

전략체계	지속 - 4 - 4		구분	완결	
기술분야코드	V1	기술유형코드	S02	작목구분코드	FC-01-0101
과제종류	기관고유		과제번호	LP004092	
과제명	도내 문제 병해충 발생실태 조사 및 방제체계 확립				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	문윤기		농업연구사	강원도원 농업환경연구과	
연구기간	2019 ~ 2023		참여연구기관	-	
세부과제명			부서	세부책임자	연구기간
1) 고랭지 채소 문제병해충 방제기술 개발			농업환경연구과	문윤기	'19~'23
2) 시설채소 토마토반점위조바이러스병(TSWV) 방제체계 구축			농업환경연구과	방경린	'21~'23
3) 시설채소 총채벌레 발생생태 구명 및 방제기술 개발			농업환경연구과	황세정	'21~'23
색인용어	고랭지 채소, 병해충, 토마토반점위조바이러스, 총채벌레				

ABSTRACT

This studies were carried out to prevent the spread of this disease and to prepare measures for stable production from 2019 to 2023. Chinese cabbage verticillium wilt is a serious problem that inhibit cabbage production in highland areas such as Taebaek, Jeongseon and Samcheok in Gangwon-do. As a result of investigating the occurrence of radish wilt disease in 40 farms in 5 regions, including Gangneung, in 2019, the altitude was about 300m to 800m, and the sowing period was from late May to around mid-August. The number of pesticidel treatments was 2 to 5 times in semi-highlands and 5 to 9 times in highlands and the soil consisted of 34 fields with sandy soil and 6 fields with clay soil. Due to the rise in temperature and precipitation due to global climate warming, the incidence and occurrence of various diseases continue to increase. It was judged that the area was likely to increase, and as a result of a survey of the incidence rate and area of major diseases of cabbage in highland areas from 2019 to 2022, the area of occurrence of root gall disease and viral disease showed a significant decreasing trend, and soft rot disease was persistent and affected a very large area. and the incidence and area of wilt disease continued to increase. As there are currently no registered control pesticide for verticillium wilt, it is necessary to select pesticide that inhibit the growth of pathogens in-flight and to promote pesticide registration tests that are excellent for disease control in fields. As

a result of the 2021 investigation of the culture characteristics of the verticillium wilt pathogen, it was found that it was cultured slowly on PDA at 25°C for about 37 to 43 days. One of the characteristics of pathogens is that they form microsclerotia and can exist in the soil for a long period of time, making them difficult to control. *V. dahliae* was 3.4~5.6µm and *V. longisporum* was 7.2~8.9µm, with differences in the size of the spores and the shape of the microsclerotia. In order to produce Chinese cabbage for the continuous and long-term, It is important to change the soil to healthy soil, and it is also necessary to use antagonistic microorganisms and add them as compost. This study aimed to establish a comprehensive management system for Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV) in greenhouse vegetable cultivation areas in Gangwon State. TSWV is a virus known to affect plants in the Solanaceae family and is transmitted by thrips. Investigations were conducted on the occurrence patterns of TSWV and thrips, as well as the pesticide usage among farmers for controlling these pests. The results revealed a high frequency of neurotoxic insecticides used for thrips control, suggesting the potential acquisition of pesticide resistance in thrips. The virus incidence varied depending on greenhouse entrance structure and internal temperature, with higher rates observed in structures with easy thrips ingress and elevated internal temperatures. Both the virus and thrips primarily inhabit weeds surrounding cultivation areas, with preference observed for certain weed species such as *Stellaria media* and *Cardamine flexuosa*. *Stellaria media* particularly showed virus contamination, indicating a need for proactive pest control measures. Sterilizing work equipment with 70% alcohol or 1% NaOCl was proven effective in reducing virus transmission. While combining insecticides with the environmentally friendly material tannic acid was found to be effective against thrips. The dominance of different thrips species varied across locations, with *Frankliniella occidentalis* predominating in Cheorwon, and other species dominant in Chuncheon and Hoengseong. Given the significantly higher virus contamination rate associated with *Frankliniella occidentalis*, particular attention is required for its control in Cheorwon. Drug resistance experiments conducted using the leaf-dip method indicated the possibility of resistance acquisition for four pesticide types, thus recommending the active promotion of alternative pesticides excluding those showing resistance.

1

연구목표

배추(*Brassica rapa* L.)는 우리나라에서 김치의 주원료로 중요한 채소이다. 2014년 6월, 강

원도 태백에 위치한 배추 포장에서 잎시들음, 건조, 낙하 증상이 관찰되었다. 이 병은 포장의 35% 정도 발병률을 보였고 생산량은 거의 10% 감소했습니다. 감염 초기에는 잎 가장자리의 색이 녹색에서 노란색으로 변했다. 병이 진행됨에 따라 감염된 잎은 시들고 말라 식물에서 떨어져 나간다. 잎 줄기와 뿌리 조직의 기저부에 무름병이 생기면 감염된 잎이 말라서 식물에서 떨어지는 증상이 보여 배추 반쪽시들음병으로 보고하였다(Walftor 등, 2020). 이 병은 감자, 배추, 무, 토마토 등 260종 이상의 식물에서 나타나며 최근 발생이 증가하고 있습니다. 특히 지난해 강원도 태백 고랭지 배추 재배면적의 10% 이상에서 병이 발생하고 있다. 특히 등록된 약제가 없고 방제가 어려운 토양 병으로, 피해가 늘고 있다. 반쪽시들음병에 걸리면 잎이나 줄기의 반쪽이 노랗게 변하면서 시들게 된다. 배추의 경우 생육 후기에는 병이 급격히 진행돼 속이 차지 않아 수확할 수 없게 된다. 이 병은 고랭지에서 재배 중인 무, 감자와 가지, 국화 등 다양한 작물에 병을 일으키는 다범성 병원균으로 국내에서는 국화 반쪽시들음병으로 *Verticillium dahliae* 로 보고하였고(한 등 2007), 1997년에는 토마토, 가지 반쪽시들음병을 확인하였고(Kim 등, 2000, 2001), 2001년에 강원도 대관령 감자 재배지에서 반쪽시들음병을 최초로 관찰하여 *Verticillium albo-atrum*으로 보고하였고(김 등 2003), 2016년 6월에는 강원도 정선에서 *Verticillium dahliae*에 의한 감자 반쪽시들음병을(김 등, 2019.), 2016년 9월에는 무 잎이 노랗게 시들어 30%가 도관이 변색하는 무 반쪽시들음병으로 확인하였으며(최 등, 2023), 2020년에는 고춧잎이 노랗게 변하고 시드는 고추 반쪽시들음병이 보고(Oliul 등, 2024)된 바 있다. 전 세계적으로 반쪽시들음병은 350종 이상의 식물에 시들음병을 일으키고, *V. dahliae*, *V. albo-atrum*, *V. longisporum*, *V. nubilum*, *V. theobromae* 및 *V. tricorpus* 등 6종의 병원균에 의해 발생하며, 경제적으로 중요한 면화, 토마토, 감자, 유채, 가지, 고추 및 관상용 식물 등을 포함한 다양한 식물이 이 병에 취약하다고 하였다(Wikipedia). *V. longisporum*은 스웨덴 토양에서 발견되는 가장 흔한 병원균이고, *V. longisporum*과 그 기주에 대한 연구를 목표로 감염 패턴, 숙주 범위, 전염, 식물 방어반응 등의 특징으로 *V. longisporum*은 주로 측면 뿌리를 통해 식물에 침입하고, 식물 전체에서, 줄기와 잎뿐만 아니라 뿌리에서도 서식하며, 반면 *V. dahliae*는 뿌리와 하부 줄기에만 존재하였고, *V. longisporum*으로 인한 시들음 증상에는 잎 시들음, 괴사 및 발육 부진 등이 포함되며, 토양에서 생존할 수 있는 미세균핵(microsclerotia)으로 두꺼운 벽으로 둘러싸여 혹독한 추운 날씨와 겨울에도 생존할 수 있어 박멸하기가 매우 어렵다고 하였다(Johnasson, 2006). 특히, 배추 반쪽시들음병은 강원도 태백, 정선, 삼척 등 고랭지 지역의 배추 생산의 걸림돌이 되는 심각한 문제 병해로서 이 병의 확산을 막고, 안정적인 생산을 위한 방안을 마련하고자 본 과제를 수행하였다.

시설채소에 발생하는 병해는 세균병인 궤양병, 청고병, 곰팡이병인 흰가루병 등이 있지만 특히 총채벌레 의해 매개되는 토마토반점위조바이러스(TSWV, *Tomato Spotted Wilt Virus*)에 의한 피해가 많이 발생하고 있다. 2021년부터 농업환경연구과에 접수된 민원 중 바이러스가 원인인 병해가 매년 20건 이상으로 꾸준히 발생하고 있으며, 특히 토마토와 파프리카와 같은 가지과 작물에서는 세균병과 곰팡이병에 의한 피해보다 바이러스에 의한 민원 비율이 높은 것을 확인할 수 있었다. 하지만 이러한 바이러스병의 경우 발생했을 때, 처리할 수 있는 방제약제가 없어 농

가에서 많은 어려움을 겪고 있다. 따라서, 본 연구는 강원지역 시설채소에서 발생하는 TSWV와 TSWV의 매개충인 총채벌레를 효과적으로 방제할 수 있는 방제체계를 확립하는데 목적을 두고 수행하였다.

2 재료 및 방법

<제1세부과제 : 고랭지 채소 문제병해충 방제기술 개발>

(시험 1) 무, 배추 주요 병해 발생실태 조사

본 연구는 2019~2023년에 고랭지 채소 주요 병해 발생실태 조사하였다. 2019년에는 강릉 등 5시군 13개 농가포장을 대상으로 9월 상순에 무 시들음병 발생과 재배 경종개요, 포장상태, 발병주율 등을 조사하였고, 2020년에는 태백 등 3개 시군에서 배추 시들음병을 8월~9월 사이에 3회에 걸쳐 87개 농가포장에서 시들음병 발생을 조사하였으며, 2021년에는 강릉 등 4시군에서 무, 배추의 주요병해 발생을 조사하였다. 2019~2022년 6~8월 태백의 기상환경(평균기온과 강수량)을 조사하였으며, 강릉 등 10개 시군의 연도별 고랭지 배추 주요 병해 발생률 및 발생면적을 조사하였다.

(시험 2) 병 발생포장 토양 화학성 분석

무 시들음병 발생포장의 토양화학성을 분석하기 위하여 5시군 13개 농가포장에서 토양 시료를 채취한 내역이다. pH, EC, 유기물, 양이온 등 8항목의 토양화학성을 분석하였다.

(시험 3) 시들음병 분리균 병원성 검정

무 시들음병 분리균의 병원성을 검정하기 위하여 동하무, 청일춘 품종을 대상으로 *Fusarium oxysporum* 2균주, *Verticillium dahliae* 1균주를 파종 20일후 병원균 포자현탁액(10^4 개/ml) 접종하여 병원성 여부를 확인하였다.

(시험 4) 시들음병 약제방제 시험(풋트)

무 시들음병 방제용 우수한 약제선발을 위하여 약제방제 시험을 풋트에서 수행하였다. 시험품종은 동하무이고, *F. oxysporum* 평창분리균을 접종한 이병토를 이용하여 플루오피람 액상수화제 등 6종의 약제를 처리하였다(표 1).

표 1. 약제 처리내용('19~'20)

처리번호	품목명	희석배수	처리방법
1	플루오피람 액상수화제	4,000배	7일간격 3회 관주처리
2	플루디옥소닐 액상수화제	2,000배	"
3	아족시스트로빈 액상수화제	2,000배	"
4	피라클로스트로빈 입상수화제	2,000배	"
5	플록사피록사드 액상수화제	2,000배	"
6	프로클로라즈망가니즈 수화제	2,000배	"
7	플루아지남 액상수화제	2,500배	"
8	무처리	-	

※ 파종 15일 후 병원균 현탁액(10⁴개/ml) 접종

(시험 5) 배추 시들음병 약제선발 시험(노지)

2021~2023년에 배추 시들음병 방제용 약제선발을 위하여 약제등록시험을 수행하였고, 농약사용지침서에 따라 2021년에는 태백과 인제에서 플루디옥소닐 액상수화제 등 4종의 약제를 처리하였고(표 2), 2022년에는 평창과 태백에서 플루아지남 입제 등 4종의 약제를 처리하였으며(표 3), 2023년에도 평창과 태백에서 플루아지남 액상수화제 등 5종의 약제를 처리하였다(표 4).

표 2. 약제 처리내용(2021년, 태백, 인제)

품목명	주성분 함량 (%)	약 효 시 험		약 해 시 험	
		희석배수 및 사용량	처리시기 및 방법	기준량	배 량
플루디옥소닐 액상수화제	20	2,000 (150ml/주)	정식 시 관주처리	2,000 (150ml/주)	1,000 (150ml/주)
피라클로스트로빈 입상수화제	20	2,000 (150ml/주)	"	2,000 (150ml/주)	1,000 (150ml/주)
플루아지남 액상수화제	50	2,500 (150ml/주)	"	2,500 (150ml/주)	1,250 (150ml/주)
프로클로라즈망가니즈 입제	1.3	6kg/10a	정식 전 토양혼화	6kg/10a	6kg/10a
무 처 리	-	-	-	-	-

표 3. 약제 처리내용(2022년, 평창, 태백)

품목명	주성분 함량 (%)	약 효 시 험		약 해 시 험	
		희석배수 및 사용량	처리시기 및 방법	기준량	배 량
플루아지남 입제	0.7	30kg/10a	정식 전 토양혼화	30kg/10a	60kg/10a
프로클로라즈망가니즈 입제	1.3	6kg/10a	"	6kg/10a	12kg/10a
메탈락실.테부코나졸 입제	3(1.5+1.5)	4kg/10a	"	4kg/10a	8kg/10a
아미설브롬 분제	0.5	20kg/10a	"	20kg/10a	40kg/10a
무 처 리	-	-	-	-	-

표 4. 약제 처리내용(2023년, 평창, 태백)

품목명	주성분 함량 (%)	약 효 시 험		약 해 시 험	
		희석배수 및 사용량	처리시기 및 방법	기준량	배 량
플로릴피콕사미드 액상수화제	10	2,000	발병초 10일간격 3회 경엽처리	2,000	1,000
프로클로라즈망가니즈 수화제	50	2,000	"	2,000	1,000
메텐트리플루코나졸 입상수화제	10	2,000	"	2,000	1,000
플로릴피콕사미드 입제	0.5	4kg/10a	정식전 토양혼화처리	4kg/10a	8kg/10a
플루아지남 액상수화제	50	200 (100ml/m ²)	정식전 토양분무처리	200	100
무 처 리	-	-	-	-	-

(시험 6) 배추 검은썩음병 약제등록시험(노지)

2021년에 배추 검은썩음병 방제용 약제선발을 위하여 춘천과 정선에서 약제등록시험을 수행하였고, 옥솔린산 수화제 등 5종을 농약사용지침서에 따라 발병초기에 7일 간격으로 3회에 걸쳐 경엽에 처리하였다(표 5).

표 5. 약제 처리내용(2021년)

품목명	주성분 함량 (%)	약 효 시 험		약 해 시 험	
		희석배수 및 사용량	처리시기 및 방법	기준량	배 량
옥솔린산 수화제	20	1,000배	발병 초 7일 간격 경엽처리	1,000배	500배
옥솔린산-발리다마이신에이 수화제	20(15+5)	1,000배	"	1,000배	500배
가스가마이신 입상수화제	10	1,000배	"	1,000배	500배
옥솔린산-옥시테트라사이클린다이하이 드레이트 수화제	20(5+15)	2,000배	"	2,000배	1,000배
옥시테트라사이클린칼슘알킬트리메틸 암모늄발리다마이신에이 수화제	20(5+15)	2,000배	"	2,000배	1,000배
무처리	-	-	-	-	-

(시험 7) 배추 씨스트선충 방제 약제효과 시험(노지)

2021년에 배추 씨스트선충 방제용 약제선발을 위하여 태백과 삼척에서 약제효과 시험을 수행하였고, 포레이트 입제 등 5종을 농약사용지침서에 따라 정식 전에 토양혼화 처리하였다(표 6).

표 6. 약제 처리내용(2021년)

품목명	주성분 합량 (%)	약 효 시 험		약 해 시 험	
		희석배수 및 사용량	처리시기 및 방법	기준량	배 량
포레이트 입제	5	4kg/10a	정식전 토양혼화처리	4kg/10a	8kg/10a
포스티아제이트 입제	5	6kg/10a	"	6kg/10a	12kg/10a
플루셀파마이드 분제	0.3	20kg/10a	"	20kg/10a	40kg/10a
포레이트·터부포스 입제	4.5(2+2.5)	6kg/10a	"	6kg/10a	12kg/10a
벤투라카브 입제	3	4kg/10a	"	4kg/10a	8kg/10a
무 처 리	-	-	-	-	-

(시험 8) 배추 반쪽시들음병 병원균 진단기술 개발 및 병원균 배양특성 조사

2022년에 배추 반쪽시들음병 병원균(*Verticillium dahliae*)의 진단기술 개발 시험을 수행하였다. 병원균 검출용 특이프라이머의 탐색 및 제작을 위하여 온도와 농도 등 반응 조건을 설정과 프라이머별 검출 특이성을 검정하였다.

반쪽시들음병 병원균 배양 특성을 조사하기 위하여 감자한천배지(PDA) 25℃에서 30~40일 정도 배양하였고, 병원균의 종류에 따라 병원균의 균사, 균핵크기, 모양, 포자크기 등의 차이가 있는지 조사하였다.

<제2세부과제 : 시설채소 토마토반점위조바이러스(TSWV) 방제체계 구축>

(시험 1) TSWV 발생양상 및 농자 방제력 조사(2021~2023)

시설채소 농가에서 발생하는 TSWV 발생양상 조사를 위해 2021년부터 2023년까지 춘천, 횡성, 철원 지역에서 바이러스 발생양상을 조사하였다. 토마토에서 발생하는 TSWV 조사는 춘천, 횡성지역에서 조사하였으며, 지역별 2지점을 선정하여 월 2회 조사하였다. 파프리카에서 발생하는 TSWV 조사는 철원지역 파프리카 3농가를 선정하여 토마토 조사 시기와 마찬가지로 월 2회 조사하였다(표 7). 육안조사를 통해 TSWV의 발생여부를 확인하고, 의심 시료를 채집한 후 실험실 내에서 RT-PCR 방법을 이용하여 바이러스를 검정하였다.

우선 채집된 시료를 1.5ml 튜브에 1cm×1cm크기로 자른 후 마쇄한 후 easy-spin™ [DNA free] Total RNA Extraction kit(iNtRON Biotechnology, Seongnam, Korea)를 이용하여 사용자 매뉴얼에 따라 분리를 하였으며, 감염 식물체에서 전체 핵산을 분리한 후 핵산 추출물을 진단에 이용하였다. 유전자 진단에 대상 바이러스의 특이 프라이머는 농촌진흥청 국립농업과학원 작물보호과에서 디자인한 프라이머를 사용하였다(표 8). PCR 조성액 총액은 20µl로 5×AccuPower® PCR Master Mix(Bioneer, Daejeon, Korea) 4µl, Forward primer(10 pmol) 1µl, Reverse primer(10 pmol) 1µl, RNA 1µl, SYBR 1µl, D.W 12µl로 반응시켰다. RT-PCR 조건은 55℃에서 30분, 95℃에서 10분 역전사 반응 뒤 95℃에서 10분간 denaturation 후, 95℃에서 30초, 57℃에서 40초, 72℃에서 45초로 35회로 진행하였고

TbLCV(Tobacco leaf curl virus) 와 TYLCV는 95°C에서 3분간 denaturation 후, 94°C에서 20초, 55°C에서 30초, 72°C에서 1분로 35회 조건으로 진행하였다. PCR이 완료되면 각 산물은 1.5% agarose gel에서 전기영동을 통해 감염여부를 확인하였다. 또한 조사 대상 농가의 약제 방제력과 강원지역 토마토 재배농가를 대상으로 설문조사를 실시하여, 농업인들이 가장 문제시 하는 바이러스가 무엇인지 분석하였다.

표 7. TSWV 발생양상 및 농가방제력 조사지점

작 물	지 역	조사지점	정식일		품종명	
			1차	2차	1차	2차
토마토	춘천	신북읍 천전리 1135	2.17.	7.15.	라피도	8505
		신북읍 울문3리 92-2	2.20.	7.10.	샤르망	TY타이푼
		사농동 695	2.18	6.20.	유니콘	대끼리
	횡성	안흥면 지구리 913-5		6.5.		TY홀리데이
		둔내면 석문리 521-1		5.31.		TY홀리데이
파프리카	철원	근남면 마현리 1426-16		4.2.		나가노
		근남면 마현리 1434-1		4.5.		나가노
		김화읍 학사리 629-7		4.10.		나가노

표 8. 바이러스 의심주 진단에 사용한 프라이머 목록

바이러스	프라이머 이름	염기서열(5'- 3')	PCR 산물크기
CMV	CMV DP u1	CGTCGTGGTCCCCGCTCCG	690bp
	CMV DP d2	AGCGCGCATCGCCGAAAGAT	
TSWV	TSWV 6F	GAGATTCTCAGAATTCCCAGT	459bp
	TSWV 6R	AGAGCAATCGTGTCAATTTTATTC	
ToCV	ToCV-M-4F	AGAAGATCCGCGCTAATGCTAA	479bp
	ToCV-M-4R	GGTCATCTTCCCAAACACGA	
TYLCV	tylcv 1f	GTCAACCAATCAAATTGCATCCTC AA	712bp
	tylcv 1-2r	GTCCAAAATCCATTGGGC	
TbLCV	hyw 1f	GTCAGCCCTAATTTGAACGG	779bp
	hyw 1r	AGCTTGTTCTTAGACG	
TBSV	TBSV 2-F	AGGTATGTTGACAGGGATGTC	898bp
	TBSV 2-R	TTGCCAGGGTACATGGCCCTG	

(시험 2) 시설채소 TSWV 다발생 조건 구명(2021)

토마토와 파프리카를 재배하는 농가에서 발생하는 TSWV의 발생양상을 확인한 후, 농가에 어떤 조건들이 이러한 TSWV를 다발생시키는지 조건을 구명해보았다. 농가에서 사용하는 토마토와 파프리카의 품종을 조사한 후 어떤 품종에서 감수성을 가지고 있는지 일차적으로 확인해 보았고,

TSWV와 같은 바이러스가 발생하였을 때, 병든식물을 어떻게 관리하는지 확인해 보았다. 그리고 바이러스 발생과 바이러스를 매개하는 매개충의 생활습성에 많은 영향을 미치는 온도와 같은 시설하우스 내의 환경조건을 비교 분석하여 TSWV의 다발생조건을 구명하였다.

(시험 3) 재배지 주변잡초 바이러스 감염 조사(2021~2022)

TSWV는 시설채소 뿐만아니라 넓은 기주범위를 가진 바이러스로 재배지 주변에 서식하는 잡초를 중간기주로 삼고 전파되는 특징을 가지고 있다. 따라서 조사 지점에 발생하는 잡초의 종류를 시기별로 조사하고 바이러스의 감염 여부를 확인해 보았다. 육안 조사를 통해 발생한 잡초를 채집한 후 바이러스에 감염되어 있는지 RT-PCR을 통해 확인해 보았으며, RT-PCR에 사용된 프라이머 서열은 시험 1에서 사용한 프라이머를 사용하였다.

(시험 4) 주요 바이러스 동시진단 프라이머 개발 및 효과 검증(2021~2022)

시설채소에 발생하는 바이러스는 TSWV를 포함하여 다양한 것으로 알려져 있다. 이러한 바이러스를 검정하기 위해서는 주로 RT-PCR을 이용하여 확인 절차를 거치게 되는데 이때 진단하는 시간을 단축하기 위해 여러 바이러스를 동시에 진단할 수 있는 프라이머를 개발하였다.

대상 바이러스는 가지과 바이러스에 주로 발생하여 피해를 주는 TSWV, CMV, TYLCV, PepMoV, PMMoV 등 5종을 선정하였으며, 대상바이러스를 동시에 진단할 수 있는 프라이머를 제작하였다. 바이러스를 추출한 시험작물은 토마토로 선정하였으며, 토마토에 5종의 바이러스를 감염시킨 뒤 병징이 나타나면 시험 1에서 사용한 방법을 이용하여 RNA를 추출하였다. 추출한 바이러스 RNA에 나타나는 특이적인 서열을 분석한 뒤 5종의 바이러스가 간섭되지 않는 부분을 이용하여 프라이머를 제작하였다.

(시험 5) 작업기구 소독자재별 TSWV 예방효과 검증(2022)

시설채소에 발생하는 바이러스는 농작업을 통해 전정가위에 묻은 이병주의 균이 건전주에 감염되는 경우가 많기 때문에 약제처리 보다는 경종적 방법으로 작업기구를 소독하는 것이 매우 중요하다. 따라서 본 연구를 통해 최적 농작업 기구 소독약제 선발시험을 수행하였다. 시험자재로는 70% 알코올과 1% 차아염소산나트륨 방법은 바이러스에 감염된 식물을 전정가위로 잘라서 가위에 바이러스 즙액을 묻힌 후 시험자재로 1분간 침지 소독하였다. 그 후 소독한 전정가위를 사용하여 건전한 식물에 상처를 내어 감염시켜 바이러스 발생여부를 확인하였다.

시험에는 소독자재별로 토마토 20주가 사용되었으며, 3반복으로 실험을 진행하였다. 소독된 전정가위에 의한 발병주율을 확인 후 무처리구 대비 방제가를 확인하여 소독자재에 따른 TSWV 발병 차이를 분석하였다.

(시험 6) TSWV 피해경감을 위한 약제처리방법(2022)

작물에 바이러스가 감염되면 뚜렷한 방제약제가 없기때문에 사전에 예방하는 것이 가장 중요한 방제방법으로 알려져 있다. 또한 바이러스를 매개하는 매개충을 효과적으로 방제하는 것이 중요하다. 따라서 본 시험에서는 TSWV의 피해경감을 위한 약제처리방법을 설정하였다. 시험작물은 토마토로 선정하여 실험을 진행하였으며, 바이러스 발병을 억제시키는 친환경자재와 살충제를 각각 단용으로 처리한 처리구와 친환경자재와 살충제를 혼용하여 처리한 혼용 처리구를 설정하

여 각 처리구별 바이러스 발병률과 발병 억제효과를 확인해 보았다.

시험약제는 친환경자재로 탄닌산과 매개충을 방제하는 살충제는 에마멕틴벤조에이트 유제를 사용하였고, 반복당 20주의 토마토를 이용하여 3반복 실험을 진행하였다. 바이러스 발병주율을 확인하고 무처리구 대비 방제가를 확인하여 약제처리 체계에 따른 TSWV 발병차이를 분석하였다.

〈제2세부과제 : 시설채소 총채벌레 발생생태 구명 및 방제기술 개발〉

(시험 1) 총채벌레류 발생양상 및 농가방제력 조사(2021~2023)

본 연구는 2021년도부터 2023년까지 강원지역 시설채소 주산지인 춘천 3개소, 횡성 2개소, 철원 3개소에 발생하는 주요 해충에 대한 발생양상을 조사하였다. 조사지점은 표 1과 같고, 조사 방법으로는 10일에서 30일 간격으로 토마토 및 파프리카에 발생하는 해충을 병해충 예찰요강에 준하여 조사하였다. 트랩의 경우 하우스 1동에 황색·청색 끈끈이트랩(15×25cm) 각각 5장을 설치하여 조사하였으며, 발생하는 해충에 대한 육안조사는 작물 병해충 예찰요강에 준하여 조사하였고, 필요에 따라 반복수와 하우스 내 조사지점을 추가하여 실시하였다.

해충 발생조사를 통해 발생해충의 종류와 발생시기를 확인하였으며, 발생시기별 발생밀도 또한 정리하여 분석하였다. 추가적으로 농가에서 시설채소 재배지에 발생하는 해충을 방제하기 위해 실제로 사용하는 농약의 종류와 살포시기 등을 확인하기 위해 방제실태 또한 조사를 진행하여, 시설내 병해충 발생시기와의 상관관계를 분석해 보았다.

(시험 2) 재배지 주변잡초 총채벌레 발생조사(2021~2022)

총채벌레는 시설채소 재배지 토양에서 월동 후 이듬해 봄에 약충으로 부화하고 바이러스에 감염된 작물을 가해하면서 바이러스를 스스로 획득한다. 그 후 재배지 주변에 있는 잡초를 중간기주로 삼으면서 잡초에 바이러스를 전파한다. 이러한 생활사를 가지는 총채벌레에 의해 재배지 주변의 잡초는 바이러스의 중간기주 역할을 하고, 바이러스에 걸린 잡초를 확실하게 제거하지 않으면 계속해서 작물에 바이러스를 전염시키게 되는 전염원이 된다.

따라서 시험 2에서는 재배지 주변에 존재하는 잡초를 조사하고, 잡초별로 총채벌레의 선호도를 조사하여 어떤 잡초가 총채벌레 유인 효과가 좋은지 조사하였다.

원내 포장에 재배지 주변에서 채집해 온 잡초를 종류별로 식재하고, 총채벌레 900마리를 살포하여 잡초별 유인효과를 확인하였다. 유인효과는 끈끈이 트랩을 이용하였으며 잡초 옆에 파란색 끈끈이 트랩을 설치하여 일정 시간이 지난 후 끈끈이트랩에 유살된 총채벌레의 밀도를 확인하였다.

(시험 3) 총채벌레류 지역별 우점종 및 바이러스 보독률 조사(2022~2023)

TSWV를 매개하는 총채벌레의 종으로는 꽃노랑총채벌레와 대만총채벌레가 있으며, 지역별 그리고 시기별 우점종이 다를 것이라는 가설을 세우고 본 시험을 진행하였다.

춘천, 횡성, 철원지역에서 끈끈이트랩으로 채집한 총채벌레는 트랩에서 분리하여 우점종을 확인하였으며, 그 과정에서 real-time PCR을 이용하였다. 채집지점과 시기별로 20마리의 총채벌레를 끈끈이트랩에서 분리하였으며, 분리한 총채벌레 한 마리를 PCR TUBE에 넣고 DNA BUFFER를 이용하여 DIRECT DNA를 추출하였다. 추출한 DNA는 표 3에 나열한 프라이머를 이용하여 증

동정을 진행하였다. PCR 조성액 총액은 20 μ l로 5×AccuPower® PCR Master Mix(Bioneer, Daejeon, Korea) 4 μ l, Forward primer(10 pmol) 1 μ l, Reverse primer(10 pmol) 1 μ l, DNA 1 μ l, SYBR 1 μ l, D.W 12 μ l로 반응시켰다. PCR 조건은 95°C에서 10분간 denaturation 후, 95°C에서 10초, 60°C에서 10초, 72°C에서 20초로 35회로 진행하였다. PCR이 완료되면 각 산물은 1.5% agarose gel에서 전기영동을 통해 총채벌레의 종을 확인하였다.

종 동정을 하기위해 DIRECT DNA BUFFER로 추출한 DNA를 이용하여 바이러스 보독률도 함께 분석하였다. 바이러스 검출을 하기 위한 프라이머는 표 2에 적어둔 TSWV 프라이머를 사용하였으며, PCR 조건은 95°C에서 10분간 denaturation 후, 95°C에서 10초, 60°C에서 10초, 72°C에서 20초로 35회로 진행하였다. PCR이 종료되면 마찬가지로 1.5% agarose gel에서 전기영동을 통해 바이러스의 보독여부를 판단하였다.

지역별 그리소 시기별로 시설채소 내에서 우점하는 총채벌레의 종을 동정하고 동시에 바이러스 보독률을 조사함으로써 농가에 방제시기를 안내할 수 있는 정보를 얻을 수 있었다.

(시험 4) 총채벌레류 약제저항성 검정(2022~2023)

2022년부터 2023년까지 총채벌레에 적용된 약제 중 약제저항성을 획득한 약제가 있는지 확인하였다. 약제는 농가에서 주로 사용하는 약제 4종과 자체적으로 작용기작별로 선정한 약제 5종을 실험에 사용하였다(표 9).

농가에서 발생하고 있는 총채벌레는 채집해 온 뒤 사육실에서 계대배양을 통해 밀도를 증가시켜 실험을 진행하였고, 실험방법은 엽침지법을 이용하였다. 토마토 잎을 약제의 추천농도로 희석된 약액에 30초간 침지하고 음건한 후 총채벌레 성충을 10마리씩 접종하였고, 처리 후 3일, 7일 간격으로 사충수를 조사하였다. 모든 실험은 3반복으로 수행하였으며, 본 실험에 사용된 토마토는 본업이 5매가 나왔을 때의 것을 사용하였다.

표 9. 약제저항성 시험약제

분류	품목명	주성분 함량(%)	작용기작	비 고
A	스피네토람 입상수화제	5	선경계저해제	
B	에마멕틴벤조에이트 유제	2.15	선경계저해제	
C	클로르페나피르 유제	5	호흡저해제	자체 선정약제
D	이미다클로프리드 수화제	10	선경계저해제	
E	디노테퓨란 입상수용제	50	선경계저해제	
F	디클로르보스.람다사이할로트린 분산성액제	20.8 (20+0.8)	선경계저해제	
G	클로르페나피르 액상수화제	10	호흡저해제	농가 사용약제
H	플룩사메타마이드 유제	9	선경계저해제	
I	클로르페나피르.에마멕틴벤조에이트 유제	5+2.15	호흡저해제+ 선경계저해제	

3 결과 및 고찰

<제1세부과제 : 고랭지 채소 문제병해충 방제기술 개발>

(시험 1) 무 시들음병 발생실태 조사

강릉 등 5지역 40개 농가 포장을 대상으로 무 시들음병 발생실태를 조사한 결과, 표고는 300m~800m정도이고, 재배품종으로는 관동, 청옥, 청황 등 6품종, 파종시기는 5월 하순~8월 중순경이었고, 배수상태는 37개 포장이 양호하였고, 3개 포장이 불량하였다. 약제처리 횟수는 준고랭지가 2~5회, 고랭지가 5~9회였으며, 토성은 사질토양이 34개 포장, 점질토양이 6개 포장이었다. 무 시들음병 발병주율은 0~15.7%로서 정선지역이 평균 2.1%로 가장 높았으며, 황성은 발생이 조사되지 않았다(표 10, 그림 1).

표 10. 무 시들음병 발생실태 조사결과

조사 지역	표고 (m)	품종	파종 시기	배수 정도	약제처리 횟수(회)	토성	발병주율 (%)
5시군 40포장	300-800	6품종	5.26-8.14	양호(37), 불량(3)	2-9(5.3)	사질(34), 점질(6)	0-15.7 (0.7)
강릉(7)	650-800	관동, 청옥	6.12-6.23	양호(7)	6-9(7.3)	사질(7)	0-0.7 (0.24)
홍천(10)	700-750	만추대품, 관동	7.20-7.27	양호(8), 불량(2)	6-7(6.6)	사질(8), 점질(2)	0-2.7 (0.37)
황성(3)	420-450	청황, 청운플러스	8.14	양호(3)	2	점질(3)	0
정선(10)	520-780	YR위하여, 관동	5.26-7.10	양호(9), 불량(1)	5-7(6.4)	사질(9), 점질(1)	0-15.7 (2.10)
인제(10)	300-430	관동, 청황	7.21-8.1	양호(10)	3-5(4.0)	사질(10)	0.3-1.7 (0.80)



무 시들음병 발생포장



병원균(*F. oxysporum*)

그림 1. 무 시들음병 발생포장 및 병원균

2020년에 강릉, 태백, 정선에서 배추 병해 발생실태를 조사한 결과, 바이러스는 14.7~25.3%, 무름병은 15.0~55.7%로 높았고, 검은썩음병은 9.0~30.0%, 노균병은 5.7~21.7%, 시들음병은 20.0~70.0% 발병주율로 매우 높게 조사되었다(표 11).

표 11. 배추 시들음병 발생조사 결과

구 분	발병주율(%)		
	1차(8/4)	2차(8/18)	3차(9/4)
바이러스	0~25.3(0.9)	0~14.7(0.7)	0~15.0(2.8)
무름병	0~48.7(9.8)	0~55.7(7.2)	0~15.0(5.0)
검은썩음병	0~9.0(0.5)	0~30.0(1.3)	-
노균병	0~21.7(0.6)	0~5.7(0.3)	-
시들음병	0~25.1(0.7)	0~20.0(0.9)	0~70.0(6.8)

2021년 9월 상순에 강릉, 인제에서 무 주요병해를 조사한 결과, 시들음병 발병주율은 강릉지역 1.7%, 인제지역 0.5% 수준으로 발생하였으며, 무름병 발병주율은 강릉, 인제지역에서 각각 평균 25.3%, 8.5%였다(표 12).

표 12. 무 주요 병해 조사결과(2021년)

지역	조사지점	발병주율(%)	
		시들음병	무름병
강릉	왕산면 1	0	18.0
	왕산면 2	5.0	30.0
	왕산면 3	0	25.0
	평균	1.7	25.3
인제	기린면 1	0	2.0
	기린면 2	1.0	15.0
	평균	0.5	8.5

2021년에 고랭지역 배추 병해조사 결과, 7월 중순까지는 병해 발생이 없었으나, 8월 초부터 무름병, 시들음병 등 주요 병해가 발생하기 시작하였다. 8월 하순에 무름병 발병률은 정선지역이 평균 10.3%, 태백지역이 18.6%였으며, 시들음병 발병률은 정선, 태백지역 각각 21.7%, 36.5%로 매우 높았다. 배추 시들음병이 발생한 태백(하사미동), 강릉(왕산면) 일대 병든 시료에서 병원균(*Verticillium dahliae*) 2종을 수집하였다(표 13).

표 13. 배추 주요 병해 조사결과

지역	병명	발병주율(%) ⁺		
		1차(7월 중순)	2차(8월 상순)	3차(8월 하순)
정선	무름병	0	0~16.0(6.4)	1.7~21.0(10.3)
	시들음병	0	0	15.0~30.0(21.7)
태백	무름병	0	0~15.0(7.0)	1.0~31.6(18.6)
	시들음병	0	0~0.3(0.1)	33.0~40.0(36.5)

+ 정선, 태백 각 3지점 평균

2019~2023년 6월~8월 사이 태백지역의 평균기온은 0.65℃ 상승하였고 강수량도 333.9 mm 증가하는 추세를 보였고, 고온다습한 기상으로 지구의 기후온난화로 인한 기온상승과 강수량 증가로 지속적으로 병 발생은 증가할 가능성이 높은 것으로 판단되었다(표 14).

표 14. 2019~2023년 기상환경(태백)

구분	연도	6월			7월			8월		
		상	중	하	상	중	하	상	중	하
평균 기온 (℃)	2023	18.8	15.7	20.4	22.3	22.4	24.1	23.4	22.4	22.0
	2022	15.1	17.7	23.4	24.1	21.7	21.6	24.6	22.5	18.2
	2021	18.7	18.0	17.0	20.3	22.9	23.2	22.9	18.9	19.5
	2020	21.1	20.4	20.3	19.1	17.8	19.7	22.2	24.9	22.7
	2019	17.9	17.1	18.6	18.9	20.4	25.1	24.8	22.8	20.1
강수량 (mm)	2023	5.7	26.5	222.8	64.7	177.6	24.9	200.0	17.4	139.5
	2022	19.4	19.4	149.1	8.3	77.3	71.0	93.9	83.2	93.1
	2021	16.0	21.4	50.7	136.6	9.3	1.1	73.3	77.7	173.0
	2020	6.0	11.7	67.8	13.3	110.6	205.4	28.1	181.8	37.1
	2019	71.9	23.4	37.3	35.9	137.2	42.0	90.9	95.6	11.0

2019~2022년의 고랭지 배추 주요 병해(그림 2) 발생률 및 발생면적 조사결과, 뿌리혹병, 바이러스병의 발생면적은 크게 감소하는 추세를 보였고, 무름병은 지속적이고 매우 넓은 면적에서 발생하고 있고, 시들음병도 계속해서 발생률과 발생면적이 증가추세를 보이고 있었다(표 15).

표 15. 2019~2022년 고랭지 배추 주요 병해 발생률 및 발생면적

구분	2019		2020		2021		2022	
전체 재배면적(ha)	4,195		4,331		3,938		4,013	
발병률, 발생면적	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha
뿌리혹병	1.1	46.1	1.1	47.6	0.4	15.7	0.3	13.5
바이러스병	0.8	33.5	1.3	56.3	2.1	82.7	1.3	54.0
무름병	4.5	188.8	4.9	212.2	3.3	129.9	3.9	157.5
시들음병	1.5	62.9	3.1	134.3	1.8	70.9	4.0	162.0
기타(노균병 등)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	51.2	0.2	9.0
합계	7.9	331.3	10.4	450.4	8.9	350.4	9.7	396

※ 출처: 기술보급과, 10시군(강릉, 태백, 삼척, 홍천, 횡성, 영월, 평창, 정선, 양구, 인제) 조사



반쪽시들음병

무름병

뿌리혹병

노균병

그림 2. 고랭지 배추 주요 병해

(시험 2) 병 발생포장 토양 화학성 분석

2019년에 무 시들음병 발생지 및 인근지의 토양 화학성을 분석한 결과, 발생포장이 pH와 칼슘이 다소 높고, 유기물과 유효인산 함량이 다소 낮았으며, 이 외 성분은 차이가 없었다(표 16).

표 16. 무 시들음병 발생포장 및 인근포장 토양분석 결과

구분	pH	EC	SOM	Cation				Av. P ₂ O ₅ mg/kg
				Ca	K	Mg	Na	
				cmol(+)/kg				
발생포장	6.9	0.4	15.4	5.4	0.6	1.1	0.1	420.3
인근포장	6.3	0.5	22.1	3.4	0.6	0.8	0.1	716.0

(시험 3) 시들음병 분리균 병원성 검정

2019년에 무 시들음병 분리균의 병원성 검정(그림 3) 결과, 평창에서 분리한 병원균(*F. oxysporum*)이 심한 발병을 나타내었고, 홍천에서 분리한 병원균은 중간정도의 발병을 보였다(표 17).

표 17. 시들음병 분리균 병원성 검정 결과

구분	<i>F. oxysporum</i> 홍천분리균	<i>F. oxysporum</i> 평창분리균	<i>Verticillium</i> <i>dahliae</i>
동하무	++	+++	+
청일춘	+	++	+

※ 병 발생정도 : - 무발병, + 소발병, ++ 중간정도 발병, +++ 발병 심



외부 병징

내부 병징

V. dahliae

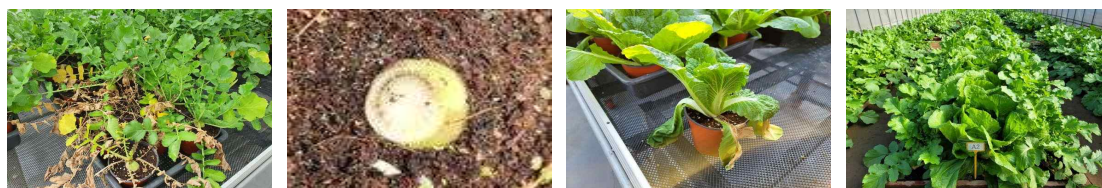
그림 3. 무 시들음병 병징

(시험 4) 시들음병 억제방제 시험(팟트)

2019년 무 시들음병 방제용 억제선발을 위하여 팟트에서 억제방제 효과시험(그림 4)을 수행한 결과, 플루오피람 액상수화제 방제가 63.2%, 프로클라즈망가니즈 수화제 방제가 52.6%로 방제효과가 높았고, 2020년 플루오피람 액상수화제, 플루디옥소닐 액상수화제, 피라클로스트로빈 입상수화제, 플루아지남 액상수화제 등 4종은 방제가 100%로 매우 우수하였고, 아족시스트로빈 액상수화제도 방제가 77.8%로 양호하였다(표 18).

표 18. 약효조사 결과

연도	품목명	발병주율(%)				방제가 (%)
		I 반복	II 반복	III 반복	평균	
2019	플루오피람 액상수화제	28.6	42.9	28.6	33.3	63.2
	피라클로스트로빈 입상수화제	28.6	85.7	42.9	52.4	42.1
	플룩사피록사드 액상수화제	57.1	57.1	42.9	52.4	42.1
	프로클로라즈망가니즈 수화제	28.6	57.1	42.9	42.9	52.6
	플루아지남 수화제	100	71.4	71.4	81.0	10.5
	코퍼하이드록사이드 수화제	71.4	85.7	71.4	76.2	15.8
	무처리	100	85.7	85.7	90.5	-
2020	플루오피람 액상수화제	0	0	0	0	100
	플루디옥소닐 액상수화제	0	0	0	0	100
	아죽시스트로빈 액상수화제	9.1	9.1	18.2	12.1	77.8
	피라클로스트로빈 입상수화제	0	0	0	0	100
	플룩사피록사드 액상수화제	18.2	27.3	18.2	21.2	61.1
	프로클로라즈망가니즈 수화제	9.1	27.3	18.2	18.2	66.6
	플루아지남 액상수화제	0	0	0	0	100
무처리	81.8	36.4	45.5	54.5	-	



무 시들음병 병징

무처리구

배추 시들음병 병징

약제선발 전경

그림 4. 무, 배추 시들음병 약제방제 효과시험(팟트)

(시험 5) 배추 시들음병 약제등록시험(노지)

2021년에 태백 시험포장의 약제방제 효과시험 결과로, 시들음병에 48~54% 방제가를 보이는 플루아지남 액상수화제와 플루디옥소닐 액상수화제 등 약제 2종을 선별하였다. 약해조사 결과, 플루디옥소닐 액상수화제와 플루아지남 액상수화제는 배추의 초기 생육부진 및 고사하는 약해를 보였고 다른 약제는 약해증상이 없었다(표 19).

표 19. 약제시험 결과

품목명	방제가(%)			약해발생 정도(0-5)
	태백	인제	평균	
플루디옥소닐 액상수화제	48.3	-	24.1	1
피라클로스트로빈 입상수화제	37.4	-	18.7	0
플루아지남 액상수화제	54.2	-	27.1	3
프로클로라즈망가니즈 입제	7.0	-	3.5	0
무 처리	-	-	-	-

2022~2023년에 평창, 태백 시험포장의 약제방제 효과시험 결과, 아미설브롬 분제의 평균 방제가가 60.4%로 우수하였고, 플루아지남 액상수화제 평균 방제가가 53.7%로 나타났고, 약해발생정도 조사결과, 약해조사 결과, 메탈락실·테부코나졸입제 처리구 일부 개체에서 초기 생육부진 증상을 보였고, 플루아지남 액상수화제는 생육부진 후 회복되었으며, 다른 약제는 약해 증상이 없었다(표 20). 반쪽시들음병의 내외부 병징은 그림 5와 같다.

표 20. 약제시험 결과

연도	품목명	방제가(%)			약해발생 정도(0-5)
		평창	태백	평균	
2022	플루아지남 입제	42.8	34.5	42.80	0
	프로클로라즈망가니즈 입제	48.6	40.5	48.60	0
	메탈락실·테부코나졸 입제	37.9	44.5	37.90	1
	아미설브롬분제	58.1	62.7	58.10	0
2023	플로릴피콕사מיד 액상수화제	38.6	29.4	38.60	0
	프로클로라즈망가니즈 수화제	45.5	47.1	45.50	0
	메텐트리플루코나졸 입상수화제	29.5	41.2	29.50	0
	플로릴피콕사מיד 입제	27.3	35.3	27.30	0
	플루아지남 액상수화제	54.5	52.9	54.50	1



그림 5. 반쪽시들음병 병징

(시험 6) 배추 검은썩음병 약제등록시험(노지)

검은썩음병은 양배추에서 문제가 되는 병해인데 점차 증가하고 있어 배추에서도 대발생할 가능성이 높은 것으로 판단되었고, 2021년에 배추 검은썩음병 약제등록시험을 위하여 옥솔린산 수화제 등 5종을 처리한 결과, 정선 시험포장에서 옥솔린산·발리다마이신에이 수화제 73.3%, 가스 가마이신 입상수화제 70.8%, 옥솔린산·옥시테트라사이클린다이하이드레이트 수화제 70.8%의 방제가를 확인하여 3종을 선발하였고, 약해조사 결과, 옥솔린산 수화제 등 5종의 약제에서 약해 증상이 없었다(표 21).

표 21. 약효조사 결과

품목명	발생주율(%)				유의차 (DMRT)	방제가 (%)
	I 반복	II 반복	III 반복	평균		
옥솔린산 수화제	28.0	26.0	26.0	26.7	B	66.6
옥솔린산·발리다마이신에이 수화제	14.0	28.0	22.0	21.3	C	73.3
가스가마이신 입상수화제	30.0	12.0	28.0	23.3	C	70.8
옥솔린산·옥시테트라사이클린 다이하이드레이트 수화제	30.0	12.0	28.0	23.3	C	70.8
옥시테트라사이클린칼슘알킬트리메틸암모늄·발리다마이신에이 수화제	24.0	28.0	30.0	27.3	B	65.8
무처리	86.0	78.0	66.0	76.7	A	-

(시험 7) 배추 씨스트선충 방제약제 효과검정 시험(노지)

2021년에 태백에서의 약효시험 결과, 플루셀파마이드 분제와 벤티푸라카브 입제가 클로버씨스트선충 방제효과가 있는 후보 약제로 판단되었고, 삼척에서 수행한 시험은 씨스트선충에 의한 피해가 커서 약제효과를 판단할 수 없었다. 약해 조사결과, 태백, 삼척지역 모두 약해증상은 없었다.(표 22). 반쪽시들음병 병원균과 씨스트선충에 의한 복합감염에 의해서 배추 반쪽시들음병이 증가하였다는 보고(박세근, 2022)처럼 동시에 방제할 수 있는 약제 선발이 필요하였다.

표 22. 약제시험 결과

품목명	평균 사전밀도	방제가(%)			약해발생 정도(0-5)
		태백	삼척	평균	
포레이트 입제	294.3	31.1	-	15.5	0
포스티아제이트 입제	420.2	31.1	-	15.5	0
플루셀파마이드 분제	228.2	43.2	27.2	35.2	0
포레이트·터부포스 입제	258.4	27.5	16.8	22.1	0
벤티푸라카브 입제	278.4	45.8	-	22.9	0
무 처리	440.9	-	-	-	-

(시험 8) 배추 반쪽시들음병 병원균 진단기술 개발 및 병원균 배양특성 조사

2022년에 배추 반쪽시들음병 병원균 진단기술 개발을 위하여 군주를 농촌진흥청 유전자원은행, 국립농업과학원, 고령지농업연구소와 영월, 태백지역 농가의 발병포장에서 수집하였다(표 23).

표 23. 시들음병 병원균 수집 목록

균주명	비고	균주명	비고
<i>Verticillium</i> sp.	수집균주	<i>Verticillium chlamyosporium</i>	KACC 40859
<i>Verticillium dahliae</i>	KACC 47731	<i>Verticillium</i> sp.	KACC 42493
<i>Verticillium dahliae</i>	KACC 46940	<i>Fusarium oxysporum</i>	KACC 47615
<i>Verticillium dahliae</i>	KACC 45724	<i>Verticillium dahliae</i>	고령지농업연구소
<i>Verticillium dahliae</i>	KACC 42220	<i>Verticillium longisporum</i>	국립농업과학원

수집한 균주의 병원성 검정을 위하여 온실에서 배추(춘광 품종) 30일 묘에 병원균을 침지 접종하여 포트에 이식하여 접종 후 시들음병 발생 여부를 관찰한 결과, 접종 후 50일 경과후에 배추 하엽이 노랗게 변하고 시드는 증상이 나타났다(그림 6).



그림 6. 배추 시들음병 수집균주 병원성 검정

배추에서 분리한 병원균의 유전체 분석결과 *Verticillium* sp.로 확인되었다. 수집된 병원균 균주의 계통발생분석 결과, 분리균주는 *Verticillium* sp.와 98%, 2종의 *Verticillium dahliae*와는 76~77%의 유사도를 보였다(표 24, 그림 7).

표 24. 계통발생분석 결과

균주명	균주번호	비고
<i>Verticillium</i> sp.	분리균	TB
<i>Verticillium dahliae</i>	KACC 46940	Vd
<i>Verticillium dahliae</i>	KACC 42220	VI
<i>Verticillium chlamyosporium</i>	KACC 40859	Vc
<i>Verticillium</i> sp.	KACC 42493	Vsp
<i>Fusarium oxysporum</i>	KACC 47615	FO



그림 7. 계통발생관계도

배추 반쪽시들음병 병원균 *Verticillium dahliae* LAMP PCR primer 개발을 위하여 *Verticillium*

속 다른 종들과 *Verticillium dahliae*를 구별할 수 있는 특이적 유전자로 Histone gene 선발하였다. 프라이머 후보서열 4종을 제작하였다(표 25). LAMP PCR primer 특이성 검정을 위해 *V. dahliae* 대상으로 F3/B3 프라이머 4종의 PCR product를 확인한 결과, 예상 PCR product(약 200bp) 증폭이 확인된 프라이머 set 2~4를 1차 선발하였고(그림 8), 프라이머 4개 set에 대한 target 유전자 PCR 증폭 효율 비교 결과, *Verticillium dahliae* 증폭 효율이 가장 높은 프라이머 4번 set를 최종 선발하였다. 합성 gDNA는 $10^2 \sim 10^3$ copy/ul, 병원균에서 추출한 gDNA는 $10^5 \sim 10^6$ copy/ul 까지 검출이 가능하였다(그림 9).

표 25. 후보서열 4종 프라이머 제작

구 분	Sequences	
set 1	F3	GCAAGCTCCCCTCCAGC
	B3	ACAGTTGGTGCCTCAAAC
	FIP	TGGCAATCTCACGGACCTGCAA GTCACACCCCGACACTGA
	BIP	TTCAAGTCCGATCTCCGCTTCC AGGGAGACGAGGTAAGACT
set 2	F3	GGCCGACATGCTAATCAACA
	B3	GTCCTGGACTGGATGGTG
	FIP	GGCGGACGACTGGAAGCGGA TTGCAGGTCCGTGAGATTGC
	BIP	TCTTCAGGAGTCCGTCGAGTCT ACACGCTTGGCGTGGAT
set 3	F3	CGCAAGCTCCCCTTCCA
	B3	GCGCACAGGTTGGTGT
	FIP	GGCAATCTCACGGACCTGCAA CGCCTGGTGAGTCACACC
	BIP	TTCAAGTCCGATCTCCGCTTCC CAGGGAGACGAGGTAAGACT
set 4	F3	TTCCAGCGCCTGGTGA
	B3	ACAGTTGGTGCCTCAAAC
	FIP	TGGGCAATCTCACGGACCTGC ACTGAAATGTCTTGGCCGAC
	BIP	TTCAAGTCCGATCTCCGCTTCC AGGGAGACGAGGTAAGACT

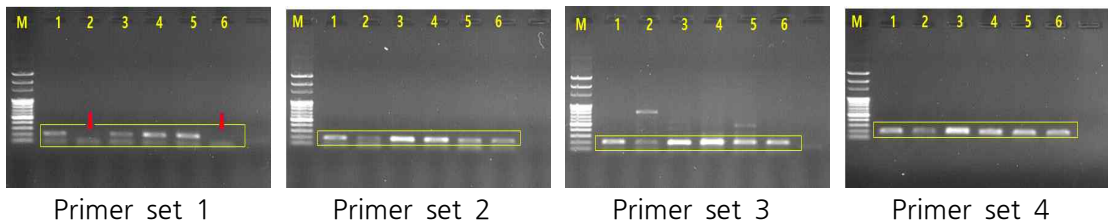


그림 8. LAMP PCR 프라이머 제작 및 특이성 검정

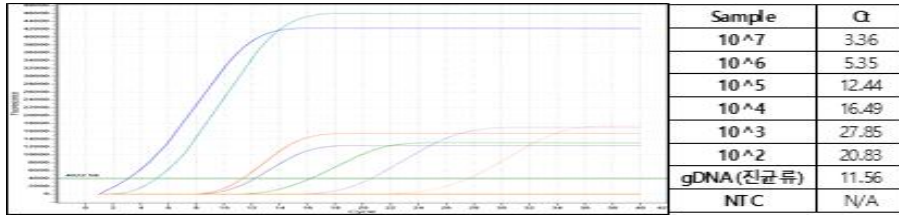


그림 9. 선발 프라이머 검출 효율

반쪽시들음병 병원균 배양 특성 조사 결과, 감자한천배지(PDA)에서 25°C, 37~43일 정도 느리게 배양되는 것으로 조사되었다(그림 10). 병원균의 특징 중 하나는 미세균핵을 형성하여 토양 내 장기간 존재가 가능하여 방제하기가 어렵고, 토양내 미세균핵을 정량하는 방법과 선택배지 등이 보고되었다(Z. Kabir 등 2004). 반쪽시들음병의 병원균의 포자크기는 병원균의 종류에 따라 다른데 *V. dahliae* 3.4~5.6 μ m, *V. longisporum* 7.2~8.9 μ m로 포자의 크기와 미세균핵의 모양에 차이가 있었고(그림 11), 분리된 *V. dahliae* Kleb의 형태학적 특성은 Hawksworth와 Talboys(1970)가 설명한 것과 Kishi 등이(1988) 일본 배추에서 분리하여 보고한 *V. dahliae*과 비교하였다.

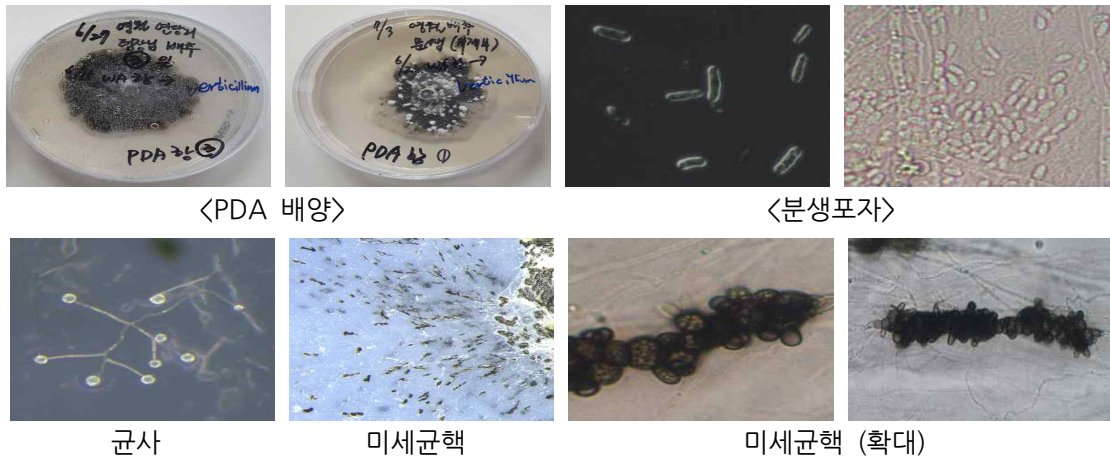


그림 10. 병원균 배양 특성 및 병원균 특징

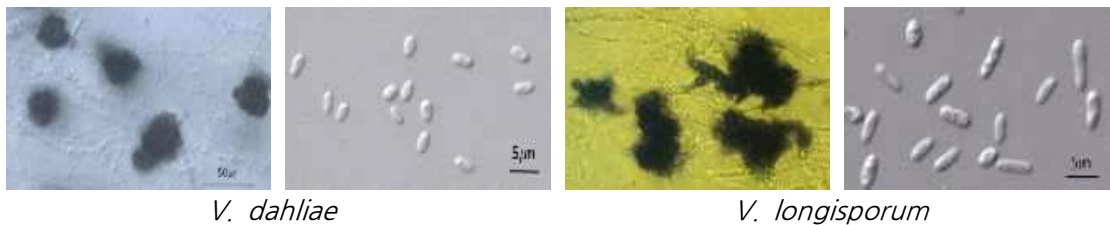


그림 11. 병원균 미세균핵 및 포자

<제2세부과제 : 시설채소 토마토반점위조바이러스(TSWV) 방제체계 구축>

(시험 1) TSWV 발생양상 및 농자 방제력 조사(2021~2023)

시설채소에 발생하는 TSWV는 2021년 발생이 가장 많았으며, 파프리카 15건, 토마토 13건으로 나타났다. 2022년에서 조사 지점에서의 TSWV 발생은 확인할 수 없었으며, 2023년에는 철원지역 파프리카 농가에서의 TSWV 발생을 1건 확인하였다(표 26).

표 26. TSWV 지역별 발생양상

(단위 : 건)

년도	작목	춘천	철원	횡성	평창	합계
2021	파프리카	-	8	-	6	15
	토마토	4	8	1	-	13
2022	파프리카	-	-	-	-	-
	토마토	-	-	-	-	-
2023	파프리카	-	1	-	-	1
	토마토	-	-	-	-	-

토마토와 파프리카의 조사지점 TSWV 발생량을 월별로 분석한 결과, 파프리카는 4월부터 발생이 확인되었으며, 그 후 계속해서 발생건수가 증가하여 7월에 가장 높은 발생량을 보였다. 그 후 발생량이 점차 감소하면서 9월에는 TSWV의 발생을 확인할 수 없었다. 토마토의 경우 6월부터 발생을 확인할 수 있었으며, 6월 최고 발생량을 보이다가 점차 감소하는 양상을 보였다. 파프리카와는 조금 다르게 9월에도 TSWV의 발생을 확인할 수 있었다(그림 12).

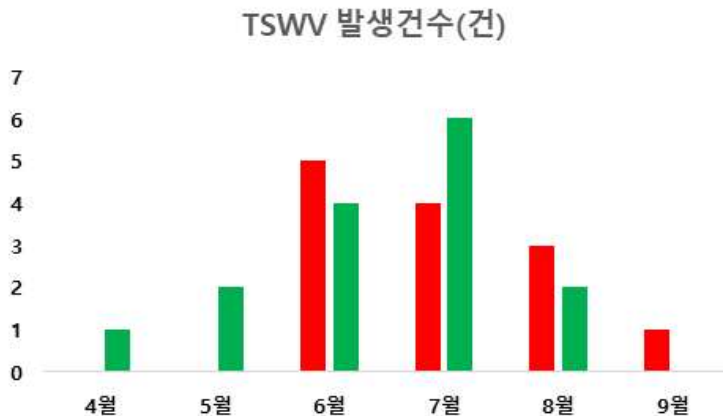


그림 12. 조사지점 별 TSWV 발생량

발생양상 조사와 함께 진행한 농가방제력 조사결과(표 27), 평균적으로 4월에서 6월 사이에는 살충제 위주의 약제방제가 이루어지면서 TSWV의 매개충인 총채벌레 방제를 실시하는 것을 확

인하였다. 1회 살포시 2가지에서 3가지의 약제를 혼합하여 처리하는 농가가 많았으며, 7월부터 10월까지의 살충제는 주 1회, 살균제는 한달에 1회에서 2회 살포하면서 약제방제 횟수가 줄어든 것을 확인하였다.

표 27. 농가방제력 조사표

구 분	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월
살충제 (주 1회, 2~3약제 혼용살포)							
살균제 (월 1 ~ 2회 살포)							

- * 살균제: 곰팡이병 방제약제
- * 살충제: 총채벌레, 진딧물, 가루이 방제약제

(시험 2) 시설채소 TSWV 다발생 조건 구명(2021)

시설채소에 발생하는 TSWV의 다발생 조건을 구명하기 위해 TSWV 발생농가와 미발생농가의 주변 환경 및 하우스내 기상환경을 비교하였다(표 28). TSWV 발생농가의 경우, TSWV 평균 발병률이 13.3%로 나타났으며, 7월과 8월의 하우스 내 평균온도가 27.5℃였다. TSWV 미발생농가의 경우 작기 중 TSWV의 발병이 없었고, 7월과 8월의 하우스내 평균온도가 26.6℃로 발생농가보다 1℃가량 낮은 것을 확인하였다.

표 28. 시설채소 온도에 따른 TSWV 발병률

구분	지역	작목	평균 발병률(%)	7월~8월 하우스내 평균온도(℃)
발병지	철원	파프리카	13.3	27.5
미발병지	평창	파프리카	0.0	26.6

하우스 내 온도뿐만 아니라 하우스 입구 형태도 비교해 보았다(그림 13). 바이러스의 발생이 많았던 하우스의 경우 하우스 입구가 I자형인 하우스였으며, 바이러스의 발생이 낮았던 하우스의 경우, 하우스 입구가 L자형으로 바이러스의 매개충인 총채벌레의 출입이 어려운 구조를 가지고 있었다. 결과적으로 시설채소를 재배하는 하우스 내부의 온도가 높고, 입구가 I자형이면 총채벌레의 발생과 침입이 쉬어져 TSWV의 발생이 심해질 수 있다고 예측할 수 있었다.

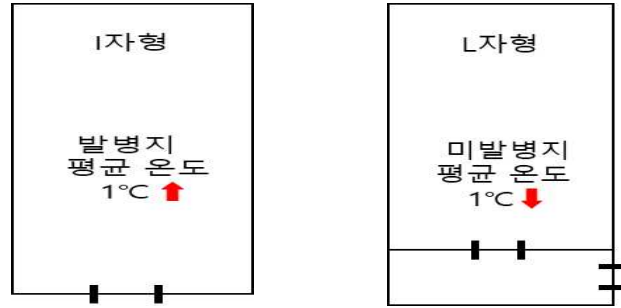


그림 13. 하우스 입구에 따른 내부온도 비교(좌: I자형, 우: L자형)

추가적으로 평년기온과 최근 3년의 평균기온을 비교하여 이러한 기온변화에 따른 TSWV의 발생시기를 분석하였(그림 14). 평년기온과 최근 3년의 평균기온을 비교하였을때 3월과 4월 기준으로 약 1.1°C에서 2.6°C 기온이 상승한 것을 확인하였다. 2023년 철원지역의 시설채소 재배포장의 TSWV 발병률을 조사한 결과 15.8%의 발병률을 보였다. TSWV의 평균 잠복기간을 2주에서 3주정도 보았을 때 이러한 TSWV의 첫 감염은 3월 중순 전후가 될 것으로 판단되었다. 이는 강원지역의 TSWV 발생시기가 한 달 전도 앞당겨진 것으로 TSWV를 효과적으로 방제하기 위해서는 3월부터 예방활동이 이루어져야 한다는 것을 의미한다. 총채벌레의 월동지 관리와 포장지 부녀의 청결, 그리고 올바른 약제살포에 의한 종합적인 방제가 이루어져야 한다.

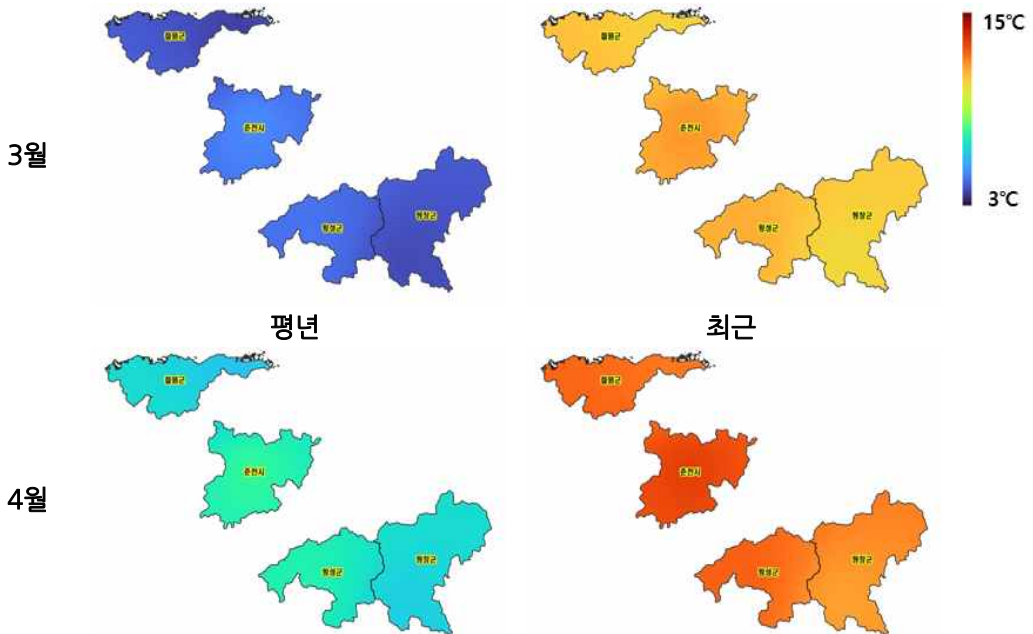


그림 14. 평년 평균기온대비 최근 평균기온(철원, 춘천, 횡성, 평창)

(시험 3) 재배지 주변잡초 바이러스 감염 조사(2021~2022)

시설채소 재배지 주변의 잡초의 발생조사와 잡초에 바이러스가 감염되어 있는지 확인해 보았다. 토마토와 파프리카 재배하우스 주변에서 발생이 확인된 잡초는 12종으로 별꽃, 황새냉이, 산국 등이 확인되었다(그림 15). 발생이 확인된 잡초를 채취해 실험실내에서 바이러스 감염조사를 실시한 결과, 별꽃에서 TSWV를 속속이풀에서 TSWV, PMMoV, BBWV의 복합감염을 확인하였으며, 명아주에서도 TSWV, CMV, PepMov의 복합감염을 확인하였다. 특히 이렇게 바이러스를 보독하고 있는 잡초가 작물 주변으로 정리가 되어 있지 않은 채 방치된 농가에서 바이러스의 발생률이 높게 나타나는 것을 확인하였(그림 16. 17).



그림 15. 재배지 주변 월동 잡초



TSWV 발생포장

TSWV 미발생포장

그림 16. TSWV 발생 및 미발생포장 내부

보독잡초	바이러스
별꽃	TSWV
속속이플	TSWV, PMMoV, BBWV
명아주	TSWV, CMV, PepMoV

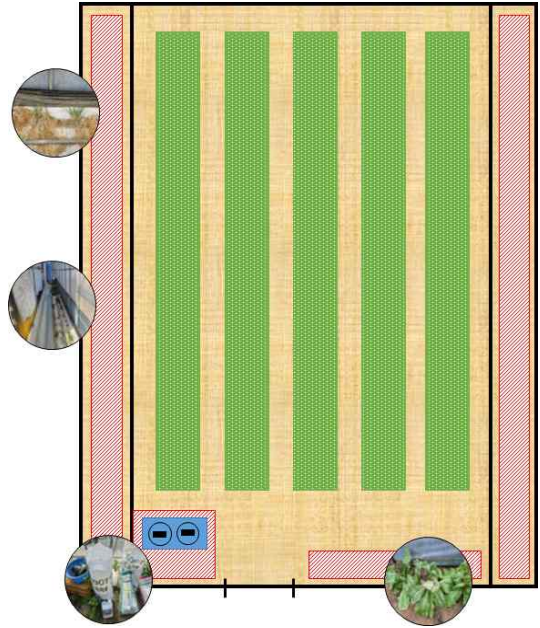


그림 17. 포장 내 바이러스 보독잡초 조사

(시험 4) 주요 바이러스 동시진단 프라이머 개발 및 효과 검증(2021~2022)

토마토나 파프리카와 같은 가지과 작물에 발생하는 바이러스를 동시에 진단할 수 있는 프라이머를 개발하여 실제 농가에서 바이러스가 발생한 시료를 가지고 효과를 검증하였다. 동시진단 프라이머의 구성은 표 29과 같다.

표 29. 동시진단 프라이머 구성

튜브	구성	대상작목	키트구성	
			프라이머세트	PCR Premix
A	(BBWV+BWYV+TBSV)	고추, 토마토, 파프리카		
B	(ToCV+PepMoV+PMMoV)			
C	(CMV+TSWV+TYLCV)			

개발한 프라이머를 사용하여 농가 바이러스 민원을 진단해 보았다. 2022년부터 2023년까지 토마토에 발생한 바이러스를 진단한 결과(표 30), cPCR과 다중진단 프라이머를 활용한 동시검정 결과 두 방법 모두 동일한 결과를 나타내는 것을 확인하였다.

(시험 6) TSWV 피해경감을 위한 약제처리방법(2022)

바이러스를 방제하기 위해 농가가 살포하는 살충제 외에 바이러스의 피해를 경감시키기 위한 약제처리 체계를 구명하였다. 보통의 농가는 바이러스를 매개하는 살충제를 단독으로 사용하지만 거기에 친환경자재인 탄닌산을 혼합하여 처리하였을 때의 피해경감 정도를 확인해 보았다(표 32). 탄닌산과 살충제인 에마멕틴벤조에이트 유제를 각기 단독으로 처리하였을 때는 평균 발병 주율이 12.5%와 11.1%로 나왔으며, 무처리구 대비 방제가가 82.3%, 84.3%로 확인되었다. 하지만, 탄닌산과 에마멕틴벤조에이트 유제를 혼합하여 처리하였을 때 바이러스의 발병률이 4.2%로 감소하였으며, 그에 따른 방제가가 94.1%로 매우 높은 방제가를 확인하였다. 따라서, TSWV의 피해를 조금이라도 경감하기 위해서는 살충제 단독 처리보다는 친환경자재인 탄닌산을 혼합하여 처리하는 것이 방제에 효과적인 것을 알 수 있었다.

표 32. 약제처리체계에 따른 TSWV 발병차이 분석

처리구	발병주율(%) : 발병주/20주				방제가 (%)
	1반복	2반복	3반복	평균	
탄닌산(친환경자재)	8.3	12.5	16.7	12.5	82.34
에마멕틴벤조에이트유제	12.5	8.3	12.5	11.1	84.31
탄닌산+에마멕틴벤조에이트 유제	4.2	8.3	0.0	4.2	94.11
무처리	70.8	66.7	75.0	70.8	-

<제3세부과제 : 시설채소 총채벌레 발생생태 구명 및 방제기술 개발>

(시험 1) 총채벌레류 발생양상 및 농가방제력 조사(2021~2023)

2021년부터 2023년까지 춘천, 횡성, 철원의 지역별 총채벌레 발생양상을 조사하였다. 춘천 지역 시설채소에서 발생하는 총채벌레를 조사한 결과, 반촉성재배의 경우, 2022년 6월부터 7월까지 발생밀도가 트랩당 40마리 이상으로 높게 나타났고, 억제재배의 경우, 2023년 트랩당 평균 20마리의 총채벌레가 유살되는 것을 확인하였(표 33, 그림 19).

표 33. 춘천지역 총채벌레 발생양상

(단위 : 마리/트랩)

구 분	4월			5월			6월			7월		
	2023	2022	2021	2023	2022	2021	2023	2022	2021	2023	2022	2021
총채벌레류	0.2	4.5	-	0.5	4.5	1.2	2.7	41	2.7	7.8	66.5	2.1

구 분	8월			9월			10월		
	2023	2022	2021	2023	2022	2021	2023	2022	2021
총채벌레류	19.6	2.6	-	5.6	0.7	-	5.8	6.0	-

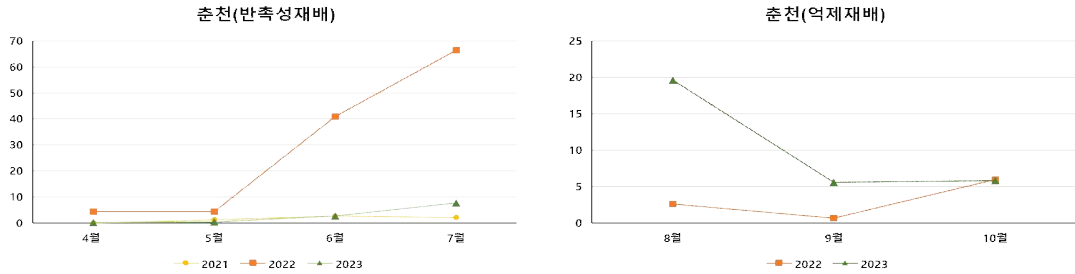


그림 19. 총채벌레 발생양상(춘천, 2021~2023)

횡성지역에서의 총채벌레 발생은 2022년 작물을 재배하는 동안 총채벌레의 발생이 2021년과 2023년보다 많은 것을 확인하였고, 특히 2022년 7월 트랩당 900마리 이상 발생하였다. 2021년에는 7월 트랩당 평균 10마리의 총채벌레가 발생한 이후 총채벌레의 발생은 없었으며, 2023년도에는 7월과 9월 트랩당 평균 약 10마리 내외로 발생밀도가 높지 않았다(표 34, 그림 20).

표 34. 횡성지역 총채벌레 발생양상 (단위 : 마리/트랩)

구 분	7월			8월			9월			10월		
	2023	2022	2021	2023	2022	2021	2023	2022	2021	2023	2022	2021
총채벌레류	16.4	9095	10.0	6.5	633	-	10.5	19.9	-	1.4	17.0	-

철원지역의 경우 2021년 6월과 2022년 8월, 2023년 7월에 총채벌레의 발생밀도가 높게 나타났으며, 트랩당 평균 7.6마리, 53마리, 148.7마리로 2023년이 최고발생밀도를 보였다. 이러한 발생밀도는 10월까지 꾸준히 높게 유지되는 양상을 보였다(표 35, 그림 20),

표 35. 철원지역 총채벌레 발생양상 (단위 : 마리/트랩)

구 분	6월		7월		8월		9월		10월	
	2023	2021	2023	2021	2023	2022	2023	2022	2023	2022
총채벌레류	41.6	7.6	148.7	29.9	90.1	53	31.0	11.4	35.2	109.8

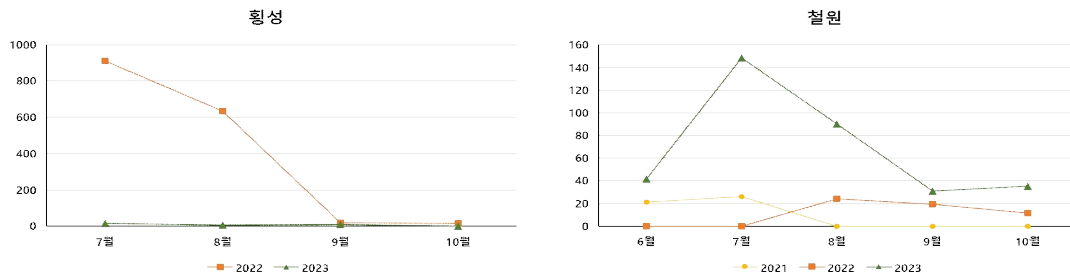


그림 20. 총채벌레 발생양상(횡성, 철원, 2021~2023)

시설재배지에서 발생하는 총채벌레의 밀도가 기상요인과의 상관관계가 있는지 분석해 보았다. 평균기온, 최저기온, 최고기온, 상대습도 등을 기상요인으로 설정하고 총채벌레 밀도와의 상관관계를 확인해 본 결과, 위에 언급한 기상요인과의 유의미한 상관관계는 없었다(표 36). 이는 시설 내에서 생활하는 총채벌레의 경우 일정한 기상환경에 노출되기 때문이었으며 따라서 이러한 기상요인보다는 농가가 가지고 있는 방제력에 의한 차이가 큰 것으로 예상을 할 수 있었다.

표 36. 기상요인과 총채벌레 발생양상 상관분석

	Density	MT	LT	HT	RF
Density					
MT	0.26521				
LT	0.285836	0.990833			
HT	0.255195	0.992321	0.972901		
RF	0.346512	0.587747	0.628281	0.530909	

※ MT: 평균기온, LT: 최저기온, HT: 최고기온, RF: 강수량

농가 개인의 농가방제력을 조사한 결과, 조사지점의 방제력에서 나타나는 공통점은 바이러스를 매개하는 총채벌레 방제약제가 많이 사용된다는 점이었다. 지역별 농가의 약제처리 횟수를 조사한 결과, 모두 살균제보다는 바이러스 매개충을 방제할 수 있는 살충제 처리 횟수가 높은 것을 확인 할 수 있었고, 춘천과 횡성지역의 경우 순별로 1회에서 많게는 2회 살충제를 처리하는 농가가 많았다(표 37, 38). 반면 철원지역의 경우 월동 총채벌레의 부화시기인 4월 하순부터 많은 횟수의 살충제를 살포하였다(표 39).

표 37. 춘천(반축성 재배) 지역 작물재배기 약제처리 횟수 (단위 : 약제처리 횟수)

구분	2월	3월	4월	5월	6월			7월		
					상	중	하	상	중	하
살충제	-	-	-	-	-	-	2	1	1	1
살균제	-	-	-	-	-	-	1	-	2	2

표 38. 횡성지역 작물재배기 약제처리 횟수 (단위 : 약제처리 횟수)

구분	3월			4월			5월			6월			7월			8월			9월			
	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	
살충제	2	2	2	1	1	-	1	1	1	1	2	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
살균제	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

표 39. 철원지역 작물재배기 약제처리 횟수 (단위 : 약제처리 횟수)

구분	4월			5월			6월			7월			8월			9월		
	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하
살충제	-	-	4	2	1	3	3	2	2	4	4	3	3	-	-	-	-	-
살균제	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

약제처리 횟수가 다른 지역보다 월등히 높았던 철원 지역에서의 방제력을 면밀히 조사하였다 (표 40). 월별로 처리하는 약제와 작용기작을 확인한 결과, 4월 하순부터 8월 상순까지 신경계를 작용기작으로 하는 총채벌레 방제약제가 총 19회 처리된 것을 확인할 수 있었고, 이러한 약제방제는 총채벌레의 활동이 많아지는 5월 하순부터 7월 하순까지 꾸준히 이루어진 것을 확인하였다(그림 21).

표 40. 농가 방제력 분석(철원)

처리시기	품목명	작용기작	대상해충
4월 하순	클로르페나피르 액상수화제	호흡저해	총채벌레
	델타메트린 유제	신경계저해	나방류
	아바멕틴.플로메토퀸 액상수화제	신경계저해+호흡저해	총채벌레
	피리플루퀴나존 액상수화제	신경계저해	진딧물류
5월 상순	아바멕틴.플로메토퀸 액상수화제	신경계저해+호흡저해	총채벌레
	델타메트린 유제	신경계저해	나방류
5월 중순	디클로르보스.람다사이할로트린 분산성액제	신경계저해	총채벌레
	디클로르보스.람다사이할로트린 분산성액제	신경계저해	총채벌레
	플록사메타마이드 유제	신경계저해	총채벌레
5월 하순	아세타미프리드.피메트로진 입상수화제	신경계저해	진딧물류
	디클로르보스.람다사이할로트린 분산성액제	신경계저해	총채벌레
	디클로르보스.람다사이할로트린 분산성액제	신경계저해	총채벌레
6월 상순	아세타미프리드.피메트로진 입상수화제	신경계저해	진딧물류
	아바멕틴 유제	신경계저해	응애류
	디클로르보스.람다사이할로트린 분산성액제	신경계저해	총채벌레
6월 중순	클로르페나피르 수화제	호흡저해	총채벌레
	이미다클로프리드 액상수화제	신경계저해	진딧물류
6월 하순	플록사메타마이드 유제	신경계저해	총채벌레
	이미다클로프리드 액상수화제	신경계저해	진딧물류
7월 상순	에마멕틴벤조에이트 유제	신경계저해	총채벌레
	아바멕틴 유제	신경계저해	응애류
	클로르페나피르.에마멕틴벤조에이트 유제	호흡저해+신경계저해	총채벌레
	디클로르보스.람다사이할로트린 분산성액제	신경계저해	총채벌레
7월 중순	스피네토람 액상수화제	신경계저해	총채벌레
	플루벤디아마이드 액상수화제	신경계저해	나방류
	아바멕틴.플로메토퀸 액상수화제	신경계저해+호흡저해	총채벌레
	람다사이할로트린 유제	신경계저해	진딧물류
7월 하순	디클로르보스.람다사이할로트린 분산성액제	신경계저해	총채벌레
	사이안트라닐리프롤.피메트로진 입상수화제	신경계저해	진딧물류
	아바멕틴 유제	신경계저해	응애류
8월 상순	스피로테트라멧 액상수화제	근육, 성장저해	가루이류
	브로플라닐라이드.에마멕틴벤조에이트 유제	신경계저해	총채벌레
	아바멕틴.플로메토퀸 액상수화제	신경계저해+호흡저해	총채벌레

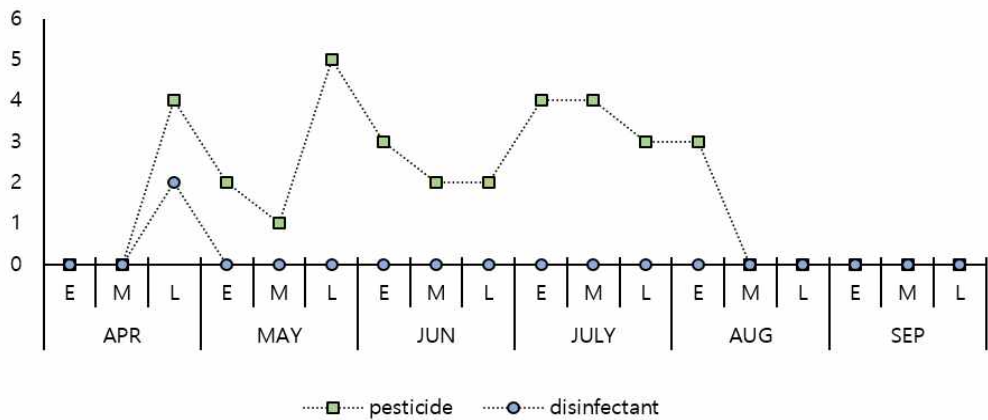


그림 21. 시기별 약제처리 횟수(2023, 철원)

농가에서는 주로 바이러스 매개충인 총채벌레를 방제하는 약제를 사용하였으며(그림 21), 특히, 디클로르보스-람다사이할트린 분상성액제는 작물을 재배하는 동안 총 7회 처리된 것을 확인하였다. 대부분 같은 작용기작을 갖는 농약으로 총채벌레를 방제하기 위해 약제를 살포하였을 경우, 이러한 약제들에 의한 총채벌레의 약제저항성이 생길 가능성이 높을 것을 예측할 수 있었다.

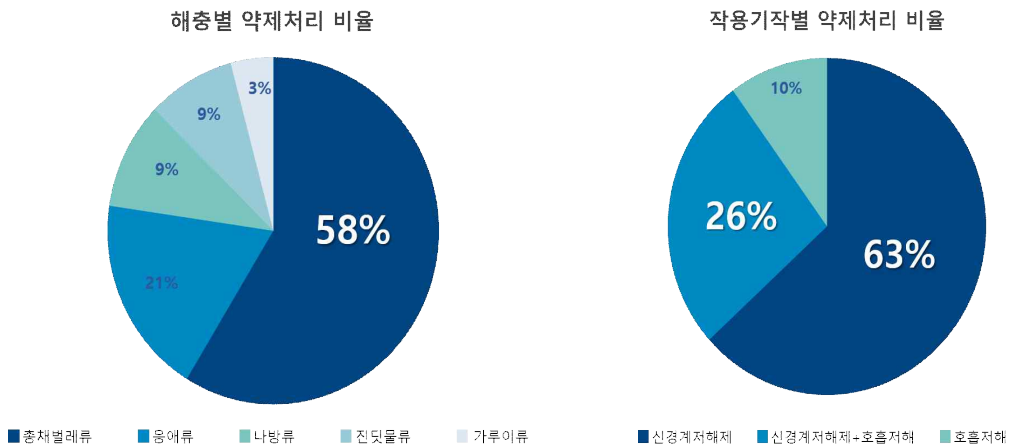


그림 22. 해충별, 작용기작별 약제처리 비율

(시험 2) 재배지 주변잡초 총채벌레 발생조사(2021~2022)

시설채소 재배지에서 확인한 잡초를 관내 하우스 식재하여 총채벌레의 선호도를 조사한 결과, 황새냉이, 서양민들레, 별꽃의 선호도가 높은 것을 확인하였(표 41, 그림 22). 황새냉이는 트랩 당 총 197마리, 서양민들레는 154마리, 별꽃은 122마리가 유살되었고, 시기별로는 황새냉이와

별꽃은 7월 하순, 서양민들레는 8월 상순에 총채벌레의 유인력이 높은 것을 확인할 수 있었다. 시기별 유인력이 차이 나는 이유에 관해서는 추가 연구가 필요하였다.

표 41. 총채벌레 기주잡초 선호도 분석

(단위: 마리/트랩)

잡초명	합계	7월 하순	8월 상순	8월 중순
황새냉이	197	127	60	10
서양민들레	154	50	91	13
별꽃	122	69	34	19
독새풀	114	65	37	12
산국	106	61	36	9
새포아풀	90	54	32	4
개쑥갓	67	29	23	15
쑥	62	24	27	11
망초	19	9	9	1

잡초별 총채벌레 선호도

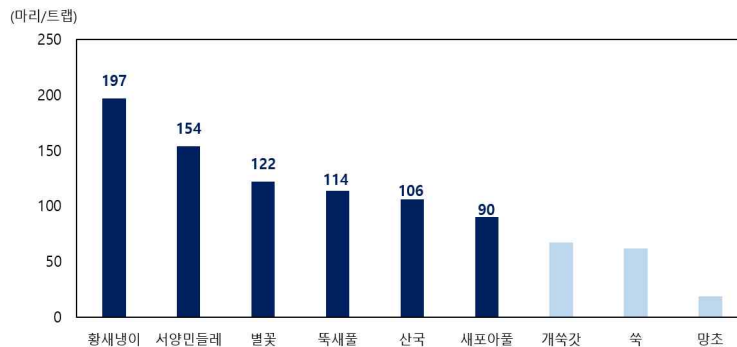


그림 23 잡초별 총채벌레 선호도

특히, 2세부과제에서 별꽃의 경우 농가에서 채집한 후 바이러스 보독을 검사하였을 때, 바이러스의 보독이 확인된 잡초로 농가에서의 적극적인 방제가 필요하였다.

(시험 3) 총채벌레류 지역별 우점종 및 바이러스 보독률 조사(2022~2023)

시설채소 재배지 내에 발생하는 총채벌레의 지역별 그리고 시기별 우점종을 확인하고, 바이러스의 보독률도 함께 조사하였다. 춘천 지역의 경우 꽃노랑 총채벌레보다는 대만 총채벌레와 같은 기타 총채벌레류가 우점하고 있는 것으로 확인하였고, 이러한 양상은 3지점에서 모두 동일한 결과를 나타냈다(표 42, 그림 23).

표 42. 춘천지역 작물생육기별 총채벌레 우점종 변화

(단위: 마리)

		4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월
CH1	꽃노랑	0	0	0	0	1	2	1
	기타	0	0	1	1	19	18	4
CH2	꽃노랑	0	1	0	1	3	2	0
	기타	2	6	5	8	17	18	20
CH3	꽃노랑	1	0	0	1	2	4	3
	기타	4	1	1	1	18	6	17

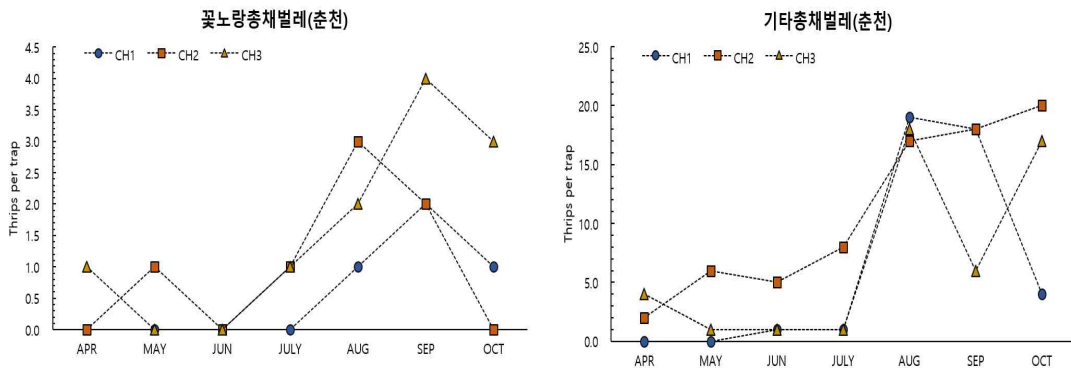


그림 24. 생육기별 총채벌레 우점종 변화(춘천)

철원지역의 경우 농가마다 약간의 차이를 확인하였다(표 43, 그림 23). 농가 1의 경우 6월 꽃노랑총채벌레가 우점하다가 7월 상순에 다른 총채벌레류로 우점종이 변화하는 양상을 보였다가 다시 8월에 꽃노랑총채벌레로 우점이 되는 것을 확인하였다. 농가 2의 경우 대부분의 작물을 재배하는 동안 기타 총채벌레에 의한 우점이 나타났다. 농가 3은 반대로 꽃노랑총채벌레가 작물 재배기 동안 우점하는 것을 확인하였다.

표 43. 철원지역 작물생육기별 총채벌레 우점종 변화

(단위: 마리)

종	종	6월			7월		8월		9월	10월
		1회	2회	3회	1회	2회	1회	2회		
CW1	꽃노랑	17	16	15	4	3	19	10	12	10
	기타	3	4	5	16	17	1	10	8	10
CW2	꽃노랑	5	6	5	9	11	1	1	10	10
	기타	15	14	15	11	9	19	19	10	10
CW3	꽃노랑	12	11	13	14	15	13	13	7	0
	기타	8	9	7	6	5	7	7	13	20

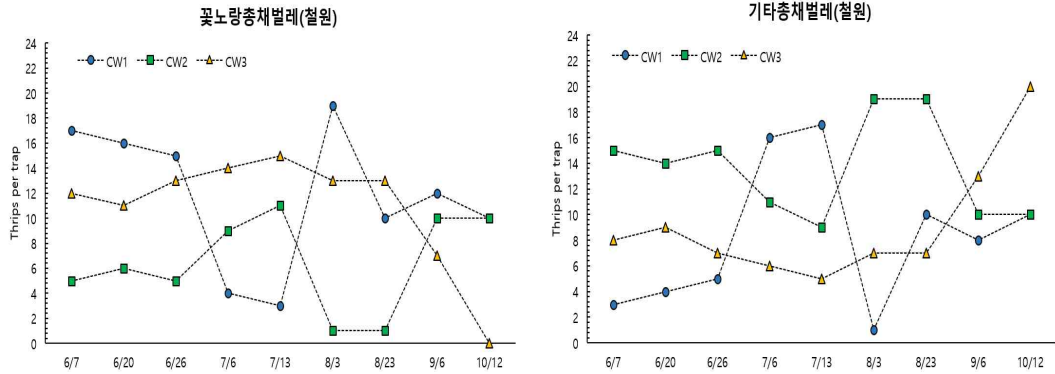


그림 25. 생육기별 총채벌레 우점종 변화(철원)

종합적으로 요약하면 철원지역에서는 꽃노랑총채벌레의 발생이 많았으며, 춘천과 횡성에서는 꽃노랑총채벌레보다 기타 총채벌레류가 우점하는 것을 확인하였다(그림 24). 지역별 우점종의 차이를 확인하면서 바이러스의 보독률까지 확인하여 어떤 총채벌레에서 바이러스 전파가 효과적으로 이루어지는지 확인하였다.

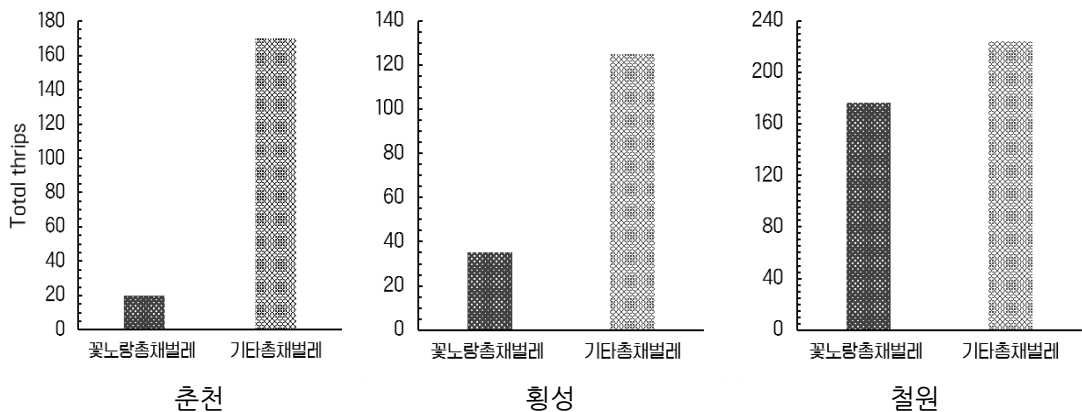


그림 26. 지역별 우점종(총채벌레)

종별 총채벌레의 바이러스 보독률을 조사한 결과, 꽃노랑총채벌레에서의 보독률이 기타 총채벌레보다 두배이상 높은 보독률을 보였다(표 44, 그림 25). 이러한 결과를 종합해 보았을 때, 작물재배기 동안 꽃노랑총채벌레의 우점시기가 많았던 철원 지역의 경우, 시설채소 재배지 내에 발생한 총채벌레 방제에 조금 더 관심을 기울여야 할 것으로 판단되었다. 또한, 이렇게 바이러스를 보독한 총채벌레의 경우 약제저항성이 다음 세대로 전달되기 때문에 월동 후 깨어나는 약충에 대한 방제도 철저히 이루어져야 할 것이다.

표 44. 총채벌레 종별 보독률 비교

(단위: 마리)

구 분	바이러스 보독 여부	춘천			횡성		철원			보독률(%)
		1	2	3	1	2	1	2	3	
꽃노랑총채벌레	O	0	3	0	2	1	31	0	1	16.2
	X	6	4	10	19	13	40	32	73	
기타 총채벌레	O	0	2	1	3	7	14	4	1	6.5
	X	20	80	45	71	44	75	64	65	

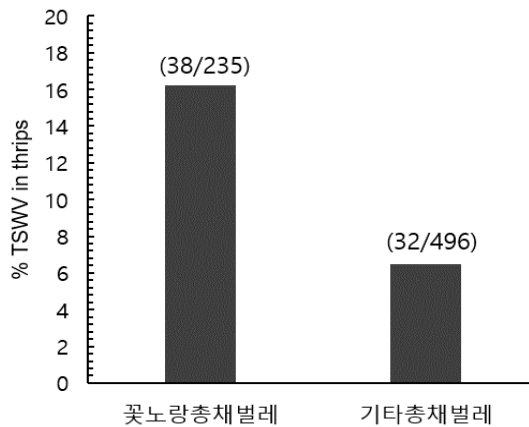


그림 27. 종별 바이러스 보독률

총채벌레의 바이러스 보독률을 시기별로 조사한 결과(그림 26), 춘천과 횡성지역의 경우 8월 부터 총채벌레에 바이러스의 보독을 확인하였고, 반대로 철원의 경우 5월 이후부터 채집된 총채 벌레에 바이러스의 보독을 확인하였다. 이를 통해 철원의 경우 총채벌레의 바이러스 보독이 다른 지역보다 빠르기 때문에 조금 더 선제적인 방제가 필요하였다.

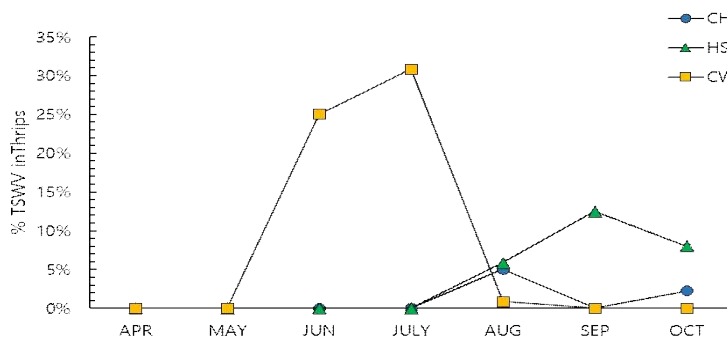


그림 28 시기별 바이러스 보독률

(시험 4) 총채벌레류 약제저항성 검정(2022~2023)

바이러스를 매개하면서 작물에 바이러스를 전파시키는 총채벌레를 방제하기 위해 농가에서는 주로 화학적 방제방법을 선택한다. 하지만 화학적 방제방법에 사용되는 농약의 연용으로 인해 총채벌레가 약제저항성을 획득한다는 많은 연구 결과가 보고되어 있다. 따라서 강원지역에서 총채벌레 방제에 사용되는 농약에 대한 약제저항성 시험을 진행하였다. 춘천과 횡성지역에서는 채집하여 시험에 사용할 만큼의 충분한 총채벌레의 발생을 확인할 수 없어서 2023년 총채벌레의 발생 밀도가 높고, 또 농가에서 약제방제를 실시한 이후에도 총채벌레의 밀도가 감소 되는 경향을 보이지 않았던 철원 농가에서 총채벌레를 채집하여 시험에 사용하였다. 자체적으로 총채벌레에 등록된 약제 중 작용기작별로 시험약제를 선정하고, 또한 농가에서 자주 사용하는 약제를 대상으로 총채벌레의 약제 저항성을 검정해본 결과, 클로르페나피르 유제, 이미다클로프리드 수화제, 디노테퓨란 입상수용제, 디클로르보스.람다사이할로트린 분산성액제에서 방제가가 낮게 나오는 것을 확인하였다(표 45, 그림 27). 특히 디클로르보스.람다사이할로트린 분산성액제의 경우 농가방제력 조사 결과, 농가에서 작물재배기 동안 꾸준히 사용하는 약제로서, 이러한 결과를 통해 농가에서 효과적으로 총채벌레를 방제할 수 있는 약제를 추천해 줄 기본자료를 획득할 수 있었다.

표 45. 약제저항성 검정 결과

시험약제	생충률(%)				유의차 (DMRT)	방제가
	1반복	2반복	3반복	평균		
A	10.0	0.0	10.0	6.7	c	93.0
B	20.0	0.0	0.0	6.7	c	93.0
C	55.0	45.0	35.0	45.0	b	52.6
D	35.0	25.0	40.0	33.3	bc	64.9
E	5.0	60.0	65.0	43.3	b	54.4
무처리	90.0	90.0	100.0	93.3	a	-
F	30.0	40.0	30.0	33.3	b	66.7
G	0.0	20.0	0.0	6.7	c	93.3
H	0.0	30.0	0.0	10.0	c	90.0
I	20.0	0.0	0.0	6.7	c	93.3
무처리	90.0	100.0	80.0	90.0	a	-

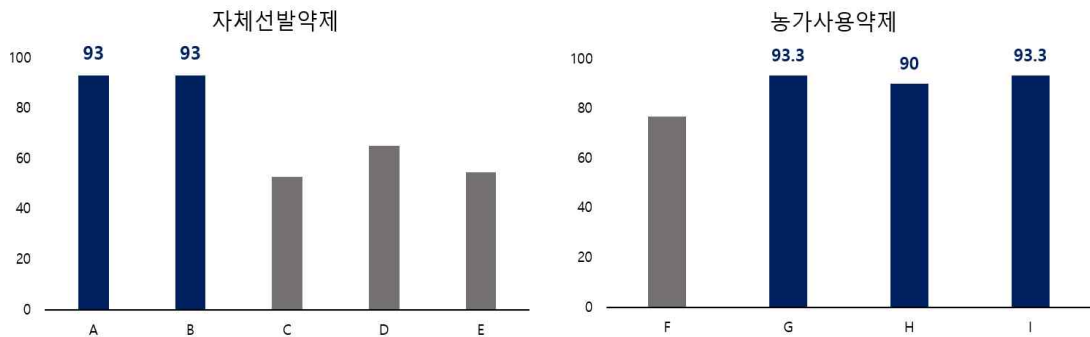


그림 29. 약제저항성 검정

<제1세부과제 : 고랭지 채소 문제병해충 방제기술 개발>

(시험 1) 무 배추 시들음병 발생실태 조사

- 가. 2019년에 강릉 등 5지역 40개 농가 포장을 대상으로 무 시들음병 발생실태를 조사한 결과, 표고는 300m~800m 정도이고, 재배품종으로는 관동, 청옥, 청황 등 6품종, 파종 시기는 5월 하순~8월 중순경이었고. 배수상태는 37개 포장이 양호하였고, 3개 포장이 불량하였다. 약제처리 횟수는 준고랭지가 2~5회, 고랭지가 5~9회였으며, 토성은 사질토양이 34개 포장, 점질토양이 6개 포장이었다. 무 시들음병 발병주율은 0~15.7%로서 정선지역이 평균 2.1%로 가장 높았으며, 황성은 발생이 조사되지 않았음
- 나. 2020년에 강릉, 태백, 정선에서 배추 병해 발생정도를 조사한 결과, 바이러스는 14.7~25.3%, 무름병은 15.0~55.7%로 높았고, 검은썩음병은 9.0~30.0%, 노균병은 5.7~21.7%, 시들음병은 20.0~70.0% 발병주율로 매우 높게 조사되었음
- 다. 2021년에 고랭지 배추 병해조사 결과, 7월 중순까지는 병해 발생이 없었으나, 8월 초부터 무름병, 시들음병 등 주요 병해가 발생하기 시작하였다. 8월 하순에 무름병 발병률은 정선지역이 평균 10.3%, 태백지역이 18.6%였으며, 시들음병 발병률은 정선, 태백지역 각각 21.7%, 36.5%로 매우 높았고, 배추 시들음병이 발생한 태백(하사미동), 강릉(왕산면) 일대 병든 시료에서 병원균(*Verticillium dahliae*) 2종을 수집하였음
- 라. 2019~2023년 6월~8월 사이 태백지역의 평균기온은 0.65℃ 상승하였고, 강수량도 333.9mm 증가하는 추세를 보였음, 지구 기후온난화에 따른 기온의 상승과 강수량 증가로 지속적이고 다양한 병 발생률과 발생면적은 증가할 가능성이 높은 것으로 판단되었고, 2019~2022년의 고랭지 배추 주요 병해 발생률 및 발생면적 조사결과, 뿌리혹병, 바이러스병의 발생면적은 크게 감소하는 추세를 보였고, 무름병은 지속적이고 매우 넓은 면적에서 발생하고 있고, 시들음병도 계속해서 발생률과 발생면적이 증가하는 추세였음

(시험 2) 병 발생포장 토양 화학성 분석

- 가. 무 시들음병 발생지 및 인근지의 토양 화학성을 분석한 결과, 발생포장이 pH와 칼슘이 다소 높고, 유기물과 유효인산 함량이 다소 낮았으며, 이 외 성분은 차이가 없었음, 향후 토양내 병원균 밀도조사 분석후 적절한 방제약제 살포등 방제가 필요함

(시험 3) 무 시들음병 분리균 병원성 검정

- 가. 2019년에 무 시들음병 분리균의 병원성 검정결과, 평창에서 분리한 병원균(*F. oxysporum*) 이 심한 발병을 나타내었고, 홍천에서 분리한 병원균(*F. oxysporum*)은 중간정도의 발병을 보였음

(시험 4) 무, 배추 시들음병 억제방제 시험(풋트)

가. 2019~2020년 무 시들음병 방제용 억제선발을 위한 풋트시험 결과, 플루오피람 액상수화제 방제가 63.2%, 프로클라즈망가니즈 수화제 방제가 52.6%로 방제효과가 높았고, 플루오피람 액상수화제, 플루디옥소닐 액상수화제, 피라클로스트로빈 입상수화제, 플루아지남 액상수화제 등 4종은 방제가 100%로 매우 우수하였으며, 아족시스트로빈 액상수화제도 방제가 77.8%로 양호하였음

(시험 5) 배추 시들음병 억제등록시험(노지)

- 가. 2021~2023년 2021년에 태백, 평창 등 시험포장의 억제방제 효과시험 결과, 플루디옥소닐 액상수화제 48.3%, 프로클로라즈망가니즈 입제 48.6%, 아미셀브롬 분제 62.7%, 플루아지남 액상수화제 54.5%로 방제효과가 나타났음
- 나. 현재 반쪽시들음병에 등록된 방제약제가 없는 실정으므로 병원균의 생육을 억제하는 약제를 기내에서 선발하고, 노지 포장에서 병 방제에 우수한 억제등록시험 추진이 필요하며, 지속적이고 장기적으로 상품의 배추 생산을 위해서는 건강한 토양으로 바꾸는 것이 중요하며 길항미생물 등을 이용하여 퇴비 등으로 투입하는 것도 필요함

(시험 6) 배추 검은썩음병 억제등록시험(노지)

가. 2021년에 배추 검은썩음병 억제등록시험 결과, 정선 시험포장에서 옥솔린산.발리다마이신 에이 수화제 73.3%, 가스가마이신 입상수화제와 옥솔린산-옥시테트라사이클린다이하이드레이트 수화제가 70.8%의 높은 방제가로 선발하였고, 시험약제 모두 약해증상은 없었음.

(시험 7) 배추 씨스트선충 방제약제 효과검정 시험(노지)

가. 2021년에 태백 시험포장에서의 약효시험결과, 플루셀파마이드 분제와 벤퓨라카브 입제가 클로버씨스트선충 방제효과가 있는 것으로 판단되었고, 시험약제 모두 약해증상은 없었음

(시험 8) 배추 반쪽시들음병 병원균 진단기술 개발 및 병원균 배양특성 조사

- 가. 배추 반쪽시들음병 병원균 *Verticillium dahliae* LAMP PCR primer 개발을 위하여 *Verticillium* 속 다른 종들과 *Verticillium dahliae*를 구별할 수 있는 특이적 유전자로 Histone gene 선발하였고. 프라이머 4개 set에 대한 target 유전자 PCR 증폭 효율 비교 결과, *Verticillium dahliae* 증폭 효율이 가장 높은 프라이머 4번 set를 최종 선발하였음
- 나. 2021년 반쪽시들음병 병원균 배양 특성 조사 결과, 감자한천배지(PDA)에서 25℃, 37~43일 정도 느리게 배양되는 것으로 조사되었다(그림 16). 병원균의 특징 중 하나는 미세균핵을 형성하여 토양내 장기간 존재가 가능하여 방제하기가 어렵다. 반쪽시들음병의 병원균의 포자 크기와 모양은 병원균의 종류에 따라 다른데 *V. dahliae* 3.4~5.6 μ m, *V. longisporum* 7.2~8.9 μ m로 포자의 크기와 미세균핵의 모양에 차이가 있었음

<제2세부과제 : 시설채소 토마토반점위조바이러스(TSWV) 방제체계 구축>

(시험 1) TSWV 발생양상 및 농자 방제력 조사(2021~2023)

- 가. 토마토 재배농가는 6월부터, 파프리카 재배농가는 4월부터 TWSV의 발생이 확인됨.
- 나. 방제력 조사한 결과 평균적으로 4~6월 사이에는 살충제 위주로 주당 1회 정도 살포하였고, 1회 살포시 2 ~ 3가지 약제를 혼합하여 살포하였음

(시험 2) 시설채소 TSWV 다발생 조건 구명(2021)

- 가. 바이러스발생이 많은 하우스의 경우 평균 온도가 약 1℃가 더 높았고 하우스 입구도 I자 형이 아닌 I자형이었음.
- 나. 하우스 온도가 높고, 입구가 I자 형이면 총채벌레 발생 및 침입이 쉬워져 바이러스의 발생률이 높아짐.
- 다. 2023년 철원지역에서 4월 중순 TSWV의 발생이 확인됨에 따라 3월 중순부터 바이러스 매개충이 총채벌레의 방제를 시작해야 할것으로 판단됨.

(시험 3) 재배지 주변잡초 바이러스 감염 조사(2021~2022)

- 가. 재배지 주변잡초로는 별꽃, 황새냉이, 산국, 새포아풀 등 총 12종에 대한 발생이 확인됨.
- 나. 주변잡초 중 별꽃에서는 TSWV, 속속이풀에서는 TSWV PMMoV, BBWV, 명아주에서는 TSWV, CMV, PepMoV의 보독이 확인되었음.

(시험 4) 주요 바이러스 동시진단 프라이머 개발 및 효과 검증(2021~2022)

- 가. 동시진단프라이머의 구성으로는 총 3개의 구성으로 이루어졌으며, A 튜브에는 BBWV +BWVY+TBSV, B 튜브에는 ToCV+PepMoV+PMMoV, C 튜브에는 CMV+TSWV+TYLCSV를 동시에 진단할 수 있는 프라이머 세트로 구성되어있음.
- 나. 개발된 프라이머를 활용하여 농가의료한 바이러스 민원을 진단해본 결과, cPCR과 동일한 결과를 얻을 수 있었음

(시험 5) 작업기구 소독자재별 TSWV 예방효과 검증(2022)

- 가. 20주에 대한 TSWV 발병주율 분석 결과 70% 알코올과 1% NaOCl를 소독자재로 이용했을 시 무처리 대비 90% 이상의 방제효과를 검증하였음.

(시험 6) TSWV 피해경감을 위한 약제처리방법(2022)

- 가. 약제처리체계 별 TSWV 발병주율 분석결과 친환경자재인 탄닌산과 살충제를 혼합하여 처리하였을 때 방제가가 90% 이상으로 나타남.

〈제3세부과제 : 시설채소 총채벌레 발생생태 구명 및 방제기술 개발〉

(시험 1) 총채벌레류 발생양상 및 농가방제력 조사(2021~2023)

- 가. 춘천지역 반축성재배의 경우 2022년 6월부터 7월까지의 발생밀도가, 억제재배의 경우는 2023년 8월의 발생밀도가 높은 것을 확인함. 횡성지역은 2022년의 총채벌레 발생밀도가 높은 것을 확인하였으며, 2022년 8월 최고발생밀도를 보였음. 철원지역은 2021년 6월과 2022년 8월 2023년 7월에 발생밀도가 높았으며, 10월 전까지 밀도가 꾸준히 유지되는 양상을 보임.
- 나. 발생밀도 조사 후 기상요인과 총채벌레의 발생양상의 상관관계를 분석한 결과 기상요인과의 상관관계는 확인할 수 없었음.
- 다. 농가의 방제실태를 조사해 본 결과, 조사지역 모두 살균제보다는 바이러스 매개충을 방제할 수 있는 살충제 처리 횟수가 높은 것을 확인 할 수 있었고, 특히 철원지역의 경우 월동 총채벌레의 부화시기인 4월 하순부터 살충제의 사용이 확인됨.

(시험 2) 재배지 주변잡초 총채벌레 발생조사(2021~2022)

- 가. 주변잡초에 대한 총채벌레의 선호도를 조사해본 결과 황새냉이, 서양민들레, 벌꽃 순으로 선호도가 높았음.
- 나. 벌꽃의 경우 바이러스 보독도 확인되었으므로 농가에서의 적극적인 방제가 필요할 것으로 보여짐

(시험 3) 총채벌레류 지역별 우점종 및 바이러스 보독률 조사(2022~2023)

- 가. 춘천과 횡성 지역의 지점별 20마리의 총채벌레에 대한 우점종 확인 결과, 모든 지점에서 기타 총채벌레류의 우점을 확인함.
- 나. 철원 지역은 조사지점별 차이가 있었으며, 지점 1에서는 우점종이 시기별로 바뀌는 것을 확인하였으며, 6월과 8월 꽃노랑총채벌레가 우점하였음. 지점 2에서는 기타 총채벌레류가 지점 3에서는 꽃노랑총채벌레류의 우점이 확인되었음.
- 다. 바이러스 보독률의 경우 기타총채벌레보다 꽃노랑총채벌레에서 2배 이상높은 보독률을 확인하였으며, 6월과 7월에 바이러스 보독률 20% 이상으로 나타남

(시험 4) 총채벌레류 약제저항성 검정(2022~2023)

- 가. 자체선발약제와 농가사용약제에 대한 총채벌레의 약제저항성 확인결과 클로르페나피르 유제, 이미다클로프리트 수화제, 디노테퓨란 입상수용제, 디클로르보스.람다사이할로트린 분산성액제에서 낮은 방제가를 보였으며, 총채벌레가 해당 약제에 대한 약제저항성 획득가능성이 높은 것으로 보여짐.

- 박세근. 2022. *Verticillium dahliae*와 *Heterodera trifolii*의 복합감염이 배추 반쪽시들음병 발생에 미치는 영향. 충북대학교.
- 한경숙, 박종한, 이중섭, 서상태, 정승룡. 2007. *Verticillium dahliae*에 의한 국화 반쪽시들음병 발생과 병원성. 식물병연구 13(1):15-19. 한국식물병리학회.
- 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.
- 정태성, 이재홍 등. 2016. 시설토마토 주요해충의 발생양상과 천적을 활용한 방제시기. pp159. 한국응용곤충학회 학술대회논문집
- Bo Yang et al., 2020. Molecular characterization and virulence of fungal isolates against the bean flower thrips, *Megalurothrips usitatus* bagnall.
- Emika hiruta et al., 2018. Nicotinic acetylcholine receptor $\alpha 6$ subunit mutation (G275V) found in a spinosad-resistant strain of the flower thrips, *Frankliniella intonsa* (Thysanoptera, Thripidae)
- Hawksworth, D. L. and Talboys, P. W. 1970. *Verticillium dahliae*. Descriptions of Pathogenic fungi and Bacteria, No. 256. Commonwealth Mycological Institute, England.
- H. W. Choi, M. H. Lee, and J. S. Kim. 2023. First report of *Verticillium dahliae* causing verticillium wilt of radish in South Korea. Plant disease. 107:2. pp569. APS.
- Johansson, Anna 2006. *Verticillium longisporum*, infection, host range, prevalence and plant defence responses. Licentiate thesis. Department of Plant Biology and Forest Genetics, Swedish University of Agricultural Sciences.
- J. T. Kim, Kyoung Yul Ryu, Jeom Soon Kim, Young Il Hahm and Seung Hun Yu. 2003. Verticillium wilt of potato caused by *Verticillium albo-atrum* in Daegwallyoun area in Korea. Korean J. Plant Pathol. 19(3):184-187.
- J. S. Kim, Y. K. Lee. S. K. Hong, and H. W. Choi. 2019. First report of *Verticillium dahliae* causing verticillium wilt on potato in Korea. 103:9 pp2470. Plant disease.
- J. T. Kim, I. H. Park, H. B. Lee, Y. I. Hahm and S. H. Yu. 2001. Identification of *Verticillium dahliae* and *V. albo-atrum* causing wilt of tomato in Korea. Korean J. Plant Pathol. 17:222-226.
- Kishi, K., ed. 1988. Plant Diseases in Japan. Zenkoku-Nouson-Kyouiku-Kyoukai, Tokyo, Japan. (In Japanese).

- N.A.Martin and P.J.Workman. 1994. Confirmation of a pesticide-resistant strain of western flower thrips in New Zealand.
- Oliul Hassan, Hyunjoo Ryu, and Hyo-Won Choi. 2024. First report of verticillium wilt caused by *Verticillium dahliae* on chili in South Korea. Plant disease. 108:1. pp219. APS.
- S. K. Kim, S. S. Hong, K. W. Kim, and E. W. Park. 2000. First report of occurrence of eggplant wilt caused by *Verticillium dahliae* in Korea. Plant disease. 84:10. pp1152. APS.
- S. W. Cho. Yejin Kyung, Sun-Ran Cho, et al., 2018. Evaluation of Susceptibility of Western Flower Thrips (*Frankliniella occidentalis*) and Garden Thrips (*F. intonsa*) to 51 Insecticides.
- Sanae Mouden et al., 2017. Integrated pest management in western flower thrips(past, present and future)
- Vasanthi VJ et al., 2017. Management of tomato spotted wilt virus (TSWV) and its thrips vector in tomato using a new commercial formulation of *Pseudomonas fluorescens* strain and neem oil
- Walftor Dumin, Mi-Jeong Park, Jong-Han Park, Kyung-Sook Han, Hyo-Won Choi, and Chang-Gi Back. 2021. First report of verticillium wilt caused by *Verticillium dahliae* infection on chinese cabbage in Korea. Plant disease. 105:2. pp489. APS.
- Wikipedia. Verticillium wilt. https://en.wikipedia.org/wiki/Verticillium_wilt Z. Kabir, R. G. Bhat, and K. V. Subbrarao, 2004. Comparison of media for recovery of *Verticillium dahliae* from soil. Plant disease. 88:1 pp49-55. APS.
- Y. U. Park et al., 2019. Occurrence and Susceptibility to Several Insecticides of Thrips *tabaci* and *Acrolepiopsis sapporensis* on Northern-type Garlic Fields in Chungbuk Province

6 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2021(2년)	학술발표	강원지역 시설재배지 기상과의 총채벌레 발생 상관관계 분석
	농가컨설팅	배추 검은썩음병 등 배추 병해 예방대책
	농가컨설팅	파프리카 바이러스 예방대책
	생물자원	<i>Fusarium oxysporum</i> 등 2점
2022(2년)	특허출원	가지과 작물의 바이러스 다중 진단용 프라이머 세트 및 이를 이용한 다중 진단방법
	영농활용	토마토틀록바이러스 병징 및 응애피해 증상 구별
	영농활용	국내 원예작물에 발생하는 바이러스 9종 다중진단법
	학술발표	강원지역 원예작물 바이러스 감염양상 및 주변잡초 감염분석
	학술발표	강원지역 원예작물에 발생하는 총채벌레 우점종 분석 및 약제 저항성 검정
	약제선발	씨스트선충 방제용 약제 아미셀브롬 분제 1종
	농가컨설팅	토마토틀록바이러스 예방대책 현장기술지원
	농가컨설팅	바이러스매개충 방제대책 현장기술지원
2023(2년)	생물자원수집	<i>Verticillium dahliae</i> 등 8점
	영농활용	TSWV 방제를 위한 총채벌레 중간기주 안내
	영농활용	강원지역 총채벌레 방제를 위한 우수약제 추천
	영농활용	TSWV 방제를 위한 월동기 온실관리 및 약제처리방법
	홍보	고랭지배추 병해 심각, 강원대 연구협의체 공동세미나 개최
	생물자원수집	<i>Verticillium longisporum</i> 등 5점

성과지표	연도	1년차 (2019)		2년차 (2020)		3년차 (2021)		4년차 (2022)		5년차 (2023)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
특허	출원							-	1				
	등록												
논문	SCI												
	비SCI												
학술	국제							-	1				1
	국내					2	2	2	1			4	2
영농	기술												
	활용					1	-	2	2	2	3	5	5
농자재	선발					1	-	1	1	1	0	3	1
홍보										0	5	0	5
현장컨설팅						2	13	2	2	2	0	6	15
생물자원수집						-	2	8	8	1	5	9	15
계		-		-		4	2	15	16	3	8	12	14

7 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도				
					'19	'20	'21	'22	'23
과제책임자	농업환경연구과	농업연구사	문윤기	과제 총괄	-	-	-	-	○
1세부책임자	농업환경연구과	농업연구사	문윤기	세부주관 수행	-	-	-	-	○
공동연구자	연구협력과	농업연구사	이광재	평가분석 지원	-	-	○	○	-
	감차연구소	농업연구사	원현섭	평가분석 지원	○	○	○	○	-
	농업환경연구과	농업연구사	방경린	평가분석 지원	-	-	○	○	○
	농업환경연구과	농업연구사	황세정	평가분석 지원	○	○	○	-	○
	농업환경연구과	농업연구관	이재홍	평가분석 지원	○	○	○	○	○
	농업환경연구과	농업연구관	김기선	평가분석 지원	-	-	-	-	○
	농업환경연구과	공무직	강성희	현장조사 지원	○	○	○	○	○
2세부책임자	농업환경연구과	농업연구사	방경린	현장조사 지원	-	-	-	○	○
공동연구자	농업환경연구과	농업연구사	황세정	평가분석 지원	○	○	○	-	○
	농업환경연구과	농업연구사	문윤기	평가분석 지원	-	-	-	○	○
	농업환경연구과	농업연구관	이재홍	평가분석 지원	○	○	○	○	○
	농업환경연구과	농업연구관	김기선	평가분석 지원	-	-	-	-	○
	농업환경연구과	공무직	함승민	현장조사 지원	-	-	-	-	○
	농업환경연구과	공무직	이선주	현장조사 지원	-	-	○	○	○
3세부책임자	농업환경연구과	농업연구사	황세정	세부주관 수행	-	-	○	○	○
공동연구자	농업환경연구과	농업연구사	방경린	평가분석 지원	-	-	-	○	○
	농업환경연구과	농업연구사	문윤기	평가분석 지원	-	-	-	○	○
	농업환경연구과	농업연구관	이재홍	현장조사 지원	○	○	○	○	○
	농업환경연구과	농업연구관	김기선	현장조사 지원	-	-	-	-	○
	농업환경연구과	공무직	황미란	현장조사 지원	○	○	○	○	○
	농업환경연구과	공무직	박슬기	평가분석 지원	○	○	○	○	○