



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0134306
(43) 공개일자 2013년12월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A01G 7/04 (2006.01) A01G 1/00 (2006.01)
F21S 2/00 (2006.01) F21V 33/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0057735
(22) 출원일자 2012년05월30일
심사청구일자 2012년05월30일

(71) 출원인
경상대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
황승재
경상남도 진주시 평거동 평거 휴먼시아 4단지 41
2동 1302호
정병룡
경상남도 진주시 신안동 283-1번지
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김순용

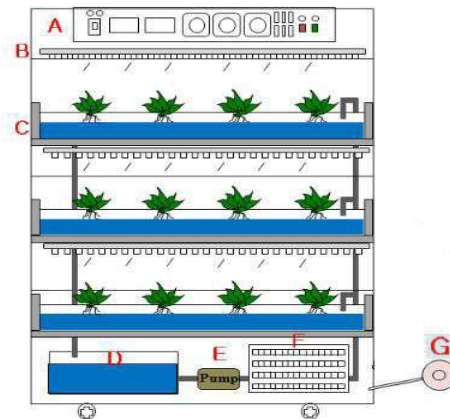
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 밀폐형 식물생산 시스템에서 인공광원과 이의 광주기를 이용한 상추 재배방법

(57) 요약

본 발명은 밀폐형 식물생산 시스템에서 인공광원과 이의 광주기를 이용한 상추 재배방법에 관한 것이다. 본 발명에 따른 상추 재배방법은 상추 생육을 위한 인공광원의 최적 파장대와 광주기를 제공하여 상추 재배 효율을 우수하게 함으로써, 대규모 밀폐형 식물생산 시스템에 유용하게 사용될 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

박지은

경상남도 사천시 곤양면 대진리 607번지

박유경

경상남도 진주시 주악동 현대성우 트리펠리스 C동
1501호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 310002-03

부처명 농림수산식품부

연구사업명 농림기술개발과제

연구과제명 광과장 조합에 따른 작물 생리제어 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 서울대학교

연구기간 2010.07.01 ~ 2011.06.30

특허청구의 범위

청구항 1

- 1)상추를 암면 펠릿이 담긴 플러그 트레이에 파종한 후 발아시키는 단계;
- 2)상기 발아된 상추를 밀폐형 식물생산 시스템의 형광등 하에서 재배하는 단계; 및
- 3)상기 재배된 상추를 정식하여 명기를 12 내지 24h/day의 광주기로 형광등을 상추에 조사하는 단계를 포함하는, 인공광원과 광주기를 이용한 상추 재배방법.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 2)단계에서 조사한 형광등은 300 내지 800nm에서 피크 파장을 가지는 것을 특징으로 하는, 상추 재배방법.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 2)단계에서 형광등의 광량은 0.50 내지 9.00 $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ 인 것을 특징으로 하는, 상추 재배방법.

청구항 4

제 1항에 있어서, 상기 2)단계에서 형광등의 광도는 100 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 인 것을 특징으로 하는, 상추 재배방법.

청구항 5

제 1항에 있어서, 상기 3)단계의 형광등은 12, 18, 24h/day로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나의 광주기로 조사하는 것을 특징으로 하는, 인공광원과 광주기를 이용한 상추 재배방법.

청구항 6

(A)제어 시스템, (B)인공광원 형광등, (C)재순환 관수 시스템, (D)양액 탱크, (E)펌프, (F)냉·난방 시스템, (G)전압 조정기(slidacs)로 구성되며,

상기 (A)제어 시스템은 광주기를 명기와 암기로 각각 12 : 12, 18 : 6 및 24 : 0로 조절한 것을 포함하고,

상기 (B)인공광원 형광등은 300 내지 800nm에서 피크 파장을 가지는 것을 특징으로 하는, 밀폐형 식물생산 시스템.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 밀폐형 식물생산 시스템에서 인공광원과 이의 광주기를 이용한 상추 재배방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근 안전한 농산물의 공급을 요구하는 소비자가 증가하고 있고, 이상기후 현상으로 고품질의 원예작물 안전생산의 중요성이 강조되고 있으며 국제적으로 곡물가격의 급등으로 식량안보가 중요한 문제가 되고 있으므로 식물생산 시스템에 대한 관심이 높아지고 있다. 또한 농산물에 있어서 고도의 품질관리기술을 도입하여 안전한 먹거리를 지속적으로 공급할 수 있고 농업과 상업, 그리고 공업이 융합하여 부가가치가 높은 식자재를 공급할 수 있는 연구가 진행되고 있다.

[0003] 식물생산 시스템이란 농작물을 통제된 일정한 시설 내에서 광, 온도, 습도, 이산화탄소 농도 및 배양액 등의 환경조건을 인공적으로 제어하여 계절이나 장소에 관계없이 자동적으로 연속 생산하는 시스템(Takatsuji, 2008)을

말하며, 시설 내에서 최적 재배환경을 유지하면서 연중 균일한 품질의 식물을 자동 생산할 수 있는, 고도의 환경제어를 이용하여 식물을 주년 생산하는 시스템이라 할 수 있다(Lee et al., 2004; Park and Kim, 1998). 현재 전 세계적으로 식물생산 시스템과 관련한 연구가 다각도로 진행되고 있지만, 이에 대한 명확한 정의가 정립되지 못하고 있는 실정이다. 식물생산 시스템은 광원의 이용형태에 따라 일반적으로 완전제어형 식물생산 시스템과 태양광-병용형 식물생산 시스템, 그리고 태양광-이용형 식물생산 시스템 등으로 구분되고 있는데, 이중 완전제어형 식물생산 시스템은 최적 생육조건에서 광 이용효율을 2배 내지 3배 정도 향상시켜 식물생육을 촉진할 수 있으며, 병해충 및 외기의 영향을 받지 않기 때문에 균일한 생육조건하에서 고품질 묘를 생산할 수 있다는 장점이 있다(Kozai, 2007). 이와 같이 식물재배에 효율적인 식물생산 시스템을 실용화시키기 위해서는 인공광원의 종류와 광조사 시간과 같은 환경요인을 구명하는 것이 시급한 실정이다.

[0004] 일반적으로 식물생산 시스템에서는 발광에 따른 열의 발생과 에너지 손실이 많은 고압나트륨등 보다 형광등이나 금속할라이드등을 주로 이용하고 있다(Kozai, 2007; Tadahisa et al., 2004). 이러한 문제를 보완할 수 있는 LED(light emitting diode)는 수은성분이 없어 환경친화적이고 경량이며, 전력절감이 탁월하고 수명이 길면서도 구동회로가 간단한 장점이 있는 것과 함께 특정 광질을 쉽게 만들 수 있는 장점이 있다(Hwang et al., 2004). 이처럼 특정한 광질을 이용할 수 있다는 것은 식물생산 시스템에서 채소 재배시 재배목적에 따라 맞춤형 광질로 제어할 수 있는 장점이 있어 상추 등 다양한 작물을 대상으로 다각도로 연구가 수행되고 있다.

[0005] 적색광에서의 생육촉진 효과(Nishimura et al., 2006; Nishimura et al., 2009; Nishioka et al. 2008)와 LED를 이용한 광질 변환에 따른 어린잎 상추의 생육에 미치는 영향(Lee et al., 2010) 등이 보고된 바 있다. 하지만 주로 적색광이나 청색광 위주의 연구결과가 많으며, 다양한 파장대역을 만들어 식물광합성과 생육을 촉진시킬 수 있는 백색 LED에 관한 연구결과는 부족한 실정이다.

[0006] 광은 식물의 생장과 발달에 매우 중요한 요인이다. 높은 에너지 광의 사용이 다양한 채소의 생산성을 증가시킨다(Dorais et al., 1990). 상추는 시설 내에서 광에 대한 식물체의 반응을 연구하기에 적합한 모델식물로서 국내외에서 빈번하게 활용되어 왔으며(Dougher and Bugbee, 2001; Kim et al., 2004), 재배가 쉽고 재배기간이 짧아 인공광원을 이용한 식물생산 시스템의 생산방식 연구에 적합한 식물로 알려져 있다.

[0007] 따라서 본 발명자들은 밀폐형 식물생산 시스템에서 인공광원의 종류(형광등, 백색 LED)와 광조사 시간에 따른 상추의 생육에 대한 영향을 연구하던 중, 인공광원으로서 형광등을 조사하여 상추 생육을 위한 최적 파장대를 제공하고, 이에 광주기 조절시 식물생산 시스템내에서 상추 생육 속도를 더욱 향상시킴과 동시에 고품질, 다수확 효과가 있음을 확인함으로써 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 목적은 밀폐형 식물생산 시스템에서 인공광원과 광주기를 이용한 상추 재배방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 인공광원과 광주기를 이용한 상추 재배방법 및 이를 이용한 밀폐형 식물생산 시스템을 제공한다.

발명의 효과

[0010] 본 발명에 따른 상추 재배방법은 상추 생육을 위한 인공광원의 최적 파장대와 광주기를 제공하여 식물생산 시스템 내에서 상추생육 속도를 향상시킴으로써 상추의 고품질, 다수확을 위해 유용하게 사용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 본 발명의 밀폐형 식물 생산 시스템을 나타낸 도이다[A는 제어 시스템, B는 인공광원 LED 램프, C는 재

순환 관수 시스템, D는 양액 탱크, E는 펌프, F는 냉·난방 시스템, G는 슬라이닥스].

도 2는 상추 재배환경에 대한 광경을 나타낸 도이다.

도 3은 인공광원들의 스펙트럼 분포를 각 파장대별로 절대 발광을 나타낸 도이다.

도 4은 밀폐형 식물생산 시스템에서 상추의 인공광원과 광주기에 따른 엽록소 형광을 나타낸 도이다.

도 5는 밀폐형 식물생산 시스템에서 상추의 인공광원과 광주기에 따른 총 안토시아닌 함량을 나타낸 도이다.

도 6은 밀폐형 식물생산 시스템에서 인공광원과 광주기에 따른 상추 성장에 대한 영향을 나타낸 도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

본 발명은,

1)상추를 암면 펠릿이 담긴 플러그 트레이에 파종한 후 발아시키는 단계;

2)상기 발아된 상추를 밀폐형 식물생산 시스템의 형광등 하에서 재배하는 단계; 및

3)상기 재배된 상추를 정식하여 명기를 12 내지 24h/day의 광주기로 형광등을 상추에 조사하는 단계를 포함하는, 인공광원과 이의 광주기를 이용한 상추 재배방법을 제공한다.

이하 본 발명에 대해 상세히 설명한다.

본 발명에 따른 상추 재배방법은 상추를 파종하여 발아시킨 후, 발아된 상추를 밀폐형 식물생산 시스템의 형광등 하에서 재배한 다음, 정식하여 명기를 12 내지 24h/day의 광주기로 형광등을 조사하는 것을 특징으로 한다.

상기 플러그 트레이의 크기는 60cm × 41cm × 5cm인 것이 바람직하다.

상기 발아는 20℃의 항온발아실에서 3일 이상 발아시키는 것이 바람직하다.

상기 조사한 형광등은 300 내지 800nm에서 피크 파장을 가지는 것이 바람직하다.

상기 형광등의 광량은 0.50 내지 9.00μW/cm²/nm인 것이 바람직하다.

상기 형광등의 광도는 100 μmol · m⁻² · s⁻¹ 인 것이 바람직하다.

상기 형광등은 12, 18 및 24h/day로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나의 광주기로 조사하는 것이 바람직하다.

본 발명에 따른 상추 재배방법을 이용하면, 식물의 성장에 적합한 광파장대역을 포함하고, 연속적인 광조사시에 도 식물에 스트레스를 적게 유발하는 형광등을 적절한 광주기를 이용하여 조사함으로써 상추의 광합성 효율을 높이고, 엽면적, 엽수, 엽록소 함량을 증대시킬 수 있다.

[0025]

또한 본 발명은 (A)제어 시스템, (B)인공광원 형광등, (C)재순환 관수 시스템, (D)양액 탱크, (E)펌프, (F)냉·난방 시스템, (G)전압 조정기(slidacs)로 구성되며,

상기 (A)제어 시스템은 광주기를 12 내지 24h/day로 제어하는 시스템인 것을 특징으로 하고,

상기 (B)인공광원 형광등은 300 내지 800nm에서 피크 파장을 가지는 것을 특징으로 하는, 밀폐형 식물생산 시스템을 제공한다.

밀폐형 식물 생산 시스템의 구조를 도 1에 나타내었다.

상기 (A)제어 시스템은 상추의 성장 형태에 따라 온도, 광주기, 양액 및 광원의 조건을 지정하여 자동으로 제어할 수 있도록 하는 것을 포함하며, 광주기는 명기와 암기를 각각 12/12, 18/6 및 24/0(명기/암기)으로 조절한 것을 포함한다.

상기 (B)인공광원 형광등은 직관형광등, 환형형광등, PL형광등, 전구식형광등을 포함하나, 직관형광등이 바람직하다.

상기 (C)재순환 관수 시스템은 양액의 농도, 관수 시간 및 관수 빈도 등을 조절하는 것이 바람직하다.

- [0033] 상기 (D)양액 탱크는 농도가 일정한 양액이 저장되어 제어시스템이나 재순환 관수 시스템으로부터 자동으로 제어되는 것이 바람직하다.
- [0034] 상기 (E)펌프는 밀폐형 식물 생산 시스템 내부의 온도 관리를 위한 지열히트펌프의 방식을 위해 도입된 것이 바람직하다.
- [0035] 상기 (F)냉·난방 시스템은 히트펌프를 이용하여 자동적으로 상추재배에 적당한 온도를 유지하는 것이 바람직하다.
- [0036] 상기 (G)전압조정기는 입력된 교류전압을 원하는 크기로 변화시켜 새로운 교류 전원을 만드는 것으로, 제어 시스템에 의해 제어되며, 용량이 1kW, 3kW, 5kW인 것을 포함한다.
- [0037]
- [0038] 이하 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실시예를 제시한다. 그러나 하기의 실시예는 본 발명을 보다 쉽게 이해하기 위하여 제공되는 것일 뿐, 실시예에 의해 본 발명의 내용이 한정되는 것은 아니다.

[0039] **[실시예 1] : 상추의 재배환경 설정**

- [0040] 실험재료는 ‘선홍적측면’ 상추(*Lactuca sativa* L. ‘Seonhong Jeokchukmyeon’)를 사용하였으며, 2011년 1월 14일에 암면 펠릿(UR암면)이 담긴 240구 육묘용 플러그트레이(60cm × 41cm × 5cm)에 파종하였다. 20℃의 항온 발아실(DS-10L-2, Dasol Scientific, Korea)에서 3일간 발아시킨 후 성장상 형태의 밀폐형 식물생산 시스템(C1200H3, FC Poibe Co. Ltd., Korea)의 형광등(Philips Co. Ltd., the Netherlands)하에서 정식 전까지 재배하였다.
- [0041] 파종 후 27일째 경상대학교 시설원예학실험실에 설치된 밀폐형 식물생산 시스템에서 상추를 20cm × 20cm의 재식밀도로 3처리 광원과, 3주기의 광조사 시간을 설정하고, 18개체씩 완전임의배치하여 총 162개체를 정식하였다. 실험에 이용한 상추는 평균 초장 10.6cm, 평균 생체중 6.5g인 균일한 묘를 선발하여 사용하였으며, 2011년 2월 9일 정식하였다. 인공광원은 백색 LED(WL #1, Hepas Co. Ltd., Korea), 백색 LED(WL #2, FC Poibe Co. Ltd., Korea), 그리고 형광등(FL, Philips Co. Ltd., Netherlands)을 사용하여, 명기/암기를 각각 12/12, 18/6, 24/0으로 설정하여 광조사 시간을 조절하였다. 인공광원의 길이는 1,200mm로 동일한 크기를 사용하였다.
- [0042] 밀폐형 식물생산 시스템의 재배환경은 온도 $21 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 상대습도 $60 \pm 10\%$, 광도 $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 로 조절하였으며, 정식 후 총 23일간 재배하였다. 상추는 담액식 재순환 수경재배방식으로 재배하였으며, Sonneveld 상추 양액처방을 조제하여 관수에 사용하였다. 제조된 양액의 성분 및 농도를 표 1에 나타내었다.

표 1

성분	농도($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	성분	농도($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1,014.8	K_2SO_4	43.5
KNO_3	919.1	H_3BO_3	1.89
Fe-EDTA	15.3	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.20
KH_2PO_4	272.0	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.13
$\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	196.8	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1.14
NH_4NO_3	104.0		

- [0044] 상기 조제된 양액은 pH는 6.5, EC는 $1.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 조절하여 공급하였다.
- [0045] 상기 실험에 대한 광경을 도 2에 나타내었다.

[0046] **[실시예 2] : 인공광원에 따른 광과장**

- [0047] 인공광원에 따른 광과장을 분석하기 위해 백색 LED(WL #1), 백색 LED(WL #2) 및 형광등(FL) 광원을 조사하고,

각 광원과 9cm 높이로 떨어진 곳에 분광복사계(RPS-900R, International Light Co. Ltd., USA)를 설치하여 광과장을 측정하였다.

[0048] 상기 측정된 값을 도 3에 나타내었다.

[0049] 도 3에 나타난 바와 같이, 형광등이 백색 LED 광원에 비해 300 내지 800nm 사이의 식물의 생장을 위한 다양한 광과장대를 가진 광원임을 확인하였다.

[0050] **[실시예 3] : 인공광원 종류 및 광주기에 따른 엽록소 형광 측정**

[0051] 인공광원의 종류 및 광주기에 따른 엽록소 형광을 조사하기 위해 정식 후 27일이 지난 후 생장점에서 2번째 잎을 기준으로 측정하였다. 상추 한 개체당 3개 이상의 잎을 대상으로 동일한 위치에서 휴대용 엽록소형광분석기(PAM-2100, Heinz Walz GmbH, Germany)를 이용하여 상추에 존재하는 엽록소의 형광을 측정하였다.

[0052] 상기 측정된 값을 도 4에 나타내었다.

[0053] 도 4에서 나타난 바와 같이, 엽록소 형광값(Fv/Fm)은 광조사 시간이 길어짐에 따라 감소하였고, 형광등 광원에서 12/12(명기/암기) 광조사 시간으로 재배한 처리군에서 0.77로 가장 높았으며, 백색 LED(WL #1) 광원의 24/0(명기/암기) 광조사 시간 처리군에서 0.37로 가장 낮았다. 엽록소 형광값이 너무 낮을 경우 식물이 스트레스에 노출되었거나, 노화단계에 접어든 것으로 평가할 수 있으므로, 백색 LED(WL #1 및 WL #2)를 이용한 연속적인 광조사는 형광등을 이용한 광조사에 비하여 식물에 높은 스트레스를 유발 및 노화를 촉진할 수 있음을 확인하였다. 이를 통해 광조사 시간을 길게 조절하는 경우 형광등이 상추의 재배에 가장 적절한 광원임을 확인하였다.

[0054] **[실시예 4] : 인공광원 종류 및 광주기에 따른 상추 내의 총 안토시아닌 함량 조사**

[0055] 인공광원의 종류 및 광주기에 따른 상추 내의 총 안토시아닌 함량을 조사하기 위해, 상추 잎의 생체중 2g을 채취하여 95% 에탄올과 1.5N 염산을 85:15(v/v)로 혼합한 추출액을 막자사발에 2mL첨가하여 파쇄한 용액을 마이크로 튜브에 1mL취하였다. 이후 4℃ 압조건 하에서 24시간 보관 후, 13,000rpm에서 20분간 원심 분리하여 얻은 상등액을 1:5로 희석하여 535nm에서 분광광도계(Libra S22, Biochrom, United Kingdom)를 이용하여 흡광도를 측정하였다.

[0056] 상기 측정 결과를 도 5에 나타내었다.

[0057] 도 5에 나타난 바와 같이, 총 안토시아닌 함량은 백색 LED 광원 처리에 비해 형광등 24/0(명기/암기) 처리구에서 약 3배 정도 높아, 적색발현에 따른 총 안토시아닌 함량이 형광등 처리에서 유의적으로 높은 결과를 보여 정적 상관관계를 나타냄을 확인하였다. 또한 백색 LED(WL #2)와 형광등(FL) 광원은 광주기를 24/0(명기/암기)시간으로 조절하여 조사한 처리구의 상추가 총 안토시아닌 함량이 가장 높았고, 백색 LED(WL #1) 광원은 광주기를 18/6(명기/암기)으로 조절하여 조사한 처리구에서 가장 높았다.

[0058] 한편, Nishimura et al.(2006)은 적색광이 포함된 광원에서 자소(*Perilla frutescens* Britt.)의 생육이 촉진되며 안토시아닌 함량은 적색광과 청색광의 혼합광원에서 증대된다고 보고한 바 있다. 특히 안토시아닌 색소의 발현과 관련해서 청색광과 UV-A가 크게 작용하며 이는 크립토크롬(cryptochrome)이 이들 광과장의 광수용체로서 역할을 하기 때문(Giliberto et al., 2005; Ninu et al., 1999)으로 알려져 있다. 또한 Lee et al.(2010)은 상추의 생산성을 유지하면서 고색도의 산물을 생산하기 위해서는 적색광과 청색광의 적절한 비율의 조절이 필요하다고 보고하였다.

[0059] 따라서 형광등 처리에 비해 백색 LED 광원을 처리한 상추에서 안토시아닌 함량이 적은 결과로부터, 형광등 과장에서는 UV-A(300~400nm) 과장대역이 조사되었으나, LED 광원에서는 이러한 안토시아닌 발현과 관련이 있는 과장이 전혀 포함되어 있지 않은 300~800nm의 대역에서만 과장분포를 나타내는 광원의 조사가 원인임을 알 수 있다.

[0060] **[실시예 5] : 인공광원 종류 및 광주기에 따른 상추의 생육과 품질 측정**

[0061] 인공광원의 종류 및 광주기에 따른 상추의 생육과 품질을 구체적으로 조사하기 위해 초장, 엽장, 엽폭, 엽수, 엽면적(LI-3100, LI-COR Inc., USA), 엽록소 함량(SPAD 502, Minolta, Japan), 최대근장, 지상부와 지하부의

생체중과 건물중, 총 안토시아닌 함량, 엽록소 형광(Fv/Fm), 광합성 능력, 기공전도도, 증산속도 및 CO₂ 흡수량을 측정하였다.

[0062] 상기 측정값을 표 2 내지 표 4에 나타내었다.

표 2

[0063]

광원	광주기 (명기/암기)	식물크기 (cm)	최대근장 (cm)	생체중(g)		건물중(g)	
				지상부	지하부	지상부	지하부
WL #1	12/12	14.9f ^y	32.0b	22.6d	2.0c	0.8d	0.07d
	18/6	15.8d-f	32.5ab	31.1c	3.4b	1.3c	0.11c
	24/0	17.9bc	26.3c	40.1b	3.5b	1.8b	0.19a
WL #2	12/12	15.2ef	27.7c	21.7de	1.8c	0.9d	0.07d
	18/6	16.2de	31.7b	38.9b	4.3a	1.7b	0.13bc
	24/0	18.1b	31.8b	47.6a	4.6a	2.2a	0.19a
FL	12/12	15.2ef	35.0ab	17.4e	1.5c	0.8d	0.05d
	18/6	18.1b	36.0a	30.9c	3.0b	1.5c	0.12c
	24/0	20.8a	33.8ab	52.3a	4.6a	2.2a	0.16b

표 3

[0064]

광원	광주기 (명기/암기)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽면적 (cm/plant)	엽수	엽록소 함량 (SPAD)
WL #1	12/12	13.7cd ^y	12.9b	1,505.1bc	6.2b	14.1b-d
	18/6	14.7c	14.4b	1,671.7b	6.1bc	12.2d
	24/0	15.8b	16.0ab	1,318.7de	6.1bc	13.5cd
WL #2	12/12	12.9d	12.8b	1,167.8e	5.3c	13.2cd
	18/6	13.8cd	23.7a	1,257.9e	6.3b	16.0ab
	24/0	14.7c	16.9ab	1,599.6bc	6.3b	14.1b-d
FL	12/12	13.8c	11.4ab	1,264.3e	7.9a	14.9a-c
	18/6	14.6c	13.2b	1,440.4cd	7.9a	16.5a
	24/0	18.3a	14.2b	1,990.6a	7.9a	15.6a-c

표 4

[0065]

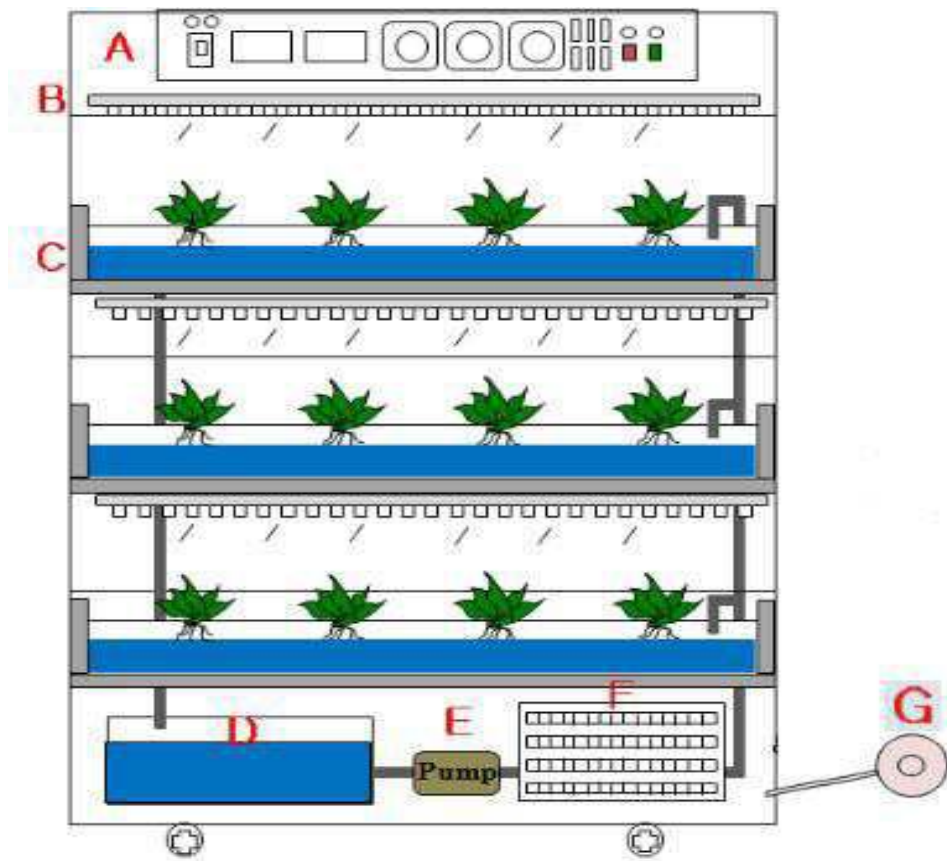
광원	광주기 (명기/암기)	광합성 ($\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	기공전도도 ($\text{molH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	증산속도 ($\text{molH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	CO ₂ 흡수량 ($\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$)
WL #1	12/12	6.38ab ^y	0.0016ab	0.036ab	7.67ab
	18/6	7.49a	0.0036a	0.068ab	9.03a
	24/0	1.61d	0.0005b	0.010b	1.94d
WL #2	12/12	5.89ab	0.0027ab	0.067ab	7.01ab
	18/6	3.17cd	0.0024ab	0.060ab	3.82cd
	24/0	2.56d	0.0020ab	0.054ab	3.09d
FL	12/12	4.56bc	0.0024ab	0.061ab	5.41bc
	18/6	4.51bc	0.0019ab	0.058ab	5.36bc
	24/0	6.25ab	0.0030ab	0.092a	7.59ab

[0066] 표 2에서 나타난 바와 같이, 지상부와 지하부의 생체중과 지상부의 건물중은 형광등(FL) 광원의 광주기가 24/0 (명기/암기)인 처리구에서 가장 높았으므로, 형광등이 백색 LED광원에 비해 광과장대역이 다양하여 식물생장에 긍정적인 효과를 나타내는 광원임을 알 수 있다.

- [0067] 표 3에서 나타낸 바와 같이, 엽장은 형광등 광원의 광주기가 24/0(명기/암기)인 처리구에서 가장 높았고, 모든 인공광원은 광조사 시간이 길어짐에 따라 엽장이 증가하였으며 특히 형광등 처리구에서 엽면적, 엽수, 엽록소 함량이 가장 높았으므로, 형광등이 상추 성장에 효율적인 인공광원임을 알 수 있다.
- [0068] 표 4에서 나타낸 바와 같이, 각 인공광원의 종류와 광조사 시간에 따른 처리별 기공전도도, 증산율, CO₂ 흡수량에서는 뚜렷한 경향이 없었다.
- [0069] 또한, 상기 실시예 2 내지 4를 통해, 상추의 재배에 적합한 광원이 형광등임을 확인하였으므로, 형광등의 광주기를 각각 명기/암기 12/12, 18/6 및 24/0으로 조절하여 조사한 후 광합성 효율이 가장 높은 광주기 조건을 확인하였다.

도면

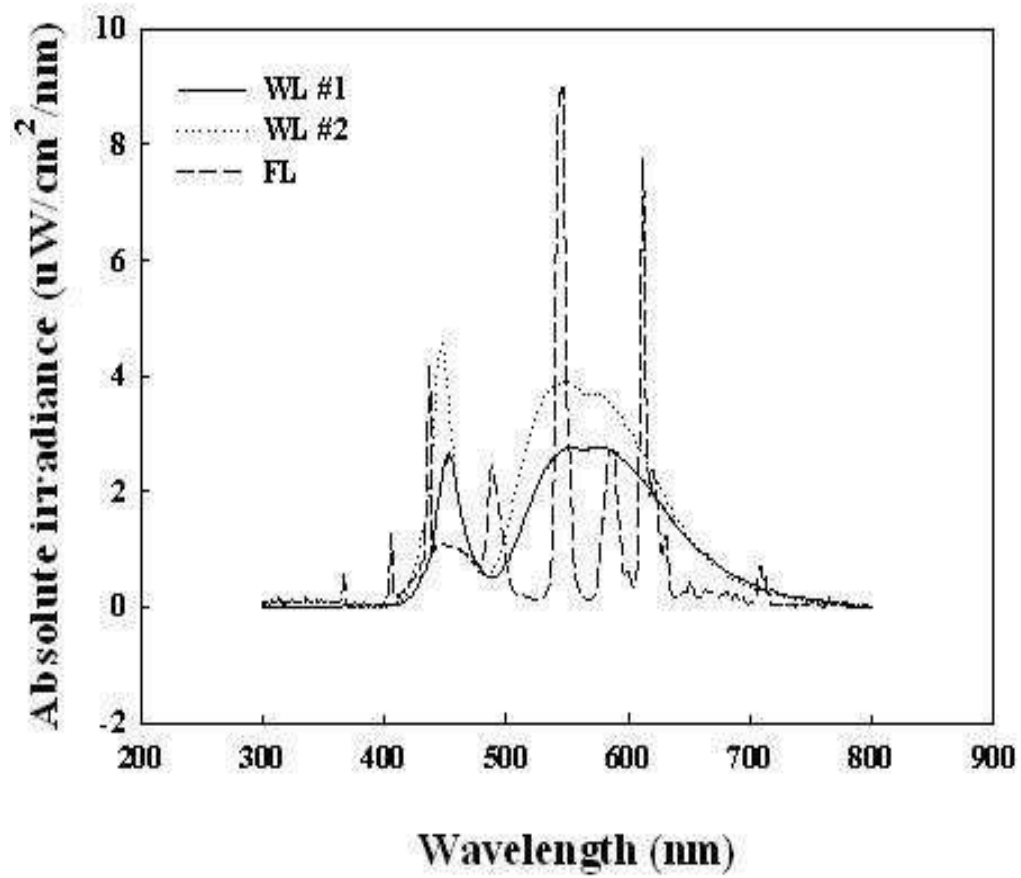
도면1



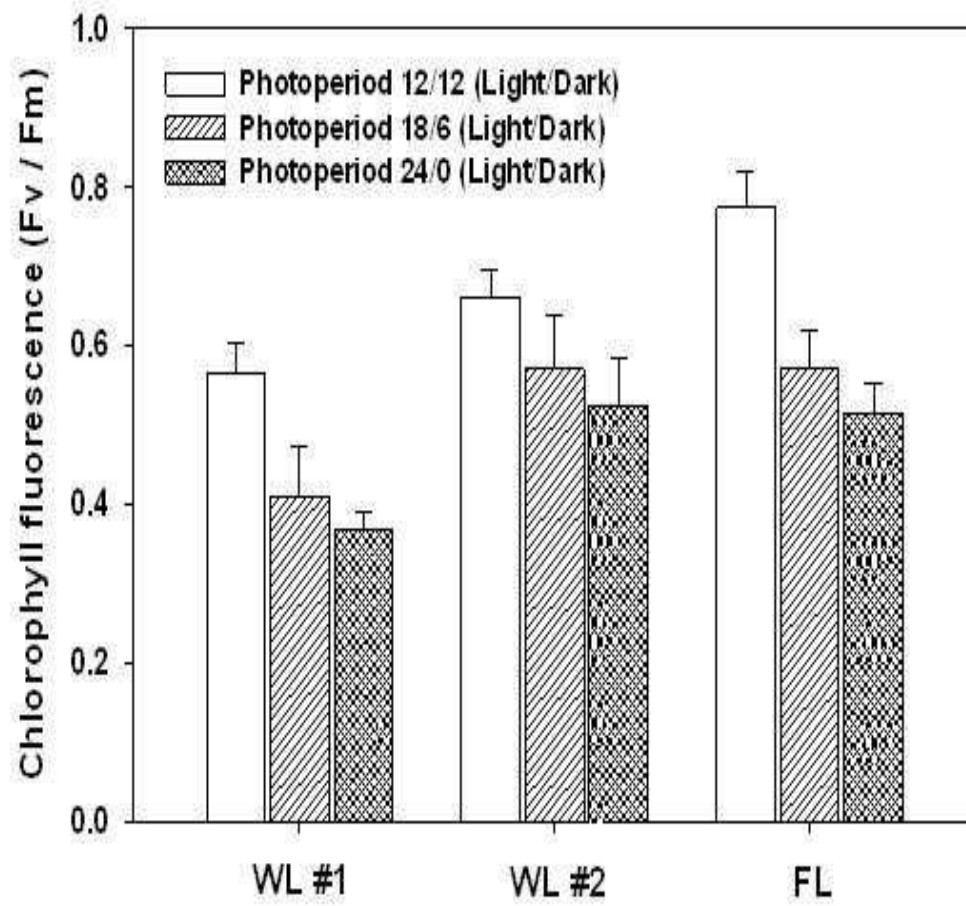
도면2



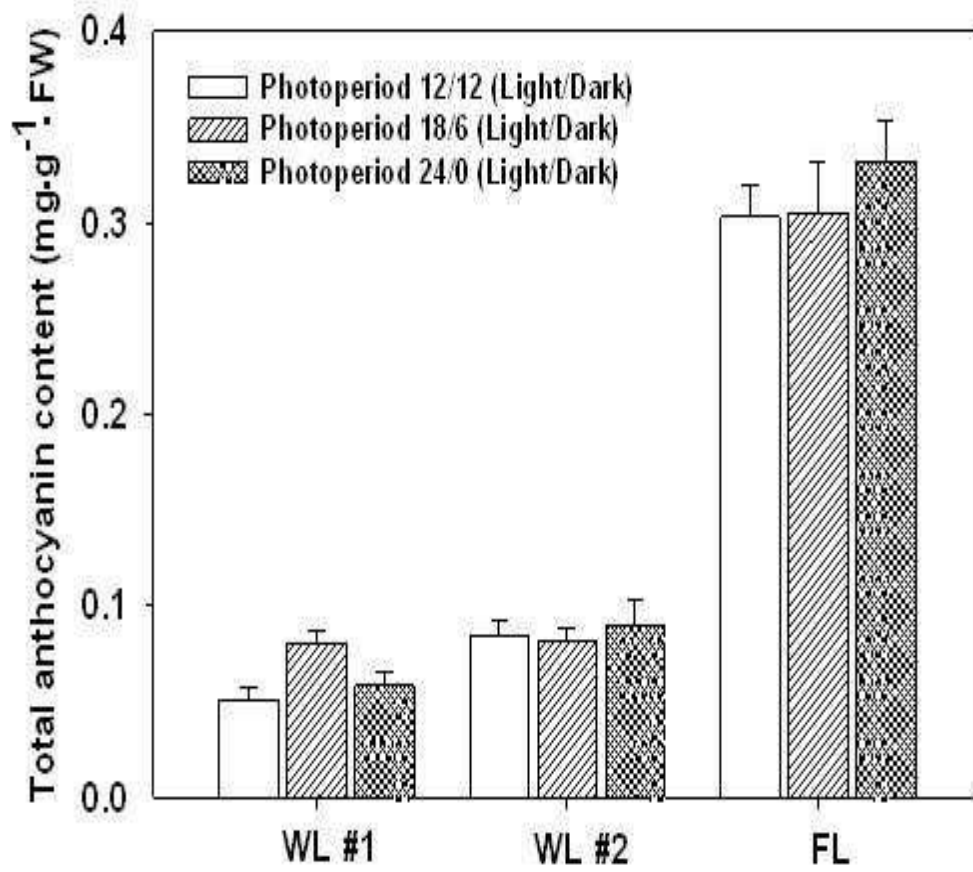
도면3



도면4



도면5



도면6

