

기후학적 평년 표준편차 분포도의 상세화

김진희* · 김수옥 · 김대준

(재)국가농림기상센터

(2017년 9월 9일 접수; 2017년 9월 21일 수정; 2017년 9월 21일 수락)

Estimation of Climatological Standard Deviation Distribution

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

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

(Received September 9, 2017; Revised September 21, 2017; Accepted September 21, 2017)

ABSTRACT

The distribution of inter-annual variation in temperature would help evaluate the likelihood of a climatic risk and assess suitable zones of crops under climate change. In this study, we evaluated two methods to estimate the standard deviation of temperature in the areas where weather information is limited. We calculated the monthly standard deviation of temperature by collecting temperature at 0600 and 1500 local standard time from 10 automated weather stations (AWS). These weather stations were installed in the range of 8 to 1,073m above sea level within a mountainous catchment for 2011-2015. The observed values were compared with estimates, which were calculated using a geospatial correction scheme to derive the site-specific temperature. Those estimates explained 88 and 86% of the temperature variations at 0600 and 1500 LST, respectively. However, it often underestimated the temperatures. In the spring and fall, it tended to had different variance (e.g., increasing or decreasing pattern) from lower to higher elevation with the observed values. A regression analysis was also conducted to quantify the relationship between the standard deviation in temperature and the topography. The regression equation explained a relatively large variation of the monthly standard deviation when lapse-rate corrected temperature, basic topographical variables (e.g., slope, and aspect) and topographical variables related to temperature (e.g., thermal belt, cold air drainage, and brightness index) were used. The coefficient of determination for the regression analysis ranged between 0.46 and 0.98. It was expected that the regression model could account for 70% of the spatial variation of the standard deviation when the monthly standard deviation was predicted by using the minimum-maximum effective range of topographical variables for the area.

Key words: Topoclimatology, Geographical distribution, Standard deviation, Spatial variation, Regression model

I. 서 론

기상청은 10년에 한 번씩 우리나라의 기후특성을 살펴볼 수 있는 30년의 기후평년값을 계산하여 한국 기후표 책자를 발간하고 있다(KMA, 2011). 평년 기후

는 해당 지역의 장기간에 걸친 고유한 기후적인 특성을 보여주는 것으로, 기후에 민감한 농업 분야에서 농작물의 안전재배지대를 구분하는데 중요한 역할을 한다. 특히 농가 입장에서는 오랜 기간에 걸친 기온, 강수량의 평균값 변화보다 연차변이(annual variation)



* Corresponding Author : Jin-Hee Kim
(7jhee@naver.com)

정보를 더욱 필요로 하는데, 과거 관측된 기후로부터 농작물의 잠재적 피해위험을 가늠하기 위해서는 연차변이의 공간적 해상도 개선이 필요한 실정이다.

그나마 한국기후표에서 제공하고 있는 표준편차 정보는 기상청 산하 73개 종관기상관측지점(ASOS)에 한정되며, 티센폴리곤 방식을 적용하여 기후정보를 분포도 형태로 제공하도록 한국기후도가 발행되었지만 근접한 관측소의 기후값을 행정구역의 면적에 따라 가중치를 적용하여 산정한 방식으로(최 등, 2012), 우리나라의 복잡한 지형특성은 고려되지 않는다. 방재기상관측망(AWS)의 경우 관측 밀도는 상대적으로 높은 편이지만, 관측 시작일이 오래되지 않아 30년 이상된 관측자료를 확보하기 어렵고, 여전히 설치되지 않은 미관측 지점이 많기 때문에 농가에서 필요로 하는 수준의 상세한 연차변이 정보를 제공하기에는 역부족이다.

한편, 고도변이가 심한 우리나라 복잡지형 특성에 따라 미관측 지역의 기온을 추정하는 연구는 꾸준히 개발되고 있는 편인데, 평년의 기온분포는 국내에서는 종관기상관측소의 관측된 기후값으로부터 지형인자와의 관계를 정량화한 소기후모형을 이용하여 경관규모(landscape scale) 수준의 기온 공간변이를 30m 격자해상도로 추정하는 전자기후도(digital climate maps)가 대표적이다(Yun, 2004; Yun, 2007). 과거 관측된 기온의 공간변이가 크다면 표준편차의 공간변이 또한 복잡할 것으로 예상되지만, 기온과는 달리 매년, 매일의 일자료가 확보되어 있어야만 계산이 가능한 표준편차의 분포를 간단히 추정할 방법은 아직까지 없다.

농촌진흥청 국립농업과학원에서는 농업부문의 기상이변 대응 방안으로 ‘농업기상재해 조기경보 시스템’ (<http://new.agmet.kr>)을 구축하여, 시범운영 중이다(Yun *et al.*, 2013; Yun, 2014). 농가 맞춤형으로 해당 농지에 주어진 기상 조건에 따라 재배 작물의 생육 정보를 고려하여 ‘기상위험지수’를 정량화하는데, 이를 평년의 기후조건(평균과 표준편차)으로부터 기상위험 가능성을 평가하고 있다. 기준평년의 위험지수를 산정하기 위해 필요한 기온 평균값은 소기후모형으로부터 고해상도의 분포도로 복원된 자료를 이용하고 있지만 표준편차 분포의 최대해상도는 집수역(watershed 또는 catchment)에 그친다. 이러한 표준편차의 공간변이를 기온 평균값 분포도와 같은 30m 해상도 수준으로 나타낼 수 있다면 작물의 위험지수 신뢰도는 크게 향상될 수 있을 것이다.

본 연구에서는 기온 표준편차의 공간변이를 추정하는 방법을 두 가지로 분류하여 소개하고자 한다. 우선, 경남 하동 악양면의 단일집수역에 설치된 AWS에서 5년 동안 관측된 기온자료를 수집하여 월별 표준편차를 계산하고, 소기후모형으로 예측한 기온으로부터 계산된 표준편차 결과와 함께 비교하여 미관측 지점의 표준편차 추정에 실효성이 있는지 평가하였다. 둘째, 월별 기온 표준편차와 지형간의 관계를 정량화하여 임의지역의 지형특성과 종관규모 수준의 기온자료만으로 표준편차를 예측할 수 있을지 회귀분석을 수행하였다.

II. 재료 및 방법

2.1. 소기후모형에 의한 추정기온 표준편차의 신뢰도

연구대상지역은 국지기상 실황 추정 및 검증을 위해 2011년부터 검증기상관측망을 구축하고 기상데이터 관리를 철저히 수행해온 경남 하동군 악양면 시범지역을 선정하였다. 악양면은 주변 삼면이 지리산 자락으로 둘러싸인 작은 골짜기로 면적은 53km²에 불과하지만, 해발고도 6m에서 1,117m까지 표고변이가 매우 커 경사향이나 고도에 따른 지형적 차이를 한눈에 살필 수 있는 단일집수역이다(Fig. 1). 같은 집수역 내에서도 지형특성에 따라 기온의 공간변이가 다양하게 나타나듯 표준편차도 다양하게 분포할 것이라는 전제하에 고도-경사향에 따라 설치된 무인기상관측기(이하 ‘AWS’, STA Corporation, Korea) 10개 지점(Table

Table 1. Information on site elevation, slope, and aspect of the automated weather stations in Akyang valley

Station	DEM (m)	Slope (°)	Aspect
AWS 01	8	0.0	Flatland
AWS 02	52	5.4	South-East
AWS 03	90	6.4	South-East
AWS 04	100	9.6	West
AWS 05	104	7.5	North-West
AWS 06	114	9.8	South-East
AWS 07	273	16.2	East
AWS 08	308	21.1	North-West
AWS 09	336	18.9	South-West
AWS 10	1,073	35.1	South-East

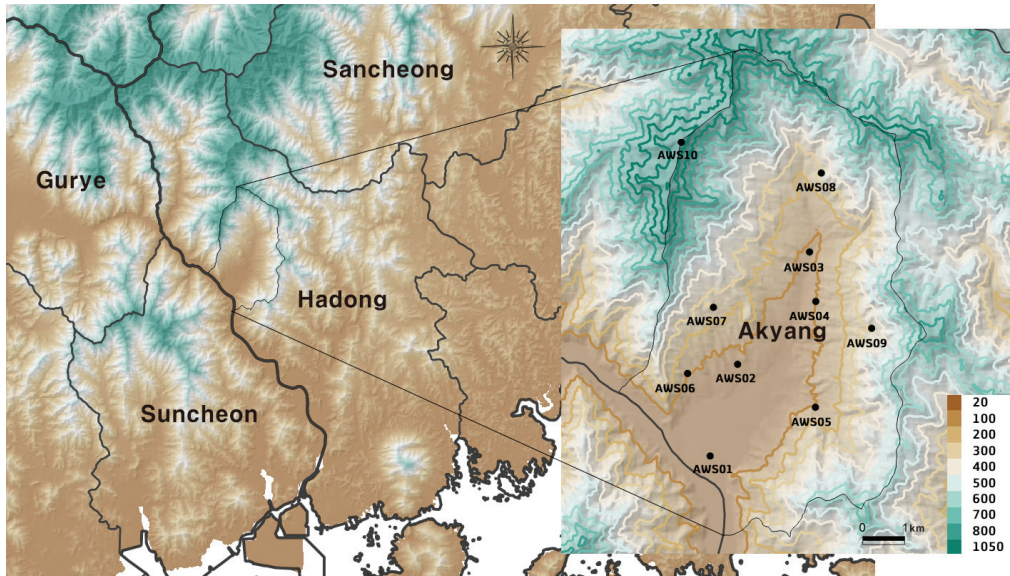


Fig. 1. Locations of 10 validation sites in Akyang valley with the elevation contour.

1)의 2011-2015년 기간 0600 (06시)과 1500 (15시) 기온 관측값을 수집하고, 월별 기온 평균과 표준편차를 계산하였다. 같은 기간 AWS가 설치된 지점을 Kim and Yun(2011)과 Kim and Yun(2014)의 방법에 따라 소기후모형으로부터 0600과 1500 기온을 추정된 뒤, 관측값과 같은 방법으로 월별 기온 평균과 표준편차를 준비하였다. 추정된 표준편차가 관측값 기반의 표준편차 경향을 잘 반영하고 있는지 월별로 지점값을 비교해보고, ME (mean error)와 RMSE (root mean square error)로 예측능력을 평가하였다.

2.2. 회귀분석을 이용한 기온 표준편차 추정

계절별 기온 표준편차 변이와 지형간의 관계를 정량화할 수 있도록 2011년부터 2015년까지 약양면 10개 AWS 지점에서 관측된 기온으로부터 월별 기온 표준편차를 계산하여 종속변수로 두고, 지형인자 가운데 해발고도(elevation), 경사도(slope), 경사향(aspect)을 독립변수로 지정하였다. 이 때, 경사도와 경사향은 30×30m 해상도의 DEM (digital elevation model)으로부터 계산하여 격자값을 추출하였으며, 해당 격자값 외에 기온 분포 추정에 가장 영향력을 미치는 반경 750m (25cell) 범위로 평활화한 경사도(slope25)와 경사향(aspect25)을 함께 포함시켰다(Kim and Yun, 2013). 0600 기온 표준편차의 회귀분석에는 날씨조건과 무관하게 지형으로부터 기인하는 산증척의 온난대효과

(E1)와 냉기집적효과(E2) 최대치를 따로 포함하였고, 1500 기온의 경우 한낮의 일사효과 대신 월별 15일에 해당하는 태양고도와 방위각(azimuth)을 입력하여 산출한 월별 개방도(brightness index, BI)를 추가 독립변수로 지정하였다. 한편, 표준편차는 확보된 기온의 자료기간과 추세에 따라 달라질 수 있는데 지형변수만으로는 이러한 변화를 반영하기 어렵다. 그렇다고 소기후모형으로부터 해당 지점의 기온을 추정된 후 월 자료로 변환해 독립변수로 사용한다면, 앞서 설명한 기온에 영향을 미치는 온난대효과나 냉기집적효과, 사면효과 등은 중복되기 때문에 다중공선성에 문제가 생길 수 있다. 이에 따라 본 연구에서는 지형인자 외에 추가로 포함하는 월별 0600, 1500 기온을 종관규모에 따른 단순한 기온 추세에 고도보정만 반영하여 사용하기로 하였다. 즉, 표준편차에 가장 영향력 있는 해발고도를 지형변수로써 그대로 사용하지 않는 대신 해발고도로 계산되는 기온감을 효과를 종관기온에 반영하여 고도보정된 월별 기온값을 독립변수로 쓰는 것이다. 약양면에서 반경 50km 이내로 인접한 종관기상관측소(174 순천, 192 진주, 247 남원, 266 광양, 289 산청)의 기온을 수집하여 평균값 0600과 1500 기온을 일별로 각각 계산하고, 5개 관측소의 DEM 평균값으로부터 10개 AWS 지점의 DEM 편차만큼을 기온감률(0600은 표준대기온감률 6.5°C/km, 1500은 -9°C/km)로 보정해주면 해발고도에 따라 보정된 기온값을 각각 산

출할 수 있다. AWS 관측값이 확보된 기간과 동일하게 2011-2015년의 월별 자료를 위 방법으로 추정하고 월 단위 기온값을 준비하였다.

최적 회귀식은 통계 프로그램의 선형회귀분석을 통해 월별로 결과를 도출하였고, 변수 선택은 Stepwise (probability for entry ≤ 0.15 , probability for removal ≥ 0.20) 방법을 적용하였다 (SPSS Inc., Chicago, USA). 표준편차를 설명하는 변수들 가운데 가장 중요한 월별 기온은 해당 월에 영향력이 특정하게 높은 지형변수로 인해 회귀식에서 빠질 경우 모델 설명력은 높지만 현실성은 떨어질 수 있으므로, 월별 기온 변수는 무조건 회귀식에 포함되도록 설정하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 복잡지형의 월별 기온 표준편차 경향 분석

연구대상지역에 위치한 AWS 10개 지점에서 2011-2015기간 관측된 0600, 1500 기온을 수집하여 월별 표준편차를 각각 산출하고, 같은 기간 소기후모형에 의해 추정된 값을 비교하였다. 관측값과 예측값으로 살펴본 기온 표준편차의 계절변화는 3월과 11월을 기점으로 추운 계절에 변동폭이 크고 더운 여름에 작은 양상으로 나타난다(Table 2). 모든 지점의 월별 0600, 1500 기온 표준편차 예측값을 관측값과 1:1로

대응시키면 결정계수는 각각 0.88과 0.86으로 높은 설명력과 함께 관측값의 계절양상을 잘 따라가는 것으로 보인다. 그러나 0600 기온의 7, 8월을 제외한 대부분의 계절에서 표준편차를 약간씩 과소추정하는 경향이 며, 오차는 0600 기온의 경우 1월(0.67°C), 1500 기온은 8월(0.81°C)에 가장 큰 것으로 나타났다. 0600 기온의 표준편차는 RMSE가 월별로 크거나 작게 나타나는 계절적 경향이 기온 표준편차의 계절양상과 흡사하게 따라가고 있었지만, 1500 기온의 표준편차를 비교한 RMSE는 겨울에 낮고 여름으로 갈수록 오차는 커지는 경향이다. 다시 말해, 소기후모형에 따르면 여름철(6~8월) 1500 기온의 표준편차 변이는 매년 2.7~3.3°C 정도로 다른 계절에 비해 크지 않을 것을 예상하였지만, 실제로는 3.3~4.1°C까지 보이는 것으로 나타났다.

표준편차 경향을 해발고도에 따라 비교하고자 가장 낮은 지대에 설치된 AWS 01을 기준으로 편차를 살펴본 것이 Fig. 2이다. AWS 01이 설치된 8m를 기준으로 해발고도가 높아짐에 따라 음의 방향으로 기울어지면 기온의 표준편차 변이는 작아지는 것을 의미하고, 양의 방향으로 치우치면 높은 산간지대에서 변이가 커지는 것을 말한다. 12, 1~4월의 0600 기온 변이는 고도가 높아질수록 커지는 경향인데, 이는 Jung *et al.*(2004)이 해발고도가 높아질수록 1월 최저기온의

Table 2. Comparison of the estimation errors for standard deviation of temperature between the observation and the estimation during 2011-2015

	Standard Deviation of 0600 Temperature				Standard Deviation of 1500 Temperature			
	OBS	EST	ME	RMSE	OBS	EST	ME	RMSE
Jan	4.12	3.59	-0.53	0.67	3.52	3.21	-0.31	0.42
Feb	4.43	4.08	-0.35	0.60	3.92	3.85	-0.06	0.15
Mar	5.11	4.74	-0.37	0.55	5.26	4.74	-0.52	0.55
Apr	4.15	3.79	-0.35	0.65	5.17	4.46	-0.71	0.73
May	3.48	3.21	-0.27	0.33	4.23	3.58	-0.65	0.68
Jun	2.13	2.07	-0.06	0.20	3.29	2.71	-0.58	0.61
Jul	2.31	2.33	0.01	0.19	3.62	3.02	-0.60	0.64
Aug	1.98	2.10	0.12	0.26	4.08	3.32	-0.76	0.81
Sep	2.86	2.85	-0.01	0.17	2.99	2.46	-0.53	0.57
Oct	4.25	3.96	-0.30	0.36	2.95	2.70	-0.25	0.32
Nov	4.98	4.70	-0.27	0.39	4.66	4.20	-0.46	0.47
Dec	4.37	3.92	-0.45	0.57	4.00	3.75	-0.25	0.27
R ²	0.88				0.86			

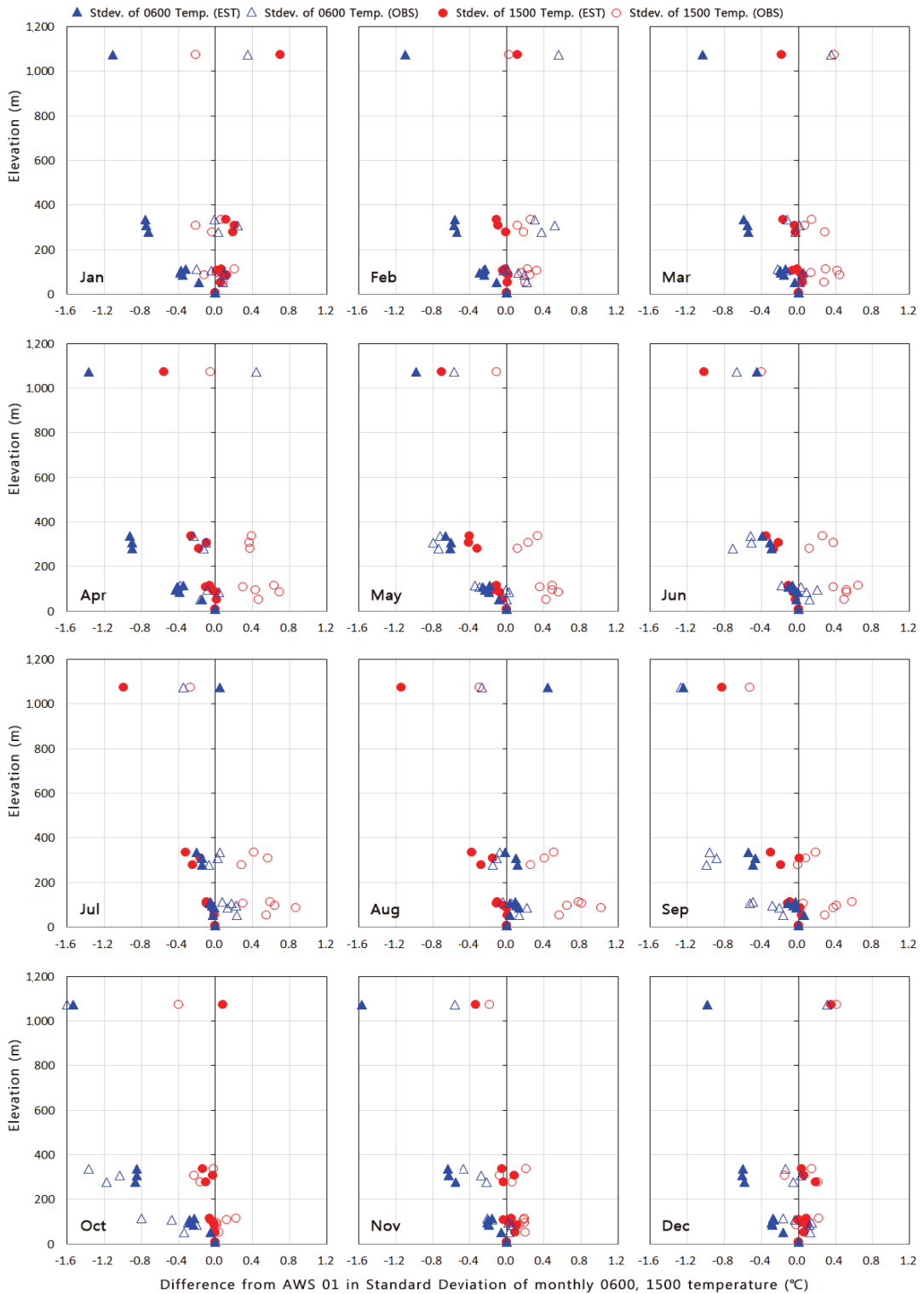


Fig. 2. Comparison of standard deviation trend by elevation at 0600 (blue symbol) and 1500 LST temperature (red symbol). Monthly deviations were calculated as a difference from AWS 01.

변이는 점차 줄어든다고 설명한 것과는 다른 결과이다. 소기후모형으로 추정된 예측값도 관측값과는 반대로 겨울철 고도변이가 음의 방향으로 나타나, 이로 인한 오차는 고도가 높아짐에 따라 커지고 있다. 여름철(7~8월)에도 400m 이후 고도가 높아질수록 관측값의 변이는 작아졌지만, 예측값에서는 오히려 커지는 반대 양상을 보이고 있어 추정된 기온의 표준편차가 고도별 변이를 따라가지 못하는 경향이었다.

관측값 기반 1500 기온의 월별 표준편차를 살펴보면 400m 이하에 설치된 지점들은 겨울철을 뺀 나머지 계절(3~9월)에서 가장 낮은 AWS 01 지점보다 변이 폭이 커지는 것으로 나타났는데, 이는 악양면의 계곡 하부 '무덤이들'이라는 퇴적평야에 위치한 AWS 01 지점의 한낮 수변효과에서 기인한 것으로 예상된다. 무덤이들의 주된 영농형태는 논벼로 재배기간 동안 AWS 01의 주변은 담수상태를 유지하기 때문에 주변 AWS에 비해 상대적으로 관측 기온은 낮고, 기온변이도 크지 않은 편이다. 따라서 이 시기의 정확한 고도별 표준편차 크기와 경향성을 파악하기 위해서는 AWS 01 다음으로 낮은 AWS 02를 기준으로 살펴보는 것이 좋을 것으로 판단된다. 소기후모형으로 계산된 예측값에서는 겨울철 해발고도가 높아질수록 기온의 변이폭은 커지고, 4월 이후부터 9월까지 표준편차 변이는 감소하는 등 고도별 경향이 뚜렷하게 나타났다. 12개의 그래프 중 1, 3, 10월의 경향이 관측값과는 다소 차이가 있었지만, AWS 01 위치의 수변효과를 모형에 반영 되도록 개선한다면 관측값과의 오차는 크게 개선될 것으로 보인다.

3.2. 월별 기온 표준편차 추정모형

2011-2015년 기간 동안 관측된 0600, 1500 기온의 표준편차를 고도보정된 월별 기온과 지형변수로부터 회귀식을 추정된 결과 월별 결정계수는 0.46부터 0.98 범위로 나타나며, 선발된 모형의 설명력은 모두 5% 수준의 유의성이 인정되고, 24개 중 17개가 1% 수준의 유의성을 보였다(Table 3). 변동성이 큰 겨울철보다 여름에 전반적으로 좋은 결과를 나타냈는데, 아쉽게도 0600 기온 표준편차가 가장 중요하게 활용되는 1월에서 모형 설명력이 46% 수준으로 다른 계절에 비해 낮은 결과를 보인다. 이는 1월 최저기온의 연차변이를 추정된 Jung *et al.*(2004)의 논문에서 환경변수만으로 회귀모형을 설명하기는 어렵다는 내용과 같은 맥락이며, 그만큼 표준편차 추정에 영향을 미치는 다른 요인

들이 많다는 것을 말한다. 본 연구의 결과는 Jung *et al.*(2004)이 1월의 최저기온과 해발고도를 변수로 선택하여 도출한 회귀모형의 결정계수보다는 다소 낮지만, 종관규모가 아닌 국지기후 관측 규모에서 상세한 표준편차 분포를 설명할 수 있는 것에 의미가 있다고 본다.

회귀모형은 해발고도편차에 따라 보정된 월별 기온 외에, 경사도와 경사향 등 기본적인 지형인자와 온난대효과와 냉기집적효과, 개방도 등의 기온과 관련된 변수들을 고려하여 월별로 표준편차를 가장 잘 설명할 수 있는 변수를 1~3개까지 선발하여 만들어졌다(Table 3). 월별 기온인자의 부호는 고도가 높아짐에 따른 표준편차 크기의 경향성을 나타내는데, 고도와 기온이 음의 상관 관계를 가지므로 부호 경향은 반대로 이해하면 된다. 온난대효과는 2월과 10월에 표준편차 추정에 영향을 미치고, 해발고도 300m 부근 이하로 점차 커지는 냉기집적 효과는 5~9월까지 0600 기온의 표준편차를 정량화하는데 관련이 있는 것으로 나타났다. 음영값으로 1500 기온의 사면 효과를 표현한 개방도와 경사향은 겨울철의 표준편차에 영향을 미치는 것으로 보인다.

3.3. 여름, 겨울 계절의 기온 표준편차 분포

고도보정된 월별 기온과 지형변수들을 격자형의 공간분포도로 준비하고 회귀모형식에 입력하면 표준편차의 공간변이를 30m 해상도까지 나타낼 수 있다. Fig. 3에 따르면 0600 기온 표준편차는 여름 계절에 1.5~3.0°C로 낮고, 겨울에는 4.0~5.0°C까지 분포하고 있어, 1500 기온 표준편차에 비해 연중 최저, 최고치의 범위(range)는 더욱 클 것으로 예상된다. 여름에는 고도가 높아질수록 변이가 작아지고, 겨울에는 커지는 등 AWS 10개 지점에서 관측된 경향이 분포도에서 잘 나타나고 있으며, 특히 12월 0600 기온의 표준편차는 낮은고도에서 중산간지대까지 변이가 줄어들다가 다시 커지는 특성도 분포도에서 확인할 수 있다. 한편, 4월부터 9월까지 무덤이들 벼논의 담수효과로 주변에 비해 1500 기온 표준편차가 작게 나타나는 현상은 회귀모형식에 반영되지 않았는데, 추후 토지피복에 따른 표준편차의 영향도 함께 고려한 모형식의 개선이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구에서 소개하는 표준편차 추정모형은 2011-2015년 기간에 관측된 기온자료에 근거하기 때문에 30년간의 연차변이와는 다른 분포양상을 보일 수 있

Table 3. Regression coefficients and R-squared of the standard deviation regression model

Variable	Standard Deviation of 0600 Temperature											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Constant	3.90	4.60	5.46	5.56	5.16	1.62	0.90	1.43	1.57	4.37	5.32	4.52
0600ET	-0.05253	-0.00529	-0.12262	-0.16437	-0.12407	0.00011	0.05612	0.01770	0.05077	0.01795	0.00963	-0.10495
Slope												
Slope25		-0.029	-0.022	-0.024	-0.040						-0.026	-0.023
Aspect												
Aspect25			0.00095				0.00069					
E1		0.228										-0.281
E2					0.206	0.271	0.053	0.093	0.235			
R ²	0.46*	0.88**	0.86*	0.79**	0.96**	0.86**	0.98**	0.88**	0.90**	0.87**	0.94**	0.66*
Variable	Standard Deviation of 1500 Temperature											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Constant	3.28	3.81	7.40	4.20	2.81	0.84	1.08	0.81	0.70	1.87	4.08	4.33
1500ET	0.02066	0.02348	-0.12527	0.06307	0.06499	0.10243	0.09562	0.11841	0.09747	0.05426	0.03464	-0.03175
Slope												
Slope25												
Aspect												
Aspect25												-0.0009
BI	0.00176										0.00147	
R ²	0.63*	0.57*	0.70*	0.71**	0.77**	0.88**	0.74**	0.80**	0.76**	0.68**	0.79**	0.66*

** Significant at p=0.01 level; * Significant at p=0.05 level;

0600ET/1500ET: Estimated temperature at 0600 and 1500 LST by adopting a single temperature lapse rate (-6.5°C/km or -9°C/km);

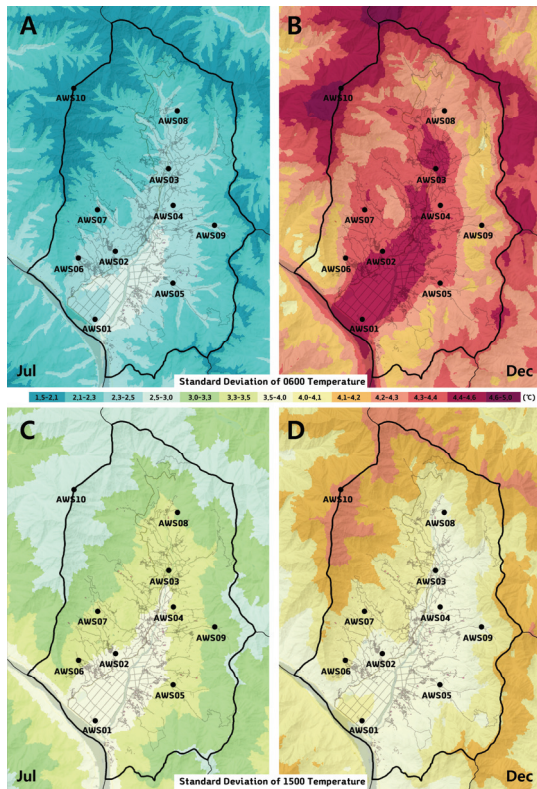


Fig. 3. Geographic distribution of standard deviation between 0600 (above) and 1500 LST temperature (below) estimated by the regression model on July and December during 2011-2015.

으며, 확보된 자료기간에 따라 모형의 변수조합이 바뀔 여지도 있다. 그러나 회귀모델로부터 기온이 관측되지 않는 임의지역의 표준편차를 지형변수의 최소-최대값 유효범위(Table 4) 내에서 월별로 예측한다면 70% 수준의 추정능력으로 공간변이 분포도를 나타낼

Table 4. Statistics of variables selected for the standard deviation regression model

	Min	Max	Mean	StDev.
DEM	8	1,073	245.80	311.65
Slope	0	35	13.00	10.11
Slope25	1	27	14.16	8.27
Aspect25	114	275	192.41	56.54
E1	0	4	1.16	1.58
E2	0	4	2.04	1.43
BI	10	233	154.04	51.14

수 있을 것으로 보인다. 앞으로 모형의 실용성을 높이기 위해서는 국지규모의 기온 관측이 가능한 검증관측망 자료를 10년 이상 확보하는 것이 중요한 것이다. 이렇게 복원된 고해상도의 표준편차 분포는 작물의 위험기상 판정이나 기후변화에 따라 기온 변동성을 고려한 작물 재배적지 이동 예측에도 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

적 요

2011-2015년까지 경남 하동군 악양 집수역의 해발고도 8~1,073m 범위에 설치된 10개 무인기상관측기에서 0600, 1500 기온 관측값을 수집하여 월별 표준편차를 계산하고, 소기후모형으로부터 예측된 기온의 표준편차 결과를 함께 비교하여 미관측 지점의 추정기술에 실효성이 있는지 평가하였다. 소기후모형에 따른 예측값은 월별 0600, 1500 기온의 표준편차를 각각 88%, 86% 정도 설명할 수 있었지만, 전반적으로 과소 추정하는 경향이었다. 겨울철과 여름철에 나타나는 낮은 고도 대비 해발고도가 높아질수록 변이가 작아지거나 커지는 방향성에 있어서 관측값과는 반대양상으로 나타나 당초 기대와는 다른 결과를 보였다. 또 다른 방법으로 월별 기온 표준편차와 지형간의 관계를 정량화하여 임의지역의 지형특성과 종관규모 수준의 기온 자료만으로 표준편차 분포를 예측할 수 있는지 회귀 분석을 수행하였다. 회귀모형은 해발고도편차에 따라 보정된 월별 기온 외에, 경사도와 경사향 등 기본적인 지형인자와 온난대효과와 냉기집적효과, 개방도 등의 기온과 관련된 변수들을 고려하여 월별로 표준편차를 가장 잘 설명할 수 있는 변수를 1~3개까지 선발하여 만들어졌으며, 월별 결정계수는 0.46부터 0.98 범위로 나타났다. 회귀모델을 이용해 기온이 관측되지 않는 임의지역의 표준편차를 지형변수의 최소-최대값 유효범위 내에서 월별로 예측한다면 70% 수준의 추정능력으로 공간변이 분포도를 나타낼 수 있을 것으로 예상된다.

감사의 글

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

REFERENCES

- Jung, J. E., U. Chung, J. I. Yun, and D. K. Choi, 2004: The observed change in interannual variations of January minimum temperature between 1951-1980 and 1971-2000 in South Korea. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **6**(4), 235-241. (in Korean with English abstract)
- 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., and J. I. Yun, 2013: Distribution of midday air temperature and the solar irradiance over sloping surfaces under cloudless condition. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **15**(4), 291-297. (in Korean with English abstract) doi:10.5532/KJAFM.2013.15.4.291
- Kim S. O., and J. I. Yun, 2014: Improving usage of the Korea Meteorological Administration's digital forecasts in agriculture: III. Correction for advection effect on determination of daily maximum temperature over sloped surfaces. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **16**(4), 297-303. (in Korean with English abstract) doi: 10.5532/KJAFM.2014.16.4.297
- KMA, 2011: *Climatological Normals of Korea 1981-2010*. Korea Meteorological Administration, 1-678pp.
- 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., S. O. Kim, J. H. Kim, and D. J. Kim, 2013: User- specific agrometeorological service to local farming community: A case study. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **15**, 320-331. (in Korean with English abstract)
- 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
- 최영은, 정재준, 이정덕, 박창용, 이재원, 김희수, 노경숙, 이한수, 권재일, 2012: 30 년 (1981-2010 년) 기후값을 이용한 한국기후도 작성. *Proceedings of the Autumn Meeting of KMS*, Korean Meteorological Society, 290-291.