

과제구분	기관고유	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제		연구분야	수행기간	연구실	책임자
총채벌레 종합 방제 기술 개발		작물보호	'21~'23	환경농업연구과 식물병해충팀	이영수
원예작물 총채벌레류 종합방제기술 개발		작물보호	'21~'23	환경농업연구과 식물병해충팀	이영수
색인용어	총채벌레, 미소해충, 살충제, 저항성, 방제				

ABSTRACT

This study was conducted to analyze the control effects of individual and comprehensive treatment of several organic agricultural materials for eco-friendly control of the western flower thrip(WFT), *Frankliniella occidentalis*. The control effect of entomopathogenic microorganisms and predatory natural enemies for WFT in the underground part was 27.5 and 36.6%, respectively. The effect of controlling WFT above ground was 56.2, 50.2, and 45.3% for chemical pesticides (emamectin-benzoate), plant extracts (50% custard apple seed oil + 10% cinnamon extract), and yellow sticky roll traps, respectively. The effect of controlling WFT due to comprehensive treatment of three types of organic agricultural materials (predatory natural enemies, yellow sticky roll traps, and plant extracts) in pepper greenhouse(fall cropping season) in the Hwaseong region showed from 62.4 to 80.9% in early September to October 10, the pepper harvest season. When adding yellow sticky roll trap + plant extract, the control effect on TSWV, the green peach aphid, the broad mite, and the beet armyworm was 66.7%, 99.6%, 77.4%, and 60.4%, respectively. In the Pocheon area, the density of WFT due to the comprehensive introduction of eco-friendly pest control technology was low at less than 1.0 per week, and the resulting economic effect was calculated at KRW 6,002,220/10a. Through this study, organic materials can be an alternative to solving the resistance problem of thrips.

Key words: Thrips, Horticultural crop, Integrated control, Agricultural materials

1. 연구목표

총채벌레류는 대표적으로 식물을 섭식하는(phytophagous) 곤충으로 세계적으로는 5,000여종 이상의 총채벌레가 보고되어 있는데, 이 중 87종이 작물에 피해를 주고 있는 것으로 알려져 있다(Demirozer et al., 2012). 성충이나 유충이 꽃이나 과실, 잎들을 섭식 및 산란하는 과정에서 식물의 상처나 반점 등을 유발하여 상품성을 떨어뜨린다. 우리나라의 경우 1973년까지 24종의 총채벌레가 보고되다가 1960년대 이후 농업생태계에 다양한 작물의 유입과 작부체계의 전환, 특히 향온, 향습, 고온조건의 시설재배 양식으로 바뀌면서 피해가 증가하고 있다(Woo, 1972). 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis*)는 미국이 원산지로서 1970년대부터 원예작물의 국제교역 등을 통해 세계적으로 확산되고 있다(Demirozer 등, 2012; Minakuchi 등, 2013). 국내에는 1993년 제주도에서 처음으로 발견된 이래 현재는 전국적으로 분포하고 있다(Park 등, 2007). 특히 꽃노랑총채벌레는 CSNV(chrysanthemum stem necrosis virus), TSWV(tomato spotted wilt virus)와 같은 식물바이러스의 주요 매개 종으로 알려져 있다(Boonham 등, 2002; Demirozer 등, 2012). 또한 다양한 살충제에 대한 저항성이 발현되면서 화학적 방제에 많은 어려움을 주고 있다(Lee 등, 2017; Cho 등, 2018). 이를 극복하기 위해 화학농약을 대체할 수 있는 효과가 우수한 농자재의 개발과 우수한 농자재들의 종합적 투입을 통해 종합방제적 대안 마련이 시급한 상황이다.

따라서 본 연구는 경기지역 주요 원예작물인 고추 시설재배지에서 꽃노랑총채벌레 친환경 방제를 위해 몇 가지 유기농업자재들의 단독 및 종합처리에 따른 방제 효과를 분석하여 친환경 방제 대안으로 제시하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 총채벌레 방제용 유기농업자재 단독처리 효과 검정(2021년)

지하부 방제를 위해 고추 정식(4/20) 전에는 곤충병원성미생물(*Beauveria bassiana* ERL836)은 1회 토양 혼화 처리했고(4/18), 정식 후에는 포식성 천적인 뿌리이리응애(*Hypoaspis miles*)를 10,000마리/330m²의 밀도로 지제부에 2회(5/20, 6/20) 접종하였다. 지상부 방제를 위해서는 황색끈끈이롤트랩(20cm×100m)을 고추 지제부에 당도록 고정 설치했고(5/24), 식물추출물(커스터드애플시드 오일 50% +계피 추출물 10%)과 대조용 화학 농약인 emamectin benzoate(EB) 유제(2.15%)는 6/16~7/17까지 7일 간격으로 살포하였다(그림 1). 시험구는 난괴법 3반복(10 m²/반복)으로 배치하였고, 고추 상단부에 설치한 황색끈끈이트랩(150×250mm)에 포획된 꽃노랑총채벌레 밀도를 일주일 간격으로 조사하였다.



그림 1. 시설고추 지제부 황색끈끈이틀트랩 설치(좌) 및 지상부 유기농업자재 살포(우)

나. 총채벌레 방제용 유기농업자재 종합투입 효과 검정(2022년)

정식 후 추가투입이 어려워 방제 효과가 낮았던 곤충병원성 미생물을 제외한 3종 유기농업자재들의 종합투입 효과를 검정하기 위해 고추 정식(7/10) 후 식물추출물은 8/20~10/10까지 3~5일 간격 살포하였고, 뿌리이리응애는 2회(8/25, 9/25) 접종하였으며, 황색끈끈이틀트랩을 지제부에 설치하고(8/30) 무처리 대비 방제 효과를 산출하였다. 꽃노랑총채벌레 밀도는 고추 상단부에 설치한 황색끈끈이틀트랩에 포획된 마릿수를 일주일 간격으로 조사하였다. 시험구는 연동 하우스(712m²)에서 처리간 해충의 이동을 방지하기 위해 방충망으로 구분하여 2처리의 단구제로 배치하였다(그림 2). 또한 총채벌레 밀도조사와 함께 다른 병해충에 대한 감소 효과를 육안으로 조사하였다.



그림 2. 총채벌레 방제 종합기술 투입(좌) 및 무처리(우) 포장 전경

다. 총채벌레 방제용 유기농업자재 종합투입 현장실증(2023년)

유기농업자재들의 종합투입 효과를 농가 수준에서 검정하기 위해 포천시(군내면) 소재 친환경 시설고추(퍼펙트) 재배지에서 실증시험을 추진하였다. 고추 정식(5/11) 일주일 후(5/18)부터 뿌리이리응애를 130일 간격으로 총 5회 접종하였고, 황색끈끈이틀트랩은 지상부 생장이 이루어진 후에 지제부에 설치하였으며(6/19), 식물추출물은 6/25~9/23까지 3~5일 간격 살포하였다. 꽃노랑총채벌레의 밀도는 고추 15주에 대하여

주당 마릿수를 약 15일 간격으로 조사하였으며, 추가로 고추 주요 해충인 복숭아혹진딧물과 담배나방에 대한 육안조사를 병행하였다. 또한 친환경 기술 투입에 따른 경제성을 분석하였다(농촌진흥청, 2023).

3. 결과 및 고찰

가. 총채벌레 방제용 유기농업자재 단독처리 효과 검증(2021년)

지하부에 서식하고 있는 꽃노랑총채벌레 방제용으로 투입한 곤충병원성미생물(*B. bassiana* ERL836)과 포식성 천적인 뿌리이리응애(*H. miles*)의 방제효과는 각각 27.5%, 36.6%로 나타났다(표 1). 곤충병원성미생물의 경우 정식 전에 1회 처리 후 멀칭재배에 따른 추가투입이 어려웠으며, 포식성 응애의 경우 지제부에만 투입하였기 때문에 이랑 등의 주변 토양에서 서식하는 꽃노랑총채벌레의 밀도 억제에는 영향을 덜 미친 것으로 생각된다. 지상부 꽃노랑총채벌레 방제용으로 황색끈끈이롤트랩과 식물추출물의 방제효과는 각각 45.3%, 50.2%로 나타났다(표 1). 특히 황색끈끈이롤트랩의 경우 작기 동안 1회 설치만으로 45.3%의 방제가 가능하였다. 식물추출물의 경우 50.2%의 방제 효과를 보였는데, 화학농약인 에마멕틴벤조에이트(유제)의 방제효율이 56.2%였으며, 약제살포 주기를 7일에서 3~5일로 조정한다면 향후 화학농약에 감수성이 낮은 개체군 방제를 위한 대안으로 활용이 가능할 것으로 판단되었다. 따라서 향후 유기농업자재 종합투입시 활용이 가능한 기술로 곤충병원성미생물을 제외한 포식성 천적과 황색끈끈이롤트랩, 식물추출물을 최종 선발하였다.

표 1. 시설고추 총채벌레 방제용 농자재 단독 처리별 방제 효과

구분	농자재	트랩당 총채벌레 밀도 (Mean±SD)		방제율 (%)
		처리	무처리	
지 하 부	곤충병원성미생물 (<i>B. bassiana</i> ERL836)	1,192±388.6	1,645±282.9	27.5
	포식성 천적 (<i>H. miles</i>)	1,043±243.3	1,645±282.9	36.6
지 상 부	황색끈끈이롤트랩 (20cm×100m)	900±354.8	1,645±282.9	45.3
	식물추출물 ^a (커스터드애플시드 50%+계피 10%)	819±172.4	1,645±282.9	50.2
	화학농약(대조) ^a (Emamectin benzoate 2.15%)	720±163.7	1,645±282.9	56.2

^a1회/주 살포.

나. 총채벌레 방제용 유기농업자재 종합투입 효과 검정(2022년)

화성지역 시설고추 봄작기에서 꽃노랑총채벌레 방제용 유기농업자재들 중 단독처리 효과를 보였던 3종(포식성 천적, 황색끈끈이로트랩, 식물추출물)의 종합처리에 따른 발생 밀도를 비교한 결과는 그림 3과 같다. 꽃노랑총채벌레는 5월 상순부터 관찰이 되어 6월 중순에 가장 높은 밀도를 보였다가 이후 감소하는 경향을 보였다. 종합처리에 따른 방제 효과는 50% 미만으로 낮게 유지되었는데, 이는 포식성 천적과 식물추출물과 같은 유기농업자재들이 투입되기 전에 꽃노랑총채벌레의 밀도가 너무 높았기 때문으로 생각된다. 따라서 포식성 천적과 식물추출물은 정식 직후부터 투입되어야 할 것으로 판단되었다.

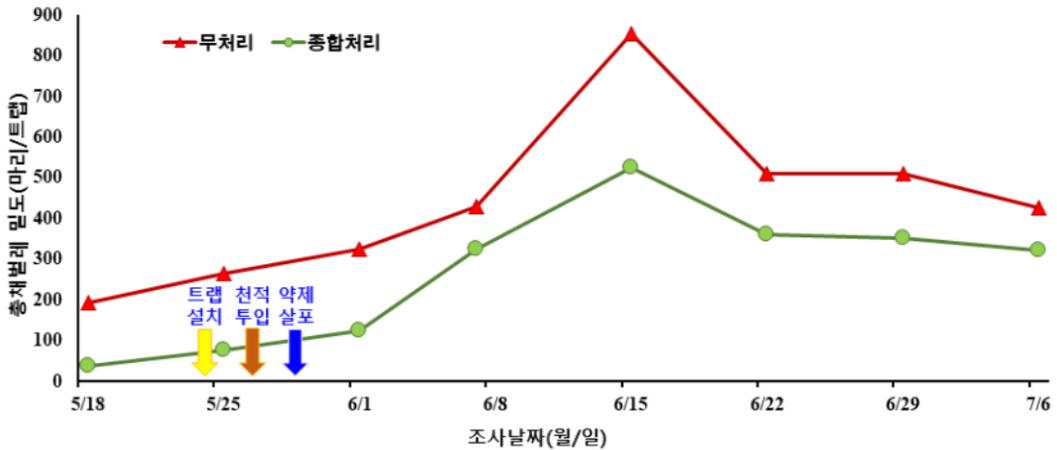


그림 3. 시설고추(봄작기) 유기농업자재 종합처리에 따른 꽃노랑총채벌레 밀도 변화

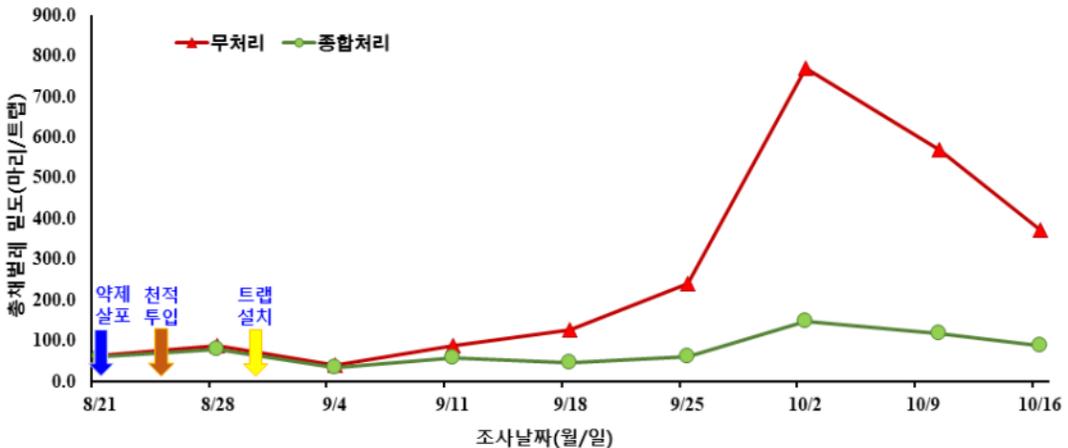


그림 4. 시설고추(가을작기) 유기농업자재 종합처리에 따른 꽃노랑총채벌레 밀도 변화

화성지역 시설고추 가을작기에서 유기농업자재 3종의 종합처리에 따른 꽃노랑총채벌레 발생 밀도를 비교한 결과는 그림 4와 같다. 꽃노랑총채벌레는 8월 중순부터 관찰이 되어 9월 하순부터 급격히 증가한 후 10월 상순에 가장 높은 밀도를 보였다가 이후 급격히 감소하는 경향을 보였다. 무처리 대비 가을 작기 꽃노랑총채벌레에 대한 방제 효과는 9월 상순 34.8%로부터 증가하기 시작하여, 고추 수확기인 10월 하순까지 62.4~80.9%로 나타났다. 따라서 포식성 천적과 식물추출물이 정식 직후부터 투입된다면 친환경적으로도 꽃노랑총채벌레의 밀도를 크게 억제할 수 있음을 확인할 수 있었다. 한편, 유기농업자재 종합처리에 따라 꽃노랑총채벌레가 매개하는 주요 바이러스인 TSWV의 방제 효과는 66.7%였으며, 시설고추 주요 해충인 복숭아혹진딧물과 차먼지응애, 파밤나방의 방제 효과도 각각 99.6%, 77.4%, 60.4%로 높게 나타났다. 이는 본 시험에 이용한 식물추출물이 꽃노랑총채벌레를 포함한 다른 해충의 밀도를 억제하는 추가적인 효과로 볼 수 있다.

다. 총채벌레 방제용 유기농업자재 종합투입 현장실증(2023년)

포천지역 시설고추 재배지에서 유기농업자재 3종의 종합처리에 따른 꽃노랑총채벌레 발생 밀도를 비교한 결과는 그림 5와 같다. 포천지역에서 꽃노랑총채벌레의 밀도는 5월 하순부터 관찰되었으며, 8월 상순에 가장 높은 밀도를 보였다가 이후 서서히 감소하는 경향을 보였다. 하지만, 주당 마릿수는 최대 1.0마리 미만으로 매우 낮아 고추의 생산량에는 큰 영향을 주지 않았을 것으로 추정된다. 또한 해충 방제용 식물추출물을 3~5일 간격으로 살포해 줌에 따라 복숭아혹진딧물과 담배나방의 밀도도 주당 0.5마리 이하로 억제되는 효과를 보였다.

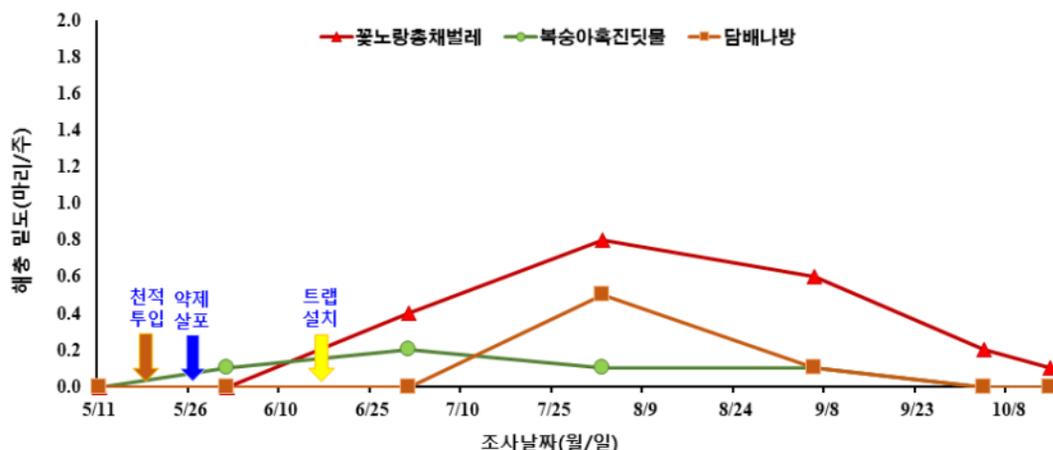


그림 5. 포천 시설고추 재배시 유기농업자재 종합처리에 따른 해충 밀도 변화

농가의 소득분석을 통해 관행 대비 유기농업자재 종합처리(친환경 신기술)에 따른 경제성을 분석한 결과는 표 2와 같다. 유기농업자재 투입에 따라 생산 비용은 증가했던 반면, 고추 수확량이 기존 1,125kg/10a 대비 3,360kg/10a로 약 3배 증가함에 따라 추정 수익액은 6,002,220원/10a로 산출되었다.

본 연구를 통해 유기농업자재는 꽃노랑총채벌레의 살충제 연용에 따른 저항성 문제 해결을 위한 대안이 될 수 있으며, 또한 선발된 기술들은 친환경 재배지에서뿐만 아니라 PLS 대응 및 종합적 해충방제 관점에서 활용이 가능할 것으로 생각된다.

표 2. 유기농업자재 종합처리(친환경 신기술)에 따른 경제성을 분석

친환경 관행(A)	친환경 신기술(B)
<ul style="list-style-type: none"> ○ 총수입: 4,005,000원 <ul style="list-style-type: none"> - 판매액: 1,125kg×3,560원/kg = 4,005,000원 ※ 풋고추 보통 품질 기준 ○ 총비용: 849,150원 <ul style="list-style-type: none"> - 유기 살충제 살포: 741,100원 <ul style="list-style-type: none"> · 자재비: 35,000원×15회 = 525,000원 ※ 살포량: 1000배액(500ml), 150L/10a · 자가노동비: 21,610원(남자,1일)×4/8일×20회 = 216,100원 - 농산물 수확: 108,050원 <ul style="list-style-type: none"> · 자가노동비: 43,220원(남여,1일)×20/8일 = 108,050원 ○ 수익: 3,155,850원 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총수입: 11,961,600원 <ul style="list-style-type: none"> - 판매액: 3,360kg×3,560원/kg = 11,961,600원 ※ 풋고추 보통 품질 기준 ○ 총비용: 2,803,530원 <ul style="list-style-type: none"> - 유기 살충제 살포: 1,824,150원 <ul style="list-style-type: none"> · 자재비: 50,000원×30회 = 1,500,000원 ※ 살포량: 1000배액(500ml), 150L/10a · 자가노동비: 21,610원(남자,1일)×4/8일×30회 = 324,150원 - 물끈끈이트랩 설치: 250,810원 <ul style="list-style-type: none"> · 자재비: 40,000원×6개=240,000원 · 자가노동비: 21,610원(남자,1일)×4/8일×1회 = 10,810원 - 포식성 천적 투입: 404,420원 <ul style="list-style-type: none"> · 자재비: 31,000원×12개 = 372,000원 · 자가노동비: 21,610원(남자,1일)×1/8일×12회 = 32,420원 - 농산물 수확: 324,150원 <ul style="list-style-type: none"> · 자가노동비: 43,220원(남여,1일)×60/8일 = 324,150원 ○ 수익: 9,158,070원
<p>o 추정 수익액(B-A): 9,158,070원 - 3,155,850원 = 6,002,220원</p>	

4. 적 요

- 가. 시설고추에서 지하부 꽃노랑총채벌레 방제용 곤충병원성미생물과 포식성 천적의 방제 효과는 각각 27.5%, 36.6%로 나타났다.
- 나. 시설고추에서 지상부 꽃노랑총채벌레 방제 효과는 화학농약(emamectin-benzoate), 식물추출물(커스터드애플시드 오일 50%+계피 추출물 10%), 황색끈끈이롤트랩이 각각 56.2%, 50.2%, 45.3%로 나타났다.
- 다. 화성지역 시설고추(가을작기)에서 유기농업자재 3종(포식성 천적, 황색끈끈이롤트랩, 식물추출물)의 종합처리에 따른 꽃노랑총채벌레 방제 효과는 9월 상순 34.8%로부터 증가하여 고추 수확기인 10월 하순까지 62.4-80.9%로 나타났다.
- 라. 황색끈끈이롤트랩+식물추출물 투입시 TSWV, 복숭아혹진딧물, 차면지응애, 파밤나방에 대한 방제 효과는 각각 66.7%, 99.6%, 77.4%, 60.4%였다.
- 마. 포천지역에서 친환경 방제기술 종합투입에 따른 시설고추 총채벌레류 밀도는 주당 1.0마리 미만으로 낮았으며, 이에 따른 경제적 효과는 6,002,220원/10a로 산출되었다.

5. 인용문헌

- 농촌진흥청. 2023. 2022 지역별 농산물 소득 자료, 농업경영연구보고 제157호.
- Boonham, N., Smith, P., Walsh, K., Tame, K., Morris, J., Spence, N., Bennison, J., Barker, I., 2002. The detection of tomato spotted wilt virus (TSWV) in individual thrips using real time fluorescent RT-PCR (TaMan). *Journal of Virological Methods*. 101, 37-48.
- Cho, S.W., Kyung, Y., Cho, S.R., Shin, S., Jeong, D.H., Kim, S.I., Park, G-H, Lee, S-J., Lee, Y-S., Kim, M-K., Jo, I-J., Koo, H-N., Kim, H.K., Kim, G.H., 2018. Evaluation of susceptibility of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) and garden thrips (*F. intonsa*) to 51 insecticides. *Korean journal of applied entomology*. 57, 221-231.
- Demirozer, O., Tyler-julian, K., Funderburk, J., Leppla, N., Reitz. S., 2012. *Frankliniella occidentalis* (Pergande) integrated pest management programs for fruiting vegetables in Florida. *Pest Management. Sci*. 68, 1537-1545.
- Lee, Y.S., Lee, H.A., Lee, H.J., Hong, S.S., Kang, C.S., Choi, Y.S., Kim, H-H., Jang, M.J., 2017. Insecticide susceptibility of western flower thrip, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on horticultural crops in Gyeonggi area. *Korean journal of applied entomology*. 56, 179-186.
- Minakuchi, C., Inano, Y., Shi, X., Song, D., Zhang, Y., Miura, K., Miyata, T., Gao, X., Tanaka, T., Sonoda, S., 2013. Neonicotinoid resistance and cDNA sequences of nicotinic acetylcholine receptor subunits of the western flower thrips

Frankliniella occidentalis (Thysanoptera: Thripidae). Applied entomology and zoology. 48, 507-513.

Park, H.H., Lee, J.H., Uhm, K.B., 2007. Economic thresholds of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) for unripe red pepper in greenhouse. J. Asia-Pacific Entomol. 10, 45-53.

Woo, K.S., Kwon, O.K., Cho, K.S., 1991. Studies on the distribution, host plants and taxonomy of Korean thrips (Insecta: Thysanoptera). Seoul National Univ. J. Agric. Sci. 16, 133-148.

6. 연구결과 활용제목

- 시설고추 총채벌레류 방제를 위한 황색롤끈끈이트랩 이용('22 영농활용)
- 유기농업자재 이용 시설고추 총채벌레 친환경 종합방제('23 영농활용)

7. 연구원 편성

과제명	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
						'21	'22	'23
원예작물 총채벌레류 종합방제기술 개발	책임자	환경농업연구과	농업연구사	이영수	세부과제 총괄	○	○	○
	공동연구자	환경농업연구과	농업연구사	최종윤	시험포장 관리	○	○	○
	〃	〃	〃	김소희	살충효과 평가	○	○	○
	〃	〃	〃	유주형	농자재 관리	-	-	○
	〃	〃	농업연구사	이현주	병방제 효과 평가	○	○	○
	〃	〃	농업연구관	장정희	데이터 평가	-	-	○
	〃	〃	〃	이상우	데이터 평가	○	○	-
〃	〃	〃	박중수	결과 활용 검토	○	○	○	