



농업재해 예측을 위한 신 기후변화 시나리오의 농업기상자료 구축 - 111개 농업주요지점을 대상으로 -

Construction of Agricultural Meteorological Data by the New Climate Change Scenario for Forecasting Agricultural Disaster - For 111 Agriculture Major Station -

주진환* · 정남수**† · 서명철***

Joo, Jin-Hwan · Jung, Nam-Su · Seo, Myung-Chul

ABSTRACT

For analysis of climate change effects on agriculture, precise agricultural meteorological data are needed to target period and site. In this study, agricultural meteorological data under new climate change scenario (RCP 8.5) are constructed from 2011 to 2099 in 111 agriculture major station suggested by Rural Development Administration (RDA). For verifying constructed data, comparison with field survey data in Suwon shows same trend in maximum temperature, minimum temperature, average temperature, and precipitation in 2011. Also comparison with normals of daily data in 2025, 2055, and 2085 shows reliability of constructed data. In analysis of constructed data, we can calculate sum of days over temperature and under temperature. Results effectively show the change of average temperature in each region and odd days of precipitation which means flood and dry days in target region.

Keywords: 111 Agriculture Major Station; Agricultural Meteorological Data; New Climate Change Scenarios; RCP8.5

1. 서 론

기후변화로 인한 기상이변과 자연재해는 무엇보다 전 세계 인류의 생존을 책임지는 농업에 즉각적 타격을 가해 자급률이 낮은 저개발 국가 및 농산물수입 국가들의 정치·사회적 불안정을 초래할 수 있으며, 특히, 노지재배에 주요로 의존하는 식량작물의 경우 그 영향을 직접적으로 받을 수 있어 이에 대한 대비가 필요하다 (Lee et al., 2011).

우리나라 기온은 지난 100년간 1.8 °C 상승하였다. 이는 전 지구 기온상승보다 2배나 높은 수치이며, 최근 40년간 기온이 1.4 °C 상승하는 등 최근 들어 기온에 상승속도가 빨라지고 폭염, 가뭄, 폭설 등의 극한기후현상이 점차적으로 강도가 강해지고 빈도가 잦아드는 추세를 보인다 (KMA, 2012).

기후변화에 따른 식량작물의 영향을 고려하기 위해서는 농업용수, 농지, 노동력 등 생산기반과 비료, 농약, 작물 등 생산과정, 그리고 가공, 유통 등 수확 후 과정을 복합적으로 다루어야 하며, 현재 급변하는 기후로 인한 식량작물의 정확한 평가를 하기 위해서는 정밀한 자료수득이 필요하다 (Hong et al., 2009).

현재 기후변화의 농업분야 영향을 예측하기 위한 대부분의 연구는 예년도를 기준으로 30년을 평균한 평년자료를 이용하고 있어, 이상고온, 이상저온, 적산온도변화, 홍수 등 농업재해의 가능성을 예측하는데 어려움이 있다.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 5차 평가보고서에서는 인간 활동이 대기에 미치는 복사량을 가정해 온실가스 농도를 산정하여, 4차 평가보고서에서 사용된 SRES (Special Report on Emission Scenario) 온실가스에 의한 기후변화 시나리오 대신, RCP (Representative Concentration Pathways) 기후변화 시나리오를 도입하였다.

기후변화 시나리오란, 온실가스, 에어로졸의 변화 등의 인위적인 원인에 따른 기후변화를 조사하기 위해 기후변화모델을 이용하여 계산한 미래 기후 (기온, 강수, 습도, 바람 등) 예측정보이다. SRES는 인위적인 기후변화요인 중에서 온실가스와 에어로졸의 영향에 의한 강제력만 포함하였다면, RCP는 토지이용변화에 따

* 공주대학교 대학원 농공학과
 ** 공주대학교 지역건설공학과 부교수
 *** 농촌진흥청 국립식량과학원 작물환경과 기후변화대응연구실
 † Corresponding author Tel.: +82-41-330-1278
 Fax: +82-41-330-1277
 E-mail: joaa12@kongju.ac.kr

2013년 7월 12일 투고
 2013년 10월 7일 심사완료
 2013년 10월 18일 게재확정

른 영향까지 포함하고 있다. 이는 미래에 기후변화로 인한 영향을 평가하고 피해를 최소화하는데 활용할 수 있는 선제적인 정보이다 (KMA, 2012).

그러나 아직까지 기후변화에 따른 농업분야의 영향에 관한 연구들은 과거의 기후변화를 시나리오로 구성하였거나, 기상관측소가 있는 지역에 대해 IPCC 4차 평가보고서 시나리오를 기준으로 30년씩 평균한 평년값을 사용하고 있어 (Chung et al., 2006; Seo et al., 2006; Hong et al., 2009; Lee et al., 2011; Shim et al., 2011), 출수기나 생산량의 추세적인 변화는 추정할 수 있으나, 기상이변 등으로 연별로 발생할 수 있는 농업재해의 가능성을 고려할 수 없는 한계를 가지고 있다.

미래 기후전망은 단순히 미래에 기온이 몇도 상승하고, 강수량이 얼마 증가하느냐를 제시하는 것에서 끝나는 것이 아니다. 기후변화 시나리오는 미래 기후변화의 영향과 취약성을 평가할 수 있는 다양한 요소와 지역적 정보를 가지고 있으므로, 농업·산림·재해 등 여러 분야에서 활용하고 있다(KMA, 2012).

SRES시나리오에 기상자료를 이용하여 Chung et al. (2006)은 예측 기후평년값을 적용해 기후변화와 그에 상응한 벼 작황의 지리적 분포양상을 복원함으로써 지구온난화에 따른 우리나라 벼 농사지대의 생산성을 재평가하였고, Seo et al. (2006)은 DSSAT 패키지 중 CROPGRO-Soybean모형을 이용하여 미래의 콩 재배 적지이동을 예측하였다. Hong et al. (2009)은 기후변화에 따른 작물증발산량의 변화를 추정하기 위해 기상자료를 LARS-WG모형에 적용해 작물 증발산량 및 10년 빈도 작물증발산량을 산정하여 다른 기후변화를 평가하였다. Lee et al. (2011)은 기후변화에 따른 재배시기 조정에 벼 수량성 및 품질결실에 영향력이 큰 등숙기간의 온도환경을 개선할 수 있지만 출수 전 생육기간이 크게 단축되어 여전히 벼 수량성 감소를 경감시키는데 한계가 있는 것으로 판단하였다. Shim et al. (2011)은 기후변화에 따른 지역별 벼·보리에 잠재 생산량 변화를 추정하였다.

본 연구에서는 기후변화에 따른 농업재해예측에 필요한 자료 구축을 위하여 기상청에서 상세화 기법을 통해 신 기후변화 시나리오에 따라 1 km 단위로 생성된 자료를 바탕으로 농촌진흥청 국립식량과학원이 지정한 우리나라 기상청 산하 111개 지점이 속한 지역을 대상으로 기상자료를 추출하고자 한다. 추출한 기상자료는 연별로 재분류하여, 실제기상자료와 평년기상자료를 이용하여 비교해보고자 한다. 이를 통해 자료의 정확도를 검증하고, 주요지점에 대한 특이기상 출현여부를 파악하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 기상자료 수집 및 기상자료 구성형식

본 연구에서는 농업기상자료 구축을 위하여 신 기후변화 시나

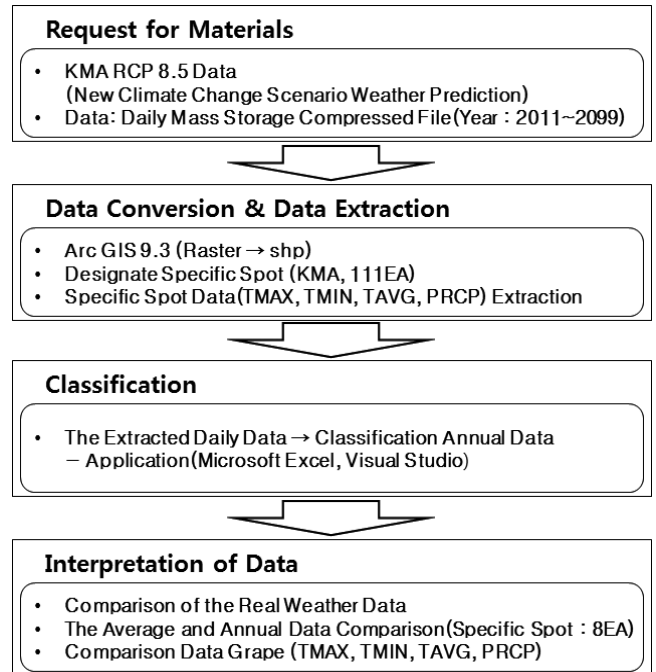


Fig. 1 Flow chart of this research

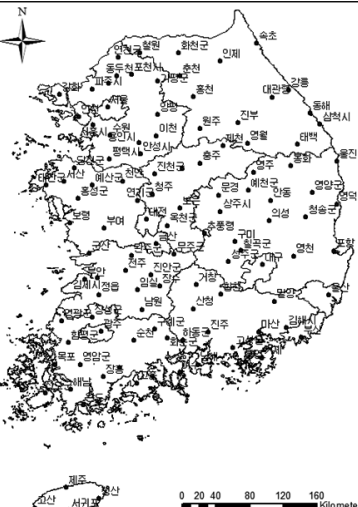
리오 RCP8.5에 해당하는 2011년부터 2009년까지의 시뮬레이션 자료를 기상청에 요청하여 ESR ASCII GRID파일 형식으로 제공 받았다. 제공받은 파일은 *.esr형식이며, 압축을 해제하면 연도별 폴더가 구성되어있고, 각각의 폴더에 일별최대기온 (TMAX), 일별최소기온 (TMIN), 일별평균기온 (TAVG), 일별강수량 (PRCP) 등 4×365개의 파일이 존재 했으며 이는 우리나라 전 지역을 1 km 격자로 구분하여 생성된 값이 정리되어 있었다.

2. 기상자료 추출 및 재분류

기상청에서 제공받은 원본 기상자료의 경우 속성지점별 개별적인 위치정보를 포함하고 있지 않으므로 원하는 지점의 기상자료를 구득하기 위해서는 지점의 공간자료를 바탕으로 지도의 중복을 통해 해당지점의 기상자료를 추출해 낼 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 기상청 산하 기상대와 관측소 (제주도 포함 섬 제외)를 포함하여 농촌진흥청에서 선정한 111개 농업주요 지점을 대상으로 위치정보입력 및 기상자료의 추출을 통해 해당 지점 기상자료를 구축하였다. 원본 기상데이터의 형태는 개별적으로 확인하기 어려운 파일형식으로 구성되어 있으며, 이를 시각적으로 확인하려면 Database format파일 인식이 가능한 Microsoft Excel과 같은 응용프로그램을 활용해야 한다. 이처럼 파일형식, 파일 크기 등 자료 처리 자체에 어려움이 있으며, 로딩시간 또한 오래 걸리는 불편함이 있으므로 이를 해소하고 활용성을 극대화하기 위해서는 자료의 재분류작업이 필요하다. 원본 기상데이터

Table 1 Meteorological Agency under 111 points X, Y coordinates (Export data)

The weather coordinates input data	Examples of coordinate		
	SITE	X	Y
	Sokcho	128.5500	38.2500
	Cheorwon	127.3042	38.1479
	Dongducheon	127.0607	37.9019
	Daegwallyeong	128.7183	37.6772
	Chuncheon	127.7357	37.9026
	Gangneung	128.8910	37.7514
	Donghae	129.1243	37.5071
	Seoul	126.9658	37.5714
	Incheon	126.6570	37.4667
	Wonju	127.9466	37.3375
	Suwon	126.9876	37.2700
	Yeongwol	128.4575	37.1833
	Chungju	127.9528	36.9702
Seosan	126.4960	36.7737	

의 자료 추출 및 재분류 작업순서는 다음과 같다.

① 원본 기상데이터의 요인별 추출을 위하여, 지리정보처리프로그래밍인 ArcGIS 9.3을 이용하여, 원본 기상데이터의 자료를 속성별로 추출할 수 있는 모델을 제작하였으며, Microsoft Excel을 이용하여 쉽게 확인할 수 있는 파일형식인 *.dbf파일 형식으로 저장하였다.

② 우리나라의 좌표를 ArcGIS에 입력 (WGS 8.4)된 값을 이용하여, 지도형식으로 된 자료에 접목시켜 X, Y값을 추출하였다. 일반적으로 X는 위도, Y는 경도이어야 하나, 접목시킨 상태에서 X값은 경도, Y값은 위도로 추출되어 따로 수정하지 않고, 그대로 사용하였다.

③ 재분류된 기상데이터의 정렬기준은 111개 농업주요지점이며, 해당 데이터에 X, Y값으로 입력하여 특정지점에 값을 추출할 수 있도록 Export하여 파일을 저장하였다 (Table 1).

④ 기상청에서 제공받은 Raster파일은 ArcGIS 9.3프로그램에서 실행되는 파일로 구성되어있고, 1 km격자로 기상예측 값이 측정된 지역은 검은색, 측정되지 않은 지역은 하얀색으로 표시되어있다 (Fig. 2). Grid형식은 각각 일별로 TMAX, TMIN, TAVG, PRCP로 되어있다.

⑤ 데이터를 추출하기 전 자료 분류가 가능한 특정폴더를 지정하여 해당폴더 내에 저장이 되도록 하였으며, 1년 단위로 나누어 진행하였다. 총 데이터는 TMAX, TMIN, TAVG, PRCP데이터가 따로 되어있고, 연별 폴더에 일별 데이터가 순서대로 나열되어 있다.

⑥ 총 반복 작업 횟수는 ‘4개×89년×365일’이며, 각각의 폴더 명을 지정하여 저장되도록 설정하였다. 첫 번째 그림은 ArcGIS

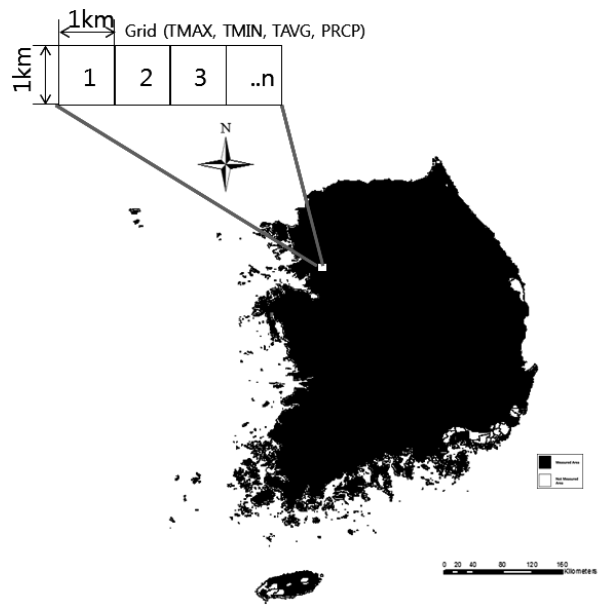


Fig. 2 Provided climatological data grid format data (KMA, 1 km)

9.3프로그램의 기능 중 모델제작 툴을 이용하여 기상자료에 입력된 111개 지역의 데이터 값을 추출하기위해 프로그램을 구성하는 작업이다. 지정파일을 설정하고, 작업리스트를 늘려주어 두 번째 그림과 같이 폴더에서 리스트로 옮겨주는 작업을 하였다. 파일 지정폴더도 따로 만들어 놓은 리스트대로 지정해주어야 파일을 찾기 쉽고, 따로 분류해 놓을 수 있다. 세 번째 그림은 모델을 구성하는 순서도이며, 네 번째 그림과 같이 프로그램을 실행하였을 때에 진행상황을 보여준다 (Fig. 3).

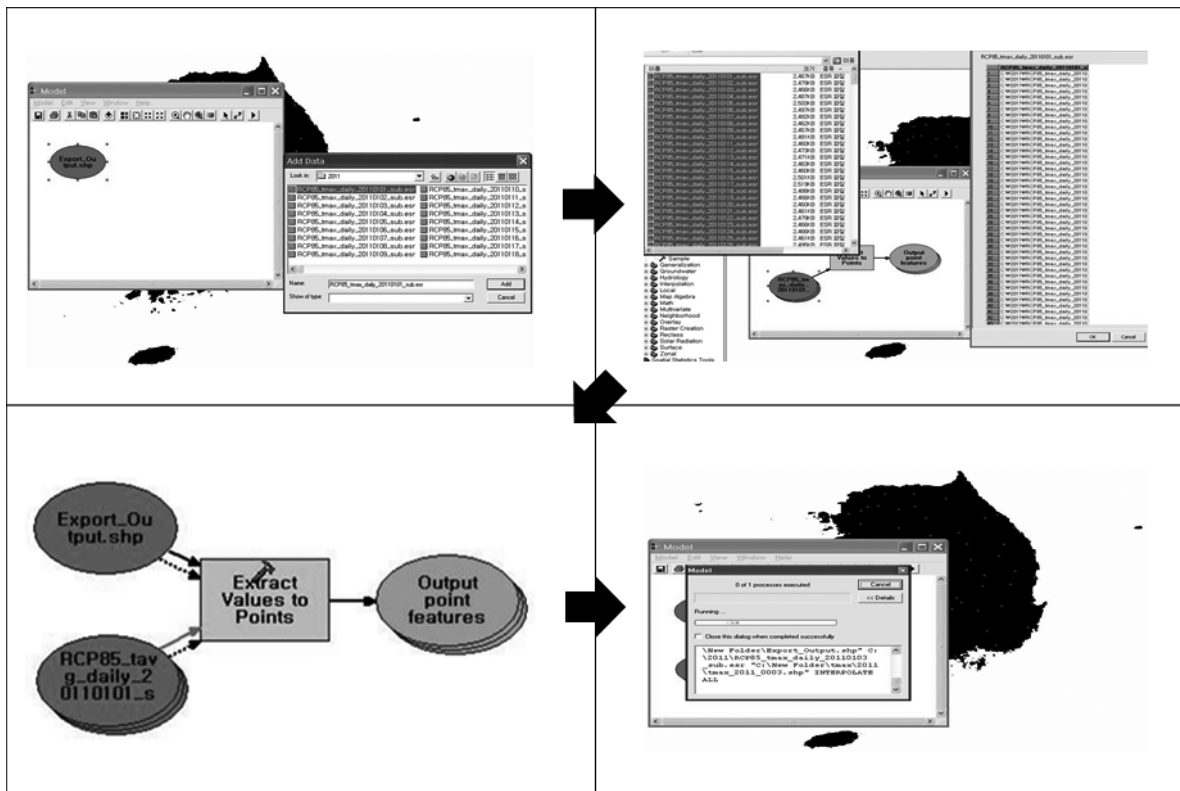


Fig. 3 Data conversion & data extraction

⑦ 작업 중에 파일을 제대로 인식하지 못하여 모델을 다시 설정해주고 나머지 과정을 모두 수행하였다.

⑧ 추출완료시, 연별 폴더에 일별 데이터가 생성됨을 알 수 있었고, TMAX, TMIN, TAVG, PRCP 각각의 Database format 파일로 생성되어 일별데이터 값은 RASTERVALU명을 갖고 있다.

3. 기상자료 추출 필터링 작업

추출된 데이터는 일별로 TMAX, TMIN, TAVG, PRCP가 따로 구성되어 있어, Microsoft Excel에서 한 번에 보기 쉽게 필터링하는 작업이 필요하였다. 4개의 파일을 한 개의 파일로, 일별 데이터를 1년 데이터로 바꿔주기 위한 작업을 위해 일일이 옮기는 작업과, 데이터베이스 구축 (Microsoft Access), 프로그래밍 언어 (Microsoft Visual Studio)를 이용하는 방법 중 새로운 프로그램을 만들어 한 번에 추출이 가능하게 할 수 있도록 Visual Studio 프로그램으로 자료추출 코드를 작성하였다. 소스를 만드는 작업 전에 연별로 각각의 원본 기상데이터 폴더 파일에 모아두고 (1개의 폴더에 약 1,460~1,464개 파일), 폴더의 위치를 파악한다.

본 연구에서는, Database format파일의 읽기와 파일에 데이터 레이블 검색 및 메모리에 저장, 새로운 Worksheet파일의 생성과

해당 데이터 값의 변환 등 일련의 작업을 수행함에 있어, 간결하고 명확한 데이터 분류를 위해 어플리케이션을 생성하여 해당기능을 수행할 수 있도록 개발하였다.

연별로 파일이 순서대로 입력되도록 프로그램 소스를 만들고, Excel파일 내에 일별 순서대로 입력되도록 Worksheet의 위치를 파악하여 프로그램 구동에 차질이 없도록 하였다. 파일추출 순서는 ID, SITE, X, Y, DATE, TMAX, TMIN, TAVG, PRCP순으로 필터를 지정하였다.

반면, 구동 중에 파일명은 인식을 하나, 오류가 발생한 경우가 생겨 변환데이터의 정밀도를 높이기 위해 해당파일은 자료 재분류 작업을 처음부터 재 실시하여 데이터 누락을 최소화 하였다. 재분류된 기상데이터 중 TMAX와 TMIN의 위치가 역전된 데이터가 존재하였으며, PRCP에서 -9999값으로 되어있는 경우도 있었다. 이런 현상의 원인은 시간에 의해 기온이 입력된 상태로 보이고, PRCP는 강수량이 없을 경우가 발생하여 -9999의 값을 0값으로 보정해주어야 한다. 최종적으로 생성된 파일은 111개 .xlsx파일로 구성되었고, 기상청 산하 111개 지점에 일일최대·최소기온, 일일평균기온, 일일강수량 값이 연별 파일로 지정되었으며, 필터를 이용하면 지역별 일별 순으로 데이터를 뽑아낼 수 있다.

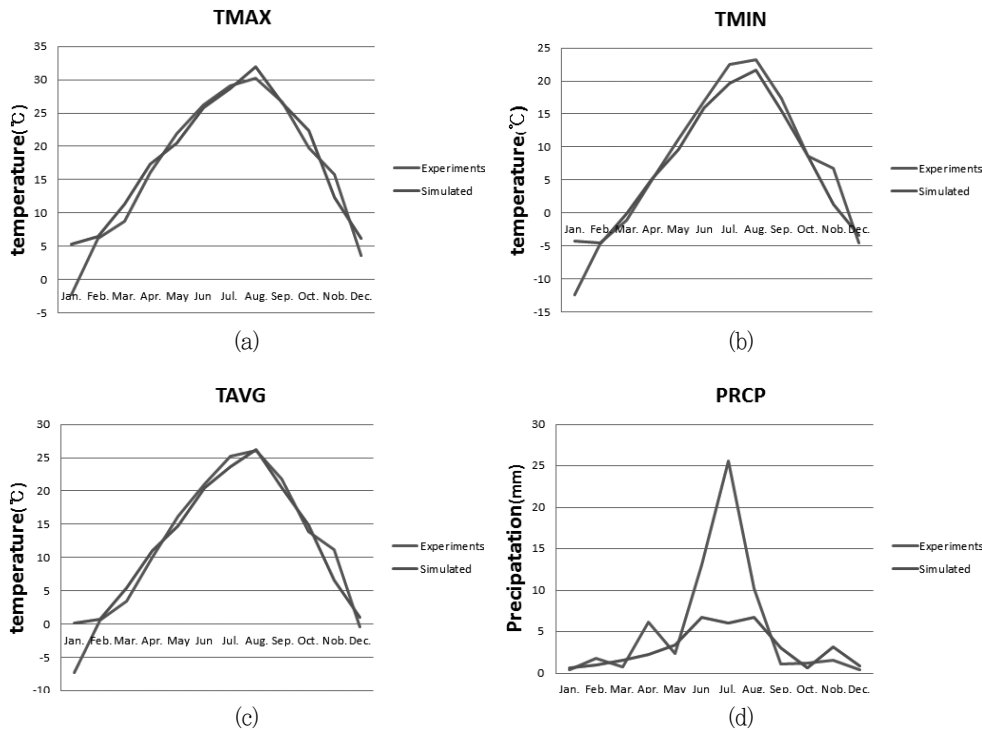


Fig. 4 Comparison of actual weather data and weather forecast data

III. 결과 및 고찰

추출한 기상자료를 이용하여 식량작물 생산량을 측정하는데 사용가능한지 여부를 알아보기 위해 특정지점 (수원)을 대상으로 실제 기상자료와 비교를 해보았다. 그리고 30년씩 (2011~2040, 2041~2070, 2071~2099) 평균데이터를 나눈 중간 값 (2025a, 2055a, 2085a)과 이와 같은 연별 시뮬레이션 자료를 준비하여 우리나라 각 도별 8개 특정지점 (광주, 대구, 대전, 부산, 수원, 원주, 전주, 청주)을 대상으로 최대최소기온, 평균기온, 강수량 값을 비교분석하였다.

1. 실제 기상자료와 신 기상예측자료의 비교

예측기상자료는 미래 기후에 대한 예측이기 때문에 정확한 값이 나오는 경우는 불가능하나, 실제 데이터와 비슷한 추세로 변화하고 있음은 예측이 가능하다.

이를 위해 111개 주요지점에 대하여 기상청의 협조를 받아 1980년도부터의 자료를 구축하였다. 신 기상자료가 앞으로 생산량변화 예측에 이용될 수 있는지를 알아보기 위해 특정지점인 수원지역을 대상으로 2011년 실제기상자료와 신 기후변화 기상시뮬레이션자료를 비교하였다.

Fig. 4에서 과거 실제 기상자료는 Experiments 그래프, 신 기후변화 시뮬레이션 자료는 Simulated 그래프로 나타내어 비교하

Table 2 The result of experiments data and Simulation data T test

Content	Type	N	Descriptive analysis		T-test		
			Mean	Std. Deviation	t	Sig. (2-tailed)	95 % Confidence interval of the difference
TMAX	exp.	12	16.83	10.72	-0.26	0.794	(-0.64, 7.46)
	sim.		17.92	9.44			
TMIN	exp.		7.43	11.43	0.07	0.941	(-8.57, 9.20)
	sim.		7.11	9.47			
TAVG	exp.		11.84	10.90	-0.08	0.941	(-8.90, 8.28)
	sim.		12.15	9.35			
PRCP	exp.		5.38	7.60	1.046	0.307	(-2.35, 7.16)
	sim.		2.98	2.31			

였더니 최대·최소기온, 평균기온 (a, b, c)에서는 근소한 차이로 비슷한 곡선을 그리며 그래프를 보여주었으나, 강수량 (d)에서는 갑작스런 기상변화에 대해 예측이 불가능하여, 시뮬레이션 자료에 대한 신뢰도를 확인해보고자 독립표본 T검정을 통해 두 자료의 유의확률을 비교해보았다.

Table 2에서와 같이 각 자료별로 Type을 설정하였고 T검정에서 양쪽유의확률을 보면 (Sig.) 가장 유의한 차이가 있는 자료는 강수량 (PRCP)임을 확인할 수 있었다. 95 % 신뢰수준에서는

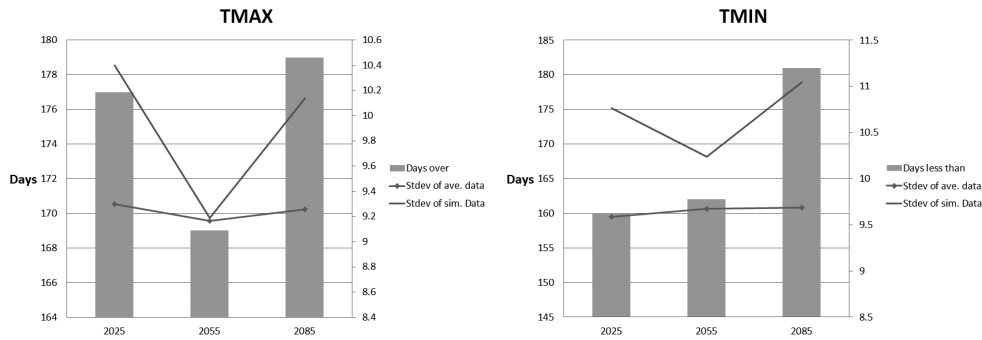


Fig. 5 Comparison of temperature deviation in Suwon

실제 기상자료의 강우량이 신 기후변화 시뮬레이션 강우량 자료보다 작게는 2.35, 많게는 7.16 정도 높았으나, 두 집단 간의 차이가 있다는 가설을 기각할 수 있었다. 이를 통해 자료의 유사성을 확인할 수 있어, 신 기후 기상시뮬레이션 자료를 이용한 식량작물 생산예측이 가능한 것으로 판단된다.

2. 일일 최대 최소기온 (TMAX, TMIN)

이상기온의 출현일수 변화를 추정하기 위하여 수원에 대하여 최대기온과 최소기온자료에 대해 2011년부터 2099년까지 30년씩 평균을 낸 평년데이터와 기준년도 연별 시뮬레이션자료를 비교하여 최대기온그래프와 최소기온그래프로 나타내었다. 그 결과 해당년도의 TMAX가 평년자료의 TMAX보다 높아지는 일수가 2025년에는 177일, 2055년 169일, 2085년 179일로 나타났고, 각각의 표준편차를 계산해 본 결과 평년자료에 비해 해당년도의 자료가 높아 이상기온의 출현가능성이 높은 것으로 나타났다 (Fig. 5).

우리나라 각 도별 8개 지점을 대상으로 최대기온과 최소기온 자료에 대해 2011년부터 2099년까지 30년씩 평균을 낸 평년자료와 기준년도 연별 시뮬레이션자료를 비교하여 최대기온그래프와 최소기온그래프로 나타내었다.

최대기온그래프 (Fig. 6)는 지역별 평균자료와 연별 시뮬레이션 자료를 비교하여 평년자료보다 높은 기온이 나타난 날을 측정해 막대그래프로 나타내었고, 편차 값을 측정해 선 그래프로 표시하였다. 광주와 대구지역은 2055년도에 최대기온이 평년자료 값보다 높았던 날이 많았으며, 편차 값도 평균보다 낮게 나타나면서 두 지역에서는 2055년도에 평균이상기온이 발생할 확률이 높음을 확인할 수 있었다. 대전지역은 광주와 대구지역처럼 2055년도에 편차 값이 평균보다는 적으나, 2025년도에 평년자료 이상 일수가 많았고, 부산지역은 3개년도 평균적으로 약 170여일 정도에 평년자료 이상기온이 나타났다. 수원지역은 광주, 대구지역과는 정반대로 2055년에 평년자료이상일이 상대적으로 적으며,

부산과 비슷하게 2055년에 편차 값이 시뮬레이션자료와 비슷하였다. 원주, 전주, 청주에서는 30년 평균편차 값이 시뮬레이션 값보다 대체적으로 적게 나왔으며, 2085년 평년자료 이상일수가 타년도에 비해 적음을 알 수 있었다.

최소기온그래프 (Fig. 7)는 최대기온과 달리 시뮬레이션 값이 평균값보다 작은 날의 수를 막대그래프로 표현하고, 편차 값을 선 그래프로 나타내어 30년 평년자료와 연별 시뮬레이션 자료를 비교하였다.

편차 값은 부산을 제외한 7개 지역에 연별 시뮬레이션 값이 평년자료보다 높게 나타났고, 부산지역은 2055년도에 해당년도 값이 작게 나왔다. 평균값보다 작은 날의 수를 측정할 값에서는 대부분 평균보다 150여일 이상 차이를 보였다.

지역별 데이터를 비교하여 평년자료보다 최대기온이 높고 최소기온이 낮은 날의 수가 150여일 이상 차이가 있음을 미뤄볼 때, 평년자료보다 연별 시뮬레이션 자료를 이용하는 것이 작물생산량을 측정하는데 좀 더 정확한 값을 나타낼 것으로 보인다.

2. 일 평균기온 (TAVG)

일 평균기온자료와 식량작물 중 벼의 적산온도 (2,500 °C) 값을 적용하여, 작물이 자라는데 필요한 기간 동안 적산온도에 30년 평년자료와 연별 시뮬레이션 자료를 비교하여 그래프로 나타내고자 하였다. 그래프는 평년자료 그래프와 연별 시뮬레이션 그래프로 나타내었고, 벼의 생산과정에 맞춰 5월부터 10월까지에 월별 적산온도 양을 누적하여 비교하였다 (Table 3).

그래프는 모두 고르게 누적되어 올라감을 알 수 있으나, 평년자료와 연별 시뮬레이션에 그래프를 비교하였을 때 2055년에서 연별 시뮬레이션에 누적량이 평년 누적량보다 약 1,000 °C 정도 낮음을 확인할 수 있었고, 2085년에는 약 500 °C 정도 높아짐을 알 수 있었다.

평년자료 그래프를 이용하였을 경우 (Fig. 8) 4월부터 벼의 생산이 시작되면 8개 지역 모두 2모작이 가능할 정도로 누적량이

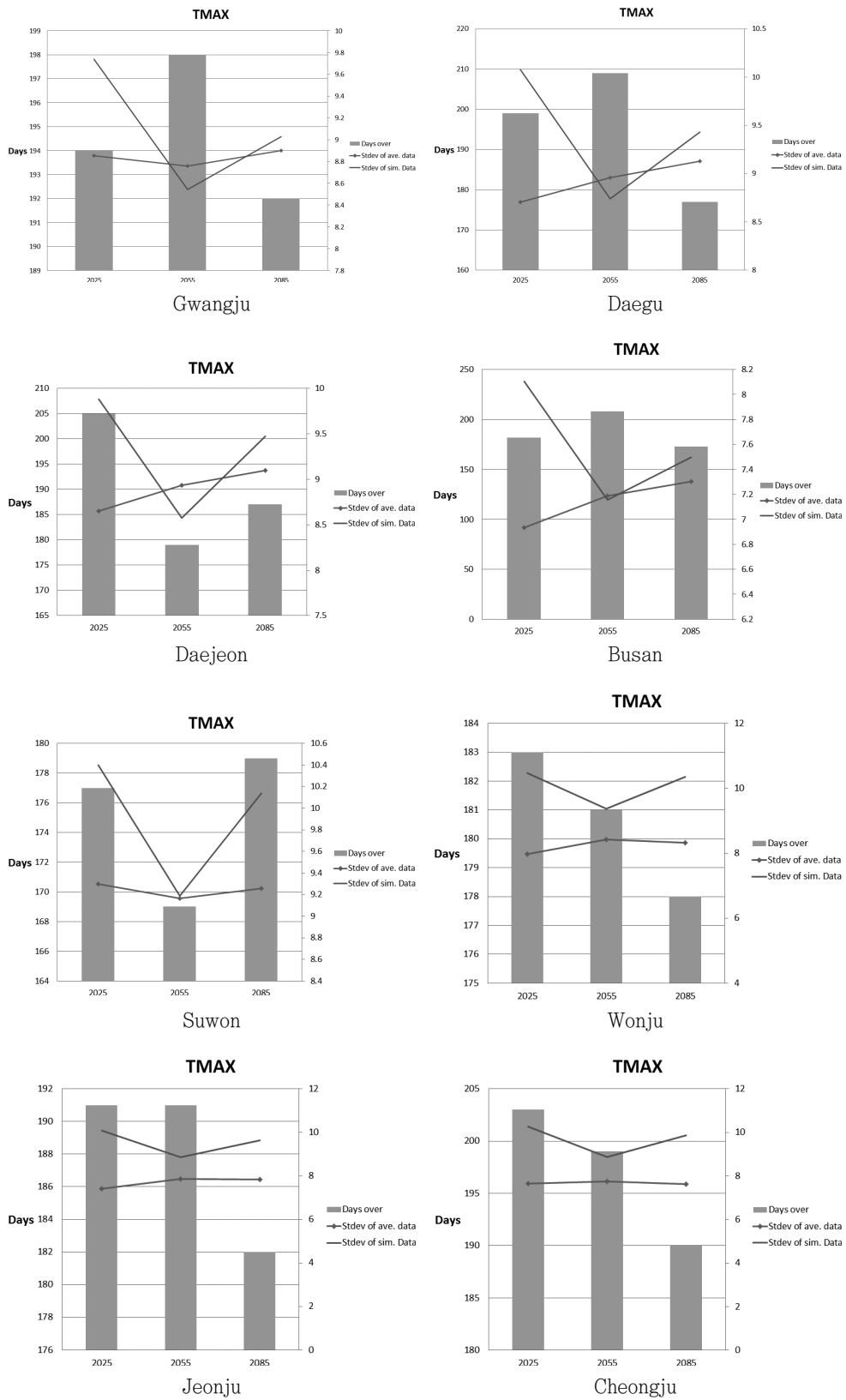


Fig. 6 Maximum temperature deviation

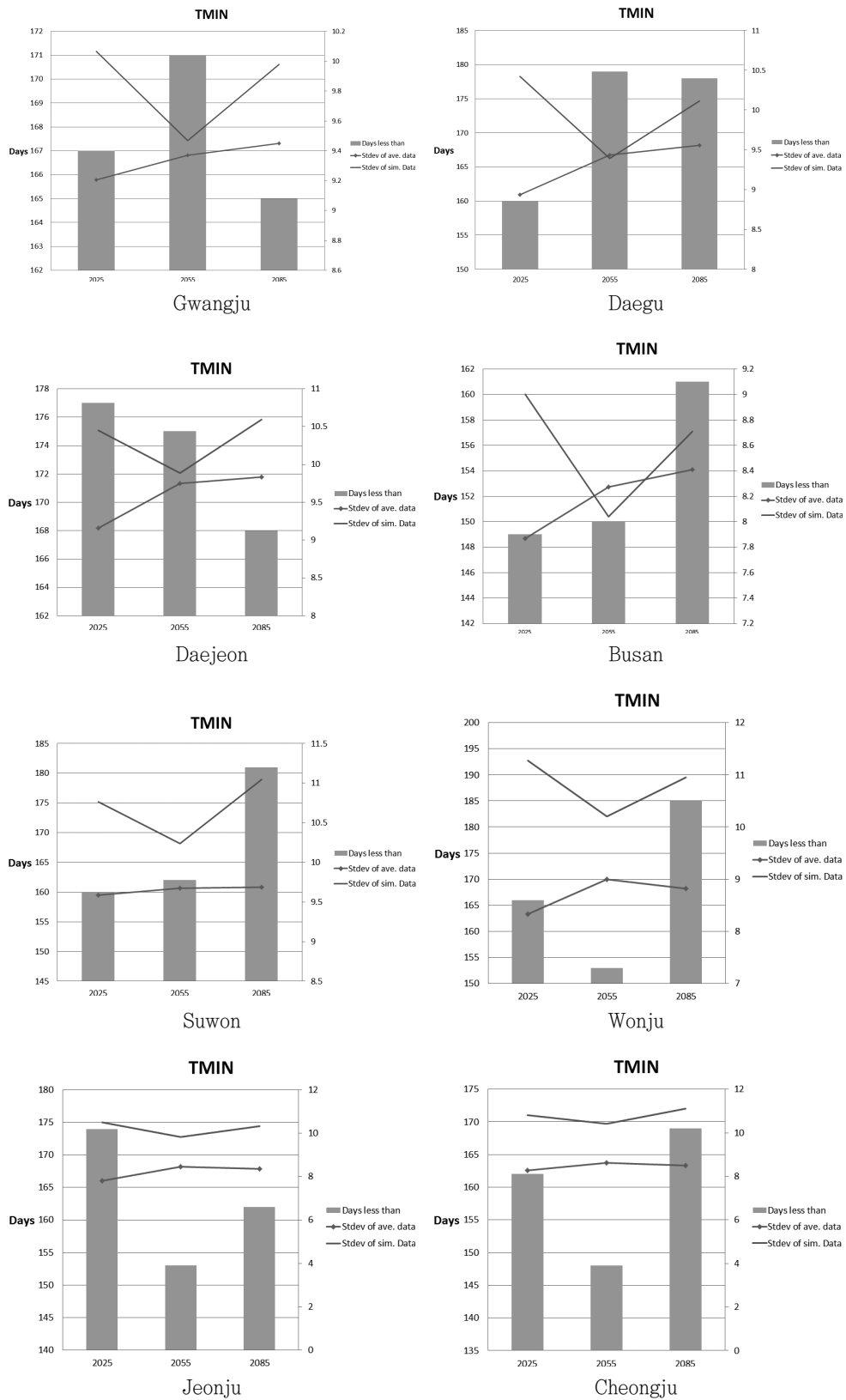
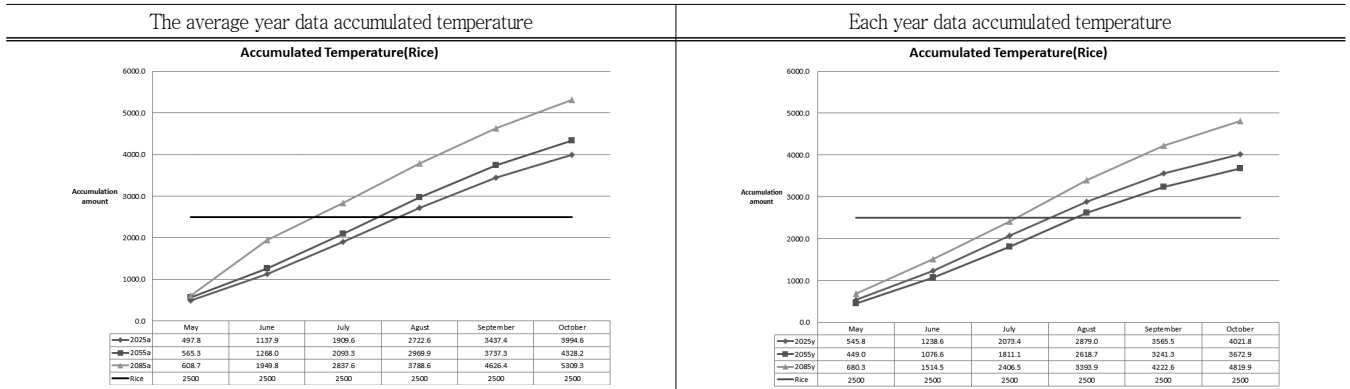


Fig. 7 Minimum temperature deviation

Table 3 Accumulated temperature estimated using the average & year temperature in Suwon



높게 나왔고 지역별 차이는 별로 없어보였으나, 연별 시물레이션자료를 이용할 경우에는 광주, 대구, 부산, 전주 등에 남부지방에서 2085년에만 2모작이 가능하고 나머지 지역에서는 무리하게 2모작을 하는 것보다 전과 같이 작물생산을 하면 될 것으로 보인다. 이와 같이 작물생산량을 예측하기 위해 평년자료보다 연별 시물레이션자료를 이용하는 것이 더 정확하고 정밀할 것으로 판단된다.

4. 일별강수량 (PRCP)

강수량 데이터는 홍수 및 가뭄에 따른 농업생산기반 취약성 평가를 위해 홍수일수는 일일강수량이 80 mm 이상인 날을 추출하고, 비가 내리지 않는 무 강우일수를 추출 (Kim, 2012)하여 평년값과 연별 시물레이션 자료를 비교해보고자 하였으나, 평년자료에서는 홍수일수와 무 강우일수를 확인할 수 없어 연별 시물레이션 자료만을 이용하여 홍수일수는 막대그래프로, 무 강우일수는 선 그래프로 나타내었다 (Fig. 9).

각 지역별 홍수일수는 부산에서 2025년, 수원에서 2085년에 4일이 최대이며, 2025년 광주와 대구, 2055년 원주, 2085년 청주에는 80 mm 이상에 강우량을 볼 수 없었다. 하지만 강우빈도가 작음으로 인해 강우사상시 100 mm 이상에 폭우가 예측되었다. 오히려 무 강우일수는 8개 지점 모두 159여일 이상 비가 오지 않는 현상이 이어지며, 광주, 대구, 전주를 제외한 나머지 5개 지역은 꾸준히 무 강우일수가 높아지는 것으로 보아 앞으로 물 가뭄현상은 심각해질 것으로 예상되며, 식량작물 생산에 필요한 물 저장 저류시설이 꼭 필요할 것으로 보인다. 그러나 예측자료이기 때문에 실제로 가뭄이나 홍수가 일어나거나, 자연에 의해 생겨난 자연재해 및 병충해 피해관련해서는 이 자료를 통해 확인할 수는 없었다. 따라서 작물생산에 필요한 물 공급에 관련해서도 평년자료보다는 연별 시물레이션 자료를 이용하는 것이 더 효과적으로 작용할 것으로 보인다.

IV. 요약 및 결과

기후변화에 따른 농업분야 영향을 예측하기 위하여 시나리오에 따른 연별, 지점별로 정확한 기상자료의 구축이 중요하다. 본 연구에서는 기후변화에 따른 농업재해예측에 필요한 자료구축을 위하여 기상청에서 신 기후변화 시나리오에 따라 1 km 단위로 생성된 자료를 바탕으로 농촌진흥청에서 선정한 111개 농업주요지점을 대상으로 기상자료의 추출 및 재분류 작업을 진행하였고, 과거 기상자료 및 평년자료와의 비교를 통해 구축된 자료를 검증하였으며, 이를 분석하여 도별 8개 특정 지점을 대상으로 이상고온 및 저온의 출현, 적산온도의 변화과악, 홍수 및 무 강우일수 분석 등의 활용가능성을 파악하였다. 주요결과는 다음과 같다.

1. 수원을 대상으로 신 기후변화 시나리오에 따라 구축된 농업 기상자료를 계측자료와 비교해 본 결과 홍수 등 특이사상에 대한 편차를 나타내고 있었으나, 전체적으로 유사한 경향을 보임을 확인할 수 있었다. 또한, 시물레이션자료의 30년 평년자료를 비교한 결과 연별 생성자료의 신뢰성을 확인할 수 있었다.
2. 2025년, 2055년, 2085년 평년자료와 해당년도 자료를 비교해 본 결과 평년자료보다 이상고온, 이상저온의 출현일수와 편차 값 변화를 이용하여 농업재해 예측의 자료로 활용될 수 있음을 확인할 수 있었다.
3. 일 평균기온의 변화를 바탕으로 적산온도를 추정함으로써 평년자료를 이용한 생산량 변화보다 연도별 생산량 변동가능성을 정확하게 예측할 수 있었으며, 시기별 지역적으로 이모작이 가능한 곳을 추정할 수 있었다.
4. 2025년, 2055년, 2085년 일별강수량자료를 분석한 결과 평년자료는 홍수 및 무 강우일수를 추정할 수 없는데 반하여, 연별 시물레이션자료는 주요지점별 이를 추정할 수 있어 시기별 지역별로 강수로 인한 농업재해의 가능성을 예측할 수 있었다.

본 연구에서는 농업재해 예측을 위한 신 기후변화 시나리오에 따른 기상자료를 구축하였으며, 자료의 신뢰성 및 응용가능성을

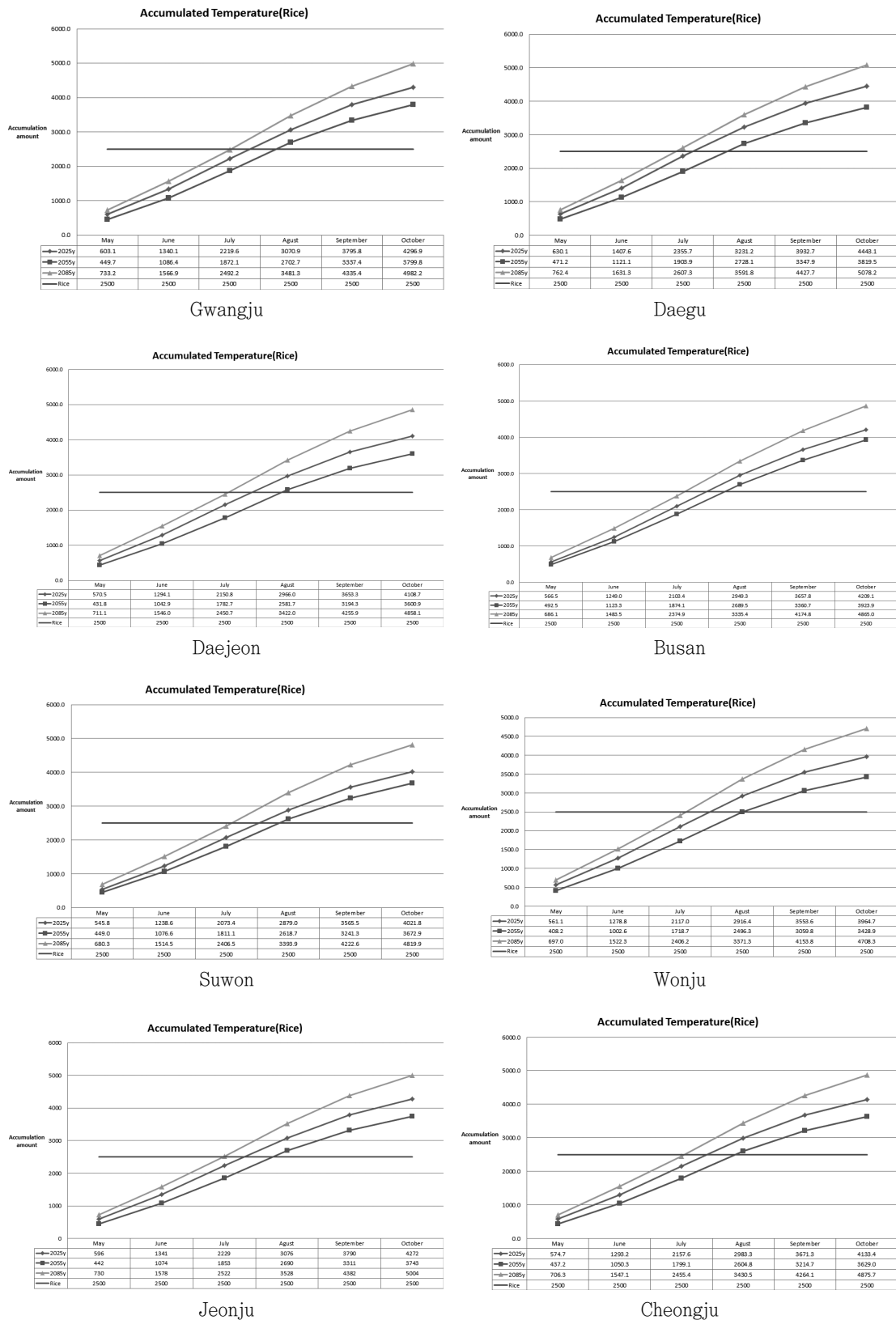


Fig. 8 Accumulated temperature estimated using the simulation temperature

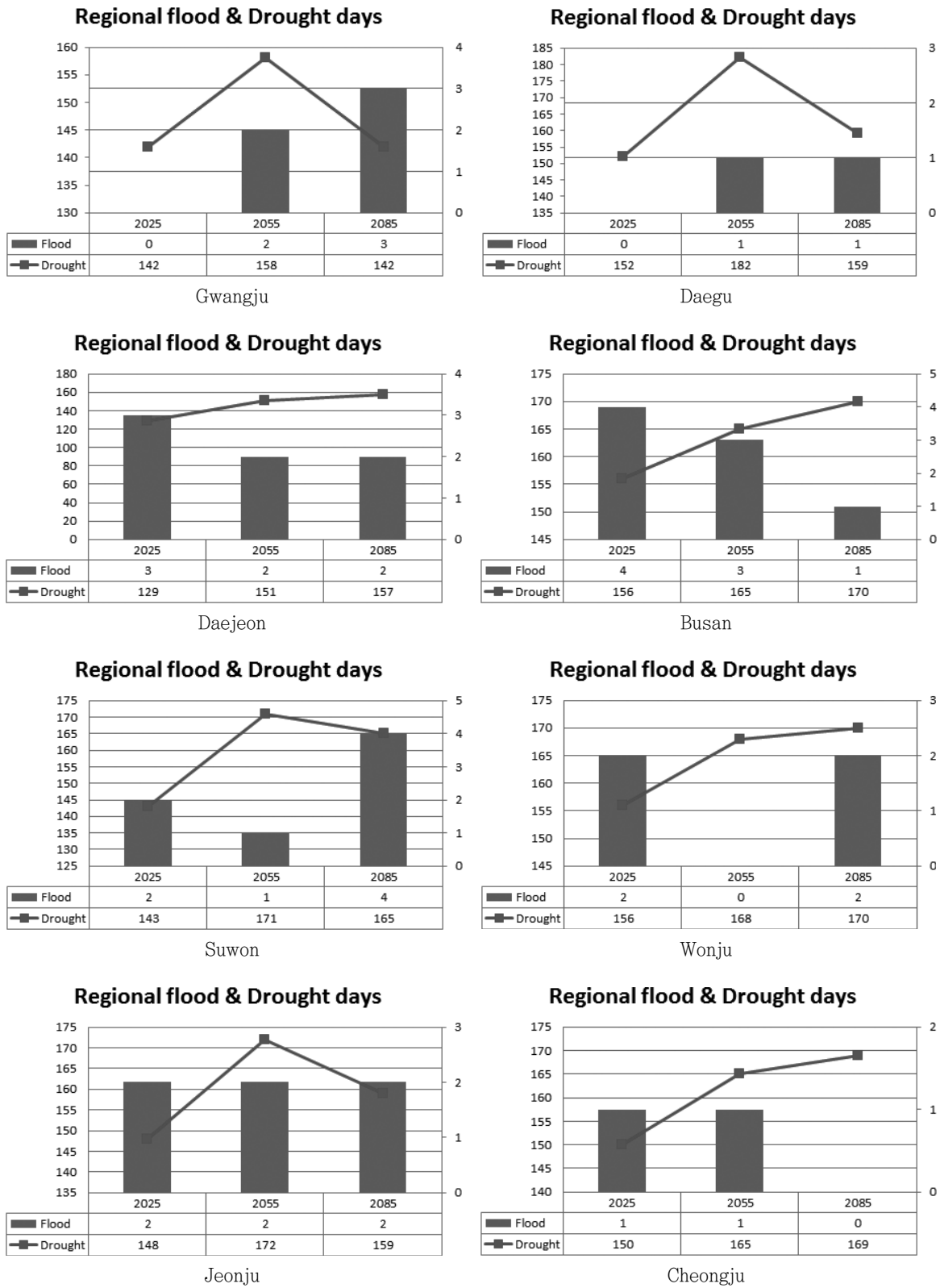


Fig. 9 Regional flood and drought days

검토하였다. 향후 구축된 자료를 바탕으로 생산량변화 및 재해예측 등 다양한 연구가 수행된다면 결과의 활용성을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 농촌진흥청 연구과제인 ‘신 기후변화 시나리오에 따른 식량작물 환경적응 평가 및 적응지도 구축’ 연구비 지원으로 수행 되었습니다.

REFERENCES

1. Ahn, J. S., Y. W. Lee, and K. H. Park, 2006. An ESDA tool for time-series spatial association. *The Journal of GIS Association of Korea* 4(1): 163-176 (in Korean).
2. Chung, U. R., H. C. Seo, and J. I. Yun, 2003. Air temperature variation affected by site elevation in Hilly orchards. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 5(1): 43-47 (in Korean).
3. Chung, U. R., K. S. Cho, and B. W. Lee, 2006. Evaluation of site-specific potential for rice production in Korea under the changing climate. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 8(4): 229-241 (in Korean).
4. Hong, E. M., J. Y. Choi, S. H. Lee, S. H. Yoo, and M. S. Kang, 2009. Estimation of paddy rice evapotranspiration considering climate change using LARS-WG. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 51(3): 25-35 (in Korean).
5. Sikder, I. U., 2009. Knowledge-based spatial decision support systems: An assessment of environmental adaptability of crops. *Expert Systems with Applications* 36: 5341-5347.
6. Jang, D. H., and W. T. Kwon, 2007. Analyses of the changes in the optimum ripening periods of the rice plant according to the temperature changes in the Jeonnam's East-coast region. *Journal of Climate Research* 2(1): 3-13 (in Korean).
7. Jeong, H. S., C. H. Seong, T. I. Jang, K. W. Jung, M. S. Kang, and S. W. Park, 2011. Effects of reclaimed wastewater irrigation of paddy rice yields and fertilizer reduction using the DSSAT model. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 53(4): 67-74 (in Korean).
8. Jung, N. S., D. H. Jang, and S. H. Lee, 2009. Research on an upland indicator plant for vulnerability assessment of climate change. *The Association of Korean Photo-Geographers* 19(4): 81-93 (in Korean).
9. Kim, J. Y., S. W. Han, H. D. Kim, and Y. H. Kim, 2002. Using spatial data and crop growth modeling to predict performance of South Korean rice varieties grown in western coastal plains in North Korea II. Genetic coefficients of South Korean cultivars for CERES-Rice. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 4(4): 224-236 (in Korean).
10. Kim, S. J., T. Y. Park, S. M. Kim, and S. M. Kim, 2012. The proxy variables selection of vulnerability assessment for agricultural infrastructure according to climate change. *Journal of the Korean Committee of Irrigation and Drainage* 18(2): 33-42 (in Korean).
11. Korea Meteorological Administration, 2012. Case studies to understand and take advantage of climate change scenarios (in Korean).
12. Lee, C. K., K. S. Kwak, J. H. Kim, J. Y. Son, and W. H. Yang, 2011. Impacts of climate change and follow-up cropping season shift on growing period and temperature in different rice maturity types. *Korean J. Crop sci* 56(3): 233-243 (in Korean).
13. Neeraj Kumar, p. T., and R. K. Pal, 2010. Simulation modeling of growth parameters for rice genotypes at different nitrogen level and different dates of transplanting using CERES 3.5v for Eastern Uttar Pradesh. *Indian J. Agric. Res.* 44(1): 20-25.
14. Park, H. K., W. Y. Choi, K. Y. Kim, B. I. Ku, Y. D. Kim, C. K. Kim, and J. K. Ko, 2008. Forecasting optimum heading date and yield of rice depending on weather condition. *The Korean Society of International Agriculture* 20(4): 320-330 (in Korean).
15. Grabski, S. V., and D. Mendez, 1998. Implementation of a knowledge-based agricultural geographic decision-support system in the Dominican Republic: a case study. *Information Technology & People* 11(3): 174-193.
16. Seo, H. C., S. K. Kim, Y. S. Lee, and Y. C. Cho, 2006. Geographical shift of quality soybean production area in northern Gyeonggi province by year 2100. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 8(4):

- 242-249 (in Korean).
17. Shim, K. M., J. T. Lee, Y. S. Lee, and G. Y. Kim, 2003. Traits of Agro-meteorological disasters in 20th century Korea. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 5(4): 255-260 (in Korean).
 18. Shim, K. M., G. Y. Kim, K. A. Roh, G. C. Jeong, and D. B. Lee, 2008. Evaluation of Agro-climatic indices under climate change. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 10(4): 113-120 (in Korean).
 19. Shim, K. M., S. H. Min, D. B. Lee, G. Y. Kim, H. C. Jeong, S. B. Lee, and K. K. Kang, 2011. Simulation of the effects of the A1B climate change scenario on the potential yield of winter naked barley in Korea. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 13(4): 192-203 (in Korean).
 20. Yoo, G. Y., J. E. Kim, 2007. Development of a methodology assessing rice production vulnerabilities to climate change. *Korea Environment Institute*: 1-84 (in Korean).
 21. Yoon, J. S., N. S. Jung, and D. H. Jang, 2007. An analysis of determinants of apple farm income in Yesan-Gun for climate change. *Journal of Agriculture & Life Science* 41(4): 73-78 and *Drainage* 18(2): 33-42 (in Korean).
 22. Yun, J. I., J. Y. Choi, Y. K. Yoon, and U. R. Chung, 2000. A spatial interpolation model for daily minimum temperature over mountainous regions. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 2(4): 175-182 (in Korean).
 23. Yun, J. I., 2004. Visualization of local climates based in geospatial climatology. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 6(4): 272-289 (in Korean).
 24. Yun, J. I., 2006. Climate change impact on the flowering season of japanese cherry (*Prunus serrulata* var. *spontanea*) in Korea during 1941-2100. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 8(2): 68-76 (in Korean).