

# 일 최고/최저기온자료를 이용한 Chill Unit 계산프로그램 작성

이광희<sup>1</sup>, 박서준<sup>2</sup>, 장한익<sup>2</sup>, 최동근<sup>3</sup>, 이승종<sup>4</sup>, 김광수<sup>5</sup>, 윤진일<sup>6</sup>

<sup>1</sup>상지대학교, <sup>2</sup>원예연구소, <sup>3</sup>전북도농업기술원, <sup>4</sup>김제시농업기술센터 <sup>5</sup>아이오와주립대, <sup>6</sup>경희대

## A Simple Method for Estimating Chill Unit Accumulation by Using Daily Maximum and Minimum Temperature Data

K. H. Lee<sup>1</sup>, S. J. Park<sup>2</sup>, H. I. Chang<sup>2</sup>, D. K. Choi<sup>3</sup>, S. J. Lee<sup>4</sup>, K. S. Kim<sup>5</sup>, and J. I. Yun<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Sangji University, <sup>2</sup>National Horticultural Research Institute, <sup>3</sup>Jeonbuk Agricultural Research and Extension Service, <sup>4</sup>Gimje Agricultural Technology Center, <sup>5</sup>Iowa State University, <sup>6</sup>Kyung Hee University

(Correspondence : [jiyun@khu.ac.kr](mailto:jiyun@khu.ac.kr) )

### 1. 서언

지구온난화에 따른 “춥지 않은 겨울” 현상 속에서도 온대과수의 동해발생 건수는 오히려 증가하는 기현상이 보고되고 있다 (원예연구소, 2003). 휴면중인 과수는 내동성이 매우 크지만 겨울에서 봄으로 이행하면서 점차 약해진다. 내동성이 매우 큰 사과 품종 Haralson의 경우 한 겨울에 -50도에서도 생존이 가능하지만 봄에는 치사온도가 -8도로 급상승하는데 (Faust, 1989), 그 이유는 혹한에 적응해온 추운 지역 토착품종들은 생육기간을 확보하기 위해 기온이 상승하면 바로 휴면을 깨고 생장을 시작하는 습성을 갖고 있기 때문이다. 일단 휴면이 타파되면 내동성은 급격히 약해져서 심하지 않은 추위에도 동해를 입을 가능성이 있으므로, 겨울철 기온의 변이가 심한 곳에서는 이러한 북방유래 품종이 반드시 큰 내동성을 갖추었다고 보기는 어렵다. 실제로 온도변이가 심한 북미대륙의 대서양 중부연안에서 시베리아 원산인 북송아 대목 "Siberian C"는 오히려 만생중인 "Boone County" 나 "Bailey"보다 동해에 취약하다 (Faust, 1989). 또한 자두는 겨울철 기온이 -33에서 -40도에 달하는 중국 북서부 원산으로서 비슷한 정도로 추운 캐나다 남부지방에서는 재배가 가능하지만, 더 따뜻한 대서양 중부연안에서는 재배가 불가능하다. 즉 이들 북방품종의 내동성은 휴면의 깊이에 의존하므로 잠깐의 온화한 날씨에 휴면을 깨면 de-acclimation에 의해 생장이 가능한 상태로 바뀌려 하고, 이 때 심하지 않은 추위에 의해서도 동해를 입을 수 있게 된다.

우리나라와 같은 중위도 온대기후권에서 발생하는 과수의 동해는 대체로 휴면이 끝난 1월 하순에서 2월 하순에 영하 10도 안팎의 심하지 않은 추위에 기인한 것으로 보인다. 최근 십수 년 동안 “이상난동 과 기습한파”로 대변되는 동계기온의 변동폭 증가에 따라, 기존 과수품종들은 월동 중 휴면방해현상과 내동성 약화 및 그에 따른 동해 위험에 더 많이 노출되어 있다고 가정할 수 있다. 그렇다면 과수의 동해위험도는 경과기상에 따른 휴면의 깊이에 의해 결정될 것이다. 자발휴면의 해체에 필요한 저온요구도는 매시간 Chill Unit 계산에 의해 추정하는 것이 일반적이다 (Seeley, 1996). Valentini et al. (2001)은 사과의 휴면해제시기 예측을 위한 4가지 Chill Unit 계산모형을 비교하여 이태리북부지방의 경우 0-7도 사이만 고려하는 Weinberger-Eggert 방법이 우수하다고 하였고, Balandier et al. (1993)은 3가지 모형에 의해 북송아 잎눈의 휴면해제시기를 추정하였는데, 기온과 식물체온의 차이, 휴면시작시기, 냉각유효온도, 지역별 차이, 휴면이전의 생육상황 등에 따라 많은 오차가 발생함을 보고하였다. Egea et al. (2003)도 스페인에서 아몬드를 대상으로 개화에

필요한 저온요구도를 추정하였는데 품종간 변이가 매우 크다고 하였다. 기후변화와 관련지어 Pop et al.(2000)은 지구온난화가 몇 가지 관목의 저온요구도를 채우는데 별 영향은 주지 않으며 대신 따뜻해진 봄철기온이 휴면해제시기를 앞당기게 되므로 이들 관목류가 우점식생이 될 가능성이 있다고 예측하였다.

이러한 연구들에서 주로 사용하는 Chill Unit 계산방법은 일 최고/최저기온값의 시간내삽에 의해 매시 기온값을 추정하고 이것을 Richardson et al. (1974)의 table에 적용하는 것이다. 이 방법은 소수의 지점에 적용하기에는 무리가 없지만 산악지대처럼 기온변이가 심한 넓은 지역을 대상으로 Chill Unit의 공간분포를 얻기에는 부적절하다. 본 연구에서는 기상청 수치예보처럼 격자단위로 추정된 일 최고 및 최저기온자료를 토대로 시간내삽법에 의해 매시 기온을 추정하고, 이들을 Chill Unit 계산과정에 입력시켜 누적 Chill Unit값을 역시 격자단위로 산출할 수 있는 일관과정을 개발하였다.

## 2. 재료 및 방법

Parton and Logan (1981)은 그 날의 아침 최저기온과 낮 최고기온값으로부터 sine-exponential equation에 의해 시간별 기온을 추정하는 소위 시간내삽법을 제시하였다. Seeley(1996)는 Utah Chill Unit 모형으로부터 온도범위에 따라 sigmoid - reverse sigmoid - negatively increasing sigmoid 로 각각 반응이 다른 복합모형을 소개하였다. 본 연구에서는 ArcView (ESRI Inc., Redlands, California, USA) 환경에서 이들 방법을 이미 작성된 일별 최고, 최저기온 그리드에 적용하여 시간별 기온을 추정하고, 매시 Chill Unit을 계산하는 과정을 Visual BASIC으로 프로그램화 하였다. 이 프로그램에서는 또한 매시 Chill Unit의 일별 적산 값과 임계점 (휴면해제에 필요한 저온요구도)에 도달하는 날짜를 격자단위로 계산하고, ArcView GRID 형태로 생성하는 기능을 가지고 있어 결과의 공간분석을 용이하게 하였다.

이 프로그램 (ChillUnitGui)을 이용하여 포도주산지인 전라북도 김제시 백구면 일대 28만 개 격자점의 2002년 9월 1일부터 2003년 3월 31일까지 Chill Unit 분포도를 작성하여 평년 (1971-2000) 분포도와 비교하였다.

## 3. 결과

### 3.1. 프로그램 ChillUnitGui 해설

ChillUnitGui.exe는 ESRI\AV\_GIS30\ARCVIEW\Bin32 폴더에 설치하여 실행한다. 먼저 해당 지역코드(①), 위도(②)를 입력하고, 입력 자료로 쓰일 그리드와 출력될 그리드들의 경로를 [...]버튼을 눌러 지정한다 (③). Chill Unit의 임계값, 즉 휴면해제에 필요한 저온요구량을 설정한다 (④). 각 변수별 Protocol (⑤)을 입력한다. 지역코드와 Protocol를 이용해 해당 변수별로 그리드를 읽어 들이므로 정해진 규칙을 따라야 한다. 따라서 입력 그리드 이름은 지역코드 (보통 2글자 내외), Protocol (영문 3자), 날짜 (YYMMDD)의 형식으로 준

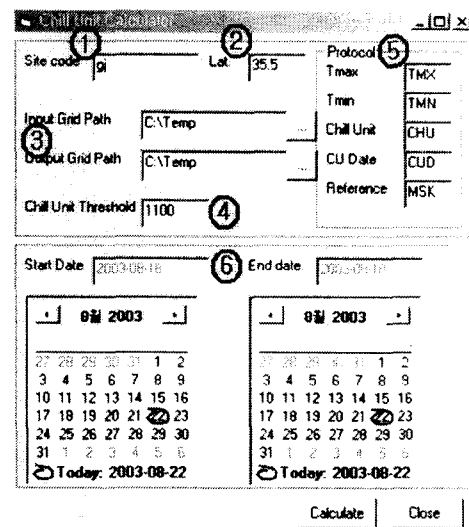


Fig. 1. The start screen of ChillUnitGui

비되어야 한다. 또한 각 변수별 입력 그리드들은 Protocol과 동일한 이름을 가진 하위 폴더에 저장되어야 한다. Mask 그리드 (reference) 의 경우 입력 그리드가 저장되어 있는 폴더에 위치해야 하며 Mask 그리드가 입력그리드의 하위 폴더에 저장되어있을 때에는 그리드 이름과 함께 하위 폴더명을 함께 지정해주어야 한다. 예를 들어 MASK 그리드가 Mask란 하위폴더에 mask0라는 이름으로 저장되어 있을 때에는 MASK\mask0를 입력해야 한다. 마지막으로 Chill Unit를 계산할 날짜의 범위를 설정하고 (⑥), "계산 (calculate)" 버튼을 클릭한다.

### 3.2. 계산결과

먼저 백구면 주변의 기상관서 (군산, 전주, 부안, 정읍)로부터 일별 기온자료를 입수하여 이들 지점의 Chill Unit 경시변화 양상을 추적하였다. 10월 20일까지는 온도가 높아서 Chill Unit이 축적되지 못하고 오히려 부의 값이 지속적으로 증가하는 경향이다 (Fig. 2). 이 날을 지나면 4 지점 모두 Chill Unit이 축적되기 시작하는데 이 날짜를 휴면개시일로 보는 것이 일반적이다. 따라서 Chill Unit 의 계산과 누적도 이 날짜부터 시작하는 것이 타당할 것이다.

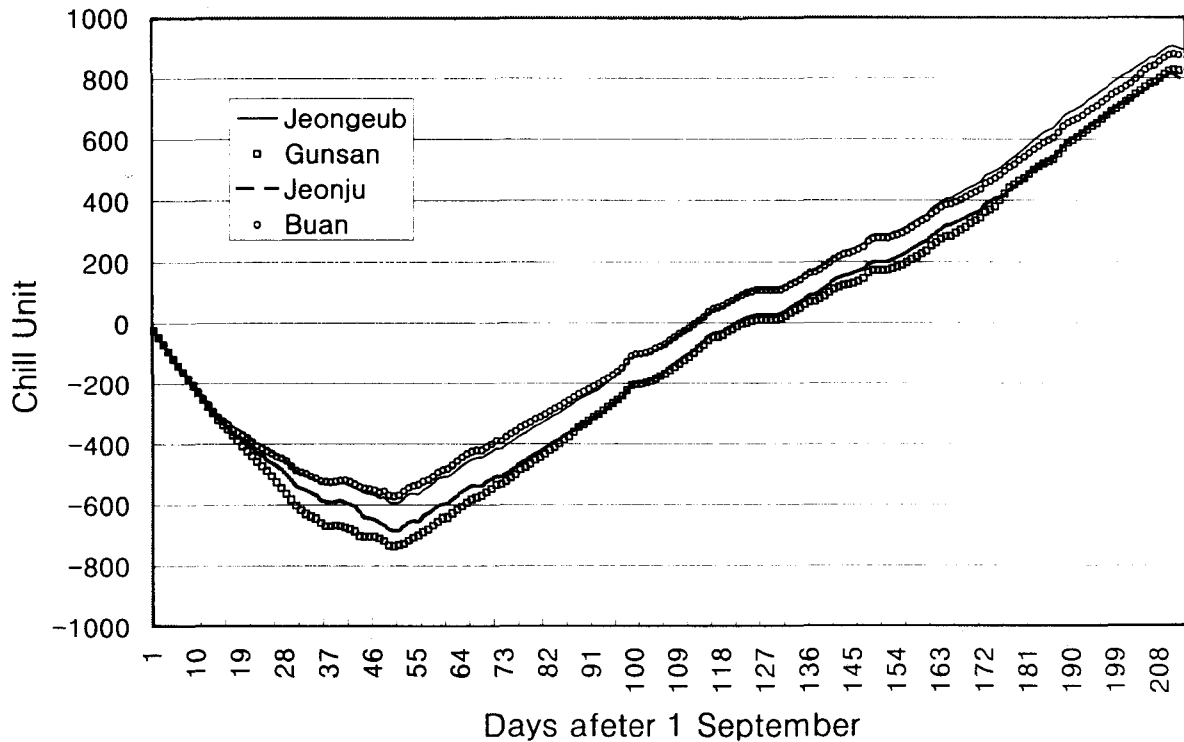


Fig. 2. Temporal march of Chill Unit accumulation at 4 sites with the KMA offices from 1 September 2002 to 31 March 2003. Initially decreasing curves rebound at the lowest point on a specific date (20 October in this 2002 case) and this point is believed to be the beginning of endo-dormancy.

저온요구도에 해당하는 Chill Unit 임계값을 이 날짜부터 시작하여 800 혹은 1,000이라고 가정해보면, 4 지점 가운데 군산에서 가장 먼저 도달하며 약 10일 후에 부안에서 가장 늦게 도달한다 (Fig. 3). 전주와 정읍은 이들의 중간정도 날짜에 거의 같이 도달한다. 어떤 과수 품종의 저온요구도가 800 Chill Unit 이라면 군산에서는 1월 중순, 부안에서는 1월 하순이면 이 값에 도달하며, 따

라서 내생휴면이 해제되었다고 볼 수 있을 것이다. 이후 발아 (budburst)까지는 타발휴면 상태에 놓이게 될 것이다.

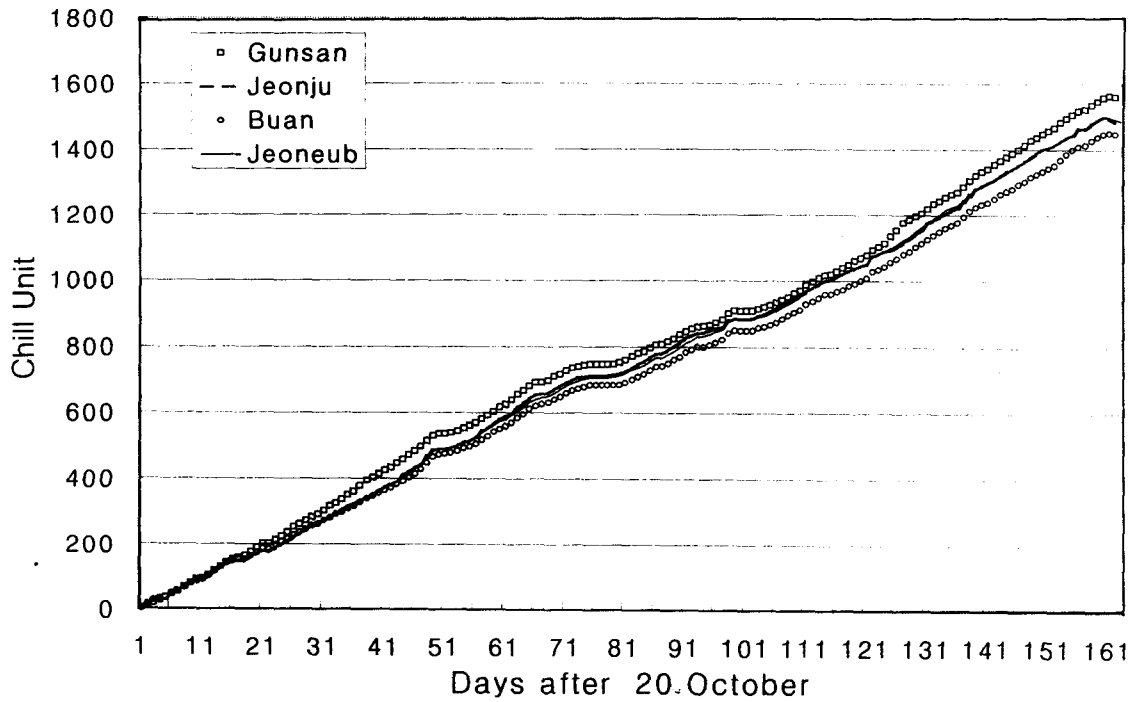


Fig. 3. Chill Unit accumulation since 20 October at 4 sites during the 2002-2003 winter season.

저온요구도를 800이라고 가정하여 김제시 백구면 포도 주산지 일대의 기후학적 평년의 휴면해제시기를 사방 10m 간격으로 계산한 것이 Fig. 4이다.

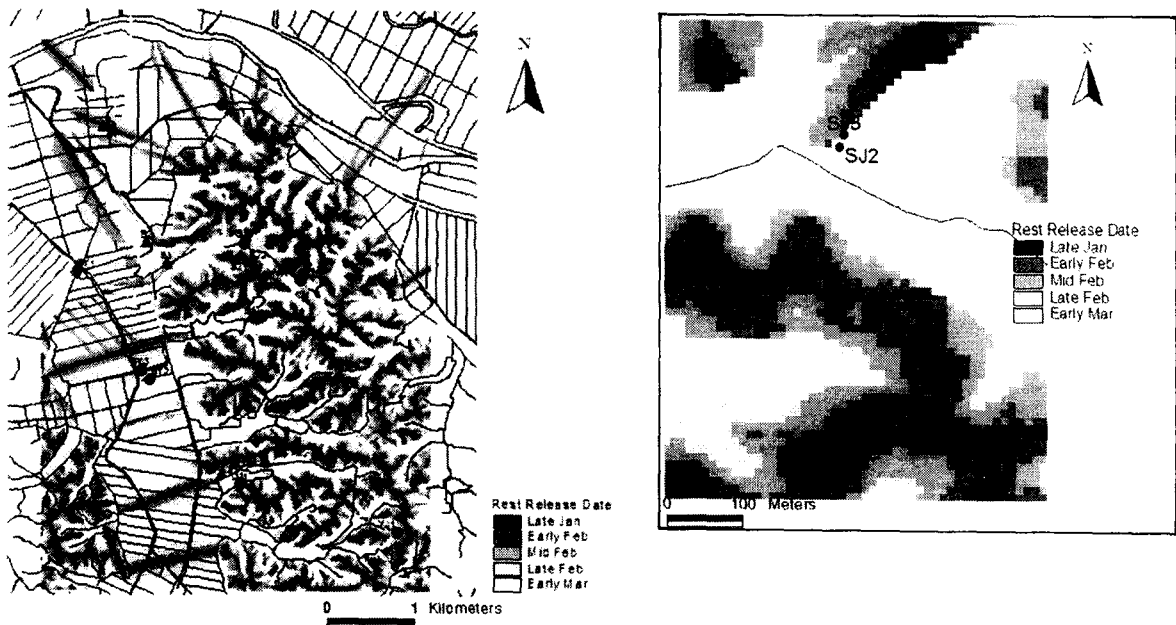


Fig. 4. The dormancy release date of Baekgu vineyard region in a climatological normal year estimated by the threshold of 800 Chill Unit. Insert is a part of zoomed image. The grid cell spacing is 10m.

#### 4. 고찰

이 방법을 이용하면 몇 개 지점의 일 최고 및 최저기온 관측자료만으로 넓은 지역의 Chill Unit 분포를 손쉽게 계산할 수 있으므로 각종 온대과수의 휴면생태와 기후간의 연구에 유용한 도구로 활용될 수 있을 것이다. 만약 Chill Unit 계산에 의해 어떤 과수의 현재 휴면상태, 즉 휴면의 깊이를 파악할 수 있다면 내동성의 크기를 정량적으로 추정할 수 있을 것이며 이 정보는 기상예보와 함께 과수재배농가의 동해 대책 마련에도 도움이 될 것이다. 한편, 이 방법을 통해 평년의 휴면해제시기에 대한 특정연도 휴면해제시기를 원하는 공간해상도로 비교할 수 있어 지역에 따른 시설재배의 가온시기 결정 등에 활용될 수 있다.

#### 인용문헌

원예연구소, 2003: 복숭아 동해위험지대 구분. 원예시험연구사업연보(2002) 31쪽.

Balandier, P., M. Bonhomme, R. Rageau, F. Capitan, and E. Parisot, 1993: Leaf bud endodormancy release in peach trees: evaluation of temperature models in temperate and tropical climates. *Agric. For. Meteorology* 67, 95-113.

Egea, J., E. Ortega, P. Martinez-Gomez, and F. Dicenta, 2003: Chilling and heat requirement of almond cultivars for flowering. *Environmental and Experimental Botany* 50, 79-85.

Faust, M., 1989: Resistance of fruit trees to cold. In *Physiology of Temperate Zone Fruit Trees*. John Wiley and Sons, 307-331.

Parton, W. J., and J. A. Logan, 1981: A model for diurnal variation in soil and air temperature. *Agric. For. Meteorol.* 23, 205-216

Pop, E. W., S. F. Oberbauer, and G. Starr, 2000: Predicting vegetative bud break in two arctic deciduous shrub species, *Salix puchra* and *Betula nana*. *Oecologia* 124(2), 176-184.

Richardson, E. A., S. D. Seeley, and D. R. Walker, 1974: A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees. *HortScience* 10, 559-560.

Seeley, S. D., 1996: Modelling climatic regulation of bud dormancy. In G. A. Lang (ed.) *Plant Dormancy - Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. CAB International, Wallingford, U.K., 361-376.

Valentini, N., G. Me, and R. Ferrero, 2001: Use of bioclimatic indexes to characterize phenological phases of apple varieties in Northern Italy. *Int. J. Biometeorology* 45, 191-195.