

과제구분	기관고유	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제		연구분야	수행기간	연구실	책임자
농업빅데이터 기반의 스마트팜 활용기술 개발			'20~'23	원예연구과 미래농업팀	박남원
경기지역 스마트팜 빅데이터 수집 및 분석		농업정보	'20~'23	원예연구과 미래농업팀	박남원
색인용어	스마트팜, 생육 데이터, 빅데이터, 데이터 분석				

## ABSTRACT

The spread of smart farms in the fields of controlled horticulture and open-field is expanding, but the utilization of smart farm data is low. In order to increase the utilization of smart farm data, the development of smart farm data collection and analysis technology is required. Therefore, this study attempted to present a systematic collection, analysis, and use case of smart farm data.

From 2020 to 2023, a total of 218 smart farm data sets were collected from 66 smart farms located in 12 cities and counties, including Pyeongtaek-si, Gyeonggi-do. The smart farm data set collected in this study consisted of crop cultivation environment data and crop growth data. Crop cultivation environment data were collected using smart farm sensors, and crop growth data were collected through regular growth surveys.

A total of 807 data-based consulting sessions were conducted by analyzing the data collected from 2022 to 2023. Data analysis was conducted with descriptive statistics and data visualization techniques. When analyzing data, the reliability and usefulness of the analysis results were improved by presenting theoretically appropriate crop cultivation environment data and other smart farm data with similar cultivation conditions.

**Key words:** Smart farm, Growth data, Big data, Data analysis

## 1. 연구목표

2021년 농림축산식품부와 농림수산식품교육문화정보원에서 스마트팜 도입 농가를 대상으로 한 설문조사 결과에 따르면 모집단에서 스마트팜 데이터를 수집하는 비중은 노지채소 53.5%, 시설원에 53.9%로 나타났으며 그중 수집된 데이터를 분석하는 비중은 시설원에 38.7%, 노지채소 19.3%로 나타났다(KERI 2023).

국내에서 보급되고 있는 스마트팜은 온도, 상대습도, 이산화탄소, 일사량 등 작물의 재배 환경 데이터는 수집할 수 있으나 재배 작물 자체에 대한 생육 데이터를 수집하기 어렵다. 대부분의 스마트팜 도입 농가는 데이터 분석에 대한 이해도가 낮으며 스마트팜 설치 업체에서 제공하는 데이터 분석 역시 단순 모니터링 수준으로 제한된다. 결과적으로 스마트팜 보급 확대와 함께 스마트팜 데이터 생산량은 증가하고 있지만 상대적으로 데이터 활용도는 높지 않은 실정이다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 스마트팜 데이터 수집 및 분석기술을 개발하고 관련 IT 기반을 조성해야 한다. 이를 위해 농림수산식품교육문화정보원은 2021년부터 스마트팜 데이터마트(Smartfarm datamart)라는 플랫폼을 운영하고 2016년부터 수집한 시설원에, 축산 분야 데이터를 제공하고 있다. 스마트팜연구개발사업단은 스마트팜 R&D 빅데이터 플랫폼 운영을 통해 R&D 성과물을 스마트팜 현장에 보급할 수 있는 IT 기반을 구축하고 있다.

스마트팜 데이터마트와 스마트팜 R&D 빅데이터 플랫폼은 모두 스마트팜 관련 IT 기반에 해당한다. 스마트팜 관련 IT 기반이 조성되었다 할지라도 스마트팜 데이터의 체계적인 수집과 분석에 관한 연구와 개발이 선행되지 않으면 스마트팜 데이터 활용도를 높이는 데 한계가 있다. 그 이유는 데이터의 정합성, 정확성, 신뢰성 등 품질을 보장할 수 없기 때문이다.

본 연구는 경기지역 스마트팜 데이터의 체계적인 수집과 분석 및 활용 사례를 제시하고자 작기 단위로 작물 재배 환경·작물 생육·농산물 판매데이터 수집, 저장 및 관리, 분석, 현장 활용 프로세스를 구축하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 데이터 수집

2020년부터 2023년까지 경기도 파주시, 이천시, 안성시 등 12개 시·군에 위치한 스마트팜 66개소를 대상으로 작물 재배 환경·작물 생육·농산물 판매데이터를 수집하였다. 시설원에 분야 스마트팜 45개소에서 오이, 가지, 국화, 토마토, 방울토마토 데이터를 수집했으며, 노지 분야 스마트팜 21개소에서 고추와 배추 데이터를 수집하였다. 시설원에 분야 45개소의 온실 유형은 단동 7개소, 연동 38개소였으며 재배 형태는 토경재배 24개소, 수경재배 21개소였다(표 1).

표 1. 2020년~2023년 스마트팜 데이터 수집 현황

(단위: 개소)

분야	작목	지역	온실 유형		재배 형태	
			단동	연동	토경	수경
시설원예	오이, 가지, 국화, 토마토, 방울토마토	과주, 이천, 안성, 여주, 평택, 홍성, 광주, 김포, 화성, 안산, 연천, 고양	7	38	24	21
노지채소	고추, 배추	안성, 화성, 오산, 여주, 평택	-	-	21	-

시설원예 분야 스마트팜의 작물 재배 환경 데이터는 수집의 대상이 되는 스마트팜에 설치된 센서를 통해 수집됐다. 시설원예 분야 스마트팜의 센서 항목, 측정 범위, 해상도, 오차범위, 운용환경에 대한 규격 및 서비스 기준이 제시되어 있으나(EPIS, 2021), 수집 대상 스마트팜에 설치된 센서 종류·수량·규격이 서로 달랐기 때문에 개별 스마트팜에서 수집할 수 있는 모든 항목을 수집하였다(표 2).

표 2. 시설원예 분야 스마트팜 작물 재배 환경 수집 데이터 항목

구분	항목
외부	온도, 상대습도, 일사량, 광량, 조도, 풍향, 풍속
내부	온도, 상대습도, 광량, 일사량, 조도, 이산화탄소량
근권부	함수율, 수분함량, 온도, 전기전도도, 산도
수경부	양액/배액 전기전도도, 양액/배액 산도, 양액/배액 온도, 양/배액량

노지 분야 스마트팜의 작물 재배 환경 데이터는 고추, 가을배추 재배지를 선정하고 동종의 스마트팜 장비를 설치함으로써 같은 규격의 센서에서 수집됐다. 다만, 수집한 데이터 항목은 외부 온도·상대습도·조도·일사량, 강우량, 근권부 온도·함수율·전기 전도도·수분장력으로 시설원예 분야보다 적었다(표 3).

표 3. 노지 분야 스마트팜 작물 재배 환경 수집 데이터 항목

구분	항목
외부	온도, 상대습도, 조도, 일사량, 강우량
근권부	온도, 함수율, 전기전도도, 수분장력

작물 생육 데이터는 현장에서 생육 조사를 통해 수집했다. 생육 조사는 작물의 생육 상태를 관찰하거나 측정 도구를 이용하여 조사표에 기록하는 방식으로 작물 정식 후 2주가 지난 시점부터 재배 종료일까지 격주 또는 주 1회 수집하였다.

시설원에 작목은 생육 상태와 수확물에 관한 생육 조사를 수행하였다. 시설원예 작목별로는 오이 22, 가지 14, 국화 23, 토마토 18, 방울토마토 18개 항목을 조사하였다(RDA, 2022). 노지 작목은 생육 상태, 수확물, 병해충에 관한 생육 조사를 수행하였다. 노지 작목별 생육 조사 항목은 고추 15개, 배추 14개 항목이었다. 본 연구에서 생육 조사를 통해 124개 작물 생육 데이터 항목을 수집하였다(표 4).

표 4. 스마트팜 재배 작목별 생육 수집 데이터 항목

분야	작목	조사항목		
시설원예	오이	생육	초장, 생장점 길이, 줄기 굵기, 절간장, 엽장, 엽폭, 엽수, 엽상태, 마디별 착과수 · 열매수 · 수확수 · 암꽃 · 수확 유무, 열매 상태, 과장(곡선, 직선), 과폭	
		수확	과중, 과장(곡선, 직선), 과폭	
	가지	생육	초장, 엽장, 엽폭, 줄기 굵기, 주경장, 꽃수, 열매 상태	
		수확	과중, 과장, 과폭, 구부러진 정도, 과피색(L, a, b)	
	토마토	생육	초장, 생장길이, 엽수, 엽장, 엽폭, 줄기굵기, 화방높이, 화방별 꽃수 · 꽃봉오리수 · 개화수 · 착과수 · 적과수 · 수확수	
		수확	과중, 과고, 과폭, 당도, 산도	
	방울토마토	생육	초장, 생장길이, 엽수, 엽장, 엽폭, 줄기굵기, 화방높이, 화방별 꽃수 · 꽃봉오리수 · 개화수 · 착과수 · 적과수 · 수확수	
		수확	과중, 과고, 과폭, 당도, 산도	
	국화	생육	초장, 엽수, 분지수, 엽장, 엽폭, 줄기중앙직경, 개화시, 중심화제거일자, 단일처리개시일, 개화소요일, 개화수	
		수확	화폭, 화고, 꽃잎색, 중심부색, 절화장, 절화중, 절화직경, 꽃목 · 길이 · 직경, 착화수, 절화엽수	
	노지	고추	생육	초장, 주경장, 줄기굵기, 분지수, 착과수, 낙과수
			수확	과수, 과중
병충해		시들음병 · 탄저병 · 무름병 · 바이러스 · 담배나방 · 진딧물 · 응애 발생정도		
배추		생육	초장, 엽장, 엽폭, 엽수	
		수확	내엽수, 외엽수, 주중, 구중, 구고, 구폭	
병충해	검은썩은병 · 무름병 · 노균병 · 달팽이 발생정도			

농산물 판매데이터는 시설원예 분야 스마트팜의 농산물 출하처로부터 제공받거나 설문조사를 통해 작기마다 1회 수집했다. 농산물 판매데이터의 수집 항목은 출하 일자, 거래처, 품질 등급, 규격 단위, 출하 수량, 총 출하량, 판매단가, 판매액으로 농업 소득을 나타내는 지표로 구성되었다.

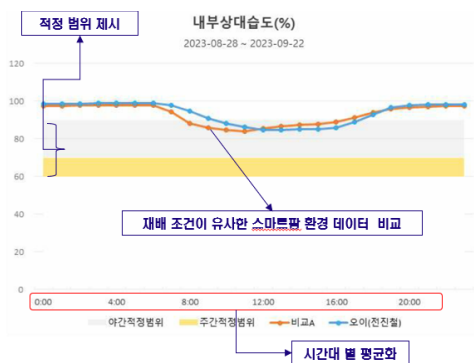
작물 재배 환경 데이터, 작물 생육데이터, 농산물 판매데이터는 정제 및 가공 절차를 통해 엑셀 형식으로 저장했다. 시설원예 분야 작물 재배 환경데이터는 원본 데이터에서 이상값과 결측값을 포함하고 있는 관측값을 삭제하고 시간 단위로 평균하여 저장하였다. 노지 분야 작물 재배 환경데이터는 원본 데이터에서 이상값과 결측값을 포함하는 관측값만 삭제하고 분 단위로 저장하였다. 작물 생육 데이터는 조사표의 기록된 관찰 및 관측값을 엑셀로 옮겨 전산화하고 필터링, 시각화, 조사표 비교 등을 통해 이상값, 결측값을 확인함으로써 삭제 또는 수정하여 저장하였다.

한 작기 동안 수집한 작물 재배 환경 데이터와 작물 생육 데이터 그리고 농산물 판매데이터를 하나의 엑셀 파일에 병합함으로써 작기 단위의 데이터셋으로 저장·관리하였다.

## 나. 데이터 분석

데이터 분석은 2022년부터 수행했으며 기술통계(descriptive statistics)와 데이터 시각화(data visualization) 기법을 활용하여 수행하였다. 분 단위로 수집된 환경 데이터는 분석하고자 하는 기간을 특정하고 해당 기간의 하루 24시간을 기준으로 시간대별 평균을 산출한 다음 그래프로 나타내었다. 매주 또는 격주로 수집된 생육 데이터는 작물 정식 후 재배 주차를 기준으로 표본 집단의 평균을 산출한 다음 꺾은선 그래프 또는 막대그래프로 나타내었다.

비교 분석을 위해 분석 대상과 작물 재배 조건이 비슷한 다른 스마트팜의 작물 재배 환경과 생육 데이터를 같은 방식으로 통계 및 시각화하였으며 작물 재배 시 적정 환경 범위와 비교 정보를 그래프에 나타내었다(그림 1). 작물 재배 시 적정 환경 범위는 토마토, 방울토마토, 오이, 국화, 가지, 고추, 배추 재배 시 작물에 따라 적합한 온도, 상대습도, 이산화탄소량, 일사량, 광량 등을 제시하였다(RDA 2018).



작물 재배 환경 데이터



작물 생육 데이터

그림 1. 작물 재배 환경 및 생육 데이터 분석 결과

### 다. 데이터 활용

2022년부터 데이터 수집 스마트팜 농가를 대상으로 데이터 분석 보고서를 제공하였다. 작기 단위 데이터셋을 구축하는 과정에서 2주마다 수집된 데이터를 바탕으로 데이터 분석을 수행하고 분석 보고서를 생성하여 그 결과를 농가에 온/오프라인으로 제공 및 설명함으로써 스마트팜 작물 재배 환경관리를 지원하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 가. 스마트팜 DB 구축

2020년부터 2023년까지 경기도에서 총 191건의 스마트팜 작기 단위 데이터셋을 구축했다. 스마트팜 분야별 구축량은 시설원에 분야 132건, 노지 분야 59건으로 시설원에 분야 스마트팜의 작기 단위 데이터셋 구축량이 약 2.5배 높았다.

작물별 DB 구축량은 가지 18건, 토마토 25건, 국화 25건, 방울토마토 20건, 오이 44건, 고추 34건, 가을배추 25건으로 오이와 고추의 데이터 수집량이 많았다. 연도별 DB 구축량은 2020년 38, 2021년 49, 2022년 52, 2023년 52건이었으며 지역별 DB 구축량은 고양 1, 김포 2, 광주 17, 안산 1, 안성 42, 여주 26, 연천 1, 오산 17, 이천 12, 파주 8, 평택 48, 화성 16건으로 주로 경기 남부지역을 중심으로 데이터를 수집하였다(표 5~6).

수집된 데이터는 농촌진흥청에서 운영하는 ABMS(Agriculture Big data Management System)을 통해 저장 및 관리되어 일부 데이터는 농림수산물교육문화정보원에서 운영하는 스마트팜 데이터마트(SmartFarm Data Mart)를 통해 공공데이터로 개방되었다. 스마트팜에서 생성되는 센서 및 로그데이터는 물리적으로 데이터의 다양성이 제한적이지만 데이터의 양적인 측면과 생성 속도를 고려한다면 빅데이터 분석이 가능하다(Park 2022). 그러므로 본 연구를 통해 수집 및 개방된 데이터는 통계분석뿐만 아니라 다양한 빅데이터 분석 수행에도 활용될 것으로 기대된다.

표 5. 연도별 스마트팜 작기 단위 데이터셋 구축 결과

(단위: 건)

작물 연도	시설원예					노지		합계
	가지	토마토	국화	방울토마토	오이	고추	가을배추	
총계			132			59		191
소계	18	25	25	20	44	34	25	191
2020년	5	5	3	4	9	6	6	38
2021년	5	7	5	3	14	8	7	49
2022년	4	7	8	6	11	10	6	52
2023년	4	6	9	7	10	10	6	52

표 6. 지역별 스마트팜 작기 단위 데이터셋 구축 결과

(단위: 건)

작물 연도	시설원예					노지		합계
	가지	토마토	국화	방울토마토	오이	고추	가을배추	
총계			159			59		191
소계	18	25	25	20	44	34	25	191
고양	-	1	-	-	-	-	-	1
김포	-	-	-	1	1	-	-	2
광주	-	17	-	-	-	-	-	17
안산	-	-	-	1	-	-	-	1
안성	4	-	5	-	16	17	-	42
여주	14	-	-	-	-	-	12	26
연천	-	-	-	1	-	-	-	1
오산	-	2	-	-	10	3	2	17
이천	-	-	12	-	-	-	-	12
파주	-	-	8	-	-	-	-	8
평택	-	5	-	15	17	-	11	48
화성	-	-	-	2	-	14	-	16

### 나. 데이터 분석 보고서 생성 및 제공

스마트팜 데이터 분석 보고서를 생성 및 농가 제공은 2022년 5월부터 11월까지 374회 수행되었으며 2023년 2월부터 10월까지 443회 수행됨으로써 총 807회 걸쳐 수행하였다. 작물별로 가지 95, 토마토 117, 국화 87, 방울토마토 142, 오이 156, 고추 174, 가을배추 36회 제공하였다(표 7).

표 7. 스마트팜 데이터 분석 보고서 생성 및 농가 제공 현황

작물 연도	가지	토마토	국화	방울토마토	오이	고추	가을배추	합계
합계	95회	117회	87회	142회	156회	174회	36회	807회
2022년	43회	52회	28회	67회	71회	82회	21회	374회
2023년	52회	65회	59회	75회	85회	92회	15회	443회

### 다. 스마트팜 매뉴얼 제작

본 연구를 수행하는 과정에서 스마트팜 재배 작물의 생육 데이터 수집 매뉴얼 4건과 스마트팜 장비 관리 매뉴얼 1건을 제작하였다(그림 2). 점목선인장과 느타리버섯의 생육정보 수집 매뉴얼은 동영상으로 제작했다. 점목선인장과 느타리버섯 생육정보 동영상은 작물별 조사 항목을 수집하는 방법을 영상, 음성, 자막으로 제시하였다.

스마트팜 시설·장비 관리 및 점검 매뉴얼은 시설원에 분야 스마트팜 개요, 종류, 기본 구성, 용어를 기술하고 주요 장비(통합제어기, 영상장치, 센서 등)에 대한 관리 및 점검 방법과 체크리스트 등을 제공함으로써 사용자가 스마트팜 구성 장비를 안정적으로 운용할 수 있는 지침을 제시하였다.

가지와 오이 생육데이터 수집 매뉴얼은 주요 재배 작기, 생육조사 준비 사항, 조사 항목별 정의와 수집 방법을 그림과 상세한 설명으로 기록하였다. 본 연구 수행 과정에서 개발된 매뉴얼은 데이터 분석 문제 정의와 이에 따른 데이터 분석 목적, 스마트팜 관련 하드웨어의 발달에 따라 개정이 필요할 것으로 판단된다.





그림 2. 생육데이터 수집 및 스마트팜 관리·점검 매뉴얼

#### 4. 적 요

경기지역 스마트팜 빅데이터 수집 및 분석을 위해 스마트팜 작물 재배 환경 데이터 및 작물 생육 데이터를 수집하여 분석 및 활용한 결과는 다음과 같다.

- 가. 2020년부터 2023년까지 경기도 파주시, 이천시, 안성시 등 12개 시·군에 위치한 시설원에 5작목(가지, 토마토, 국화, 방울토마토, 오이), 노지작목 2작목(고추, 가을배추) 스마트팜 66개소로부터 218건의 작기 단위 데이터셋을 구축하였다.
- 나. 2022년부터 2023년까지 데이터 수집 스마트팜을 대상으로 2주마다 데이터 분석을 수행하여 총 807회에 걸쳐 데이터 분석 보고서를 생성 및 제공하였다.
- 다. 스마트팜 작물 재배 환경과 작물 생육 데이터 수집 과정에서 안정적인 데이터 수집을 위해 스마트팜 시설·장비 관리 및 점검 매뉴얼을 개발하였다. 접목선인장과 느타리버섯 생육정보 수집 동영상을 제작했으며 오이와 가지 생육데이터 수집 매뉴얼을 개발하였다.

#### 5. 인용문헌

- EPIS(Korea Agency of Education, Promotion and Information Service in Food, Agriculture, Forestry and Fisheries). 2021. Facility horticulture ICT convergence Equipment specifications and service standard. 5~6 pp. [in Korean]
- KREI(Korea Rural Economic Institute). 2023. for digital agriculture Measures to improve data utilization and implications. 4~5 pp. [in Korean]
- Park NW. 2022. Development of machine learning-based model for predicting the

fruiting amount of cucumber. M.E. dissertation, Chungnam National Univ., Deajeon, Korea. [in Korean]

RDA(Rural Development Administration). 2018. Smart Greenhouse Guideline. 174~220 pp. [in Korean]

RDA(Rural Development Administration). 2022. Main facility vegetable growth survey manual (for collecting field data): hard-boiled tomatoes, cherry tomatoes, strawberries, paprika.1. 25~97 pp. [in Korean]

RDA(Rural Development Administration). 2022. Vegetable growth survey manual for major facilities (for field data collection): Melon/cucumber, eggplant/watermelon, chrysanthemum/red scent.2. 5~33 pp. [in Korean]

## 6. 연구결과 활용제목

- 스마트팜 생육정보 수집 동영상 활용: 느타리 버섯, 접목선인장(영농활용)
- 스마트팜 시설 장비 관리 및 점검 매뉴얼(영농활용)
- 오이 생육데이터 수집 매뉴얼(영농활용)
- 가지 생육데이터 수집 매뉴얼(영농활용)

## 7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도			
						'20	'21	'22	'23
경기지역 스마트팜 빅데이터 수집 및 분석	책임자	원예연구과	농업연구사	박남원	세부과제 총괄	○	○	○	○
	공동연구자	원예연구과	농업연구관	이지영	연구자문	-	-	○	○
	〃	〃	농업연구사	이영석	자료조사	○	○	○	○
	〃	〃	〃	정현경	통계분석	○	○	○	○
	〃	〃	농업연구관	정윤경	방향설정	○	○	-	-
〃	〃	〃	〃	이수연	방향설정	-	-	○	○