

## 식물공장 인공광원이 방풍나물의 생육 및 수량에 미치는 영향

이광재<sup>1\*</sup> · 허정욱<sup>2</sup> · 김현환<sup>2</sup> · 정총렬<sup>2</sup> · 김동억<sup>3</sup> · 남상영<sup>1</sup>

<sup>1</sup>충청북도농업기술원 원예연구과, <sup>2</sup>국립농업과학원 생산자동화기계과 <sup>3</sup>한국농수산대학 공통교양과

### Effects of Artificial Light Sources on Growth and Yield of *Peucedanum japonicum* Hydroponically Grown in Plant Factory

Guang-Jae Lee<sup>1\*</sup>, Jeong-Wook Heo<sup>2</sup>, Chung-Ryul Jung<sup>2</sup>, Hyun-Hwan Kim<sup>2</sup>,  
Dong-Eok Kim<sup>4\*</sup>, and Sang-Young Nam<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Div. of Horticultural Research, Chungbuk Agricultural Research and Extension Service, Choengju, 28130, Korea

<sup>2</sup>Div. of Farming Automation, National Institute of Agricultural Science, Jeonju, 55365, Korea

<sup>3</sup>Dept. of General Education, Korea National College of Agriculture and Fisheries, Jeonju, 54874, Korea

**Abstract.** This study was carried out to investigate the effects of artificial light sources on growth and yield of hydroponically grown *Peucedanum japonicum* in plant factory. Treatments were composed with; florescent lamp(FL) as control, and LED lights; R:B(2:1, RB), R:B:W(2:1:3, RBW), and R:B:G:W(2:1:0.5:3, RBGW). Plant height of RBGW and FL treatments were superior to RB and RBW. Leaf weight of RBW and RB were superior to FL and RBGW. There were no significant difference of leaf length and thickness among the treatments. Lightness of leaves was same tendency with plant height. Total phenolic compound content was the high in order of RB as 105.77mg·100g<sup>-1</sup> GE, RBW as 92.52mg·100g<sup>-1</sup> GE, FL as 89.08mg·100g<sup>-1</sup> GE, and RBGW 82.00mg·100g<sup>-1</sup> GE. Total flavonoids were not detected in all treatments. Vitamin C content was the highest in RB and the lowest in FL. Total dietary fiber were the highest in FL and the lowest in RBGW. There was no significant difference cystein and methionine contents among the treatments. Concludely, yield, total phenolic compounds, and vitamin C content was high in RBW and RB. We reached conclusion that RBW is best artificial light source considering yield, functionality and eye fatigability when work. We recommend to further study LED pulse and duty rates for increasing functionality.

**Additional key words :** chlorophyll, dietary fiber, flavonoid, phenol, vitamin C

## 서 론

기상이변은 농경지의 축소, 작물재배 면적의 감소가 인류 식량생산에 위협요인으로 작용하여 기후변화에 대응하기 위해 식물공장의 연구가 급물살을 타고 있다. 식물공장은 외부 환경으로부터 독립적으로 작물 재배 환경을 바꿀 수 있어 작물 생육에 불리한 환경에도 작물 재배가 가능하다. 남극의 세종기지나 중동의 극고온인 지역에서도 식물공장이 운영되고 있다. 식물공장의 인공광원으로써 과거에는 형광등이 주로 사용되었으나 최근에는 LED를 많이 사용하는 추세에 있다. LED는 단색광으로 필요한 파장의 빛을 조사할 수 있고 발열량이 적어 재배기간 동안 열로 인한 피해가 적으며(Lee, 2010),

수명이 길어 유지비용을 낮출 수 있으며 전력절감효율이 높다(Hwang 등, 2004; Yoon, 2012). 식물공장 광원으로써 LED는 광질, 광량 등 조절이 가능하고 식물의 생장 반응, 식물체내 유용 물질 합성, 색소 발현 등의 연구를 통하여 인공광원으로써 각광을 받고 있다(Caldwell과 Britz, 2006; Heo 등, 2006; Lee 등, 2015). 식물공장 연구는 광원에 따른 엽채류 생육 특성(Um 등, 2010), 인공광원이 반결구상추의 생육 및 품질 특성(Lee, 2013), 인공광원이 케일의 수량 및 품질 특성(Heo 등, 2015), 적청 혼합광을 이용한 상추 안토시아닌 함량 증진(Lee 등, 2010), LED 적청광을 적절히 혼합하여 작물을 재배하는 것이 바람직하다고 하였다(Park 등, 2011). 최근 들어 인공광 식물공장 실용화를 위한 다양한 연구가 진행되고 있다(Ikeda 등, 1992; Heo 등, 2010; Inden 등, 2011). 따라서, 식물공장은 작물의 재배기술과 첨단 ICT 융복합 기술의 결정체로 최근 스마트온실이라고 불리고 있다.

방풍나물(*Peucedanum japonicum* Thunb)은 갯방풍 또

\*Corresponding author: ds3inj@naver.com

Received September 28, 2015; Revised January 12, 2016;

Accepted January 12, 2016

는 갯기름나물로 불려지며, 주로 어린 잎을 생식하거나 익혀 나물로 이용하며 식품뿐만 아니라 약리 효과로 이용성이 기대되는 작물이다(Jin 등, 1992). 방풍나물의 소비량의 증가와 주년 소비 패턴 정착을 위해 식물공장에서 안정적인 생산을 위한 연구가 손에 꼽을 정도이다.

따라서, 본 연구는 식물공장 방풍나물 재배시 인공광원에 따른 생육, 비타민 C, 아미노산, 플라보노이드, 페놀 함량 및 수량에 미치는 영향을 조사코자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험개요

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 수원 식물공장에서 수행하였다. 2014년 4월 11일 스펀지(28×28mm)에 파종하여 6월 9일 정식하였다. 정식 후 30일부터 90일까지 생육에 따라 10~14일 간격으로 수확을 하였다.

### 2. 처리내용 및 재배 시스템

시험 장치의 기본 골격은 가정용 식물공장 재배장치(대산정밀주식회사, 의왕)를 사용하였으며, 재배 장치는 박막수경(NFT) 재배 방식이었다(Fig. 1). 시험에 사용된 인공광원은 형광등(fluorescent Lamp, FL), Light Emitting Diode(LED) R:B(2:1, RB), R:B:W(2:1:3, RBW), R:B:

G:W(2:1:0.5:3, RBGW) 등 4처리를 하였다(Table 1). RB 처리구는 적색 LED는 650nm, 청색 LED는 450nm를 2:1의 조합으로 2개의 바를 하나의 광원으로 제작하여 사용하였다. RBW 처리구는 하나의 LED 바(bar)에 적색 LED 24개, 청색 LED 12개, 백색 LED 36개 등 72개 LED를 2:1:3으로 배치하였다. 백색 LED는 9,000°K 이상이었으며, 광원을 24시간 타이머로 제어하였다. RBGW 처리구는 RBW 처리구에 녹색 LED 6개가 장착된 별도의 LED 바(bar)를 추가하여 시험을 실시하였다. LED의 소비전력은 0.2w이었다. 형광등 처리구는 T5 형광등(9,000°K)을 사용하였으며 광량 확보를 위해 13각의 반사각(과기산업주식회사, 수원)을 설치하였다. 각각의 광원은 타이머로 제어하였다. 박막수경 water way는 2중 구조로 단면 상단부 내측은 70(W)×60mm(H)이었으며, 수위 조절이 가능하며, Φ65mm 독립 포트를 사용하였다. LED에서 정식판까지 거리는 240mm이었으며, 재배장치의 크기(가로×세로×높이)는 1,220×275×1,600(mm)이었다.

### 3. 생육 조사

정식 후 30일부터 90일까지 10~14일 간격으로, 처리별 12주씩 3반복으로 생육 및 수량조사를 실시하였다. 생체중, 엽장, 엽폭, 엽수, 엽록소 함량, 건물중 등을 측정하였다. 지상부 건물중은 70°C로 설정된 드라이오븐

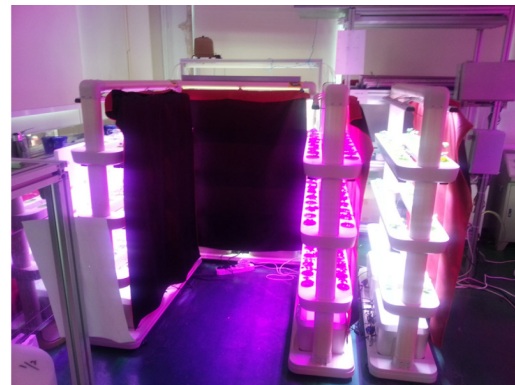


Fig. 1. Scene of experimental systems with different artificial light sources.

Table 1. Characteristics of artificial light sources in this study.

Light sources <sup>z</sup>	Number of LED in 96 cm LED bar (EA)				Fluorescent Lamp (9,000°K)
	Red	Blue	White	Green	
RB	72×2 set				
RBW	24	12	36		
RBGW	24	12	36	6	
FL					900 mm with reflector

<sup>z</sup>RB(Red LED : Blue LED = 1:1), RBW(Red LED : Blue LED : White LED = 2:1:3), RBGW(Red LED : Blue LED : Green LED : White LED = 2:1:0.5:3), FL(Fluorescent Lamp, T5)

(VS-1202D4, Vision Co. Ltd., Korea)에서 4일간 건조시킨 후 측정하였다.

#### 4. 성분 분석

비타민 C 정량은 비타민 C 추출을 위하여 시료 20g에 5% meta-phosphoric acid 용액을 일정량 가하여 균질화 후 8,000×g에서 5분간 원심분리하여 Whatman No. 2 여과지로 여과한 후 이 여액을 적절히 희석하여 2,4-dinitro-phenol hydrazin(DNP) 비색법으로 정량하였다.

아미노산은 Woo 등(2007)의 방법에 준하여 전처리 하였으며, 아미노산자동분석기(Biochrom 30, Biochrom Ltd., Cambridge, UK)를 이용하여 분석하였다. 이때 buffer solution은 lithium citrate buffer를 사용하였고, buffer flow rate는 0.33mL·min<sup>-1</sup>, ninhydrin flow rate는 0.33mL·min<sup>-1</sup>, column 온도는 37°C이며, injection volume은 40 µL로 하였다.

총 식이섬유는 AOAC(1996)법에 준하여 분석하였다. 즉, 효소 중량법(enzymatic-gravimetric method)으로 시료액과 분말시료를 a-amylase solution(heat stable, for dietary fiber assay)으로 액화 시킨 다음 protease와 amylogoucosidse를 차례로 반응시켜 단백질과 전분을 제거하는 효소적 가수분해 과정을 거친 후 가수분해된 용액의 잔사를 ethanol과 acetone으로 세척하여 건조 전·후의 무게 차를 구하고 단백질 및 회분을 정량한 다음 총 식이 섬유소 산출식에 의하여 함량을 산출하였다.

총 페놀 함량을 분석하기 위하여 채취한 sample을 막자 사발에 넣은 후 액체질소를 넣고 갈아준다. 그 후 3mL의 80% acetone을 micro pipette으로 넣고 다시 한번 섞어 준다. Transfer pipette으로 1mL의 시료를 micro tube에 보관한다. 작업이 완료된 분석시료를 4°C의 챔버에 12시간 이상 보관한다. 새로 준비한 microtube에 증류수 135µL, 10% Folin-Ciocalteu reagent 750µL, 분석 시료 50µL, 7.5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 600µL를 순서대로 넣어준다. Blank micro tube에 증류수 135µL, 10% Folin-Ciocalteu reagent 750µL, 80% acetone 50µL, 7.5%

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 600µL를 순서대로 넣어준다. 분석 시료를 각 10초씩 vortexing 한 후 45°C 수조에 15분간 넣어 준다. 그 후 충분히 식혀 준다. 1mL의 시료를 취하여 분광광도계로 765nm에서 흡광도를 측정하였다.

총 플라보노이드 함량을 분석하기 위하여 시료 0.2g을 막자사발에 넣고 70% Ethanol (pH 3.2 by formic acid) 3mL을 넣는다. 추출액 1mL을 일회용 피펫을 이용해 마이크로튜브에 넣는다. 3mL의 용기에 추출액 25µL, 5% NaNO<sub>2</sub> 75µL, 10% AlCl<sub>3</sub> (freshness) 150µL, 1M-NaOH 500µL을 넣고 전체가 2.5mL이 되도록 증류수를 채운다. 충분히 섞어준 뒤 5분을 기다린 후 Spectrophotometer 510nm에서 측정하였다. Standard curve는 catechin으로 얻었다.

#### 5. 환경관리

표준 배양액은 Yamazaki 파드득액(N-P-K-Ca-Mg = 8-2-4-4-2me·L<sup>-1</sup>)을 사용하였으며, 양액 공급은 24시간 공급하였다. 배양액의 pH와 EC는 각각 6.2와 1.5ds·m<sup>-1</sup>으로 주기적으로 보정하였으며, 배양액은 2주간격으로 전량 교체하였다. 식물공장의 일장은 12시간이었으며, 광량 지속 밀도는 150µmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>이었다. 식물공장 온도는 22±0.5°C이고, 습도 50%이었다. 이산화탄소는 별도로 사용하지 않았으며, 400±100µmol·mol<sup>-1</sup>이었다.

### 결과 및 고찰

방풍나물의 초장은 FL과 RBGW가 우수하여 RB와 RBW와 처리간에 통계적인 유의성을 나타냈다(Table 2). 엽장은 처리에 따라 6.9~7.0cm로 처리간에 차이를 나타내지 않았으나, 엽폭은 FL과 RB에서 우수하여 RBW와 RBGW 처리와 유의성을 나타냈다. 엽형지수는 주광색 광이 들어간 RBW, RBGW처리에서 우수하였으며, 엽후는 처리에 따라 0.32~0.35mm로 처리간에 유의성을 나타내지 않았다.

광질에 따른 수확 엽수는 FL이 19.7개로 가장 많았으

**Table 2.** Characteristics of plant height, leaf length, leaf width, leaf shape index and leaf thickness according to different artificial light sources in *Peucedanum japonicum*.

Light sources <sup>2</sup>	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf shape index	Leaf thickness (mm)
RB	11.9 b <sup>3</sup>	7.0 a	9.8 a	0.72 c	0.32 a
RBW	11.1 b	6.9 a	8.7 bc	0.82 ab	0.35 a
RBGW	13.8 a	7.0 a	8.5 c	0.86 a	0.34 a
FL	13.4 a	7.0 a	9.4 ab	0.78 bc	0.34 a

<sup>2</sup>RB(Red LED : Blue LED = 1:1), RBW(Red LED : Blue LED : White LED = 2:1:3), RBGW(Red LED : Blue LED : Green LED : White LED = 2:1:1:0.5:3), FL(Fluorescent Lamp, T5)

<sup>3</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

며, 잎의 생체중은 RBW와 RB가 각각 43.7g과 41.0g으로 FL 35.8g과 RBGW 34.2g과 통계적인 유의성을 나타냈다(Table 3). 건물중은 RB, RBW, RBGW 처리구간에 유의성을 나타내지 않았으며, LED 처리구와 FL간에는 유의성을 나타냈다. Kim 등(2014)은 R:B:W(1:1:1)보다 R:B(1:1)에서 로메인상추의 엽 건물중이 높았다고 보고하였으나, 본 시험의 LED 처리간에 엽 건물중에 유의성을 나타내지 않은 결과와 배치되었다. 이는 LED 조합 비율이 다르고 작물이 달라 생육 반응이 달랐기 때문이라고 생각된다.

잎의 건물율은 RBGW가 18.1%로 가장 높았다. 수확 후 뿌리의 생체중은 RBW가 8.1g으로 가장 무거웠으며, 건물중은 RBGW에서 0.9g으로 가장 낮았다. 로메인 상추의 지하부중은 R:B:W(1:1:1)에서 높았고 다른 LED 구성 비율에서는 유의성을 나타내지 않았다고 보고하였다(Kim 등, 2014). Shin 등(2012)은 ‘롤라로사’ 상추의 생육이 적청 혼합광에서 생육이 우수하였고, Lee(2010)는 ‘홍하 적촉면’ 상추의 생육이 적청 혼합광보다 단색 적색광에서 높았다고 보고하였다. 결과적으로 작물의 종류에 따라, 같은 작물이라도 품종에 따라 LED에 대한 반응이 다르다는 것을 알 수 있었다. 뿌리의 건물율은 RB 처리가 18.1%로 가장 높았고, T/R율은 엽 생체중과 뿌리 생체중이 가장 적은 RBGW에서 6.11로 가장 높았다. RBW에서는 생육이 좋았는데, 녹색광이 추가된

RBGW에서 생육이 저조한지는 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

방풍나물 잎의 명도도 초장과 같은 경향으로 RBGW와 FL처리가 26.5와 26.3으로 다른 처리와 유의성을 나타냈다(Table 4) RBW 처리의 적색도는 가장 낮고 황색도는 가장 높아 다른 처리와 통계적인 유의성을 나타냈다. 엽록소 함량은 처리간에 유의성을 나타내지 않았다. Son 등(2012)은 적촉면 상추를 청색 LED 하에서 재배했을 때 엽록소 함량이 유의적으로 높았고, 녹색 LED 하에서는 엽록소 함량이 가장 낮아, 청색광과 엽록소 함량 간에 밀접한 관계가 있음을 보고하였으나, 본 연구에서는 한 결과로 보인다

방풍 광원에 따른 총 페놀 함량은 RB가 105.77mg·100g<sup>-1</sup> GE로 가장 높았고, RBW 92.52mg·100g<sup>-1</sup> GE, FL 89.08mg·100g<sup>-1</sup> GE, RBGW 82.00mg·100g<sup>-1</sup> GE 순으로 광원에 따라 차이를 나타냈다(Table 5). Lee 등(2015)은 방풍 재배방식에 따라 총 페놀 함량이 분무경은 117.84mg·100g<sup>-1</sup> GE, 박막수경이 98.57mg·100g<sup>-1</sup> GE, 펠라이트경이 74.62mg·100g<sup>-1</sup> GE 순으로 재배 방법에 따라 차이를 나타내며, 방풍 노지재배시 3.08mg·g<sup>-1</sup> extract로 하우스재배시 2.39mg·g<sup>-1</sup> extract에 비해 높았다(Jin 등, 2014). 적치마상추의 페놀 함량은 LED R:B의 광량이 90:30μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>에서, 청치마상추는 80:40μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>에서 가장 높았다(Lee, 2014)고 보고하였다. Son 등(2012)

**Table 3.** Characteristics of number of harvested leaves, and fresh weight, dry weight, and percentage of dry matter of leaves according to different artificial light sources in *Peucedanum japonicum*.

Light sources	No. of harvested leaves	Leaves		
		Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Percentage of dry matter (%)
RB	18.8 ab <sup>y</sup>	41.0 a	6.4 a	15.6
RBW	18.0 b	43.7 a	6.2 a	14.2
RBGW	18.0 b	34.2 b	6.2 a	18.1
FL	19.7 a	35.8 b	5.1 b	14.2

<sup>y</sup>RB(Red LED : Blue LED = 1:1), RBW(Red LED : Blue LED : White LED = 2:1:3), RBGW(Red LED : Blue LED : Green LED : White LED = 2:1:1:0.5:3), FL(Fluorescent Lamp, T5)

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

**Table 4.** Characteristics of Hunter's values and chlorophyll content according to different artificial light sources in *Peucedanum japonicum*.

Light sources	Hunter's value			Chlorophyll content (SPAD value)
	L	a	b	
RB	23.8 b <sup>y</sup>	-13.6 b	24.2 b	41.3 a
RBW	22.1 b	-14.9 a	27.0 a	40.6 a
RBGW	26.5 a	-12.6 b	23.7 b	40.7 a
FL	26.3 a	-12.6 b	23.9 b	39.1 a

<sup>y</sup>RB(Red LED : Blue LED = 1:1), RBW(Red LED : Blue LED : White LED = 2:1:3), RBGW(Red LED : Blue LED : Green LED : White LED = 2:1:1:0.5:3), FL(Fluorescent Lamp, T5)

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

하였다. 선행 연구(Jin 등, 2014; Lee, 2014; Lee 등, 2015; Son 등, 2012)와 본 연구 결과를 종합해 보면, 총 폴리페놀 함량은 재배방법, 재배방식, 품종, LED R:B의 비율에 따라 차이가 나는 것으로 생각되었다.

본 시험에서는 총 플라보노이드는 모든 처리구에서 검출되지 않았다. 방풍 재배방식을 달리하여 방풍을 재배하였을 때 박막수경과 펠라이트경에서는 검출되지 않고 분무경에서만 0.12mg·100g<sup>-1</sup> 검출되었다(Lee 등, 2015)고 보고하였다. 상추재배시 LED 적청 광량을 적치마상추는 90:30μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>일 때, 청치마상추는 80:40μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>과 60:60μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>일 때 가장 높았다(Lee, 2014)고 보고하였다.

**1. 비타민 C 및 총 식이섬유 함량**

비타민 C함량은 RB에서 87.50mg·100g<sup>-1</sup>으로 가장 높았고, RBGW, RBW, FL 순으로 높았다(Fig. 2). 식물공장 방풍 재배 방식에 따른 비타민 C 함량은 분무경이 108.23mg·100g<sup>-1</sup>으로 가장 높았으며, 펠라이트경이 88.05mg·100g<sup>-1</sup>, 박막수

경이 80.83mg·100g<sup>-1</sup>으로 처리에 따라 통계적인 유의성을 나타냈다(Lee 등, 2015). 방풍을 노지와 하우스 재배시 비타민 C 함량은 각각 18.4mg·100g<sup>-1</sup>와 13.3mg·100g<sup>-1</sup>로 노지재배시 더 높았다(Jin 등, 2014)고 보고하였다. 시금치의 비타민 C 함량은 생육 일수가 증가할수록 증가하지만(Lee, 2009), 방풍은 수확시기에 따라 뚜렷한 함량 변화는 없다고 보고하였다(Jin 등, 2014). Yoon 등(2010)은 고추의 비타민 C 함량은 노지재배, 비가림 재배 등의 재배법보다 품종에 따라 유의적인 차이가 크다고 보고하였으나, 본 연구에서는 재배방식에 따른 비타민 C 함량의 차이가 있었다. 비타민 C 함량은 품종(Yoon 등, 2010), 재배방식(Lee 등, 2015), 재배장소(Jin 등, 2014; Yoon 등, 2010), 생육시기(Lee, 2009), 인공광원 등에 차이가 있음을 알 수 있었다.

방풍의 총 식이섬유소 함량은 FL에서 4.98g·100g<sup>-1</sup>로 가장 높았고, RB, RBW, RBGW 순으로 높았다. Lee 등(2015)은 방풍의 재배방식에 따른 총 식이섬유소 함량은 분무경이 5.98mg·100g<sup>-1</sup>로 가장 많았고, 펠라이트경과 박막수경재배에서는 각각 5.82mg·100g<sup>-1</sup>과 5.77mg·100g<sup>-1</sup>이었다. 방풍의 재배 방식이나 인공 광원이 식이섬유소 함량에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. Park 등(2001)은 들깨의 총 식이섬유소 함량은 신선물이 17.2%이었고, 건조물이 18.2%로 보고하여, 총 식이섬유소 함량이 방풍과 많은 함량 차이를 나타냈다. 총 식이섬유소 함량은 작물의 특성, 재배방식, 인공광원 등 여러 가지 환경요인이 복합적으로 작용의 산물이라고 생각된다.

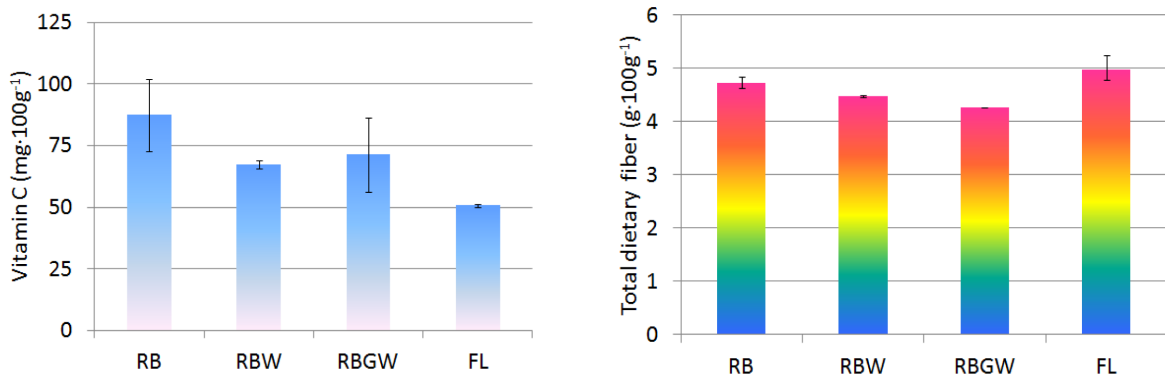
**Table 5.** Characteristics of total phenolic compounds content, and total flavonoid content according to different artificial light sources in *Peucedanum japonicum*.

	Total phenolic compound content (mg·100g <sup>-1</sup> GE)	Total flavonoid content (mg·100g <sup>-1</sup> )
RB	105.77 a <sup>1</sup>	Not detected
RBW	92.52 b	Not detected
RBGW	82.00 d	Not detected
FL	89.08 c	Not detected

<sup>1</sup>RB(Red LED : Blue LED = 1:1), RBW(Red LED : Blue LED : White LED = 2:1:3), RBGW(Red LED : Blue LED : Green LED : White LED = 2:1:1:0.5:3), FL(Fluorescent Lamp, T5)  
<sup>2</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

**2. 광원에 따른 아미노산 함량**

본 연구에서는 cystein 함량은 FL에서 43.53mg·100g<sup>-1</sup>로 가장 높았으며, RB, RBW, RBGW순으로 높았으나, 처리에 따라 40.18~43.54mg·100g<sup>-1</sup>으로 통계적인 유의성



**Fig. 2.** Characteristics of vitamin C and total dietary fiber content in leaves according to different artificial light sources in *Peucedanum japonicum*.

<sup>1</sup>RB(Red LED : Blue LED = 1:1), RBW(Red LED : Blue LED : White LED = 2:1:3), RBGW(Red LED : Blue LED : Green LED : White LED = 2:1:0.5:3), FL(Fluorescent Lamp, T5)

식물공장 인공광원이 방풍나물의 생육 및 수량에 미치는 영향

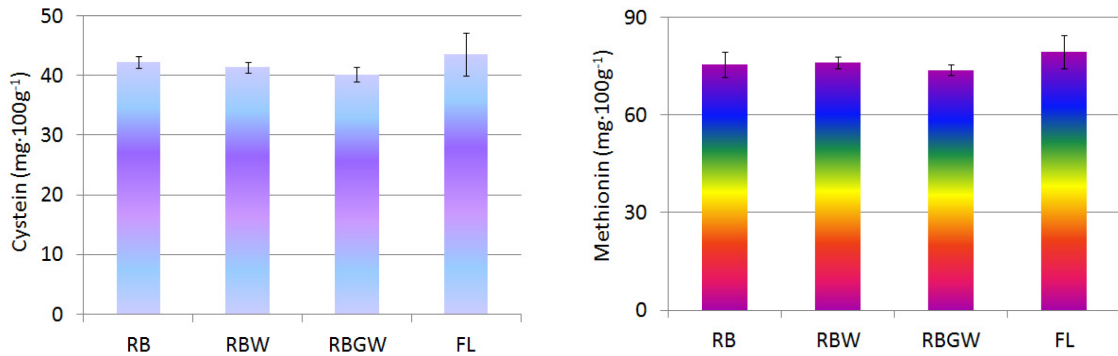


Fig. 3. Characteristics of cystein and methionin content in leaves according to different artificial light sources in *Peucedanum japonicum*.

Table 6. Mineral contents of leaves according to different artificial light sources in *Peucedanum japonicum*.

	Unit : %					
	T-N	P	K	Ca	Mg	S
RB	4.26±0.34 <sup>y</sup>	1.03±0.02	4.85±0.24	1.66±0.21	0.28±0.04	0.44±0.02
RBW	4.25±0.34	1.18±0.02	5.13±0.09	1.71±0.28	0.31±0.00	0.45±0.03
RBGW	4.44±0.36	1.03±0.04	4.71±0.22	1.53±0.33	0.28±0.01	0.46±0.02
FL	4.29±0.04	1.07±0.12	4.75±0.43	1.42±0.22	0.30±0.05	0.41±0.03

<sup>y</sup>RB(Red LED : Blue LED = 1:1), RBW(Red LED : Blue LED : White LED = 2:1:3), RBGW(Red LED : Blue LED : Green LED : White LED = 2:1:0.5:3), FL(Fluorescent Lamp, T5)

<sup>z</sup>All values are expressed as mean±SD of triplicate determinations.

을 나타내지 않았다(Fig. 3). Methionine 함량은 FL에서 79.43mg·100g<sup>-1</sup>으로 가장 높았으며, RB, RBW, RBGW 는 처리간에 통계적인 유의성을 나타내지 않았다.

방풍의 아미노산은 glutamic acid와 aspartic acid가 주요 아미노산의 18.26%를 차지하나, cystein은 흔적만 검출되었고, methionine 함량은 7.7mg100g<sup>-1</sup>이 검출되었다(Kim과 Choi, 1995)고 보고하였다. Kim과 Choi(1995)는 cystein이 검출되지 않았다고 하였으나, 본 식물공장 재배한 방풍에서는 cystein이 검출되었고, methionine 함량이 10배가량 증가된 것은 고무적이라고 할 수 있다. 작물의 종류(Kim과 Choi, 1995)에 따라, 동일한 작물이라도 재배방식(Lee 등, 2015), 식물공장 인공광원에 따라 아미노산의 함량은 달라질 수 있음을 알 수 있었다.

### 3. 식물체 분석

방풍 잎의 총 질소와 인산 함량은 각각 RBGW가 4.44%, 1.18%로 가장 높았다(Table 6). 칼륨, 칼슘과 마그네슘 함량은 각각 5.13%, 1.71%와 0.31%로 가장 높았으며, 황은 처리간에 차이를 나타내지 않았다. Lee 등(2015)은 총 질소 함량은 분무경이 4.36%, 박막수경이 4.20%이었으며, 칼륨 함량은 총 질소와 같은 경향으로 필라이트경이 4.49%, 분무경이 4.31%, 박막수경이 4.16%를 나타냈다. 인산의 함량은 박막수경, 필라이트경,

분무경순으로 많았다. 칼슘, 마그네슘, 황은 Lee 등(2015)의 결과와 같이 일정한 경향을 나타내지 않았다. 일반성분의 경우 시료 간에 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, 무기질의 경우 Ca, Mg, Na은 하우스 재배가 노지재배 보다 유의적으로 높은 함량을 나타내었다(Jin 등, 2014). 선행 연구(Kim과 Choi, 1995; Lee 등, 2009; Lee 등, 2015)의 연구와 같이 방풍의 무기질 함량은 K, Ca, P, Mg 순으로 높았다.

## 적 요

본 연구는 식물공장 인공광원이 방풍나물의 생육 및 수량에 미치는 영향을 구명코자 수행하였다. 식물공장의 인공광원으로 형광등(FL), LED R:B(2:1, RB), R:B:W(2:1:3, RBW), R:B:G:W(2:1:0.5:3, RBGW) 등 4처리를 사용하였다. 엽중은 RBW와 RB가 FL과 RBGW 보다 우수하였다. 엽장과 엽후는 처리간에 유의성을 나타내지 않았다. 잎의 명도는 초장과 같은 경향을 나타냈다. 총 페놀 함량은 RB가 105.77mg·100g<sup>-1</sup> GE로 가장 높았고, RBW 92.52mg·100g<sup>-1</sup> GE, FL 89.08mg·100g<sup>-1</sup> GE, RBGW 82.00mg·100g<sup>-1</sup> GE 순으로 높았다. 총 플라보노이드 함량은 모든 처리에서 검출되지 않았다. 비타민 C 함량은 RB에서 가장 높았고, FL에서 가장 낮았다. 총

식이섬유소 함량은 FL에서 가장 높았고, RBGW에서 낮았다. Cystein과 methionine의 함량은 처리간에 통계적인 유의성을 나타내지 않았다. 결론적으로 수량, 총 페놀함량, 비타민 C 함량은 RBW와 RB에서 높았다. 수량, 총 페놀 함량, 비타민 C 함량 및 작업자의 눈 피로도 등을 고려 할 때 인공광원으로써 RBW가 가장 적합한 것으로 판단된다. 향후 기능성 성분 증진을 위해 듀티비 등 후속 연구가 필요하다고 판단된다.

**추가 주제어** : 비타민 C, 식이섬유, 엽록소, 페놀, 플라보노이드

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청의 식물공장 방풍재배시스템 개발 연구비 지원(과제번호 PJ010158)에 의해 수행되었음.

## Literature cited

AOAC. 1996. Official methods of analysis. 15<sup>th</sup> ed., Association of Official Chemists, Washington. D.C.. p. 115.

Caldwell, C.R., and S.J. Britz. 2006. Effect of supplemental ultraviolet radiation on the carotenoid and chlorophyll composition of greenhouse-grown leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars. *J. Food Com. and Anal.* 16:617-644.

Heo, J.W., H.H. Kim, K.J. Lee, J.B. Yoon, J.K. Lee, Y.S. Huh, and K.Y. Lee. 2015. Effect of Supplementary Radiation on Growth of Greenhouse-Grown Kales. *Kor. J. Environ. Agr.* 34:38-45.

Heo, J.W., K.S. Shin, S.K. Kim, and K.Y. Paek. 2006. Light quality affects in vitro growth of grape 'Teleki 5BB'. *J. Plant Biol.* 49:276-280.

Heo, J.W., Y.B. Lee, Y.S. Chang, J.T. Lee, and D.B. Lee. 2010. Effects of light quality and lighting type using an LED Chamber System on Chrysanthemum growth and development cultured in vitro. *Kor. J. Environ. Agr.* 29:374-380.

Hwang, M.K., C.S. Huh, and Y.J. Seo. 2004. Optic characteristics comparison and analysis of SMD type Y/G/W HB LED. *J. KIIEE* 18:15-21.

Jin, G., J. Li, H. Piao. 1992. Chemical constituents of *Ledebouriella seseloides* Wolff, China *J. Chinese materia medica.* 17:38-40.

Jin, Y.X., Y.S. Cho, and Y.M. Choi. 2014. Nutritional quality of *Peucedanum japonicum* Thunb. leaves in relation to ripening time, growing condition and blanching. *Korean J. Food Preserv.* 21:784-789.

Kim, S.B., K.M. Lee, H.R. Kim, and Y.H. You. 2014. Effects of light sources light quality on the growth response of leafy vegetables in closed-type plant factory system. *KJEE* 47:32-40.

Kim, Y.D., and S.K. Choi. 1995. Studies on utilization of medicinal herbs as vegetable by hydroponics. 3. Component analysis of medicinal herbs as vegetable. *J. Oriental Bot. Res.* 8:281-286.

Ikeda, A., Y. Tanimura, K. Ezaki, Y. Kawai, S. Nakayama, and K. Iwao. 1992. Environmental control and operation monitoring in a plant factory using artificial light, *Acta Hort.* 304:151-158.

Inden, H., Y. Akamatsu, T. Matsuda, and M. Yamamoto. 2011. Low cost plant factory using hybrid electrode fluorescent lamp (HEFL), *Acta Hort.* 907:157-160.

Lee, G.J. 2014. Effects of red and blue light emitting diode (LED) irradiation on growth and yield in hydroponically grown leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.). 2014 Annual Report of Chungbuk agricultural research and extension service. Cheongju. Chungbuk. pp. 242-251.

Lee, G.J., J.W. Heo, C.R. Jung, H.H. Kim, J.B. Yoon, D.E. Kim, and S.Y. Nam. 2015. Effects of plant factory cultural systems on growth, vitamin C and amino acid contents, and yield in hydroponically grown *Peucedanum japonicum*. *Protected Horticulture and Plant Factory.* 24(4):281-286.

Lee, H.J. 2013. Effects of artificial light sources on the growth and quality of butter head lettuce. Master's degree thesis. University of Seoul. Seoul, Korea. pp. 55.

Lee M.H. 2009. Changes in nutritive components by growth periods in spinach grown outdoors in autumn. *J. East Asian Soc. Dietary Life.* 19:169-179.

Lee, J.G., S.S. Oh, S.H. Cha, Y.A. Jang, S.Y. Kim, Y.C. Um and S.R. Cheong. 2010. Effects of red/blue light ratio and short term light quality conversion on growth and anthocyanin. *J. of Bio-Environ. Control* 19(4):351-359.

Lee, J.J., A.R. Kim, Y.N. Seo. and M.Y. Lee. 2009. Comparison of physicochemical composition of three species of genus *Angelica*. *Korean J. Food Preserv.* 16: 94-100.

Lee S.W. 2010. Optica science and technology. Plant cultivate used plant factor and LED artificial light. *Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Service.* 14(3):12-19.

Mercurio, K.C. and P.A. Behm. 1981. Effects of fiber type and level on mineral excretion transit time and intestinal histology. *J. Food Sci.* 46:1462-1463.

Park, D.S., K.I. Lee, and K.Y. Park. 2001. Quantitative analysis of dietary from *Perilla frutescens* seeds and antimutagenic effect of its extracts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30:900-905.

Park, J.S. J.T. Lim, S.W. Yoon, and J.K. Hwangbo. 2011. Effects of red-blue LED light ratio on seedling growth of several horticultural plants. *Korean J. of Hort. Sci. & Technol.* 29:84(Abstr.).

Shin, Y.S., M.J. Lee, E.S. Lee, E.S. Lee, J.H. Ahn, J.H. Lim, S.D. Park, J.H. Chai, and H.W. Park. 2012. Effect of light emitting diode on growth and mineral absorption of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Kor. J. Hort. Sci. & Technol.* 30(S1): 205.

- Son, K.H., J.H. Park, D.I. Kim, and M.M. Oh. 2012. Leaf shape index, growth, and phytochemicals in two leaf lettuce cultivars grown under monochromatic light-emitting diodes. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 30:664-672 (in Korean).
- Trowell, H.C. 1972. Ischemic heart disease and dietary fiber. *Am. J. Clin. Nutr.* 25:926-932.
- Um, Y.C., S.S. Oh, J.G. Lee, S.Y. Kim, and Y.A. Jang. 2010. The development of container-type plant factory and growth of leafy vegetable as affected by different light sources. *J. of Bio-Env. Con.* 19:333-342.
- Woo, S.M., T.Y. Kim, S.H. Yeo, S.B. Kim, J.S. Kim, M.H. Kim, and T.J. Jeong. 2007. Quality characteristics of alcohol fermentation broth and by-product of brown rice varieties. *Korean J. Food Preserv.*, 14:557-563.
- Yoon, C.G. 2012. A study on the LED illumination lamp development and application for plant factory. Master's degree thesis. Hongik University. Seoul, Korea. pp. 45.
- Yoon, J.M., J.J. Jun, S.C. Lim, K.H. Lee, H.T. Kim, H.S. Jeong, J.S. Lee. 2010. Changes in selected components and antioxidant and antiproliferative activity of peppers depending on cultivation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39:731-736.