

어젠다코드	2 - 3 - 1		수행시기	전반기 (완료)	
기술분야코드	V2	기술유형코드	P01	작목구분코드	VC-01-0803
과제종류	기관고유		세부사업	-	
과제명	토마토 주요 병해충 발생생태 및 방제체계 확립				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	원헌섭		농업연구사	강원도원 환경농업연구과	
연구기간	2018 ~ 2020		참여연구기관	-	
세부과제명			부서	세부책임자	연구기간
1) 토마토 주요 병해 발생양상 조사 및 방제기술 개발			환경농업연구과	원헌섭	'18~'20
2) 토마토 주요 해충 발생양상 조사 및 방제기술 개발			환경농업연구과	황세정	'18~'20
색인용어	토마토, 병해충, 발생양상, 방제체계				

ABSTRACT

This study was conducted to develop an effective disease and pest control technology of the main disease and insect pest in tomato green house In Gangwon province.

Major diseases of tomato in Gangwon province are Leaf mold, Gray leaf spot, Bacterial canker, TSWV and TYLCV. Leaf mold continued to occur in Saenong-dong 2, but did not show enough to affect the harvest. Bacterial canker occurred in the first half of the year due to insufficient disinfection of pruning shears in 2018, and some occurred in the first half of 2019 and 2020 due to insufficient removal of disease plant. Viral disease occurred continuously for 3 years, and TSWV and TYLCV caused by thrips and tabaci were the main viruses.

The development of a comprehensive control technology that combines disinfection of pruning shears and spraying antibiotics, immersion and disinfection with 70% alcohol or 1% sodium hypochlorite for 1 minute, soak for 20palnt, immerse for another 1 minute, and spray streptomycin hydration immediately after the work is completed. And then spraying twice every 7 days can reduce the incidence of disease by 83%.

It examined the occurrence of insect pests occurring in tomatoes. Mainly occurring insect pests were powdery mildew and thrips. In the case of semi-forcing tomato cultivation facility, there were many occurrences of powdery mildew. From the early in June, the incidence density increased significantly. In the case of forcing tomato cultivation facility, the density of powdery mildew was the highest in October. In Hoengseong, thrips were the most common in October than powdery mildew. The result of analyzing the correlation between the occurrence of powdery mildew and thrips and the meteorological environment, It was confirmed that the occurrence of thrips showed a positive correlation with the average temperature, the highest temperature, and the lowest temperature.

To control powdery mildew, experiment was conducted to establish the method of using trap

plants and to select a alternative pesticide spraying. The trap plants was selected as pepper, when placed in the aisle of the house for 2weeks, It was confirmed that the attraction of powdery mildew was excellent. Firstly, after using an applied drug that blocks biosynthesis and neurotransmitters, secondarily, drugs that are applied to inhibit eating, finally, when drug that activate glaze hormones and neurotransmitters are used, the control effect was excellent.

1 연구목표

국내 토마토 시설재배면적은 2019년 5,706ha이며, 생산량은 358,580톤으로 강원도가 차지하는 면적은 922ha이고 생산량은 49,125톤이다(농림통계, 2020). 도내에서 토마토재배는 대부분 시설재배지에서 집약적인 재배를 하고 있으며, 현재 수요증가에 따라 재배면적이 점차 늘어나고 있어 농가의 고소득원으로 중요한 작물이다.

토마토에 발생하는 병해는 총채벌레에 의해 발생하는 토마토반점위조바이러스(*Tomato Spotted Wilt Virus*)와 *Fusarium oxysporum*에 의한 시들음병이 있고, *Clavibacter michiganensis*에 의해 발생하는 궤양병이 있다. 현재 토마토 궤양병을 방제하기 위한 방법에는 경종적 방제로 발병주는 즉시 뽑아서 태우거나 화학적 방제로는 스트렙토마이신 수화제나 옥솔린산 입상수화제 등 등록약제를 사용하여 발병초기 7일 간격 엽면살포처리를 해야 한다(농촌진흥청 농약정보서비스, 2020). 하지만, 이미 포장에서 발병이 되었을 경우에는 약제처리를 하여도 병이 많이 전염이 된 상태이기 때문에 이병주를 뽑아 버리는 방법이 최선이다. 또한 토마토 재배는 시설 내 의존도가 높아 토마토 온실 재배시 연 10회 이상 발생하는 온실가루이는 약제저항성이 심하게 나타나 화학방제에 대한 문제가 나타나고 있다.

따라서, 본 연구에서는 강원지역 토마토에서 발생하는 주요 병해 및 난방제 병해인 궤양병의 발생 양상 분석과 적심 작업 시 궤양병 감염을 예방하기 위한 최적소독자재 사용과 약제살포를 혼합한 궤양병 경감효과와 토마토에 발생하는 해충 중 약제저항성이 심한 난방제 해충인 온실 가루이에 대한 최적의 교차방제 약제를 선발하여 제시하고자 한다.

2 재료 및 방법

〈제1세부과제: 토마토 주요 병해 발생양상 및 방제기술 개발〉

(시험 1) 주요 병해 발생양상 및 방제실태 조사('18년~'20년)

토마토에서 발생하는 병해 조사는 2018년부터 2020년까지 총 3년간 4월 상순부터 10월 중순까지 10~15일 간격으로 춘천시 4개 지역, 횡성군 2개 지역, 철원군 2개 지역을 선정하여 지점 당 100주에 발생하는 병해를 조사하였다.

(시험 2) 농작업 기구 소독자재 선발('19년)

토마토 세균병 중 궤양병은 농작업을 통해 전정가위에 묻은 이병주의 균이 건전주에 감염되는 경우가

많기 때문에 약제처리 보단 경종적 방제를 실시하여 작업기구를 소독하는 것이 매우 중요하다. 따라서 본 연구를 통해 최적 농작업 기구 소독약제 선발시험을 수행하였다. 시험자재로는 70% 알코올과 1% 차아염소산나트륨을 사용하였다. 방법은 1×10^6 CFU(O.D600nm) 농도로 희석한 병원균을 전정가위에 묻힌 후 시험자재로 1분간 침지 소독 후 전정가위에 남아있는 여액을 멸균수로 1.5ml 튜브에 흘려 모은 후 LB배지에 배양하여 자라는 세균수를 측정하여 소독효과를 검증하였다.

(시험 3) 세균병 방제를 위한 유기농업자재 선발('19년)

세균병 발생 시 사용하는 항생제의 종류로는 스트렙토마이신 수화제, 옥시테트라사이클린 수화제 등이 있다. 이와 같은 항생제는 구입비용이 비싸기 때문에 농가경영비에 많은 부담을 준다. 이에 따라 농가 경영비 절감 및 친환경 농업 실천을 위해 세균병 방제를 위한 유기농업자재 선발 시험을 수행하였다. 시험자재 선발은 강원대학교 산학협력단 공시 및 품질인증 유기농업자재 안내(2017, 강원대학교 산학협력단)를 참고하여 세균병 방제용 자재를 선발하여 수행하였다(표 1.). 시험방법으로는 표 1과 같다.

표 1. 토마토 세균병 방제를 위한 유기농업자재 및 약제처리 내역

공시번호	성분	주성분 함량 (%)	약효시험		약해시험	
			희석배수 및 사용량	처리시기 및 방법	기준량	배량
2-4-019	황(40%)+벤토나이트(5%)+ 보조제(55%)	-	500배	발병 초 7일간격 3회 경엽처리 (10/1, 10/8, 10/15)	500배 (10/1)	250배 (10/1)
2-4-046	오배자추출물 35%+ 주정알코올30%	35/30	500배	"	500배	250배
2-4-070	<i>Streptomyces grieseofuscus</i> 200401	89	500배	"	500배	250배
2-4-073	오배자추출물 30%+ 황백피추출물10%+에틸알코올 30%	89	500배	"	500배	250배
2-4-075	<i>Bacillus velezensis</i> G341	-	1,000배	"	1,000배	500배
무처리	-	-	-	-	-	-

(시험 4) 난방제 병해 종합 방제기술 개발('20년)

난방제 병해인 궤양병은 토마토 적심 작업을 할 때 전정가위를 통해서 빠르게 전염되며, 발생초기에 약제처리를 하지 않으면 방제효과를 기대하기 힘들다. 따라서 본 연구과제 수행을 통해서 경종적 및 화학적 방제를 고려하여 궤양병 방제기술을 개발하였다. 시험방법은 표 2과 같으며, 처리별 발병주율을 조사하여 최적 방제방법을 선발하였다.

표 2. 궤양병 종합 방제기술 개발을 위한 시험방법

구분	처리일	경작개요	처리방법
A			농기구 병원균접종 → 70% 알코올 1분간 소독 → 적심
B	10.12.	적심 (순지르기)	농기구 병원균접종 → 70% 알코올 1분간 소독 → 적심 → 약제처리
C			농기구 병원균접종 → 1%차아염소산나트륨(1분 소독) → 적심
D			농기구 병원균접종 → 1%차아염소산나트륨(1분 소독) → 적심 → 약제처리

<제2세부과제: 토마토 주요 해충 발생양상 및 방제기술 개발>

(시험 1) 토마토 주요해충 발생양상 및 방제실태 조사

본 연구는 2018년도부터 2020년까지 강원지역 시설토마토 주산지인 춘천 4개소, 횡성 2개소, 철원 2개소 및 강원도농업기술원 원내포장에서 발생하는 주요 병해충에 대한 발생양상을 조사하였다. 조사방법으로는 10일에서 한 달 간격으로 토마토에 발생하는 해충을 병해충 예찰요강에 준하여 조사하였다. 트랩의 경우 하우스 1동에 황색·청색 끈끈이트랩(15×25cm) 각 2장, 나방류 페로몬트랩 3종을 설치하였다. 발생하는 해충에 대한 육안조사는 작물 병해충 예찰요강에 준하여 조사하였고, 필요에 따라 반복수와 하우스 내 조사지점을 추가하여 실시하였다.

(시험 2) 토마토 난방제해충 종합방제기술 개발

시설토마토에 발생하는 난방제해충인 가루이의 효과적인 방제방법을 개발하기 위해 유인식물 활용 방법과 교호살포 약제조합 설정 실험을 진행하였다.

유인식물로는 가루이류의 기주작물 중 선택하였고, 선택한 기주작물을 온실통로와 작물사이에 배치하여 유인효과를 확인하였다. 이러한 유인효과의 지속기간을 추가적으로 확인하여 시설토마토 내에서의 유인식물 사용방법을 확립하였다. 유인효과 확인을 위해 하우스 통로와 작물사이에 작물 정식 후 유인식물을 배치하였고, 일주일 간격으로 토마토 6주와 유인식물 3주에 유인된 가루이류의 밀도를 육안 조사 하였다. 작물을 상, 중, 하로 삼등분하여 위치별로 한 개의 결가지에 있는 성충 마릿수와 번데기(약충) 마릿수를 조사하였다.

난방제해충인 가루이류의 방제를 위해서는 작용기작이 다른 약제를 교호로 살포하여야 제대로 된 살충효과를 확인할 수 있다. 따라서 가루이류에 등록된 약제 중 작용기작이 서로 다른 약제를 선발하여 교호살포 조합을 설정하였고, 조합별 살충효과를 비교하여 최적의 교호살포 약제조합을 선정하였다(표 2).

표 2. 처리약제조합

조합	1단계	2단계	3단계
조합1	신경전달기능억제	키틴생합성저해	지질생합성저해
조합2	키틴생합성저해	신경전달기능억제	지질생합성저해
조합3	지질생합성저해	키틴생합성저해	신경전달기능억제

조합	1단계	2단계	3단계
조합4	키틴생합성저해+ 신경전달물질 차단	현음기관 통로조설 (섭식저해)	유약호르몬작용+ 신경전달물질 활성화
조합5	라이아노딘 수용체조절	Na 통로조절	전자전달계복합체 I 저해

3 결과 및 고찰

〈제1세부과제: 토마토 주요 병해 발생양상 및 방제기술 개발〉

(시험 1) 토마토 주요병해 발생양상 및 방제실태 조사('18년~'20년)

가. 토마토 병해 발생양상 조사 결과('18년~'20년)

(1) 진균병

토마토에 발생한 진균병은 잎곰팡이병과 점무늬병이 발생 되었다(표 3., 4.). 시기별 발생양상을 보면 2018년은 반축성재배를 하는 춘천지역의 경우 잎곰팡이병은 고랭지 재배를 하는 횡성보다 정식 후부터 수확기 까지 발병되었는데 고온에 노출되는 시기가 길었던 원인으로 판단되었다. 2019년에는 사농동 1에서 생육초기에 발병 이후 3회에 걸친 약제처리로 병이 감소하다가 5월에 세균병 위주의 방제로 인해 6월에 다시 발병하는 경향을 보였다. 2020년에는 사농동2에서 1차 재배 생육초기부터 후기, 그리고 2차 재배 생육 중기에 잎곰팡이병 발생이 심하였다.

표 3. 잎곰팡이병 발생양상

- 피해정도(구당 100엽에 대한 발병도 조사)

조사지점	2018년																	
	4.11	4.20	4.30	5.10	5.21	6.4	6.15	6.25	7.5	7.17	7.26	8.7	8.17	8.27	9.6	9.20	10.2	10.11
춘천	사농1	-	++	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	사농2	-	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	신북1	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	신북2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
횡성	안흥				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	둔내1					-												
	둔내2										-	-	-	-	-	-	-	-
조사지점	2019년																	
	4.2	5.2	6.3	7.4	8.1	9.6	10.10											
춘천	사농동1	++	-	++			++++											
	사농동2	-	-	-			0											
	신북읍1	-	-	-			0											
	신북읍2	-	-	-			0											
횡성	안흥면						0											
	둔내면						0											
철원	동송읍		-	-			++											
	갈말읍						0											

조사지점	2020년						
	4.13.	5.19.	6.18.	7.15.	8.12.	9.14.	10.14.
춘천	사농동1	-	-	-	-	-	-
	사농동2	+++	++++	++++	-	-	++++
	신북읍1	-	-	-	-	-	-
	신북읍2	-	-	-	-	-	-
횡성	안흥면			-	-	-	-
	둔내면			-	-	-	-

표 4. 점무늬병 발생양상

- 피해정도(구당 100엽에 대한 발병도 조사)

조사지점	2018년																	
	4.11	4.20	4.30	5.10	5.21	6.4	6.15	6.25	7.5	7.17	7.26	8.7	8.17	8.27	9.6	9.20	10.2	10.11
춘천	사농1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+++	+++
	사농2	-	+++	-	-	-	+++	+++	+	+++	++++				++++	++++	-	-
	신북1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	신북2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+++	++
횡성	안흥			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	둔내1			-														
	둔내2															++++	+++	

조사지점	2019년						
	4.2	5.2	6.3	7.4	8.1	9.6	10.10
춘천	사농동1	-	-	-			-
	사농동2	++++	++	-		++	-
	신북읍1	-	-	-			-
	신북읍2	-	-	-			-
횡성	안흥면				-	-	-
	둔내면				-	-	-
철원	동송읍			-	-	-	-
	갈말읍				-	-	-

조사지점	2020년						
	4.13.	5.19.	6.18.	7.15.	8.12.	9.14.	10.14.
춘천	사농동1	-	-	-	-	-	-
	사농동2	+++	++++	++++	-	-	-
	신북읍1	-	-	-	-	-	++
	신북읍2	-	-	-	-	-	-
횡성	안흥면			-	-	-	-
	둔내면			-	-	-	-

(2) 세균병

토마토에 발생한 세균병은 궤양병과 청고병이 발생하였다(표 5.). 시기별 발생양상을 보면 2018년

에는 가을작기에 사농동1과 안흥면에서 궤양병이 지속적으로 발생했는데 재배농가 컨설팅 결과 적심 작업 시 기구소독을 하지 않았으며, 소독요령도 숙지하지 못하고 있었다. 2019년 조사결과 신북읍 1에서 4월 초 궤양의심증상이 있어 현장 컨설팅을 진행하였으나, 역병증상으로 의심한 농가의 이병주 제거 미흡과 6월 3일 조사포장의 기상데이터 분석 결과 평균 기온이 25.8℃였다. 궤양병 발병적온이 24~27℃이기 때문에 이병주 제거 미흡과 포장 내 발병적온으로 인해 병 발생이 급증한 것으로 판단된다. 같은 해 신북읍 2에서는 2차 정식 후 고온으로 인해 병이 발생하였는데, 진단결과 청고병으로 동정 되었으며 9월 초까지 병이 지속되어 방제대책에 대하여 현장컨설팅을 실시하였다. 2020년은 신북읍 2에서 상반기 생육 후기 궤양병이 발생하였으나, 이병주 제거 및 항생제와 영양제를 혼합한 약제방제를 실시하여 초기에 예방할 수 있었다. 하반기 재배에서 궤양병이 다시 발생 하였으나, 의심주를 모두 제거하여 생육 후기 병 발생은 없었다.

표 5. 세균병 발생양상

(단위: %, 발병주율)

		2018년(궤양병)																	
조사지점		4.11	4.20	4.30	5.10	5.21	6.4	6.15	6.25	7.5	7.17	7.26	8.7	8.17	8.27	9.6	9.20	10.2	10.11
춘천	사농1	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	1	3	7	0	8	8	4
	사농2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0	0	0	0	0
	신북1	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	7	7	0
	신북2	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
횡성	안흥				0	0	0	0	0	0	0	0	11	31	30	0	-	-	-
	둔내1					0	0	0	2	0	15	-	-	-	-	-	-	-	-
	둔내2											0	0	1	0	3	0	0	-

※ 청고병 발생 없음

		2019년							
조사지점		4.2	5.2	6.3	7.4	8.1	9.6	10.10	
춘천	사농동1	궤양병	0	0	4	-	0	0	0
		청고병	0	0	0	-	0	0	0
	사농동2	궤양병	0	0	0	-	0	0	0
		청고병	0	0	0	-		0	0
	신북읍1	궤양병	0	0	100	-	0	0	0
		청고병	0	0	0	-	0	0	0
신북읍2	궤양병	0	0	3	-	0	0	0	
	청고병	0	0	0	-	10	30	0	
횡성	안흥면	궤양병	-	-	-	0	0	0	0
		청고병	-	-	-	0	0	0	0
	둔내면	궤양병	-	-	-	0	0	0	0
		청고병	-	-	-	0	0	0	0
철원	동송읍	궤양병	-	0	0	0	0	0	0
		청고병	-	0	0	0	0	0	0
	갈말읍	궤양병	-	-	-	0	0	0	0
		청고병	-	-	-	0	0	0	0

조사지점		2020년							
		4.13	5.19	6.18	7.15	8.12	9.14	10.14	
춘천	사농동1	궤양병	0	0	0	-	0	2.7	0
		청고병	0	0	0	0	0	0	0
	사농동2	궤양병	0	0	0	0	0	0	0
		청고병	0	0	0	0	0	0	0
	신북읍1	궤양병	0	0	0	0	0	0	0
		청고병	0	0	0	0	0	0	0
	신북읍2	궤양병	0	0	0.7	0	5.3	0	-
		청고병	0	0	0	0	0	2	-
횡성	안흥면	궤양병	-	-	0	0	3.3	10.7	0
		청고병	-	-	0	0	0	0	0
	둔내면	궤양병	-	-	0	0	0	8	0
		청고병	-	-	0	0	0	0	0

(3) 바이러스병

주요 바이러스병으로는 오이모자이크바이러스(CMV), 토마토반점위조바이러스(TSWV), 토마토황화잎말림바이러스(TYLCV)가 발생하였다(표 6). 시기별 발생양상을 보면 2018년 상반기에는 사농동 2를 제외하고 모든 조사포장에서 바이러스가 발생하였다. 하반기에도는 상반기와 마찬가지로 TSWV와 TYLCV가 확인되었으며, 신북읍 1은 하우스 주변 잔재물에 담배가루이가 많이 발생하였고 보독을 검사에서도 TYLCV가 검출되었다. 2019년에는 지속적인 컨설팅과 현장진단을 통한 조기예방으로 발병이 많이 감소하였다. 같은 해 둔내면은 억제재배를 하는 농가로 8월 초 TSWV 발생이 증가하였으나, 2020년의 경우 7월 중순 발생양상 조사 시 이병주 발견으로 SNS를 통한 농가 컨설팅을 진행하여 2019년과 비교하였을 때 바이러스 발생빈도는 많이 감소하였다.

표 6. 바이러스병 발생양상

(단위: %, 발병주율)

조사지점		2018년																	
		4.11	4.20	4.30	5.10	5.21	6.4	6.15	6.25	7.5	7.17	7.26	8.7	8.17	8.27	9.6	9.20	10.2	10.11
춘천	사농1	0	25	15	8	3	10	25	20	-	0	0	2	2	1	25	5	8	5
	사농2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0	1	0	0	0
	신북1	0	0	5	0	1	0	0	0	-	0	0	3	0	0	0	1	1	0
	신북2	0	0	3	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
횡성	안흥				0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	둔내1					0	0	5	9	0	0	-	-	-	-	-	-	-	
	둔내2										0	0	0	0	0	0	0	-	

조사지점	2019년							
	4.2	5.2	6.3	7.4	8.1	9.6	10.10	
춘천	사농동1	0	0	0	-	1	15	0
	사농동2	0	0	0	-	0	0	0
	신북읍1	0	0	0	-	0	0	0
	신북읍2	0	0	0	-	0	0	0
횡성	안흥면	-	-	-	15	0	0	0
	둔내면	-	-	-	3	11	30	0
철원	동송읍	-	0	0	0	0	0	0
	갈말읍	-	-	-	0	0	0	0

조사지점	2020년							
	조사일							
	4.13	5.19	6.18	7.15	8.12	9.14	10.14	
춘천	사농동1	0.0	0.0	0.0	-	5.3	0.0	0.0
	사농동2	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3	0.0	0.0
	신북읍1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0
	신북읍2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
횡성	안흥면	-	-	6.7	1.3	0.0	0.0	0.0
	둔내면	-	-	0.0	3.3	2.0	3.3	0.0

(시험 2) 세균병 방제를 위한 유기농업자재 선발('19년)

최종약제 처리 7일 후 발병주율에 따른 방제가를 환산하여 유기농업자재를 선발하였다. 방제가는 *Bacillus velezensis*G341이 53.6%로 가장 높았으며, 오배자추출물 30%+황백피추출물 10%+에틸알코올 30%와 황(40%)+벤토나이트(5%)+보조제(55%)도 40% 이상으로 좋은 효과를 보였다(표 7).

표 7. 궤양병 유기농업자재 방제효과

공시번호	성분	발병주율(%)				유의차 (DMRT)	방제가 (%)
		I 반복	II 반복	III 반복	평균		
2-4-073	오배자추출물30%+황백피추출물 10%+에틸알코올 30%	30.0	35.0	45.0	36.7	bc	46.3
2-4-075	<i>Bacillus velezensis</i> G341	35.0	20.0	40.0	31.7	bc	53.6
2-4-046	오배자추출물 35%+주정알코올 30%	50.0	25.0	55.0	43.3	bc	36.5
2-4-070	<i>Streptomyces griseofuscus</i> 200401	75.0	30.0	60.0	55.0	ab	19.4
2-4-019	황(40%)+벤토나이트(5%)+보조제(55%)	45.0	30.0	45.0	40.0	bc	41.4
	무 처리	85.0	75.0	65.0		a	-

CV-----21.8

(시험 4) 난방제 병해 종합 방제기술 개발('20년)

3년간 발생양상을 분석한 결과 토마토에 발생하는 궤양병이 비교적 방제가 어려운 병으로 판단되었다. 따라서 이를 해결하기 위해 소독자재 선발 및 항생제 저항성 검정으로 종합 방제기술 개발을 위한 기초 자료를 마련하였다. 이러한 자료를 토대로 궤양병 방제를 위한 종합 처리체계는 적심 작업 전 70% 알코올 또는 1% 차아염소산에 1분간 침지 소독 한 후 20주 작업할 때마다 반복을 한다. 적심 작업이 완료된 하우스는 즉시 스트렙토마이신 수화제를 살포한 다음 이후 7일 간격 2회 엽면살포를 하면 83%의 방제효과를 볼 수 있는 것으로 나타났다(표 8, 그림 8)

표 8. 토마토 궤양병 경감을 위한 처리체계

작업순서	처리내용
①	작업 전: 70% 알코올 또는 1% 차아염소산 침지소독(1분)
②	적심작업: 매 20주 적심 후 전정가위 침지소독
③	작업 후: 약제방제(스트렙토마이신 수화제 1,000배액 7일 간격 2회 엽면살포)

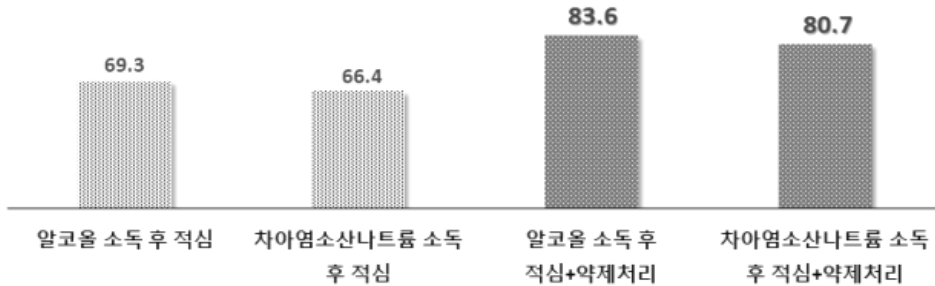


그림 8. 궤양병 작업방법 개선에 따른 방제효과

〈제2세부과제: 토마토 주요 해충 발생양상 및 방제기술 개발〉

(시험 1) 토마토 주요해충 발생양상 및 방제실태 조사

〈2018년 수행결과〉

춘천, 횡성 시설토마토에 발생하는 해충의 발생양상을 조사하였다. 반축성재배와 억제재배를 하는 춘천농가는 4월부터 7월, 7월부터 10월까지 두 번에 재배시기에 맞춰 해충조사를 실시하였고, 원내포장 또한 춘천농가 조사시기에 맞춰 조사를 실시하였다. 횡성은 시설토마토를 6월 상순에 정식함에 따라 그에 맞춰 6월을 시작으로 10월까지 조사를 실시하였다.

가. 토마토 해충 발생조사결과

4월에 토마토를 정식하여 재배하는 원내포장에서는 생육후기인 6월 하순부터 가루이의 발생밀도가 증가하기 시작하였으며, 7월 상순 트랩당 231.9마리로 최고 발생밀도를 보였다. 총채벌레는 생육기간 동안 낮은 밀도를 유지하다가 6월 하순 트랩당 27마리로 최고발생밀도를 보였고, 그 이후로 점차 감소

하는 양상을 보였다. 특히 정식초기에 토마토 잎 뒷면에 생기는 점박이응애의 발생을 확인하였다. 4월 중순 엽당 13마리 정도의 발생밀도를 보이던 점박이응애는 발생초기 억제방제이후 밀도가 감소하였다(표 3). 7월 하순에 정식하는 후작에서는 전작에서보다 발생하는 해충의 밀도가 크게 증가하는 양상을 확인할 수 있었다. 가루이의 경우 작물 생육초기인 8월 상순부터 꾸준히 증가하다가 생육후기인 10월 중순 트랩당 약 400마리로 최고 발생밀도를 보였으며, 전작에서는 낮은 발생밀도를 유지하던 총채벌레류는 후작에서는 정식초기부터 발생을 확인할 수 있었다. 그 밀도는 9월 중순 트랩당 30.1마리로 최고 발생밀도를 보이다 점차 감소하는 양상을 보였다. 그 밖에 왕담배나방, 담배거세미나방 등 나방류의 발생도 확인할 수 있었는데, 특히 담배거세미나방이 8월 하순 트랩당 37마리로 높은 발생밀도를 보였다(표 4).

2월 중순 정식하여 재배하는 춘천 반축성재배농가는 4월 상순부터 가루이류의 발생이 보이기 시작하였으며, 꾸준히 그 발생밀도가 증가하여 토마토 생육후기인 7월 중순 트랩당 267.7마리로 최고 발생밀도를 보였으며, 총채벌레류는 5월 하순 트랩당 23.4마리의 최고 발생밀도를 보인 후 점차 감소하는 양상을 보였다. 담배거세미나방도 발생되었는데, 7월 중순 설치한 페로몬 트랩에서 19.8마리의 발생밀도를 확인하였다(표 5). 춘천의 또 다른 시설토마토 재배작형인 억제재배를 하는 농가를 대상으로 해충 발생양상을 조사한 결과, 반축성재배와 마찬가지로 정식초기부터 가루이류와 총채벌레류가 관찰되었다. 가루이류는 10월 하순 트랩당 약 70마리로 최고 발생밀도를 보였으며, 총채벌레류는 8월 중순 트랩당 약 20마리의 최고 발생밀도를 보였다. 담배거세미나방의 발생 또한 확인할 수 있었는데 그 밀도가 크게 증가하여 8월 중순 트랩당 약 200마리의 발생을 확인하였다(표 6).

5월 하순부터 6월 상순 사이에 토마토를 시설에 정식하는 횡성은 정식초기 가루이류의 발생이 아주 낮은 밀도로 발생하였지만 8월 상순부터 발생밀도가 점차 증가하기 시작하면서 10월 상순 트랩당 636.3마리의 최고 발생밀도를 보였다. 총채벌레류는 가루이류와 달리 정식초기부터 포장 내에서 관찰되었으며, 8월 중순 트랩당 33.6마리로 최고 발생밀도를 보이다 점차 감소하는 양상을 보였다. 나방류로는 담배거세미나방이 확인되었으며 9월 상순에 가장 높은 발생밀도를 보였다(표 7).

표 3. 원내포장 해충 발생조사(전작, 2018) (단위: 마리/트랩, * 마리/엽)

구 분	4.18.	4.25.	5.2.	5.9.	5.16.	5.23.	5.30.	6.7.	6.14.	6.20.	6.27.	7.4.	7.11.
기온(℃)	17.1	16.5	15.9	17.6	21.7	21.9	23.1	25.4	21	25.7	25.6	27.9	25.8
습도(%)	41.8	66.8	90.5	57.9	98.6	58.1	62.1	57.6	75.5	54.5	73.2	72.8	89.7
가루이류	1.6	5.4	3.3	2.1	0.3	0.3	4.0	7.9	22.5	25	86.0	231.9	216.2
총채벌레류	1.8	2.3	7.1	1.8	12.8	10.5	6.5	7.5	5.5	27	11.9	24.5	6.7
점박이응애*	13	2.4	1.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

표 4. 원내포장 해충 발생조사(후작, 2018) (단위: 마리/트랩)

구 분	8.9.	8.17.	8.24.	8.31.	9.7.	9.17.	9.21.	9.28.	10.5.	10.12.	10.19.	10.26.
기온(℃)	26.8	27.1	26.7	26.6	22.9	23.3	19.9	16.2	16.9	11.3	12.1	10.7
습도(%)	69.9	52.2	63.8	65.8	78.0	80.4	98.2	88.0	95.6	80.5	81.5	97.4

구 분	8.9.	8.17.	8.24.	8.31.	9.7.	9.17.	9.21.	9.28.	10.5.	10.12.	10.19.	10.26.
가루이류	9.8	20.4	34.4	29.5	14.4	44.6	48.5	106.9	190.0	323.8	395.3	99.2
총채벌레류	24.6	13.9	24.9	29.0	25.0	30.1	17.0	8.0	16.8	8.1	7.9	0
왕담배나방	0.3	0	0	0	0	0	0.3	1.8	0	0	0	0
담배나방	0	0	0	0	0.3	0.5	0	0	0	0	0	0
담배거세미나방	2.3	27.2	37.0	7.0	1.3	1.3	2.5	3.8	0	0.5	0	0

표 5. 춘천 반축성재배농가 해충 발생조사(2018)

(단위: 마리/트랩)

구 분	4월			5월		6월			7월	
	상	중	하	상	하	상	중	하	상	중
기온(℃)	9.3	11.7	13.7	14.6	19.3	22.1	21.1	23.6	22.1	26.4
습도(%)	66.1	56.2	58.5	66.1	62.4	59.9	60.8	70.6	81.0	81.4
가루이류	0	4.6	4.6	3.4	4.0	85.5	128.1	109.9	58	267.7
총채벌레류	2.3	0.3	2.4	2.8	23.4	3.9	2.6	3.8	4.9	2.6
왕담배나방	0	0	0	0	0	0.3	0.3	0	0	0
담배나방	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
담배거세미나방	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0	19.8

표 6. 춘천 억제재배농가 해충 발생조사(2018)

(단위: 마리/트랩)

구 분	7월	8월			9월		10월		
	하	상	중	하	상	하	상	중	하
기온(℃)	29.1	29.5	26.5	24.2	20.6	15.4	13.2	8.9	7.0
습도(%)	71.8	75.7	73.5	86.8	78.7	79.5	82.1	79.7	81.6
가루이류	0.7	2.9	13.7	16.7	17.6	54.0	58.2	59.8	68.8
총채벌레류	4.5	6.6	17.7	7.7	9.7	9.6	4.6	2.8	1.6
왕담배나방	0	0	0	0	0	0	0	0	0
담배나방	0	0	0	0	0	0	0	0	0
담배거세미나방	5.0	0	182.0	0	116.3	46.5	16.8	0	0

표 7. 횡성지역 해충 발생조사(2018)

(단위: 마리/트랩)

구 분	5월	6월		7월			8월			9월		10월	
	하	상	하	상	중	하	상	중	하	상	하	상	중
기온(℃)	19.0	21.7	23.4	22.7	26.6	29.1	29.2	26.4	24.3	20.8	15.7	13.7	9.0

구 분	5월		6월		7월		8월		9월		10월		
	하	상	하	상	중	하	상	중	하	상	하	상	중
습도(%)	70.1	69.2	75.7	83	81.5	77.1	76.2	72.8	84.7	78.4	79.1	81.0	80.9
가루이류	0.1	0	0.1	0.1	0.4	0.2	52.7	68.1	59.2	128.9	205.2	636.3	315.6
총채벌레류	5.1	2.6	1.9	7.9	16.5	4.9	17.8	33.6	28.9	25.7	23.8	35.0	96.2
왕담배나방	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
담배나방	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
담배겨세미나방	0	0	0	0	0	0	0	0	0	162.5	76.0	0	0

〈2019년 수행결과〉

해충 조사지역은 춘천, 횡성과 더불어 토마토 주요 재배지인 철원지역의 재배농가를 추가하였다. 조사방법은 전년도와 동일하게 이루어졌다. 또한 농가에서 해충을 방제하기 위해 실제로 사용하는 약제와 사용시기 등을 조사하여 농가방제실태에 따라서 해충발생양상에 어떠한 변화가 있는지 분석하였다.

가. 토마토 해충 발생조사결과

원내포장 조사는 전작기와 후작기 두 번 실시하였으며 전작의 경우 가루이류와 총채벌레류 모두 발생밀도는 낮았다. 나방류 역시 관찰되지 않았으나 토마토 잎에 발생하는 아메리카잎굴파리에 의한 피해는 6월 중순부터 시작되어 7월 중순에 23.2%의 피해엽율을 나타냈다(표 8). 후작기에도 총채벌레의 발생을 확인하기 힘들었지만 가루이류의 발생은 정식 초기부터 확인되었고, 9월 중순부터 그 밀도가 증가하여 9월 하순에는 트랩당 523.3마리로 최고발생밀도를 나타내었다(표 9). 춘천 토마토 반축성재배농가의 해충 밀도는 작물생육 전반에 걸쳐 낮게 나타났다. 가루이류는 7월 상순 트랩당 평균 17.7마리의 발생밀도를 보였고, 총채벌레는 트랩당 평균 3.8마리의 발생밀도를 보였다(표 10). 토마토 억제재배농가는 생육후기인 10월 상순에 트랩당 평균 340.3마리의 가루이류의 발생을 확인할 수 있었으나 총채벌레류는 트랩당 약 5마리로 비교적 낮은 밀도로 유지되었다(표 11).

횡성지역의 토마토 재배농가는 춘천지역 농가에 비해 가루이류보다 총채벌레류의 발생밀도가 월등히 높은 것을 확인할 수 있었다. 가루이류는 10월 상순 최초발생을 확인하였으며 트랩당 평균 6.2마리의 발생밀도를 보였으며, 총채벌레류는 토마토 재배초기부터 발생하여 생육후기인 10월에는 트랩당 평균 100마리이상의 발생밀도를 보였다(표 12).

2019년에 조사를 시작한 철원농가는 5월부터 해충 발생을 조사한 결과 나방류는 관찰되지 않았으나 총채벌레류와 가루이류의 발생은 확인되었다. 가루이류는 시간이 지남에 따라 그 발생밀도가 점차 증가하는 양상을 보였고, 9월 이후에는 트랩당 평균 10마리 이상의 가루이류를 확인할 수 있었다. 총채벌레류는 가루이류보다 조금 더 빠른 시기에 최고 발생밀도를 보였고, 8월 상순 트랩당 평균 46.3마리의 관찰된 이후 점차 감소하는 양상을 보였다(표 13).

표 8. 원내포장 해충 발생양상(전작)

(단위: 마리/트랩, *: 피해업율)

구 분	4.29	5.6	5.13	5.20	5.27	6.3	6.10	6.17	6.24	7.1	7.8	7.15	7.22
기온(℃)	11.5	14.8	18.5	17.8	18.0	22.4	17.5	22.8	24.5	24.9	22.2	23.8	27.7
습도(%)	71.1	32.4	60.5	57.1	83.9	58.8	76.1	62.5	67.3	62.6	67.9	81.1	73.9
가루이류	0.8	1	0	0	0	0.3	1.5	0.8	3.5	0.8	3.5	0	0
총채벌레류	3.8	1.3	1.5	3.5	1.3	1.3	1.5	2.5	4.5	2.5	6.0	0	0
왕담배나방	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
담배나방	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
담배거세미나방	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
아메리카잎굴파리*	0	0	0	0	0	0	0	5.4	9.4	17.0	13.3	23.2	16.6

표 9. 원내포장 해충 발생양상(후작)

(단위: 마리/트랩, *: 피해업율)

구 분	8.12	8.19	8.26	9.2	9.9	9.16	9.23	9.30	10.7	10.14	10.21
기온(℃)	26.1	24.9	24.2	21.8	28.4	25.5	18.9	19.5	14.7	14.0	14.6
습도(%)	94.0	74.3	77.3	77.4	78.9	70.0	65.3	77.3	93.8	76.4	79.6
가루이류	0	0	4.3	3.3	28.0	146.5	170.8	523.3	337.8	814.0	423.8
총채벌레류	0	2.3	3.5	4.5	4.3	2.5	3.8	4.0	2.5	1.3	1.3
왕담배나방	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
담배거세미나방	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
담배나방	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

표 10. 춘천 반촉성재배농가 해충 발생조사(2019)

(단위: 마리/트랩)

구 분	4월	5월	6월	7월
기온(℃)	11.3	19.0	22.1	25.6
습도(%)	58.5	54.6	70.0	75.6
가루이류	0.4	1.3	11.5	17.7
총채벌레류	1.2	2.9	3.2	3.8
왕담배나방	0	0	0	0
담배나방	0	0	0	0
담배거세미나방	0	0	0	1.0

표 11. 춘천 억제재배농가 해충 발생조사(2019)

(단위: 마리/트랩)

구 분	9월	10월
기온(℃)	21.3	14.7
습도(%)	78.8	75.9

구 분	9월	10월
가루이류	31.0	340.3
총채벌레류	5.3	4.7
왕담배나방	0	0
담배나방	0	0
담배거세미나방	0	0

표 12. 황성지역 해충 발생조사(2019) (단위: 마리/트랩)

구 분	8월	9월	10월
기온(℃)	27.9	20.5	13.5
습도(%)	81.4	83.0	81.0
가루이류	0	0	6.2
총채벌레류	9.8	20.9	109.5
왕담배나방	0	0	0
담배나방	0	0	0
담배거세미나방	0	0	0

표 13. 철원지역 해충 발생조사(2019) (단위: 마리/트랩)

구 분	5월	6월	7월	8월	9월	10월
기온(℃)	15.6	19.0	21.8	25.4	20.0	13.7
습도(%)	45.4	66.4	74.8	88.5	85.8	81.6
가루이류	0.2	0.2	1.3	2.4	11.8	21.1
총채벌레류	1.4	1.4	23.9	46.3	29.2	12.0
왕담배나방	0	0	0	0	0	0
담배나방	0	0	0	0	0	0
담배거세미나방	0	0	0	0	0	0

〈2020년 수행결과〉

2020년에는 춘천, 황성의 토마토농가 위주로 해충발생 양상을 조사하였다. 조사방법은 전년과 마찬가지로 동일하게 실시하였다. 또한 주요 발생해충인 가루이류와 총채벌레류의 발생과 기상조건과의 상관관계도 분석하였다.

가. 토마토 해충발생 조사결과

원내포장에서 재배한 토마토 전작기에서 가루이류는 기온이 상승하면서 발생밀도가 증가하여 6월

하순 최고 발생밀도를 보였다. 총채벌레류는 전년도와는 다르게 생육전반에 걸쳐 다발생하여 트랩당 평균 60마리정도 관찰되었다. 점박이응애는 생육초기 발생하여 4월 하순 엽당 0.2마리 정도의 밀도를 보여 적용약제를 살포하였다. 이후 6월 상순 엽당 평균 5.5마리로 발생이 증가하여 다시 한번 방제를 실시하였다(표 14.). 후작기에선 생육초기부터 가루이류의 밀도가 높게 나타나 9월 하순 트랩당 평균 243.1마리로 최고 발생밀도를 보였다. 이후엔 점차 감소하는 양상을 보였지만 생육후기까지 다발생하는 것을 확인할 수 있었다. 총채벌레류는 전작기보다는 낮은 발생밀도를 보였으며 8월 하순 트랩당 평균 12.6마리로 최고 발생밀도가 확인되었다. 아메리카잎굴파리는 후작기인 10월 상순부터 발생하여 10월 중순 평균 21%정도의 피해엽율을 보였고 생육후기까지 토마토 잎에 피해를 주었다(표 15). 2월 중순 토마토를 정식하여 재배하는 춘천 반축성재배농가의 해충발생양상을 조사한 결과, 가루이류는 5월까지의 발생이 적었으나 6월 상순에 급격히 밀도가 증가하는 양상을 보였다. 발생밀도는 트랩당 평균 278마리로 나타났으며, 생육후기까지 높은 밀도를 유지하였다. 총채벌레류는 생육전반에 걸쳐 트랩당 평균 6마리 이하로 낮은 발생밀도를 보였다(표 16). 7월 상순에서 중순에 토마토를 정식하는 춘천 역제재배농가에서는 가루이류의 발생이 생육초기부터 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 9월 상순 트랩당 평균 약 80마리의 가루이류가 발생되었으며, 생육후기까지 높은 밀도를 나타내 10월 상순에는 트랩당 평균 252.7마리의 발생밀도를 보였다. 8월 상순 트랩당 평균 12.3마리의 발생밀도를 나타냈던 총채벌레류는 시간이 지남에 따라 평균 3마리 이하의 낮은 발생밀도를 보였다(표 17).

횡성 토마토재배농가의 경우 전년도 보다는 높은 가루이류의 발생을 확인할 수 있었지만 최고발생 밀도가 트랩당 평균 17.8마리로 낮은 밀도를 유지하였다. 총채벌레류의 경우 트랩당 평균 8마리 이하로 낮은 발생밀도를 보이며 전반적으로 해충의 발생이 적은 것을 확인할 수 있었다(표 18).

표 14. 원내포장 해충 발생양상(전작)

(단위: 마리/트랩, * 마리/엽)

구 분	4.21	4.28	5.6	5.12	5.19	5.26	6.2	6.9	6.16	6.23
기온(℃)	7.9	13.0	18.4	14.1	12.4	18.0	17.7	26.9	23.4	27.1
습도(%)	38.6	46.0	51.3	70.8	78.4	77.6	68.8	65.3	62.8	59.3
가루이류	7.9	13.0	21.6	14.1	12.4	18.0	17.7	26.9	23.4	27.1
총채벌레류	38.6	46.0	51.3	70.8	78.4	77.6	68.8	65.3	62.8	59.3
왕담배나방	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
담배나방	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
담배거세미나방	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
점박이응애*	0	0.2	0.6	0	1.4	2.4	5.5	0.2	0.3	0.3

표 15. 원내포장 해충 발생양상(후작)

(단위: 마리/트랩, * 피해엽율)

구 분	8.18	8.24	8.31	9.7	9.14	9.21	9.28	10.5	10.12	10.15	10.26	11.2
기온(℃)	27.7	26.3	24.4	19.6	20.8	16.2	17.9	11.5	14.7	9.5	9.6	8.9
습도(%)	78.4	81.3	74.8	84.1	81.4	73.3	79.3	67.4	84.3	65.5	76.9	67.5

구 분	8.18	8.24	8.31	9.7	9.14	9.21	9.28	10.5	10.12	10.15	10.26	11.2
가루이류	42.8	29.3	6.3	71.6	197.3	243.1	67.3	72.0	196.8	154.0	113.9	148.4
총채벌레류	7.0	11.3	12.6	6.8	9.0	11.3	3.6	7.1	3.0	3.0	0.6	0.3
왕담배나방	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
담배나방	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
담배거세미나방	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
아메리카잎굴파리*	0	0	0	0	0	0	0	3.2	8.6	21.4	20.4	18.9

표 16. 춘천 반축성재배농가 해충 발생조사(2020) (단위: 마리/트랩)

구 분	4월	5월	6월	7월
기온(℃)	10.5	18.1	24.2	23.8
습도(%)	50.9	68.3	66.8	74.1
가루이류	0.3	15.7	278.0	206.9
총채벌레류	0.5	3.9	1.8	5.6
왕담배나방	0	0	0	0
담배나방	0	0	0	0
담배거세미나방	0	0	0	0

표 17. 춘천 억제재배농가 해충 발생조사(2020) (단위: 마리/트랩)

구 분	8월	9월	10월
기온(℃)	26.1	19.7	12.4
습도(%)	84.2	78.2	73.7
가루이류	11.6	78.6	252.7
총채벌레류	12.3	2.5	1.5
왕담배나방	0	0	0
담배나방	0	0	0
담배거세미나방	0	0	0

표 18. 횡성지역 해충 발생조사(2020) (단위: 마리/트랩)

구 분	8월	9월	10월
기온(℃)	25.4	18.9	11.6
습도(%)	88.1	81.7	77.5
가루이류	0.6	8.6	17.8
총채벌레류	7.3	6.6	2.8

구 분	8월	9월	10월
왕담배나방	0	0	0
담배나방	0	0	0
담배겨세미나방	0	0	0

다. 토마토 발생해충과 기상과의 상관관계분석

3년간의 시설토마토 농가의 해충발생 조사 결과를 이용하여 춘천 반축성재배농가를 대상으로 해충 발생과 기상과의 상관관계분석을 실시하였다. 먼저 가루이류의 발생밀도와 기온, 습도 등 7가지 기상 환경과의 상관관계를 분석한 결과(표 19), 가루이류의 경우 7가지 기상환경과의 상관관계가 확인되지 않았다.

표 19. 가루이류 발생과 기상과의 상관관계수

	Density	MT	HT	LT	RH	RF	SQ
Density							
MT	-0.07418 0.7493						
HT	-0.07955 0.7318	0.99103 <.0001					
LT	-0.03935 0.8655	0.99008 <.0001	0.96555 <.0.0001				
RH	-0.26518 0.2453	0.54993 0.0098	0.47777 0.0285	0.59967 0.0041			
RF	0.15845 0.4927	0.45300 0.0392	0.43418 0.0492	0.51177 0.0177	0.31469 0.1647		
SQ	0.13097 0.5715	-0.12318 0.5948	-0.00748 0.9743	-0.24544 0.2835	-0.51497 0.0145	-0.27815 0.2221	

※ MT: 평균기온, HT: 최고기온, LT: 최저기온, RH: 상대습도, RF: 강수량 SQ: 일조시간

가루이류의 발생이 많은 춘천 농가의 경우 약제살포 횟수가 많았기 때문에 기상환경 이외의 또 다른 요인인 약제살포 횟수, 시기, 종류에 의한 영향으로 예상되었다. 3년의 조사기간 동안 발생밀도가 낮아 약제살포를 통한 방제가 거의 이루어지지 않은 총채벌레류의 경우, 기상환경과의 상관관계가 유의한 것으로 나타났다(표 20). 특히, 평균기온, 최고기온, 최저기온, 상대습도와의 상관관계가 정의 상관관계로 매우 유의한 것으로 나타나 기온이 높아지고 습도가 증가할수록 발생밀도가 증가하는 것으로 분석되었다.

표 20. 총채벌레류 발생과 기상과의 상관계수

	Dis	MT	HT	LT	RF	RH	SQ
Dis							
MT	0.55778 0.0086						
HT	0.50724 0.0189	0.99103 <.0001					
LT	0.60973 0.0033	0.99008 <.0001	0.96555 <.0001				
RF	0.75106 <.0001	0.54993 <.0001	0.47777 0.0285	0.59967 0.0041			
RH	0.41963 0.0583	0.45300 0.0392	0.43418 0.0492	0.51177 0.0177	0.31469 0.1647		
SQ	-0.42328 0.0559	-0.12296 0.5954	-0.00725 0.9751	-0.24525 0.2839	-0.52493 0.0146	-0.27819 0.2221	

※ MT: 평균기온, HT: 최고기온, LT: 최저기온, RH: 상대습도, RF: 강수량 SQ: 일조시간

(시험 2) 토마토 난방제해충 종합방제기술 개발

가. 가루이류 방제를 위한 유인식물 이용방법 확립

담배가루이와 온실가루이의 공통 기주작물 중 고추를 유인식물로 시험한 결과실험에 이용하였다. 유인식물과 토마토에서 성충과 약충의 밀도를 일주일 간격으로 조사한 결과, 성충보다는 약충이 유인식물인 고추에 유인되는 밀도가 높은 것으로 나타났으며 유인식물 배치하는 작물 사이 보다는 하우스 통로에 배치하는 것이 조금 더 유인효과가 있는 것으로 확인되었다. 유인식물을 하우스 통로에 배치한 후 3주차까지는 토마토에 발생하는 가루이가 낮은 밀도로 유지되었고, 유인식물인 고추에서의 밀도가 증가하는 양상을 보였다. 반면에 작물사이에 유인식물을 배치한 하우스에서는 2주가 지나는 시점부터 토마토에 발생하는 가루이의 밀도가 증가하고, 유인식물인 고추에서의 가루이의 발생밀도가 점차 감소하는 양상을 보였다. 이를 통해 토마토 재배시 유인식물인 고추를 하우스 통로에 배치하였을 때 유인 효과의 지속기간이 더 긴 것을 확인할 수 있었다(그림3). 하지만 유인식물을 이용하여 가루이류의 밀도를 감소시킬 수 있는 기간은 가루이류의 발생밀도가 낮은 재배초반에 효과적인 것으로 나타났다.

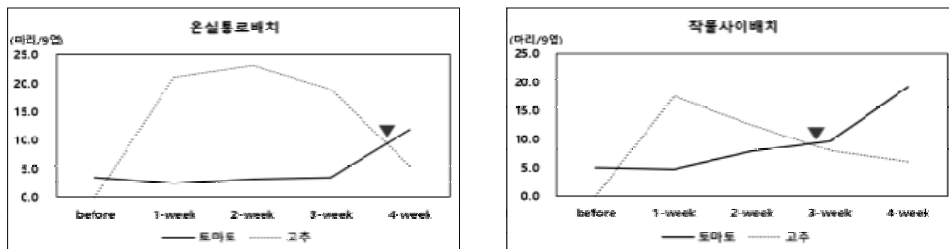


그림 3. 유인식물 배치시기 및 위치에 따른 유인효과

나. 가루이류 방제를 위한 최적 교호살포 약제조합 설정

토마토에 등록되어있는 약제 중 온실가루이 적용약제를 이용하여 최적 교호살포 약제조합을 처리하여 토마토의 성충과 약충 밀도를 조사한 결과, 조합별 온실가루이 방제효과는 그림 4와 같다. 모든 교호살포 약제조합 처리구에서 세 번의 약제 살포 후에는 성충의 밀도가 유의한 차로 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 앞 뒷면에 발생하여 번식을 하는 가루이류의 특성상 약충이나 번데기 상태에서의 방제가 중요한데 조합 1은 약충의 밀도가 유의한 차로 감소하는 양상을 보이지 않았으며, 조합 2와 조합 3 그리고 조합 5는 오히려 약제살포가 완료된 후 온실가루이 약충의 밀도가 유의한 차로 증가하는 양상을 보였다. 특히 1차 약제처리와 2차 약제처리 후에도 약충의 밀도가 감소하지 않고 크게 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 조합 4는 1차 약제처리 후 약충의 밀도가 증가하는 양상을 보였지만 2차 약제처리 후에 다시 약충의 밀도가 감소하는 것을 확인할 수 있었으며, 최종적으로 1차 약제처리를 키틴생합성저해와 신경전달물질을 차단하는 약제로 처리한 후 섭식저해 적용약제 그리고 유약호르몬작용과 신경전달물질 활성화해주는 약제로 세 번 처리하였을 때, 온실가루이를 방제하는데 가장 효과적이었다.

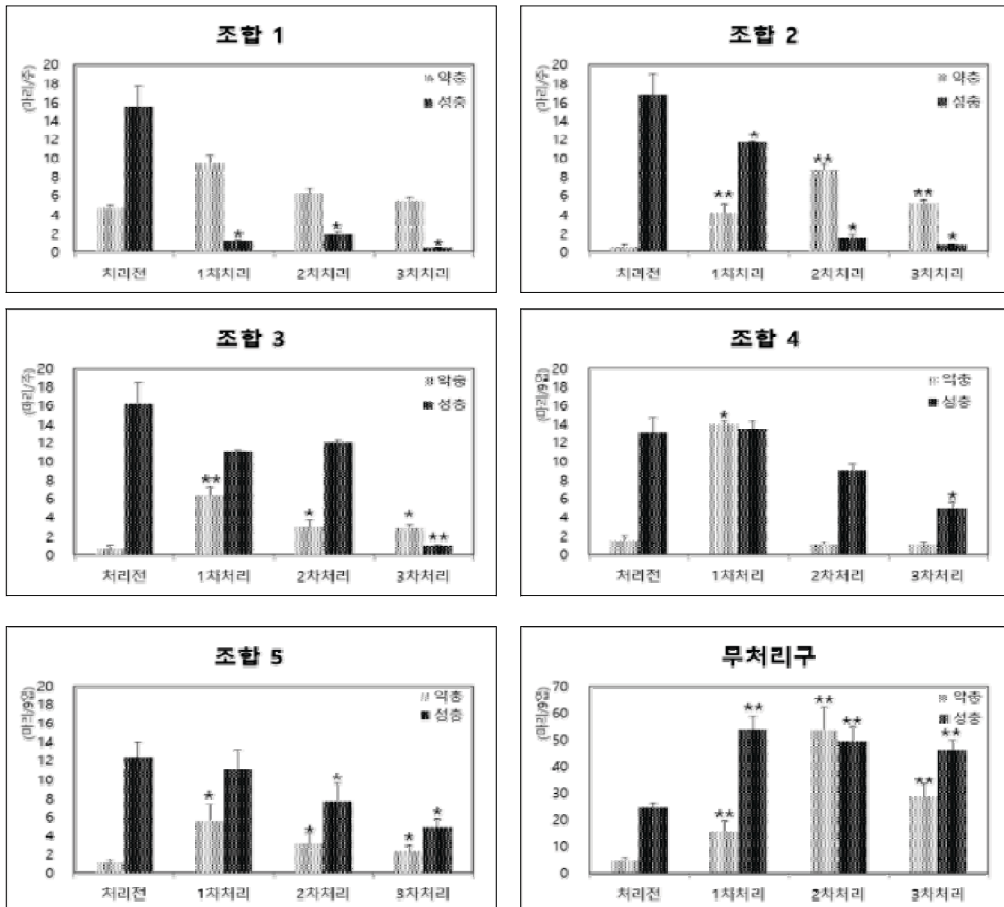


그림 4. 약제조합 처리구별 방제효과

다. 가루이류 종합방제기술 개발

유인식물 이용방법과 교호살포 약제조합을 이용하여 가루이류를 방제에 적용한 결과, 종합방제구는 1차 약제처리 후 약충과 성충의 밀도가 모두 유의한 차로 감소하는 것을 확인할 수 있었고, 이렇게 감소한 가루이류의 밀도는 유인식물을 제거하고 3차 약제처리를 완료 한 후에도 유지되는 것으로 나타났다. 반면에 관행방제구의 경우 1차 약제처리 후 약충과 성충의 밀도가 오히려 유의한 차로 증가하는 양상을 보였으며, 2차 약제처리 후에는 약간 감소하는 경향이었으나 약제 처리 전 보다는 높은 밀도를 나타냈다. 이렇게 증가한 밀도는 3차 약제처리가 모두 완료 된 후에야 감소한 것을 확인하였다. 이를 통해 종합방제구가 관행방제구보다 조금 더 빠른 시일 내에 가루이류를 감소시키는 효과가 있는 것으로 나타났다. 방제구는 무처리구 대비 종합방제구와 관행방제구 모두 가루이류 적용약제를 사용하였기 때문에 80%가 넘는 방제가를 보였다(그림 5).

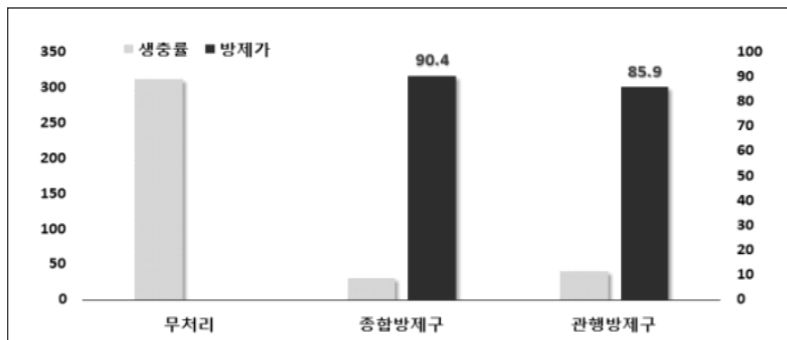


그림 5. 무처리구 대비 방제가

4 적 요

〈제1세부과제: 토마토 주요 병해 발생양상 및 방제기술 개발〉

(시험 1) 토마토 주요병해 발생양상 및 방제실태 조사

- 가. 토마토 주요 병해 발생양상으로는 잎곰팡이병, 점무늬병, 궤양병, TSWV, TYLCV가 발생하였고, 점무늬병은 사농동 2에서 지속적으로 발생하였으나 수확에 큰 영향은 없었음. 궤양병은 2018년에는 작업기구 소독 미흡으로 상반기에 많이 발생하였고 2019년과 2020년에도 이병주 제거 미흡으로 인해 상반기에 일부 발생하였으나, 컨설팅 및 지속적 약제 살포로 하반기에는 병 발생이 없었음.
- 나. 바이러스병은 3년 동안 지속적으로 발생하였고 주로 총채벌레와 온실가루이에 의한 TSWV와 TYLCV가 나타났음.
- 다. 농가에서 발생되는 병해충은 바이러스, 총채벌레, 온실가루이 순으로 나타났다. 방제약제 사용은 살균제의 경우 춘천에선 곰팡이병, 횡성은 궤양병 약제 사용이 많았다. 살충제는 매개충 방제를 위한 총채벌레 및 가루이류 약제를 많이 살포하였음.

라. 조사지역 농가 발생양상에 따른 약제처리 분석 결과 안흥면은 컨설팅 이후 주기적으로 총채벌레 약제를 살포하여 병 발생이 없었으며, 신북읍 1 과 신북읍 2는 궤양병 발생 후 이병주 제거 및 항생제 살포로 병 발생이 많이 줄었음.

(시험 2) 세균병 방제를 위한 유기농업자재 선발

가. 유기농업자재 목록에 공시 된 자재 중 세균병 방제를 위해 등록된 자재 5종을 선발하여 약효시험을 실시한 결과 *Bacillus velezensis*G341, 오배자추출물 30%+황백피추출물 10%+에틸알코올 30%, 황(40%)+벤토나이트(5%)+보조제(55%) 3종이 방제가 40% 이상으로 효과가 좋았음.

(시험 3) 난방제 병해 종합 방제기술 개발

가. 작업기구 소독 및 항생제 살포를 혼합한 종합 방제기술 개발 결과 70% 알코올 또는 1% 차아염소산 나트륨으로 1분간 침지 소독 후 20주 적심, 다시 1분간 침지소독을 하고 작업이 완료된 후 바로 스트렙토마이신 수화제를 살포하고 그 이후 7일 간격 2회 살포하면 병 발생을 83% 줄일 수 있음.

<제2세부과제: 토마토 주요 해충 발생양상 및 방제기술 개발>

(시험 1) 토마토 주요 해충 발생양상 및 방제실태 조사

- 가. 가루이의 발생밀도는 반축성재배농가의 경우 2018년도 비교하였을 때 2019년도에는 감소한 양상을 보임. 그에 반해 2020년도에는 6월 상순부터 가루이의 발생이 크게 증가하는 양상을 보였음. 총채벌레는 3년 동안 트랩당 5마리 이하의 낮은 발생밀도는 나타냄.
- 나. 억제재배농가의 경우 2019년과 2020년 10월에 가루이의 밀도가 트랩당 200마리 이상 발생하여 증가하는 양상을 보였음. 총채벌레는 3년 동안 비슷한 발생밀도를 나타내었음.
- 다. 황성의 경우 2018년도의 가루이 발생밀도가 10월 상순 트랩당 600마리 이상인 것과 비교 하였을 때, 2019년도와 2020년도에는 가루이의 발생이 크게 감소한 것으로 나타남. 총채벌레류는 2019년 10월에 큰 발생을 보였지만, 2020년에는 작물생육기 동안 트랩 당 10마리 이하의 적은 발생밀도를 보였음.
- 라. 3년간의 총채벌레 발생밀도와 기상환경과의 상관관계를 분석하였을 때 평균기온, 최고기온, 최저기온과 정의 상관관계를 보였음.
- 마. 농가방제실태 조사결과 가루이류를 방제하기 위해서는 정식 한 달 이내에 두 번이상 적용약제를 살포해야 효과적으로 방제할 수 있었음.

(시험 2) 토마토 난방제해충 종합방제기술 개발

- 가. 약제 교호살포 조합은 키틴생합성저해+신경전달물질 차단→현음기관 통로조절→유약호르몬작용+신경전달물질활성화 약제조합으로 처리를 하였을 때 가장 효과적이었음.
- 나. 토마토 하우스 통로에 유인식물을 배치하였을 때, 3주간 유인효과가 우수한 것으로 나타남.
- 다. 유인식물과 최적 약제조합을 이용한 종합방제기술을 이용하여 가루이류를 방제하였을 때 관행 방제구에 비해 80%이상 방제가 가능하였음.

5 인용문헌

- 강원대학교 산학협력단. 2017. 공시 및 품질인증 유기농업자재 안내.
- 김영식, 박권서 등. 2013. 완전 토마토 품종.
- 농촌진흥청 농업과학기술원. 2006. 채소병해충 진단과 방제.
- 서미혜, 김동환 등. 2017. 주요 원예작물에 발생하는 해충의 종류와 발생양상. pp110. 한국응용곤충학회 학술대회논문집.
- 유기열. 1984. 새로운 정착해충 온실가루이 약제방제가능방법과 온실가루이의 국내유입과 방제대책. pp58-66. 한국작물보호협회. 농약과식물보호 제5권 제2호.
- 정태성, 이재홍 등. 2016. 시설토마토 주요해충의 발생양상과 천적을 활용한 방제시기. pp159. 한국응용 곤충학회 학술대회논문집
- Lee Mun Haeng et al. 2013. Studies on the Eco-friendly Management of Whiteflies on Organic Tomatoes with Oleic Acid. pp95-104. Korean journal organic agriculture.
- J.A.Juvik et al. 1982. Resistance among accessions of the genera lycopersicon and solanum to four of the main insect pests of tomato in israel. pp145-156. Phytoparasitica.
- Jeong Heub song et al. 2014. Sampling Plan for Bemisia tabaci Adults by Using Yellow-color Sticky Traps n Tomato Greenhouses. pp375-380. Korean J. Appl. Entomol.
- O. Calis1, S. Saygı2 and D. Celik2. 2012. MOLECULAR IDENTIFICATION OF BACTERIAL CANKERAND BACTERIAL WILT DISEASES IN TOMATOES
- Oh-Hun Kwon et al. 2017. Incidence of Viral Diseases on Red Pepper in Yeongyang-Gun, Gyeongbuk Provice

6 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2018(1년차)	학술발표	강원지역 토마토 병해 발생양상
	학술발표	토마토 가루이류 방제를 위한 최적교호살포 약제조합 선정
2019(2년차)	영농활용	토마토 바이러스 병징 및 생리장해 증상 구별
	영농활용	토마토 가루이류 방제를 위한 최적교호살포 약제조합 선정
	학술발표	강원도 토마토 세균병 종류 및 발생양상 분석
	학술발표	강원지역 토마토 해충발생양상 및 방제실태
2020(3년차)	논문게재	토마토 주요 병해 발생양상 조사 및 적심 작업방법 개선에 따른 궤양병 경감 효과
	논문게재	토마토 가루이류 방제를 위한 종합방제기술 개발
	영농활용	토마토 궤양병 친환경 유기농업자재 선발
	영농활용	토마토 적심 시 작업방법 개선에 따른 궤양병 경감 효과
	영농활용	시설토마토 주요해충 밀도억제를 위한 효과적인 방제시기

성과지표명		연 도		1년차(2018)		2년차(2019)		3년차(2020)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적		
논문 게재	SCI										
	비SCI					2	2	2	2		
특허	출원										
	등록										
학술 발표	국제										
	국내	2	2	2	2					4	4
품종	출원										
	등록										
영농 활용	기술										
	정보			2	2	2	3	4	5		
홍 보											
계		2	2	4	4	3	4	10	11		

7 연구원 편성

구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도		
					'18	'19	'20
과제책임자	환경농업연구과	농업연구사	원현섭	과제 총괄	○	○	○
1세부책임자	환경농업연구과	농업연구사	원현섭	세부주관 수행	○	○	○
공동연구자	환경농업연구과	농업연구사	황세정	평가분석 지원	○	○	○
	환경농업연구과	농업연구관	정태성	평가분석 지원	○	○	○
	환경농업연구과	농업연구사	이재홍	현장조사 지원	○	○	○
	환경농업연구과	"	이안수	현장조사 지원	○	○	○
	옥수수연구소	농업연구관	홍대기	평가분석 지원	○	○	-
	환경농업연구과	공무직	조순옥	현장조사 지원	○	○	○
	환경농업연구과	"	강성희	현장조사 지원	○	○	○
	환경농업연구과	"	박동권	현장조사 지원	○	○	-
	환경농업연구과	"	이승제	현장조사 지원	○	○	○
환경농업연구과	"	이선주	현장조사 지원	-	-	○	
2세부책임자	환경농업연구과	농업연구사	황세정	세부주관 수행	○	○	○
공동연구자	환경농업연구과	농업연구사	원현섭	평가분석 지원	○	○	○
	환경농업연구과	농업연구사	이재홍	평가분석 지원	○	○	○
	환경농업연구과	농업연구사	이안수	평가분석 지원	○	○	○
	환경농업연구과	농업연구관	김기선	평가분석 지원	-	○	○
	환경농업연구과	"	정태성	평가분석 지원	○	○	○
	옥수수연구소	"	홍대기	평가분석 지원	○	○	-
	환경농업연구과	공무직	황미란	현장조사 지원	○	○	○
	환경농업연구과	"	박슬기	현장조사 지원	○	○	○
	환경농업연구과	"	이금옥	현장조사 지원	○	○	○