

국내 키위 품종의 개화일 예측 모형 개발 및 개화일 전망 예비 결과 - 전남 키위 주산지역을 중심으로 -

김광형^{1*}, 정유란¹, 정여민¹, 손경인², 고영진², 조운섭³

¹APEC 기후센터, ²순천대학교, ³전라남도 농업기술원

Preliminary Result of Model Development for the Prediction of Flowering Date of Kiwifruit

Kwang-Hyung Kim^{1*}, U. Chung¹, Y. M. Jeong¹, K. I. Son², Y. J. Koh², and Youn-Sup Cho³

¹Climate Change Research Department, APEC Climate Center

²Department of Plant Medicine, College of Life Science and Natural Resources, Suncheon University

³Fruit Research Institute, Jeollanam-do Agricultural Research & Extension Services

I. 서 언

우리나라의 기온은 지구온난화에 의한 영향뿐 아니라 급격한 산업화와 도시화로 의해 지난 100여년간 기온이 1.5°C 상승하게 되면서 농작물 재배가능지역이 위도 상으로 81km 북상하고, 온대성 작물의 재배가능 지역도 경기북부와 산간지역 등으로 확대되었다. 또한 기후변화 시나리오 기후조건에서 키위와 같은 난지과수의 재배가 남해안에서 일반화되고, 제주도에서는 아열대 과수의 재배가 가능할 것으로 전망하는 연구 결과가 발표되었다(Kwon *et al.*, 2012).

현재 국내 키위 재배면적은 약 13,000ha로, 최근 기후변화로 인한 온난화와 소비자의 기호도 상승으로 인해 제주도 부터 비교적 온난한 경남 일부, 전남 동부지역까지 키위 재배면적 및 생산량이 점차 확대 증가되고 있는 실정이다(국제참다래협회, 2013). 국내에서 재배되고 있는 대표 품종인 그린키위 헤이워드(Hayward)는 1977년 농촌진흥청 원예시험장에서 국내 재배 가능성을 검토하고자 처음 도입되었으며(김 등, 2013), 1980년 초부터 농가에서 상업적으로 재배하기 시작하였다. 최근 농가에서는 그린키위 이외에 제스프리골드, 해금과 같이 황색 과육을 가진 골드키위, 그리고 중국에서 육성된 적색 과육을 가진 홍양이라는 레드키위 등이 재배되고 있다. 그러나 국내 키위 재배역사가 짧고 외국에서 도입된 난지과수인 만큼 다른 온대과수에 비해 기상재해(예, 동해, 습해, 상해, 풍해)와 같은 환경 저해요인에 대한 정보가 부족하고, 궤양병, 꽃썩음병, 과실무름병 등과 같은 병해 및 각종 돌발 해충 등에 의한 피해에 취약한 것으로 알려져 있다.

키위는 암수 그루가 달라 개화시기의 인공수정에 의한 재배기술 향상 등이 필요하다. 특히, 돌발 해충이나 꽃썩음병 방제를 위해서는 키위의 개화시기 정보가 요구되는데, 정확한 개화시기 정보는 이러한 병해충에 대한 효과적 방제나 그 피해를 경감하는 조치를 취하는 데 도움이

* Correspondence to : kh.kim@apcc21.org

될 수 있다. 개화시기는 과수의 성장발육 관찰을 통해 예측할 수 있는데, 개화시기를 예측하는 방법에는 생육기간 내에 생육단계별 발육속도를 기온의 함수로 개화일을 예측하는 발육속도모형과 낙엽을 시작으로 과수의 휴면과 휴면 해제 후 발육속도에 따른 적산과정으로 구분하여 개화일을 예측하는 휴면시계모형, 그리고 기후기상요소와 과수의 생육시기와의 상관관계를 활용하여 통계적으로 개화시기를 예측하는 통계모형(예, 다중회귀) 등이 있다. 본 연구에서는 개화시기에 집중적으로 발생하는 병해충에 대한 효과적인 방제시스템 구축에 활용하고자 최근 국내에서 그 재배면적이 급속도로 증가하고 있는 골드키위 품종 중 해금에 대한 개화시기 예측모형을 개발하였다. 다음의 예비 결과를 바탕으로 국내 키위 품종의 성장발육과 개화시기 예측모형을 개선 및 개발함으로써 키위 종합방제체계 수립에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

II. 재료 및 방법

2.1. 연구지역 및 생물계절과 기상정보

Fig. 1은 골드키위 해금을 재배하는 전남 주요지역 중 개화시기 정보의 확보가 가능했던 키위 과수원이 위치한 읍면 행정구역과 재배지 주변 기상관측소 정보를 표현한 지도이다. 해금의 개화시기 모형 개발을 위해 이들 지역 중에서 산이면에 위치한 해금 노지재배 농가로부터 2008년부터 2013년까지 해금의 개화시 및 만개일 정보를 수집하였다. 기상자료를 위해서는 산이면 해금 노지재배 농가로부터 가장 가까운 기상청 기상관측소 해남의 2007년부터 2013년 12월까지의 일 기상자료를 수집하였다.

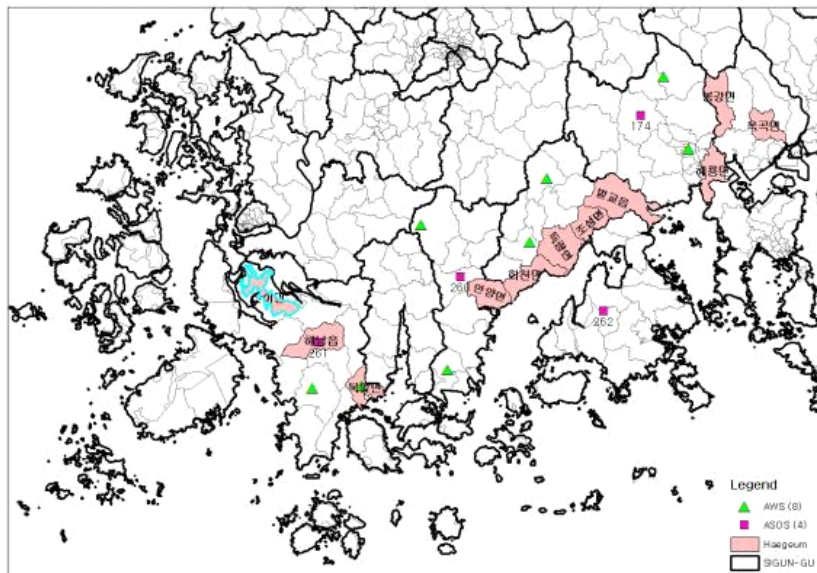


Fig. 1. Map of main growing areas of Kiwifruit 'Haeguem' with the automatic weather stations of the Korea Meteorological Administration.

2.2. 개화시기 예측모형

2.2.1. 발육속도모형

생육기간 내에서 기온이 높아지면 예측하고자 하는 생육단계에 도달하는 기간이 짧아진다는 이론에 기초한 발육속도 모형을 개발하기 위해서는 기준온도 설정이 필요하다. 사과, 배, 복숭아는 식물기간 기준온도인 일 평균기온 5°C가 가장 많이 적용되는 반면, 키위는 7°C가 가장 적합하다고 알려져 있다 (Salinger *et al.*, 1993). 본 연구에서도 해금의 발육속도모형 개발을 위해 7°C를 기준온도로 설정하고 개화일까지의 기온 반응식을 도출하였다.

2.2.2. 휴면시계모형

휴면시계모형은 Cesaraccio *et al.*(2004)이 제시한 것으로 이 모형으로부터 개화시기를 예측하기 위해서는 기준온도, 저온요구도와 고온요구도가 필요하다. 휴면시계모형은 chill-day의 적산과 anti chill-day의 적산으로 구분되는데, 이 적산과정은 매일의 온도에 따른 가중치를 달리하여 적산되는 온도시간으로 표현된다. 이 과정으로부터 해금의 휴면시계모형 구동에 필요한 각각의 모수를 도출하였다.

2.2.3. 회귀모형

앞서 소개한 발육속도모형과 휴면시계모형에서 일 기상자료가 필요했던 것과 달리 해금의 회귀모형 개발을 위해서는 월별 기상자료를 이용하였다. 회귀모형 도출 전 먼저 해금의 개화 및 만개일과 기온과의 상관관계를 분석하였고, 이를 통해 3월과 4월의 월 평균기온이 가장 상관이 높다는 예비 결과를 얻었다. Jung *et al.*(2005)의 방법에 따라 3월과 4월 월 평균기온이 포함된 회귀식을 도출하였다.

2.3. 모형 검증

모형 검증을 위해 2014년부터 2015년 동안 산이면을 제외한 나머지 10개 지역의 노지 재배농가 (23개 농가)로부터 해금의 개화일 정보를 수집하였다. 또한 해남 기상관측소를 제외한 나머지 10개 지역에 포함된 기상관측소 8개 지점의 2014년부터 2015년까지 일별 기상자료를 수집하였다.

III. 결 과

Fig. 2는 개발된 해금의 3개 개화시기 예측모형의 성능을 보여주는 예비 결과이다. 2014년부

터 2015년까지 23개 노지 재배농가에서 관측된 해금의 개화일과 3개의 모형에서 예측된 개화일의 Root Mean Square Error (RMSE)를 보면, 회귀모형과 휴면시계모형은 5일, 발육속도모형은 10일이고 bias는 0.8, 1.0, 1.2로 나타났다. Fig. 2를 보면 휴면시계모형의 예비 결과가 관측 개화일의 경향을 잘 표현하고 있음을 알 수 있다.

예측 개화일이 5일 이상으로 선 연구결과들과 비교했을 때 (2-3일) 비교적 큰 오차를 보였다. 하지만 본 결과는 예비 결과로써 앞으로 추가적인 연구를 통해 모형이 개선될 것이다. 특히, Salinger *et al.*(1993)과 Kwon *et al.*(2012) 등은 키위의 적정 기준온도가 7°C라고 하였는데, 본 예비 결과에서 해금의 휴면시계모형을 위한 적정 기준온도는 6.3°C로 계산되었다. 이 기준온도는 반복적 계산에 의해 최적화된 값으로 선 연구에서 제시한 기준온도와 차이가 발생한 경위 등에 대한 추가적인 검토도 필요하다.

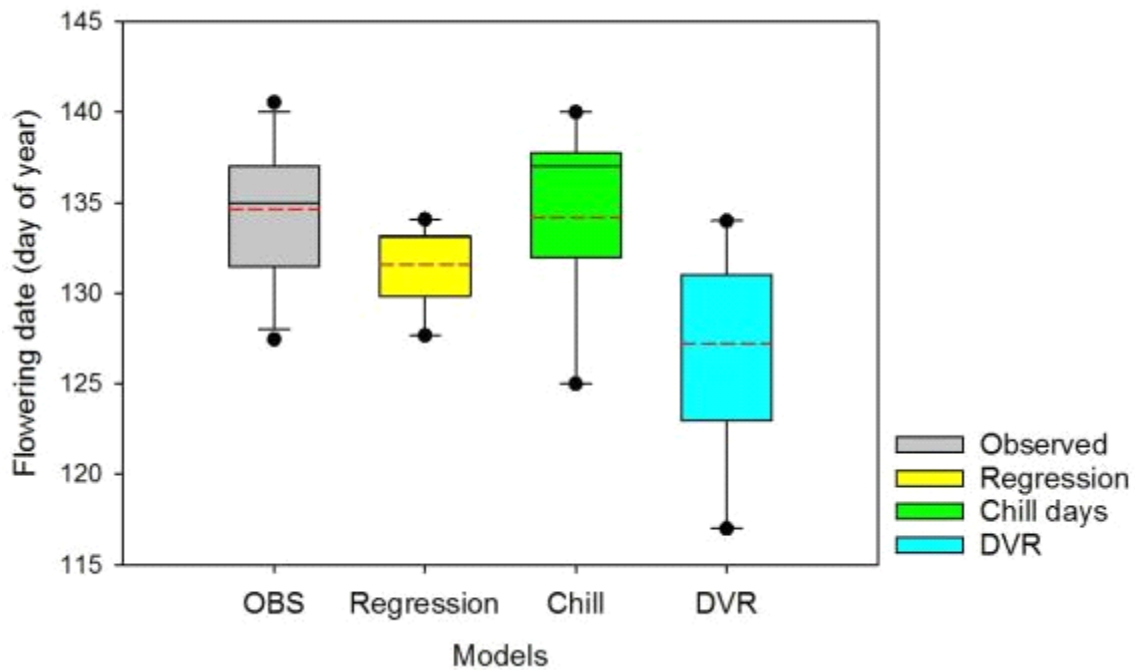


Fig. 2. Comparison of the observed flowering dates of 'Haegeum' Kiwifruit tree at 23 orchards and the predicted flowering dates from three prediction models. The red dash lines represent the mean of observed (OBS) or simulated (Regression, Chill, DVR) flowering dates.

감사의 글

본 연구는 광주지방기상청 지역기후서비스 연구사업에 의해 수행되었습니다. 연구지원에 감사드립니다.

인용문헌

- 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.
- Jung, J. E., U. Chung, J. I. Yung, and D. K. Choi, 2004: The Observed change in interannual variations of January minimum temperature between 1951-1980 and 1971-2000 in South Korea. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **6**, 235-241.
- Kwon, Y. S., S. O. Kim, H. Seo, K. H. Moon, and J. I. Yun, 2012: Geographical Shift in Blooming Date of Kiwifruits in Jeju Island by Global Warming. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **14**, 179-188.
- Salinger, M. J., G. J. Kenny, and M. J. Morley-bunker, 1993: Climate and kiwifruit cv. Hayward. 1. Influences on development and growth. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* **21**, 235-245.
- 국제참다래협회, 2013
- 김성철, 성기철, 좌재호, 임찬규, 전승중, 김천환, 최인명. 2013. 거인에 맞서는 용기 세계적인 기업과 우리 참다래. 농촌진흥청. 20pp