

기온자료에 근거한 주요 포도품종의 휴면해제 및 발아시기 추정

권은영¹ · 송기철² · 윤진일¹

¹경희대학교 생태시스템공학과, ²원예연구소 과수과
(2005년 6월 27일 접수; 2005년 7월 15일 수락)

Prediction of Dormancy Release and Bud Burst in Korean Grapevine Cultivars Using Daily Temperature Data

Eun-Young Kwon¹, Gi-Cheol Song² and Jin I. Yun¹

¹Department of Ecosystem Engineering, Kyung Hee University, Suwon, Korea

²Fruit Tree Division, National Horticultural Research Institute, Suwon, Korea

(Received June 27, 2005; Accepted July 15, 2005)

ABSTRACT

An accurate prediction of dormancy release and bud burst in temperate zone fruit trees is indispensable for farmers to plan heating time under partially controlled environments as well as to reduce the risk of frost damage in open fields. A thermal time-based two-step phenological model that originated in Italy was applied to two important grapevine cultivars in Korea for predicting bud-burst dates. The model consists of two sequential periods: a rest period described by chilling requirement and a forcing period described by heating requirement. It requires daily maximum and minimum temperature as an input and calculates daily chill units (chill days in negative sign) until a pre-determined chilling requirement for rest release is met. After the projected rest release date, it adds daily heat units (anti-chill days in positive sign) to the chilling requirement. The date when the sum reaches zero is regarded as the bud-burst in the model. Controlled environment experiments using field sampled twigs of 'Campbell Early' and 'Kyoho' cultivars were carried out in the vineyard at the National Horticultural Research Institute (NHRI) in Suwon during 2004-2005 to derive the model parameters: threshold temperature for chilling and chilling requirement for breaking dormancy. The model adjusted with the selected parameters was applied to the 1994-2004 daily temperature data obtained from the automated weather station in the NHRI vineyard to estimate bud burst dates of two cultivars and the results were compared with the observed data. The model showed a consistently good performance in predicting the bud burst of 'Campbell Early' and 'Kyoho' cultivars with 2.6 and 2.5 days of root mean squared error, respectively.

Key words : Grapevine, Phenology, Chilling requirement, Bud burst, Dormancy

1. 서 론

포도는 우리나라 소비자의 비교적 기복 없는 선호도 덕분에 다른 과실에 비해 1인당 소비량이 오랫동안 선두권을 유지해 왔다. 지속적인 소비수요에 부응하여

포도재배면적도 최근까지 증가추세였으며 재배지가 전국으로 확산되어왔다. 재배지의 지리적 확산은 몇몇 주산지에 국한된 기술개발 및 응용에 그친 과거의 연구관행으로부터 달라진 접근방법을 요구한다. 더욱이 수입포도와의 품질경쟁과 함께 지구온난화에 따른 영

항까지 고려해야 하는 현실에서는 지금까지 소홀했던 농업기상 분야의 정보와 지식이 반드시 육종 및 재배 기술에 접목되어야 한다. 그 가운데 “춥지 않은 겨울” (Shim *et al.*, 2004) 현상이 지속되고 있지만 온대와 수의 동해 및 상해발생빈도는 오히려 증가추세에 있는 이유는 무엇인지, 시설재배농가에서 가온을 시작해야 할 적당한 날짜는 언제인지, 최고급 품질의 포도생산을 위해 가장 적합한 과원의 위치는 어느 곳이며, 기후변화에 따른 기존 장러품종의 재배적지 이동양상은 어떠한 것인지에 대한 해답을 얻는 일은 기상과 휴면생리에 근거한 발아 및 개화기 예측으로부터 시작된다.

낙엽과수는 대체로 꽃눈 분화기부터 시작하여 이듬해 발아기까지 휴면상태에 놓여있으므로 봄철의 발아와 개화는 휴면과 밀접한 관련이 있다. 자연 상태에서 휴면이 완료되기 위해서는 일정기간의 저온을 경과해야 하며 그 정도를 매 시간 경과기온에 따른 가중 적산값으로 표현한 저온요구도(chilling requirement)는 휴면해제시기 예측을 위해 여러 과종에서 이용되어왔다(Seeley, 1996). 휴면은 온대낙엽과수가 불량환경에서 생존하기 위한 고도의 진화형태로서 오랫동안 식물생리학자들의 흥미로운 연구주제가 되어왔으며, 이론의 정립과 함께 실용기술의 개발도 활발한 편이다(Faust, 1989). 국내에서도 포도 등의 조기 가온재배에서 고르고 빠른 꽃눈의 발이를 위해 석회질소나 마늘즙 같은 휴면타파제를 처리하는 것은 이미 보편화 되어있지만 저온을 완전히 대체할 수 있는 물질은 아직까지 발견되지 않고 있다(오성도, 2004).

휴면완료 이후 발아 및 개화기까지의 눈의 발달 역시 주로 온도에 의해 결정된다. 저온요구도는 사실상 휴면 타파에 걸리는 기간을 시간과 기온의 조합인 온도시간(thermal time)으로 표현한 것인데, 휴면타파 이후 발아에 이르기까지 걸리는 온도시간은 이에 대응하여 고온요구도(heating requirement)라고 부를 수 있다. Cesaraccio *et al.*(2004)은 여러 종류의 낙엽수목에서 고온요구도와 저온요구도는 부호만 반대일 뿐 그 값이 같다는 사실을 발견하고 이를 토대로 낙엽과수의 발아기 추정모형을 제시하였다. 이 모형을 실제에 적용하기 위해서는 품종별 저온요구도가 알려져 있어야 한다. 저온요구도를 계산하기 위해서는 휴면타파에 유효한 온도 즉 기준온도(threshold temperature)를 알아야 하므로 품종별 기준온도와 저온요구도를 찾아내 이 모형을 주어진 품종에 맞게 모수화(parameterization)

하는 일이 필요하다.

본 연구의 목적은 첫째, 국내 최대재배품종인 ‘Campbell Early’와 ‘Kyoho’를 대상으로 저온에 감응하기 시작하는 기준온도와 저온요구도를 추정하는 것이며, 둘째, 이들 모수로 조정된 모형을 과거 수년간 기온자료에 의해 구동시켜 매년 발아기를 예측하고 실제 발아기와 비교함으로써 모형의 신뢰성과 실용가능성을 평가하는 것이다.

II. 발아일 추정모형

Cesaraccio *et al.*(2004)의 발아일 추정모형에서는 휴면을 내생휴면(rest)과 환경휴면(quiescence)으로 나누고, 내생휴면에서 깨어나기 위해서는 어떤 온도를 기준으로 이 온도보다 낮은 온도에서 일정시간 경과해야 하며, 환경휴면에서 깨어나기 위해서는 이 온도보다 높은 온도에서 일정시간 경과해야한다(Fig. 1). 이러한 온도와 시간의 조합, 즉 온도시간은 매 시간 온도에 따른 가중치를 달리하여 적산한 저온요구도 혹은 고온요구도로 표현한다. 이 모형의 특징 가운데 하나는 기존의 매시 기온 대신 일별 최고 및 최저기온을 사용한다는 점이며, 다른 하나는 전술한대로 고온요구도와 저온요구도는 부호만 반대일 뿐 그 값이 동일하다는 가정이다. 이 모형에서 저온요구도는 기준온도 이하에서 축적되는 Chill-days로, 고온요구도는 기준온도 이

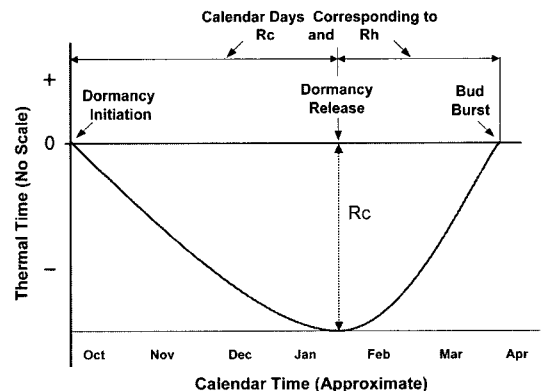


Fig. 1. Concept of the two step phenological model for predicting bud burst date in temperate zone deciduous trees (modified from Cesaraccio *et al.*, 2004). Floral buds must be exposed sequentially to long enough periods of chilling temperature (R_c) and heating temperature (R_h) for bud burst, and the model suggests equal amount but opposite direction in R_c and R_h .

Table 1. Formulae to calculate chill days for the five cases that relate daily maximum (T_x) and minimum (T_n) temperature to the threshold temperature (T_c) and 0°C, where T_m is the mean daily temperature (from Cesaraccio *et al.*, 2004)

Number	Temperature	Chill Days	Anti-Chill Days
1	$0 \leq T_c \leq T_n \leq T_x$	$Cd=0$	$Ca=T_m-T_c$
2	$0 \leq T_n \leq T_c \leq T_x$	$Cd = -[(T_m-T_n) - \frac{(T_x-T_c)}{2}]$	$Ca = \frac{T_x-T_c}{2}$
3	$0 \leq T_n \leq T_x \leq T_c$	$Cd = -(T_m - T_n)$	$Ca = 0$
4	$T_n < 0 < T_x \leq T_c$	$Cd = -\left(\frac{T_x}{T_x-T_n}\right)\left(\frac{T_x}{2}\right)$	$Ca = 0$
5	$T_n < 0 < T_c < T_x$	$Cd = -\left[\left(\frac{T_x}{T_x-T_n}\right)\left(\frac{T_x}{2}\right) - \left(\frac{T_x-T_c}{2}\right)\right]$	$Ca = \frac{T_x-T_c}{2}$

C_d : Chill-days, C_a : Anti-chill days, T_x : Daily maximum temperature, T_n : Daily minimum temperature, T_c : Threshold temperature, T_m : Daily mean temperature

상에서 축적되는 Anti Chill-days로 표현된다(Table 1). 이 모형과 사용된 방법론은 이미 서울지방의 벚꽃 개화일 예측에 적용되어 좋은 결과를 얻은 바 있다 (Jung *et al.*, 2005).

Chill-days가 처음으로 축적되는 시기는 최저기온이 기준온도 (T_c) 이하로 내려간 날이다. 가을철 경과기 온자료로부터 Chill-days의 축적 시작날짜를 알아낸 다음, 이 날부터 일 최고 및 최저기온자료를 Table 1에 적용하여 Chill-days를 계산하고 저온요구도(R_c)가 충족될 때까지 매일 누적시킨다. 저온요구도가 충족되고 나면 이번에는 일 최고 및 최저기온자료를 Table 1에 적용하여 Anti Chill-days값을 계산하고 이것을 저온요구도의 절대값 즉 고온요구도(R_h)에 도달할 때까지 누적시킨다.

III. 재료 및 방법

3.1. 실험의 개요

우리나라에서 ‘Campbell Early’와 ‘Kyoho’품종에서 휴면해제일이 언제인지 알기위해서 Balandier *et al.* (1993)의 방법에 따라 일련의 실험을 수행하였다. 겨울눈을 가진 포도나무 가지를 포장상태에서 채취하여 발아최적조건(기온 25°C, 상대습도 50~60% 생육상)에 옮겼을 때, chilling이 잘 되어 휴면해제일에 가까운 것일수록 먼저 발아한다는 가정 하에 수행하였다. 휴면에 들어간 것으로 믿어지는 12월 말부터 며칠에 한번씩 포도나무가지 시료를 채취하여 발아최적조건에 두었을 때, 처음에는 발아까지 걸리는 시간이 길다가 점차 줄어들어 어떤 임계값에 도달 할 것이다. 임계값

에 도달한 시료는 휴면이 해제된 것이며 이 시료를 채취한 날짜가 바로 휴면해제일이라고 간주하였다.

내생휴면이 완전히 타파된 꽃눈이라도 당장 발아하는 것은 아니다. 육안관찰에 의해 발아, 즉 봉오리가 터진 상태에 도달하기까지는 내부적으로 활발한 생리 대사작용이 일어나지만 외형적으로는 변화가 없다. 앞서 관찰된 임계값은 바로 이 기간에 해당하는데 휴면해제후 최적생장조건에서 발아에 걸리는 “최소발아일수”라고 할 수 있다. 최소발아일수를 미리 알고 있으면 역산에 의해 휴면해제일을 도출하는 일이 한결 쉬워지므로 이를 위한 보조실험을 수행하였다. 포장에서 한꺼번에 충분한 량의 시료를 채취한 후 chilling에 가장 적당한 조건인 항온조건(3~5°C)에 보관하여 휴면해제에 필요한 chilling이 빠른 시간 내에 이루어지도록 하였다. 이렇게 chilling이 이루어지고 있는 시료를 몇 개 그룹으로 나누어 시차를 두고 한 그룹씩 발아적정조건(온도 25°C, 상대습도 50~60%)에 옮기면, 발아까지 걸리는 기간이 점차 줄어들어 어떤 임계값에 도달할 것이며 이 값을 최소발아일수로 간주할 수 있다.

이렇게 해서 알아낸 휴면해제일까지 기간, 즉 내생 휴면기간을 나타내는 온도시간을 시험포장의 기온자료에 의해 계산한 것이 저온요구도이다. 온대과수에서 자주 쓰이는 기준온도(6, 7, 8, 9°C)에서 온도시간(여기서는 Chill-days)을 계산하고, 발아일 추정모형에서 가장한대로 휴면해제이후 발아까지, 즉 환경휴면기간에 해당하는 온도시간(여기서는 Anti Chill-days로서 Chill-days와 부호만 다르고 값은 동일)을 역시 3가지 기준온도에서 준비하였다.

3.2. 내생휴면해제 후 최소발아일수 추정(실험 1)

2004년 12월 1일 경기도 수원시 이목동에 위치한 원예연구소 시험포장에서 ‘Campbell Early’와 ‘Kyoho’ 품종을 대상으로 정단으로부터 1 cm 위치에 node가 오도록 절단하되, 전체 가지에 3개의 눈이 있고 가장 아래쪽 눈 아래로 4-5 cm 여유가 있도록 규격화된 절편(cutting) 100개를 준비하였다. 절편의 정단부를 ‘투실피스트’로 도포하여 증발을 억제하고, 오염원으로부터 감염을 방지하였다. 이들 시료는 즉시 3°C 생육상에 보관하고 일주일마다 10개씩 25°C 생육상으로 옮겨 기부는 물에 잠기게 하여 매일 같은 시간대에 발아 여부를 관찰하였다. 부푼 비늘눈(bud scale) 사이로 잎끝이 보이면 발아한 것으로 간주하였다. 시료를 25°C 생육상으로 이동한 날을 기점으로 발아일까지 걸린 날짜를 계산하였다. 그래프용지의 x축에 이동날짜, y축에 걸린 기간을 작도하면 처음에는 큰 값을 보이다가 급격히 감소하여 일정날짜에서 거의 안정화되는데 이때의 걸린 날짜를 육안으로 판정하였다. 이 값은 최적생장조건에서 눈을 구성하는 분열조직이 성장하여 발아상태에 이르기까지 필요한 최소기간이다. 즉 내생휴면 해제일부터 발아일까지 걸리는 최소시간이다.

3.3. 내생휴면해제시기 추정 및 저온요구도 계산(실험 2)

2004년 12월 29일부터 일주일 간격으로 경기도 수원시 이목동에 위치한 원예연구소 시험포장에서 실험 1과 동일한 형태의 시료 10개씩을 ‘Campbell Early’와 ‘Kyoho’ 품종에 대하여 준비하였다. 준비된 시료는 기부를 물에 잠기게 하여 25도 생육상에 보관하였으며, 매일 같은 시간대에 육안관찰에 의해 부푼 비늘눈 사이로 인편이 1-2 mm 정도 밀려나온 눈은 발아한 것으로 간주하였다. 12월 1일부터 7일간격으로 25°C 생육상에 치상한 날짜를 가로축에, 그 날로부터 육안으로 발아가 관찰될 때까지 걸린 기간을 세로축에 표현한 것이다. 시료 한 개당 3개씩 모두 30개의 눈을 대상으로 관찰하고, 가장 먼저 발아된 15개의 평균 발아일과 그 표준편차를 나타내었다. 이렇게 해서 추정된 발아일과 시료채취일 사이의 기간을 계산하여 실험 1에서 결정된 “최소발아일수”와 일치하면 내생휴면이 해제된 것으로 간주하였다.

시험포장에 설치된 온도기록계로부터 2004년 10월 1일부터 앞서 얻어진 휴면해제일까지, 온대과수에서 흔

히 쓰이는 기준온도(6, 7, 8, 9°C)를 이용하여 매일 온도시간(여기서는 Chill-days)을 계산하고 이들을 적산하여 4종의 서로 다른 저온요구도를 얻었다. 발아일 추정모형에서 가장한대로 휴면해제이후 발아까지(즉 환경휴면기간)에 해당하는 온도시간(Anti Chill-days)은 저온요구도와 부호만 다르고 값은 동일하다.

3.4. 모형의 검증

이 모형에 의한 발아기 추정값의 신뢰성을 검증하기 위해 1994년부터 2004년까지 원예연구소 포도시험포장에서 관찰한 ‘Kyoho’와 ‘Campbell Early’ 품종의 발아기자료와 현장에 설치된 무인기상관측기로부터 기온자료를 수집하였다.

매년 10월 1일부터 일 최고, 최저기온자료로부터 Table 1의 방법에 의해 4가지 기준온도에서 Chill-days를 계산하고, 앞서 생육상 실험을 통해 유도한 기준온도별 저온요구도에 도달할 때까지 누적시켰다. 그 다음 날부터는 Anti Chill-days를 계산하여 누적시킨 값이 저온요구도를 상쇄시키면 그 날을 발아예상일로 간주하였다. 이렇게 해서 얻은 4종의 발아예상일을 11년간 실제 관찰된 발아일과 비교하여 RMSE를 계산하였다.

IV. 결과 및 고찰

4.1. 2004/2005 작물기간 중 품종별 휴면해제 예상일

‘Campbell Early’와 ‘Kyoho’ 시료를 저온 생육상에서 충분한 Chill-days 값을 축적시킨 다음 발아최적조건으로 옮겨서 관찰한 휴면해제 후 최소발아일수는 Fig. 2에서 확인할 수 있다. 최소발아일수는 ‘Campbell Early’의 경우 15~22일, ‘Kyoho’의 경우 14~19일 정도로 추정된다.

12월 29일부터 7일 간격으로 포장에서 시료를 채취하여 바로 25°C 생육상에 치상하고, 가로축에는 치상 날짜를, 세로축에는 이 날부터 발아까지 걸린 기간을 나타낸 것이 Fig. 3이다. 앞서 도출한 품종별 최소발아일수를 감안하면 ‘Campbell Early’는 1월 19일에서 1월 26일 사이에 내재휴면이 타파되었다고 볼 수 있고, ‘Kyoho’의 경우는 이보다 일주일 늦은 1월 26일과 2월 2일 사이라고 볼 수 있다.

4.2. 저온요구도

기준온도를 달리하여 계산한 Chill-days를 2004년

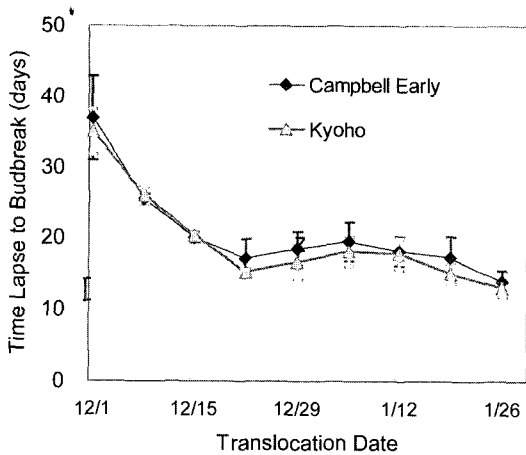


Fig. 2. Change in the number of days required for bud break of two grapevine cultivars after moving from the optimal condition for chilling (5°C) to that for growth (25°C). The vertical bar indicates one positive and one negative standard deviation from the center symbol which is the arithmetic mean of the 15 buds each.

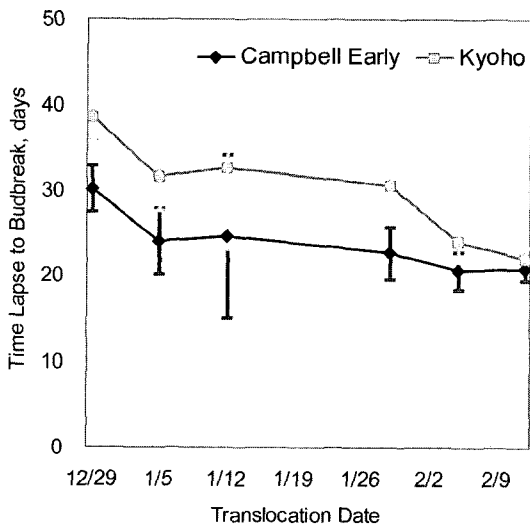


Fig. 3. Change in the number of days required for bud break of two grapevine cultivars after moving from the open field condition to the optimal condition for growth (25°C). The vertical bar indicates one positive and one negative standard deviation from the center symbol which is the arithmetic mean of the 15 buds each.

10월 1일부터 2005년 2월까지 누적시킨 그림이 Fig. 4이다. ‘Campbell Early’의 휴면해제예상일인 1월 19일에서 1월 26일까지 누적 Chill-days를 찾아보면 기준온도 6°C에서 -97~-103, 7°C에서 -123~-130, 8°C에서 -151~-157, 그리고 9°C에서 -179~-185임을 알 수 있다. ‘Kyoho’의 경우 휴면해제예상일은 1월 26일부터 2월

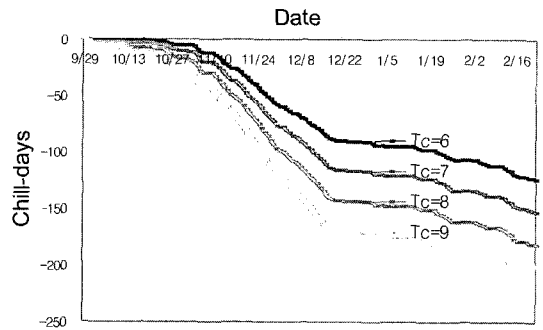


Fig. 4. Calculated Chill-days accumulation with change of Tc (Threshold Temperature) in Chill-days Model.

2일까지이므로 여기에 해당하는 누적 Chill-days는 기준 온도 6°C에서 -103~-106, 7°C에서 -130~-133, 8°C에서 -157~-161, 그리고 9°C에서 -185~-189이다. 이 결과로부터 휴면해제일에 따른 저온요구도 차이는 그다지 크지 않고, 오히려 기준온도에 따른 저온요구도 차이가 더 크다는 사실을 알 수 있다. 이는 휴면해제시기의 포장기온이 매우 낮아서 Chill-days 축적이 크지 않은데서 비롯된다. 본 연구에서 포도품종별 저온요구도는 휴면해제예상일의 범위(range) 대신 중앙값(median)을 택하여 이 날에 해당되는 누적 Chill-days값을 기준온도에 따라 제시하였다. 따라서 최종적으로 결정된 저온요구도는 ‘Campbell Early’의 경우 -101(기준온도 6°C), -127(기준온도 7°C), -155(기준온도 8°C), 그리고 -183(기준온도 9°C)이며, ‘Kyoho’의 경우 -105(기준온도 6°C), -132(기준온도 7°C), -159(기준온도 8°C), 그리고 -187(기준온도 9°C)이다.

4.3. 추정 발아일의 신뢰도

앞에서 추정된 기준온도별 저온요구도(그에 따른 고온요구도)에 의해 각각 Tc와 Rc를 모수화 시킨 발아일 추정모형에 1993년 10월 1일부터 2004년 2월까지 관측된 시험포장의 일 최고 및 최저기온자료를 입력하여 발아예상일을 추정하고, 그 결과를 같은 기간 중 실제 관측된 발아일과 비교한 것이 Table 2이다. ‘Campbell Early’의 경우 Tc = 8, Cr = -155에서 RMSE = 2.57로 가장 좋은 결과를 보였고, ‘Kyoho’의 경우에도 Tc = 8, Tr = -159일 때 RMSE = 2.48로 실측치에 가장 근접하였다. 따라서 두 품종 모두 Chill-day 계산에 있어 기준온도 8°C가 적합하며, 이를 근거로 도출된 저온요구도 -155 및 -159는 ‘Campbell Early’

Table 2. Performance of 4 different parameter pairs (threshold temperature, T_c and chilling requirement, R_c) in predicting bud burst date of Campbell Early and Kyoho grapevine cultivars by the phenology model

Cultivar	T _c	6	7	8	9
Campbell Early	R _c	-101	-127	-155	-183
	RMSE	22.25	11.10	2.57	8.60
Kyoho	R _c	-105	-132	-159	-187
	RMSE	21.08	10.01	2.48	9.04

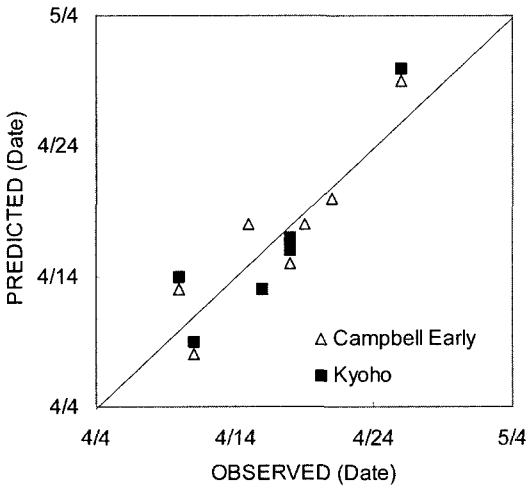


Fig. 5. Comparison the observed bud burst dates with the model calculations in Campbell Early and Kyoho at a research vineyard in Suwon during 1994-2004.

‘Kyoho’ 품종의 발아기추정모형에서 휴면해제에 필요한 저온요구도로 추천할 수 있다.

Fig. 5는 기준온도 8°C에서 저온요구도 -155 (‘Campbell Early’) 및 -159 (‘Kyoho’)를 적용하여 포도의 발아기를 추정하고, 그 결과를 지난 11년 간 원예연구소 시험포장에서 실제로 관찰된 발아기와 비교한 것이다.

V. 요약 및 결론

일 최고, 최저기온자료만으로 포도나무의 휴면심도를 정량적으로 추적하고 휴면해제일을 예상하며, 나아가 발아일을 예상할 수 있는 방법을 제시하였다. 이 방법은 이태리 생물기상연구소(IBIMET)에서 개발한 “Chill-days 모형”을 기반으로 하며 우리나라에서 널리 재배되는 ‘Campbell Early’와 ‘Kyoho’ 두 품종의 저온요구도에 의해 조정하였다. 이 모형을 1994년부터 2004년까지

11년간 원예연구소 시험포장의 기온자료에 적용하여 발아일을 추정하고 실측자료와 비교한 결과, 추정값의 RMSE는 2.5일 전후로서 실용성이 충분하였다.

이 방법을 다른 낙엽과종으로 확대 적용할 경우, 국내 과수산업에 상당한 기여를 할 것으로 기대된다. 첫 번째 응용분야로는 과수 휴면기간 중 동해경보시스템의 핵심 기술로 발전시키는 것이다. 낙엽과수의 내동성은 휴면심도에 비례하므로 매일의 휴면심도를 일 최고, 최저기온 자료만으로 추정할 수 있다면 현재의 내동성 정도를 상시 감시할 수 있다. 앞으로 휴면심도와 최저기온의 동시 적용을 통해 포도의 동해위험도를 정량화할 수 있으며, 그럴 경우 포도재배농가의 동해를 최소화하는데 실질적인 도움을 줄 것이다. 두 번째 응용은 기후변화에 따른 과수재배지대 이동의 예측이다. 과수마다 저온요구도가 필요한데 이것을 충족시켜줄 수 있는 과수재배지대가 기후의 변화에 따라 점차 이동하는 것을 예측할 수 있다.

이 밖에도 포도 발아시기에 서리피해를 예방하는데 이용할 수 있을 것이다. 발아시기를 예측하고 그 시기의 일기예보로부터 서리피해가 예상되면 미리 조치를 취할 수 있다. 또한 시설재배농가의 경우 포도의 내생 휴면이 끝나는 시기를 예측함으로써 가온시기를 결정하는 데 이용할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

실험재료 준비와 생육상 관리에 도움을 준 원예연구소 관계자들에게 감사드린다. 이 연구는 농촌진흥청 특정과제 “포도 동해 발생의 지형 기후학적 해석 연구”의 지원으로 수행되었다.

인용문헌

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

- 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. *Agricultural and Forest Meteorology* **67**, 95-113.
- 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.
- Faust, M., 1989: *Physiology of Temperate Zone Fruit Trees*. John Wiley and Sons, Inc., 338p.
- Jung, J. E., E. Y. Kwon, U. Chung, and J. I. Yun, 2005: Predicting cherry flowering date using a plant phenology model. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **7**(2), 148-155.
- 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.
- Shim, K. M., J. T. Lee, Y. S. Lee, and G. Y. Kim, 2004: Reclassification of winter barley cultivation zones in Korea based on recent evidences in climate change. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **6**(4), 218-234.