Korean Journal of Environmental Agriculture

Korean J Environ Agric. 2023;42(4):279-285, https://doi.org/10.5338/KJEA.2023.42.4.32
Published online 05 December 2023, Printed 31 December 2023

Online ISSN: 2233-4173
Print ISSN: 1225-3537

Research Article

Open Access

삼채(*Allium hookeri*) 잎 연중생산을 위한 식물공장 환경제어 효과

허정욱[1], 백정현[1], 이성현[2], 김민정[3], 심창기[3*]

[1]농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부, [2]농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부, [3]농촌진흥청 국립농업과학원 농업환경부

Environmental Control in the Plant Factory System Influences Year-Round Production of *Allium hookeri* Leaves

Jeong-Wook Heo[1], Jeong-Hyun Baek[1], Sung-Hyen Lee[2], Min-Jeong Kim[3] and Chang-Kee Shim[3*] ([1]Department of Agricultural Engineering, National Academy of Agricultural Science, Rural Development of Administration, Jeonju 54875, Korea, [2]Department of Agrifood Resources, National Academy of Agricultural Science, Rural Development of Administration, Jeonju 54875, Korea, [3]Department of Agricultural Environment, National Academy of Agricultural Science, Rural Development of Administration, Jeonju 54875, Korea)

Received: 20 November 2023/ Revised: 24 November 2023/ Accepted: 28 November 2023

ORCID

Jeong-Wook Heo
https://orcid.org/0000-0002-9968-7783

Jeong-Hyun Baek
https://orcid.org/0000-0002-5867-2171

Sung-Hyen Lee
https://orcid.org/0000-0002-7886-4752

Min-Jeong Kim
https://orcid.org/0000-0001-8397-7746

Chang-Kee Shim
https://orcid.org/0000-0002-4905-1947

Abstract

The demand for the fresh leaf of hooker chive, which is mainly used as functional roots and contains dietary sulfur or saponin, is increasing, but the leaves are only harvested 3-4 times per year under conventional field conditions. A plant factory system with different light qualities or intensities was applied for year-round production of the fresh leaves. Hooker chive (*Allium hookeri*) roots were hydroponically cultured under the plant factory with a mixture of blue plus red LEDs (Light-Emitting Diodes) and fluorescent lights for 50 weeks. Maximum leaf growth was attained with the 1.5 dS/m EC in the culture medium under the plant factory. The average leaf and shoot numbers of hooker chive grown hydroponically under a mixture of 200 μmol/m^2/s LEDs increased by 147% and 140%, respectively compared to those under 100 μmol/m^2/s LEDs at the 10th harvest. The leaf length of hooker chive grown under the LEDs treatment with the lowest light intensity significantly increased by 27% compared with the natural light treatment at the 10th harvest. However, there was no significant difference in leaf pigmentation between natural and 200 μmol/m^2/s LEDs treatments. Plant factory with the mixture LEDs of blue and red lights can be applied for year-round production of hooker chive fresh leaves to ensure a stable supply of leafy vegetable throughout the year.

Key words: Artificial light Control, Mixture radiation, Year-round production

*Corresponding author: Chang-Kee Shim
Phone: +82-63-238-4063; Fax: +82-63-238-4035;
E-mail: wooncho@korea.kr

서 론

인삼의 맛과 유사하여 삼채(參菜)라고 하거나 세 가지 맛이 나서 삼채(三菜)라고 불리는 삼채(일명 뿌리부추)는 주로 미얀마, 부탄 등 히말라야 산맥에 있는 나라가 원산지이다. 우리나라에는 2010년경 소개되어 경남, 전남, 전북 등에서 재배하고 있는데, 비타민, 칼륨, 철 등의 영양성분이 풍부하고 항당뇨, 항염증, 항균 등 기능성 성분을 함유하고 있다고 알려져 있다[4,5,7,14,17]. 삼채는 주로 뿌리를 약용 또는 식용하는데 최근 들어 삼채 뿌리 이외에 신선 잎에 대한 관심이 고조되고 있다. 그러나 뿌리 부위를 이용하는 우리나라에서는 노지에서 뿌리를 재배하는 경우가 많기 때문에 삼채 신선 잎의 수요가 증가하여도 잎을 수확할 수 있는 기간이 한정적이다. 특히 노지 조건에서는 고온기로 갈수록 잎이 질겨지거나 고사하고 뿌리가 녹아 잎을 안정적으로 수확하기 어렵다.

한편, 작물 생장에 필요한 온도, 습도, 이산화탄소 농도나 배양액 등 물리적·화학적 환경요인을 인위적으로 제어하면서 연중 안정적으로 작물을 재배할 수 있는 식물공장은 재배기간이 비교적 짧은 신선 엽채류를 위주로 상업화되고 있다. 노지나 온실과 같이 자연광을 이용하여 작물을 생산하는 시설에서도 엽채류 이외에 다양한 원예작물 생산을 위한 연구가 진행중에 있다[13,15]. 노지나 온실은 인공광 시설에 비해 작물의 생장이 온도, 강우 등 외부 기후변화의 영향을 받기 때문에 연중 안정생산이 필요한 엽채류와 같은 신선 작물을 생산하는 데에는 한계가 있다. 이에 반해 식물공장은 폐쇄된 공간에서 외부 기후변화의 영향을 받지 않고 자연광 대신 형광등이나 적색, 청색, 백색 등의 파장역을 갖는 발광다이오드(LEDs, Light-Emitting Diodes)와 같은 인공광원을 사용하여 작물을 재배할 수 있어[8,11] 노지나 시설에서 계절 한정적으로 수확하는 신선 잎의 연중생산이 가능하다.

삼채 잎의 기능성이 알려지면서[13,15] 뿌리에 비해 이용성이 낮았던 삼채 잎의 이용성을 높이기 위하여 식물공장 내 광질 제어나 노지나 온실에서 차광에 의한 광강도 제어 효과 등에 대한 연구 결과가 보고되고 있다[6,9]. 관행적으로 노지에서 재배한 삼채 신선 잎은 수확하더라도 폐기되거나 제한된 수확량 등으로 인하여 신선 잎의 연중 공급이 곤란하다. 균일한 잎 생장이나 생산성 향상을 위하여 식물공장 조건에서 적정 배양액 농도나 광강도 등 물리적·화학적 환경 영향에 대한 연구 결과는 찾아보기 어렵다.

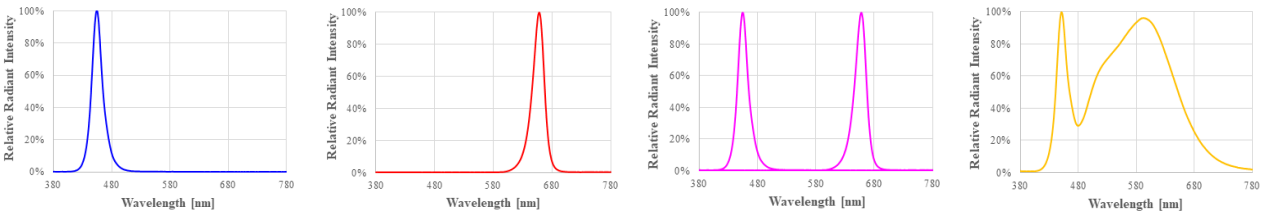
따라서 본 연구에서는 인공광원을 채용하는 엽채류 재배 식물공장 시스템 내 배양액 농도, 광질, 광강도 등의 재배환경 제어가 수경재배 삼채 지상부 잎 생장 및 생산성에 미치는 영향을 검토하고 신선 잎 연중 안정 공급 및 엽채류로서의 이용 가능성을 제시하였다.

재료 및 방법

식물재료 및 재배조건

식물재료는 3~4개의 액아와 6 cm 길이의 뿌리가 발달한 시판의 노지재배 삼채(*Allium hookeri*, Hooker chive, 국내산 1-31L919C1) 종근을 공시하였다. 시험 개시 전 식물공장 내부로의 외부 오염 유입을 방지하기 위하여 노지에서 토양재배한 종근은 차아염소산을 1% 농도에서 10분간 침지 소독 후 수도수에 1시간 침지하고 5회 세척한 후 우레탄 스폰지에 정식하였다. 발광다이오드(Light-Emitting Diodes, LEDs, L-PEC, Jeonju, Korea)를 광원으로 하는 식물공장 내 재배베드에 정식한 종근은 담액식(Deep Flow Technique)으로 수경재배하였고 수경배양액으로는 잎상추 수경재배 전용 배양액인 Yamazaki 배양액(N: 6.5, P: 1.5, K: 4.0, Ca: 2.0, Mg: 1.0 me/L)을 자동 급·배수하였다.

식물공장 내 배양액 농도를 나타내는 EC (Electric Conductivity)는 0.5, 1.0 및 1.5 dS/m의 3수준으로 제어하였으며 광질은 최대 파장 660±10과 460±10 nm를 갖는 적색과 청색의 36 W LEDs를 1:1 비율로 혼합한 LEDs 혼합광원으로 설정하였다. 혼합 LEDs 광원의 광강도는 재배기간 동안 100 (LEDs-L구), 150 (LEDs-M구) 및 200 μmol/m^2/s (LEDs-H구)의 3수준으로 제어하였다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 본 시험에 사용한 형광등, 적색, 청색과 이들 혼합 LEDs의 스펙트럼 분포는 Spectral PAR Meter (PG-200N, UPRTek, Taiwan)로 측정하였다. 대조구는 온도제어가 가능한 자연일장형 유리온실에서 원예상토(바로커, 코코피트 68, 피트모스 14.73, 제오라이트 4, 펄라이트 7, 질석 6, 비료 0.201%)를 활용한 토경재배구와 식물공장 조건에서 광강도 150 μmol/m^2/s로 제어한 36 W Cool-White 형광등 조사구로 하였다. 토경재배구에서 시설 내 35주 동안 평균 입사 광강도는 143 μmol/m^2/s로 측정되었으며 장마철 강우에 의한 시설 내 광



<Blue LEDs> <Red LEDs> <Blue+Red LEDs> <Fluorescent lamp>

Fig. 1. Spectrum distribution of the blue, red or blue plus red light provided by LEDs and fluorescent lights tested in the experiment.

강도 감소 시에도 인공광원을 활용한 보광은 하지 않았다. 또한 시설 내 평균 온도와 습도는 각각 26±8°C 및 76±20%였다. 식물공장 내 1일 광조사 시간은 12시간, 재배실내 평균 온도와 상대습도는 각각 23±1°C 및 60±5%로 제어하였다.

생장량 조사 및 통계분석

배양액 농도, 광질 및 광강도를 달리한 처리구의 시험 반복은 3이었으며 개체 반복수는 20으로 하였다. 식물공장 내 EC 제어 시험구에서는 잎이 발달하는 기저부 1 cm를 남기고 1년간 7회 지상부 잎을 수확하여 생장량을 조사하였으며 광질 및 광강도 제어 시험구에서는 5주 간격으로 10회 수확하였다. 수확한 삼채 잎은 생체중, 건물중, 엽장, 엽수 및 엽내 SPAD치(SPAD-502, Minolta Spectrum Tech., USA) 등을 측정하였으며 연간 수확하여 측정한 각 생육지표의 평균값을 산출하였다. 삼채 지상부 건물중은 생체중을 측정한 후 70°C로 설정된 드라이 오븐(VS-1202D4, VISION Co., Ltd, Korea)에서 3일간 건조한 후 측정하였다. 시험은 완전임의배치법으로 수행하였으며 재배 종료 후 통계분석은 SAS 프로그램(Version 6.21; SAS Institute Inc., Cary. NC, USA)을 이용하여 ANOVA 분석하고 측정 결과에 대하여 Duncan의 다중검정(P=0.05)을 실시하였다.

결과 및 고찰

삼채 신선 잎은 유리온실에서 토경 재배한 삼채와 달리 특정 파장역의 발광다이오드 또는 형광등을 광원으로 하는 식물공장에서 관행의 엽채류 재배용 배양액으로 수경재배하여 연중 안정적으로 수확할 수 있었다(Fig. 2). 식물공장 내 혼합 LEDs 조사 조건에서 적정 배양액 농도를 구명하기 위하여 관행 엽채류 재배용 Yamazaki 배양액의 EC를 0.5, 1.0, 1.5 dS/m의 3수준으로 제어한 결과, 삼채 지상부 엽수와 분지수는 1.0 또는 1.5 dS/m EC 처리구에서 통계적으로 유의하게 증가하였다(Fig. 3). 5주 간격으로 수경재배하면서 7회 지상부 잎을 수확하여 평균 엽수와 분지수를 산출한 결과 EC 1.0 또는 1.5 dS/m 처리구에서 EC 0.5 dS/m 처리구에 비해 각각 23% 및 21% 증가하였다. 그러나 EC 1.0 또는 1.5 dS/m 처리구 간에는 EC 차이에 의한 유의한 영향은 나타나지 않았다. 결과에는 나타내지 않았으나 잎 내 색소합성능을 나타내는 SPAD치 역시 12% 증가한 것으로 보아 삼채 수경재배를 위한 배양액 내 EC는 관행 엽채류 재배 수준인 1.5 dS/m으로 제어하는 것이 지상부 생장에 유리할 것으로 판단하였다. 상추와 같은 호랭성 엽채류와 달리, 엽채류 식물공장에서 삼채를 수경재배할 경우 전용 배양액을 개발하는 대신 관행 EC 1.5 dS/m의 엽채류 재배용 배양액을 공급하여 안정적으로 수경재배할 수 있었다[1]. 이와 유사한 결과는 삼채 이외에 계절한정적 수확 작물 중 잎의 이용성이 높은 작물을 수경재배하

<Natural light> <100 μmol/m²/s FL> <150 μmol/m²/s LEDs> <200 μmol/m²/s LEDs>

Fig. 2. Hooker chive Growth cultured conventionally or hydroponically under the natural light or mixture radiation of blue plus red LEDs with different light intensities and conventional fluorescent light (FL) for 5 weeks under the greenhouse or plant factory conditions.

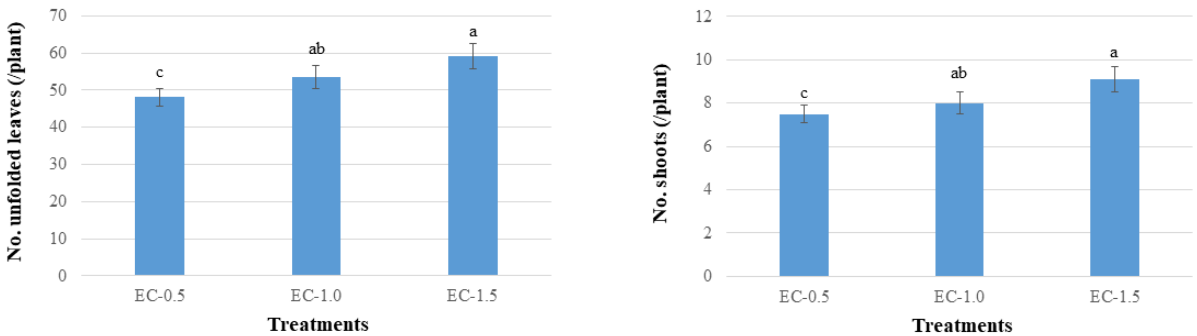


Fig. 3. Numbers of unfolded leaves (left) and shoots (right) of hooker chives cultured hydroponically under the different EC levels in a plant factory conditions with the mixture radiation of blue plus red LEDs. Vertical bars represent standard error (harvest number=8).

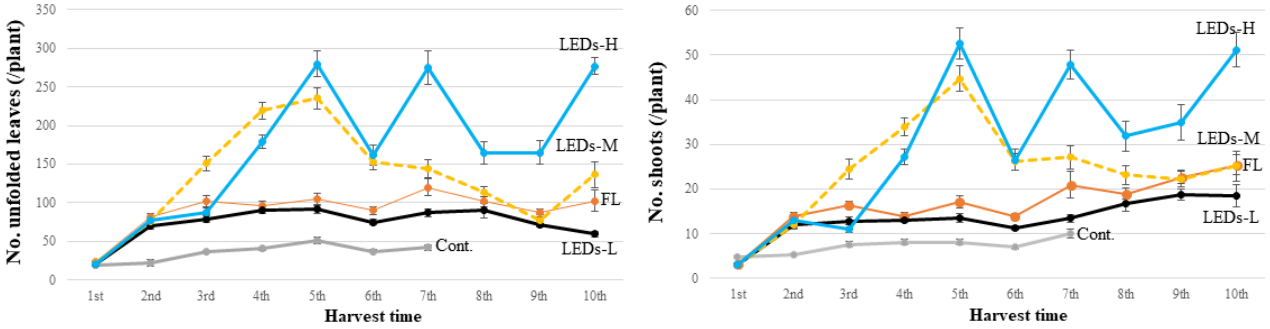


Fig. 4. Time courses of numbers of unfolded leaves (left) and shoots (right) of hooker chives cultured conventionally or hydroponically under the mixture radiation of blue plus red LEDs with different light intensities, (LEDs-L of 100 μmol/m^2/s, LEDs-M of 150 μmol/m^2/s and LEDs-H of 200 μmol/m^2/s), fluorescent light (FL of 150 μmol/m^2/s), and natural light (Cont.) considered as a control in a plant factory system for 50 weeks after the treatments. Vertical bars represent standard error (harvest number=10). Hooker chive leaves were 7 times harvested in Control.

는 경우 EC 1.5 dS/m의 관행 엽채류 재배전용 배양액을 공급하여 신선 잎을 연중생산한 사례에서도 알 수 있다[2].

상기 연구 결과를 기반으로 수경배양액 EC 1.5 dS/m 조건에서 청색과 적색 LEDs를 1:1 비율로 혼합한 혼합 LEDs의 광강도를 100, 150, 200 μmol/m^2/s의 3수준으로 제어하면서 50주 동안 5주 간격으로 지상부 잎을 10회 수확한 결과, 광강도를 200 μmol/m^2/s로 제어한 LEDs-H구에서의 엽수와 분지수는 3회차 수확후부터 증가와 감소가 반복되는 경향을 보였다(Fig. 4). 또한 수확 5, 7, 10회차에서 엽수와 분지수는 현저히 증가하였으며 광강도 150 μmol/m^2/s의 LEDs-M구에서는 자연광구나 LEDs-L구와 달리 5회차 수확 시 최대값을 보였다. 재배기간 동안 광강도를 150 μmol/m^2/s로 동일하게 제어한 LEDs-M구와 FL구에서 엽수와 분지수는 관행의 형광등 조사구인 FL구 대비 LEDs-M구에서 증가하였다. 식물공장 조건에서 광강도가 가장 낮았던 100 μmol/m^2/s LEDs-L구에서도 상대적으로 광강도가 높았던 자연광 조건의 토경재배구에 비해 유의하게 증가하는 것으로 나타났다.

Fig. 5에서 보는 바와 같이, 10회 수확 평균 엽수를 조사한 결과 LEDs-H구에서 최대값을, LEDs-L구에서 최소값을 보였으며 LEDs-L구 대비 LEDs-H구에서 147% 증가하여, 식물공

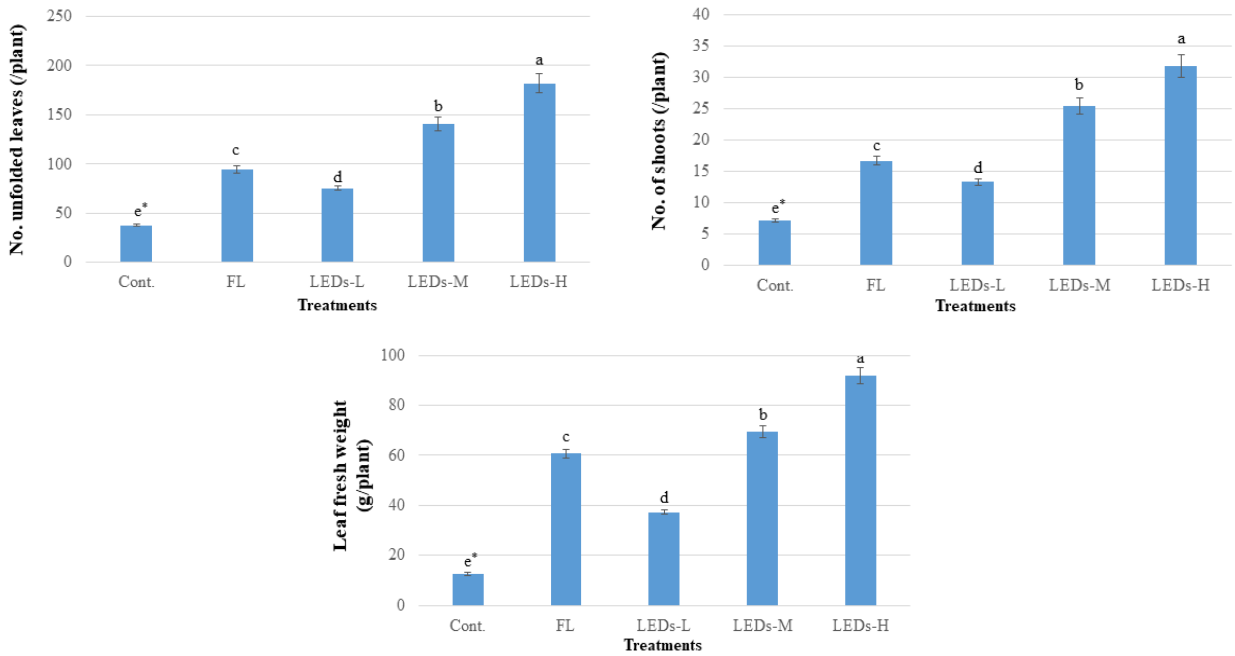


Fig. 5. Annual average of the number of leaves, shoots, and fresh weight of hooker chives cultured conventionally or hydroponically under the mixture radiation of blue plus red LEDs with different light intensities (LEDs-L of 100 μmol/m^2/s, LEDs-M of 150 μmol/m^2/s, LEDs-H of 200 μmol/m^2/s), fluorescent light (FL of 150 μmol/m^2/s) considered as a control in a plant factory system for 50 weeks after the treatments. Vertical bars represent standard error (n=200). Different letter indicates significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test. *means average harvested 7 times under greenhouse conditions.

장 내 광강도가 높을수록 엽수가 증가하였음을 알 수 있었다. 7회 수확 평균엽수를 비교한 결과 자연광 처리구 대비 LEDs-H구에서 569% 증가하였으며(결과 미제시) 식물공장 조건에서 광강도를 150 μmol/m^2/s로 동일하게 제어한 FL구와 LEDs-M구에서 10회 수확 평균 엽수는 광강도와 상관없이 FL구 대비 49% 증가하였다. 광강도 200 μmol/m^2/s의 LEDs-H구에서 엽수는 광강도 100 μmol/m^2/s의 LEDs-L구에 비해 140% 이상 증가하였다. LEDs-H구에서 분지수는 광강도가 LEDs-H구의 1/2 수준인 LEDs-L구에 비해 2배 이상 증가하는 것으로 나타났다. 결과에는 나타내지 않았으나 7회 수확 평균 잎의 생체중 증가도 엽수나 분지수 증가에서와 마찬가지로 FL구, LEDs-M구와 LEDs-H구에서 촉진되었으며 LEDs-M구의 생체중은 동일한 광강도로 제어한 FL구에 비해 26% 증가하였다. 자연광 조건에서는 12.6 g으로 최소값을 나타내어, 토경재배구에 비해 LEDs-L구에서 183%, LEDs-H구에서 569%까지 유의하게 증가하였다. 식물공장 조건에서 10회 수확 평균 생체중은 LEDs-L구에서 최소값을 나타내었으며 LEDs-H구 > LEDs-M구 > FL구 순으로 증가하였다(Fig. 5). 온실 조건에서 여름철 고온기 동안 삼채 생장 및 물질합성능을 높이기 위하여 50~70%의 차광으로 입사 광강도를 제어하면 시험개시 5주차 삼체 생체중이나 엽장 신장은 촉진되지만 작물체내 물질합성은 오히려 억제된다고 한다[6,12]. 상기 연구와 달리 식물공장 조건에서는 자연광 대비 비교적 낮은 광강도 조건에서 작물의 생장과 물질합성을 촉진한다는 연구 결과도 보고되고 있다[10]. 또한 식물공장을 활용한 연구 결과 150 μmol/m^2/s의 비교적 낮은 광강도 조건에서 삼채 지상부의 생장뿐만 아니라 항염, 항산화 물질합성 증가가 확인되었다[4,5]. 온실이나 식물공장과 같이 자연광이나 인공광의 광강도가 상이한 조건에서 작물 생장이나 물질합성이 달라지는 것은 광강도의 차이 이외에 특정 파장역의 광질이 중요한 영향을 미칠 수 있다는 것을 시사한다[13,15,16].

혼합 LEDs를 광원으로 하는 식물공장에서 7회차나 10회차 생육조사 결과 삼채 잎의 평균 생체중은 LEDs-H구에서 통계적으로 유의하게 증가하는 것을 확인하였다. 7회차 수확시 잎의 평균 생체중은 LEDs-H구에서 개체당 84 g으로 최대였으며 LEDs-M구 > FL구 > LEDs-L구 순으로 증가하였다. 한편 10회 수확시 LEDs-H구에서 생체중은 개체당 92 g으로 최대였으며 이는 LEDs-L구 대비 147%, FL구 대비 52% 증가한 것으로, 광강도가 증가할수록 생체중도 증가하는 것으로 나타났다. 또한 LEDs-M구에서 삼채 생체중은 대조구인 FL구 대비 14% 이상 증가한 것으로 보아 광강도가 150 μmol/m^2/s로 동일한 조건에서는 광질의 차이가 생체중 증가에 유의한 영향을 미친 것으로 판단되었다.

온실 조건에서 토경재배로 생산된 삼채 엽장은 3~6회차 수확기까지 약 28~23 cm였으나 재배기간이 길어질수록 잎의 길이 신장이 억제되어 7회차 수확 시에는 엽채로 공급하기 곤란한 17 cm를 기록하였다(Fig. 6). 따라서 자연광 조건에서는 식물공장에 비해 충분한 엽장이 확보되지 않아 수확회수를 7회로 제한하였는데, 선행 연구결과에서와 같이 삼채 신선 잎 수확회수는 온도나 습도 등 환경제어가 곤란한 노지에 비해 식물공장 조건에서 증가시킬 수 있었다[2]. 자연광 처리구에서 엽수나 분지수와 마찬가지로 7회 수확 평균 엽장은 23.3 cm로 최소값을 나타내었다(결과 미제시). 식물공장 조건에서는 7회차에서와 마찬가지로 10회 수확 평균 엽장이 FL구에서 36 cm로 최대였으며 LEDs-M구와 LEDs-H구에서 35 cm로, 두 처리구 간에는 광강도의 차이에 의한 유의성이 인정되지 않았다. 또한 광강도가 가장 낮았던 LEDs-L구에서 엽장은 30 cm로, 식물공장 조건에서는 재배기간 동안 광강도의 차이와 상관없이 모든 처리구에서 평균 엽장이 30 cm로 유지되었으며 생체중, 엽수, 분지수 증가와 마찬가지로 광강도가 증가함에 따라 잎의 길이 신장이 촉진되는 것으로 확인되었다.

7회차나 10회차 수확 시 삼채 잎의 색소합성능을 나타내는 SPAD치는 자연광이나 식물공장 LEDs-H구 조건에서 통계적으로 유의하게 증가하였으며, 두 처리구 간에 광질이나 광강도 차이에 의한 유의성은 인정되지 않았다(Fig. 6). 본 연구 조건에서는 재배기간 동안 파장이나 광강도를 일정 범위에서 제어한 식물공장과 달리 자연광 시설로 입사되는 최대 및 최소 광강도는 약 400과 100 μmol/m^2/s로 현저한 차이를 보였다.

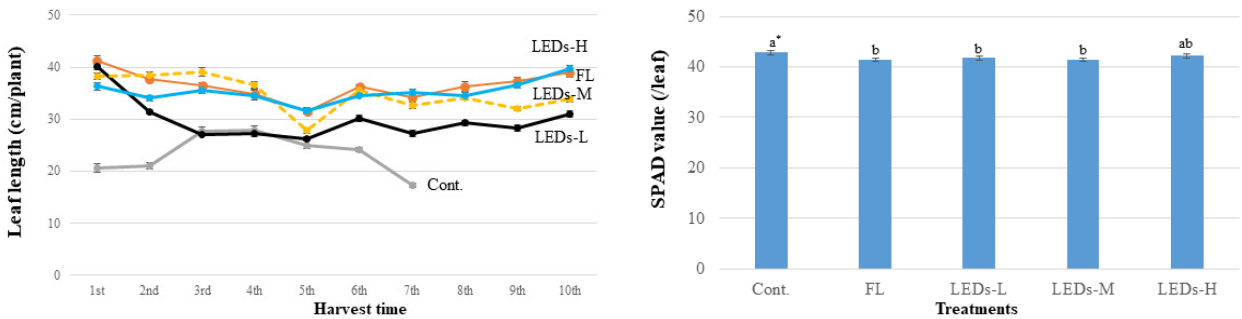


Fig. 6. Time courses of leaf length and SPAD value of hooker chives hydroponically cultured under the mixture radiation of blue plus red LEDs with different light qualities, (LEDs-L of 100 μmol/m^2/s, LEDs-M of 150 μmol/m^2/s and LEDs-H of 200 μmol/m^2/s), fluorescent light (FL of 150 μmol/m^2/s) considered as a control in a plant factory system for 50 weeks after the treatments. Vertical bars represent standard error (harvest number=10). Hooker chive leaves were 7 times harvested in Control.

이와 같이 LEDs 특정 파장역이나 광강도를 일정 수준으로 제어하는 식물공장과 달리 연평균 광강도가 식물공장에 비해 상대적으로 높고 광강도의 변화가 나타나는 자연광 시설에서 잎의 색소합성이 촉진되는 것을 확인하였다[1,2]. 명월초를 식물재료로 하여 여름철 자연광 재배시설에서 50~70% 차광 재배한 결과 차광에 의한 입사광강도 변화나 무차광 등 입사 광강도를 달리할 경우 잎의 색소합성은 물론 엽수나 엽장 신장, 루틴이나 페놀 등 특정 물질합성에 광강도의 영향은 나타나지 않는다[7,9,12]. 그러나 광강도의 영향을 받지 않은 명월초와 달리 삼채는 자연광 시설 대비 재배기간 동안 광강도를 150 μmol/m^2/s의 비교적 낮은 수준으로 제어한 식물공장 조건에서 잎 생장과 페놀물질 합성이 촉진되는 것을 알 수 있었다. 이 밖에도 시설이나 노지에서 연중 안정생산이 곤란한 계절 한정적 수확 작물인 배암차즈기, 한련화 등 기능성 성분을 갖는 작물을 대상으로 관행의 엽채류 식물공장에서 온실 대비 낮은 광강도 조건에서 안정적으로 신선 잎을 생산한 연구 결과가 보고되고 있다[2,10].

본 연구를 통하여 혼합 LEDs를 인공광원으로 채택한 식물공장 조건에서 삼채 수경재배는 관행의 자연광 조건에 비해 생체중, 엽장 등 지상부 생장이 촉진되었으며 수확기간 연장에 의한 생산성 증가에 유의한 방법으로 판단되었다. 기능성 성분을 함유하는 다양한 약용작물 잎의 연중 생산을 위하여 식물공장 연구가 활발히 진행되고 있는 이유는 온실과 같은 시설에서 작물의 품질과 생산성이 외부 기후변화에 의해 좌우되기 때문이다. 최근에는 엽채류 이외에 높은 광강도를 필요로 하는 과채류를 재배하기 위하여 인공광 식물공장 내 환경제어 기술 및 효과에 대한 연구가 진행되고 있다[3]. 일반적으로 엽채류와 달리 과채류는 재배기간이 길고 500~1,000 μmol/m^2/s의 높은 광강도를 필요로 하는 호광성 작물이다. 과채류는 엽채류에 비해 재배기간 동안 3배 이상의 광을 필요로 하기 때문에 이에 따른 전력 소모량이나 생산비 증가가 단점으로 지적되고 있다[3,8,18]. 금후 식물공장 조건에서 삼채 신선 잎을 재배할 경우 수경재배 삼채 잎의 생산성 향상 이외에 유용물질 합성능을 평가할 예정이다. 또한 원예작물 안정생산 시설로써 식물공장의 경제성을 확보하고 활용도를 높이기 위해서는 인공광 사용에 의한 전력소모량을 저감시킬 수 있는 생육단계별 광강도 제어나 고효율 LED 광제어 시스템 개발이 필요할 것으로 생각된다.

Note

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement

This study was funded by a research program (PJ 01580201) of Rural Development Administration (RDA), Republic of Korea.

References

1. 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. https://doi.org/10.12791/KSBEC.2012.21.3.305.
2. Heo JW, Baek JH (2021) Effects of Light-quality control on the plant growth in a plant factory system of artificial light type. Korean Journal of Environmental Agriculture, 40(4), 270-278. https://doi.org/10.5338/KJEA.2021.40.4.31.
3. An H, Zhang J, Zhang L, Li S, Zhou B, Zhang X (2023) Effects of nutrient and light quality on the growth of southern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) in an advanced plant factory with artificial lighting (PFAL). Horticulturae, 9(2), 287-302. https://doi.org/10.3390/horticulturae9020287.
4. Jung JE, Heo JW, Kim JS, Jeong UY, Kim HB, Shim CK, Lee SH (2022) Comparison of the antioxidant and anti-Inflammatory effects of *Allium hookeri* leaves grown in an outfiled and a plant factory using different artificial lights. The Korean Society of Community Living Science, 33(4), 657-669. https://doi.org/10.7856/kjcls.2022.33.4.657.
5. Jung JE, Heo JW, Kim JS, Jeong UY, Kim JS, Bae UJ, Jang HN, Shim CK, Jeong YJ et al. (2022) Functionality of *Allium hookeri* leaves and roots grown in a hydroponic plant factory using artificial lights. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 51(12), 1355-1363. https://doi.org/10.3746/jkfn.2022.51.12.1355.
6. Kim MH, Song BM, Choi EY (2017) Determination of growth, yield and carbohydrate content of *Allium hookeri* grown under shading treatment. Korean Journal of Medicinal Crop Science, 25(6), 397-403. https://doi.org/10.7783/KJMCS.2017.25.6.397.
7. Kim SY, Kim DB, Lee SH, Park JS, Shin DB, Yoo MY (2016) Profiling of organosulphur compounds using HPLS-PDA and GC/MS system and antioxidant activities in hooker chive (*Allium hookeri*). Natural Product Research, 30(24), 2798-2804. https://doi.org/10.1080/14786419.2016.1164700.
8. Kozai T (2013) Resource use efficiency of closed plant production system with artificial light: Concept, estimation and application to plant factory. Proceedings of the Japan Academy, Series B, 89(10), 447-461. https://doi.org/10.2183/pjab.89.447.

9. Lee KH, Lee SH, Yeon ES, Chang WB, Kim JH, Park JH, Han GH (2020) Effect of shading on growth and functional ingredient contents of Gynura procumbens cultivated in hydroponics system. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer, 53(2), 150-161. https://doi.org/10.7745/KJSSF.2020.53.2.150.
10. Nguyen DT, Kitayama M, Lu N, Takagaki M (2020) Improving secondary metabolite accumulation, mineral content, and growth of coriander (*Coriandrum sativum* L.) by regulating light quality in a plant factory. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 95(3), 356-363. https://doi.org/10.1080/14620316.2019.1677510.
11. Orsini F, Pennisi G, Zulfiqar F, Gianquinto G (2020) Sustainable use of resources in plant factories with artificial lighting (PFALs). European Journal of Horticultural Science, 85(5), 297-309. https://doi.org/10.17660/eJHS.2020/85.5.1.
12. Park EK, Noh JG, Nam SY, Hong EY, Lee CH (2016) Effects of shading rates on growth and yield of *Allium hookeri* cultivation at greenhouse in middle area of Korea. Journal of Bio-Environment Control, 25(4), 320-327. https://doi.org/10.12791/KSBEC.2016.25.4.320.
13. Promratrak L (2017) The effect of using LED lighting in the growth of crops hydroponics. International Journal of Smart Grid and Clean Energy, 6(2), 133-140. https://doi.org/10.12720/sgee.6.2.133-140.
14. Swarnalata N, Sharma S, Tiwari A, Latha S (2016) Phytochemical constituents, total flavonoid and phenolic content of *Allium hookeri* Thw. Enum. leaf extracts and their antioxidant potential. Journal of Academia and Industrial Research, 5(4), 61-64.
15. Toldi D, Gyugos M, Darkó É, Szalai G, Gulyás Z, Gierczik K, Székely A, Boldizsár Á, Galiba G (2019) Light intensity and spectrum affect metabolism of glutathione and amino acids at transcriptional level. PLoS One, 14(12), e0227271. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227271.
16. Wojciechowska R, Kołton A, Długosz-Grochowska O, Kunicki E, Mrowiec K, Bathelt P (2020). LED lighting affected the growth and metabolism of eggplant and tomato transplants in a greenhouse. Horticultural Science, 47(3), 150-157. https://doi.org/10.17221/78/2019-HORTSCI.
17. Won JW, Yoo YC, Kang EJ, Yang H, Kim GH, Seong BJ, Kim SI, Han SH, Lee SS, Lee KS (2013) Chemical components, DPPH radical scavenging activity, and inhibitory effects on nitric oxide production in *Allium hookeri* cultivated under open field and greenhouse conditions. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 42(9), 1351-1356. https://doi.org/10.3746/jkfn.2013.42.9.135.
18. Zheng J, Ji F, He D, Niu G (2019) Effect of light intensity on rooting and growth of hydroponic strawberry runner plants in a LED plant factory. Agronomy, 9(12), 875. https://doi.org/10.3390/agronomy9120875.