

과 제 구 분	공동연구	과 제 번 호	PJ015059	
과 학 기 술 분 류	LB0304	품 목 표 준 코 드	CP11	
주 관 과 제 명	국내 특성을 고려한 화상병 확산방지기술 개발			
과 제 책 임 자	성명	직급	소속기관 및 부서	
	이 용 환	농업연구관	국립농업과학원 작물보호과	
연 구 기 간	2020 ~ 2024	참여연구기관	-	
세부과제명		부서	세부책임자	연구기간
1) 강원지역 과수 화상병 발생특성 조사		농업환경연구과	문윤기	'20~'24
키 워 드	화상병, 발생특성, 재배적 특성			

ABSTRACT

This study conducted a comprehensive analysis of the temporal and regional characteristics of fire blight(*Erwinia amylovora*) and black shoot blight(*Erwinia pyrifoliae*) outbreaks in Gangwon State from 2018 to 2024. Fire blight was first observed in Wonju, Pyeongchang, and Yeongwol in 2021. The introduction of infected seedlings was identified as a major factor contributing to the spread in Yeongwol, while in Pyeongchang and Wonju, climatic conditions, such as temperature and humidity, were found to significantly promote the outbreaks. In 2022, fire blight occurred in Wonju, Pyeongchang, and Hongcheon, where the first recorded simultaneous occurrence of fire blight and black shoot blight was observed, complicating disease control measures. In 2023, new fire blight cases were reported in Jeongseon and Yanggu, with young trees in Yanggu exhibiting increased susceptibility, leading to concentrated infections. The rapid growth of shoots and flowers facilitated pathogen spread, resulting in a rapid escalation of disease incidence. Black shoot blight was first detected in Wonju and Chuncheon in 2021, with unsanitary use of farm tools identified as the primary factor for disease spread. In 2022, additional cases were reported in Yeongwol and Chuncheon. In 2023, black shoot blight emerged in Hwacheon, where inadequate orchard management and lack of farmer education accelerated the spread of the disease. This study provides fundamental information to understand the status and factors affecting the fire blight emergence in Gangwon State. Prevention measures should be established through continuous analysis of the status of fire blight.

화상병은 1780년 미국 뉴욕주에서 최초로 보고되었으며, 1957년 영국을 시작으로 서유럽과 북유럽 및 지중해지역으로 확산되었다(Bonn과 van der Zwet, 2000). 우리나라에서는 2015년 5월 경기도 안성의 배나무에서 처음으로 화상병이 보고되었으며(Park 등, 2016), 가지검은마름병은 1995년 강원도 춘천근교의 배(*Pyrus pyrifolia* cv. 'Shingo') 과원에서 최초로 관찰되었다.

병의 특성은 화상병과 매우 유사하지만 병원세균의 배양적, 혈청학적 및 유전학적 특성을 분석한 결과, 화상병의 병원세균인 *Erwinia amylovora*와는 특성이 완전히 다른 병원세균으로 확인되었다(서 등, 1999). 화상병은 사과, 배를 포함한 장미과 식물을 기주범위로 하고 꽃, 열매, 가지, 목부 등을 가해하여 심하면 3년 내에 괴사하며, 특히, 여름에 세균 활동이 활발하여 비·바람과 곤충에 의해 2차적으로 전염이 가능하여 여름철 태풍 등에 의하여 빠르게 전파될 가능성이 높다. 강원도 연도별 과수 화상병 발생 농가수와 면적을 살펴보면 2018~2024년 사이에 원주시, 홍천군, 횡성군, 영월군, 평창군, 정선군, 양구군 7개 시군에서 발생하였다. 2018년 원주시와 평창군에서 신규로 발생하였고, 2021년에는 영월군, 2022년도는 홍천군, 2023년에는 정선군과 양구군, 2024년에는 횡성군에서 처음 발생하였다. 2024년도 총 발생 농가 수와 발생 면적은 40농가 19.1ha였다. 이 중 원주시가 2020년을 제외하고 매년 발생하여 총 13농가 5.6ha(전체면적의 29.3%)로 발생농가가 가장 많고, 발생면적이 가장 넓었다.

화상병의 발생량은 1~2월 일최고기온과 강우일수, 5~6월 강우일수와 양의 상관관계를 나타냈다고 하였다(함 등 2024). 화상병 예방 대책으로 작업 전후 도구 소독을 철저히 하는 것이 중요한데, 과수 화상병 전염 가장 효과적인 소독방법으로 70% 에탄올에 60초간 침지 하였을 때 세균이 완전 멸균된다고 제시하였다(임 등, 2024). 또한 병든 나무를 조기에 진단해서 제거하는 것이 필요한데, 최근에는 항혈청을 이용한 간이진단키트가 개발되어 현장에서 의심주 발생 시 쉽게 진단 및 조치가 가능하다(Heo 등 2017). 그리고 방제효과가 높은 스트렙토마이신 등의 항생제를 살포하여야 한다(함 등, 2023; Sundin 등, 2009). 특히, 화상병균의 꽃감염을 예방하기 위해서는 화상병 꽃감염 위험 예측정보에 따라 약제를 살포할 것을 권장하였다(Namkung과 Yun, 2023). 기후변화 등 다양한 원인으로 향후 발생 농가수와 발생면적이 증가할 가능성이 높아 대책이 시급하다. 이러한 급속한 화상병 발생은 소규모 가족농 중심의 전정작업 등 인위적인 전파와 매개충, 강우, 태풍 등에 의한 자연 전파 가능성이 높으며, 이에 따라 정밀한 화상병 예찰과 예방이 필요하며, 꽃에서 화상병균 검출과 무병징 가지에서의 화상병균 조사를 통한 화상병 발생가능성을 예측하고, 적기에 적합한 약제 방제 등 효과적인 방제 대책 수립이 필요한 실정이다.

2 재료 및 방법

〈Q. 제1세부과제 : 강원지역 과수 화상병 발생특성 조사〉

(시험 1) 강원지역 과수 세균병 발생지의 기후, 지형, 재배적 특성 조사

가) 강원지역 과수 화상병 발생지의 기후, 지형, 재배적 특성 조사

본 연구는 2020년부터 2024년 7월까지 강원도 원주시, 홍천군, 영월군, 양구군 등 화상병 발병으로 확진된 과원 및 인근 과원, 동일 경작자 재배 과원을 조사 대상으로 발병주율과 병징의 종류를 조사하였다. 발생 과원의 전형적인 발생 양상 시료를 10~15개 선정하여 과총, 신초, 가지, 1년 궤양, 2년 이상 궤양, 주지 감염 유무로 구분하여 병징을 조사하였다.

나) 강원지역 화상병 발생 과원의 진단결과 및 발병특징 조사

강원지역 화상병 발생 과원의 신고와 확진 결과 및 방제 명령 통보와 발생주율에 따른 폐원 조치 여부 등을 조사하였다. 발생 과원과 기존 발생지와의 거리와 인접하였는지 여부, 다양한 전염경로 및 궤양 발생에 따른 병 발생 및 확산 경로, 외부 작업자의 전정 작업 등을 지역별 발생 과원의 발병 특징 등을 조사하였다.

다) 꽃, 궤양 등에서의 화상병균 감염 조사

꽃, 궤양에서 수집 시료의 화상병균 검출은 나노헬릭스사의 EAEP-T100, HelixDtec™ 과수 화상병/가지검은마름병 검출키트를 이용하였다. 궤양 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, 상층액을 1ul를 PCR 주형으로 사용하였다. 정량 증폭 조건은 95℃ 5분, 40 cycles 95℃ 10초, 60℃ 30초 하였고, Ct값 35 cycle 이하에서 증폭 반응을 양성으로 평가하였다. 꽃 시료는 100개의 꽃의 암술, 수술만 분리하여 PBS buffer 3ml에 마쇄한다. PBS buffer 추출 상층액 200ul를 2X TSB배지(200ul)에 접종하여 24℃ 배양기에 24시간 정치배양 후 상층액을 검출에 사용하였다. 상층액 1ul를 PCR 주형으로 사용하였다. 정량 증폭 조건과 양성 평가는 궤양 시료 진단과 같게 하였다.

(시험 2) 강원지역 과수 가지검은마름병 발생지의 기후, 지형, 재배적 특성 조사

가) 강원지역 과수 가지검은마름병 발생지의 기후, 지형, 재배적 특성 조사

2020년부터 2024년 7월까지 강원지역에서 가지검은마름병 발병으로 확진된 과원 및 인근 과원, 동일 경작자 재배 과원을 조사 대상으로 발병주율과 병징의 종류를 조사하였다.

나) 강원지역 가지검은마름병 발생 과원의 진단 결과 및 발병 특징 조사

강원지역 가지검은마름병 발생 과원의 신고와 확진 결과 및 방제 명령 통보와 발생주율에 따른 폐원 조치 여부 등을 조사하였다. 발생 과원과 기존 발생지와의 거리와 인접하였는지 여부, 다양한 전염경로 및 궤양 발생에 따른 병 발생 및 확산 경로, 외부 작업자의 전정 작업 등을 지역별 발생 과원의 발병 특징 등을 조사하였다.

(시험 3) 과수 화상병 발생 과원 경종적 특성 조사

2024년 강원지역 과수 화상병 발생 과원의 경종적 특성으로 재배관리, 작업관리(동계전정, 적화/적과, 수분 방법), 약제살포, 과원 관수관리 및 신초발생정도 등을 조사하였다.

(시험 4) 발생 과원 매개충 밀도분석

2022년 강원지역 발생 과원의 매개충 밀도분석을 위해서 원주시에 5개, 영월군에 2개의 예찰 지점에 트랩을 설치하고, 사과 해충 6종(복숭아순나방, 복숭아심식나방, 사과무늬나방, 사과애모무늬나방, 은무늬굴나방, 사과굴나방)을 대상으로 6월에 7일 간격으로 3회 조사하였다. NANOHELIX 진단키트를 이용하여 트랩당 10마리 이상은 해충별 20마리에 대한 PCR 진단을 하였고, 트랩당 10마리 이하는 전체 해충 수에 대한 PCR 진단 방법으로 매개충 내 화상병 병원균 감염 여부를 분석하였다.

3 결과 및 고찰

〈Q 제1세부과제 : 강원지역 과수 화상병 발생특성 조사〉

(시험 1) 강원지역 과수 세균병 발생지의 기후, 지형, 재배적 특성 조사

가) 강원지역 과수 화상병 발생지의 기후, 지형, 재배적 특성 조사

화상병 발생 현황. 2018~2024년 과수 화상병은 원주시, 홍천군, 횡성군, 영월군, 평창군, 정선군, 양구군 7개 시군에서 발생하였다. 2018년 원주시와 평창군에서 신규로 발생하였고, 2021년도에는 영월군에서, 2022년도에는 홍천군, 2023년도에는 정선군과 양구군에서 처음 발생하였다. 총 발생 농가 수와 발생 면적은 40농가 19.11ha였다. 이 중 원주시가 2020년을 제외하고 매년 발생하여 총 13농가 5.6ha(전체면적의 29.3%)로 발생농가가 가장 많고, 발생면적이 가장 넓었다(표 1, 표 2). 특히 화상병이 2015년 최초로 발생했던 제천에서 인접한 원주를 시작으로 주변 지역으로 확대되어 최북단 양구 지역까지 확대하는 양상을 보여 앞으로 다른 시군으로 확산 여부에 주목해야 할 상황이다(그림 1).

표 1. 강원지역 연도와 시군별 과수 화상병 발생 현황(2018~2024년, 농가(호), 면적(ha))

시군	발생 연도(년)														합계	
	'18		'19		'20		'21		'22		'23		'24			
	농가	면적	농가	면적	농가	면적	농가	면적	농가	면적	농가	면적	농가	면적	농가	면적
원주	2	1.7	2	1.3	-	-	4	0.9	2	1.0	2	0.6	1	0.1	13	5.6
홍천	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.3	-	-	1	0.5	2	0.8
횡성	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.6	1	0.6
영월	-	-	-	-	-	-	1	0.6	-	-	-	-	2	1.4	3	2.0
평창	5	3.5	-	-	2	0.6	1	0.01	1	0.4	-	-	-	-	9	4.5
정선	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1.7	1	0.4	3	2.1
양구	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	1.5	2	2.0	9	3.5
합계	7	5.2	2	1.3	2	0.6	6	1.51	4	1.7	11	3.8	8	5.0	40	19.1

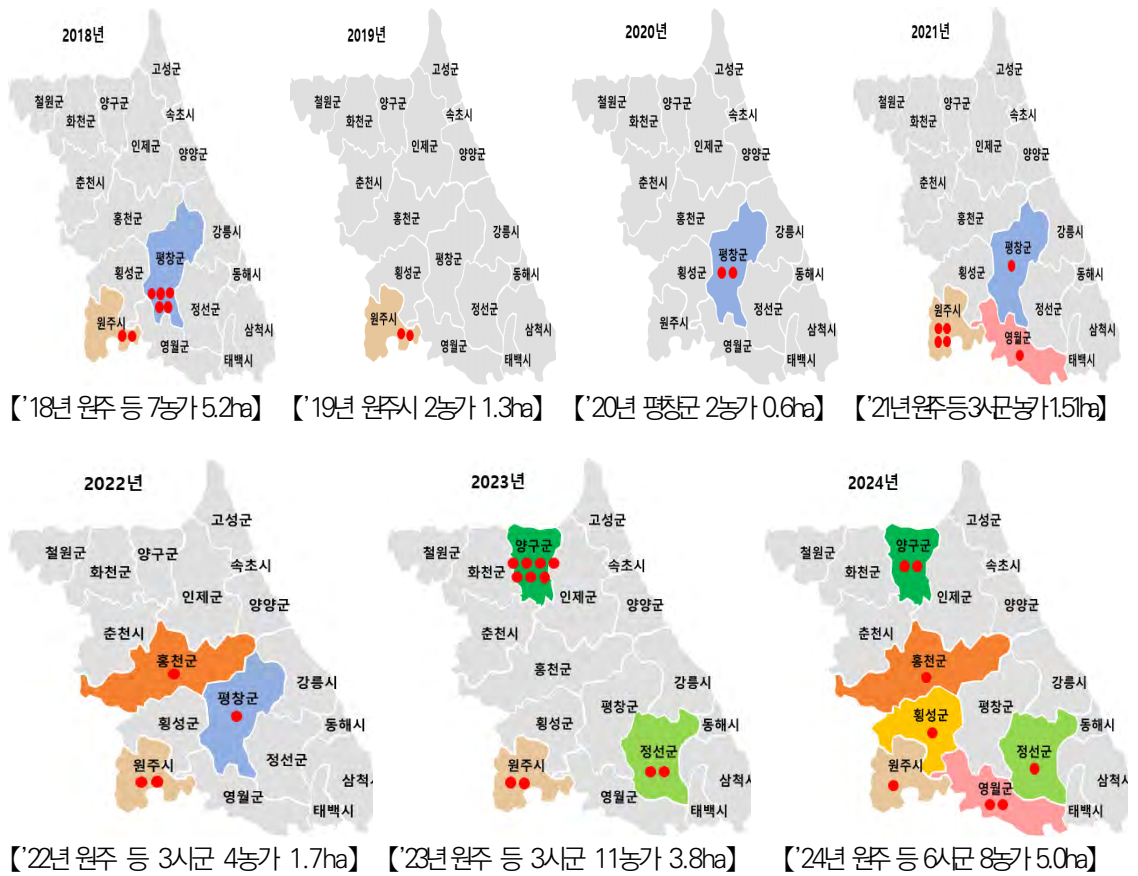


그림 1. 2018~2024년 강원지역 시군별 과수화상병 발생현황

표 2. 강원지역 연도 및 시군별 과수 화상병 발생 현황(2018~2024년)

연도	시군	발생일	과원 주소	품종	면적 (ha)	수령 (년)	재배 주수	발생 주수	발생주율 (%)
'18	원주	6.29.	신림면 구학리 227	홍로, 후지	0.4	10	642	25	3.9(폐원)
			신림면 구학리 200-8등 7필지	홍로, 후지	1.3	10	1,532	214	14.0(폐원)
		6.2.	평창읍 종부리 320 등 4필지	홍로, 후지	1.1	5, 10	1,385	4	0.3(폐원)
		6.28.	평창읍 종부리 697	홍로	0.2	10	285	7	2.5(폐원)
	평창	6.28.	평창읍 종부리 695 등 5필지	홍로, 후지	1.1	4~12	1,714	216	12.6(폐원)
'19	원주	7.19.	평창읍 종부리 758	홍로	0.8	3,5,8	1,050	2	0.2(폐원)
		7.19.	평창읍 종부리 209-3, 4	홍로, 후지	0.3	4, 7	430	3	0.7(폐원)
		7.9.	신림면 황둔리 2142, 2145	후지, 홍로 알프스오토메	0.6	3~10	963	5	0.5(폐원)
'20	평창	7.9.	신림면 황둔리 984-1, 4	알프스오토메	0.7	4~10	1,146	77	6.7(폐원)
		6.6.	평창읍 종부리 139	사과	0.3	15	713	246	34.5(폐원)
		6.9.	평창읍 종부리 278 등 3필지	사과	0.3	15	1,836	2	0.1(부분)

	영월	5.25.	남면 토교리 589-2~3	홍로, 후지, 쓰가루 등	0.8	12	751	30	4.0(폐원)
	평창	6.3.	평창읍 주진리 130-2	홍로, 후지, 쓰가루 등	0.2	12	330	4	1.2 (부분)
'21			귀래면 주포리 271-14	부사	0.16	8	250	85	34.0(폐원)
	원주	6.2.	문막읍 비두리 2105, 2117	홍로, 후지, 쓰가루 등	0.3	16	224	55	24.6(폐원)
		7.5.	귀래면 주포리 371	홍로	0.3	6	350	12	3.4(폐원)
			귀래면 주포리 32-3	부사	0.2	13	370	9	2.4(폐원)
	평창	5.25.	평창읍 주진리 130-1,2	홍로, 후지	0.1	13	588	34	5.8(부분)
'22	원주	5.30.	문막읍 비두리 2127	홍로, 미안마	0.2	10	677	71	10.5(부분)
			흥업면 사제리 1599	신고, 화산	0.2	4, 20	290	30	10.3(부분)
	홍천	6.21.	서면 팔봉리 942-2	엔비	0.3	6	280	6	2.1(부분)
	원주	5.19.	문막읍 비두리 2106-5	양광	0.24	10~18	214	56	26.2(폐원)
			문막읍 비두리 1982	신고	0.37	30	182	15	8.2(폐원)
'23	정선	6.16.	정선읍 용탄리 1088-5	홍로, 후지	1.3	10	1,000	5	0.5(부분)
			정선읍 용탄리 1138	홍로, 후지	0.4	10	400	4	1.0(부분)
		6.20.	해안면 만대리 1661-1 등 2	홍로, 부사	0.49	2~20	396	170	42.9(폐원)
			해안면 만대리 1651 등 3	홍로, 부사	0.34	6~13	226	46	20.3(폐원)
		7.4.	해안면 만대리 1691-2	홍로, 부사	0.35	9	560	2	0.4(부분)
'23	양구	7.26.	해안면 만대리 2417	부사	1.8	4	1,000	18	1.8(부분)
		8.3.	해안면 만대리 1580	엔비	8.2	3	8,000	40	0.5(부분)
			해안면 만대리 2531	부사	24.8	5	24,000	707	2.9(부분)
		8.8.	해안면 만대리 1935	홍로	0.01	5	100	3	3.0(부분)
	홍천	5.24.	남면 신대리 26-1 등	황금, 신고, 화산, 원항	0.5	28	200	12	6.0(폐원)
	횡성	6.4.	둔내면 궁중리 99	홍로, 후지 시나노골드	0.6	8~9	690	34	신규, 5.0 (폐원)
'24	원주	6.10.	무실동 1217-1	원항, 화산, 신화	0.14	20	99	6	6.0(폐원)
	양구	6.25.	해안면 만대리 1985	홍로	1.1	12	1,043	18	1.7(부분)
			해안면 만대리 2363	홍로	0.9	8	730	5	0.7(부분)
	영월	6.26.	한반도면 신천리 1058 등	홍로, 부사	0.8	8~20	848	80	9.4(폐원)
		7.17.	한반도면 쌍용리 1129 등	홍로, 부사	0.6	5~11	642	60	9.3(폐원)
	정선	6.26.	여량면 고양리 317-1	후지	0.4	10	426	9	2.0

2020~2024년 강원지역 발생 건수는 총 31건이었고, 2023년에 11건으로 가장 많았으며, 화상병은 5월 중순부터 8월 상순까지 발생하였고 6월 상순에 가장 많이 발생하였다(표 3).

표 3. 강원지역 연도별 발생 시기별 과수 화상병 발생 건수

(단위 : 건)

연도	5월			6월			7월			8월		
	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하
'20	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
'21	-	-	1	3	-	-	2	-	-	-	-	-
'22	-	-	3	-	-	1	-	-	-	-	-	-
'23	-	2	-	-	4	-	1	-	1	3	-	-
'24	-	-	1	2	-	4	-	1	-	-	-	-
계	-	2	5	7	4	5	3	1	1	3	-	-

강원지역 연도별 과수 화상병 발생 현황을 보면, 2018년 7농가 5.3ha 발생 후 감소했다가 점차 증가하는 추세를 보이고 있으나, 발생 시군은 6시군 이하이고, 발생 농가는 10농가 이하, 발생 면적은 5.0ha 이하로 낮은 발생을 보였다(그림 3).



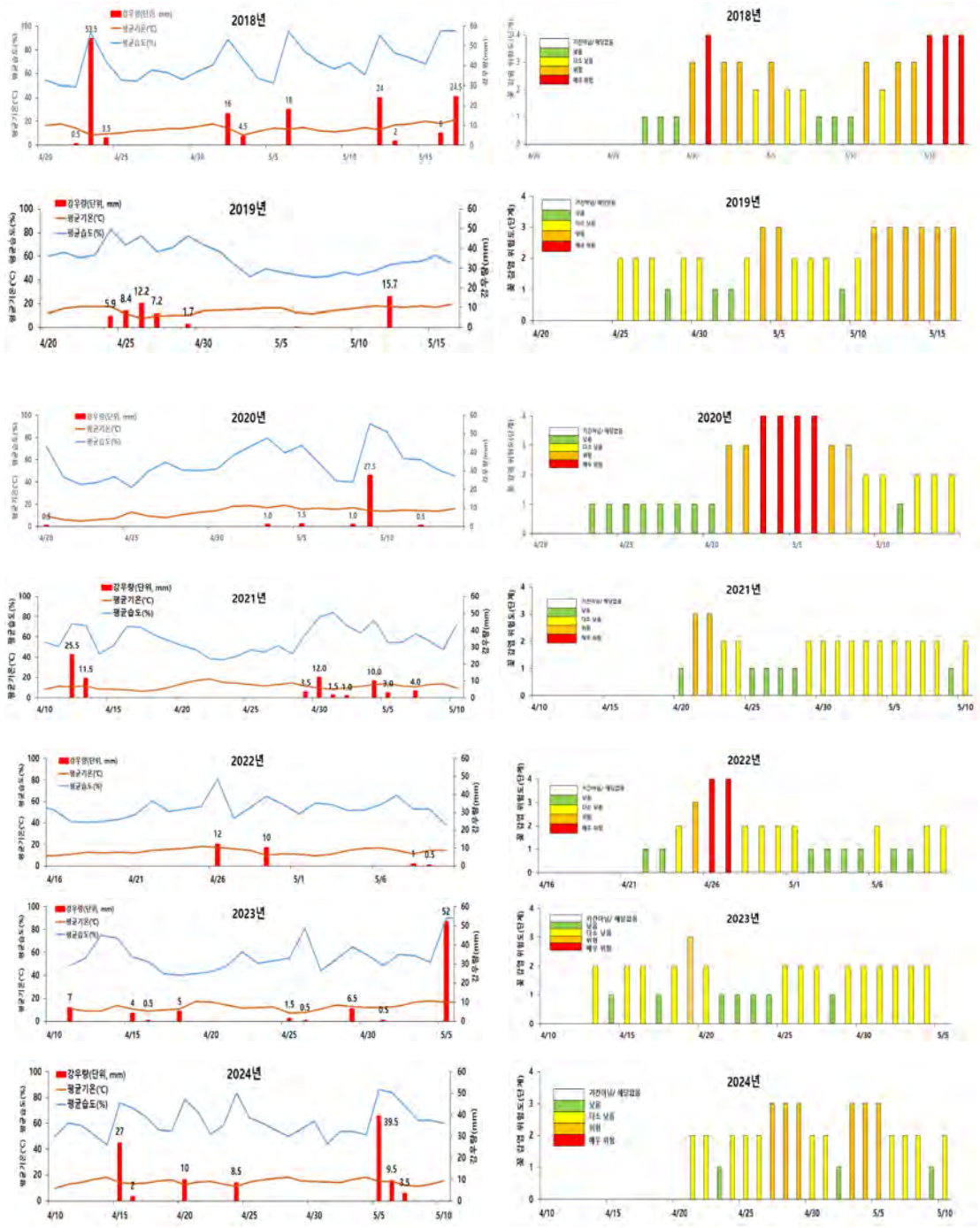
그림 2. 2018~2024년 강원지역 연도별 과수화상병 발생현황

강원지역 내 동일경작자의 과원에서 발생한 사례는 2022년, 2023년 각각 1건이었는데(표 4), 동일 경작자 비율이 높기 때문에 이들에 대한 철저한 관리가 필요할 것이다

표 4. 강원도 동일경작자 과수화상병 발생 현황

구분	발생 연도(년)				
	'20	'21	'22	'23	'24
동일경작자 발생건수(건)	0	0	1 (‘21, 평창)	1 (‘21, 원주)	0
동일경작자 발생비율(%)	0	0	25%	9%	0

● 지역과 연도별 개화기 기상자료 및 꽃 감염 위험도 결과 비교
1) 평창 지역(2018~2022년)



〈개화기간 평균 기온·습도 및 강수량〉

〈꽃 감염위험도〉

그림 3. 2018~2024년 평창군 평창읍 개화기 기상 및 꽃감염위험도

평창지역은 2018년부터 화상병이 발생했는데 발생이 많았던 2018년과 2020년은 개화기간 4단계 이상 꽃감염위험일수가 모두 4일이었고 화상병이 발생한 2022년에도 4단계 이상 꽃감염위험일수가 2일이었다. 반면에, 발생이 없었던 2019년, 2023년, 2024년은 4단계 이상의 꽃감염일수가 없었다(그림 3, 그림 4). 하지만 2021년도에는 4단계 이상 꽃감염위험일수가 없었지만 1농가에서 발생했는데, 강우일수가 9일로 다른 해보다 많았던 것이 영향을 화상병 감염에 영향을 준 것으로 판단되었다(그림 3, 4)



그림 4. 2018년~2022년 평창지역 연도별 화상병 발생 변화

따라서, 강우일수와 강우량이 많은 해에 병 발생이 더 많이 발생할수 있기 때문에 개화기 강우량이 많을 때 예방 방제를 철저히 할 필요가 있는 것으로 판단되었다. 특히 2023년과 2024년에는 발병하지 않았는데, 이런 기상요인도 있지만 지방자치단체의 화상병 예찰 및 방제 노력도 화상병 감소에 기여한 것으로 사료된다.

2) 원주 지역(2018~2024년)

원주지역은 2018년부터 화상병이 발생했는데 발생이 많았던 2020년과 2022년은 개화기간 4단계 이상 꽃감염위험도 일수가 모두 3일이었던 반면, 2019년, 2021년은 4단계 이상의 꽃감염일수가 없었지만 2농가, 4농가에서 발생이 있었다(그림 5, 6).

이와 같이 꽃감염일수와 화상병 발병과의 관계가 없었던 것은 평창처럼 1개 읍면에서 발생한 것이 아니라 2018년과 2019년에는 원주의 동쪽인 신림면에서 발생하다가 2021년부터는 서쪽인 문막읍에서 2024년에는 시내 지역인 무실동으로 확산하는 양상으로 서로 다른 지역에서 발생하고 있는 것이 원인으로 판단되었다. 특히 원주 지역은 2022년에 발생한 2농가를 제외하고 모든 과원이 발병이 심해 폐원을 하였는데(표 2), 이런 발병 상황을 볼 때 서로 다른 경로로 감염되어 감염된 지 오래된 상태에서 신고가 이루어져 기상 요인과 발병과의 연관이 거의 없었던 것으로 사료되었다.

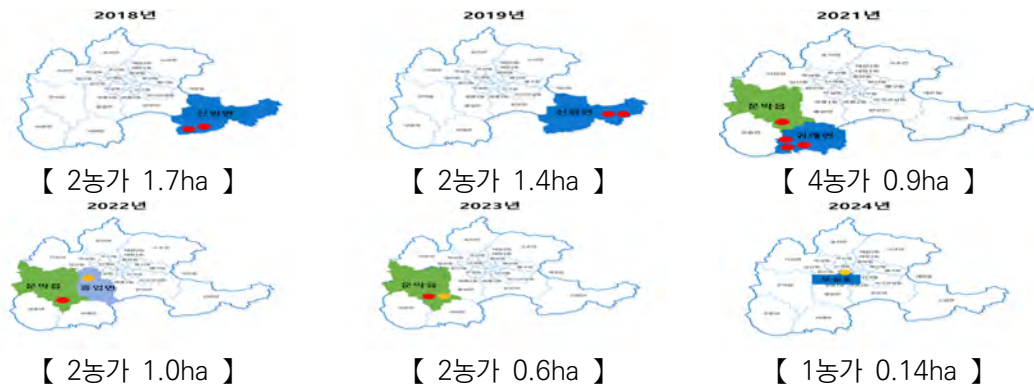
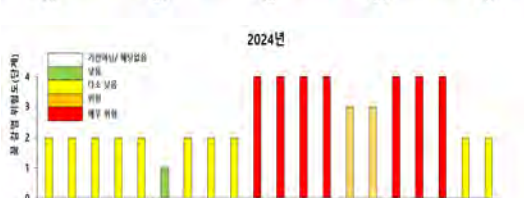
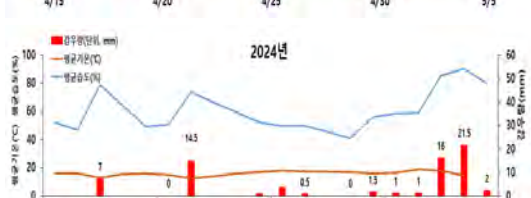
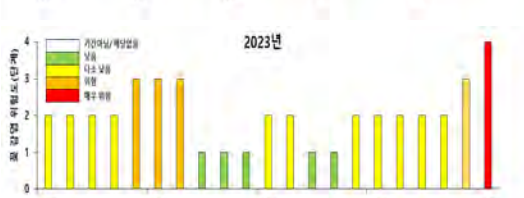
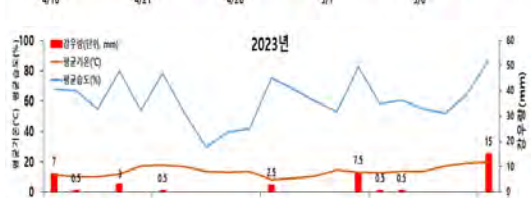
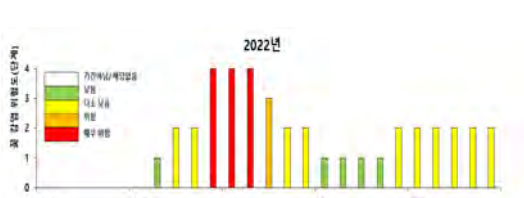
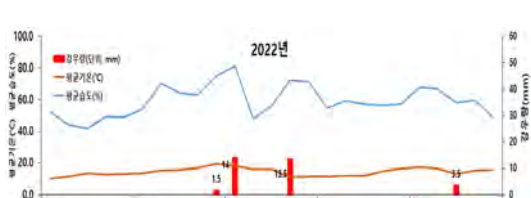
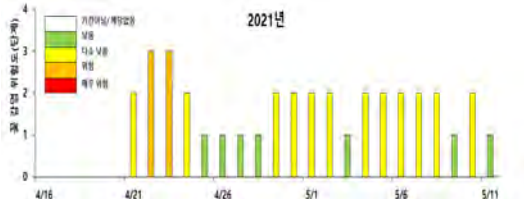
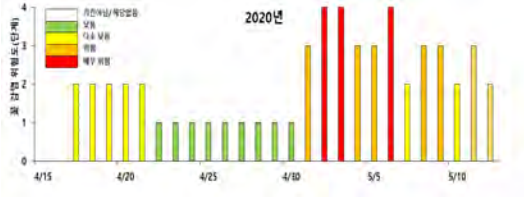
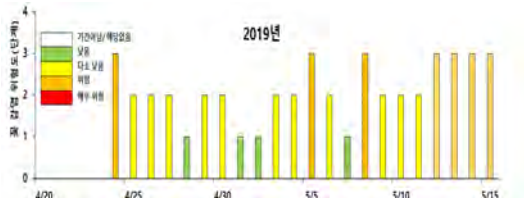
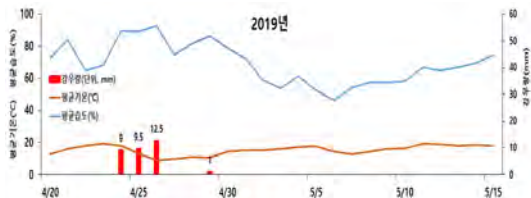
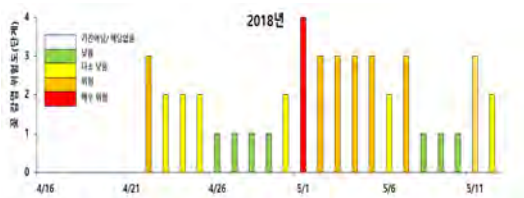
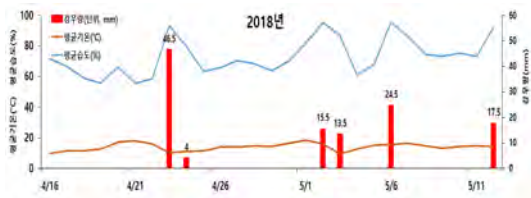


그림 5. 2018~2024년 원주지역 연도별 화상병 발생 변화



〈개화기간 평균 기온·습도 및 강수량〉

〈꽃 감염위험도〉

그림 6. 2018~2024년 원주시 흥업면 개화기 기상자료 및 꽃 감염 위험도

3) 양구지역(2023~2024년)

2023~2024년 양구지역 연도별 화상병 발생 변화를 보면, 2023년에 7농가 1.5ha로 화상병 발생능가와 발생면적이 높았으나, 지방자치단체의 관심과 적극적인 화상병 교육, 동계궤양 예찰과 제거, 작업 도구 소독, 작업인부 관리, 발생과원의 신속한 매몰작업 등으로 2024년에는 2농가 2.0ha로 발생능가는 감소하였고 발생면적은 크게 증가하지 않았다(그림 7).

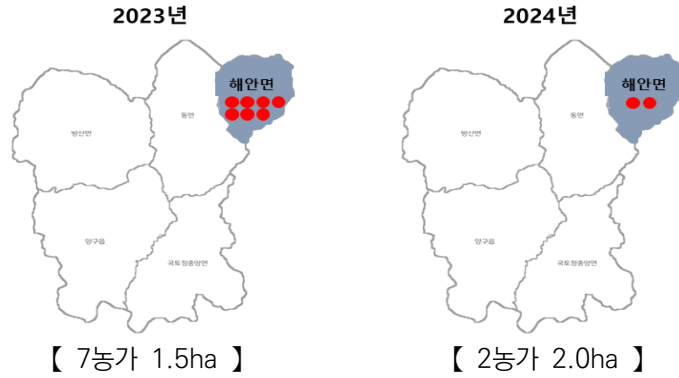


그림 7. 2023~2024년 양구지역 연도별 화상병 발생 변화

기후변화에 대응해서 안성, 문경 등 다수의 사과 주산지 경작자들이 이동하였고, 6년 인삼 재배에서 사과로 작목을 전환하는 등 다양한 원인으로 지난 10여 년간 양구군의 사과재배 면적이 258ha(23년)로 급증하였다. 그러나 사과 부란병과 유사한 화상병 방제적기를 놓쳐 병이 확산되었고, 임차인이 자주 바뀌는 접경지의 특성상 과원을 정밀하게 관리 못하고 방치하는 경우가 있었다.

2023년 양구지역 개화기 5월에 강수일수가 8일로 이 시기에 꽃 감염 위험도 4단계 이상일수가 1일이었지만 화상병 발생은 해안면에서 6월 하순~8월 상순 사이에 7농가 1.5ha 양구에서 처음이고 많이 발생하였다. 2024년에는 꽃 감염 위험도 4단계 이상 일수가 0일이었는데, 6월 하순에 2농가 2.0ha 발생하였다(그림 8).

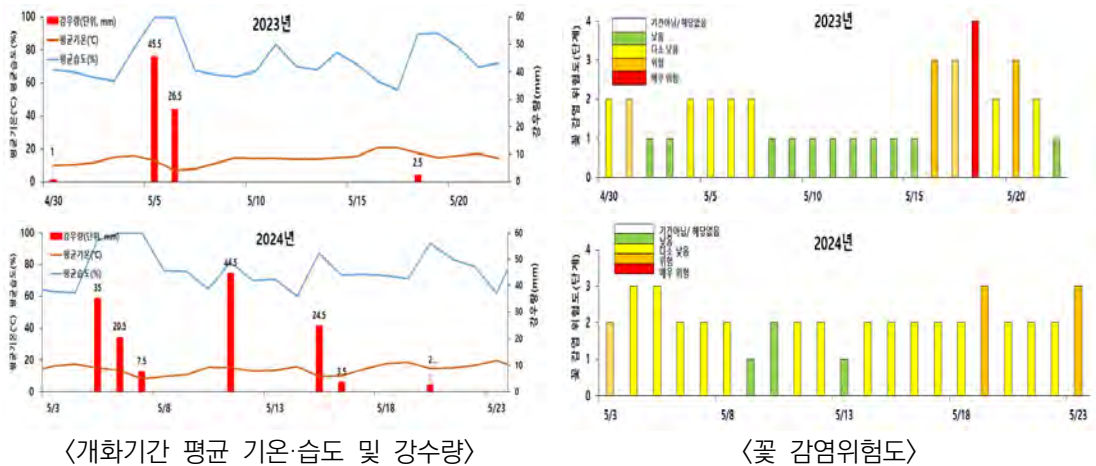


그림 8. 2023~2024년 양구군 해안면 개화기 기상자료 및 꽃 감염 위험도

화상병 발견, 진단, 공적방제 소요기간. 화상병 발견으로부터 진단과 공적방제까지 소요된 기간은 표 5, 6과 같다. 진단 소요일은 연도별로 2020년 8일이었고, 2021년에는 2~6일로 감소했다. 2022년에는 2~4일, 2023년에는 6~7일, 2024년에는 3~8일로 매년 단축되었다. 2020년~2024년 강원지역에서는 1일 이내 진단이 완료되었다. 화상병은 비, 바람, 곤충, 사람 등에 의해 전염되는 것으로 화상병 초기 발견부터 부분 매립 또는 폐원을 신속, 정확하게 하는 것은 화상병 확산을 막는 효과적인 방안으로 판단되었다.

표 5. 강원도 화상병 발견으로부터 진단 평균 소요기간

지역	진단 소요기간(일)				
	'20년	'21년	'22년	'23년	'24년
원주	- ^a	1.0	1.0	1.0	1.0
홍천	-	-	1.0	-	1.0
횡성	-	-	-	-	1.0
영월	-	1.0	-	-	1.0
평창	1.0	1.0	1.0	-	-
정선	-	-	-	1.0	1.0
양구	-	-	-	1.0	1.0

^a 화상병 미발생

표 6. 강원도 화상병 발견으로부터 공적방제 평균 소요기간

지역	공적방제 소요기간(일)				
	'20년	'21년	'22년	'23년	'24년
원주	- ^a	6.0	4.0	7.0	4.0
홍천	-	-	4.0	-	8.0
횡성	-	-	-	-	7.0
영월	-	4.0	-	-	7.0
평창	8.0	2.0	2.0	-	-
정선	-	-	-	7.0	3.0
양구	-	-	-	6.0	3.0

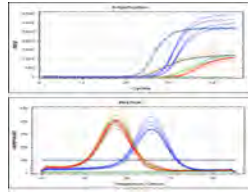
^a 화상병 미발생

나) 강원지역 화상병 발생 과원의 진단 결과 및 발병특징 조사

● 2020년 화상병 발생 과원의 진단 결과 및 발병 특징

'20년 평창군 진단결과. 평창군 평창읍의 2개 농가 사과 과원은 2020년 6월 6일 신고 및 확진, 방제 명령이 통보되었고, 발생주율 34.5%, 0.1%로 1개 농가는 폐원되었다. 2018년 기존 발생지와의 거리는 250m로 매우 인접하고 있었다. 과원 주변은 산림이 있어 총매 및 작업 도구 등 전염경로가 다양할 것으로 판단되었다. 2년 이상된 품종 가지에서 심한 궤양 증상이 보였으며, 몇 년 전부터 병 발생이 있었을 것으로 판단되었다.

2020년 6월 2일부터 12일까지 과수 세균병 발생 포장 조사를 위하여 횡성군, 평창군, 철원군, 고성군에서 조사하였다. 그 결과 평창군 2농가에서 화상병 증상을 발견하였고, 발생 과원 포장 구조 및 RT-PCR을 이용하여 진단한 결과, 화상병이 확인되었다(그림 9).



과원	발병 과원	발병 과원	과원	과원	과원
1차 과원	과원 1	과원 2	과원 3	과원 4	과원 5
	과원 6	과원 7	과원 8	과원 9	과원 10
2차 과원	과원 11	과원 12	과원 13	과원 14	과원 15
	과원 16	과원 17	과원 18	과원 19	과원 20
3차 과원	과원 21	과원 22	과원 23	과원 24	과원 25
	과원 26	과원 27	과원 28	과원 29	과원 30

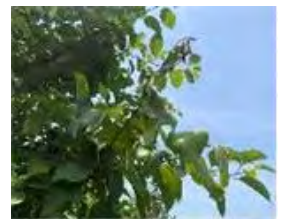
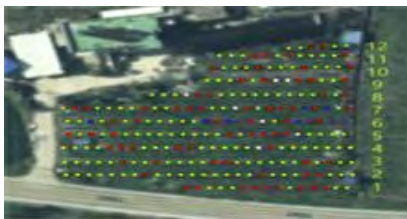
【 평창군 발병 과원 포장구조도 】

【 RT-PCR 이용 과수 화상병 진단 】

그림 9. 평창군 발병 과원 포장 구조 및 화상병 진단(2020년)

● 2021년 화상병 발생 과원 진단 결과 및 발병 특징

'21년 원주시 진단결과. 2021년 원주시 발병 과원은 과원의 중심부 이병주에서 전체 과원으로 확산한 것으로 판단되었고, 1년생 가지 감염이 90% 이상이었다. 2021년 7월 5일 동일 경작자 포장(주포리 32-3)에서 의심주 9주를 진단한 결과, 화상병으로 동정 되었다. 1차 발병 과원에서 2차 발병과원까지의 거리는 약 1km 정도로서 인접한 과원으로 확산한 것으로 판단되었다(그림 10). 2021년 신규 발생 포장은 6농가이며 평창을 제외한 5농가 모두 폐원되었다. 발생 과원의 이병주 분석결과, 1년생 신초 발생이 대부분이었다. 화기감염이 의심되었고, 2~3년생 이상의 가지에서의 병징은 거의 없었다. 2021년 7월 하순 조사 결과, 인근 과원 및 관리 과원에서 궤양 증상은 없었다.



【 귀래면 주포리 1차 발병 과원 】

【 귀래면 주포리 2차 발병과원 】

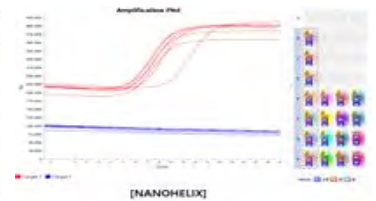
【 신초 감염 】

※ ● : 과원 나무 배치도, 소 : 발병 가지 0~4, 중 : 5~10, 심 : 10 이상

그림 10. 원주시 발병 과원 및 병징(2021년)

● 2022년 화상병 발생 과원 진단 결과 및 발병 특징

'22년 평창군 진단 결과. 평창군에서는 사과 과수원에서 2022년 5월 25일 발병 신고가 되었고, 전년도 발생과원으로 부분 매립을 진행한 곳이었다. 2021년 동계 궤양 조사시 130-1(17-5) 시료에서 궤양 의심주가 발생하여 진단한 결과 화상병 양성으로 판정되었다. 이병주를 보면 2021년 동계 조사 시 진단된 나무의 열이 가장 심한 감염을 보였으며 2021년 부분 매립 한 나무 주변을 중심으로 감염이 확산하는 것으로 판단되었다(그림 11).



【 발병 과원 포장 구조도 】

【 사과 가지 내부 병징 】

【 NANOHELIX 】

그림 11. 평창군 발병 과원 포장 구조 및 병징(2022년)

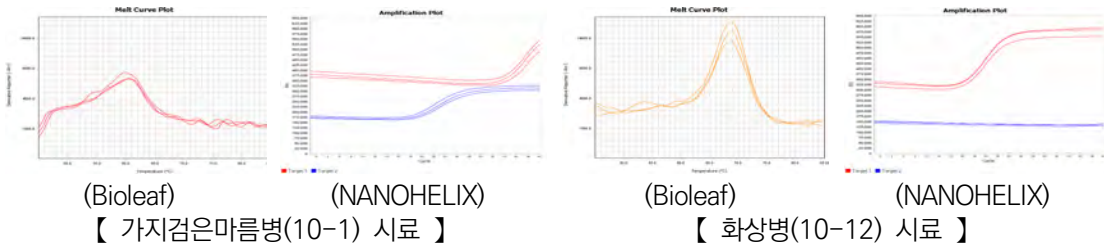
'22년 원주시 진단 결과. 원주시에서는 배 과수원에서 2022년 5월 30일 발병 신고가 되었고, 강원도 배 과원 최초 화상병 발생 포장으로 과총, 궤양, 유액 등 다양한 병징이 관찰되었다. 동일 경작자 과원(10km)에서는 추가 발생은 없었다(그림 12).



【 발병 과원 포장 구조도 】 【 과총 감염 】 【 가지 궤양 증상 】 【 신초 유액 】

그림 12. 원주시 발병 과원 포장 구조 및 병징(2022년)

'22년 홍천군 진단 결과. 홍천군에서는 사과 과수원에서 2022년 6월 21일 발병 신고가 되었고, 홍천군에서 최초로 화상병이 발생한 포장으로 7월 5일 폐원되었다. 발병지에서 167m 떨어진 곳에 동일 경작 포장이 있었으나 예찰 결과 추가 발생은 없었다. 반경 5km 이내에 26농가(9.9ha)의 전수조사 결과, 추가 발생은 없었다. 동일 포장에서 화상병과 가지검은마름병이 동시 감염된 것을 확인하였다(그림 13).



(Bioleaf) (NANOHELIX)
【 가지검은마름병(10-1) 시료 】

(Bioleaf) (NANOHELIX)
【 화상병(10-12) 시료 】



【 발병 과원 포장 구조도 】 【 가지검은마름병 병징 】 【 화상병 병징 】

그림 13. 홍천군 발병 과원 진단 결과 및 포장 구조와 병징(2022년)

● 2023 화상병 발생 과원 분포도 및 발병 특징

'23년 원주시 진단 결과. 원주시에서는 사과와 배 과수원에서는 2023년 5월 19일 발병 신고 및 확진되었다. 2021년 폐원된 동일 경작자 과원이었으며 동계 궤양 및 꽃 감염 조사에서는 음성으로 확인되었다. 2년생 이상의 가지에서 궤양 증상이 보였으며, 포장 발병 상황을 봤을 때 몇 년 전부터 병 발생이 있었을 것으로 추정되었다(그림 14).



그림 14. 원주시 발병 과원 포장 구조 및 병징(2023년)

‘23년 정선군 진단 결과. 정선군에서 신규로 발생한 과수원에서는 2023년 6월 16일 발병 신고 및 확진되었고, 다음날 매몰되었다. 매년 전정, 적화 작업을 제천 인부가 작업하였다. 2년생 이상의 가지에서 궤양 증상이 보였으며, 수년 전부터 병 발생이 있었고 500m 위 과수원으로 총매, 강한 바람 등으로 전염되었을 것으로 판단되었다(그림 15).



그림 15. 정선군 발병 과원 포장 구조 및 병징(2023년)

‘23년 양구군 진단 결과. 양구군에서 발생한 과수원에서는 2023년 6월 20일 발병 신고가 되었고, 폐원 수준으로 방치된 과원에서 3년생 이상 가지에서 궤양 증상과 꽃 감염된 어린 가지와 유과도 병징을 확인하였다. 이병주를 제거하지 않고 전정 작업을 하였다. 경작자의 주거지는 인제군으로 과수원은 양구군 국유지였고 임차인이 자주 변경되었다. 또한 부란병과 화상병을 구별하지 못해 화상병 적기방제가 되지 않았고, 400m 이내 과수원은 벌 등 곤충 및 강한 바람으로 전염된 것으로 판단되었다(그림 16).



그림 16. 양구군 병 발생 포장 및 병징(2023년)

● 2024 화상병 발생 과원 진단 결과 및 발병 특징

'24년 홍천군 진단 결과. 홍천군 남면의 1개 농가 배 과수원은 2024년 5월 23일 신고 되어 5월 24일 확진 결과 및 방제 명령이 통보되었고, 발생주율 6%로 전체 폐원되었다. 2022년 기존 발생지(홍천군 서면 팔봉리 944-3 등 5필지)와의 거리는 17.24km로 멀리 떨어져 있었다. 과원 주변은 산림이 있어 충매 및 작업 도구 등 전염경로가 다양할 것으로 판단되었다. 2년 이상 된 원형 품종 가지에서 심한 궤양 증상이 보였으며, 몇 년 전부터 병 발생이 있었을 것으로 판단되었다(그림 17).



【 홍천군 발생 과원 구조도 】

【 배 잎과 과실 병징 】

그림 17. 홍천군 발생 과원 포장 구조 및 병징(2024년)

'24년 횡성군 진단 결과. 횡성군에서 신규로 발생한 사과 과수원은 2024년 6월 3일 신고되어 6월 4일 확진 결과 및 방제 명령이 통보되었으며, 발생주율 5%로 전체 폐원되었다. 2022년 발생과원(평창군 평창읍 주진리 130-1)과의 거리는 26.7km로 멀리 떨어져 있었다. 화기감염에 의한 1차 감염(꽃, 신초마름)과 작업 도구를 통한 2차 감염 증상이 혼재되어 있었으며, 경작자는 '23년 5월에 홍로에서 의심 증상을 관찰하였고, 수시로 병든 가지 제거를 하였다. 가족, 친인척 중심으로 작업하였고, 올해 외부 작업자가 적과 작업을 하였다. 과원 주변은 산림 있어 자연 기주가 많아 정밀 예찰이 필요하였다(그림 18).

1



【 횡성군 과원 구조도 】

【 전년도 형성된 궤양 증상 】

그림 18. 횡성군 발생 과원 포장 구조 및 피해증상(2024년)

다) 꽃, 궤양 등에서의 화상병균 감염 조사

꽃, 궤양 등에서의 화상병균 진단결과. 2021~2024년 화상병균 감염 조사 결과, 꽃은 과원 당 3주, 주당 100점에 대한 시료 분석 결과, 모두 음성으로 진단되었고, 가지 궤양은 과원 당 10주, 주당 5점에 대한 시료 분석 결과, 모두 음성으로 진단되었다(표 7).

표 7. 꽃, 궤양 등에서의 화상병균 감염 조사 결과(2021~2024년)

연도	번호	과종	품종	과원 주소			조사일		진단 결과			
				시군	읍면	리	지번	궤양	꽃	궤양	꽃	
'21	1	사과	홍로, 부사	원주	신림면	송계	39 등	3.26.	5.3.			
	2		홍로, 부사			황둔	2222 등	3.26.	5.3.			
	3		홍로, 부사			황둔	2216 등	3.26.	5.3.			
	4	돌배	홍로, 부사	영월	한반도면	황둔	1309-1 등	3.26.	5.11.	음성	음성	
	5		돌배			황둔	1314-1 등	3.26.	4.20.			
	6	사과	홍로, 부사	영월	한반도면	성남	41 등	3.26.	5.3.			
	7	배	원양, 신고			금창	283-1 등	3.26.	4.20.			
	8	사과	홍로, 부사			쌍용	1129 등	3.30.	5.3.			
	9		부사	평창	평창읍	다수	342	3.23.	5.3.			
'22	1	사과	후지	원주	부론면	정산리	산454	2.17.	4.28.			
	2		홍로			문막읍	비두리	2106-5	2.17.			4.28.
	3		후지			귀래면	주포리	304-2	2.17.			4.28.
	4		후지	영월	한반도면	쌍용리	1129등	2.17.	4.28.	음성		
	5		홍로	평창	평창읍	주진리	130-1,2	2.22.	4.28.			
	6		부사	평창	평창읍	다수리	342	3.23.	5.3.	음성		
	7		후지		호저면	산현리	27등	2.22.	-			
	8		홍로	원주	흥업면	만종리	388-1	2.22.	-	-	-	
	9		미안마	평창	평창읍	종부리	277	2.22.	-	-	-	
	10		홍로	정선	화암면	북동리	192-3	2.22.	-	-	-	
	11		후지	영월	남면	토교리	-	2.22.	-	-	-	
'23	1	사과	후지	춘천	서면	신매리	363-40	2.15	4.24			
	2		후지			부론면	정산리	산158	2.13			4.26
	3		양광			문막읍	비두리	2106-5	2.13			4.19
	4		후지	원주	귀래면	주포리	304-2	2.13	4.26	음성	음성	
	5		후지	귀래면	귀래리	1035-1	2.13	4.26				
	6		후지		무실동	-	1278	2.13	4.26			
	7		후지	홍천	서면	팔봉리	950	2.17	4.24			
	8		후지	영월	한반도면	쌍용리	1129	2.17	4.28			
	9		홍로, 부사	영월	무등도면	법흥리	373-6	2.17	4.28			
'24	1	사과	후지	춘천	서면	신매리	363-40	2.15	4.9			
	2		후지			귀래면	주포리	304-2	2.15			4.9
	3		후지			귀래면	귀래리	1035-1	2.16			4.9
	4	부사	원주	부론면	정산리	산158	2.16	4.9				
	5	배	신고	무실동	-	1278	2.16	4.9				
	6	후지	홍천	서면	팔봉리	950	2.16	4.8				
	7	후지	영월	한반도면	쌍용리	1129	3.12	4.9	음성	음성		
	8	홍로, 부사	영월	무등도면	법흥리	373-6	3.12	4.9				
	9	사과				만대리	2066	3.13	4.29			
	10				만대리	1025	3.13	4.29				
	11	홍로	양구	해안면	만대리	2425	3.13	4.29				
	12				오유리	221	3.13	4.29				

(시험 2) 강원지역 과수 가지검은마름병 발생지의 기후, 지형, 재배적 특성 조사

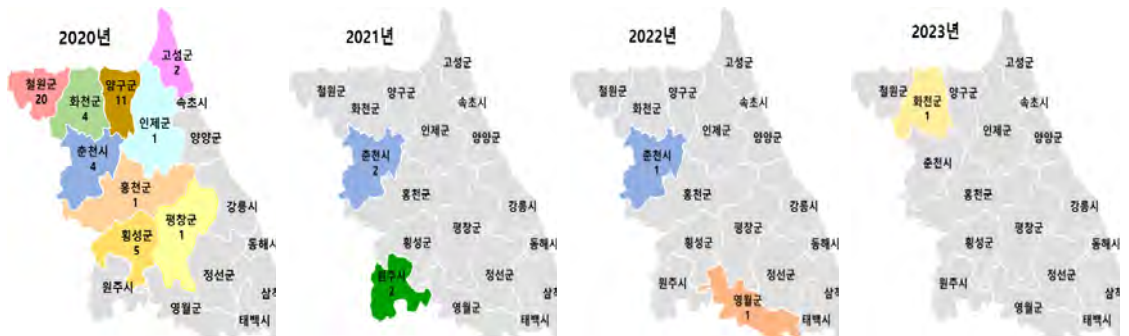
가) 강원지역 가지검은마름병 발생지의 기후, 지형, 재배적 특성 조사

강원지역 가지검은마름병 발생현황. 강원지역 과수 가지검은마름병 발생 과원 조사 결과, 2020년 발생은 9시군, 49농가, 발생 면적은 23.0ha였다. 2021년에는 2시, 4농가, 1.7ha, 2022년에는 2시군 2농가, 0.6ha, 2023년에는 1군 1농가, 0.16ha였다. 2024년에는 발생이 없었다(표 8, 그림 19).

표 8. 강원지역 과수 가지검은마름병 발생 과원 조사 결과(2020~2023년)

연도	시군	확진일	과원 주소	과종	재배면적 (ha)	수령	재배 주수	발생 주수	발생주율 (%)
	춘천	6.1	사북면 신포리 646	사과, 배	0.90	7~15	1,050	755	71.9
		6.23	동산면 원창리 483-1, 459	사과	0.62	9	373	4	1.1
		6.23	북산면 추곡리 751 등 2필지	사과	0.13	8	147	11	7.5
		7.2	북산면 추곡리 784 등 5필지	사과	0.45	8	439	84	19.1
홍천	6.2	홍천읍 갈마곡리 108 등 3필지	사과	0.31	4,6	619	1	0.2	
횡성	6.5	공근면 부창리 150-13	사과	0.24	9	302	181	59.9	
	6.5	공근면 상동리 646 등 4필지	사과	0.71	2~7	885	443	50.1	
	6.7	공근면 부창리 44 등 4필지	사과	0.89	3~7	1,114	117	10.5	
	6.7	공근면 어둔리 271 등 4필지	사과	0.45	4~7	565	123	21.8	
평창	6.23	공근면 행정리 118-5	사과	0.05	3~15	66	9	13.6	
	평창	6.8	평창읍 다수리 342 등 6필지	사과	0.75	9	840	4	0.5
		6.4	서면 자등리 산 386-6	사과	0.30	3~5	387	13	3.4
		6.12	서면 자등리 366-5	사과	0.50	10	524	135	25.8
		6.12	서면 자등리 2181, 2182	사과	0.43	6	563	82	14.6
'20	철원	6.12	서면 와수리 1462-4 등 2필지	사과	1.03	4~8	1,096	324	29.6
		6.12	서면 와수리 1245	사과	0.20	9	300	130	43.3
		6.12	서면 와수리 98 등 4필지	사과	0.30	6	369	3	0.8
		6.13	김화읍 학사리 17-2	사과	0.43	7	800	250	31.3
		6.13	철원군 김화읍 도창리 868	사과	0.70	6	616	362	58.8
		6.16	근남면 사곡리 189	사과	0.22	9	316	205	64.9
		6.16	동송읍 상노리 151-5 등 8필지	사과	0.81	12~13	1,413	447	31.6
		6.19	갈말읍 토성리 661	사과	0.17	6~10	168	32	19.0
		6.16	동송읍 양지리 1-1	사과	0.65	5~6	814	90	11.1
		6.16	김화읍 도창리 748	사과	0.36	8	561	60	10.7
	철원	6.16	김화읍 도창리 748	사과	1.15	6~7	1,387	351	25.3
		6.19	서면 와수리 572-1, 2	사과	0.03	10	40	16	40.0
		6.19	김화읍 읍내리 666-2	사과	0.25	9	314	15	4.8
		6.19	김화읍 청양리 153-4	사과	0.25	4	394	3	0.8
		6.26	서면 자등리 861-12, 13	사과	0.04	6~10	63	47	74.6
		6.26	근남면 사곡리 740-3	사과	0.07	8	103	30	29.1
		6.29	서면 와수리 1131-2	사과	0.01	8	18	4	22.2

연도	시군	확진일	과원 주소	과종	재배면적 (ha)	수량	재배 주수	발생 주수	발생주율 (%)
'20	화천	6.15	화천읍 동촌리 812-12	사과	0.06	5	48	24	50.0
		6.15	화천읍 동촌리 1906-9	사과	0.02	7	10	10	100.0
		6.19	상서면 노동리 963, 735	사과	0.80	4~15	355	30	8.5
		6.28	상서면 노동리 735	사과	0.25	4~15	154	29	18.8
	양구	6.26	양구읍 군량리 488 등 9필지	사과	0.78	6~8	802	240	29.9
		6.22	양구읍 군량리 1045 등 9필지	사과	0.93	7~15	617	45	7.3
		6.22	양구읍 도사리 380 등 4필지	사과	0.95	4~7	1,089	133	12.2
		6.22	양구읍 군량리 281-1 등 4필지	사과	1.11	4~18	1,238	137	11.1
		6.26	남면 창리 77-1 등 4필지	사과	0.29	4~8	297	31	10.4
		6.22	남면 송우리 118-2	사과	0.16	5~7	212	2	0.9
	양구	6.22	동면 덕곡리 335 등 4필지	사과	1.01	8	1,450	2	0.1
		6.22	양구읍 군량리 1123	사과	0.75	3~10	731	1	0.1
		6.22	양구읍 안대리 220-7	사과	0.82	3~10	1,093	1	0.1
		6.22	양구읍 이리 203	사과	0.36	12	360	1	0.3
6.25		양구읍 군량리 8	사과	0.87	4~11	750	80	10.7	
인제	6.13	서화면 서흥리 438-12	사과	0.11	6	138	7	5.1	
고성	6.12	간성읍 교동리 976-4	사과	0.41	8	446	167	37.4	
	6.15	거진읍 초계리 447-1	사과	0.17	9	260	90	34.6	
'21	원주	6.2	부론면 정산리 451-1	사과	1.0	10	1,087	120	11
		6.2	귀래면 주포리 483, 500	사과	0.6	16	850	317	37.3
춘천	6.9	서면 서상리 17	사과	0.01	6	5	5	100.0	
	6.11	서면 서상리 238	사과	0.07	6	80	1	1.3	
'22	춘천	6.7	서면 신매리 363-40	사과	0.1	4~11	710	9	1.3
	영월	6.13	무릉도원면 법흥리 373-6	사과	0.5	2~13	1,740	6	0.3
'23	화천	6.14	사내면 삼일리 923	사과	0.16	5	220	30	13.6



【'20년 9시군 49농가 23.0ha】 【'21년 2시 4농가 1.7ha】 【'22년 2시군 2농가 0.6ha】 【'23년 1군 1농가 0.16ha】

그림 19. 2020~2023년 강원지역 지역별 과수 가지검은마름병 발생현황



【 원주시 부론면 발병 과원 포장 구조도 】 【 신초 감염 】 【 2년생 가지 감염 】
 ※ ■ : 과원 나무 배치도, 소 : 발병까지 0~4, 중 : 5~10, 심 : 10 이상

그림 22. 원주시 부론면 가지검은마름병 발병 과원 및 감염 증상

‘21년 춘천시 진단결과. ’21년 춘천시 서면에 발병된 사과 과원은 면적이 0.07ha로 2020년에는 병징이 전혀 보이지 않았고, 2~3년생 가지에서 발병한 것으로 봤을 때 전년도부터 감염이 시작된 것으로 판단되었다. 2021년 강원지역 과수 가지검은마름병 발생 현황은 춘천시, 원주시 2개시, 4농가 1.7ha였다(그림 23).



【 2021년 강원 발생 현황 】 【 춘천시 발생 현황 】 【 원주시 발생 현황 】

그림 23. 2021년 강원지역 과수 가지검은마름병 발생 현황

● 2022년 가지검은마름병 발생 과원 진단 결과 및 발병 특징

‘22년 춘천시 진단결과. ’22년 춘천시에서 발병된 사과 과원은 2022년 6월 7일 신고되었고, 발생 포장 외 과원은 없었으며, 센터의 조사 주수는 9주였으나 정밀조사 결과, 30주에서 의심증상 확인되었다. 전체 발병주수는 10% 미만으로 부분 매립 후 관리과원으로 전환되었고, 감염주는 대부분 1~2년생 가지에서 발생하였다(그림 24).



【 발병 과원 포장 구조도 】 【 사과 가지 병징 】 【 NANOHELIX 진단 결과 】

그림 24. 춘천시 서면 가지검은마름병 발병 과원 및 병징

● 2023년 가지검은마름병 발생 과원 진단 결과 및 발병 특징

‘23년 화천군 진단결과. 화천군에서 가지검은마름병이 발병된 사과 과원은 2023년 6월 12일 신고 및 확진되었고, 다음날 매몰되었다. 발생 포장 외 과원은 없었다. 정밀조사 결과, 전체 220주 중 발생 주수는 30주가 확인되었고, 발병주율 10% 이상으로 폐원되었다. 감염주는 대부분 1~2년생 가지에서 발생하였다. 경작자는 귀농인으로 화천군 사과 작목반에 등록되지 않아, 방제 교육 및 약제 지원을 받지 못했다. 사과 재배자의 관내 작목반 등록을 필수로 하는 등의 사과 재배 규정이 필요할 것으로 판단되었다(그림 25).



그림 25. 화천군 사내면 가지검은마름병 병징 및 진단 결과

(시험 3) 과수 화상병 발생 과원 경종적 특성 조사(2021~2024)

화상병 발생과원 경종적 특성. 사과 과원은 후지 등 1개 품종 또는 3개의 다양한 사과 품종을 재배하였고, 배 과원에서는 황금, 신고, 화산, 원향 등 3~4개 품종이 재배되고 있었고, 재배 연수는 8~28년으로 다양하였다(표 8).

표 8. 재배관리

연도	발생 농가수	수종		사과				배			평균재배 연수(년)
		사과	배	홍로, 부사	부사, 엔비	홍로, 후지,쓰가루	홍로, 후지	황금, 신고, 화산, 원향	원향, 신화		
'21	10	10	-	1	5	4	-	-	-	10.5	
'22	6	5	1	3	2	-	-	1	1	12.2	
'23	7	6	1	3	1	2	-	1	-	15.7	
'24	8	6	2	4			1	1	1	15.3	

발생 농가 모두 과원 내 벌통으로 인한 수분이 아닌 판매용 꽃가루를 사용한 인공수분을 하였고, 따라서, 매개충보다는 외부 인력에 의한 전정 및 적과 작업에 의한 감염으로 판단되었다(표 9).

표 9. 작업관리

연도	농가수	동계전정			적화/적과			판매용 인공수분
		자가	인부	시기	자가	인부	시기	
'21	5	4	1	1~2월	4	1	5월	5
'22	10	6	4	1~2월	6	4	5월	10
'23	7	7	-	1~2월	2	5	5월	7
'24	8	3	5	1~2월	3	5	5월	8

3월에 약제 살포한 농가는 춘천 1농가였고, 4월부터는 발생농가 모두 화상병 예측시스템 정보에 따라 항생제를 살포하였다(표 10).

표 10. 약제살포

연도	농가수	살포 시기		
		3월	4월	5월
'21	5	0	5	0
'22	10	1	7	2
'23	7	0	7	2
'24	8	0	6	2

모든 과원에는 관수시설이 갖추어져 있었고, 대부분 나무 상태에 따라 관수를 하였으며, 과원 토양의 배수 정도는 좋은 상태였다. 신초 발생 정도는 대부분 강한 것으로 조사되었다(표 11).

표 11. 과원 관수 관리 및 신초 발생정도

연도	농가수	관수관리				물빠짐		신초 발생정도		
		시설	자연	간격		좋음	보통	약함	보통	강함
				나무상태	2~3일					
'21	5	5	0	5	0	4	1	0	3	2
'22	10	9	1	9	1	7	3	1	5	4
'23	7	7	0	5	1	7	0	1	2	4
'24	8	7	1	7	1	8	0	0	2	6

(시험 4) 발생 과원 매개충 밀도분석(2022년)

매개충의 화상병균 감염 여부 진단결과. 복숭아순나방 등 6종의 해충 페로몬트랩을 이용해서 포집하여 화상병 병원균 감염 여부를 진단한 결과, 모든 해충에서 음성으로 진단되었다(표 12, 13, 14, 15, 16, 17, 그림 26). 매개충의 과수 세균병 보균 여부 분석은 다양한 종류와 방법으로 분석하는 것이 필요한 것으로 판단되었다.

표 12. 복숭아순나방

(마리/트랩)

시군	예찰 지점		진단 결과	평균 마릿수	조사 일자		
	읍·면·동	지번			6.13.	6.20.	6.27.
원주	문막읍	비두리 2106-5	음성	0.3	0	1	0
	문막읍	비두리 1982	음성	21.0	10	32	21
	귀래면	주포리 304-2	음성	0.7	1	1	0
	부론면	정산리 산454	음성	0.0	0	0	0
	귀래면	귀래리 1035-1	음성	0.3	-	0	1
영월	한반도면	쌍용리 1129	음성	0.3	1	-	0
	무릉도원면	법흥리 373-6	음성	1.0	-	1	2

표 13. 복숭아심식나방

(마리/트랩)

시군	예찰 지점		진단 결과	평균 마릿수	조사 일자		
	읍·면·동	지번			6.13.	6.20.	6.27.
원주	문막읍	비두리 2106-5	음성	3.3	0	3	7
	문막읍	비두리 1982	음성	0.7	2	0	0
	귀래면	주포리 304-2	음성	0.0	0	0	0
	부론면	정산리 산454	음성	0.0	0	0	0
	귀래면	귀래리 1035-1	음성	5.0	-	0	15
영월	한반도면	쌍용리 1129	음성	26.0	4	-	74
	무릉도원면	법흥리 373-6	음성	0.0	-	0	0

표 14. 사과무늬나방

(마리/트랩)

시군	예찰 지점		진단 결과	평균 마릿수	조사 일자		
	읍·면·동	지번			6.13.	6.20.	6.27.
원주	문막읍	비두리 2106-5	음성	0.0	0	0	0
	문막읍	비두리 1982	음성	2.3	7	0	0
	귀래면	주포리 304-2	음성	0.3	1	0	0
	부론면	정산리 산454	음성	0.0	0	0	0
	귀래면	귀래리 1035-1	음성	0.0	-	0	0
영월	한반도면	쌍용리 1129	음성	0.7	2	-	0
	무릉도원면	법흥리 373-6	음성	0.0	-	0	0

표 15. 사과애모무늬나방

(마리/트랩)

시군	예찰 지점		진단 결과	평균 마릿수	조사 일자		
	읍·면·동	지번			6.13.	6.20.	6.27.
원주	문막읍	비두리 2106-5	음성	1.0	2	1	0
	문막읍	비두리 1982	음성	0.0	0	0	0
	귀래면	주포리 304-2	음성	0.0	0	0	0
	부론면	정산리 산454	음성	0.0	0	0	0
	귀래면	귀래리 1035-1	음성	0.3	-	1	0
영월	한반도면	쌍용리 1129	음성	0.0	0	-	0
	무릉도원면	법흥리 373-6	음성	0.0	-	0	0

표 16. 은무늬굴나방

(마리/트랩)

시군	예찰 지점		진단 결과	평균 마릿수	조사 일자		
	읍·면·동	지번			6.13.	6.20.	6.27.
원주	문막읍	비두리 2106-5	음성	6.0	4	6	8
	문막읍	비두리 1982	음성	2.7	1	4	3
	귀래면	주포리 304-2	음성	12.0	13	12	11
	부론면	정산리 산454	음성	1.0	0	1	2
	귀래면	귀래리 1035-1	음성	16.3	-	40	9
영월	한반도면	쌍용리 1129	음성	17.0	13	-	38
	무릉도원면	법흥리 373-6	음성	6.3	-	6	13

표 17. 사과굴나방

(마리/트랩)

시군	예찰 지점		진단 결과	평균 마릿수	조사 일자		
	읍·면·동	지번			6.13.	6.20.	6.27.
원주	문막읍	비두리 2106-5	음성	591.7	513	613	649
	문막읍	비두리 1982	음성	58.7	76	73	27
	귀래면	주포리 304-2	음성	134.7	160	151	93
	부론면	정산리 산454	음성	60.0	29	57	94
	귀래면	귀래리 1035-1	음성	111.0	-	176	157
영월	한반도면	쌍용리 1129	음성	562.3	588	-	1099
	무릉도원면	법흥리 373-6	음성	367.7	-	263	840



【 복숭아순나방 】



【 은무늬굴나방 】



【 사과굴나방 】

그림 26. 발생 과원 매개충 밀도분석 주요 해충

〈Q 제1세부과제 : 강원지역 과수 화상병 발생특성 조사〉

(시험 1) 강원지역 과수 세균병 발생지의 기후, 지형, 재배적 특성 조사

- 가. 2018~2024년 과수 화상병은 원주시, 홍천군, 횡성군, 영월군, 평창군, 정선군, 양구군 7개 시군에서 발생하였음. 2018년 원주시와 평창군에서 신규로 발생하였고, 2021년도에는 영월군에서, 2022년도에는 홍천군, 2023년도에는 정선군과 양구군에서 처음 발생하였음. 총 발생 농가 수와 발생 면적은 40농가 19.11ha였음. 이 중 원주시가 2020년을 제외하고 매년 발생하여 총 13농가 5.6ha(전체 면적의 29.3%)로 발생 농가가 가장 많고, 발생 면적이 가장 넓었음. 특히 화상병이 2015년 최초로 발생했던 제천에서 인접한 원주를 시작으로 주변 지역으로 확대되어 최북단 양구 지역까지 확대하는 양상을 보여 앞으로 다른 시군으로 확산 여부에 주목해야 할 상황임. 화상병 발견으로부터 진단과 공적방제까지 진단 소요일은 연도별로 2020년 8일이었고, 2021년에는 2~6일로 감소했음. 2022년에는 2~4일, 2023년에는 6~7일, 2024년에는 3~8일로 매년 단축되었음. 2020년~2024년 강원지역에서는 1일 이내 진단이 완료되었음. 화상병은 비, 바람, 곤충, 사람 등에 의해 전염되는 것으로 화상병 초기 발견부터 부분 매립 또는 폐원을 신속, 정확하게 하는 것은 화상병 확산을 막는 효과적인 방안으로 판단되었음
- 나. 이병주를 제거하지 않고 전정, 적화 작업을 외부 지역의 인부가 작업하였고, 2년생 이상의 가지에서 궤양 증상이 보였으며, 수년 전부터 병 발생이 있었으나 부란병과 화상병을 구별하지 못해 적기방제가 되지 않았고, 과수원으로 총매, 강한 바람 등으로 전염되었을 것으로 판단되었음
- 다. 2021~2024년 2월~5월 사이에 꽃과, 궤양 등에서 화상병균 감염 조사 결과, 꽃은 과원 당 3주, 주당 100점에 대한 시료 분석 결과, 모두 음성으로 진단되었고, 가지 궤양은 과원 당 10주, 주당 5점에 대한 시료 분석 결과, 모두 음성으로 진단되었음

(시험 2) 강원지역 과수 가지검은마름병 발생지의 기후, 지형, 재배적 특성 조사

- 가. 강원지역 과수 가지검은마름병 발생 과원 조사 결과, 2020년 발생은 9시군, 49농가, 발생 면적은 23.0ha였다. 2021년에는 2시, 4농가, 1.7ha, 2022년에는 2시군 2농가, 0.6ha, 2023년에는 1군 1농가, 0.16ha였다. 2024년에는 발생이 없었음
- 나. '20년 가지검은마름병 발생현황은 9시군에 발생하였고, 양구군에서는 3개 읍면에서, 철원군에서는 5개 읍면에서 발생하였음. 철원군의 경우 품종의 저항성 차이가 아니라 개화기 차이에 의한 것으로 추정되었고, RT-PCR을 이용하여 진단한 결과 화상병균과 가지검은마름병균이 혼재하고 있었음
- '21년 가지검은마름병 신규 발생 포장은 4농가였으며, 춘천 1농가를 제외한 3농가 모두 폐원 조치가 되었음. 원주시 부론면 과원은 재배면적이 1ha로 가장 넓었고, 2~3년 전부터 의심 증상이

발생하였으나, 꽃 썩음에 의한 피해로 판단되어 의심주만 제거하였고, 인근 지역 충주시 발병 과원 작업 인부와 동일한 인부를 고용하여 포장 관리를 한 것으로 조사되었음. 농가의 과수 세균병에 대한 초기 대응 미흡과 인근 발병 과원 작업자의 전파로 인해 급속도로 확산한 것으로 판단되었음 '23년 화천군에서 가지검은마름병이 발병된 사과 과원은 2023년 6월 12일 신고 및 확진되었고, 다음날 매몰되었음. 발생 포장 외 과원은 없었음. 정밀조사 결과, 전체 220주 중 발생주수는 30주가 확인되었고, 발병주율 10% 이상으로 폐원되었음. 감염주는 대부분 1~2년생 가지에서 발생하였음. 경작자는 귀농인으로 화천군 사과 작목반에 등록되지 않아 방제 교육 및 약제 지원을 받지 못했고, 사과 재배자의 관내 작목반 등록을 필수로 하는 등의 사과 재배 규정이 필요할 것으로 판단되었음

(시험 3) 과수 화상병 발생 과원 경종적 특성 조사(2021~2024)

- 가. 화상병 발생과원 경종적 특성. 사과 과원은 후지 등 1개 품종 또는 3개의 다양한 사과 품종을 재배하였고, 배 과원에서는 황금, 신고, 화산, 원향 등 3~4개 품종이 재배되고 있었고, 재배 연수는 8~28년으로 다양하였음
- 나. 발생 농가 모두 과원 내 벌통으로 인한 수분이 아닌 판매용 꽃가루를 사용한 인공수분을 하였고, 따라서, 매개충보다는 외부 인력에 의한 전정 및 적과 작업에 의한 감염으로 판단되었음
- 다. 3월에 약제 살포한 농가는 춘천 1농가였고, 4월부터는 발생농가 모두 화상병 예측시스템 정보에 따라 항생제를 살포하였음
- 라. 모든 과원에는 관수시설이 갖추어져 있었고, 대부분 나무 상태에 따라 관수하였으며, 과원 토양의 배수 정도는 좋은 상태였고. 신초 발생 정도는 대부분 강하였음

(시험 4) 발생 과원 매개충 밀도분석(2022년)

- 가. 복숭아순나방 등 6종의 해충 페로몬트랩을 이용해서 포집하여 화상병 병원균 감염 여부를 진단한 결과, 모든 해충에서 음성으로 진단되었음. 더 다양한 매개충의 과수 세균병 보균 여부 분석은 다양한 종류와 방법으로 분석하는 것이 필요한 것으로 판단되었음

- Bonn WG 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.
- Namkung, K. B. and Yun, S. C. 2023. Improvement of fire blight blossom infection control using Maryblyt in Korean apple orchards. *Plant Pathol. J.* 39:505-512.
- Park D. H, Yu J. G., Oh E. J., Han K. S., Yea M. C. and Lee S. J. et al. 2016. First report of fire blight disease on Asian pear caused by *Erwinia amylovora* in Korea. *Plant Dis.* 100:1946.
- Sundin, G. W., Werner, N. A., Yoder, K. S. and Aldwinckle, H. S. 2009. Field evaluation of biological control of fire blight in the Eastern United States. *Plant Dis.* 93:386-394.
- 서상태, 원선영, 박덕환, 김영숙, 허장현, 임춘근. 1999. *Pseudomonas syringae*에 의한 사과나무 가지마름병의 발생. *식물병과 농업.* 5(1):46-49.
- 임연정, 함현희, 이미현, 이우형, 이용환. 2024. 과수 화상병 전염 차단을 위한 전정가위 소독 방법. *식물병연구.* 30(2): 194-198.
- 함현희, 이미현, 노은정, 이우형, 최효원, 양미숙, 이용환. 2023. 국내 과수화상병 등록약제의 사과 나무 개화기 방제효과. *농약과학회지.* 27:344-351.
- 함현희, 노은정, 이미현, 이영기, 박동석, 김경남, 이방울, 안문일, 이우형, 최효원, 이용환. 2024. 2019-2023년 국내 과수화상병의 발생특성. *식물병연구.* 30(2):139-147.
- 허광일, 신두산, 손수형, 오창식, 박덕환, 이영기, 차재순. 2017. 항혈청 기반 진단 스트립을 이용한 과수 화상병 현장진단. *식물병연구.* 23(4):306-313.

6 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2020(1년)	컨설팅	과수 재배농가 화상병 방제 기술지도
2021(2년)	학술발표	강원지역 과수 화상병 발생양상
	컨설팅	과수 재배농가 화상병 방제 기술지도
2022(3년)	영농정보	강원도 과수 화상병 발생특성과 확산 예방방법
	학술발표	2022년 강원도 과수 화상병 발생포장 정밀분석
	컨설팅	사과 세균병 발병지 농가 현장 컨설팅(영월)
2023(4년)	학술발표	2023년 강원지역 화상병 발생현황
	컨설팅	사과 화상병 발생농가 현장 컨설팅(정선)
2024(5년)	논문게재	2021~2023년 강원지역 과수 세균병 발생분석

성과지표	연도	1년차 (2020)		2년차 (2021)		3년차 (2022)		4년차 (2023)		5년차 (2024)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
논문 게재	SCI												
	비SCI							1		1	1	1	1
학술 발표	국제					1	1					1	1
	국내			1	1			1	1			2	2
영농 활용	기술												
	정보					1	1	1				2	1
현장컨설팅		1	1	1	1	1	1	1	1			4	4
계		1	1	2	2	3	3	4	2		1	10	9

7 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도				
					'20	'21	'22	'23	'24
과제책임자	국립농업과학원	농업연구관	이용환	과제 총괄	○	○	○	○	○
세부책임자	농업환경연구과	농업연구사	문윤기	세부주관 수행	-	-	-	○	○
공동연구자	감자연구소	농업연구사	원헌섭	평가분석 지원	○	○	○	-	-
	감자연구소	"	이광재	평가분석 지원	○	○	○	-	-
	농업환경연구과	"	황세정	평가분석 지원	-	○	-	○	○
	농업환경연구과	"	김문종	품질조사 지원	-	-	-	○	○
	농업환경연구과	농업연구관	이재홍	품질조사 지원	○	○	○	○	○
	농업환경연구과	"	김기선	평가분석 지원	-	-	-	○	○
	농업환경연구과	공무직	강성희	현장조사 지원	○	○	○	○	○
	농업환경연구과	"	이선주	현장조사 지원	○	○	○	○	○
농업환경연구과	"	함승민	현장조사 지원	-	-	-	○	○	