



## 기후위기 대응을 위한 농업·농촌 기후 정보시스템 개발 및 활용 방안

김하영\* · 나라\*\* · 주동혁\*\* · 소의건\*\*\* · 유승환\*\*\*\*† · 배승중\*\*\*\*\* · 김수진\*\*\*\*\* · 곽영철\*\*\*\*\* · 최병우\*\*\*\*\* · 박기정\*\*\*\*\* · 박달주\*\*\*\*\* · 이윤표\*\*\*\*\* · 이명원\*\*\*\*\* · 신용덕\*\*\*\*\*  
 \*전남대학교 지역·바이오시스템공학과 박사과정, \*\*전남대학교 지역·바이오시스템공학과 박사,  
 \*\*\*전남대학교 지역·바이오시스템공학과 석사과정, \*\*\*\*전남대학교 지역·바이오시스템공학과 교수,  
 \*\*\*\*\*서울대학교 그린바이오과학기술연구원 연구교수, \*\*\*\*\*서울대학교 그린바이오과학기술연구원 연구조교수,  
 \*\*\*\*\*한국농어촌공사 기반계획처 기후정책추진단 단장, \*\*\*\*\*한국농어촌공사 글로벌사업처 글로벌사업부 부장,  
 \*\*\*\*\*한국농어촌공사 기반사업처 대단위사업부 차장, \*\*\*\*\*한국농어촌공사 기반계획처 기후정책추진단 차장,  
 \*\*\*\*\*한국농어촌공사 기반계획처 기후정책추진단 과장, \*\*\*\*\*한국농어촌공사 기반계획처 기후정책추진단 대리

## Development and utilization of agricultural and rural climate information systems to respond to climate crisis

Kim, Hayoung\* · Na, Ra\*\* · Joo, Donghyuk\*\* · So, Euigeon\*\*\* · Yoo, Seung-Hwan\*\*\*\*† · Bae, Seung-Jong\*\*\*\*\* · Kim, Soo-Jin\*\*\*\*\* · Kwak, Yeongcheol\*\*\*\*\* · Choi, ByeongWoo\*\*\*\*\* · Park, Ki-Jeong\*\*\*\*\* · Park, DalJu\*\*\*\*\* · Lee, YunPyo\*\*\*\*\* · Lee, MyungWon\*\*\*\*\* and Shin, YongDuk\*\*\*\*\*

\*Ph.D. Candidate, Dept. of Rural and Bio-Systems Engineering, Chonnam National University, Gwangju, Korea

\*\*Ph.D., Dept. of Rural and Bio-Systems Engineering, Chonnam National University, Gwangju, Korea

\*\*\*M.S. Candidate, Dept. of Rural and Bio-Systems Engineering, Chonnam National University, Gwangju, Korea

\*\*\*\*Professor, Dept. of Rural and Bio-Systems Engineering, Chonnam National University, Gwangju, Korea

\*\*\*\*\*Researcher Professor, Institute of Green Bio Science and Technology, Seoul National University, Seoul, Korea

\*\*\*\*\*Researcher Assistant Professor, Institute of Green Bio Science and Technology, Seoul National University, Seoul, Korea

\*\*\*\*\*Director, Climate Policy & Strategy Dept., Agricultural Infrastructure Planning Office, Korea Rural Community Corporation (KRC), Naju, Korea

\*\*\*\*\*Director, Global Project Dept., Global Project Office, KRC, Naju, Korea

\*\*\*\*\*Deputy Director, Large-Scale Project Dept., Agricultural Infrastructure Planning Office, KRC, Naju, Korea

\*\*\*\*\*Deputy Director, Climate Policy & Strategy Dept., Agricultural Infrastructure Planning Office, KRC, Naju, Korea

\*\*\*\*\*Manager, Climate Policy & Strategy Dept., Agricultural Infrastructure Planning Office, KRC, Naju, Korea

\*\*\*\*\*Assistant Manager, Climate Policy & Strategy Dept., Agricultural Infrastructure Planning Office, KRC, Naju, Korea

### ABSTRACT

Climate change has exerted profound impacts on the agricultural and rural sectors, leading to decreased crop productivity, shifts in cultivation zones, and an increased frequency of extreme weather events such as droughts and floods. In Korea, however, climate-related data have been dispersed across multiple institutions, hindering their integrated use and effective linkage to policy development. To address these challenges, this study developed the Agricultural and Rural Climate Information System (ARCCAS), which provides future climate projection data up to the year 2100 based on the IPCC's Shared Socioeconomic Pathways (SSP) scenarios and multi-model ensemble (MME) outputs derived from 18 global climate models (GCMs). ARCCAS integrates and manages climate information across multiple domains, including agriculture and rural

†Corresponding author : yoosh15@jnu.ac.kr (61186, Yongbong-ro, Buk-gu, Gwangju, Korea. Tel. +82-62-530-5182)

ORCID 김하영 0000-0002-5461-2964  
 나라 0000-0003-3641-2069  
 주동혁 0009-0005-3076-0945  
 소의건 0009-0000-5962-7607  
 유승환 0000-0001-8516-7384  
 배승중 0000-0002-4661-2411  
 김수진 0000-0002-1689-5959

곽영철 0009-0003-1884-8974  
 최병우 0009-0000-8932-4578  
 박기정 0009-0001-6679-2827  
 박달주 0009-0005-5530-1710  
 이윤표 0009-0003-8574-3670  
 이명원 0009-0008-3256-4042  
 신용덕 0009-0004-3445-282X

environments, water resources and infrastructure, and forestry. Unlike previous fragmented and institution-specific systems, ARCCAS adopts a standardized data architecture and a unified analytical framework to ensure the consistency and interoperability of climate impact and vulnerability information. The system also features GIS-based visualization and user-oriented retrieval modules, enabling intuitive and efficient data exploration and analysis. By emphasizing interoperability, data standardization, and user accessibility, ARCCAS overcomes the fragmentation and inconsistency of existing systems. Consequently, it serves as a comprehensive decision-support platform that enhances climate impact assessment and facilitates evidence-based adaptation policy development in the agricultural sector.

*Key words : SSP Scenario, Climate Change, Vulnerability Assessment, Climate Information System*

## 1. 서론

전 세계적으로 기후변화는 농업·농촌 부문에 심각한 영향을 미치고 있으며, 특히 온도 상승, 강수 패턴 변화, 극한기상 빈도 증가는 작물 생산성 저하, 재배적지 변화, 농업용수 부족, 가축 생산성 감소 등 다양한 피해를 야기하고 있다. IPCC 제6차 평가보고서(AR6)는 산업화 이전 대비 지구 평균기온이 1.09℃ 상승하였으며, 이러한 추세가 지속될 경우 농업 생산 기반의 급격한 변화를 초래할 것이라 경고하고 있다(IPCC, 2021). 또한, 정부는 제3차 국가 기후변화 적응대책(2021~2025)에서 농업·농촌 부문을 기후조건 변화에 가장 민감하게 반응하는 분야 중 하나로 지목하며, 이상기후로 인한 농작물 생산성 저하, 병해충 피해 확대, 수자원 공급 불안정성 등을 국가 차원의 주요 리스크로 제시하였다(MOE, 2020).

농업·농촌 부문은 기후조건에 대한 의존성이 높아 기후변화에 취약한 분야 중 하나로 간주된다(Song et al., 2023). 특히 재배작물의 적지 이동, 병해충 발생 시기 변화, 가축의 더위 스트레스 증가는 생산성 감소 및 품질 저하로 이어진다. 기후변화로 인한 벼, 과수 등 주요 작물의 수량 감소, 재배적지의 복상·축소, 가축 더위 스트레스에 따른 생산성 저하 등은 농업분야의 주요 위협요인이다. 또한 기후변화로 발생하는 가뭄과 홍수는 농업용수 공급 안정성을 위협하고, 이는 농촌 사회 전반에 직·간접적 피해를 가중시킨다(MOE, 2020). 기후변화가 산림 생태계에 미치는 영향 또한 농촌 생태계의 불안정을 심화시키는 요인으로 작용한다(KFS, 2021).

이런 기후변화에 대응하기 위해 정부에서는 기후위기 적응대책을 수립하여 이행하고 있으며 이를 위해 2023년 「제3차 국가 기후위기 적응 강화대책(2023~2025)」을 수립하였다. 제3차 국가 기후위기 적응 강화 대책에서는 농

수산분야에서 농업기상재해 사전대비를 위한 기후·기상 정보를 제공하고 기후 재난의 최소화 및 기후변화 대비 등을 주요 방향으로 설정하였다. 농업부문에서는 「농업·농촌 및 식품산업 기본법」에 근거하여 관련 기관에서 기후변화 실태조사 사업을 매년 시행하고 있다. 기후변화 실태조사 사업은 기후변화가 농업분야에 미치는 영향을 조사하고 취약성을 5년 단위로 평가하고, 이를 정책수립의 기초자료로 활용하고 있다(Song et al., 2023).

「농업·농촌 및 식품산업 기본법」에 따른 기후변화 실태 조사는 농업·농촌 분야는 농촌진흥청, 임업 분야는 산림청, 농어촌용수 및 농업생산기반시설 분야는 한국농어촌공사에서 실시하고 그 결과를 각 기관별로 공표하고 있다. 기후변화 대응을 위해 기관별로 실태조사는 잘 이루어지고 있으나 분야별 시행 기관이 분산되어있어 정책 수립과 현장 적용에 필요한 표준화된 통합정보 제공에 한계가 있다. 농촌진흥청은 농업기상관측망(AMIS)을 기반으로 병해충, 작물 재배적지, 기상재해 관련 정보를 제공하나, 산출 결과가 개별 연구단위에 머무는 경우가 많아 종합적 활용에는 제약이 따른다. 산림청은 산림 생태계 기후변화 모니터링 및 생물 다양성 조사체계를 운영하고 있으나 농업·수자원 부문과의 연계성은 부족하다. 한국농어촌 공사는 농업용수 및 농업생산기반시설의 실태조사를 수행하고 있으나, 기후변화 시나리오와 연계된 장기 전망 제공은 미흡하다는 평가를 받는다(KREI, 2019).

앞서 살펴본 바와 같이 각 기관별 조사체계와 산출 지표가 서로 상이하여 기관별 기후영향 평가 및 취약성 평가 결과 간 상호 비교에 어려움이 있음을 확인했다. 시행 기관에 따라 평가단위, 기후변화 시나리오의 적용, 결과 표출방식이 달라 농업분야의 기후변화 실태와 영향 및 취약성 현황을 통합적으로 분석하는데 한계가 있다. 이러한 정보의 비표준성과 분산성은 농업분야의 통합적 정책 수

Table 1. Comparative overview of climate vulnerability assessment platforms in Korea

	VESTAP	MOTIVE
Institute	- Korea Adaptation Center for Climate Change (KACCC)	- Korea Environment Institute (KEI)
Purpose	- Regional vulnerability assessment designed to support local governments' adaptation planning	- Integrated assessment of climate impacts and vulnerabilities based on interlinkages across sectors
Evaluation Indicators	- Climate Change Vulnerability Assessment: Climate Exposure, Sensitivity, Adaptive Capacity	- Integrated Assessment of Climate Change Impacts and Vulnerabilities
Sector	- 7 sectors, 57 indicators (aligned with RCP scenarios) including health, disasters, agriculture, forest, water management	- 7 sectors: Health, Water, Agriculture, Forest, Ecosystem, Marine & Fisheries
Method	- Indicator-based quantitative evaluation (with AHP weighting from expert input)	- Integrated model-based analysis
Spatial Resolution	- Municipal level (Si-Gun-Gu)	- 1 km×1 km grid
Target	- Municipal officials, Researchers	- Policy makers, Researchers
Strengths	- High accessibility and usability - Scenario configurability	- Provides high-resolution time-series climate data - Facilitates integrated analysis across multiple sectors - Provides advanced analytical tools via GUI module
Limitations	- Lack of standardized indicator framework - Limited capacity for analyzing complex causal relationships	- Imbalanced indicator coverage across sector - Limited Capacity to capture localized extreme weather events - Insufficient integration of socio-economic adaptive capacity indicators

립과 현장 적용을 저해하는 주요 요인으로 작용한다. 농업분야의 기후위기에 대응하기 위해서는 각 기관에서 발행하고 있는 기후영향 및 취약성평가 정보를 실무자나 농업 관련 종사자들이 쉽게 활용할 수 있는 사용자 중심의 통합정보제공 플랫폼이 필요하다.

이에 본 연구에서는 농업·농촌 기후정보시스템(Agricultural and Rural Climate Information system, ARCCAS; <https://www.arccas.or.kr/>)을 개발하고 이를 활용하여 정책 수립과 현장 의사결정의 기반을 마련하는 것을 목적으로 한다. 농업·농촌 기후정보시스템은 크게 기후데이터 제공, 영향 및 취약성 결과 표출, 실태조사, 기관별 연관 보고서 제공으로 구성하였다. 기후영향 및 취약성평가는 수행기관에 따라 농업·농촌 영향, 용수·시설 영향, 임업·산림 영향으로 구분되어 있으며, 이 기후정보는 해당 기관의 실태조사와 연계하여 데이터 활용성과 통합성을 향상시키고자 한다.

## 2. 국내외 기후정보 플랫폼 현황 분석

세계적으로 기후서비스 플랫폼 구축은 기후변화 대응의 핵심 전략 중 하나로 자리 잡고 있다. 기후서비스(Climate Change Adaptation Toolkit)란 다양한 사용자의

의사결정 과정에서 활용될 수 있는 기후정보제공을 말한다. 기후정보는 기상변수에 대해서 국가 또는 국제적인 데이터나 취약성 평가 같은 추가 가공 및 분석 데이터 전부를 포함한다. 세계기상기구(World Meteorological Organization, WMO)는 기후에 민감한 분야에서의 의사결정 지원을 위한 과학적 기후정보 및 서비스 개발을 위해 국제표준 기후서비스인 전지구기후서비스체계(Global Framework for Climate Services, GFCS)를 출범시켜 기후정보 제공 서비스를 체계화하였다. GFCS는 관측·모니터링, 연구·모형·예측, 기후서비스정보시스템, 사용자인터페이스 플랫폼, 역량개발을 주요 요소로 한다. 국내에서는 농업분야의 기후서비스를 위해 CCGIS (Climate Change Adaptation Toolkit based on GIS, NIER, 2009, 2010)와 기후변화 취약성평가 지원 도구 시스템(Vulnerability Assessment Tool to Build Climate Change Adaptation Plan, VESTAP, Oh et al., 2016) 와 같은 기후서비스 시스템을 개발하였으나 과학적 접근 기반의 통합된 기후서비스체계의 구축 없이 분야별로 개별적으로 수행되어 왔다(Cho et al., 2018).

현재 국내 농업분야에서 기후시스템은 농림축산식품부, 국가기후변화적응센터, 국립환경과학원, 농촌진흥청, 한국농어촌공사, 산림청 등 여러 기관에서 관련 정보를

Table 2. List of GCMs and climate data variables

GCMs	Institution (Country)	Variables
ACCESS-CM2	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Australian Research Council Centre of Excellence for Climate System Science (Australia)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Annual mean daily temperature</li> <li>Mean temperature during irrigation period</li> </ul>
ACCESS-ESM1-5	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (Australia)	
CanESM5	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis (Canada)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Annual mean precipitation</li> <li>Number of effective rainfall days</li> </ul>
EC-Earth3	EC-Earth-Consortium (EU)	
IPSL-CM6A-LR	Institute Pierre-Simon Laplace (France)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maximum consecutive dry days</li> </ul>
CNRM-CM6-1	Centre National de Recherches Meteorologiques (France)	
CNRM-ESM2-1		<ul style="list-style-type: none"> <li>Precipitation during growing season</li> </ul>
MPI-ESM1-2-HR	Max Planck Institute for Meteorology (Germany)	
MPI-ESM1-2-LR		
MIROC6	Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology/Atmosphere and Ocean Research Institute/National Institute for Environmental Studies/RIKEN Center for Computational Science (Japan)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Precipitation during non-irrigation period</li> </ul>
MIROC-ES2L		
MRI-ESM2-0	Meteorological Research Institute (Japan)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reference evapotranspiration</li> <li>Annual mean effective rainfall</li> </ul>
KACE-1-0-G	National Institute of Meteorological Sciences/Korea Meteorological Administration (Korea)	
NorESM2-LM	NorESM Climate modeling Consortium consisting of CICERO (Norway)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Water requirement for paddy fields</li> <li>Water requirement for upland fields</li> </ul>
INM-CM4-8	Institute for Numerical Mathematics (Russia)	
INM-CM5-0		<ul style="list-style-type: none"> <li>Number of rainy days</li> <li>Number of days with daily precipitation <math>\geq 80</math> mm</li> </ul>
UKESM1-0-LL	Met Office Hadley Centre (UK)	
GFDL-ESM4	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (USA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maximum 5-day precipitation</li> </ul>

생산·제공하고 있다. 농촌진흥청은 과수생육·품질관리시스템(<https://fruit.nihhs.go.kr/>)을 통해 주요 과수의 생물계절변화, 품질·생산성변화, 병해충 발생 등 기후변화에 민감한 작물 생육 정보를 제공하고 있으며 한국농어촌공사는 농업가뭄관리시스템(<https://adms.ekr.or.kr/page/main.do>)을 통해 강수량, 저수율, 토양수분 등 실시간 수문 자료를 기반으로 농업가뭄 영향을 시각화하고, 가뭄위험도 예측 자료를 제공하고 있다. 산림청은 산림공간정보서비스(<https://map.forest.go.kr/forest/>)를 통해 기후적합성 변화, 탄소 저장, 병해충, 외래종 등 산림생태계의 기후영향정보를 제공한다. 그러나 운영 기관과 서비스별로 기후데이터 제공 또는 관측·모니터링 중심의 단편적 정보 제공에 그치고 있어, 다양한 기후영향 요인을 종합적으로 분석하거나 정책 의사결정에 활용할 수 있는 통합 분석 플랫폼으로서의 기능은 미흡하다. 또한 사용자 중심의 인터페이스보다는 공급자 관점에서 정보를 일방적으로 제공하는 방식이 주를 이루어, 실질적인 활용성과 접근성이 낮은 한계를 보이고 있다(Cho et al., 2018).

광역 및 지자체의 기후적응대책 수립에 활용하고있는 한국형 통합형 기후정보 시스템으로 국가기후변화적응센

터에서 운영하는 VESTAP과 한국환경정책평가연구원이 개발한 기후변화 영향 및 취약성 통합평가 모형(Model Of integrated Impact and Vulnerability Evaluation of Climate Change, MOTIVE)이 있다. VESTAP은 건강, 재난·재해, 농업, 산림, 물관리 등 7개 분야 32개 항목에 대해 기후노출도, 민감도, 적응능력 세가지 요소를 기반으로 취약성 평가를 실시하고, 기존의 GIS 기반 평가도구를 웹 플랫폼으로 확장하여 접근성과 활용성을 높였다. MOTIVE는 환경부 주관 국가 기후변화 적응사업의 일환으로 개발한 시스템으로 건강, 물, 농업, 산림, 생태, 해양·수산 등 7개 분야 간의 상호 연계성을 기반으로 기후변화 영향 평가를 통합적으로 제공한다. MOTIVE와 VESTAP에 관한 자세한 비교는 Table 1에 보다 자세히 작성하였다. 기후적응대책 수립을 위해 MOTIVE와 VESTAP을 개발하였지만 두 시스템 모두 분석 대상의 고유의 특성과 조건을 충실히 반영하지 못한다는 한계가 있다. 또 기후변화 시나리오의 적용 유무, 공간해상도, 활용 데이터 차이 등으로 인해 실질적인 활용도가 떨어지는 것으로 조사되었다(Baek et al., 2024; Yoon and Lee, 2017).

국외 사례로는 유럽과 일본을 예시로 볼 수 있는데, 유

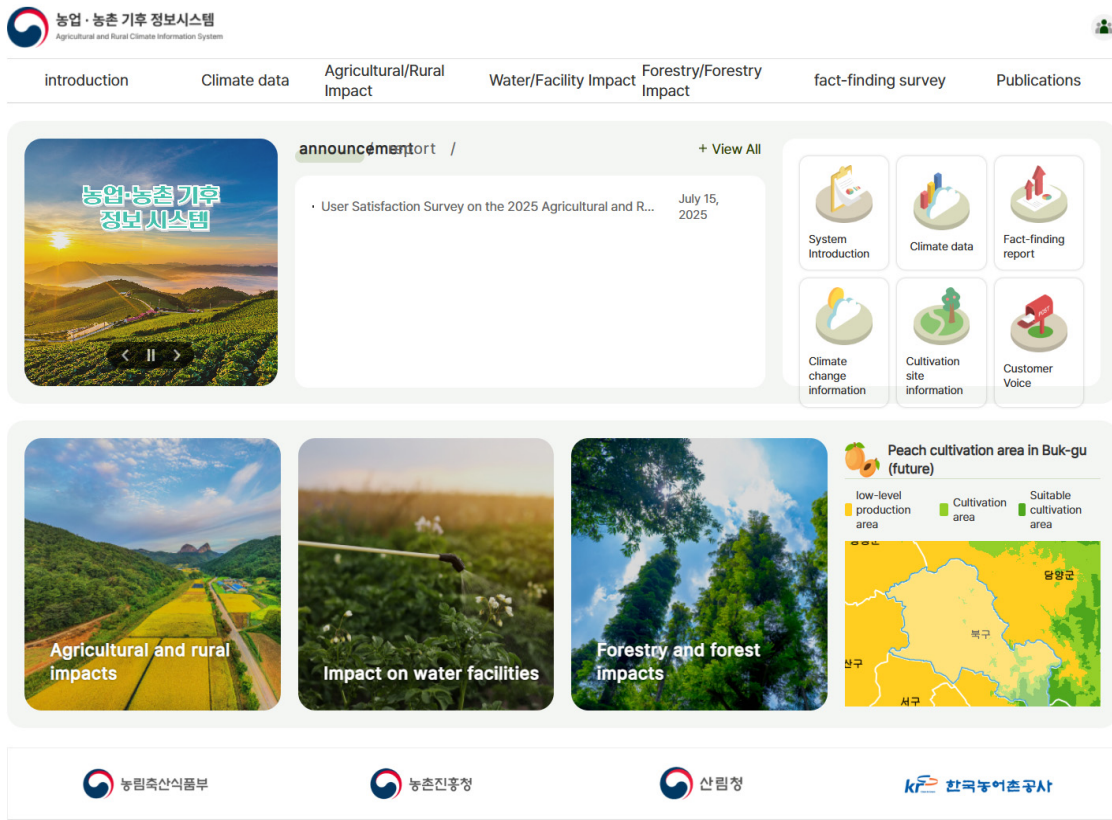


Fig. 1. Main interface of the agriculture and rural climate information system<sup>1)</sup>

럽연합의 환경청(EEA)은 EU국가의 농업, 생물다양성, 임업, 농수산업 등 사회 전 분야의 기후정책 지원을 위해 회원국의 기후변화 관련정보를 공유하는 ClimateADAPT 포털을 구축하고, 유럽 기상예보센터(ECMWF)를 통해 과거 기후데이터와 미래 기상 예측자료를 제공하고 있다. 또 Copernicus Climate Change Service (C3S)를 통해 위성자료, 지상관측, 수치모델 결과를 통합하여 다양한 기후지표 및 기후예측 정보를 제공하고 있으며, 정책 수립과 산업 응용을 위한 다양한 기후 적응 서비스를 운영하고 있다 (Ock et al., 2023). 일본은 A-PLAT (Adaptation Platform)을 구축하여 기후변화 영향평가 결과, 적응사례, 지역 맞춤형 리스크 정보를 제공함으로써 중앙정부, 지자체, 민간 부문에서 공동 활용할 수 있는 다층적 플랫폼 구조를 마련하였다(Cho et al., 2018).

앞서 살펴본 바와 같이, 국내 농업분야에서는 기후변화 대응을 위한 기후정보가 여러기관에서 생산되고 있음에도 불구하고, 이를 체계적으로 통합하여 제공하는 기후서

비스 시스템은 아직 구축되지 않은 실정이다. 효과적인 기후위기 대응 정책 수립을 위해서는 기관별로 생산하고 있는 기후정보를 유기적으로 연계하고, 이를 통합적으로 파악할 수 있는 정보관리체계 마련이 필요하다. 아울러, 현장 실무자들이 각 기관의 정보를 실제로 활용할 수 있도록 사용자 중심의 인터페이스를 갖춘 통합 플랫폼 개발이 요구된다. 현재 운영중인 시스템들은 부처 및 기관별로 분산되어 있어, 농업분야에 특화된 정책 활용을 위한 모니터링 정보와 기후영향 정보가 통합된 기후정보시스템은 현재까지 미비한 상황이다.

### 3. 농업·농촌 기후정보시스템

농업·농촌 기후정보시스템(이하 ARCCAS)은 크게 기후데이터, 기관별 기후영향·취약성평가 결과, 실태조사, 발간물 4개 부문으로 구성하였다. 기존에 기관별로 분산되어있고 각 시스템마다 구성 체계와 제공 정보 및 탐색 방식이

1) 본문에 그림으로 제시한 시스템 화면은 농업·농촌 기후정보시스템(<https://www.arccas.or.kr/>, 접속일: 2025년 10월 10일)을 참조함

달라 정보를 종합적으로 파악하고 활용하는데 있어 존재하는 어려움을 해결하기 위해 노력하였다. ARCCAS는 기존의 문제를 해소하고자 영향·취약성평가를 농업·농촌(농촌진흥청), 용수·시설(한국농어촌공사), 산림·임업(산림청) 기관별로 분류하고, 각 부문을 ‘정보’와 ‘지도’ 메뉴로 동일하게 구성하여 시스템 구조의 직관성과 일관성을 높였다. 분야별로 제공하는 기후영향·취약성 정보에 대한 내용은 Table 2와 같다.

특히 정보 제공 방식을 개관(요약)-탐색-심화의 단계적 구조로 설계하였다. 먼저 각 부문별로 평가 대상, 방법, 주요 결과를 요약해 제공하는 ‘정보’ 메뉴를 통해 사용자의 전반적인 이해를 지원하고, 이후 ‘지도’ 메뉴에서 제공되는 인터랙티브 지도를 활용하여, 사용자가 직접 특정 지역을 선택하고 해당 지역의 상세한 기후 정보를 시각적으로 확인할 수 있도록 하였다. 이는 단순한 결과 열람에 그치는 수동적 정보 소비 방식에서 벗어나, 사용자 필요에 따라 정보를 능동적으로 선택하고 활용할 수 있는 구조를 제공함으로써 정보의 접근성과 실용성을 동시에 제고하고자

함이다. 더불어, 기후정보를 시나리오별·항목별 시계열 데이터로 제공하여 분야별 기후변화 추세를 종합적으로 분석할 수 있도록 하고, 이를 통해 정책 수립과 대응 전략 마련을 위한 기초자료로서의 활용성을 높이고자 하였다.

### 3.1. 기후데이터

IPCC 6차 평가보고서(AR6)에서 새로운 온실가스 배출 경로 SSP (Shared Socioeconomic Pathways, 공통사회경제경로)를 발표하였다. IPCC 제6차 CMIP6의 SSP시나리오를 기반으로 기상청의 국가 기후변화 표준 시나리오를 인증받은 농촌진흥청의 전지구기후모델(Global Climate Model, GCM) 18종에 대해 미래 기상 DB를 구축하였다. 기후모델에 따라서 미래 기상 DB의 값은 모델 특성에 따라 다양하게 나타난다. 이런 불확실성을 최소화하기 위해 다중모형앙상블(Multi-Model Ensemble, MME)를 사용하는 것이 중요하다(Cho et al., 2018). ARCCAS는 특정 단일 모델 선정에 따른 불확실성을 최소화하기 위해 18개 GCM 결과를 종합한 MME 모델을 새로 구축하였다. 위

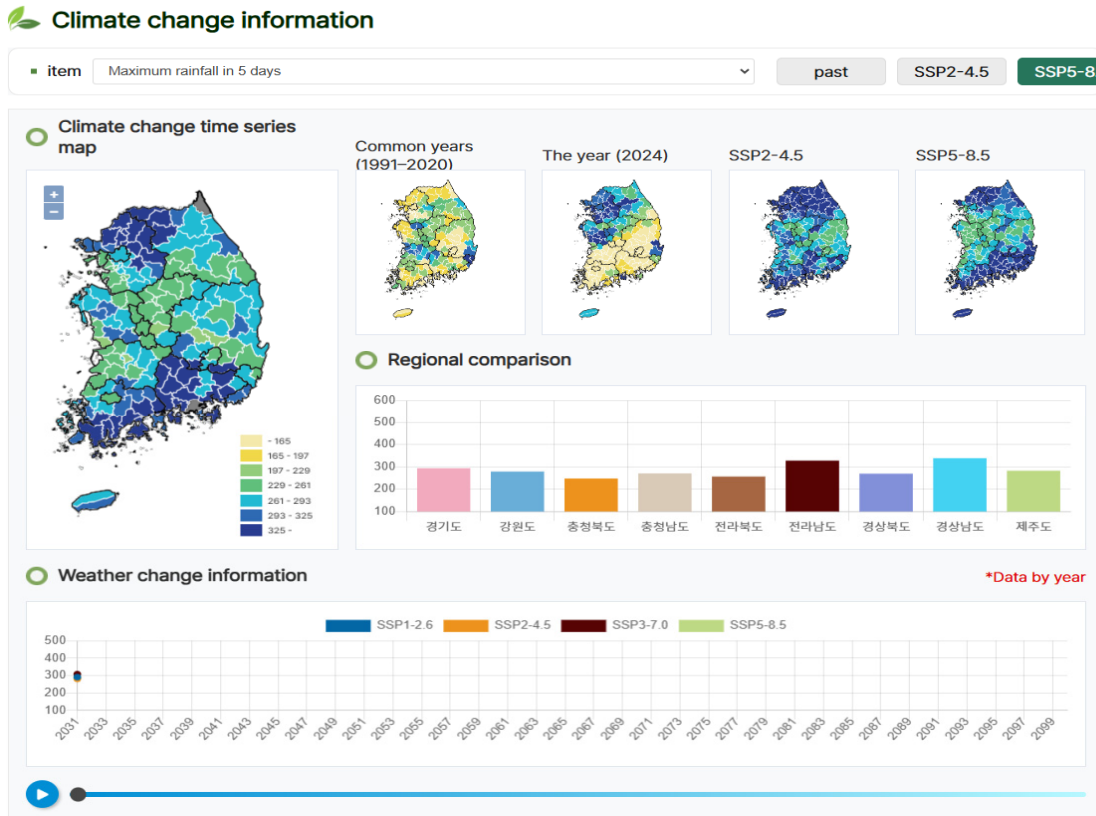


Fig. 2. Interface for displaying climate change information

와 같은 이유로 기후데이터 에서 기상정보를 MME 모델 결과로 표출하고, 사용자 필요에 따라 모델별 기상자료는 개별적으로 다운로드가 가능하도록 하였다. 구축한 18개 GCM 모델에 대한 설명은 Table 2에 기술하였다.

ARCCAS는 농업분야에서 필수로 하는 기상항목에 대해 현재부터 2100년까지의 기상데이터를 관측소 단위, 시군 단위, 격자 단위로 제공한다. 플랫폼을 통해 기후변화 정보, GCM 데이터, 현재 기후데이터, 미래 기후데이터를 확인할 수 있다. 먼저, 평년(1991~2020년), 해당년도, 미래 시나리오(SSP2-4.5, SSP5-8.5)별로 공간분포결과를 확인할 수 있고, 지역별 비교가 가능하여 전국의 기후 특성과 노출 정도의 상대적 비교가 가능하다. 또, 시계열 자료를 지도와 그래프로 제공하여 기상 변화를 특정 연도의 값뿐 아니라 장기적인 기후 특성의 추세까지 분석할 수 있도록 하였다. 이러한 다층적 시각화 방식은 기후 데이터의 시공간적 변화를 직관적으로 이해하고, 지역별 기후 취약성과 노출 정도를 체계적으로 파악하는 데 용이하다.

또 구축한 GCM에 대한 정보와 함께 SSP2-4.5 및 SSP5-8.5 시나리오별로 2030년부터 2100년까지(71개년)의 14개 주요 항목을 일단위로 제공하고, 이 데이터는 농업용수 관련 기후요소, 농업·농촌 취약성 평가 등에 활용되며, 지도 기반 시각화와 함께 기후데이터를 제공하도록

하였다.

### 3.2. 농업·농촌 영향

농업·농촌 부문은 농작물 재배적지 한계선, 가축 더위 스트레스 지수, 양분 유출 세 가지 항목의 결과를 제공한다.

#### 3.2.1. 농작물 적지 한계선

주요 13개 작물(사과, 배, 복숭아, 포도, 단감, 감귤, 고추, 당귀, 인삼, 천궁, 참다래, 배추, 마늘)에 대한 재배적지 영향 평가 정보를 SSP 시나리오별(SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5) 현재 및 미래기간별로 제공한다. 재배환경과 재배적지 지표, 저위생산지·재배가능지·재배적합지 변화를 지도를 통해 시군구별로 확인이 가능하도록 하였다.

#### 3.2.2. 가축더위스트레스지수

소·젓소, 돼지, 가금류를 대상으로 고온 환경에서 받는 스트레스 수준과 경고단계 초과일수 영향 평가 정보를 제공한다. 가축더위스트레스지수와 경고단계 초과일수의 산출 목적, 평가방법, 단계별 범위와 전체적인 평가 결과를 확인할 수 있고 지도를 통해 스트레스 지수와 초과일수 결과를 시군구 단위로 영향 평가 결과 확인이 가능하도록

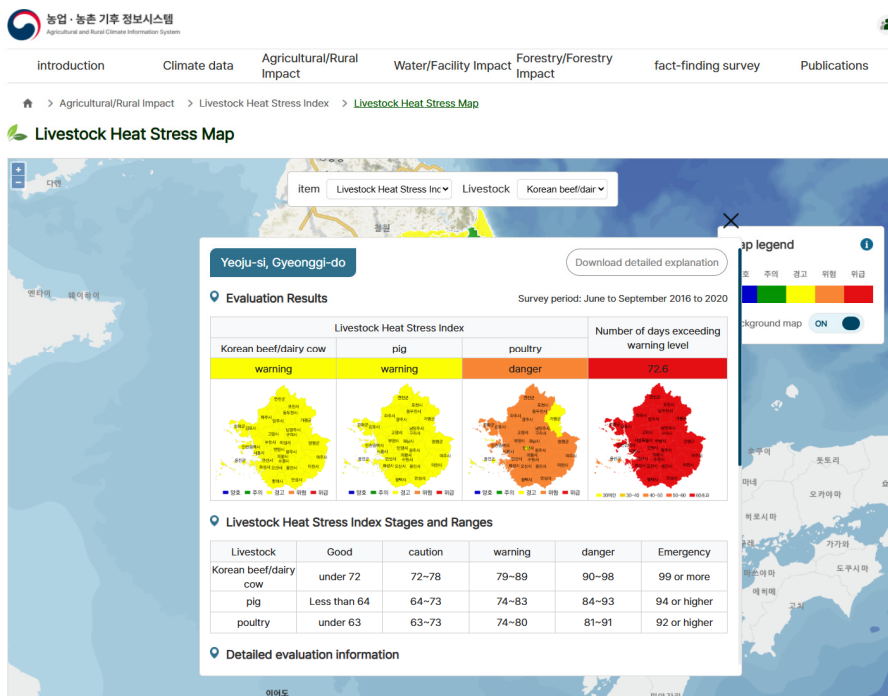


Fig. 3. Display of the livestock heat stress map

하였다. 특히 지도 UI를 통해 특정 지역을 클릭하여 그 지역의 영향평가 결과와 상세 해설서를 확인할 수 있게 함으로써 정보 접근성을 높이고자 하였다.

### 3.2.3. 양분유출

정보 탭에서는 양분유출량 평가 질소(N)와 인(P)의 유출 잠재량을 산정하여 167개 시군구 단위로 등급화·시각화한 결과를 제공한다. 유출량을 등급화 해 색상 구간으로 지도에 표출하고, 현재-중간미래-먼미래(RCP4.5, RCP8.5)의 전망 결과를 확인할 수 있다. 지역별 상세해설서에는 시기별 평가 결과, 취약성 수준, 시·도 단위의 비교 분석이 포함되어 있다.

### 3.3. 용수·시설 영향

용수·시설 영향 부문은 기후변화가 농업용수와 농업기반시설에 미치는 영향을 분석하기 위해 가뭄 취약성과 홍수 취약성을 평가하고, 이를 시군구 단위의 공간정보로 제공한다. 각 영향 평가는 취약성 정보와 취약성 지도로 구성하였다. 취약성 정보는 취약지역 위험도 평가 방법을 상세히 제시하며, 평가 기간, 평가 방식, 주요 평가 항목 및 등급 산정 절차를 기술하여 제공 자료의 신뢰도를 높

였다. 또한 지역별·시설별 가뭄·홍수 취약성 결과를 현재와 미래 기간별 취약성 상위 1~10위 지역을 도출하여 제시하였다.

취약성 지도는 이러한 평가 결과를 공간적으로 시각화한 것으로, 전국 167개 시군구 단위의 취약성 등급을 색상 구간으로 구분해 표출하였다. 사용자는 지도 상에서 특정 지역을 선택하여 해당 지역의 취약성 점수와 등급을 팝업창으로 확인할 수 있으며, 가뭄 취약성 지도에서는 관개기 평균기온, 최대연속무강우일수, 유효강수일수 등의 세부 평가 지표를, 홍수 취약성 지도에서는 연평균 강수량, 강수일수, 호우일수 등의 지표를 그래프와 시계열 자료를 통해 열람할 수 있다(Fig. 6). 또한 각 지역별 상세 해설서에서는 취약성 평가 결과와 주요 지표를 전국 및 시·도 단위와 비교 분석한 결과를 제공하며, 지역별 가뭄·홍수 피해 대응 대책도 함께 제시하였다. 특히 대응대책은 농민과 기관이라는 두 주체로 구분되어 있으며, 농민 대책은 준비 단계-예방적 관리 단계-긴급 대응 단계-복구 및 적응 단계로, 기관 대책은 사전 대응 능력 강화 대책-사전 시설 보수 대책-사전 예보·대응 대책-사후 대책의 단계로 구체화하였다. 이와 같은 대응대책은 단순한 피해 현황 정보 제공을 넘어, 농가와 기관이 각각의 위치에서 취약성 평가 결과를 활용할 수 있도록 하는 실천 지침을 제공

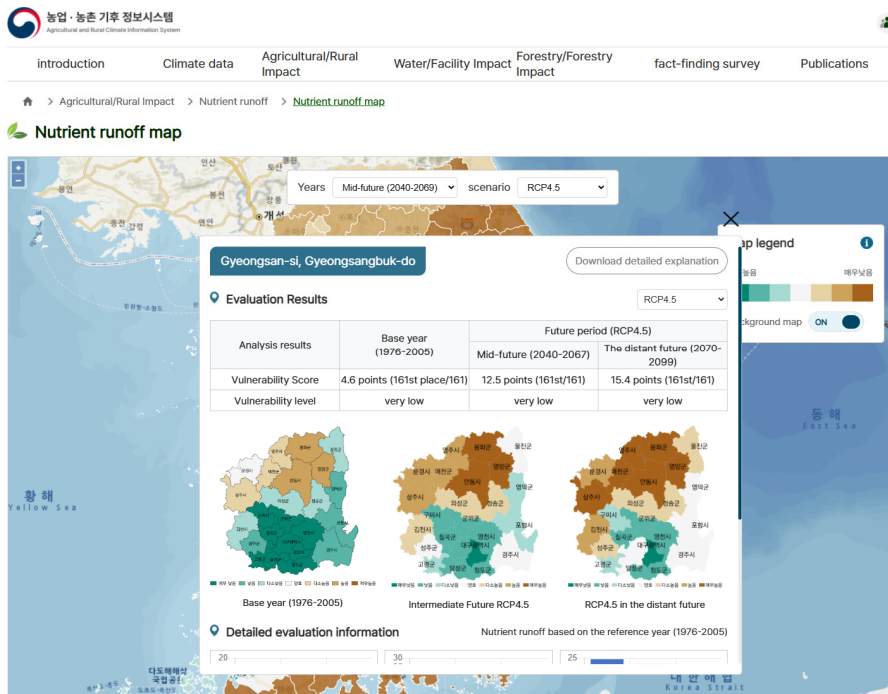
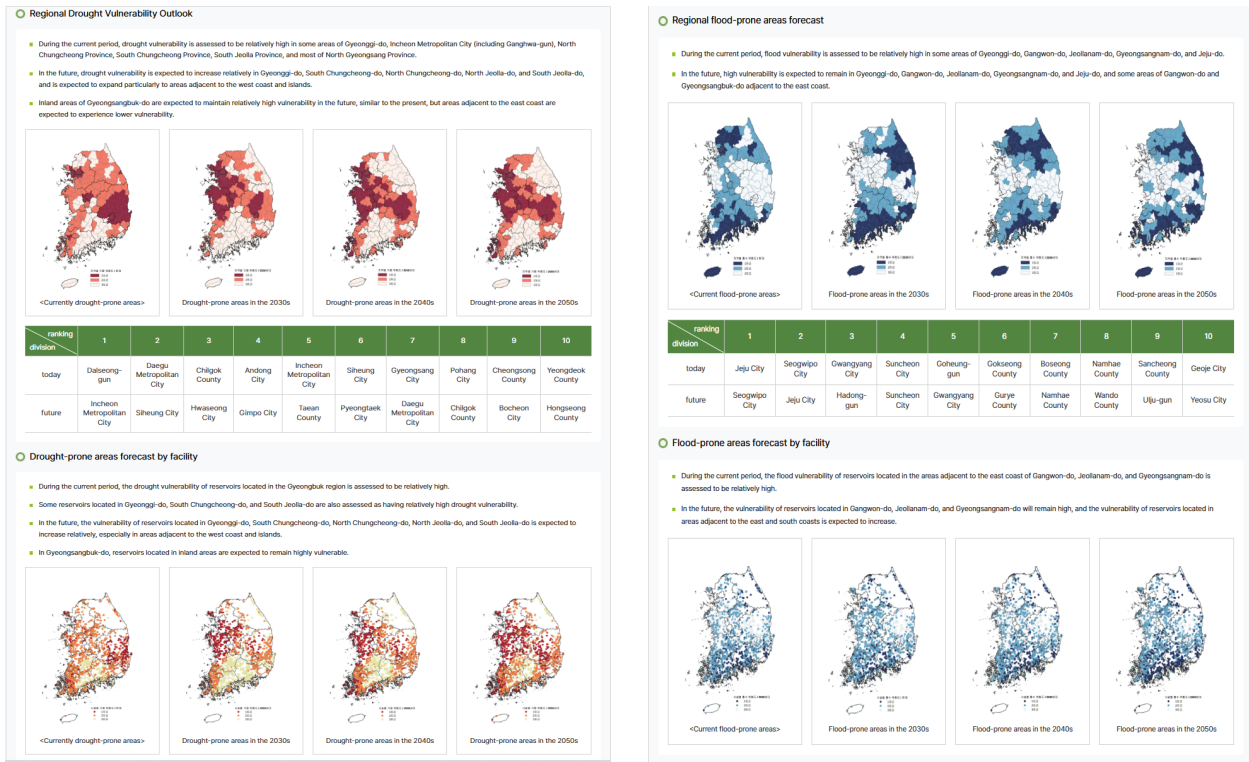


Fig. 4. Display of the nutrient runoff map



(a) Display of regional and facility-based drought Vulnerability projections

(b) Display of regional and facility-based flood Vulnerability projections

Fig. 5. Display of projection vulnerability results

Drought Vulnerability Map

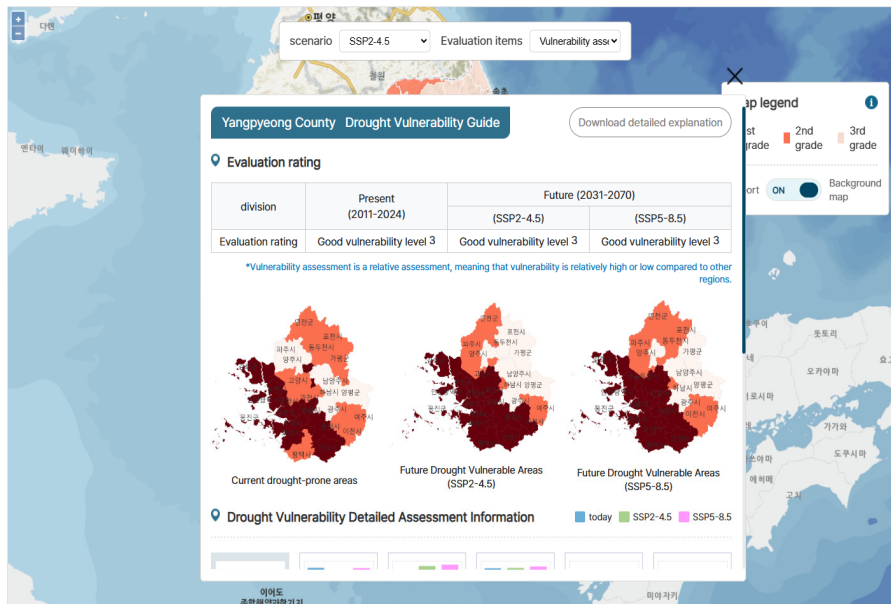


Fig. 6. Display of the drought vulnerability map

하는 데 목적이 있다. 평가 결과와 대응 전략을 연계한 과학적 근거 기반의 행동 지침을 제공하고자 하였다.

### 3.4. 산림·임업 영향

산림·임업 영향 부문은 기후변화가 산림 생태계와 생물 다양성에 미치는 영향을 평가하고 이를 시군구 단위의 공간정보로 제공한다.

#### 3.4.1. 산림생태계

생육정보 및 생육 가능지에 대한 정보를 제공한다. 시군 단위의 산림을 구성하는 주요 작물들의 기후변화에 따른 생태환경을 현재와 미래 기후 시나리오별 결과를 확인 할 수 있으며, GCM모델과 시나리오, 기간별 결과가 지도로 표출된다. 기후변화 영향평가 지도 활용을 위한 설명과 영향평가 결과, 기후적응 조치 및 제언에 대한 정보가 작성된 해설서를 제공하여 사용자의 정보 활용도를 높이고자 하였다.

#### 3.4.2. 생물다양성

생물다양성은 기후변화가 종 다양성 및 서식지 보전에 미치는 영향을 분석한 지표로, 특정 지역의 생물다양성 수준을 등급화하여 지도에 표출하였다. 산림식물과 외래식물로 구분하여 제공하며 산림식물의 경우 남부식물, 북부식물, 남부·북부식물로 구분하고, 사용자는 시나리오별·기간별로 산림식물 및 외래식물의 분포 변화를 확인할 수 있다. 또한 생물다양성은 종 풍부도(SR)와 종 풍부도 차이( $\Delta$ SR) 두 가지 항목으로 시각화하였고, 상세 해설서를 통해 선택 지역의 결과를 시계열로 비교가 가능하도록 하였다. 해설서에는 생물다양성 기후변화 영향평가 결과의 활용 방안과 함께 기간별 지표 변화, 취약성 수준 비교, 그리고 기후적응 조치를 위한 대응방안 정보가 포함된다.

### 3.5. 실태조사

각 부문별 기후변화 실태조사의 주요 내용을 소개한다. 농업·농촌, 용수·시설, 산림·임업 분야별로 조사대상 및 범위, 실태조사 및 영향평가 방법이 간략히 기술되어 있으며, 원문 보고서에 대한 다운로드 링크가 함께 제공된다. 이를 통해 사용자는 단순 요약 정보뿐만 아니라, 상세한 분석 자료의 열람이 가능하다. 또한 각 부문별 담당 기관이 달라 개별적으로 수행되었던 실태조사 결과를 하나의 플랫폼에서 연계·제공함으로써, 부문 간 비교와 종합적 분석이 가능하도록 통합적 정보 체계를 구축하였다. 나아가

발간물 메뉴를 별도로 구성하여 정책자료와 실태조사 결과를 병행하여 활용할 수 있도록 하였으며, 이러한 설계는 GIS 기반 공간 정보와 통합적 데이터 관리와 활용을 가능하게 한다.

## 4. 결론

기후변화로 인한 농업·농촌의 취약성은 지속적으로 심화되고 있으며, 이에 따른 농작물 수량 감소, 재배지 이동, 병해충 확산, 수자원 불안정 등의 문제가 점차 구조적인 위기로 대두되고 있다. 국가 차원의 적응 대책이 마련되고 있음에도 불구하고, 농업 분야의 기후정보는 기관별로 산발적으로 관리되고 있어, 종합적 활용과 정책과의 연계에 어려움이 존재해 왔다. 특히 실태조사와 영향·취약성 평가 결과의 지표와 방법론이 상이하여 데이터 간 비교나 통합적 분석이 어렵고, 현장 의사결정 지원에도 한계가 있다.

이러한 문제를 해결하고자 본 연구에서 “농업·농촌 기후정보 시스템(ARCCAS)”을 개발하였다. ARCCAS는 기후데이터, 영향·취약성평가 결과, 실태조사, 발간물 등 기관별로 생산한 농업·농촌 기후정보를 통합하여 제공하는 시스템으로, 농촌진흥청, 한국농어촌공사, 산림청 등 주관 기관의 기후정보와 연관 보고서를 체계적으로 제공한다. 특히 18종 GCM과 이를 기반으로 한 MME(다중모형앙상블) 모델의 미래 기후데이터를 제공함으로써, 기후변화 추세 예측의 신뢰성을 높이고, 작물 재배적지, 가축 스트레스, 가뭄·홍수 취약성 등 기관별 기후정보를 GIS 기반의 시각화 자료로 구현하여 정책 수립과 대응 전략 마련을 위한 기초자료로 활용할 수 있도록 하였다.

ARCCAS는 기존의 단편적인 정보 제공 시스템을 넘어, 통합정보를 제공하고 사용자 중심 설계를 갖춘다는 점에서 타 시스템과 차별성을 가진다. 그러나 현재는 시스템 구축 초기 단계로서, 몇 가지 보완점이 존재한다. 여전히 기관별 취약성 평가 지표와 방법론이 상이하여 정보 통합과 표준화에 어려움이 있으며, 이를 해결하기 위해 다양한 분야 간 공통 지표 개발과 평가체계의 정합성이 요구된다. 또한 시군구 단위의 정보 제공 수준을 넘어, 지자체의 고유한 농업 특성과 정책적 수요를 반영할 수 있는 지역 맞춤형 분석 기능의 강화가 필요하다. 아울러 현재는 물리적 기후 영향 중심의 분석에 그치고 있으며, 기후변화의 사회경제적 파급효과에 대한 통합 분석 기능이 미흡한 실정이다. 이를 보완하기 위한 기후·사회 통합 시

물레이션 도구 및 AI 기반 분석 모듈 개발이 병행되어야 한다. 현재 통합 기후정보제공을 위한 데이터 표준화 방안 및 취약성평가 고도화와 관련한 연구들이 진행 중에 있으며 이를 통해 시스템의 완성도와 실효성이 향상될 것으로 기대된다.

## 사사

본 연구는 한국농어촌공사 “농업·농촌 기후변화 대응 영향분석·정보제공 및 기술실증 구축방안 연구용역”의 지원으로 수행되었습니다.

본 연구에 사용된 기후정보시스템(ARCCAS)은 <https://www.arccas.or.kr>을 통해 공개되어 있으며, 데이터 및 지도 정보는 플랫폼 내에서 확인 및 다운로드가 가능합니다.

## Reference

- Baek J, Kim J, Roh S, Park C, Kim S, Kim J, Jin H, Oh Y, Seo D, Yoo M. 2024. A study on the linkage and integrated application of impact and vulnerability assessment tools (MOTIVE, VESTAP) to support the formulation of regional adaptation measures for climate crisis: Focusing on health sector (in Korean with English abstract). *J Clim Change Res* 15(5-2): 831-843. doi: 10.15531/KSCCR.2024.15.5.831
- Cho J, Jung I, Cho W, Lee EJ, Kang D, Lee J. 2018. Suggestion of user-centered climate service framework and development of user interface platform for climate change adaptation (in Korean with English abstract). *J Clim Change Research* 9(1): 01-12. doi: 10.15531/KSCCR.2018.9.1.01
- IPCC. 2021. Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- Korea Forest Service (KFS). 2021. Impact of climate change on forest ecosystems and adaptation measures.
- Korea Rural Economic Institute (KREI). 2019. A study on the introduction of a climate change impact assessment system for agricultural policies.
- Ministry of Environment (MOE). 2020. The 3rd national climate change adaptation plan (2021-2025).
- National Institute of Environmental (NIER). 2009. Development and operation of the integrated climate and atmospheric environment system (II): Final research report.
- National Institute of Environmental (NIER). 2010. Development of GIS- and web-based techniques for assessing and analyzing climate change vulnerability (II): Final research report.
- Ock G, No D, Lee H, Park E. 2023. Strategy and case analysis for eco-climate integrated information system (in Korean with English abstract). *J Clim Change Res* 14(6-2): 981-988. doi: 10.15531/KSCCR.2023.14.6.981
- Oh K, Lee M, Han D. 2016. Development of web-based supporting tool (VESTAP) for climate change vulnerability assesment in lower and municipal-level local governments (in Korean with English abstract). *J Korean Assoc Geogr Inf Stud* 19(1): 11-11. doi: 10.11108/kagis.2016.19.1.001
- Song S, Lee J, Park D, Lee M. 2023. A study on climate change vulnerability assessment for agricultural water and Koera Rural Community Corporation (KRC) climate adaptation measures (in Korean with English abstract). *J Clim Change Res* 14(6-2): 1005-1011. doi: 10.15531/KSCCR.2023.14.6.1005
- Yoon S, Lee S. 2017. Development of a climate change vulnerability assessment analysis tool: Based on the vulnerability assessment of forest fire in Chungcheongnam-do (in Korean with English abstract). *J Clim Change Res* 8(3): 275-285. doi: 10.15531/KSCCR.2017.8.3.275