

과제구분	어젠다	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제명		연구분야	수행기간	연구실	책임자
검역 및 세균성 병해 확산방지 기술 개발		작물보호	'20~'24	농업기술원 환경농업연구과	최종윤
경기지역 화상병 발생지 특성조사 및 정밀예찰		작물보호	'20~'24	농업기술원 환경농업연구과	최종윤
색인용어	배, 화상병, <i>Erwinia amylovora</i> , 환경 요인				

ABSTRACT

In this study, we monitored the occurrence of fire blight from 2020 to 2024 and analyzed occurrence pattern of meteorological data and environment. As a result of the 5-year survey on the emergence of fire blight, A total of 534 fire blight cases occurred in the Gyeonggi province, and 384 cases (71.9%) occurred mainly in pear trees. Fire blight appeared in specific areas of Anseong, Pyeongtaek, Icheon, Gwangju, Paju, Yeoncheon and Yangju in 2020, but spread to Namyangju and Yeosu in 2021, Hwaseong in 2022, Yangpyeong in 2023, Pocheon in 2024. As a result of investigating 134 orchards where fire blight occurred, ulcer symptoms less than 1 year old and main branch infections increased gradually. The incidence of fire blight was found to be high in orchards managed by the same worker. Fire blight symptoms on flowers, branches, shoots, leaves, and fruits varied by season. It is necessary to utilize these seasonal symptoms for fire blight precision monitoring. To prevent the spread of fire blight, pre-removal work has been carried out in winter since 2022, and 88 orchards have been removed over three years through this work. This study provides fundamental information on various factors affecting the occurrence of fire blight in the Gyeonggi region. The occurrence of fire blight should be continuously analyzed to establish preventive measures.

Keywords: Pear, Fire blight, *Erwinia amylovora*, Environmental factor

1. 연구목표

화상병은 *Erwinia amylovora*라는 식물병원세균이 장미과 식물에 감염을 일으키는 병으로 미국, 캐나다, 남미, 뉴질랜드, 유럽, 북아프리카, 중동, 러시아, 아시아 등지에 퍼져 전 세계적으로 사과 및 배 산업에 큰 영향을 미치고 있다(Bonn 등, 2000; Drenova 등, 2013; van der Zwet et al., 2012). 우리나라에서는 2015년 경기도 안성 배나무와 충청북도 제천 사과나무에서 최초 보고 되었다(Park 등, 2016; Myung 등, 2016). 화상병은 우리나라 식물방역법상 금지급 검역병으로 지정되어 있는데, 화상병이 발생하면 해당 과원의 발병 나무를 제거하거나 과원 전체를 폐원하는 공적 방제를 실시하고 있다(Park 등, 2022). 2015년에서 2019년까지 국내 화상병의 진단 현황과 발생 상황을 조사한 연구에 따르면 2015년 안성, 천안 및 제천의 43농가에서 발생하여 42.9ha를 매몰한 것을 시작으로, 2019년 188농가로 발생이 증가하였고 파주, 이천, 용인, 원주, 평창, 충주, 음성으로 화상병이 확산되어 발생 지역과 건수가 급격히 증가하였는데 2015년부터 2019년까지 5년간 총 348농가 260.4ha가 매몰되었다(Ham 등, 2020a). 또한 2019년부터 2023년까지 5년간 국내의 화상병 발생을 조사하여 병 발생 추이와 요인을 파악한 연구에 따르면 화상병 발생지역은 2019년에 경기, 충남, 강원, 충북 지역에서 발생하던 것이 2021년에는 경북 안동과 충남 예산, 2023년에는 전북 무주와 경북 봉화 지역으로 확산되었다. 화상병의 발생량은 1~2월 일 최고기온과 강우일수, 5~6월 강우일수와 양의 상관관계를 나타냈다(Ham 등, 2024). 2019년 국내 화상병 대 발생 원인을 조사한 결과, 화상병 확산 방지를 위한 주요 관리 방안으로 발병 가지로부터 20~30cm 이상 하단부 건전 조직을 잘라내는 방법인데(Johnson, 2000; Sundin, 2014), 조사 대상 농가가 사과의 경우 부란병의 가지 마름 증상이나 배의 경우 가지의 동해 증상과 화상병 줄기 마름 증상을 구분하지 못하였다. 이러한 농가가 병 증상을 정확히 알지 못하여 농작업, 화분매개곤충 등을 통해 과원 내에 퍼지게 되고, 화분매개 곤충이나 농작업자 등에 의해 처음 발생 과원에서 주변 과수원으로 확산 되었고, 동일 경작자 또는 공동 농작업자에 의해 근거리 또는 원거리로 확산된 것이라고 추정하고 있다(Ham 등, 2020b).

화상병 방제를 위해서는 화상병균의 전파 경로와 생태에 대한 연구를 통하여 효율적 방제 전략을 세울 수 있으며 기상환경에 따른 꽃 감염과 궤양병징에서의 화상병 발현 등의 기본적 연구가 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 화상병 예찰, 방제를 위한 기초자료를 확보하고, 지속적인 화상병 발생 양상 분석을 통한 예방 대책수립을 위해 화상병 발생지 특성조사와 정밀예찰을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 경기지역 화상병 발생지 특성 조사

2020년부터 2024년까지 경기지역 화상병 발생지 특성 조사를 수행하며 동일 경작자 과원의 발생 현황은 2020년부터 화상병이 발생한 과원의 동일 경작자를 기준으로 화상병 발생 건수를 매년 누적으로 조사하였다. '20~'24년 연도별 화상병 신초 감염 첫 발생시기 비교 조사 정보는 매년 안성지역 화상병 발생신고의 신초 감염 증상이 처음으로 보고된 날을 첫 발생 시기로 정하였으며, 꽃 감염 3단계 발생일은 농촌진흥청 화상병 예측 서비스(<https://monitor.fireblight.org>)에서 제공하는 꽃 감염 위험시기 경보일을 활용하였다. 지역별 화상병 진단 소요기간은 발생지별 신고 접수일로부터 진단결과 통보일 차의 평균으로 구하였으며, 화상병 공적방제 소요일은 신고 접수일로부터 방제완료일 차의 평균으로 구하였다. 연도별 화상병 발생지 정밀예찰로 수채 부위별 발생양상 비교는 2020년부터 2024년까지 경기도 안성시, 평택시 등 화상병 발병으로 확진된 과원에서 발병주율과 병징의 종류를 조사하였다. 발생 과원의 전형적인 감염 특징을 보이는 감염주 10~15개를 선정하여 과충, 신초, 가지, 1년 께양, 2년 이상 께양, 주지감염 유무로 구분하여 병징 수를 조사하였다. 발병과원의 병리학적 특성은 과원 별 발병정도, 발병주의 위치, 수령 등을 발병정도와 비교하였다. 발병 과원의 환경특성은 경기도 농업기상과 병해충 시스템(<http://nongupepi.gg.go.kr>)과 농촌진흥청 농업기상정보서비스(<https://weather.rda.go.kr>)에서 제공하는 관측 지점별 기상자료와 일별 기상자료를 사용하였다. 꽃감염 위험시기는 농촌진흥청 화상병 예측 서비스(<https://monitor.fireblight.org>)에서 제공하는 과종 별 꽃 감염 위험시기 경보일을 이용하였다.

나. 화상병 정밀 예찰

배 부위별 화상병 병징 조사는 화상병 발생지 및 인근 과원 예찰을 수행하면서 시기별 꽃, 가지, 신초, 잎, 열매에서 증상 자료를 수집하였다. 동계 께양 병징 및 사전제거 현황 조사는 개화기 이전 사전예방 중점기간(11월~4월)에 신고된 발생 과원에서 께양 증상 자료를 수집하였다. 개화기 꽃에서의 화상병균 감염조사를 위해 화상병 부분매몰지 및 기존 발생과원의 인근과원에서 꽃을 채집하여 시험을 실시하였다. '20년에는 화상병 발생지 및 근처 과원 10호 63시료를 채집하였고 '21년에는 화상병 발생지 및 근처 과원 32호에 384시료를 채집하였다. '20~'21년 채집 시료는 과원별로 꽃을 100개씩 3반복으로 채집하였으며, 화기별 구분없이 100개의 꽃 전체를 PBS buffer 20ml에 마쇄하였다. PBS buffer 추출 시료를 5분간 원심분리(5000g) 후 상청액을 검출에 사용하였다. 화상병균 검출은 Real-time PCR Kit(XENO-Erwinia amylovora Detection Kit XE-S3001, XENOTYPE, Korea)를 이용하였다. PBS buffer 추출 상청액 1ul를 PCR 주형으로 사용하였다. 정량증폭 조건은 95℃ 10분, 40 cycles 95℃ 30초, 58℃ 30초, 72℃ 30초 하였고, Melting curve analysis 조건은 95℃ 5분, 40℃ 부터 85℃ 까지 5초당 1℃



승온 조건으로 하였다. 진단결과는 Melting curve Tm 범위가 61~68℃ 경우 양성으로 평가하였다. '22년 꽃감염 조사는 안성, 평택 배 화상병 발생 부문매몰지 및 매몰지 인근 배 과원 15지점을 대상으로 조사하였다. 시료 채집은 만개기 4월 13~14일 1차 꽃 시료를 채집하였으며, 2차 시료 채집은 4월 18~19일에 과원별로 꽃을 100개씩 3반복으로 채집하였다. '23년 꽃감염 조사는 전년도 화상병 발생으로 매몰처리된 2농가를 포함한 3농가를 제외한 안성, 평택 12지점을 대상으로 조사하였다. 시료 채집은 1차 4월 6~7일, 2차 4월 11~12일에 과원별로 꽃을 100개씩 3반복으로 채집하였다. '24년 꽃감염 조사는 '22년부터 2년간 화상병균이 검출된 안성3 지점을 대상으로 1차 4월 11일, 2차 4월 17일에 10주에서 꽃을 100개씩 채집하였다. '22년 부터는 채집된 꽃 시료로 부터 화상병균 검출은 Real-time PCR Kit(HelixDtec™ 화상병/가지검은마름병 검출키트 EAEP-T100, Nanohelix, Korea)를 이용하였다. PBS buffer 추출 상청액 1ul를 PCR 주형으로 사용하였다. 정량증폭 조건은 95℃ 5분, 40 cycles 95℃ 10초, 60℃ 30초 하였고, Ct값 35 cycle 이하에서 증폭반응을 양성으로 평가하였다. 가지, 껌양 시료는 가지 중앙부 및 형성층 부위 병징이 포함되도록 0.5×0.5cm 정도로 절단하여 채취하였다. 채취한 시료를 멸균수 500ul에 넣고 vortexing하여 혼합하였다. 실온에서 30분간 정치 배양한 후, 상청액을 1ul를 PCR 주형으로 사용하였다. 화상병균 검출에 사용된 키트 및 양성 평가는 앞서 꽃에서 검출 방법과 동일하게 진행하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 경기지역 화상병 발생지 특성 조사

경기지역에서 연도별 사과와 배의 화상병 발생 현황은 그림 1과 같다. 2024년 화상병은 7시군 28농가, 발생 면적은 13.52ha였다(그림 1). 2023년 8시군 60농가 25.5ha 발생한 것과 비교하면 발생 농가는 53% 감소하였고, 발생 면적은 47% 감소하였다.

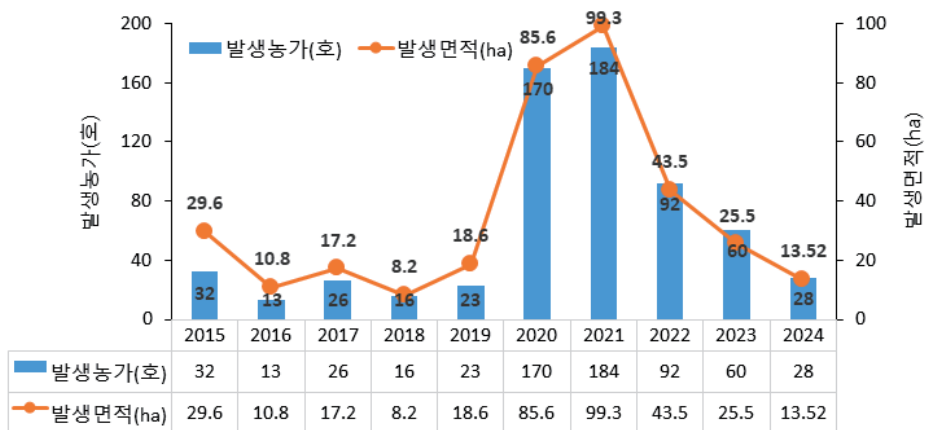


그림 1. 경기지역 연도별 화상병 발생현황

2020년부터 화상병 발생지 누적 발생 건수는 안성지역이 362건으로 가장 많았으며, 다음으로 평택 71건, 이천 43건 순으로 많았다. 연도별 신규 발생지역은 '20년에는 평택, 양주, 광주, 연천이었다. 이후 '21년에는 남양주, 여주에서 신규 발생하였으며, '22년에는 화성, '23년에는 양평, '24년에는 포천에서 신규로 발생하였다. 2024년에는 안성, 이천, 화성, 남양주, 여주, 양평, 포천에서 화상병이 발생하였다. 이중 안성에서 발생 면적이 8.0ha(전체면적의 59%)로 가장 많았다(표 1). 2020년에는 화상병 발생이 급격히 증가하였고(그림 1), 2021년도 발생이 184호 99.3ha로 가장 많았으며, 이후 발생건수와 발생면적이 점차 감소 되었다(그림 2, 3). 또한 과종별로 화상병 발생현황을 비교해 보면 배에서 발생이 많았다(그림 4).

표 1. 경기지역 시군별 화상병 발생현황

발생 시군	발생연도											
	2020년		2021년		2022년		2023년		2024년		합계	
	농가 (건)	면적 (ha)	농가 (건)	면적 (ha)	농가 (건)	면적 (ha)	농가 (건)	면적 (ha)	농가 (건)	면적 (ha)	농가 (건)	면적 (ha)
안성시	134	66.8	126	68.1	53	24.4	34	16.9	15	8.0	362	184.1
평택시	19	14.6	25	19.6	14	7.8	13	5.3			71	47.3
이천시	4	0.7	19	4.7	16	4.9	3	1	1	0.2	43	11.5
화성시					4	4.8	1	0.1	4	1.4	9	6.3
광주시	4	0.6			3	0.3	1	0.1			8	1.0
남양주			5	3.3			2	0.4	1	0.6	8	4.3
여주시			4	3	1	0.6	1	0.4	1	0.1	7	4.1
양평군							5	1.4	2	2.8	7	4.2
파주시	3	1.8	2	0.2							5	2.0
연천군	4	1.1									4	1.1
용인시			3	0.4	1	0.7					4	1.1
포천시									4	0.5	4	0.5
양주시	2	0.1									2	0.1
합계	170	85.6	184	99.3	92	43.5	60	25.5	28	13.5	534	267.4

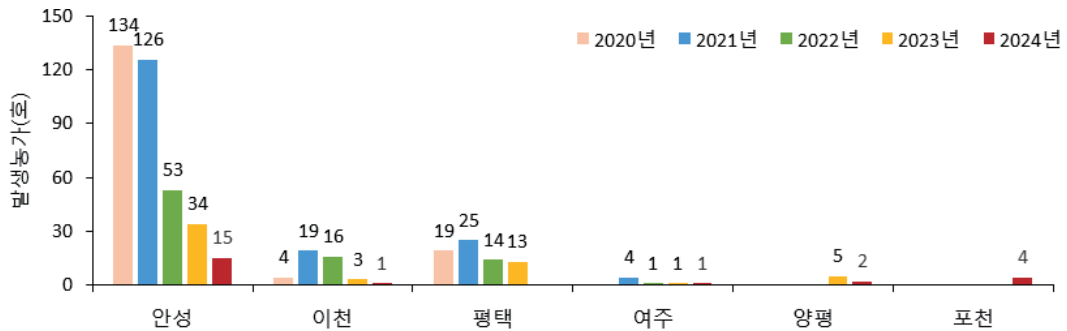


그림 2. 시군별 '20~'24년 화상병 발생농가(호) 비교

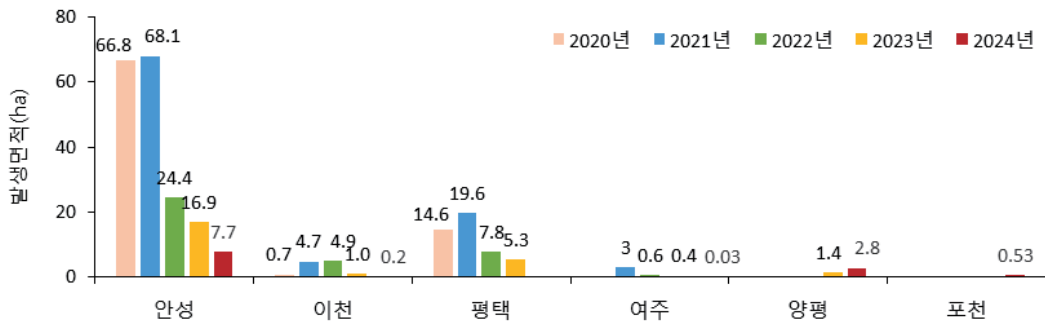


그림 3. 시군별 '20~'24년 화상병 발생면적(ha) 비교

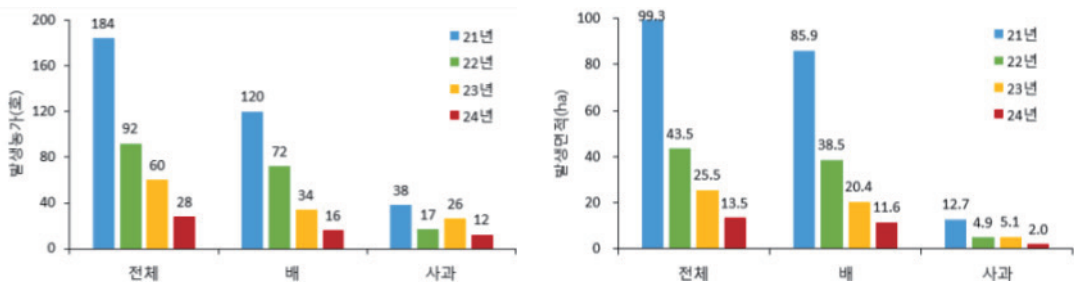


그림 4. 연도별 화상병 발생현황

시기별 화상병 발생 현황은 그림 5, 6과 같다. 화상병 발생은 대부분 5~6월에 집중적으로 발생되며, 이후 급격히 감소되는 경향이였다. 2022년 부터는 동계 께양 사전제거로 2~3월 화상병 발생이 일시적으로 증가하였다. 그러나 화상병의 개화기 꽃감염의 주요 전염원인 께양 사전제거로 2023년부터는 5~6월 발생이 다소 감소하는 경향을 보였다. 이는 생육기 이전에 께양 등 전염원 사전제거 작업시 화상병 발생 및 확산이 감소하는 것으로 생각된다. 따라서 생육기 이전(1~4월)에 화상병 발생 부분제거 과원, 발생과원

의 동일경작자 과원 등 발생 가능성이 높은 과원에 대한 궤양 사전제거 작업을 확대 하면 화상병 발생이 감소할 것으로 생각된다.

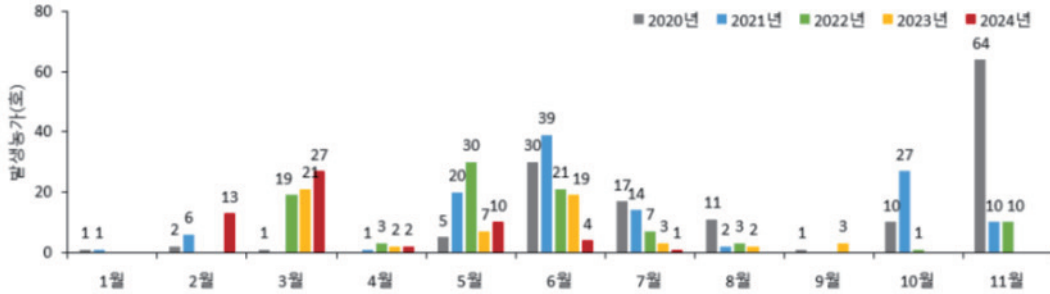


그림 5. 화상병(배) 시기별 발생 현황

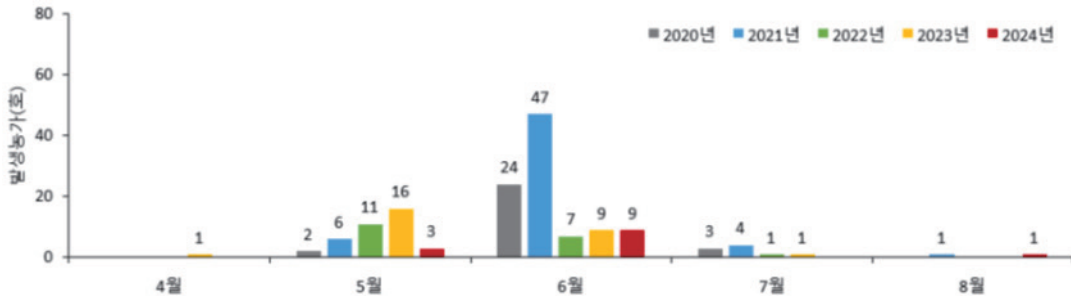


그림 6. 화상병(사과) 시기별 발생 현황

2021년 화상병 발생이후 동일 경작자 과원에서 화상병 발생현황은 '22년도 50.0%, '23년도 31.7%, '24년도 61.5%로 높은 비율을 보였다(표 2). 동일 경작자 관리 과원의 화상병 발생현황이 높은 것은 작업도구에 의한 과원간 전파가 되었으나, 과원마다 생육 차이로 발생시기가 달라 서로 다른시기에 화상병이 발생한 것으로 판단된다. 따라서 화상병이 발생 과원의 동일 경작자가 관리하는 과원은 세밀한 방제와 예찰이 필요할 것으로 보인다.

표 2. 연도별 동일 경작자 화상병 발생현황

구 분	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년
건수(건)	33	39	46	19	16
비율(%)	19.4	21.2	50.0	31.7	61.5

경기지역에서 화상병 첫 발생지인 안성 지역의 신초 감염 첫 발생시기와 화상병 예측 서비스(fireblight.org) 꽃감염 3단계 첫 발생일을 비교한 결과, '21년, '22년에는 꽃감염 3단계 첫 발생 22일 이후 발생 신고가 있었고, '23년은 38일 이후, '24년은 40일 이후 신초감염 신고가 있었다(표 3).

표 3. 연도별 화상병 신초 감염 첫 발생시기 비교

구 분	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년
첫 발생시기	5. 19.	4. 26.	5. 2.	5. 10.	5. 22.
꽃감염 3단계 첫 발생일	- ^a	4. 3.	4. 10.	4. 2.	4. 12.

^a3단계 미발생

화상병 발견으로부터 진단과 공적방제까지 소요기간은 표 4, 5와 같다. 진단 소요일은 지역별로 '20년 1.6~4.3일이었으며 '21년에는 0.8~2.0일로 크게 감소했다. 이후 '22년 0~1.0일, '23년 0~0.8일, '24년 0~1.0일이 소요되었다. '22년부터는 모든 지역에서 1일 이내에 진단이 완료되었고, 안성과 평택 지역은 '21년부터 '24년까지 1일 이내 진단이 완료되었다(표 4). 공적방제 소요기간은 지역별로 '20년 4.5~14.7일, '21년 4.5~10.2일, '22년 4.0~13.3일이 소요되었다. '23년에는 4.3~9.4일, '24년에는 3.0~10.5일로 11일 이내였다(표 5). 지속적인 화상병 예찰·방제사업을 활발히 추진하여 진단 및 공적방제 소요기간이 단축된 것으로 판단된다.

표 4. 화상병 진단 평균 소요기간

지 역	진단 소요기간(일)				
	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년
안성시	2.9	1.1	0.7	0.2	0.4
평택시	1.6	0.8	0.1	0.2	-
이천시	4.3	1.9	0.4	0.3	1.0
화성시	-a	-	0.3	0	0
광주시	3.5	-	0	0	-
남양주	-	2.0	-	0.5	0
여주시	-	2.0	1.0	0	0
양평군	-	-	-	0.8	0
파주시	4.0	2.0	-	-	-
연천군	3.3	-	-	-	-
용인시	-	2.0	0	-	-
포천시	-	-	-	-	0.8
양주시	3.0	-	-	-	-

^a화상병 미발생

표 5. 화상병 공적방제 평균 소요기간

지 역	공적방제 소요기간(일)				
	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년
안성시	13.0	7.0	9.7	9.4	9.3
평택시	14.7	10.2	10.1	6.2	-
이천시	8.8	10.2	10.7	4.3	5.0
화성시	-a	-	13.3	8.0	7.3
광주시	8.8	-	7.7	9.0	-
남양주	-	7.6	-	7.0	4.0
여주시	-	5.8	4.0	8.0	5.0
양평군	-	-	-	7.0	10.5
파주시	7.7	4.5	-	-	-
연천군	10.8	-	-	-	-
용인시	-	8.7	9.0	-	-
포천시	-	-	-	-	3.0
양주시	4.5	-	-	-	-

^a화상병 미발생

연도별로 화상병 발생지 과원의 수체 부위별 발생 양상을 비교한 결과 1년 궤양 증상과 주지 감염은 점차 증가하는 경향을 보였다(표 6). '24년 안성지역 화상병 발생 과원 수체 부위별 발생양상 또한 1년 궤양 증상과 주지 감염 비율이 높은 것으로 확인되었다(표 7). 이는 안성지역 과원내 오래된 감염주로부터 작업도구에 의해 과원내 전파가 주로 이루어지는 것으로 판단된다. '21년부터 '24년까지 경기지역 5, 6월 화상병 발생 과원의 수체 부위별 발생 양상에서도 1년 궤양 증상과 주지 감염 증상이 매년 증가하는 경향을 보였다. 과충 감염은 '23년에 감소하였으나, '24년에는 과충 감염 증상이 증가하는 경향을 보였다(그림 7).

표 6. 연도 및 수체 부위별 발생양상 비교

연도	조사 과원수	과충	화상병 증상 종류별 개수(평균)					
			신초			궤양		
			전체	상단부	가지	1년	2년 이상	주지 감염
평균 (1주당)		2.9	6.7	0.5	3.6	1.2	0.5	0.5
2020	51	4.7	5.0	1.6	1.3	0.1	0.7	미조사
2021	36	2.4	5.3	0.5	5.0	0.2	0.2	0.0
2022	30	3.9	4.7	0.3	2.1	0.7	0.7	0.3
2023	8	0.8	10.8	0.1	4.6	2.3	0.6	0.6
2024	9	2.9	7.5	0.1	4.8	2.8	0.1	0.9

※ 조사 과충: 배

표 7. 경기지역 화상병 발생과원 내 수체 부위별 발생양상('24)

과원 번호	과충 (품종)	지역	조사 시기	감염율 (%)	과충	화상병 증상 종류별 개수(평균)					
						신초			궤양		주지 감염
						전체	상단부	가지	1년	2년 이상	
1	배(신고)	안성	5. 23	69.1	9.1	12.8	0.0	9.7	6.0	0.0	0.9
2	배(신고)	안성	5. 24	56.4	2.2	3.5	0.0	3.7	2.3	0.2	0.9
3	배(신고)	안성	5. 24	22.9	0.8	8.6	0.0	3.0	1.3	0.0	0.7
4	배(신고)	안성	6. 3	48.1	1.8	3.3	0.0	3.7	2.1	0.0	1.0
5	배(신고)	안성	6. 3	59.7	2.0	7.3	0.8	2.3	1.4	0.0	0.9
6	배(신고)	안성	6. 3	85.5	1.4	2.9	0.0	6.7	3.0	1.1	1.0
7	배(신고)	안성	6. 14	95.7	7.8	16.7	0.0	8.8	6.2	0.0	1.0
8	배(신고)	안성	6. 26	63.3	0.0	10.7	0.0	4.3	2.5	0.0	1.0
		안성 평균		62.6	3.1	8.2	0.1	5.3	3.1	0.2	0.9
9	배(신고)	화성	5. 24	9.4	1.3	1.8	0.0	1.0	0.3	0.0	0.5
		전체 평균		56.7	2.9	7.5	0.1	4.8	2.8	0.1	0.9

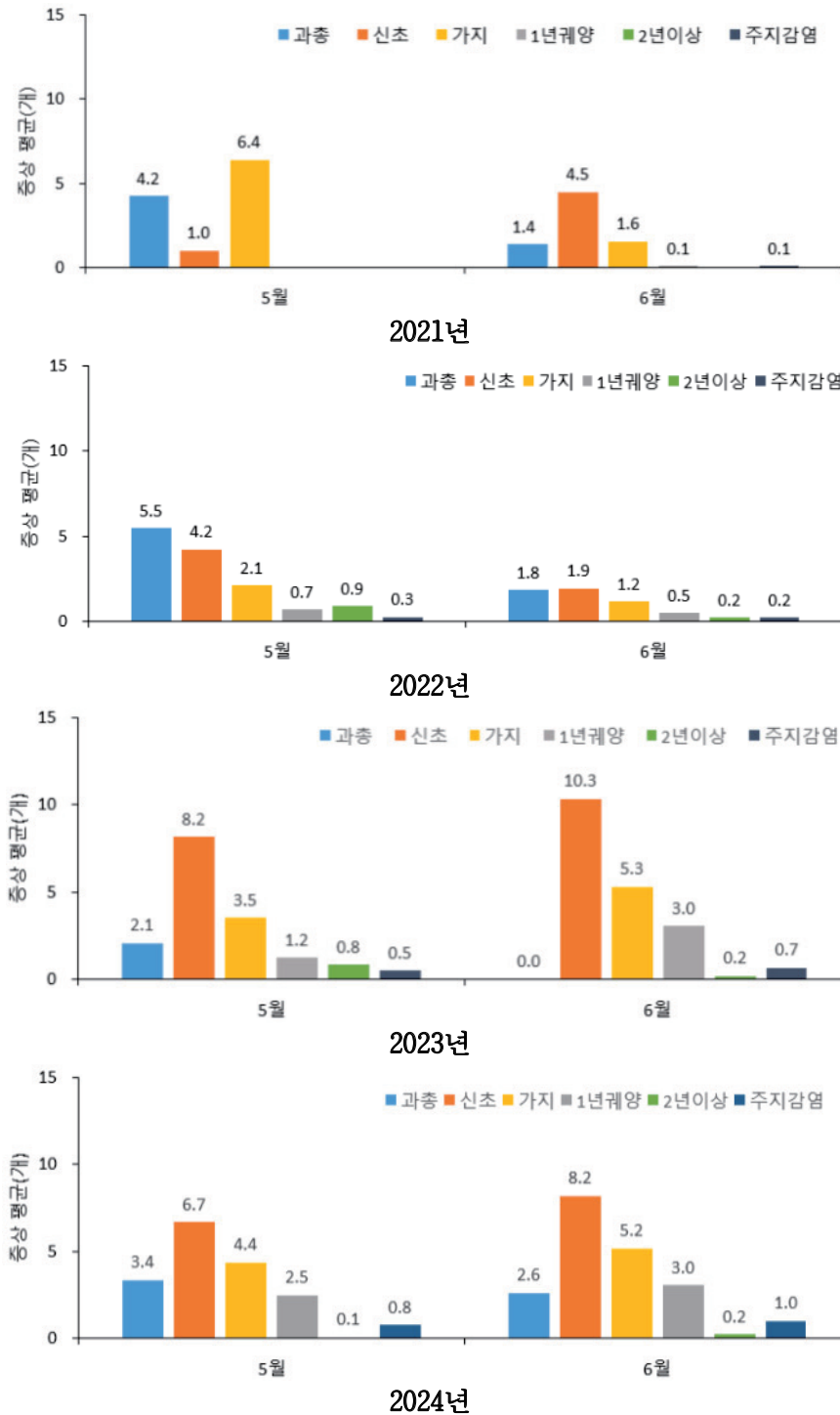


그림 7. 경기지역 연도별 화상병 발생과원 수체 부위별 발생양상(5, 6월)



'21년부터 4년간 화상병 주요 발생지 안성 지역의 개화기 기후 및 꽃감염 위험도를 조사한 결과 '21년 안성 지역에서 개화기에는 꽃감염 경보 3단계 1회(4. 22)가 있었으며, 4월 말부터 5월 말까지 강우가 집중되어 꽃감염에 의한 전파가 증가하여 5월 상순에 화상병 확진이 증가하였다(그림 8, 9). '22년 안성 지역에서 개화기에는 꽃감염 경보 3단계 4회(4. 13, 4. 14, 4. 25, 4. 26)가 있었으며, 5월 상순에 확진이 증가하였으나, 6월 말부터 9월까지 강우가 집중되어 꽃감염에 의한 과원간 전파보다는 대부분 동일 과원내 께양에 의해 감염되었다. '23년 안성 지역 개화기에는 4월 상순(만개기) 꽃감염 위험도 3단계 이상이 4회(4. 2, 4. 3, 4. 4, 4. 5) 있었으나, 이후 4월 중순 강우가 거의 없어 꽃감염에 의한 과원간 전파보다는 대부분 동일 과원내 께양에 의해 감염되었다. '24년 안성지역 개화기에는 4월 중순(만개기) 강우일수가 2일로 이 시기에 꽃감염 위험도 3단계 이상이 6회로 꽃감염 위험이 높아져서 5~6월 화상병 발생지 조사결과 과충 감염이 '23년 대비 증가하였다.

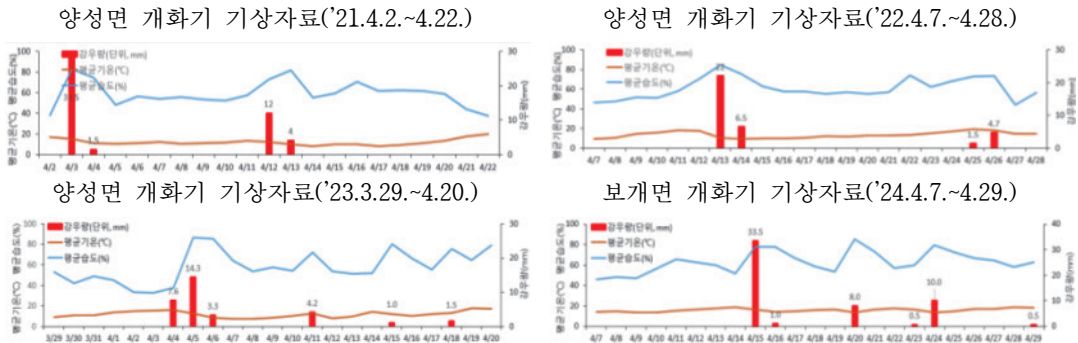


그림 8. 연도별 안성시 개화기 기상자료

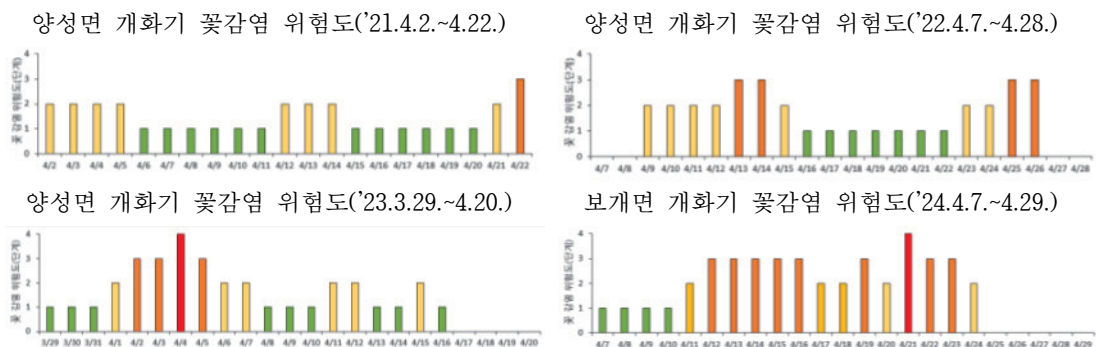


그림 9. 연도별 안성시 개화기 꽃감염 위험도

나. 화상병 정밀 예찰

배 화상병 부위별 발생 특성 조사에서 꽃, 가지, 신초, 잎, 열매 등의 병징과 궤양 병징은 시기별로 차이가 있었다. 4월 꽃 감염 병징은 대부분 궤양과 접촉한 부분에서 발생하였다. 신초 병징은 감염된 도장지로 부터 전이되거나 비, 바람, 해충 등에 의해 신초 중간 또는 끝에서 발생하며, 전형적인 병징은 갈고리로 신초 끝이 아래로 구부러지면서 상단부가 검게 시들어 가는 모양을 보였다. 4~5월 잎 감염 병징은 꽃, 신초, 궤양 등으로 부터 화상병이 도관부로 전이 되어 발생하고, 엽맥을 따라 병반이 진전되며 검게 변하였다. 7~8월 잎 감염 병징은 화상병이 진전되어 가지 도관부에서 증식하게 되면 영양분의 이동을 막아 잎이 일부 노란색으로 변하며 생리장해 증상과 유사한 병징을 나타내기도 하였다. 5~10월 발견되는 측지 궤양은 갈색 또는 검은색으로 변하며 심하면 세균 우즈가 흘러 내리며, 병든 부위가 함몰하고 정상적 조직과 경계가 형성되었다. 도장지 감염은 기저부 궤양으로 부터 감염되거나 꽃, 신초 감염으로 부터 발생하는데 대부분 처음에는 엽은 갈색으로 시작하여 점차 검게 변하며 부분적으로 빠르게 진전되었다. 동계 감염 병징은 신초에서는 검게 변색된 잎이 낙엽이 되지 않은 상태로 가지에 매달려 있으며 가까이에서 보면 가지가 검게 변색되어 있다. 궤양은 갈색 또는 검게 변색된 전형적인 궤양 형태로 되어 가지마름병과 유사한 병징을 나타내기도 하였다(그림 10).



꽃(4월)



열매(5월)



신초(5월~8월)



잎(4월~5월)



잎(7월~8월)



가지 하부(6월~10월)



측지 궤양(5월~10월)



도장지 궤양(5월~10월)



동계 감염(11월~2월)

그림 10. 배 화상병 부위별 발생 특성

화상병 전염원을 생육기 이전에 사전제거하기 위해 2022년부터 경기지역에서 동계기 사전예방 중점기간에 궤양 제거 및 관리과원 정밀예찰을 수행하였다. '22년 사전예방 중점기간에 안성시 배 22농가에서 화상병 궤양이 확인되어 13농가 폐원 및 9농가 부분매물 처리하였다. '23년에는 안성시 배 23농가, 김포시 사과 1농가에서 화상병이 확인되어 24농가 전체 폐원 처리하였다. '24년에는 안성시 배 41농가, 김포시 배 1농가에서 화상병이 확인되어 전체 폐원 처리하였다(표 8).

표 8. 동계 궤양 사전제거 현황

연도	구 분	발생농가		과 종			
		농가수	면적(ha)	배		사과	
				농가수	면적(ha)	농가수	면적(ha)
'22년	안성시	22	9.9	22	9.9	0	0
	계	24	11.5	23	11.2	1	0.3
'23년	안성시	23	11.2	23	11.2	0	0
	김포시	1	0.3	0	0	1	0.3
	계	42	25.9	42	25.9	0	0
'24년	안성시	41	25.8	41	25.8	0	0
	김포시	1	0.1	1	0.1	0	0

개화기 무병징 꽃에서의 화상병균 검출 조사에서 '20년에는 10호 63시료 조사결과 12.7% 시료에서 화상병균이 검출 되었다. 이후 '21년 32호 384시료 조사결과 화상병균은 검출되지 않았다. '22년부터는 과수 화기감염 화상병균 검출기술 개발 과제에서 정립된 꽃에서의 화상병균 검출 프로토콜을 활용하였다. 2022년에는 개화기 2회에 걸쳐 15농가의 무병징 꽃 감염 조사결과 PBS buffer에 추출된 시료를 TSB배지에 24H 배양 후 진단시 안성 4개 지점에서 검출 되었다(표 10). 안성4, 안성5 지점은 '22년 5월, 6월 화상병 예찰에서 발생이 확인되어 매물처리 되었다. 2023년에도 개화기 2회에 걸쳐

12농가의 무병징 꽃 감염 조사결과 3개 지점(안성 1, 2, 3)에서 검출되었다. 안성1 지점은 이후 '23년 5월 화상병 예찰에서 발생이 확인되어 매몰처리 되었다. 안성2 지점은 '22년 무병징 꽃감염 1차 조사와 '23년 무병징 꽃감염 2차 조사에서 검출이 되었고, '24년 2월 동절기 화상병 궤양 증상이 발견되어 사전전염원 제거 기간에 매몰 처리되었다. '24년 개화기 꽃 감염 조사는 '22년, '23년 꽃 감염 조사에서 화상병균이 검출되었으나, 화상병 예찰시 발생이 확인되지 않은 안성3 지점을 정점 조사하였다. 안성3 지점 과원 내 궤양 제거 흔적이 있는 10개의 배나무를 대상으로 4월 11일, 17일 2회에 걸쳐 꽃감염 조사를 하였지만 음성이었다. 해당 과원은 경작자가 지속적으로 의심 증상 가지 및 궤양을 제거하고 화상병 방제 약제를 주기적으로 살포하여 과원내 확산이 안된 것으로 판단된다.

표 9. 개화기 꽃 감염 조사('20~'21년)

연도	조사지점(호)	시료(개)	검출시료(개)	검출률(%)
'20년	10	63	8	12.7
'21년	32	384	0	0

표 10. 개화기 꽃 감염 조사('22~'24년)

조사지점	'22년		'23년		'24년		방제현황
	1차 조사	2차 조사	1차 조사	2차 조사	1차 조사	2차 조사	
계	^a 3	4	2	3	0	0	0
1 안성1	0	0	2	1			매몰 ('23년 5월)
2 안성2	1	0	0	1			매몰 ('24년 2월)
3 안성3	0	1	0	1	0	0	
4 안성4	0	1					매몰 ('22년 5월)
5 안성5	2	2					매몰 ('22년 6월)
6~10 안성6~10	0	0	0	0			
11 안성11	0	0					
12 평택 1	0	0	0	0			매몰 ('23년 7월)
13~14 평택 2~3	0	0	0	0			
15 평택 4	0	0					

^a검출건수

2020년부터 2024년까지 5년간 경기지역 화상병 발생지 특성조사 및 정밀 예찰을 수행한 결과 화상병 예방 및 확산을 저지하기 위해서는 화상병이 발생한 과원의 동일 경작자가 관리하는 과원은 세밀한 방제와 예찰이 필요할 것으로 판단된다. 시기별로 화상병 병징 자료를 토대로 과원 관리 경작자의 지속적인 관심과 사전예방 중점기간(11~4월)에 화상병 발생 부분제거 과원, 발생과원의 동일경작자 과원 등 발생 가능성이 높은 과원에 대한 께양 사전제거 작업을 확대하고, 개화기에는 농촌진흥청 화상병 예측 서비스(<https://monitor.fireblight.org>)에서 제공하는 꽃 감염 위험시기 정보일을 활용하여 3단계(방제 권고) 이상 위험 정보일 24시간 이내 화상병 등록 약제를 2~3회 적기 살포가 필요할 것으로 판단된다.

4. 적요

화상병 확산방지를 위한 발병 과원의 발생 특성 분석 및 정밀예찰을 수행한 연구결과는 다음과 같다.

- 가. '24년 개화기 이후 과수화상병은 28개 과원(13.5ha)에서 발생하여 전년 대비 발생농가 53%(면적 47%) 감소하였으며, 작물별로 보면 배는 53%(면적 43%) 감소하였고, 사과는 54%(면적 62%) 감소하였다.
- 나. '20~'24년 경기지역 화상병 주요 발생지는 안성, 평택, 이천 지역으로 2020년부터 화상병 발생이 급격히 증가하였고, 2021년에는 발생이 가장 많았으며, 이후 발생건수와 발생면적이 점차 감소하였다.
- 다. 2020년부터 동일경작자의 화상병 발생현황은 '22년 50%, '23년 31.7%, '24년 61.5%로 높은 비율을 보였다.
- 라. 2020년부터 5년간 화상병 발생 134개 과원의 매몰전 발병 특성을 조사하며, 연도별 화상병 발생지 과원 수체 부위별 발생양상을 비교한 결과, 1년 께양 증상과 주지 감염은 점차 증가하는 경향을 보였다.
- 마. 시기별 화상병 병징은 4~5월의 잎 병징은 꽃, 신초, 께양 등으로 부터 도관부로 전이 되어 발병하며 엽맥을 따라 병징이 진전되는 양상을 보였고, 7~8월 잎 병징은 발병이 진전되어 가지 도관부에서 증식하게 되면 영양분의 이동을 막아 잎이 일부 노란색으로 변하며 생리장해의 증상과 유사한 병징을 나타내기도 하였으며, 신초에서 전형적인 증상은 갈고리로 신초 끝이 아래로 구부러지면서 상단부가 검게 시들어 가는 병징을 보였다. 동계 병징은 신초에서는 검게 변색된 잎이 낙엽이 되지 않은 상태로 가지에 매달려 있으며 가지는 가까이에서 보면 검게 변한 모습이었다.
- 바. 화상병 확산방지를 위해 동계 께양 사전제거로 '22년에 배 22농가, '23년에 배 23농가, 사과 1농가, '24년에는 배 42농가 폐원처리 되었다.
- 사. '22년 개화기 꽃감염 조사는 '21년, '22년 부분매몰지 과원 15지점 총 90시료를

분석한 결과 안성 4지점에서 꽃감염 양성이었으며, 이중 2지점은 5~6월 예찰에서 화상병 추가 발생이 확인되어 매몰처리 되었다.

- 아. '23년 개화기 꽃감염 조사 결과, 12지점 72시료 중 안성 3개 지점에서 꽃감염 양성이었으며, 이중 1지점은 5월 과수화상병 발생이 확인되어 매몰처리 되었고, 다른 1지점은 '24년 동절기 사전전염원 제거로 매몰 처리되었다. 나머지 1지점은 '22년부터 2년간 개화기 꽃감염 조사에서 양성이었으나, 농가의 지속적인 관리와 방제로 화상병이 미발생하여 '24년 개화기 꽃 감염 조사에서 음성이었다.

5. 인용문헌

- Bonn, W. G. and van der Zwet, T. 2000. Distribution and economic importance of fire blight. In: Fire blight: the disease and its causative agent, *Erwinia amylovora*, ed. by J. L. Vanneste, pp. 37-53. CABI Publishing, London, UK
- Drenova, N. V., Isin, M. M., Dzhaiburzina, A. A., Zharmukhamedova, G. A. and Aitkulov, A. K. 2013. Bacterial fire blight in the Republic of Kazakhstan. Plant Health: Res. Pract. 1: 44-48.
- Ham, H., Y. -K. Lee, H. G. Kong, S. J. Hong, K. J. Lee, G. -R. Oh, M. -H. Lee, and Lee, Y. H. 2020a. Outbreak of fire blight of apple and asian pear in 2015-2019 in Korea. Research in Plant Disease 26, 222-228.
- Ham, H., K. J. Lee, S. J. Hong, H. G. Kong, M.-H. Lee, H.-R. Kim, and Lee, Y. H. 2020b. Outbreak of fire blight of apple and pear and its characteristics in Korea in 2019. Res. Plant Dis. 26, 239-249.
- Ham, H., Roh, E., Lee, M.-H., Lee, Y.-K., Park, D. S., Kim, and Lee, Y. H. 2024. Emergence Characteristics of Fire Blight from 2019 to 2023 in Korea. Res. Plant Dis. 30, 139-147.
- Johnson, K. B. 2000. Fire blight of apple and pear. Plant Health Intr. Online publication. https://doi.org/10.1094/PHI-I_2000-0726-01.
- Myung I-S, Lee J-Y, Yun M-J, Lee Y-H, Lee Y-K, et al., 2016a. Fire blight of apple, caused by *Erwinia amylovora*, a new disease in Korea. Plant Disease 100: 1774.
- Park DH, Yu J-G, Oh E-J, Han K-S, Yea MC, et al., 2016. First report of fire blight disease on Asian pear caused by *Erwinia amylovora* in Korea. Plant Disease 100: 1946-1946.
- Park IW, Song Y-R, Trung Vu N, Oh E-J, Hwang IS, et al., 2022. Monitoring the reoccurrence of fire blight and the eradication efficiency of *Erwinia*



amylovora in burial sites of infected host plants using sentinel plants. Res. Plant Dis. 28: 221-230. (In Korean)

Sundin, G. W. 2014. Fire blight. In: Compendium of Apple and Pear Diseases and Pests. 2nd ed., eds. by T. B. Sutton, H. S. Aldwinckle, A. M. Agnello and J. F. Walgenbach, pp. 87-89. American Phytopathological Society, St. Paul, MN, USA.

Van der Zwet T, Orolaza-Halbrendt N, Zeller W, 2012. Fire blight: History, biology, and management, APS press, Minnesota, USA. pp.421.

6. 연구결과 활용제목

- 배 화상병 예찰을 위한 시기별 병징 및 발병 특성(영농활용, '21년)
- 경기지역 동계 과수 전염원 사전제거에 의한 화상병 발병감소 효과(영농활용, '24년)

7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도				
						'20	'21	'22	'23	'24
경기지역 화상병 발생지 특성조사 및 정밀예찰	책임자	환경농업연구과	농업연구사	최종윤	세부과제 총괄	○	○	○	○	○
	공동연구자	〃	농업연구사	이영수	현장조사 지원	○	○	○	○	○
		〃	〃	김소희	현장조사 지원	-	○	○	○	○
		〃	〃	유주형	현장조사 지원	-	-	-	○	○
		〃	농업연구관	이현주	기상분석 평가	○	○	○	○	○
		〃	〃	박중수	연구자문	-	-	○	○	○