시기별 휴면심도에 근거한 포도 주산지 정밀 동해위험지도 작성

권은영[1*], 윤진일[2]
[1]선도소프트, [2]경희대학교 생태시스템공학과

Mapping freeze risk in vineyards based on temperature - dormancy relationship

E. Y. Kwon[1*], J. I. Yun[2]
[1] *Sundosoft Inc.*, [2]*Department of Ecosystem Engineering, Kyung Hee University*
(*Correspondence: candy15@hanmail.net)

1. 서언

동해는 대표적인 과수 환경 스트레스로서 온대과수의 지리적인 재배한계를 결정하는 주요인이다. 동해발생 여부는 크게 두 가지 요인, 즉 식물체의 내동성과 재배지역의 최저기온이다. 그 중 내동성은 항상 일정수준을 유지하는 것이 아니라 외부환경과 발육단계에 따라 점차적으로 달라진다(오성도, 2004). 그런데 최근의 우리나라 기후특성인 "춥지 않은 겨울"로 인해 과수의 생물계절, 특히 내생휴면이 불안정한 양상을 보일 수 있다. 내생휴면의 깊이는 내동성과 직결되는 것으로 알려져 있으며, 난동으로 인한 휴면의 조기타파, 혹은 부실휴면은 동해위험을 증가시킬 수 있을 것이다.

휴면의 진행상황은 기온에 의해 정확히 추정할 수 있으며(Cesaraccio *et al.*, 2004), 일 최저기온의 과원별 상세예보기술이 개발되었으므로(Yun, 2004), 시기별 내동성과 주어진 최저기온을 토대로 임의 과원의 동해위험을 예상하는 일이 이론상 가능하다. 본 연구에서는 30년 이상 장기간 포도를 재배해온 지역을 대상으로 포도원별 기온자료를 복원하고, 이를 근거로 휴면상태를 정량화하여 연도별 극최저기온이 발생한 날의 내동성을 추정함으로써 동해위험도를 예상하고 실제 관찰된 피해정도와 비교하였다.

2. 재료 및 방법

포도 주산지인 전북 김제시 백구면 주변의 기상관서 5곳(군산, 전주, 부안, 정읍, 부여)의 기온자료를 수집하여 Yun(2004)의 방법에 따라 최근 30년간 일 최고, 최저기온분포도를 10m 해상도로 제작하고 이들로부터 백구면 내 10개 포도원의 기온자료를 복원하였다. 최근 30년 동안 이 지역에서 공식적으로 가장 낮은 최저기온(-22.7, 부안)이 기록되었던 1981년 1월 27일과 농촌진흥청 농업기상관측망에 의해 극최저기온(-23.6, 김제)이 측정된 2003년 1월 6일을 대상으로 10개 포도원의 휴면심도(Chill-days)를 Cesaraccio *et al.* (2004)의 모형에 의해 추정하였다. 이 모형의 구동에 필요한 일 최고 최저기온자료는 복원된 격자형 기온분포도로부터 추출하여 사용하였으며, 캠벨얼리 품종의 저온에 감응하기 시작하는 기준온도(Tc) 8도, 휴면해제에 필요한 저온요구도(Rc) -155를 수정 없이 사용하였다(Kwon *et al.*, 2005). 김제시 농업기술센터의 도움으로 지난 30년간 10개 포도원의 동해실

태를 파악하였으며 피해면적 기준으로 10% 단위의 피해정도로 표현하였다.

3. 결과

3.1 최저기온과 동해기록

백구면 포도재배단지에는 내동성이 강한 것으로 알려진 캠벨얼리 품종이 재식되어 최근 30년 동안 거의 동해를 입지 않았으며, 대규모의 심각한 동해가 발생한 것은 2003년이 유일한 사례인 것으로 조사되었다. 최저기온만으로 본다면 1981년 1월 27일 10개 포도원을 대상으로 복원된 최저기온은 평균값이 -18.9℃로서 2003년 1월 6일의 -18.3℃보다 더 낮았지만 경미한 피해만 입었을 뿐 심각한 동해기록은 없다. 따라서 두 시기 간 품종과 재배법에 큰 차이가 없었을 것으로 가정하면 결국 내동성의 차이로 설명되어야 한다.

먼저 10개 포도원의 내생휴면 진행과정을 모형에 의해 추정해 보면 평년의 경우 12월 하순이면 휴면해제에 필요한 저온요구도 -155(최대 휴면심도)에 도달하여 이듬해 2월말까지 유지되는 것으로 나타났다(Fig. 1). 이 기간 중에는 포도의 겨울눈이 최대의 내동성을 보유하므로 실험실적 동해한계인 -25℃까지는 안전한 것으로 생각된다. 이러한 평년의 내생휴면 진행특성은 1981년 뿐 아니라 2004년과 2005년에도, 약간씩 그 기간의 편차는 있지만, 유사하였다. 하지만 2003년의 경우 2002년 12월 18일 저온요구도 -155에 도달하였지만 12월 19일부터 23일까지 일 최고기온이 기준온도 8도를 상회하는 소위 난동현상으

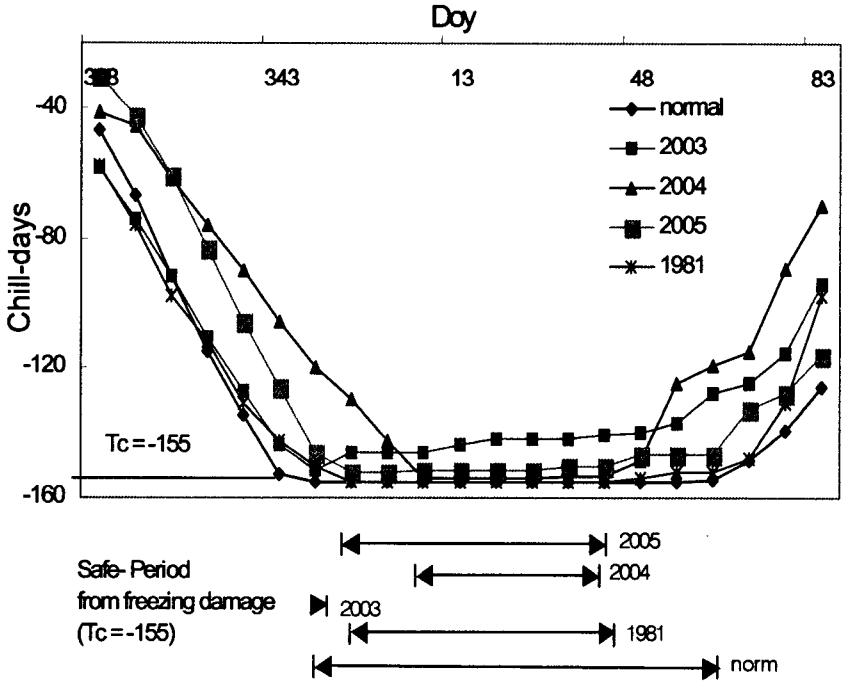

Fig. 1. Comparison of Chill-days accumulation and safe-period from freezing damage in normal, 1981, 2003, 2004 and 2005 by DOY.

로 휴면심도를 유지하지 못한 것으로 나타났다. 이에 따라 한파가 찾아온 2003년 1월 6일의 휴면심도는 지역편차가 거의 없이 평균 -145.9를 기록하여 평년에 비해 -10정도 축적이 덜 된 상태였다 (Table 1).

Table 1. Comparison of the estimated minimum temperature and Chill-days accumulation at 10 vineyards on 27 January 1981 and 6 January 2003. Freezing damage occurred in 2003 only.

Vineyard ID	Minimum Temperature			Chill-days			Freezing Damage (%)
	Normal monthly	1981 Jan 27	2003 Jan 6	Normal monthly	1981 Jan 27	2003 Jan 6	
1	-7.3	-17.6	-18.0	-155.0	-145.6	-145.5	30
2	-7.5	-19.2	-18.2	-155.0	-155.0	-146.2	50
3	-7.6	-18.9	-18.3	-155.0	-155.0	-145.9	50
4	-7.3	-18.8	-17.9	-155.0	-154.1	-146.2	50
5	-7.8	-19.2	-18.4	-155.0	-155.0	-145.7	70
6	-8.2	-19.9	-18.9	-154.6	-155.0	-146.0	75
7	-7.7	-19.0	-18.4	-155.0	-155.0	-146.0	80
8	-7.4	-18.8	-18.1	-155.0	-154.2	-145.9	80
9	-7.8	-19.2	-18.4	-155.0	-155.0	-145.7	100
10	-7.5	-18.8	-18.1	-155.0	-154.9	-145.8	100
Mean	-7.6	-18.9	-18.3	-155.0	-153.9	-145.9	

3.2 동해 위험도 판정기준

최저기온과 휴면심도를 서로 조합하여 동해위험도를 "안전", "주의", "위험" 등 3 계급으로 표현하였다 (Fig. 2). 거의 비슷한 수준의 한파를 기록한 2003년 1월 6일과 1981년 1월 27일의 동해사례를 중심으로 내동성(Chill-days) - 최저기온 - 동해정도의 관계를 객관화 시켰다. 1981년 1월 27일 최저기온이 가장 낮았던 포도원은 -19.9℃를 기록했지만 피해가 없었으므로 Chill-days값이 -155에서 최저기온 -20℃까지는 안전하다는 것이 실증적으로 증명되었다고 볼 수 있다. 비교 대상 10개 포도원에는 포함되지 않지만 Chill-days가 -146이었던 2003년 1월 6일 동해를 입은 백구면 포도원 가운데 최저기온이 가장 높은 곳이 -16.5℃이었으

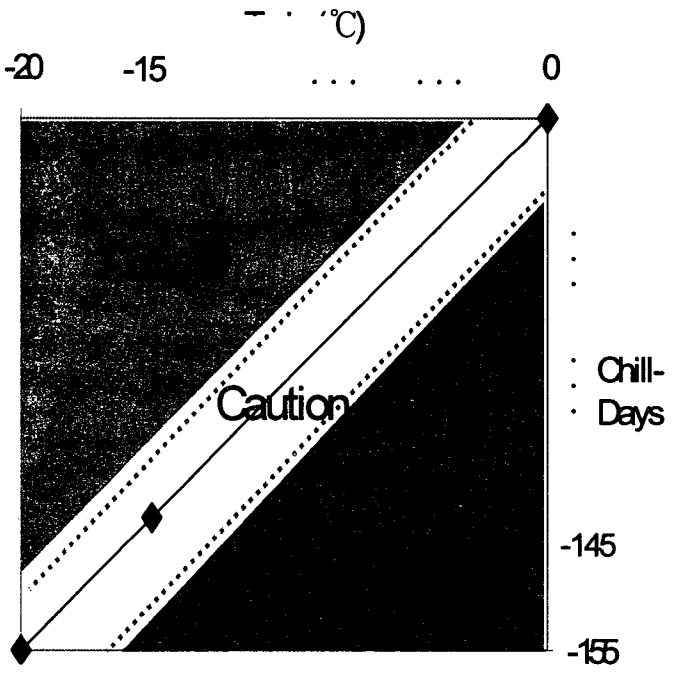

Fig. 2. A conceptual decision-aid model for freeze damage

므로 이 온도를 동해유발 최고온도로 두었다. 이러한 사례들을 종합하고 오차를 고려하여 동해위험도 판정기준을 작성한 것이 Fig. 2이다.

인용문헌

오성도(대표저자), 2004: 과수온도생리. 도서출판 길모금, 364p.

Cesaraccio, C., D. Spano, R. L. Snyder, and P. Duce, 2004: Chilling and forcing model to predict bud-burst of crop and forest species. *Agricultural and Forest Meteorology* 126, 1-13.

Kwon, E. Y., G. C. Song, and J. I, Yun, 2005: Prediction of dormancy release and bud burst in grapevine cultivars using daily temperature data. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 7(3), 207-213.

Yun, J. I., 2004: Visualization of local climates based on geospatial climatology. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 6(4), 272-289.