

수치기후도를 이용한 고품질 사과 재배적지 탐색

신용억¹, 김점국¹, 서형호¹, 조명등¹, 정유란², 윤진일²

¹ 원예연구소, ² 경희대학교

Using a GIS-driven Climatology for Site Selection : Application to Apple Industry

Yong-Uk Shin¹, Jeom-Kuk Kim¹, Hyeong-Ho Seo¹, Myung-Dong Cho¹, U. Chung², and J. I. Yun²

¹ Fruit Tree Cultivation Division, National Horticultural Research Institute, RDA

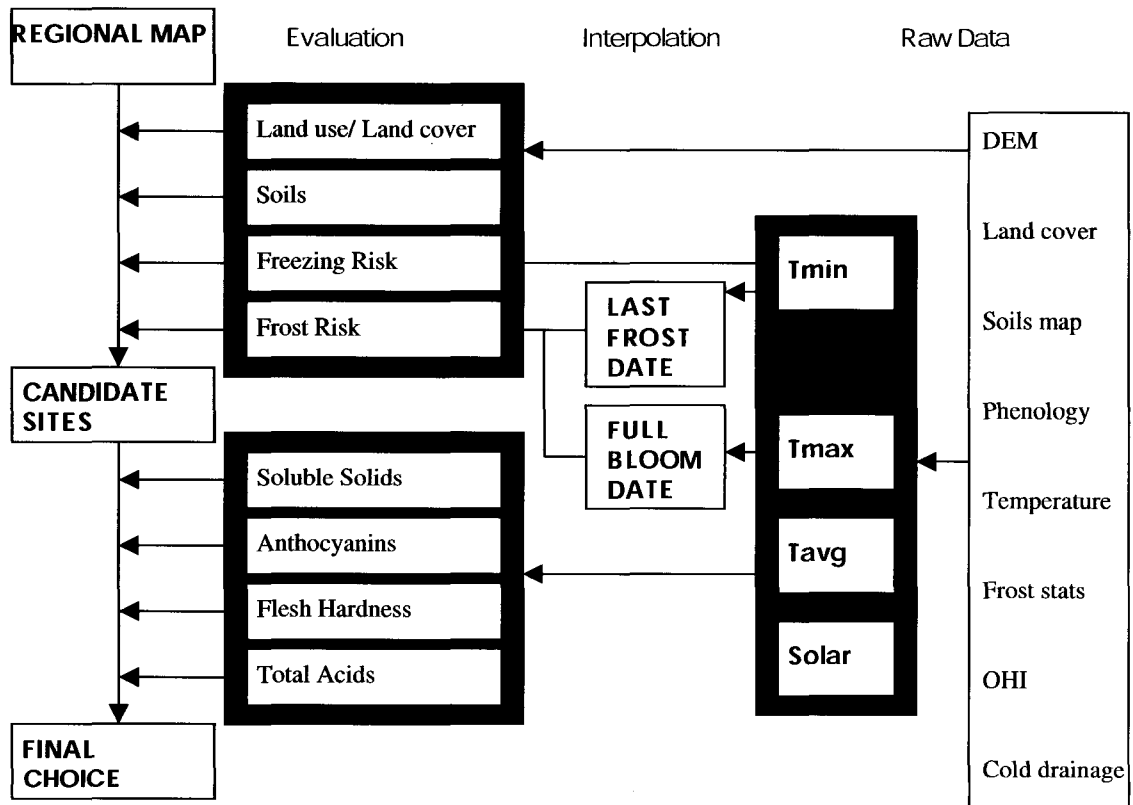
² Department of Ecosystem Engineering, Kyung Hee University

(Correspondence: jiyun@khu.ac.kr)

1. 서언

사과의 품질에 미치는 기상 영향은 재배농가의 경험과 정량적인 실험을 통해 잘 알려져 있지만, 이를 현장에 적용하여 재배적지를 탐색하기 위해서는 첫째, 지역의 기후가 구석구석 정확하게 밝혀져야 하고, 둘째, 기후자료를 적절히 관리할 수 있는 데이터베이스 시스템이 필요하며, 셋째, 기후자료를 활용하여 재배적지를 정밀하게 탐색할 수 있는 의사지원시스템이 필요하다. 이 문제점들은 궁극적으로 지리정보시스템 (GIS)을 도입함으로써 해결할 수 있다. GIS를 이용하면 기존의 관측점 단위 기상자료만으로 지역의 지형과 고도를 반영한 정밀한 수치기후도를 만들 수 있다. 또한 GIS 상에서 품질관련 식물학적 변수와 이에 영향을 주는 기후학적 변수들간의 정량적 관계를 모형화 할 수 있다.

이 연구에서는 전국의 7개 사과 주산지 시군별로 공간변량에 대한 데이터베이스 (AWS, 하천, 도로, 건물, 과수원 등 vector 주제도 및 속성, 고도, 경사도, 경사향, 지표피복 등의 10m×10m 해상도 raster 주제도)를 구축하고, 경사면의 냉기집적 (flow accumulation)과 온난대 효과를 고려한 최저기온 예측, sun - slope geometry와 지형그늘 (hillshade effect)을 고려한 일사수광량 추정, 과열지수 (overheating index) 계산에 의한 최고기온 예측모형을 적용함으로써 주산단지별 10m×10m 해상도의 정밀 기후자원 분포도를 제작하였다. 아울러 이 수치기후도를 토대로 각 격자점별 당도, 산도, 색택, 경도 등 예상품질을 정량적으로 표현함으로써 고품질 사과 생산에 적합한 기후학적 후보지를 탐색할 수 있는 검색시스템을 제작하였다.



2. 재료 및 방법

2.1 수치기후도 작성

- 국내 사과 주산지로 알려진 경북 봉화, 영주, 의성, 충북 진천 및 충주, 전북 장수, 충남 예산 등 7개 시군을 대상으로 국립지리원 수치지형도, 환경부 지표피복도, 행자부 행정구역도 등 기존 수치주제도로부터 해당 지역 발취, ArcGIS 환경에서 10m×10m 격자점 단위의 기후결정인자 Grid 작성

- 1971-2000년 평년기후도 (한국농림기상학회 제작 250m 해상도)를 배경으로 지형기후학적 모형에 의해 7개 시군지역의 월별 최고기온, 최저기온, 1월 극최저기온, 일사량 분포도를 10m×10m 해상도로 작성

2.2 품질-기후 경험식 및 고품질 판정기준 적용 (원예연구소)

쓰가루 품종의 경우

- 당도 : $y = 8.433 + 0.209x$ (x : 8월 평균기온, 13° Bx 이상)

- Anthocyanin 함량 : $y = 60.5 - 2.5x$ (x : 8월 평균기온, 10 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 이상)

후지품종의 경우

- Anthocyanin 함량 : $y = 28.2 - x$ (x : 10월 평균기온, 15 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 이상)

- Hunter a value : $y = 49.1 - 1.8x$ (x : 10월 평균기온, 25 이상)

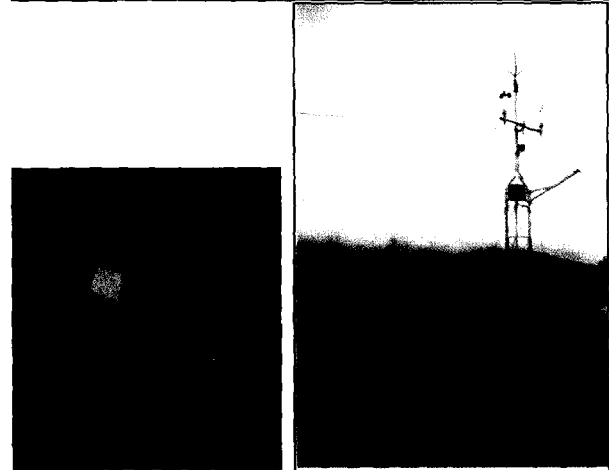
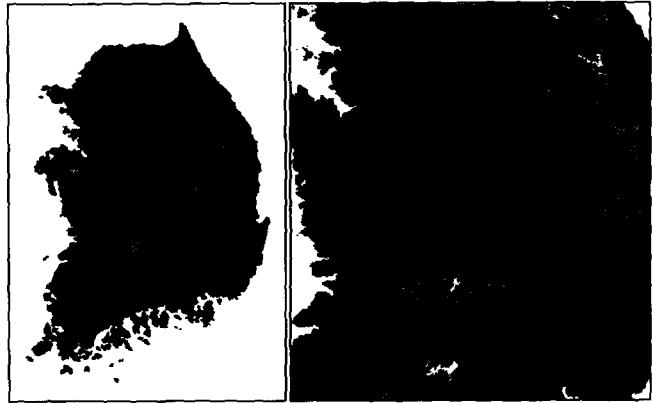
- L/D Ratio : $y = 1.166 - 0.012x$ (x : 4~8월 최고기온, 0.85 이상)

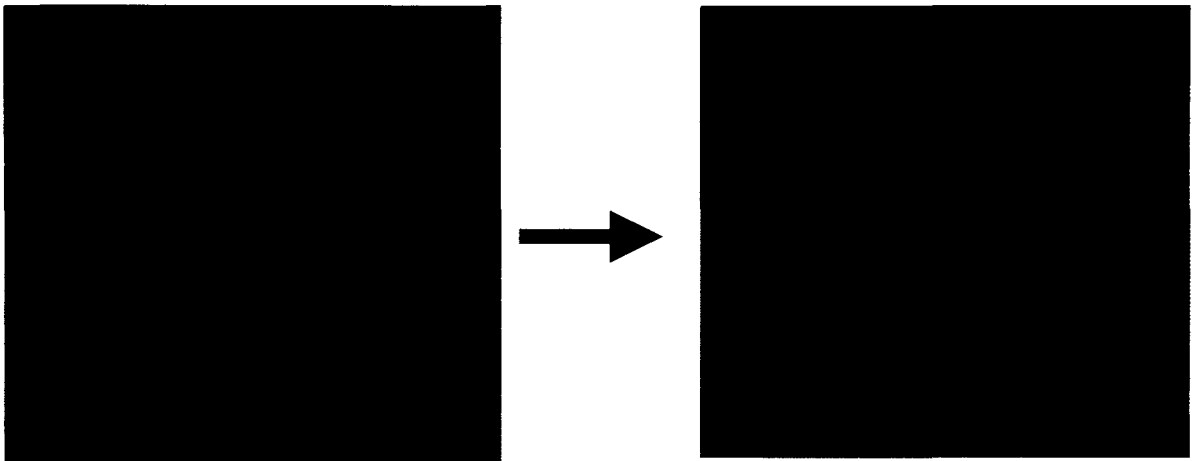
2.3 재배적지 탐색

- 사과 재배 부적지 동정, 제거 : 농업과학기술원 수치개략도양도, 극최저기온 재현확률 분포도를 근거로 재배부적지 판정. 종상일, 만개기 분포의 비교를 통해 늦서리피해 위험지역 제거

- 주산지별 적용 및 공간분석 : 수치기후도를 경험식에 입력시켜 품질관련 주제도(당도, 착색, 경도, 산도) 생성, 주제도의 중첩분석에 의한 재배 적지 동정

- 판정결과의 신뢰성 확보 : 1개 시군 당 5개 지점씩 현지방문을 통해 DGPS에 의한 정확한 좌표 획득, AWS 자료 수집 및 주변 관측여건 조사, 해당 사과원의 품질관련 재배이력 청취

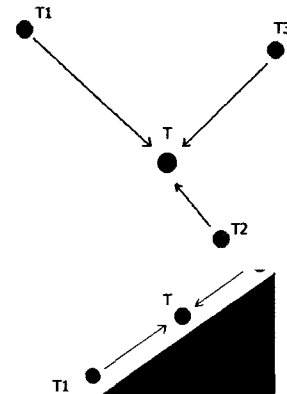




관측이 이루어지지 않는 어떤 지점의 일 최고 및 최저기온은 멀리 떨어진 기상대 관측값과 지형조건 (표고, 경사도, 경사향; DEM에서 계산)에 의해 다음 식으로 추정할 수 있다.

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

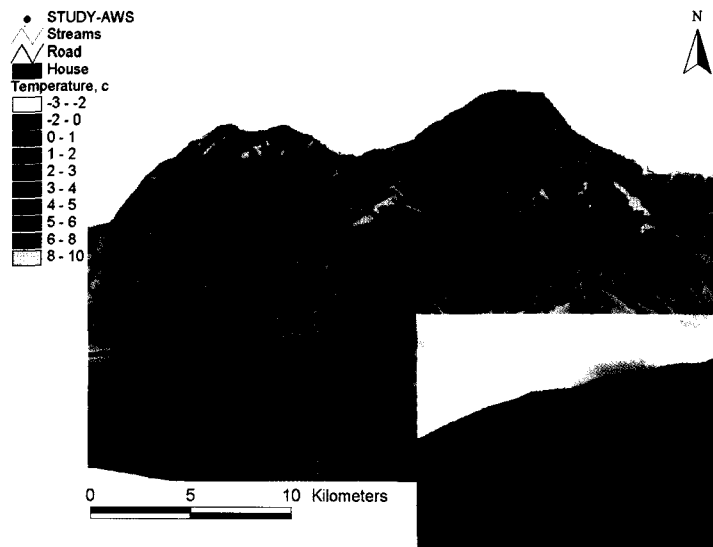
- T_i : observed temperature at station 'i',
- d_i : distance from the site to station 'i',
- z : elevation of the site
- z_i : elevation of the station 'i'
- Γ : temperature change per unit change in the elevation
- ϵ : night time cooling affected by the cold air accumulation
- C_f : day time warming caused by excess solar irradiance



복사냉각조건에서 찬 공기 흐름의 방향과 집적량을 계산하여 저지대의 기온하강을 모의함.

테더존데를 띄워 야간 경계층대기의 기온연직구조를 관측함으로써 온난대의 위치를 파악함

이들 두 가지 효과를 공간모형으로 작성하여 최저기온 추정에 이용 (Chung et al., 2002)



일 최고기온의 결정에는 11:00부터 15:00 사이 4시간 동안의 일사량이 중요하다. 이 4시간 동안 수평면의 일사수광량과 사면상의 일사수광량 간 차이를 표준화하여 소위 “과열지수”(overheating index, v)를 계산.

$$v = \frac{\phi_t - \phi_0}{\Delta\phi_{\max}}$$

이 식에서 분모는 수평면과 경사면간의 오후 4시간 동안의 일사수광량 편차 가운데 북반구에서 관측되는 최대값(15 MJ m^{-2}).

다음의 경험식에 의해 경사면 최고기온 추정오차를 보정할 수 있다.

$$\epsilon = v \cdot R \cdot \Delta T_R$$

여기서 R 은 기온일교차, ΔT_R 은 평지 - 경사지 일사 수광량 편차에 의한 기온상승분으로서 일교차 1°C 당 기온으로 표현하며, 산림군락에서 0.1429로 알려져 있다 (Regniere, 1996).

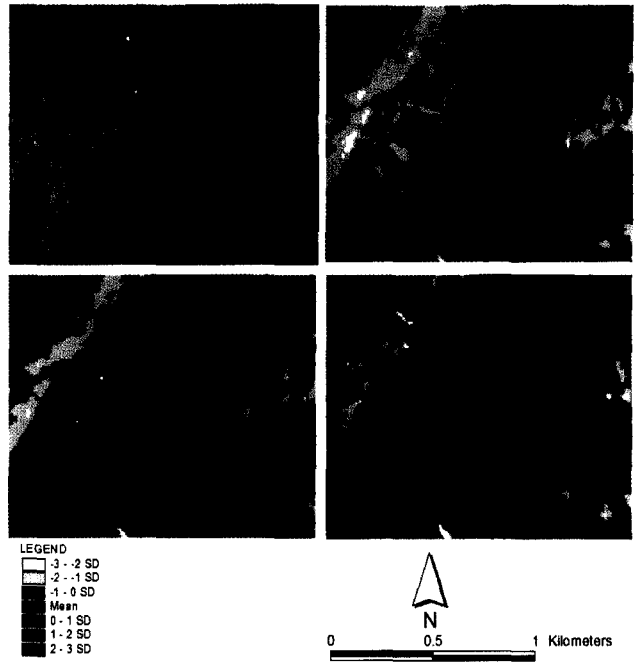
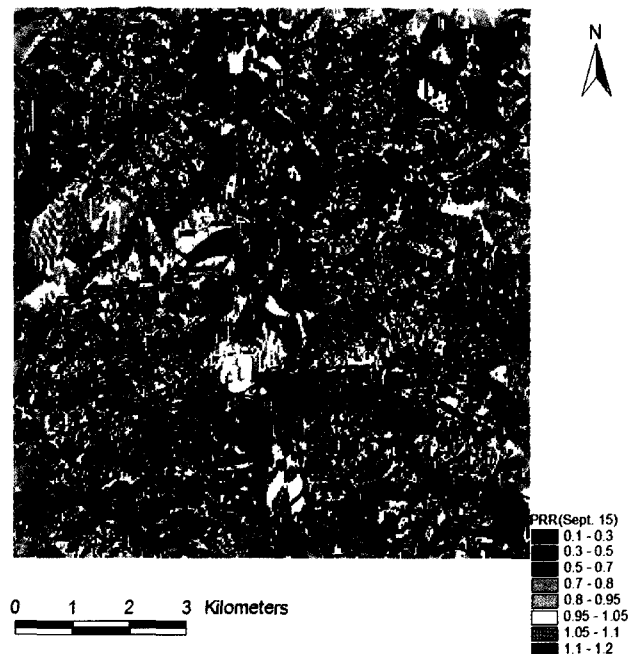


Fig. 1. Spatial distribution of overheating index for summer solstice (B), fall equinox (C), and winter solstice (D). The exposure index (A) is also shown for comparison. Classification by standard deviation was applied to all cases.

매 시간대별 수평면 일사강도와, 수평면에 대한 경사면의 일사수광비율을 동시에 고려하여 하루 동안의 잠재적인 일사량을 계산하고, 이를 수평면의 기준값에 대한 비율로 표현하였다 (상대일사수광량, potential relative radiation)

인근 기상대의 일사량값만 알면 복잡한 sun - slope geometry 계산을 하지않고도 정확한 일사량의 공간분포를 알 수 있다.

Fig. 2. Spatial distribution of potential relative radiation (PRR) on 15 September. Horizontal surface has a PRR value of 1.



인용문헌

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 J. Agricultural and Forest Meteorology* 4(3), 133-140.

Regniere, J., 1996: A generalized approach to landscape-wide seasonal forecasting with temperature-driven simulation models. *Environmental Entomology* 25(5), 869-881.