

819027-0

1

지속 가능한 축산 육성을 위한  
번식능력 향상  
축산 광응용기술  
연구

연구  
지구  
2020

농림축산식품부

농림식품기술기획평가원

보안 과제( ), 일반 과제( O ) / 공개( ), 비공개( O ), 발간등록번호( O )

농식품연구성과후속지원사업 2020년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003  
275-01

# 지속 가능한 축산을 위한 돼지 번식능력 향상 광응용기술 연구

2020.9.29.

주관연구기관 / (주)바이오라이트

농림축산식품부  
(전문기관)농림식품기술기획평가원

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “지속가능한 축산을 위한 돼지 번식능력 향상 광응용기술 연구”  
(개발기간 : 2019. 5. 10. ~ 2020. 7. 9.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2020. 9. 29.

주관연구기관명 : (주)바이오라이트 (대표자) 박미정 (인)  
참여기관명 : (대표자) (인)



주관연구책임자 : 이 원 유  
협동연구책임자 :  
참여기관책임자 :

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의 합니다.

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농식품연구성과후속지원사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농식품연구성과후속 지원 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.

### 보고서 요약서

과제고유번호	819027-01	해 당 단 계 연 구 기 간	2019.5.10.~ 2020. 7. 9.	단 계 구 분	1차년도/1차년도
연구사업명	단 위 사 업	농림축산식품연구개발사업			
	사 업 명	농식품연구성과후속지원사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	지속가능한 축산을 위한 돼지 번식능력향상 광응용기술 연구			
연구책임자	이 원유	해당단계 참여 연구원 수	총: 7 명 내부: 7 명 외부: - 명	해당단계 연구개발비	정부: 165,000천원 민간 : 55,000천원 계: 220,000천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 7 명 내부: 7 명 외부: - 명	총 연구개발비	정부: 165,000천원 민간 : 55,000천원 계: 220,000천원
연구기관명 및 소속부서명	(주)바이오라이트 기업부설연구소			참여기업명 : (주)바이오라이트	
국제공동연구	상대국명 : 해당 없음			상대국 연구기관명 : 해당 없음	
위탁연구	연구기관명 : 해당 없음			연구책임자 : 해당 없음	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	
-------------------------	--

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시 설·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-

본 연구팀은 지속가능한 축산을 위한 돼지 번식능력 향상을 위하여 가시광대역의 극미약광(제품명:포토니아)을 생명체에 효과적으로 이용되도록 조절하고 변조하여 생명체에 조사함으로, 생명에너지 발전소 미토콘드리아의 ATP생산효율 강화를 통한 생산성 향상목적을 달성하기 위해 극미약광을 번식구간에 적용하는 친환경 축산 기술을 연구개발 하였음. 이에 아래와 실증 지표를 정하고 다음과 같은 결과를 얻음.

- 세포 내 미토콘드리아 효율 평가 : 세포 산소소모율 (OCR) 증가
- 정자 내 미토콘드리아 함량 평가 : 정액 품질 개선
- 옹돈 생식능력 향상 현장실증 : 정액 생산량 증가
- 모돈 생식능력 향상 현장실증 : 총산 및 실산 증가

보고서 면수

## 〈요약문〉

연구의 목적 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 극미약광조사기 (포토니아) 조사를 통한 돼지 (모돈, 옹돈) 생산능력 5% 향상</li> <li>- 극미약광조사기 (포토니아)의 양돈 생산성 증진 마케팅 효과로 국내매출 100% 향상 및 수출 350,000\$ 달성</li> <li>- 극미약광조사기 (포토니아) 조사를 통한 돼지 (모돈, 옹돈) 생산능력 향상을 입증하기 위한 실증실험 : 세포 내 미토콘드리아 효율 평가 (OCR/항산화능) : 정자 내 미토콘드리아 함량 측정 : 옹돈 생식능력 지표 (정자 활력, 정자 생존율, 정액량, 정자수 응집 등) 측정 : 모돈 생식능력 지표 (총산자수, 실산자수, 사산율, 이유전 폐사율, PSY 등) 측정</li> </ul>				
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 세포 내 미토콘드리아 효율 평가 : 세포 산소소모율 (OCR) 증가</li> <li>- 정자 내 미토콘드리아 함량 평가 : 정액 품질 개선</li> <li>- 옹돈 생식능력 향상 현장실증 : 정액 생산량 증가</li> <li>- 모돈 생식능력 향상 현장실증 : 총산 및 실산 증가</li> </ul>				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 미토콘드리아 패러다임의 축산분야 적용연구를 통한 인체의학적 적용 기반 마련</li> <li>- 양돈 생산성 향상 (일당증체, MSY 증가)을 통한 농가 경쟁력 강화</li> <li>- 지속가능 축산의 기반마련을 통한 오염물 배출 저감 등의 환경 보존 효과 증대</li> </ul>				
국문핵심어 (5개 이내)	극미약광	미토콘드리아	생체에너지	양돈	생산성
영문핵심어 (5개 이내)	Ultraweak Photon	Mitochondria	ATP	Procine	Productivity

※ 국문으로 작성 (영문 핵심어 제외)

## < 목 차 >

1장. 연구개발과제의 개요 .....	7
1절. 연구개발 목적 .....	7
2절. 연구개발의 필요성 .....	8
3절. 연구개발 범위 .....	14
2장. 연구수행 내용 및 결과 .....	17
1절. 연구 내용 및 연구 결과 .....	17
2절. 연구개발의 추진전략·추진체계 및 추진일정 .....	42
3장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 .....	49
1절. 목표 .....	49
2절. 목표 달성여부 .....	49
3절. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등) .....	50
4장. 연구결과의 활용 계획 등 .....	54
1절. 타 연구에의 응용 .....	54
2절. 기업화 추진방안 .....	55
붙임. 참고 문헌 .....	57

<별첨 1> 연구개발보고서 초록

<별첨 2> 자체평가의견서

<별첨 3> 연구성과 활용계획서

# 1장 연구개발과제의 개요

## 1절 연구개발 목적

### 1. 최종목표

- 가. 극미약 광조사기 (포토니아) 조사를 통한 돼지 (모돈, 웅돈) 생산능력 5% 향상
- 나. 극미약 광조사기 (포토니아)의 양돈 생산성 증진 마케팅 효과로 국내매출 100% 향상 및 수출 350,000 \$ 달성

### 2. 세부목표

#### 가. 주요 기능

- (1) 극미약광 조사로 인한 ATP 생산 효율 (미토콘드리아 기능) 증진
- (2) ATP 생산효율 증진으로 인한 생식능력 향상

#### 나. 주요 성능치

- (1) 세포 내 미토콘드리아 효율평가 (Oxygen Consumption Rate; OCR, 향산화)
- (2) 정자 내 미토콘드리아 함량 증진
- (3) 웅돈 생식능력 지표 (정액량, 정자수, 정자 활력, 정자 생존율 등)의 5% 향상
- (4) 모돈의 생체대사 활성, 스트레스 저감으로 분만 회복능 (분만시간, 4일,5일 이내 발정율, 재발율 등) 향상
- (5) 모돈의 생식능력 지표 (총산자수, 실산자수, 사산율, 이유전 폐사율, PSY 등)의 5%이상 향상

#### 다. 핵심 기술

- (1) 극미약광 유래의 ATP 생산효율 증진기술 (세계 최초, 원천기술 보유)

#### 라. 적용 범위 (또는 서비스)

- (1) 국내 양돈 분야 생산성적의 국제 경쟁력 강화에 적용
- (2) 친환경적 안전한 축산물 (떡거리) 생산을 비롯한 농업 지속성의 기반 제공



## 2절 연구개발의 필요성



그림. 실험실 / 현장 실증실험을 통한 생산능력향상 검증 및 사업화

### 1. 지속가능 축산에 대한 요구

가. 축산의 오염물질 배출에 대한 문제로 인하여 지속가능 축산에 대한 요구가 증대되고 있음. 글로벌 1위 요거트기업 다농은 2016년에 2020년까지 75%의 농가에 지속가능 축산 시스템을 구축하고 농가와 상생하는 방법을 준비하고 있으며 또한 미국 맥도날드와 버거킹과 같은 대형 패스트푸드 체인들도 미국 내 자신들의 유통망에서 항생제를 사용한 닭고기 사용을 중지하겠다고 밝힘.

나. 환경오염물질 감소, 항생제 사용량 감소, 동물복지 강화 등 축산업의 지속가능성을 높이는 일은 전 세계적인 요구사항이자 미래 세대와의 약속이 되고 있음.

### 2. 극미약 광조사기 (포토니아)를 이용한 미토콘드리아 건강(에너지 생산)과 축산생산성 증대

가. 생체광자 이론을 근거로 하여 1990년대 중반부터 연구되어온 극미약광 기술은 최근 미토콘드리아 패러다임으로 인한 동양의학에 대한 관심으로부터 새로운 의학의 대안으로 향해가고 있음. Vital force, Energy로 해석되는 동양의학의 중요한 개념인 “기”(氣)를 설명하는 서양의 관점에는 미토콘드리아 패러다임이 있음.

나. 연구팀은 생체에너지학의 관점에서 ATP 생산효율 증가는 생체가 이용 가능한 미토콘드리아의 ATP 생산 시스템에 절대적으로 필요한 전자를 공급하여 Bio-electricity를 증가시킨다는 것임. 이는 곧 생체에너지의 주요 영향 인자들인 전자전달연쇄 (Electron transfer chain)상의 고에너지 전자와 이 전자의 이동으로 수반되는 양성자 동력의 증가로 풀이될 수 있음. 본 연구팀은 빛이 세포가 지니고 있는 물의 구조화를 통해 생체막 주위의 Bio-electricity 변화를 유발시킬 수 있으며 유도된 세포내 전기 음성도의 증가가 곧 ATP 생산 효율을 높인다고 보고 있으며 최종적으로 가축 생산성을 향상시키는데 목적이 있음.

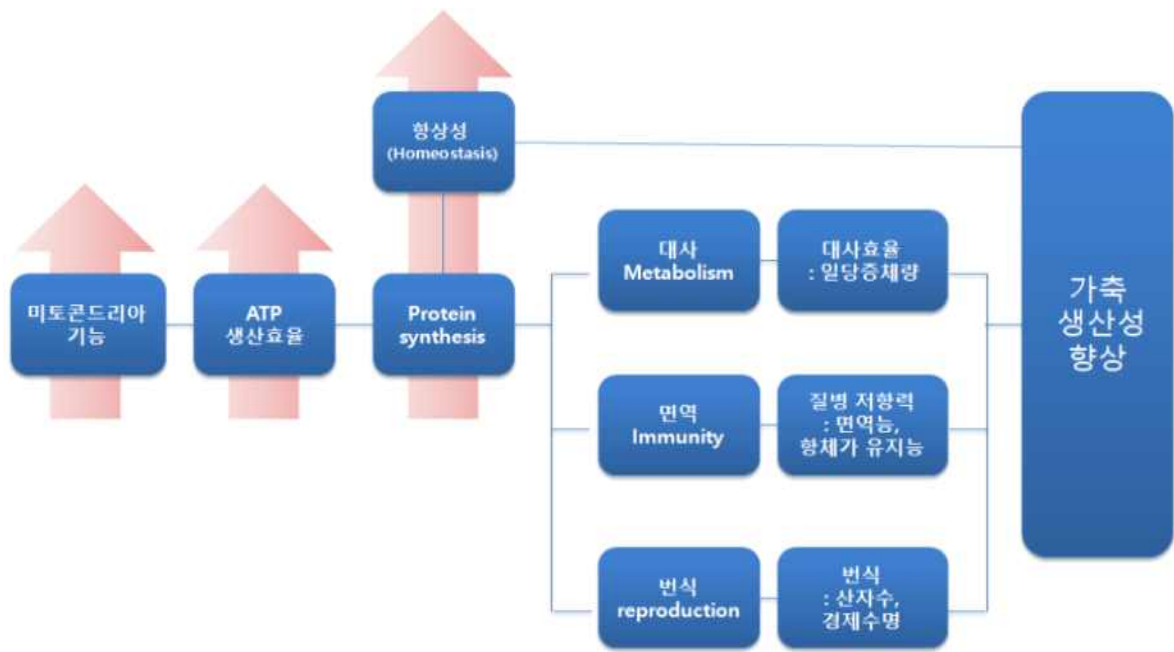


그림. 가축 (양돈) 생산성 향상 관련 포토니아의 작용기전 가설

### 3. 극미약 광조사기 개발 선두기업 \_ (주)바이오라이트

가. (주)바이오라이트는 극미약 광조사기 기술과 관련된 원천기술을 보유하고 있는 업체로서 본 연구팀은 지난 과제를 통하여 양돈분야 소모성 질병예방을 위한 극미약광조사기 (포토니아)를 개발함. 포토니아는 양돈분야에 적용하는 모델로 지난 연구를 통하여 축산현장에서 내구성을 보완하고 양돈에서의 면역증진과 대사효율 증진에 대한 연구를 진행하였음. 또한 포토니아 조사구간 (임신사, 분만사, 이유자돈사, 육성사)을 다양하게 하여 cost-benefit 효과를 가장 많이 볼 수 있는 구간을 선정하였음.

나. 또한 현장 실증을 통하여 모돈과 웅돈의 번식능력이 향상되는 예비데이터를 얻었으며, 돼지 생식세포 실험을 통하여 돼지 단위 발생 및 체세포 핵이식 수정란에 있어 체외 성숙 기간에 극미약광 조사는 체외 발육능을 개선시키는 것으로 확인되었음. 그 결과를 대한 수의 학회지 제 57권 2호 89~95에 게재하였음. 또한 이에 대한 특허를 출원완료 하였음.

다. 사업화 진행과정에서 우리나라의 경우 유럽에 대비해 출하 두당 수익의 기대치가 훨씬 높으며 추가수입을 벌었다는 결과를 검증할 수 있는 시스템을 갖춘 농장을 찾기 힘든 현실을 파악함. 이를 극복하기 위하여 국내에서도 신뢰 받을 수 있는 체계적인 대규모 현장 연구가 절실히 필요함. 실제로 유럽 및 양돈 선진국의 경우 생산성 향상에 대한 명확한 근거를 실험 결과와 실증자료를 통해 현장에 제시하고 농가들은 그 결과를 믿고 제품을 선택할 정도로 신뢰도가 높음. 실제로 글로벌 업체인 P사 첨가제의 경우 돼지 출하 1두당 1.60유로 (2,060원)의 추가수익이 발생한다고 하며 유럽의 많은 농가와 회사들에 판매되고 있음. 이에 본사는 돼지의 생산능력 향상에 대한 객관적 대규모 실증자료를 구축하여 신뢰성 있는 데

이터와 학술자료를 확보하고 농가에 제시함으로써 매출을 증대시키고자 함.

라. 또한 해외수출을 목표로 올해 미국 네브라스카주에 현지 법인을 설립하였으며, NIC (Nebraska Innovation Campus)에 입주해 네브라스카 주립대학 (UNL)과 협약을 맺고, 돼지 생산성과 관련된 공동연구를 진행 중임. 대규모 국내 실증연구와 해외 공동연구를 통해 글로벌 사업화의 기반이 마련될 것으로 기대하며, 연구 종료 후 미국 내 영업을 진행하고자 하는 농업기업과 사업화 협의 중임.

마. 참고로 본사의 극미약광조사기 (포토니아)의 장점은 첫째 광을 이용하기 때문에 물질을 이용하는 것과는 달리 생체에 대사산물을 남기지 않아 최근 문제가 되고 있는 환경문제가 없으며, 둘째 설치 후 추가의 노동력이 필요로 하지 않고, 셋째 초기 투자비만 들면 유지비용이 적음. 따라서 극미약광조사기 (포토니아)는 지속가능 축산에 대한 세계적인 요구에 부응하는 기술로서 확대될 것이며, 나아가 인체를 위한 질병, 불임, 노화와 관련된 사업에 추가적으로 적용되어 시장을 확대해 나갈 계획임.

#### 4. 연구개발 대상의 국내·외 현황

##### 가. 국내외 기술현황

- (1) 빛을 이용한 광조사기 등은 저출력레이저나 LED를 이용한 LPLI (Low Powerl Laser Irradiation) 기술이 인체를 대상으로는 피부미용, 상처회복, 통증완화 등의 효능을 목적으로 사용되고 있으며, 이는 반려동물을 대상으로도 같은 목적으로 기기가 개발되어 사용되고 있음.
- (2) 산업용 동물에게서 사용되는 빛은 주로 조명기기로서의 작용을 하여 생산성을 증대시키는 효과가 있음. ONCE Inc.는 육계와 산란계 등에 특수한 파장대의 조명을 비춰 호르몬과 근육의 성장을 촉진하였으며, 돼지의 경우 점멸등을 이용하여 스트레스를 줄여 주어 생산성을 높이는 효과를 나타냄. 최근 스페인의 Gepork사에서 개발한 photostimulation chamber (maXipig)는 돼지의 인공수정용 정액을 사용 당일 아침에 기계에 넣어 30분 동안 LED를 조사함으로써 수태율이 3% 증가하는 것을 발표함.
- (3) 본사의 극미약광 조사기인 포토니아 (극미약광조사기)는  $1 \times 10^{-13} \sim 10^{-15} \text{ W/cm}^2$  정도로 생체에서 발생하는 광의 세기와 유사할 정도로 매우 약함. 이는 생체와 동조를 이루어 생체에 흡수되어 반응을 일으키게 되는데, 예상되는 작용 기전은 미토콘드리아 기능을 향상시켜 ATP 생산효율을 증대시키고, 이는 가축의 생산성 증대를 가져오는 효과를 나타냄.

##### 나. 국내외 시장현황

###### (1) 돼지고기 생산량

- (가) 지난 10년간 돼지고기 생산 추이를 보면, 중국이 지속적으로 생산량이 증가하다가 최근 2년간 증가가 주춤한 것으로 나타났는데, 최근 중국 정부의 양돈장 현대화에 따른 구조조정과 강력한 환경정책에 의한 영향을 받은 것으로 나타남. 그 이외의 EU와 미

국을 포함한 나라들의 돼지고기 생산은 큰 변동이 없는 것으로 나타남.

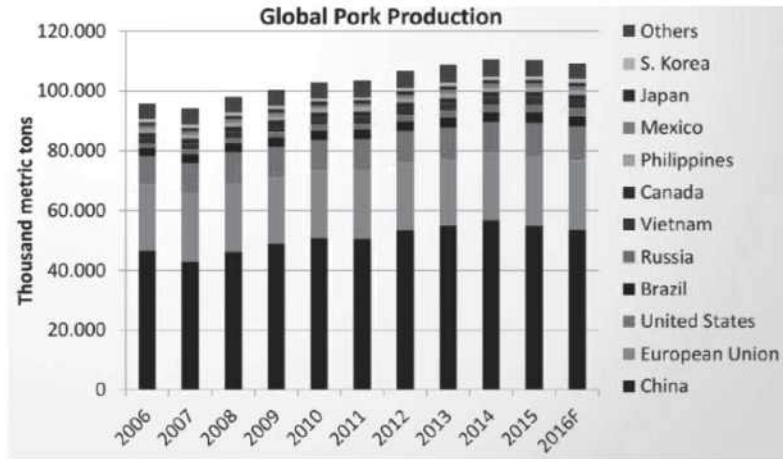


그림. 최근 10년간 돼지고기 생산량 추이, Borrer, 2016

## (2) 생산비

(가) 2015년 세계 주요 양돈 생산국가의 비육돈 지육 kg당 생산비는 사료비, 인건비, 건물 감가상각비를 포함한 고정비, 기타 변동비의 4개 항목으로 구분하여 비교한 결과, EU 회원국의 평균 지육 kg당 생산비는 1.61유로 (2,040원, 1유로=1,267원)이었고, 2014년의 1.67유로보다 3.6% 낮아졌음. EU에서 가장 낮은 생산비를 보인 국가는 덴마크와 스페인으로 1.46유로 (1,850원)이었고, 3위는 프랑스로 1.50유로 (1,900원)이었음. 한편 미국은 1.10유로 (1,397원)였으나 북부 브라질이 0.96유로(1,216원)로 모든 비교 국가 중 생산비가 가장 낮았음. 우리나라 비육돈 생산비는 지육 kg당 3,641원 (2.87유로)으로 유럽 평균보다 178%, 미국보다는 260% 높았으며, 가장 생산비가 낮은 브라질보다는 거의 3배나 높은 생산비를 나타내고 있음.

<표. 양돈 주요 생산 성적 (2015년 주요국가의 번식 성적)>

국가	모든 두당 연간 두수(두)			연간 모든 회전율	폐사율(%)		비육기간		출하 생체중 (kg)	모든 두당 연간 생산 도체중 (kg)
	이유	자돈	판매		자돈	비육	일당 증체	사료 효율		
브라질(MT)	25.36	24.85	24.31	2.41	2.00	2.20	831	2.60	122	2,215
미국	25.26	24.15	22.95	2.41	4.38	5.02	821	2.76	128	2,172
브라질(SC)	26.66	26.13	25.55	2.30	2.00	2.20	820	2.60	120	2,289
캐나다	23.97	23.49	22.66	2.30	2.00	3.50	876	3.00	126	2,241
EU 평균	26.81	26.07	25.38	2.29	2.74	2.62	814	2.83	120	2,336
덴마크	31.26	30.29	29.17	2.27	3.10	3.70	947	2.67	110	2,429
네덜란드	29.52	28.76	28.09	2.36	2.60	2.30	804	2.60	119	2,601
독일	28.64	27.90	27.17	2.34	2.60	2.60	817	2.82	122	2,556
프랑스	27.86	27.17	26.19	2.38	2.48	3.59	810	2.73	120	2,398
스페인	26.29	25.40	24.42	2.34	3.38	3.85	695	2.52	108	1,984

<자료: AHDB, 2016>

(나) 미국 및 유럽 양돈 선진국의 PSY (모든두당 연간 이유두수)가 최소 25에서 30에 이르는 반면, 우리나라의 경우 지난해 (2017년도) PSY는 20.9마리로 낮아 생산비가 높을 수 밖에 없음. 본사는 극미약광조사기인 포토니아를 이용한 양돈 생산성의 효율 증가를 객관적으로 평가할 수 있는 data를 확보하여 국내 및 국외 마케팅에 적극 활용할 계획임.

#### 다. 국내외 경쟁기관 현황

- (1) Gepork사에서 개발한 photostimulation chamber (maXipig)는 돼지의 인공수정용 정액을 사용 당일 아침에 기계에 넣어 30분동안 LED를 조사하여 줌으로써 수태율이 3% 증가하는 것으로 발표함.
- (2) ㈜바이오텐의 경우 천연물을 이용 면역증강제 후보물질의 사료첨가제 및 동물용의 약품을 개발.
- (3) 이문리아드의 경우 베타루킨이라는 면역증강제를 판매하고 있음. 이는 표고균사 발효물과 프로바이오틱스를 혼합한 경구제제임.
- (4) ㈜ 하농과 ㈜ 이지바이오텐은 사료 첨가제로 효모 발효제를 판매하고 있고 발육촉진 사료효율증대의 효과가 있다고 함.
- (5) 독일 Mastavit GmbH사는 BSK라는 제품을 출시함. Bacillus subtilis를 여과 멸균한 제제로 주사제로 사용하며 면역증강제로 판매함.
- (6) 프랑스 vetoquinol사에서 제조한 Fercobsang은 조혈강장제로 Copper gluconate, Cobalt gluconate, Ammonical ferrous citrate, Vitamin B1, Vitamin B12등을 함유한 영양제로 에너지 대사 및 생리기능을 조절함.
- (7) 대부분의 회사가 사료용 첨가제로 효모 발효를 이용한 제품들로 면역증강 및 사료효율 증대 효과를 통한 생산성 증대를 목표로 하고 있으며 Gepork사에서 출시한 maXipig만이 번식능력과 관련된 광을 이용한 기기임. 본사의 포토니아와의 가장 큰 차이점은 첫

째, 포토니아는 광을 이용하기 때문에 물질을 이용하는 것과는 달리 생체에 대사산물을 남기지 않음. 이는 최근 문제가 되고 있는 환경적인 면에서도 큰 장점이 됨. 둘째, 초기 설치 후 추가의 노동력이 필요로 하지 않는 것에 반해 첨가제나 주사제의 경우 매번 노동력이 필요로 함. 셋째, 초기 투자비만 들면 유지비용이 미미한 것에 비해 첨가제나 주사제의 경우 지속적인 지출이 발생함. Gepork사에서 출시한 maXipig의 경우 채취한 정자에 조사하여 일시적으로 기능을 향상시키는 반면 포토니아는 응돈과 모돈에 직접 조사하여 주어 건강한 정자와 난자를 생성하게 함은 물론이고 응돈과 모돈 자체를 건강하게 하여 생산성 증대에 더욱 효과적임.

라. 국내외 지식재산권 현황

- (1) 광치료와 관련 가장 많은 특허출원을 한 출원인은 한국의 바이오 메디컬 의료기기 기업인 (주)칼라세븐으로 총 8건의 특허를 출원하였으며, 한국의 광의학 전문기업인 주식회사 큐레이와 조명기기 및 헬스케어 제품 등을 제조하는 네덜란드의 코닌클리예크 필립스 (Koninklijke Philips N.V)가 각각 6건과 4건을 출원하여 그 뒤를 따르고 있음.

<표. 출원인들의 국적>

출원인	출원인국적	출원인	출원인국적
주식회사 칼라세븐	한국	CERAMOPTEC	미국
주식회사 큐레이	한국	한국전기연구원	한국
RUDER BOSKOVIC INSTITUTE	크로아티아	Photo Therapeutics Ltd.	영국
KONINKLIJKE PHILIPS N.V.	네덜란드	휴먼센스 주식회사	한국
양원	한국		

마. 국내외 표준화 현황

- (1) 원천기술적 접근에 대한 연구개발 내용이므로 특성을 정확히 비교할 수 있는 국내외 자료가 존재하지 않음
- (2) 광 (빛)을 이용한 제품은 LPLI (Low Powerl Laser Irradiation) 로 laser와 LED를 사용하여 통증완화, 피부과 치료 등의 기능으로 시중에 많이 나와 있으나, 연구팀의 기기와는 세기와 작용기전에서 차이가 있음. LED와 Laser를 사용하는 기기들의 경우는 특정 photo receptor에 반응하도록 하여 작동하는 개념이나, 포토니아의 경우는 빛에 의한 물의 구조화로 인한 세포내 전기적 변화를 유도하여 매우 작은 광량으로 근원적인 ATP 생산 시스템에 기여함.
- (3) 본사의 기술은 가시광대역의 빛을 변조하여 정렬된 극미약광이 발생되도록 하는 것으로 특징은 아래 표와 같음

<표. Difference between other LPLI (Low Powerl Laser Irradiation)and Our product>

	power density	dose density	application time	mono/poly chromatic	wave length
LPLI	< 0.2 W/cm <sup>2</sup>	3~5 J/cm <sup>2</sup>	temporary	mono-	627 or 670nm
Our product	10 <sup>-13</sup> ~10 <sup>-15</sup> W/cm <sup>2</sup>	-	full time	poly-	400 ~ 800 nm

### 3절 연구개발 범위

#### 1. *In Vitro* : 극미약 광조사기 (포토니아) 조사로 인한 세포 내 미토콘드리아 효율 평가

##### 가. 군 설정과 포토니아 조사

구 분	대 조 군	처 리 군
처리 내용	인큐베이터 세포배양 Photonica 비조사	인큐베이터 세포배양 Photonica 조사

나. 산소소비율 (OCR)의 측정은 Seahorse Bioscience XFe 96well을 이용해 cell culture microplates 안에서 배양된 돼지의 과립막세포를 이용하여 측정함. OCR은 추가의 CO<sub>2</sub>가 없는 분석배지에서 평형화 후에 수행함. Seahorse 분석기는 각 웰당 하나씩 멸균된 일회용 카트리지에 들어있는 96개의 광학적 형광산소센서를 구비한 카트리지를 사용함. 각 측정 전, 플런저 각 well에서 8분 동안 분석배지를 혼합하여 산소분압의 평형을 이루게 함. OCR 측정을 위해 플런저는 각 well로 조심스럽게 하강하여 chamber를 형성함. 산소농도는 광학형광 산소센서를 통해 4분간 주기적으로 분석함. OCR은 분당 picomoles (pMoles/min)로 나타냄. 기저 소비율을 4차례 측정함. 실험물질은 센서 카트리지에 선탭재되어 원하는 농도에 도달될 때까지 주입함. 2분간 섞은 뒤, OCR을 4차례 측정함.

다. ELIZA kit를 이용하여 SOD, Glutathion 등 항산화 효소 및 산화물질 등을 측정함.

#### 2. *In Vivo* : 극미약 광조사기 (포토니아) 조사로 인한 ATP 생산효율 (미토콘드리아 기능) 향상을 확인하기 위한 정자 내 미토콘드리아 함량 측정

가. 실험 재료 : 포토니아 설치 (규격: 127Ø\*34cm, 소비전력 : 12W, 무게: 3.2kg)



나. 설치 장소 : AI 센터 2~3곳

다. 공시축 : 웅돈 150두

라. 군 설정과 포토니아 조사

구 분	대 조 군 1	대 조 군 2	처 리 군
처리내용	Photonia 비조사	Photonia 비조사 항산화제 처리	Photonia 조사
공시두수	50두	50두	50두
설치방법			웅돈 2마리당 1대

마. 포토니아 조사기간 : 실험 전기간 동안 조사

바. 분석방법 : 정액채취 후 정자 내 미토콘드리아를 선택적으로 염색할 수 있는 Rhodamin-123 형광염료에 10분간 36~37℃ 에 염색하고, 형광현미경으로 계수하거나 유세포 분리기를 이용하여 분석함.

### 3. 현장실증 사업화연구 : 극미약 광조사기 (포토니아) 조사로 인한 웅돈 생식능력의 향상을 확인하기 위한 처치-대조군 현장실증

가. 실험 재료 : 포토니아 설치 (규격: 127 $\phi$ \*34cm, 소비전력 : 12W, 무게: 3.2kg)

나. 설치 장소 : AI 센터 2~3곳

다. 공시축 : 웅돈 150두

라. 군 설정과 포토니아 조사

구 분	대 조 군 1	대 조 군 2	처 리 군
처리내용	Photonia 비조사	Photonia 비조사 항산화제 처리	Photonia 조사
공시두수	50두	50두	50두
설치방법			웅돈 2마리당 1대

마. 포토니아 조사기간 : 실험 전기간 동안 조사

바. 분석항목 : 정자 활력, 정자 생존율, 정액량, 응집, 채취간격



사. 추가 조사항목 : 응돈 품종, 연령, 질병력

#### 4. 현장실증 사업화연구 : 극미약 광조사기 (포토니아) 조사로 인한 모든 생식능력의 향상을 확인하기 위한 처치-대조군 현장실증

가. 실험 재료 : 포토니아 설치 (규격: 127 $\phi$ \*34cm, 소비전력 : 12W, 무게: 3.2kg)

나. 설치 장소 : 양돈장 2~3 곳

다. 공시축 : 모든 1,000두

라. 군 설정과 포토니아 조사

구 분	대 조 군	처 리 군
처리내용	Photionia 비조사	Photionia 조사
공시두수	500두	500두
설치방법		모든 3마리당 1대

마. 포토니아 조사기간 : 임신확인 후 분만사 이동전 (약 90일)

바. 분석항목 : 총자산수, 실자산수, 사산율 (미이라 발생), 이유전 폐사율, PSY, 분만율, 산자 균일도, 분만시간 (분만 시작부터 종료시점), 4일,5일 이내 발정율, 재발율

사. 추가 조사항목 : 모든 품종, 산차, 사료명, 구간별 섭취량, 백신프로그램, 질병력

## 2장 연구수행 내용 및 결과

### 1절 연구 내용 및 연구 결과

#### 1. *In Vitro* : 극미약 광조사기 (포토니아) 조사로 인한 세포 내 미토콘드리아 효율 평가

가. 연구 방법

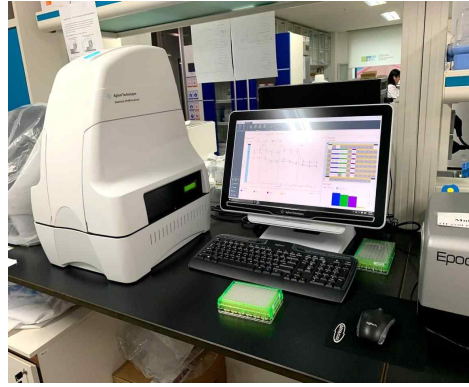
- (1) 극미약 광조사기 ( 포토니아) 조사로 인한 세포 내 미토콘드리아 효율 평가를 위해 세포내 산소소비율 (OCR)을 측정함. 분석은 XF96 Analyzer (Seahorse Bioscience)를 사용하였고 Mouse C2C12 myoblast cell을 사용함. Cell Culture Microplate에 각 웰당  $10 \times 10^3$ 개의 세포를 seeding 하여 5% CO<sub>2</sub> 인큐베이터에서 37 $^{\circ}$ C로 24시간 배양함. 이

때 media는 DMEM (Gibco), Penn/Strep (Gibco), Sodium Pyruvate (Sigma), 10% FBS (Hyclone)와 5% FBS (Hyclone) 두 종류를 사용함. 실험은 5% FBS-포토니아(UWP)조사군, 10% FBS -포토니아 (UWP)조사군, 5%FBS -무처리군, 10%FBS-무처리군으로 모두 4군으로 나누어 진행함. Plate의 절반을 은박지로 막아 포토니아의 조사를 받지 않도록 함. 각 부분 plate의 절반은 5% FBS를 포함한 media로 절반은 10% FBS를 포함한 media로 셋팅하여 하나의 Plate에 4개의 군이 배치되도록 하여 배양함. 24시간 배양 후 분석을 위해 XF Running Media로 갈아주고 non-CO<sub>2</sub> 인큐베이터에서 1시간 동안 배양하여 세포가 분석 배지와 사전 평형을 이루도록 함. Basal respiration, proton leakage, ATP 값을 얻기 위해 1  $\mu$ mol/L Oligomycin (inhibit ATP synthase)을 투여하였고 차례로 3.0  $\mu$ mol/L FCCP (OXPHOS isolation), 2.0  $\mu$ mol/L Rotenone/ antimycin A (block mitochondrial respiration)를 투여함. 이는 포토니아 조사 유무와 배지(환경)에 따른 산소소비량과 ATP 생산능력을 보고자 한 것임.

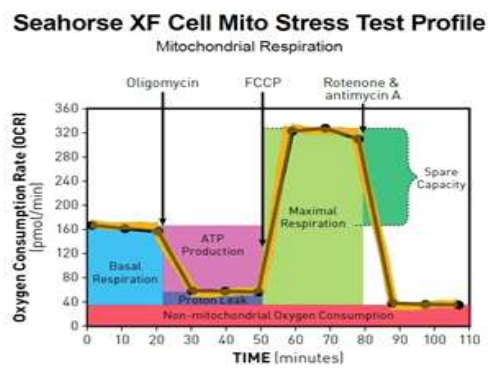
- (2) 또 다른 조건으로 포토니아 (UWP)와 일반 LED 조명과의 차이를 알아보려고 OCR 분석을 시행함. 분석은 XFp Analyzer (Seahorse Bioscience)를 사용하였고 phase 10 이내의 MSC (mesenchymal stem cell)을 사용함. Cell Culture Microplate에 각 웰당  $5 \times 10^3$ 개의 세포를 seeding 하여 5% CO<sub>2</sub> 인큐베이터에서 37°C로 24시간 배양함. 이 때 media는 DMEM (Gibco), Penn/Strep (Gibco), Sodium Pyruvate (Sigma), 10% FBS (Hyclone)와 5% FBS (Hyclone) 두 종류를 사용함. 실험은 5% FBS-LED조사군, 10% FBS -LED조사군, 5%FBS-포토니아 (UWP) 조사군, 10%FBS-포토니아 (UWP) 조사군으로 모두 4군으로 나누어 진행됨. 두 개의 인큐베이터 내부에 하나는 일반 LED를 조사하고 다른 쪽은 포토니아 (Ultra Weak Photon: UWP)를 조사함. 각 plate의 절반은 5% FBS를 포함한 media로 절반은 10% FBS를 포함한 media로 셋팅하여 배양함. 24시간 배양 후 분석을 위해 XF Running Media로 갈아주고 non-CO<sub>2</sub> 인큐베이터에서 1시간 동안 배양하여 세포가 분석 배지와 사전 평형을 이루도록 함. Basal respiration, proton leakage, ATP 값을 얻기 위해 1  $\mu$ mol/L Oligomycin (inhibit ATP synthase)을 투여하였고 차례로 3.0  $\mu$ mol/L FCCP (OXPHOS isolation), 2.0  $\mu$ mol/L Rotenone/ antimycin A (block mitochondrial respiration)를 투여함.
- (3) 통계분석은 평균 $\pm$ SEM으로 나타내었음. 포토니아 처치군과 무처리군 간의 비교를 위해서는 independent t-test를 사용하였으며 유의수준은  $p < 0.05$ 임.



<그림. 배지의 절반을 은박지로 막은 후 포토니아 조사>

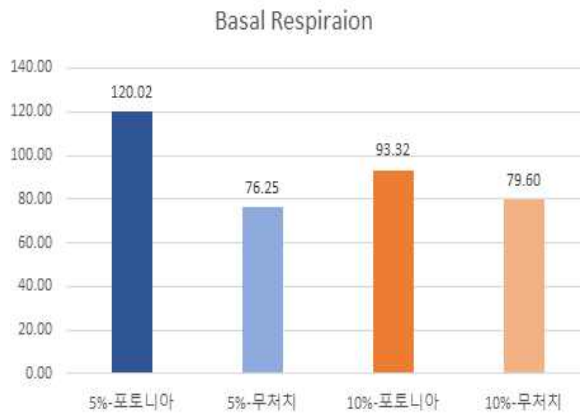


<그림. Seahorse Bioscience XFe 96>



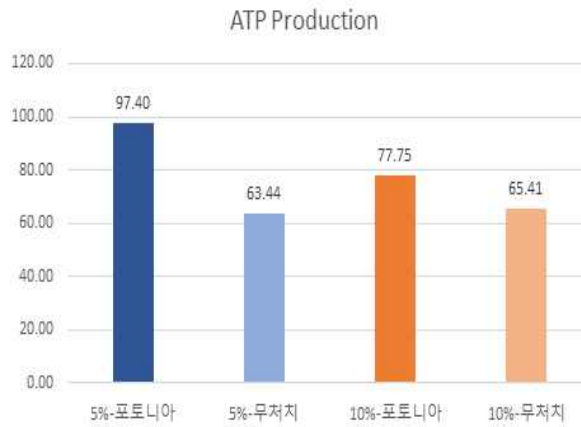
나. 연구 결과

(1) Mouse C2C12 myoblast cell의 포토니아 조사에 따른 산소소비율 (OCR) 분석 결과



		n	mean	$\pm$ SEM	p-value
Basal Respiration	5%-포토니아	11	120.02	4.25	0.000
	5%-무처리	12	76.25	4.42	
	10%-포토니아	18	93.32	3.70	0.013
	10%-무처리	17	79.60	3.68	

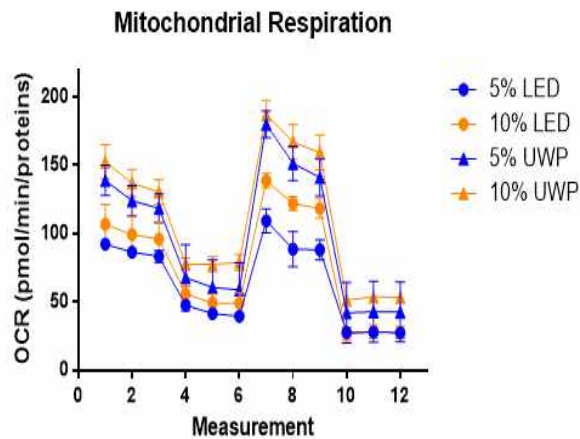
(가) Basal respiration에서 5%-포토니아 조사군의 산소소비율이 가장 높게 나타났고 10%-포토니아 조사군, 10%-무처치군, 5%-무처치군순으로 나타남. 포토니아 조사군 모두에서 무처치군에 비해 높게 나타났음.



		n	mean	±SEM	p-value
ATP Production	5%-포토니아	11	97.40	3.71	0.000
	5%-무처치	12	63.44	3.23	
	10%-포토니아	18	77.75	2.72	0.006
	10%-무처치	17	65.41	3.25	

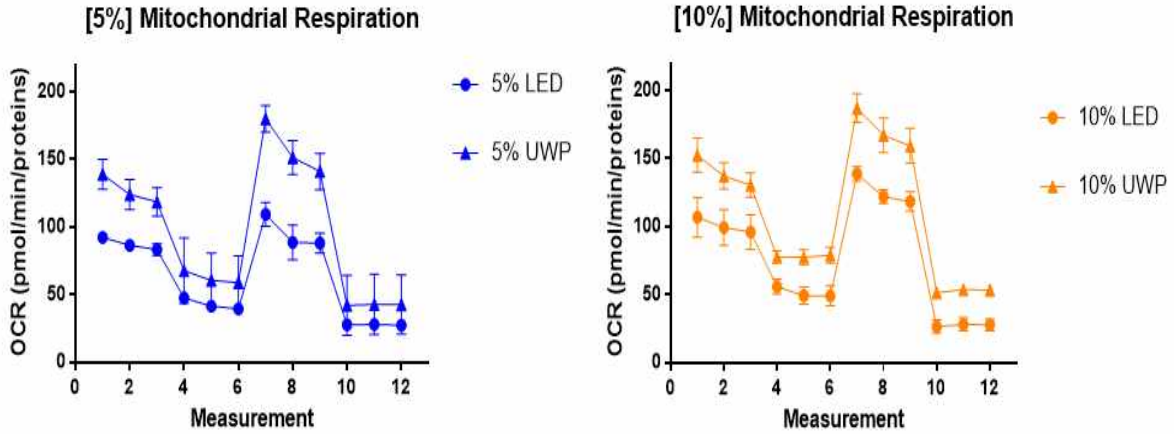
(나) ATP 생산에서도 5%-포토니아(UWP) 조사군, 10%-포토니아 조사군, 10%-무처치군, 5%-무처치군 순으로 basal respiration에서와 같은 패턴으로 나타남. 포토니아 조사가 ATP 생산을 높여주는 것을 알 수 있음.

(2) MSC (mesenchymal stem cell)에서의 포토니아 조사에 따른 OCR 분석 결과

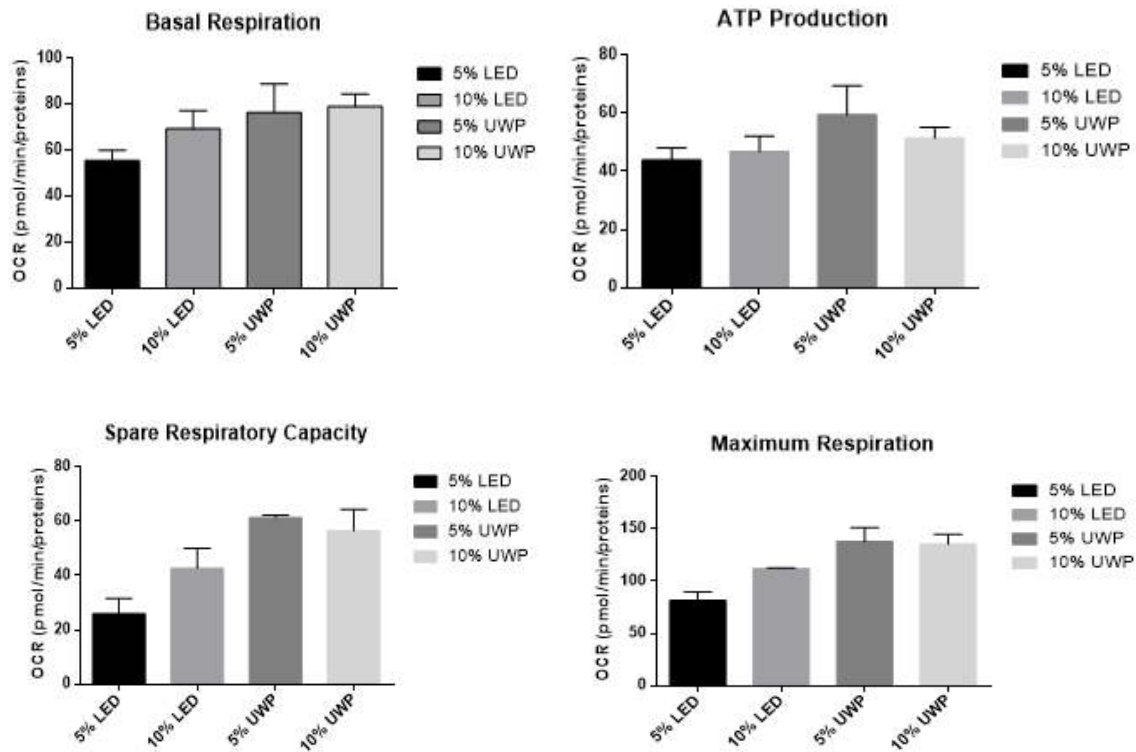


<그림. cell media 농도에 따른 LED와 포토니아 (UWP)의 산소소비율 비교>

(가) 실험은 5% media-포토니아 (UWP)조사군, 10% media-포토니아 (UWP)조사군, 5% media-LED조사군, 10% media-LED조사군의 4군으로 나누어 진행함. OCR 결과, 모든 구간에서 포토니아 조사군의 산소소비율이 LED 조사군에 비해 높게 나타났음. 이는 이전 C2C12 cell 실험과 동일한 결과이며, 포토니아에서 조사되는 UWP (Ultra Week Photon)의 효과가 일반 LED 조명과는 다른 것임을 증명함.



<그림. 동일한 media에서 LED와 포토니아(UWP)의 산소소비량 비교>



<그림. 포토니아와 일반 LED 조사에 따른 MSC에서의 산소소비율 (OCR) 비교>

- (나) MSC에서 Basal respiration 산소소비량은 10%-포토니아 조사군이 가장 높으며, 5%-포토니아 조사군, 10%-LED조사군, 5%-LED조사군 순으로 나타남. 이는 앞선 C2C12 cell에서의 OCR 결과와 약간 다른 결과를 보여주었지만, ATP Production과 Maximal respiration 있어서는 5%-포토니아 조사군이 가장 높게 나타나, 앞선 C2C12 cell 실험과 동일한 결과를 보여줌. 또한 Spare respiratory capacity가 높다는 것은 최대 호흡할 수 있는 능력의 여분이 많다는 뜻으로, 포토니아 조사를 통해 기초 및 최대 호흡 능력의 향상과 더불어 전반적인 미토콘드리아의 기능이 향상되었음을 시사함.
- (다) 극미약 광조사기 (포토니아) 조사로 인한 세포 내 미토콘드리아 효율 평가를 종합하면, 포토니아 조사로 인해 미토콘드리아 효율이 증가하여 ATP 생산이 증가하는 것을 볼 수 있으며, 일반 LED와도 다른 작용을 하며, 제한된 환경 (배지)에서 더 효율이

증가하는 것을 볼 수 있음. 이는 웅돈의 정액 연구에서도 비슷한 결과를 얻을 수 있었음. 젊은 웅돈에서보다 노령 웅돈에서 포토니아의 효과가 더 나타나는 것을 볼 수 있었음.

(라) 결론적으로, 포토니아 조사로 basal respiration, ATP production, Spare respiratory capacity, Maximal respiration 등 모든 구간에서 OCR 값이 증가하였음. 이는 포토니아 조사가 세포내 미토콘드리아 효율을 증가시키는 것을 증명함.

## 2. *In Vivo* : 극미약광조사기 (포토니아) 조사로 인한 ATP 생산효율 (미토콘드리아 기능) 향상을 확인하기 위한 정자 내 미토콘드리아 함량 측정

### 가. 연구 방법

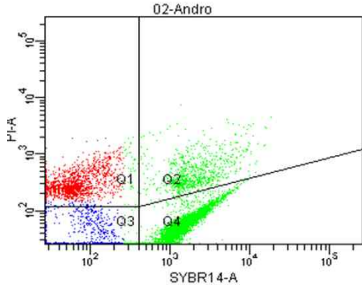
#### (1) 정액 샘플

(가) 웅돈 정액 검사를 위해 포토니아를 설치하여 처치-대조군 연구를 진행한 중원과 조치원 SP 센터에서 정액을 받아 (주)노아 바이오텍에서 분석을 실시함.

#### (2) 정자 활력 및 생존율

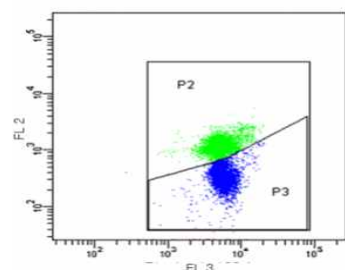
(가) 객관적인 정자의 운동성을 분석하기 위해서는 현미경에 video camera 와 컴퓨터가 연결되어 다양한 정자의 운동성을 분석하는 자동 정자 분석기 (Commuter Assisted Sperm Analysis) 와 좀 더 정밀하게는 유세포 분석기를 (Flowcytometry) 를 활용하면 정확한 정자의 활력뿐만 아니라, 생존율 및 그 외 다양한 기능검사를 동시에 수행할 수 있음. 객관적인 정자의 운동성을 분석하기 위해서, 유세포분석기를 활용하여 정자 활력 (미토콘드리아 분석)과 생존율을 정자 채취 1일 후, 3일 후 및 5일 후 이렇게 3차례에 걸쳐 분석하였음.

(나) 정자 활력을 위한 에너지원인 미토콘드리아 함량을 조사하면 보다 정확하고 객관적인 활력을 조사할 수 있음. 검사를 위해 정자 내 미토콘드리아를 선택적으로 염색할 수 있는 Rhodamin-123 형광염료에 10분간 36~7°C 에 염색하고, 형광 현미경으로 계수하거나 유세포분리기를 이용하여 분석함. 정자의 운동성 및 생존율은 정액 보존 일수에 따라 점차 감소하는데, 활력이나 생존율이 60% 이하이면 분만율이나 자돈수가 감소한다는 연구결과가 있어, 양돈농가에서 인공수정 시 정자의 운동성이 60% 이상인 정자를 사용할 것을 권장함.



< 그림. SYBR-14+ PI 염색 >

그림: 형광 염색의 경우 사멸정자는 붉은색으로 (Q1), 생존정자는 녹색으로 (Q2) 염색되며, 생존은 하고 있지만 운동성이 없는 죽어가는 정자 (Q2) 로 정확하게 구분되어진다. Q3 영역은 정자 이외의 먼지 등 이물질.



< 그림. Rhodamin-123 염색 >

그림 : SYBR-14 염색액으로 생존정자를 염색하고 (녹색 영역), Rhodamin-123 염색액으로 생존정자의 미토콘드리아를 염색한 후 (파란색 영역), 미토콘드리아 함량을 측정하면 매우 정확성 정자 활력을 측정할 수 있음.

### (3) 정액의 pH 검사

(가) pH 검사는 수소 이온 농도를 측정하는 것으로 pH meter로 측정함. 먼저 pH 미터를 calibration하기 위해 pH 4, 7, 10의 표준 용액을 활용하여 영점을 잡은 후 시료를 측정함. 돼지 정액의 평균 pH 는 6.8~7.2 이며 정상 범위를 벗어나는 정액은 부생식선의 분비액에 문제가 있거나, 이물질에 의한 오염으로 간주할 수 있음. pH 7.0 (중성)을 기준으로 정자가 산성 환경에 노출되면 운동과 대사율이 감소됨으로, 알칼리 환경에 비해 생존율이 다소 길어짐. 반면 알칼리 환경에 정자가 노출되면 대사가 증진되어 활력은 증가하지만 그 만큼 생존기간은 단축됨.

(나) 돼지 정액을 보존하기 위한 다양한 희석제가 존재하는데, 장기 보존제일수록 pH는 약산성에 가까운 것을 알 수 있음. 하지만 희석제가 약산성만 나타낸다고 해서 장기 보존 희석제는 아니며, 여기에 적합한 전해물질, 비 전해물질, 항생제 등이 잘 조합되어있어야 함.



< 그림. pH meter & Osmometer >

### (4) 정액의 삼투압 검사

(가) 삼투압은 주로 빙점강하도 측정 장치를 사용하여 (OSMOMAT 030-D) 검사를 실시함. 워밍업이 끝난 장비는 증류수와 calibration standard로 (OSM 300) 로 영점을 맞추고 시료의 삼투압을 측정함. 돼지 정액의 평균 삼투압은 280~320 mOSM/kg 으로 이 범위내에서 측정되면 정상범위로 간주함.

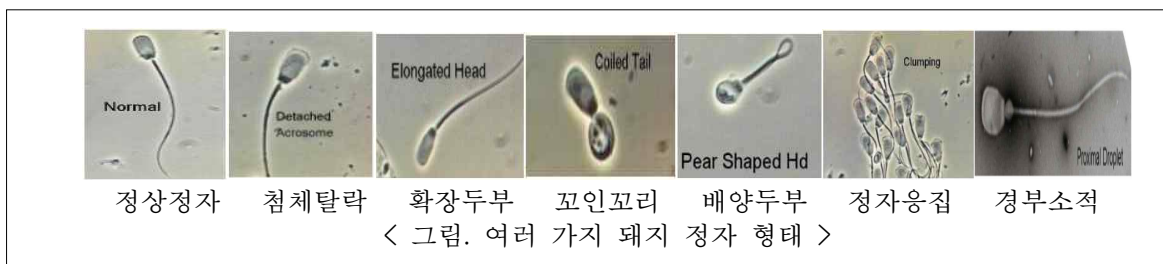
(나) 정액 보존을 위한 희석제의 삼투압은 정액보다 약간 고장액이 좋지만, 심각한 차이는 (>360mOSM/kg) 정자의 활력과 생존성을 저해할 수 있음. 저장액에서는 처음에는 정자 활력이 증가되어 활력이 좋아 보이지만, 시간이 지나면 이상 운동성이 나타나고 마침내 정지함. 한편 고장액에서는 서서히 정자 운동성이 저하되고 나중에는 멈추게 됨.



(5) 기형 정자 및 침체 이상 유무 검사

(가) 정자의 기형은 정자 형성과정에서 발생하는 일차적 기형과 (두부, 경부, 및 중편부 기형), 정상적으로 형성된 후 정소상체나 정관, 요도를 통과하는 과정에서 2차적으로 발생하는 미부기형, 정액 채취한 후 온도충격이나, 급격한 삼투압의 변화로 인하여 발생하는 인위적 기형으로 구분됨. 돼지정자의 기형율은 14~17% 이내인데, 정자 경부에 세포질 소적이 (염주달린 정자, 미숙정자) 30%를 넘으면 수태율이 현저히 떨어진다는 보고가 있음.

(나) 기형을 검사는 Carbo-Fuchsin 염색법으로 비교적 손쉽게 광학현미경하에서 정자의 이상 형태를 관찰하고 분석할 수 있음. FITC 나 PI 형광 염색하는 경우 형광현미경하에서 좀더 선명하게 관찰할 수 있음.



(6) 통계분석은 SPSS statistic을 사용하였으며, 결과는 mean ± SEM으로 나타내었으며 두 군간의 차이는 indepentant t-test를 이용하여 분석하였음. 유의수준은 P<0.05임.

나. 연구 결과

(1) 정액의 활력 및 생존율

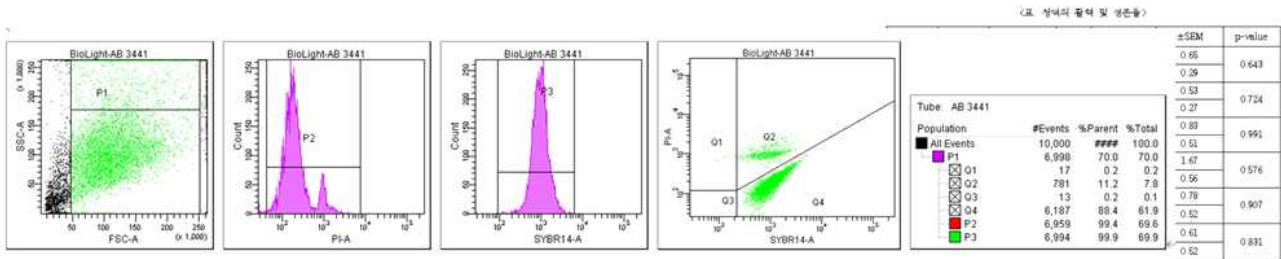
<표. 정액의 활력 및 생존율>

			n	mean	±SEM	p-value
채취 1일 후	생존율	처치군	43	79.4	0.65	0.643
		대조군	28	79.8	0.29	
	활력	처치군	43	79.5	0.53	0.724
		대조군	28	79.8	0.27	
채취 3일 후	생존율	처치군	43	72.9	0.83	0.991
		대조군	28	72.9	0.51	
	활력	처치군	43	71.6	1.67	0.576
		대조군	28	72.7	0.56	
채취 5일 후	생존율	처치군	43	63.9	0.78	0.907
		대조군	28	63.1	0.52	
	활력	처치군	43	63.3	0.61	0.831
		대조군	28	63.2	0.52	

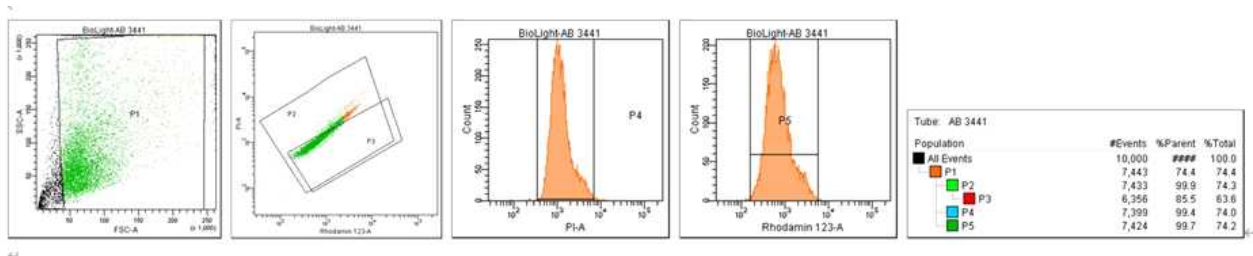
(가) Rhodamin-123 염색액으로 생존 정자의 미토콘드리아를 염색한 후, 미토콘드리아 함량을 측정하면 정자의 활력을 측정할 수 있는데 처치군과 대조군에 있어서 채취 1일 후, 3일 후, 5일 후 모두 비슷한 값을 가짐. 생존율에 있어서도 처치군과 대조군에서



차이가 없었음.



<그림. 정자의 생존을 처리구>



<그림. 정자의 활력 처리구>

(나) 이는 두가지 측면에서 해석이 가능한데 SP 센터에서 정액 채취시 정액량, 농도, 활력 미달에 해당하는 불량 정액은 모두 폐기하는 관계로 (주)노아바이오텍에 보내져 오는 샘플들의 상태가 매우 양호하기 때문으로 사료됨. 또 다른 측면으로는 정자내 미토콘드리아 수가 매우 적어 포토니아의 효과를 충분히 나타내는데 어려움이 있었던 것으로 보임.

(2) 정액의 pH와 삼투압

<표. 정액의 pH와 삼투압>

		n	mean	±SEM	p-value
pH	처치군	43	6.93	.018	<b>0.022</b>
	대조군	28	6.87	.020	
삼투압	처치군	43	277.5	1.35	0.147
	대조군	28	274.4	1.60	

(가) 정액의 pH는 처치군에서 평균 6.93, 대조군에서 평균 6.87로 통계적으로 유의하게 나타남. 분석한 정액이 pH 6.8의 보존제에 담겨 오는 것을 감안하면 실제 정액의 pH는 더욱 차이가 날 것으로 보임. 처치군의 pH가 대조군에 비해 더 높은 것은 기존의 분사 (바이올라이트)가 물을 가지고 한 pH 실험과 일치하는 것으로 포토니아가 생체의 pH를 높이는 역할을 하는 것으로 이는 포토니아가 산화적 스트레스에 대해 항산화 작용을 하는 것으로 추측해 볼 수 있음.

(나) 삼투압의 경우 처치군은 평균 277.5, 대조군은 평균 274.4로 두 군 간의 통계적으로 유의한 차이가 없었음.

(3) 정자의 기형

<표. 정자의 기형>

			n	mean(%)	±SEM	p-value
정자기형	꼬리만곡	처치군	43	1.63	0.32	0.191
		대조군	28	2.50	0.65	
	염주알정자	처치군	43	2.65	0.35	0.221
		대조군	28	3.39	0.52	
	침체소실	처치군	43	8.88	0.24	0.100
		대조군	28	9.53	0.32	
	전체	처치군	43	13.2	0.62	<b>0.055</b>
		대조군	28	15.4	1.07	

(가) 정자의 기형은 운동성 및 수정에 영향을 줄 수 있는 요인으로 처치군과 대조군의 꼬리만곡, 염주알정자, 침체소실등의 기형에 대해 분석하였음. 꼬리만곡의 경우 처치군이 평균 1.63%, 대조군이 평균 2.5%였으며, 염주알 정자는 처치군 2.65%, 대조군 3.39%, 침체소실은 처치군 8.88%, 대조군 9.53%로 모두 처치군에 비해 대조군의 기형율이 높았음. 각각의 경우 통계적으로 유의하지는 않았으나 전체 기형율을 살펴보았을 때 처치군 13.2%, 대조군 15.4%로 p값이 0.055로 대조군이 처치군에 비해 기형율이 높아지는 경향을 보였음.

(4) 종합해보면, 포토니아 조사로 인한 ATP 생산효율 (미토콘드리아 기능) 향상 여부를 확인하기 위해 유세포 분석기를 사용하여 미토콘드리아 함량을 측정하고 이를 통해 정자의 활력 및 생존율을 분석하였는데, 처치군과 대조군의 차이가 없었음. 본 연구의 응돈 현장실증에서도 같은 결과를 얻음. 정자 내 미토콘드리아 함량은 매우 적어 이로 인한 활력 및 생존력, 응집 등의 결과는 크게 나타나지 않는 것으로 보임. 그러나 포토니아 조사로 인해 정액 내 pH의 증가, 정자 기형을 감소 등의 차이를 통해 강건해진 개체의 변화를 확인할 수 있음. 결론적으로 포토니아 조사는 응돈 정자의 활력 및 생존율의 변화에 큰 영향을 미치지 않았으나 정액 pH 증가, 정자 기형을 감소등에 긍정적인 효과를 나타냄.

### 3. 현장실증 사업화 연구: 극미약광조사기 (포토니아) 조사로 인한 응돈 생식능력의 향상을 확인하기 위한 처치-대조군 현장실증

#### 가. 연구 방법

##### (1) 연구 대상

###### (가) 조치원 SP센터

- 2019년 6월 말 포토니아 설치 이후 2020년 1월까지 조치원 SP센터의 연구에 참여한 개체는 처치군 58두, 대조군 62두임 (정액채취 Sample case로는 4858건). 이 중 2019년 1월부터 있었던 개체로 처치군 37두, 대조군 35두를 분석에 사용함 (정액 채취 Sample case로는 3,381 건).
- 1회 채취 3,381건의 샘플을 월별 두수별 data로 작업하여 처치 전후로 각각 처치군 222건, 대조군 210건으로 recoding 하여 분석함.

###### (나) 중원 SP센터

- 2019년 6월 말 포토니아 설치 이후 2020년 5월까지 중원 SP센터의 연구에 참여한 개체는 처치군 36두, 대조군 43두임 (정액 채취 sample case로는 5174건). 중원SP 센터에서 상반기에 PRRS가 유행함에 따라 포토니아 처치 전 data를 분석에 사용하기가 어려워짐.
- 따라서 PRRS에 영향을 받지 않았을 것으로 기대되는 처치 후 8월 기준 12개월령 이하의 개체만을 분석에 사용하기로 함.
- 8월달에 입식된 개체가 많아 분석은 포토니아의 효과를 받았을 것으로 생각되는 10월 data부터 분석에 포함함. 처치군 8두, 대조군 10두로 1회 채취 450건의 샘플을 월별 두수별 data로 작업하여 처치군 72건, 대조군 90건으로 recoding하여 분석함.

##### (2) 연구 기간

(가) 조치원 SP 센터의 분석 자료에 사용된 처치 전 data는 2019년 1월부터 2019년 6월까지 6개월간의 자료이며 처치 후 data는 2019년 8월부터 2020년 1월까지 6개월간의 자료임.

(나) 중원 SP 센터 분석에 사용된 자료는 처치 후 2019년 10월부터 2020년 6월까지 9개월간의 자료임

##### (3) 통계 분석 방법

(가) SPSS statistic을 사용하여 분석하였고 결과는 mean  $\pm$  SEM으로 나타내었으며 독립변수를 포토니아 조사 유무 (처치군, 대조군)로 하고 종속변수를 두수별, 월별 정액량, 농도, 제조병수와 정액의 활력, 응집, 채취간격을 연령 (개월수)과 품종을 공변량으로 한 ANCOVA 시행함. 유의수준은  $p < 0.05$  임.

##### (4) 포토니아 설치 구간

(가) 포토니아 설치하는 조치원 SP 센터와 중원SP 센터에, 2019년 6월 말경에 설치하였음.



<사진. 조치원과 중원 SP 센터 현장에 설치된 포토니아>

나. 연구 결과 (조치원 SP 센터)

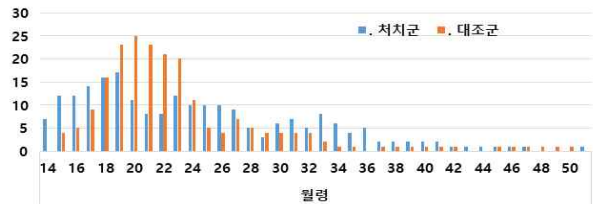
(1) 처치군과 대조군의 일반적 특성

(가) 월령

- 정액 상태에 영향을 줄 수 있는 가장 큰 요인은 계절적 요인과 응돈의 연령 (월령) 및 품종임. 이에 처치군과 대조군의 월령 및 품종의 분포를 살펴보았음. 처치군과 대조군의 월령은 처치군이 평균 25.83개월, 대조군이 23.29개월로 처치군이 약 2개월 정도 많음. 월령별 분포를 보면 대조군의 경우 18개월에서 24개월까지의 개체가 주를 이루는 반면 처치군의 경우 14개월에서 34개월까지 비교적 고르게 분포되어 있음.

<표. 처치군과 대조군의 월령 비교>

		mean	N	S.D
월령	처치군	25.83	222	23.335
	대조군	23.29	210	6.516
	전체	24.59	432	17.362



(나) 품종

- 품종의 경우 처치군은 요크셔 3두, 랜드레이스 6두, 대조군은 요크셔 4두, 랜드레이스 3두로 비슷하고 듀록은 처치군과 대조군 모두 28두로 같음.

<표. 처치군과 대조군의 품종 비교>

품종	처치군	대조군
요크셔	3	4
랜드레이스	6	3
듀록	28	28
전체	37	35



(2) 포토니아 처치군과 대조군의 생식능력 비교

<표. 포토니아 처리 전후 처치군과 대조군의 채취간격>

채취간격(일)	처치대조군	n	mean	±SEM	p-value
처치 전	처치군	222	7.87	0.085	0.486
	대조군	210	7.93	0.093	
처치 후	처치군	222	8.23	0.142	<b>0.035</b>
	대조군	210	8.70	0.232	

(가) 포토니아 처리 전 채취간격은 처치군이 평균 7.87일, 대조군이 7.93일로 처치군이 0.06일 정도로 짧지만 통계적으로 유의하지 않았으며, 포토니아 처리 후에는 처치군이 8.23일, 대조군이 8.70일로 처치군과 대조군 모두 처리 전에 비해 채취간격이 길어짐. **허나, 처치군과 대조군의 차이는 0.47일로 처치군이 대조군에 비해 통계적으로 유의하게 채취간격이 줄어든 것을 알 수 있음.**

<표. 포토니아 처리 전후 처치군과 대조군의 정액량>

정액량(ml)	처치대조군	n	mean	±SEM	p-value
처치 전	처치군	222	916.7	28.78	<b>0.019</b>
	대조군	210	807.9	23.18	
처치 후	처치군	222	1006.3	32.59	<b>0.000</b>
	대조군	210	783.6	30.95	

(나) 포토니아 처리 전 처치군은 두당 월별 채취 정액량은 처치군이 평균 916.7ml로 대조군 평균 807.9ml에 비해 통계적으로 유의하게 많았음. 포토니아 처리 후에도 처치군은 평균 1006.3ml로 대조군 평균 783.6에 비해 통계적으로 유의하게 많았는데, **대조군에서 처치 전 평균에 비해 처치 후 평균이 적어진 것에 비해, 처치군은 처치 전 대비 처치 후 정액량이 더 많아진 것을 볼 수 있음.**

<표. 포토니아 처리 전후 처치군과 대조군의 농도>

농도	처치대조군	n	mean	±SEM	p-value
처치 전	처치군	222	6.74	0.176	<b>0.000</b>
	대조군	210	7.99	0.237	
처치 후	처치군	222	5.98	0.164	0.058
	대조군	210	6.62	0.197	

(다) 포토니아 처리 전 처치군은 두당 월별 채취 농도가 평균 6.74로 대조군 평균 7.99에 비해 농도가 통계적으로 유의하게 낮은 것으로 나타났음. 그러나 포토니아 처리 후에는 처치군은 평균 5.98, 대조군은 평균 6.62로 처치군이 여전히 대조군에 비해 농

도가 낮게 나타났으나 통계적으로 유의하지는 않았음. 처치군과 대조군 모두 포토니아 처리 후에 농도가 낮아졌으나, 대조군에서 더 많이 농도가 낮아진 것으로 나타남. 이는 계절적 요인으로 인해 응돈이 신체적 스트레스를 받아 생식능력이 저하될 때, 포토니아를 처리한 군에서 산화적 스트레스에 좀 더 저항성이 있는 것으로 추측할 수 있음.

〈표. 포토니아 처리 전후 처치군과 대조군의 활력〉

활력(%)	처치대조군	n	mean	±SEM	p-value
처치 전	처치군	222	83.2	0.083	0.186
	대조군	210	83.0	0.152	
처치 후	처치군	222	82.0	0.347	0.558
	대조군	210	82.2	0.289	

(라) 포토니아 처리 전 처치군의 활력은 평균 83.2%로 대조군 83.0%와 비슷하며, 포토니아 처리 후에도 처치군 평균 82%, 대조군 82.2%로 비슷함. 포토니아 처치가 정액의 활력에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보여짐.

〈표. 포토니아 처리 전후 처치군과 대조군의 응집〉

응집	처치대조군	n	mean	±SEM	p-value
처치 전	처치군	222	3.19	0.018	0.457
	대조군	210	3.25	0.089	
처치 후	처치군	222	3.25	0.189	0.637
	대조군	210	3.26	0.347	

(마) 포토니아 처리 전 처치군의 응집은 평균 3.19, 대조군은 3.25로 비슷하였고, 포토니아 처리 후에도 처치군 평균 3.25, 대조군 평균 3.26으로 비슷하였음.

〈표. 포토니아 처리 전후 처치군과 대조군의 제조병수〉

제조병수	처치대조군	n	mean	±SEM	p-value
처치 전	처치군	222	203.9	5.01	0.481
	대조군	210	207.6	4.73	
처치 후	처치군	222	201.9	6.190	0.005
	대조군	210	177.7	7.232	

(바) 포토니아 처리 전 처치군의 두수별 월별 평균 정액 제조병수는 203.9병이고 대조군의 제조병수는 평균 207.6병으로 대조군이 약 4병정도 많았으나, 통계적으로는 유의하지 않았음. 그러나 포토니아 처리 후, 처치군의 제조병수는 평균 201.9병, 대조군의

제조병수는 177.7명으로 통계적으로 유의하게 처치군의 제조병수가 많은 것으로 나타남. 앞서 채취간격이나 정액량, 농도와 같이 계절적 스트레스로 인해 처치 후가 처치 전보다 제조병수는 처치군 / 대조군 모두 줄었으나 대조군에서의 감소에 비해 처치군은 거의 감소하지 않고 유지함. 이는 포토니아가 응돈에 대한 생산능력에 대한 효과가 있음을 나타냄.

<표. 포토니아 처리 전 처치군과 대조군의 채취간격, 정액량, 농도, 활력, 응집, 제조병수>

처치 전	처치대조군	n	mean	±SEM	p-value
채취간격	처치군	222	7.87	0.085	0.486
	대조군	210	7.93	0.093	
정액량	처치군	222	916.7	28.78	<b>0.019</b>
	대조군	210	807.9	23.18	
농도	처치군	222	6.74	0.176	<b>0.000</b>
	대조군	210	7.99	0.237	
활력	처치군	222	83.2	0.083	0.186
	대조군	210	83.0	0.152	
응집	처치군	222	3.19	0.018	0.457
	대조군	210	3.25	0.089	
제조병수	처치군	222	203.9	5.01	0.481
	대조군	210	207.6	4.73	

<표. 포토니아 처리 후 처치군과 대조군의 채취간격, 정액량, 농도, 활력, 응집, 제조병수>

처치 후	처치대조군	n	mean	±SEM	p-value
채취간격	처치군	222	8.23	0.142	<b>0.035</b>
	대조군	210	8.70	0.232	
정액량	처치군	222	1006.3	32.59	<b>0.000</b>
	대조군	210	783.6	30.95	
농도	처치군	222	5.98	0.164	0.058
	대조군	210	6.62	0.197	
활력	처치군	222	81.98	0.347	0.558
	대조군	210	82.17	0.289	
응집	처치군	222	3.25	0.189	0.637
	대조군	210	3.26	0.347	
제조병수	처치군	222	201.9	6.190	<b>0.005</b>
	대조군	210	177.7	7.232	

〈표. 포토니아 처리 후 월령과 제조병수의 관계〉

	월령	구분	n	mean	±SEM	p-value
제조 병수	전체 (n=432)	처치군	222	201.9	6.2	0.006
		대조군	210	177.7	7.2	
	32개월 이상 (n=65)	처치군	45	209.4	14.0	0.001
		대조군	20	130.1	18.9	
	32개월 미만 (n=367)	처치군	177	199.9	6.9	0.112
		대조군	190	182.7	7.6	

(사) 용돈의 평균 도태 월령인 32개월령을 기준으로 하여 32개월 이상인 개체와 32개월 미만인 개체를 구분하여 처치 후 제조병수를 비교하여 보니 32개월 미만의 개체에서 보다 그 이상의 개체에서 제조병수의 차이가 훨씬 크게 나타남을 알 수 있었음.

〈표. 포토니아 처리 후 월령과 정액량의 관계〉

	월령	구분	n	mean	±SEM	p-value
정액량	전체 (n=432)	처치군	222	1006.3	32.6	0.000
		대조군	210	783.6	31.0	
	32개월 이상 (n=65)	처치군	45	1151.4	82.6	0.045
		대조군	20	859.6	133.7	
	32개월 미만 (n=367)	처치군	177	969.4	34.7	0.000
		대조군	190	775.6	31.3	

(아) 정액량에 있어서는 32개월이상과 32개월 미만에서 모두 처치군이 대조군에 비해 통계적으로 유의하게 높게 나타남.

〈표. 포토니아 처리 후 월령과 농도와와의 관계〉

	월령	구분	n	mean	±SEM	p-value
농도	전체 (n=432)	처치군	222	5.98	0.16	0.058
		대조군	210	6.62	0.20	
	32개월 이상 (n=65)	처치군	45	5.27	0.29	0.167
		대조군	20	4.40	0.31	
	32개월 미만 (n=367)	처치군	177	6.15	0.19	0.066
		대조군	190	6.82	0.21	



(자) 농도에 있어서 32개월 미만의 응돈의 경우 처치 전과 같이 대조군이 처치군에 비해 농도가 높았으나 32개월 이상의 경우 오히려 처치군이 대조군에 비해 농도가 높은 것으로 나타남. 이는 포토니아의 효과가 노령돈에 있어서 더 효과적으로 나타나는 것을 보여줌.

<표. 도태 개체 특성 (2019.1-2020.1)>

구분	도태율 (정액불량)	정액번호	생년월일	도태일	월령
처치군 (두수=37)	8.1% (5.4%)	3456	2017-01-19	2019-12-16	35
		3552	2018-05-27	2020-01-06	19
		3560	2018-06-14	2020-01-06	19
대조군 (두수=35)	20% (11.4%)	1052	2017-04-25	2019-12-09	31
		1058	2017-09-01	2019-12-09	27
		3365	2015-11-05	2019-12-03	49
		3506	2018-01-11	2019-12-23	23
		3511	2018-01-31	2019-12-30	23
		3515	2018-02-01	2020-01-06	23
		3517	2018-02-01	2019-12-30	23

(차) 2020년 1월까지의 처치군과 대조군의 도태현황을 보면, 처치군 37두 중 3두 (8.1%)가 도태되었고 대조군의 경우 35두 중 7두 (20%)가 도태되었음. 이중 처치군 1두와 대조군 3두는 고령으로 인한 자연도태이며 나머지 처치군 2두 (5.4%)와 대조군 4두 (11.4%)가 정액상태 불량으로 인한 도태임. **대조군 대비 처치군에서 정액불량으로 인한 도태가 적은 것으로 나타남.**

(카) 종합해보면, 포토니아 처리 전 기간은 2019년 1월부터 2019년 6월까지의 6개월 동안이었으며, 2019년 6월말 포토니아를 처치군이 있는 돈사에 설치하여 2019년 8월부터 2020년 1월까지의 6개월간의 성적을 비교한 것임. 기기 설치 후 8~9월 동안의 기간은 하절기 스트레스로 인해 응돈의 생산능력이 저하되는 시기임. 이 시기에 포토니아 처치를 받은 처치군의 경우 대조군에 비해 처치 후 채취기간은 짧고 제조병수는 많아짐. 포토니아 처리 전 처치군이 대조군에 비해 정액량이 많고 농도는 낮은 경향을 보였음. 처치 후 그러한 경향은 그대로 유지되었으나 정액량의 경우 처치군은 처치 후 정액량이 늘어난 반면 대조군은 정액량이 줄었으며, 농도의 경우 처치 후 대조군이 여전히 처치군에 비해 높았으나 그 차이가 줄어들음. 활력과 응집에 있어서는 처치군과 대조군 모두 처치 전후에 큰 변화 없이 비슷하게 유지됨. 고령돈에 대한 포토니아의 효과는 젊은 응돈에 비해 효과가 더욱 크게 나는 것으로 나타남. 또한 정액불량으로 인한 도태가 처치군에서 적은 것으로 나타남.

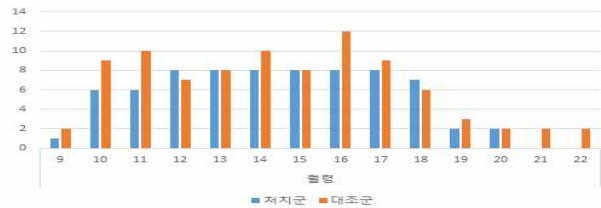
다. 연구 결과 (중원 SP 센터)

(1) 처치군과 대조군의 일반적 특성

(가) 월령

- 정액 상태에 영향을 줄 수 있는 가장 큰 요인은 계절적 요인과 용돈의 연령 (월령) 및 품종임. 이에 처치군과 대조군의 월령 및 품종의 분포를 살펴보았음
  - 처치군과 대조군의 월령은 처치군이 평균 14.38개월, 대조군이 14.47개월로 거의 동일함. 월령별 분포를 보면 10-20개월까지 처치군과 대조군 모두 고르게 분포하고 있음.
- <표. 처치군과 대조군의 월령 비교>

		mean	N	S.D
월령	처치군	14.38	72	2.8
	대조군	14.47	90	3.2



(나) 품종

- 품종의 경우 처치군에서 요크셔 0두, 랜드레이스 2두이며, 듀룩 6두, 대조군에서 요크셔 2두, 랜드레이스 5두, 듀룩 2두로 처치군은 듀룩이 가장 많고 대조군은 랜드레이스가 가장 많음.
- <표. 처치군과 대조군의 품종 비교>

품종	처치군	대조군
요크셔	0	2
랜드레이스	2	5
듀룩	6	2
전체	8	10



(2) 포토니아 처치군과 대조군의 생식능력 비교

<표. 중원 SP센터에서의 처치군과 대조군의 채취간격>

채취간격(일)	처치대조군	n	mean	±SEM	p-value
처치 후	처치군	8	7.98	0.15	0.615
	대조군	10	8.09	0.23	

- (가) 채취간격에 있어서 처치군의 경우 평균 7.98일, 대조군의 경우 8.09일로 두 군간의 차이가 거의 없어 보이지만 실제로는 처치군의 경우 도태가 1두, 대조군의 경우 도태가 4두로 도태된 개체의 채취간격은 통계에 반영이 되지 않은 것을 감안하면 대조군에 있어서 채취간격이 더 늘어날 것으로 보임.

<표. 중원 SP센터에서의 처치군과 대조군의 정액량>

정액량(ml)	처치대조군	n	mean	±SEM	p-value
처치 후	처치군	72	412.2	28.4	0.263
	대조군	90	473.0	42.5	

(나) 포토니아 처치 후 처치군은 월별 두수별 평균 412.2ml로 대조군 평균 473.2ml에 비해 정액량이 작았는데, 이는 품종의 특성 때문으로 보임. 듀룩은 랜드레이스나 요크셔에 비해 정액량이 적은 편인데 처치군이 대조군에 비해 듀룩 비율이 높기 때문으로 보임.

<표. 중원 SP센터에서의 처치군과 대조군의 농도>

농 도	처치대조군	n	mean	±SEM	p-value
처치 전	처치군	72	10.4	0.46	<b>0.030</b>
	대조군	90	7.3	0.47	

(다) 농도에 있어 처치군은 평균 10.4, 대조군은 평균 7.3로 처치군이 대조군에 비해 농도가 통계적으로 유의하게 높게 나타났음. 이는 조치원 SP센터에서의 결과와 상반되는데 조치원의 경우 처치군이 정액량은 높고 농도는 낮은 것으로 나타났는데 일반적으로 정액의 농도가 낮아지면 정액량이 높아지는 경향이 있음.

<표. 중원 SP센터에서의 처치군과 대조군의 활력>

활력(%)	처치대조군	n	mean	±SEM	p-value
처치 전	처치군	72	0.81	0.008	0.181
	대조군	90	0.82	0.003	

(라) 활력에서는 처치군 평균 81%, 대조군 82%로 비슷함. 포토니아 처치가 정액의 활력에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보여짐.

<표. 중원 SP센터에서의 처치군과 대조군의 응집>

응집	처치대조군	n	mean	±SEM	p-value
처치 전	처치군	72	3.04	0.03	0.392
	대조군	90	3.05	0.03	

(마) 응집은 처치군 평균 3.04, 대조군 3.05로 비슷함. 활력과 마찬가지로 포토니아의 처치가 응집에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보여짐.

〈표. 중원 SP센터에서의 처치군과 대조군의 제조병수〉

제조병수	처치대조군	n	mean	±SEM	p-value
처치 전	처치군	72	143.4	11.1	0.199
	대조군	90	105.3	9.3	

(바) 제조병수에 있어 처치군의 월별 두수별 평균 정액 제조병수는 143.4명이고 대조군의 경우 105.3명으로 약 38명 차이로 큰 차이가 나지만 통계적으로 유의하지 않은 이유는 품종을 공변량으로 하였을 경우 처치군과 대조군의 품종의 분포에 차이가 많이 나고 분석 개체수가 작기 때문으로 보임. 공변량 분석이 아닌 독립표본 t-test를 시행하였을 경우 p값은 0.009로 매우 유의하게 나타남.

〈표. 중원 SP센터에서의 도태 개체 특성〉

구분	도태율 (정액불량)	개체번호	생년월일	도태일	월령
처치군 (두수=8)	12.5% <b>(12.5%)</b>	2133	2018-8-2	2019-10-29	14
대조군 (두수=10)	40% <b>(40%)</b>	1128	2018-8-2	2019-12-23	16
		2134	2018-8-2	2019-11-04	15
		3873	2018-12-12	2019-11-25	11
		3875	2018-12-12	2019-10-29	10

(사) 도태율에 있어서 처치군은 8두중 1두 (12.5%)이며, 대조군은 10두중 4두 (40%)로 높은 도태율을 보임. 이는 조치원 SP센터에서와 같은 경향으로 포토니아가 웅돈의 강건성을 높여주는데 긍정적인 효과가 있음을 나타내는 것으로 보임.

<표. 중원 SP센터에서의 처치군과 대조군의 채취간격, 정액량, 농도, 활력, 응집, 제조병수>

처리 후	처리대조군	n	mean	±SEM	p-value
채취간격	처리군	8	7.98	0.15	0.615
	대조군	10	8.09	0.23	
정액량	처리군	72	412.2	28.4	0.263
	대조군	90	473.0	42.5	
농도	처리군	72	10.4	0.46	<b>0.030</b>
	대조군	90	7.3	0.47	
활력	처리군	72	0.81	0.008	0.181
	대조군	90	0.82	0.003	
응집	처리군	72	3.04	0.03	0.392
	대조군	90	3.05	0.03	
제조병수	처리군	72	143.4	11.1	0.199
	대조군	90	105.3	9.3	

(아) 종합해보면, 포토니아가 웅돈의 생산 능력에 미치는 영향은, 웅돈이 산화적 스트레스를 받는 시기에 정액량과 농도의 감소를 막아주며 웅돈의 강건성을 유지하게 하여 채취간격이 늘어나지 않게 하여 정액제조병수를 대조군 대비 통계적으로 유의성 있게 높여 주었음. 포토니아의 이런 효과는 웅돈의 정액 생산가능 월령을 늘여줄뿐더러, 비정상 도태를 줄여주어 농가의 생산성 향상에 도움이 될 수 있을 것으로 사료됨. 결론적으로 포토니아는 스트레스 시기에 웅돈의 정액량과 농도의 감소를 막아주며, 대조군 대비 짧은 채취간격과 정액불량으로 인한 비정상 도태를 막아주어 정액 제조병수를 늘려줌.

4. 현장실증 사업화연구 : 극미약광조사기 (포토니아) 조사로 인한 모든 생식능력의 향상을 확인하기 위한 처치-대조군 현장실증

가. 연구 방법

(1) 연구 기간

(가) 2019년 7월부터 2020년 5월까지 총 11개월

(2) 연구 대상

(가) ‘O’ 농장 전체 350두 임신모돈 중 136두, ‘R’ 농장 500두 중 95두, ‘M’ 농장 1,000두 중 308두, 전체 1,850두의 임신모돈 중 539두의 분만성적을 분석 하였음.

(3) 분석 항목

(가) 총산자수, 실산자수, 사산율, 이유전폐사율 (PSY, 분만율, 산자균일도, 분만시간 등)

(4) 군 설정과 포토니아 조사방법

(가) 처리구: 포토니아 조사

(나) 대조구: 포토니아 비조사

(다) 조사방법 : 임신모돈 3두당 1기를 바닥에서 약 1500mm~ 1700mm이내의 거리에서 머리쪽을 향하도록 급이파이프 방향에서 빛이 조사되도록 하여 설치함.



<사진. 모든 보유 농가 현장에 설치된 포토니아>

나. 연구 결과

(1) 충남 보령시 ‘O’ 농장 실증연구 결과

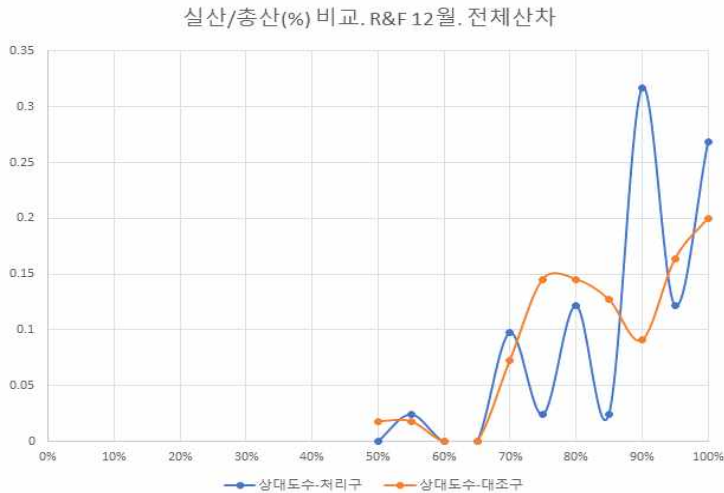
전체산차		n	mean	±SEM	p-value
총산자	처리군	72	12.86	.455	0.040
	대조군	64	11.39	.553	
실산자	처리군	72	<b>11.90</b>	.438	0.054
	대조군	64	<b>10.59</b>	.517	

(가) ‘O’ 농장 실증 연구결과 처리구에서 총산자수가 약 1.5두 증가하였으며, 실산자수는 1.3두 증가하였다. 이는 350두 모돈을 사육중인 ‘O’ 농장이 평균모돈 회전율 2.15를 적용할 때 약 978두의 자돈 생산이 증가하는 추가 수익을 올릴 수 있음을 보여주는 것으로, 최근 평균 돈가 4,500을 적용하여 계산하면 115kg \* 0.75 (지육율) \* 4,500원 \* 978두 = 379,586,250원의 매출 증가로 추가적인 수익을 기대 할 수 있음.

(2) 충남 보령시 R 농장 실증연구 결과

(가) 전체 임신 처치두수는 처리구 200두, 대조구 300두 중에서, 전체 분석 두수는 처리구 41두, 대조구 54두 이었으며, 포토니아 처리 기간은: 2019년 9월~11월, 포토니아 분석 기간 및 대상은 2019년 12월 분만 모돈으로 수행하였음

(나) 실산 / 총산 (%) 비교 ('19년 12월, 전체산자)



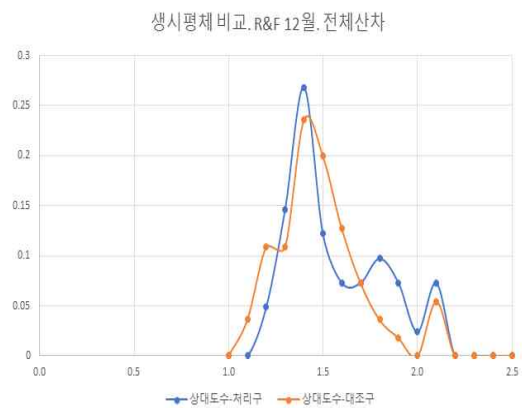
- 처리구 n=41두, 대조구 n=54두에서 포토니아 조사 결과, 전체산자 처리구 평균은 87%를 보였고, 전체산자 대조구 평균은 84%를 보여, 약 3% 상승효과를 보이고 있음. 한편 이들 중 1산차에서는 (처리구 n=10두, 대조구 n=9두) 처리구 평균이 91.05%, 대조구 평균이 84.19%를 나타내어, 약 6.9%의 상승효과를 보였음

(다) 총산 비교 ('19년 12월, 전체산자)

총산-전체산자

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	처리구	대조구
Mean	11.36585366	12.625
Variance	16.18780488	16.38409091
Observations	41	56
Hypothesized Mean Difference	0	
df	87	
t Stat	-1.518700775	
P(T<=t) one-tail	0.066231808	
t Critical one-tail	1.662557349	
P(T<=t) two-tail	0.132463616	
t Critical two-tail	1.987608282	



- 처리구 n=41두, 대조구 n=56두에서 포토니아 조사 결과, 총산 전체산자는 평균 1.26두 (9.97%) 감소를 보였다. 한편 이들 중 1산차에서는 (처리구 n=10두, 대조구 n=10두) 처리구에서 총산 1산차 평균 0.1두 (0.79%) 증가를 보였음



(라) 실산 비교 ('19년 12월, 전체산자)

실산-전체산자		
t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances		
	처리구	대조구
Mean	9.731707317	10.39285714
Variance	10.45121951	12.78831169
Observations	41	56
Hypothesized Mean Difference	0	
df	91	
t Stat	-0.951053054	
P(T<=t) one-tail	0.172048312	
t Critical one-tail	1.661771155	
P(T<=t) two-tail	0.344096623	
t Critical two-tail	1.986377154	



- 처리구 n=41두, 대조구 n=56두에서 포토니아 조사 결과, 실산 전체산자는 평균 1.26두 (9.97%) 감소를 보였다. 한편 이들 중 1산차에서는 (처리구 n=10두, 대조구 n=10두) 처리구에서 실산 1산차 평균 1.8두 (18.37%) 증가를 보였음

(마) 생시평체 비교 ('19년 12월, 전체산자)

생시평체-전체산자		
t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances		
	처리구	대조구
Mean	1.565853659	1.485454545
Variance	0.066804878	0.053117845
Observations	41	55
Hypothesized Mean Difference	0	
df	81	
t Stat	1.578224074	
P(T<=t) one-tail	0.059205875	
t Critical one-tail	1.663883913	
P(T<=t) two-tail	0.11841175	
t Critical two-tail	1.989686323	



- 처리구 n=41두, 대조구 n=55두에서 포토니아 조사 결과, 생시평체 전체산자는 평균 80g (5.41%) 증가를 보였다. 한편 이들 중 1산차에서는 (처리구 n=10두, 대조구 n=10두) 처리구에서 생시평체 1산차 평균 20g (1.38%) 감소를 보였음

(마) 'R' 농장 실증 연구결과에서는 처리구 n=41두, 대조구 n=56두에서 포토니아 조사 결과, 실산 전체산자는 평균 1.26두 (9.97%) 감소를 보였으나 1산차에서는 (처리구 n=10두, 대조구 n=10두) 처리구에서 실산 1산차 평균 1.8두 (18.37%) 증가를 보였음. 분만성적은 전산차의 관리 상태 및 종부의 시점 및 관리자의 테크닉이 많은 영향을 받는 점을 고려하여 충분한 실험축이 확보되는 대규모 농장에서는 동일시점에 입식하여 처음으로 분만하는 처리구에서 1산차 평균실산자수가 1.8두 (18.37%) 증가를 보였음. 이는 R 농장의 사육모돈수 500두를 기준으로 평균모돈 회전율 2.15를 적용하여 계산 할 때 할 때 약 1,935두의 자돈 생산이 증가하여 추가 수익을 올릴 수 있음을 보여주는 것으로 최근 평균돈가 4,500을 적용하여 계산하면 115kg \* 0.75 (지육율) \* 4,500원 \* 1,935두 = 751,021,875원의 매출 증가로 추가적인 수익을 기대 할 수 있음.



(3) 충남 천안시 M 농장 실증연구 결과

(가) 전체 임신 처치두수 처리구 300두, 대조구 700두 중에서, 전체 분석 두수는 처리구 119두, 대조구 189두 이었으며, 포토니아 처리 기간은 2019년 6월~8월, 포토니아 분석 기간 및 대상은 2019년 9~10월 분만 모돈으로 수행하였음.

(나) 실산 / 총산 (%) 비교 ('19년 9/10월, 전체산자)



- 처리구 n=119두, 대조구 n=189두에서 포토니아 조사 결과, 전체산자 처리구 평균은 91.13%를 보였고, 전체산자 대조구 평균은 90.74%를 보여, 약 0.39% 상승효과를 보이고 있음. 한편 이들 중 1산차에서는 (처리구 n=30두, 대조구 n=46두) 처리구 평균이 94.60%, 대조구 평균이 93.18%를 나타내어, 약 1.42%의 상승효과를 보였음

(다) 총산 비교 ('19년 9/10월, 전체산자)

전체		
t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances		
	처리구	대조구
Mean	13.67153	13.22944
Variance	16.11926	15.80365
Observations	137	231
Hypothesized Mean Difference	0	
df	283	
t Stat	1.024884	
P(T<=t) one-tail	0.153147	
t Critical one-tail	1.650256	
P(T<=t) two-tail	0.306293	
t Critical two-tail	1.968382	



- 처리구 n=119두, 대조구 n=189두에서 포토니아 조사 결과, 총산 전체산자는 평균 0.44두 (3.34%) 증가를 보였다. 한편 이들 중 1산차에서는 (처리구 n=30두, 대조구 n=46두) 처리구에서 총산 1산차 평균 1.09두 (9.12%) 증가를 보였음

(라) 실산 비교 ('19년 9/10월, 전체산자)

전체		
t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances		
	처리구	대조구
Mean	12.30657	11.82251
Variance	11.14062	10.67706
Observations	137	231
Hypothesized Mean Difference	0	
df	281	
t Stat	1.355426	
P(T<=t) one-tail	0.088185	
t Critical one-tail	1.650294	
P(T<=t) two-tail	0.17637	
t Critical two-tail	1.968442	



- 처리구 n=119두, 대조구 n=189두에서 포토니아 조사 결과, 실산 전체산자는 평균 0.48두 (4.09%) 증가를 보였다. 한편 이들 중 1산차에서는 (처리구 n=30두, 대조구 n=46두) 처리구에서 실산 1산차 평균 1.12두 (10.17%) 증가를 보였음

(마) 'M' 농장 실증 연구결과에서는 처리구 n=119두, 대조구 n=189두에서 포토니아 조사 결과, 실산 전체산자는 평균 0.48두 (4.09%) 증가를 보였음. 이들 중 앞서 R농장의 예와 같이 대규모 농장에서 1산차를 분석한 결과 (처리구 n=30두, 대조구 n=46두) 평균 1.12두 (10.17%) 증가를 보였음. 이는 M농장의 사육모돈수 1,000두를 기준으로 평균모돈 회전을 2.15를 적용하여 계산 할 때 할 때 약 2,408두의 자돈 생산이 증가하여 추가 수익을 올릴수 있음을 보여주는 것으로 최근 평균돈가 4,500을 적용하여 계산하면 115kg \* 0.75(지육율) \* 4,500원 \* 2,408두 = 934,605,000원의 추가적인 매출로 이어져 추가 수익을 기대 할 수 있음.

구분	2017년				2018년				2019년				12개월 평균
	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기	
농가수	3,435	3,395	3,385	3,404	3,375	3,331	3,268	3,283	3,252	3,210	3,151	3,013	3,157
모돈수(천두)	850	849	852	867	859	851	843	854	859	848	849	825	845
호당모돈수	247	250	252	255	254	255	258	260	264	264	270	274	268
모돈회전율	2.21	2.18	2.19	2.14	2.13	2.13	2.16	2.11	2.16	2.14	2.16	2.11	<b>2.14</b>
복당총산	10.87	10.99	10.92	10.85	10.89	11.01	10.89	10.75	10.98	11.12	11.16	11.09	11.09
복당이유	9.92	10.05	9.95	9.93	9.82	9.95	9.82	9.81	9.92	10.06	10.09	10.09	10.04
이유전 육성률(%)	91.2	91.5	91.2	91.5	90.2	90.4	90.2	91.2	90.4	90.5	90.4	90.9	90.6
이유후 육성률(%)	87.6	82.7	83.4	88.1	86.7	84.3	82.2	90.2	85.3	83.0	81.4	89.4	84.8
출하일령 (일)	198	203	205	201	198	205	213	193	198	205	211	192	202
두당섭취량 (kg/일/두)	1.60	1.53	1.49	1.59	1.58	1.53	1.47	1.63	1.56	1.53	1.51	1.63	1.56
PSY	21.0	21.1	20.9	20.5	20.9	21.1	21.0	20.5	21.1	21.3	21.5	21.3	21.3
MSY	18.4	17.5	17.4	18.0	18.1	17.7	17.3	18.5	18.0	17.7	17.5	18.8	18.0

<출처: (사) 대한한돈협회 한돈팜스 농가성적 정보 2019,12>

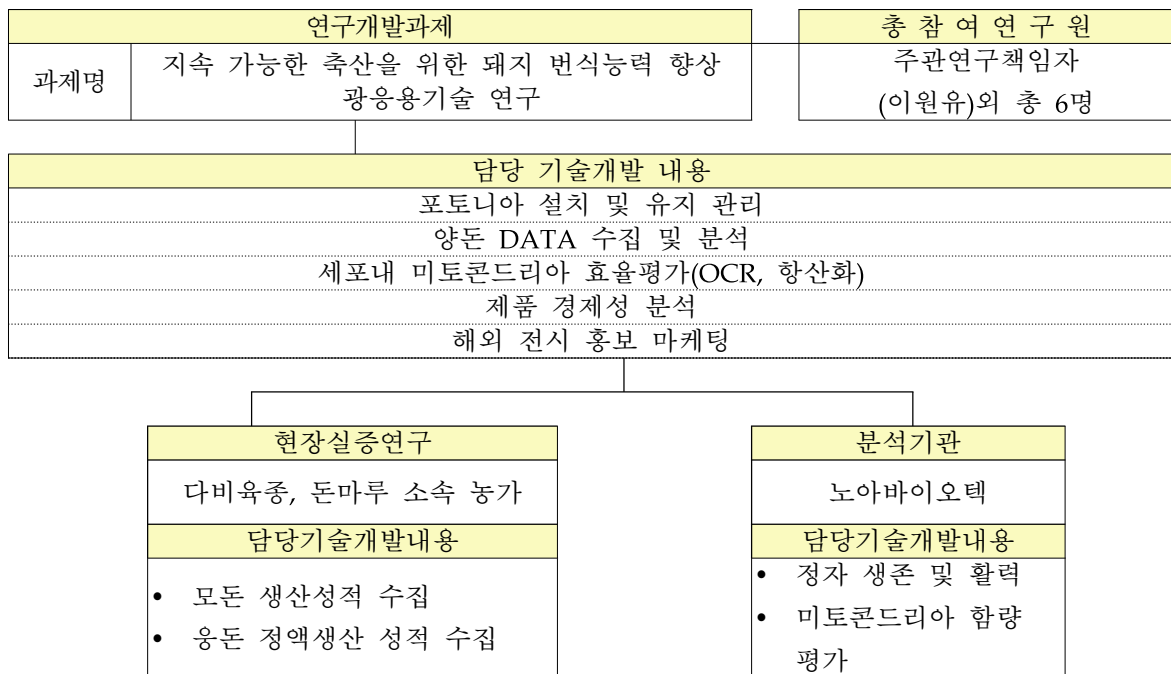
## 2절 연구개발의 추진전략·추진체계 및 추진일정

### 1. 연구개발 추진전략

가. 기 보유한 극미약 광조사기술 (제품명: 포토니아)을 기반으로 가축생산성 효과를 입증하여 국내 매출증대 및 수출 진출.

- (1) 주관기관 (주)바이오라이트는 연구 전체를 총괄하며 기기설치와 유지관리 및 양돈 현장 data 관리 및 분석 담당
- (2) 세포내 미토콘드리아 효율평가
- (3) AI 센터 2~3곳 정액생산량 data 수집 / 번식농장 2~3곳 생산성적 data 수집
- (4) 분석기관 노아바이오텍은 정자 생존 및 활력 미토콘드리아 함량 평가
- (5) UNL 돼지의 번식능에 대한 in-vivo 평가
- (6) 포토니아 경제성 평가

### 2. 추진 체계



### 3. 추진 일정

1차 년도																
일련 번호	연구내용	월별 추진 일정												연구 개발비 (단위: 천원)	책임자 (소속 기관)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	포토니아 제조 및 설치	■	■													이원유 (주관기관)
2	연구농장 선정	■	■													이원유 (주관기관)
3	실험 data 수집			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		이원유 (주관기관)
4	정자 생산성평가			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		AI센터
5	정자 생존 운동성, 미토콘드리아 함량평가								■	■	■	■	■	■		노아 바이오텍
6	모든 생산성 평가			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		다비육종 외
7	세포내 미토콘드리아 효율평가 (OCR/항산화)			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		이원유 (주관기관)
7	실험 data 분석													■		이원유 (주관기관)
8	전시 및 홍보															이원유 (주관기관)
9	최종 보고서 작성													■		이원유 (주관기관)

### 4. 연구개발 성과

#### 가. 특허 성과

(1) 국내 출원 : 2건

출원번호	발명의 명칭	출원일	출원인
10-2020-0007953	극미약광을 이용한 암컷 포유류의 번식능력 개선 방법	2020.1.21	(주)바이오라이트
10-2020-0007977	극미약광을 이용한 수컷 포유류의 번식능력 개선 방법	2020.1.21	(주)바이오라이트

(2) 해외 출원 : 2건

출원번호	발명의 명칭	접수일	출원인
PCT-KR2020-001020	극미약광을 이용한 암컷 포유류의 번식능력 개선 방법	2020.1.21	(주)바이오라이트
PCT-KR2020-001024	극미약광을 이용한 수컷 포유류의 번식능력 개선 방법	2020.1.21	(주)바이오라이트

(3) 국내 디자인 등록 : 1건

등록번호	대상이 되는 물품	출원일	디자인권자
30-1061958	광양자 조사기	2019.11.25	(주)바이오라이트

(4) 국내 상표 출원 : 1건

출원번호	상표경본	출원일	출원인
40-2019-0185214	<b>enerAmp</b>	2019.11.29	(주)바이오라이트

나. 사업화 성과 및 매출실적

(1) 사업화 성과

항목	세부항목		성과	
사업화 성과	매출액	개발제품	개발 후 현재까지	<b>5억원</b>
			향후 3년간 매출	125억원
		관련제품	개발 후 현재까지	-
			향후 3년간 매출	
	시장 점유율	개발제품	개발 후 현재까지	국내 : 100% 국외 : 0%
			향후 3년간 매출	국내 : 100% 국외 : 100%
		관련제품	개발 후 현재까지	국내 : 0% 국외 : 0%
			향후 3년간 매출	국내 : 100% 국외 : 0%
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위		1위
		3년 후 제품 세계 시장 경쟁력 순위		1위

(가) 이전 버전의 기존 농가에서 사용하던 기기의 가격은 700,000(원) (VAT별도)이었으며, 당사에서 직접 개별농가에 영업을 통해 판매하였다. 개발기기의 경우 광원 수명이 연장되고 소비전력이 저감되는 장점이 있으며, 영업망의 확충을 위하여 총판과 대리점망을 구축할 계획으로 현재 계약을 추진 중에 있다. 이들 유통망 마진을 고려하면 당사에서 총판 공급가는 400,000(원) (VAT별도)로 결정하였다. 사업화 성과에 제시한 매출액에 대한 상세 근거는 아래와 같다.

(나) 개발기기의 매출 근거 현황 (부가가치세과세표준증명 기준, 2020.8.3.)

기간	금액 (천원 / VAT포함)
2019.1.1. ~ 06.30 ('19년 상반기)	87,227
2019.7.1. ~ 12.31 ('19년 하반기)	320,000
2020.1.1. ~ 06.30 ('20년 상반기)	97,045
합계	<b>504,272</b>

(다) 3년간 매출 추정 (개발제품, 관련제품)

		1차년도	2차년도	3차년도	3년간 누적합계
국내	개발기기 매출액(천원)	1,000,000	3,000,000	6,000,000	10,000,000
	설치 수량(기)	2,500	7,500	15,000	25,000
	농장수(개소)	25	75	150	250
	관련기기 매출액(천원)	0	0	0	0
해외	개발기기 매출액(천원)	-	500,000	2,000,000	2,500,000
	설치수량(기)	-	1,000	4,000	5,000
	농장수(개소)	-	5	20	25
	관련기기 매출액(천원)	-	-	-	-
합계	개발기기 매출액(천원)	1,000,000	3,500,000	8,000,000	<b>12,500,000</b>
	관련기기 매출액(천원)	0	0	0	0

(2) 사업화 계획 및 매출실적

항 목	세부 항목	성 과			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	1년			
	소요예산(백만원)				
	예상 매출규모(억원)	현재까지	3년후	5년후	
		5	12,500	30,000	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	100	100	50
국외			100	50	
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발 계획	인체 및 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. 베트남 등 동남아 국가에 기 진출한 관련산업 국내기업과 협력사업 협의 중.			

(3) 전문가 세미나 및 해외 홍보 활동

(가) Dalhousie University Agricultural Campus

일시	2019. 9. 23.
참석자	David Barrett, Ph.D. 동물생리학 조교수 Jolene Maceachern, Industry liaison and Innovation Manager Fraser Clark, Ph.D. Bioveterinary immunology 조교수 Alan Fredeen, Ph.D. Dairy System and Ruminant Nutrition 교수 John Ludovice, Director, Nova Scotia Business Inc. 박미정대표 (주)바이오라이트 윤상익이사 (주)바이오라이트
출장내용	- (주)바이오라이트 회사소개 및 제품소개, Q&A - Dalhousie대학 보유 동물 및 시설 견학 - Dalhousie대학 Agricultural Campus에서는 현재 젖소, 닭, 양을 직접 사육하며 관련 연구를 하고 있음. 따라서 당사의 제품을 직접 설치하고 당사에서 원하는 연구를 할 수 있는 환경이 준비되어 있음. - Barrett교수는 특히 젖소 생리를 연구하고 있어 대학에서 사육 중인 젖소에 당사 제품을 설치하고 젖소의 전 주기에 걸쳐 그 효과를 살펴볼 수 있는 실험설계를 보내주기로 함 - Jolene는 Barrett교수가 제안하는 실험을 할 수 있도록 지원하는 캐나다 정부 프로그램이나 펀드를 알아볼 것임.



<사진. Dalhousie University Agricultural Campus, Truro>

(나) NSCC (Nova Scotia Community College, Annapolis Valley Campus)

일시	2019. 9. 24.
참석자	Wayne F. St-Amour, Principal, Annapolis Valley Campus Mathew Vankoughnett, Ph.D. Research Scientist John Ludovice, Director, Nova Scotia Business Inc. 박미정대표 (주)바이오라이트 윤상익이사 (주)바이오라이트
출장내용	- (주)바이오라이트 회사소개 및 제품소개, Q&A - NSCC 소개 및 Mathew Vankoughnett교수가 현재 진행 중인 연구 소개 - NSCC에서는 지역에서 필요로 하는 연구를 하고 있으며, Vankoughnett교수는 당사 제품을 식물에 적용하는 것에 관심을 가지고 있음. 기존 보유 중인 그린하우스를 개선하는 작업을 추진하고 있으며, 완성 시 당사 제품을 설치할 수 있도록 할 것임. - 고부가 작물사육에 당사의 기술을 적용하여 그 효과를 측정하는 것은 의미 있을 것으로 판단함.





<사진. NSCC (Nova Scotia Community College)에서의 회의>

(다) Bionova

일시	2019. 9. 25.
참석자	Kerri Mannette, Director, Bionova John Ludovice, Director, Nova Scotia Business Inc. 박미정대표 (주)바이오라이트 윤상익이사 (주)바이오라이트
출장내용	- (주)바이오라이트 회사소개 및 제품소개, Q&A - Bionova는 노바스코셔주의 건강과 생명과학 분야의 엑셀러레이터로서 다양한 기업 네트워크를 보유하고 있으며 인큐베이션 프로그램도 보유하고 있음. 당사의 캐나다 진출을 위하여 현지 기업과의 코웬이 필요한 부분이 있으므로 이 부분을 채워줄 역할에 대하여 논의 함.



<사진. Bionova가 위치한 Life Sciences Research Institute>

(라) NSBI (Nova Scotia Business Inc.)

일시	2019. 9. 25.
참석자	Laurel Broten, President & CEO, NSBI John Ludovice, Director, NSBI 박미정대표 (주)바이오라이트 윤상익이사 (주)바이오라이트
출장내용	- (주)바이오라이트 회사소개 및 제품소개, Q&A - NSBI의 업무 소개 - 바이오라이트 방문 이후 NSBI의 follow-up 계획 및 캐나다 시장 진출을 위한 제품 실증농장 확보를 위한 농장 수배관련 회의





<사진. NSBI 방문>

### 3장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

#### 1절 목표

##### 1. 최종목표

가. 극미약광조사기 (포토니아) 조사를 통한 돼지 (모돈, 웅돈) 생산능력 5% 향상

나. 극미약광조사기 (포토니아)의 양돈 생산성 증진 마케팅 효과로 국내매출 100% 향상 및 수출 350,000 \$ 달성

#### 2절 목표 달성여부

##### 1. 목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)		비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
1차 년도	세포 내 미토콘드리아 효율 평가	20	90	세포 산소소모량 증가
	정자 내 미토콘드리아 함량 평가	20	90	정액 품질 개선
	웅돈 생식능력 향상 현장실증	30	90	정액 생산량 증가
	모돈 생식능력 향상 현장실증	30	80	총산 및 실산 증가
합계		100	87	

##### 2. 관련 분야 기여도

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

〈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, 깎아등, 농수산물 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 제작 및 제어 SW 등

(출처 : 중소기업 기술로드맵, 2017-2019. 중기청)

나. 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 됨. 또한 면역력을 증진시키고 증체 등의 생산성 향상의 기능을 가지지만 타사의 눈에 보이는 광으로서 밝기를 가지는 조명기기로서 작용하는 것이 아님. 극미약광을 이용하여 생체에 공명 흡수시켜 생체 에너지대사를 증진시키는 기술은 국내뿐 아니라 국외에서도 제품화하지 못한 기술임. 본사는 생체 광자 및 극미약광을 이용한 기술을 상업화 한 선두주자로서 광기술의 한 분야를 개척하고 있음.

### 3절 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

#### 1. 목표 미달성 원인 (사유)

가. 양돈업계의 ASF

- (1) 아프리카돼지열병 (African Swine Fever, ASF)은 치명적인 바이러스성 출혈성 돼지 전염병으로 이병률이 높고 급성형에 감염되면 치사율이 거의 100%에 이르기 때문에 양돈 산업에 엄청난 피해를 주는 질병임.
- (2) 따라서, 이 질병이 발생하면 세계동물보건기구 (OIE)에 발생 사실을 즉시 보고해야 하며 돼지와 관련된 국제교역도 즉시 중단되게 됨. 우리나라에서는 이 질병을 가축전염병예방법상 제1종 법정전염병으로 지정하여 관리함.

나. 국내 발생 현황

- (1) 2019년 9월 17일 경기도 파주 양돈농가에서 아프리카 돼지 열병의 국내 발생 확인되었으며, 현재 631건의 발생이 보고됨. (\* 파주 98건, 연천 254건, 철원 29건, 화천 240건,

양구 3건, 고성 4건, 포천 3건 등)

#### 다. 목표달성 미흡 사유

- (1) 양돈 현장 실증실험은 질병과 사육관리 시스템의 변수에 따라 완벽한 실증 계획을 세우더라도 기대하는 결과를 얻기가 매우 힘든 연구임. 더욱이 국내 농장들의 경우 사계절이 존재하고 시설, 규모, 사양관리 방법이 모두 달라 결과를 일반화 하기 위한 농장의 섭외와 기록데이터의 수집은 매우 어려운 환경임.
- (2) 본 연구팀은 전산기록을 진행하고 있으며, 사육규모와 시설을 고려하여 연구 계획상 다수의 농장을 선정 하였으나, 국내 아프리카 돼지열병 발생으로 제 품 설치시기인 9월 이후 국내 모든 농장 출입이 제한되었음. 또한 농장 내에서는 분뇨 및 가축 이동 차량이 제한되어 정상적인 후보돈 입식이 불가하고 돼지의 출하가 이루어지지 않아 밀사와 폐사가 증가하였으며, 급격한 돈가 하락으로 농장 경영악화에 따라 내부인력의 원활한 근무 조건은이 이루어지지 못했음.
- (3) 이에 연구팀이 진행하고자 하였던 추가적인 농장선정 및 설치 계획은 불가피하게 연기하게 되었음. 또한 세계동물보건기구 (OIE)에 발생 사실을 즉시 보고해야 하며 돼지와 관련된 국제교역도 즉시 중단되게 되어 해외 출장 및 전시, 공동연구 진행에 어려움이 발생함. ASF진행상황과 전세계적인 확산 추이를 살펴보며 진행하고자 하는 가운데, 2020년 코로나 19가 전 세계 팬데믹상황에 이르러 수출, 공동연구, 해외세미나 및 전시의 일정이 축소되고 변경되게 되었음.

## 2. 후속 연구의 필요성

가. 광 (光)의 생명공학분야의 적용은 다양한 분야에서 이루어지고 있음. 앞서 언급한 바와 같이 신광원인 LED 광원은 에너지 효율, 장수명, 친환경과 같은 장점과 일반 조명이 갖지 못하는 파장 선택 조정, 디지털 제어, 변조, 광색 가변 등의 기능 수행이 가능하여 제품 디자인 유연성과 내구성 등의 강화에 큰 장점을 가지고 있어, 농업과 관련한 전반에서 연구와 활용이 확대됨. 본 연구팀은 양돈분야에 만연하고 있는 소모성 질병에 대한 문제를 예방하여 농가의 생산성을 향상시키고자 극미약광을 적용하여 생명에너지를 고양시키는 기기를 고안하여 개발하였음. 생명에너지 (ATP)를 향상시키는 것은 결국 생명체의 주요 단백질 생산과 밀접하게 관련이 있으므로 이와 관련한 면역능력 및 번식과 관련한 지표를 통하여 개발 기술을 평가함.

나. 본 연구를 통하여 극미약광의 생명에너지 증진에 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 것임. 기존의 파장에 따른 세포의 광 조사효과 연구에 의하면, 빛에 의한 세포 대사 자극에 관여하고 있는 광(光)수용체는 세포 내 미토콘드리아 호흡 사슬의 말단 효소로 알려진 Cyt. C. 산화효소로 Action spectra의 분석을 통해 확인 할 수 있는 것으로 알려져 있음. 이러한 반응성은 Cyt. C. 산화효소의 4개의 산화 활성 금속 중심  $Cu_A$ ,  $Cu_B$ , Heme<sub>a</sub>, Heme<sub>a3</sub>에서 기인하는 것으로, 미토콘드리

아에서의 전기적 여기 상태 촉진으로 인한 생체 분자들의 생화학적 특성 변화 및 전자 전달을 가속화하는 1차 반응과 세포질, 막 및 핵에서 일련의 2차 반응이 뒤따르며, 증식, DNA/RNA 합성 등과 같은 세포 반응이 발현되는 것으로 설명하고 있음. 최근 생물 에너지학 및 대사체학의 비약적 발달에 따라 미토콘드리아의 기능 및 효율에 대한 보다 직접적인 연구가 가능해 짐. 아쉽게도 본 연구에서는 관련 연구를 수행하지 못하고 세포의 산소소모량을 통하여 간접적으로 미토콘드리아의 효율을 평가 하였음. 그러나 미토콘드리아의 기능 및 효율과 관련한 극미약광의 작용기전이 보다 구체적으로 밝혀지도록 연구된다면 생명의 근원적인 에너지에 대한 신비한 많은 영역이 추가적으로 밝혀질 것으로 기대됨. 또한 의학계에서도 조명 받고 있는 미토콘드리아와 관련한 질병 및 노화와 관련한 연구에도 기여 할 것으로 기대됨. 이러한 기초과학 분야의 연구가 장기간에 걸쳐 다양하게 수행되고 고찰되어진 후 사업화에 대한 다양한 응용연구가 가능 할 것임.

다. 일반적으로, 빛의 이용은 주변 밝기가 낮은 주·야간에서 인간이 생활하는데 있어 작업, 운동, 학습, 휴식 등의 다양한 활동을 수행하기 위한 안정적인 빛의 제공을 목적으로 하는 일반 조명으로 활용됨. 반면, 본 연구팀은 눈으로 감지할 수 없는 세기를 갖는 가시광 영역의 극미약광을 돼지에 조사하여 돼지의 에너지 생산효율을 높이고 이를 통하여 소모성 질병을 예방 할 수 있는 면역능력을 향상시키고자 하였음. 이러한 적용은 기존의 약물이나 첨가제를 통하여 면역능력을 향상시키는 것과는 달리 에너지를 적용하여 체내에 능동적으로 흡수시킴으로써 물질에 대한 내성 및 잔류에 대한 문제를 해결하고 2차적인 환경오염 (분뇨의 토양 오염)에 대한 우려를 해결 할 수 있는 친환경 녹색기술임. 에너지의 관점에서 생명을 바라보고 적용하는 양자물리학의 생명공학 접근은 아직 초기 단계라고 할 수 있음. 분자세포 생물학의 발전은 양자과학을 앞당겨 생명공학에 혁신을 이룰 것으로 기대함. 질병을 선제적으로 예방하는 것이야 말로 지속가능 축산을 위한 필수 요소라고 하겠음. 생명체의 초기 단계부터 에너지적으로 최적화 상태를 이루어 개체의 강건성을 확보하는 것이야 말로 가장 적은 투자로 효율을 극대화 하는 것임. 본 연구팀도 향후 추가적인 연구를 통하여 생명에너지와 번식에 대하여 집중적으로 조명하고 연구를 수행하고자 함.

라. 돼지 번식 능력 향상을 통한 지속 가능 축산을 확대 보급하기 위해서는 극미약광 광선 조사기의 제품 다각화 (다기능성) 및 고신뢰성 확보, 제품 현장 설치 및 시공 기술 개선에 기반한 특수 조명 시스템 구현, 수요자 (농장주 및 현장 관리자)의 기기 사용 만족도 향상과 축산 관리 시스템 효율화 대응을 위한 관련 기술의 실용화 연구가 요구됨. 극미약광 조사기는 능동적 / 수동적 조광 특성 구현 및 제어, 제품 내구성 (방수, 방열, 방진), 경량화 및 대량 생산을 용이하게 하는 Lighting Fixture 디자인 및 저전력 소비 구현 기술 연구가 필요함. 특수 조명 시스템 구현을 위해서는 극미약광 세기 및 배광 특성 분석 및 이를 이용한 전산 시뮬레이션 기술, 저전력 소비 및 전력 안정화 운영 기술 등에 대한 추가 연구가 요구됨. 또한, 사용자 만족도 향상 및 관리 시스템 효율화는 ICT 기술을 융합하여 가축의 생육환경 유지·관리를 원격 또는 자동으로 수행할 수 있는 지능화된 축사 형태 구축을 가능하게 하는 센싱 기술, 데이터 통신 기술, 원격 모니

터링 기술의 후속 연구가 요구됨. 나아가 보다 진보된 스마트 축산 확대 보급과 시장 선점을 위한 빅데이터 활용 및 최적화 알고리즘 개발의 연구와, 국내외적으로 연평균 10% 이상의 시장이 확대되고 있는 스마트 팜 관련 산업 수요에 적응 및 선점을 위한 기자재의 국산화, 시설의 표준화가 절실히 요구됨.

## 4장 연구결과의 활용 계획 등

### 1절 타 연구에의 응용

1. 본 연구팀은 이번 연구를 통하여 극미약광의 생명에너지 고양에 대한 연구팀의 가설에 한 걸음 다가설 수 있었다. 극미광이 세포막의 전위차를 높임으로서 생명체의 전기력 (bioelectricity) 에너지가 향상됨을 확인 할 수 있었음. 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 있음. 본 연구팀은 1차 년도 난자 발육 및 수정란의 평가를 통해 이에 대한 가능성을 확인 하였으며, 양돈 현장에서도 연관된 결과를 얻을 수 있었음. 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 있었음. 최근 들어 전 세계가 다산성 모돈으로 개량됨에 따라 산자의 생시체중이 감소하고 위축돈의 출현이 늘어 농가현장에서 관리에 어려움을 겪고 있음. 이에 대안으로 극미약광의 번식효율과 관련한 연구가 본격적으로 이뤄진다면 양돈 뿐 아니라 축산 전반과 나아가 인체에 까지 중요한 기초 연구와 실증 및 대안기술이 발전될 것으로 기대됨.
2. 빛이 세포와 상호 작용하며, 세포가 빛을 흡수하거나 방출한다는 것은 일반인들에게는 생소한 것으로 비춰질 수 있으나, 관련 연구자들에게는 일반적인 과학적 현상으로 인식되고 있음. 생체에서 방출되는 극미약 세기의 빛은 생체의 생화학적 정보를 가지고 방출되는 것으로 알려져 있어, 이를 통한 생체 모니터링을 목적으로 정확한 빛의 발생 매커니즘 및 이미징 또는 분광 측정 기술에 대한 연구가 일부 그룹에서 활발하게 진행 중임. 본 연구팀에 의해 수행된 연구는 다중과장, 극미약 세기의 빛을 흡수시켜 이에 따른 생체의 반응을 연구함으로써, 빛과 세포의 상호 작용을 보다 정확하게 이해 할 수 있도록 기여함으로써, 생체에 유해한 X-ray,  $\gamma$ -ray를 이용하지 않고도 안전한 가시광 영역의 빛을 이용하여 생체 깊숙한 내부를 안전하게 모니터링 할 수 있는 생체 모니터링 기술 개발에 응용될 수 있을 것으로 기대됨.
3. 돼지 번식 능력 향상을 위해 사용되는 극미약광 광선조사기는 광학적으로 가혹 사용 환경 조건이라 할 수 있는 축사 환경에서 24시간 연속 조사 방식으로 사용되고 있음. 이는 광선조사기의 광(光)가공 및 제어 기술, 장기간 사용이 가능하도록 하는 방수, 방열, 방진과 같은 제품 내구성 향상 기술, 저에너지 소비가 가능한 저전력 LED 구동 드라이버 및 효율적 배광 설계 기술을 확보하고 있음을 의미함. 상기한 기술들은 일반 조명, 고부가가치 특수 조명 시스템과 같은 광기술 활용분야에 필요로 하는 핵심 기술로서 해양수산, 농업 등의 해당 목적에 따라 전용 및 활용이 가능함.

4. 세포의 빛 에너지 흡수 및 에너지 전달 메커니즘 해석을 위한 다양한 과학적 시도가 이루어졌으며, 최근 연구 결과물들은 기존의 과학적 직관을 깨뜨리기 충분한 성과를 보이고 있음. 특히, 광합성에서의 빛의 흡수 및 에너지 전달은 상온의 복잡계로 표현될 수 있는 생명체 내부에서의 양자 현상의 증거를 보여주고 있음. 더불어, 본 연구팀의 연구 또한 미약광의 세포 흡수 및 에너지 전달, 세포 간 시그널링 (cell-cell signalling)을 기반으로 하는 연구로서, 향후 빛의 흡수 및 에너지 전달 메커니즘에 대한 규명과 이의 생체 모방 기술을 활용하여 태양 전지 효율 향상과 같은 에너지 하베스팅, 초고속 / 저전력 유기 소자 및 컴퓨터 개발, 양자 암호화 통신 기술로의 응용이 가능할 것으로 기대됨.

## 2절 기업화 추진방안

1. 본 연구팀은 극미약광 조사기의 시장 진입을 위하여 양돈분야 생산성과 관련된 번식능력 향상 지표를 설정하고 이를 해결하는 연구를 통하여 보다 근원적인 양돈 분야 적용에 대한 마케팅 포인트를 얻을 수 있었음. 극미약광의 적용은 치료의 목적보다는 예방적 측면에서 활용되어야 하는 기술로서 수요자인 농장주에게 필요성에 대한 교육이 필요함. 양돈 분야에서 임신구간의 활용은 효과적이었음. 자돈의 활력, 미라, 흑자의 감소를 농장에서 확인 할 수 있었음. 현재 다수의 농장에서 분만 후 모돈과 자돈의 건강상태가 향상됨을 확인하였으며, 이를 모니터링 하여 마케팅에 활용 할 수 있도록 사용자 후기와 현장 영상을 수집하여 자료화 하고 있음. 정량적 분석을 위한 데이터 분석도 동시에 진행중이지만 생산성적은 수익과 직결되는 부분으로 더 나은 성적을 얻기위해 관행처럼 이루어지는 대리모체택, 조기이유, 체미와 위축돈 관리 방식이 농장마다 달라 정량화된 일반적 데이터를 얻기는 많은 한계가 존재 함. 대부분의 농장이 모돈 사육두수와 인력이 한정적이어서 추가생산 자돈을 수익으로 증가시키기 위한 사양관리방식의 변화가 다소 필요한 실정임. 최근 스마트팜 장비의 도입으로 분만모돈의 산자와 건강상태를 과학장비를 통해 모니터링 할 수 있는 길이 확대되고 있어 개발 업체들과 함께 공동 마케팅 및 영업을 준비하고 있음.
2. 연구팀은 이를 바탕으로 해외시장 개척을 위하여 네브라스카 주립대학과 확장된 연구 계획을 수립하고 연구 실행을 준비하고 있음. 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 함 네브라스카는 미국내 농업축산 분야에서 중요한 위치를 차지하고 전통적으로 농업 분야 연구가 활발한 지역임. 최근 UNL (University of Nebraska Lincoln) 내의 NIC (Nebraska Innovation Campus) 설립과 동시에 농업 관련 기업에 대한 유치를 위하여 지원을 아끼지 않고 있음. 본 연구팀은 농업기술 실용화재단의 추천으로 네브라스카 대학교와 주정부가 진행하는 NIC에 입주하게 되었으며, 이를 기반으로 네브라스카 주립대학과 공동 연구의 기반을 확보 하였음. 또한 본 연구를 통하여 캐나다 노바스코샤주 기업 유치 전략의 일환으로 헬리팩스에 위치한 Dalhosie 대학과 추가적인 낙농분야 연구계획을 확정하고



주정부와 재원 마련 및 일정을 조율하고 있음. 그러나 이또한 코로나 펜데믹의 상황 하에서 당분간 지연될 가능성이 높음.

3. 양돈 ASF의 발생으로 법정 전염병 발생 및 확산으로 인한 사업화의 어려움을 경험하며 사업다각화 추진속도를 가속화 하여 축우 분야 사업확대 및 반려동물 인체 시장을 위한 제품 연구개발 사업화를 동시에 추진하기로 함. 현재 반려동물 분야 사업화를 위한 기기의 디자인 변경과 관련 실증 및 허가를 준비중 임. 인체의 미토콘드리아 산화적 손상에 대한 연구와 노화를 테마로 하여 대학병원과 임상을 협의 중 임.



<사진. 포토니아 신규버전인 포토니아 듀얼과 포토니아 20>

4. 후속지원 R&D를 통해 포토니아의 축산 분야 지속가능성에 대한 기여도가 확인됨. 항생제 저감, 폐가축 저감, 토양 및 환경 오염 저감, 생산 효율 (번식, 사료) 증가, 비침습방식으로 동물의 건강을 증진하는 동물복지 사육방법 등에 기여하는 친환경 축산 기술로서 양돈농가의 미래사육방식에 제안하게 됨. 건강한 개체 사육은 농가에게 생산성과 수익성을 향상 시키는 물론 고품질 안전축산물을 소비자에게 공급함으로써 새로운 마케팅 트렌드와 정책 방향성에 부합하므로 연구개발에 참여했던 돈마루, 다비육종, 나람사료 주주농가들의 추가적인 도입 확대를 추진 중이며, 동물 약품업체와 영업총판에 대하여 협의 중임. 또한 지역의 양돈농가들과 유대가 깊은 지역 딜러들을 동시에 모집하여 매출 성장을 추진 중임.

## 붙임. 참고문헌

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. Branton. Effects of color temperatures (Kelvin) of LED bulbs on blood physiological variables of broilers grown to heavy weights. 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.

Karu TI. Primary and secondary mechanisms of action of visible to near-IR radiation on cells, J. Photochem. Photobiol. B: Biol, 49, 1-17 (1999)

Karu TI. HOW THE ABSORPTION OF MONOCHROMATIC VISIBLE-TO-NEAR IR RADIATION BY CELLS LEADS TO THEIR BIOLOGICAL RESPONSES?, Energy and Information Transfer in Biological Systems, 148-156 (2003)

Karu TI. Low power laser Therapy. In biomedical Photonics Handbook. (Tuan, V. D., ed.). Chapter 48, pp.48-1-8-25, CRC press, Boca Raton. (2003)

Karu TI. S. F. Kolyakov, Exact Action Spectra for Cellular responses Relevant to Phototherapy, Photomedicine and Laser Surgery, 23(4) 355-361, (2005)

Karu TI. Mitochondrial Signaling in Mammalian Cells Activated by Red and Near-IR Radiation, Photochemistry and Photobiology, 84, 1091-1099, (2008)

Karu TI. L. V. Pyatibraty, S. F. Kolyakov, N. I. Afanasyeva, Absorption measurements of a cell monolayer relevant to phototherapy: Reduction of cytochrome c oxidase under near IR radiation, J. Photochem. Photobiol. B: Biol, 81, 98-206 (2005)

Marc Yeste et al. Specific LED-based red light photo-stimulation procedures improve overall sperm function and reproductive performance of boar ejaculates. Scientific Reports. 2016

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; 8:11-7

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. Mar;9(3):315-22, 2010

Takeda M et al. Biophoton detection as a novel technique for cancer imaging. Cancer Sci, Vol. 95, No. 8, pp 656-661, 2004

T. ZAN-BAR, M.Sc et al. Influence of Visible Light and Ultraviolet Irradiation on Motility and Fertility of Mammalian and Fish Sperm. Photomedicine and Laser Surgery. 2005

Yu Hung Huang et al. Age-related changes in semen quality characteristics and expectations of reproductive longevity in Duroc boars, Animal Science Journal **81**, 432-437, 2010

Xuejuan Gao and Da Xing, Molecular mechanisms of cell proliferation induced by low power laser irradiation, Journal of Biomedical Science, 16:4, 2009

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

김자영, 미토콘드리아의 기적, 청년정신, 2017

전황수, 허필선. 감성조명산업(LED)시장 전망 및 국내외 개발 동향. 정보통신연구진흥원. 주간기술동향, 통권 1390호 2009. 1-13

중소중견기업 기술로드맵. 2017-2019. 중기청.

[별첨 1]

## 연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 지속 가능한 축산을 위한 돼지 번식능력 향상 광응용기술 연구				
	(영문) Research on optical application technology for improvement of pig breeding ability for sustainable animal husbandry				
주관연구기관	(주)바이오라이트		주 관 연 구 책 임 자	(소속) (주)바이오라이트 기업부설연구소	
참 여 기 업	(주)바이오라이트			(성명) 이 원유	
총연구개발비  (천원)	계	220,000	총 연구 기간	2019.05.10.~2020.05.09. (12개월)	
	정부출연 연구개발비	165,000	총 참 연 구 원 수	총 인원	7명
	기업부담금	-		내부인원	7명
	연구기관부담금	55,000		외부인원	-
<p>○ 연구개발 목표 및 성과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 극미약광조사기 (포토니아) 조사를 통한 돼지 (모돈, 웅돈) 생산능력 5% 향상</li> <li>- 극미약광조사기 (포토니아)의 양돈 생산성 증진 마케팅 효과로 국내매출 100% 향상 및 수출 350,000 \$ 달성</li> <li>- 특허성과 : 국내 출원 2건, 해외출원 2건, 국내 디자인출원 및 상표출원 각 1건</li> <li>- 사업화 성과 : 매출실적 5억 원</li> <li>- 해외홍보 활동 1건 등</li> </ul> <p>○ 연구내용 및 결과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 세포 내 미토콘드리아 효율 평가 : 세포 산소소모율 (OCR) 증가</li> <li>- 정자 내 미토콘드리아 함량 평가 : 정액 품질 개선</li> <li>- 웅돈 생식능력 향상 현장실증 : 정액 생산량 증가</li> <li>- 모돈 생식능력 향상 현장실증 : 총산 및 실산 증가</li> </ul> <p>○ 연구성과 활용실적 및 계획</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 미토콘드리아 패러다임의 축산분야 적용연구를 통한 인체의학적 적용기반 마련</li> <li>- 양돈 생산성 향상 (일당증체, MSY 증가)을 통한 농가 경쟁력 강화</li> <li>- 지속가능 축산의 기반마련을 통한 오염물 배출 저감 등의 환경 보존효과 증대</li> </ul>					

## 자체평가의견서

### 1. 과제현황

		과제번호	819027-01		
사업구분	농식품연구성과후속지원사업				
연구분야	RB0101		과제구분	단위	
사업명	농식품연구성과후속지원사업			주관	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	지속 가능한 축산을 위한 돼지 번식능력 향상 광응용기술 연구		과제유형	(응용)	
연구기관	(주)바이오라이트		연구책임자	이 원유	
연구기간	연차	기간	정부	민간	계
연구비 (천원)	1차년도	2019.5.~2020.5.	165,000	55,000	220,000
	-	-	-	-	-
	계		165,000	55,000	220,000
참여기업	(주)바이오라이트				
상대국	-	상대국연구기관	-		

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2020. 08. 12.

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
(주)바이오라이트 연구소	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.

확 약	
-----	---

## I. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

### 1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 본 연구과제의 기존 개발제품이 축산 양돈 분야에 사업화 매출로 이어짐
- 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
세포 내 미토콘드리아 효율 평가	20	90	세포 산소소모량 증가
정자 내 미토콘드리아 함량 평가	20	90	정액 품질 개선
용돈 생식능력 향상 현장실증	30	90	정액 생산량 증가
모든 생식능력 향상 현장실증	30	80	총산 및 실산 증가
합계	100	87	

## III. 종합의견

### 1. 연구개발결과에 대한 종합의견

- 전체적으로 양호하게 연구를 수행하였다고 판단됨
- 향후 지속적인 기술개발이 요구되어짐

### 2. 평가시 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

- 극미약광 유래 생체 상호작용 분석기술은 원천기술 성격을 지니고 있어, 보안이 필요하다고 사료됨

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

##### 1. 연구책임자의 의견

- 상동

##### 2. 연구기관 자체의 검토결과

- 상동

[별첨 3]

## 연구성과 활용계획서

### 1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제		분 야	RB0101
연구과제명	지속 가능한 축산을 위한 돼지 번식능력 향상 광응용기술 연구			
주관연구기관	(주)바이오라이트		주관연구책임자	이 원유
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	165,000천원	-	55,000천원	220,000천원
연구개발기간	2019. 05. 10 ~ 2020. 05. 09 (12개월)			
주요활용유형	<input type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input checked="" type="checkbox"/> 기타(사업화매출) <input type="checkbox"/> 미활용 (사유: _____ )			

### 2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
세포 내 미토콘드리아 효율 평가	세포 산소소모량 증가
정자 내 미토콘드리아 함량 평가	정액 품질 개선
웅돈 생식능력 향상 현장실증	정액 생산량 증가
모돈 생식능력 향상 현장실증	총산 및 실산 증가

\* 결과에 대한 의견 첨부 가능

### 3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용 창출	투자유치		논문		논문 평균 IF	학술 발표			정책 활용	홍보 전시	
												SCI	비SCI							
단위	건	건	건	건	백만원	백만원	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치	10	-	-	-	-	10	20	10	20	-			-	10	-	-	-	20	-	
최종목표	1	1	-	-	-	1	440	350	1	1건		1	1	-	1	-	-	-	1	-
연구기간내 달성실적														1						
달성율(%)		-	-	-	-							-	-	-		-	-	-		-

### 4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	극미약광을 이용한 ATP 생산효율 증진기술
②	극미약광의 조절 및 발생, 생체 최적화 기술

### 5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장에로 결	정책 자료	기타
①의 기술	√	√				√	√			
②의 기술	√	√				√	√			

\* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과 활용계획 및 기대효과
①의 기술	가축 생산성 향상 및 생명력 고양을 위한 농업 전반에 적용 가능하며, 비침습 방식의 광응용기술로서 물질 첨가방식과 달리 환경오염 및 내성에 대한 우려가 없음. 특히 번식단계에 적용하여 건강한 생명력을 획득하게 하는 것은 농업 전반에 걸쳐 항병력을 향상 시켜 농가 생산성에 기여함. 또한 고부가 안전 축산물을 소비자에게 공급하게 되어 국민 안전 먹거리 생산에 기여함. 또한 미토콘드리아는 생명에너지 발전소로서 노화 및 다양한 질병연구에 대상임. 본 기술은 생명에너지 생산 효율을 증가시키는 것으로 의학의 다양한 질병치료 및 예방, 줄기세포 치료와 같은 세포치료 등에 확장되어 다양한 생명공학 분야에 기여 하게 될 것임.
②의 기술	극미약광의 생체 작용기전에 대해서는 아직 논쟁적인 부분이 있으나 본 연구팀은 다년간의 노하우를 축적하며 가설을 검증하며 기전 규명에 가장 앞서 나가고 있음. 이미 다년간 축산 현장에서 그 가능성을 확인 하였으며, 각 종별 생명단계에 따른 최적 적용 기술을 보유하게 됨. 따라서 향후 축종별, 생명단계별 최적화 극미약광 조절 모듈 개발을 통해 인공광 시장에 새로운 패러다임을 제시하게 될 것으로 기대함.

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표							
	지식 재산권		기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용-홍보		기타 (타연구활용등)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출		투자유치	논문 SC I	비 SC I			논문 평균 IF	학술발표	
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명			
가중치																		
최종목표																		
연구기간내 달성실적																		
연구종료후 성과창출 계획		<u>1</u>							<u>1</u>		<u>1</u>							

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

