 남기도록 절단 조제하였다. 삼목 전 삼수는 20ppm IBA 용액에 1시간 침지되었다. 밀폐삼목상은 폴리프로필렌(polypropylene) 재질로 만들어진 덮개가 있는 투명 박스(455 × 600 × 190mm, Changsinliving, Korea)

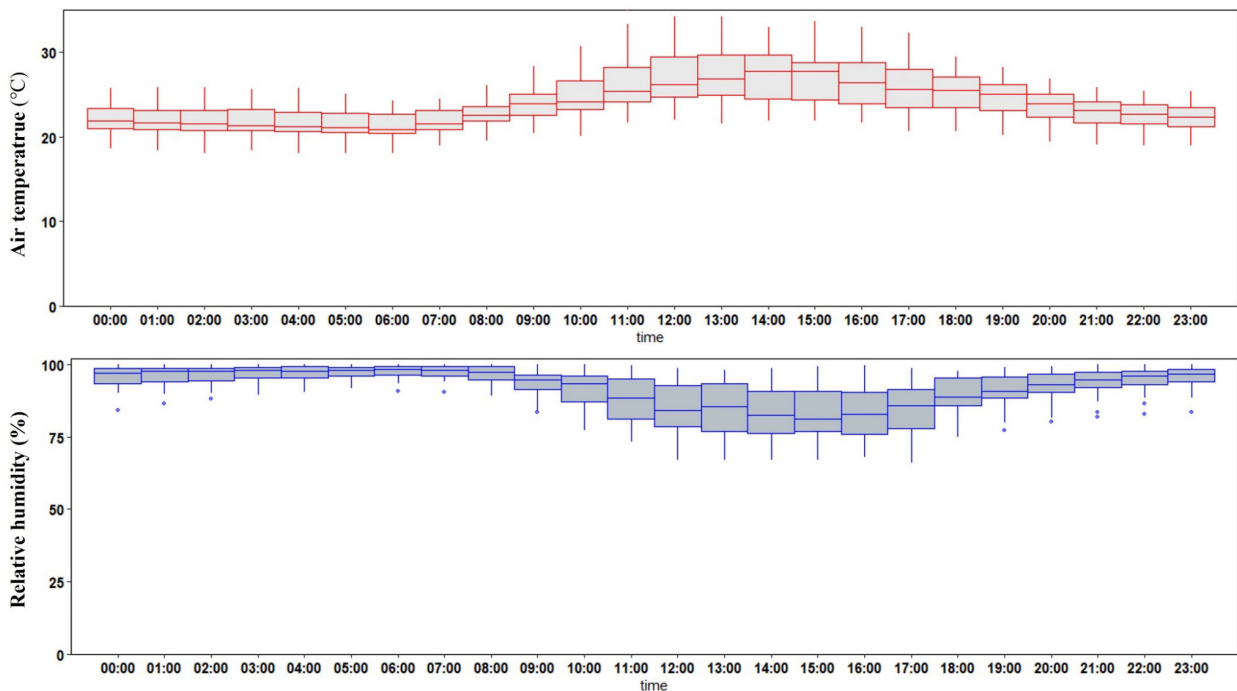


Fig. 1. Air temperature (A) and relative humidity (B) every hour in greenhouse during the experiment. Center line = median; box limits = upper and lower quartiles; whiskers = 1.5× interquartile range; dot = outlier.

안에 물로 완전히 포화시킨 암면 블록(75 × 75 × 65mm, MS Block, Grodan, Denmark) 35개를 넣어 구성하였다. 각각의 암면 블록에 1–2cm 깊이로 1개씩 삼수를 꽂은 후 뚜껑을 닫기 전에 살균제(Otiba, azoxystrobin 21.7%, Syngenta Korea, Korea) 0.05%를 스프레이 하였다(Pourghorban 등, 2019).

투명 박스의 밀폐삽목상은 국립원예특작과학원 벤로형 유리온실에서 정치되었으며 유리온실 내의 온도와 공중습도는 데이터로거(WatchDog 1000 Series Micro Stations, Spectrum Technologies, Inc., USA)를 이용하여 1시간 간격으로 측정하였으며 시간대별로 나타내었다(Fig. 1). 밀폐 기간 동안 투명 박스 안의 상대습도는 100%로 뚜껑에 결로가 맺힌 상태로 유지되었으며, 밀폐기간 이후에는 뚜껑을 서서히 열어 온실 내 습도와 같게 관리하였다.

삼수의 소엽 개수와 광주기는 주간 밀폐삽목 상태로 복합 처리되었다. 삼수의 소엽 개수는 소엽의 완전 제저, 기부 2매 및 기부 4매 남김의 3수준으로 설정되었다. 삼수는 암면 블록에 1개씩 꽂은 후 플라스틱 박스에 소엽 개수 수준별로 11개씩 무작위로 배치하였다.

밀폐삽목상의 플라스틱 박스는 기온 25°C, 상대습도 40%로 설정된 실내 육묘대에 정치되었다. 광주기는 백색 LED (18W, DaesanPrecision, Gunpo, Korea)를 사용하여 명기/암기를 각각 0h/24h, 2h/22h, 4h/20h, 8h/16h, 16h/8h로 처리하

였으며 인접한 처리 구역의 광이 투과되지 않도록 암막 천을 이용하였다. 투명박스 내 기온, 상대습도, 광량(photosynthetic photon flux density, PPF)은 일정하게 유지되었으며 명기 16시간 조건에서 실험기간 동안 1시간 간격으로 측정된 값을 시간대별로 나타내었다(Fig. 2). 1주째에 죽은 삼수를 제거하기 위해 개봉한 것 외에는 실험기간 내내 밀폐를 유지하였다. 모든 처리는 3반복으로 수행하였다.

3. 생육조사

삼목묘의 활착은 1cm 이상의 신초와 뿌리 발생으로 판단하였다(Bredmose 등, 2004). 처리가 종료된 후 생존율(%)과 신초발생률(%) 및 발근율(%)을 조사하였다. 신초 길이와 뿌리 길이는 각 투명 박스에서 임의로 10주식을 표본 추출하여 조사하였다. 뿌리길이는 가장 길게 발달한 뿌리 1개의 길이를 조사하였다(Jung 등, 2020; Nam 등, 2017).

4. 통계분석

통계분석은 R(R version 4.0.3, Bunny-Wunnies Freak Out)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 처리 평균 간 비교를 위해 5% 유의수준에서 Duncan의 다중 검정을 실시하였다.

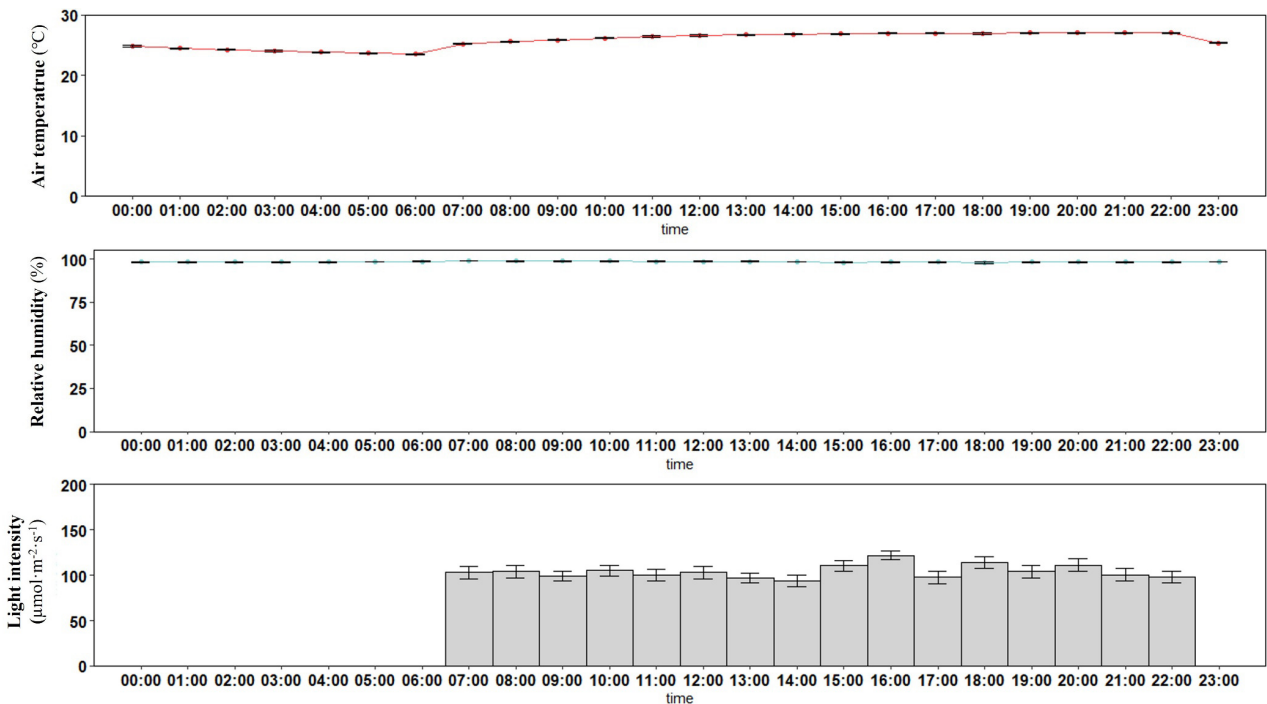


Fig. 2. Average of air temperature (A), relative humidity (B) and light intensity (C) every hour inside the closed box during the experiment. Vertical bars mean mean ± SE.

결과 및 고찰

1. 밀폐 기간에 따른 삽목 활착률과 묘의 소질

밀폐 기간에 따른 삽목묘의 생존율은 1주 밀폐 후 개봉한 처리에서 61.9%로 가장 높게 나타났으며, 밀폐기간이 길어질수록 생존율이 낮아지는 경향이었으나, 통계적인 유의차는 없었다(Table 1). 장미 삽목번식에서 전 기간을 밀폐하여 상대 습도를 100% 내외로 유지하여 생존율을 비교한 보고는 거의 없으나 밀폐와 가습 시설 없이 증산억제제를 처리한 Jung 등(2020)의 실험에서는 대조구의 생존율이 79%로 높게 나타났는데 이는 품종 차이와 배지 내 수분함량 때문이라 하였다. Kim 등(2021)의 실험에서는 소엽의 황화율과 낙엽률로 보아 생존율이 60% 내외였을 것으로 추정되었다.

삽목묘의 발근율과 신초발생률은 밀폐 기간에 따라 일정하지 않아 다소 다르게 나타났으며, 유의적인 차이는 없었다. 신초발생률과 발근율의 평균은 각각 84.7%와 96.3%로 높은 편이었으며, 모든 처리구에서 발근율이 신초발생률보다 높게

나타나 선행 연구결과와 유사하였다(Jeong 등, 2007; Jung 등, 2020; Kim 등, 2021). 신초의 평균 개수는 1.0개 내외였고 평균 길이는 5.9cm 내외로 나타났으며 밀폐 기간에 따른 유의차는 없었다(Fig. 3). 그러나 신초에서 발생한 잎의 크기에 있어서는 6주의 전 기간 밀폐 처리구에서 확연히 작은 것을 확인할 수 있었다. 1주 밀폐 처리구의 신초에서 새로 발생한 잎이 크기가 본 품종의 잎 크기와 비슷하였으며 6주 밀폐 처리구의 잎 크기는 본 품종에 비해 매우 작았다(Fig. 4). 이는 삽수가 높은 습도에서 오래 머무를수록 기공에 기계적 기능 변화가 생기며 새로 전개한 잎이 작아졌다는 Fordham 등(2001)의 보고와 일치하였다. Brewer와 Smith(1994)는 인공 이슬이 탄소 동화를 감소시켜 엽면적이 감소한다고 보고하였고 Ishibashi와 Terashima(1995)는 지속적인 잎의 물기는 광합성을 방해하여 엽면적이 감소한다고 하였다.

묘의 발근 상태는 밀폐 기간에 영향을 받는 것으로 확인되었다(Fig. 5). 뿌리 수는 밀폐 기간이 길어질수록 감소하는 것으로 나타났으며 가장 길게 발달한 뿌리의 길이 또한 1주간 밀폐

Table 1. Survival, shooting and rooting rate of rose cuttings with different closed periods after 6 weeks in greenhouse.

Closed period (weeks)	Survival rate (%)	Shooting rate (%)	Rooting rate (%)
1	61.9	83.5	98.4
2	52.4	78.9	100.0
3	49.5	85.2	91.6
6	43.8	91.3	95.2
Mean	51.9	84.7	96.3
Significance	NS	NS	NS

^{NS}Non-significant at $p \leq 0.05$ ($n = 3$).

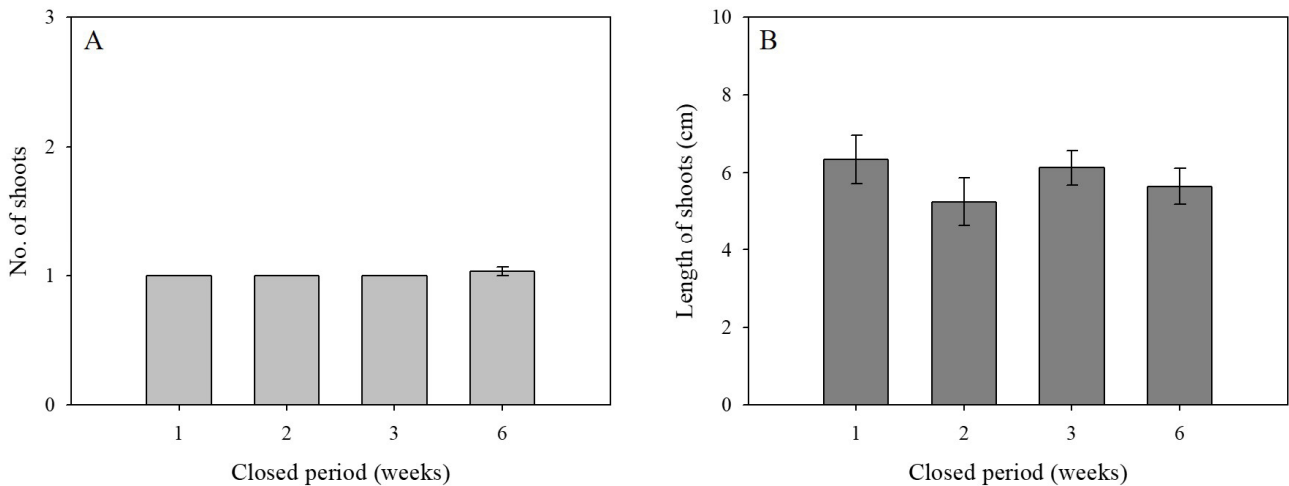


Fig. 3. Number (A) and length of shoots (B) according to closed periods. Values didn't show statistical significance at $p \leq 0.05$. Vertical bars mean mean \pm SE ($n = 3$).

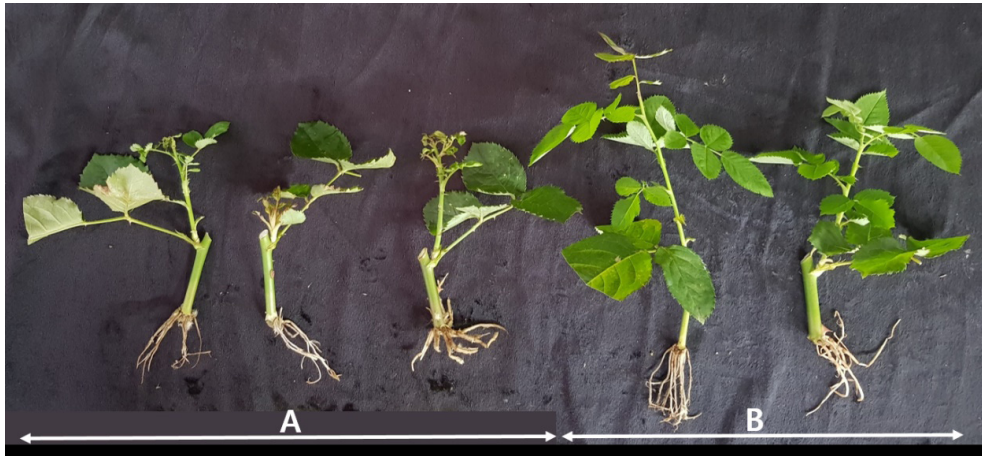


Fig. 4. Comparison of rooted cuttings with different airtight periods for 6 weeks. Airtight for 6 weeks (A); Open after airtight for 1 week (B).

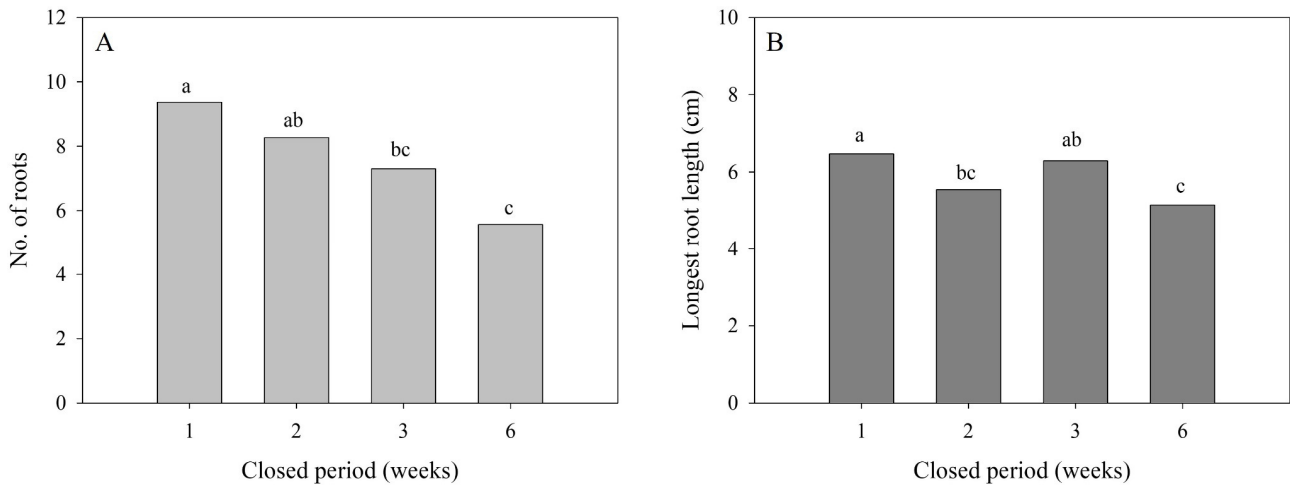


Fig. 5. Number of roots (A) and the longest root length (B) according to closed periods. Values with the same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$. Vertical bars mean mean \pm SE ($n = 3$).

한 것이 가장 길었으며(6.5cm) 전 기간 밀폐한 것이 가장 짧았다(5.1cm). 담배에서 산소가 부족한 환경에서 뿌리 최대길이 감소한 보고가 있으며(Tan와 Zwiazek, 2019) Tyler와 Lois(2017)는 상대습도 50%와 70%에서 90%보다 발근율이 높다고 하였고 Lois와 Donald(2019)는 밀폐형보다 통풍형 텐트에서 발근이 좋지만 밀폐형보다 많은 관리가 필요하다고 하였다. Magingo(2018)는 *Albizia* spp.의 삼목 시 수분 스트레스를 받은 처리구가 발근 소요 기간이 짧고 발근율이 높다고 하였다. 상대습도가 높을 때 발근이 불량한 이유는 저산소 반응을 매개하는 ERF-VII 전사 인자가 측근 발달에 필수적인 옥신 유도 유전자의 발현을 억제한다(Gonin 등, 2019; Shukla 등, 2019)는 연구 결과와 관련이 있는 것으로 생각된다.

한편 온실 내 기온과 상대습도의 일변화 조사에서 한낮의 기

온은 높아지고 상대습도는 낮아지는 경향이 관찰되었다(Fig. 1). 그러므로 다른 연구에서 제시된 바와 같이 본 연구결과에서의 밀폐 기간이 길어짐에 따라 잎의 크기가 작아지고, 발근 수가 적고 길이가 작아진 것은 높은 기온과 상대습도의 영향을 받게 되는 것과 관계되는 것으로 생각된다.

이와 같은 결과로 전 기간 밀폐 한 것이 발근 상태가 불리하였지만 생존율과 신초발생률, 발근율에는 차이가 없어 전 기간 밀폐하여 삼목하는 방법의 가능성을 확인할 수 있었다.

2. 밀폐삼목에서 삼수의 소엽수와 광주기의 영향

삼목 전 기간 동안 완전 밀폐하여 상대습도를 100% 가까이 유지한 상태로 삼수의 소엽의 개수와 광주기를 다르게 하여 묘 생존율과 신초발생률을 조사한 결과, 소엽의 개수와 광주

Table 2. Survival and shooting rates of rose cuttings as affected by different leaflet numbers and photoperiods after 5 weeks in closed system with artificial lighting.

No. of leaflets	Photoperiod (light/dark, h)	Survival rate (%)	Shooting rate (%)
0	00/24	0.0 d ^z	0.0 d
	02/22	0.0 d	0.0 d
	04/20	0.0 d	0.0 d
	08/16	0.0 d	0.0 d
	16/08	0.0 d	0.0 d
2	00/24	0.0 d	0.0 d
	02/22	2.8 d	33.3 cd
	04/20	27.8 c	100.0 a
	08/16	69.4 a	94.4 a
	16/08	75.0 a	94.4 a
4	00/24	0.0 d	0.0 d
	02/22	27.8 c	50.0 bc
	04/20	44.4 b	68.8 ab
	08/16	83.3 a	100.0 a
	16/08	86.1 a	100.0 a
Significance			
No. of leaflets (A)		***	***
Photoperiod (B)		***	***
A × B		***	***

^z Values with the same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$.

***Significant at $p \leq 0.001$.

기 모두 영향을 주었으며 상호작용 효과도 매우 높게($p \leq 0.001$) 나타났다(Table 2).

명기가 길어질수록 생존율(Table 2)이 높아졌는데 소엽이 없는 처리구에서는 광주기와 상관없이 생존율이 0.0%였으며 광을 조사하지 않은 경우(0/24h)에도 소엽의 여부와 상관없이 모두 고사하였다. 삼목 시 잎의 존재는 탄수화물 공급원으로서 매우 중요하데 삼목 기간 잎은 광합성을 지속(Smalley 등, 1991; Pellicer 등, 2000; Wiesman와 Lavee, 1995)하며 삼목 직후 광합성이 감소하지만 다시 모식물의 70%까지 광합성 속도가 회복되어(Costa, 2002) 호흡으로 인한 탄수화물 고갈을 막아 생존율에 크게 영향을 미친다. 또한 van Staden와 Davey(1979)는 잎이 사이토키닌과 같은 호르몬 흐름에도 영향을 미친다고 하여 선행 연구 결과와 잎과 광의 존재가 필수적인 실험 결과와 일치하였다. 장미 삼목 첫 7일 동안 잎을 제거하면 줄기의 검은썩음병(black rot)으로 생존율이 감소하는데(Costa와 Challa, 2002) 이는 탄수화물 고갈로 토양에서 발생한 병원균에 대한 저항성을 잃기 때문이다(Ypema 등, 1987). 라일락(*Syringa vulgaris*) 삼목에서 줄기가 썩는 것은

주로 탄수화물 고갈로 인한 비병원성 질환으로 보고되었으며(Howard와 Harrison-Murray, 1995), Cohen 등(1996)과 Toussoun 등(1960)은 포도당 및 자당의 외부 공급은 줄기 썩음 증상을 지연시키지만 잎의 효과를 대체할 수 없다 하였고, Costa(2002)는 잎에서 유래한 옥신 등이 영향을 미칠 수 있다고 하였다. 선행 연구 결과처럼 암기만 지속된 처리구(0h/24h)는 줄기가 검게 변하여 모두 고사하였는데 소엽이 없는 처리구의 처음 일주일 내 고사율이 60%가 넘었으며 소엽이 있는 처리구는 생존한 상태로 고사는 지연되었지만 일주일 내에 100%에 가깝게 낙엽이 되어 5주째엔 결국 모두 고사하였다(Fig. 6B). 소엽이 없는 처리구에 광주기를 달리하였을 때는 명기가 길수록 고사가 지연되는 것을 확인하였다(Fig. 6A).

명기가 2시간일 때(2/22h)는 소엽이 2개인 것보다 4개일 때 생존율이 10배 더 높았으나 4시간(4/20h)일 때는 소엽 4개가 2개보다 1.6배 높아 증가폭이 감소하였으며 8시간 이상(8/16, 16/8h)이 되면소엽 개수와 상관없이 생존율이 증가하여 소엽 개수와 광주기 두 요인 간의 상호작용을 확인할 수 있었다.

특히 명기 16시간(16/8h), 소엽 4개 처리구의 생존율이

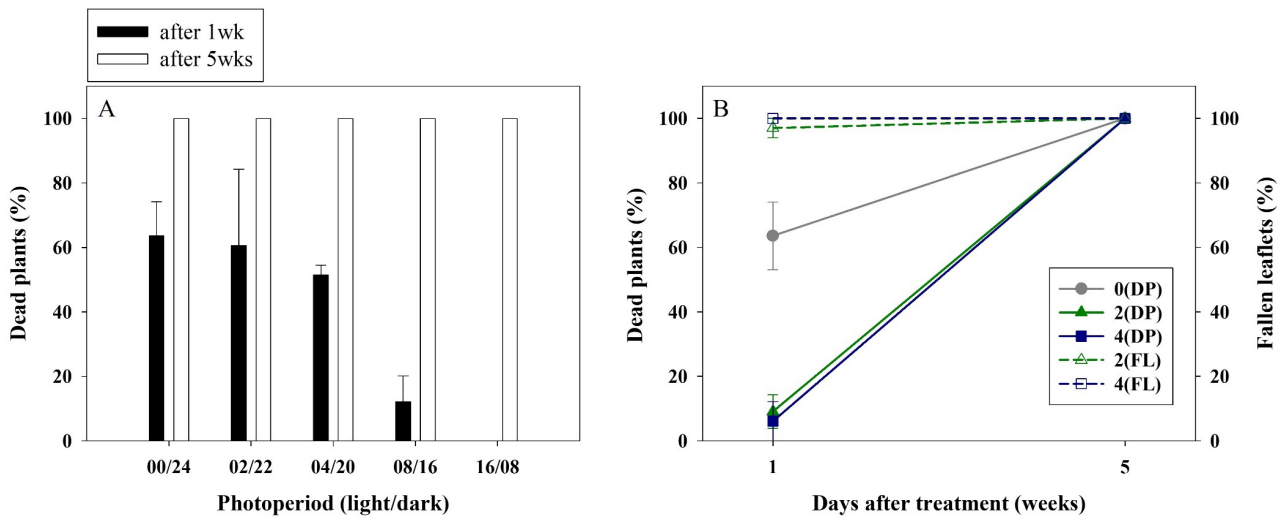


Fig. 6. Changes in dead plants rate according to photoperiod in the treatment group without leaflets (A) and changes in dead plants and fallen leaflets rate according to the number of leaflets in the treatment group without light (B). 0, 2 and 4: no leaflet, 2 leaflets and 4 leaflets; DP: dead plants rate; FL: Fallen leaflets rate. Vertical bars mean mean \pm SE ($n = 3$).

86.1%(Table 2)로 실험 1에서 전기간 밀폐하였던 생존율 43.8%(Table 1)에 비해 증가하였는데 이는 유리온실에서 진행되었던 실험 1에 비해 실내에서 주야간 온도가(25.8 \pm 0.1 $^{\circ}$ C) 일정하게 유지되었기 때문인 것으로 생각된다(Fig. 2).

생존 개체에 대한 신초발생률(Table 2)은 생존율과 마찬가지로 명기가 길수록 증가하였다. 소엽이 2개인 처리구에서 명기가 4시간 이상(4/20, 8/16, 16/8h)일 때는 유의한 차이가 없었다. 소엽이 4개인 처리구에서는 명기가 8시간 이상(8/16, 16/8h)일 때 유의한 차이가 없었고 4시간(4/20h)일 때는 소엽이 2개인 처리구보다 낮았으나 2시간(2/22h)일 때는 높아서 소엽 개수와 광주기 두 요인 간의 상호작용을 확인할 수 있었다. 삼목 후 광합성은 계속 감소하지만(Smalley 등, 1991; Wiesman와 Lavee, 1995) 호흡은 오히려 증가할 수 있고(Dick 등, 1994) 삼목 생존율과 뿌리 생장은 잎의 광합성과 호흡의 균형을 유지하는 것에 달려 있다(Hoad와 Leakey, 1996; Pellicer 등, 2000)는 연구 결과와 관련하여 광주기가 짧아 광합성에 불리할 때에는 소엽이 많은 것이 오히려 불리한 것으로 판단되었다.

생존한 개체는 모두 발근이 되었으며 일주일간 유리온실에서 공중습도를 낮춰 순화 과정을 거쳐 펠라이트 배지에 암면 블록 채로 정식한 결과 모두 정상 생육하였다.

환경조절 노력을 줄이기 위해 전기간 밀폐하여 실내 인공광(white LED, PPFD 약 100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)을 이용해 장미를 삼목할 경우 에너지 효율을 고려하여 소엽을 2개 또는 4개 붙인 삽수를 이용하여 하루 8시간 광을 조사하는 것이 생존율과 신

초발생률을 높일 수 있을 것으로 생각된다.

적 요

장미의 단일 마디 삼목의 경우 온도, 상대습도 및 광과 같은 환경 관리가 생산성에 영향을 미친다. 기온과 상대습도가 삼목 성공률과 묘 소질에 미치는 영향을 조사하기 위해 장미(*Rosa hybrida*) ‘Maisie’ 품종과 투명한 플라스틱 박스를 이용하였으며 인공조명(white LED, PPFD 104.0 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)을 이용하여 전 기간 밀폐 조건에서 삼목 시 가장 효과적인 소엽수와 광주기 조건을 구명하고자 하였다. 첫 번째 실험은 밀폐 기간을 달리하여 총 6주 동안 진행되었다. 밀폐 기간이 길어질수록 뿌리수와 가장 긴 뿌리의 길이가 감소하였다. 그러나 밀폐 기간에 따른 생존율, 신초발생률, 발근율에 유의한 차이가 없었다. 두 번째 실험에서는 삼수 생존율과 신초발생률이 광주기(0/24, 2/22, 4/20, 8/16, 16/8h)와 삼수 소엽의 개수(0, 2, 4)에 의해 영향을 받는 것으로 나타났다. 생존율은 명기 16시간, 소엽 4개 처리구에서 가장 높았다. 생존율과 신초발생률을 에너지 효율과 함께 고려한 결과, 소엽을 2개 또는 4개 붙인 삽수를 이용하여 하루 8시간 광을 조사하는 것이 가장 효과적인 것으로 판단되었다.

추가주제어: 광주기, 광합성유효광양자속밀도, 상대습도, 인돌-3-부티르산, *Rosa hybrida*

Literature Cited

- Bredmose N., K. Kristiansen, and B. Nielsen 2004, Propagation temperature, PPFD, auxin treatment, cutting size and cutting position affect root formation, axillary bud growth and shoot development in miniature rose (*Rosa hybrida* L.) plants and alter homogeneity. J Hortic Sci Biotechnol 79:458-465. doi:10.1080/14620316.2004.11511790
- Brewer C.A., and W.K. Smith 1994, Influence of simulated dewfall on photosynthesis and yield in soybean isolines (*Glycine max* [L.] Merr. cv. Williams) with different trichome densities. Int J Plant Sci 155:460-466. doi:10.1086/297183
- Chung S. 1989, Effect of propagation methods and cultivars on cut flower quality and shoot development of roses (*Rosa hybrida*) cultivated on the rock wool in winter. Hortic Sci Technol 30:45-50. (in Korean)
- Cohen R., B. Blaier, A. Schaffer, and J. Katan 1996, Effect of acetochlor treatment on *Fusarium* wilt and sugar content in melon seedlings. Eur J Plant Pathol 102:45-50.
- Costa J.M., and H. Challa 2002, The effect of the original leaf area on growth of softwood cuttings and planting material of rose. Sci Hortic 95:111-121. doi:10.1016/s0304-4238(02)00023-7
- Costa J.M. 2002, The role of the leaf in growth dynamics and rooting of leafy stem cuttings of rose. PhD thesis, Plant Sciences Group, Wageningen Univ Res, The Netherlands.
- De Hoog J. 2001, Handbook for modern greenhouse rose cultivation. Wageningen Univ, Naaldwilk, The Netherlands, pp 103-104.
- Dick J.M., D.G. Blackburn, and C. Mcbeath 1994, Stem respiration in leafy cuttings of *Prosopis juliflora* during the rooting process. New For 8:179-184.
- Fordham M.C., R.S. Harrison-Murray, L. Knight, and C.E. Evered 2001, Effects of leaf wetting and high humidity on stomatal function in leafy cuttings and intact plants of *Corylus maxima*. Physiol Plant 113:233-240. doi:10.1034/j.1399-3054.2001.1130211.x
- Gonin M., V. Bergougnoux, T.D. Nguyen, P. Gantet, and A. Champion 2019, What makes adventitious roots. Plants 8:240. doi:10.3390/plants8070240
- Harrison-Murray R., and B. Howard 1998, Environmental requirements as determined by rooting potential in leafy cuttings. In KE Cockshull, D Gray, GB Seymour, B Thomas, eds, Genetical and Environmental Manipulation of Horticultural Crops. CABI Publishing, UK, pp 75-94.
- Hoad S., and R. Leakey 1996, Effects of pre-severance light quality on the vegetative propagation of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. Trees 10:317-324.
- Howard B., and R. Harrison-Murray 1995, Responses of dark-preconditioned and normal light-grown cuttings of *Syringa vulgaris* 'Madame Lemoine' to light and wetness gradients in the propagation environment. J Hortic Sci 70:989-1001. doi: 10.1080/14620316.1995.11515375
- Ishibashi M., and I. Terashima 1995, Effects of continuous leaf wetness on photosynthesis: Adverse aspects of rainfall. Plant Cell Environ 18:431-438. doi:10.1111/j.1365-3040.1995.tb00377.x
- Jeong J.W., S.J. Hwang, S.M. Park, and B.R. Jeong 2007, Effect of length of cutting, number of leaflets attached and cutting position on rooting and growth of cuttings of *Rosa hybrida* L. 'Red Sandra' and 'Little Marble'. J Bio-Env Con 16:115-120. (in Korean)
- Jung H.H., S.J. Kim, K.R. Yang, and B.S. Yoo 2020, Effect of antitranspirants and plant growth retardants on the rooting of *Rosa hybrida* 'M-Red' cuttings. Flower Res J 28:163-169. (in Korean) doi:10.11623/fj.2020.28.3.08
- Kim K.S., Y.B. Lee, S.J. Hwang, B.R. Jeong, and C.G. An 2013, Irrigation method of nutrient solution affect growth and yield of paprika 'Veyron' grown in rockwool and phenolic foam slabs. Korean J Hort Sci Technol 31:179-185. (in Korean) doi:10.7235/hort.2013.12179
- Kim S., J. Kim, and W. Oh 2018, Propagation efficiencies at different led light qualities for leaf cutting of six Echeveria cultivars in a plant factory system. Protected Hort Plant Fac 27:363-370. doi:10.12791/KSBEC.2018.27.4.363
- Kim S.J., C.E. Park, J.Y. Yeon, and W.S. Kim 2021, Analysis of growth potential of single-stemmed rose 'Antique Curl' by node cutting position. Flower Res J 29:64-70. (in Korean) doi:10.11623/fj.2021.29.2.03
- Kozai T. 2007, Propagation, grafting and transplant production in closed systems with artificial lighting for commercialization in Japan. Prop Ornament Plants 7:145-149.
- Loach K. 1977, Leaf water potential and the rooting of cuttings under mist and polythene. Physiol Plant 40:191-197. doi:10.1111/j.1399-3054.1977.tb04056.x
- Lois C.B., and L.W. Donald 2019, Optimizing temperature and humidity for rooting hybrid hazelnuts from hardwood stem cuttings. J Environ Hortic 37:44-49. doi:10.24266/0738-2898-37.2.44
- Luna T. 2009, Vegetative propagation. In RK Dumroese, T Luna, TD Landis, eds, Nursery Manual for Native Plants. Forest Service, US Department of Agriculture, Washington DC, USA, pp 153-175.
- Magingo F.S. 2018, Effects of water stress and mycorrhizas on rooting of stem cuttings of three dryland and semi-arid tropical tree species. J Appl Biosci 120:12067-12076.
- Min S.Y., and W. Oh 2020, Effects of nutrient solution application methods and rhizospheric ventilation on vegetative growth of young moth orchids without a potting medium in a closed-type plant factory. J People Plants Environ 23: 545-554. doi:10.11628/ksppe.2020.23.5.545
- Ministry of Agriculture and Food and Rural Affairs (MAFRA) 2021, Statistics for floricultural industry in 2020. MAFRA,

- Korea, pp 160-161. (in Korean)
- Nam S.Y., Y.H. Rhie, and J.Y. Kim 2017, Effect of substrate volumetric water content levels on rooting and growth of hydrangea cuttings. *Flower Res J* 25:47-53. (in Korean) doi:10.11623/frj.2017.25.2.02
- Ohira M., N. Kuramoto, Y. Fujisawa, and S. Shiraishi 2009, Usefulness of the closed cutting system for the vegetative propagation of *Pinus thunbergii* resistant to pine wilt disease. *J Jpn For Soc* 91:266-276. doi:10.4005/jjfs.91.266
- Park J.E., Y.G. Park, B.R. Jeong, and S.J. Hwang 2013, Growth of lettuce in closed-type plant production system as affected by light intensity and photoperiod under influence of white LED light. *Protected Hort Plant Fac* 22:228-233. (in Korean) doi:10.12791/ksbec.2013.22.3.228
- Pellicer V., J.M. Guehl, F.A. Daudet, M. Cazet, L.M. Riviere, and P. Maillard 2000, Carbon and nitrogen mobilization in *Larix × eurolepis* leafy stem cuttings assessed by dual ¹³C and ¹⁵N labeling: Relationships with rooting. *Tree Physiol* 20:807-814. doi:10.1093/treephys/20.12.807
- Pourghorban M., S. Khaghani, P. Azadi, A. Mirzakhani, and M. Changizi 2019, Propagation of *Rosa hybrida* L. cv. Dolce Vita by stenting and stem cutting methods in response to different concentrations of IBA. *Adv Hort Sci* 33:105-111.
- Rosenberg D., A. Altman, and B. Bravdo 1991, A physiological analysis of the differential rooting performance of calamondin and pelargonium cuttings under mist and high humidity. *Acta Hort* 314:257-268. doi:10.17660/actahortic.1992.314.31
- Rural Development Administration (RDA) 2021, Rose-agricultural technology assistant. RDA, Korea, p 20. (in Korean)
- Shukla V., L. Lombardi, S. Iacopino, A. Pencik, O. Novak, P. Perata, B. Giuntoli, and F. Licausi 2019, Endogenous hypoxia in lateral root primordia controls root architecture by antagonizing auxin signaling in *Arabidopsis*. *Mol Plant* 12:538-551. doi:10.1016/j.molp.2019.01.007
- Smalley T., M. Dirr, A. Armitage, B. Wood, R. Teskey, and R. Severson 1991, Photosynthesis and leaf water, carbohydrate, and hormone status during rooting of stem cuttings of *Acer rubrum*. *J Am Soc Hortic Sci* 116:1052-1057. doi:10.21273/jashs.116.6.1052
- Tan X., and J.J. Zwiazek 2019, Stable expression of aquaporins and hypoxia-responsive genes in adventitious roots are linked to maintaining hydraulic conductance in tobacco (*Nicotiana tabacum*) exposed to root hypoxia. *PLoS One* 14:e0212059. doi:10.1371/journal.pone.0212059
- Toussoun T., S.M. Nash, and W. Snyder 1960, The effect of nitrogen sources and glucose on the pathogenesis of *Fusarium solani* f. *phaseoli*. *Phytopathology* 50:137-140.
- Tyler R., and C.B. Lois 2017, The effects of relative humidity and substrate moisture on rooting of hybrid hazelnuts from hardwood stem cuttings. *J Environ Hortic* 35:156-160. doi:10.24266/0738-2898-35.4.156
- Um Y.C., Y.A. Jang, J.G. Lee, S.Y. Kim, S.R. Cheong, S.S. Oh, S.H. Cha, and S.C. Hong 2009, Effects of selective light sources on seedling quality of tomato and cucumber in closed nursery system. *J Bio-Env Con* 18:370-376. (in Korean)
- Van Staden J., and J. Davey 1979, The synthesis, transport and metabolism of endogenous cytokinins. *Plant Cell Environ* 2:93-106. doi:10.1111/j.1365-3040.1979.tb00780.x
- Wiesman Z., and S. Lavee 1995, Relationship of carbohydrate sources and indole-3-butyric acid in olive cuttings. *Aust J Plant Physiol* 22:811-816.
- Ypema H., P. Van De Pol, and G. Bollen 1987, Black rot of stentlings of roses: A disease caused by various soil fungi. *Sci Hortic* 33:269-280. doi:10.1016/0304-4238(87)90074-4