

과제구분	기본	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제	연구분야	수행기간	연구실	책임자	
경기지역 친환경 대파 종합생산기술 개발	유기농업	'21~'23	친환경미생물연구소 친환경농업연구팀	장재은	
경기지역 대파 주요 병해 친환경 방제기술 개발	유기농업	'21~'23	친환경미생물연구소 친환경농업연구팀	남주희	
색인용어	경기지역, 공공급식, 친환경 대파, 재배기술, 병해충, 친환경 방제기술				

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the control effects of the environmental-friendly materials against major diseases of green onion. Seasonal prevalence of major diseases of green onions were investigated at naturally infected fungal diseases in Gyeonggi-do from 2021 to 2023. The major diseases of green onions were observed leaf blight, black spot, downy mildew, and rust. The antibacterial activity was tested against 15 types of commercially available environmental-friendly materials and 98 types of antagonistic microorganisms owned by Organic Microorganism Research Center of Gyeonggi-do Agricultural Research & Extension Services. Six types of environmental-friendly materials and 16 types of antagonistic microorganisms were selected through the disc diffusion method. Among the environmental-friendly materials selected in the first round, three types of organic agricultural materials with the best mycelium growth inhibition effect were selected. The antagonistic microorganism(446), EFAM5 showed a good effect for the control of major disease of green onions without phytotoxicity. The control effect was tested in the organic cultivation of green onions located in Icheon. EFAM5 was effective against 53.8% of leaf blight, 63.4% of downy mildew, and 60.0% of rust, and antagonistic microorganism(446) was effective against 56.7% of leaf blight, 51.8% of black spot, 67.5% of downy mildew, and 55.4% of rust.

Key words: green onions, leaf blight, black spot, downy mildew, rust.

1. 연구목표

경기도는 친환경농업육성조례와 경기도 공공급식 지원에 관한 조례 등 제도적인 지원계획을 바탕으로 공공급식으로 친환경 급식 참여율을 증대시키고 친환경농산물의 안정적인 공급여건을 조성하고 있다. 경기도 대파 재배 현황은 2020년 기준 노지 재배면적 1,779 ha, 생산량 40,819톤이며, 시설 재배면적은 773 ha, 생산량 18,335톤으로 전체 생산량은 59,154톤으로 전남에 이어 전국 생산량 2위를 차지하고 있다(경기도농업기술원, 2023).

경기도 친환경 대파는 농가 소득에 중요한 작목 중 하나이지만 대파 주요 병해 관리에 대한 친환경 방제 기술과 효과적인 유기농업자재 부족으로 특정 병원균이 발병할 경우 수확량의 감소와 상품성에 큰 피해를 주게 된다. 최근에는 이상기후로 장마철이 길어지거나 고온 다습한 조건이 장기간 지속되는 경우가 많아 주요 병해가 다발적으로 발병하며, 방제가 까다로워 예방적으로 병원균 밀도를 사전에 관리하는 것이 더 중요해지고 있는 실정이다. 경기도의 경우 수확시기가 장마기와 겹치고, 주요 병원균이 대부분 고온에서 장마기가 지속되거나 습도가 높을 경우 급속하게 전파되어 대파 지상부에 직접적으로 발생하므로 이에 대한 친환경 병 방제 기술 개발 연구가 필요하다.

대파의 식용 부위는 연백부와 잎을 주로 이용하며, 파 잎에 발생하는 병으로는 잎마름병, 검은무늬병, 노균병, 녹병 등이 대표적이다. 류 등(2015)에 따르면 잎마름병과 검은무늬병은 잎에 발생하여 생산량을 떨어뜨리는 주요 곰팡이병으로 기온이 높고 습도가 높을 때 많이 발생하는 것으로 알려져 있다. 잎마름병의 초기 병징은 잎에서 흑갈색 병반이 형성되고, 시간이 경과될 경우 병반이 엽맥을 따라 잎끝까지 길게 확대되어 노랗게 마르게 된다. 검은무늬병은 타원형의 흑갈색 모양 병반이 육안으로 관찰되며 심할 경우 큰 겹둥근무늬 병반으로 확대되고 중앙 부위 검은색 분생 포자가 나타난다. 수확기 전 장마기가 지속될 경우 전파속도가 빠르다. 피해가 심할 경우 잎 전체가 말라죽고 20-30% 이상 발병주율이 나타나 수량과 상품성을 저하시키는 대표적인 병원균이다.

노균병과 녹병은 저온 다습한 환경에서 발생하는 병원균으로 상대 습도가 높거나 봄철 일교차가 커지는 시기에 발생하는데(고 등, 1996) 초기 방제 시기를 놓칠 경우 약제 방제가 어렵기 때문에 효과적인 유기농업자재를 주기적으로 살포해주고, 통풍이 잘 되도록 재배적 관리를 함께 하는 것이 병원균 밀도를 낮추는 데 효과적이다.

최근 이상기후로 고온기와 장마가 지속되고 재배 환경이 불안정해지면서 대파 수확 전까지 주요 병원균에 대한 예방적 관리가 지속적으로 필요한 상황이지만 이에 대한 친환경 방제 기술이 부족하고, 예방 효과가 우수한 유기농업자재에 대한 정보가 부족한

실정이다.

이에 대파 병 방제용 유기농업자재 선발 및 현장실증 연구를 통하여 잎마름병, 검은무늬병, 노균병, 녹병 등 주요 병원균에 대한 방제 기술을 개발하였다.

2. 재료 및 방법

가. 경기지역 대파 주요 병원균 분리·동정과 발생 소장 조사

경기지역 대파 재배지에서 발생하는 주요 병원균을 분리·동정하고 발생 소장을 조사하기 위하여 경기도 이천시에 소재한 친환경 대파 노지 재배 3지점과 시설 재배 3지점을 선정하였다. 대파 주요 병원균 분리를 위해서 재배기간 동안 발병된 시료를 채취하고 병반 1 cm×1 cm 절단한 뒤 EtOH 70%로 1분간 세척한 뒤 멸균수로 세척 후 항생제가 첨가된 병원균 분리배지(표 1)의 중앙에 치상하였다. 25℃에서 5일 내외로 배양 후 배양된 미생물을 단일콜로니로 순수분리(진균-포자분리)하여 친환경 대파 병원균 분리·동정에 사용하였다. 순수 분리된 대파 주요 병원균은 PDA배지에 cork borer 6.5 mm로 일정한 크기의 병원균을 중앙부위에 치상하여 25℃에서 4~7일 배양하였고, 14일간격으로 계대배양하여 항균활성 검정 시험에 사용하였다. 순수분리된 병원균의 동정을 위해 ITS 부위의 유전자를 증폭시켜 ITS5, ITS4 프라이머를 이용하여 염기서열을 분석하였다(표 2). 대파 주요 병원균에 대한 발생 소장 조사를 위한 연차별 재배 지역 환경분석은 데이터로거 온습도센서와 농업날씨365를 활용하여 환경데이터를 수집하였다. 발생 소장 조사는 발병률, 병반면적률에 대하여 농촌진흥청 연구조사분석기준에 준하여 조사하였으며, 발병주율에 따른 발병도를 지점별로 나타내었다(표 3, 4).

표 1. 친환경 대파 주요 병원균 분리배지

미생물 종류	사용배지(항생제)
진균류	PDA(w/streptomycin)

표 2. 동정에 사용된 프라이머 목록

Primer name	Type	Sequence	Base
ITS5	Universal	GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG	22
ITS4	Universal	TCCTCCGCTTATTGATATGC	20

표 3. 대파 주요 병원균에 대한 발병도 기준

구분	무발병	1.0% 이하	1.0 초과 ~ 10.0% 이하	10.0 초과 ~ 20.0% 이하	20.0 초과 ~ 50.0% 이하	50.0 초과
발병도	0	1	3	5	7	9

표 4. 경기지역 친환경 대파 주요 병원균 분리를 위한 조사지역 정보

구분	지역	품종명	재배유형
이천시	이천시 대월면 도리리 219-8(A)	흑금장	노지
	이천시 마장면 이평리 576-6(B)	〃	노지
	이천시 마장면 덕평리 592(C)	〃	노지
	이천시 대월면 도리리 219-8(D)	〃	하우스
	이천시 마장면 이평리 576-6(E)	〃	하우스
	이천시 마장면 덕평리 592(F)	〃	하우스
광주시	광주시 평촌길 65번길 48	〃	노지

나. 대파 주요 병원균에 대한 유기농업자재 항균활성 검정

대파 잎마름병, 검은무늬병에 대한 항균활성 검정 시험을 위하여 15종의 시판 유기농업자재와 경기도농업기술원이 보유한 98종의 균주(표 5, 6)를 디스크확산법과 대치배양법으로 1차 스크리닝하여 우수한 유기농업자재와 길항미생물을 선발하고 한천배지희석법을 통하여 군사생장억제율을 측정하였다.

인공배양이 가능한 잎마름병, 검은무늬병은 기내검정을 통한 디스크확산법과 한천배지희석법으로 1차 스크리닝한 후 선발된 유기농업자재에 대하여 실외검정을 실시하였으며, 활물기생균인 녹병, 노균병은 친환경미생물연구소 친환경농업연구포장에서 실외검정을 진행하였다. 군사생장억제율은 선발된 유기농업자재별 권장희석배수만큼 포함된 PDA 배지를 제작하여 병원균을 중앙에 치상한 뒤 무처리 군사가 petri dish 끝까지 생장된 날을 기준일로 하여 25℃에서 배양시킨 뒤 무처리 대비 군사생장억제율을 표 7에 제시된 식을 이용하여 산출하였다.

표 5. 항균활성 검정 시험에 사용된 유기농업자재 목록

구분	상표명	대상작물	주 원료	희석배수	공시목록 번호
1	EFAM1	원예전작물, 수도작	sulfer	1,000배	-2-4-68
2	EFAM2	대파 등	sulfer	1,000배	-1-6-001
3	EFAM3	마늘, 대파 등	식물추출물	1,000배	-2-6-042
4	EFAM4	고추, 토마토 상추 등 원예전작물	-	500-1,000배	-2-6-019
5	EFAM5	고추, 토마토 오이 등 원예전작물	정향추출물 등	500배	-1-2-13
6	EFAM6	고추, 마늘, 상추, 당근, 호박, 대파	식물성오일	500-1,000배	-2-6-045
7	EFAM7	수박, 토마토, 배추 등 원예전작물	식물추출물	500-1,000배	-2-4-073
8	EFAM8	배추, 딸기, 오이, 참외 등 원예전작물	sulfer	200배-250배	3-6-016
9	EFAM9	배, 사과, 고추, 수박 등 원예전작물	구리염15%, 황10%	500-1,000배	-1-6-041
10	EFAM10	고추, 상추, 마늘, 사과, 대파	황 53%	500배	-2-4-138
11	EFAM11	-	-	-	-
12	EFAM12	고추, 배추, 수박, 참외 등 원예전작물	활성오르토규산	40배-2000배	-2-4-110
13	EFAM13	전작물 적용가능	차나무추출물	500-1,000배	-1-6-026
14	EFAM14	사과, 배, 포도, 대파	보르도액 76.9%	500배	1-4-028
15	EFAM15	사과, 배추, 오이, 대파	소프넛, 자몽등	1,000배	-2-6-010

※ 시판 유기농업자재(EFAM: Eco-friendly agricultural material)로 판매회사에서 제공한 정보임

표 6. 경기도원 제공 항균활성 시험 적용 길항 미생물 목록

번호	균주번호	균주명	번호	균주번호	균주명	번호	균주번호	균주명
1	518	19EO518	34	674	19EO674	67	108	22GASO108
2	520-1	19EO520-1	35	683	19EO683	68	109	22GASO109
3	521	19EO521	36	697	19EO697	69	110	22GASO110
4	527	19EO527	37	707	19EO707	70	111	22GASO111
5	528	19EO528	38	711	19EO711	71	112	22GASO112
6	529	19EO529	39	715	19EO715	72	113	22GASO113
7	530	19EO530	40	722	19EO722	73	115	22GASO115
8	533	19EO533	41	729	19EO729	74	116	22GASO116
9	535	19EO535	42	742	19EO742	75	117	22GASO117
10	549	19EO549	43	750	19EO750	76	118	22GASO118
11	550-1	19EO550-1	44	769	19EO769	77	120	22GASO120
12	554	19EO554	45	788	19EO788	78	121	22GASO121
13	561	19EO561	46	793	19EO793	79	351	22JESO351
14	573	19EO573	47	797	19EO797	80	352	22JESO352
15	575	19EO575	48	800	19EO800	81	357	22JESO357
16	577	19EO577	49	802	19EO802	82	358	22JESO358
17	578	19EO578	50	803	19EO803	83	360	22JESO360
18	579	19EO579	51	806	19EO806	84	361	22JESO361
19	581	19EO581	52	808	19EO808	85	363	22JESO363
20	582	19EO582	53	809	19EO809	86	364	22JESO364
21	583	19EO583	54	813	19EO813	87	365	22JESO365
22	585	19EO585	55	816	19EO816	88	367	22JESO367
23	631	19EO631	56	826	19EO826	89	368	22JESO368
24	637	19EO637	57	830	19EO830	90	434	22JESO434
25	645	19EO645	58	835	19EO835	91	435	22JESO435
26	651	19EO651	59	836	19EO836	92	437	22JESO437
27	653	19EO653	60	837	19EO837	93	438	22JESO438
28	656	19EO656	61	100	22GASO100	94	444	22JESO444
29	666	19EO666	62	101	22GASO101	95	445	22JESO445
30	667	19EO667	63	102	22GASO102	96	446	22JESO446
31	669	19EO669	64	104	22GASO104	97	448	22JESO448
32	670	19EO670	65	105	22GASO105	98	449	22JESO449
33	672	19EO672	66	106	22GASO106			

표 7. 균사생장억제율 산정 공식

$$\text{균사생장억제율(\%)} = [1 - (\text{처리구 균사생장길이} / \text{무처리구 균사생장길이})] \times 100$$

다. 대파 주요 병원균에 대한 선발 유기농업자재와 길항미생물의 방제 효과 검정

상기 자재와 균주 중 활성검정 후 포자발아억제율과 균사생장억제율이 우수한 유기농업자재 2종과 길항미생물 4종에 대하여 경기도농업기술원 친환경미생물연구소 친환경경농업연구포장에서 대파를 재배하여 잎마름병, 검은무늬병, 녹병, 노균병 등 주요 병원균에 대한 방제효과, 수량성을 조사하였다. 인공배양이 가능한 잎마름병과 검은무늬병은 10^5 conidia/ml 농도로 재배 시험포장 내 인공 접종하였고, 병반면적률, 발병도를 확인하였다(표 8). 노균병, 녹병은 자연발생병원균을 대상으로 방제효과를 검정하였다. 수량성은 3반복으로 1.2 m×1 m 구획을 수확하여 무게를 측정한 뒤 10a 당 수량을 계산하였다.

표 8. 대파 주요 병원균 병반면적률과 발병도 산정 공식

- 병반면적률(%) = 병반면적 / 전체 엽면적 × 100
- 발병도: 병반면적률을 기준으로 조사 지수로 산정하여 기록
*0: 무발병, 1: 병반면적률 1.0% 이하, 3: 1.0~5.0% 이하, 5: 5.0~10.0% 이하, 7: 10.0~20.0% 이하, 9: 20.0% 초과

라. 선발 유기농업자재와 길항미생물 대파 유기재배 농가현장 실증

잎마름병, 검은무늬병, 노균병, 녹병에 대하여 방제효과가 가장 우수한 유기농업자재 1종과 길항미생물 1종을 선발하여 경기도 이천에 소재한 대파 유기재배 농가에서의 현장실증으로 농가에서 병해충 방제로 사용하는 유산균 여액을 대조구로 하여 선발한 유기농업자재와 길항미생물 효과를 비교하고, 대파 생육특성 및 수량성을 조사하였다. 대파 생육특성과 수량성은 농촌진흥청 조사분석기준(RDA, 2012)에 준하여 조사하였다(표 9).

표 9. 대파 생육특성 및 수량 조사 방법

항목	조사방법	단위
초장	위경의 기부에서 잎 끝까지 길이를 조사	cm
엽장	엽초부터 최장엽의 끝까지 길이 조사	cm
수량	수확 시 대파 상품성 조사 및 단위면적당 수량 조사	kg

※ 출처: 농촌진흥청 조사분석기준(RDA 2012)

3. 결과 및 고찰

가. 경기지역 대파 주요 병원균 분리·동정과 발생 소장 조사

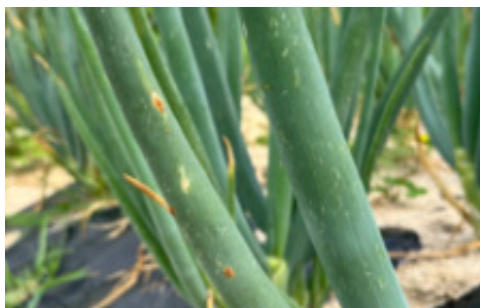
대파 병원균 동정 결과 잎마름병, 검은무늬병, 녹병, 노균병이 분리되었는데(그림1, 3), 노지재배의 경우 2021년 노균병 5.0~8.3%, 잎마름병 1.0~5.0%, 검은무늬병 20.0~25.0%, 녹병 1.0~5.0%, 2022년 노균병 0%, 잎마름병 8.7~13.6%, 검은무늬병 8.1~8.7%, 녹병 1.0~1.1%, 2023년 노균병 3.3%, 잎마름병 27.3%, 검은무늬병 8.3%, 녹병 24.3% 로 나타났다(표 10). 하우스 재배의 경우 2021년부터 2023년까지 대파 주요 병원균의 발생은 없었다(표 11). 2021년 노균병 병반면적율이 높았던 것은 수확 전 집중 호우로 다습한 환경 조건이 발생되었기 때문이며(그림2), 김 등(2021)은 노균병은 상대습도 90%의 환경에서 몇 개의 포자만으로 노균병 병만 형성이 가능하고, 다양한 환경 요인 중 상대습도가 노균병 발병에 가장 중요한 요인이라고 한 보고로 볼 때 상대습도의 연차간 차이로 생각되어진다. 2023년 녹병 발병도가 높은 이유는 인근 마늘 재배지의 녹병 대발생으로 병 전파로 발생포장율이 높아졌고, 2021년과 2022년 녹병의 발병정도 차이는 보이지 않았다(표10).



잎마름병



검은무늬병

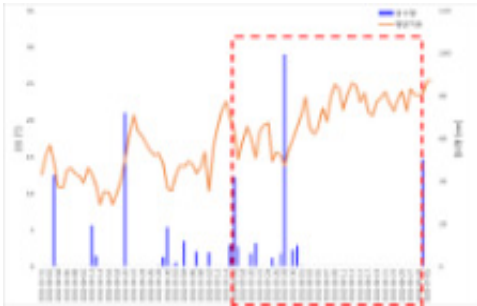


녹병



노균병

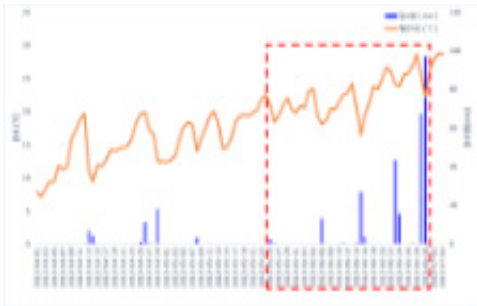
그림 1. 대파 주요 병원균 4종



2021. 3. 31. - 2021. 7. 4. (상반기)



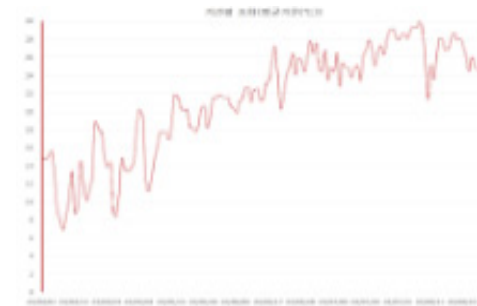
2021. 7. 5. - 2021. 11. 2. (하반기)



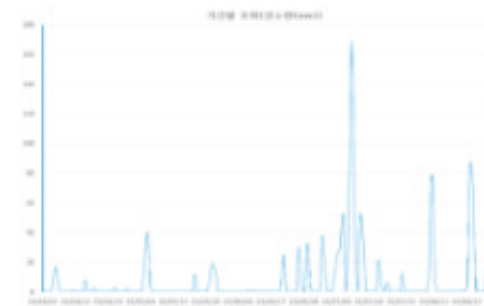
2022. 4. 1. - 2022. 7. 4. (상반기)



2022. 7. 4. - 2022. 11. 13. (하반기)



2023. 4. 1. - 2023. 8. 31.(평균 기온)



2023. 4. 1. - 2023. 8. 31.(강수량)

그림 2. 연차별 환경데이터 수집

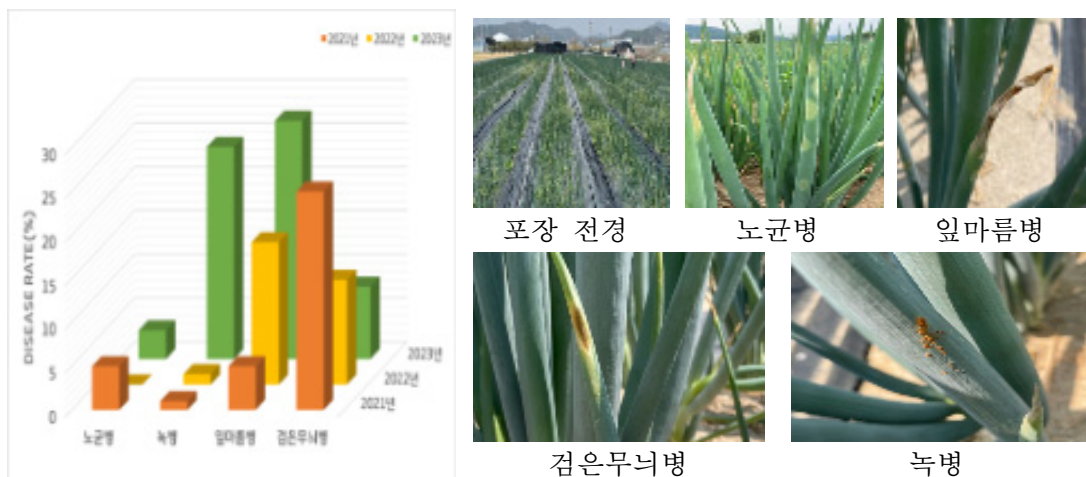


그림 3. 연차별 친환경 대파 주요 병원균 발생 소장

표 10. 연차별 대파 주요 병해 병반면적률에 따른 연간 발병도(노지재배)

병원균 연도	노균병 (<i>Peronospora destructor</i>)			잎마름병 (<i>Stenphylium vesicarium</i>)			검은무늬병 (<i>Alternaria porii</i>)			녹병 (<i>Puccinia allii</i>)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
2021	3 (8.3%)	3 (5.0%)	3 (5.0%)	3 (5.0%)	3 (2.3%)	3 (1.0%)	7 (23.3%)	5 (20%)	7 (25%)	3 (5.0%)	3 (2.3%)	1 (1.0%)
2022	1 (0.2%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (12.9%)	3 (13%)	3 (13%)	3 (8.7%)	3 (8.4%)	3 (8.1%)	1 (1.0%)	1 (1.0%)	3 (1.1%)
2023	-	-	3 (3.3%)	-	-	7 (27.3%)	-	-	3 (8.3%)	-	-	7 (24.3%)

표 11. 연차별 대파 주요 병해 병반면적률에 따른 연간 발병도(하우스 재배)

병원균 연도	노균병 (<i>Peronospora destructor</i>)			잎마름병 (<i>Stenphylium vesicarium</i>)			검은무늬병 (<i>Alternaria porii</i>)			녹병 (<i>Puccinia allii</i>)		
	D	E	F	D	E	F	D	E	F	D	E	F
2021	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
2022	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
2023	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

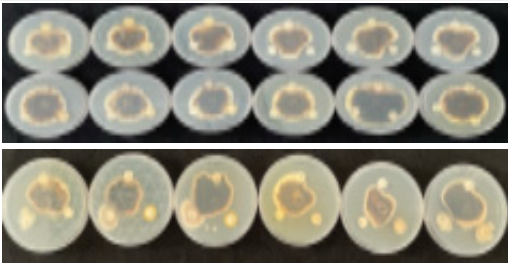
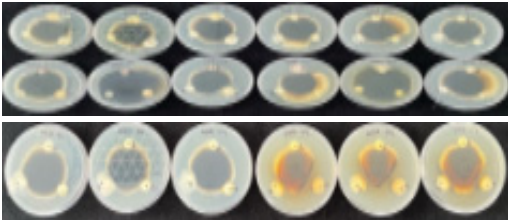
나. 대파 주요 병원균에 대한 유기농업자재 항균활성 검정

대파 주요 병원균에 효과가 우수한 시판 유기농업자재와 항균력이 우수한 균주 선발을 위하여 항균활성 시험 결과는 표 12~표 16과 같다.

디스크확산법 시험에서 잎마름병에 대치선이나 군사생장억제효과가 육안상으로 관찰되는 유기농업자재 4종, 길항미생물은 8종을 선발하였고, 검은무늬병은 유기농업자재 4종, 길항미생물 10종을 선발하였다(표 12-13). 1차 스크리닝한 유기농업자재와 길항미생물에 대하여 간이포자발아진단 키트와 한천배지희석법과 대치배양법을 통하여 1차 활성 검정을 통해 포자발아억제율과 군사생장억제율을 측정하였다.


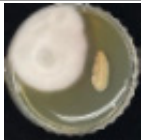







2차 스크리닝 시험에서 선발 기준은 포자발아억제율 70.0%, 군사생장억제율 50.0% 이상으로 설정하였을 때 유기농업자재인 EFAM5는 잎마름병에 대하여 포자발아억제율 97.3%, 군사생장억제율 74.5%, EFAM8은 포자발아억제율 88.5%, 군사생장억제율 66.1%로 2종을 선발하였다. 검은무늬병은 EFAM5만 55.6%로 기준이상의 군사생장억제효과를 보였다(표 14). 길항미생물 중에서 잎마름병에 효과가 있는 균주는 총 3종으로 444균주 71.3%, 446균주 76.1%, 837균주 74.3%, 검은무늬병에는 101균주 74.8%, 444균주 76.2%, 446균주 56.1%의 군사생장억제효과를 보였고, 포자발아억제율은 모두 70.0% 이상인 것으로 확인하였다(표 15). 이 등(2022)에 따르면, 길항미생물은 생균수가 낮아도 항균물질을 분비하여 길항능력을 유지하거나 생균수 농도가 높아짐에 따라 길항능력을 유지하는 경우가 있는 것으로 보고하였다. 따라서, 선발된 길항미생물을 10^6 부터 10^8 cfu/ml까지 농도별 항균활성을 검정한 결과 선발된 4종의 미생물은 생균수에 따라 군사생장억제율을 조사하였으나 농도별 항균력은 큰 차이를 보이지 않았다(표 16).

표 12. 대파 잎마름병, 검은무늬병 방제를 위한 유기농업자재 스크리닝

구분	대표 사진	스크리닝 결과
잎마름병 (<i>S. vesicarium</i>)		- 선발 자재: EFAM1, EFAM5, EFAM6, EFAM15
검은무늬병 (<i>A. porri</i>)		- 선발 자재: EFAM5, EFAM6, EFAM8, EFAM10

※ 시판 유기농업자재(EFAM: Eco-friendly agricultural material)
희석배수: 유기농업자재별 추천농도로 살포

표 13. 대파 잎마름병, 검은무늬병 방제를 위한 길항미생물 스크리닝
- 잎마름병(*S. vesicarium*) 균사생장억제 효과

균주		대파 잎마름병(<i>S. vesicarium</i>) 대치배양 모습					
구분							
수집 균주							
	102	368	434	444	446	528	
				/		/	
	535	802	837	-	-	-	

- 검은무늬병(*A. porri*) 균사생장억제 효과




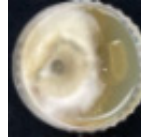





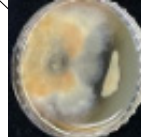
균주		대파 검은무늬병(<i>A. porri</i>) 대치배양 모습						
구분								
수집 균주								
	101	102	111	352	446	528		
					/		/	
	535	666	707	711	-	-		

표 14. 대파 잎마름병, 검은무늬병 방제를 위한 길항미생물 항균활성 검정

자재명	잎마름병(<i>S. vesicarium</i>)		검은무늬병(<i>A. porri</i>)	
	포자발아억제율(%)	균사생장억제율(%)	포자발아억제율(%)	균사생장억제율(%)
EFAM1	77.0c	5.6d	0.0	0.0
EFAM5	97.3a	74.5a	90.7a	55.6a
EFAM6	86.3b	38.7c	0.0	0.0
EFAM8	88.5bc	66.1b	87.4b	37.9b
EFAM10	0.0	0.0	64.7d	7.8c
EFAM15	0.0	0.0	81.4c	34.8b
무처리	0.0	0.0	0.0	0.0

※ 시판 유기농업자재(EFAM: Eco-friendly agricultural material)

희석배수: 유기농업자재별 추천농도로 살포

표 15. 대파 잎마름병, 검은무늬병 방제를 위한 길항미생물 항균활성 검정

균주 번호	잎마름병(<i>S. vesicarium</i>)		검은무늬병(<i>A. porri</i>)	
	포자발아억제율(%)	균사생장억제율(%)	포자발아억제율(%)	균사생장억제율(%)
101	0.0	0.0	79.5±3.6	74.8±0.9
102	74.3±3.9	0.0±0.0	39.1±4.6	35.5±5.5
111	0.0	0.0	48.8±9.6	48.7±0.7
352	0.0	0.0	67.0±8.1	43.6±3.1
368	0.0	14.0±14.0	0.0	0.0
434	59.6±7.0	0.0±0.0	0.0	0.0
444	84.2±4.4	71.3±2.3	87.9±2.3	76.2±2.8
446	90.7±3.8	76.1±3.1	80.9±3.8	56.1±0.8
528	72.7±4.5	44.2±3.4	0.0	0.0
535	56.8±8.8	0.0±0.0	63.7±4.5	28.6±2.2
666	0.0	0.0	82.3±4.9	44.7±0.8
707	0.0	0.0	68.8±2.8	0.0

표 16. 선발된 길항미생물 농도별 항균활성 검정

Treatment	균사생장억제율(%)		
	잎마름병(<i>S. vesicarium</i>)	검은무늬병(<i>A. porri</i>)	
101	10 ⁶ cfu/ml	0.0	59.9±0.9
	10 ⁷ cfu/ml	0.0	58.4±0.6
	10 ⁸ cfu/ml	0.0	55.7±0.5
444	10 ⁶ cfu/ml	61.4±2.8	65.7±1.0
	10 ⁷ cfu/ml	61.1±1.2	62.7±1.6
	10 ⁸ cfu/ml	59.6±1.2	64.6±0.6
446	10 ⁶ cfu/ml	59.0±1.5	59.4±1.0
	10 ⁷ cfu/ml	57.4±0.7	57.5±0.8
	10 ⁸ cfu/ml	58.6±0.2	54.7±1.5
837	10 ⁶ cfu/ml	64.3±1.6	0.0
	10 ⁷ cfu/ml	62.8±1.4	0.0
	10 ⁸ cfu/ml	59.9±0.6	0.0
무처리	-	0.0	0.0

다. 대파 주요 병원균에 대한 선발 유기농업자재와 길항미생물의 방제 효과 검정

선발한 유기농업자재 2종과 길항미생물 4종에 대한 잎마름병 방제 효과는 EFAM5 69.8%, EFAM8 57.6%, 검은무늬병에 대한 방제효과는 EFAM5 71.2%, EFAM8 60.0%로 EFAM5가 대파 병 방제 효과에 가장 우수한 것으로 확인되었다(표 17). 길항미생물 4종은 잎마름병 방제는 446균주가 68.2%, 444균주가 63.7%로 우수하였다. 또 검은무늬병은 446균주가 76.8%, 444균주가 70.4%, 101 균주가 67.2%로 방제효가가 높은 것으로 확인되었다(표 18).

따라서 두 가지 병원균에 공통적으로 효과가 있었던 446과 444 균주의 10a 당 대파 수량 조사 결과 446균주 2,960 kg, EFAM5 2,883 kg 순으로 높게 나타나(표 20), 분류 동정한 결과 *Neobacillus niacini*, *Bacillus* sp.으로 확인되었다(표 19).

또 이들 선발된 유기농업자재와 길항미생물의 방제효과는 병징이 나타난 이후 처리했을 경우의 치료효과보다는 감염되기 전 잎에 처리했을 때 전처리에 의해 나타난 예방효과가 우수한 것으로 나타났다. 이는 김 등(2008)에서 차나무 곁등근무늬병에 대한 미생물제제의 효과를 검정하였을 때 치료효과보다 예방효과가 더 효과적이고, 균주 단독처리로는 병징이 나타난 후 방제효과가 미비하다는 결과와 동일했다.

표 17. 선발 유기농업자재 처리에 따른 대파 잎마름병(*S. vesicarium*)과 검은무늬병(*A. porri*) 방제효과

Treatment	잎마름병(<i>S. vesicarium</i>)		검은무늬병(<i>A. porri</i>)	
	발병율(%)	방제기(%)	발병율(%)	방제기(%)
무처리	59.7±1.5	0.0	41.7±1.2	0.0
EFAM5	18.0±1.5	69.8±2.6	12.0±1.5	71.2±3.7
EFAM8	25.3±2.0	57.6±3.4	16.7±0.9	60.0±2.1

※ 처리 시기를 발병 전, 후로 하여 검정 결과 발병 후 치료효과 없음

※ 시판 유기농업자재(EFAM: Eco-friendly agricultural material)

희석배수: 유기농업자재별 추천농도로 살포

표 18. 선발 길항미생물 처리에 따른 대파 잎마름병(*S. vesicarium*)과 검은무늬병(*A. porri*) 방제효과

Treatment	잎마름병(<i>S. vesicarium</i>)		검은무늬병(<i>A. porri</i>)	
	발병율(%)	방제기(%)	발병율(%)	방제기(%)
무처리	59.7±1.5	0.0	41.7±1.2	0.0
시판배지	51.7±1.7	13.5±2.8	29.3±3.0	29.7±7.1
101	40.0±2.6	0.0	13.7±1.8	67.2±4.2
444	21.7±2.0	63.7±3.4	12.3±0.7	70.4±1.6
446	19.0±2.1	68.2±3.5	9.7±0.9	76.8±2.1
837	28.3±1.7	52.5±2.8	16.0±1.0	0.0

※ 처리 시기를 발병 전, 후로 하여 검정 결과 발병 후 치료효과 없음

■ 잎마름병 방제 우수 균주: 444(*Neobacillus niacini*), 446(특허 균주 예정)

■ 검은무늬병 방제 우수 균주: 101(*Bacillus subtilis*), 444(*Neobacillus niacini*), 446(특허 균주 예정)

표 19. 대파 주요 병원균 방제 우수 균주 동정 결과

- 444: *Neobacillus niacini*

Subject						Score		Identities	
Accession	Description	Length	Start	End	Coverage	Bit	E-value	Match/Total	Pct.(%)
CP0201021	<i>Neobacillus niacini</i>	421560	96453	97931	0	2724	0.0	1478/1479	99

- 446: *Bacillus* sp.(특히 예정 균주로 종속명 기재 생략)

표 20. 선발 자재 사용에 따른 대파수량(Field test)

Treatment	사용량	수확량(kg/10a)
무처리	-	2,514b
시판배지	-	2,480b
101	10 ⁷ cfu/mL	2,170c
444	"	2,776ab
446	"	2,960a
837	"	2,650a
EFAM5	×500배 희석	2,883a
EFAM8	×500배 희석	2,182c

※ 시판 유기농업자재(EFAM: Eco-friendly agricultural material)

희석배수: 유기농업자재별 추천농도로 살포

라. 대파 유기재배 농가에 대한 선발 유기농업자재와 길항미생물 현장실증

경기도 이천에서 실시한 포장시험에서 선발한 유기농업자재와 길항미생물 방제효과 검정 결과 446균주는 잎마름병 56.7%, 검은무늬병 51.8%, 노균병 67.5%로, EFAM5는 녹병 60.0%로 기존 현장에서 사용하는 대조구인 석회유황합제와 유산균 여액보다 방제효과가 높은 것으로 나타났다(표 21). 그러나 실시한 포장에서 노균병, 검은무늬병의 발병율이 5.0%, 3.0% 내외로 지극히 낮아 선발한 살균제의 방제효과를 논하기에는 어려움이 있다고 판단되며, 포장에서 엽면살포 및 관주효과를 정확하게 판단하기 위해서는 추가 시험이 수행되어야 할 것으로 판단된다.

또 김 등(2004)에 따르면 미생물을 이용한 생물학적 방제 처리는 선발된 균주가 분생포자 형성이 가능한지를 확인 하는 것이 중요하다고 하였는데, 이번 연구 중 현장실증에서 선발된 균주는 *Bacillus* 속으로 분생포자 형성이 우수한 균으로 동정되어(표 19), 유기농업자재로 상용화가 가능할 것으로 판단된다. 처리별 대파 생육특성은 초장, 엽장, 엽폭 모두 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았고(표 22), 수량성은 10a당 446균주 3,783 kg, EFAM5 3,516 kg, 대조구 3,416 kg 순으로 대조구보다 높았다(표 23).

표 21. 대파 주요 병원균에 대한 선발 자재 효과 검증

- 잎마름병 / 검은무늬병

Treatment	잎마름병(<i>S. vesicarium</i>)		검은무늬병(<i>A. parva</i>)	
	발병율(%)	방제기(%)	발병율(%)	방제기(%)
대조구	20.0±1.5	43.8±2.7	5.7±1.0	31.7±2.1
EFAM5	15.3±1.0	53.8±2.6	6.7±0.5	47.8±1.0
446	23.0±2.2	56.7±3.0	4.0±1.0	51.8±1.7

*2023. 6. 9. 조사 기준

※ 시판 유기농업자재(EFAM: Eco-friendly agricultural material)

희석배수: 유기농업자재별 추천농도로 살포

- 녹병 / 노균병

Treatment	노균병(<i>P. destructor</i>)		녹병(<i>P. allii</i>)	
	발병율(%)	방제기(%)	발병율(%)	방제기(%)
대조구	1.3±0.4	54.0±3.4	5.0±0.2	48.4±2.4
EFAM5	3.0±0.9	63.4±2.2	3.4±0.6	60.0±1.9
446	1.0±0.3	67.5±2.7	3.2±0.2	55.4±1.9

*노균병 조사일: 2023. 6. 9., 녹병 조사일: 2023. 7. 4.

※ 시판 유기농업자재(EFAM: Eco-friendly agricultural material)

희석배수: 유기농업자재별 추천농도로 살포

표 22. 선발 유기농업자재 처리에 따른 대파 생육특성

처리 내용	초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수 (개/주)	엽색 (SPAD)
1 무처리	65.3	46.7	2.0	3.6	61.2
2 대조구	64.9	47.5	2.2	4.0	60.9
3 EFAM5	65.0	46.4	2.4	4.0	57.1
4 446	65.6	47.1	2.6	4.2	58.2

*2023. 6. 9. 조사 기준

※ 시판 유기농업자재(EFAM: Eco-friendly agricultural material)

희석배수: 유기농업자재별 추천농도로 살포

표 23. 대파 수량 조사

Treatment	사용량	수확량(kg/10a)
무처리	-	3,200
대조구	-	3,416
446	×100배 희석 (10 ⁷ cfu/mL)	3,783
EFAM5	×500배 희석	3,516

※ 시판 유기농업자재(EFAM: Eco-friendly agricultural material)
희석배수: 유기농업자재별 추천농도로 살포

4. 적 요

가. 경기지역 대파 주요 병원균 분리·동정과 발생 소장 조사

- 대파 유기재배지에서 발생한 병원균을 분리·동정 결과 잎마름병, 검은무늬병, 녹병, 노균병이 주요 병원균으로 확인되었다.
- 3년간 대파 유기재배지 6지점에 대하여 병 발생 소장 조사 결과 연차별 평균 기온은 비슷한 경향이었으며, 강우시기에 차이를 보였다. 2021년보다 2022년에는 대파 생육기 간동안 강수량이 줄고, 수확 이후 강수량이 높아져 노균병 등 다습시 발생하는 병원균의 발생밀도에 차이를 보였다.
- 대파 주요 병해 병반면적율에 따른 연간 발병도는 잎마름병 3, 검은무늬병 3으로 가장 발생이 많았고, 노균병, 녹병 발생도는 3 미만으로 낮은 수준이었다.

나. 대파 주요 병원균에 대한 유기농업자재 항균활성 검정

- 기내검정 시 대파 잎마름병에는 EFAM5 74.5%, EFAM8 66.1%, 검은무늬병은 EFAM5가 55.6%의 균사생장억제효과를 보였다.
- 길항미생물 중에서 잎마름병에 효과가 있는 균주는 444균주 71.3%, 446균주 76.1%, 837균주 74.3%, 검은무늬병에는 101균주 74.8%, 444균주 76.2%, 446균주 56.1%의 균사생장억제효과를 보였다.
- 선발된 길항미생물을 10⁶부터 10⁸ cfu/ml까지 농도별 항균활성을 검정한 결과 선발된 4종의 미생물은 생균수에 따라 균사생장억제율의 큰 차이를 보이지 않았다.

다. 대파 주요 병원균에 대한 선발 유기농업자재와 길항미생물의 방제 효과 검정

- 선발한 유기농업자재 2종에 대한 방제 효과 검정 결과 잎마름병 방제 효과는 EFAM5 69.8%, EFAM8 57.6%, 검은무늬병에 대한 방제효과는 EFAM5 71.2%, EFAM8 60.0%로

EFAM5가 대파 병 방제 효과가 높았다.

- 선발한 길항미생물 4종에 대한 방제 효과 검정 결과 잎마름병 방제는 446균주가 68.2%, 444균주가 63.7%로 우수하였고, 검은무늬병은 446균주 76.8%, 444균주가 70.4%, 101균주가 67.2%로 방제효과가 높은 것으로 확인되었다.
- 잎마름병, 검은무늬병에 공통적으로 효과가 있는 444와 446균주는 2종으로 *Neobacillus niacini*, *Bacillus* sp. 으로 동정되었다.

라. 대파 유기재배 농가에 대한 선발 유기농업자재와 길항미생물 현장실증

- 대조구에 비하여 446균주는 잎마름병, 검은무늬병, 노균병에 방제 효과가 우수하였고, 녹병은 유기농업자재 중 EFAM5 가 방제효과가 높은 것으로 나타났다.
- 446균주와 EFAM5 처리 후 대파 초장, 엽장, 엽폭은 대조구와 큰 차이가 없었으나, 수량은 10a당 446균주 3,783 kg, EFAM5 3,516 kg, 대조구 3,416 kg 순으로 높았다.

5. 인용문헌

- 김경희, 염규진, 고영진, 허재선 and 임명택. (2008). 미생물제제를 이용한 차나무 겹등근무늬병의 방제. 식물병 연구, 14(1), 37-42.
- 김병련, 함수상, 권미경, 김윤정, 김운섭, 송정영, 오상근, 주정일. (2021). 이산화염소수를 활용한 오이 노균병 친환경방제. 식물병연구, 27(4), 149-154.
- 김진철, 유승현, 이남영, 권은미. (2004). *Ulocladium atrum*을 이용한 백합 잎마름병 및 오이 잿빛곰팡이병의 생물학적 방제. 식물병연구, 10(4), 319-323.
- 고영진, 안미연, 서정규. (1996). 전남 지역 온실멜론의 노균병 방생 및 방제 실태, 한국식물병리학회지, 12(4), 459-462.
- 경기도농업기술원 2023년 농업과학기술개발 시험연구계획서. (2023). 경기지역 친환경 대파 종합생산기술 개발, 355-359.
- 농업과학기술원 작물보호부 식물병리과. (2003). 백합과채소 주요병해: 마늘, 파, 양파. 한국작물보호협회, 24(3), 41-43.
- 농촌진흥청. (2012). 농업과학기술 연구조사분석 기준, 612-614.
- 류영현, 허창석, 김동근, 연일권, 조우식, 류정아. (2015). 마늘 잎마름병에 대한 친환경경제 방제효과. 한국유기농학회지, 23(2), 347-357.
- 이진주, 최용호, 김현, 김진철, 최경자. (2022). *Stemphylium vesicarium*에 의한 양파 잎마름병 생물검정법 개발. 농약과학회지, 26(1), 83-93.
- 최경자, 김진철, 장경수, 이선우, 김진석, 조광연. (2002). 몇 가지 식물 추출물의 밀

녹병 방제 특성. 농약과학회지, 6(2), 87-95.

황세구, 최재선, 이재선, 윤철구, 김인재, 신세균. (2011). 석회유황합제 살포시기가 마늘 잎마름병 발생에 미치는 영향. 한국원예학회 학술발표요지, 29(2), 112.

6. 연구결과 활용제목

- 영농활용
 - 경기지역 친환경 대파 병 발생 소장 및 잎마름병, 검은무늬병 방제를 위한 유기농업자재 선발
 - 대파 주요 병 밀도 조사 및 노균병, 녹병 친환경 방제 기술
- 학술발표
 - 경기지역 대파 주요 병해 발생 특성과 친환경 방제를 위한 유기농업자재 효과 검증
 - 경기지역 대파 잎마름병과 검은무늬병 친환경 방제 연구
- 홍보
 - 경기농기원, 대파 재배시 피해가 많은 병해 친환경 방제 기술 개발

7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성 명	수행업무	참여년도		
						'21	'22	'23
농업부산물을 활용한 사과 병 방제 기술 개발	책임자	친환경미생물 연구소	농업연구사	남 주 희	세부과제총괄	-	○	○
	공동연구자	환경농업연구과	농업연구사	한 정 아	〃	○	-	-
	〃	친환경미생물 연구소	농업연구관	임 성 희	연 구 자 문	-	○	○
	〃	〃	농업연구사	장 재 은	특 성 조 사	-	○	○
	〃	〃	〃	신 민 우	재 배 관 리	-	○	○
	〃	〃	〃	문 지 영	균 주 관 리	-	○	○
	〃	친환경미생물 연구소	농업연구관	임 갑 준	연 구 자 문	-	○	○
	〃	〃	〃	박 중 수	연 구 자 문	○	-	-