

## 꽃감염 위험기간 중의 강우가 충남지역 과수 화상병 발병에 미치는 영향

김병련\*, 김윤정<sup>1</sup>, 원미경<sup>1</sup>, 주정일<sup>1</sup>, 유준명<sup>2</sup>, 이용환<sup>3</sup>

<sup>1</sup>충청남도농업기술원 친환경농업과, <sup>2</sup>충남대학교 응용생물학과, <sup>3</sup>국립농업과학원 작물보호과  
(2023년 11월 12일 접수; 2023년 12월 03일 수정; 2023년 12월 04일 수락)

## Effect of Rainfall During the Blossom Infection Risk Period on the Outbreak of Fire Blight Disease in Chungnam province

Byungryun Kim<sup>1\*</sup>, Yun-Jeong Kim<sup>1</sup>, Mi-Kyung Won<sup>1</sup>,  
Jung-Il Ju<sup>1</sup>, Jun Myoung Yu<sup>2</sup>, Yong-Hwan Lee<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Environmentally-Friendly Agriculture Division, Chungnam Agricultural Research and Extension Services, Yesan(32418), Korea

<sup>2</sup>Department of Applied Biology, Chungnam National University, Daejeon(34134), Korea

<sup>3</sup>Crop Protection Division, National Academy of Agricultural Science, Wanju(55365), Korea  
(Received November 12, 2023; Revised December 03, 2023; Accepted December 04, 2023)

### ABSTRACT

In this study, the extent of the impact of rainfall on the outbreak of fire blight during the blossom infection risk period was explored. In the Chungnam province, the outbreak of fire blight disease began in 2015, and changes in the outbreak's scale were most pronounced between 2020 and 2022, significantly escalating from 63 orchards in 2020 to 170 orchards in 2021, before decreasing to 46 orchards in 2022. In 2022, the number of incidence has decreased and the number of canker symptom in branches has also decreased. It was evaluated that the significant decrease of fire blight disease in 2022 was due to the dry weather during the flowering season. In other words, this yearly fluctuation in fire blight outbreaks was correlated with the presence or absence of rainfall and accumulated precipitation during the blossom infection risk period. This trend was observed across all surveyed regions where apples and pears were cultivated. Among the weather conditions influencing the blossom infection risk period, rainfall notably affected the activation of pathogens from over-wintering cankers and flower infections. In particular, precipitation during the initial 3 days of the blossom infection risk warning was confirmed as a decisive factor in determining the outbreak's scale.

**Key words:** Rainfall, Incidence level, Blossom infection risk period, Fire blight



\* Corresponding Author : Byungryun Kim  
(brkim@korea.kr)

## I. 서 론

과수 화상병은 병원세균 *Ewinia amylovora*의 감염에 의해 발생하는 병해로 사과 배 등에 발병하여 큰 피해를 주고 있다. 이 병은 우리나라에 2015년 처음 발병하였는데(Ham et al., 2020a), 식물검역 금지병해로 지정되어 발생 과원에 대하여 매몰방역을 실시하고(Park et al., 2017) 발병과원 중심 반경 5km 이내는 관리구역으로 설정하여 예찰 및 연 3회 약제방제를 실시(Ham et al., 2020b)하고 있지만 매년 발병이 지속되고 있다.

화상병의 발병에 관여하는 요인에 대하여 현재 다양한 연구가 이루어지고 있는데, 기온, 강우 등의 기상 환경은 병원균 및 감수성 기주와 함께 병의 발달에 매우 중요한 요소로 알려져 있고, 특히 온도와 수분은 화상병의 발병 과정에 가장 중요한 요소로 알려져 있다(Chen et al., 2007).

화상병은 주로 기온이 상승하는 봄철 월동한 께양 부위에서 활성화된 병원세균이 개화기에 기주식물의 상처나 꽃을 통하여 감염되며 전반기 때문에(Ham et al., 2022) 개화기의 환경이 감염 및 발병에 매우 중요하다. 이러한 발병 특성으로 1986년 미국에서는 발병에 충분한 병원균과 감수성 기주가 존재한다는 조건하에서 온도와 수분에 따라 화상병 감염을 예측하는 프로그램 Maryblyt를 개발하였고(Turechek and Biggs, 2015), 농촌진흥청에서도 우리나라 개화기의 강우 및 온·습도 등을 고려해 과수 화상병 방제 적기를 알려주는 메리블라이트 예측 모형을 개발하였다(Kim and Yun, 2018). 이 모형을 이용하여 개화 기간 중 꽃감염 위험정보일 산출, 월동 께양으로부터 활성화된 께양병징 발현일 예측의 정보를 제공하며(Namkung and Yun, 2022), 이를 바탕으로 과수화상병 예측정보시스템(fireblight.org)을 구축해 농가에 방제 적기 정보를 제공하고 있다.

본 연구는 과수 화상병 예측정보 중 꽃감염위험시기 동안의 실제 강우가 충남지역의 화상병 발병에 미치는 영향을 조사하고, 이를 통하여 정밀한 방제대책에 활용하고자 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

### 2.1. 화상병 발생특성 조사

2020년부터 2022년까지 충청남도 천안시, 아산시,

당진시 및 예산군에서 화상병 발병으로 확진된 과원에서 발병주율과 병징의 종류를 조사하였다. 과원의 발병 주 전체를 대상으로 과충, 신초, 도장지, 1년생 가지, 2년생 이상 가지로 구분하여 각각의 부위에 형성된 화상병의 병징 수를 조사하고, 발병 주 당 평균 병징수로 환산하여 연차별 발병정도를 해석하였다.

### 2.2. 기상자료 수집

농촌진흥청 농업기상정보서비스(<https://weather.rda.go.kr>)에서 2021년부터 2022년까지의 관측지점별 기상자료와 일별 기상자료를 다운로드 사용하였다. 관측지점은 꽃감염 위험 경보지역과 동일한 지점으로 사과는 당진시 신평면, 천안시 성거읍, 배는 아산시 둔포면, 천안시 성거읍으로 하였고, 꽃감염 위험 경보 일 동안의 평균기온 및 강수량 일별 자료를 이용하였다.

### 2.3. 꽃감염 위험시기

농촌진흥청 과수화상병 예측 서비스(<https://fireblight.org>)에서 제공하는 2021년부터 2022년까지의 과종 별 꽃감염위험시기 경보일을 이용하였는데, 꽃감염 위험 첫 경보일부터 마지막날 까지를 대상으로 하였다. 경보 예측지점과 기간으로 사과의 경우 당진시 신평면은 2021년 4월 12일부터 4월 30일까지 및 2022년 4월 22일부터 5월 10일까지로 하였고, 천안시 성거읍은 2021년 4월 12일부터 4월 30일까지 및 2022년 4월 19일부터 5월 7일까지로 하였다. 배의 경우 아산시 둔포면은 2021년 4월 1일부터 4월 19일까지, 2022년 4월 7일부터 4월 25일까지로 하였고, 천안시 성거읍은 2021년 4월 1일부터 4월 18일까지, 2022년 4월 8일부터 4월 25일까지로 하였으며, 발병 과원과 가장 근접한 지점을 선택하였다. 꽃감염 위험 단계는 낮음, 다소 높음, 위험, 매우 위험의 4단계로 구분하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 3.1. 충남지역 화상병 발생 현황

충남지역은 2015년 천안지역에서 처음 발병한 이후 2022년까지 모두 327개의 과원에 화상병이 발병하였다(Table 1). 2019년까지는 천안시 과원에서만 낮은 수준으로 발병하였는데, 2020년에 아산시의 8개 과원에서 발병이 시작되면서 발병 과원 수는 63개 과원으로 증가하였고, 이듬해 2021년에는 발병과원 수는

**Table 1.** Number of orchards and areas with fire blight disease in Chungnam province from 2015 to 2022

	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	Total
No. orchard	46	170	63	18	9	7	4	10	327
Area (ha)	23.0	89.1	24.0	8.1	5.9	7.7	5.1	20.8	183.7

2.7배 증가하였다.

발병지역 또한 당진시 21개 과원과 예산군 2개 과원 등 4개 시군으로 확대되었지만 2022년에는 천안시, 아산시, 당진시의 3개 지역에서만 발병하였고, 발병 과원 수도 46개로 전년에 비해 크게 감소하였다.

화상병 발병 시 일정한 발병률 이상의 모든 과원은 매몰처리 하여 확산을 억제하여 왔는데, 2018년까지 억제되어온 화상병 발병은 2019년부터 증가하기 시작하였고, 특히 지난 8년간의 발병상황 중에서 2020년부터 2022년의 발병 규모에 변화가 가장 크게 나타났다.

### 3.2. 충남지역 과수 화상병 발생특성

2020년 충남의 화상병 발병과원은 6월과 7월에 18개였으며, 10월과 11월에 42개 과원으로 가장 많이 발병하였다. 2021년에는 96개의 배 과원과 74개의 사과 과원에서 발병하였고, 2022년에는 배 30과원, 사과 16과원에서 화상병이 발병하였다. 2021년과 2022년에는 연간 발병의 80% 정도가 5월부터 7월에 집중되었는데, 2021년에는 6월에 95개 과원으로 가장 많은 발병 규모를 보이고, 이후 감소하다가 10월에 다시 13개 과원으로 소규모 발병하였다.

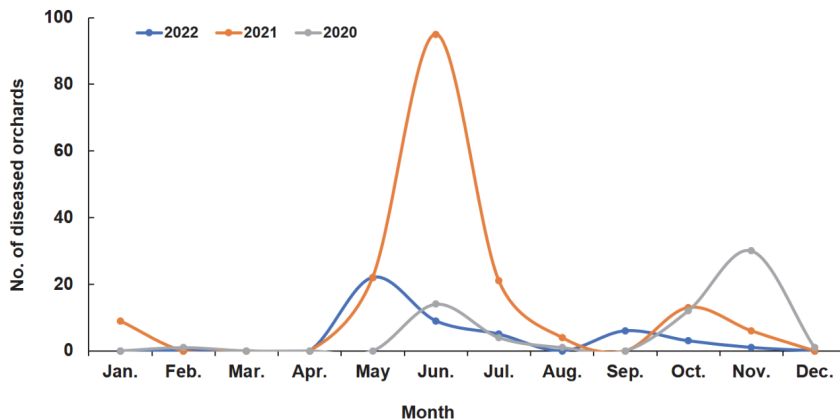
하지만 2022년에는 5월에 22개 과원으로 가장 많은

규모였으며, 9월에 6개 과원에서 발병하였다(Fig. 1). 2021년의 화상병 발병과원은 2020년 발병규모 보다 2.7배 증가하였지만, 2022년에는 2021 발병에 비하여 농가 수는 27%, 면적은 25.8% 수준으로 크게 감소하였다. 또한 발병 집중기간은 2020년과 2021년은 6월과 10~11월로 유사한 경향이었으나, 2022년은 5월과 9월로 전년에 비하여 1개월씩 빨라졌다.

이러한 발병 집중기간이 빨라진 것과 발병과원 수의 증감에는 다양한 요인이 관여하였을 것으로 생각되지만, 꽃감염 위험시기의 기상환경이 월동궤양으로부터 활성화된 병원균의 전반과 꽃 감염에 큰 영향을 주었을 것으로 추측된다.

2020년부터 2022년까지 화상병이 발병한 과원의 사과나무에 형성된 부위별 병징의 평균 개수는 Fig. 2와 같다. 2020년의 과충(Fig. 2A)에는 병징이 없었으며, 신초(Fig. 2B)와 특히 도장지(Fig. 2C)에 병징이 많았다. 또한 2년생 이상의 가지에만 궤양이 형성되었다(Fig. 2E). 이러한 병징의 특성은 2020년 과원에서 새롭게 화기를 통한 감염으로 발병된 것 보다는 이전에 감염된 월동 병원균의 이동 및 재감염 등에 의해 병징이 발현된 것으로 해석할 수 있다.

이후 2021년에 발병된 사과나무에는 도장지에 형성된 병징의 수는 발병 나무 당 1.8개에서 0.2개로 감



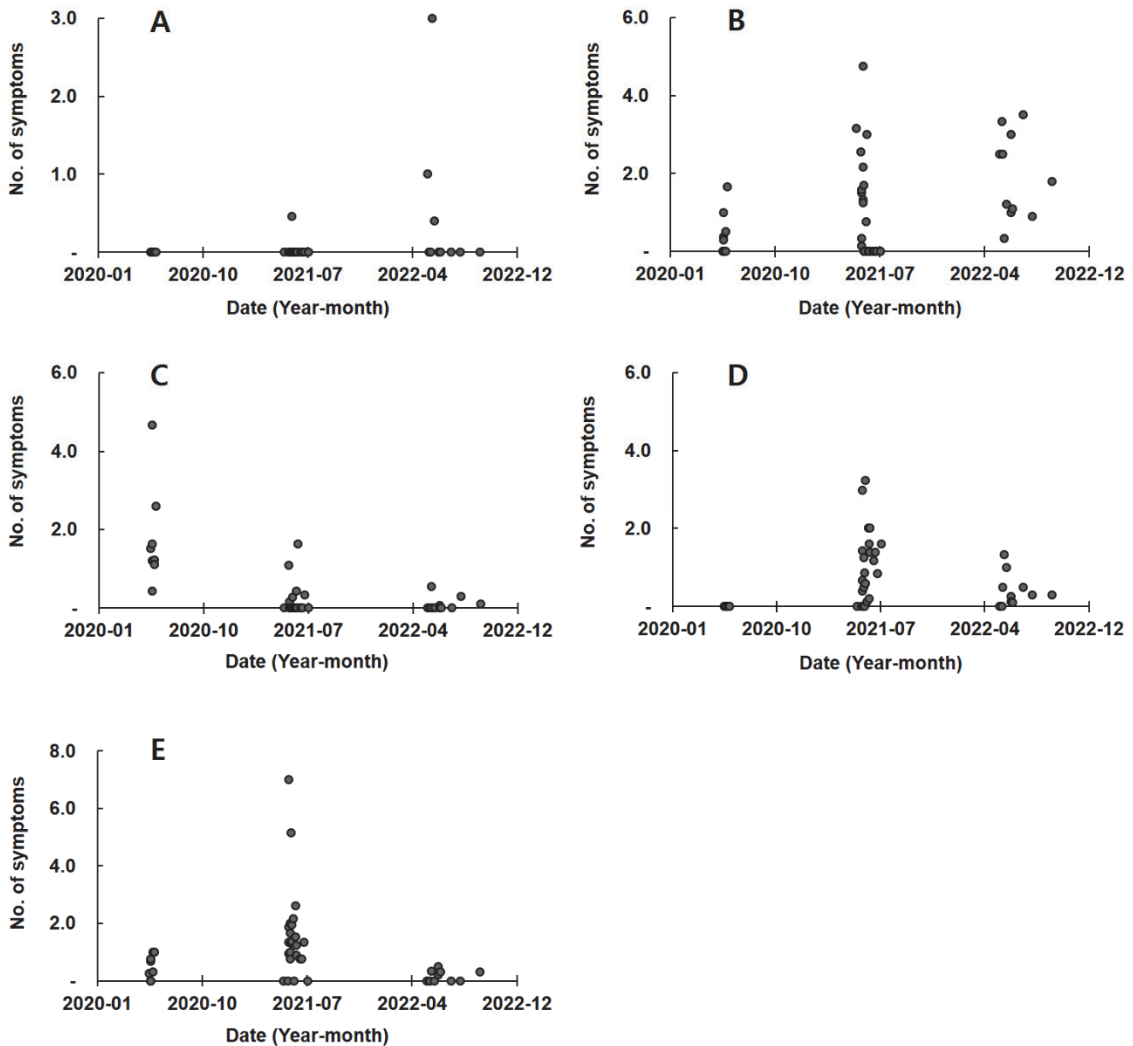
**Fig. 1.** Number of diseased orchards infected with fire blight in Chungnam province for 2020~2022.

소하였지만, 신초는 나무 당 0.5개에서 1.0개로, 2년생 이상 가지는 0.5개에서 1.6개로 형성된 병징의 수는 크게 증가하였다. 이러한 결과는 전년에 비하여 병원균의 감염과 전반이 활발하게 이루어졌고 병징 발현에도 유효한 환경이 조성되었기 때문일 것으로 생각되었다.

반면 2022년에 화상병 발병 나무에 형성된 병징의 수는 과충 병징을 제외하고 모두 감소하였다. 특히 도장지의 병징은 발병 나무 당 1.0개에서 0.4개로, 1년생 가지에는 1.0개에서 0.4개로(Fig. 2D), 그리고 2년생 이상 가지에는 1.6개에서 0.1개로 크게 감소하였다(Fig. 2E). 이러한 발병 규모의 감소는 병원균의 감염

시기에 유효한 감염 및 전반에 부적합한 환경이 유지된 결과로 판단되었다.

배 과원의 화상병 발병 나무의 부위별 병징의 평균 개수는 Fig. 3과 같다. 과충의 병징은 2020년 없었으며 2021년에는 1개 과원에서 나무 당 0.9개로 조사되었고, 2022년에는 3개 과원에서 0.1개로 감소하였다(Fig. 3A). 신초와 도장지에 형성된 병징은 2021년에 증가하여 2022년에 유사한 수준이었다(Fig. 3B, 3C). 반면, 1년생 가지에 형성된 병징은 2021년에 발병 나무 당 1.3개에서 2022년 0.4개로 감소하였고(Fig. 3D), 2년생 이상의 가지에 형성된 병징도 2020년 0.8개에



**Fig. 2.** Average number of symptoms on diseased tree parts by time for 2020-2022 in diseased apple orchards, A: Fruit clusters, B: Shoot leaves, C: Succulent shoot, D: one-year-old branches, E: Old-branches.

서 2021년 1.9개로 증가하였다가, 2022년 0.8개로 감소하였다(Fig. 3E).

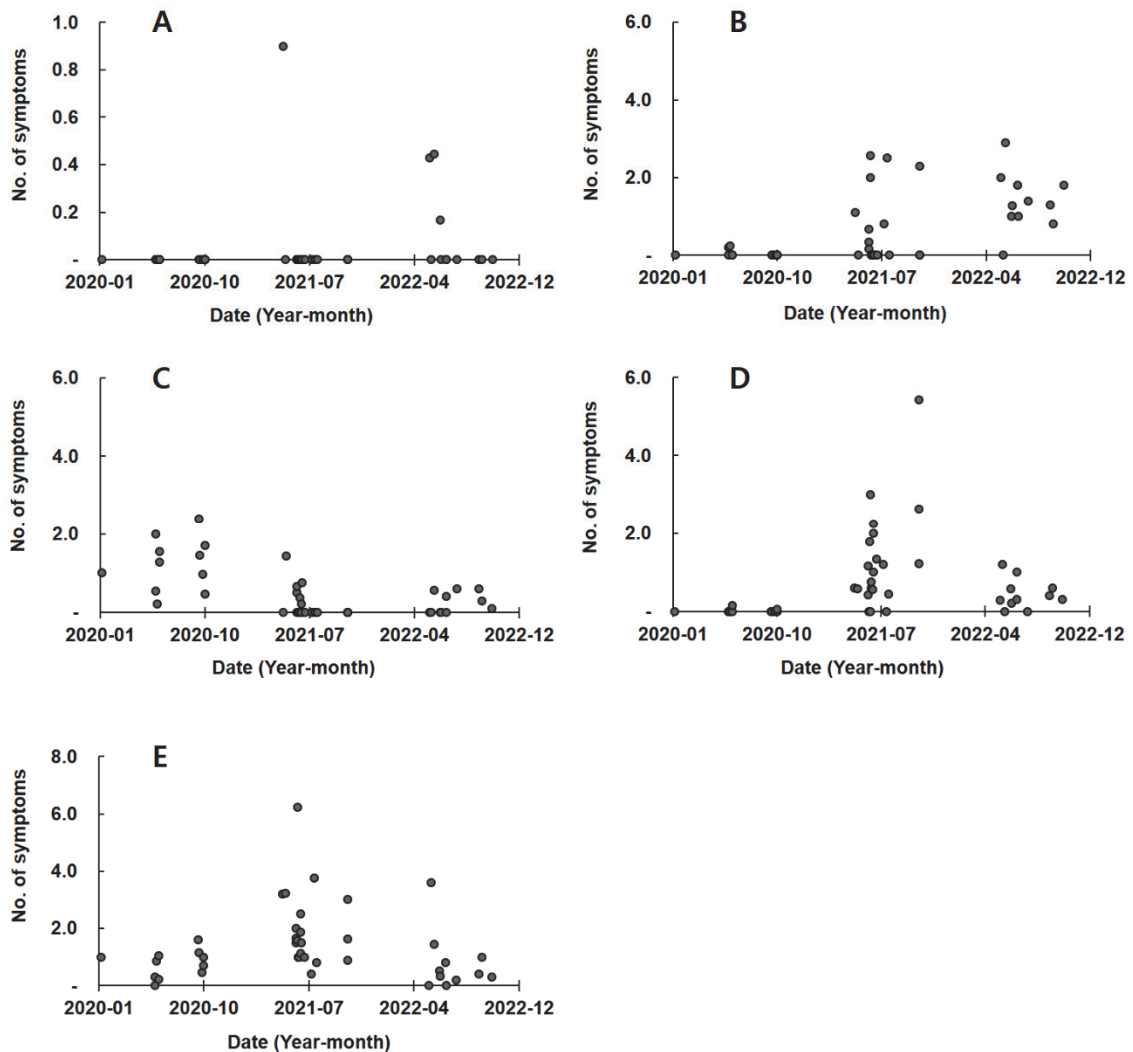
이러한 연차 별 발병 수준의 조사 결과는 사과 과원에서와 유사한 경향으로, 2021년의 개화기에는 화상병균의 감염에 유리한 환경조건이 조성되었고, 2022년에는 병원균의 감염과 병징 발현에 불리한 조건이 조성된 결과로 해석되었다.

### 3.3 꽃감염 위험기간 동안의 기상환경

사과 재배지역인 당진시 신평면의 2021년 꽃감염 위험기간의 일 평균기온은 8.0°C~19.4°C였고, 기간

평균은 13.0°C였다. 2022년에는 12.0°C~19.4°C의 분포였으며 기간 평균은 15.2°C로 2021년에 비하여 2.2°C 높았지만, 최저 평균기온에서 4°C의 차이를 보였고 대부분 유사하였다. 천안시 성거읍의 경우에도 2021년의 같은 기간 동안 최저 평균 7.4°C, 최고평균 19.4°C 였고, 2022년에도 최저평균 12.2°C, 최고평균 19.9°C로 당진시 신평면과 유사하였다.

강수량은 당진시 신평면과 천안시 성거읍 모두 2021년에는 꽃감염 위험경보 2단계인 시작일부터 각각 14.5mm와 8.5mm 였고 경보일 후반 4일 동안 당진시 신평면에는 28mm, 천안시 성거읍에는 228mm의 비가 내



**Fig. 3.** Average number of symptoms on diseased tree parts by time for 2020-2022 in diseased pear orchards, A: Fruit clusters, B: Shoot leaves, C: Succulent shoot, D: one-year-old branches, E: Old-branches.

러 누적 강수량은 각각 43.5mm, 238mm 였다(Fig. 4A). 하지만 2022년에는 꽃감염 위험 경보가 시작되면서 3일간은 비가 내리지 않았고 이후 16일 중 4일 누적 강수량은 27.5mm였으며, 2022년 천안시 성거읍에서 꽃감염 위험기간 중에 강우는 없었다(Fig. 4B).

사과재배지인 두 지역의 2021년과 2022년의 기상 상황은 꽃감염 위험기간 중의 강수량, 특히 경보 초기 3일 동안의 강우 여부에 가장 큰 차이를 보였다.

배 재배지역인 아산시 둔포면의 2021년 꽃감염 위험기간의 일 평균기온은 8.2°C~17.6°C였고, 기간 평균은 11.9°C였다. 2022년에는 10.6°C~20.4°C의 분포였으며 기간 평균은 14.7°C로 2021년에 비하여 2.8°C 높았고, 최저 및 최고 평균기온 모두 2022년이 2°C 이상 높았다. 천안시 성거읍은 2021년의 같은 기간 동

안 최저 평균 7.4°C, 최고평균 16.7°C 였고, 2022년에는 최저평균 9.6°C, 최고평균 19.9°C로 최저 및 최고 평균기온 모두 2022년이 각각 2.2°C~3.2°C 높았고, 아산시 둔포면과 큰 차이를 보이지 않았다. 강수량은 아산시 둔포면과 천안시 성거읍 모두 2021년에는 꽃감염 위험경보 시작 3일째 각각 29.5mm와 31.0mm의 강우가 있었고, 꽃감염 위험경보가 낮음(1단계)에서 다소높음(2단계)으로 전환되는 12일차에 각각 11.5mm와 8.5mm의 강우가 있었다. 두 지역의 2021년 꽃감염 위험경보 기간의 누적 강수량은 모두 42.5mm 였다(Fig. 5A).

하지만 2022년에는 꽃감염 위험 경보가 시작되면서 6일 동안 강우는 없었으며, 아산시 둔포면에서 4월 13일과 14일에 각각 22.0mm와 8.5mm, 위험경보 마지막

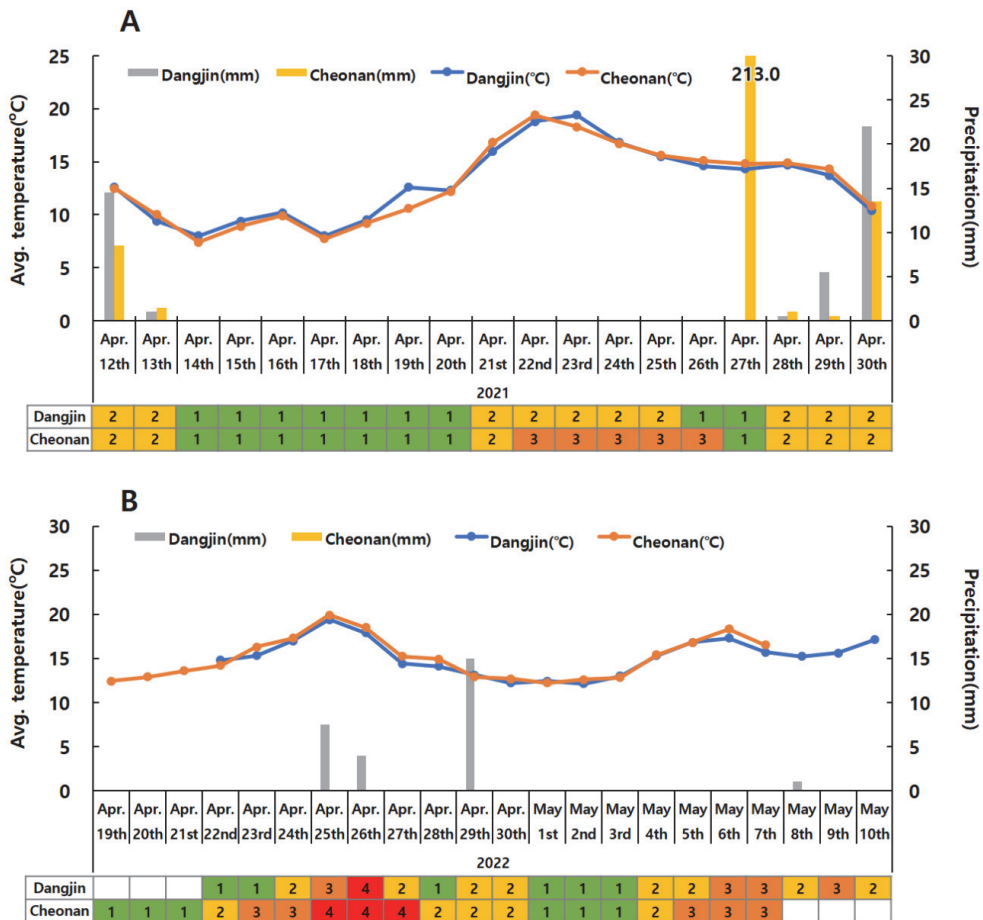


Fig. 4. Average temperature and precipitation during blossom infection risk period of apple growing areas in 2021(A) and 2022(B). Marks separated by color at the bottom indicate the blossom infection risk level.

일에 1.5mm의 비가 내렸다. 이 기간 중 아산시 둔포면의 누적 강수량은 31.5mm였고, 천안시 성거읍에는 강우가 전혀 없었다(Fig. 5B).

배 재배지인 두 지역의 2021년과 2022년의 기상상황은 사과 재배지역에서와 마찬가지로 꽃감염 위험기간 중의 강수량, 특히 경보 초기 3일 동안의 강우 여부에 가장 큰 차이를 보였다.

병원세균 *E. amlovora*는 매물 처리된 감염 식물에서 생존하지 못하며, 토양의 혐기적 조건에서 화상병균은 전염원으로서의 역할은 불가능한 것으로 알려져 있다(Kim *et al.*, 2019). 따라서 감염된 기주에서 형성된 병원균이 대부분의 전염원일 것으로 여겨진다.

알려진 화상병균의 전반 방식은 께양 등에서 월동한 병원균이 이듬해 기온이 상승하는 봄에 강우 또는

바람, 꿀벌과 같은 곤충 등에 의하며(Choi *et al.*, 2021), 특히 비는 병원균의 생존과 전반에 매우 중요한 요소이고(Norelli and Brandl, 2006; Ockey and Thomson, 2006), 비와 바람에 의한 병원균의 이동은 단거리 확산에 매우 중요한 요소로 평가받고 있다(Choi *et al.*, 2019).

Maryblyt가 예측하는 꽃감염 위험 경보는 개화기간 중 온도와 습도를 통해 꽃 감염 발생 시점을 예측하고 있다. 2021년에 화상병이 발병한 사과 재배지역은 꽃이 개화된 상태이며, 꽃 감염 위험이 중간 정도로 관심이 필요한 단계인 2단계로 시작하면서 강우가 있었고, 배 재배지역에서도 위험이 낮은 1단계로 시작되었지만 다음 날 2단계로 전환되었고, 약제살포가 필요한 3단계 경보일에 두 지역 모두 30mm 정도의 강우가 있

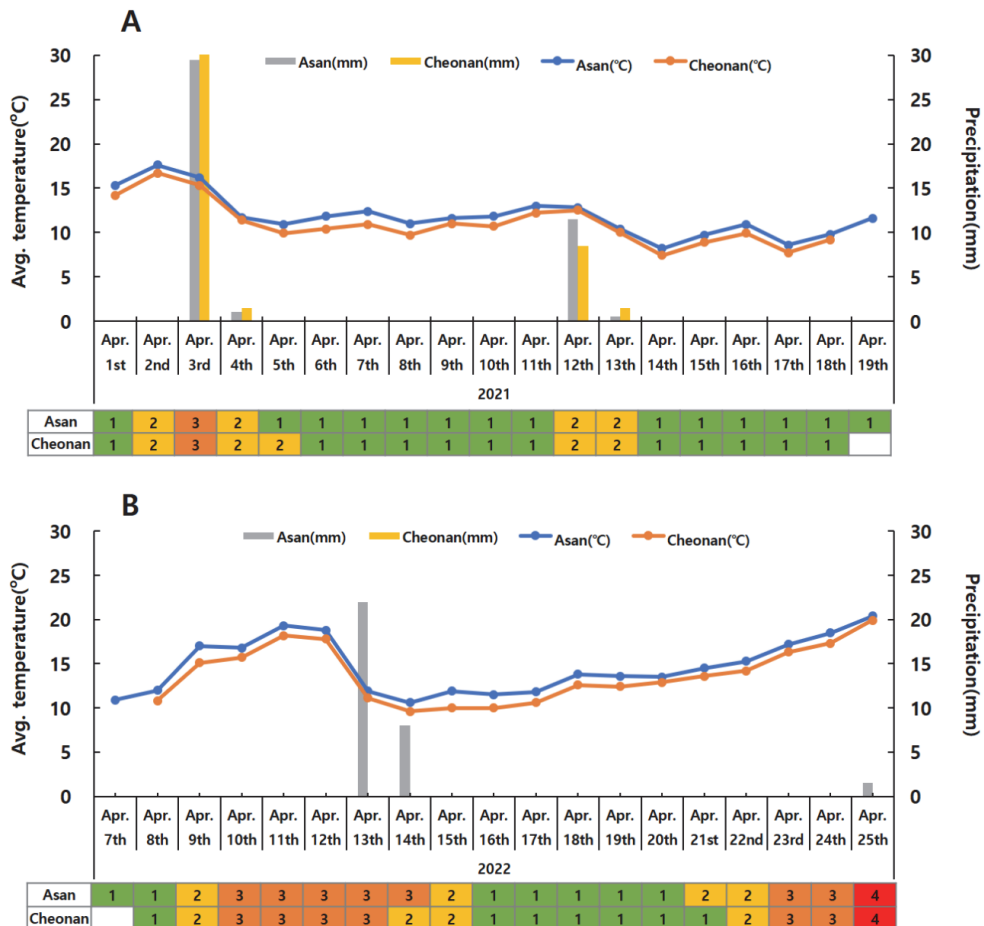


Fig. 5. Average temperature and precipitation during blossom infection risk period of pear growing areas in 2021(A) and 2022(B). Marks separated by color at the bottom indicate the blossom infection risk level.



었다. 따라서 2021년에는 사과와 배나무의 개화가 시작되면서 화상병균의 감염과 전반에 유효한 환경이 조성되었고, 이에 따라 그 해의 발병 과원이 증가하였음을 추측할 수 있다.

하지만 2022년의 꽃감염 위험기간 동안 사과 재배 지역인 당진시 신평면에는 시작 3일간 강우는 없었고, 4일차에 7.5mm의 강우가 있었다. 배 재배지역인 아산시 둔포면에서도 경보가 시작되면서 3단계까지 전환되는 6일간 강우는 없었고, 7일차에 22mm의 강우가 있었다. 더욱이 천안지역에는 전체 경보기간 중 비는 내리지 않았다.

이상의 결과로 꽃감염 위험기간 중의 강우는 화상병균의 전반, 감염에 큰 영향을 주며, 특히 약제살포 작업이 부족할 수 있는 초기 3일간의 강우 여부에 따라 발병 규모가 결정될 수 있을 것이다. 따라서 꽃감염 위험 경보와 강우 예측 자료를 활용하여 정밀한 방제 전략이 수립되면 화상병의 발병 위험을 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

## 적 요

과수의 개花期 꽃감염 위험기간 중의 강우가 화상병의 발병에 어느 정도 영향을 주었는지 조사하였다. 2015년부터 시작된 충남지역의 과수 화상병 발병 기간 중에서 2020년부터 2022년의 발병 규모가 가장 크게 변화하였는데, 2020년에는 63개 과원에서 발병하였고, 2021년에는 170 과원으로 크게 증가하였으나, 2022년에 46개 과원으로 감소하였다. 2022년에는 발병과원의 발병 나무 가지에 형성된 궤양증상이 감소하였고, 이것은 개花期 건조한 날씨에 의한 것으로 평가되었다. 즉, 꽃감염 위험기간 중의 강우 여부 및 누적 강수량에 따라 그 해의 화상병 발병은 증가하거나 감소하였다. 이러한 경향은 사과와 배가 재배되는 조사 지역 모두에서 유사한 경향이었고, 꽃감염 위험시기의 기상환경 중 강우는 월동 궤양으로부터 활성화된 병원균의 전반과 꽃 감염에 큰 영향을 주었으며, 특히 꽃감염 위험경보가 시작되는 초기 3일간의 강수량은 발병 규모를 결정하는 요인으로 확인되었다.

## 감사의 글

이 논문은 2020~2024년도 농촌진흥청 공동연구과제 ‘충남지역 과수 화상병 발생 특성 조사(과제번호

RS-2020-RD009337)’ 연구의 지원에 의해 수행되었습니다.

## REFERENCES

- Chen, C., J. Chen, B. Hu, Y. Jiang, and F. Liu, 2007: Potential distribution of alien invasive species and risk assessment: a case study of *Erwinia amylovora* in China. *Agricultural Sciences in China* **6**, 688-695.
- Choi, H. J., Y. J. Kim, and D. H. Park, 2021: Extended longevity of *Erwinia amylovora* vectored by honeybees under in vitro conditions and its capacity for dissemination. *Plant Pathology* **71**, 762-771.
- Choi, H. J., Y. J. Kim, Y. Lim, and D. H. Park, 2019: Survival of *Erwinia amylovora* on surfaces of materials used in orchards. *Research in Plant Disease* **25**, 89-93.
- Ham, H., K. Kim, S. Yang, H. G. Kong, M.-H. Lee, Y. J. Jin, and D. S. Park, 2022: Discrimination and detection of *Erwinia amylovora* and *Erwinia pyrifoliae* with a single primer set. *The Plant Pathology Journal* **38**, 194-202.
- Ham, H., K. J. Lee, S. J. Hong, H. G. Kong, M.-H. Lee, H.-R. Kim, and Y. H. Lee, 2020: Outbreak of fire blight of apple and pear and its characteristics in Korea in 2019. *Research in Plant Disease* **26**, 239-249. (in Korean with English abstract)
- Ham, H., Y. -K. Lee, H. G. Kong, S. J. Hong, K. J. Lee, G. -R. Oh, M. -H. Lee, and Y. H. Lee, 2020: Outbreak of fire blight of apple and asian pear in 2015-2019 in Korea. *Research in Plant Disease* **26**, 222-228. (in Korean with English abstract)
- Kim, M. S., and S. C. Yun, 2018: MARYBLYT study for potential spread and prediction of future infection risk of fire blight on blossom of singo pear in Korea. *Research in Plant Disease* **24**, 182-192. (in Korean with English abstract)
- Kim, Y. E., J. Y. Kim, H. J. Noh, D. H. Lee, S. S. Kim, and S. H. Kim, 2019: Investigating survival of *Erwinia amylovora* from fire blight-diseased apple and pear trees buried in soil as control measure. *Korean Journal of Environmental Agriculture* **38**, 269-272. (in Korean with English abstract)
- Namkung, K.-B., and S. C. Yun, 2022: A Maryblyt study to apply integrated control of fire blight of



- pears in Korea. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **24**, 305-317. (in Korean with English abstract)
- Norelli, J. L., and M. T. Brandl, 2006: Survival and growth of *Erwinia amylovora* on apple leaves. *Acta Horticulture* **704**, 127-130.
- Ockey, S. C., and S. V. Thomson, 2006: Influence of rain on the transient populations of *Erwinia amylovora* on leaf surfaces. *Acta Horticulture* **704**, 113-120.
- Park, D. H., Y.-G. Lee, J.-S. Kim, J.-S. Cha, and C.-S. Oh, 2017: Current status of fire blight caused by *Erwinia amylovora* and action for its management in Korea. *Journal of Plant Pathology* **99**, 59-63.
- Turechek, W. W. and A. R. Biggs, 2015: MARYBLYT v. 7.1 for windows: An improved fire blight forecasting program for apples and pears. *Plant Health Progress* **16**, 16-22.