

발 간 등 록 번 호

11-1541000-001418-01

LED 광원을 이용한 해충 방제 시스템 개발

(Development of insect pest control system
using LED sources)

한국광기술원

농림수산식품부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “LED 광원을 이용한 해충 방제 시스템 개발” 과제의 보고서로 제출합니다.

2012년 4월 9일

주관연구기관명 : 한국광기술원

주관연구책임자 : 김정헌

연 구 원 : 김왕기

연 구 원 : 이진홍

연 구 원 : 정구락

연 구 원 : 윤성훈

연 구 원 : 장형식

협동연구기관명 : (주)링크옵틱스

협동연구책임자 : 최용원

협동연구기관명 : 국립식량과학원

협동연구책임자 : 김현주

위탁연구기관명 : 전자부품연구원

위탁연구책임자 : 윤형도

위탁연구기관명 : 전남대학교

위탁연구책임자 : 박승찬

요 약 문

I. 제 목

: LED 광원을 이용한 해충방제 시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

: 현재 우리나라의 해충 방제는 전적으로 화학 농약에 의존(95% 이상)하고 있으며, 화학농약의 부작용(인축독성, 자연 평형 파괴, 동식물 체내축적)이 날로 심각해지고 있는 실정이다. 따라서 농약은 환경오염의 주범으로 인식되어 사회적 반감 증대되고, 약제 저항성 해충 출현으로 살충제 효과 저하에 의한 농약 사용량이 증가하고 있다. 한편, LED는 친환경 녹색기술 광원으로 원하는 광파장의 광원을 제작하는데 타 광원에 비해 유리한 점이 있으며, 광파장에 따라 식물 및 해충의 반응이 다르다는 데 착안하여 LED광원을 이용한 해충방제 기술개발로 화학농약의 사용경감을 꾀할 수 있게 된다.

III. 연구개발 내용 및 범위

- 해충 반응과장 LED 램프 개발 (실험 해충 : 나방류, 달팽이류, 노린재류, 진딧물 등)
- 해충 반응과장이 식물에 미치는 영향 분석 (실험 식물 : 잎들깨, 배추, 고추, 녹차 등)
- 다중 광원 LED 구동회로 개발
- 40W급광원 집적화를 위한 PCB 패턴 설계 및 제작
- 빛의 파장에 대한 행동반응 action spectrum
- 해충 반응유발 유효과장의 간이 포장시험
- 해충유인 및 기피반응에 대한 빛 파장과 화학적 기피물질 간의 synergy효과 검증

IV. 연구개발결과

- 광과장의 해충반응 실험이 용이하도록 LED램프를 제작함. 백색광, 자외선(375nm), 530nm, 550nm, 560nm, 570nm, 580nm, 590nm, 610nm, 660nm의 램프를 제작하여 식물, 해충, 토양에 대한 실험을 진행하였다.
- 담배거세미나방 성충은 375nm에 유인률이 높았다.
- 진딧물은 550nm의 광에 가장 유인률이 높았다.
- 시설잎들깨는 적색, 녹색 순으로 생육 및 수량이 많았으나 적색에서 병해충 발생량도 더 많은 경향이 있었다.
- 차잎말이나방은 560nm, 570nm의 광과장에 기피반응을 보였다. 또한, 산란 행동에 영향을 주는 것으로 나타났다.
- 차잎말이나방, 동백가는나방은 1Hz의 광펄스 보다 100Hz의 광펄스에 기피반응이 컸으며 주파수 증가에 따라 기피반응도 같이 증가하는 것으로 나타났다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

: 특히 6건의 연구성과를 얻었으며 이를 바탕으로 참여기업에서는 확인된 기피반응 광과장 램프 및 식물생장 관련 램프를 사업화하여 농가에 보급할 계획이며, 지금까지의 실험결과를 바탕으로 해충의 종류, 식물 종류를 확대하여 추가 실험할 계획이다.

SUMMARY

(영문요약문)

I. Title

: Development of insect pest control system using LED sources

II. Objective

: In these days, insect pest control is depending on agricultural chemicals entirely, and the side effect of agricultural chemicals is getting bigger day by day. Therefore, agricultural chemicals amount is increasing due to the appearance of stronger insects than before. On the other hand, LED technology is one of green technology and we can choose easily the optical wavelength that we want. So, LED is a great optical source to investigate the reactions of insect pests and plants. It is necessary to know that which wavelength has a special effect on insect act or oviposition, and on plant growth also.

III. Experiments

- Development of LED lamp to study the insect pest reaction. (samples : moths, snails, stinkbugs, aphides etc.)
- Study of plant growth under the optical exposure having special wavelength. (samples : perilla, cabbage, red pepper, green tea etc.)
- Development of LED driver circuit for the multiple light source.
- PCB pattern design and manufacture for 40W light source.
- Study of insect action spectrum by light
- Study of evasion and attraction of insect for the light and chemical material

IV. Result

- Manufacture of LED lamps for the research of insect behavior (wavelengths of the LED lamp are 375nm, 530nm, 550nm, 560nm, 570nm, 580nm, 590nm, 610nm, 660nm, and white)
- Tobacco cutworms are attracted for the light of 375nm.
- Aphides are attracted for the light of 550nm.
- The red color is most effective to the growth of perilla, but it is found insects are more attracted to the red color than others.
- Adoxophyes oranaes show evasion reaction to 560nm and 570nm which give some influences to their oviposition.
- Adoxophyes oranaes show bigger evasion reaction to optical pulse of 100Hz than one of 1Hz, and this means that the reaction is increased with the light pulse of higher frequency.

V. Future plans

: We get 6 patents in this project, and plan to make the products of special LED lamp to supply to the farm. We also plan to do the additional experiment for the other plants and insects.

CONTENTS

(영 문 목 차)

- Chapter 1 Objective
- Chapter 2 The present state of the technology
- Chapter 3 Experiments
- Chapter 4 Achievement and contribution
- Chapter 5 The research result and its use
- Chapter 6 Foreign technical information collected in this research
- Chapter 7 References
- Appendix
1. Test reports of the LED lamps
 2. Patent list

목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요	1
제 2 장	국내외 기술개발 현황	7
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과	13
	제 1 절 LED 등기구 시뮬레이션 및 제작	13
	제 2 절 광파장 해충/식물 반응 실험	96
제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도	152
제 5 장	연구개발 성과 및 성과활용 계획	153
제 6 장	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	155
제 7 장	참고문헌	157
부 록	1. LED등기구 시험성적서	159
	2. 특허출원/등록	164

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적 및 필요성

○ 농업분야에서는 종래부터 해충에 의한 피해로부터 작물을 지키기 위한 살충제와, 작물을 병으로부터 지키기 위한 살균제, 잡초로부터 피해를 방지하기 위한 제초제의 병용 살포가 행하여지고 있으며, 이 농약 문제는 건강문제나 환경 문제에 의해 농약을 사용하지 않거나 농약의 사용을 줄이는 방향으로 나가고 있지만, 대체 기술의 확립이 큰 과제로 여겨지고 있으며, 이 대체기술의 하나로서 「빛에 의한 해충의 물리적 방제 방법」이, 최근 문제가 되고 있는 어려운 방제 해충에게 대한 해충방제 방법으로서 다시 평가되어 와 있다. 한편, 산업분야에 있어서도, 식품·약품·제지·반도체공장 등에서는 곤충의 혼입 방지 대책이 절실히 요구되고 있다.

(표1)화석종을 제외한 곤충의 종류수

분류군(목별)	지구 전체		영국 1945	일본(1984까지)	
	1984까지	1988까지		기존 기록	추가 예상
솔 갈대 벌레목 Protura	250	450	17	52	10
트빔시목 Collembola	4,000	3,500	261	368	150
콧시목 Diplura	200	500	12	12	15
이시노미목 Thysanura	400	300	11	23	10
카게로우목 Ephemeroptera	2,000	2,100	46	102	50
잠자리목 Odonata	5,000	5,000	42	187	3
강 개라목 Plecoptera	1,500	2,000	34	162	10
갈로아 벌레목 Notoptera	20	24	-	6	5
밭타목 Orthoptera	14,500	20,000	39	222	60
나나후시목 Phasmida	2,300	2,500	-	19	5
가위 벌레목 Dermaptera	1,200	1,840	9	21	10
사마귀목 Mantodea	1,800	1,900	-	9	3
바퀴벌레목 Blattodea	3,000	3,700	8	52	10
흰 개미목 Isoptera	2,000	2,770	-	16	2
시로아리모드키목 Embioptera	150	300	-	3	1
차 세로 벌레목 Psocoptera	1,700	3,000	70	83	100
하지라미목 Mallophaga	2,800	2,800	274	150	100
이목 Anoplura	280	500	34	40	20
영경귀 말목 Thysanoptera	3,300	6,000	183	176	200
거북이 벌레목 Hemiptera	60,000	82,020	1,477	2,848	500
아미메카게로우목 Neuroptera	5,000	4,500	60	138	80
시리아젼시목 Mecoptera	400	470	4	38	10
트비케라목 Trichoptera	6,000	7,000	188	356	50
나비목 Lepidoptera	130,000	137,000	2,233	5,173	2,000
파리목 Diptera	100,000	150,000	5,219	5,298	5,000
꿀목 Siphonaptera	1,400	1,750	47	69	20

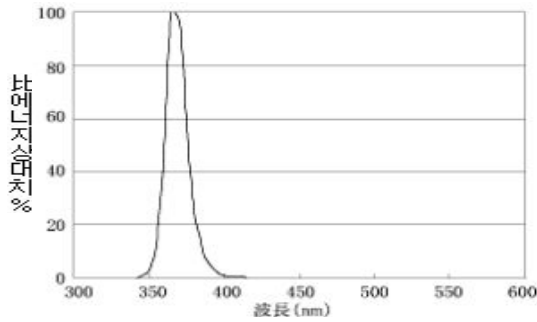
투구벌레목 Coleoptera	300,000	370,000	3,711	9,131	2,000
비틀림 용수철목 Strepsiptera	300	500	18	31	22
벌목 Hymenoptera	120,000	130,000	6,228	4,152	9,000
합 계	약770,000	약942,000	20,244	28,937	약20,000

- 곤충의 종류는 (표1)에서처럼 1984년까지 세계 각지에서 보고된 곤충의 종류를 나타낸 것이지만, 현재에도 수많은 종이, 매년 신종으로서 발표가 계속 되고 있다. 그 개수는, 지구 전체로 약 77만종이 되어, 지구 생물 전체를 165만종으로 했을 때의 약 47%, 반수 가까이가 곤충인 것을 나타내고 있다. 동물 전체를 110만종으로 했을 경우, 실로 70%는 곤충이 되는 것이다. 1988년까지는, 지구 전체에서 약 94만종의 곤충이 보고되고 있다. 표에서 영국의 곤충수를 병기한 것은, 영국은 박물학의 전통이 오래되고, 동식물의 조사는 전국에 걸쳐 무제한으로 세계에서 가장 자주 조사되고 있기 때문이다. 일본의 경우 종이 완전하게 해명된 것은 잠자리와 나비 밖에 없는 것도 알려져 있었으나 현재는 더 많은 해명을 한 것으로 알려지고 있다.
- 곤충의 행동 양식에는 (표2)에서 보여주는 것이 있지만, 빛에 관련하는 것으로서는 주광성을 들 수 있다. 주광성(Phototaxis)이란 자유 운동 능력을 가지는 생물이 외부에서의 광자극에 반응을 일으켜, 이 운동에 방향성이 인정될 때 주광성이라고 말한다. 주광성에는 적극적으로 광자극원으로 향하는 것을 정의 주광성, 반대 방향으로 나아가는 것을 부의 주광성이라고 말한다. 거기에 주광성에는 자극원으로 진행되는 동물의 움직임에 의해, 다음과 같은 것이 알려져 있다.

(표2)곤충의 행동양식

1) 무정위 운동성 : 변속 무정위 운동성, 변향무정위 운동성
(2) 주성
- 자극의 종류에 의해 구분
화학 주성(주화성), 광주성(주광성), 중력 주성(주지성), 기류 주성(주풍성), 수류 주성(주류성), 습도 주성(주습성), 온도 주성(주온성), 음파 주성(주음성), 접촉 주성(주촉성) 등
- 자극원을 분별하면서 가는 동물의 움직이는 방법에 의해 구분
굴곡 주성, 전향 주성, 목표 주성, 보류 주성(대자극성) 등
(3) 고정적 동작 패턴(배우, 영소, 방어 행동 등이 복잡한 행동)
(4) 학습 행동 : 익숙해져 강화, 연합(관련) 학습, 잠재 학습

- 행동 억제용 광원은 365nm의 UV 방사를 쬐 또는 감쇠시킨 광원에서, 380 nm이하의 UV 방사를 쬐 한 저유충형과 500nm~550 nm이하의 가시 방사를 쬐 또는 감쇠시킨 황색 광원의 2 종류가 있다. 전자는 곤충의 유인을 조금이라도 저하시켜, 광원의 연색성을 중시하는 경우에 이용되어 후자는 연색성이 중시되지 않는 경우에 이용된다.



UV-LED특성곡선 (Nitride社)



황색 파장 이용 해충방제(일본 다와)

- 곤충에게는 파리나 모기 등 병원균 매체인 위생해충, 농업·저장·식품해충, 가축의 해충, 섬유해충, 삼림·건재(乾材)해충 등 인간의 생활에 관련된 해를 주는 해충이 있는 반면에, 곤충의 생산물을 이용한 밀랍, 비단, 벌꿀 등이나 곤충자체를 이용한 비단벌레, 화분매개 등이나, 곤충이 가지는 기능을 이용한 생물학·유전자의해명, 생물 공학 등, 인간의 생활에 유효한 이용 방법도 많이 있다.
- 대표적으로 국내 사과 재배에 피해를 주고 있는 나방류는 크게 잎말이나방, 심식나방, 굴나방, 순나방, 밤나방으로 대별할 수 있다. 이중 과실에 직접 피해를 주고 있는 심식나방과 순나방은 주요 방제 대상이 되어 왔다. 사과의 과실을 가해하는 대표적인 종은 복숭아심식나방과 복숭아순나방이며, 1990년초까지는 복숭아심식나방이 우점종이었으나, 2000년대에 접어들면서 복숭아순나방이 복숭아심식나방에 비해 사과 과수원에서 더 문제시되고 있다. 복숭아순나방(*Grapholita molesta*)은 아시아가 원산으로 아메리카, 유럽 및 호주 등 전 세계에 분포하고 있는 과수의 주요 해충이다. 이 해충은 노숙유충 상태로 나무 조피 틈에서 월동하고, 성장하는 유충은 사과, 복숭아, 배, 배, 살구나무, 모과, 앵두, 매실 등의 기주 신초나 과실을 가해하게 된다. 우리나라에는 오래 전부터 과수의 주요한 해충으로 기록되었으나, 최근 얼마전까지만 해도 그 피해의 심각성이 부각되지 않았다. 그러나 경북 사과 및 복숭아 재배 지역을 비롯하여 나주 지역의 배 과수원 지역에서 약제 살포 횟수가 적어지거나, 해충방제 적기를 놓치게 되면 과실피해가 심각하게 이르게 되었다.
- 국내 사과원 해충 발생 변동을 살펴보면 1998년부터 경북농업기술원 에서 연도별 사과 주요 해충의 발생 과원을 조사내용을 보면 [표3-1], [표3-2]와 같다. 응애류는 과거 대부분의 사과원에서 문제되던 점박이응애는 초생재배를 하면서 저농약 방제 체계로 운영되는 농가를 위주로 점차 발생밀도가 줄어드는 반면, 사과응애가 최근 우점종으로 바뀌어 가면서, 일부 농가에서 문제되는 경향이다. 사과혹진딧물은 개화전 방제를 소홀히 한 일부 사과원에서만 발생이 확인된다. 그러나 사과혹진딧물은 개화전 방제를 소홀히 할 경우 과실에까지 피해를 주므로 유의하여야 한다. 조팝나무진딧물도 사과나무의 수세 안정에 따라 발생과원과 발생밀도가 낮아지는 경향이지만 해에 따라 다소 차이를 보인다. 과실을 가해하는 심식나방류와 잎말이나방류의 발생을 볼 때, 피해과율은 평균 1% 내외로 낮았으나 연속강우와 강우량이 많았던 1998년과 2003년에는 2~3%로 높았다. 특히, 90년대에는 복숭아심식나방이 과실의 주요 해충이었으나, 2000년도에 들어서면 복숭아순나방의 피해가 증가한 것을 [표3-3]에서 보여주고 있다. 일부 사과원에서 복숭아순나방 피해가 10%를 넘

는 농가도 적지 않았으므로, 이 해충에 대한 지역별, 작목반별 효율적인 공동방제를 철저히 하여야 한다.

[표3- 1] 연도별 사과 주요해충의 발생과원율

해충명	발생과원율(%)					
	'98	'00	'02	'03	'04	'05
심식나방류	67	32	50	64	63	56
잎말이나방류	76	8	25	70	44	19
은무늬굴나방	100	88	69	88	77	69
사과굴나방	88	53	69	50	19	54
사과응애	26	75	69	50	47	46
점박이응애	79	75	56	31	44	50
사과혹진딧물	24	8	6	6	10	38
조팝나무진딧물	100	100	84	69	82	100

- 경북 5~6지역 20~30개 사과원의 후지품종에서 조사
- 진딧물은 40신초당 마리수, 응애는 100엽당 마리수, 굴나방은 40신초당 피해엽수, 잎말이나방과 심식나방은 피해과율(%)임

[표3-2] 연도별 사과 주요해충의 발생 및 피해정도

해충명	발생 및 피해정도*					
	'98	'00	'02	'03	'04	'05
심식나방류	3.1	0.1	0.1	2.1	0.5	1.5
잎말이나방류	3.0	0.01	0.03	0.7	0.1	0.7
은무늬굴나방	4.9	8.5	3.9	2.9	1.2	58
사과굴나방	0.5	9.7	3.8	4.4	0.3	2.9
사과응애	96	193	62	209	26	45
점박이응애	160	150	217	157	101	119
사과혹진딧물	0.7	0.1	0.6	0.1	0.2	0.9
조팝나무진딧물	337	544	341	180	491	289

- 경북 5~6지역 20~30개 사과원의 후지품종에서 조사
- 진딧물은 40신초당 마리수, 응애는 100엽당 마리수, 굴나방은 40신초당 피해엽수, 잎말이나방과 심식나방은 피해과율(%)임.

[표3-3] 연도별 복숭아순나방와 복숭아심식나방의 과실 피해정도

해충명	발생과원율(%)						피해정도(%)					
	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'00	'01	'02	'03	'04	'05
복숭아순나방	3	37	58	63	63	56	0.07	0.40	0.09	1.80	0.39	1.38
복숭아심식나방	3	0	17	44	25	31	0.06	0.40	0.03	0.30	0.11	0.11

○ 은무늬굴나방은 '90년대 후반까지는 발생과원율이 확대되면서 피해가 문제되었으나, 2000년

대에는 사과굴나방과 마찬가지로 발생이 크게 문제되지 않고 있다. 최근에는 이들 주요 해충 외에도 2-5년생의 수세가 약한 밀식재배 사과나무에 나무좀 피해, 초생재배와 주변 식생의 변화에 따라 개화기 신초와 수확기에 과실의 즙액을 빨아먹는 노린재류의 피해, 강우가 많았던 2003년 수확기에 산지를 중심으로 과실의 즙액을 빨아먹는 흡수나방에 의한 과실 피해 등은 기상상황에 따라서 다발생하는 경우가 있다. 또한, 일부 유기합성농약을 사용하지 않거나 크게 줄이는 사과원에서 사과면충과 하늘소류, 봉지찌운 사과의 과실에 집게벌레 및 특수한 지역에서 주간부에 사과유리나방 등의 발생도 문제되었다. 이와 같은 해충의 발생양상과 피해의 변동에 대해서 지속적인 관찰과 대책마련을 강구해야 한다.

- 사과의 2005년 생산량이 35만톤이었으나, 피해가 많았던 2003년의 사과원에서 복숭아순나방 피해율이 약 2% 였으므로, 약 7,000톤의 피해이며, 7,000톤의 금액은 전년 기준으로 하면 대략 140억원 정도의 피해금액이 산출된다.
- 특별히 여러 심식류에서 알 수 있듯이 일단 과실 속으로 가해가 진행되면, 방제가 어려워 다량의 약제살포와 이에 따른 해충의 약제 저항성 및 환경과 식품의 안전성에 우려를 주고 있다.(Pree *et al.*, 1998; Borchert *et al.*, 2004).
- 밤나방과인 담배거세미나방에 의한 피해증상과 및 생태를 [사진1-1]과 [사진1-2]에서 보여주고 있는 것으로, 사과원에서는 주로 8~10월에 발생을 보이며, 사과 잎 뒷면에 난피로 산란한다. 부화한 어린 유충이 잎 뒷면 부위를 식해하여 잎 표피만 남기고 가해하는데 노숙 유충이 되면 대부분은 지면으로 내려와서 잡초를 가해하지만, 다발생할 경우는 과실을 가해하기도 한다.



[사진1-1]담배거세미나방 부화 유충



[사진1-2]담배거세미나방피해와 유충

- 알은 덩어리로 200~300개씩 낳으며, 알의 모양은 둥근 모양이지만 약간 납작하고 길이는 0.6mm 정도이며, 유충의 색깔은 흑회색~암녹색에서 점차 적갈색 또는 백황색으로 다양하고 몸의 양측 면에 긴 띠가 있다. 앞가슴을 제외한 각 마디의 등면 양쪽에 두개의 검은 반달점이 있으며, 복부 첫째마디와 여덟째 마디가 다른 마디보다 크다. 등면을 따라 길게 나 있는 밝은 노란 띠가 특징이다. 성충은 15~20mm이고 회갈색이다. 앞날개는 갈색 또는 회갈색으로 매우 복잡한 무늬가 있으며 뒷날개는 회백색이고 가장자리는 회색이다.
- 나방류의 행동억제 빛의 반응 파장에 대한 일본의 시험 사례를 분석해보면 570nm 황색 대역에 유효한 것과, 지역과 종에 따라 약간의 대역 변화가 있다는 것이 확인 되었고, LED 광원을 이용한 해충 방제 기술의 효과가 있다는 것이 알려지게 되었다.



[사진1-3] 담배거세미나방 성충

- 광학적 빛의 특성에 있어 황색 빛은 특정 해충의 교미 억제나 해충이 모이 않도록 억제하는 광학적인 해충의 행동 억제 작용에 의해, 해충의 침입을 차단하고, 방제 효과를 올릴 수 있는 것이 실험적으로 검증되면서 물리적 방제법의 안, 지극히 경제적이어서 효과적인 방제 방법으로서, 검증되어가고 있는 상황이다. 어려운 방제 해충이나 약제저항성이 있는 해충, 농약적용이 없는 해충에게도 방제 효과가 있는 새로운 방제 기술이 필수적으로 개발되어야 할 현실로서 LED의 저전력, 고지향, 고휘도, 광량조절, 확산각 조절 기술을 개발하여 이를 상용화함으로써, 해충방제에 사용되는 농약과 부자재를 LED 해충 방제 등으로 대체시 농가는 물론 관련 유사 산업 분야에의 파급효과가 아주 클 것으로 기대된다.
- 곤충의 생리학적인 구조와 감각기관의 분석과 이해에 대해 추후 연구가 필요하겠으나 외부로부터의 영향에 의해 민감하게 반응하는 양상에 대한 연구로 일차적인 활용효과를 얻을 수 있을 것이다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

1. 국내수준

업체(기관)	제 품	연구개발 내용	연구개발성과 활용현황과 특징
(주)파루		<ul style="list-style-type: none"> 삼파장/단파장 형광램프 사용 제어장치로 다수의 램프 제어 모터사용 풍량흡입 24시간 동작 과수/축사/옹원/유원지 	<ul style="list-style-type: none"> 농업/축산업분야 판매 중 램프수명 짧음 모터이용 강제 흡입 환경변화 취약 유도살상으로 청소필수
(주)주마		<ul style="list-style-type: none"> 형광램프 방식+페로몬 모기, 바퀴, 진드기 퇴치 램프+리필+트리거회로 	<ul style="list-style-type: none"> 다파장 유도방식 판매 중 수명짧음(4개월정도) 해충방제 부적합
(주)비바		<ul style="list-style-type: none"> 형광램프 방식 모기 퇴치 트리거 회로 	<ul style="list-style-type: none"> 다파장 유도방식 판매 중 수명짧음(4개월정도) 해충퇴치 부적합

2. 국내외 연구현황

업체(기관)	제 품	연구개발 내용	연구개발성과 활용현황과 특징
<ul style="list-style-type: none"> 한국광기술원 (주)링크옵틱스 전자부품연구원 		<ul style="list-style-type: none"> 470/680/730nm LED 개발 고휘도 방사 링 렌즈 개발 솔라셀 충전회로 방진/방수 케이스 LED 제어모듈 솔라셀 렌즈 	<ul style="list-style-type: none"> 2008. 10월 개발완료 저소비전력 고휘도 고방사 환경영향 없음 솔라셀 이용 전원공급
•전 남 대		<ul style="list-style-type: none"> LED+개발 유인제 Bead, Gelly 유인제 개발 액상 유인제 개발 발효방법에 의한 페로몬연구 	<ul style="list-style-type: none"> 개발완료 나방포집 효과 우수 LED+유인제 이용 LED 발광체 이용
<ul style="list-style-type: none"> 농촌진흥청 국립농업과학원 국립식량과학원 		<ul style="list-style-type: none"> 국화 전조용 LED등 개발 잎들깨 전조용 LED 등 개발 병해충 예찰용 청색유아등 선발 잎들깨 해충방제 유아등선발 	<ul style="list-style-type: none"> 시험완료 및 적용확대시험 추진 벼 해충 예찰용 청색등 활용 페로몬과 흑색유아등의 유인반응 LED의 해충방제효과 검토 추진
<ul style="list-style-type: none"> 일본 미야지전기(주) 가나자와공대 農業電化協會 일본전기협회 외 		<ul style="list-style-type: none"> 2008.3월13일시험: 해충방제 570nm LED 개발 방수/방진 처리 광량 자동조절 및 화각 조정 방제효과 아주 우수 산란방지 규명 외부영향 적음 	<ul style="list-style-type: none"> 황색 형광등 대체 LED 개발 시험중 저소비전력 환경영향 없음 광원방사 특성 우수 산란교란 우수 해충 모임 없음
<ul style="list-style-type: none"> 미 국 농업연구청 Arid-Land Agri. Rutgers 대학 		<ul style="list-style-type: none"> 녹색 LED+휘발성 화합물 해충 유인 방법 80% 정도 효과 	<ul style="list-style-type: none"> 합성화합물+LED 연구중 특정 해충 반응 페로몬 트랩과 유사 / 합성물 필수 LED만 사용시 암컷 해충만 반응 LED+화학합성물시 모두 유인

다양한 해충 가운데 광에 민감한 주광성이 높은 해충 중은 나비목, 딱정벌레목 및 매미목에 속하는 해충들이 대부분이다. 야행성 해충의 광에 대한 반응은 광원의 물리적 특성과 해충의 종류에 따라 상이한데(정 등, 1971), 광의 방향, 강도 및 파장에 따라 여러 가지 해충의 반응을 볼 수 있으며(Frishi 1949), 대부분의 곤충들은 광파장 3600Å(Ultra violet)에서 7200Å(Red)까지의 매우 넓은 파장 범위내에서 광에 대한 반응이 크지만 3600Å의 UV 파장과 그 이하의 파장에서 유인반응이 크다고 한다(Weiss, 1944). 이들 해충은 가시광선 영역의 파장에 유인이 많이 되는데, 일부 해충들은 1.5km 반경에서 1 lux 이하의 작은 빛의 조도에도 반응하여 모여든다. 특히, 모기류는 0.1 ~ 10 lux의 아주 약한 조도에도 활동하며 1 lux 전후가 가장 활발히 반응하는 조도이다. 그리고 이들 모기류는 18시~ 2시와 3시~새벽 5시의 두 시간 때에 주로 활동한다고 하며, 밤나방류는 21시 및 03시 전후에 가장 활발하게 활동한다고 알려져 있다. 현재 광을 이용한 해충 방제는 주로 유아등을 이용하여 유인 포획하는 장치들이 많이 개발되어 있다. 이들 유아등은 크게 시군센터나 농업연구소 등의 해충 발생 예찰용, 농가에서 작물 피해를 줄이기 위한 해충 박멸 용도 및 농가나 음식점 등에서 위생적 측면에서 모기류나 나방류 등을 유인 포살하는 용도로 다양하게 이용되고 있다. 그러나 이들 유아등은 대부분 해충을 유인하는 목적으로 이용되고 있으며, 백색, 청색, 적색 등 일부 파장의 형광등이나 백열등 형태로 사용되고 있다. 국내에서도 광원을 이용한 해충 유인 연구는 많이 수행되었고, 현재도 계속 많은 연구가 진행되고 있다. 전남대에서는 페로몬 유사물질과 단파장 LED를 이용한 산림해충 방제용 친환경 해충유인 시스템을 개발하였고, 김 등(2007)은 시설일들개에 발생하는 주요 나방류 해충을 방제하기 위하여 광원과 방제기 종류에 대한 유인력을 평가한 결과, 유아등 색깔은 흑색등, 유아등 종류는 전기충격살충기가 유인력이 높았다고 하였다. 그리고 전기충격살충기는 청색광을 주로 이용하지만 청색광 대신 흑색광을 부착하면 유인효과가 더욱 증진되어 포장에 발생하는 해충의 밀도 감소효과가 크다고 하였다. 또한 (배 등, 2011)은 노린재류 유인효과를 증진시키는 유인등을 선발하였는데, 태양광집열판을 이용한 솔라트랩 유인등의 색깔별 유인력을 조사한 결과, BLB(33%)>청색(18%)>백색(15%)순으로 유인량이 많았고, 특히 유인등과 집합페로몬을 조합하면 집합페로몬 단독대비 유인력이 13% 증진된다고 하였다. 그리고 LED등 색깔에 따른 담배거세미나방과 파밤나방의 유인효과 조사에서 청색등에서 유인력이 가장 높았고, LED 청색등과 성페로몬을 조합하면 성페로몬 단독 사용시보다 담배거세미나방과 파밤나방의 유인력이 45%, 40% 높았다고 하였다. 유자과실 흡즙충류에 의한 반점피해 방제연구(최 등, 2001)에서 백색, 청색, 황색 중 백색전구에서 흡즙해충 유살량이 가장 많았고, 나방류는 일몰후부터 24시까지 총 유인량 93%가 유인되었다고 하였다. 또한 온실해충 친환경 방제용 끈끈이 트랩의 개발 및 평가(이 등, 2009)에서 가루이류는 황색끈끈이 트랩에, 총채벌레류는 청색끈끈이 트랩에 더 많이 유인되었다는 보고도 있다. 뿐만 아니라 냉장고에 청색 LRD 파장($20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)을 사용하면 양배추의 선도를 연장할 수 있고(박 등, 2007), 가축의 질병치료용 LED 응용연구에서 blue(415nm) 파장은 항바이러스, 항염 등 살균작용을 하며, red(660nm)파장은 혈액순환 촉진효과가 있으며, IR(830nm) 파장은 피부재생에 효과가 있다고 알려져 있다.

외국에서도 광을 이용한 다양양한 연구가 수행중인데, 국내와 마찬가지로 주로 해충의 유인력을 증대시키기 위한 연구가 대부분이고, 최근에는 해충을 기피시키는 특정 파장을 이용하여 작물을 생산하려는 시도가 진행중이다. Masami Shimoda(2010)은 LED 광원 이용 갈색날개노린재 행동반응 연구를 수행하고 있는데, 그는 자외선(365nm), 황색(590), 적색(660)광원 영역에서 노린재 활동력이 크고, 청색(450nm)에서 활동력이 적다고 하였다. 또한 koji Mishiro(2009)

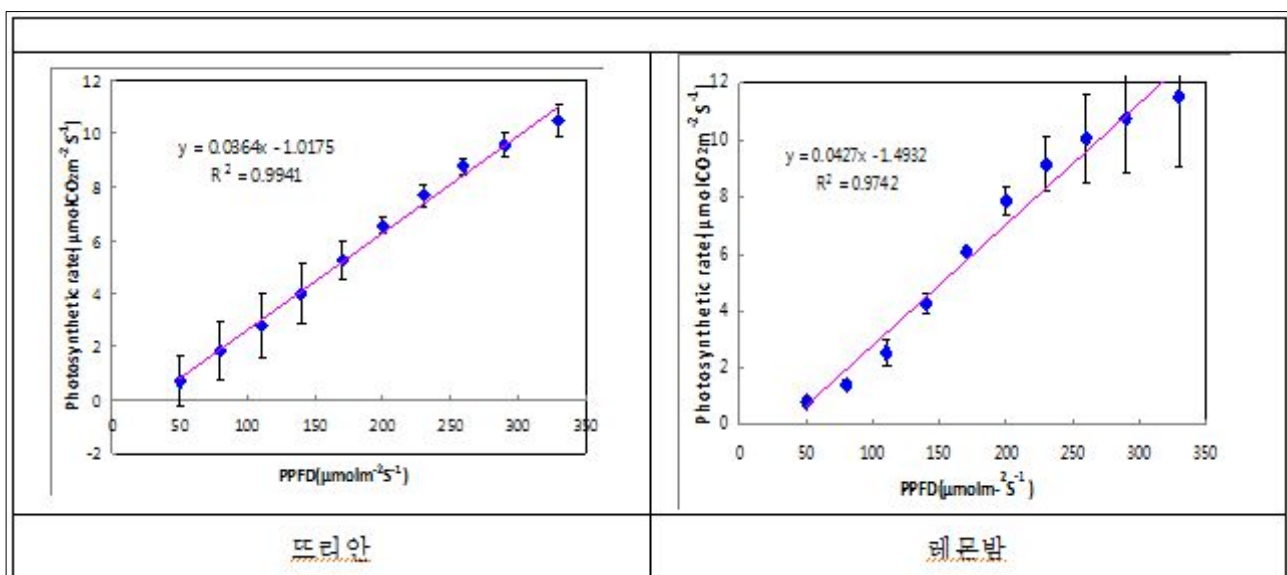
는 페로몬과 청색등을 같이 사용하면 노린재 유인포살력이 높아 1일 2~3kg의 노린재를 유인포살 할 수 있다고 하였다.

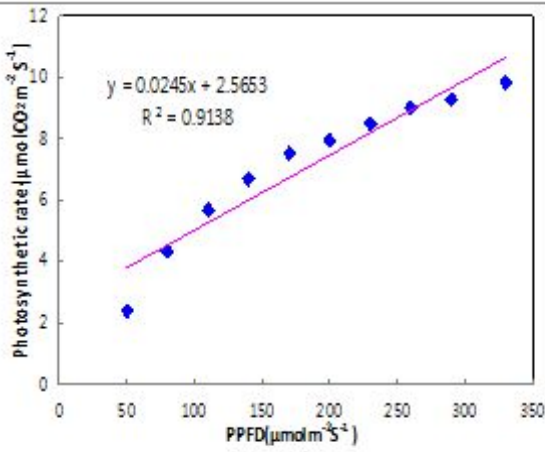
최근 일본에서는 해충이 싫어하는 빛의 파장인 황색 빛을 야간에 점등하여 해충이 모이기 어렵게 하여 작물의 피해나 산란, 교미 등을 억제할 수 있는 새로운 LED 광원을 개발하기 위한 연구가 수행되었다. 가나자와 공대 준지교수는 태양광 충전용 노란색 LED등을 400m²면적의 양배추 밭에 2기 설치하여 1룩스의 빛이 도달하는 범위를 확인하고 장치가 양배추의 생육에 따라 위아래로 가동할 수 있도록 개선한 다음 방제효과를 조사한 결과 야행성 곤충의 교미와 비행행동 억제효과로 인하여 나방피해가 8분의 1이하로 감소하였다고 하였다. 그래서 현재 다양한 해충을 억제하는 빛의 파장을 확인하는 연구 및 빛의 효과적인 조사 방법에 대한 연구를 진행중이다. 또한 일본농림수산성은 2009년부터 광 파장과 조사 방법에 따른 해충의 행동억제(유인 및 기피반응)에 대한 연구를 진행중인데, 그들은 해충이 싫어하는 LED파장을 이용하여 작물재배시 농약사용량을 10% 절감하려는 계획을 가지고 5년간 연구를 진행하고 있다.

3. 식물 광요구성 조사 및 작물별 청색 및 적색의 혼합비율 조사

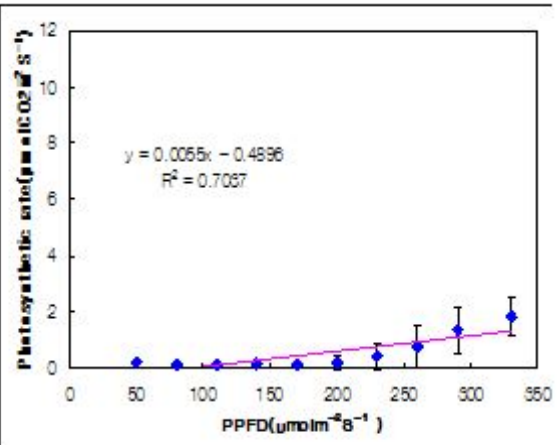
3-1 식물 광요구성 조사

채소에 따라서 광요구성이 다르며 최적의 광요구성을 조사하여 광요구도에 따른 최적 광조건을 구현하여 식물체 생육을 최적화 시킬 필요가 있는데, 광요구성은 광합성 측정장치를 이용하여 인위적으로 광량을 순차적으로 올려 이때의 이산화탄소 소모량을 측정하여 광합성효율을 구할 수 있다. 인공광은 LED광이 들어 있으면서 이산화탄소 농도를 인위적으로 조절할 수 있는 소형 챔버를 사용하고, 광합성 측정장치는 이동형 광합성측정기 (LI-COR, LI-6400XT)를 사용한다.

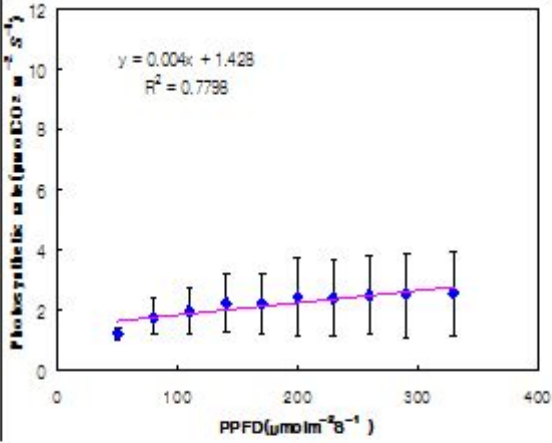




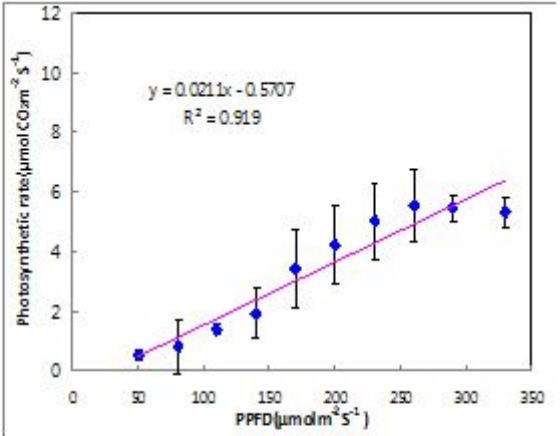
수국



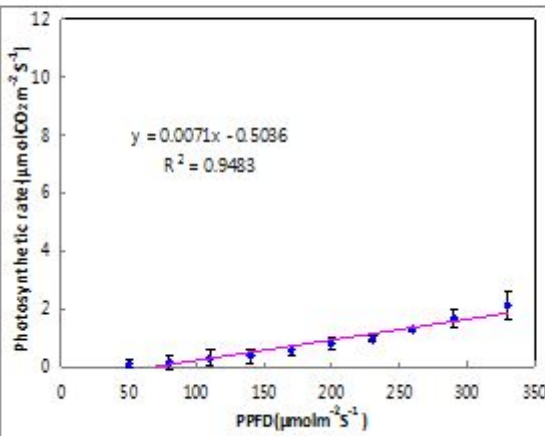
스카다빈스



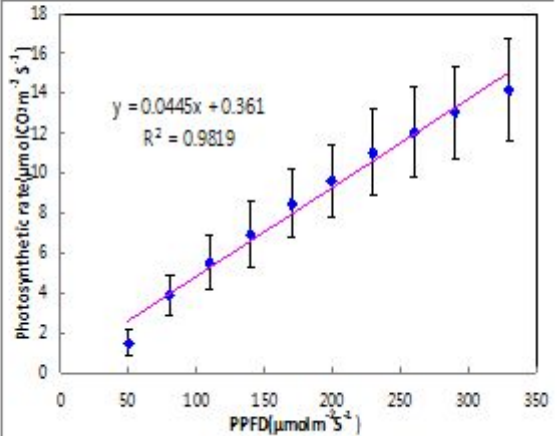
스팟티필름



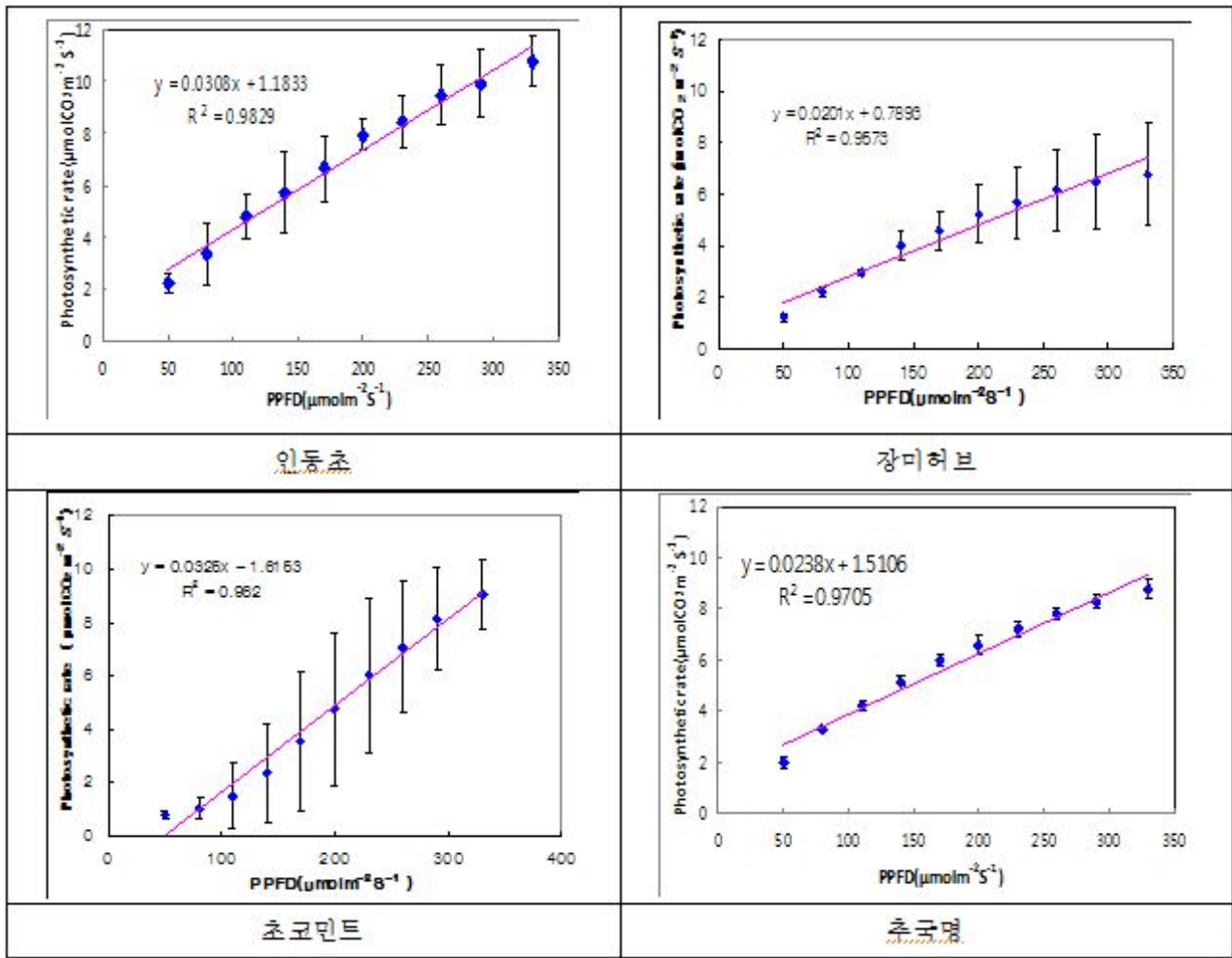
아이비



애란



오레가노



<식물 최적 LED 인공광 조명제작을 위한 광량변화에 따른 광합성 효율조사>

3-2 작물별 청색 및 적색의 혼합비율 조사

(가) 느타리버섯

삼파장 램프 재배보다 LED 조명에서 발아촉진 및 생장, 색택이 우수해짐. 발아촉진 및 생장은 레드 (660nm)에서 가장우수해지고 색택은 블루(450nm)에서 선호도가 우수해짐. 관행재배는 광 조사시간이 14일이고 온도는 15~18℃, 습도는 80~90%이고 LED 조명은 13일이고 온도는 15~18℃, 습도는 80~90%이다. 무기물함량은 Red+Blue일때 칼슘, 마그네슘 성분이 red, blue, white에 비하여 우수한 함량 특성을 나타낸 것으로 보고되어 있다.

(나) 절화장미

White LED, blue LED, red LED가 장미성엽과 신초의 생육에 미치는 영향을 비교 보고된 내용에 의하면 장미성엽에서 White LED가 초장(height), 엽수(leaves),잎면적(leaf area), 엽록소 함량(chlorophyll pigment)을 blue LED나 red LED보다 길게하고 잎면적비(SLA)는 blue LED가 가장 크게 나타난다. 장미신초의 생육과 특성에 미치는 영향은 White LED가 초장(height), 엽

수(leaves), 잎면적(leaf area), 엽록소함량(chlorophyll pigment)을 blue LED나 red LED보다 길게 하고 엽면적비(SLA)는 red LED가 가장 크게 나타난다.

(다) 오가피

인공광원에 다른 기내배양 오가피 식물체 엽록소 함양 비교보고를 보면 chlorophyll contents에서 단색광인 blue LED, red LED보다 blue LED와 red LED를 (3:7)혼합한광이 chl(a),chl(b)이 높은 수치를 나타내었다 인공광원에 따른 오가피 유용이차대사산물인 엘류테로사이드(eleutheroside)함량비교에서도 단색광인 blue LED, red LED보다 blue LED와 red LED를 (3:7)혼합한 광이 높은 수치를 보였다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 LED 등기구 시뮬레이션 및 제작

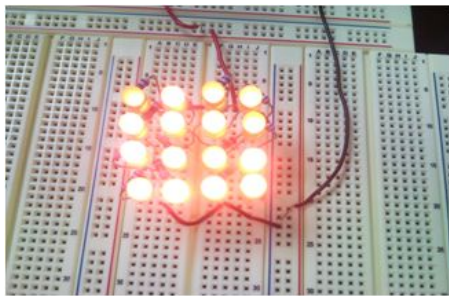
1. 파장별 LED 구매 및 특성 측정

○ 파장별 LED 조사 및 구매

해충방제에 효과가 있는 것으로 알려진 황색을 중심으로 약10nm 씩 간격을 갖는 파장이 다른 5개의 LED를 준비하여 램프를 제작하였음

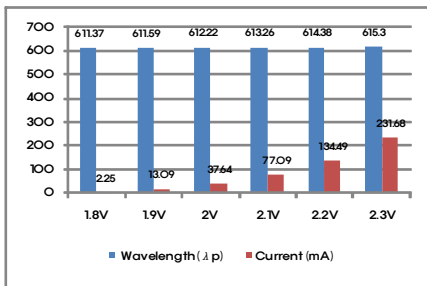
- 파장선택 : 375nm, 530nm, 550nm, 560nm, 570nm, 580nm, 590nm, 610nm, 백색

○ 회로구성 테스트

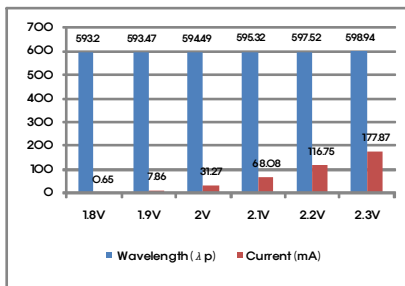


- 4x4회로구성
- 직렬과 병렬 연결을 혼합하여 제작함
- 램프타입의 경우 조도가 미약

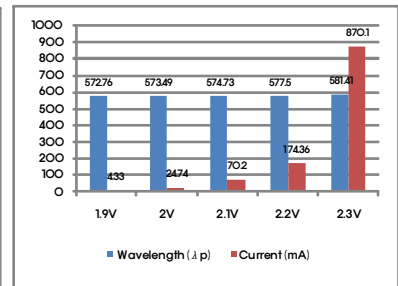
○ LED별 전압 및 파장변화



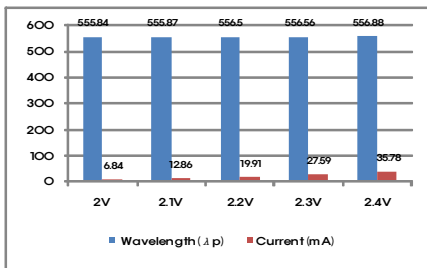
610nm



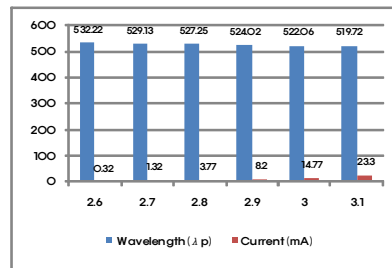
590nm



570nm



550nm



530nm

- 구동전압이 커짐에 따라 일반적으로 파장이 길어짐을 나타냈으나 실험결과에 영향을 줄 수준은 아니었음. 한편 530nm LED는 전압의 증가에 따라 파장이 작아졌음.

○ LED 피크파장 및 중심파장 측정

파장(nm)	Volt (V)	Current (mA)	Peak wavelength(nm)	Center wavelength(nm)
610	1.8	2.25	611.37	608.60
	1.9	13.09	611.59	608.81
	2	37.64	612.22	609.47
	2.1	77.09	613.26	610.52
	2.2	134.49	614.38	611.81
	2.3	231.68	615.30	612.82
590	1.8	0.65	593.20	589.44
	1.9	7.86	593.47	590.69
	2	31.27	594.49	591.50
	2.1	68.08	595.32	592.57
	2.2	116.75	597.52	593.98
	2.3	177.87	598.94	596.14
570	1.9	4.33	572.76	570.42
	2	24.74	573.49	571.03
	2.1	70.20	574.73	572.10
	2.2	174.36	577.50	574.68
	2.3	870.10	581.41	587.37
550	2	6.84	555.84	568.50
	2.1	12.86	555.87	564.96
	2.2	19.91	556.50	563.54
	2.3	27.59	556.56	562.51
	2.4	35.78	556.88	562.02
530	2.6	0.32	532.22	536.03
	2.7	1.32	529.13	533.67
	2.8	3.77	527.25	530.97
	2.9	8.2	524.02	528.25
	3	14.77	522.06	525.79
	3.1	23.3	519.72	523.68
	3.2	33.50	517.21	521.89
	3.3	44.59	514.39	520.52
	3.4	56.99	514.58	519.17
	3.5	70.37	513.29	518.11

2. 해충 반응 파장 LED 램프 설계 및 제작

2-1. 해충 적용 시험용 간이 LED 램프 부품 조사 및 구매



530nm, 550nm, 570nm, 590nm, 610nm lamp를 제작함에 있어 각 파장별 LED Spec에 따라 각각에 맞는 전압을 가변할 수 있게 하기 위하여 전압 가변기를 사용함

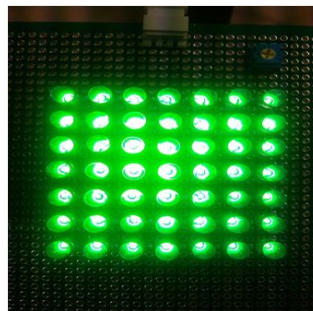
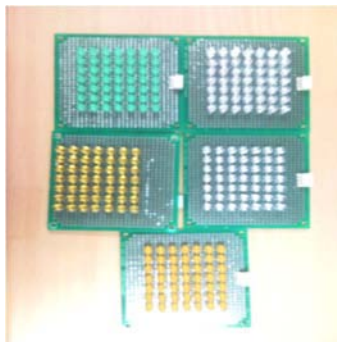
<가변 정전압 발생기>

- 각 lamp별 전압을 확인 할 수 있도록 전압을 표시하는 디스플레이를 사용함



2-2 파장별 LED 7x7 보드 제작

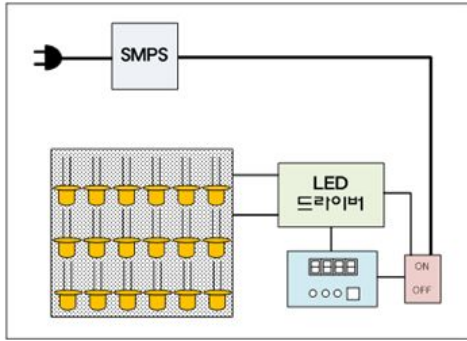
- PCB 보드 제작에 앞서 만능기판에 파장별 LED를 조립하여 간이 실험용 램프를 제작함



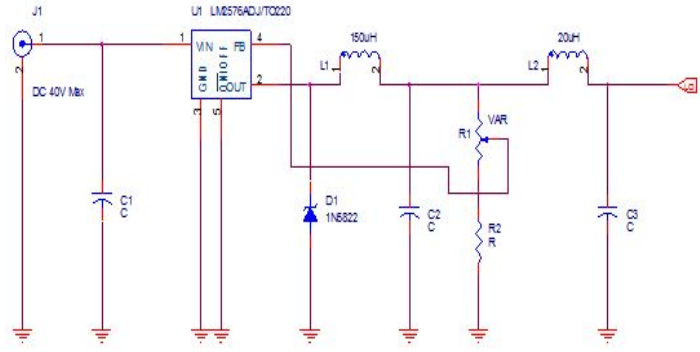
2-3. 해충 반응 파장 적용 시험용 간이 LED 램프 제작

파장별 LED 램프에 맞게 가변 전압기(step down converter)를 이용하여 필요한 전압 값을 조정 할 수 있도록 하고, 밝기제어를 위한 외부에서 제어 할수 있도록 가변저항을 부착하여 Current제어가 가능하도록 하였으며, on/off 전원 스위치 및 전압 디스플레이를 부착하여 전압조절이 용이하도록 제작함

2-4. 회로도 및 블럭도



<전체 블록도>



<전압 가변 회로도>

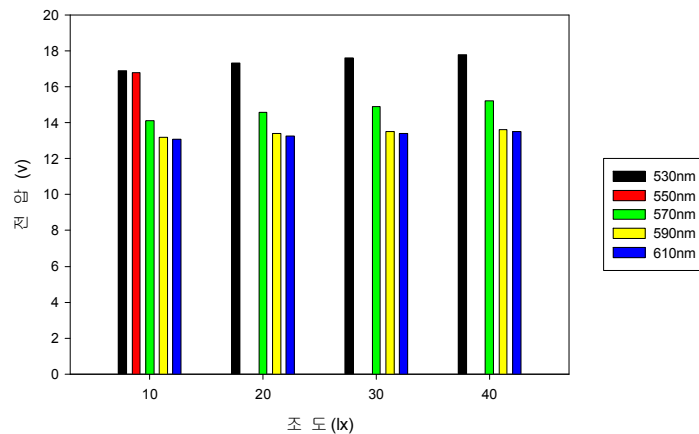
2-5. 해충 적용 시험용 간이 LED램프 조도 측정 결과값

- 50cm 떨어진 거리에 LED램프를 설치하여 해충실험을 실시할 예정이므로 50cm 떨어진 거리에서 제작한 LED의 조도를 측정하여 10룩스와 40룩스 사이의 조도를 얻기 위한 전압값을 측정하여 아래와 같은 결과를 얻음

(단위 : Volt)

Wavelength(nm) \ Illuminance(lx)	Illuminance(lx)			
	10	20	30	40
530	16.92	17.32	17.62	17.8
550	16.8	X	X	X
570	14.13	14.6	14.9	15.22
590	13.20	13.39	13.53	13.63
610	13.1	13.25	13.39	13.5

※ 550nm : 최대 17.5V에서 15.8 lx의 조도로 측정됨

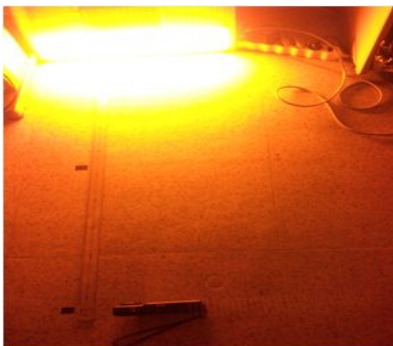


2-6. LED 램프 제작

- LED수 : 300ea
- 타입 : SMD
- 파장 : 585 - 590 nm, 590 - 595nm
- 전원 : 100W
- 램프 사이즈 : 520 * 120 mm

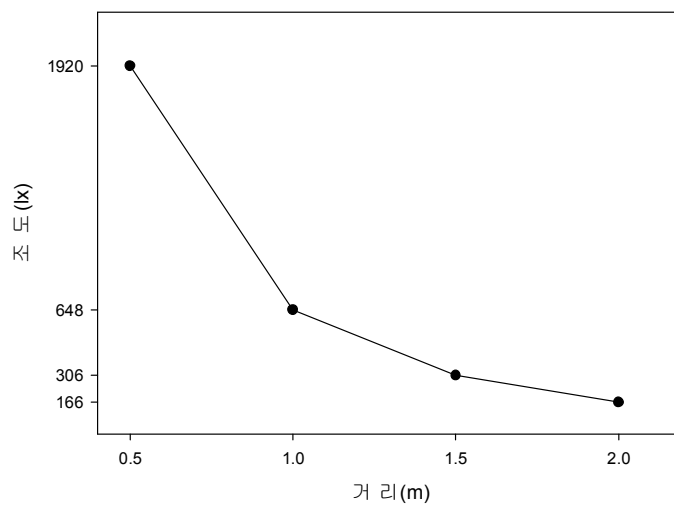


<하우스 내부에서 측정이 가능하도록 넓은 기판을 이용하여 제작된 LED보드>



<조도 측정>

Distance(m)	Illuminance(lx)
0.5	1,920
1.0	648
1.5	306
2.0	166



3. 5개 파장 통합형 LED램프 및 드라이버 제작



<램프 명판 제작>



<조립중인 드라이버 내부>



<드라이버 전면부>



<회로 구성 및 조립>



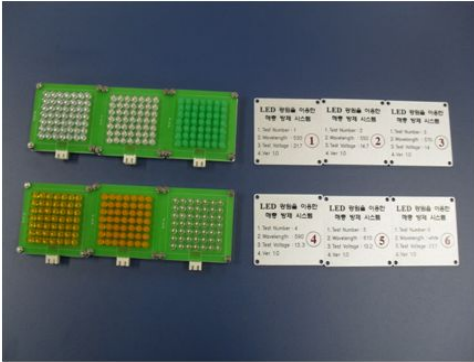
<조립이 완성된 드라이버 내부>



<조립이 완성된 드라이버>

- 초기에는 파장별로 드라이버를 각각 제작하였으나 해충실험에 용이하도록 5개 파장과 백색LED램프를 각각 제작하고, 드라이버는 하나로 통합하여 배선 등을 깔끔하게 정리를 하였음

- 파장별 LED 구동을 위해 통합 드라이버를 제작해야 하므로 전력이 상승하여 전원부에 발열이 발생하였음. 냉각팬을 설치하여 방열을 시켜 문제를 해소하였음



<PCB 조립 및 LED 명판 제작>



<동작 테스트>



<SMPS 전원부분에 방열을 위한 FAN 설치>



<LED 테스트>



<완성 후 LED 테스트>



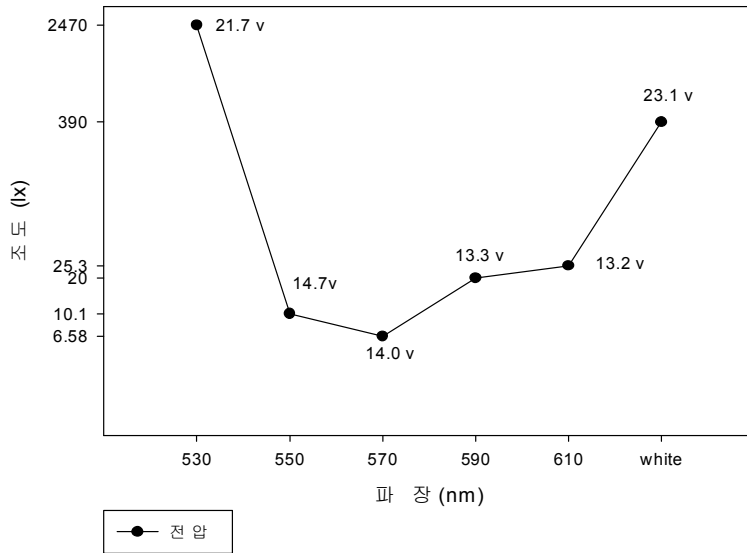
<제작완료, 총7set>

- 기존 LED 개별 컨트롤 박스를 SMPS(Switched-Mode Power Supply)를 이용해 하나의 전원, 컨트롤 박스로 개선한 것이며 여기에 백색광 LED램프 및 구동부를 추가하였음.

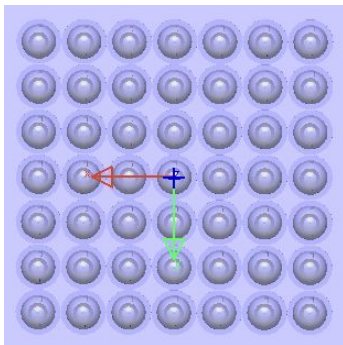
- 각 LED에 맞는 명판과 명표를 제작하여 표시함으로서 구분을 쉽게 할 수 있도록 하였음.

3-1 50cm 떨어진 거리에서의 조도측정 결과

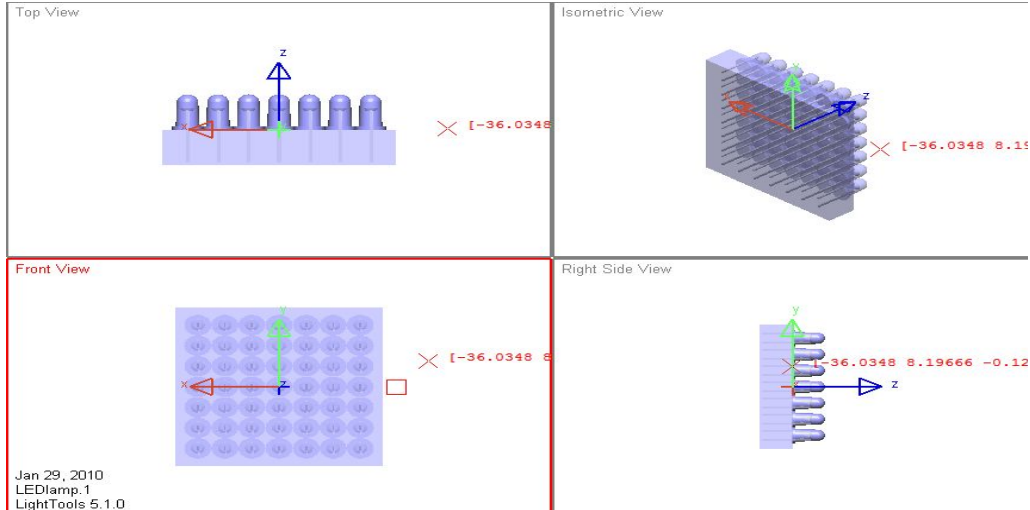
파장(nm)	전압(V)	조도(lux)
530	21.7	2,470
550	14.7	10.1
570	14	6.58
590	13.3	20
610	13.2	25.3
White	23.1	390



4. LED lamp Modeling in LightTools



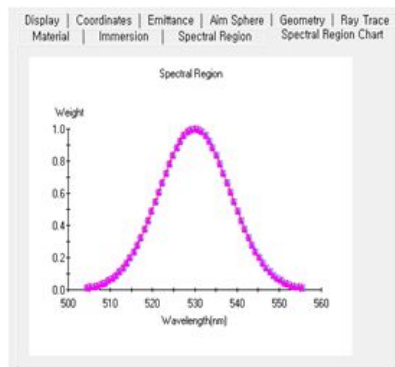
Light Tools를 이용해 램프와 동일하게 배열(7x7)한 후 50cm거리의 Dummy Surface(1m x 1m)를 만들어 각 LED 파장별 Spectrum를 설정한 후 1,000,000 ray를 설정해 측정함. mcd (Candela)를 Lumen 단위로 변환 후, 이 값을 LED에 설정하여 배광분포, 지향각 및 조도를 측정함



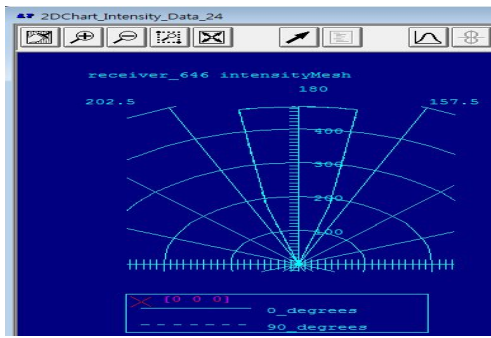
4.1 파장 530nm LED 램프에 대한 시뮬레이션 결과

○ 데이터 시트

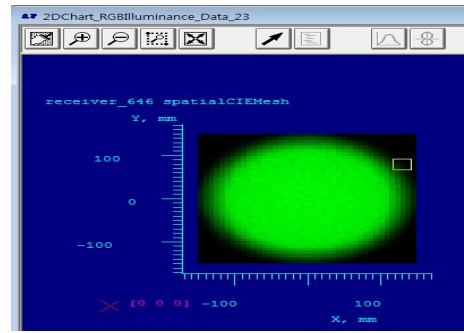
parameter	symbol	Test condition	Min	Typ	Max	Unit
Forward voltage	VF	IF=20mA		3.1	3.8	V
Reverse Current	IR	VR=5V			10	
Luminous Intensity	IV	IF=20mA	9500		13000	mcd
			6500		9500	
peak light emitting wavelength	λ_P	IF=20mA	525		530	nm
Spectral half wave width	$\Delta\lambda$	IF=20mA		40		nm
Viewing angle	$\Phi_{1/2}$	IF=20mA		± 15		Deg



<530nm spectrum>

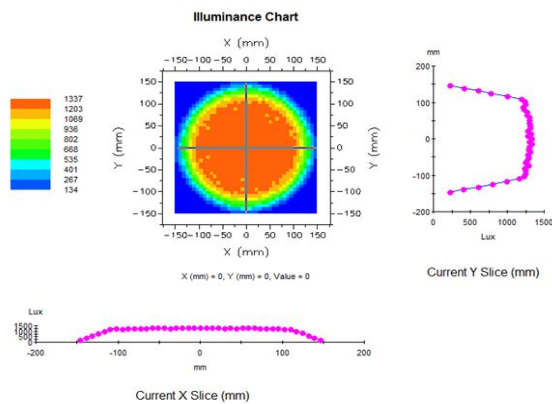
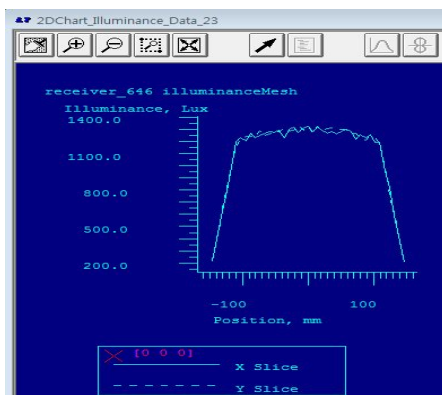


<RGB 배광 분포>



<Aim angle>

○ Luminous intensity 6,500mcd (81.64lm)일 때



Properties		Results		Raw Data	
Error Estimate at Peak			3.09 %		
Number of Samples			999395		
Illuminance					
Min		0.00000	Lux		
Max		1336.64026	Lux		
Average		756.82121	Lux		
Total Flux					
Units		Lumen			
Incident		68.11391	Lumen		
Absorbed		0.00000	Lumen		

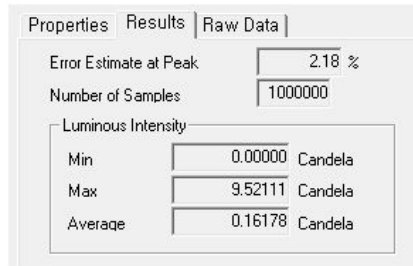
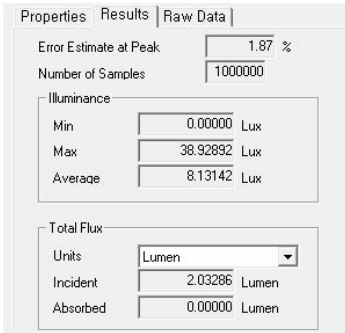
<Illuminance>

Properties		Results		Raw Data	
Error Estimate at Peak			2.18 %		
Number of Samples			1000000		
Luminous Intensity					
Min		0.00000	Candela		
Max		319.66411	Candela		
Average		5.42341	Candela		
Total Flux					
Units		Lumen			
Incident		68.15258	Lumen		
Absorbed		0.00000	Lumen		

<Luminous Intensity>

- 530nm 파장 Lamp(7x7) spectrum 과 지향각 입력한후 이에 각각 Lumen 값을 넣어 500mm거리에서 1000mm x 1000mm 공간에 1,000,000 ray 설정한 후의 시뮬레이션 결과
 - 81.64 lm - Illuminance max: 1336 Lux Average: 756 Lux / Total Flux : 68.11391 Lumen
 - 119.32 lm -Illuminance max: 1953 Lux Average: 1106 Lux / Total Flux : 99.54971 Lumen
 - 163.28 lm -Illuminance max: 2673 Lux Average: 1513 Lux / Total Flux : 136.22782 Lumen

- 530nm LED 한개 Typ 광도값 9500mcd (119.32 lm) 시뮬레이션 결과

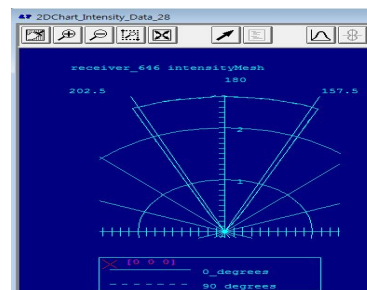
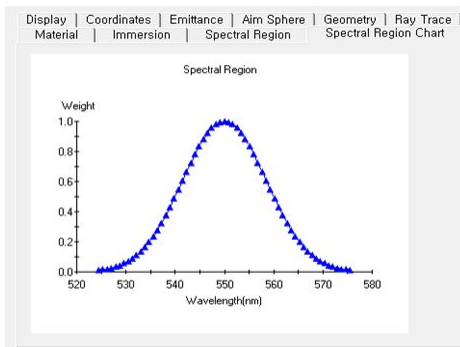


- LED 개당 최대 조도값 38.92 Lux, 7x7 배열 Lamp 조도결과 값은 위와 같이 1953 Lux
- 39x49개=1911 Lux 약 42 Lux 의 오차
- 위 530nm Datasheet에서 LED 개당 9500mcd를 Lumen으로 변환후 시뮬레이션 결과 광도값은 9.5cd (1cd = 1000mcd) 이므로 9500mcd 기준 데이터와의 광도값이 일치하는 것으로 보임

4.2 파장 550nm LED 램프에 대한 시뮬레이션 결과

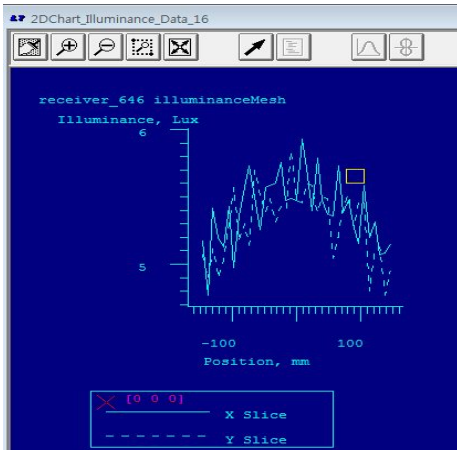
○ 데이터 시트

parameter	symbol	Test condition	Min	Typ	Max	Unit
Forward voltage	VF	IF=20mA		2.1	2.5	V
Reverse Current	IR	VR=5V			10	
Luminous Intensity	IV	IF=20mA	28	53		mcd
peak light emitting wavelength	λ_P	IF=20mA		557		nm
Spectral half wave width	$\Delta\lambda$	IF=20mA		24		nm
Viewing angle	$\Phi_{1/2}$	IF=20mA		± 27		Deg

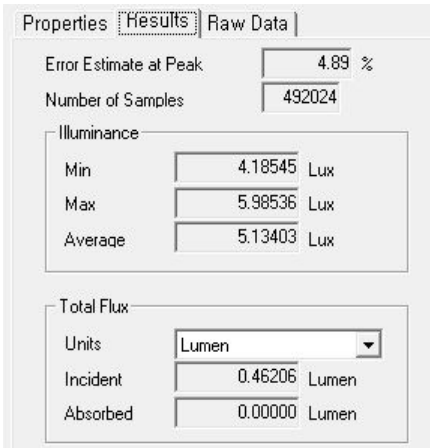
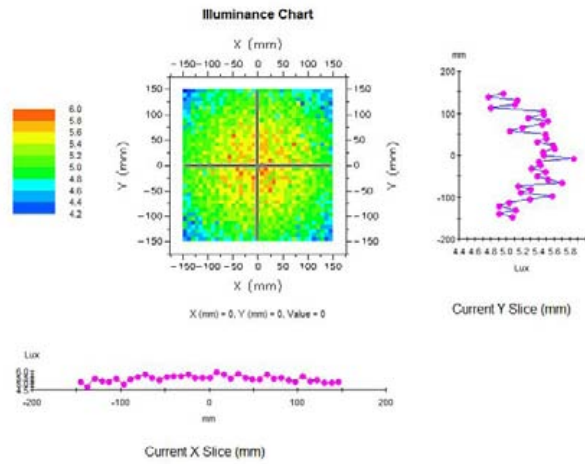


<Aim angle>

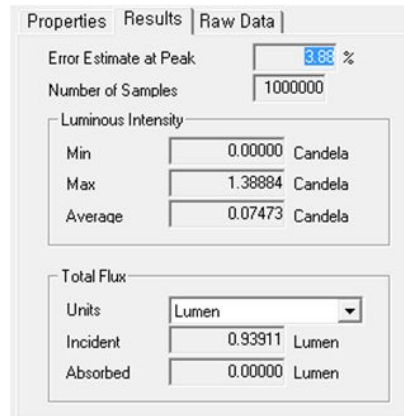
○ Luminous intensity 28mcd (0.35lm)일 때



Illuminance Data

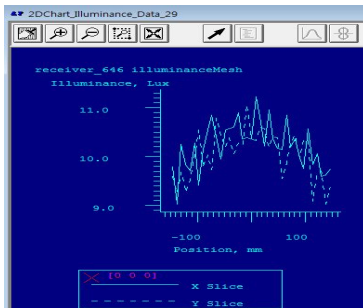


Illuminance

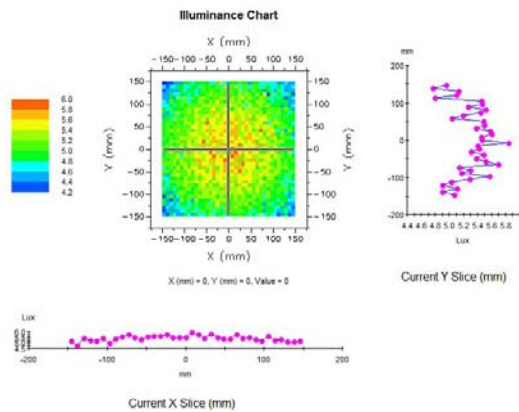


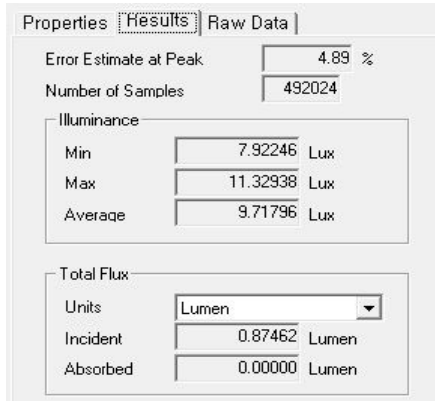
Luminous Intensity

○ Luminous intensity 53mcd (0.66lm)일 때

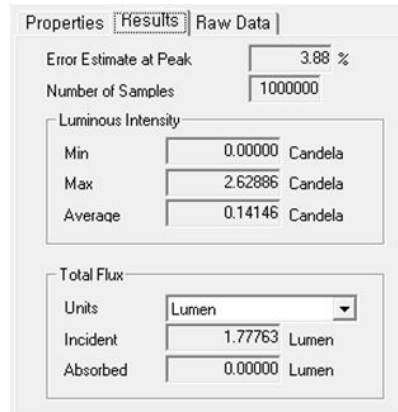


<Illuminance Data>



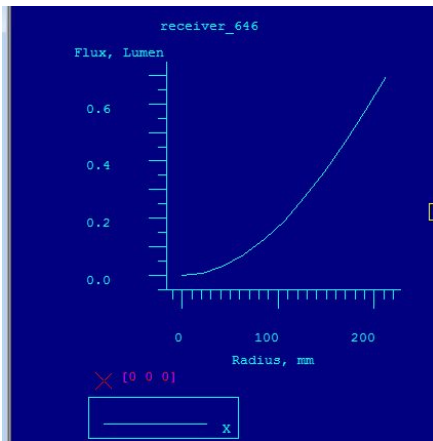


Illuminance

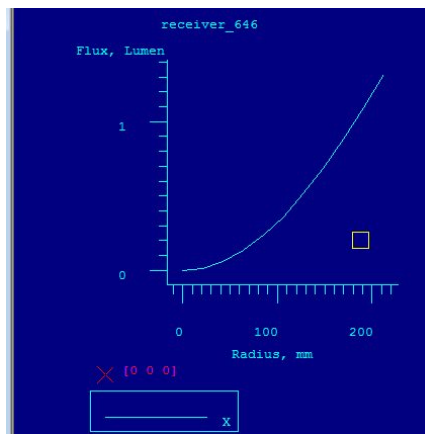


Luminous Intensity

○ 최소 및 최대 광도 설정 결과 비교



28mcd (0.35168lx)



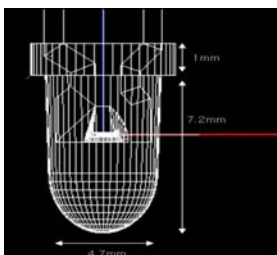
53mcd (0.66568lx)

○ 설정 : 550nm 파장 spectrum, 지향각, 거리 500mm, 1000mm x 1000mm 공간, 1,000,000 ray 설정한 후 시뮬레이션 결과

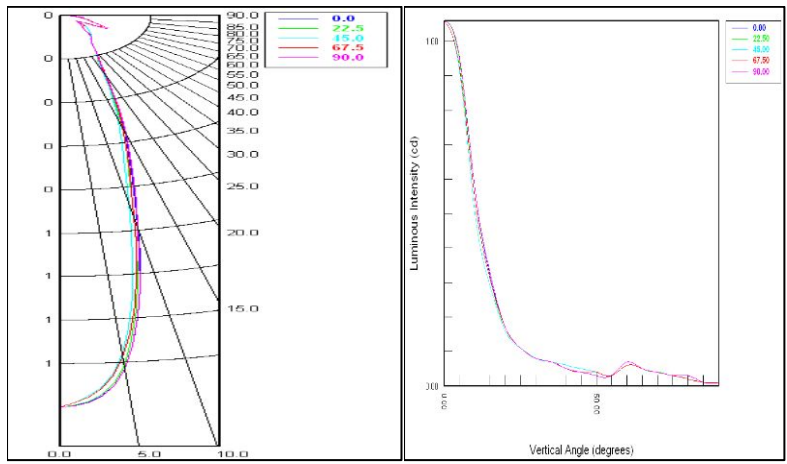
- 0.35168 lm - Illuminance max: 5.98 Lux Average: 5.13 Lux / Total Flux : 0.46206 Lumen
- 0.66568 lm - Illuminance max: 11.32 Lux Average: 9.71 Lux / Total Flux : 0.87462 Lumen
- 배광분포는 다른 파장에 비해 좋으나, 광량이 작아 조도가 미약함

5. 형광등타입 LED 조명 설계

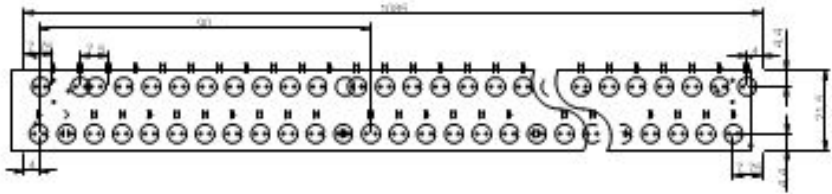
○ One chip LED 시뮬레이션



- 시뮬레이션 결과



○ 288 PL-YAA532OVF LED



<LED array bar 구조도>

- 기본 단위로 12 개의 LED 를 직렬로 연결되어 있으며, 기본 단위의 LED 가 상단에 하나 하단에 한 개로 병렬 연결되어 있음. 상단과 하단의 기본단위는 12 개로 배치되어 상단에 144개, 하단에 144개 로 총 288개의 LED 가 쓰임. LED 간의 거리는 7.5mm 이며 상단과 하단의 LED는 3.75mm 로 배치가 되어있음

Illuminance Plane

Description:

Illuminance Plane 1

Location of Plane

Lower Left Corner	X: -15.999	Y: -15.999	Z: -8.0000
Lower Right Corner	X: -15.999	Y: 15.999	Z: -8.0000
Upper Right Corner	X: 15.999	Y: 15.999	Z: -8.0000
Upper Left Corner	X: 15.999	Y: -15.999	Z: -8.0000

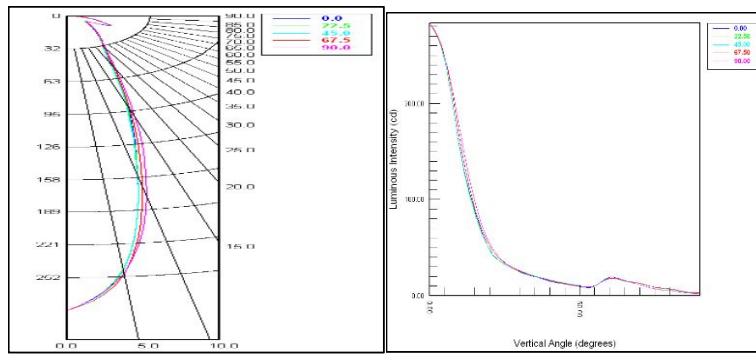
Calculation Points

Number of Columns	100	Column Spacing	0.3200
Number of Rows	100	Row Spacing	0.3200

Units: m

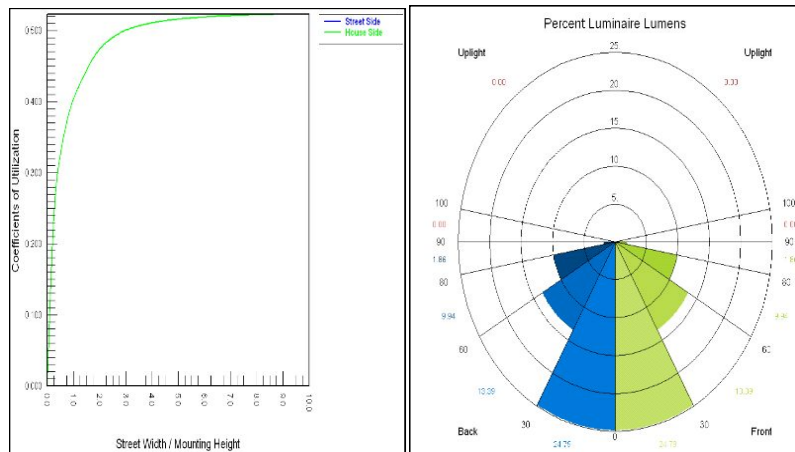
<조도판크기 설정>

○ 120 Chip LED Data



Polar plot

XY plot

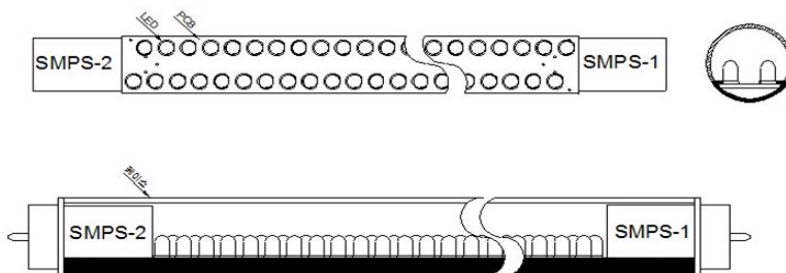


Roadway Cu

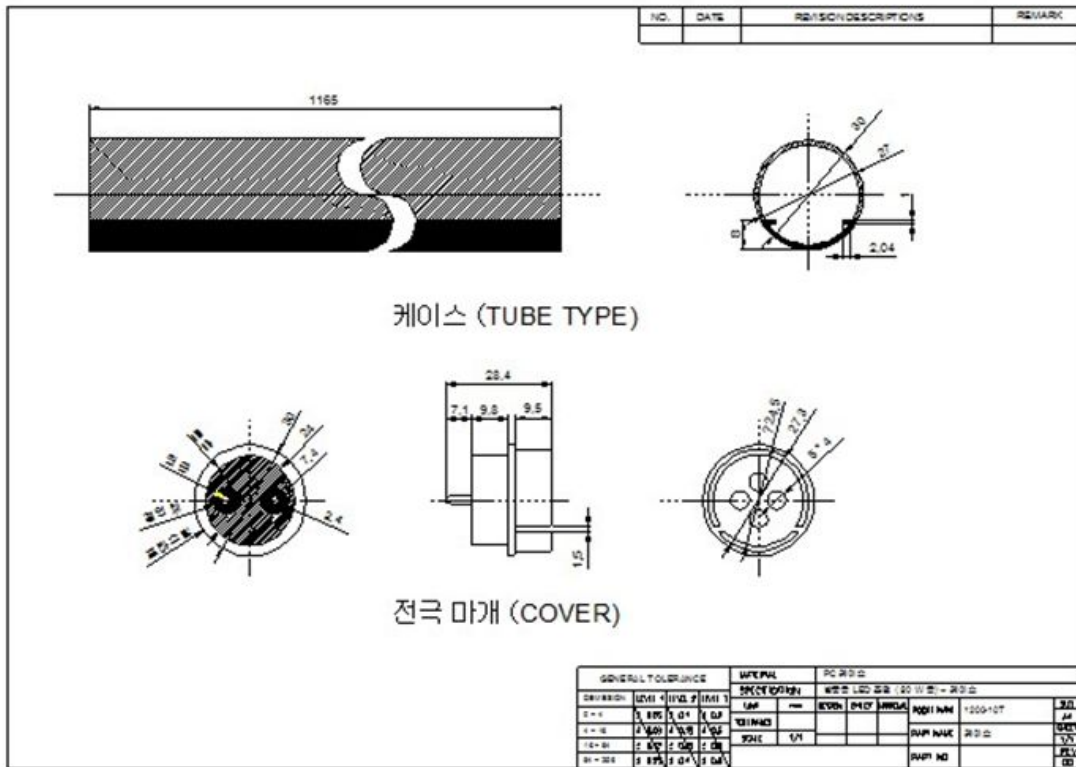
LCS plot

○ Shade Plane, Contour Plot 에서 조도판에서의 광도를 확인하고 싶었으나 시뮬레이션 결과 데이터가 나타나지 않았음. 이렇게 되는 이유에서는 2 가지로 생각할 수 있는데, 첫 번째는 광원과 조도판의 거리가 6.1 m 이므로, 이 PL-YAA532OVF LED 의 광속이 6m 이상의 거리에 도달하지 못한다는 것이며, 따라서 6m 이상의 조명거리라면 반사체나, 굴절체 등을 넣어 빛이 좀더 멀리 진행하도록 설계를 해줄 필요가 있음. 두 번째로는 조도판의 크기가 32m의 큰 크기로 잡았고, 상대적으로 LED 의 방사각의 크기가 15°이므로 분포지역이 작기 때문에 시뮬레이션에서 나타나지 않은 것 일 수도 있음. 따라서 추가적으로 넓은 면적으로 빛이 진행하도록 확산형 반사판이나, 굴절율이 큰 굴절체, 광속을 모아주는 투과체 등을 넣어서 시뮬레이션을 추가적으로 진행해 볼 필요가 있음.

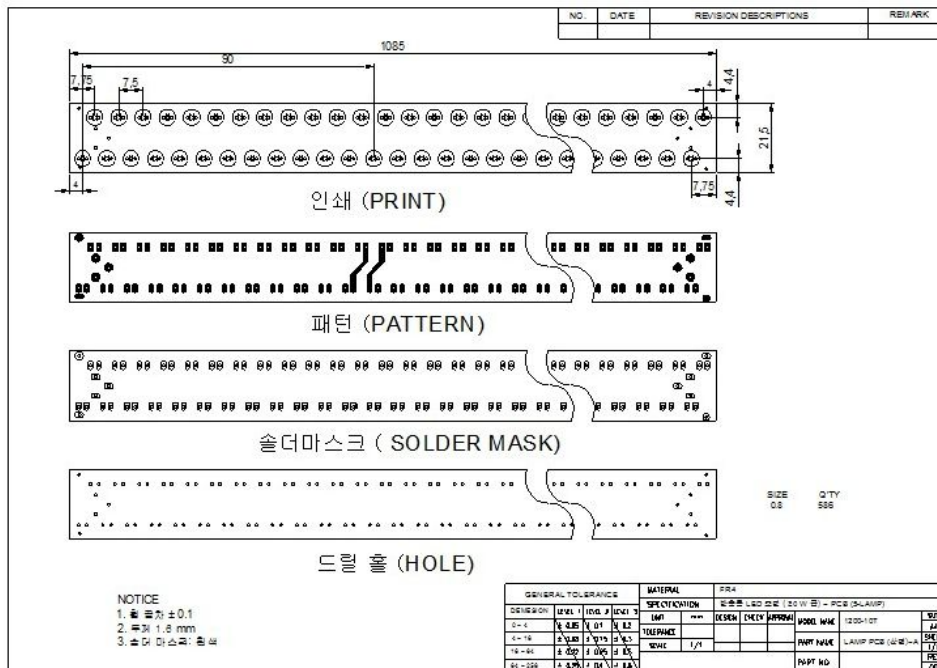
○ 해충방제를 위한 LED 조명 설계



<해충방제를 위한 친환경 에너지절감형 고효율LED조명기 구조도>

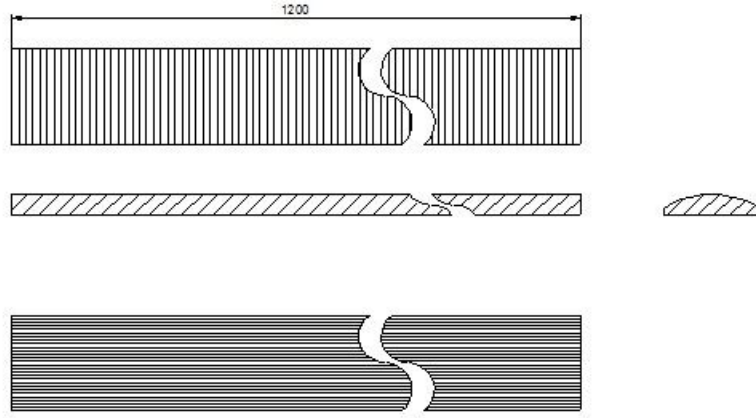


<해충방제를 위한 친환경 에너지절감형 고효율LED조명기 케이스>



<해충방제용 LED조명모듈용 PCB보드>

- 해충방제용 LED조명용 보드의 도면으로 LED어레이 bar길이에 맞게 크기를 맞추었음. 590nm단위램프들이 올라갈 자리의 인쇄부분과 전기신호가 인가 및 통로가 되는 부분의 인쇄(print)부분, 패턴(pattern)부분, 솔더마스크(solder mask)부분, 드릴홀(hole)부분을 표시하였음

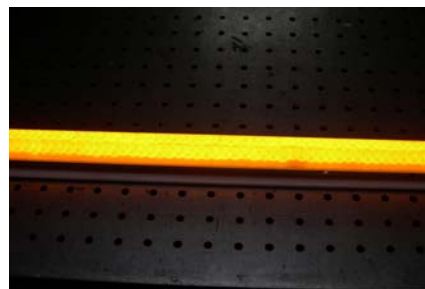
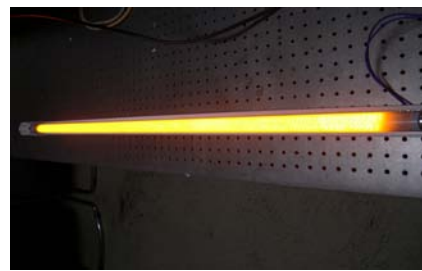
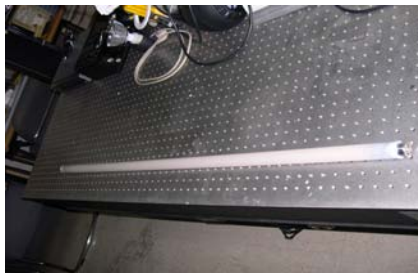


<조명기기내의 빔의 방사각을 높여주기 위한 렌즈구조도>

- 빔의 방사각을 높여주는 렌즈로서 LED 어레이 모듈과 glass bar과의 거리는 1mm로 하였고 glass계의 굴절율은 1.52이고 PMMA의 굴절율은 1.49임

○ 해충방제를 위한 LED 조명기 시작품

아래 그림의 사진은 PCB위의 LED array, 렌즈, 케이스, SMP가 주요여러 가지 부분요소들이 결합되어 제작되어진 해충방제를 위하여 제작된 20W급 고효율 조명기기 시작품 형태임



<해충방제를 제작된 20W급 LED 조명기기 시작품>

6. 솔라셀이 부착된 LED램프

1. Solar Cell 계산

1) 태양광 판넬

- 일일 소비전력 $Wh = \text{부하소비전력 } W * \text{사용시간 } T$
- 필요발전량 $W = \text{일일소비전력} / \text{일일평균일조시간}$
- 필요태양광판넬 $W = \text{필요발전량 } W * \text{발전손실 (1.15)}$
- 평균 일조량 = 여름 : 7시간, 겨울 : 4시간

2) 배터리

필요배터리용량 $Ah = \text{일일소비전력} * \text{부조일수} / \text{배터리손실 (0.8)} / 12V * \text{여분고려 (2)}$

No.	내 용
1	솔라셀 모듈부 시험 테스트
2	Main PCB부 설계 솔라셀 전원 입력부, Battery충전부, 제어부 및 DC/DC출력
3	Battery부 : 정격 3V / 2A
4	PWM 적용 전원부 설계
5	3D 렌더링 설계
6	다중광원 구동 드라이브 설계

3) 광원 드라이브 개발방법

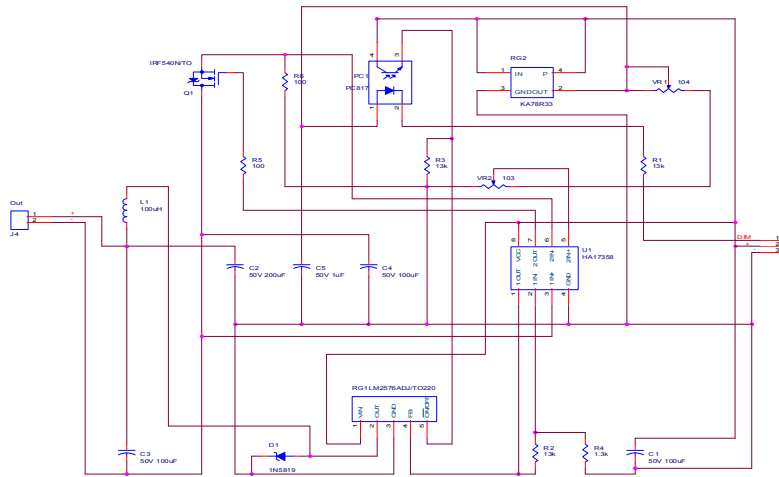
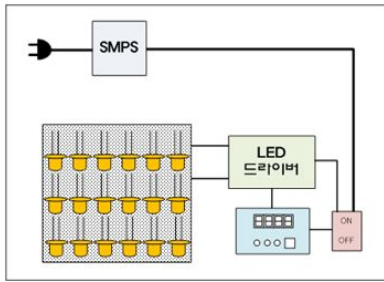
No.	개 발	방 법
1	전류값 조정	5종류의 LED에 따른 전류 조절 (7개 직렬, 7개 병렬 : 49개)
2	DC Power	SMPS - DC21V 4A 적용
3	디스플레이	전압 변동값 표시
4	LED드라이버	30V 2A 가변

4) LED적용 전압

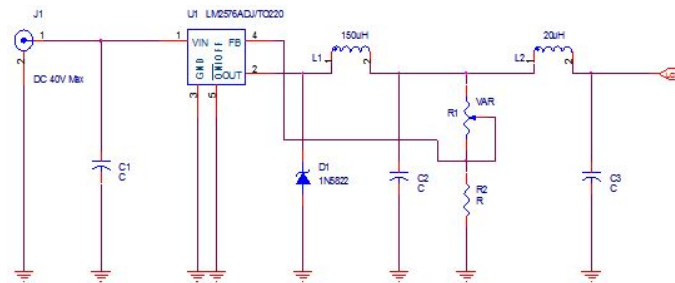
No.	파 장(nm)	개별전압	총 전 압
1	610	1.88V	13.2V
2	587	1.9V	13.5V
3	572	2V	14V
4	557	2.1V	14.7V
5	527	2.6V	18.2V



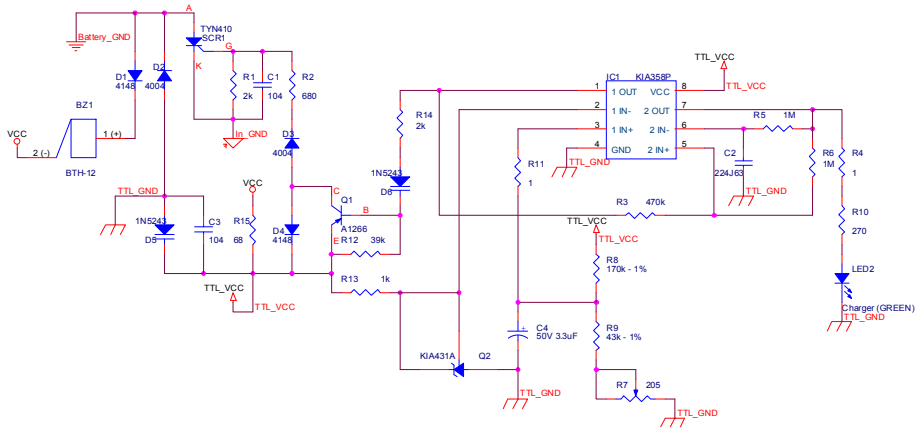
5) 회로도 및 블록도



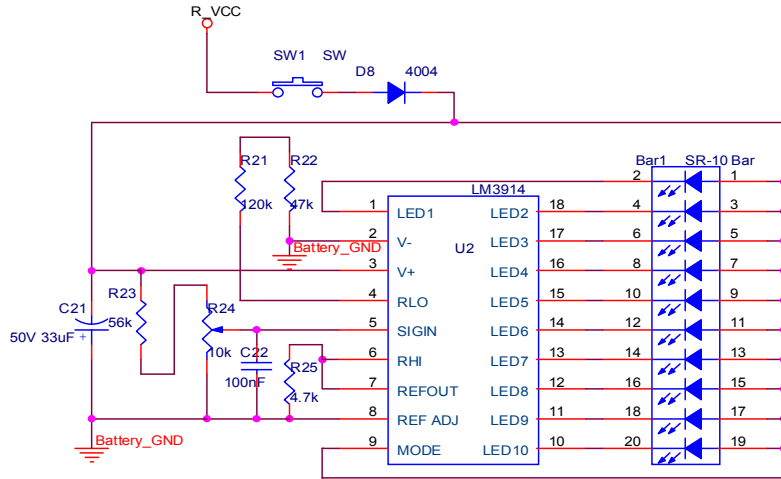
<정전류 제어 회로>



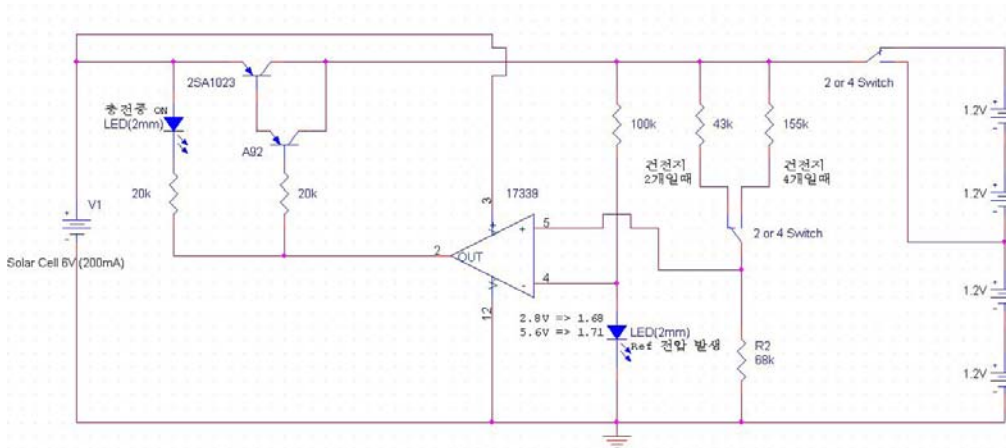
<전원부>



<배터리충전부>



<배터리표시부>



<솔라셀충전부>

7. 30W LED램프 설계 및 제작

7-1 30W급 LED 조명모듈 개발

7.1.1 해충방제용 LED 조명모듈개발(30W급)시뮬레이션

해충의 기피파장대역에 직접적으로 관여하는 곤충의 기피작용 스펙트럼 특성이 높은 광원인 오렌지색 파장대역(580nm)의 30W급 LED 조명기기 개발을 위한 특성을 파악하고 광원을 효과적으로 활용하기 위하여 시뮬레이션을 먼저 수행하였음

가) 물리적인 성질 설계

포토피아 내에서 “PL-YAA532OVF”와 같은 디자인을 가지는 니치아의 “NSPW300BS” LED가 있으므로, 해당 LED CAD를 사용함

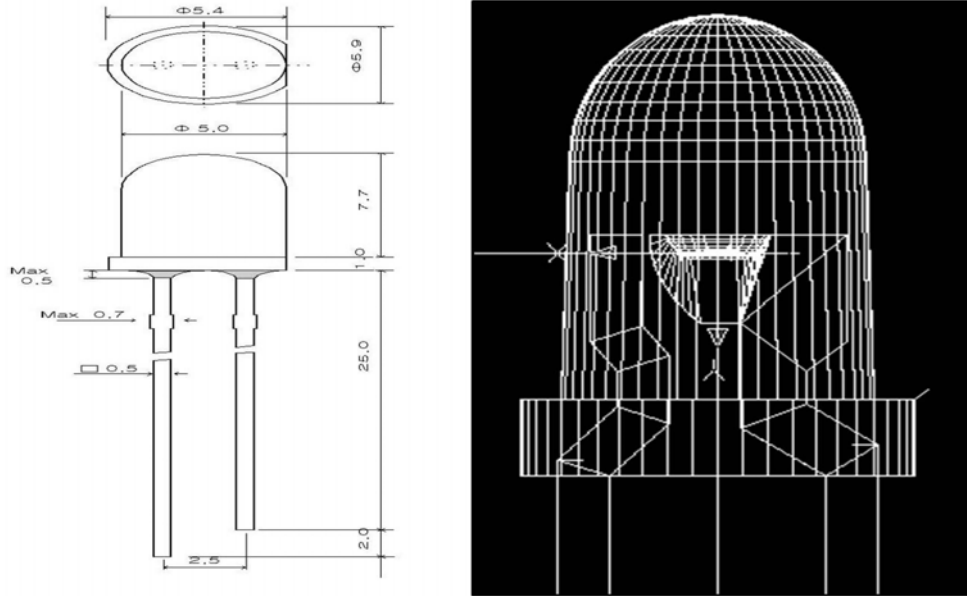


그림. (좌). PL-YAA532OVF, (우). NSPW300BS

길이에서 오차가 존재하나 “PL-YAA532OVF” LED 의 물리적인 성질 오차범위인 $\pm 0.2\text{mm}$ 안에 들어감. 따라서 물리적인 성질에서 문제 없다고 판단하였으며, 다음으로 “PL-YAA532OVF” LED의 광학적 성질을 맞추어 주기 위해 Datasheet를 참고함.

나) 광학적인 성질 설계

1) 방사패턴 확인

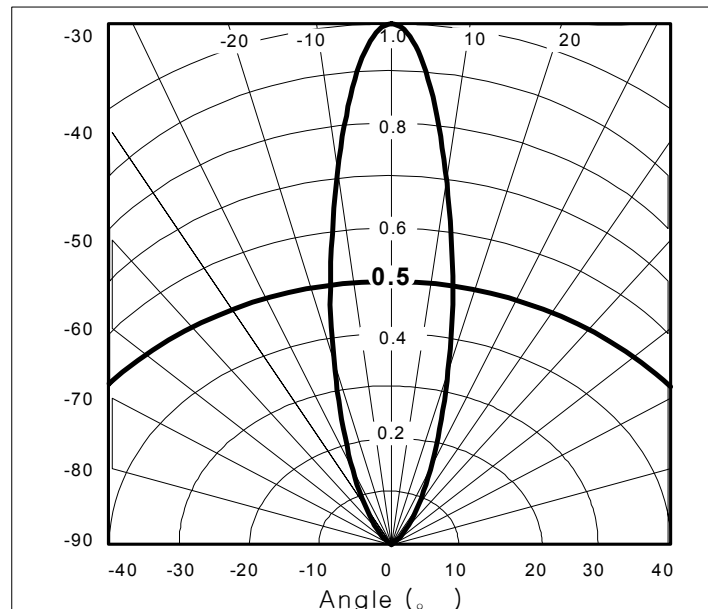


그림. Radiation Angle

“PL-YAA532OVF”의 방사각이 15° 인 것을 확인이 가능함. 니치아의 NSPW300BS의 방사패턴을 시뮬레이션 한 결과, “PL-YAA532OVF”의 방사각과 유사한 것을 확인할 수 있었음.

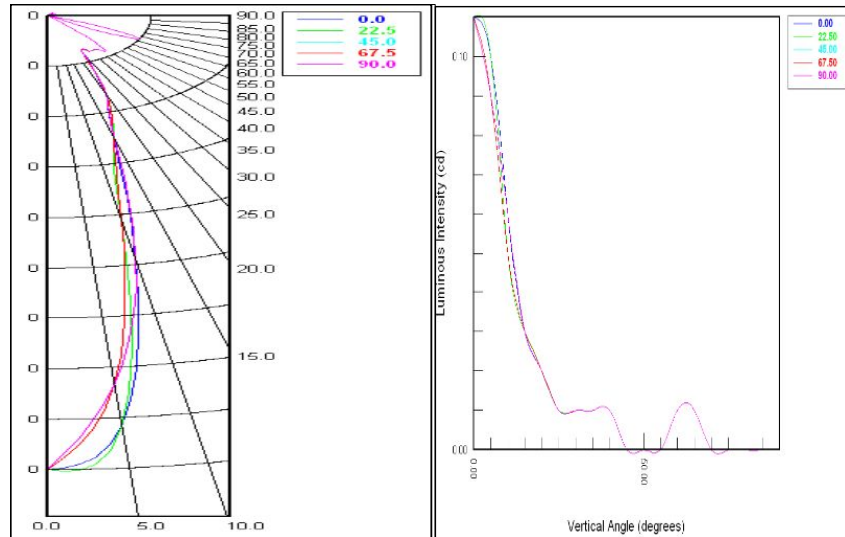


그림. 좌 : Polar Plot , 우 : XY Plot

포토피아 내에서는 방사패턴에 대한 그래프를 보는 기능이 없으므로, 2가지 그래프 (Polar plot, XY Plot)를 토대로 방사패턴이 유사하다고 판단하였음.

상기 그림은 Polar plot 으로 좌측은 Candela(Cd) 이며, 우측은 Vertical angle이며, 그래프에 표시된 선은 Horizontal Angle임. 그래프에서 보듯이 방사각이 정확하지 않으나 15° 근처인 것을 알 수 있음. XY Plot 에서 보면 방사각을 좀 더 정확히 알 수 있는데, 10°~ 15 사이인 것을 알 수 있음.

2) 방사각으로부터 광속계산

포토피아에서는 광도(cd)를 LED에 Edit할 수 없으므로, 광도로부터 광속(Lumens)을 계산한 뒤에 광속값을 LED에 넣어야 함.

광도가 정원구 형태로 뻗어나간다면 4π 를 곱해서 계산해주면 되며, “PL-YAA532OVF” LED 는 15°의 방사각을 가지기 때문에 이를 광도에서 계산해서 넣어주어야 함. 이때 방사각에 따른 광속과 광도에 관한 식은 다음과 같음.

$$F = I_v \times 2\pi \times \left(1 - \cos\left(\frac{A}{2}\right)\right)$$

I_v : 광도(Candela)

A : 전체 방사각

F : 광속(Lumens)

이제 광속값 계산을 위해 “PL-YAA532OVF” LED 광도값을 확인하였음.

Parameter	Symbol	Test condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Forward voltage	V_F	$I_F = 20 \text{ mA}$	1.8	1.9	2.4	V
Reverse current	I_R	$V_R = 5 \text{ V}$			10	μA
*Luminous intensity	I_V	$I_F = 20 \text{ mA}$	600	1000		Mcd
Dominant light emitting wavelength	λ_D	$I_F = 20 \text{ mA}$	580	587	605	nm
Spectral half wave width	$\Delta\lambda$	$I_F = 20 \text{ mA}$		20		nm
Viewing angle	$\Theta_{\frac{1}{2}}$	$I_F = 20 \text{ mA}$		± 15		deg

600~1000mcd 의 광도값을 가지므로 이들의 값을 평균 광도값인 800mcd를 포토피아에 계산하여 넣어줌

$$F = 800\text{mcd} \times 2\pi \times \left(1 - \cos\left(\frac{30}{2}\right)\right)$$

$\therefore F = 0.17 \text{ lm}$

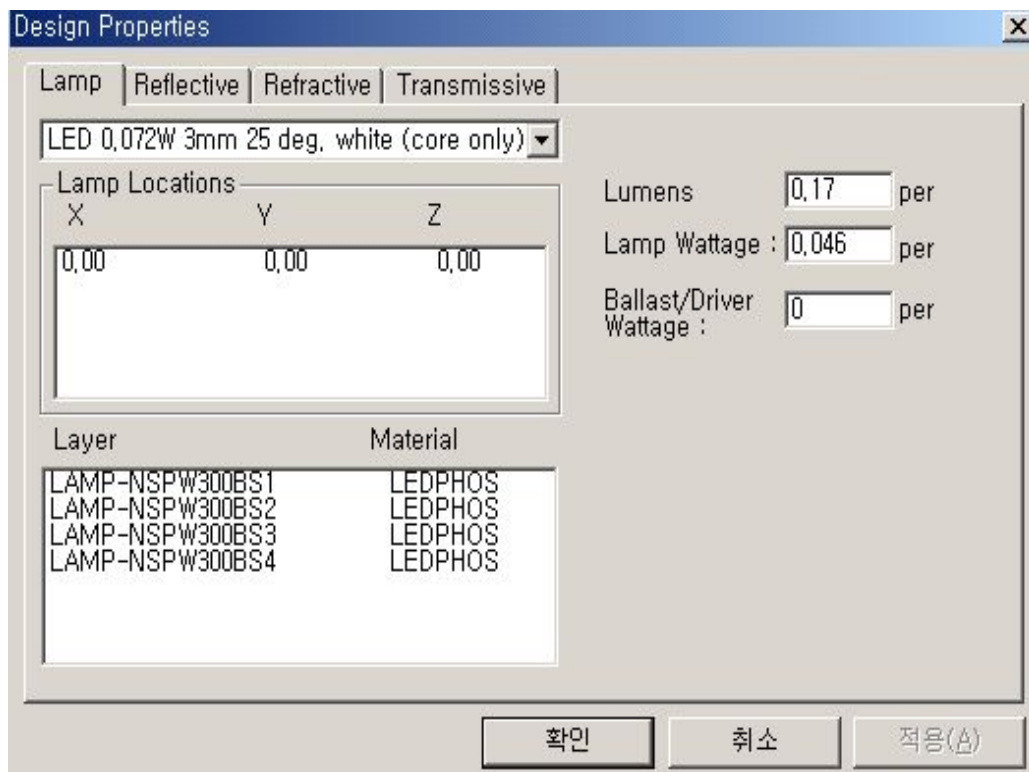


그림. Lumens & Watt 설정

다) 시뮬레이션.

1) One Chip LED Data

0.17 lm 를 넣어주고 시뮬레이션 실행시켜주었음

Candela Distribution:					
	0.0	22.5	45.0	67.5	90.0
0.0	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
5.0	0.41	0.40	0.39	0.40	0.40
10.0	0.25	0.23	0.22	0.23	0.25
15.0	0.14	0.13	0.12	0.13	0.14
20.0	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
25.0	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
30.0	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
35.0	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
40.0	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
45.0	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
50.0	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
55.0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
60.0	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
65.0	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
70.0	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
75.0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
80.0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
85.0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
90.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

그림. Photometric Report

Datasheet보다 Candela가 나오므로, 실험적으로 0.3lm 값을 넣어서 Candela를 맞추었음

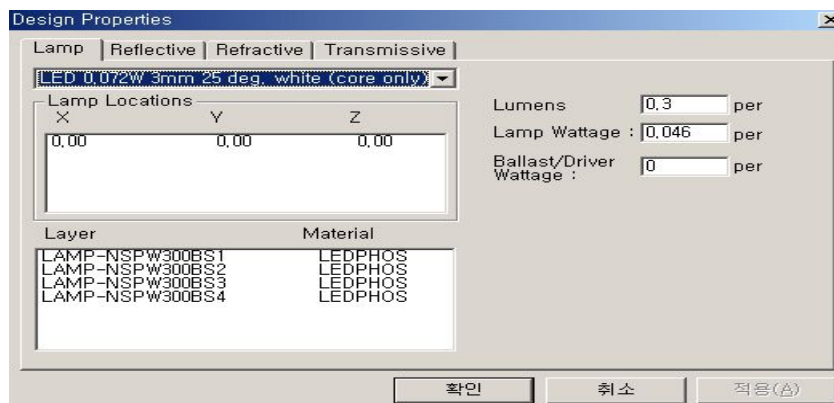


그림. Lumens & Watt 설정

Candela Distribution:					
	0.0	22.5	45.0	67.5	90.0
0.0	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
5.0	0.72	0.71	0.69	0.70	0.71
10.0	0.43	0.41	0.38	0.41	0.44
15.0	0.24	0.23	0.22	0.23	0.25
20.0	0.13	0.12	0.12	0.13	0.13
25.0	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
30.0	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
35.0	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
40.0	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
45.0	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
50.0	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
55.0	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
60.0	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
65.0	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
70.0	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
75.0	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
80.0	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
85.0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
90.0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

그림. Photometric Report

시뮬레이션 결과 800mcd 나왔다. LED chip의 속성을 맞추어 주었으므로, 0.3 lumens을 기본으로 다음 시뮬레이션을 진행하였음

2) 3 Chip LED

“PL-YAA532OVF” LED Package 안에는 3개의 Chip이 있으므로, Lumens와 전력을 3배로 올려서 시뮬레이션을 하였음

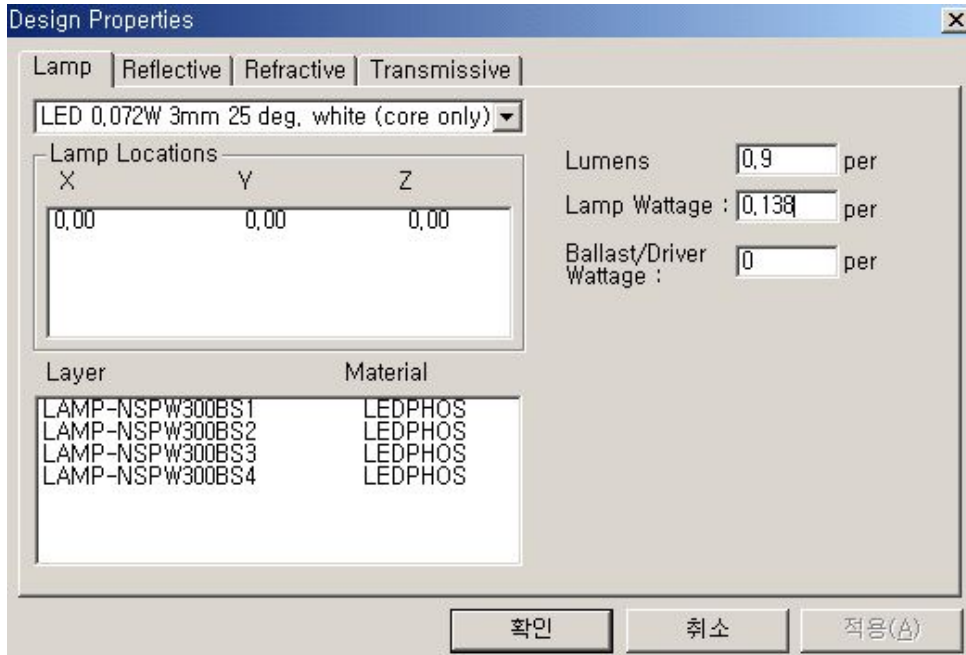


그림. lumens & Watt 설정

3) 3 Chip LED Data

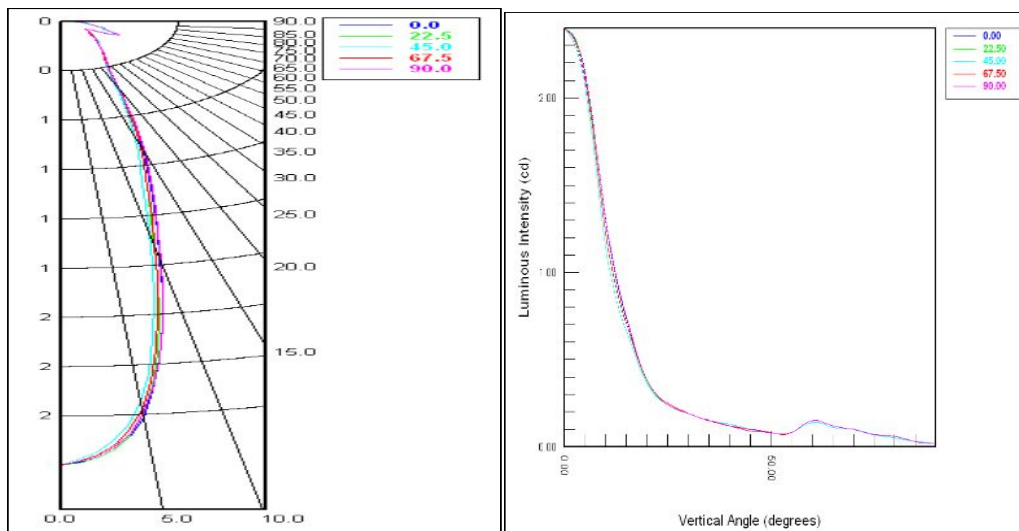


그림. 좌 : Polar plot , 우 : XY plot

Candela Distribution:					
	0.0	22.5	45.0	67.5	90.0
0.0	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
5.0	2.15	2.14	2.07	2.11	2.14
10.0	1.30	1.23	1.15	1.23	1.31
15.0	0.73	0.70	0.66	0.70	0.74
20.0	0.38	0.37	0.36	0.38	0.38
25.0	0.25	0.24	0.24	0.24	0.25
30.0	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
35.0	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
40.0	0.12	0.12	0.13	0.12	0.12
45.0	0.09	0.10	0.10	0.10	0.09
50.0	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
55.0	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
60.0	0.15	0.15	0.14	0.15	0.15
65.0	0.12	0.12	0.11	0.12	0.12
70.0	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
75.0	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
80.0	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06
85.0	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
90.0	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

그림. Photometric Report

Candela가 3배 정도 상승한 것을 볼 수 있음

4) 217 LED Package (652 LED)

다음으로 “PL-YAA532OVF”의 데이터시트 상의 광학적인 데이터와 유사하게 맞춘 후 전체 물리적 성질을 맞추었음

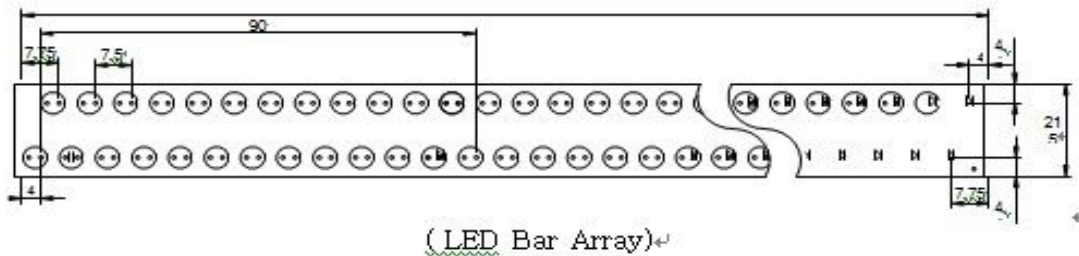


그림. LED Bar Array pattern

LED Line에서 LED 간의 거리는 7.5mm이며, LED 1단 과 2단 사이는 12.7mm가 됨

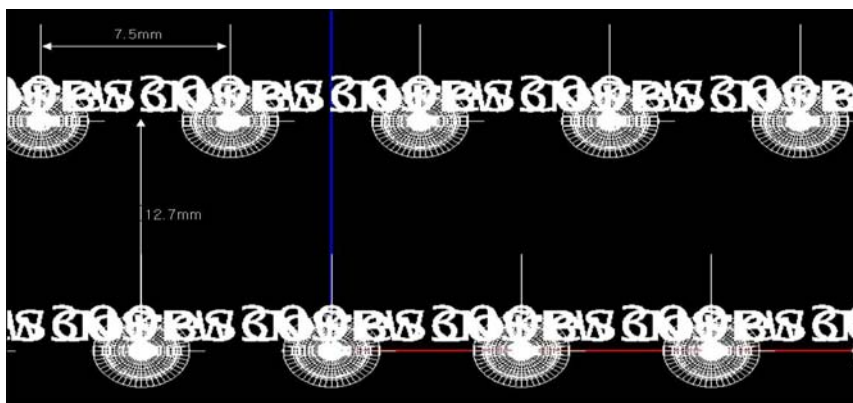


그림. LED Bar Array

30W 의 출력을 얻기 위해 LED Package는 Line 당 217개의 Line을 가져야 하며, 총 651 개의 LED 가 됨. 2 Line 이기 때문에 총 434 개의 LED Package가 필요하며, 1302 개의 LED 가 필요함

따라서 이렇게 설정 후 시뮬레이션을 하려고 했으나, 포토피아 내에서 너무 많은 양의 LED가 필요하여 시뮬레이션이 되지 않았음. 따라서 LED Package 의 수를 반으로 줄이고 Lumens와 Watt를 올려서 설정하였음

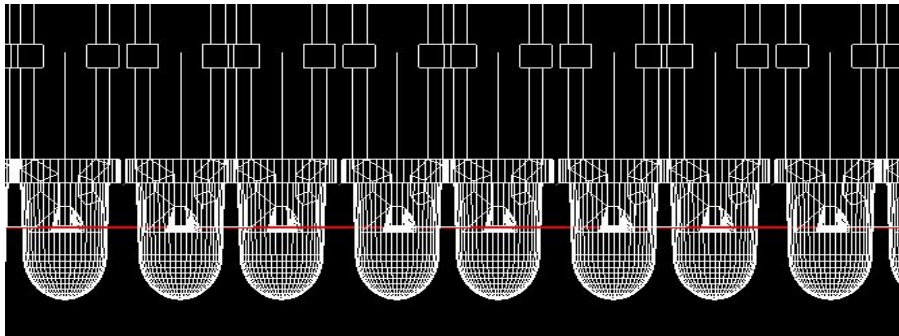


그림. Front View

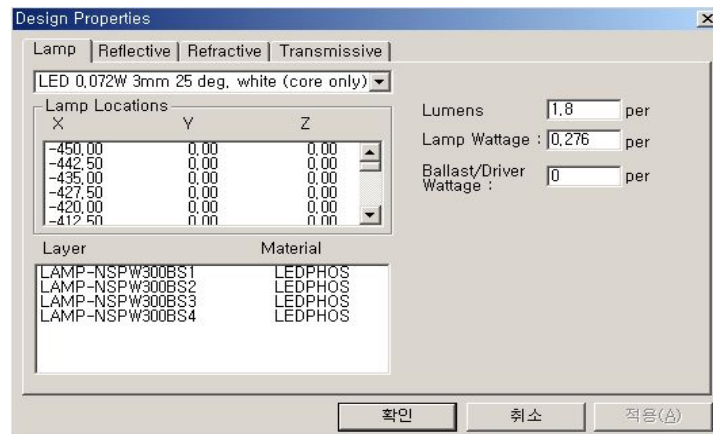


그림. Design Properties

따라서 포토피아 내에서 시뮬레이션 한 LED Package는 한 Line 당 108 개가 되며, 총 216 Package 가 됨. LED는 648개를 시뮬레이션 하였음

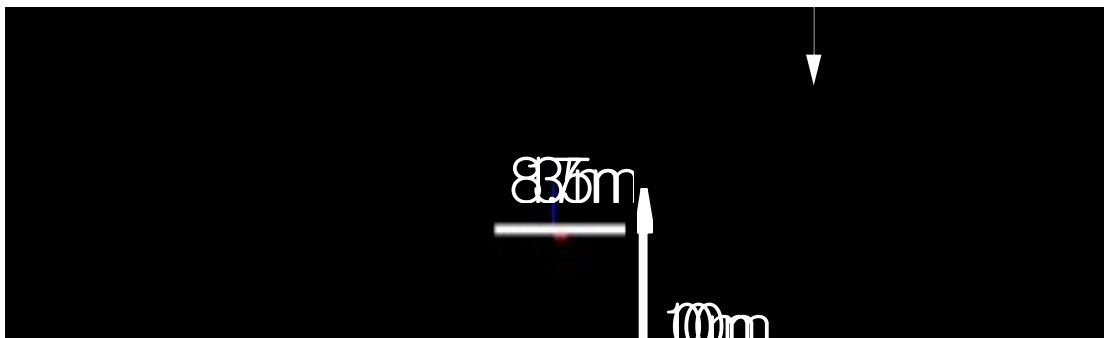


그림. Length 크기

5) 217 LED Package Data (652 LED)

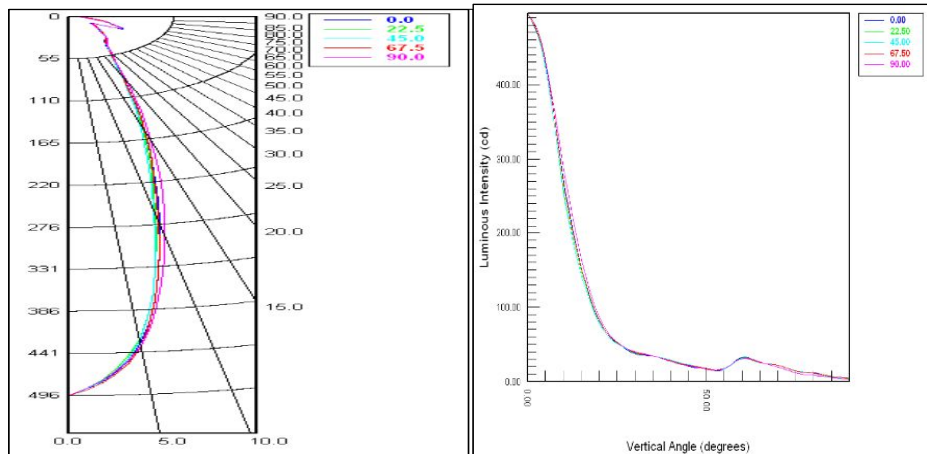


그림. 좌 : Polar Plot, 우 : XY plot

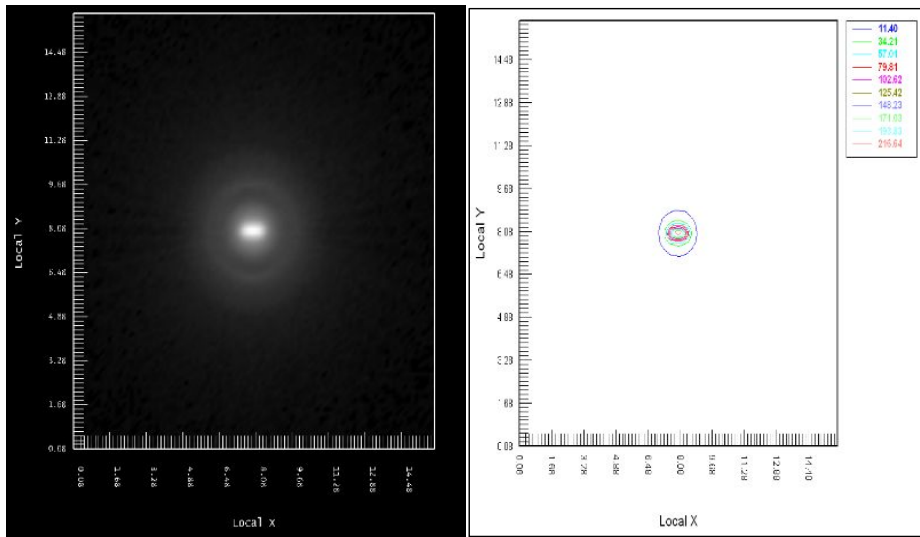


그림. 좌 : Contour Plot, 우 : Shade Plane

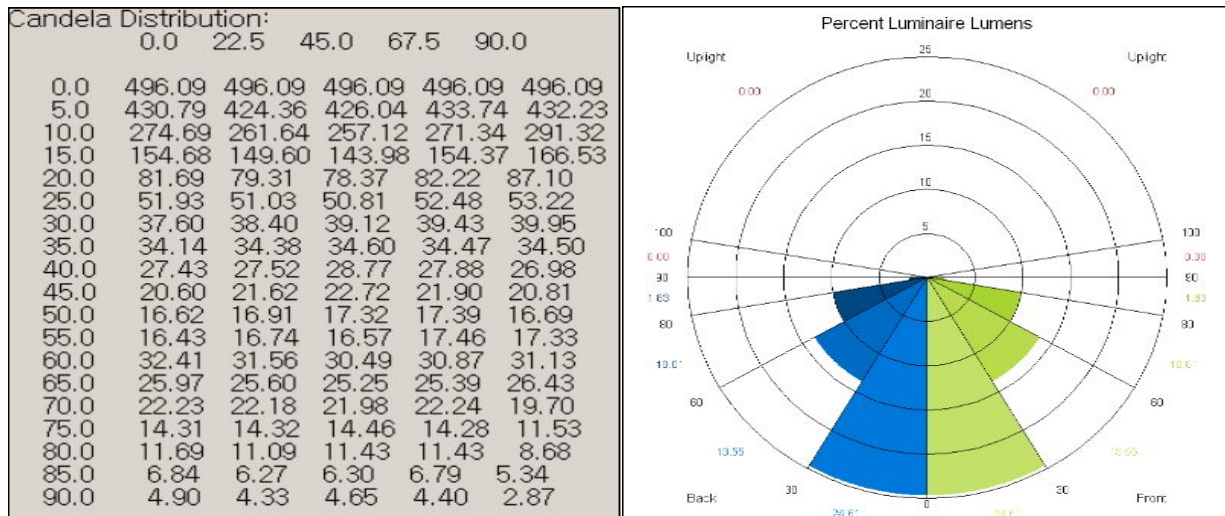


그림. 좌 : Photometric Report, 우 : LCS Plot

7.1.2 30W급 해충방제용 조명 기구제작

30W급 고효율 해충방제용 조명기구를 위하여 이에 알맞은 LED조명을 필요로 함. 아래 그림의 구조는 해충방제용 LED조명기구의 전체 구조도임. 구조도는 PCB위의 LED array, 렌즈, 케이스, SMPS가 주요구성부분으로 이루어진다. LED조명기구의 전체길이는 가장 많이 사용되는 일반 형광등 길이와 같은 크기인 120cm로 하였음. 조명기구에서 PCB위의 LED array가 가장중심부분에 위치하며 높이를 최소화하기 위하여 SMPS를 PCB 보드밑에 부착하여 위치하도록 하였음. LED array위에 빔의 방사각을 최대로 높이기 위하여 렌즈가 그 위부분에 위치하며 이 요소부분들이 케이스에 의하여 고정되도록 하였음.

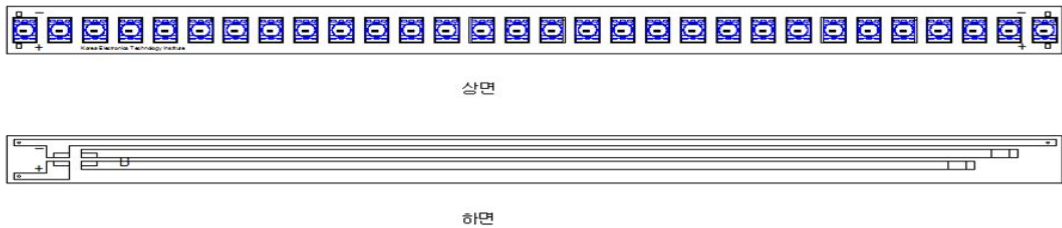


그림. 해충방제용 30W급 고효율 LED조명기 단위 칩의 어레이 구조도

조명의 광원으로 사용되는 LED어레이의 구성은 다음과 같음. 30W급 LED bar는 5450 size에 LED 패키지를 이용한 것으로 240mm 길이에 LED(3chip) 30개가 장착되어지고 이30개 장착용 LED bar(240mm)를 5개 직병렬로 연결사용하여 30w급의 광원을 만듦. 에너지효율을 높이기 위해서는 효율 높은 칩의 선택과 빛이 칩에서 최대한 많이 조명기구 밖으로 빠져나가기 위한 조명기구의 구조와 설계, 빔의 방사각을 높이는 렌즈의 구조와 설계 및 제작, AC 전원을 DC 전원으로 변경해주는 SMPS등 모든면에서 최적화된 구조설계와 이에 따른 제작이 필요함. LED array bar 부분은 LED 칩들이 어레이형태로 구성되어있는 부분으로 칩의 개수라든지 칩의 출력에 따라 전체 조명의 밝기와 출력 값이 바뀌게 됨. 이 부분을 해충방제 목적에 따라 알맞는 파장이나 갯수를 바꾸어줌으로서 LED조명을 구현할 수 있음.

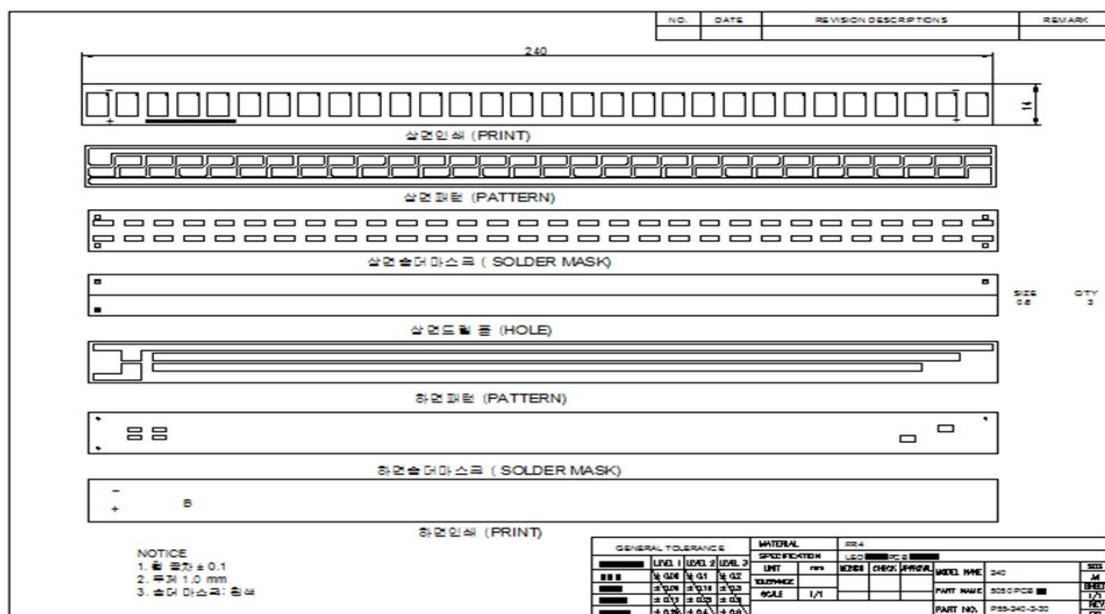


그림. PCB보드의 구조

LED어레이를 얹히기 위한 PCB보드의 구조는 아래 그림과 같으며 LED어레이 bar길이에 맞게 크기를 맞추었음. 그림 안에 인쇄(print)부분, 패턴(pattern)부분, 솔더마스크(solder mask)부분, 드릴홀(hole)부분을 표시하였음.

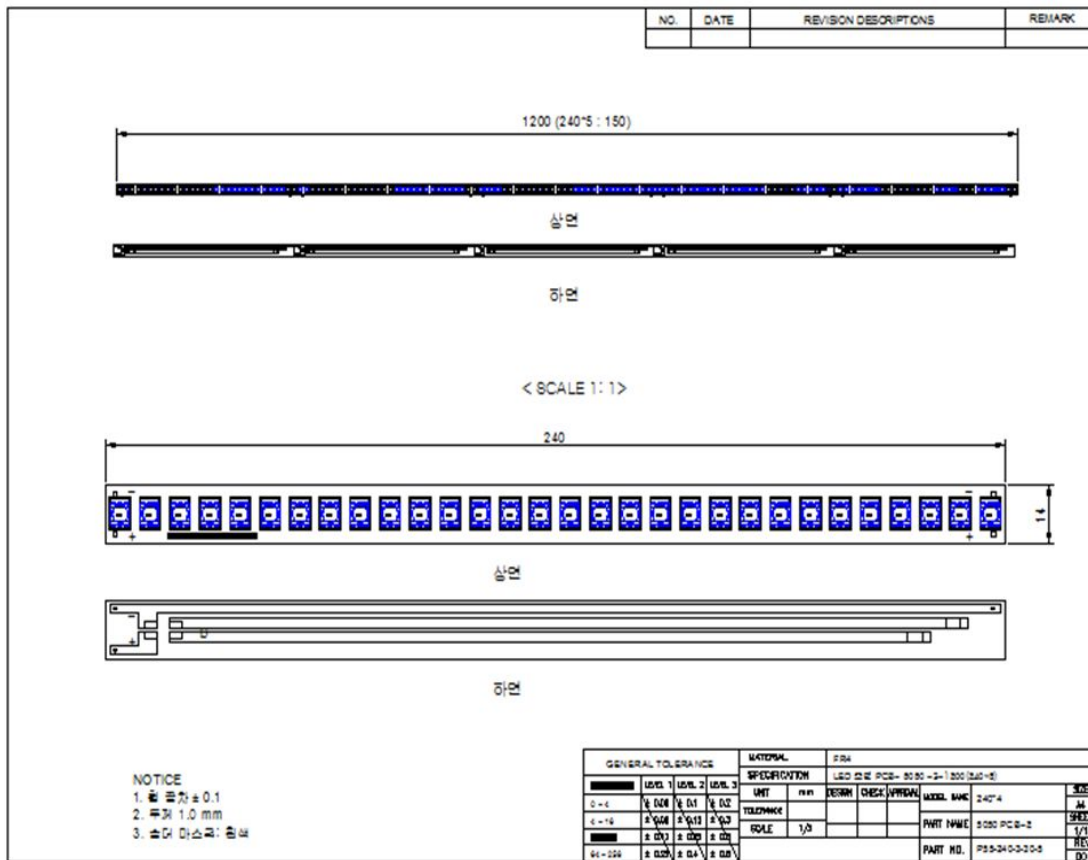
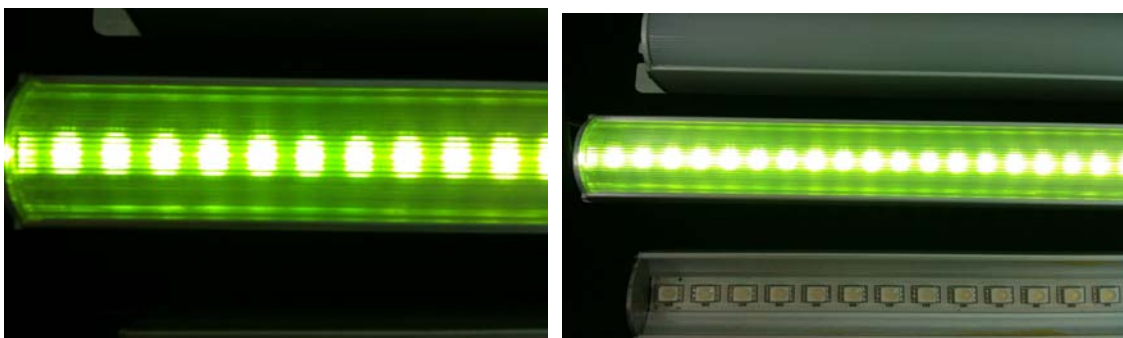


그림. PCB위 LED 패턴배열

렌즈부분은 glass형태와 프라스틱 구조형태로 하여 식물재배조명에 가장 적합한 특성을 갖는 부분을 최종 선택할 예정이다. 아래 그림이 글래스형태의 렌즈로서 LED 어레이 모듈과 glass bar과의 거리는 1mm로 하였고 glass의 굴절율은 1.52이고 PMMA의 굴절율은 1.49임 아래 그림은 LED칩 및 조명을 보호하고 PCB보드와 렌즈, SMPS를 보호하면서 지지대 역할을 해주는 케이스임.

아래 그림은 상기와 같은 구조로 시뮬레이션 및 설계제작하여 만들어진 30W급의 570nm 파장대역, 120cm길이의 해충방제용 LED조명기의 부분도 및 전체도 사진을 보여주고 있음.



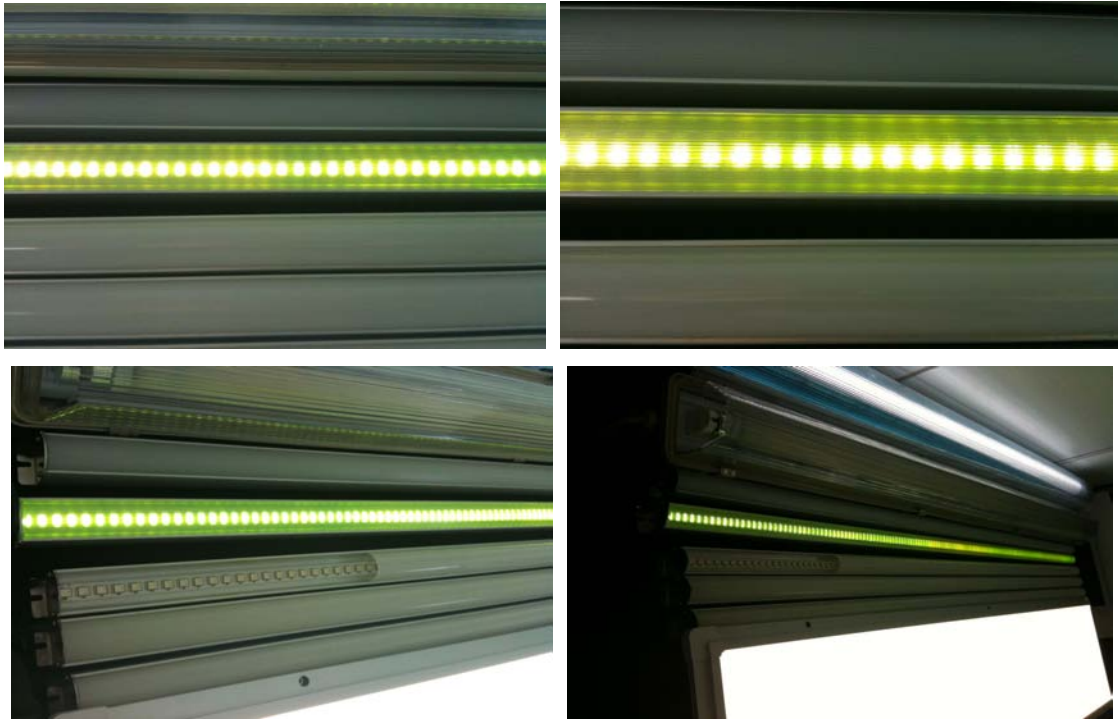


그림. 30W급의 해충방제용 LED조명기

7.1.3 30W급 해충방제용 조명 기구 특성

30W급 해충방제용 조명 기구 특성을 알아보기 위하여 조도, 점등시험, 배광시험등을 하였음. 시험환경은 온도를 $24\pm 3^{\circ}\text{C}$ 범위, 습도는 $45\pm 20\% \text{R.H}$ 범위안에서 측정하였음. 정격은 220Vac, 60Hz이다. 해충방제용 조명 기구인 570nm 광원은 입력전력 26.87W, 조도는 1m거리에서 20lx, 2m에서 5lx였고 점등시험에서는 -10°C 와 40°C 에서 미점등 상태로 1시간 방치한후에 정격전압의 92%와 106%에서 점등하였음. 아래그림은 특성분석을 위하여 시험을 한 시료사진임.



그림. 특성분석을 위하여 시험을 한 시료사진

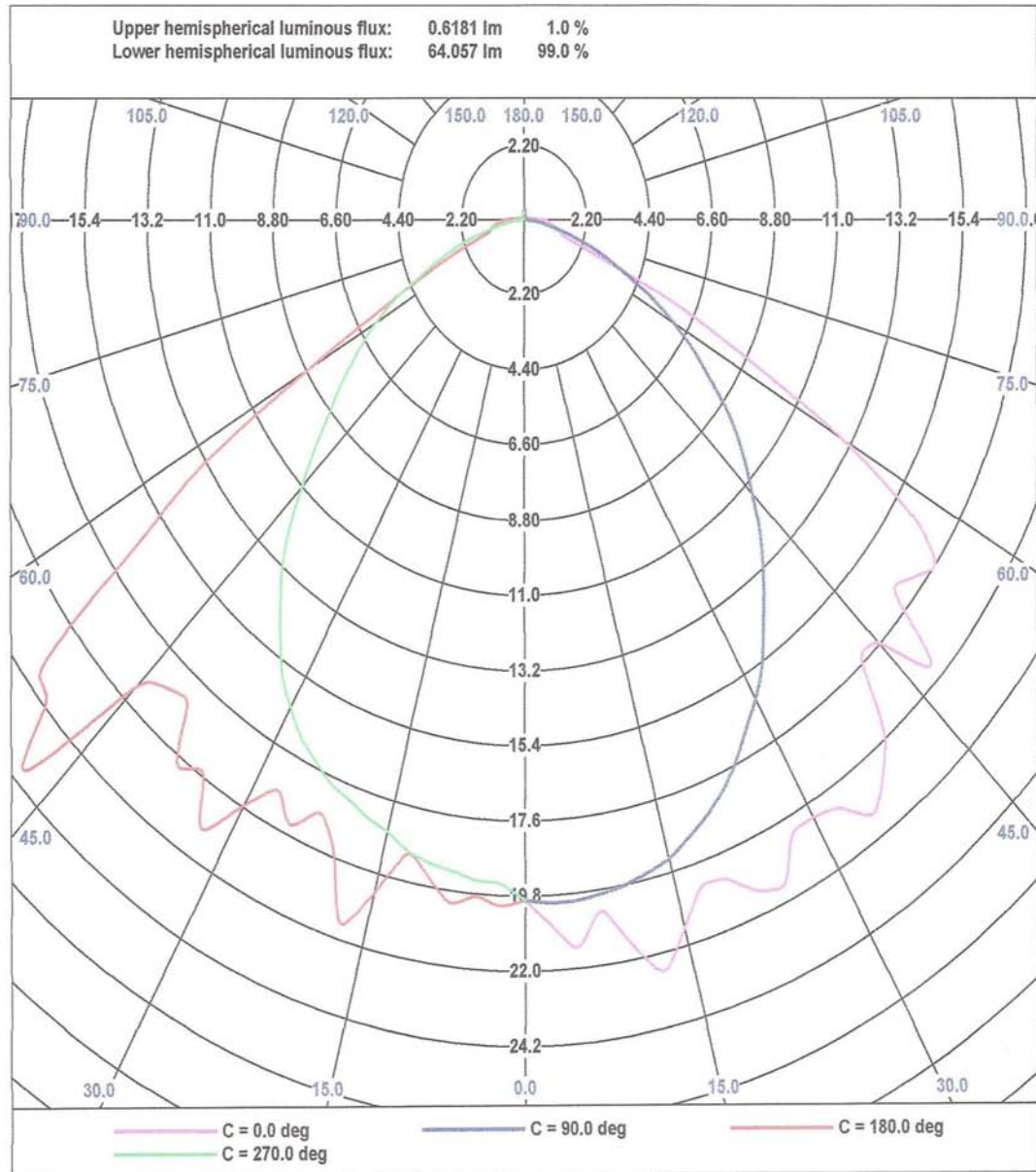
30W급 해충방제용 조명 배광특성을 상세히 분석하기 위하여 polar luminous intensity distribution, cartesian luminous intensity distribution, cone intensity distribution, zonal flux diagram 형태로 도출하였으며 그 결과 아래 그림과 같은 특성을 보였음. 테스트를 위한 조건으로는 test distance 12.189m, LOR 100%, mains test parameter로 전압 220V, 전류 0.144A, 파워 26.9W를 인가하였음.

Luminaire: LED LUMINAIRES
 Type: KETI30W-O1
 Lamp: LEDs
 No. of lamps: 1
 Lamp flux (lm): 64.700
 Output ratio (%): 100.0
 Comment:

Report: F1012049B
 Name: KETI
 Date: 24-12-2010

File name: F1012049B
 Power (W): 26.900
 Tilt angle (deg): 0
 Length (m): 1.220
 Width (m): 0.030
 Height (m): 0.030

Polar Luminous Intensity Distribution



All luminous intensity values (shown radially from centre) are in cd.
 Elevation angle values are shown around the outside of the graph.

그림. polar luminous intensity distribution 특성

Luminaire: LED LUMINAIRES
 Type: KETI30W-01
 Lamp: LEDs
 No. of lamps: 1
 Lamp flux (lm): 64.700
 Output ratio (%): 100.0
 Comment:

Report: F1012049B
 Name: KETI
 Date: 24-12-2010

File name: F1012049B
 Power (W): 26.900
 Tilt angle (deg): 0
 Length (m): 1.220
 Width (m): 0.030
 Height (m): 0.030

Cartesian Luminous Intensity Distribution

Upper hemispherical luminous flux: 0.6181 lm 1.0 %
 Lower hemispherical luminous flux: 64.057 lm 99.0 %

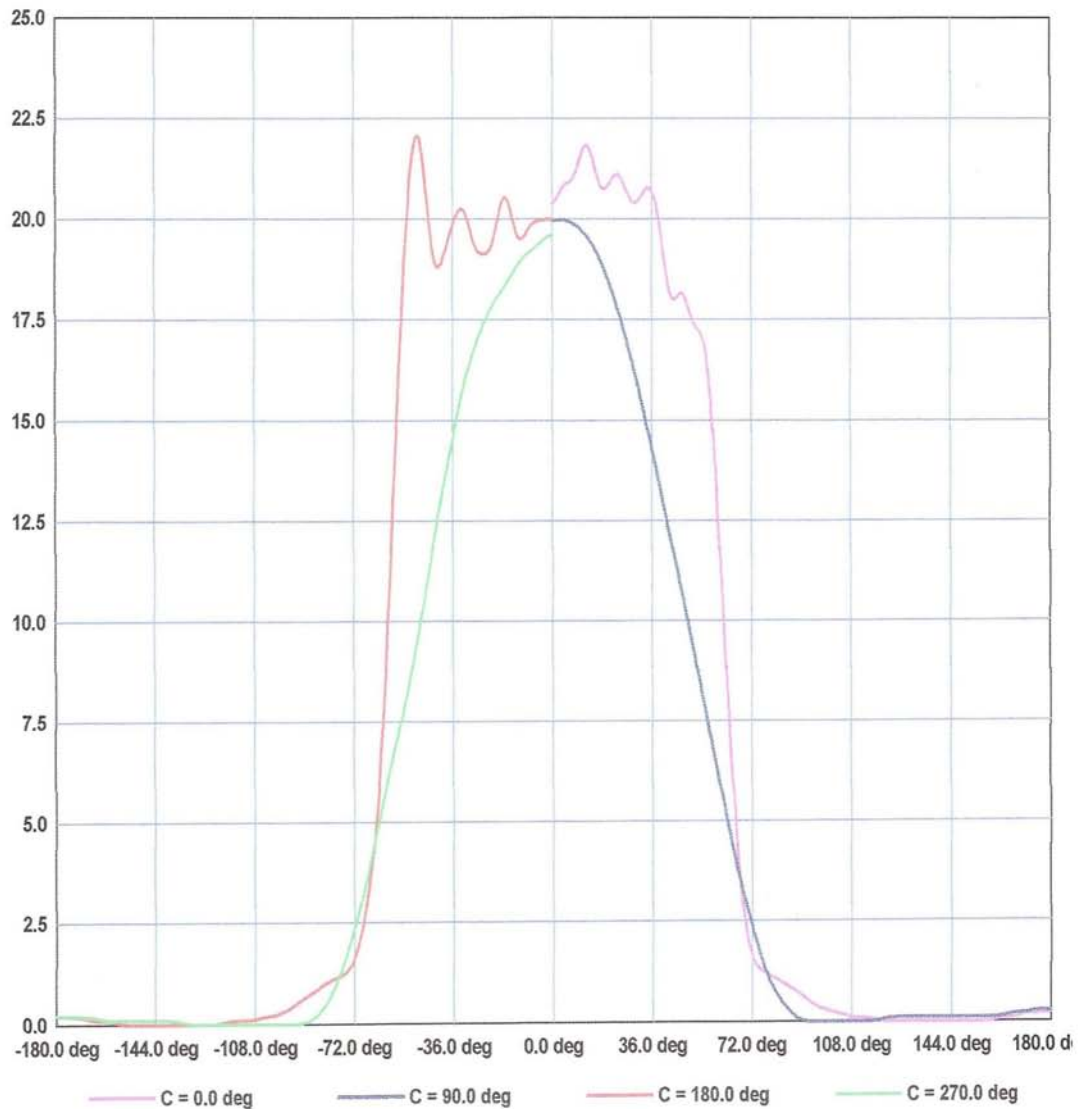
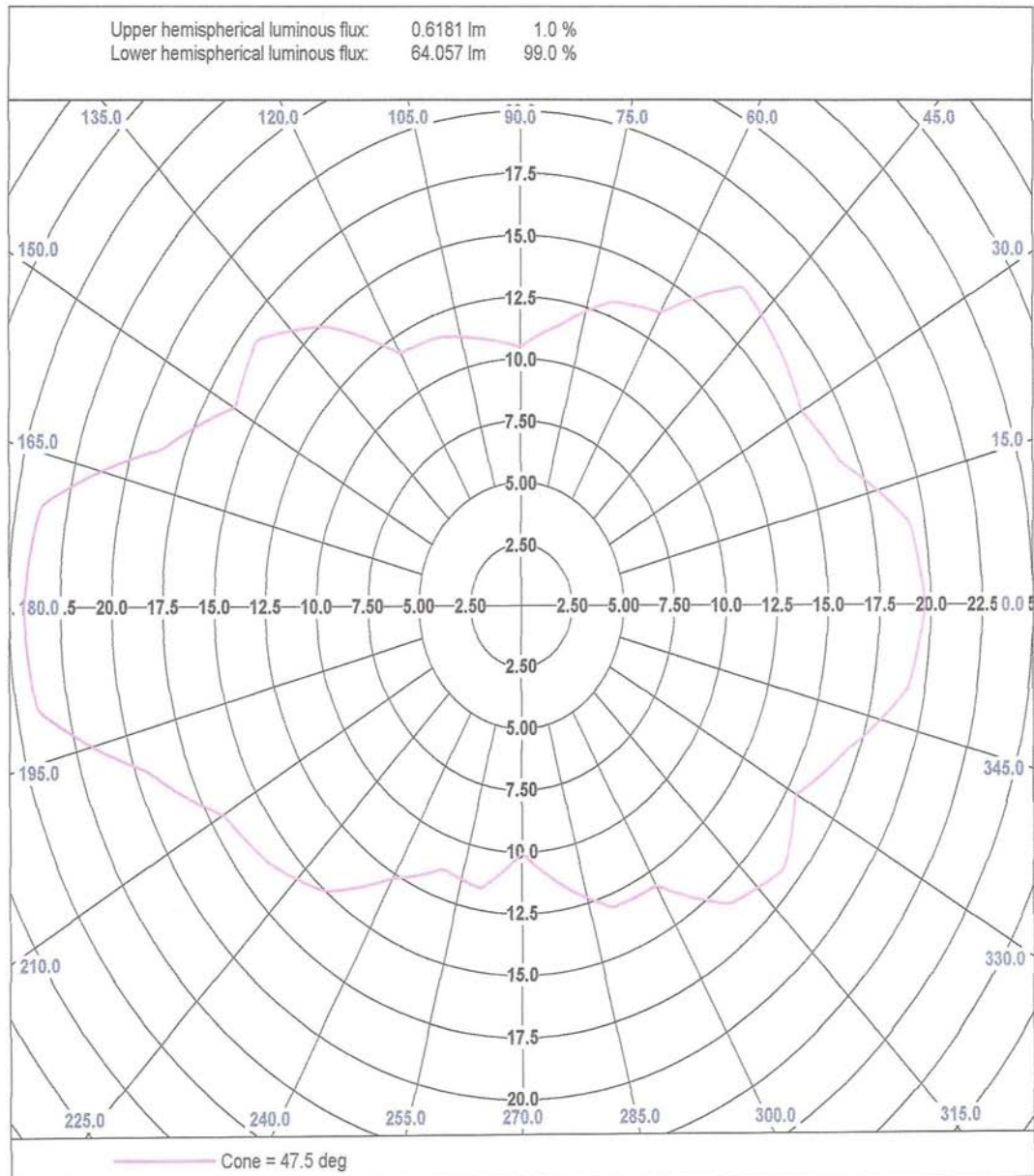


그림. cartesian luminous intensity distribution

Luminaire: LED LUMINAIRES
 Type: KETI30W-O1
 Lamp: LEDs
 No. of lamps: 1
 Lamp flux (lm): 64.700
 Output ratio (%): 100.0
 Comment:

File name: F1012049B
 Power (W): 26.900
 Tilt angle (deg): 0
 Length (m): 1.220
 Width (m): 0.030
 Height (m): 0.030

Cone Intensity Distribution



All luminous intensity values (shown radially from centre) are in cd.
 C-Plane angle values are shown around the outside of the graph.

그림. cone intensity distribution 형태

Luminaire: LED LUMINAIRES
 Type: KETI30W-01
 Lamp: LEDs
 No. of lamps: 1
 Lamp flux (lm): 64.700
 Output ratio (%): 100.0
 Comment:

Report: F1012049B
 Name: KETI
 Date: 24-12-2010

File name: F1012049B
 Power (W): 26.900
 Tilt angle (deg): 0
 Length (m): 1.220
 Width (m): 0.030
 Height (m): 0.030

Zonal Flux Diagram

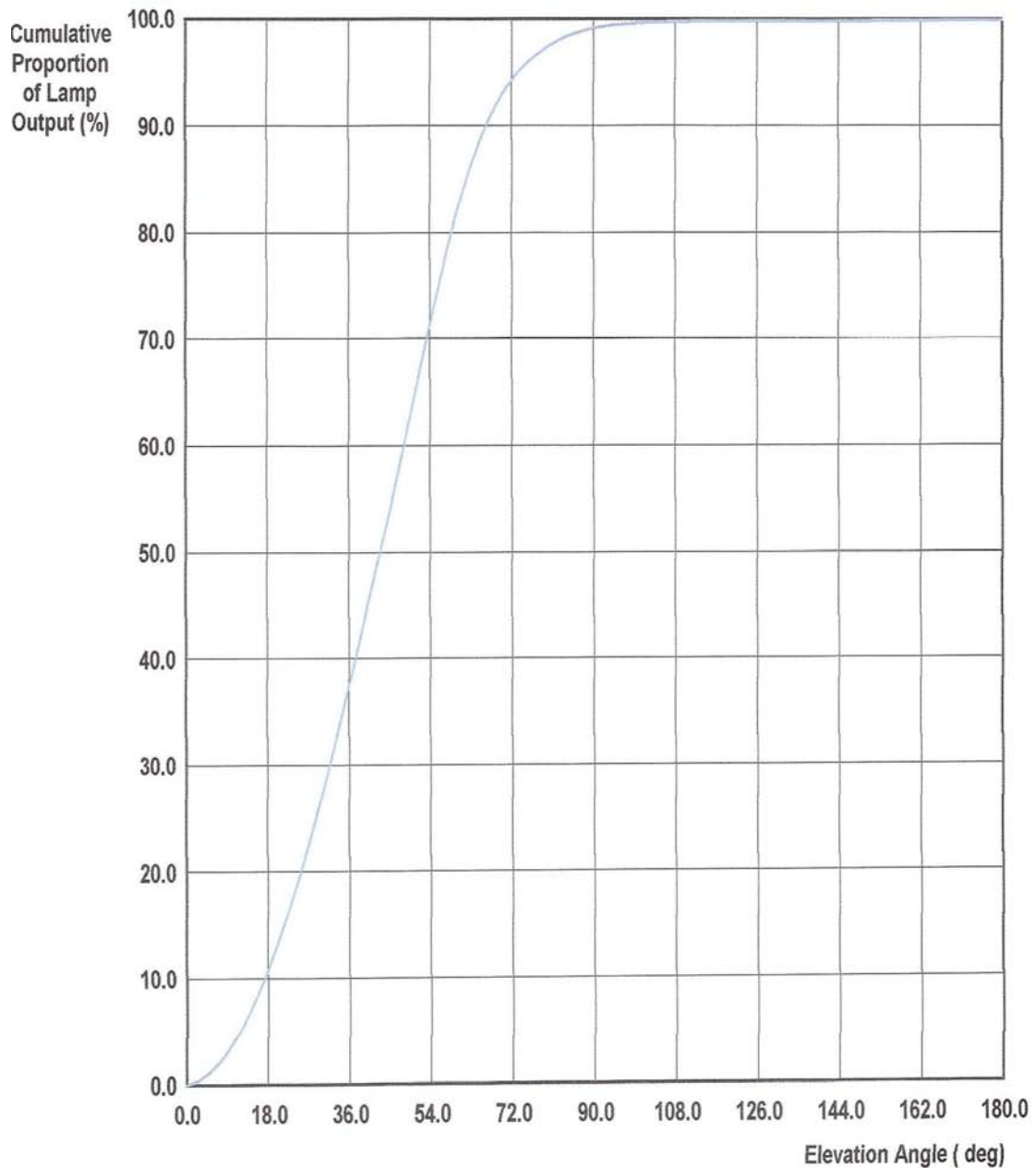


그림. zonal flux diagram 형태

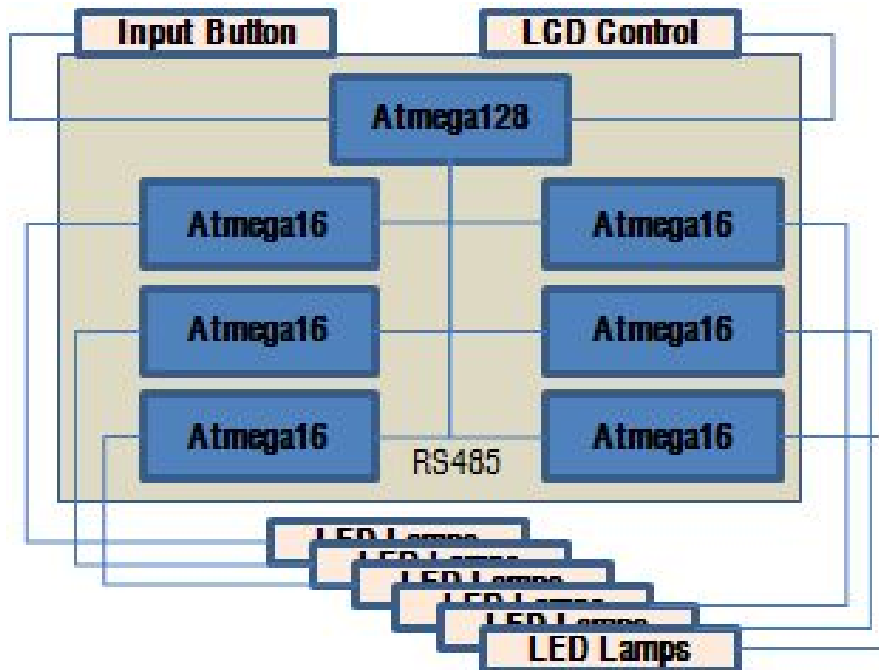
8. 해충실험용 LED 파장제어 시스템

8.1.1. 해충방제용 LED 파장 선별

해충방제에 효과를 보이는 LED 파장을 선별하기 위해 375nm의 UV-A대역을 포함하여, 530nm, 560nm, 590nm, 610nm, 630nm의 파장을 실험함. 현재까지 밝혀진 파장대역은 현장에서 사용하기에는 부족한 정보이기 때문에 제품에 적용하기 위한 세부적인 파장대역 및 해충들의 반응실험 결과를 얻기 위해 다채로운 실험을 실시하였음

8.1.2. 파장조절을 위한 시스템 제어기 설계 및 개발

해충들이 회피하는 LED 파장을 찾기 위해서 동시에 각 파장별 Dimming/On/Off 제어가 가능하며, 실험기구에 설치가 용이한 모듈을 설계하였음. 각 파장을 제어하기 위해서는 실험장비에 설치된 LED모듈을 제어하기 위해 LED 컨트롤러를 설계되었으며, 컨트롤러 박스에서는 각 파장들을 한 곳에서 동시에 조절할 수 있도록 제작하였음. 각 파장들은 GLCD (Graphic Liquid Crystal Display) 및 FND (7-Segment)를 이용하여 메뉴에서 설정된 값들을 실시간으로 직접 눈으로 확인할 수 있도록 하였음. 설정된 값들은 컨트롤러의 메모리에 저장되어 전원을 껐다가 켜더라도 이전에 세팅한 설정값들을 저장될 수 있도록 설계하여 사용자의 편의성을 높였음. 경우에 따라서는 LED 모듈이 LED 컨트롤러와 떨어져 위치하는 경우도 발생할 수 있기 때문에 LED 모듈을 컨트롤러에서 원격으로 제어가능 하도록 RS-485 통신기능을 포함시켰음. 이러한 기능은 차후에 컨트롤러 기능을 확장하여 적용하는 경우에 효과적으로 사용될 수 있는 기능임.

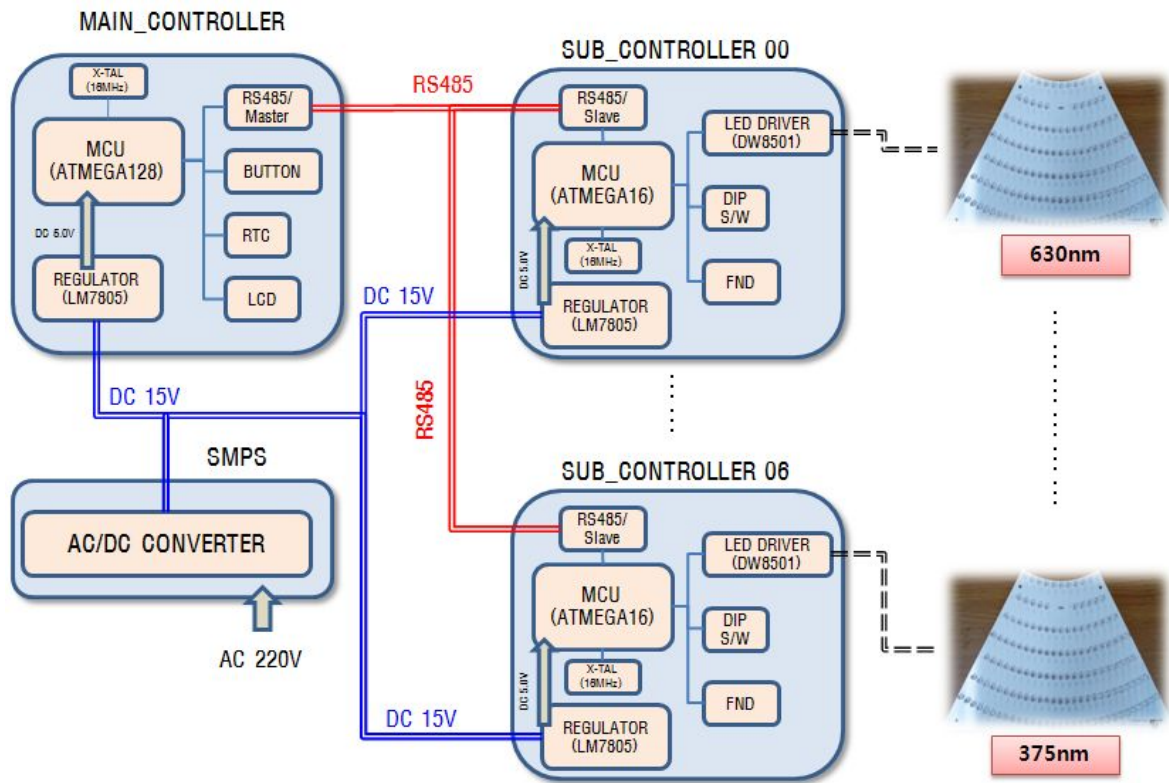


<LED조명제어 시스템 제어기 블록 다이어그램>

설계된 시스템의 전체 블록 다이어그램은 다음과 같음. 본 시스템은 전체 6개의 LED 모듈을 동시에 Dimming/On/Off 제어가 가능하도록 설계되었으며, 각 모듈은 정전류 제어방식으로

LED모듈이 제어되도록 하였음.

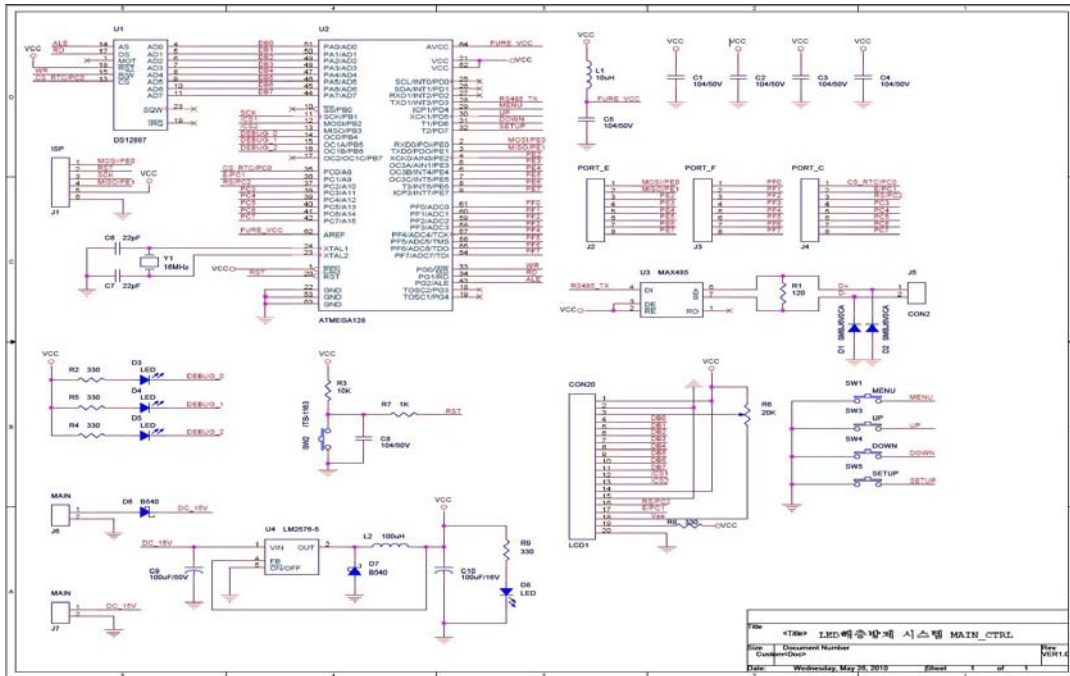
도시된 바와 같이, LCD를 이용하여 사용자가 파장별 선택을 확인할 수 있도록 하였으며, 선택적 제어가 용이하도록 버튼입력을 이용하여 메뉴를 선택하도록 GUI를 설계하였다. 사용자의 Button 입력을 받아 주제어기에서 명령어를 수행하도록 구성하였으며, 주제어기는 ATMEGA128 MCU와 16MHz의 Crystal Oscillator를 사용하였음. 각 파장별로 구성된 부제어기(Atmega16)는 RS-485 통신을 통해 제어되도록 하여 차후 원격으로도 멀리 떨어져 있는 LED 모듈을 자유롭게 제어가 가능하도록 설계하였음. 각 모듈은 전체 6 포트를 제공하여 동시에 6개의 LED 모듈제어가 가능하도록 하였음. 각 LED들은 DW8501 드라이버 칩을 사용하여 전류제어로 밝기 조절이 가능하도록 설계하였음. 각 모듈별 SMPS는 제어기 내부에 위치하여 컨트롤 박스에 위치시켰음. SMPS를 통해 내부에서 15V로 전압강하시켰고 Regulator (LM7805)를 거쳐 5V로 생성시킨 후에 MCU로 전력을 전달시켰음. 따라서 내부 동작전력은 15V로 설계되었으며 각 모듈제어용 레귤레이터에 인가되도록 설계하였음. 각 Sub Module별로 내포된 RS-485 모듈을 통해 주제어기가 모든 부제어기를 제어할 수 있도록 설계하였다. 따라서 각 부제어기들은 자신의 ID를 체크해서 수신한 명령어를 수행하도록 설계되었음.



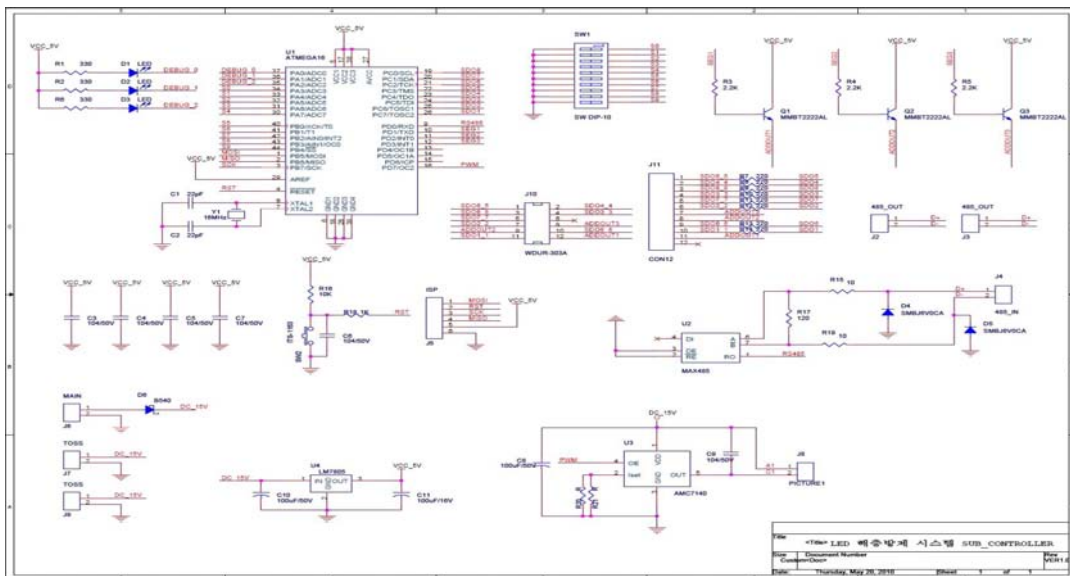
<시스템 블록 다이어그램>

통상적으로 LED dimming 기능을 설계하는데 있어, Constant current control과 PWM 방식을 주로 사용한다. 근본원리에서 비슷한 부분이 있지만 LED모듈 입장에서는 Constant current control 방식은 일정전류를 공급하여 제어하는 방식인데 반해 PWM방식은 전류의 DC 레벨에 중점을 두어 제어하는 방식임. Constant current control 방식은 LED의 I_f 를 일정하게 유지시켜 주므로 LED의 수명을 보장함과 동시에 LED의 발광특성을 좋게 유지시켜주는 장점을 가지고 있음. PWM방식은 일정 DC레벨을 유지시켜 효율향상에 기여하고 있으나 스위칭방식에서 오는

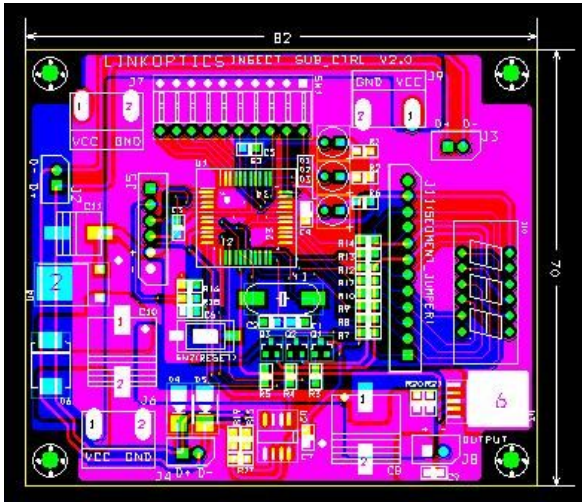
발광특성의 저하와 LED의 수명단축에 원인이 될 수 있는 부분이 있지만 본 과제에서 다중 LED 조명의 광량을 조절하는 조건에서는 PWM방식이 유리하기 때문에 PWM 방식을 이용하여 설계하였음.



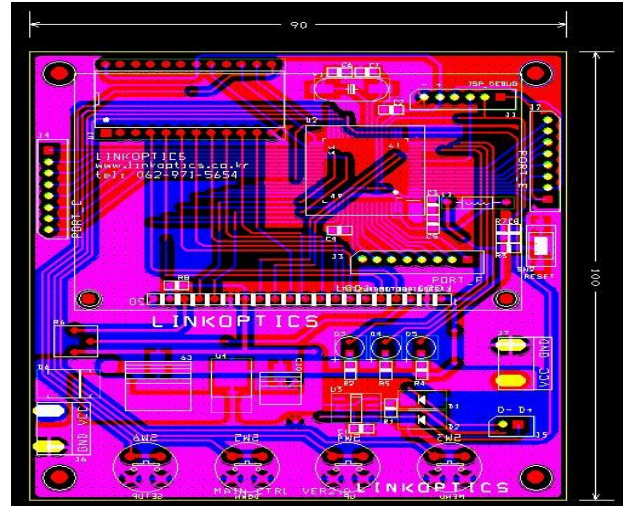
<주제어기의 회로도>



<부제어기의 회로도>



<주제어기 거버 파일>

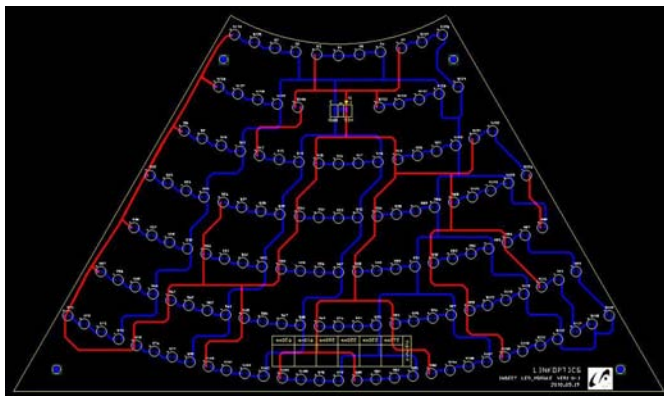


<부제어기 거버 파일>

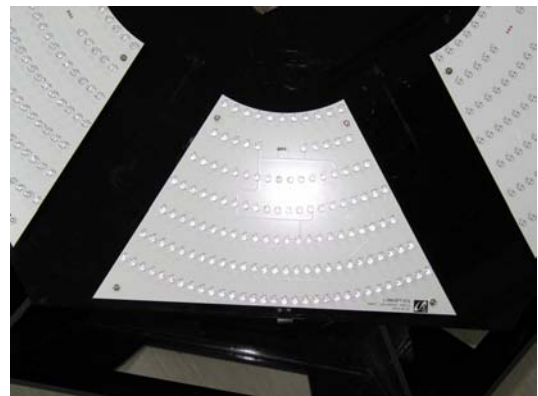
LED 모듈은 각 파장별로 별도의 모듈을 제작하여 제어할 수 있도록 하였음. 다음은 각 모듈별 테스트 결과를 나타내었음.

Wavelengths	630/610/590 nm	560/530/375 nm
LED Array	7*20	4*35
LED Voltage	13.88	13.88
Input Voltage	15	15
LED Current	17mA~20mA at 1 serial	17mA~20mA at 1 serial

LED 모듈은 서로의 직·병렬 array를 사용하여 설계하였으며 LED의 출력이 높지 않아 방열설계는 하지 않았음. 단지 실험장비에 부탁될 때 모듈이 떨어지는 것을 방지하기 위해 측단에 알루미늄 지지대를 이용하여 부착하도록 하였음. 다음은 LED 모듈 설계도임.



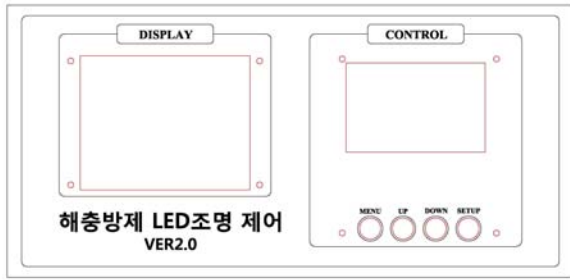
<LED 모듈 설계도>



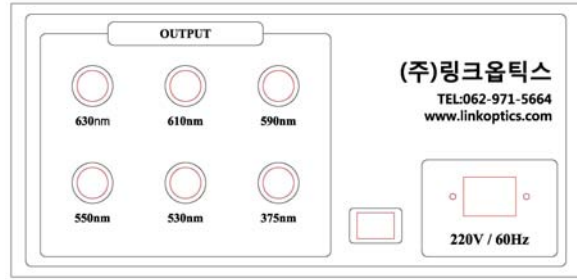
<제작된 LED 모듈 모습>

모듈 모형은 실험장비의 모형에 맞추어 설계되었으며 그 크기가 실험장비의 위 측단의 크기에 맞추어 제작되었음. 제어기의 외관은 일반 컨트롤러 박스를 이용하여 앞뒤 판넬을 제작하여 사

용하였음. 사용자의 사용상 편의를 위해 조작버튼과 메뉴를 표시하기 위한 LCD부를 전면에 설치하였으며, 각 6개의 파장별 커넥터와 전원연결부를 뒷면에 위치하였음.



<제어기 앞면 설계도>



<제어기 후면 설계도>

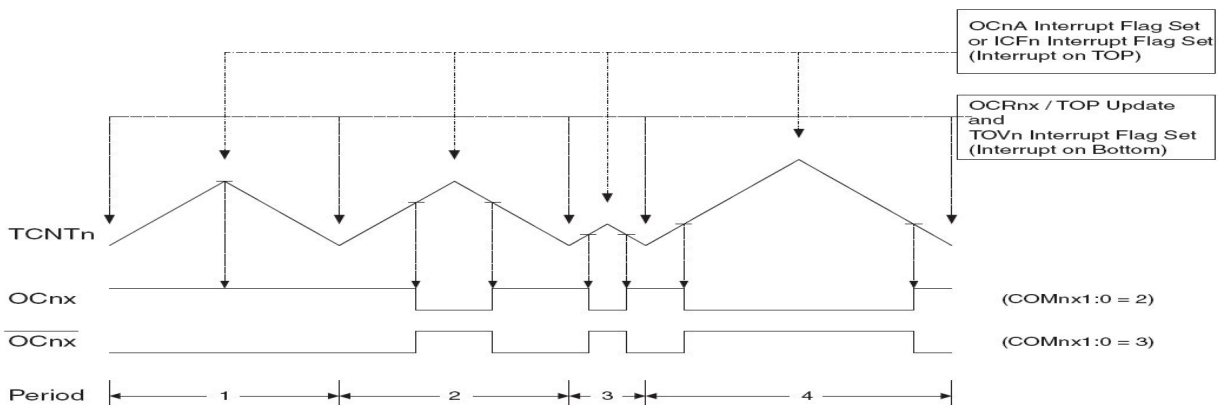


<제작된 제어기 앞면 모습>

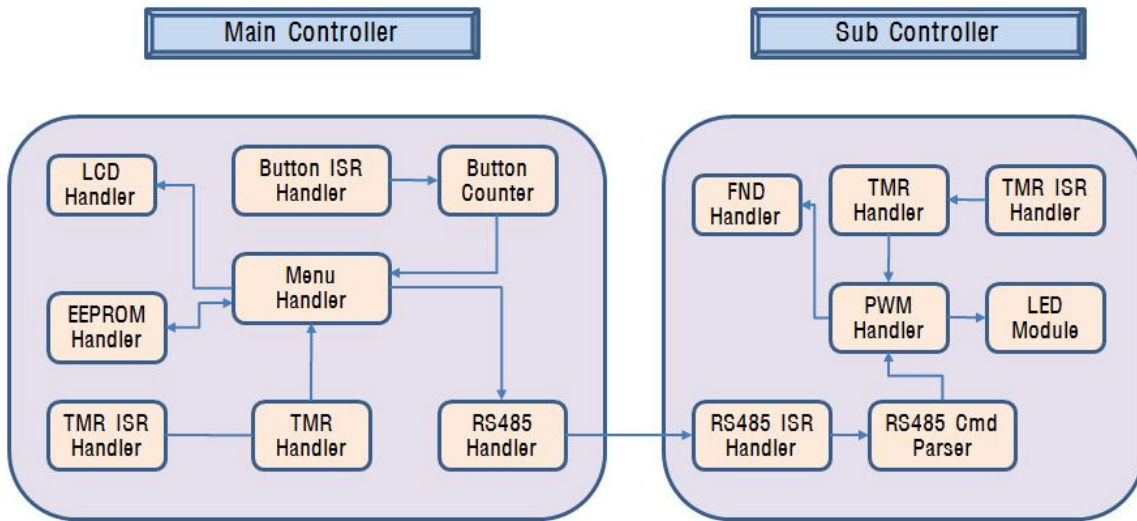


<제작된 제어기 뒷면 모습>

본 시스템을 운용하기 위한 프로그램은 C 언어를 이용하여 Atmega128 및 Atmega16의 MCU에 포팅하여 동작하도록 하였음. 이 프로그램은 LCD Device Driver 및 FND Driver, RS-485 통신 프로토콜, LED PWM(Pulse Width Modulation) Driver 등 다양한 소프트웨어를 프로그래밍하였음. 사용자의 입력을 버튼으로 통해 받아 내부 Interrupt 처리하였으며 이는 메뉴의 선택을 통해 시스템에 전달되도록 설계되었음. LED 다중파장제어의 정확성을 높이기 위해서 일반적으로 사용되고 있는 Fast PWM 방식을 사용하지 않고 Phase and Frequency Correct PWM 방식을 사용하였음.



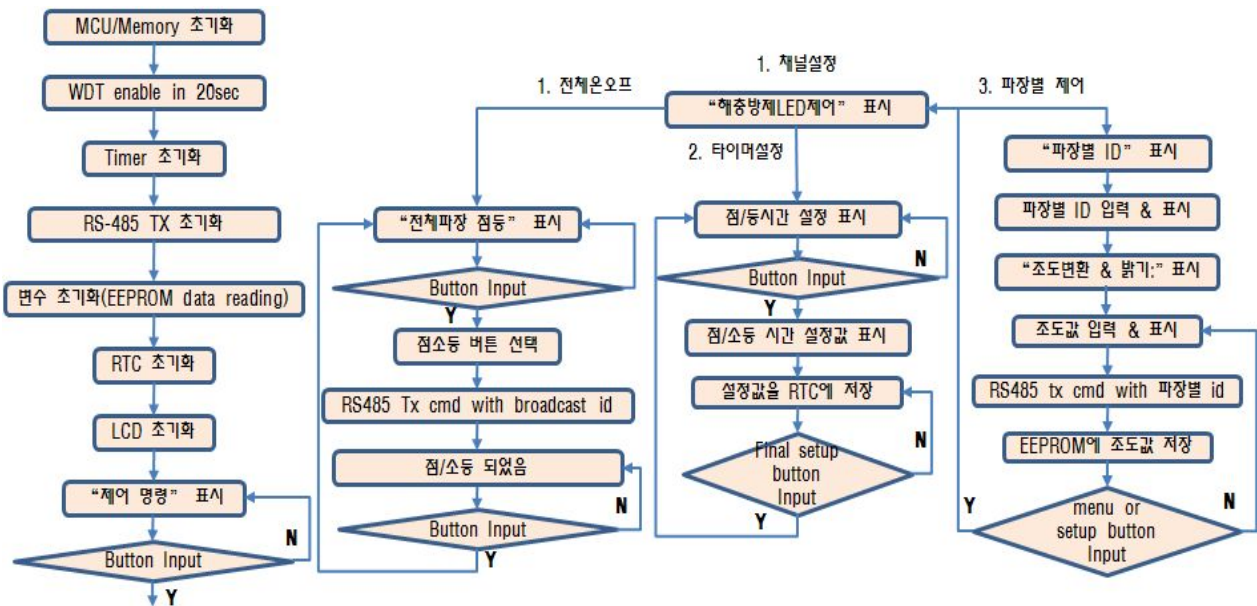
<Phase and Frequency Correct PWM Diagram>



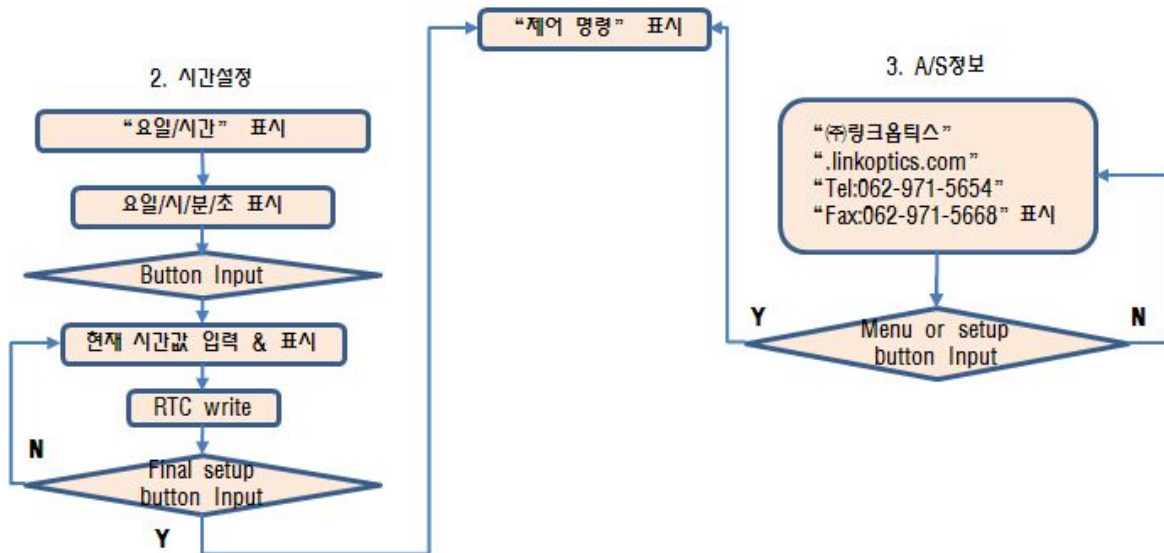
Frame Structure: STX(1) + ID(1) + ID_Mode(1) + PWM(3) + ETX(1)
 Total: 7 bytes

<System S/W Block Diagram>

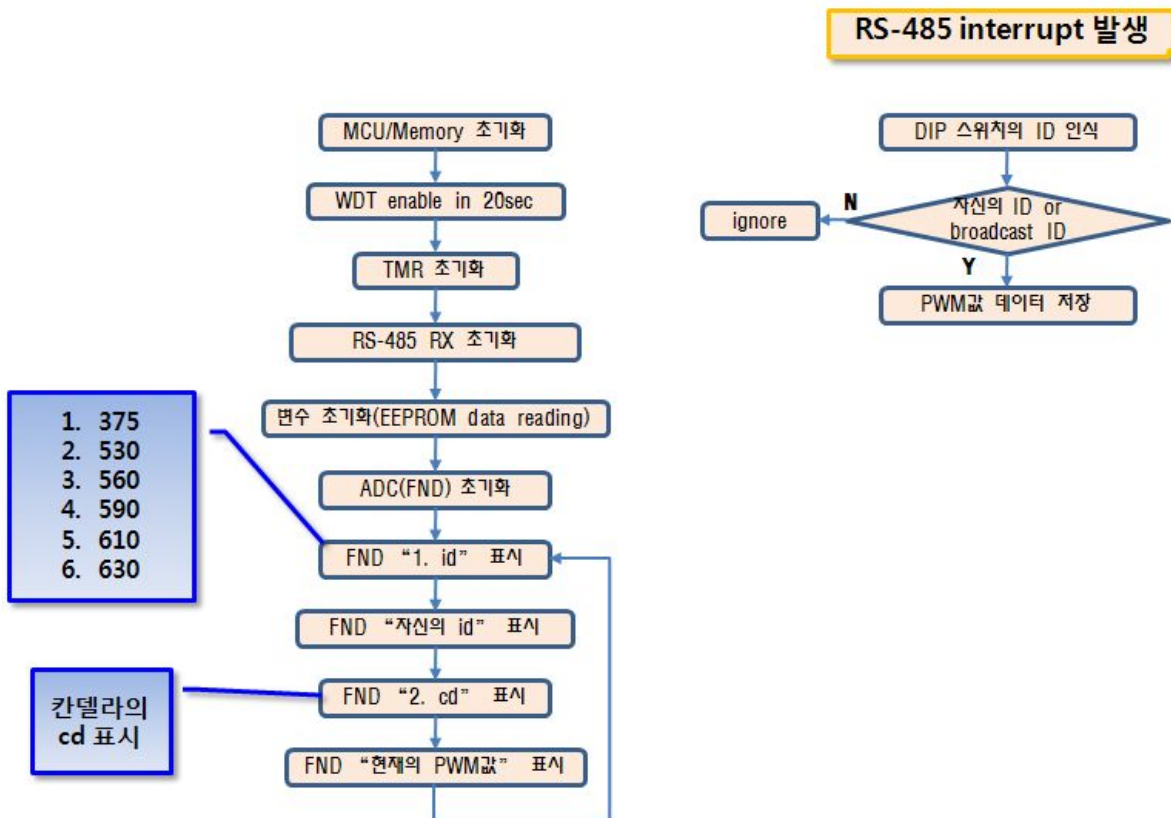
각 주제어기와 부제어기는 RS-485 통신을 통해 통신함으로써 원격조정이 가능하도록 설계되었으며, 그 통신 프레임은 전체 7바이트의 크기로 설계되었음. 각 프레임 안에는 각 모듈을 구분하기 위한 Identifier와 PWM 값을 포함하고 있어 자신의 ID와 비교하여 해당 PWM값을 적용할 수 있도록 구성되었음. 또한 주제어기는 EEPROM을 가지고 있어, 중간에 전원이 차단되더라도 설정된 값을 저장하여 다음에 동작할 시에 기존의 설정된 값을 이용하여 동작할 수 있도록 하였음.



<주제어기의 S/W Flow Chart 1>



<주제어기의 S/W Flow Chart 2>

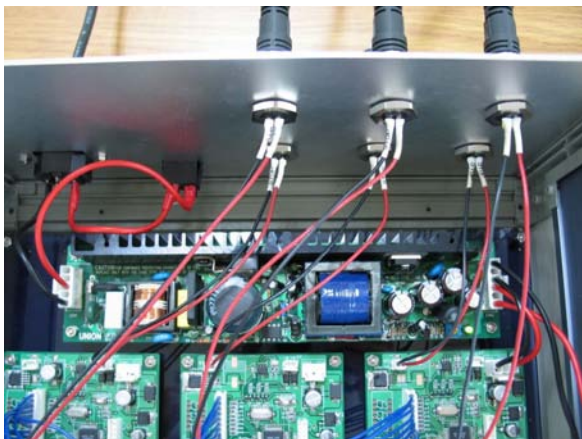
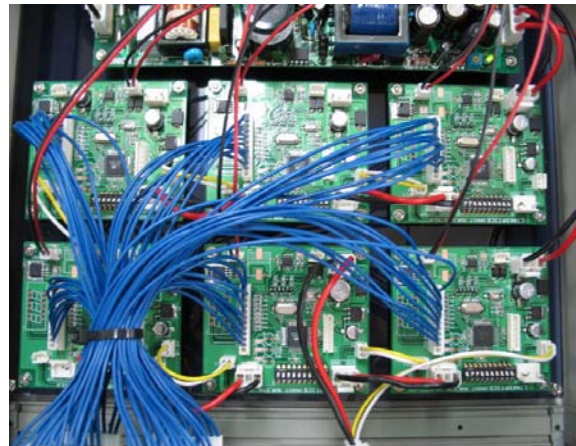


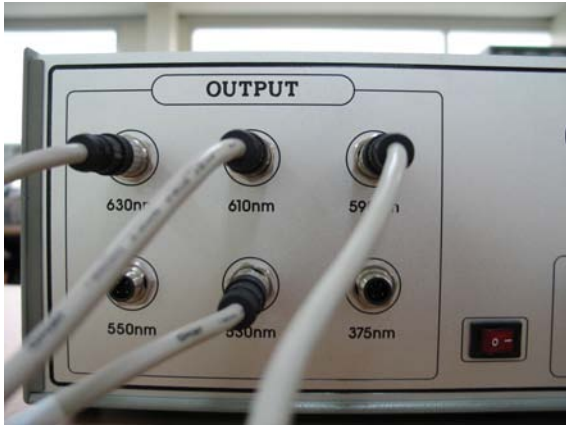
<주제어기의 S/W Flow Chart 3>

주제어기의 프로그램은 버튼을 통한 메뉴로 동작하도록 되어 있기 때문에 메뉴 단위로 Task 형태로 동작되도록 설계되었음. 따라서 다음 메뉴 버튼 입력이 없으면 현재의 메뉴 선택에서 머물러 있도록 하였으며, 선택이 마무리되면 반드시 EEPROM에 설정 값들을 저장되도록 하였음. 설정된 값들은 바로 LCD 창에 표시되어 사용자가 메뉴 선택 시 실시간으로 확인할 수 있

도록 하였음. 또한 주제어기에서 설정된 값은 RS-485 통신을 통해 실시간으로 부제어기로 전송됨으로써 설정값에 따라 실시간으로 동작되도록 설계하였음. 부제어기는 주제어기의 명령어에 의해 동작되기 때문에 RS-485 인터럽트 핸들러를 중심으로 동작됨. 따라서 인터럽트가 발생되면 바로 데이터를 확인한 후 자신의 ID를 확인하여 맞으면 바로 설정된 값을 적용하도록 하였으며 동시에 FND(7-Segment)에 설정된 값을 표시하도록 하였음.

LED 제어기와 모듈을 제작하여 조립한 모습이 다음의 그림으로 나타내었음.





<제어기 제작 시 조립 모습>

제어기를 이용하여 각 파장별 조도를 제어할 수 있도록 하였음. 이러한 조도는 우측에 위치한 LCD 창을 통해 개별 LED 모듈을 선택하여 상하버튼을 통하여 조절하도록 하였으며, 좌측에 위치한 FND에 숫자로 0 ~ 255의 PWM 값이 실시간으로 표기됨으로써 조도값을 직접 눈으로 확인하면서 조절할 수 있고 동시에 FND의 값을 확인하여 자신의 설정값들이 정확히 적용되는 지도 실시간으로 확인 가능함



<LED 모듈별 FND 조도 표시부>



<메뉴 표시부>



<조립 완료된 제어기 모습>

각 파장별 최대부터 최소(Off 상태)까지 조절이 가능함. 이러한 조도는 실험장비에서 필요한 요소이며, 일반적으로 해충에 반응하는 조는 약 10~20Lux 정도이므로 낮은 조도를 조절하여 실험하게 됨. 다음은 각 모듈별 조도를 실험한 내용임. 이 실험값은 실험실 내에서 실내조명을 끄고 실험박스의 외부를 차단하여 조도계로 자체 측정된 값을 나타내었음.

	모듈 파장	조도값 (Lux)
1	375nm	-
2	530nm	4,839
3	560nm	480
4	590nm	843
5	610nm	526
6	630nm	2,100

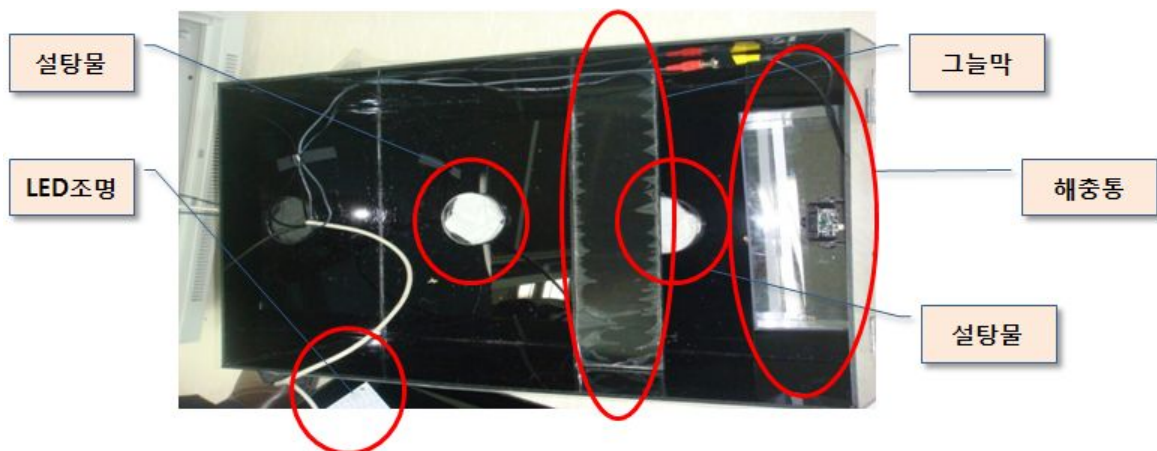
<각 모듈별 조도 측정값>

8.1.3. 개발된 시스템의 자체 Field Testing

다음은 현장에 적용하기 전에 자체적으로 실험실에서 테스트를 진행한 내용임. 이미 개발된 LED 모듈 및 제어기를 이용하여 채집된 들깨잎말이명나방, 담배거세미나방 등을 이용하였음. 실험박스는 아크릴을 이용하여 자체 제작하였음. 다음은 자체적으로 실험한 조건들을 나타냄.

	조 건	값	비고
1	실험 해충	담배거세미나방 / 파밤나방 / 들깨잎말이명나방	
2	실험박스 크기	420mm(W) * 320mm(H) * 710mm(L)	
3	온도	26℃	
4	습도	75%	
5	조도	1,200lux (직하 43cm)	
6	실험 파장	590nm / 630nm / 375nm	

<자체 테스트 실험 조건>



<자체 테스트를 위해 제작한 실험 박스>

도시된 바와 같이, 박스 내부의 한쪽에서 개발된 LED 모듈을 이용하여 특정 파장대역의 빛을 조사할 수 있도록 하였으며, 다른 한쪽에서는 해충통을 통해 채집된 나방을 방사하여 조명 쪽으로 날아가는지 아니면 내부에 중간에 위치한 그늘막 밑에 밀집되는지를 알아보기 위한 실험임. 각 LED조명 쪽과 그늘막 쪽에 설탕물을 넣어두어 해충의 친밀도 조건을 동일하게 하였으며 싫어하거나 좋아하는 등의 해충들의 반응을 관찰하기 위해서 실험장치 내에 카메라를 실내에 설치하였음. 실험 중간에 해충의 위치를 파악하기 어려운 관계로 해충이 모두 죽을 때까지 약 1주일간 실험한 후 카메라로 모두 죽은 것을 확인 한 후 뚜껑을 개방하여 죽은 사체의 위치를 파악하였음. 다음은 테스트 진행 모습을 나타냄. 컨트롤러는 랙 뒷부분에 가려져 보이지 않지만 각 카메라 저장장치와 함께 설치되었음.



<해충방제 자체 테스트 모습>

다음은 그 실험 결과를 확인하기 위해서 뚜껑을 개방하는 모습을 나타냄.

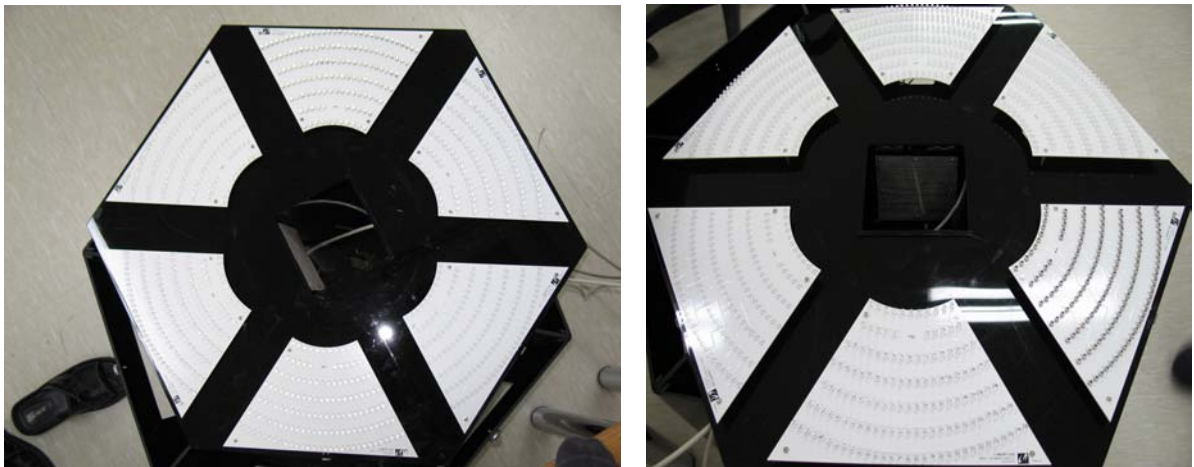


<해충방제 자체 테스트 결과>

실제적으로 실험실 내에서 테스트한 결과 그 개체수의 한계로 인하여 예측하기 어려운 모습을 보임. 즉, 해충의 사체위치 및 카메라 녹화내용을 기반으로 LED 파장의 좋아함과 싫어함을 판단하지만 그 행동이 매우 해석이 난해하며 사체의 위치도 보는 바와 같이 여러 군데에 흩어져 있기 때문에 확정적으로 판단하기 어려운 결과를 얻었음. 다만 375nm의 UV LED 경우에는 해충의 사체 및 행동으로 미루어보아 좋아하는 파장임을 확인 할 수 있었음.

8.1.4. 개발된 시스템의 현장설치

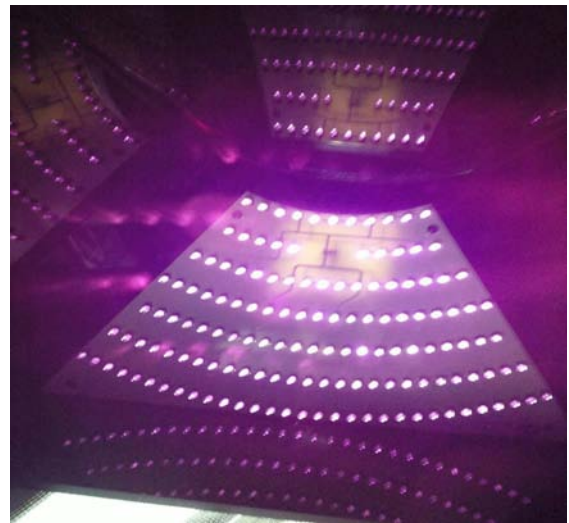
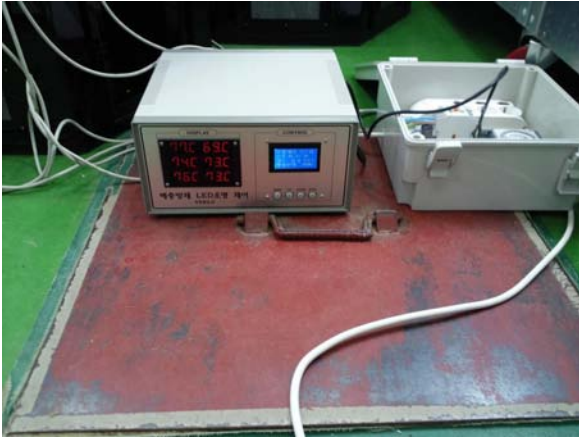
다음은 조립된 LED 모듈을 실제 현장 실험장비에 설치한 모습임. 실험장비는 각 6개의 각기 다른 파장 대역의 빛을 각각 차단하여 중앙에 위치한 해충의 위치를 파악할 수 있도록 설계된 특수장비이며, 이 장비의 상단에 모듈을 설치하여 내부 조도를 높이도록 하였음.



<실험장비에 설치된 LED 모듈>

이 사진들은 본 과제에 공동으로 수행하고 있는 밀양의 국립식량과학원과 전남대학교의 실험실에 각각 설치된 모습을 나타냄.





<개발된 시스템의 현장 설치 모습>

실험장비는 각 실험실에 위치한 실험장비에 설치하였음. 설치되는 과정에서 각 6개의 모듈 광도를 측정하여 약 $0.125 \sim 0.25 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-3}$ 정도로 맞추어 실험할 수 있는 환경으로 설정하였음. 실험실 자체에서 온습도가 조절되며 각 포집된 해충들이 바로 실험될 수 있도록 같은 장소에 설치하였음. 시스템 내부에 타이머가 있기 때문에 메뉴에서 시간설정을 하면 자동으로 온/오프 기능을 사용할 수 있었으나 사용자의 편의에 따라 자신들이 가지고 있는 아날로그 타이머를 사용하여 전원을 온/오프하여 실험하였음

8.5 해충의 산란/교미 실험용 LED 파장제어 모듈 개발

8.5.1 해충 산란/교미 실험용 LED 모듈 개발

해충방제에 대한 산란 및 교미 실험을 위해 새로운 실험장비를 개발하였으며 이 새 장비에 설치할 파장 제어 모듈을 개발하였음. 이 모듈은 기존에 사용하였던 6개의 파장 (375nm/530nm/560nm/590nm/610nm/630nm)을 이용하여 같은 제어기로 파장을 제어할 수 있도록 하였음.

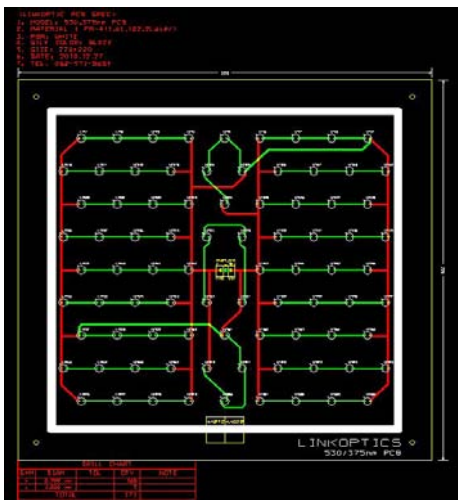


<모듈이 설치될 새로운 실험장비 모습>

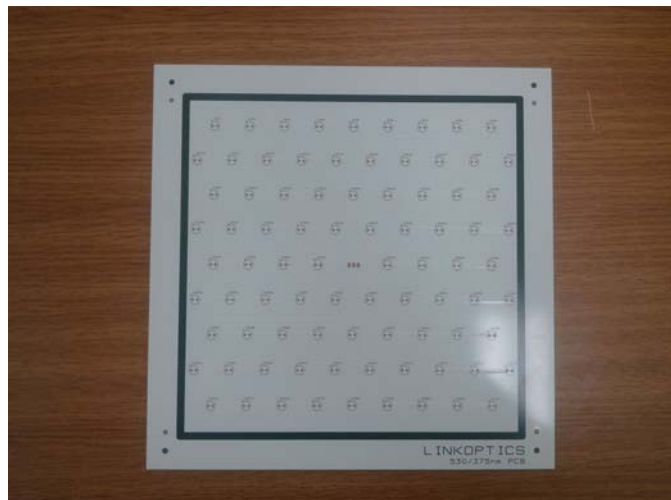
새 LED 모듈은 실험장비 위 창의 크기에 맞추어 220mm * 220mm로 설계되었으며 장비의 높이에 해당하는 조도의 조절이 가능하도록 설계되었음. 새 실험장비는 기존의 장비보다 높이가 높아 기존의 LED 모듈보다 높은 조도를 요구하였음. 하지만 기존의 모듈광도가 충분하기 때문에 LED 모듈 설계에서 같은 광도를 조사하도록 설계하였음.



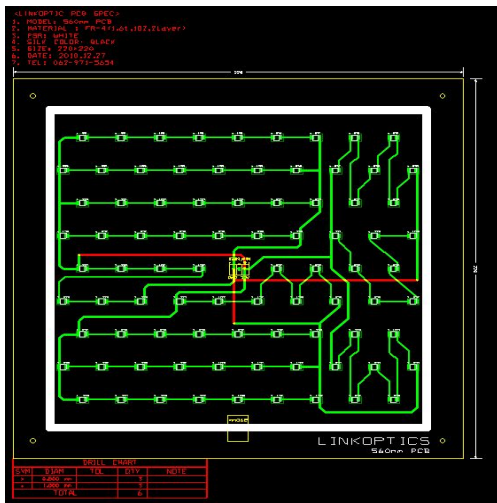
<새로운 모듈이 설치된 모습>



<모듈 1 Artwork>



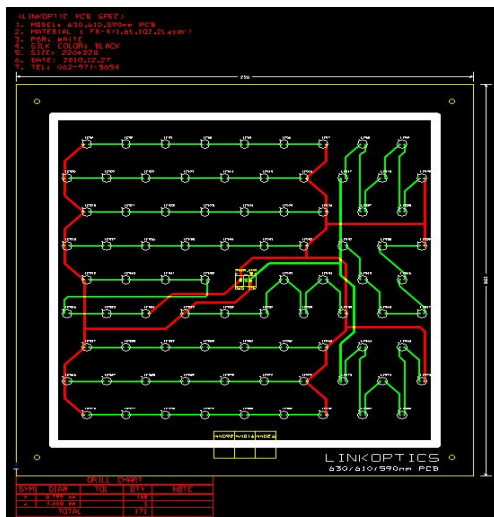
<모듈 1 모습>



<모듈 2 Artwork>



<모듈 2 모습>



<모듈 3 Artwork>

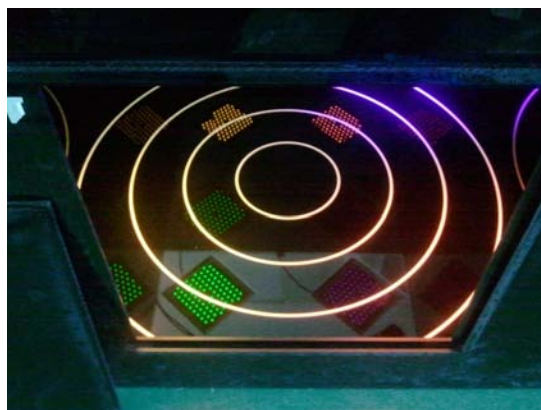
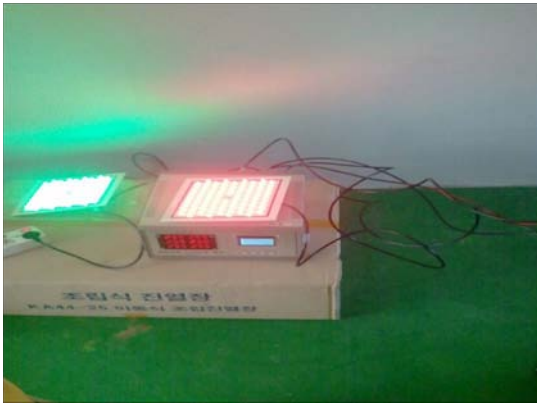


<모듈 3 모습>

보는 바와 같이, 6종류의 LED를 각 3가지 타입의 패턴을 이용하여 6가지 파장별 모듈을 설계하였음. 이러한 종류는 각 LED의 소모 전력량을 계산하고 각각의 직병렬 조합을 통해 모듈이 설계되었으며, 각 모듈은 제어기와 연결되어 파장제어를 수행할 수 있도록 하였음.

8.5.2 현장 설치 모습

개발된 모듈은 밀양 국립식량과학원에 설치되어 실험되었음. 설치된 공간은 밀양 국립식량과학원 실험실이며, 각 실험요원 및 실험관계자들이 실험할 수 있도록 특수 설계된 장소임. 실험실 내에서 각 온도 및 습도 조절이 가능하며, 다양한 해충 관련된 실험들이 동시에 실시되고 있으며 현재 본 실험 외에도 실험 장비 마다 다양한 병충해 실험들이 수행되고 있음.

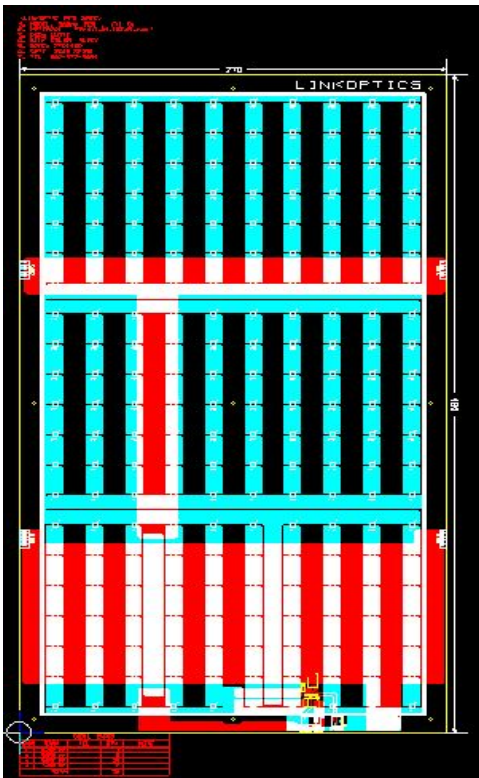


새롭게 설계된 실험장치는 중앙 내부에 원반이 그려져 있어 해충들의 위치파악이 용이함. 또한 상판의 모듈이 동시에 4개가 실험할 수 있도록 되어 있어 6개의 모듈을 다양한 조건들로 반복 실험하도록 구성 되어 있음. 따라서 실험시에 운용되는 LED 모듈은 4개이기 때문에 실험에 사용되지 않는 모듈은 오프시켜 놓고 실험할 수 있음.

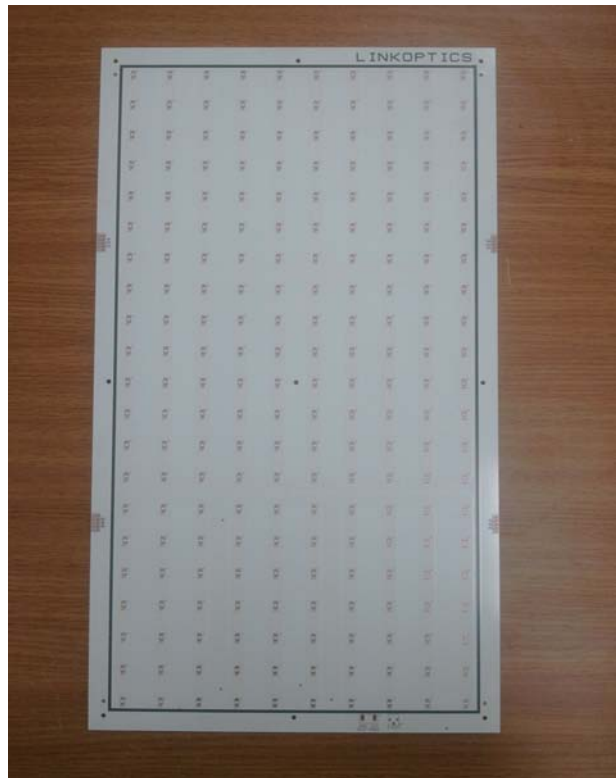
8.6 토양실험용 LED 모듈 개발

8.6.1. 토양실험용 LED 모듈 개발

해충방제용 LED 파장이 일반 토양에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 실험을 하기 위하여 그에 대한 파장제어 모듈을 개발하였음. 이 모듈은 기존에 사용하였던 6개의 파장 (375nm/530nm/560nm/590nm/610nm/630nm) 중 560nm 대역만을 사용하여 설계되었으며 이는 토양을 기준으로 1m 높이에서 $0.375\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-3}$ 의 광도를 발광할 수 있도록 제작되었음.



<토양실험용 모듈 Artwork>



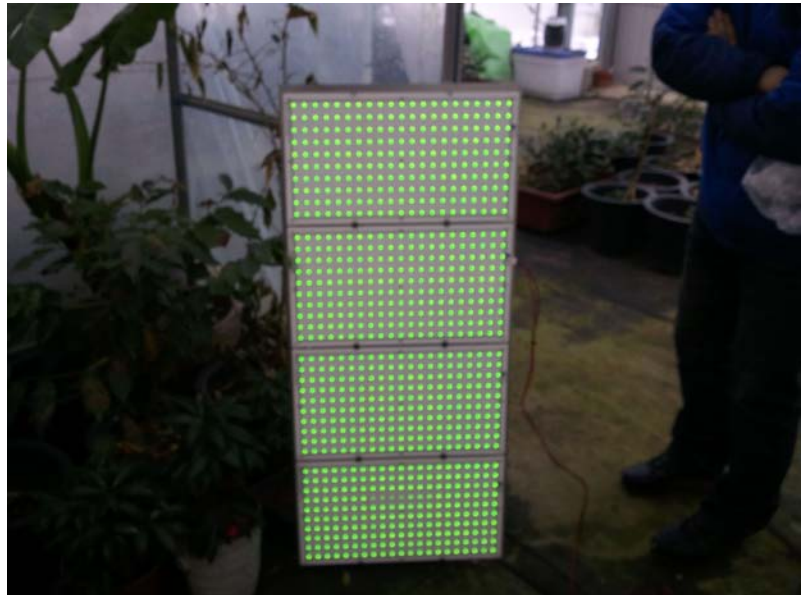
<토양실험용 LED 모듈>

실험자의 요청으로 별도의 제어기는 제작되지 않았으며, 단지 가변저항을 이용하여 모듈자체에서 저항값을 가변함으로써 Dimming이 이루어지도록 하였음. 총 210개의 SMD타입의 LED를 이용하여 480 * 270mm 크기를 갖는 모듈 4개를 이어 하나의 모듈로 제작하였음. LED 기판을 지지하기 위해 알루미늄판을 제작하여 일체시켰기 때문에 전체 총 무게는 6.84Kg이 나가며 따라서 실험실 상부에 모듈을 지지할 수 있도록 모듈걸이를 부착하였음.

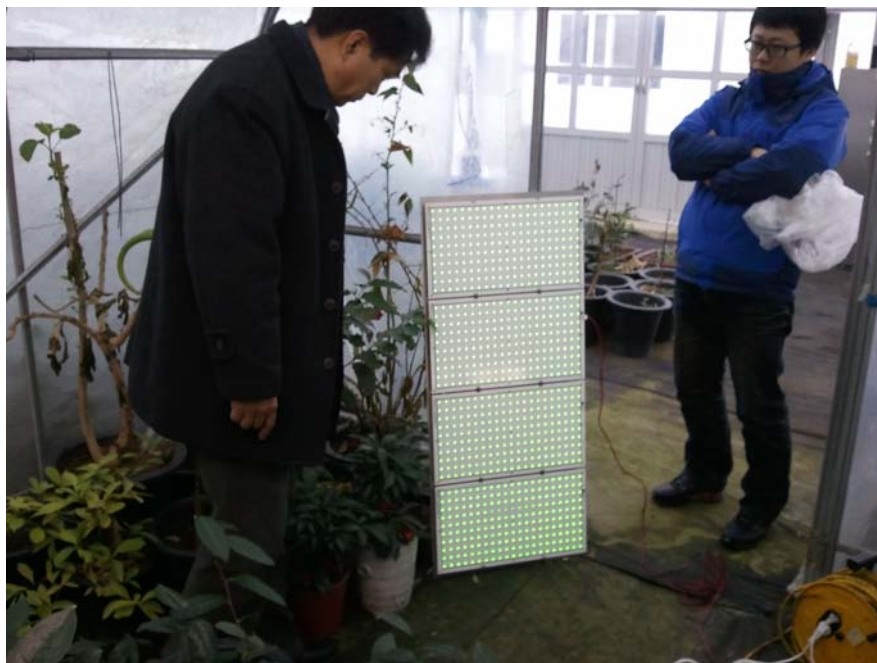
8.6.2 현장 설치 모습

개발된 모듈은 전남대학교 하우스 내의 실험용 하우스에 설치되어 실험되었음. 같은 하우스 내에서도 다

양한 실험이 실시되고 있으며, 각 해충들이 실제로 존재하는 실험 장소임. 토양은 기존에 사용하던 일반 실험토양을 사용하였으며 다양한 조건으로 조절하도록 온습도가 시설내 하우스에서 조절됨.



<현장에 설치될 토양실험용 560nm LED 모듈>



<현장에서 560nm LED 모듈의 테스트 모습>

8.7 LED 해충 포집기 개발

8.7.1 해충포집용 LED 조명등기구 설계 및 개발

본 과제는 LED 파장을 이용하여 해충을 방제하기 위한 시스템을 개발하는 것이 목표이지만, 한편으로는 LED 파장을 이용하여 해충을 포집하여 박멸할 수 있는 등기구를 개발함으로써 하우스 농가의 해충방제에 큰 영향을 미칠 것을 판단되어 다음과 같은 LED 해충 포집기를 설계하였음. 다음은 해충 포집기 스펙을 나타낸 표임.

순서	Specifications	Values	비고
1	LED 파장	655nm / 430nm / 375nm	375nm는 해충 포집용
2	포집기 크기	120mm(H) * 88mm(W) * 88mm(L)	
3	Adaptor	12V / 1A	
4	조명 방향	좌우: 175°, 상하: 20°	상하 6단계 조절
5	해충 박멸	고압사용(2,700V Inverter)	
6	포집통	포집기와 기구적 분리	

<LED 해충 포집기 Specification>

이러한 포집기는 일반 가정에서 해충을 포집할 수 있도록 화분위에 위치하여 상향으로 해충 유인용 LED를 조사하도록 설계되었음. 본 포집기는 광합성에 도움이 되는 655nm의 파장과 엽록소에 도움이 되는 430nm의 파장을 함께 조사하도록 되어 있음. 왜냐하면 모든 해충들은 식물위에서 생활하며 포집하기 위해서는 반드시 식물에 조사하도록 해야 하는데 식물에 해를 입히지 않고, 더 나아가 식물생장에 도움이 되는 LED 파장을 함께 조사하여 식물생장에 도움이 될 수 있도록 하였음. 또한 375nm의 UV-A 대역의 LED를 사용하여 해충의 포집을 유도하였음. 포집용으로 선택된 LED 파장은 기존의 BLB (Black Light Blue) 램프를 이용하여 설계된 모기포집기의 파장과 많은 부분 일치하며 UV-A 대역의 파장을 이용한 포집기는 종래에 다수 제품이 존재함. 이 파장을 선택하기 위해서 별도의 BLB와 BL 그리고 3파장 램프를 이용하여 해충포집 실험을 하였음.

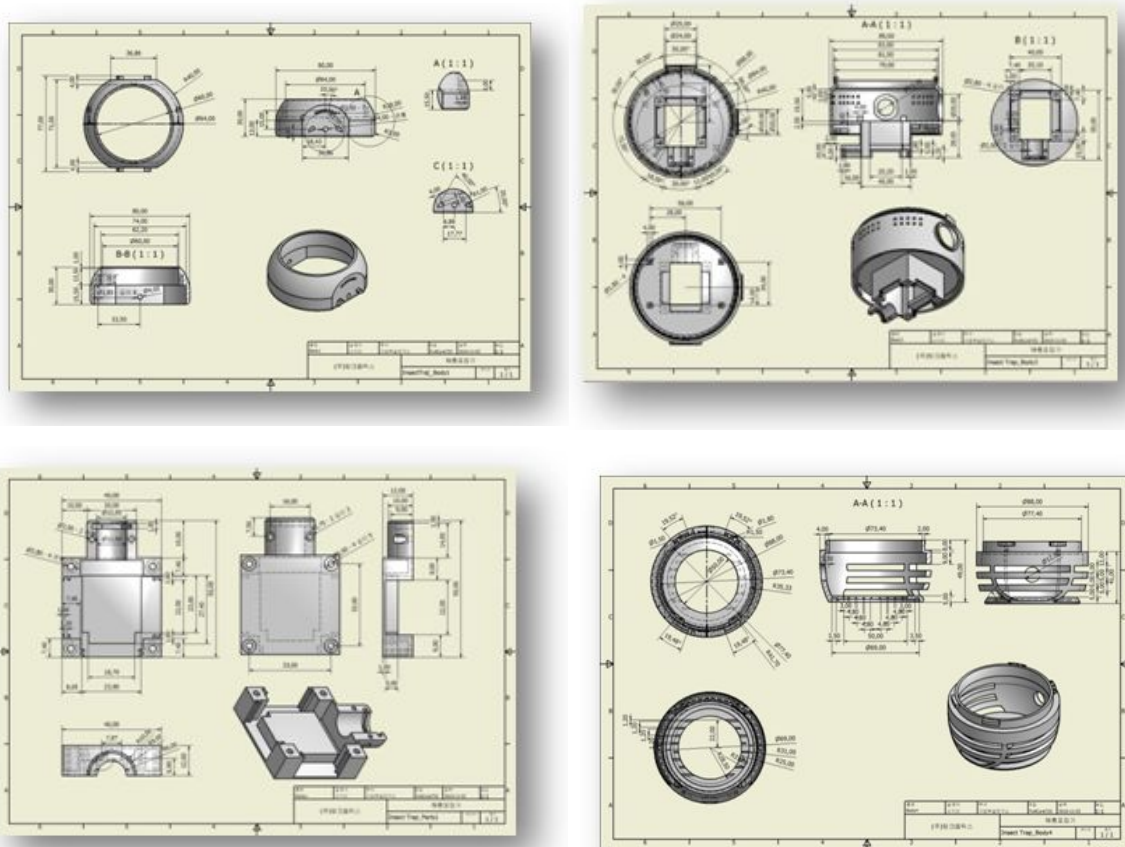


<BLB/BL/3과장 램프를 이용한 해충포집 실험 결과>

그림에서 보는 바와 같이, UV-A 대역을 갖는 BLB램프의 포집기에서 해충들이 가장 많이 포집되는 것을 알 수 있다. 따라서 본 실험에서는 UV-A 대역을 갖는 375nm의 과장대역 LED를 이용하였음. 한편, 식물의 하부에 위치한 포집기는 밑에서 위쪽으로 조사되도록 되어 있는데 이때 해충이 조사된 빛을 따라 식물줄기를 타고 내려오면 포집기의 하부에 Sub Module에서 포집용 LED 빛이 조사되어 포집통 안으로 들어오도록 설계하였음. 포집통 안으로 들어온 해충들은 내부에 있는 인버터의 강압으로 태워 제거되도록 하였음.

8.7.2 해충포집용 LED 조명등 기구 설계

다음은 포집기의 기구설계 도면을 나타냄. 전체적으로 상판과 중간바디, 그리고 포집통으로 나뉘어 설계되었음



8.7.3. 해충포집용 LED 조명등 회로설계

다음은 포집기의 기구설계 도면을 나타냄. 본 포집기에서는 375nm : 655nm : 430nm의 LED를 36 : 25 : 6의 비율로 설계하였다. 또한 외부의 스위치를 이용하여 사용자로 하여금 3단계로 Dimming이 이루어지도록 설계하였음.



<LED Module: Lamp 타입>

<LED Module: SMD 타입>

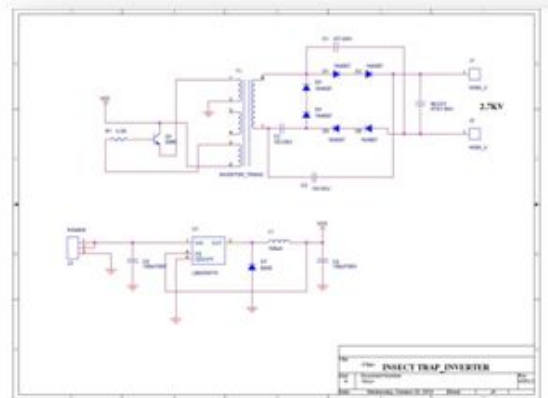
다음은 LED 포집기의 회로를 나타냄. 하단의 LED Sub Module은 375nm의 LED 모듈을 설치하여 상부에서 유인된 해충들이 하부 모듈의 조사된 빛을 보고 포집통으로 유인할 수 있도록 설계되었음. 따라서 유인된 해충은 내부의 Inverter 회로로 감전시켜 해충을 박멸시킬 수 있는 기능을 제공함. 본 Inverter는 순간 2,700Volt까지 승압되도록 설계되었으며 박멸된 해충들은 포집통안으로 들어가게 되고 차후 포집기와 분리하여 편리하게 제거할 수 있도록 기구적으로 설계되었음.



<Inverter 회로>



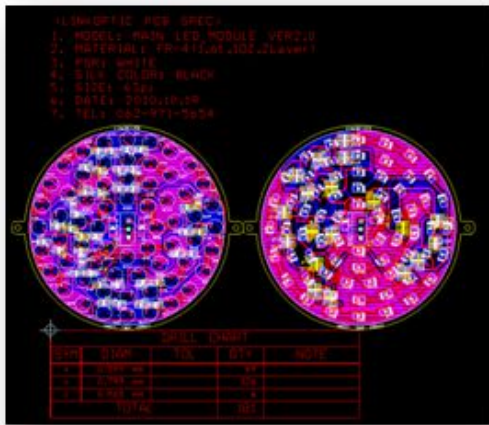
<LED Sub Module>



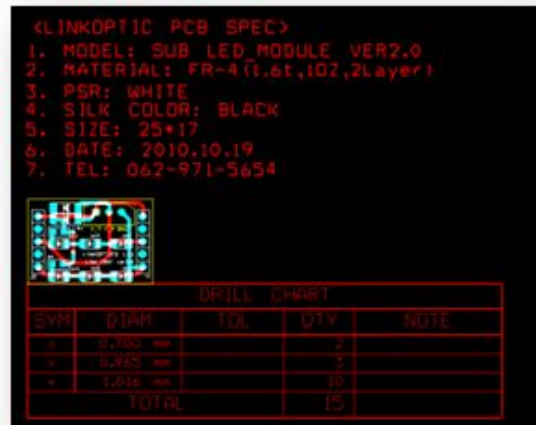
<Inverter 회로도>



<Inverter Module Artwork>



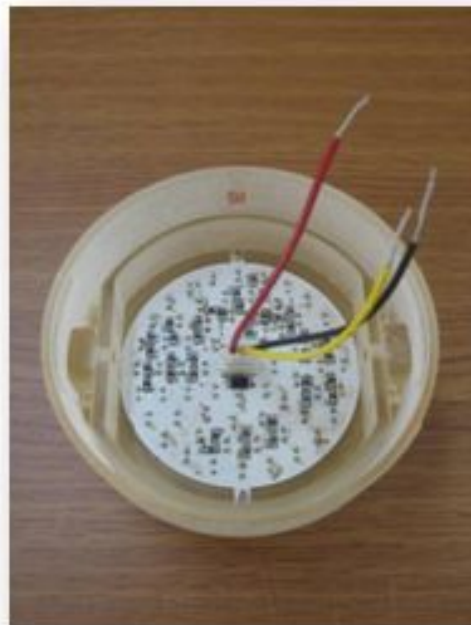
<Main LED Module Artwork>



<Sub LED Module Artwork>

8.7.4 해충포집용 LED 조명등 조립과정

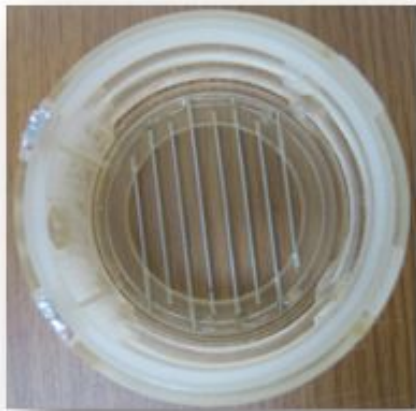
해충 포집기는 크게 3부분으로 나눌 수 있음. 상부 주 LED 모듈을 포함하고 있는 상판과 중간 LED 드라이버와 Inverter 회로 및 스위치를 포함하고 있는 중간 바디부분과 하단에 위치하여 포집된 해충들을 담고 있는 부분을 포함하고 있는 포집통임. 포집통 내부에는 해충들이 감전되어 제거될 수 있도록 감전 부분이 철사로 포설되어 있음. 감전부분은 중간바디에 있는 Inverter와 연결되기 위한 중간바디와 포집통의 접점부분이 존재하게 됨. 이 접점부분은 어댑터가 중간바디 부분에 연결되어 포집통까지 전력을 전달하게 하기 위해서임.



<상판 모듈 조립>



<중간 바디 조립>



<포집통 조립>



<조립완료 및 동작확인>

8.7.5 해충포집용 LED 조명등 필드 테스트

다음은 개발된 LED 해충 포집기를 이용하여 각지층의 해충포집을 실험하고 있는 모습임. 실험실에 있는 화분에 각지층의 행동을 테스트하였음.



9. 40W 조명모듈 및 제어기구 제작

9.1 해충방제용 40W급 조명모듈

해충방제용 LED조명과 제어기구제작을 위하여 다음과 같은 스펙을 정하였다. 케이스 규격의 크기는 L 600mm × W 400mm × H 55mm이고 무게는 1250g이다. 재질은 몸체부분은 알루미늄 판재(두께 2T)를 사용하였고 투광부 커버는 반투명 확산 PC(1.5~2T)를 사용하였으며 방수 등급은 IP 65 이상 재질이다. LED PCB 규격으로는 FR-4 300mm × 250mm × 1.6T × 2매를 사용하는 형태로 설계하였다.

LED조명을 위해서 칩은 Green LED 3Chip 54_50 Size(550~560nm)를 사용하여 수량 12개 × 14열 × 2매 = 226개를 어레이하는 형태로 하였다. 사용전압은 DC 24V이고 광출력은 336개 × 0.12W = 40W(LED소비전력)이며 방사각은 120° 이상이다. SMPS 규격은 크기가 L 183mm × W 62.5mm × H40.5mm이고 무게는 560g이다. 전기적 특성으로는 입력이 AC 90~265V/0.5~0.8A이고 PFC는 0.9 이상, 효율 89%, 출력 : DC 22~27V, 1.9~2.5A, 60W에 방수 등급 IP 66 이상을 갖는다.



회로도 및 연결도

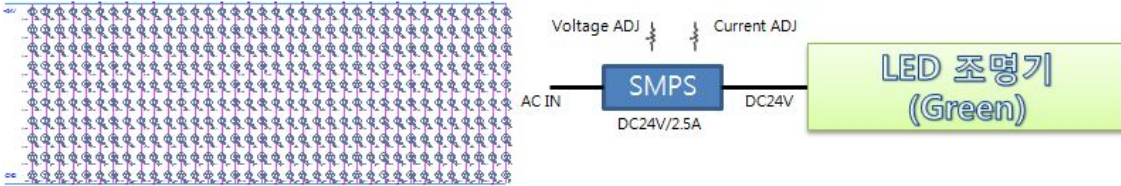


그림. 해충방제조명기 LED광원배열 모듈과 전원부모듈 구조도

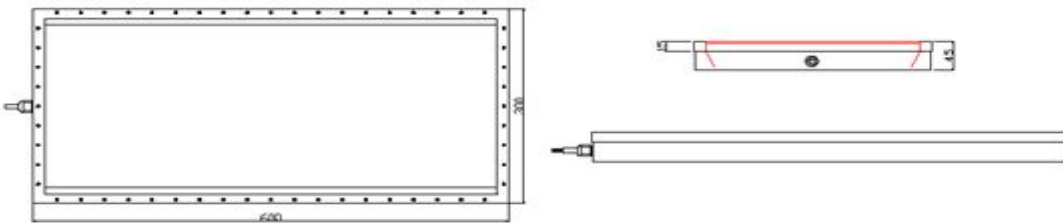


그림. 조명모듈 케이스 형상도

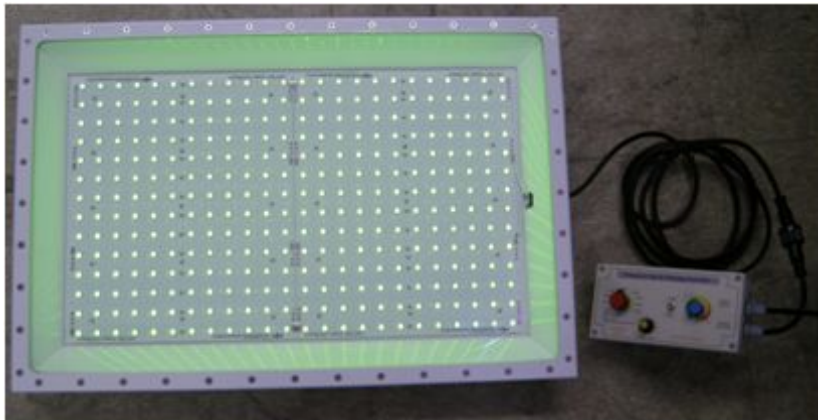


그림. 해충방제용 40W급 조명모듈

9.2 해충방제용 40W급 조명모듈제어기

해충방제용 40W급 조명모듈을 제어하기위한 케이스 규격은 크기가 L 220mm × W 110mm × H 80mm이고 재질은 ABS 수지로 하였으며 방수 등급은 IP 65 이상이다. 전기적 특성으로는 발진주파수를 50Khz ~700Khz(8단 고정 주파수 및 가변주파수 조정)사이에서 8단으로 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700Khz 에서 고정후에 세부적으로 주파수를 가변할수 있도록 설계하였다. 발진방식으로는 전용IC(XR-2206)에 의한 주파수 발진방식이고 출력은 0W~ 40W 가변

출력과 40W 고정출력이 가능하다. 사용전압으로는 입력 : DC 24V이고 출력 DC는 24V이다. 입출력 단자는 방수형 2P 커넥터를 사용하였다. 해충방제용 40W급 조명모듈제어기 계통도는 다음과 같다.

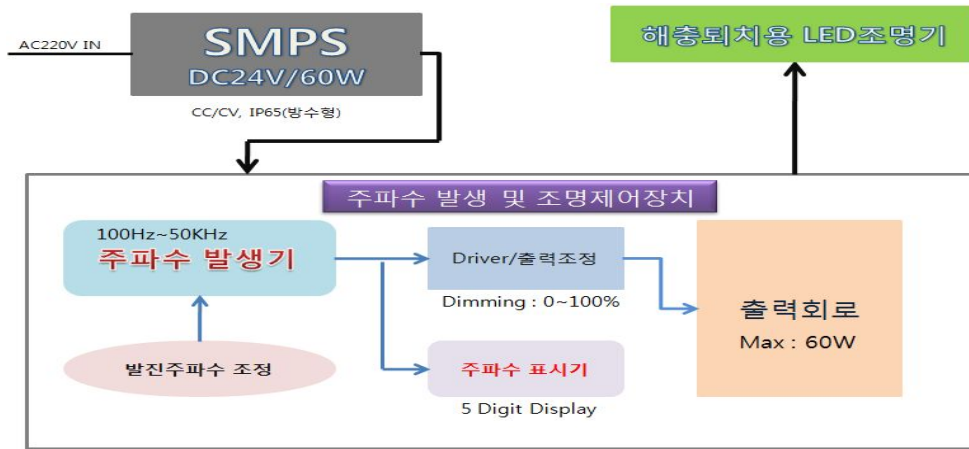


그림. 해충방제용 40W급 조명모듈제어기 계통도

주파수 표시부



6Digit FND표시로 1~100KHz의 발진 주파수를 실시간으로 표시하는 표시부로 주파수 카운터와 FND Display로 구성되어 있음.

주파수 발생부

XR-2206 IC에 의한 주파수 발생(4 Range : 1~100Hz/100~1KHz.1KHz~10KHz 100KHz~100KHz) 및 Range별 주파수 조정자로 원하는 주파수 조정



드라이브 및 출력조정부

주파수 발생부에서 발생된 주파수의 신호전력을 가감하여 출력회로에 공급하는 버퍼와 출력 조정회로로 구성되어 있음. 출력조정은 볼륨에 의해 0~50W(DC24V 기준) 까지 가변 되도록 되어 있음



출력 회로부

출력회로부는 주파수 발생부에서 발생된 주파수에 의해 출력 소자(MOS FET)를 ON/OFF제어하여 해충퇴치용 LED조명기에 DC전원을 공급하는 장치임.

그림. 해충퇴치용 LED 조명장치 각부기능설명도

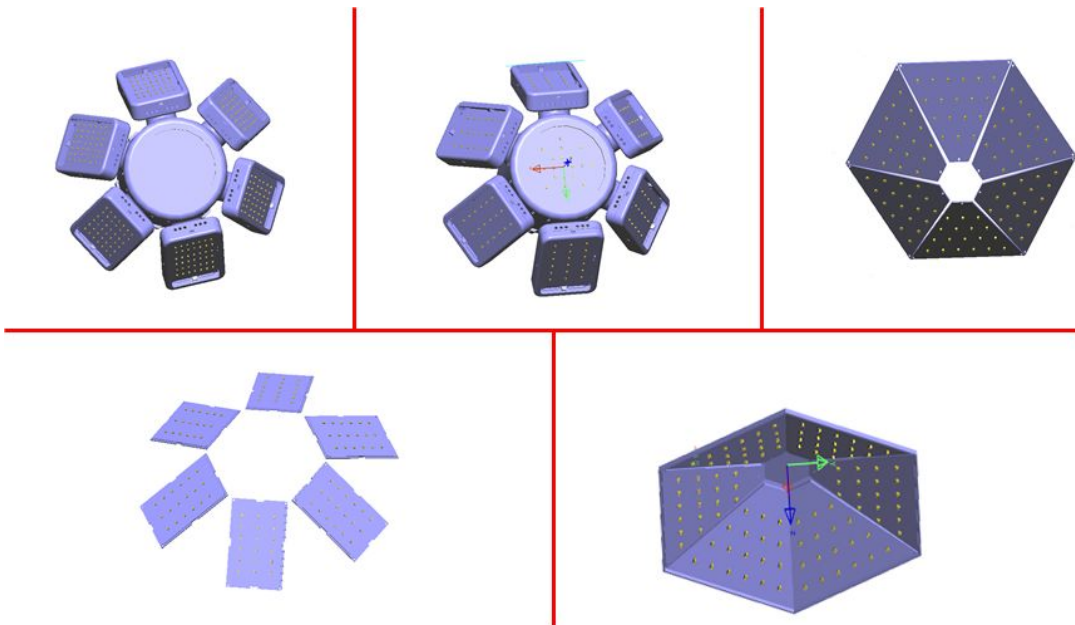
교류전원인 AC 220V가 SMPS(switching mode power supply 교환 방식 전원 공급 장치)를 통과한후에 주파수발생조명제어장치에 입력되어 주파수 발생 조명제어장치를 가지고 해충퇴치용 LED조명기를 제어하는 방식이다. 주파수발생기는 전기주파수를 조절하여 빛의 on/off 상태를 조절하게 만들어줌으로써 해충들에게 빛 교란으로 활동을 정상적으로 할수없게 만드는 방식이다. 주파수 발생 조명 제어장치는 주파수발생기, 주파수표시기, driver/출력조정, 출력회로등의 블록형태로 나뉘어진다. 주파수발생기는 주파수발생범위를 회로적으로 만들어 전해진다. 또한 빛의 파장변화 뿐만아니라 빛의 세기도 조절할 수 있도록 디밍 기능을 0~100%로 하였다. 주파수표시기는 5digit display할수있는 형태로 하였다.



그림. 40W급 조명모듈제어기

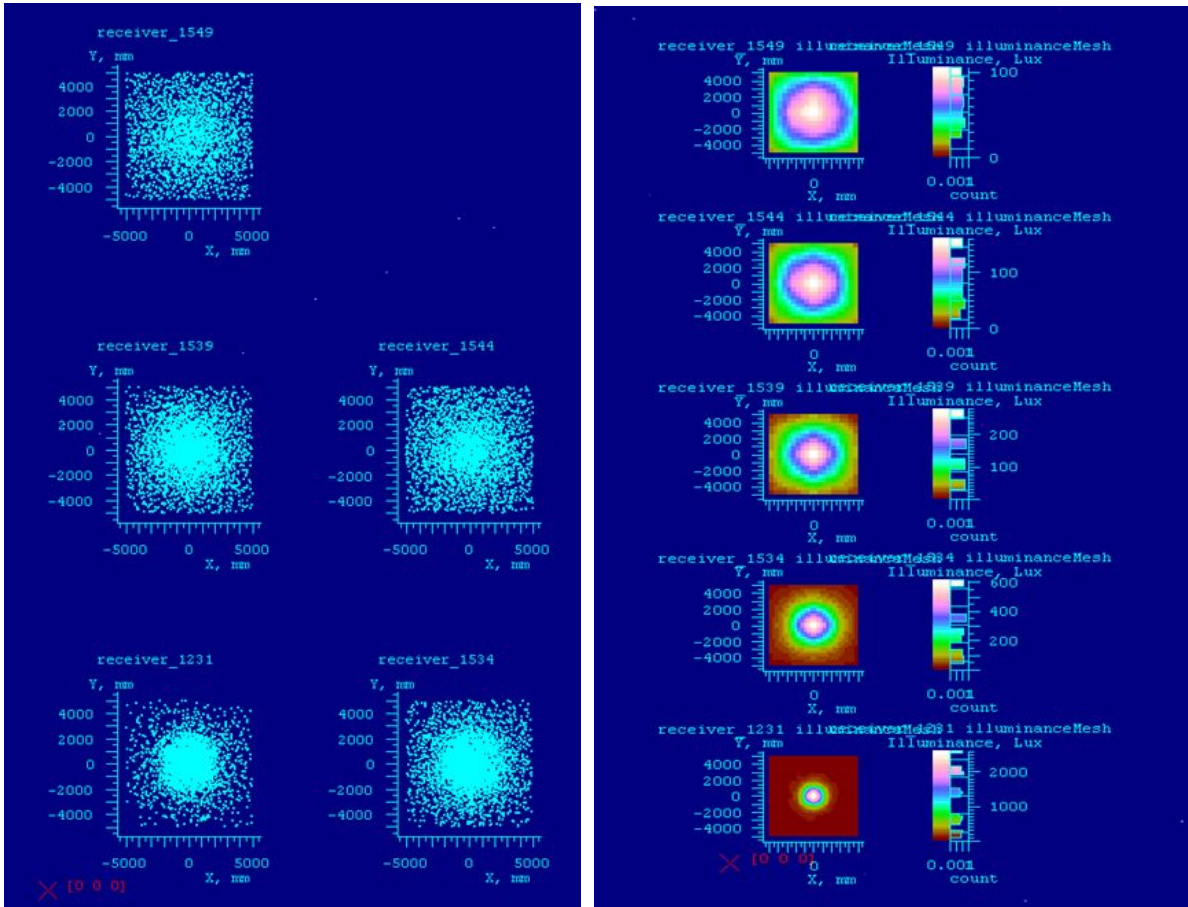
10. 농가현장 실험을 위한 LED 램프

○ 시설하우스 적용을 위한 LED 램프를 제작하기 위하여 다양한 형태로 디자인하여 광학 시뮬레이션을 수행하였다.

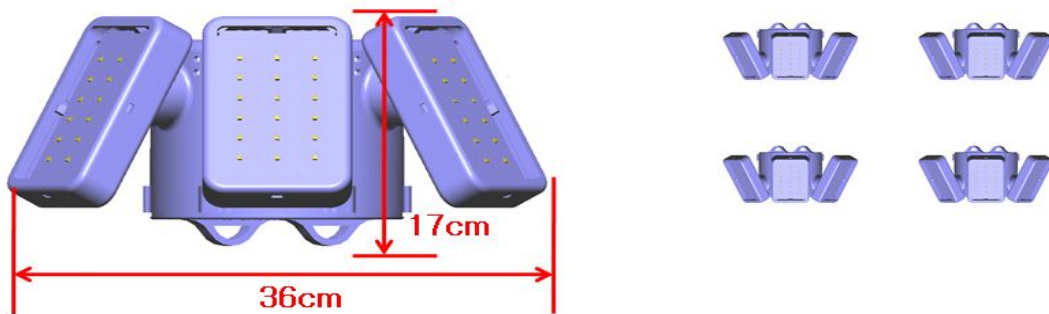


<시뮬레이션을 위한 다양한 형태의 LED램프>

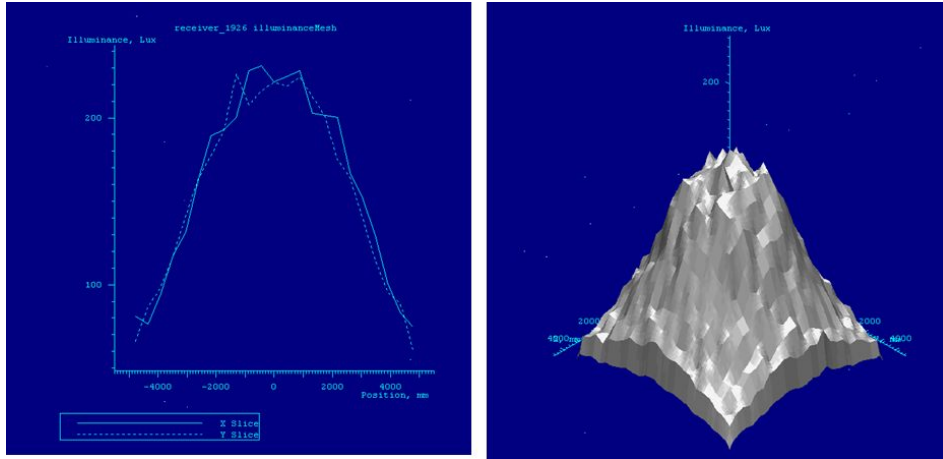
- 한면의 LED 개수 : 49개
- 전체 면수 : 6면
- LED간의 간격 : 10mm



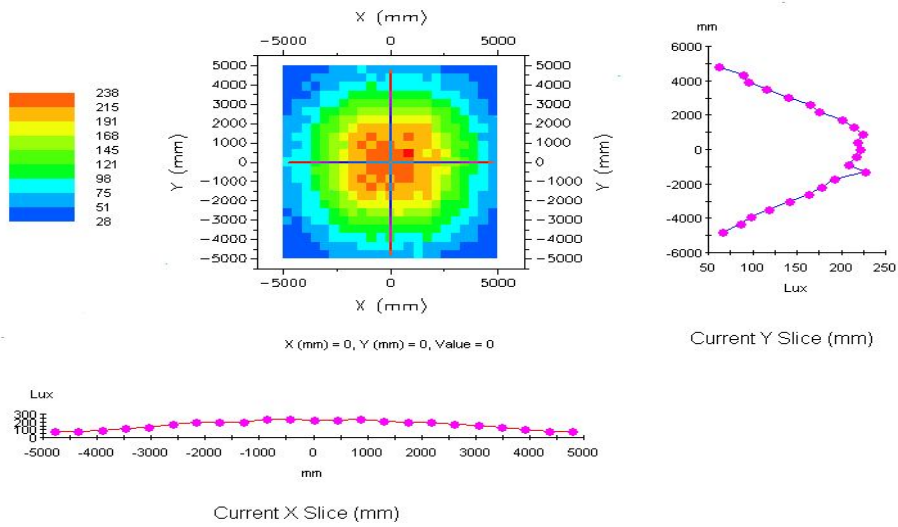
- 4개의 LED램프(3m * 3m)의 직하 조도 시뮬레이션



- 가로 X 세로
- 3M X 3M
- 18개 LED
- 62도
- 측정거리 : 3M
- 측정면적 : 10M X 10M
- 밀면 : LED 없음

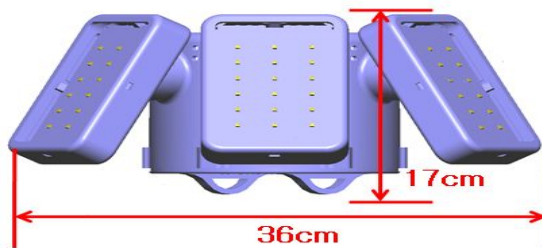


Illuminance Chart

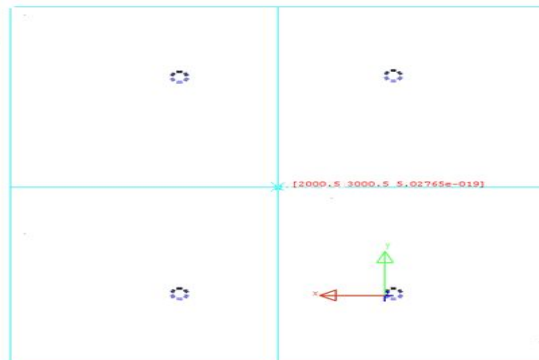


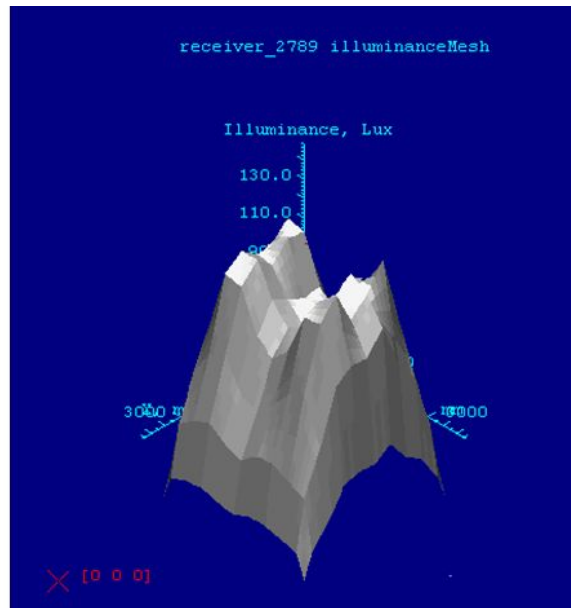
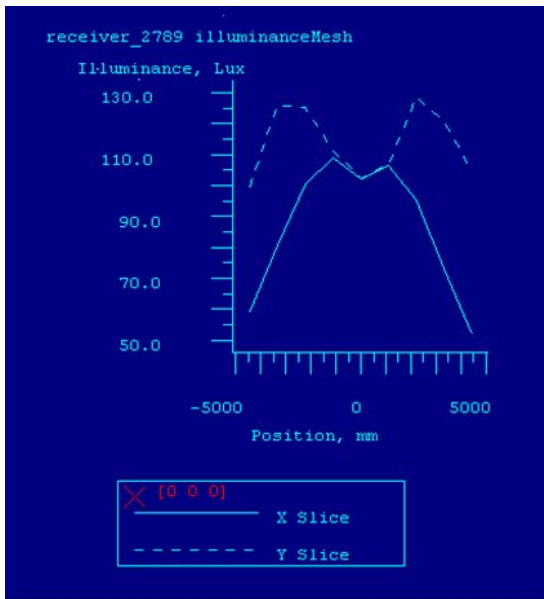
<4개의 LED램프의 직하 조도 시뮬레이션 결과>

○ 4개의 LED램프(4m * 6m)의 직하 조도 시뮬레이션



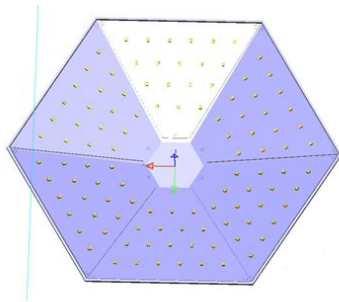
- 가로 X 세로
- 4M X 6M
- 18개 LED
- 62도
- 측정거리 : 3M
- 측정면적 : 10M X 10M
- 밑면 : LED 없음



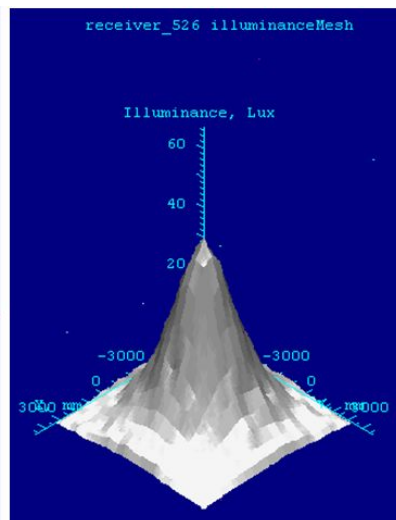
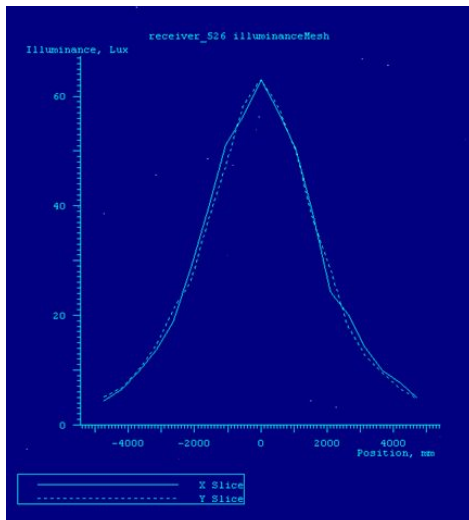
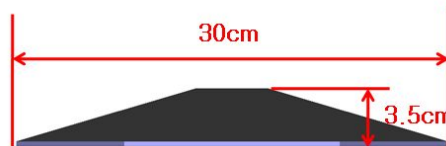


<4개의 LED램프(4m * 6m)의 직하 조도 시뮬레이션 결과>

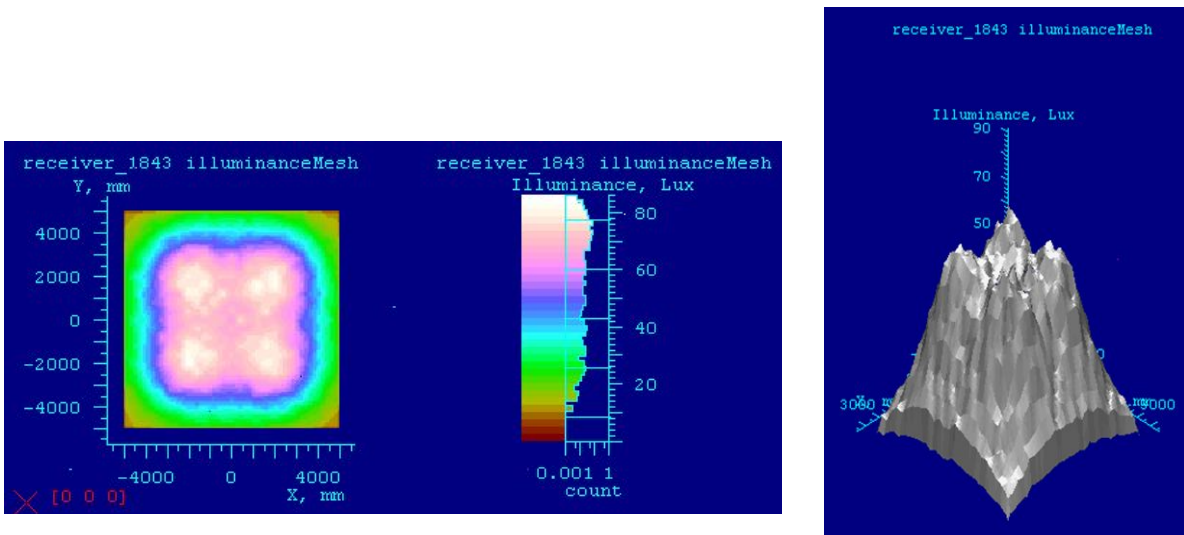
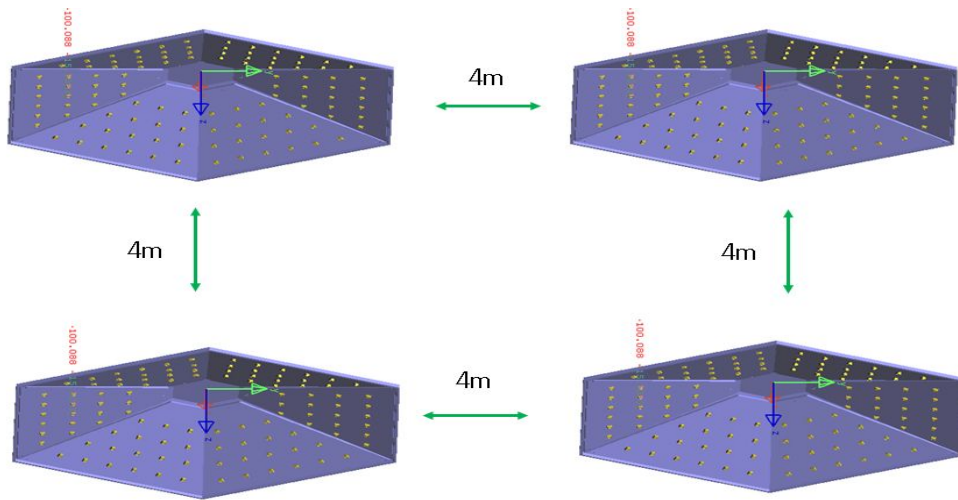
○ 갓 모양의 LED램프 시뮬레이션



- 갓 모양 조명
- 조도 데이터
- LED 18개
- 측정거리 : 3M
- 측정면적 : 10M X 10M

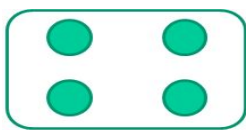


○ 4개 갓 모양의 LED램프 시뮬레이션

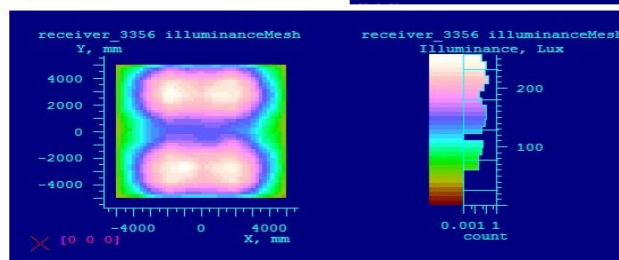
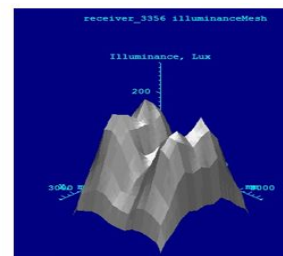
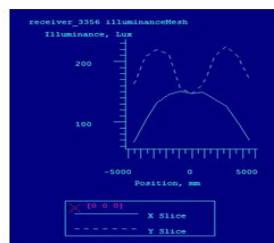
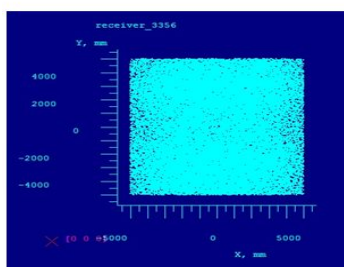


<4개 갓 모양의 LED램프 시뮬레이션 결과>

○ 4m * 6m 4개 LED램프 시뮬레이션

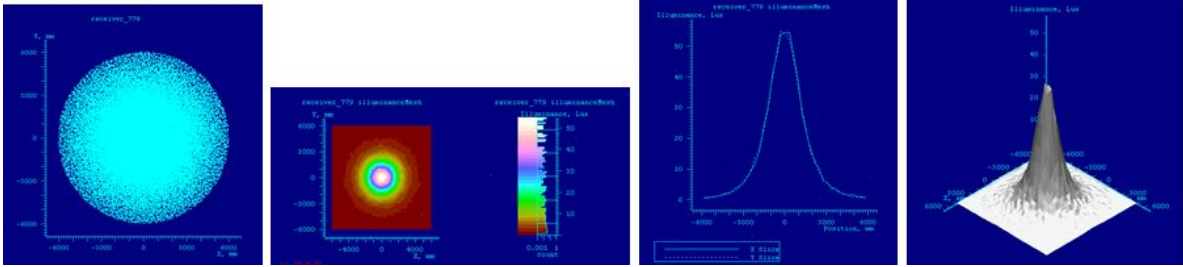
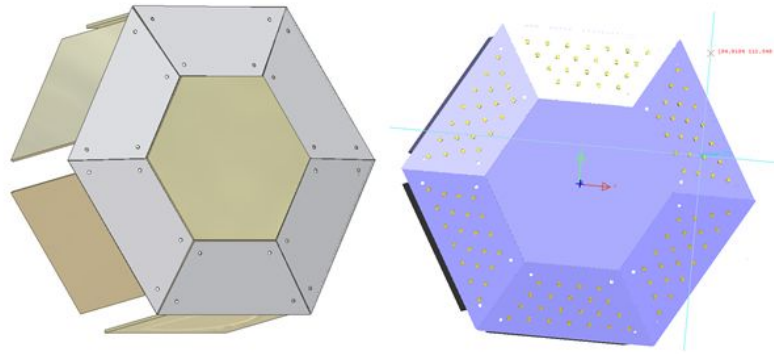


- 4M X 6M
- 측정거리 : 3M
- 측정면적 : 10M X 10M



○ 방수되는 가로등 타입의 LED 램프 시뮬레이션

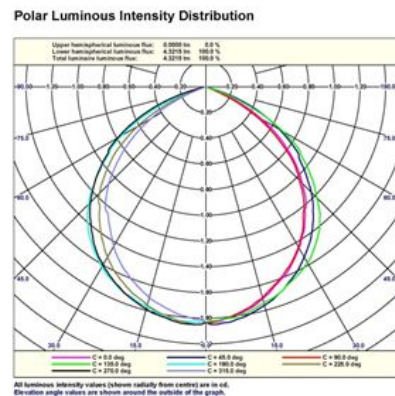
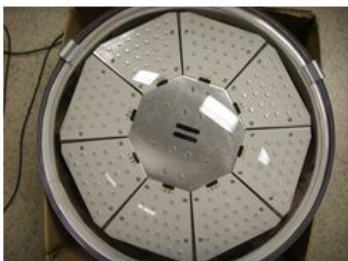
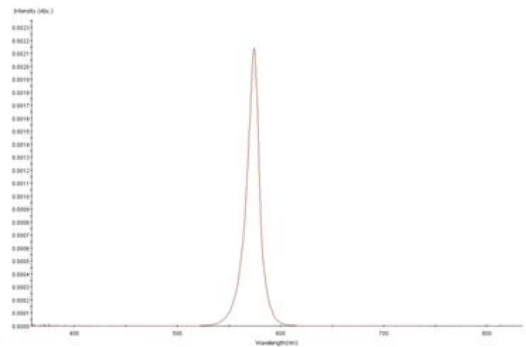
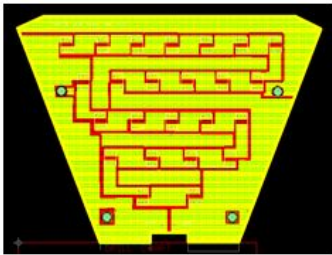
- 가로등 타입 - 현장용
- 방수
- 한면 LED 30개
- 측정거리 2m



<시뮬레이션>

○ 방수되는 가로등 타입의 LED 램프 제작

- 가로등 타입 - 현장용
- 방수
- 24W
- 2m 직하 12lux



<제작 및 특성측정>

○ 광펄스 드라이빙 및 현장적용 가로등 타입 LED 등기구



<가로등 타입의 광펄스 LED 등기구>



<7W급 PAR타입의 방수 광펄스 LED 등기구>

11. 농가확산용 LED bulb 개발

11.1. 농가확산 보급용 LED Bulb 개발

- 해충방제용 LED 조명을 일반 농가에 확산 보급하여 실험을 하기 위해 LED Bulb를 개발하기로 하고 그에 대한 제작 및 테스트를 시행.
- 농가 확산 보급용 LED벌브는 기존에 사용하였던 6개의 파장(375nm, 530nm, 560nm, 590nm, 610nm, 630nm) 중 660nm대역, 560nm대역을 단일파장으로 설계하였으며 660nm+450nm, 660nm+560nm의 혼합 파장을 발광할 수 있도록 제작하였음.

가. LED 모듈

- 고출력 W급 LED를 설계에 적용

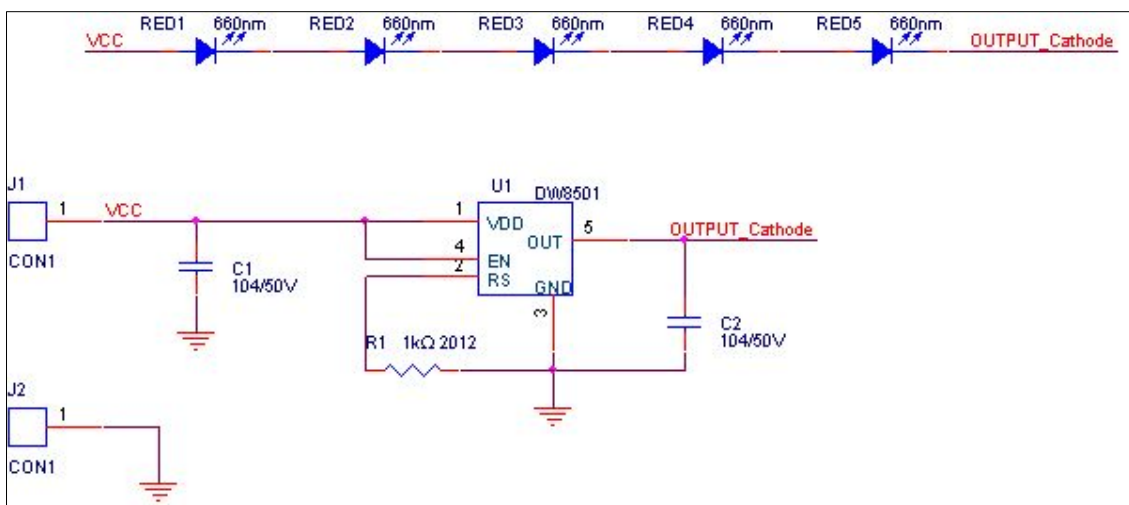


<서울반도체 X42180>




<Helixeon-Biochemistry>

- LED Module 설계



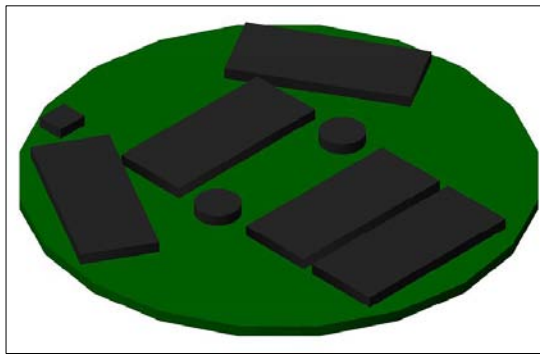
<LED Module 회로도>

<LINKOPTICS PCB SPEC>
 1. MODEL: LED MODULE
 2. MATERIAL: FR-4(1t,10Z,2Layer)
 3. PSR: WHITE
 4. SILK COLOR: BLACK
 5. SIZE: 45ps
 6. DATE: 2011.08.10
 7. TEL: 062-971-5654



DRILL CHART				
SYM	DIAM	TOL	QTY	NOTE
+	0.400 mm		80	
TOTAL			80	

<LED Module Layout>



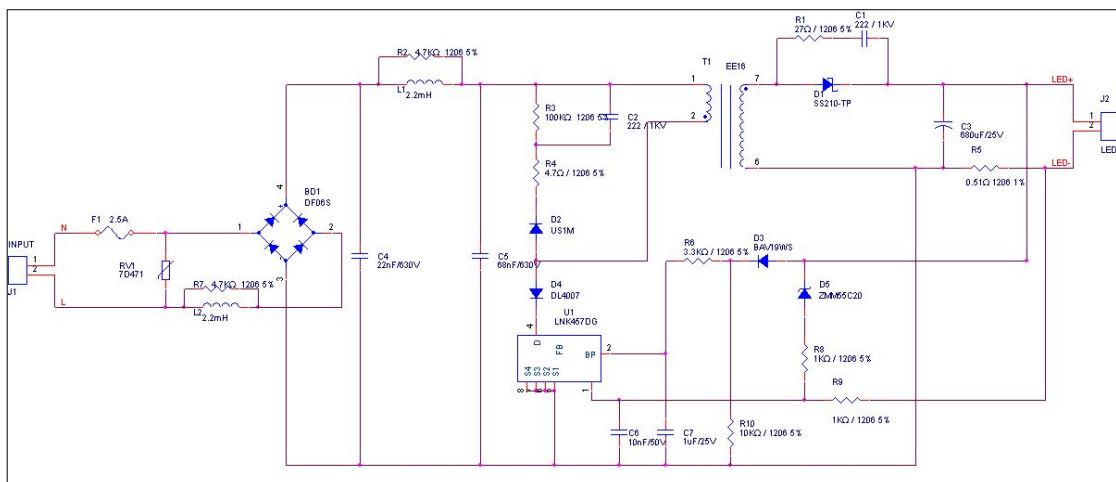
<PCB 3D Model>



<LED Module PCB>

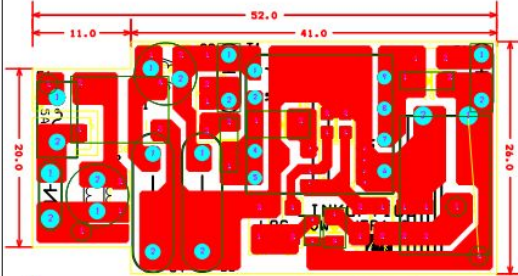
나. SMPS Module

- 정격 10W 정진류 드라이브 설계



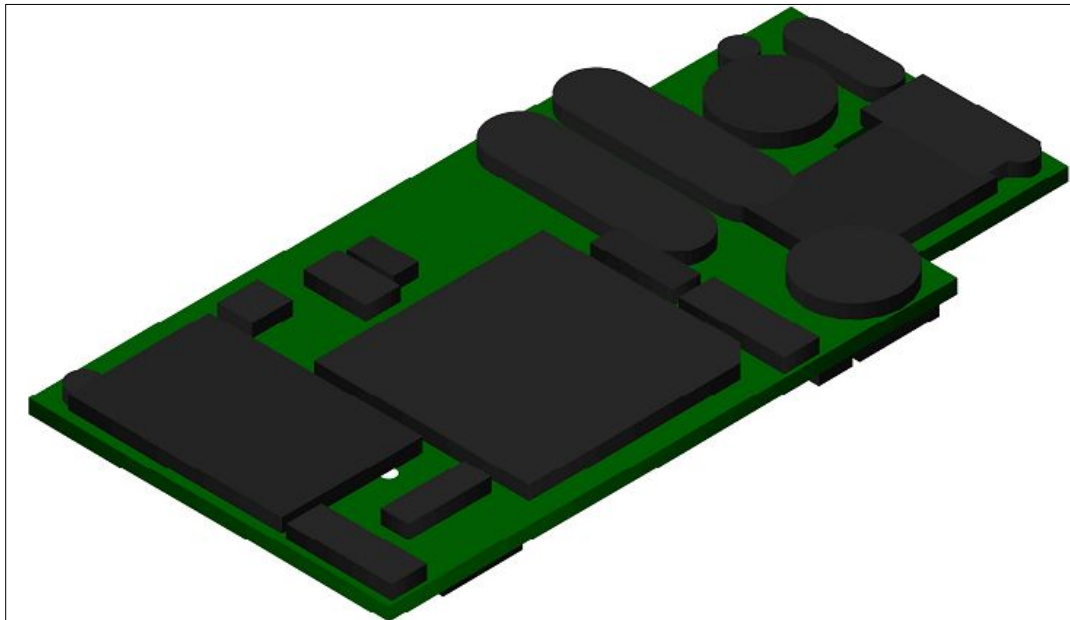
<SMPS 회로도>

<LINKOPTICS PCB SPEC>
 1. MODEL: LNK457DG 10W SMPS VER1.1
 2. MATERIAL: CEM-1(1.2t,10Z,1Layer)
 3. PSR: GREEN
 4. SILK COLOR: WHITE
 5. SIZE: 52*26
 6. DATE: 2011.08.08
 7. TEL: 062-971-5654



DRILL CHART				
SYM	DIAM	TOL	QTY	NOTE
x	0.800 mm		8	
+	0.900 mm		2	
⊠	1.000 mm		6	
⊞	1.092 mm		4	
⊚	1.168 mm		4	
○	1.270 mm		2	
TOTAL			26	

<SMPS Layout>



<SMPS PCB 3D Model>

다. LED Bulb 완성품

- E26 형태의 하우징을 사용



<LED Bulb>



<LED Bulb 동작 모습>

11.2. 현장 설치 모습

- 회사 내에 비닐하우스를 설치 테스트를 진행.



<비닐하우스 테스트>

- 개발된 Bulb는 국립식량과학원에 제공되어 실험되었음.



<국립식량과학원 테스트>

- 광주광역시 국화재배농가에 제공되어 국화의 전조재배에 적용실험을 진행.



<국화재배농가 설치 및 테스트>

12. 다파장 LED 조명

12.1. 해충방제용 다파장 LED 개발

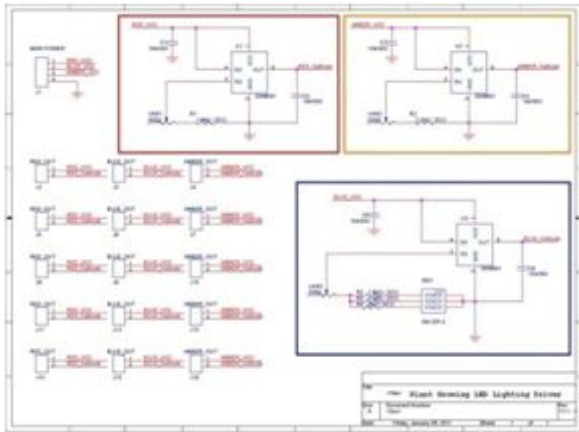
- 시설재배지역의 식물생장용 등기구 및 컨트롤러 개발.
- 스위치를 이용하여 식물생장용 및 해충방제용 제어가 용이함.
- 660/450/590nm LED 사용.
- 식물생장용 및 해충방제용 동시에 적용 가능.
- 등기구에 제어기를 부착하여 사용에 용이함.

12.2. 파장조절을 위한 시스템 제어기 설계 및 개발

가. 제품 스펙

- 식물생장(660/450nm) 및 해충방제(590nm) LED조명.
- Size : 370mm(Φ)×80mm(H)
- Controller : 모듈 상부에 위치(사용자 용이성 제공), 파장별 On/Off/Dimming 스위치.
- 모듈 조도 : 2m 직하 $0.4\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (PPFD)
- Dimming : 각 파장별 dimming 가능(Red/Blue 비율제어).
- Switch : 파장별 On/Off 스위칭.
- 파장별 LED 구성 : 660:450:590 = 6:4:4, 450nm는 3단계로 Dimming 가능.

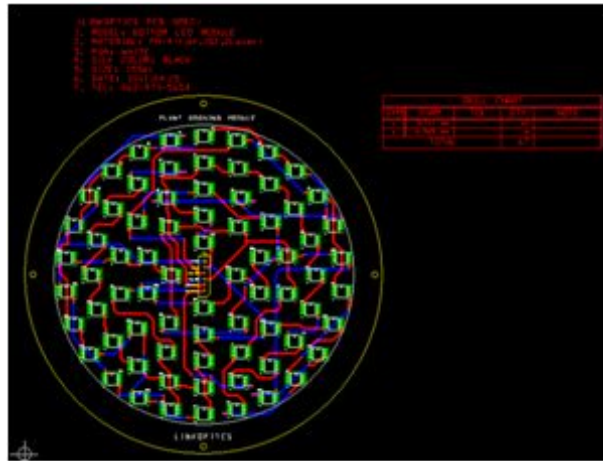
나. 회로 및 LED모듈설계



<LED Module 회로도>



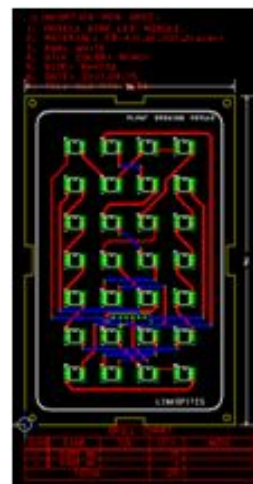
<제어스위치 회로도>



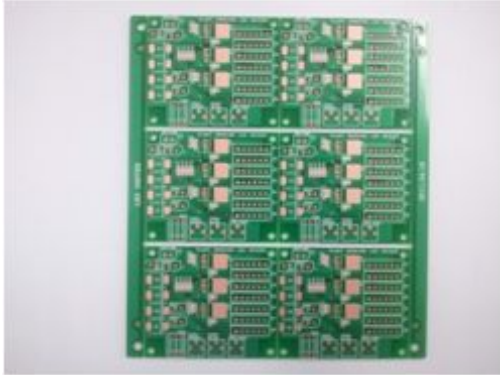
<하부 Module>



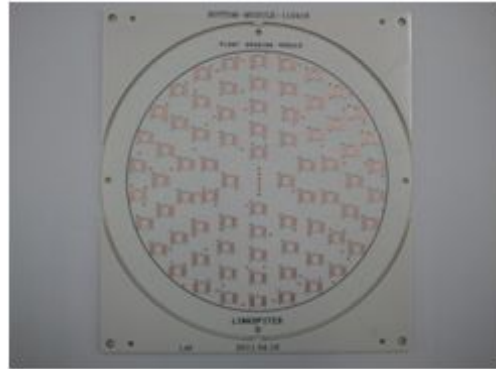
<LED Driver>



<측면 Module>



<옆 Module 기판>

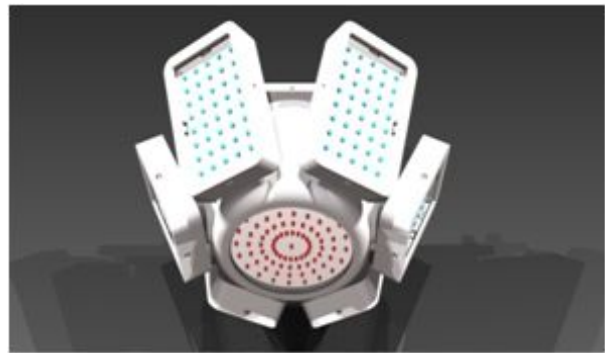
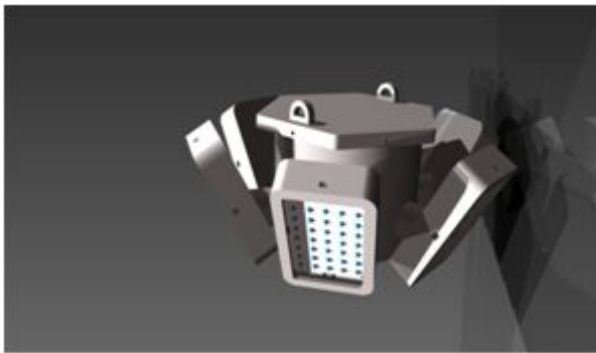


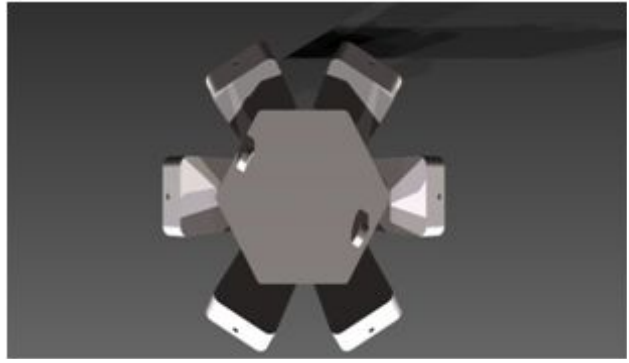
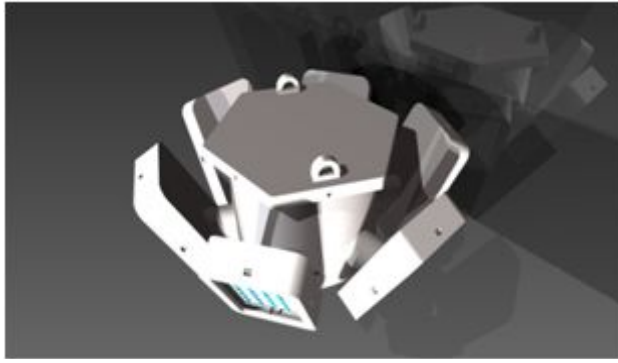
<하부 LED Module>



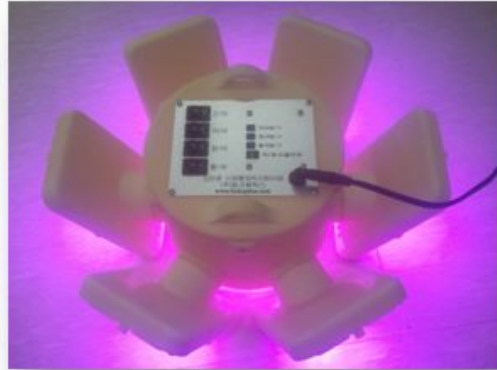
<측면 LED Module>

다. 기구물 설계





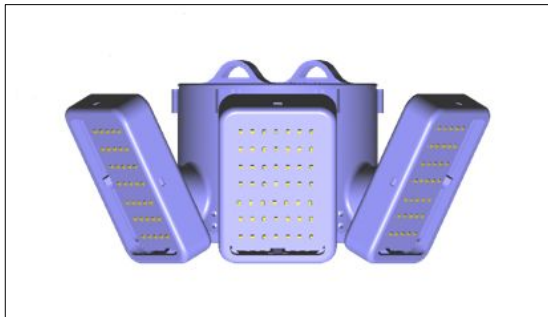
라. 개발 완료된 제품



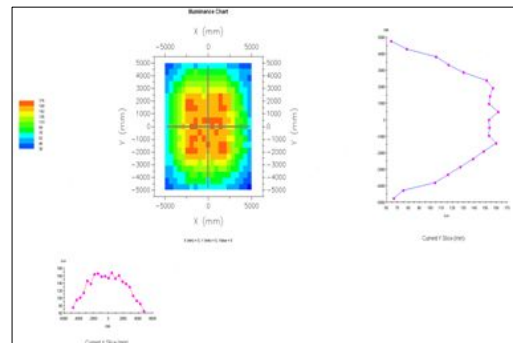
12.3. 개발된 시스템의 자체 Testing

가. 시뮬레이션

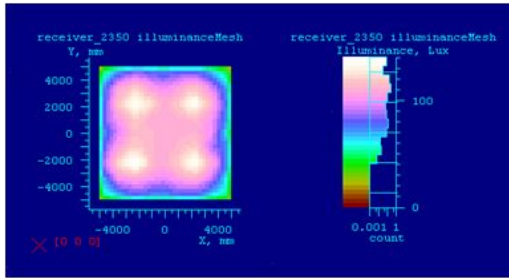
- 개발완료 후 자체적으로 실험실에서 테스트를 진행.
- LED 모듈 및 제어기 시뮬레이션 결과를 테스트에 반영.



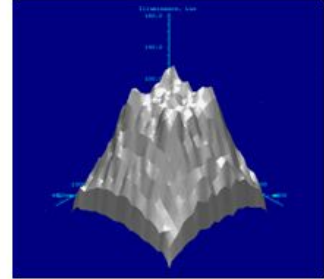
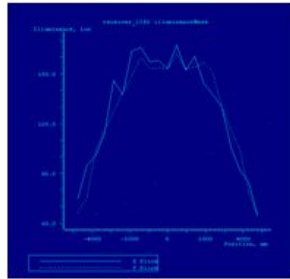
<3D Modeling>



<등기구의 조도 차트>



<배광 분포도>



<조도 분포도>

나. 모드별 동작테스트



<RBY 점등>



<Yellow 점등>



<Red 점등>



<Blue 점등>



<Red · Blue 점등>

13. LED조명 기구용 Sola-cell 전원 공급 장치 개발

13.1. Solar-Cell 계산

가. 태양광 패널

- 일일 소비전력 Wh = 부하소비전력(W) × 사용시간(T)

LED 등기구 부하 소비전력 = 24V × 1.5A = 36W

사용시간 = 1일 8시간

- 평균 일조량 = 여름 : 7시간, 겨울 : 4시간
- 필요발전량 W = 일일소비전력 / 일일평균일조시간

$$52.6 = (46W \times 8h) / 7h \text{ (여름)}$$

$$92 = (46W \times 8h) / 4h \text{ (겨울)}$$

- 필요태양광패널 W = 필요발전량 W × 발전손실 (1.15)

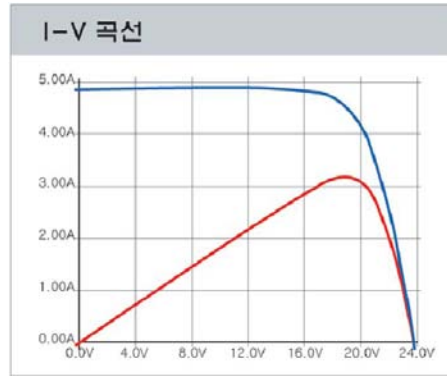
$$60.49 = 52.6 \times 1.15$$



<80W Solar-Cell>

전기적특징	
최대출력 (Max. Power)	80W
최대전압 (Max. Power Voltage)	19.1V
최대전류 (Max. Power Current)	4.45A
개방전압 (Open Circuit Voltage)	23.5V
단락전류 (Short Circuit Current)	4.81A
표준시험조건(STC) : 일사량 1000W/m ² , 대기질량 AM1.5, 온도 25℃	

<Solar-Cell의 전기적 특성>

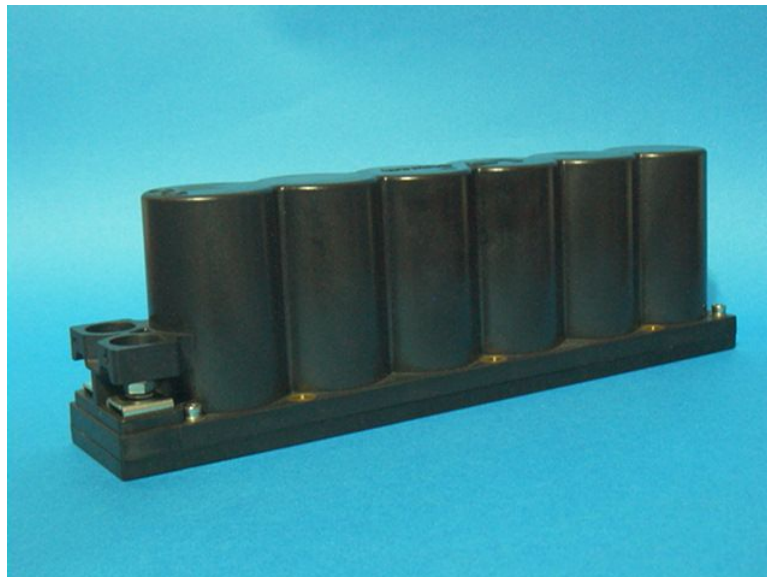


<전류-전압 특성 곡선>

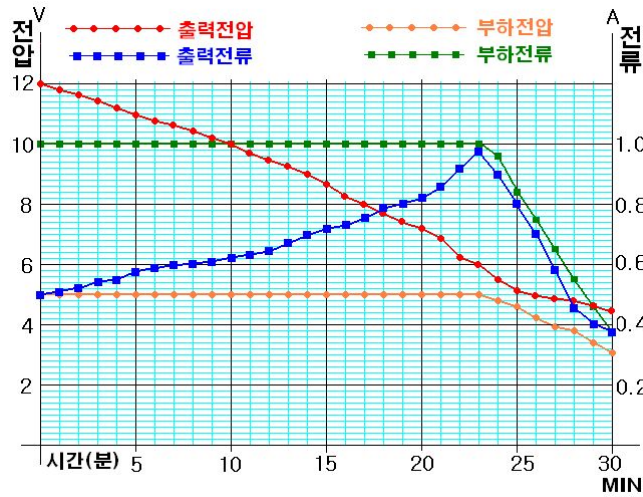
13.2. 전력 저장용 축전지

가. Ultra Capacitor

- 일반 전해 Capacitor처럼 충전/방전 속도가 빠르며 배터리와 같이 큰 에너지 축적이 가능.
- 1초당 10회로 완전 충전과 완전 방전이 가능.
- 대용량 에너지를 전해커패와 같이 빠른 충전/방전 특성이 필요한 용도에 사용.
- -20℃이하의 저온에서도 동작 가능.
- 배터리와 달리 완전 방전에 의한 저 전압 상태 시 파손 염려가 없음.



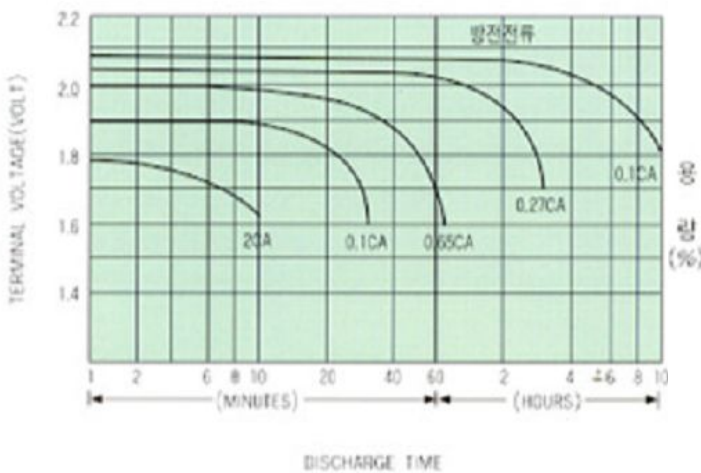
<58F/16.8V Ultra Capacitor>



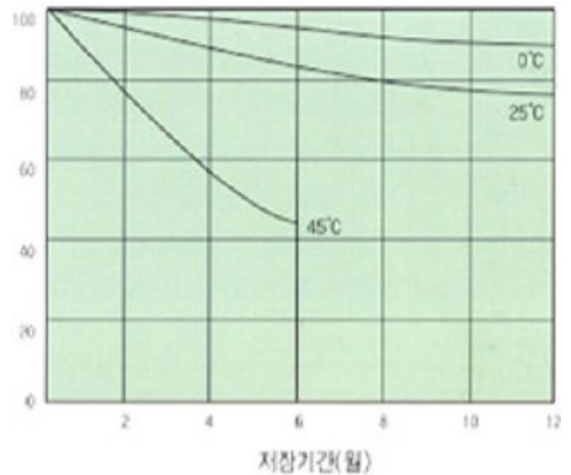
<전기적 특성>

나. 무보수 납축전지

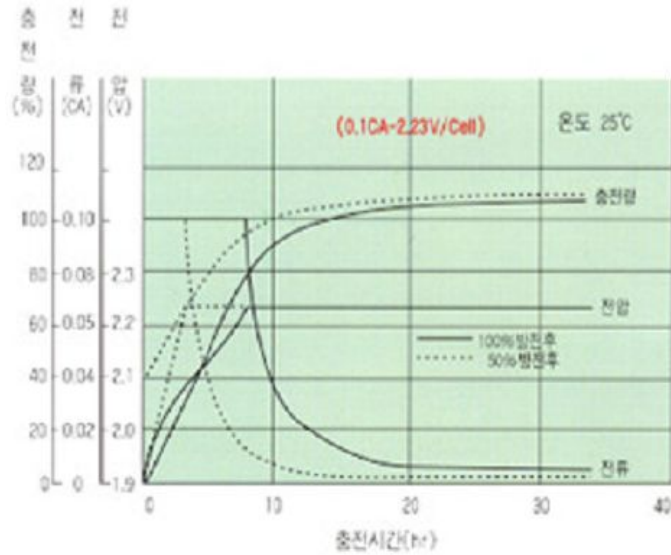
- 무보수 밀폐형 칼슘 연 축전지 : 물 보충이나 잔손질이 필요 없음.
- 자기 방전량이 극소하여 장기 보관이 가능.
- 심방전후의 회복성이 아주 우수.
- 방전심도가 정격용량의 40%미만일 때는 충전전류의 제한이 필요 없음.
- 정격용량의 40%이상 방전 후 급속 충전 시에는 최대 충전전류를 정격용량의 0.1배 전류 (0.1C10)로 하여 2.4V/Cell로 충전.



<방전 특성표>



<자기방전 특성>

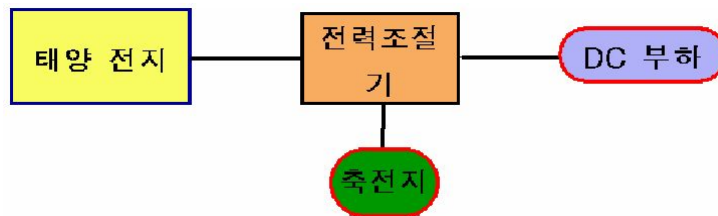


<충·방전 특성 표>

13.3. 충·방전 모듈

가. 직류 부하용 독립형 충/방전 시스템

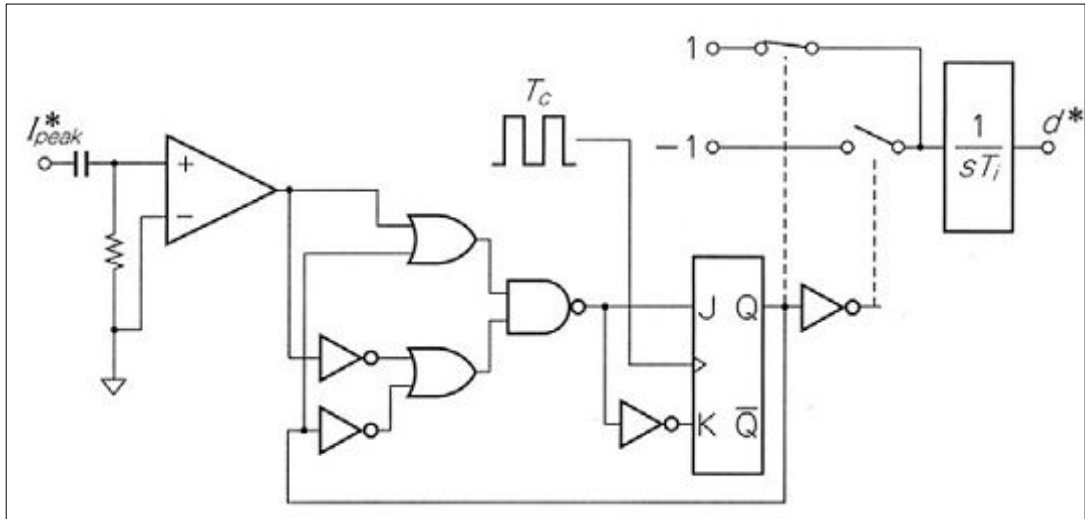
- 태양전지에서 발생된 전력을 주간에는 축전지에 저장하여 야간에 사용하는 DC 전용시스템.
- 태양전지 출력조절기능 및 축전지 과 방전, 과 충전 방지기능이 부착되어 있는 시스템.



<직류 부하용 독립형 충/방전 시스템>

나. 최대출력제어(MPPT : Maximum Power Point Tracking)

- 태양광 발전은 에너지 변환 효율이 낮으며 일사량 및 온도에 따라 출력특성이 변화하기 때문에 에너지 손실의 최소화와 태양전지에서 최대 전력을 얻을 수 있는 회로가 필요.
- 태양전지의 출력전력을 검출 및 비교하여 최대화하도록 전압의 최적값을 탐색.
- 출력전력의 전압 미분값이 0으로 되도록 제어.



<MPPT 회로의 구성>

13.4. Sola-Cell 전원 공급 장치의 Field-Test

- 고흥 다원에 설치 중인 해충 방제용 조명에 Sola-Cell 발전 시스템을 적용.
- 24V 7000mA/h 용량의 무보수 납축전지를 사용.
- 배터리 충전전압 은 25V 500mA/h로 완전 충전까지 약 14시간이 소요.
- LED조명의 방전 부하 용량은 24V 1000mA/h로 완전 충전 후 7시간 전원 공급.



<Solar-Cell을 이용한 해충방제조명>



<해충방제용 LED 가로등 설치 작업>



<해충방제용 LED 가로등 점등 모습>

제 2 절 광파장 해충/식물 반응 실험

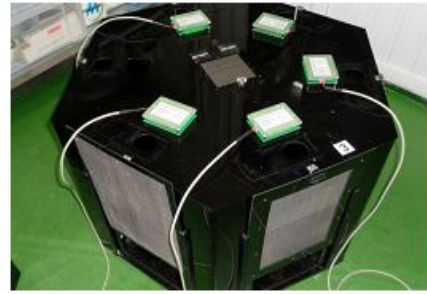
1. 해충 및 식물체 반응 검정용 장치 개발

가. 실내검정(포트재배 식물 + 유인물 이용)

- 해충 및 LED 파장별 반응양상 측정 : 간이 검정장치를 이용하여 측정
 - 간이 검정장치 모형 및 LED 기판

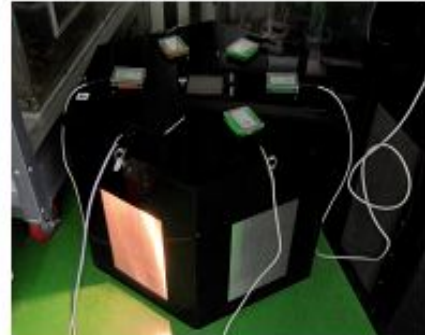


초기 제작 검정상(외부철망 고정)



수정 검정상(외부철망 개폐가능)

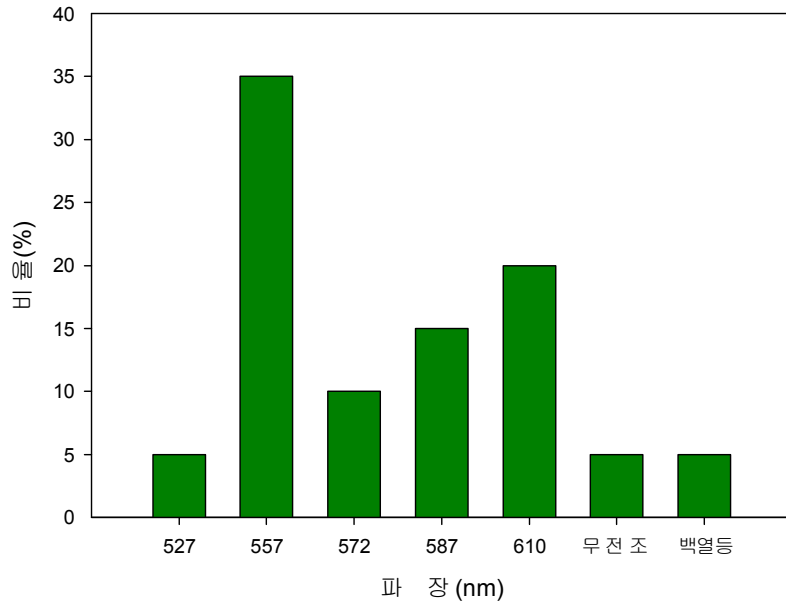
- 간이 검정장치 형태 : 정육면체, 6개의 셀로 구분(조절가능)
 - 검정장치 제작 : 높이 50cm x 폭 70cm 및 높이 100cm x 폭 70cm 2종



- 검정용 LED : 527, 557, 572, 587, 610nm 파장별 5종 3세트

기관종류	파장(nm)	전압(V)	조도(Lux)	
			0.5m 하부	1m 하부
1	610	13.5	41.8	11.5
2	587	13.8	41.2	8.7
3	572	14.5	15.7	4.3
4	557	16.1	8.1	2.4
5	527	20.0	112.0	34.4
백열등	-	60W	303.0	86.7

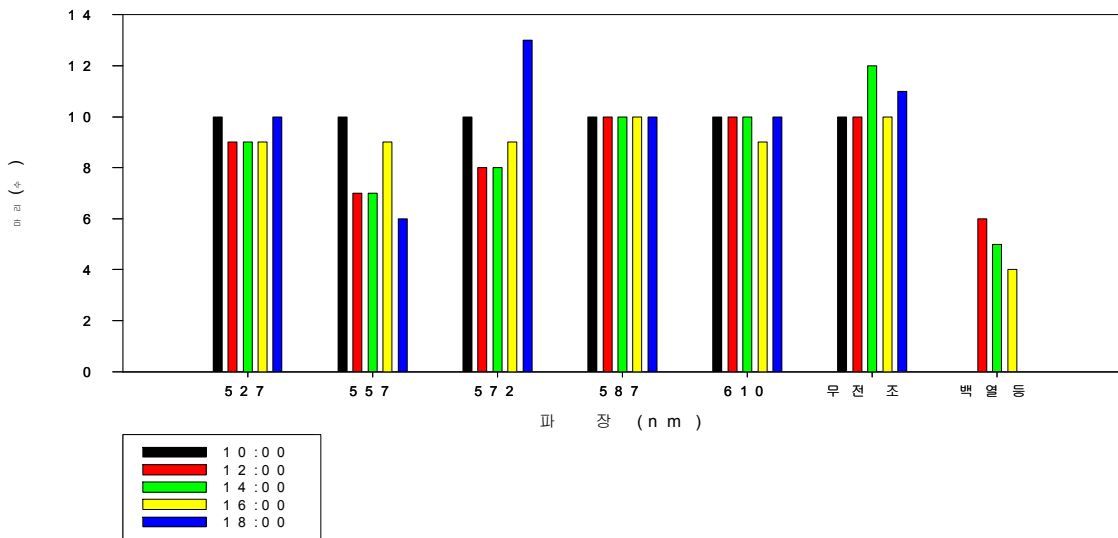
- 두줄민달팽이의 LED파장별 이동률(%)



파장	적색 (610nm)	주황색 (587nm)	노란색 (572nm)	연두색 (557nm)	초록색 (527nm)	무전조	증양 (백열등)
비율(%)	20	15	10	35	5	5	5

※ 검정상 증양에 두줄민달팽이 20마리 투입하여 8시간후 파장 영역별 달팽이 이동수 조사

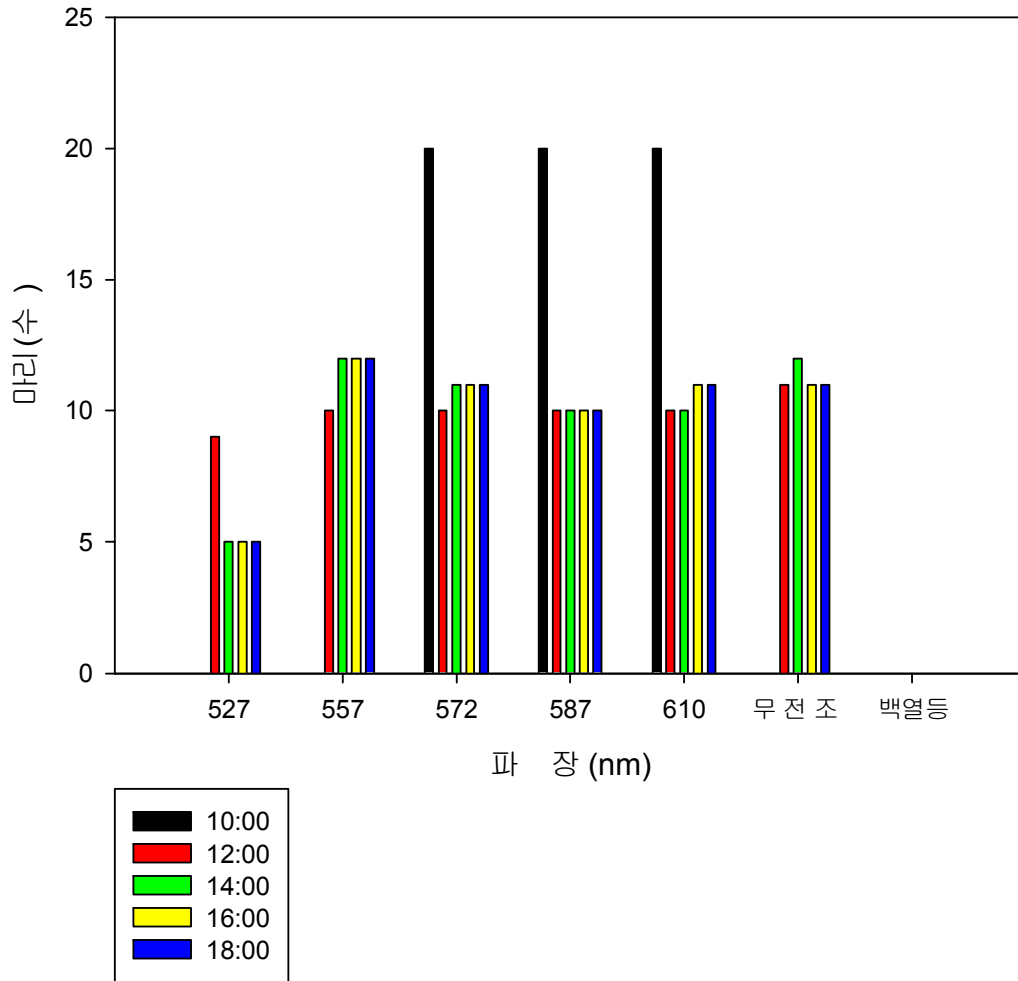
○ 두줄민달팽이의 LED파장별 시간경과에 따른 잔류수(마리)



조사시간	적색 (610nm)	주황색 (587nm)	노란색 (572nm)	연두색 (557nm)	초록색 (527nm)	무전조	증양 (백열등)
10:00	10	10	10	10	10	10	
12:00	10	10	8	7	9	10	6
14:00	10	10	8	7	9	12	5
16:00	9	10	9	9	9	10	4
18:00	10	10	13	6	10	11	0

※ 각 파장별 지역에 두줄민달팽이 각각 10마리 투입하여 8시간후 파장 영역별 달팽이 잔류수 조사

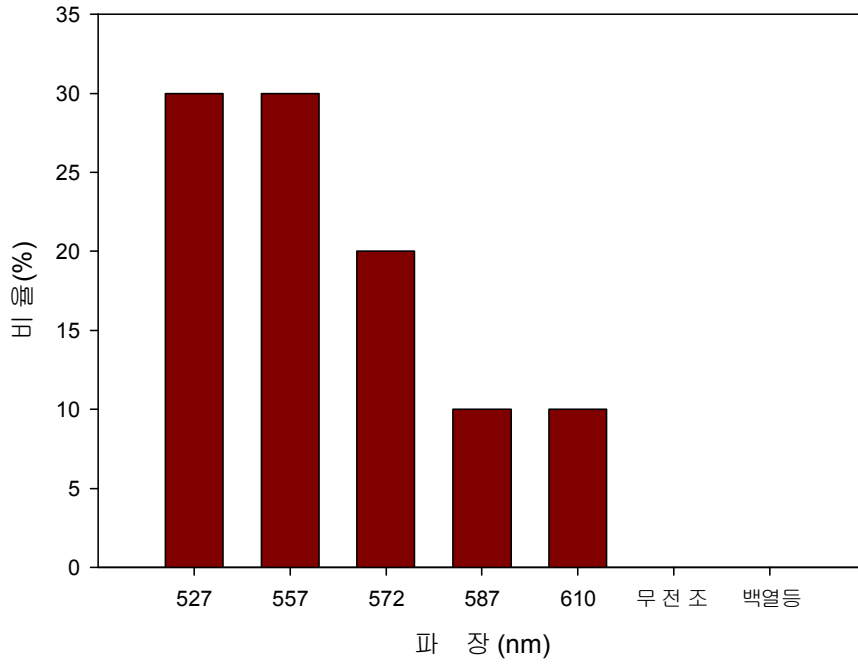
○ 두줄민달팽이의 LED파장별 시간 경과에 따른 잔류수(마리)



조사시간	적색 (610nm)	주황색 (587nm)	노란색 (572nm)	연두색 (557nm)	초록색 (527nm)	무전조	중앙 (백열등)
10:00	20	20	20	-	-	-	0
12:00	10	10	10	10	9	11	0
14:00	10	10	11	12	5	12	0
16:00	11	10	11	12	5	11	0
18:00	11	10	11	12	5	11	0

※ 적색, 주황색 및 노란색 지역에 두줄민달팽이 각각 20마리 투입하여 8시간후 파장 영역별 달팽이 잔류수 조사

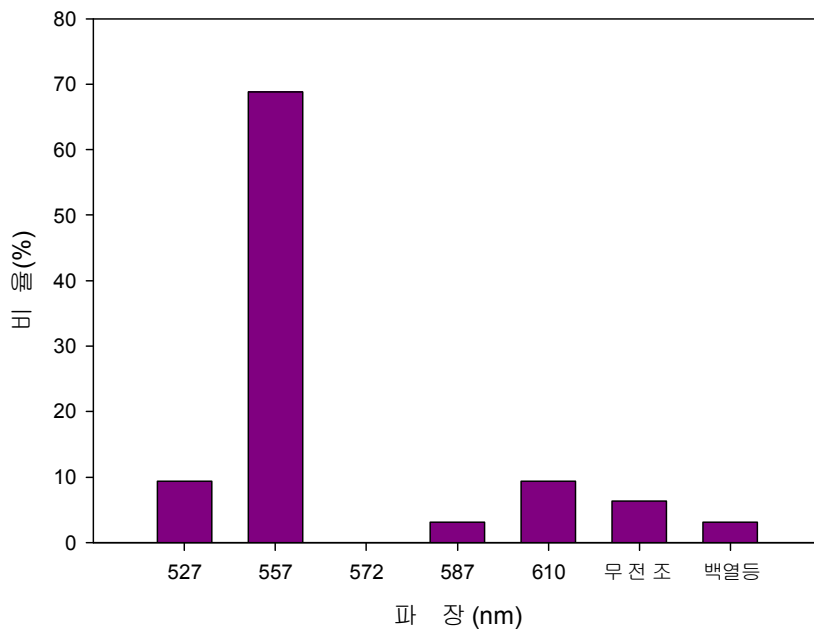
○ 담배거세미나방 성충의 LED파장별 이동률(%)



파장	적색 (610nm)	주황색 (587nm)	노란색 (572nm)	연두색 (557nm)	초록색 (527nm)	무전조	중양 (백열등)
비율(%)	10	10	20	30	30	0	0

※ 검정상 중앙에 담배거세미나방 성충을 10마리 투입하여 8시간후 파장 영역별 성충 이동수 조사

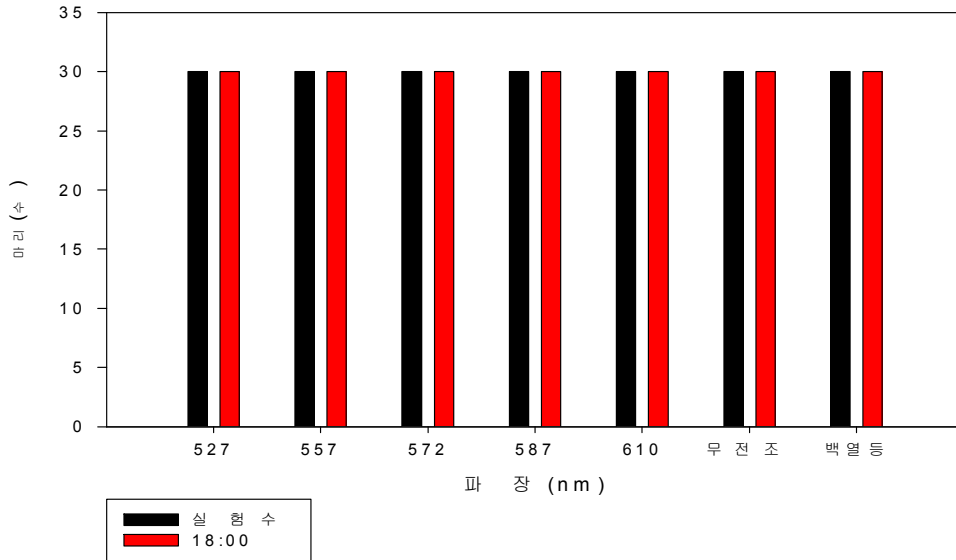
○ 진딧물의 LED파장별 이동률(%)



파장	적색 (610nm)	주황색 (587nm)	노란색 (572nm)	연두색 (557nm)	초록색 (527nm)	무전조	중앙 (백열등)
비율(%)	9.4	3.1	0.0	68.8	9.4	6.3	3.1

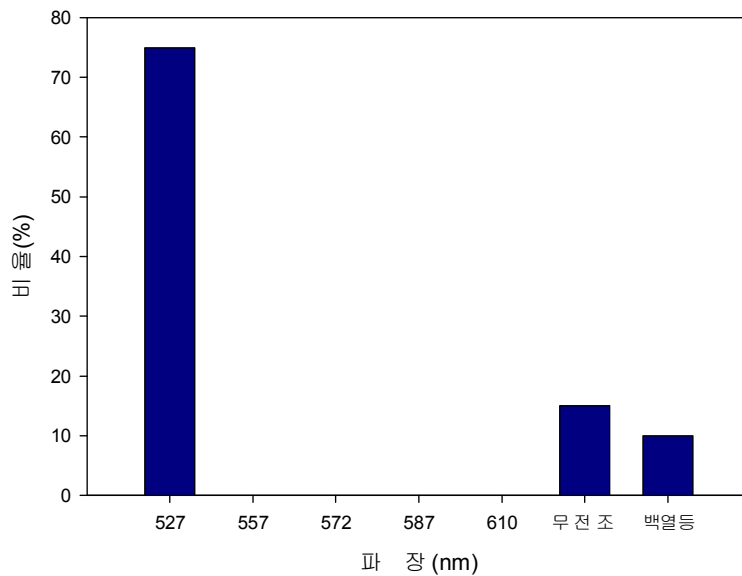
※ 검정상 중앙에 진딧물을 200마리 접종한 포트정식 배추를 투입하여 8시간후 파장 영역별 진딧물 이동수 조사

○ 진딧물의 LED파장별 잔류수(마리)



조사시간	적색 (610nm)	주황색 (587nm)	노란색 (572nm)	연두색 (557nm)	초록색 (527nm)	무전조	중앙 (백열등)
실험수	30	30	30	30	30	30	0
18:00	30	30	30	30	30	30	0

○ 석덩나무노린재의 LED파장별 이동률(%)



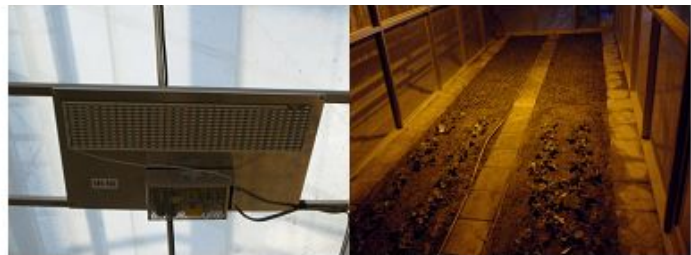
과장	적색 (610nm)	주황색 (587nm)	노란색 (572nm)	연두색 (557nm0)	초록색 (527nm)	무전조	중양 (백열등)
비율(%)	0	0	0	0	75	15	10

나) 온실검정(6평짜리 망실 3동)

- 대상작물 : 잎들깨 및 딸기
 - 대상작물 파종 및 정식 : 잎들깨 - 9월 4일 파종, 딸기 - 9월 28일 정식예정
- 시험방법 : 형광등 및 황색LED(585-590) 전조
 - 전조방법 : 24시간 타이머 이용 일장을 16L : 8D로 조절
- 조사항목 : 식물체 성장반응, 대상해충의 시기별 발생량 조사
- 형광등 및 LED 전조에 따른 잎들깨 및 딸기 생육



형광등 전조



LED등 (585-590nm)

○ 형광등 및 황색 LED등 전조에 따른 딸기 생육

품 종	등 종류	경장 (cm)	엽수 (매/주)	화방수 (개/주)	화퇴수 (개/화방)	엽록소함량 (SPAD 502)
육 보	형광등	12.7	9.2	1.0	5.7	56.6
	황색LED	11.7	8.9	1.1	6.1	56.5
금 향	형광등	14.7	10.2	1.3	6.1	58.5
	황색LED	14.7	9.7	1.8	6.7	59.7

2. 하우스 잎들깨 생육 및 해충발생량 조사

- 대상작물 : 잎들깨(남천들깨), 딸기(여홍)
 - 잎들깨 파종 : 부내 하우스 - 8월 29일, 농가하우스 - 9월 15 파종
- 시험방법 : 형광등 및 적색LED 야간 전조채배
 - 전조방법 : 24시간 타이머 이용 일장을 16L : 8D로 조절
- 조사항목 : 식물체 성장반응, 대상해충의 시기별 발생량 조사
- 잎들깨하우스의 적색 LED 전조 전경



* 조도측정(등 2m 간격)
- 식물체 위 : 34.4Lux
- 등과 등 사이 : 31.5Lux



* 조도측정(등 3m 간격)
- 식물체 위 : 8.6Lux
- 등과 등 사이 : 4.9Lux



* 조도측정(등 2m 간격)
- LED : 식물체 위 12.1Lux
- 등과 등 사이 1.5Lux
- 백열등 : 식물체 위 37.1Lux
- 등과 등 사이 7.4Lux

○ 적색 LED 및 백열등 전조에 따른 잎들깨 생육(과중 125일후)

구 분	조사위치	초장 (cm)	마디수 (마디/주)	경경 (mm)	엽두께 (mm)	엽록소함량 (SPAD 502)
LED등	0~60cm	63.0	11.9	3.9	0.27	30.3
	140~220cm	54.4	12.2	4.0	0.27	29.4
백열등	0~60cm	61.0	12.1	3.7	0.23	29.8
	140~220cm	52.2	11.8	3.8	0.21	29.5

※ 조사위치 : 전조등 밑에서부터 거리

○ 적색 LED 및 백열등 전조에 따른 잎들깨 병해충 발생양상

해충종류	해충 발생량(마리/100주)				채소바구미	녹병발생률 (%)
	담배거세미나방		진딧물			
조사시기	10/14	11/19	10/14	11/19	11/19	11/20
백열등	7.3	1.3	24.0	126.7	0.3	10.0
LED	0.7	0.7	4.0	10.0	4.0	72.0

○ 적색 LED 및 백열등 전조에 따른 잎들깨 병해충 발생장면(11월 19일)

- 백열등 전조 잎들깨



- LED 전조 잎들깨



포장전경

들깨 녹병

채소바구미 유충

○ 준계 전조처리 광원별 들깨 생육 및 수량성

처리 및 품종		경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수 (천매/10a)	엽무게 (kg/10a)
백열등	남천	45	13.4	11.9	1,209	2,184
	새보라	46	12.2	10.5	1,661	2,098
	동글1호	43	12.8	12.2	1,215	1,859
	동글2호	41	12.6	11.9	1,168	2,049
	평균	44	12.8	11.6	1,313	2,048
적색 LED	남천	46	13.5	12.2	1,139	2,055
	새보라	45	12.5	10.5	1,723	2,121
	동글1호	44	12.2	11.4	1,210	1,915
	동글2호	42	12.3	11.5	1,081	1,946
	평균	44	12.6	11.4	1,032	2,009

※ 수량조사 : 2009. 3월~4월까지 4회 채엽 수량

※ 광원처리: LED (660nm 적색광), 백열등 2시간(12~2시) 전조

○ 추계 전조처리 광온별 잎들개 생육

품종	전조 광원	경장 (cm)	마디수 (마디/주)	경경 (mm)	엽두께 (mm)	엽록소함량 (SPAD 502)
남천	형광등	23.9	3.7	2.7	0.21	34.7
	LED	25.1	4.0	3.0	0.20	33.4
동글1호	형광등	21.9	3.9	2.9	0.21	34.9
	LED	22.2	4.4	3.1	0.20	34.2
밀양36호	형광등	30.4	4.1	3.2	0.22	36.0
	LED	28.4	4.0	3.1	0.20	34.6
밀양2호	형광등	24.8	3.9	3.3	0.21	37.5
	LED	20.4	3.7	3.0	0.23	39.9
새보라	형광등	22.7	4.4	3.1	0.20	35.6
	LED	22.3	4.7	3.0	0.18	38.6

※ 조사시기 : 2009. 12. 17

※ 광원처리: LED (660nm 적색광), 백열등 4시간(10~2시) 전조

3. 결과요약

- 간이 검정상을 제작하여 민달팽이, 진딧물 등에 대한 파장별 유인 및 기피반응을 조사한 결과 대상 해충별 파장에 대한 유인반응은 차이가 많았지만 기피반응은 차이가 없었다.
- 형광등과 황색파장대(585-590nm)의 LED등을 이용하여 딸기와 잎들개 생육을 비교 조사한 결과 형광등과 황색LED등 전조에 따른 작물 생육의 차이는 없었다.
- 백열등과 적색LED등 전조에 따른 잎들개 생육은 등 종류간 큰 차이는 없었지만, 적색LED 전조 잎들개에서 엽두께가 더 두꺼워졌다.
- 적색LED 전조재배시 백열등보다 담배겨세미나방 유충과 진딧물의 발생수는 적었으나 들깨녹병 및 채소바구미 유충의 발생량은 더 많아 해충 종류간 차이가 있었다.

□ 차애모무늬잎말이나방의 LED 파장대별 유인 및 기피효과를 검정함

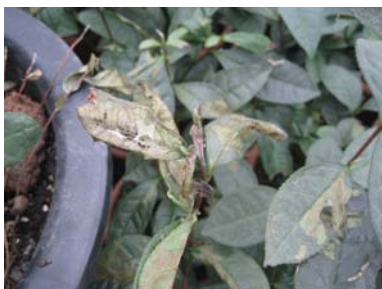
- 차애모무늬잎말이나방의 광반응 실험을 위한 년중 실험이 가능한 항구적 해충사육기반 구축 완료



<차애모무늬잎말이나방 유충확보>



<실내사육을 위한 먹이식물>



<나방의 실내사육실 입식 >



<인공사료에 의한 사육시스템 구축>



< 차애모무늬잎말이나방 번데기 대량생산 >

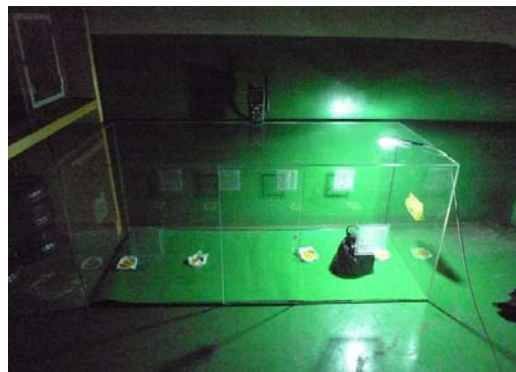


< 차애모무늬잎말이나방 성충 부화 >

- 인공사육 및 실내사육기반을 구축하여 년 4회발생하는 생리적 특성에 따른 실험적 애로사항 해결
- 년중 성충의 광반응 실험이 가능한 사육기반 구축
- 사육실 온도 : 23℃, 상대습도 : 40%, 일조시간 : 15hr/Day, 500 lux.
- 인공사육용 배지 조성
 Insecta LFS 인공배지(일본농산공업(주)) 사용(뽕잎분말, 탈지대두, 전분, 설탕, 섬유소, 조형제, 구연산, 비타민류, 미네랄류, 아미노산류, 방부제, 항생제 등 함유)
- 난에서 우화까지 평균기간은 30일이고, 성충의 수명은 10일임

□ 차애모무늬잎말이나방의 광반응 실험장치 개발

- LED 파장별 유인효과 측정장치 개발



<LED파장대별 유인효과 동시비교 장치 개발> < LED 파장별 해충 반응실험 장치 개발>



<해충 광반응장치에 투입할 성충포집 장치>



<해충 광반응장치 내의 수분공급 장치>



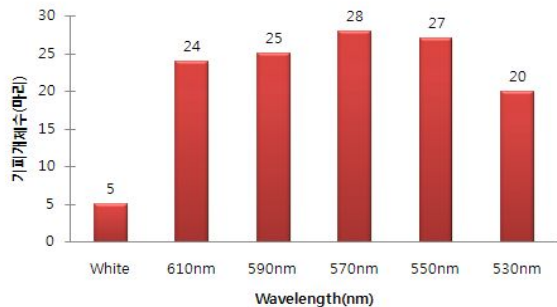
< 차애모무늬잎말이나방 성충 >

< LED 파장에 유인된 성충 >

- 광반응 실험 해충 투입 개체수 : 50마리
- 광반응 실험 파장영역 : 백색LED(혼합파장), 610nm, 590nm, 570nm, 550nm, 530nm
- 광반응 실험시간 : 5시간 후 유인개체수 측정
- 실험보조장치 : 성충의 수분공급을 위한 밀감절편과 증류수 접시 설치

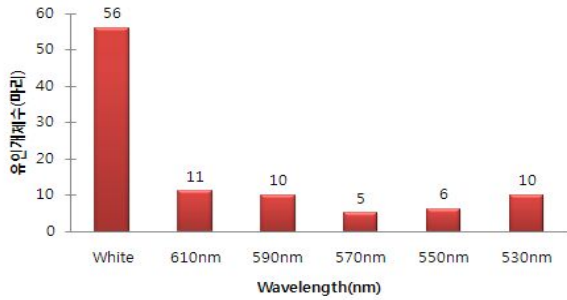
□ 차애모무늬잎말이나방의 LED 파장대별 유인 및 기피효과 검정

- 백색 LED 파장영역에서 가장 높은 유인효과가 검정됨



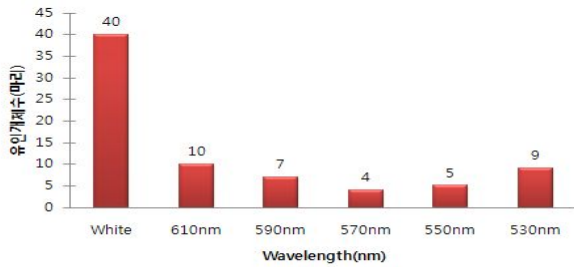
- 광반응실에 각 LED파장을 조사하고 5시간 동안 반응 실험
- 570nm~550nm 영역에서 기피효과 큼
- 백색 White 파장 영역에서 기피효과 낮음

<그림. 차애모무늬잎말이나방의 LED 파장별 기피효과>



<그림. 차애모무늬잎말이나방의 LED 광원별 유인효과>

- 각 LED파장을 동시 조사하고 해충의 광반응 조사함
- 성충100마리 투입 후, 파장별 유인개체수 조사
- 백색파장이 상대적 유인효과 가장 우수함
- 550~570nm 파장이 상대적 유인효과 낮음



<그림. 차애모무늬잎말이나방의 각 LED 파장별 유인효과>

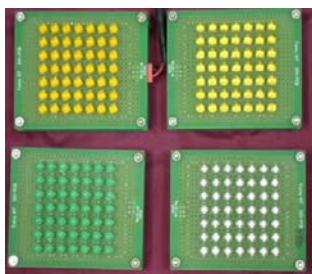
- 개별 LED파장별로 유인효과 실험
- 성충 100마리 투입 후 광반응 조사
- 백색파장에서 유인효과가 가장 우수함
- 550~570nm 영역 파장은 유인효과가 낮음

2. LED광원에 대한 주요 해충의 행동반응 실내검정

가. 시험용 LED광원 특징

- 해충 및 LED 파장별 반응양상 측정 : 간이 검정장비(2종류)를 이용하여 측정
- 검정장치 형태
 - 1번 장치 : 정육면체, 6개의 셀로 구분, 높이 50cm x 폭 70cm
 - 2번 장치 : 정사면체(가로x세로x높이 각각 70cm), 상부 4곳에 LED기판 설치
- 검정용 LED
 - 초기 사각(가로x세로 10x10cm) : 527, 557, 572, 587, 610nm 파장별 5종
 - 개량 마름모꼴 기판(가로x세로x높이 20x20x10cm) : 375, 530, 560, 590, 610nm
 - 개량 사각기판(가로x세로 20x20cm) : 375, 560, 590, 610nm

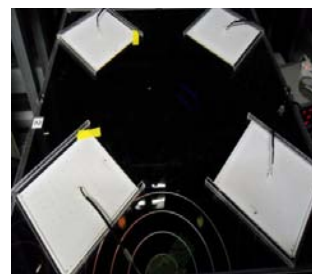
○ LED 광원 및 달팽이류에 대한 광 반응 실험장치



기존 기판



개량 기판 1



개량 기판 2



실험장치 형태

표 3.2.1. 실험에 사용된 주요 LED광 기관의 일반특성

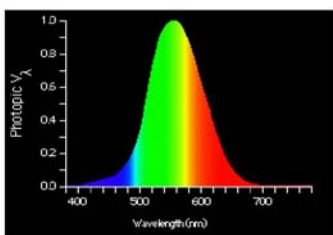
기관종류	파장(nm)	조도(Lux)	
		기존 사각등	교체 등
적색	610	41.8	10~15Lux 조절가능
주황색	587	41.2	
노란색	572	15.7	
연두색	557	8.1	
초록색	527	112.0	
UV 등	375	-	-
백열등	-	303.0	86.7

나. 해충별 LED 행동반응 측정방법

- 실험장치의 중앙부위 및 각 파장별 영역에 대상해충 투입 후 시간별 각 파장에 유인된해충수 조사
- 조사 대상 해충
 - 나방류 : 들깨잎말이명나방, 담배겨세미나방 및 과밤나방 성충 및 유충
 - 달팽이류 : 민달팽이류 3종
- 실험조건 : 김정상에 젖은 핸드페이퍼 배치 및 그 위에 오이 3조각씩 공급



<시험에 사용된 민달팽이류 종류>



<민달팽이류 행동반응 실험 사진>

□ 시험결과 (LED광원에 대한 주요 해충의 행동반응 실내검정)

가. 기존 LED기판(가로x세로 10x10cm)에 대한 달팽이류 행동반응

표 3.2.2. 두줄민달팽이의 LED광 파장별 이동률

광 조사후 경과시간	LED광 파장별 두줄민달팽이의 체류수(마리)						비고 (중앙)
	적색 (610nm)	주황색 (587nm)	노란색 (572nm)	연두색 (557nm)	녹색 (527nm)	무전조	
1시간후	0	1	1	0	1	0	27
3시간후	2	4	4	0	1	0	19
6시간후	1	6	5	1	0	1	16
9시간후	7	8	4	3	0	0	8
총 이동수	10	19	14	4	2	1	70
이동률(%)	8.3	15.8	11.7	3.3	1.8	0.8	58.3

표 3.2.3. 작은뽕족민달팽이의 LED광 파장별 이동률

광 조사후 경과시간	LED광 파장별 작은뽕족민달팽이의 체류수(마리)						비고 (중앙)
	적색 (610nm)	주황색 (587nm)	노란색 (572nm)	연두색 (557nm)	녹색 (527nm)	무전조	
1시간후	0	0	0	0	0	0	30
3시간후	4	8	8	1	0	0	9
6시간후	6	9	8	2	0	2	3
9시간후	7	9	8	0	0	3	3
총 이동수	17	26	24	3	0	5	45
이동률(%)	14.2	21.6	20.0	2.5	0.0	4.2	37.5

표 3.2.4. 노랑뽕족민달팽이의 LED광 파장별 이동률

광 조사후 경과시간	LED광 파장별 노랑뽕족민달팽이의 체류수(마리)						비고 (중앙)
	적색 (610nm)	주황색 (587nm)	노란색 (572nm)	연두색 (557nm)	녹색 (527nm)	무전조	
1시간후	0	0	0	0	0	0	30
3시간후	1	1	0	0	0	4	24
6시간후	5	6	1	0	1	5	12
9시간후	2	5	3	2	2	6	10
총 이동수	8	12	4	2	3	15	76
이동률(%)	6.7	10.0	3.3	1.7	2.5	12.5	63.3

나. 나방류 해충 행동반응

1) 기존 LED기판(가로x세로 10x10cm)에 대한 나방류 행동반응 조사

표 3.2.5. 들깨잎말이명나방 성충에 대한 광 파장별 체류수

광 조사후 경과시간	LED광 파장별 들깨잎말이명나방 성충 체류수(마리)						비고 (중앙)
	적색 (610nm)	주황색 (587nm)	노란색 (572nm)	연두색 (557nm)	녹색 (527nm)	무전조	
1시간후	2	0	0	2	1	0	15
3시간후	2	1	0	2	1	0	14
6시간후	2	1	0	2	1	0	14
24시간후	2	1	2	2	0	0	13
총 이동수	8	3	2	8	3	0	56
이동률(%)	10.0	3.8	2.5	10.0	3.8	0	70

※ 중앙에 들깨잎말이명나방 성충 20마리 투입

표 3.2.6. 들깨잎말이명나방 유충에 대한 광 파장별 체류수

광 조사후 경과시간	LED광 파장별 들깨잎말이명나방 유충 체류수(마리)						비고 (중앙)
	적색 (610nm)	주황색 (587nm)	노란색 (572nm)	연두색 (557nm)	녹색 (527nm)	무전조	
1시간후	2	2	0	8	1	0	7
3시간후	2	1	1	13	1	1	1
6시간후	3	1	1	12	3	0	0
24시간후	3	1	1	11	4	0	0
총 이동수	10	5	3	44	9	1	8
이동률(%)	12.5	6.3	3.8	55.0	11.3	1.3	10.0

※ 중앙에 들깨잎말이명나방 유충 20마리 투입

표 3.2.7. 파밤나방 유충에 대한 광 파장별 체류수(마리)

광 조사후 경과시간	LED광 파장별 파밤나방 유충 체류수(마리)						비고 (중앙)
	적색 (610nm)	주황색 (587nm)	노란색 (572nm)	연두색 (557nm)	녹색 (527nm)	무전조	
1시간후	0	0	0	0	0	0	10
3시간후	0	0	0	0	0	0	10
6시간후	0	0	0	0	0	0	10
24시간후	2	1	1	1	4	1	0
총 이동수	2	1	1	1	4	1	30
이동률(%)	5.0	2.5	2.5	2.5	10.0	2.5	75.0

※ 중앙에 파밤나방 유충 20마리 투입

2) 사다리꼴 개량 LED기판(가로x세로x높이 20x20x10cm)에 대한 나방류 행동반응 조사

표 3.2.8. 담배거세미나방 성충의 광 파장별 이동률(3회 반복)

광 조사후 경과시간	LED광 파장별 담배거세미나방 성충의 체류수(마리)						중양
	UV광 (375nm)	녹색 (530nm)	주황색 (590nm)	적색 (610nm)	적색 (630nm)	무전조	
1시간 후	1.0	0.3	0.0	1.3	0.3	0.0	27.0
3시간 후	1.3	1.0	0.0	1.0	1.0	0.3	25.0
6시간 후	5.0	2.7	3.0	2.7	1.3	2.0	7.0
24시간 후	8.3	3.7	3.0	5.0	3.0	2.0	1.7
총 이동수	15.7	7.7	6.0	10.0	5.7	4.3	60.7
이동률(%)	13.1±1.8	6.4±0.7	5.0±0.4	8.3±0.4	4.7±1.0	3.6±0.9	50.6±3.1

※ 검정상 중앙에 성충 30마리 투입후 이동을 조사

표 3.2.9. 파장별 투입 담배거세미나방 성충의 광파장별 이동률(%)

광 조사후 경과시간	LED광 파장별 담배거세미나방 성충의 체류수(마리)						중양
	UV광 (375nm)	녹색 (530nm)	주황색 (590nm)	적색 (610nm)	적색 (630nm)	무전조	
1시간 후	5	5	5	5	5	5	0
3시간 후	5	5	5	5	5	5	0
6시간 후	5	4	6	4	5	3	1
24시간 후	5	3	7	4	5	3	3
총 이동수	20	17	23	18	20	16	4
이동률(%)	13.3	11.3	15.3	12.0	13.3	10.7	2.7

※ 각 파장에 성충 5마리씩 투입후 이동을 조사

표 3.2.10. 담배거세미나방 유충의 파장별 이동률(2회 평균)

광 조사후 경과시간	LED광 파장별 담배거세미나방 유충의 체류수(마리)						중양
	적색 (630nm)	적색 (610nm)	주황색 (590nm)	노란색 (570nm)	녹색 (530nm)	무등	
1시간후	0.5	0.5	0.5	1.5	12.5	0.0	4.5
3시간후	1.0	1.0	0.5	4.5	9.0	2.0	2.0
6시간후	1.5	1.0	1.0	5.0	9.0	2.5	0.5
24시간후	1.5	2.0	1.5	5.0	5.5	4.5	0.0
총 이동수	4.5	4.5	3.5	16.0	36.0	9.0	7.0
이동률(%)	5.6	5.6	4.4	20.0	45.0	11.3	8.8

※ 검정상 중앙에 유충 30마리 투입후 이동을 조사

3) 개량 사각기판(가로x세로 20x20cm)에 대한 나방류 행동반응 조사

표 3.2.11. 파밤나방 성충의 광 파장별 이동수(마리) 및 비율(%)

광 조사후 경과시간	접종수 (마리)	LED광 파장별 파밤나방 성충의 체류수(마리)				
		375nm	560nm	590nm	610nm	계
2시간후	30	8	7	7	3	25
5시간후	30	8	8	7	5	28
10시간후	30	8	7	4	1	20
총 이동수	90	24	22	18	9	73
이동률(%)	100	26.7	24.4	20.0	10.0	81.1

※ 검정상 중앙에 유충 30마리 투입 후 이동율 조사

표 3.2.12. 담배거세미나방 성충의 광 파장별 이동수(마리) 및 비율(%)

광 조사후 경과시간	접종수 (마리)	LED광 파장별 담배거세미나방 성충의 체류수(마리)				
		375nm	560nm	590nm	610nm	계
4시간후	24	9	5	3	1	18
8시간후	24	7	6	3	2	18
24시간후	24	5	4	5	4	18
36시간후	24	7	5	2	4	18
총 이동수	96	28	20	13	11	72
이동률(%)	100	29.2	20.8	13.5	11.5	75.0

표 3.2.13. 담배거세미나방 유충의 파장별 이동율(%)

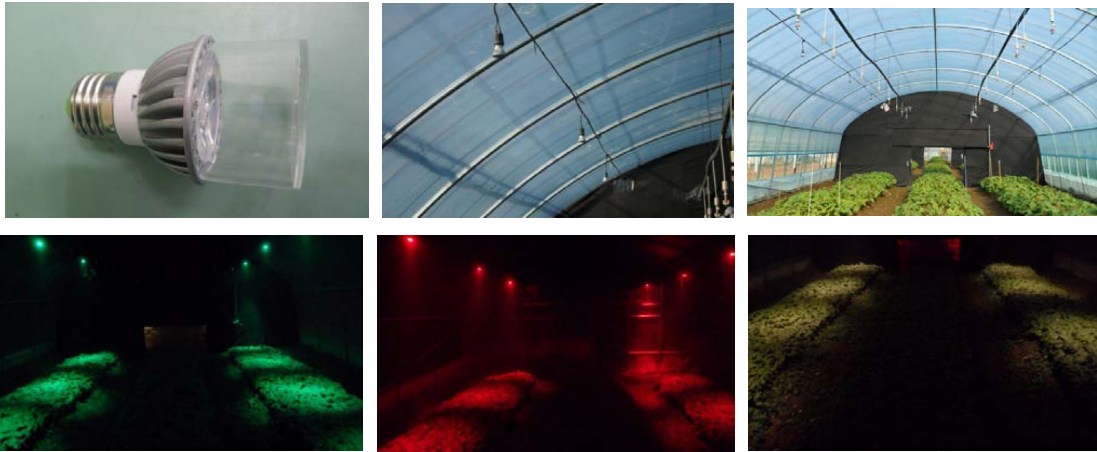
광 조사후 경과시간	접종수 (마리)	LED광 파장별 담배거세미나방 유충의 체류수(마리)					
		375	530	560	590	610	계
6시간후	30	13	1	4	3	2	23
24시간후	30	9	3	5	4	3	24
총 이동수	60	22	4	9	7	5	47
이동률(%)	100	36.7	6.7	15.0	11.7	22.7	71.0

3. 전조 형태가 있들개 생육 및 병해충 발생정도에 미치는 영향구명

표 3.2.14. 시설있들개 하우스의 전조 형태별 측정 조도

하우스	광 원	광원으로부터 거리별 조도(Lux)				피크파장 (nm)
		광원직하 1m	광원직하 2m	광원+광원 지면 1m	이랑사이 2m	
3번	녹색LED	324.0	149.0	8.7	2.2	518
	전구색LED	270.0	77.7	12.0	2.2	585
	적색LED	88.0	36.0	2.3	0.6	631
2번	적색 LED(농과원)	9.0	4.9	3.1	2.4	-
1번	백열등	107.0	40.0	36.7	21.7	-

○ LED등 파장별 전조 장면



녹색등

적색등

전구색등(황색등)

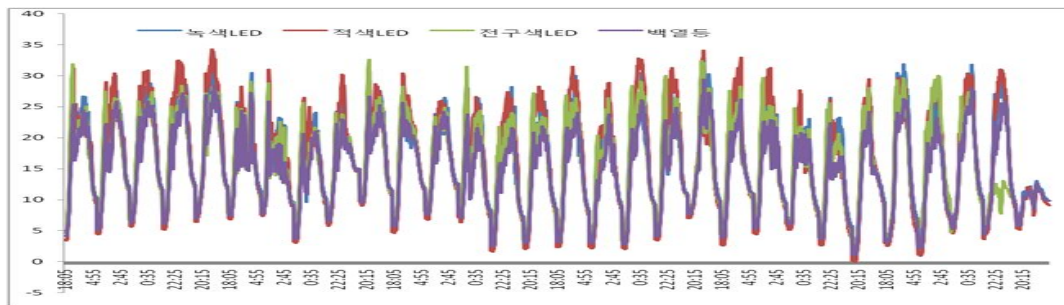


백열등 전조하우스

LED(농과원) 전조하우스

□ 시험결과 (전조 형태가 있들께 생육 및 병해충 발생정도에 미치는 영향구명)

가. 있들께 생육



<LED 광원 및 백열등 전조 있들께 하우스의 시간별 야간온도 분포(‘10년 11.3~12.3)>

※ 조사장소 : 녹색, 전구색, 적색LED는 동일 하우스(3등분-각 8m), 백열등은 단동하우스 전체(24m)

표 3.2.15. LED광 종류 및 백열등 전조에 따른 하우스내 야간온도 특성(‘10년 11.3~12.3)

광원종류	최고온도(℃)	최저온도(℃)	평균온도(℃)
녹색LED	33.6	1.9	16.5
전구색(황색)LED	32.6	1.6	16.1
적색LED	34.3	-0.1	16.6
백열등	29.4	1.0	14.8

표 3.2.16. 전조 광원별 시설잎들깨 1차 생육반응(10월 5일)

광원 종류	초장 (cm)	마디수 (개/주)	엽장 (cm)	총 잎무게 (g/m ²)	엽록소함량 (SPAD502)
전구색LED	23.8	4.6	9.9	218.0	30.7
적색LED	30.7	5.1	11.1	420.3	31.2
농과원 적색LED	20.7	4.7	8.0	100.2	28.5
백열등	17.8	4.4	7.3	84.6	27.0

※ 전조 : 본엽 1매 시기인 9월 6일부터 주간 일장을 16시간으로 조절(3~6시간 전조)

표 3.2.17. 전조 광원별 시설잎들깨 2차 생육반응(11월 2일)

광원 종류	초장 (cm)	마디수 (개/주)	엽장 (cm)	총 잎무게 (g/m ²)	엽록소함량 (SPAD502)
녹색LED	25.8	4.9	10.4	335.7	29.7
전구색 LED	23.8	4.6	9.9	218.0	30.9
적색LED	31.1	5.1	11.1	420.3	31.2
농과원 적색LED	20.7	4.7	8.0	100.2	28.6
백열등	17.7	4.4	7.3	84.6	27.1

표 3.2.18. 전조 광원별 시설잎들깨 3차 생육반응(11월 29일)

광원 종류	초장 (cm)	마디수 (개/주)	엽장 (cm)	총 잎무게 (g/m ²)	엽록소함량 (SPAD502)
녹색LED	28.0	5.1	9.1	212.3	29.1
전구색LED	23.9	4.9	8.2	175.3	28.4
적색LED	30.7	4.8	9.2	247.0	29.8
농과원 적색LED	30.9	3.7	7.8	206.2	28.5
백열등	33.4	3.9	8.6	283.6	30.0

나. 잎들깨 병해충 발생조사

표 19. LED광원별 전조에 따른 잎들깨 해충 발생 및 피해정도(10월 5일)

광원 종류	잎들깨 채엽량(매/m ²)				해충 발생수(마리/10주)		
	총 엽수	해충 피해엽수	이병 엽수	정상 엽수	나방류	진딧물수	채소바구미
전구색LED	217.6	131.3	41.0	45.3	0.2	0.1	0.1
적색LED	628.7	364.7	91.0	173.0	0.3	0.0	0.1
농과원 적색LED	130.4	50.4	52.0	28.0	0.1	0.0	0.0
백열등	113.0	28.6	39.4	45.0	0.1	0.0	0.0

표 3.2.20. LED광원별 전조에 따른 잎들깨 해충 발생 및 피해정도(11월 2일)

광원 종류	잎들깨 채엽량(매/m ²)				해충 발생수(마리/10주)		
	총 엽수	해충 피해엽수	이병 엽수	정상 엽수	나방류	진딧물류	채소바구미
녹색LED	368.0	129.7	102.7	135.7	0.1	0.1	0.2
전구색 LED	217.7	131.3	41.0	45.3	0.2	0.1	0.1
적색LED	528.7	264.7	91.0	173.0	0.3	0.0	0.1
농과원 적색LED	144.4	64.4	52.0	28.0	0.1	0.0	0.0
백열등	113.0	28.6	39.4	45.0	0.1	0.0	0.0

표 3.2.21. LED광과 백열등 전조에 따른 잎들깨 병해충 발생 및 피해정도(11월 29일)

광원 종류	해충 발생량 (마리/주)			해충 피해주율 (%)			들깨녹병 발병주율 (%)
	담배거세미	진딧물	채소바구미	담배거세미	진딧물	채소바구미	
백열등	0.1	12.7	0.1	8.7	1.3	0.0	10.0
농과원 적색LED	0.1	1.0	0.4	0.7	0.3	5.3	72.0

※ 적색LED : 저온으로 인한 동해 피해주율 63%

표 3.2.22. LED광과 백열등 전조에 따른 잎들깨 병해충 발생 및 피해정도(11월 29일)

광원 종류	해충 발생량 (마리/주)				해충 피해주율 (%)		
	총 엽수	해충 피해엽수	이병 엽수	정상 엽수	나방류	진딧물수	채소바구미
녹색LED	159.1	58.7	85.7	14.7	0.2	0.0	0.1
전구색LED	133.7	63.7	56.0	14.0	0.2	0.0	0.0
적색LED	177.0	98.0	47.3	31.7	0.1	0.0	0.1

□ 결과요약 (달팽이, 나방 및 잎들깨 시험)

가. 실내 검정 시험

- 민달팽이류는 주황색, 황색, 적색 등 장파장에 유인이 많이 되었고 반면 연두색, 녹색 등 단파장에 유인수가 적었음.
- 들깨잎말이명나방은 570~590nm의 파장에 유인수가 적었고, 557nm이하 및 610nm 이상 파장에서 유인수가 많았으며 특히 유충은 557nm파장에 많이 유인되었음.
- 파밤나방은 광파장별 큰 차이가 없었으나 유충은 527nm에 다소 많이 유인되었고, 성충은 590nm 이하의 대부분 파장에서 유인수가 많았음.
- 담배거세미나방은 375nm의 UV광에 다소 많이 유인되었으나 파장별, 실험 장치별로 유인수에 편차가 많았음.

나. 시설잎들깨 포장시험

- 시설잎들깨를 대상으로 3종류의 LED광원을 조사후 생육을 조사한 결과, 들깨생육은 적색(630nm), 녹색(518nm), 전구색(585nm) 순으로 생육이 양호하고 및 수량이 많았으나 엽록소 함량에는 차이가 없었음.
- 농가 보급형 적색LED와 백열등을 전조하여 들깨 생육을 조사한 결과 생육 초기에는 적색 LED 전조구에서 잎들깨 생육이 우수하고 및 수량이 많았으나 11월 하순 이후에는 백열등 전조구에서 생육이 더 우수하고 수량도 많았음.
- LED광 파장별 잎들깨 병해충 발생량은 파장별로 차이가 없었으나 병해충 피해를받은 들깨 엽수는 적색, 녹색, 전구색 순으로 많았음. 그러나 건전엽 생산량은 적색이 녹색이나 전구색보다 훨씬 더 많았음
- 녹색 전조구는 적색 및 전구색과 같이 재배하였지만 11월 하순에는 조도가 낮은지역을 위주로 개화가 되어 일장 조절용으로 사용은 어려울 것으로 생각됨.
- 보급형 LED는 백열등 전조구보다 병해충 발생 및 피해수는 많았으나 백열등 전조구보다 생육이 더 양호하여 채엽 수량이 더 많았음.
- LED등은 백열등에 비하여 발열량이 적기 때문에 11월 하순경 지속된 영하의 강추위에 의해 야간 실내 온도가 매우 낮아 60% 이상 잎들깨가 동사하였음.
- LED 및 백열등 전조, LED광 파장별 전조에 따른 시설잎들깨 포장내 토양 화학성을 분석한 결과 LED등과 백열등간 토양화학성 차이는 없었음. LED광 파장별 전조에 따른 토양 화학성은 EC 및 인산함량에 다소 차이가 있었지만 이 차이는 시료채취 지점, 비료 투입 방법, 반복시험 미실시 등에 의한 차이로 판단됨

4. 차애모무늬잎말이나방 실험

4.1 차애모무늬잎말이나방의 기피에 영향을 주는 화학물질 탐색

- 차애모무늬 잎말이나방의 광반응 실험을 위한 년중 실험이 가능한 항구적 해충사육기반 구축



<차애모무늬잎말이나방 공시충 확보>



<인공사육을 통한 공시충 확보>

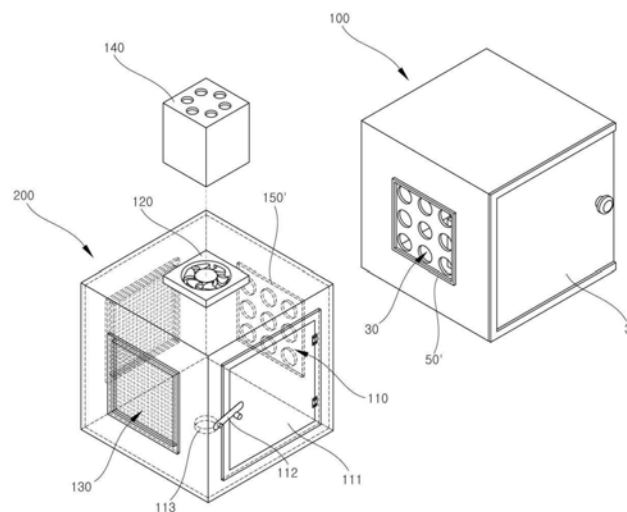


< 차애모무늬잎말이나방 번데기 대량생산> <차애모무늬잎말이나방 성충 부화>

- 년중 성충의 광반응 실험이 가능한 사육기반 구축
- 사육실 온도 : 23℃, 상대습도 : 40%, 일조시간 : 15hr/Day, 500 lux.
- 난에서 우화까지 평균기간은 30일이고, 성충의 수명은 7 일임

4.2 차애모무늬잎말이나방의 광반응 실험장치 개발

- 곤충류 행동반응 측정장치(A) 개발(특허출원)



- 광반응 실험 해충 투입 개체수 : 50마리
- 광반응 실험 파장영역 : 백색LED(혼합파장), 610nm, 590nm, 570nm, 550nm, 530nm
- 광반응 실험시간 : 1시간 반응 후 유인개체수 측정
- 실험보조장치 : 성충의 수분공급을 위한 밀감절편과 증류수 접시 설치

4.3 차애모무늬잎말이나방의 기피물질 탐색

- 실험대상물질 : Terpinol, Citral, Eugenol, Hexanal, Benzyl benzoate, Methyl benzoate, Geraniol, Linalool oxide, Butyl hexanoate 등 9종
- 시료제조 : 0.2% Polymer gel 조제



화학물질 Polymer gel 제조



- 반응조사 : 곤충반응측정장치 A(자체제작, 특허출원)를 이용하여 1시간 후의 공시충이 화학물질이 존재하는 인공처리환경 공간에서 자연환경 공간으로 이동한 개체수를 계수함. 공시성충은 실험구 당 50마리를 사용함

○ 실험 1 : 곤충반응측정장치 A에서 550nm LED 광 조사가 해충에 미치는 기피효과

- 실험결과 : LED 광이 조사되는 인공환경에서 자연환경 공간으로의 이동 해충수는 35마리 이고, 광조사가 없는 대조구에서는 3마리 만이 이동하였음. 따라서 차애모무늬잎말이나방의 성충이 550 nm LED에 대한 기피반응이 있음을 확인함

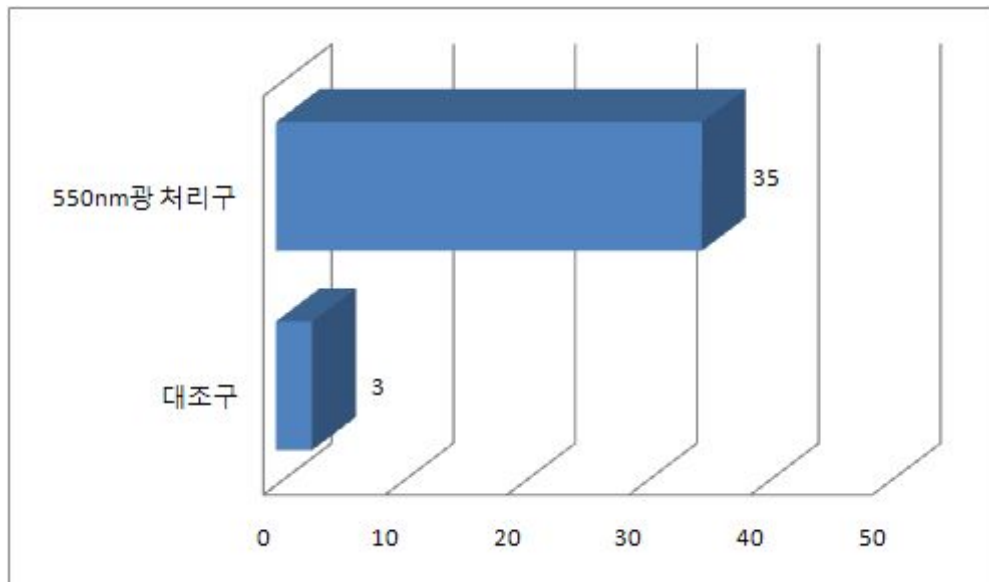


그림. 550nm LED 광 조사에 의한 해충의 기피효과

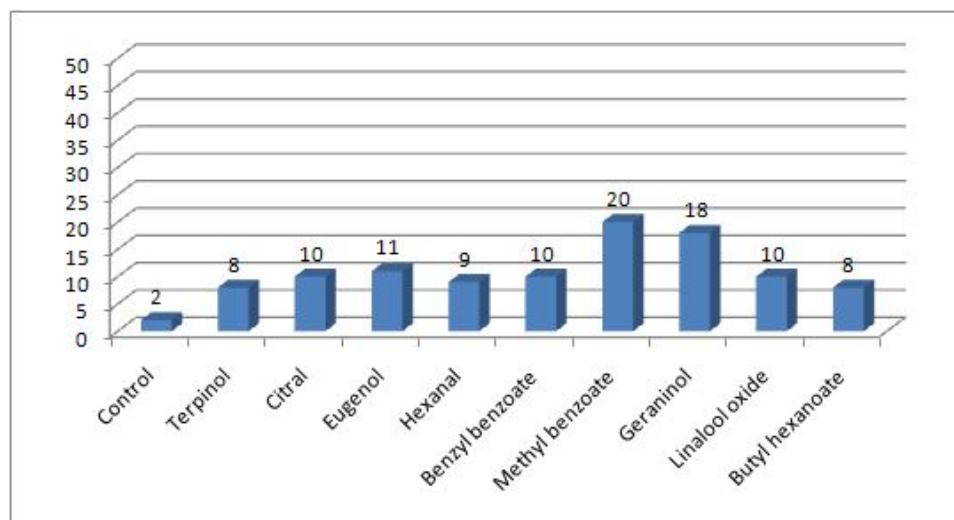


그림. 화학물질들에 의한 공시해충의 기피효과

○ 실험 2 : 각종 화학물질에 대한 공시해충의 기피반응 조사

- 실험결과 : 곤충반응측정장치 A에서 1시간 후의 반응 결과 Methyl benzoate와 Geraniol 두가지 화학물질 상대적으로 높은 기피반응을 상기 그림에 나타내었음. 특히 자연환경 공간으로 이동하지 않은 공시성충들도 대부분 심한 스트레스에 의해 행동이 가시적으로 저

하되어 대조구해 비해 활동이 현저하게 약화됨. 따라서 Methyl benzoate와 Geraninol 두 가지 화학물질을 공시 기피물질로 사용함

4.4 차애모무늬잎말이나방의 기피물질과 기피 광파장과의 시너지효과 검증

- 곤충반응측정장치 B

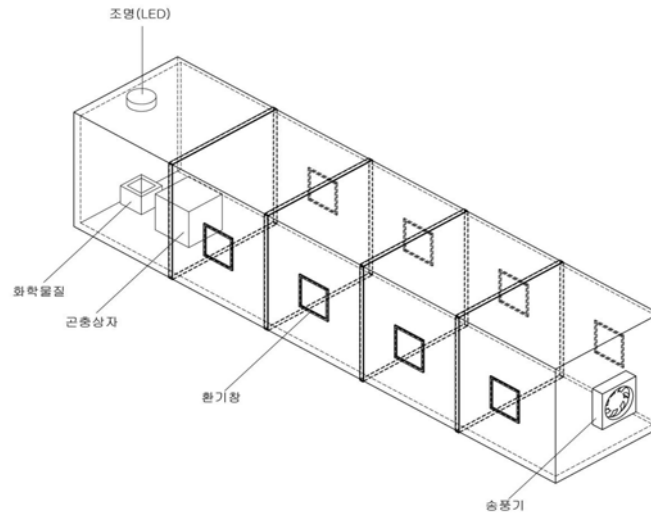


그림. 곤충반응측정장치 B의 개념도

- 장치의 특징: LED 광의 세기와 기피물질 농도에 따른 공시충의 반응 측정장치의 길이가 150cm로서 30cm 단위로 구획을 하여 구획별 공시충의 밀도 측정
- 실험대상물질 : Methyl benzoate, Geraninol 의 0.2% Polymer gel
- 공시해충수 : 50마리
- 측정시간 : 실험 1시간 후 각 영역구간별 공시해충 밀도 측정(25℃, 습도 40%, 암실)

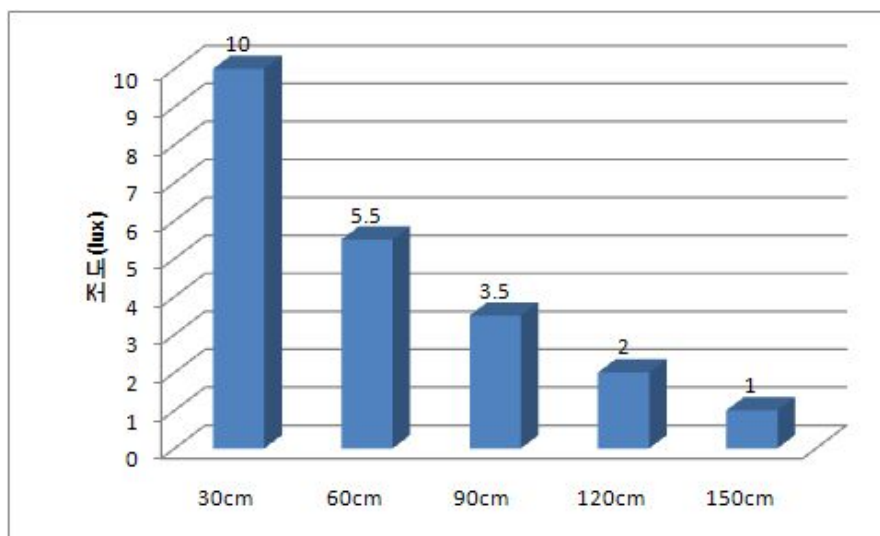


그림. 곤충반응측정장치 B 의 광원과의 거리에 따른 조도(lux) 변화

- 곤충반응측정장치 B 의 광원과의 거리에 따른 조도(lux) 변화는 그림과 같이 근거리(10 lux)에서 원거리(1 lux) 까지 실험목적에 적절하게 광 분포도를 나타내어 광에 대한 곤충의 반응을 판단하기에 적절한 것으로 판단함

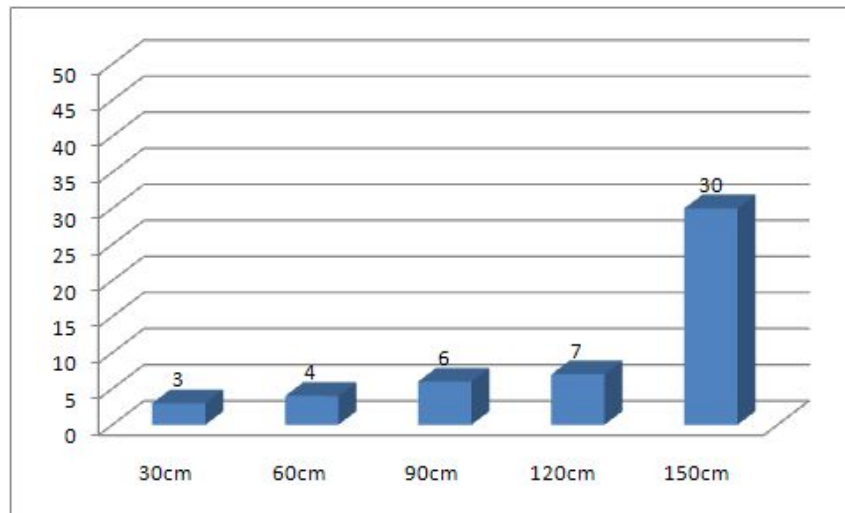


그림. 550nm LED 광 조사에 의한 공시해충의 밀도(마리) 변화

- 실험 3 : 곤충반응측정장치 B에서 550nm LED 광에 의한 공시해충의 반응
 - 실험목적 : 곤충반응측정장치 A에서 확인된 곤충의 광반응을 세부적으로 분석하고자 함
 - 실험방법 : 곤충반응측정장치 B를 LED 광원으로부터 30cm 간격으로 구획하고, 구획내의 곤충밀도를 조사하여 광원에 대한 기피효과의 정도를 조사함
 - 실험결과 : 가장 원거리인 150cm구역내에 가장 많은 공시해충이 집적하였음. 광원에 근접할수록 집적 밀도가 낮아 550nm LED 광에 대한 기피효과가 있는 것으로 확인됨

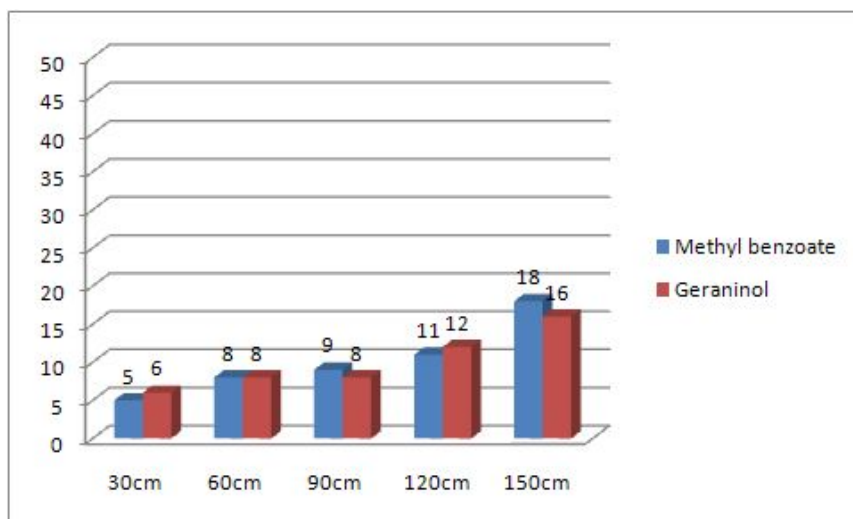


그림. 기피화학물질에 따른 공시해충의 행동적 특성

- 실험 4 : 곤충반응측정장치 B에서 기피화학물질에 대한 공시해충의 반응
 - 실험목적 : 곤충반응측정장치 A에서 확인된 곤충의 화학물질에 대한 반응을 세부적으로 분석하고자 함

- 실험방법 : 곤충반응측정장치 B를 화학물질로부터 30cm 간격으로 구획하고, 구획내의 곤충밀도를 조사하여 화학물질에 대한 기피효과의 정도를 조사함
- 실험결과 : 화학물질로부터 거리가 멀어질 수록 공시해충의 집적밀도가 증가하는 것으로 보아 공시해충에 대한 기피효과가 있는 것으로 확인되었고, Methyl benzoate가 가장 우수한 효과를 나타내었음(상기 그림)

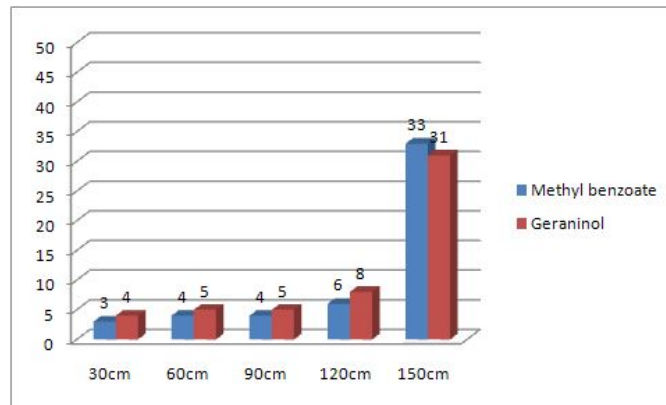


그림. 550nm 광조사와 기피물질간의 시너지효과

- 실험 5 : 곤충반응측정장치 B에서 LED 광과 화학물질간의 시너지효과 조사
 - 실험목적 : 곤충의 광 기피반응에 화학적 기피물질의 시너지효과 확인
 - 실험방법 : 곤충반응측정장치 B를 LED 광원 위치에 화학물질을 설치하고, 30cm 간격으로 구획한 후, 구획내의 곤충밀도를 조사하여 기피효과의 시너지효과 여부를 조사함
 - 실험결과 : LED 광조사와 화학물질 개별적 기피효과에 비해 동시 조건부여시 효과가 현저하게 증진되는 결과를 나타내지는 못하지만 약간의 증진효과가 있음을 확인할 수 있음.
- 실험 6 : 광과 화학물질에 대한 공시해충의 암수간의 반응 차이
 - 실험목적 : 광과 화학물질 기피반응의 암수간 특이성 구명
 - 실험방법 : 공시해충으로 암수를 구별하여 광과 화학물질 동시 부여조건에서 기피효과 검증
 - 실험결과 : LED 광과 화학물질에 대한 공시해충의 반응과 관련하여 암수간의 성별에 의한 현저한 특성은 관찰되지 않았으나 수컷에 비해 암컷이 민감성이 다소 높은 것으로 판단됨

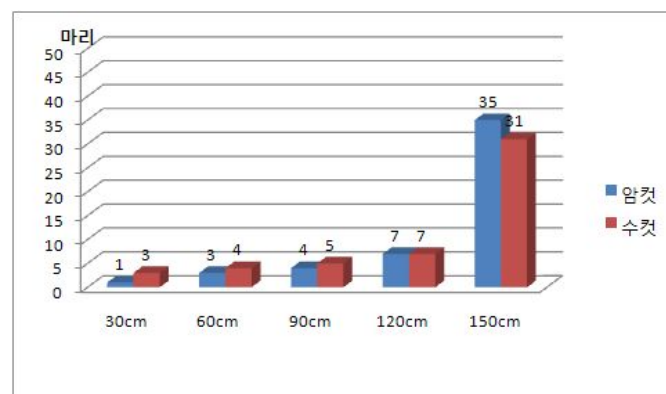


그림. 공시해충의 성별에 따른 LED 광 및 화학물질에 대한 기피효과

5. LED 광조사의 토양환경 영향 실험

5.1 LED 광 조사가 토양환경에 미치는 영향

- 실험조건

- 공시토양 : 전남대학교 부속농장 포장 밭토양(식양토)
- 실험구 : 45cm x 35cm x 8cm(h) 사각육묘상자에 공시토양 사용, 작물 무재배
유리온실내 이중하우스(25℃, 습도 40%),
- LED 광처리 : LED 550nm, 조도 10 lux(LED 모듈사용), 24hr/day 조명 처리
- 대조구 : LED 광을 처리하지 않은 실험구와 동일한 조건 적용
- 실험기간 : 30일 처리 후 토양의 이화학성 및 미생물 생태 변화 조사



5.2 LED 광 조사가 토양의 이화학성에 미치는 영향

- 실험방법 : 토양화학분석법에 준하여 분석

유효인산(P2O5) : Lancaster법, 유기물(Org.) : Tyurin법,

전기전도도(EC) : EC meter, 산도(pH) : pH meter

전질소 : 질소분석기, 양이온치환용량(CEC) : ICP

표 5.1. LED 광 조사가 토양의 이화학성에 미치는 영향

처리구	T-N	P ₂ O ₅	Org.	CEC	EC	산도
	%	mg/kg	%	cmol/kg	ds/m	pH
LED 광 처리 1	0.210	401.5	4.08	21.75	2.24	6.24
LED 광 처리 2	0.200	402.3	4.06	21.65	2.25	6.24
LED 광 처리 3	0.202	400.0	4.06	21.69	2.35	6.21
대조구	0.203	401.3	4.07	21.70	2.36	6.21

- 실험결과 : LED 광 조사가 토양의 이화학성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 인공환경에서 실험한 결과, 전질소(T-N), 유효인산(P2O5), 유기물, 양이온치환용량(CEC), 전기전도도(EC), 산도(pH) 등 전분야에 걸쳐 대조구 대비 뚜렷한 변화의 양상이 나타나지 않은 것

으로 보아 10Lux 조도의 LED 조명은 토양의 이화학성에 영향을 주지 않는 것으로 확인됨 (표 5.1).

5.3. LED 광 조사가 토양미생물상에 미치는 영향

- 실험방법 : 공시토양을 2mm 토양체로 친 후, 100g을 증류수로 혼합하여 진탕한 다음 회석평판법으로 호기성세균, 사상균, 방선균을 조사함
- 미생물 생육배지 : 호기성 세균(egg-albumin agar medium)
 사상균(Rose-bengal agar medium)
 방선균(Starch casein medium)

표 5.2. LED 광 조사가 토양미생물상에 미치는 영향

처리구	호기성세균	방선균	사상균
LED 광 처리 1	6.8 x 10 ⁸ cfu	2.1 x 10 ⁶ cfu	5.8 x 10 ⁴ cfu
LED 광 처리 2	6.5 x 10 ⁸ cfu	2.2 x 10 ⁶ cfu	5.7 x 10 ⁴ cfu
LED 광 처리 3	2.8 x 10 ⁸ cfu	1.2 x 10 ⁶ cfu	2.7 x 10 ⁴ cfu
대조구	5.8 x 10 ⁸ cfu	2.0 x 10 ⁶ cfu	5.5 x 10 ⁴ cfu

- 실험결과 : LED 광 조사가 토양의 미생물상의 변화에 미치는 영향을 조사하기 위하여 인공환경에서 실험한 결과, 호기성 일반세균과 방사선균 그리고 사상균의 증식에 뚜렷한 변화의 결과가 나타나지 않는 것으로 보아 10Lux 조도의 LED 조명은 토양의 미생물상에 영향을 주지 않는 것으로 확인됨(표 5.2)

5.4 LED 광 조사가 녹차 실내생육환경에서 해충방제에 미치는 영향

- 실험조건

<ul style="list-style-type: none"> - 실험구 : 녹차 3년생 묘목 화분으로 실험구 설치 유리온실내 이중하우스(25℃, 습도 40%), - 처리구 : LED 550nm, 조도 10 lux(LED 모듈사용), 24hr/day 조명 처리 - 대조구 : LED 광을 처리하지 않은 실험구와 동일한 조건 적용 - 실험기간 : 30일간 해충에 의한 피해발생 소장 조사

- 실험목적

- : LED 광 조사효과에 대한 포장실험 적용을 위한 실내실험 수준의 예비적 결과 모니터링
- : 모니터링 결과를 토대로 과제수행 3차년도 수행계획에 반영



5.5 실험결과

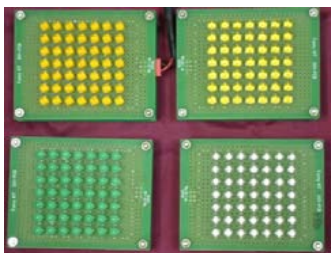
- 가시적 성과 : LED 광 조사구역에서의 해충 피해발생 정도 현저히 감소됨
- 특이사항 : LED 광 조사구역에서도 대조구와 대등하게 차애모무늬잎말이나방 성충의 활동은 관찰되었으나 실제로 산란 및 유충발생에 의한 차잎 가해현상은 현저하게 대조구에 비해 발생하지 않았음
- 따라서 550nm LED 광 조사는 차애모무늬잎말이나방의 생태에 영향을 주는 것으로 확인되었고 광 조사지역에 산란을 저지하는 효과가 있는 것으로 확인됨

6. 해충반응 검정상 수정 후의 실험

6.1 실험

<시험 1> 광 파장별 해충의 행동반응 조사

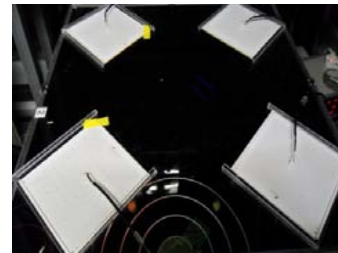
LED 광파장에 따른 주요 해충의 행동반응을 측정하고자 포장에서 대상 해충을 채집한 다음 식량원 기능성작물부 해충사육실에서 누대 사육하면서 실험하였다. 사육실 및 실험실의 환경조건은 온도 $24\pm 2^{\circ}\text{C}$, 습도 $80\pm 15\%$, 일장 L:D=16:8으로 유지하였고, 먹이는 달팽이류는 배추와 오이를 혼합 공급하였고, 나방류 성충은 설탕물을, 유충은 인공사료를 제공하였으며, 진딧물은 배추와 콩 식물체를, 노린재류는 콩이나 수수 이삭을 제공하였다. 행동반응 조사를 위한 검정상은 검은 아크릴로 2가지 형태로 자체 제작하였는데(그림 1), 육면체 검정상은 높이 50cm x 폭 70cm 크기이며, 검정상 가운데 해충 투입구(직경 30cm 원통)를 중심으로 각 6개의 셀로 구분되어 있고, 하부에는 해충들이 각 셀로 자유롭게 이동할 수 있게 반경 5cm의 구멍이 있다.



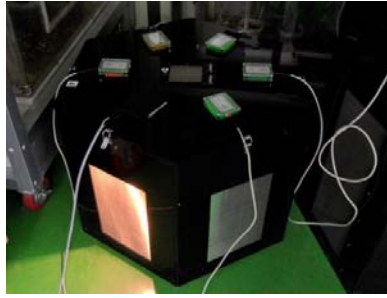
기존 기판



개량 기판 1



개량 기판 2



육면체 검정상

4면체 검정상

<실험에 사용된 LED 광원 기판 및 행동반응 검정장치 형태>

정사면체 검정장치는 가로x세로x높이가 각각 70cm이며, 가운데 격막이 없고, 상부 4곳에 LED 기판을 설치할 수 있는 구멍이 있다. 검정용 LED 기판은 한국광기술원에서 3가지 형태로 주문 제작하여 이용하였는데, 초기 사각 기판은 크기가 가로x세로 10x10cm이며, 파장은 527, 557, 572, 587, 610nm의 5종이었다. 개량 마름모꼴 기판은 가로x세로x높이가 20x20cm이며, 파장은 375, 530, 560, 590, 610nm이었고, 개량 사각기판은 가로x세로가 20x20cm이며, 파장은 375, 560, 590, 610nm를 이용하였다. 행동반응 측정을 위한 기판들은 그림 1과 같이 상부에 설치하여 24시간 콘트롤박스로 자동으로 점멸되게 조정하였고, 각 광원의 조도는 10Lux 내외가 되도록 하였다. 대상 해충들은 실험전 6시간 동안 먹이를 주지 않았고, 실험 시작과 동시에 각각의 파장 아래에 해충별 적당한 기주를 공급하였다. 해충의 유인율은 처리후 시기별로 각 파장의 셀로 이동한 해충의 수를 조사한 다음 최초 검정상 가운데에 투입한 해충의 수에 대한 비율로 계산하여 나타내었다.

<시험 2> LED광 파장에 따른 식물 생육 및 병해충 발생조사

LED광 파장별 식물의 생육 및 병해충 발생조사는 해충 행동반응 측정 장치인 정사면체 검정상과 철망으로 격리된 해충 망실 및 기능성작물부 비닐하우스(30평 크기, 길이 30m x 폭 6.5m)인 단동하우스에서 수행하였는데, 단동하우스는 겨울에도 작물을 재배할 수 있게 이중으로 비닐을 설치 및 지하수를 이용한 수막재배시설을 설치하였다. 포트 정식 배추 및 고추에 대한 생육실험은 개량 사각기판(가로x세로가 20x20cm)을 이용하였다. LED광원의 종류에 따른 식물 생육 및 해충 발생량 조사는 비닐하우스에서 수행하였는데, 각 LED 파장별 실험은 중국에서 주문 제작한 LED(적색, 녹색, 황색 파장, 표 1 참조)를 2m 간격으로 2줄씩 설치한 다음 24시간 타이머를 이용하여 일몰후부터 자정까지 시기별로 2~6시간씩 일장이 총 16시간 되게 조절하면서 재배하였고, 겨울철에는 야간 온도가 5℃이하로 떨어지지 않게 야간 12시부터 아침 7시까지 지하수를 이용하여 수막을 틀어 있들께 재배를 하였다. 또한 백열등과 농업과학기술원에서 만든 작물 생육촉진용 보급형 LED의 병해충 발생 비교를 위해 각각 1동의 하우스에 설치하였다. 있들개는 8월 하순에 7x7cm 간격으로 파종하여 첫 번째 본엽이 나오는 9월 중순부터 각 LED 파장별 전조를 하였다. 조사는 각 LED 파장별 3지점을 선정하여 각각 1㎡의 면적에 있는 있들개를 대상으로 병해충의 발생량을 조사하였다.



녹색등

적색등

전구색등(황색등)

<LED등 파장별 전조 장면>

표 6.1. 시설있들개 하우스의 전조 형태별 측정 조도

광원	피크파장	파장범위	상 관 색온도	광원으로부터 거리별 조도(Lux)			
				등 직하 1m	등 직하 2m	직하 옆 1m위치	이랑사이 (2m)
녹색	518	19	8077	324.0	149.0	8.7	2.2
전구색	585	108	3154	270.0	77.7	12.0	2.2
적색	631	39	5701	88.0	36.0	2.3	0.6

그리고 LED 광 파장의 시설내 설치형태에 따른 병해충 발생량 조사를 위하여 소형 단동비닐하우스를 16m 간격으로 총 4칸으로 구분하여 중간에 검은 천으로 출입문 형태의 차단벽을 설치하였다. 그런 다음 각각의 칸에는 천장에서 2m 간격으로 불을 켤 수 있는 전조장치를 2줄씩 설치(가로 3m x 세로 2m)하였다. 그리고 1~2번 칸의 비닐하우스 옆 측창에는 중국에서 수입한 트리형 황색 LED를 지면에서 50cm 위에 설치하였다. 시험구는 백열등+트리형 황색LED, 적색LED+ 트리형 황색LED와 트리형 LED를 설치하지 않고 백열등 및 적색LED만 설치한 구로 나누어 있들개를 재배하면서 병해충 발생량을 조사하였다.

(시험 3) 전조 형태가 있들개 생육 및 병해충 발생정도에 미치는 영향구명

생물검정 및 포장 실험의 결과를 바탕으로 일부 등을 보완한 새로운 형태의 LED등을 이용하여 시설있들개 농가 현장에서 실증실험을 수행하였다. 전조용 LED 파장은 6개의 고휘도의 LED칩을 이용하여 470nm(청색), 570nm(녹색), 590nm(황색) 및 660nm(적색)의 하부가 평평한 형태의 전구를 제작하였고, 각각의 LED에는 1, 10, 50, 100Hz의 Pulse를 적용하였다. 파장별로 3개씩 전구를 연결하여 Pulse별 전조가 되게 하였고, 농가 있들개 포장 1.8m 높이에 등을 설치한 후 일몰후부터 야간 5시간씩 전조를 하면서 생육 및 병해충 발생을 조사하였다.

6.2 결과

가. 주요 해충의 LED파장에 대한 행동반응 연구

(1) LED광 파장에 따른 나방류의 행동반응 연구

가) 들깨잎말이명나방에 대한 LED광파장의 유인효과

표 6.2. LED광 파장에 대한 들깨잎말이명나방 4령 유충의 유인율

처리후 시간	LED광 파장에 따른 들깨잎말이명나방 유충의 시기별 유인율					
	1시간	3시간	6시간	24시간	총 유인수 (마리)	총 유인율 (%)
630nm	10	10	15	15	10	12.5
610nm	10	5	5	5	5	6.3
590nm	0	5	5	5	3	3.8
570nm	40	65	60	55	44	55.0
530nm	5	5	15	20	9	11.3
무전조	35	5	0	0	1	1.3
초기투입구(중앙)	0	5	0	0	8	10.0

※ 검정상 중앙에 유충 20마리 투입후 시간별 유인수 조사

들깨잎말이명나방 4령충에 대한 LED광 파장별 유인율을 조사한 결과(표 2), 570nm에서 평균 55.0%의 유인율로 타 파장보다 월등히 높았고, 590 및 610nm에서 3.8~6.3%로 유인율이 매우 낮았다. 570nm 파장은 처리후 1시간부터 40%의 유인율을 보였고 시간별 약간의 차이는 있지만 40~65%의 비율을 보여 들깨잎말이명나방에 대한 유인반응이 매우 높은 것으로 생각된다. 반면 590nm는 1시간 후에도 유인된 유충이 없었고 전체적으로 0~5%의 유인율로 들깨잎말이명나방 유충이 선호하지 않은 파장으로 생각된다.

잎들깨 재배시 가장 큰 피해를 주는 들깨잎말이명나방에 대한 LED 파장별 행동반응을 조사하였다. LED광 파장에 대한 시간별 들깨잎말이명나방 성충의 유인율을 조사한 결과(표 3), 총 4회 조사한 성적에서 630nm 및 570nm에서 10%의 낮은 유인율을 보였고, 610nm, 590nm 및 530nm에서는 3%내외로 유인율이 매우 낮았다. 시험대상 성충의 대부분은 초기 투입지역에 체류하여 LED광원에 대한 이동율이 매우 낮았는데, 이것은 LED광원의 광도가 낮은 원인도 있지만 들깨잎말이명나방 성충이 LED광원에 대한 반응성이 낮은 것으로 생각된다.

표 6.3. LED광 파장에 대한 들깨잎말이명나방 성충의 유인율

처리후 시 간	LED광 파장에 따른 들깨잎말이명나방 성충의 시기별 유인율					
	1시간	3시간	6시간	24시간	총 유인수 (마리)	총 유인율(%)
630nm	10.0	10.0	10.0	10.0	8.0	10.0
610nm	0.0	5.0	5.0	5.0	3.0	3.8
590nm	0.0	0.0	0.0	10.0	2.0	2.5
570nm	10.0	10.0	10.0	10.0	8.0	10.0
530nm	5.0	5.0	5.0	0.0	3.0	3.8
무전조	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
초기 투입구	75.0	70.0	70.0	65.0	56.0	70.0

※ 검정상 중앙에 성충 20마리 투입후 시간별 유인수 조사

담배거세미나방은 현재 남부지역 작물재배포장에서 가장 많이 발생되고 있는 해충이다. 특히 유충은 잡식성 해충으로 대부분의 작물을 가해하는데, 이들은 기상환경에 따라 대발생하는 특징을 가지고 있다.

표 6.4. LED광 파장에 대한 담배거세미나방 유충의 유인율(2반복 평균)

처리후 시간	담배거세미나방 유충에 대한 LED광 파장의 유인율				
	1시간	3시간	6시간	24시간	총 유인율(%)
630nm	2.5± 2.9 b	5.0± 5.8 b	7.5±8.7 c	7.5± 8.7 a	5.6± 6.5 c
610nm	2.5± 2.9 b	5.0± 5.8 b	5.0±5.8 c	10.0± 0.0 b	5.6± 3.6 c
590nm	2.5± 2.9 b	2.5± 2.9 b	5.0±0.0 c	7.5± 2.9 b	4.4± 0.7 c
570nm	7.5± 8.7 b	22.5± 2.9 b	25.0±0.0 b	25.0± 5.8 a	20.0± 0.3 b
530nm	62.5±43.3 a	45.0±11.5 a	45.0±0.0 a	27.5±14.4 a	45.0±10.1 a

- ※ 초기 제작 LED기판에 대한 유충의 행동반응 측정,
- ※ 검정상 중앙에 유충 20마리 투입후 시간별 유인수 조사

6개의 칸으로 구분된 육면체 검정상과 초기에 제작한 소형 LED기판을 이용하여 담배거세미나방 유충을 대상으로 LED 파장별 선호성을 조사한 결과(표 4), 조사 시기별로 약간의 차이는 있지만 LED파장별로 통계적 유의차를 보였다. 가장 유인력이 높았던 530nm에서는 시기별로 27.5%~62.5%, 평균 45.0%의 유인율을 보였으며, 특히 처리 1시간 후에 62.5%의 높은 유인율을 보여 담배거세미나방 유충은 530nm의 광파장에 대한 광 반응성이 매우 높았다. 그리고 570nm에서도 7~25.0%의 유인율을 보인 반면, 590nm, 610nm 및 630nm 등 장파장 영역에서는 평균 5%내외로 유인율이 매우 낮아 담배거세미나방 유충이 싫어하는 파장대로 생각된다.

반면 중간에 칸막이가 없는 사각 검정상과 사다리꼴 기판을 이용하여 담배거세미나방 유충의 파장대별 유인율을 조사한 결과(표 5), 560nm파장에서 시간별 3회 조사한 총 유인율이 31.7%로 가장 높았고, 590nm, 630nm, 375nm순으로 단파장인 375nm의 UV파장에서 유인율이 가장 낮았다. 560nm에서는 처리 2시간후에 43.3%로 타 파장대보다 25%이상 높았으나 24시간 후에는 16.7%로 590nm 및 630nm의 30%보다 적어 시간 경과에 따라 유인율에 큰 차이가 있었다. 이러한 원인은 초기에는 담배거세미나방 유충이 특정 파장에 반응하여 유인율이 증가되었으나 파장대간 격리되지 않아 자유롭게 이동할 수 있고, 또 먹이 경쟁관계 등 동물의 행동특성인 분산성에 의해 개체밀도가 각 파장으로 분산된 결과로 해석된다. 그러나 375nm의 UV파장에서는 유충의 밀도가 시간대별로 큰 차이가 없고, 유인율도 15% 내외로 낮았기 때문에 UV 파장에 대한 담배거세미나방 유충의 선호성은 크게 떨어지는 것으로 생각한다.

표 6.5. LED광 파장에 대한 담배거세미나방 유충의 유인율(2반복 평균)

LED파장	LED파장에 대한 담배거세미나방 유충의 유인율			
	2시간후	6시간후	24시간후	총 유인율(%)
375nm	15.0±1.9 b	16.7±3.8 b	11.7±1.9 bc	14.4±1.3 b
560nm	43.3±7.7 a	35.0±9.6 a	16.7±3.8 b	31.7±7.1 a
590nm	18.3±1.9 b	23.3±3.8 ab	30.0±3.8 a	23.9±0.6 ab
630nm	15.0±1.9 b	16.7±0.0 b	30.0±0.0 a	20.6±0.6 b
중앙	0.0±0.0 c	0.0±0.0 c	3.3±3.8 c	1.1±1.3 c

- ※ 사다리꼴 LED기판 및 사각검정상 이용 유충의 행동반응 측정
- ※ 담배거세미나방 령기 : 3령 및 5령충

표 6.6. LED광 파장에 대한 담배거세미나방 성충의 유인율(3반복 평균)

측정시간	LED 파장에 대한 담배거세미나방 성충의 유인율(3반복 평균)				
	1시간 후	3시간 후	6시간 후	24시간 후	총 유인율(%)
630nm	1.1±1.7 b	3.3±3.0 a	4.4±1.7 b	10.0± 5.2 b	4.7±2.2 b
610nm	4.4±1.7 a	3.3±3.0 a	8.9±3.4 ab	16.7± 5.2 b	8.3±3.2 ab
590nm	0.0±0.0 b	0.0±0.0 b	10.0±6.0 ab	10.0± 0.0 b	5.0±1.5 b
530nm	1.1±1.7 b	3.3±0.0 a	8.9±4.6 ab	12.2± 3.4 ab	6.4±1.9 b
375nm	3.3±3.0 ab	4.4±4.6 a	16.7±6.0 a	27.8±10.5 a	13.1±5.1 a

- ※ 신규 제작 LED기판에 대한 성충의 행동반응 측정
- 육면체 검정상 중앙에 담배거세미나방 성충 30마리 투입

LED광 파장에 대한 담배거세미나방 성충의 유인율 조사는 다양한 기판과 검정상을 이용하여 수행하였다. 먼저 신규제작 기판을 이용하여 각 파장별 이동이 자유롭지 못하는 육면체 검정상을 이용하여 검정상 중앙에 담배거세미나방 성충을 30마리 투입하여 3반복 실험을 수행한 결과(표 6), 가장 유인율이 높았던 파장은 375nm로 시간별로 4회 조사한 평균 유인율은 13.1%이었고, 처리 1시간 후 3.3%, 24시간 후는 27.8%로 시간이 경과될수록 유인율은 증가하였다. 반면, 530nm, 590nm, 630nm 파장은 처리간 유인율에 유의성이 없었다.

LED 기판사이에 칸막이가 없는 대형 사각 검정상을 이용하여 중앙에 담배거세미나방 성충을 30마리 투입후 파장별 이동수를 조사하였다(표 7). 그 결과 375nm 파장에서 처리 6시간후에 36.3%, 24시간 후에는 25.4%로 가장 높았고, 다음은 560nm, 590nm 및 610nm 순이었다. 투입 초기에는 담배거세미나방 성충의 각 파장별 유인율이 매우 뚜렷하였으나 시간이 경과됨에 따라 차이가 줄어들었다. 그러나 전체적으로 610nm에는 기존에 나방류에 기피효과가 있다고 알려진 570nm 영역보다 성충의 유인율이 더 낮았다.

표 6.7. LED광 파장에 대한 담배거세미나방 성충의 유인율(2반복 평균)

사각검정상	담배거세미나방 성충의 파장별 유인율(%)	
	6시간후	24시간후
375nm	36.3 ± 8.2 a	25.4 ± 5.3 a
560nm	19.2 ± 6.7 ab	16.7 ± 0.0 b
590nm	11.3 ± 1.4 b	17.1 ± 4.3 b
610nm	7.5 ± 1.0 b	13.3 ± 3.8 b

- ※ 대형 사각 검정상 중앙에 담배거세미나방 성충을 투입후 파장별 이동수를 조사함

표 6.8. LED광 파장에 대한 담배거세미나방 성충의 유인율 및 기피율

LED 파장	담배거세미나방 성충에 대한 LED파장별 유인수						
	1시간 후	3시간 후	6시간 후	24시간 후	합계	유인율 (%)	기피율 (%)
630nm	5	5	5	5	20	100.0	0
610nm	5	5	4	4	18	90.0	10
590nm	5	5	6	7	23	115.0	-15
530nm	5	5	4	3	17	85.0	15
375nm	5	5	5	5	20	100.0	0
무전조	5	5	3	3	16	80.0	-

※ 처리방법 : 육면체 검정상 각 LED파장별 영역에 성충 5마리씩 투입 후 시간대별 유인수 조사

다양한 LED파장에 유인된 성충들이 각 파장에 대하여 선호성 또는 기피성에 의해 유인율이 높거나 낮은지에 대한 원인을 알아보기 위하여 각 파장에 담배거세미나방 성충 5마리씩 투입후 시간별 이동율을 조사하였다(표 8). 처리후 시간별로 차이는 있지만 590nm 및 610nm에서 각각 15% 및 10%의 기피율을 보였고, 630nm 및 375nm는 초기 투입구의 밀도에서 변화가 없었으며, 590nm에서는 유인율이 오히려 증대되었다. 따라서 590nm 파장은 타 파장대에 비하여 기피효과가 낮은 것으로 생각된다.

파밤나방은 전국적으로 다발생하고, 담배거세미나방 다음으로 농작물에 많은 피해를 주고 있다. 파밤나방 3령충을 대상으로 LED 파장별 유인율을 조사한 결과(표 9), 590nm 파장에서 평균 30.5%로 가장 유인율이 높았고, 560nm, 630nm 및 375nm 순이었다. 590nm는 처리 2시간후의 유인율이 42.9%로 가장 높았고, 시간이 지남에 따라 유인율이 감소하여 24시간 후에는 23.9%의 유인율을 보였다. 반면 560nm파장은 처리 2시간후는 24%로 낮았으나 24시간 후에는 28.8%로 4파장 중 가장 높았다. 특히 560nm 및 570nm 파장은 담배거세미나방 및 들깨잎말이명나방 유충의 유인율이 높았던 파장으로 560nm~590nm 파장대에 나방류 유충의 유인율이 높은 원인은 이 영역 파장대의 색상이 황색계열로 375nm의 자외선이나 630nm의 적색파장보다 눈에 보여지는 색상의 밝기가 더 밝았기 때문으로 생각된다.

표 6.9. LED광 파장에 대한 파밤나방 유충의 유인율(2반복 평균)

LED파장	파밤나방 3령 유충에 대한 시기별 유인율			
	2시간	6시간	24시간	총 유인율(%)
375nm	12.3 ± 6.5 b	10.4 ± 0.4 c	15.6 ± 2.6 a	11.0 ± 2.3 b
560nm	24.2 ± 1.0 b	24.2 ± 1.0 b	28.8 ± 16.8 a	22.5 ± 5.2 ab
590nm	42.9 ± 8.2 a	38.0 ± 1.5 a	23.9 ± 7.0 a	30.5 ± 5.2 a
630nm	20.7 ± 0.8 b	25.7 ± 4.9 b	13.8 ± 0.5 a	17.5 ± 1.7 ab

※ 파밤나방 3령 유충에 대한 유인반응 조사

파밤나방 성충에 대한 LED 파장별 유인율을 조사한 결과(표 10), 375nm 파장에서 37~44%의 비율로 유인율이 가장 높았고, 560nm, 590nm 및 630nm에서는 조사 시간대별 유인율 차이는 다소 있지만 전체적인 유인율을 고려할 경우 처리간 유인율의 차이는 없었다. 375nm 파장은 담배거세미나방 성충의 유인율이 가장 높았던 파장이며, 들깨잎말이명나방은 530nm이하의 파장에서 가장 유인율이 높았기 때문에 나방류 성충은 530nm이하의 단파장이 장파장보다 유인에 더 효율적인 파장으로 생각된다.

표 6.10. LED광 파장에 대한 파밤나방 성충의 유인율(2반복 평균)

LED파장	처리후 시간에 따른 파밤나방 성충의 유인율(%)			
	2시간	4시간	24시간	48시간
375nm	42.0 ± 10.0 a	43.5 ± 0.2 a	43.9 ± 4.6 a	37.1 ± 27.4 a
560nm	18.2 ± 1.8 b	14.2 ± 4.8 b	11.8 ± 5.9 b	11.3 ± 5.4 a
590nm	11.1 ± 5.1 b	20.0 ± 7.8 b	14.2 ± 4.8 b	8.9 ± 6.4 a
630nm	13.7 ± 0.4 b	8.3 ± 1.8 b	14.7 ± 2.3 b	6.0 ± 3.1 a

※ 신규 제작 LED기관에 대한 성충의 행동반응 측정

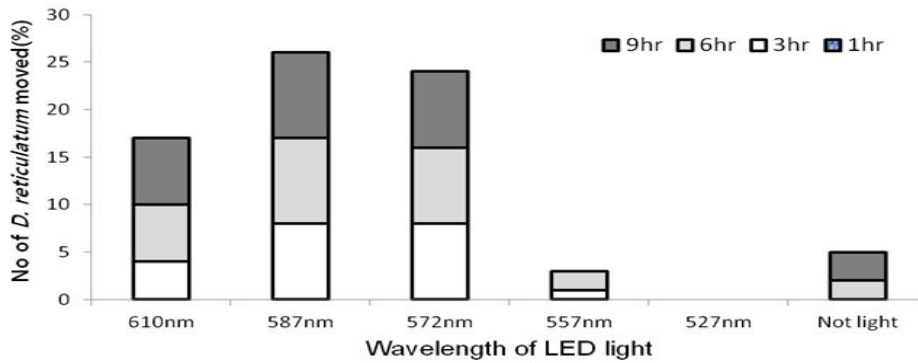
※ 육면체 검정상 중앙에 담배거세미나방 성충 30마리 투입

김 등(2007)은 시설에 발생하는 주요 나방류 해충을 방제하고자 광원과 방제기 종류에 대한 유인력을 평가한 결과, 흑색등과 전기충격살충기가 효과적이었다고 하였다. 또한 전기충격살충기의 청색광을 흑색광으로 교체하며 유인효과가 더욱 증진되어 포장에 발생하는 해충의 밀도 감소효과가 크다고 하였다. 또한 배 등(2011)은 태양광집열판을 이용한 솔라트랩 유인등의 색깔별 나방류에 대한 유인력을 조사한 결과, BLB(33%)>청색(18%)>백색(15%)순으로 유인량이 많았고, 특히 유인등과 집합페로몬을 조합하면 집합페로몬 단독대비 유인력이 13% 증진된다고 하였다. 그리고 LED등 색깔에 따른 담배거세미나방과 파밤나방의 유인효과 조사에서 청색등에서 유인력이 가장 높았고, LED 청색등과 성페로몬을 조합하면 성페로몬 단독 사용시보다 담배거세미나방과 파밤나방의 유인력이 45%, 40% 높았다고 하였다. 그러나 유자과실 흡즙충류에 의한 반점피해 방제연구(최 등, 2001)에서 백색, 청색, 황색 중 백색전구에서 흡즙 해충 유살량이 가장 많았다고 보고한 결과와는 상이하였다. 정 등(2007)은 벌 종류별 트랩색깔에 따른 유인시험에서 장수말벌은 빨강과 녹색에서 가장 많았고 노란색에서는 거의 유인되지 않았다고 하였으나 좀말벌은 흰색에서 가장 많았고, 털보말벌 및 땅벌은 녹색과 흰색에서 가장 유인수가 많았다고 하여 벌 종류에 따라 색깔에 대한 반응이 다양하다고 하였다.

(2) LED광 파장에 따른 달팽이류 행동반응 연구

민달팽이류가 특정 LED파장을 선호하여 많이 유인되는지 또는 선호하지 않아 유인수가 적은지에 대한 실험을 수행하고자 6개의 격리된 방으로 구성된 육각형 검정상을 제작하였고, 527nm부터 610nm 파장대까지 5개의 파장별 LED 기관을 제작하여 LED파장별 선호성 시험을 수행하였다. LED광 파장에 대한 작은뽕족민달팽이의 처리후 시간별 이동률을 조사한 결과(그림 17), 580nm 부근의 파장에서 가장 유인수가 많았고, 610nm에도 유인수가 많았다. 그러나 파장이 짧은 557nm에는 유인수가 매우 적었고, 특히 527nm에서는 전혀 유인이 되지 않았다. 시간대별 유인수는 처리후 1시간까지 거의 유인이 되지 않았으나 3시간 후부터는 570nm 이상

의 파장에서 유인수가 많았다.



<LED광 파장에 대한 작은뽕족민달팽이의 시간별 유인율>

두줄민달팽이에 대한 LED 광파장별 유인율을 조사한 결과(표 11), 작은뽕족민달팽이의 광파장 선호성과 유사하였다. 두줄민달팽이는 557nm 광파장에서 24.2%로 가장 많이 유인되었으나 610nm의 21.0%와는 처리간 통계적인 차이가 없었고, 587nm 및 572nm의 파장에서는 유인율이 각각 9.2 및 9.6%로 610nm 및 557nm의 절반 수준이었다. 또한 527nm 파장에서 작은뽕족민달팽이는 전혀 유인이 되지 않은데 비하여 두줄민달팽이는 2.7%로 유인율은 매우 낮았지만 일부가 유인이 되었다. 시간대별 유인율을 보면 557nm 및 527nm 파장에서는 처리 1시간 후와 9시간 후의 유인수 차이가 거의 없었으나, 그 외 파장에서는 시간이 경과할수록 두줄민달팽이의 유인수가 증가하였다.

표 6.11. 두줄민달팽이의 LED광 파장에 따른 유인효과(2회 평균)

조사시간	처리후 시간별 두줄민달팽이의 유인율(%)				
	1시간	3시간	6시간	9시간	총 유인율
610nm	15.0±17.3 a	18.3±13.5 a	21.7±21.2 a	29.2± 6.7 a	21.0±14.7 a
587nm	1.7± 1.9 a	9.2± 4.8 a	12.5± 8.7 a	13.3±15.4 ab	9.2± 7.7 a
572nm	4.2± 1.0 a	11.7± 1.9 a	13.3± 3.8 a	9.2± 4.8 ab	9.6± 2.4 a
557nm	27.5±31.8 a	22.5±26.0 a	21.7±21.2 a	25.0±17.3 ab	24.2±24.1 a
527nm	1.7± 1.9 a	4.2± 1.0 a	2.5± 2.9 a	2.5± 2.9 ab	2.7± 1.2 a
무전조	0.0± 0.0 a	0.0± 0.0 a	1.7± 1.9 a	0.0± 0.0 b	0.4± 0.5 a
최초 투입구	50.0±46.2 a	34.2±33.7 a	26.7±30.8 a	20.8± 6.7 ab	32.9±29.3 a

또한 각 파장에 유인된 두줄민달팽이가 특정 LED파장을 선호하여 유인되었는지 또는 선호하지 않은 파장에는 기피행동을 하는지를 조사하였다. 두줄민달팽이가 특정 LED파장에 기피행동을 하는지를 조사하기 위하여 선호성 시험과는 반대로 각파장별 영역에 대상 두줄민달팽이를 투입하여 시간대별 두줄민달팽이의 LED파장별 영역에 체류하는 수를 조사하였다. 처리후 시간에 따른 각 파장별 두줄민달팽이의 체류수를 조사한 결과(표 12), 572nm 및 557nm 파장에서 시간별로 두줄민달팽이의 체류수 변화의 차이가 많았다. 572nm에서는 처리시부터 처리 6시간 후까지는 체류한 두줄민달팽이가 줄어들었으나, 그 뒤 급격히 증가하여 처리 8시간 후에

는 본래의 투입수보다도 3마리가 더 많았다. 그러나 557nm 파장에서는 처리후부터 체류하는 두줄민달팽이가 줄어들기 시작하여 처리 8시간 후에는 6마리로 크게 줄어들었다. 한편, 527nm 파장은 파장별 선호성 시험에서 유인된 두줄민달팽이가 전혀 없었으나 기피시험에서는 초기 투입수와 큰 변화가 없었기 때문에 기피하는 파장은 아닌 것으로 생각한다.

표 6.12. LED광 파장에 대한 두줄민달팽이의 기피효과

조사시간	처리후 시간별 두줄민달팽이의 이동수 및 유인율						최 초 투입구
	610nm	587nm	572nm	557nm	527nm	무전조	
사전밀도	10	10	10	10	10	10	0
2시간 후	10	10	8	7	9	10	6
4시간 후	10	10	8	7	9	12	5
6시간 후	9	10	9	9	9	10	4
8시간 후	10	10	13	6	10	11	0
총 이동수(마리)	39	40	38	29	37	43	15
총 유인율(%)	97.5	100	95	72.5	92.5	107.5	37.5

두줄민달팽이의 기피효과가 크지 않았던 610nm, 587nm 및 572nm 파장 영역에 두줄민달팽이를 각각 20마리씩 투입하였고, 선호도가 적었던 557nm 및 527nm와 LED광을 전혀 설치하지 않은 한곳을 대상으로 시간대별 두줄민달팽이의 이동수를 조사하였다(표 13). 처리 2시간 후의 각 파장별 두줄민달팽이의 이동수는 초기에 두줄민달팽이를 전혀 투입하지 않았던 557nm, 527nm 및 LED등을 설치하지 않은 영역에서도 각각 10, 9, 11마리의 두줄민달팽이가 이동하였으나, 시간이 지날수록 527nm에서는 5마리로 줄어 전체적인 이동수가 타 처리구의 50% 수준에 머물렀다. 따라서 527nm파장은 달팽이의 선호도가 떨어지는 파장으로 생각된다.

표 6.13. LED광 파장에 대한 두줄민달팽이의 기피효과

조사시기	처리후 시간별 두줄민달팽이의 이동수 및 유인율					
	610nm	587nm	572nm	557nm	527nm	무전조
사전밀도	20	20	20	0	0	0
2시간 후	10	10	10	10	9	11
4시간 후	10	10	11	12	5	12
6시간 후	11	10	11	12	5	11
8시간 후	11	10	11	12	5	11
총 이동수(마리)	42	40	43	46	24	45
총 유인율(%)	105.0	100.0	107.5	115.0	60.0	112.5

노랑뽕족민달팽이는 최근에 국내의 남부 해안지역 1곳에서 발생을 확인한 종이다. LED파장에 대한 노랑뽕족민달팽이의 행동반응을 조사하기 위하여 육각형의 검정상 가운데에 노랑뽕족민달팽이 30마리를 투입한 후 시간별로 각 LED파장별 노랑뽕족민달팽이의 체류수를 조사하였

다(표 14). 투입 3시간 후에는 610nm 및 587nm에서 각각 1마리씩 체류하였으나 9시간 후에는 모든 파장대에서 2마리 이상 체류하였다. 그러나 587nm 파장이 투입 6시간 후에 6마리, 9시간 후에는 5마리로 가장 선호성이 높은 파장이었고, 572nm 이하의 파장에서는 노랑뽕족민달팽이의 체류수가 적었다. 특히 투입한 중앙이나 LED가 없었던 곳에서 각각 6마리 및 10마리가 체류하고 있어 노랑뽕조민달팽이는 LED광 파장에 따른 반응이 적은 것으로 생각된다.

표 6.14. 노랑뽕족민달팽이 LED광 파장별 이동률

조사시간	처리후 시간별 노랑뽕족민달팽이의 이동수 및 유인율						최초 투입구
	610nm	587nm	572nm	557nm	527nm	무전조	
1시간 후	0	0	0	0	0	0	30
3시간 후	1	1	0	0	0	4	24
6시간 후	5	6	1	0	1	5	12
9시간 후	2	5	3	2	2	6	10
총 이동수	8	12	4	2	3	15	76
총 유인율(%)	6.7	10.0	3.3	1.7	2.5	12.5	63.3

겹질이 있는 달팽이에 대한 LED광 및 백열등에 대한 광파장별 선호성을 조사하였다. 육각형 검정상 중앙에 달팽이를 30마리 투입하여 각 파장별 달팽이의 체류수를 조사한 결과(표 15), 530nm파장에서 평균 유인율이 32.5, 시간대별 달팽이 유인률 25~38%로 가장 높았으며, 다음은 10~28%의 375nm 파장이었다. 550, 570nm 및 백열등 처리구는 달팽이 유인율이 10% 이하로 매우 낮았고, 시간대별 유인율 차이도 5%이하로 매우 적었다.

표 15. 달팽이의 LED광 파장별 이동률(2회 평균)

파장/시간	처리후 시간별 달팽이의 유인율(%)				
	375nm	530nm	550nm	570nm	610nm
2시간 후	27.5±14.4 a	35.0±17.3 a	7.5±2.9 a	5.0±5.8 a	7.5± 8.7 a
6시간 후	25.0±11.5 a	25.0±17.3 a	7.5±2.9 a	10.0±0.0 a	15.0±11.5 a
48시간 후	20.0± 0.0 a	37.5±14.4 a	7.5±2.9 a	7.5±2.9 a	17.5± 8.7 a
72시간 후	10.0± 0.0 a	32.5±14.4 a	5.0±5.8 a	7.5±2.9 a	15.0± 0.0 a
평균	20.6± 6.5 a	32.5±15.9 a	6.9±3.6 a	7.5±0.0 a	13.8± 7.2 a

지금까지 민달팽이류 및 달팽이에 대한 LED 파장별 광 선호성 조사에서 민달팽이류는 노랑뽕족민달팽이를 제외한 작은뽕족민달팽이와 두줄민달팽이는 단파장인 527nm 파장에서 선호성이 매우 적었으나 달팽이는 530nm에서 선호성이 가장 높았다. 그러나 노랑뽕족민달팽이는 전체적인 유인수에서 610nm 및 587nm에서 각각 8마리 및 12마리로 가장 선호성이 높은 파장이었으나 조사 시간별 유인수를 보면 작은뽕족민달팽이나 두줄민달팽이보다 LED광 파장에 따른 유인량이 적어 광파장에 대한 반응이 적은 것으로 생각된다. 그리고 민달팽이류 2종에 대한 기피시험에서 작은뽕족민달팽이는 557nm에서 타처리구보다 30%정도 체류수가 적었으나 시간대

별 체류수 차이가 많아 뚜렷한 기피효과로 인정하기에는 무리가 있다고 생각된다. 또한 두줄민 달팽이는 최초에 전혀 투입하지 않은 557nm 및 527nm에도 최초 투입한 파장의 유인수와 비교시 각각 115% 및 60%가량 체류하였기 때문에 이 두 파장대 또한 기피 파장대는 아닌 것으로 생각한다. 이처럼 달팽이류가 광파장에 따른 유인 및 기피효과가 뚜렷하지 않은 원인은 달팽이의 눈은 시력이 매우 나빠 30cm 전방의 물체만 식별할 수 있고, 또한 햇빛을 싫어하여 주로 야간에만 활동하기 때문에 LED광에 대한 반응이 약하기 때문으로 생각한다.

(3) LED광 파장에 따른 노린재 및 진딧물류 행동반응 연구

노린재류 및 진딧물류는 흡즙성 해충인데, 노린재류는 주로 과실, 콩, 잡곡 이삭 등 열매를 흡즙하여 낙과나 기형과를 유발하는 해충이며, 진딧물류는 대부분의 농작물에 발생하여 바이러스 매개나 감로 배설에 의해 그으름 병을 유발시킨다. 먼저, 썩덩나무노린재 성충에 대한 LED 광파장별 유인율을 조사한 결과(표 16), 527nm의 녹색파장에서 평균 71.3%로 매우 높은 유인율을 보였을 뿐 타 처리구에서는 5%이하의 극히 낮은 유인율을 나타내었다. 특히 527nm 파장은 조사 2시간 후부터 8시간 후까지 유인율이 65~75%를 보였기 때문에 이 파장대의 광원을 이용하여 유아등이나 전격충격살충기에 부착하면 썩덩나무노린재를 효과적으로 유인 방제할 수 있을 것으로 생각되었다. 유아등을 이용한 노린재 발생소장 조사에서 이 등(2002)은 수은유아등에 썩덩나무노린재가 많이 유인되었다고 보고하였고, 정 등(1995)도 BL-light trap에 썩덩나무 노린재가 많이 유인된다고 보고한 결과와 유사한 경향이었다. 그러나 배 등(2010)은 트랩 색깔별 톱다리개미허리노린재 유인시험에서 황색트랩에 가장 유인이 많이 되었고, 백색, 흑색, 녹색, 청색의 순이라고 보고하여 본 결과와는 매우 상이하여 노린재 종류별 광파장에 대한 반응도 차이가 많은 것으로 생각된다.

표 6.16. LED파장에 대한 썩덩나무노린재 성충의 유인율

조사시간	처리후 경과시간에 따른 썩덩나무노린재 성충의 유인율				
	2시간 후	4시간 후	6시간 후	8시간 후	총 유인율(%)
610nm	10.0	0.0	0.0	0.0	2.5
587nm	5.0	10.0	0.0	0.0	3.8
572nm	0.0	5.0	0.0	0.0	1.3
557nm	5.0	0.0	0.0	0.0	1.3
527nm	65.0	70.0	75.0	75.0	71.3
무전조	10.0	5.0	15.0	15.0	11.3
투입구(백열등)	5.0	10.0	10.0	10.0	11.7

※ 조사시기 : 2010. 1.24일, 조사충수 : 성충 20마리

LED광 파장에 대한 애긴노린재 약충의 유인율을 조사한 결과(표 17), 530nm에서 3회 조사한 평균 이동수가 39마리, 유인율이 48.1%로 가장 높았고, 375nm 및 550nm는 17%내외였으며, 610nm 및 630nm에서는 5% 내외의 유인율로 가장 유인율이 낮았다. 530nm 파장은 썩덩나무노린재 성충에 대한 유인율이 평균 75%로 매우 높게 나타난 파장으로 이 파장에 대한 노린재류의 선호성은 매우 높은 것으로 생각한다. 그리고 610nm 이상의 파장에서는 썩덩나무노린재 및 애긴노린재의 유인율이 5% 이하로 매우 낮았기 때문에 이들 노린재류는 적색계열의 파장에 대한 선호도가 극히 낮은 것으로 생각되며, 이 파장대가 노린재류가 기피하는 파장대 인지는 좀 더 정밀한 실험이 이루어져야 할 것으로 생각한다.

표 6.17. LED파장에 대한 애긴노린재 약충의 유인율

LED파장	처리후 시간별 애긴노린재 약충 이동수 및 유인율						3회 조사 평균	
	2시간		6시간		24시간			
	이동수(마리)	유인율 (%)	이동수(마리)	유인율 (%)	이동수(마리)	유인율 (%)	이동수(마리)	유인율 (%)
375nm	5	16.1	4	15.4	5	20.8	14	17.3
530nm	15	48.4	10	38.5	14	58.3	39	48.1
550nm	4	12.9	6	23.1	4	16.7	14	17.3
590nm	6	19.4	4	15.4	1	4.2	11	13.6
610nm	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
630nm	1	3.2	2	7.7	0	0.0	3	3.7
Total	31	100.0	26	100.0	24	100.0	81	100.0

※ 검정상 중앙에 애긴노린재 약충 50마리 접종후 파장별 이동수 조사

진딧물이 많이 발생한 배추를 검정상 중앙에 투입후 각 LED 파장별 들깨진딧물의 유인효과를 조사한 결과는 표 18과 같다. 실험시작 8시간 경과후 이동한 들깨진딧물의 유인율은 557nm에서 69%로 타 파장대보다 월등히 높았고, 타 파장대는 10% 이하의 낮은 유인율을 보였다.

표 6.18. LED파장에 대한 들깨진딧물의 성충 유인율

구 분	LED 파장에 대한 진딧물의 이동수 및 유인율						중앙 (백열등)
	610nm	587nm	572nm	557nm	527nm	무전조	
유인수(마리)	3	1	0	22	3	2	1
유인율(%)	9.4	3.1	0.0	68.8	9.4	6.3	3.1

※ 조사 : 처리후 8시간 경과 시기에 조사

※ 각 파장대에 포트정식 배추 투입후 진딧물이 다량 접종된 포트배추를 중앙에 배치하여 실험

들깨진딧물과 같은 방법으로 목화진딧물에 대한 LED 파장별 유인효과를 조사한 결과(표 19), 들깨진딧물과는 다르게 530nm에서 유인율이 평균 62%로 가장 높게 나타났고, 375nm도 22%의 유인율을 보였으나 타 파장에서는 10% 이하로 유인율이 낮았다. 특히 들깨진딧물에서 유인율이 높았던 557nm 부근의 550nm에서는 처리 2시간후에 유인율이 30.1%로 높았으나 그 이후부터는 유인율이 평균 10% 이하로 낮았다.

표 6.19. LED파장에 대한 시간대별 목화진딧물 성충의 유인율

LED파장	처리후 시간별 목화진딧물의 LED파장에 대한 유인율(%)			
	2시간	6시간	24시간	계
375nm	7.7± 8.9 bc	19.7±0.4 b	24.7±4.6 b	21.8±3.4 b
530nm	48.4±11.5 a	64.7±3.5 a	62.7±2.5 a	62.0±3.9 a
550nm	30.1±15.5 ab	9.0±6.7 c	4.6±5.4 c	8.3±7.1 c
590nm	5.4± 3.3 bc	2.4±2.8 c	3.4±3.4 c	3.2±3.1 c
610nm	0.0± 0.0 c	2.1±0.6 c	1.4±1.6 c	1.5±0.8 c
630nm	8.3± 9.6 bc	2.0±1.4 c	3.1±2.6 c	3.1±2.7 c

※ 각 파장대에 포트정식 콩을 투입후 진딧물이 다량 접종된 포트배추를 중앙에 배치하여 실험

※ 총 이동한 진딧물의 평균 수 : 282마리

진딧물 유충에 대한 LED파장별 유인력을 평가하기 위하여 12일 동안 조사한 결과(표 20),

처리후 3일에는 2-3마리의 진딧물이 유인되어 LED 파장별 유인력에 차이가 없었으나 560nm 파장에서 처리후 9일차 11마리, 12일차 21마리로 유인율이 각각 40.7% 및 36.2%로 375nm 및 630nm의 25% 내외보다 10%정도 더 높았다. 그러나 590nm에서는 처리후 12일차에도 7마리만 유인되어 타 파장보다 1/2~1/3수준으로 유인수가 적었다.

표 6.20. LED파장에 대한 처리후 경과일수별 목화진딧물 유충의 유인율

LED 파장	LED파장에 대한 목화진딧물의 시간대별 유인율							
	3일후(24일)		6일후		9일후		12일후	
	유인수(마리)	유인율(%)	유인수(마리)	유인율(%)	유인수(마리)	유인율(%)	유인수(마리)	유인율(%)
375nm	3	30.0	2	25.0	7	25.9	16	27.6
560nm	2	20.0	2	25.0	11	40.7	21	36.2
590nm	3	30.0	1	12.5	2	7.4	7	12.1
630nm	2	20.0	3	37.5	7	25.9	14	24.1
Total	10	100.0	8	100.0	27	100.0	58	100.0

※ 처리충수: 포트정식 배추에 발생한 진딧물을 가운데 위치후 각각의 파장에 포트정식 콩을 배치함

나. LED광 파장에 따른 식물 생육 및 해충 발생조사

1) LED광 파장별 식물 생육 및 노랑뽕족민달팽이 발육에 미치는 영향

가) 고추 생육에 미치는 영향

LED 광 파장이 작물 생육에 미치는 영향을 조사하기 위하여 고추와 배추를 대상으로 초장 및 엽록소의 변화를 조사하였다. LED 파장이 고추의 초장에 미치는 영향을 10일간격으로 5회 조사한 결과(표 21), 처리후 30일까지는 375nm, 560nm, 590nm 및 610nm 파장에서 처리간 초장의 차이가 없었다. 그러나 40일부터 375nm의 자외선 영역에서 재배한 고추에서 타 파장대보다 초장이 더 길었을 뿐 560nm, 590nm 및 610nm 파장간에는 초장의 차이가 없었다.

표 6.21. LED광 파장에 따른 시기별 고추의 초장의 변화

LED파장	LED파장에 따른 시기별 초장(cm)				
	3/4	3/14	3/24	4/4	4/14
375nm	17.7±1.4 a	22.7±3.1 a	27.7±3.7 a	40.0±6.3 a	54.5±7.8 a
560nm	16.2±0.7 a	20.0±0.4 a	24.7±1.4 a	35.7±2.3 a	45.3±0.5 a
590nm	16.0±0.9 a	19.7±0.7 a	22.3±1.0 a	30.3±2.1 a	43.0±1.5 a
630nm	16.3±0.5 a	19.5±0.8 a	23.0±2.4 a	32.7±2.7 a	44.7±3.6 a

LED파장이 고추의 엽록소 함량에 미치는 영향을 조사한 결과(표 22), LED 파장간 엽록소 함량의 차이보다 조사 시기에 따른 차이가 더 컸다. 이렇게 처리간 함량의 변이가 많은 이유는 조사시에 잎의 조사부위나 조사대상 작물의 위치 등 샘플선정에 따른 차이가 더 큰 원인으로 생각된다.

표 6.22. LED광 파장에 따른 시기별 고추의 엽록소 함량 변화

LED파장	LED파장에 따른 시기별 엽록소 함량(cm)				
	3/4	3/14	3/24	4/4	4/14
375nm	44.4±1.4 a	42.1±1.5 a	41.7± 1.4 a	41.8±2.1 a	43.3±2.2 a
560nm	46.5±2.6 a	45.5±5.4 a	52.9±15.0 a	45.5±0.7 a	43.3±2.9 a
590nm	47.7±2.3 a	46.6±1.4 a	49.0±10.7 a	40.3±3.1 a	40.8±0.8 a
630nm	48.1±1.2 a	50.5±4.1 a	45.9± 4.7 a	43.3±4.0 a	40.4±2.7 a

나) 배추 생육에 미치는 영향

배추에 대한 LED파장의 전조효과에 대한 조사를 수행한 결과, 시기별 초장(표 23)은 560nm에서 가장 길었고, 다음이 375nm 였으며, 590nm 및 610nm 파장은 차이가 없었다. 특히 처리후 50일차 배추 초장은 560nm파장에서 재배한 배추가 590nm 및 610nm에서 재배한 배추보다 평균 5cm 정도 길었다. 또한 각 파장별 엽록소 함량을 조사한 결과(표 24), 엽록소 함량은 LED 파장별 차이가 없었다. 식물체는 보통 660nm의 적색파장 및 470nm의 청색파장에서 광합성 효율이 높아 초장 및 엽록소함량이 높다고 한다. 그러나 본 실험에서는 610nm 파장보다 560nm 파장에서 생육이 더 양호하였는데, 그 이유는 본 실험은 실험 여건상 반복 없이 한 재배상에서 3개의 포트정식 배추를 이용하여 조사하였기 때문에 실험장치내 배추포트의 위치에 따라 태양의 일사량이 다르기 때문에 광합성 작용량이 달랐기 때문으로 생각되며, LED파장별 전조는 야간 시간에만 전조하였기 때문에 LED파장 전조의 효과는 매우 낮았을 것으로 생각된다.

표 6.23. LED광 파장에 따른 시기별 배추의 초장 변화

LED파장	LED파장에 따른 시기별 초장(cm)				
	3/4	3/14	3/24	4/4	4/14
375nm	7.5±0.5 a	9.7±0.2 a	12.8±0.6 a	15.7±0.9 a	16.5±1.3 a
560nm	7.7±0.9 a	10.0±0.4 a	13.5±1.3 a	16.7±1.3 a	18.2±1.8 a
590nm	7.3±1.1 a	8.0±0.5 a	9.7±1.3 a	11.7±1.3 a	13.0±1.7 a
630nm	7.5±0.8 a	8.5±0.5 a	10.2±1.0 a	12.2±1.8 a	13.2±2.1 a

표 6.24. LED광 파장에 따른 시기별 배추의 엽록소 함량 변화

LED파장	LED파장에 따른 시기별 엽록소 함량(cm)				
	3/4	3/14	3/24	4/4	4/14
375nm	31.9 ± 1.5	32.7 ± 2.5	35.1 ± 2.0	28.3 ± 5.7	31.1 ± 3.9
560nm	31.1 ± 1.5	34.3 ± 2.7	34.3 ± 0.2	29.5 ± 1.8	32.1 ± 0.9
590nm	32.8 ± 1.9	31.1 ± 2.3	37.1 ± 2.0	33.5 ± 3.3	31.5 ± 1.1
630nm	33.1 ± 1.8	33.1 ± 2.9	33.1 ± 5.1	33.1 ± 5.7	32.5 ± 3.4

황색LED(590nm) 전조가 딸기 생육에 미치는 영향을 조사하고자 유리온실에 딸기를 정식하여 생육을 조사하였다. 대조구로 온실에서 작물의 일장 연장용으로 많이 사용되고 있는 형광등

을 같이 비교 대상으로 하여 조사한 결과(표 25), 황색LED 등은 형광등 전조구와 전혀 생육에 차이가 없었다.

표 6.25. 형광등 및 황색 LED등 전조에 따른 딸기 생육

품 종	등 종류	경장 (cm)	엽수 (매/주)	화방수 (개/주)	화뢰수 (개/화방)	엽록소함량 (SPAD 502)
육 보	형광등	12.7	9.2	1.0	5.7	56.6
	황색LED	11.7	8.9	1.1	6.1	56.5
금 향	형광등	14.7	10.2	1.3	6.1	58.5
	황색LED	14.7	9.7	1.8	6.7	59.7

현재 잎들깨, 국화 등 동계 일장 연장 및 장미 등에 보광용으로 보급되고 있는 적색LED 등과 잎들깨 전조용으로 광범위하게 이용되고 있는 백열등을 이용하여 들깨를 재배한 결과(표 26), 초장이나 마디수, 경경 및 엽록소 함량에는 LED 등이나 백열등간 차이가 없었으나 엽두께에서 LED를 전조한 잎들깨가 백열등 전조한 잎들깨보다 잎이 더 두꺼웠다.

표 6.26. 적색 LED 및 백열등 전조에 따른 잎들깨 생육(과중 125일후)

구 분	조사위치	초장 (cm)	마디수 (마디/주)	경경 (mm)	엽 두께 (mm)	엽록소함량 (SPAD 502)
적색LED	0~60cm	63.0	11.9	3.9	0.27	30.3
	140~220cm	54.4	12.2	4.0	0.27	29.4
백열등	0~60cm	61.0	12.1	3.7	0.23	29.8
	140~220cm	52.2	11.8	3.8	0.21	29.5

※ 조사위치 : 전조등 밑에서부터 거리

그리고 660nm의 적색LED광을 이용하여 재배한 잎들깨와 백열등을 이용하여 재배한 잎들깨에서 병해충의 발생량을 조사한 결과(표 27), 담배거세미나방은 10월 중순에 백열등 전조구에서 7.3마리, LED전조구에서 0.7마리로 LED 전조구가 발생량이 크게 적었고, 진딧물은 2회 조사 모두 백열등 전조구가 LED 전조구보다 발생량이 훨씬 많았다. 그러나 채소바구미 유충은 오히려 LED전조구가 백열등 전조구보다 더 많아 해충별로 차이가 많았다. 또한 LED 전조구에서는 들깨녹병(그림 4)의 발생율이 매우 높았으나 백열등 전조구에서는 발생율이 매우 적었다. 따라서 이것이 적색과장의 효과인지 아니면 온도에 따른 차이 인지는 정밀한 추가 실험이 필요하다고 생각한다.

표 6.27. 적색 LED 및 백열등 전조에 따른 잎들깨 병해충 발생양상

해충종류	해충 발생량(마리/100주)					녹병발생률 (%)
	담배거세미나방		진딧물		채소바구미	
조사시기	10/14	11/19	10/14	11/19	11/19	11/20
백열등	7.3	1.3	24.0	126.7	0.3	10.0
적색LED	0.7	0.7	4.0	10.0	4.0	72.0

- 백열등 전조 잎들깨



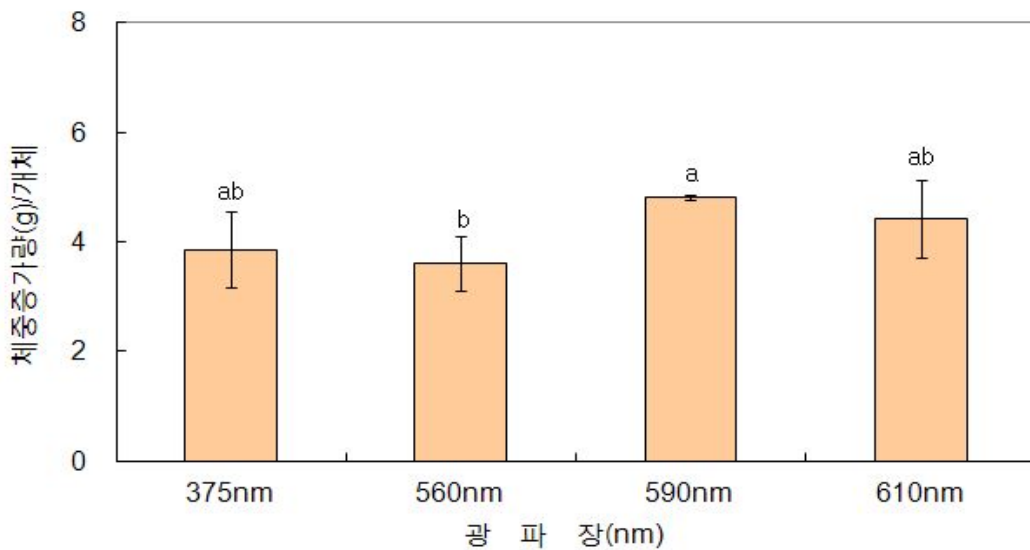
- LED 전조 잎들깨



포장진경 들깨 녹병 채소바구미 유충
 <적색 LED 및 백열등 전조에 따른 잎들깨 병해충 발생장면(11월 19일)>

다) 노랑뽕족민달팽이 발육에 미치는 영향

LED파장이 작물뿐만 아니라 동물에게도 영향을 미치는지를 조사하기 위하여 노랑뽕족민달팽이를 대상으로 알에서 부화한 개체를 각 파장에서 16시간 일장으로 3개월간 사육한 결과(그림 5), 590nm에서 체중 증가량이 가장 높았고, 610nm, 375nm 및 560nm 순으로 장파장에서 발육이 양호하였다. 이것은 노랑뽕족민달팽이에 대한 LED 파장의 선호성 시험에서 560nm 이하의 파장에서 노랑뽕족민달팽이의 유인율이 낮았던 결과와 유사하여 노랑뽕족민달팽이는 단파장 영역을 싫어하는 것으로 생각된다.



<LED파장별 사육에 따른 노랑뽕족민달팽이의 생체 증가량(3개월 조사)>

2) 전조 형태가 병해충 발생정도에 미치는 영향구명

LED 광과장 및 전조 형태가 병해충 발생 및 토양 화학성에 미치는 영향을 조사하였다. LED광 과장에 따른 시설재배 잎들깨의 병해충 발생정도를 조사한 결과(표 28), 녹병 이병엽율은 570nm 과장에서 63.5%로 가장 높았고, 630nm(50.5%) 및 590nm(42.0%) 순이었다. 해충에 의한 들깨 피해엽율은 590nm에서 46.3%로 가장 높았고, 630nm(37.7%) 및 570nm(27.8)% 순으로 녹병 이병엽율과 상당한 차이가 있었다. 570nm과장은 녹병 이병율은 높았으나 발생된 나방 유충수가 적어 해충의 피해엽율은 적었다. 그러나 630nm과장은 발생된 나방 유충수가 타 처리구보다 높았지만 해충 피해엽율은 오히려 낮았는데, 이것은 630nm에서 잎들깨의 생산량이 타 처리구보다 많아 상대적으로 해충에 의한 피해율이 낮았던 영향으로 생각된다.

표 6.28. LED광 과장에 따른 시설재배 잎들깨의 병해충 발생정도(기능성작물부 시험포)

광원종류	녹병 이병엽율 (%)	해충 피해엽율 (%)	정상 엽율 (%)	나방 유충수 (마리/구)
570nm	63.5±10.0 a	27.8±9.6 a	13.8±6.7 a	1.3±0.8 a
590nm	42.0±10.7 a	46.3±2.1 a	14.2±7.1 a	1.2±0.7 a
630nm	50.5± 3.9 a	37.7±9.8 a	19.0±9.5 a	1.7±1.0 a

※ 조사 : 10월 17, 11월 25일 2회 조사 평균

동계 잎들깨 재배시 개화억제를 위하여 하우스 천장에 백열등이나 다른 광원을 설치하여 전조를 한다. 그러나 본 시험에서는 해충의 발생을 줄이기 위한 수단으로 천장 전조등을 기본으로 측창에도 트리형 황색LED를 설치하여 처리간 병해충의 발생량을 조사하였다(표 29). 황색 트리형 LED를 측창에 설치한 구는 설치하지 않은 구보다 잎말이명나방이나 진딧물의 발생량이 적었다. 백열등과 적색LED(660nm) 설치구 간에는 백열등 설치구가 적색LED 설치구보다 해충 발생량이 많았는데, 특히 잎말이명나방의 발생량이 많았다. 따라서 적색LED 전조구는 백열등 전조구보다 해충 피해엽율이 10%로 이상 적었다. 그러나 녹병 피해엽율은 측창에 황색 LED 설치구와 무설치 구간 차이가 있었는데, 황색LED 설치구에서는 백열등 전조구가 적색 LED 전조구보다 피해엽율이 낮았으나 무설치구에서는 백열등 전조구가 적색LED 전조구보다 피해엽율이 더 높았다. 그 이유는 본 시험은 반복 없이 수행되었기 때문에 처리구의 위치에 따른 차이로 여겨진다.

표 6.29. 천창 및 측창 LED광 설치에 따른 시설재배 잎들깨의 병해충 발생정도(8월 조사)

LED 설치 위치		정상 엽율 (%)	녹병 피해엽율 (%)	해충 피해엽율 (%)	해충 발생량(마리/20주)	
측창	천창				잎말이 명나방	진딧물류

황 색 LED	백열등	27.4±12.6 a	32.9±13.3 a	39.7±11.3 a	9.7±0.5 ab	3.7±0.5 a
	적색LED	31.5±15.6 a	45.8± 9.2 a	22.8± 6.7 a	5.3±1.4 a	2.3±1.0 a
무설치	백열등	19.5± 2.5 a	44.6± 2.0 a	35.9± 3.7 a	12.3±3.1 b	4.7±0.5 a
	적색LED	37.0± 7.3 a	37.9± 7.2 a	25. ± 9.8 a	6.0±0.9 a	3.0±0.9 a

LED광 파장이 작물 생육뿐 만 아니라 토양 화학성에 어떤 영향을 미치는지를 알아보고자 시설잎들깨를 재배하면서 토양성분을 분석하였다. 백열등과 농업과학기술원에서 제작한 보급형 LED 및 중국에서 제작한 3개의 파장에 대하여 토양 화학성을 분석한 결과(표 30), LED파장 처리에 따른 무기성분간 함량차이는 일정한 경향이 없었다. 이러한 원인은 LED파장은 투과성이 매우 약하여 토양 1cm 층을 투과하지 못한다고 알려져 있는데, 본 시험에서 분석한 토양 샘플은 지표면부터 10cm 아래의 토양을 혼합하여 분석하였기 때문에 LED파장에 대한 영향을 거의 받지 않았기 때문으로 생각한다. 그러나 본 시험에서 화학성분별 LED광원에 따른 차이가 다소 있는 것은 처리전 시험 토양의 무기성분 함량에 차이가 많았고, 또 분석시료의 채취 지점에 따른 차이가 더 큰 영향으로 생각한다.

표 6.30. LED광 진조에 따른 시설잎들깨 재배포장의 토양 화학성(처리 3개월후)

광 원	파장영역	PH (1:5)	EC (ds/m)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ca	Mg
					cmole/kg	
백열등	-	7.4±0.1 a	1.0±0.5 a	305.3±13.1 a	8.3±0.2 a	0.7±0.0
농과원LED	660nm	7.1±0.1 a	1.1±0.6 a	290.1±40.9 a	9.1±0.1 a	0.7±0.2 a
적색LED	631±39nm	6.8±0.1 ab	1.1±0.6 a	335.3±32.9 a	7.3±0.3 a	0.5±0.0 a
녹색LED	518±19nm	6.3±0.1 a	3.0±1.0 a	267.6± 4.5 a	9.7±1.8 a	0.5±0.1 a
황색LED	585±108nm	6.3±0.2 a	2.3±1.6 a	227.1± 5.0 a	4.0±3.5 a	0.6±0.1 a

※ 농과원 LED : 농촌진흥청 국립농업과학원의 보급형 LED등 임

(시험 3) LED광 및 Pulse파 처리에 의한 잎들깨 생육 및 병해충 발생량

가. 잎들깨 생육에 미치는 영향

청색, 황색, 적색 및 녹색 LED광 파장과 1초에 불빛이 깜빡이는 횟수인 Pulse를 적용하여 동계 시설잎들깨를 대상으로 시기별 생육을 조사하였다. LED파장 및 pulse별 생육을 4회 조사한 결과(표 31), 파장간에는 초장의 차이가 크게 없었으나 파장에 관계없이 10Hz의 pulse를 처리

표 6.31. LED광 종류 및 Pulse 처리에 따른 시기별 잎들개 초장 변화

처 리		시기별 초장 변화 (cm)			
LED광	Pulse	11월	12월	2월	3월
Blue (470nm)	1Hz	75.3±0.9 a	77.6±0.5 a	81.8±1.8 ab	-
	10Hz	75.5±0.5 a	76.3±1.6 a	77.6±2.7 b	-
	50Hz	74.3±3.4 a	77.0±0.5 a	81.9±1.4 ab	-
	100Hz	73.9±0.1 a	74.3±0.7 a	84.5±2.8 ab	-
Yellow (590nm)	1Hz	74.2±1.4 a	77.4±1.4 a	83.9±2.4 ab	87.1 ± 0.4 b
	10Hz	76.0±0.4 a	78.2±2.4 a	86.2±2.2 a	91.0 ± 1.4 ab
	50Hz	75.8±0.1 a	78.6±0.5 a	86.2±0.5 a	91.2 ± 3.6 ab
	100Hz	71.7±0.9 a	77.2±0.4 a	83.2±0.6 ab	92.6 ± 0.1 ab
Red (660nm)	1Hz	70.7±0.4 a	74.9±2.3 a	81.1±0.3 ab	93.1 ± 0.7 ab
	10Hz	71.5±2.0 a	75.4±0.4 a	85.9±1.7 a	92.6 ± 0.7 ab
	50Hz	69.4±1.1 a	72.7±0.9 a	82.7±2.5 ab	92.9 ± 2.2 ab
	100Hz	68.4±2.9 a	71.6±3.2 a	82.3±2.1 ab	110.4 ±15.1 a
green (570nm)	1Hz	73.0±0.3 a	74.7±0.1 a	81.7±1.8 ab	96.8 ± 0.5 ab
	10Hz	72.3±0.1 a	75.1±2.1 a	84.3±1.4 ab	97.5 ± 2.5 ab
	50Hz	72.6±1.3 a	77.1±0.3 a	85.7±1.3 a	94.7 ± 1.7 ab
	100Hz	70.7±2.9 a	74.6±1.4 a	82.3±1.2 ab	92.2 ± 1.4 ab

한 구에서 초장이 제일 긴 경향이었고, 50Hz, 1Hz 및 100Hz 순으로 초장이 길었다. 파장중 청색광으로 전조 재배한 잎들개는 12월 하순경 pulse에 관계없이 모든 잎들개에서 화아 분화에 들어갔고, 2월에는 모두 개화가 된 후 서서히 고사하여 3월에는 초장을 조사할 수가 없었다. pulse에 관계없이 파장간 초장을 비교한 결과(표 32), 적색광을 처리한 잎들개 전조구에서 초장이 11월에 70.0cm로 가장 적었으나 3월에는 97.2cm로 가장 길었고, 녹색광, 황색광 순이었으나 통계적 유의차는 없었다.

표 6.32. LED파장별 전조에 따른 시기별 잎들개 초장의 변화

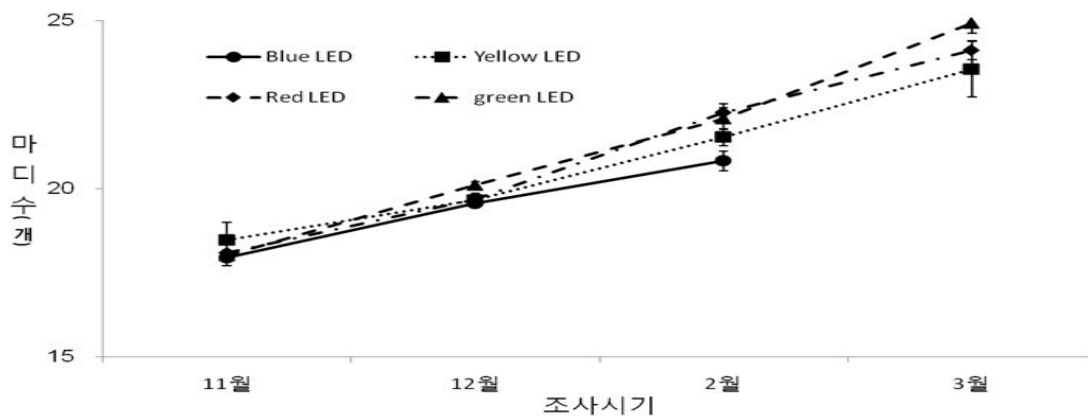
LED 광 종류	조사 시기별 잎들개의 초장 변화(cm)			
	11월	12월	2월	3월
Blue LED	74.8±0.7 a	76.3±1.3 ab	81.5±2.6 a	-
Yellow LED	74.4±1.8 a	73.6±1.7 c	84.9±1.4 a	90.4±2.2 a
Red LED	70.0±1.3 c	77.8±0.6 a	83.0±1.9 a	97.2±8.1 a
green LED	72.1±0.9 b	75.4±1.1 bc	83.5±1.7 a	95.3±2.2 a

표 6.32는 LED광 파장과 파장별 pulse가 잎들개의 마디수 변화에 미치는 영향을 조사한 결과이다. 11월과 12월에 조사한 성적은 파장이나 pulse에 관계없이 처리간 경향이 없었으나 2월과 3월에 조사한 성적을 보면, 적색광과 녹색광으로 재배한 잎들개에서 마디수가 약간 증가하였다.

표 6.32. LED광 종류 및 Pulse 처리에 따른 시기별 잎들깨 마디수 변화

처 리		조사 시기별 잎들깨의 마디수 변화(개)			
LED광	Pulse	11월	12월	2월	3월
Blue	1Hz	18.0±0.0 ab	19.6±0.1 a	20.4±0.3 c	-
	10Hz	18.1±0.4 ab	19.7±0.5 a	21.0±0.5 abc	-
	50Hz	17.9±0.7 ab	19.6±0.0 a	20.9±0.2 bc	-
	100Hz	17.9±0.0 ab	19.5±0.1 a	21.1±0.1 abc	-
Yellow	1Hz	17.8±0.0 ab	19.5±0.3 a	21.5±0.0 abc	24.7±0.9 ab
	10Hz	18.3±0.1 ab	19.6±0.3 a	21.4±0.8 abc	23.0±0.2 bc
	50Hz	18.7±0.1 ab	19.6±0.0 a	21.9±0.3 abc	22.7±0.2 c
	100Hz	19.1±0.3 a	20.0±0.0 a	21.4±0.1 abc	23.8±0.5 abc
Red	1Hz	18.4±0.1 ab	19.6±0.1 a	22.1±0.2 ab	23.8±0.1 abc
	10Hz	18.4±0.1 ab	19.5±0.0 a	22.6±0.0 a	24.1±0.0 abc
	50Hz	17.9±0.2 ab	19.9±0.3 a	22.0±0.1 abc	24.1±0.3 abc
	100Hz	17.6±0.3 b	19.7±0.4 a	22.4±0.0 ab	24.5±0.3 abc
green	1Hz	18.1±0.4 ab	20.1±0.3 a	22.0±0.2 abc	24.7±0.2 ab
	10Hz	18.2±0.3 ab	20.0±0.2 a	22.2±0.0 ab	24.6±0.5 abc
	50Hz	17.8±0.2 ab	20.2±0.5 a	22.5±0.1 ab	25.3±0.1 a
	100Hz	18.0±0.2 ab	20.2±0.3 a	21.7±0.6 abc	25.2±0.1 a

파장별 4처리의 pulse를 통합하여 평균으로 환산한 성적을 비교하여 보면(그림 6), 처리후 시간이 경과할수록 파장간에 마디수의 변화가 뚜렷하였는데, 녹색파장과 적색파장에서 재배한 잎들깨가 황색광이나 청색광에서 재배한 잎들깨보다 마디수 증가가 더 높았다. 특히 청색광은 2월에 개화로 인하여 더 이상 마디수가 증가하지 않았다. .



<LED파장별 전조에 따른 시기별 잎들깨 마디수의 변화>

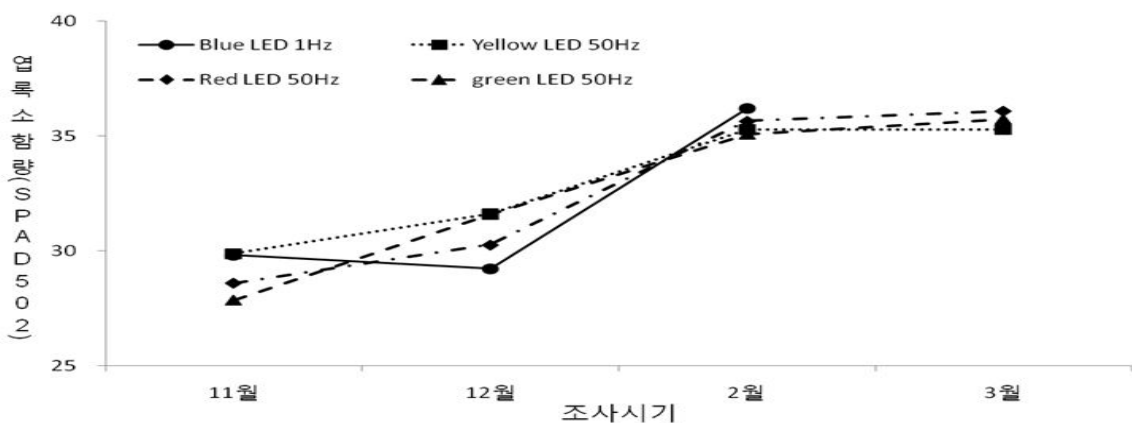
엽록소 함량은 보통 광 파장 종류나 광 강도 및 일장에 크게 영향을 받기 때문에 광 파장 및 pulse별 전조 재배한 잎들깨의 시기별 엽록소 함량을 조사하였다(표 33). 그 결과, 파장간 및 pulse 간에 유의차는 없었고, 조사 시기간에는 차이는 있었는데, 동계인 11-12월에는 30내외인 엽록소 함량이 2-3월에는 35정도로 높았다. 이것은 11월과 12월은 온도 및 광도가 낮고

일장이 짧은 반면 2월부터는 온도 및 광도가 올라가고, 또 일장이 길어져 상대적으로 엽록소 함량이 증가한 영향으로 생각된다.

표 6.33. LED광 종류 및 Pulse 처리에 따른 시기별 잎들깨 엽록소 함량 변화

처 리		시기별 엽록소함량 변화(SPAD 502)			
LED광	Pulse	11월	12월	2월	3월
Blue	1Hz	29.4±0.3 ab	29.8±0.4 bcde	37.3±0.7 a	-
	10Hz	29.7±0.5 ab	28.4±0.4 e	36.7±2.0 a	-
	50Hz	30.0±2.1 ab	29.4±0.1 de	35.7±0.0 a	-
	100Hz	30.2±0.5 ab	29.3±0.1 de	35.0±1.0 a	-
Yellow	1Hz	29.7±0.5 ab	29.6±0.2 cde	34.6±0.3 a	35.3±0.2 a
	10Hz	30.8±0.4 a	30.0±0.1 bcde	34.7±0.8 a	34.5±0.2 a
	50Hz	29.7±0.6 ab	31.7±0.6 ab	35.6±0.2 a	35.5±0.5 a
	100Hz	29.3±0.2 ab	29.8±0.2 bcde	36.4±0.7 a	35.9±0.4 a
Red	1Hz	30.2±0.2 ab	31.1±0.2 abcd	36.5±1.4 a	36.3±0.3 a
	10Hz	28.7±1.0 ab	31.2±0.1 abcd	35.6±0.2 a	35.3±0.2 a
	50Hz	28.5±0.5 ab	32.8±0.3 a	35.9±0.1 a	36.3±0.8 a
	100Hz	27.0±0.4 ab	31.3±0.8 abcd	34.7±0.5 a	36.4±0.2 a
green	1Hz	28.8±1.4 ab	31.2±0.4 abcd	34.7±0.4 a	34.7±0.3 a
	10Hz	28.6±0.4 ab	30.8±0.5 abcd	34.9±0.5 a	35.8±0.4 a
	50Hz	26.6±0.1 b	31.5±0.4 abc	35.3±0.3 a	36.6±0.7 a
	100Hz	27.3±0.3 ab	32.8±0.8 a	35.4±0.2 a	35.9±0.6 a

pulse를 파장별로 통합하여 파장간에 평균 엽록소 함량의 차이를 조사한 결과(그림 7), 파장간 엽록소 함량의 차이는 없었다. 그러나 청색파장에서 재배한 잎들깨에서 12월까지 엽록소 함량이 낮았지만 2월 조사에서 가장 높았던 원인은 이 시기에 청색광 조사 잎들깨에서 화아분화 및 개화로 인한 생식생장 영향으로 잎이 더 크지 못하고 엽 두께가 두꺼워져 상대적으로 엽록소 함량이 타 파장대보다 높았기 때문이다.



<LED파장별 전조에 따른 시기별 잎들깨 엽록소 함량의 변화>

위의 실험을 수행한 결과, 광 파장 및 pulse에 따른 전조후 잎들깨 생육을 조사한 결과, 강 파장 및 파장별 pulse 처리는 식물 생육에 큰 영향을 주지 않았음을 알 수 있었고, 특히 청색광은 잎들깨 재배시 개화 억제를 위한 전조용 광원으로 적합하지 못하였음을 알 수 있었다. 또

한 590nm 파장의 황색광은 잎들께 생육이 저조할 것으로 생각되었으나 시험결과 잎들께 생육에서 적색광의 처리와 차이가 없었다.

표 6.34. LED광 종류 및 Pulse 처리에 따른 해충 발생량

광원 종류	조사 시기별 해충 발생 주수(100주당)			
	진딧물(마리/주)		응애류(마리/엽)	
	초기밀도	11/25	초기밀도	11/25
Green	3.3	10.0	0.3	10.3
Red	7.8	0.5	0.0	2.5
Yellow	6.3	0.3	0.8	1.5
Blue	9.5	1.0	0.0	1.3
농과원LED	9.0	13.0	0.0	3.7
백열등	4.7	9.0	0.0	7.3

※ 초기밀도 : 10월 20일 파장별 광원 설치시 조사 밀도

LED광 종류와 Pulse 조합에 따른 전조가 잎들께 재배시 발생하는 주요 해충의 발생밀도에 미치는 영향을 조사하고자 10월 20일에 파장별 광원을 설치한 다음 약 1개월 후의 해충 발생량을 조사한 결과는 표 34와 같다. 녹색파장은 초기 밀도에서 진딧물, 응애가 각각 3.3마리(주당) 및 0.3마리(엽당)에서 1개월 후인 11월 25일에는 진딧물이 10.0마리, 응애가 10.3마리로 밀도가 크게 증가하였다. 반면 적색광, 황색광 및 청색광 파장에서는 밀도가 크게 감소하여 2마리 내외였다. 그러나 백열등을 전조한 잎들께는 녹색파장과 마찬가지로 진딧물 및 응애의 밀도가 처리 1개월 후에 각각 9.0마리 및 7.3마리로 크게 증가하였다. 특히 550nm 부근의 녹색파장은 진딧물과 노린재 같은 노린재목의 행동반응 실험에서 유인율이 높았다. 이러한 원인은 녹색광은 식물체의 색깔과 같아 진딧물이 선호한 것으로 생각되며, 백열등 전조 재배한 잎들께에서 밀도가 높았던 원인은 백열등에서 나오는 열에 의해 주변 작물의 온도가 증가하여 진딧물 및 응애의 생활환경에 유리한 조건이 제공되어 타 파장보다 밀도가 더 많았던 것으로 생각된다.

7. LED의 Pulse 처리가 해충의 기피에 미치는 영향

7.1. 실험조건

- 온도 : 25~30℃ 유지
- 습도 : 70% 유지
- 일조시간 : 15시간 유지(삼파장 형광등 보조조명)
- LED 설치 : 높이 60cm, 560nm, 10 Lux 조도 유지
- LED pulse 처리 : None pulse, 2회/sec., 10회/sec., 100회/sec.
- 산란교란효과 검증 : 실험 2개월 동안 차잎말이나방 유충 발생 개체수 조사
- 시험구 : 녹차(품종 : 야부기타) 2년생 화분(10주/pot) 20 pot, 2반복 시험구 설치
- 공시해충 : 차잎말이나방(*Adoxophyes orana*)



<LED pulse 처리효과 시험구>



<산란교란효과 조사를 위한 Pulse별 처리구>



< 사육실 온습도 제어장치 >



< LED pulse controller unit >



< LED pulse 처리가 해충산란 기피효과 검증을 위한 실험구 설치 >

7.2. 실험결과

- 1, 2차년도 실험에서 차잎말이나방에 대한 산란기피효과가 560nm LED에서 가장 우수함
- 따라서 3차년도 연구에서는 560nm LED의 해충 산란기피효과를 향상시킬 수 있는 방법으로 빛을 주기별로 발광시켜 해충에 대한 광감각 반응을 조사하였다.
- LED를 조사하지 않은 대조구에 비해서 LED 조사 처리구에서 산란기피현상을 공통적으로 나타내고 있다.
- 100times/sec. 처리구에서 가장 산란기피효과가 우수하였고, 2회~10회 pulse에서는 상대적으로 낮게 반응하였다.
- 따라서 560nm LED를 이용한 차잎말이나방의 산란교란용 시스템 제작시 100times/sec. pulse 를 발생하도록 제작하는 것이 적합할 것이다.

< LED pulse 처리가 해충발생에 미치는 영향 >

처 리 구	해충발생개체수(마리)
None LED	20.5
LED(None pulse)	14.7
LED(pulse, 2 times/sec.)	15.4
LED(pulse, 10 times/sec.)	16.8
LED(pulse, 100 times/sec.)	11.2

8. LED에 의한 차잎말이나방 방제효과 포장 실증시험

8.1. 시험구 설치조건

- 시험포장 위치 : 전남 고흥군 점암면 대룡리 589-1
- 시험구 설치 : 대조구, None pulse, 2회/sec., 10회/sec., 100회/sec. 5개 시험구 설치
- LED 설치 : 560nm, 10 Lux 조도 설치
- 조명시간 : pm 5:00 ~ am 8:00(15시간)
- 시험구면적 : 각 처리구당 1m x 3m block 설정
- 조사방법 : 설치 후 30일 후 해충발생 개체수 조사
- 시험기간 : 2011. 9. 15 ~ 10. 13(30일간)
- 대상해충 : 차잎말이나방(*Adoxophyes orana*), 동백가는나방(*Caloptilia theivora*)



전남 고흥군 점암면 대룡리 589-1 소재 실외시험포장



<LED 처리구별 시험포장>

- 대조구 : LED 무처리 대조구
- 처리구 A : LED 560nm, none pulse
- 처리구 B : LED 560nm, 2times/sec pulse
- 처리구 C : LED 560nm, 100times/sec pulse



< 차잎말이나방 유충에 의한 차엽 피해 증상 >



<동백가는나방 유충에 의한 차엽 피해 증상 >

< LED 광과 pulse 조사(照査)방법이 해충 산란기피에 미치는 영향 >

처 리 구	차잎말이나방 (유충마리수)	동백가는나방 (유충마리수)
대조구(LED 무처리)	8.5	5.0
LED(None pulse)	7.5	4.5
LED(pulse, 2 times/sec.)	7.0	4.0
LED(pulse, 100 times/sec.)	5.5	3.0

* 각 처리구간 2반복 시험

- 차잎말이나방은 연간 3~4회 발생(5월중순, 7월초순, 9월초순, 10월초순)하며, 지역적으로 약간의 차이가 있는데 10월에 발생하는 유충은 월동형 번데기로 성장한다.
- 기후환경에 대한 유충 발생 시기 변동을 감안하여, 유충산란 예상기간을 9월 15일에서 10월 15일까지로 설정하고 10월 15일에 발생한 유충에 의한 피해엽의 개수를 조사하였다.
- LED 560nm 조명이 차잎말이나방의 산란을 기피하는 효과가 확인되었다.
- LED 를 조사하지 않은 대조구에 비해서 해충발생이 감소하는 경향이며, pulse에 의한 조명이 산란 기피효과를 더 증대시켰다.
- 동일 시험구에서 타 해충들도 출현한 바, 차나무에 피해를 주고 있는 동백가는나방의 LED에 대한 광반응을 조사한 결과 차잎말이나방과 유사하게 기피현상을 나타내었다.

9. LED 파장이 녹차 생장에 미치는 영향 조사

- LED 560nm 파장이 녹차의 생육에 미치는 영향을 조사하였다.
- 실험장소 : 전남 고흥군 점암면 대룡리 589-1
- 시험구설치 : LED 560nm 시험구 활용
- 시험기간 : 2011. 9. 15~10. 13(30일)
- 시료채취 : 시험구 녹차엽 신초 3엽 채취
- 성분분석 : 녹차의 핵심성분인 catechin 함량의 변화를 조사하였다. 분석방법은 식품공전상의 카테킨분석법에 따라 수행하였다.

< LED 560nm 파장이 녹차의 카테킨성분 함량에 미치는 영향 >

구 분	Catechin 함량(mg/100g, D.W)
None LED	648.1
None pulse LED	662.3
2times pulse/sec "	645.2
10 "	650.8
100 "	658.5

- 카테킨 성분은 녹차의 핵심적 기능성 성분으로서 녹차의 품질을 결정하는 요소이다.
- LED 560nm 광조사를 받지 않은 대조구에서 648.1mg/100g 의 함량을 나타낸 것에 비해 처리구인 none pulse LED 처리구에서 662.3mg/100g 으로 가장 높은 카테킨 함량을 보였고, 2times pulse/sec 처리구에서 645.2mg/100g 으로 가장 낮은 함량을 나타내었는데, 이러한 카테킨 함량의 변화는 녹차의 기능성을 향상시켜주는 긍정적 효과로 평가할 수 있다고는 하나 경제성 측면에서는 큰 변화는 아니라는 판단을 할 수 있다.
- 따라서 해충방제를 위한 LED 560nm 광조명이 녹차의 생장에 장애가 되는 요인은 없는 것으로 판단한다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

본 연구의 초기 목표는 해충이 기피하는 광 파장대를 찾아서 노지 및 시설재배 작물의 해충 발생을 억제하고, 또 단일성작물 재배시 일장 연장을 위한 전조용 및 작물 생산성 향상을 위해 보광용으로 주로 이용되는 백열등, 나트륨등 및 형광등을 대체하고, 특히 가격이 저렴한 보급형 백열등 형태의 LED 전구를 개발하고자 하였다. 그리고 노지나 시설내에 발생하는 해충들을 잘 유인 포획하는 광원을 선별하여 한쪽은 해충을 포장내로 오지 못하게 하고 다른 한편으론 해충의 유인 효율이 높은 광원을 이용하여 유인된 해충을 포획하여 발생밀도를 억제하고자 의도 하였다. 본 실험결과 각각의 또는 다종의 해충에 대하여 유인효과가 높은 광 파장대는 찾았으나 반대로 해충이 기피하는 파장대는 아직 뚜렷한 결과를 도출하지 못하였다. 그러나 차일말이나방에서는 나방의 기피 파장이 명확히 드러났다. 이러한 이유는 해충은 종류도 다양하며 특히 해충은 종류별로 눈의 구조가 다양하여 광을 흡수하거나 반응하는 민감도가 차이가 많고, 또 특정한 광에 대하여 유인효과가 낮은 것을 기피효과로 보기에 다소 무리가 있다. 뿐만 아니라 일단 작물에 유인된 해충들은 기피하는 파장의 광을 전조하더라도 작물체 뒤나 다른 주변의 은신처 등 기피파장의 광이 미치지 못하는 영역으로 도피하기 때문이다. 역설적으로 말하면, 해충들은 주로 야간에 이동하는데 이때 전조용 또는 보광용 광 파장이 해충들이 선호하지 않은 파장이면 해충들의 유인이 적기 때문에 작물에 발생하여 피해를 주는 해충의 밀도도 적어진다. 따라서 본연구의 결과가 초기 목적에 완전히 부합하지는 못하여도 작물재배 포장에서 해충의 밀도를 줄일 수 있는 단초를 제공할 수 있을 것으로 생각된다. 특히 본 연구를 수행하면서 제작한 백열등 타입의 다양한 LED등 제작기술, 이들 LED 등에 새로 적용한 pulse 기능 및 천창뿐만 아니라 측장에도 광원을 설치하는 방법 개선, 그리고 황색파장의 광원도 적색광원과 같이 전조효과가 있고, 또 생육에 대한 저해 영향이 없다는 사실을 밝혀 향후 황색광 영역을 이용한 병해충 방제 기술에 대한 기본 자료로 활용될 수 있을 것으로 생각한다. 일본은 2009년부터 2013년까지 5년 계획으로 LED광원을 이용한 해충방제기술 개발을 농림수산성 연구사업으로 현재 수행하고 있다. 특히 이들은 해충이 기피하는 LED광 파장대를 이용하여 해충의 발생밀도를 줄임으로써 농약사용량 10% 절감이라는 현실적인 목표로 연구하고 있다. 이런 점을 고려하면 우리가 지금까지 수행한 본 과제는 처음부터 목표를 너무 과도하게 설정한 느낌이 들지만 지금까지 수행한 여러 결과들이 앞으로 전조용이나 해충 방제용 등의 분야에서 농업기술 발전에 큰 밑거름으로 작용할 것으로 생각된다.

계 획	달 성	달성도 (%)
해충반응실험 LED램프 개발	해충반응실험 LED램프 개발 (375, 550, 560, 570, 580, 590, 610, 660nm 램프 제작)	100
40W급 LED램프 개발	광펄스 가능한 40W급 LED램프 개발 (kHz까지 동작 가능)	100
광파장에 따른 해충의 행동반응 연구	광파장에 따른 생장, 반응, 산란 등 관찰을 통한 유인/기피 관련 광파장 확보	100
광파장에 따른 식물 및 토양 영향연구	광파장이 있들개, 배추, 고추, 녹차에 미치는 영향 실험	100

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

1. 실용화 산업화 계획

참여기업인 (주)링크유텍스에서는 본 과제의 연구의 일부 결과를 활용하여 LED램프를 현재 660만원, 2,000만원 정도의 판매를 하였으며, 화훼단지 등에 지속적인 판매를 이어갈 예정이다.

2. 교육, 지도, 홍보 계획

과제 수행 중에 조선대학교 광기술공학과에서 “광기술공학특강”으로 교육한 바 있으며, 광주KBS에 LED해충방제기술이 소개되었고, LED를 이용한 잎들깨 재배기술이란 제목으로 홍보되었다. 광산업전시회에 (주)링크유텍스 제품을 출품하였으며, 광산업진흥회 격월발행 지인 광산업뉴스에 “LED를 이용한 해충방제 기술연구”라는 타이틀로 투고하였음. 향후에도 유사한 방식으로 교육 및 홍보를 추진할 계획이다.

3. 본 연구를 통하여 특허등록 1건, 특허출원 3건, 실용신안 2건을 확보하였으며, 과제종료 후에도 실험을 지속할 예정이므로 이에 따른 추가 특허출원이 이루어질 것으로 판단된다.

구분	연도	발명의 명칭
특허등록	2009	해충퇴치기능을 갖는 LED 조명등
실용신안	2010	해충 방제용 엘이디 조명 장치
특허출원	2010	LED를 이용한 식물재배용 조명장치
특허출원	2010	엘이디를 이용한 해충트랩 장치
실용신안	2011	곤충류 행동반응 측정장치
특허출원	2011	식물의 해충방제용 조명장치

4. 타 연구에 활용 계획

LED의 작물에 대한 영향으로 장일식물의 경우 열매를 맺지 않는 피해가 있는 바 본 과제의 결과를 활용하여 식물에의 영향이 최소인 LED램프 개발할 계획을 가지고 있다.

본 과제 수행중 현지 농가포장에서 실험하는 과정에서 LED를 이용한 잎들깨 재배기술이란 제목으로 홍보가 1회, 광산업전시회에서 농가현장용 등기구 출품 1회, 광주KBS에 LED해충방제기술 소개, 광산업진흥회 격월지에 투고되었으며, 향후 주요 결과를 이용하여 잎들깨 재배하는 농업인을 대상으로 작물 생육 및 병해충 방제효과에 대하여 교육 및 홍보를 할 계획이다. 또한 본 연구에서 수행한 주요 결과들 중 이미 LED 파장별 달팽이류 행동반응이란 제목으로 한국응용곤충학회에 학술발표 1회, 범부처 녹색기술 포럼에 2회 발표하였고, 2012년 춘계 한국응용곤충학회에 나방류 해충의 광과장에 대한 행동반응 연구란 제목으로 학술 발표할 계획이다. 또한 향후 이들 발표 제목에 대하여 학회에 정식으로 논문으로 투고할 계획이다. 그리고 광과장과 pulse를 조합한 LED등을 이용하여 들깨, 참깨 및 잡곡류의 생육 및 병해충 방제효과에 대한 연구를 계속 수행할 계획이며, 특히 UV 파장 및 pulse를 이용한 해충의 유인등 개발을 할 계획이다. 그리하여 LED 파장을 이용한 친환경적 작물 생산기술 개발로 화학농약 40% 절감 및 안전농산물 생산으로 국민건강 증진에 기여코자 한다.

5. 해충방제 시스템의 경제성

- 일반적인 식물보다는 고부가가치 식물 (예:화훼류)에 적용하면 경제성이 있을 것으로 판단되나 본 연구에서는 잎들깨, 녹차 등에 대한 실험을 진행하였기 때문에 타 식물에 적용을 하기 위해서는 이에 대한 추가 실험이 필요하다. 따라서, 등기구 판매를 위한 경제성을 고려하여 고부가가치 식물에 대한 추가실험 진행을 적극적으로 검토할 예정이다. 실험을 위한 LED 등기구는 기 확보되어 있으므로 실험대상 식물선정에 신중을 기하면 되며, 화훼류를 1차로 검토할 예정이다.

- 생물농약은 약400평 기준으로 500ml 약 3병 정도가 필요하고 시설하우스 내에 살포를 하기 위한 비용은 약30만원 정도이고 약3회 시행을 가정하면 총비용을 약100여만원 정도로 추정할 수 있다. 그러나 해충방제 시스템은 400평 정도에 LED등기구 비용, 컨트롤박스 비용, 시공비 등으로 2천만원에 납품을 한 실적이 있으므로 단순히 이러한 비용적인 면만 비교를 한다면 고가인 LED조명은 경제성이 터무니 없이 낮다고 볼 수 있다. 그러나, LED의 수명과 저전력을 고려하고 친환경적인 장치임을 고려해 볼 때 농약과의 단순 비용 비교만 할 수는 없는 측면이 있다. 따라서, 단순 비용 비교를 지양하고 농약에 대한 피해를 심가하게 받아들일 필요가 있으며, 백열등을 이용한 작물재배가 일반적인 상황에서 백열등 대체용 LED등기구 도입이 주목을 받고 있는 점을 고려할 때, 식물생장용 LED등기구에 해충방제 기능을 추가한다면 오히려 경제성을 높일 수 있다고 판단된다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

가. 외국의 최근 연구동향

□ 일본

- 돌발/신문제 병해충에 대한 신속한 연구·관리체계 구축
 - 대상 병해충 : 노린재, 담배가루이, Citrus greening, CCYV
 - ※ 병-해충 연구자/기관 간의 신속한 네트워크 구축
 - 주요 병해충에 대한 지속적인 예찰을 민간업체가 담당(JPP-NET),
- 친환경 병해충 관리기술 개발에 주력하다.
 - LED 활용 해충제어기술 개발 : 노린재류
 - 기능성 방충망 개발 : 해충제어 + 식물생장 향상
 - 호르몬 제어 해충방제 : 호르몬 구조 규명 → 곤충생장조절제 개발
- 곤충 활용한 인간 질병치료 연구 등 고부가 연구에 눈 돌리다.
 - 수면장애, 스트레스, 다운증후군, 균형감각장애 등
 - 인간 질병 관련 유전자를 곤충 유전자에 삽입, 발병·장애기작 규명

□ 중국

- 친환경 병해충 관리기술 개발에 주력
 - LED 활용 해충제어기술 개발 : 광 파장 및 Pulse 기능 LED 활용
 - 천적의 다양한 이용기술 개발 : 외래유입 해충에 대한 대상해충별 천적 분류 및 이용방안 체계화로 유사시 신속한 대응 필요
- 국가간 상호 협력연구 증진 필요
 - 이동성 해충에 대한 국내외 지속적 발생 모니터링으로 신속 대응
 - ※ 병-해충 연구자/기관 간의 신속한 네트워크 구축
 - 기후변화에 따른 외래 병해충 유입 및 작물 생태영향 구명에 선제적 대응 기술 개발 필요 : 국제공동연구 강화
 - 국가간 기후변화 및 식품 기호성 변화에 대응하기 위한 정보 교류 및 공동연구 활성화
 - ※ 유전자원 수집 및 평가, 국가별 선호식품에 대응한 작물 육종으로 외국으로의 농산물 수출 활성화 기여

나. 국내 도입기술

- 국내 유입 가능 병해충에 대한 피해, 진단기술 사전 습득
- 광조건(LED)에 따른 곤충 반응연구 시스템 구조 : 실험실 조건, 실험방법, 기자재, 시행오차 등
- 난방제(難防除) 해충의 새로운 사육기술 : 꽃노랑총채벌레 등 채란기술, 약충사육, 먹이 제공 기술 등

- 국내에서 친환경 농자재로 이용하는 고삼, 멀구슬, 제충국 등의 살충성분을 함유하고 있는 유전자원의 도입방안 강구 및 정보 교류
- 병원성 미생물(곰팡이, 세균 등)의 중국내 대량생산 정보 수집 및 국내 활용방안 강구

다. 수집 책자 및 문헌 등

- 2010 GPEC 시설원예·식물공장전 책자 - 기초연설, 해외강연, 특별 세미나 자료
- IT-LED 기반 미래형 식물공장 융합기술 및 사업전망 전략 심포지움 자료(2011)
- 농·생명 분야의 LED 응용기술 개발 세미나 책자(2011 전북대)
- 식물공장과 LED 조명을 이용한 식물재배 책자(카스트 친환경농업기술)
- Koji M., and O. Yoshio. 2002. Attraction of synthetic pheromone of the brown-winged green bug, *Plautia crossota* Scott to its parasitoids, *Gymnosom rotundata* and *Trissolcus plautia*. 일본 구주병해충연구회보 48: 76-80.
- Dr. Shimoda의 LED광원의 갈색날개노린재에 대한 유인 및 기피반응 연구(학회 발표자료)
- Shokubutsu, K. k. 2010. Development of a physical control device using a yellow pulsed LED for controlling insect pests in the production of autumn-flowering Chrysanthemums : A lighting technique to avoid delay in flowering in Japanese. Japanese Society of Agricultural, Biological and Environmental Engineers and Scientists. 22(4) : 167-174.

제 7 장 참고문헌

- 권종대, 홍정표. 친환경 제품디자인 사례연구(빛을 이용한 해충퇴치 제품 개발에 관한 연구)
- 김현주, 배순도, 이진희. 시설있들깨 주요 해충 친환경 관리기술개발. 2007. 영남농업연구소 2007 시험연구보고서. p.
- 박정규, 신원교, 김임곤, 김창호. 1988. 경남 산지 과수원에서 채집된 과실 흡수나방의 종류 한응곤지 27(2): 111-116.
- 박신영, 장민영, 최정희, 김병삼, 이해란, 함경희. 2007. 냉장고의 LED 부착이 양배추의 선도 연장에 미치는 영향. 한국식품저장유통학회. 14(2): 113-118.
- 배순도, 김현주, 윤영남, 최병렬. 콩 노린재류 친환경 관리기술 개발. 2011. 국립식량과학원 2011년 시험연구보고서. p.
- 오석진, 박달수, 양한섭, 윤양호, 本城凡夫. 2007. 발광다이오드(LED)를 이용한 저서미세조류의 성장촉진에 의한 오염해역 저질환경개선, 1. 저서규조류 *Nitzschia* sp. 성장에 영향을 미치는 광량과 파장. 한국해양환경공학회지. 10(2): 93-101.
- 이규철, 강창현, 이동운, 이상명, 박정규, 추호렬. 2002. 수은유아등고 집합페로몬 트랩에 의한 단감원 노린류의 발생소장. 한응곤지. 41(4): 233-238.
- 이주현, 김봉수, 박성민, 최지은, 박보람, 김진호, 송유한. 2009. 온실해충 친환경 방제용 끈끈이 트랩의 개발 및 평가. 한국응용곤충학회 춘계학술발표회. p. 162.
- 은종선, 김영선, 김용현. 2000. 도라지 배양묘의 생장 및 형태형성에 미치는 발광다이오드의 효과. 식물조직배양학회지 25(1): 71-75.
- 정규희, 유준, 권신한, 임문숙. 1971. Blacklight-Trap에 대한 솔나방의 유인효과. 한국식물보호학회지 10(1): 43-48.
- 정철의, 강문수, 김동원. 2007. 경북 안동지역 양봉장 주변에 발생하는 주요 말벌류. 2. 트랩 포획 및 발생 동태. 한국양봉학회지 22(1): 63-70.
- 최덕수, 김은식, 김동관, 김규진. 2001. 우지과실의 흡즙충류에 의한 반점피해 방제에 관한 연구. 한응곤지. 40(1): 77-82.
- 平間淳司, 荒永 誠, 中出智己, 宮本紀男, 藪 哲男, 伊澤宏毅. 2009. 超高輝度型の發光ダイオード (LED) によるヤガ・カメムシ類の防除装置の開発 光刺激の波長およびパルス光の網膜電位 (ERG信号) 応答特性. 식물방역.
- Appleton B., ES Otis, G. Gillard and C. Schaafsma. 2004. Potato leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) varietal preference in edible beans in relation to visual and olfactory cues. Environmental entomology. 1381-1388.
- Ashfaq M. R.A. Khan. M. A. Khan, F. Rasheed and S. Hafeez. 2005. Pak. Entomol. 27(1): 49-52.
- Bonneoy-Claudet R., A. Deray and L. Gomot. 1983. Action de lumieres de longueurs donde differentes sur la reproduction de lescargot *Helix aspersa*. Comptes Rendus de la Societe de Biologie. 177: 504-512.
- Booth. D., A.J.A. Stewart and D. Osorio. 2004. Colour vision in the glow-worm *Lampyris noctiluca* (L.) (Coleoptera: Lampyridae): evidence for a green-blue chromatic mechanism.

The J. of Experimental Biol. 207: 2373-2378.

- Chung, B.K., S.W. Kang and J.H. Kwon. 1995. Damages, occurrence and control of hemipterous insects in non-astringent persimmon orchards. RDA. J. Agri. Sci. 37: 376-382.
- Cohnstaedt L., J. I. Gillen and L. E. Munstermann. 2008. Light-emitting diode technology improves insect trapping. J. Am Mosq. Control Assoc. 24(2): 331-334.
- Mishiro K., T. Arai and Y. Ohira. 2009. Effect of reflective sheet mulching on migratory flight to citrus orchard in two stinkbugs, *Plautia crossota stali* and *Glaucias subpunctatus*. 果樹研報 Bull. Natl. Inst. Fruit tree Sci. 9: 23-30.
- Nordtug T. 1990. Dynamics and sensitivity of the pupillary system in the eyes of noctuid moths. J. insect physiol. 36(12): 893-901.
- Shokubutsu, K. k. 2010. Development of a physical control device using a yellow pulsed LED for controlling insect pests in the production of autumn-flowering Chrysanthemums : A lighting technique to avoid delay in flowering in Japanese. Japanese Society of Agricultural, Biological and Environmental Engineers and Scientists. 22(4) : 167-174.
- Von Frisch K. 1949. Die polarisation des Himmelslichtes als orientierender F마색 bei dem Tanzen der Bienen Experienta 4: 142-148.
- Weise, H.B., McCoy, E.E., Jr., and W.M. Boyd. 1944. Group motor responses of adult and larval forms of insects to different wavelengths of light N.Y. Entomol. Soc. J. 52: 27-43.
- Wallner W.E., L.M. Humble, R.E. Levin, Y.N. Baranchikov and R.T. Carde. 1995. Response of adult Lymantriid moths to illumination devices in the Russian Far East. J. of Economic Entomology. 88(2): 337-342.

부 록

1. LED등기구 시험성적서

가. Y-LED 램프 시험

시험성적서

<p>한국광기술원 우500-779 광주광역시 북구 첨단4길 5번지 (Tel: 062 605 9295, Fax: 062 605 9288)</p>	<p>성적서번호 : KOPTI-T10-0165 페이지 (1) / (총 4)</p>	
<p>1. 의뢰인 * 기관명 : 한국광기술원 시험생산센터 * 주소 : 광주광역시 북구 월출동 971-35 * 의뢰일자 : 2010. 03. 02.</p>		
<p>2. 시험성적서의 용도 : 특성측정.</p>		
<p>3. 시험대상품목 또는 물질, 시료명 : SMO lamp</p>		
<p>4. 시험기간 : 2010. 03. 19 ~ 2010. 04. 12</p>		
<p>5. 시험방법 : 업체요구조건</p>		
<p>6. 시험환경 : * 온도 : (24.9 ± 0.3) °C * 습도 : (58 ± 3) % R.H.</p>		
<p>7. 시험결과 : * 첨부 "시험결과" 참조</p>		
<p>※ 이 성적서의 내용은 시험의뢰인에 의해 제공된 시료에 한하며, 용도이외의 사용을 금합니다.</p>		
<p>확인 성명 : 박성민</p>	<p>시험자 (서명)</p>	<p>승인자 직위 : 기술책임자 성명 : 유재홍 (서명)</p>
<p>2010. 04. 22.</p> <p style="text-align: center;">한국광기술원 (인)</p>		

KOPTI-TP-5101-01(06)

시험결과 (TEST RESULTS)	
성적서번호 Test No.	KOPTI-T10-0165 (4) 쪽 중 (2) 쪽 (2) page of (4) pages
<p>1. 제조사 : 한국광기술원 시험생산센터 2. 시료명 / 시료수 : SMO lamp / 1 ea. 3. 시료 사진 :</p>	
<p>1) 시료 앞면 사진</p>	
<p>2) 시료 뒷면 사진</p>	
<p>4. 시험 조건 및 시료 정보 : - 정격 전압 : 220 [V.a.c] - 정격 주파수 : 60 [Hz] - 광도 [cd], 조도 [lx], 파장 측정거리 - 1[m], 2[m]</p>	

KOPTI-TP-5101-02(00)

시험결과 (TEST RESULTS)															
성적서번호 Test No.	KOPTI-T10-0165 (4) 쪽 중 (3) 쪽 (3) page of (4) pages														
<p>5. 시험결과 : (1) 전압, 전류, 전력, 역률, 광도, 조도, 파장, 배광분포 시험 1) 전압, 전류, 전력, 역률 시험결과</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th>특성 시료명</th> <th>전압 [V]</th> <th>전류 [A]</th> <th>전력 [W]</th> <th>역률</th> </tr> <tr> <td>LED lamp</td> <td>217.30</td> <td>0.893</td> <td>95.12</td> <td>0.49</td> </tr> </table>		특성 시료명	전압 [V]	전류 [A]	전력 [W]	역률	LED lamp	217.30	0.893	95.12	0.49				
특성 시료명	전압 [V]	전류 [A]	전력 [W]	역률											
LED lamp	217.30	0.893	95.12	0.49											
<p>2) 광도, 조도 시험결과</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th rowspan="2">특성 시료명</th> <th colspan="2">광도 [cd]</th> <th colspan="2">조도 [lx]</th> </tr> <tr> <th>1[m]</th> <th>2[m]</th> <th>1[m]</th> <th>2[m]</th> </tr> <tr> <td>LED lamp</td> <td>357.308</td> <td>374.933</td> <td>357.33</td> <td>93.728</td> </tr> </table>		특성 시료명	광도 [cd]		조도 [lx]		1[m]	2[m]	1[m]	2[m]	LED lamp	357.308	374.933	357.33	93.728
특성 시료명	광도 [cd]		조도 [lx]												
	1[m]	2[m]	1[m]	2[m]											
LED lamp	357.308	374.933	357.33	93.728											
<p>3) 배광분포 시험결과</p>															


KOPTI-TP-5101-02(00)

시험결과 (TEST RESULTS)	
성적서번호 Test No.	KOPTI-T10-0165 (4) 쪽 중 (4) 쪽 (4) page of (4) pages
<p>4) 파장 시험결과</p>	
<p>① 1m</p>	
<p>② 2m</p>	

KOPTI-TP-5101-02(00)

라. Par 타입 LED 램프 시험

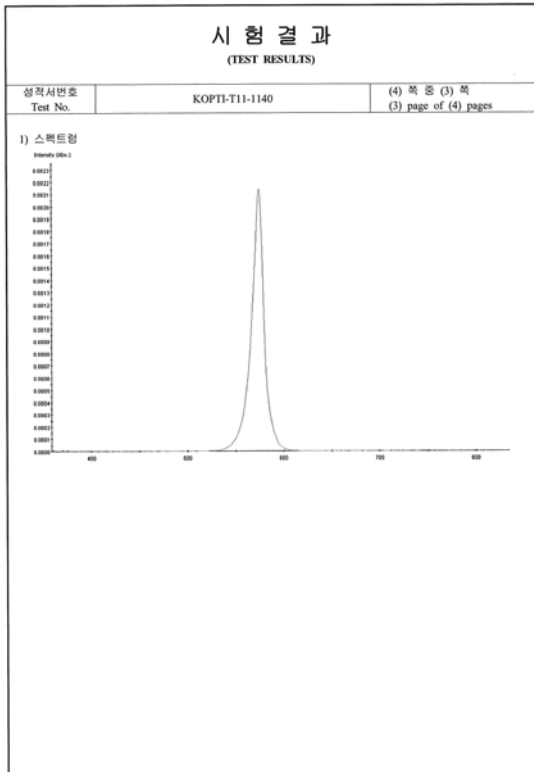
시험 성적서

한국광기술원 광주광역시 북구 첨단벤처로 108번길 9(월출동) (Tel: 062 605 9295, Fax: 062 605 9288)		성적서번호 : KOPTI-T11-1140 페이지 (1)(총 4)	
1. 의뢰인 * 기관명 : 한국광기술원 시험생산센터 * 주소 : 광주광역시 북구 첨단벤처로 108번길 9(월출동) * 의뢰일자 : 2011. 11. 23.			
2. 시험성적서의 용도 : 과제 제출용			
3. 시험대상품목 또는 물질, 시료명 : Par 타입 해충방제 LED 등기구			
4. 시험기간 : 2011. 11. 25. ~ 2011. 11. 29.			
5. 시험방법 : 업체요구조건			
6. 시험환경 : * 온도 : (24.9 ± 0.3) ℃, * 습도 : (51 ± 4) % R.H.			
7. 시험결과 : ※ 첨부 "시험결과" 참조			
※ 이 성적서의 내용은 시험의뢰인에 의해 제공된 시료에 한하며, 용도이외의 사용을 금합니다.			
확인	작성자 성명 : 김 태 형 (김태형)	승인자 직위 : 기술책임자 성명 : 김 한 필 (김한필)	
2011. 11. 29. 한국광기술원 장 (인)			

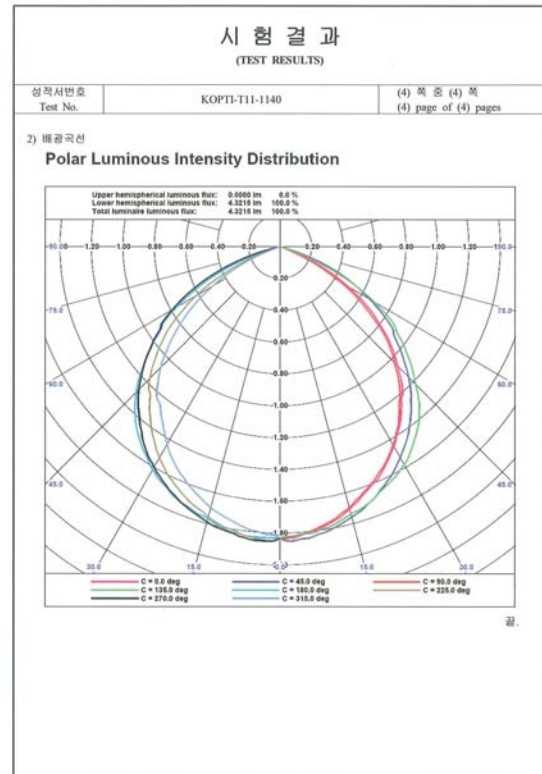
KOPTI-TP-S101-01(07)

시험 결과 (TEST RESULTS)		
성적서번호 Test No.	KOPTI-T11-1140	(4) 쪽 중 (2) 쪽 (2) page of (4) pages
1. 제조사	한국광기술원 시험생산센터	
2. 시료명	Par 타입 해충방제 LED 등기구	
3. 시료시간		
		
4. 시험조건	AC 220 V, 60 Hz, 1 시간 에이징	
5. 시험결과		
시험항목	단위	시험결과
입력전압	V	220.3
입력전류	mA	74.6
입력전력	W	6.9
역률	-	0.42
주파수	Hz	60.0
관광선속	lm	4.3
2 m 직경조도	lx	0.46

KOPTI-TP-S101-02(01)




KOPTI-TP-S101-02(01)



KOPTI-TP-S101-02(01)

마. 방수 보안등 타입 LED 램프 시험


시험 성적서

한국광기술원 광주광역시 북구 첨단벤처로 108번길 9(월출동) (Tel: 062 605 9295, Fax: 062 605 9288)		성적서번호 : KOPTI-T11-0266 페이지 (1) (총 4)	
1. 의 의 인 * 기 관 명 : 한국광기술원 시험생산센터 * 주 소 : 광주광역시 북구 첨단벤처로 108번길 9(월출동) * 의뢰일자 : 2011. 03. 18.			
2. 시험성적서의 용도 : 과제 제출용			
3. 시험대상품목 또는 물질, 시료명 : 야외용 해충방제 LED 등기구			
4. 시험기간 : 2011. 11. 23. ~ 2011. 11. 28.			
5. 시험방법 : 업체요구조건			
6. 시험환경 : * 온도 : (24.9 ± 0.3) °C, * 습도 : (51 ± 4) % R.H.			
7. 시험결과 : ※ 첨부 "시험결과" 참조			
※ 이 성적서의 내용은 시험의뢰인에 의해 제공된 시료에 한하며, 용도이외의 사용을 금합니다.			
확 인 작성자 성 명 : 강 대 형	승인자 직 위 : 기술책임자 성 명 : 김 한 필		
2011. 11. 29.			
한국광 기술원 장 (인)			

KOPTI-TP-5101-01(07)

시험 결과

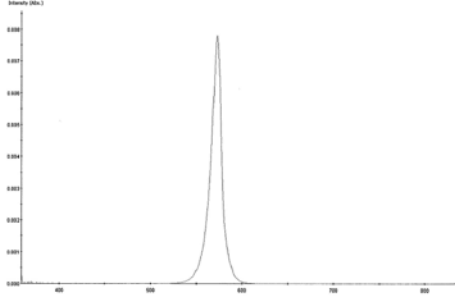
(TEST RESULTS)

성적서번호 Test No.	KOPTI-T11-0266	(4) 쪽 중 (2) 쪽 (2) page of (4) pages
1. 제조사 : 한국광기술원 시험생산센터 2. 시료명 : 야외용 해충방제 LED 등기구 3. 시료사진 :		
		
4. 시험조건 : AC 220 V, 60 Hz, 1 시간 예이징 5. 시험결과 :		
시험항목	단위	시험결과
입력전압	V	220.1
입력전류	mA	125.0
입력전력	W	23.7
역률	-	0.86
주파수	Hz	60.0
전광선속	lm	143.2
2 m 적하조도	lx	11.7

KOPTI-TP-5101-02(01)

시험 결과

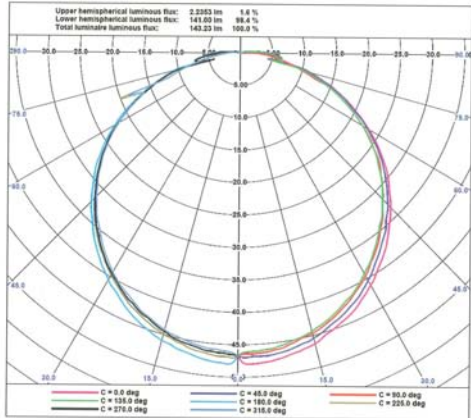
(TEST RESULTS)

성적서번호 Test No.	KOPTI-T11-0266	(4) 쪽 중 (3) 쪽 (3) page of (4) pages
1) 스펙트럼 		

KOPTI-TP-5101-02(01)

시험 결과



(TEST RESULTS)

성적서번호 Test No.	KOPTI-T11-0266	(4) 쪽 중 (4) 쪽 (4) page of (4) pages
2) 배광곡선 Polar Luminous Intensity Distribution 		

KOPTI-TP-5101-02(01)

2. 특허출원 / 등록

가. 해충퇴치 기능을 갖는 LED 조명등

		
특 허 증 CERTIFICATE OF PATENT		
특 허 제 10-1020490 호 (PATENT NUMBER)	출원번호 (APPLICATION NUMBER) 출원일 (FILING DATE:YY/MM/DD) 등록일 (REGISTRATION DATE:YY/MM/DD)	제 2009-0054796 호 2009년 06월 19일 2011년 03월 02일
발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION) 해충퇴치기능을 갖는 LED 조명등		
특허권자 (PATENTEE) 전자부품연구원 (135471-0*****) 경기도 성남시 분당구 야탑동 68번지		
발명자 (INVENTOR) 등록사항란에 기재		
위의 발명은 「특허법」에 의하여 특허등록원부에 등록 되었음을 증명합니다. (THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)		
2011년 03월 02일		
	특 허 청 COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE	
연차등록료 납부일은 설정등록일 이후 4년차부터 매년 03월 02일까지이며 등록원부로 권리관계를 확인바랍니다.		

나. 해충 방제용 엘이디 조명 장치

관인생략
출원번호통지서

출원일자 2010.01.16
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원번호 20-2010-0000479 (접수번호 1-1-2010-0029406-84)
출원인명칭 (주)링크옵틱스(1-2006-007356-2)
대리인성명 김종일(9-2003-000372-1)
고안의명칭 해충 방제용 엘이디 조명 장치

COPY

특허청장

- 출원번호통지서 출원 이후 심사진행 상황 등을 확인하실 때에는 출원번호가 필요하오니 출원번호통지서는 출원절차가 종료될 때까지 보관하시기 바랍니다.
- 2-가. 특허 및 실용신안 출원은 심사청구 후 평균 16개월에 1차 심사처리가 이루어지고, 상표 및 디자인은 출원 후 평균 10개월에 1차 심사처리가 이루어집니다.
2-나. 특허 및 실용신안은 특허청 홈페이지(<http://www.patent.go.kr>)의 "고객지원서비스-민원처리과정 통지 서비스" 코너에서 1차 심사결과통지 예고서비스를 신청하시면, 1차 심사처리 약 1개월 전에 해당 출원 건의 1차 심사결과통지 예정시기를 SMS 또는 E-mail 서비스로 제공 받을 수 있습니다.
2-다. 상표 및 디자인은 특허청 홈페이지(공지사항)에 류별 1차 심사결과통지 예정시기를 매월 게시하고 있으며, 특허정보검색서비스 시스템(<http://www.kipris.or.kr>)을 통해 개별 출원건에 대한 1차 심사결과통지 예정시기를 알려드립니다. 또한, 출원시 1차 심사결과통지 예정시기 알림 서비스를 신청하시면, SMS 또는 E-mail 서비스로 제공해 드립니다.
※ 상기 1차 심사결과통지 예정시기는 사정에 의해 다소 늦거나 빨라 질 수 있습니다.
2-라. 1차 심사결과통지시(심사관이 특허결정의 등본을 송달하기 전 또는 심사관이 최초로 거절이유를 통지한 후 출원인이 그 거절이유를 받기 전 중 빠른 때)까지 귀하께서는 특허출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 명세서 또는 도면을 보정할 수 있습니다.
특허출원은 출원일로부터 5년 이내에 특허법시행규칙 별지 제24호서식에 의거 심사청구를 하지 않으면 그 출원은 출원취하된 것으로 간주하여 처리됨을 알려드립니다.
- 우선심사 특허(실용신안등록)출원 또는 디자인등록출원, 상표등록출원에 대해 조기에 심사를 원하시면 "우선심사제도"를 이용하실 수 있습니다
- 주소 등 변경신고 출원인의 주소 등을 변경하고자 하는 경우에는 특허법 시행규칙 별지 제4호의 2서식에 의한 출원인 정보변경(경정) 신고서를 제출하여야 합니다.
- 산업재산권 표시, 광고요령 특허 등 산업재산권을 출원 중에 있는 경우에는 해당 산업재산이 출원상태임을 다음과 같이 표시하여야 하며, 이를 위반할 경우 특허법 제224조 및 제227조에 의거 처벌 받게 됩니다.
예) 특허출원 10-2001-0000001, 실용신안등록출원 20-2001-0000001, 디자인등록출원 30-2001-0000001, 상표등록출원 40-2001-0000001
- 미성년자 미성년자인 출원인이 만20세에 도달하는 경우 출원인의 부모 등 법정대리인의 대리권은 소멸하게 되므로, 출원인은 직접 또는 대리인을 새로이 선임하여 특허에 관한 절차를 밟을 수 있습니다.
- 문의처 기타 문의사항이 있으시면 특허고객 콜센터(1544-8080)에 문의하시거나 특허청 홈페이지(www.kipo.go.kr)를 참고하시기 바랍니다.
- 특허청 주소 302-701 대전광역시 서구 선사로 139 정부대전청사 4동
특허청 서울사무소 주소 135-911 서울특별시 강남구 역삼동 647-9 한국지식센터
FAX) 대전 : 042-472-7140, 서울 : 02-566-8454

다. LED를 이용한 식물재배용 조명장치

관 인 생 략

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자 2011.01.14
특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무)
출 원 번 호 10-2011-0003914 (접수번호 1-1-2011-0032126-11)
출 원 인 명 칭 한국광기술원(2-2004-013098-4)
대 리 인 성 명 우광제(9-2000-000174-3)
발 명 자 성 명 김정현 김왕기 정구락
발 명 의 명 칭 LED를 이용한 식물 재배용 조명 장치

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 국내출원 건을 외국에도 출원하고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정 받을 수 있습니다.
※ 우선권 인정기간 : 특허실용신안은 12월, 상표디자인은 6월 이내 ? 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

라. 엘이디를 이용한 해충트랩 장치

관인생략
출원번호통지서

출원일자 2010.09.20
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원번호 20-2010-0009874 (접수번호 1-1-2010-0612641-16)
출원인명칭 (주)링크옵틱스(1-2006-007356-2)
대리인성명 김종일(9-2003-000372-1)
고안의명칭 엘이디를 이용한 해충 트랩 장치



특허청장

- 출원 이후 진행 상황 등을 확인하실 때에는 출원번호가 필요하오니, <출원번호통지서>는 출원절차가 종료될 때까지 잘 보관하시기 바랍니다.
- 주소, 전화번호 등 변경사항이 있을 경우 <출원인코드정보변경(경정), 정정신고서>를 반드시 제출하여야 각종 통지서를 적시에 제대로 받으실 수 있습니다.
- 특허(실용신안등록)출원은 등록결정 전까지(심사관이 의견서 제출기간을 정한 경우는 그 기간 내) 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 명세서 또는 도면을 보정하실 수 있습니다.
- 특허출원은 출원일로부터 5년(실용신안등록출원은 3년) 이내에 심사청구 하지 않으면 그 출원은 출원취하된 것으로 간주합니다.
- 특허(실용신안등록, 디자인등록, 상표등록)출원에 대해 조기에 심사받기를 원하시면 "우선심사제도"를 이용하실 수 있습니다. 특허(실용신안등록)출원에 대해 늦게 심사받기를 원하시면 "심사유예신청 제도"를 이용하실 수 있습니다.
- 해당 산업재산권이 출원상태임을 표시하실 때에는 아래 예와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법규에 따라 처벌받을 수 있습니다.
예) 특허출원 10-2010-0000001, 실용신안등록출원 20-2010-0000001, 디자인등록출원 30-2010-0000001, 상표등록출원 40-2010-0000001, 서비스표등록출원 제41-2010-0000001호
- 기타 문의사항이 있으시면 특허고객상담센터(1544-8080)에 문의하시거나 특허청 홈페이지(www.kipo.go.kr)를 참고하시기 바랍니다.

관인생략
출원번호통지서

출원일자 2011.02.15
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원번호 20-2011-0001243 (접수번호 1-1-2011-0105607-50)
출원인명칭 한국광기술원(2-2004-013098-4) 외 1명
대리인성명 윤춘주(9-2006-000161-4)
고안의명칭 곤충류 행동반응 측정장치

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정 신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 국내출원 권을 외국에도 출원하고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정 받을 수 있습니다.
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12월, 상표·디자인은 6월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

관인생략
출원번호통지서

출원일자 2011.04.15
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원번호 10-2011-0035099 (접수번호 1-1-2011-0278982-68)
출원인명칭 한국광기술원(2-2004-013098-4) 외 1명
대리인성명 우광제(9-2000-000174-3)
발명자성명 김정현 김왕기 최용원 최순진 신지인 이상민
발명의명칭 식물의 해충 방제용 조명 장치

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정 신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 국내출원 건을 외국에도 출원하고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정 받을 수 있습니다.
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12월, 상표·디자인은 6월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명 서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.