

나주 배 수출단지의 꼬마배나무이(*Cacopsylla pyricola*) 발생양상 분석

박정선¹ · 박중원¹ · 강아랑¹ · 이상현² · 양광열¹ · 김월수¹ · 김익수^{1,*}

¹전남대학교 농업생명과학대학 식물생명공학부, ²전남대학교 배수출연구사업단

Analysis of Occurrence Pattern of the Pear Psylla, *Cacopsylla pyricola*, in the Pear Exporting Complex

Jeong Sun Park¹, Joong Won Park¹, Ah Rang Kang¹, Sang Hyun Lee², Kwang-Yeol Yang¹,
Wol Soo Kim¹ and Iksoo Kim^{1,*}

¹College of Agriculture & Life Sciences, Chonnam National University, Gwangju 500-757,
Republic of Korea

²Korean Pear Research Organization, Chonnam National University, Gwangju 500-757,
Republic of Korea

*Corresponding author: ikkim81@jnu.ac.kr

ABSTRACT

One of the most serious insect pests for pear is the pear psylla, *Cacopsylla pyricola* Foerster (Hemiptera: Psyllidae). Due to the nature of the overwintering adults that spend winter time underneath bark the control of the pear psylla is very difficult. Thus, one of the effective control methods recommended includes a spray of machine oil emulsion, when overwintering adults start to move upward to tree branches and when eggs that have been oviposited by overwintered adult females are observed. Previously, the model that predicts the onset date of upward-movement and oviposition has been proposed on the basis of weather and ecological information of the pear psylla, but it based the information obtained from the central region of Korea, requiring the data from the southern part of Korea that is warmer than central region. In this study, therefore, we investigated annual occurrence of the pear psylla by weekly field observation and meteorological data obtained by automatic weather station (AWS) that has been installed at Bonghwang in Naju City. As a result, we found 14 days difference for the onset of upward-movement at maximum and 7 days difference for the first observation of eggs at Naju City compared with the existing prediction. Consequently, additional study for prediction model and resultant modification of the control strategy is needed, targeting the pear psylla populations occurring in southern region of Korea.

Additional key words: *Cacopsylla pyricola*, Pear pest, Pear psylla, Upward-movement, Temperature, Field forecasting information, Automatic weather station

서 언

배는 장미목 장미과 배나무속에 속하는 과수로 서 남방형 동양배(*Pyrus pyritolia* N.), 북방형 동양배(*P. ussuriensis* M.) 및 서양배(*P. communis* L.) 등으로 분류되며 그 중 남방형 동양배는 국내에서 재배되고 있는 종으로 동아시아가 원산지로 추측되고 있으며, 현재 국내를 비롯한 일본 및 중국 등에서 재배되고 있다(Feron *et al.*, 1996). 국내에서 배는 대표적인 수출 과수 작물로 2011년도에는 총 재배면적 151,000 헥타르에서 290,000 톤이 생산되었고, 그 중 17,988 톤은 미국과 대만으로 수출되어 국내 과실 작물 중 가장 많은 수출량을 기록하고 있다(Jeong *et al.*, 2012). 수출을 위한 배의 선별과정 중 병해충, 잔류농약, 기형, 압상 등 다양한 이유에 의해 탈락과가 발생하는데 이중 병해충에 의한 탈락과는 54%에 이르며 이는 농가의 소득감소와 방제를 위한 농약의 남용으로 이어진다(Min *et al.*, 2012; Park *et al.*, 2012).

배의 주요 병해충 중 꼬마배나무이(*Cacopsylla pyricola*)는 한국, 일본, 유럽 및 북아메리카에서 배나무에 발생하는 주요 해충으로 알려져 있다(Kang *et al.*, 2012). 꼬마배나무이의 중요한 특징 중 하나는 여름과 겨울철 형태적 특성이 바뀌는 이형성으로 여름형 성충과 월동형 성충으로 나뉜다. 여름형 성충은 연한 녹색이나 녹갈색을 띠며, 몸길이는 약 2.0mm로 날개는 반투명한 녹색을 가지며, 월동형 성충은 몸체가 흑갈색으로 흑색에 가까운 색을 띠며 몸길이는 약 2.5mm로 여름형 성충보다 길고, 날개는 시맥을 제외한 나머지 부분은 투명한 색을 가지고 있다(Beer *et al.*, 1993). 가해 특징은 약충과 성충시기에 배나무 잎과 과실을 흡즙하여 직접적인 피해를 줄 뿐만 아니라, 감로를 분비하여 그을음병을 유발하기도 하며, 과실을 가해하는 경우 그을음병을 유발하여 과실의 가치를 떨어뜨리거나 과실의 저장력을 약화시키는 문제점을 야기시킨다(Alden and Seney, 1991). 또한 약제저항성이 쉽게 발달하여 방제가 매우 어려운 것으로 알려져 있어 적정방제를 위해 초기 밀도를 감소시키는 것이 매우 중요하다(Mustafa and Hodgson, 1984). 초기밀도 감소를 위해서는 월동

기 방제가 매우 중요하며 월동기 방제는 접촉성 약제인 기계유유제를 살포하여 이루어지나 꼬마배나무이 월동성충의 주요 서식처가 배나무의 거친 껍질 밑으로 효과적인 방제를 위해서 월동형 성충이 산란을 위해 단과지로 올라오는 수상이동 시기가 적기 방제기로 제시되고 있다(Kim *et al.*, 2007).

현재 국내 배과원에서 월동기 방제를 위한 기계유제살포는 Kim *et al.* (2007)이 기상정보를 바탕으로 꼬마배나무이 월동성충 수상이동시기 및 산란 조건을 기준으로 제시되고 있다. 즉, 적산온도 모형을 바탕으로 일반적으로 사용하는 일평균 기온과 기준이 되는 온도와의 차를 일정 기간 동안 합하는 온일도를 이용하는 대신 해충이 반응하는 일일의 하한온도 이상의 날수를 누적하는 방식을 채택하여 연구가 수행하였으며, 성충으로 월동하는 해충의 경우 하루 중 하한온도 이상 온도범위에 민감하게 반응한다는 점을 바탕으로 일별 평균대기온도가 아닌 일별 최고온도를 이용하였다. 그 결과, 월동성충은 2월 1일부터 최고온도 6℃ 이상인 날 수를 누적하여 12일이 되었을 때 수상이동이 일어나며, 누적일수 16~20일에 수상이동 최성기를 이뤄 25일째 산란을 시작한다는 결과를 도출하였다.

그러나 Kim *et al.* (2007)이 제시한 조건은 중부지역 발생 꼬마배나무이를 대상으로 조사된 결과로 상대적으로 날씨가 온난한 남부지역에서 적용되기 위해서는 실측자료가 필요한 실정이다. 따라서 본 연구는 지난 5년간 나주지역의 꼬마배나무이 발생현황과 중부지방을 대상으로 조사된 Kim *et al.* (2007)의 꼬마배나무이 월동성충의 수상이동 및 산란 조건이 실제로 남부지방에서는 어떻게 적용되는지를 알아보기 위하여 수행되었다.

재료 및 방법

1. 무인기상장치

기상정보의 확보를 위해 본 연구는 2008년 나주시 봉황면 황용리 전남대학교 봉황농장 나주실습장에 무인기상장치를 설치하였다(Fig. 1). 2009

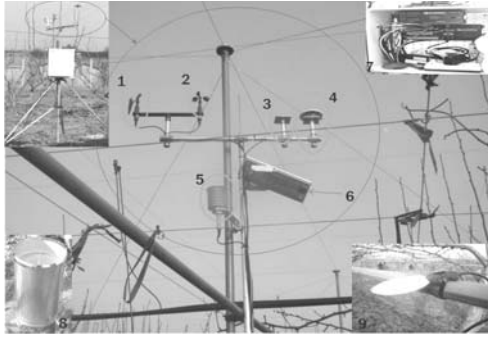


Fig. 1. Automated weather station (AWS) equipped with several senses. 1, wind direction; 2, wind speed; 3, quantum; 4, solar radiation; 5, temperature/moisture; 6, solar panel; 7, wireless modem; 8, rainfall; and 9, dew condensation.

년도~2013년도까지 총 5년간 무인기상장치를 통해 온도, 습도, 강우량, 엽면습윤시간, 풍향, 풍속 등 주요 기상정보를 얻을 수 있었고, 그 중 꼬마 배나무이 발생 예측을 위하여 평균온도와 최고온도를 이용하였다. 기상정보는 미국 Campbell Scientific사의 Data Logger인 CR1000을 이용하여 수집하였으며 수집된 기상정보는 전남대학교 나주 실습장에 설치된 BSM-856 CDMA 송신용 모듈(Telit, Italy)과 전남대학교 곤충분자계통분류 및

생태연구실에 설치된 BSM-856 CDMA 수신용 모듈(Telit, Italy)을 이용하여 2시간 간격으로 수신하였다. 이의 구성과 활용에 대해선 Park *et al.* (2012)에 보고한 바 있다.

2. 현장예찰

2009년~2013년 중 연구수행이 중단된 2010년도, 2011년도를 제외한 총 3년 동안 예찰을 수행하였으며, 2월~3월까지 월 3~4회 실시되었다. 예찰방법은 국가농작물병해충관리시스템(<http://ncpms.rda.go.kr/>)에서 제시한 예찰방법을 바탕으로 연구 목적에 따라 일부 수정하여 수행되었다. 즉, 배 과원 중심부에 위치한 한 그루의 배나무를 선정 후 이를 중심으로 동서로 각각 4주씩 이동 후 다시 남북으로 각각 2주씩 이동하여 동서남북으로 4그루의 예찰주 선정하여 총 5그루의 예찰주를 선정하였다(Fig. 2A). 예찰주내 예찰지점은 지면에서 약 1.5m 높이에 위치한 약 30cm의 단과지를 양쪽으로 각각 1군데씩 선정하였으며, 선정된 예찰주는 천이나 리본등을 이용하여 눈에 잘 띄도록 표시하였다(Fig. 2B). 그 후 예찰지점내 25개의 엽충을 선정하여 엽충 및 잎을 대상으로 꼬마배나무이 수상이동시기 관찰 및 수상이동 암컷 성충의 산란시기를 관찰하였다.

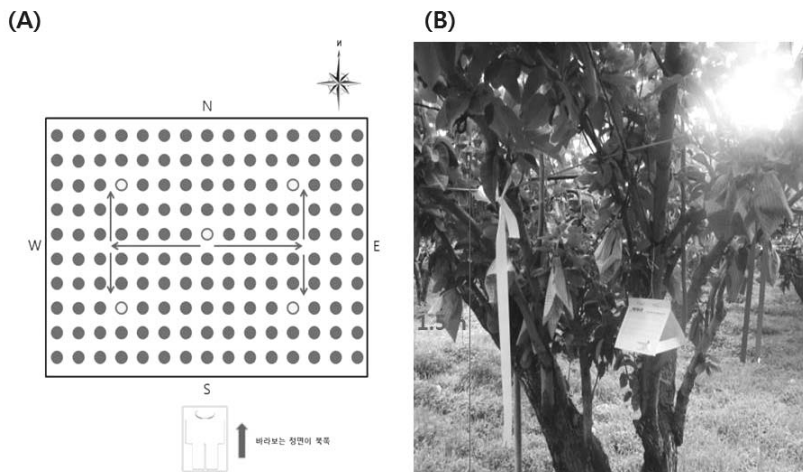


Fig. 2. Forecasting trees selected for field observation of *Cacopsylla pyricola*. (A) Schematic illustration of forecasting tree (yellow color); and (B) Forecasting tree tied with ribbons.

3. 무인기상장치 정보 및 현장 예찰정보 취합

무인기상장치를 이용한 기상정보는 Kim *et al.* (2007)이 제시한 꼬마배나무이 수상이동과 산란조건에 따라 정보를 정리하였다. 꼬마배나무이 수상이동 시작일은 2월 1일부터 일 최고온도 6℃ 이상인 날 수를 누적하여 12일째 되는 날로 예측된 바 있고 최성기는 누적일수 16~20일, 첫 산란일은 누적일수 25일째로 예측하여 각각 날짜를 도출하였다 (Kim *et al.*, 2007). 현장예찰의 경우 1월 말부터 시작하여 해당 과원의 월동성충의 유무를 먼저 확인하였으며, 그 후 단과지에서 월동형 성충이 발견되는 날을 수상이동 시작일로 파악하였으며 첫 알이 관찰된 시점을 첫 산란일로 파악하였다(Fig. 3).

결과 및 고찰

1. 연도별 수상이동 시기 및 산란시기 변화

나주지역을 대상으로 5년간 꼬마배나무이의 수상이동시기와 산란시기를 관찰한 결과 최근에 이를수록 발생양상이 늦어짐을 알 수 있었다. 2009년의 경우 2월 12일이었으나 이후 더 빨라진 년도 없이 2013년도에는 2월 27일로 약 2주정도 늦어짐을 확인하였다. 실제 현장예찰 결과, 2009년도에는 2월 6일로 확인되었으나 2013년도에는 2월 27일로 19일정도 차이가 발생하였다. 이는 산란시기에서도 같은 양상을 보였는데 기상정보에 따르면 2009년과 2013년을 비교할 경우 약 12일의 차이가 발



Fig. 3. Pictures of occurrence stages of *Cacopsylla pyricola*. (A) Overwintering *Cacopsylla pyricola*; (B) Onset of upward-movement; and (C) First observation of egg, respectively.

Table 1. The data of onset of upward-movement and first eggs predicted by automatic weather information and actually observed at the pear farm in Bonghwang, Naju city.

Year		situation (Dates)		
		Onset of upward-movement	Prak period of upward-movement	First observation of egg
2009	Weather information	2.12	2.15~2.24	2.28
	Field forecasting information	2.06	-	2.21
2010	Weather information	2.23	2.27~3.04	3.08
	Field forecasting information	-	-	-
2011	Weather information	2.22	2.26~3.06	3.10
	Field forecasting information	-	-	-
2012	Weather information	3.01	3.05~3.10	3.16
	Field forecasting information	2.15	-	3.14
2013	Weather information	2.27	3.04~3.09	3.12
	Field forecasting information	2.27	-	3.06

생하였으며 현장예찰 결과 또한 13일간의 차이를 확인하였다(Table 1).

연도별 발생양상의 차이와 기상요소의 관계를 알아보기 위하여 연도별 기온을 살펴보았다(Fig. 4). 수상이동 및 산란시기와 가장 연관이 깊은 2월 기온을 분석한 결과 수상이동시기가 가장 일르게 측정된 2009년의 경우 2월 중 일일 최고기온의 평균은 10.58℃, 일일 평균기온의 평균은 4.14℃로 나

타났으며 꼬마배나무이의 수상이동 및 첫 산란시기가 가장 늦을 것으로 측정된 2012년의 경우 2월 일일 최고기온의 평균은 4.60℃, 일일 평균기온의 평균은 -0.73℃로 나타났다. 3월 이후부터는 온도가 꾸준히 증가하여 7, 8월의 온도는 측정된 해마다 일일 최고온도 및 일일 평균온도가 최근에 이를수록 증가하였으나 이와 반대로 2월의 기온은 최근에 이를수록 그 온도가 점점 낮아짐을 확인

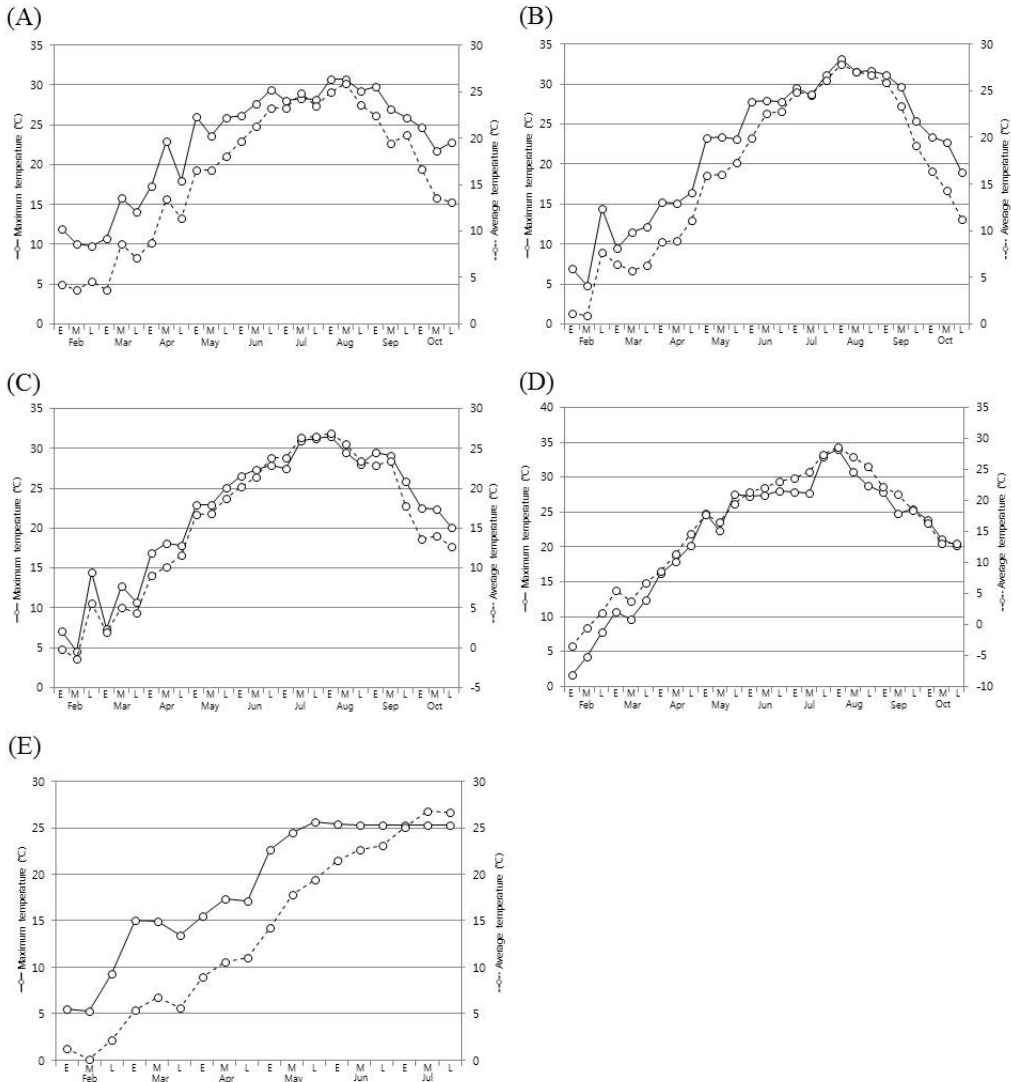


Fig. 4. Maximum and average temperatures at Bonghwang in Naju City. (A) 2009, (B) 2010, (C) 2011, (D) 2012, and (E) 2013, respectively. E, M and L, respectively, indicate early, middle and late of each month.

할 수 있었다. 성충으로 월동하는 해충의 경우 하루 중 활동개시에 필요한 하한온도에 매우 민감하게 반응하는 것으로 알려져 있다(Kim and Lee, 2003). Kim *et al.* (2007)의 경우 꼬마배나무이가 가장 민감하게 반응하는 하한온도를 알아보기 위하여 하한온도 범위를 5~7℃로 설정하였으며, 연

구결과 5~7℃ 중 변이계수가 가장 적었던 6℃를 꼬마배나무이의 하한온도로 설정하였으나, 최근에 이를수록 2월 일일 최고온도가 저하하였고, 하한온도인 6℃ 이상의 날 수 역시 감소함으로 인해 꼬마배나무이의 수상이동과 월동성충에 의한 산란시기의 발생양상이 늦어진 것으로 생각된다.

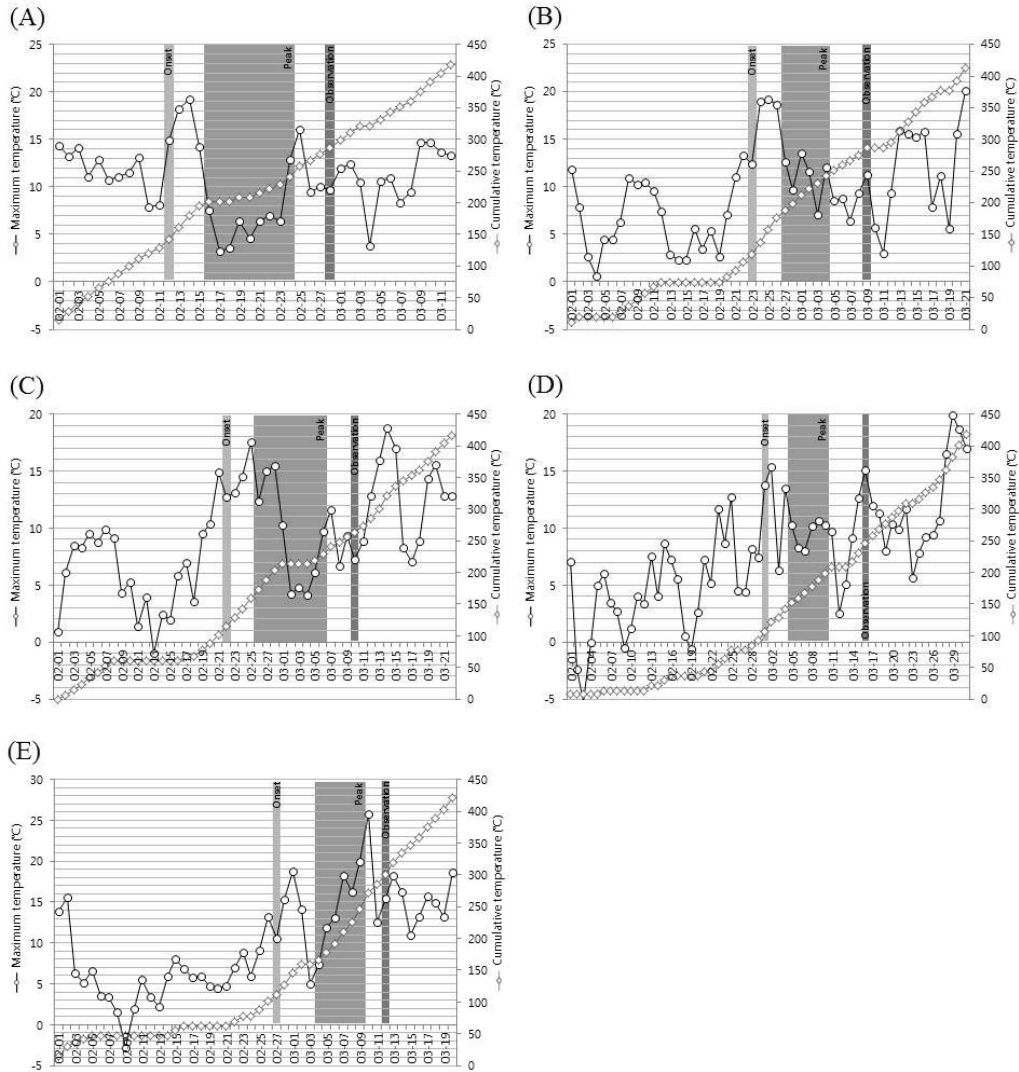


Fig. 5. Maximum and cumulative temperature in occurrence with the infestation stages of *Cacopsylla pyricola*, obtained from automatic weather station installed at Bonghwang in Naju City. (A) 2009, (B) 2010, (C) 2011, (D) 2012, and (E) 2013, respectively. The gray boxes indicate onset of upward-movement (Onset), peak period of upward-movement (Peak), and first observation of egg (Observation), respectively.

2. 기상정보 및 예찰정보를 이용한 수상이동시기 및 산란시기 비교

꼬마배나무이 월동성충의 수상이동은 Kim *et al.* (2007)이 제시한 조건을 적용하였을 때 일치하는 경우도 있었지만, 적게는 6일부터 많게는 12일 정도 빨리 발생하는 것으로 관찰되었다(Table 1). 2009년도에는 기상정보 확인결과, 2월 12일이 첫 수상이동일자로 확인되었으나 실제 나주 봉황농장 예찰결과 실적적으로는 2월 6일로 관찰되어 기상정보에 비해 6일 빠르게 발생하였다. 2010년도와 2011년도에는 연구방향의 전환으로 현장 예찰정보를 확보하지 못하였으나 기상정보 분석결과 각각 2월 23일과 2월 22일로 나타났다. 2012년도의 기상정보 분석결과, 3월 1일이 첫 수상이동 예측일이었으나 현장 예찰결과 14일 빠른 2월 15일로 확인되었다. 2013년도에는 기상정보와 현장 예찰정보 모두 2월 27일로 동일하게 나타났다(Table 1; Fig. 5). 산란시기의 경우 2009년도의 기상정보분석결과, 2월 28일 산란이 확인될 것으로 예측되었으나 현장 예찰결과 2월 21일로 7일정도 이르게 나타났으며 2012년도에는 기상정보 분석결과 3월 16일로 예측되었으나 현장 예찰결과, 3월 14일로 이를 빠르게 확인되었다. 2013년의 기상정보 분석결과 3월 12일로 예측되었으나, 현장 예찰결과 3월 6일로 6일 빠르게 확인되었다(Table 1; Fig. 5).

기존 발생모델과 현장 예찰결과와 차이를 나타내는 요인으로 1월 기온 중 하한온도인 6°C 초과일수의 차이로 생각된다. 발생모델 연구가 이루어진 중부지방의 경우 1월 중 6°C 초과일수가 매우 적어 2월 1일부터 누적되는 일수를 기준으로 수상이동 일자를 예측할 수 있으나 남부지방의 경우 중부지방보다 겨울철 기온이 높아 1월 중 6°C 초과일수가 많을 것으로 생각된다. 실제 무인기상장치의 기상정보를 분석한 결과 2009년~2010년 및 2012~2013년도까지 1월 중 6°C 초과일수는 각각 16일, 9일, 10일 및 7일로 나타났다(Fig. 6). 특히, 2009년의 경우 기존 발생모델에서 수상이동시기가 2월 중 6°C 초과일수가 12일째 되는 날로 예측되는 것을 고려하였을 때, 나주지역에서는 1월 중 6°C 초과일수가 16일로 이미 12일이 초과하는 것을 확인하였다.

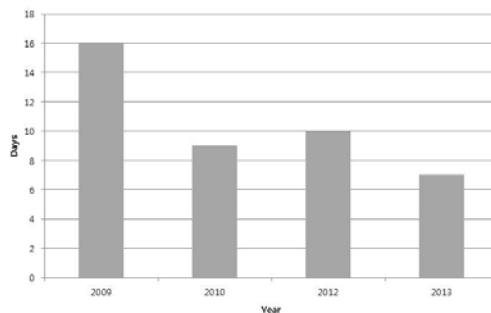


Fig. 6. Accumulated days of daily maximum temperature higher than 6°C in January at Bonghwang, Naju City.

꼬마배나무이는 배의 심각한 해충으로 나무의 아랫부분의 거친 껍질 내에서 은둔하므로 방제를 위해서는 꼬마배나무이의 수상이동시기 및 산란시기를 파악하는 것이 매우 중요하다. 적기 방제가 이루어지지 않는다면 이는 곧 수출량 감소 및 농가의 소득감소로 이어질 수 있다. 특히, 남부지방의 경우 배의 주산단지인 나주를 포함하고 있어 남부지방을 대상으로 한 수상이동 시기 및 산란시기에 대한 발생예측모델에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

초 록

배에서 가장 심각한 해충으로 알려진 꼬마배나무이(Pear psylla, *Caccopsylla pyricola*)는 월동처가 거친 나무껍질 밑으로 약재의 효능이 낮으며 농약 저항성이 쉽게 발달하여 화학적 방제가 매우 어려운 실정이다. 그러므로 월동성충의 수상이동시기와 알을 산란하는 시기에 기계유유제를 살포하는 것이 중요한 방제전략 중 하나로 실행되고 있다. 수상이동시기 및 산란시기의 예측은 기상정보와 꼬마배나무이의 생태정보를 바탕으로 그 모형이 제시된바 있으나 기 개발된 모형은 중부지방을 대상으로 조사된 결과로 날씨가 온난한 남부지방에서의 실측자료가 필요한 실정이다. 이에 본 연구는 지난 수년간 나주지역 배 수출단지에서 꼬마배나무이 발생현황에 대해 조사하였으며 아울러 무인기상장치를 이용한 기상정보도 수집하였다. 그

결과, 남부지방의 높은 기온으로 인해 꼬마배나무이의 수상이동시기 및 산란시기는 기존 발생 예측모델과 다소 차이가 있음을 확인하였다. 나주지역의 경우 수상이동은 기존 예측모델과 비교하여 최대 14일 차이가 발생하였고 산란일의 경우 최대 7일 정도 차이가 발생함을 알 수 있었다. 이에 따라 남부지방을 대상으로 한 발생 예측모델연구 및 방제전략의 수정이 필요할 것으로 생각된다.

검색어: 꼬마배나무이, 배발생 해충, 수상이동, 현장예찰, 무인기상장치

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 배수출연구사업단의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Alden, A. and H. Seney. 1991. Integrated pest management for apples and pears. Agriculture and Natural Resources, University of California Press, California, pp.214.
2. Beers, E. H., J. H. Brunner, M. J. Willett and G. M. Warner. 1993. Orchard pest management. Good Fruit Grower Press, Washington, pp.276.
3. Feron, G., P. Bonnarne and A. Durand. 1996. Prospects for the microbial production of food flavours. *Trends Food Sci. Technol.*, 7: 285-293.
4. Jeong, H. K., Y. S. Shin, M. S. Lee and M. S. Yeo. 2012. Chapter 21 Prospect and trend for the supply and demand of fruits; in *Agricultural Outlook 2012 (I)* (Lee DP ed.). Center for Agricultural Outlook Service, Korea Rural Economic Institute Press, Seoul, pp.559-613.
5. Kang, A. R., J. Y. Baek, S. H. Lee, Y. S. Cho, W. S. Kim, Y. S. Han and I. Kim. 2012. Geographic homogeneity and high gene flow of the pear psylla, *Cacopsylla pyricola*(Hemiptera: Psyllidae), detected by mitochondrial COI gene and nuclear ribosomal internal transcribed spacer 2. *Anim. Cells Syst.*, 16: 145-153.
6. Kim, D. S. and J. H. Lee. 2003. Oviposition model of overwintered adult *Tetranychus urticae*(Acari: Tetranychidae) and mite phenology on the ground cover in apple orchards. *Exp. Appl. Acarol.*, 31: 191-209.
7. Kim, D-S., C-Y. Yang and H-Y. Jeon. 2007. An empirical model for the prediction of the onset of upward-movement of overwintered *Caccopsylla pyricola*(Homoptera: Psyllidae) in pear orchards. *Korean J. Agric. For. Meteorol.*, 9: 228-233.
8. Min, K.-H., J.-P. Ryu, S. H. Lee, I. Kim, W. S. Kim, B. H. Cho and K.-Y. Yang. 2012. Analysis of the cause of off-grade goods for effective control of pear scab occurring in export pear. *Agr. Sci. Technol. Res.*, 47: 21-29.
9. Mustafa, T. M. and C. J. Hodgson. 1984. Observations on the effects of photoperiod on the control of polymorphism in *Psylla pyricola*. *Physiol. Entomol.*, 9: 207-213.
10. Park, J. W., J. S. Park, A. R. Kang, I. S. Na, G. H. Cha, H. J. Oh, S. H. Lee, K. Y. Yang, W. S. Kim and I. Kim. 2012. Establishment of pest forecasting management system for the improvement of pass ratio of Korean exporting pears. *Int. J. Indust. Entomol.*, 25: 163-169.