

## 고해상도 소기후모형을 이용한 국내 167개 시·군별 이상기상 발생빈도 자료

조세라<sup>1</sup>, 심교문<sup>1</sup>, 박주현<sup>2</sup>, 김용석<sup>1</sup>, 허지나<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>국립농업과학원 기후변화평가과, <sup>2</sup>주식회사 에피넷

(2020년 9월 7일 접수; 2020년 9월 22일 수정; 2020년 9월 24일 수락)

### Extreme Weather Frequency Data over 167 Si-gun of S. Korea with High-resolution Topo-climatology Model

Sera Jo<sup>1</sup>, Kyo Moon Shim<sup>1</sup>, Joo Hyeon Park<sup>2</sup>, Yong Seok Kim<sup>1</sup>, Jina Hur<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Climate Change Assessment Division, National Institute of Agricultural Sciences, 166, Nongsaeongmyeong-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun, Jeollabuk-do 55365, Republic of Korea

<sup>2</sup>R&D Center, EPINET Co., Ltd, 282, Hagui-ro, Dongan-gu, Anyang-si, Gyeonggi-do, Republic of Korea

(Received September 7, 2020; Revised September 22, 2020; Accepted September 24, 2020)

#### ABSTRACT

The weather conditions, such as temperature, precipitation, and sunshine duration, play one of the key roles in Agriculture. In particular, extreme weather events have crucial impacts on growth and yields of crops. This study estimates statistics of extreme weather events in 167 Si-gun over South Korea derived from high-resolution(30 and 270m) topo-climatology model for key three meteorological variables(temperature, precipitation and sunshine duration). It is shown that the characteristic of each extreme weather frequency in the topo-climatology model is in good agreement with observation from Korean Meteorological Administration's Automatic Surface Observing System. Moreover, it is possible to analyze the statistics of extreme weather more realistically because this data can cover the weather at not-observed regions. Hence, this data is expected to be used as baseline data for assessing vulnerability to extreme weather and politic decisions for damage reduction in agricultural sector.

**Key words:** Extreme weather, High-resolution climate data, Topo-climatology model

#### I. 배 경

한 지역의 기후(기온, 강수 등)는 농업생태계에 영향을 주는 주요한 요인 중 하나로, 특정 지역에서 재배 작물을 선택하고 작부체계를 구축하며, 재배기술을 최적화 시키는 등의 농업활동 전반에 영향을 미친다(Shim *et al.*, 2013; Yun, 1999). 따라서 그 지역의 평

균적인 기후에서 벗어나는 이상기상은 작물의 생육 및 작황에 많은 피해를 준다. 최근, 전 지구적 기후변화는 이상기상현상의 발생 및 강도를 증가시킬 것으로 전망되고 있다(Im *et al.*, 2015; Ahn *et al.*, 2016; Jo *et al.*, 2019). 그러므로 이에 대한 대응조치로 현재 기후에서의 이상기상 발생 빈도 및 변화 경향에 대한 정확한 정보가 필요하다. 현재, 장기간의 지상관측 기록을



\* Corresponding Author : Jina Hur  
(hjn586@korea.kr)

가진 관측소는 기상청의 ASOS (Automated Surface Observing System) 94개 지점뿐이며, ASOS 간의 평균 거리는 약 32km로 농업에서 필요로 하는 자료의 해상도로써는 낮은 편이다(KMA, 2018). 주요 행정 지역 단위인 167개 시·군을 기준으로 살펴보면 각 시·군당 1개 이하의 관측 지점을 가지므로 기상청의 종관 기상관측(ASOS) 자료만을 이용하여 이상기상을 분석하는 것에는 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해 지형 및 기후학적 특성을 고려한 소기후 모형이 관측되지 않는 지역의 기상을 고해상도로 재현하는 데 활용되고 있다(Kim *et al.*, 2019). 따라서, 본 연구에서는 소기후 모형으로부터 추정된 고해상도의 일별 기후 자료를 활용한 남한의 167개 시·군별 이상기상 발생 통계 자료를 분석 및 소개하고자 한다.

## II. 방 법

### 2.1. 과거기후 상세 기상 격자자료를 이용한 시·군별 기후정보

시·군별 이상기상을 추정하기 위해 사용한 기상자료는 1981-2019년까지 일별 기상청의 94개 종관 기상 관측에 기상 상세화 기술(소기후 모형)을 적용한 30m 및 270m 수평 해상도의 격자형 기후자료이다. 기온의 경우 기본적으로 역 거리 가중법을 활용하여 상세화한 후 해발고도, 일사효과, 도시 열섬 효과, 온난대 보정, 냉기류 보정 등을 통해 지형적 특징을 반영하여 생산되었다(Kim *et al.*, 2012). 강수자료는 지향 면, 해양도, 고도 등 다양한 요소의 영향을 반영하여 상세화하는

기술인 PRISM (Parameter-elevation Regression on Independent Slopes Model)을 이용해 추정되며(Kim and Yun, 2013) 일조시간 자료는 시간별 음영 기록도를 이용하여 추정하였다(Kim and Yun, 2016). 소기후 모형을 통해 추정된 기온의 수평 해상도는 30m이고, 강수와 일조시간의 수평 해상도는 270m이다. 본 연구에서는 이렇게 상세화된 30m 및 270m 해상도의 기상 자료를 활용하여 해당 시·군 영역 내의 격자들을 평균하여 총 167개 시·군에 대한 39년의 일별 기상 값을 생산하였다. 각 변수별로 적용된 상세화 방법 및 추정 값의 정확성에 관한 자세한 설명은 Hur *et al.*(2020)에 기술되어 있다.

### 2.2. 이상기상의 정의

본 자료는 작물의 생육과 생산성에 아주 밀접한 관련이 있는 기온, 강수량, 일조시간 3가지 기상요소를 활용하여 총 6가지 이상기상[고온(Hot day), 저온(Cold day), 다우(Wet day), 과우(Dry day), 다조(Bright day), 과조(Dim day)]의 발생 횟수를 167개 시·군별로 정리하였다. 기온과 일조시간의 이상기상은 표준편차 법을 이용하여 25년에 한번(상·하위 4%) 발생할 수 있는 강도의 이상기상을, 강수의 경우 퍼센타일 법을 이용하여 상·하위 5퍼센타일 범위를 벗어나는 강수를 이상기상으로 정의하였다. 각 변수별 이상기상의 자세한 판별 방법은 Table 1과 같다. 여기서, 평년은 세계기상 기구(World Meteorological Organization)의 정의에 따라 1981-2010년으로 정의하였다. 이상기상 판별 전, 자료의 균일성 및 연속성을 위해 소기후 모형을 통해 생산

**Table 1.** Definitions of extreme weather events of temperature, precipitation and sunshine duration

	Method	Definition
Temperature	<Standard deviation method> Ascertain whether the departure of 10-day running averaged temperature from the climatological mean( $\mu$ during 1981-2010) exceeds the range of 2 standard deviation( $2\sigma$ )	<b>Hot day</b> $T_{10day} \geq \mu + 2\sigma$ <b>Cold day</b> $T_{10day} \leq \mu - 2\sigma$
	<Percentile method> Ascertain whether the 10-day running averaged precipitation located at outlier than upper- and lower- 5 percentile of climatological precipitation probability density function	<b>Wet day</b> $P_{10day} \geq P_{95p}$ <b>Dry day</b> $P_{10day} \leq P_{5p}$
Sunshine Duration	<Standard deviation method> Ascertain whether the departure of 10-day running averaged sunshine duration from the climatological mean( $\mu$ during 1981-2010) exceeds the range of 2 standard deviation( $2\sigma$ )	<b>Bright day</b> $S_{10day} \geq \mu + 2\sigma$ <b>Dim day</b> $S_{10day} \leq \mu - 2\sigma$

된 시·군별 39년 일 기상 값에 대해 각 변수별로 10일 이동평균을 취하여 이상기상 판별에 사용하였다.

### III. 자료

본 연구에서 소개하는 이상기상 발생 빈도 자료는 앞서 2장에서 설명한 방법으로 구분된 이상기상의 연도별 발생횟수(회/년)를 167개 시·군에 대하여 추정된 자료이다. 또한 표준편차법을 적용한 변수(기온, 일조시간)의 경우 1981-2010년 기간의 평균 과 표준편차로 표준정규화된 편차값을 제공한다. 표준정규화된 편차값의 정의는 아래 수식과 같다.

$$\text{표준정규화된 편차} = \frac{(X - \mu)}{\sigma}$$

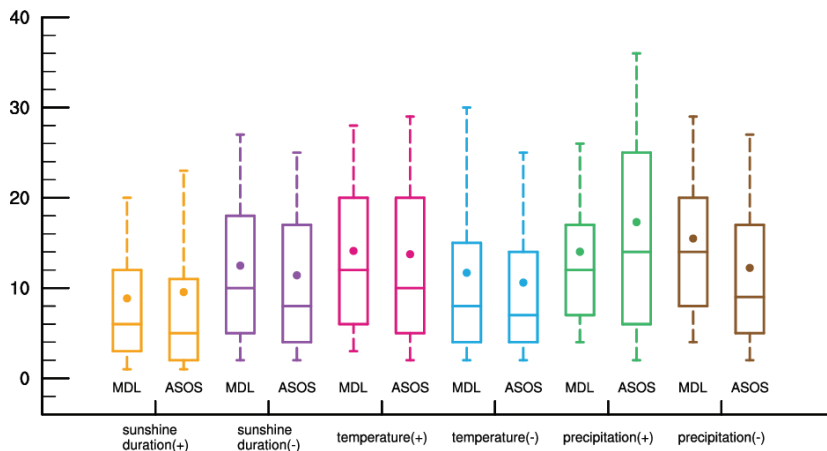
(X = 일별 기상값, μ = 일별 평년 평균, σ = 일별 평년 표준편차)

퍼센타일법을 적용한 강수의 경우 각 날짜별로 평년기간(1981-2010)의 강수량의 확률분포를 바탕으로 추정된 강수의 분위수를 제공한다.

해당자료는 구글 크롬(Google Chrome)에서 최적화된 <https://agecoclim.agmet.kr> 사이트에서 확인하고 다운 받을 수 있다.

### IV. 품질 관리

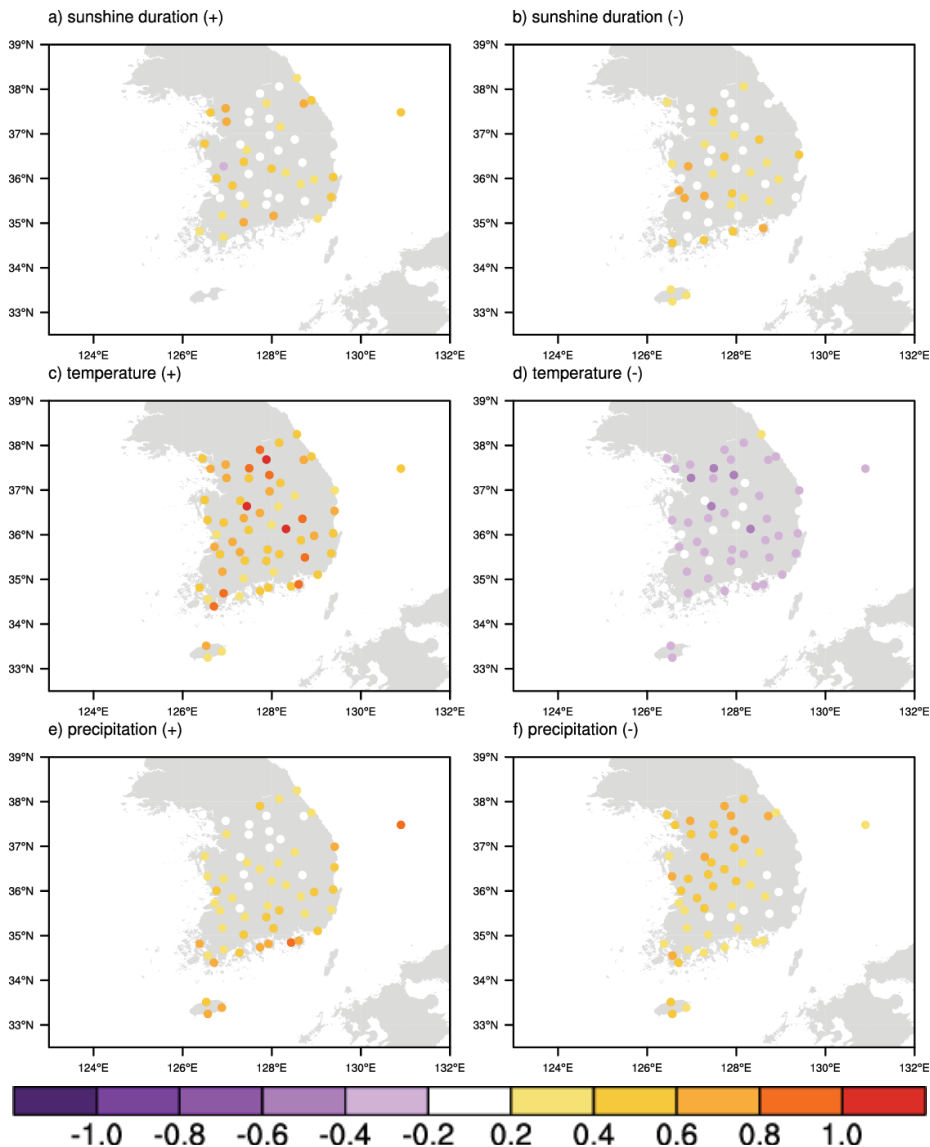
소기후 모형으로부터 추정된 시·군별 이상기상 발생 빈도(Topo-climatology model, MDL)의 정확성을 평가하기 위해 기상청의 61개 종관기상 관측자료(ASOS)와의 이상기상 빈도 발생 평균 분포 및 추세를 비교해 보았다. Fig. 1은 총 39년 동안의 이상기상별 발생 빈도를 남한 전역[167개 시·군(MDL)과 61개 ASOS 관측 지점(ASOS)]에 대해 박스 플롯으로 나타낸 그림이다. 박스의 위아래 수염은 각각 상·하위 10 퍼센타일 위치를 나타내고, 박스는 25-75퍼센타일 값의 범위를 나타낸다. 박스 가운데의 선은 중간 값을, 박스 위의 점은 평균을 의미한다. 대부분의 이상기상 현상들이 ASOS가 나타내는 전국의 이상기상 발생 빈도와 유사한 범위 내에서 모의된 것을 알 수 있고, 평균이나 중간 값 역시 유사하여 관측된 이상기상 발생 빈도를 관측과 유사하게 모의하고 있음을 알 수 있다. 전국적 발생 빈도의 공간분포는 ASOS와 MDL이 매우 유사하였다(그림으로 나타내지 않음). 변수별로 살펴보았을 때 MDL과 ASOS의 차이가 가장 큰 변수는 다우와 과우였고, 이는 지역적 편차가 큰 강수의 특성상 영역 평균이 적용된 MDL 결과와 지점 자료인 ASOS 사이의 차이로 인해 나타난 것으로 보인다.



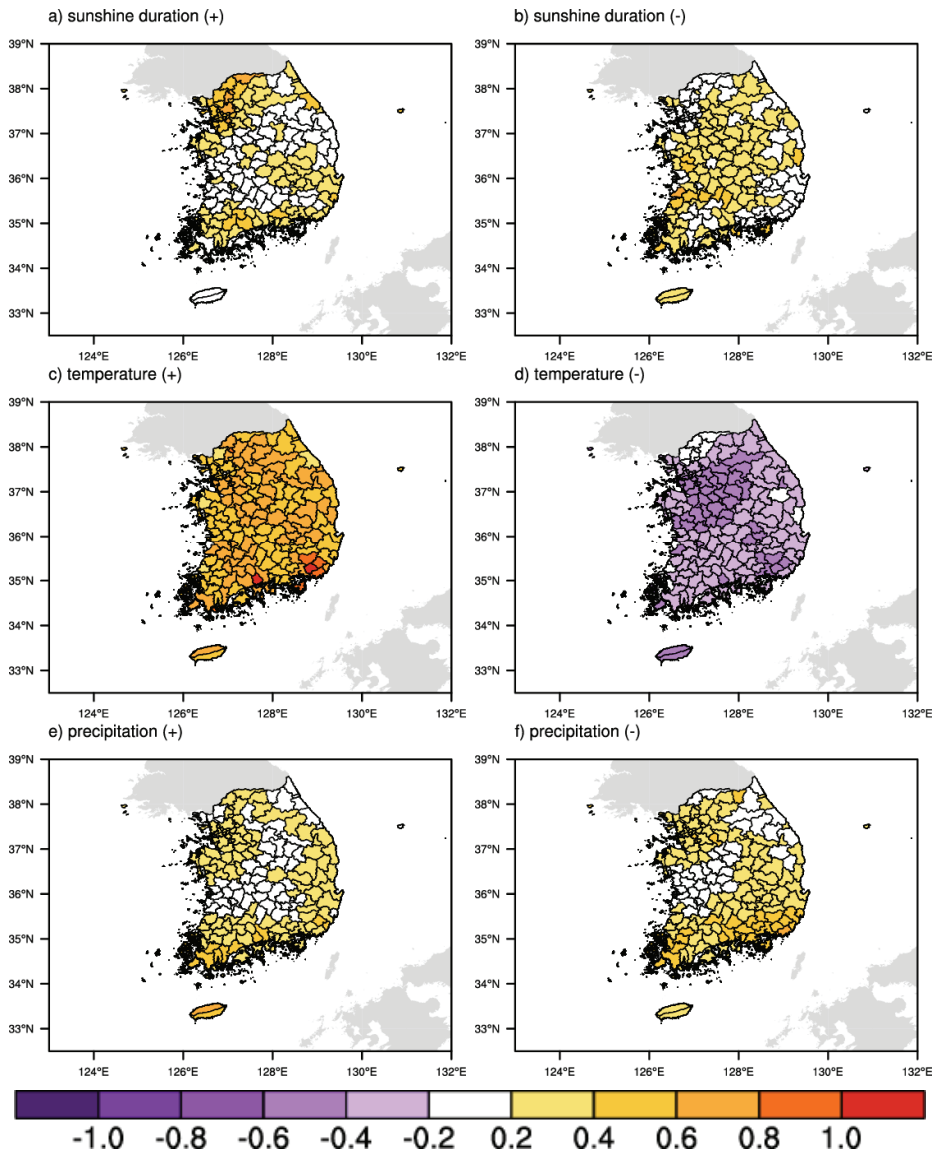
**Fig. 1.** Box plot of extreme event frequency over S. Korea (MDL : 167 Si-gun / ASOS : 61 stations) during 1981-2019(39 years). The box shows the range from 25 to 75 percentile values and the upper and lower whiskers indicate 10 and 90 percentile value. The dot and the line in the middle of the box denote the average and median value, respectively. The positive and negative extreme events are distinguished with (+) and (-) marks at the end of variable names in X axis.

자료의 평균적인 분포와 더불어 변화 경향의 유사성을 살펴보기 위해 Fig. 2과 Fig. 3에서는 ASOS와 소기후 모형의 시·군별 이상기상 발생 빈도의 변화 경향을 나타내었다. 가장 높은 증가 경향을 나타낸 이상기상은 고온(Fig. 2c), 전국적인 감소 경향을 나타낸 이상기상은 저온(Fig. 2d)으로 지구온난화의 영향으로 인한 평균적인 기온의 증가의 영향이 이상기상의 변화에도 반영된 것으로 해석된다. 일조시간(Fig. 2a and

Fig. 2b)과 강수(Fig. 2e and Fig. 2f)는 양의 이상기상과 음의 이상기상 모두 증가하는 경향이 나타나 한쪽 방향으로의 증가가 아닌 기상현상 자체의 변동성이 커지는 것을 확인할 수 있다. 이러한 변화 경향은 167개 시·군별 자료에서도 동일하게 나타났으며 공간적 분포도 유사하게 나타나 본 연구에서 제시한 자료가 신뢰성 있게 이상기상의 발생 빈도를 추정하고 있음을 알 수 있다(Fig. 3).



**Fig. 2.** Spatial distribution of positive(+) and negative(-) extreme event's trends(events/year) with respect to sunshine duration(a, b), temperature(c, d), and precipitation(e, f) during 1981-2019 over 61 ASOS stations.



**Fig. 3.** Spatial distribution of positive(+) and negative(-) extreme event's trends(events/year) with respect to sunshine duration(a, b), temperature(c, d), and precipitation(e, f) during 1981-2019 over 167 Si-gun of S. Korea.

### V. 사용방법

해당 자료의 품질을 좌우하는 소기후 모형이 추정 한 기상 값 자체의 품질 및 관리는 Hur *et al.*(2020)에 자세히 설명되어 있다. 본 자료는 농촌진흥청의 농업 분야 기후변화 실태 보고서의 기초자료로 사용되며 (RDA, 2018), 소기후 모형의 성능 개선을 위해 현장 관측 및 실증을 통해 모형의 보완 및 품질관리가 이루어지고 있다.

본 자료는 각 변수(기온, 일조시간, 강수량) 별로 파 일이 구성되어 있으며, 다양한 분야의 사용자가 쉽게 사용할 수 있도록 엑셀파일로 제공된다(Fig. 4). 먼저, 표준편차 법을 사용한 기온과 일조시간의 경우, 첫 탭에는 평년 기간 평균과 표준편차에 의해 표준 정규화된 기온과 일조시간이 지역과 연도, 날짜순으로 정렬

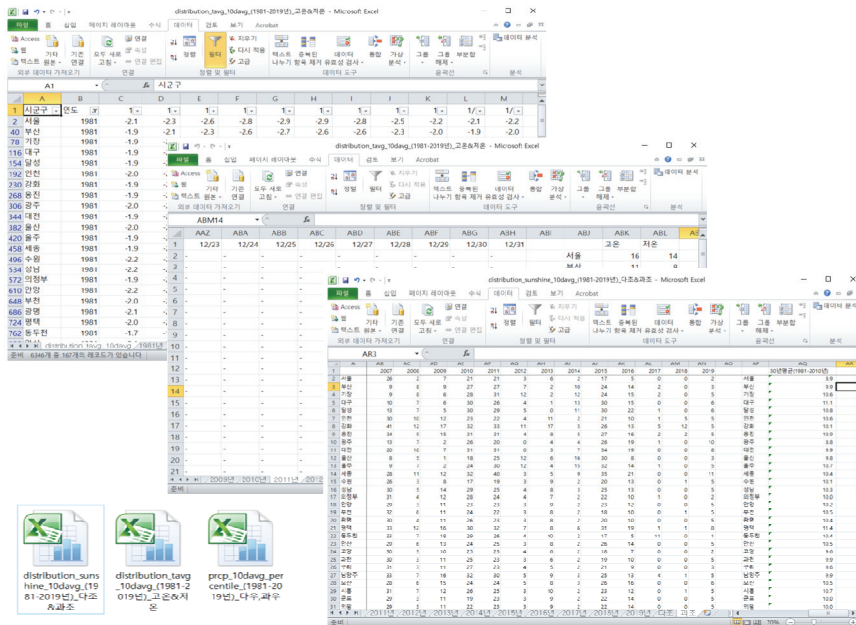


Fig. 4. The example of excel files about extreme event frequency statistics over 167 Si-gun of S. Korea.

되어 있다. 그 이후 연도별 탭에는 이상기상 판별 방법 기준에 따라 각 일별 이상기상 발생 일을 체크하고 마지막의 고온, 저온 탭(다조·과조)에서 최종적으로 각 연도별 이상기상 발생 빈도를 볼 수 있다. 한편, 퍼센타일법을 사용한 강수 파일의 경우 파일의 첫 탭에는 평년 기간의 일별 강수 값 분포를 기준으로 추정된 각 연도의 강수 퍼센타일 값이 정렬되어 있다. 이는, 해당 날짜의 강수가 같은 날짜 1981-2010년의 일 강수량 분포 중 몇 퍼센타일에 위치하는지를 나타낸 값이다. 이 값을 이용하여 각 연도별 탭에서는 해당 날짜의 퍼센타일 값이 이상기상 판별 기준을 넘는지를 체크하고 마지막 과우·다우 탭에서는 각 연도별로 해당 시·군에서 몇 회의 이상기상이 발생하였는지 요약되어 있다.

적 요

기상조건은 농업에 영향을 미치는 주요 환경요인이며, 특히 이상기상의 발생은 작물의 성장 및 작황에 큰 영향을 미친다. 그러므로 이상기상으로 인한 농업적 피해를 줄이기 위해 관측을 바탕으로 한 이상기상의 발생 빈도 분석 및 통계자료가 필요하다. 본 연구에서는 30m 및 270m 해상도의 고해상도 소기후 모형을

통해 상세화된 3종의 주요 기상변수(기온, 강수, 일사량)를 이용해, 남한의 167개 시·군의 1981년부터 2019년 동안 발생한 이상기상 발생에 대한 통계자료를 소개하였다. 소기후 모형을 통해 추정된 167개 시·군 이상기상 현상 발생 특징은 기상청의 종관 기상 관측 자료와 비교해 보았을 때 전국적인 분포 및 변화 경향을 잘 반영하는 것으로 나타났다. 또한, 기상청 종관 기상 관측 시스템에서 관측하지 못하는 지역의 기상까지 반영한 고해상도의 자료를 활용하였으므로 해당 시·군의 이상기상을 더욱 현실적으로 나타내었다. 본 연구에서 소개하는 시·군별 이상기상 통계자료는 농업부문의 기상재해 취약성 평가 및 피해 저감을 위한 정책 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

이 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ01487901)의 지원으로 수행되었습니다

## REFERENCES

- Ahn, J. B., S. Jo, M. S. Suh, D. H. Cha, D. K. Lee, S. Y. Hong, S. K. Min, S. C. Park, H. S. Kang, K. M. Shim, 2016: Changes of precipitation extremes over South Korea projected by the 5 RCMs under RCP scenarios. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences* **52**(2), 223-236.
- Hur, J. N., J. H. Park, K. M. Shim, Y. S. Kim and S. R. Jo, 2020: A high-resolution agro-climatic dataset for assessment of climate change over South Korea. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **22**(3), 128-134. (in Korean with English abstract)
- Im, E. S., J. B. Ahn and S. R. Jo 2015: Regional climate projection over South Korea simulated by the HadGEM2-AO and WRF model chain under RCP emission scenarios. *Climate Research* **63**(3), 249-266.
- Jo, S. R., J. B. Ahn, D. H. Cha, S. K. Min, M. S. Suh, Y. H. Byun and J. U. Kim, 2019: The Köppen-Trewartha Climate-Type Changes Over the CORDEX-East Asia Phase 2 Domain Under 2 and 3 °C Global Warming. *Geophysical Research Letters* **46**(23), 14030-14041.
- Kim, S. O., J. H. Kim, D. J. Kim, and J. I. Yun, 2012: Wind effect on the distribution of daily minimum temperature across a cold pooling catchment. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **14**(4), 277-282. (in Korean with English abstract)
- Kim, D. J., and J. I. Yun, 2013: Improving usage of the Korea Meteorological Administration's Digital Forecasts in agriculture: 2. Refining the distribution of precipitation amount. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **11**(2), 72-78. (in Korean with English abstract)
- Kim, S. O., and J. I. Yun, 2016: Downscaling of sunshine duration for a complex terrain based on the shaded relief image and the sky condition. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **18**(4), 233-241. (in Korean with English abstract)
- Kim, D. J., S. O. Kim, J. H. Kim and E. J. Yun, 2019: Establishment of Geospatial Schemes Based on Topo-Climatology for Farm-Specific Agrometeorological Information. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **21**(3), 146-157. (in Korean with English abstract)
- KMA (Korean Meteorological Administration), 2018: Evaluation of Contribution of Meteorological Observation Data to Weather Forecasts, 240pp.
- RDA (Rural Development Administration), 2018: Survey on climate change in agricultural sector, 434pp. (in Korean)
- Shim, K. M., Y. S. Kim, M. P. Jung, S. C. Kim, S. H. Min and K. H. So, 2013: Agro-Climatic zonal characteristics of the frequency of abnormal air temperature occurrence in South Korea. *Journal of Climate Change Research* **4**(2), 189-199. (in Korean with English abstract)
- Yun, J. I., 1999: *Agricultural Meteorology*. Arche Publishing House, 15-21. (in Korean)