

# 과열지수를 이용한 복잡지형의 일 최고기온분포 추정

정유란<sup>1</sup>, 정일빈<sup>1</sup>, 서형호<sup>2</sup>, 황범석<sup>3</sup>

<sup>1</sup>경희대학교 생태시스템공학과, <sup>2</sup>원예연구소 과수재배과, <sup>3</sup>가평군농업기술센터

## Daily Maximum Temperature Mapping in Complex Terrain by Applying "Overheating Index"

U. Chung<sup>1</sup>, I. B. Chung<sup>1</sup>, H. H. Seo<sup>2</sup>, B. S. Hwang<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Ecosystems Engineering, Kyung Hee University, <sup>2</sup>Fruit Tree Cultivation Division, National Horticultural Research Institute, RDA, <sup>3</sup>Gapyung Agricultural Technology Center

(Correspondence: uran@cvs2.khu.ac.kr)

### 1. 서 언

기온은 생물의 대사과정에 직접적인 영향을 끼침으로서 생장과 발육을 결정하는 중요한 환경 요인이며, 특히 식물은 개체 및 군락 수준에서 기온의 일 변화, 계절변화, 혹은 영년 변화에 반응한다. 최근의 농업 및 삼림 생태계 연구는 기온을 비롯한 환경요인의 영향을 생리과정의 정량적 모의를 근거로 이해하고, 이를 넓은 지역으로 확대하여 다양한 시간적 주기로 예측하는 방향으로 나아가고 있다 (Chung et al., 2002).

기상청에서 발표하는 기온 관측 및 예보값을 근거로 공간내삽에 의해 관측이 되지 않는 넓은 지역의 기온분포를 알아낼 수 있다면 영농 및 삼림생태계 관리에 많은 도움이 될 것이다. 그 동안 일 최저기온의 공간내삽에 대해서는 국내외적으로 상당한 연구가 이루어졌으나, 일 최고기온에 대한 연구는 희귀한 편이다 (Jarvis and Stuart, 2001). 지형이 복잡한 곳에서는 일사 수광량의 차이에 따라 일 최고기온의 분포도 매우 다양할 것이므로 야외 관측을 통한 실용성 있는 추정방법의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 Regnier (1996)가 제시한 과열지수 (overheating index, OHI)를 국내 복잡지형에 적용하여 일 최고기온분포를 추정하고 그 결과를 실측자료와 비교함으로써 이 방법의 실용성을 검토하고자 수행하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 2.1 일 최고기온 추정모형

지표면의 균질성을 전제로 할 때, 가장 보편화된 공간내삽기법인 거리역산가중법(inverse distance weighting, IDW)에 의한 비관측점의 일 최고기온 추정오차는 주로 관측지점과의 고도편차 및 지형의 이질성, 두 가지 원인에 의해 생긴다. 고도편차에 따른 오차는 산사면 기온감율에 의해 어느 정도 보정이 가능하다 (Chung and Yun, 2002). 지형의 이질성에 의한 두 번째 오차는 대부분 복잡지형 상의 일사 수광양상과 관련이 있으며, 수평면에 대한 경사면의 일사 수광량 차이, 엄밀하게는 현열 과부족을 고려함으로써 그 크기를 추정할 수 있을 것이다. 이것을 정량적으로 표현하면 다음과 같다.

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

여기서  $T_i$ 는 지점 'i'의 실측 기온,  $d_i$ 는 내삽지점으로부터 관측점 'i'까지의 거리,  $z$  및  $z_i$ 는 각각 내삽지점과 관측점 'i'의 해발고도,  $\Gamma$ 는 해발고도에 따른 기온감율, 그리고  $\varepsilon$ 은 나머지 오차이다.

Regnier (1996)는 오후 1시부터 5시까지 4시간 동안의 적산일사량이 그 날의 최고기온 결정에 크게 기여하므로, 오후 4시간 동안 수평면의 일사수광량( $\varphi_0$ )과 사면상의 일사수광량( $\varphi_i$ )간의 차이를 표준화하여 소위 “과열지수”(overheating index,  $v$ ) 형태로 표현하면 사면의 최고기온 추정에 적용할 수 있다고 하였다.

$$v = \frac{\varphi_i - \varphi_0}{\Delta\varphi_{\max}} \quad \text{----- (2)}$$

이 식에서 분모는 수평면과 경사면간의 오후 4시간 동안의 일사수광량 편차 가운데 북반구에서 관측되는 최대값으로서  $15 \text{ MJ m}^{-2}$ 이다. 계산된 과열지수는 -1.935에서 1.0의 값을 갖는다.

만약 과열지수를 알고 있다면 식 (1)의 나머지오차는 다음과 같이 표현된다 (Regnier, 1996).

$$\varepsilon = v \cdot R \cdot \Delta T_R \quad \text{----- (3)}$$

여기서  $v$ 는 과열지수,  $R$ 은 일교차, 그리고  $\Delta T_R$ 은 평지 - 경사지 일사 수광량 편차에 의한 기온상승분으로서 일교차  $1^\circ\text{C}$  당 기온으로 표현하며, 산림군락에서 0.1429로 알려져 있다 (Regnier, 1996).

## 2.2 모형의 적용

대표적인 사과 주산단지이며 조밀한 자동기상관측망이 운영되고있는 영주, 봉화, 장수, 진천, 의성 등 5개 시군에 대하여 국립지리원에서 발간한 25,000:1 수치지형도의 등고선으로부터  $10 \times 10\text{m}$  수치고도모형(Digital Elevation Model)을 추출하였다. 4시간 적산일사량 계산 모형은 ArcView 3.2 (ESRI, USA) 지리정보시스템 소프트웨어 상에서 Avenue Script로 구현하였다.

각 시군에 대해 계절별로 하루씩 임의로 선정하여 4시간 동안의 적산일사량 분포를  $10 \times 10\text{m}$  해상도로 계산하고 식 (2)에 의해 과열지수를 구하였다. 각 시군으로부터 가장 가까운 기상관서의 해당 날짜 일교차와 계산된 과열지수를 식 (3)에 적용하여 나머지 오차를 추정하였다. 한국농림기상학회에서 제작한 250m 해상도 남한 평년기후도(1971-2000) 중 해당 시군지역의 월별 일 최고기온분포도 (고도 보정 기온 표면)를 발췌하고, 여기에 나머지 오차를 더해 줌으로써 최종적인 일 최고기온분포도를  $10 \times 10\text{m}$  해상도로 작성하였다.

## 2.3 추정값의 신뢰성 검증

얻어진 일 최고기온 분포도는 1971-2000년 동안의 월별 평균값에 해당되므로 엄밀한 의미에서

의 검증은 이루어질 수 없다. 다만 임의의 두 관측지점간 기온편차를 비교함으로써 간접적으로는 모형의 신뢰성을 검증할 수 있을 것이다. 5개 시군에 설치된 25개 자동기상관측소 실측 최고기온값의 편차쌍과 관측소가 위치한 격자점의 추정기온값 편차쌍을 비교하였다.

### 3. 결과

Fig. 1은 계산된 과열지수로서 해당 지역의 미세지형특성과 계절별 태양고도간 상호작용이 잘 반영되었음을 알 수 있다.

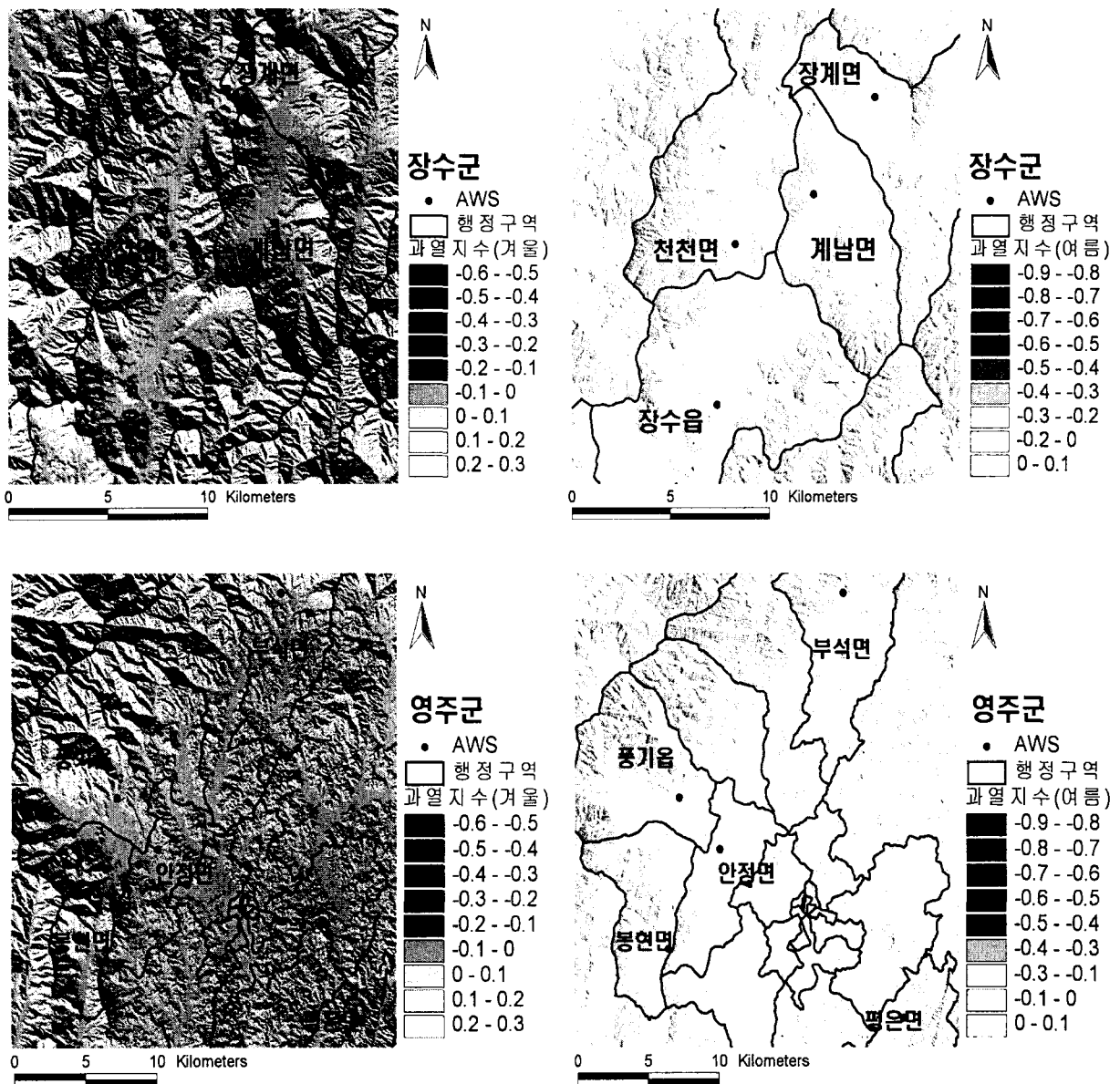


Fig. 1 Calculated overheating index for Jangsu (top) and Youngju (bottom) area. Left panels are for winter season, and right panels are for summer season.

임의 두 지점간 실측기온차와 추정기온차, 즉 편차쌍간 상호비교 결과 상관계수가 0.8 (회귀식의 결정계수 0.65)로서 과열지수에 의한 보정이 기존의 방법에 의한 최고기온 추정오차를 60% 이상 제거 하였음을 보여준다 (Fig. 2).

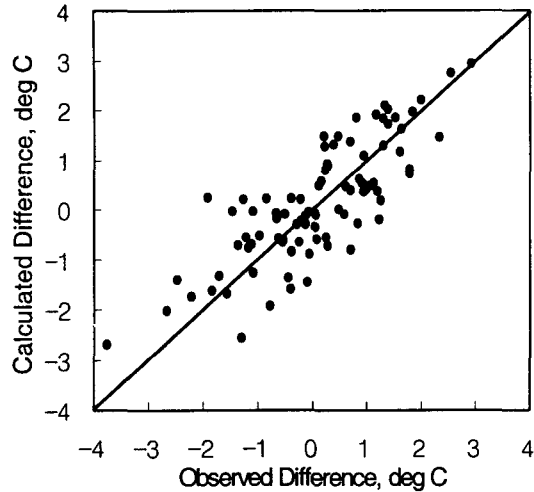


Fig. 2 Daily maximum temperature difference between any two observation sites. Calculated differences are plotted against the observed differences

**Acknowledgements:** 본 연구는 농촌진흥청 대형공동연구사업 "사과 저수고 밀식재배과원 종합관리기술 개발" 지원으로 수행되었음.

#### 인용문헌

Chung, U., and J. I. Yun, 2002: Spatial interpolation of hourly air temperature over sloping surfaces based on a solar irradiance correction. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, 4(2), 95-103.

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.

Jarvis, C. H., and N. Stuart, 2001: A comparison among strategies for interpolating maximum and minimum daily air temperatures. Part I: The selection of "Guiding" topographic and land cover variables. *Journal of Applied Meteorology* 40, 1060-1074.

Regniere, J., 1996: Generalized approach to landscape-wide seasonal forecasting with temperature-driven simulation models. *Environmental Entomology* 25(5), 896-881.