

과제구분	기본	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제		연구분야	수행기간	연구실	책임자
친환경 농산업 소재 개발 및 현장적용 연구		친환경농업	'22~'26	친환경미생물 연구소	김규순
친환경 농산물 병 방제용 농자재 실용화 연구		친환경농업	'23~'25	친환경미생물 연구소	김규순
색인용어	유기농업자재, 잿빛곰팡이병, 탄저병, 노균병, 흰가루병				

ABSTRACT

This study was conducted to verify the control efficacy of organic farming materials developed by the Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services against major diseases in apples and other key crops, aiming to establish a stable production system for eco-friendly farms.

Field trials on major apple diseases revealed significant inhibitory effects on *Alternaria* leaf spot, White rot, and Anthracnose compared to the control group. Specifically, during the peak outbreak in August, the incidence of *Alternaria* leaf spot was lower in the treated group (17.5–26.3%) than in the control group (26.8–31.7%). Conversely, the control efficacy against *Marssonina* blotch and Sooty blotch was minimal. Phytotoxicity tests on the 'Hongro' cultivar confirmed the material's safety, with no abnormal leaf symptoms observed.

Through *in vitro* assays against 18 types of major crop pathogens, five target diseases were selected. The mycelial growth inhibition test showed the highest suppression in *Alternaria* leaf spot of cabbage (85.0%), followed by Gray mold in strawberries (68.4%), Leaf blight in onions (64.1%), and *Alternaria* leaf spot in apples (56.9%).

Field validation for expanded crop application demonstrated excellent control efficacy against Gray mold in strawberries (69.2%), Powdery mildew in cucumbers (98.7%), and Anthracnose in red peppers (67.7%). In particular, the developed material showed superior residual activity against powdery mildew in cucurbits compared to other agents. While control efficacy for Onion downy mildew varied



between 47.6% and 73.4% depending on the region and cultivar, Pepper anthracnose required additional management strategies due to continuous outbreaks following the initial treatment.

In conclusion, this study confirms that the developed organic farming material is an effective control measure for difficult-to-manage diseases in apples and major vegetable crops. These findings are expected to contribute to the stable production of eco-friendly agricultural products in Gyeonggi-do and enhance the reliability of the public food supply system.

Key words : Organic agricultural materials, Anthracnose, Gray mold, Powdery mildew

1. 연구목표

친환경 농산물 재배시 농업인들이 현장에서 어려움을 겪는 요인 중 하나는 병해충 관리 부분으로 농산물의 품질을 저하시키고, 수확량을 떨어트리는 가장 큰 요인이다. 실제로 경기도에서 공공급식으로 출하되는 과수 중 사과는 학교수요량이 약 147톤으로 수요량이 높지만, 공급량은 약 20톤으로 수요에 비하여 공급이 매우 낮은 편에 속하며(친농연, 2019), 병해충 문제로 급식 품위기준이 맞지 않지 않은 것이 큰 원인으로 나타났다. 국내에서 사과나무에 나타나는 병해로는 약 41여종이 발생되며, 특히, 경제적으로 영향을 주는 탄저병, 겹무늬썩음병, 갈색무늬병 뿐만 아니라 기후변화에 따라 화상병까지 피해가 증가하며(엄재열, 2022), 지속적으로 방제가 어려워지고 있다. 더불어 친환경 방제가 까다로운 상황임에도 유기농업자재 공시 자재는 총 2,042종 중 병해충관리용은 231종(11.3%), 병해충관리용은 203종(9.9%)으로 적은 편에 속한다(국립농산물품질관리원, 2026). 이러한 실정에 따라 경기도농업기술원에서는 은행추출물과 페퍼민트오일을 활용한 유기농업자재를 개발하였으며, 개발된 약제는 사과 점무늬낙엽병, 겹무늬썩음병, 탄저병에 예방효과가 있는 것을 확인하였다. 또한 대조 약제보다 그 효과가 우수하였고, 잎에 대한 약해는 거의 없어 우수한 결과를 보였다(경기도원, 2022).

개발된 유기농업자재는 사과를 대상으로 하는 약제이지만 페퍼민트 오일의 주성분인 멘톨(Menthol)은 병원균의 세포막 투과성을 변화시켜 생장을 억제하며(남 등 2021), 은행의 빌로바톨(Bilobato) 및 은행산(Ginkgolic acid) 성분은 강력한 천연 살균 효과를 나타내는 것으로 알려져 있기 때문에(오대석, 2015), 특정 작목에 국한된 방제 효과만으로는 유기농업자재의 시장 경쟁력과 농가 보급력을 확보하기에 한계가 있다. 또한, 대다수의 식물 유래 추출물은 그 기작상 특정 병원균에만 작용하기보다 광범위한 살균 및 기피효과를 가지기 때문에 다양한 작목과 병원균을 대상으로 확대 적용하여 자재

의 범용성을 극대화 할 필요가 있다.

현재 경기지역뿐만 아니라 전국적으로 많은 문제가 되고 있는 고추 탄저병은 과실에 직접적인 피해를 주며 포자 비산이 빨라 조기 방제에 실패할 경우 한 해 농사를 포기해야 할 정도로 난방제 병해이며, 양과 노균병 또한 발병 시 잎의 광합성 능력을 상실시켜 구 비대를 저해하는 특징이 있다. 특히 1차 감염 후 2차 감염이 시작되면 방제 효율이 급격히 떨어져 친환경 재배를 하는 농가에서는 가장 위협적인 병해이다(Ankita 등, 2019). 따라서, 본 과제에서는 사과 병 방제를 위해 개발된 유기농업자재에 대한 현장실증을 비롯하여 작목별 주요 병 방제를 위한 친환경 농자재의 효과를 검증하고 이를 확대 적용하여 경기도 내 사과를 비롯한 주요 작목에 대한 난방제 병해에 대하여 추가적인 방제 방안을 제시하며, 이를 통해 경기도 내 친환경 재배 농가의 안정적인 생산과 경기도 공공급식 친환경 농산물의 안정적 보급이 이루어질 수 있도록 하고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 사과 병 방제를 위한 경기도원 개발 친환경농자재 현장실증

기 개발된 약제 확대 적용을 위한 경기도 친환경 사과 재배농가를 선정하여(표1) 농가별 토양화학성을 조사하였다. 공시 약제는 경기도원 개발 유기농업자재인 오오라(은행추출물+페퍼민트오일)을 처리약제로 하여, 미생물제제 3종(세00, 세000, 닥0000)과 석회보르도액을 대조구와 복합약제 선발을 위한 약제로 설정하였으며, 재배 시기 중 칼슘, 수산화이온 등 비료를 투입하였다(표2, 3). 대상 병해는 사과 탄저병, 겹무늬썩음병 등 사과 주요 병원균을 대상으로 하며, 각 농가별 주요 병원균 약제살포기준 시기는 각 병원균의 발병 특성과 온·습도 및 강우량 데이터를 고려하여 설정하였다. 데이터는 농촌진흥청에서 운영하는 농업기상정보서비스인 농업날씨365(<http://weather.rda.go.kr>)를 활용하였다. 또한 복합약제 선발을 위해 시기별 처리 약제를 달리하여 5월 1일부터 9월 30일까지 18~20회 약제 처리하였으며, 농가에서 재배하는 품종(후지, 홍로)별 대상 병해를 고려하여 6개의 처리구를 선정하였다(표3). 대상 병해의 발병률은 약제처리 시기에 함께 조사하였으며, 발병률 데이터를 활용하여 억제 효과를 검정하였다. 주 발병 부위가 과실인 겹무늬썩음병, 탄저병, 그을음병의 경우, 봉지를 씌우는 시기인 7~8월에는 조사되지 않았다. 사과에 대한 개발 유기농업자재의 약해 검정은 한국생물안전성연구소 위탁의뢰로 진행되었으며, 기준량 및 2배량을 처리 후 3, 5, 7일차에 조사하였다. 약해 발생 정도는 약해조사 지수(0~4등급)를 나누어 달관조사 하였다.

표 1. 약제 확대 적용을 위한 경기도 친환경 사과 재배 농가 공시

구분	지역	품종
연천A	경기도 연천군 미산면(우정리)	후지, 홍로
연천B	경기도 연천군 전곡읍(늘목리)	후지, 홍로
연천C	경기도 연천군 미산면(아미리)	후지, 홍로
연천D	경기도 연천군 미산면(동이리)	후지, 홍로
연천E	경기도 연천군 백학면(석장리)	후지, 홍로
파주A	경기도 파주시 문산읍(장산리)	후지, 홍로

표2. 사과 병 방제 현장실증 활용 약제 현황

No.	상표명	유효성분
1	오오라	은행추출물, 페퍼민트오일
2	세OO	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>
3	세OOO	<i>Bacillus subtilis</i>
4	닥OOOO	<i>Bacillus subtilis</i>

표3. 품종 및 처리시기별 약제 처리 현황

Ser No.	Date sprayed	후지			홍로		
		T1 (Cont.)	T2 (A.mali)	T3 (<i>B.dothidea</i> , <i>C.siamense</i>)	T4 (Cont.)	T5 (A.mali)	T6 (<i>B.dothidea</i> , <i>C.siamense</i>)
1	5.1.~5.7.	세OO	세OO	세OO	세OO	세OO	세OO
2	5.7.~5.14.	닥OOOO	오오라	오오라	닥OOOO	오오라	오오라
3	5.14.~5.21.	닥OOOO	오오라	오오라	닥OOOO	오오라	오오라
4	5.21.~5.28.	세OO	세OO	세OO	세OO	세OO	세OO
5	5.28.~6.4.	닥OOOO	오오라	오오라	닥OOOO	오오라	오오라
6	6.4.~6.11.	닥OOOO	오오라	오오라	닥OOOO	오오라	오오라
7	6.11.~6.18.	석회보르도액+플러스칼슘	석회보르도액+플러스칼슘	석회보르도액+플러스칼슘	석회보르도액+플러스칼슘	석회보르도액+플러스칼슘	석회보르도액+플러스칼슘
8	6.18.~6.25.	석회보르도액+붕지씨우기	석회보르도액+붕지씨우기	석회보르도액+붕지씨우기	석회보르도액+붕지씨우기	석회보르도액+붕지씨우기	석회보르도액+붕지씨우기
9	6.25.~7.2.	석회보르도액+칼슘+고착제	석회보르도액+칼슘+고착제	석회보르도액+칼슘+고착제	석회보르도액+칼슘+고착제	석회보르도액+칼슘+고착제	석회보르도액+칼슘+고착제
10	7.2.~7.10.	닥OOOO	오오라	오오라	닥OOOO	오오라	오오라
11	7.10.~7.18.	닥OOOO	오오라	오오라	닥OOOO	오오라	오오라
12	7.18.~7.26.	세OOO	세OO	세OO	세OO	세OO	세OO
13	7.26.~8.3.	닥OOOO	닥OOOO	오오라	닥OOOO	닥OOOO	오오라
14	8.3.~8.11.	석회보르도액	석회보르도액	석회보르도액	석회보르도액	석회보르도액	석회보르도액
15	8.11.~8.19.	수산화이온+쌍쌍아카바	수산화이온+쌍쌍아카바	오오라	수산화이온+쌍쌍아카바	수산화이온+쌍쌍아카바	수산화이온+쌍쌍아카바
16	8.19.~8.27.	닥OOOO	닥OOOO	오오라	닥OOOO	닥OOOO	오오라
17	8.27.~9.4.	닥OOOO	닥OOOO	오오라	닥OOOO	닥OOOO	오오라
18	9.4.~9.12.	닥OOOO	닥OOOO	오오라	닥OOOO	닥OOOO	오오라
19	9.12.~9.20.	닥OOOO	닥OOOO	오오라	-	-	-
20	9.20.~9.28.	닥OOOO	닥OOOO	오오라	-	-	-



나. 작목별 주요 병 방제를 위한 개발 유기농업자재 효과 검증 및 확대 적용

공시 약제에 대하여 12작목 18종의 병원균에 대한 항균활성 검정을 진행하였다(표4). 1차 항균활성검정으로 PDA배지에 균주를 중앙에 치상한 뒤 멸균된 8mm 페이퍼디스크를 치상하여 공시 약제와 대조구인 균OO(정향+목초액추출물), 무처리(증류수)를 30 μ l 씩 점적하였다. 25 $^{\circ}$ C에 배양하여 무처리구 균사가 페트리디시 가장자리까지 성장하는 날을 기준으로하여 처리구의 저해환 직경(mm)을 측정하였다. 1차 항균활성검정 후 처리구에 대해 우수한 항균활성을 보이는 병원균을 선발하여 100배 희석된 처리구 배지와 대조구 배지, 일반 PDA 배지(무처리)처리에서 군사성장길이를 측정한 뒤 군사성장억제율(%)=(1-처리구or대조구/무처리구) \times 100으로 계산하여 그 값을 비교하였다.

표4. 타 작목 확대적용 대상 병원균 목록

No.	병원균명	병원체 ^{1), 2)}	비고(KACC no.)
1	잣빛곰팡이병	<i>Botrytis cinerea</i>	23FX005
2	푸른곰팡이병	<i>Trichoderma harzianum</i>	40558
3	푸른곰팡이병	<i>Trichoderma citrinoviride</i>	42247
4	흑색썩음균핵병	<i>Sclerotium cepivorum</i>	40582
5	점무늬낙엽병	<i>Alternaria mali</i>	40030
6	검은점무늬병	<i>Alternaria alternata</i>	23ACO002
7	잎마름병	<i>Fusarium acuminatum</i>	23ACO003
8	검은무늬병	<i>Alternaria brassicicola</i>	23BCO005
9	탄저병(사과, 고추)	<i>Colletotrichum acutatum</i>	40042
10	탄저병(사과, 포도)	<i>Glomerella cingulata</i>	-
11	탄저병(사과, 고추)	<i>Colletotrichum siamense</i>	-
12	탄저병(사과 등)	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	-
13	겹무늬썩음병	<i>Botryosphaeria dothidea</i>	-
14	잣빛곰팡이병	<i>Botrytis cinerea</i>	-
15	덩굴썩음병, 시들음병	<i>Fusarium oxysporum</i>	-
16	역병	<i>Phytophthora capsici</i>	-
17	잣빛무늬병	<i>Monilinia fructicola</i>	-
18	탄저병(박과류)	<i>Colletotrichum orbiculare</i>	-

¹⁾ 검색출처 : 국가농작물병해충관리시스템 <https://ncpms.rda.go.kr/> (No.1-9)

²⁾ 자료출처 : 인바이오(No. 10-18)



다. 우리원 개발 유기농업자재 적용 작물 확대 및 현장실증

공시 약제의 딸기 잣빛곰팡이병, 양파 노균병, 고추 탄저병, 멜론 흰가루병에 대한 효과 검정을 위한 현장실증을 2024년부터 2025년까지 2년에 걸쳐 진행하였다(표5). 처리구는 공시 약제로 진행하였으며, 각 작목별 대조구는 농가에서 실제 활용하는 병해관리용 유기농업자재를 활용하였다(표5). 또한 각 실증포장을 무처리를 포함 3개의 처리구역을 나누었으며, 약제처리 시기와 주기는 작목과 대상병해별로 다르게 처리하였으며, 약제처리 7~10일 후에 발병률을 조사하였다(표6). 발병여부는 농촌진흥청 연구조사 분석기준인 아래식으로 계산하였고, 이를 활용한 최종 방제가는 다음과 같은 식에 따라 계산하였다. 추가적으로 처리 결과에 대한 집단 간 차이 분석은 5% 유의수준에서 Tukey's HSD 검정을 통해 사후 분석을 수행하였다.

$$\text{방제가(\%)} = (\text{무처리 발병율} - \text{처리구or대조구 발병율}) / \text{무처리 발병율} \times 100$$

1) 딸기 잣빛곰팡이병, 고추 탄저병

$$\text{발병과율(\%)} = (\text{발병과수} \div \text{전체 조사과수}) \times 100$$

0: 무발병, 1: 발병주율 1.0% 이하, 3: 1.0 초과~5.0% 이하, 5: 5.0 초과~10.0% 이하, 7: 10.0 초과~20.0% 이하, 9: 20.0% 초과 *조사규모: 잣빛곰팡이병(20과 이상, 3반복)

2) 양파 노균병, 멜론 흰가루병

$$\text{병반면적률(\%)} = (\text{병반면적} \div \text{전체 엽면적}) \times 100$$

0: 무발병, 1: 발병주율 1.0% 이하, 3: 1.0 초과~5.0% 이하, 5: 5.0 초과~10.0% 이하, 7: 10.0 초과~20.0% 이하, 9: 20.0% 초과 / 병반면적조사: Leaf area Image program

각 작목에 대한 공시 약제의 약해 시험은 한국생물안전성연구소 및 인바이오(기술이전업체), 친환경미생물연구소에서 진행되었으며 기준량 및 2배량을 처리 후 3, 5, 7일차까지 총 3회에 걸쳐 조사하였다. 약해 발생 정도는 약해조사 지수(0~4등급)를 나누어 달관조사 하였다.

표 5. 공시 약제 효과검정을 위한 현장실증 농가

농가	작목	품종명	주소	재배유형	유기농업자재 (대조약제)
A	딸기	설향	이천시 대월면(대대리)	시설(배드)	유황합제
B	딸기	설향	이천시 호법면(유산리)	시설(토경)	자담오일, 유황합제
C	딸기	설향	이천시 울면(고당리)	시설(토경)	유황합제
D	양파	쯔루마루	양평군 서종면(문호리)	노지	에코000
E	양파	류마르스	이천시 호법면(송갈리)	노지	균00, 유황합제
F	양파	천주중고황	안성시 삼죽면(진촌리)	노지	유황합제, 아인산염
G	고추	청양	이천시 대월면(도리리)	노지	이산화염소수
H	멜론	오뚜기	용인시 백암면(근창리)	시설(토경)	자담오일, 아인산염
- ¹⁾	오이	스마일백다다기	-	-	황, 고삼추출물

¹⁾ 기술이전 업체 진행



표6. 작목별 약제 처리시기

대상 병해	집중 방제시기	약제처리 주기 ¹⁾	조사 시점 ²⁾
딸기 잣빛곰팡이병	착과 후	10~14일	약제처리 후 7일
딸기 탄저병	착과 후	10~14일	약제처리 후 7일
양파 노균병	생육전반기	10~14일	약제처리 후 7일
고추 탄저병	착과 후	7~10일	약제처리 후 7일
멜론 흰가루병	적심 직후	7~10일	약제처리 후 7일
오이 흰가루병	- ³⁾	-	약제처리 후 10일

¹⁾ 집중 방제시기부터 예방적 방제 실시 주기

²⁾ 예방적 방제 실시 후 무처리 최소 발병을 시점에서 마지막 약제 처리 후 7~10일 뒤

³⁾ 기술이전 업체 진행

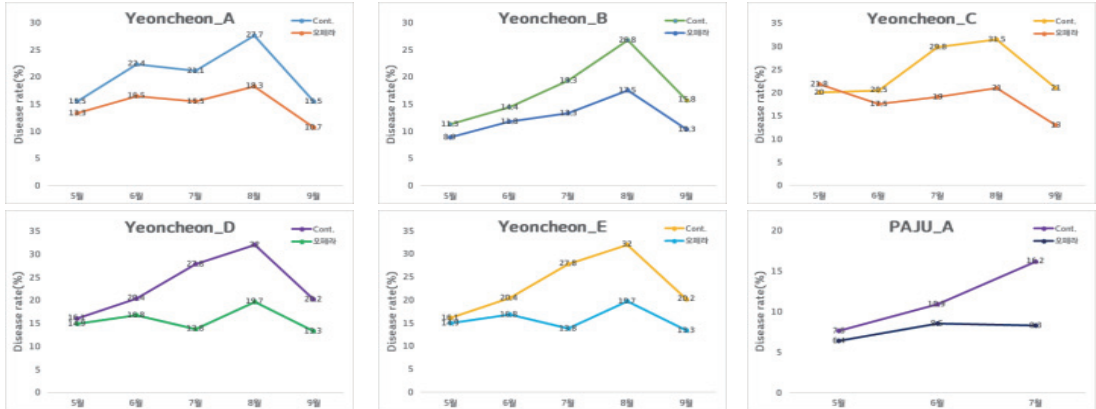
3. 결과 및 고찰

가. 사과 병 방제를 위한 경기도원 개발 친환경농자재 현장실증

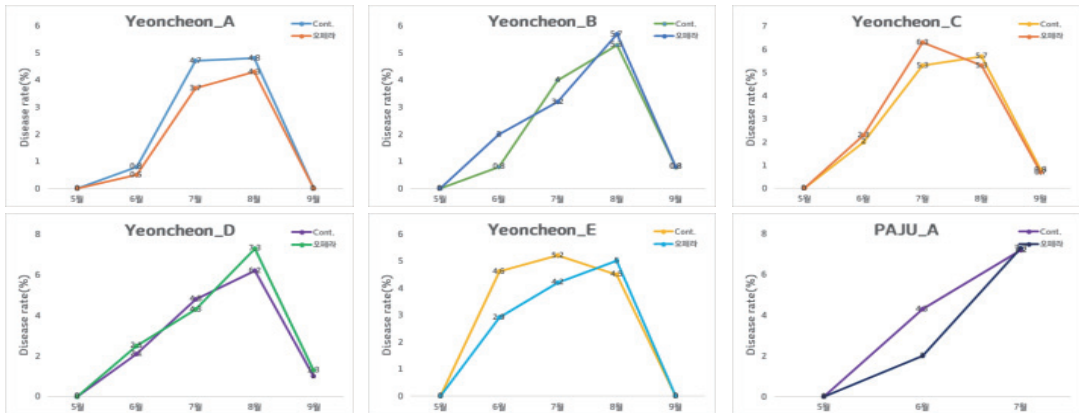
연천군과 파주시에 위치한 실증농가에서 사과 주요 병에 대한 발병률을 조사한 결과는 그림1과 같다. 병해조사 결과 앞에서는 점무늬낙엽병, 갈색무늬병, 붉은별무늬병이 발생되었고, 과실에서는 겹무늬썩음병, 탄저병, 그을음병이 발생된 것으로 확인되었다. 점무늬낙엽병은 8월에 최다발병되었고, 농가별 대조구는 26.8%~31.7%, 처리구(오O라)는 17.5~26.3%로 발병이 확인된 것으로 볼 때 공시 약제에서 억제효과가 나타난 것으로 확인되었다. 갈색무늬병 또한 8월에 최다 발병되었고, 농가별 대조구 4.8~6.2%, 처리구 4.3~7.3%로 공시 약제의 억제효과는 미비한 것으로 확인되었다. 붉은별무늬병의 경우, 6월과 8월 밀도가 높은 편이었으나 발병밀도가 1.0% 내외로 낮은편이었다. 겹무늬썩음병의 경우, 6월에서 9월까지 발병률이 지속적으로 높게 나타났으며, 최다 발병 밀도는 대조구 23.3%, 처리구 18.4%로 억제 효과가 있는 것으로 확인되었다. 탄저병은 7~9월 발병률이 지속적으로 높게 나타났으며, 최다 발병 밀도는 대조구 15.5%, 처리구 9.6%로 억제 효과가 나타난 것을 확인 할 수 있었다. 그을음병은 수확기까지 지속적으로 발병률이 증가하는 경향이 있었으며, 공시 약제의 그을음병 억제효과는 없었다. 다만, 그을음병의 경우 대조약제를 포함한 모든 처리구가 80%이상의 발병률을 보였는데, 이는 해당 포장의 병원균 집단이 기존 관행 약제에 대해 높은 수준의 약제 저항성을 보였을 것으로 확인되며, 공시 약제에서도 효과가 미비했던 부분을 고려해볼 때, 그을음병에 대한 발병 압력이 방제 한계치를 상회했던 것으로 판단된다. 친환경 사과의 무대재배시 병원균 밀도가 높아 대조구와 처리구 간 방제 효과의 차이가 없었으나, 유대재배 후 약제 처리 시 겹무늬썩음병, 탄저병, 점무늬낙엽병에 대한 억제 효과를 확인하였다.



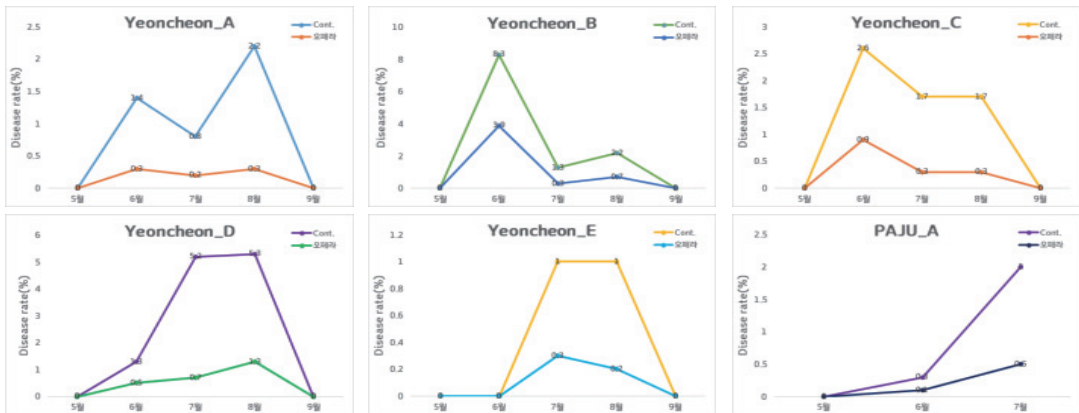
공시 약제에 대한 약해는 한국생물안전성연구소에 위탁의뢰하였으며, 사과 ‘홍로’에 대한 약해 시험 결과 0~4급으로 약해정도를 구분하여 잎 증상을 달관조사한 결과 약해는 없는 것으로 확인되었다.



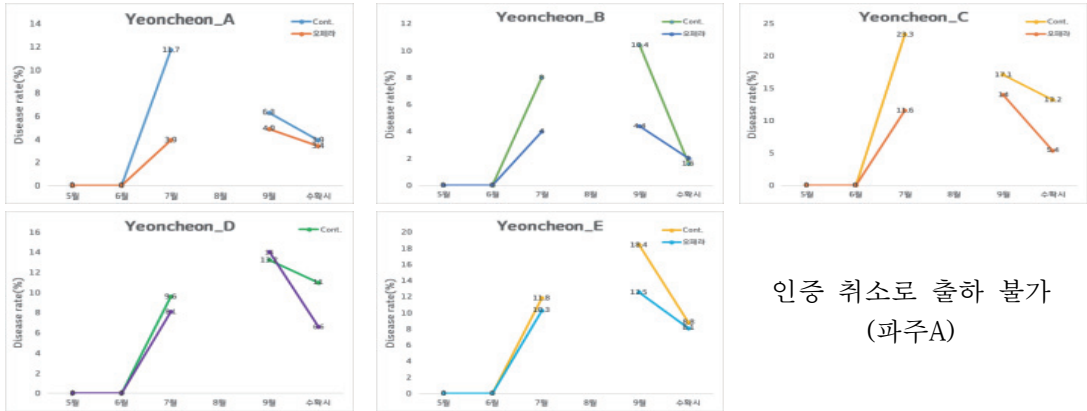
▲ 점무늬낙엽병(*Alternaria mali*)



▲ 갈색무늬병(*Diplocarpon mali*)

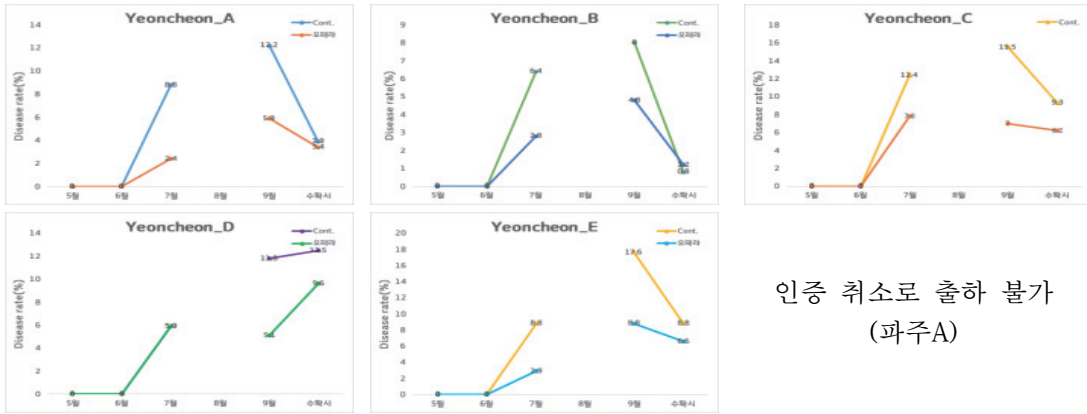


▲ 붉은별무늬병(*Gymnosporangium yamadae*)



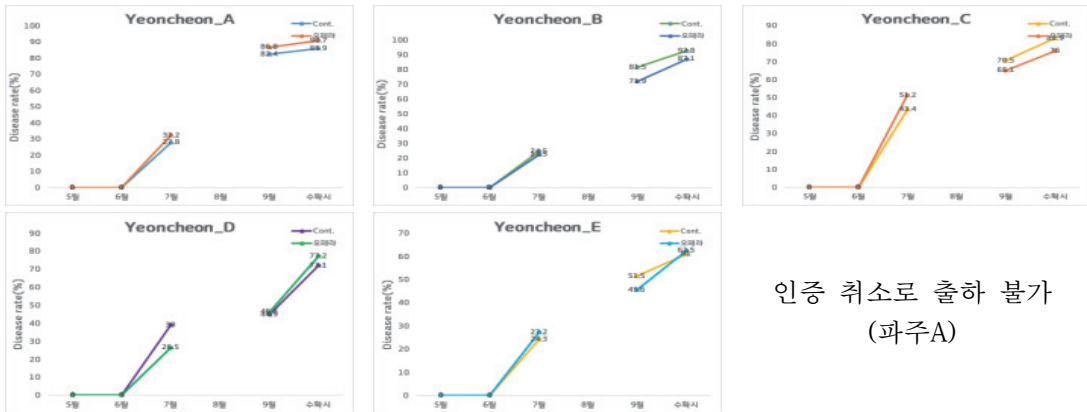
인증 취소로 출하 불가 (과주A)

▲ 겹무늬썩음병(*Botryosphaeria dothidea*)



인증 취소로 출하 불가 (과주A)

▲ 탄저병(*Colletotrichum siamense*)



인증 취소로 출하 불가 (과주A)










▲ 그늘음병(*Gloeodes pomigena*)

그림1. 선정 농가별 사과원 발병률 조사

표7. 공시 약제의 병해 억제 효과 검정

Treatment		점무늬낙엽병 (<i>A.mali</i>)	갈색무늬병 (<i>D.mali</i>)	겹무늬썩음병 (<i>B.dothidea</i>)		탄저병 (<i>C.siamense</i>)	
				유대	무대	유대	무대
연천 A	대조구	64.2±4.1	94.5±0.9	75.8±1.6	51.5±6.8	75.2±5.0	48.5±9.1
	처리구	75.0±2.3	94.3±1.0	83.6±2.8	59.4±6.4	80.0±1.0	52.7±8.2
연천 B	대조구	48.2±2.0	90.2±1.1	83.5±2.2	51.8±0.7	87.1±2.4	50.2±2.1
	처리구	66.5±1.6	91.8±0.4	85.9±2.6	55.8±2.9	88.0±2.4	55.8±3.8
연천 C	대조구	47.8±1.8	88.2±1.0	73.6±2.1	58.9±4.1	72.1±2.3	50.4±3.4
	처리구	55.8±3.3	89.0±1.0	79.8±2.1	62.0±1.6	82.9±1.6	45.0±4.1
연천 D	대조구	50.8±5.2	86.0±1.0	77.8±3.4	56.3±2.7	73.3±1.3	44.4±2.2
	처리구	62.3±2.3	84.8±1.0	83.0±4.5	53.3±3.4	87.4±2.0	50.4±4.5
연천 E	대조구	51.5±6.3	89.3±0.9	84.4±1.3	57.0±2.7	76.3±3.0	51.9±2.0
	처리구	62.0±3.0	88.7±0.7	86.7±2.6	55.6±3.8	80.7±3.9	57.8±3.8
파주 A	대조구	82.9±2.5	84.1±3.2	-	-	-	-
	처리구	88.1±2.8	85.6±3.8	-	-	-	-

표8. 공시 약제 약해 검정

시험약제	시험작물 (품종)	약해정도(0~4)		비고
		기준량	배량	
오오라	사과(홍로)	0	0	약해없음
				
오오라 기준량-3일차	오오라 배량-3일차	무처리-3일차		
				
오오라 기준량-5일차	오오라 배량-5일차	무처리-5일차		
				
오오라 기준량-7일차	오오라 배량-7일차	무처리-7일차		

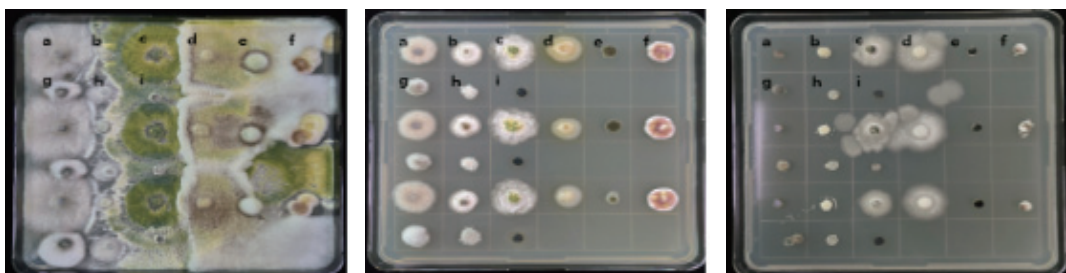


나. 작목별 주요 병 방제를 위한 개발 유기농업자재 효과 검증 및 확대 적용

공시 약제의 타 작물 병원균에 대한 약효 검정을 위해 작목별 주요 병원균 18종에 대한 항균활성을 진행하였다. 디스크확산법과 한천배지희석법을 실시한 결과(그림2, 3), 잣빛곰팡이병(딸기), 잎마름병(양파), 검은무늬병(배추), 탄저병(사과, 고추), 점무늬낙엽병(사과)에서 항균활성이 나타났으며, 이 5종에 대한 군사생장억제율을 확인한 결과 잣빛곰팡이병 68.4%, 잎마름병 64.1%, 배추 검은무늬병 85.0%로 대조구와 비교하여 우수한 항균활성을 보였다(표9).

<i>B. cinerea</i>	<i>S. cepivorum</i>	<i>F. acuminatum</i>	<i>T. harzianum</i>	<i>A. mali</i>	<i>A. brassicicola</i>
<i>T. citrinoviride</i>	<i>A. alternata</i>	<i>C. acutatum</i>	<i>M. fructicola</i>	<i>P. cactorum</i>	<i>B. cinerea</i>
<i>F. oxysporum</i>	<i>B. dothidea</i>	<i>C. siamense</i>	<i>G. cingulata</i>	<i>C. gloeosporioides</i>	<i>C. orbiculare</i>

그림2. 공시 약제 항균활성 검증(1차 스크리닝_디스크 확산법)



▲ 무처리(증류수)

▲ 대조구(균OO)

▲ 처리구(공시약제)

a. *Botrytis cinerea*; b. *Trichoderma harzianum*; c. *Trichoderma citrinoviride*; d. *Sclerotium cepivorum*; e. *Alternaria mali*; f. *Alternaria alternata*; g. *Fusarium acuminatum*; h. *Alternaria brassicicola*; i. *Colletotrichum acutatum*

그림3. 공시 약제 항균활성 검증(2차 스크리닝_한천배지희석법)



표 9. 공시 약제 항균활성 검정 결과

병원균	구분	처리구(오오라)		대조구(균OO)	
		포자발아억제율(%)	균사생장억제율(%)	포자발아억제율(%)	균사생장억제율(%)
<i>B. cinerea</i>		88.9±5.6	68.4±0.4	92.6±4.9	62.7±1.3
<i>A. mali</i>		81.5±3.7	56.9±1.5	70.4±3.7	57.5±2.6
<i>F. acuminatum</i>		96.3±1.9	64.1±0.1	87.0±1.9	42.9±1.7
<i>A. brassicicola</i>		90.7±3.7	85.0±0.9	94.4±3.2	35.1±1.3
<i>C. acutatum</i>		85.2±1.9	41.7±2.1	92.6±3.7	40.1±4.4

※ 선발기준: ① 대조구와 비교하였을 때 효과가 균등하거나 높은 처리 ② 방제효과 50% 이상

다. 우리원 개발 유기농업자재 적용 작물 확대 및 현장실증

공시 약제에 대한 딸기 탄저병의 약효 검정 결과 대조구 대비 높은 방제효과를 보였지만, 27.1~55%로 다소 낮은 방제가를 보여 약효가 미비한 것으로 확인되었다(표10). 이에 반해 딸기 잿빛곰팡이병의 경우 개발 유기농업자재의 발병과율이 유황합제를 활용하는 대조구 보다 낮았으며, 방제가는 69.2%로 유의미한 방제효율을 확인하였다(표11).

표 10. 딸기 탄저병 약효 검정

구분	자재 성분명	방제가(%)		
		A농가*	B농가**	C농가***
무처리	-	-	-	-
대조구	정향추출물 70%+유기목초액20%+보조제10%	37.5±2.2 ¹⁾	33.2±8.6	21.1±1.1
처리구 (오오라)	은행추출물 30%+페퍼민트 오일 30%+보조제40%	55.0±3.4	45.1±1.5	27.1±1.6

*~***: 무처리구 발병주율(%): 21.4%(A), 20.0%(B), 16.0%(C)

¹⁾ 평균±표준오차

표 11. 딸기 잿빛곰팡이병 약효 검정(B농가)

구분	자재 성분명	발병과율(%)*	방제가(%)
무처리	-	16.0±1.68a ¹⁾	-
대조구	유황합제	9.5±1.65ab	40.7
처리구 (오오라)	은행추출물 30%+페퍼민트 오일 30%+보조제40%	4.9±0.80b	69.2

* 조사시점 기준: 무처리 최소 발병율 15% 이상 시 조사, 표본 수(n): 37-83, 평균±표준오차

¹⁾ Tukey's HSD test at 5% level

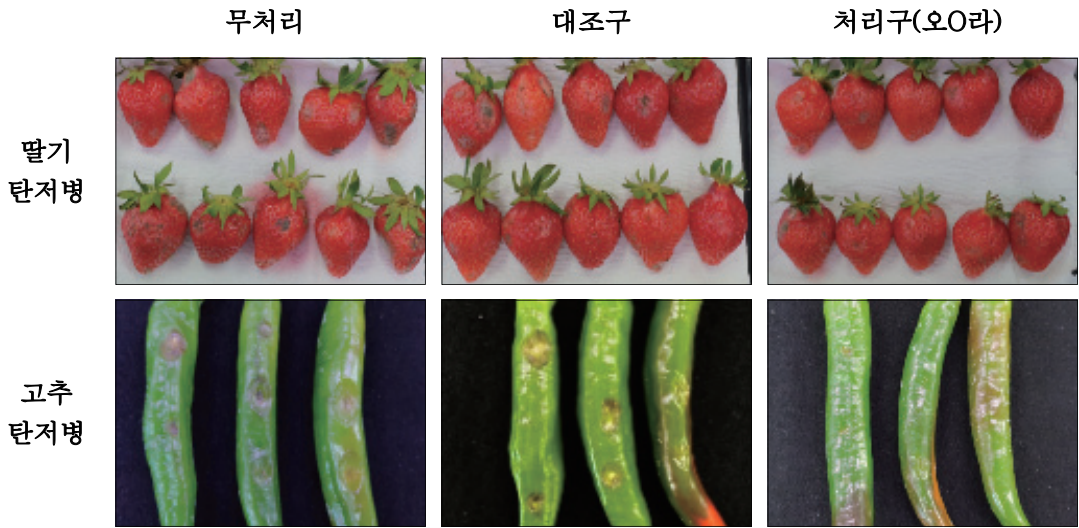


그림6. 딸기, 고추 탄저병 발병과율 조사

고추 탄저병의 경우 공시 약제의 발병과율이 대조구와 비교했을 때 통계적으로 유의미한 차이를 보였으며, 67.7%의 방제가로 높은 방제 효율을 보였다(표12). 하지만 조사시점 기준으로는 높은 방제가를 보여주었으나, 이후 탄저병의 밀도가 급격하게 증가하며 포장 전체로 퍼져 약효의 지속성을 보여주지는 못하였다. 무처리구와 처리구 사이의 간격이 크지 않았다는 점과 탄저병 특성상 포자 확산속도가 빠르다는 점을 고려해볼 때, 초기 방제 효율에 있어서는 공시 약제가 고추 탄저병에 방제효과를 보였으나 약제처리를 하지 못하는 무처리구에서의 높은 밀도의 포자 확산까지는 막지 못한 것으로 판단된다. 따라서, 공시 약제를 탄저병 방제를 위해 활용 시에는 초기 방제와 더불어 지속적인 약제 활용이 필수적인 것으로 판단되며, 방제에 필요한 비용과 비용 대비 방제가 등 활용 시 고려할 점이 많을 것으로 판단된다.

표 12. 고추 탄저병 약효 검정(G농가)

구분	자재 성분명	발병과율(%)*	방제가(%)
무처리	-	58.0±6.74a ¹⁾	-
대조구	이산화염소수	42.7±0.95a	26.4
처리구 (공시약제)	은행추출물 30%+페퍼민트 오일 30%+보조제40%	18.8±0.32b	67.7

*조사시점 기준: 무처리 최소 발병율 15% 이상 시 조사, 표본 수(n): 129~311, 평균±표준오차

¹⁾ Tukey's HSD test at 5% level

양파 노균병의 경우 유황합제, 식물성오일 등을 활용하는 대조구 대비 공시 약제에서 더 높은 방제효율을 보여주었다. 하지만 47.6~73.4%의 방제가가 나타나 농가별로 큰 차이를 보이는 것을 확인하였다(표13). 이는 3농가(D,E,F)의 양파의 품종이 모두 달랐으며(표5), 류마르스 품종의 경우 실제로 내병성 품종으로 잘 알려져 있어, 가장 방제가가 높았던 것이라고 판단되었다. 방제가가 중간으로 나타난 쓰루마루의 경우 저장성이 좋은 품종으로 알려져 있으며, 방제가가 가장 낮았던 천주중고황 품종은 내한성에 더 특화된 품종으로 알려져 있는 것을 고려해볼 때, 본 시험에서의 양파 노균병 약효 검정 결과는 품종에 따른 방제가의 차이가 나타난 것으로 판단된다.

표13. 양파 노균병 약효 검정

처리구	농가	자재 성분명	방제가(%)
대조구	D	식물성 에센셜오일(1,000배 희석)	32.7±11.9
	E	유황합제(500배 희석)	27.4±11.6
	F	유황합제, 아인산염	11.4±4.5
처리구 (공시약제)	D	은행추출물 30%+페퍼민트 오일 30%+보조제40%	53.7±3.4
	E	은행추출물 30%+페퍼민트 오일 30%+보조제40%	73.4±8.3
	F	은행추출물 30%+페퍼민트 오일 30%+보조제40%	47.6±8.0
무처리		-	-

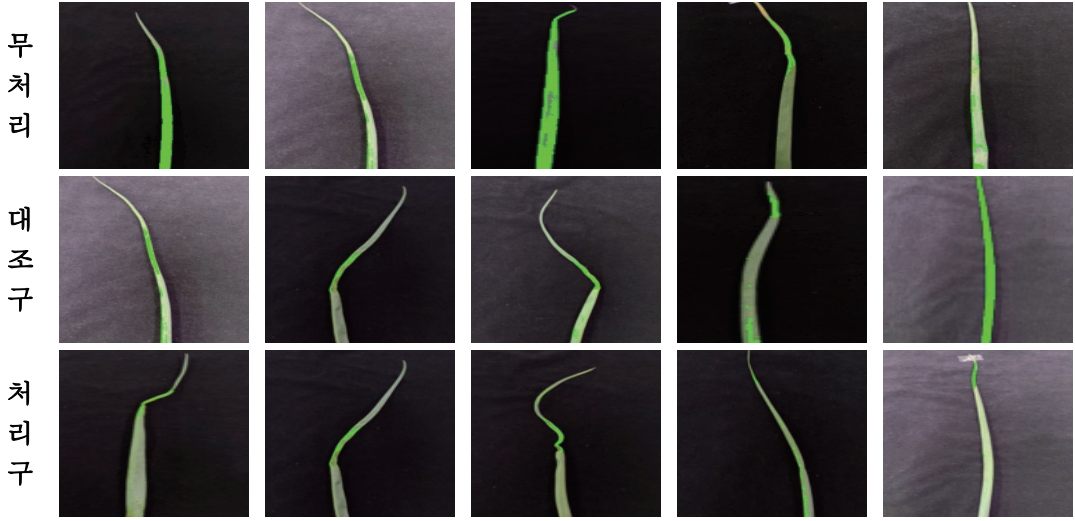


그림5. 양파 노균병 병반면적률 조사



박과류 흰가루병은 공시 약제가 대조구 대비 높은 방제가를 보였다. 먼저 멜론 흰가루병의 경우, 공시 약제가 대조구 대비 발병엽률은 통계적으로 유의한 차이를 크게 보이지 않았지만, 병반면적률은 큰 차이가 나는 모습을 확인하였다(표14). 이는 대조구와 처리구 모두 어느 정도 발병은 되나 발병 정도에서 큰 차이를 보였음을 알 수 있다(그림6). 방제가는 처리구에서 61.7%를 보였다. 또한 오이 흰가루병의 경우 방제가가 98.7%로 대조구 대비 매우 높은 방제효율을 보여주며, 공시 약제가 박과류 흰가루병에 방제 효율이 높은 것을 확인 할 수 있었다. 이러한 결과를 통해 순간적 방제는 쉽지만 약제 처리 후 지속력이 없을 경우 병이 지속적으로 발병되는 문제가 있는 흰가루병에 대해서 공시 약제의 약효 지속이 타 약제보다 오래 유지되는 것으로 판단된다.

표 14. 멜론 흰가루병 약효 검정(H농가)

구분	자재 성분명	발병엽률(%)*	병반면적률(%) ²⁾	방제가(%)
무처리	-	78.5±3.75a ¹⁾	94.8±3.88a	-
대조구	황	64.2±3.43ab	79.6±1.00a	16.0
처리구 (공시약제)	은행추출물 30%+페퍼민트 오일 30%+보조제40%	46.0±4.40b	36.3±4.07b	61.7

* 조사시점 기준: 무처리 최소 발병율 15% 이상 시 조사, 표본 수(n): 395~448, 평균±표준오차

¹⁾ Tukey's HSD test at 5% level

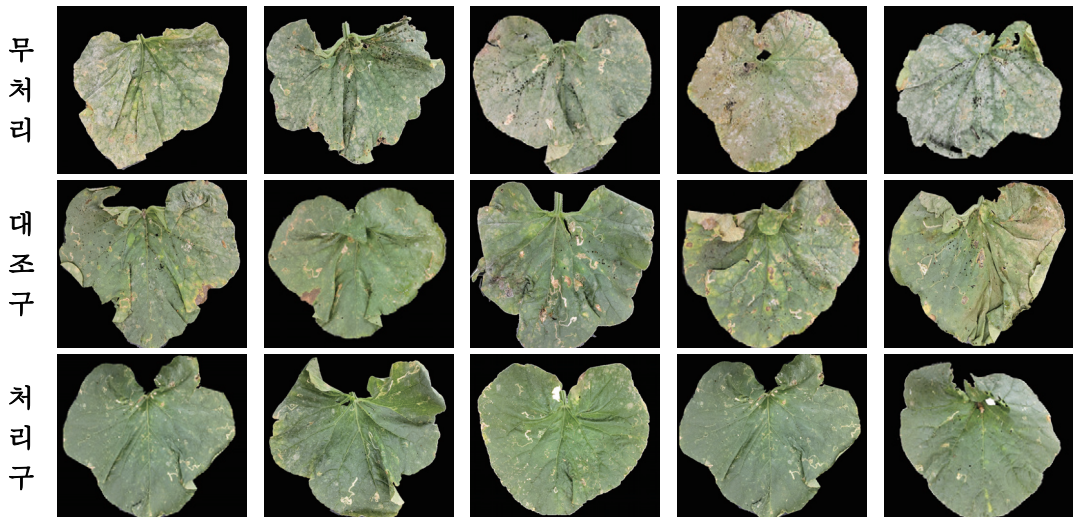


그림6. 멜론 흰가루병 병반면적률 조사

표 15. 오이 흰가루병 약효 검정 결과

구분	자재 성분명	방제가(%)
무처리	-	-
대조구	Lime sulfur+고삼추출물	69.7
처리구 (공시약제)	은행추출물+페퍼민트오일 유제	98.7

* 조사시점 기준: 최초 약제처리후 10일차, 구당 10주, 5엽씩 병반면적률조사

각 작목 품종을 대상으로 약해 검정을 한국생물안전성연구소, 인바이오, 친환경미생물연구소에서 나누어 진행하였으며, 기준량 및 2배량을 처리 후 3, 5, 7일차까지 총 3회에 걸쳐 달관 조사한 결과, 모든 작목에서 공시 약제에 대한 약해는 발생하지 않은 것을 확인하였다(표16).

표 16. 작목별 공시 약제 약해 검정

시험약제	시험작물 (품종)	약해정도(0~4)		비고
		기준량	배량	
공시 약제	딸기 (설향)	0	0	약해없음
공시 약제	양파 (쯔루마루, 류마르스)	0	-	기준량 약해없음
공시 약제	오이 (호동청장)	0	0	약해없음
공시 약제	멜론 (오뚜기)	0	0	약해없음
공시 약제	고추 (따따블)	0	0	약해없음

4. 적 요

가. 사과 병 방제를 위한 경기도원 개발 친환경농자재 현장실증

1) 사과 주요 병원균 발병률 조사

가) 점무늬낙엽병: 8월 최다 발병, 농가별 대조구 26.8~31.7%, 오페라 17.5~26.3% 발병하였으며, 억제 효과가 있는 것으로 확인되었음

나) 갈색무늬병: 8월 최다 발병, 농가별 대조구 4.8~6.2%, 오페라 4.3~7.3% 발병하였으며, 효과는 미비하였음

다) 붉은별무늬병: 6월, 8월 밀도가 높은편이었으나 일부 농가를 제외하고 발병밀도가 1.0% 내외로 낮은 편이었음

라) 겹무늬썩음병(유대): 6-9월 발병률이 지속적으로 높게 나타났으며, 최다 발병 밀도는 대조구 23.3%, 오페라 18.4%로 억제 효과가 있는 것으로 확인되었음

마) 탄저병(유대): 7-9월 발병률이 지속적으로 높게 나타났으며, 최다 발병 밀도는 대조구 15.5%, 오페라 9.6%로 억제 효과가 있는 것으로 확인되었음

바) 그을음병(유대): 수확기까지 지속적으로 발병률이 증가하는 경향이었고, 전체 과수의 80% 이상 그을음병이 생기는 것을 확인하였으며, 오페라 처리시 그을음병 억제 효과는 없었음

2) 공시 약제 처리에 따른 약효약해 검정

가) 친환경 사과 사과 무대재배시 병원균 밀도가 높아 대조구와 사용 약제(오페라)간 방제 효과에서 큰 차이는 없는 경향이었으나 유대재배 후 약제처리시 겹무늬썩음병, 탄저병, 점무늬낙엽병에 대한 억제 효과를 확인하였음

나) 한국생물안전성연구소 위탁의뢰 후 사과 ‘홍로’에 대한 약해시험 결과 0~4급으로 약해정도를 구분하여 잎 증상을 달관조사한 결과 약해는 없는 것으로 확인되었음

나. 작목별 주요 병 방제를 위한 개발 유기농업자재 효과 검증 및 확대 적용

1) 작목별 주요 병원균 18종 기내검정 시험 후 5종 선발 : 잿빛곰팡이병(딸기) 잎마름병(양파), 검은무늬병(배추), 탄저병(고추, 인삼), 점무늬낙엽병(사과)

2) 5종에 대한 균사생장억제를 확인 결과 잿빛곰팡이병 68.4%, 점무늬낙엽병 56.9%, 양파 잎마름병 64.1%, 배추 검은무늬병 85.0% 효과를 확인하였음

다. 우리원 개발 유기농업자재 적용 작물 확대 및 현장실증

1) 딸기 잿빛곰팡이병 약효 성적 결과 무처리와 비교하였을 때 발병과율이 유의미한 차이를 보였으며, 잿빛곰팡이병에 대하여 69.2%의 방제효과를 확인하였음

2) 공시 약제에 대한 딸기 탄저병의 약효는 미비한 것으로 확인되었음

3) 양파 노균병 약효 성적 결과 상시 발병되는 이천, 양평, 안성지역에서 47.6~73.4%의 방제효과를 확인했으며, 약효의 큰 차이는 품종에 따른 부분이라고 판단되었음

3) 고추 탄저병 약효 성적 결과 67.7% 방제 효과를 확인하였으나, 조사 이후에도 지속적으로 탄저병이 발병되는 문제를 확인하였음

4) 박과류 흰가루병은 공시 약제에서 타 약제보다 방제 지속력이 오래 유지되는 것을 확인하였고, 오이 흰가루병은 98.7%, 멜론 흰가루병은 61.7%의 방제효과를 확인하였음



5. 인용문헌

- Tae-Seok Oh, Han-Mo Koo, Hei-Ryeo Yoon, Nam-Su Jeong, Yeong-Jin Kim and Chang-Ho Kim. (2015). Antifungal Action of *Ginkgo biloba* Outer seedcoat on Rice Sheath blight. *The Plant Pathology Journal*, 31(1): 61-66.
- Ankita, Sunita Chandel, Manish Kumar and Vijay Kamal Meena. (2019). Ecofriendly Approach of Managing Onion Downy Mildew. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(12): 2474-2480.
- 정미혜, 김대회, 엄재열. 사과 겹무늬썩음병의 효과적인 방제를 위한 약제살포 체계의 수립 1. 사과의 생육시기별 보호살균제의 선택 원칙. *Korean journal of plant pathology* 10(4). 284-291.
- 엄재열. (2022). 한국에서의 사과 병 방제체계 개발과 약제 저항성 문제. *한국농약과학회 학술발표대회 논문집*, 17-27.
- 남주희, 원태진, 문지영, 신민우, 백일선, & 정구현. (2021). 경기 북부지역 무농약 사과 재배지 병해 분리 및 친환경 방제를 위한 식물추출물 연구. *한국환경농학회 학술발표 논문집*, 2021, 216-217.
- 경기도농업기술원. (2022). 2022년도 시험연구보고서. 687-709.
- 국립농산물품질관리원. (2026). 유기농업자재 공시조회. <https://www.naqs.go.kr/>

6. 연구결과 활용제목

- 영농활용
 - 멜론 흰가루병 방제 효과가 우수한 유기농업자재 활용방법(영농활용, 2025년)
 - 양파 노균병 방제 효과가 우수한 유기농업자재 활용방법(영농활용, 2024년)
 - 오이 흰가루병 방제 효과가 우수한 유기농업자재 활용방법(영농활용, 2024년)
 - 딸기 잿빛곰팡이병 방제 효과가 우수한 유기농업자재 활용방법(영농활용, 2025년)
- 유기농업자재 등록(2025년): 병해관리용 유기농업자재(공시-2-4-228)



7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
						'23	'24	'25
친환경 농산물 병 방제용 농자재 실용화 연구	책임자	친환경미생물 연구소	농업연구사	김 규 순	세부과제총괄	-	-	○
	공동연구자	친환경미생물 연구소	농업연구관	전 명 희	연구자문	-	-	○
	〃	〃	농업연구사	이 영 수	연구자문	-	-	○
	〃	〃	〃	신 민 우	약제처리	○	○	○
	〃	〃	〃	문 지 영	균주관리	○	○	○
	〃	〃	농업연구관	하 태 문	연구자문	-	○	○
	〃	〃	〃	최 병 렬	연구자문	○	○	-
	〃	〃	〃					