

영역	II	어젠다	3	대과제	(1)
과제 및 세부과제명		과제 구분	연구분야	수행 기간	과제책임자 및 세부과제 책임자
총채벌레 종합방제 기술개발		기관고유	작물보호	'21~'23	환경농업연구과 김소희
1) 원예작물 약제저항성 미소해충 관리기술 개발		어젠다	작물보호	'21~'23	환경농업연구과 김소희
2) 원예작물 총채벌레류 종합방제기술 개발		기관고유	"	'21~'23	" 이영수
색인용어	총채벌레, 미소해충, 살충제, 저항성, 종합방제				

1. 연구개발의 필요성

가. 연구개발대상 기술의 경제적·산업적 중요성 및 연구개발의 필요성

- 1) 약제저항성은 농가에서 가장 대두되는 문제로 500종 이상의 곤충, 진드기가 하나 이상의 약제에 대해 저항성이 발달해 있으며, 이는 매년 수십억 달러 이상의 경제적 손실을 내고 있음
- 2) 기후변화로 인해 고온이 지속되며 외래해충의 국내 유입 및 정착 사례가 급증하고 있으며 살충제 저항성을 보유한 채로 들어와 방제 상의 문제를 초래함
- 3) 시설 화훼의 경우 작기가 연중 지속적으로 이어져 해충 군집이 특정 약제에 대해 반복적으로 노출됨과 동시에 세대 진전이 빨라 저항성을 가진 개체군이 형성되어 방제에 어려움을 겪고 있음
- 4) 총채벌레 및 가루이류는 고도의 살충제 저항성을 보이거나 약제별 저항성 기작에 대한 정보가 불충분한 실정이므로 방제에 가장 많이 사용되는 침투이행성 살충제 저항성 기작연구를 바탕으로 저항성 모니터링을 위한 분자마커 발굴이 시급함
- 5) 국내 약제저항성 발달 해충이 매년 보고되고 있으나, 실제 현장에서 농민이 정보를 적용하기에 어려움이 있어 ICT기반의 플랫폼 구축을 통한 약제저항성 관련 정보 교환이 쌍방적으로 이루어질 필요가 있음
- 6) 특정 약제에 대한 약효 저하로 이와 관련한 민원이 증가하여 「농촌진흥법 시행령」 제2조2항4 농업인·농촌의 현장애로 해결을 위한 농가 약제 선발 연구가 진행 필요

나. 연구개발대상 기술의 국내.외 현황

1) 국내 연구 현황

- 가) 꽃노랑총채벌레 독성평가를 위해 식물체 조직을 간접적으로 약액에 노출 시키거나 Vial에 먹이를 공급하여 연구수행(조 등, 2005)
- 나) 박과류 해충(꽃노랑총채벌레, 담배가루이)의 약제저항성 모니터링(농진청, 2008)
- 다) 경기지역 담배가루이의 분포특성 및 Type별 약제 감수성 검정(경기도원, 2010)
- 라) 장미 점박이응애와 꽃노랑총채벌레 약제저항성 돌연변이에 대한 형질 빈도를 조사하여 저항성 정도를 측정하였으며, 저항성 발달지표 지역계통별로 산출하여 방제체계 개선 및 방제 모델을 설정함(농진청, 2015)
- 마) 원예작물 총채벌레 약제저항성 검정연구를 통해 화훼류에서 발생하는 꽃노랑총채벌레의 네오니코티노이드계 약제(acetamiprid, clothianidin, imidacloprid, thiacloprid)에 대한 저항성이 높은 것으로 나타남(경기도원, 2017)
- 바) 고랭지 배추에서 벼룩잎벌레, 배추좀나방 등 해충을 방제하고자 천적 배추나비고치벌과 저독성 살충제를 번갈아 처리하는 종합방제 효과를 검증함(강원도원, 2017)
- 사) 담배가루이 저항성에 대한 전국적 조사 결과 작용기작이 다른 5종 약제 dinotefuran, spinosad, emamectin benzoate, chlorfenapyr, bifenthrin에 대해 전국적으로 높은 저항성이 확인되었으며, 특히 유기인계 및 피레스로이드계 약제에 대한 저항성 점돌연변이가 포화상태임을 확인함(김 등, 2021)
- 아) 파밤나방 Diamide 약제 저항성이 높아져 개체군에 대한 집단 방제를 위해 효과적인 5가지 약제를 이용하여 IRM(Insecticide Resistance Management) 프로그램을 구성해 시행한 결과 91%이상의 높은 살충효과를 보임(박 등, 2021)

2) 국외 연구 현황

- 가) 약제저항성을 예방하고 지연시키기 위해 1984년 IRAC(Insect Resistance Action Committee)가 국제기업들의 후원으로 설립돼 운영 중이며, 세계 약제 저항성과 관련된 정보를 확인할 수 있음
- 나) 미국 농림부(United States Department of Agriculture)의 ARS(Agricultural Research Service) 프로그램은 살충제에 대한 곤충, 진드기의 내성을 직접 식별 및 정량화하여 생화학적으로 특성화하고 관리함
- 다) 반수치사약량(LD₅₀)과 저항성비보다는 진단약량(diagnostic dose)을 이용한 저항성 모니터링법이 강조되고 있음(Halliday et al., 1990; Knight et al., 1990)

- 라) 담배가루이(Q타입)의 피레스로이드 및 유기인계 살충제 저항성에 대한 분자진단법(Simple PCR-agarose gel visualization based assays)이 발견됨(Tsagkarakou et al., 2009)
- 마) Cytochrome P450s, Glutathione-S-transferase(GSTs)와 Esterase는 여러 곤충종에서 발견되는 약제저항성의 가장 주된 작용기작임(Pittendrigh et al., 1997; Feyereisen, 1999; Vontas et al., 2001)
- 바) 각국의 파총채벌레 약제저항성 검정 결과 methomyl, cyhalothrin(미국), cyhalothrin, deltamethrin, diazion(캐나다), deltamethrin, diazinon, dichlorvos(뉴질랜드), cypermethrin, cyhalothrin, diazinon, dimethoate(오스트레일리아) 살충제 저항성이 보고됨(Gill et al., 2015)
- 사) 약제를 잘못된 방법으로 처리하거나 연용 및 남용하여 사용할 경우 저항성이 증가하며, 해충의 저항성은 약제를 처리하지 않고 누대 사육하는 경우 감소함(Shen et al., 2020; Yang et al., 2014)
- 아) 꽃노랑총채벌레의 약제저항성 기작으로 유기인계 약제에 대해서는 EST, Cyp450, GST가 관여하는 것으로 보고되었으며, 스피노신 계열의 약제에서는 nAChR 상의 돌연변이가 발견됨(Gao et al., 2012)
- 자) 그리스의 경우 저항성 모니터링 홈페이지를 구축하여(<http://en.galanthos.gr>) 지역의 약제저항성 경향을 추정할 수 있는 정보를 제공 중임

다. 국내외 연구현황 비교 및 필요 연구 분야

연구현황 비교		필요연구 분야내용
국 내	국 외	
○ 약제 저항성 해충에 대한 모니터링과 진단 마커의 개발과 함께 현장에서 바로 적용이 가능한 간이 진단키트의 개발	○ 저항성 모니터링 홈페이지를 구축·운영 중이며, 국가에서 약제 저항성 관련 내용을 관리함	○ 국가적으로 약제 저항성 간이 진단기술을 보급, 상용화하여 쌍방향 정보 교환 필요
○ 총채벌레 등 근권해충 방제용 미생물제 및 천적 실용화 ○ 약제저항성 극복을 위한 유기농업자재 및 페로몬 트랩 개발 중	○ 총채벌레 저항성 극복을 위한 신농약 개발 및 바이러스 저항성 품종 개발 ○ 총채벌레 등 미소해충 유인용 끈끈이트랩 개발	○ 총채벌레류 방제를 위한 각각의 방법에 대한 효과 및 종합투입에 따른 방제 효과 구명 및 현장적용 필요

2. 연구개발 목표 및 내용

가. 정성적 성과 목표

연차	목 표
1차년도 (2021년)	- 지역별 원예작물 해충 약제 저항성 모니터링 분석 - 단일처리별 총채벌레 방제 효과 검증 및 선발
2차년도 (2022년)	- 지역별 원예작물 해충 약제 저항성 모니터링 분석 및 기작 구명 - 선발기술 종합투입에 따른 총채벌레 방제 효과 검증 및 보완
3차년도 (2023년)	- 약제 저항성 해충 정보제공시스템 구축 - 총채벌레류 종합방제기술 농가실증
최종	총채벌레류 효율적 약제 저항성 관리 및 종합방제기술 개발

나. 정량적 성과 목표

성과지표명	연도	1년차 (2021년)		2년차 (2022년)		3년차 (2023년)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
논문게재	SCI	-	-	-	-	-	-	-	-
	비SCI	-	-	1	-	1	-	2	-
학술발표	국제	-	-	-	-	-	-	-	-
	국내	1	1	1	-	-	-	2	1
농가기술컨설팅, 현장기술지도		1	1	1	-	1	-	3	1
영농활용 기관제출		1	1	1	-	1	-	3	1
정책제안 기관제출					-		-	-	-
홍보		1	1	1	-	1	-	3	1
계		4	4	5	-	4	-	13	4

다. 종합연구내용

세 부 과 제	주 요 연 구 내 용	연 구 목 표	수행기간
1) 원예작물 약제 저항성 미소해충 관리기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 약제 저항성 해충 모니터링 ○ 지역 약제 저항성 해충정보 제공 시스템 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 간이 생물검정 진단 키트를 이용한 신속한 약제 저항성 해충 진단 ○ 저항성 해충 정보 D/B화 	'21~'23
2) 원예작물 총채벌레류 종합 방제 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시설채소 총채벌레류 방제용 우수 농자재 선발 ○ 시설채소 총채벌레류 종합방제 효과 구명 ○ 시설채소 총채벌레류 종합방제 기술 농가실증 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 원예작물 난방제 해충인 총채벌레를 효율적으로 방제할 수 있는 종합 방제기술 개발 	'21~'23

3. 당초 연구계획과 변경된 사항 해당없음

4. 연구개발결과의 활용방안 및 기대성과

가. 연구개발 결과의 활용방안

- 1) 학술발표 및 논문게재
 - 가) 경기지역 살충제 저항성 미소해충 발생양상(학술발표)
 - 나) 원예작물 주요 해충 총채벌레류 친환경 종합방제효과(논문게재)
- 2) 영농활용
 - 가) 플랫폼 활용 해충별 약제 저항성 정보제공 및 대체약제 추천
 - 나) 간이 저항성 진단 키트를 이용한 농가 현장지도
 - 다) 원예작물 주요 해충 총채벌레류 종합방제 현장지도

나. 기대성과

- 1) 기술적 측면
 - 가) 해충 개체군의 약제 저항성 발달 예방 및 지연 가능
 - 나) 지역별 약제 저항성 발달 현황 및 교차저항성 자료 확보
 - 다) 총채벌레류 방제를 위한 개별 방제기술의 종합투입에 따른 방제효과 제고
- 2) 경제적·산업적 측면
 - 가) 농가별 맞춤형 약제사용을 통한 약제 오남용 방지 및 농가 소득보전

- 나) 간이진단키트를 이용한 정보의 공유로 저항성 개체군 관리 효율성 증대
- 다) 난방제 해충 총채벌레류 종합적 방제기술 확립에 따른 화학농약 감소 및 농업인 방제기술 선택의 다양화

5. 연구원 편성

세 부 과 제	구 분	소 속	직 급	성 명	참여기간	참여비율 (%)
1) 원예작물 약제 저항성 미소해충 관리 기술 개발	책 임 자	환경농업연구과	지방농업연구사	김소희	'21~'23	40
	공동연구자	"	"	이영수	'21~'23	20
	"	"	"	이현주	'21~'23	10
	"	"	"	최종윤	'21~'23	10
	"	"	지방농업연구관	이상우	'21~'23	10
	"	"	"	박중수	'22~'23	10
2) 원예작물 총채벌레류 종합방제 기술개발	책 임 자	환경농업연구과	지방농업연구사	이영수	'21~'23	40
	공동연구자	"	"	김소희	'21~'23	20
	"	"	"	이현주	'21~'23	10
	"	"	"	최종윤	'21~'23	10
	"	"	지방농업연구관	이상우	'21~'23	10
	"	"	"	박중수	'22~'23	10

6. 연구개발비 소요명세서

(단위 : 백만원)

과제 및 세부과제명	1차년도 (2021)	2차년도 (2022)	3차년도 (2023)	합 계
○ 총채벌레 종합방제 기술 개발	130	130	130	390
- 원예작물 약제 저항성 미소해충 관리 기술 개발	70	70	70	210
- 원예작물 총채벌레류 종합방제기술 개발	60	60	60	180