

공간기후모형을 이용한 나주지역 배 개화기 일 최저기온 분포도 작성

한점화*, 홍경희
원예연구소 배시험장

Minimum temperature mapping during the pear flowering season in Naju Province by a topoclimate - based spatial interpolation model

J. H. Han*, and K. H. Hong
¹Pear Experiment Station, NHRI, RDA
(*Correspondence: hanjh@rda.go.kr)

1. 서 언

최근 이상난동으로 과수의 개화시기가 앞당겨지고, 개화기의 이상 저온으로 개화기의 늦서리 피해 가능성이 커지고 있어 과수 재배 농가에서는 일 최저기온 예보에 많은 관심을 갖고 있다. 그러나 현재까지 기상청에서 생산되는 기온 관측 및 예보는 도시 및 특정 지역을 대상으로 80여개 기상관서에 한정되어 있고, 관측되지 않는 지역에 대해서는 시군 단위별로 예보 되고 있어 영농정보로서 직접 활용하기는 어려운 점이 많다.

관측되지 않는 지점의 기온 추정을 위해 여러 가지 공간내삽 모델들이 개발되었으며 민간정보회사 등에서는 기상관서로부터 멀리 떨어진 지점의 기온값을 추정하기 위해 주변기상관서의 기온값을 평균하여 수요자에게 제공하고 있다. Chung *et al.*(2002)은 재배 규모가 적으면서도 복잡한 지형적 구조를 갖고 있는 우리나라 특성에 맞는 일 최저기온 추정 모델 개발을 위해 산악지형에서의 일 최저기온 공간 내삽시 어려운 문제로 제기되는 냉기침강효과를 구현하여 10m해상도의 일최저기온분포도를 작성하였으며 검증 결과 기존의 기온값을 내삽법에 의한 추정오차를 80%이상 줄일 수 있음을 확인하였다. 또한 2004년에는 2002년 당시 하동지역을 대상으로 구현된 모델이 경기 연천지역에서도 일 최저기온 추정에 탁월한 효과가 있음을 검증하였다.

본 연구는 Chung *et al.*(2002, 2003, 2004)이 개발한 모형을 토대로 나주지역 배 개화기간인 4월 한달동안 인근 기상관서의 당일 최고기온 관측값과 익일 아침 최저기온 예보값으로부터 나주지역 일 최저기온 예측 공간변이를 정밀하게 추정하여, 농가 재배 정보의 실용성 여부를 검토 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 대상지역 및 기온 측정

대표적인 배 주산단지인 나주지역의 과원중 서리피해가 잦은 골짜기와 강변, 상대적으로 피해가 적은 구릉지에 위치한 3곳의 과원에 기온 관측장비를 지표 1m높이에 설치하여 2004년 4월 1일부터 4월 30일까지 10 간격으로 연속측정하고, 최저 관측값을 일최저기온으로 하였다. 사용된 센서는 로거 일체형 써미스터(Model HOBO H8 Pro., Onset

Computer Corporation, U.S.A.)로서 제작사의 사양에 의하면 측정오차가 -30℃에서 +50℃ 범위에서 ±0.5℃이며 상온에서의 정확도는 ±0.2℃이다. 5개 관측지점의 위치 좌표를 위성측위계 (Model GeoExplorer III 및 Pathfinder 2.80, Trimble Inc., U.S.A.)에 의해 측정하였다.

2.2 일 최저기온 추정

일 최저기온 추정모형은 찬공기 집적 및 온난대 효과를 기존의 고도보정 내삽모형에 추가한 지형기후모형(Chung *et al.*, 2002)을 이용하였으며 이 때 기온 결정에 가장 유효한 찬 공기 유입 범위는 반경 50m범위를 평균하였다(Chung *et al.*, 2003). 일 최저기온 예측 정밀 분포도 작성은 관측지점이 모두 포함되는 45×50km범위로 하였다.

$$T = \frac{\sum \frac{T_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}} + \left(z - \frac{\sum \frac{z_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}} \right) \Gamma - \varepsilon 1 + \varepsilon 2$$

T_i : 표준관측소 최저기온

d_i : 표준관측소와 목적지와의 거리

Z 와 Z_i : 목적지의 실제 고도와 거리역산 가중법에 의한 추정고도

Γ : 해발고도별 기온감율

$$\Gamma = 0.00695 + 0.0013 \cos\{0.0172(J-30)\}, J : \text{년중 날짜}(1월1일=1, 12월31일=365)$$

$\varepsilon 1$: 냉기집적효과, $\varepsilon 2$: 온난대효과

$$\varepsilon 1 = (R/R_{\max}) * \{\log_{10}(FA_5)\}$$

$$\varepsilon 2 = (R/R_{\max}) * I_{\max}[1 - \exp\{-0.01(Z-Z_1)\}]$$

R 은 일교차로 기상관서의 당일 최고기온 관측값과 익일 아침 최저기온 예보값의 차이로 구했으며, R_{\max} 는 일교차의 최대값으로 18℃로 간주하였다. 당일 최고기온 및 익일 아침 최저기온 예보값은 정읍, 남원, 장흥의 평균값을 사용하였다. 온난대 효과에 의한 온도상승분의 최대값(I_{\max})은 매일 달라지는 값이나 편의상 경험적으로 얻어진 4℃에 대해 당일 기온 일교차의 상대비율에 직선적으로 비례한다고 가정하였다. 온난대 효과가 나타나기 시작하는 고도(Z_1)는 시간과 지형의 고도에 따라 다르나 편의상 300m로 간주하였다. 표준관측소는 나주 주변인 정읍과 남원, 장흥의 자료를 활용하였다.

3. 결과

찬공기 집적 및 온난대 효과를 기존의 고도보정 내삽모형에 추가한 지형기후모형을 이용하여 10m의 해상도로 Fig. 1과 같은 나주지역 일 최저기온 예측 정밀 분포도를 작성하였다. 일 최저기온 예측에 이용한 지형기후모형은 개발 당시(Chung *et al.*, 2002) 복사냉각에 의한 서리가 발생하는 시기 (강우가 없고 야간운량 2이하이며 풍속이 1m/s이하)로 한

정하여 개발하였으나 본 연구에서는 실제 영농현장 적용시 이러한 조건을 구분하여 적용하기에는 현 상황에서 다소 무리가 있어, 이러한 조건을 구별하지 않았다. 4월 1일부터 4월 30일까지 그림 1과 같은 일 최저기온 예측 정밀 분포도를 작성하여 관측 지점의 예측값과 실측값의 차이를 검토한 결과, 나주지역에 한개의 값으로 예보되고 있는 기상청 예보값에 비해 정밀도가 크게 향상되었으며 그정도는 냉기침강효과가 큰 골짜기나 강변이 구릉지에 비해서 컸다(Fig. 2). 기상청 예보값은 실측값에 비해 높게 예보된 반면 지형기후모형을 이용하여 예측한 결과, 구릉지에서는 다소 높게, 강변과 골짜기에 위치한 과원에서는 다소 낮게 예측되었다.

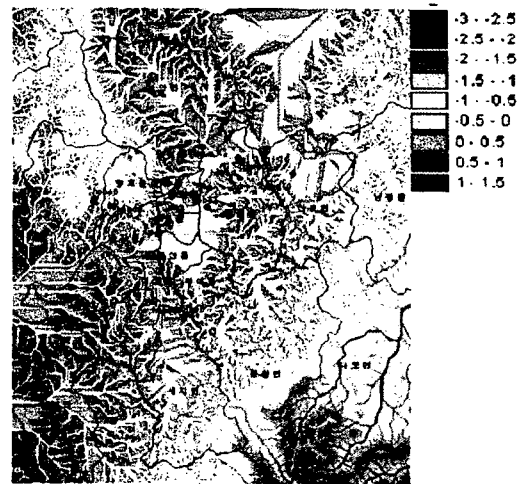


Fig. 1. Map of the minimum temperature predicted by Topoclimatic-based Spatial Interpolation Model in Naju province on 4 April 2004

Chung *et al.*(2004)은 기온과 서리와의 관계를 고려하여 3°C이하일때부터 서리피해 위험이 발생한다는 가정을 하였고, 배의 개화기간 중 서리 내성이 가장 약한 만개기의 저온피해 한계온도가 -1.7°C임을 고려하여 4월 한달 동안 0°C이하의 일 최저기온이 내습한 날의 지형기후모형을 이용한 예측값과 실측값, 기상청 예보값을 비교하였다(Fig. 1-a). 0°C이하의 일 최저기온이 내습한 날은 과원이 위치한 지형에 따라 달랐으며, 골짜기에서는 8일로 가장 많았고, 그 다음으로 강변에서 5일이었으며 구릉지에서는 가장 적은 3일이었다. 그러나 기상청 예보는 8일 동안 0~4°C로 예보되어 실측값에 비해 높게 예보되었으며 실측값과의 편차는 골짜기에서는 1.7~5.1°C(평균 3.3), 강변에서는 1.6~3.9°C(평균 2.7), 구릉지에서는 0.2~3.5°C(평균 1.7)로 골짜기에서의 편차가 크고, 구릉지에서는 현저히 낮아짐을 알 수 있었다. 반면에 지형기후모형을 이용하여 예측한 결과 골짜기에서는 6일, 강변에서는 5일, 구릉지에서는 4일을 0°C이하의 일 최저기온 내습을 예측하여 기상청 예보값에 비해 정밀도가 향상됨을 알 수 있었다. 실측값과의 편차를 보면 골짜기에서는 -2.1~+2.7°C(평균 -0.4), 강변에서는 -1.6~+2.7°C(평균 -0.4), 구릉지 -1.1~+3.5°C(평균 0.6°C)로 냉기침강효과가 크고 서리 내습 가능성이 높은 골짜기와 강변의 오차가 크게 줄어들었다.

그러나 서리 및 저온피해에서 비교적 안전한 3°C이상의 일 최저기온이 내습한 날에는 지형기후모형을 이용한 예측값이 기상청 예보값에 비해 편차가 큰 경향을 보였다(Fig. 2-b). 특히 골짜기의 경우 3°C이상의 일 최저기온이 관측된 16중 3°C이하로 예측된 경우는 3일이었다. 복사 냉각이 적어 냉기침강효과가 적은 날에는 낮게 추정되는 것으로 판단된다. 어느 정도의 오차는 존재하지만 고도보정 내삽모형과 연계하여 농가에서 편리하게 이용할 수 있는 저온예측 웹서비스가 구축된다면 매우 유의한 재배정보로 활용될 수 있을 것이다.

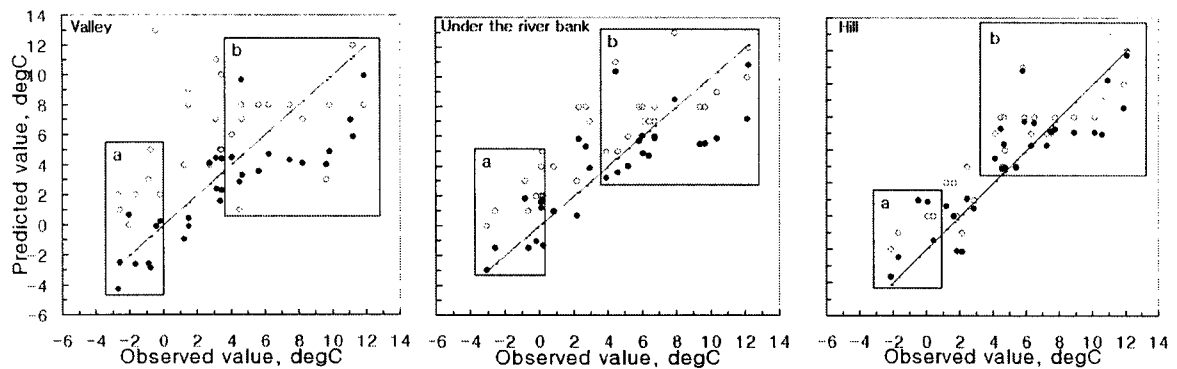


Fig 2. Goodness of fit for the the minium temperature predicted by Topoclimatic-based Spatial Interpolation Model(●) and forecasted by Korea Meteorological Administration(○) in Naju province in April 2004.

인용문헌

- Chung, U., H. C. Seo, and J. I. Yun., 2004: Site-Specific Frost Warning Based on Topoclimatic Estimation of Daily Minimum Temperature. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, 6(3), 164-169.
- Chung, U., H. C. Seo, J. I. Yun, and K. H. Lee., 2003: An Optimum Scale Topoclimatic Interpolation of Daily Minimum Temperature in Complex Terrain. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, 5(4), 261-265.
- Chung, U., H. H. Seo, K. H. Hwang, B. S. Hwang, and J. I. Yun., 2002: Minimum Temperature Mapping in Complex Terrain Considering Cold Air Drainage. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, 4(3), 133-140.
- Yun J. I., J. Y. Choi, and J. H. Ahn., 2001: Seasonal Trend of Elevation Effect on Daily Air Temperature in Korea. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, 3(2), 96-104.