

LED 램프의 발광 특성과 선택파장 기능성 응용

소대화^{1,2}, 홍상진², 박종대²

한국과학기술정보연구원 전문연구위원, 명지대학교 전자공학과 교수,

하태민³, 김지우³

명지대학교 반도체연구실 연구원

Applications of Light-emitting Properties and Functional Selective-wave Lightings of LED Lamp

Dea-Wha Soh^{1,2}, Sang-Jeen Hong², Jong-Dae Park²

Senior Research Fellow, KISTI ReSEAT^{1,2}, Prof., Dept. of Electronic Eng., Myong-Ji Univ.²,

Tae-Min Hah³, Ji-Woo Kim³

Research Member, Myong-Ji Univ.²

E-mail : gpsoh45@naver.com

요 약

야채와 먹거리의 시설재배를 위하여 LED 램프의 특성과 기능성을 조사하고 응용 가능성을 제시하였다. 식물의 생장에 필요한 청색과 적색 파장을 백색LED로부터 얻는 기존의 방식에 대하여 백색LED와 적색 LED를 사용함으로써 밝기와 색감 및 생장 조건을 개선하고 식물생장 촉진의 선택파장 기능성 조명 방식을 제시하였다.

키워드 : 야채와 먹거리, 시설, LED, 식물, 생장, 선택파장

ABSTRACT

In order to cultivate vegetables in plastic greenhouse or housing facilities it was investigated properties of radiation and functions of LED lamp and proposed application possibility. Against presently existing method of obtaining blue and red colored wave lights needed to plants growing, it was used white LED and red LED to investigate growing conditions as well as brightness and color sense with working condition. And also it was presented lighting system of selective wave functions to promote plant growth.

Key Words : vegetable, greenhouse, LED, plant, growth, selective wave

1. 서 론

지구촌에서 식물은 탄소를 흡입하여 태양에너지를 받아 유기물질을 합성하여 저장하고, 동물은 그 식물성유기물질을 섭취하고 산소를 흡입함으로써 그 유기물질을 태워서 에너지를 만들어 생명력을 유지하는 대사활동을 하면서 서로 상반된 현상 속에서 상호 유기적 관계를 맺고 하나뿐인 지구 속에서 공생공존의 생명 원리를 지키며 살아가고 있다.

인류의 먹을거리는 식물로부터 시작하여 먹이사슬의 맨 위에서 고담백질을 제공하는 동물에 이르기까지 매우 다양하다. 그 중 가장 기본적인 고 기초적 먹을거리를 제공하는 것은 야채와 곡

물을 포함하는 식물체로써, 식물체 그 자체는 먹이(영양소-유기물거름)를 먹고 태양에너지를 받아 또 다른 유기물을 합성 생산하지만, 결코 배설하지 않고 태양으로부터 빛에너지를 받아 광합성으로 새로운 유기질을 합성하여 자신의 살을 찌워서 결국 송두리째 동물에게 먹이를 제공하고 사라진다. 그에 반하여, 동물은 외부로부터 섭취한 유기물을 태워 에너지를 발생시켜 생명을 유지하며 살을 찌우고, 남은 찌꺼기는 체외로 배설한다.

하나뿐인 지구에서 살고 있는 인류는 60억 인구를 넘어서 70억에 육박하고 있으며, 점점 늘어나고 있는 지구상의 인구를 먹여 살리려면 역시 그 먹을거리가 충분히 확보되어야 한다. 그러나

지금까지 농업과 축수산업에 의해서 생산되고 있는 인류의 먹을거리는 한계에 도달하고 있으며, 자연환경에 의존하여 생산되고 있는 기존의 농업방식만으로는 계속 늘어나고 있는 인류의 입을 모두 충족시킬 수가 없다. 그러므로 자연농업생산 방식으로부터 계절과 시간에 구애받지 않고 연속적으로 생산 할 수 있는 공장생산 방식으로 전환되어야 한다.

여기에 필요한 것이 소위 식물공장으로써 자연 환경에 노출되지 않고 밀폐된 공장에서 사시사철 연속 생산할 수 있는 완벽한 인공 환경이 요구되며, 기본적으로 물(H₂O)과 공기(CO₂) 및 빛-에너지(LED) 그리고 적절한 기온 조건과 함께 필요한 유기질거름을 공급해 줘야하며, 말하자면 컨베이어 벨트에 연결되어 공급과 생산을 유통시켜 돌아가는 완벽한 식물자동화공장이 필요하게 된다. 그러나 지금까지 이와 같은 식물공장을 운영하는 데 사용되는 빛-에너지가 특히 값비싼 고가의 에너지자원이었기 때문에 공장생산비가 타산에 맞지 않는 어려움을 겪어 왔으나, 오늘에 이르러서는 바로 첨단 반도체소재인 LED의 출현으로 이와 같은 문제가 어느 정도는 해결될 수 있게 되었으며, 이미 유럽과 미주를 비롯하여 가까운 일본과 같은 선진국에서는 이미 일찍부터 많은 연구를 수행하여 현장 적용을 추진하고 있는 실정이며, 최근에는 우리나라에도 식물공장에 대한 관심과 연구 및 관련 시설이 점차 확산하여 현실화 되어가고 있는 추세이다.

따라서 본 논문은, 식물공장 구현을 위한 핵심 요소 기술의 하나인 인공광 조명 기술으로써 '선택파장 기능성 조명 방식'으로 LED 광원의 발광 파장을 분석하여 식물의 성장조건에 필요하고 적합한 광원을 구성함으로써 기능성 증진과 함께 생육촉진 증진의 개선 방안을 제시한다

2. 실험 및 고찰

가. 선택파장 조명 및 발광파장 분석

1) 선택파장 조명

식물체가 성장하여 번식하는데 촉진작용이 요구되는 방식과, 오히려 성장과 번식을 억제하도록 하는 방식을 선택적으로 적용하여 불필요한 경우에는 성장할 수 없도록 하며, 이를 위하여 빛의 성분을 광합성에 작용하지 않는 성분으로 공급하는 선택파장조명 방식을 적용하는 것이다. 그러므로 LED의 발광파장을 선택적으로 조절하여 설계하기 위한 적절한 기술방식을 적용하고 여기에 필요한 제어방식과 회로기술을 개발하여 적용하는 것이다.

2) 발광파장 분석

제어방식과 회로기술을 위해서는 먼저 필요한 programmable device를 채용하고, 선택점등제어 방식과 선택파장제어 방식을 적용하며 이를 위한 광학적 기초자료 분석과 광합성의 흡수 스펙

트럼 분석과의 비교, 광배합 원리와 발광특성 분석 및 발광보상 설계방안을 강구하여야한다 먼저, 발광스펙트럼을 측정하여 비교 분석한다.

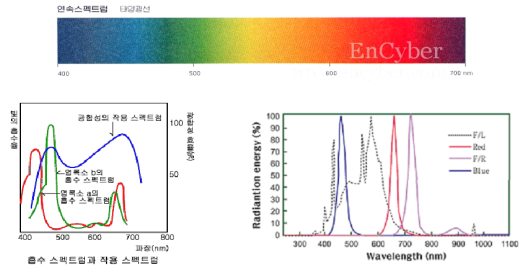


그림1. 광합성식물의 흡수스펙트럼과 LED 발광 특성

그림1은 태양광의 연속스펙트럼상)과 식물의 광합성 흡수스펙트럼(좌) 및 LED의 발광과장파 에너지곡선(우)을 나타낸 것이다. 흡수스펙트럼에서 청색과 적색이 지배적이다 따라서 태양광의 연속스펙트럼에너지 곡선에서 청색과 적색만 흡수하며, 그것은 LED 광원에서 청색과 적색의 발광과장에 일치되므로 LED가 사용된다.

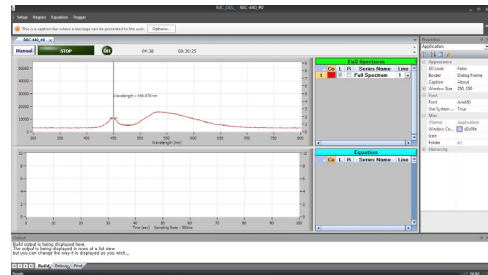


그림2. W-LED(백색)의 발광스펙트럼

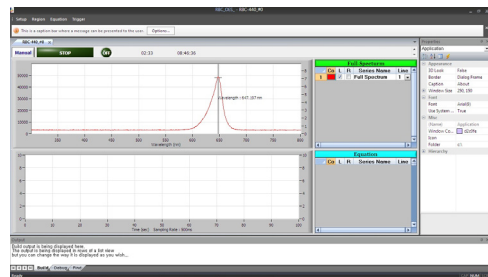


그림3. R-LED(적색)의 발광스펙트럼

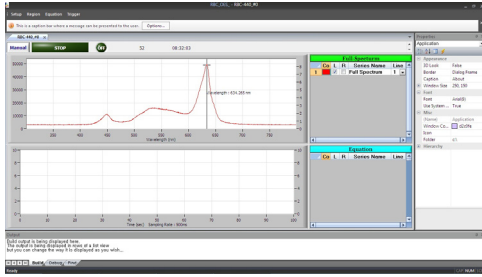


그림4. W-R-LED(백색-적색)의 혼합발광스펙트럼

그림2는 상용 W-LED(백색)의 발광스펙트럼으로서 청색과장 이후는 녹색과 황색 및 약한 적색과장대가 이어져 혼합광색에서 흰색을 발광하지만, 광합성에서 지배적으로 요구되는 적색과장대의 에너지가 부족하다. 따라서 그림3과 같은 적색과장대의 광을 보충해줌으로써 식물체의 성장이 원활하게 이루어 질 수 있다. 그러므로 그림2의 기본 광스펙트럼과 그림3의 적색과장 광을 보상에 줌으로서 그림4와 같은 원만한 스펙트럼 분포를 이뤄 줄 수 있다. 식물체에 따라서 요구되는 청색/적색 광-에너지 비는 대략 1:10 정도이며 이를 충족시켜 줌으로서 광합성유기물의 생성과 성장 효과를 증대시켜줄 수 있다

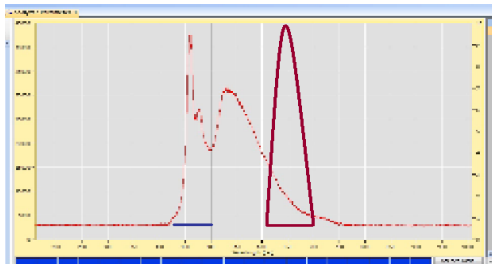


그림5. 상용 W-LED의 발광보상 설계 방안 R100+G100+B80

이를 종합하면, 그림5에서 W-LED의 발광과장 성분에 포함되어 있는 청색과장과 이에 대응하여 보상해준 적색과장이 적절히 조화를 이룸으로서 생장에 필요한 최적광원을 구현해 준다

여기서 식물체의 성장을 억제하면서 조명빛을 필요로 하는 특수한 환경을 고려해보면 그림6에서 식물생장에 필수적인 적색광을 제거하고 대신 황록색을 보상해주면 조명 효과는 제공해주면서 식물의 성장억제 효과를 갖는 반대의 역기능성을 구현할 수도 있을 것이다

그림6은 이를 종합하여 나타낸 것으로서 보상광의 선택과장에 따라서 순기능과 역기능을 부여할 수 있는 새로운 방안이 마련될 수 있으며 특수한 환경조성에 적용될 수 있다

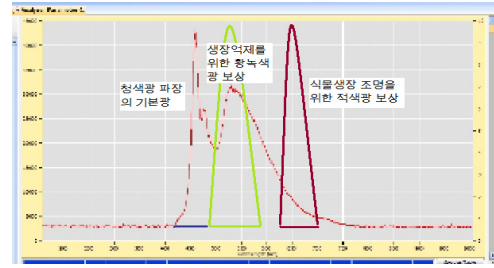


그림6. 상용 W-LED의 발광보상 조건/ 성장조명: R100+B80+G60

한편, 이를 적용하여 몇 가지 식물체를 재배해 보았으며, 그 결과는 그림7과 같다.



(상-화초재배)



(하-배추재배)

그림7. 실내에서 W-LED의 발광보상 조건으로 재배한 화초(상)와 배추(하)의 성장모습

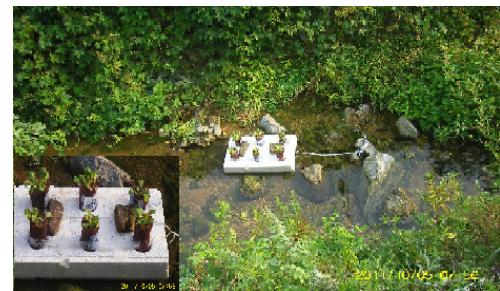


그림8. Hybrid 수경재배를 위한 시범 수상재배

4. 결론

야채와 먹거리의 시설재배를 위하여 LED 램프의 특성과 기능성 및 응용 가능성을 조사하였다. 식물의 생장에 필요한 청색과 적색 파장을 기본적으로 백색 LED로부터 얻는 기존의 방식에 대하여 백색LED의 발광스펙트럼을 분석하여 요구되는 광과장을 보상해줌으로써, 백색 LED와 적색 LED를 조화시켜서 밝기와 색감 및 생장 조건을 개선하고 식물생장을 촉진하는 선택파장 기능성 조명 방식을 제안하였다.

식물공장 구현을 위한 핵심요소 기술로써 인공-광 조명 기술의 '선택파장 기능성 조명 방식'으로 LED 광원의 발광과장을 분석하여 식물의 생장조건에 필요하고 적합한 광원을 구성함으로써 기능성 증진과 함께 생육 촉진 및 증진 효과를 구현하였다.

향후, 스위칭펄스 구동 방식으로 온오프 주기를 최적화시킨 점등제어 기법을 적용한다면 성장률 증진 효과와 아울러 에너지 절감 효과까지 거둘 수 있을 것으로 기대되며, 수상 재배를 위한 hybrid 수경재배 방식을 개발하여 병행할 경우 상승효과를 기대할 수 있을 것으로 본다.

감사의 글

이 논문은 KISTI ReSEAT Program 지원과 명지대학교 전자공학과와 후원으로 이루어졌으며 이에 감사를 드립니다.

참고 문헌

- [1] 오석진 외, '발광다이오드를 이용한 저서미세조류의 성장촉진에 의한 오염해역 저질환경개선', 한국해양공학회지, Vol. 10, No. 2, pp.99, 5, 2007
- [2] Fukami et al., 'Improvement of eutrophic coastal bottom environments by using an optical fiber and effective psychrophilic bacteria', Fish. Sci., Vol 68, 612-620. 2002
- [3] 심재형 외, 플랑크톤 생태학(Plankton Ecology), 서울대학교출판부, 2004.11.10.
- [4] EnCyber&EnCyber.com
- [5] Bai Min-dong, et al., Studies for killing the oceanic harmful organisms in ship's ballast water using hydroxyl radicals, Dalian Maritime Univ., June 2009
- [6] Dea-Wha Soh, et al., 'Low Carbon and Green Growth Farming with Solar-LED Illumination', AKC 2009: Asia-Korea Conf. on Advanced Science & Technology, Yanji, China, p34, Aug. 28-29, 2009
- [7] 소대화 외3, '수중 양식과 탐사를 위한 LED 녹색평판조명램프', KIMICS 2010 추계종합학술대회, 해군사관학교, 2010, 10.

[8] 김춘송 외5, '생활오폐수에 대한 정화력이 높은 수생식물 선발', 한국환경농학회지, vol.26, No1, pp25-35, 2007

[9] 황선일, '미생물을 이용한 바이오연료의 제조 공정', KISTI ReSEAT 프로그램, 모니터링분석, 2010,

[10] 최명재, '팔당호 인공수조재배식 수생식물의 생장 특성 및 영양염류 제거에 관한 연구', 석사학위논문, 서울시립대학교 환경공학과, 2008.8.

[11] 소대화 외, '반도체소자 제조공정에서 구리기동주석범프의 전해도금 형성과 특성', KIMICS 2010 추계종합학술대회, 해군사관학교, 2010.10.

[12] 소대화 외, '고집적 소자용 구리기동 범프 패키징에서 산화 문제를 해결하기 위한 방법에 대한 연구', KIEEME 논문지 게재논문, 2010.12.

[13] ATmega 128 이론 및 실험. 북두출판사

[14] Masamoto Takatsuji 원저 서상규 외5 공역, '식물공장', 월드 사이언스, 2008