

곤달비 여름재배 시 냉각방법과 냉수호스베드재배가 생육 및 미기상에 미치는 영향

김기덕^{1*} · 이응호² · 김원배² · 이준구² · 유동립¹ · 권영석¹ · 이종남¹ · 장석우² · 홍순춘¹
¹국립식량과학원 고령지농업연구센터, ²국립원예특작과학원

Effects of Several Cooling Methods and Cool Water Hose Bed Culture on Growth and Microclimate in Summer Season Cultivation of Narrowhead Goldenray '*Ligularia stenocephala*'

Ki-Deog Kim^{1*}, Eung-Ho Lee², Won-Bae Kim², Jun-Gu Lee², Dong-Lim Yoo,
Young-Seok Kwon¹, Jong-Nam Lee¹, Suk-Woo Jang², and Soon-Choon Hong¹

¹Highland Agriculture Research Center, NICS, Pyeongchang 232-955, Korea

²National Institute of Horticultural & Herbal Science, Suwon 440-706, Korea

Abstract. This study was carried out to investigate the effects of several cooling methods such as water hose cooling, mist, fog and control on growth and microclimate, and to develop a simple nutriculture bed for production of fresh leaves of narrowhead goldenray '*Ligularia stenocephala*'. When the root-zone was cooled with 240 L/hr flow rate of 13°C ground water using water hose, the temperature was lowered approximately by 2 to 3°C than that of control. The growth of narrowhead goldenray were favorable in the water hose cooling compared with the other cooling methods. Nutrient culture system having part cooling effect around plant canopy was developed. The system was composed of 15 cm diameter of water hose on side wall of beds, cooling hose, and expanded rice hull media as organic substrate. When cool water which the temperature changed in the range of 14 to 22°C diurnally with 240 L/hr of flow rate through water hose, the air temperature around canopy and root-zone temperature were dropped by 0.5°C and 3°C compared with that of conventional styrofoam bed, respectively. These results showed that newly devised bed system using water hose was simple and economical for the production of high quality narrowhead goldenray leaves. This system might be practically used both at summer and winter season for the cultivation of narrowhead goldenray by part cooling or heating around root-zone and plant canopy.

Key words : hose, *Ligularia stenocephala*, local cooling, nutriculture bed

서 론

고랭지가 다른 지역에 비해 온도가 낮아 여름철 호냉성 채소를 재배하기에는 유리하지만 이상적인 온도 환경은 아니다. 따라서 고랭지에서도 여름철에는 증수와 상품성 향상을 위해서는 적극적인 냉방이 필요하며, 특히 강우를 차단하기 위한 시설재배의 경우, 외기온보다 상승한 시설 내 온도를 낮추는 것이 무엇보다도

중요하다. 일반적으로 PE나 유리로 피복되어 있는 재배시설은 여름철에 온실 내부의 온도가 35~40°C까지 높아져 작물생육에 악영향을 미친다.

곤달비는 저장묘를 이용하더라도 여름철에 평간지에서 재배하기에는 어려움이 많아 서늘한 지역인 고랭지에서 재배를 시도하였다(Kim 등, 2010). 그러나 고랭지에서도 온도가 높기 때문에 양질의 신선 곤달비를 생산하기 위해서는 적극적인 냉방이 필요하다.

대표적인 냉방방법으로 냉동기에 의한 냉각, 증발냉각, 지열냉각, 환기, 차광 등을 꼽을 수 있다. 그러나 냉각장치로 냉매를 순환시키는 것은 에너지가 소요되

*Corresponding author: kkd1414@korea.kr
Received April 26, 2011; Revised June 17, 2011;
Accepted June 20, 2011

므로 비용이 많이 든다(Kim 등, 2006). 따라서 냉방이 기술적으로는 가능하다고 하더라도, 경제적이지 못하면 현실적으로 널리 활용할 수 없다. 이러한 측면에서 가능하면 경제적인 에너지 절감형 냉방방식을 택하는 것이 일반적이다. Lee 등(2008)의 보고에 따르면 우리나라 시설재배 여름철 온도강하를 위해 대부분 차광에 의존한다는 사실로부터도 이를 이해할 수 있다.

효율적으로 에너지를 절약하면서 생산성 향상을 위해 주간냉방 대신에 야간냉방(Cho 등, 1994)이나 국부냉방(Paek 등, 2010)도 좋은 방법이 될 수 있다. 온실 전체를 냉방하려면 경제적 측면에서 곤란하기 때문에 엽채류와 같은 키 작은 작물을 재배할 경우 굳이 전체를 냉방하지 않아도 된다.

한편 지하수는 매일의 일기의 변화에 둔감하기 때문에 온도의 변화가 거의 없어 냉각을 위한 매체로서는 효과적이고, 또한 경제적 측면에서 이를 이용한 냉방 연구가 많이 이루어졌다(Park 등, 1994; Nam 등 2005). 그러나 충분한 양의 지하수를 확보하기가 어렵기 때문에 공사장의 잉여지하수나 하천여과수를 활용하고자 하는 연구(Jung 등, 2006; Park 등, 2007)와 지열을 이용한 냉방효과도 검토되어 실질적으로 활용되고 있다.

최근 고유가와 환경문제로 인해 대체에너지의 중요성이 대두되면서 신재생에너지 자원의 활용에 대한 관심이 그 어느 때보다 높아지고 있다. 신재생에너지 중 지열은 다른 대체에너지에 비해 초기 투자비가 적게 들고 지속가능한 에너지라는 장점이 있으나, 이를 이용하기 위해서도 상당한 수준의 시스템 구성이 필요하다(Jung 등, 2006).

한편 생육환경의 제어가 용이하고, 연작장해를 줄일 수 있는 등 많은 장점이 있는 수경재배는 작물특성에 따라 수경재배형태를 달리하거나 작목을 갱신할 경우에, 수경베드의 철거와 교체가 용이하지 않은 것이 단점 중의 하나이다. 이에 여름철에 효율적으로 냉방하면서 곤달비 등의 호냉성 엽채류를 재배할 수 있는 경제적인 수경재배시스템의 개발이 필요하였다.

이에 본 연구는 몇 가지 냉각방법에 따른 곤달비 재배효과와 재배방법별 냉각효과를 검토하고, 베드의 구조물 및 냉각수단으로 호스를 이용한 경제적인 팽연화양겨수경재배베드를 개발하고자 수행되었다.

재료 및 방법

1. 냉각방법에 따른 곤달비 생육 및 미기상 변화

밭에서 채취한 곤달비 묘를 고려지농업연구센터의 대관령 시험포장에 2007년 5월 23일에 조간 30cm × 주간 20cm 간격으로 이식하였다. 여름철 곤달비 재배 시설 내 냉각 및 습도조절을 위한 환경조절방법으로, 무비가림, 냉수호스, 미스트, 포그 등 4처리를 두었으며, 모든 처리구는 Kim 등(2007)의 결과를 토대로 차광율 약 50%의 흑색 차광망을 설치하였다. 지면은 잡초방지를 위해 흑색 부직포로 멀칭하였다.

냉방을 위한 처리로 미스트는 미니스프링클러를 1.2m 간격으로 설치하여 낮 동안에만 10분간 간헐적으로 가동시켰으며, 포그는 원예용 초음파안개발생장치로 낮 동안에 10분가동/10분정지의 스케줄로 가동하였다. 냉수호스 냉각은 두둑 위에 2줄로 설치하고 약 13°C의 지하수를 약 240L/hr의 유속으로 흐르게 하였다. 냉각방법별 미기상변화를 알아보기 위하여 온습도를 지상 30cm 부위에서 온도 및 상대습도 센서(Watchdog model 450, Spectrum co.)로 측정하였으며, 초장, 주중 등 곤달비의 생육을 조사하였다.

2. 재배방법에 따른 곤달비 생육 및 미기상 변화

2.1 수경재배시설의 설치, 정식 및 급액관리

수경재배를 위한 팽연화양겨 베드로서 호스 베드는 지면을 배액이 잘 흐를 수 있도록 약간 경사지게 고른 후에 직경 15cm 정도의 호스를 1.2m의 베드폭 넓이로 나란히 놓고 호스에 물을 채우고 난 다음, 그 위에 비닐을 깔고 10cm 두께로 팽연화양겨를 채워 배지로 사용하였다. 스티로폼 베드는 40mm의 경질 스티로폼 판으로 폭 1.2m, 높이 15cm의 베드를 만들어 설치하였다.

재배방법별 곤달비의 생육과 미기상 변화를 알아보기 위한 시험은 약 50% 흑색차광망으로 차광된 비가림하우스에서 수행되었다. 밭에 정식하여 1년 정도 자란 곤달비 묘를 캐어 2008년 6월 30일에 정식하였다. 정식 시 붙어있던 잎들은 활착하여 신초가 보였을 때 제거하였다. 양분관리로서 토양재배구는 Mo 등(1999)이 곱취재배에 사용했던 원시표준액(N-P-K-Ca-Mg = 15-3-6-8-4, me/L)의 50배액을 만들어 2주마다 1회 관비하였으며, 관수는 관행에 준했다. 호스베드 및 스

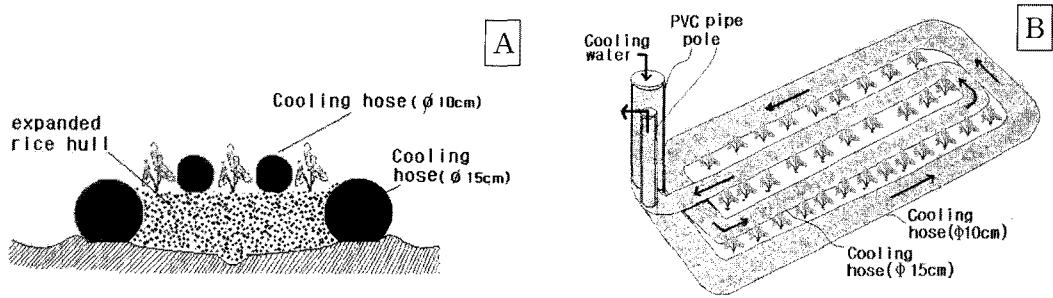


Fig. 1. Schematic diagrams of cooling hose bed developed for expanded rice hull substrate nutrient culture. A: cross-sectional view, B: 3-dimensional view showing the direction of water flow.

티로폼베드 등 수경재배구는 위의 표준액을 점적호스로 하루에 10분씩 3회 급액하였다.

2.2 냉수호스 이용 수경베드 냉각

재배방법별 국소부위 냉각효과를 알아보기 위해서 3차리 모두 직경 10cm의 호스를 베드와 지면 또는 수경재배베드 위에 두 줄로 나란히 설치하고 약 240L/hr의 유속으로 계곡수를 흘렸다. 특히 호스베드는 토양재배나 스티로폼베드와는 달리 계곡수가 베드측면의 호스를 돌고 표면의 호스를 거쳐 배출되도록 하였다. 계곡수 유입부의 유량 조절을 위해 열려진 냉각수 유입부는 냉각수가 원활하게 흐를 수 있도록 40cm 정도 높게 설치하였다(Fig. 1).

2.3 냉각열량 분석, 미기상 계측 및 생육조사

본 시험에 사용한 냉수호스베드의 열교환량은 다음과 같이 호스입구와 출구의 온도차 및 유량에 따라 결정되었다.

$$Q = mw \cdot cw(\theta_o - \theta_i) \quad (1)$$

여기서 Q: 열교환량(kcal/hr), mw: 물의 질량유량(kg/hr), cw: 물의 비열(kcal/kg°C), θ_o , θ_i : 각각 냉각수 출구와 입구의 온도(°C)이다.

비기림하우스의 냉방부하는 RDA(2007)의 방법에 따라 다음과 같이 계산하였다.

$$Q = Ag \times [(Kw \times Aw/Ag + 3.1) \times (To - Ti) + Rs \times (1 - \eta) - 44.8] \quad (2)$$

여기서 Q: 냉방부하(kcal/hr), Ag: 온실바닥면적

(m^2), Kw: 열관류율(kcal/ m^2 hr°C), Aw: 온실표면적(m^2), To: 주간의 최고외기온도(°C), Ti: 주간의 실내설정온도(°C), Rs: 단위면적당 1시간 동안의 최대일사량(kcal/ m^2 hr), η : 차광률이다.

냉수호스를 이용한 수경재배베드시스템에서의 온도 변화를 알아보기 위하여 데이터로거(Almemo 5690, Ahlborn)를 활용하여 수온 및 기온을 측정하였으며, 초장, 주중 등 곤달비의 생육을 조사하였다.

시험결과 및 고찰

1. 냉각방법에 따른 곤달비 생육 및 미기상 변화 특성

냉각방법별 곤달비의 생육은 냉수호스 > 미스트 > 무비기림 > 포그 순으로 좋았으며(Table 1), 재배시기의 습도가 대체로 높았기 때문에 포그 효과는 덜 나타났다(Cho 등, 1994). 13°C의 냉수를 약 240L/hr의 유속으로 냉각호스에 흘려 냉각시켰을 때 지온이 약 2~3°C 떨어졌다(Fig. 2B). 이와 같은 온도 하강 효과 때문에 냉수호스 냉각처리에서 곤달비의 생육이 좋을 것으로 추정된다. 다만 곤달비 근락부위인 지상 30cm의 기온은 포그나 냉수호스에 비해 미스트에서 낮았는데, 냉수호스에서의 열교환에 의한 냉각속도가 미스트의 냉수에 의한 직접냉각과 증발냉각에 의한 냉각속도를 따르지 못하기 때문으로 판단된다(Fig. 2A).

한편 지상 30cm 부위에서 측정된 습도는 냉수호스에서 가장 낮았고 미스트에서 가장 높게 나타났다. 이들 냉각처리는 무처리에 비해서는 다소 높은 결과를 보였으나 큰 차이는 보이지 않았다(Fig. 2C). 그런데

Table 1. The growth of narrowhead goldenray as affected by cooling methods.

Cooling methods	Plant height (cm)	No. of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Petiole length (cm)	Leaf weight /plant (g)
Control ²	23.5 b ^y	20.1 c	13.5 b	12.3 bc	16.6 b	33.9 b
Water cooling hose	27.3 a	26.1 b	14.8 a	13.4 ab	20.4 a	50.6 a
Mist	24.1 b	30.9 a	14.0 ab	13.8 a	17.1 b	39.1 b
Fog	20.6 c	25.7 b	11.9 c	11.6 c	15.0 c	29.7 c

¹Without cooling.

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

- Transplanting date: May 23, 2007.

- Measured date: Oct. 4, 2007.

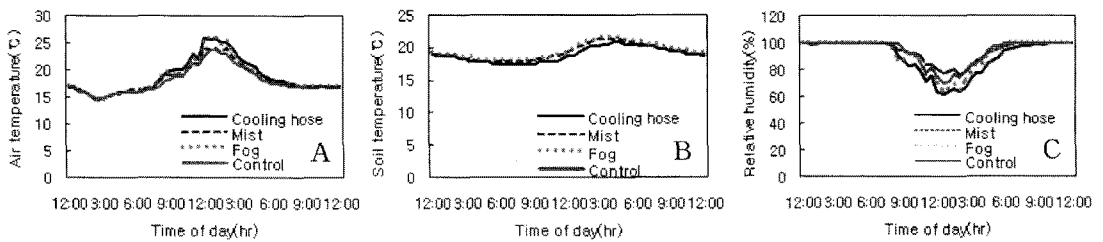


Fig. 2. Changes in the air temperature (A), soil temperature (B) and the relative humidity (C) as affected by cooling methods. -Measured date: Jul. 6, 2007.

미스트 처리는 냉수를 직접 앞에 살수하여 냉각하는 방식으로서 냉각효과가 좋았음에도 불구하고 냉수호스에 비해 생장이 다소 나쁘게 나타났는데, 미스트에 의한 지나친 물리적 자극이나 과습에 의해 생육이 억제되었기 때문이 아닌가 추정된다(Choi 등, 2000).

한편 냉각방법에 따라서 2007년 7월 6일의 지온은 최저 17°C에서 최고 21°C 범위에서 일중 변화하였다. 처리별 온도차이는 크게 보이지는 않았으나 기온과는 달리 냉각호스에서 다소 낮게 유지되었다(Fig. 2B). 이와 같은 결과는 호스냉각은 열교환에 의한 냉각 뿐 아니라 냉수호스가 지면에 설치되어 있어서 태양복사에너지가 지면으로 직접적으로 도달되는 것을 차단하기 때문에 지온상승이 더 억제되어 나타난 결과로 판단된다. 이처럼 호스냉각은 특별한 장치를 활용하여 시설의 상대습도를 높이고 온도를 낮추는 포그냉방(Choi 등, 2004)과 달리 특별한 장치 없이 경제적으로 재배시설의 온도를 낮출 수 있는 냉각방법으로 판단된다. 또한 열교환량은 냉각수 관류량이 많고, 열교환면적이 넓을수록 증가(Nam과 Kim, 1994; Park 등, 1994)하므로 유량과 냉각호스의 양을 증가시키면 더 높은 온도하강 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

2. 호스를 이용한 국부냉방 팽연화왕겨베드 재배효과
냉각호스를 이용한 국부냉방방식을 활용하여 곤달비 재배에서 문제시 되고 있는 연작장해의 문제와 여름철 온도상승문제를 동시에 해결하기 위하여 새로운 형태의 간이 수경재배베드를 개발하고자 하였다.

농업용호스를 이용한 국부냉방 팽연화왕겨베드는 일반적으로 농가에서 비용이 많이 들어가는 스티로폼베드의 문제점을 해소하면서 여름철 또는 겨울철에 지하수 또는 계곡수 등 자연에너지 활용하여 냉각할 수 있고, 아울러 설치, 해체가 용이한 간이베드시스템으로 개발되었다.

본 시스템에서 배지로 적용한 팽연화왕겨는 양액배 배지로서 Mg, Ca, NH₄-N 등의 양이온의 흡착이 많아지거나(Jeon 등, 2004) 변질되는 등(Kim 등, 2000) 다소의 단점은 있으나 3년 동안은 안정적으로 활용할 수 있다(Mo 등, 1999). 또한 배지로 사용 후 밑에 환원하여 유기물로 재활용 할 수 있으며 토경으로 전환하기가 용이하다.

본 연구에서는 새롭게 고안된 호스베드와 스티로폼베드의 냉수호스에 의한 냉각 효과를 알아보고자 냉각수의 온도 및 균탁부위 온도의 변화와 곤달비 생육을

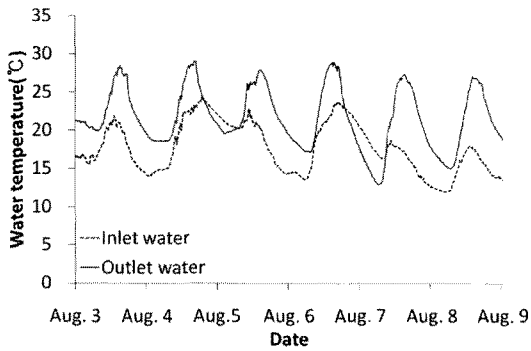


Fig. 3. The changes in the inlet and outlet water temperature in hose bed system from Aug. 3 to Aug. 9, 2007.

조사하였다. 냉각수의 유입부와 유출부의 일중온도는 각각 14~22°C 범위, 13~29°C 범위에서 변화하였다 (Fig. 3). 유출수의 온도가 높아진 것은 시설내에서 열교환에 의한 증가로 상승한 열량만큼 시설 내 온도가 낮아지는 것을 기대할 수 있다. 여기서 냉각용수의 일중 온도변화가 컸던 이유는 시험에 사용되었던 계곡수의 수량이 많지 않아 일사에 의한 계곡수의 수온변화가 컸기 때문이며, 이러한 문제는 수량이 풍부하거나 울창한 숲을 흐르는 계곡수를 활용하면 완화될 수 있을 것으로 판단된다.

호스베드와 스티로폼베드간의 근권부의 온도를 살펴보면 (Fig. 4B), 냉수의 온도가 14~22°C 범위로 공급되었을 때 베드 근권부 온도가 18~23°C로 유지되어 냉수호스에 의한 냉각효과가 인정되었다.

베드 30cm 상단에서 측정된 곤달비 균락부위의 온도는 스티로폼베드에 비하여 호스베드에서 약 0.5°C, 근권부의 온도는 약 3°C 낮게 나타났다. 이러한 차이는 호스베드의 측벽이 냉각용 호스로 되어 있어 방열

면적이 스티로폼베드보다 넓었기 때문으로 보인다. 베드근권부의 온도차에 비해 균락의 기온의 차가 적게 나타난 것은 센서의 위치가 베드 표면 위 30cm 위치에 있었는데 완전하게 균락이 형성되지 않은 상태였으며, 처리구를 동일한 시설공간에 두었기 때문에 공기유동에 의해 냉각효과가 상쇄되었을 가능성이 있으므로, 균락이 충분히 형성되거나 공간을 달리하면 그 효과가 뚜렷하게 확인할 수 있을 것으로 추정된다. 이처럼 냉수에 의한 냉각 효과는 지중에 매설한 송수호스에 약 15°C의 지하수를 250L/hr로 흘렸을 때, 지온을 약 4°C 낮출 수 있었다는 Han 등(2008)의 보고와 유사한 결과이다. 또한 양액베드의 내부에 15mm PE관 2줄을 매설하고, 베드 표면에 10mm PE관을 설치하여 10~20°C의 냉각수를 순환시켰을 때 베드온도를 20~23°C로 유지할 수 있었다는 Paek 등(2010)의 보고에서도 국부냉방의 효과가 컸음을 밝혔다.

본 시험에 설치한 냉각호스의 방열면적을 살펴보면, 베드 상단에만 냉각호스(φ10cm)가 설치된 스티로폼베드의 방열면적(56.5m²)보다 베드측벽 겸용 냉수호스(φ15cm)와 베드 상단의 냉수호스(φ10cm)가 설치된 호스베드의 방열면적(141.3m²)이 약 3배 넓었기 때문에 근권의 온도가 더 낮았던 것으로 판단된다.

시설의 폭이 6m, 길이가 30m이고, 앞뒤와 측면이 열려 있는 비가림하우스에서, 대관령의 주간 최고온도를 30°C, 실내 설정온도를 20°C, 최대 일사량을 750kcal/m²hr, 열전달율 5.7kcal/m²hr°C, 차광률 60%, 온실표면적 156m²를 적용하고 앞의 (2)식에 따라 재배시설의 냉방부하를 이론적으로 산출하면 54,677kcal/hr이다.

또한 Fig. 3의 냉각수 온도변화로부터 (1)식에 따라

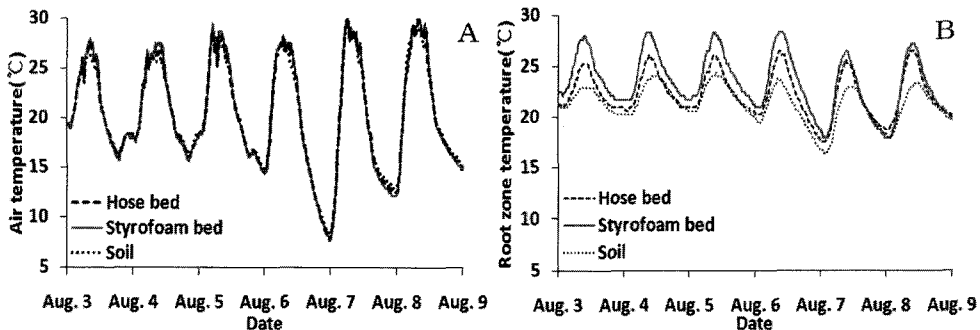


Fig. 4. The changes in air temperature (A) in plant canopy and root-zone temperature (B) as affected by local hose-cooling.

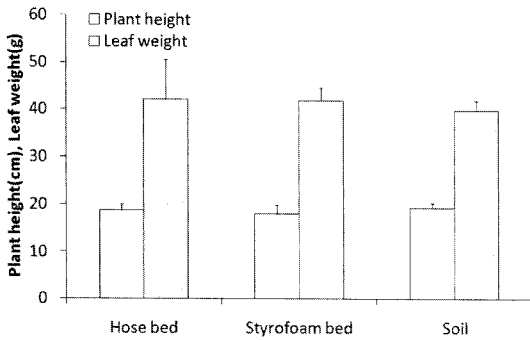


Fig. 5. The growth of *Ligularia stenocephala* by culture methods. - Transplanting date: Jun 30, 2008. - Measured date: Sept. 22, 2008.

냉각열량을 계산하면, 계곡수를 240L/hr의 속도로 호스에 흘렸으므로, 일중 냉각수의 입구온도와 출구온도의 변화를 토대로 계산하였을 때 낮 동안의 냉각열량이 약 1,500kcal/hr이었고 3개의 베드를 설치한 시설 내 전체 냉각열량은 약 4,500kcal/hr이었다. 즉, 방열면적이 컸음에도 불구하고 240L/hr의 유량으로는 시설 냉방부하량 54,677kcal/hr을 충족시키지 못하는 것으로 계산된다. 이와 같이 시설전체를 냉방하는 것은 다소 한계가 있다고 판단되므로 작물이 자라고 있는 부위의 국부냉방 방식으로 접근하는 것이 더 효율적이라 생각할 수 있다.

냉각열량의 증가는 통과유량이 많을수록 단위면적당의 열교환량이 증가하고(Nam과 Kim, 1994), $\phi 15\text{cm}$ PE관을 사용한 수경재배 베드의 국부냉각 시 적정 공급유량을 2톤/hr(Paek 등, 2010) 정도로 밝혀졌으므로, 본 시험에 적용한 유량이 240L/hr는 2톤/hr의 1/5수준으로 매우 적었으나 방열면적이 넓으므로, 유량을 그 이상으로 충분히 늘리면 호스냉각에 의한 베드부분 국부냉방으로 충분히 적당한 온도관리가 가능할 것으로 판단된다.

이와 같은 온도 하강 효과는 곤달비의 생육에 영향을 미쳐 냉수호스베드에서 다소 양호한 것으로 나타났으나(Fig. 5) 처리 간 큰 차이를 나타내지는 않았다. 곤달비는 월동한 묘에서 봄철에 잎이 자란 것을 수확하여 이용하는 산채로 여름철에는 하고현상 때문에 생육이 매우 불량한 특성을 가지고 있다(Kim 등, 2010). 본 시험에사용한 곤달비 묘는 밭에서 자라고 있는 것을 봄에 캐어 바로 정식하였기 때문에 이식묘살에 의

해 생육이 전체적으로 지연되었다. 늦가를 휴면묘를 캐어 저장한 곤달비 종근을 활용하면 국부냉방의 효과가 더 크게 나타날 것으로 생각된다.

여름철 재배에서 지하수에 의한 냉방효과는 잘 알려져 있다(Sasaki 등, 1989; Park 등, 1994; Nam 등, 2005; Paek 등, 2010). 냉방을 위한 막대한 양의 지하수를 확보하는 것은 현실적으로 매우 곤란하여 지하수를 효율적으로 활용하고자 하는 연구도 진행되었다(Nam과 Kim, 1994). 계곡이 많은 고랭지에서는 위치에너지를 이용하여 무동력으로 계곡수를 호스베드에 순환시켜 냉각하는 것도 에너지 절약차원에서 권장할 만하다.

또한 방열면적이 증가하면 열교환량이 증가하나 현실적으로 기존의 설비방식에서는 비용이 추가되므로 무한정 확대하기는 곤란하다. 따라서 값싸게 구할 수 있는 농업용 호스를 이용하여 저렴하게 방열면적을 최대화할 수 있는 간이호스베드 방식이 생산비를 낮추면서 효율적으로 냉방할 수 있는 좋은 대안이 될 것으로 판단된다.

Nelson(1991)도 증발냉각 등 설비를 이용하여 냉방할 경우, 이론적으로는 실내온도를 외부 습구온도까지 낮출 수 있으나 2~3°C 높게 유지관리하는 것이 오히려 경제적인을 강조한 바와 같이 특수한 목적 이외의 일반 재배에서는 무리하게 많은 경비를 들여 냉방할 필요는 없다. 이에 곤달비처럼 키가 작은 작물의 재배는 식물체 부위 국부냉방으로도 효과를 얻을 수 있다.

더구나 시설환경조절 측면에서 볼 때, 예전에는 시설 전체의 환경을 조절하고자 하였으나, 최근에는 에너지 절약차원으로 국부 난방 또는 냉방연구가 진행되고 있는 추세이다.

본 연구에서 개발된 국부냉방을 위한 호스베드시스템은 키가 작은 엽채류 재배에 적용하기에 적합하여 곤달비 뿐만 아니라 호냉성 채소인 상추, 쌈채소 등 엽채류의 고온기 생산에 널리 활용될 수 있다. 호스베드는 저온기에는 난방수를 순환하여 별도의 방열 배관 없이 국부난방에도 활용할 수 있어 에너지를 절약하면서 재배할 수 있는 경제적인 간이 양액재배베드로서 널리 활용될 것으로 기대된다.

적 요

본 연구는 여름철에 신선한 곤달비를 생산하기 위하

여, 몇 가지 냉각방법에 따른 재배효과를 검토하고 베드의 구조물 및 냉각수단으로서 호스를 이용한 경제적인 팽연화양겨 간이수경재배베드를 개발하기 위하여 수행하였다. 냉각방법별 곤달비의 생육은 냉수호스, 미스트, 무비가립 순으로 좋았으며, 13°C의 지하수를 약 240/hr의 유속으로 흘러 냉각시켰을 때 지온이 약 2~3°C 낮아졌다. 여름재배 시 근락부위 부분냉방을 위해 개발된 호스베드시스템은 $\phi 15\text{cm}$ 의 냉각호스용 측벽과, 유기배지로 팽연화양겨가 이용된다. 냉수호스베드에서 냉수의 온도가 14~22°C 범위에서 공급되었을 때 배지의 온도는 18~23°C로 유지되어 냉각효과가 양호하였으며, 스티로폼베드에 비하여 호스베드의 곤달비 근락부위의 온도는 약 0.5°C, 근권부의 온도는 약 3°C 낮은 등 냉각효과가 있었다. 국부냉방을 위한 호스베드시스템은 곤달비와 같은 키가 작은 엽채류의 여름철 재배에 활용할 뿐 아니라 저온기에는 난방수를 순환하여 별도의 방열배관없이 국부난방에도 활용할 수 있어 경제적인 간이양액재배베드로서 활용될 것으로 기대된다.

주제어 : 곤달비, 국부냉방, 수경재배 베드, 호스

인 용 문 헌

1. Cho, I.H., Y.H. Woo, N. Hiroshige, and H. Yasui. 1994. Studies on zone cooling of greenhouse in the daytime in summer and occurrence of blossom-end rot in tomato plants. *J. Bio-Environ. Control* 3(1):36-41.
2. Choi, Y.H., J.H. Lee, D.K. Park, J.K. Kwon, and Y.C. Um. 2000. Effect of greenhouse cooling method on the growth and yield of the tomato cv. momotaro in warm season. *J. Bio-Environ. Control* 9(1):60-65.
3. Choi, Y.H., J.K. Kwon, J.H. Lee, N.J. Kang, M.H. Cho, and B.G. Son. 2004. Effect of cooling method on growth and yield of tomato and pepper grown in summer season greenhouse culture. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 22(4):388-392.
4. Han, B.T., I.M. Yoo, K.H. Lee, T.I. Kim, and T.J. Kim. 2008. Improvement of productivity by groundwater cooling in the summer season cultivation of watermelon. *JBRES Annual Report* pp. 511-522.
5. Jeon, S.J., B.J. Ham, M.H. Ahn, S.Y. Lee, and B.C. Jung. 2004. The characteristics of nutrient solution in the expanded rice hull substrate culture. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 22 (Suppl. II) p. 41.
6. Jung, W.S., K.S. Hwang, and Y.S. Ahn. 2006. Installation and monitoring of bank filtration (including alluvial and riverbed deposits) source heat pump cooling system. *J. Kor. Soc. New and Renewable Energy (Suppl.)* pp. 5-8.
7. Kim, J.H., S.Y. Ahn, Y.H. Song, and Y.J. Kim. 2007. Effect of shading on the quality of *Ligularia fischeri* fresh leaves in summer season. *GARES Annual Report* pp. 450-453.
8. Kim, K.D., E.H. Lee, W.B. Kim, J.G. Lee, D.L. Yoo, Y.S. Kwon, J.N. Lee, S.W. Jang, and S.C. Hong. 2010. Year-round production of fresh leaves of narrowhead goldenray '*Ligularia stenocephala*' by using stored rootstocks in sequential highland-lowland cultivation. *J. Bio-Environ. Control* 19(4):324-332.
9. Kim, K.H., S.H. Lim, Y.I. Namgung, and K.C. Yoo. 2000. Evaluation on the physical and chemical properties of expanded rice hulls as hydroponic culture medium. *J. Bio-Environ. Control* 9(2):73-78.
10. Lee, S.Y., C.G. Kang, and S.H. Chun. 2008. Survey and analysis on the practical cooling method for crops in protected horticulture during summer season. *NIHHS Annual Report* pp. 820-826.
11. Mo, Y.M. 1999. Studies on the establish of high yield protected cultivation system in *Ligularia fischeri*. Master thesis. Gangwon National Univ.
12. Nam, S.W. and M.K. Kim. 1994. Development of nutrient solution cooling system in hydroponic greenhouse. *J. Kor. Soc. Agri. Eng.* 36(3):113-121.
13. Nam, Y.I., I.H. Yu, T.Y. Kim, M.H. Cho, K.L. Choi, M.Y. Roh, J.I. Yun, and H.B. Lee. 2005. Development of effective cooling system for greenhouse cooling by heat-exchange method with ground water. *NIHHS Annual Report* pp. 1002-1009.
14. Nelson, P.V. 1991. *Greenhouse operation and management*. Prentice Hall, N.J., USA.
15. Paek, Y., G.C. Kang, S.Y. Lee, and S.H. Chun. 2010. Investigation of local cooling effect for energy saving in hydroponic greenhouse. *NIHHS Annual Report* pp. 827-832.
16. Park, G.W., H.K. Nam, and B.C. Kang. 2007. Cooling performance of ground source heat pump using effluent ground water. *J. Kor. Soc. New and Renewable Energy* 3(4):47-53.
17. Park, K.W., M.H. Seo, S.Y. Lee, C.J. Yu, and K.S. Lee. 1994. A fundamental study on the greenhouse cooling by water-flow air conditioner in summer season. *J. Bio-Environ. Control (Suppl.)* pp. 67- 69.
18. RDA. 2007. *Guidebook for energy saving in protected horticulture*. p. 109.
19. Sasaki, K. and T. Itagi. 1989. Effect of root cooling treatment of nutrient solution on growth and yield of tomato cucumber and melon. *Environ. Control in Biol.* 26:61-67.