

# 양돈 스마트팜 현황 및 돼지 생체와 환경 상호 관계 조사

김훈섭\*, 노유진\*, 남철환\*, 구민정\*, 최영선\*, 정지영\*

\*전라남도농업기술원 축산연구소

khs6640@korea.kr

## Investigation of pig farming smart farm livestock farming status and correlation between pig biometric information and environmental information

Hun-Seop Kim\*, You-Jin No\*, Cheol-Hwan Nam\*, Min-Jung Ku\*,  
Young-Sun Choi\*, Ji-Young Jung\*

\*Livestock Research Institute Jeollanamdo Agricultural Research & Extension Service(JERES)

### 요약

축산 스마트팜은 ICT 기술 및 자동설비를 원격으로 가축 사양 및 환경을 적절하게 유지·관리를 실시 할 수 있다. 양돈 산업은 돼지고기 가격 불안정과 환경 규제에 대한 환경관리 부담, 질병 문제 등을 직면하고 있으며, 전업화, 규모화로 인해 노동력이 많이 필요한 산업이지만 고령화로 인한 신규 인력 부족 및 종사자의 삶의 질 향상을 위해 자동화가 필요한 상황이다. 생산성 향상은 개체관리, 사양관리, 환경관리 등 다양한 요인들이 작용하며, 이는 농장주의 경험과 감각만으로 결정하기가 불가능하다. 축산 스마트팜이 절실히 필요한 상황이다. 이에 스마트팜 확산을 위해 다양한 사업들이 추진되고 있지만, ICT 장비는 대부분 외국산 중심으로 보급되고 있어 호환성 부족, A/S의 어려움 등의 고비용, 저효율 문제가 발생하고 있으며, 환경측정과 영상정보전달 등 단순시설에 많은 투자가 되어 있는 수준이다.

1세대 스마트팜은 편의성 향상을 위해 보급된 형태이며 IT 기술을 활용하여 데이터 수집 및 가축 상태와 환경정보를 모니터링하고 스마트폰 및 PC로 원격제어 하는 기능이 주된 기능으로 수집된 데이터의 활용도는 낮은 수준이다. 앞으로 나아가야 할 2세대 스마트팜은 1세대 모델에서 수집되는 빅데이터를 지능정보기술로 처리하여 의사결정을 할 수 있는 세대로 2세대 스마트팜 구현을 위해 환경정보(온도, 습도, 이산화탄소, 암모니아 등), 생체정보(체중, 체온, 행동, 음성 등) 등 데이터를 수집 하고 있으며 상호관계를 조사하고 있다.

국내 연구기관에서 돼지 영상는 돼지 영상 정보와 영상분석기술을 통합하여 돼지의 성장상태 및 체중의 변화를 측정 할 수 있는 기술이 실증 평가되고 있으며, 현재 영상분석기술 수준은 영상 빅데이터를 활용한 딥러닝 기술이 도입되면서 객체검출 및 추적, 상황인식 성능이 현저히 향상되어 수많은 정지영상과 동영상으로부터 특정개체를 인식하고 분석하는 기술이 인간보다 뛰어난 수준까지 도달하였다.

빅데이터 영상 및 생체정보 분석을 통해 가축행동 패턴을 파악 및 가축 질병 객체를 알고리즘화하여 객체에 대한 딥러닝 기반의 객체 검출 분석으로 이상개체와 환경 이상 상황을 농장주에게 알리고 의사결정을 지원하는 모델을 개발 할 수 있다.

태로 유지하는 것은 축주의 경험과 감각적인 결정만으로 수행하는 것은 불가능에 가깝다(김 등, 2019).

고령화 및 노동력 문제 해결을 위해 포유모돈급이기, 군사급이기, 돈 선별기, 정밀 사료 급여기 등 ICT 장비 도입이 증가하고 있으며 ICT 기술은 노동력 절감, 생산성 향상, 동물 복지 및 질병 등의 효과를 기대하여 다양한 분야에서 활용되고 있다. 그리고 기후변화와 관련하여 생산성 저하 예방 및 경제적 이익을 극대화 할 수 있을 것으로 기대되고 있다.

하지만 국내의 ICT 장비 보급은 대부분 외국산 중심으로 설치되고 있어 비용이 많이 들고 호환성이 부족하며, 고장 시 A/S를 받지 못하는 등 고비용, 저효율 문제가 발생하고 있다.

### 1. 양돈 스마트 축산 현황

현재 양돈산업은 돼지고기 가격 불안과 환경 규제에 대한 환경관리 부담, 질병 문제 등을 직면하고 있으며, 전업화, 규모화로 인해 노동력이 많이 필요한 산업이지만 고령화로 인한 신규 인력 부족 및 종사자의 삶의 질 저하 등의 문제가 발생하고 있다. 또한 가축의 생산성 향상을 위해 개체관리(급이, 질병, 번식 등) 환경 관리(온도, 습도, 암모니아 등) 등 다양한 변수에 의해 변수에 의해 결정되며 생산 시설을 최적의 상

특히나 주로 보급된 장비는 환경측정 센서, 영상정보전달 등 단순 시설에 많은 투자가 되어 있어 활용도가 낮다. 또한 스마트팜 투입 목적 중 하나인 생산성 향상이라는 기대효과는 장비에 대한 이해 부족과 데이터 연계가 미흡하여 전혀 활용하지 못하는 상황이다.

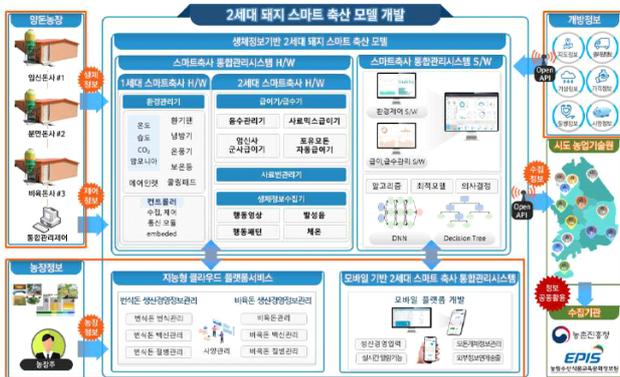
국내 스마트팜 기술 개발은 3단계로 나누어 추진하고 있으며 현재 국내 스마트팜은 1세대의 스마트팜으로 1세대 스마트팜은 편의성 향상을 위해 자동사료급이기, 발정탐지기, 환경관리센서, 영상저장장치 등이 보급된 형태이며, 데이터 수집 및 가축상태와 환경정보를 모니터링하고 스마트폰 및 PC로 원격제어 기능이 주된 기능이며 수집된 데이터의 활용도는 낮은 수준이다.

앞으로 나아가야 할 2세대 스마트팜은 1세대 모델에서 수집되는 빅데이터를 지능정보기술로 처리하여 의사결정을 지원할 수 있는 세대이며 데이터 기반 중심으로 생산성 향상을 위해 정밀 사양관리가 가능한 세대이다.

3세대는 로봇 농작업으로 모든 것이 자동 운영되는 스마트팜으로 의사결정, 무인 축사관리 및 최적 환기모델, 신·재생 에너지를 적극 활용하여 쾌적한 사육환경 제공을 통해 생산성 극대화과 노동력 절감할 수 있는 세대이다.

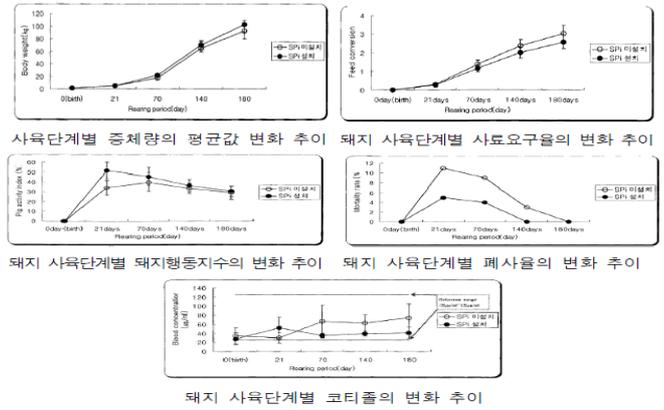
[표 1] 스마트팜의 세대별 구분

구분	1세대	2세대	3세대
목표실현시기	현재	2025년	2030년
목표효과	편의성 향상 좀더 편하게	생산성 향상 덜투입더많이	지속가능성 향상 누구나 고생산·고품질
주요기능	원격 시설제어	정밀 생육관리	전주기 지능·자동 관리
핵심정보	환경정보	환경·생육 정보	환경·생육· 생산정보
핵심기술	통신기술	통신기술, 빅데이터/AI	통신기술, 빅데이터/AI, 로봇
의사결정/제어	사람	사람/컴퓨터	컴퓨터
대표 예시	스마트폰 온실제어 시스템	데이터 기반 생육관리 소프트웨어	지능형 로봇농장



[그림 1] 2세대 돼지 스마트 축산 모델 개발 개념도

## 2. 돼지 생체정보와 환경 질병 상호관계

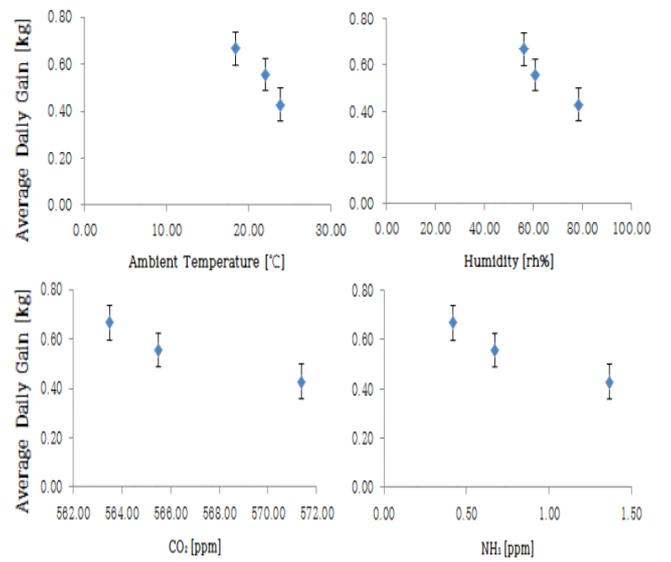


[그림 2] 돈사 공기 질에 따른 돼지 생체 변화

<출처: 공기질개선기축산병 예방을 위한 축환경맞춤형 공기정화기 개발 및 실증평가 2011>

그림2는 돈사 공기 질에 따른 돼지 생체변화를 나타낸 그래프로 돈사 내 공기의 질은 돼지의 생명유지와 생산 활동에 크게 영향을 미치며 돈사에서 발생 되는 악취, 각종 유해가스 및 먼지는 돼지의 건강과 성장 및 증체에 부정적인 영향을 미치며 각종 병원성 물질의 매개, 질병 감수성 저하 등이 발생 할 수 있다. 돈사 내 공기정화기를 설치 할 경우 미설치 돈사보다 증체량 증가, 사료요구율 및 폐사율 감소, 돼지행동지수 상승, 혈액 내 코티졸 감소 등이 나타났다(김 등, 2011).

그림 3은 온·습도, 이산화탄소, 암모니아에 따른 자돈의 일당증체량의 변화로 온도가 18℃ 일 경우 다른 고온에 비해 더 높은 것으로 나타났으며, 이산화탄소와 암모니아 농도가 증가함에 따라 자돈의 일당증체량은 점차 감소하였다(장, 2016).



[그림 3] 온·습도, 이산화탄소, 암모니아에 따른 자돈의 일당증체량 비교 출처 : Effect of Indoor Environment on Pig Biometric Information, 2016

[표 2] 열스트레스가 육성돈과 비육돈의 성장능력에 미치는 영향

Items	Thermal neutral	High temperature	SEM	P value
Growing pigs				
Initial BW, kg	29.2	31.1	0.67	0.184
Final BW, kg	73.5	64.4	2.20	0.006
ADG, g	806	606	46	0.001
ADFI, g	1,675	1,308	86	0.003
FCR, g/g	2.	2.2	0.03	0.227
Finishing pigs				
Initial BW, kg	59.4	60.0	1.09	0.839
Final BW, kg	105.3	91.9	3.12	0.003
ADG, g	850	592	60	0.002
ADFI, g	2,177	1,849	79	0.009
FCR, g/g	2.56	3.13	0.14	0.008

Thermal neutral period is from 25<sup>th</sup> September to 19<sup>th</sup> November  
 High temperature period is from 12<sup>th</sup> June to 5<sup>th</sup> August  
 출처: 고온스트레스가 일반 양돈농가의 생산성 및 생리변화에 미치는 영향, 2017

표2는 고온에 노출된 육성·비육돈은 사료섭취량, 일당 증체량, 종료체중이 감소하였으며, 비육돈의 경우 사료 요구율이 높아진 것으로 나타났다고 보고하였다. 또한 육성돈에서 Leukocytes계 혈구가 고온 스트레스에 의해 유의한 변화가 있었으며 총 백혈구 수치는 적온기에 비해 고온기에서 유의하게 감소되는 것으로 나타났다고(오, 2017).

백혈구계 혈액세포는 외부 항원에 반응하여 항체를 생성하는 역할로 대표적인 것은 호중구로 외부 스트레스에 노출되면 감소한다. 특히 호중구는 백혈구 중에서도 차지하는 비율이 크고 세균이나 바이러스와 같이 외부에서 침입하는 미생물을 방어하는 기능을 하며 비특이적 면역에 관여한다. 따라서 고온기에 호중구의 수가 감소하는 것은 고온의 환경에서 외부로부터 유입될 수 있는 질병진파에 취약성을 가지게 되는 것을 사사한다.

[표 3] 열스트레스가 육성돈과 비육돈의 성장능력에 미치는 영향

Items	Thermal neutral	High temperature	SEM	P value
10 <sup>3</sup> /uL				
Growing pigs				
White Blood Cell	18.8	15.5	0.83	0.042
Neutrophil	8.57	5.94	0.63	0.031
Lymphocyte	9.13	8.47	0.54	0.552
Monocyte	0.74	0.77	0.06	0.847
Eosinophil	0.29	0.26	0.03	0.655
Basophil	0.04	0.05	0.01	0.706
Finishing pigs				
White Blood Cell	16.1	14.6	0.55	0.188
Neutrophil	6.74	5.65	0.35	0.123
Lymphocyte	8.42	8.36	0.32	0.930
Monocyte	0.68	0.32	0.09	0.058
Eosinophil	0.25	0.26	0.02	0.909
Basophil	0.03	0.05	0.00	0.121

Thermal neutral period is from 25<sup>th</sup> September to 19<sup>th</sup> November  
 High temperature period is from 12<sup>th</sup> June to 5<sup>th</sup> August  
 출처: 고온스트레스가 일반 양돈농가의 생산성 및 생리변화에 미치는 영향, 2017.

[표 4] 열스트레스가 육성돈과 비육돈의 성장능력에 미치는 영향

Items	Thermal neutral	High temperature	SEM	P value
Growing pigs				
IgG, mg/ml	37.3	40.7	2.3	0.491
Cortisol, ng/ml	10.6	12.0	2.0	0.731
Finishing pigs				
IgG, mg/ml	40.0	35.1	2.5	0.337
Cortisol, ng/ml	5.5	16.6	2.2	0.008

Thermal neutral period is from 25<sup>th</sup> September to 19<sup>th</sup> November  
 High temperature period is from 12<sup>th</sup> June to 5<sup>th</sup> August  
 출처: 고온스트레스가 일반 양돈농가의 생산성 및 생리변화에 미치는 영향, 2017.

고온기에서 비육돈은 코티졸 농도가 유의하게 증가하였으며, 혈중 코티졸은 외부 스트레스 자극에 대해 체내에서 방어할 수 있는 에너지의 생성과정에 관여하는 호르몬으로 외부 스트레스에 의해 자극을 받으면 시상하부에서 corticotropin-releasing factor(CRF)가 분비되고 이것은 뇌하수체를 자극하여 부신피질 자극호르몬을 분비시킨다. 이 호르몬은 다시 부신피질에서 코티졸의 방출을 증가시켜 코티졸의 방출을 증가시킨다. 혈중 코티졸은 일반적인 스트레스를 판단하는 지표로 활용되고 있다.

또한 환경온도가 20℃ 이상일 경우 섭취량이 감소하였으며, 30℃ 이상부터 일당증체량이 현저히 감소하는 것으로 나타났다고 보고된 바가 있다.(Nichols et al., 1980).

표3는 온도에 따른 돼지의 호흡수 변화를 조사한 것으로 환경온도가 높을수록 증가하는 것을 확인하였으며 22℃, 24℃에 비해 30℃일 경우 호흡수가 약 2배 이상 많아진 것으로 나타났다고(천 등, 2019).

[표 5] 환경온도에 따른 호흡수, 사료 및 음수섭취량, 체표면 온도 변화

Item	Environmental temperature(℃)				
	22	24	26	28	30
Feed intake(kg/day)	2.85 ±0.2 <sup>a</sup>	2.66 ±0.3 <sup>a</sup>	2.79 ±0.0 <sup>a</sup>	2.79 ±0.0 <sup>a</sup>	2.80 ±0.0 <sup>a</sup>
Water intake(L/day)	2.96 ±0.6 <sup>a</sup>	3.13 ±0.7 <sup>a</sup>	3.16 ±0.7 <sup>a</sup>	3.10 ±0.7 <sup>a</sup>	3.25 ±0.8 <sup>a</sup>
Respiration Rate(breaths/min)	34.44 ±8.5 <sup>c</sup>	34.75 ±6.8 <sup>c</sup>	52.83 ±15.7 <sup>b</sup>	43.6 ±11.7 <sup>bc</sup>	71.25 ±18.3 <sup>a</sup>
Rectal Temperature(℃)	37.59 ±1.0 <sup>a</sup>	37.35 ±1.1 <sup>a</sup>	38.17 ±0.6 <sup>a</sup>	37.87 ±1.8 <sup>a</sup>	38.53 ±0.7 <sup>a</sup>
Body-surface Temperature(℃)					
Head	33.49 ±2.6 <sup>d</sup>	34.78 ±1.0 <sup>c</sup>	35.78 ±1.1 <sup>bc</sup>	37.00 ±0.7 <sup>b</sup>	38.53 ±0.7 <sup>a</sup>
Ear	25.34 ±5.4 <sup>d</sup>	31.81 ±5.4 <sup>c</sup>	35.92 ±3.0 <sup>b</sup>	39.39 ±0.6 <sup>b</sup>	39.84 ±1.1 <sup>a</sup>
Neck	31.17 ±2.4 <sup>d</sup>	34.72 ±1.7 <sup>c</sup>	36.52 ±1.2 <sup>b</sup>	37.15 ±0.9 <sup>b</sup>	38.28 ±1.1 <sup>a</sup>
Back	32.12 ±3.4 <sup>c</sup>	34.51 ±2.5 <sup>b</sup>	36.60 ±1.8 <sup>a</sup>	37.42 ±1.3 <sup>a</sup>	38.79 ±1.1 <sup>a</sup>
Side	33.42 ±2.6 <sup>c</sup>	34.63 ±2.0 <sup>c</sup>	37.23 ±1.9 <sup>b</sup>	37.83 ±1.3 <sup>ab</sup>	39.33 ±1.0 <sup>a</sup>

출처: 환경온도가 비육돈의 호흡수, 직장온도 및 체표면 온도에 미치는 영향, 2019

고온 스트레스에 노출될 경우 일당증체량은 현저히 감소하고 사료요구율은 증가하며 식욕부진을 겪으며 번식돈은 환경온도가 27℃를 넘어가면 발정지연, 수태율 저하 및 초기배아의 사망 등에 의해 번식 성적 저하가 나타났다(사, 2016).

[표 6] 환경온도에 따른 번식 성적의 변화

항목	26~27℃	30℃	33℃
공시모돈(두)	74	80	80
발정개체(두)	74	78	73
무발정개체(두)	0	2	7
재발개체(두)	2	9	8
수태모돈(두)	67	67	62
수태율(%)	90	85	78

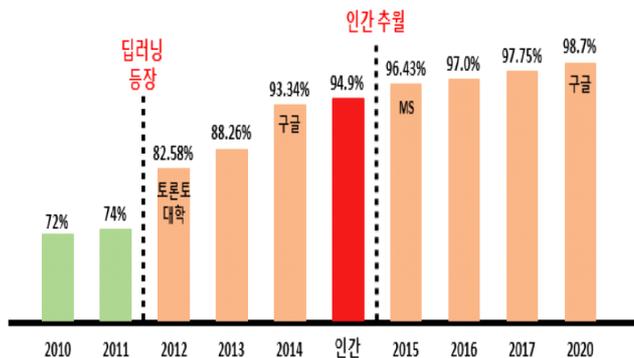
출처 : 흑서기, 돼지의 생리적 변화 및 번식성적 제고방안, 2016

환경온도가 20℃ 이상일 경우 섭취량이 감소하였으며, 30℃ 이상부터 일당증체량이 현저히 감소하는 것으로 나타났다(Nichols et al., 1980).

열 스트레스는 번식에 해로운 영향을 미치며, 온도가 27℃ 보다 높으면 발정이 지연되고, 수태율 감소, 조기배아 사망이 증가하였다(Serres, 1992).

### 3. 지능정보 기반 스마트 축산 동향

국내 연구기관에서는 돼지 영상정보와 영상분석기술을 통합하여 돼지의 성장상태 및 체중의 변화를 측정할 수 있는 기술이 실증 평가 되고 있으며, 현재 영상분석기술 수준은 영상 빅데이터를 활용한 딥러닝 기술이 도입되면서 객체검출 및 추적, 상황인식 성능이 현저히 향상되어 수많은 정지영상과 동영상으로부터 특정개체를 인식하고 분석하는 기술이 인간보다 뛰어난 수준까지 도달하였다.



[그림 4] 지능형 영상분석 시스템의 성능진화

출처 : 최근 인공지능 개발 트렌드와 미래의 진화방향, 2017

IoT 기술을 이용하여 스마트 축사의 다양하고 거대한 실시간 자료를 수집하고 이를 클라우드에서 디지털화하는 디지털 트윈플랫폼 기술을 기반으로 인공지능 및 빅데이터 분석하여 정보분석, 예측을 통한 실내외 질병 차단 및 환경 개선형 스마트 축사를 모델링하고 시뮬레이션하며 축사의 실시간 자동제어를 가능하게 하는 기술을 개발 중이다.

질병의 종류에 따른 임상 증상 및 병변, 질병의 종류에 따른 예방방법과 축사환경을 조사하여 가축 질병 객체와 축사환경 객체를 정의하고 이러한 객체에 대해 머신러닝, 딥러닝 기반의 객체검출 분석 엔진과 이벤트 검색, 추적 엔진을 적용하여 질병의 이상징후와 환경의 이상 상황에 대해 알림서비스 제공하는 기술개발을 진행하고 있다.

### 4. 사사

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 스마트팜다부처패키지혁신기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(421023-04)

#### 참고문헌

- [1] 천시내 등, “환경온도가 비육돈의 호흡수, 직장 온도 및 체표면 온도에 미치는 영향”, 한국산학기술학회논문지, 제 20권 1호, pp. 103-110, 2019년
- [2] 오서영 등, “고온스트레스가 일반 양돈농가의 돼지 생산성 및 생리 변화에 미치는 영향”, 한국산학기술학회논문지, 제 18권 7호, pp. 130-139, 2017년.
- [3] 김세한 등, “지능정보 ICT 기반 스마트 축산 기술개발 동향”, 한국통신학회, 제36권 제3호, pp 17-24, 2월, 2019년
- [4] 장진철, “Effect of Indoor Environment on Pig Biometric Information”, 경상대학교, 2월, 2016년.
- [5] Nichois, et al, “Effect of temperature on performance of finishing swine”, No. 388, Dept. of animal Science, Manhattan. pp 14-16, 1980.
- [6] 스마트팜 다부처 패키지 혁신기술개발 보고서, 한국과학기술기획평가원, 2019년.
- [7] 사수진, “흑서기, 돼지의 생리적 변화와 번식성적 제고방안, 국립축산과학원, 2016년.
- [8] 이승훈, “최근 인공지능 개발 트렌드와 미래의 진화방향”, LG경제연구원, 2017년