

당귀의 광합성 특성과 수경재배 방식에 따른 생장 분석

박종석¹ · 김성진¹ · 김홍주¹ · 최종명¹ · 이공인^{2*}

¹충남대학교 원예학과, ²국립농업과학원 농업공학부

Photosynthetic characteristics and growth analysis of *Angelica gigas* according to different hydroponics methods

Jong-Seok Park¹, Sung-Jin Kim¹, Hong-ju Kim¹, Jong-myung Choi¹, Gong-In Lee^{2*}

¹Department of Horticulture, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

²National Academy of Agricultural Science, RDA, Jeonju, 560-500 Korea

Received on 8 November 2014, revised on 1 December 2014, accepted on 5 December 2014

Abstract : The aim of this study was to investigate which hydroponic system is the optimum for growth and photosynthetic characteristics of *Angelica gigas* during experiment. *Angelica gigas* ‘Manchu’ were sowed and managed under a growth room chamber. The environmental conditions (temperature 22 /18 (day/night), relative humidity 50-70%, photosynthetic photon flux density (PPFD) 120±6 μmol m⁻² s⁻¹) were maintained for 3 weeks. Forty eight seedlings with 4-5 leaves were transplanted in deep flow technique (DFT), substrate, and spray culture systems [culture bed: 800 (L) x 800 (W) x 400 mm(H)] under 150±5 μmol m⁻² s⁻¹ PPFD provided with fluorescence lamps and cultivated for 11 weeks. At the end of the experiment, fresh and dry weights, leaf length and width, SPAD, root fresh, and dry weights, and root volume of *Angelica gigas* were measured. Photosynthetic rate of *Angelica gigas* were measured with portable photosynthesis systems to investigate optimum PPFD, CO₂ concentration, and air temperature conditions. Fresh and dry weights of *Angelica gigas* grown in substrate were significantly greater than DFT-treated, but there were not significant with spray treatment. Leaf photosynthesis of *Angelica gigas* showed the tendency to sharply increase as PPFD was increased from 50 to 200 μmol m⁻² s⁻¹. Though CO₂ saturation point was around 1000-1200 μmol mol⁻¹, increase in air temperature from 16 to 26 did not quite affect photosynthesis of *Angelica gigas*. In conclusion, *Angelica gigas* may be optimally cultivated with a spray culture system as air temperature, PPFD, and CO₂ concentration for environment are controlled at 20±3 , 150 μmol m⁻² s⁻¹, and around 1000 μmol mol⁻¹ for mass production.

Key words : PPFD, Photosynthesis, CO₂ concentration, Mass production

I. 서론

당귀(*Angelica gigas* radix)는 우리나라, 일본과 중국 등지에서 자라는 미나리과에 속하는 다년생 초본으로 참당귀(*Gngelica gigas* Nakai)를 기원식물로 1-2 m 곧게 자란다(Pang 과 Lee, 1995). 참당귀의 약효 연구로 Tanaka 등(1971)은 decusin, decursinol에 대한 mice의 수면효과를 보고한 바 있으며, 약리작용으로 진통작용(Tanaka et al., 1971), 혈압강하작용, 해열작용(Ahn et al., 2011), 수면연장작용, 혈소판 응집 억제작용(Shimizu et al., 1991;

Toriizuka et al., 1986) 등이 보고되었다.

당귀는 재배과정에서 고온기에는 초기에 꽃대가 올라와 추대되면 뿌리가 목질화되어 품질과 약효성분이 떨어져 약용으로 이용할 수 없게 된다(Yu et al., 2003). 당귀의 생리·생태적 특성 때문에 한국에서는 강원도 고령지 지역이나 경북의 산간지대에서 노지재배를 하고 있다. 이러한 재배는 근권부를 약재에 이용하는 조건으로 재배하는 것이지만, 최근 당귀는 갈슘과 인의 함량이 상추에 비해 각각 2.8 배 및 4.5배 높고 비타민 C도 8배 정도 높아서 영양가 측면에서는 기능성 채소라 할 수 있다(Moon et al., 2003). 최근에는 국민 소득 증대와 건강에 대한 관심이 높아지면서 기능성 채소에 관한 소비자의 관심이 증대됨에 따라 당귀

*Corresponding author: Tel: +82-63-238-4062

E-mail address: lgi5980@korea.kr

는 어린잎 채소와, 쌈채소로 유통 및 이용되고 있다(Park and Ryu, 2000).

평창지역에서 재배하는 참당귀는 2년 주기로 생산하며, 첫해는 육묘밭에서 모를 길러 다음해 봄에 본밭에 옮겨 심고 그 해 가을에 수확하기 때문에 생산 기간이 오래걸린다. 전국 생산량의 70%를 차지하고 있는 강원도 평창은 서늘한 기후와 해발 400 m 이상, 준 고랭지의 지리적 요건으로 당귀 생육에 필요한 최적 조건을 갖추고 있다. 따라서, 생산가능한 지역이 매우 한정적이기 때문에 당귀를 주년 생산하고, 지리적, 기후적 제약에서 벗어날 수 있는 수경재배를 통한 식물 공장형 생산시스템을 활용한 당귀의 생산이 필요하다고 할 수 있다.

식물 공장형 생산시스템은 통제된 일정한 시설내에 광, 온도, 습도, 양액조성, 이산화탄소 농도 및 배양액 등의 재배환경조건을 인공적으로 제어할 수 있기 때문에 작물이 최적의 광합성을 할 수 있다(Choi et al., 2013). 그리고 수경재배는 박막재배, 담액재배, 분무경재배, 배지재배 등 다양하게 사용되고 있는데 각 재배 유형별 작물의 생육에 장단점이 존재한다. 이러한 다양한 재배 방법이 있지만 현재 식물 공장에서의 약용작물 생산에 관한 일련의 연구가 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 당귀의 잎기반 광합성 특성과 수경재배 방식에 따른 생장을 분석하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 식물재료 및 측정항목

강원도 평창에서 2013년도에 채종된 참당귀(*Angelica gigas* 'Manchu') 300립을 흐르는 수돗물에 3일간 침종처리 하였다. 이후 6시간 상온에서 반건조 시킨 후, 128공 플러그 트레이에 원예용 상토(바이오베스트상토, (주)동부팜 한농)를 충전한 후, 완전히 포수시키고 1칸에 2립씩 파종하였다. PE필름으로 배지를 덮어 포습상태를 유지한 후 22°C 암상태의 성장상에 정치시켜 발아시켰다. 7일 후 필름을 걷어내고 발아된 묘는 19–23°C 온도와 50–70% 상대 습도 조건에서 생육 되었으며, 3일에 한번씩 저면관수 하였고, 형광등(JU11062-6004B 14W 6400K, 이글라이트)을 이용하여 광합성유효광량자속(photosynthetic photon flux density; PPF) 120±6 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 조건으로 3주간 육묘하였다. 본엽 4매가 출현하는 시기에 담액경, 배지경,

분무경의 3개의 처리구에 각각 16주씩 이식하여 11주간 재배하였다. 11주째 당귀의 생육 분석을 위하여 생체중, 건물중, 엽장, 엽폭, 엽수, SPAD, 근생체중, 최대근장, 근부피, 근건물중을 측정하였다. 근생체중은 재배상에서 분리시킨 후 Kimwipes를 이용하여 3회 수분을 제거한 후 측정하였으며, 건물중은 건조기(HB-501M, 한백과학)를 이용하여 70°C에서 7일간 건조시킨 후 무게를 측정하였다. 엽장과 엽폭은 가장 큰 엽의 길이를 측정하였으며, SPAD 값은 휴대용 엽록소 측정기(SPAD-502, Minolta)를 이용하여 같은 위치의 3개 엽에 대해서 측정하였다.

2. 재배 시스템

당귀 육묘는 800(length) x 800(width) x 500(height) mm 크기의 아크릴 소재의 재배상을 이용하여 분무경, 배지경, 담액경 재배장치에 이식하였다. 분무경에 노즐 12개를 균등 설치하여 균일한 분무 조건을 만들었으며 배지경은 원예용 상토를 높이 400 mm로 채운 후 점적관수를 이용하여 재배하였다. 담액경은 양액높이 300 mm를 설정하고 그 이상되는 양액은 오버 플로우 관을 설치하여 자연 배수 되도록 하였으며 수족관용 산소발생기 (DK-200, (주)대광)를 설치하여 양액내에 산소를 공급하였다. 모든 처리에서 당귀는 200 mm 간격으로 16주를 정식하였다. 양액은 호글랜드 배양액을 이용하여 2주간 순환 후, 교체하였다. 배지경의 점적관수 급액은 주당 1일 2회씩 총 250 mL를 공급하였다. 분무경은 3분 간격으로 30초씩 분부하여 지하부가 항상 습윤상태를 유지할 수 있도록 관리하였다. 광원은 형광등(JU11062-6004B 14W 6400K, 이글라이트) 10개를 1세트로 ON/OFF 시킬 수 있도록 하였으며 2세트를 1개의 재배 장치에 설치하였다. 광주기는 16:8(주:야)로 설정하였으며, 실험기간 중 PPF는 광원으로부터 200 mm 아래에서(초기 균락상태) 150±5 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 였으며, 재배실의 온도는 22/19°C(주:야간) 값으로 히트펌프(AF30FSAM1EE, 삼성전자)를 이용하여 설정하였으나 실재는 23/20±1°C 정도로 유지되었다(Fig. 1). 습도는 산업용 초음파가습기(HU-4200C, 엠텍)를 이용하여 주간 50–60% 야간 60–70% 조건으로 제어되었다(Fig. 1). CO₂ 가스는 인위적으로 공급하지 않았으며 기류는 재배 트레이 뒤쪽에 직경 120 mm DC 냉각팬으로 공기를 재배상 안에서 바깥쪽으로 강제 순환 시켰으며 24시간 팬을 가동하였다.

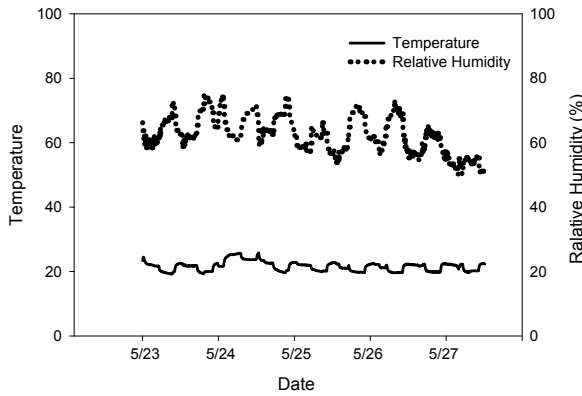


Fig. 1. Times course of temperature and relative humidity in the culture room of *Angelica gigas* for 5 days.

3. 광합성 측정

당귀의 광합성은 원예용 상토로 채워진 포트에 본엽 4매가 전개된 당귀를 정식하여, PPFD $150 \pm 5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 조건과 상기 온습도 조건에서 8주간 재배한 당귀를 이용하여 측정하였다. 광합성 측정은 광합성 휴대용 측정기를 (Li-cor 6400, USA) 이용하였으며, 광조사 후 4~6시간 사이에 측정하였다. 휴대용 광합성 측정기를 이용한 챔버 내의 환경조건 설정은 약용작물인 후추등의 경우 온도 25°C , CO_2 농도 $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$, 광강도는 $40\text{--}300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 으로 설정하였으며(Bang and Ju, 2003), 섬기린초의 경우 온도 25°C , CO_2 농도 $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$, 광강도는 $0\text{--}1800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 범위에서 $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 간격으로 측정하여 광포화점이 $600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 이상에서 존재한다고 보고 하였다(Lee and Kang, 2013). 이에, 당귀는 고냉지에서 생산되는 특성에 따라 온도 20°C , CO_2 농도 $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$, 광도는 $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 으로 설정하였다. 광강도 조건은 50, 100, 200, 400, 800, $1600 \mu\text{mol m}^{-2}$

s^{-1} , CO_2 농도 조건은 $400\text{--}1400 \mu\text{mol mol}^{-1}$ 사이에서 $200 \mu\text{mol mol}^{-1}$ 간격, 온도 조건은 $16\text{--}26^\circ\text{C}$ 사이에서 2°C 간격으로 측정하였다. 모든 측정은 가장 큰 엽을 선택하여 측정하였다. 모든 분석은 SAS 통계분석 프로그램(ver. 9.2)을 이용하였으며, 평균간 유의성 검증을 위하여 던킨의 다중 분산분석(Duncan's multiple rate test;DMRT)를 $P < 0.05$ 조건으로 분석하였다. 모든 실험은 2회 반복 처리하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 재배 시스템에 따른 당귀 생육

재배 시스템에 따른 당귀의 생육은 생체중과 건물중을 기준으로 배지경에서 가장 좋은 결과를 얻었는데, 담액경과 비교하여 유의적으로 생체중이 증가하는 경향을 보였으며, 분부경과 비교 시 유의적 차이는 발생되지 않았다(Table 1). 재배 방식과 상관없이 엽장, 엽폭은 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 평균값에서는 배지경에서 가장 높았고, 담액경에서 가장 작았다(Table 1). Kim(1992)은 여름철 토마토의 수경재배 방식으로 담액경이 배지경 보다 전체적인 생산량과 품질에서 좋다고 하였으며, Lee 등(2011)은 돌나물의 경우 혼합토(강모래, 발효, 원예용 상토; 1:1:1)와 수경재배 실험결과 생체중과 건물중은 수경재배 방식이 유의적으로 높게 나타났으나, 돌나물의 줄기 경도는 유의적으로 작게 나타났다고 보고하였다. 그러나 온도가 조절되는 식물공장과 같은 환경에서는 배지경의 지하부가 고온 스트레스를 받지 않아 양호한 생육을 나타낸 것으로 판단된다. 과채류의 수경재배에서도 딸기의 경우 식물체당 수량은 토경재배에서 높지만, 단위면적당 수량과 생산량은 밀식한 수경재배에서 3배 이상 높게 나타났다

Table 1. Aerial growth and root zone growth indicators of *Angelica gigas* grown under three different culture systems with fluorescent lamps for 11 weeks.

Culture method	Aerial parts					Root zone parts			
	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	SPAD	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Longest root length (cm)	Root volume (mL)
DFT	45.85 b	5.75 b	17.87 a	15.60 a	36.05 a	19.97 a	2.37 a	21.55 ab	22.25 a
Spray	48.76 ab	5.94 ab	19.44 a	17.28 a	42.50 a	20.32 a	2.34 a	23.54 a	21.46 a
Media	56.54 a	7.24 a	23.82 a	21.66 a	41.06 a	22.28 a	2.64 a	19.32 b	23.26 a

DFT: deep flow technique

Data points with different letters are significantly different (DMRT: $P < 0.05$)

(Paraskevopoulou-Paroussi and Paroussis, 1995). 본 당귀 실험은 재식밀도가 같은 조건이기 때문에 배지경에서 높은 생육을 나타낸것이라 사료된다. 이러한 재배 방식별 생육의 차이와는 다르게 엽록소 함량을 간접적으로 측정할 수 있는 SPAD값은 3개의 처리구에서 유의적인 차이가 없었다(Table 1). Shin 등(2014)는 LED 광조사에 따른 상추의 SPAD값이 유의적 차이가 나지 않았다는 본 실험의 결과와 유사하였다. 당귀의 지하부 최대근장이 분무경 재배에서 배지경재배와 비교하여 유의적으로 큰값을 나타내었으며, 담액경과는 유의적 차이를 보이지 않았다(Table 1). 또한, 근부피 값은 유의적 차이는 보이지 않았으나, 배지경에서 가장 큰 평균값을 보였다. 이에 배지경에서 자란 당귀의 최대근장은 작았지만, 전체적인 뿌리의 부피가 큰 것은 뿌리가 깊이 발달하지 않았다는 것을 유추할 수 있다. 그러나 뿌리 생체중과 건물중에서는 3처리간 유의적인 차이를 보이지 않았다(Table 1).

이러한 결과를 볼 때, 당귀의 적정 수경재배 시스템으로 배지경이 나머지 분무경 또는 담액경 보다는 더욱 적합하다고 판단된다. Kim(1992)은 고온기에서는 지하부의 고온 스트레스에 의한 생육저하를 논하면서, 담액경을 좋은 재배방식으로 선정하였지만, Chung과 Lee(1997)은 식물공장과 같은 환경조절이 가능한 재배공간에서는 분무경이 우수할 것으로 판단하였다. 인공광을 이용한 대량생산 시스템에서 배지경은 많은 단점을 가지고 있으나 지하부의 완충능력이 향상되고 매우 안정된 재배조건을 유지할 수 있다. 식물공장에서 담액경이나 분무경이 가지는 장점이 있지만, 지하부의 완충능력을 고려하여 배지경을 이용하여 당귀를 재배하는 것이 상품화율을 증가시키고, 안정된 재배 시스템을 확립할 수 있는 방법이라고 사료된다.

2. 광합성 특성

당귀는 고산지대의 반음지에서 자생하는 특징을 보인다. 이러한 생육 특성을 고려하여 재배환경의 주요 환경이라고 할 수 있는 광도, 온도, CO₂ 농도 변화에 따른 당귀의 엽단위의 광합성을 측정결과 광도가 50-200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 로 증가하는 조건에서 광합성 곡선은 급격하게 증가하는 경향을 보이며, 특히 100-200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 로 증가하는 구간에서 최대의 기울기 값을 보인다(Fig. 2). Lee 등(2006)은 음나무 유묘의 광포화 곡선에서 초기 75-300 $\mu\text{mol m}^{-2}$

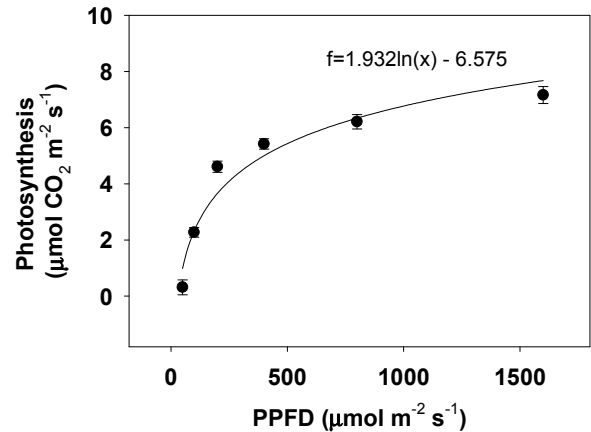


Fig. 2. Photosynthesis of *Angelica gigas* as affected by photosynthetic photon flux densities (PPFDs) with temperature (20°C) and CO₂ concentration (400 $\mu\text{mol mol}^{-1}$).

s^{-1} 구간에서 매우 급격히 광합성이 증가하는 경향으로 유사한 결과를 보였다. PPFD 400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 이상의 조건에서는 완만한 상승곡선을 그리면서 800-1600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 조건에서 광포화점이 존재하는 경향을 나타내었다. 따라서 식물공장에서 당귀재배의 적정 광도는 100-200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 사이에 존재할 것으로 추측되었다. Um 등(2010)은 식물공장에서 정식 2주 후 145 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 광도 수준에서 상추의 지상부 생체중과 엽면적이 양호하다고 보고하였으며, Cha 등(2012)은 식물공장의 적축면 재배시 120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 광도 수준의 경우 적색 발현이 되지 않았으나 150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 광도 수준에서 적색 발현이 잘 되어 광도에 대한 최소조건으로 150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 을 제시하였다. 이에 일반적인 엽채류 조건인 150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 이상에서 최적의 광도 조건을 만족하는 것으로 사료된다. CO₂ 농도 조건이 400-1200 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ 증가하는 조건에서 광합성 또한 비례하는 기울기로 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 3). CO₂ 농도 1200 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ 이상에서 포화점이 관찰되고 있으나(Fig. 3), Cha 등(2012) 및 Park과 Lee(1996)는 식물공장의 엽채류 생산시 CO₂ 농도를 1000 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ 수준으로 제시하였다. 또한 온도가 16-26°C로 상승하는 조건에서 당귀의 광합성 속도는 정적인 움직임을 보이고 있어 거의 변화하지 않는 특징을 나타내었다(Fig. 4). 이러한 광합성에 대한 온도반응 특성은 특히 인공광원을 이용하여 재배하는 생산시스템에서는 적정 온도범위가 넓어 여름철 설정치 보다 높은 온도 조건에서도, 겨울철의 낮은 온도조건에서도 생육에 큰 영향을 미치지 않는다는 것을 의미 하므로 추후 계절변화에 대한 온습도 제어 전략

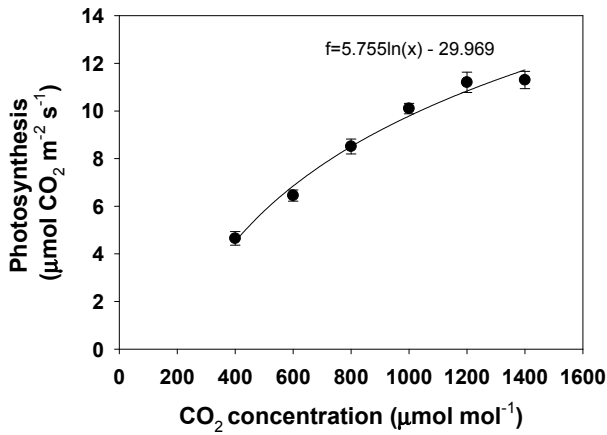


Fig. 3. Photosynthesis of *Angelica gigas* as affected by different CO₂ concentrations with temperature (20°C) and photosynthetic photon flux density (400 µmol m⁻² s⁻¹).

을 세우는 데 있어, 매우 유용한 가치가 있을 것으로 사료된다. 따라서 각각의 환경조건에 대한 광합성 특성을 종합하면, 광도는 약 150 µmol m⁻² s⁻¹, 온도 20±3°C, CO₂ 농도는 약 1000 µmol mol⁻¹ 조건으로 환경제어를 하면 당귀 대량생산 시스템의 최적 조건을 구현하여 높은 생산성을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

IV. 요약

본 연구는 당귀의 대량생산 시스템에 적합한 재배 방식을 선정하기 위하여 담액경, 배지경, 분무경 재배 시스템에 대한 비교 평가와 당귀의 엽단위 광합성 특성을 분석하여 대량생산 시스템에서의 최적환경 조건 구명을 위하여 수행되었다. 참당귀 ‘만추’를 파종하여 암상태에서 발아 시킨 후에 기온 18–22°C, 상대습도 50–70%, PPFd 120±6 µmol m⁻² s⁻¹ 조건으로 3주간 육묘하였다. 본엽 4매가 출현하는 시기에 담액경, 배지경, 분무경의 3개의 처리구에 각각 16주씩(총 48주) 이식하였으며 PPFd는 광원 20 cm 아래에서 150±6 µmol m⁻² s⁻¹, 온도 20/23±1°C, 상대습도 50–70% 조건으로 11주간 재배하였다. 11주째에 생육조사를 실시하였으며, 당귀의 환경조건에 대한 광합성 특성을 살펴보고자, CO₂농도, 온도, PPFd 값에 따른 광합성특성을 휴대용 광합성 측정기를 이용하여 측정하였다. 배지경 재배에서 당귀의 생체중과 건물중이 담액경 재배와 비교하여 유의적인 증가를 나타내었으며, 분무경 재배와는 유의적 차이가 발생되지 않았다. 광합성 특성으로 PPFd 값이 50–200 µmol m⁻² s⁻¹ 증가할 때 광합성 값이 급상승하는

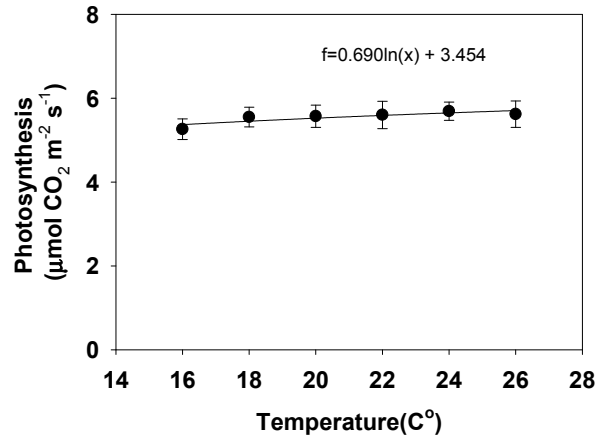


Fig. 4. Photosynthesis of *Angelica gigas* as affected by temperatures with CO₂ concentration (400 µmol mol⁻¹) and photosynthetic photon flux density (400 µmol m⁻² s⁻¹).

경향을 나타내면서 800–1600 µmol m⁻² s⁻¹ 사이에서 광포화점이 있을 것으로 추정되었다. CO₂ 포화점은 1000–1200 µmol mol⁻¹에 존재하는 것으로 관찰되었으며, 온도가 16–26°C로 증가할 때, 실제 광합성 값은 거의 영향을 받지 않았다. 결과적으로 당귀를 수경재배 기술을 이용한 대량생산 시스템에 도입할 경우 분무경 재배 시스템에 PPFd는 150 µmol m⁻² s⁻¹, CO₂ 농도는 약 1000 µmol mol⁻¹ 이하에서, 온도는 20±3°C 조건에서 광합성 환경을 조성해 주거나 환경제어를 유지하면 당귀 대량생산 시스템의 최적 조건을 구현하여 높은 생산성을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 농업공동연구 국책기술개발의 연구비 지원으로 수행되었습니다(No. PJ00984702).

참고 문헌

- Ahn MJ, Bae JY, Park JH. 2011. Pharmacognostical Studies on the *Angelica* species from Korea. Korean Journal Pharmacognosy 42(2):103-106. [in Korean]
- Bang KJ, Ju JH. 2004. Effects of Light Intensity on the Growth Characteristics and Net Photosynthesis of *Piper kadsura* Native to Korea for Indoor Plants. Journal of Korean Institute of Landscape Architecture 32(4):1-6. [in Korean]
- Cha MK, Kim JS, Cho YY. 2012. Growth Response of Lettuce to Various Levels of EC and Light Intensity in Plant Factory. Journal of Bio-Environment Control 21(4):305-311. [in Korean]
- Choi CS, Lee JG, Jang YA, Lee SG, Oh SS, L HJ, Um YC. 2013. Effect of Artificial Light Sources on Growth and

- Quality Characteristics of Leaf Lettuce in Closed Plant Factory System. *Journal of Agriculture & Life Science* 47(6): 23-32. [in Korean]
- Chung SJ, Lee BS. 1997. Effects of Ionic Strength of Nutrient Solution on Growth of Tomato Plants in Aeroponics. *Journal of Korean Society for Horticultural Science* 38(6):638-641.
- Kang SS, Byeon HS, Kang SK, Ko DH, Lim DJ, Lee JH, Kang SH. 2013. The Effect of Extract from Leaves and Stalks of *Angelica gigas* on the Innate immunity. *Korean Journal Veterinary Service* 36(4):227-232. [in Korean]
- Kim YS. 1992. The Investigation of Appropriate Hydroponic System for Cherry Tomatoes in Summer Season. *Journal of Biology Facility Environment* 2(1):53-57. [in Korean]
- Lee CH, Shin CH, Kim KS, Choi MS. 2006. Effects of Light Intensity on Photosynthesis and Growth in Seedling of *Kalopanax pictus* Nakai. *Korean Journal Medicinal Crop Science* 14(4):244-249. [in Korean]
- Lee SY, Kim HJ, Bae JH. 2011. Growth, Vitamin C, and Mineral Contents of *Sedum sarmentosum* in Soil and Hydroponic Cultivation. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* 29(3):195-200. [in Korean]
- Li H, Kang TH. 2013. Photosynthetic Characteristics of *Sedum takevimensense* on Various Moisture Conditions in a Green Roof System. *Journal of Korean Institute of Landscape Architecture* 41(6):140-146. [in Korean]
- Moon JO, Park KW, Kang HM. 2003. Effects of Treatment of Light, Temperature and Priming on Germination of *Angelica acutiloba* Kitagawa Seeds. *Korean Journal of Horticultural Science Technology* 21(4):434-439. [in Korean]
- Pang KC, Lee MW. 1995. Hemopoietic Stimulant Components from *Angelicae Gigantis* Radix. *Chung-Ang Journal Pharmacy Science* 9(1):89-95. [in Korean]
- Paraskevopoulou-Paroussi, G, Paroussi E. 1995. Precocity, Plant Productivity and Fruit Quality of Strawberry Plants Grown in Soil and Soiless Culture. *Acta Horticulturae* 408:109-117.
- Park KW, Ryu KO. 2000. Functional Vegetable. *Herb World* Press. P.8-23, pp.57-62. [in Korean]
- Park MH, Lee YB. 1999. Effects of CO₂ Concentration, Light Intensity and Nutrient Level on the Growth of Leaf Lettuce in a Plant Factory. *Horticulture Environment & Biotechnology* 40(4):431-435.
- Shimizu M, Matsuzawa T, Suzuki S, Yoshisaki M, Morita N. 1991. Evaluation of *Angelicae* Radix by the Inhibitory Effect on Platelet Aggregation. *Chemistry Pharmacy Bulletin* 39(8):2046-2048.
- Shin YS, Lee MJ, Lee ES, Ahn JH, Kim MK, Lee JE, Do HW, Cheung JD, Pakr JU, Um YG, Park SD, Chae JH. 2014. Effect of Light Emitting Diodes Treatment on Growth and Quality of Lettuce (*Lactuca sativa* L. ‘Oak leaf’). *Journal of Life Science* 24(2):148-153. [in Korean]
- Tanaka S, Kano Y, Tabata M, Konoshima M. 1971. Effects of “Toki” (*Angelica acutiloba* Kitagawa) Extracts on Writhing and Capillary Permeability in Mice (Analgesic and Anti-inflammatory Effects). *Yakugaku Zasshi* 91(6):1098-1104. [in Japanese]
- Toriizuka K, Nishiyama P, Adachi I, Kawashiri N, Ueno M, Terasawa K, Horikoshi I. 1986. Isolation of a platelet aggregation inhibitor from *Angelicae* Radix. *Chemistry Pharmacy Bulletin* 8:243-245.
- Um YC, Oh SS, Lee JG, Kim SY, Jang YA. 2010. The Development of Container-type Plant Factory and Growth of Leafy Vegetables as Affected by Different Light Sources. *Journal of Bio-Environment Control* 19(4):333-342. [in Korean]
- Yoon TC, Cheon MS, Lee DY, Moon BC, Lee HW, Choo BK, Kim HK. 2007. Effects of Root Extract from *Angelica gigas* and *Angelica acutiloba* on Inflammatory Mediators in Mouse Macrophages. *Journal Applied Biology Chemistry* 50(4):264-269.
- Yu HS, Jo JS, Park CH, Park CG, Sung JS, Park HW, Seong NS, Jin DC. 2003. Plant Growth and Bolting Affected by Transplanting Time in *Angelica gigas*. *Korean Journal Medicinal Crop Science* 11(5):392-396. [in Korean]