

발간등록번호
11-1543000-00
2133-01

양돈분야 소모성 질병예방을 위한 극미약광 면역증진 기기개발 최종보고서

2018. 01. 31.

주관연구기관 / (주)바이오라이트

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “양돈분야 소모성질병 예방을 위한 극미약광 면역증진 기기개발” (개발기간 : 2015. 12. 18. ~ 2017. 12. 17.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018. 01. 31.

주관연구기관명 : (주)바이오라이트 박 미정 (인)
참여기업명 : (주)바이오라이트 박 미정 (인)

주관연구책임자 : 이 원유

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에
동의합니다.

보고서 요약서

과제고유번호		해당 단계 연구 기간		단 계 구 분	(해당단계)/ (총 단계)
연구 사업 명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	첨단생산기술개발사업			
연구 과제 명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세 부 과 제 명	양돈분야 소모성질병 예방을 위한 극미약광 면역증진 기기개발			
연구 책임자	이 원 유	해당단계 참 여 연구원 수	총: 9 명 내부: 9 명 외부: 2 명	해당단계 연구개발비	정부: 100,000천원 민간 : 33,500천원 계: 133,500천원
		총 연구기간 참 여 연구원 수	총: 9 명 내부: 9 명 외부: 2 명	총 연구개발비	정부: 200,000천원 민간 : 67,000천원 계: 267,000천원
연구기관명 및 소속부서명	(주)바이오라이트			참여기업명: (주)바이오라이트	
위탁 연구	연구기관명: 해당없음			연구책임자: 해당없음	
요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)				보고서 면수 : 100쪽	

< 국문 요약문 >

	코드번호	D-01			
연구의 목적 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> - 가시광을 변조시켜 생체 극미약광에 공명하여 흡수하는 장치 개발 - 이를 통한 돼지의 대사활성, 면역능력을 증강시킴으로서 소모성 질병에 선제적 예방 대응 기술 개발 - 극미약광의 생체 활용 가능성 확대 및 생체에 미치는 영향과 작용기전 확립을 통한 극미약광 응용기술의 원천성 확보 <p><기술개발 분야></p> <ul style="list-style-type: none"> - 극미약광의 특성 및 측정방법 연구 - 현장적용을 위한 내구성, 안정성 및 사용편의성을 고려한 최적화 디자인개발 - 극미약광의 생체 내 작용기전 검토 - 극미약광 발생장치 개발 및 현장적용 <p><현장적용 분야></p> <ul style="list-style-type: none"> - 체외 효능 평가 및 면역기능 작용기전 분석 - 생체 효능 및 축산 능가 경제성 평가 - 산업화 적용을 위한 의료기기인증 및 안전성평가 인증 진행 				
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> - 신규 광원 모듈 개발 - 분광조절부 소형화 개발 - 현장적용 최적화 시제품 개발 - 체외 및 생체 효능평가 결과 확보 				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<p><기술 분야></p> <ul style="list-style-type: none"> - 극미약광 기반 생체대사 활성화기술 개발을 통한 광융합 (물리학+생명공학) 신학문의 발전에 기여 - 유전체학, 단백질체학, 생체대사학 등과 차별화되는 융합 원천기술 기반확립 <p><사업화 분야></p> <ul style="list-style-type: none"> - 양돈 분야 최적화 모델개발 및 적용으로 농가 생산성 향상 - 양돈을 기반으로 타 축종 시장진출 및 반려동물, 식물, 사람 등으로 대상확대 - 해외 시장 수출 <p><기대성과></p> <ul style="list-style-type: none"> - 고품질 안전 축산물 생산 기반 마련 - 선제적 질병예방을 통한 소모성/전염성 질병 대응 가능 - 면역능력 향상을 통한 농가 생산성 향상 				
중심어 (5개 이내)	극미약광	양돈생산성	면역기능	항원탐식	미토콘드리아 막전위

< SUMMARY >

		코드번호	D-02		
Purpose& Contents	<ul style="list-style-type: none"> - Development of a device that modulates visible light to be absorbed and resonated with ultraweak photon - Development of preemptive preventive technology for consuming diseases of pigs by enhancing metabolic activity and immune ability - Acquisition of originality of application technology through expansion of bioavailability of microphysiology and establishment of mechanism of effect on microbes <p><Field of technology development></p> <ul style="list-style-type: none"> - Study on the characteristics and measurement method of ultraweak photon - Development of optimal design considering durability, stability and ease of use for field applications - Study on in-vivo mechanism of ultraweak photon - Development and application of ultraweak photon generator <p><Field of application></p> <ul style="list-style-type: none"> - Evaluation of in-vitro efficacy and mechanism of immune function - Biological efficacy and economic evaluation of livestock farm - Medical device certification and safety evaluation for industrialization application 				
Results	<ul style="list-style-type: none"> - Development of new light source module - Development of miniaturization of spectral control unit - Development of optimized application prototype for field application - Obtain assessment results of in-vitro and in-vivo efficacy 				
Expected Contribution	<p><Technology Area></p> <ul style="list-style-type: none"> - Contribution to the development of optical convergence (physics + biotechnology) through the development of biochemical metabolism activation technology based on ultra-weak light - Establishment of convergence technology base which is different from genomics, proteomics, metabolism <p><Busienss Area></p> <ul style="list-style-type: none"> - Improvement of porcine productivity by developing and applying optimal model - Expansion into other species such as companion animals, plants and human based on results from swine field - Export to overseas market <p><Expectations></p> <ul style="list-style-type: none"> - Establishment of production base for high quality safe livestock products - Preemptive prevention of consumable / infectious diseases - Improvement of porcine productivity through enhanced immune function 				
Keywords	ultraweak photon	porcine productivity	immune function	antigen uptake	mitochondrial membrane potential

< CONTENTS >

1. Outline of R & D project	8
2. Technology development status in domestic and overseas	13
3. Research content and results	18
4. Achievement of goal and contribution to related fields	81
5. Plan for utilization of research results	83
6. Overseas science and technology information	85
7. Security rating of R & D results	87
8. Research facilities registered in NTIS	87
9. Implementation of safety measures	88
10. Major achievements of R & D project	89
11. Others	89
12. References	90

<Appendix> Self Assessment

< 목 차 >

1. 연구개발과제의개요	8
2. 국내외 기술개발 현황	13
3. 연구수행 내용 및 결과	18
4. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	81
5. 연구결과의 활용계획 등	83
6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	85
7. 연구개발성과의 보안등급	87
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비현황	87
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적	88
10. 연구개발과제의 대표적 연구실적	89
11. 기타사항	89
12. 참고문헌	90

<별첨> 자체평가의견서

< 뒷 면 지 >

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.

1. 연구개발과제의 개요

코드번호	D-03
------	------

1-1. 연구개발 목적

- 생체대사를 활성화하고 면역능력을 증강시키는 광조사기 개발. 즉, 가시광선의 특정 파장대역을 생와 공명 흡수하게 하는 기술로서, 가축 (1차 목표 양돈)에 광 (에너지) 조사를 통한 생체 면역을 증진시킨다.
- 돼지에게 극미약광을 조사함으로써 생체 내 면역세포의 분포율 및 세포발육 증강효과를 발생시키며, 이를 통해 돼지의 질병예방과 농가 생산성을 향상하는데 기여한다.
- LED 광원을 기반으로 에너지 효율을 높이고 광지속성을 안정시키며, 크기를 축소하고 무게를 경감하여 산업화를 위한 경쟁력 있는 모델을 고안하고 제작한다.
- 돼지의 자연치유능력 (항상성)을 향상시켜 약품 사용기회를 저감하고, 건강하고 안전한 고부가 안전 축산물 생산에 기여함으로써 국산 돼지고기의 경쟁력을 높인다.

1-2. 연구개발의 필요성

○ 경제·산업적 측면

가. 국내 농업 생산액 상위 10대 품목의 57.6 %를 축산 품목 산업이 차지함에 따라 바이오 / **고부가 식품 / 친환경 안심 편의식품 생산**을 위해, 가축의 면역력 향상을 통한 각종 질병의 예방이 그 어느 때보다 절실히 요구된다.

<표> 농업 생산액 상위 10대 품목 중 축산품목이 5대 품목차지 ('09년) (단위 :10억원)

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
쌀	돼지	한우	닭	우유	계란	오리	건고추	인삼	감귤
8,680	5,473	3,805	2,023	1,738	1,359	1,232	991	941	907

(자료 : 2010 KLEI 축산업 가치의 재조명)

- 나. 한-미 FTA와 한-EU FTA 발효에 따른 국내 축산 경쟁력의 강화가 요구된다. 산업 분야 중에서 농업 분야가 최대 피해를 입을 것으로 예상됨에 따라, 다양한 농가 경쟁력 강화 정책이 이슈화되고 있으며, 그 중 **축산시설 환경개선**이 주요 과제이다.
- 다. 농림축산식품부는 2011년 7월부터 배합사료 제조시 사료첨가용 항생제의 사용을 전면 금지했다. 이에 따라 농가 생산성 저하가 예상되고 그에 대응하기 위한 항생제 대체제 시장이 약 1조 2천억 원 규모로 성장할 것으로 예상된다.
- 라. 웰빙라이프의 보급에 따라 고부가가치 안전 축산물 생산이 요구되고 있다. 국산 축산물에 대한 선호도 증가와 더불어 친환경 무항생제 축산물에 대한 소비자 요구가 증대되고 있으며, 생산 과정에서 이에 대응할 수 있는 사양기술이 뒷받침되어야 한다.

○ 기술적 측면

- 가. 감염병이 양돈 사업에 미치는 막대한 농가 및 국가적 손실
 - 1) 국내 양돈 시설은 악취문제로 인해 폐쇄적인 구조로 되어 있는 경우가 대부분이고 이는 감염성 질병이 발생했을 경우 집단발병에 더욱 취약할 수밖에 없는 구조이다.
 - 2) 우리나라 구제역 손실액은 2000년 3,006억 원, 2002년 1,434억 원, 2010~2011 년까지 2조 7,000억 원의 경제적 손실이 있었으며 작년 ('14)에 발생한 구제역은 현재까지 약 545억 원의 손실이 예상되며 아직까지 진행 중이다.

- 3) 돼지의 경우 구제역 항체 형성율이 50~65%에 불과하고, 2010년 대규모 구제역 발생으로 인해 백신 접종이 이루어지고 있는 상황 하에서 2014년 또다시 구제역이 발생하였고, 심지어 항체 양성율이 100% 농가에서도 구제역이 발생함으로써 백신으로 감염병을 완전히 예방할 수 없다는 한계가 드러나고 있다.
- 4) 구제역뿐만 아니라 PED (돼지 유행성 설사), PRRS (돼지 호흡기 생식기 증후군) 등과 같은 바이러스성 질병 및 만성소모성 질병 등이 지속적으로 만연하고 있는 실정이다.
- 5) 생산성을 저해하는 질병예방을 위해 개체의 면역력을 증강시키는 것이 중요하며, 시설 환경개선 및 친환경 면역증강 등의 대체요법 개발과 현장 적용이 절실하다.

○ 정책적 측면

가. 2010년도 한국축산경제연구소에서 발표한 자료에 따르면, 아래 그림과 같이 2000년부터 2009년까지 양돈의 사육두수는 증가하는 반면, 양돈 농가의 호수는 감소하는 것으로 조사되었다. 이는 양돈 농가당 사육하는 가축의 수가 증가하여, 질병을 예방할 수 있는 시설 등이 필요함을 의미한다. 또한 아래 표에서는 2010년도 돈사 시설 현대화를 위한 예산안을 나타내고 있는데, 이 또한 질병을 예방할 수 있는 방안에 대한 요구가 많음을 반증하고 있다.

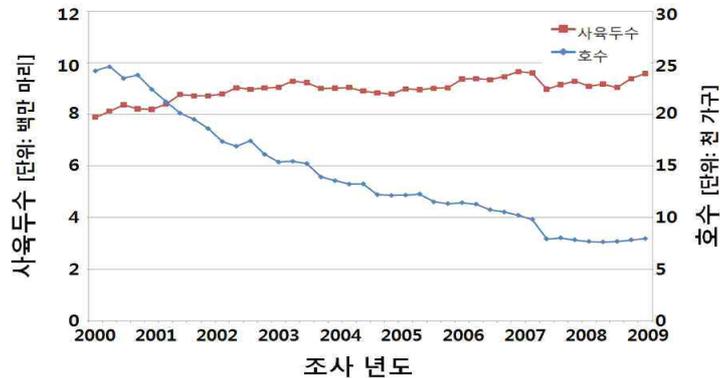


그림. 시기별 양돈농가 호수 및 사육두수.

자료 : 2010 KLEI 한국축산경제연구소 자료

<표> 2010년도 돈사 시설 현대화를 위한 예산내용

(단위: 백만원)

구분	사업량 (개소)	사업비 합계	사업비 예산액			자부담 (20%)
			계 (100%)	보조 (30%)	융자 (50%)	
계	395	135,900	108,728	40,790	67,928	27,182
양돈	150	58,500	46,800	17,550	29,250	11,700

자료 : 2010 KLEI 한국축산경제연구소 자료

나. 양돈 농가의 대형화 : 2000년부터 2009년까지 양돈의 사육두수는 증가한 반면, 양돈 농가의 호수는 감소하는 것으로 조사되어 국내 양돈 농가가 대형화되어 가고 있음을 보여준다. 이러한 현상은 국내뿐만 아니라 유럽 등 축산 선진국에서도 일어나고 있으며 특히 네덜란드와 벨기에, 덴마크에서는 20% 이상의 농가가 1천 두 이상의 돼지를 사육하고 있고 1000두 이상 규모에서 전체 돼지의 52%를 사육하고 있음. 한-미 FTA와 한-EU FTA 발효에 따른 축산 경쟁력 강화 요구에 따라 양돈 농가의 대형화는 가속화 될 것으로 예상된다.

1-3. 연구개발 범위

○ 1차 년도

연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
LED 기반 가축 면역 증진용 광조사기 광원 모듈 및 기기 개발	신규 광원선정을 위한 과장패턴 및 광량 분석	기존 BEP 모델에서 사용하고 있는 CFL 광원을 대조군으로 삼아, 신규광원 (LED) 선정을 위한 과장패턴 및 광량분석을 한국화학융합시험연구원 및 Kim`s Optech.에 분석의뢰 (cross check)를 실시함 이후 분석결과를 바탕으로, 극미약 광조사기의 기본 성질에 해당하는 polychromatic한 과장패턴 및 분광복사조도에 해당하는 광효율이 증가된 신규 광원을 채택함
	분광조절부 소형화 시작품 제작	광원 유래 photon energy의 분광 및 동조성 증가를 조절하는 장치에 해당하는 분광프리즘의 size 소형화를 통한, 동일 면적 대비 프리즘 수가 증가된 원형 disc 시작품을 제작함 이후 신규 제작된 아크릴 프리즘의 물성분석 및 분광복사조도 분석을 통하여 성능개선을 평가함
	광조사기 신규모델 개발	양돈 현장적용을 위한 내구성, 안정성 및 사용편의성을 고려한 최적화 모델 개발을 위해, 제품 디자인 동향분석 및 아이이어 전개를 거쳐 디자인 실체화를 수행하고, 이후 기구설계 및 회로개발을 통하여 최종 시작품을 제작함
면역 증진 광조사기의 물리화학적 및 생물학적 특성 분석	물의 pH 및 EC (electro conductivity) 분석	신규 광원 및 분광조절부를 탑재한 양돈현장 최적화 모델의 시작품의 성능 평가를 위해, 한국산업기술시험원 등에 광조사후 물에서의 pH 및 EC를 평가함 극미약 광조사기의 기본 성질 중의 하나인 물의 염기화 유도능을 확인하고, 기존 BEP 모델과의 성능 비교평가를 실시함
최근 연구동향 분석	생체광자이론과 관련된 연구개발 자료 수집	관련 저널 리서치를 통해 생체광자이론과 관련된 SCI journals을 중심으로 수집하며, 본 연구수행과의 관련성 여부를 평가함
광조사기 시작품의 체외 효능 분석	돼지의 피부 세포 배양	BEP의 효능을 보기 위하여 선택한 동물이 돼지이므로, 실제 현장에서 돼지에 노출되는 것을 가정하기 위하여 돼지 피부세포를 배양함 피부 세포 배양을 위하여 피부 1cm를 무균적으로 절제하고, 절개된 조직을 항생제가 들어 있는 PBS를 이용해서 세정을 한 후, 세포 배양 배지를 이용하여 체외배양을 실시함
	돼지의 생식 세포 배양	돼지 생식세포 (난자)의 발육에 미치는 효과를 보기 위해, 도축장에서 얻어진 난소에 미성숙 난자를 채취하고 난자를 체외 성숙 (44 h) 시킨 후 단위발생 처리하여 약 7일간 체외배양을 실시함 BEP 대조군과 처치군의 후기배 발육률 및 세포수를 평가함
	세포에 BEP 노출 후 평가	배양된 돼지 피부세포를 같은 모델의 두 개의 인큐베이터에 배양함 (한 개의 인큐베이터에는 BEP를 조사하였고 <실험군>, 다른 하나는 조사하지 않았음 <대조군>) 실험군과 대조군에 같은 세포의 양을 넣고, 매 24 시간 단위로 세포의 수 증가 및 세포 배지의 pH변화를 관찰하였음
	양돈 현장 평가를 위한 혈액학적 분석지표 설정	차년도 양돈 현장의 생산성 평가를 수행하기 위해 기존 BEP 모델의 광조사를 통한, 모돈에서의 분만 4주시점부터 4주 간격의 혈액채취를 총 6개월간 실시하여, PBMC의 항원탐식능, 미토콘드리아 막전위 및 면역능과 연관된 cytokine (TNF- α , IL2) 등을 분석함

○ 2차 년도

연구 범위	연구수행방법 (이론적, 실험적 접근방법)	구체적인 내용
사용 편의성 및 내구성 향상	body top 및 body socket 시제품형 제작	전구의 교체가 용이하도록 뚜껑 부위를 소켓 결합 방식으로 구조 변경. 농장에 외부 전문인력의 투입이 없이 쉽게 전구를 교체 할 수 있도록 함 양돈 농가의 전압안전성이 확보되지 않아 전구의 수명이 저감되는 부분을 보완하기 위하여 LED광원의 안전기 방식을 AC직결형으로 하여 불안정한 전압에도 광원이 점멸되지 않고 탄력적으로 유지 되어 수명을 유지 할 수 있도록 하였음 1차년도 디자인 설계에서 선정된 형태로 금형 작업을 통하여 시제품을 제작 하고 타 구조물들과의 호환성을 고려하여 보완 작업 후 최종 금형을 확정함
	방열 그릴 설계	외부 측면에서 제품에 발생하는 열을 방출 할 수 있는 방열 파트 제작을 위하여 알루미늄 압출 방식으로 가공하고 가공 틀을 제작하여 그릴의 날개들을 제작하여 열이 쉽게 방출되도록 함
	부품별 내화확성, 내구성 평가	양돈 현장은 먼지, 습기, 암모니아와 황화수소와 같은 가스로 인하여 전기제품의 내구성이 현저히 저하되는 환경에 있음. 농장에서 사용되는 일반적 조명기구 또한 수명이 약 50% 저감된다는 보고가 있음. 이런 대한 문제점을 개선하기 위하여 부품별 내구성 향상을 위하여 구조를 변경하고 전원 연결부위에 균용 방수 커넥터를 사용하여 전원 케이블이 들어가는 결합 방법을 개선함. KTR (화학융합시험연구원)에서 IP64에 해당하는 성적을 획득함
	광원 연결부 회로 설계	먼지와 가스, 불안정한 농가의 전기 환경에서 광원이 최적으로 유지될 수 있도록 AC직결형 광원을 선택하고, 별도의 LED 윈도우를 제작하여 전구 수명이 다 한 경우 외부에서 확인이 쉽도록 함. 전구 교체시기를 파악이 용이하게 하여 농가의 관리 편의성을 확보함
	소형화 및 경량화 최종 디자인 개발 및 시제품 제작	방열 그릴을 통해 밀폐된 구조의 광원에서 발생하는 열을 신속하게 방출 하게 함으로서, 내부 잉여공간의 축소가 가능해짐 (길이 24.1%, 무게 6.7% 감소)
양돈 현장 적용 최적 모델 개발	현장 실증 적용 연구 모델 확립	현장에서 수집 된 사용자의 후기를 토대로 하여 농장 생산성 향상에 기여 할 수 있는 임신, 분만사에 기기를 설치하여 평가하는 지표를 확립함. 미이라나 후자 출현 빈도가 낮아지고 생존 자돈의 활력 및 강건성이 향상된다는 농장의 평가를 뒷받침 할 수 있는 돼지 생식세포 평가에 관한 실험 (in vitro)을 진행하여 단위발생 및 체세포핵이식 유래 돼지 수정란의 배발육 증진을 위한 극미약 광 조사가 난자 성숙에 효과에 대한 결과를 얻음
	사용자를 위한 교육 및 컨설팅 자료 개발	개발 제품 포토니아는 비침습 방식으로 에너지상태를 고양시켜, 면역기능을 개선하는 목적으로 이용 가능한 친환경 축산 방식에 부합하는 녹색기술임. 그러나 극미약광이 눈에 보이지 않기 때문에 별도의 농장 사용자에 대한 교육이 필요함. 이를 위하여 기기의 특성, 작용 기전, 사용목적, 기대효과에 대한 교육 자료를 작성하여 사용자에게 생명체의 에너지 생산 시스템에 대한 이해를 돕고 기기를 유지 관리 할 수 있도록 교육하기 위한 컨설팅 자료를 제작 하고 교육함
	설치 매뉴얼 제작	개발 기기의 최적 설치 방법을 현장 구조물의 위치와 돈사별 환경을 고려하여, 적정 위치와 설치 및 유지 관리 방법에 대한 매뉴얼을 제작함

평가인증	기존 기기와의 효능 및 소비전력 등 비교	기존 시간당 20W 전력 소비를 12W 전력 소비로 저감하여 30일 기준 12,442,원의 전기 요금을 절약 할 수 있음. 광원 유지 수명도 8000시간 대비 50,000시간으로 500%이상 향상됨
	전기적 안정성 검토	KTR (한국화학융합연구원) 의료기기 인증 평가팀에 의뢰하여 농 림축산검역본부 고시 제2015-07호 전기기계적 안전에 관한 시험 과 전자파 안전에 관한 공통 기준 규격에 관한 인증 시험 완료
	의료기기 시험 검사 기준 적합성 검토 및 각종인증 평가 진행	동물용의료기기 기술문서 심사를 통하여 개별용광양자 조사기 (PHOTONIA AN-17)에 대한 품목허가 제 006-2호를 득함
생산성 향상 현장 실증 평가	현장 실증 결과에 따른 농장별 생산성 향상 분석	이천시 백암면 소재에 비육 양돈장에서 증체량과 사료효율 등을 평가하였음
생체 효능 평가	마우스 혈액화학 및 면역원성 평가	기니피그를 이용하여 백신 접종 후 싸이토카인과 중화항체 값을 분석하여 혈액화학 및 면역원성 평가를 완료함

2. 국내외 기술개발 현황

코드번호

D-04

○ 광선요법 (phototherapy)

가. 광선요법 (phototherapy) 또는 광치료 (light therapy)는 과거 태양광을 이용한 치료법으로 수천 년 전부터 사용되어져 왔으나 1903년 Niels Ryberg Finsen에 의해 재조명되어 이후 인공광을 이용한 광선요법이 시작되었다. 주로 Laser를 이용한 광선요법 (LPLI ; Low Power Laser Irradiation)이 의료진들에 의해 사용되어져 오다가 LED의 개발로 좀 더 안전하고 레이저에 비해 상대적으로 넓은 부위에 적용할 수 있는 의료기기들이 개발되었다.

나. 광선요법의 원리는 식물에서 태양광이 엽록소 (chlorophyll)를 통해 식물 세포 내로 변환되는 원리와 유사하게, 동물에서도 광원이 세포간의 광-생화학 반응을 유도할 수 있다는 것이다. LPLI로 설명되는 광선요법은 광원의 광자 (photon)가 세포조직 내 색소포 (chromophore)나 광수용기 (photoacceptor)에 흡수되고 세포의 대사활동을 촉진시키는 것에 기초를 둔다. 아래 그림에 보는 바와 같이 세포에 흡수된 광은 세포 조직 내 ROS와 ATP 합성을 증가시킨다. 또한 적색과 근적외선 광에 노출된 세포는 혈관확장기능을 가진 NO를 방출한다. ROS는 유전자 생산과 관련되어 있다. 적절한 시간과 주기로 선택된 파장의 광은 세포내 cytochrome c oxidase와 같은 광수용기에 의해 흡수된다. 이는 억제 NO를 광분해하고, 효소 활성화를 촉진하며 미토콘드리아의 대사와 ATP 생성을 촉진하게 된다. 결과적으로 이것은 연속적인 세포내 생화학 반응으로 이어진다.

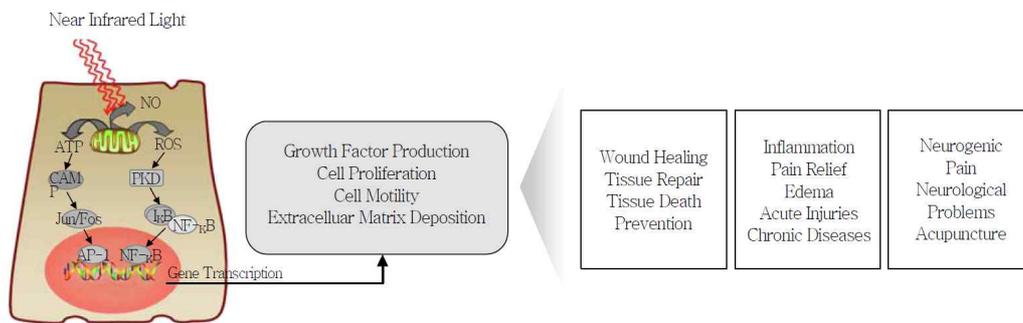


그림. 가능한 LPLI 반응 메커니즘

다. 광선요법의 생화학적 효과

- 1) 광원의 파장, 조사량, 세기, 조사시간, 광 조사방법 (연속 광 또는 펄스 광) 등 다양한 변수들에 의존한다. 의학적으로는 광원의 조사 주기, 치료의 횟수 및 치료 주기 등에 의존한다. 광은 파장에 따라 세포조직 내에서 다른 생화학 반응을 일으킨다. (표)
- 2) 자외선 영역의 파장은 주로 살균과 피부질환의 치료에 사용되며, 최근 실내생활이 늘어남에 따라 자외선 노출이 줄어들어 비타민 D합성 부족 등의 문제가 발생하자 인공적으로 Vit. D 합성을 위한 자외선 조사기도 개발되었다. 가시광선대의 파장은 안전하게 사용할 수 있는 파장대역으로 황달, 피부질환은 물론 불면증, 우울증 등의 정신질환의 치료에도 사용되고 있다. 적외선 파장대역의 광은 통증완화효과와 혈액순환 증진 등의 효과가 있다.

<표> LED 치료기의 품목 및 적용 파장대역

파장 범위	구분	작용효과 및 응용분야	활용광원
UV-C	원자외선 (100~280nm)	· 살균 및 청정 · Bio-medical sensor	LED (250nm)
UV-B	중자외선 (280~320nm)	· 비타민 D 형성 · 백반증, 건선치료기	LED (315nm)
UV-A	근자외선 (320~400nm)	· 아토피 피부염 치료 · 경피증, 진균증 치료	LED (362, 380nm)
가시광선	R,G,B (400~780nm)	· 신생아 황달 치료 · 여드름, 기미치료 · 피부개선, 시신경 치료 · 우울증, 불면증, 심미치료	LED (400~780nm)
IR-A	근적외선 (780nm~2.5μm)	· 통증완화 · 피부재생 촉진 · 수술 후 환부 봉합 촉진	LED (830nm)

라. 광의 세포 내 침투

- 1) 일반적으로 장파장의 광이 세포 내로 깊이 침투하는데 (그림), 세포조직의 종류에 따라 다르지만, 400nm 파장의 광은 1mm 이하의 투과 깊이를, 514nm 파장의 광은 0.5~2mm의 투과 깊이를, 630nm 파장의 광은 1~6mm의 투과 깊이를 갖고, 700~900nm 파장의 광은 더 깊이 침투할 수 있다. 세포와 세포조직은 각각의 고유한 광 흡수 특성을 갖고 있다. 즉, 특정 파장의 광만을 흡수하는 것이다.
- 2) 광선요법의 최대 효율을 위해서는 광이 목적하는 세포나 세포조직까지 침투할 수 있는 파장을 선정해야 한다. 붉은색은 피부의 깊은 층에 있는 피지선 (sebaceous gland)의 활성화에 이용되고, 파란색은 PDT 방법을 이용해 표피 (epidermis)에 있는 각질 (keratoses)을 활성화하여 피부의 표면 상태를 조절하는 데 이용될 수 있다. 또한 피부조직 내에는 수많은 색소포 (chromophore)가 존재하므로 적절한 파장을 선별해야 한다. (표)

<표> 색소포의 종류 및 광 흡수 파장

Endogenous	Wavelength(nm)
Nucleic acid	260-280
Protein	280-300
Hemoglobin	400,542,554,576
Melanin	400-800
Water	1400-10000
Flavins	420-500
Porphyryns	400,630
Cytochrome	620-900

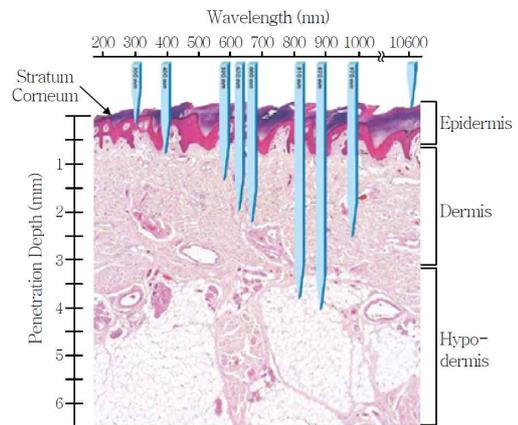


그림. 광원의 파장에 따른 피부투과 깊이

○ 동물용 의료기기 개발

가. 반려동물 광치료기기 개발

- 1) 인체를 대상으로 한 광치료기기 뿐만 아니라 가축과 반려동물을 위한 광치료기기도 개발되었다. 본사가 참여한 미국서부수의과학회 (WVC 2017)의 주최로 2017년 3월 6일~8일 간 미국 라스베이거스에서 열린 동물용 의료기기전시회에서의 동물용 광치료기기는 주로 반려동물을 대상으로 하였다. 업체로는 K-Laser, multi radiance medical 등이 있으며 반려동물들의 중이염, 관절염등과 같은 염증 치료 및 상처치유, 통증완화 등의 목적으로 사용되고 있다.
- 2) 동물용 의료기기 시장은 전 세계적으로 계속 성장하고 있으며 우리나라의 경우 매년 15%이상의 성장을 보이고 있다.

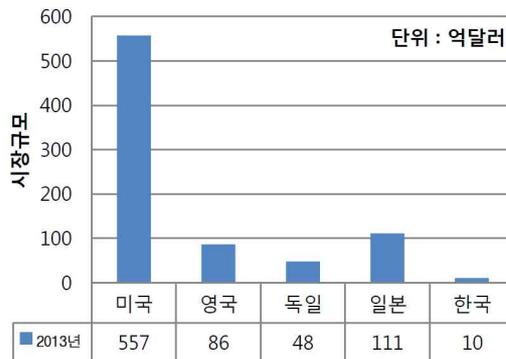


그림. 국가별 동물용 의료기기 시장 현황

- 3) 국내 동물용 의료기기 회사의 경우 대부분 진단장비를 생산하고 있는 업체로, 국내에서 극미약 광 (빛)을 이용한 동물용 의료기기 업체는 본사가 유일하다.

<표> 국내 동물용 의료기기 업체

동물용 의료기기 업체	개발기기	동물용 의료기기 업체	개발기기
(주)메디엔 인터내셔널	X-ray	(주)유티비	초음파장비
(주)아펙스 메디텍	X-ray	(주)성보애니멀헬스	마이크로칩
이화메드	X-ray	서광라보텍	혈구계산기
(주)아이메디컴	정형외과기구	(주)칼시스	혈액생화학분석장비
(주)아이센스	전해질분석기, 혈당측정기	대광메디텍	혈액분석기
한국코스믹라운드	살균소독수생성장치	신기메디텍	혈액분석기
(주)송강지엘씨	돼지임신진단기	(주)바이오니아	PCR장치(산업동물)
(주)큐찬스	마이크로칩	(주)바이오라이트	면역증진기(산업동물)

- 4) 반려동물 시장이 아닌 가축용(산업동물) 시장의 경우 LED는 치료기기로서가 아니라 생산성을 높일 수 있는 특수조명기구로서 사용된다. 가장 많이 적용하는 축종의 경우는 육계인데 과거 백열등의 경우에 비해 형광등이 생산성이 낮게 나옴에도 불구하고 에너지 효율 및 안전성의 문제로 형광등으로 교체 되었다. LED의 경우 형광등에 비해 에너지 효율이 높을 뿐 아니라 원하는 파장대 및 색온도 등을 선택할 수 있는 장점이 있다. 이에 육계 및 산란계에서 생산성을 높일 수 있는 파장을 선택한 특수 조명등이 개발되고 있다.

- 5) ONCE Inc. 는 미국에서 농업용 조명으로 육계와 산란계, 터키, 돼지, 양식업 등에 세분화된 조명기기를 생산하는 회사이다. 많은 연구를 진행하였는데 녹색 LED 조명은 골격 근육 위성 세포의 확산을 강화하여 초기 단계 동안 양육된 육계의 성장을 증가시키고, 청색은 혈장 안드로겐의 상승에 의해 가금류의 성장 및 성 발달에 도움이 되는 것으로 나타났다. 녹색과 청색 빛이 결합되면 테스토스테론 분비를 보다 효과적으로 자극하여 근섬유의 성장을 촉진하는 것으로 나타났다. 또한 적색 조명은 닭의 운동과 공격적인 행동을 증가시키는 것으로 밝혀졌으며 청색 조명은 자연스럽게 닭을 진정시키는 역할을 한다. 따라서 적색 조명이 있는 곳에서도 적색 콘텐츠를 최소화하고 청색 램프를 제공함으로써 공격적인 행동을 최소화시켜 동물복지를 개선할 수 있다. 돼지의 경우 빛 노출은 멜라토닌의 분비와 상관이 있으며 이는 정액의 부피와 농도에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 인공조명을 제공할 경우 급작스런 빛의 노출과 감소가 나타나게 되는데 이를 지속적 점멸등을 이용하여 스트레스를 줄여주어 생산성을 높여주었다.
- 6) 본사의 포토니아는 조명기기로서의 빛이 아닌 생명체에 광자 (빛)를 제공하는 개념으로 앞선 LPLI의 작동원리와 유사하다고 하겠다. LED에서 나오는 빛을 변조시켜 나온 광자는 생명체에 흡수되어 신진대사를 활성화 하여 ATP 생산을 증가시키고 이로 인해 세포증식 및 단백질 합성의 증가가 일어나 증체 및 면역력 증진으로 이어진다. 기존의 LED 치료기기와의 차이점은 포토니아의 경우 파장대역이 넓고 분광되어 있는 반면 LED의 경우 단파장이거나 단파장이 아닐 경우는 분광되어 있지 않다 (하단 표 참조). 또한 포토니아에서 나오는 빛은 극미약한 광 ($10^{-15}W/cm^2$)으로 생체에서 만들어지는 생체광자와 유사한 세기이다. 이는 장시간 조사하여도 부작용이 없이 안전하게 사용할 수 있게 한다. 이렇게 극미약한 광으로도 효과를 얻을 수 있는지 의문을 가질 수 있다. LED 광원의 조사량 (dose)에 따라 그 치료 효율은 달라지는데 광원의 조사량은 J/cm^2 로 표현할 수 있고, 세기에 시간을 곱한 것으로도 표현할 수 있다. 세기가 강한 광원을 짧은 시간 조사한 것과 세기가 약한 광원을 오랜 시간 조사하는 경우 동일한 조사량을 갖는다. 이를 호혜성 (reciprocity)이라 한다. 포토니아의 경우 매우 극미약한 광이지만 24시간을 조사하여 줌으로서 오랜 기간 동안 생체 내에서 작용하여 미미한 변화를 축적하여 그 효과를 나타내는 기술이다.

<표> 광원 별 차이에 따른 제품 특성 비교

	LASER	LED	본사제품 (포토니아)
light source	He-Ne laser (most used)	LED	LED
power density	$<0.2W/cm^2$		$1 \times 10^{-13} \sim 10^{-15}W/cm^2$
dose density	$3-5J/cm^2$	up to $5J/cm^2$	
wave length	632.8nm (most used)	627-670nm (most used)	400-800nm
coherence	coherence	non-coherence	coherence
mono/polychromatic	mono-	mono-	poly-
polarized	polarized	un-/polarized	polarized
application time	temporary	temporary	24hr full time
application area	Localized	Localized	hole body

7) 결론적으로 본사의 기술은 국내외에서 개발되지 않은 독자적인 기술이며 현재는 양돈 및 낙농 산업에만 진출하고 있으나 향후 반려동물, 어류, 식물농장 및 인체에 까지 확장할 수 있는 유망한 기술이라고 하겠다.



그림. 사업화 단계별 로드맵

3. 연구수행 내용 및 결과

코드번호	D-05
------	------

3-1. 이론적, 실험적 접근방법

○ 연구 개발 추진전략 및 방법

가. 기기 개발과 관련한 광학분야, 극미약 광자의 생체 효능관련 분야 자료 수집

- 1) 현재 광 관련 연구들은 레이저와 LED를 주로 기반으로 하고 있으며, 같은 가시광 파장대역의 생체 효능작용에 대하여 연구하고 있으나, 본 연구팀이 연구 중인 세기의 극미약의 형태 (가시광선 영역)로 사용되는 예는 없었다.
- 2) 극미약광의 사용은 생명체가 스스로 극미약광을 생체 내에 활용하게 하는데 의의가 있어, 안전성이 확보되므로 기존 광의 의학적 사용과 차별적이며 독보적이라 할 수 있다.
- 3) 신규광원개발을 위한 학술자문은 한국광기술원 광원연구본부에서 광원의 특성 및 효율 측정 등에 대하여 자문을 받아 진행 하였다.
- 4) 생체광자 이론과 극미약광의 작용기전과 관련한 작동기전 및 가설 검증과 관련하여는 한국뉴욕주립대학 방건웅 교수님께 자문을 받았으며, 생물에너지학 관련하여서는 경북대학교 농생명과학대학 이동우 교수의 자문을 받아 진행하였다.
- 5) 생체효능 및 면역원성 평가와 관련하여 서울대 수의대, 강원대 수의대 등의 분야별 전문교수님들의 자문을 바탕으로 (주)이노백과 같은 전문 분석기관에 혈액분석을 의뢰하여 INF-r, IL10, 백신의 중화 항체값의 변화 등을 평가하였다.
- 6) 개발 제품의 산업화를 위하여 미국서부수의과학회에 참여하여 개발 제품의 적용시장 규모, 특성, 관련전문가들의 의견 및 광 관련 유사기술 동향을 파악하였다.

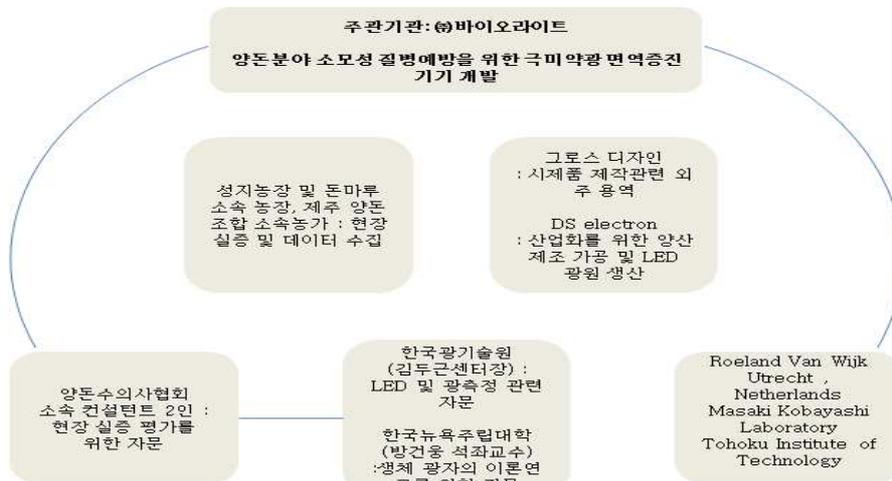
나. 축산 컨설팅 협회 양돈분야 연계 전문가 확보 및 기술정보 수집

- 1) (주)바이오라이트의 기 계약 인력인 양돈 컨설턴트 2인과 양돈 분야 현장 전문가와 연계하여 물리적 방법을 이용한 면역기능 개선에 대한 효능 검증 결과를 공유하고 평가하였다. 관련하여 시장 확대를 위한 농장 적용 모델에 대한 의견과 경제성에 대한 평가를 진행하였다.
- 2) 양돈수의사회, 축산컨설팅 협회 등의 전문인력을 대상으로 하여 개발 기기의 사업화 방안에 대한 자문 및 활용을 위한 교육을 진행하였다.

다. 돈마루, 도드람, 제주 양돈농협 소속농가들을 대상으로 한 농장 현황 리서치 및 현장 적용 평가

- 1) 브랜드별, 지역별 세미나를 통하여 농가 교육 및 기술 홍보를 추진하였다.

○ 연구 개발 추진체계



○ 연구 개발 추진일정

(2)차년도														연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)
일련 번호	연구내용	추진 일정													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	사용 편의성 및 내구성 향상	■	■	■	■	■	■								(주)바이오 라이트
2	현장 적용 설치매뉴얼 및 컨설팅 자료 개발	■	■	■	■	■	■								(주)바이오 라이트
3	양돈현장 실증 연구 및 경제성 평가	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		(주)바이오 라이트
4	마우스 생체 효능 평가									■	■	■	■		(주)바이오 라이트 (주)이노 백
5	평가 인증 진행									■	■	■	■		(주)바이오 라이트
6	연구보고서 작성											■	■		(주)바이오 라이트

3-2. 연구 개발 성과

○ 논문게재 성과 및 특허성과는 “10. 연구개발과제의 대표적 연구실적” 참조.

3-3. 연구 결과

○ 연구 개요

가. 기술 배경

1) 광의학의 개념

가) 1970년대 이후 광생물학, 광화학과 광물리학의 발달에 따라 광의학도 급속히 발전하였다. 광화학반응, 활성산소, psoralen을 비롯한 광감각제 등의 광화학, 자외선조사 시의 피부와의 관계에 대한 광물리학, 레이저 물리학 등은 광의학에 많은 진전을 가져왔다. 또한 면역학의 발달도 광의학에 큰 영향을 미쳤다.

나) 면역학의 활발한 연구는 특히 1980년대 이후 광의학에도 접목되어 접촉과민반응에 미치는 자외선의 영향, 광발암 현상, Langerhans cell에 미치는 자외선의 영향, 림프구 및 장기이식에 미치는 자외선의 영향 등이 활발하게 연구되고 있다. 그 결과 피부가 단순히 외부의 장해로부터 우리 몸을 보호하는 기계적, 물리적 또는 화학적인 기관을 넘어, 우리 몸을 건강하게 유지하기 위하여 면역기관으로서 큰 역할을 수행하고 있으며 여기에는 자외선이 큰 영향을 미치고 있음이 밝혀졌다. 근래에는 각질형성세포에서 유래하는 interleukin을 비롯한 cytokine의 작용, 면역 혹은 염증 반응과 관련된 여러 가지 cell adhesion molecule의 면역생물학 등의 급속한 발전과 함께 이들의 광의학적 중요성이 크게 부각되고 있다.(출처 : 윤재일, 광의학, 려문각. 서울, 1994)

2) Light의 개념

광은 다음과 같은 개념으로 설명할 수 있다.

- 가) 파동 : 광선은 계속되는 규칙적인 전자파의 진동의 연속이라는 개념이다. 빛의 간섭이나 회절 등을 설명 할 때 편리하다.
- 나) 입자 : 광선이란 에너지를 가지고 있는 분산된 입자들이 모인 흐름이라고 보는 개념이다. 빛의 광전효과가 이를 잘 설명한다.
- 다) 광자, 광양자 : 빛은 입자와 파동의 양쪽 성질을 아울러 가지고 있는 에너지를 가진 하나의 덩어리 즉 광자 혹은 광양자라는 개념의 양자설 (quantum theory)로 설명하고 있다.
- 라) 본 연구과제의 수행은, 기후 변화와 소모성 질병으로 인한 양돈농가의 생산성 저하에 대한 문제점을 인식하고, 친환경기술에 대한 요구에 맞추어 광을 이용하여 생명에너지를 고양시키는 방법으로 문제점을 해결하고자 하였다.

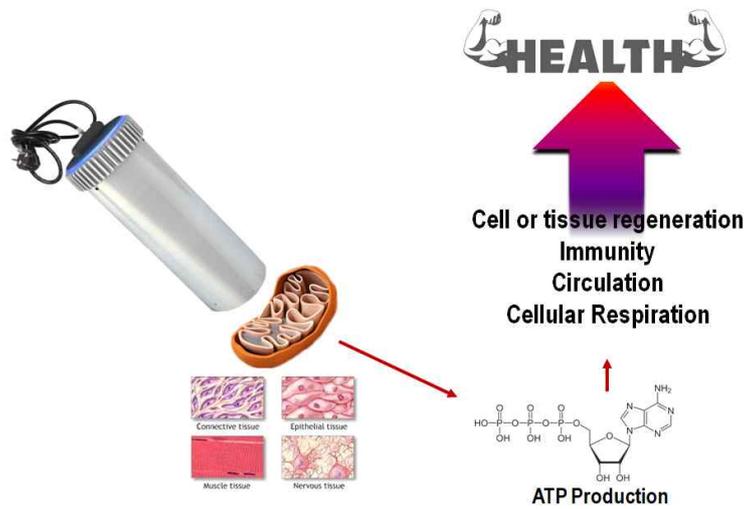


그림. 본 연구과제의 광조사기기의 에너지생산 개념

3) Energy의 개념

가) 생명현상을 이어가는 한 그것이 동물이든 식물이든 바로 이러한 미세한 전자의 이동에 의해서 에너지의 이동이 일어나기 때문에, 실제로 돼지의 체내에서도 이러한 전자의 이동이 수도 없이 일어나며 그 에너지로 자신의 성장을 이룩하기도 하고 또한 번식을 하여 임신을 하기도 하고 그리고 또 분만을 하고 자신의 새끼를 길러낸다. 생물에서의 에너지의 전환은 식물이건 아니면 동물이건 체내에서 항상 일어나는 일이지 특별한 사건이 아니다. 특히 생명체는 삶을 살아가면서 에너지를 외부로부터 끊임없이 받아들여야 살아 갈 수 있다. 이렇게 에너지의 전환을 이룩하여 식물은 탄수화물이라는 유기물에 에너지를 저장하고 동물은 호흡을 통하여 이 유기물질 속의 화학에너지를 ATP로 전환한다. 생물은 ATP의 분해과정에서 나오는 에너지를 아래의 예와 같이 여러 가지 형태의 대사에너지로 다시 전환하여 이용하고 있다.

- 기계적 에너지로의 전환 (근육의 수축과 이완)
- 화학적 에너지로의 전환 (새로운 물질의 생성)
- 열 에너지로의 전환 (체온유지)
- 전기 에너지로의 전환(전기뱀장어나 전기가오리의 발전 등)
- 빛 에너지로의 전환 (반딧불, 야광충 등) 등이 있다.

(출처 : 양돈과 에너지 환경, 구로피앤피(주). 서울 2007)

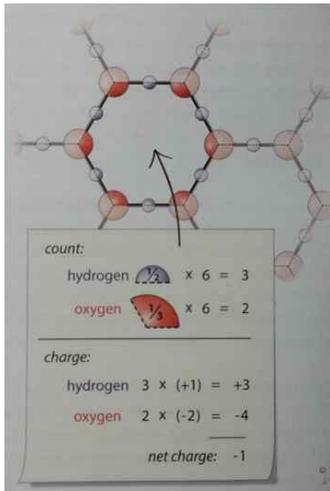
나. 본 연구 과제의 기술 특성

- 1) 본 연구개발에 이용되어진 극미약광이란, 우선 가시광선 영역 (Visible Light spectrum)대의 다중 파장 (Polychromatic)을 지니며 그 세기가 일반 형광등 밝기의 1/500,000에 해당할 정도로 약하여 (일반적으로) 어떤 생화학적 반응을 일으키지 못하는 수준에 해당한다. 또한 이는 생체에서 확인 가능한 발광 수준 (10^{-15} W/cm² 내외)과 유사한 세기를 지니고 있다. 따라서 극미약광은 열이 발생하지 않으며, 생체 조사의 경우 일정 단시간 동안에만 이용될 수 있는 Laser 및 LED와 달리, 24시간 안전한 사용이 가능하다.
- 2) 현대 생물학의 눈부신 발전으로 인해 우리는 DNA의 염기서열이 지니고 있는 정보가 곧 생명의 시작 (단백질합성의 key)이라는 것을 알고 있다. 본 연구에서 이야기하는 극미약광은 마치 DNA의 염기서열과 같은, 기존에 알고 있던 빛에 대한 접근 방식인 자극의 개념이 아닌, 정보의 개념이라고 생각한다. 이러한 특정한 정보를 받아들일 수 있는 수용체가 세포 내 (주로 세포막 주위)에 존재하며, signal transduction pathways를 거쳐 결국 biological effects를 일으킬 것으로 사료된다. 그러한 의미에서 우리는 극미약광을 Ultra-Weak Coherence Light (UWCL)라고 명명해 보았다.

다. 작동 기전 가설

- 1) 밀레니엄 이후의 광의학 (Photo-medicine) 및 생체에너지학 (Bio-energetics) 분야의 연구결과들 (Xuejuan Gao and Da Xing, 2009, Journal of Biomedical Science; Joseph Tafur et al, 2010, Photomedicine and Laser Surgery 등)에서는 기존에 알려지지 않았던, 빛과 생체 간의 상호작용에 관한 분자생물학적 기전 관련 내용을 접할 수 있다. 전통적인 생물학에서는 망막의 로돕신 단백질만이 빛을 흡수하여 이를 전기적인 신호로 바꿀 수 있다고 이야기하지만, 최근 밝혀지고 있는 바에 따르면 모든 세포에는 빛 흡수에 관여되는 빛 수용체 (photon acceptors)가 존재하며 이로 인한 신호전달경로 (signal transduction pathways)가 작동되어 최종적으로 세포증식 혹은 이동 등과 같은 생물학적 효과가 발생된다고 한다.
- 2) 특히 LED 혹은 LPLI (low power laser irradiation)와 같은 빛은 다양한 세포들에서 세포증식을 촉진하는데, 이는 주로 미토콘드리아 호흡연쇄 (mitochondrial respiratory chain)의 활성화 및 세포신호전달 (cellular signaling)의 개시를 통하여 이루어진다고 알려져 있다. 비록 그 세기에 있어 LED와 UWCL (극미약광)의 차이는 물리화학적 특성으로 비교해 볼 때 명확히 다른 점 (10^{-3} vs. 10^{-15} W/cm² 내외)이 존재한다. 따라서 위의 기술 특성에서 언급한 바와 같이, LED는 자극 (stimulus) 개념으로 UWCL은 정보 전달 (transmitting information) 개념의 작동기전으로 구별될 수 있다.
- 3) 우리가 집중하고 있는 미토콘드리아 호흡연쇄의 활성화는 구체적인 다른 말로 표현한다면 ATP 생산 효율의 증가라 할 수 있다. 알다시피 생명체의 ATP 생산이 증가된다는 것은 특히 기능적 측면의 단백질 생산 효율과 직결되어 있다. 효소 단백질 생산이 증가되면 대사 효율이 증가될 것이며, 면역 단백질 생산이 증가되면 질병 저항성이 향상되어질 수 있으며, 호르몬 단백질 생산이 증가되면 번식 효율이 증가할 수 있을 것이다.
- 4) 한편 생체에너지학의 관점에서 볼 때, ATP 생산 효율 증가는 생체가 이용 가능한 bioelectricity가 증가한다는 것이다. 이는 곧 생체에너지인 ATP 생산과정의 주요 영향인자들인 전자전달연쇄 (electron transfer chain) 상의 고에너지 전자 (electrons) 와 이 전자의 이동으로 수반되는 양성자 동력 (proton power)의 증가로 풀이 될 수 있다. 본 연구팀은, 빛이 세포가 지니고 있는 물의 구조화 (water structuralization)를 통해 생체막 주위의 bioelectricity 변화를 유발시킬 수 있다는 또 다른 석학의 논문 (Gerald H. Pollack, 2013, The fourth phase of water, Ebner and Sons Publishers)에 집중하고 있다. 요약하자면 빛으

로 유도된 세포 내 전기음성도의 증가가 곧 ATP 생산 효율에 긍정적인 측면으로 작용할 수 있다는 점이다.



전위차 발생

물이 구조화되면서 150 mV에서 200 mV에 이르는 정도로 큰 전위차 발생 → 배터리가 되는 것과 같은 효과.

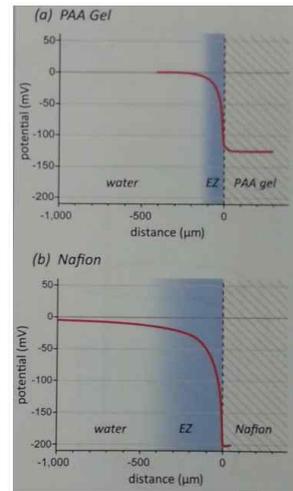
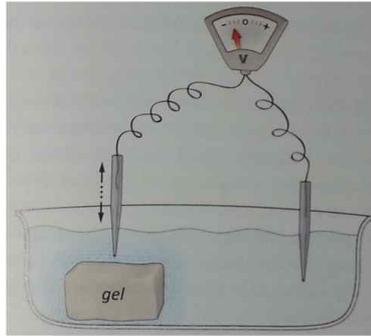


그림. 구조수에서의 전기음성도 발생원리 및 전위차 측정

라. 연구 과제의 실험디자인 관련

- 1) 상기 언급한 기술 특성 및 작용기전 가설에 근거하여, 본 연구팀은 과제를 수행하는 데 있어 다음의 두 가지 내용을 증명하고자 집중하였다. 본 연구개발의 결과물인 극미약광 면역증진 기기가 우선 ATP 생산 효율을 높일 수 있다는 점, 그리고 이러한 증진된 ATP 생산이 산업동물인 양돈 분야에서 생산성 향상과 직접적인 연관성을 가진다는 사실을 밝히고자 하는 것이다. 양돈 분야 소모성 질병예방은 생산성 향상과 연관된 한 분야의 적용 예로 해석되어질 수 있다고 판단된다.
- 2) 다각도의 접근 가능한 여러 실험 방법들이 재고될 수 있겠으나, 본 연구과제의 한정된 시간 및 예산 제약으로 인해, 본 연구팀이 선택하고 집중한 실험디자인은 대략 다음과 같다. 우선 연구 1차년도에는 주로 개선된 극미약광 기기 개발에 집중 하였으며, 기존 극미약광 기기를 이용한 체외 및 현장 실험을 수행하여 기준점을 잡고자 하였다. 체외실험은 기본적인 돼지의 피부세포 및 생식세포 배양을 통해 극미약광 기기 노출 전후의 체외발육률을 비교하였다. 양돈 현장에서는 광조사를 통한 모든의 혈액샘플링을 통해 PBMC (peripheral blood mononucleic cells)를 분석하였다. 이후 연구 2차년도에서는 과제를 통해 개발된 광조사기의 성능을 비교평가 하기 위한 체외, 체내 및 현장실험을 보완 진행하였다. 우선 체외실험은 전년도에 실시한 피부세포 및 생식세포의 체외발육실험을 계속 진행하였으며, 특히 ATP 생산 효율을 입증하기 위해 세포 실시간 대사분석을 위한 OCR (oxygen consumption rate) 시험을 수행하였다. 세포 단계 이후의 실험동물 실험은 기존에 예정했던 마우스 실험 대신, 기니피그를 이용한 혈액화학분석 및 중화항체가 형성 등을 평가하였다. 또한 양돈 현장 평가를 위해서는 이유 후 초기비육 단계 자돈의 발육률을 비교해 봄으로 전체적인 관점에서의 일관성 있는 결과를 확인하고자 하였다.
- 3) 이에 따른 각 연구 년차별 연구결과는 아래에 상세히 기술하였다.

○ 1차년도 연구 결과

가. 신규 광원 모듈 개발

1) Light source 비교 평가

가) 분광 분석 (한국화학융합시험연구원)

- 신규 광원 모듈 개발을 위해 Light source 6 group (BEP AN 15-1~15-6)을 설정하였다.
- BEP AN 15-1~15-3은 기존의 3과장 형광광원 (20W)를 제조사별 전후 모델로 선정하였다.
- BEP AN 15-4~15-6은 대체 광원인 LED (11W ~ 9W) 전구를 제조사별로 선정하였다.

<표> 제조광원에 따른 특성 비교

구분	BEP AN 15-1	BEP AN 15-2	BEP AN 15-3	BEP AN 15-4	BEP AN 15-5	BEP AN 15-6
제조사	PHILIPS (old)	PHILIPS (new)	OSRAM	Omni	PHILIPS	OSRAM
유형	CFL	CFL	CFL	LED	LED	LED
모델명	Essential	Essential 20	Duluxstar 20	OBA2-P11 W	LED Bulb9-70	CLA70 9W
정격전압	220~240 V	220 V	220 V	220 V	220 V	220 V
정격전력	20 W	20 W	20 W	11 W	9 W	9 W
정격광속	1170 lm	1100 lm	1180 lm	1001 lm	806 lm	806 lm
정격주파수	50~60 Hz	60 Hz	60 Hz	60 Hz	60 Hz	60 Hz
색온도	2700 K	2700 K	-	3000 K	3000 K	2700 K
광속유지율	80 %	80 %	-	90 %	90 %	90 %
접수 / 분석 No.	57	58	59	60	61	62

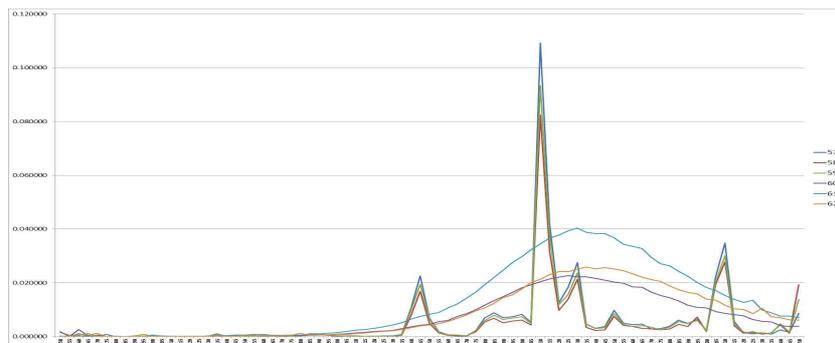
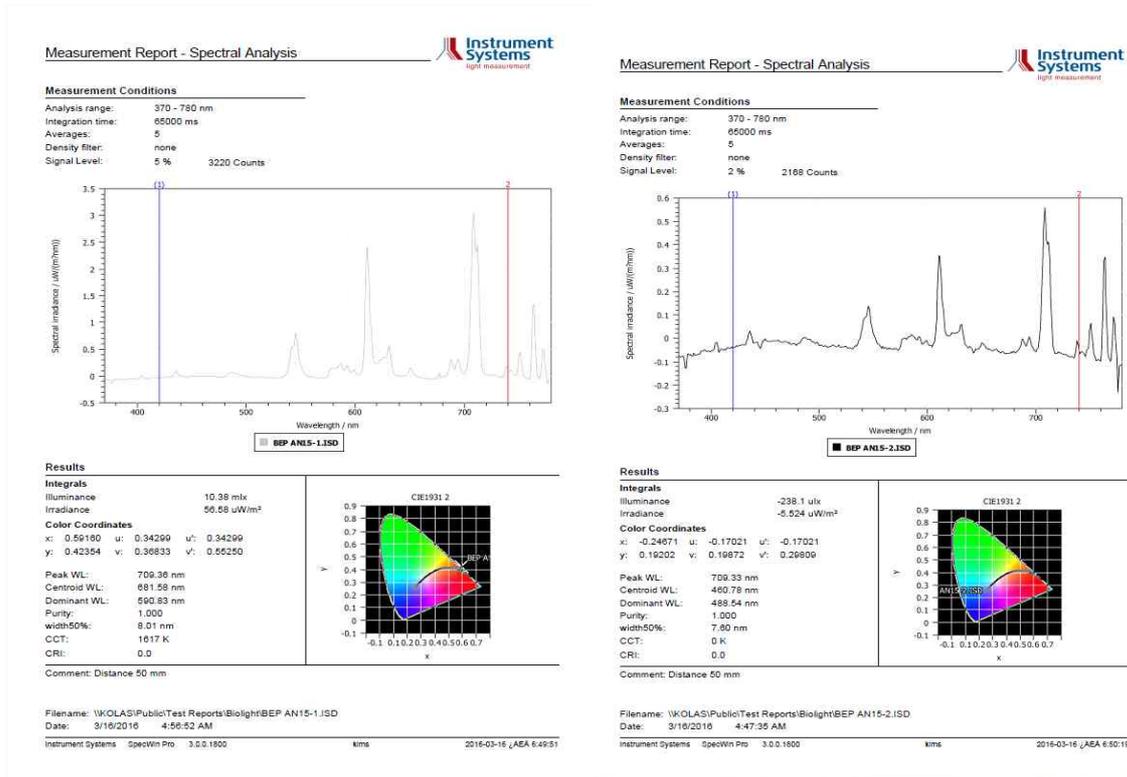


그림. 광원 별 분광 분석 결과

(350~750 nm의 가시광선 영역대의 파장에서 5 nm 단위로 측정)

- 세로축 : 분광분포 단위 $W \cdot m^{-2} / nm$, 가로축 : 파장 nm, K 62471-1 램프장치 이용, KS Q 5002:2014 (데이터의 통계학적 해석방법)을 적용한 측정결과이다. (센서와 광원과의 거리 20 mm, 안정화 시간 30 min)
- 상기의 그래프는 각 광원별 광량 측정값의 low data를 근거로 하여 그려졌으며, 6 groups의 광량 값을 한 화면에 겹쳐놓음으로 각 패턴 및 광량의 차이를 비교해 볼 수 있었다.
- 가시광선 영역대의 파장에서, 3과장 형광광원 (Compact Fluorescent Light Bulb, CFL) vs. LED 광원에 따른 광량 패턴을 확보하였으며, CFL groups에서는 제조사에 따라 미약한 차이를 보이는 반면, LED groups에서는 정격 전력 및 색온도의 차이에 따른 2 folds 수준의 intensity 차이가 남을 확인하였다.

- 또한, 본 기기의 특성 중 가시광선 영역대의 다중광이 모든 광원들에서 발견되고 있음을 확인하였다.
- 나) 분광 분석 (Kim's Optech. 1차)
 - 본 기기 (BEP old version)에서 방출되는 극미약광의 감도체크에 대한 객관성을 확보하기 위해, 이전 실험에서와 같은 그룹의 광원 (BEP AN 15-1~15-6)들을 cross-check 실시하였다.
 - 광원 별 분광 분석 결과

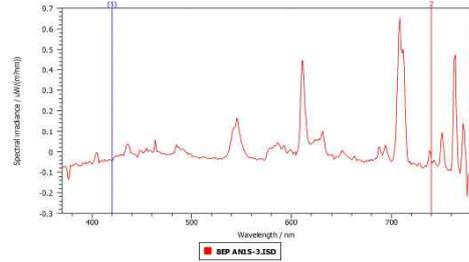


Measurement Report - Spectral Analysis



Measurement Conditions

Analysis range: 370 - 780 nm
 Integration time: 65000 ms
 Averages: 5
 Density filter: none
 Signal Level: 2 % 2223 Counts

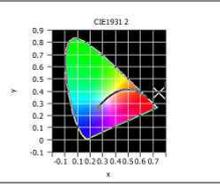


Results

Integrals
 Illuminance 0.9882 mlx
 Irradiance 1.397 uW/m²

Color Coordinates
 x: 0.74703 u: 0.48482 v: 0.48482
 y: 0.38612 v: 0.37783 v: 0.66976

Peak WL: 706.32 nm
 Centroid WL: 1241.54 nm
 Dominant WL: 602.05 nm
 Purity: 1.000
 width50%: 7.71 nm
 CCT: 0 K
 CRI: 0.0



Comment: Distance 50 mm

Filename: \KOLAS\Public\Test Reports\Biolight\BEP AN15-3.ISD
 Date: 9/16/2016 4:40:42 AM

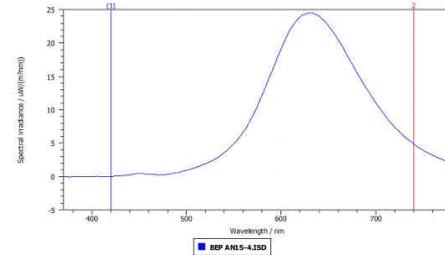
Instrument Systems SpecWin Pro 3.0.0.1800 kms 2016-03-16 (AEA 6.60.38)

Measurement Report - Spectral Analysis



Measurement Conditions

Analysis range: 370 - 780 nm
 Integration time: 60200 ms
 Averages: 5
 Density filter: none
 Signal Level: 63 % 19672 Counts

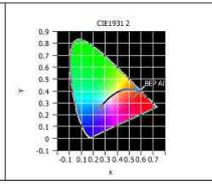


Results

Integrals
 Illuminance 0.8678 lx
 Irradiance 3.126 mW/m²

Color Coordinates
 x: 0.58595 u: 0.36399 v: 0.36399
 y: 0.36908 v: 0.36183 v: 0.54276

Peak WL: 630.31 nm
 Centroid WL: 639.77 nm
 Dominant WL: 593.94 nm
 Purity: 0.656
 width50%: 113.53 nm
 CCT: 1530 K
 CRI: 0.0



Comment: Distance 50 mm

Filename: \KOLAS\Public\Test Reports\Biolight\BEP AN15-4.ISD
 Date: 9/16/2016 4:32:24 AM

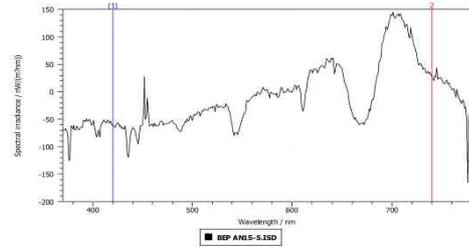
Instrument Systems SpecWin Pro 3.0.0.1800 kms 2016-03-16 (AEA 6.60.38)

Measurement Report - Spectral Analysis



Measurement Conditions

Analysis range: 370 - 780 nm
 Integration time: 65000 ms
 Averages: 5
 Density filter: none
 Signal Level: 1 % 2032 Counts

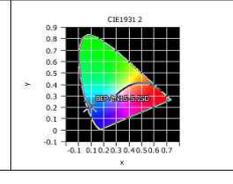


Results

Integrals
 Illuminance -1.342 mlx
 Irradiance -5.015 uW/m²

Color Coordinates
 x: 0.06216 u: 0.06022 v: 0.06022
 y: 0.20619 v: 0.23668 v: 0.35350

Peak WL: 702.26 nm
 Centroid WL: 104.14 nm
 Dominant WL: 484.80 nm
 Purity: 0.916
 width50%: 34.80 nm
 CCT: 0 K
 CRI: 0.0



Comment: Distance 50 mm

Filename: \KOLAS\Public\Test Reports\Biolight\BEP AN15-5.ISD
 Date: 9/16/2016 4:17:22 AM

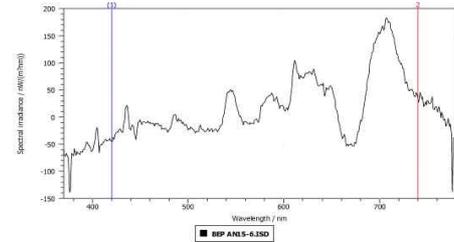
Instrument Systems SpecWin Pro 3.0.0.1800 kms 2016-03-16 (AEA 6.61.16)

Measurement Report - Spectral Analysis



Measurement Conditions

Analysis range: 370 - 780 nm
 Integration time: 65000 ms
 Averages: 5
 Density filter: none
 Signal Level: 1 % 2039 Counts

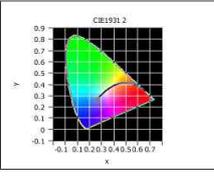


Results

Integrals
 Illuminance 0.8786 mlx
 Irradiance 4.804 uW/m²

Color Coordinates
 x: 1.23713 u: 0.63824 v: 0.63824
 y: 0.60230 v: 0.46610 v: 0.69914

Peak WL: 708.17 nm
 Centroid WL: 920.83 nm
 Dominant WL: 862.88 nm
 Purity: 1.000
 width50%: 34.42 nm
 CCT: 0 K
 CRI: 0.0



Comment: Distance 50 mm

Filename: \KOLAS\Public\Test Reports\Biolight\BEP AN15-6.ISD
 Date: 9/16/2016 4:24:51 AM

Instrument Systems SpecWin Pro 3.0.0.1800 kms 2016-03-16 (AEA 6.61.28)

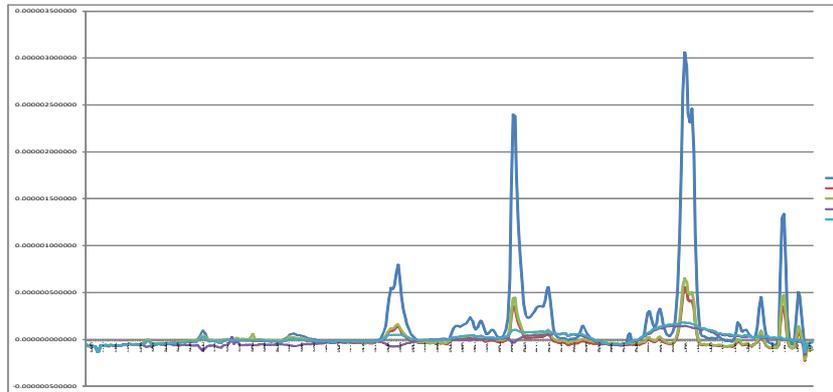


그림. 광원분석 Cross Check 결과

- 전력 소비율, 광속유지율 및 광효율 등을 고려하여 대체 광원을 선정하였다.
- 한편 광원의 교체 편의성은 제품의 매출과 직결되는 요소로서 제품 효율 증대에 중요한 요소이기에, 이를 위하여 기존 삼파장 광원(Compact Fluorescent Light Bulb, CFL)과 유사한 색온도를 구현하며 유효 파장 대역을 확인하고 사용자의 교체 편의성을 고려하여 교체가 용이한 E27 소켓에 적합한 유형의 LED Bulb를 선택하고 비교 평가하였다.
- 극미약광의 특성상 일반적인 광원에 비하여 세기와 파장의 측정이 어려운 점을 고려하여, 광원별 파장대역 특징을 알아보고자 내부의 프리즘구조를 최소화 (1 pcs)하여, CFL과 LED bulb의 광파장 특성을 비교하였다.
- White LED의 경우 우리가 시각적으로 인지하는 것은 흰색으로 동일하나, 백색광의 구현방식에 따라 LED 전구와 제조사별로 상이 할 것을 고려하여 가장 유사한 색온도를 찾아 비교 평가하였다.

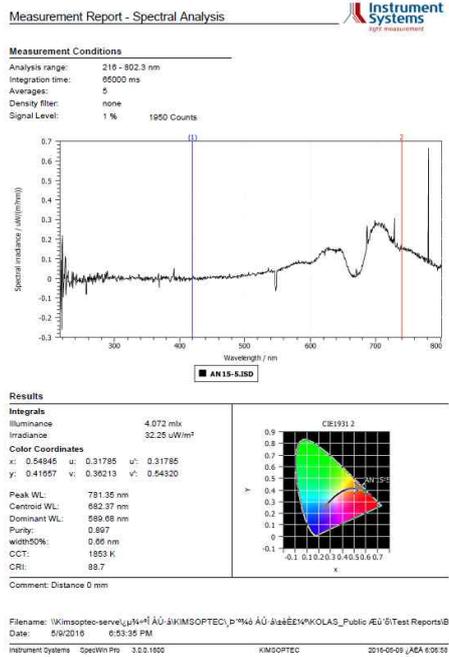
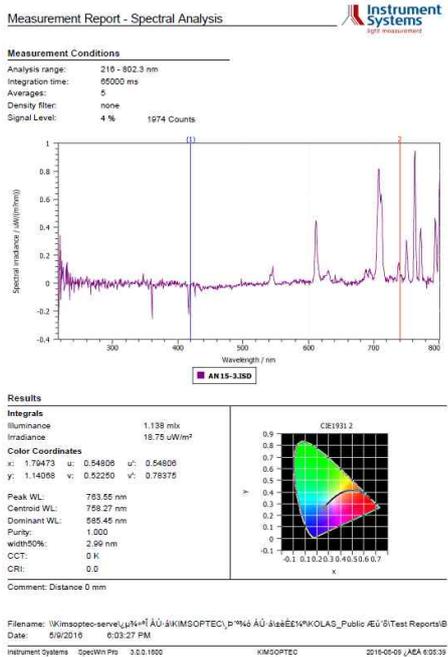
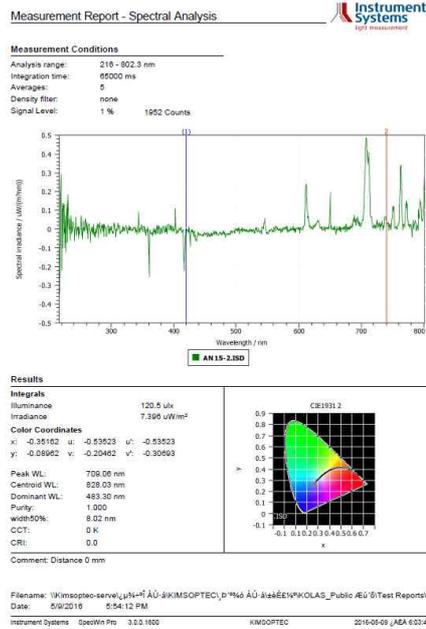
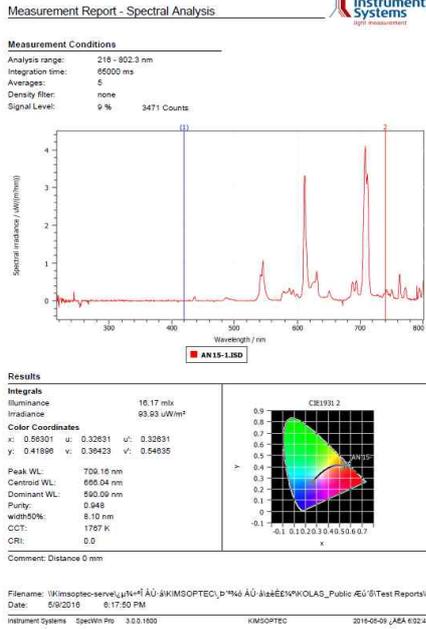
다) 분광 분석 (Kim's Optech, 2차)

- 상기 실시된 두 번의 광량분석실험에 근거하여 신규광원 선정을 위한 추가실험을 실시하였다.
- CFL과 LED광원 가운데 6개의 각기 다른 광원을 확보하여 (BEP AN 15-1, 15-2, 15-3, 15-5 및 16-1, 16-2) 설정하고 평가하였다.
- 2차 광량분석에서는 프리즘의 기존 수량 및 구조를 회복하여 최종 광원의 세기에 대한 평가를 진행하였다.
- 최근 Vit.D의 면역기능 상관관계가 구체화되면서, 그 활용이 증가된 UVB 파장대역 280~310 nm에 대한 파장구현이 가능한지 복합적으로 평가하였다.

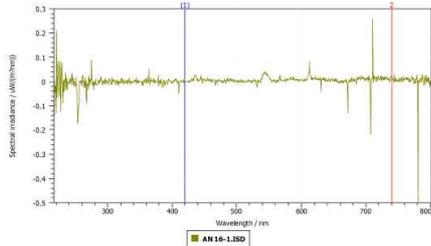
<표> 추가된 신규 광원 특성 비교

구분	BEP AN15-1	BEP AN15-2	BEP AN15-3	BEP AN15-5	BEP 16-1 AN	BEP AN16-2
제조사	PHILIPS	PHILIPS(NE W)	OSRAM	PHILIPS		PHILIPS
유형	CFL	CFL	CFL	LED	LED	CFL
모델명	Essential	Essential 20 W	Duluxstar 20W	LEDBulb 9-70W	Efficient LED	Essential
정격전압	220~240 V	220 V	220 V	220 V	86~265 V	220~240 V
정격전력	20 W	20 W	20 W	9 W	3 W	14 W
정격광속	1170 lm	1100 m	1180 lm	806 lm	290 lm	
정격주파수	50~60 Hz	60 Hz	60 Hz	60 Hz	50~60 Hz	50~60 Hz
색온도	2700 K	2700 K	-	3000 K	3200 K	2700 K
광속유지율	80%	80%	-	90%	70%	80%
광효율	64.33 lm/W	64.50 lm/W	63.1 lm/W	-	-	-

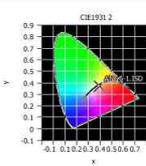
광원 별 분광 분석 결과



Measurement Conditions
 Analysis range: 216 - 802.3 nm
 Integration time: 65000 ms
 Averages: 5
 Density filter: none
 Signal Level: 1% 1958 Counts

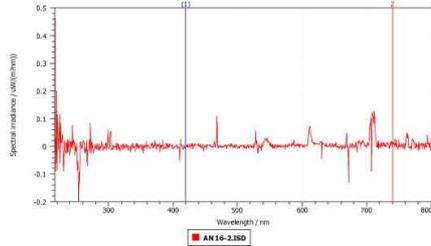


Results
 Integrals
 Illuminance 0.6385 mix
 Irradiance 1.8115 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
 Color Coordinates
 x: 0.36897 u: 0.24080 u': 0.24080
 y: 0.36786 v: 0.33353 v': 0.50029
 Peak WL: 711.94 nm
 Centroid WL: 742.06 nm
 Dominant WL: 585.93 nm
 Purity: 0.269
 width50%: 0.81 nm
 CCT: 3461 K
 CRI: 75.3
 Comment: Distance 0 mm

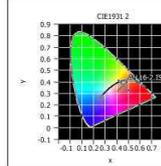


Filename: W:\msopteo-senvel\jy3644\AU-8\KMSOPTEC\2*46 AU-8\44EEN\KOLAS_Public\EU\5\Text Reports\B
 Date: 5/9/2016 6:37:10 PM
 Instrument Systems SpeWin Pro 3.0.0.1800 KMSOPTEC 2016-05-09 ABA 63747

Measurement Conditions
 Analysis range: 216 - 802.3 nm
 Integration time: 65000 ms
 Averages: 5
 Density filter: none
 Signal Level: 1% 1988 Counts



Results
 Integrals
 Illuminance 0.3949 mix
 Irradiance 2.853 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
 Color Coordinates
 x: 0.46713 u: 0.27925 u': 0.27925
 y: 0.37184 v: 0.34073 v': 0.51109
 Peak WL: 216.67 nm
 Centroid WL: 635.02 nm
 Dominant WL: 592.09 nm
 Purity: 0.489
 width50%: 0.90 nm
 CCT: 2423 K
 CRI: 81.2
 Comment: Distance 0 mm



Filename: W:\msopteo-senvel\jy3644\AU-8\KMSOPTEC\2*46 AU-8\44EEN\KOLAS_Public\EU\5\Text Reports\B
 Date: 5/9/2016 6:27:49 PM
 Instrument Systems SpeWin Pro 3.0.0.1800 KMSOPTEC 2016-05-09 ABA 63649

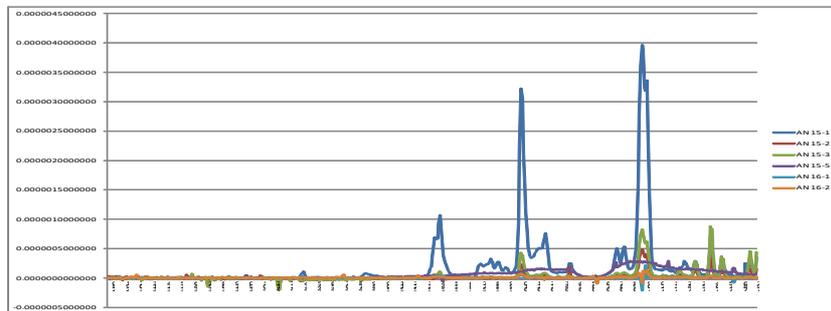


그림. 파장에 따른 광원 별 분광분석 결과

- 분석결과 UVB 파장은 현재 광원으로는 구현이 어려우며 부가적으로 광을 혼합해야 하는 것으로 판단되었다.
- 그러나 LED bulb의 연색성, 광속유지율, 크기 등은 제품의 디자인 변경 및 활용 면에서 크게 장점으로 작용할 것으로 기대되었다.
- 라) 최종 광원 선정 및 관련 근거
 - 연구팀은 1차 목표인 대체 광원 선발을 위해, 상기 언급한 3차례의 분광복사조도를 분석하여 각 광원의 파장별 세기를 비교하여 본 결과,
 - ; 내부 발생열을 최소화 할 수 있으며 (기기 사용안전성 증대)
 - ; 소비전력 및 광효율을 높일 수 있는
 - ; 3파장과 유사한 (polychromatic) 가시광선 영역대의 파장별 세기를 나타내는
 - ; 9W LED bulb와 3W LED bulb를 선택하였으며, 다음 년도 연구내용에서 보완될 예정이다.
 - 각 파장에 따른 정보와 극미약의 세기가 기존 광원 대비 얼마나 효율적으로 작동하는지 평가를 위하여 생물학적 실험을 진행하였다.
 - 기존 기기를 기준으로 하여 물리적 특성에 대한 기준과 근거를 마련하고, 생물학적 효능 평가를 통해 효율개선 가능성을 평가하였다.

나. 분광조절부 소형화 개발

1) 분광 프리즘 시작품 제작

가) 분광프리즘 수정 제작

- 신규 광원 모듈 개발과 아울러, 본 기기의 광의 동조성 형성에 역할을 수행하는 분광프리즘의 효과를 증가시키고자, 새로운 구조적 변형을 시도하였다.
- 기존의 BEP에 포함된, 내측면 barrel 3pcs, 원형 disc 1pcs 및 원형 disc 19pcs 상에 존재하는 prism의 size를 4x4 mm에서 2.5x2.5 mm로 소형화시킴으로 동일한 면적에 더 많은 수의 prism 구조를 확보하였다.

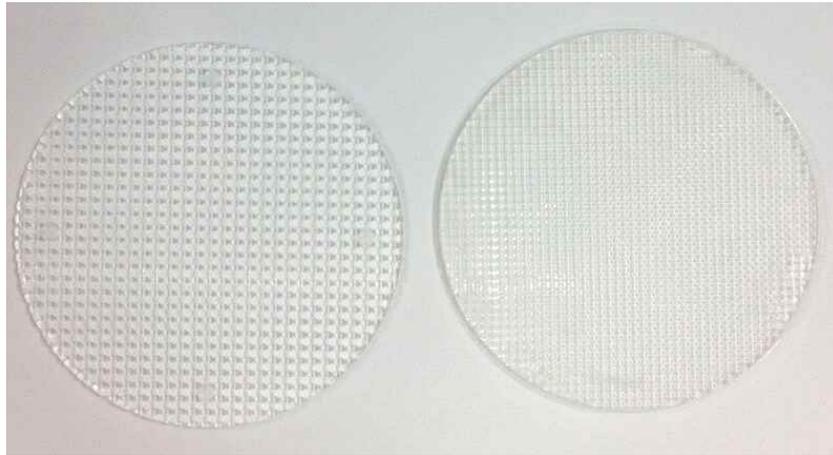


그림. 기존 vs. 시작품 간의 원형 disc prism 비교

<표> 원형디스크 프리즘의 특성

구 분	기 존 (개)	시작품 (개)	증가분 (개)	비 고
3 pcs barrel	1,595	1,755	160	신규광원으로 인한 barrel 크기 축소
1 pcs round	528	855	327	barrel 지지용 round space 존재
19 pcs round	696	1,180	484	-
소계	2,819	3,790	971	약 34.4%의 prism 수 증가

- 광원 유래의 빛이 첫 번째 prism을 통과하면서 분광된 이후로, 연속적으로 중첩된 원형 discs 상의 prisms을 통과하며 다중회절을 통한 동조성 증가가 예상되어진다.
- 전체적으로 약 34.4%의 증가된 prism으로 인한 물리이화학적 성질의 평가는 분광 분석 및 물성평가를 통하여 검토되어진 후, in vitro assay를 통해 보완될 예정이다.

2) 동조성 평가

가) 분광 분석 (Kim's Optech)

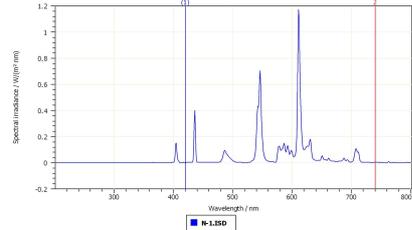
- 분광 조절부 소형화 개발을 위해 Light source 4 group (old 1, old 2, new 1, new 2)을 설정하고,
- 광량의 민감도 차이를 감안해 보기 위해, o-1과 n-1은 원형 prism disc 1장을, o-2와 n-2에서는 원형 prism disc 5장을 세팅하여 측정하였다.

Measurement Report - Spectral Analysis



Measurement Conditions

Analysis range: 201 - 802 nm
 Integration time: 18 ms
 Averages: 130
 Density filter: OD1
 Signal Level: 69 % 21417 Counts

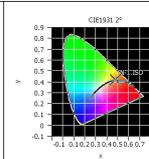


Results

Integrals
 Illuminance: 7.965 klx
 Irradiance: 22.15 W/m²

Color Coordinates
 x: 0.47376 u: 0.26775 u': 0.26775
 y: 0.42158 v: 0.35589 v': 0.53384

Peak WL: 611.77 nm
 Centroid WL: 578.45 nm
 Dominant WL: 584.03 nm
 Purity: 0.684
 width50%: 4.51 nm
 CCT: 2573 K
 CRI: 82.4



Comment:

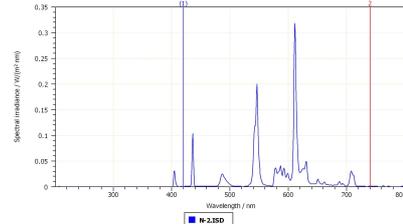
Filename: C:\Documents and Settings\Administrator\Desktop\Biolight 2016 10 10N-1.5SD
 Date: 10/10/2016 3:29:55 PM
 Instrument Systems SpecWin Pro 3.0.0.1800 Administrator 10/10/2016 4:21:30 PM

Measurement Report - Spectral Analysis



Measurement Conditions

Analysis range: 201 - 802 nm
 Integration time: 89 ms
 Averages: 30
 Density filter: OD1
 Signal Level: 93 % 28650 Counts

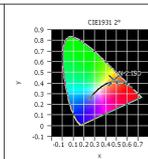


Results

Integrals
 Illuminance: 2.201 klx
 Irradiance: 6.039 W/m²

Color Coordinates
 x: 0.47623 u: 0.26935 u': 0.26835
 y: 0.42537 v: 0.35686 v': 0.53529

Peak WL: 611.77 nm
 Centroid WL: 580.40 nm
 Dominant WL: 583.55 nm
 Purity: 0.707
 width50%: 4.52 nm
 CCT: 2595 K
 CRI: 82.2



Comment:

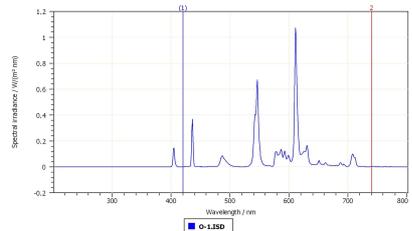
Filename: C:\Documents and Settings\Administrator\Desktop\Biolight 2016 10 10N-2.5SD
 Date: 10/10/2016 3:41:01 PM
 Instrument Systems SpecWin Pro 3.0.0.1800 Administrator 10/10/2016 4:21:56 PM

Measurement Report - Spectral Analysis



Measurement Conditions

Analysis range: 201 - 802 nm
 Integration time: 18 ms
 Averages: 30
 Density filter: OD1
 Signal Level: 64 % 19598 Counts

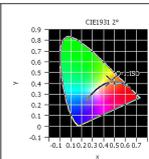


Results

Integrals
 Illuminance: 7.43 klx
 Irradiance: 20.51 W/m²

Color Coordinates
 x: 0.47447 u: 0.26603 u': 0.26603
 y: 0.42357 v: 0.35625 v': 0.53437

Peak WL: 611.77 nm
 Centroid WL: 578.12 nm
 Dominant WL: 583.64 nm
 Purity: 0.696
 width50%: 4.52 nm
 CCT: 2604 K
 CRI: 82.2



Comment:

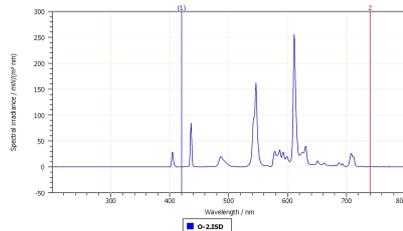
Filename: C:\Documents and Settings\Administrator\Desktop\Biolight 2016 10 10O-1.5SD
 Date: 10/10/2016 3:35:40 PM
 Instrument Systems SpecWin Pro 3.0.0.1800 Administrator 10/10/2016 4:20:26 PM

Measurement Report - Spectral Analysis



Measurement Conditions

Analysis range: 201 - 802 nm
 Integration time: 89 ms
 Averages: 30
 Density filter: OD1
 Signal Level: 75 % 22982 Counts

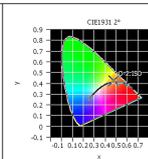


Results

Integrals
 Illuminance: 1.773 klx
 Irradiance: 4.879 W/m²

Color Coordinates
 x: 0.47592 u: 0.26597 u': 0.26597
 y: 0.42579 v: 0.35692 v': 0.53539

Peak WL: 611.78 nm
 Centroid WL: 580.23 nm
 Dominant WL: 583.47 nm
 Purity: 0.707
 width50%: 4.52 nm
 CCT: 2602 K
 CRI: 82.2



Comment:

Filename: C:\Documents and Settings\Administrator\Desktop\Biolight 2016 10 10O-2.5SD
 Date: 10/10/2016 3:47:20 PM
 Instrument Systems SpecWin Pro 3.0.0.1800 Administrator 10/10/2016 4:20:52 PM

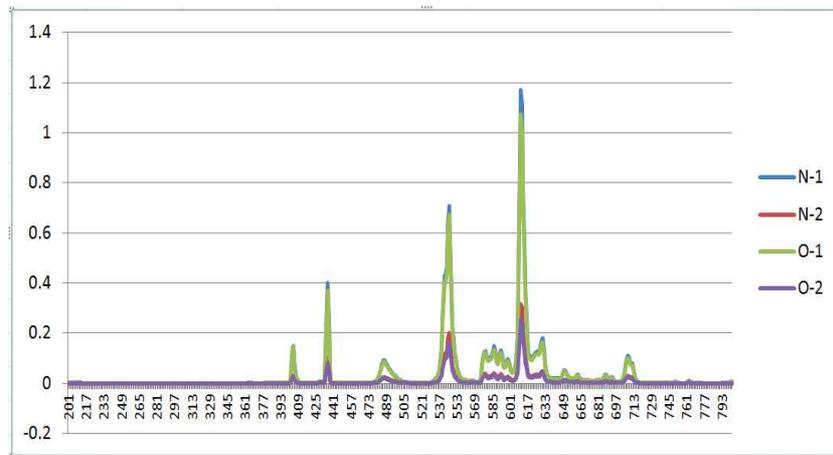


그림. 분광조절부 변형 후 분광분석 결과

- 분광조절부 소형화에 따른 prism 증가로 인해, 새로 제작된 그룹에서 약간 높은 분광복사조도를 보이는 것으로 확인되었다.
- 따라서 동조성 증가가 유도되어진 것으로 판단되어지며, 구조변환은 긍정적 결과를 유도할 것으로 예상되어 진다.

나) 물성 분석 (한국고분자시험연구소 (주))

- 기존 BEP 모델의 아크릴과 시제품 제작에 쓰인 새로운 아크릴간의 화학적 물성 비교분석 실시하고,
- 아크릴 시료의 Haze, 광투과율, 색도 및 TMA 등을 분석 의뢰하였다.

<표> 아크릴 특성 비교

시료명	시험항목	단위	시험방법	시험결과
기존 아크릴 (Koptri- 1663532-1)	Haze	%	ASTM D1003	82.84
	전광선투과율	%	ASTM D1003	92.57
	광투과율	%	UV-Vis Spectrophotometer (550 nm)	6.5
시작품 아크릴 (Koptri- 1663532-2)	Haze	%	ASTM D1003	67.50
	전광선투과율	%	ASTM D1003	91.20
	광투과율	%	UV-Vis Spectrophotometer (550 nm)	29.3

- 상기와 같은 시작품 제작에 사용된 아크릴의 물성지표를 확보함

다. 신규 디자인 모델 개발

1) 시작품 개발 목표

	
<p>기존 제품 이미지</p>	<p>차기 제품 예상 합성 이미지</p>
<p>기존 제품의 문제점</p> <ul style="list-style-type: none"> -형합 구조상 내부의 전구를 교체하기 힘들. -밀폐구조로 인하여 전구교체 시기 예측이 불가능 -전구에서 발생하는 열을 식히기 위한 방열 장치가 필요함 -전원선이 들어가는 코드링이 배설 가스에 부식됨 	<p>문제점 해결 방안</p> <ul style="list-style-type: none"> - 전구의 교체가 용이하도록 뚜껑부위를 소켓 결합 방식으로 디자인 - 전구교체 시기를 외부에서 확인 가능한 디자인 - 외부 측면에서 제품에 발생하는 열을 방출 할 수 있는 파트 구성 디자인 - 사용되는 환경에 따른 내구성 있는 디자인 - 전원 케이블이 들어가는 결합방법 개선 <유선 커넥터 등의 방수/방진 제품 사용>

<p>시작품 개발 key word</p>
<p>사용성 - 전구 램프 교체 시기와 교체 방법이 용이하도록 디자인 개발 내구성 - 제품 내부에 생기는 열을 방출 할 수 있도록 디자인 개발</p>

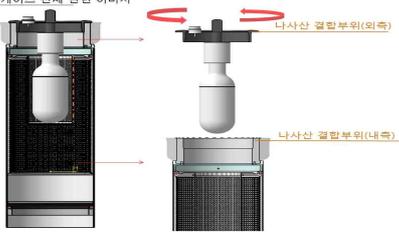
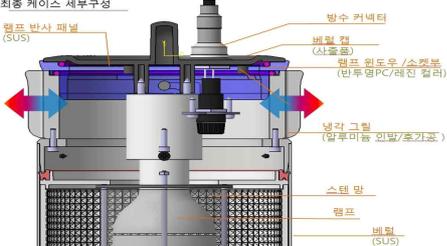
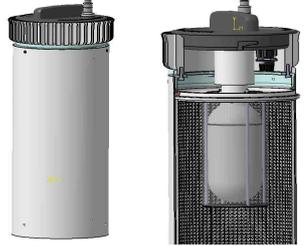
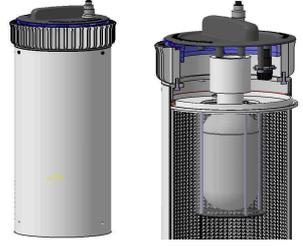
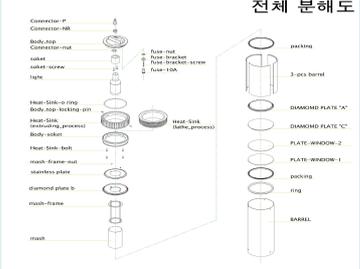
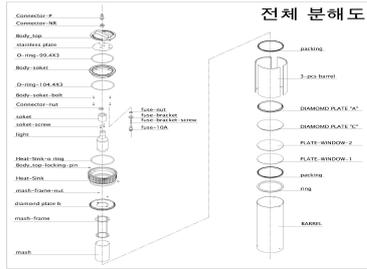
2) 제품 디자인

가) 방수/방열을 위한 기구설계 및 광 연결부 소켓 개발을 위해 제품디자인 동향분석, 아이디어전개를 거쳐 6가지의 디자인 실체화 모델 제안 후, 최종 모델을 선정하였다.



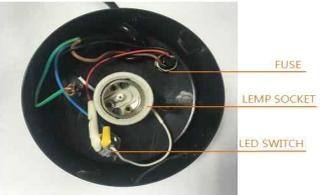
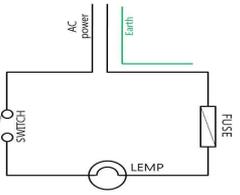
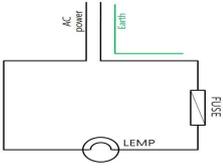
3) 기구 설계

- 가) 소켓 방식의 광연결부 및 방열 구조가 변경된 시작품의 제작을 위한 레이아웃 및 도면 설계를 진행함
- 나) 2차에 걸친 시제품 제작을 위한 기구설계 및 working mock up 제작을 완료하였다.

구분	1차 시제품 기구설계	2차 시제품 기구설계
레이아웃	<p>B-TYPE 케이스 전체 단면 이미지</p>  <p>나사산 결합부위(외측)</p> <p>나사산 결합부위(내측)</p>	<p>최종 케이스 세부구성</p>  <p>열수 커넥터</p> <p>배필 캡 (시제품)</p> <p>열프 윈도우 / 소켓부 (반투명PC/레진 컬러)</p> <p>냉각 그릴 (알루미늄 인필/포카프)</p> <p>스텐 망</p> <p>램프</p> <p>배필 (SUS)</p>
3D 도면		
2D 도면	<p>전체 분해도</p>  <p>Connector-F Connector-NB Body-Top Connector-nut Jacket Jacket screw Light Heat sink (top) Body-top-locking-pin Heat sink (bottom, pressure) Body-jacket Heat sink lock Mask-frame-nut Stainless plate Diamond plate to Mask-frame Mask</p> <p>Heat sink Heat sink (bottom, pressure)</p> <p>packing 3-pcs barrel DIAMOND PLATE "A" DIAMOND PLATE "C" PLATE-WINDOW-1 RING BARREL</p>	<p>전체 분해도</p>  <p>Connector-F Connector-NB Body-Top Stainless plate DI-Ring-59.4X3 Body-jacket DI-Ring-106.4X3 Body-jacket-lock Connector-nut Jacket Jacket screw Light Heat sink (top) Body-top-locking-pin Heat sink (bottom, pressure) Body-jacket Heat sink lock Mask-frame-nut Stainless plate Diamond plate to Mask-frame Mask</p> <p>Heat sink Heat sink (bottom, pressure)</p> <p>packing 3-pcs barrel DIAMOND PLATE "A" DIAMOND PLATE "C" PLATE-WINDOW-1 RING BARREL</p>
확인 품평		

4) 회로개발 및 최종시작품 사진

- 가) 전원 점등 표시가 가능한 외관을 갖추었으므로, 이전 기기 모델 상의 on/off button을 제외한 신규 회로를 개발 설치하였다.
- 나) 상기의 과정들을 걸쳐 최종 시작품을 제작하였다.

회로 개발	
개선 전	개선 후
 	
최종 완료 시작품 사진	
전체 외관 전면 사진	BODY_TOP / BARREL 사진
	

5) 개발 시작품 특성 요약

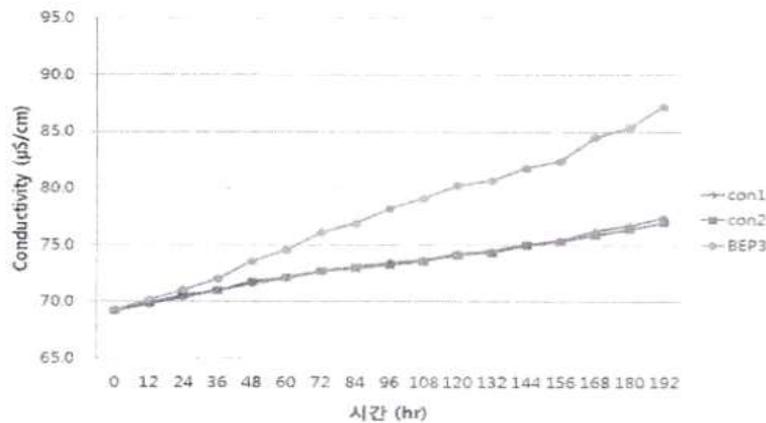
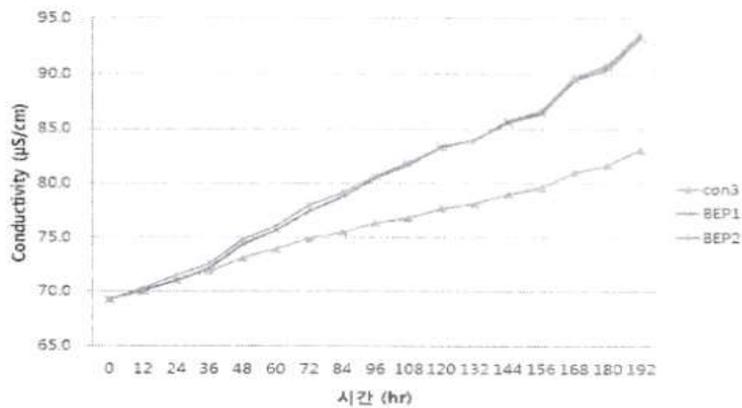
- 가) 성능 : 신규 광원 (LED 3W) 장착 및 분광조절부 소형화 (prism 34.4% 증가)
- 나) 안정성 : 방열구조 보완, 전원 점등 표시등 (외관상) 확인 가능 및 전구교환 편의성 (소켓) 확보
- 다) 소형화 : 제품 길이 및 무게 감소 (126 mm 및 300 g 감소)

라. 광조사기의 물리화학적 특성 및 최근 연구동향 분석

1) 물리화학적 특성 평가

가) 물의 전기전도도 (Electro-conductivity) 평가

- 본 연구개발의 시작점인 기존 BEP 모델의 이화학적 평가를 위해 전기전도도를 측정하였다.
- 연구계획서 상에 명시한 pH 측정 시험결과와 같은, 물의 염기화 유도는 본 기기의 중요한 성질 중 하나로서, 대조군 및 처치군 간의 전기전도도 차이를 확인하는 것은 성능지표 평가의 의미를 지닌다.
- 연구 추진 일정상 시작품의 제작에 소요되는 시간으로 인해, 최종 시작품의 pH 및 전기전도도 측정 시험은 현재 화학융합시험연구원과 일정협의 중에 있으며, 향후 첨부 예정이다.
- 자체 보유기기인 Oroin 4 star benchtop을 이용, EC 반복 측정결과는 아래와 같다.



- 대조군과 비교 시 증가된 BEP 처치군의 EC 값을 확인할 수 있음
- 이와 같은 성질은 생체 내의 세포에서도 동일한 현상을 유발할 수 있으며, 염기성 환경 유도는 다양한 대사활성 및 면역능 증가와 밀접한 연관을 지니는 것으로 평가되었다.

2) 생체광자 (biophoton) 이론의 최근 연구동향 분석

가) Kobayashi M et al, J Photochem Phtobiol B. 2016 Jun; 159:186-90

- 살아있는 모든 유기체에서는 대사과정 동안 아주 미약한 빛을 방출하며 이러한 현상을 biophoton emission이라고 함. biophoton의 세기는 $10^{-16}W/cm^2$ 정도 이하이며 가시광선대역의 파장 (450-750 nm; dominant emission region of 570-670nm)을 지닌다.

나) Light in shaping life, 2014 by Roeland van Wijk

- 이에 관한 연구는 일찍이 1920년대에 러시아의 Gurwitsch에 의해 시작되었으나 광자검출 기술이 부족하여 오랫동안 정체 되었다가 광증배관 (Photomultiplier Tube; PMT)의 발달로 1980년대부터 본격적인 연구가 재개되었고, 현재 Kobayashi Lab 등에서 연구가 활발히 진행되고 있다.

다) Quantum Optics : An Introduction (Oxford Master Series in physics,6)

- 이 생체광자의 중요한 물리적 특성은 양자 결맞음 (quantum coherence)을 보여주는 광자통계인 포아송 분포 (Poisson distribution)를 보여주며 또한 외부에서 빛을 쬐어준 후 생물이 지연발광을 보여주는 경우인 방사능의 지수함수와는 달리 쌍곡선 함수적 붕괴를 보여주며, 양자광의 압착 상태 (squeezed state)를 나타내는 현상을 보여줌. 이러한 현상은 생체광자를 방출하는 세포들 상호간의 통신이 전자기 광학적임을 보여주는 것으로 해석하고 있다.

라) Sun Y et al, Photochem Photobiol Sci. 2010 Mar;9(3):315-22

- 생체광자에 의한 식물, 박테리아, 호산구, 신장 세포에서의 세포 간 통신은 증명되었으며 신경세포에서도 protein-protein biophotonic interaction에 의해 생체광자 전달이 이루어짐을 증명하였다.

마) Rizzo NR et al, Redox Biol. 2016 Aug; 8:11-7

- biophoton emission은 다양한 메카니즘과 산화적 대사과정에 의해 발생하며 최근에는 ROS 발생을 통한 산화적 스트레스가 다양한 질병과 관련이 있음이 발견 되어 이런 이유로 biophoton emission은 질병의 병리학적 상태를 알려주는 지표가 될 수 있다.

바) Takeda M et al, Cancer Sci, 2004 Vol. 95, No. 8, pp 656-661

- Kobayashi Lab의 연구에 따르면 soybean (대두)에서 호흡과정이 활발한 (생육발달이 왕성한) 곳에서 생체광자가 더 많이 발생하며 상처를 입히면 상처를 입은 곳에서의 생체광자가 더 많이 발생하는 것을 볼 수 있다고 함. 생쥐의 뇌에서 생체광자의 세기는 EEG 활동과도 관계가 있으며 이는 생체광자가 신경세포의 에너지 대사와의 관계가 있음을 시사하고. 또한 암세포가 있는 곳에서도 생체광자의 세기가 강해지는 것을 보여주고 있다.

사) 연구 동향과의 연관성 및 해석

- 두 가지 측면에서 생체광자에 대한 연구가 본사의 광조사기 개발에 의미가 있는데 첫 번째는 본사의 광조사기를 조사한 후 생체광자의 변화를 측정하면 본사의 광조사기의 효과를 검증할 수 있는 지표가 될 수 있으며,
- 다른 한가지의 측면에서는 본사의 광조사기는 생체광자와 같이 극미약한 광으로서 생체광자가 신체에서 세포내 전자통신의 수단이 된다면, 본사의 광조사기에서 발생하는 광자도 생체와 동조를 이루어 비슷한 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

마. 체외 효능 평가

1) Animal skin fibroblast & PA oocyte 발육률 평가

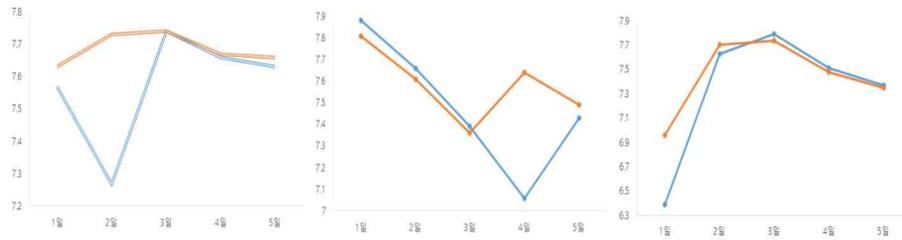
가) 돼지 피부세포 배양

- Porcine skin fibroblast를 이용하여 발육률에 대한 평가를 실시하고,
- 아래의 사진과 같은 조건 (동일 모델의 CO2 배양기)에서 돼지 피부세포를 배양하였다.

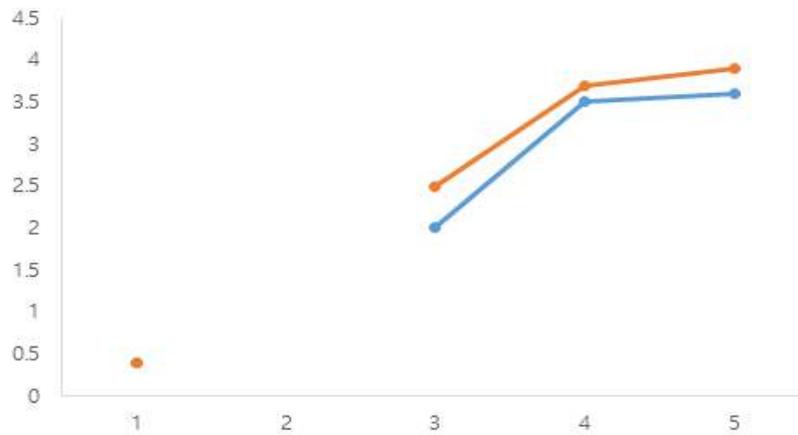


그림. 시작품 모델 (BEP) 노출에 따른 돼지피부세포 발육률 평가를 위한 위한 조건. A) 동일한 모델의 세포 배양용 CO2 인큐베이터 이용 (같은 모델, 같은 년도 출시), B) 왼쪽은 BEP가 없는 조건, 오른쪽은 BEP 노출에 따른 세포 배양 모습

- 배양된 세포를 먼저 육안으로 관찰하여 오염 유/무를 파악하고, 트립신으로 처리하여 전체 세포를 분리하여, 그 숫자를 Automatic Cell Counter를 이용하여 정량하였다.
- 또한 세포의 배양 배지 내 pH 변화가 있을 것으로 판단되어 배양이 끝난 배지를 수거 후 pH 측정기계를 활용하여 측정하였다.



계대별 PH변화 그래프 (파란색:대조군, 주황색: BEP조사군)



세포수 변화 그래프 (파란색:대조군, 주황색:BEP조사군)

- pH측정기를 이용하여 1-5일간 배양한 배지를 수거하여 비교한 결과 BEP를 조사한 그룹에서 좀 더 pH가 안정적으로 유지하는 것을 초기 실험을 통해서 관찰하였으며, 향후 반복적으로 실험을 실시하여 관련 분석을 좀 더 진행할 예정이다.
- 그리고 세포수 변화에 대한 실험을 통해서 보면 같은 숫자의 세포를 배양했지만, 시간이 지남에 따라서 BEP를 조사한 그룹에서 좀 더 높은 세포수가 관찰됨에 따라서 안정적인 pH로 인해서 세포의 수가 더 증가하였을 것으로 판단된다.
- 관련하여 반복적인 실험을 통한 증명 및 이후 분자생물학적 기전을 연구할 예정이다.

나) 돼지 생식세포 배양

- 돼지생식세포의 단위발생 후 발육률 평가를 위해 아래의 사진에서와 같이 실험을 진행하였다.



- 수핵난자의 체외성숙을 위한 배지는 TCM199에 10% pFF, 상피성장인자, 시스테인, 인슐린 및 피루빅 산을 첨가하여 사용하였다.
- 체외성숙은 총 44시간 동안 배양하였으며, 초기 22시간은 호르몬을 첨가하였다.
- 성숙 후 단위발생처치는 MRD (2013) 80:753-62의 Lee et al. 의 방법에 준하였다.
- 체외배양 배지는 Modified PZM-3에 2.77 mM myo-inositol, 0.34 mM trisodium citrate, 10uM b-mercaptoethanol을 첨가하여 사용하였다.
- 단위발생 후 7일간 5% CO₂ 배양기에서 체외배양을 수행하여 발육률을 평가하였다.
- 표 1.에서는 BEP 처치가 미성숙 난자의 체외성숙에 미치는 영향을, 표 2.에서는 연속되어지는 체외배양에 미치는 영향을 평가하였다.

<표> 체외성숙 동안의 BEP 처치가 돼지 단위발생 후 수정란 발육에 미치는 영향

IVM treatment	% of oocytes that reached MII	No. of oocytes cultured*	% of embryos developed to		No. of cells in blastocyst
			≥ 2-cell	blastocyst	
-	88.7 ± 2.1	141	97.1 ± 0.1	42.7 ± 2.8 ^a	34.6 ± 1.5
BEP	90.9 ± 1.5	142	97.2 ± 1.2	50.7 ± 1.4 ^b	35.5 ± 1.3

* Four replicates.

^{a,b} Values in the same column with different superscript letters are different (P < 0.05).

<표> 체외성숙 및 체외배양 동안의 BEP 처치가 돼지 단위발생 후 수정란 발육에 미치는 영향

BEP treatment	% of oocytes that reached MII	No. of oocytes cultured*	% of embryos developed to		No. of cells in blastocyst
			≥ 2-cell	blastocyst	
IVM + IVC +	89.8 ± 1.2	172	95.4 ± 1.8	40.8 ± 9.7	39.6 ± 1.7 ^a
IVM + IVC -	91.2 ± 2.8	159	96.3 ± 3.0	39.5 ± 1.9	34.3 ± 1.7 ^b
IVM - IVC +	90.6 ± 3.2	171	97.1 ± 1.1	33.9 ± 0.7	34.1 ± 1.8 ^b

* Four replicates.

^{a,b} Values in the same column with different superscript letters are different (P < 0.05).

- 상기의 결과를 통해, 체외성숙 동안의 BEP 처치가 체외성숙 과정에 긍정적인 효과로 작용하여 후기 배로의 발육률에 있어 유의적인 증가를 보이는 것을 확인하였다.
- 또한, 체외성숙 및 단위발생 후 연이은 체외배양 기간 동안의 BEP 처치에 있어서는 후기배로의 발육률에 유의적인 차이를 나타내지 않았지만, 배반포의 세포수 증가에 있어 유의적인 증가를 나타내는 것으로 보아, 체외성숙 및 배양에 있어 모두 긍정적 효능을 보이는 것으로 평가되었다.

2) 양돈 현장 혈액성분 분석지표 설정

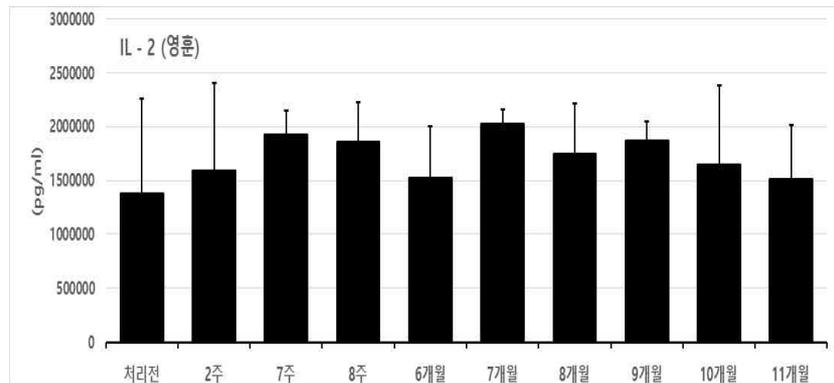
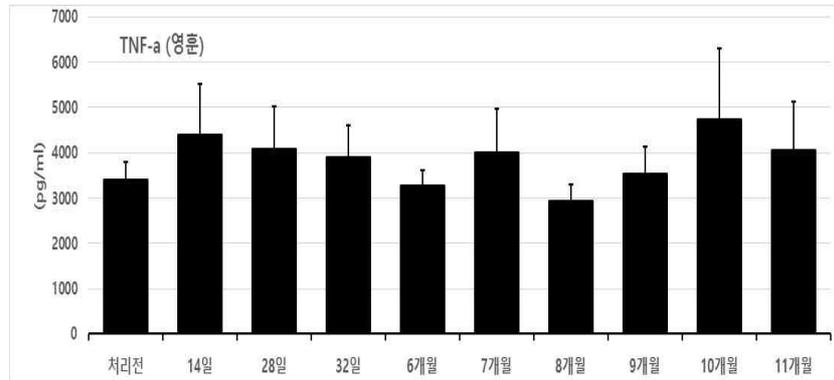
가) 모돈 혈액에서의 PBMC의 항원탐식능 및 미토콘드리아 막전위 분석

- 양돈 현장에는 연중 생산성에 영향을 미치는 다양한 환경적 인자가 상재함으로, 기존 BEP 모델 및 1차년도 연구결과로 신규 제작된 최적화 모델이 가지는 생산성 효과의 객관성을 확보하고자. 분만 후 모돈에서의 혈액을 채취하여 면역능 향상 및 질병 예방의 효과를 지니는 지표를 설정하여 분석을 실시하였다.
- 본 1차년도의 연구 기간에는 기존 BEP 모델이 설치되어 있는 제주 A 농장에서의 혈액성분 분석지표를 분석함으로, 향후 차년도에 신규 모델 현장적용 시 비교 가능한 대조군으로서의 혈액성분 분석 결과를 확보하였다.
- 먼저 분만 후 4주차의 모돈을 대상으로 BEP 처치군과 비처리군 (대조군)을 설정하여, 광조사기 설치 전후의 혈액성상 변화를 4주 간격으로 약 6개월 간 모니터링 한 결과를 분석하였다.
- 모돈에서 채취한 혈액을 실험실 내에서 원심분리하여, PBMC를 선별하고 이들 세포에서의 기능적 면역원성을 평가하기 위해 dextran을 이용한 항원 탐식능 (Antigen Uptake) 및 Rhodamine을 이용한 미토콘드리아 막전위 (MMP; Mitochondrial Membrane Potential) 변화 양상을 관찰하였다.

<표> PBMC의 MMP 및 Ag-Uptake 측정치

날짜	Mean fluorescence intensity				
	Dextran-FTTC				
160108	53	40	56	42	53
160212	75	62	62	65	58
160318	81	66	106	57	54
160427	62	105	92	145	71
160519	68	69	86	99	49
160617	131	113	77	86	40
Rhodamine 123					
160108	148	41	85	73	80
160212	113	138	210	56	120
160318	118	61	331	100	85
160427	66	102	164	423	72
160519	62	84	54	104	101
160617	289	97	56	386	21

- 상기의 분석 결과를 토대로, BEP 처치에 의한 항원탐식능 및 미토콘드리아 막전위 결과 값을 판단해 볼 때, 일관적인 면역증진 효과를 나타내고 있다고 평가되었다.
 - 다만 이러한 결과 값은 향후 농장의 생산성 성적과 연관되어 파악되어질 때, 더욱 객관성을 지닐 수 있으며, 2~3개의 농장에서 추가적인 반복실험을 필요로 한다.
 - 따라서 이와 같은 설정지표를 2차 년도 생산성 평가에 활용하여 비교할 예정이다.
- 나) 면역능력 관련 cytokine 분석
- TNF- α 및 INF- γ 는 보조 T 세포 type 1 cell에서 분비되는 사이토카인으로 T 세포와 NK (자연살해세포)가 활성화됨으로 생산되는 대표적인 면역증강 사이토카인으로 알려져 있다.
 - 혈액 내 이들의 증가는 세포 면역 증가되었음을 암시하며, 또한 일종의 염증매개 사이토카인으로 대식세포 및 내피세포의 활성화 시에 증가되나 이것 역시 T 및 B 세포의 면역반응을 조절한다.
 - 한편, IL-2는 T 세포(보조 T세포와 세포독성 T세포)를 활성화 시켜 바이러스의 제거작용에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.
 - 이들 cytokine의 분석결과를 기존 BEP 모델의 생산성 향상 관련 평가를 위한 혈액성분 지표로 설정하였다.



- 위 농장은 제주에 위치한 모든 300두 내외의 중소규모 형태의 기존 BEP 모델 설치농장으로, 광조사기 설치 후, 꾸준한 생산성 향상을 보이고 있는 농장 중의 한 곳이며,
- 혈액 성분 중 면역증강 관련 cytokine의 변화 양상도 이러한 생산성 증가와 같은 동향을 보이고 있는 것으로 판단되었다.
- 총 11 개월간의 성적 중, 일부 구간에 있어 낮은 분석결과를 보이는 것 또한, 당시 농장에서 발생한 질병기록과 그 내용이 일치되고 있는 것 (현장 기록 근거)으로 분석되어, 상기의 혈액성분 분석결과치가 생산성 향상에 미치는 영향을 평가하기 위한 객관적 지표로 이용되어 질 수 있음을 시사하고 있다.

○ 2차 년도 연구 결과

가. 광원 선정 보완

1) 1차 년도 광원 선정 배경 요약

가) 최종 광원 선정 근거

- 대체 광원인 LED bulb를 선정함에 있어 기존 기기의 삼파장 광원 (CFL)의 생물학적 유효 파장 범위를 모두 포함하며 유사한 밝기를 구현하는 광원으로 최종 선정 하였다. LED광원의 특성상 기존 광원 (CFL)대비 소비전력 및 광효율에서 우수성을 나타내었다. 전구의 수명 또한 기존 광원 (CFL)에 비해 8,000hrs 대비 50,000hrs로 월등히 길어 광원의 유지 관련 비용이 절감되어 사용자의 편의성이 매우 증대될 것으로 기대된다.

2) 2차 년도 광원 선정

가) 선정 보완의 필요성

- LED전구는 LED chip과 모듈로 구성되어 대부분의 제조사가 일부 LED chip의 제품을 구입하여 모듈을 구성하여 제품화 하고 있다. LED전구는 일반적으로 CFL광원 대비 광원의 가격은 비싸지만 기대수명이 길어 효율적인 광원으로 기대되고 있다. 그러나 시중광원들이 실제 기대수명을 다하지 못하는 경우들이 있어 이를 보완하기 위한 업체 간의 기술개발이 활발하다. 1차 년도 선정광원의 경우 대만에서 생산중인 제품이었으나 제품의 불량률이 높아 수입업체들이 제품의 수입을 중단하는 경우가 발생하였다. 안정된 고유 스펙의 광원을 확보하고자 국내 LED 생산 업체들을 조사하였으며, 시중 LED 전구가 안전기와 방열설계에 대한 문제점으로 인하여 기대수명을 충족하지 못한다는 내용을 파악하고 이를 보완한 광원을 확보하기 위해 다양한 비교 분석 후 국내 반도체 회사가 생산하는 경쟁력 있는 제품을 찾아 평가하였다.
- 일반적으로 LED 전구는 기존의 삼파장 전구 (CFL)에 비해 그 안정성이 뛰어나 수명이 길다고 알려져 있으나, 양돈 현장에 설치된 광조사기의 신규 LED 광원은 예상 밖의 전구수명 불량률을 나타내었다. 문제점은 기기의 전구 자체에 있는 것이 아니고, 축산 양돈현장에 공급되고 있는 전기의 불안정성과 관련된 시설 기반이었기에, LED전구에 수반되어 있는 안전기의 내구성을 본래의 수명이하로 낮추어 결국 전구수명 불량으로 이어지고 있었음을 발견하였다.
- 한편, 축산 현장에서의 이러한 전구의 수명을 직접 평가한 관련 참고 자료 (Iowa State University Extension and Outreach, PM 2089R October 2011; Indoor lighting for livestock, poultry, and farm shop facilities)에 의하면, 삼파장 및 LED 전구 모두에서 권장 수명 (Rated Lamp Life)보다 측정된 실제 수명 (Assumed Life)이 약 50% 수준으로 감소됨을 확인할 수 있었다. 그에 대한 요인으로서 축산 환경의 습도, 먼지 및 열 등이 주요 영향 인자일 것으로 추측하고 있다. 향후 랜덤한 현장조건에서의 자료를 보완할 예정이다.

나) 대체 광원 선택 및 분광분석 (Kim's Optech)

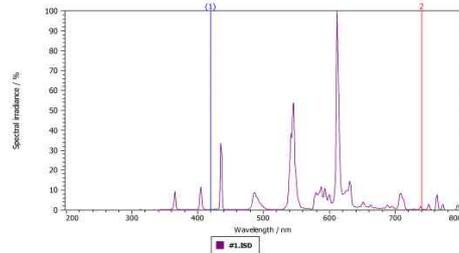
- 따라서, 본 연구개발 과제 수행에 있어서 내구성을 강화한 신규광원을 선정해야 하는데 있어 방열구조와 전압안정성을 확보한 안전기 구조의 광원을 발굴 평가 하였다. 그 결과 AC 직결형 LED 전구는 위에서 언급한 축산 양돈현장에 공급되는 전압의 불안정성을 극복하는 방식으로 기대되어 분광분석을 통하여 광원의 특성을 평가하고 동시에 현장에서 내구성을 평가하여 최종 광원으로 선정하였다.

Measurement Report - Spectral Analysis



Measurement Conditions

Analysis range: 197.6 - 801.6 nm
 Integration time: 9 ms
 Averages: 1
 Density filter: none
 Signal Level: 93 % 25707 Counts

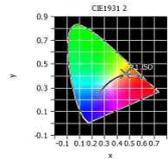


Results

Integrals
 Illuminance: 1.512 klx
 Irradiance: 4.445 W/m²

Color Coordinates
 x: 0.48688 u: 0.28354 u': 0.28354
 y: 0.42118 v: 0.35510 v': 0.53206

Peak WL: 612.03 nm
 Centroid WL: 578.37 nm
 Dominant WL: 583.47 nm
 Purity: 0.872
 width50%: 4.19 nm
 CCT: 2659 K
 CRI: 83.0



Comment: #1

Filename: J:\2017 09 08\#1.ISD
 Date: 9/8/2017 11:05:15 AM

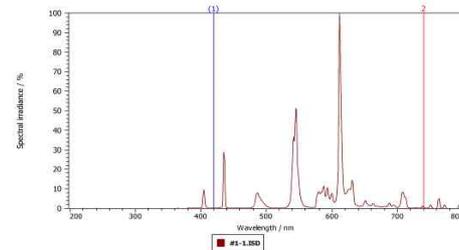
Instrument Systems SpecWin Pro 3.0.0.1800 Administrator 2017-09-08 JAEA 6:13:26

Measurement Report - Spectral Analysis



Measurement Conditions

Analysis range: 197.6 - 801.6 nm
 Integration time: 9 ms
 Averages: 1
 Density filter: none
 Signal Level: 100 % 30935 Counts

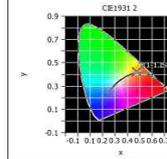


Results

Integrals
 Illuminance: 1.755 klx
 Irradiance: 4.973 W/m²

Color Coordinates
 x: 0.47503 u: 0.28652 u': 0.28652
 y: 0.42328 v: 0.35623 v': 0.53435

Peak WL: 612.03 nm
 Centroid WL: 583.59 nm
 Dominant WL: 583.73 nm
 Purity: 0.867
 width50%: 4.13 nm
 CCT: 2595 K
 CRI: 83.3



Comment: #1-1

Filename: J:\2017 09 08\#1-1.ISD
 Date: 9/8/2017 11:14:45 AM

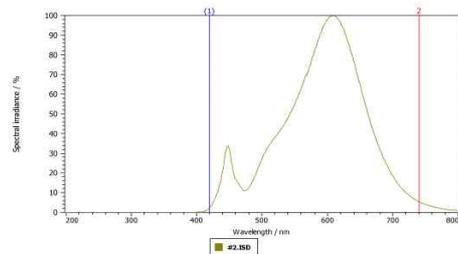
Instrument Systems SpecWin Pro 3.0.0.1800 Administrator 2017-09-08 JAEA 6:13:39

Measurement Report - Spectral Analysis



Measurement Conditions

Analysis range: 197.6 - 801.6 nm
 Integration time: 28 ms
 Averages: 1
 Density filter: none
 Signal Level: 76 % 23400 Counts

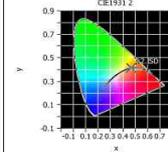


Results

Integrals
 Illuminance: 3.188 klx
 Irradiance: 9.604 W/m²

Color Coordinates
 x: 0.46947 u: 0.28439 u': 0.28439
 y: 0.41955 v: 0.35355 v': 0.53033

Peak WL: 607.97 nm
 Centroid WL: 591.05 nm
 Dominant WL: 584.03 nm
 Purity: 0.649
 width50%: 118.23 nm
 CCT: 2650 K
 CRI: 81.9



Comment: #2

Filename: J:\2017 09 08\#2.ISD
 Date: 9/8/2017 11:06:33 AM

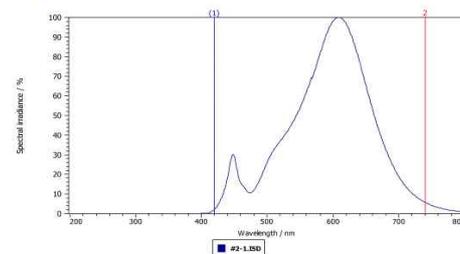
Instrument Systems SpecWin Pro 3.0.0.1800 Administrator 2017-09-08 JAEA 6:14:16

Measurement Report - Spectral Analysis



Measurement Conditions

Analysis range: 197.6 - 801.6 nm
 Integration time: 40 ms
 Averages: 1
 Density filter: none
 Signal Level: 66 % 21242 Counts

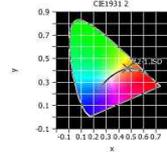


Results

Integrals
 Illuminance: 2.003 klx
 Irradiance: 6.238 W/m²

Color Coordinates
 x: 0.47181 u: 0.28559 u': 0.28559
 y: 0.41864 v: 0.35479 v': 0.53216

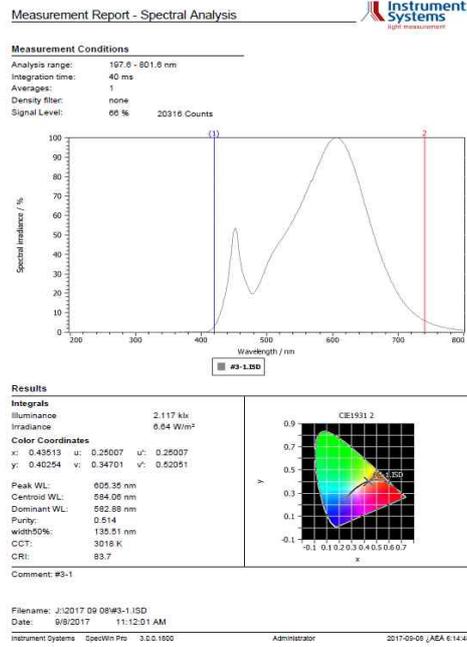
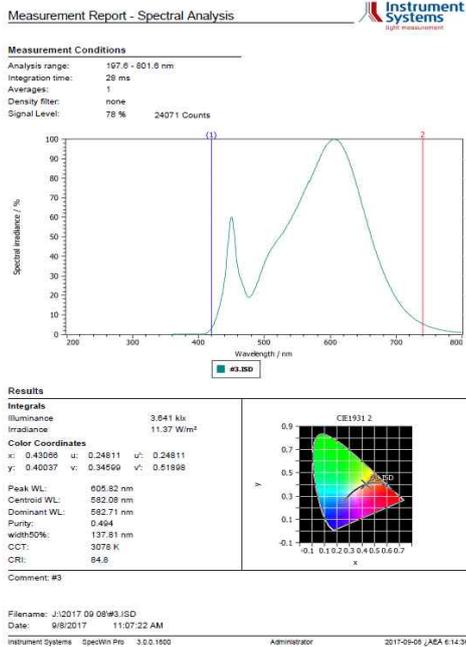
Peak WL: 608.82 nm
 Centroid WL: 593.83 nm
 Dominant WL: 584.10 nm
 Purity: 0.673
 width50%: 117.67 nm
 CCT: 2602 K
 CRI: 81.6



Comment: #2-1

Filename: J:\2017 09 08\#2-1.ISD
 Date: 9/8/2017 11:13:28 AM

Instrument Systems SpecWin Pro 3.0.0.1800 Administrator 2017-09-08 JAEA 6:14:24



다) 축산 양돈현장 광원 파트 내구성 평가

- 양돈 농장 2개소에서 CFL과 LED 광원의 내구성을 평가하였다. 광원 수명에 영향을 주는 발열 문제를 해결하고자 알루미늄 방열구조를 채택하여 내부의 열이 쉽게 방출되도록 하였으며, 먼지와 가스로부터 보호하기 위하여 내부 구조를 보완하여 현장에 설치한 후 각각 60일, 90일에 걸쳐 24시간 작동 시킨 후 평가 하였다. 2개소 모두 기존 CFL대비 광원의 유지 능력이 향상되는 결과를 얻었으며, 동일 밝기(1100lm)를 기준으로 하여 12W LED광원으로 교체 할 경우 기존 12,442원에서 7,465원으로 전기 요금도 40% 절감되는 효과를 얻어 사용 농가의 광원 유지 교체에 대한 경제적 부담을 경감시킬 수 있을 것으로 예상된다.

<표> 현장실증 농장의 광원 내구성 평가

광원 스펙	전북 임실(S)농장		경기도 이천(J)농장	
	CFL(20W)	LED(10W)	CFL(20W)	LED(12W)
설치수량(개)	20	20	44	44
불량수량(개)	2	0	6	0
설치기간(일)	60	60	90	90
전기요금(원)	24,883(원)	12,441(원)	37,325(원)	22,395(원)

나. 사용 편의성 및 내구성 향상

1) 동물용의료기기 인증 관련 (안정성 평가)

가) 농림축산검역본부 고시 제 2015-7호

- 본 연구과제에서 개발된 극미약광조사기의 동물용의료기기 인증 관련 시험은 의료기기법 제 19조, 제 46조 및 동물용의약품등취급규칙 제 45조에 근거하여 개정된 농림축산검역본부의 고시 (2015.4.9., 개정)를 따르며, 본 연구과제의 결과물은 1종 B 급기기에 해당한다.
- 상기 고시는 품질에 대한 기준이 필요하다고 인정되는 동물용의료기기에 대하여 그 적용범위, 형상 또는 구조, 시험규격, 기재사항 등을 기준규격을 정하여 동물용의료기기의 품질관

리에 적정을 기하는데 그 목적을 두고 있다.

나) 동물용 의료기기의 전기기계적 안전에 관한 공통기준규격 시험

- 경기도 과천 소재 한국화학융합시험연구원 (KTR)에서 본 시험을 수행하였으며, 발급 받은 시험성적서 번호는 MRK-000066 이다.
- 세부 시험 항목 및 적합 판정결과 (적합; P)에 대한 요약은 다음과 같다. 일반요구사항 (P), 시험에 관한 일반 조건 (P), 전원입력 (P; 표시 정격 70 mA, 측정값 62.83 mA, 시험 결과 -10.24%), 전압 및 에너지의 제한 시험 (P; 0 V), 외장 및 보호덮개 시험 (P; 활전부분에 대한 보호외장을 갖추, 공구를 사용해서만 분리됨), 보호접지/기능접지/등전위화 (P; 0.058 Ω), 누설전류 (P), 내전압 (P), 기계적 강도 (P; 45 N 의 힘을 인가 시 이상이 없음, 3회 타격 후 이상이 없음, 1 m 높이에서 3회 낙하시 이상이 없음, 가동부 (P), 표면/모서리/테두리 (P; 위험우려가 있는 부분 없음), 정상적 사용 시의 안전성 (P; 10o 의 각도의 경사에서 전도되지 않음), 과온 (P), 습기 (P), 청소/소독/멸균 (P), 전원의 차단 (P; 안전상 위험이 없도록 설계됨), 부품/조립일반 (P), 전원부 부품 및 배치 (P; 전원플러그 떼어냄 가능, 도선단면적 3C X 1.0 mm², 2개의 위상선에 퓨즈<250 V, 3 A>가 설치됨, 절연거리 적합) 등이 포함되어 있다.

다) 동물용 의료기기의 전자파 안전에 관한 공통기준규격 시험

- 경기도 과천 소재 한국화학융합시험연구원 (KTR)에서 본 시험을 수행하였으며, 발급 받은 시험성적서 번호는 MRK-000066E 이다.
- 관련 시험 항목에 대한 결과 요약은 아래의 표와 같다.

규격		시험 항목/주파수	결 과
EMI	KN 11	전원단자 방해전압(0,15~30 MHz)	적 합
		불연속 전원단자 방해전압(0,15~30 MHz)	N/A
		방사 방해(30~1,000 MHz)	적 합
EMS	KN 61000-4-2	정전기 방전 내성 시험	적 합
	KN 61000-4-3	RF 방사내성 시험(80 MHz~2.5 GHz)	적 합
	KN 61000-4-4	전기적 빠른 과도현상/버스트 내성 시험	적 합
	KN 61000-4-5	서지 내성 시험	적 합
	KN 61000-4-6	전도 내성 시험(0,15~80 MHz)	적 합
	KN 61000-4-8	전원 주파수 자기장 내성 시험	적 합
	KN 61000-4-11	전압강하 및 순시정전	적 합
	IEC 60601-1(2007) 4.10.2	전원 주파수 변동	적 합



TEST REPORT

우 13810 경기도 과천시 교육원로 96 (중영동) TEL (02)2164-0011 FAX (02)2634-1068
 성적서번호 : MFK-090066 합 수 일 자 : 2017년 10월 26일
 대 표 자 : 박미정 시험완료일자 : 2017년 12월 19일
 업 체 명 : (주)바이오라이트
 주 소 : 서울특별시 송파구 중민로 52, 206 (문정동, 가든파이버엑스A)

시 료 명 : 개별용광양자조사기

시험결과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
전기기계적 안전에 관한 시험	-	포토니아 AN18	별첨#1 참조; 별첨#1 참조	
전자파 안전에 관한 시험	-	포토니아 AN18	별첨#1 참조; 별첨#1 참조	

전기기계적 안전에 관한 시험: 동물용의료기기의 전기기계적 안전에 관한 시험(농림축산검역본부 고시 제 2015- 7 호)

- 시험기간 : 2017.11.14 - 2017.12.19

별첨#1 : 의뢰자제시규격 - 시험항목 및 시험결과

용 도 : 품질관리용

- 비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명의로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인용 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.
 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
 3. 이 성적서는 원본(등본 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

Ahn Seungmin
 작성자 : 안성민
 E-mail : hscn@ktr.or.kr

Jun-Sik Cho
 기술책임자 : 조진식
 Tel : 1577-0931(ARS 3--4)

2017년 12월 19일

KTR 한국화학융합시험연구원



위변조 확인용 QR code

Page : 1 of 1

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE
 KTR-QP-T09-F01-02(07)

A4(210 X 297)

[붙임#1]

성적서 번호: MFK-000066E

- 신 청 자 ◦ 회 사 명 : 바이오라이트
 ◦ 주 소 : 서울시 송파구 중민로 52, 가든파이버 엑스 A-206
 ◦ 대표자명 : 박미정

시험성적서의 용도 : 일반의뢰

시험대상품목 : 개별용광양자조사기

모델 / 정격 : 포토니아 AN18/ 220 V ~, 60 Hz

시험기간 : 2017년 11월 14일 ~ 2017년 11월 22일

시험방법 : 동물용의료기기의 전자파안전에 관한 공통기준규격
 (농림축산검역본부 고시 제 2015-07 호 1종 B 급기기)

- 비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명의로 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며 성적서의 진위 확인은 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.
 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용 등으로 사용될 수 없으며 용도 이외의 사용을 금합니다.
 3. 이 성적서는 원본(등본 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

작성자 : 김승태
 E-mail : ksb7506@ktr.or.kr

기술책임자 : 임옥조
 Tel : 02-2092-4071

2017년 11월 22일

KTR 한국화학융합시험연구원
 KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE



KTR-QI-Y10053-F09(04)

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE



2) 내구성 시험 관련

가) 방수방진 등급

- 방수방진 등급 (IP; Ingress Protection)에 대한 한국산업규격은 KS C IEC 60529이며, 국제규격 IEC 60520와 기술적 내용 및 규격이 동일하다. 이 규격은 정격전압 72.5 Kv 이내의 전기장비와 외함의 방진 방수 보호등급을 분류하는데 적용하며 이규격의 목적은 기기 접근에 대한 사람이나 가축을 보호하고, 해충, 진균 및 외부 분진 등의 침투에 대한 내부 기기를 보호하며, 물, 습기, 오일 등의 침투로 인한 내부 기기를 보호하는데 있다. IP코드는 두 자리로 되어있는데 첫 번째 숫자는 방진등급, 두 번째 숫자는 방수등급을 가리킨다. 본 연구과제를 통해 개발된 극미약 광조사기의 IP 등급은 방진보호정도 6번 (완전한 방진구조), 방수보호정도 4번 (전방향으로 비산되는 물로부터의 보호)를 선택하여 내구성 시험을 실시하였다.

나) 방수방진 시험

- 경기도 과천 소재 한국화학융합시험연구원 (KTR)에서 본 시험을 수행하였으며, 발급 받은 시험성적서 번호는 CUS2017-7910 이며, 시험결과 요약은 아래와 같다.

시험 항목		시험 기준	단위	시험 결과
IP64	제 1특성 숫자 (6)	먼지 침투 없을 것	-	침투 없음
	제 2특성 숫자 (4)	모든 방향에서 외함으로 튀긴 물은 해로운 영향을 미치지 않을 것	-	해로운 영향 없음

* 비교 : IP 시험 방법은 KS C IEC 60529 : 2013에 따라 시험한 결과임.



다. 현장 적용 최적 모델 개발

1) 설치 매뉴얼 개발

가) 제품 설치 시 유의사항

- 제품은 본래의 용도로만 사용해야 하며 이외의 용도로 사용 시 과전류 또는 과열로 제품기능 이상의 위험이 있다.
- 설치장소에 공급되는 전원이 안정적이어야 하며, 입력 (charging), 출력 (discharging) 기준전압 (voltage)이나 전류량 (ampere)을 벗어나서는 절대로 안 된다.
- 제품의 고장 수리를 위해서는 반드시 전문가의 도움을 받아야 하므로, 함부로 제품의 케이스를 열거나 분해하지 않아야 한다.
- 제품을 떨어뜨리는 등의 큰 충격을 가하지 않도록 주의한다.
- 전원 코드가 연결되어 있을 때에는 감전의 위험이 있을 수 있으니 전원 장치 부위를 만지지 말고, 제품을 설치하거나 이동할 때에는 반드시 제품에 연결된 모든 케이블을 뽑아야 한다.

나) 전기설비 관련

- 제품을 설치할 해당개소의 건축도면과 설치 상세도를 보고 분전함, 스위치, 콘센트의 설치위치와 전반적인 전기시설관련사항을 숙지한다. (가용전력범위, 전기적안정성, 분전함 위치, 기 설치된 전기관련제품의 안전성 및 사용여부 등)
- 본 제품의 사용만을 위한 단독배선을 권장한다. (관리의 용이성, 빠른 a/s 처리, 전기적 안정성을 위함)
- 전기적 안정성 평가에 따른 AVR (정전압 유지장치)의 사용여부를 결정한다.
- 축사 내·외부특성 (고온, 고습, 강우 시 노출)에 따른 전기배선상의 누전, 유해 조수에 의한 배선라인의 훼손 등에 대비하여 적절한 조치를 취한다.

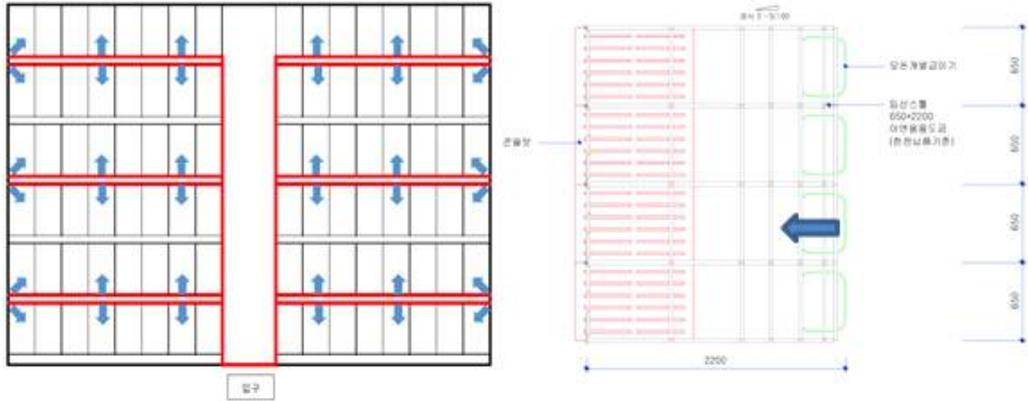
다) 기기설치 관련

- 설치될 장소의 규모, 상황을 고려하여 적절한 설치 설계를 완성하고 설치대수, 위치, 방향, 거치방법을 결정한다.
- 설치설계에 따른 기기설치위치의 주변 환경을 파악한다. (기존 구조물과의 간섭여부, 강수 및 소독 작업 시 노출여부, 천정 및 벽면과의 최소 이격거리, 조사 대상개체와의 최적거리 및 방향 충족여부 등)
- 설치완료 후 제품의 조사구 부분은 부드러운 천 등으로 닦아내어 청결히 유지할 수 있도록 지도감독 한다.

라) 양돈장 구성도

- [표준 **입신사**] 기준 3스틀 당 /1대 (650*3*2200mm=4.29m²)

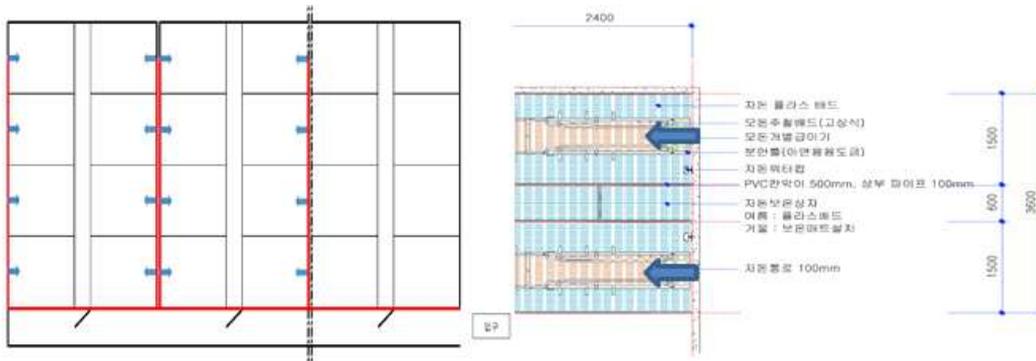
※ 별도의 개별 차단기 설치 요구 (220v / 60Hz)



- [표준 **분만사**] 기준 1스틀 당 /1대 {(1500+600)*2400mm=5.04m²}

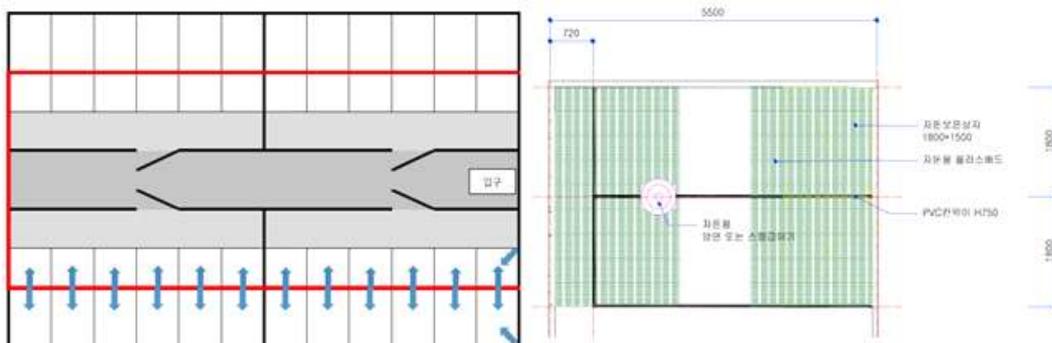
※ 별도의 개별 차단기 설치 요구 (220v / 60Hz)

※ 보온등과 같은 센서등과 인입 금지



- [표준 **자돈방**] 기준 방 당 /2대 (1800*5500mm=9.9m²)

※ 별도의 개별 차단기 설치 요구 (220v / 60Hz)



마) 현장 설치 사진 예

- 임신사 (별도 거치대, 급이 파이프, 천정 구조물 활용) 설치 사진 예



- 분만사 (측면 및 중앙 급이용 파이프 활용) 설치 사진 예

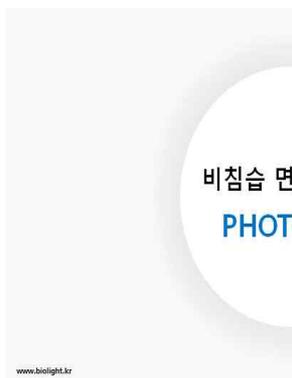
- 이유사 (급이용 파이프, 행잉 방식, 벽면 활용) 설치 사진 예



2) 교육 및 컨설팅 자료 개발

가) 농가 교육용 (낙농, 양돈) 홍보 ppt. 작성

- 비침습 방식 및 극미약광 개요 설명
- 세포자체가 발생시키는 빛의 수준을 극미약광이라고 합니다. 이와 유사한 세기와 특징을 갖는 극미약광을 생명체에 조사하여 생명에너지 생산을 효율적으로 하게 하는 기기입니다.



#1 비침습
면역증진기

www.bioglight.kr

- 세포자체가 발생시키는 빛의 수준을 극미약광이라고 합니다.
- 이와 유사한 세기와 특징을 갖는 극미약광을 생명체에 조사하여 생명에너지 생산을 효율적으로 하게 하는 기기입니다.

* 비침습 (non-invasive) 방식이던, 재내에 시술 기구 등을 삽입하지 않아 생체에 고통을 주지 않는 방법입니다.

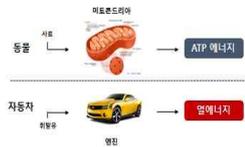


PHOTONIA
동물용 면역증강 광조사기

- 동물이 미토콘드리아에서 ATP 에너지 (생명에너지)를 생산 하는 것은, 자동차가 엔진을 이용해 열에너지를 생산 하는 것과 같습니다. 생명체는 ATP 에너지로 단백질을 합성하거나 근육을 움직입니다. 비침습 면역증진기기 (BEP)는 ATP 에너지 생산 효율을 증가하도록 도와주어, 생명체를 활성화시켜 주도록 고안된 기기입니다.
- 미토콘드리아는 영양분들과 우리가 숨을 쉴 때 들이마시는 산소를 이용해 세포가 필요로 하는 에너지 동력인 ATP를 만들어 냅니다. 자동차의 엔진이 휘발유로 에너지를 만들어 자동차를 움직이는 동력을 만들어 내는 것과 비슷한 원리 입니다. 미토콘드리아는 곧 우리의 생명 엔진과 같은 것이고, 세포의 에너지 발전소 입니다.
- 모든 동물에서 마찬가지로이지만, 먼저 젖소의 경우를 살펴보면 극미약광조사기로 인해 증가된 ATP 생체에너지는 체내 항상성유지에 기본적으로 좋은 영향을 미치며, 이로 부터 유질, 유량 개선 및 분만 후 회복 능력 향상, 평균 산차수 연장, 번식/사료효율 증가 및 혹서기 스트레스 극복에 관여합니다.

#2 생명에너지 생산효율

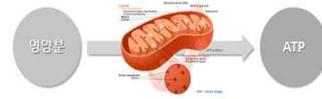
- 동물이 **미토콘드리아**에서 ATP에너지(생명에너지)를 생산 하는 것은, 자동차가 **엔진**을 이용해 열 에너지를 생산 하는 것과 같습니다.
- 생명체는 ATP에너지로 단백질을 합성하거나 근육을 움직입니다.
- 비침습 면역증진기기(BEP)는 **ATP에너지 생산 효율을 증가**하도록 도와주어, 생명체를 활성화시켜 주도록 고안된 기기 입니다.



www.biolight.kr

#3 몸의 엔진 미토콘드리아

- **미토콘드리아**는 영양분들과 우리가 숨을 쉴 때 들이마시는 산소를 이용해 세포가 필요로 하는 에너지 동력인 **ATP**를 만들어 냅니다.
- 자동차의 **엔진**이 휘발유로 **에너지**를 만들어 자동차를 움직이는 동력을 만들어 내는 것과 비슷한 원리 입니다.
- 미토콘드리아는 곧 우리의 생명 엔진과 같은 것이고, **세포의 에너지 발전소** 입니다.



www.biolight.kr

#4 젖소의 건강 농가의 소득

- 유질, 유량 개선 및 분만 후 회복 능력 향상
- 평균 산차 수 연장, 번식, 사료효율 증가
- 혹서기 스트레스 극복



www.biolight.kr

- 낙농현장 설치 예 (사진 첨부)
- 비침습 면역증강기기 실증 ('12~'13, 천안시 농업기술센터); 수태 당 수정 횟수 감소 : 2.09 → 1.63 회; 평균 체세포 수 감소 : 365,000 ('12) → 191,000 ('13)
- 낙농경쟁력 향상 및 항생제 대체 평가 사업 (농업기술실용화재단, 임실 치즈농협); 참여농가 9 / 분석농가 6 (우사붕괴, 목장이동, 사료변경 목장 제외); BEP 설치일 : 2012년 9월 ; 분석기간 : 설치 전, 후 12개월 (2011년 10월~2013년 10월); 305일 평균유량 및 평균 산차 증가, 체세포 및 공태일수 감소
- 국립축산과학원 신기술 보급사업 (젖소, 2015); 염증성 관련 질병 저항성 향상 (관련 면역 물질 IL-2, INF-gamma 증가); 우균 체세포 등급 분포 변화율 개선
- 생산성 향상 사업 (고흥군, 농업기술실용화재단); 참여농가 2 / 분석농가 2 / 처리두수 36 BEP설치일 : 2013년 4월 / BEP처리구 : 4.5,6월 분만 송아지 ; 실험 항목 : 혈액내 항산화 효과 분석, 평균증체량 ; 분석기간 : 분만 ~ 이유 (약 100일)

#5 낙농 현장설치 예



www.bioight.kr

#5 낙농 현장설치 예



www.bioight.kr

#6 낙농 현장실증_1

- 비침습 면역증강기기 실증 ('12~'13, 천안시 농업기술센터)
- 수태 당 수정 횟수 감소 : 2.09 → 1.63 회
- 평균 체세포 수 감소 : 365,000 ('12) → 191,000 ('13)



www.bioight.kr

#6 낙농 현장실증_2

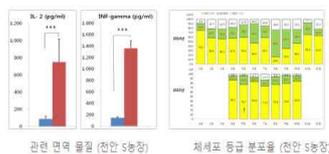
- 낙농경쟁력 향상 및 항생제 대체 평가 사업 (농업기술실용화재단, 임실 치즈농협)
- 참여농가 9 / 분석농가 6 (우사붕괴, 목장이동, 사료변경 목장 제외)
- BEP 설치일 : 2012년 9월
- 분석기간 : 설치 전, 후 12개월 (2011년 10월~2013년 10월)



www.bioight.kr

#6 낙농 현장실증_3

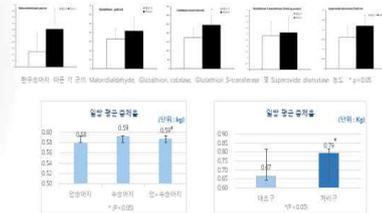
- 국립축산과학원 신기술 보급사업 (젖소, 2015)
- 염증성 관련 질병 저항성 향상 (관련 면역 물질 증가)
- 우균 체세포 등급 분포 변화율 개선



www.bioight.kr

#7 한우 현장실증

- 생산성 향상 사업 (고흥군, 농업기술실용화재단)
- 참여농가 2 / 분석농가 2 / 처리두수 36
- BEP설치일 : 2013년 4월 / BEP처리구 : 4.5,6월 분만 송아지
- 실험 항목 : 혈액내 항산화효과 분석, 평균증체량
- 분석기간 : 분만 ~ 이유 (약 100일)



www.bioight.kr

- 양돈 현장설치 예 (사진 첨부)
- J. Prev. Vet. Med. Vol. 39, No. 3: 89-92, September 2015; 생시 체중, 이유 체중 및 평균 일당 증체량 증가 (생산성 향상); 바이러스 탐식능력 향상, 세포막전위 향상, 호흡기백신 항체형성을 증가
- 모든 2,700두 규모 (충남 J양돈조합법인), 초기 이유자돈 구간 38대 설치; 일당 증체량 증가 및 사고율 감소

#8 양돈 현장설치 예



모든 2700두 규모; 임신, 분만, 이유자돈 120대 설치 (제주시 Y농장)

www.biolight.kr

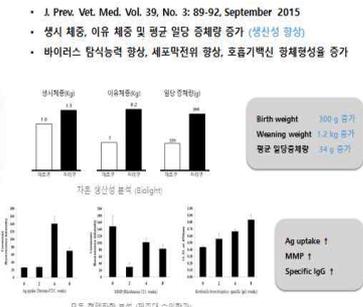
#8 양돈 현장설치 예



모든 2700두 규모; 임신, 분만, 이유자돈 120대 설치 (제주시 Y농장)

www.biolight.kr

#9 양돈 현장실증_1



www.biolight.kr

#9 양돈 현장실증_2



www.biolight.kr

- 관련 인증 현황 및 요약
- 미토콘드리아 기능활성으로 유발된 생체조절기능 향상; 생체 내에서 자연적으로 발생하는 빛과 동일한 세기의 안전성; 외부 첨가 물질에 의한 부작용 감소; 친환경 축산 영위에 부합하는 인프라 제공 가능

#10 관련 인증현황



www.biolight.kr

#11 제품 요약

- 요약 (Summary)
 - 미토콘드리아 기능활성으로 유발된 생체조절기능 향상
 - 생체 내에서 자연적으로 발생하는 빛과 동일한 세기의 안전성
 - 외부 첨가 물질에 의한 부작용 감소
 - 친환경 축산 영위에 부합하는 인프라 제공 가능
- 기타 (ETC)
 - 단, 본 기기의 사용이 생명체 영위의 근본원리를 바꾸지는 못하므로, 환경 및 사양 관리의 고려 필수 !!

www.biolight.kr

3) 생산성 향상 관련 양돈현장 실증평가

가) 실증 실험 계획 안

- 실험 목표 : 건강한 육성돈의 관리를 통한 생산효율 향상 (항병력, 사료효율 관련지표를 기반으로 분석함)
- 실험 방법 : 극미약광조사기 설치(규격: 127 ϕ *42cm, 소비전력 : 20W, 무게: 3.2kg), 육성 비육 구간 44대 (공시축 약 900 두) 설치
- 실험 농장 : 조암농장 (소재지 : 경기도 용인시 처인구 백암면 삼백로 612번지)
- BEP 처리 및 조사기간 : 2017년 1월 9일 ~ 출하시점

구 분	대 조 구*	처 리 구**
처리내용	BEP 비조사구	BEP 조사구
공시마리수	34 마리 (암, 수 구분)	33 마리 (암, 수 구분)
실험방법	2017년 1월 11일 체중측정 2017년 2월 10일 체중측정	2017년 1월 11일 체중측정 2017년 2월 10일 체중측정

* 대조군(11월 22일 전입) : BEP 비조사구,** 처리군(12월 14일 전입) : BEP 조사구

- 조사 (분석) 항목 : 증체율 (전입체중, 출하체중), 일당 증체량, 사료요구율 (총사료량/총출하체중), 폐사율, 임상증상 평가 (폐병변지수, 폐사율, 돈방당 위축돈 비율) 등

나) 생산성 평가 1차 결과 (조암 농장)

- 평가기간 : 2017년 1월 11일~2월 10일
- <전체 : 67(마리)/암 28마리, 수 39마리>

구분	1차(kg) (mean \pm SD)	2차(kg) (mean \pm SD)	증체량(kg) (mean \pm SD)	일당증체(g) (mean \pm SD)	암/수	일령(일)
대조구	82.6 \pm 7.7	111 \pm 11.1	28.4 \pm 4.8	914.6 \pm 154.7	15/19	167
처리구	82.0 \pm 7.2	113 \pm 7.3	30.9 \pm 4.3	997.5 \pm 139	13/20	149
차이			2.5 \uparrow	82.9 \uparrow		

- 생산성 평가 1차의 경우, 처리구 33 마리와 대조구 34 마리의 1차 체중은 처리구가 82 kg, 대조구가 82.6 kg로 대조구가 평균 0.6 kg 정도로 약간 더 무겁게 나왔으나 대조군의 경우 전입일이 약 20일 정도 빠른 것이 영향을 미쳤을 것으로 보인다. 반면 2차 체중 결과 대조구가 평균 111 kg, 처리구가 113 kg로 처리구가 2 kg 정도로 더 높게 나타났다. 1차와 2차 체중측정 기간인 31일 동안 증체량은 대조구가 28.4 kg, 처리구가 30.9 kg로 처리구가 2.5 kg정도 높게 나타났다. 일당증체의 경우도 처리구가 82.9 g정도 증가한 것으로 나타났다. 두 군 간의 차이는 암수 차이가 영향을 줄 수 있는 변수이기에 이를 보정하기 위한 공변량 분석을 실시한 결과, 처리군에서 증가하는 경향을 보였으나 통계적인 유의성을 나타내지는 않았다. 생산성 1차 평가의 경우 전체 비육구간 중의 일부 기간에 일부 개체들을 대상으로 실험을 진행한 경우에 해당하여 사료급이량 분석이 어려움이 있어, 2차 분석부터 사료급이량 분석을 통한 사료요구율 및 사료효율을 분석 하였다.

다) 생산성 평가 2차 결과

- 실험재료 : Old version 극미약광조사기 설치 (육성 비육 구간 : 44대)
- 공시축 : 약 860두
- 실험 방법 : 사육기간 동안 극미약광 조사 처리
- 실험 기간 : 전입 ~ 출하시점 (약 120일 내외)

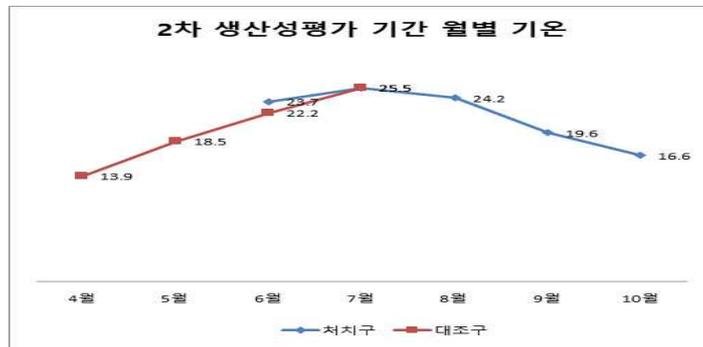
구 분	대 조 구 (4월11일)	처 리 구 (6월15일)
처리내용	무처리	BEP 조사
공시마리수	450	410
기간	전입 ~ 전출 (약 120일)	
실험방법	<ul style="list-style-type: none"> - 차량 계근하여 동별 입식체중 기록 - 동간 돼지이동 금지, 동별 폐사두수, 사료 급여량 기록 	

- 조사 (분석) 항목 : 증체율 (전입체중, 출하체중), 일당 증체량, 사료요구율, 폐사율, 임상증상 평가 (폐병변지수, 폐사율, 돈방당 위축돈 비율) 등
- 조사 결과

	대조구	처리구
전입일	2017년 04월 11일	2017년 06월 15일
전출종료일	2017년 08월 01일	2017년 10월 16일
평균사육일	113(일)	124(일)
전입두수	450	410
전출두수	443	398
폐사두수	10	12
사료량	116,200	93,890
전입평체	32.5	33.4
전출평체	116.8	116.0
전입합계	14,630	13,694
전출(생체중) 합계	51730	46170
사육기간 총 증체량	84.3	82.6
일당증체	0.75	0.67
사료요구율	3.13	2.89

- 생산성 평가 2차 결과, 사육기간 총 증체량은 대조구가 84.3 kg, 처리구가 82.6 kg로 처리구가 1.7 kg정도 작았으나, 사료섭취량은 대조구가 116,200 kg 이었고 처리구가 93,890 kg로 측정되어 결과적으로 처리구가 22,310 kg 더 적게 섭취하였다. 따라서 사료 요구율은 대조구는 3.13 처리구는 2.89로 극미약광 처리구가 더 낮게 평가되었다. 사료요구율 (=사료섭취량/증체량)과 사료효율 (=증체량/사료섭취량)은 농장들의 비용효과에 가장 중요한 변수 중 하나로, 본 기기 (포토니아)는 극미약광 에너지를 생체에 조사함으로써 생체 내에서 에너지 효율을 높이고 생체대사를 촉진하는 기능을 수행하기 때문에, 상대적으로 적은 양의 사료를 섭취하여도 에너지를 효율적으로 생산할 수 있는 기능을 가지고 있다고 추정해 볼 수 있다.

- 기본적으로 축산 양돈 농가의 협조를 전제로 하는 현장 실험에 있어 매년 수반되는 주요 애로점은 본 실험과제 수행보다 농장의 경제성 지표가 최우선적으로 적용되어 지며, 항상 현장의 변수가 존재한다는 점이다. 본 2차 생산성 평가의 경우에는 동시 대조구의 적용이 현실화되지 못한 관계로, 대조구의 경우 4월 11일에 전입하고 8월 1일에 전출하여 기후 조건이 양호한 시기를 거친 반면, 처리구의 경우 6월 15일에서 10월 16일로 대조구에 비해 한여름 혹서기를 지날 수밖에 없는 상황이 발생하였다. 그래프에서 보는 바와 같이 처리구가 6,7,8월의 한 여름을 보냈으며 대조구의 평균 기온은 19.8℃ 였으며 처리구는 22.8℃로 높았다. 이중 30℃를 넘는 기온이 6월에 13일 7월에 15일 8월에 11일에 걸쳐 나타났으며 심지어 37℃의 최고 기온을 기록하기도 하였다. 무더위의 영향으로 폐사율은 처리구에서 2.9%(12두/410두), 대조구에서 2.2%(10두/450두)로 나타났으며, 입식 당시 꼬리 잘림이나 헤르니아등의 문제개체의 경우 처리구 7두, 대조구 6두를 반영하여 분석한 결과 폐사율은 처리구가 1.2%, 대조구가 0.8%로 처리구가 약간 높게 발생하였다. 일당증체량은 대조구 0.75kg, 처리구 0.67kg으로 혹서기 사육으로 인하여 처리구의 사육기간이 길어지면서 일당증체에 영향을 준 것으로 사료된다. 그러나 사료효율에 있어서는 대조구 3.13 대비 처리구 2.89로 분석되어 사료효율이 0.2정도 차이를 나타내었으며 이는 사료비 절감에 기여 할 수 있을 것으로 평가되었다.



- 한편, 1차 평가 때와는 달리, 2차 생산성 평가의 경우, 전입 시 차량 계근 만이 이루어진 관계로 (현실적으로 400여 두의 개체별 체중을 측정하기가 어려움) 개체별 비육돈의 체중 값이 없기에 통계적 검정을 적용할 수 없었던 점이 아쉬웠다. 3차 생산성 평가에서는 반복 평가하여 신뢰성을 높이고자 한다.

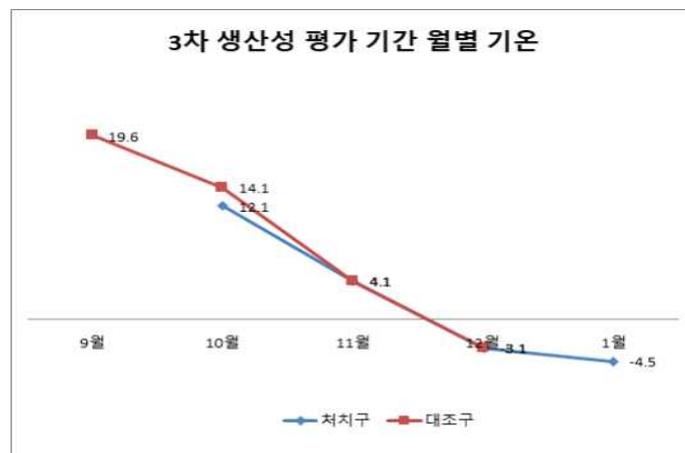
라) 생산성 평가 3차 결과

- 실험재료 : New version 극미약광조사기 (Photonica) 설치(육성 비육 구간 : 44대)
- 공시축 : 약 950두
- 실험 방법 : 사육기간 동안 극미약광 조사 처리
- 실험 기간 : 전입 ~ 출하시점 (약 120일 내외)

구분	대조구 (9월6일)	처리구 (10월17일)
처리내용	무처리	BEP 조사
공시마리수	450	500
기간	전입 ~ 전출 (약 120일)	
실험방법	<ul style="list-style-type: none"> - 차량 계근하여 동별 입식체중 기록 - 동간 패지이동 금지, 동별 폐사두수, 사료 급여량 기록 	

	대조구	처리구
전입일	2017년 09월 6일	2017년 10월 17일
전출종료일	2018년 01월 03일	2018년 02월 01일
평균사육일	120(일)	108(일)
전입두수	450	500
전출두수	425	490
폐사두수	25	10
사료량	107,920	114,930
전입평체	30.8	38.6
전출평체	114.2	115.5
전입합계	13,840	19,280
전출(생체중) 합계	48,409	56,321
사육기간 총 증체량	81.4	75.8
일당증체	0.7	0.7
사료요구율	3.12	3.09

- 3차 생산성평가 결과, 사육기간 총 증체량은 대조구가 81.4 kg, 처리구가 75.7 kg로 처리구가 5.7 kg정도 작았으나, 사육일이 대조구가 120일, 처리구가 108일로 처리구의 사육일이 12일 더 작아 일당증체는 0.7로 같았다. 사료섭취량은 대조구가 107,920 kg 이었고 처리구가 114,930 kg로 측정되어 사료 요구율은 대조구는 3.12 처리구는 3.09로 극미약광 처리구가 더 낮게 평가되었다.
- 그러나 이번에도 처리구가 한겨울 한파를 받는 시기 동안에 사육되어 처리구가 환경이 좋지 않은 상황이었으며, 그래프 상에서 보는바와 같이 처리구가 한겨울인 12월, 1월을 보냈으며 대조구 평균기온은 8.6℃, 처리구 평균기온은 2.6℃로 처리구 평균기온이 6℃정도 낮았다. 그럼에도 불구하고 사료요구율은 처리구가 미약하지만 더 낮았으며 폐사율의 경우 대조구가 5.6%(25두/450두), 처리구가 2%(10두/500두)로 대조구가 높았다. 처음 입식 때 대조구에서 꼬리 잘림과 헤르니아 등의 상태로 들어온 개체는 11두이며 처리구의 경우 헤르니아가 2두 있었다. 이를 반영하여 폐사율을 다시 조정해보면 대조구는 3%, 처리구는 1.6%의 폐사율을 보였다.



- 결론적으로 1, 2, 3차의 현장평가를 시행해 본 결과, 기후 조건이 달랐던 2, 3차의 현장평가에서는 생산성평가 결과 기온의 영향으로 처리구가 더 좋지 못한 기후조건임에도 불구하고 사료요구율이 비슷하거나 더 낮아 생산성이 좋은 것으로 나타났으며, 처리구·대조구 동시 측정을 한 1차 현장평가의 경우 일당증체량에서 처리구가 더 좋은 것으로 나타났다. 이는 본사의 극미약광 조사기가 비육구간에 있어서도 에너지 증강으로 대사효율 향상에 기여하였으며 사료비와 폐사율이 중요한 요소로 작용하는 비육구간에서도 농장의 생산성 향상에 긍정적으로 작용하였다고 할 수 있다.

라. 체외 및 생체 효능 평가

1) 돼지 피부세포 배양 실험 (서울대)

가) 세포 배양 실험

- 바이오라이트가 설치된 인큐베이터와 설치되지 않은 일반 인큐베이터에서 PWG 미니피그 돼지 프라이머리 세포 (passage 7 사용) 를 배양하여 1일부터 5일 차까지 배지 pH 및 세포 활성을 변화를 비교하였다. 날짜별 배양 세포의 배지 pH를 비교하였을 시 대조군과 실험군 간의 유의미한 차이는 관찰되지 않았다.

<표>1 날짜별 pH의 변화

	1일차	2일차	3일차	4일차	5일차
일반 incubator	7.72	7.60	7.55	7.44	7.31
biolight incubator	7.73	7.57	7.57	7.39	7.33

- 날짜별 배양 세포의 살아있는 세포수를 총 배양 세포 수로 나누어 세포 활성율의 %를 비교하였다. 1~3일차에는 바이오라이트 배양 세포의 활성율이 높은 경향이 보였고 4~5일차에는 일반 인큐베이터 배양 세포의 활성율이 높게 관찰되었다.

<표> 날짜별 세포 활성율 (살아있는 세포/ 전체 세포수의 비율*100)의 변화

	1일차	2일차	3일차	4일차	5일차
일반 incubator	82.54	91.59	87.14	94.30	88.37
biolight incubator	91.63	92.78	91.48	88.44	87.84

나) OCR test

- 실험 목적 ; 바이오라이트가 설치된 인큐베이터 배양 세포의 미토콘드리아 호흡율이 증가할 것이라고 가정하고 XF96 Analyzer를 사용하여 바이오라이트 설치 인큐베이터와 일반 인큐베이터에서 배양한 세포의 basal respiration 값을 비교하였다
- 실험에 적합한 세포 수 확인을 위한 초기 실험 ; 17년 6월 23일 PWG 미니 피그 8번 Primary cell을 사용하여 (Passage 7, seeding 세포 수 : 3000/well, 5000/well), 실험 수행에 필요한 적정 세포 culture 수를 확인하기 위해 진행하였으며 control군과 biolight군의 세포의 passage별 OCR값의 비교한 결과, Control 군과 비교하여 Biolight incubator 배양 세포의 OCR 값이 상승한 것으로 보아 미토콘드리아 대사율에 영향을 미치는 경향성이 있다고 판단되어 Passage를 다양하게 하며 세포수를 증가하여 추가 실험 진행하였다.

<표> 실험 결과 OCR 값

	세포 수	OCR 값
Control 1	3000/well	32.54333
Biologht 1	3000/well	57.65
Control 2	5000/well	52.38
Biologht 2	5000/well	77.76667

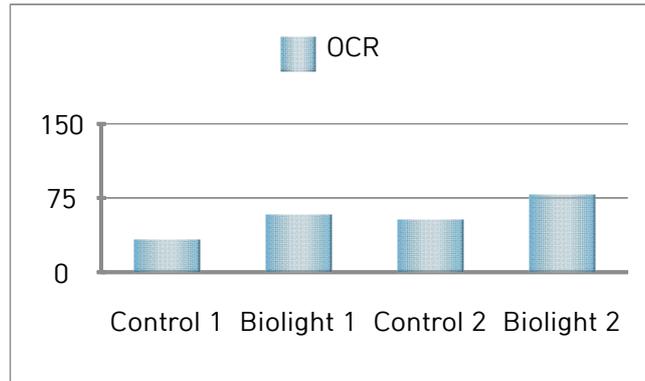


그림. OCR 값의 그래프 비교

- 세포 수를 고정하여 3번 실험한 결과의 통합 ; ① 측정 1 : 17년 7월 28일, ② 측정 2 : 17년 8월 11일, ③ 측정 3 : 17년 9월 8일에 각각 PWG 미니 피그 8번 Primary cell (Passage 4, 8, 16, seeding 세포 수 : 10000/well)을 사용하여 control군과 biolight군의 세포의 passage별 OCR값의 비교하기 위해 실험을 진행한 결과, biolight 군의 OCR 변동 폭이 Control 군에 비하여 낮은 점이 관찰되는 것을 보아 보다 안정적인 산소 소비율을 보이는 것으로 보인다. 총 3회의 실험 중에 Control 군의 계대 수별 산소 소비율 측정의 변화가 동일하지 않은 양상을 보이는 점에 관하여 추가 실험이 필요할 것으로 생각된다.

<표> 측정 결과별 OCR 값 결과

	측정 1		측정 2		측정 3		평균	
	control	biolight	control	biolight	control	biolight	control	biolight
passage 4	129.21	68.94	102.23	78.32	32.22	40.45	87.89	68.24
passage 8	87.8	79.18	121.35	84.36	53.70	56.62	87.62	73.39
passage 16	58.58	77.16	56.56	54.87	65.13	34.76	60.09	55.60

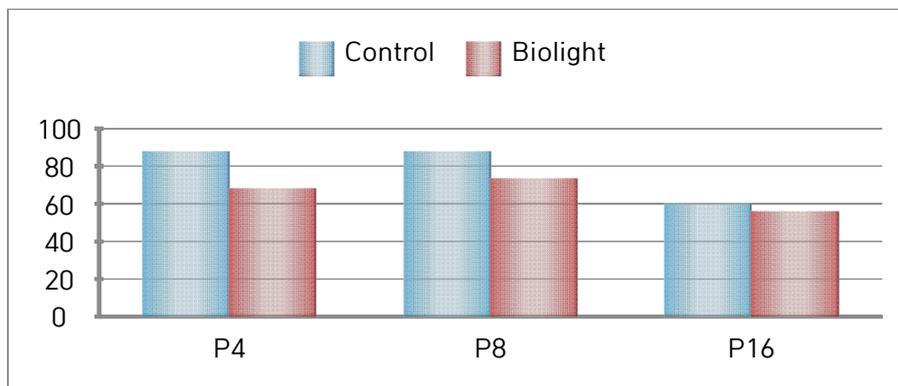


그림. 전체 실험 결과 평균의 control과 biolight 군의 계대수별 비교 그래프

2) 돼지 생식세포 보완 실험 (강원대)

- 본 과제 1차년도 기본실험에 이어, 추가 실험을 진행하였고, 그 결과를 대한수의학회지 (Korean Journal of Veterinary Research) 제57권 2호 89~95에 게재함; 논문의 주요 내용을 아래에 요약하였음
- 논문제목 : Oocyte maturation under a biophoton generator improves preimplantation development of pig embryos derived by parthenogenesis and somatic cell nuclear transfer

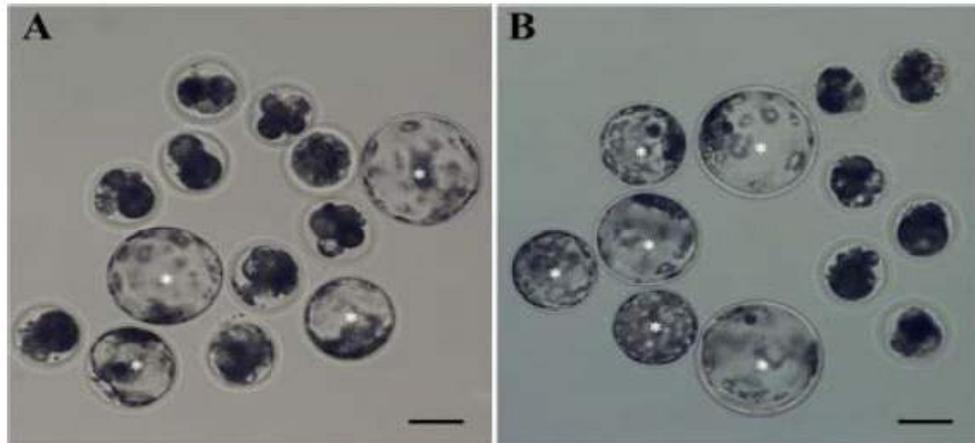


그림. Photomicrographs of blastocysts (asterisks) produced by parthenogenetic activation using oocytes that were untreated (A) and treated with biophoton (B) during *in vitro* maturation (IVM). Scale bars = 100 μm.

Table 1. Effects of biophoton treatment during IVM of oocytes on embryonic development after parthenogenesis (PA)

Biophoton treatment	% of oocytes that reached metaphase II	Number of PA oocytes cultured*	% of embryos developed to		Number of cells in blastocyst
			≥ 2-cells	Blastocyst	
No	88.7 ± 2.1	141	97.1 ± 0.1	42.7 ± 2.8 ^a	34.6 ± 1.5
Yes	90.9 ± 1.5	142	97.2 ± 1.2	50.7 ± 1.4 ^b	35.5 ± 1.3

*Four replicates. ^{ab}Values in the same column with different superscript letters are different ($p < 0.05$).

- 표 1; 극미약 광조사기 처리구의 난자를 단위발생 시켰을 때, 대조군에 비해 통계적으로 유의한 수준의 배반포로의 발육률을 나타내었다. 한편 난자의 핵성숙률, 단위발생란의 분할율 및 배반포의 세포수 등은 각 군 간의 유의적 차이를 보이지 않았다.

Table 2. Effects of biophoton treatment during IVM of oocytes on embryonic development after somatic cell nuclear transfer (SCNT)

Biophoton treatment	% of oocytes that reached metaphase II	Membrane fusion (%)	Number of SCNT oocytes cultured*	% of embryos developed to		Number of cells in blastocyst
				≥ 2-cells	Blastocyst	
No	91.7 ± 1.8	77.4 ± 2.1	166	82.3 ± 2.1	29.2 ± 3.6	43.9 ± 3.3 ^a
Yes	93.2 ± 1.8	77.4 ± 2.2	155	87.5 ± 5.6	37.4 ± 5.3	52.6 ± 2.8 ^b

*Four replicates. ^{ab}Values in the same column with different superscript letters are different ($p < 0.05$).

- 표 2; 극미약 광조사기 처리구의 난자를 체세포핵이식에 공여하였을 때, 대조군에 비해 통계적으로 유의한 수준의 배반포 수를 보였다. 한편 핵이식란의 분할율 및 배반포의 발육률 등은 각 군 간의 유의적 차이를 보이지 않았다.

Table 3. Effects of biophoton treatment during IVM on cumulus cell expansion, diameter of ooplasm and intraoocyte glutathione (GSH) content

Biophoton treatment	Number of oocytes examined for cumulus cell expansion	Cumulus cell expansion score*	Number of oocytes examined for diameter and GSH	Diameter (μm) of ooplasm	Relative level (pixels/oocyte) of GSH
No	43	3.42	34	114.7 ± 0.5	1.00 ± 0.09
Yes	36	3.47	34	115.6 ± 0.7	1.05 ± 0.10

*Cumulus cell expansion was scored as 0 (no response), 1 (minimum observable response with the cells in the outermost layer of the cumulus becoming round and glistening), 2 (expansion of outer cumulus cell layers), 3 (expansion of all cumulus cell layers except the corona radiata), and 4 (expansion of all cumulus cell layers).

- 표 3; 극미약 광조사기 처리구 난자의 난구세포 확장 및 난세포질 직경을 조사한 바, 처치군 간의 통계적 유의성을 찾을 수 없었다. 한편 제 2 감수분열 중기 난자 내 GSH 함량 또한 차이를 보이지 않았다.

Table 4. Effects of biophoton treatment during IVM on mitochondrial distribution of pig oocytes

Biophoton treatment	Number of oocytes examined	Density of mitochondria	Number of oocytes showing normal distribution of mitochondria (%)*
No	60	1.00 ± 0.04	50 (83.3)
Yes	60	1.01 ± 0.05	48 (80.0)

*Normal distribution, intact mitochondria evenly distributed in the ooplasm of MII oocytes; abnormal distribution, mitochondrial reduced uneven distribution or mitochondrial broken distribution.

- 표 4; 온전한 미토콘드리아가 난세포질 내 균일한 분포를 보이는 정상 분포의 비율을 조하해 본 바, 각 처치군 간의 통계적 유의성이 발견되지 않았다.

Table 5. Effect of biophoton treatment during IVM and *in vitro* culture (IVC) on embryonic development after PA

Biophoton treatment during		% of oocytes that reached MII	Number of PA oocytes cultured*	% of embryos developed to		Number of cells in blastocyst
IVM	IVC			≥ 2-cells	Blastocyst	
No	No	90.6 ± 2.2	161	91.8 ± 2.2	40.9 ± 1.9 ^a	41.9 ± 1.9 ^{ab}
No	Yes	91.1 ± 1.6	197	93.4 ± 1.7	49.5 ± 3.7 ^{ab}	40.7 ± 1.7 ^a
Yes	No	91.2 ± 2.9	195	91.8 ± 1.6	52.7 ± 2.9 ^b	40.9 ± 1.4 ^a
Yes	Yes	91.2 ± 2.9	196	95.2 ± 1.6	47.8 ± 3.5 ^{ab}	45.5 ± 1.9 ^b

*Five replicates. ^{ab}Values in the same column with different superscript letters are different ($p < 0.05$).

- 표 5; 체외 성숙 및 배양에 극미약 광조사기 처리 여부에 따른 단위발생 후 각 군 간의 배반포로의 발육률은 무처리 군에 비해 성숙 처리군에서 통계적으로 유의미한 차이를

보였으며, 배반포 수는 에 있어서는 배양 처리군에 비해 성숙과 배양 모두에 처리한 군에서 통계적으로 유의한 성적을 나타내었다.

Table 6. Number of inner cell mass and trophectoderm cells in PA blastocysts derived after treatment with biophotons during IVM and/or IVC

Biophoton treatment		Number of blastocysts examined	Cell number of blastocysts		Proportion of inner cell mass
IVM	IVC		Inner cell mass	Trophectoderm	
No	No	28	10.7±1.2	29.9±2.4	26.0±1.7
No	Yes	30	11.7±1.5	30.2±2.3	28.2±2.0
Yes	No	37	10.2±0.9	28.7±1.4	25.7±1.5
Yes	Yes	34	12.6±1.2	33.4±3.0	27.6±1.6

- 표 6; 체외 성숙 및 배양에 극미약 광조사기 처리 여부에 따른 단위발생 후 각 군 간의 배반포에서의 세포 수 및 내세포괴/영양막세포 수를 비교해본 바, 통계적으로 유의적인 차이를 발견하지는 못하였다.
- 돼지 난자의 단위발생 및 체세포핵이식 후 체외발육에 있어, 성숙 및 배양기간 동안의 극미약광 조사는 전체적으로 긍정적인 영향을 미친것으로 평가되었다. 비록 수정란의 발육능 및 질을 평가하는 일반적인 지표들을 검토 (난구세포 확장, 난세포질 직경, 난세포질 내 GSH 함량 및 정상 미토콘드리아 분포율 등)하였을 때, 본 실험에서는 명확한 차이를 발견하지는 못하였지만, 생리학적 기전에 관한 추가 실험이 진행되어야 할 필요가 있어 보인다.
- 결론적으로, 돼지 단위발생 및 체세포핵이식 수정란에 있어 극미약광조사기의 체외성숙 기간의 조사는 체외발육능을 개선시키는 것으로 확인되었다.

3) 생체 효능 평가 실험

가) 용역연구과제 수행

- 수탁연구기관 : (주)이노백
- 실험동물인 기니픽에 극미약광조사기 (포토니아) 조사 시 혈액화학적 수치/혈액 세포에 대한 영향 및 면역능에 미치는 영향을 평가하고자 함

나) 실험 항목 및 방법

<표> 실험 항목 / 목적

항 목	목 적
CBC (complete blood cell count)	혈액 내 혈구의 수치를 통하여 건강상태를 평가
Blood Chemistry	혈액 내 여러지표의 수치를 통하여 건강상태를 평가
중화항체가	PCV2 백신 접종에 의해 형성된 항체의 중화항체를 비교하여 극미약광 면역증진기기가 체액성 면역 형성에 미치는 영향 평가
INF-γ / IL-10	PCV2 백신에 의한 cytokine 생성량을 통하여 극미약광 면역증진기기가 세포 매개성 면역에 미치는 영향 평가

<표> 실험 일정 및 사육환경

구 분	일 정	실험 항목
기니픽 입고	2017.10.30	-
1차 채혈	2017.11.06	CBC, chemistry, 중화항체가
조사 시작	2017.11.07	-
백신 접종	2017.11.14	PCV2 백신 접종
2차 채혈	2017.12.05	CBC, chemistry, 중화항체가
3차 채혈 / 안락사	2017.12.19	CBC, chemistry, 중화항체가 INF-gamma, IL-10

<표> 실험군 설정

대조군	실험군
기니픽 8마리	기니픽 8마리
PCV 백신만 접종	PCV 백신 접종과 photonia 조사 수행

<표> 포토니아 조사 방법

구분	내용
온도	17 ~ 27 °C
습도	30 ~ 70 %
명암(낮/밤)	12시간 간격
Cage당 마리수	1마리
Cage 규격 (W x H x D)	23.5 x 22 x 35.5 cm

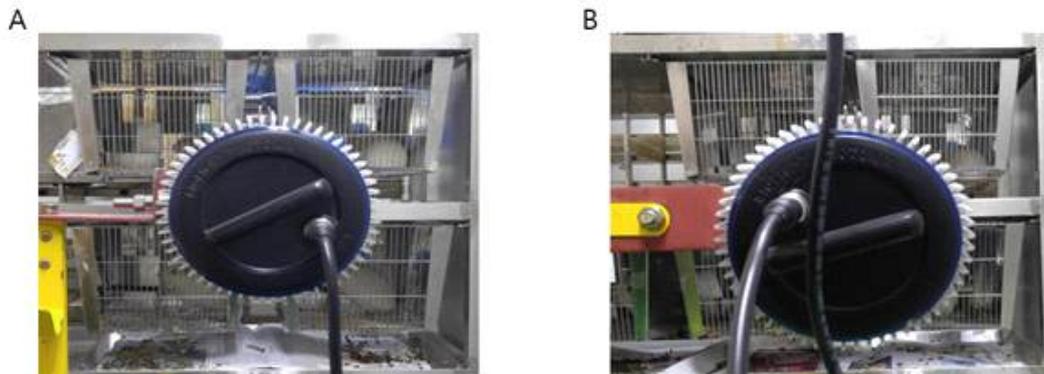


그림. 포토니아 설치 사진

<표> 접종 백신 : 썬코-원 (돼지 썬코바이러스백신 PCV2, 중앙백신연구소) 2 ml (1두분)

구 분	내 용
돼지 썬코바이러스 2형(CAKY98)	10 ^{6.2} FAID ₅₀ 이상
Adjuvant(부기 1.)	10%
불활화제(부기 2.)	0.3% 이하

<표> 혈액세포 개수 측정 (Complete blood cell count); 분석 IDEXX사의 ProCyte Dx. 사용

No.	실험 항목	비고
1	Red Blood cell	Red Blood cell
2	Hemoglobin	
3	Total White Blood cell	White Blood cell
4	Basophils	
5	Eosinophil	
6	Neutrophil	
7	Monocyte	
8	Lymphocyte	
9	Platelets	Platelets

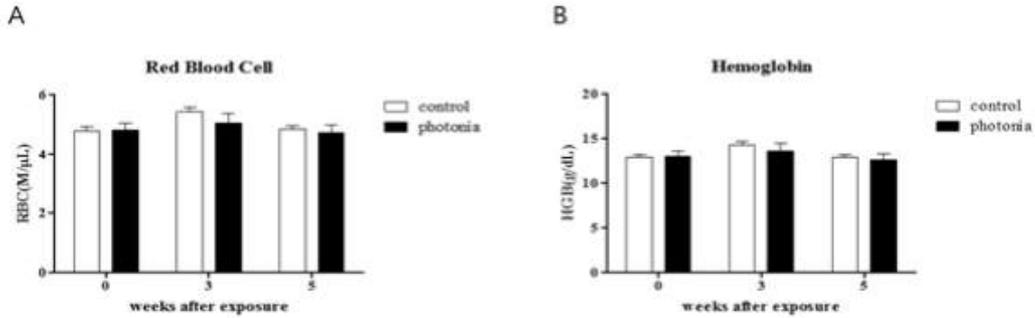
<표> 혈액 화학수치 측정 (Blood chemistry); 분석 IDEXX사의 Catalyst Dx. 사용

No.	실험 항목	비고
1	Glucose	당
2	Creatine	신장수치
3	Blood urea nitrogen	
4	Alanine Amonotransferase	
5	Alkaline Phosphatase	간수치
6	Gamma Glutamyltransferase	
7	Tatal bilirubin	췌장
8	Amylase	
9	Total Protein	단백질
10	Albumin	
11	Globulin	
12	Sodium	이온
13	Potassium	
14	Chlorine	
15	Cholesterol	지방
16	Tri glyceride	
17	Phosphorus	인
18	Calcium	칼슘
19	Osmotic	혈액삼투

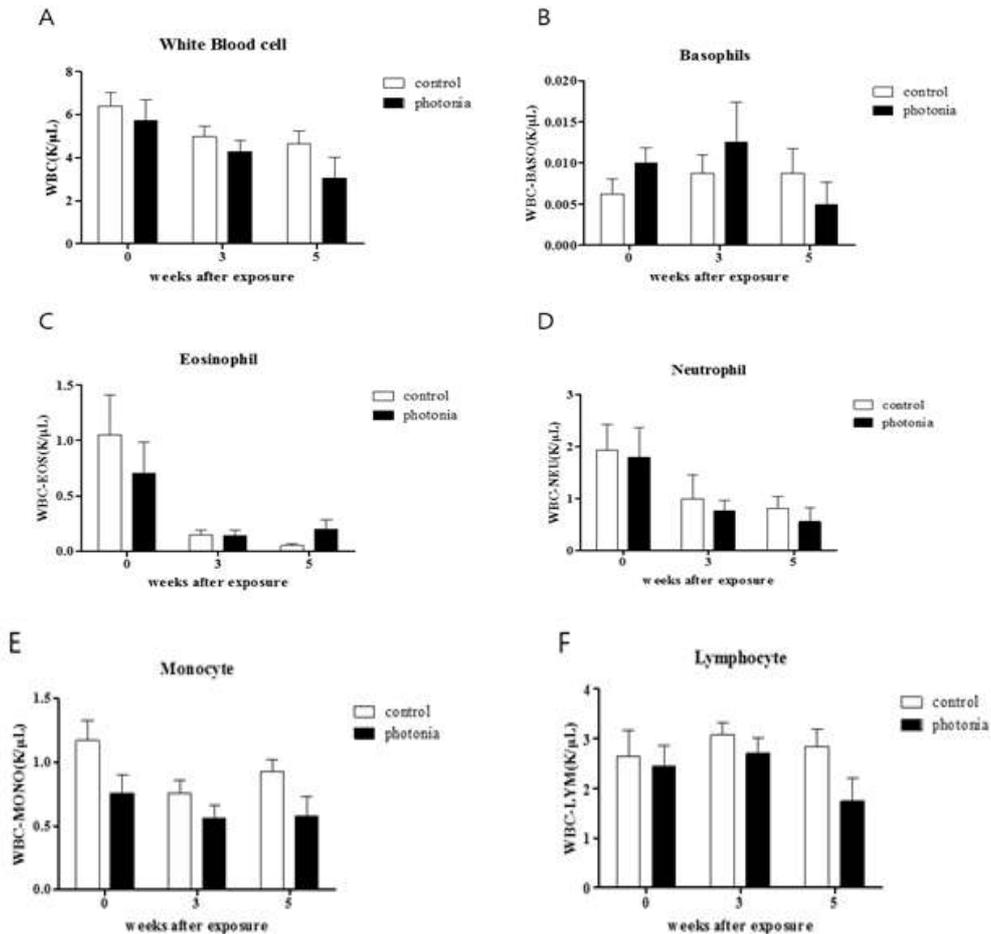
- 체액성 면역능 평가를 위한 PCV 중화항체가 측정; 기니픽 혈청 50ul를 PBS 또는 FBS를 함유하지 않은 세포유지배지를 이용하여 96well plate에 2배수 희석하였다. PCV2를 준비된 혈청과 동량으로 50ul씩 각 well에 분주한 다음 37°C에서 1시간 동안 배양하였다. 이때, 마지막 well에는 PCV2 control (양성대조군)과 Cell control(음성대조군)을 분주하였다. 2×10^4 개/100ul/well의 PK-15 cells을 준비하여 각 well에 분주한 후 5% CO₂ 배양기에서 37°C, 3일간 배양하고 간접형광항체법(indirect fluorescence antibody technique:IFA)를 실시하였다. PBS로 세척 후 80% cold 아세톤을 분주한 후 4°C에서 1시간 동안 고정시켰다. PBS로 세척 후 Polyclonal Ab(혈청, -20°C 보관)를 1/500배로 희석하여 100ul씩 분주하고 37°C 에서 1시간 동안 반응시켰다. PBS로 세척 후 FITC Anti-swine IgG (H&L)를 1/200 배로 희석하여 50ul씩 분주하고 37°C 에서 30분 동안 반응시켰다. PBS로 세척 후 형광현미경으로 관찰하였고 바이러스 증식을 억제한 최고 혈청 희석배수의 역수를 중화항체가로 판정하였다.
- Cytokine (INF- γ , IL-10)의 측정; 실험 종료 시 기니픽으로부터 혈액을 5ml 이상 채취하였다. 멸균 PBS와 혈액을 동량으로 섞어 15ml conical tube로 옮겼다. Ficoll-1077을 동량으로 새로운 15ml conical tube에 담고 위에서 준비한 혈액을 조심스럽게 흘려주었다. 1,200.xg에서 30분간 원심분리 후 혈청과 Ficoll-1077 사이에 분리된 PBMC를 1ml 파이펫을 사용하여 분리하였다. PBS로 세척하고 300.xg에서 10분간 원심분리하여 PBMC를 분리하였다. Hematocytometer를 사용하여 세포수를 세고, 24well plate에 10^6 cells/well로 분주한 후 PCV2로 감염하였다. 37°C CO₂ 배양기에서 72시간 배양 후 상층액을 회수하여 실험에 사용하였다. INF- γ 의 측정은 CUSABIO사의 Guinea Pig interferon γ (INF- γ) ELISA Kit를 사용하였고, 제조사의 방법에 따라 수행하였다(Lot No. P18228755 / 19 May 2018). 각 well에 상기의 2.7에서 배양한 상층액이나 standard를 100 μ l 씩 넣고 37°C에서 2시간 동안 반응시켰다. 샘플을 제거 후 Biotin-antidody를 100 μ l 씩 넣고 37°C에서 1시간 동안 반응시켰다. Wash buffer로 3회 세척 후 HRP-advin을 100 μ l 씩 넣고 37°C에서 1시간 동안 반응시켰다. Wash buffer로 3회 세척 후 TMB Substrate를 90 μ l 씩 넣고 37°C에서 30분간 반응시켰다. Stop Solution을 50 μ l 씩 넣고 450nm에서 흡광도를 측정하였다. IL-10의 측정은 CUSABIO사의 Guinea Pig Interleukin 10(IL-10) ELISA Kit를 사용하였고, 제조사의 방법에 따라 수행하였다(Lot No. O18229813 / 30 May 2018). 각 well에 상기의 2.7에서 배양한 상층액이나 standard를 100 μ l 씩 넣고 37°C에서 2시간 동안 반응시켰다. 샘플을 제거 후 Biotin-antidody를 100 μ l 씩 넣고 37°C에서 1시간 동안 반응시켰다. Wash buffer로 3회 세척 후 HRP-advin을 100 μ l 씩 넣고 37°C에서 1시간 동안 반응시켰다. Wash buffer로 3회 세척 후 TMB Substrate를 90 μ l 씩 넣고 37°C에서 30분간 반응시켰다. Stop Solution을 50 μ l 씩 넣고 450nm에서 흡광도를 측정하였다.
- 통계 처리 방법; 통계분석은 GRAPHPAD PRISM 5 software (GraphPad Software Inc.)를 사용하여 수행하였다. 각 군 간의 비교는 Student's t-test를 이용하였으며, 유의수준 $p < 0.05$ (Mann-Whitney test)인 경우 통계적으로 유의성이 있다고 판정하였다.

다) 실험 결과

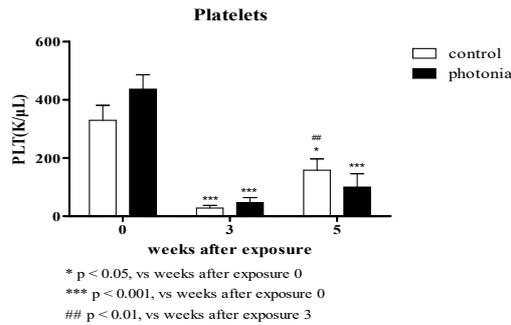
- 적혈구 (RBC) 및 헤모글로빈 (HGB) 수치 분석; Photonia 조사한 실험군과 조사하지 않은 대조군의 적혈구와 헤모글로빈 수치를 그림에 나타냈다. 0, 3, 5주간 실험군과 대조군 사이에 유의적인 차이가 나타나지 않았다.



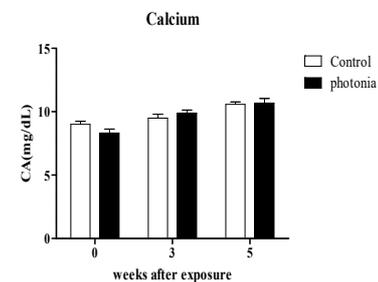
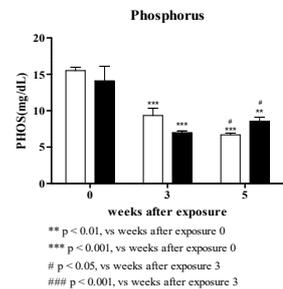
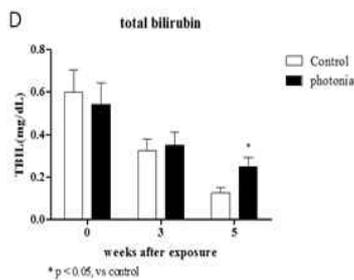
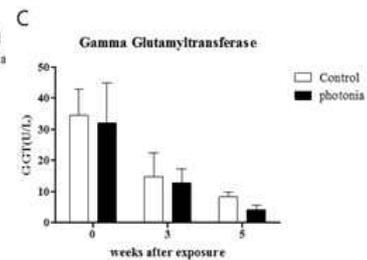
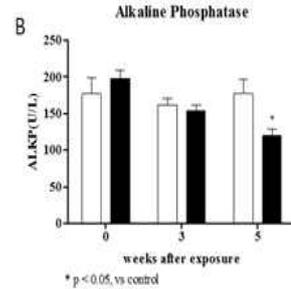
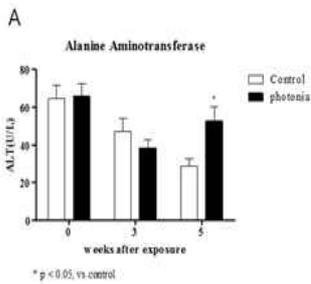
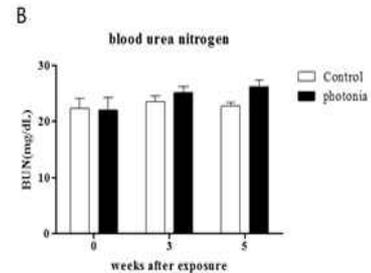
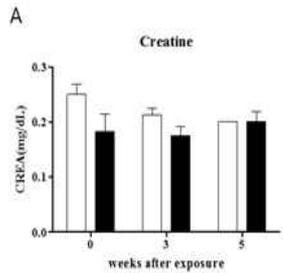
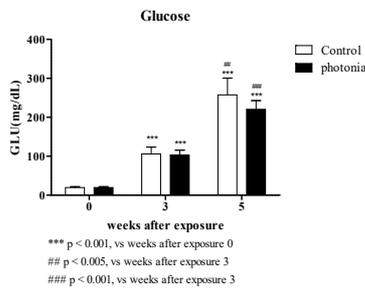
- 혈액 내 백혈구 수치 분석; Photonia 조사한 실험군과 조사하지 않은 대조군의 백혈구 관련 수치를 표9와 그림3에 나타냈다. Photonia 조사 1주일 후 PCV 백신을 접종하였다. 총 백혈구 수와 호산구, 호중구가 조사 3, 5주차에 감소하는듯 보였으나 유의한 수준은 아니었고 실험군이 대조군과 동일한 경향을 보이므로 photonia에 의한 영향이 아니라 백신 접종으로 인한 일시적인 감소로 사료된다. 3주와 5주째의 실험군과 대조군 사이의 유의적인 차이는 없었다.

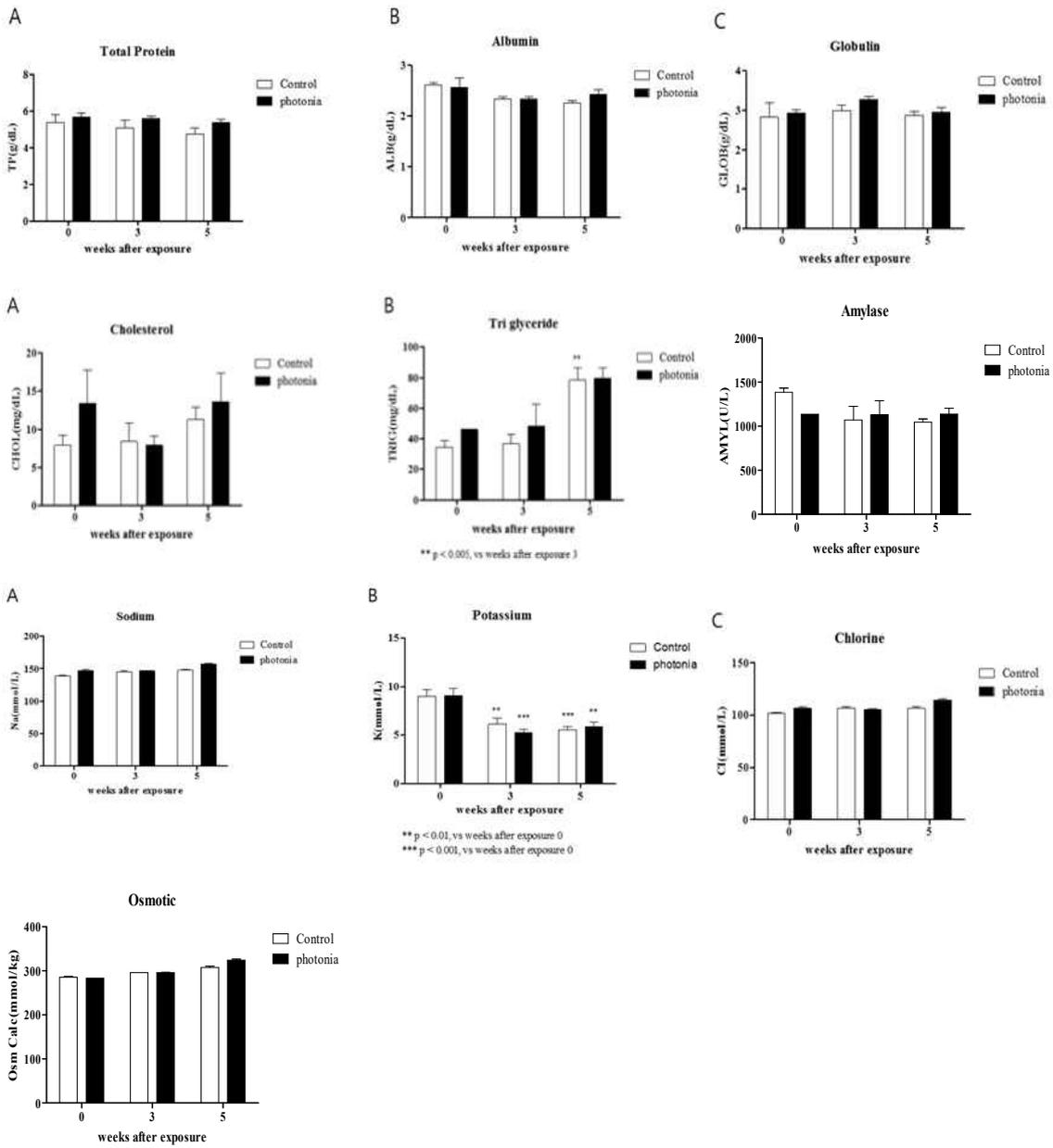


- 혈액 내 혈소판 수치 분석; Photonía 조사한 실험군과 대조군의 말초혈액에서의 혈소판 수치를 표10과 그림4에 나타냈다. 채혈 시점에 따라 혈소판의 수치는 크게 달랐다. 그에 대한 이유는 아마도 3, 5주차 채혈시 항응고제의 영향으로 인해 혈소판이 응집이 된 것으로 판단된다. 일반적으로 개의 경우 혈소판 수가 <50K/μl 이하이면 반상출혈이 나타나는데 이러한 증상이 없는 것으로 보아 항응고제에 의한 혈소판의 응집으로 인한 것으로 사료된다. 실험군과 대조군의 차이는 없었다



- 혈액 내 화학수치 측정 결과; Glucose, Creatine, BUN, ALT, ALKP, GGT, TBIL, Phosphorus, Calcium, TP, Albumin, Globulin, Cholesterol, Triglyceride, Amylase, Sodium, Potassium, Chlorine, Osmotic





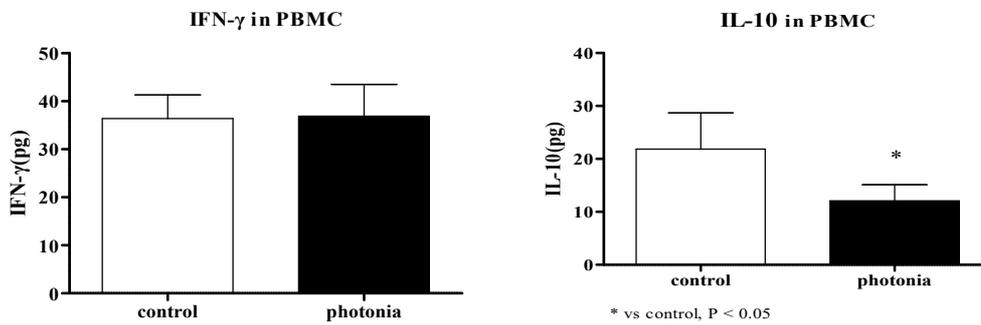
– 체액성 면역능 평가를 위한 PCV2 중화항체가 측정 결과; Photonia 조사한 실험군과 조사하지 않은 대조군의 중화항체를 표에 나타냈다. PCV 백신 접종으로 인하여 생성된 항체는 접종 후 실험 종료까지 꾸준히 증가하였고, 실험군의 항체가가 약간 높고 세포독성은 약간 낮게 나왔으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 또한 백신 접종 후 분리한 혈청에서는 세포독성을 나타내어 고농도의 혈청에서는 세포가 자라지 않았으며 약 16배 희석 이후 PK-15 세포가 배양되었다.

<표> PCV2 중화항체가 측정 결과

(회석배수)

구분	Weeks after exposure(Mean ± SE)					
	0		3		5	
	대조군	실험군	대조군	실험군	대조군	실험군
중화항체가	2.3±0.2	2.5±0.3	44.0±5.9	48.0±6.0	68.0±9.4	72.0±8.0
세포독성	0.3±0.2	0.5±0.3	16±0.0	16±0.0	18±2.0	16±0.0

- PBMC에서 INF- γ / IL-10 생성량 및 체중 측정; Photonia 조사한 실험군과 조사하지 않은 대조군의 PBMC에서 INF- γ 생성량을 그림 16에 나타냈다. 실험군의 INF- γ 의 값은 36.9±6.6(Mean ± SE)이였으며 대조군은 36.4±4.9(Mean ± SE)로 유의적인 차이가 나타나지 않았다. Photonia 조사한 실험군과 조사하지 않은 대조군의 PBMC에서 IL-10 생성량을 그림에 나타냈다. 실험군의 IL-10의 값은 12.1±3.0(Mean ± SE)이였으며 대조군은 21.9±6.8(Mean ± SE)로 실험군의 IL-10의 값이 통계적으로 유의하게 낮았다 (p<0.05).



라) 고찰

- 백혈구 수치와 간수치 중 알라닌 아미노전달효소, 감마 글루타밀 전이효소, 빌리루빈과 인, 칼륨수치가 0주차에 비하여 3, 5주차에 실험군과 대조군 모두 낮아지는 경향을 보였는데 이는 백신 접종으로 인한 영향으로 보이지만 백신 미접종 음성대조군을 두지 않아 확증하기 어렵다. 반대로 당, 중성지방은 실험이 종료될 때까지 꾸준히 증가하는데 이는 실험동물이 성장하며 따라온 현상으로 판단된다. 혈소판은 채혈 시기에 따라 수치가 크게 달랐는데 이는 채혈 시 항응고제를 주사하였으나 채혈한 혈액에서 응고반응이 일어나 수치가 달라졌을 것으로 판단된다.
- 포토니아 조사로 인한 부작용 및 안전성을 확인하기 위해 실시한 CBC 검사 및 Chemistry 검사에서 대조군과 실험군이 유의한 차이를 보이는 항목은 간기능검사이다. 간수치의 경우 간과 담낭의 기능이 저하될 때 수치가 증가하는 것으로 포토니아 조사로 인한 부작용이 있는지를 확인하기 위해 검사하였는데 ALT와 TBIL의 경우 실험군에서 높았으며 ALKP의 경우에는 대조군에서 높았다. 그러나 모두 정상범위에서의 수치이며 0주차에 비해 수치가 점점 낮아지는 경향을 보이고 있었다. 이것으로 포토니아 조사로 인한 부작용은 없는 것으로 사료된다.

- 면역기능 향상과 관련된 지표로 INF- γ , IL-10, 중화항체 등을 보았는데 INF- γ 의 경우 활성화 T림프구와 대식세포에 의해 생성되며 바이러스 복제를 직접적으로 억제하며 면역 자극과 면역조절을 하는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 포토니아를 조사한 실험군에서 대조군에 비해 미미하게 증가한 것으로 나타났으나 유의하지는 않았다. IL-10은 MHC Class II 항원의 발현을 감소시켜, 단핵구의 항원제시를 억제하고 IL-2생산 및 항원 특이적 T세포의 증식을 저지하는 것으로 알려져 있는데 본 연구에서는 실험군에서 대조군에 비해 통계적으로 유의하게 낮게 나타났다. 면역학적인 종합 평가에 있어서는 논란의 여지를 가지고 있지만, 일반적으로 이는 실험동물의 스트레스 상태를 평가하는 지표로 이용되고 있으며, 실험군에서의 유의적인 낮은 수치는 극미약광의 조사가 긍정적인 영향을 미쳤다고 판단해 볼 수 있는 근거라 생각한다. 중화항체의 경우 감염된 바이러스를 중화할 수 있는 항체를 측정하는 것으로 실질적인 바이러스 감염을 방어하는 능력을 말하는데 본 연구에서는 실험군이 대조군에 비해 다소 증가하는 경향을 보였으나 통계적 유의성을 나타내지는 않았다.
- 과거 본사가 농촌진흥청 수의과학연구소(1996)에서 진행한 육계의 면역력관련 연구 결과를 보면 MHC class II에 대한 양성분포율이 실험군이 90%, 대조군이 10%로 나타났으며 단크론항체에 대한 양성율도 실험군이 조사군에 비해 8배 이상의 높은 발현율을 보였다. 또한 서울대학교 수의과대학(1995)에서 흰쥐로 실험한 결과 CD2의 경우 실험군 38.2%, 대조군 12.5%, CD4의 경우 실험군 23.5%, 대조군 7.5%, CD8의 경우 실험군 28.5%, 대조군 11.5%로 실험군이 림프구수를 증진시키는 역할을 하는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 과거 연구결과를 바탕으로 좀 더 확실한 면역증진을 입증하고자 하였으나 예산 규모의 한계로 실험 개체수 및 음성대조군 미설정으로 객관적 데이터를 확보하기에 부족하였다.
- 종합해보면, 극미약광의 조사가 혈액화학 및 혈액세포 측정에 있어서는 각 군 간의 의미 있는 차이점을 보이지는 않았으며, 전체적으로 안전성 평가 지표의 정상 범위를 나타내고 있음을 확인하였다. 한편 면역력을 증가시키는 INF- γ 과 중화항체 값은 실험군에서 다소 증가하는 경향을 보였으며, 면역력을 억제하는 것으로 알려진 IL-10의 경우는 유의하게 감소한 것으로 보아, 포토니아의 조사가 면역력 증가에 전체적으로 긍정적인 영향을 주는 것으로 유추할 수 있다. 향후 반복 및 보완 실험을 통하여 통계학적으로 유의성 있는 결과들을 얻을 수 있는 단초를 제시하였다고 판단된다.

○ 연구 결과 요약 및 사업화 성과

가. 연구 결과 요약

1) 연차별 연구 목표 대비 결과

당초 목표	당초 연구 목표 대비 연구 결과
① 신규 광원 모듈 개발 (1차 년도)	신규광원 (LED 12W) 선정 및 적용
② 분광조절부 소형화 개발 (1차 년도)	분광 프리즘 (소형화) 시작품 제작
③ 신규 모델 디자인 개발 (1차 년도)	현장적용을 위한 광조사기 시작품 제작
④ 체외 효능 평가 (1차 년도)	폐지생식세포 광조사 유효성 평가 실시
⑤ 사용 편의성 및 내구성 향상 (2차 년도)	의료기기 전기기계/전자파 안정성 및 IP64 인증 확보
⑥ 생산성 향상 현장 실증 평가 (2차 년도)	최종 시작품 제작 및 생산성 향상 분석
⑦ 양돈 현장 적용 최적 모델 개발 (2차 년도)	설치 매뉴얼 및 컨설팅 자료 개발
⑧ 생체 효능 평가 (2차 년도)	기니피그 혈액화학 및 면역원성 평가

2) 종합 평가

가) 본 연구과제는 양돈분야의 소모성질병 예방을 위한 극미약광 면역증진 기기 개발을 목표로 진행되었다. 극미약광 연구 기술의 특성 상, 생체의 근원적 에너지 생산효율 향상에 그 기전을 두고 있기에, 어느 한 가지 특정 타겟 증상 및 질환에 한정되어지기는 어렵다고 사료된다. 반면 여러 분야에서의 결과 효능평가를 진행하기 어려운 전제성으로 인해, 주로 면역원성 평가에 한정해 본 연구결과 기기의 성능을 검토하였다. 상기 언급한 연차별 연구 목표를 근거로, 전체적으로 양호하게 연구를 수행하였다고 판단되며, 향후 지속적인 기술 개발 및 보완이 요구되어진다.

나) 극미약광 측정 분야의 광생물학 기술은 현재 명확한 과학적 접근을 보이고 있으나, 극미약광과 생체의 상관성에 대한 기술 분야는 아직 학계의 이견이 존재하고 있다. 본 연구과제는 이를 과학적인 시각으로 접근 및 규명하려는 의도를 가지고 수행되었으며, 향후 지속적으로 기술이 보완되어질 수 있다고 확신한다.

다) 본 연구개발과제의 기술이 가지고 있는 잠재적 가능성을 평가해 볼 때, 산업적 적용 가능 분야가 매우 크고 그 범위 또한 넓기에, 특히 극미약광의 생체 작용기전을 더욱 확고히 다지게 된다면, 본 기술 분야의 선도적 개발을 통한 국가 과학기술 경쟁력 제고에 충분한 역할을 수행할 것으로 사료된다.

나. 사업화 성과 및 매출 실적

1) 기기 개발에 대한 평가

가) 기존 (Old) 대비 신규 기기 (New Version)의 특성 및 성능 비교

		기존(old)	신규(new)	비교
전력소비량(W/h)		20	12	8W 저감
size	길이(mm)	405	307	24% 축소
	무게(kg)	3.0	2.8	6.7% 감소
광원 수명(hrs)		8,000	50,000	525% 연장
광원 교체 비용(3년기준)		90,000(원)/기	10,000(원)/기	88% 감소
내구성		생활방수/등급평가 없음	IP64 등급기준 만족	향상
가격(원)		700,000	800,000	상승

나) LED 광원 교체, 방열구조 장착, 방수 방진을 위한 커넥터 등의 사용으로 원가 상승요인이 제품 가격으로 반영되었다. 그러나 전력 소모량이 크게 개선되었고, 광원의 유지 기간이 8,000시간 대비 50,000시간으로 42,000 시간이나 수명이 연장 되었다. 광원의 교체 비용도 3년 기준 9만원에서 1만원 미만으로 예상되어 유지 보수에 대한 농장의 부담이 경감되었다. 방수 방진 등급도 IP64를 획득하여 대폭 향상되어 농가의 편의성과 내구성이 향상되었다.

다) 사례 예

- 모든 200두 (전체 2000두 사육 규모) 농장에서 3년간 사용 할 경우 전기요금 비교 (임신 및 분만 구간 100기의 포토니아를 설치)

구분	전력 소비량	기간	설치량	전기요금 (w/hr)	청구 요금
단위	W	30일	기	(원)	(원)
기존 (Old version)	20	720 hrs.	100	0.0216	31,104
신규 (New version)	12	720 hrs.	100	0.0216	18,662

- 위의 표에 따르면 개발 기기의 광원 변경에 따라 시간당 전력 소비량이 감소하므로, 30일 100기의 기기를 농장에 설치해서 한 달(30일)간 사용 할 경우, 12,442원이 절감되는 효과를 얻었다. 따라서 3년간 100기의 기기를 사용 할 경우 전기요금과 광원유지에 소요되는 비용을 비교하면 기존 1,179,000원, 신규 686,832원으로 신규 버전이 492,912원 비용이 절감되는 효과를 얻을 수 있다. 결과적으로 42%의 비용 절감이 기대된다.

2) 사업화 성과

가) 사업화 성과 요약 (포토니아 개발 성과)

항목	세부항목			성과	
사업화 성과	매출액	개발제품	개발 후 현재까지	*3억원	
			향후 3년간 매출	**88억원	
		관련제품	개발 후 현재까지	-	
			향후 3년간 매출	**0.5억원	
	시장 점유율	개발제품	개발 후 현재까지	국내 :100% 국외 : 0%	
			향후 3년간 매출	국내 : 45% 국외 : 55%	
		관련제품	개발 후 현재까지	국내 : % 국외 : %	
			향후 3년간 매출	국내 :100% 국외 : %	
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위			1위
		3년 후 제품 세계 시장 경쟁력 순위			1위

- 기존 낙농가에서 사용하던 기기의 가격은 700,000(원) (VAT별도)이었으나 개발기기의 경우 광원 수명이 연장되고 소비전력이 저감되는 점을 고려하여, 800,000(원) (VAT별도)로 결정하였다. 사업화 성과에 제시한 매출액에 대한 상세 근거는 아래와 같다.

* 개발기기의 매출 근거 현황

구분	설치 수량(기)	설치 구간	금액(천원/VAT포함)
제주 한림읍 S농장	100	임신, 분만, 이유	88,000
제주 한림읍 D농장	163	임신, 분만, 이유, 육성	143,440
제주 한림읍 N농장	81	임신, 후보사	71,280
합계	344		302,720

** 3년간 매출 추정 (개발제품, 관련제품)

		1차년도	2차년도	3차년도	3년간 누적합계
국내	개발기기 매출액(천원)	880,000	1,320,000	1,760,000	3,960,000
	설치 수량(기)	1,000	1,500	2,000	4,500
	농장수(개소)	10	15	20	45
	관련기기 매출액(천원)	10,000	10,000	15,000	35,000
해외	개발기기 매출액(천원)	-	440,000	4,400,000	4,840,000
	설치수량(기)	-	500	5,000	5,500
	농장수(개소)	-	3	5	8
	관련기기 매출액(천원)	-	-	-	-
합계	개발기기 매출액(천원)	880,000	1,760,000	6,160,000	8,800,000
	관련기기 매출액(천원)	10,000	10,000	15,000	35,000

나) 사업화 계획 및 매출 실적

항 목	세부 항목	성 과			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	1년			
	소요예산(백만원)				
	예상 매출규모(억원)	현재까지	3년후	5년후	
		3	8,835	57,725	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
			국내		
국외					
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발 계획	반려동물 시장 진출			
무역수지 개선효과	(단위: 억원)	현재	3년후	5년후	
	수입대체(내수)	축산시장 신제품으로 경쟁제품 없음			
	수 출	미국 내 관련업체와 pilot test 협의 중임.			

다) 전문가 세미나 및 해외 홍보 활동

- 89회 WVC (미국 서부수의과학회) 전시 참가

- 일시 : 2017년 3월 4일 ~10일
- 장소 : 라스베가스 만달레이베이 컨벤션 센터
- 방문자 : Veterinarian, Veterinary Technician, Veterinary Assistant, Practice Manager, Administrative Staff, General Attendee, Guest 등
- 특징 : 36개국 500여 업체가 참여하였으며 10개의 한국 업체가 동물약품 협회와 함께 한국관을 마련하여 참가하였다.
- 성과 : 광 관련 기기업체는 연구팀을 제외한 2개 업체가 참여 하였으며, 사용목적별로 다른 과장대역을 구현하여 적용하는 레이저 응용 기기였다. 기기의 가격은 1,000달러에서 4,000달러 가격대로 연구팀의 개발기기 (포토니아)보다 높은 가격대를 형성하였으며, 주로 상처 회복능과 통증완화를 목적으로 사용되었다. 개발제품 포토니아의 경우 미화 800달러의 가격으로 제안하자 제품의 가격이 저렴한 점과 극미약광의 특성으로 인한 안전성이 확보된다는 점을 장점으로 인정받을 수 있었다. 그러나 극미약광과 생체광자이론을 배경으로 하고 있는 신기술이라는 점과 과학적 작동기전이 다소 명확하지 않은 점은 향후 미국 시장 진출을 위하여 보완되어야 할 점으로 파악되었다.



그림. WVC 개요 및 전시장 부스 배치도

Booth No. 4941



Biolight Corporation

4326, 52 Cheongmin-ro, Songpa-gu, Seoul, Korea
 Tel : 82-2-451-7575
 Homepage : www.biolight.kr E-mail : info@biolight.kr

Biolight Corporation develops and manufactures Photonix, a medical device that generates and transmits ultraviolet photons that help to enhance immunity of living body. Also, Photonix proved to increase productivity of the livestock.
Our main goal is to maximize energy efficiency of all living organisms, animal and human.

Photonix : Enhances immune function of the animal

- Generates and transmits ultraviolet photon (10-13~10-15 W/cm2, approx. 400~800nm)
- Non-invasive immunity enhancement
- Strengthens disease resisting ability
- Currently marketing to livestock industry
- Install and use the same way as normal lightings but the light is invisible
- Approved as medical device for animal (Animal and Plant Quarantine Agency of Korea / efficacy: increase immune function of animal)

Photonix is a new conceptual approach in livestock farming. According to the many years of field tests, results were surprisingly meaningful to livestock industry. The above demonstrates that Photonix will serve as the essential energy medicine for the livestock.



그림. 포토니아 제품 소개서 및 클라이언트 상담진행

– FFAA (Future Food Asia Award) finalist 선정

– 일시 : 2017년 5월 25일~26일

– 장소 : 싱가포르 THE TANGLIN CLUB

– 특징 : ADM, EDB, (싱가포르 경제청)등이 후원하는 동아시아 식량부족 문제를 해결하는 우수 농업기술을 발굴하여 시상하는 대회

– 성과 : 동아시아 지역 예선을 거쳐 최종 8개 업체로 선정되어 초청 받아 항공료와 체재비를 지원 받았으며, 투자회사, 글로벌 농업 관련 기업을 대상으로 기술을 소개 할 수 있는 기회를 얻었다. 인터넷신문과 방송사(channel asia)와 인터뷰를 진행하였으며, 현지 매체와 Agtech 관련 업체들에 소개되어 기술을 홍보하는 기회가 대회를 통하여 미국 낙농회사와 브라질 닭고기 유통업체, 인도네시아 양돈업체등에 기술이 소개되었고 추가 미팅을 진행하였으며, 미국의 낙농회사의 경우 현지에서 기기의 실증평가를 통해 기기의 도입을 검토하고 있다.



APAC's 1st AGTECH INNOVATION AWARD

An opportunity to foster sustainable innovation in APAC

Spring 2017 Singapore

AN INNOVATION PLATFORM TO FOSTER THE FUTURE OF FOOD

The future of food is an inconvenient truth. Things need to change to keep pace with an expanding population. Food production must increase 60% by 2050 to meet the demand, but we are hindered by several issues – climate stress, food security, lack of water, and waste treatment. With a lack of additional arable land and overfished oceans, the solution lies in technology.

APAC is lagging behind in Agtech/Foodtech Venture Capital investments. APAC has a population of 4.5 billion people to feed, but the region is fragmented and the Agtech/Foodtech ecosystems are underdeveloped. We need solutions specifically addressing challenges under the local conditions: lower average GDP per head than developed markets, greater geographic variations (from desert India to tropical Indonesia), evolving food consumption patterns with an increasing animal protein intake.

Singapore is willing to encourage Agtech/Foodtech innovations. With well-established financial and legal systems, Singapore is an ideal innovation hub equipped with strong investment capabilities. As the current industry in Agtech/Foodtech is immature, Singapore is willing to build the ecosystem for all the entrepreneurs, MNCs and investors in this domain. To catalyze this, the Economic Development Board of Singapore supports the AGTECH INNOVATION AWARD.

So APAC's 1st Agtech Innovation Award will pave the way for further developments. We will source in the APAC region the Agtech/Food tech startups active in the 4 categories below, select the best of them, with a panel of experts, and help them interact with investors and MNCs. Ultimately, the winner startup will be granted 100,000 USD.

STREAMLINING SUPPLY CHAIN PROCESS		ENHANCING NUTRITIONAL VALUE	
1. Farm-to-Consumer	2. Value Aggregation	3. Economics & Biofortification	4. Food Tech
5. Food Safety & Traceability	6. Waste Tech	7. Precision Agriculture	8. Sustainable Protein
IMPROVING YIELD		PRECISION AGRICULTURE	
9. Animal Health & Nutrition	10. Automation	11. Disease Support Tech	12. Smart Equipment & Hardware
13. BVI & Crop Technology	14. Genomics & Robotics	15. Vertical Farming & Hydroponics	16. Irrigation & Water Tech

Organizer
ID Capital

Supported by
Singapore Economic Development Board
EDB

Qualification Criteria for Startups to Apply

- Has raised seed capital (above USD 500K)
- Intending to raise USD 2 to 10 million (Series A) in the next 18 months.
- Has operations in the Asia Pacific region
- Falls into at least one of the 4 categories
- English proficient
- contact@idcapital.com.sg and sustainable technology
- Have already built a proof of concept or prototype

Contact
contact@idcapital.com.sg
1 Scots Road #24-05
Shaw Centre
Singapore 228208

- **NIC (Nebraska Innovation Campus) 개발 기술 소개**

- 일시 : 2017년 6월 27일
- 장소 : 미국 네브라스카 / NIC (Nebraska Innovation Campus)
- 주관 : 농업기술실용화재단/ NIC
- 성과 : 네브라스카 주정부의 우수 농업관련 기술 기업 유치, 발굴, 육성 목적에 따라 설립된 NIC (네브라스카 이노베이션 캠퍼스)에서 UNL (University of Nebraska Lincoln; 네브라스카 링컨 주립대학)의 animal science 교수와 네브라스카 주정부 기업지원 담당자들을 대상으로 기술을 소개함. UNL과 공동연구에 대하여 협의하고 해외법인 설립을 통한 해외시장 진출 거점 확보함.



- **AusAg & Foodtech Summit 2017**

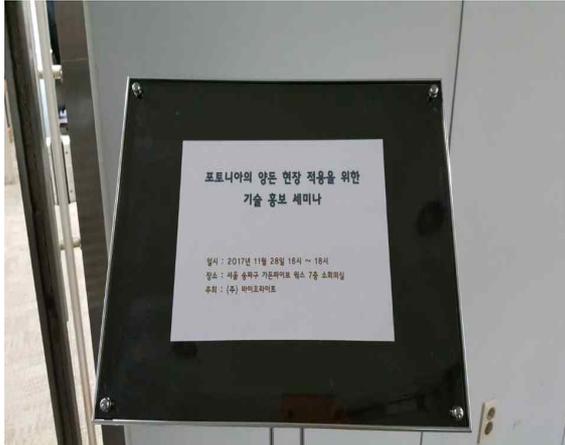
- 일시 : 2017년 8월 29일
- 장소 : Riverbank Rooms, Adelaide Convention Centre, Adelaide
- 주관 : AusBiotech
- 성과 : 호주 Agtech과 Bio 산업 관련자들에게 기술을 소개하였으며, 미국과 호주에 위치한 VC등과 기업형 농장들과 네트워킹하고 후속 협의 진행

- **K 강소기업 글로벌 해외진출 지원 사업**

- 일시 : 2017년 12월 12일
- 장소 : 샌프란시스코 The VAULT
- 주관 : 정보통신 진흥원(NIPA)
- 성과 : 글로벌 강소기업 육성 및 해외진출 프로그램에 선정되어 포토니아의 기술을 소개하고 미국 투자자들에게 피칭

- 포토니아 양돈현장 적용을 위한 기술홍보세미나

- 일시 : 2017년 11월 28일
- 장소 : 가든파이버 회의실
- 주최 : (주)바이오라이트
- 성과 : 양돈 임상수의사를 대상으로 포토니아 신제품을 소개 하였으며, 지역별 거점 협력 네트워크 마련



- iPET 창 <비침습 광기술 응용방식 가축 생산성 향상 기술; 2017년 12월 28일> : 녹색인증 기술 업체를 소개 하면 지면으로서 친환경 녹색기술로서 비침습 방식의 가축 생산성 향상 기술을 소개함.
- 축산신문 <토종이 강하다, 빛 쏘여 가축 면역력 생산성 높이는 녹색기술; 2018년 1월 15일 > : 비침습 방식으로 면역기능을 향상시켜 농가의 생산성을 향상시키는데 기여하는 제품으로 녹색인증 신기술임.
- 농수축산 신문 <친환경 기술 BEP 가축 질병저항력 높이는데 효과; 2017년 12월 28일> : 비침습 방식으로 면역기능을 향상시켜 농가의 생산성을 향상시키는데 기여하는 제품으로 녹색인증 신기술임.
- Channel Asia (싱가폴 TV, 2017년 6월)에 동아시아 지역 우수 농업기술로 소개.

4. 목표달성도 및 관련분야 기여도

코드번호 D-06

4-1. 목표달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)		비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
1차 년도	신규 광원 모듈 개발	15	90	최적 LED 광원 선정
	분광조절부 소형화 개발	10	90	분광프리즘 개선
	신규 모델 디자인 개발	10	100	소형화 및 경량화
	체외 효능 평가	15	100	세포 광조사 유효성 평가
소계		50	95	-
2차 년도	사용 편의성 및 내구성 향상	10	90	의료기기안정성 평가
	생산성 향상 현장 실증 평가	10	100	시작품 및 생산성향상 평가
	양돈 현장 적용 최적 모델 개발	15	100	매뉴얼 및 컨설팅 자료개발
	생체 효능 평가	15	90	기니피그 생체효능 평가
소계		50	95	-
합계		100	95	

4-2. 관련분야 기여도

○ 본사의 광조사기기 (포토니아)는 광산업 측면에서 보면 융합조명시스템에서 농생명 (농수산), 의료/바이오의 기술에 포함된다 (그림). 그러나 아래 표에서 제시한 바와 같이 농생명분야에서의 광기술은 식물성장용, 집어등, 농수산물 제어시스템 등이 주를 이루며 의료바이오분야에서는 수술 등, 살균 및 멸균 등, 피부질환 치료 및 미용 등의 목적으로 기술이 개발되어 있다.



그림. 융합조명시스템의 범위 및 개념

<표> 융합조명시스템 제품분류 관점 기술범위

[제품분류 관점 기술범위]

전략제품	제품분류 관점	세부기술
융합조명 시스템	수송기기	자동차/철도/항공기 등 전조등, 후미등, 차량실내등 등
	정보 디스플레이	LED/OLED TV, 커브드 디스플레이, 모니터, 3D TV, 모바일 디스플레이 등
	농수산	식물생장용 조명, 집어등, 농수산용 제어 시스템 등
	의료/바이오	테라피, 피부진단치료, 수술등, 내시경, 살균 및 멸균 등
	무선통신/교통 시스템	가시광 통신용 송수신 부품 및 시스템, ITS 연계 교통안전시스템 등
	관광 융합 (엔터테인먼트)	무대조명, 미디어파사드, 디지털사이니지, 관련 콘텐츠 저작 및 제어 SW 등

(출처 : 중소기업 기술로드맵, 2017-2019. 중기청)

- 본사가 보유한 극미약광을 이용한 광조사기기는 피부질환을 치료를 위한 LPLI 기술과 유사하나 광세기나 파장대역 분광 및 편광 조사시간 등에서 차이가 나며 그 효과 또한 일시적인 것이 아닌 지속적인 것으로 차별화 된다. 또한 면역력을 증진시키고 증체 등의 생산성 향상의 기능을 가지지만 타사의 눈에 보이는 광으로서 밝기를 가지는 조명기기로서 작용하는 것이 아니다. 극미약광을 이용하여 생체에 공명 흡수시켜 생체 에너지대사를 증진시키는 기술은 국내뿐 아니라 국외에서도 제품화하지 못한 기술이다. 본사는 생체광자 및 극미약광을 이용한 기술을 상업화 한 선두주자로서 광기술의 한 분야를 개척하고 있다.

5. 연구결과의 활용계획

코드번호

D-07

○ 추가연구 필요성

- 가. 광의 생명공학분야의 적용은 다양한 분야에서 이루어지고 있다. 앞서 언급한 바와 같이 LED의 발전은 광의 유지 수명을 길게 하고 다양한 유효파장의 구현이 가능하여 농업과 관련한 전반에서 연구와 활용이 확대되고 있다. 본 연구는 양돈분야에 만연하고 있는 소모성 질병에 대한 문제를 예방하여 농가의 생산성을 향상시키고자 극미약광을 적용하여 생명에너지를 고양시키는 기기를 고안하여 개발하였다. 생명에너지 (ATP)를 향상시키는 것은 결국 생명체의 주요 단백질 생산과 밀접하게 관련이 있으므로 이와 관련한 면역능력 및 번식과 관련한 지표를 통하여 개발 기술을 평가하였다.
- 나. 본 연구를 통하여 극미약광의 생명에너지 고양에 대한 결과를 세포의 산소소모량, 기니피크의 면역능, 돼지의 증체 및 사료효율과 관련한 생산성 지표를 통하여 단기간에 평가하였으나, 극미약광의 생명에너지 고양 즉, 미토콘드리아의 효율증진에 대하여는 더욱 구체적인 평가지표를 통하여 증명되어야 할 것이다. 최근 생물에너지학 및 대사체학의 발달에 따라 미토콘드리아의 기능 및 효율에 대한 연구가 가능해 졌다. 아쉽게도 본 연구에서는 관련 연구를 수행하지 못하고 세포의 산소소모량을 통하여 간접적으로 미토콘드리아의 효율을 평가 하였다. 그러나 미토콘드리아의 기능 및 효율과 관련한 극미약광의 작용기전이 보다 구체적으로 밝혀지도록 연구된다면 생명의 근원적인 에너지에 대한 신비한 많은 영역이 추가적으로 밝혀질 것으로 기대된다. 또한 의학계에서도 조명 받고 있는 미토콘드리아와 관련한 질병 및 노화와 관련한 연구에도 기여 할 것으로 기대된다. 이러한 기초과학 분야의 연구가 장기간에 걸쳐 다양하게 수행되고 고찰되어진 후 사업화에 대한 다양한 응용연구가 가능 할 것이다.
- 다. 본 연구팀은 극미약광을 돼지에 조사하여 돼지의 에너지 생산효율을 높이고 이를 통하여 소모성 질병을 예방 할 수 있는 면역능력을 향상시키고자 하였다. 이러한 적용은 기존의 약물이나 첨가제를 통하여 면역능력을 향상시키는 것과는 달리 에너지를 적용하여 체내에 능동적으로 흡수시킴으로서 물질에 대한 내성 및 잔류에 대한 문제를 해결하고 2차적인 환경오염 (분뇨의 토양 오염)에 대한 우려를 해결 할 수 있는 친환경 녹색기술이다. 에너지의 관점에서 생명을 바라보고 적용하는 양자물리학의 생명공학 접근은 아직 초기 단계라고 할 수 있다. 분자세포 생물학의 발전은 양자과학을 앞당겨 생명공학에 혁신을 이룰 것으로 기대한다. 질병을 선제적으로 예방하는 것이야 말로 지속가능 축산을 위한 필수 요소라고 하겠다. 생명체의 초기 단계부터 에너지적으로 최적화 상태를 이루어 개체의 강건성을 확보하는 것이야 말로 가장 적은 투자로 효율을 극대화 하는 것이다. 본 연구팀도 향후 추가적인 연구를 통하여 생명에너지와 번식에 대하여 집중적으로 조명하고 연구를 수행하고자 한다.

○ 타 연구에의 응용

- 가. 본 연구팀은 이번 연구를 통하여 극미약광의 생명에너지 고양에 대한 연구팀의 가설에 한걸음 다가설 수 있었다. 극미광이 세포막의 전위차를 높임으로서 생명체의 전기력 (bioelectricity) 에너지가 향상됨을 확인 할 수 있었다. 또한 이러한 생명체의 전기적 능력의 향상 (=에너지 향상)은 생명체의 극적인 탄생에 있어 매우 중요한 것으로 축산에서의 생산성 향상과 아주 밀접한 관계에 있다고 할 수 있다. 본 연구팀은 1차 년도 난자 발육 및 수정란의 평가를 통해 이에 대한 가능성을 확인 하였으며, 양돈 현장에서도 연관된 결과를 얻을 수 있었다. 에너지효율의 증가는 사료효율이나 질병 방어능력 뿐만 아니라 분만 모돈의 산자에도 극적인 영향을 줄 것으로 기대하였고, 현장에서 사산율 감소, 특히 흑자나 미라의 출현이 감소하는 결과를 얻을 수 있었다.

나. 최근 들어 전 세계가 다산성 모돈으로 개량됨에 따라 산자의 생시체중이 감소하고 위축돈의 출현이 늘어 농가현장에서 관리에 어려움을 겪고 있다. 이에 대안으로 극미약광의 번식효율과 관련된 연구가 본격적으로 이루어진다면 양돈 뿐 아니라 축산 전반과 나아가 인체에 까지 중요한 기초 연구와 실증 및 대안기술이 발전될 것으로 기대된다.

○ 기업화 추진방안

가. 본 연구팀은 극미약광 조사기의 시장 진입을 위하여 양돈분야 소모성 질병의 예방에 대한 지표를 설정하고 이를 해결하는 연구를 통하여 보다 근원적인 양돈 분야 적용에 대한 마케팅 포인트를 얻을 수 있었다. 극미약광의 적용은 치료의 목적보다는 예방적 측면에서 활용되어야 하는 기술로서 수요자인 농장주에게 필요성에 대한 교육이 필요하였다. 양돈분야에서 임신구간의 활용은 효과적이었다. 자돈의 활력, 미라, 흑자의 감소를 농장에서 확인 할 수 있었다.

나. 연구팀은 이를 바탕으로 해외시장 개척을 위하여 네브라스카 주립대학과 확장된 연구 계획을 수립하고 연구 실행을 준비하고 있다. 네브라스카 주립대학의 animal science 돼지 생리학 및 분자생물학을 강의하는 연구팀과 생존 돼지의 난자에서 발육능과 건강도를 확인하고 수정시킨 후 수정란의 발육과 성장 및 대사 상태에 대한 평가를 동시에 진행하기로 하였다. 네브라스카는 미국 내 농업축산 분야에서 중요한 위치를 차지하고 전통적으로 농업분야 연구가 활발한 지역이다. 최근 UNL (University of Nebraska Lincoln) 내의 NIC (Nebraska Innovation Campus) 설립과 동시에 농업관련 기업에 대한 유치를 위하여 지원을 아끼지 않고 있다. 본 연구팀은 농업기술 실용화재단의 추천으로 네브라스카 대학교와 주정부가 진행하는 NIC에 입주하게 되었으며, 이를 기반으로 네브라스카 주립대학과 공동연구의 기반을 확보 하였다. 연내에 현지법인 설립을 통하여 본격적인 공동연구를 시작할 계획이며 해외시장 진출을 적극적으로 진행 할 계획이다. 또한 서부수의학회를 통하여 반려동물 시장에 대한 가능성을 확인하였으며 국내 진출 기업들과 공동 마케팅을 통하여 미국 내 소동물 시장 진입을 위한 추가 디자인 개발을 가속화 할 예정이다.

6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

코드번호

D-08

- 독일의 ProphyMed사(社)에서 개발한 제품인 BioPhoton ProphyMed은 생체광자 원리를 이용한다는 점에서 본사의 포토니아와 접근법이 유사하다.
- 가. 빛은 전자기파로 퍼지며 빛의 단일체가 양자 (광자)들이다. 빛 (광자)는 모든 생체내의 생화학적 과정을 조종하고 물질을 형성하는 근본이다. 특히 미토콘드리아 내에서의 에너지 생산과정과 세포내 정보교환 과정은 빛과 밀접하게 연관되어 있다. 건강한 신진대사에 절대적으로 중요한 것은 세포내 에너지 생산을 하는 전자전달체계이다.
- 나. 전자전달체계에서 산소전자는 반응을 유발하는 전자기장을 형성한다. 이 전자기장들은 광자들로 되어 있다. 광자들은 모든 생명체내의 소위 생체광자로 알려진 초미세한 빛을 내보낸다는 것이 연구결과로 입증되었다.
- 다. 생체광자들은 전자전달체계에서 전자들을 강화시킨다. 이러한 방법으로 생체광자들은 산소와 포도당이 없어도 ATP 생성을 가능하게 한다. 1975년 물리학자 Frit-Albert Popp 는 생체광자들을 실험적으로 입증했다.
- 라. 모든 생명체는 450-750nm 파장의 약한 빛을 내보낸다. 생체광자들은 빛에 자극된 전자들로부터 생성된다고 추측하고 있다. 높은 에너지등급에서 낮은 에너지등급으로 떨어지면서 전자는 발광하게 된다. 생체광자들의 간섭성/응집성에는 특별한 의미가 있다. Popp는 생체광자의 빛이 빛정렬에서 극히 높은 등급에 속하고 일종의 간섭이 가능한 (파장들의 가간섭성) 생체레이저 빛으로 표현될수 있음을 발견했다. 높은 간섭성은 생체광자파가 정렬기능 및 정보전달을 가능하게 한다. 일반적으로 비간섭성의 빛은 에너지를 전달할 수 없다.
- 마. 생체광자들은 세포내에서 저장되고 정보전달에 이용될 수 있는 광자들이다. 병든 세포들은 저장능력을 잃었기 때문에 훨씬 더 많은 광자들을 방출한다.
- 바. BioPhoton ProphyMed는 6mW, 785nm의 128개 정밀광원 적외선으로 이루어져 있으며 비교적 넓은 면적에 회당 8.5분정도 조사하여 6-20회의 치료를 한다. 128개로 유도된 광자들은 인체조직에 흡수되어 피부 밑을 관통하여 신진대사를 자극한다. 작용기전은 1단계 ATP 분자 합성을 촉진, 2단계 세포분열 촉진, 3단계 생화학적 치유과정의 상승으로 이어진다. 넓은 효과범위는 상처치유, 염증, 위내장 질환 및 만성적 피부질환, 류마티스, 불면, 우울, 혈액순환장애, 안과질환 등에 적용되어 진다.

Wie funktioniert es?

BioPhoton PROPHYMED

Besteht aus 128 Präzisionslichtquellen Rot und Infrarot mit einer Leistung von 6 mW bei 785 nm.

Stimuliert die biologischen Aktivitäten aller Zellen.



- 사. 본사의 포토니아와 BioPhoton ProphyMed의 차이점은 생체광자 원리를 이용하여 치료하려는 모토는 동일하나 BioPhoton ProphyMed의 laser는 기존의 laser에 비해 빛의 세기가 약하기는 하나 실제 생체광자의 세기는 10^{-16}W/cm^2 이하의 극히 미약하여 BioPhoton ProphyMed의 laser의 빛과는 차이가 있다. 또한 생체광자의 파장대역은 450-750 nm (dominant emission region of 570-670nm)인데 반해 ProphyMed의 laser의 경우 적외선 단파장을 사용하고 있어서 실제로는 기존의 LILT에 비해 좀 더 약한 세기로 조금 더 넓은 부위에 조사하여 주는 것으로 볼 수 있다.
- 아. 이에 반해 본사의 포토니아는 세기는 10^{-15}W/cm^2 로 생체광자와 유사하며 파장대역 또한 400-800nm로 동일하다. 또한 가시광선을 분광, 편광 시켜 간섭성을 지녀 생체와 동조를 이루게 한다.

○ 생물에너지학 (Bioenergetics)

- 가. 생물에너지학 (Bioenergetics)는 살아있는 시스템을 통한 에너지 흐름과 관련된 생화학 및 세포 생물학 분야이다. 이것은 생체 내 에너지의 변형에 대한 연구와 세포 호흡 및 생산 및 이용으로 이끄는 많은 다른 대사 및 효소 과정과 같은 수많은 상이한 세포 과정의 연구를 포함하는 생물학 연구의 활발한 영역이다. ATP 분자와 같은 형태의 에너지 즉, 생물 에너지의 목표는 생물체가 생물학적 작업을 수행하기 위해 어떻게 에너지를 획득하고 변형 시키는가를 기술하는 것이다. 따라서 대사 경로의 연구는 생물 에너지에 필수적이다.
- 나. 생물에너지 (ATP)를 생산하는 미토콘드리아는 기존의 발열기능과 칼슘의 저장은 물론, 세포막 전위차 유지, 세포사멸, 칼슘신호, 헴 (heme)과 스테로이드 (steroid) 합성등 생체의 모든 대사에 중추적인 역할을 수행하고 있다. 생체의 호흡계는 미토콘드리아 내막에 존재하는 전자전달계의 연속적인 산화환원 반응에 의한 안정적인 전기의 흐름을 통해 세포막 전위차를 유지하고, 수반되는 세포막 내외 H^+ 농도구배를 형성하여 최종적으로 complex V에 의해 ATP를 생산해야 한다.
- 다. 2010년 5월 Sazanov 박사팀에 의해 거대복합체인 complex I의 세포막내 구조가 밝혀짐으로서 에너지 생산복합체 (complex I, II, III, IV, V)의 구조적 형태는 물론, 전자전달경로, 퀴논분자 및 기질의 결합부위 구조가 완성됨에 따라 본격적으로 H^+ 및 ROS 생성기작 연구에 필요한 정확한 화학양론적 정보가 활용될 수 있게 되었다.
- 라. 미토콘드리아의 기능장애가 발생할 경우, 세포의 대사조절기능에 문제가 발생하여 점진적으로 생체에 다중성 장애 (multisystem disorder)를 일으킨다. 최근, 미토콘드리아 질병으로 알려진 노화 및 산화스트레스, 당뇨, 심장질환, 퇴행성 신경질환에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 질환들은 미토콘드리아 내막에 존재하는 호흡계 회로 (respiratory chain)의 전기적 단락에 의해 전자전달의 장애가 발생하게 되며, 이로 인해 다량으로 생성된 활성산소 (reactive oxygen species)에 의한 세포의 지속적 손상이 축적되어 발병되는 것으로 이해하고 있다. 따라서 생체의 근본이 되는 에너지 생산회로의 정교한 반응에 이상이 생길 경우, 에너지 대사의 균열에 따른 모든 생체대사의 장애라는 필연적인 결과를 낳게 된다.
- 마. 최근 연구에 의하면 활성산소 (ROS)가 세포사멸은 물론 innate immune system의 host defence genes의 발현유도, 상처치유 및 혈액의 항상성에 연루된 혈소판의 추가적인 보충을 위한 신호전달, ion transport를 하는 것으로 알려졌다. 또한 redox signaling으로 연관되는 세포의 대사에도 중요한 역할을 하기 때문에 더 이상 완전한 제거의 대상이 아닌 조절해야 하는 물질이 되었다.

바. 본사의 포토니아는 생체광자와 비슷한 세기의 가시광선대의 빛을 변조하여 조사시켜 생체에 동조하여 흡수하게 하는 원리를 지니고 있다. 이렇게 흡수된 광자 (photon)은 미토콘드리아에서 ATP 생산 증진 및 ROS 생산을 조절하는 역할을 하게 된다. 본사의 기기는 생체를 자극하는 것이 아닌 생체가 부족한 부분을 능동적으로 흡수할 수 있게 도와주는 역할을 하는 것으로 항상성을 유지할 수 있게 해준다. <출처 : 이동우. 생물에너지학 연구동향. 한국생명공학연구원 바이오화학에너지 연구센터. 2011.>

7. 연구개발결과의 보안등급

	코드번호	D-09
○ 해당 없음		

8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황 (해당 없음)

					코드번호		D-10	
구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록번호

9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

코드번호

D-11

가. 연구실 안전점검 체계 및 실시

1) 실험실 안전 점검 체계

구분	대상	점검주기	점검내용	점검자
일상점검	실험실	매일	실험실 안전 일일점검표 작성	최종퇴실자
확인점검	"	매일	일일점검표 작성여부 확인	전담부서
수시점검	"	매월 1회 이상	실험실에 사용되는 가스,기구,전기,약품 등의 상태 및 보호장비의 관리실태 전반	안전관리자

2) 점검항목

- 가) 일반 ; 정리정돈 및 청결상태, 실험실내 조명, 온도 습도등 환경조건, 금연, 음식물 반입, 보관, 취식 여부, 안전수칙 및 비상조치사항, 연락번호 게시.
- 나) 전기 ; 금속성 외함 기계기구의 접지, 전기기기 및 배선의 고정상태 및 파손, 콘센트 문어발식 사용, 각종 충전부위 접촉방지조치
- 다) 소방 ; 소화기 관리 및 접근 용이성, 출입구관리(출입구 표지 및 장애물 제거), 비상유도 표지 등
- 라) 화학 ; 물질 안전보건자료(MSDS)비치, 실험폐액 수집, 저장, 관리
- 마) 기타 ; 연구실 입구에 적절한 경고표지 부착

2) 실험실 정밀 안전진단 실시

- 가) 대상 : 연구실안전환경조성에 관한 법률 제8조, 연구개발활동에 유해화학물질 관리법 제2조 7호에 따른 유해화학물질을 취급하는 연구실, 산업안전보건법 제39조에 따른 유해인자를 취급하는 연구실
- 나) 실시 : 1년마다 1회 실시

3) 작업환경 측정 실시

- 가) 관련근거 : 산업안전보건법 제42조
- 나) 측정주기 : 1회/년(6월) 최초 및 기준치 이상 검출시는 년2회 실시하여 고용노동부에 보고
- 다) 측정대상 : 유해물질 취급 장소
- 라) 측정내용 : 작업장소의 유해물질 노출현황 조사

나. 교육훈련

1) 채용시 교육 : 신규채용시 1회

- 가) 교육대상 : 신규채용자
- 나) 교육시기 : 6월, 12월
- 다) 교육내용 : 산업안전관련법규등 근로자가 알아야 될 사항
- 라) 교육방법 : 해당기관에서 자체 또는 외부의 전문기관 의뢰 등

2) 정기교육 : 분기별 1회

- 가) 교육대상 : 전직원
- 나) 교육방법 : 해당기관에서 자체 또는 외부의 전문기관 의뢰 등

10. 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국가	코드번호		D-12	
						Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/인용 횟수 등)
1	논문	Oocyte maturation under a biophoton generator improves preimplantation development of pig embryos derived by parthenogenesis and somatic cell nuclear transfer	(주)바이오라이트	참여 저자	Korean Journal of Veterinary Research	-	2017.05.19	-	비SCI
2	특허 (출원)	광에너지 구별 장치 및 방법	(주)바이오라이트	출원인	대한민국		2017.01.17		10-2017-0008175
3	디자인 (출원)	광양자조사기 디자인 출원	(주)바이오라이트	출원인	대한민국		2017.05.19		30-2017-0022749
4	상표 (출원)	Photonía 상표출원	(주)바이오라이트	출원인	대한민국		2017.10.30		40-2017-0137126
5	상표 (출원)	Photonía 국제상표출원	(주)바이오라이트	출원인	미국		2017.12.05		40-1204674
6	디자인 (등록)	광양자조사기 디자인 등록	(주)바이오라이트	출원인	대한민국		2018.02.05		30-0943742

11. 기타사항

코드번호		D-13
○ 해당 없음		

12. 참고문헌

코드번호

D-14

- Andersson, H., Lillpers, K., Rydhmer, L., Influence of light environment on plasma melatonin and cortisol profiles in young domestic boars, comparing two commercial melatonin assays. Domestic Animal Endocrinology. 2000. 19 (4): 261–274.
- Anshu Rastogi and Pavel Pospíšil, Spontaneous ultraweak photon emission imaging of oxidative metabolic processes in human skin: effect of molecular oxygen and antioxidant defense system, Journal of Biomedical Optics 16(9), 096005 (September 2011)
- Burgos et al. Crossing the Boundaries of Our Current Healthcare system by Integrating Ultra-Weak Photon Emissions with Metabolomics. frontiers in physiology. December 2016. Volume 7. Article 611
- Beigom Taheri et al. Comparison of the Effect of Low-Level Laser and Phenytoin Therapy on Skin Wound Healing in Rats. Journal of Lasers in Medical Sciences Volume 6, Number 3, Summer 2015. 124–128
- Dauchy, R. et al. Dark-phase light contamination disrupts circadian rhythms in plasma measures of endocrine physiology and metabolism in rats. Comparative Medicine. 2010. 60 (5): 348–356.
- Gerald H. Pollack, The Fourth Phase of water, Ebner and Sons Publishers, 2013
- H.A. Olanrewajk, J.L. Purswell, W.R. Maslin, S.D. Collier, S.L. Branton. Effects of Color Temperatures (Kelvin) of LED Bulbs on Growth, Performance, Carcass Characteristics, and Ocular Development Indices of Broilers Grown to Heavy Weights. Poultry Science, Volume 94, Issue 3, 1 March 2015, Pages 338-344
- H.A. Olanrewajk, W.W. Miller, J.L. Purswell, S.L. Effects of color temperatures (Kelvin) of LED bulbs on blood physiological variables of broilers grown to heavy weights. Branton Poultry Science, Volume 94, Issue 8, 1 August 2015, Pages 1721-1728
- In-Su Park, Phil-Sang Chung, Jin Chul Ahn. Enhanced angiogenic effect of adipose-derived stromal cell spheroid with low-level light therapy in hind limb ischemia mice Biomaterials. 35. 2014. 9280–9289
- Jay D. Harmom, Dana Petersen. Farm Energy : Indoor lighting for livestock, poultry, and farm shop facilities. Agrichltuer and Environment Extension Publications. 32. October, 2011.

- Joseph Tafur, M.D et al., Biophoton Detection and Low-Intensity Light Therapy: A Potential Clinical Partnership, *Photomedicine and Laser Surgery* Volume 28, Number 1, 2010
- Karu TI. Multiple roles of cytochrome c oxidase in mammalian cells under action of red and IR-A radiation. *IUBMB Life*. 2010 Aug;62(8):607-10. doi: 10.1002/iub.359.
- Masaki Kobayashi, Torai Iwasa, Mika Tada, Polychromatic spectral pattern analysis of ultra-weak photon emissions from a human body, *Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology* 159 (2016) 186-190
- Nury Kim et al., Spatiotemporal Control of Fibroblast Growth Factor Receptor Signals by Blue Light, *Chemistry & Biology* 21, 903-912, July 17, 2014
- Praxis für Naturheilkunde (자연요법의 실습),
<http://www.heilpraktiker-heitland.de/therapien/biophotonen-therapie/>
- Quantum Optics : An Introduction (Oxford Master Series in physics, 6)
- Rizzo NR et al. Detecting presence of cardiovascular disease through mitochondria respiration as depicted through biophotonic emission. *Redox Biol*. 2016 Aug; 811-7
- Roeland van Wijk. Light in shaping life: Biophotons in Biology and Medicine, 2014
- Sancho S et al. Effects of exposing boars to different artificial light regimens on semen plasma markers and “in vivo” fertilizing capacity. *Theriogenology*. 2006. 65: 317-331.
- Sousa RG, Batista KNM. Laser therapy in wound healing associated with diabetes mellitus - Review. *An Bras Dermatol*. 2016;91(4):489-93
- Sun Y et al. Biophotons as neural communication signals demonstrated by in situ biophoton autography. *Photochem Photobiol Sci*. 2010 Mar;9(3):315-22
- Takeda M et al. Biophoton detection as a novel technique for cancer imaging. *Cancer Sci*, 2004 Vol. 95, No. 8, pp 656-661
- Xuejuan Gao and Da Xing, Molecular mechanisms of cell proliferation induced by low power laser irradiation, *Journal of Biomedical Science* 2009, 16:4
- 2016 Animal Responses to Light Meeting Report. Chiago, IL. April 19, 2016.

- 김진태, 배성범, 윤두협. 피부질환 치료용 LED 치료기. 전자통신동향분석 제25권 제5호 2010. P 59-71
- 김한국, 김진태. 피부질환용 LED 기술동향 및 시장 기회분석. 한국과학기술정보연구원 정보분석 연구소. 2013.
- 범희승, 이종일. 바이오의광학. 전남대학교 출판부. 2008.
- 윤재일, 광의학, 려문각. 서울, 1994
- 전황수, 허필선. 감성조명산업(LED)시장 전망 및 국내외 개발 동향. 정보통신연구진흥원. 주간기술동향, 통권 1390호 2009. 1-13
- 중소기업기업 기술로드맵. 2017-2019. 중기청.

[별첨 1]

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 양돈분야 소모성 질병예방을 위한 극미약광 면역증진 기기 개발				
	(영문) Development of ultraweak photon emitting device for swine disease prevention				
주관연구기관	(주)바이오라이트	주 관 연 구 책 입 자	(소속) (주)바이오라이트		
참 여 기 업	(주)바이오라이트		(성명) 이 원유		
총연구개발비 (267,000 천원)	계	267,000천원	총 연구 기간	2015. 12. 18 - 2017. 12. 17 (24 개월)	
	정부출연 연구개발비	200,000천원	총 참 연 구 원 여 수	총 인원	17명
	기업부담금	67,000천원		내부인원	1차년도 8명 2차년도 9명
	연구기관부담금	-		외부인원	-

- 연구개발 목표 및 성과
- 가시광을 변조시켜 생체 극미약광에 공명하여 흡수하는 장치 개발
 - 이를 통한 폐지의 대사활성, 면역능력을 증강시킴으로서 소모성 질병에 선제적 예방 대응 기술 개발
 - 극미약광의 생체 활용 가능성 확대 및 생체에 미치는 영향과 작용기전 확립을 통한 극미약광 응용기술의 원천성 확보
- 연구내용 및 결과
- <기술개발 분야>
- 극미약광의 특성 및 측정방법 연구
 - 양돈 현장적용을 위한 내구성, 안정성 및 사용편의성을 고려한 최적화 디자인 개발
 - 극미약광의 생체 내 작용기전 검토
 - 극미약광 발생장치 개발 및 현장적용
- <현장적용 분야>
- 체외 효능 평가 및 면역기능 작용기전 분석
 - 생체 효능 및 축산 농가 경제성 평가
 - 산업화를 위한 평가인증 진행
- <연구 결과>
- 신규 광원 모듈 개발
 - 분광조절부 소형화 개발
 - 신규 모델 디자인 개발
 - 체외 효능평가 결과 확보
- 연구성과 활용실적 및 계획
- <기술 분야>
- 극미약광 기반 생체대사 활성화기술 개발을 통한 광융합 (물리학+생명공학) 신학문의 발전에 기여
 - 유전체학, 단백질체학 또는 생체대사학 등과 차별화되는 융합 원천기술 기반확립
- <사업화 분야>
- 양돈 분야 최적화 모델개발 및 적용으로 농가 생산성 향상
 - 양돈을 기반으로 타 축종 시장 진출 및 반려동물, 식물, 사람 등으로 대상 확대
 - 해외 시장 수출
- <기대성과>
- 고품질 안전 축산물 생산 기반 마련
 - 선제적 질병예방을 통한 소모성/전염성 질병 대응 가능
 - 면역능력 향상을 통한 농가 생산성 향상

[별첨 2]

자체평가의견서

1. 과제현황

			코드번호	D-15
			과제번호	115065-2
사업구분	농식품기술개발사업			
연구분야			과제구분	단위
사업명	첨단생산기술개발사업			주관
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음
과제명	양돈분야 소모성 질병예방을 위한 극미약광 면역증진 기기 개발		과제유형	(개발)
연구기관	(주)바이오라이트		연구책임자	이 원유
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간
	1차년도	`15.12~`16.12	100,000	33,500
	2차년도	`16.12~`17.12	100,000	33,500
	계	24 개월	200,000	67,000
참여기업	(주)바이오라이트			
상대국	-	상대국연구기관	-	

2. 평가일 : 2018.01.31.

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
(주)바이오라이트	연구소장	이 원유

4. 평가자(연구책임자) 확인 : 이 원유

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확약	
----	--

I. 연구개발실적

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 본 연구과제의 기존 개발제품이 축산 양돈 분야에 최적화된 모델의 형태로 개선됨
- 세포 및 생체실험을 통한 작동 기전 관련 기본 데이터 확보 (지속적 추가실험 진행 요망)

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 극미약광의 기술적 특성 객관화 실현 (원천기술의 특성을 지니고 있음)
- 산업화 적용 가능성에 대한 기초 평가자료 확보

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 양돈 분야를 비롯한 축산 전반에 걸친 생산성 증대 기술로 확대 적용 가능
- 국내 뿐 아닌 국외로의 수출 가능성 제시

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 연구 계획 대비 충실한 진행 성과
- 연구 예산 이외의 주관연구기관의 기술투자 지속성 확보

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 극미약광의 생체 효과에 대한 이견이 존재하는 분야이므로, 향후 지속적으로 분자생물학적 기전을 규명하기까지 과학적 증거가 난해할 것으로 예상되어짐

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)		비중 (%)	달성도 (%)	자체평가	비고
1차 년도	신규 광원 모듈 개발	15	90	최적 LED 광원 선정	KTR, Kim's Optech
	분광조절부 소형화 개발	10	90	분광프리즘 개선	-
	신규 모델 디자인 개발	10	100	소형화 및 경량화	그로스 디자인
	체의 효능 평가	15	100	세포 광조사 유효성 평가	서울대, 강원대
소계		50	95	-	-
2차 년도	사용 편의성 및 내구성 향상	10	90	의료기기안정성 평가	KTR 인증
	생산성 향상 현장 실증 평가	10	100	시작품 및 생산성향상평가	조암농장
	양돈 현장 적용 최적 모델 개발	15	100	매뉴얼 및 컨설팅자료개발	시제품제작
	생체 효능 평가	15	90	기니피그 생체효능 평가	(주)이노백
소계		50	95	-	-
합계		100	95		

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

- 전체적으로 양호하게 연구를 수행하였다고 판단됨
- 향후 지속적인 기술개발이 요구되어짐

2. 평가 시 고려할 사항 또는 요구사항

- 극미약광 측정 분야의 광생물학 기술은 현재 명확한 과학적 접근을 보이고 있으나, 극미약광과 생체의 상관성에 대한 기술 분야는 아직 학계의 이견이 존재하고 있음
- 본 연구과제는 이를 과학적인 시각으로 접근 및 규명하려는 의도를 가지고 수행되었으며, 향후 지속적으로 기술이 보완되어질 수 있다고 확신함

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 본 연구개발과제의 기술이 가지고 있는 잠재적 가능성을 평가해 볼 때, 산업적 적용 가능 분야가 매우 크고 그 범위 또한 넓기에, 특히 극미약광의 생체 작용기전을 더욱 확고히 다지게 된다면, 본 기술분야의 선도적 개발을 통한 국가 과학기술 경쟁력 제고에 충분한 역할을 수행할 것으로 사료됨

IV. 보안성 검토

- 해당 없음

1. 연구책임자의 의견

- 해당 없음

2. 연구기관 자체의 검토결과

- 해당 없음

[별첨 3]

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야	첨단생산기술개발사업	
연구과제명	양돈분야 소모성 질병예방을 위한 극미약광 면역증진 기기 개발			
주관연구기관	(주)바이오라이트		주관연구책임자	이 원유
연구개발비 (천원)	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	200,000	67,000	-	267,000
연구개발기간	2015. 12. 18. ~ 2017. 12. 17. (24개월)			
주요활용유형	<input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타() <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 신규 광원 모듈 개발 (1차 년도)	신규광원 (LED 3W) 선정 및 적용
② 분광조절부 소형화 개발 (1차 년도)	분광 프리즘 (소형화) 시작품 제작
③ 신규 모델 디자인 개발 (1차 년도)	현장적용을 위한 광조사기 시작품 제작
④ 체외 효능 평가 (1차 년도)	돼지생식세포 광조사 유효성 평가실시
⑤ 사용 편의성 및 내구성 향상 (2차 년도)	의료기기 전기기계/전자파 안정성 및 IP64 인증 확보
⑥ 생산성 향상 현장 실증 평가 (2차 년도)	최종 시작품 제작 및 생산성 향상 분석
⑦ 양돈 현장 적용 최적 모델 개발 (2차 년도)	설치 매뉴얼 및 컨설팅 자료 개발
⑧ 생체 효능 평가 (2차 년도)	기니피그 혈액화학 및 면역원성 평가

3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지1표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육 지도	인력 양성	정책 활용-홍보		기 타 (타 연 구 활 용 등)
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		논 문 평 균 IF	학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SC I	비 SC I							
단위	건	건	건	건	백만원	백만원	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치																				
최종목표	2	2			1			1			2	2			1		2			
연구기간 내 달성실적	4	1			1			1			0	1			1		10			
달성율 (%)	100	50			100			100			0	50			100		100			

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	극미약광 변조기술 유래 생체 광조사기 제조 및 개발
②	극미약광 조사로 인한 생체 세포 내 작용 기전 규명
③	극미약광 조사로 인한 축산 (양돈, 낙농 등) 분야 생산성과의 상관성 규명

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복 제	외국기술 소 화 흡 수	외국기술 개 선 개 량	특허 출 원	산업체이전 (상품화)	현 장 애 로 결 핵	정 책 자 료	기 타
①의 기술	v	v	-	-	v	v	v	-	-	-
②의 기술	v	v	-	-	-	v	-	-	-	-
③의 기술	v	v	-	-	-	v	-	v	-	-

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	축산 (양돈, 낙농 등) 분야의 제품 확대 적용 및 신 분야 (반려동물, 인체 등) 개척
②의 기술	지속적인 분자생물학적 작동 기전 규명 및 보완
③의 기술	CRO 수행 등을 통한 객관성 제고 (축산 현장 실험의 난제 보완)

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표			정책활용	홍보전시	
												SCI	비SCI						
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명				
가중치																			
최종목표	2	2				1			1			2	2			1		2	
연구기간내 달성실적	4	1				1			1			-	1			1		10	
연구종료 후 성과창출 계획	-	2				-			-			2	1			-		-	

8. 연구결과의 기술이전조건 (산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾	극미약광 변조기술 유래 생체 광조사기 제조 및 개발		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	100,000 천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input checked="" type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간	1 년	실용화예상시기 ³⁾	기술이전 후 즉시
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	극미약광의 기술특성 및 생명체와의 상관성 이해		