

시공간평균 기준기후에 기인한 농업기상특보의 불확실성

김대준* · 김진희 · 김수옥

(재)국가농림기상센터

(2017년 8월 31일 접수; 2017년 9월 15일 수정; 2017년 9월 18일 수락)

Uncertainty of Agrometeorological Advisories Caused by the Spatiotemporally Averaged Climate References

Dae-jun Kim*, Jin-Hee Kim and Soo-Ock Kim

National Center for Agro-Meteorology, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

(Received August 31, 2017; Revised September 15, 2017; Accepted September 18, 2017)

ABSTRACT

Agrometeorological advisories for farms and orchards are issued when daily weather exceeds a predefined range of the local reference climate, which is a long-term average of daily weather for the location. The reference climate at local scales is prepared by various simplification methods, resulting in uncertainty in the agrometeorological advisories. We restored daily weather data for the 1981-2010 period and analyzed the differences in prediction results of weather risk by comparing with the temporal and spatial simplified normal climate values. For this purpose, we selected the agricultural drought index (ADI) among various disaster related indices because ADI requires many kinds of weather data to calculate it. Ten rural counties within the Seomjin River Basin were selected for this study. The normal value of 'temporal simplification' was calculated by using the daily average value for 30 years (1981-2010). The normal value of 'spatial simplification' is the zonal average of the temporally simplified normal values falling within a standard watershed. For residual moisture index, temporal simplification normal values were overestimated, whereas spatial simplification normal values were underestimated in comparison with non-simplified normal values. The ADI's calculated from January to July 2017 showed a significant deviation in terms of the extent of drought depending on the normal values used. Through this study, we confirmed that the result of weather risk calculation using normal climatic values from 'simplified' methods can affect reliability of the agrometeorological advisories.

Key words: Agricultural Drought Index, Digital climate map, Climate normal data, Weather risk

I. 서 언

사회가 발달하고 문명이 고도화 됨에 따라 자연에 순응하며 살던 인류는 이를 극복하기 위하여 다양한 방면으로 많은 노력을 기울이고 있다. 기상조건에 매

우 민감한 농업분야에서도 자연 재해로 인한 피해를 경감하기 위해 '재해위험 수준'을 다양한 방법으로 정량화 하려는 연구가 많은 곳에서 진행되고 있다 (Wilhite *et al.*, 2000; Kim *et al.*, 2006; Son *et al.*, 2013).



* Corresponding Author : Dae-jun Kim
(djkim@ncam.kr)

최근 국내외에서 이슈화 되고 있는 기후변화는 지구온난화와 더불어 어떤 지역 내 기후 상황의 정상범위를 벗어나는 것을 지칭하는 ‘기상이변’의 발생빈도가 증가하고 있다는 것이 특징이다. 한 지역의 기후조건에 장기간 동안 최적화되어 재배된 작물들이, 익숙해진 기후 범위 밖의 기상 조건에 놓이게 되면, 피해를 입는 일이 발생할 수 있다. 이처럼 농업부문에 있어 기후변화에 따른 ‘현재의 기후조건’밖 환경들이 발생시킬 수 있는 재해위험을 찾고 대비하는 것은 시급하고 중요한 과제이다.

작물이 입을 수 있는 기상재해를 정량화 하는 방법은 여러가지가 있겠지만, 가장 대표적인 것이 작물 별로 기상값의 임계치(threshold)를 적용하는 것이다. 이미 많은 연구를 통해 다양한 작물 들이 기상 조건에 의해 입을 수 있는 피해로부터 견딜 수 있는 한계치에 대하여 조사하고, 이를 통해 재해위험을 정량화 하고 있다(Proebsting and Mills, 1978; NIHHS, 2002). 또한, 이와 더불어 최근 이슈화 되고 있는 기상이변의 관점에서는 장기간의 기후조건(예컨대 평년의 기후조건)을 정량화 하고 이를 벗어나는 기상조건이 발생할 때 입을 수 있는 피해를 예측하는 방법이 제시되고 있는데, 보통 단기간 내에 급발하는(acute) 재해가 아닌 장기간에 걸쳐 발생하는 지발적인(chronic) 재해가 이에 해당된다. 가장 대표적인 것이 강수량, 또는 토양수분과 관련한 가뭄지수(Drought Index)인데, 이들 지수 중 다수는 평년 기간 동안 관측된 토양 내 수분조건을 정상 범위로 보고 이를 벗어나는 조건을 확률적으로 지수화 하여 위험 정도를 산출하는 방법을 채택하고 있다(McKee *et al.*, 1993; Kim *et al.*, 2015).

이처럼 평년과 비교하여 재해위험을 산출하는 경우, 가장 중요한 요소는 기준이 되는 평년 기후값인데, 단순한 지점값이 아닌 분포도 형태일 경우 넓은 범위를 상세화 하기 위한 기술을 필요로 한다. 기상청에서는 ‘한국기후표’를 10년 단위로 제작하고 있는데, 30년 단위의 전국의 종관기상관측지점의 관측 정보를 바탕으로 시군 단위로 변환된 기후 평년값을 제공하고 있다(KMA, 2011). 하지만 기상청의 지점 단위(혹은 시군행정단위라 할지라도) 관측자료를 이용해서는 농작물 등의 생장을 국지적으로 예측하는 것에는 한계가 있어, 일찍이 국지기상을 추정하는 연구가 진행되어 왔다. 국내에서는 기상청 종관 지점 평년기상자료를 바탕으로 고해상도의 공간정보와 소기후모형에 의해 경관규모(landscape scale)로 개선한 전자기후도

(Digital Climate Map)가 평년단위로 제작된 바 있다(Yun, 2004; Yun, 2007). 여기에 더 나아가 평년 기후 뿐 아니라 기상청에서 제공하는 기상실황자료를 이용하여 이를 상세화 하는 기술이 확립단계에 이르러, 평년자료를 이용하여 재해위험을 추산하는 기술을 고해상도로 적용할 수 있게 되었다(Yun, 2013).

한편 이들 평년 자료의 경우 여러가지 이유로 인하여, 공간적, 시간적으로 간이 산출된 평년기후값을 이용한다. 여기서 ‘시간’ 규모의 간소화란 평년의 고해상도 분포도 제작 시 매년의 일기상자료를 월 평균, 혹은 년 평균한 값에 소기후모형을 적용하는 방식을 말하는데, 현재 제작되고 있는 평년의 고해상도 전자기후도의 경우 일별 분포도를 제작 후 이를 월, 또는 년 평균을 한 것이 아니라, 모두 전술한 간소화된 방식을 이용한다. 또한 ‘공간’ 규모의 간소화란 일정 단위로 통합된 구역에 따라 평년 값을 통일하는 방법이라 할 수 있는데, 대표적으로 기상청이 시군 단위로 기상, 기후 정보를 제공하고 있으며, 평년대비 기상조건을 바탕으로 기상재해 위험을 제공하는 농촌진흥청의 ‘농업기상재해 조기경보 시스템’ (<http://new.agmet.kr>)의 경우에도 시범지역, 또는 전국에 대하여 집수역(watershed) 단위로 평년기후값을 계산, 서비스 하고 있다(Yun, 2014; Shin *et al.*, 2015). 이처럼 지형 조건이 반영된 분포도 형태의 평년기후값이 여러 분야에서 간소화되어 사용되고 있지만, 이런 평년 자료가 가지고 있는 불확실성에 대한 연구는 미흡한 수준이다.

본 연구에서는 평년기간에 대한 일별 기상 값을 모두 분포도로 복원하고, 평년기후분포도의 시간적, 공간적 간소화를 진행한 평년기후분포도와 비교를 통해 기상위험예측 등에 사용되고 있는 평년기후분포도의 간이산출방식이 어느정도 오차를 수반하는지를 분석하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

2.1. 농업가뭄지수

평년의 기후특성에 당해연도의 기상조건을 중첩시켜 재해발생 위험을 산출하는 대표적인 방법이 ‘농업가뭄지수(Agricultural Drought Index; ADI) 이다. ADI는 유효가뭄지수(Effective Drought Index, Byun and Wilhite, 1999)의 유효강수량을 기반으로, 토양내 수분의 공급량을 모의한다. 그리고 FAO Penman-Monteith 기준증발산(Allen *et al.*, 1998)으로부터 작

물증발산율, 유출곡선지수(CN; Runoff Curve Number)로부터 추정된 지면유출량을 각각 모의하여, 이를 공급량으로부터 제하는 방식으로 토양의 물수지를 추정하는 가뭄지수이다(Kim *et al.*, 2015). ADI는 이 토양 잔류수분량(residual soil moisture)의 자연대수값(잔여수분지수)을 기후학적 평년에 대하여 표준화하고(평균 및 표준편차), 이것을 기준으로 임의년도의 잔여수분지수를 평년 분포와 비교하여 상대적인 가뭄의 정도를 찾는다. 다시 말해, 계산된 임의년도의 잔여수분지수의 값이 평균(z)에 비해 표준편차(σ)만큼 벗어나는 정도에 따라 가뭄을 판정한다(Table 1).

농업가뭄지수는 다양한 기후조건을 고려하는 만큼 많은 종류의 기후자료를 필요로 하며, 최소한으로 필요한 요소로는 강수량, 최고기온, 최저기온, 평균풍속, 일사량, 증기압 등이다.

Table 1. Description of the agricultural drought index (ADI)

Drought Stage	Description
Normal	$Z > -1$
Mild Drought	$-1 > Z > -2$
Severe Drought	$-2 > Z > -3$
Extreme Drought	$-3 > Z$

2.2. 30년의 일기후자료를 이용한 고해상도 평년 자료

현재 기상청에서 제공하고 있는 과거 기후자료 또는 실시간 기상자료의 경우, 종관 및 방재 기상관측 지점 값, 또는 동네예보를 통해 5km 격자 단위의 값을 제공하고 있다. 이 자료들을 이용하여 기후요소별로 다양한 소기후모형을 적용하여 고해상도 격자값으로 상세화 하였다. 고해상도 격자 값으로 제작하기 전 먼저 배경자료가 필요한데, 지점 값만이 존재하는 평년 기후값의 경우, 이 기간(1981-2010)에 해당되는 기상청 종관기상관측자료를 각 기후요소별로 수집하였고 이를 거리역산가중법(Inverse Distance Weighting, IDW)을 이용하여 5km 해상도의 격자자료를 제작했다. 여기서 5km 해상도는 실시간 중규모 해상도 산출물(KLAPS; Korea Local Analysis and Prediction System)의 해상도와 같다. 이 배경기후도에 기후요소별로 ‘소기후모형’을 각각 적용하여 고해상도 격자 값으로 제작하였다. 먼저 일 최저기온의 경우 냉기집적

효과 및 온난대 효과(Chung *et al.*, 2006; Kim and Yun, 2011; Kim *et al.*, 2012), 최고기온의 경우 일사효과 등(Chung *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2015)를 각각 적용하고, 지표특성을 반영하여 30m 격자 값으로 상세화 한다. 또한 일 평균 풍속의 경우 바람장 모형(Microscale Urban Climate Model; MUKLIMO, Sievers and Zdunkowski, 1986), 강수량의 경우 강수추정모델(PRISM)을 이용하여 270m 격자 값으로 상세화(Chung *et al.*, 2009; Kim and Yun, 2013)한다. 30년 평년기간에 해당하는 일 기후값을 이용하여, 30년치 × 365일에 해당되는 모든 일자료에 대하여 소기후모형을 적용하여 분포도를 제작하였으며, 이를 일별로 평균 하여 최종적으로 고해상도의 30년치 일자료를 이용한 평년 일기후자료의 평균과 표준편차 분포도를 제작하였다.

2.3. 평년 자료의 ‘시간’ 규모 간소화

‘시간’규모의 간소화 방법으로, 30년 평년 일기후자료를 각각의 날짜에 대하여 평균하여 365개의 일자료 세트를 제작하였다. 예를 들어 1981년부터 2010년까지 30개의 1월1일 (day of years 상 001일) 값을 평균하고, 다시 1981년부터 2010년까지의 30개의 1월 2일 (002일) 값을 평균 하는 방식으로 365개의 평균값 세트를 만드는 것이다. 이렇게 생성된 365 세트의 값을 이용하여, 전술한 방식과 같이 5km 해상도의 배경기후도를 제작하고, 여기에 소기후모형을 적용하여 간소화된 ‘시간’규모의 평년 자료를 제작하였다. 소기후모형을 적용하여 분포도를 제작 시 많은 시간이 소요되는데, ‘시간’규모 간소화 방식을 이용하면, 하나의 기후요소를 기준으로 1/30의 시간만 소요된다는 이점이 있다.

2.4. 평년 자료의 ‘공간’ 규모 간소화

다음으로 ‘공간’규모를 간소화 하는 방법은 평년기후자료를 고해상도의 격자 단위가 아닌 집수역(watershed) 단위로 제작하는 것이다. 집수역은 대부분의 기상요소가 산의 능선이나, 정상, 또는 하천 등에 의해 구분되는 것을 바탕으로 고려된 경계선으로, 강우 등으로 인해 발생하는 지표수가 분할되는 영역을 말한다. 대기 경계층은 집수역을 경계로 주로 분포양상이 변하기 때문에 기상요소 또한 이를 경계로 구분하여 모의하는 것이 효율적이라 할 수 있다(Yun, 2014).

지점 단위의 평년기후값을 집수역 단위로 모의하기 위하여, 기상청에서 10년 단위로 제공하는 ‘행정구역’

단위의 ‘한국기후표’를 이용하였다. 한국기후표에서 기상청은 지점 단위의 평년기후값을 행정구역과 관측 지점의 거리차로부터 형성된 티센폴리곤(thiessen polygon)을 중첩하여 행정구역에 영향을 미치는 관측 지점의 면적 가중치를 계산하고, 이 면적가중치와 관측지점 기후값을 곱한 값을 합산하여 계산된 시군 단위 자료를 제공한다(KMA, 2011).

본 연구에서는 행정구역(시군)단위의 한국기후표를 수집하고, 여기에 수자원공사에서 제공하는 수자원지도 표준구역의 shape파일을 수집하여 결합한 뒤, 시군 단위 + 집수역단위가 합쳐진 shape파일에서 각 객체별로 면적을 계산하였다. 또한 여기서 집수역으로 계산될 시군의 면적가중치를 계산하였으며, 기후요소별로 집수역 단위의 통합값을 계산하여 집수역 단위의 평년 기후값을 복원하였다.

2.5. 평년 자료에 따른 가뭄지수 예측 결과 분석

실험지역은 국토교통부에서 제공하는 수자원단위 지도(<http://www.wamis.go.kr/>)의 21개 대권역 중에서

섬진강유역에 포함되는 10개 시군을 선정하였다. 해당 실험지역 내 포함되는 기상청 종관기상관측지점은 4곳으로 순천(지점번호 174), 임실(244), 남원(247), 장수(248)이 해당된다(Fig. 1).

그리고 각각의 제작된 기후요소 별 평년기후분포도를 바탕으로 잔여수분지수 분포도를 계산하였다. 계산 단위는 주단위로 1년치에 해당하는 52개 주이다. 30년치 일기후자료를 이용하여 매년, 매주의 실험지역에 대하여 잔여수분지수 평균 및 표준편차 분포도를 제작하였다. 그리고, ‘시간’규모 간소화한 일기후자료(요소별 365일 1개 세트)를 이용하여 잔여수분지수 평균 분포도를 주단위로 계산하였고, 마지막으로 ‘공간’규모 간소화한 일기후자료를 이용하여, 잔여수분지수의 평균 및 표준편차를 집수역 단위로 제작하였다. 잔여수분지수 분포도를 계산할 때 기후요소 값 외에 필요한 토양정보(CN), 수치지표고정보(DEM) 등은 평년 제작 방식과 관계없이 모두 동일한 자료를 이용하였다. 이렇게 제작된 각각의 잔여수분지수 평균값 분포도에서 4곳의 관측지점에 해당하는 격자 값 또는 집수역

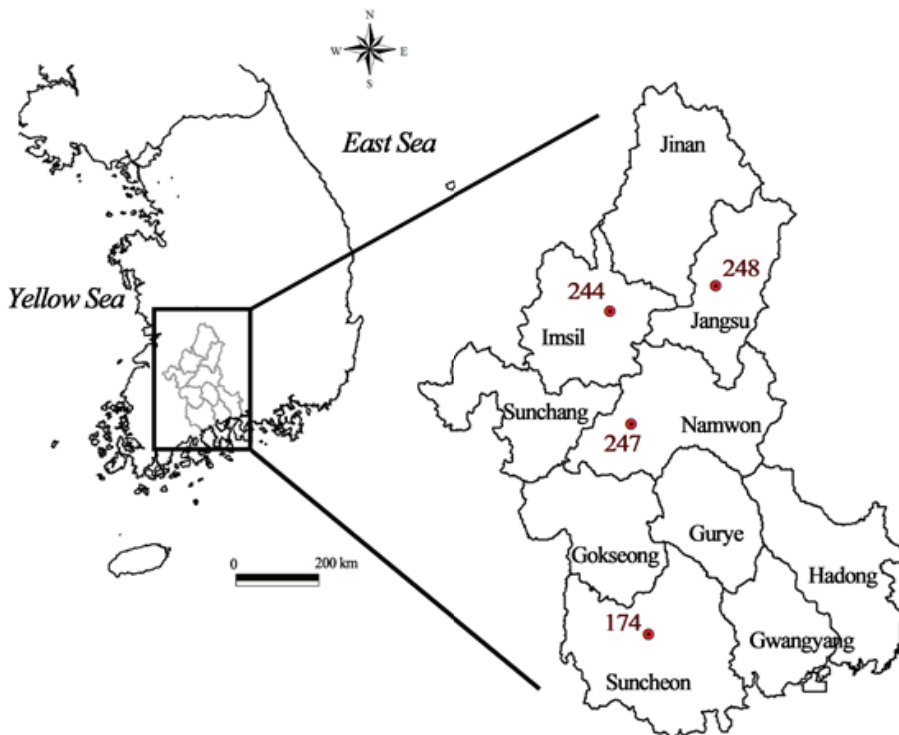


Fig. 1. Location of the experimental area and the synoptic stations (ASOS) of the Korea Meteorological Administration (KMA). The numbers of right panel indicate the synoptic stations number.

값을 추출하여 잔여수분지수 값을 비교해 보았다.

또한, 제작된 각각의 잔여수분지수 분포도를 이용하여, 가뭄이 심했던 2017년 1월 - 7월까지의 가뭄지수를 계산하고 이 결과들의 차이점을 분석하여 보았다. 2017년의 가뭄지수를 계산하기 위해 이 기간의 잔여수분지수는 배경기후자료로 실시간 중규모 해상도 산출물(KLAPS)를 이용하였으며, 여기에 전술한 소기후모형을 적용하여 일별기상분포도 및 잔여수분지수 분포도를 제작하였다. 비교 대상 기간 단위는 평년과 같이 주단위로, 2017년 1월 첫째 주부터 7월 마지막 주까지 총 30개 주이다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 평년 기후 제작 방법에 따른 잔여수분지수 비교

ADI가뭄지수를 계산하기 위해서는 잔여수분지수의 평균값과, 표준편차 값이 필요한데, 시간규모 간소화 가뭄지수의 경우 표준편차를 계산하는 것이 불가능하다. 따라서 30년치 일자료를 이용하여 계산된 평년 잔여수분지수의 표준편차를 이용하였다. 30년치의 일자료를 이용하여 계산한 잔여수분지수의 값을 참으로 두고, 시간, 공간적으로 간소화 한 평년자료를 이용하여 계산한 잔여수분지수 값을 비교하여 Fig. 2에 제시하였다. 4개 지점만을 대상으로 비교한 것이기는 하지만, 시간규모 간소화 잔여수분지수와 결정계수는 약

0.93으로 매우 큰 유사도를 나타내었다. 대체로 잔여수분지수 값이 높을 때(4.0이상) 편차가 거의 없었으며, 지수 값이 4.0 미만일 경우 차이가 일부 발생하였다. 반면, 공간규모 간소화 잔여수분지수와 결정계수는 0.73으로 상대적으로 낮았다. 잔여수분지수가 3.0에서 4.0 사이에서는 편차가 크며, 과소, 과대 추정이 다양하게 나타난다. 또한, 4.0 이상일 경우 공간규모 간소화 잔여수분지수가 주로 과대 모의 되는 경향을 나타내었다(Fig. 2).

연중 시간의 흐름에 따른 분포는 그 분포가 세 종류의 잔여수분지수 모두 유사하나, 고해상도로 제작한 두 종류(30년치 일자료 이용 평년 값, 시간 규모 간소화 평년 값)의 잔여수분지수 값에 비해, 공간규모 간소화 평년 값(집수역 단위)으로 제작한 잔여수분지수의 값은 차이가 컸다. 대체로 과소 모의가 되었는데, 남원(247)지점의 경우 세 종류의 잔여수분지수 값이 거의 유사하며, 일부 기간에는 시간규모 간소화 평년 값에 비해 높게 모의 되었지만, 순천(174)지점과, 임실(244)지점, 장수(248)지점의 경우 전 기간에 걸쳐 과소 모의 되었으며, 그 편차 또한 매우 컸다. 특히, 4개 지점 공통으로 3월 중순에서 8월 말에 편차가 컸는데, 이는 이 기간에 가뭄을 평가할 시, 사용하는 평년 자료에 따라 가뭄의 모의 결과가 큰 차이를 나타낼 수 있음을 보여준다. 다시 말해 공간규모 간소화 잔여수분지수를 이용한 가뭄지수의 경우 다른 평년자료에 의한 가뭄지수에 비해 가뭄이 쉽게 모의되지 않을 수 있음을 예상할 수 있다(Fig. 3).

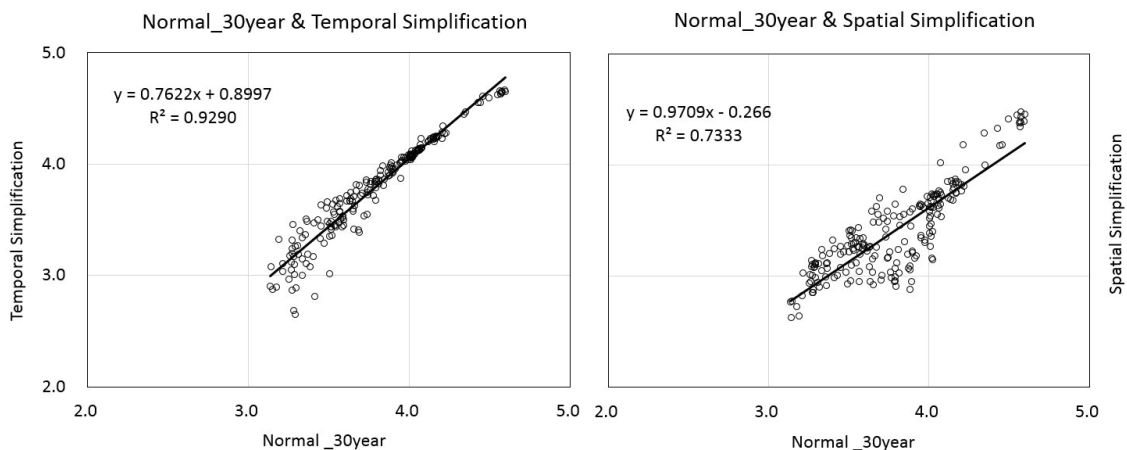


Fig. 2. Comparison of normal residual moisture index values (Normal data using 30 years data, temporal simplification normal data, and spatial simplification normal data).

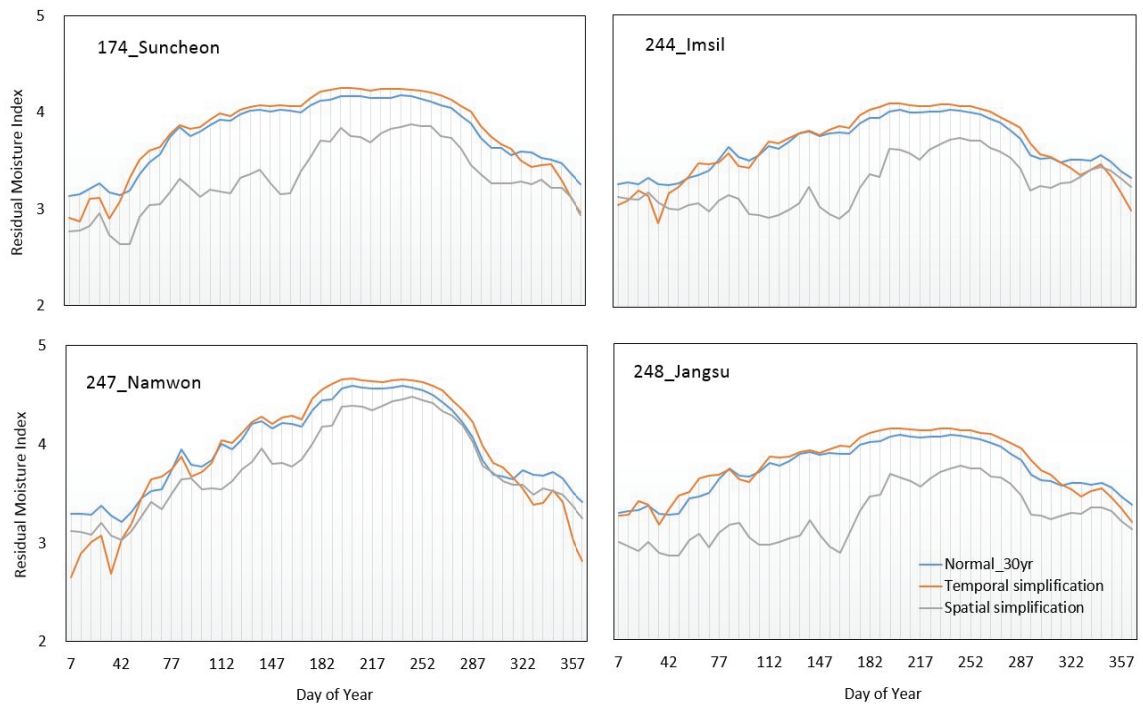


Fig. 3. Residual moisture index distribution in the 3 normal years of each synoptic stations in the experimental area.

Table 2. Comparisons of ADI simulation results at the synoptic stations in experimental area

Site		normal	mild	severe	extreme
		$Z > -1$	$-1 > Z > -2$	$-2 > Z > -3$	$Z > -3$
174	Normal_30yr	20	1	3	6
	TS*	20	1	3	6
	SS*	28	1	0	1
244	Normal_30yr	21	3	4	2
	TS*	20	3	5	2
	SS*	29	1	0	0
247	Normal_30yr	26	2	1	1
	TS*	26	1	2	1
	SS*	29	1	0	0
248	Normal_30yr	18	3	2	7
	TS*	18	2	2	8
	SS*	28	2	0	0
Sum	Normal_30yr	85	9	10	16
	TS*	84	7	12	17
	SS*	114	5	0	1

*TS: Temporal Simplification

*SS: Spatial Simplification

3.2. 평년 기후 제작 방법에 따른 가뭄지수 모의 결과 비교

각각의 평년 잔여수분지수를 이용하여 가뭄지수를 계산한 결과, 순천(174)지점의 경우 30년치 일자로 가뭄지수와 시간규모 간소화 가뭄지수의 가뭄모의 결과는 같았으며, 공간규모 간소화 가뭄지수의 경우 이보다 가뭄 발생 횟수가 적게 모의되었다. 극심한(extreme) 가뭄의 경우 다른 두 종류의 가뭄지수가 6회인 것에 비해 공간규모 간소화 가뭄지수의 경우 1회로 적었고, 심한(severe) 가뭄은 두 가뭄지수가 3회인 것에 비해, 단 한차례도 모의되지 않았다. 임실(244)지점의 경우 약한(mild)가뭄 이상인 횟수가 30년치 일자로 가뭄지수의 경우 9회, 시간규모 간소화 가뭄지수의 경우 10회인 것에 반해, 공간규모 간소화 가뭄지수의 경우는 1회로 차이가 컸다. 남원(247)과 장수(248) 지점 또한 30년치 일자로 이용 가뭄지수와 시간규모 간소화 가뭄지수(4회, 12회)에 비해 공간규모 간소화 가뭄지수(1회, 2회)의 가뭄모의 횟수가 절대적으로 적었다(Table 2).

이를 종합적으로 분석해 보면, 가뭄모의 결과(‘약한(mild)가뭄’이상)는 30년치 일자로 가뭄지수를 참이라고 하였을 때, 시간규모 간소화 가뭄지수는 가뭄발생 유무만 놓고 보면 발생 횟수가 유사한 반면, 공간규모 간소화 가뭄지수는 참값에 비해 가뭄을 모의한 횟수가 적었다. 또한 가뭄의 심각성을 기준으로 시간규모 간소화 가뭄지수는 30년치 일자로 가뭄지수에 비해 같은 가뭄이라도 심각도가 더 큰 것으로 모의하였다. 즉 평년 자료를 제작하는 방식에 따라 가뭄의 횟수(유무)와 심각도가 다르게 모의되는 결과를 나타내었다.

3.3. 평년 기후 제작 방법에 따른 가뭄지수의 지리적 분포의 차이 비교

2017년에 해당되는 각각의 가뭄지수 분포도를 확인해보면, 세 종류의 가뭄지수 모두 줄곧 정상범위($Z > -1$ 이상)를 유지하다가, 5월에서 7월 사이에 매우 심해지는 것으로 나타났다. 특히, 가뭄이 최고조에 달했던 6월의 경우 세 가뭄지수 모두 극심한 가뭄이 전 지역에 걸쳐 모의되었다. 이어, 강수가 잦아지며 가뭄이 조금씩 완화되고 있던 7월 초(26주차)에는 30년치 일자로 가뭄지수와, 시간규모 간소화 가뭄지수에 비해, 공간규모 간소화 가뭄지수는 분포에서 일정부분 차이가 있었다. 곡성과 구례, 하동 지역의 경우 일부지역을 제외하고는 극심한가뭄이 분포 하고 있는 것에 반해, 공간규모 간소화 가뭄지수의 경우 일부 지역에

약한가뭄만이 모의 되고 있으며, 대부분이 정상범위에 해당되는 것으로 모의되었다(Fig. 4). 공간규모 간소화 가뭄지수 분포도에 비해 비교적 비슷한 분포를 보인 30년치 일자로 이용 가뭄지수 분포도와 시간규모 간소화 가뭄지수 분포도 간에도 차이점이 일부 발견되었는데, 같은 지역이라도 시간규모 간소화 가뭄지수 분포도가 가뭄이 조금 더 심한 것으로 모의되었다. 구례 지역을 대상으로 가뭄지수의 분포 상, 시간규모 간소화 가뭄지수가 극심한가뭄이 분포한 지역이 30년치 일자로 가뭄지수에 비하여 더 많음이 확인된다(Fig. 4). 실제로 구례군의 26주치의 가뭄지수 지역 평균값은 30년치 일자로 가뭄지수가 -4.44, 시간규모 간소화 가뭄지수가 -4.97로 간소화 한 가뭄지수의 가뭄정도가 더 큰 것으로 나타났다.

가뭄이 대부분 해갈 된 27주치의 경우, 시간규모 간소화 가뭄지수의 경우 순천, 광양, 구례 인근에서 약한가뭄이 모의 되었으며, 일부 지역에 심한가뭄과 극심한가뭄이 모의 된 것에 반해, 30년치 일자로 가뭄지수의 경우 가뭄으로 모의된 지역이 상대적으로 적었다. 또한 공간규모 간소화 가뭄지수의 경우는 전 지역이 가뭄이 아닌 것으로 모의 되었다(Fig. 5).

28주치의 경우를 보면, 하동, 구례, 광양의 경우 30년치 일자로 가뭄지수의 경우 약한가뭄이 모의 되고, 일부 지역에 심한가뭄이 모의 되었지만, 시간규모 간소화 가뭄지수는 많은 지역에서 극심한 가뭄이 모의되고 있다. 또한 주목할 점은 30년치 일자로 가뭄지수에 비해 시간규모 간소화 가뭄지수의 경우 지역간의 편차가 크다는 점이다. 즉, 시간규모 간소화 가뭄지수의 경우 인근 지역이 ‘정상’ 또는 ‘약한’가뭄과 ‘극심한’가뭄이 겹쳐져 있는, 좁은 지역 내 격차가 큰 어색한 부분이 확인된다. 물론 토양정보에 따른 지역간의 편차가 발생할 수는 있으나, 참값이라 판단되는 30년치 일자로 이용 가뭄지수에는 나타나지 않는 부분이라는 점에서 문제가 될 수 있다. 공간규모 간소화 가뭄지수는 27주차와 같이 모든 지역에서 가뭄이 모두 해갈 된 것으로 모의 되었다(Fig. 6).

3.4. 고찰

본 연구에서는 평년과 비교하여 기상위험을 계산하는 방법이 있어 고려되는 평년 기후자료가 그 제작방식에 따라 기상위험 예측 결과에 어떠한 차이가 있는지에 대하여 확인해 보았다. 평년 기후자료는 여러가지 이유로 인하여 ‘간소화’ 되어 제작되는데, 단순히

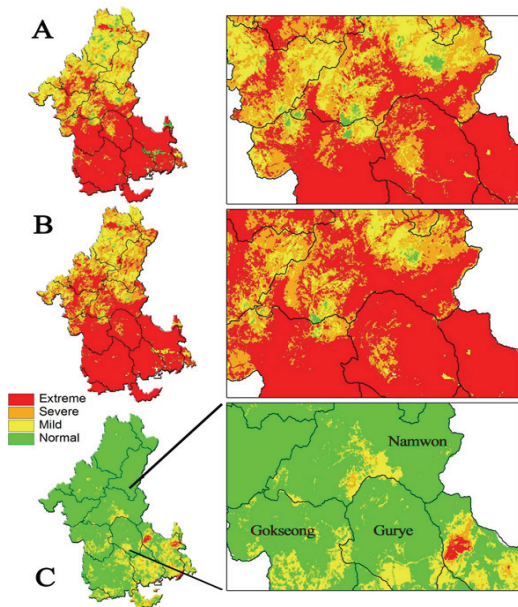


Fig. 4. Comparison of distribution of drought indices (drought index using daily data from 30 years (A), the temporal simplification drought index (B), and the spatial simplification drought index (C)) (26th week of 2017).

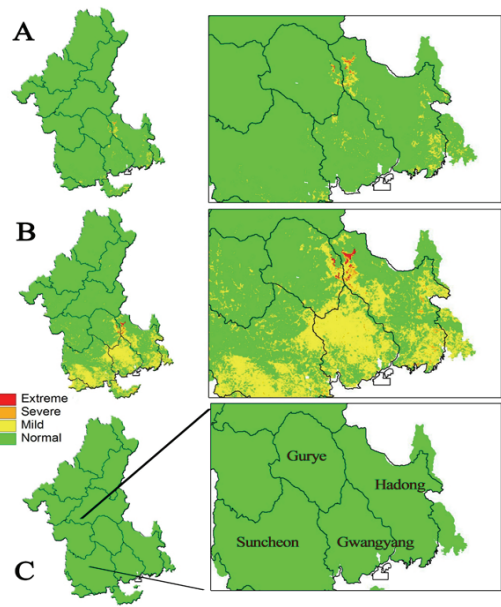


Fig. 5. Comparison of distribution of drought indices (drought index using daily data from 30 years (A), the temporal simplification drought index (B), and the spatial simplification drought index (C)) (27th week of 2017).

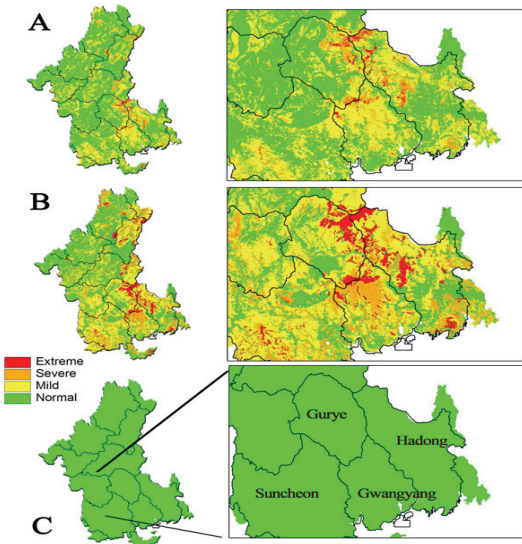


Fig. 6. Comparison of distribution of drought indices (drought index using daily data from 30 years (A), the temporal simplification drought index (B), and the spatial simplification drought index (C)) (28th week of 2017).

지정학적, 기후학적 유사성으로 인해 간소화된 평년 자료가 반드시 그 정확도를 보장할 수는 없었음을 본 연구를 통해 확인 할 수 있었다.

집수역 단위로 공간규모를 간소화 한 평년 자료의 경우 조방적인 우리나라 지형조건과 관련하여 지역적 편차가 큰 것이 반영되지 못함으로 인한 평년 값의 차이가 컸으며, 단순히 시간적으로 평균한 평년 자료를 이용하였을 때도 기상자료를 이용(control)하는 방식에 따라 일부 차이가 발생할 수 있음을 확인 할 수 있었다.

평균 값이 비슷할지라도, 평년 대비 당해연도의 비교를 통한 위험지수 산출 방법에 있어서는 평년 자료를 제작방식에 따라 결과물이 다르게 나타날 수도 있으며, 이를 잘 고려해야 위험수준의 오판을 막을 수 있을 것이다.

적 요

고해상도 전자기후도 기반의 농가맞춤 조기경보서비스를 구현하기 위해서는 실측기상자료가 없는 곳의 평년기후를 복원해야 한다. 일별 기상자료 복원에 드

는 시간과 노력을 절약하기 위해 간이산출방식이 널리 사용되어 왔는데, 본 연구에서는 이렇게 간소화된 방식을 통해 제작된 평년 기후값이 어느 정도의 오차를 수반하는지를 분석하기 위하여, 평년기간(1981-2010)에 대한 일별 기상 값을 모두 복원하고, 이를 ‘시간적’, ‘공간적’ 간소화를 진행한 평년기후값과의 비교를 통해 기상위험의 예측 결과의 차이에 대해 분석하였다. 이를 위해 여러 재해관련 지수 중에서 많은 종류의 기상자료를 필요로 하는 농업가뭄지수를 이용하였으며, 섬진강 유역 일대의 10개 시군을 선정하였다. ‘시간’ 규모를 간소화한 평년 값은 30개년(1981-2010)에 대해 일별로 평균한 값을 이용하여 고해상도 분포를 제작하였으며, ‘공간’ 규모를 간소화 평년 값은 실험지역에 대하여 집수역 단위로 제작한 평년 값을 이용하였다. 먼저 ‘잔여수분지수’의 경우 ‘시간’ 규모 간소화 평년 값의 경우 과대 추정되었으며, ‘공간’ 규모 간소화 평년 값의 경우 과소 추정되는 경향을 나타냈다. 또한 2017년 1월부터 7월까지의 가뭄지수를 제작한 결과, 평년 자료 별로 가뭄의 정도를 모의한 결과에 차이가 있었으며, 지역적인 편차 또한 확인 되었다. 본 연구를 통하여 ‘간소화’된 제작방식을 통한 평년 기후 값이, 이를 이용해 재해위험을 산출한 결과에 영향을 미칠 수 있음을 확인하였다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업 (과제번호: PJ010007)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- Allen, R. G., L. S. Peretira, D. Raes, and M. Smith, 1998: *Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO irrigation and drainage paper 56, UN-FAO, Rome, Italy.
- Byun, H. R., and D. A. Wilhite, 1999: Objective quantification of drought severity and duration. *Journal of Climate* **12**, 2747-2756.
- Chung, U., H.-C. Seo, J. I. Yun, S.-J. Jeon, K. H. Moon, H.-H. Seo, and Y. S. Kwon, 2009: Extrapolation of daily maximum temperature in a mountainous terrain. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Science* **45**(4), 473-482.
- Chung, U., H. H. Seo, K. H. Hwang, B. S. Hwang, J. Choi, J. T. Lee, and J. I. Yun, 2006: Minimum temperature mapping over complex terrain by estimating cold air accumulation potential. *Agricultural and Forest Meteorology* **137**(1-2), 15-24.
- Chung, U., K. Yun, K.-S. Cho, J. H. Yi, and J. I. Yun, 2009: The PRISM-based rainfall mapping at an enhanced grid cell resolution in complex terrain. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **11**(2), 72-78. (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* **15**(3), 171-177. (in Korean with English abstract) DOI: 10.5532/KJAFM.2013.15.3.171
- Kim, D. J., S.-O. Kim, J.-H. Kim, K.-M. Shim, and J. I. Yun, 2015: A drought index designed for field-scale water management. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences* **51**(3), 197-203.
- Kim, S. J., 2006: Agricultural disasters. *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation* **6**(4), 87-102. (in Korean)
- Kim, S.-O., and J. I. Yun, 2011: A quantification method for the cold pool effect on nocturnal temperature in a closed catchment. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **13**(4), 176-184. (in Korean with English abstract) DOI: 10.5532/KJAFM.2011.13.4.176
- 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) DOI:10.5532/KJAFM.2012.14.4.277
- Kim, S.-O., J.-H. Kim, D.-J. Kim, K. M. Shim, and J. I. Yun, 2015: Combined effects of wind and solar irradiance on the spatial variation of midday air temperature over a mountainous terrain. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Science* **51**(3), 239-247. DOI:10.1007/s13143-015-0074-5
- KMA, 2011: *Climatological normal of Korea (한국기후표)*. 158pp. (in Korean)
- McKee, T. B., N. J. Doesken, and J. Kleist 1993: The relationship of drought frequency and duration to time scale. *8th Conference on Applied Climatology*, Anaheim, CA, American Meteorological Society, 179-184.
- MOLIT (Ministry of Land, Infrastructure and Transport), 2017: Water Resource Management Information System (www.wamis.go.kr) 2017.08.01

- National Institute of Agricultural Sciences, 2017: Agrometeorological Early Warning System (<http://new.agmet.kr>) 2017.08.01.
- National Institute of Horticultural and Herbal Science, 2002: *Fruit Disaster Patterns and Countermeasures* (과수 재해양상과 대책). Rural Development Administration. 140pp. (in Korean)
- Proebsting, E. L., and H. H. Mills, 1978: Low temperature resistance of developing flower buds of six deciduous fruit species. *Journal of the American Society for Horticultural Science* **103**, 192-198.
- Shin, Y. S., J. H. Park, S. K. Kim, W. S. Kang, K. M. Shim, and E. W. Park, 2015: An operational site-specific early warning of weather hazards for farmers and extension workers in a mountainous watershed. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **17**(4), 290-305. (in Korean with English abstract) DOI: 10.5532/KJAFM.2015.17.4.290.
- Sievers, U., and W. G. Zdunkowski, 1986: A micro-scale urban climate model. *Beiträge zur Physik der Atmosphäre* **69**(1), 13-40.
- Son, C., S. J. Kim, and S. O. Han, 2013: Impact based weather warning using probability of high impact weather and past disaster weather information. *Proceeding of 2013 Korean Society of Hazard Mitigation Conference*, Ansan, Korea, Korean Society of Hazard Mitigation, 218p.
- Wilhite, D. A., M. J. Hayes, C. Knutson, and K. H. Smith, 2000: Planning for drought: moving from crisis to risk management. *Journal of the American Water Resources Association* **36**(4), 697-710.
- Yun, J. I., 2004: Visualization of local climates based on geospatial climatology. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **6**(4), 272-289. (in Korean with English abstract)
- Yun, J. I., 2007: Applications of “high definition digital climate maps” in restructuring of Korean agriculture. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **9**(1), 1-16. (in Korean with English abstract)
- Yun, J. I., 2013: User-specific agrometeorological service to local farming community: a case study. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **15**(4), 320-331. (in Korean with English abstract) DOI: 10.5532/KJAFM.2013.15.4.320
- Yun, J. I., 2014: Agrometeorological early warning system: a service infrastructure for climate-smart agriculture. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **16**(4), 403-417. (in Korean with English abstract) DOI: 10.5532/KJAFM.2014.16.4.403