



## Estmation of Agricultural Temperature Variation by the New Climate Change Scenario using TEMCF

Jin-Hwan Joo<sup>1</sup>, Woo-Seok Chang<sup>2</sup>, Won Lee<sup>1</sup>, Chang-Beom Lee<sup>1</sup>, Nam-Su Jung<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Regional Construction Engineering, Kongju National University

<sup>2</sup>Chungcheongnamdo Rural Revitalization Support Center

### ABSTRACT

For analysis of climate change effects on agriculture, construction of precise agricultural meteorological data is important 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). In this study, we try to find single variable representing agricultural variances of maximum, minimum, and average temperature adapting TEMCF(coeffcient to adjust daylight average temperature). For verifying suggested variable, we calculated TEMCF using temperature data from 2011 to 2099 in Suwon. Results of analyzing average data show that maximum, minimum, and average temperature data are increased continuously but TEMCF has not regular change. Results of analyzing standard deviation data show that maximum, minimum, and average temperature can not represent nominal variance but TEMCF can represent nominal variance in 2042, 2059, 2074, and 2084. We can also represent agricultural temperature variance map using TEMCF.

© 2014 KKITS All rights reserved

**KEYWORDS** : New climate change scenario, IPCC, RCP8.5, TEMCF, Temperature data

**ARTICLE INFO**: Received 20 January 2014, Revised 11 February 2014, Accepted 14 February 2014.

### 1. 서론

신 기후변화에 따른 농업재해를 예측하기 위하여 기상청에서 제공받은 자료를 바탕으로 111개 주요 농업지점을 대상으로 일별최대기온(Tmax ; 이하 최대기온), 일별최저기온(Tmin ; 이하 최소기온), 일별평균기온(Tavg ; 이하 평균기온), 일별강수량(Prcp ; 이하 강수량) 등의 자료를 2011년에서 2099년까지 구축한 바 있다[1].

\*Corresponding author is with the Department of Regional Construction Engineering, Kongju National University,

E-mail addresses: ruralplan@kongju.ac.kr

구축된 농업기상자료를 바탕으로 물리적 모델을 통해 농업재해를 추정하기 위해서는 지역별, 품종별 작물생육모델이 개발되어 시뮬레이션 해 볼 수 있어야 하나, 아직까지 국내의 다양한 품종과 지역별 기상특성을 반영한 생육모델에 대한 연구가 부족하여 벼 등 일부 작물에 대한 생산량 변동 예측에 한정되어 적용되거나[2,3], 개화기 등 작물의 생육에 민감하게 작용하는 시기의 기온변동성을 통해 재해 가능성을 예측하는 정도에 머무르고 있다[4].

Choi[5]는 기후변화가 농작물 생산에 미치는 효과를 통계적으로 분석하기 위하여 기온변동량과 강수변동량을 기온변동성변수로 설정하여 지역별 농업생산량과의 관계를 분석한 바 있다. 농업기상 중 강수량의 경우 단일변수로 파악이 가능하나, 기온의 경우 최대기온, 최저기온, 평균기온 등 세 가지 변수를 모두 살펴봐야 하므로, Shim[6]의 연구에서처럼 농업기온지대별 시기별 변수별 변동량을 모두 제공하고 사용자가 이를 조합하여 해석할 수 밖에 없는 한계를 가지고 있다.

Kwak[7]은 서울 등 대도시에 대해 과거 89년 자료를 사용하여 8개의 기온변수들의 변동성과 그 연관성을 분석하기 위하여 시계열분석 중 고유분광분석(Singular Spectrum analysis; SSA) 방법을 적용한 바 있다. Parton and Logan[8]은 최대, 최소 기온을 이용한 주간평균기온을 추정하기 위하여 지역별로 일조평균기온 보간계수(coefficient to adjust daylight average temperature ; TEMCF)를 산정할 것을 제안하였고, Roger[9]는 미기온시뮬레이션모델을 개발하는 과정에서 이 개념을 차용하여 일사량을 추정하였다.

본 연구에서는 TEMCF를 활용하여 구축된 최대 기온, 최소기온, 평균기온 등 농업기온 자료를 단일변수로 전환할 수 있는지를 살펴보기 위하여 수원지역을 대상으로 세 변수의 변동성과 TEMCF에 의해 추정된 농업기온변동성과의 관계를 시계열분

석으로 살펴보고 이를 109개 지점에 적용하여 연도별 변동성의 차이를 파악하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 구축자료

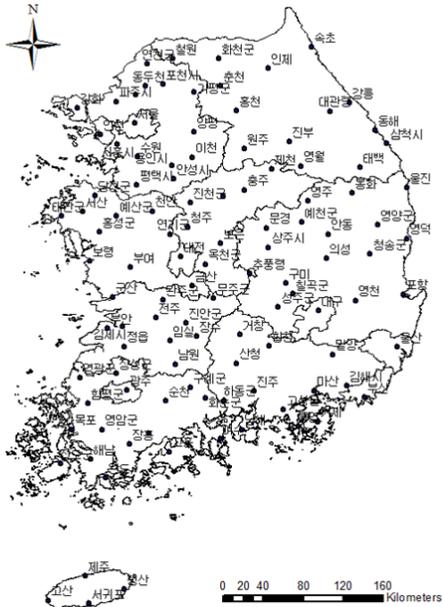
Joo[1]는 농업기상자료 구축을 위하여 신 기후변화 시나리오 RCP8.5에 해당하는 2011년부터 2099년까지의 시뮬레이션 자료를 기상청에 요청하여 ESR ASCII GRID파일 형식으로 제공받았다. 제공받은 파일은 \*.esr형식에 대응량으로 압축되어 있으며, 압축을 해제하면 연도별 폴더가 구성되어있고, 각각의 폴더에 최대기온, 최소기온, 평균기온, 강수량 등 4×365개의 파일이 존재 했으며, 이는 우리나라 전 지역을 1km 격자로 구분하여 생성된 값이 정리되어 있었다. 기상청 산하 기상대와 관측소(제주도 포함 섬 제외)를 포함하여 농촌진흥청에서 선정한 111개 농업주요지점을 대상으로 위치정보입력 및 기상자료의 추출을 통해 해당지점 기상자료를 구축하였다.

### 2.2 TEMCF를 활용한 농업기온변동성 추정 방법

Parton and Logan[8]은 최대, 최소기온을 이용한 주간평균기온을 추정하기 위하여, 지역별로 TEMCF를 산정하는 방법을 제안하였다. 이는 주간 기온의 변화가 sin함수의 형태를 따라간다는 가정을 바탕으로 식 1과 같이 산정될 수 있다.

$$T_{avg} = TEMCF \times (T_{max} - T_{mean}) + T_{mean} \quad (1)$$

표 1 기상청 산하 111개 주요지점 X, Y좌표  
Table 1 Meteorological Agency under 111 points X, Y coordinates [1]

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	

where,  $T_{avg}$  = weighted average daylight air temperature

$$T_{mean} = \text{arithmetic mean}(T_{max} - T_{mean}) \div 2$$

TEMCF = coefficient to adjust daylight average temperature

본 연구에서는 일기온의 분포가 sin함수를 따른다는 가정 하에 식 1을 역으로 차용하여 TEMCF를 최대기온, 최소기온, 평균기온의 변화를 포괄할 수 있는 농업기온변수로 식 2와 같이 활용하고자 한다.

$$TEMCF = \frac{2T_{avg} - (T_{max} + T_{min})}{T_{max} - T_{min}}$$

(2)

여기서 산정된 변수의 표준편차를 이용하여 시·별 지역별 최고기온, 최저기온, 평균기온의 변동성을 파악하고자 한다. 즉, 연중 개별기온이 일정하게 변화한다고 하면 TEMCF의 변화가 크지 않겠으나 세 가지 기온변수가 각기 다른 양상으로 변화한다고 하면 이를 조합해서 만들어지는 TEMCF의 표준편차가 커질 것으로 예상하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 특정지역(수원)에 대해 89개년 변동성 비교

특정지점(수원)에 대해 Excel프로그램에서 89개년

표 2 수원지역에 대한 변수  
Table 2 Releases by variable of Suwon

year	average				standard deviation			
	TMAX	TMIN	TAVG	TEMCF	TMAX	TMIN	TAVG	TEMCF
2011	17.55	7.94	12.48	-0.06	10.44	10.14	10.03	0.13
2012	18.37	8.58	13.25	-0.06	10.54	11.49	10.71	0.14
2013	16.79	7.21	11.74	-0.06	11.81	12.00	11.70	0.12
2014	17.58	8.81	12.92	-0.07	9.87	10.32	9.82	0.17
2015	17.84	8.98	13.17	-0.07	10.08	10.13	9.91	0.14
2016	17.83	8.93	13.10	-0.08	9.44	10.48	9.68	0.16
2017	17.53	8.83	12.93	-0.07	10.64	11.14	10.63	0.15
⋮								
2098	22.82	14.16	18.16	-0.08	10.70	11.20	10.69	0.14
2099	23.92	13.74	18.50	-0.08	10.57	10.96	10.43	0.13

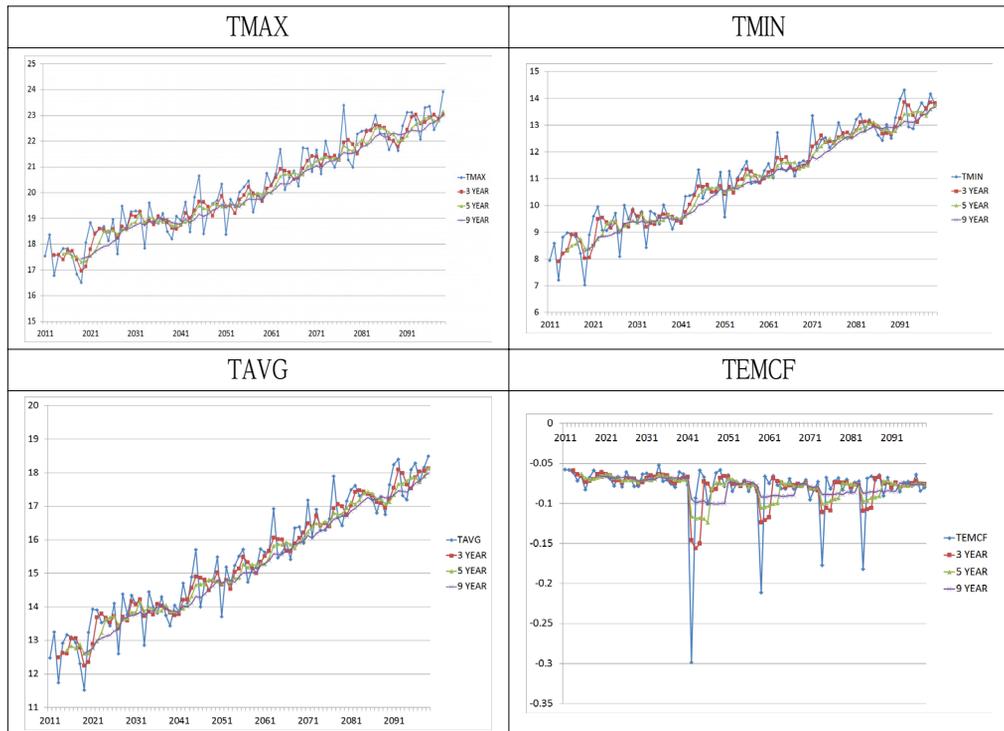


그림 1 수원지역 이동평균법 활용결과  
Figure 1 Method of moving averages of Suwon

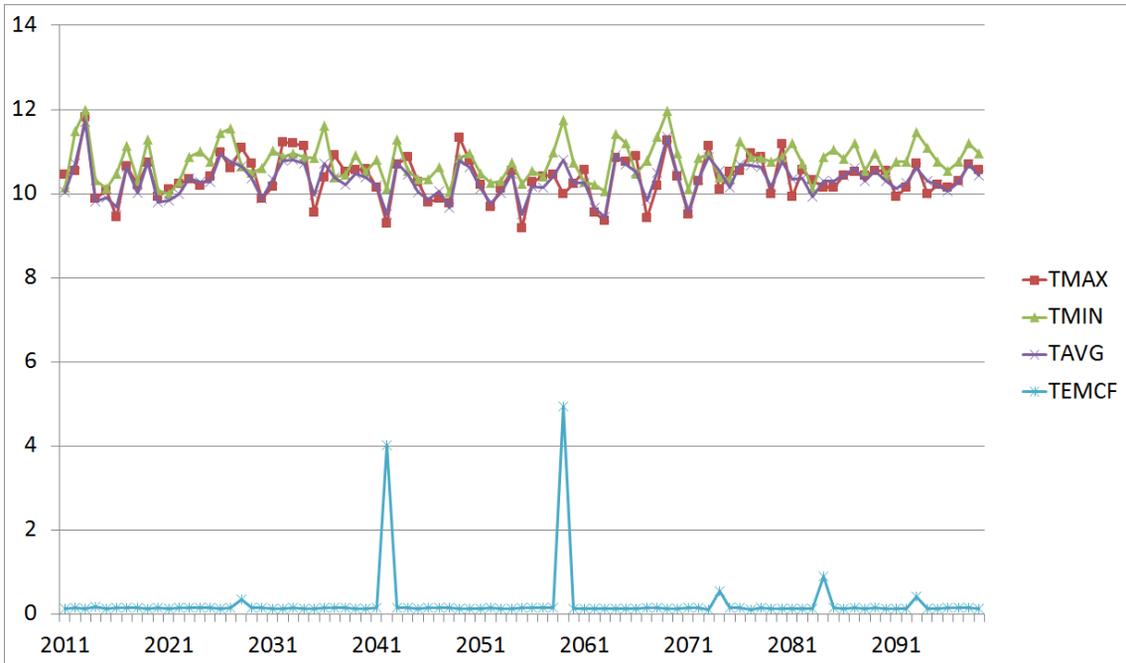


그림 2 수원지역 시계열분석 결과  
Figure 3 Time series analysis of Suwon

도(2011~2099년)를 각각의 변수별(최대기온, 최소기온, 평균기온, TEMCF)로 평균값과 표준편차를 구해 연도별로 나타내었다. 소수 둘째자리까지 표기하였으며, <표 2>와 같다.

연도별로 변수에 대한 평균과 표준편차를 이용하여 지점에 대한 시계열 분석을 실시하였다. <그림 1>의 그래프는 이동평균법을 이용하여 3개년, 5개년, 9개년 순으로 설정, 각각의 변수별로 나타낸 평균을 이용한 그래프이다. 그래프의 전체적인 양상은 3개의 기온변수에서는 2011년에서 2099년으로 갈수록 점차 올라가는 추세를 나타내고 있으며, 3개년에서 9개년으로 갈수록 그래프는 급격한 곡선보다 완만한 곡선으로 상승세를 보여주었다. 각각의 변수를 살펴보면, 최대기온에서는 17.5°C에서 시작하여 23.9°C까지 올라가며 6년씩 한 번의 주기처럼 기온이 오르고 내림을 보여주고 있고, 최소기

온에서는 7.9°C에서 시작하여 13.7°C까지 오르고, 주기의 변동성은 있지만, 약 8년을 주기로 오르내림을 보여주고 있었다. 이 결과를 확인하였을 때 최대기온 주기에 비해 최소기온의 주기가 긴 것을 확인할 수 있었다. 평균기온은 12.5°C에서 시작하여 18.5°C까지 오르며, 주기는 약 6년 주기로, 최대기온 주기와 비슷함을 확인할 수 있었다.

TEMCF의 경우, 다른 3개의 변수와는 다르게 점점 낮아짐을 확인 할 수 있었고, 그림과 같이 2042년, 2059년, 2074년, 2084년에 값이 다른 값에 비해 유독 튀는 값을 나타내어 <그림 2>와 같이 4개의 변수에 대해 표준편차를 비교하였다. 그 결과 최대기온과 평균기온 보다 최소기온의 기온변동성이 대체적으로 크게 나타났고, TEMCF의 경우 최대기온과 최소기온의 변동성이 거의 같거나 완전히 다를 경우 변동성이 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

다음과 같은 결과를 통해 우리는 기온변수와 TEMCF에 대해 상관분석을 실시하여, 변수 간의 종속성을 확인하고자 하였다. <표 3>과 같이 상관분석결과 최대기온, 최소기온, 평균기온은 각각의 변수의 대해 0.9이상의 상관성을 가지고 있으나, 3개의 변수를 산정하여 추출한 TEMCF는 최대기온 0.05, 최소기온 0.09, 평균기온 0.08의 값을 나타내고 있었다. 이는 독립적인 요소로 분석이 가능하다는 뜻이며, 기온변동성에 대한 영향을 추정할 수 있음을 알 수 있다. 또한, TEMCF는 기온변수 중 최대기온에 대해 영향을 많이 받고 있음을 이 표에서 알 수 있다.

표 3 상관관계 분석에 의한 변수  
Table 3 Variables by correlation analysis

	Tmax	Tmin	Tavg	TEMCF
Tmax	1	0.990396	0.997486	0.053196
Tmin	0.990396	1	0.997534	0.090739
Tavg	0.997486	0.997534	1	0.082949
TEMCF	0.053196	0.090739	0.082949	1
	0.891886	0.816411	0.831984	

\*\*  
Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

### 3.2 농업기온 변동성을 활용한 지역별 시계열적 비교 특징 파악

특정지점에 대한 TEMCF를 통해 기온변동성에 입증된 결과를 이용하여 111개 지점에서 제주지역 2개 지점(고산, 성산)을 제외한 109개 지점을 대상으로 하여, 지역에 대한 지역별 기온변동성

을 추정하기 위해 TEMCF계수를 식 3과 같이 Z값을 구하고, 추출한 각각 평균년도에 대한 Z값의 표준편차를 구한다. 여기서 구한 표준편차를 Arc Gis 프로그램에 공간분석을 통해 다음 <그림 3>과 같이 연도별로 지역별 기온변동성을 나타내었다.

$$Z = \left| \frac{TEMCF - TEMCF_{avg}}{TEMCF_{stdev}} \right| \tag{3}$$

Z값은 TEMCF의 값이 0보다 아래인 값이 나오게 되어 Z값 공식을 통해 모두 0보다 이상인 값을 만들고, 공간비교를 하고자 함이다.

기상청에서 제공받은 자료를 바탕으로 111개 주요 농업지점 중 2개 지점을 제외한 109개 지점에 대해 구한 값을 비교하였더니, 변동성이 가장 큰 값은 0.67이며, 가장 작은 값은 0.49가 나와 이를 기준으로 7등급으로 나누어 지역마다 평균연도별 기온변동성을 비교해 보았다. 기온변동성 폭이 큰 경우는 점점 빨간색으로 변하며, 폭이 작을 경우 초록색으로 변하게 된다. 109개 지점에 해당하지 않은 지역에 대해서는 짙은 초록색으로 표시하고 값은 0으로 표시하였다. 전체적인 그림은 점차 기온변동성이 커지는 것으로 보이며, 2015년과 2025년에는 내륙지방보다 해안지방의 기온변동성이 큰 것으로 나타났다. 2035년도에 들어서는 강원도와 경북지역을 중심으로 기온변동성이 크게 나타났으며, 점차 대부분의 지역에서 기온변동성이 크게 나타났다. 2055년과 2065년도에는 기온변동성 소강상태였다가, 2075년도에 최대 정점에 오르고 다시 주춤하는 양상을 보이고 있다. 조사 대상지 이외에 장소는 변함없이 짙은 초록색으로 표시되어 제외 대상지에 대한 정보는 확인할 수 없으나, 만약, 자료가 있을 경우, <그림 3>처럼 점차 빨간색으로 변하게 될 것을 예측할 수 있었다.

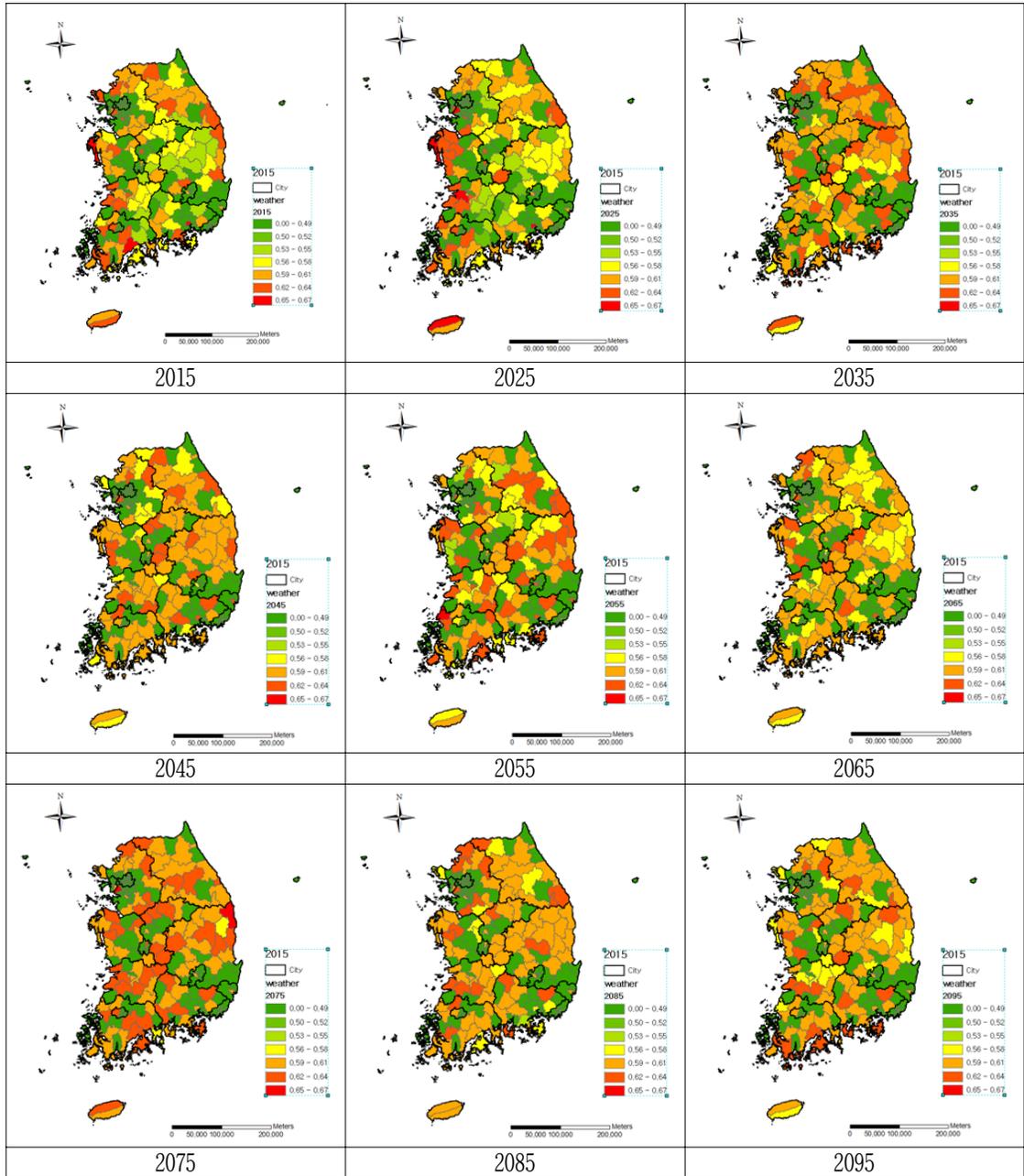


그림 3 지역별 연 평균기온 변화

Figure 4 Average annual temperature variability in the region of comparison

#### 4. 요약 및 결론

신 기후변화 시나리오를 적용한 신 기온예측자료와 TEMCF를 가지고 기온변동성에 대해 특정지점을 사례로 변동성추정을 설명하였다. 분석결과 3개의 기온변수에 대해 TEMCF계수는 독립적으로 작용하여 기온변동성 추정이 용이함을 확인하였고, 다른 계수에 비해 최대기온변수에 영향을 많이 받음을 확인할 수 있었다. 또한, 기상청에서 제공받은 111개 지점에서 제주지역의 2개의 지점을 제외한 109개 지점에 대해 기온변동성 추정 그래프를 사용한 결과 시기별로 대부분의 지역에서 절반이상이 기온변동성의 폭이 크지 않은 것에 비해 2085년도에 절반이상의 지역에서 기온변동성의 폭이 큰 것을 알 수 있었다.

각 지역별로 다양하게 나타난 결과를 통해 농업지역에 노지재배 등 농업기상예측자료를 이용해 기온변동성 추정이 가능해질 것으로 기대된다.

#### References

- [1] J. H. Joo, M. Ch. Seo, and N. S. Jung, *Construction of agricultural meteorological data by the new climate change scenario for forecasting agricultural disaster - For 111 agriculture major station -*, Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers, 55(6): pp. 87-99, 2013.
- [2] Ch. K. Lee, K. S. Kwak, J. H. Kim, J. Y. Son, and W. H. Yang, *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): pp. 233-243, 2011.
- [3] U. R. Chung, K. S. Cho, and B. W. Lee, *Evaluation of Site-specific potential for rice production in Korea under the changing climate*, Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology, 8(4): pp. 229-241, 2006.
- [4] Y. S. Lee, K. M. Shim, Y. K. Shin, and K. Y. Kim, *The vulnerability of fruit trees under climate change*, The Korean Society of Agricultural and Forest Meteorology. 3rd Conference on Agricultural and Forest Meteorology, No.2: PP. 93-97, 2005.
- [5] E.Y. Cho, *The effects of climate change on agricultural production*, Department of Economics Graduate School Sookmyung Women's University, 2008.
- [6] K. M. Shim, J. T. Lee, Y. S. Lee, and K. Y. Kim, *Traits of agro-meteorological disasters in 20th century Korea*, Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology, 5(4): pp. 255-260, 2003.
- [7] Ch.H. Kwak, H. S. Kim and M. K. Kim, *The variability and inter-relationship of climate variables in urban stations of Korea*, Jour. Korean Earth Science Society, 18(3): pp. 207-216, 1993.
- [8] W. J. Parton, and J. E. Logan, *A model for diurnal variation in soil and air temperature*. Agricultural Meteorology, V23: 205-216, 1981.
- [9] D. H. Roger, *MTCLIM: A mountain microclimate simulation model*, USDA Research Paper INT-414, 1989.

---

#### 일조평균기온 보간계수를 활용한 신 기후변화 시나리오에 따른 농업기온 변동성 추정

주진환<sup>1</sup>, 장우석<sup>2</sup>, 이원<sup>1</sup>, 이창범<sup>1</sup>, 정남수<sup>1</sup>

<sup>1</sup>공주대학교 농공학과 지역건설공학전공

<sup>2</sup>충청남도 농촌 활성화지원센터

---

## 요 약

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. 기후변화에 따른 식량작물의 영향을 고려하기 위해 기상관련에 기준이 되는 기상청 산하 주요지점에 대해 신 기후변화시나리오에 따른 농업재해에 예측 가능한 기상자료가 구축되어야 한다. IPCC 평가보고서 시나리오를 기준으로 평균 평년값을 이용해 출수기나 생산량의 추세적인 변화는 추정할 수 있으나, 기상이변과 같이 연도별로 발생할 수 있는 농업재해의 가능성을 고려할 수 없는 한계를 가지고 있다. 본 연구에서는 신 기후변화시나리오에 따른 주요지점별 농업용 재해예측 기상자료를 구축하기 위해 주요지점(11개 지점)을 설정하고, RCP8.5 기상데이터를 이용하여 주요지점에 대한 추출 및 재분류 작업을 거쳐, 연도별 일별자료를 생성, 이를 시계열적으로 분석하여 주요지점에 대한 특이기상의 출현여부를 파악하고자 한다. 연구를 통해 농업용 재해예측 기상자료와 30년 평년관측 자료가 아닌, 연도별 기상자료를 구축하여 농업에 자연재해 피해를 최소화하는데 기여할 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 2013년도 농촌진흥청 연구과제인 ‘신 기후변화 시나리오에 따른 식량작물 환경적응 평가 및 적응지도 구축’ 연구비 지원으로 수행되었습니다.



**Jin-Hwan Joo** received the bachelor's degree in the Department of Regional Construction Engineering from the Kongju National university in 2012. He receives the M.S. degree in the Department of Regional Construction Engineering from Kongju National University in 2014. His current research interests is rural planning. He is a associate member of the KKITS.

*E-mail address:* jooaa12@kongju.ac.kr



**Woo-Seok Chang** received the bachelor's degree in the Department of Regional Construction Engineering from the Kongju National University in 2008. He received the M.S. degree and the Ph.D. degree in the Department of Regional Construction Engineering from Kongju National University in 2010 and 2013 respectively. His current research interests include rural information, rural planning. He is a associate member of the KKITS.

*E-mail address:* wschang@kongju.ac.kr



**Won Lee** received the bachelor's degree in the Department of Regional Construction Engineering from the Kongju National university in 2013. He received the Master in the Department of Regional Construction Engineering From Kongju National University. His current research interests are rural planning. He is a associate member of the KKITS.

*E-mail address:* lw8009@kongju.ac.kr

**Chang-Beom Lee** receives the bachelor's



degree in the Department of Regional Construction Engineering from the Kongju National university in 2014. He is scheduled to M.S. admission in the Department of Regional Construction Engineering From Kongju National University in 2014. His current research interests are rural planning. He is a associate member of the KKITS.

*E-mail address:* ckdqja409@naver.com



**Nam-Su Jung** received the bachelor's degree in the Department of Agricultural Engineering from the Seoul National University in 1997. He received the M.S. degree and the Ph.D. degree in the Department of Agricultural Engineering from Seoul National University in 1999 and 2003, respectively. From 2005 to 2006, he was a researcher at Rural Resources Development Institute of RDA. He has been a professor in the Department of Regional Construction Engineering at Kongju National University since 2006. His current research interests include information engineering, rural resource, rural development, agricultural facility, systems engineering and rural planning. He is a associate member of the KKITS.

*E-mail address:* ruralplan@kongju.ac.kr