

2001년 1월 15일 한반도 일최저기온 양상과 과수 동해지역 분포

정해순¹, 조명동², 윤진일³

¹기상청 수원기상대, ²원예연구소 과수재배과, ³경희대학교 농학과

Cold Mesoclimate Mapping for Zoning Fruit Tree Freeze Damage Using Spatial Interpolation Technique

Harrison Jeong¹, Myung-Dong Cho², and Jin I. Yun³

¹Suwon Meteorological Office, KMA; ²Fruit Tree Cultivation Division, National Horticultural Research Institute, RDA; ³Department of Agronomy, Kyung Hee University

(Correspondence: jiyun@khu.ac.kr)

1. 서언

근년의 “따뜻한 겨울” 추세와는 달리 2001년 1월 중순은 일주일 이상 혹독한 한파가 지속되었다. 최저기온이 영하 25℃ 이하를 기록한 지점만도 철원(-29.2℃), 홍천(-26.7℃), 동두천(-26.2℃), 제천(-26.0℃), 대관령(-25.6℃) 등 다섯이며, 순천, 진주, 정읍 등 남부지방 여러 곳에서도 영하 15℃ 이하의 최저기온이 관측되었다. 휴면중인 영년생 과수의 경우 일반적으로 겨울철 저온에 대해 저항성이 강하나, 복숭아의 꽃눈은 -18℃부터 피해가 나타나기 시작하며, -26℃ 정도에서는 완전히 동사할 수 있다 (농업기술연구소, 1990). 따라서 2001년 1월의 혹한은 주요 과수의 동해를 유발시킬만한 충분한 개연성을 갖고 있다.

수원기상대에서는 이 날 기상청 표준관측망에 기록된 최저기온값과 과종별 동해한계온도를 이용하여 전국적인 동해예상도를 작성하고, 이를 원예연구소의 현지 동해조사결과와 비교하고자 하였다. 일 최저기온은 동해 예측뿐 아니라, 식물의 생장도일 계산, 작물생육이나 식물 병 예찰 모형의 구동에 필수적인 기상요소로서, 기상청 일기예보 가운데서도 다음 날의 최저기온 예보는 매우 중요하다. 그러나 기상청에서 생산되는 최저기온 관측 및 예보는 도시를 중심으로 한 70여 개 기상관서에 한정되어있어 본 연구에 직접 활용하기는 곤란하다. 이들 점 관측자료를 토대로 넓은 지역의 기온변이를 규칙적인 격자단위로 추정하기 위해 공간내삽(spatial interpolation) 기법을 주로 사용한다. 예컨대 일부 민간기상정보회사에서는 기상관서로부터 멀리 떨어진 지점의 기온값을 추정하기 위해 주변 기상관서의 기온값을 평균하여 수요자에게 제공하고 있는데, 이 때 가까이 있는 관측소의 실측값에 가중치를 주는 거리역산가중 (Inverse distance weighting: IDW) 방법은 공간내삽 기법 가운데 가장 보편적인 것으로서, 지형이 평탄하고 균일한 곳에서는 좋은 추정결과를 보이지만, 지형이 복잡한 곳에서는 신뢰도가 낮아진다. 최근 GIS나 원격탐사 같은 공간분석기술의 발전에 힘입어 IDW를 보완한 기법들이 기상표면 생성에도 활용되고 있다 (윤 등, 2000).

본 연구에서는 이들 최신 공간내삽기법을 적용하여 2001년 1월 15일의 한반도 최저기온분포도를 1km×1km 격자간격으로 작성하고, 주요 과종별 동해정도의 지역분포를 추정함으로써 앞으로 유사한 한파내습시 과수 동해대책 마련에 기본자료로 활용코자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 공간내삽모형의 선정

육상의 어떤 지점에서 관측된 최저기온값에는 이미 수평 및 수직 위치효과와 바다효과는 물론 기온역전을 포함한 모든 기온결정인자의 영향이 반영되어 있다. 만약 대상지역의 지표상태가 관측점과 동질적이며, 표고변이가 관측점의 표고값에 의해 대표될 수 있다면, 거리역산가중 내삽에 의한 기온의 공간변이양상은 실제와 거의 일치할 것으로 기대할 수 있다. 하지만 과수주산단지 가운데는 산간지대에 위치한 경우도 많은데, 이러한 곳에서는 관측밀도가 낮은 것은 물론, 설치위치가 주변 지역을 대표하기 어렵기 때문에 단순한 거리역산가중에 의한 내삽결과는 실제와 다른 기온 분포를 보이기 쉽다. 따라서 기존의 거리역산가중 기법에 고도-기온 관계를 추가한 윤 등(2000)의 고도보정 공간내삽모형이 적합할 것으로 판단되었다. 이 모형에서 다른 조건이 대상지역 내 관측점들과 같고 오직 표고만 다르다면 지역 내 임의지점의 기온 T 는

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

으로 표현된다. 여기서 T_i 는 임의지점 주변의 관측소 i 에서 실측된 기온값이며 d_i 는 이 관측소와 임의지점간 거리로서 식 (1)의 우변 첫째 항은 거리자승역산가중 (Inverse distance squared weighting; IDSW) 내삽에 의한 기온 추정값이 된다. z 는 임의지점의 실제표고이며, 괄호 안의 둘째 항은 IDSW에 의해 추정된 가상지형상의 표고 추정값으로서 괄호 안은 임의지점의 표고편차를 나타낸다. Γ 는 내삽시점의 고도에 따른 기온감율로서, 일최저기온의 경우

$$|\Gamma| = 0.00685 + 0.00135 \cos\{0.0172(i - 15)\} \text{ ----- (2)}$$

으로 추정할 수 있다 (윤 등, 2000). 여기서 i 는 연중 날짜 (1월 1일 = 1, 12월 31일 = 365)를 가리킨다.

2.2 최저기온 분포도 작성 및 추정값의 신뢰성 검증

2001년 1월 15일 제주도, 울릉도 등 도서지방을 제외한 북한 27개, 남한 63개 관측소에서 기록된 최저기온 주제도(ArcView Shape file)를 격자간격 1km×1km의 초기기온표면 (Arc/Info Grid)으로 변환하였다. 이것이 식 (1)의 우변 첫째 항에 해당된다. 다음에 90개 기상관측소 해발고도 주제도를 역시 가상지형면으로 변환하고 이를 미국 지질청(USGS)의 GTOPO30 수치고도모형으로부터 추출한 한반도 1km×1km 격자간격 실제지형면으로부터 빼줌으로서 고도편차면을 얻었다. 여기에 식 (2)에 의해 추정된 기온감율을 곱하여 고도보정 Grid를 작성하였다. 이것이 식 (1)의 우변 둘째 항에 해당된다. 이 고도보정 Grid를 앞서 만든 초기기온표면, 즉 식 (1)의 우변 첫째 항에 더해줌으로서 최종기온표면을 얻었다. 기상관측지점의 기온 및 표고 내삽에 사용된 인접 표준관측소의 수는 각각 3개씩이었다.

계산된 최저기온값의 신뢰성을 검증하기 위해 남한 내 458개 기상청 자동기상관측소 중에서 표준기상관측소와 위치가 중복되거나 섬 지방에 설치된 것을 제외한 267개 지점 (해발고도 범위 3 ~ 850m) 자료를 이용하였다. 이들 자동기상관측지점의 좌표값에 해당하는 격자점의 최저기온 추정값을 읽고, 이를 자동기상관측소 실측값과 직접 비교하였다.

2.3 과수 동해조사

원예연구소에서는 2001년 2월 1일부터 2월 12일 사이에 18개 시군을 대상으로 사과, 배, 복숭아, 포도 등 주요 과수의 꽃눈 동사율을 조사하였다. 조사지점 당 사과, 배는 70개, 기타 과종은 60개씩의 가지를 채취하였다. 먼저 육안에 의한 갈변정도를 확인하고, 3일간 수삽(水挿) 후 눈의 절단면을 검사하였다.

3. 결과 및 고찰

267개 자동기상관측지점의 실측 최저기온과 이들이 포함된 격자점의 추정 최저기온간 상관계수는 0.92였으며, 추정값의 평균 평방근오차(RMSE)는 2.1℃이었다 (Fig. 1). 추정오차는 표고 400m까지는 관측지점의 고도가 낮을수록 큰 경향이였으며 과다 및 과소추정이 반반씩이다 (Fig. 2). 그러나 표고 400m 이상에서는 과다추정쪽으로 다시 오차가 커지는 경향을 볼 수 있다.

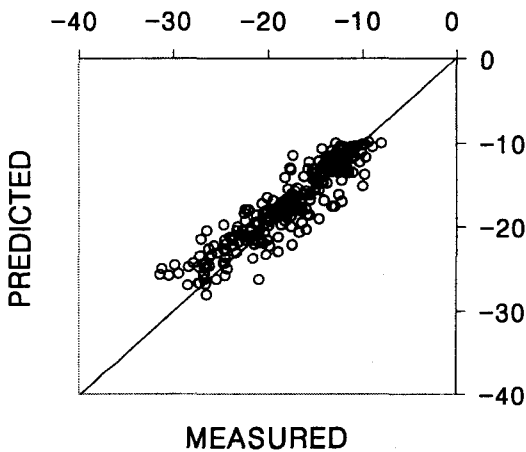


Fig. 1 Predicted vs. observed minimum temperature at 267 AWS sites on January 15, 2001.

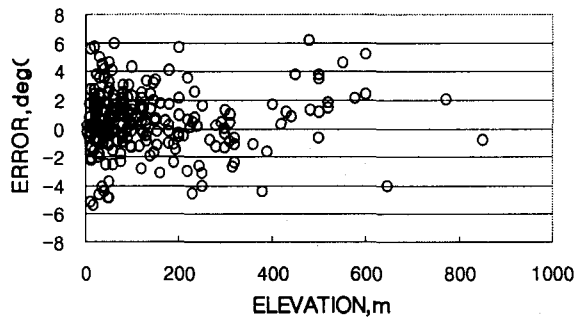


Fig. 2 Minimum temperature estimation error by the station elevation.

작성된 한반도 전역의 최저기온 분포도는 Fig. 3과 같다. 내삽에 사용된 실측자료는 한반도에 한정되므로 한중국경 쪽 기온추정값은 의미가 없다. 이 방법에 의해 추정된 남한 94,175개 격자점의 최저기온 평균은 -17.7℃이고, 최고값은 -8℃, 최저값은 -36℃이다. 이들 중 0.5%에 해당되는 474개 격자점은 -30℃이하이며, 33%에 해당되는 31,573개는 -20℃ 이하이다.

과종별로 동해 한계온도는 사과 -28℃, 배 -25℃, 복숭아 및 포도 -20℃, 단감 -14℃, 그리고 유자는 -9℃ 정도로 알려져 있다 (농업기술연구소, 1990). 이를 기준으로 배, 복숭아, 포도에 대해 동해 예상지역을 작도하고, 그 위에 현지에서 조사된 꽃눈 동사율을 중첩시킨 것이 Fig. 4이다. 동해 조사의 대상지역은 실측 기온값을 토대로 선정하였기 때문에 동해 예상지역 내에 포함되는 것이 당연하다 할 것이다. 하지만 동사율로 표현된 동해정도와 조사되지 않은 지역의 동해정도를 객관적으로 예상할 수 있다는 점에서 그 실용적 가치를 인정할 수 있을 것이다.

야간 냉기침강 및 역전효과 등 약간의 보완을 거치면 이 방법에 의해 기상청의 최저기온 예보 자료를 토대로 1km × 1km 국토면적 단위의 남북한 전역 최저기온 예보도를 상시 작성할 수 있

을 것이다. 또한 이 전국 분포도를 지역별 주작물 정보와 결합하여 작목별 저온 피해 (냉해, 서리해, 동해 등) 정보를 만들 수 있다.

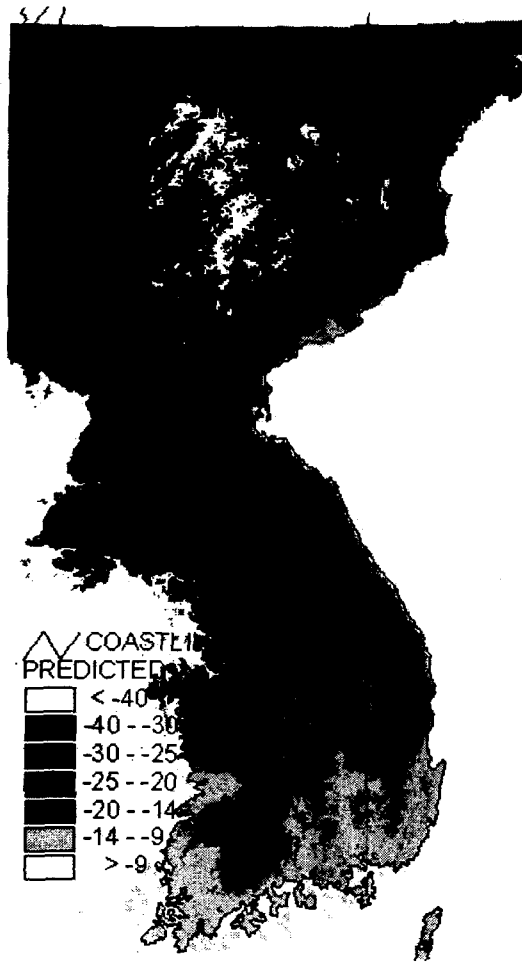


Fig. 3 Predicted minimum temperature surface over the Korean Peninsula at 1km×1km grid spacing on January 15, 2001.

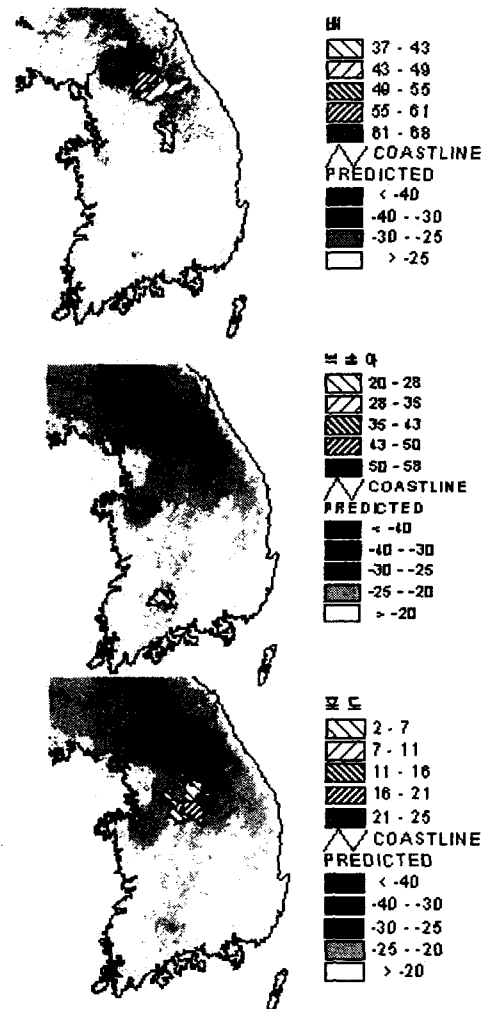


Fig. 4 Observed damage ratio(%) of flower bud for pear (top), peach (middle), and grape (bottom) trees overlaid on the predicted minimum temperature surface.

Acknowledgements:

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구 (1999-2-221-002-5) 지원으로 수행되었음.

인용문헌

농업기술연구소, 1990: 주요 과수재배지대의 기후특성. 205p.

윤진일, 최재연, 윤영관, 정유란, 2000: 산악지대의 일최저기온 공간내삼모형. 한국농림기상학회지 2(4), 175-182.