

나노탄소섬유 적외선등 난방이 절화장미의 생육과 수명 및 난방비에 미치는 영향

임미영¹ · 고충호² · 손문숙² · 이상복³ · 김길주⁴ · 김병수⁵ · 김영복⁶ · 정병룡^{1,2,3*}

¹경상대학교 농업생명과학연구원, ²경상대학교 대학원 응용생명과학부 원예학전공,

³경상대학교 농업생명과학대학 원예학과, ⁴(주)골든에너지, ⁵김해시농업기술센터,

⁶경상대학교 농업생명과학대학 생물산업기계공학과

Effect of Heating by Nano-Carbon Fiber Infrared Lamps on Growth and Vase Life of Cut Roses and Heating Cost

Lim, Mi Young¹, Chung Ho Ko², Moon Sook Son², Sang Bok Lee³, Gil Ju Kim⁴, Byung Soo Kim⁵, Young Bok Kim⁶, and Byoung Ryong Jeong^{1,2,3*}

¹Institute of Agriculture & Life Science, Gyeongsang National Univ., Jinju 660-701, Korea

²Division of Applied Life Science (BK21 Program), Graduate School, Gyeongsang National Univ., Jinju 660-701, Korea

³Department of Horticulture, College of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National Univ., Jinju 660-701, Korea

⁴Golden Energy Co., Ltd., Daegu 701-021, Korea

⁵Gimhae City Agriculture Technology Center, Gimhae 621-100, Korea

⁶Department of Bio-Industrial Machinery Engineering, College of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National Univ., Jinju 660-701, Korea

Abstract. The greatest and major cost for cut rose production during winter seasons in Korea is cost of heating the greenhouse. A study was conducted on a cost-efficient heating system to reduce expenses of cut rose growers in times of high energy prices. An infrared heating system utilizing radiant energy has an obvious advantage over other heating methods in that the energy is first used to raise temperatures of plants and other objects and subsequently that of the atmosphere, resulting in faster reaching to desired plant temperatures at a reduced heating cost. In this study the heating effect and heating cost saving of a nano-carbon fiber infrared heating system (NCFIHS) installed in cut rose greenhouses in Gimhae, Gyeongnam Province were analyzed comparatively. In addition growth, quality, and vase life of 'Orange Fresh' roses grown in greenhouses heated by NCFIHS against those grown in greenhouses heated by so called an electrical heating system. In greenhouses with a NCFIHS with a set point air temperature of 20°C, plant temperature was maintained at 1~2°C higher than the air temperature, and temperatures of growing bed surface and root zone were maintained at 17~19°C throughout cold winter nights. The cost for heating in NCFIHS was about 25 and 51% of that of an electrical heating system and a hot water heating system heated by petroleum, respectively. Growth of roses harvested in greenhouses with a NCFIHS was similar to those grown in greenhouses with an electrical heating system. However, cut roses with more intense petal and leaf colors and a longer vase life (fresh weight and amount of water uptake) were harvested in greenhouses with a NCFIHS as compared to those harvested in greenhouses with an electrical heating system.

Key words : flower quality, greenhouse heating, heating cost saving, infrared heating, *Rosa* 'Ornage Fresh'

*Corresponding author: brjeong@gnu.ac.kr

Received February 12, 2009; Revised March 19, 2009

Accepted March 20, 2009

서 론

우리나라의 겨울철에 재배되는 절화장미는 온실 난방을 하지 않고는 재배하기 어렵다. 최근 지속적인 고유가로 말미암아 난방비가 절화장미 생산비의 큰 부분을 차지하고 있다. 특히 우리나라는 에너지 다소비국으로 에너지의 약 97%를 수입에 의존하고 있는 실정이며 세계 에너지 자원동향과 전망에 직접적인 영향을 받는다(Lee 등, 2006). 따라서 온실난방 에너지 절감 대책이 매우 시급한 실정이다.

온실의 난방 시스템에는 온풍난방, 온수난방, 태양열 난방, 그리고 적외선난방 등이 있다. 온풍난방 시스템은 연료를 태워서 공기를 가열한 후 송풍기를 이용하여 데워진 공기를 온실 내에서 순환시키는 방식이고, 온수난방 시스템은 연료를 연소시켜서 물을 가열한 후 데워진 물을 온실 내부의 파이프를 순환시켜서 온실의 공기를 가온하는 방식이다. 태양열 난방 시스템은 햇빛을 모아 공기 혹은 물을 가열한 후 온실 내부 공기와 열 교환을 통하여 온실내부를 가온하는 방식이다. 이와는 달리 적외선난방 시스템은 복사열을 이용한 난방으로 식물체, 벤치 등의 물체를 먼저 가열하여 물체 주변의 기온이 올라가는 방식으로 빠르게 온도를 높일 수 있다(Hanan, 1998; Nelson, 2003).

온실의 기상은 여러 가지 요인들의 영향을 받는다. 외부 기온이 낮은 계절에 온실의 기온과 식물체 온도는 태양광으로부터 오는 적외선, 가시광선 및 인위적인 가온 등에 의해 올라간다. 가시광선은 식물체나 물체에 닿아 일부는 반사되고 일부는 광합성에 이용되며, 나머지는 열에너지로 변환된다. 온도가 올라간 식물체나 온실 내의 물체는 적외선의 형태로 에너지를 발산하고 이것이 대류나 복사에 의해 공기 주변의 온실비닐이나 바다와 같은 물체 등으로 전달된다. 식물이 태양으로부터 받는 에너지는 빛과 적외선이라는 형태이며 이중 약 45%는 빛이고 55%는 적외선이라고 알려져 있다(Bickford와 Dunn, 1972; Nobel, 1991).

태양광은 직접적으로 식물체 온도를 높여 공기보다 식물체 온도가 먼저 올라가게 한다. 그 다음에는 증산 작용에 의해 식물체 온도가 떨어지면 식물체 온도가 공기온도 보다 높은 상태에서 대류현상으로 잎 주위의 식물체 온도가 올라간다. 식물 상부 잎의 온도가 먼저 올라가고 하부의 잎은 햇빛을 잘 못 받아서 공기온도

보다 낮은 엽 온도를 유지하게 된다. 상부의 잎은 복사광에 의해 온도가 올라가고 그 이후 하부의 잎은 대류에 의해서 온도가 올라가게 된다. 인위적인 적외선을 이용한 난방의 원리도 태양광의 적외선에 의한 가온과 비슷하다. 적외선등이 발생하는 적외선이라는 파장의 에너지는 공기온도를 직접 올리기보다는 작물체나 배지 등 적외선에 비취지는 물체의 온도를 먼저 상승시키고 그 물체들이 발산하는 열(적외선)이 주변의 공기온도를 올리는 것이다.

온실작물재배에서 중요한 온도관련 요소들로는 기온, 근권부 온도, 일평균온도, 온도차이(수직 및 수평), 그리고 식물체 온도를 들 수 있다. 일반적으로 온실에서 온도를 이야기할 때는 공기온도, 즉 기온을 이야기한다. 식물체에서 일어나는 광합성, 호흡작용 및 증산작용은 온도의 지배를 받는다. 온실에 가온과 냉방 조절을 할 때에도 재배자들은 흔히 기온을 중요시한다. 그러나 실제로는 공기온도보다는 식물체온도가 식물체에서 일어나는 대사 작용들에 더 큰 영향을 미친다.

겨울철 온풍난방 시 온풍온도와 덕트 끝 지점에서의 온풍온도 차이로 인해 전·후면의 기온 편차가 4~7°C 까지 생겨 기온분포가 불균일한 경우를 흔히 볼 수 있는데 온실내 기온편차가 심한 경우 작물 생육이 불균일하여 수량 및 품질이 떨어지고 재배기간이 연장되는 문제가 발생한다(Yu 등, 2007). 그러므로 난방시스템이 갖추어야 할 중요한 요소는 균일한 온도 분포와 저렴한 난방비라 할 수 있다. 적외선등은 태양광과 80% 정도 유사하고 적은 전력소모량으로 발생하는 열원은 겨울철 온풍난방기를 보조하거나 대체할 수 있어 난방비 절감효과를 기대할 수 있다(Cho 등, 2006; Jeong과 Kim, 2009a,b). 따라서 난방비 절감을 위한 온실 난방방법으로 나노탄소섬유 적외선등 난방시스템을 이용하여 재배된 절화장미의 생육과 절화 수명을 조사하고 난방효과와 난방비 절감율을 알아보고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

경남 김해시 진례면에 위치한 장미재배용 비닐온실(1-2W형 연동 비닐온실 8,250m²)에 설치되어 가동되고 있는 '나노탄소섬유 적외선등'을 이용한 난방방식에 대해 현지조사와 그곳에서 생산된 절화장미의 생육과

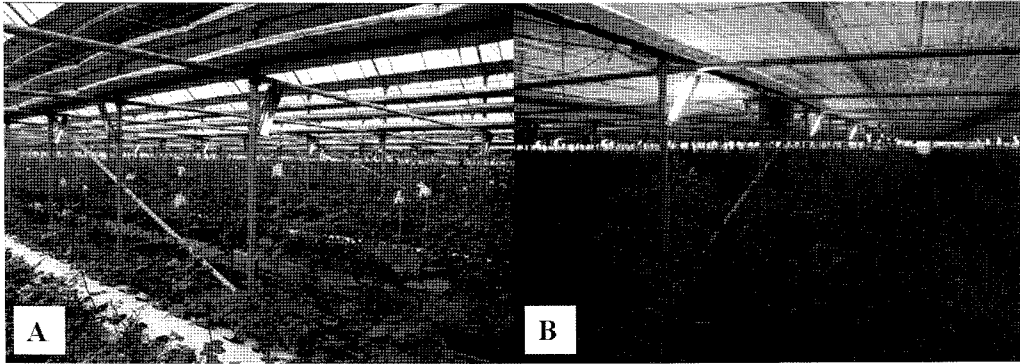


Fig. 1. Photographs showing nano-carbon fiber infrared lamps installed in a 8,250 m² 1-2W type plastic greenhouses during the day (A) and the night with thermal curtains (B).

품질을 조사하였다(Fig. 1).

1. 나노탄소섬유 적외선등 난방시스템의 난방 효과 및 난방비용 절감율

2m 간격으로 설치되어 있는 온실의 기둥에 반사각이 있는 나노탄소섬유 적외선등[900W, 골든에너지(주)]이 온실의 동마다 4m 간격으로 온실의 중앙을 향해 설치되었다(Fig. 1A, B). 온도는 나노탄소섬유 적외선등으로부터 가장 가까운 적외선등 바로 아래 부분과 나노탄소섬유 적외선등으로부터 가장 멀리 떨어져 있는 인접한 두 개의 적외선등 사이의 두 부위에서 측정하였다. 측정한 날의 난방 설정온도는 20°C이었고 온실의 외부 온도는 그 날의 일기에 따라 -2~-6°C이었다.

2008년 12월 30일에 휴대용 적외선 온도계(TN408LC, Radiant Innovation Inc., Taiwan), 휴대용 온습도기록계(TR-72U, T&D Corp., Japan), 열화상카메라(NEC THB100MR, San-ei Instruments, Ltd., Japan) 및 정밀 광과장 분석기(ILT1700, International Light, USA) 등을 이용하여 나노탄소섬유 적외선등이 설치된 장미농가에서 현지조사를 수행하였다. 기온, 식물체 온도 및 배지온도는 온실 내부 3구역(3반복)을 설정하여 휴대용 적외선 온도계와 휴대용 온습도기록계를 이용하여 조사하였다. 나노탄소섬유 적외선등이 발생하는 광과장의 범위는 온실 내에 적외선등에서 수직으로 30cm 떨어진 위치에서 정밀 광과장 분석기로 측정하였다. 나노탄소섬유 적외선등의 작동에 따른 식물체의 온도변화는 열화상카메라를 이용하여 측정하였다.

난방비 절감율을 알아보기로 나노탄소섬유 적외선등 난방시스템이 설치된 1-2W형 온실, 전기히트 난방시스템이 설치된 1-2W형 온실(인접한 온실) 및 온수보일러 난방시스템이 설치된 온실의 동일기간에 부과된 난방비를 비교하였다.

2. 나노탄소섬유 적외선등 난방시스템이 절화장미 생육과 절화수명에 미치는 영향

나노탄소섬유 적외선등 난방시스템이 절화장미 생육과 절화수명에 미치는 영향을 알아보기로 나노탄소섬유 적외선등 난방시스템이 설치된 1-2W형 온실과 전기히트 난방시스템[1kW, (주)초록에너지, 한국]이 설치된 인접한 두개의 1-2W형 비닐온실에서 각각 재배되어 수확된 ‘오렌지 플래쉬’ 장미를 조사하였다. 각각의 온실에서 개화정도가 비슷한 수확단계의 장미를 2009년 2월 4일에 30송이씩 채취하여 초장, 화폭, 생체중, 최상부 5매엽의 크기, 엽수, 꽃잎수, 엽록소 함량, 안토시아닌 함량, 광합성 속도 등을 측정하였다. 생육조사 후 절화수명을 확인하기 위하여 절화수명 연장제(꽃심이, SK케미컬주식회사, 한국)와 증류수의 두 가지 용액 처리구를 설정하였다. 절화수명 연장제와 증류수가 담긴 200mL 메스실린더에 나노탄소섬유 적외선등 난방시스템과 전기히트 난방시스템에서 생육한 장미를 꽃아 일주일간 절화수명, 수분 흡수량, 증산량 등을 조사하였다. 수분 흡수량은 전날의 용기 무게+용액 무게에서 당일의 용기 무게+용액 무게를 뺀 후 자연증발량을 뺀 값으로 하였고, 증산량은 용기 무게+용액 무게+절화 무게의 일별 감량에서 자연증발량을 뺀 값으로 하였다(Kim과 Lee, 2001).

결과 및 고찰

1. 나노탄소섬유 적외선등 난방시스템의 난방효과 및 난방비용 절감을

정밀 광과장 분석기를 이용하여 나노탄소섬유 적외선등의 파장을 분석한 결과 200~4,000nm의 파장 범위에서는 $2.24 \times 10^{-10} \text{ watt} \cdot \text{cm}^{-2}$ 가 나오고, 695~4,000 nm의 파장 범위에서는 $1.79 \times 10^{-10} \text{ watt} \cdot \text{cm}^{-2}$ 가 나왔다. 이 측정결과 나노탄소섬유 적외선등에서 발생하는 에너지의 80% 정도가 적외선 파장임을 알 수 있었다.

난방효과를 알아보기로 온도 측정 결과 외부 기온의 변화에 상관없이 온실 내부 공기 온도는 물론 식물체의 여러 부위별 온도도 거의 일정하게 설정 기온 근처에서 유지되었고, 난방등 바로 아래에서는 난방등이 켜지고 꺼지는 작동상태에 따라 온도가 약간씩 오르내렸다(Table 1). 그러므로 단순히 설정온도에서 난방등이 일제히 꺼지고 일제히 켜지는 현재의 시스템을 보완하여야 할 것으로 생각된다.

온실 내부 기온은 상하 편차가 거의 1~2°C 내외로 변화가 극히 적었다(자료 미제시). Choi 등(1999)은 전기히트 난방시스템의 경우 시간대별 공기온도의 변화는 약 3°C 이내로 비교적 균일한 분포를 나타내나 연직방향으로는 약 8°C 정도의 비교적 큰 상하온도 분포를 나타내었다고 하였다. 본 실험 결과 나노탄소섬유 적외선등의 장점들 중 하나는 상하부의 온도 변화 폭이 적다는 것이다. 특히 베드와 펠라이트 배지의 온도가 설정 기온과 비슷한 20°C 내외로 유지되고 있었다. 이는 장미 지상부 생육에 적당한 근권부 온도가 16.4°C이며(Shanks와 Laurie, 1949), 근권부 온도를 25~27°C로 유지하면 생육과 절화수량을 높일 수 있다는 보고(Lee 등, 2001; Schaupmeyer, 1984)를 볼 때 절화장미 재배시 근권부의 적정온도 유지가 생육과 수량에 중요한 요인임을 알 수 있다. 한편 Cho 등(2006)의 경우 배추에 적외선등을 조사하였는데 식물체 부근의 온도가 36°C 정도로 높게 조사되어 생육이 불량하였다고 하였다. 이는 적외선등을 온실 상단부에 설치하고 연속적 조사보다는 간헐적으로 조사하면서 적정 온도를 구명할 필요성이 있다는 언급이다. 그러므로 적외선등을 이용하는 경우 난방효과는 인정이 되지만 해당 작물에 따른 적정 생육온도 설정이 중요한 과제라고 생각한다.

Table 1. Measured temperatures of different plant parts, bed sheet, greenhouse floor, and growing medium with a set point temperature of the air at 20°C.

Measurement part	Measured temperatures at	
	Under a lamp	Between two adjacent lamps
Flower bud	20~22°C	19.2°C
Stem	20~22°C	18.8°C
Leaf	21~22°C	19.0°C
Bed sheet	18~22°C	18.0°C
Perlite medium	18~20°C	20.0°C
Greenhouse floor	17~19°C	17.8°C

Fig. 2는 열화상카메라를 이용하여 나노탄소섬유 적외선등 바로 아래의 베드에서 재배되고 있는 3줄기의 장미(그림의 왼쪽 상단)를 대상으로 온도의 변화를 측정 한 것이다. 측정 당시의 환경조건은 그림의 오른쪽 아래에 표기되어 있다. 잎의 온도는 난방등이 켜진 직후에 급속히 올라갔다가 꺼진 이후에 급속히 낮아지는 것을 반복하고 있다. 이에 비해 부피와 무게가 큰 꽃봉오리와 줄기의 온도는 더 오랜 시간에 걸쳐서 더 느리게 변화함을 알 수 있다.

나노탄소섬유 적외선등 난방시스템이 설치된 1-2W형 온실, 전기히트 난방시스템이 설치된 1-2W형 온실 및 온수보일러 난방시스템 농가의 난방비를 비교하였다. 김해시농업 기술센터와 (주) 골든에너지에 의하면 Table 2와 같이 동일한 실내 기준 공기온도를 유지할 경우 나노탄소섬유 적외선등 난방시스템을 이용하면 난방비 절감율이 아주 높게 나타났다. Cho 등(2006)의 경우 적외선 조사시 식물체 주변의 온도가 대조구에 비해 약 10°C 이상 높게 나타났다고 보고하였다. 따라서 실내 설정 온도보다 실제 장미 식물체 온도는 더 높게 측정되므로 설정온도를 좀 더 낮게 설정한다면 보다 더 높은 난방비 절감효과를 기대할 수 있다고 판단된다.

2. 나노탄소섬유 적외선등 난방시스템이 절화장미 생육과 절화수명에 미치는 영향

나노탄소섬유 적외선등 난방시스템이 설치된 1-2W형 온실과 전기히트 난방시스템이 설치된 1-2W형 온실에서 재배되어 수확된 장미 '오렌지 플래쉬'의 생육을 조사한 결과 전반적인 생육(초장, 화폭, 생체중, 최상부 5매엽의 크기, 엽수 및 꽃잎수)에는 통계적 유의차가 없었다(Table 3).

나노탄소섬유 적외선등 난방이 절화장미의 생육과 수명 및 난방비에 미치는 영향

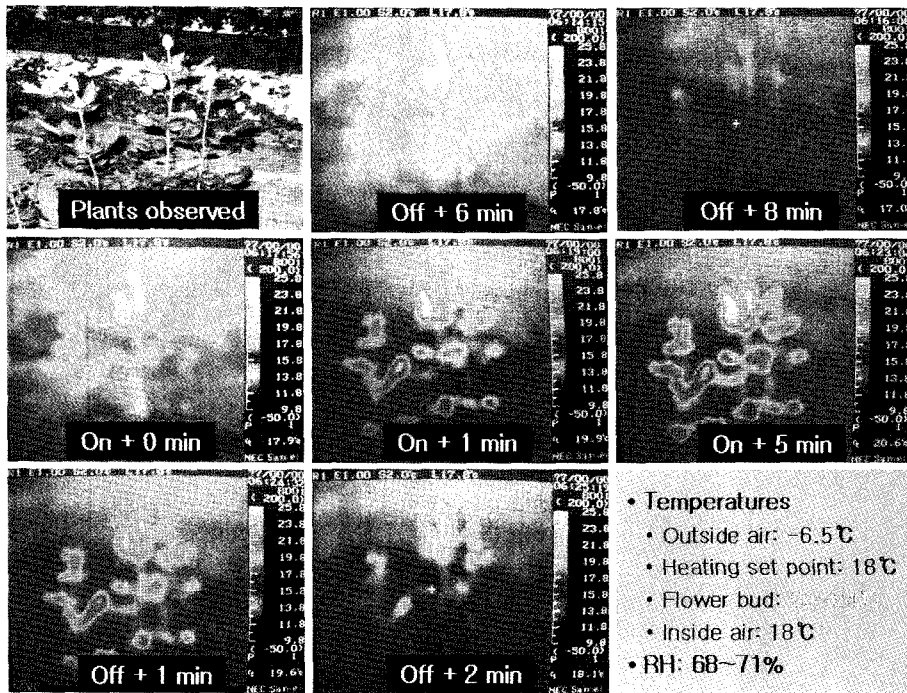


Fig. 2. Images showing changes in thermal energy levels, depending on the on-off state of a nano-carbon fiber infrared heating lamps, of the three rose stems growing in a hydroponic bed with perlite as the growing medium. 'On' and 'Off' in the images mean the lamp is turned on or off, respectively, and numbers following On or Off are time elapsed after the switching of the lamps on or off.

Table 2. Estimated monthly heating costs of 1-2W type 8,250 m² greenhouses, each with one of three heating systems, based on the assumption that outside air temperature of -8°C and a set point temperature of the air in the greenhouse of 18-20°C.

	Heating system		
	Nano-carbon fiber infrared heating lamp (NCFIHL)	Electric heater (EH)	Hot water boiler (HWB)
Daily consumption	4,900 kWh	7,500 kWh	1,000 L
Monthly consumption	147,000 kWh	225,000 kWh	30,000 L
Unit price	26.3 won/kWh	36.4 won/kWh	665 won/L (Tax exempt)
Monthly charge	128,870 won × 30 days = 3,866,100	273,000 won × 30 days = 8,190,000	665,000 won × 30 days = 19,950,000
Charge including VAT (won)	4,952,710	9,859,000	19,950,000
Saving against HWB (%)	75.2	50.6	Control (0)

Table 3. Growth parameters of cut rose 'Orange Fresh' harvested from two adjacent greenhouses each with one of two heating systems.

Heating system	Height (cm)	Flower diameter (cm)		Fresh wt. (g)	Size of the top 5-leaflet leaf (cm)	No. of nodes with					
		Length	Width			1-leaflet leaf		3-leaflet leaf		5-leaflet leaf	7-leaflet leaf
						Top	Base	Top	Base		
Infrared lamp	93.4±9	4.9±0.5	3.8±0.7	56±14	8.3±0.8 × 6.1±0.7	1.8±0.9	0.0±0.2	2.3±0.6	0.0±0.2	4.9±1.9	5.1±1.4
Electric heater	90.8±6	4.7±0.7	3.7±0.6	53±11	7.8±0.6 × 5.5±0.4	1.2±0.9	0.3±0.5	3.6±1.2	0.6±0.6	4.5±1.3	6.0±1.5

나노탄소섬유 적외선등 난방시스템이 설치된 온실과 전기히트 난방시스템이 설치된 온실에서 수확된 장미 ‘오렌지 플레쉬’의 광합성속도(fv/fm)는 0.86 ± 0.01 과 0.86 ± 0.02 , 그리고 단위면적당 엽록소함량($\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$)은 11.4 ± 0.9 와 12.6 ± 1.5 로 유의차가 없었다. 그러나 단위면적당 엽록소함량과 엽면적 단위 무게당 엽록소함량($\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$)을 비교해 보면 나노탄소섬유 적외선등 난방시스템으로 재배한 장미 잎의 두께가 훨씬 더 두꺼운 것으로 나타났다. 또한 나노탄소섬유 적외선등 난방시스템이 설치된 온실과 전기히트 난방시스템이 설치된 온실에서 수확된 장미 ‘오렌지 플레쉬’의 잎에 함유된 안토시아닌에 의한 흡광도는 각각 0.33 ± 0.1 과 0.24 ± 0.1 로 전자에서 약 1.4배로 높았다(자료 미제시). 그리고 화색과 엽색의 발현도 차이가 많았다(Fig. 3).

절화수명을 살펴본 바 난방시스템과 상관없이 증류수 처리구에서 보존용액 처리구에서 보다 꽃목굽음과 꽃잎 위조가 더 빨리 발생하였다. 특히 전기히터 난방시스템에서 증류수 처리구의 경우 4.4일로 가장 짧은 절화수명을 보였으며 절화수명 연장제 처리의 경우 두 가지 난방시스템에서 절화수명이 비슷하였다(Table 4).

절화수명 실험에서 나노탄소섬유 적외선등 난방시스템에서 생육된 장미의 생체중이 실험기간 중 가장 높

Table 4. Effect of heating system on vase life of cut rose flowers.

Heating system and postharvest treatment solution	Vase life (days)
Infrared lamp + Preservative sol. ^z	7.0 a ^y
Infrared lamp + Distilled water	5.5 b
Electric heater + Preservative sol.	6.9 a
Electric heater + Distilled water	4.4 c

^zPreservative solution ‘Ggotsimi’ manufactured by SK Chemical Co. Ltd., Korea.

^yMean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

게 나타났으나 난방시스템에 따른 차이는 크게 없었으며 절화수명연장제와 증류수 처리간에 차이를 보였다. 증류수보다 절화수명연장제에서 나노탄소섬유 적외선등 난방시스템과 전기히터 난방시스템에 모두 생체중이 더 높았다(Fig. 4).

절화장미의 수분 흡수량은 수확 후 1일째에 나노탄소섬유 적외선등 난방시스템에서 생육한 장미를 증류수에 처리한 구에서 절화당 1일 평균 21mL로 제일 많았다. 그 외 다른 처리구들은 대부분 1일 평균 17mL 정도였다(Fig. 5). 수확 후 날씨가 경과하면서 수분 흡수량이 점점 줄어들었지만 나노탄소섬유 적외선등에서 생육한 장미를 절화수명연장제에 처리한 구

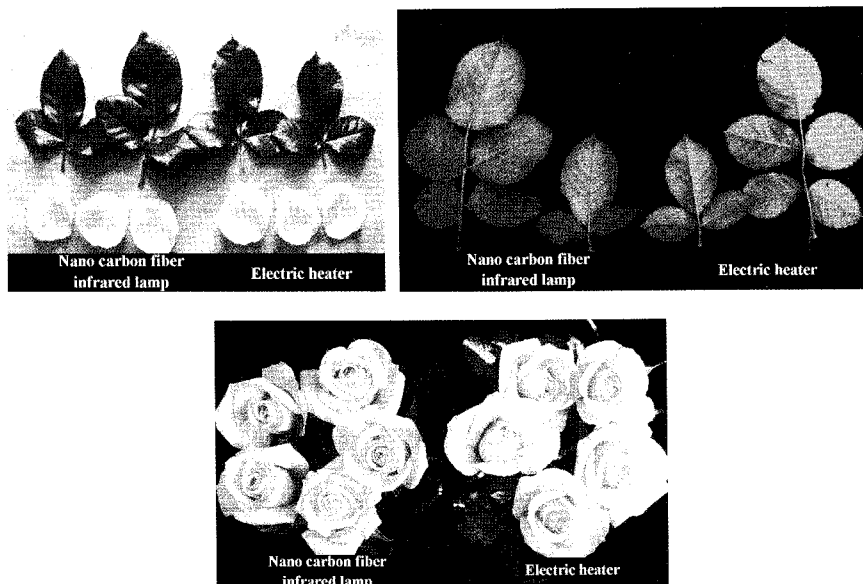


Fig. 3. Petal and leaf colors of cut rose ‘Orange Fresh’ harvested from two adjacent greenhouses each with one of two heating systems, a nano-carbon fiber infrared heating system and an electrical heating system.

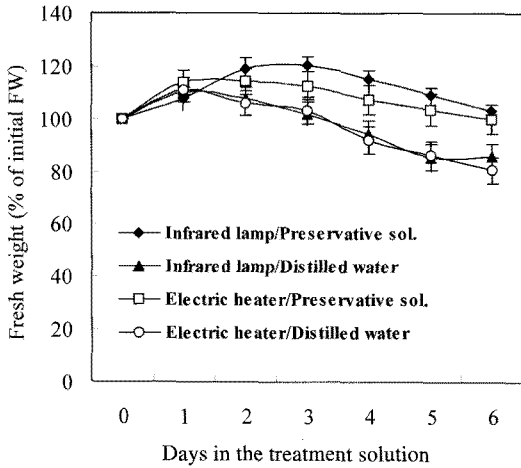


Fig. 4. Effect of heating system on fresh weight of cut roses.

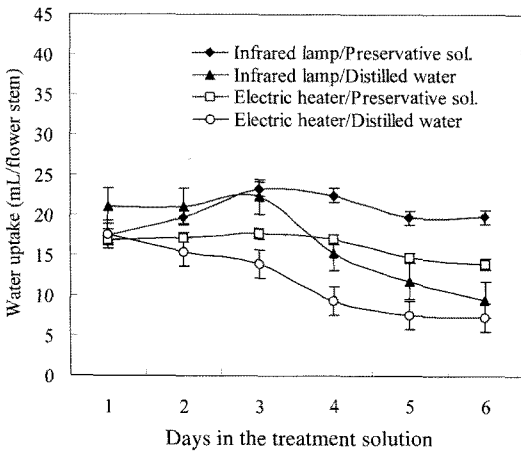


Fig. 5. Effect of heating system on amount of water uptake by cut roses.

에서는 1일 약 20mL 정도로 가장 많았다. 이는 나노탄소섬유 적외선등 난방시스템에서 생육된 장미의 물올림이에 좋은 것을 의미한다(Kim과 Lee, 2006). 수분 흡수량 역시 난방시스템에 따른 차이보다는 절화수명 연장제와 증류수 처리구에서 더 뚜렷한 차이를 보였다.

이 결과를 종합해 볼 때 나노탄소섬유 적외선등을 이용한 난방시스템의 경우 온실난방 시스템으로 난방비 절감효과가 높았고, 화색이 좋은 우수한 장미를 생산할 수 있었다. 또한 절화수명에서도 전기히터 난방시스템과 비교시 다소 우수함을 알 수 있었다. 나노탄소섬유 적외선등을 이용한 난방시스템은 고유가시대 난

방비 절감으로 장미 생산농가의 생산비 부담을 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

적 요

장미 생산농가의 대부분은 겨울철 난방비가 생산비의 가장 큰 몫을 차지한다. 요즘과 같은 고유가 시대에 농가의 부담을 줄이기 위하여 난방비 절감율이 높은 난방시스템에 대한 연구를 수행하였다. 복사열을 이용한 적외선등 난방의 경우 식물체와 같은 물체를 먼저 가열하여 주변의 기온이 올라가는 방식으로 빠르게 온도를 높일 수 있고 경유를 이용한 난방방식에 비해 비용이 절감되는 장점이 있다. 농가에 설치된 나노탄소섬유 적외선등 난방시스템의 현지조사를 실시하여 난방효과 및 난방비 절감율을 분석하고, 나노탄소섬유 적외선등 난방시스템과 전기히터 난방시스템에서 생산된 ‘오렌지 플레쉬’ 장미의 생육과 절화수명을 조사하였다. 나노탄소섬유 적외선등의 경우 온실 내부 공기 설정온도가 20°C인 경우 식물체 온도는 1~2°C 정도 더 높게 나타났을 뿐만 아니라 베드와 근권부 온도는 17~19°C 정도로 유지하는 등 우수한 난방의 효과를 알 수 있었고, 전기히터 난방시스템과 온수보일러 난방시스템의 추정 난방비를 비교한 결과 난방비 절감 효과가 아주 높게 나타났다. 장미의 생육을 조사한 결과 전기히터 난방시스템에서 생육한 장미와 차이가 없었으며 화색이나 엽색의 발현이 더 좋았다. 절화수명에서는 나노탄소섬유 적외선등에서 생육한 장미가 생체중과 수분 흡수량이 높아 다소 더 길어진 절화수명을 뒷받침해 주었다.

주제어 : 꽃의 품질, 온실 난방, 난방비용 절감, 적외선 난방기, ‘오렌지 플레쉬’ 장미

사 사

본 연구는 김해시 진례면 담안리 시온장미원에 설치된 나노탄소섬유 적외선등 시스템을 활용하여, 경상대학교 농생명산업 글로벌인재육성사업단(BK21사업단)과 (주)골든에너지간의 산학협력연구비 및 농촌진흥청의 장미특화작목산학연협력단 사업비로 수행되었다. Chung Ho Ko and Moon Sook Son were supported

by a scholarship from the BK21 Program, the Ministry of Education, Science and Technology, Korea.

인용문헌

1. Bickford, E.D. and S. Dunn. 1972. Light for plant growth. Kent State University Press, Kent, OH, USA.
2. Cho, K.C., I.T. Hwang, B.S. Kim, G.Y. Gi, M.S. Cho, and J.G. Kim. 2006. Light intensity and spectral characteristics of artificial lights and growth response of Chinese cabbage seedlings as affected by irradiating infra-red lamp after sunset. *J. Bio-Env. Cont.* 15:173-178.
3. Choi, D.H., J.C. Huh, J.H. Lim, and H.D. Suh. 1999. Comparison of thermal environment in single span plastic greenhouses with an electrical heating, hot-air heating or without heating. *J. Bio-Env. Cont.* 8:125-135.
4. Hanan, J.J. 1998. Chapter 4. Temperature, p. 167-270, in Hanan J.J.(ed.), *Greenhouses: Advanced technology for protected horticulture*. CRC. USA.
5. Jeong, B.R. and Y.B. Kim. 2009a. Principle and effect of a nano-carbon fiber infrared heating system. *Agriculture and Horticulture*. March, p. 89-91.
6. Jeong, B.R. and Y.B. Kim. 2009b. Principle and effect of a nano-carbon fiber infrared heating system. *Organic*. March, p. 96-99.
7. Kim, Y.A. and J.S. Lee. 2001. Vase life and water balance of cut rose cultivars as affected by preservative solutions containing sucrose, 8-hydroxyquinoline sulfate, ethion-ine and aluminum sulfate. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42:325-330.
8. Kim, Y.A., and J.S. Lee. 2006. Effect of time to dip in water after harvest on vase life and quality of cut roses. *Flower Res. J.* 14:1-6.
9. Lee, M.Y., S.J. Hwang, and B.R. Jeong. 2001. Growth and yield of hydroponic rose 'Little Marble' as affected by root zone temperature and heating method in winter season. *J. Bio-Env. Cont.* 10:61-68.
10. Lee, S.K., J.W. Kim, and Y.J. Yoon. 2006. A study on world energy outlook and the optimal alternatives for energy technology development: focusing on coal utilization technology. *J. of Energy Engr.* 15:174-180.
11. Nelson, P.V. 2003. Chapter 3. Greenhouse heating, p. 93-152, in Nelson, P.V. (ed.). *Greenhouse operation & management*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.
12. Nobel, P.S. 1991. Chapter 4. Light. pp. 191-243. In Nobel, P.S. (ed.). *Physicochemical and environmental plant physiology*. Academic Press, New York.
13. Schaupmeyer, C.A. 1984. Response of a commercial rose crop to root zone warming. *Acta Hort.* 148:825-826.
14. Shanks, J.B. and A. Laurie. 1949. A progress report of some rose root studies. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 53:473-488.
15. Yu, I.H., M.W. Cho, S.Y. Lee, H. Chun, and I.B. Lee. 2007. Effects of circulation fans on uniformity of meteorological factors in warm air heated greenhouse. *J. Bio-Env. Cont.* 16:291-296.