

RS-2021-  
IP321098

하우스 내 해충 방제 및 정착방지를 위한 훈증기술 개발

2024

농림축산식품부  
농림식품기술기획평가원

보안 과제( ), 일반 과제( O ) / 공개( O ), 비공개( )발간등록번호( O )  
작물바이러스 및 병해충대응 산업화 기술개발사업 2023년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004598-01

# 하우스 내 해충 방제 및 정착방지를 위한 훈증기술 개발

2024.06.04.

주관연구기관 / 경북대학교 산학협력단

농림축산식품부  
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제출문

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

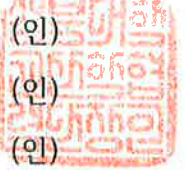
본 보고서를 “하우스 내 해충 방제 및 정착방지를 위한 훈증기술 개발”(개발기간 : 2021.04.01 ~ 2023.12.31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2024. 06. 04.

주관연구기관명 : 경북대학교 산학협력단장 (대표자) 공 성 호

공동연구기관명 : (대표자)

참여기관명 : (대표자)



주관연구책임자 : 이 성 은

공동연구책임자 :

참여기관책임자 :



(인)

(인)

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

최종보고서						보안등급					
중앙행정기관명						농림축산식품부		일반[○], 보안[ ]			
전문기관명 (해당 시 작성)						농림식품기술기획평가원		작물바이러스 및 병해충 대응 산업화 기술개발			
공고번호						농축2021-55호		사업명			
								내역사업명 (해당 시 작성)			
								방제기술 개발			
						총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)					
						연구개발과제번호		321098-3			
기술분류	국가과학기술 표준분류		1순위 LB0304	70%	2순위 LB0401	30%	3순위 소분류 코드명	%			
	농림식품과학기술분류		1순위 RA0399	100%	2순위 소분류 코드 명	%	3순위 소분류 코드명	%			
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문									
		영문									
연구개발과제명		국문		하우스 내 해충 방제 및 정착방지를 위한 훈증기술 개발							
		영문		Development of fumigation technology to control and prevent settlement of virus-transmitted insect pest in vinyl house							
주관연구개발기관		기관명		경북대학교 산학협력단		사업자등록번호		504-82-09678			
		주소		(우)대구광역시 북구 대학로 80		법인등록번호		176271-0001921			
연구책임자		성명		이 성 은		직위		교수			
		연락처		직장전화		휴대전화					
				전자우편		국가연구자번호					
연구개발기간		전체		2021. 04. 01 - 2023. 12. 31(2년 9개월)							
		단계 (해당 시 작성)		1단계		2021. 04. 01 - 2022. 12. 31(2년 9개월)					
				2단계		2023. 01. 01 - 2023. 12. 31(1년 0개월)					
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비		기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금 지방자치단체 기타( )		합계		연구개발비 외 지원금	
		현금		현금 현물		현금 현물 현금 현물		현금 현물 합계			
총계		825,000		4,700 104,300				829,700 104,300 934,000			
1단계		1년차		225,000		27,000		225,000 27,000 252,000			
		2년차		300,000		35,000		300,000 35,000 335,000			
2단계		1년차		300,000		4,700 42,300		304,700 42,300 347,000			
		n년차									
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명		책임자		직위		휴대전화		전자우편	
										비고	
										역할 기관유형	
연구개발담당자 실무담당자		성명				직위					
		연락처		직장전화		휴대전화					
				전자우편		국가연구자번호					

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2024 년 2 월 5 일

연구책임자: 이 성 은



주관연구개발기관의 장: 공 성 호

공동연구개발기관의 장:

위탁연구개발기관의 장:



농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

## < 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명		작물바이러스 및 병해충 대응 산업화 기술개발			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)							
내역사업명 (해당 시 작성)		방제기술 개발			연구개발과제번호		321098-3					
기술분류	국가과학기술 표준분류	1순위 LB0304	70%	2순위 LB0401	30%	3순위 소분류 코드명	%					
	농림식품 과학기술분류	1순위 RA0399	100%	2순위 소분류 코드명	%	3순위 소분류 코드명	%					
총괄연구개발명 (해당 시 작성)												
연구개발과제명		하우스 내 해충 방제 및 정착방지를 위한 훈증기술 개발										
전체 연구개발기간		2021. 04. 01 - 2023. 12. 31										
총 연구개발비		총 934,000천원 (정부지원연구개발비: 825,000천원, 기관부담연구개발비 : 109,000천원, 지방자치단체: 천원, 그 외 지원금: 천원)										
연구개발단계		기초[ ] 응용[ ] 개발[ <input checked="" type="checkbox"/> ] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준( ) 종료시점 목표( )						
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)												
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)												
연구개발 목표 및 내용	최종 목표		하우스 내 해충 방제를 위해 살충제 저항성이 있는 해충의 살충효과와 살충제 잔류 문제 없는 저독성 훈증기술 개발									
	전체 내용		하우스내 특수 환경 (밀폐, 온도 및 습도 조건 등) 조건에서 살충제 저항성 및 잔류 문제 없이 바이러스 매개충(진딧물류, 총채벌레류) 및 기후 변화 대응 외래 침입 우려 해충류(진딧물류, 총채벌레류) 방제가 가능한 저독성 훈증제를 이용한 친환경, 친소비자 방제 방법이 필요성에 따른 새로운 전략의 방제기술을 개발									
	1단계 (해당 시 작성)	목표										
		내용										
	n단계 (해당 시 작성)	목표										
		내용										
연구개발성과	특허 출원 3건, 특허 등록 1건, 논문(SCI 3편, 비SCI 2편), 기술이전 2건, 제품화 2건											
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	본 과제의 연구성과는 훈증제를 이용하여 처리 후 잔류가 없는 하우스 내 방제기술로서 연구에서 사용한 박과류 외에 다른 작물의 재배 하우스에도 적용할 수 있음으로 작물 및 생산환경에 잔류성이 없는 새로운 해충 방제 패러다임을 생성하였음. 방제기술의 특허 기술을 산업체로 이전으로 함으로써 현재 오이, 수박, 애호박 하우스재배 시 외래해충의 유입 확산에 대응할 수 있는 긴급 방제기술로 활용 가능하나, 향후 검역용으로만 등록되어 있는 EF 물질의 농업용 추가 등록 및 작물별 재배 시기별 구체적이고 실용화 연구를 통해 외래해충류 유입 대응 확산 위험성을 감소시킬 것으로 예상됨.											
연구개발성과의 비공개여부 및 사유												
연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		화학물	신품종	
	5	4		3				생명 정보	생물 자원		정보	실물
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
	경북대학교	질소발생기	Egen 30T	1	21.11.01	17,600		농대1호관 215호	KKR-PA-23 256713-000 00001			
	경북대학교	헤드스페이스 샘플러	Agilent G1888	1	21.11.08	15,950		농대1호관 320호	KKR-PA-20 568259-000 00006			
	경북대학교	질소발생기	Egen 30T	1	22.08.05	17,050		농대1호관 320호	KKR-PA-23 256713-000 00002			
국문핵심어 (5개 이내)	해충		하우스재배		훈증기술		살충제		저독성			
영문핵심어 (5개 이내)	Pest		Vinyl house cultivation		fumigation technology		Pesticide		Low toxicity			

## < 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

별첨 자료 (참고 문헌 등)

# 1. 연구개발과제의 개요

## 1.1 연구개발과제의 필요성

- 국내 과실 채소류(참외, 오이, 수박, 메론) 재배면적은 49,270 ha로 약 87% (38,623ha)가 하우스 재배 방식으로 하우스내 온도 및 습도 조건에서 해충 관리 및 방제법은 일반 노지 재배보다 복잡하여 필요함 (Kown et al., 2019)
- 세계화와 FTA 체결 확대에 따른 인적·물적 자원의 국제적 교류 증가 및 기후변화로 인해 잠재적 생태계 위해 외래생물종(AIS)의 유입 및 정착 가능성이 증가하고 있는 추세로 하우스의 경우 외래생물종의 월동 서식처로 적합한 장소임.
  - 1900년대 이래 총 87종(병 40, 해충 47)의 외래병해충이 유입되었고, 이 중 37%인 32종(병 18, 해충 14)이 2000년 이후 유입된 것으로 확인되었으며(2016, 농진청), 유입과 더불어 농작물에 심각한 피해가 증가 추세임. 예로서 '98년 담배가루이 B-type 유입으로 인한 하우스 참외 생산량 5% 감소(300억/년간) 및 방제 비용 280억/년간 (Park et al., 2014, MAFRA, 2019)
  - 관리급 검역해충 (관리해충 1,421종, 응애류 55종, 선충 47종, 달팽이 27종)의 국내 정착 방지를 위한 방제 시나리오가 필요하나 현재 전무함. 현재 식물방역법에 따라 관리급 검역해충 발견시 작물의 소각 및 폐기로 인한 농가의 경제적 손실이 불가피하며 농가 피해 손실을 위한 보존 비용 위한 정부의 예산 투여가 불가피함. 예로서, 배 화상병에 따른 피해 손실 보존 비용 696억/5년간
- 하우스 내 가루이류(온실가루이, 담배가루이), 진딧물류, 총채벌레류(꽃노랑총채벌레 등) 흡즙성 해충들은 바이러스병을 매개하여 심각한 피해를 유발하나, 기주범위가 넓고 약제저항성 발달 등으로 방제에 어려움을 겪고 있고, 그 피해 규모는 매년 증가 추세임 (Bass et al., 2015)
- 기존 살충제에 의존한 하우스 내 해충관리 및 방제법은 빠른 약제 저항성, 약제 잔류성 및 약제 미살포 틈새 발생 등의 문제가 있어, 이에 이를 해결할 수 있는 새로운 방제 방법을 개발할 필요가 있음(Kim et al., 2016, Jeong et al., 2020)
  - 꽃노랑총채벌레의 경우 유기인계 약제(EST, CYP450, GST가 관여), 스피노신 계열의 약제(nAChR상의 돌연변이), 피레스로이드계 및 네오니코티노이드계 약제(저항성 기작 연구 중) 등 하우스 내 주로 사용중인 살충제에 대한 저항성이 보고됨 (Gao et al., 2012), 또한 담배가루이의 경우 다양한 살충제에 저항성이 보고됨(Mota-Sanchez and Wise, 2020).
  - 진딧물의 경우 다양한 살충제 원제의 혼합을 통한 등록 제품이 190 개여가 출시되었지만, 빠른 저항성 발현으로 계통별 교호 살포를 통한 방제 방법을 사용중임
- 또한, 현재의 화학살충제 처리방법 (엽면살포, SUV, 연무 및 훈연 등)은 하우스 내 작물의 생장시기 및 2019년 우리나라에 전면 시행된 '농약 허용물질목록 관리제도 (Positive list system, PLS)' 시행과 더불어 향후 잔류 농약에 대한 약제 잔류성에 따라 방제가 제한되는 등 약제사용의 제약이 많을 것으로 판단됨 (Kwon et al., 2019)
- 하우스 내 약제 저항성 및 잔류 농약 등 살충제 사용이 제한되는 작물이 생육하고 있는 상황에서 주요 바이러스 매개 흡즙성 해충 (진딧물류, 총채벌레류)을 방제를 방제할 수 있는

새로운 기술을 시급히 개발해야 함.

- 또한, 국제적 교류 증대 및 기후 변화로 인한 외래 침입 해충(AIS)의 유입 및 정착 가능 해충류(진딧물류, 총채벌레류, 가루이류, 응애류, 나방류, 노린재류)의 선제적 대비를 위한 주요 월동 서식처인 하우스 내 경제적이고, 검역적인 수준의 방제할 수 있는 새로운 기술을 시급히 개발해야 함.
- 따라서, 하우스내 특수 환경(밀폐, 온도 및 습도 조건 등) 조건에서 살충제 저항성 및 잔류 문제 없이 바이러스 매개충(진딧물류, 총채벌레류) 및 기후 변화 대응 외래 침입 우려 해충류(진딧물류, 총채벌레류) 방제가 가능한 저독성 훈증제를 이용한 친환경, 친소비자 방제 방법이 필요함.

## 1.2 연구개발 대상 기술의 국내외 현황

- 수출입 농산물의 해충에 대한 검역 목적으로만 사용 중인 메틸브로마이드 훈증제는 오존층 파괴물질로 지정된 후 국제식물보협약(IPPC)에서 각국이 대체물질을 사용하도록 강력하게 권고하고 있으며, 특히 메틸브로마이드는 과채류의 저온 훈증시 훈증관련 작업자(훈증 기술자 및 훈증 후 기계차 운전 및 패킹 작업자 등)에 안전사용기준(TLV-TWA, 작업자안전 허용농도, 메틸브로마이드 1 ppm) 이상으로 노출 되고 있고 만성 흡입독성 위험이 있어 향후 사용이 제한될 예정임(Park et al., 2019).
- 이에, 메틸브로마이드(MB) 대체 연구개발로 2010년 이후 대체제로 phosphine, ethyl formate, ethanedinitrile 및 관련 훈증제의 처리기술은 농산물의 검역, 목재 및 각재의 수입, 곡물창고 소독 등과 같이 특수한 목적으로 사용중인 방제방법임(Lee et al., 2015, 2016, 2017, 2018, 2019).
- 메틸브로마이드(MB)를 비롯한 대부분의 MB 대체 훈증제 및 훈증 처리기술을 이용하여 하우스 내 해충방제 목적으로 연구된 바는 없었으나, MB 대체 훈증제(Ethyl formate, phosphine)의 사용 가능성에 대한 기초 연구를 진행하였으며, 당시 경제성 및 처리기술 부족으로 인한 추후 연구는 없었음.(Kim et al., 2013).
- Ethyl formate 및 phosphine은 다양한 해충에 효과적이며, 메틸브로마이드에 비해 상대적으로 약해가 적어 수출입 과일 채소류 소독에 효과적인 물질이 확인됨(Yang et al., 2017, Lee et al., 2018, Park et al., 2019).
- 하우스 내 액상 Ethyl formate를 활용한 담배가루이 방제를 위한 기초 연구 및 참외, 오이 하우스 농가 적용 연구를 통해 실용화가 가능성을 확인함(Kwon et al., 2019)
- 훈증제는 밀폐환경의 하우스에서 사용 가능한 좁은 의미로는 살충제 제형의 일부이지만, 훈증제 및 훈증처리기술은 약제처리 방법상 노동력의 대폭 절감과 작업자의 안전성을 보장할 수 있는 미래 기술로 식량안보 및 생물안보에 중요한 역할을 하는 해충방제 기술이나, 훈증제의 흡입 독성 이슈 및 처리기술 부족으로 작물이 재배되고 있는 상황에서 살충제의 저항성 살충제의 대체, 무 잔류 방제 및 검역해충의 월동 정착방지 방제 목적으로 연구된 바는 전 세계적으로 없음.

### 1.3 연구개발의 중요성

- 국내 과실 채소류 (수박, 메론, 애호박 등)의 하우스 재배 증가로 인한 하우스내 바이러스 병을 매개하여 심각한 피해를 유발하는 흡즙성 해충 (진딧물류, 총채벌레류)의 방제에 어려움을 겪고 있고, 그 피해는 매년 증가 추세임.
- 하우스 내 기존 살충제 의존한 하우스 내 해충관리 및 방제법은 빠른 살충제 저항성 발현, PLS 관련 약제 잔류의 안전 이슈 등으로 하우스 재배의 특수 환경(밀폐, 온도 및 습도 조건 등)을 감안한 신개념 해충 관리 및 방제법이 요구됨.
- 국제적 교류 증대 및 기후 변화로 인한 외래 침입 해충류(가루이류, 진딧물류, 총채벌레류) 유입 및 정착 가능성이 높은 장소인 하우스 내 경제적이고, 검역적 방제 수준이 가능한 방제시스템 확립이 중요한 생물안보 과제임.
- 하우스내 특수 환경에서 살충제 저항성 및 잔류 문제 없이 바이러스 매개충(진딧물류, 총채벌레류) 방제가 가능하고, 기후 변화 대응 외래 침입 우려 해충류방제가 가능한 저독성 훈증제를 이용한 친환경, 친소비자 방제 방법 개발이 필요함.
- 따라서, 저독성 훈증제를 이용한 하우스 내 처리 기술은 잔류 농약으로 부터의 소비자 안전성 확보, 살충제 저항성에 따른 새로운 방제체계 구축 및 향후 디지털 미래 농업기술(스마트팜, 식물공장)에 적합한 시설 내 미래 방제기술이며, 유입 확산 및 잠정 유입될 외래해충류(총채벌레류, 가루이류 등)의 방제를 가능하게 할 수 있는 기술임. 또 향후 국내 과수채소산업에 치명적인 유입 우려해충인 과실파리류 및 코드링나방 등의 방제기술에도 효과적으로 적용 가능한 신규 기술임.

## 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

### (1단계 1년차)

#### 1. 바이러스 매개 해충 방제를 위한 훈증기술개발 (경북대 - 주관)

- 진딧물류(복숭아혹진딧물), 총채벌레류(오이총채)에 대한 경제적 피해 허용 수준 (EIL)을 고려한 훈증 살충력 검정 예비 시험(Lab 조건)
- 훈증 chamber(0.275 m<sup>3</sup>)내에서 대상 해충 (진딧물류, 총채벌레류)에 대한 재배 조건에서 작물(수박, 애호박, 메론)의 약해 예비 시험(Lab 조건)
- 기존 살충제 저항성 진딧물류, 총채벌레류에 채집

#### 2. 바이러스 매개 해충의 정착방지를 위한 훈증기술 개발 (경상대 - 공동)

- 검역 해충 응애류(점박이응애), 노린재류(썩덩나무노린재), 진딧물류(목화진딧물), 총채벌레류(꽃노랑총채벌레), 가루이류(담배가루이)의 검역 방제를 위한 대체 충을 이용한 하우스 내 월동방지 조건에서의 훈증 살충력 검정 예비 시험(4, 24시간 훈증, Lab 조건)
- 검역 해충 (응애류 외 4종의 바이러스 매개 해충)의 훈증조건에서의 작물(수박, 애호박, 메론) 약해 예비 시험(4, 24시간 훈증, Lab 조건)

### (1단계 2년차)

#### 1. 바이러스 매개 해충방제를 위한 훈증기술개발 (경북대 - 1세부)

- 기존 살충제 저항성 총채벌레류에 대한 훈증 살충력 검정(Lab 조건)



- 기존 살충제 감수성 진딧물류, 총채벌레류에 대한 훈증 살충력 검정 소규모 비닐하우스 시험
- 하우스 내에서 대상 해충 (진딧물류, 총채벌레류)에 대한 훈증 조건에서 작물(수박, 애호박, 메론)의 약해 소규모 비닐하우스 시험
- 하우스 내에서 대상 해충 (진딧물류, 총채벌레류)의 소규모 비닐하우스 시험시 훈증, 훈증 중 및 훈증후 작업자 안전성, 작물체/토양 잔류 분석법 개발 및 예비 평가
- 검역해충류 (응애류 외 4종의 바이러스 매개 해충)의 소규모 비닐하우스 시험시 훈증, 훈증 중 및 훈증후 작업자 안전성, 작물체/토양 잔류 분석법 개발 및 예비 평가
  - \*검역해충류별 약제 살충력 정도에 따라 묶음 평가 가능
- 지렁이, 유용곤충 (누에, 천적 중 선택)에 대한 훈증제의 환경 기초 영향평가

## 2. 바이러스 매개 해충의 정착방지를 위한 훈증기술 개발 (경북대 - 2세부)

- 검역해충 (응애류 외 4종의 바이러스 매개 해충)의 검역 방제를 위한 대체충을 이용한 훈증 살충력 검정 소규모 비닐하우스 시험
- 검역해충 (응애류 외 4종의 바이러스 매개 해충)의 훈증조건에서의 작물(수박, 애호박, 메론) 약해 소규모 비닐하우스 시험(4, 24시간 훈증)
- 하우스내 EF 처리를 위한 훈증 장치 개발 및 평가

### (2단계 1년차)

#### 1. 바이러스 매개 해충방제를 위한 훈증기술개발

- 기존 살충제 저항성 진딧물류에 대한 훈증 살충력 검정시험(Lab 조건)
- 개발된 최적 훈증 장치를 이용한 기존 살충제 저항성 및 감수성 진딧물류, 총채벌레류에 대한 훈증 살충력 및 작물(수박, 애호박, 멜론) 약해 검정 현장 실증 시험
- 개발된 최적 훈증 장치를 이용한 기존 살충제 저항성 및 감수성 진딧물류, 총채벌레류에 현장 실증 시험시 작업자 안전성, 작물체 및 토양 잔류 분석
- 선발 약제의 농업용 등록을 위한 독성자료 확보 (토양, 환경 등)
- 2년차 지렁이, 유용곤충에 대한 독성 기초평가 자료를 토대로, 필요시 독성에 대한 자료를 GLP기관에 의뢰하여 연구

#### 2. 바이러스 매개 해충의 정착방지를 위한 훈증기술 개발

- 선발된 최적 훈증 장치를 이용한 검역해충류별 (응애류 외 4종의 바이러스 매개 해충) 훈증 살충력 검정 및 작물(수박, 애호박, 멜론) 약해수준 현장 실증 시험
  - \*검역해충류별 약제 살충력 정도에 따라 묶음 평가 가능
- 개발된 최적 훈증 장치를 이용한 검역해충류 (응애류 외 4종의 바이러스 매개 해충) 현장 실증 시험시 작업자 안전성, 작물체 및 토양 잔류 분석
  - \*검역해충류별 살충력 정도에 따라 묶음 평가 가능
- 하우스내 EF 처리를 위한 최적 훈증 장치 평가 및 개선
- 최적 훈증 장치의 특허 출원

### 3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

#### 1) 연구수행 결과

##### (1) 정성적 연구개발성과

1단계 1년차 (2021년)

경북대학교-주관

#### 1. 바이러스 매개 해충 방제를 위한 훈증기술개발

##### 1.1. 진딧물류(복숭아혹진딧물), 총채벌레류(오이총채)에 대한 경제적 피해 허용 수준 (EIL)을 고려한 훈증 살충력 검정 예비 시험(Lab 조건)

- 바이러스 매개 해충 방제를 위한 EF훈증제의 처리 시간을 2시간 기준으로 하여 복숭아혹진딧물과 오이총채벌레 2종에 대한 EF의 약효 평가를 수행하였음(표 1).
- EF 2시간 훈증 처리 시, 복숭아혹진딧물 EF LCT<sub>50</sub>, LCT<sub>70</sub>, LCT<sub>90</sub>값은 각각 3.04, 3.87, 5.48 g h/m<sup>3</sup>를 확인하였음(표 1).
- EF 2시간 훈증 처리 시, 오이총채벌레 EF LCT<sub>50</sub>, LCT<sub>70</sub>, LCT<sub>90</sub>값은 각각 6.23, 8.06, 9.89 g h/m<sup>3</sup>를 확인하였음(표 1).
- EF에 대한 감수성은 복숭아혹진딧물보다 오이총채벌레의 경우 더 낮았음(표 1).

표 1. 농업 해충 2종(진딧물류, 총채벌레류)에 대한 EF 농업적 방제 약효 평가

해충	온도 (°C)	시간 (h)	LCT <sub>50</sub> (95% CI)	LCT <sub>70</sub> (95% CI)	LCT <sub>90</sub> (95% CI)	Slope ± SE	df	$\chi^2$
복숭아혹진딧물	20	2	3.04 (2.67-3.46)	3.87 (3.40-4.55)	5.48 (4.64-7.03)	5.00 ± 0.62	7	27.37
오이총채벌레	20	2	6.23 (5.71-7.02)	8.06 (7.76-8.31)	9.89 (8.27-12.14)	2.30 ± 0.40	8	26.42

##### 1.2. 훈증 chamber(0.275 m<sup>3</sup>)내에서 대상 해충 (진딧물류, 총채벌레류)에 대한 재배 조건에서 작물(수박, 애호박, 멜론)의 약해 예비 시험(Lab 조건)

- 농업해충 2종(복숭아혹진딧물과 오이총채벌레)의 EF의 약효평가를 기반으로, 각 해충 별 EF LCT<sub>90</sub> 값을 기준으로 작물 3종에 대한 Lab조건에서의 약해 예비실험을 실시하였음.
- 복숭아혹진딧물의 경우 EF 5 g/m<sup>3</sup>, 오이총채벌레의 경우 EF 8 g/m<sup>3</sup> 농도로 2시간 처리하여 CT값을 LCT<sub>90</sub>기준치와 유사하게 처리하였음.

##### 1.2.1. 복숭아혹진딧물 방제기준 처리 시 작물 시기별 약해 결과

- 농업 해충 복숭아혹진딧물(2시간 LCT<sub>90</sub>: 5.48 g h/m<sup>3</sup>)를 방제하기 위하여 EF 농도 5 g/m<sup>3</sup>로 2시간 훈증 처리 시 평균 CT 값은 6.41 g h/m<sup>3</sup>였으며 이는 LCT<sub>90</sub>값 이상의 농도로 방제에 적절한 기준이라고 판단하였음.
- EF의 복숭아혹진딧물 방제 기준 처리 시, 박과류 작물 3종(수박, 애호박, 멜론)에 대한 작물 시기(유묘기, 개화기, 결실기)별 약해 평가에서 신초의 엽록소 함량, 색도 등의 약해지표에서 모든 처리구는 무처리구와 비교 시 차이가 없었음(표 2와 그림 1-3).

---

### 1.2.2. 오이총채벌레 방제기준 처리 시 작물 시기별 약해 결과

- 농업 해충 오이총채벌레(2시간  $LCT_{90}$ :  $9.89 \text{ g h/m}^3$ )를 방제하기 위하여 EF 농도  $8 \text{ g/m}^3$ 로 2시간 훈증 처리 시 평균 CT 값은  $10.14 \text{ g h/m}^3$ 였으며 이는  $LCT_{90}$ 값 이상의 농도로 방제에 적절한 기준이라고 판단하였음.
  - EF의 오이총채벌레 방제 기준 처리 시, 박과류 작물 3종(수박, 애호박, 멜론)에 대한 작물 시기(유묘기, 개화기, 결실기)별 약해 평가에서 수박의 경우 모든 생육 시기에서 신초가 갈변되는 현상이 나타났고 일부 구엽에서도 약해 증상 확인되었음(표 3과 그림 4)
  - 반면, 애호박과 멜론은 결실기 상태에서는 약해 증상이 미비하게 나타났고 유묘기와 개화기 상태에서 신초가 갈변되었으나, 훈증 14일 후 애호박은 신초는 재생되지 않았지만 피해 받지 않은 잎은 그대로 성장하였으며, 멜론은 신초가 다시 재생하는 것을 확인하였음(표 3과 그림 5-6).
-

**표 2.** 농업 해충(복숭아혹진딧물)의 농업 방제를 위한 EF 2시간 처리 시(처리 농도: 5 g/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값: 6.41 g h/m<sup>3</sup>) 7일 후 생육 시기별 박과류 작물 3종에 대한 약해 평가(20±1℃)

작물	생육 시기	약해 지수 <sup>a</sup> (Mean ± SE)		엽록소 함량(Mean ± SE)		색도 <sup>b</sup> (Mean ± SE)	
		무처리구	처리구	무처리구	처리구	무처리구	처리구
수박	유묘기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	34.7 ± 0.4	35.4 ± 0.7	51.7 ± 2.7	54.3 ± 3.3
	개화기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	35.5 ± 0.4	36.6 ± 0.8	52.0 ± 2.1	51.8 ± 2.2
	결실기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	37.3 ± 0.2	37.6 ± 0.3	52.2 ± 2.1	54.8 ± 1.9
애호박	유묘기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	29.4 ± 0.7	32.2 ± 1.1	59.9 ± 2.7	62.7 ± 2.7
	개화기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	31.5 ± 0.5	32.4 ± 0.7	61.8 ± 2.1	60.3 ± 3.6
	결실기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	31.5 ± 0.9	31.7 ± 0.6	63.1 ± 2.0	64.7 ± 2.1
멜론	유묘기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	33.8 ± 0.8	33.3 ± 0.7	59.6 ± 2.5	61.8 ± 3.0
	개화기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	31.8 ± 0.4	32.5 ± 0.7	61.8 ± 3.1	63.8 ± 2.3
	결실기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	31.1 ± 0.8	31.5 ± 0.5	61.9 ± 2.3	63.0 ± 1.7

<sup>a</sup> : 0: 약해 없음, 1 : 아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨, 2 : 처리된 잎의 적은 부분에 약해가 인정됨, 3 : 처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨, 4 : 상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아 있음, 5 : 심한 약해를 받고 고사 상태임

<sup>b</sup>: [ {(Color L\*2) + (Color a\*2) + (Color b\*2)} / 2 ]

생육 시기	처리 전	처리 7일 후
유묘기		
개화기		
결실기		

그림 1. 농업 해충(복숭아혹진딧물)의 농업적 방제를 위한 EF(처리 농도: 5 g/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값: 6.41 g h/m<sup>3</sup>) 2시간 훈증 시 수박 작물의 약해 사진.

생육 시기	처리 전	처리 7일 후
유묘기		
개화기		
결실기		

그림 2. 농업 해충(복숭아혹진딧물)의 농업적 방제를 위한 EF(처리 농도: 5 g/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값: 6.41 g h/m<sup>3</sup>) 2시간 훈증 시 애호박 작물의 약해 사진.







생육 시기	처리 전	처리 7일 후
유묘기		
개화기		
결실기		

그림 3. 농업 해충(복숭아혹진딧물)의 농업적 방제를 위한 EF(처리 농도:  $5 \text{ g/m}^3$ , 처리 CT 값:  $6.41 \text{ g h/m}^3$ ) 2시간 훈증 시 멜론 작물의 약해 사진.

**표 3.** 농업 해충(오이총채벌레)의 농업 방제를 위한 EF 2시간 처리 시(처리 농도: 8 g/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값: 10.14 g h/m<sup>3</sup>) 7일 후 생육 시기별 박과류 작물 3종에 대한 약해 평가(20±1℃)

작물	생육 시기	약해 지수 <sup>a</sup> (Mean ± SE)		엽록소 함량(Mean ± SE)		색도 <sup>b</sup> (Mean ± SE)	
		무처리구	처리구	무처리구	처리구	무처리구	처리구
수박	유묘기	0.0 ± 0.0	3.0 ± 0.0	36.2 ± 1.2	-	52.3 ± 3.1	-
	개화기	0.0 ± 0.0	2.0 ± 0.0	38.1 ± 0.9	39.3 ± 0.6	53.4 ± 1.4	55.9 ± 1.5
	결실기	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	36.2 ± 1.2	-	53.7 ± 2.5	-
애호박	유묘기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	30.6 ± 0.3	31.7 ± 0.6	61.2 ± 2.0	58.9 ± 0.9
	개화기	0.0 ± 0.0	1.7 ± 0.3	31.2 ± 1.1	31.5 ± 0.7	60.3 ± 1.0	61.1 ± 1.7
	결실기	0.0 ± 0.0	0.7 ± 0.3	31.2 ± 1.2	31.5 ± 0.6	59.8 ± 1.7	61.0 ± 1.6
멜론	유묘기	0.0 ± 0.0	2.0 ± 0.0	35.2 ± 1.3	35.6 ± 1.1	59.9 ± 3.1	62.4 ± 2.7
	개화기	0.0 ± 0.0	2.0 ± 0.0	31.2 ± 1.1	32.1 ± 0.8	58.3 ± 2.4	59.8 ± 1.8
	결실기	0.0 ± 0.0	0.7 ± 0.3	36.4 ± 1.0	37.0 ± 0.7	59.4 ± 2.8	60.3 ± 1.1

<sup>a</sup> : 0: 약해 없음, 1 : 아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨, 2 : 처리된 잎의 적은 부분에 약해가 인정됨, 3 : 처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨, 4 : 상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아 있음, 5 : 심한 약해를 받고 고사 상태임

<sup>b</sup>:  $[\{(Color L*2) + (Color a*2) + (Color b*2)\}/2]$



생육 시기	처리 전	처리 7일 후
유묘기		
개화기		
결실기		

그림 4. 농업 해충(오이총채벌레)의 농업적 방제를 위한 EF(처리 농도: 8 g/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값: 10.14 g h/m<sup>3</sup>) 2시간 훈증 시 수박 작물의 약해 사진.





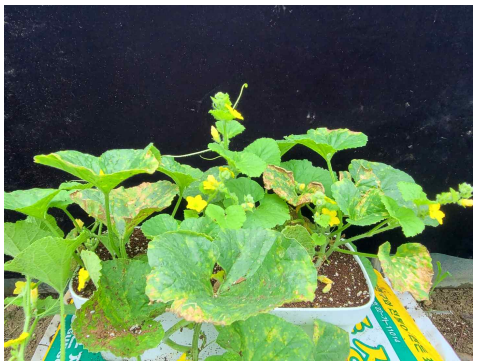



생육 시기	처리 전	처리 7일 후	훈증 14일 후
유묘기			재생 불가
개화기			
결실기			

그림 5. 농업 해충(오이총채벌레)의 농업적 방제를 위한 EF(처리 농도: 8 g/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값: 10.14 g h/m<sup>3</sup>) 2시간 훈증 시 애호박 작물의 약해 사진.

생육 시기	처리 전	처리 7일 후	훈증 14일 후
유묘기			
개화기			신초 재생 확인
결실기			-

그림 6. 농업 해충(오이총채벌레)의 농업적 방제를 위한 EF(처리 농도: 8 g/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값: 10.14 g h/m<sup>3</sup>) 2시간 훈증 시 멜론 작물의 약해 사진.

### 1.3. 기존 살충제 저항성 진딧물류, 총채벌레류에 채집

- 복숭아혹진딧물과 오이총채벌레 방제를 위해 사용 중인 기존 살충제의 지속적인 사용으로 인하여 저항성 획득 가능성이 있는 농가에서 현장에서 복숭아혹진딧물 1건, 오이총채벌레 1건에 대하여 채집하여 계대사육중에 있으며 사용 농약의 저항성 정도를 판단하여 차년도 실험에 이용할 계획임.

## 경상국립대학교 - 공동

### 2. 바이러스 매개 해충의 정착방지를 위한 훈증기술 개발

#### 2.1. 검역 해충 응애류(점박이응애), 노린재류(썩덩나무노린재), 진딧물류(목화진딧물), 총채벌레류(꽃노랑총채벌레), 가루이류(담배가루이)의 검역 방제를 위한 대체 충을 이용한 하우스 내 월동방지 조건에서의 훈증 살충력 검정 예비 시험(4, 24시간 훈증, Lab 조건)

##### 2.1.1. 검역해충 방제를 위한 EF 4시간 훈증 시험 결과

- EF 4시간 훈증 처리시 검역 해충 담배가루이, 목화혹진딧물, 꽃노랑총채벌레, 썩덩나무노린재, 점박이응애의 성충에 대한 EF LCT<sub>99</sub> 값은 각각 6.70, 8.96, 14.00, 32.50, 19.07 g h/m<sup>3</sup>이며, 썩덩나무노린재가 32.50 g h/m<sup>3</sup>로 가장 EF에 대한 감수성이 낮았음(표 4).

**표 4.** 검역 해충 5종(가루이류, 진딧물류, 총채벌레류, 노린재류, 응애류)에 대한 EF 검역적 방제 4시간 약효 평가

해충	온도 (°C)	시간 (h)	LCT <sub>50</sub> (95% CI)	LCT <sub>99</sub> (95% CI)	Slope ± SE	df	χ <sup>2</sup>
담배가루이	20	4	0.50 (0.18-0.79)	6.70 (4.52-15.36)	2.06 ± 0.39	13	31.06
목화혹진딧물	20	4	3.12 (2.63-3.48)	8.96 (6.58-12.22)	3.54 ± 0.62	7	32.42
꽃노랑총채벌레	20	4	3.71 (3.17-4.24)	14.00 (11.36-18.74)	4.03 ± 0.38	7	27.46
썩덩나무노린재	20	4	15.61 (14.58-16.65)	32.50 (28.19-40.50)	7.31 ± 0.86	10	72.41
점박이응애	20	4	5.34 (4.77-5.89)	19.07 (15.89-24.61)	4.21 ± 0.39	7	14.76

### 2.1.1. 검역해충 방제를 위한 EF 24시간 훈증 시험 결과

- EF 4시간 훈증 처리시 검역 해충 담배가루이, 목화진딧물, 꽃노랑총채벌레, 점박이응애, 썩덩나무노린재의 성충에 대한 EF LCT<sub>99</sub> 값은 각각 13.20, 44.18, 44.70, 42.20, 64.73 g h/m<sup>3</sup>이며, 썩덩나무노린재가 64.73 g h/m<sup>3</sup>로 가장 EF에 대한 감수성이 낮았음(표 5).

**표 5.** 검역 해충 5종(가루이류, 진딧물류, 총채벌레류, 노린재류, 응애류)에 대한 EF 검역적 방제 24시간 약효 평가

해충	온도 (°C)	시간 (h)	LCT <sub>50</sub> (95% CI)	LCT <sub>99</sub> (95% CI)	Slope ± SE	df	χ <sup>2</sup>
담배가루이	20	24	4.43 (4.12-4.81)	13.20 (10.95-16.98)	4.91 ± 0.38	12	57.10
목화진딧물	20	24	17.11 (15.64-18.55)	44.18 (38.36-53.56)	5.65 ± 0.51	6	13.29
꽃노랑총채벌레	20	24	27.55 (26.84-28.35)	44.70 (40.93-50.90)	11.0 ± 1.12	11	35.92
점박이응애	20	24	23.70 (22.49-25.06)	42.20 (37.16-51.77)	9.28 ± 1.11	10	42.51
썩덩나무노린재	20	24	29.43 (27.85-31.03)	64.73 (57.16-77.00)	6.80 ± 0.61	6	6.77

### 2.2. 검역 해충 (응애류 외 4종의 바이러스 매개 해충)의 훈증조건에서의 작물(수박, 애호박, 멜론) 약해 예비 시험(4, 24시간 훈증, Lab 조건)

#### 2.2.1. 검역해충 방제를 위한 EF 4시간 훈증 처리 시 작물 시기별 약해 결과

- EF 4시간 훈증 처리 기준 검역 해충의 감수성이 가장 높았던 담배가루이(4시간 LCT<sub>99</sub>: 6.70 g h/m<sup>3</sup>)와 가장 낮았던 썩덩나무노린재(4시간 LCT<sub>99</sub>: 32.50 g h/m<sup>3</sup>)를 방제하는 기준으로 작물의 약해평가를 수행하였음.
- 검역 해충 담배가루이(4시간 LCT<sub>99</sub>: 6.70 g h/m<sup>3</sup>)의 방제하기 위하여 EF 농도 4 g/m<sup>3</sup>로 4시간 훈증 처리 시 CT 값은 7.19 g h/m<sup>3</sup>였으며, 이는 LCT<sub>99</sub>값 이상으로 방제에 적절한 기준이라고 판단하였음.
- EF의 담배가루이 방제 기준 처리 시, 박과류 작물 3종(수박, 애호박, 멜론)에 대한 작물 시기(유묘기, 개화기, 결실기)별 약해 평가에서 신초의 엽록소 함량, 색도 등의 약해는 무처리구와 비교 시 차이가 없었고 모든 처리구는 무처리구와 비교 시 약해 증상 없었음(표 6과 그림 7-9).
- 썩덩나무노린재(4시간 LCT<sub>99</sub>: 32.50 g h/m<sup>3</sup>)의 방제하기 위하여 EF 농도 15 g/m<sup>3</sup>로 4시간 훈증 처리시 CT 값은 37.27 g h/m<sup>3</sup>였으며, 이는 LCT<sub>99</sub>값 이상의 농도로 방제에 적절한 기준이라고 판단하였음.
- 감수성이 가장 낮았던 검역 해충인 썩덩나무노린재 기준 농도 처리 시, 박과류 작물 3종(수박, 애호박, 멜론)에 대한 약해는 수박, 애호박, 멜론은 모든 생육 시기별(유묘기, 개화기, 결실기) 신초를 포함한 작물의 대부분 잎이 타고 갈변되는 약해 증상이 확인되었음(표 7과 그림 10-12).

**표 6.** 검역 해충(담배가루이)의 검역 방제를 위한 EF 4시간 처리 시(처리 농도: 4 g/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값: 7.19 g h/m<sup>3</sup>) 7일 후 생육 시기별 박과류 작물 3종에 대한 약해 평가(20±1℃)

작물	생육시기	약해 지수 <sup>a</sup> (Mean ± SE)		엽록소 함량(Mean ± SE)		색도 <sup>b</sup> (Mean ± SE)	
		무처리구	처리구	무처리구	처리구	무처리구	처리구
수박	유묘기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	38.4 ± 1.3	37.7 ± 1.3	48.6 ± 3.2	51.3 ± 3.7
	개화기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	38.5 ± 1.2	40.2 ± 1.3	52.4 ± 2.4	53.0 ± 1.9
	결실기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	40.1 ± 0.6	41.7 ± 0.4	51.8 ± 2.1	52.8 ± 1.7
애호박	유묘기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	32.0 ± 1.1	34.5 ± 1.0	61.1 ± 2.7	58.7 ± 3.2
	개화기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	33.3 ± 0.7	34.2 ± 0.4	60.4 ± 3.3	63.1 ± 2.9
	결실기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	33.8 ± 0.4	35.1 ± 0.2	61.4 ± 2.3	62.5 ± 1.8
멜론	유묘기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	36.6 ± 1.3	38.4 ± 1.1	59.9 ± 3.1	62.4 ± 2.7
	개화기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	36.1 ± 0.8	37.6 ± 0.7	61.1 ± 3.3	61.6 ± 2.2
	결실기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	36.3 ± 0.7	37.7 ± 0.6	60.8 ± 1.6	60.9 ± 2.3

<sup>a</sup> : 0 : 약해 없음, 1 : 아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨, 2 : 처리된 잎의 적은 부분에 약해가 인정됨, 3 : 처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨, 4 : 상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아 있음, 5 : 심한 약해를 받고 고사 상태임

<sup>b</sup>: [ {(Color L\*2) + (Color a\*2) + (Color b\*2)} / 2]

생육 시기	처리 전	처리 7일 후
유묘기		
개화기		
결실기		

그림 7. 검역 해충(담배가루이)의 검역 방제를 위한 EF(처리 농도:4 g/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값: 7.19 g h/m<sup>3</sup>) 4시간 훈증 시 멜론 작물의 약해 사진.



생육 시기	처리 전	처리 7일 후
유묘기		
개화기		
결실기		

그림 8. 검역 해충(담배가루이)의 검역 방제를 위한 EF(처리 농도:4 g/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값: 7.19 g h/m<sup>3</sup>) 4시간 훈증 시 애호박 작물의 약해 사진.









생육 시기	처리 전	처리 7일 후
유묘기		
개화기		
결실기		

그림 9. 검역 해충(담배가루이)의 검역 방제를 위한 EF(처리 농도:4 g/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값: 7.19 g h/m<sup>3</sup>) 4시간 훈증 시 멜론 작물의 약해 사진.

**표 7.** 검역 해충(씩덩나무노린재)의 검역 방제를 위한 EF 4시간 처리 시(처리 농도: 15 g/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값: 37.27 g h/m<sup>3</sup>) 7일 후 생육 시기별 박과류 작물 3종에 대한 약해 평가(20±1℃)

작물	생육시기	약해 지수 <sup>a</sup> (Mean ± SE)		엽록소 함량(Mean ± SE)		색도 <sup>b</sup> (Mean ± SE)	
		무처리구	처리구	무처리구	처리구	무처리구	처리구
수박	유묘기	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	33.2 ± 0.6	-	51.7 ± 2.3	-
	개화기	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	34.5 ± 0.4	-	52.5 ± 2.3	-
	결실기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	35.2 ± 0.7	-	52.7 ± 1.6	-
애호박	유묘기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	29.4 ± 0.3	-	60.8 ± 1.7	-
	개화기	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	30.8 ± 0.4	-	60.1 ± 2.2	-
	결실기	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	30.3 ± 0.3	-	61.2 ± 1.3	-
멜론	유묘기	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	35.7 ± 0.6	-	57.9 ± 2.7	-
	개화기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	34.8 ± 0.3	-	60.4 ± 2.3	-
	결실기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	36.3 ± 0.3	-	61.7 ± 2.0	-

<sup>a</sup> : 0 : 약해 없음, 1 : 아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨, 2 : 처리된 잎의 적은 부분에 약해가 인정됨, 3 : 처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨, 4 : 상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아 있음, 5 : 심한 약해를 받고 고사 상태임

<sup>b</sup>: [ {(Color L\*2) + (Color a\*2) + (Color b\*2)} / 2 ]

생육 시기	처리 전	처리 7일 후
유묘기		
개화기		
결실기		

그림 10. 검역 해충(씩덩나무노린재)의 검역 방제를 위한 EF(처리 농도:15 g/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값: 37.27 g h/m<sup>3</sup>) 4시간 훈증 시 수박 작물의 약해 사진.

생육 시기	처리 전	처리 7일 후
유묘기		
개화기		
결실기		

그림 11. 검역 해충(썩덩나무노린재)의 검역 방제를 위한 EF(처리 농도:15 g/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값: 37.27 g h/m<sup>3</sup>) 4시간 훈증 시 애호박 작물의 약해 사진.




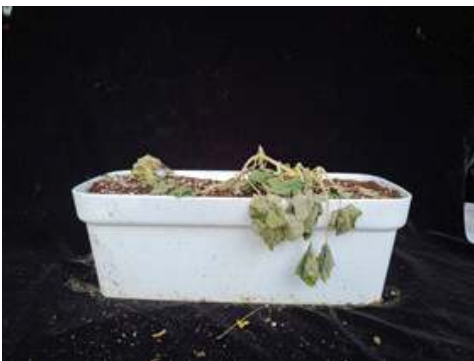


생육 시기	처리 전	처리 7일 후
유묘기		
개화기		
결실기		

그림 12. 검역 해충(씩덩나무노린재)의 검역 방제를 위한 EF(처리 농도:15 g/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값: 37.27 g h/m<sup>3</sup>) 4시간 훈증 시 멜론 작물의 약해 사진.

2.2.2. 검역해충 방제를 위한 EF 24시간 훈증 처리 시 작물 시기별 약해 결과

- EF 24시간 훈증 처리 기준 검역 해충의 감수성이 가장 높았던 담배가루이(24시간 LCT<sub>99</sub>: 13.20 g h/m<sup>3</sup>)와 가장 낮았던 썩덩나무노린재(24시간 LCT<sub>90</sub>: 64.73 g h/m<sup>3</sup>)를 방제하는 기준으로 작물의 약해평가를 수행하였음.
- 검역 해충 담배가루이(24시간 LCT<sub>99</sub>: 13.20 g h/m<sup>3</sup>)의 방제하기 위하여 EF 농도 6 g/m<sup>3</sup>로 24시간 훈증 처리 시 CT 값은 14.20 g h/m<sup>3</sup>였으며, 이는 LCT<sub>99</sub>값 이상의 농도로 방제에 적절한 기준이라고 판단하였음.
- EF의 담배가루이 24시간 방제기준 처리 시, 박과류 작물 3종(수박, 애호박, 멜론)에 모든 생육 시기(유묘기, 개화기)에서 작물의 모든 잎이 타고 갈변되며 잎이 마르는 약해 증상이 있었음(표 8과 그림 13-15).
- 썩덩나무노린재(24시간 LCT<sub>90</sub>: 64.73 g h/m<sup>3</sup>)의 방제하기 위하여 EF 농도 25 g/m<sup>3</sup>로 24시간 훈증 처리시 CT 값은 71.50 g h/m<sup>3</sup>였으며, 이는 LCT<sub>99</sub>값 이상으로 방제에 적절한 기준이라고 판단하였음.
- 24시간 EF 처리조건에서 감수성이 가장 낮았던 검역 해충인 썩덩나무노린재 기준 농도 처리 시, 박과류 작물 3종(수박, 애호박, 멜론)에 대한 약해는 모든 생육 시기(유묘기, 개화기, 결실기)에서 작물의 잎과 줄기가 모두 고사 되는 약해 증상이 확인되었음(표 9와 그림 16-18).

표 8. 검역 해충(담배가루이)의 검역 방제를 위한 EF 24시간 처리 시(처리 농도: 6 g/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값: 14.20 g h/m<sup>3</sup>) 7일 후 생육 시기별 박과류 작물 3종에 대한 약해 평가(20±1℃)

작물	생육시기	약해 지수 <sup>a</sup> (Mean ± SE)		엽록소 함량(Mean ± SE)		색도 <sup>b</sup> (Mean ± SE)	
		무처리구	처리구	무처리구	처리구	무처리구	처리구
수박	유묘기	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	34.7 ± 0.9	-	53.3 ± 2.7	-
	개화기	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	35.1 ± 0.5	-	54.1 ± 2.1	-
	결실기	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	34.6 ± 0.3	-	55.4 ± 1.6	-
애호박	유묘기	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	29.4 ± 0.3	20.8 ± 1.7	62.2 ± 3.7	70.3 ± 3.3
	개화기	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	30.8 ± 0.4	19.6 ± 3.3	64.4 ± 2.6	69.7 ± 4.3
	결실기	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	30.4 ± 0.3	-	63.3 ± 2.3	-
멜론	유묘기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	33.9 ± 0.3	-	55.4 ± 2.1	-
	개화기	0.0 ± 0.0	3.0 ± 0.0	33.5 ± 0.4	31.1 ± 1.3	57.2 ± 1.9	59.3 ± 2.7
	결실기	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	33.1 ± 0.3	-	57.5 ± 1.4	-

<sup>a</sup> : 0: 약해 없음, 1 : 아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨, 2 : 처리된 잎의 적은 부분에 약해가 인정됨, 3 : 처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨, 4 : 상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아 있음, 5 : 심한 약해를 받고 고사 상태임

<sup>b</sup>: [ {(Color L\*2) + (Color a\*2) + (Color b\*2)} / 2]

생육 시기	처리 전	처리 7일 후
유묘기		
개화기		
결실기		

그림 13. 검역 해충(담배가루이)의 검역 방제를 위한 EF(처리 농도:6 g/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값: 14.20 g h/m<sup>3</sup>) 24시간 훈증 시 수박 작물의 약해 사진.

생육 시기	처리 전	처리 7일 후
유묘기		
개화기		
결실기		

그림 14. 검역 해충(담배가루이)의 검역 방제를 위한 EF(처리 농도:6 g/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값: 14.20 g h/m<sup>3</sup>) 24시간 훈증 시 애호박 작물의 약해 사진.



생육 시기	처리 전	처리 7일 후
유묘기		
개화기		
결실기		

그림 15. 검역 해충(담배가루이)의 검역 방제를 위한 EF(처리 농도:6 g/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값: 14.20 g h/m<sup>3</sup>) 24시간 훈증 시 멜론 작물의 약해 사진.

**표 9.** 검역 해충(씩덩나무노린재)의 검역 방제를 위한 EF 24시간 처리 시(처리 농도: 25 g/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값: 71.50 g h/m<sup>3</sup>) 7일 후 생육 시기별 박과류 작물 3종에 대한 약해 평가(20±1℃)

작물	생육시기	약해 지수 <sup>a</sup> (Mean ± SE)		엽록소 함량(Mean ± SE)		색도 <sup>b</sup> (Mean ± SE)	
		무처리구	처리구	무처리구	처리구	무처리구	처리구
수박	유묘기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	34.7 ± 0.3	-	48.7 ± 3.6	-
	개화기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	35.6 ± 0.3	-	50.4 ± 2.7	-
	결실기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	36.7 ± 0.3	-	52.8 ± 1.7	-
애호박	유묘기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	27.7 ± 0.8	-	57.6 ± 2.3	-
	개화기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	30.4 ± 0.6	-	58.3 ± 1.9	-
	결실기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	31.8 ± 0.4	-	57.7 ± 1.7	-
멜론	유묘기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	33.6 ± 0.4	-	55.5 ± 2.2	-
	개화기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	33.4 ± 0.6	-	60.3 ± 3.1	-
	결실기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	34.3 ± 0.1	-	59.4 ± 1.6	-

<sup>a</sup> : 0 : 약해 없음, 1 : 아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨, 2 : 처리된 잎의 적은 부분에 약해가 인정됨, 3 : 처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨, 4 : 상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아 있음, 5 : 심한 약해를 받고 고사 상태임

<sup>b</sup>: [ {(Color L\*2) + (Color a\*2) + (Color b\*2)} / 2]

생육 시기	처리 전	처리 7일 후
유묘기		
개화기		
결실기		

그림 16. 검역 해충(썩덩나무노린재)의 검역 방제를 위한 EF(처리 농도:25 g/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값: 71.50 g h/m<sup>3</sup>) 24시간 훈증 시 수박 작물의 약해 사진.

생육 시기	처리 전	처리 7일 후
유묘기		
개화기		
결실기		

그림 17. 검역 해충(씩덩나무노린재)의 검역 방제를 위한 EF(처리 농도:25 g/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값: 71.50 g h/m<sup>3</sup>) 24시간 훈증 시 애호박 작물의 약해 사진.

생육 시기	처리 전	처리 7일 후
유묘기		
개화기		
결실기		

그림 18. 검역 해충(썩덩나무노린재)의 검역 방제를 위한 EF(처리 농도:25 g/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값: 71.50 g h/m<sup>3</sup>) 24시간 훈증 시 멜론 작물의 약해 사진.

1단계 2년차 (2022년)

1. 바이러스 매개 해충 방제를 위한 훈증기술개발 (경북대 - 1세부)

1.1. 기존 살충제 저항성 총채벌레류에 대한 훈증 살충력 검정(Lab 조건)

- 오이총채벌레에 대한 감수성과 저항성 계통(Cypermethrin and cyantraniliprole)은 spinosad 농약에 대한 감수성 LC<sub>90</sub>농도의 2배 약량으로 처리 시 10% 내외의 사충률을 보이는 강한 저항성을 가진 BY strain (충남 부여에서 채집)을 사용하였음.
- EF 2시간 훈증 비교 평가 결과, 감수성 계통의 LC<sub>50</sub>, LC<sub>70</sub>, LC<sub>90</sub> 값은 각각 6.23, 8.06, 9.89 g h/m<sup>3</sup>였고 저항성 계통은 3.65, 4.92, 7.56 g h/m<sup>3</sup>로 확인되어 일반 살충제 저항성 계통의 오이총채벌레는 감수성 계통보다 훈증제 EF에 대한 약효가 훨씬 효과적인 것을 확인할 수 있었음(표 10).

표 10. 오이총채벌레 감수성 계통과 저항성 계통에 대한 EF 2시간 훈증 약효 비교 평가(20±1℃)

계통	LC <sub>50</sub> (g h/m <sup>3</sup> , 95% CI)	LC <sub>70</sub> (g h/m <sup>3</sup> , 95% CI)	LC <sub>90</sub> (g h/m <sup>3</sup> , 95% CI)	Slope ± SE	df	χ <sup>2</sup>
감수성	6.23 (5.71-7.02)	8.06 (7.76-8.31)	9.89 (8.27-12.14)	5.00 ± 0.62	7	27.37
저항성	3.65 (3.31-3.98)	4.92 (4.51-5.41)	7.56 (4.51-5.41)	4.05 ± 0.35	7	20.67

1.2. 기존 살충제 감수성 진딧물류, 총채벌레류에 대한 훈증 살충력 검정 소규모 비닐하우스 시험

1.2.1 복숭아혹진딧물과 오이총채벌레에 대한 훈증 살충력 검정 소규모 비닐하우스 시험

- 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>) 내 생육 시기별 3종의 박과 작물(멜론, 애호박, 수박)의 농업 해충 복숭아혹진딧물과 오이총채벌레 성충에 대한 훈증 방제를 위해 EF 6 g/m<sup>3</sup>로 2시간 훈증 처리하였고 훈증 처리 시간에 따라 비닐하우스 내부 위치별 EF 농도를 모니터링 하였음. 그 결과 0.5, 1.0, 2.0시간에 비닐하우스 내부 EF 농도는 하부, 중부, 상부 순으로 낮았으나 대체로 균일하였고 그에 따라 산출된 CT 값은 각각 5.9, 6.2, 6.9 g h/m<sup>3</sup>이었음(표 11).
- 3종 박과 작물의 농업 일반 해충으로 사용된 복숭아혹진딧물과 오이총채벌레 성충의 훈증 살충력 평가를 위해 EF 농도 6 g/m<sup>3</sup>로 2시간 훈증 처리한 결과 산출된 평균 CT 값은 6.2 g h/m<sup>3</sup>로 복숭아혹진딧물(LC<sub>90</sub> 값: 5.48 g h/m<sup>3</sup>), 오이총채벌레(LC<sub>50</sub> 값: 6.23 g h/m<sup>3</sup>)의 살충률은 각각 100, 39.6%임을 확인하였음(표 12).

표 11. 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>)에서 EF 6 g/m<sup>3</sup> 2시간 훈증 처리 후 위치별 EF 농도의 변화와 CT값(온도: 26.8-34.2℃, 습도: 70-99%)

훈증 시간 (h)	농도 (Mean ± SE, g/m <sup>3</sup> )		
	하부 (지면으로부터 0.5 m)	중부 (지면으로부터 1.5 m)	상부 (지면으로부터 3.0 m)
0.5	4.7 ± 0.1	4.7 ± 0.1	4.6 ± 0.1
1.0	3.3 ± 0.1	3.0 ± 0.2	2.8 ± 0.0
2.0	2.1 ± 0.1	2.0 ± 0.2	1.9 ± 0.0
CT값 (g h/m <sup>3</sup> )	6.6 ± 0.1	6.2 ± 0.2	5.9 ± 0.0

**표 12.** 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>)에서 EF 6 g/m<sup>3</sup> 2시간 훈증 처리 후 복숭아혹진딧물과 오이총채벌레에 대한 약효 평가(온도: 26.8-34.2℃, 습도: 70-99%, N=50, 5반복)

농도 (g/m <sup>3</sup> )	CT값 (g h/m <sup>3</sup> )	사총률 (Mean ± SE, %)	
		복숭아혹진딧물	오이총채벌레
0.0	0.0 ± 0.0	1.6 ± 0.7	1.2 ± 0.5
6.0	6.6 ± 0.1	100.0 ± 0.0	39.6 ± 3.9

### 1.3. 하우스 내에서 대상 해충 (진딧물류, 총채벌레류)에 대한 훈증 조건에서 작물(수박, 애호박, 멜론)의 약해 소규모 비닐하우스 시험

#### 1.3.1 대상 해충에 대한 훈증조건에서 비닐하우스 내 작물 약해 시험 결과

- 소규모 비닐하우스에서 생육 시기별(유묘기, 개화기, 결실기) 3종의 박과 작물 멜론, 애호박, 수박에 대한 약해 평가는 농업 일반 해충 살충 검정 평가(LCt<sub>90</sub> 값)에 따라 실험을 하였으며, 생육 시기별 재배되어있는 소규모 비닐하우스에서 EF 6 g/m<sup>3</sup>로 2시간 훈증 처리하였음. 3종의 작물에 대한 약해 조사는 훈증 처리 7일 후 생육 시기별 작물의 약해 유무를 육안으로 달관 조사하여 약해 지수(0: 약해 없음, 1: 아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨, 2: 처리된 잎의 적은 부분에 약해가 인정됨, 3: 처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨, 4: 상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아 있음, 5: 심한 약해를 받고 고사 상태임)로 표기하였으며, 신초의 엽록소 함량과 색도를 처리 전 상태와 비교하여 평가하였음.
- 생육 시기 별 3종의 박과 작물(멜론, 애호박, 수박)에 대한 EF 6 g/m<sup>3</sup>로 2시간 훈증 처리한 결과 산출된 CT 값은 평균 6.2 g h/m<sup>3</sup>로 훈증 처리 7일 후 3종의 작물 모두 육안 달관 조사 시 모든 생육 시기에서 약해가 발생 되지 않았고(그림 19), 처리 전과 비교했을 때 엽록소 함량과 색도의 변화는 없었음(표 13).

**표 13.** 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>)에서 EF 6 g/m<sup>3</sup> 2시간 훈증 처리 후 생육 시기별 3종의 박과 작물(멜론, 애호박, 수박)에 대한 약해 평가(온도: 26.8-34.2℃, 습도: 70-99%, N=5, 3반복)

작물	생육 단계	약해 지수 <sup>a</sup>		엽록소 함량		색도 <sup>b</sup>	
		처리 전	처리 후	처리 전	처리 후	처리 전	처리 후
멜론	유묘기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	42.3±1.3	43.1±1.1	60.8±3.1	62.1±4.1
	개화기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	40.7±0.6	39.9±0.8	60.2±2.5	60.8±2.1
	결실기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	40.2±1.2	42.8±0.6	61.1±2.7	58.9±3.3
애호박	유묘기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	43.6±0.8	45.2±1.0	58.7±2.3	59.1±2.1
	개화기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	45.5±1.2	45.1±1.1	59.2±2.3	60.2±1.3
	결실기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	44.7±2.0	45.1±0.7	61.1±1.7	60.5±2.2
수박	유묘기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	43.2±1.0	42.8±0.9	59.9±3.2	62.2±1.4
	개화기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	41.3±0.4	41.8±1.3	58.7±2.1	55.9±1.7
	결실기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	41.6±0.8	40.9±1.0	60.2±2.6	59.1±2.8

<sup>a</sup>: 0: 약해 없음, 1: 아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨, 2: 처리된 잎의 적은 부분에 약해가 인정됨, 3: 처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨, 4: 상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아 있음, 5: 심한 약해를 받고 고사 상태임

<sup>b</sup>: [Color L\*2 + Color a\*2 + Color b\*2]<sup>1/2</sup>

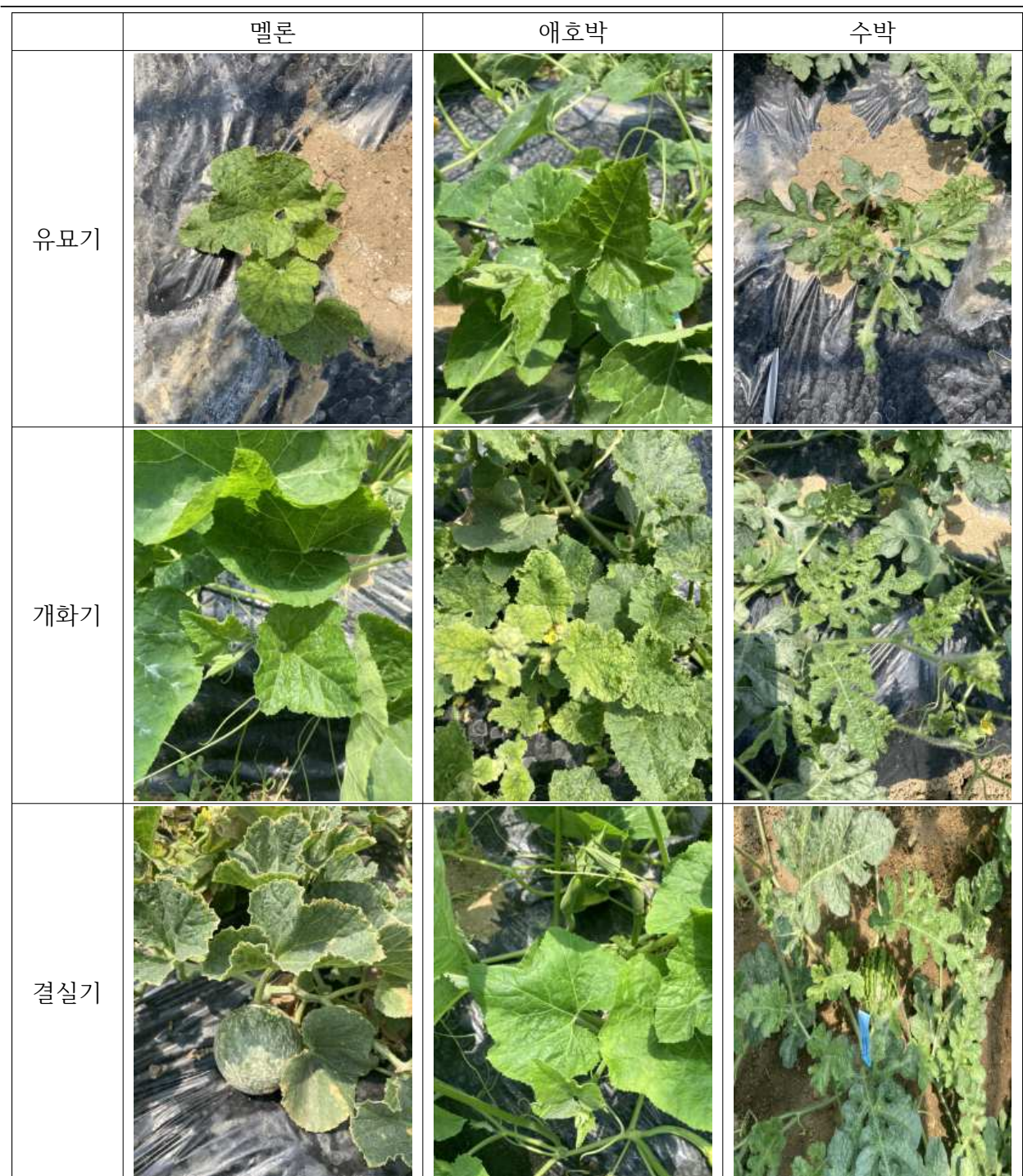


그림 19. 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>)에서 EF 6 g/m<sup>3</sup> 2시간 훈증 처리 7일 후 생육 시기별 3종 박과 작물(멜론, 애호박, 수박)에 대한 약해.

### 1.3.2 대상 해충에 대한 훈증조건에서 수박의 약해 결과(Lab scale 약해 추가 평가)

- 1차년도에 실시한 농업 해충 2종(복숭아혹진딧물과 오이총채벌레)에 대한 재배 조건에서 작물의 약해 예비 시험을 기반으로, Lab 조건에서 작물 3종(수박, 애호박, 멜론)의 EF에 대한 약해 실험을 훈증 chamber(0.275 m<sup>3</sup>) 내에서 실시하였음.
- 복숭아혹진딧물의 LCT<sub>90</sub> 기준치와 유사한 5g/m<sup>3</sup>, 오이총채벌레의 LCT<sub>90</sub> 기준치와 유사한 8 g/m<sup>3</sup>를 포함하는 2.5, 5, 7.5, 10 g/m<sup>3</sup> 농도로 2시간 처리하였음.
- 7.5, 10 g/m<sup>3</sup> 농도에서 약해가 뚜렷하게 관찰되었고, 10 g/m<sup>3</sup> 농도의 경우 다른 농도로 처리한 개체와 비교하였을 때 신엽의 생성이 저해됨을 확인하였음(그림 20).



EF 농도 (g/m <sup>3</sup> )	0	2.5	5	7.5	10
1일 차					
7일 차					
21일 차					

그림 20. EF (처리 농도: 2.5, 5, 7.5, 10 g/m<sup>3</sup>) 농도로 2시간 훈증 시 수박 작물의 약해 사진

### 1.3.3 대상 해충에 대한 훈증조건에서 애호박의 약해 결과(Lab scale 약해 추가 평가)

- 애호박(유묘기)의 EF에 대한 약해를 평가하기 위하여 EF 농도 2.5, 5, 7.5, 10 g/m<sup>3</sup>로 2시간 훈증 처리 시 7.5, 10 g/m<sup>3</sup> 농도는 훈증 처리 후 1일 차부터 약해가 관찰되었고, 5 g/m<sup>3</sup> 농도에서도 시간이 지남에 따라 앞에서 약간의 약해가 관찰되었음. 수박과 유사하게 10 g/m<sup>3</sup> 농도에서 신엽의 생성이 뚜렷하게 저해됨을 확인하였음(그림 21).


























EF 농도 (g/m <sup>3</sup> )	0	2.5	5	7.5	10
1일 차					
7일 차					
21일 차					

그림 21. EF (처리 농도: 2.5, 5, 7.5, 10 g/m<sup>3</sup>) 농도로 2시간 훈증 시 애호박 작물의 약해 사진

#### 1.3.4 대상 해충에 대한 훈증조건에서 멜론의 약해 결과(Lab scale 약해 추가 평가)

- 멜론(유묘기)의 EF에 대한 약해를 평가하기 위하여 EF 농도 2.5, 5, 7.5, 10 g/m<sup>3</sup>로 2시간 훈증 처리시 7.5, 10 g/m<sup>3</sup> 농도에서 약해가 뚜렷하게 관찰되었고, 10 g/m<sup>3</sup> 농도에서 신엽의 생성이 저해됨을 확인하였음(그림 22).

EF 농도 (g/m <sup>3</sup> )	0	2.5	5	7.5	10
1일 차					
7일 차					

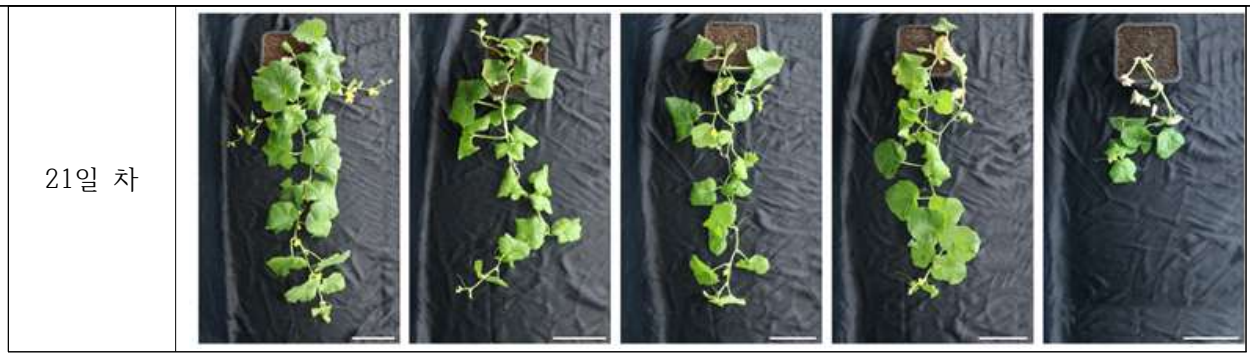


그림 22. EF (처리 농도: 2.5, 5, 7.5, 10 g/m<sup>3</sup>) 농도로 2시간 훈증 시 멜론 작물의 약해 사진.

- 7.5, 10 g/m<sup>3</sup> 농도에서 육안 평가 시 뚜렷한 약해가 뚜렷하게 관찰었고 엽록소 평가에서도 약간의 차이는 있었으나 통계적으로 차이는 없었으며 훈증 후 21일차 지상부 생체 중량 평가를 해보았을 때 10 g/m<sup>3</sup> 농도 2시간 처리 시, 통계적으로 유의미한 감소를 보였음(그림 23).

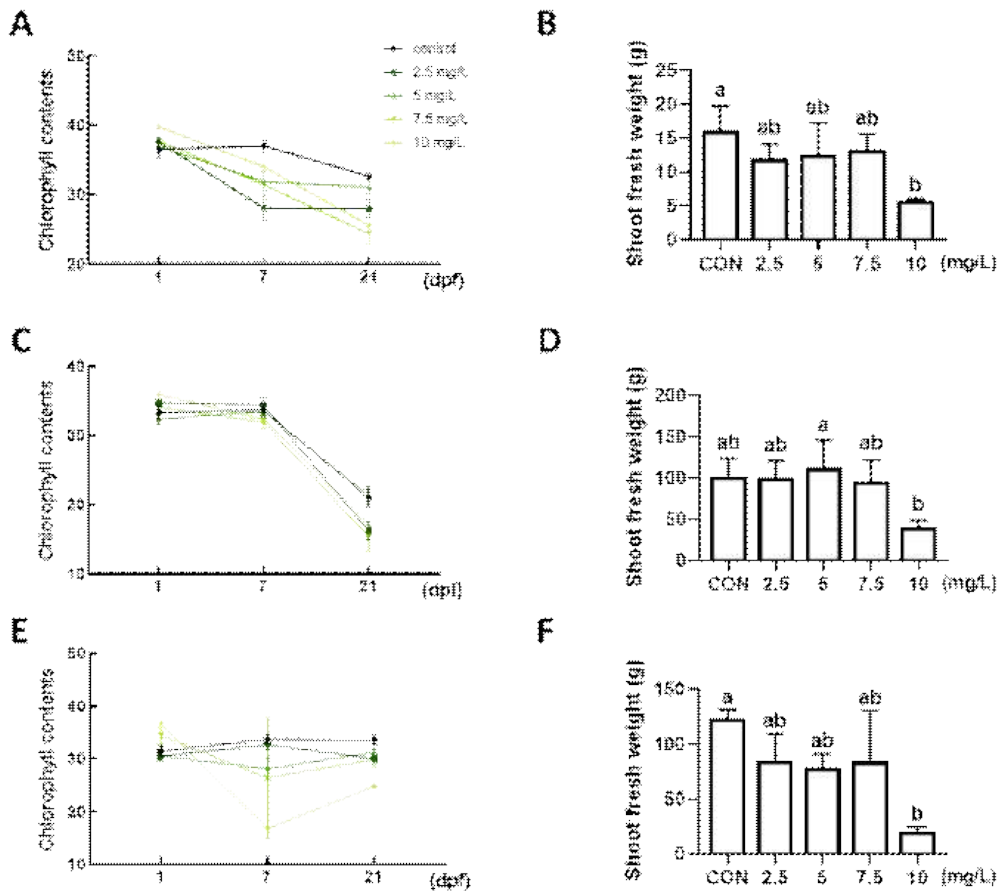


그림 23. 박과류 작물 3종에 대한 EF (처리 농도: 2.5, 5, 7.5, 10 g/m<sup>3</sup>) 농도로 2시간 훈증 시 1, 7, 21일 후 엽록소 함량과 21일 후 작물의 생체 중량 그래프. (A) 수박 (C) 애호박 (E) 멜론의 엽록소 함량 변화, (B) 수박 (D) 애호박 (F) 멜론의 EF 처리 시 21일 후, EF 농도에 따른 생체 중량의 변화.

1.3.5 대상 해충에 대한 훈증조건에서 작물의 약해 저감 실험 결과(Lab scale 추가 평가)

- EF에 대한 약해를 저감하기 위해 NaHCO<sub>3</sub>를 전처리하는 방법을 고안하였고, 이에 수박을 대표작물로 하여 약해 저감 예비 실험을 진행하였음.
- NaHCO<sub>3</sub> 0.5%, 1% 용액을 작물에 미세 분무하여 3시간 정도 풍건 후, 이전 실험에서 약해가 관찰되었던 EF 농도 7.5, 10 g/m<sup>3</sup>로 2시간 훈증 처리하였음.
- 7.5 g/m<sup>3</sup> 농도에서 약해가 저감되는 것이 뚜렷하게 관찰되었고, 10 g/m<sup>3</sup> 농도에서는 그 효과가

미미하였음(그림 24).

- 따라서, 농업해충 방제를 위한 유효 살충농도인  $7.5 \text{ g/m}^3$  농도에서의 약해 감소 결과가 확인되었으며 이를 다른 두 박과작물인 애호박, 멜론에도 적용하고 현장에 적용 가능하도록 최적화를 위한 추가적인 연구를 수행할 예정임.

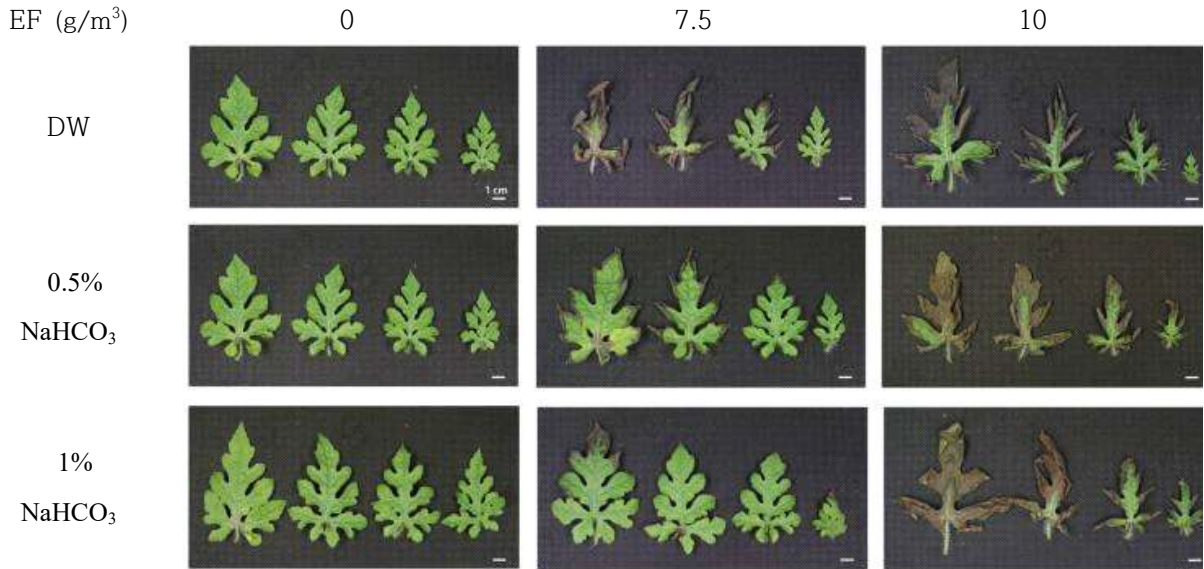


그림 24. NaHCO<sub>3</sub> 전처리를 통한 에틸포메이트 훈증 약해 저감법 예비 결과

#### 1.4. 하우스 내에서 대상 해충 (진딧물류)의 소규모 비닐하우스 시험시 훈증, 훈증중 및 훈증후 작업자 안전성, 작물체/토양 잔류 분석법 개발 및 예비 평가

##### 1.4.1. 작물체/토양 잔류 분석법 개발

- Headspace gas chromatography-mass spectrometry(GC-MS)를 이용하여 분석을 수행하였음.
- 에틸포메이트를 희석하기 위한 바탕용매를 선정하기 위해 n-hexane, acetonitrile로 에틸포메이트를 각각 희석하여 분석을 진행하였음. n-hexane을 바탕용매로 하였을 때 에탄올과 에틸포메이트의 피크가 잘 분리되어 바탕 용매로 선정하였음(그림 25).
- 에틸포메이트와 분해산물인 에탄올 각각의 RT 값을 확인하기 위해 SCAN mode로 분석을 진행하였음. 에틸포메이트의 정량이온을 45.2, 정성이온을 46.1로 설정하여 SIM mode로 분석을 진행하였음(그림 26).

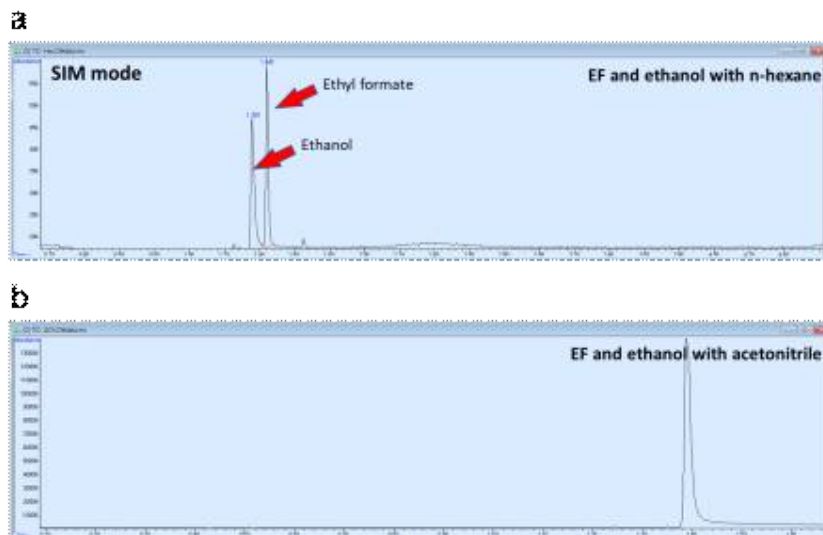


그림 25. 바탕용매 n-hexane(a)과 acetonitrile(b)에 에탄올과 에틸포메이트를 희석하여 분석한 기체 크로마토그래피의 크로마토그램

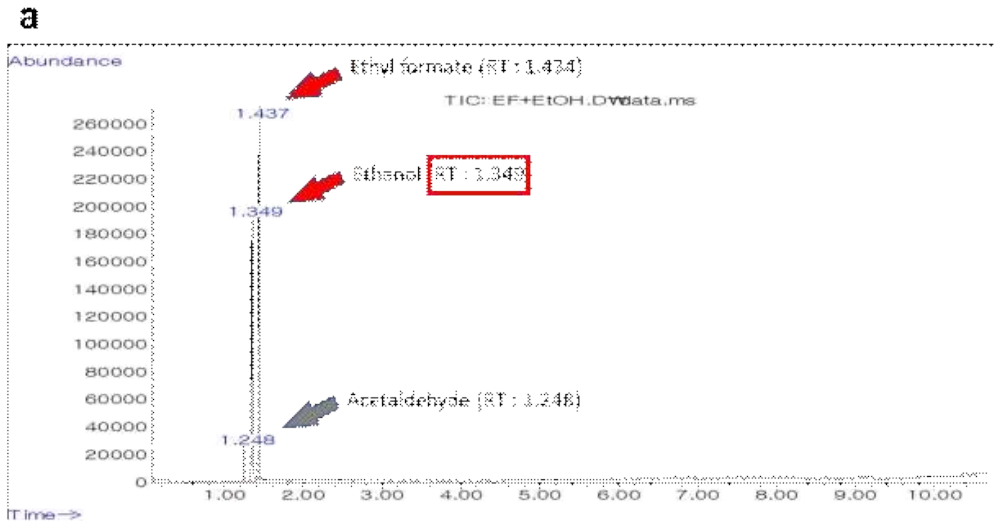


그림 26. 에틸포메이트와 에탄올의 기체크로마토그래피-질량 분석 크로마토그램 (a)과 에틸포메이트의 질량 분석스펙트럼 (b)

- 에틸포메이트를 희석하여 동일한 조건에서 기기 분석한 후 작물과 토양 각각의 검량선을  $R^2$  값 0.99 이상으로 작성하였으며, 직선성은 모두 양호하였으며 이를 기준으로 에틸포메이트의 잔류량을 산출하였음(그림 27).

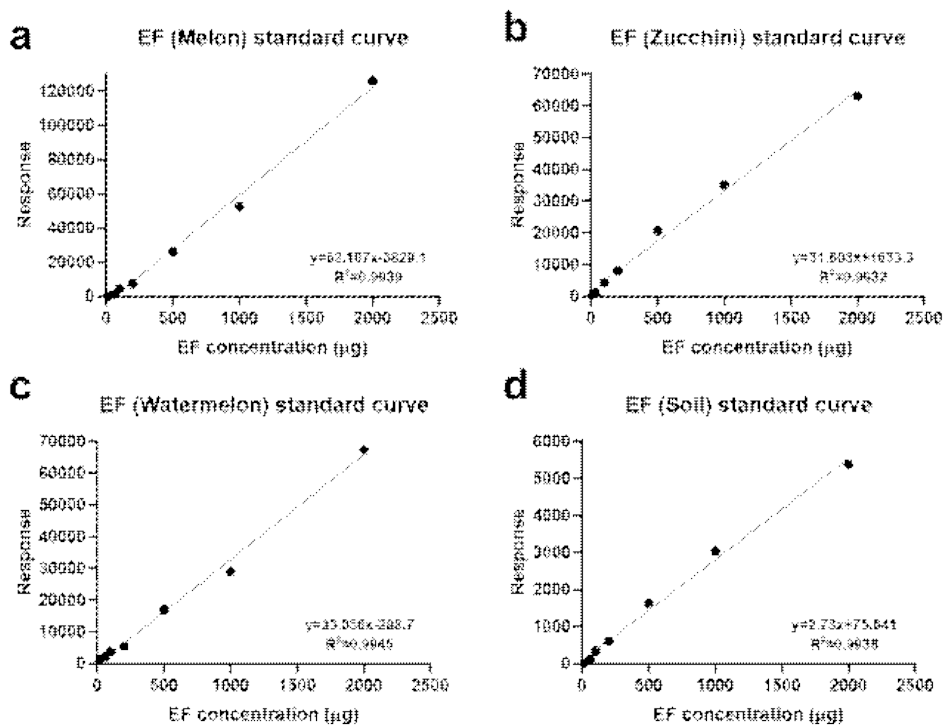


그림 27. 멜론(a), 애호박(b), 수박(c)의 표준곡선과 토양의 표준곡선(d)

1.4.2. 하우스 내에서 대상 해충 (진딧물류, 총채벌레류)에 대한 훈증조건에 대한 Lab scale에서의 작물체/토양 잔류 패턴 예비 평가

- 비닐하우스 내 에틸포메이트의 훈증 후 잔류분석을 수행하는 예비과정에서 1시간~2시간 이내에 빠르게 잔류하지 않는 것을 확인하고, Lab scale에서 시간대 별(30분, 1시간, 2시간, 3시간)로 작물 잎과 흙에서 에틸포메이트의 잔류양상을 평가하고자 하였음.
- 농업 해충의 농업적 방제를 위한 에틸포메이트 2시간 훈증 기준 중 방제가 농도가 높은 오이총채벌레 방제 기준인  $8 \text{ g/m}^3$  농도에 2시간 처리하였으며, 각 작물 별 3반복 CT값은 표 14와 같음.
- 훈증 처리 후 개방 30분부터 작물 3종(멜론, 애호박, 수박)에서 에틸포메이트가 빠르게 잔류량이 감소하는 것을 확인하였으며, 1시간 이후부터 LOD 이하의 농도인 것을 확인하였음(그림 28 a-c).
- 토양에는 작물보다 비교적 긴 시간 잔류하지만, 훈증 개방 후 2시간 이후부터 분석기기의 LOD 이하의 농도로 확인되었음(그림 28 d-f).

표 14. 에틸포메이트(처리농도:  $8 \text{ g/m}^3$ ) 2시간 훈증 시 CT값.

작물	반복수			CT 평균값
	1	2	3	
멜론	8.45	8.87	9.70	9.01
애호박	8.04	8.02	9.23	8.43
수박	10.1	9.94	9.05	9.68

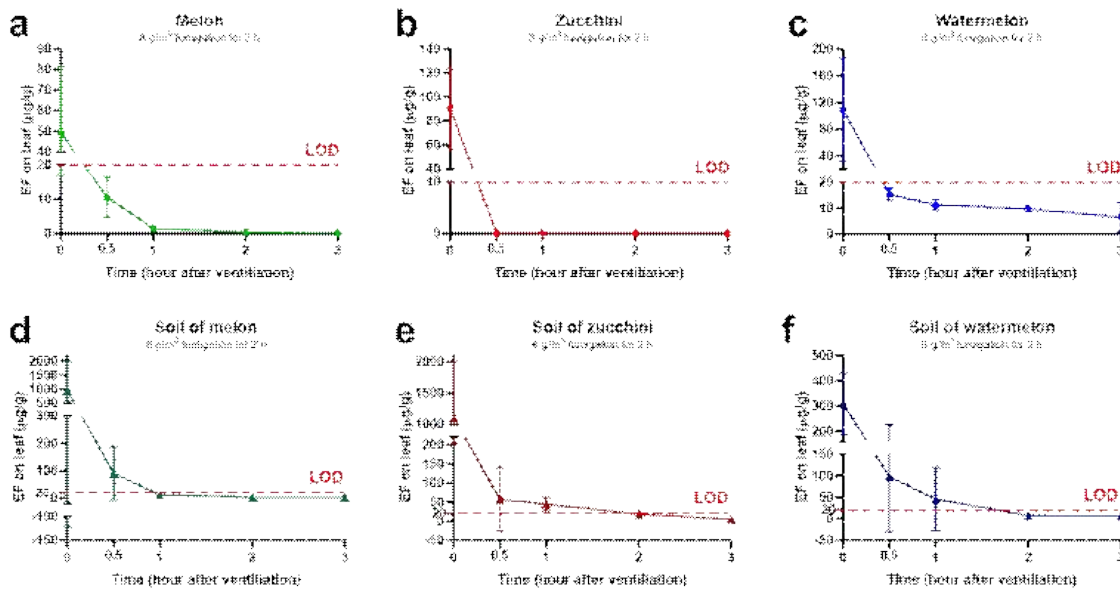


그림 28. 농업 해충(오이총채벌레)의 농업적 방제를 위한 에틸포메이트(처리 농도:  $8 \text{ g/m}^3$ ) 2시간 훈증 후 시간대 별 잔류 분석 결과

1.4.3. 하우스 내에서 대상 해충 (진딧물류, 총채벌레류)에 대한 훈증조건에 대한 소규모 비닐하우스에서의 작물체/토양 잔류 예비 평가 및 작업자 안전성

- 비닐하우스에서의 작물체/토양 잔류 예비 평가는 1.4.1과 동일한 방법으로 진행하였음.
- 농업 해충 복숭아혹진딧물과 오이총채벌레 성충에 대한 훈증 방제를 위해 EF  $6 \text{ g/m}^3$ 로 2시간 훈증 처리하였고, 훈증이 종료된 후 개방하였으며 1시간, 3시간 후에 박과 작물 3종(멜론, 애호박, 수박)의 잎 시료를 1 g씩 샘플링하였으며, 토양의 경우 하우스 내 임의의 5지점을 무작위로 선별하여 1g씩 3반복하여 Headspace GC-MS를 이용하여 분석하였음.
- 농업 방제를 위한 에틸포메이트(처리농도:  $6 \text{ g/m}^3$ ) 2시간 훈증 후, 1시간부터 3종의 작물 및 토양 모든 시료에서 EF가 검출되지 않았음(표 15).

**표 15.** 농업 해충(복숭아혹진딧물)의 농업 방제를 위한 EF 2시간 처리 후(처리 농도 : 6 g/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값 : 5.9(상부), 6.2(중부), 6.9(하부) g h/m<sup>3</sup>) 시료 1 g 당 잔류하는 EF 양(μg/g)

\* ND : LOD 이하의 값

시료	시기	Control		처리 1시간 후		처리 3시간 후	
		시료량 (g)	시료 1g당 검출된 EF 양(μg/g)	시료량 (g)	시료 1g당 검출된 EF 양(ug/g)	시료량 (g)	시료 1g당 검출된 EF 양(ug/g)
멜론	유묘기	1.02 ±0.02	ND	1.07	ND	1.04	ND
	개화기			1.06	ND	1.05	ND
	결실기			1.05	ND	1.05	ND
애호박	유묘기	1.03 ±0.01	ND	1.05	ND	1.06	ND
	개화기			1.08	ND	1.03	ND
	결실기			1.05	ND	1.06	ND
수박	유묘기	1.02 ±0.01	ND	1.05	ND	1.07	ND
	개화기			1.04	ND	1.04	ND
	결실기			1.04	ND	1.07	ND
합		1.03 ±0.03	0.14	1.06	ND	1.03	ND

- 작업자 안전성 평가를 위해 비닐하우스에 농업해충 (복숭아혹진딧물)의 농업 방제를 위한 EF 2시간 처리를 한 후, 비닐하우스 개방 직후부터 5분, 10분, 30분 뒤의 비닐 하우스 내부 잔류 농도를 측정하였음.
- 개방 후 30분 뒤 비닐하우스 내부 공기 중 EF 농도는 0.08 g/m<sup>3</sup>(약 26.4 ppm)로, 호주 National Occupational Health and Safety Commission의 작업허용기준 (8시간/1일, 5일/주) 100 ppm 이하 기준으로 평가하였을 때, 개방 후 10~30분 이후 부터는 작업허용기준에도 안전한 농도인 것으로 판단됨(표 16).

**표 16.** 농업해충(복숭아혹진딧물)의 농업 방제를 위한 EF 2시간 처리 (처리 농도: 6 g/m<sup>3</sup>, 20±1℃) 후 비닐하우스 내부 공기 중 EF 농도(단위 변환 계수 330: g/m<sup>3</sup>에서 ppm, v/v @1atm)

개방 후 시간	5분	10분	30분
EF 농도(g/m <sup>3</sup> ) (ppm 변환)	0.40 (132 ppm)	0.09 (29.7 ppm)	0.08 (26.4 ppm)

**1.5. 검역해충류 (응애류 외 4종의 바이러스 매개 해충)의 소규모 비닐하우스 시험시 훈증, 훈증중 및 훈증후 작업자 안전성, 작물체/토양 잔류 분석법 개발 및 예비 평가(\*검역해충류별 약제 살충력 정도에 따라 묶음 평가 가능)**

1.5.1. 작물체/토양 잔류 분석법 개발(공통)

- 위의 1.4.1.과 동일함.

1.5.2. 검역해충류 (응애류 외 4종의 바이러스 매개 해충) 방제 훈증조건에 대한 Lab scale에서의 작물체/토양 잔류 패턴 예비 평가

- 1.4.1의 표준곡선과 작물/토양 별로 동일한 표준곡선을 사용하였음.
- 비닐하우스 내 에틸포메이트의 훈증 후 잔류분석을 수행하는 예비과정에서 1시간~2시간 이내에

빠르게 잔류하지 않는 것을 확인하고, Lab scale에서 시간대 별(30분, 1시간, 2시간, 3시간)로 작물 잎과 흙에서 에틸포메이트의 잔류양상을 평가하고자 하였음.

- 검역해충류 방제를 위한 에틸포메이트 4시간 훈증 기준 중 방제가 농도가 높은 썩덩나무노린재 방제 기준인 15 g/m<sup>3</sup> 농도에 4시간 처리하였으며, 각 작물 별 3반복 CT값은 표 17와 같음.
- 훈증 처리 후 개방 30분부터 작물 3종(멜론, 애호박, 수박)에서 빠르게 잔류정도가 감소하는 것을 확인하였으며, 3가지 작물 모두 1시간 이후부터 LOD 이하로 확인하였음(그림 29 a-c).
- 토양에는 작물보다 비교적 긴 시간 잔류하지만, 훈증 개방 후 3시간 이후부터 분석기기의 LOD 이하의 농도로 확인되었음(그림 29 d-f).

표 17. 에틸포메이트(처리농도: 15 g/m<sup>3</sup>) 4시간 훈증 시 CT값.

작물	반복수			CT 평균값
	1	2	3	
멜론	24.6	23.5	25.0	24.4
애호박	48.9	42.2	48.0	46.4
수박	54.5	45.9	40.5	47.0

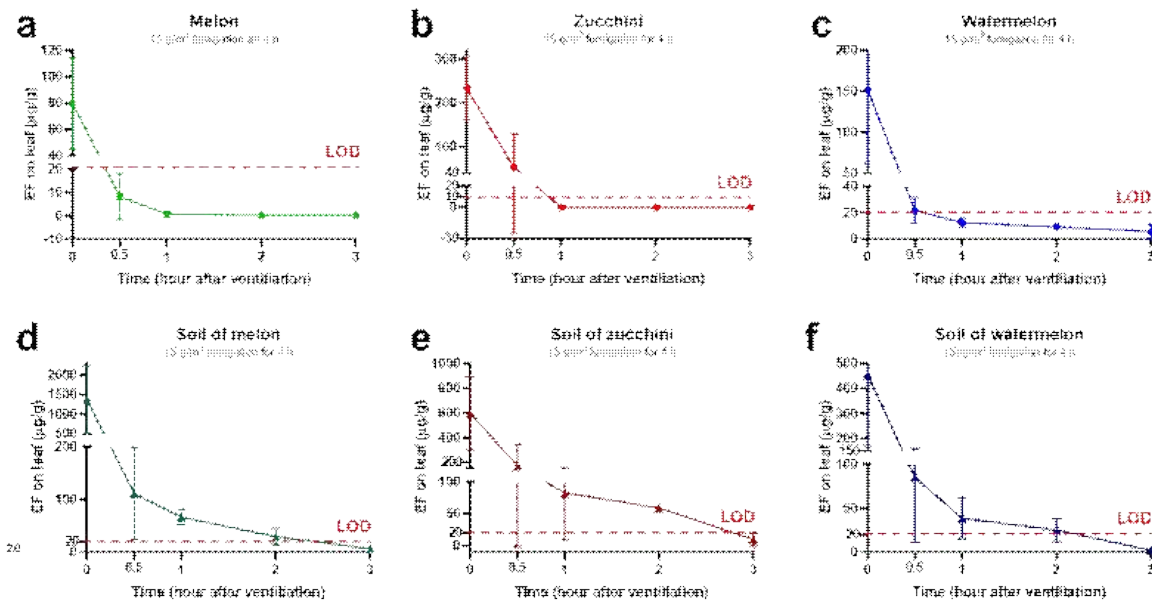


그림 29. 검역 해충(썩덩나무노린재)의 검역 방제를 위한 에틸포메이트(처리 농도:15 g/m<sup>3</sup>) 4시간 훈증 시 시간대별 잔류분석 결과

### 1.5.3. 검역해충류 (응애류 외 4종의 바이러스 매개 해충) 방제 훈증조건에 대한 소규모 비닐하우스에서의 작물체/토양 잔류 예비 평가

- 비닐하우스에서의 작물체/토양 잔류 예비 평가는 1.4.1과 동일한 방법으로 진행하였으며, 4시간 방제와 24시간 방제로 나누어 잔류 예비 평가를 수행하였음.
- 검역 해충(썩덩나무노린재)의 검역 방제를 위해 에틸포메이트 4시간 훈증(처리 농도 : 15 g/m<sup>3</sup>, 처리된 CT : 4.18 g h/m<sup>3</sup>)이 종료된 후 개방하였으며 1시간 후에 박과작물 3종(멜론, 애호박, 수박)의 잎 시료를 1 g씩 샘플링하였으며, 토양의 경우 하우스 내 임의의 5지점을 무작위로 선별하여 1g씩 3반복하여 Headspace GC-MS를 이용하여 분석하였음.
- 검역 방제를 위한 에틸포메이트(처리농도: 15 g/m<sup>3</sup>) 4시간 훈증 후, 1시간부터 3종의 작물 및 토양 모든 시료에서 EF가 검출되지 않았음(표 18).



**표 18.** 검역 해충(씩덩나무노린재)의 검역 방제를 위한 EF 4시간 처리 후(처리 농도 : 15 g h/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값 :31.3(하부), 32.2(중부), 32.9(상부) g h/m<sup>3</sup>) 시료 1 g 당 잔류하는 EF 양(μg/g)

\* ND : LOD 이하의 값

시료	시기	Control		처리 1시간 후	
		시료량 (g)	시료 1g당 검출된 EF 양(μg/g)	시료량 (g)	시료 1g당 검출된 EF 양(μg/g)
멜론	유묘기	1.04±0.01	ND	1.01±0.01	ND
	개화기			1.01±0.03	ND
	결실기			1.03±0.02	ND
애플박	유묘기	1.04±0.01	ND	1.02±0.03	ND
	개화기			1.01±0.02	ND
	결실기			1.02±0.01	ND
수박	유묘기	1.06±0.02	ND	1.02±0.02	ND
	개화기			1.01±0.01	ND
	결실기			1.03±0.01	ND
합		1.00±0.02	ND	1.03±0.02	ND

- 검역 해충(씩덩나무노린재)의 검역 방제를 위해 에틸포메이트 24시간 훈증(처리 농도 : 28 g/m<sup>3</sup>) 이 종료된 후 개방하였으며 1시간 후에 박과작물 3종(멜론, 애플박, 수박)의 잎 시료를 1 g씩 샘플링하였으며, 토양의 경우 하우스 내 임의의 5지점을 무작위로 선별하여 1 g씩 3반복하여 Headspace GC-MS를 이용하여 분석하였음.
- 검역 방제를 위한 에틸포메이트(처리농도: 15 g/m<sup>3</sup>) 4시간 훈증 후, 1시간부터 3종의 작물 및 토양 모든 시료에서 EF가 검출되지 않았음(표 19).

**표 19.** 검역 해충(씩덩나무노린재)의 검역 방제를 위한 EF 24시간 처리 후(처리 농도 : 28 g h/m<sup>3</sup>, 처리 CT 값 : 121.2(하부), 125.3(중부), 136.7(상부) g h/m<sup>3</sup>) 시료 1 g 당 잔류하는 EF 양(μg/g)

\* ND : LOD 이하의 값

시료	시기	Control		처리 1시간 후	
		시료량 (g)	시료 1g당 검출된 EF 양(μg/g)	시료량 (g)	시료 1g당 검출된 EF 양(μg/g)
멜론	유묘기	1.05±0.06	ND	1.08±0.05	ND
	개화기			1.06±0.06	ND
	결실기			1.05±0.04	ND
애플박	유묘기	1.08±0.04	ND	1.08±0.02	ND
	개화기			1.02±0.02	ND
	결실기			1.11±0.01	ND
수박	유묘기	1.05±0.05	ND	1.04±0.03	ND
	개화기			1.06±0.03	ND
	결실기			1.08±0.02	ND
합		1.07±0.02	ND	1.09±0.03	ND

1.6. 지렁이, 유용곤충 (누에, 천적 종 선택)에 대한 훈증제의 환경 기초 영향평가

- 지렁이 및 유용곤충 2종(꿀벌, 누에)에 대한 EF 훈증제의 급성 독성 평가를 시행하여 훈증제 사용 시의 환경 기초 영향평가를 수행하고자 함.

1.6.1. 에틸포메이트에 대한 지렁이 급성독성 평가

- EF 훈증제를 처리하였을 때 토양 환경에 미치는 위해성을 평가하기 위하여 지표 생물인 지렁이에 대한 훈증제의 급성 독성 평가를 수행하였음(그림. 30).
- EF 2시간 훈증 처리 시, 14일차에 관찰한 지렁이 EF LCT<sub>25</sub>, LCT<sub>50</sub>, LCT<sub>99</sub>값은 각각 34.6, 39.4, 68.3 g h/m<sup>3</sup>를 확인하였음(표 20과 그림 31).
- EF 4시간 훈증 처리 시, 14일차에 관찰한 지렁이 EF LCT<sub>25</sub>, LCT<sub>50</sub>, LCT<sub>99</sub>값은 각각 24.3, 48.9, 910.9 g h/m<sup>3</sup>를 확인하였음(표 20과 그림 31).



그림 12. 지표생물(지렁이)의 급성 독성 평가를 위한 지렁이 채집 및 12 L 데시케이터를 이용한 EF 훈증 처리 실험 사진

표 20. 지표생물(지렁이)에 대한 EF 훈증제의 급성 독성 평가

지표 생물	온도 (°C)	처리구 당 n 수	훈증 시간 (h)	LCT <sub>25</sub> (95% CI)	LCT <sub>50</sub> (95% CI)	LCT <sub>99</sub> (95% CI)	df	$\chi^2$
지렁이	25	30	2	34.6 (26.2-38.4)	39.4 (33.8-42.8)	68.3 (57.7-113.1)	1	13.37
			4	24.3 (9.5-37.5)	48.9 (29.2-66.4)	910.9 (429.3-5290.0)	1	18.33

- EF 2시간 훈증 처리 시 농업 해충 2종(진딧물류, 총채벌레류)에 대한 EF 농업적 방제 약효 평가를 기반으로 지렁이 독성 평가 결과를 비교하였을 때, 복숭아혹진딧물 방제 농도인 5 g/m<sup>3</sup>을 처리 시 인공토양 환경에서 지렁이에 대한 위해성이 거의 존재하지 않을 것이며 오이총채벌레 방제 농도인 8 g/m<sup>3</sup>을 처리 시에도 유사하게 지렁이에 대한 독성을 가지지 않을 것으로 판단하였음.
- EF 4시간 훈증 처리 시 검역 해충 2종(가루이류, 노린재류)에 대한 EF 검역적 방제 약효 평가를 기반으로 지렁이 독성 평가 결과를 비교하였을 때, 담배가루이 방제 농도인 4 g/m<sup>3</sup>을 처리 상당히 낮은(LCT<sub>2</sub>값 수준에 해당) 급성 독성을 가질 것이며, 썩덩나무노린재 방제 농도인 15 g/m<sup>3</sup>을 처리 시 LCT<sub>10</sub>과 LCT<sub>15</sub>값 사이에 분포하는 수준의 급성 독성을 가질 것이라고 판단하였음.

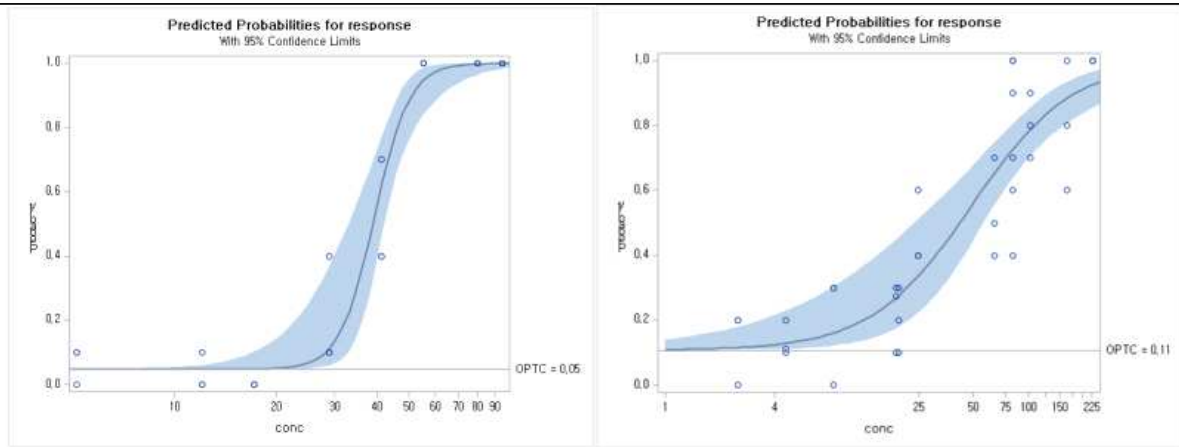


그림 31. 지표생물(지렁이)의 급성 독성 평가를 위한 EF 2시간, 4시간 훈증 후 14일차 지렁이 치사율 데이터의 통계적 분석(SAS probit analysis) 그래프

### 1.6.2. 에틸포메이트에 대한 꿀벌 급성독성 평가

- 유용곤충(꿀벌)에 대한 독성 평가를 위해 EF 처리 시간을 2시간, 4시간 기준으로 하여 꿀벌 성체에 대한 EF훈증제의 급성 독성 평가를 수행하였음(그림 32).
- EF 2시간 훈증 처리 시, 꿀벌 EF LCT<sub>25</sub>, LCT<sub>50</sub>, LCT<sub>99</sub>값은 각각 5.5, 6.5, 13.3 g h/m<sup>3</sup>를 확인하였으며, 4시간 훈증 처리 시, 꿀벌 EF LCT<sub>25</sub>, LCT<sub>50</sub>, LCT<sub>99</sub>값은 각각 13.1, 15.1, 27.6 g h/m<sup>3</sup>를 확인하였음(표 21).



그림 32. 유용곤충(꿀벌)의 급성 독성 평가를 위한 성체 꿀벌 채집 및 3L 데시케이터를 이용한 EF 훈증 처리 실험 사진.

표 21. 유용곤충(꿀벌)에 대한 EF 훈증제의 급성 독성 평가

유용 곤충	온도 (°C)	처리구당 n 수	훈증 시간 (h)	LCT <sub>25</sub> (95% CI)	LCT <sub>50</sub> (95% CI)	LCT <sub>99</sub> (95% CI)	df	$\chi^2$
꿀벌	25	40	2	5.5 (4.6-6.0)	6.5 (6.0-7.1)	13.3 (11.0-19.2)	11	40.9
			4	13.1 (9.8-15.0)	15.1 (12.6-17.4)	27.6 (22.0-55.8)	9	13.8

- EF 2시간 훈증 처리 시 농업 해충 2종(진딧물류, 총채벌레류)에 대한 EF 농업적 방제 약효 평가를 기반으로 꿀벌 독성 평가 결과를 비교하였을 때, 복숭아혹진딧물 방제 농도인 5 g/m<sup>3</sup>을 처리 시 LCT<sub>25</sub>값 수준, 오이총채벌레 방제 농도인 8 g/m<sup>3</sup>을 처리 시 꿀벌 성체 LCT<sub>80</sub>값 수준에 해당하는 급성 독성을 가질 것이라고 판단하였음(표 21과 그림 33).

- EF 4시간 훈증 처리 시 검역 해충 2종(가루이류, 노린재류)에 대한 EF 검역적 방제 약효 평가를 기반으로 꿀벌 독성 평가 결과를 비교하였을 때, 담배가루이 방제 농도인  $4 \text{ g/m}^3$ 을 처리 시 꿀벌 성체에 급성독성이 크게 나타나지 않을 것이며 썩덩나무노린재 방제 농도인  $15 \text{ g/m}^3$ 을 처리 시 꿀벌 성체  $\text{LCT}_{50}$ 값 수준에 해당하는 급성 독성을 가질 것이라고 판단하였음(표 21과 그림 33).

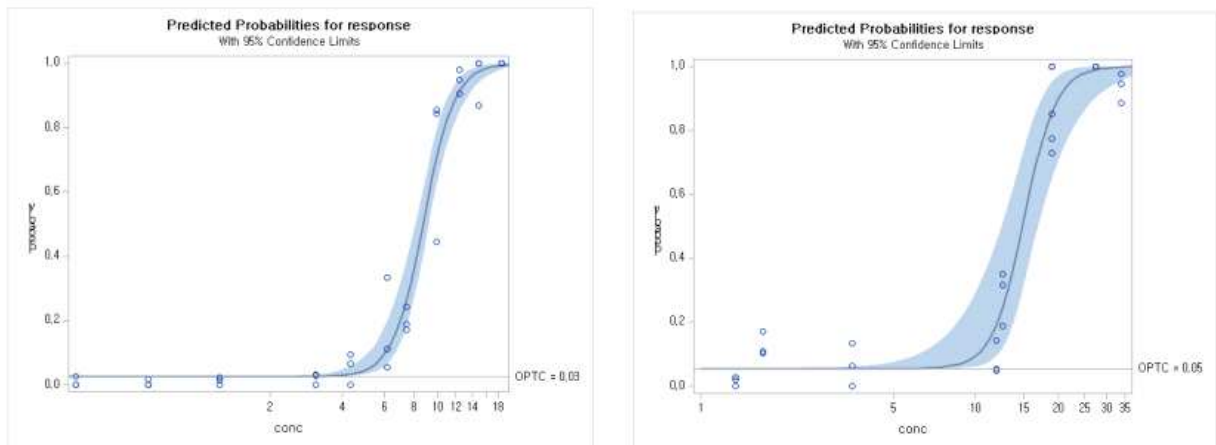


그림 33. 유용곤충(꿀벌)의 급성 독성 평가를 위한 EF 2시간, 4시간 훈증 시 성체 꿀벌 사충률 데이터의 통계적 분석(SAS probit analysis)

### 1.6.3. 에틸포메이트에 대한 누에 급성독성 평가

- 유용곤충(누에)에 대한 독성 평가를 위해 농업해충 2종(진딧물류, 총채벌레류)에 대한 EF 농업적 방제 약효 평가를 기반으로, EF 2시간 훈증 처리 시 3령 누에에 대한 급성 독성 평가를 수행하였음(그림 34).
- 검역 해충 2종(가루이류, 노린재류)에 대한 EF 검역적 방제 약효 평가를 기반으로, EF 4시간 훈증 처리 시 3령 누에에 대한 급성 독성 평가를 수행하였음(표 22).
- EF 2시간 훈증 처리 시, 3령 누에 EF  $\text{LCT}_{25}$ ,  $\text{LCT}_{50}$ ,  $\text{LCT}_{90}$ 값은 각각 9.8, 15.8,  $41.1 \text{ g h/m}^3$ 를 확인하였으며, 4시간 훈증 처리 시, 3령 누에 EF  $\text{LCT}_{25}$ ,  $\text{LCT}_{50}$ ,  $\text{LCT}_{90}$ 값은 각각 21.1, 26.5,  $41.9 \text{ g h/m}^3$ 를 확인하였음(표 22).

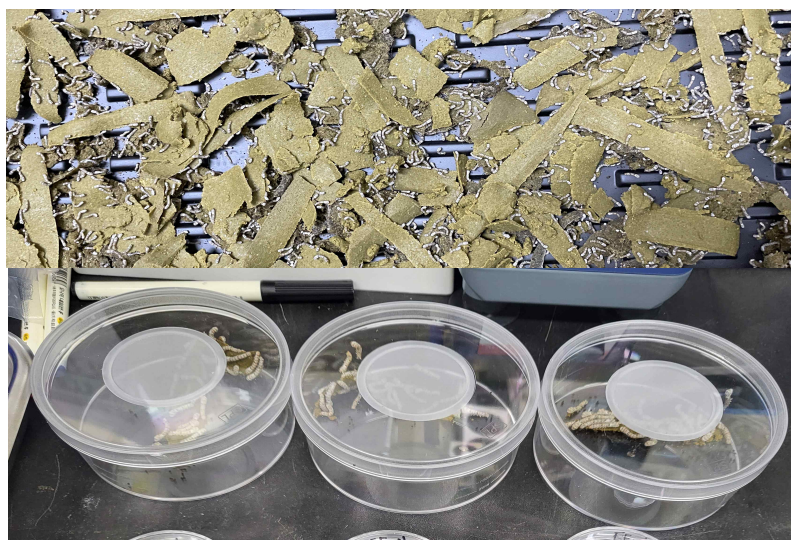
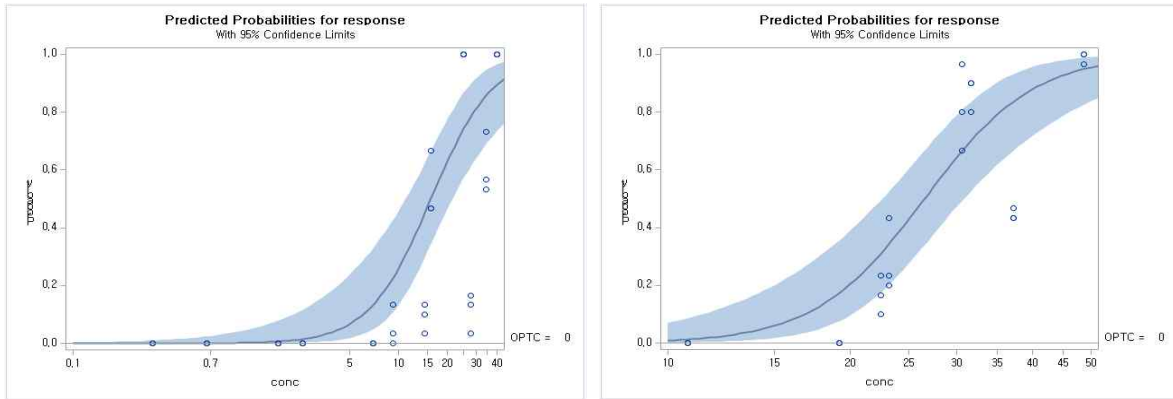


그림 34. 유용곤충(누에)의 급성 독성 평가에 사용할 3령 누에 EF 훈증 처리를 위해 반복구당 개체 10마리씩 breeding dish에 넣어놓은 사진

**표 22. 유용곤충(누에)에 대한 EF 혼증제의 급성 독성 평가**

유용 곤충	온도 (°C)	처리구당 n 수	혼증 시간 (h)	LCt <sub>25</sub> (95% CI)	LCt <sub>50</sub> (95% CI)	LCt <sub>90</sub> (95% CI)	df	$\chi^2$
누에	25	30	2	9.8 (5.1-13.5)	15.8 (11.0-21.9)	41.1 (27.9-104.4)	12	16.1
			4	21.1 (16.1-24.6)	26.5 (22.4-31.3)	41.9 (34.7-62.9)	8	21.5

- EF 2시간 혼증 처리 시 농업 해충 2종(진딧물류, 총채벌레류)에 대한 EF 농업적 방제 약효 평가를 기반으로 누에 독성 평가 결과를 비교하였을 때, 복숭아혹진딧물 방제 농도인 5 g/m<sup>3</sup>을 처리 시 3령 누에에 대한 급성독성은 없으며, 오이총채벌레 방제 농도인 8 g/m<sup>3</sup>을 처리 시 3령 누에 LCt<sub>20</sub> 값 수준에 해당하는 급성 독성을 가질 것이라고 판단하였음(표 22과 그림 35).
- EF 4시간 혼증 처리 시 검역 해충 2종(가루이류, 노린재류)에 대한 EF 검역적 방제 약효 평가를 기반으로 누에 독성 평가 결과를 비교하였을 때, 담배가루이 방제 농도인 4 g/m<sup>3</sup>와 썩덩나무노린재 방제 농도인 15 g/m<sup>3</sup>을 처리 시 3령 누에에 독성이 강하게 나타나지 않을 것이라고 판단하였음(표 22과 그림 35).



**그림 35. 유용곤충(누에)의 급성 독성 평가를 위한 EF 2시간, 4시간 혼증 시 3령 누에 사충률 데이터의 통계적 분석(SAS probit analysis)**

## 2. 바이러스 매개 해충의 정착방지를 위한 혼증기술 개발 (경북대 - 2세부)

### 1.1. 검역해충(응애류, 외 4종의 바이러스 매개 해충)의 검역 방제를 위한 대체충을 이용한 혼증 살충력 검정 소규모 비닐하우스 시험(4, 24시간 혼증)

- 소규모 비닐하우스 내 바이러스 매개 해충 5종(가루이류, 진딧물류, 총채벌레류, 응애류, 노린재류)의 정착 방지를 위한 검역 방제를 위해 EF 혼증 처리하였으며, 혼증 처리는 토양으로부터 상공 2 m에서 노즐로 액상 EF를 분사하였고 혼증 0.5, 1, 2, 4시간에 비닐하우스 내부 위치별 EF 농도를 측정하여 CT(Concentration x Time) 값으로 산출하였음(그림 36).
- 대체 해충으로 담배가루이, 목화진딧물, 꽃노랑총채벌레, 점박이응애, 썩덩나무노린재를 사용하였으며, 1년차 EF 약효 실험 결과 각각의 성충에 대한 EF 4시간 혼증의 LCt<sub>99</sub> 값은 각각 6.70, 8.96, 14.00, 19.07, 31.51 g h/m<sup>3</sup>로 상대적으로 방제가가 낮은 그룹(담배가루이, 목화진딧물)과 높은 그룹(꽃노랑총채벌레, 점박이응애, 썩덩나무노린재)으로 나누어 소규모 비닐하우스에서 4, 15 g/m<sup>3</sup>의 농도로 4시간 혼증 처리하였으며, 5종의 해충에 대한 24시간 혼증의 LCt<sub>99</sub> 값은 각각 13.20, 44.18, 44.70, 42.20, 64.73 g h/m<sup>3</sup>로 이 또한 상대적으로 방제가가 낮은 그룹(담배가루이)과 높은 그룹(목화진딧물, 꽃노랑총채벌레, 점박이응애, 썩덩나무노린재)으로 나누어 소규모 비닐하우스에서 6, 25 g/m<sup>3</sup>의 농도로 24시간 혼증 처리하였음. 해충에 대한 약효 평가는 혼증 처

리 2일 후 해충을 붓으로 건드렸을 때 부속지의 움직임이 거의 없거나 자신의 몸 길이 만큼 움직임이 없을 경우 죽은 것으로 간주하였음.



그림 36. 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>) 내 샘플 라인 위치 및 노즐 분사형 EF 훈증 처리

### 1.1.1 가루이류, 진딧물류의 검역 방제를 위한 소규모 비닐하우스 시험(4시간)

- 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>) 내 생육 시기별 3종의 박과 작물(멜론, 애호박, 수박)의 담배가루이와 목화진딧물에 대한 검역 방제(방제가 낮은 그룹)를 위해 EF 4 g/m<sup>3</sup>로 4시간 훈증 처리하였고 훈증 처리 시간에 따라 비닐하우스 내부 위치별 EF 농도를 모니터링 하였음. 그 결과 0.5, 1, 2, 4시간에 비닐하우스 내부 EF 농도는 하부, 중부, 상부 순으로 낮았으나 대체로 균일하였고 그에 따라 산출된 CT 값은 각각 9.5, 9.2, 8.8 g h/m<sup>3</sup>이었음(표 23).
- 3종 박과 작물의 바이러스 매개 해충으로 사용된 담배가루이와 목화진딧물 성충의 정착 방지를 위해 검역 방제로 EF 농도 4 g/m<sup>3</sup>로 4시간 훈증 처리한 결과 산출된 평균 Ct값은 9.1 g h/m<sup>3</sup>로 담배가루이(LCt<sub>99</sub> 값: 6.70 g h/m<sup>3</sup>)와 목화진딧물(LCt<sub>99</sub> 값: 8.96 g h/m<sup>3</sup>)의 살충률은 모두 100%임을 확인하였음(표 24).

표 23. 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>)에서 EF 4 g/m<sup>3</sup> 4시간 훈증 처리 후 위치별 EF 농도의 변화와 Ct 값(온도: 27.3-33.7℃, 습도: 70-99%)

훈증 시간 (h)	농도 (g/m <sup>3</sup> )		
	하부 (지면으로부터 0.5 m)	중부 (지면으로부터 1.5 m)	상부 (지면으로부터 3.0 m)
0.5	3.6 ± 0.1	3.8 ± 0.1	3.9 ± 0.0
1.0	2.6 ± 0.0	2.8 ± 0.1	2.9 ± 0.0
2.0	2.0 ± 0.1	2.2 ± 0.0	2.2 ± 0.0
4.0	1.7 ± 0.1	1.7 ± 0.0	1.7 ± 0.1
CT값 (g h/m <sup>3</sup> )	8.8 ± 0.1	9.2 ± 0.1	9.5 ± 0.0

표 24. 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>)에서 EF 4 g/m<sup>3</sup> 4시간 훈증 처리 후 담배가루이와 목화진딧물에 대한 약효 평가(온도: 27.3-33.7℃, 습도: 70-99%, N=50, 5반복)

농도 (g/m <sup>3</sup> )	CT값 (g h/m <sup>3</sup> )	사충률 (Mean ± SE, %)	
		담배가루이	목화진딧물
0.0	0.0 ± 0.0	1.6 ± 0.7	100.0 ± 0.0
4.0	9.1 ± 0.3	0.4 ± 0.4	100.0 ± 0.0

### 1.1.2 총채벌레류, 응애류, 노린재류의 검역 방제를 위한 훈증 살충력 검정 소규모 비닐하우스 시험(4시간)

- 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>) 내 생육 시기별 3종의 박과 작물(멜론, 애호박, 수박)의 꽃노랑총채벌레, 점박이응애, 썩덩나무노린재에 대한 검역 방제(방제가 높은 그룹)를 위해 EF 15 g/m<sup>3</sup>로 4시간 훈증 처리하였고 훈증 처리 시간에 따라 비닐하우스 내부 위치별 EF 농도를 모니터링 하였음. 그 결과 0.5, 1, 2, 4시간에 비닐하우스 내부 EF 농도는 하부, 중부, 상부 순으로 낮았으나 대체로 균일하였고 그에 따라 산출된 Ct 값은 각각 32.9, 32.2, 31.3 g h/m<sup>3</sup>이었음(표 25).
- 3종 박과 작물의 바이러스 매개 해충으로 사용된 꽃노랑총채벌레, 점박이응애, 썩덩나무노린재 성충의 정착 방지를 위해 검역 방제로 EF 농도 15 g/m<sup>3</sup>로 4시간 훈증 처리한 결과 산출된 평균 Ct 값은 32.2 g h/m<sup>3</sup>로 꽃노랑총채벌레(LCt<sub>99</sub> 값: 14.00 g h/m<sup>3</sup>), 점박이응애(LCt<sub>99</sub> 값: 19.07 g h/m<sup>3</sup>), 썩덩나무노린재(LCt<sub>99</sub> 값: 31.51 g h/m<sup>3</sup>)의 살충률은 모두 100%임을 확인하였음(표 26).

표 25. 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>)에서 EF 15 g/m<sup>3</sup> 4시간 훈증 처리 후 위치별 EF 농도의 변화와 Ct 값(온도: 25.2-28.9℃, 습도: 70-99%)

훈증 시간 (h)	농도 (Mean ± SE, g/m <sup>3</sup> )		
	하부 (지면으로부터 0.5 m)	중부 (지면으로부터 1.5 m)	상부 (지면으로부터 3.0 m)
0.5	14.5 ± 0.1	14.5 ± 0.1	14.6 ± 0.1
1.0	9.0 ± 0.1	9.2 ± 0.0	9.4 ± 0.0
2.0	7.0 ± 0.1	7.1 ± 0.0	7.3 ± 0.1
4.0	5.1 ± 0.0	5.6 ± 0.0	5.7 ± 0.0
CT값 (g h/m <sup>3</sup> )	31.3 ± 0.1	32.2 ± 0.0	32.9 ± 0.0

표 26. 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>)에서 EF 4 g/m<sup>3</sup> 4시간 훈증 처리 후 담배가루이와 목화진딧물에 대한 약효 평가(온도: 25.2-28.9℃, 습도: 70-99%, N=50, 5반복)

농도 (g/m <sup>3</sup> )	CT값 (g h/m <sup>3</sup> )	사충률 (Mean ± SE, %)		
		꽃노랑총채벌레	점박이응애	썩덩나무노린재
0.0	0.0 ± 0.0	0.4 ± 0.4	1.2 ± 0.5	0.0 ± 0.0
15.0	32.2 ± 0.5	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0

### 1.1.3 가루이류의 검역 방제를 위한 훈증 살충력 검정 소규모 비닐하우스 시험(24시간)

- 앞서 언급한 바이러스 매개 해충의 검역 방제를 위한 EF 단시간 노출과 달리 저농도로 장시간(overnight) 노출하는 방법으로 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>) 내 바이러스 매개 해충에 대한 검역 방제를 실험하였음. 비닐하우스 내 3종 박과 작물의 담배가루이를 EF 6 g/m<sup>3</sup>로 24시간 훈증 처리하였고 훈증 처리 시간에 따라 비닐하우스 내부 위치별 EF 농도를 모니터링 하였음. 그 결과 0.5, 1, 2, 4, 24시간에 비닐하우스 내부 EF 농도는 하부, 중부, 상부 순으로 낮았으나 대체로 균일하였고 그에 따라 산출된 CT값은 각각 20.1, 22.1, 23.4 g h/m<sup>3</sup>이었음(표 27).
- 3종 박과 작물의 바이러스 매개 해충으로 사용된 담배가루이 성충(방제가 낮은 그룹)의 정착 방지를 위해 검역 방제로 EF 농도 6 g/m<sup>3</sup>로 24시간 훈증 처리한 결과 산출된 평균 CT값은 21.9 g h/m<sup>3</sup>로 담배가루이(LCt<sub>99</sub> 값: 13.20 g h/m<sup>3</sup>)의 살충률은 100%임을 확인하였음(표 28).

**표 27.** 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>)에서 EF 6 g/m<sup>3</sup> 24시간 훈증 처리 후 위치별 EF 농도의 변화와 Ct 값(온도: 19.2-62.6℃, 습도: 65-99%)

훈증 시간 (h)	농도 (Mean ± SE, g/m <sup>3</sup> )		
	하부 (지면으로부터 0.5 m)	중부 (지면으로부터 1.5 m)	상부 (지면으로부터 3.0 m)
0.5	7.0 ± 0.3	7.5 ± 0.3	7.6 ± 0.2
1.0	4.0 ± 0.2	4.5 ± 0.1	4.6 ± 0.2
2.0	1.3 ± 0.1	1.4 ± 0.1	1.5 ± 0.1
4.0	0.7 ± 0.0	0.7 ± 0.0	0.8 ± 0.1
24.0	0.4 ± 0.0	0.5 ± 0.0	0.5 ± 0.0
CT값 (g h/m <sup>3</sup> )	20.1 ± 0.2	22.1 ± 0.1	23.4 ± 0.2

**표 28.** 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>)에서 EF 6 g/m<sup>3</sup> 24시간 훈증 처리 후 담배가루이와 목화진딧물에 대한 약효 평가(온도: 19.2-62.6℃, 습도: 65-99%, N=50, 5반복)

농도 (g/m <sup>3</sup> )	CT값 (g h/m <sup>3</sup> )	사충률 (Mean ± SE, %)
		담배가루이
0.0	0.0 ± 0.0	2.0 ± 0.9
6.0	21.9 ± 1.0	100.0 ± 0.0

1.1.4 진딧물류, 총채벌레류, 응애류, 노린재류의 검역 방제를 위한 훈증 살충력 검정 소규모 비닐하우스 시험(24시간)

- 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>) 내 생육 시기별 3종의 박과 작물(멜론, 애호박, 수박)의 목화진딧물, 꽃노랑총채벌레, 점박이응애, 썩덩나무노린재에 대한 검역 방제(방제가 높은 그룹)를 위해 EF 25 g/m<sup>3</sup>로 24시간 훈증 처리하였고 훈증 처리 시간에 따라 비닐하우스 내부 위치별 EF 농도를 모니터링 하였음. 그 결과 0.5, 1, 2, 4, 24시간에 비닐하우스 내부 EF 농도는 하부, 중부, 상부 순으로 낮았으나 대체로 균일하였고 그에 따라 산출된 CT 값은 각각 121.2, 125.3, 136.7 g h/m<sup>3</sup>이었음 (**표 29**).
- 3종 박과 작물의 바이러스 매개 해충으로 사용된 목화진딧물, 꽃노랑총채벌레, 점박이응애, 썩덩나무노린재 성충의 정착 방지를 위해 검역 방제로 EF 농도 25 g/m<sup>3</sup>로 24시간 훈증 처리한 결과 산출된 평균 CT 값은 127.7 g h/m<sup>3</sup>로 목화진딧물(LCt<sub>99</sub> 값: 44.18 g h/m<sup>3</sup>), 꽃노랑총채벌레(LCt<sub>99</sub> 값: 44.70 g h/m<sup>3</sup>), 점박이응애(LCt<sub>99</sub> 값: 42.20 g h/m<sup>3</sup>), 썩덩나무노린재(LCt<sub>99</sub> 값: 64.73 g h/m<sup>3</sup>)의 살충률은 모두 100%임을 확인하였음(**표 30**).

**표 29.** 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>)에서 EF 25 g/m<sup>3</sup> 24시간 훈증 처리 후 위치별 EF 농도의 변화와 Ct 값(온도: 26.9-67.3℃, 습도: 65-99%)

훈증 시간 (h)	농도 (Mean ± SE, g/m <sup>3</sup> )		
	하부 (지면으로부터 0.5 m)	중부 (지면으로부터 1.5 m)	상부 (지면으로부터 3.0 m)
0.5	15.9 ± 0.3	15.9 ± 0.1	15.8 ± 0.3
1.0	10.1 ± 0.1	10.5 ± 0.2	11.6 ± 0.2
2.0	8.6 ± 0.1	8.9 ± 0.2	9.2 ± 0.2
4.0	6.0 ± 0.0	6.4 ± 0.1	6.9 ± 0.2
24.0	3.0 ± 0.3	3.0 ± 0.2	3.4 ± 0.2
CT값 (g h/m <sup>3</sup> )	121.2 ± 0.3	125.3 ± 0.2	136.7 ± 0.3



**표 30.** 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>)에서 EF 25 g/m<sup>3</sup> 24시간 훈증 처리 후 담배가루이와 목화진딧물에 대한 약효 평가(온도: 26.9-67.3℃, 습도: 65-99%, N=50, 5반복)

농도 (g/m <sup>3</sup> )	CT값 (g h/m <sup>3</sup> )	사충률 (Mean ± SE, %)			
		목화진딧물	꽃노랑총채벌레	점박이응애	썩덩나무노린재
0.0	0.0 ± 0.0	0.8 ± 0.5	0.0 ± 0.0	0.4 ± 0.4	0.8 ± 0.5
25.0	127.7 ± 4.6	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0

**1.2. 검역해충(응애류, 외 4종의 바이러스 매개 해충)의 훈증 조건에서의 작물(멜론, 애호박, 수박) 약해 소규모 비닐하우스 시험(4, 24시간 훈증)**

- 소규모 비닐하우스에서 생육 시기별(유묘기, 개화기, 결실기) 3종의 박과 작물 멜론, 애호박, 수박에 대한 약해 평가는 검역 해충의 훈증 조건(LCt<sub>99</sub> 값, 훈증 시간)에 따라 실험을 하였으며, 생육 시기별 재배되어있는 소규모 비닐하우스에 토양으로부터 상공 2 m 지점에서 액상 EF를 노즐로 분사하여 4, 24시간 동안 훈증 처리하였음. 3종의 작물에 대한 약해 조사는 훈증 처리 7일 후 생육 시기별 작물의 약해 유무를 육안으로 달관 조사하여 약해 지수(0: 약해 없음, 1: 아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨, 2: 처리된 잎의 적은 부분에 약해가 인정됨, 3: 처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨, 4: 상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아 있음, 5: 심한 약해를 받고 고사 상태임)로 표기하였으며, 신초의 엽록소 함량과 색도를 처리 전 상태와 비교하여 평가하였음.
- 총채벌레를 대상으로한 EF의 약효는 저농도 장기간 처리보다 고농도 짧은시간 (2-4시간)처리가 효과적임을 최근 연구를 통해 확인하였음. 검역 환경에서 사용하는 EF 훈증방식은 온습도가 일정하게 유지되어 처리하나 하우스의 경우 장기간 처리시 온습도 환경 변화로 인한 약해 발생도 확인된 바 있어 짧은시간 훈증이 필요할 것으로 사료됨.

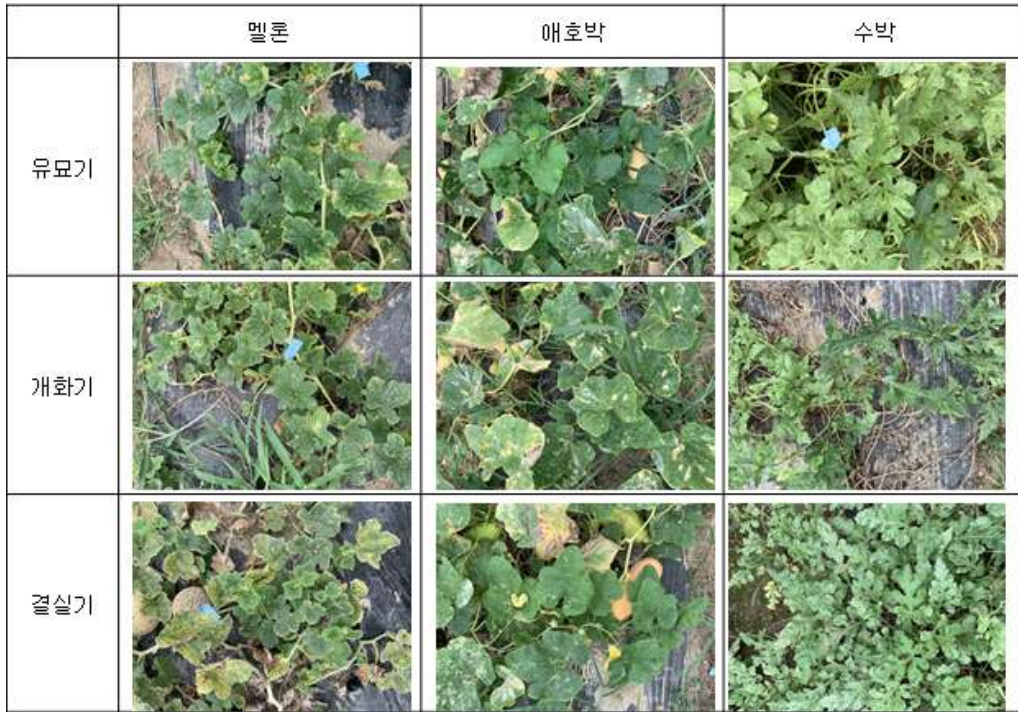
**1.2.1 가루이류, 진딧물류의 검역 방제 조건에서의 3종 박과 작물 약해 소규모 비닐하우스 시험(4시간)**

- 생육 시기 별 3종의 박과 작물(멜론, 애호박, 수박)에 대한 EF 4 g/m<sup>3</sup>로 4시간 훈증 처리 한 결과 산출된 CT 값은 평균 9.1 g h/m<sup>3</sup>로 훈증 처리 7일 후 멜론과 애호박은 작물의 육안 달관 조사 시 모든 생육 시기에서 약해가 발생 되지 않았고 엽록소 함량과 색도의 변화도 없었으나 수박의 경우 모든 생육 시기에서 약해 지수 1 정도의 미비한 약해 증상이 발견되었음(표 31과 그림 37).

**표 31.** 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>)에서 EF 4 g/m<sup>3</sup> 4시간 훈증 처리 후 생육 시기별 3종의 박과 작물(멜론, 애호박, 수박)에 대한 약해 평가(온도: 27.3-33.7℃, 습도: 70-99%, N=5, 3반복)

작물	생육 단계	약해 지수 <sup>a</sup>		엽록소 함량		색도 <sup>b</sup>	
		처리 전	처리 후	처리 전	처리 후	처리 전	처리 후
멜론	유묘기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	44.0±2.3	42.6±0.6	63.6±2.1	58.1±3.0
	개화기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	41.5±0.6	43.0±0.9	61.0±2.3	57.5±1.0
	결실기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	44.1±0.8	45.6±0.7	55.3±2.4	55.3±0.7
애호박	유묘기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	41.6±0.4	43.3±1.3	57.9±1.7	62.9±2.4
	개화기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	42.7±1.1	43.5±0.7	63.6±1.4	61.8±1.6
	결실기	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	44.1±1.0	45.4±0.4	58.2±1.8	59.9±1.2
수박	유묘기	0.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	42.8±1.0	43.8±1.1	59.6±2.4	60.5±3.5
	개화기	0.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	43.8±1.4	44.1±1.8	60.7±4.9	58.9±1.8
	결실기	0.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	44.5±0.5	44.5±0.4	57.4±1.0	62.3±1.2

<sup>a</sup>: 0: 약해 없음, 1: 아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨, 2: 처리된 잎의 적은 부분에 약해가 인정됨, 3: 처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨, 4: 상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아 있음, 5: 심한 약해를 받고 고사 상태



**그림 37.** 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>)에서 EF 4 g/m<sup>3</sup> 4시간 훈증 처리 7일 후 생육 시기 별 3종 박과 작물(멜론, 애호박, 수박)에 대한 약해

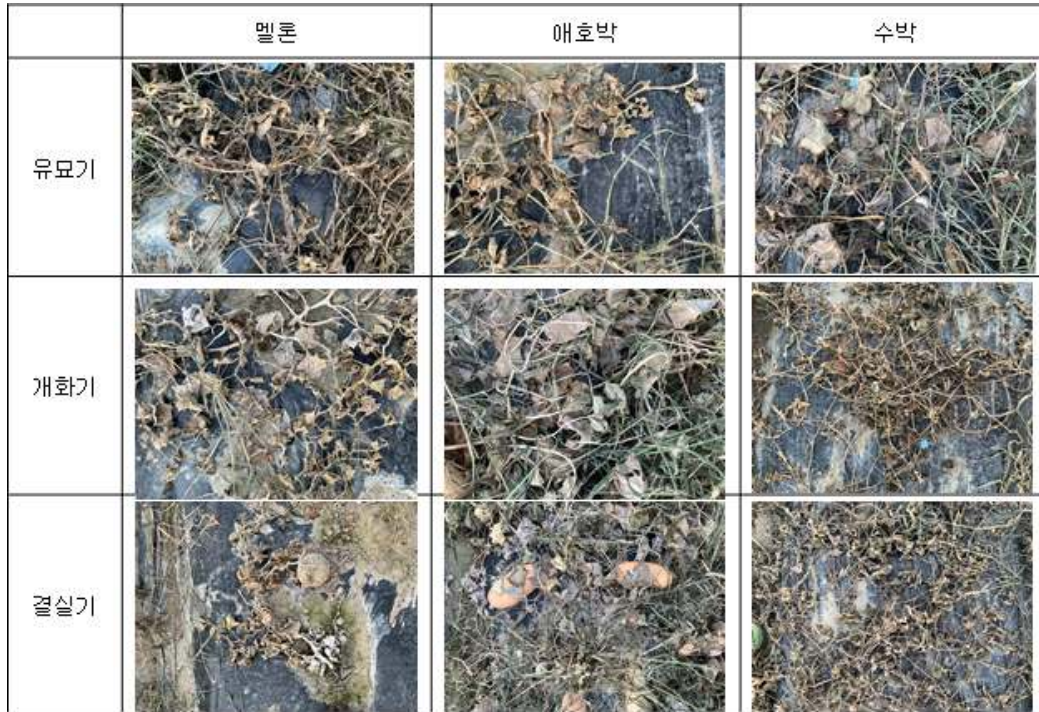
1.2.2 총채벌레류, 응애류, 노린재류의 검역 방제 조건에서의 3종 박과 작물 약해 소규모 비닐하우스 시험(4시간)

- 생육 시기 별 3종의 박과 작물(멜론, 애호박, 수박)에 대한 EF 15 g/m<sup>3</sup>로 4시간 훈증 처리 한 결과 산출된 CT 값은 평균 32.2 g h/m<sup>3</sup>로 훈증 처리 7일 후 모든 작물은 생육 시기별 약해 지수 4-5 정도의 잎이 모두 타버리는 심각한 약해 증상이 발견되었음(표 32과 그림 38).

**표 32.** 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>)에서 EF 15 g/m<sup>3</sup> 4시간 훈증 처리 후 생육 시기별 3종의 박과 작물(멜론, 애호박, 수박)에 대한 약해 평가(온도: 25.2-28.9℃, 습도: 70-99%, N=5, 3반복)

작물	생육 단계	약해 지수 <sup>a</sup>		엽록소 함량		색도 <sup>b</sup>	
		처리 전	처리 후	처리 전	처리 후	처리 전	처리 후
멜론	유묘기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	44.5±1.2	-	60.6±2.4	-
	개화기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	42.6±1.1	-	61.2±2.3	-
	결실기	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	44.7±0.7	-	61.9±2.2	-
애호박	유묘기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	45.1±0.9	-	60.6±2.9	-
	개화기	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	46.6±0.8	-	61.6±2.4	-
	결실기	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	45.4±1.0	-	63.3±2.4	-
수박	유묘기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	41.5±1.3	-	58.8±1.5	-
	개화기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	42.9±1.1	-	59.1±0.8	-
	결실기	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	44.8±0.8	-	58.9±1.9	-

<sup>a</sup>: 0: 약해 없음, 1 : 아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨, 2 : 처리된 잎의 적은 부분에 약해가 인정됨, 3 : 처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨, 4 : 상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아 있음, 5 : 심한 약해를 받고 고사 상태 임



**그림 38.** 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>)에서 EF 6 g/m<sup>3</sup> 24시간 훈증 처리 7일 후 생육 시기 별 3종 박과 작물(멜론, 애호박, 수박)에 대한 약해

1.2.3 가루이류의 검역 방제 조건에서의 3종 박과 작물 약해 소규모 비닐하우스 시험(24시간)  
 - 생육 시기 별 3종의 박과 작물(멜론, 애호박, 수박)에 대한 EF 6 g/m<sup>3</sup>로 24시간 훈증 처리 한 결과 산출된 CT 값은 평균 21.9 g h/m<sup>3</sup>로 훈증 처리 7일 후 모든 작물은 생육 시기별 약해 지수 4-5 정도의 약해 증상이 발견되었으나, 처리 1달 후 결실기(파종 후 3개월) 멜론에서 일부 신초가 새로 자라는 것을 확인하였음(표 33과 그림 39).

**표 33.** 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>)에서 EF 6 g/m<sup>3</sup> 24시간 훈증 처리 후 생육 시기별 3종의 박과 작물(멜론, 애호박, 수박)에 대한 약해 평가(온도: 19.2-62.6℃, 습도: 65-99%, N=5, 3반복)

작물	생육 단계	약해 지수 <sup>a</sup>		엽록소 함량		색도 <sup>b</sup>	
		처리 전	처리 후	처리 전	처리 후	처리 전	처리 후
멜론	유묘기	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	35.2±0.4	-	51.5±0.2	-
	개화기	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	37.5±1.5	-	50.7±1.9	-
	결실기	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	36.9±2.1	-	45.3±0.6	-
애호박	유묘기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	32.6±0.7	-	43.9±2.0	-
	개화기	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	35.6±0.8	-	51.7±0.8	-
	결실기	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	36.7±0.9	-	46.8±1.3	-
수박	유묘기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	37.1±0.9	-	48.0±0.6	-
	개화기	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	34.2±0.4	-	48.3±2.7	-
	결실기	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	35.7±0.7	-	49.5±1.6	-

<sup>a</sup>: 0: 약해 없음, 1 : 아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨, 2 : 처리된 잎의 적은 부분에 약해가 인정됨, 3 : 처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨, 4 : 상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아 있음, 5 : 심한 약해를 받고 고사 상태 임

<sup>b</sup>: [Color L\*2 + Color a\*2 + Color b\*2]1/2



그림 39. 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>)에서 EF 6 g/m<sup>3</sup> 24시간 훈증 처리 7일 후 생육 시기 별 3종 박과 작물(멜론, 애호박, 수박)에 대한 약해

#### 1.2.4 진딧물류, 총채벌레류, 응애류, 노린재류의 검역 방제 조건에서의 3종 박과 작물 약해 소규모 비닐하우스 시험(24시간)

- 생육 시기 별 3종의 박과 작물(멜론, 애호박, 수박)에 대한 EF 25 g/m<sup>3</sup>로 24시간 훈증 처리 한 결과 산출된 CT 값은 평균 21.9 g h/m<sup>3</sup>로 훈증 처리 7일 후 모든 작물은 생육 시기별 약해 지수 5로 잎과 줄기가 모두 타는 심각한 약해 증상이 발견되었음(표 34과 그림 40).

표 34. 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>)에서 EF 25 g/m<sup>3</sup> 24시간 훈증 처리 후 생육 시기별 3종의 박과 작물(멜론, 애호박, 수박)에 대한 약해 평가(온도: 26.9-67.3℃, 습도: 65-99%, N=5, 3반복)

작물	생육 단계	약해 지수 <sup>a</sup>		엽록소 함량		색도 <sup>b</sup>	
		처리 전	처리 후	처리 전	처리 후	처리 전	처리 후
멜론	유묘기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	39.7±0.7	-	61.5±0.2	-
	개화기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	40.7±1.1	-	60.8±1.9	-
	결실기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	39.7±1.0	-	55.3±0.6	-
애호박	유묘기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	41.7±0.6	-	57.2±1.6	-
	개화기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	42.7±1.1	-	63.6±1.4	-
	결실기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	44.1±1.0	-	56.8±1.3	-
수박	유묘기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	39.4±0.4	-	53.6±1.4	-
	개화기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	35.9±0.9	-	58.5±2.5	-
	결실기	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	36.5±0.9	-	59.5±1.6	-

<sup>a</sup>: 0: 약해 없음, 1 : 아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨, 2 : 처리된 잎의 적은 부분에 약해가 인정됨, 3 : 처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨, 4 : 상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아 있음, 5 : 심한 약해를 받고 고사 상태 임

<sup>b</sup>:  $[\text{Color L} \times 2 + \text{Color a} \times 2 + \text{Color b} \times 2]^{1/2}$

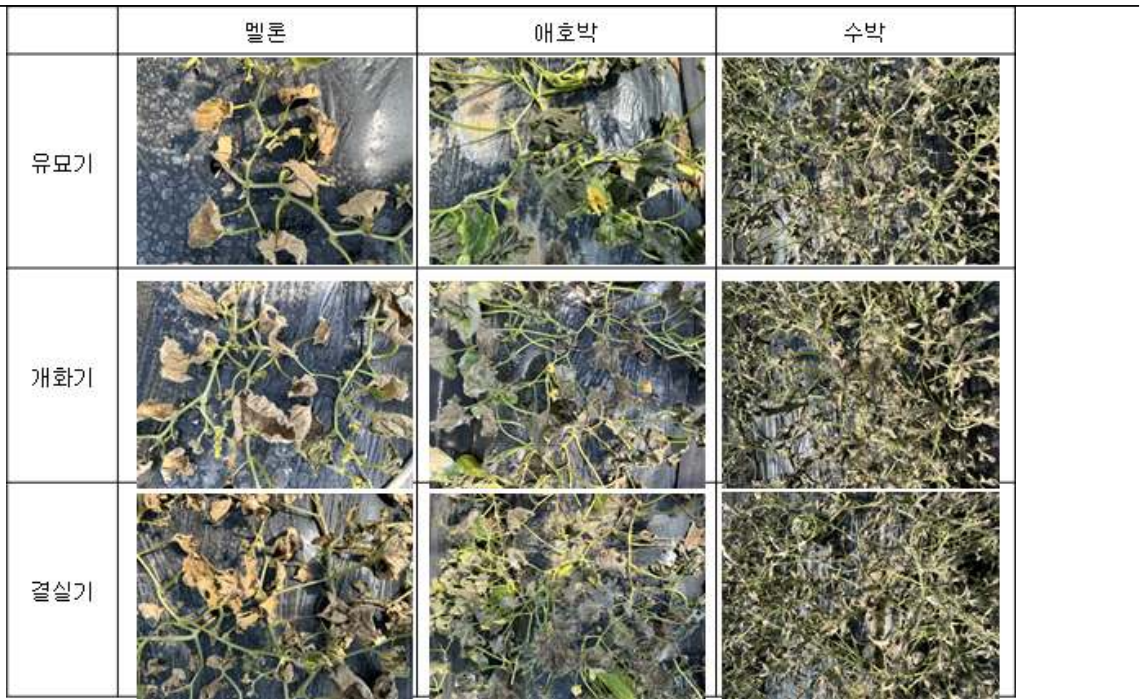


그림 40. 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>)에서 EF 25 g/m<sup>3</sup> 24시간 훈증 처리 7일 후 생육 시기 별 3종 박과 작물(멜론, 애호박, 수박)에 대한 약해

### 1.3. 하우스 내 EF 처리를 위한 훈증 장치 개발 및 평가

#### 1.3.1 미스트 분사형 훈증 장치를 이용한 비닐하우스 내 EF 훈증 처리시 시간에 따른 비닐 하우스 주변 EF 가스 농도 측정

- 미스트형 훈증 장치를 이용한 비닐하우스 내 액상 EF 분사하여 훈증 처리시 처리하는 동안 작업자와 보행자의 안전을 위해 거리별(0.5, 1.0, 2.0 m) 비닐하우스 주변 EF 가스 유실량을 측정하였고 340 m<sup>3</sup> 비닐하우스에 EF 4 g/m<sup>3</sup> 처리하기 위해 액상 EF의 처리량은 총 1.4 L로 분당 70 ml 처리되었음. 액상 EF가 분사되는 동안 비닐하우스 0.5, 1.0, 2.0 m 주변의 EF 가스 농도는 0.1 ppm으로 EF TLV(100 ppm) 보다 낮았으며, 분사가 끝나고 0, 10, 20, 30분에 비닐하우스 주변의 EF 가스 농도를 측정한 결과 0.1-1.0 ppm으로 EF TLV 농도보다 낮음을 확인하였음(표 35).

표 35. 미스트형 훈증 장치를 이용한 액상 EF 분사 처리 시간에 따른 비닐하우스 주변 EF 가스 농도 측정 (16 g/m<sup>3</sup>, 4시간, 온도: 26.9-67.3℃, 습도: 70-85%)

거리 (m)	분사 처리 중 주변 EF 농도 (ppm)			분사 처리 완료 후 주변 EF 농도 (ppm)			
	0 분	10분	20 분	0분	10분	20분	30분
0.5	-	-	0.1	0.5	0.5	0.8	0.3
1.0	-	-	0.1	0.5	0.5	1.0	0.5
2.0	-	-	-	0.1	0.1	0.1	0.1

\* EF TLV: 100 ppm 미만(수출입식품검역 소독처리규정 식물검역 소독처리기준)

#### 1.3.2 노즐 크기에 따른 EF 훈증 시스템 평가

- 비닐하우스 내 노즐 크기 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 mm로 EF 4 g/m<sup>3</sup>로 4시간 훈증 처리하였고 훈증 처리 시간에 따라 비닐하우스 내부 위치별 EF 농도를 모니터링 하였음. 그 결과 0.5, 1, 2, 4시간에 비닐하우스 내부 EF 농도는 하부, 중부, 상부 순으로 낮았으나 대체로 균일하였고 그에 따라

노즐 크기별 산출된 평균 CT 값은 각각 10.0, 10.9, 8.7, 8.4 g h/m<sup>3</sup>이었으며, 0.5, 0.7 mm의 노즐 처리구의 CT 값은 목화진딧물의 LCt<sub>99</sub> 값(8.96 g h/m<sup>3</sup>)보다 낮게 산출되었음. 또한 노즐의 직경이 클수록 EF CT 값이 높았는데 이는 액상 EF가 대기 중 기화되는 양보다 액상 상태로 땅에 흡착되는 양이 높기 때문임(표 36).

- 기존 훈증 기화기의 경우 한 대가 처리할 수 있는 약량이 한정적이었고 기화시켜 처리하는 속도가 20-30 g/Min.으로 느렸으며, 넓은 용적에 훈증 시 여러 대가 필요했으나, 개선된 훈증기화기의 경우 한 대만으로도 처리할 수 있는 약량에 제한이 없고 기화시켜 처리하는 속도가 80-100 g/Min.으로 개선되었음. 이에 따라 개선된 훈증 기화기는 사용함에 있어서 더욱 편리하고 기능적으로 보다 우수한 것으로 사료됨(그림 41)..



국문 명칭 (영문 명칭)	훈증 기화기 (Fumigation apparatus)	그린하우스 내 자연기화 방식을 이용한 에틸포메이트 훈증 기화장치 (Ethyl formate fumigation apparatus using without vaporizer in greenhouse)
기화 방식	자연 기화	자연 기화
분 당 처리 가능 약량 (g/Min.)	20-30 g/Min.	80-100 g/Min.
		

그림 41. 기존 훈증 기화기 및 그린하우스 내 자연기화방식을 이용한 에틸포메이트 훈증 기화장치의 기술적 비교

표 36. 미스트형 훈증 장치를 이용한 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>) 내 액상 EF 분사 처리 후 EF CT 값 산출 및 균일성 평가 (4 g/m<sup>3</sup>, 4시간)

노즐 크기 (mm)	온도 (°C)	처리 소요 시간 (min)	EF CT값 (Mean±SE, g h/m <sup>3</sup> )		
			상부 (3.0 m)	중부 (1.5 m)	하부 (0.5 m)
0.1	25-27	21	10.1±0.3	9.9±0.5	10.0±0.3
0.3	22-25	17	11.0±0.3	10.8±0.4	10.8±0.3
0.5	24-26	14	9.0±0.5	8.8±0.4	8.2±0.3
0.7	24-26	11	8.6±0.2	8.7±0.3	7.8±0.2

### 1.3.2 분사 위치에 따른 EF 훈증 시스템 평가

- 직경 0.1과 0.3 mm 노즐로 지면에서 액상 EF 4 g/m<sup>3</sup>로 미스트형 분사하여 훈증 처리한 결과 4시간 동안의 비닐하우스 내 EF CT 값은 각각 10.2, 11.0 g h/m<sup>3</sup>로 비슷하였으며, 상부 2.5 m 높이에서 직경 0.3 mm 노즐로 액상 EF 4 g/m<sup>3</sup>로 미스트형 분사하여 훈증 처리한 결과 평균 CT 값은 10.5 g h/m<sup>3</sup>로 지면에서 처리한 것과 비슷하였으나 훈증 처리 7일 후 수박의 약해 평가의 경우 토양 표면에서 처리한것 보다 상부에서 처리했을 때 약해 정도가 낮음을 확인하였는데 이는

액상 EF가 수박 작물 수체에 직접 묻지 않았기 때문이라 판단하였음(표 37).

표 37. 미스트형 훈증 장치를 이용한 비닐하우스(340 m<sup>3</sup>) 내 액상 EF 분사 후 농도 균일성 및 안전성 평가 (4 g/m<sup>3</sup>, 4시간)

노즐 크기 (mm)	분무 위치	온도 (°C)	처리 소요 시간 (min)	EF CT (Mean±SE, g h/m <sup>3</sup> )			수박 약해 지수
				상부 (3.0 m)	중부 (1.5 m)	하부 (0.5 m)	
0.1	토양 표면	23-26	38	11.6±1.3	10.8±1.4	8.3±1.6	2-3
0.3	토양 표면	22-24	35	11.7±1.4	12.5±1.2	8.8±0.7	4
0.3	상부 2.5m	22-24	35	10.8±1.2	12.6±1.2	8.2±1.5	1

#### 1.4. (추가연구) 에틸포메이트 훈증에 의한 약해 저감법 개발 ①

##### 1.4.1 탄산수소나트륨(sodium bicarbonate)을 이용한 약해 저감법

- EF는 가수분해 과정에서 에탄올(ethanol)과 포름산(formic acid)로 분해된다고 알려져 있음.
- EF 훈증 처리 시 발생하는 약해 피해는 포름산에 의한 산 스트레스에 의한 것이라고 사료됨.
- 이러한 약해 작용점을 고려하여 포름산을 중화할 수 있는 전처리법을 고안하였음.
- 선별한 화학물질은 탄산수소나트륨(sodium bicarbonate, NaHCO<sub>3</sub>)로 EF 2시간 훈증 시 약해가 발생하는 농도인 7.5 g/m<sup>3</sup>와 10 g/m<sup>3</sup>에 대하여 약해가 저감되는지 확인하였음.
- 훈증 전 탄산수소나트륨 0.5%와 1% 수용액을 작물 앞에 경엽 처리하였으며, 수분이 남지 않도록 풍건 후 EF 훈증 처리하였음.
- 수박 잎의 경우, 탄산수소나트륨 1% 용액 경엽 처리 후 7.5 g/m<sup>3</sup> 훈증 처리군에서 약해가 명확한 약해 저감효과를 확인할 수 있었음(그림 42).

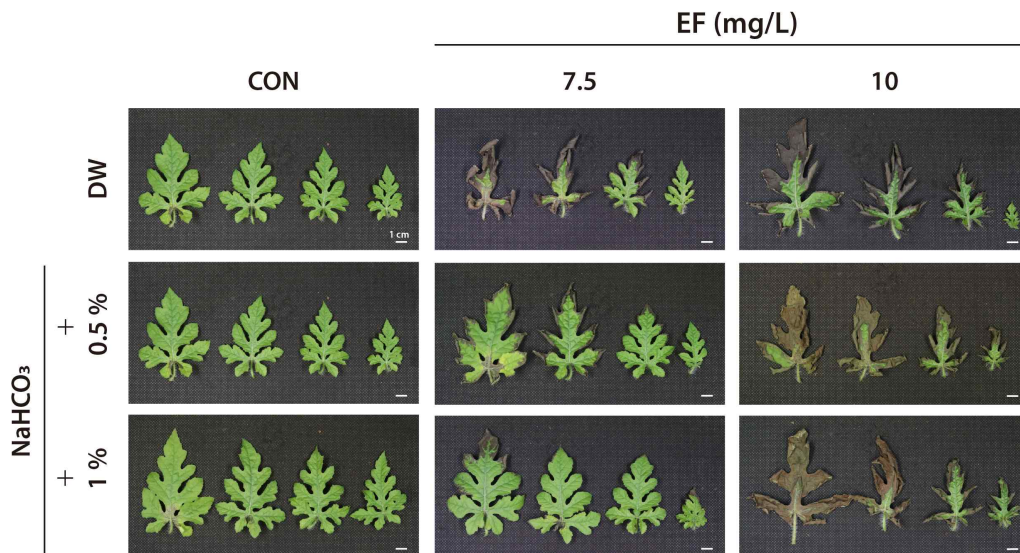


그림 42. 수박에 탄산수소나트륨을 전처리한 후 EF 훈증 시 약해 저감 효과 확인

- 수박 약해 저감 실험에 효과 있었던 탄산수소나트륨 1% 용액을 애호박에 경엽 처리 후 훈증 처리 하였으며, 약해 저감효과를 확인할 수 있었음(그림 43).

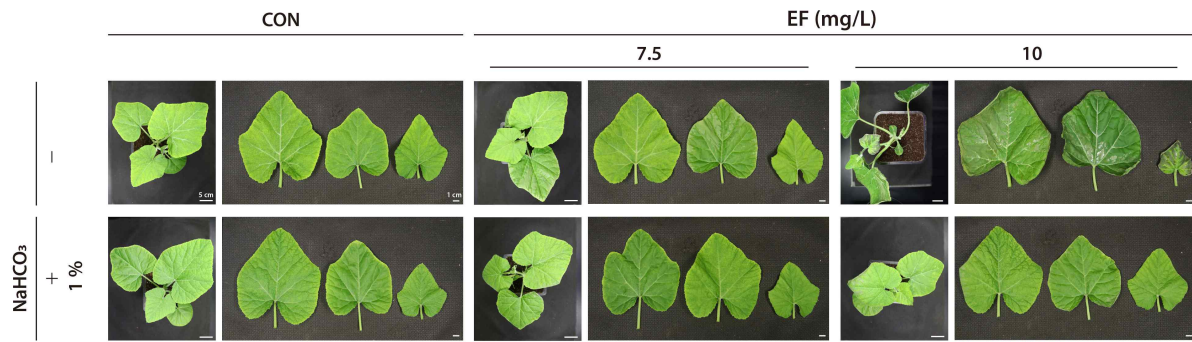


그림 43. 애호박에 탄산수소나트륨을 전처리한 후 EF 훈증 시 약해 저감 효과 확인

- 멜론에 탄산수소나트륨 1% 용액을 애호박에 경엽 처리 후 EF 훈증 처리하였으며,  $7.5 \text{ g/m}^3$  훈증 처리구에서 명확한 약해 저감 효과를 확인할 수 있었음(그림 44).

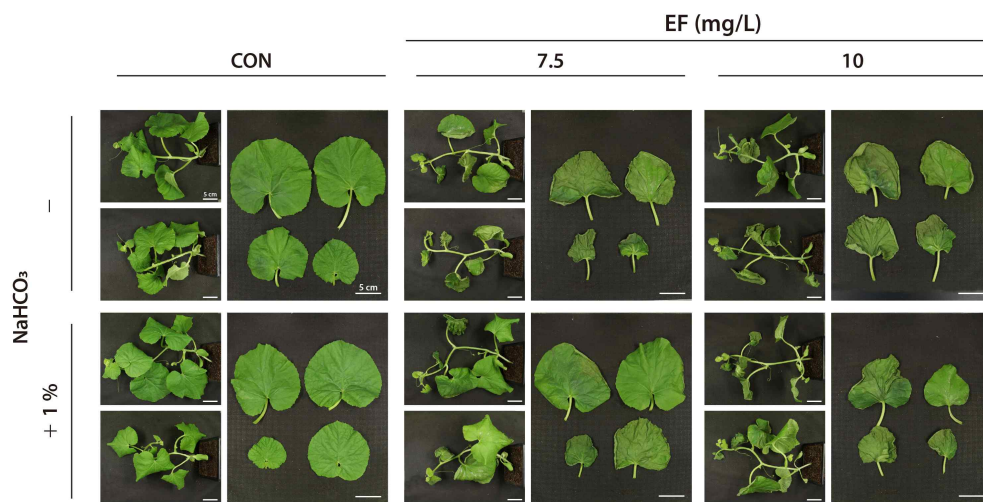


그림 44. 멜론에 탄산수소나트륨을 전처리한 후 EF 훈증 시 약해 저감 효과 확인

- 현미경을 이용해 탄산수소나트륨 전처리와 EF 2시간 훈증 처리 후 입자가 사라지는 것을 관찰할 수 있었음(그림 45).

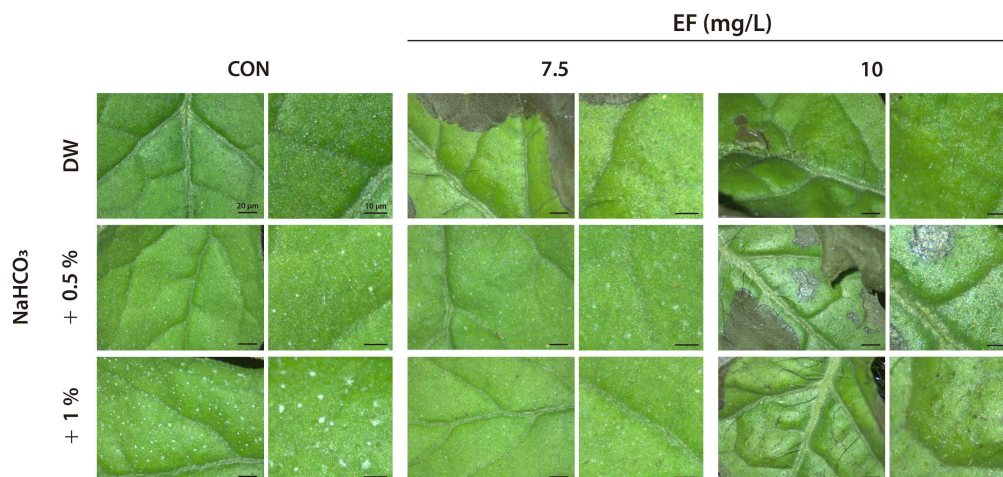


그림 45. 수박에 탄산수소나트륨을 전처리 및 EF 훈증 후 잎 표면 사진



---

#### 1.4.2 약해 저감법 특허 출원 및 기술이전

- 탄산수소나트륨을 이용한 약해저감법에 대해 2022.12.23. ‘에틸포메이트에 의한 농업용 재배 작물 약해 저감방법 및 농업용 재배 작물 보호제’으로 특허 출원(출원번호: 10-2022-0182608)하였음.
- 특허 출원 후, 해당 특허에 대해 바이루트(주)에 기술료 500만원으로 기술이전 하였음.
- 탄산수소나트륨을 이용한 약해 저감법을 기반으로 하여 바이루트(주)를 통해 시제품화 하였으며, 제품명은 예쁘다움(EF down) 임(그림 46).



그림 46. 탄산수소나트륨을 이용한 EF 약해 저감을 위한 시제품 ‘예쁘다움’

---

2단계 1년차 (2023년)

1. 바이러스 매개 해충 방제를 위한 훈증기술개발

1.1. 기존 살충제 저항성 진딧물류에 대한 훈증 살충력 검정(Lab 조건)

- 복숭아혹진딧물에 대한 감수성과 저항성 계통(*Myzus persicae*)은 imidacloprid에 대한 저항성이 감수성 대비 4.08배 저항성을 가진 개체를 사용하였음.
- EF 2시간 훈증 비교 평가 결과, 감수성 계통의 LCt<sub>25</sub>, LCt<sub>50</sub>, LCt<sub>90</sub> 값은 각각 2.95, 3.34, 4.26 g h/m<sup>3</sup>였고 저항성 계통은 3.01, 3.60, 5.13 g h/m<sup>3</sup>로 확인되어 네오니코티노이드계 살충제 저항성 계통의 복숭아혹진딧물은 감수성 계통과 비교하여 EF에 대한 유사한 수준의 약효를 보이는 것을 확인할 수 있었음(표 38).

표 38. 복숭아혹진딧물 감수성 계통과 저항성 계통에 대한 EF 2시간 훈증 약효 비교 평가(20±1℃)

계통	Imidacloprid 저항성	LCt <sub>25</sub> (g h/m <sup>3</sup> , 95% CI)	LCt <sub>50</sub> (g h/m <sup>3</sup> , 95% CI)	LCt <sub>90</sub> (g h/m <sup>3</sup> , 95% CI)	Slope ± SE	df	χ <sup>2</sup>
감수성	1	2.95 (2.12-3.28)	3.34 (2.75-3.60)	4.26 (3.96-5.05)	-10.85 ± 3.22	22	35.52
저항성	4.08	3.01 (2.68-3.25)	3.60 (3.35-3.82)	5.13 (4.73-5.82)	-7.93 ± 1.20	13	16.34

1.2. 개발된 최적 훈증 장치를 이용한 기존 살충제 저항성 및 감수성 진딧물류, 총채벌레류에 대한 훈증 살충력 및 작물(수박, 애호박, 멜론) 약해 검정 현장 실증 시험

1.2.1 수박 농가 농업 해충 대상 EF 약효 및 약해 검정 현장 실증 실험



그림 47. 수박 농가 비닐하우스 전경 및 작물 사진

- 함안 수박 농가를 섭외하여 현장 실증 시험을 수행하였음(그림 47). 비닐하우스(1,750 m<sup>3</sup>, 길이 100 m x 높이 2.5 m x 폭 7.0 m) 내 수박에 대한 농업 해충 복숭아혹진딧물 감수성 계통과 저항성 계통, 오이총채벌레 성충에 대한 훈증 방제를 위해 EF 6 g/m<sup>3</sup>로 2시간 훈증 처리하였음. (참고 사항-2차년도 현장 실험에서는 훈증 처리 시간에 따라 비닐하우스 내부 위치별 EF 농도를 가스 샘플링하여 모니터링 하였지만 3차년도 수박 농가에서는 폭우로 인해 시행하지 못하였음.) 간이 측정기 (Minirae 3000)를 이용하여 측정한 결과 0.5, 1.0, 2.0시간에 비닐하우스 내부 EF 농도는 spot 별로 비교적 균일하게 나타났고 그에 따라 산출된 CT 값은 6.7, 5.9, 6.2, 6.1 g h/m<sup>3</sup>이었음(표 39).

**표 39.** 수박 농가 비닐하우스(1,750 m<sup>3</sup>)에서 EF 6 g/m<sup>3</sup> 2시간 훈증 처리 후 간이측정기를 통한 위치별 EF 농도의 변화와 CT값(온도: 21.5±3℃, 습도: 70-95%)

훈증 시간 (h)	농도 (Mean ± SE, g/m <sup>3</sup> )			
	spot 1 (입구로부터 20 m)	spot 2 (입구로부터 40 m)	spot 3 (입구로부터 60 m)	spot 4 (입구로부터 80 m)
0.5	4.8±0.1	4.4±0.1	5.0±0.2	4.5±0.1
1.0	3.5±0.1	2.9±0.1	3.0±0.1	3.1±0.2
2.0	1.9±0.1	1.8±0.2	1.9±0.1	1.8±0.2
CT값 (g h/m <sup>3</sup> )	6.7	5.9	6.2	6.1
전체 평균 CT(g h/m <sup>3</sup> )	6.2 ± 0.3			

- 박과 작물 3종 중 수박의 농업 일반 해충으로 사용된 복숭아혹진딧물 감수성 계통과 저항성 계통, 오이총채벌레 감수성 성충의 훈증 살충력 평가를 위해 EF 농도 6 g/m<sup>3</sup>로 2시간 훈증 처리한 결과 산출된 평균 CT값은 6.2± 0.1 g h/m<sup>3</sup>로 복숭아혹진딧물 감수성 계통(LCt<sub>90</sub> 값: 4.26 g h/m<sup>3</sup>)와 저항성 계통(LCt<sub>90</sub> 값: 5.13 g h/m<sup>3</sup>)의 사충률은 각각 96.6 %, 98.5 %로 나타났고, 오이총채벌레 감수성 계통(LCt<sub>50</sub> 값: 6.23 g h/m<sup>3</sup>)의 사충률은 84.8 %임을 확인하였음(표 40).

**표 40.** 수박 농가 비닐하우스(1,750 m<sup>3</sup>)에서 EF 6 g/m<sup>3</sup> 2시간 훈증 처리 후 복숭아혹진딧물 감수성 및 저항성 계통과 오이총채벌레 감수성 계통에 대한 약효 평가(온도: 21.5±3℃, 습도: 70-95%, N=100, 5반복)

농도 (g/m <sup>3</sup> )	CT값 (g h/m <sup>3</sup> )	사충률 (Mean ± SE, %)		
		복숭아혹진딧물		오이총채벌레
		감수성	저항성	감수성
0.0	0.0 ± 0.0	21.5 ± 1.9	31.5 ± 8.8	- (CON 시행치 않음)
6.0	6.2 ± 0.1	96.6 ± 3.5	98.5 ± 1.4	84.8 ± 12.0

- 박과 작물 3종 중 수박에 대한 약해 평가는 농업 일반 해충 살충 검정 평가(LCt<sub>90</sub> 값)에 따라 실험을 하였으며, 각 작물이 재배되어있는 비닐하우스에서 EF 6 g/m<sup>3</sup>로 2시간 훈증 처리하였음. 수박에 대한 약해 조사는 훈증 처리 7일 후 비닐하우스의 spot 별 작물의 약해 유무를 육안으로 달관 조사하여 약해 지수로 표기하였으며, 작물 잎의 엽록소 함량과 색도를 훈증 처리 전 상태와 비교하여 평가하였음.
- 박과 작물 3종 중 수박에 대해서 EF 6 g/m<sup>3</sup>로 2시간 훈증 처리 한 결과 산출된 CT값은 평균 6.2± 0.1 g h/m<sup>3</sup>로 훈증 처리 7일 후 육안 달관 조사 시 전반적으로 약해 지수 3-4 정도의 상당한 약해가 발생하였고(그림 48), 훈증 처리 전과 비교했을 때 모든 spot에서 엽록소 함량과 색도의 유의미한 차이가 있었음(표 41).

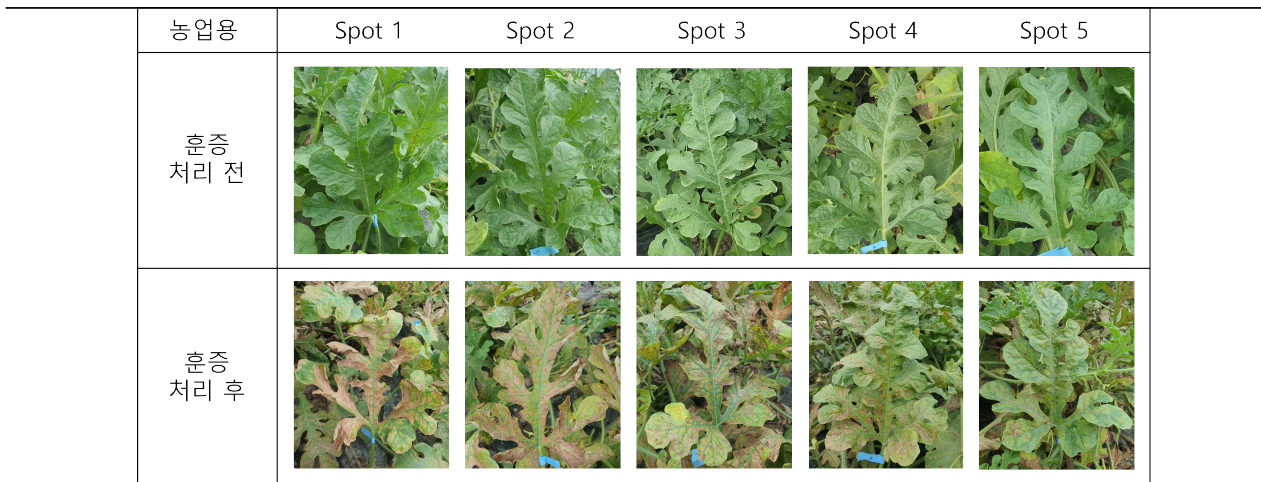


그림 48. 비닐하우스(1,750 m<sup>3</sup>)에서 EF 6 g/m<sup>3</sup> 2시간 훈증 처리 전 사진과 훈증 처리 7일 후 spot 별 박과 작물 3종 중 수박에 대한 약해 사진

표 41. 수박 농가 비닐하우스(1,750 m<sup>3</sup>)에서 EF 6 g/m<sup>3</sup> 2시간 훈증 처리 후 비닐하우스 spot 별 수박에 대한 약해 평가(온도:21.5±3℃, 습도: 70-95%, N=5, 3반복)

작물	spot	약해 지수 <sup>a</sup>		엽록소 함량		색도 <sup>b</sup>	
		처리 전	처리 후	처리 전	처리 후	처리 전	처리 후
수박	1	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0*	51.4 ± 1.9	24.9 ± 9.4*	52.6 ± 2.1	59.7 ± 4.4*
	2	0.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0*	51.7 ± 2.1	25.1 ± 3.3*	49.3 ± 0.6	56.7 ± 3.5*
	3	0.0 ± 0.0	3.5 ± 0.5*	53.1 ± 7.3	35.5 ± 9.9*	42.8 ± 1.5	54.9 ± 5.1*
	4	0.0 ± 0.0	3.0 ± 0.0*	54.1 ± 6.0	29.4 ± 10.3*	47.7 ± 4.6	55.4 ± 2.4*
	5	0.0 ± 0.0	2.0 ± 0.0*	55.0 ± 5.9	38.9 ± 10.9*	48.9 ± 1.6	53.3 ± 3.6

<sup>a</sup>: 0: 약해 없음, 1: 아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨, 2: 처리된 잎의 적은 부분에 약해가 인정됨, 3: 처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨, 4: 상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아 있음, 5: 심한 약해를 받고 고사 상태 임 <sup>b</sup>: [Color L<sup>2</sup> + Color a<sup>2</sup> + Color b<sup>2</sup>]<sup>1/2</sup> \*: p < 0.05

### 1.2.2 애호박 농가 농업 해충 대상 EF 약효 및 약해 검정 현장 실증 실험



그림 49. 애호박 농가 비닐하우스 전경 및 작물 사진

- 진주 애호박 농가를 섭외하여 현장 실증 시험을 수행하였음(그림 49). 비닐하우스(1,660 m<sup>3</sup>, 길이 95.0 m x 높이 2.5 m x 폭 7.0 m) 내 박과 작물 3종 중 애호박의 농업 해충 복숭아혹진딧물 감수성 계통과 저항성 계통, 오이총채벌레 성충에 대한 훈증 방제를 위해 EF 6 g/m<sup>3</sup>로 2시간 훈증 처리하였음. 훈증 처리 시간에 따라 비닐하우스 내부 위치별 EF 농도를 모니터링 하였음. 그 결과 0.5, 1.0, 2.0시간에 비닐하우스 내부 EF 농도는 spot 3, 4 에서 비교적 높게 나왔으며 입구에 가까울수록 낮게 나왔음. 그에 따라 산출된 CT 값은 각각 4.9, 6.6, 9.2, 11.0, 8.4 g h/m<sup>3</sup>이었음 (표 42-43).

**표 42.** 애호박 농가 비닐하우스(1,660 m<sup>3</sup>)에서 EF 6 g/m<sup>3</sup> 2시간 훈증 처리 후 GC-FID를 이용한 위치별 EF 농도의 변화와 CT값(온도: 24±2℃, 습도: 75-95%)

훈증 시간 (h)	농도 (Mean ± SE, g/m <sup>3</sup> )				
	spot 1 (입구로부터 20 m)	spot 2 (입구로부터 40 m)	spot 3 (입구로부터 60 m)	spot 4 (입구로부터 80 m)	spot 5 (입구로부터 100 m)
0.5	2.5 ± 0.1	3.5 ± 0.2	4.6 ± 0.3	6.3 ± 0.1	4.2 ± 0.3
1.0	2.5 ± 0.1	3.3 ± 0.2	-(분석 불가)	5.4 ± 0.2	4.6 ± 0.1
2.0	2.4 ± 0.1	3.1 ± 0.0	4.7 ± 0.0	5.0 ± 0.1	3.5 ± 0.1
CT값 (g h/m <sup>3</sup> )	4.9	6.6	9.2	11.0	8.4
전체 평균 CT(g h/m <sup>3</sup> )	8.0 ± 2.1				

**표 43.** 애호박 농가 비닐하우스(1,660 m<sup>3</sup>)에서 EF 6 g/m<sup>3</sup> 2시간 훈증 처리 후 간이측정기를 이용한 위치별 EF 농도의 변화와 CT값(온도: 24±2℃, 습도: 75-95%)

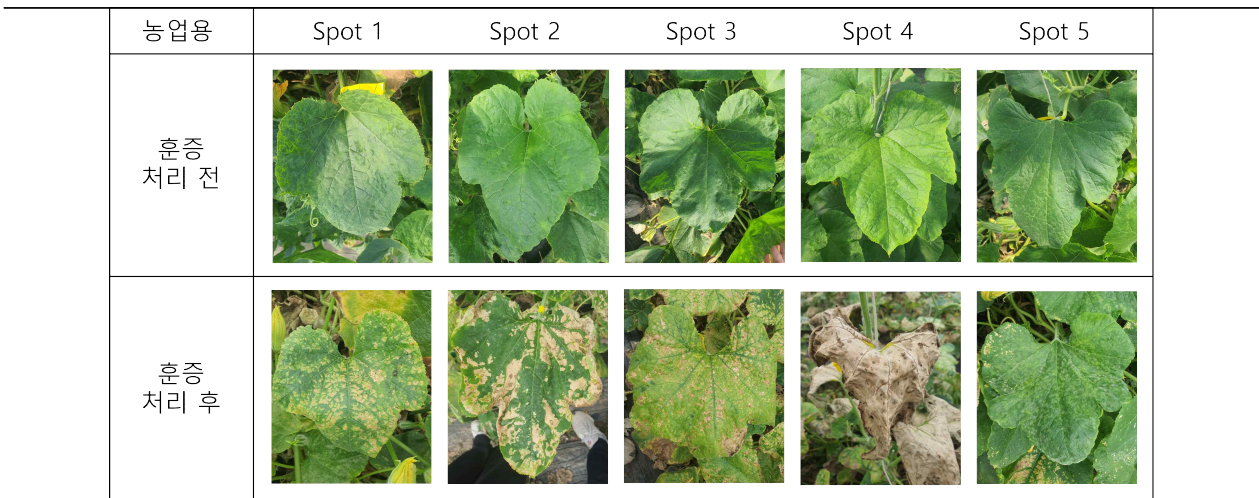
훈증 시간 (h)	농도 (Mean ± SE, g/m <sup>3</sup> )				
	spot 1 (입구로부터 20 m)	spot 2 (입구로부터 40 m)	spot 3 (입구로부터 60 m)	spot 4 (입구로부터 80 m)	spot 5 (입구로부터 100 m)
0.5	4.6±0.1	5.5±0.1	5.9±0.1	6.0±0.1	4.2±0.1
1.0	3.8±0.3	4.5±0.2	4.8±0.1	5.2±0.1	3.2±0.1
2.0	2.0±0.2	2.7±0.1	3.2±0.1	3.0±0.1	2.0±0.1
CT값 (g h/m <sup>3</sup> )	6.9	8.4	9.2	9.4	6.2
전체 평균 CT(g h/m <sup>3</sup> )	8.0 ± 1.3				

- 박과 작물 3종 중 애호박의 농업 일반 해충으로 사용된 복숭아혹진딧물 감수성 계통과 저항성 계통, 오이총채벌레 감수성 성충의 훈증 살충력 평가를 위해 EF 농도 6 g/m<sup>3</sup>로 2시간 훈증 처리한 결과 산출된 평균 CT값은 8.0 g h/m<sup>3</sup>로, 복숭아혹진딧물 감수성 계통(LCt<sub>90</sub> 값: 4.26 g h/m<sup>3</sup>)와 저항성 계통(LCt<sub>90</sub> 값: 5.13 g h/m<sup>3</sup>)의 사충률은 각각 97.4%, 98.4%로 나타났고, 오이총채벌레 감수성 계통(LCt<sub>50</sub> 값: 6.23 g h/m<sup>3</sup>)의 사충률은 100 %임을 확인하였음(표 44).

**표 44.** 애호박 농가 비닐하우스(1,640 m<sup>3</sup>)에서 EF 6 g/m<sup>3</sup> 2시간 훈증 처리 후 복숭아혹진딧물 감수성 및 저항성 계통과 오이총채벌레 감수성 계통에 대한 약효 평가(온도: 24±2℃, 습도: 75-95%, N=100, 5반복)

농도 (g/m <sup>3</sup> )	CT값 (g h/m <sup>3</sup> )	사충률 (Mean ± SE, %)		
		복숭아혹진딧물		오이총채벌레
		감수성	저항성	감수성
0.0	0.0 ± 0.0	23.1 ± 6.1	64.1 ± 15.2	83.3 ± 16.7
6.0	8.0 ± 2.1	97.4 ± 3.4	98.4 ± 1.8	100 ± 0.0

- 박과 작물 3종 중 애호박에 대한 약해 평가는 농업 일반 해충 살충 검정 평가(LCt<sub>90</sub> 값)에 따라 실험을 하였으며, 각 작물이 재배되어있는 비닐하우스에서 EF 6 g/m<sup>3</sup>로 2시간 훈증 처리하였음. 애호박에 대한 약해 조사는 훈증 처리 7일 후 비닐하우스의 spot 별 작물의 약해 유무를 육안으로 달관 조사하여 약해 지수로 표기하였으며, 작물 잎의 엽록소 함량과 색도를 훈증 처리 전 상태와 비교하여 평가하였음.



**그림 50.** 애호박 비닐하우스(1,660 m<sup>3</sup>)에서 EF 6 g/m<sup>3</sup> 2시간 훈증 처리 전 사진과 훈증 처리 7일 후 spot 별 박과 작물 3종 중 애호박에 대한 약해 사진.

- 박과 작물 3종 중 애호박에 대해서 EF 6 g/m<sup>3</sup>로 2시간 훈증 처리 한 결과 산출된 CT값은 평균 8.0 g h/m<sup>3</sup>로 훈증 처리 7일 후 육안 달관 조사 시 spot 1, 5에서 약해지수 1 정도의 아주 가벼운 약해가 발생하였으나 spot 2, 3, 4 에서 약해지수 4 정도의 상당한 약해가 발생하였음(그림 45). 훈증 처리 전과 비교했을 때 일부 spot 에서 엽록소 함량과 색도의 유의미한 차이가 있었음(표 50).

**표 45.** 애호박 비닐하우스(1,660 m<sup>3</sup>)에서 EF 6 g/m<sup>3</sup> 2시간 훈증 처리 후 비닐하우스 spot 별 애호박에 대한 약해 평가(온도: 24±2°C, 습도: 75-95%, N=5, 3반복)

작물	spot	약해 지수 <sup>a</sup>		엽록소 함량		색도 <sup>b</sup>	
		처리 전	처리 후	처리 전	처리 후	처리 전	처리 후
애호박	1	0.0 ± 0.0	0.9 ± 1.4*	60.0 ± 15.6	47.7 ± 10.9	42.0 ± 2.0	44.4 ± 4.2
	2	0.0 ± 0.0	3.8 ± 1.1*	44.9 ± 6.2	28.2 ± 12.2*	44.4 ± 2.8	52.4 ± 16.9
	3	0.0 ± 0.0	3.9 ± 1.1*	45.5 ± 5.9	28.1 ± 5.6*	44.9 ± 3.8	58.7 ± 5.5*
	4	0.0 ± 0.0	3.9 ± 0.8*	45.1 ± 4.8	28.7 ± 17.1*	47.0 ± 4.5	49.6 ± 6.9
	5	0.0 ± 0.0	1.3 ± 0.8*	45.6 ± 3.5	42.7 ± 13.5	44.6 ± 3.1	46.8 ± 5.2

<sup>a</sup>: 0: 약해 없음, 1 : 아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨, 2 : 처리된 잎의 적은 부분에 약해가 인정됨, 3 : 처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨, 4 : 상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아 있음, 5 : 심한 약해를 받고 고사 상태  
<sup>b</sup>:  $[\text{Color } L^2 + \text{Color } a^2 + \text{Color } b^2]^{1/2}$

### 1.2.3 멜론 농가 농업 해충 대상 EF 약효 및 약해 검정 현장 실증 실험



**그림 51.** 멜론 농가 비닐하우스 전경 및 작물 사진

- 경주 멜론 농가를 섭외하여 현장 실증 시험을 수행하였음(그림 51). 비닐하우스(1,640 m<sup>3</sup>, 길이 75 m x 높이 3.0 m x 폭 7.3 m) 내 박과 작물 3종 중 멜론의 농업 해충 복숭아혹진딧물 감수성 계통과 저항성 계통, 오이총채벌레 성충에 대한 훈증 방제를 위해 EF 6 g/m<sup>3</sup>로 2시간 훈증 처리하였음. 훈증 처리 시간에 따라 비닐하우스 내부 위치별 EF 농도를 모니터링 하였음. 그 결과 0.5, 1.0, 2.0시간에 비닐하우스 내부 EF 농도는 spot 3, 4에서 비교적 높았으나 대체로 균일하였고 그에 따라 산출된 CT 값은 각각 5.5, 5.3, 6.4, 7.0, 4.7 g h/m<sup>3</sup>이었음(표 46).

표 46. 멜론 농가 비닐하우스(1,640 m<sup>3</sup>)에서 EF 6 g/m<sup>3</sup> 2시간 훈증 처리 후 GC-FID를 이용한 위치별 EF 농도의 변화와 CT값(온도: 23±1℃, 습도: 80-95%)

훈증 시간 (h)	농도 (Mean ± SE, g/m <sup>3</sup> )				
	spot 1 (입구로부터 5 m)	spot 2 (입구로부터 20m)	spot 3 (입구로부터 35 m)	spot 4 (입구로부터 50 m)	spot 5 (입구로부터 70 m)
0.5	3.0 ± 0.1	2.3 ± 0.0	3.2 ± 0.1	3.3 ± 0.0	3.1 ± 0.0
1.0	2.8 ± 0.0	2.6 ± 0.0	3.3 ± 0.1	3.7 ± 0.1	1.7 ± 0.0
2.0	2.5 ± 0.1	3.1 ± 0.1	3.0 ± 0.1	3.3 ± 0.1	3.2 ± 0.1
CT값 (g h/m <sup>3</sup> )	5.5	5.3	6.4	7.0	4.7
전체 평균 CT(g h/m <sup>3</sup> )	5.8 ± 1.0				

표 47. 멜론 농가 비닐하우스(1,640 m<sup>3</sup>)에서 EF 6 g/m<sup>3</sup> 2시간 훈증 처리 후 간이측정기를 이용한 위치별 EF 농도의 변화와 CT값(온도: 23±1℃, 습도: 80-95%)

훈증 시간 (h)	농도 (Mean ± SE, g/m <sup>3</sup> )				
	spot 1 (입구로부터 5 m)	spot 2 (입구로부터 20 m)	spot 3 (입구로부터 35 m)	spot 4 (입구로부터 50 m)	spot 5 (입구로부터 70 m)
0.5	4.3±0.1	7.4±0.1	7.2±0.1	6.8±0.2	5.0±0.0
1.0	3.5±0.2	2.8±0.1	3.5±0.2	2.8±0.1	2.2±0.1
2.0	1.8±0.0	2.4±0.1	2.9±0.1	2.3±0.0	2.1±0.0
CT값 (g h/m <sup>3</sup> )	6.3	7.1	8.2	7.0	5.4
전체 평균 CT(g h/m <sup>3</sup> )	6.8 ± 0.9				

- 박과 작물 3종 중 멜론의 농업 일반 해충으로 사용된 복숭아혹진딧물 감수성 계통과 저항성 계통, 오이총채벌레 감수성 성충의 훈증 살충력 평가를 위해 EF 농도 6 g/m<sup>3</sup>로 2시간 훈증 처리한 결과 산출된 평균 CT값은 5.8 g h/m<sup>3</sup>로, 복숭아혹진딧물 감수성 계통(LCt<sub>90</sub> 값: 4.26 g h/m<sup>3</sup>)와 저항성 계통(LCt<sub>90</sub> 값: 5.13 g h/m<sup>3</sup>)의 사충률은 각각 100 %, 100 %로 나타났고, 오이총채벌레 감수성 계통(LCt<sub>50</sub> 값: 6.23 g h/m<sup>3</sup>)의 사충률은 90.5 %임을 확인하였음(표 48).

표 48. 비닐하우스(1,640 m<sup>3</sup>)에서 EF 6 g/m<sup>3</sup> 2시간 훈증 처리 후 복숭아혹진딧물 감수성 및 저항성 계통과 오이총채벌레 감수성 계통에 대한 약효 평가(온도: 23±1℃, 습도: 80-95%, N=100, 5반복)

농도 (g/m <sup>3</sup> )	CT값 (g h/m <sup>3</sup> )	사충률 (Mean ± SE, %)		
		복숭아혹진딧물		오이총채벌레
		감수성	저항성	감수성
0.0	0.0 ± 0.0	4.3 ± 4.6	4.3 ± 3.0	13.0 ± 9.5
6.0	5.8 ± 0.8	100 ± 0.0	100 ± 0.0	90.5 ± 4.4

- 박과 작물 3종 중 멜론에 대한 약해 평가는 농업 일반 해충 살충 검정 평가(LCt<sub>90</sub> 값)에 따라 실험을 하였으며, 각 작물이 재배되어있는 비닐하우스에서 EF 6 g/m<sup>3</sup>로 2시간 훈증 처리하였음. 멜론에 대한 약해 조사는 훈증 처리 7일 후 비닐하우스의 spot 별 작물의 약해 유무를 육안으로 달관 조사하여 약해 지수로 표기하였으며, 작물 잎의 엽록소 함량과 색도를 훈증 처리 전 상태와 비교하여 평가하였음.

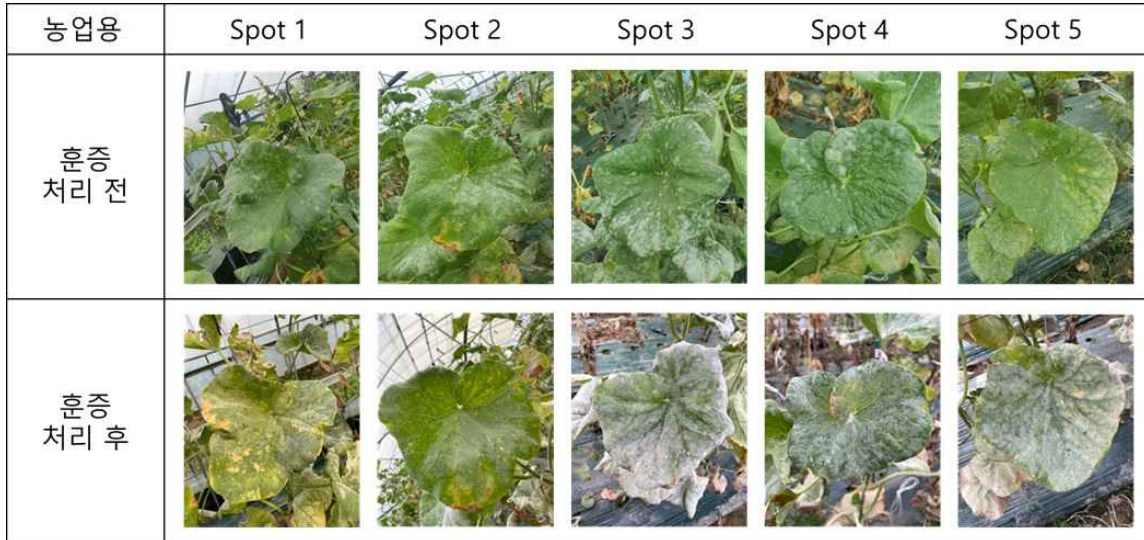


그림 52. 비닐하우스(1,640 m<sup>3</sup>)에서 EF 6 g/m<sup>3</sup> 2시간 훈증 처리 전 사진과 훈증 처리 7일 후 spot 별 박과 작물 3종 중 멜론에 대한 약해 사진.

- 박과 작물 3종 중 멜론에 대해서 EF 6 g/m<sup>3</sup>로 2시간 훈증 처리 한 결과 산출된 CT값은 평균 5.8 g h/m<sup>3</sup>로 훈증 처리 7일 후 육안 달관 조사 시 곰팡이로 인한 약해 외에 일부 spot에서 EF로 인한 약해 지수 1 정도의 아주 가벼운 정도의 약해가 발생하였음(그림 52). 훈증 처리 전과 비교했을 때 엽록소 함량의 변화는 spot 3에서만 유의미한 차이가 있었고 색도의 변화는 없었음(표 49).

표 49. 비닐하우스(1,640 m<sup>3</sup>)에서 EF 6 g/m<sup>3</sup> 2시간 훈증 처리 후 비닐하우스 spot 별 멜론에 대한 약해 평가(온도: 23±1°C, 습도: 80-95%, N=5, 3반복)

작물	spot	약해 지수 <sup>a</sup>		엽록소 함량		색도 <sup>b</sup>	
		처리 전	처리 후	처리 전	처리 후	처리 전	처리 후
멜론	1	0.0 ± 0.0	1.2 ± 0.4*	38.4 ± 9.1	35.4 ± 10.8	75.3 ± 2.9	75.6 ± 7.3
	2	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	44.5 ± 4.5	46.6 ± 9.9	74.4 ± 4.8	75.4 ± 7.9
	3	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	47.7 ± 2.4	39.1 ± 4.5*	70.8 ± 2.7	71.5 ± 5.0
	4	0.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	42.2 ± 8.2	37.4 ± 8.8	76.7 ± 5.1	74.1 ± 4.6
	5	0.0 ± 0.0	0.3 ± 0.5	38.0 ± 3.4	35.8 ± 3.3	75.1 ± 4.4	72.5 ± 6.4

<sup>a</sup>: 0: 약해 없음, 1: 아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨, 2: 처리된 잎의 적은 부분에 약해가 인정됨, 3: 처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨, 4: 상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아 있음, 5: 심한 약해를 받고 고사 상태 임  
<sup>b</sup>: [Color L<sup>2</sup> + Color a<sup>2</sup> + Color b<sup>2</sup>]<sup>1/2</sup>

### 1.3. 개발된 최적 훈증 장치를 이용한 기존 살충제 저항성 및 감수성 진딧물류, 총채벌레류에 현장 실증 시험시 작업자 안전성, 작물체 및 토양 잔류 분석

- 에틸포메이트를 희석하여 동일한 조건에서 기기분석한 후 작물과 토양 각각의 검량선을 R<sup>2</sup> 값 0.99 이상으로 작성하였으며, 직선성은 모두 양호하였으며 이를 기준으로 에틸포메이트의 잔류량을 산출하였음(그림 53).



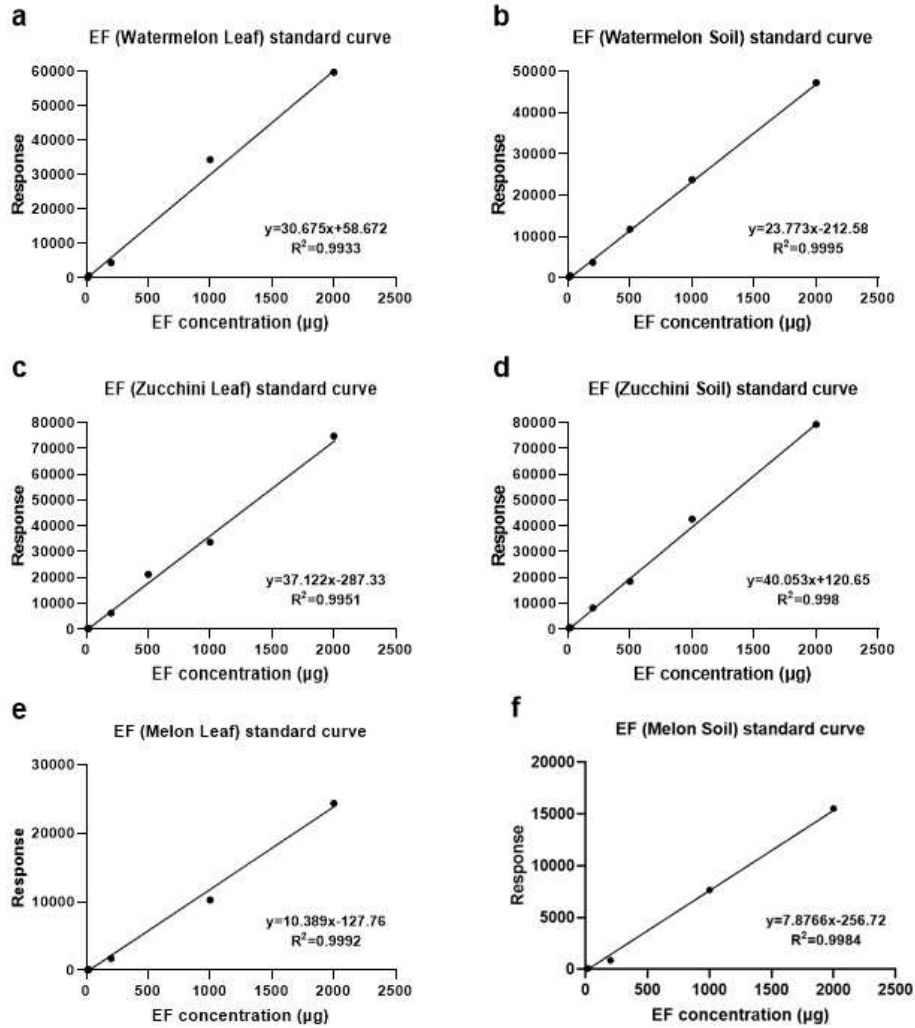


그림 53. 수박 잎(a)과 토양(b), 애호박 잎(c)과 토양(d), 멜론 잎(e)과 토양(f)의 표준곡선

### 1.3.1 수박 농가 농업 해충 대상 현장 실증 시 EF 잔류 분석

- 농업 해충 복숭아혹진딧물과 오이총채벌레 성충에 대한 훈증 방제를 위해 EF 6 g/m<sup>3</sup>로 2시간 훈증 처리하였고, 훈증이 종료된 후 즉시 개방하였음. 개방 1시간 후에 박과 작물 3종 중 수박의 잎과 토양 시료를 하우스 내 위치(입구로부터의 거리)별로 선별한 10개 지점에서 1g씩 샘플링 하였고, Headspace GC-MS를 이용하여 분석하였음.
- 농업 방제를 위한 에틸포메이트(처리농도: 6 g/m<sup>3</sup>) 2시간 훈증 후, 1시간부터 수박 잎 및 토양 모든 시료에서 EF가 검출되지 않았음(표 50).

표 50. 농업 해충(복숭아혹진딧물)의 농업 방제를 위한 EF 2시간 처리 후(처리 농도 : 6 g/m<sup>3</sup>, 처리 평균 CT값 : 6.2 g h/m<sup>3</sup>) 개방 1시간 후의 시료 1g 당 잔류하는 EF 양(µg/g)

\* ND : LOD 이하의 값

spot	수박 잎		토양	
	시료량 (g)	시료 1g당 검출된 EF 양(µg/g)	시료량 (g)	시료 1g당 검출된 EF 양(ug/g)
1	1.06	ND	1.04	ND
2	1.00	ND	1.01	ND
3	1.01	ND	1.06	ND
4	1.01	ND	1.07	ND
5	1.03	ND	1.01	ND

6	1.05	ND	1.00	ND
7	1.04	ND	1.03	ND
8	1.03	ND	1.02	ND
9	1.04	ND	1.05	ND
10	1.01	ND	1.01	ND

### 1.3.2 애호박 농가 농업 해충 대상 현장 실증 시 EF 잔류 분석

- 농업 해충 복숭아혹진딧물과 오이총채벌레 성충에 대한 훈증 방제를 위해 EF 6 g/m<sup>3</sup>로 2시간 훈증 처리하였고, 훈증이 종료된 후 즉시 개방하였음. 개방 1시간 후에 박과 작물 3종 중 애호박의 잎과 토양 시료를 하우스 내 위치(입구로부터의 거리)별로 선별한 10개 지점에서 1g씩 샘플링 하였고, Headspace GC-MS를 이용하여 분석하였음.
- 농업 방제를 위한 에틸포메이트(처리농도: 6 g/m<sup>3</sup>) 2시간 훈증 후, 1시간부터 애호박 잎 및 토양 모든 시료에서 EF가 검출되지 않았음(표 51).

**표 51.** 농업 해충(복숭아혹진딧물)의 농업 방제를 위한 EF 2시간 처리 후(처리 농도 : 6 g/m<sup>3</sup>, 처리 평균 CT값 : 8.0 g h/m<sup>3</sup>) 개방 1시간 후의 시료 1g 당 잔류하는 EF 양(μg/g)

\* ND : LOD 이하의 값

spot	애호박 잎		토양	
	시료량 (g)	시료 1g당 검출된 EF 양(μg/g)	시료량 (g)	시료 1g당 검출된 EF 양(μg/g)
1	1.03	ND	1.01	ND
2	0.98	ND	0.99	ND
3	1.01	ND	1.02	ND
4	0.99	ND	1.01	ND
5	1.04	ND	1.02	ND
6	1.01	ND	1.01	ND
7	1.00	ND	1.02	ND
8	0.98	ND	1.01	ND
9	0.98	ND	1.00	ND
10	1.01	ND	1.02	ND

### 1.3.3 멜론 농가 농업 해충 대상 현장 실증 시 EF 잔류 분석

- 농업 해충 복숭아혹진딧물과 오이총채벌레 성충에 대한 훈증 방제를 위해 EF 6 g/m<sup>3</sup>로 2시간 훈증 처리하였고, 훈증이 종료된 후 즉시 개방하였음. 개방 1시간 후에 박과 작물 3종 중 멜론의 잎과 토양 시료를 하우스 내 위치(입구로부터의 거리)별로 선별한 10개 지점에서 1g씩 샘플링 하였고, Headspace GC-MS를 이용하여 분석하였음.
- 농업 방제를 위한 에틸포메이트(처리농도: 6 g/m<sup>3</sup>) 2시간 훈증 후, 1시간부터 멜론 잎의 모든 시료에서 EF가 검출되지 않았으나 토양의 일부 시료(spot 5, 6, 7, 8)에서 EF가 검출되었다(표 52).

**표 52.** 농업 해충(복숭아혹진딧물)의 농업 방제를 위한 EF 2시간 처리 후(처리 농도 : 6 g/m<sup>3</sup>, 처리 평균 CT값 : 5.8 g h/m<sup>3</sup>) 개방 1시간 후의 시료 1g 당 잔류하는 EF 양(μg/g)

\* ND : LOD 이하의 값

spot	멜론 잎		토양	
	시료량 (g)	시료 1g당 검출된 EF 양(μg/g)	시료량 (g)	시료 1g당 검출된 EF 양(μg/g)

1	1.05	ND	1.09	ND
2	1.03	ND	1.03	ND
3	1.02	ND	1.08	ND
4	1.01	ND	1.07	ND
5	1.05	ND	1.06	17.6
6	1.04	ND	1.04	20.1
7	1.04	ND	1.06	8.7
8	1.01	ND	1.06	20.3
9	1.07	ND	1.06	ND
10	1.06	ND	1.09	ND

#### 1.4. 선발 약제의 농업용 등록을 위한 독성자료 확보 (토양, 환경 등)

- 해당사항 없음.

#### 1.5. 2년차 지령이, 유용곤충에 대한 독성 기초평가 자료를 토대로, 필요시 독성에 대한 자료를 GLP기관에 의뢰하여 연구

- 해당사항 없음.

## 2. 바이러스 매개 해충의 정착방지를 위한 훈증기술 개발

### 2.1. 선발된 최적 훈증 장치를 이용한 검역해충류별 (응애류 외 4종의 바이러스 매개 해충) 훈증 살충력 검정 및 작물(수박, 애호박, 멜론) 약해수준 현장 실증 시험

#### 2.1.1 수박 농가 검역해충 대상 EF 약효 및 약해 검정 현장 실증 실험

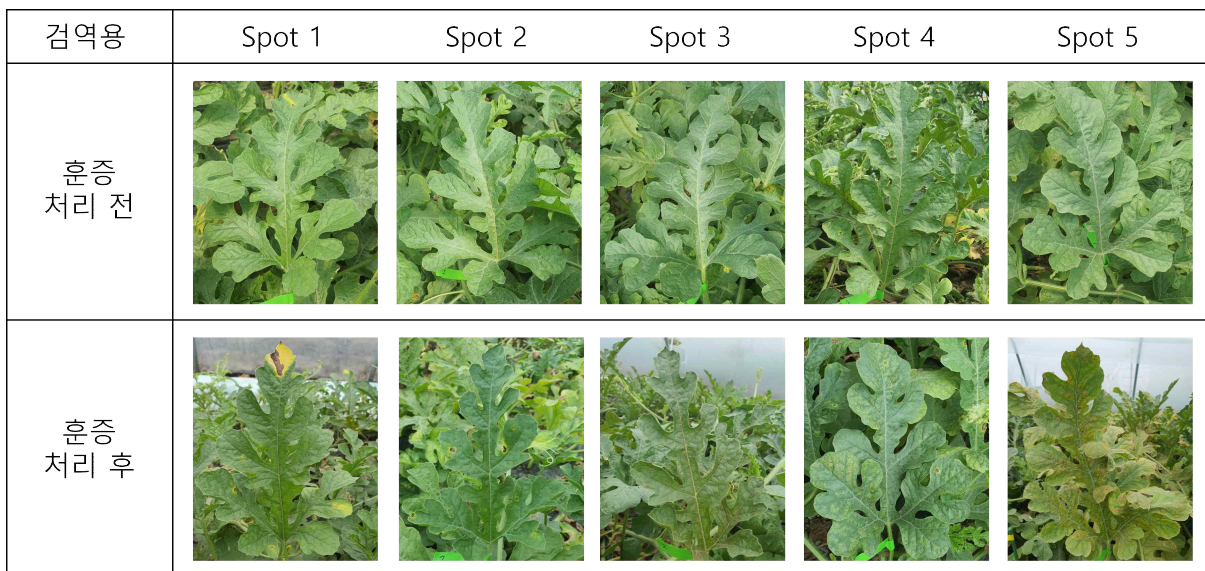
- 비닐하우스(1,750 m<sup>3</sup>) 내 박과 작물 3종 중 수박의 검역 해충 담배가루이와 목화진딧물에 대한 훈증 방제를 위해 EF 4 g/m<sup>3</sup>로 4시간 훈증 처리하였음. (2차년도 현장 실험에서는 훈증 처리 시간에 따라 비닐하우스 내부 위치별 EF 농도를 가스 샘플링하여 모니터링 하였지만 수박 농가에서는 폭우로 인해 시행하지 못하였음.) 간이 측정기를 이용하여 측정된 결과 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 시간에 비닐하우스 내부 EF 농도는 spot 3,4가 spot 1,2에 비해 상대적으로 높게 나타났고 그에 따라 산출된 CT값은 각각 5.0, 5.3, 6.1, 6.8 g h/m<sup>3</sup>이었음(표 53)
- 박과 작물 3종 중 수박의 검역 일반 해충으로 사용된 담배가루이와 목화진딧물의 훈증 살충력 평가를 위해 EF 농도 4 g/m<sup>3</sup>로 4시간 훈증 처리한 결과 산출된 평균 CT값은 5.8±0.4 g h/m<sup>3</sup>로 담배가루이(LCt<sub>90</sub> 값: 2.1 g h/m<sup>3</sup>)와 목화진딧물((LCt<sub>90</sub> 값: 6.3 g h/m<sup>3</sup>)의 사충률은 각각 100.0%, 93.7%임을 확인하였음(표 54).
- 박과 작물 3종 중 수박에 대한 약해 평가는 검역 일반 해충 살충 검정 평가(LCt<sub>90</sub> 값)에 따라 실험을 하였으며, 각 작물이 재배되어있는 비닐하우스에서 EF 4 g/m<sup>3</sup>로 4시간 훈증 처리하였음. 3종의 작물에 대한 약해 조사는 훈증 처리 7일 후 비닐하우스의 spot 별 작물의 약해 유무를 육안으로 달관 조사하여 약해 지수(0: 약해 없음, 1: 아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨, 2: 처리된 잎의 적은 부분에 약해가 인정됨, 3: 처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨, 4: 상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아 있음, 5: 심한 약해를 받고 고사 상태임)로 표기하였으며, 작물 잎의 엽록소 함량과 색도를 훈증 처리 전 상태와 비교하여 평가하였음.
- 박과 작물 3종 중 수박에 대한 EF 4 g/m<sup>3</sup>로 4시간 훈증 처리 한 결과 산출된 CT값은 평균 5.8±0.4 g h/m<sup>3</sup>로 훈증 처리 7일 후 육안 달관 조사 시 약해 지수 1 정도의 아주 가벼운 정도의 약해가 발생하였음(그림 54). 훈증 처리 전과 비교했을 때 엽록소 함량의 변화가 없었으며, 색도의 변화는 spot 3에서만 유의미한 차이가 있었음(표 55).

**표 53.** 비닐하우스(1,750 m<sup>3</sup>)에서 EF 4 g/m<sup>3</sup> 4시간 훈증 처리 후 위치별 EF 농도의 변화와 CT값(온도: 23.3±1.1℃, 습도: 85-95%)

훈증 시간 (h)	농도 (Mean ± SE, g/m <sup>3</sup> )			
	spot 1 (입구로부터 20 m)	spot 2 (입구로부터 40 m)	spot 3 (입구로부터 60 m)	spot 4 (입구로부터 80 m)
0.5	4.6±0.0	4.7±0.1	4.9±0.1	5.5±0.4
1.0	2.2±0.1	2.7±0.1	3.0±0.0	2.9±0.3
2.0	0.6±0.2	0.6±0.1	0.7±0.0	1.2±0.1
4.0	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.1	0.3±0.0
CT값 (g h/m <sup>3</sup> )	5.0	5.3	6.1	6.8
전체 평균 CT(g h/m <sup>3</sup> )	5.8 ± 0.7			

**표 54.** 비닐하우스(1,750 m<sup>3</sup>)에서 EF 4 g/m<sup>3</sup> 4시간 훈증 처리 후 담배가루이와 목화진딧물에 대한 약효 평가(온도: 23.3±1.1℃, 습도: 85-95%, N=100, 5반복)

농도 (g/m <sup>3</sup> )	CT값 (g h/m <sup>3</sup> )	사충률 (Mean ± SE, %)	
		담배가루이	목화진딧물
0.0	0.0 ± 0.0	6.3±0.6	5.1±1.5
4.0	5.8 ± 0.4	100.0±0.0	93.7±1.2



**그림 54.** 수박농가 비닐하우스(1,750 m<sup>3</sup>)에서 EF 4 g/m<sup>3</sup> 4시간 훈증 처리 전 사진과 훈증 처리 7일 후 spot 별 박과 작물 3종 중 수박에 대한 약해 사진

**표 55.** 비닐하우스(1,750 m<sup>3</sup>)에서 EF 4 g/m<sup>3</sup> 4시간 훈증 처리 후 비닐하우스 spot 별 수박에 대한 약해 평가(온도: 23.3±1.1℃, 습도: 85-95%, N=5, 3반복)

작물	spot	약해 지수 <sup>a</sup>		엽록소 함량		색도 <sup>b</sup>	
		처리 전	처리 후	처리 전	처리 후	처리 전	처리 후
수박	1	0.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0*	51.1 ± 4.0	51.8 ± 4.8	48.0 ± 5.5	52.0 ± 3.2
	2	0.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0*	48.7 ± 4.2	47.5 ± 5.7	49.2 ± 2.6	52.4 ± 4.6
	3	0.0 ± 0.0	0.5 ± 0.5*	52.1 ± 6.1	55.6 ± 6.3	53.0 ± 3.7	47.6 ± 2.8*
	4	0.0 ± 0.0	0.8 ± 0.8*	60.8 ± 0.5	57.5 ± 4.5	47.3 ± 2.9	49.3 ± 2.7
	5	0.0 ± 0.0	2.0 ± 1.0*	49.0 ± 8.4	38.7 ± 12.5	52.0 ± 3.5	53.1 ± 4.8

<sup>a</sup>: 0: 약해 없음, 1: 아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨, 2: 처리된 잎의 적은 부분에 약해가 인정됨, 3: 처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨, 4: 상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아 있음, 5: 심한 약해를 받고 고사 상태임  
<sup>b</sup>:  $[\text{Color L}^2 + \text{Color a}^2 + \text{Color b}^2]^{1/2}$  ∴  $p < 0.05$

### 2.1.2 애호박 농가 검역해충 대상 EF 약효 및 약해 검정 현장 실증 실험

- 비닐하우스(1,660 m<sup>3</sup>) 내 박과 작물 3종 중 애호박의 검역 해충 담배가루이와 목화진딧물에 대한 훈증 방제를 위해 EF 4 g/m<sup>3</sup>로 4시간 훈증 처리하였음. 훈증 처리 시간에 따라 비닐하우스 내부 위치별 EF 농도를 모니터링 하였음. 그 결과 0.5, 1.0, 2.0, 3.0시간에 비닐하우스 내부 EF 농도는 spot 1, 2, 3, 4, 5 에서 대체로 균일하였고 그에 따라 산출된 CT값은 각각 8.0, 8.8, -, 8.2, 6.6 g h/m<sup>3</sup>이었음(표 56-57).
- 박과 작물 3종 중 애호박의 검역 일반 해충으로 사용된 담배가루이와 목화진딧물의 훈증 살충력 평가를 위해 EF 농도 4 g/m<sup>3</sup>로 4시간 훈증 처리한 결과 산출된 평균 CT값은 8.1±0.4 g h/m<sup>3</sup>로, 담배가루이(LCt<sub>90</sub> 값: 2.1 g h/m<sup>3</sup>)와 목화진딧물(LCt<sub>90</sub> 값: 6.3 g h/m<sup>3</sup>)의 사충률은 각각 100%, 100.0%임을 확인하였음(표 58).
- 박과 작물 3종 중 애호박에 대한 약해 평가는 검역 일반 해충 살충 검정 평가(LCt<sub>90</sub> 값)에 따라 실험을 하였으며, 각 작물이 재배되어있는 비닐하우스에서 EF 4 g/m<sup>3</sup>로 4시간 훈증 처리하였음. 3종의 작물에 대한 약해 조사는 훈증 처리 7일 후 비닐하우스의 spot 별 작물의 약해 유무를 육안으로 달관 조사하여 약해 지수(0: 약해 없음, 1: 아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨, 2: 처리된 잎의 적은 부분에 약해가 인정됨, 3: 처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨, 4: 상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아 있음, 5: 심한 약해를 받고 고사 상태임)로 표기하였으며, 작물 잎의 엽록소 함량과 색도를 훈증 처리 전 상태와 비교하여 평가하였음.
- 박과 작물 3종 중 애호박에 대한 EF 4 g/m<sup>3</sup>로 4시간 훈증 처리 한 결과 산출된 CT값은 평균 6.2 g h/m<sup>3</sup>로 훈증 처리 7일 후 육안 달관 조사 시 spot 3에서 약해 지수 4 정도에 해당하는 상당한 약해 외에 가벼운 약해가 발생하였음(그림 55). 훈증 처리 전과 비교했을 때 엽록소 함량과 색도의 변화는 일부 spot에서 유의미한 차이가 있었음(표 59).

**표 56.** 비닐하우스(1,660 m<sup>3</sup>)에서 EF 4 g/m<sup>3</sup> 4시간 훈증 처리 후 GC-FID를 이용한 위치별 EF 농도의 변화와 CT값(온도: 24±1.1℃, 습도: 85-95%)

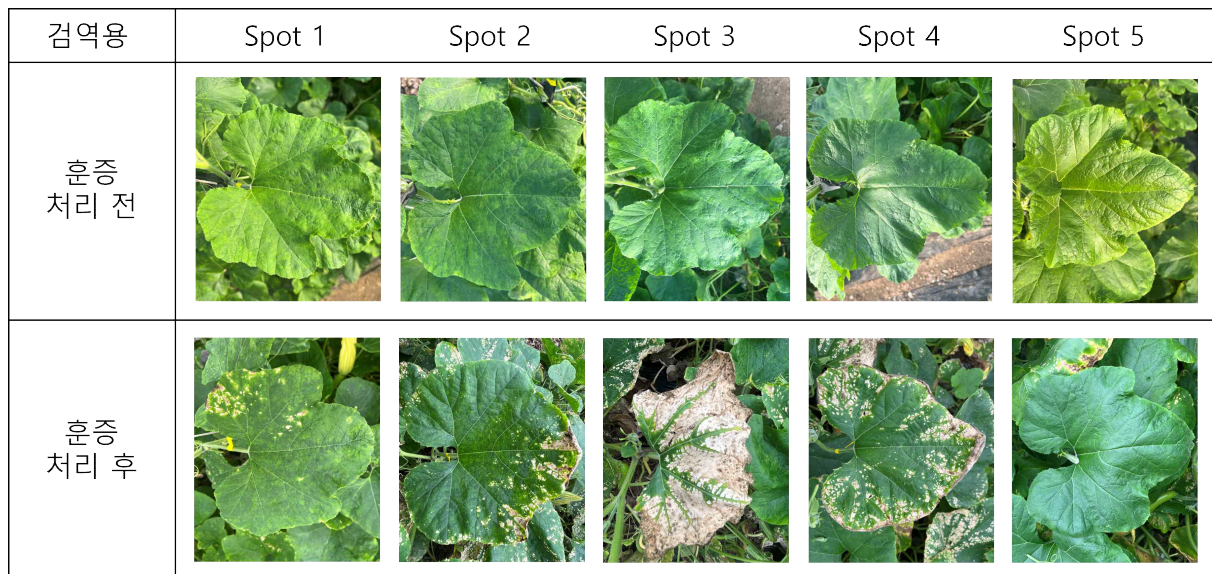
훈증 시간 (h)	농도 (Mean ± SE, g/m <sup>3</sup> )				
	spot 1 (입구로부터 20 m)	spot 2 (입구로부터 40 m)	spot 3 (입구로부터 60 m)	spot 4 (입구로부터 80 m)	spot 5 (입구로부터 100 m)
0.5	1.7 ± 0.0	1.9 ± 0.0	3.2 ± 0.0	3.4 ± 0.1	3.3 ± 0.0
1.0	2.0 ± 0.0	2.4 ± 0.0	2.8 ± 0.0	2.7 ± 0.0	2.3 ± 0.0
2.0	2.2 ± 0.0	2.4 ± 0.1	2.3 ± 0.0	1.9 ± 0.1	1.4 ± 0.0
3.0	1.9 ± 0.0	1.9 ± 0.0	-(분석 불가)	1.1 ± 0.0	0.8 ± 0.0
CT값 (g h/m <sup>3</sup> )	8.0	8.8	-	8.2	6.6
전체 평균 CT(g h/m <sup>3</sup> )	7.9 ± 0.8				

**표 57.** 비닐하우스(1,660 m<sup>3</sup>)에서 EF 4 g/m<sup>3</sup> 4시간 훈증 처리 후 간이측정기를 이용한 위치별 EF 농도의 변화와 CT값(24±1.1℃, 습도: 85-95%)

훈증 시간 (h)	농도 (Mean ± SE, g/m <sup>3</sup> )				
	spot 1 (입구로부터 20 m)	spot 2 (입구로부터 40 m)	spot 3 (입구로부터 60 m)	spot 4 (입구로부터 80 m)	spot 5 (입구로부터 100 m)
0.5	3.2±0.0	3.8±0.1	3.6±0.1	3.7±0.0	2.6±0.4
1.0	2.7±0.3	3.2±0.2	3.3±0.0	3.0±0.4	2.1±0.3
2.0	2.2±0.1	2.0±0.1	2.2±0.2	2.0±0.2	1.7±0.2
3.0	0.8±0.2	1.0±0.1	1.4±0.1	1.5±0.1	1.5±0.0
CT값 (g h/m <sup>3</sup> )	7.9	9.0	9.7	9.2	7.7
전체 평균 CT(g h/m <sup>3</sup> )	9.0 ± 0.7				

**표 58.** 비닐하우스(1,660 m<sup>3</sup>)에서 EF 4 g/m<sup>3</sup> 4시간 훈증 처리 후 담배가루이와 목화진딧물에 대한 약효 평가(온도: 24±1.1℃, 습도: 85-95%, N=100, 5반복)

농도 (g/m <sup>3</sup> )	CT값 (g h/m <sup>3</sup> )	사충률 (Mean ± SE, %)	
		담배가루이	목화진딧물
0.0	0.0 ± 0.0	5.3 ± 1.5	6.9 ± 0.6
4.0	8.1 ± 0.4	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0



**그림 55.** 애호박 농가 비닐하우스(1,640 m<sup>3</sup>)에서 EF 4 g/m<sup>3</sup> 4시간 훈증 처리 전 사진과 훈증 처리 7일 후 spot 별 박과 작물 3종 중 애호박에 대한 약해 사진.

**표 59.** 비닐하우스(1,660 m<sup>3</sup>)에서 EF 4 g/m<sup>3</sup> 4시간 훈증 처리 후 비닐하우스 spot 별 애호박에 대한 약해 평가(온도: 24±1.1℃, 습도: 85-95%, N=5, 3반복)

작물	spot	약해 지수 <sup>a</sup>		엽록소 함량		색도 <sup>b</sup>	
		처리 전	처리 후	처리 전	처리 후	처리 전	처리 후
애호박	1	0.0 ± 0.0	0.3 ± 0.5	42.1 ± 3.7	46.7 ± 5.1*	44.8 ± 4.0	43.9 ± 4.5
	2	0.0 ± 0.0	2.4 ± 0.4*	43.4 ± 3.2	44.3 ± 3.2	45.9 ± 2.7	44.7 ± 4.7
	3	0.0 ± 0.0	4.8 ± 0.2*	41.8 ± 2.4	21.1 ± 6.9*	46.5 ± 3.2	56.3 ± 8.3*
	4	0.0 ± 0.0	1.7 ± 1.1*	43.0 ± 2.2	43.7 ± 5.5	41.8 ± 2.4	43.6 ± 1.5
	5	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	43.6 ± 1.9	44.1 ± 3.1	44.1 ± 1.6	43.8 ± 2.2

<sup>a</sup>: 0: 약해 없음, 1: 아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨, 2: 처리된 잎의 적은 부분에 약해가 인정됨, 3: 처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨, 4: 상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아 있음, 5: 심한 약해를 받고 고사 상태임

<sup>b</sup>:  $[\text{Color L}^2 + \text{Color a}^2 + \text{Color b}^2]^{1/2}$

\*:  $p < 0.05$

### 2.1.3 멜론 농가 검역해충 대상 EF 약효 및 약해 검정 현장 실증 실험

- 비닐하우스(1,640 m<sup>3</sup>) 내 박과 작물 3종 중 수박의 검역 해충 담배가루이와 목화진딧물에 대한 훈증 방제를 위해 EF 4 g/m<sup>3</sup>로 4시간 훈증 처리하였음. (훈증 처리 시간에 따라 비닐하우스 내부 위치별 EF 농도 측정 시, 가스 샘플링하는 과정에서 문제가 있었음.) 간이 측정기를 이용하여 측정한 결과 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 시간에 비닐하우스 내부 EF 농도는 spot 5에서 다른 spot에 비해 비교적 높게 나타났고 그에 따라 산출된 CT값은 각각 7.1, 7.1, 8.1, 7.1, 9.6 g h/m<sup>3</sup>이었음(표 60)
- 박과 작물 3종 중 수박의 검역 일반 해충으로 사용된 담배가루이와 목화진딧물의 훈증 살충력 평가를 위해 EF 농도 4 g/m<sup>3</sup>로 4시간 훈증 처리한 결과 산출된 평균 CT값은 7.8 ± 0.5 g h/m<sup>3</sup>로 담배가루이(LCt<sub>90</sub> 값: 2.1 g h/m<sup>3</sup>)와 목화진딧물(LCt<sub>90</sub> 값: 6.3 g h/m<sup>3</sup>)의 사충률은 각각 100.0%, 100.0% 임을 확인하였음(표 61).
- 박과 작물 3종 중 멜론에 대한 약해 평가는 검역 일반 해충 살충 검정 평가(LCt<sub>90</sub> 값)에 따라 실험을 하였으며, 각 작물이 재배되어있는 비닐하우스에서 EF 4 g/m<sup>3</sup>로 4시간 훈증 처리하였음. 3종의 작물에 대한 약해 조사는 훈증 처리 7일 후 비닐하우스의 spot 별 작물의 약해 유무를 육안으로 달관 조사하여 약해 지수(0: 약해 없음, 1: 아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨, 2: 처리된 잎의 적은 부분에 약해가 인정됨, 3: 처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨, 4: 상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아 있음, 5: 심한 약해를 받고 고사 상태임)로 표기하였으며, 작물 잎의 엽록소 함량과 색도를 훈증 처리 전 상태와 비교하여 평가하였음.
- 박과 작물 3종 중 멜론에 대한 EF 4 g/m<sup>3</sup>로 4시간 훈증 처리 한 결과 산출된 CT값은 평균 7.8 ± 0.5 g h/m<sup>3</sup>로 훈증 처리 7일 후 육안 달관 조사 시 곰팡이로 인한 약해 외에 일부 spot에서 EF로 인한 약해지수 1 정도의 아주 가벼운 정도의 약해가 발생 하였음(그림 56). 훈증 처리 전과 비교했을 때 엽록소 함량과 색도의 변화는 일부 spot에서 유의미한 차이가 있었음(표 62).

표 60. 비닐하우스(1,640 m<sup>3</sup>)에서 EF 4 g/m<sup>3</sup> 4시간 훈증 처리 후 위치별 EF 농도의 변화와 CT값(온도: 25.8 ± 1.2°C, 습도: 85-95%)

훈증 시간 (h)	농도 (Mean ± SE, g/m <sup>3</sup> )				
	spot 1 (입구로부터 20 m)	spot 2 (입구로부터 40 m)	spot 3 (입구로부터 60 m)	spot 4 (입구로부터 80 m)	spot 5 (입구로부터 100 m)
0.5	5.3 ± 0.2	6.0 ± 0.3	6.9 ± 0.2	5.7 ± 0.2	6.7 ± 0.2
1.0	1.9 ± 0.2	1.8 ± 0.2	2.0 ± 0.2	1.8 ± 0.1	2.5 ± 0.1
2.0	1.4 ± 0.1	1.2 ± 0.1	1.6 ± 0.1	1.3 ± 0.1	1.9 ± 0.1
4.0	1.0 ± 0.0	1.1 ± 0.0	1.1 ± 0.1	1.2 ± 0.1	1.4 ± 0.1
CT값 (g h/m <sup>3</sup> )	7.1	7.1	8.1	7.1	9.6

전체 평균 CT(g h/m <sup>3</sup> )	7.4 ± 0.4
----------------------------------	-----------

표 61. 비닐하우스(1,640 m<sup>3</sup>)에서 EF 4 g/m<sup>3</sup> 4시간 훈증 처리 후 담배가루이와 목화진딧물에 대한 약효 평가(온도: 25.8±1.2℃, 습도: 85-95%, N=100, 5반복)

농도 (g/m <sup>3</sup> )	CT값 (g h/m <sup>3</sup> )	사충률 (Mean ± SE, %)	
		담배가루이	목화진딧물
0.0	0.0 ± 0.0	3.0 ± 0.9	4.8 ± 1.2
4.0	7.8 ± 0.5	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0

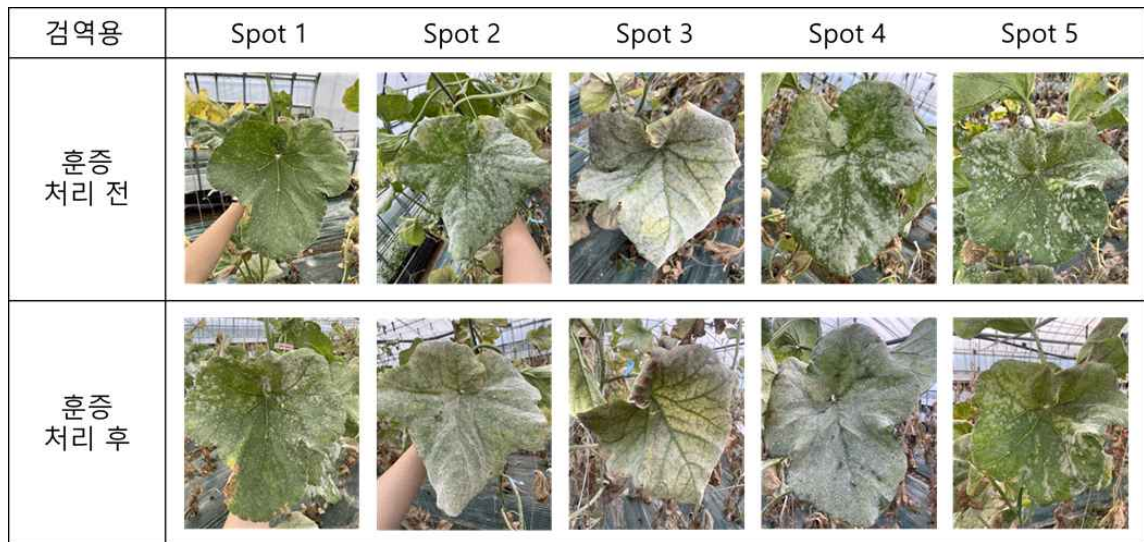


그림 56. 멜론 농가 비닐하우스(1,640 m<sup>3</sup>)에서 EF 4 g/m<sup>3</sup> 4시간 훈증 처리 전 사진과 훈증 처리 7일 후 spot 별 박과 작물 3종 중 멜론에 대한 약해 사진.

표 62. 비닐하우스(1,640 m<sup>3</sup>)에서 EF 4 g/m<sup>3</sup> 4시간 훈증 처리 후 비닐하우스 spot 별 멜론에 대한 약해 평가(온도: 25.8±1.2℃, 습도: 85-95%, N=5, 3반복)

작물	spot	약해 지수 <sup>a</sup>		엽록소 함량		색도 <sup>b</sup>	
		처리 전	처리 후	처리 전	처리 후	처리 전	처리 후
애호박	1	0.0 ± 0.0	1.0 ± 0.8*	42.9 ± 3.1	40.7 ± 3.6	49.6 ± 2.7	70.3 ± 3.4*
	2	0.0 ± 0.0	0.8 ± 0.7*	35.6 ± 4.9	31.6 ± 3.9*	53.6 ± 4.1	73.1 ± 2.6*
	3	0.0 ± 0.0	0.8 ± 0.7*	32.2 ± 4.6	27.1 ± 5.1*	57.4 ± 4.4	80.6 ± 6.9*
	4	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	42.7 ± 2.4	36.0 ± 4.8*	50.4 ± 1.8	75.5 ± 4.5*
	5	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	42.4 ± 2.3	40.5 ± 7.4	49.5 ± 3.7	74.0 ± 3.3*

<sup>a</sup>: 0: 약해 없음, 1 : 아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨, 2 : 처리된 잎의 적은 부분에 약해가 인정됨, 3 : 처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨, 4 : 상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아 있음, 5 : 심한 약해를 받고 고사 상태 임

<sup>b</sup>: [Color L<sup>2</sup> + Color a<sup>2</sup> + Color b<sup>2</sup>]<sup>1/2</sup>

\*: p < 0.05



**2.2. 개발된 최적 훈증 장치를 이용한 검역해충류 (응애류 외 4종의 바이러스 매개 해충) 현장 실증 시험시 작업자 안전성, 작물체 및 토양 잔류 분석**

- 에틸포메이트를 희석하여 동일한 조건에서 기기분석한 후 작물과 토양 각각의 검량선을 R<sup>2</sup> 값 0.99 이상으로 작성하였으며, 직선성은 모두 양호하였으며 이를 기준으로 에틸포메이트의 잔류량을 산출하였음(그림 53).

**2.2.1 수박 농가 검역 해충 대상 현장 실증 시 EF 잔류 분석**

- 검역 해충 담배가루이와 목화진딧물에 대한 훈증 방제를 위해 EF 4 g/m<sup>3</sup>로 4시간 훈증 처리하였고, 훈증이 종료된 후 즉시 개방하였음. 개방 1시간 후에 박과 작물 3종 중 수박의 잎과 토양 시료를 하우스 내 위치(입구로부터의 거리)별로 선별한 10개 지점에서 1g씩 샘플링 하였고, Headspace GC-MS를 이용하여 분석하였음.
- 검역 방제를 위한 에틸포메이트(처리농도: 4 g/m<sup>3</sup>) 4시간 훈증 후, 1시간부터 멜론 잎의 모든 시료에서 EF가 검출되지 않았으나 토양의 일부 시료(spot 8)에서 EF가 검출되었음(표 63).

**표 63.** 검역 해충(담배가루이, 목화진딧물)의 검역 방제를 위한 EF 4시간 처리 후(처리 농도 : 4 g/m<sup>3</sup>, 처리 평균 CT값 : 5.8 g h/m<sup>3</sup>) 개방 1시간 후의 시료 1g 당 잔류하는 EF 양(μg/g)

\* ND : LOD 이하의 값

spot	수박 잎		토양	
	시료량 (g)	시료 1g당 검출된 EF 양(μg/g)	시료량 (g)	시료 1g당 검출된 EF 양(μg/g)
1	1.04	ND	1.01	ND
2	1.05	ND	1.06	ND
3	1.04	ND	1.00	ND
4	1.02	ND	1.02	ND
5	1.06	ND	1.04	ND
6	1.02	ND	1.02	ND
7	1.01	ND	1.03	ND
8	1.02	ND	1.01	168.1
9	1.03	ND	1.04	ND
10	1.01	ND	1.05	ND

**2.2.2 애호박 농가 검역 해충 대상 현장 실증 시 EF 잔류 분석**

- 검역 해충 담배가루이와 목화진딧물에 대한 훈증 방제를 위해 EF 4 g/m<sup>3</sup>로 4시간 훈증 처리하였고, 훈증이 종료된 후 즉시 개방하였음. 개방 1시간 후에 박과 작물 3종 중 애호박의 잎과 토양 시료를 하우스 내 위치(입구로부터의 거리)별로 선별한 10개 지점에서 1g씩 샘플링 하였고, Headspace GC-MS를 이용하여 분석하였음.
- 검역 방제를 위한 에틸포메이트(처리농도: 4 g/m<sup>3</sup>) 4시간 훈증 후, 1시간부터 애호박 잎 및 토양 모든 시료에서 EF가 검출되지 않았음(표 64).

**표 64.** 검역 해충(담배가루이, 목화진딧물)의 검역 방제를 위한 EF 4시간 처리 후(처리 농도 : 4 g/m<sup>3</sup>, 처리 평균 CT값 : 6.2 g h/m<sup>3</sup>) 개방 1시간 후의 시료 1g 당 잔류하는 EF 양(μg/g)

\* ND : LOD 이하의 값

spot	애호박 잎		토양	
	시료량 (g)	시료 1g당 검출된 EF 양(μg/g)	시료량 (g)	시료 1g당 검출된 EF 양(μg/g)

1	1.04	ND	1.05	ND
2	1.00	ND	1.00	ND
3	1.01	ND	1.09	ND
4	1.00	ND	1.00	ND
5	1.03	ND	0.99	ND
6	1.05	ND	1.01	ND
7	1.04	ND	1.03	ND
8	1.11	ND	1.05	ND
9	1.02	ND	1.08	ND
10	1.00	ND	1.01	ND

### 2.2.3 멜론 농가 검역 해충 대상 현장 실증 시 EF 잔류 분석

- 검역 해충 담배가루이와 목화진딧물에 대한 훈증 방제를 위해 EF 4 g/m<sup>3</sup>로 4시간 훈증 처리하였고, 훈증이 종료된 후 즉시 개방하였음. 개방 1시간 후에 박과 작물 3종 중 멜론의 잎과 토양 시료를 하우스 내 위치(입구로부터의 거리)별로 선별한 10개 지점에서 1g씩 샘플링 하였고, Headspace GC-MS를 이용하여 분석하였음.
- 검역 방제를 위한 에틸포메이트(처리농도: 4 g/m<sup>3</sup>) 4시간 훈증 후, 1시간부터 멜론 잎 및 토양 모든 시료에서 EF가 검출되지 않았음(표 65).

표 65. 검역 해충(담배가루이, 목화진딧물)의 검역 방제를 위한 EF 4시간 처리 후(처리 농도 : 4 g/m<sup>3</sup>, 처리 평균 CT값 : 7.8 g h/m<sup>3</sup>) 개방 1시간 후의 시료 1g 당 잔류하는 EF 양(μg/g)

\* ND : LOD 이하의 값

spot	멜론 잎		토양	
	시료량 (g)	시료 1g당 검출된 EF 양(μg/g)	시료량 (g)	시료 1g당 검출된 EF 양(μg/g)
1	1	ND	1.04	ND
2	1.02	ND	1.06	ND
3	1.02	ND	1.03	ND
4	1	ND	1.07	ND
5	1.03	ND	1.04	ND
6	1.09	ND	1.05	ND
7	1.04	ND	1.09	ND
8	1.06	ND	1.02	ND
9	1.07	ND	1.05	ND
10	1.07	ND	1	ND

### 2.3. 하우스 내 EF 처리를 위한 최적 훈증 장치 평가 및 개선

- 에틸포메이트(EF)는 검역용에서 해충 방제 목적으로 사용 중인 훈증제이며, EF를 처리하기 위해서는 밀폐된 공간에 기화기와 캐리어 가스를 이용한 방식 등을 이용해 처리 중임.
- 사전 과제에서는 EF 훈증제의 농업용 해충방제에 사용을 위해 적은 양의 EF를 농업 온실에 적용 시 천천히 자연 기화시키는 방식을 이용한 처리방법에 대한 특허를 출원하였음.
- 본 과제에서는 하우스의 처리 규모를 감안하여 EF를 검역용에 사용하는 정도로 많은 양을 짧은 시간 내에 처리하기 위해서는 검역용에서 사용하는 기술(기화기와 캐리어 가스)을 적용 하는게 불가피한 상황임을 감안하였으며, 이에 본 과제에서는 많은 양의 EF가 농업 온실에 사용 가능 할 수 있도록 에어리스 고압펌프와 고압호스, 미세노즐 등을 활용하여 미스트 형태로 분사하여 비닐하우스 내 내부 온도만으로 많은 양의 EF를 빠른 시간 내에 기화시킬 수 있는 기술(시스템)이 필요

하였음.

- 그린하우스(비닐하우스)내에 고압호스와 미세노즐장치를 고정하고 하우스 밖에서 에어리스 펌프를 연결하여 약제를 처리하는 작업자 없이 편리하게 처리 할 수 있는 기술임. 미세노즐의 홀 사이즈를 변경하여 사용하면 미스트의 크기와 분사량을 자유자제로 조절할 수 있어 온도변화에 적절하게 대응할 수 있고, 또한 모터와 와이어를 이용하여 비닐하우스 전체에 균일하게 살포가 가능하여 약해도 경감 시킬 수 있음.
- 이에 에어리스 고압펌프와 미세노즐을 이용한 미스트 발생 후 비닐하우스 내 온도를 활용한 기화방식을 이용하여 해충방제에 이용할 수 있는 방법(시스템)에 특허를 출원함.

#### 특허 장치 설명



1. 그린하우스(비닐하우스) 외부에 설치된 에어리스 고압펌프를 이용한 EF 처리 시스템
2. 그린하우스(비닐하우스) 내부에 설치된 고압호스 및 미세 노즐
3. 고압호스에 일정간격으로 미세노즐 연결

#### 2.4. 최적 훈증 장치의 특허 출원 및 기술 양도

구분	발명의 명칭	출원번호	출원일
특허(출원)	그린하우스내 자연기화방식을 이용한 에틸포메이트 훈증 기화장치	제10-2022-0116089호	22.09.15

- 본 특허에 대한 (주)세이프콤에 기술양도를 2023년 7월 진행함.
- (주)세이프콤에 기술양도한 훈증 기화장치를 바탕으로 하여 시제품화 하였음(시제품명: 에틸포메이트 농업용 하우스 기화기)(그림 57).



그림 57. 에틸포메이트 농업용 하우스 기화기 시제품

#### 2.5. (추가연구) 에틸포메이트 훈증에 의한 약해 저감법 개발 ②

##### 2.5.1 규산 나트륨(sodium silicate)를 이용한 약해 저감법

- 규산 나트륨을 이용해 EF 약해 저감법을 개발하였음.
- EF 훈증으로 발생하는 부산물 중 포름산과 규산 나트륨이 만났으로써 겔 형태를 띄게 되는데 이를 이용하여 포름산을 제거하는 기작으로 약해를 감소시키고자 했음.

- 탄산수소나트륨과 같이 경엽에 전처리하는 방식으로 실험 진행하였으며, 규산 나트륨 수용액 농도는 10%와 20%로 설정하였음.
- 규산 나트륨 단독처리에 의해 약해가 발생하는지 확인해 본 결과 수박에 20% 규산 나트륨 용액 처리 후 21일차까지 관찰하였을 때, 육안으로 약해가 확인되지 않았음(그림 58).

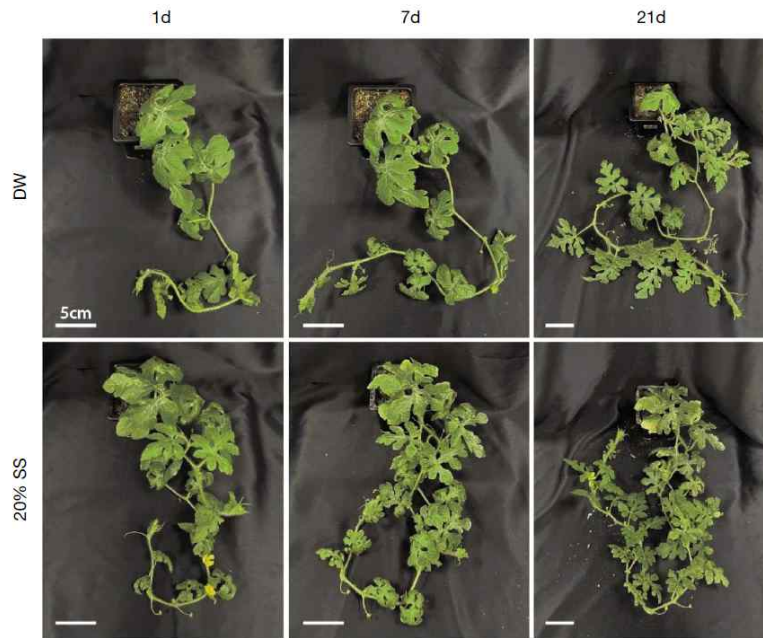


그림 58. 수박에 규산 나트륨 20% 용액을 처리 후 약해 미발생 확인

- 약해가 발생하는 농도로 훈증 처리 전에 규산 나트륨 10%와 20% 용액을 작물에 경엽처리하였을 때, EF 7.5 g/m<sup>3</sup> 농도로 훈증 시 규산 나트륨 20% 용액 처리구에서 더 명확한 약해 저감 효과를 확인할 수 있었음(그림 59).

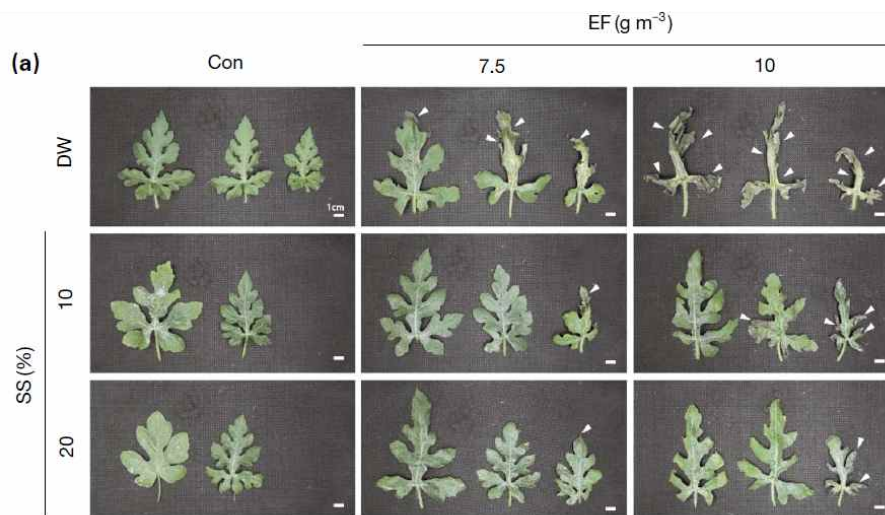


그림 59. 수박에 규산 나트륨 용액을 처리 후 EF 훈증 시 약해 저감 효과 확인

- 애호박과 멜론의 경우 효과적이었던 20% 규산 나트륨 용액을 전처리하여 약해 저감 효과를 확인하였으며, EF 7.5 g/m<sup>3</sup> 농도로 훈증 처리 시 더 효과적으로 약해가 저감되는 것으로 관찰되었음(그림 60).
- 개발하여 특허출원한 2건의 약해 저감제에 대해 현장에서 적용해 볼 필요성이 있다고 판단됨.

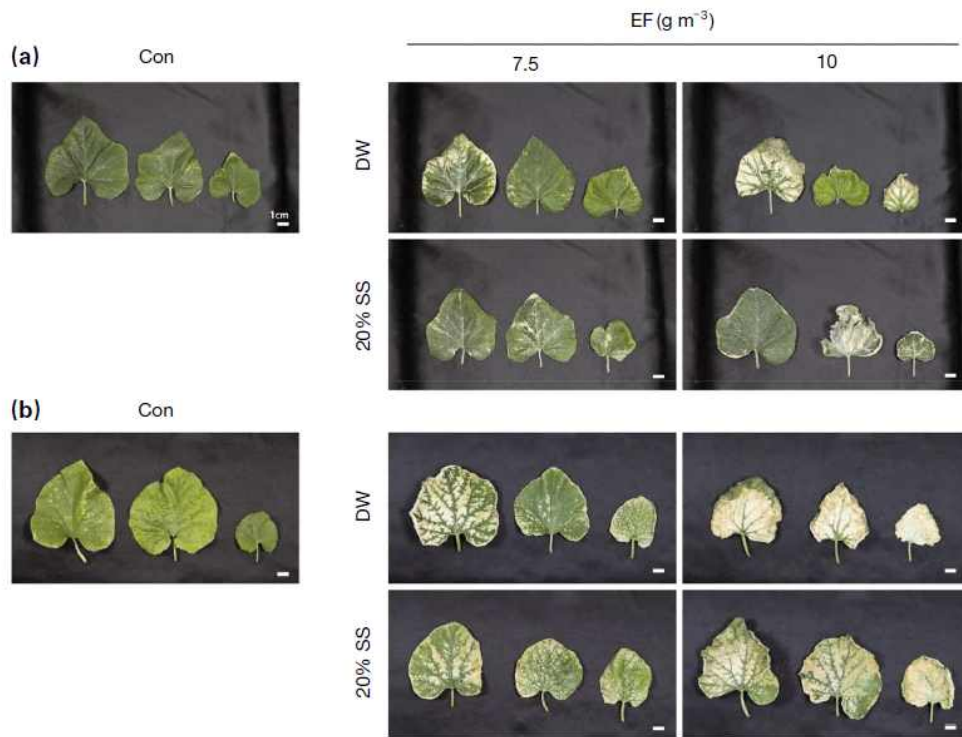


그림 60. 애호박(a)과 멜론(b)에 규산 나트륨 용액을 처리 후 EF 훈증 시 약해 저감 효과 확인

### 2.5.2 약해 저감법 특허 출원

- 규산 나트륨을 이용해 개발한 EF 약해저감법에 대해 2023년 12월 04일 '규산 염 화합물에 의한 농업용 재배 작물 약해 저감방법 및 약해 경감용 조성물'으로 특허 출원(출원번호: 10-2023-0173464)하였음.

(2) 정량적 연구개발성과(해당 시 작성하며, 연구개발과제의 특성에 따라 수정이 가능합니다)

< 정량적 연구개발성과표(예시) >

(단위 : 건, 천원)

성과지표명	연도		1단계	n단계	계	가중치 (%)
			(YYYY~YYYY)	(YYYY~YYYY)		
전담기관 등록·기탁 지표 <sup>1)</sup>		목표(단계별)				
		실적(누적)				
		목표(단계별)				
		실적(누적)				
연구개발과제 특성 반영 지표 <sup>2)</sup>		목표(단계별)				
		실적(누적)				
		목표(단계별)				
		실적(누적)				
계						

- \* 1) 전담기관 등록·기탁 지표: 논문[에스시아이 Expanded(SCIE), 비SCIE, 평균Impact Factor(IF)], 특허, 보고서원문, 연구시설·장비, 기술요약정보, 저작권(소프트웨어, 서적 등), 생명자원(생명정보, 생물자원), 표준화(국내, 국제), 화합물, 신제품 등을 말하며, 논문, 학술발표, 특허의 경우 목표 대비 실적은 기재하지 않아도 됩니다.
- \* 2) 연구개발과제 특성 반영 지표: 기술실시(이전), 기술료, 사업화(투자실적, 제품화, 매출액, 수출액, 고용창출, 고용효과, 투자유치), 비용 절감, 기술(제품)인증, 시제품 제작 및 인증, 신기술지정, 무역수지개선, 경제적 파급효과, 산업지원(기술지도), 교육지도, 인력양성(전문 연구인력, 산업연구인력, 졸업자수, 취업, 연수프로그램 등), 법령 반영, 정책활용, 실제 기준 반영, 타 연구개발사업에의 활용, 기술무역, 홍보(전시), 국제화 협력, 포상 및 수상, 기타 연구개발 활용 중 선택하여 기재합니다 (연구개발과제 특성별로 고유한 성과지표를 추가할 수 있습니다).

< 연구개발성과 성능지표(예시) >

평가 항목 (주요성능 <sup>1)</sup> )	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 <sup>2)</sup> (%)	세계 최고		연구개발 전 국내 성능수준	연구개발 목표치		목표설정 근거
			보유국/보유기관	성능수준	성능수준	1단계 (YYYY~YYYY)	n단계 (YYYY~YYYY)	
1								
2								

- \* 1) 정밀도, 인장강도, 내충격성, 작동전압, 응답시간 등 기술적 성능판단기준이 되는 것을 의미합니다.
- \* 2) 비중은 각 구성성능 사양의 최종목표에 대한 상대적 중요도를 말하며 합계는 100%이어야 합니다.

(3) 세부 정량적 연구개발성과(해당되는 항목만 선택하여 작성하되, 증빙자료를 별도 첨부해야 합니다)

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	A New Approach: Ethyl Formate Fumigation to Control Bemisia tabaci (Hemiptera: Aleyrodidae) in a Yellow Melon Vinyl House	applied sciences	Tae-Hyung Kwon	12(10)	스위스	MDPI	SCIE	2022.05.20	2076-3417	100

2	에틸포메이트의 하우스 농작물 훈증처리 후 토양 및 작물 중 잔류양상	Korean Journal of Environmental Biology	전황주	40(3)	한국	한국환경생물학회	비SCIE	2022.09.16	1226-9999	100
3	에틸포메이트의 비표적생물에 대한 급성독성 및 sodium silicate의 약해저감 효과	Korean Journal of Environmental Biology	김경남	41(3)	한국	한국환경생물학회	비SCIE	2023.09.30	1226-9999	100
4	Optimizing ethyl formate fumigation in greenhouse cucurbit crops for efficient control of major agricultural pests, Myzus persicae and Thrips palmi	Chemical and Biological Technologies in Agriculture	Kyeongnam Kim, Chaeun Kim	10	영국	SPRINGER	SCIE	2023.10.13	2196-5641	100
5	Development of Ethyl Formate Disinfection Treatment Methods for the Prevention of the Introduction and Establishment of Exotic Insect Pests in Greenhouse Cultivation	agriculture	Kyeongnam Kim	13(12)	스위스	MDPI	SCIE	2023.12.07	2077-0472	100

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	International Symposium and annual meeting of the KSABC	전황주	2021.08.23	라마다프라자, 제주	한국
2	2021 추계 한국응용곤충학회	권태형	2021.10.28	솔비치, 삼척	한국
3	한국환경생물학회	김동현	2022.04.21	군산새만금컨벤션센터, 군산	한국
4	International Symposium and Annual Meeting of the KSABC	이유빈	2022.06.27.	바르미 호텔인터볼고, 대구	한국
5	2022 추계 한국응용곤충학회	김동현	2022.10.26	라한셀렉트 호텔, 경주	한국
6	2022 추계 한국농약과학회	김동빈	2022.11.03	소노캄 델피노, 고성	한국
7	KSABC International Symposium 2023	이유빈	2023.06.18	ICC, 제주	한국
8	ACS Fall 2023 - American Chemical Society	김경남	2023.08.15	Moscone center, San Francisco	미국

□ 기술 요약 정보

연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용여부	허용방식

□ 보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호

□ 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[기술적 성과]

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	그린하우스내 자연기화방식을 이용한 에틸포메이트 훈증 기화장치	한국	경북대학교 산학협력단	2022.09.15	10-2022-0116089					100	O
2	에틸포메이트에 의한 농업용 재배 작물 약해 저감방법 및 농업용 재배 작물 보호제	한국	경북대학교 산학협력단	2022.12.23	10-2022-0182608					100	O
3	그린하우스내 자연기화방식을 이용한 에틸포메이트 훈증 기화장치	한국					이성은	2023.06.08	10-2526405	100	O
4	규산 염 화합물에 의한 농업용 재배 작물 약해 저감 방법 및 약해 경감용 조성물	한국	경북대학교 산학협력단	2023.12.04	10-20230173464					100	X



○ 지식재산권 활용 유형

※ 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타
1,3	√					√				
2	√					√				

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율

□ 신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		

□ 표준화

○ 국내표준

번호	인증구분 <sup>1)</sup>	인증여부 <sup>2)</sup>	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류 <sup>3)</sup>	제안/인증일자

\* 1) 한국산업규격(KS) 표준, 단체규격 등에서 해당하는 사항을 기재합니다.

\* 2) 제안 또는 인증 중 해당하는 사항을 기재합니다.

\* 3) 신규 또는 개정 중 해당하는 사항을 기재합니다.

○ 국제표준

번호	표준화단계구분 <sup>1)</sup>	표준명	표준기구명 <sup>2)</sup>	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식 <sup>3)</sup>	제안자	표준화 번호	제안일자

\* 1) 국제표준 단계 중 신규 작업항목 제안(NP), 국제표준초안(WD), 위원회안(CD), 국제표준안(DIS), 최종국제표준안(FDIS), 국제표준(IS) 중 해당하는 사항을 기재합니다.

\* 2) 국제표준화기구(ISO), 국제전기기술위원회(IEC), 공동기술위원회1(JTC1) 중 해당하는 사항을 기재합니다.

\* 3) 국제표준(IS), 기술시방서(TS), 기술보고서(TR), 공개활용규격(PAS), 기타 중 해당하는 사항을 기재합니다.

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	특허 양도	그린하우스내 자연기화방식을 이용한 에틸포메이트 훈증 기화장치	(주)세이프콤	2023.07.18	5,000,000원	-
2	특허 양도	에틸포메이트에 의한 농업용 재배 작물 약해 저감방법 및 농업용 재배 작물 보호제	바이루트(주)	2023.07.18	5,000,000원	-

\* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 투자실적

번호	추가 연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격*

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식 <sup>1)</sup>	사업화 형태 <sup>2)</sup>	지역 <sup>3)</sup>	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	1	제품화	국내	에틸포메이트 농업용 하우스 기화기	본 과제로 부터 개발된 에틸포메이트 기화기를 최종적으로 '농업용 비닐하우스 내 에틸포메이트 기화용(시제품)'화 하였음	(주)세이프 품	-	-	-	-
2	1	제품화	국내	에틸포메이트 훈증제에 의한 작물 약해 방지를 위한 저감제	에틸포메이트 훈증제에 의한 작물 약해 방지를 위한 저감제 개발하였음	바이루트 (주)	-	-	-	-

- \* 1) 기술이전 또는 자기실시
- \* 2) 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등
- \* 3) 국내 또는 국외

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
합계					

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과				
사업화 계획	사업화 소요기간(년)			
	소요예산(천원)			
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후
		단위(%)	현재까지	3년 후
	시장 점유율	국내		
국외				
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획				
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후
	수출			

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			yyyy년	yyyy년	
합계					

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력		
		생산인력		
	개발 후	연구인력		
		생산인력		

□ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
해당 연도							
기대 목표							

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원

□ 기술 무역

(단위: 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	기 징수액	총 계약액	해당 연도 징수액	향후 예정액	수출/ 수입

[사회적 성과]

□ 법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용

□ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용

설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황																	
			학위별				성별		지역별											
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타							

산업 기술 인력 양성

번호	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원

다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비

국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일

포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

연구시설·장비

구축기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)
경북대학교	질소발생기	Egen 30T	×	Y	KKR-PA-232567 13-00000001	21.11.01	17,600	농대1호관 215호
경북대학교	헤드스페이스 샘플러	Agilent G1888	×	Y	KKR-PA-205682 59-00000006	21.11.08	15,950	농대1호관 320호
경북대학교	질소발생기	Egen 30T	×	Y	KKR-PA-232567 13-00000002	22.08.05	17,050	농대1호관 320호

\* 「과학기술기초법 시행령」 제42조제4항제2호에 따른 연구시설·장비 종합정보시스템을 의미합니다.

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

--

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성합니다)

<참고 1> 연구성과 실적 증빙자료 예시

성과유형	첨부자료 예시
연구논문	논문 사본(저자, 초록, 사사표기)을 확인할 수 있는 부분 포함, 연구개발과제별 중복 첨부 불가)
지식재산권	산업재산권 등록증(또는 출원서) 사본(발명인, 발명의 명칭, 연구개발과제 출처 포함)
제품개발(시제품)	제품개발사진 등 시제품 개발 관련 증빙자료
기술이전	기술이전 계약서, 기술실시 계약서, 기술료 입금 내역서 등
사업화 (상품출시, 공정개발)	사업화된 제품사진, 매출액 증빙서류(세금계산서, 납품계약서 등 매출 확인가능 내부 회계자료) 등
품목허가	미국 식품의약국(FDA) / 식품의약품안전처(MFDS) 허가서
임상시험실시	임상시험계획(IND) 승인서

<참고 2> 국가연구개발혁신법 시행령 제33조제4항 및 별표 4에 따른 연구개발성과의 등록·기탁 대상과 범위

구분	대상	등록 및 기탁 범위
등록	논문	국내외 학술단체에서 발간하는 학술(대회)지에 수록된 학술 논문(전자원문 포함)
	특허	국내외에 출원 또는 등록된 특허정보
	보고서원문	연구개발 연차보고서, 단계보고서 및 최종보고서의 원문
	연구시설·장비	국가연구개발사업을 통하여 취득한 3천만 원 이상 (부가가치세, 부대비용 포함) 연구시설·장비 또는 공동활용이 가능한 모든 연구시설·장비
	기술요약정보	연차보고, 단계보고 및 최종보고가 완료된 연구개발성과의 기술을 요약한 정보
	생명자원 중 생명정보	서열·발현정보 등 유전체정보, 서열·구조·상호작용 등 단백질체정보, 유전자(DNA)칩·단백질칩 등 발현체 정보 및 그 밖의 생명정보
	소프트웨어	창작된 소프트웨어 및 등록에 필요한 관련 정보
	표준	「국가표준기본법」 제3조에 따른 국가표준, 국제표준으로 채택된 공식 표준정보[소관 기술위원회를 포함한 공식 국제표준화기구(ISO, IEC, ITU)가 공인한 단체 또는 사실표준화기구에서 채택한 표준정보를 포함한다]
기탁	생명자원 중 생물자원	세균, 곰팡이, 바이러스 등 미생물자원, 인간 또는 동물의 세포·수정란 등 동물자원, 식물세포·종자 등 식물자원, DNA, RNA, 플라스미드 등 유전체자원 및 그 밖의 생물자원
	화합물	합성 또는 천연물에서 추출한 유기화합물 및 관련 정보
	신품종	생물자원 중 국내외에 출원 또는 등록된 농업용 신품종 및 관련 정보

2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
① 진딧물류 및 총채벌레류 대상 경제적 피해 허용 수준 (EIL)을 고려한 훈증 살충력 검정 예비 및 약해 예비시험 (Lab 조건)	○ 진딧물 및 총채벌레의 에틸포메이트 훈증효과를 Lab 수준에서 실시하여 LCT 값을 도출하였음.	100
② 검역 해충 응애류 외 4종 대상 검역 방제를 위한 대체충을 이용한 월동방지 조건 훈증 살충력 검정 예비 및 약해 시험 (Lab 조건)	○ 검역 해충 응애류, 노린재류, 진딧물류, 총채벌레류, 가루이류의 검역 방제를 위해 대체 충을 이용하여 에틸포메이트 4시간 훈증처리 후 LCT 값을 도출하였음.	100

③ 진딧물류 및 총채벌레류에 대상작물 (수박, 애호박, 메론) 약해 소규모 비닐하우스 시험 및 작업자 안전성, 작물체/토양 잔류 분석법 개발	○ 진딧물 및 총채벌레의 방제 시 대상작물에 미치는 약해를 소규모 비닐하우스 조건에서 확인한 후 이를 저감화하는 방법을 개발하였고 작업자의 안전성, 작물체/토양 잔류하는 에틸포메이트를 분석하기 위해 분석법 개발 후 잔류 평가하였음.	100
④ 검역해충 응애류 외 4종 대상 소규모 비닐하우스 시험 및 처리별 작업자 안전성, 작물/토양 잔류 분석 예비 평가	○ 검역해충류 중 썩덩나무노린재 방제조건으로 소규모 비닐하우스 훈증 후 잔류평가 결과 훈증 직후 1시간의 작물/토양 시료에 에틸포메이트가 잔류하지 않았음.	100
⑤ 개발된 최적 훈증 장치를 이용한 기존 살충제 저항성 및 감수성 진딧물류 및 총채벌레류 대상 수박 외 2작물 하우스 현장 실증 시험	○ 개발된 최적 훈증 장치를 이용하여 살충제 저항성 진딧물 및 총채벌레의 방제를 확인하였고 수박, 애호박, 멜론 하우스 농가에서 현장 실증 실험을 완료하였음.	100
⑥ 훈증 장치 개선 평가 및 개선된 훈증 장치를 이용한 검역해충 응애류 외 4종 대상 수박 외 2 작물 현장 실증 시험	○ 개발된 최적 훈증 장치를 이용하여 수박, 애호박, 멜론 하우스 농가에서 담배가루이, 목화진딧물에 대해 약효 평가 진행하였으며, 잔류평가, 약해평가를 통해 현장 실증 실험을 완료하였음.	100

#### 4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성합니다)

##### 1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

---



---

##### 2) 자체 보완활동

---



---

##### 3) 연구개발 과정의 성실성

---



---

#### 5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

본 연구를 통하여 에틸포메이트로 하우스 내 살충제 저항성 해충을 방제하였으며, 작물과 하우스 내 토양에 잔류하지 않으므로 기존의 잔류성 살충제를 대체하였음. 또한, 국제교류 증가와 기후변화로 인한 외래해충 3종(가루이, 진딧물, 총채벌레)의 위협이 커진 하우스 재배 환경에 대응하기 위한 대상 외래해충군의 100%의 방제를 목표로 새롭고 혁신적인 검역 방제기술을 개발하였음. 이는 향후 생물안보 대응력을 강화하는 데 기여할 선도적인 기술로 평가됨. 본 연구과제의 정량 성과로 특허등록 1건 및 출원 3건을 달성하였으며, SCIE 논문 3편, 비 SCIE 논문 2편을 게재하였음. 기술이전은 2건, 제품화 2건을 달성하였음.

## 6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

EF의 하우스 내 사용 등록이 이루어지면 박과류 특히 멜론 재배 하우스 내 다양한 해충 방제에 잔류가 없는 방제기술로서 자리 잡을 수 있음. 또한, 이 기술은 가루이류 등의 외래 유입 해충의 초기 검역 대응 시 긴급 방제 수단으로 사용될 수 있음. 이러한 연구를 다양한 작물에 맞춤형 처리기술을 연구 및 개발함으로써 본 기술의 폭넓은 활용이 기대됨. 향후, 스마트팜과 같은 집약적인 미래 재배 기술에 적용될 경우 외래해충의 유입과 그로 인한 경제적 손실을 저감화할 것으로 기대됨. 본 연구결과를 바탕으로 출원 및 등록된 특허를 양도하는 기술이전 2건을 달성하였음. ‘그린하우스내 자연기화방식을 이용한 에틸포메이트 훈증 기화장치’ 기술은 (주)세이프팜에 이전하였으며, 기술료는 5,000,000원이었음. ‘에틸포메이트에 의한 농업용 재배 작물 약해 저감방법 및 농업용 재배 작물 보호제’ 기술은 바이루트(주)에 이전하였으며, 기술료는 5,000,000원이었음. 2건 모두 제품화를 실시하였음.

### < 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1.	1) 자체평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서
2.	1)
	2)

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 종질지(80g/m<sup>2</sup>)]

## 자체평가의견서

### 1. 과제현황

		과제번호		321098-3	
사업구분	작물 바이러스 및 병해충 대응 산업화 기술개발 사업				
연구분야	방제기술 개발			과제구분	단위
사업명	작물 바이러스 및 병해충 대응 산업화 기술개발 사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	하우스 내 해충 방제 및 정착방지를 위한 훈증기술 개발			과제유형	개발
연구개발기관	경북대학교 산학협력단			연구책임자	이성은
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2021.04.01. -2021.12.31	252,000	현금4,700 현물27,000	252,000
	2차년도	2022.01.01. -2022.12.31	300,000	현물35,000	335,000
	3차년도	2023.01.01. -2023.12.31	304,700	현물42,300	347,000
	4차년도				
	5차년도				
	계	2021.04.01. -2023.12.31	825,000	현금4,700 현물104,300	934,000
참여기업	(주)세이프콤				
상대국		상대국연구개발기관			

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망


2. 평가일 : 2024.02.05

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
경북대학교	교수	이성은

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확약	
----	---



## I. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

### 1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수

본 연구를 통하여 ethyl formate(EF)는 하우스 내 살충제 저항성 해충을 방제하였으며 작물과 하우스 내 잔류하지 않으므로 기존의 잔류성 살충제를 대체하였음. 또한, 국제교류 증가와 기후변화로 인한 외래해충 3종(가루이, 진딧물, 총채벌레)의 위협이 커진 하우스 재배 환경에 대응하기 위한 대상 외래해충군의 100%의 방제를 목표로 새롭고 혁신적인 검역 방제기술을 개발하였음. 이는 향후 생물안보 대응력을 강화하는 데 기여할 선도적인 기술로 평가됨.

### 2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수

본 연구는 잔류가 없는 하우스 내 방제기술을 ethyl formate 훈증제를 이용하여 다양한 살충제 저항성 해충의 방제에 활용할 수 있음. 본 연구에서 사용한 박과류 외에 다른 작물의 재배 하우스에도 적용할 수 있음으로 작물 및 생산환경에 잔류성이 없는 새로운 해충 방제 패러다임을 생성하였음. 또한, 개발된 하우스 내 EF 훈증 검역 방제기술은 특허를 받고 사업화되어, 현재의 하우스 재배 시스템에서 외래해충의 유입과 확산에 대응하는 긴급 방제 수단으로 사용될 수 있음.

### 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수

EF의 하우스 내 사용 등록이 이루어지면 박과류 특히 멜론 재배 하우스 내 다양한 해충 방제에 잔류가 없는 방제기술로서 자리잡을 수 있음. 또한, 이 기술은 가루이류 등의 외래 유입 해충의 초기 검역 대응 시 긴급 방제 수단으로 사용될 수 있음. 이러한 연구를 다양한 작물에 맞춤형 처리기술을 연구 및 개발함으로써 본 기술의 폭넓은 활용이 기대됨. 향후, 스마트팜과 같은 집약적인 미래 재배 기술에 적용될 경우 외래해충의 유입과 그로 인한 경제적 손실을 저감화할 것으로 기대됨.

### 4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수

연구개발은 연차계획에 따라 수행되어 우수한 연구결과를 도출하였으며 정성 및 정량 성과를 모두 달성하였음. 또한, EF 훈증 검역 방제기술 개발과 적용 과정 전반에 걸쳐, 검역 해충 방제 전문 업체인 (주)세이프프롬과 긴밀하게 협력하여 기존 하우스 재배 방식을 활용한 연구를 진행하였음. 현재 하우스 재배 시스템에서는 보기 드문 100% 해충 방제를 목표로 하는 검역 방제시스템을 도입하였고, 훈증 처리 전후의 농작업자의 안전을 최우선으로 고려하여 연구를 진행하였음.

### 5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수

정량성과에서 특허는 등록 1건 및 출원 3건을 달성하였고, SCIE 논문 3편, 비 SCIE 논문 2편을 게재함. 기술이전은 2건, 제품화 2건을 달성하였고, 기술이전으로 등록된 특허를 (주)세이프프롬에 기술이전하였고, 한 건의 특허는 바이루트(주)에 기술이전하였음. SCIE 논문 1 건은 상위 5% 학술지인 Chemical and Biological Technologies in Agriculture에 게재하였고 이 외 논문들도 Q1 학술지에 게재됨.

## II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
진딧물류 및 총채벌레류 대상 경제적 피해 허용 수준 (EIL)을 고려한 훈증 살충력 검정 예비 및 약해 예비시험 (Lab 조건)	15	15	목표를 모두 달성하였음.
검역 해충 응애류 외 4종 대상 검역 방제를 위한 대체충을 이용한 월동방지 조건 훈증 살충력 검정 예비 및 약해 시험 (Lab 조건)	15	15	목표를 모두 달성하였음.
진딧물류 및 총채벌레류에 대상작물 (수박, 애호박, 메론) 약해 소규모 비닐하우스 시험 및 작업자 안전성, 작물 체/토양 잔류 분석법 개발	15	15	목표를 모두 달성하였음.
검역해충 응애류 외 4종 대상 소규모 비닐하우스 시험 및 처리별 작업자 안전성, 작물/토양 잔류 분석 예비 평가	15	15	목표를 모두 달성하였음.
개발된 최적 훈증 장치를 이용한 기존 살충제 저항성 및 감수성 진딧물류 및 총채벌레류 대상 수박 외 2작물 하우스 현장 실증 시험	20	20	목표를 모두 달성하였음.
훈증 장치 개선 평가 및 개선된 훈증장치를 이용한 검역해충 응애류 외 4종 대상 수박외 2 작물 현장 실증 시험	20	20	목표를 모두 달성하였음.
합계	100	100	

## III. 종합의견

### 1. 연구개발결과에 대한 종합의견

본 연구는 ethyl formate(EF)를 활용하여 오이, 수박, 애호박 하우스 내 3종의 해충 (가루이류, 진딧물류, 총채벌레류) 방제시 기존의 잔류성 살충제를 대체하고, 살충제 저항성 해충의 방제에 목표에 두었으며, 연구결과 EF 하우스 처리 후 EF 잔류 없음을 과학적으로 증명하였으며, 저항성 해충군의 방제가 가능한 기술임을 확인하였음. 또한, 국내 오이, 수박, 애호박 재배 하우스에서 발생할 수 있는 외래 해충(가루이류, 진딧물류, 총채벌레류)의 유입과 정착 위험을 대비한 새로운 검역 대응 방안을 마련하기 위해, 검역 훈증 처리 기술전문기업 (주)세이프팜과 협력하여, 기존의 농업 하우스에 적용 가능한 훈증 처리 기술을 개발함, 이 기술을 통해 유입 및 정착 가능한 3종의 외래해충의 검역 방제(100% 방제)를 목표와 처리 전후의 작업자 안전도 확보하였음. 특히, 이 기술은 세계 최초로 하우스 재배 시스템에 적용될 수 있는 해외 유입 외래해충의 긴급 방제 기술로서, 생물 안보에 기여할 수 있으며, 향후 스마트팜을 포함한 다양한 재배 기술에 적용되어 외래 해충의 확산 리스크를 줄이고, 안정적인 농산업 재배 기술 확보에 기여할 것으로 기대됨.

### 2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

해당사항 없음.

### 3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

본 과제의 연구성과는 ethyl formate(EF) 훈증제를 이용하여 처리 후 잔류가 없는 하우스 내 방제기술로서 다양한 살충제 저항성 해충의 방제에 활용할 수 있으며, 특히 본 연구에서 사용한 박과류 외에 다른 작물의 재배 하우스에도 적용할 수 있음으로 작물 및 생산환경에 잔류성이 없는 새로운 해충 방제 패러다임을 생성하였음. 또한, 외래해충의 국내 유입, 정착 시나리오를 대비한 검역적 방제 수준(100%)과 실용화가 가능한 EF 훈증 방제 처리기술의 특허 기술을 산업체로 이전으로 함으로써 현재 오이, 수박, 애호박 하우스 재배 하우스내 외래해충의 유입 확산에 대응할 수 있는 긴급 방제기술로 활용 가능하나, 향후 검역용으로만 등록되어 있는 EF 물질의 농업용 추가 등록 및 작물별 재배 시기별 구체적이고 실용화 연구를 통해 외래 해충류 유입 대응 확산 위험성을 감소시킬 것으로 예상됨.

## IV. 보안성 검토

해당사항 없음.

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

### 1. 연구책임자의 의견

### 2. 연구개발기관 자체의 검토결과

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 종질지(80g/m<sup>2</sup>)]



### 3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표											연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용· 홍보		기타 (타연구활용등)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T 평 가 제 도	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SCI	비 SCI	논 문 평 가 I F						
단위	건	건	건	건	건	건	건	백만원	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	명	건	건		
가중치	50				20		10							20						
최종 목표	1				1		2						3	2		2				
당해 년도	목표	1			1		2						1			1				
	실적	1	1		2		2						2	1		2				
달성률 (%)	100				200		100						200			200				

### 4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	그린하우스 내 자연기화방식을 이용한 에틸포메이트 훈증 기화장치
②	에틸포메이트에 의한 농업용 재배 작물 약해 저감방법 및 농업용 재배 작물 보호제
③	규산염 화합물에 의한 농업용 재배 작물 약해 저감 방법 및 약해 경감용 조성물

### 5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장으로 해결	정책 자료	기타
①의 기술	√	√				√	√			
②의 기술	√	√				√	√			
③의 기술	√	√				√	√			

\* 각 해당란에 √ 표시

### 6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	특허등록 후 (주)세이프폼에 기술이전하였음. 농업용 하우스재배 작물의 해충방제용으로 사용가능하여 하우스 내 재배작물의 무잔류 및 외래해충의 확산 방지에 기여할 것으로 기대함.
②의 기술	특허 출원 후 바이루트(주)에 기술이전하였음. 에틸포메이트의 하우스재배 작물의 약해 경감용으로 적용가능하여 에틸포메이트의 사용을 극대화할 것으로 기대함
③의 기술	에틸포메이트의 하우스재배 작물의 약해 경감용으로 적용가능하여 에틸포메이트의 사용을 극대화할 것으로 기대함

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용등)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T P R O T E C T I O N	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출		투 자 유 치	논 문				학 술 발 표	정 책 활 용	
											S C I		비 S C I	논 문 평 관 I F					
단위	건	건	건	건	건	건	백만원	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	명	건	건		
가중치	50				20		10							20					
최종목표	1				1		2					3	2	2					
연구기간내 달성실적	3	1			2		2					3	2	8					
연구종료후 성과창출 계획																			

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 <sup>1)</sup>	그린하우스내 자연기화방식을 이용한 에틸포메이트 훈증 기화장치		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	5,000천원
이전방식 <sup>2)</sup>	<input checked="" type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타( )		
이전소요기간	2023.07.18. 기술이전 완료	실용화에상시기 <sup>3)</sup>	
기술이전시 선행조건 <sup>4)</sup>			

핵심기술명 <sup>1)</sup>	에틸포메이트에 의한 농업용 재배 작물 약해 저감방법 및 농업용 재배 작물 보호제		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	5,000천원
이전방식 <sup>2)</sup>	<input checked="" type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타( )		
이전소요기간	2023.07.18. 기술이전 완료	실용화에상시기 <sup>3)</sup>	
기술이전시 선행조건 <sup>4)</sup>			

- 1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
- 2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리  
통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리
- 3) 실용화에상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등
- 4) 기술 이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 종질지(80g/m<sup>2</sup>)

### 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 작물바이러스 및 병해충 대응 산업화 기술개발 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 작물바이러스 및 병해충 대응 산업화 기술개발 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.