

【별지 제23호 서식】**완결과제 최종보고서**

일반과제(○), 보안과제()

(과제번호 : PJ010496)

도시농업 맞춤형 해충관리 수단 개발

(Development of a customized pest management measures for urban farming)

국립농업과학원**연구수행기간**

2014.04 ~ 2016.12

농촌진흥청

제 출 문

농촌진흥청 장 귀하

본 보고서를 “도시농업용 맞춤형 해충 관리 수단 개발에 관한 연구”과제의 보고, 제출합니다.

제1세부연구과제 : 도시농업 재배 작물별 발생 해충상 및 친환경 방제기술 개발

제2세부연구과제 : 비벡터링(Bee-vectoring) 적용 살충제 선발 및 현장적용 기술 개발

제1협동연구과제 : Bee-vectoring 적용 가능한 천연 또는 안전 소재 선발

제2협동연구과제 : 도시농업용 우수한 유기농자재 선발 및 제품화

2017. 2. 28.

주관연구기관명 : 국립농업과학원

주관연구책임자 : 최병렬

제1세부/주관연구기관명 : 국립농업과학원

제1세부/주관연구책임자 : 최병렬

참여연구원 : 김정환, 박창규, 지창우

제2세부/주관연구기관명 : 국립농업과학원

제2세부/주관연구책임자 : 최병렬

참여연구원 : 김정환, 지창우, 신수정

제1세부/협동연구기관명 : 서울대학교

제1세부/협동연구책임자 : 안용준

참여연구원 : 하리발란, 왕설, 신혜민

제2세부/협동연구기관명 : (주)나리소

제2세부/협동연구책임자 : 김순일

참여연구원 : 고현인, 김민준, 김유화

제 출

주관연구책임자 : 최 병 렬



주관연구기관장 : 이 진 모



보고서 요약서

과제번호	PJ010496		연구기간	2014. 01. 01 ~ 2016. 12. 31.
연구사업명	단위사업명	국책기술개발		
	세부사업명	국책기술개발		
	내역사업명	도시농업기술개발		
연구과제명	주관과제명	도시농업용 맞춤형 해충 관리 수단 개발		
	세부(협동) 과제명	(1세부)도시농업 작물별 해충상 조사 및 맞춤형 관리기술 개발 (2세부)비벡터링 적용 살충제 선발 및 현장적용 기술 개발		
		(1협동)비벡터링 적용 가능한 천연 또는 안전 소재 개발 (2협동)도시농업용 우수한 유기농자재 선발 및 제품화		
연구책임자	구분	연구기관	소속	성명
	1세부	국립농업과학원	작물보호과	최병렬
	2세부	국립농업과학원	작물보호과	이재국
	1협동	서울대학교	농업생명공학부	안용준
	2협동	(주)나리소	연구경영	김순일
총 연구기간 참여 연구원 수	총 : 13 명 내부 : 5 명 내부 : 8 명	총 연구개발비	정부 : 360,000천원 시험연구비: 180,000천원 민간부담금: 70,200천원 계 : 610,200천원	
요약	<p>○ 주말농장에서 가장 많이 재배되는 고추, 배추, 토마토, 감자, 가지, 상추를 대상으로 이들 작물에 발생하는 주요 해충의 종류, 발생시기, 발생량, 피해 등을 육안 및 성폐로몬 트랩을 이용하여 조사하였음. 주요 해충들로 고추는 진딧물, 총채벌레, 담배나방이었고, 토마토는 진딧물, 가루이, 잎옹애, 잎풀파리 그리고 감자는 진딧물과 큰이십팔점박이무당벌레였음. 배추는 진딧물, 벼룩잎벌레, 좁은가슴잎벌레, 홍비단노린재, 무잎벌, 나방류, 달팽이가 주로 발생했고 가지는 잎옹애, 가루이, 진딧물, 큰이십팔점박이무당벌레 그리고 상추는 진딧물, 총채벌레, 가루이였다. 발생시기는 각 해충별 작물별 특성에 따라 다소 차이를 보였음</p> <p>○ 비벡터링 살충제 선발을 위해 천적인 담배장님노린재, 애꽃노린재에 대한 독성 평가 결과, 대부분의 살충제들이 저독성인 것으로 조사되었고 뒤영벌에 대해 10% 미만의 약한 영향을 미쳐 비벡터링을 위한 살충제로서 활용이 가능했음. 특히 미생물 살충제들의 독성이 낮게 나타나서 비티아이와자이엔티423과 비티쿠루스타키수화제를 비벡터링을 위한 적정 약제로 선발하였다. 시설 토마토 온실에서 미생물 살충제 2종을 뒤영벌 분배 처리 후 담배거세미나방 유충에 대한 살충력을 조사한 결과, 토마토 중위엽에서 비티아이와자이엔티423 50%, 비티쿠루스타키수화제 42%의 살충율을 보였으나 상위엽과 하위엽에서는 중위엽에 비해 다소 낮은 사충율을 보였음. 분배기 내 약제 도입에 따른 뒤영벌들의 행동변화 관찰 및 시설 완숙 토마토 재배지와 딸기 재배지에서의 비벡터링에 따른 야외 시험결과를 토대로 비벡터링 적용을 위한 세부적인 가이드라인을 설정하였음</p> <p>○ 라벤더 정유는 페레스로이드에 높은 저항성을 보인 배추좀나방 유충에 탁월한 효과를 보였으며, 또한 배추좀나방 유충의 천적인 배추나비고치벌 성충에 대해 상대적으로 독성이 낮아 선택성 방제제 개발의 가능성을 보였음. Celeryseed를 비</p>	보고서 면수		

롯한 17종 정유의 각 시험분무제형(30g/L)은 복숭아진딧물·목화진딧물·오이총채벌레·꽃노랑총채벌레·온실가루이·파밤나방 등의 해충에 효과를 보였으며, 또한 꿀벌과 뒤영벌, 진딧물 기생성 천적인 콜레마니진디벌과 복숭아진디벌에 독성을 보이지 않아 넓은 살충스펙트럼을 구비한 맞춤형 바이오 살충제로서 활용성이 보였음. 또한 살충활성 화합물의 작용기구 구명 연구를 통해 (\pm)-limonene, (+)-limonene, α -pinene, β -pinene, camphor 및 linalool 등은 아세틸콜린에스테라제가 이들 화합물의 작용점이며, camphene은 옥토파민(octopamine) 수용체에 작용하여 살충활성을 나타냄을 알 수 있었음

- 도시농업 적용용 친환경유기농자재목록공시제품 선발을 위해 국내에 등록된 친환경 유기농자재목록공시 제품들을 조사한 결과, 식물 추출물을 유효성분으로 함유한 약제가 약 157종이었고, 이들 중 고삼 추출물 함유제(2종 또는 3종 혼합제)가 도시농업 충해 관리용으로 적합한 것으로 나타났음. 천연소재를 유효성분으로 한 유기농자재 제제화를 위해 도시농업인들이 해충 방제용으로 활용 가능한 무희석제들인 배추세이퍼(배추좀나방 유충 특화제), 진디아웃(진딧물 및 총채벌레 관리용), 마이리펠러 그리고 희석제로 응애아웃(점박이응애 특화제) 등의 제제를 개발하였음. 그리고 나방류 및 총채벌레를 동시에 포획할 수 있는 트랩을 제작하여 도시농업 현장에 적용함으로써 실용화를 위한 연구를 실시하였음

〈 국 문 요 약 문 〉

연구의 목적 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 도시농업 적용용 천연 또는 안전소재 선발 및 무희석 제품 개발 ○ 도시농업지 발생 해충의 친환경 관리기술 개발
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 도시텃밭 및 주말농장 등 도시농업지 발생 해충 관리기술 개발 ○ 비벡터링 기법 현장 적용기술 확립 ○ 활성분체 규명 및 작용기작 연구 ○ 제품 등록
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 도시농업 환경에 실질적으로 적용 가능한 친환경적인 해충 관리 기술의 제공으로 유기농업 시장의 확대를 위한 홍보 효과 달성 ○ 채소 특히 시설지에서 발생하는 난방제 해충들을 효과적으로 관리 가능한 친환경 제원으로서 활용 ○ 인축에 해가 없는 저독성 방제약제 개발에 관한 노하우 확보 및 국가적인 유경험 연구 인력의 확보 ○ 화학합성 살충제 사용량 감소에 기여 ○ 고가의 해외 친환경 수입 농자재들에 대한 수입대체 효과 ○ 친환경농산물 생산확대로 소비자 수요 충족 ○ 생화학 농약 소재의 보다 넓은 생물활성 조사(기능성화장품, 식품 등)를 통한 소재의 활용도를 확장함으로써 다양한 제품군 개발을 위한 후속 연구에 활용. 이는 관련 연구자들의 연구의욕 고취 및 산업계의 소재 제공에 기여
중심어 (5개 이내)	도시농업 해충관리 비벡터링 유기 농업자재

〈 Summary 〉

Purpose& Contents	<p>In order to select an insecticide for bee vectoring use, the toxicity of several commercialized insecticides were tested to <i>Nesidiocoris tenuis</i> and <i>Orius strigicollis</i> adults under laboratory conditions. Most insecticides showed low toxicity and also gave less than 10% mortality against <i>Bombus pascuorum</i> workers. Especially, microbial biopesticides such as <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp <i>aizawai</i> NTO423 and <i>Bacillus thuringiensis</i> var <i>kurstaki</i> were selected for bee vectoring use because of their low toxicity. In a tomato green house, the biopesticides showed more than 42% mortality against <i>Spodoptera litura</i> larvae on middle height tomato leaves but the efficacy was decreased when they were applied to top or lower leaves. After the insecticides were introduced into a distribution device, the behaviors of <i>B. pascuorum</i> workers were observed.</p>
Results	<p>We investigated the insect pests with visual inspection, sex pheromone trap, yellow sticky trap etc, which occur in farm weekend where the major vegetables are hot pepper, chinse cabbage, tomato, potato, eggplant, lettuce etc. The major insect pests in hot pepper are aphids, thrips, tobacco budworm, white fly, leaf mite, leaf miner etc. In addition, the major insects on totato are aphids, thrips, tobacco budworm, white fly, leaf mite, and leaf miner, and in eggplant are leaf mite, white fly, aphids, 28-spotted potato ladybirds etc. Leaf mite has conformed peak density in the middle September and the middle October. In the case of white fly is in the middle August and middle September. Peak density of Aphid is in the middle October. In case of the 28-spotted potato ladybirds are from late July to late August. The general insect pests in lettuce are aphids, thrips, and white fly. Peak density of each pests are like this. Aphids is early June and early July, thrips are late July and early August, white fly is early October. But there are a little insect pest in lettuce grown in open field. The major pests of chinese cabbage is aphid, striped cabbage</p>

flea beetle, brassicae leaf beetle, cabbage stink bug, cabbage sawfly, moths, slugs etc. Peak time of each pest is like this; aphids is early June and middle October, striped cabbage flea beetle is middle June, early July and early October, cabbage stink bug is late June, early and middle August. cabbage sawfly is middle and late September, moths are from early June to late June, slug is middle August, late October. Cabbage has the most kinds of pests and the damage is severe. We investigated the occurrence of moths using the sex pheromone trap. Peak occurrence time of the oriental leafworm moth is early September, tabacco budworm is early August, the beet armyworm is early September, the diamondback moth is early October. We made the insect pest pictorial book of farm weekend and distributed it the provincial government, and so forth.

The lavender oil applied as 6 g/L spray provided 100% mortality toward larvae from either of susceptible and pyrethroid-resistant diamondback moth (DBM). Reasonable DBM control can be achieved by the spray formulation containing the 6 g/L oil as potential contact-action fumigants. The 17 essential oils applied as 30 g/L spray provided 100% mortality toward green peach aphid and cotton aphid adults, palm thrips adults, western flower thrips adults, sweetpotato whitefly adults, and beet armyworm larvae, without toxicity to pollinators (honeybee and bumble bee) and parasites (*Aphidus colemani* and *Aphidus matricariae*). This will warrant possible applications of essential oil-derived products as potential insecticides with broad spectrum. The monoterpenoids (\pm)-Limonene, (+)-limonene, α -pinene, β -pinene, camphor, and linalool strongly inhibited aphid cetylcholinesterase, whereas the mechanism of insecticidal action of camphene might be due to interference with the octopaminergic system. Currently, 157 eco-friendly organic insecticides are registered in our country and we selected 2 products to be used in urban farming. The active ingredient of the products are *Sophora* extract-based mixtures containing more 2 or 3 plant extracts.

	<p>In another study, we formulated Baechoosafer, Jindyout, and Myrepeller containing plant essential oils as active ingredients, and they can control or repel specific insect pests such as <i>Plutella xylostella</i>, <i>Myzus persicae</i>, and mites without diluting, respectively. In addition, Mite out exerts the toxicity against <i>Tetranychus urticae</i> with diluting.</p>				
Expected Contribution	<p>Based on the data from tomato- and strawberry-field tests using bee vectoring technique, a guideline for applying to urban farms in terms of insect pest management was developed. A lot of eco-friendly control means have been developed to control economically important moths and thrips, but a combination products did not be designed to control the insect pests simultaneously. We developed the simultaneous trap, which can monitor and control the moths and thrips occurring in urban farms.</p>				
Keywords	Urban farm	Insect pest management	Bee-vectoring	Organic pesticides	

목 차

제 1 장 서 론
제 2 장 국내외 기술개발 현황
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과
제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도
1절 목표대비 대외 달성도
2절 정량적 성과
제 5 장 연구개발결과의 활용계획
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보
제 7 장 기타 중요 변동사항
제 8 장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구장비 현황
제 9 장 참고문헌

제 1 장 서 론

제1절 연구 개발 목적

1. 경제적 중요성

도시농업은 도시 주변에서 주말농장, 건물의 옥상, 정원 텃밭 등 다양한 공간을 활용하여 농사 행위를 하는 것을 말한다. 미국, 영국, 독일, 캐나다, 일본 등에서 도시농업은 도시 생태계 보전과 도시민의 정서 순화 및 지역 공동체 형성에 커다란 역할을 하고 있다. 우리나라는 농촌 인구가 도시로 집중되면서 자연과 단절된 도시에서 자연을 그리워하는 사람들이 여가활동, 학생 체험학습, 건강증진, 안전한 먹을거리 생산 등 다양한 목적을 갖고 소규모로 도시 생활을 하면서 농업을 하고 있다. 우리나라 도시농업의 재배면적과 인구는 2010년 각각 104ha와 15만 명에서 2015년 각각 850ha와 130만 명으로 급격히 증가하고 있고, 재배되는 작물도 약 30여 종류로 매우 다양하다. 그러나 농사를 경험하지 못한 많은 도시민들이 작물에 발생하는 해충으로 인해 농사를 망치거나 과도한 농약을 살포하는 등 어려움을 호소하는 경우가 많았다. 따라서 국립농업과학원에서는 2014~2016년까지 도시 주말농장에서 많이 재배하는 고추, 상추, 배추, 무, 토마토, 가지 등을 중심으로 발생되는 해충의 종류와 발생시기, 피해증상 등을 조사하여 도시농업인들이 쉽게 활용할 수 있도록 해충의 형태, 발생 생태, 피해 증상, 방제 방법에 대한 “도시농업 재배작물 해충 생태와 방제 도감”을 발간하여 도시 농업인, 지도 공무원, 도시 도서관 등에 제공하였다.

비백터링은 별이 수정활동을 하는 동안 병해충 방제용 미생물 제제를 식물체에 전달하여 발생을 억제시키는 친환경 작물보호 기술이다. 뒤영별이 모여 있는 별통의 내부 또는 외부에 친환경 약제를 담은 분배장치를 설치하여 별이 수분활동을 위해 별통에서 외부로 빠져나갈 때, 분배장치를 통과하면서 몸에 친환경 제제가 묻게 하고 수분활동을 하는 동안 식물체의 꽃이나 잎 부위에 퍼트려 병해충 방제에 이용할 수 있도록 고안되었다.

전 세계적으로 도시민이 소비하는 전체 음식의 1/3 가량은 도시 내부에서 생산되고 있고, 약 8억명 가량이 도시농업에 종사하고 있으며 이들 중 2억명이 상업농들이다. 국내 역시 도시 농업의 인식 전환 및 재배 면적이 비약적으로 증가 추세에 있다. 서울시 자치구 도시텃밭 분양 면적이 62만m² 이상에 이를 정도로 도시민들의 참여도 및 관심이 높다. 부천시는 도심 속에서 농촌 환경을 체험할 수 있는 소규모 농업공원 조성으로 도시민들에게 농업의 중요성을 알리고 농촌현실 인식 기회제공을 위해 2008년 12월 부천 상동 호수공원 내 5,122㎡ 농업체험시설을 조성하였다. 수원시에서는 10년 전부터 머내 생태공원, 서호공원, 일월공원에 채소원 성격의 소규모 도시농업공원을 조성하였고, 고양시에서도 2008년에 대화동 경관녹지 내 6,600 ㎡에 1,000백 만원을 투입하여 농업체험시설을 조성하여 농작물 재배장, 농기구 전시장, 보관창고, 휴게실, 화단 등 조성하였다. 이와 같은 도시민들의 도시농업에 대한 열정 및 관심이 증대되었으나 상대적으로 안전한 소재를 활용한 발생 병해충들을 효과적으로 관리할 수 있는 수단은 미흡한 실정이다.

정부에서는 “친환경농업 육성과 농산물 안전성 확보대책”을 수립하여 2013년까지 2004년 기준 화학농약과 비료를 30% 절감하는 계획을 발표하였으며, 이를 뒷받침할 화학합성 살충제

들을 대체할 방제 수단 개발을 위한 연구가 필요하다. 보다 안전한 소재의 활용 가능성에 대한 검토(유기농자재들의 활용, 트랩, 화분매개곤충의 활용 등)로 합성 살충제들의 사용 감소에 따른 농업생산성 유지를 위한 완화기술의 개발 필요하다. 또한 도시농업인들이 소규모 포장에서 안전하게 활용 가능한 수단으로서 적합한 기술들은 화분매개 곤충들의 활용, 안전소재를 함유한 무희석제 제품, 트랩 등의 물리화학적 제품 등의 개발도 중요하다. 기능 즉 효능이 기존 화학농약에 필적한 정도의 제품력(혁신력)만 갖추게 된다면 국내 화학제 기반의 희석제들 사용을 줄일 수 있을 것으로 보인다.

2. 산업적 중요성

국내의 생물농약 개념은 천연에서 유래된 추출물, 살아있는 미생물 등을 이용한 생물적방제제로서 생화학농약(자연계에서 생성된 천연화합물을 추출하여 이용하거나 비독성학적 기구에 의한 생물통신물질을 이용한 농업용 생물질 또는 생약방제제)과 미생물농약(진균, 세균, 바이러스 및 원생동물 등 살아있는 미생물을 이용한 농업용 미생물방제제) 등을 일컫는다. 본 연구개발의 최종 산물들은 생물농약 범주에 속하는 것으로 천연소재를 활용해서 최종 소비자(도시농업자)들이 손쉽게 사용할 수 있도록 무희석제의 소비자 사용 편이성이 제공된 제품을 개발하는데 있다.

구 분	한 국	미 국	OECD (EU)
미생물농약 (Microbial pesticides)	진균, 세균, 바이러스 및 원생동물 등 살아있는 미생물	세균(예, <i>Bacillus thuringiensis</i>), 진균, 바이러스 또는 원생생물	바이러스, 세균, 곰팡이, 선충, 미포자충, 박테리오파아지
생화학농약 (Biochemical pesticides)	천연화합물 추출물, 비독성학적 기구에 의한 생물통신물질 또는 생약	비독성기작으로 해충을 방제할 수 있는 천연물(예, 곤충성페로몬-교미교란제, 방향성식물 추출물-유인제)*	식물추출물, 천연(화합)물, 식물증강제(strengthener)
PIPs (Plant-Incorporated-Protectants)	-	농약 독소 성분을 유전적으로 식물체에 도입(예, Bt toxin, GM-glyphosate)	-
통신물질 (Semiochemicals)	-	-	곤충행동에 영향을 주는 물질(페로몬, 알로몬, 카이로몬)
천적 (Macro-organisms)	-	-	응애, 곤충

*생화학농약 범주에 속하는 지를 때로 결정하기 어려워 미환경보호청은 특별위원회에서 결정할 수 있도록 운용하고 있음.

천연물을 활용하여 제품화하는데 있어 가장 큰 장애요인은 원료물질의 대량생산 또는 안정적인 확보의 어려움, 품질관리, 까다로운 등록절차 등을 들 수 있다. 또한 유효성분들이 복합

제 형태로 함유되어 극미량이기 때문에 희석해서 사용할 시 기존 합성소재들에 비해 경제성 면에서 미흡하여 결과적으로 제품의 단가 상승을 가져오는 문제가 있다. 따라서 최종소비자들이 희석하지 않고 그대로 사용할 수 있는 시장은 소규모로 경작을 하는 도시농업 시장이 가장 적합하다고 판단한다.

제2절 연구 개발의 필요성

최근 도시농업에 대한 도시민들의 관심이 증가하면서 우리 정부는 도시농업의 육성 및 지원에 관한 법률(2012년)을 공표하여 도시농업 육성을 위한 법적 기반을 마련하였다. 법 제8조 제1항에 따라 도시농업의 유형을 도시농업을 하는 공간(이하 "텃밭"이라 한다)의 위치, 운영 형태를 고려하여 (1)주택활용형 도시농업: 주택·공동주택 내부텃밭, 주택·공동주택외부텃밭, 주택·공동주택 인접텃밭, (2)근린생활권 도시농업: 농장형 주말텃밭, 공동목적형 주말텃밭, (3)도심형 도시농업: 고층건물 내부텃밭, 고층건물 외부텃밭, 고층건물 인접텃밭, (4)농장형·공원형 도시농업: 공영도시농업농장 텃밭, 민영도시농업농장 텃밭, 도시공원 텃밭, (5)학교교육형 도시농업: 유치원 또는 유아원 텃밭, 초등학교 텃밭, 중학교 텃밭, 고등학교 텃밭, 기타 학교교육형 텃밭 등으로 분류하였다. 또한 법21조에서는 친환경적인 도시농업을 촉진하고 생활환경의 오염을 방지하기 위하여 도시농업 관련 농자재 등의 안전한 관리 및 처리에 관한 기준을 규정하고 있어 이에 부합한 기술 개발이 필요하다.

친환경 농업 및 안전농산물에 대한 관심 증가로 그린작물보호제에 대한 개발 요구가 고조되고 있다. 생물농약·생화학 농약·식물 농약 등의 그린작물보호제 세계 시장 규모는 약 10억불로서 전체 작물보호제 시장의 2.2%를 차지하고 있고 연평균 성장률이 15.6% 정도로 일반 합성 농약(4.6%)보다 월등히 높음에도 국내의 경우 주로 외국에서 수입된 제품을 사용하고 있어 시급히 연구 개발이 필요한 실정이다. 식물 농약의 전 세계 시장 규모는 1.1억불 정도이나 매년 10~15%씩 가파르게 성장할 것으로 추정되고 있음. 특히 식물 농약은 안전성이 높기 때문에 안전성을 특히 중시하는 토마토 및 염채소류 해충들을 대상으로 개발할 경우 경쟁력이 있을 것으로 보인다. 도시농업인들이 소규모 포장에서 안전하게 활용 가능한 수단으로서의 적합한 기술들은 화분매개 곤충의 활용, 안전소재를 함유한 무희석제 제품, 트랩 등의 이화학적 제품 등의 개발이 필요하다. 기존 해충방제제를 대체할 수 있는 안전 소재에 대한 개발이 필수적인데, 도시 농업인들이 의존할 수 있는 해충 관리수단은 대개 희석제 기반의 액제(수화제·유제 등)들로 이들 약제들은 각 종 부작용을 야기하여, 천적 및 방화곤충 등에 영향이 거의 없는 안전소재들을 기반으로 한 제품 개발이 중요하다. 더불어 도시 농업인들이 꾸준히 활용할 수 있는 제품이나 원제(천연물)들을 제공해 줄 수 있는 기술도 필요하다.

활용 가능한 기술로 화분매개 곤충(예, 뒤영벌, 꿀벌 등)들을 활용해서 이들이 화분매개를 하면서 안전한 살충 또는 유인/기피 등의 행동제어 소재들을 작물에 운반해서 발생 중인 해충들을 효과적으로 제어할 수 있는 맞춤형 기술 개발을 위한 소재 탐색 및 선발이 필요하다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제1절 국내 연구 현황

도시농업(urban agriculture, urban farming, urban gardening)에 대한 개념과 정의는 국제적으로 다양한데, 농촌진흥청(2011) 및 오(2013)에 의해 잘 정리되어 있다. 도시농업은 도시와 도시주변에서의 작물 재배, 원예, 가축사육, 수경재배, 산림관리까지를 포괄하고 있을 뿐만 아니라(Hampwaye 등, 2013), 이와 관련된 생산, 가공, 유통 등 일련의 과정(Bailkey와 Nasr, 2000)을 도시농업의 범주로 보고 있다. 농촌진흥청(2011)에 따르면, 세계식량기구(FAO)에서는 도시농업 및 도시주변농업은 도시와 도시주변의 농업활동으로 중요한 요소로 원예, 가축, 사료, 우유의 생산과 수경재배, 산림관리를 포함시키고 있다. 국제연합(UN)에서는 도시농업을 도시구조의 중요한 부분으로 인식하여 도시계획을 위한 도구로서 언급하고 있으며, 유엔개발기구(UNDP)에서는 도시 또는 도시인근의 토양과 수상에서 다양한 작물이나 가축을 생산하기 위해 자연자원이나 도심의 폐자원을 활용하여 집약적인 생산, 가공, 유통을 하는 행위로 인식하고 있다. 도시농업이라는 개념이 국내에 도입되고 정착되기 시작한 것이 불과 4~5년에 불과해서 이와 관련된 관리 기술들의 개발은 상대적으로 거의 연구가 이뤄지지 못한 실정이다. 2012년에 약 비로소 도시농업육성에 관한 법령 등이 정비되고 제도화되어 정책적인 지원책이 마련되었다. 다양한 형태의 도시농업이 아직 자리 잡지 못한 상황에 있으나, 도시농업과 관련하여 많은 사람들의 관심이 고조되고 있어 향후 도시농업면적 및 시장의 확대가 클 것으로 기대되고 있음. 그러나, 상대적으로 재배 작물들에서 발생할 수 있는 한시적인 해충상 등에 조사도 미흡한 실정이어서, 이에 관한 연구가 시급하다. 따라서 해충상 조사와 같은 실태 파악과 더불어 도시민들의 수요를 충족시켜 줄 수 있는 친환경적인 새로운 안전소재를 함유하는 해충 방제제나 또는 이화학적 소재를 활용한 트랩 등의 맞춤형 방제수단의 개발이 필요하다.

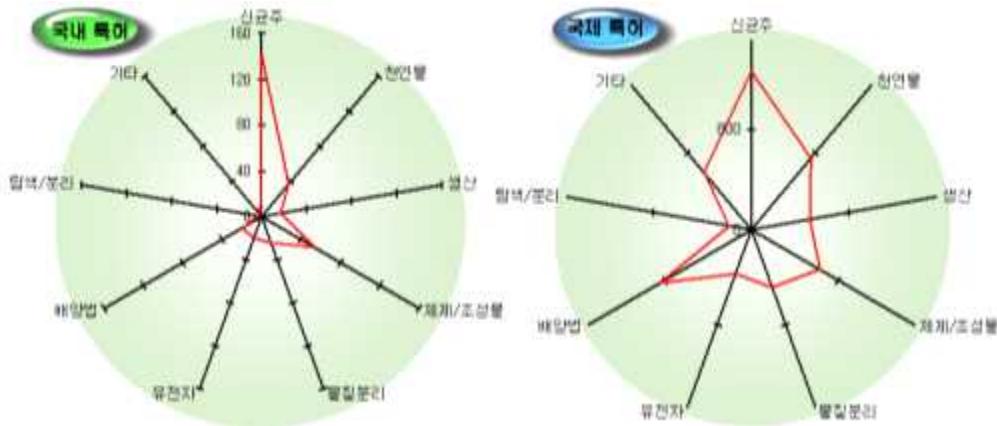
선진국에서는 미생물 또는 천연소재의 분리 및 동정 연구의 대량자동화 시스템 확보를 발판으로 다양한 천연소재의 이용 기회를 높이는 동시에 생산기술과 제형화 기술 등을 포함한 체계적인 연구 성과 관리체계를 바탕으로 우수한 제품의 산업화에 집중하고 있다. 특히 경쟁적으로 산업화가 용이한 천연물 군을 대상으로 신규소재 확보, 생산, 제형화에 대한 연구 성과 및 특히에 치중하며 전체적으로 균형을 유지하며 진행되고 있으나, 아직 가시적인 결과물 도출에서는 미흡한 실정이다. 시설재배에서 화분매개곤충으로 많이 활용되고 있는 뒤영벌은 bee-vectoring 기술을 적용하기에 매우 좋은 조건을 갖추고 있다. Bee-vectoring 기술에는 활동력이 우수한 매개곤충, 병해충 방제효과가 좋고 별에 안전한 미생물제제, 미생물제제를 담으면서 매개곤충이 지나가는 통로가 되는 분배장치 등 3가지 요소로 구성되어 있다. 국내에서는 농과원에서 2009년부터 뒤영벌을 이용한 비벡터링 기술연구를 시작하면서 별의 활동량뿐 아니라 매개되는 양을 높일 수 있는 분배장치를 자체 개발하였고, 뒤영벌에게 부정적인 영향이

없으면서 병해충을 방제할 수 있는 안전한 미생물 제제 선발이 이루어졌다.

국내에서 상품화된 미생물제제를 대상으로 뒤영별에 대한 안전성 검토를 하여 몇종을 선발하였고 현장에서 실용화를 검토할 필요가 있다. 국내에서 아직까지 친환경 농자재를 비벡터링 기술에 활용할 수 있는지에 대한 연구는 수행되지 않았다. 우리나라에서는 비벡터링에 적합한 수화제 계통의 생물농약이 다수 등록되어 있으며(KCAP, 2011) 시설재배지에서 화분매개 곤충으로 뒤영별이 많이 사용되고 있다(Yoon et al., 2007; Yoon et al., 2008; Park et al, 2013). 비벡터링 적요 시 여러 요소가 고려되어야 하지만(Kevan et al, 2008), 그 중에서도 활동력이 우수한 매개곤충, 병해충 방제효과가 좋은 안전한 미생물 제제 그리고 사용하기 편리한 분배장치가 핵심 3요소라고 알려져 있다(Park et al, 2011). 하지만 포장에서 운영시 분배장치 설치로 인한 별의 행동, 활동량에 대한 정밀한 평가를 위해서는 설치 전후의 별의 행동을 비교 분석하는 것이 필요하다고 보고되었다(Kevan et al, 2009; Park et al, 2013).

국내 생화학농약에 대한 연구는 개별적·산발적으로 이루어지고 있으며, 국내 자원(소재) 탐색 및 개발을 위한 자원 빈약, 관련법들의 정비 미흡(미생물농약에 관한 규정은 2000년, 생화학농약에 관한 규정은 2005년 시행) 등의 다양한 요인들로 실용화 성과는 아직 미흡한 실정이다. 식물 유래 화합물들의 살충작용기구 연구 분야는 생명현상의 본질을 해명할 뿐만 아니라 새로운 작용점을 갖지는 살충제 개발에 유용한 정보를 제공하고 있으나, 이에 관한 연구는 거의 거의 이루어지지 못하고 있다. Perumalsamy 등 (2015)은 4종 플라보노이드와 2종 지방산 화합물의 에집트금모기 유충에 대한 살충활성 및 작용기구를 조사한 바 있다. 플라보노이드 화합물인 karanjachromene, pongamol과 pongarotene은 아세틸콜린에스테라제를 강하게 저해하였으나, 이들 화합물 모두 cAMP 함량에 영향을 미치지 않아, 아세틸콜린에스테라제가 karanjin 및 karanjachromene의 주요 작용점이라고 하였다. 불포화지방산인 올레인산과 포화지방산인 팔미틴산은 각각 강하거나 약하게 아세틸콜린에스테라제를 저해하였으며, 이들 지방산에 의해 유도된 cAMP 함량은 옥토파민 단독에 의해 유도된 함량보다 낮아, 아세틸콜린에스테라제가 올레인산과 팔미틴산의 주요 작용점이라고 하였다. 불포화지방산인 엘라이드산 및 포화지방산인 아라키드산과 베렌산은 아세틸콜린에스테라제를 저해하지 않았으며, cAMP 함량의 현저한 증가를 야기하여, 이들 지방산은 옥토파민 시스템을 차단하여 살충작용을 나타낸다고 하였다. 리놀레산과 리놀렌산은 중간 정도로 아세틸콜린에스테라제를 저해하였을 뿐만 아니라, cAMP 함량도 현저하게 증가시켜, 리놀레산과 리놀렌산은 아세틸콜린에스테라제와 옥토파민 수용체 모두에 작용한다고 하였다.

국내에서 천연물 군을 대상으로 한 신규소재 확보, 생산, 제형화에 대한 연구 성과 및 특히 치중하며 전체적으로 균형을 유지하며 진행되고 있지만 가시적인 결과물 도출에서는 아직 미흡한 실정이다.



하지만, 생화학농약에 대한 연구는 서울대학교, 경상대학교, 충북대학교, 강원대학교, 한국화학연구원, 한국생명공학연구원, 국립농업과학기술원 등의 연구원들이 천연추출물, 천연유래 병해충잡초 억제 물질 등의 활용 및 개발에 노력하고 있다. 한 가지 아쉬운 점은 이러한 연구가 개별적, 산발적인 연구와 국내 자원(소재) 탐색 및 개발을 위한 자원 빈약, 관련법들의 정비 미흡(미생물농약에 관한 규정은 2000년, 생화학농약에 관한 규정은 2005년 시행) 등의 다양한 요인들로 실용화 성과가 미흡하다는 사실이다. 식물추출물 및 그 유래 화합물들을 활용하기 위한 다양한 연구개발이 농수산식품부 및 농진청 등의 국가기관 R&D 과제들을 통해 이뤄졌다.

구분	중점추진연구과제	개발내용	비고
식물 기원 작물보호 선구물질 개발	현재까지의 연구결과 D/B 화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 농촌진흥청 과제 ○ ARPC 과제 등 	논문
	표준 생물검정법 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 식물기원 ○ 병, 해충, 잡초, 작물 생육 활성 	논문
	법적, 제도적 규정 검토	<ul style="list-style-type: none"> ○ 친환경유기농자재품목공시제 ○ 농약관리법 	논문
	식물 기원 작물보호 선구 물질 탐색	<ul style="list-style-type: none"> ○ 약용식물, 정유 생산식물의 활성성분 탐색, 분리, 동정 ○ 활성성분 관련자료 D/B화 ○ 활성성분의 작용기구 구명 	논문
	곤충생리활성물질 탐색	<ul style="list-style-type: none"> ○ 성폐로론 동정 및 성분 조성 구명 ○ 천적 유인물질 분리, 동정 ○ 해충 기피물질 분리, 동정 	논문
	농약사용 저감화 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존D/B를 활용한 저독성 억제 선발 ○ 선발된 억제들과 상승작용을 가질 수 있는 천연물 또는 물질 탐색 ○ 혼합제형 개발 	논문
	토양유래 병해충보호제 원료로 활용되는 식물체 활용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 작물보호제 원료 식물의 작물과의 혼작 가능성 평가 ○ 토양유래 병해충을 제어할 수 있는 방법 	논문 / 정책

	기술 개발	모색(녹비작물+병해충 방제제) 푸쉬 - 풀 (push - pull) 전략을 활용한 친환경 농업 구현	
효과증진 기술 및 제형개발	천연활성물질 제제에 적합한 보조제 탐색 및 선발	○ 복합작용을 갖는 조합 가능한 식물체 탐색 ○ 기피 또는 유인식물의 동시 활용을 통한 푸쉬-풀 전략 구축	논문
	수상 및 고상베이스 제제기술 개발	○ 활성성분에 적합한 보조제 탐색 ○ 보조제별 안전성 평가 ○ 보조제별 제제화 적합성 평가 ○ 활성물질의 이화학적 특성에 따른 베이스별 제제화 기술 개발 ○ 수상 및 고상베이스 제제의 포장재 선발	논문 / 제형
안전성평가	작물보호제 산업화 촉진을 위한 안전성평가체계 선진화	○ OECD, 미국 등의 생물 농약 등록평가기준 연구 ○ 시험기준과방법, 검토기준 선진화 ○ 국내환경에 적합한 제품별 사용방법별 잔류성, 독성 평가기준 개발	논문
	신 바이오 작물보호제의 잔류행적 특성 구명	○ 조추출물, 고활성 물질 유효성분의 잔류특성, 노출경로 구명	논문
	신 바이오 작물보호제의 독성기구 및 위해성 경감	○ 조추출물, 고활성 물질 유효성분의 급성독성 기구 연구 - 경구, 경피, 흡입 등 ○ 개발초기단계의 인축독성 간이검색기법 개발	논문
	신 바이오 작물보호제의 비표적생물에 대한 영향 평가	○ 급성독성, 생물농축성 평가 - 어류, 물벼룩, 조류 등 ○ 개발초기단계의 생태독성 간이검색기법 개발	논문
활성검정 및 현장실용화 연구	천연 활성물질을 이용한 병해충, 잡초 관리 실용화	○ 활성성분 포장 적용 및 효과 평가 ○ 주요 시설재배 작물대상 현장적용모델 개발	논문
	곤충생리활성물질을 이용한 해충관리 실용화	○ 생리활성물질 포장 평가 ○ 활성성분의 산업화	논문

제2절 국외 연구 현황

유엔의 조사에 의하면 세계적으로 볼 때 도시 주민이 소비하는 음식의 약 30%가 도시 내부에서 생산되고 있으며, 약 8억 명 정도가 도시농업에 종사하는데, 이 가운데 약 2억 명이 상업 목적의 농업이라면 나머지는 자신이 직접 먹기 위하여 농사를 짓고 있다고 한다. 도시에서 넓은 토지를 차지하는 공공부지가 도시농업에 적합한 땅이며, 이미 카메룬의 공항, 마닐라 대학 구내, 페루 리마의 병원, 샌프란시스코의 군사 시설 부지, 자카르타의 경마장, 방콕의 궁궐 내에서 도시농업을 하고 있다. 도시농업은 도시 내 토지뿐만 아니라 아파트 베란다, 단독주택의 옥상에서도 채소를 가꿀 수 있다. 세계 곳곳에서 선진국, 후진국을 막론하고 대도시 중소도시 가릴 것 없이 도시농업이 활발하다. 북미의 경우, North American cities (2000)는 도시농업을 도시 주변과 안에서 축산과 집약적 식물재배를 통한 다른 생产业 및 음식의 재배, 가공, 유통하는 일련의 행위로, North American Urban Agriculture Committee (2003)는 도시 내부 또는 주변에서 집약적으로 동식물을 기르는 행위를 통해 음식이나 다른 상품을 생산하고, 가공하고 분배하는 것으로 정의하고 있다. 유럽의 경우, 영국은 Allotment Act (1950)를 통하여, 개인단위의 농업공간과 공동체 정원으로 여가를 위한 활동에서부터 지역의 식량 경제체계를 구축하기 위한 지지기반에 이르기까지, 도시농업을 도모, 식량 안전을 추진하고 있으며, 독일의 경우 Bundeskleingarten gesetz (BKleingG;1983)를 통하여 여가·레크리에이션에서 보건을 강조한 생태공원의 기능을 가진 개념으로 전환하였다. 일본의 경우(吉田太郎, 2002), 주위가 택지로 둘러싸여 산재한 토지 조각들을 이용한 농업으로 학교와 공장 인접지, 회사와 병원 그리고 주택가 옥상과 발코니 등 시내한복판이라도 빈 땅이면 어디서든 유기농업으로 농산물을 생산하는 활동이라고 정의하고 있다. 도시농업의 형태로는 독일의 클라인가르텐(Kleingarten), 러시아의 다차, 영국의 얼랏먼트(allotment), 일본의 체재형 시민농원, 캐나다의 커뮤니티가든(Community garden), 쿠바의 도시농업 등 다양하게 존재하고 있으며, 그 활동도 활발하게 이루어져 국내와 비교된다.

비백터링은 1990년대 초 캐나다 온타리오에서 젯빛곰팡이병(*Botrytis cinerea*) 방제를 위해 꿀벌을 이용하여 미생물제제(*Clonostachys rosea*)를 기준 살포방식과 유사한 수준으로 방제한 것이 처음 보고되었다. 이후 나무딸기(raspberry)에서도 꿀벌과 뒤영벌(*Bombus impatiens*)을 이용하여 성공을 거두었으며(Peng et al., 1992; Yu and Shutton, 1997) 2000년대 이후에는 시설재배에서 적용 가능성성이 연구되었다. 파프리카와 토마토의 해충인 온실가루이, 꽃노랑총벌레, 복숭아혹진딧물 등의 방제를 위해 적합한 제형 개발 및 최적농도 구명, 기술적용에 따른 방제효과 등의 결과가 잇달아 보고되었고(Al-mazra'awi et al., 2006a, 2006b; Kapongo et al., 2008a), 해충 방제제(*Beauveria bassiana*)와 병 방제제 (*Clonostachys rosea*)를 혼용하여 분배장치에 투여함으로써 해충과 식물병원균을 동시에 방제하는 기술까지 발전하였다(Kapongo et al., 2008b). 1998년 캐나다 앨버타지방에서 노지 유채에 대발생한 노린재 방제에 이 기술이 매우 효과적이라는 것을 재확인되었고, 2000년대 이후 캐나다, 벨기에, 네덜란드등지에서 본격적인 연구가 진행되어 파프리카, 토마토, 딸기의 주요 병해충에 대한 방제를 위해 미생물제제 및 분배장치 개발 등 실용적인 기술들이 개발되었다. 2013년 현재 벨기에 바이오베스트사와 캐나다 비백터링 테크롤로지사에서 뒤영벌 벌통에 장착할 수 있는 비백터링 장치를 개발하여 보급이 진행 중에 있다.

북미지역소재 벤처기업들인 에코스마트(EcoSmart)에서 식물체 정유에 근간한 살충제 Cinnamite™ 및 Valero™을 독자 개발하여 급격한 성장세에 있다. 이 기업의 성장 배경에는 식물 추출물의 등록에 필요한 서류면제 또는 완화 등의 법적인 근거를 마련하여 화학합성농약 원제들의 등록절차 등과 주무기관에서 차별화된 정책지원을 적극적으로 해 주고 있기 때문이다. 중국은 농약으로 개발 가능한 풍부한 자국산 특정 식물자원을 보유하여 이를 활용하기 위한 정책으로 “바이오산업 11.5발전규획”에 따라 고효율, 저독성, 높은 선택성을 구비한 바이오 식물농약개발에 박차를 가하고 있다. 특히, 님(neem) 추출물 농약은 중국 정부에서 그린식품생 산에 적극 추천하는 무공해 살충제로 이를 활용하기 위한 관련 특허건수만 100여건 이상에 달 하는데, 이 중 농약제제 특허가 70%이상이고 추출기술 및 원료확보 등에 관한 기술이 나머지를 이루고 있다. 국외 연구기관들 중 천연물 유래 살충제를 개발하기 위한 연구를 활발히 벌이고 있는 곳은 미국 농업연구청, 유럽 IWSN, 호주 CSIRO, 브라질 STRI 등의 연구진들을 중심으로 활발히 이뤄지고 있다.

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
미국 농업연구청(US ARS)	<ul style="list-style-type: none"> - 새로운 계열의 살충제들에 대한 연구 집중 (IGR, New chemistries) - 식물추출물에 대한 관심 증대: <i>Nicotiana gossei</i>, Neem, Neem seed oil, 일반세제, 요리용 오일 	산학연 연계 기술 개발 및 기술이전
EU IWSN	<ul style="list-style-type: none"> - 매년 유럽 가루이 심포지움 개최: 가루이에 관한 모든 연구 정보 교환 - 독일 하노버대학교: 님(<i>Azadirachta indica</i>)의 활용도 평가 - 터키 Ataturk 대학교: 자국산 한약재들의 살충력에 관한 데이터베이스화 	관련 연구자들 간의 정보 교류
CSIRO	<ul style="list-style-type: none"> - 육상식물을 비롯 해양자원을 활용한 물질개발에 주력 	자원개발 및 보급
STRI(스미소니언 열대연구소)	<ul style="list-style-type: none"> - 브라질의 국립아마존연구소와 공동으로 아마존 유역의 천연자원에 대한 조사 - BDFFP(Biological Dynamics of Forest Fragments Project) 프로그램을 통해 각 자원식물들의 물질 구성에 대한 데이터베이스화 	<ul style="list-style-type: none"> - 자원관리 및 보존 - 유용자원의 산업화 촉진

식물 유래 화합물들의 살충작용기구 연구 분야는 옥토파민(octopamine) 또는 감마아미노 낙산(γ -aminobutyric acid) 수용체가 각각 왕담배나방(*Helicoverpa armigera* (Hübner)) (Kostyukovsky 등, 2002) 및 초파리(*Drosophila melanogaster* Meigen) (Priestley 등, 2003)에 있어서의 일부 정유의 모노테르페노이드 화합물의 작용점 가능성이 제시되었다. 이는 상당히 의미 있는 결과로 척추동물들에게 무해한 신규 제품들을 개발할 수 있는 길을 마련해 줬다고

볼 수 있다. 최근에는 곤충 유래 웹타이드를 살충제로 개발하기 위한 신규 작용점 탐색과 같은 연구분야가 활기를 띠고 있다.

제3절 국내·외 연구현황 비교 및 필요 연구 분야

국내·외 환경 모두 도시농업 농업인들을 위한 전문적인 살충제나 트랩 등의 친환경적인 수단들이 개발되어 있지 않아 시급히 개발이 요구되고 있다. 국내와는 달리 유럽연합 등 주요 선진국은 도시농업 관련 법 제정 등의 제도화를 통해 도시농업 활성화를 위해 도시농업지에 해충 발생 등 관리기술 개발 중에 있다. 도시민에게 여가 제공 및 친환경 농산물 생산을 위한 종합적인 지침 개발 필요하다. 병해충 방제효과가 좋지만 별의 안전성에 문제가 있는 약제들을 허석하여 이용할 수 있는 기술 개발이 중요하다. 만일 효과적인 약제가 개발된다면 비벡터링 전용약제로서의 규격화가 필요할 것이다. 또한 병해충을 동시에 방제할 수 있는 약제를 혼용하여 사용할 수 있는 기술도 필요할 것으로 보인다. 더불어 식물 영양제 등도 비벡터링을 통해 식물체에 매개될 수 있는 수단 도입이 필요해 보인다. 국내·외 연구현황 비교하여 국내에서 앞으로 추구해야 할 필요 연구 분야를 정리하면 아래와 같다.

구 분	국외(%)	국내(%)	비 고
원료물질 탐색 기술	100	90	high throughput bioassay system을 구비
활성본체 탐색 및 동정 기술	100	100	
천연물 제형화 기술	90	80	azadirachtin, pyrethrum
제품등록능력	90	80	biocides
유효성 검증	100	90	GLP 기관
지재권 확보	100	100	
비벡터링 선발기술	90	80	북미지역, 유럽 기술 선도
비벡터링 적용기술	90	80	북미지역, 유럽 기술 선도

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제1절 작물별 해충발생 조사 및 맞춤형 관리기술 개발

1. 연구개발 수행내용

가. 재배 작물별 해충 발생상 조사

조사지역은 경기도 수원시 권선구 당수동 수원시민농장(2014~2015), 경기도 광주시 중부면 하번천리 도시농부농장(2014), 전북 전주시 장동 월드컵 농장(2015), 전북 전주시 중동 혁신도시농장(2016)에서 조사하였다. 조사작물은 고추, 토마토, 감자, 배추, 가지(2014~2015)와 가지(2015~2016)를 대상으로 하였으며, 조사 해충은 조사 대상 작물에 발생하는 모든 해충을 조사하였다. 조사 방법은 포장별로 3구역으로 나누어 육안 조사, 성페로몬 트랩 조사, 황색트랩 조사를 실시하였다. 육안 조사는 구역 당 작물별로 3블럭에서 블록 당 5주씩을 전수조사 조사하였고, 고추에 발생하는 총채벌레는 육안조사가 어려워 고추 꽃을 블록 당 15개씩 구역 당 45개를 채취하여 알콜병에 담아 실내에서 현미경 조사하였다. 성페로몬트랩 조사는 텔타트랩(담배나방, 파밤나방, 배추좀나방), 편넬트랩(담배거세미나방)을 사용하였고, 구역별로 1개씩 설치하고, 성페로몬 뿌이는 20일 간격으로 교체하였다. 황색트랩(15cmx10cm) 조사는 구역 당 3개씩 총 9개를 설치하였다. 조사 간격은 10일이며 시기별로 작물별 발생해충의 종류, 해충과 피해 사진촬영, 트랩의 끈끈이를 교체 하였다.

나. 작물별 주발생 해충의 친환경 방제 연구

주말농장에 가장 많이 재배하는 고추, 배추, 가지에 발생하고 가장 피해를 주는 진딧물, 잎벌레, 큰이십팔점박이무당벌레를 대상으로 시중에 판매되는 제품 4종과 공동연구과정에서 개발한 (주)나리소 제품 3종을 선정하였다. 진딧물 시험은 한천을 끓여서 직경 10cm X 높이 4cm의 플라스틱 용기에 1cm 높이로 붓고 식힌 다음 그 위에 배추 잎을 잘라 놓고, 진딧물 성충을 접종하여 1일 동안 산자를 받고 성충을 제거하였다. 3일이 경과한 후 용기 당 50마리만 남기고 나머지는 제거하였다. 실험에 선정된 약제를 정량으로 희석하여 용기에 있는 진딧물에 10회 분무한 후 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 의 사육실에 보관하였다. 처리 반복수는 6반복이며 총 마리수는 300마리이다. 처리 후 3일간 매일 사충수를 조사하였다. 좁은가슴잎벌레와 큰이십팔점박이무당벌레는 성충을 이용하였다. 처리용기, 처리방법, 조사방법은 진딧물실험과 동일하였으며, 처리 개체수는 30마리씩 총 180마리를 처리하였다. 다만 기주식물이 큰이십팔점박이무당벌레는 가지 잎을 이용하였다.

다. 주말농장 해충관리에 대한 설문조사

실제 주말농장에서 작물을 재배하고 있는 사람을 대상으로 성별, 나이, 직업, 재배작물, 해충의 이해, 방제방법 등에 대하여 설문조사를 실시하였다. 설문에 답한 인원은 총 56명으로 남자가 26명이고 여자가 30명이다.

라. 작물별 발생해충의 생태도감 작성

주말농장에서 재배되고 있는 작물 가운데 가장 많이 재배하는 토마토, 고추, 옥채류, 감자, 가지, 배추 등 14작물을 대상으로 큰이십팔점박이무당벌레 등 43종의 해충에 대하여 형태, 생태, 피해, 방제법을 알기 쉽게 사진과 함께 내용을 수록하였다. 도감의 제목은 “도시농업 재배 작물 해충 생태와 방제”이며 발간된 도감은 유관기관, 농업기술센터, 농업기술원, 도시농업인 등에게 배부하였다.

2. 연구결과

가. 재배 작물별 해충 발생상 조사

(1) 육안조사

(가) 고추

주말농장 고추에서 발생하는 진딧물의 발생시기와 발생량을 조사한 결과는 그림 1-1과 같으며, 주로 발생하는 진딧물은 복승아흑진딧물(*Myzus persicae*)과 목화진딧물(*Aphis gossypii*)이다. 발생시기는 5월 중순부터 시작하여 10월까지 발생하는데, 발생량이 가장 많았던 시기는 2015년 6월 15일 수원 포장에서 주당 127.8마리와 전주 포장에서는 6월 26일 주당 103.5마리였고, 나머지 시기에는 발생량이 많지 않았다.

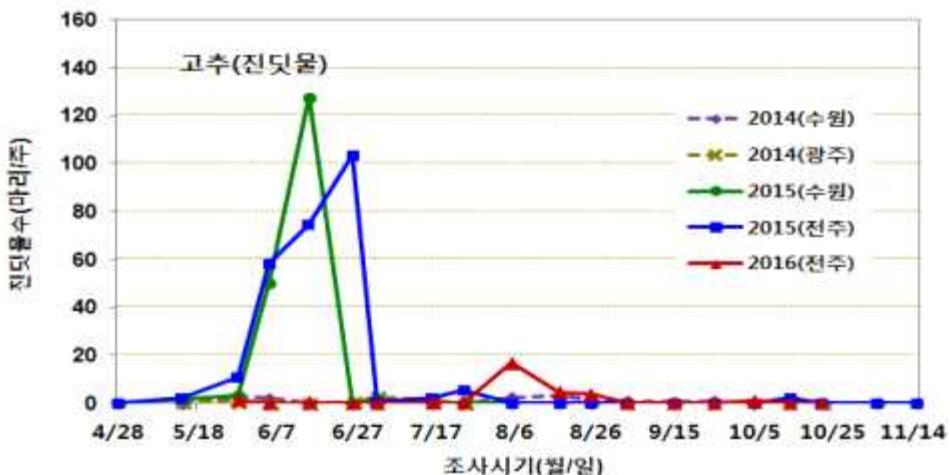


그림 1-1. 고추의 진딧물 발생 시기와 발생량

주말농장 고추에 발생하는 총채벌레를 조사한 결과는 그림 1-2와 같다. 주로 우점하는 종은 대만총채벌레(*Frankliniella intonsa*)와 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis*)이며, 발생시기는 6월 상순부터 발생이 시작되어 온도가 높아지는 7월 중순부터 8월 하순까지는 밀도가 낮아지고 9월 상순부터 다시 증가하여 10월 하순경까지 발생한다. 가루이 발생이 가장 많았던 시기는 2015년 6월 26일 전주 포장에서 꽃당 20.3마리였고, 나머지는 대체로 꽃당 5마리 이내의 발생으로 매우 낮은 밀도를 보였다. 문 등(2006)은 전북지역 노지고추에서 총채벌레의 발생이 5월 하순부터 증가하여 7월 중순경에 최고밀도를 보인다고 하여, 본 조사의 최고밀도 발생시기와 차이가 있는 것은 연도에 따라 기후 등 환경요인에 의해 약간의 편차가 있기 때문으로 생각된다.

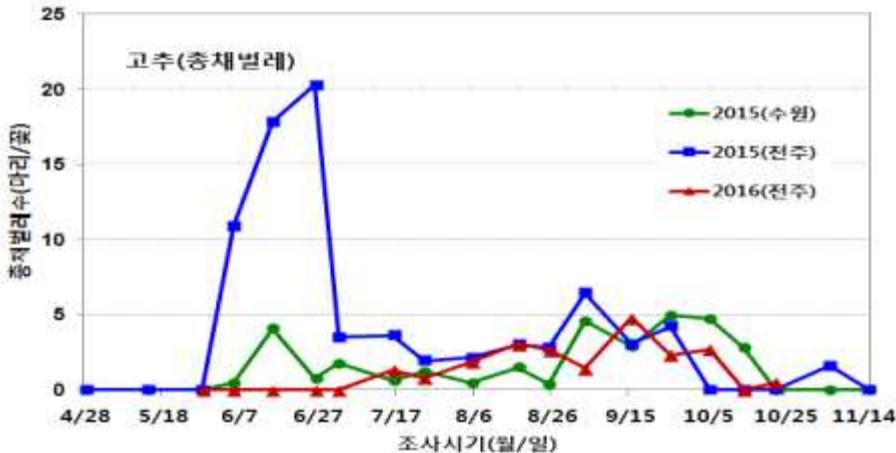


그림 1-2. 고추의 총채벌레 발생 시기와 발생량

주말농장 고추에서 가장 많은 피해를 주는 해충은 담배나방(*Helicoverpa assulta*)이다. 담배나방은 고추 과실을 파고 들어가 내부를 섭식하고 다시 다른 과실로 이동하여 먹기 때문에 직접적인 피해가 많을뿐더러 방제 또한 매우 어렵다(그림 1-3). 최 등(1989)은 담배나방이 어느 작물보다도 고추의 과실에 유인력이 높다고 하였는데, 이와 같이 고추 과실을 선호하는 담배나방 유충을 조사한 결과는 그림 3과 같다. 육안조사에 의한 담배나방 유충 발생은 성폐로몬 트랩에 의한 성충 발생시기 보다 약간 늦게 발생한다. 발생시기가 연도별로 약간의 차이는 있지만 대체로 6월 상순부터 발생이 시작되고 7월 상중순, 8월 중순, 9월 중순 약 3회 정도의 발생 최성기를 보인다. 2015년의 경우 예년과 달리 9월 하순 주당 1.3마리로 급격히 밀도가 증가하는 이상 현상을 보이기도 하였다. 전체적인 발생상황을 보면 8~9월에 발생이 많아지고 10월 하순이면 발생되지 않는다. 양 등(2004)은 수원지역 고추 포장에서 담배나방의 발생시기가 5월 하순부터 10월 상순까지 발생하며, 발생 최성기는 6월 하순, 7월 하순~8월 상순, 8월 하순~9월 상순이라고 하였다. 본 조사에 비하여 발생기간과 발생 최성기가 약간의 차이가 있었으며, 이러한 원인은 양 등(2004)은 트랩조사에 의한 성충 발생시기이지만 본 조사는 육안 조사인 유충 발생시기이므로 성충발생기보다 약간 늦게 발생되기 때문이다. 한 등(1994)은 고추에서 담배나방 알의 부위별 산란율은 잎 76.2%, 과실 16.8%, 줄기 6.5%, 꽃 0.4%가 산란하며 잎의 앞면에 70.1%, 뒷면에 25.2%가 분포한다고 하였는데, 담배나방 알을 채집하거나 확인할 경우 참고할 필요가 있다.

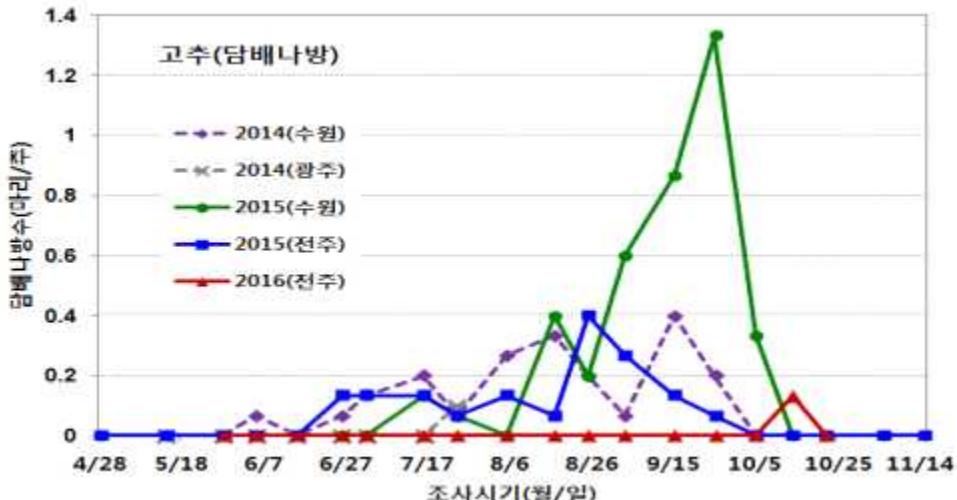


그림 1-3. 고추의 담배나방 발생 시기와 발생량

(나) 토마토

주말농장 토마토에서 진딧물 발생은 대체로 4월 하순부터 발생을 시작한다. 주발생 시기는 5~6월 봄철에 발생량이 많고 여름에는 적으며 가을에 약간 증가한다(그림 1-4). 주로 발생하는 진딧물은 감자수염진딧물(*Macrosiphum euphorbiae*)이 발생하는데, 발생밀도가 가장 많았던 시기는 2014년 9월 25일 수원 포장에서 주당 23.9마리, 2015년 6월 26일 수원 포장에서 주당 30.0마리와 전주 포장에서 5월 28일 주당 18.9마리였고, 나머지 연도와 지역에서는 주당 5마리 내외의 낮은 밀도로 발생이 많지 않았다.

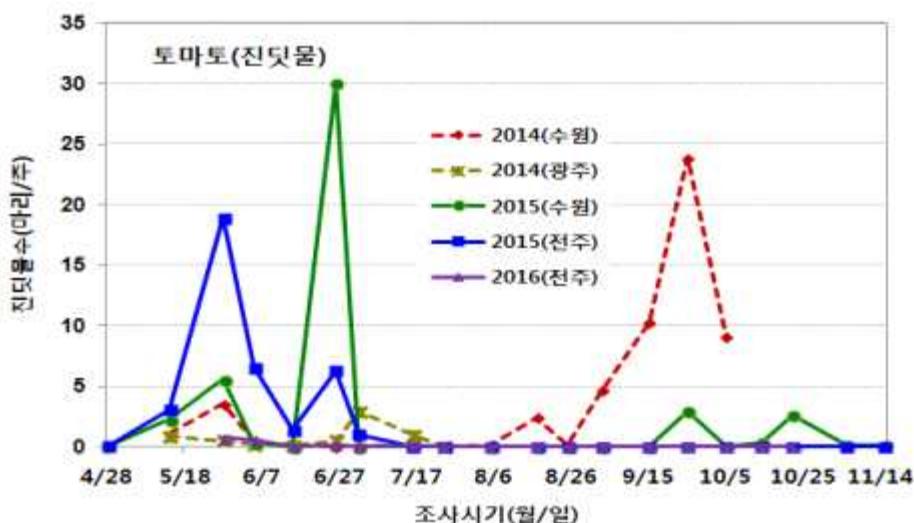


그림 1-4. 토마토의 진딧물 발생 시기와 발생량

주말농장에 토마토에서 발생하는 가루이는 대부분 온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum*)이며 발생시기와 발생량을 조사한 결과는 그림 1-5와 같다. 토마토의 가루이 발생은 6월 상순부터 시작하며 지역과 연도에 따라 발생량과 발생시기가 차이가 있지만, 가장 많이 발생한 시기는 8월 중순, 9월 하순, 10월 하순이고 전체 발생량이 주당 5마리 이내로 매우 적어 방제를 하지 않아도 된다.

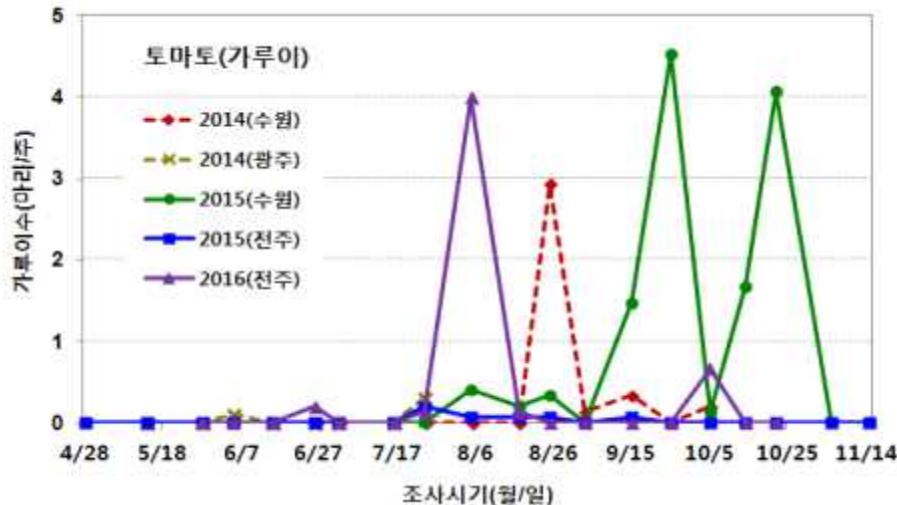


그림 1-5. 토마토의 온실가루이 발생 시기와 발생량

주말농장 토마토에 발생하는 잎옹애를 조사한 결과는 그림 1-6과 같다. 토마토에 발생하는 잎옹애는 점박이옹애(*Tetranychus urticae*)와 차옹애(*Tetranychus kanzawai*)가 대부분이며, 일부 차먼지옹애가 발생을 한다. 토마토의 잎옹애 발생은 기온이 높은 7월 중순부터 발생을 시작하여 8월부터 10월까지 주로 발생한다. 발생이 가장 많았던 시기는 2015년 10월 5일 주당 22.7마리였고, 나머지는 주당 6.7마리 이내로 미미한 발생을 보였다.

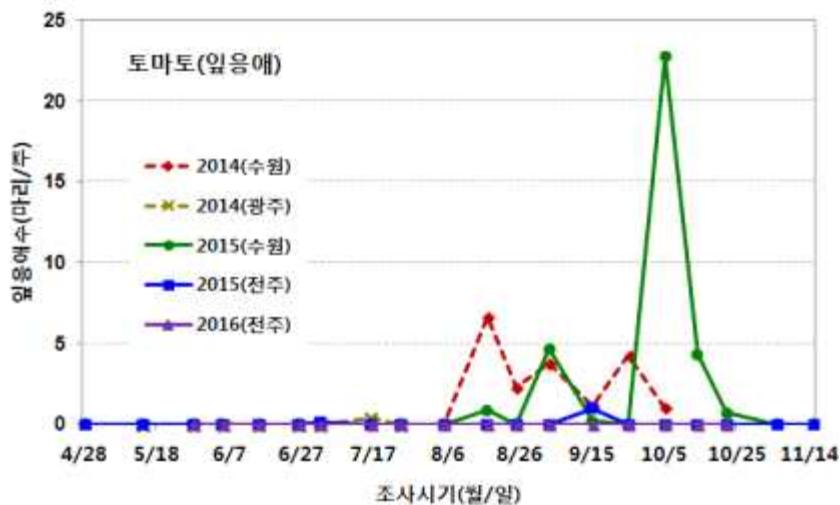


그림 1-6. 토마토의 점박이옹애와 차옹애 발생 시기와 발생량

주말농장 토마토에 발생하는 잎굴파리를 조사한 결과는 그림 1-7과 같다. 토마토에 발생하는 잎굴파리는 아메리카잎굴파리(*Liriomyza trifolii*)가 대부분이며, 발생시기는 7월 중순부터 9월 하순까지 발생한다. 발생 밀도가 가장 높은 시기는 2015년 7월 24일 전주 포장에서 주당 2.9마리였고, 8월 5일 수원 포장에서 주당 5.3마리였으며 대체로 전주 포장 발생시기가 약 10일 정도 빠른 것으로 조사되었다. 김 등(2007)은 토마토 6월~10월에 시설재배지에 발생하는 아메리카잎굴파리 유충 치사율은 35.7~96.0%를 보였는데, 80%이상이 자연에 존재하는 기생봉에 의해 기생되었다고 하였다. 따라서 시설보다 접근성이 좋은 노지에서는 대부분의 잎굴파리 유충이 기생봉에 기생되어 자연방제가 잘되는 해충으로 국내 침입 초기에는 피해가 많았으나 최근에는 거의 문제가 되지 않는다.

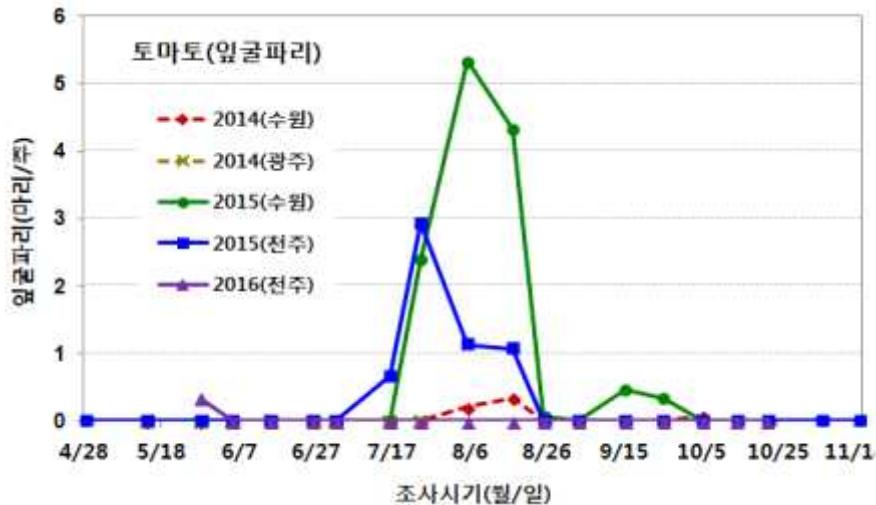


그림 1-7. 토마토의 잎굴파리 발생 시기와 발생량

(다) 감자

주말농장 감자에 발생하는 진딧물은 감자수염진딧물이 우점한다. 감자는 재배 작기가 짧아 진딧물의 발생도 5~6월까지이며, 감자 잎이 많고 두터워 진딧물의 발생량이 있어도 피해는 거의 나타나지 않는다. 가장 많이 발생한 시기는 2015년 6월 5일 전주 포장에서 주당 70.3마리였다(그림 1-8). 권 등(2008)은 감자수염진딧물을 감자 50개 품종에서 포장발생 밀도 범위는 5엽당 4.1~31.4 마리였고, 식물체 성분 함량에 대한 발생량은 glycoalkaloids 함량과 전질소 함량에 따라 정의 상관관계를 보인다고 하였다. 대규모 감자 재배 단지에서는 이를 성분을 과하게 시비하지 않는 것도 진딧물의 발생을 억제할 수 있을 것으로 생각된다.

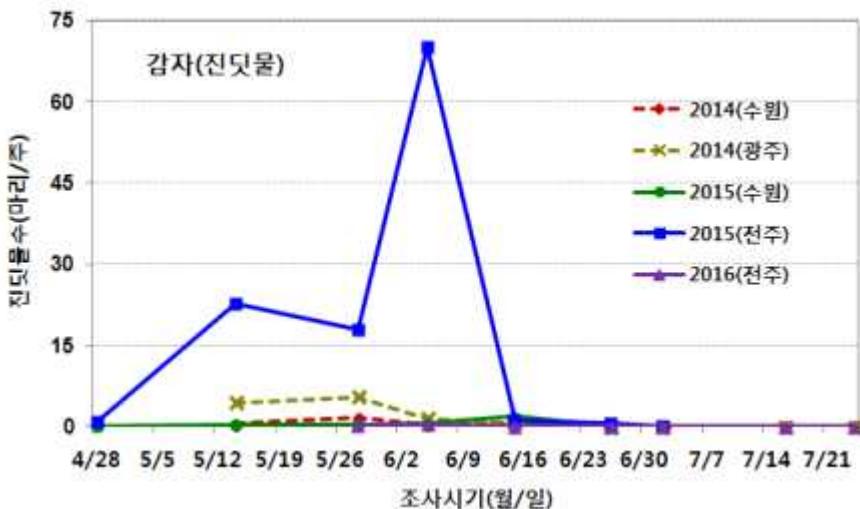


그림 1-8. 감자의 진딧물 발생 시기와 발생량

감자 등 가지과 작물에 발생하는 큰이십팔점박이무당벌레(*Henosepilachna vigintioctomaculata*)의 발생상황은 그림 1-9와 같다. 감자는 땅속에 있는 줄기 덩이를 식용으로 하고, 재배기간도 짧아 6월 하순이나 늦어도 7월 상순이면 끝나기 때문에 잎을 가해하는 해충의 피해는 별로 없다. 감자에서 큰이십팔점박이무당벌레의 피해는 잎을 먹는 수준이며 매년 미미한 발생을 보였으나, 2015년 6월 5일 수원 포장에서 주당 2.1마리 발생이 최고 밀도이다. 권 등(2010)은 강릉지역에서 큰이

심팔점박이무당벌레는 5월 하순, 6월 하순, 8월 하순 연 3회 발생한다고 하여 본 조사와 많은 차이가 있었는데, 이는 지리적 또는 다발생 포장여건 등 다양한 조건에 의해 달라질 수 있을 것으로 여겨진다.

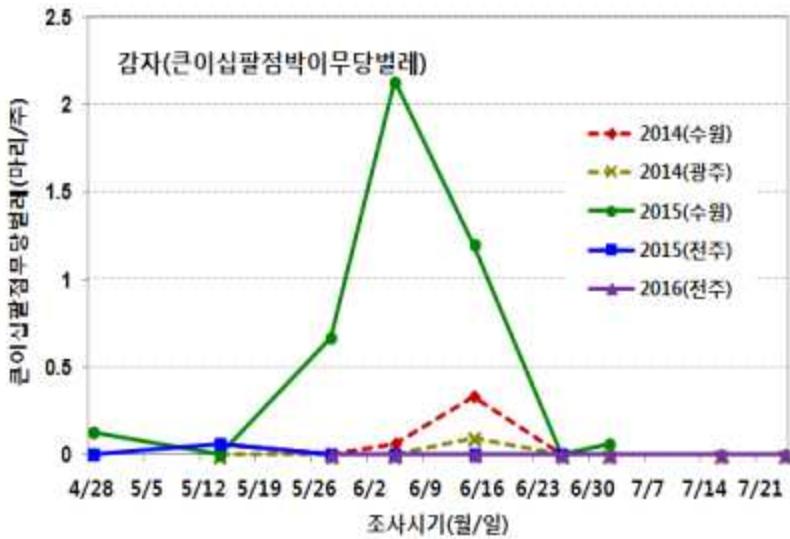


그림 1-9. 감자의 큰이십팔점박이무당벌레 발생 시기와 발생량

(라) 가지

주말농장 가지에 발생하는 잎옹애는 점박이옹애, 차옹애, 차먼지옹애이다. 점박이옹애와 차옹애의 발생밀도를 조사한 결과는 그림 1-10과 같으며, 데체로 9~10월에 발생이 많아진다. 가장 많이 발생한 시기는 2015년 10월 14일 수원 포장에서 주당 28.1마리였고, 나머지는 주당 10마리 이내의 낮은 발생밀도를 보였다. 김 등(2008a, 2008b)은 가지에서 질소시비 수준에 따른 점박이옹애 발생은 엽내 질소함량이 높을수록 성충 수명과 산란기간이 길고, 산란수가 많았고, 반대로 칼리 함량이 높거나 낮으면 점박이옹애의 발생은 낮아진다고 하였다. 따라서 질소비료의 과용은 점박이옹애의 발생을 높이므로 적절한 시비관리가 필요하다. 임 등(2008)은 시설재배 가지에서 점박이옹애의 요방제 수준이 주당 1.8마리라고 하였는데, 노지의 경우는 시설에 비하여 증식조건이 좋지 않기 때문에 더 높은 밀도에서 방제가 가능할 것으로 판단된다.

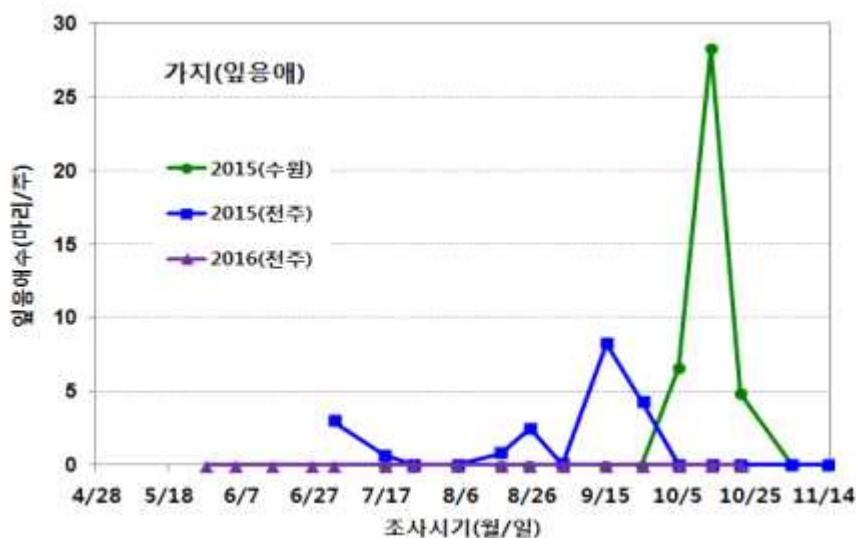


그림 1-10. 가지의 잎옹애 발생 시기와 발생량

가지에 발생하는 가루이를 조사한 결과는 그림 1-11과 같다. 노지 가지에 주로 발생하는 종은 온실가루이이며, 발생 시기는 5월 하순부터 시작하여 10월 말까지 발생을 한다. 발생밀도가 높은 시기는 8~9월이며, 발생량이 가장 많았던 시기는 2016년 9월 16일 전주 포장에서 주당 16.6마리였다,

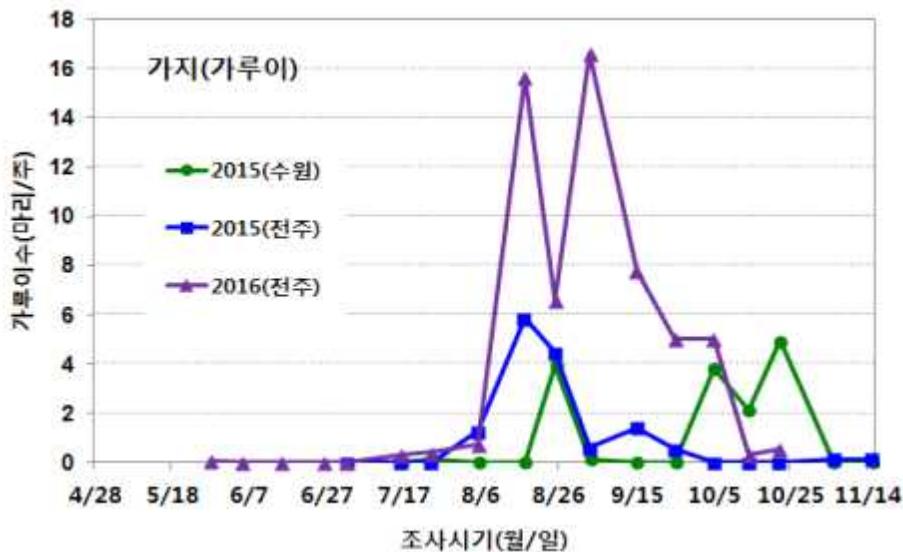


그림 1-11. 가지의 가루이 발생 시기와 발생량

가지에 발생하는 진딧물을 조사한 결과는 그림 1-12와 같다. 발생하는 진딧물의 종류는 감자수염진딧물 등이며, 5월 하순부터 발생을 시작하여 10월 하순까지 매우 낮은 밀도로 발생한다. 가장 많이 발생한 시기는 2015년 10월 25일 수원 포장에서 주당 10마리였다.

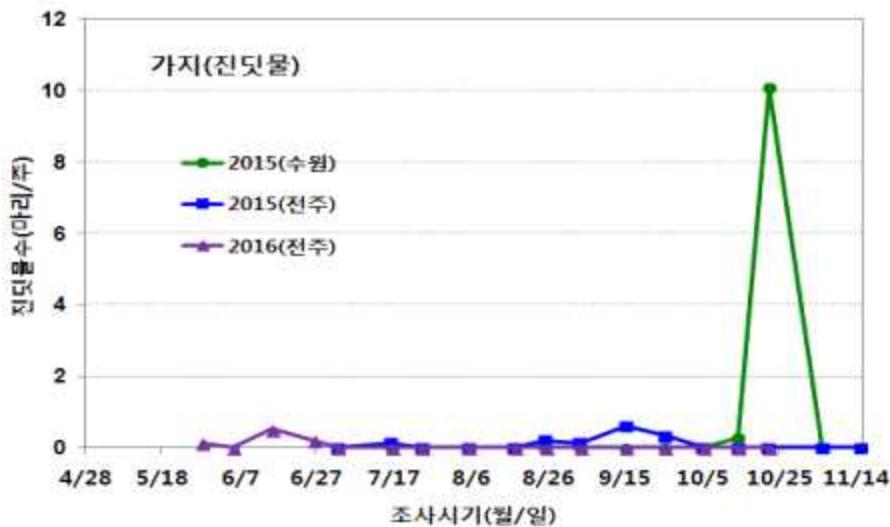


그림 1-12. 가지의 진딧물 발생 시기와 발생량

가지에서 가장 피해를 많이 주는 해충은 큰이십팔점박이무당벌레로 가지의 잎과 과실에 피해를 주는데, 발생밀도가 높을 경우 과실을 먹을 수 없을 정도로 피해를 준다. 발생시기는 4월 하순부터 발생하며 그림 1-13에서 2015년 수원포장에서 7월부터 발생량을 표시한 것은 감

자 작기가 끝난 후 가지를 조사하였기 때문이다. 감자에서는 6월 상순에 발생량이 많았으나, 가지에서는 7~8월에 발생이 많았다. 전주 포장에서는 2015~2016년 모두 발생량이 거의 없었는데, 이는 지역적인 차이 때문인지 아니면 조사 포장 때문인지는 추가적인 검토가 필요하다. 권 등(2010)은 강릉지역 감자에서 5월 하순부터 7월 중순까지 가장 많이 발생한다고 하였는데, 본 조사보다 발생기간이 약 1개월 정도 빠른 것으로 나타났다. 이것은 지역적인 차이도 있겠지만 감자는 6월 하순이나 7월 상순이면 수확이 끝나기 때문에 감자에서 서식하던 큰이십팔점박이무당벌레가 가지로 이동하므로 가지에 늦게까지 발생하는 것으로 추정된다.



그림 1-13. 가지의 큰이십팔점박이무당벌레 발생 시기와 발생량

(마) 상추

주말농장의 노지재배 상추는 시설재배 상추와 달리 해충의 발생이 매우 적은 작물이다. 상추의 진딧물을 발생은 5월 중순부터 발생을 시작하여 지역에 따라 5월 하순과 7월 상순에 발생밀도가 높고 여름에는 거의 발생이 없으며 가을이 되면 약간 발생한다(그림 1-14). 최고밀도가 주당 3마리 이내로 매우 낮아 방제 필요성이 없다. 전 등(2006)은 수원 등 중부지역에서 시설상추에 발생하는 진딧물은 싸리수염진딧물이며 발생시기는 4월 중순~6월 초순이고 최고밀도를 보인 시기는 6월 상순 주당 48.4마리라고 하여 본 조사보다 발생시기가 빠르고 발생량도 많았는데, 이는 시설재배의 적정한 온도와 환경 때문으로 여겨진다.

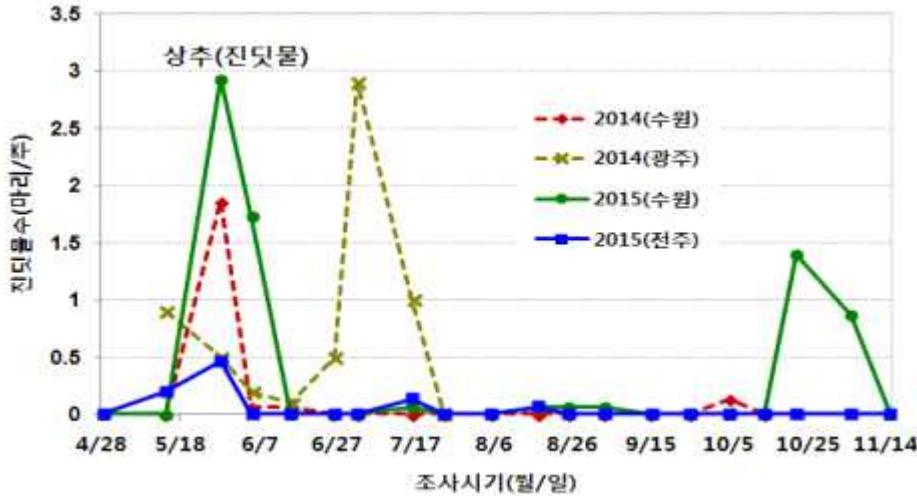


그림 1-14. 상추의 진딧물 발생 시기와 발생량

상추에 발생하는 총채벌레는 그림 1-15와 같다. 총채벌레 발생 시기는 5월 하순부터 발생을 시작하여 7월 하순~8월 상순에 밀도 증가하고 이후에는 낮아진다. 최고밀도가 2015년 7월 24일 수원 포장에서 주당 5.3마리였으나 밀도는 매우 낮아 방제가 필요치 않다. 전 등(2006)은 수원 등 중부 지역에서 시설상추에 발생하는 총채벌레는 꽃노랑총채벌레이며 6월 중순~7월 하순, 8월 중순~10월 하순 가장 많이 발생하고 최고밀도는 7월 상순 100주당 437마리라고 하였다. 본 조사보다 발생되는 기간은 길었으나 발생량이나 최대 발생시기는 유사하였다.

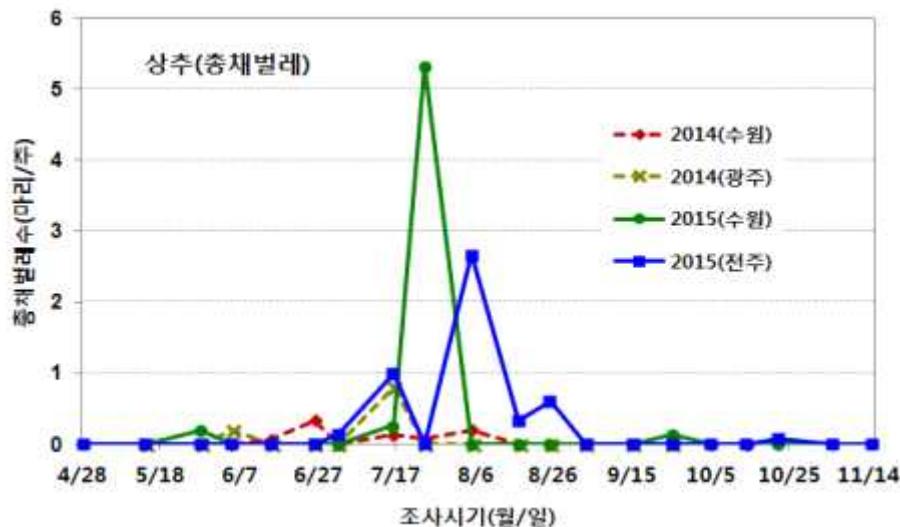


그림 1-15. 상추의 총채벌레 발생 시기와 발생량

상추에 발생하는 가루이는 온실가루이 또는 국내 자생하는 가루이가 발생을 한다. 발생량은 2015년을 제외하면 주당 1마리 이내로 매우 낮아 방제가 필요하지 않다. 가장 많이 발생한 시기는 2015년 10월 25일 수원 포장에서 주당 5.2마리이다(그림 1-16).

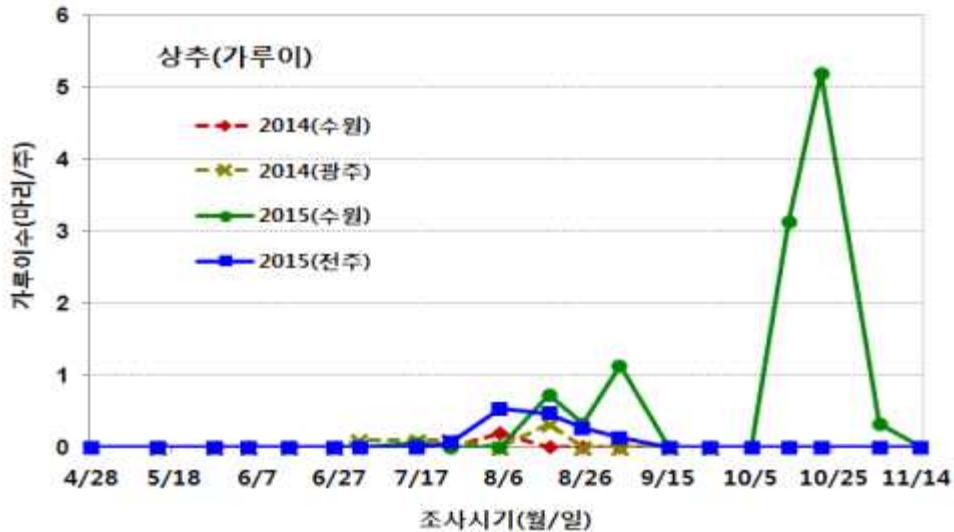


그림 1-16. 상추의 가루이 발생 시기와 발생량

(바) 배추

배추는 해충발생이 가장 많은 작물로 방제가 소홀할 경우 피해가 심하다. 배추에 발생하는 진딧물은 여러 종류가 있으나 그중에 무테두리진딧물(*Lipaphis erysimi*)이 가장 많이 발생한다. 시기에 따른 진딧물의 발생 종류는 5~6월에는 복숭아혹진딧물 등의 발생이 많고, 9~11월에는 무테두리진딧물이 많이 발생 한다. 무테두리진딧물은 가을 김장배추와 무에 주로 발생하는데 배추의 속에까지 발생한다. 가장 발생량이 많았던 시기는 봄배추는 2016년 6월 5일 전주포장에서 주당 580.0 마리였고, 가을배추는 2015년 10월 14일 전주포장에서 주당 557.7마리였다(그림 1-17). 전 등(2008)은 배추의 생육초기 복숭아혹진딧물의 경제적 피해 수준은 5마리가 5일 동안 흡즙하여 13%의 수량감소를 유발시킨다고 하였다. 따라서 배추에 발생하는 진딧물은 소발생한 경우도 방제가 필요하다.

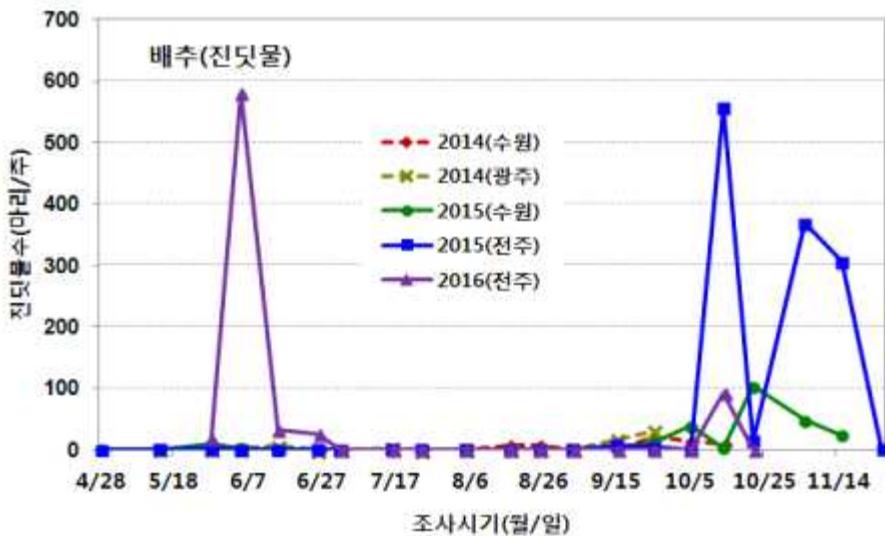


그림 1-17. 배추의 진딧물 발생 시기와 발생량

배추, 무 등에 발생하는 벼룩잎벌레(*Phyllotreta striolata*)는 알, 유충, 번데기는 토양 속에서 서식하고, 몸이 딱딱한 껌질로 쌓여있어 효과적인 친적도 없기 때문에 방제가 매우 어려운

해충이다. 성충은 주로 배추, 무 등의 잎을 가해하고 벼룩과 같이 튀어서 이동한다. 유충은 토양 속에서 작물의 연한 뿌리를 먹으며 생활한다. 발생시기는 4월 하순부터 시작하여 6월에 발생 밀도가 가장 높고 8월 중하순에는 낮아지나 9~10월에 다시 증가한다(그림 1-18). 발생밀도가 가장 높았던 시기는 2015년 6월 15일 수원 포장에서 주당 37.9마리로 매우 피해가 심하게 발생한 포장이 조사에 포함되었고, 나머지 연도는 대체로 주당 10마리 이내의 밀도를 보였다. 이 등(2014)은 시설배추에서 수량감소 5%의 벼룩잎벌레 요방제 수준은 배추생육초기 10주당 2.1마리, 생육중기 9.6마리라고 하였다. 본 조사에서 봄배추의 6~7월경 방제 대상에 포함되는 것으로 판단되며 가을배추에서도 생육초기 요방제 수준을 참고할 필요가 있다.

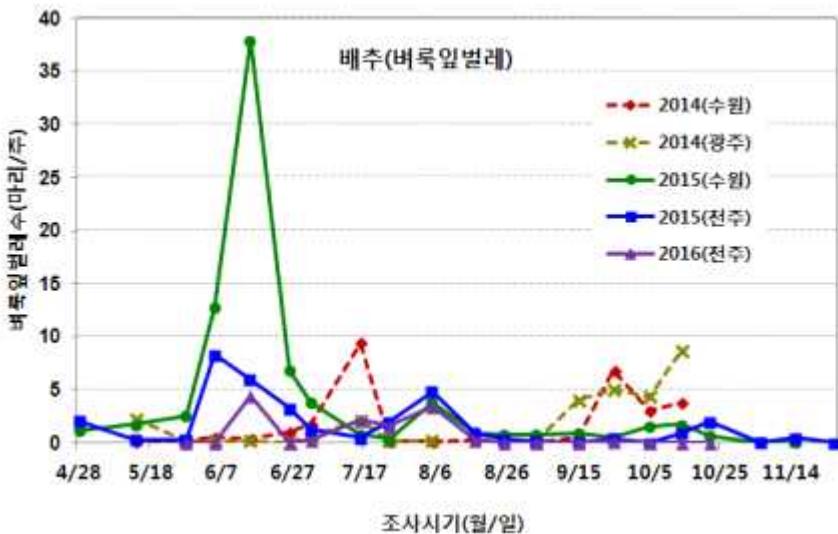


그림 1-18. 배추의 벼룩잎벌레 발생 시기와 발생량

배추, 무 등을 가해하는 좁은가슴잎벌레(*Phyllotreta striolata*)의 발생량을 조사한 결과는 그림 19와 같다. 좁은가슴잎벌레의 발생 시기는 5월 중순부터 발생을 시작하여 8~9월에는 발생이 거의 없지만 10월부터 증가하여 11월까지 발생 한다(그림 1-19). 발생량이 가장 많았던 시기는 2015년 10월 14일 전주포장에서 주당 2.7마리였다. 좁은가슴잎벌레는 발생량이 많지 않고 가해하는 유충과 성충의 발견이 쉬워 약제방제 보다는 주말농장 같이 작은 재배면적에서는 손으로 잡아서 없애는 것도 가능하다.

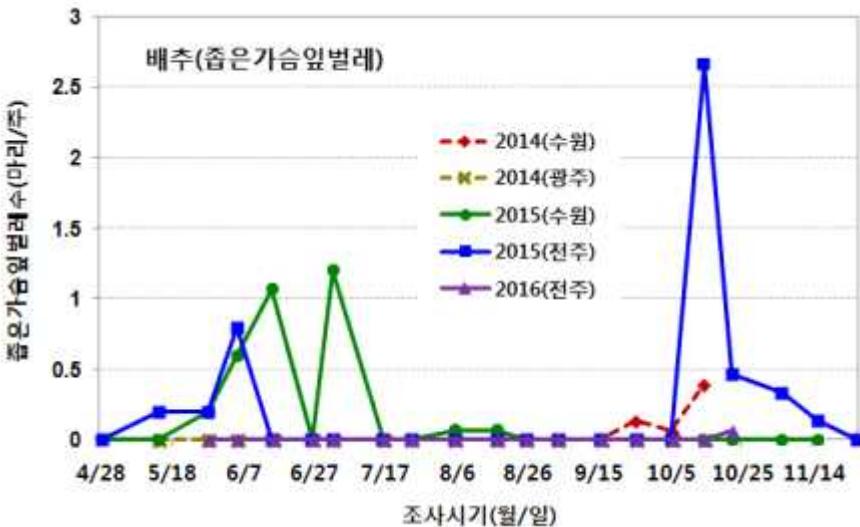


그림 1-19. 배추의 좁은가슴잎벌레 발생 시기와 발생량

배추에 발생하는 비단노린재는 흥비단노린재(*Eurydema dominulus*)와 북쪽비단노린재(*Eurydema gebleri*)이며, 시기별 발생량을 조사한 결과는 그림 20과 같다. 비단노린재의 발생은 5월 하순부터 시작하여 6~8월까지 발생량이 많고 9~10월에 낮아지며 11월에 약간 증가하는 것으로 나타났다(그림 1-20). 가장 많이 발생한 시기는 2016년 8월 25일 전주 포장에서 주당 3.4마리였고, 나머지는 2마리 이내로 발생이 많지 않다. 비단노린재는 배추의 즙액을 빨아먹어 흰색의 반점을 남기는데 성충이 되면 분산하여 피해가 잘 나타나지 않지만 알에서 부화 후 약충 시기에 군집을 형성하여 집단으로 가해할 경우 피해가 나타난다.

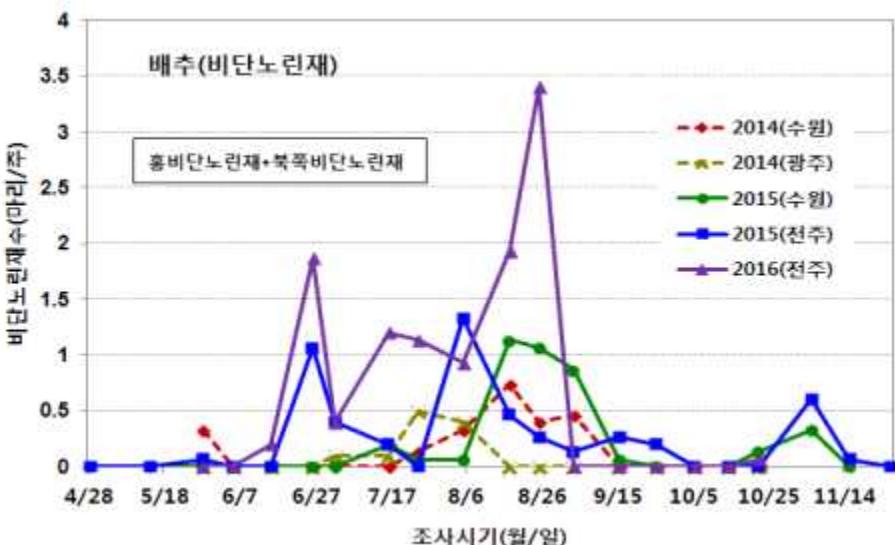


그림 1-20. 배추의 비단노린재 발생 시기와 발생량

무잎벌(*Athalia rosae*)은 배추와 무에 주로 발생하며 성충은 피해를 주지 않는다. 유충은 잎을 빨아먹어 피해를 주는데, 발생시기는 5월 중순부터 시작하여 10월까지 꾸준히 발생하며 가장 많이 발생한 시기는 2014년 9월 25일 경기도 광주 포장에서 주당 0.9마리가 발생하였다(그림 1-21). 나머지 연도는 주당 0.4마리 이내로 발생량이 많지 않다. 이 해충도 좁은가슴잎벌레와 마찬가지로 다

발생하지 않고 유충의 발견이 쉽기 때문에 주말농장 같이 작은 면적의 재배지에서는 손으로 잡아서 없애는 것이 좋다.

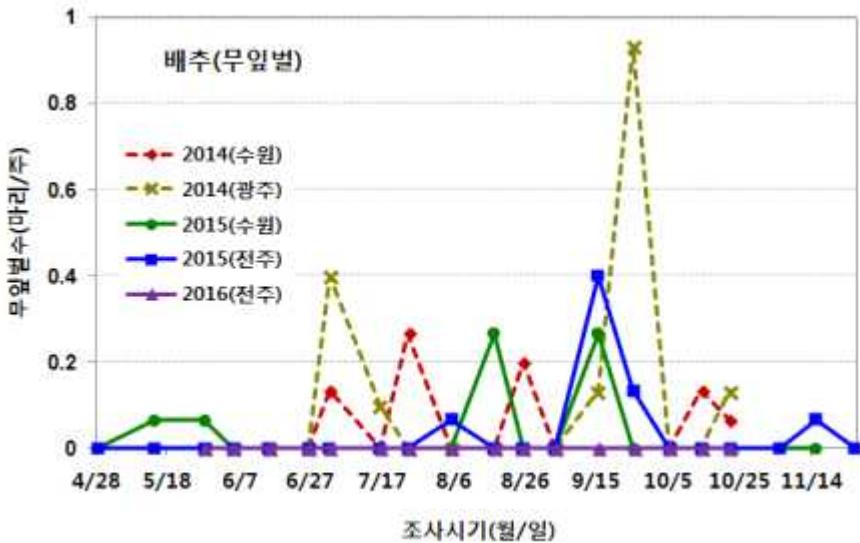


그림 1-21. 배추의 무잎벌 발생 시기와 발생량

배추에 발생하는 나방류는 배추좀나방(*Plutella xylostella*), 배추흰나비(*Pieris rapae*), 배추순나방(*Hellula undalis*), 파밤나방(*Spodoptera exigua*), 도둑나방(*Mamestra brassicae*), 담배거세미나방(*Spodoptera litura*)을 조사한 결과는 그림 1-22와 같다. 나방류 발생은 5월 하순부터 시작하여 6월에 가장 많이 발생하고 여름에는 밀도가 낮아지며 가을에 약간 증가하는 경향을 보였다. 가장 많이 발생한 시기는 2015년 6월 5일 수원 포장에서 주당 3.3마리의 높은 밀도를 나타냈다. 나머지 연도에는 최대 주당 1마리 이내의 발생 밀도를 보였다. 권 등(2005)은 대관령 고랭지 배추에서 도둑나방의 발생은 6월 중순~8월 하순까지 발생하며 발생 최성기는 6월 하순과 8월 초순이라고 하였다. 배추에 발생하는 나방류의 배추 수량을 5% 경감시키는 요방제 수준 밀도는 담배거세미나방은 정식초기 100주당 2.9마리, 정식중기는 5.6마리(최 등, 2011), 파밤나방은 20주당 정식 5일은 4.3마리, 정식 20일에는 7.2마리(김 등, 2009), 배추흰나비 2령 유충은 20주당 정식 3주차 3.0마리, 정식 6주차 5.1마리(권 등, 2008)라고 하였다. 조사자에 따라 요방제 밀도 편차가 매우 크게 나타났으며 나방류 유충은 포식량이 많아 피해가 크고 상품성에도 많은 영향을 미친다. 본 조사는 나방류 6종을 묶어서 조사한 결과로 각각 비교하는 것은 어려우며 다만 주말농장의 작은 면적에서는 유충이 보이는 데로 잡아서 없애고, 대규모 재배면적에서는 약제방제가 필요하다.

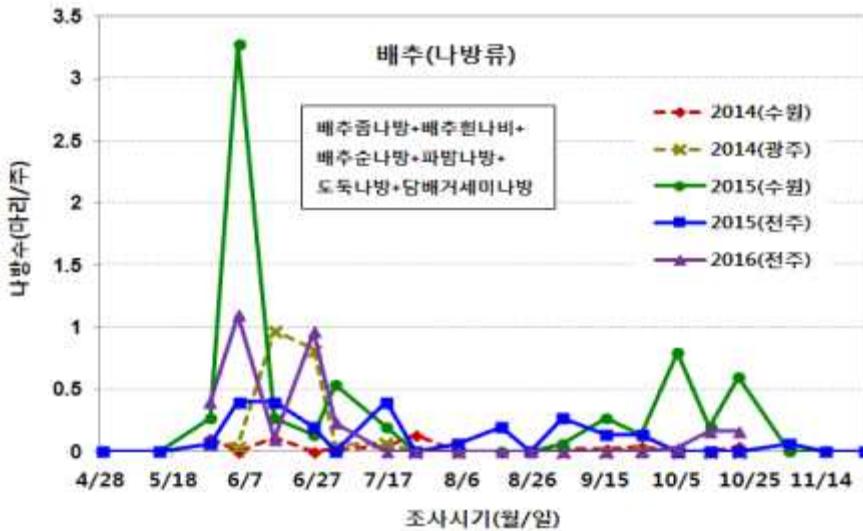


그림 1-22. 배추의 나방류 발생 시기와 발생량

배추에 발생하는 달팽이는 껍질이 없는 민달팽이(Slug)와 껍질이 있는 명주달팽이(Snail)가 발생한다. 배추에 달팽이 발생은 2015년 8월 17일 전주 포장에서 주당 0.66마리로 가장 많이 발생하였는데(그림 1-23), 1개 지점 작물에 많이 발생하였기 때문이고, 달팽이는 주로 가을 포기배추의 습기가 많은 곳에 다발생 한다. 김 등(2009)은 작은뾰족민달팽이의 산란수는 20°C에서 217개, 알부터 성체수명까지 기간은 216일이고 생존 적합온도는 20°C라고 하여 여름보다는 봄과 가을이 활동에 적합하다. 윤 등(2007)에 의하면 민달팽이 방제에 맥주와 담배가루를 혼합한 상추 재배하우스에 처리한 결과 68.4%의 방제효과가 있었다고 하였다. 주말농장에서 유기농 방제법으로 맥주+담배를 혼합한 달팽이 방제에 이용이 가능하다.

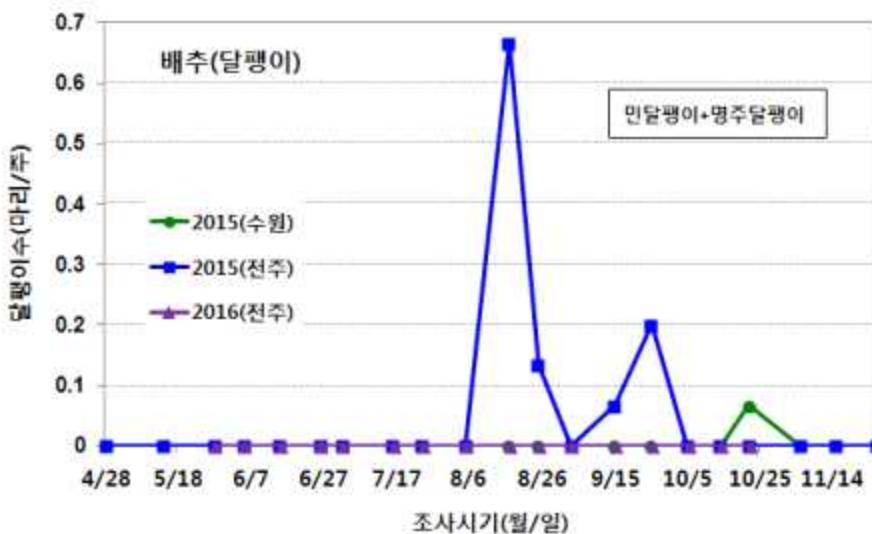


그림 1-23. 배추의 달팽이 발생 시기와 발생량

(2) 성폐로몬 트랩 조사

(가) 담배거세미나방(*Spodoptera litura*)

주말농장의 담배거세미나방 발생은 4월 하순부터 11월 하순까지 발생하며, 전체적인 발생상황을 보면 1차 6월 하순~7월 중순, 2차 8월 상순~중순, 3차 9월 상순~중순, 3회의 발생 최성기를 보

였다(그림 1-24). 가장 많이 발생한 시기는 2016년 9월 3일 전주포장에서 트랩 당 460.3마리였고, 가장 적게 발생한 시기는 2016년 5월 28일 전주포장에서 트랩 당 0.3마리였다. 발생패턴은 지역에 따라서는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 배 등(2007)은 영남지역에서 담배거세미나방의 발생시기는 경남이 3월 중하순부터 11월 중하순, 경북이 4월 중하순부터 11월 상중순까지, 울진에서는 5월 하순부터 10월 하순까지 발생한다고 하였다. 본 조사와 발생시기 차이가 있는 것으로 나타났는데, 이는 지리적 또는 연도간의 온도 등에 의해 차이가 났을 것으로 여겨진다.

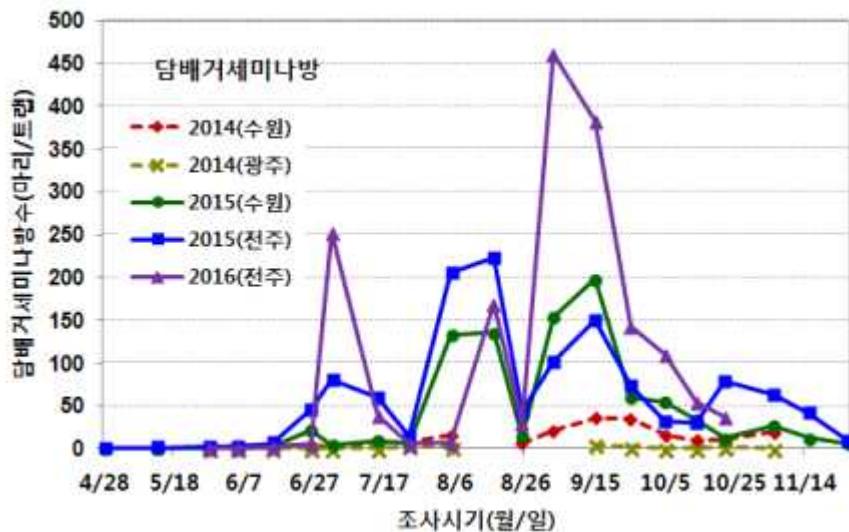


그림 1-24. 성폐로몬 트랩에 의한 담배거세미나방 발생 시기와 발생량

(나) 담배나방(*Helicoverpa assulta*)

주말농장의 담배나방 발생은 4월 하순부터 11월 중순까지 발생한다. 전체적인 발생상황을 보면 1차 5월 하순~6월 하순, 2차 발생은 뚜렷이 구분되지 않지만 대체로 7월 하순~8월 중순, 3차 9월 상순~하순, 3번의 발생 최성기가 있는 것으로 보인다(그림 1-25). 밀도가 가장 많이 발생한 시기는 2015년 10월 5일 수원 포장에서 트랩 당 54.3마리였고, 가장 적게 발생한 시기는 2016년 5월 28일과 10월 22일 전주 포장에서 트랩 당 0.3마리였다. 지역에 따라서 차이는 2015년 10월 5일 다른 지역은 모두 밀도가 감소하였으나 수원 포장에서 급격히 증가하는 이상 현상이 나타난 것은 이례적인 현상이다. 양 등(2004)은 수원지역 고추 포장에서 담배나방의 발생시기가 5월 하순부터 10월 상순까지 발생하며, 발생 최성기는 6월 하순, 7월 하순~8월 상순, 8월 하순~9월 상순이라고 하였다. 본 조사와 약간의 차이가 있었으며 이는 연도에 따라 온도 등 환경조건에 의해서 발생시기의 차이가 있었을 것으로 추정된다.

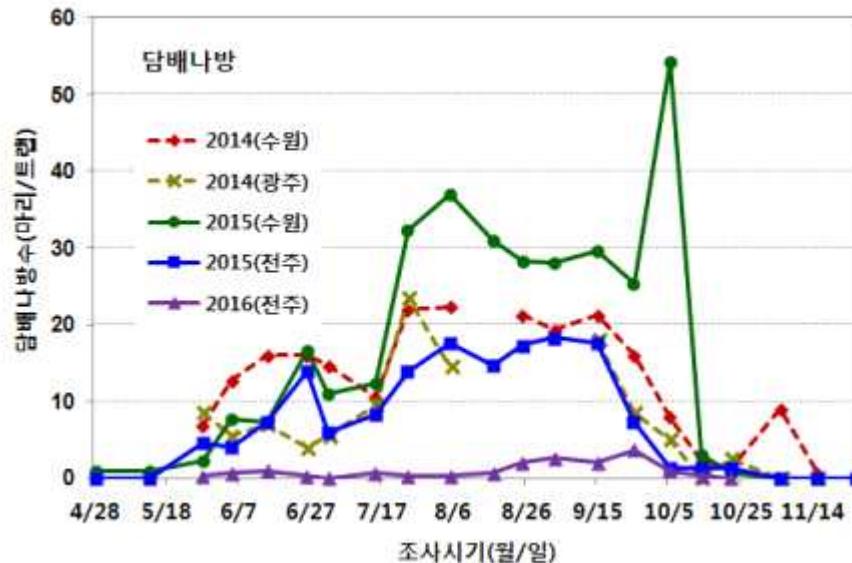


그림 1-25. 성폐로몬 트랩에 의한 담배나방 발생 시기와 발생량

(다) 파밤나방(*Spodoptera exigua*)

주말농장의 파밤나방 발생은 4월 하순부터 조사 종료기인 11월 하순까지 발생이 확인되었지만 12월에도 발생 할 수 있을 것으로 추정된다(그림 1-26). 담배거세미나방이나 담배나방과 달리 뚜렷한 발생피크가 없고 꾸준히 발생량이 증가하는 현상을 보였다. 가장 많이 발생한 시기는 2015년 수원 포장으로 타 포장의 타 연도보다 전체적으로 밀도가 높았으며 11월 15일에는 트랩 당 78.3마리로 최고밀도를 보였다. 수원과 전주 포장의 발생 차이를 비교해 보면 2014~2015년 모두 수원 포장에서 발생량이 많았고 전주 포장에서는 적었다. 이러한 원인이 주말농장의 전체 면적의 크기에 따라 유인되는 해충의 량과 관련이 있을 것으로 추정되지만 보다 정밀한 조사가 필요할 것으로 보인다. 고 등(1993)은 파밤나방 발생 최성기는 충남 예산에서 7월 중하순, 8월 중순, 9월 하순, 11월 중순이고, 충남 아산에서 7월 하순, 8월 하순~9월 중순, 11월 중순이라고 하였다. 김 등(1995)은 전남 지역의 파밤나방 발생은 4월부터 6월 하순까지는 발생이 미미하나 7월 상순부터 급격히 증가하고 11월 상순까지 유인되며, 발생최성기는 7월 중순, 8월 상순, 9월 상순이라고 하였다. 지역적인 차이로 인하여 본 조사와 정확한 비교는 어렵지만 대체로 비슷하거나 약간의 차이가 있는 것으로 보인다.

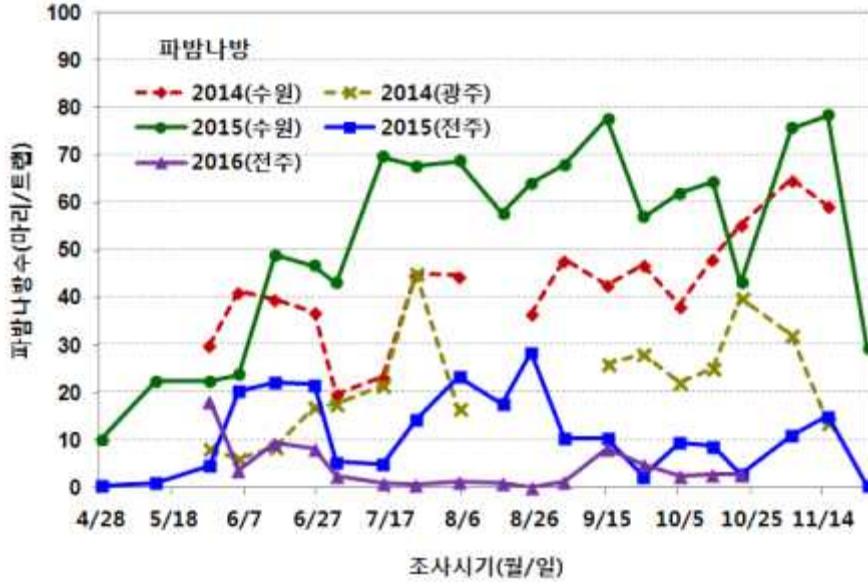


그림 1-26. 성폐로몬 트랩에 의한 파밤나방 발생 시기와 발생량

(라) 배추좀나방(*Plutella xylostella*)

주말농장의 배추좀나방 발생은 5월 중순부터 11월 하순까지 발생하는데, 봄보다 가을에 발생량이 많았는데, 최고 밀도를 보인 시기는 2014년 10월 5일 수원 포장에서 트랩 당 73.0마리였다(그림 1-27). 전체적으로 발생량이 매우 낮으며 파밤나방과 같이 전주보다 수원에서 발생량이 많았다. 임 등(2012)은 전북지역 시설재배지에서 배추좀나방의 발생 피해가 많은 시기는 5월 중순부터 8월 상순이라고 하였고 9월 중순부터 11월 중순까지는 피해가 적은 시기라고 하였다. 그러나 본 조사에서는 9월 상순부터 발생량이 많아 대조를 이뤘다. 이러한 원인은 실험방법 등 다양한 조건에서 차이가 있었을 것으로 생각되며 추후 면밀한 검토가 필요하다.

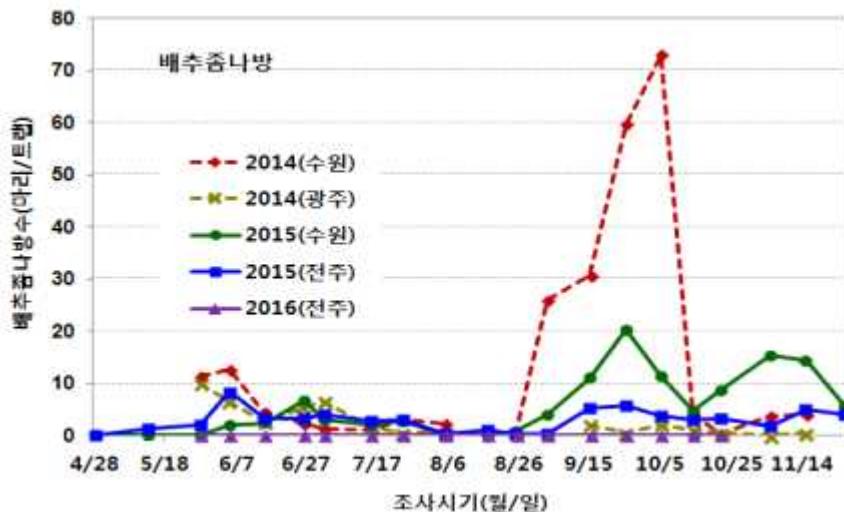


그림 1-27. 성폐로몬 트랩에 의한 배추좀나방 발생 시기와 발생량

(3) 황색 트랩 조사

(가) 2014년 조사

2014년 조사 방법은 조사 작물에 황색트랩을 설치한 결과, 고추 재배지에서 황색트랩에

가장 많이 포획되는 해충은 총채벌레> 진딧물>가루이 순이었으나(표 1-1), 배추, 무에 발생하는 벼룩잎벌레 등도 포획되는 것으로 보아 주말농장의 작물 간 재배거리가 짧아 주변 작물에서 유인됨으로서 고추에 발생하는 해충만 조사하기가 곤란하였다.

표 1-1. 고추에서 포획된 해충의 시기별 발생량

	진딧물	총채 벌레	가루이	잎굴 파리	벼룩 잎벌레	무잎벌	들깨 잎벌레	배추 좀나방	장님노 린재류
5/30	140.7	29.7	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0	0.7
6/9	80.0	134.0	0.0	1.5	1.0	0.0	0.0	0	0.0
6/17	71.3	261.0	0.7	1.3	2.3	1.0	0.0	0	0.3
6/26	85.7	743.3	12.3	5.7	1.7	1.0	3.7	0	5.0
7/7	29.7	530.0	2.7	2.3	1.3	1.0	0.0	0	2.7
7/17	23.0	525.3	2.7	3.0	0.7	0.7	0.0	0	4.7
7/29	9.7	173.7	1.7	0.7	2.3	3.7	0.0	0	4.3
8/7	7.5	205.5	4.5	1.0	0.0	1.0	0.0	0	3.0
8/20	41.3	1273.7	7.3	2.3	0.3	1.3	0.0	0	4.3
9/1	13.7	1150.7	0.3	1.0	1.7	1.3	1.0	0	0.7
9/11	22.3	242.3	1.7	0.7	0.7	1.7	0.0	0	0.7
9/22	12.3	212.7	4.3	0.0	0.0	1.3	0.3	0.3	2.0
10/1	11.3	138.7	8.0	3.0	0.0	6.0	0.0	1	3.7
10/9	5.0	36.0	3.7	0.3	0.0	1.0	0.0	0	0.3
10/22	12.0	23.7	4.7	0.3	0.3	1.7	0.0	0	2.0

주말농장의 토마토 재배지에서 황색트랩에 가장 많이 포획되는 해충은 총채벌레> 진딧물> 가루이> 잎굴파리 순이었으나(표 1-2), 주변 작물에서 유인된 해충이 많아 토마토에 발생하는 해충의 판별이 곤란하였다.

표 1-2. 토마토에서 포획된 해충의 시기별 발생량

	진딧물	총채벌 레	가루이	잎굴파 리	벼룩잎 벌레	무잎벌	들깨잎 벌레	배추좀 나방	장님노 린재류
5/30	157.0	39.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
6/9	36.3	149.7	1.7	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6/17	74.3	253.0	0.7	6.7	1.0	5.7	0.0	0.0	0.0
6/26	36.0	917.3	2.3	2.0	0.7	0.0	0.3	0.0	1.0
7/7	13.7	908.0	1.7	1.0	0.7	0.0	0.0	0.0	1.7
7/17	26.0	585.7	1.0	2.3	1.0	1.0	0.0	0.0	2.0
7/29	6.0	185.7	0.0	0.3	1.0	2.7	0.0	0.0	2.3
8/7	10.0	218.7	7.7	1.0	0.3	0.7	0.3	0.0	5.3
8/20	25.0	1051.0	11.0	1.3	0.0	0.3	0.0	0.0	0.3
9/1	32.5	1206.0	2.0	12.0	0.0	0.5	10.5	0.0	2.0
9/11	15.7	234.0	33.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
9/22	4.7	90.7	38.7	1.0	0.0	0.0	1.0	0.7	0.0
10/1	11.0	81.0	72.0	2.7	0.0	1.3	0.0	1.0	0.7
10/9	5.3	36.7	47.7	0.3	0.0	1.0	0.0	0.0	1.7
10/22	28.0	23.7	7.0	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0	0.3

주말농장 감자 재배지에서 황색트랩에 가장 많이 포획되는 해충은 총채벌레> 진딧물 순이었으나(표 1-3), 주변 작물에서 유인된 해충이 많아 감자에 발생하는 해충의 판별이 곤란하였다.

표 1-3. 감자에서 포획된 해충의 시기별 발생량

	진딧물	총채벌 레	가루이	잎굴파 리	벼룩잎 벌레	무잎벌	들깨잎 벌레	배추좀 나방	장님노 린재류
5/30	195.3	58.3	0.3	4.7	0.3	0.0	0.0	0.0	1.0
6/9	70.0	167.0	0.0	5.7	0.0	1.3	0.0	0.7	1.0
6/17	73.0	509.7	0.3	3.3	0.7	2.0	0.0	0.0	6.3
6/26	96.7	961.0	6.3	2.0	2.0	1.7	6.3	0.0	8.3
7/7	33.3	484.0	1.3	4.0	0.7	4.7	0.0	0.0	5.0

주말농장 상추 재배지에서 황색트랩에 가장 많이 포획되는 해충은 총채벌레> 진딧물> 잎굴파리> 가루이 순이었으나(표 1-4), 주변 작물에서 유인된 해충이 많아 상추에 발생하는 해충의 판별이 곤란하였다.

표 1-4. 상추에서 포획된 해충의 시기별 발생량

	진딧물	총채벌 레	가루이	잎굴파 리	벼룩잎 벌레	무잎벌	들깨잎 벌레	배추좀 나방	장님노 린재류
5/30	258.7	33.7	1.0	3.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.3
6/9	54.0	40.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6/17	87.3	363.7	1.3	3.7	0.7	1.7	0.0	0.0	3.7
6/26	115.0	403.7	5.0	14.3	1.0	0.7	0.0	0.0	2.3
7/7	33.7	275.7	2.7	14.0	2.3	1.3	0.0	0.0	2.0
7/17	19.7	291.0	2.7	7.3	1.3	1.3	0.0	0.0	7.0
7/29	9.0	143.0	1.5	0.5	2.5	4.5	0.0	1.0	4.5
8/7	4.3	199.0	3.7	1.0	1.7	2.0	0.0	0.0	3.7
8/20	29.0	1043.0	0.3	4.3	1.0	2.3	0.0	0.0	4.0
9/1	26.7	1633.3	1.3	36.0	1.7	3.3	1.3	0.3	7.7
9/11	86.3	558.7	3.3	19.0	0.3	2.0	5.7	1.7	1.0
9/22	6.7	360.0	10.7	3.7	0.7	2.0	5.3	0.7	3.3
10/1	13.3	177.0	25.7	4.7	0.3	3.7	1.3	2.0	3.3
10/9	9.7	36.0	11.0	2.0	0.0	2.3	0.0	0.0	3.3
10/22	17.3	28.3	15.3	0.7	0.7		0.0	0.0	2.0

주말농장 상추 재배지에서 황색트랩에 가장 많이 포획되는 해충은 총채벌레> 진딧물> 무잎벌> 잎굴파리> 벼룩잎벌레> 노린재류 순이었으나(표 5), 주변 작물에서 유인된 해충이 많아 배추에 발생하는 해충의 판별이 곤란하였다.

표 1-5. 배추에서 포획된 해충의 시기별 발생량

	진딧물	총채벌 레	무잎벌	잎굴파 리	벼룩잎 벌레	노린재 류	가루이	배추좀 나방	들깨잎 벌레

5/30	119.0	50.0	0.0	12.7	1.3	1.0	0.0	0.0	0.0
6/9	50.0	116.3	15.3	10.7	1.3	1.0	0.0	5.3	0.0
6/17	61.3	332.7	14.3	16.3	1.7	4.3	2.0	2.7	0.0
6/26	77.0	664.3	5.0	24.3	7.3	4.3	4.0	5.7	16.7
7/7	39.0	550.0	14.0	22.3	11.3	5.7	2.3	6.7	0.0
7/17	49.3	327.7	23.3	45.7	13.3	9.3	2.3	1.3	0.0
7/29	38.7	221.0	30.0	5.0	37.7	5.7	2.0	0.0	0.0
8/7	26.0	263.7	11.0	2.0	4.3	5.3	13.3	1.3	2.7
8/20	34.3	550.7	25.7	6.7	3.0	3.3	4.0	1.3	0.0
9/1	26.0	3007.0	18.3	8.0	13.0	6.3	1.0	1.7	5.0
9/11	94.3	621.0	7.0	12.7	1.0	1.3	3.0	3.0	2.7
9/22	6.3	223.0	5.7	1.7	5.3	3.7	6.3	1.0	0.3
10/1	7.7	157.0	7.0	1.0	3.0	4.0	9.7	2.3	0.3
10/9	5.3	26.7	5.3	0.3	6.7	1.7	3.3	0.0	0.0
10/22	13.3	23.7	2.0	0.7	2.7	2.3	4.7	0.0	0.0

(나) 2015년 조사

2015년 조사 방법은 2014년과 달리 조사 포장에 발생하는 해충의 종류 조사를 위해 황색 트랩을 설치하여 시기별 해충 발생량을 조사한 결과는 표 1-6과 같다. 주말농장에서 가장 많이 포획되는 해충은 대만총채벌레 등 다양한 총채벌레류가 7~9월에 가장 많이 발생하였는데 주로 꽃을 선호한다. 다음은 진딧물류로 봄에는 6월, 가을에는 10~11월에 발생이 높은데 배추, 무 등 십자화과에 많이 발생한다. 다음은 가루이류로 8~9월에 발생이 많은 편이며 토마토, 가지 등 주로 가지과 작물에 많이 발생 한다. 다음은 벼룩잎벌레로 6월경 발생이 많아지며 주로 배추, 무 등 십자화과에 발생 한다. 무잎벌, 들깨잎벌레, 노린재류가 적은 밀도로 발생하였고, 이외에 극히 소발생한 해충이 다량 포획되었다.

표 1-6. 황색트랩에 포획된 해충의 시기별 발생량

	진딧물		총채벌레		가루이	
	수원	전주	수원	전주	수원	전주
4/28	6.4	11.9	6.2	1.8	1.6	0.2
5/13	5.9	15.3	10.0	5.1	0.4	0.3
5/28	14.0	69.3	40.8	38.4	2.2	0.7
6/5	40.6	96.0	72.3	66.2	0.6	0.1
6/15	117.7	145.0	212.4	460.9	0.8	3.2
6/26	60.3	25.3	398.3	478.2	3.7	5.0
7/2	47.8	18.2	417.1	401.9	16.1	23.2
7/15	29.1	2.6	622.3	357.9	7.0	1.7
7/24	8.0	11.2	237.4	881.8	5.1	11.4
8/5	3.6	0.9	202.9	1054.6	11.1	6.4
8/17	11.6	10.4	1069.2	1469.0	15.1	26.9
8/25	5.2	14.4	2100.8	1253.2	15.8	44.1

9/3	9.4	29.4	1378.8	554.7	27.9	38.3
9/15	6.8	11.6	796.0	153.0	17.9	35.8
9/25	7.8	8.7	167.8	169.1	29.1	30.2
10/5	8.4	0.7	110.9	43.1	26.4	2.1
10/14	3.6	0.7	32.3	41.8	13.8	1.8
10/22	69.2	28.8	46.7	65.4	19.1	12.2
11/5	204.8	29.7	20.7	5.8	27.4	1.1
11/16	64.6	31.7	4.2	8.6	5.2	2.2
11/25	11.7	3.7	5.3	0.4	7.6	0.0

	벼룩잎벌레		무잎벌		들깨잎벌레		노린재류	
	수원	전주	수원	전주	수원	전주	수원	전주
4/28	4.3	6.1	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
5/13	1.7	2.3	2.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
5/28	1.3	1.4	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
6/5	1.0	3.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6/15	6.9	7.4	1.1	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0
6/26	7.1	3.9	3.2	2.2	1.3	0.1	0.0	0.0
7/2	1.6	4.4	4.7	0.6	10.0	0.0	0.0	0.0
7/15	2.0	1.8	4.9	0.3	3.6	0.0	0.0	0.3
7/24	1.1	3.4	0.9	0.7	0.0	0.7	0.0	0.0
8/5	1.0	0.7	0.7	0.3	0.4	0.8	0.0	0.0
8/17	1.6	0.4	0.7	0.1	1.4	0.1	0.2	0.4
8/25	0.4	0.2	0.2	0.1	9.3	1.0	1.7	1.1
9/3	0.2	0.2	0.1	0.0	3.7	0.7	1.1	0.3
9/15	0.2	0.1	0.7	0.0	2.9	0.8	0.7	0.3
9/25	0.2	0.0	0.6	0.3	0.8	0.0	2.4	0.3
10/5	0.1	0.0	0.8	0.0	0.2	0.0	2.1	0.3
10/14	0.0	0.1	1.2	0.8	0.0	0.0	1.6	0.2
10/22	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	3.4	2.2
11/5	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	2.0
11/16	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	6.4
11/25	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.2

(다) 2016년 조사

2016년 조사 방법은 2015년과 같으며 황색트랩에 포획된 발생해충의 시기별 발생량은 표 1-7과 같다. 주말농장에서 가장 많이 포획되는 해충은 2015년과 같이 총채벌레류가 가장 많이 발생하며 8월에 밀도가 가장 높았다. 다음 발생이 많은 해충은 진딧물류로 봄에는 5월 하순~6월 상순, 가을에는 8월 하순~9월 상순에 발생 밀도가 높았다. 다음은 가루이류로 8~10월까지 발생 밀도가 높았다. 다음은 배추, 무에 발생하는 벼룩잎벌레로 6월경 발생 밀도가 높았다. 그 외에 다양한 노린재류가 소수 발생하였고, 무잎벌과 잎풀파리는 발생되지 않았다.

표 1-7. 황색트랩에 포획된 해충의 시기별 발생량

	진딧물	총채 벌레	가루이	벼룩 잎벌레	무잎벌	잎굴파리	노린재류
5/26	72.7	103.4	0.4	0.4	0.0	0.0	0.4
6/2	62.1	128.6	0.3	0.7	0.0	0.0	0.0
6/10	38.7	180.1	2.3	1.7	0.0	0.0	0.6
6/21	25.6	437.1	15.1	2.2	0.0	0.0	0.3
6/30	19.0	298.3	9.0	1.2	0.0	0.0	0.2
7/11	1.3	327.4	4.7	1.1	0.0	0.0	1.6
7/20	2.2	83.7	8.1	0.2	0.0	0.0	1.0
7/29	7.9	443.3	15.2	0.1	0.0	0.0	0.0
8/10	12.8	1946.0	21.2	0.1	0.0	0.0	0.4
8/19	29.4	918.0	43.1	0.0	0.0	0.0	0.6
8/30	40.6	676.6	36.7	0.0	0.0	0.0	0.3
9/9	237.1	276.0	57.6	0.1	0.0	0.0	0.1
9/20	18.4	226.0	59.1	0.0	0.0	0.0	0.1
10/4	21.8	128.6	54.0	0.0	0.0	0.0	0.6
10/14	13.3	60.9	32.3	0.0	0.0	0.0	0.3
10/24	27.6	20.3	38.2	0.0	0.0	0.0	0.9

나. 작물별 주발생 해충의 친환경 방제 연구

(1) 주요 해충에 대한 유기농업자재의 방제 효과

주말농장에서 해충방제용 유기농업자재로 시중에 판매제품인 진자비골드, 청멸과 (주)나리소의 신개발 제품인 진디아웃, 배추세이퍼, NRS-31, NRS-32, NRSC-20을 선정하였다. 토마토, 가지에 피해를 많이 주는 큰이십팔점박이무당벌레, 배추, 무 등 십자화과에 피해를 주는 좁은가슴잎벌레, 거의 모든 작물에 발생하여 피해를 주는 복숭아혹진딧물에 대하여 조사하였다.

큰이십팔점박이무당벌레에 대한 실험결과, 배추세이퍼 73.3% > NRS-32 56.7% > NRS-31 26.7% 순으로 사충율이 높았다(그림 1-28). 시판 제품인 진자비골드, 청멸은 거의 죽이지 못하는 것으로 나타났다.

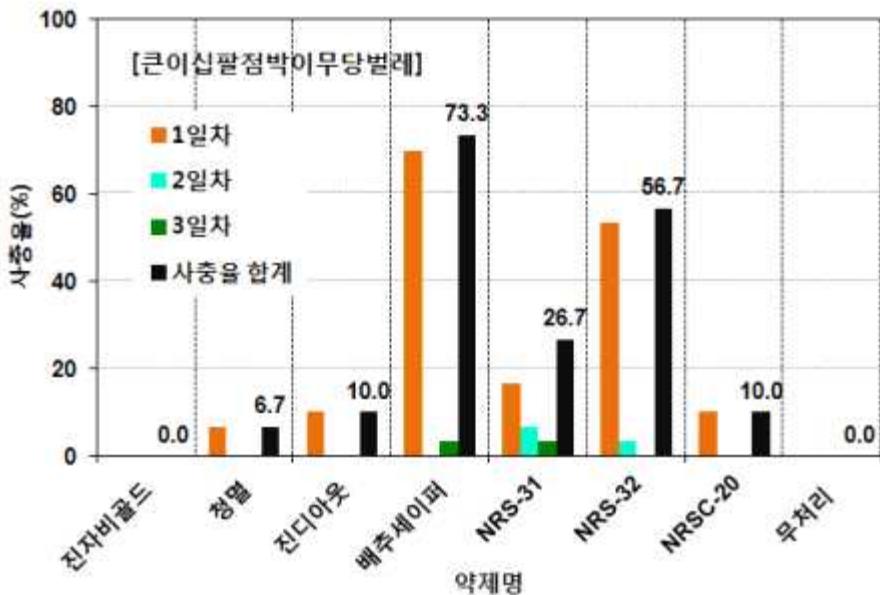


그림 1-28. 유기농업자재별 큰이십팔점박이의 사충율

좁은가슴잎벌레에 대한 실험결과, NRS-32 100% > 진디아웃, NRS-31 96.7% > 배추세이퍼 76.7% 순으로 사충율이 높았다(그림 1-29). 시판 제품인 진자비골드, 청멸은 거의 죽이지 못하는 것으로 나타났다.

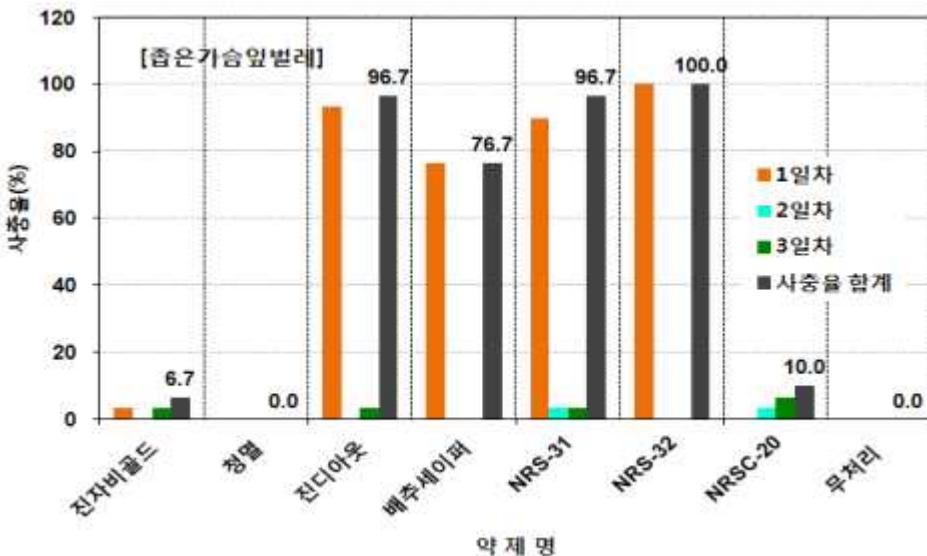


그림 1-29. 유기농업자재별 좁은가슴잎벌레의 사충율

복숭아혹진딧물에 대한 실험결과, 진디아웃 73.7% > 배추세이퍼 46.8% > NRS-32 43.9% > NRS-31 30.0% > NRSC-20 25.2% 순으로 사충율이 높았다(그림 1-30). 시판 제품인 진자비골드, 청멸은 거의 죽이지 못하는 것으로 나타났다.

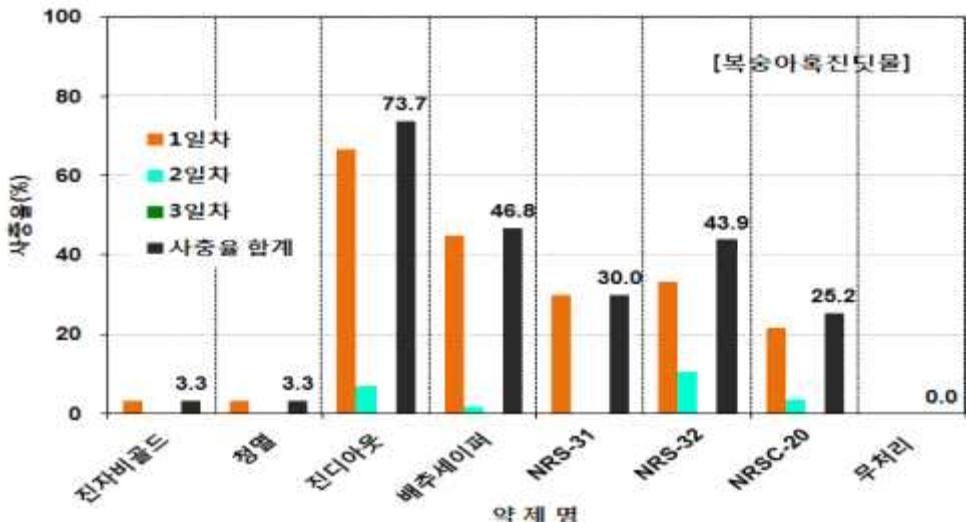


그림 1-30. 유기농업자재별 복숭아혹진딧물의 사충율

이상의 결과를 종합하면 큰이십팔점박이무당벌레에는 배추세이퍼가 효과적이고, 좁은가슴잎벌레에는 NRS-32, 진디아웃, NRS-31, 배추세이퍼 4종이 70%이상의 방제효과가 있었으며, 복숭아혹진딧물에는 배추세이퍼가 우수하였다. 시중에 판매되는 진자비골드와 청멸은 기준량 살포시 전혀 해충을 죽이지 못하는 것으로 나타났다. 따라서 신개발 품목의 빠른 등록이 필요할 것으로 생각된다.

다. 주말농장 해충관리에 대한 설문조사

주말농장에서 작물을 재배하는 작업자에게 질문에 대한 답변내용은 표 1-8과 같다. 주말농장관리는 여성이 53.6%로 남성보다 많았고, 연령은 50세 이상이 85.7%였으며, 직업은 전업주부가 30.4%로 가장 많았다. 도시의 아파트에 거주하는 비율이 64.3%로 월등하고, 주말농장을 시작한 동기는 주변사람의 소개가 55.4%였으며, 주말농장을 하는 원인은 자신과 가족의 건강을 위해서가 32.9%로 많았다. 주말농장은 매일오거나 1주일에 2회 오는 경우가 23.2%로 많았고, 작물재배 방법은 주변사람의 도움이 29.5%였으며, 작물 재배하는 동안 해결이 가장 어려운 것은 병해충 관리가 37.1%로 많았다. 알고 있는 병해충은 진딧물이 57.4%였고, 해충정보와 방제방법은 주변사람들에게 듣는다가 23.9%로 가장 많았고, 해충방제 약제는 유기농자재 사용이 34.9%였고, 친환경방제 기술이 시급해 개발되어야 한다가 58.6%로 가장 많았다.

표 1-8. 주말농장 재배 농업인의 질문에 대한 답변내용

질문내용	답변내용 및 점유율(%)
1. 귀하의 성별은 무엇입니까?	남성(49.7), 여성(53.6)
2 귀하의 연령대는 어떻게 되십니까?	20세 미만(0.0), 20~29세(0.0), 30~39세(3.6), 40~49세(10.7), 50세 이상(85.7)
3. 귀하의 직업은 다음 중 어디에 해당합니까?	농업/임업/수산업(19.6), 자영업(10.7), 판매/서비스직(3.6), 사무/기술직(8.9), 기능직(8.9), 경영/관리직(3.6), 전문/자유직(1.8), 전업 주부(30.4), 학생(0.0), 무직(7.1), 기타(5.4)
4. 귀하께서 거주하고 있는 주택의 종류는 어떻게 됩니까?	아파트(64.3), 연립주택(25.0), 오피스텔(0.0), 단독주택(8.9), 기타(0.0)

5. 주말농장에 대하여 처음으로 접하게 된 경로는 무엇입니까?	인터넷이나 언론방송매체(14.3), 서적이나 잡지(3.6), 주변 사람과의 대화나 소개(55.4), 도시농업 텃밭 관련 행사(21.4), 기타(5.4)
6. 귀하가 도시 지역에 거주하면서 농사 활동을 하게 된 동기는 무엇입니까?	농산물을 재배하여 먹기 위해(11.8), 자신이나 가족의 건강을 위해(32.9), 농사 체험을 하고 싶어서(23.7), 여가 선용을 위해(18.4), 주변 환경 녹화를 위해(3.9), 자녀 환경교육을 위해(5.3), 귀농 준비를 위해(1.3), 기타(2.6)
7. 텃밭(주말농장)에는 얼마나 자주 오십니까?	매일(23.2), 주3회(5.4), 주2회(23.2), 주1회(21.4), 월2~3회(19.6), 월1회(7.1)
8. 귀하께서는 재배할 작물을 선택할 때 무엇을 참고하십니까?	본인의지(30.2), 가족의 요구(19.0), 주변 텃밭(22.2), 관련서적(4.8), 농자재상의 권장(6.3), 인터넷(3.2), 농촌진흥기관(14.3)
9. 텃밭(주말농장)에 작물을 재배하기 위한 재배 관리기술은 주로 어떤 방법으로 습득합니까?	도시농업 담당공무원 지도(18.0), 인터넷(23.0), 홍보책자(9.8), 주변사람(29.5), 그동안 농사경험(18.0), 기타(1.6)
10. 작물을 재배하는데 가장 어려운 점은 무엇입니까?	재배지식 부족(37.1), 관리시간 부족(11.3), 재료구입(씨앗, 흙, 비료, 기구 등)(8.1), 병해충 관리(37.1), 물관리(6.5)
11. 귀하는 텃밭에 발생하는 해충의 이름을 알고 계십니까?	잘 알고 있다(5.4), 일부 알고 있다(62.5), 모른다(32.1)
11-1. 알고 계시는 해충명을 아는 데로 적어 주십시오.	진딧물(57.4), 배추흰나비(4.3), 배추 좀나방(8.5), 총채벌레(2.1), 벼룩잎벌레(4.3), 담배나방(2.1), 무당벌레(4.3), 조명나방(2.1), 응애(6.4), 굼벵이(6.4), 온실가루이(2.1)
12. 텃밭 작물에 발생하는 해충의 방제 필요성을 느끼십니까?	그렇다(55.4), 그렇지 않다(26.8), 잘 모르겠다(17.9)
13. 텃밭(주말농장) 작물에 발생하는 해충에 대한 정보와 방제기술은 어떤 방법으로 습득합니까?	도시농업 담당공무원 지도(13.4), 인터넷(25.4), 홍보책자(11.9), 주변사람(23.9), 그동안 농사경험(17.9), 농촌진흥기관(6.0), 기타(1.5)
14. 귀하는 텃밭에 병해충 발생이 되면 관리를 어떻게 하십니까?	화학농약을 사용한다(7.9), 유기농업자재를 사용한다(34.9), 화학농약과 유기농업자재를 병행해서 사용한다(19.0), 손으로 제거한다(31.7), 기타 방법을 사용한다(6.3)
15. 텃밭 작물에 발생하는 해충의 방제를 위해 시급하게 해결되어야 할 부분이 무엇이라고 생각하십니까?	농약 사용법(10.3), 친환경방제기술(58.6), 발생해충의 정보제공(19.0), 방제기술 공유 및 습득(10.3), 기타(1.7)
16. 현재 재배하는 작물을 모두 표시하고 보기에 없는 작물은 직접 작성해 주십시오.	<p>1) 엽(잎)채류: 상추(21.7), 배추(18.5), 시금치(5.8), 양배추(4.8), 쑥갓(10.6), 파(12.7), 부추(9.0), 깻잎(10.6), 브로콜리(4.8), 기타(1.6)</p> <p>2) 근(뿌리)채류: 무(23.6), 당근(15.7), 감자(19.3), 양파(5.7), 순무(5.0), 마늘(5.0), 생강(5.7), 고구마(19.3), 기타(0.7)</p> <p>3) 과(열매)채류: 고추(23.3), 방울토마토(20.5), 가지(18.2), 오이(14.8), 호박(11.4), 피망(4.0), 떡기(2.8), 수박(1.7), 참외(3.4), 기타(0.0)</p>

라. 작물별 발생해충의 생태도감 발간

주말농장에서 조사한 결과를 토대로 “도시농업 재배작물 해충 생태와 방제 도감”이라는 제목의 책자를 발간하였다(그림 1-31). 책자에 수록한 해충은 벼룩잎벌레 등 8개목 43종으로 해충별 형태, 생태, 피해, 방제에 관하여 기술하였으며 총 148페이지이다. 배부는 유관기관, 시 농업기술센터, 시립도서관, 도시농업 재배자 등에게 배부하였다.

그림 1-31. 도시농업 재배작물 해충 생태와 방제 도감 표지 및 내용 일부



제2절 살충제 선발 및 현장적용 기술 개발

1. 연구개발 수행내용

가. 소재별 대상 해충에 대한 치사율 조사

주요 채소류 작물의 해충인 담배거세미나방에 대하여 선발된 미생물 제제의 효과를 조사하였다. 담배거세미나방 2령충 3마리에 비티아이와자이엔티423(토박이)와 비티쿠루스타키수화제(그물방, 비결)를 추천 농도 및 2배 농도, 1/2, 1/4 농도로 처리하였고 10반복 처리하여 4일후 생충수를 조사하였다. 약제는 배추를 이용하여 10초간 잎침지처리 방식으로 처리하였다.

시설 토마토에서 비벡터링의 방제 효과를 알아보기 위해 동일한 약제를 이용하여 조사하였다. 분배처리는 뒤영벌을 이용하여 1일간 노출시켰으며, 비교실험을 위해 분무처리 실험구와 무처리구의 담배거세미나방에 대한 살충효과도 조사하였다. 약제 처리 후, 각 실험구의 시설 토마토에서 하위엽(0~50cm)과 중위엽(50~100cm), 상위엽(100~150cm)로 구분하여 잎을 채취하였으며 실내에서 담배거세미나방 2령충에 접종하여 살충율을 조사하였다.

나. 소재별 대상 병균에 대한 살균효과 조사

토마토 잣빛곰팡이병에 대한 *Bacillus subtilis* QST713의 살충율을 조사하였다. 토마토 잣빛곰팡이병 증식 후 배지에 *Bacillus subtilis* QST713를 접종하고 25°C에서 7일간 배양한 뒤 살균을 조사하였다.

다. 소재별 대상 천적에 대한 사충율 조사

비벡터링에 선발된 소재에 대해 시설재배지에서 생물적 방제에 사용되고 있는 천적에 대한 살충율을 조사하였다. 담배장님노린재와 애꽃노린재, 콜레마니진디벌, 예쁜가는배고치벌, 목화검정진디벌 5종의 천적에 대해 살충율을 조사하였다. 약제 처리는 각 종의 성충에 CO₂로 20초간 마취 후 추천농도로 희석된 약액에 10초간 침지 처리하였다. 독성평가는 IOBC의 독성구분에 따라 저독성(1, 사충율 30% 이하), 약한독성(2, 사충율 31-80%), 보통독성(3, 사충율 81-99%), 고독성(4, 사충율, 100%)으로 구분하여 평가하였다.

라. 소재에 의한 벡팅에 대한 영향 조사

(1) 선발된 약제에 대한 뒤영벌의 사충율 조사

선발된 미생물 제제 및 친환경유기농자재 중 해충 방제효과가 높은 자재에 대하여 비벡터링에 이용되는 뒤영벌의 영향을 조사하였다. 약제 처리 전 24시간 동안 먹이인 꽃가루 공급을 중단한 후, 약제 혼합처리된 꽃가루 급여한 뒤 매일 뒤영벌의 사충율을 조사하였다. 마찬가지로 설탕물에 대해서도 같은 방법으로 사충율을 조사하였다.

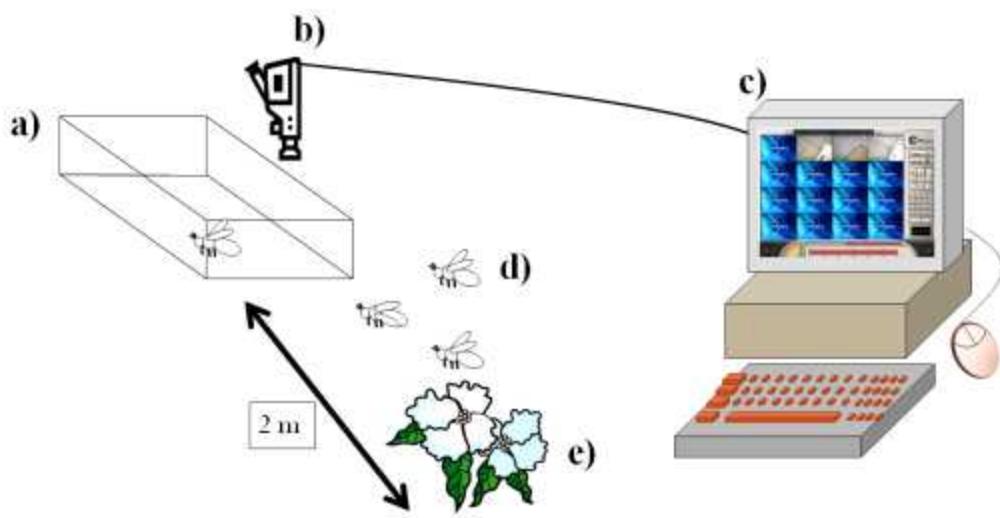
(2) 선발된 약제에 대한 뒤영벌의 출입 행동 조사

비벡터링 분배기가 뒤영벌의 출입 행동에 영향을 줄 수 있는지 조사하였다. 분배기는 국립농업과학원에서 자체 개발한 디스펜서와 바이오베스트사에서 개발한 디스펜서 2종에 대해 조사

하였다(그림 2-1). 출입행동 조사는 유리컨테이너(온도 23-28°C) 망사케이지(80 x 200cm) 조건에서 비벡터링 장치에 선발된 미생물 제재를 각각 0.11g/cm²장착, 주 1회 교체하였다. 분배 장치를 벌통에 연결하여 제제별 1주간 bee-vectoring 실행 후 벌 출입 횟수 및 충체별 제제 운반량 측정, 사충율을 조사하였다. 뒤영벌 출입 행동은 CCD 카메라와 컴퓨터를 이용하여 동영상을 녹화한 뒤 조사하였다(그림 2-2).



그림 2-1. 뒤영벌 출입 행동 조사에 사용된 미생물 제재 분배기(디스펜서)



뒤영벌 출입 행동 관찰 모식도
 a) 뒤영벌 사육 케이지 및 분배장치, b) CCD 카메라,
 c) 컴퓨터 및 녹화 프로그램, d) 뒤영벌, e) 조화 및 화분, 꿀

그림 2-2. 뒤영벌 출입 관찰 모식도

(3) 벡터 탑재를 통한 도시농업 현장 적용 시험

완숙 토마토에 비벡터링 장치(소재 0.11g/cm²장착)를 설치하여 농약을 장착하고 주 1회 교체 하며, 제재별 2주간 bee-vectoring 실행하였다. 앞서와 같은 방법으로 뒤영벌의 출입 횟수를 조사하였고 아울러 충체별 제재 운반량을 측정(9마리/처리)하였다.

마. 비벡터링 적용 소재를 이용한 병해충 방제효과 조사

(1) 시설 완숙토마토 재배 농가에서 비벡터링 이용 잿빛곰팡이병 방제효과 조사

시설 토마토 온실에서 잿빛곰팡이병의 방제효과를 알아보기 위해 뒤영벌통에 비벡터링 분배장치를 장착하고 제재별 병해충 방제효과를 조사하였다. 시험에 사용된 미생물제재 및 유기 합성농약을 주 1회 교체하며 제재별 2주간 비벡터링을 수행후 잿빛곰팡이병의 방제효과를 조사하였다.

(2) 시설 작물 재배 농가에서 비벡터링 이용 총채벌레, 진딧물, 가루이 방제효과 조사

앞서와 마찬가지로 선발된 아세타미프리드 수화제 및 뒤영벌 비벡터링 분배장치를 이용하여 시설 딸기 재배 농가에서 총채벌레와 진딧물의 방제효과를 조사하였다. 또한 온실가루이에 대하여 비벡터링의 방제효과를 조사하기 위해 토마토 온실에서 기적, 보베리아 바시아나를 이용하여 방제효과를 조사하였다. 조사 방법은 잿빛곰팡이병 방제효과 조사와 동일하게 수행하였다.

2. 연구결과

가. 소재별 대상 해충에 대한 치사율 조사

담배거세미나방 2령충에 대한 미생물농약 처리 후 사충율은 표 2-1과 같다. 배추잎 침지처리 4일 후 사충율은 두 약제 모두 추천농도 2배의 농도에서 각각 33, 17%로 높게 나타났으나 추천 농도와 1/2, 1/4 농도에서는 5% 이하로 낮게 조사되었다.

표 2-1. 담배거세미나방의 미생물농약 처리 후 사충율 조사

농도	농도별 사충율(%)			
	2배	추천	1/2	1/4
비티쿠루스타키수화제	33.3	3.3	3.3	3.3
비티아이와자이 엔티423	16.7	3.3	6.7	3.3

시설 토마토 온실에서 분배 처리 및 분무 처리 후 사충율 조사에서는 분배처리는 중위엽에서 각각 50, 42%의 높은 사충율을 보였으나 상위엽과 하위엽에서는 중위엽에 비해 다소 낮은 사충율을 보였다(표 2-2). 반면 분무처리 후 담배거세미나방 2령충의 사충율은 비티아이와자이 엔티423에서는 하위엽에서 38%로 가장 높게 나왔으나 비티쿠루스타키 수화제에서는 중위엽에

서 25%로 가장 높게 나타났다. 평균 사충율은 비티아이와자이엔티423이 약 22%로 분배처리와 분무처리에서 큰 차이가 없었으나 비티쿠루스타키 수화제에서는 분배처리가 분무처리에 비해 다소 높은 사충율을 보였다.

표 2-2. 미생물농약 처리 후 토마토 잎 위치별 담배거세미나방에 대한 살충효과

처리구		상위엽	중위엽	하위엽	평균
분배처리	비티아이와자이엔티423	15.4	50	0	21.8
	비티쿠루스타키수화제	21.3	41.7	35.8	32.9
분무처리	비티아이와자이엔티423	16.7	10	37.5	21.4
	비티쿠루스타키수화제	0	25	16.7	13.9
	무처리	10	12.5	0	7.5

나. 소재별 대상 병균에 대한 살균효과 조사

토마토 잣빛곰팡이병 증식 후 배지에서 *Bacillus subtilis* QST713 살균 효과를 검정한 결과는 그림 2-3과 같다. 25°C에서 7일간 배양한 결과 *Bacillus subtilis* QST713를 접종한 배지에서는 토마토 잣빛곰팡이병균이 증식하지 않은 것을 알 수 있었다.

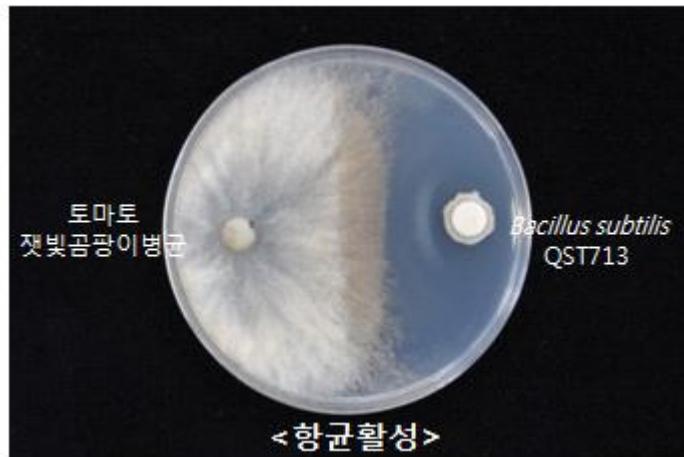


그림 2-3. *Bacillus subtilis* QST713 처리 항균활성 비교 (PDA, 25°C, 7일후)

다. 소재별 대상 천적에 대한 사충율 조사

담배장님노린재에 대한 살충제 독성 평가는 표 3과 같다. 대부분의 살충제에서 사충율이 30% 이하로 조사되어 천적인 담배장님노린재에 대해 저독성 살충제로 조사되었다. 하지만 칼립소(액상)와 셙큐어(액상)는 사충율이 각각 50, 40%로 조사되어 IOBC 기준의 독성구분에서 약한독성으로 구분되었다.

표 2-3. 담배장님노린재에 대한 살충제 독성 평가. IOBC의 독성구분에 따라 저독성(1, 사충율 30% 이하),

약한독성(2, 사충율 31-80%), 보통독성(3, 사충율 81-99%), 고독성(4, 사충율, 100%)으로 구분 평가

품목명	상품명	처리수	보정사충율(%)	독성구분
Pymetrozine WP	체스(수화제)	30	13.3	1
Flonicamid WG	세티스(입상)	30	3.3	1
Pyrifluquinazon	팡파레(입상)	30	6.7	1
Spiromesifen WP	지존(수화제)	30	0	1
Bifenazate SC	아크라마이트(액상)	30	6.7	1
pyridaben WP	산마루, 금맥(수화제)	30	16.7	1
Thiacloprid SC	칼립소(액상)	30	50	2
Pyriproxyfen EC	신기루(유제)	30	6.7	1
Chlorfenapyr SC	섹큐어(액상)	30	40	2
Spinosad SC	올가미, 부메랑(액상)	30	6.7	1
Abamectin + Chlorantraniliprole SC	볼리암-타고(액상)	30	23.3	1
Chlorfluazuron EC	아타브론(유제)	30	0	1
Spinetoram WG	텔리케이트(입상)	30	26.7	1
Control	-	30	0	

애꽃노린재에 대한 살충제 평가에서도 대부분의 약제가 저독성 약제로 조사되었다(표 2-4). 하지만 볼리암, 텔리케이트, 트랜스폼, 팡파레 4종의 약제는 IOBC 독성구분에서 2급인 약한독성으로 조사되었고 각각의 보정사충율은 38, 45, 66, 30%로 나타났다.

표 2-4. 애꽃노린재에 대한 살충제 독성 평가. IOBC의 독성구분에 따라 저독성(1, 사충율 30% 이하), 약한독성(2, 사충율 31-80%), 보통독성(3, 사충율 81-99%), 고독성(4, 사충율, 100%)으로 구분 평가

약제명	보정사충율(%)				독성구분
	1반복	2반복	3반복	평균	
Control	10.00	10.00	6.67	8.89	1
가미네이트	0.00	0.00	0.00	0.00	1
볼리암	48.15	29.63	35.71	37.83	2
모벤토	0.00	22.22	14.29	12.17	1
알타코아	11.11	0.00	10.71	7.28	1
쇼크	3.70	0.00	17.86	7.19	1
텔리케이트	55.56	33.33	46.43	45.11	2
신기루	11.11	3.70	14.29	9.70	1
스콜피온	25.93	33.33	28.57	29.28	1
트랜스폼	96.30	77.78	25.00	66.36	2
코드원	22.22	11.11	17.86	17.06	1
프레오	0.00	22.22	39.29	20.50	1
팡파레	0.00	59.26	32.14	30.47	2
애니충	3.70	37.04	32.14	24.29	1

애꽃노린재, 담배장님노린재, 콜레마니진디벌, 예쁜가는배고치벌, 목화검정진디벌 5종의 천적에 대한 미생물 농약의 독성 평가 결과는 표 2-5와 같다. 애꽃노린재에서 *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* NTO423의 사충율이 38%로 다소 높게 나왔지만 대부분의 시험에서 천적에 대한 미술물 약제는 독성이 30% 이하로 낮게 조사되었다.

표 2-5. 천적에 대한 미생물농약 독성 평가

약제명	약제처리 후 사충율(%)				
	으뜸 애꽃노린재	담배장님 노린재	콜레마니 진디벌	예쁜가는배 고치벌	목화검정 진디벌
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp, aizawai NTO423	37.8	10.7	19.4	0.0	16.7
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. kurstaki	6.4	22.7	10.4	0.0	10.0
<i>Bacillus subtilis</i> QST 713	12.5	20.0	20.8	0.0	0.0
<i>Simplicillum lamellicola</i> BCP	16.5	11.1	6.1	0.0	3.3
Control	6.1	3.3	0.0	0.0	3.3

라. 소재에 의한 백탕에 대한 영향 조사

(1) 선발된 약제에 대한 뒤영벌의 사충율 조사

약제 혼합 처리된 꽃가루 급여 후 뒤영벌의 사충율 변화는 7일동안 모든 약제에서 10%가 넘지 않았다(표 2-6). 특히 *Bacillus thuringiensis* subsp aizawai NTO423을 처리했을 때는 7일 동안 한마리도 죽지 않았다. *Bacillus thuringiensis* var kurstaki의 경우에는 7일째 8.8%로 다른 약제에 비해 근소하게 높으나 전체적인 사충율은 10%를 넘지 않았다. 동일한 약제를 설탕물에 녹여서 급여하였을 때는 뒤영벌이 전혀 죽지 않았다(표 2-7).

표 2-6. 약제 혼합 처리된 꽃가루 급여 후 뒤영벌의 사충율 변화

약제명	처리수	약제처리 후 사충율(%)						
		1DAT	2DAT	3DAT	4DAT	5DAT	6DAT	7DAT
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp, aizawai NTO423	45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. kurstaki	45	0.0	4.4	4.4	6.7	6.7	8.8	8.8
<i>Bacillus subtilis</i> QST 713	45	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	0.3
<i>Simplicillum lamellicola</i> BCP	45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
Control	45	0.0	0.0	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2

표 2-7. 약제 혼합 처리된 설탕물 급여 후 뒤영벌의 사충율 변화

약제명	처리수	약제처리 후 사충율(%)						
		1DAT	2DAT	3DAT	4DAT	5DAT	6DAT	7DAT
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp, aizawai NTO423	45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

<i>Bacillus thuringiensis</i> var. kurstaki	45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Bacillus subtilis</i> QST 713	45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Simplicillum lamellicola</i> BCP	45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Control	45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

(2) 선발된 약제에 대한 뒤영벌의 출입 행동 조사

선발된 약제와 분배기가 뒤영벌의 출입행동에 미치는 영향을 조사하였다. 출입행동 조사는 외부 설치형(국립농업과학원 개발)과 내제형(바이오베스트 개발) 분배기에서 각각 조사하였다. 외부 설치형 분배기에서 30분 간격의 평균 출입 횟수는 ‘분배기+토박이’와 ‘분배기’만 설치된 벌통에서는 차이가 나지 않았다(그림 2-4). 하지만 30분당 30회 이상의 출입을 한 분배기가 설치되지 않은 벌통인 대조구 비해서는 평균 출입횟수가 낮게 나왔다(그림 4).

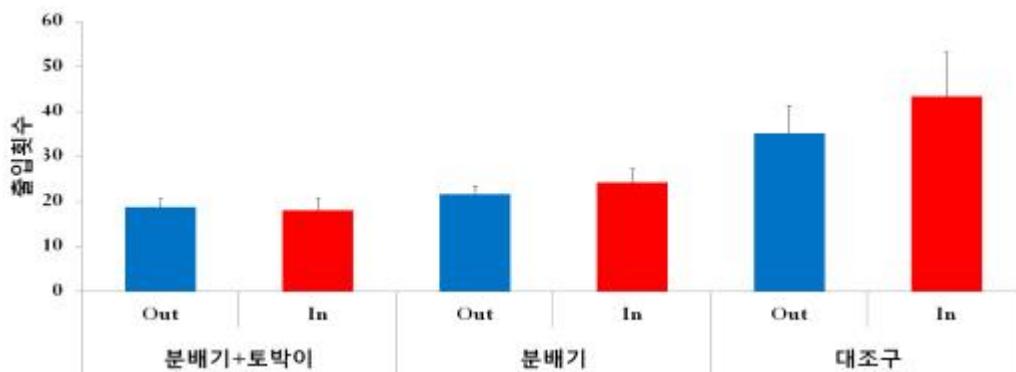


그림 2-4. 분배기 및 약제 설치 유무에 따른 30분당 평균 출입횟수

내제형 분배기에서는 보베리아 처리 유무에 따라 뒤영벌의 출입회수를 조사하였다(그림 2-5와 2-6). 시간에 따라 뒤영벌의 출입횟수를 조사한 결과 해가 뜨는 6시에서 8시까지 뒤영벌이 벌통에서 가장 많이 나왔으며 시간이 지나감에 따라 점점 줄어들었다. 들어가는 횟수도 약 아침 시간에 가장 많았고 시간에 따라 감소하는 경향을 보였다. 약제 처리 유무에 따라서는 대부분의 시간대에서 차이가 나지 않았다(표 2-8). 보베리아 처리 시 죽은 벌의 수는 오히려 무처리에 비해 낮게 나타나 비백터링에 적합한 약제라고 판단이 된다(그림 2-7).

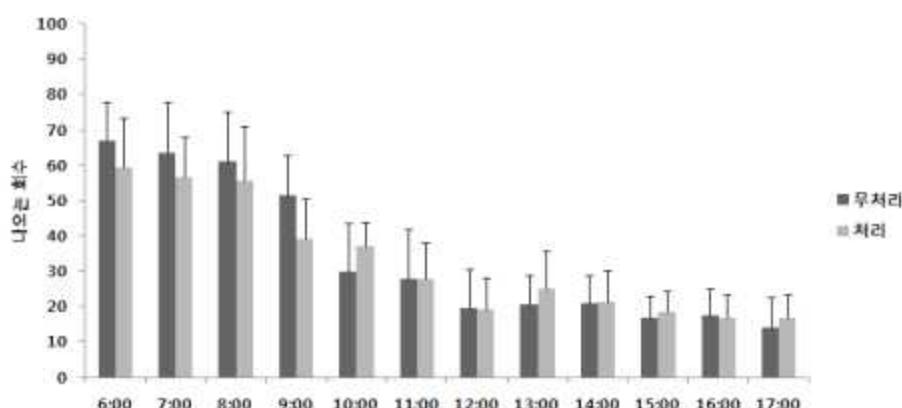


그림 2-5. 보베리아 처리 유무 및 시간에 따른 별통에서 나오는 회수

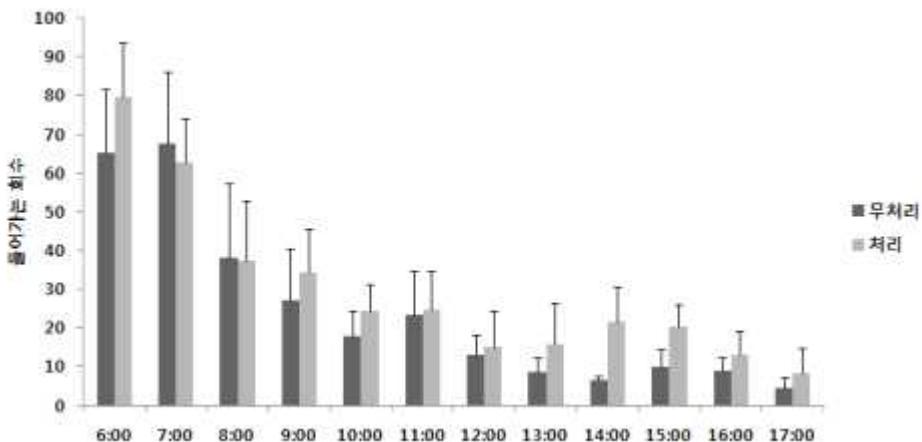


그림 2-6. 보베리아 처리 유무 및 시간에 따른 별통에 들어가는 회수

표 2-9. 보베리아 처리 유무 및 시간에 따른 출입회수 비교 분석(Paired t-test, $t_{(2),0.05,3} = 3.18$)

	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Out	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	4.08	n.s.						
	0.14	0.43	0.06	0.68	0.02	0.78	0.63	0.43	0.97	0.85	0.5	0.3
In	n.s.	n.s.	n.s.	4.19	4.15	n.s.						
	0.9	0.71	0.06	0.02	0.02	0.27	0.2	0.31	0.18	0.22	0.11	0.11

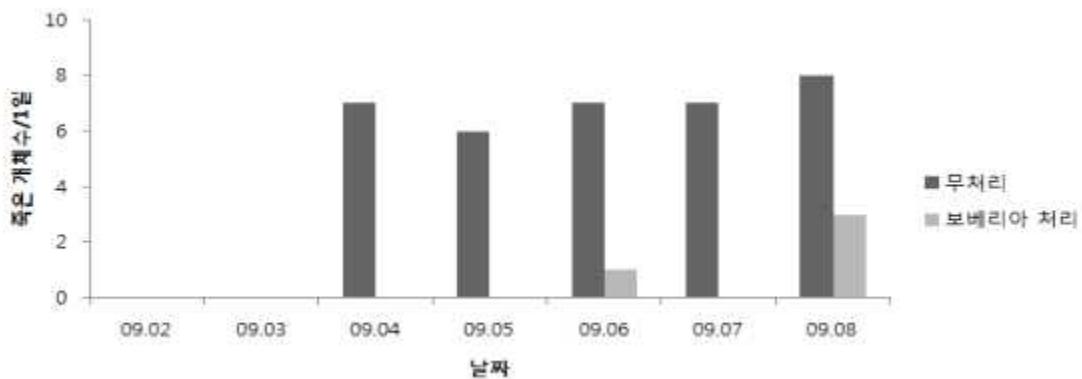


그림 2-7. 보베리아 처리 후 뒤영벌 죽은 수

비티수화제 처리 시 뒤영벌의 출입행동은 그림 8과 9와 같다. 본 실험에서는 무처리가 앞서의 실험이나 비티수화제 처리에 비해 비정상적으로 낮게 나타났다. 하지만 비티수화제 처리 시 뒤영벌의 출입횟수는 보베리아 실험에 비해 절반 정도로 조사되었다. 시간 및 처리 유무에 따른 뒤영벌의 출입은 통계적인 차이가 나타나지 않았다(표 2-10). 차후 추가 실험이 필요하다고 판단이 된다. 처리 유무에 따른 일일 사충수는 큰 차이가 없었다(그림 2-10).

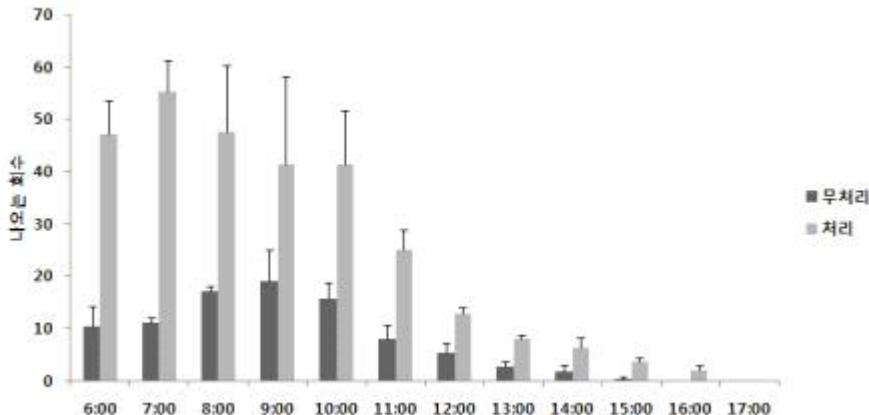


그림 2-8. BT 처리 유무 및 시간에 따른 별통에서 나오는 회수

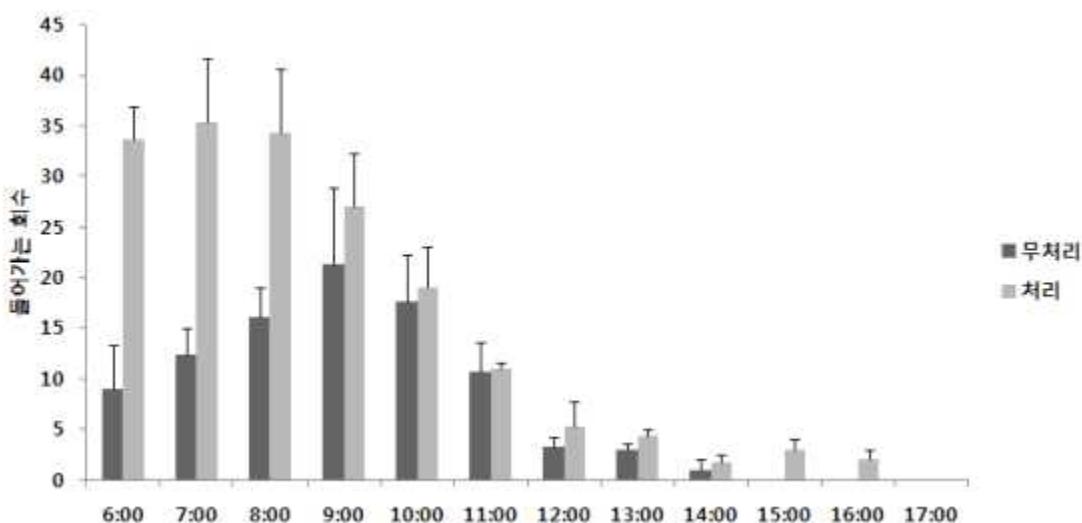


그림 2-9. BT 처리 유무 및 시간에 따른 별통에 들어가는 회수

표 2-10. BT 처리 유무 및 시간에 따른 출입회수 비교 분석(Paired t-test, $t_{(2),0.05,2} = 4.3$)

	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Out	4.46	6.43	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	8	5.29	n.s.	n.s.	n.s.
	0.04	0.02	0.13	0.4	0.17	0.11	0.12	0.01	0.03	0.06	0.18	1
In	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	0.08	0.12	0.13	0.13	0.65	0.91	0.32	0.06	0.75	0.09	0.18	1

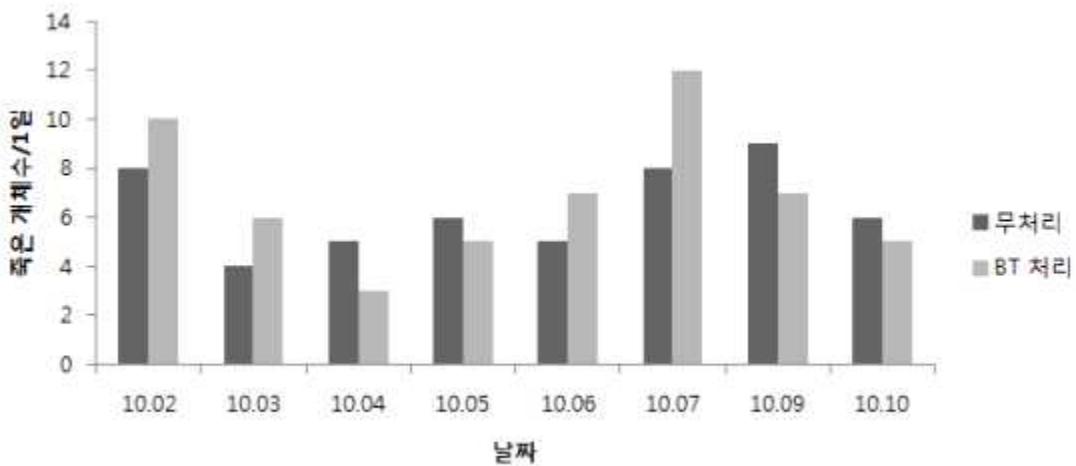


그림 2-10. 비티수화제 처리 후 뒤영벌 죽은 수

(3) 벡터 탑재를 통한 도시농업 현장 적용 시험

완숙토마토 시설에 비벡터링 장치를 설치하고 분배 및 분무 처리에 따른 토박이 균총 수를 비교하였다. 토박이 처리 1주일 후 토마토 꽃 샘플에서 검출된 cfu 수는 분배 처리에서는 평균 48.3으로 조사되었으나 분무 처리에서는 36.5로 조사되어 분배처리가 다소 높았다(표 2-11). 처리 2주일 후의 균총수도 비벡터링 분배 시 평균 81.3으로 나타나 분무 처리의 균총수 보다 높게 조사되었다. 보베리아 바시아나 분배처리 후 뒤영벌에 의해 운반된 균총수는 10^{-1} 농도에서 평균 194로 가장 높게 나타났다(표 2-12).

표 2-11. 토박이 처리 방법에 따른 토마토 꽃 샘플에서 검출된 cfu 수

처리		균총수				
		1	2	3	4	평균
처리 1주일 후	토박이 분배장치	23	117	17	36	48.3
	토박이 분무	44	29	-	-	36.5
처리 2주일 후	토박이 분배장치	50	8	186	111	81.33
	토박이 분무	3	17	-	-	10

표 2-12. 보베리아 바시아나 분배처리 후 뒤영벌에 의해 운반된 균총수

농도	반복			평균
	1	2	3	
10^{-1}	286.7	215.7	80	194.1
10^{-3}	0.7	2.7	0.7	1.4
10^{-5}	0	0	0	0.0

약제 종류에 따른 시설 온실에서 뒤영벌의 출입횟수는 그림 2-11과 2-12와 같다. 출입횟수 조사는 외부 설치형 분배기를 이용하여 조사하였다. 분배기를 설치하지 않은 대조구에 비해 분배기를 설치하고 약제를 처리한 실험구에서 출입횟수가 상대적으로 낮게 조사되었다. 보베리아 처리구에서는 전체 7일간 오전 6시부터 13시까지의 총 출입횟수는 약 600회로 나타났다. 아세타미프리드 처리시에는 약 800회로 보베리아에 비해 다소 높게 나타났으나 대조구의 1500회에 비해서는 낮게 나타났다.

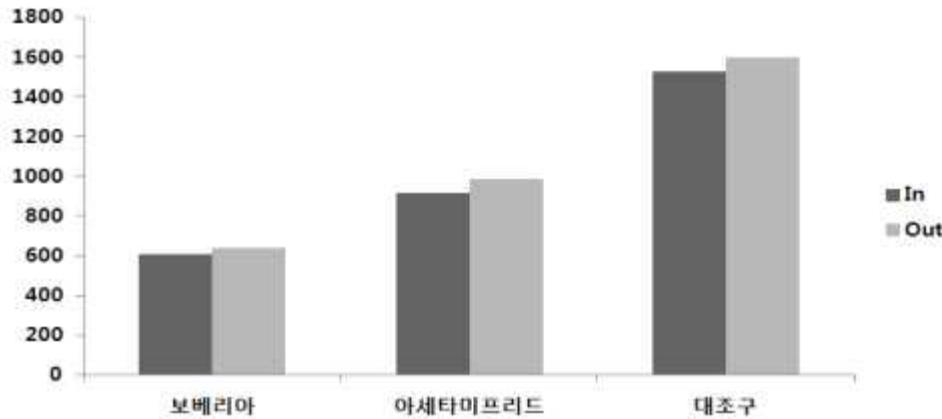


그림 2-11. 농자재 처리유무에 따른 뒤영벌 7일간 출입횟수(06:00~13:00)

마. 비벡터링 적용 소재를 이용한 병해충 방제효과 조사

(1) 시설 완숙토마토 재배 농가에서 비벡터링 이용 잣빛곰팡이병 방제효과 조사

비벡터링 분배 장치를 이용하여 완숙 토마토 온실에서 잣빛곰팡이병 방제효과를 조사하였다. 전북 익산시 석탄동 완숙, 방울토마토 재배농가에서 *Bacillus subtilis* QST713를 이용하여 비벡터링 분배 결과 2/3 면적에 미생물 제재를 운반하였음을 알 수 있었다(표 2-13). 완숙토마토 잎과 꽃을 샘플링 후의 *Bacillus subtilis* QST713의 균밀도는 꽃보다 잎에서 다소 높게 나타났다. 방울토마토 온실에서 거리에 따른 비벡터링 처리 효과는 표 2-14와 같다. 단동 방울토마토에서 비벡터링 후 잎에는 5m 꽃에는 20m까지 미생물 제재를 운반한 것으로 조사되었다.

표 2-13. 완숙토마토의 잎과 꽃에서 *Bacillus subtilis* QST713의 균밀도(1.28)

구 분		잎 ($\times 10^3$ CFU/g.leaf)	꽃 ($\times 10^3$ CFU/flower)
처리	1-1	0	0
	1-2	22	0.66
	1-3	0	0.4
	2-1	0	0.06
	2-2	0.3	1.32
	2-3	18.3	0.8
	3-1	0	0

	3-2	3.3	0
	3-3	0	0.06
	4-1	0	0
	4-2	0	0
	4-3	1	0.66
무처리	1-1	0	0
	1-2	0	0
	1-3	0	0

표 2-14. 방울토마토의 잎과 꽃에서 *Bacillus subtilis* QST713의 균밀도(1.28)

구 분	잎 ($\times 10^3$ CFU/g.leaf)		꽃 ($\times 10^3$ CFU/flower)	
	무처리	처리	무처리	처리
1 m	0	5.3	0	0
5 m	0	9	0	0
10 m	0	0	0	0
20 m	0	0	0	0.4
30 m	0	0	0	0
40 m	0	0	0	0

Bacillus subtilis QST713의 분배처리 후 완숙토마토의 잣빛곰팡이병 발병율은 무처리와 유사한 것으로 조사되었다(표 2-15). 무처리에서는 잣빛곰팡이병 발병율은 0.1%로 조사되었고 비벡터링을 처리한 온실에서도 0.1~1%의 낮은 발병율을 보였다.

표 2-15. *Bacillus subtilis* QST713의 분배처리 후 완숙토마토의 잣빛곰팡이병 발병율(%)

위치	잿빛곰팡이병 발병율(%)	
	열매, 꽃	잎
1-1	0	0.1
1-2	0	0.3
1-3	0.1	0.2
2-1	0.1	0.1
2-2	0	0.1
2-3	0.1	0.1
3-1	0.5	1
3-2	0.1	1
3-3	0.1	0.1
4-1	0.1	0.2
4-2	0.1	0.5
4-3	0.1	0.2
무처리	0.1	0.1

(2) 시설 작물 재배 농가에서 비벡터링 이용 총채벌레, 진딧물, 가루이 방제효과 조사
논산 딸기시험장의 온실포장에서 비벡터링 분배기에 아세타미프리스 수화제를 설치하고 총채벌레와 진딧물의 방제효과를 조사하였다. 비벡터링 처리 시, 꽃에서 총채벌레는 평균 327마리 트랩에서는 873마리가 조사되었으나 무처리구에서는 꽃에서 41마리, 트랩에서 130마리로 조

사되었다(그림 2-12). 꽃에서 목화진딧물의 평균 밀도는 최고 851마리로 조사되었고 트랩에서 는 314마리로 조사되었다(그림 2-13). 반면에 무처리구에서의 목화진딧물은 평균 10마리 이하로 나타나 비백터링 시 총채벌레와 목화검정진딧물의 방제효과는 낮은 것으로 조사되었다.

총채벌레(꽃)

처리구	무처리구	처리구	무처리구
		327	873.7
3 4.17	6 4.23	55 4.29	37 5.7
		68 27	41
4.17	5.14	5.21	4.23
		8.0	14.3
		4.29	5.7
		49.0	136.7
		5.14	5.21
			130.0

그림 2-12. 아세타미프리드 비백터링 후 총채벌레 방제 효과

목화진딧물(꽃)

처리구	무처리구	처리구	무처리구
		851	401.0
678			314.4
185 7 4.23	4 4.29	50 5.7	62 5.14
		88.7 22.3	78.7 23.8
		4.23	4.29
		97.2	126.6
		5.7	5.14
			132.6
4.23	5.21		5.21

그림 2-13. 아세타미프리드 비백터링 후 진딧물 방제 효과

완숙 토마토 농가에서 기적과 보베리아 바시아나를 이용하여 비백터링 처리 후 온실가루이의 방제효과를 조사하였다. 온실가루이의 전체 밀도는 무처리구에 비해 처리구가 대체적으로 낮게 나왔으나 지속적으로 발생한 경향을 보였다(그림 2-14). 별 방사지점 별 밀도는 처리구에서는 50m 지점에서 평균 1339마리로 조사되었으나 무처리구에서는 30m 지점에서 2296마리로 가장 높았다(그림 2-15).

온실가루이 방제결과

처리구	무처리구	처리구	무처리구
		1557.4	966.9
			751
362.9	249.3 199	465.1 360.9	700.9 245.8
5.7	5.13	5.21	5.28
			6.4

그림 2-14. 보베리아 바시아나 비백터링 후 시기별 온실가루이 밀도 변화

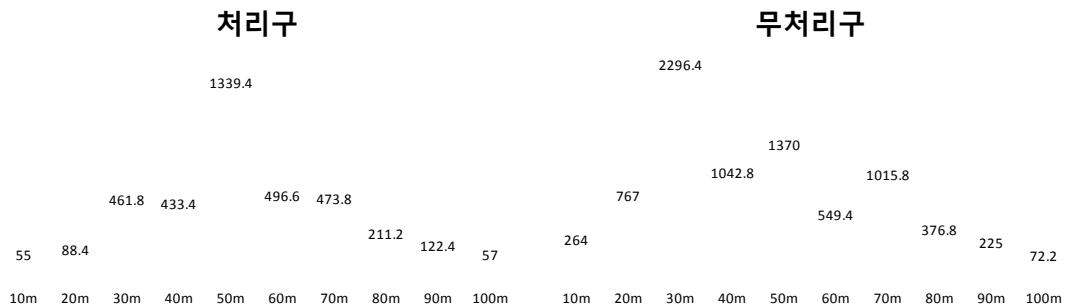


그림 2-15. 보베리아 바시아나 비벡토링 후 거리별 온실가루이 밀도

보베리아 바시아나 처리 후 거리별 잎과 꽃에 운반된 균총수는 표 2-16과 같다. 보베리아 운반량은 잎에서는 10~90m까지에서 4.5~6.5 균총수로 조사되었고, 꽃에서는 10~60m까지에서 18에서 최고 103.5의 균총수를 보였다. 보베리아 바시아나 균총수는 잎보다 꽃에서 높게 나타난 것을 알 수 있었다. 비벡터링 후 뒤영벌의 거리별 화분매개여부는 뒤영벌이 씹은 꽃수를 조사하였다(표 2-17). 거리별 10개 꽃을 조사한 결과 처리 후 4주부터 화분매개 능력이 떨어짐을 알 수 있었다.

표 2-16. 보베리아 바시아나 처리 후 거리별 잎과 꽃에 운반된 균총수

거리	균총수(5.21)		균총수(5.28)	
	잎($\times 10^3$ CFU/g.leaf)	꽃($\times 10^3$ CFU/5꽃)	잎($\times 10^3$ CFU/g.leaf)	꽃($\times 10^3$ CFU/5꽃)
1m	0.5	0	0.5	0
10m	4.5	63.5	4.5	17.5
20m	4	101	4.5	46
30m	5.5	45	5.5	34
40m	1.5	103.5	5	71.5
50m	1.5	18	2	22.5
60m	0.5	18	0.5	23
70m	6.5	0	6.5	0
80m	0	0	0	2
90m	10	4.5	10	0
무처리	9	0.5	1.5	0.5

표 2-17. 뒤영벌의 거리별 화분매개여부 검정(씹은 꽃수)

거리(m)	비벡터링 처리지점 거리별 뒤영벌 화분매개 수			
	5.14	5.21	5.28	6.4
1	10	10	10	1
10	9	10	10	2
20	9	10	10	0
30	10	10	10	2
40	10	10	10	4
50	10	10	10	1
60	10	10	10	0
70	10	10	10	3
80	9	10	10	2
90	10	10	10	1
100	9	10	10	3

내부 장착형 분배장치를 이용하여 비벡터링 처리 후 시설토마토 가루이류의 밀도 변동은 표 2-18과 같다. 보베리아 바시아나를 처리한 실험구에서는 첫째주에 트랩당 37마리가 나타났으나 3주 후에는 20마리로 감소하였다. 반면에 무처리구는 첫째주에 트랩당 평균 10.5마리였으나 3주 후에는 평균 66마리까지 증가하였다.

표 2-18. 내부장착형 분배장치 이용 후 시설토마토 가루이류의 밀도 변동

구분	약제처리 후 가루이 밀도(마리/트랩)		
	1주	2주	3주
처리구	37.7	16.0	20.7
무처리구	10.5	22.6	66.5

바. 비벡터링 적용을 위한 가이드라인

이상의 연구결과를 토대로 시설 재배 작물 및 도시 농업 작물에서 비벡터링 적용을 위한 가이드라인은 다음과 같다.

1. 비벡터링용 화분매개충(뒤영벌)통을 시설내 건조하고 습기가 없는 곳에 설치한다.
2. 단동, 연동 하우스의 벌통 높이는 1.5m로 설치하여 최대한 습도에 노출이 안되도록 한다.
3. 배치된 벌통에 먼저 외부장착형 디스펜서를 장착한다.
 - 외부장착형은 농과원에서 개발한 디스펜서를 활용하고 벌은 우리벌을 활용
 - 내부장착형은 바이오베스트(벨기아)에서 개발한 벌통을 이용한다.

4. 디스펜서가 장착되면 오전 9시경 벌 출입구를 열어 1일간 출입을 연습시킨다.
5. 연습 다음날 미생물제제 등을 디스펜서 내부에 설치하고 출입구를 열어둔다.
* 외부장착형은 7g/내부장착형은 5g을 담는다.
6. 디스펜서에 미생물제제 처리는 1주일에 2번 교체를 한다.
7. 사용하는 벌은 활성이 높은 시기에 사용하고 벌의 행동과 활성이 적은 미생물제재와 농약을 활용한다.
* 미생물활용 유기농업자재 등 세균성 제재는 냄새에 의해 뒤영벌의 기피작용이 보임

제3절 비벡터링(Bee-vectoring) 적용 살충제 선발 및 현장적용 기술 개발

1. 족도리풀에서 분리한 폐닐프로파노이드 화합물의 버섯파리에 대한 훈증독성

가. 재료 및 방법

(1) 기기분석

^1H 및 ^{13}C 핵자기공명(nuclear magnetic resonance, NMR) 스펙트라는 tetramethylsilane 을 내부 표준물질로 하여 AVANCE 600 분광계(Bruker, Rheinspettem, 독일)를 이용하여 각각 600과 150 MHz에서 CDCl_3 또는 MeOD 에서 얻었으며, 화학 시프트는 δ (ppm)으로 나타내었다. Distortionless enhancement by polarization transfer (DEPT) 스펙트럼은 Bruker 소프트웨어를 이용하여 얻었다. 자외선 (ultraviolet, UV) 스펙트라는 메탄올에서 UVICON 933/934 분광광도계(Kontron, Milan, 이태리)를 이용하여 얻었으며, 질량 스펙트라는 JMS-DX 303 분광계(Jeol, Tokyo, 일본)를 이용하여 얻었다. 칼럼크로마토그라피는 실리카겔 60 (0.063~0.2 mm) (Merck, Darmstadt, 독일)을 이용하였으며, 분석용 박층크로마토그라피(thin-layer chromatography, TLC)는 Merck 실리카겔 플레이트(Kieselgel 60 F254)를 이용하였다. 활성본체의 분리를 위하여 Isolera One 중압액체크로마토그라프(Biotage, Uppsala, 스웨덴)를 이용하였다.

(2) 화합물

카바메이트계 살충제인 벤퓨라카브(Benfuracarb, 순도 98%)는 Chem Service (West Chester, PA)에서 구입하였으며, 본 연구에서 사용한 기타 화합물들은 특급 시약이었다.

(3) 버섯파리

검정날개버섯파리 및 텔파리붙이(Yi 등, 2008)는 서로 오염되는 것을 막기 위하여 살충제 처리함이 없이 곤충 사육실에서 별도로 누대사육 하였다. 발육단계를 일정하게 맞추기 위하여, 감자전분아가배지(Yi 등, 2008)에서 배양한 느타리버섯 균사로 채워진 페트리디쉬(지름 9 cm, 높이1.5 cm)에서, 48시간 동안 $22 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 $60 \pm 10\%$, 광주기 16:8 (명:암) 시간 조건 하에서 성충(페트리디쉬당 20 마리)이 산란하도록 하고 나서 흡충기로 성충을 제거하였다. 부화 유충은 앞에서 언급한 동일한 조건 하에서 느타리버섯을 이용하여 사육하였다. 이 사육조건 하에서, 검정날개버섯파리의 알, 유충, 번데기 및 성충의 수명은 각각 3, 13, 4 및 5일 이었으며, 텔파리붙이의 알, 유충, 번데기 및 성충의 수명은 각각 3, 10, 3 및 4일 이었다.

(4) 실험식물

족도리풀(*Asarum sieboldii*) 지상부(그림 3.1)를 서울 동대문구 제기동 소재 경동시장 서울약령시 ‘보은’ 한약상에서 구입하였으며, 바우처(voucher) 표본(ASW01)은 서울대학교 농업생명과학대학 농업생명과학원에 기탁하였다.



Fig. 3.1. *Asarum sieboldii*.

(5) 추출 및 분리

음건한 족도리풀의 지상부 3 kg을 마쇄기를 이용하여 분쇄한 다음, 실온에서 하루 메탄을 (15 L)에 침지시키고 나서 여과하였다. 이 과정을 3회 반복 하였다. 여과액을 합쳐 Eyela 회전 농축기(동경, 일본)를 이용하여 40°C에서 농축하여 짙은 녹색의 타르 150 g을 얻었다. 메탄을 추출물 130 g을 헥산(40 g), 클로로포름(12 g), 에칠아세테이트(6 g) 및 물(72 g)로 순차 분획 하였다(**그림 3.2**). 유기용매 가용 획분은 앞에서 언급한 바와 같이 40°C에서 농축하였으며, 수용성 획분은 50°C에서 농축하였다. 활성분체의 분리를 위하여, 검정날개버섯파리 유충이 털파리붙이 유충보다 식물체 추출물에 더 감수성을 나타내기 때문에(Yi 등, 2008), 에탄올에 녹인 각각의 족도리풀 지상부 유래 물질들의 검정날개버섯파리 유충에 대한 독성을 0.04 또는 0.02 mg/cm² 농도에서 Yi 등 (2008)의 접촉-훈증 생물검정법에 따라 검정하였다.

상기 용매 획분 중에서 헥산 획분이 가장 강한 활성을 나타내어(**표 3.1**), 헥산 획분 10 g을 254 및 365 nm에서 UV 검출기 및 칼럼 용량이 132 mL인 컬럼 카트리지 SNAP(100 g 실리카겔) Biotage Isolera 장치를 사용하여 중압액체크로마토그라피를 실시하였다(**그림 3.3**). 분리 과정은 헥산과 에칠아세테이트의 농도구배(100:0, 99:1, 98:2, 97:3, 95:5, 90:10, 80:20, 70:30, 0:100, v/v)로, 그리고 최종적으로 메탄올 (500 mL)로 분 당 유속 25 mL로 용출시켜 164 획분(각 22 mL)을 얻었다. 칼럼 획분은 헥산과 에칠아세테이트(80:20, v/v)를 전개용매로 하여 실리카겔 박층크로마토그라피를 실시하였다. 박층크로마토그라피 플레이트에서 비슷한 R_f 값을 보이는 획분들을 합쳤으며, 2% 황산으로 분무하여 가열하였다. 활성획분 1~5(H1, 199 mg), 8~35(H2, 619 mg) 및 36~67(H3, 306 mg)를 얻었으며, H1과 H2 획분을 헥산과 에칠아세테이트(9:1, v/v)를 전개용매로 분취용 박층크로마토그라피 플레이트에서 정제하여, 각각 활성분체 1 (42.1 mg, R_f = 0.71) 및 2 (87.12 mg, R_f = 0.62)를 얻었다. 나머지 H3 획분은 헥산과 에칠아세테이트(8:2, v/v)를 전개용매로 분취용 박층크로마토그라피 플레이트에서 정제하여, 활성분체 3 (95 mg, R_f = 0.65)을 얻었다.

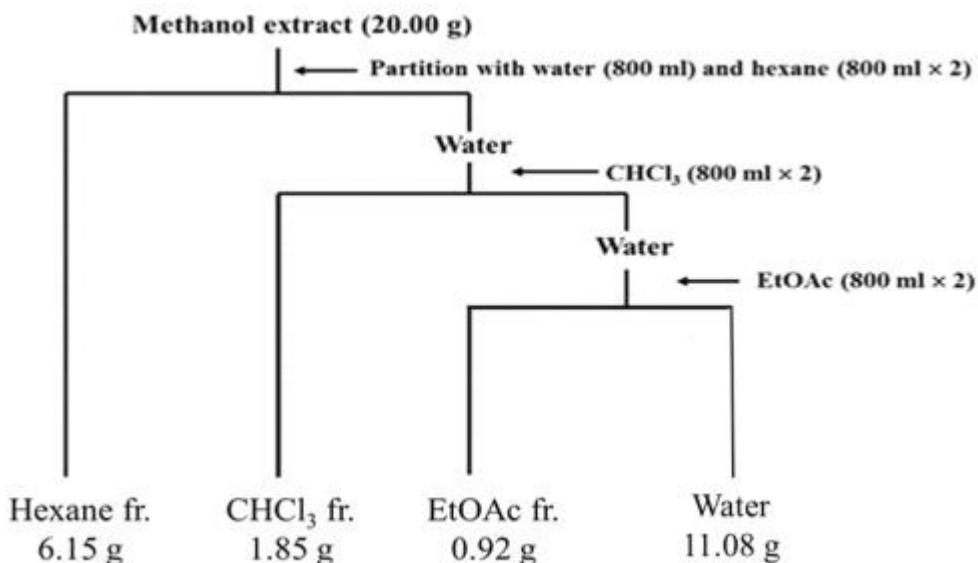


Fig. 3.2. Solvent partition of MeOH extract from aerial parts of *Asarum sieboldii* plant. This fractionation procedure was repeated three times.

Table 3.1. Lethality of fractions obtained from the hydrolyzable methanol extract of *Asarum sieboldii* aerial parts to *Lycoriella ingenua* larvae using a contact + fumigant mortality bioassay during a 24 h exposure

Material	Concentration (mg/cm ²)	Mortality (mean ± SE, %)
Methanol extract	0.07	100 a
Hexane-soluble fraction	0.04	100 a
	0.02	100 a
Chloroform-soluble fraction	0.07	93 ± 4.8 a
	0.04	48 ± 4.8 b
Ethyl acetate-soluble fraction	0.07	45 ± 2.9 b
Water-soluble fraction	0.07	0 c

Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($P = 0.05$, Bonferroni method).

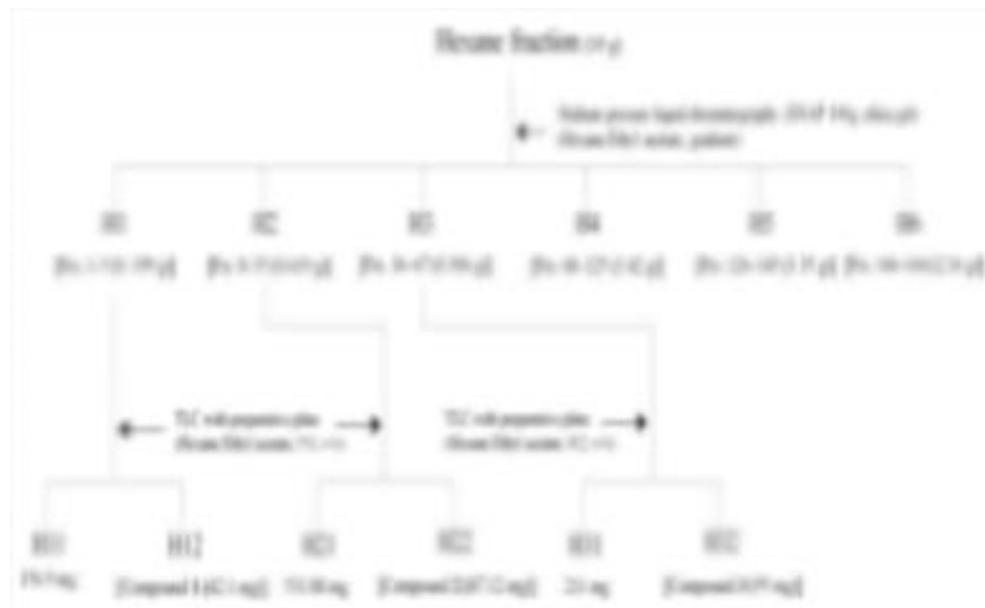


Fig. 3.3. Procedures to isolate the larvicidal constituents. The methanol extract from *Asarum sieboldii* aerial parts was sequentially partitioned into hexane-, chloroform-, ethyl acetate-, and water-soluble portions. The hexane-soluble fraction was the most biologically active fraction, and medium pressure liquid chromatography was performed. Each fraction (0.04 또는 0.02 mg/cm²) was tested in a contact + fumigant mortality bioassay to isolate the active compounds from the fraction.

(6) 접촉 + 훈증독성 생물검정(contact + fumigant mortality bioassay)

족도리풀의 지상부 유래 물질들의 검정날개버섯파리 유충(부화 후 8~10일령) 및 텔파리붙이 유충(부화 후 3~6일령)에 대한 독성을 접촉 + 훈증독성 생물검정법으로 평가하였다(Yi 등, 2008). 전술한 감자전분아가배지에서 배양한 느타리버섯 균사체가 들어 있는 각 페트리디쉬(지름 4.8 cm, 높이 1.2 cm)에 유충 20 마리씩을 접종하였다. 50 mL 에탄올에 녹인 시험 폐널프로파노이드 화합물(phenylpropanoids) 및 살충제의 독성을, 각각 0.5~10 µg/cm²와 0.01~4 µg/cm² 농도 범위에서 5개 농도로 처리한 지름 4.25 cm Whatman no. 2 여지(Whatman, Maidstone, 영국)에서 조사하였다. 후드에서 90초 건조시킨 후(Yi 등, 2008), 각 처리 여지를 감자전분아가배지위에 놓았다. 각 페트리디쉬는 뚜껑을 덮고 나서 Parafilm M (Bemis, Neenah, WI)으로 밀봉하였다. 카바메이트계 살충제 벤푸라카브(benfuracarb)는 이들 버섯파리류에 효과가 있으며, 표고버섯의 균사 생장에 아무런 영향을 미치지 않기 때문에(Kim 등, 2001), 이 살충제를 양성대조구로 하였으며, 앞에서 전술한 바와 같이 조제하였다. 시험화합물이나 살충제가 들어 있지 않은 50 mL 에탄올을 음성대조구로 하였다.

처리 및 무처리 대조구 버섯파리 유충들은 앞에서 언급한 사육조건 하에 방치하였으며, 처리 24시간 후에 20 배율의 현미경으로 살충 여부를 조사하였다. 유충을 나무젓가락으로 건드렸을 때 몸의 움직임이 없으면, 죽은 것으로 간주하였다. 반복 당 20 마리씩으로 하여 3 반복으로 실험을 실시하였다.

(7) 훈증독성 생물검정

시험물질들의 버섯파리 유충에 대한 사망이 접촉 또는 훈증 작용에 의한 것인지를 조사하기 위하여, Kim 등 (2007)의 방법에 따라 폐쇄 및 개방 용기 처리법으로 평가하였다. 각 시험물질들을 적당한 농도로 (6) 항에서 언급한 바와 같이 여지에 처리하고 나서, 90초 동안 후드에서 건조시킨 후(Yi 등, 2008), 각 처리 여지를 폐트리디쉬 바닥에 놓았다. 각각의 폐트리디쉬는 중앙에 지름 2.5 cm 구멍을 철망으로 덮은 다른 폐트리디쉬를 올려놓고 나서, 시험물질과 유충이 접촉하지 않도록 유충 10 마리씩을 철망으로 덮은 폐트리디쉬 바닥에 놓았다. 각 폐트리디쉬는 시험물질의 훈증효과를 검증하기 위하여, 뚜껑을 덮거나(폐쇄용기처리법) 뚜껑 대신 거즈로 덮었다(개방용기처리법). 무처리 대조구는 50 mL 에탄올만을 여지에 처리하였다. 폐닐프로파노이드 화합물 및 살충제의 신속한 살충작용으로 인하여 처리 8시간 후에 사충율을 조사하였다. 반복 당 20 마리씩으로 하여 4 반복으로 실험을 실시하였다.

(8) 자료분석

사충율(%)은 분산분석을 위하여 arcsine square root 값으로 변환하였다. Bonferroni multiple-comparison method를 이용하여 시험물질 처리구의 독성 차이에 대한 유의성을 검정하였다(SAS Institute, 2004). Student's *t*-test를 이용하여 시험물질의 두 처리간(폐쇄용기처리법과 개방용기처리법) 독성 차이의 유의성을 검정하였다(SAS Institute, 2004). 결과는 평균 ± 표준오차로 표시하였다. 농도-사충 자료는 Probit 분석을 이용하여 반수치사농도(50% lethal concentration, LC₅₀)를 구하였으며(SAS Institute, 2004), 각 종간 및 처리간 LC₅₀ 값이 95% 신뢰구간에서 겹치지 않을 경우 유의성이 있는 것으로 간주하였다. 감수성 비(susceptibility ratio)는 검정날개버섯파리 유충의 LC₅₀/틸파리붙이 유충의 LC₅₀으로 산출하였다.

나. 결과

(1) 활성분체의 분획 및 동정

족도리풀의 지상부 메탄올 추출물을 용매 분획함으로서 얻어진 회분들을 아래에 언급한 바대로 검정날개버섯파리 유충에 대한 살충활성을 접촉 + 훈증독성 생물검정법으로 조사하였다(**표 3.1**). 회분들 간에 살충활성에 현저한 차이를 보였으며, 다음 정제 단계를 위하여 피크 활성회분을 동정에 이용하였다. 0.04 mg/cm² 농도에서, 헥산 회분이 가장 강한 살충활성을 보였으며, 클로로포름 회분은 48%의 살충활성을 보였다. 0.04 mg/cm² 농도에서, 에칠아세테이트 회분은 45%의 살충활성을 나타내었으나 물 회분은 살충활성을 보이지 않았다.

족도리풀 지상부를 접촉 + 훈증독성 생물검정법을 이용하여 분획하였을 때, 질량분석법 (electron ionized mass spectrometry, EI-MS) 및 핵자기공명분광법 등의 분광분석에 의해 3종 활성 화합물이 동정되었다. 3종 살충 화합물들은 사프롤(safrole) (5-(2-propenyl)-1,3-benzodioxole) (1), 미리스티신(myristicin) (6-allyl-4-methoxy-1,3-benzodioxole) (2) 및 메틸유게놀(methyleugenol) (1,2-dimethoxy-4-prop-2-en-1-ylbenzene) (3) (**그림 3.4**) 이었다. 사프롤(1)은 다음과 같은 자료에 의거하여 동정되었다 : 담황색의 점착성 오일; UV (EtOH): λ_{max} nm = 210, 290; EI-MS (70 eV), m/z (% relative intensity): 162 [M]⁺ (40), 131 (46), 104 (71), 91 (17), 77 (100), 63 (8), 51 (25), 41

(6) (그림 3.5); ^1H NMR (CDCl_3 , 600 MHz) : δ 3.26 (2H, d, J = 6.65 Hz), 5.01 (1H, m), 5.04 (1H, d, J = 1.74 Hz), 5.86 (1H, s), 5.92 (1H, m), 6.60 (1H, d, J = 3.54 Hz), 6.64 (1H, s), 6.70 (2H, d, J = 7.86 Hz) (그림 3.6); ^{13}C NMR (CDCl_3 , 150 MHz): δ 40.9 t, 102.2 t, 109.1 d, 110.1 d, 115.8 t, 122.5 d, 135.3 s, 139.3 d, 147.4 s, 149.3 s (그림 3.7). 미리스티신 (2): 무색 오일; UV (EtOH): λ_{max} nm = 254. EI-MS (70eV), m/z (% relative intensity): 192 [M]⁺ (94), 177 (10), 165 (29), 161 (25), 147 (21), 131 (25), 119 (40), 105 (24), 91 (88), 77 (59), 65 (57), 53 (53), 41 (100) (그림 3.8). ^1H NMR (MeOD, 600 MHz): δ 3.25 (2H, d, J = 6.7 Hz), 3.83 (3H, s), 5.01 (1H, dd, J = 1.7; 8.0 Hz), 5.05 (1H, dd, J = 1.7; 17.1 Hz), 5.86 (2H, s), 5.92 (1H, m), 6.34 (1H, d, J = 1.4 Hz), 6.38 (1H, s) (그림 3.9); ^{13}C NMR (MeOD, 150 MHz): δ 41.3 t, 57.4 q, 102.4 t, 103.6 d, 109.6 d, 116.0 t, 135.1 s, 136.2 s, 139.2 d, 145.1 s, 150.5 s (그림 3.10). 메틸유게놀 (3): 점착성 오일; UV (EtOH): λ_{max} nm = 254; EI-MS (70 eV), m/z (% relative intensity): 178 [M]⁺ (100), 163 (26), 147 (21), 135 (6), 115 (5), 91 (11), 77 (6) (그림 3.11); ^1H NMR (MeOD, 600 MHz): δ 3.31 (2H, d, J = 5.94 Hz), 3.78 (6H, d, J = 4.08 Hz), 4.84 (2H, s), 5.92 (1H, m), 6.71 (1H, d, J = 1.56 Hz), 6.75 (1H, s), 6.83 (1H, d, J = 8.16 Hz) (그림 3.12); ^{13}C NMR (MeOD, 150 MHz): δ 40.8 t, 56.5 q, 56.7 q, 112.9 d, 113.3 d, 115.8 t, 122.0 d, 134.5 s, 139.4 d, 149.1 s, 150.5 s (그림 3.13). 메틸유게놀 (3)의 DEPT, correlation spectroscopy (COSY), heteronuclear multiple bond correlation (HMBC) 및 heteronuclear single quantum coherence spectroscopy (HSQC) 스펙트라를 각각 그림 3.14, 그림 3.15, 그림 3.16 및 그림 3.17에 나타내었다.

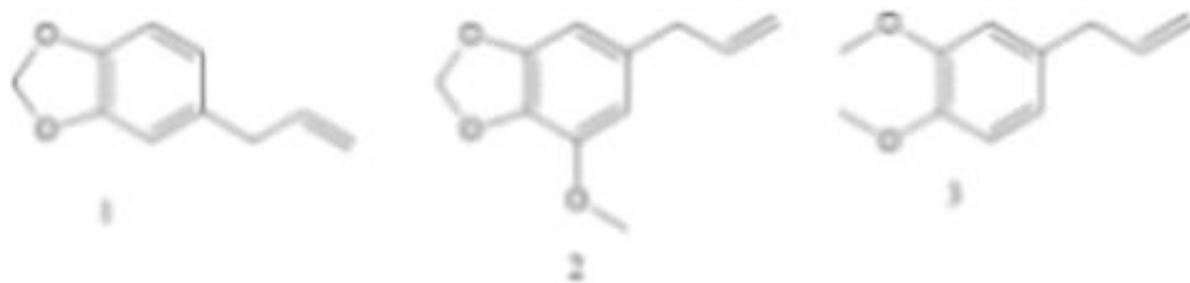


Fig. 3.4. Structures of safrole, myristicin, and methyleugenol. These compounds were identified in the aerial parts of *Asarum sieboldii* plants in this study. The chemical formula of safrole (1) is $\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_2$, with a molar mass of 162.19 g/mol; the chemical formula of myristicin (2) is $\text{C}_{11}\text{H}_{12}\text{O}_3$, with a molar mass of 192.21 g/mol; and the chemical formula of methyleugenol (3) is $\text{C}_{11}\text{H}_{14}\text{O}_2$, with a molar mass of 178.23 g/mol.

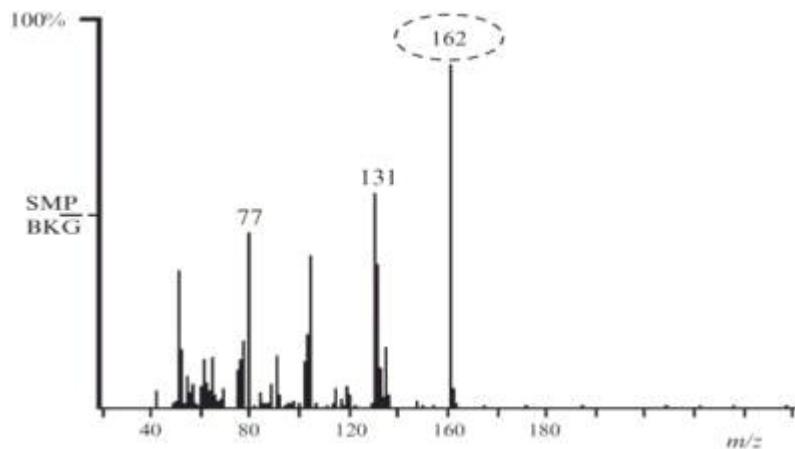


Fig. 3.5. EI-MS spectrum of compound 1.

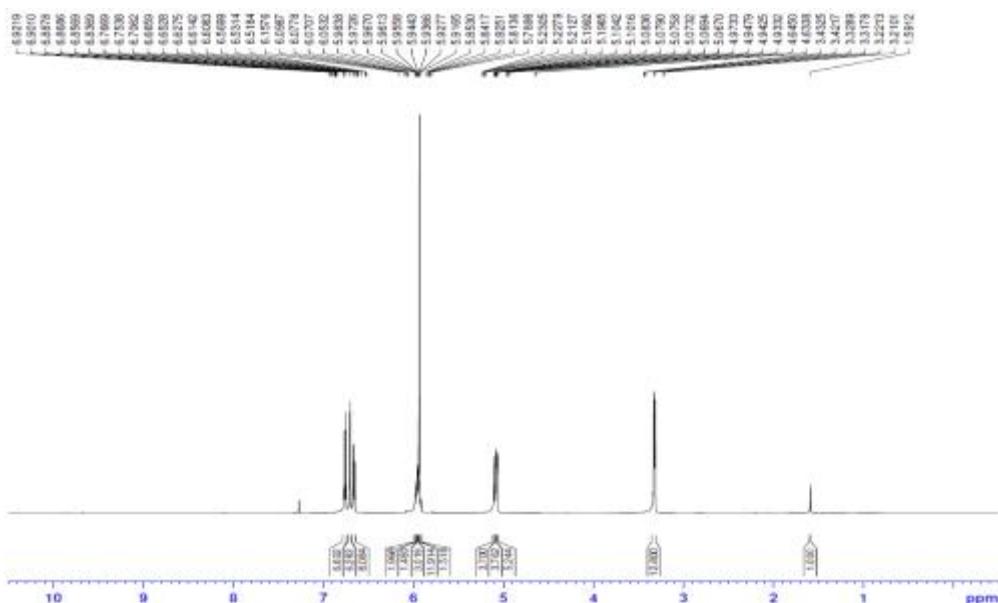


Fig. 3.6. ^1H NMR spectrum of compound 1.

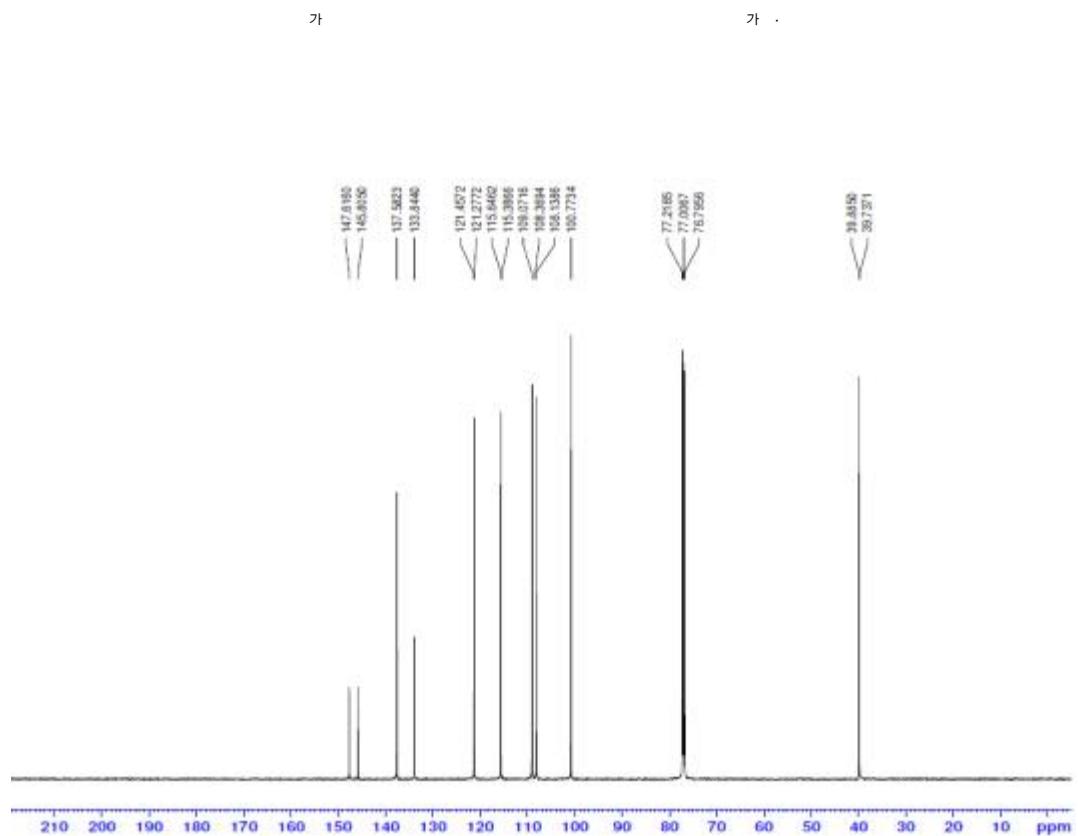


Fig. 3.7. ^{13}C NMR spectrum of compound 1.

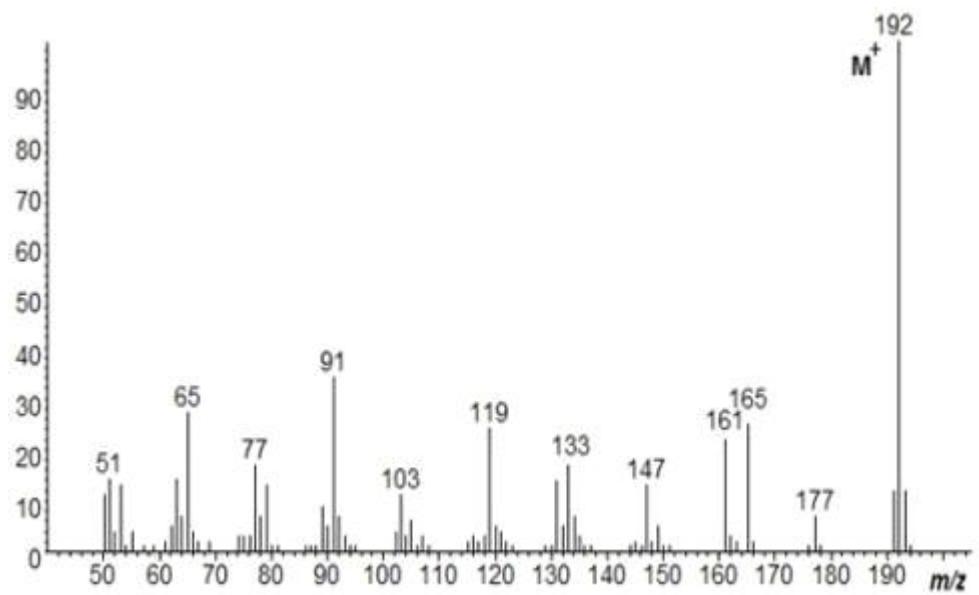


Fig. 3.8. EI-MS spectrum of compound 2.



Fig. 3.9. ¹H NMR spectrum of compound 2.



Fig. 3.10. ¹³C NMR spectrum of compound 2.

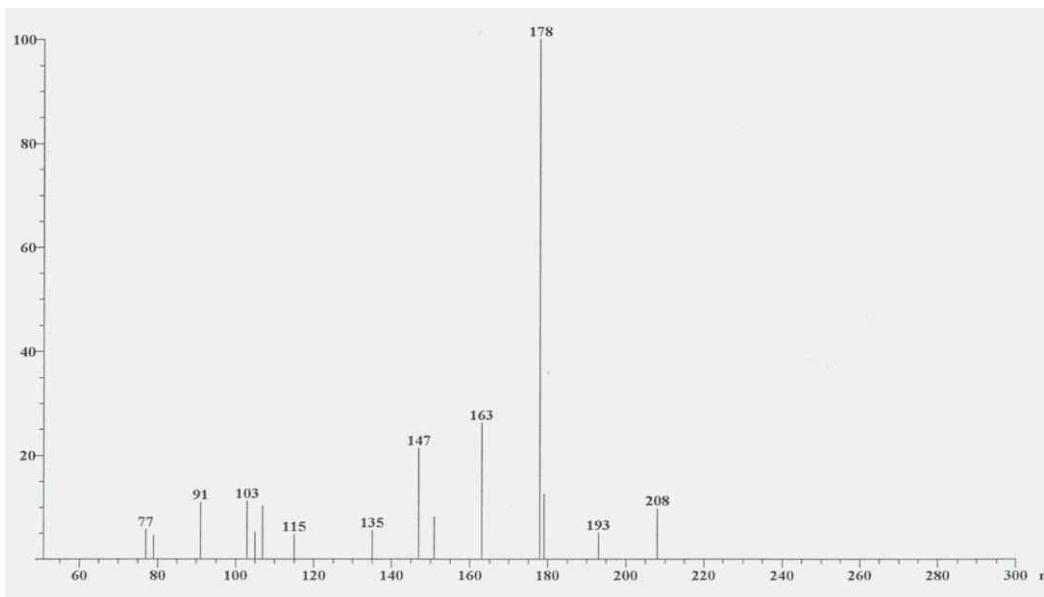


Fig. 3.11. EI-MS spectrum of compound 3.

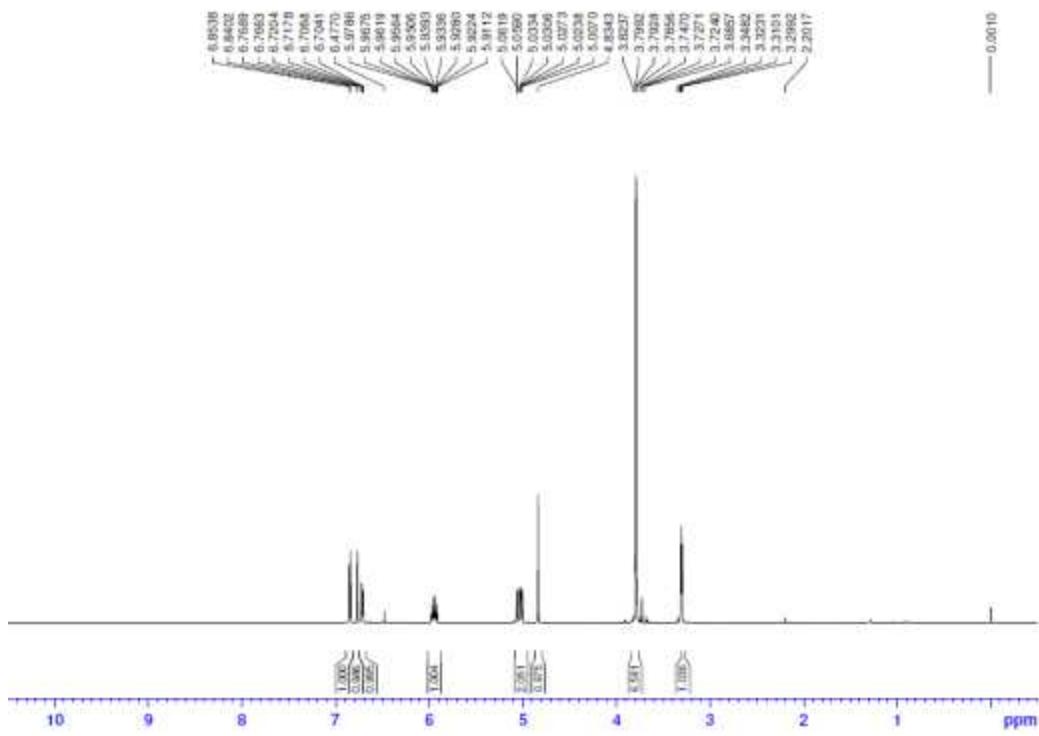


Fig. 3.12. ^1H NMR spectrum of compound 3.

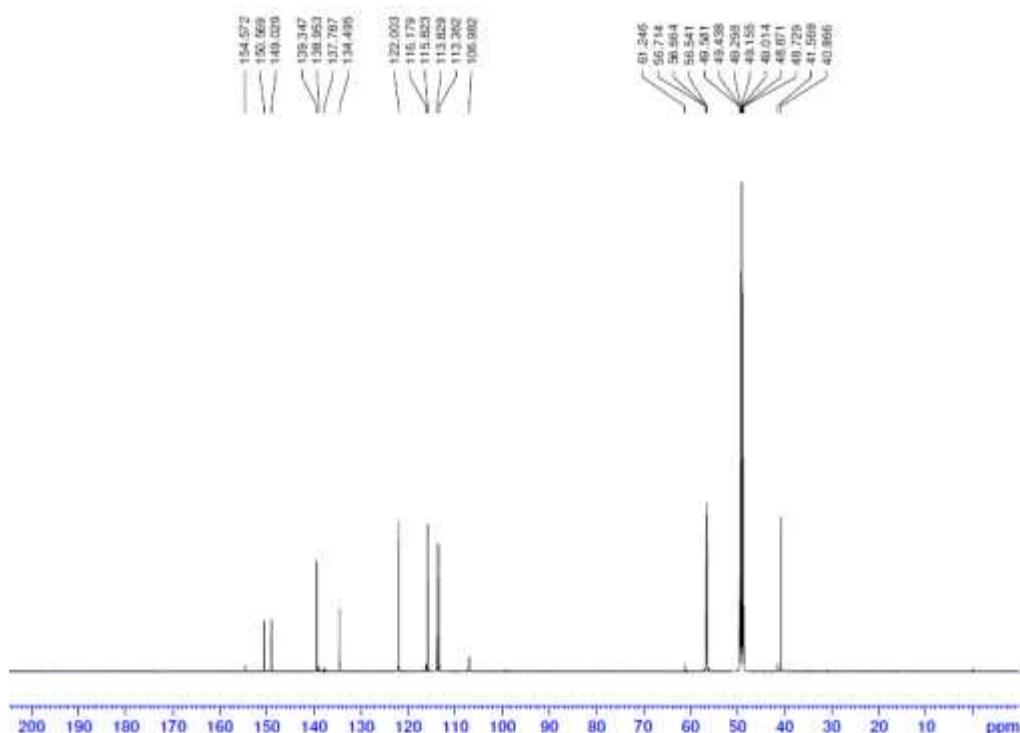


Fig. 3.13. ^{13}C NMR spectrum of compound 3.

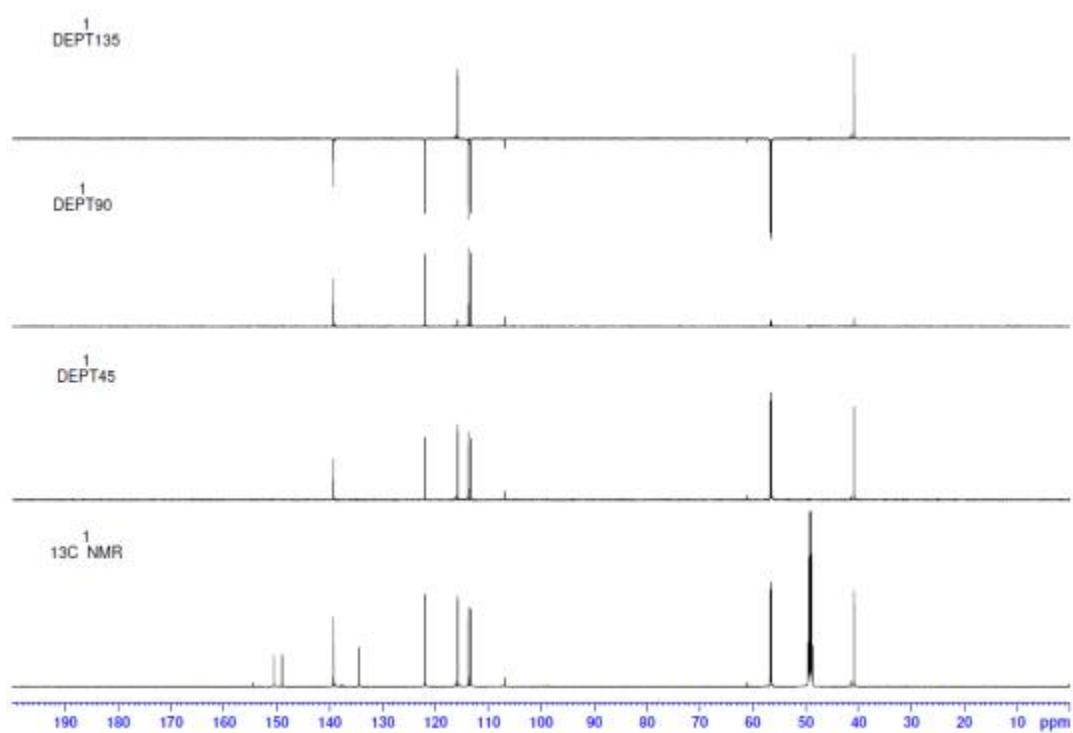


Fig. 3.14. DEPT spectrum of compound 3.

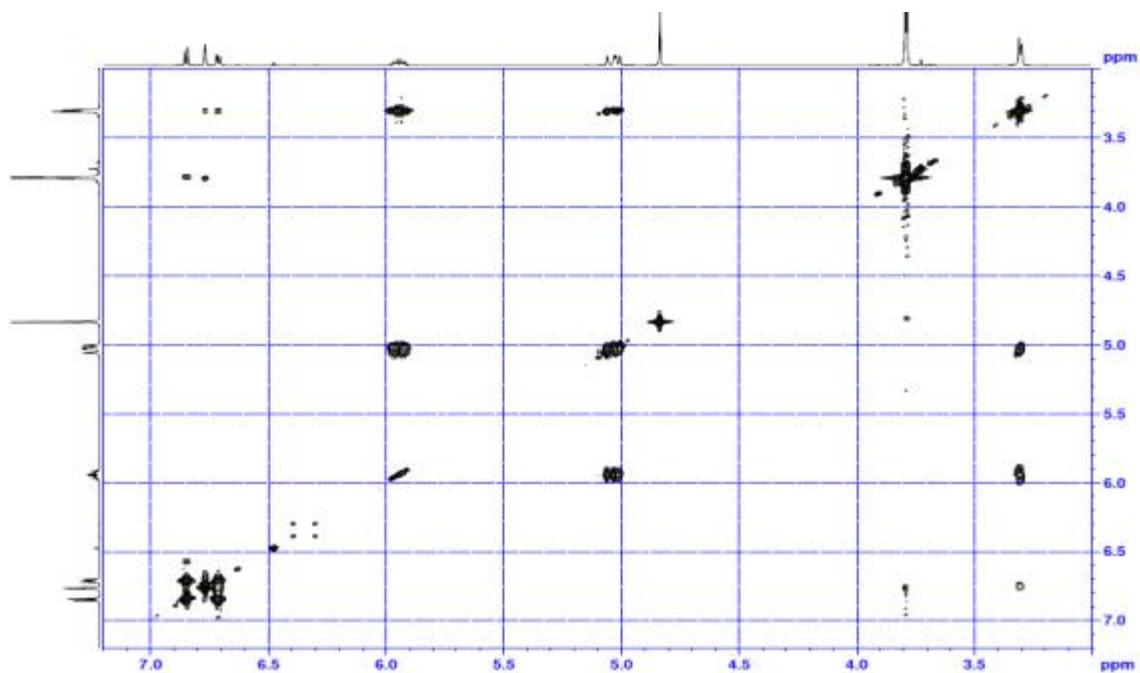


Fig. 3.15. COSY spectrum of compound 3.

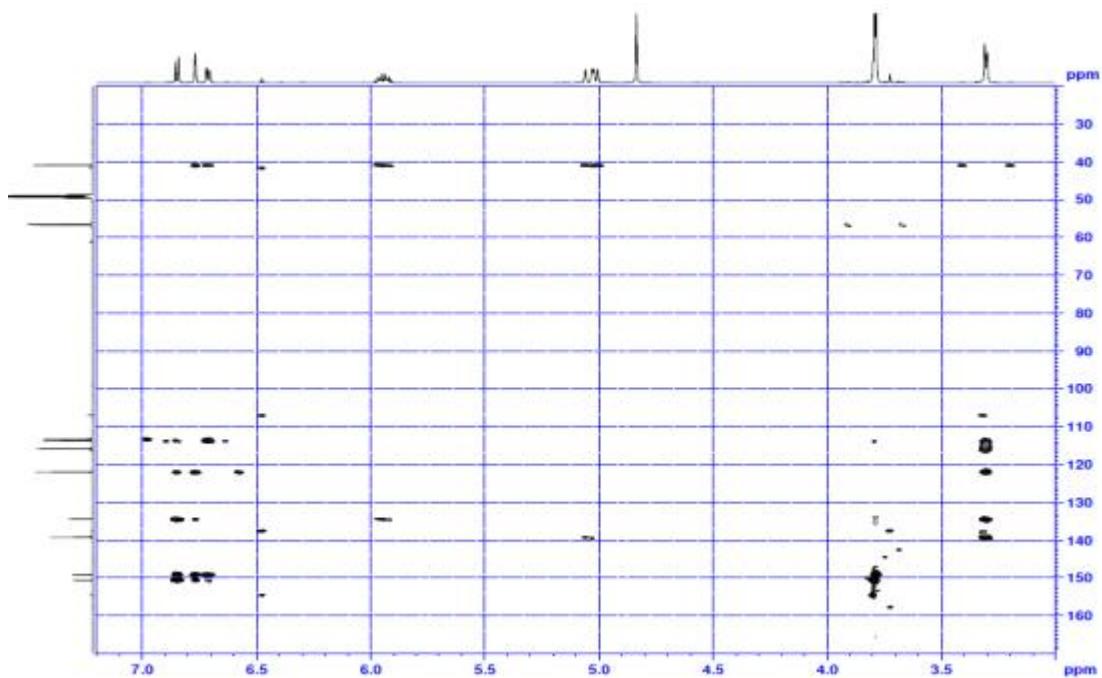


Fig. 3.16. HMBC spectrum of compound 3.

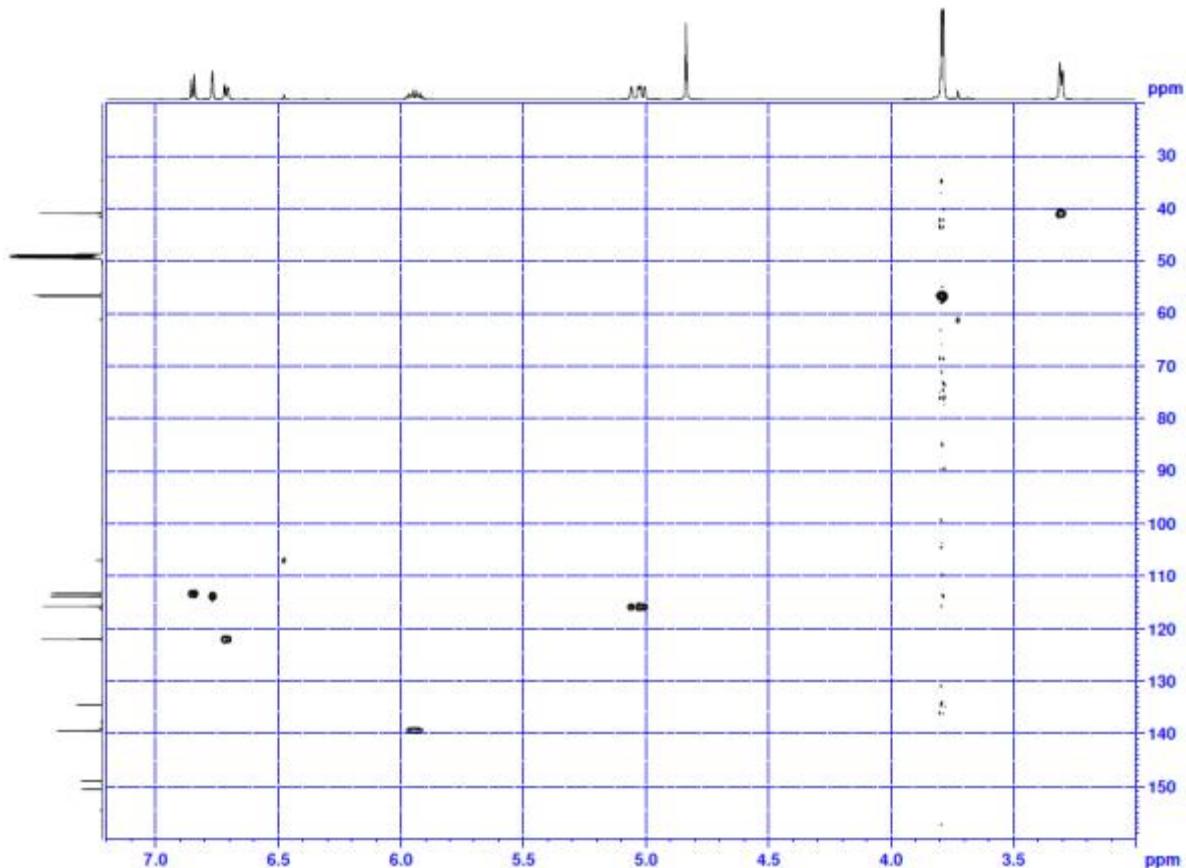


Fig. 3.17. HSQC spectrum of compound 3.

(2) 페닐프로파노이드 화합물의 살충활성

3종 페닐프로파노이드 화합물(사프롤, 미리스티신과 메틸유게놀) 및 살충제 벤퓨라카브(benfuracarb)의 검정날개버섯파리 유충에 대한 살충활성을 접촉 + 훈증 독성 생물검정법을 이용하여 평가하였다(표 3.2). 24시간 LC₅₀ 값에 근거하여, 메틸 유게놀(1.46 mg/cm²)이 가장 살충활성이 높았으며, 카바메이트계 살충제인 벤퓨라카브 보다 1.9배 높은 독성을 나타내었다. 사프롤(LC₅₀, 2.03 mg/cm²)은 미리스티신(LC₅₀, 3.59 mg/cm²) 보다 현저하게 살충활성이 높았다.

시험화합물의 텔파리붙이 유충에 대한 살충효과를 앞에서 언급한 방법으로 조사하였다(표 3.2). 24시간 LC₅₀ 값에 근거하여, 메틸유게놀과 미리스티신은 살충활성에 현저한 차이를 보이지 않았다. 메틸유게놀(LC₅₀, 2.33 mg/cm²)과 미리스티신(2.59 mg/cm²)은 벤퓨라카브 보다 각각 4.2배와 4.7배 높은 살충활성을 보였다. 사프롤 (LC₅₀, 4.96 mg/cm²)의 살충활성은 분리 화합물 중에서 가장 낮은 살충활성을 나타내었다.

(3) 감수성

SR 값은 화합물의 종류에 따라 달리 나타났다(표 3.2). 메틸유게놀과 사프롤의 살충활성은 검정날개버섯파리 유충의 LC₅₀ 값의 95% 신뢰구간이 텔파리붙이 유충의 것과 중복되지 않아 텔파리붙이 유충보다 검정날개버섯파리 유충에서 높았다. 그러나, 벤퓨라카브와 미리스티신의 경우 양 파리 종에서 살충활성에 커다란 차이를 보이지 않았다.

Table 3.2. Toxicity of three phenylpropanoids and one carbamate insecticide examined to larvae of *Lycoriella ingenua* and *Coboldia fuscipes* using a contact + fumigant mortality bioassay during a 24 h exposure

Compound	<i>L. ingenua</i> larvae		<i>C. fuscipes</i> larvae		SR ^b
	Slope ± SE	LC ₅₀ ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) (95% CL ^a)	Slope ± SE	LC ₅₀ ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) (95% CL ^a)	
Safrole (1)	4.2 ± 0.57	2.03 (1.72–2.35)	3.0 ± 0.46	4.96 (4.08–6.11)	0.4
Myristicin (2)	3.9 ± 0.57	3.59 (3.01–4.19)	2.7 ± 0.35	2.59 (2.10–3.11)	1.4
Methyleugenol (3)	4.3 ± 0.75	1.46 (1.22–1.70)	2.9 ± 0.42	2.33 (1.90–2.79)	0.6
Benfuracarb	1.7 ± 0.25	0.75 (0.47–1.02)	1.6 ± 0.34	0.55 (0.26–0.78)	1.4

^a CL denotes confidence limit.

^b Susceptibility ratio = LC₅₀ of *L. ingenua* larvae/LC₅₀ of *C. fuscipes* larvae.

(4) 살유충작용 경로

3종 폐닐프로파노이드 화합물 및 벤퓨라카브의 검정날개버섯파리 유충에 대한 훈증독성을 폐쇄용기검정법 및 개방용기검정법을 이용하여 조사하였다(표 3.3). 메틸유게놀 8 mg/cm³ 농도로 8시간 노출시킨 결과, 폐쇄용기검정에서는 100% 사충율을 보였으나, 개방용기검정에서는 0%의 사충율을 보여, 두 처리 간에 현저한 사충율의 차이($P < 0.0001$)를 나타내었다. 미리스티신과 사프롤의 검정날개버섯파리 유충에 대해서도 비슷한 결과를 나타내었다. 벤퓨라카브를 8시간 같은 방법으로 처리하였을 때, 두 처리 간에 사충율에 차이를 보이지 않아 이 카바메이트계 살충제는 접촉 독성을 나타내었다.

시험 화합물의 텔파리붙이 유충에 독성을 앞에서 언급한 바대로 조사하였다(표 3.3). 메틸유게놀 8 mg/cm³ 농도로 8시간 노출시킨 결과, 폐쇄용기검정에서는 100% 사충율을 보였으나, 개방용기검정에서는 3%의 사충율을 보여, 두 처리 간에 현저한 사충율의 차이($P < 0.0001$)를 나타내었다. 미리스티신과 사프롤의 검정날개버섯파리 유충에 대해서도 비슷한 결과를 나타내었다. 벤퓨라카브를 8시간 같은 방법으로 처리하였을 때, 두 처리 간에 사충율에 차이를 보이지 않았다.

Table 3.3. Fumigant toxicity of three phenylpropanoids and one carbamate insecticide examined to larvae of *Lycoriella ingenua* and *Coboldia fuscipes* during an 8 h exposure

Compound	Concn. ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$)	<i>L. ingenua</i> larvae		<i>C. fuscipes</i> larvae	
		A ^a	B ^b	A ^a	B ^b
Safrole (1)	8	100	0*** ^c	100	3 ± 3.3*** ^c
Myristicin (2)	26	97 ± 3.3	0***	97 ± 3.3	0***

Methyleugenol (3)	17	100	0***	100	3 ± 3.3***
Benfuracarb	17	0	0	0	0

^a Closed container treatment method.

^b Open container treatment method.

^c Significant at $P < 0.0001$, according to a Student's *t*-test.

다. 고찰

식물 유래 조제물은 선택독성을 나타내고, 비독성 물질로 생분해되며, 비표적 생물에 해가 낫을 뿐만 아니라 환경 중에서 쉽게 분해되기 때문에(Isman, 2006), 해충종합관리용 제품으로 개발할 수 있다. 이들 제품들은 상대적으로 기생봉과 친적에 해가 적기 때문에, 생물적 방제와 함께 사용할 수 있다(Isman, 2006; Koul 등, 2008). 페놀 화합물, 테르펜 화합물 및 알칼로이드 화합물들을 포함한 다양한 화합물들이 식물에 존재하며, 이들 화합물들은 독자적으로 또는 연합하여 다양한 절지동물 종에 대해 기피 및 섭식저해와 같은 행동적 효능 그리고 급성독성 및 발육저해와 같은 생리적 효능에 기여하고 있다(Isman 2006). 일부 식물 조제물 및 그 조성물들은 검정날개버섯파리 유충에 대해 살충활성을 나타낸다(Park 등, 2006, 2008; Yi 등, 2008). 또한, 일부 식물 조제물 및 그 조성물들은 살충제 저항성 해충에 대해 매우 효과적이기 때문에(Ahn 등, 1997; Chae 등, 2011), 저항성 관리에도 유용한 정보를 제공하고 있다. 본 연구에 있어서, 접촉 + 훈증독성 생물검정법을 이용하여 족도리풀 지상부로부터 버섯파리 유충에 대한 살충성분을 분리 동정하였다. 활성성분은 페닐프로파노이드 화합물인 safrole (1), myristicin (2) 및 methyleugenol (3)으로서, 화합물 1, 2 및 3의 양성자 및 탄소 시그널 결과는 각각 Perumalsamy 등 (2013), Benevides 등 (1999) 및 Miyazawa와 Kohno (2005)의 결과와 거의 일치하였다. 메틸유게놀이 검정날개버섯파리 유충과 텔파리붙이 유충에 대해 미리스티신이나 사프를 보다 더 강한 살충효과를 나타내었으나, 이들 3종 페닐프로파노이드 화합물들은 검정날개버섯파리 유충과 텔파리붙이 유충에 대해 살충제 벤퓨라카브 보다 각각 1.9~4.8배와 4.2~9.0 배 낮은 독성을 보였다. 이들 결과는 족도리풀 유래 물질들이 버섯파리 개체군에 대한 새롭고 효과적인 살유충제 개발에 기여할 수 있다는 것을 제시하고 있다.

천연 화합물의 작용기구 및 살충경로에 대한 평가는 앞으로의 상업화에 적용될 수 있는 가장 적합한 제형 및 수송수단에 관한 유용한 정보를 제공할 수 있기 때문에(Ahn 등, 2006), 절지동물 방제를 위한 중요한 실용 정보를 제공한다. 알칸, 알코올, 알데히드 및 테르페노이드(주로 모노테르페노이드) 등 식물의 휘발성분(Visser, 1986; Lawless, 2002; Isman, 2006)들은 주로 훈증제로서 작용하며 일부 접촉작용을 가지고 있다(Koul 등, 2008; Kim 등, 2012a). 검정날개버섯파리 유충에 대한 훈증작용은 카바크롤(carvacrol), 사이멘(*p*-cymene) 및 리날로올(linalool)과 같은 일부 모노테르페노이드 화합물에서 보고되어 있다(Park 등, 2006, 2008). 본 연구에 있어서, 메틸유게놀, 미리스티신과 사프를은 검정날개버섯파리 유충과 텔파리붙이 유충에 대해 개방용기 보다 폐쇄용기에서 더 효과적 이었다. 이 결과는 이들 3종 페닐프로파노이드 화합물의 주요 살충작용 경로가 호흡계를 통한 가스작용에 의한 것이라는 것을 암시하고 있다. 접촉 + 훈증독성 및 훈증독성 생물검정법을 통해 본 연구에서 밝혀진 페닐프로파노이드 화합

물의 이중 접촉-훈증작용은, 휘발성분들이 벼섯파리의 깊숙한 은신처에 쉽게 도달하여 좋은 방제효과를 나타낼 수 있기 때문에 실제적인 측면에서 매우 중요하다. 이 시스템은 폐쇄공간에서 적당한 자동방제기구나 디스펜서(dispenser)를 이용하여 휘발성분들에 대한 노출을 쉽게 조절할 수 있기 때문에 많은 장점을 가지고 있다. 그러나, 이들 폐닐프로파노이드 화합물의 정확한 작용기구를 충분히 이해하기 위해서는 보다 상세한 시험이 필요하다. 옥토파민(octopamine) 또는 감마아미노낙산(γ -aminobutyric acid) 수용체가 각각 왕답배나방(*Helicoverpa armigera* (Hübner)) (Kostyukovsky 등, 2002) 및 초파리(*Drosophila melanogaster* Meigen) (Priestley 등, 2003)에 있어서의 일부 정유의 모노테르페노이드 화합물의 작용점 가능성이 제시되었다.

결론적으로, 메틸유제놀, 미리스티신과 사프롤을 함유하는 족도리풀 유래 제품들은, 이들 활성물질을 서서히 방출시킬 수 있는 담체가 선발되거나 개발된다면, 검정날개벼섯파리 유충과 털파리붙이 유충 방제에 있어서 접촉독성을 구비한 훈증제로서 이용할 수 있다. 메틸유제놀과 사프롤은 유전독성 및 발암성 물질로 알려져 있으며(Rietjens 등, 2005), 미리스티신은 환각성 물질로 알려져 있기 때문에(Hanson 등, 2015), 이들 제품을 새로운 훈증제로서 실용화하기 위해서는 인간에 대한 안전성 문제에 대한 연구가 필요하다. 역사적으로, 족도리풀은 진통제로서 그리고 인플루엔자, 두통, 류머티즘성 통증 및 천식 치료를 위한 진해제로서 오랜 동안 이용되어 왔다(Yeung, 1985; Tang과 Eisenbrand, 1992). 또한, 이들 제품을 벼섯에 처리하였을 때 일어나는 질적 변화(예를 들면, 색, 풍미, 향 및 구조) 그리고 이들 제품들의 벼섯 에로의 잔류, 천적을 포함한 비표적 생물 및 환경에 미치는 영향이 확립될 필요가 있다. 최종 상업적 개발을 위해 족도리풀에서 분리된 화합물의 살충력과 안정성을 개선하는 방법을 이해하기 위해서 보다 상세한 연구가 필요하다.

2. 라벤더 정유의 화학적 조성 및 배추좀나방 유충 및 천적에 대한 살충활성

가. 재료 및 방법

(1) 재료

전문 등급의 라벤더(*Lavandula angustifolia*) 정유(Batch #140310)는 EuroAroma (Gewerbegebiet, 독일)에서 구입하였다. Cinnamon bark, clove bud, clove leaf, cypress, davana, garlic, marjoram, origanum, thyme (red) 정유는 Berjé (Bloomfield, NJ)에서 구입하였으며, vettiver (Haiti) 정유는 진아(안양, 경기)에서 구입하였다. 본 연구에서 사용한 37종 화합물은 출처와 함께 표 3.4에 나타내었다. 후추(*Piper nigrum*) 열매의 살충활성 성분인 guineensine, pellitorine, pipericide 및 piperine은 Sigma-Aldrich (St Louis, MO)에서 구입하였으며, retrofractamide A는 박 등 (2002)의 방법에 따라 열매로부터 분리하여 실험에 사용하였다. 3종 피레스로이드계 살충제인 사이퍼메트린(cypermethrin, 순도 $\geq 98\%$), 델타메트린(delta-methrin, $\geq 98\%$) 및 펜밸러레이트(fenvalerate, $\geq 97\%$)와 1종 유기인계 살충제인 디클로르보스(dichlorvos, 98.9%)는 Sigma-Aldrich에서 구입하였으며, 항생제인 에마멕틴벤조에이트 21.5 g/L 유제는 신젠타(서울) 제품을 구입하여 사용하였다. 계면활성제 polyoxyethylene + polyoxypropylene (9:1) styrenated phenyl ether는 한농화학(안양, 경기)에서 분양받았다. 본 연

구에서 사용한 기타 모든 화합물들은 특급을 사용하였다.

Table 3.4. Thirty-seven compounds examined in this study for toxicity

Compound	Source ^a	Compound	Source ^a
(1 <i>S</i>)-(−)-Borneol ^{b,c,e,f}	S-A	Linalool ^{b,c,d,e,f}	S-A
(−)-Bornyl acetate ^{b,c,e,f}	S-A	Linalool oxide ^{b,c,e,f}	S-A
Camphene ^{c,e,f}	S-A	Linalyl acetate ^{b,c,d,e,f}	S-A
(1 <i>R</i>)-(+)-Camphor ^{b,c,e,f}	FL	Myrcene ^{b,d,e,f}	S-A
(1 <i>S</i>)-(−)-Camphor ^{b,c,e,f}	FL	Nerol ^e	TCI
δ-3-Carene ^{b,c,f}	S-A	Neryl acetate ^{b,d,e}	S-A
β-Caryophyllene ^{b,c,d,e,f}	TCI	(<i>R</i>)-(−)- α -Phellandrene ^{c,e,f}	FL
Caryophyllene oxide ^{b,d,e,f}	S-A	β-Phellandrene ^{c,f}	TCI
1,8-Cineole ^{b,c,e,f}	TCI	(1 <i>R</i>)-(+)− α -Pinene ^{c,d,e}	FL
α -Copaene ^f	S-A	(1 <i>S</i>)-(−)- α -Pinene ^{c,d,e}	FL
<i>p</i> -Cymene ^{b,c,d,e,f}	S-A	(1 <i>R</i>)-(+)− β -Pinene ^{c,e}	FL
Geraniol ^f	TCI	(1 <i>S</i>)-(−)- β -Pinene ^{c,e}	FL
Geranyl acetate ^{b,d,e}	S-A	α -Terpinene ^{c,f}	S-A
Hexyl butyrate ^{b,d,e}	S-A	γ -Terpinene ^{d,e,f}	S-A
α -Humulene ^{b,d,e,f}	S-A	(−)-Terpinen-4-ol ^{b,d,e,f}	TCI
Lavandulol ^d	S-A	α -Terpineol ^{b,e,f}	WK
Lavandulyl acetate ^{b,d,e}	TCI	α -Terpinolene ^{b,c,d,e,f}	TCI
(+)-Limonene ^{e,f}	WK	α -Terpinyl acetate ^c	TCI
(±)-Limonene ^{e,f}	TCI		

^a S-A, Sigma-Aldrich (St Louis, MO); FL, Fluka (Buchs, Switzerland); TCI, Tokyo Chemical Industry (Tokyo, Japan); WK, Wako (Osaka, Japan).

^b Compounds identified in this study.

^c Compounds reported by Yang 등 (2010).

^d Compounds reported by An 등 (2001).

^e Compounds reported by Hassiotis 등 (2010).

^f Compounds reported by De Martino 등 (2009).

(2) 배추좀나방

살충제 감수성 배추좀나방 KS-PX 계통(Yi 등, 2007)은 곤충 사육실에서 살충제 도태 없이 누대사육 하였고, 야외 계통은 2009년 7월에 제주도 제주시 대규모 유채(*Brassica campestris* subsp. *napus* var. *nippo-oleifera* L.) 포장에서 채집하였으며 JJ-PX로 명명하였다. 감수성 KS-PX 계통과 JJ-PX 콜로니는 상호간 오염을 방지하기 위하여 별도의 사육실에서 유지하였다. 유충은 아크릴 케이지(40 × 40 × 55 cm)에서 유묘를 이용하여 25 ± 1°C, 상대습도 50~60%, 16:8 (명:암) 시간 조건 하에서 사육하였다. 배추나비고치벌 성충 사육은 10% 설탕 용액에 침지한 흡수력이 있는 솜이 들어있는 원통형 아크릴 케이지(30 × 15 cm)에서 신선한 배추좀나방 유충을 먹이로 20 ± 1°C, 상대습도 70 ± 5%, 18:6 (명:암) 시간 조건 하에서 사육하였다(Yi 등, 2007). 이들 조건 하에서, 유충, 번데기 및 성충의 수명은 각각 10.3일, 6.4일 및 7.9일 이었다.

(3) 일벌 및 서양뒤영벌

꿀벌(European honey bee, *Apis mellifera* L.)은 2016년 7월 초순에 경기도 포천 소재 양봉장에서 구입하였으며, 실험에 이용하기 전까지 서울대학교 농업생명과학대학 옥상에서 유지하였다. 서양뒤영벌(buff-tailed bumblebee, *Bombus terrestris* L.)은 농촌진흥청 국립농업과학원에서 분양받아 곤충사육실(26 ± 1°C, 상대습도 65 ± 5%, 암조건)에서 3일 동안 순화시킨 후, 실험에 이용하였다.

(4) 시험분무제형

살충제 제품의 유효 농도를 결정하기 위하여, 라벤더 정유를 함유하는 6종 시험분무제형을 조제하였다. 1, 2, 3, 4, 5 및 6 g/L 분무제형은 각각 라벤더 정유 1, 2, 3, 4, 5 및 6 g, 계면활성제 [polyoxyethylene+polyoxypolypropylene (9:1) styrenated phenyl ether] 0.6, 1.3, 2, 2.6, 3.3 및 4 mL, 에탄올 1.6, 3.3, 5, 6.6, 8.3 및 10 mL 그리고 중류수 996.8, 993.4, 990, 986.8, 983.4 및 980 mL로 구성되었다. 각 분무제형 2.5 mL를 4 mL aluminium refill perfume atomiser 분무용 병에 충진하였다. 1, 2, 3, 4, 5 및 6 g/L 제형 1회 처리는 지름 3 cm 배추 잎에 각각 시험물질 약 31.2, 62.7, 94.3, 125.8, 152.4 및 185.32 µg/cm²이 처리되었다.

(5) 가스크로마토그라피

라벤더 정유 조성물의 분리 및 탐지를 위하여, 분활주입기 및 불꽃이온화검출기(fame ionization detection system)가 장착된 Agilent 7890A 가스크로마토그라프(Agilent, Wilmington, DE)를 이용하였다. 조성물은 Agilent 30 m × 0.25 mm(안지름) (df = 0.25 µm) DB-5MS 모세관 컬럼(Agilent, Folsom, CA)을 이용하여 분리하였다. 오븐 온도는 50°C에서 5분간 유지하였고, 분당 4°C로 하여 280°C로 설정하여 최종온도에서 10분간 유지하였다. 질소 가스를 분당 1.0 mL 유속으로 하였으며, 분활비는 1:50 이었다. 화학 조성물은 표준품과 함께 주사하여 확인하였다.

가스크로마토그래피-질량분석법 분석은 Clarus 680T 가스크로마토그라프-질량분석계(PerkinElmer, Fort Belvoir, VA)를 이용하여 수행하였다. Agilent 30 m × 0.25 mm(안지름) (df = 0.5 µm) DB-5MS 모세관 컬럼(Folsom, CA)을 이용하였다. 오븐 온도는 60°C에서 1분간 유지하였으며, 분당 1.5°C로 하여 185°C에서 1분간 유지한 후, 분당 9°C로 하여 275°C로 설

정하였고, 최종 온도에서 2분간 유지하였다. 헬륨가스는 분 당 1.0 mL의 유속으로 하였다. 이 온원 온도는 250°C 이었으며, 질량스펙트럼은 70 eV에서 EI-scan mode를 이용하여 얻었다. 화학 조성물은 각 피크의 질량스펙트럼과 표준품의 그것과 비교함으로서 질량스펙트럼 라이브러리(Anonymous, 2008)에서 동정하였다.

(6) 잎침지법

라벤더 정유, 7종 선발 화합물, 3종 피레스로이드제 및 유기인계 살충제 디클로르보스(dichlorvos)의 KS-PX 계통과 JJ-PX 콜로니의 3령 유충에 대한 살충활성을 잎침지법(Hill과 Foster, 2000)으로 조사하였다. 별례 감염이 없는 온실에서 재배한 발아 후 4주 된 배추 잎을 지름 3 cm 절편으로 잘라 실험에 이용하였다. 100 μL 아세톤에 용해시킨 각 시험화합물 또는 살충제를 0.02% Triton X-100 함유 중류수에 혼탁시킨 후, 배추 잎 절편을 각 혼탁액 50 mL에 10초 동안 침지하였다. 30분 동안 후드에서 건조시킨 후, 1회용 페트리디쉬(6 × 1.5 cm) 바닥에 각각 처리 잎 절편을 놓고 나서, 배추좀나방 3령 유충 20 마리씩을 접종하였다. 무처리 대조구는 중류수에 녹인 아세톤-Triton X-100 용액만을 처리하였다. 예비실험의 결과에 따라, 각 화합물 및 살충제의 독성을 각각 0.1~10 mg/L 및 0.0001~40 mg/L 범위에서 4~6 농도를 이용하여 조사하였다.

처리 및 무처리 대조구(아세톤-Triton X-100 용액) 유충들은 배추좀나방 유충 사육과 동일한 조건에 방치하여 24시간 후에 사충율을 조사하였다. 가는 젓가락으로 유충을 건드렸을 때 몸이나 부속지에 움직임이 없으면 죽은 것으로 간주하였다(Yi 등, 2007). 모든 처리는 반복당 20 마리로 하여 3 반복으로 실시하였다. 모든 생물검정을 동시에 실시할 수 없기 때문에, 처리는 시간에 따라 블록화 하였으며, 각 블록에 포함된 별도의 무처리 대조구를 두었다(Robertson과 Preisler, 1992). 생물검정의 각 블록마다 새로이 조제된 화합물 용액을 이용하였다.

(7) 훈증독성검정

라벤더 정유가 훈증작용을 가지고 있기 때문에(Yi 등, 2007), 라벤더 정유 및 37종 시험화합물의 KS-PX 계통과 JJ-PX 콜로니의 3령 유충에 대한 독성을 훈증독성 생물검정법(vapor-phase mortality bioassay)으로 평가하였다. 간략하면, 염화폴리비닐용기(624 mL)의 바닥에 놓여 있는 Whatman no. 2 여지(Whatman, Maidstone, 영국) (지름 4.25 cm)에 무처리 배추 잎 절편(지름 4.25 cm)을 놓은 후, KS-PX 계통과 JJ-PX 콜로니의 3령 유충 20 마리씩을 가는 붓을 이용하여 접종한 후, 각각의 용기 윗 부분을 거즈로 덮어 주었다. 예비실험 결과에 따라, 25 μL 아세톤에 녹인 각 시험화합물 4~5 농도를 Whatman no. 2 여지(지름 4.25 cm)에 처리하였다. 2분간 후드에서 건조시킨 후, 화합물과 배추좀나방 유충이 접촉하지 않도록 각각의 처리 여지를 거즈 위에 올려놓았다. 각 용기는 원래의 뚜껑으로 덮은 후, 휘발하지 않도록 Parafilm M (Bemis, Neenah, WI)으로 밀봉하였다. 디클로르보스를 양성대조구로 하여 동일하게 조제하였으며, 음성대조구는 25 μL 아세톤만을 처리하였다. 시험화합물의 배추나비고치벌 성충에 대한 독성을 배추좀나방 유충과 같은 방법으로 조사하였다. 우화 후 3일된 고치벌 성충 20 마리씩을 각 염화폴리비닐 용기에 넣어준 후, 먹이원으로서 10% 꿀물을 공급하였다. 사충율은 상기 (5) 항에서 언급한 방법에 따라 조사하였다. 모든 처리는 반복 당 배추좀나방 유충 20 마리 또는 배추나비고치벌 성충 20 마리로 하여 3 반복으로 수행하였다.

(8) 분무검정

6종 시험분무제형의 KS-PX 3령 유충에 대한 효과를 분무검정법으로 평가하였다. 각 시험용액은 망사를 하지 않은 아크릴 케이지($50 \times 45 \times 60$ cm) 내의 3개 플라스틱 용기(지름 9.5 cm × 높이 4 cm)에 심어져 있는 유채 유묘 위 10 cm 높이에서 연속 2회 분무하였다. 후드에서 5분간 건조시킨 후, 배추좀나방 유충 60 마리씩을 유채 유묘에 접종하였다. 에마멕틴벤조에이트 21.5 g/L 유제가 국내에서 배추좀나방 유충 방제용 약제로서 등록되어 있기 때문에 (한국작물보호협회, 2015) 양성대조군으로 하였으며, 음성대조군은 에탄올-polyoxyethylene + polyoxypropylene (9:1) styrenated phenyl ether 용액 또는 물로 하였다. 사충율은 앞에서 언급한 바대로 기록하였다. 시험분무제형의 우화 후 3일 된 배추나비고치벌 성충에 대한 독성을 이와 마찬가지로 조사하였다. 모든 처리는 반복 당 배추좀나방 유충 60 마리 또는 배추나비고치벌 성충 60 마리로 하여 3 반복으로 수행하였다.

(9) 케이지검정

10종 시험분무제형의 살충제 감수성 배추좀나방 KS-PX 3령 유충, 꿀벌의 일벌 및 뒤영벌에 미치는 영향을 케이지에서 분무검정법으로 평가하였다. 망사를 하지 않은 아크릴 케이지($50 \times 50 \times 50$ cm) 내에 유채 유묘가 심어져 있는 3개 플라스틱 용기(지름 9.5 cm × 높이 4 cm)에 있는 유묘 위 10 cm 높이에서 각 시험용액 4 g/L을 연속 2회 분무하였다. 후드에서 5분간 건조시킨 후, 배추좀나방 유충 60 마리씩을 접종하고 나서, 꿀벌 일벌 및 뒤영벌을 각각 20 마리씩을 넣어 주었다. 대조구는 에탄올-polyoxyethylene+polyoxypropylene (9:1) styrenated phenyl ether 용액 또는 물로 하였다. 배추좀나방 유충, 꿀벌 일벌 및 뒤영벌의 사충율은 앞의 (5) 항에서 언급한 바에 따라 조사하였다. 모든 처리는 반복 당 배추좀나방 유충 60 마리씩, 꿀벌 일벌 60 마리씩 또는 뒤영벌 60 마리씩으로 하여 3 반복으로 수행하였다.

(10) 자료분석

대조구에서 사충율을 보이는 경우, Abbott (1925) 식을 이용하여 보정사충율을 구하였다. 사충율(%)은 분산분석을 위하여 arcsine square root 값으로 변환하였다. Bonferroni multiple-comparison method를 이용하여 시험분무제형 처리군의 독성 차이에 대한 유의성을 검정하였다(SAS Institute, 2004). Student's *t*-test를 이용하여 시험분무제형의 배추좀나방 KS-PX 유충과 배추나비고치벌 성충에 대한 독성 차이의 유의성을 검정하였다(SAS Institute, 2004). 결과는 평균 \pm 표준오차로 표시하였다. 농도-사충 자료는 Probit 분석을 이용하여 반수치사농도(LC_{50})를 구하였으며(SAS Institute, 2004), 각 계통 및 처리간 LC_{50} 값이 95% 신뢰구간에서 겹치지 않을 경우 유의성이 있는 것으로 간주하였다.

저항성비(resistance ratio, RR)는 다음과 같이 산출하였다.

$RR = \text{야외 배추좀나방 유충의 } LC_{50}/\text{살충제 감수성 KS-PX 유충의 } LC_{50}$
 LC_{50} 값이 $>0.162 \text{ mg/cm}^3$ 일 경우, 이 농도에서 사충율은 20% 이하이기 때문에, 효과가 없는 것으로 간주하였다.

선택독성비(Selective toxicity ratio, STR)는 Yi 등 (2007)의 방법에 따라 다음과 같이 산출하였다.

$$STR = \text{배추좀나방 KS-PX 유충의 } LC_{50}/\text{배추나비고치벌 성충의 } LC_{50}$$

나. 결과

(1) 라벤더 정유의 화학조성

실험에 사용된 라벤더 정유는 가스크로마토그래프와 질량분석기로 분석하였을 때, 4종 주요 화합물(>3%) 및 40종 소수 화합물로 구성되었다(그림 3.18), 라벤더 정유의 4종 주요 화합물은 리날릴아세테이트(linalyl acetate), 리날로올(linalool), 라반둘릴아세테이트(lavandulyl acetate)와 베타캐리오플렌(β -caryophyllene) 이었으며, 각각 38.4, 34.9, 3.3 및 3.1%를 차지하였다(표 3.5).

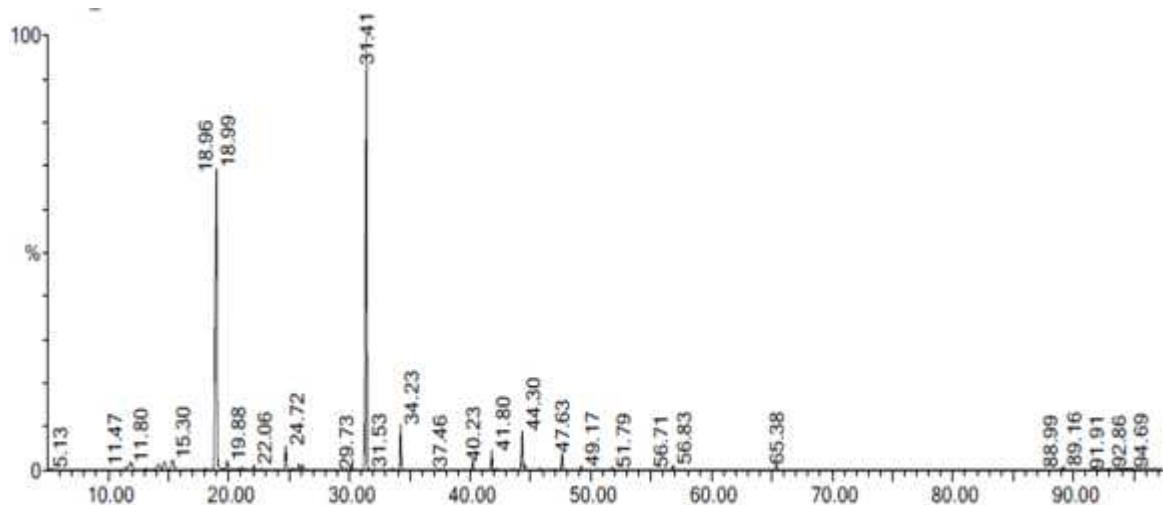


Fig. 3.18. Gas chromatography-mass spectrometry data of lavender oil.

Table 3.5. Qualitative and quantitative composition of commercial *Lavandula angustifolia* essential oil

Peak no.	Compound	RT ^a (min)	% area	Identification	
				CI ^b	MS ^c
1	β -Myrcene	11.91	1.99	O ^d	O
2	Hexyl acetate	13.09	0.25	X ^e	O
3	p-Cymene	13.76	0.06	O	O
4	1,8-Cineole	14.16	1.04	O	O
5	(Z)- β -ocimene	14.64	1.34	X	O
6	(E)- β -ocimene	15.33	1.66	X	O
7	3-Carene	15.99	0.04	X	O
8	Linalool oxide	16.94	0.09	O	O
9	Terpinolene	18.06	0.16	X	O
10	Linalool*	18.99	34.89	O	O

11	1-Octen-1-ol, acetate	19.88	0.80	X	O
12	3-Octyl acetate	20.79	0.07	X	O
13	Unknown	21.14	0.28		
14	Camphor	22.08	0.40	O	O
15	Hexyl isobutyrate	22.66	0.09	X	O
16	Borneol	23.80	0.04	O	O
17	Terpinen-4-ol	24.72	2.15	O	O
18	Crypton	25.35	0.10	X	O
19	α -Terpineol	25.81	0.45	O	O
20	Hexyl butyrate	26.13	0.38	X	O
21	Isoborneol	28.75	0.05	X	O
22	Cuminaldehyde	29.73	0.08	O	O
23	Hexyl isovalerate	30.17	0.10	X	O
24	Linalyl acetate*	31.41	38.36	O	O
25	Bornyl acetate	33.59	0.11	O	O
26	Lavandulyl acetate*	34.23	3.33	X	O
27	Hexyl tiglate	37.46	0.08	X	O
28	Unknown	37.90	0.06		
29	Neryl acetate	40.23	0.68	X	O
30	Geranyl acetate	41.80	1.32	O	O
31	Unknown	42.25	0.06		
32	(Z)- α -Bergamotene	43.50	0.04	X	O
33	Unknown	43.69	0.05		
34	β -Caryophyllene*	44.30	3.07	O	O
35	α -Santalene	44.52	0.40	X	O
36	(E)- α -Bergamotene	45.79	0.14	X	O
37	Humulene	46.99	0.08	X	O
38	(Z)- β -Farnesene	47.63	1.38	X	O
39	Germacrene D	49.17	0.27	X	O
40	(E)- β -Farnesene	49.61	0.05	X	O
41	Dimethyl isophthalate	50.64	0.07	X	O
42	Unknown	51.11	0.04		
43	α -Murolene	51.81	0.22	X	O
44	Caryophyllene oxide	56.83	0.35	O	O

^a Retention time.^b Co-injection with authentic samples.^c Mass spectrometry.^d Identified by co-injection or mass spectrometry .^e Unidentified by co-injection or mass spectrometry.

* Major constituent (>3%).

(2) 배추좀나방 유충의 피레스로이드 저항성

살충제 감수성 배추좀나방 KS-PX 계통 및 야외에서 채집한 JJ-PX 콜로니 유충의 3종 피레스로이드계 살충제에 대한 저항성을 잎침지법으로 평가하였다(표 3.6). 24 시간 LC₅₀ 값에 근거하여, 야외 채집 배추좀나방 JJ-PX 유충의 델타메트린에 대한 저항성비는 2062로서 대단히 높은 저항성을 나타내었으며, 펜발러레이트에 대해 1374, 사이퍼메트린에 대해 1240로서 이들 약제에 대해 높은 저항성을 나타내었다. 아세톤-Triton X-100 용액 처리 또는 물 처리 대조구에서의 사충율은 2% 미만 이었다.

Table 3.6. Comparative toxicity of three pyrethroids to third instar larvae from insecticide-susceptible KS-PX and pyrethroid-resistant JJ-PX *Plutella xylostella* using a leaf-dip bioassay during a 24 h exposure

Insecticide	KS-PX larvae		JJ-PX larvae		RR ^b
	Slope ± SE	LC ₅₀ , mg/cm ² (95% CL ^a)	Slope ± SE	LC ₅₀ , mg/cm ² (95% CL ^a)	
Deltamethrin	1.6 ± 0.20	0.0019 (0.0014–0.0023)	2.9 ± 0.45	3.9175 (3.1672–4.6823)	2062
Fenvalerate	1.4 ± 0.20	0.0030 (0.0022–0.0038)	3.2 ± 0.48	4.1209 (3.4037–4.8597)	1374
Cypermethrin	1.4 ± 0.19	0.0038 (0.0029–0.0049)	3.0 ± 0.48	4.7120 (3.8980–5.6083)	1240

^a CL denotes confidence limit.

^b Resistance ratio.

(3) 시험화합물의 배추좀나방 유충에 대한 훈증독성

라벤더 정유, 37종 화합물 및 유기인제 디클로르보스의 배추좀나방 KS-PX 3령 유충에 대한 독성을 훈증독성 생물검정법으로 조사하였다(표 3.7). 반응은 화합물에 따라 달리 나타났다. 24시간 LC₅₀ 값에 근거하여, 리날로올(linalool)과 리날로올옥시드(linalool oxide)가 가장 높은 독성(0.016 mg/cm³)을 나타내었으며, 대조약제인 디클로르보스보다 10.7배 낮은 살충활성을 보였다. (-)-Terpinen-4-ol, (1S)-(-)-camphor 및 (1R)-(+)-camphor 역시 높은 살충활성(LC₅₀, 0.018~0.024 mg/cm³)을 나타내었다. 라벤더 정유, 1,8-cineole, p-cymene, (1R)-(+)-α-pinene, (1R)-(+)-β-pinene, (1S)-(-)-α-pinene 및 (1S)-(-)-β-pinene의 LC₅₀은 0.031~0.057 mg/cm³ 이었다. 나머지 4종 화합물 및 22종 화합물들의 배추좀나방 KS-PX 3령 유충에 대해 각각 매우 낮은 독성을 보였거나(LC₅₀, 0.074~0.121 mg/cm³), 효과가 없었다(LC₅₀, >0.162 mg/cm³).

라벤더 정유 및 37종 화합물의 야외 채집 콜로니 JJ-PX 3령 유충에 대한 살충활성을 조사한 결과(표 3.7), 흥미롭게도 리날로올옥시드를 제외한 14종 활성 화합물은 감수성 KS-PX 유충과 JJ-PX 유충에 대해 거의 비슷한 살충활성을 나타내어, JJ-PX 유충에 있어서의 교차저항성을 나타내지 않았다.

Table 3.7. Fumigant toxicity of *Lavandula angustifolia* essential oil, 15 test compounds and dichlorvos to third instar larvae of insecticide-susceptible KS-PX and pyrethroid-resistant JJ-PX *Plutella xylostella* using a vapor-phase mortality bioassay during a 24 h exposure

Material ^a	KS-PX larvae			JJ-PX larvae	
	Slope SE	±	LC ₅₀ , mg/cm ³ (95% CL ^b)	Slope SE	LC ₅₀ , mg/cm ³ (95% CL ^b)
LA-EO ^c	4.4 ± 0.51		0.031 (0.028–0.034)	5.1 ± 0.57	0.030 (0.027–0.033)
Linalool	3.7 ± 0.46		0.016 (0.014–0.018)	2.3 ± 0.29	0.021 (0.018–0.024)
Linalool oxide	5.0 ± 0.65		0.016 (0.015–0.018)	5.9 ± 0.92	0.024 (0.019–0.029)
(–)-Terpinen-4-ol	3.5 ± 0.50		0.018 (0.016–0.021)	3.2 ± 0.47	0.020 (0.018–0.024)
(1S)-(–)-Camphor	3.8 ± 0.55		0.019 (0.017–0.022)	2.6 ± 0.35	0.022 (0.019–0.025)
(1R)-(+)-Camphor	2.8 ± 0.32		0.024 (0.020–0.028)	4.4 ± 0.52	0.029 (0.027–0.032)
1,8-Cineole	2.3 ± 0.25		0.037 (0.031–0.044)	4.3 ± 0.62	0.029 (0.026–0.032)
p-Cymene	4.4 ± 0.83		0.038 (0.034–0.043)	2.3 ± 0.25	0.037 (0.031–0.045)
(1R)-(+)- α -Pinene	6.7 ± 0.74		0.045 (0.042–0.047)	3.4 ± 0.40	0.047 (0.041–0.053)
(1R)-(+)- β -Pinene	3.5 ± 0.40		0.046 (0.040–0.052)	4.8 ± 1.20	0.058 (0.031–0.084)
(1S)-(–)- α -Pinene	5.5 ± 1.09		0.052 (0.047–0.057)	4.3 ± 0.74	0.040 (0.030–0.052)
(1S)-(–)- β -Pinene	4.0 ± 0.44		0.057 (0.053–0.062)	3.4 ± 0.65	0.063 (0.050–0.082)
Camphene	3.9 ± 0.60		0.074 (0.067–0.080)	4.5 ± 0.70	0.060 (0.055–0.066)
α -Terpineol	8.2 ± 0.90		0.076 (0.073–0.080)	3.3 ± 0.50	0.069 (0.059–0.077)
(R)-(–)- α -Phelladrene	2.0 ± 0.39		0.087 (0.071–0.110)	3.7 ± 0.53	0.109 (0.098–0.124)
(1S)-(–)-Borneol	8.9 ± 1.53		0.121 (0.116–0.128)	9.5 ± 1.37	0.140 (0.133–0.147)
Dichlorvos	3.6 ± 0.38		0.0015 (0.0013–0.0017)	2.2 ± 0.28	0.0016 (0.0013–0.0019)

^a The other 22 compounds were ineffective (LC₅₀, >0.162 mg/cm³).

^b CL denotes confidence limit.

^c *Lavandula angustifolia* essential oil.

(4) 시험화합물의 배추좀나방 유충에 대한 접촉독성

라벤더 정유, 7종 선발 화합물 및 유기인계 살충제 디클로르보스의 살충제 감수성 배추좀

나방 KS-PX 계통 및 피레스로이드계 살충제 저항성 콜로니 JJ-PX 3령 유충에 대한 접촉독성을 잎침지법으로 조사하였다(표 3.8). 24시간 LC₅₀ 값에 근거하여, 라벤더 정유는 배추좀나방 KS-PX 유충에 대해 디클로르보스보다 13.3배 낮은 독성을 나타내었다. (-)-Terpinen-4-ol, 리날로올 및 리날로올옥시드(LC₅₀, 0.0405~0.0521 mg/cm²)가 가장 높은 접촉독성을 보였으며, KS-PX 유충에 대해 디클로르보스보다 각각 7.5, 9.1 및 9.6배 낮은 접촉독성을 나타내었다. (-)-Terpinen-4-ol의 접촉독성은 텔타메트린, 펜발러레이트 및 사이퍼메트린(표 3.6)보다 21.3, 13.5 및 10.7배 낮은 접촉독성을 보였다. (1S)-(-)-Camphor (LC₅₀, 0.0737 mg/cm²)는 KS-PX 유충에 대해 *p*-cymene과 1,8-cineole보다 현저하게 높은 독성을 나타내었다. (1R)-(+)- α -Pinene의 독성은 시험화합물 중에서 가장 낮았다. 7종 실험화합물 모두 KS-PX와 JJ-PX 유충에 대해 거의 같은 수준의 접촉독성을 보여, JJ-PX 유충에 있어서의 교차저항성을 나타내지 않았다.

Table 3.8. Residual toxicity of *Lavandula angustifolia* essential oil, seven selected compounds and dichlorvos to third instar larvae from insecticide-susceptible KS-PX and pyrethroid-resistant JJ-PX *Plutella xylostella* using a leaf-dip bioassay during a 24 h exposure

Material	KS-PX larvae		JJ-PX larvae	
	Slope ± SE	LC ₅₀ , mg/cm ² (95% CL ^a)	Slope ± SE	LC ₅₀ , mg/cm ² (95% CL ^a)
LA-EO ^b	1.9 ± 0.30	0.0719 (0.0536–0.0938)	2.1 ± 0.30	0.0825 (0.0628–0.1072)
(-) -Terpinen-4-ol	3.6 ± 0.44	0.0405 (0.0349–0.0457)	2.4 ± 0.32	0.0538 (0.0443–0.0637)
Linalool	3.6 ± 0.43	0.0489 (0.0429–0.0549)	2.4 ± 0.39	0.0582 (0.0491–0.0692)
Linalool oxide	2.5 ± 0.40	0.0521 (0.0438–0.0609)	3.2 ± 0.44	0.0654 (0.0576–0.0751)
(1S)-(-)-Camphor	3.5 ± 0.32	0.0737 (0.0651–0.0829)	3.2 ± 0.45	0.0816 (0.0576–0.1109)
<i>p</i> -Cymene	4.6 ± 0.63	0.1388 (0.1241–0.1519)	5.1 ± 0.65	0.1586 (0.1454–0.1719)
1,8-Cineole	2.4 ± 0.34	0.1552 (0.1342–0.1821)	2.2 ± 0.34	0.1726 (0.1477–0.2092)
(1R)-(+)- α -Pinene	7.4 ± 0.90	0.4486 (0.4235–0.4748)	5.6 ± 0.84	0.4996 (0.4657–0.5439)
Dichlorvos	2.1 ± 0.26	0.0054 (0.0042–0.0069)	1.9 ± 0.30	0.0068 (0.0050–0.0084)

^a CL denotes confidence limit.

^b *Lavandula angustifolia* essential oil.

(5) 시험화합물의 배추나비고치벌 성충에 대한 훈증독성

라벤더 정유 및 33종 화합물 및 대조약제인 디클로르보스의 배추나비고치벌 성충에 대한 훈증독성을 조사한 결과(표 3.9), 디클로르보스(LC₅₀, 7 × 10⁻⁶ mg/cm³)는 배추좀나방 천적인

고치벌에 대하여 가장 높은 독성을 나타내었다. 라벤더 정유의 배추나비고치벌 성충에 대한 LC₅₀은 0.01 mg/cm³)으로서, 디클로르보스 약 1430배 낮은 독성을 나타내었다. 시험화합물 중에서, (1S)-(-)-camphor와 (-)-terpinen-4-ol이 가장 독성이 강하였으며, 이어 (1S)-(-)-borneol, (1R)-(+)-camphor, lavandulol, 1,8-cineol 순이었다. 24 시간 LC₅₀ 값에 근거하여, 라벤더 정유는 이들 6종 화합물보다 2.6~6.3배 낮은 독성을 나타내었다. 나머지 9종 화합물 및 18종 화합물들의 LC₅₀ 값은 각각 0.0054~0.0093 mg/cm³과 0.012~0.032 mg/cm³ 이었다.

Table 3.9. Fumigant toxicity of *Lavandula angustifolia* essential oil, 33 test compounds and dichlorvos to adult *Cotesia glomerata* using vapor-phase mortality bioassay during a 24 h exposure

Compound	Slope ± SE	LC ₅₀ , mg/cm ³ (95% CL ^a)	STR ^b
LA-EO ^c	3.3 ± 0.38	0.0100 (0.0080~0.0117)	3.1
(1S)-(-)-Camphor	5.3 ± 0.64	0.0016 (0.0015~0.0017)	12.5
(-)Terpinen-4-ol	4.6 ± 0.59	0.0018 (0.0017~0.0020)	10.0
(1S)-(-)-Borneol	5.1 ± 0.60	0.0023 (0.0021~0.0025)	47.4
(1R)-(+)-Camphor	7.7 ± 0.72	0.0024 (0.0023~0.0025)	10.0
Lavandulol	3.3 ± 0.45	0.0035 (0.0031~0.0039)	>46.3
1,8-Cineole	4.1 ± 0.53	0.0039 (0.0036~0.0043)	9.5
Lavandulyl acetate	6.0 ± 0.68	0.0054 (0.0050~0.0058)	>30.0
Linalool oxide	7.6 ± 0.83	0.0057 (0.0054~0.0060)	2.8
(-)Bornyl acetate	5.7 ± 0.75	0.0064 (0.0060~0.0070)	24.9
Linalool	6.0 ± 0.84	0.0075 (0.0070~0.0080)	3.1
α-Terpineol	6.2 ± 0.87	0.0078 (0.0073~0.0084)	2.1
(1S)-(-)-β-Pinene	6.3 ± 0.90	0.0083 (0.0077~0.0090)	7.6
α-Terpinyl acetate	5.8 ± 1.01	0.0084 (0.0079~0.0091)	>19.3
(1R)-(+)-β-Pinene	3.4 ± 0.47	0.0089 (0.0079~0.0102)	5.2
Nerol	6.0 ± 0.74	0.0093 (0.0087~0.0100)	>17.4
Neryl acetate	3.7 ± 0.61	0.012 (0.011~0.014)	>13.5
Linalyl acetate	6.4 ± 0.67	0.014 (0.013~0.015)	>11.6
Humulene	3.2 ± 0.37	0.015 (0.013~0.018)	>10.8
Camphene	4.8 ± 0.46	0.015 (0.013~0.016)	4.9
(1S)-(-)-α-Pinene	4.5 ± 0.79	0.015 (0.013~0.016)	3.9
Geranyl acetate	3.6 ± 0.39	0.016 (0.014~0.018)	>10.1
(±)-Limonene	2.4 ± 0.29	0.016 (0.014~0.019)	>10.1
3-Carene	3.5 ± 0.69	0.017 (0.015~0.018)	>9.5
γ-Terpinene	6.6 ± 0.69	0.017 (0.016~0.018)	>9.5

β -Caryophyllene	3.9 ± 0.55	0.018 (0.016–0.020)	>9.0
(1R)-(+)- α -Pinene	4.4 ± 0.62	0.018 (0.017–0.021)	2.5
Myrcene	5.5 ± 0.65	0.019 (0.017–0.020)	>8.5
p-Cymene	5.6 ± 0.63	0.021 (0.020–0.022)	1.8
Hexyl butyrate	3.4 ± 0.52	0.023 (0.020–0.027)	>7.0
(R)-(-)- α -Phelladrene	5.5 ± 0.69	0.025 (0.023–0.027)	3.3
(+)-Limonene	5.3 ± 0.68	0.027 (0.025–0.030)	>5.6
α -Terpinene	9.4 ± 1.19	0.026 (0.024–0.027)	>5.4
Geraniol	5.4 ± 0.62	0.032 (0.030–0.034)	>5.2
Dichlorvos	2.0 ± 0.19	0.000007 (0.000006–0.000009)	214.3

^a CL denotes confidence limit.

^b Selective toxicity ratio, *P. xylostella* LC₅₀/*C. glomerata* LC₅₀.

^c *Lavandula angustifolia* essential oil.

(6) 선택독성

STR은 화합물의 종류에 따라 달리 나타났다(표 3.9). 낮은 STR은 p-cymene, α -terpineol, linalool oxide, (1R)-(+)- α -pinene, 라벤더 정유, linalool, (R)-(-)- α -phellandrene 및 (1S)-(-)- α -pinene (1.8~3.9)에서 보여졌으며, 이는 이들 화합물들이 선택독성을 나타내는 화합물이라는 것을 나타낸다. 높은 STR은 나머지 26종 화합물에서 관찰되었다(>5). 디클로르보스는 가장 높은 STR (214)을 나타내어, 이 살충제는 가장 선택독성이 낮았다.

(7) 시험화합물의 방제효과

라벤더 정유를 함유하는 6종 시험 분무제형 및 살충제 에마멕틴벤조에이트 21.5 g/L 유제의 배추좀나방 KS-PX 3령 유충에 대한 방제 효과를 분무검정법을 이용하여 평가하였다(표 3.10). 6 g/L 분무(LA-EO-6)로 처리한 라벤더 정유는 KS-PX 유충에 대하여 100% 사충율을 보였으나, 5 g/L 분무(LA-EO-5) 및 4 g/L 분무(LA-EO-4)는 각각 80%와 60% 사충율을 보였다. 3 g/L 분무(LA-EO-3)는 KS-PX 유충에 대하여 가장 효과가 없었다. 에마멕틴벤조에이트 유제 처리는 KS-PX 유충에 대하여 100% 사충율을 나타내었다. 이들 시험분무제형의 KS-PX 배추좀나방 유충과 배추나비고치벌 성충에 대한 독성에는 현저한 차이를 보이지 않았다(표 3.10).

Table 3.10. Toxicity of six experimental spray formulations containing *Lavandula angustifolia* essential oil and commercial emamectin benzoate emulsifiable concentrate to insecticide-susceptible *Plutella xylostella* larvae and *Cotesia glomerata* females using a spray bioassay

Spray treatment	Mortality, %(\pm SE)		P -value ^a
	<i>P. xylostella</i> larvae	<i>C. glomerata</i> females	
LA-EO-1 ^b	0 e	17 \pm 3.3 c	<0.0001
LA-EO-2 ^b	0 e	87 \pm 6.7 b	<0.0001
LA-EO-3 ^b	23 \pm 3.3 d	93 \pm 3.3 a	<0.0001
LA-EO-4 ^b	60 \pm 5.8 c	100 a	<0.0001
LA-EO-5 ^b	80 \pm 0.0 b	100 a	<0.0001
LA-EO-6 ^b	100 a	100 a	
Emamectin benzoate EC ^c	100 a	100 a	

Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($P = 0.05$, Bonferroni method).

^a According to a Student's t-test.

^b Spray containing 1, 2, 3, 4, 5 and 6 g/L LA-EO (Lavandula angustifolia essential oil), respectively.

^c Emamectin benzoate 21.5 g/L emulsifiable concentrate.

(8) 케이지에서의 시험제형의 2종 벌류에 대한 독성

시험제형 10종을 4 mg/L의 농도로 케이지 내에서 배추좀나방 및 두 종 화분매개 벌류에 대해 분무법으로 처리하였을 때의 이들에 미치는 영향을 조사하였다(표 3.11). 계피 수피(cinnamon bark)와 마늘(garlic) 정유 제형이 배추좀나방 유충에 대해 가장 강한 독성을 보였으며(100% 사충율), origanum과 cypress 정유 제형이 76% 사충율을 나타내었다. 나머지 6종 정유 제형은 배추좀나방 유충에 대해 69~49%의 사충율을 보였다. 시험제형 10종의 꿀벌 일벌에 대한 독성은 0~5%로 매우 낮았으며, 이를 제형들의 뒤영벌에 대한 독성 역시 0~3%로 낮은 독성을 나타내었다.

(9) 후추 조성물의 살충활성

후추 유래 4종 알칼로이드 화합물 및 펠리토린의 살충제 감수성 배추좀나방 KS-PX 계통 및 저항성 JJ-PX 3 형유충에 대한 살충활성을 잎침지법으로 조사하였다(표 3.12). Guineensine의 반수치사농도가 13.3 ppm 으로 접촉살충활성이 가장 높았으며, 다음으로 retrofractamide A의 살충활성이 높았다. 흥미롭게도, 저항성 콜로니 유충은 살충제 감수성 계통의 결과와 비슷한 양상을 나타내었다.

Table 3.11. Toxicity of 10 experimental spray formulations containing *Lavandula angustifolia* essential oil to insecticide-susceptible *Plutella xylostella* larvae and two pollinating bee species using a spray bioassay

Essential oil	<i>P. xylostella</i> larvae	<i>Apis mellifera</i>	<i>Bombus terrestris</i>
Cinnamon bark	100a	1 \pm 1.7	0

Garlic	100a	5 ± 2.9	1 ± 1.7
Origanum	76 ± 1.7b	1 ± 1.7	0
Cypress	76 ± 1.7b	3 ± 1.7	0
Vettiver, Haiti	69 ± 2.3c	0	0
Thyme, red	68 ± 1.7c	0	1 ± 1.7
Marjoram	68 ± 1.7c	0	3 ± 1.7
Davana	65 ± 2.9d	0	0
Clove bud	50 ± 2.9e	1 ± 1.7	1 ± 1.7
Clove leaf	49 ± 4.7e	0	0

Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($P = 0.05$, Bonferroni method).

Table 3.12. Toxicity of *Piper nigrum* fruit-derived compounds to third instar larvae of insecticide-susceptible and insecticide-resistant *Plutella xylostella* using a leaf-dip bioassay^a

Insecticide	Susceptible KS-PX larvae		Wild JJ-PX larvae		RR ^c
	Slope ± SE	LC ₅₀ , mg/cm ² (95% CL ^b)	Slope ± SE	LC ₅₀ , mg/cm ² (95% CL ^b)	
Piperine	—	>500	—	>500	—
Pellitorine	1.8 ± 0.28	46.3 (33.3–61.8)	1.2 ± 0.23	54.9 (29.3–80.8)	1.2
Guineensine	1.5 ± 0.18	13.3 (9.1–18.2)	1.4 ± 0.17	14.9 (9.7–20.6)	1.1
Piperlide	0.9 ± 0.15	33.8 (19.2–53.1)	1.4 ± 0.16	25.2 (18.1–33.3)	0.7
Retrofractamide A	1.4 ± 0.19	20.3 (13.3–28.3)	1.4 ± 0.16	20.9 (14.4–28.3)	1.0

^a Application for 48 h.

^b CL denotes confidence limit.

^c Resistant ratio, LC₅₀ of wild JJ-PX larvae/LC₅₀ of susceptible KS-PX larvae.

다. 고찰

본 연구에 있어서, 라벤더 정유는 살충제 감수성 KS-PX와 피레스로이드제에 저항성인 JJ-PX 배추 좀나방 유충 모두에 양호한 독성을 나타내었다. 라벤더 정유의 살유충 화합물은 모노테르페노이드 화합물인 borneol, camphor, 1,8-cineole, *p*-cymene, linalool, linalool oxide, terpinen-4-ol 및 α -terpineol로 확인되었다. 시험화합물 중에서, linalool, linalool oxide,

(*-*)-terpinen-4-ol, (1*R*)-(+)-camphor 및 (1*S*)-(*-*)-camphor가 KS-PX와 JJ-PX 배추좀나방 유충 모두에 강한 독성을 나타내었음에도 불구하고, 이들 화합물들은 살충제 디클로르보스 보다 11배내지 16배 낮은 독성을 보였다. 또한, 라벤더 정유를 함유하는 6 g/L 분무는 배추좀나방 유충에 대해 100% 방제효과를 나타내었으며, 이 분무제형의 방제효과는 상용 살충제 에마 맥틴벤조에이트 21.5 g/L 유제의 방제효과에 필적하였다. 본 연구결과는 라벤더 정유 유래 물질들이 현재 피레스로이드제에 저항성을 보이는 배추좀나방 개체군에 대해서도 새롭고 효과적인 살유충 제품 개발을 위한 발판을 마련하였다는 것을 나타내고 있다. 배추좀나방 유충에 대한 식물성 살충제는 Morallo-Rejesus (1985) 및 Rattan과 Sharma (2011)에 의해 잘 정리되어 있으며, 이들 살충제는 기존 살충제의 대체제로서 제시되고 있다.

바이오살충제의 작용기구 및 저항성 메카니즘에 관한 연구는 합목적적인 살충제 개발과 앞으로의 저항성 관리를 위해 유용한 정보를 제공할 수 있다. 배추좀나방 방제를 위해 현재 사용되고 있는 살충제에 대한 주요 저항성 기구는, 피레스로이드계 살충제에 대한 소디움 채널 감수성을 저하시키거나 또는 유기인계 살충제와 카바메이트계 살충제에 대한 아세칠콜린에스테라제 감수성을 저하시키는 작용점 감수성 저하뿐 만 아니라, 피레스로이드계 살충제를 포함하는 다양한 살충제 그룹의 대사를 촉진시키는 것이다(Soderlund과 Knipple, 2003; Cheema 등, 2011). 현재 국내에서 사용되고 있는 많은 살충제들이 아마도 살충제 저항성 발달로 인하여 (Kwon 등, 2004) 배추좀나방 방제에 실패하고 있다. 새로운 작용기구를 가지며, 인축 및 천적에 저독성이고, 환경 위해성이 낮은 배추좀나방 방제 대체제품이 절실히 요구되고 있다. 이들 잠재적인 새로운 바이오살충제는 기존 살충제와 마찬가지로 온실에 처리할 수 있다. 일부 식물조성물들은 살충제 저항성 해충에 매우 효과적이어서(Morallo-Rejesus, 1985; Lindquist 등, 1990; Ahn 등, 1997; Koul 등, 2008), 이들 조성물들은 저항성 관리 전략이나 전술에 유용할 수 있다(Rattan과 Sharma, 2011). 예를 들면, 등골나물아재비(billygoat weed, *Ageratum conyzoides*), 삼봉(sambong, *Blumea balsamifera*), 세셀피니아(dwarf poinciana, *Caesalpinia pulcherrima*) 및 Indian borage (*Plectranthus amboinicus*) 일 유래 정유는 유기인계 말라치온(malathion)에 아주 높은 저항성을 보이는 배추좀나방 유충에 효과가 있는 것으로 보고되었다 (Morallo-Rejesus, 1985). 본 연구에 있어서, 이미 서술한 바 있는 라벤더 유래 14종 테르페노이드 화합물 및 후추 유래 4종 알칼로이드 화합물들은 KS-PX와 JJ-PX 배추좀나방 유충 모두에 동일한 독성을 보였으며, 이 결과는 이들 화합물들과 피레스로이드계 살충제들이 공통의 작용기구를 가지지 않거나 또는 교차저항성을 이끌어내지 않는다는 것을 암시하고 있다. 옥토파민 또는 감마아미노낙산 수용체가 각각 왕담배나방(Kostyukovsky 등, 2002) 및 초파리(Priestley 등, 2003)에 있어서 모노테르페노이드 화합물의 작용점 가능성이 제시되었을지라도, 본 연구에 있어서의 활성 화합물의 정확한 작용기구를 구명할 연구가 필요하다.

바이오살충제의 작용경로에 대한 연구는 앞으로의 상업화에 적용될 수 있는 가장 적합한 제형 및 수송수단에 관한 유용한 정보를 제공할 수 있기 때문에(Ahn 등, 2006; Isman, 2006), 해충방제를 위해 실제적인 면에서 중요하다. 정유의 휘발성분은 알칸, 알코올, 알데히드 및 테르페노이드(특히 모노테르페노이드 및 세스퀴테르페노이드)로 이루어져 있으며, 이들 휘발성분들은 주로 훈증제로서 작용하며 일부 접촉작용을 가지고 있다(Koul 등, 2008; Kim 등, 2011). 일부 정유 및 그 조성물의 훈증 + 접촉작용은 배추좀나방(Rattan과 Sharma, 2011; Yi 등, 2007), 담배가루이(*Bemisia tabaci*) (Kim 등, 2011) 및 온실가루이(*Trialeurodes vaporariorum*) (Choi 등, 2003)에서 보고되어 있다. 본 연구에 있어서, 침지법 및 훈증독성 생물검정법을 통해

밝혀진 라벤더 정유 및 15종 시험화합물의 이중 접촉-훈증작용은, 휘발성분들이 배추 좀나방 유충의 깊숙한 은신처에 쉽게 도달하여 좋은 방제효과를 나타낼 수 있기 때문에 실제적인 측면에서 매우 중요하다. 이 시스템은 적당한 자동방제기구나 디스펜서를 이용하여 휘발성분들에 대한 노출을 쉽게 조절할 수 있기 때문에, 많은 장점을 가지고 있다. 또한, Akhtar 등 (2012)은 정유의 화학적 복잡성이 양배추은무늬밤나방(*cabbage looper, Trichoplusia ni*) 유충의 섭식저해에 미치는 영향을 조사하여, 정유의 모든 기지 화합물을 함유하는 혼합물이 가장 강한 섭식저해제임을 보고한 바 있으며, 마이너 화합물들이 다양한 메카니즘을 통해 주요 화합물들의 효과를 증진시키는 협력제로서 작용한다는 것을 제시하였다. 따라서, 라벤더 정유의 다양한 조성물들의 상호작용에 의해 라벤더 정유의 배추 좀나방에 대한 살유충 활성 증진에 기여할 수 있다.

화분매개곤충이란 꿀벌·뒤영벌·나비류·꽃등에 등과 같이 식물의 꽃가루받이에 도움을 주어 수정율, 결실율 및 과실의 품질을 높이는 곤충을 말한다. 시설원예의 경우 대부분 수입 서양꿀벌이나 서양뒤영벌이 보급되고 있는데 2002년도 서양꿀벌은 주로 호주와 뉴질랜드에서 수입되고 있으며 액수로는 약 76만8천불로 우리 돈으로 약 9억원 정도였으며, 서양뒤영벌의 경우 네델란드의 나투벌이 약 50%, 벨지움의 슈퍼벌이 약 30% 차지하고 있는데 수입액은 약 12억원 정도로 추정되고 있다. 미국에서 농작물의 화분매개에 이용되고 있는 꿀벌의 역할에 대해서 1983년에 Levin이 열거한 자료에 따르면, 채소, 종자, 알팔파 목초에서 가축, 우유에 이르기까지 49 작목·종목을 합쳐 189억달러(23조원)의 생산에 기여하는 것으로 되어 있다. 이에 대해 직접 영봉산업에 의한 수익으로써 꿀과 밀랍의 생산고를 합친 숫자는 1.4억 달러에 불과하였다. 한편, 양봉가의 꿀벌 임대수입은 연간 5,000만 달러 정도로 추계되어 그 수익이 양봉산물의 직접수익 대비 135배에 달한다고 하였다. 또한 벌을 30여개의 주요 작물생산의 화분매개곤충으로 이용할 때 얻어지는 경제적인 효과는 200억달러(24조원)가 된다. 따라서 이들 화분매개 곤충들을 보호하는 것은 농업생산성 증대 및 식물자원 보존에 큰 기여를 한다고 볼 수 있다. 본 연구에 있어서, 계피 수피 정유를 포함한 10종 정유 시험제형의 꿀벌 일벌에 대한 독성은 0~5%로 매우 낮았으며, 이를 제형들의 뒤영벌에 대한 독성 역시 0~3%로 낮은 독성을 나타내어, 포장에서의 이용 가능성을 한층 높여 주고 있다.

식물 정유 유래 조제물은 선택독성을 나타내고, 비독성물질로 생분해되며, 비표적 생물에 해가 낫을 뿐만 아니라 환경 중에서 쉽게 분해되기 때문에(Rattan과 Sharma, 2011; Isman, 2006; Koul 등, 2008), 해충종합관리용 제품으로 개발할 수 있다. 불행하게도 대부분의 경우에 있어서, 포식성과 기생성 절지동물들은 식식성 절지동물보다 대부분의 기준 살충제에 더 감수성이기 때문에(Croft와 Brown, 1975), 이들 두 수단들은 항상 양립하는 것은 아니다. 살충제와 천적의 이용은 야외나 온실에서 해충종합관리의 필수 요소들이다. 그러나, 정유 유래 조제물들은 상대적으로 기생봉 및 포식성 천적에 해가 없어(Charleston 등, 2005; Isman, 2006; Miresmailli와 Isman, 2006), 생물적 방제와 병용할 수 있다. 예를 들면, 멀구슬나무(*syringa, Melia azedarach*) 잎의 수용성 추출물 및 님나무(neem, *Azadirachta indica*) 유래 시판 Neemix 4.5 제형은 실내에서 멀구슬나무 잎 수용성 추출물에 노출된 배추 좀나방으로부터 우화한 수컷 *C. plutellae*의 뒷다리 종아리마디가 현저하게 짧았으나, 배추 좀나방의 두 종 기생봉인 고치벌과의 일종 *Cotesia plutellae* 및 맵시벌과 일종 *Diadromus collaris*의 수명에는 영향을 미치지 않았다(Charleston 등, 2005). 온실의 경우, 무처리 대조구 식물보다 식물성 살충제로 처리된 식물에서 배추 좀나방이 현저하게 높은 비율로 *C. plutellae*에 기생당하나, *D. collaris*에

기생당한 배추좀나방의 비율에는 처리간에 현저한 차이는 없었다(Charleston 등, 2005). Yi 등 (2007) 14종 정유를 훈증생물검정법으로 처리하였을 때, 배추나비고치벌 성충이 배추좀나방 유충보다 이들 정유에 더 감수성이라는 것을 보고한 바 있다.

본 연구에 있어서, 모든 시험화합물 및 살충제 디클로르보스를 훈증독성 생물검정법으로 처리하였을 때, 배추나비고치벌 성충이 배추좀나방 유충보다 이들 개개 화합물에 더 감수성이었다. 이 결과는 배추좀나방 관리에 있어서 실제적인 의미를 내포하고 있다. 이들 결과들은 배추나비고치벌을 생물적 방제원으로서 이용할 의도라면, 라벤더 정유 및 그 조성물의 훈증독성에 의한 부작용을 최소화 하기 위하여 적절한 처리시기를 선택하여야 한다는 것을 나타내고 있다. 국내에 존재하는 484종 기생 고치벌 중에서(Anonymous, 1994), 배추나비고치벌은 배추좀나방의 가장 중요한 생물적 방제원의 하나로 알려져 있다(). Kao와 Tzeng (1992)은 각종 살충제가 배추나비고치벌의 독성에 미치는 영향을 조사하여, 올바른 살충제 선택과 적절한 처리시기가 배추좀나방 방제를 위한 유용한 수단임을 제시한 바 있다. 또한, 배추좀나방과 배추나비고치벌의 시험화합물에 대한 감수성 차이는 투과성, 해독분해효소의 활성 및 작용점에서의 독성 장애에 대한 상대적 감수성과 같은 생리적 또는 생화학적 특성 중 하나 또는 그 이상의 특성 차이에 기인할 수 있다(Terriere, 1984; Graham-Bryce, 1987).

결론적으로, 이미 기술한 바와 같은 14종 활성 테르페노이드 화합물을 함유하는 라벤더 정유 유래 제품들은, 이들 활성물질을 서서히 방출시킬 수 있는 담체가 선발되거나 개발된다면, 배추좀나방, 특히 피레스로이드계 살충제 저항성 배추좀나방 유충에 대한 활성으로 인하여, 방제에 있어서 접촉독성을 구비한 훈증제로서 이용할 수 있다. 라벤더 정유가 방향 요법, 의약용 살균소독 연고, 화장품 및 향수뿐 만 아니라 대부분의 식품 및 주류와 청량음료 분야에 있어서 방향제 또는 풍미제로서 이용되고 있으나(Lawless, 2002), 라벤더 정유 제품을 새로운 훈증제로서 실용화하기 위해서는 인간에 대한 안전성 문제에 대한 연구가 필요하다. 또한, 이들 라벤더 정유 제품을 십자화과 작물에 처리하였을 때 발생할 수 있는 질적 변화(예를 들면, 색·풍미·향·구조) 그리고 이들 제품들의 작물에로의 잔류, 천적을 포함한 비표적 생물 및 환경에 미치는 영향을 조사할 필요가 있다. 마지막으로, 최종 상업적 개발을 위해 라벤더 정유의 살충력과 안정성을 개선하는 방법을 찾기 위해서 보다 상세한 연구가 필요하다.

3. 식물 정유의 복승아흑진딧물에 대한 훈증독성

가. 재료 및 방법

(1) 재료

본 시험에서 이용한 59종 및 29종 식물정유를 각각 Berjé (Bloomfield, NJ)와 Jin-Ah Aromatics(안양, 경기)에서 구입하였다(**표 3.13**). 델타메트린(deltamethrin, 순도 99.0%)과 디클로르보스(dichlorvos, 순도 98.4%)는 농촌진흥청 국립농업과학원에서 분양받았다. Triton X-100은 Coseal(서울)에서 구입하였다. 본 연구에 사용한 기타 모든 화합물들은 특급을 사용하였다.

Table 3.13. List of 88 plant essential oils tested for insecticidal activity

Essential oil	Source plant	Essential oil	Source plant
Almond, sweet ^a	<i>Prunus dulcis</i>	Lemon 10 Fold ^b	<i>Citrus limonum</i>
Amyris ^a	<i>Amyris balsamifera</i>	Lemongrass ^b	<i>Cymbopogon citratus</i>
Angelica root ^a	<i>Angelica archangelica</i>	Lime Dis 5 Fold ^b	<i>Citrus aurantifolia</i>
Aniseed ^a	<i>Pimpinella anisum</i>	Litsea cubeba ^a	<i>Litsea cubeba</i>
Armoise ^a	<i>Artemesia vulgaris</i>	Mace ^a	<i>Myristica fragrans</i>
Basil ^a	<i>Ocimum basilicum</i>	Mandarin ^b	<i>Citrus reticulata</i>
Bay leaf ^b	<i>Pimenta racemosa</i>	Marjoram ^a	<i>Origanum marjorana</i>
Bergamot ^b	<i>Citrus bergamia</i>	Melissa ^a	<i>Melissa officinalis</i>
Buchu leaf ^a	<i>Agothosma betulina</i>	Myrrh ^a	<i>Commiphora myrrha</i>
Cade ^b	<i>Juniperus oxycedrus</i>	Myrtle ^b	<i>Myrtus communis</i>
Calamus ^a	<i>Acorus calamus</i> var. <i>angustatus</i>	Neroli ^a	<i>Citrus aurantium</i> var. <i>amara</i>
Cananga ^a	<i>Cananga odorata</i>	Niaouli ^a	<i>Melaleuca viridiiflora</i>
Caraway seed ^a	<i>Carum carvi</i>	Nutmeg ^b	<i>Myristica fragrans</i>
Carrot seed ^a	<i>Daucus carota</i>	Orange, bitter ^b	<i>Citrus aurantium</i> var. <i>amara</i>
Cascarilla bark ^a	<i>Croton eluteria</i>	Orange, sweet ^b	<i>Citrus x sinensis</i>
Cedarleaf ^a	<i>Thuja occidentalis</i>	Origanum ^a	<i>Origanum vulgare</i>
Cedarwood, Chinese ^a	<i>Cupressus funebris</i>	Palmarosa ^b	<i>Cymbopogon martini</i>
Cedarwood, Texas ^a	<i>Juniperus ashei</i>	Parsley herb ^a	<i>Petroselinum sativum</i>
Cedarwood, Virginia ^a	<i>Juniperus virginiana</i>	Parsley seed ^a	<i>Petroselinum sativum</i>
Celery seed ^a	<i>Apium graveolens</i>	Patchouly ^b	<i>Pogostemon cablin</i>
Chamomile, Roman ^b	<i>Anthemis nobilis</i>	Pennyroyal ^a	<i>Mentha pulegium</i>
Cinnamon bark ^a	<i>Cinnamomum verum</i>	Pepper, black ^b	<i>Piper nigrum</i>
Citronella, Java ^a	<i>Cymbopogon winterianus</i>	Peppermint ^a	<i>Mentha piperita</i>
Clove bud ^a	<i>Syzygium aromaticum</i>	Pimento berry ^a	<i>Pimenta dioica</i>
Clove leaf ^a	<i>Syzygium aromaticum</i>	Pine needle ^a	<i>Pinus sylvestris</i>
Coriander seed ^a	<i>Coriandrum sativum</i>	Rosemary ^a	<i>Rosmarinus officinalis</i>
Cypress ^a	<i>Cupressus sempervirens</i>	Rosewood ^a	<i>Aniba rosaedora</i>
Davana ^a	<i>Artemisia pallens</i>	Sage, clary ^b	<i>Salvia sclarea</i>
Dillweed ^a	<i>Anethum graveolens</i>	Sage, common ^b	<i>Salvia officinalis</i>
Eucalyptus ^a	<i>Eucalyptus globulus</i>	Sandalwood ^b	<i>Santalum album</i>
Eualyptus, lemon ^b	<i>Corymbia citriodora</i>	Sassafras ^a	<i>Sassafras albidum</i>

Fir needle ^b	<i>Abies alba</i>	Savory, summer ^a	<i>Satureja hortensis</i>
Frankincense ^b	<i>Boswellia carteri</i>	Spearmint ^a	<i>Mentha spicata</i>
Galbanum ^a	<i>Ferula galbaniflua</i>	Tagetes ^b	<i>Tagetes minuta</i>
Geranium ^a	<i>Pelargonium graveolens</i>	Tarragon ^a	<i>Artemisia dracunculus</i>
Ginger root ^b	<i>Zinger officinale</i>	Tea tree ^a	<i>Melaleuca alternifolia</i>
Grapefruit ^b	<i>Citrus x paradisi</i>	Thyme, red ^a	<i>Thymus vulgaris</i>
Guaiac wood ^a	<i>Bulnesia sarmienti</i>	Thyme, white ^a	<i>Thymus vulgaris</i>
Helichrysum ^a	<i>Helichrysum italicum</i>	Valerian ^a	<i>Valeriana fauriei</i>
Howood ^a	<i>Cinnamomum camphora</i>	Vetiver, Haiti ^b	<i>Vetiveria zizanoides</i>
Hyssop ^a	<i>Hyssopus officinalis</i>	Wintergreen ^a	<i>Gaultheria procumbens</i>
Juniper berry ^b	<i>Juniperus communis</i>	Wormwood ^b	<i>Artemisia absinthium</i>
Lavandin ^a	<i>Lavendula x intermedia</i>	Yarrow ^a	<i>Achillea millefolium</i>
Lavender, true ^b	<i>Lavandula angustifolia</i>	Ylang Ylang ^b	<i>Cananga odorata</i> var. <i>genuina</i>

^a Essential oils purchased from Berjé (Bloomfield, NJ).

^b Essential oils purchased from Jin-Ah Aromatics (Anyang, Gyeonggi, South Korea).

(2) 진딧물

복숭아혹진딧물 및 목화진딧물은 농촌진흥청 국립농업과학원에서 살충제 도태 없이 누대 사육한 계통을 분양받았으며, 상호간 오염을 방지하기 위하여 별도의 사육실에서 유지하였다. 복숭아혹진딧물은 아크릴 케이지(40 × 40 × 55 cm)에서 배추(*Brassica campestris* subsp. *napus*)를 이용하여 25 ± 1°C, 상대습도 50~60%, 16:8 (명:암) 시간 조건 하에서 사육하였으며, 목화진딧물은 오이(*Cucumis sativus* L.)를 이용하여 같은 조건 하에서 사육하였다. 복숭아혹진딧물 및 목화진딧물의 천적인 콜레마니진디벌(상품명, 아피파), 복숭아혹진디벌(상품명, 아피파 M)은 코퍼트코리아(Coppert Korea)에서 구입하여, 실험실에서 2일간 적응시킨 후 실험에 사용하였다.

(3) 가스크로마토그라피

라벤더 정유 조성물의 분리 및 탐지를 위하여, 분활주입기 및 불꽃이온화검출기(flame ionization detection system)가 장착된 Agilent 7890A 가스크로마토그라프(Agilent, Wilmington, DE)를 이용하였다. 조성물은 Agilent 30 m × 0.25 mm(안지름) (df = 0.25 μm) DB-5MS 모세관 컬럼(Agilent, Folsom, CA)을 이용하여 분리하였다. 오븐 온도는 50°C에서 5분간 유지하였고, 분당 4°C로 하여 280°C로 설정하여 최종온도에서 10분간 유지하였다. 질소 가스를 분당 1.0 mL 유속으로 하였으며, 분활비는 1:50 이었다. 화학 조성물은 표준품과 함께 주사하여 확인하였다.

가스크로마토그래피-질량분석법 분석은 Clarus 680T 가스크로마토그라프-질량분석계 (PerkinElmer, Fort Belvoir, VA)를 이용하여 수행하였다. Agilent 30 m × 0.25 mm(안지름)

($df = 0.5 \mu\text{m}$) DB-5MS 모세관 컬럼(Folsom, CA)을 이용하였다. 오븐 온도는 60°C에서 1분간 유지하였으며, 분당 1.5°C로 하여 185°C에서 1분간 유지한 후, 분당 9°C로 하여 275°C로 설정하였고, 최종 온도에서 2분간 유지하였다. 헬륨 가스는 분당 1.0 mL의 유속으로 하였다. 이 온원 온도는 250°C 이었으며, 질량스펙트럼은 70 eV에서 EI-scan mode를 이용하여 얻었다. 화학 조성물은 각 피크의 질량스펙트럼과 표준품의 그것과 비교함으로서 질량스펙트럼 라이브러리(Anonymous, 2008)에서 동정하였다.

(4) 시험분무제형

유효제형을 선발하기 위하여 Bitter orange, Marjoram 및 Cypress 정유를 함유하는 4종 시험분무제형을 조제하였다(**표 3.14**). 각각의 분무제형(50 mL)은 정유(5, 10, 20 및 30 g/L), 계면활성제(polyoxyethylene + polyoxypropylene (9:1) styrenated phenyl ether), 에탄올 및 증류수를 펌프노즐이 장착된 60 mL 폴리에칠렌 용기에 넣어 실험에 이용하였다.

Table 3.14. Four experimental spray formulations containing Bitter orange, Marjoram, and Cypress essential oils

Spray formulation ^a	% content			
	Essential oil	Surfactant ^b	Ethanol	DW ^c
EO-5 ^a	0.5	2	5	92.5
EO-10 ^a	1	2	5	92
EO-20 ^a	2	2	5	91
EO-30 ^a	3	2	5	90

^a Bitter orange, Marjoram, and Cypress essential oil (EO) 5, 10, 20, and 30 g/L.

^b Polyoxyethylene + polyoxypropylene (9:1) styrenated phenyl ether.

^c Distilled water.

(5) 접촉-훈증 생물검정

88종 시험정유들의 복숭아혹진딧물 및 목화진딧물 무시성충에 대한 살충활성을 훈증독성 생물검정법으로 평가하였다(Kim 등, 2011). 간략하면, 염화폴리비닐용기(624 mL)의 바닥에 놓여 있는 물을 흡수시킨 카튼 패드에 온실에서 재배한 무처리 배추 잎 절편(지름 4.5 cm)을 놓은 후, 시험진딧물 무시성충 30 마리씩(우화 후 2~4일 경과)을 가는 붓을 이용하여 접종한 후, 각각의 용기 윗 부분을 거즈로 덮어 주었다. 예비실험 결과에 따라, 20 μL 에탄올에 녹인 각 시험정유 50 mg을 Whatman no. 2 여지(지름 4.25 cm)에 처리하였으며, 이 약량은 이론적으로 약 0.115 mg/cm²에 해당하였다. 2분간 후드에서 건조시킨 후, 정유와 진딧물 성충이 접촉하지 않도록 각각의 처리 여지를 거즈 위에 올려놓았다. 각 용기는 원래의 뚜껑으로 덮은 후, 휘발하지 않도록 Parafilm M으로 밀봉하였다. 80% 이상의 사충율을 보이는 정유들은 반수치사농도를 구하였다. 예비실험의 결과에 따라, 20 μL 에탄올에 녹인 각 시험정유 4~5 농도 범위로

처리한 지름 4.5 cm Whatman no. 2 여지에서 조사하였다. 디클로르보스를 양성대조구로 하여 동일하게 조제하였으며, 음성대조구는 20 μL 에탄올만을 처리하였다.

처리 및 무처리 대조구 진딧물 무시성충들은 앞에서 언급한 사육조건 하에 방치하였으며, 처리 24시간 후에 살충 여부를 조사하였다. 무시성충을 나무젓가락으로 건드렸을 때 몸의 움직임이 없으면, 죽은 것으로 간주하였다. 모든 처리는 반복당 복숭아혹진딧물 또는 목화진딧물을 무시성충 30 마리씩으로 하여 3 반복으로 수행하였다.

(6) 케이지검정

Bitter orange, Marjoram 또는 Cypress 정유를 포함한 4종 시험분무제형(5, 10, 20 및 30 g/L)의 복숭아혹진딧물과 목화진딧물을 무시성충에 대한 효과를 분무법을 이용하여 평가하였다. 복숭아혹진딧물 성충의 경우, 아크릴 케이지($50 \times 50 \times 50$ m) 내에 배추가 심어져 있는 1개 플라스틱 용기(지름 9.5 cm × 높이 4 cm)에 있는 배추 잎 위 10 cm 높이에서 각 시험용액을 연속 2회 분무하였다. 목화진딧물 성충의 경우, 오이가 심어져 있는 1개 플라스틱 용기에 있는 오이 잎 위 10 cm 높이에서 앞에서 언급한 바와 같이 각 시험용액을 분무하였다. 후드에서 5분간 건조시킨 후, 복숭아혹진딧물과 목화진딧물을 무시성충 40 마리씩을 각각 접종하였다. 디노테퓨란(dinotefuran) 10% 수화제 및 람다사이할로트린(lambda-cyhalothrin) 1% 유제가 진딧물류 방제에 등록되어 있어 양성대조구로 하였으며, 음성대조구는 에탄올-polyoxyethylene + polyoxypropylene (9:1) styrenated phenyl ether 용액 및 증류수로 하였다. 사충율은 앞 (4) 항에서 언급한 바에 따라 조사하였다. 실험은 진딧물 40 마리씩으로 하여 3 반복으로 실시하였으며, 결과는 평균 ± 평균오차로 표시하였다.

별도의 실험에서, 상기 3종 정유를 포함한 2종 시험분무제형(20 및 30 g/L)이 복숭아혹진딧물, 목화진딧물 그리고 이를 진딧물의 천적인 콜레마니진디벌 및 복숭아혹진디벌에 미치는 영향을 분무법을 이용하여 평가하였다. 위에서 언급한 바대로 시험제형을 처리하고 나서, 후드에서 5분 동안 건조시킨 후, 복숭아혹진딧물과 목화진딧물을 무시성충 각 40 마리씩을 각각 식물체에 접종하였으며, 이어 콜레마니진디벌 및 복숭아혹진디벌 각 40 마리씩을 케이지 내에 넣어주었다. 모든 실험은 3 반복으로 실시하였으며, 결과는 평균 ± 평균오차로 표시하였다.

(7) 자료분석

대조구에서 사충율을 보이는 경우, Abbott (1925) 식을 이용하여 보정사충율을 구하였다. 사충율(%)은 분산분석을 위하여 arcsine square root 값으로 변환하였다. Bonferroni multiple-comparison method를 이용하여 시험분무제형 처리군의 독성 차이에 대한 유의성을 검증하였다(SAS Institute, 2004). Student's *t*-test를 이용하여 시험분무제형의 배추좀나방 KS-PX 유충과 배추나비고치벌 성충에 대한 독성 차이의 유의성을 검증하였다(SAS Institute, 2004). 결과는 평균 ± 표준오차로 표시하였다. 살충활성은 Yi 등 (2006)의 방법에 따라, 사충율이 80% 이상이면 강함(strong), 80~61% 이면 중간(moderate), 60~40% 이면 약(weak) 그리고 40% 미만이면 활성 없음(little or no activity)으로 평가하였다. 농도-사충 자료는 Probit 분석을 이용하여 반수치사농도(LC₅₀)를 구하였으며(SAS Institute, 2004), 각 처리간 LC₅₀ 값이 95% 신뢰구간에서 겹치지 않을 경우 유의성이 있는 것으로 간주하였다.

나. 결과

(1) 시험정유의 화학조성

복숭아혹진딧물 성충에 대하여 강한 활성을 보인 bitter orange 정유는 가스크로마토그래프와 질량분석기로 분석하였을 때, 1종 주요 화합물(>3%) 및 25종 소수 화합물로 구성되었다(그림 3.19). Bitter orange 정유의 주성분은 리모넨(limonene) 이었으며(93%), β -pinene과 β -myrcene이 각각 1.2%를 차지하였다(표 3.15).

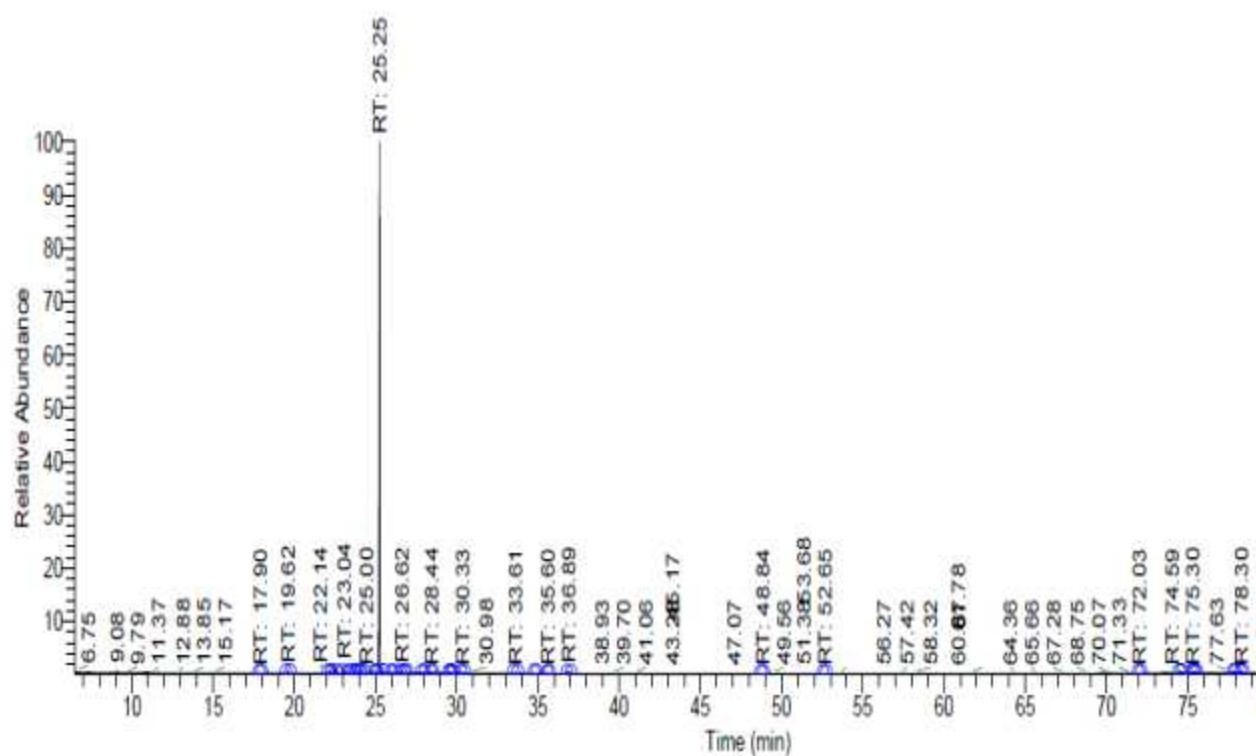


Fig. 3.19. Gas chromatography-mass spectrometry data of bitter orange oil.

Armois 외 7종 정유를 가스크로마토그래프와 질량분석기로 분석하였다. Armois 정유는 α -thujone과 camphor가(그림 3.20), Basil 정유는 linalool (28.87, 11.3%)과 p -allyl anisole \circ (그림 3.21), Cedarleaf 정유는 α -thujone \circ (그림 3.22), Coriander 정유는 α -pinene과 γ -terpinene 및 linalool \circ (그림 3.23), Howood 정유는 linalool \circ (그림 3.24), Myrtle 정유는 α -pinene과 1,8-cineole \circ (그림 3.25), Peppermint 정유는 menthol \circ (그림 3.26), Dalmatin Sage 정유는 α -thujone과 camphor(그림 3.27)가 주성분 이었다. 이들 정유의 주요 성분 및 함량을 표 3.16에 나타내었다.

Table 3.15. Chemical composition of bitter orange oil

Peak Number	Compound	RT ^a (min)	% area	Identification	
				CI ^b	MS ^c

1	Unknown	17.90	0.05		
2	α -Pinene	19.62	0.65	O ^d	O
3	Sabinene	22.14	0.35		
4	β -Pinene	22.46	1.20	O	O
5	β -Myrcene	23.04	1.20	O	O
6	Decane	23.64	0.46	O	O
7	Unknown	23.94	0.07		
8	Unknown	24.17	0.08		
9	<i>o</i> -Cymene	25.00	0.18	O	O
10	Limonene	25.25	93.05	O	O
11	Unknown	26.02	0.16		
12	γ -terpinene	26.62	0.41	O	O
13	Unknown	26.87	0.06		
14	Unknown	27.89	0.05		
15	Linalool	28.44	0.19	O	O
16	Unknown	29.62	0.06		
17	Unknown	29.68	0.06		
18	Unknown	30.33	0.13		
19	Unknown	33.61	0.12		
20	Unknown	34.81	0.05		
21	Unknown	35.60	0.05		
22	Linalyl acetate	36.89	0.70	O	O
23	Unknown	48.84	0.06		
24	Unknown	52.65	0.07		
25	Unknown	72.03	0.06		
26	Unknown	74.59	0.09		

^a Retention time.^b Coinjection with authentic samples.^c Mass spectrometry.^d Identified by coinjection or mass spectrometry.

* Major constituent (>3%).

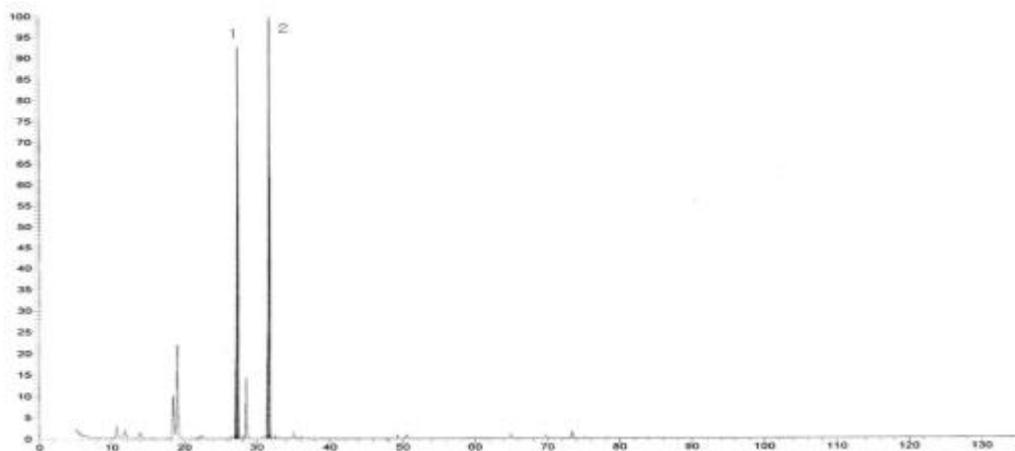


Fig. 3.20. Gas chromatogram of Armois essential oil.

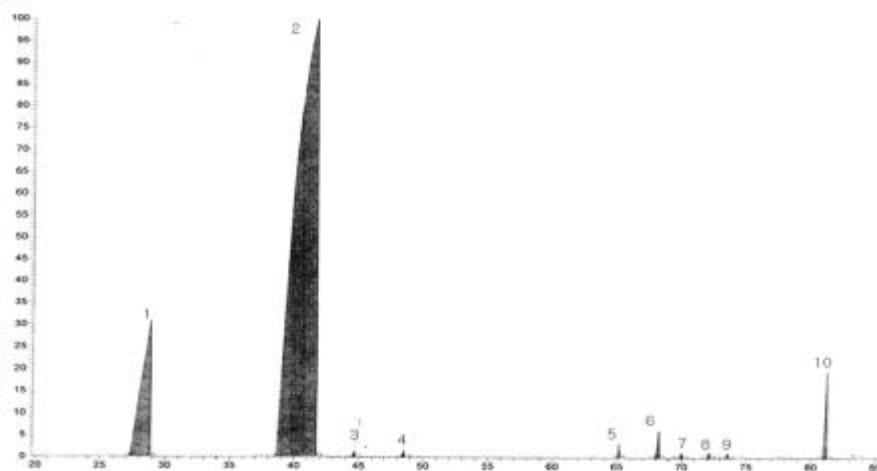


Fig. 3.21. Gas chromatogram of Basil essential oil.

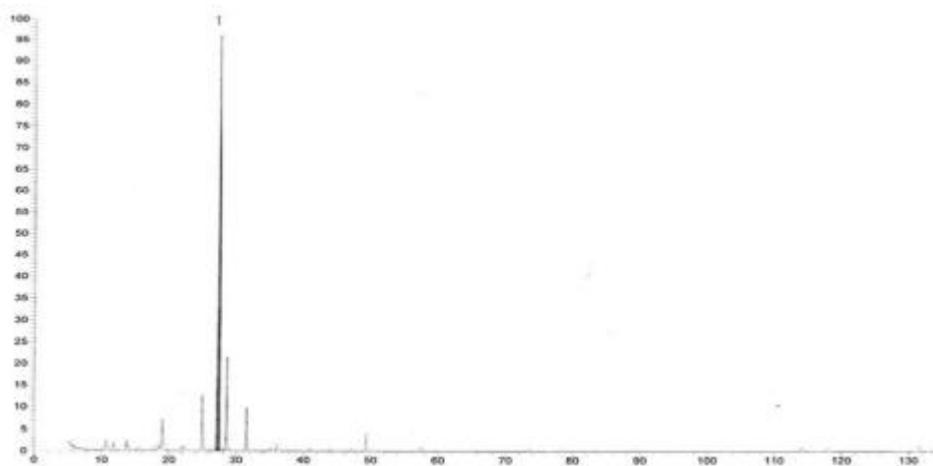


Fig. 3.22. Gas chromatogram of Cedarleaf essential oil.

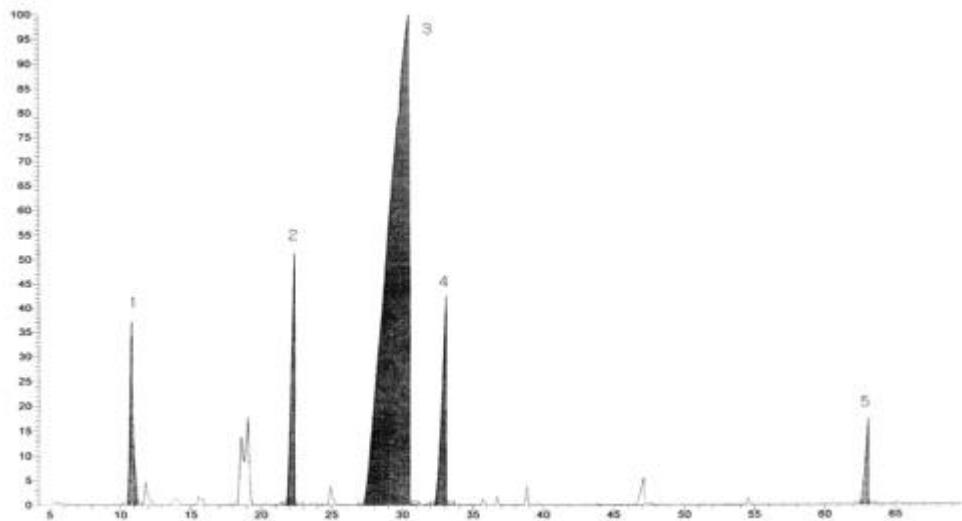


Fig. 3.23. Gas chromatogram of Coriander essential oil.

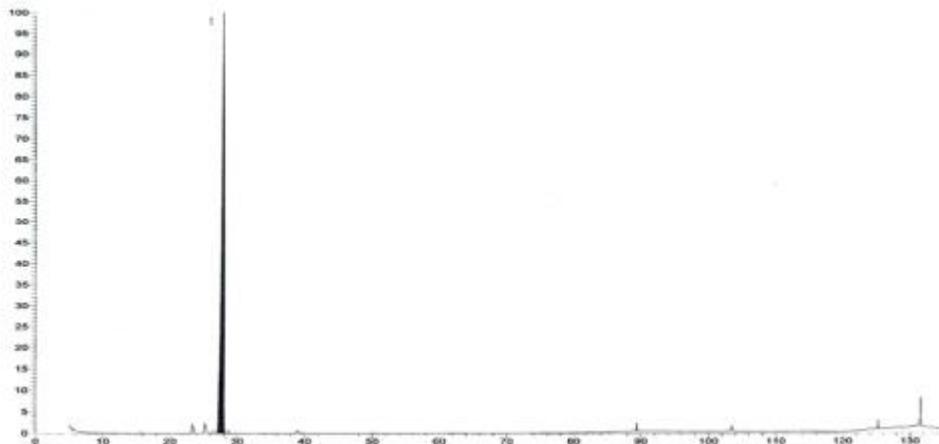


Fig. 3.24. Gas chromatogram of Howood essential oil.

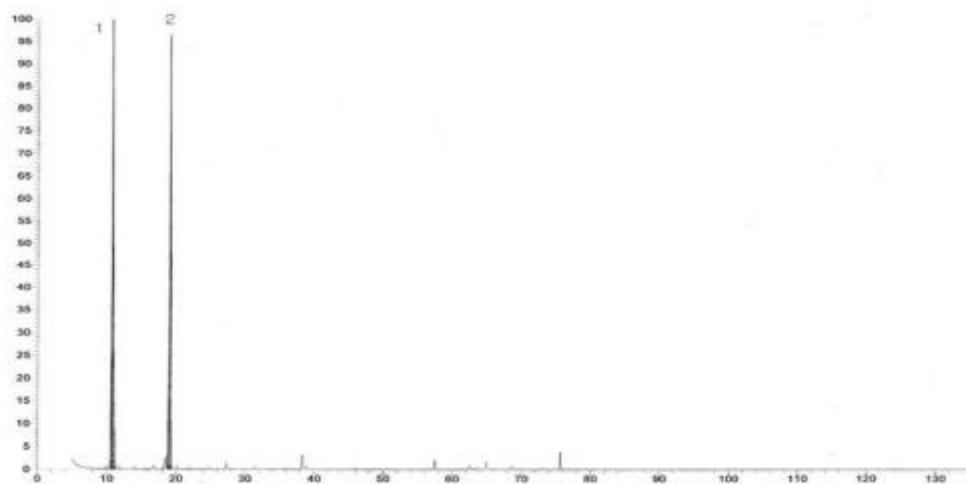


Fig. 3.25. Gas chromatogram of Myrtle essential oil.

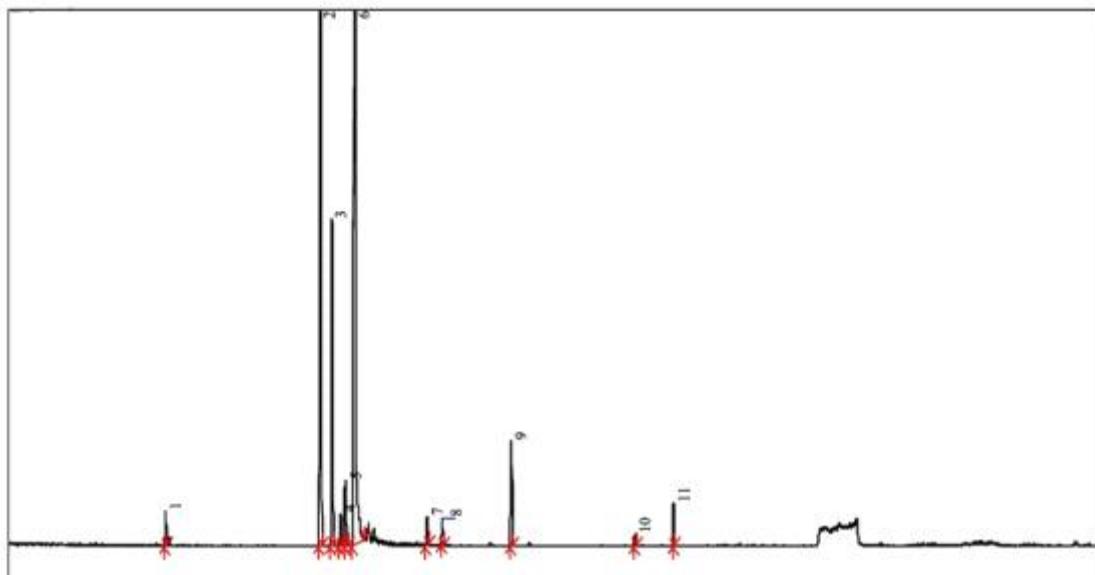


Fig. 3.26. Gas chromatogram of Peppermint essential oil.

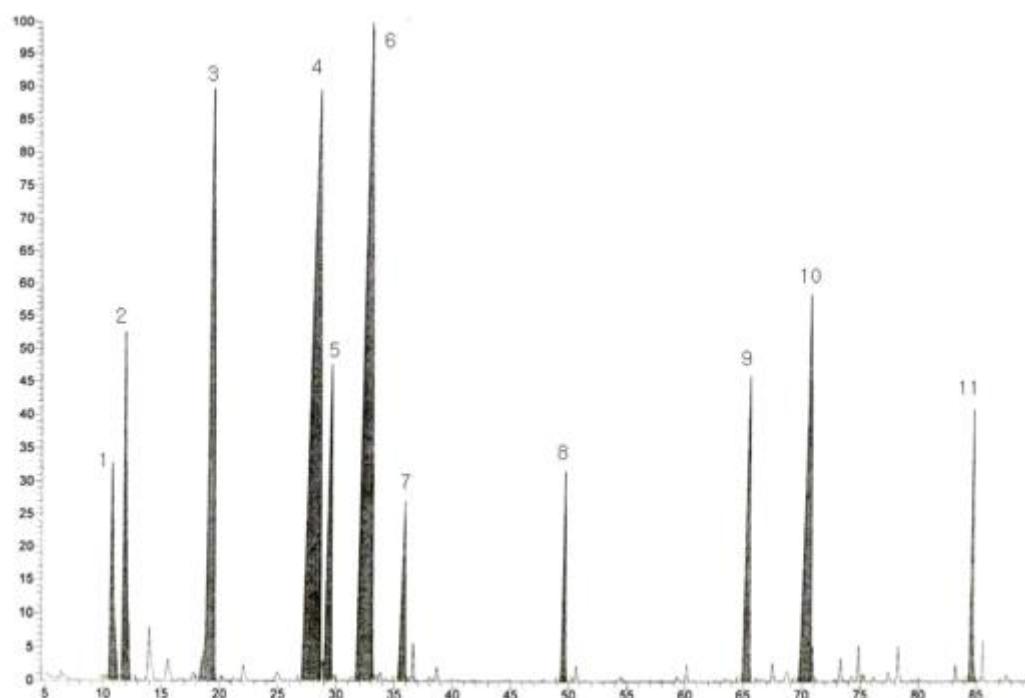


Fig. 3.27. Gas chromatogram of Sage (Dalmatin) essential oil.

Table 3.16. Chemical composition of eight essential oils

Essential oil ^a	Major constituents* [Retention time (min), % area]
Armois	α -Thujone (27.46, 48.4%), Camphor (31.83, 51.6%)

Basil	Linalool (28.87, 11.3%), <i>p</i> -Allyl anisole (41.69, 85.9%)
Cedarleaf	α -Thujone (27.53, 80%)
Coriander	α -Pinene (10.79, 4.9%), γ -Terpinene (22.35, 6.8%), Linalool (30.50, 79.1%)
Howood	Linalool (27.99 95%)
Myrtle	α -Pinene (10.74, 53.2%), 1,8-Cineole (19.14, 46.8%)
Peppermint	Menthol (40.13, 46.7%)
Sage, Dalmatin	α -Thujone (28.65, 25.1%), Camphor (33.08, 25.3%)

* Major constituent (>3%).

(2) 살유충작용의 경로

6종 정유의 복숭아혹진딧물 무시성충에 대한 사망이 접촉 또는 훈증 작용에 의한 것인지 를 조사하기 위하여, 앞에서 언급한 바와 같이 폐쇄 및 개방 용기 처리법으로 조사하였다(표 3.17). Celery seed은 0.115 mg/cm³ 농도로 24시간 노출시킨 결과, 폐쇄용기검정에서는 100% 사충율을 보였으나, 개방용기검정에서는 7%의 사충율을 보여, 두 처리 간에 현저한 사충율의 차이($P < 0.0001$)를 나타내었다. 나머지 5종 정유의 복숭아혹진딧물 성충에 대해서도 비슷한 결과를 나타내었다.

Table 3.17. Fumigant toxicity of nine selected essential oils to adult *Myzus persicae* using a vapor-phase mortality bioassay, exposed to 0.115 mg/cm³ for 24 h

Essential oil	Mortality (%) (\pm SE)		<i>P</i> -value ^a
	Vapor in closed container	Vapor in open container	
Celery seed	100	7 \pm 1.6	<0.0001
Howood	81 \pm 1.8	0	<0.0001
Marjoram	99 \pm 1.3	3 \pm 1.3	<0.0001
Myrtle	85 \pm 1.6	2 \pm 1.1	<0.0001
Orange, bitter	100	2 \pm 1.1	<0.0001
Pepper, black	87 \pm 4.5	5 \pm 0.7	<0.0001

^a According to Student's *t*-test.

6종 정유의 감수성 목화진딧물 성충에 대한 살충메카니즘을 조사하기 위하여 개방 및 폐쇄 시스템에서의 살충작용을 조사하여 표 3.18에 나타내었다. Celery seed 정유는 폐쇄 시스템에서는 목화진딧물 성충에 대해 100%의 사충율을 나타내었으나, 개방 시스템에서는 7%의 사충율을 보여, 사충율에 현저한 차이($P < 0.0001$)를 나타내었다. Howood, Marjoram, Myrtle,

Sweet orange 및 Black pepper 정유의 경우에도 Celery seed 정유와 비슷한 결과를 얻었다. 이들 결과는 실험 정유들의 살충작용은 접촉작용보다는 주로 훈증작용에 의한 것임을 나타내고 있다.

Table 3.18. Fumigant toxicity of six selected essential oils to adult *Aphis gossypii* using a vapor-phase mortality bioassay, exposed to 0.115 mg/cm³ for 24 h

Essential oil	Mortality (%) (\pm SE)		<i>P</i> -value ^a
	Vapor in closed container	Vapor in open container	
Celery seed	100	7 \pm 1.6	<0.0001
Howood	92 \pm 1.6	5 \pm 1.3	<0.0001
Marjoram	100	5 \pm 1.1	<0.0001
Myrtle	89 \pm 1.6	3 \pm 0.9	<0.0001
Orange, bitter	100	2 \pm 1.1	<0.0001
Pepper, black	100	5 \pm 1.2	<0.0001

^a According to Student's *t*-test.

(3) 시험정유의 훈증독성

앞에서 언급한 바와 같이 시험정유들이 훈증독성을 나타내었기 때문에, 시험정유 88종의 복숭아혹진딧물 무시성충에 대한 살충활성을 훈증독성 생물검정법으로 조사하였다(표 3.19). 반응은 시험정유에 따라 달리 나타났다. 시험정유 0.115 mg/cm³ 농도에서, Bitter orange, Sweet orange, Cypress, Celery seed, Thyme red, Marjoram, Howood, Myrtle 및 Black pepper 정유 등 9종이 강한 살충활성(100~81% 사충율)을 나타내었다. 5종 정유와 13종 정유에서 각각 약한 살충활성(41~59% 사충율) 및 중간 살충활성(61~68% 사충율)을 보였다. 나머지 67종 정유들은 활성을 거의 보이지 않았다(<40% 사충율). 에탄올-Triton X-100 용액 처리 대조구에서의 사충율은 2% 미만 이었다.

Table 3.19. Lethality of 27 essential oils against adult *Myzus persicae* using a vapor-phase mortality bioassay, exposed to 0.115 mg/cm³ for 24h

Essential oil ^a	Mortality (%) (\pm SE)	Essential oil ^a	Mortality (%) (\pm SE)
Orange, bitter	100 a	Rosewood	59 \pm 4.9 ghijk
Orange, sweet	100 a	Eucalyptus	56 \pm 5.0 ghijkl
Cypress	97 \pm 3.4 ab	Oregano	51 \pm 6.7 ghijkl
Celery seed	96 \pm 2.3 bc	Cascarilla bark	50 \pm 4.4 ghijkl
Thyme, red	94 \pm 5.8 bc	Coriander	49 \pm 5.3 ijk

Marjoram	90 ± 6.1 bcd	Grapefruit	48 ± 2.0 ijkl
Howood	89 ± 5.3 cd	Sage, clary	48 ± 1.3 ijkl
Myrtle	82 ± 5.0 de	Niaouli	45 ± 4.9 ijkl
Pepper, black	81 ± 3.9 def	Almond, sweet	44 ± 6.2 ijkl
Lavender	68 ± 0.7 efg	Cananga	43 ± 5.5 jkl
Yarrow	64 ± 5.7 fgh	Lavandin	43 ± 4.5 jkl
Fir needle, wild	61 ± 5.0 fgh	Angelica root	42 ± 5.6 kl
Eucalyptus, lemon	61 ± 3.7 ghi	Neroli	41 ± 1.5 l
Armoise	61 ± 0.9 ghi		

Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($P = 0.05$, Bonferroni multiple-comparison [SAS Institute 2004]).

^a Essential oils exerting ≥40% mortality are presented. The other 61 essential oils exhibited <40% mortality.

(4) 시험정유의 진딧물 성충에 대한 훈증독성

시험정유 88종 중에서 우수한 활성을 보인 9종 정유의 복숭아후진딧물 성충에 대한 훈증독성을 평가한 결과(표 3.20), Bitter orange 정유(LC_{50} , 0.0212 mg/cm³)가 가장 높은 활성을 보였으며, 다음으로 Marjoram 정유(LC_{50} , 0.0239 mg/cm³)가 활성이 높았다. 이들 정유들은 대조약제인 디클로르보스 보다 11.2배 및 12.6배 낮은 독성을 나타내었다. Celery seed 정유(LC_{50} , 0.0430 mg/cm³)와 Cypress 정유(0.0508 mg/cm³) 역시 강한 살충활성을 보였다. Thyme red, Black pepper, Howood와 Myrtle 정유의 LC_{50} 은 0.0646~0.0705 mg/cm³ 이었으며, Sweet orange 정유의 독성이 가장 낮았다.

Table 3.20. Fumigant toxicity of selected nine test essential oils and dichlorvos to insecticide-susceptible *Myzus persicae* adults using a vapor-phase mortality bioassay during a 24 h exposure

Essential oil ^a	Slope \pm SE	LC ₅₀ , mg/cm ³	95% CL ^b
Orange bitter	2.9 \pm 0.34	0.0212	0.0184–0.0248
Marjoram	2.6 \pm 0.25	0.0239	0.0197–0.0282
Celery seed	3.1 \pm 0.32	0.0430	0.0372–0.0490
Cypress	3.1 \pm 0.37	0.0508	0.0448–0.0572
Thyme red	5.0 \pm 0.55	0.0646	0.0598–0.0702
Pepper black	3.8 \pm 0.39	0.0647	0.0579–0.0723
Howood	3.1 \pm 0.38	0.0661	0.0578–0.0769
Myrtle	4.5 \pm 0.68	0.0705	0.0645–0.0766
Orange sweet	3.5 \pm 0.71	0.0840	0.0745–0.0939
Dichlorvos	3.3 \pm 0.43	0.0019	0.0017–0.0021

^a Essential oils exerting >80% mortality at 0.115 mg/cm³.

^b CL denotes confidential limit.

9종 정유의 목화진딧물 성충에 대한 훈증독성을 평가한 결과(표 3.21), Bitter orange 정유(LC₅₀, 0.0192 mg/cm³)가 가장 높은 활성을 보였으며, 다음으로 Marjoram 정유(LC₅₀, 0.0209 mg/cm³)가 활성이 높았다. 이들 정유들은 대조약제인 디클로르보스 보다 54.9배 및 59.7배 낮은 독성을 나타내었다. Cypress 정유(LC₅₀, 0.0499 mg/cm³), Celery seed 정유(LC₅₀, 0.0542 mg/cm³), Thyme red 정유(LC₅₀, 0.0548 mg/cm³) 및 Myrtle 정유(LC₅₀, 0.0555 mg/cm³) 역시 강한 살충활성을 보였다. Black pepper와 Howood 정유의 LC₅₀은 각각 0.0606 mg/cm³과 0.0630 mg/cm³ 이었으며, Sweet orange 정유의 독성이 가장 낮았다.

(5) 시험정유 화합물의 진딧물 성충에 대한 훈증독성

우수한 활성을 보인 9종 정유 18종 조성물의 복승아혹진딧물 성충에 대한 훈증독성을 평가한 결과(표 3.22), (\pm)-camphor가 가장 강한 살충활성을 보였으며, 양성대조구인 디클로르보스 보다 약 38배 낮은 훈증독성을 나타내었다. β -Pinene, linalool 및 α -pinene 역시 강한 살충활성을 보였으며(LC₅₀, 72.73~76.10 μ g/cm³), apiole과 camphene의 LC₅₀은 각각 84.30 μ g/cm³과 92.29 μ g/cm³ 이었다.

Table 3.21. Fumigant toxicity of selected nine test essential oils and dichlorvos to insecticide-susceptible *Aphis gossypii* adults using a vapor-phase mortality bioassay during a 24-h exposure

Essential oil ^a	Slope \pm SE	LC ₅₀ , mg/cm ³ (95% CL ^b)
Orange bitter	2.2 \pm 0.38	0.0192 (0.0130–0.0247)
Marjoram	2.3 \pm 0.38	0.0209 (0.0149–0.0266)
Celery seed	4.2 \pm 0.57	0.0542 (0.0466–0.0619)
Cypress	3.9 \pm 0.55	0.0499 (0.0425–0.0575)
Thyme, red	3.9 \pm 0.55	0.0548 (0.0469–0.0629)

Pepper black	4.5 ± 0.64	0.0606 (0.0530–0.0686)
Howood	4.5 ± 0.63	0.0630 (0.0552–0.0715)
Myrtle	4.3 ± 0.60	0.0555 (0.0480–0.0631)
Orange sweet	5.2 ± 0.92	0.0792 (0.0704–0.0891)
Dichlorvos	2.1 ± 0.37	0.00035 (0.00023–0.000481)

^a Essential oils exerting >80% mortality at 0.115 mg/cm³.

^b CL denotes confidential limit.

Table 3.22. Fumigant toxicity of selected 18 essential oil compounds examined and dichlorvos against adult *Myzus persicae* using a vapor-phase mortality bioassay during a 24-h exposure

Compound	Slope ± SE	LC ₅₀ , µg/cm ³ (95% CL ^a)
Apiol	5.3 ± 0.56	84.30 (77.30–91.00)
Camphene	3.9 ± 0.47	92.29 (82.87–104.8)
(±)-Camphor	2.7 ± 0.35	63.16 (55.28–73.03)
2-Carene		>148.3
β-Caryophyllene		>148.3
Cineole		>148.3
Eugenol		>148.3
Linalool	2.2 ± 0.34	73.43 (62.11–88.79)
(±)-Limonene		>148.3
(+)-Limonene	–	>148.3
Myrcene		>148.3
α-Pinene	3.2 ± 0.38	76.10 (67.83–85.76)
β-Pinene	4.0 ± 0.40	72.73 (64.92–80.91)
Pentylbenzene		>148.3
(−)-Pulegone		>148.3
Safrol		>148.3
Terpineol		>148.3
α-Terpineol		>148.3
Dichlorvos	3.3 ± 0.31	1.68 (1.46–1.90)

^a CL denotes confidence limit.

(6) 시험제형의 진딧물에 대한 살충효과

Bitter orange 정유 4종 실험제형 및 대조약제인 디노테퓨란(Dinotefuran) 10% 수화제 및 람다사이할로트린(lambda-Cyhalothrin) 1% 유제의 복숭아혹진딧물 무시성충에 대한 효과를 분무법으로 평가하였다(표 3.23). Bitter orange 정유 분무제형 20 g/L 처리에서 100%의 방제효과를 보였으나, 10 및 5 g/L 처리시 각각 72%와 34%의 효과를 나타내었다. 2종 살충제 모두 100%의 방제효과를 나타내었다. 목화진딧물 무시성충에 대한 4종 실험제형의 경우(표 3.23), Bitter orange 20 g/L 처리에서 100%의 방제효과를 나타내었으나, 10 및 5 g/L 처리시 각각

76%와 41%의 효과를 보였다. 디노테퓨란 10% 수화제 및 람다사이할로트린 1% 유제는 100%의 방제효과를 나타내었다.

Table 3.23. Effectiveness of four experimental spray formulations containing bitter orange oil against two aphid species adults using a spray bioassay during a 24 h exposure

Spray treatment	Mortality, % (\pm SE)	
	<i>Myzus persicae</i> adults	<i>Aphis gossypii</i> adults
BO-EO-5 ^a	34 \pm 2.4 c	41 \pm 1.7 c
BO-EO-10 ^a	72 \pm 4.8 b	76 \pm 3.2 b
BO-EO-20 ^a	100 a	100 a
BO-EO-30 ^a	100 a	100 a
Dinotefuran 10% WP ^b	100 a	100 a
lambda-Cyhalothrin 1% EC ^c	100 a	100 a

Means within a column followed by the same letter are not significantly different at $P = 0.05$ (Bonferroni method).

a Bitter orange essential oil 5, 10, 20 and 30 g/L.

b Wettable powder.

c Emulsifiable concenterate.

Marjoram 정유 4종 실험제형의 복숭아혹진딧물 무시성충에 대한 효과를 표 24에 나타내었다. Marjoram 정유 분무제형 20 g/L 처리에서 100%의 방제효과를 보였으나, 10 및 5 g/L 처리시 각각 76%와 30%의 효과를 나타내었다. 목화진딧물 무시성충에 대한 4종 실험제형의 경우(표 3.24), Bitter orange 20 g/L 처리에서 100%의 방제효과를 보였으나, 10 및 5 g/L 처리시 각각 79%와 36%의 효과를 보였다.

Table 3.24. Effectiveness of four experimental spray formulations containing marjoram oil against two aphid species adults using a spray bioassay during a 24 h exposure

Spray treatment	Mortality, % (\pm SE)	
	<i>Myzus persicae</i> adults	<i>Aphis gossypii</i> adults
MJ-EO-5 ^a	30 \pm 3.4 c	36 \pm 2.6 c
MJ-EO-10 ^a	76 \pm 3.7 b	79 \pm 1.7 b
MJ-EO-20 ^a	100 a	100 a
MJ-EO-30 ^a	100 a	100 a

Means within a column followed by the same letter are not significantly different at $P = 0.05$ (Bonferroni method).

0.05 (Bonferroni method)

^a Marjoram essential oil 5, 10, 20 and 30 g/L.

Cypress 정유 4종 실험제형의 복숭아혹진딧물 무시성충에 대한 효과를 표 3.25에 나타내었다. Cypress 정유 분무제형 20 g/L 처리에서 100%의 방제효과를 보였으나, 10 및 5 g/L 처리시 각각 73%와 31%의 효과를 나타내었다. 목화진딧물 무시성충에 대한 4종 실험제형의 경우(표 3.25), Bitter orange 20 g/L 처리에서 100%의 방제효과를 나타내었으나, 10 및 5 g/L 처리시 각각 77%와 35%의 효과를 보였다.

Table 3.25. Effectiveness of four experimental spray formulations containing cypress oil against two aphid species adults using a spray bioassay during a 24 h exposure

Spray treatment	Mortality, % (\pm SE)	
	<i>Myzus persicae</i> adults	<i>Aphis gossypii</i> adults
CP-EO-5 ^a	31 \pm 2.4 c	35 \pm 1.7 c
CP-EO-10 ^a	73 \pm 2.9 b	77 \pm 4.9 b
CP-EO-20 ^a	100 a	100 a
CP-EO-30 ^a	100 a	100 a

Means within a column followed by the same letter are not significantly different at $P = 0.05$ (Bonferroni method).

^a Cypress essential oil 5, 10, 20 and 30 g/L.

(7) 시험제형의 진디벌에 미치는 영향

3종 정유의 시험제형(20 및 30 g/L)이 복숭아혹진딧물과 목화진딧물 및 천적인 콜레마니진디벌과 복숭아혹진디벌에 미치는 영향을 분무법으로 조사한 결과(표 3.26), 이들 제형들은 복숭아혹진딧물과 목화진딧물 성충에 대하여 100% 방제효과를 보였으며, 콜레마니진디벌과 복숭아혹진디벌에는 독성을 보이지 않았다. 따라서, 이들 제형들은 해충종합관리의 한 수단으로 이용 가능할 것으로 생각된다.

Table 3.26. Toxicity of two experimental spray formulations containing three essential oils against two aphid species adults and their two natural enemies using a spray bioassay during a 24 h exposure

Spray treatment	Mortality, % (\pm SE)			
	<i>Myzus persicae</i> adults	<i>Aphis gossypii</i> adults	<i>Aphidius colemani</i> adults	<i>Aphidius matricariae</i> adults
BO-EO-20 ^a	100	100	0	0
-30 ^a	100	100	0	0

MJ-EO-20 ^a	100	100	0	0
-30 ^a	100	100	0	0
CP-EO-20 ^a	100	100	0	0
-30 ^a	100	100	0	0

^a Bitter orange, Marjoram, and Cypress essential oil (EO) 20 and 30 g/L.

다. 고찰

식물 정유 조제물들은 해충종합관리의 한 수단으로서 인식되고 있으며(Isman, 2000; Koul 등, 2008; Tripathi 등, 2009), 기존 살충제와 마찬가지로 온실 재배 작물 또는 감상용 식물에 처리할 수 있다. 미나라과(Apiaceae)에 속하는 식물[예를 들면, 아니스(*Pimpinella anisum L.*) 및 회향(*Foeniculum officinale All.*)] (Digilio 등, 2008), 십자화과(Brassicaceae)에 속하는 식물[예, 백겨자(*Sinapis alba L.*) 및 갓(*Brassica juncea* (L.) Vassili^o Matveievitch Czernajew)] (Hansson 등, 2012) 그리고 꿀풀과(Lamiaceae)에 속하는 식물[예, 백리향(*Thymus vulgaris L.*), 페니로얄(*Mentha pulegium L.*), 바질(*Ocimum basilicum L.*)] (Hori, 1999; Digilio 등, 2008)들의 정유는 복숭아혹진딧물에 대해 살충활성을 나타낸다. 본 연구에 있어서, Bitter orange와 Sweet orange [운향과(Rutaceae)], 후추[black pepper, 후추과(Piperaceae)], 셀러리[celery (미나라과)] 종자, 사이프러스[cypress, 측백나무과(Cupressaceae)], 호우드[howood, 녹나무과(Lauraceae)], 도금양속[myrtle 도금양과(Myrtaceae)], 적색 타임[thyme red, 꿀풀과] 그리고 마조람[marjoram, 꿀풀과] 유래 정유들이 복숭아혹진딧물에 대해 살충활성을 나타내었다. 이 결과는 이들 정유들이 살충제 디클로르보스보다 11~44배 독성이 낮았으나, 복숭아혹진딧물을 포함한 진딧물 방제제로서 기대되고 있다는 것을 나타내고 있다.

식물 정유는 다양한 곤충들에 대해 훈증작용을 통해 살충작용을 나타내고 있다(Isman, 2000; Koul 등, 2008; Tripathi 등, 2009). 예를 들면, 정유의 훈증활성은 복숭아혹진딧물 성충 (Hori, 1999), 목화진딧물 암컷 성충(Tunç and Şahinkaya, 1998), 담배가루이 암컷 성충(Kim 등, 2011), 온실가루이 성충(Choi 등, 2003) 그리고 오이총채벌레(Yi 등, 2006)에서 보고되어 있다. 본 연구에 있어서, 침지법 및 훈증독성 생물검정법을 통해 밝혀진 Celery seed를 포함한 6 종 정유의 이중 접촉-훈증작용은, 휘발성분들이 복숭아혹진딧물이나 목화진딧물의 깊숙한 은신처에 쉽게 도달하여 좋은 방제효과를 나타낼 수 있기 때문에 매우 중요하다. 이 시스템은 적당한 자동방제기구나 디스펜서를 이용하여 휘발성분들에 대한 노출을 쉽게 조절할 수 있기 때문에, 많은 장점을 가지고 있다. 이들 정유 성분인 (\pm)-camphor, β -pinene, linalool, α -pinene, apioil과 camphene 역시 강한 훈증독성을 나타내었다. 또한, Bitter orange, Cypress 및 Marjoram 정유 분무제형 20 g/L 처리에서 복숭아혹진딧물과 목화진딧물 성충에 대해 100%의 방제효과를 보여, 살충제인 디노테퓨란 10% 수화제 및 람다사이 할로트린 1% 유제의 방제효과에 필적하였다.

살충제와 천적의 이용은 야외나 온실에서 해충종합관리의 필수 요소들이다. 그러나, 대부분의 경우에 있어서, 포식성과 기생성 절지동물들은 식식성 절지동물보다 대부분의 기존 살충제에 더 감수성이기 때문에(Croft와 Brown, 1975), 이들 두 수단들은 동시에 이용하는 것은 쉽지 않다. 그러나, 정유 유래 조제물들은 상대적으로 기생봉 및 포식성 천적에 해가 없어

(Charleston 등, 2005; Miresmailli와 Isman, 2006; Yi 등, 2006; Koul 등, 2008), 생물적 방제와 병용할 수 있다. 예를 들면, 로즈메리(rosemary, *Rosmarinus officinalis* L.) 10% 정유를 제조사 추천농도(토마토의 점박이옹애 방제를 위하여, 7.5 mL/L)로 하여 온실재배 토마토에 단일 분무 처리하였을 때, 점박이옹애 개체군 밀도를 52%까지 감소시켰으며, 토마토 잎, 꽃 및 열매에 약해를 나타내지 않았다(Miresmailli와 Isman, 2006). 또한, 동일 농도처리에서 10% 분무제형은 포식성 천적인 칠레이리옹애(*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot)의 살충작용을 나타내지 않았으며 산란에도 영향을 미치지 않았다(Miresmailli와 Isman, 2006). 인도 지방이 원산인 콜레마니진디벌은 이미 상업화에 성공하였으며, 기주범위가 넓어 복숭아혹진딧물·목화진딧물·아카시아진딧물·옥수수수레진딧물 등 41종의 진딧물에 기생하는 것으로 알려져 있다(고, 1998). 콜레마니진디벌은 목화진딧물에 잘 기생하고, 다른 생물적 방제인자와 상충되지 않으며 비교적 사육하기가 쉽고, 내적 자연 증가율이 목화진딧물과 비슷하다는 점에서, 생물적 방제인자로서의 조건을 두루 구비하고 있다(고, 1998). 진디벌은 탐색능력이 높고, 모든 발육단계의 진딧물을 공격하며, 또한 진디벌 성충은 포식성 천적의 유충보다 활동범위가 빠르고 넓어 이용면에서 볼 때 효과적이라 할 수 있다(고, 1998). 본 연구에 있어서, Bitter orange, Cypress 및 Marjoram 3종 정유의 시험제형(20 및 30 g/L)이 복숭아혹진딧물과 목화진딧물 및 천적인 콜레마니진디벌과 복숭아혹진디벌에 미치는 영향을 분무법으로 조사한 결과, 이들 제형들은 복숭아혹진딧물과 목화진딧물 성충에 대하여 100% 방제효과를 보였으며, 콜레마니진디벌과 복숭아혹진디벌에는 독성을 보이지 않았다. 따라서, 이들 제형들은 해충종합관리의 한 수단으로 이용 가능할 것으로 생각된다. 또한, 진딧물과 진디벌의 시험화합물에 대한 감수성 차이는 투과성, 해독분해효소의 활성 및 작용점에서의 독성 장애에 대한 상대적 감수성과 같은 생리적 또는 생화학적 특성 중 하나 또는 그 이상의 특성 차이에 기인할 수 있다(Hollingworth, 1976; Terriere, 1984; Graham-Bryce, 1987).

이상의 실험 결과들은, Bitter orange, Cypress 또는 Marjoram 정유를 함유하는 제품은, 꿀벌 및 뒤영벌 등의 방화곤충뿐 만 아니라 콜레마니진디벌과 복숭아혹진디벌 등의 기생성 천적에도 독성을 나타내지 않아 복숭아혹진딧물과 목화진딧물 등의 진딧물 방제에 있어서 접촉독성을 구비한 훈증제로서 이용할 수 있다. Bitter orange, Marjoram, Celery seed, Black pepper, and Myrtle 정유 등은 미국 식품의약품청(Food and Drug Administration)의 ‘Generally Regarded as Safe (GRAS)’ 목록에 등재되어 있어 미환경보호청로부터 독성자료의 많은 부분을 면제받고 있다. 그러나, 이들 정유 제품을 작물에 처리하였을 때 발생할 수 있는 질적 변화(예를 들면, 색·풍미·향·구조) 그리고 이들 제품들의 작물에의 잔류, 천적을 포함한 비표적 생물 및 환경에 미치는 영향을 조사할 필요가 있다. 마지막으로, 최종 상업적 개발을 위해 이들 정유의 살충력과 안정성을 개선하는 방법을 찾기 위해서 보다 상세한 연구가 필요하다.

4. 식물 정유 시험제형의 4종 해충에 대한 방제효과

가. 재료 및 방법

(1) 재료

시험에 이용한 17종 정유, Armoise, Basil, Celery seed, Cinnamon bark, Coriander, Howood, Lavender, Marjoram, Myrtle, Oregano, Orange (bitter), Pennyroyal, Pepper (black), Rosemary, Rosewood, Sage (Dalmatin) 및 Thyme (red)는 표 3.13에서 언급한 회사 제품 이었으며, 계면활성제 polyoxyethylene + polyoxypropylene (9:1) styrenated phenyl ether는 한농화학에서 분양받았다.

(2) 실험곤충

오이총채벌레는 곤충 사육실에서 살충제 도태 없이 Yi 등 (2006)의 방법에 따라 사육하였다. 아크릴 케이지($40 \times 40 \times 55$ cm)에서 오이를 이용하여 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 상대습도 50~60%, 16:8 (명:암) 시간 조건 하에서 사육하였다. 담배가루이는 곤충 사육실에서 살충제 도태 없이 Kim 등 (2011)의 방법에 따라 사육하였다. 아크릴 케이지($40 \times 40 \times 40$ cm)에서 온실에서 재배한 가지를 이용하여 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 상대습도 40~60%, 16:8 (명:암) 시간 조건 하에서 사육하였다. 꽃노랑총채벌레 콜로니는 오이를 이용하여 아크릴 케이지($40 \times 40 \times 40$ cm)에서 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 상대습도 40~60%, 16:8 (명:암) 시간 조건 하에서 사육하였다. 파밤나방은 농촌진흥청에서 분양받았으며, 아크릴 케이지($40 \times 40 \times 40$ cm)에서 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 상대습도 40~60%, 16:8 (명:암) 시간 조건 하에서 사육하였다.

(3) 시험분무제형

17종 정유 각각을 함유하는 시험분무제형 30 g/L을 조제하였다. 각 정유의 분무제형(60 mL)은 정유 3%, 계면활성제(polyoxyethylene + polyoxypropylene (9:1) styrenated phenyl ether) 2%, 에탄올 5% 및 증류수 90%로 하여 펌프노즐이 장착된 60 mL 폴리에칠렌 용기에 넣어 실험에 이용하였다.

(4) 케이지검정

17종 정유를 포함한 각 시험분무제형(30 g/L)의 오이총채벌레 성충과 꽃노랑총채벌레 성충 및 파밤나방 2령 유충에 대한 효과를 Kim 등 (2011)의 방법을 변형한 분무법으로 평가하였다. 아크릴 케이지($50 \times 50 \times 50$ m) 내에 오이 (오이총채벌레와 꽃노랑총채벌레 용) 또는 배추 유묘(파밤나방 용)가 심어져 있는 1개 플라스틱 용기(지름 9.5 cm × 높이 4 cm)에 있는 오이 잎 위 10 cm 높이에서 각 시험용액 30 g/L을 연속 3회 분무하였다. 후드에서 5분간 건조시킨 후, 오이총채벌레 성충 30마리씩을, 꽃노랑총채벌레 성충 20 마리씩을 그리고 파밤나방 2령 유충 20마리씩을 각각 잎에 접종하였다. 대조구는 에탄올-polyoxyethylene + polyoxypropylene (9:1) styrenated phenyl ether 용액 및 증류수로 하였다. 대조구는 에탄올 - polyoxyethylene + polyoxypropylene (9:1) styrenated phenyl ether 용액 및 증류수로 하였다.

담배가루이의 경우, 각 시험분무제형(30 g/L)의 가루이 B 및 Q 생태형 성충에 대한 효과를 Kim 등 (2011)의 방법을 변형한 분무법으로 평가하였다. 가지 잎의 엽병을 물에 적신 목면으로 말아 Ependorf튜브(1.5 mL)에 넣고 나서, 튜브가 넘어지지 않도록 바이알(20 mL) 속으로 넣어 주었다. 각 시험용액을 바이알 위 10 cm 높이에서 각 시험용액을 3회 연속 분무하였다. 후드에서 5분간 건조시킨 후, 바이알을 아크릴 케이지($50 \times 50 \times 50$ m) 바닥 중앙에 고정시키고 나서, 담배가루이 B 및 Q 생태형 성충 30 마리씩을 각각 잎에 접종하였다.

처리 및 대조구(에탄올-polyoxyethylene + polyoxypropylene (9:1) styrenated phenyl

ether 용액) 성충 또는 유충들은 앞에서 언급한 사육조건 하에 방치하였으며, 처리 24시간 후에 성충 또는 유충을 나무젓가락으로 건드렸을 때 몸 및 부속지의 움직임이 없으면, 죽은 것으로 간주하였다. 반복당 20 또는 30 마리씩으로 하여 3 반복으로 실험을 실시하였다.

나. 결과 및 고찰

(1) 정유 시험제형의 오이총채벌레 성충에 대한 방제효과

오이총채벌레는 많은 국가에서 채소작물 및 관상식물의 가장 중요한 해충 중의 하나이다 (Parrella, 1995). 오이총채벌레는 1993년 제주도 고추 온실에서 처음 기록되었다(Ahn 등, 1994). 오이총채벌레는 박과 작물(Cucurbitaceae) 및 가지과 작물(Solanaceae)뿐 만 아니라 거베라 및 국화와 같은 관상식물의 주요 해충으로서(Hong 등, 1998), 그 생태 및 경제적 중요성에 대해서는 Park 등 (2003)에 의해 기술된 바 있다. 오이총채벌레 방제는 세계적으로 합성살충제에 크게 의존하고 있는데, 이들 살충제의 연용과 남용으로 인하여 생물적 방제에 어려움을 겪고 있으며(Hamasaki, 1987), 또한 이 해충의 높은 번식력으로 인하여 저항성 발달 속도가 빠르다(Suzuki 등, 1982; Hamasaki, 1987). 오이총채벌레는 식물 조직에 산란하며, 1령 및 2령 유충이 짹 및 꽃 깊숙이에서 발견되어 기존 살충제 분무로는 쉽사리 도달하지 못하여 방제에 어려움을 겪고 있다. 따라서, 기존 살충제와는 달리, 인축에 안전하면서 친환경적인 대체제의 개발이 시급하다.

17종 정유의 시험제형의 오이총채벌레 성충에 대한 효과를 분무법으로 평가하였다(표 3.27). 17종 정유의 시험제형 30 g/L 분무 처리에서 오이총채벌레 성충에 대해 100%의 방제효과를 나타내었다. Yi 등 (2006)은 92종 정유의 오이총채벌레 성충과 그 천적인 으뜸애꽃노린재 (*Orius strigicollis* Poppius) 성충에 대한 훈증독성을 조사하여, Armoise, Basil, Cedarleaf, Coriander, Cypress, Howood, Hyssop, Marjoram, Myrtle, Niaouli, Pennyroyal, Rosemary 및 Sage (Dalmatia) 정유 등이 오이총채벌레 성충에 대해 강한 살충활성을 나타내었으며, 으뜸애꽃노린재 성충은 이들 정유들에 대해 오이총채벌레 성충보다 1.4~22.1배 낮은 감수성을 나타내었음을 보고하였다. 따라서, 17종 시험분무제형은 오이총채벌레 방제에 유용할 것으로 기대된다.

(2) 정유 시험제형의 꽃노랑총채벌레 성충에 대한방제효과

꽃노랑총채벌레는 야외 및 온실에서 과수·채소·관상식물들의 중요한 해충이다. 꽃노랑총채벌레는 미국 남서부가 원산지로서(Kirk, 2002), 이후 유럽, 호주, 남미 등의 국가로 전파되었다(Kirk와 Terry, 2003). 꽃노랑총채벌레는 500종 이상의 식물을 가해하는 것으로 알려져 있다 (Yudin 등, 1986). 가장 주된 피해는 성충이 식물 조직에 산란을 할 때 야기되며, 성충과 유충 모두 꽃, 잎, 새싹을 흡즙해 피해를 주는데 가해부위는 변색되거나 생육에 영향을 준다. 꽃노랑총채벌레는 심각한 식물병인 tomato spotted wilt virus의 벡터로 알려져 있다. 꽃노랑총채벌레는 외래유입 해충으로 1993년 9월 제주도 시설감귤에서 처음 발견됐으며, 가해작물은 감귤을 비롯해 시설재배지 내의 화훼류와 채소류인 거베라·국화·카네이션·백합·오이·고추·토마토·딸기 등이다. 꽃노랑총채벌레는 세대가 매우 짧고(Brodsgaaard, 1994; Gaurn 등, 1994), 식물 조직에 산란하며, 성충은 꽃 안쪽 깊은 곳에 존재하고, 피해가 발생하기 전까지는 존재 파악이

쉽지 않다는 등의 여러 가지 요인으로 인하여 방제하기가 어렵다(Chung 등, 2000). 특히, 세대가 짧아 저항성 발달이 쉬워, 대부분의 기존 살충제에 저항성을 나타내고 있다(Irnmaraju 등, 1992).

17종 정유의 시험체형의 꽃노랑총채벌레 성충에 대한 효과를 분무법으로 평가하였다(표 3.27). 17종 정유의 시험체형 30 g/L 분무 처리에서 꽃노랑총채벌레 성충에 대해 100%의 방제효과를 나타내어, 꽃노랑총채벌레 방제제로서의 이용이 가능하다. Han 등(2006)은 4종 정유(Muguet flower, Patchouli, Pennyroyal과 Spearmint)의 꽃노랑총채벌레 성충에 대한 훈증독성을 평가하여, Pennyroyal과 Spearmint 정유 1 $\mu\text{L}/45 \text{ mL}$ 처리에서 100% 살충효과를 보고한 바 있다.

Table 3.27. Effectiveness of experimental spray formulations containing each of 17 essential oils toward three insect pests using a spray bioassay during a 24 h exposure

Spray treatment ^a	Mortality, % ($\pm \text{SE}$)		
	<i>Thrips palmi</i> adults	<i>Frankliniella occidentalis</i> adults	<i>Spodoptera exigua</i> larvae
Armoise	100	100	100
Basil	100	100	100
Celery seed	100	100	100
Cinnamon bark	100	100	100
Coriander	100	100	100
Howood	100	100	100
Lavender	100	100	100
Marjoram	100	100	100
Myrtle	100	100	100
Oregano	100	100	100
Orange, bitter	100	100	100
Pennyroyal	100	100	100
Pepper, black	100	100	100
Rosemary	100	100	100
Rosewood	100	100	100
Sage, Dalmatin	100	100	100
Thyme, red	100	100	100

^a Applied at a concentration of 30 g/L.

(3) 정유 시험체형의 파밤나방 2령 유충에 대한 방제효과

파밤나방은 아시아가 원산지로서(Wilson, 1932), 세계적으로 높은 밀도로 분포할 뿐 아니라 기주식물의 종류도 다양하기 때문에, 야외 및 온실에서 농업, 원예 및 관상식물의 중요한 해충이다. 파밤나방은 기주범위가 광범위하여, 채소, 화훼, 전작물, 특작물 등 거의 모든 식물을 가해하는 잡식성 해충으로서(Capinera, 2001), 51종이 국내에서 보고되어 있고, 세계적으로 170여종의 식물이 기록되어 있다(Zhang 등, 2011). 파밤나방 유충은 직물의 잎과 과실에 피해를

줄 뿐만 아니라, 과실에 구멍을 뚫고 들어가 가해함으로서 세균감염의 2차 질병인 무름병을 유발하여 막대한 피해를 주고 있다. 1령 및 2령 유충은 약제에 대한 감수성이 높은 편이나, 3령 이후부터는 약제에 대한 내성이 증가하고 한편으로 줄기 속에 들어가 가해하므로 약제에 노출될 기회가 적어져서 방제가 어렵다. 또한, 파밤나방은 세계적으로 살충제에 대한 저항성이 발달이 빨라서 방제가 어려운 해충으로 알려져 있다(Brewer 등, 1990).

17종 정유의 시험제형의 파밤나방 2령 유충에 대한 효과를 분무법으로 평가하였다(표 3.27). 17종 정유의 시험제형 30 g/L 분무 처리 중에서 17종 정유의 시험제형에서 파밤나방 유충에 대해 100%의 방제효과를 나타내었다. 파밤나방 방제제로 사용하기 위해서는 보다 상세한 연구가 필요하다.

(4) 식물 정유 시험제형의 담배가루이 방제 효과

담배가루이는 시설원예 및 야외에서 전세계적으로나 밀도뿐 만 아니라 넓은 기주식물 범위(600종 식물 이상)로 인하여 경제적으로 중요한 농업, 원예, 관상 및 생약 식물의 가장 심각한 해충 중의 하나이다(Oliveira 등, 2001). 담배가루이는 성충과 약충이 직접적으로는 기주식물의 잎에서 과도하게 흡즙함으로써, 그리고 간접적으로는 잎과 열매에 black sooty mold의 생육을 위한 물질인 감로의 대량 축적으로, 그리고 수많은 식물 바이러스병을 전파함으로써, 20~100%의 수확 손실을 초래하고 있다(Brown과 Czosnek, 2002; Jones, 2003). 국내의 경우, 담배가루이 B 생태형은 1998년에 온실 장미에서(Lee 등, 2000), 그리고 Q 생태형은 2005년 온실토마토와 오이에서 처음 기록되었으나(Lee 등, 2005), 그 이후로 대부분의 지역에서 Q 생태형을 압도하였다. 이러한 사실은 담배가루이 방제를 위해 네오니코티노이드(neonicotinoid)계 살충제 사용 증가와 관련이 있는 것으로 해석되고 있는데, 이들 살충제를 집중적으로 사용한 지역에서 Q 생태형이 B 생태형 보다 생존에 유리하다는 점(Horowitz 등, 2005) 잘 부합되고 있다. 현재 사용되고 있는 네오니코티노이드계 살충제로는 온실 및 야외에서 담배가루이 방제가 어려운데, 이는 이들 약제에 대한 저항성 발달에 기인하는 것으로 생각되고 있다(Brown 등, 1995; Ha 등, 2003; Horowitz 등, 2005; Nauen과 Denholm, 2005; Roditakis 등, 2005; Chae 등, 2011).

17종 정유의 시험제형의 담배가루이 B 및 Q 생태형 성충에 대한 효과를 분무법으로 평가하였다(표 3.28). 19종 정유의 시험제형 30 g/L 분무 처리에서 담배가루이 B 및 Q 생태형 성충에 대해 100%의 방제효과를 나타내었다. Kim 등 (2011)은 92종 식물 정유와 9종 정유를 이용한 18종 시험분무제형(0.5%와 0.1% 분무제)의 담배가루이 성충에 대한 살충활성을 조사한 결과, Garlic과 Oregano 정유(LC_{50} , 0.15 mL/cm³)가 B와 Q 생태형 암컷 성충 모두에 대해 가장 강한 독성을 나타내었으며, Catnip, Cinnamon bark, Clove bud, Clove leaf, Davana, Savory 및 Vetiver (Haiti) 정유(LC_{50} , 0.17~0.48 mL/cm³)도 B와 Q 생태형 암컷 모두에 대해 강한 훈증독성을 보였다고 하였다. Thyme (red) 정유를 제외한 8종의 0.5% 분무 처리는 두 생태형 암컷 모두에 대해 90~100% 사충율을 나타내었다. Garlic 정유만이 0.1% 분무 처리하였을 때 100% 사충율을 나타내었다. 살충제 Spinosad 10% 액상수화제 처리는 B 및 Q 생태형 성충에 대해 각각 92와 95% 사충율을 보였으며, acetamiprid 8% 수화제, imidacloprid 8% 액상수화제, thiamethoxam 10% 입상수화제와 pyridaben 20% 수화제 처리는 B 생태형 성충에 대해서만 89~100% 사충율을 나타내었다. Chae 등 (2014)은 Lemon balm과 Savory (summer) 정유의 36종 조성 화합물의 살충제 감수성 B 생태형과 네오니코티노이드계 살충제 저항성 Q

생태형 담배가루이 암컷 성충에 대한 살충활성을 유기인계 살충제인 디클로르보스와 비교하였으며, 또한 이들 정유의 0.5 및 0.1% 시험분무제형의 방제효과를 Spinosad 10% 액상수화제의 방제효과와 비교하였다. Q 생태형은 네오니코티노이드계 살충제인 thiamethoxam에 대해 1,765 배 이상의 저항성을, imidacloprid에 대해 429배 이상의 저항성을 그리고 acetamiprid에 대해 31배 저항성을 보였으며, cypermethrin, dichlorvos, pirimiphos-methyl, pyridaben 그리고 spinosad에 대대서는 1.2~1.6배의 저항성을 보인 계통이었다(Chae 등, 2011). 그 결과 티몰(Thymol)과 카바크롤(carvacrol)이 Q 생태형 담배가루이 암컷 성충에 대해 가장 강한 훈증독성을 나타내었으며(LC₅₀, 0.35과 0.56 µg/cm³), 이어 (1S)-(-)-borneol, α-terpineol, nerol, linalool과 carvone(1.06~1.38 µg/cm³) 순으로 강한 훈증독성을 보였다고 하였다. 이들 화합물들의 살충활성은 B와 Q 생태형 암컷 성충 간에 차이가 없어, 이들 테르페노이드 화합물들과 네오니코티노이드계 살충제간에는 공통의 살충기구를 공유하지 않으며 또한 교차저항성을 나타내지 않는다는 것을 의미하고 있다. 또한, Lemon balm과 Savory (summer) 정유의 0.5% 분무제형과 spinosad 10% 액상수화제는 B와 Q 생태형 암컷 성충 모두에 >90% 사충율을 나타내었다.

Table 3.28. Effectiveness of experimental spray formulations containing each of 17 essential oils against B and Q biotype adults of *Bemisia tabaci* using a spray bioassay during a 24 h exposure

Essential oil ^a	Mortality (%) (± SE)	
	B biotype adults	Q biotype adults
Armoise	100	100
Basil	100	100
Celery seed	100	100
Cinnamon bark	100	100
Coriander	100	100
Howood	100	100
Lavender	100	100
Marjoram	100	100
Myrtle	100	100
Oregano	100	100
Orange, bitter	100	100
Pennyroyal	100	100
Pepper, black	100	100
Rosemary	100	100
Rosewood	100	100
Sage, Dalmatin	100	100
Thyme, red	100	100

^a Applied at a concentration of 30 g/L.

5. 정유 혼합물의 살충효과

가. 재료 및 방법

(1) 재료

Armoise, Bitter orange, Eucalytus, Lavender, Marjoram 및 Cypress 정유를 시험에 사용하였다.

(2) 시험곤충

배추좀나방과 복숭아혹진딧물을 생물검정에 이용하였다.

(3) 시험분무제형

6종 정유의 2종 혼합 시험분무제형을 조제하였다. 각각의 분무제형은 앞에서 언급한 방법에 따라 조제하였다. Armoise, Eucalytus 및 Lavender 정유는 4 g/L로 조제하였으며, 2종 정유의 혼합비율은 3:1, 1:1 및 1:3의 비율로 하여 배추좀나방 3령 유충에 대한 생물검정에 이용하였다.

복숭아혹진딧물의 경우, Bitter orange, Marjoram 및 Cypress 정유를 5 g/L로 조제하였으며, 2종 정유의 혼합비율은 앞에서와 마찬가지 비율로 하여 생물검정에 이용하였다.

(4) 케이지검정

정유 2종 혼합 분무제형의 배추좀나방 유충과 복숭아혹진딧물 무시성충에 대한 효과를 앞에서 언급한 방법에 따라 분무법을 이용하여 평가하였다.

나. 결과 및 고찰

(1) 2종 정유 혼합물의 배추좀나방 유충에 대한 살충효과

Armoise, Eucalytus 및 Lavender 정유 시험분무제형(4 g/L) 2종 혼합물의 배추좀나방 3령 유충에 대한 살충활성을 분무법으로 검정한 결과(**표 3.29**), Lavender 정유 + Armoise 정유, Lavender 정유 + Eucalytus 정유 조합은 배추좀나방 3령 유충에 대해 협력작용(synergism)을 보이지 않았다.

Table 3.29. Toxicity of binary mixtures of test essential oils to third instar larvae of *Plutella xylostella* using a spray bioassay during a 24 h exposure

Treatment	Mixture ratio	Mortality (%) (\pm SE)
Lavender oil (LO) only		55 \pm 3.5
Armoise oil (AO) only		52 \pm 2.0
LO + AO	3:1	57 \pm 2.0
LO + AO	1:1	53 \pm 2.0

LO + AO	1:3	48 ± 2.0
Eucalyptus oil (EO) only		52 ± 2.0
LO + EO	3:1	52 ± 2.0
LO + EO	1:1	48 ± 2.0
LO + EO	1:3	48 ± 2.0

(2) 2종 정유 혼합물의 복숭아혹진딧물 성충에 대한 살충효과

Bitter orange, Marjoram 및 Cypress 정유 시험분무제형(5 g/L) 2종 혼합물의 복숭아혹진딧물 성충에 대한 살충활성을 분무법으로 검정한 결과(표 3.30), Bitter orange 정유 + Marjoram 정유, Bitter orange 정유 + Cypress 정유 조합은 복숭아혹진딧물 성충에 대해 협력작용을 보이지 않았다.

Table 3.30. Toxicity of binary mixtures of test essential oils to adult *Myzus persicae* using a spray bioassay during a 24 h exposure

Treatment	Mixture ratio	Mortality (%) (\pm SE)
Bitter orange oil (BO) only		48 ± 2.0
Marjoram oil (MO) only		38 ± 2.0
BO + MO	3:1	48 ± 2.0
BO + MO	1:1	43 ± 2.0
BO + MO	1:3	38 ± 2.0
Cypress oil (CO) only		38 ± 2.0
BO + CO	3:1	40 ± 3.5
BO + CO	1:1	38 ± 2.0
BO + CO	1:3	35 ± 3.5

6. 시험화합물의 살충메카니즘

가. 재료 및 방법

(1) 재료

유기화합물 (\pm)-limonene, (+)-limonene, α -pinene, β -pinene, (\pm)-camphor, linalool과 camphene은 Sigma-Aldrich에서 구입하였다. 유기인계 살충제인 디클로르보스(dichlorvos, 분석용)는 Sigma-Aldrich에서 구입하였다. Acetylthiocholine iodide (ATChI), 5,5'

-dithio-bis(2-nitrobenzoate) (DTNB), eserine salicylate 및 옥토파민은 Sigma-Aldrich에서 구입하였다. Bovine serum albumin (BSA) 및 cyclic AMP (cAMP) Biotrak Enzymeimmunoassay system은 각각 Sigma-Aldrich와 GE Healthcare (Little Chalfont, Buckinghamshire, 영국)에서 구입하였다. Mouse monoclonal antibody와 horseradish peroxidase-labeled cAMP는 R&D Systems (Minneapolis, MN)에서 구입하였다. 본 연구에서 사용한 기타 모든 화합물들은 특급을 사용하였다.

(2) 실험 과정

복숭아혹진딧물은 아크릴 케이지($40 \times 40 \times 55$ cm)에서 배추를 이용하여 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, 상대습도 50~60%, 16:8 (명:암) 시간 조건 하에서 사육하였다.

(3) 아세틸콜린에스테라제 저해활성

복숭아혹진딧물 성충의 아세틸콜린에스테라제 저해활성을 Ellman 등(1961)의 방법에 따라 측정하였다. 복숭아혹진딧물 성충을 0.1 M 인산완충액을 이용하여 마쇄하였다. Cheese cloth로 여과한 후, $4^{\circ}\text{C} 1000 \times g$ 에서 5분 동안 원심분리 하였다. 상등액을 AChE 저해활성 측정에 이용하였다. 단백질 함량은 BSA를 표준물질로 하여 Bradford Protein Assay Kit를 이용하여 측정하였다. 반응화합물은 상등액 $50 \mu\text{L}$, 0.1 M 인산완충액 $150 \mu\text{L}$, 인산완충액(pH 7.0)에 녹인 3 mM DTNB 및 에탄올에 녹인 수종 농도의 시험화합물 $1 \mu\text{L}$ 이었다. 반응화합물은 30°C 에서 5분간 인큐베이션 하였으며 8 nM ATChI를 첨가하였다. 30분 배양한 후, 5 mM eserine salicylate를 첨가하여 반응을 종료시켰으며 412 nm에서 VersaMax 마이크로플레이트 판독기로 흡광도를 측정하였다.

(4) cyclic AMP 함량

Octopamine sensitive adenylate cyclase 활성을 Pratt와 Pryor (1986)의 방법에 따라 측정하였다. 복숭아혹진딧물을 0.8 mM ethylene glycol tetraacetic acid (EGTA) 함유 2 mM Tris-maleate 완충액(pH 7.4)으로 마쇄하였다. Adenylate cyclase 활성은 cAMP Biotrak Enzymeimmunoassay system을 이용하여 측정하였다. 검정은 80 mM Tris-maleate 완충액, 5 mM theophylline, 2 mM MgSO₄, 0.5 M adenosine triphosphate (ATP), 0.2 mM EGTA, 복숭아혹진딧물 마쇄한 후, ATP를 첨가하여 반응을 개시하였다. 30°C 에서 3분 배양한 후, 2분 동안 가열하여 반응을 종료시켰다. 냉각한 후, $8000 \times g$ 에서 10분간 원심분리하여 상등액을 cAMP 레벨 측정에 이용하였다.

Goat anti-mouse polyclonal antibody로 코팅한 polystyrene microplate (1 strip of 8 wells)를 이용하였다. Blank well (또는 비특이적 binding well)을 제외하고, mouse monoclonal antibody 용액 $50 \mu\text{L}$ 를 각 well에 첨가하였다. Adhesive strip으로 카버된 well들을 25°C 에서 1시간 배양한 후 완충액으로 4회 세척하였다. cAMP 측정용 시험물질 및 cAMP 표준품을 각 well에 첨가하였다. 대조, blank 및 zero 표준 well들에 증량제 RD5-55 완충액을 첨가하고 나서, horseradish peroxidase-labeled cAMP $50 \mu\text{L}$ 를 각 well에 첨가하였다. 깨끗한 adhesive strip으로 카버된 플레이트를 25°C 에서 2시간 배양한 후 앞에서 언급한 바와 같이 4회 세척하였다. 기질 용액(안정화 hydrogen peroxide 및 chromogen) $200 \mu\text{L}$ 를 각 well에 첨가하고 나서 25°C 에서 30분 암조건에서 배양하였다. 최종적으로, 2 N 황산을 각 well에 첨가하여

반응을 종료시켰다. VersaMax 마이크로플레이트 판독기를 이용하여 450 nm와 540 nm에서 흡광도를 측정하였다.

(5) 자료분석

아세틸콜린에스테라제 활성을 50% 저해하는 화합물의 농도(50% inhibitory concentration, IC₅₀)는 SAS program을 이용하여 산출하였으며(SAS Institute, 2004), 각 처리간 IC₅₀ 값이 95% 신뢰구간에서 겹치지 않을 경우 유의성이 있는 것으로 간주하였다. cAMP 함량은 분산분석을 하였으며, Bonferroni multiple-comparison method를 이용하여 시험물질 처리구의 평균에 대한 유의성을 검정하였다(SAS Institute, 2004). 결과는 평균 ± 표준오차로 표시하였으며, 모든 처리는 3 반복으로 실시하였다.

나. 결과

(1) 아세틸콜린에스테라제 저해

복숭아혹진딧물로부터 추출한 아세틸콜린에스테라제를 이용하여 6종 모노테르페노이드 화합물의 아세틸콜린에스테라제 저해활성을 30°C, pH 8.0에서 ATChI 가수분해에 의해 평가하였다(표 3.31). IC₅₀ 값에 근거하여, (±)-limonene과 (+)-limonene이 가장 강한 아세틸콜린에스테라제 저해활성을 보였다(IC₅₀, 4.03–4.25 mM). α-Pinene과 β-pinene의 IC₅₀은 각각 5.72 mM과 8.00 mM로, camphor와 linalool에 비하여 현저한 차이를 보였다. Camphene은 아세틸콜린에스테라제 저해활성을 보이지 않았다.

Table 3.31. *In vitro* inhibition of acetylcholinesterase extracted from adult *Myzus persicae* by seven test compounds

Compound	IC ₅₀ , mM (95% CL)	Slope ± SE
(±)-Limonene	4.03 (3.52–4.62)	1.5 ± 0.10
(+)-Limonene	4.25 (3.59–5.06)	1.5 ± 0.11
α -Pinene	5.72 (5.21–6.38)	1.4 ± 0.06
β -Pinene	8.00 (7.26–8.73)	1.8 ± 0.09
Camphor	23.51 (21.21–26.07)	2.2 ± 0.11
Linalool	23.79 (22.10–25.60)	2.1 ± 0.11
Camphene	>50	

(2) cyclic AMP 생산에 미치는 영향

6종 모노테르페노이드 화합물이 복숭아혹진딧물 성충 마쇄물의 cAMP 함량에 미치는 영향을 조사하여 옥토파민 단독 처리구와 비교하였다(그림 3.28). 시험화합물 처리에 의한 cAMP 함량에는 현저한 차이를 보였다($F = 65.34$; $df = 9, 20$; $P < 0.0001$). 시험물질 100 μM 처리농도에서, (±)-limonene, (+)-limonene, linalool, camphor, α -pinen 및 β -pinene에 의해 유도된 cAMP 함량은 옥토파민에 의해 유도된 것 보다 현저하게 낮았다. Camphene에 의해 유

도된 cAMP 함량은 옥토파민에 의해 유도된 것과 현저한 차이를 보이지 않았다.

이상의 결과를 종합하면, camphene을 제외한 6종 화합물((\pm)-limonene, (+)-limonene, linalool, camphor, α -pinene 및 β -pinene)에 의해 유도된 cAMP 함량은 옥토파민 단독 처리에 의해 유도된 함량보다 현저하게 낮아, 아세틸콜린에스테라제가 이들 화합물의 주요 작용점이라는 것을 시사하고 있다. Camphene은 아세틸콜린에스테라제 저해활성은 낮았으나 cAMP 함량을 증가시켜, camphene은 옥토파민 수용체에 작용한다는 것을 시사하고 있다.

Perumalsamy 등 (2015)은 4종 플라보노이드와 2종 지방산 화합물의 에집트금모기 유충에 대한 살충활성 및 작용기구를 조사한 바 있다. 모기 유충에 대한 접촉독성과 아세틸콜린에스테라제 저해활성 간에는 상관관계를 보이지 않았으며, 플라보노이드 화합물인 karanjachromene, pongamol과 pongarotene은 아세틸콜린에스테라제를 강하게 저해하였다고 하였다. 또한, karanjin과 karanjachromene은 독성에는 현저한 차이가 없었으나, 전자가 후자보다 4.8배 아세틸콜린에스테라제를 저해하였으며, 두 화합물 모두 cAMP 함량에 영향을 미치지 않아, 아세틸콜린에스테라제가 karanjin 및 karanjachromene의 주요 작용점이라고 제시하였다. 불포화지방산인 올레인산과 포화지방산인 팔미틴산은 각각 강하거나 약하게 아세틸콜린에스테라제를 저해하였으며, 이들 지방산에 의해 유도된 cAMP 함량은 옥토파민 단독에 의해 유도된 함량보다 낮아, 아세틸콜린에스테라제가 올레인산과 포화지방산인 팔미틴산의 주요 작용점이라고 제시하였다. 불포화지방산인 엘라이드산 및 포화지방산인 아라키드산과 베렌산은 아세틸콜린에스테라제를 저해하지 않았으며, cAMP 함량의 현저한 증가를 야기하여, 엘라이드산, 아라키드산과 베렌산은 옥토파민 시스템을 차단하여 살충작용을 나타낸다고 하였다. 리놀레산과 리놀렌산은 중간 정도로 아세틸콜린에스테라제를 저해하였을 뿐만 아니라, cAMP 함량도 현저하게 증가시켜, 리놀레산과 리놀렌산은 아세틸콜린에스테라제와 옥토파민 수용체 모두에 작용한다고 하였다.

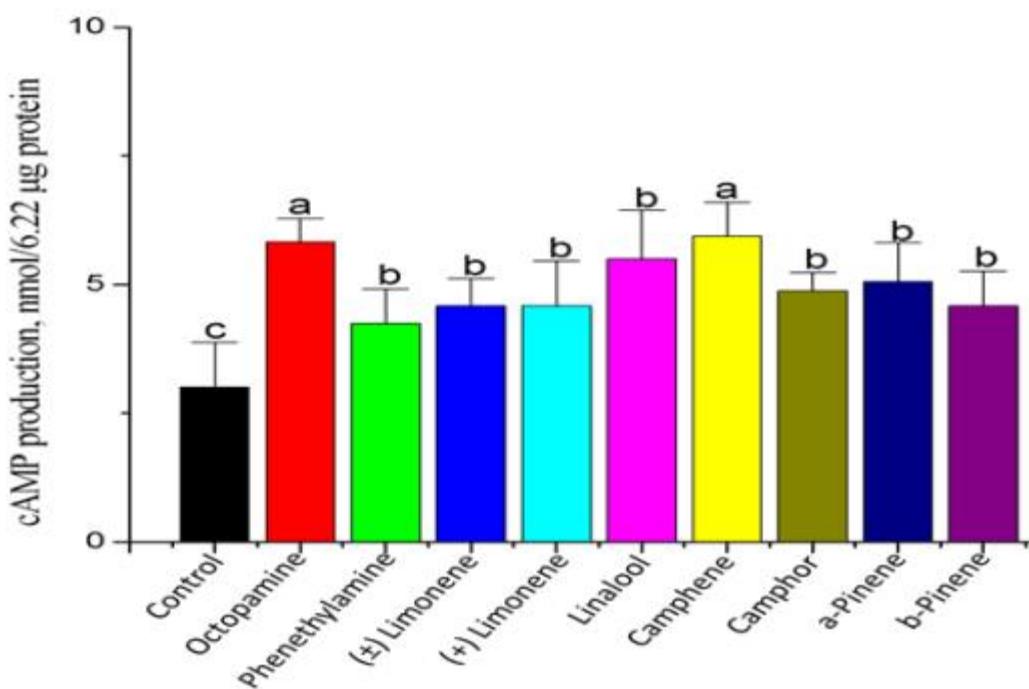


Fig. 3.28. Effect on cyclic AMP levels. A whole body homogenate from *Myzus persicae* adults was assayed for adenylate cyclase activity, as described in 'Materials and Methods' section, in the presence of 100 μM of six monoterpenoids. The effects of the test compounds on cAMP levels of the homogenate were compared with those induced by octopamine (100 μM) alone. Data were expressed as nmol/6.22 μg protein. Each bar represents the mean \pm standard error of duplicate samples of three independent experiments. (* $P = 0.05$, according to Bonferroni multiple-comparison method).

제4절. 도시농업용 우수한 유기농자재 선발 및 제품화

1. 도시농업 적용 가능한 후보 제품군 탐색

가. 유기농자재목록공시 및 품질인증제 기반 제품들에 대한 맞춤형 후보 제품군 탐색

(1) 국내 유기농자재 시장특성

- 매년 토양개량제 및 작물생육용 자재가 가장 많이 공시되고 있음. 도시농업용 충해관리용 자재로 활용될 제품은 상대적으로 많지 않음
- 공시건수는 많으나 시중에 유통되고 있는 유기농자재는 한정적이고 지역 특화적인 제품들이 시장을 점유하고 있음. 지역 유통상들을 중심으로 한 유통이 이뤄지고 있는 특징을 보임. 실험용 자재로 구매하기도 쉽지 않을 정도로 폐쇄된 유통경로로 관리되고 있음
- 취소건의 사유로는 공시취소, 품질인증 취소, 판매금지, 사용정지 등 합성원제가 함유된 제품들이 발견된 경우들이 많음
- 실제 도시농업용으로 충해예방 또는 방제 목적으로 활용되고 있는 농자재들의 시장은 활성화되지 않아 보임

(2) 유기농자재 목록공시 현황

(가) 국내 유기농자재 목록공시 현황

- 2007-2014년 10말 현재 유기농자재목록공시제품들의 누적합계는 1,352종에 달하나 이들 중 1,112종은 공시 취소된 상태임(표 4-1)
- 2007-2016년 10말 현재 유기농자재목록공시제품들의 합계는 1,434종에 달하고, 공시 취소는 1,701종이다.(표 4-1)

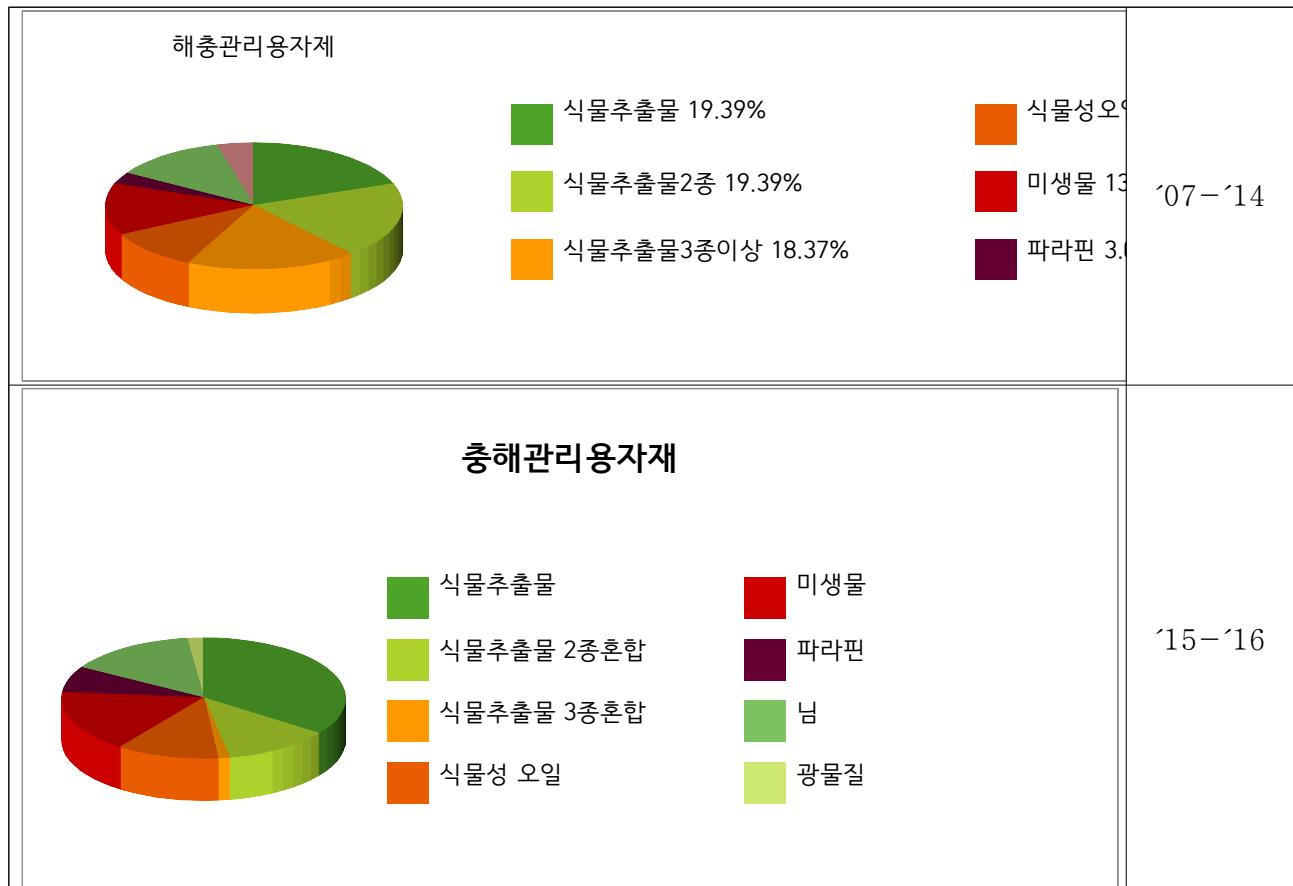
표 4-1. 유기농자재 목록공시 현황(총 1,434종; 2016년 10월 현재 유기농자재 현황)

구분	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
병해관리용	4	8	10	7	23	0	28	34	34	17
병해충관리용	1	7	1	4	1	5	19	9	17	13
작물생육용	2	15	15	16	31	14	28	42	37	38
충해관리용	4	6	12	7	29	0	28	60	28	23
토양개량 및 작물생육용	5	47	26	23	44	52	118	148	162	132
공시합계	16	83	64	57	128	71	221	293	278	223
공시취소	0	0	25	180	145	312	360	302	208	169

- 1차년도인 2014년 10월말까지 충해관리용으로 활용 가능한 제품은 162종에 이르지만 취소된 제품이나, 천적 그리고 폐로몬 트랩 등의 추출물 기반이외의 제품 등을 제외하면 약 98종이 목록공시되었음(표 4-2). 이들 중 식물 추출물 단제와 2종 복합제가 약 38.7%, 3종 복제가 18.4%, 미생물 함유제 13.3%, 님 추출물 12.2%, 식물성 오일제제가 10.2%, 광물질 함유제 4.1% 순으로 나타났음
- 2-3차년도 2016년 10월말까지 충해관리용으로 활용 가능한 제품은 197종에 이르지만 취소된 제품이나, 천적 그리고 폐로몬 트랩 등의 추출물 기반 외의 제품 등을 제외하면 약 157종이 존재함(표 4-2). 이들 중 식물 추출물 단제가 35.03%, 식물추출물 2종 복합제가 12.1%, 3종 복제가 1.27%, 미생물 함유제 16.56%, 님 추출물 14.65%, 파라핀 7.01%, 식물성 오일제제가 11.46%, 광물질 함유제 1.91% 순으로 나타났음

표 4-2. 충해관리용자재 현황(천적, 폐로몬 제외 98종)

충해관리용		식물추출물	식물추출물 2종혼합	식물추출물 3종혼합	식물성 오일	미생물	파라핀	님	광 물 질
'07-'14	98종	19	19	18	10	13	3	12	4
'15-'16	157종	55	19	2	18	26	11	23	3



(나) 충해관리용 목록공시제 현황(유효성분별)

○ 식물 추출물

- 충해관리용 자재로 공시된 식물추출물 단제 제품들은 고삼추출물과 님(멸구슬나무 추출물)을 함유한 제품들이 약 44%와 32%로 대부분을 차지하고 있었음(표 4-3). 이들 식물 추출물을 유효성분으로 표방한 제품들의 주요 적용 작물들은 고추, 참외, 땘기 등 채소류를 비롯한 벼에 적용될 수 있는 것들이었음.

표 4-3. 식물추출물 단제를 유효성분으로 한 목록공시제품

상표명	업체명	유효성분	사용량	작물
마린 톡 퀄러	농업회사법인 죽파마린(주)	고삼 90%	엽면처리 1000배 희석	채소류
바이킬	KG케미칼(주)	식물추출물(고삼) 60%	엽면처리 1000배 희석	벼
애니킬	(주)네오팜	식물추출물(고삼) 60%	엽면처리 1000배 희석	채소류
웅칠이	고려바이오(주)	식물추출물(고삼) 80%	엽면처리 1000배 희석	채소류
진디다운 플러스	(주)오더스	식물추출물(고삼) 100%	엽면처리 1000배 희석	채소류
박멸진	(주)대덕바이오	고삼추출물 8%	경엽처리 1000배	고추
스모킹	대산아그로	고삼추출물 25%	500배	참외
다이나	(주)비아이지	식물추출물(너삼씨앗) 70%	엽면처리 1000배 희석	채소류
웅칠이형	고려바이오(주)	식물추출물(데리스) 70%, 기타 30%	엽면처리 1000배 희석	채소류
지누리	(주)바이오 엔그린 텍	조협추출물50%, 물50%	토양관주 처리 4000 배	채소류
달봉이	고려바이오(주)	차나무추출물 48%	500배	양배추

무진촌	(주)두애니	데리스추출물 90%	경 업 처 리 1000배	고추
바이선	KG케미칼(주)	계피추출물 25%	관 주 처 리 1000배	호박
디 팬 스 아 이	(주)현바이오	식물추출물(사바딜라추출물) 물 10%	경 엽 처 리 1000배 희 석	채소류
바게미	(주)팜스코리아	님추출물 10%	육묘상처 리(80g/상 자)	벼
월가드	(주)네오팜	님추출물 8%	토양흔화 처리 3kg/10a	채소류
선초	(주)비아이지	님추추출물 80%	경 엽 처리 1000배 희 석	채소류
바이멸	KG케미칼(주)	님추출물 84.9%	경 엽 처리 1000배 희 석	벼
클린존	(주)남보	님추출물 60%, 발효주정 10%, 유 화제 5%, 물 25%	경 엽처리 1000배	채소류
묘판 물바 구미킬러	신농비료산업	님추출물, 벤토나이트, 고령토, 당밀, 제올라이트	육묘상처 리 4kg /10a	벼
참지기	(주)에코원	님추출물, 제올라이트	토양흔화 처리 4kg/10a	오이, 양파, 부 추
바이바미 입제	KG케미칼(주)	님추출물 20%	60g/상자	벼
달팽이없 는마을	(주)비아이지	식물추출물(차나무) 46%, 증량제 54%	토 양 전 면 처리(2kg/ 10a)	배추, 상추, 파, 케일, 치커리
천연마늘 방충제(Ga rlic barrier AG+)	GBK	마늘추출물 99.3%, 보조제 0.7%	경 엽 처리 (1 0 0 배 희석)	벼, 배추, 상추, 고추, 수박, 토마토
미애플러 스	(주)지디	식물추출물(고삼) 60%, 계면활성제 10%, 용제 3%, 증량제 27%	엽 면 처리 (1 , 0 0 0 배 희석)	벼
오렌지유	(주)목우연구소	식물추출물(오렌지추출물)73.38%, 보조제26.62%	경 엽 처리 (1 , 0 0 0 배 희석)	상추, 배추, 고추, 오이, 토마토

- 충해관리용 자재로 공시된 식물추출물 2종 식물추출물들을 함유한 제품들은 고삼이나 님 추출물을 기본으로 함유하고 미생물이나 목초액, 파라핀, 마늘 등의 추출액을 함유한 제품 들로 구성된 특징을 보임(표 4-4)

- 적용 대상작물들로는 채소류가 주종이고 벼에 발생하는 해충들을 대상으로 한 제품들이 주종이었음
- 3종 이상 식물 추출물을 함유한 제품들 역시 님(멸구슬나무 추출물), 고삼(너삼) 추출물 그리고 양명아주(피마자) 등을 주성분으로 함유한 제품들이 대부분을 차지함

표 4-4. 식물추출물 혼합제(2종, 3종 이상 추출물)를 유효성분으로 한 목록공시제품

2종 복합제				
상표명	업체명	유효성분	사용량	작물
응 삼 이 플 러 스	고 려 바 이 오 (주)	식물추출물(고삼) 95%, 식물추출물(차나무) 5%	엽 면 처 리 2000배희석	채소류
진멸제로	(주)산수원	식물추출물 85%, 피마자오일 6%	경 엽 처 리 1000배	고추
해방진총애	우 진 비 앤 지 (주)	식물추출물(고삼)83.3%, 계면활성제 6.7%, 물 10%	경 엽 처 리 800배희석	채소류
진캐치	(주)남보	초오 추출물 40%, 고련피 추출물 40%	경 엽 처 리 1000배	고추
선충뚝	(주)농업산원	고삼뿌리추출물 40%, 고삼씨앗추출물 40%	2000배	오이
해 충 박 사 프 리미엄	(주)누림	고삼추출물90%, 계면활성제3%, 동결 건조제5%, 물2%	경 엽 처 리 1000배희석	채소류
바이팽	KG케미칼(주)	야생차추출물 50%, 현미식초 50%	500배	배추
유일토총단	(주)유일	동백나무추출물 60%, 제올라이트 20%, 점토 20%	1.5kg/10a	오이
그린줄 유제	아 리 스 타 라 이 프 사 이 언 스코리아(주)	님8%, 식물성오일(세사미)44.5%	엽 면 처 리 667배	채소류
온삼이	고 려 바 이 오 (주)	식물추출물(고삼)20%, 님추출물 60%	엽 면 처 리 1000배희석	채소류
회사탄	(주) 남 도 아 그 로텍	식물추출물(고삼) 65%, 파라핀오일 10%	경 엽 처 리 1000배희석	벼
모비탄	(주) 이 코 바 이 오	식물추출물(고삼) 3%, 님추출물 7%	경 엽 처 리 1000배희석	채소류
네마스타	(주)비아이지	너삼씨앗추출물 30%, 미생물추출물 10%, 물 60%	토 양 관 주 처 리 2000배	채소류
불휘	(주)비아이지	님추출물 60%, 너삼씨앗추출물 40%	토 양 관 주 처 리 4000배	채소류
바구오가닉	비 앤 에 스 코 퍼레이션	식물추출물 9%, 파라핀오일 0.8%	토 양 혼 화 처 리 2kg/10a	채소류
동 방 아 그 로	(주)동 방 아 그	고삼추출물 90%, 파라핀유 8%	경 엽 처 리	벼

나방킬	로		750배	
충돌이	그린피아 산업	Matrine 90%, 파라핀유8%	경엽처리 1000배	토마토
바이바미 1호	KG케미칼(주)	계피추출물 5%, 님추출물 25%	1L/10a	벼
유진액	활성	고삼추출물 20%, 대두레시틴 20%	500배	참외
디펜스엠	(주)건영바이오	식물추출물+파라핀오일 (디펜스엠)	경엽처리 1000배	벼(약해o)
아자 100(AZA100)	바이오라인	님추출물53%, 중탄산칼륨9%, 물27%, 유화제11%	경엽처리 333배	채소류
모두충	천연농업영농조합법인	님추출물 10%, 목초액 30%, 물 58%, 유화제 2%	경엽살포 250배	채소류
파충탄	(주)유일	님추출액 75%, 마늘추출액 15%, 물 10%	경엽처리 500배	사과
충실이	(주)대덕바이오텍	식물(고삼)추출물80%, 목초액(죽초액)15%[증량제], 물5%	경엽처리 (1,000)	고추, 토마토, 상추, 배추, 완두콩
방충	서울환경산업	식물(고삼)추출물70%, 님추출물10%[증량제], 계면활성제3%, 물17%	경엽처리 (1,000배)	고추, 토마토, 배추, 상추, 콩
나방각시	(주)흙사랑	식물추출물(고삼) 30%, 식물추출물(용규) 10%, 계면활성제 1%, 증점제 0.13%, 안정제 0.2%, 증량제 58.67%	엽면처리 (1,000배)	벼

3종 이상 복합제

상표명	업체명	유효성분	사용량	작물
흙살림 잘 잡아	(주)흙살림	식물추출물(회화나무, 멀구슬나무, 양명아주)9%, 식물성오일(계피나무추출물)1%, [증량제]제오라이트90%	토양흔화처리 상자당 50g	채소류
바구애	농업회사법인 (주)자연과미래	님오일, 식물추출물, 차나무추출물, 제올라이트	수면처리 2kg/10a	벼
충타진골드	성목바이오	식물추출물(고삼, 지부자, 용규 25%, 1%, 10%)식물성오일(백리향) 4%	엽면처리 1000배희석	벼
남도충	(주)남도아그	식물추출물(회화나무, 멀구슬나무, 양	경엽처리	벼

	로텍	명아주) 65%, 파라핀오일 10%	1000배 희석	
나방캡플러스	(주)오비티	회화나무 추출물, 명아주 추출물, 멀구슬나무 추출물 90%	수 관 처 리 1000배	포도
바로싹 입체	동부팜한농 (주)	식물추출물(멀구슬나무·양명아주·회화나무) 10%	토 양 혼 화 처 리 3kg/10a	채소류
레드라인	(주)유일	Neem추출물 5%, 마늘추출물 15%, 고추추출물 40%, 물 40%	경 엽 처 리 200배	배추
충격파	FM애그텍	식물추출물(회화나무, 멀구슬나무, 양명아주) 95%, 계면활성제 5%	경 엽 처 리 1000배 희석	채소류
잘들어	(주)흙살림	회화나무, 멀구슬나무, 양명아주 50%, 동결방지제 10%, 계면활성제 10%, 물 30%	경 엽 처 리 1000배 희석	채소류
충이닥터	바이오코튼 농업사회법인 (주)	님추출물 50%, 목화추출물 5%, 피마자유 30%	경 엽 처 리 500배	옥수수
진삼이플러스	고려바이오 (주)	식물추출물(고삼) 20%, 데리스추출물 10%, 에틸알콜 47.5%	엽 면 처 리 1000배 희석	채소류
천궁	(주)비아이지	너삼씨앗추출물 10%, 님추출물 8%, 미생물추출물 2%, 제오라이트 80%	토 양 관 주 처 리 3kg/660m ²	채소류
에코로	(주)포이엔	고삼추출물 9.1%, 님오일 81.8%, 목초액 9.1%	경 엽 처리(50 0배 희석)	오이, 배추, 토마토, 상추, 갓
바구애플러스	농업회사법인 (주)자연과 미래	님추출물 1%, 식물추출물 1%(회화나무, 멀구슬나무, 양명아주), 목초액 3%, [증량제]제오라이트 95%	육묘상자처 리(60g/상자)	벼
참진골드	(주)이에스에 프	식물추출물(회화나무, 멀구슬나무, 양명아주) 50%, 식물성오일(마늘유)30%, 계면활성제 20%	엽 면 처 리 (1,000배 희 석)	벼, 고 추, 상 추, 배 추, 토 마토
그린포수	농업회사법인 (주)자연과 미래	식물추출물(회화나무, 멀구슬나무, 양명아주나무) 90%, 파라핀오일 8%, 계면활성제 2%	엽 면 처 리 (1,000배 희 석)	벼, 오 이, 배 추, 딸기, 고추, 토 마토
충쟁이	농업회사법인 진천광역친 환경농업(주)	님추출물 20%, 식물추출물(홍화차, 천궁) 10%, 11%, 증량제 58%, 계면활성제 1%,	엽 면 처 리 (500배)	상추 , 고추 , 오이 , 배추 ,

충쟁이골드	농업회사법인 진천광역친환경농업(주)	식물추출물(회화나무, 멀구슬나무, 양명아주) 25%, 계면활성제 1%, 증량제 74%	엽면처리(1,000배 희석)	벼, 고추, 배추, 당근, 토마토
-------	------------------------	---	-----------------	--------------------------------

- 결론적으로 식물 추출물 기반의 제품들의 주요 추출물은 고삼류(너삼등), 님(멀구슬나무 추출물), 피마자(양명아주등) 추출물들임을 알 수 있음

○ 식물성 오일(Essential oil)

- 총해관리용 자재로 공시된 식물성 오일은 피마자오일, 계피오일, 마늘오일, 로즈마리오일, 타임오일, 세다오일, 원터그린오일 등의 단체 또는 복합제를 함유한 제품들이 주종을 이루고 있었고, 최근에 유칼리투스 오일 함유제가 공시되었음(표 4-5)
- 적용작물들은 식물 추출물을 유효성분으로 한 제품들과 비슷하게 채소류와 인삼 등의 엽면 또는 토양관주처리용으로 개발된 제품들이었음. 토양관주 처리용으로 식물성 오일이 활용되는 것은 아마도 오일의 높은 휘발성을 활용한 토양 훈증처리용으로서 활용 가능성 이 있기 때문으로 생각됨

표 4-5. 식물성 오일을 유효성분으로 한 목록공시제품

상표명	업체명	유효성분	사용량	작물
다지톨	코스팜(주)	피마자오일6%, 계피오일6%, 계면활성제5%, 물83%	토양주관처리 1000배 희석	채소류
대유다이포스	(주)대유	Cedar oil 16%	엽면처리 500배 희석	채소류
메가파워	농업회사법인 팜스(주)	참기름45%, 피마자유44.75%, 마늘오일 5%, 계피오일1.5%, 로즈마리오일 0.5%, 타임오일0.25%	경엽처리 500배	오이
오레오티롤 아이	(주)원앤원	Soybean oil 42%, Cedar oil 3%	경엽처리 300배	고추
케이쏘일	(주)케이씨피	로즈마리추출물 30%, 원터그린추출물 60%, 발효주정 10%	토양주관처리 1000배	인삼
바이오나트 롤에스	영농조합법인 카프바이오	Soybean oil 43%, Oil of cedarwood 5%	300배 (2L/m2)	참외
참선충입제	(주)이에스에프	식물성오일(정향유) 0.5%, 증량제 99.5%	토양흔화처리 (7.5kg/10a)	당근, 배추, 상추, 고추, 토마토
네마트롤	(주)넬바이오텍	올리브유 95%, 보조제 5%	토양관주처리 (1,000배)	고추, 상추, 배추, 오이, 콩

			(회석)	
사계유	(주)두애니	파라핀오일 94%, 계피오일 3%, 보조제 3%	경엽처리 (250배 회석)	배추, 고추, 상추, 오이, 밤
타이밍	(주)와이에이 코리아	식물성오일(유칼립투스) 10%, 증량제 85%, 습윤분산제 5	엽면처리 (1,000배 회석)	고추, 배추, 상추, 오이, 토마토

나. 목적해충들에 대한 유효성 평가 기반제품 탐색 및 선발

(1) 목적해충 확보

- 연구대상 해충들인 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis* Pergande), 과밤나방 (*Spodoptera exigua* Hubner), 배추좀나방(*Plutella xylostella* L.), 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae* Sulzer) 4종을 농과원 작물보호과에서 계대사육 중인 계통으로 6월 말에 분양 받았음. 연구팀의 협의를 통해 추가로 좁은가슴잎벌레(*Phaedon brassicae* Baly) 성충 및 큰28점박이무당벌레(*Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motchulsky))에 대한 스크리닝도 진행하였음
- 확보한 해충들에 대한 실내사육은 인큐베이터와 온실을 활용하였음
- 목적해충 관리 시 필요한 기주식물 재배상에서 온실가루이의 개체군 증가가 뚜렷하여 이를 혼입을 방지하기 위해 끈끈이트랩을 활용하였음. 개체수가 과할 시에는 본 연구에서 선발된 친환경농자재로 관리를 실시하였고, 기주식물은 전량 폐기하면서 관리하였음
- 사육이 어렵고 까다로운 곤충은 꽃노랑총채벌레였고, 기주식물인 배추 및 콩에 진딧물과 가루이의 혼입이 심해 이들을 관리하기 위한 부수적인 인력과 시간 투여가 연구에 있어 장애요인이었음

(2) 시험재료

(가) 시험용 유기 농자재

- 도시농업용 충해 실험용으로 현재 확보된 농자재들은 병해충 관리용 자재로 목록공시된 30종임(표 4-6)

표 4-6. 도시농업용 충해 방제용 유기농자재목록공시 품목 선발을 위한 후보제품군

원료	작물	처리방법
마늘추출액50%, 키토산2%, 키토올리고당 3%, 물44%, 식초1%	고추, 상추, 오이, 배추, 고추, 콩	경엽처리 1000배
차나무추출물 48%	양배추	경엽처리 500배
Cedar oil 16%, 기타	벼, 콩, 고추, 토마토, 오이	엽면처리 500배
카놀라유95%	과채류, 엽채류, 과수류 등	엽면살포 500배

고삼추출물60%	벼, 배추, 토마토, 오이, 콩, 가지	경엽 처리 660배
고삼추출물, 백부근추출물, 멀구슬추출물, 개박하추출물47%, 알코올15%, 물38%	고추, 벼	경엽 처리 800배
겨자추출물22%, 계피추출물28%, 파라핀유7%, 증량제33%, 유화제10%	벼 등	엽면처리 500배
고삼, 양명아주, 멀구슬나무90%, 안정제5.5%, 계면활성제4.5%	채소, 과수벼 등	엽면처리 1000배
미생물(<i>Bacillus amyloliqueficiens</i>) 25%, 기타 75%	토마토, 배추, 고추, 상추, 오이	경엽 처리 500배
씨트로넬라오일 70%, 테리스추출물 10%, 기타	청경채, 오이, 배추, 상추, 고추, 콩	5일에 2회 경엽
님추출물10%, 피마자추출물20%, 유채추출물55%	고추, 배추, 부추, 방울토마토, 브로콜리, 오이	경엽 처리 500배
<i>Streptomyces rimosus</i> 100%	고추, 배추, 상추, 콩, 파	경엽 처리 100배
미생물 배양액89.62%, 산도조절제0.38%, 계면활성제10%	배추, 고추, 상추, 무, 브로콜리	경엽 처리 500배
너삼씨앗 70%	벼, 배추, 상추, 오이, 고추	엽면처리 1000배
식물추출물(계피)1%, 제올라이트99%	수박, 고추, 상추, 배추, 콩	토양 혼화 6kg/10a
식물추출물(허브), 각종 천연 미네랄	과채류	엽면처리 500배
<i>Bacillus subtilis</i> DY6364	오이, 딸기, 인삼, 벼, 고추, 배추, 상추, 토마토	경엽 처리 500배
키토산 2%, 현미식초 10%, 물 88%	채소류	경엽 처리 250배
차나무추출물 25%, 계피추출물 5%	채소류	엽면처리 1000배
자동종자추출물 1.3%, 대두레시틴 0.65%, 발효주정 1.3%, 물 96.75	채소류	엽면처리 1000배
Canola oil 95%	감귤, 딸기	경엽 처리 200~400
마늘추출액70%, 황10%, 보조제20%	벼, 상추, 오이, 배추, 고추, 콩	경엽 처리 1000배
Paraffinic Oil 98.5%	감귤, 사과, 살구, 석류	경엽 처리 300배
동백나무 종실추출물 100%	채소류	엽면처리 500배
퀼라야식물분쇄물 33%, 물 67%	채소류	엽면처리 2000배

참기름45%, 피마자유44.75%, 마늘오일5%, 계피오일1.5%, 로즈마리오일 0.5%, 타임오일 0.25%	오이	경엽처리 500배
계피추출물 25%	호박	관주처리 1000배
식물추출물(고삼) 60%	벼	엽면처리 1000배
식물추출물	채소류, 과채류	1000배
식물추출물(회화나무, 멀구슬나무, 양명아주 추출물) : Matrine 91%(0.45%) , 목초액 7.5%	고추, 토마토, 양배추, 상추, 배추, 벼	경엽처리 1000배

(나) 생물스펙트럼 확대 시험용 식물체 정유

Lavender, cassia essential oil 2종은 기존에 농업해충들 중 나방류 유충에 대한 살충력이 알려져 있어 이를 본 연구개발의 유효성분으로 활용하기 위한 활성확인 시험을 배추좀나방 유충을 대상으로 실시하였다.

Clove bud, origanum, savory, thyme white 등 식물체 정유 4종의 담배가루이에 대한 살충력(분무법)을 검정하였고, 주성분 또는 유효성분 분리를 칼럼크로마토그라피법을 이용해 실시하였다. 분리된 각 분획물들은 담배가루이 Q 생물형을 대상으로 유효력을 1,000 ppm에서 확인하였고, 2차 칼럼크로마토그라피를 실시하여 TLC 분석으로 주성분이 함유된 분획층만을 GC 분석을 실시했다. 이 주성분 또는 유효성분에 대한 정보는 기존 연구들의 문헌을 참조하여 추정한 후, 예상되는 유효성분 표준품을 최종 분획물과 GC에 동시주입하여 유효성분에 대한 정보를 확증하였다(Split injector가 장착된 HP6890-GC(HW, USA)을 이용하였다. 60 m × 0.32 mm i.d. ($d_f = 0.25 \mu\text{m}$) DB-5 MS bonded-phase fused-silica capillary column (J&W Scientific, NJ, USA)을 이용하여 분리하였다. 오븐 온도는 35°C에서 6분 유지하였으며, 분당 2°C 씩 220°C로 하였으며, 이후 분당 30°C 씩 300°C로 하여 최종 온도에서 6분 유지하였다. 헬륨 가스의 속도는 1:10의 분할속도에서 26.1/초 이었다).

본 연구는 2차년도 연구수행을 위한 예비시험으로서 1차년도에서 선정된 식물 추출물과 혼용에 따른 효과를 검증하기 위한 자료로서 활용하기 위해 시험이 이뤄졌다. 또한 유효성분의 분리는 향후 제형화 시 필요한 기준물질의 정보를 선확보하는데 의미를 두고자 하였다.

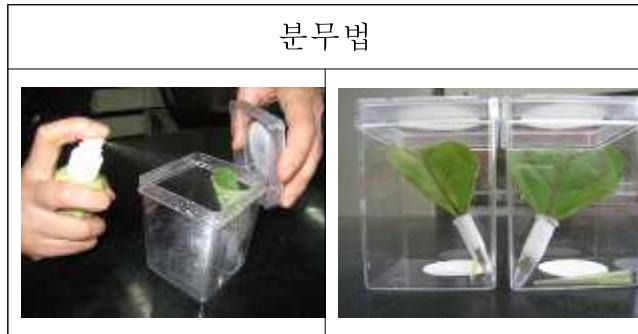
(다) 생물검정

- 분무법(spray method)

본 실내시험법은 연구대상 해충들인 배추좀나방, 파밤나방, 복숭아혹진딧물, 좁은가슴잎벌레, 큰28점박이무당벌레 등 5종 유충 및 성충들에 활용하였다. 또한 생물활성 스펙트럼 조사자를 위한 결과 확보를 위해 예비시험으로 온실가루이 성충(가지잎)에 대해

서도 본 검정법을 응용하였다.

페트리디쉬(직경 5.5 cm) 바닥에 코르크보러로 일정한 크기로 절단한 배추잎을 넣고 시험곤충 10개체씩을 접종하였다. 준비한 시험액(배량, 추천농도, 반량 등 3-5개 수준의 농도)을 약 30 cm 이격하여 상기 페트리디쉬 내 절단잎에 충분히 도포되도록 5회 분무(0.038 g) 처리하였다. 탈출을 방지하기 위해 공기 유출입이 가능한 뚜껑으로 닫았다. 시험은 3-5반복으로 실시하였고, 24시간과 48시간 후 살충율을 조사하였다. 활성이 우수한 시험약제에 대해서는 섭식저해율을 병행 조사하였다.



○ 잎침지법(leaf dipping method)

본 실내시험은 배추좀나방, 파밤나방, 꽃노랑총채벌레, 복숭아혹진딧물 등 4종 유충 및 성충들에 활용하였다.

각 검정대상 곤충들인 배추좀나방 유충과 복숭아혹진딧물 성충은 기주식물인 배추 잎 그리고 파밤나방 유충과 꽃노랑총채벌레 성충은 콩 잎(직경 5.0 cm)을 준비한 시험액(배량, 추천농도, 반량 등 3-5개 수준의 농도)에 30초 동안 침지하였다. 침지시킨 각 기주 잎을 철망에 올려두고 2시간 실내에서 음건하여 건조시킨 후, 페트리디쉬(직경 5.5 cm)에 넣고 시험곤충 10개체씩을 방사하였다. 시험곤충들이 외부로 유출되지 않도록 페트리디쉬 뚜껑을 닫았고, 3-5반복으로 실시하였다. 처리 24시간과 48시간 후 살충율을 조사하였는데, 활성이 우수한 시험약제에 대해서는 섭식저해율도 병행 조사하였다.

(3) 결과

(가) 식물체 정유의 살충력

기존 연구들에서 알려진 바와 같이 4,000 ppm으로 준비한 라벤더 오일과 카시아 오일은 직접 분무를 통해 배추좀나방 유충에 대해 각각 82%와 71%의 활성을 나타냈다(표 4-7). 하지만 2,000 ppm 농도에서는 별다른 활성을 나타내지 못했다. 반면 잎에 침지하여 여지가 들어 있는 페트리디쉬에 수직으로 세워두고 뚜껑을 닫아 일종의 훈증력을 발휘할 수 있도록 한 경우에는 98% 이상의 강한 살충력을 나타냈다. 이는 식물체 정유를 유효성분으로 활용 시 훈증제로서 개발 또는 급격한 휘발력을 억제시켜 서서히 방출시킬 수 있는 방출제 개발이 더 중요할 수

있다는 것을 알려준다.

표 4-7. 배추좀나방(*Plutella xylostella*) 유충에 대한 라벤더 오일 및 카시아 오일의 분무 처리와 훈증처리에 따른 살충력, 24h

Material	Spray method		Fumigant method	
	4,000 ppm	2,000 ppm	4,000 ppm	2,000 ppm
Lavender oil	82±6.8	4.0±2.4	100±0	98±1.2
Cassia oil	71±4.5	12.8±2.4	100±0	100±0
Control	0±0	3.6±2.4	5±5.1	5±5.1

생물스펙트럼 연구를 위한 예비시험으로 이용한 클로브버드, 오리가념, 사보리, 타임화이트 오일 등의 담배가루이 생물형들에 대한 분무시험에서 0.5% 이상의 처리구들 모두에서 75% 이상의 우수한 살충력을 나타냈다(표 4-8).

표 4-8. 식물체 정유들의 담배가루이 생물형에 대한 살충력, 분무법

Oil	Q biotype			B biotype		
	2.0%	0.5%	0.1%	2.0%	0.5%	0.1%
Clove bud	100±0a	90±1.0ab	8±2.2d	100±0a	99±1.4a	18±2.8de
Origanum	100±a	98±2.0ab	21±4.1d	100±a	94±3.0a	19±3.1de
Savory	100±0a	91±0.9ab	12±2.1d	100±0a	99±1.4a	32±5.1bcd
Thyme white	98±1.2a	87±4.2b	16±4.8d	100±0a	75±3.3b	8±4.5e

이상의 결과에 근간하여 이들 4종 식물 정유들에 대한 유효성분을 칼럼크로마토그라피법을 이용하여 분리한 결과, 클로브버드는 유제놀(eugenol), 오리가념과 사보리 오일은 카바크롤(cavacrol) 그리고 타임화이트는 타이몰(thymol)임을 알 수 있었다(그림 4-1, 4-2, 4-3, 4-4).

○ Clove bud oil

Clove bud

Silica gel column chromatography
Hexane : Ethyl acetate = 50:1
15.4g loading

Fr. 1 1~3 fr. (0.9002g)	Fr. 2 4~14 fr. (9.0556g)	Fr. 3 15~19 fr. (3.8122g)	Fr. 4 20~31 fr. (2.0014g)	Fr. 5 32~38 fr. (0.4616g)	Fr. 6 39~45 fr. (1.0392g)
-------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------

| C18 column chromatography (60% MeOH)

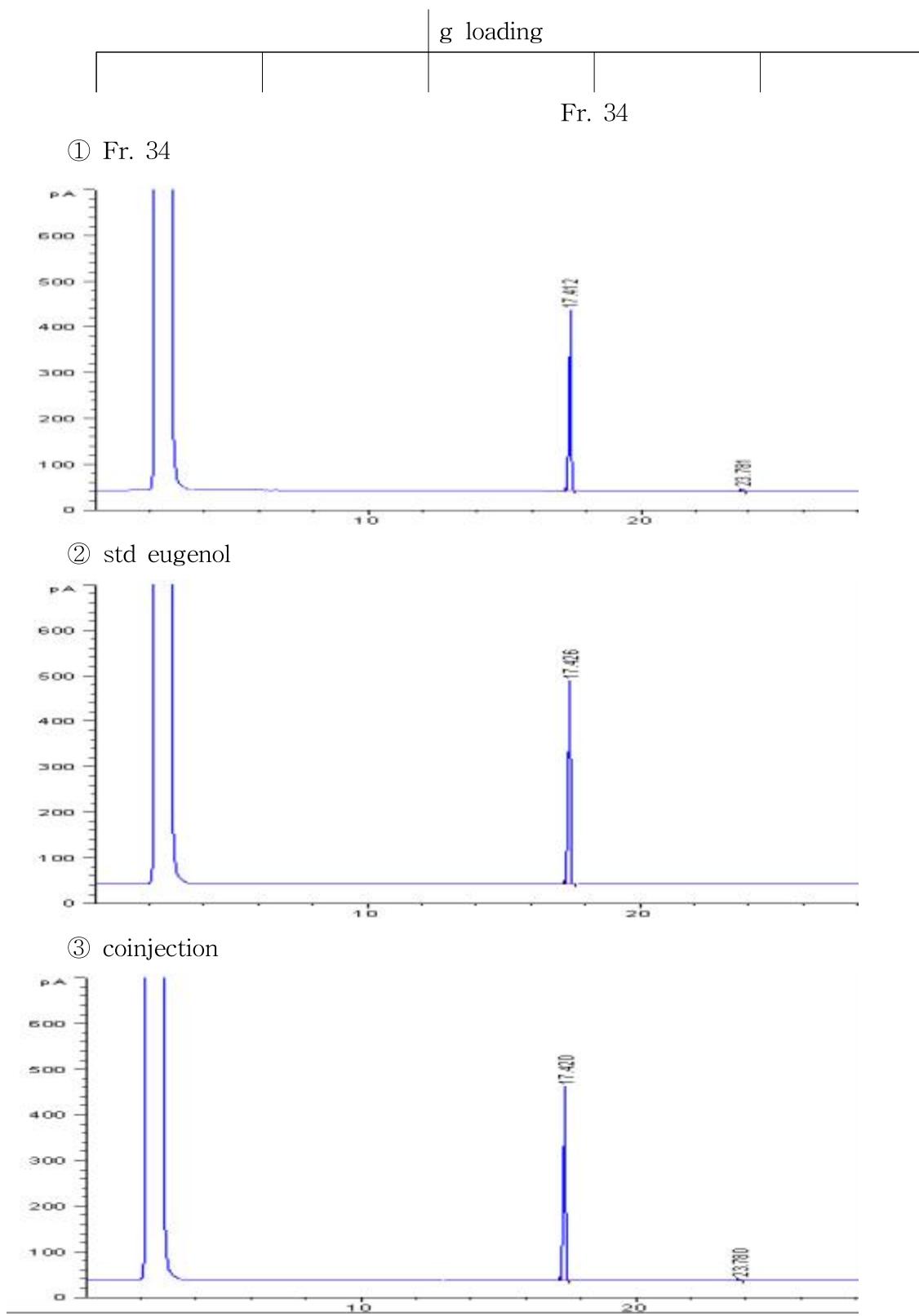
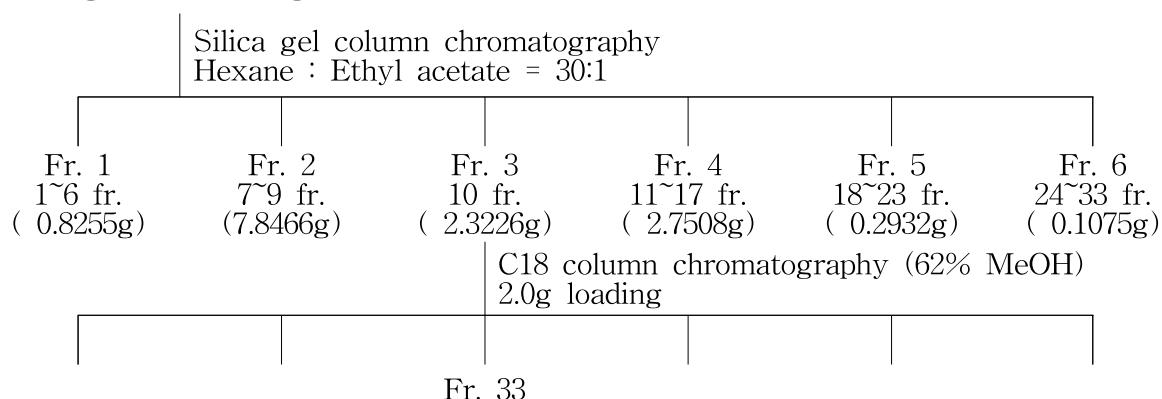


그림 4-1. Clove bud oil의 분리도 및 GC 크로마토그램.

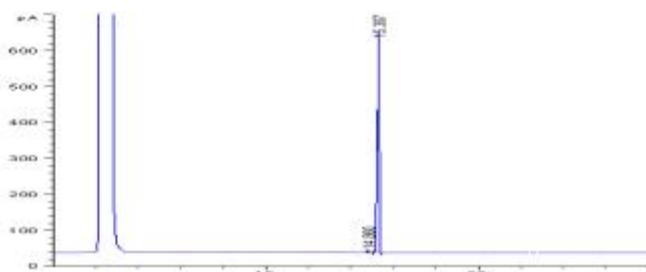
Oil fraction, 1000 ppm	Mortality
1	2.94
2	17.19
3	63.34
4	39.16
5	22.98
6	24.08
Control	1.79

○ Origanum oil

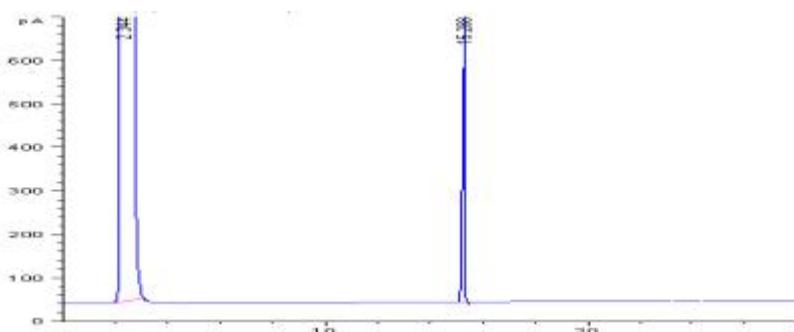
Origanum oil (15 g)



① Fr. 33



② std cavacrol



③ coinjection

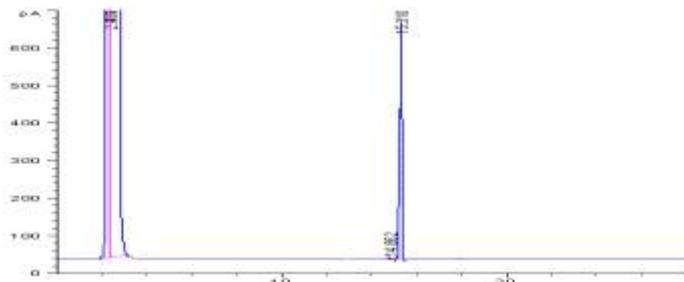
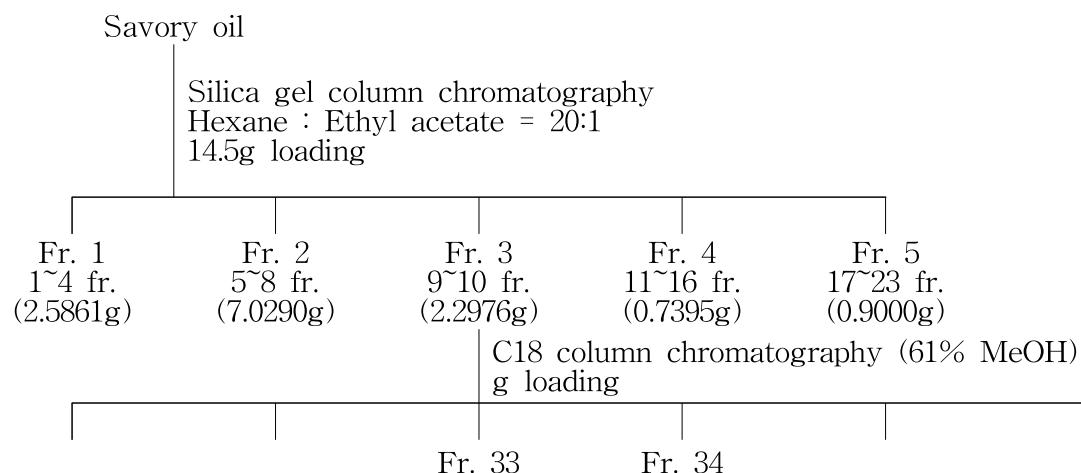


그림 4-2. Origanum oil의 분리도 및 GC 크로마토그램.

Oil fraction, 1000 ppm	Mortality
1	9.59
2	87.62
3	100.00
4	41.11
5	26.34
6	24.65
Control	1.79

○ Savory oil



① Fr. 33

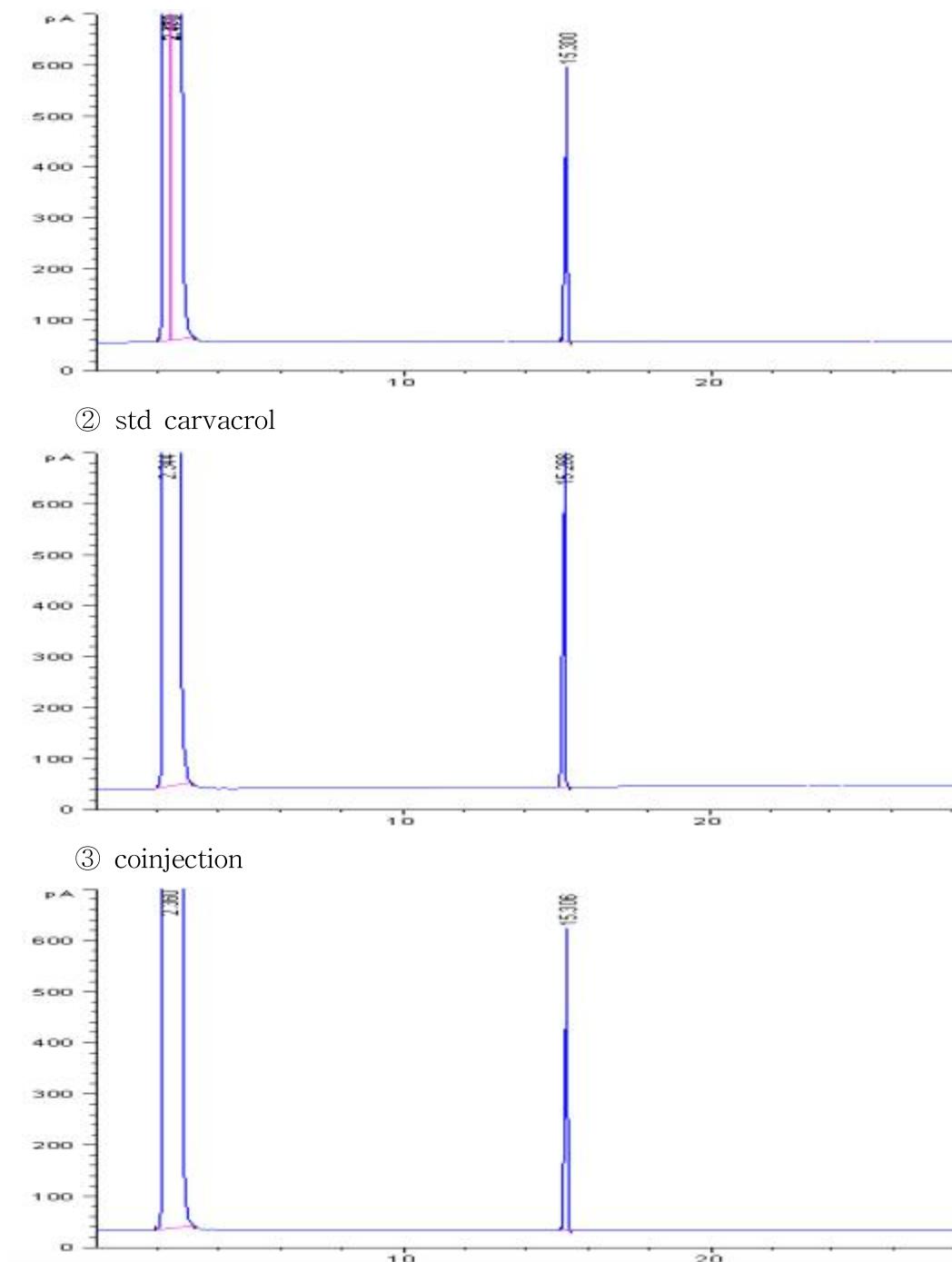
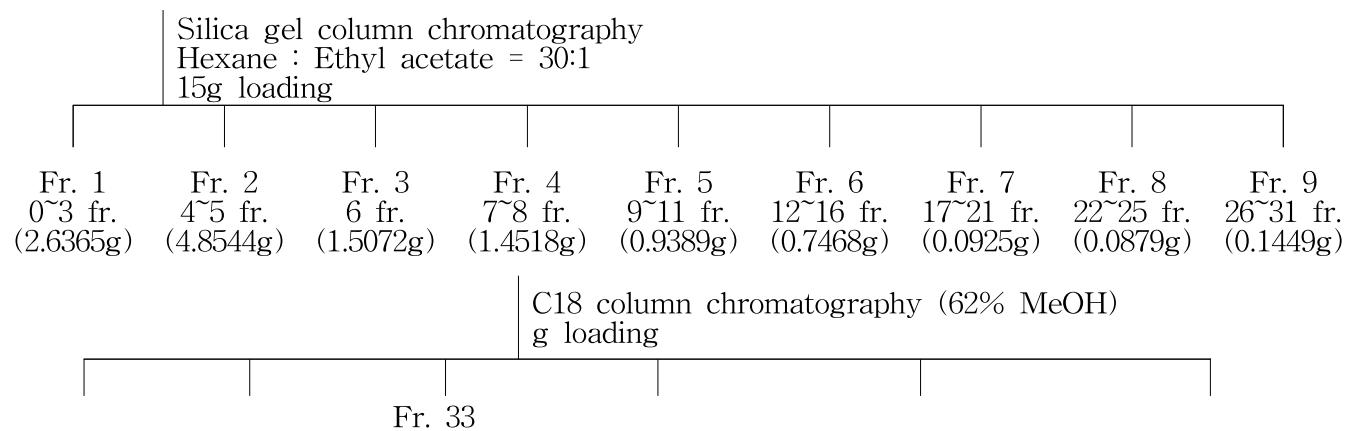


그림 4-3. Savory oil의 분리도 및 GC 크로마토그램.

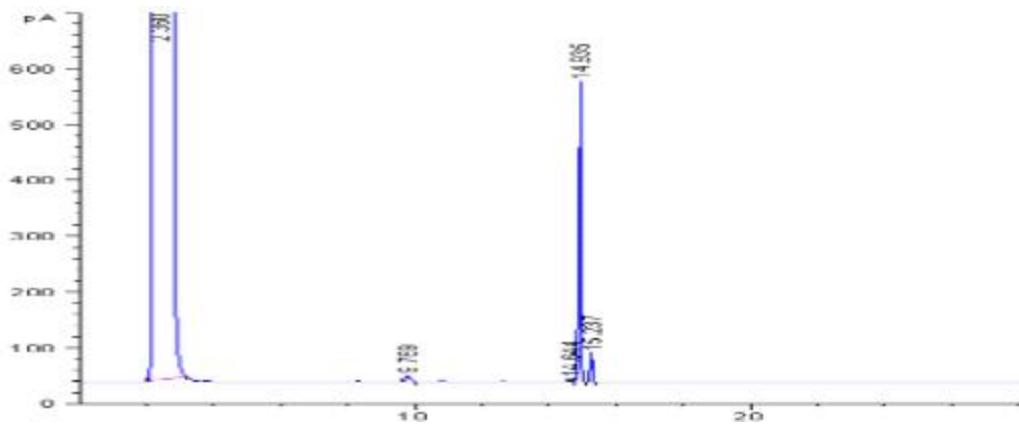
Oil fraction, 1000 ppm	Mortality
1	13.81
2	86.44
3	100.00
4	51.62
5	33.24
Control	2.13

○ Thyme white oil

Thyme white



① Fr. 33



② std thymol

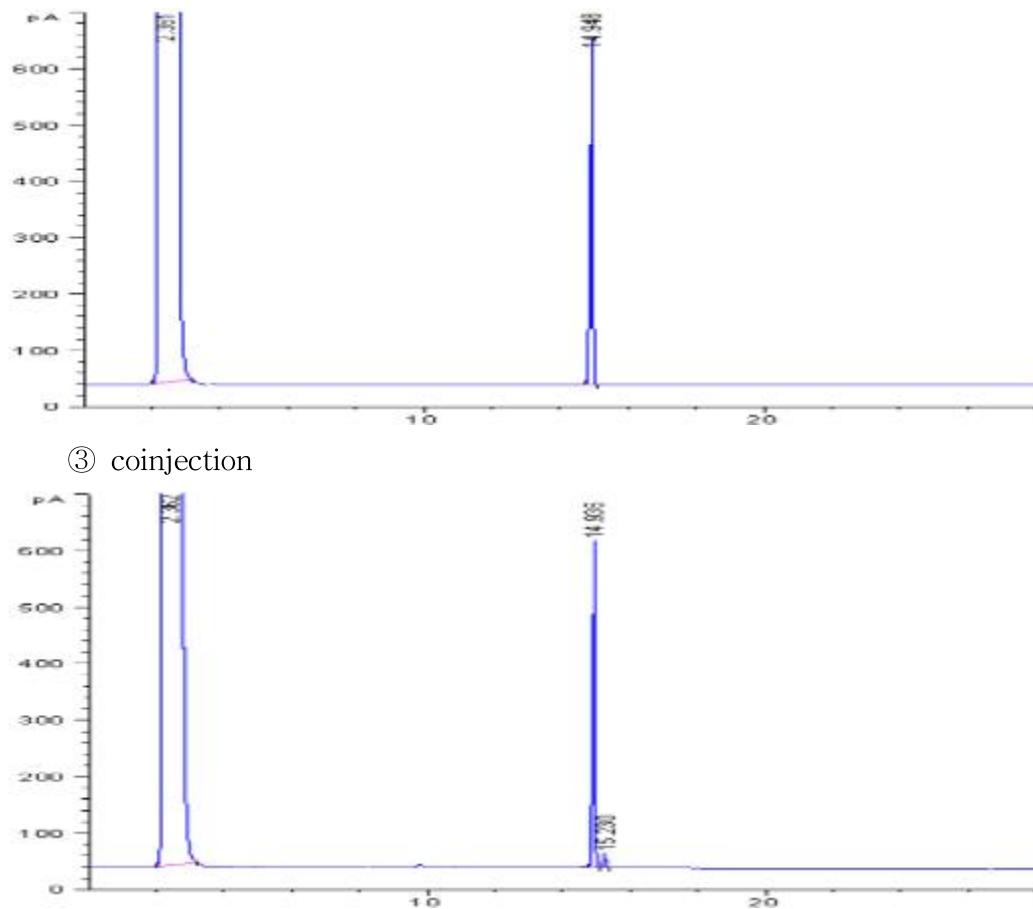


그림 4-4. Thyme white oil의 분리도 및 GC 크로마토그램.

Oil fraction, 1000 ppm	Mortality
1	4.00
2	66.98
3	95.15
4	46.62
Thyme white	leaf damage
5	28.62
6	43.32
7	58.94
8	37.20
9	31.97
Control	1.79

이상의 분석결과 각 유효성분으로 확인된 물질들인 카바그롤, 유제놀, 타이몰의 담배가루이 저항성 계통(Q biotype)에 대한 살충력을 확인한 결과, 3종 성분 모두 0.5% 수준에서는 강한 살충력을 나타냈으나 0.2% 이하의 농도에서는 유제놀만이 77%의 살충력을 나타냈고 나머지 2종의 56% 이하의 중도활성을 보였다(표 4-9).

표 4-9. 담배가루이(*Bemisia tabaci*) Q 생물형에 대한 식물체 정유 유효성분들의 살충력, 분무법(24h)

Active ingredient	Q biotype		
	0.5%	0.2%	0.1%
Carvacrol	100a	56±2.8b	5±5.3b
Eugenol	99±1.2a	77±5.8a	16±2.1a
Thymol	100a	31±3.4c	9±1.7b

(나) 친환경 유기농자재의 살충력

○ 배추좀나방유충

친환경유기농자재들의 배추좀나방 유충에 대한 추천농도 분무시험에서 유효성분으로 고삼(고삼추출물 60%)과 고삼 외 3종(고삼추출물, 백부근추출물, 멀구슬추출물, 개박하추출물)을 혼합 함유한 제제가 분무 처리 시 95% 이상의 살충력을 나타냈다(표 4-10). 또한 고삼외 2종 식물추출물을 함유한 제제도 70%의 활성을 보였고 미생물(89.62%)을 유효성분으로 한 제제도 58%의 중도활성을 보였다.

표 4-10. 친환경유기농자재의 배추좀나방 유충에 대한 살충력, 분무법

Material	Mortality(±SE)			
	2×	1×	0.5×	0.25×
차나무추출물 48%	30(±0)			
Cedar oil 16%	22.5(±6.3)			
고삼 외 3종	100(±0)	95(±2.9)	60(±4)	45(±5)
미생물 89.62%	70(±0)	58(±13.2)	35(±20.6)	
식물추출물		42.5(±11)		
미생물 25%		60(±18.7)	20(±0)	
마늘 50%		50(±16.8)		
미생물 100%		25(±8.6)		
고삼 60%	100(±0)	97.5(±2.5)	87.5(±7.5)	72.5(±4.8)
유채 외 2종		55(±10.2)		
고삼 외 2종	70(±0)	70(±11.1)	45(±15)	
씨트로넬라오일 외 1종		45(±9.5)		
카놀라유 95%		17.5(±8.5)		

겨자 외 2종		37.5(±8.5)		
미생물		7.5(±7.5)		
Control	30(±0)	20(±3.4)	16.7(±6.7)	27.5(±2.5)

반면 분무시험에서 살충력이 우수했던 제제들을 대상으로 한 잎침지법에서 고삼 외 3종(고삼, 양명아주, 멀구슬나무)을 혼합 함유한 제제가 75% 살충율을 보였고, 고삼 60% 단독 함유제가 100%를 나타냈으며 미생물 추출물(89.62%) 역시 100% 살충력을 추천농도에서 보였다. 하지만 반수로 희석해서 노출된 경우 배추좀나방 유충들은 50% 이하의 영향을 받았다(표 4-11)

표 4-11. 친환경유기농자재의 배추좀나방 유충에 대한 살충력, 잎침지법

Material	Mortality(±SE)	
	1×	0.5×
고삼 외 3종	75(±5.0)	50(±10.0)
미생물 89.62%	100(±0)	50(±4.1)
고삼 60%	100(±0)	85(±5.0)
고삼 외 2종	45(±5.0)	-
Control	20(±10.0)	25(±6.5)

○ 꽃노랑총채벌레

꽃노랑총채벌레 성충에 대한 잎침지법에서 고삼 60% 단제 만이 추천농도에서 85% 활성을 나타냈고 그 활성은 노출시간이 경과한 48시간 후 95%로 증가하였다(표 4-12). 그 외 추출물을 유효성분으로 함유한 제제들에서는 유의할만한 살충력을 나타내지 않았다.

표 4-12. 친환경유기농자재의 꽃노랑총채벌레 성충에 대한 살충력, 잎침지법

Material	Mortality(±SE)								
	24h				48h				
	2×	1×	0.5×	0.25×		2×	1×	0.5×	0.25×
차나무추출물 48%	10(±10)								
Cedar oil 16%	0(±0)								
고삼 60%	85(±5)	50(±0)	70(±10)					95(±5)	85(±5)
고삼 외 3종	15(±5)	25(±12)	5(±5)		60(±10)			10(±10)	
미생물 89.62%	0(±0)								
유채 외 2종	0(±0)								
고삼 외 2종	10(±0)								
씨트로넬라오일 외 1	10(±0)								

종	가 .			
카놀라유 95%	0(±0)			
겨자 외 2종	5(±5)			
미생물	0(±0)			0(±0)
차나무 외 1종	5(±5)			5(±5)
카놀라유 95%	0(±0)			0(±0)
파라핀유 98.5%	0(±0)			0(±0)
퀼라야 33%	0(±0)			0(±0)
Control	0(±0)	0(±0)	0(±0)	0(±0) 0(±0)

○ 복숭아혹진딧물

친환경유기농자재들의 복숭아혹진딧물 성충에 대한 추천농도 분무시험에서 유효성분으로 고삼 외 3종(고삼추출물, 백부근추출물, 멀구슬추출물, 개박하추출물)을 혼합 함유한 제제가 93%의 강한 살충력을 보였고 유채 추출물에서도 68%의 활성이 나타났다(표 4-13). 하지만 이들 제제는 처리 수준을 2배로 하여도 복숭아혹진딧물 성충에 대해 현저히 증가된 살충력은 보이지 못했으나, 노출시간이 증가하면 살충력이 100% 증가하였다. 기타 식물 추출물을 유효성분으로 한 제제들에서는 살충력을 기대하기 어려웠다.

표 4-13. 친환경유기농자재의 복숭아혹진딧물에 대한 살충력, 분무법

Material	Mortality(±SE)							
	2×		1×		0.5×		0.25×	
	24h	48h	24h	48h	24h	48h	24h	48h
차나무추출물 48%	3.3(±3.3)	27(±3)	17.5(±8.5)	0(±0)				
Cedar oil 16%	0(±0)	7(±7)	2.5(±2.5)	0(±0)				
고삼 외 3종	90(±5.8)	100(±0)	92.5(±7.5)	100(±0)	55(±15)	65(±5)	36.7(±3.3)	70(±5.8)
미생물 89.62%	0(0±0)	17(±3)	15(±1.2)	25(±25)				
식물추출물	10(±10)	30(±25)	0(±0)	0(±0)				
미생물 25%	6.7(±3.3)	17(±3)	7.5(±4.8)	10(±10)				
마늘 50%	10(±10)	23(±12)	0(0±0)	0(±0)				
미생물 100%	10(±5.8)	27(±12)	5(±5)	20(±10)				
고삼 60%	26.7(±3.3)	80(±0)	2.5(±2.5)	5(±5)				
유채 외 2종	64(±5)	86(±7)	68.3(±10)	80(±20)	40(±10)	65(±5)	16.7(±3.3)	53.3(±3.3)
고삼 외 2종	76(±6.8)	80(±5)	50(±14.7)	60(±0)	23.3(±8.8)			50(±5.8)
씨트로넬라오일 외 1종	36(±14)	42(±12)	16.7(±3.3)	35(±5)				
카놀라유 95%	3.3(±3.3)	23(±13)	0(±0)	5(±5)				
겨자 외 2종	6.7(±6.7)	23(±7)	5(±2.9)	0(±0)				

미 생물	0(±0)	23(±7)	0(±0)	0(±0)
참기름 외 5종	0(±0)	20(±10)	2(±2)	3.3(±2.6)
계피 25%	6.7(±3.3)	27(±7)	3.3(±3.3)	6.7(±3.3)
고삼 60%	10(±5.8)	20(±0)	6.7(±3.3)	23.3(±8.8)
키토산 외 1종	0(±0)	17(±7)	3.3(±3.3)	6.7(±3.3)
마늘 외 1종	0(±0)	10(±0)	0(±0)	13.3(±8.8)
차나무 외 1종	0(±0)	10(±0)	10(±5.8)	10(±5.8)
자몽 외 2종	3.3(±3.3)	17(±9)	3.3(±3.3)	16.7(±8.8)
카놀라유 95%	10(±5.8)	40(±6)	0(±0)	6.7(±3.3)
파라핀유 98.5%	3.3(±3.3)	0(±15)	0(±0)	13.3(±8.8)
동백나무 종실 100%	3.3(±3.3)	27(±15)	0(±0)	13.3(±8.8)
식물추출물	0(±0)	27(±3)	0(±0)	3.3(±3.3)
퀄라야 33%	3.3(±3.3)	37(±3)	6.7(±6.7)	20(±10)
Control	2(±2)	3(±3)	5(±2.3)	4(±1.9)
			0(±0)	5(±5)
			0(±0)	6.7(±3.3)

친환경유기농자재들의 복숭아혹진딧물 성충에 대한 추천농도 잎침지 시험에서 24시간 노출시, 유효성분으로 고삼 외 3종(고삼추출물, 백부근추출물, 멀구슬추출물, 개박하추출물)을 혼합함유한 제제 만이 100%의 강한 접촉독성을 나타냈다(표 4-14). 기타 식물 추출물을 유효성분으로 한 제제들에서는 살충력을 기대하기 어려웠다.

표 4-14. 친환경유기농자재의 복숭아혹진딧물에 대한 24시간 노출에 따른 살충력, 잎침법

Material	Mortality(±SE)				
	2×	1×	0.5×	0.25×	0.125×
차나무추출물 48%	0(±0)				
Cedar oil 16%	0(±0)				
고삼 외 3종	100(±0)	100(±0)	100(±0)	55(±5)	33.3(±6.7)
미 생물 89.62%	0(±0)				
식물추출물	0(±0)				
미 생물 25%	3.3(±3.3)				
마늘 50%	0(±0)				
미 생물 100%	3.3(±3.3)				
고삼 60%	3.3(±3.3)				
유채 외 2종	36(±7.5)	18.3(±7.6)	0(±0)		
고삼 외 2종	12.7(±3)	1.3(±1.3)	8.8(±3.5)	0(±0)	
씨트로넬라오일 외 1	38.8(±7.9)	26.7(±5.8)	38.3(±1.2)	16.7(±4.9)	

종				
카놀라유 95%	3.3(±3.3)			
겨차 외 2종	0(±0)			
미생물	0(±0)			
참기름 외 5종	0(±0)			
제피 25%	0(±0)			
고삼 60%	0(±0)			
키토산 외 1종	3.3(±3.3)			
마늘 외 1종	3.3(±3.3)			
차나무 외 1종	0(±0)			
자몽 외 2종	3.3(±3.3)			
카놀라유 95%	0(±0)			
파라핀유 98.5%	3.3(±3.3)			
동백나무 종실 100%	0(±0)			
식물추출물	3.3(±3.3)			
퀄라야 33%	0(±0)			
Control	0(±0)	1.3(±1.1)	1.3(±1.3)	0(±0)
				0(±0)

친환경유기농자재들의 복숭아혹진딧물 성충에 대한 추천농도 잎침지 시험에서 48시간 노출시, 유효성분으로 씨트로넬라오일 외 1종을 혼합 함유한 제제가 78% 그리고 유채외 2종을 함유한 제제가 55%의 증가된 살충력을 나타냈다(표 4-15). 또한 이들을 2배로 농도를 증가시켜 처리하면 살충력은 79%와 76%의 증가된 활성을 보였다. 즉, 살충력은 농도 및 노출시간에 의존적인 양상을 나타냈다.

표 4-15. 친환경유기농자재의 복숭아혹진딧물에 대한 48시간 노출에 따른 살충력, 잎침지법

Material	Mortality(±SE)				
	2×	1×	0.5×	0.25×	0.125×
차나무추출물 48%	13.3(±8.8)				
Cedar oil 16%	16.7(±8.8)				
고삼 외 3종	100(±0)	100(±0)	100(±0)	100(±0)	46.7(±0.33)
미생물 89.62%	13.3(±8.8)				
식물추출물	13.3(±8.8)				
미생물 25%	10(±5.8)				
마늘 50%	6.7(±3.3)				
미생물 100%	13.3(±8.8)				
고삼 60%	16.7(±6.7)				

유채 외 2종	76(±8.1)	56.3(±13.8)	0(±0)	
고삼 외 2종	45.5(±8.1)	25(±7.8)	44(±17.5)	23.3(±8.8)
씨트로넬라오일 외 1종	78.8(±8.8)	77.5(±9.8)	61.7(±11.4)	45(±7.6)
카놀라유 95%	16.7(±3.3)			
겨차 외 2종	13.3(±3.3)			
미생물	3.3(±3.3)			
참기름 외 5종	13.3(±3.3)			
계피 25%	0(±0)			
고삼 60%	13.3(±3.3)			
키토산 외 1종	10(±5.8)			
마늘 외 1종	16.7(±8.8)			
차나무 외 1종	6.7(±6.7)			
자몽 외 2종	10(±0)			
카놀라유 95%	16.7(±12)			
파라핀유 98.5%	20(±0)			
동백나무 종실 100%	16.7(±3.3)			
식물추출물	6.7(±3.3)			
퀼라야 33%	23.3(±6.7)			
Control	6.4(±2)	14(±7.9)	2.5(±1.6)	5(±1.9)
				6.7(±3.3)

○ 파밤나방

친환경유기농자재들의 파밤나방 유충에 대해 분무법에서 고삼 60% 단독제제가 추천농도 및 반량철구 모두에서 100%의 강한 살충력을 보였고, 그 외 추출물들 함유물에서는 살충력을 기대하기 어려웠다(표 4-16).

표 4-16. 친환경유기농자재의 파밤나방 유충에 대한 살충력, 분무법

Material	Mortality(±SE)			
	24시간		48시간	
	1×	0.5×	1×	0.5×
차나무추출물 48%	0(±0)		1.67(+1.7)	
Cedar oil 16%	0(±0)		0(±0)	
고삼 외 3종	27.5(±15.9)	0(0±0)	47.5(±16.6)	0(±0)
미생물 89.62%	0(±0)		0(±0)	

식물추출물	0(±0)	0(±0)
미생물 25%	0(±0)	0(±0)
마늘 50%	0(±0)	0(±0)
미생물 100%	0(±0)	0(±0)
고삼 60%	100(±0)	100(±0)
유채 외 2종	15(±10)	21.2(±12.9)
고삼 외 2종	26.3(±10.7)	58.8(±14.1)
씨트로넬라오일 외 1종	0(±0)	0(±0)
카놀라유 95%	1.67(±1.7)	1.67(±1.7)
겨차 외 2종	0(±0)	0(±0)
미생물	10(±8.1)	0(±0)
참기름 외 5종	6(±2.4)	4(±4)
계피 25%	12(±3.7)	0(±0)
고삼 60%	8(±5.8)	4(±2.5)
키토산 외 1종	4(±2.4)	2(±2)
마늘 외 1종	2(±2)	0(±0)
차나무 외 1종	6(±4)	2(±2)
자몽 외 2종	0(±0)	0(±0)
카놀라유 95%	10(±4.5)	2(±2)
파라핀유 98.5%	0(±0)	0(±0)
동백나무 종실 100%	0(±0)	0(±0)
식물추출물	30(±11.4)	20(±10.5)
퀄라야 33%	12(±5.8)	2(±2)
Control	0(±0)	2(±2)

친환경유기농자재들의 파밤나방 유충에 대해 잎침지법에서 고삼 60% 단독제제와 고삼외 2종 혼합제가 100%와 80%의 강한 살충력을 나타냈고, 후자는 배량 처리 시 95%의 증가된 살충력을 나타냈다(표 4-17).

표 4-17. 친환경유기농자재의 파밤나방 유충에 대한 살충력, 잎침지법

Material	Mortality(±SE)		
	2×	1×	0.5×
고삼 60%	100(±0)	100(±0)	100(±0)
고삼 외 2종	95(±5)	80(±20)	-
Control	0(±0)	0(±0)	0(±0)

○ 좁은가슴잎벌레

친환경유기농자재들의 좁은가슴잎벌레 성충에 대한 분무시험에서 고삼외 3종 추출물이 배량, 추천농도, 반량에서 100%의 살충률을 나타냈고, 고삼 60% 함유제품이 배량에서 90%, 추천농도에서 30%의 살충률을 나타냈다(표 4-18). 또 유채외 2종 추출물 함유제와 씨트로넬라오일 70% 함유제가 배량에서 각각 65%, 50%의 살충률을 나타냈고, 나머지 약제들은 배량에서도 50% 미만의 살충률을 보였다. 그 외 추출물들의 함유제들에서는 유의할만한 살충력을 기대하기 어려웠다.

표 4-18. 좁은가슴잎벌레에 대한 유기농자재목록공시제품들의 살충활성, 24h

Material	Mortality (%eman)		
	2×	1×	0.5×
차나무추출물 48%	0	0	
Cedar oil 16%	0	0	
고삼외 3종	100	100	100
미생물 89.62%	0	0	
식물추출물	0	0	
미생물 25%	0	0	
마늘 50%	0	0	
미생물 100%	0	0	
고삼 60%	90	30	0
유채외 2종	65	30	0
고삼외 2종	5	0	
씨트로넬라오일외 1종	50	10	
카놀라유 95%	0	0	

겨자외 2종	0	0
미생물 DY6364	0	0
참기름외 5종	0	0
계피 25%	0	0
고삼 60%	0	0
키토산외 1종	10	0
마늘외 1종	0	0
차나무외 1종	0	0
자동외 2종	0	0
Canola oil 95%	0	0
파라핀유 98.5%	0	0
동백나무 종실 100%	10	0
식물추출물	10	0
식물추출물(멸구슬외)나무	0	0
퀄라야 33%	0	0
너삼씨앗 70%	10	10
Control	0	0

○ 큰28점박이무당벌레

유기농자재목록공시제품들을 추천농도 보다 2배량 높게 준비하여 큰28점박이무당벌레 약충에 분무 처리하였을 때, 시험한 모든 제품들에서 유의할만한 활성이 관찰되지 않았다(표 4-19). 따라서 도시농업 텃밭에서 문제가 되는 해충인 큰28점박이무당벌레를 효과적으로 관리할 수 있는 소재 및 제품 개발이 필요할 것으로 보인다.

표 4-19. 큰28점박이무당벌레 약충에 대한 유기농자재목록공시제품들의 살충활성, 24h

Material	Mortality (%eman)
	2×
차나무추출물 48%	0
Cedar oil 16%	0
고삼외 3종	0
미생물89.62%	20
식물추출물	0

미생물 25%	0
마늘 50%	0
미생물 100%	0
고삼60%	20
유채외 2종	0
고삼외 2종	0
씨트로넬라오일외 1종	0
카놀라유 95%	0
겨자외 2종	0
미생물 DY6364	20
참기름외 5종	0
계피 25%	0
고삼 60%	0
키토산외 1종	0
마늘외 1종	0
차나무외 1종	0
자동외 2종	0
Canola oil 95%	0
파라핀유 98.5%	0
동백나무 종실 100%	0
식물추출물	0
식물추출물(멀구슬외)나무	0
퀄라야 33%	0
너삼씨앗 70%	0
Control	0

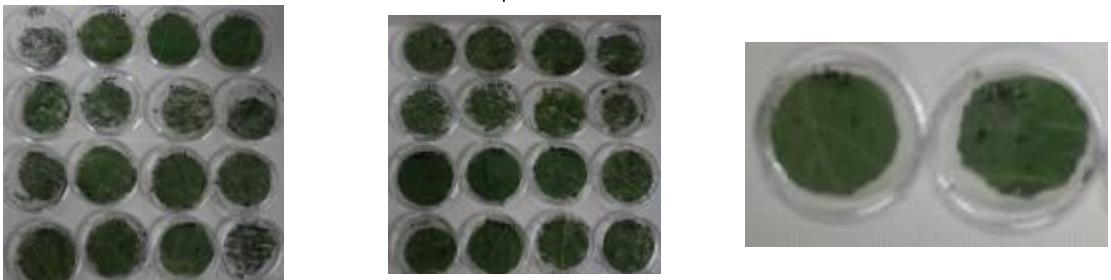
(다) 친환경 유기농자재의 섭식저해력

나비목 2종 유충(파밤나방, 배추 좀나방)에 대한 시험 농자재들의 추천농도로 처리한 24시간 후, 섭식저해활성을 조사하였다(표 4-20). 섭식저해력이 무처리구 대비하여 우수하게 나타난 자재는 고삼 60% 단제와 고삼외 3종 및 고삼외 2종 등이었다. 하지만 고삼 60% 단제는 살충력이 높게 나타남으로 인한 사충수 증가로 인한 결과인데 반해, 고삼외 3종과 고삼외 2종 추출물의 섭식저해활성은 충분히 인정할 수 있었다. 특히 고삼외 2종 제제의 섭식저해활성은 매우 우수하였다.

표 4-20. 파밤나방 유충에 대한 친환경유기농자재의 섭식저해활성, 분무법

유기농자재	24h 섭식량 (%)	유기농자재	24h 섭식량 (%)
-------	-------------	-------	-------------

Cedar oil 16%	30	30	유채 외 2종	25	25
미생물	35	40	고삼 외 2종	5	5
고삼 60%	1	1	씨트로넬라오일 외 1종	40	55
고삼 외 3종	10	10	카놀라유 95%	80	70
미생물 25%	90	20	겨차 외 2종	55	70
탄저브렉	25	40	식물추출물	10	20
마늘 50%	35	80	차나무추출물 48%	25	25
미생물 89.62%	15	25	Control	20	65



배추좀나방 유충에 대한 시험 농자재들의 추천농도로 처리한 24시간 후, 접식저해활성을 조사한 결과, 접식저해력이 무처리구 대비하여 우수하게 나타난 자재는 고삼 60% 단제와 고삼 외 3종, 미생물 25% 함유제, 유채외 2종, 고삼외 2종 그리고 시트로넬라오일 외 1종 등 다양한 제제들에서 관찰되었다(표 4-21). 하지만 고삼외 2종 추출물만이 저농도 수준에서도 우수한 접식저해활성을 나타냈다.

표 4-21. 배추좀나방 유충에 대한 친환경유기농자재의 접식저해활성, 분무법

유기농자재	24h 접식량 (%)		유기농자재	24h 접식량 (%)	
Cedar oil 16%	30	30	유채 외 2종	2	2
미생물	30	30	고삼 외 2종	2	2
고삼 60%	1	1	씨트로넬라오일 외 1종	5	5
고삼 외 3종	2	2	카놀라유 95%	60	45
미생물 25%	5	5	겨차 외 2종	10	10
마늘 50%	15	60	식물추출물	15	15
미생물 100%	65	65	차나무추출물 48%	20	15
미생물 89.62%	25	25	Control	40	75



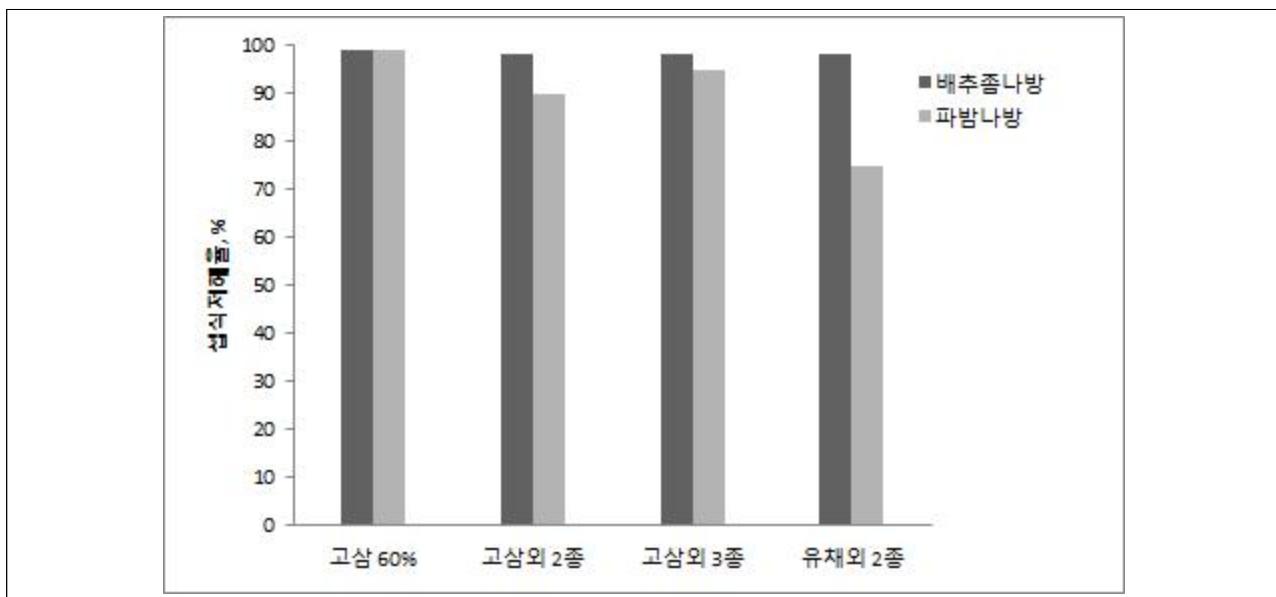
고삼외 2종

(라) 친환경유기농자재목록공시제 선발 결과

이상의 연구결과를 바탕으로 연구대상 곤충들에 대해 실내시험에서 활성을 보인 목록공시제 들은 고삼 추출물, 유채오일, 미생물89.2% 등의 추출물을 유효성분으로 함유한 제제들이었는데, 살충력 및 섭식저해력은 해충별 및 추출물별 차이를 보였다(표 4-22).

표 4-22. 배추좀나방 유충, 꽃노랑총채벌레, 복숭아혹진딧물, 파밤나방 유충에 대한 목록공시제 들의 살충 및 섭식저해활성, 24h

구분	실충활성(mean±SE, %)							
	배추좀나방		꽃노랑총채벌레		복숭아혹진딧물		파밤나방	
	분무	침지	분무	침지	분무	침지	분무	침지
고삼 60%	98(±2.5)	100(±0)	-	85(±5)	3(±2.5)	13(±3.3)	100(±0)	100(±0)
고삼외 2종	70(±11.1)	45(±5.0)	-	10(±0)	50(±14.7)	25(±7.8)	26(±10.7)	80(±20)
고삼외 3종	95(±2.9)	75(±5.0)	-	25(±12)	93(±7.5)	100(±0)	28(±15.9)	-
유채외 2종	55(±10.2)		-		68(±10)		15(±10)	-
미생물89.62 %	58(±13.2)	100(±0)	-	0(±0)	-	13(±8.8)	-	-



2. 유기농자재 목록공시 제제용(무희석) 소재선발 및 제제 개발

목록공시제 개발을 위한 소재선발은 본 연구를 통해 도출된 소재를 기반으로 한 제제 개발 및 1차년도 연구개발에서 선발된 활성이 우수한 소재를 바탕으로 한 제제 개발에 목표를 두고 수행하였다. 본 목표를 달성하기 위해 신규 선발된 식물소재를 단일, 복합 또는 기알려진 소재인 고삼과 혼합한 무희석제를 선발하기 위한 연구가 이뤄졌다.

가. 식물체 정유 단제 조제 및 유효성 평가

1차년도 연구에서 도출한 국내 친환경유기농자재 목록공시제품들에 함유된 유효성분들 중 활성이 가장 우수한 것으로 밝혀진 고삼 추출물(표 4-20), 제1협동과제(서울대팀)에서 수행한 연구성과 소재들 중 활성이 우수한 것으로 나타난 바질(basil oil)과 라벤더(lavender oil) 그리고 본 연구팀이 1차년과 2차년도 연구에서 선발한 oreganum oil, thyme white oil, rosemary oil, cotton seed oil, clove bud oil, castor oil, celery seed oil 등(표 4-7, 표 4-8)을 대상으로 유제를 조제하였다. 식물체 정유 2% 및 tween 80과 에탄올을 기본으로 하여 조제하였다. 생물검정은 분무법으로 시행하였고, 모든 시험은 3반복으로 실내에서 이뤄졌다.

단일 2% 유제로 조제하여 4종 대상해충들에 대한 살충력을 평가한 결과, 타임화이트오일만이 배추좀나방 유충에 대해 60% 활성을 보였고, 파밤나방 유충에 대해서는 어떤 단제도 유효성을 보이지 못했다. 꽃노랑총채벌레에 대해서는 바질오일과 오리가념오일이 100% 활성을 보였고, 복승아흑진딧물에 대해서는 오리가념오일 93%, 바질오일 83% 등의 살충력을 나타냈다(표 4-23).

표 4-23. 선발한 오일 단제(2% 유효성분)들의 살충활성, 24h

Material	Mortality (%), mean±SE			
	배추좀나방	파밤나방	꽃노랑총채벌레	복승아흑진딧물

Basil oil	0±0	20±0	100±0	83±0.3
Clove bud oil	40±1.5	15±0.5	0±0	3±0.3
Lavender oil	25±0.5	5±0.5	0±0	3±0.3
Origanum oil	27±1.2	0±0	100±0	93±0.7
Rosemary oil	0±0	15±0.5	0±0	3±0.3
Orange oil	0±0	0±0	0±0	7±0.3
Thyme white oil	60±0	5±0.5	0±0	40±0.6
Rape seed oil	0±0	0±0	0±0	23±0.9
Cassia oil	0±0	20±0	0±0	17±0.9
Helicrysum oil	5±0.5	15±0.5	0±0	3±0.3
Salary seed oil	0±0	0±0	0±0	3±0.3
Sophora extract ^a	5±0.5	0±0	0±0	53±0.3
Neem extract ^a	0±0	0±0	0±0	13±0.3
Lemon eucalyptus oil	0±0	0±0	0±0	0±0
Cotton seed oil	0±0	0±0	0±0	0±0

^aSophora and neem extracts were used at 10 times dilution.

이상의 결과(표 4-23)를 근간으로 바질오일을 비롯한 오리가념오일, 타임화이트오일 등을 주 소재로 하고 고삼을 비롯한 기타 활성이 확인된 소재들을 부소재로 함유한 무희석제 35종과 4종 분제를 준비하였다(표 24).

나. 무희석제제 제조 및 선발

(1) 무희석제 제조

식물체 정유 및 고삼을 기본성분으로 한 복합제(35종)를 2-11%(오일 기반 유효성분 함량은 2-8.5%, 고삼 기반 유효성분 함량은 6-11%)로 함유한 무희석제인 유제들을 조제하였다(표 4-24). 또한 활성이 우수한 4종 제제에 대해서는 분제를 준비하여 주관과제팀에 제공하였다.

16종의 식물추출물(식물체 정유 13종 및 식물추출물 3종)을 각각 유화제 tween80을 이용하여 물에 2% 단제로 희석한 뒤 4종 해충(복숭아혹진딧물, 파밤나방, 배추좀나방, 꽃노랑총채벌레)에 대하여 살충력을 검정하였다. 이 결과를 토대로 식물추출물 2종 이상이 첨가된 복합제를 2-11%(오일 기반 유효성분 함량은 2-8.5%, 고삼 기반 유효성분 함량은 6-11%)로 함유한 무희석제인 유제들을 조제하였다.

살충력 검정은 본 과제의 연구대상 해충들인 배추좀나방, 파밤나방, 복숭아혹진딧물, 꽃노랑총채벌레 등 4종 유충 및 성충들에 대해 이뤄졌다. 간단히 기술하면, 페트리디쉬(직경 5.5 cm) 바닥에 코르크보러(직경 5 cm)로 일정한 크기로 절단한 배추 잎을 넣고 시험곤충 10개체 씩을 접종하였다. 준비한 시험액을 약 30 cm 이격하여 상기 페트리디쉬 내 절단 잎에 충분히 도포되도록 수동분무기를 이용하여 5회 분무(0.75 ± 0.061 g)하였다. 해충들의 탈출을 방지하기 위해 공기 유출입이 가능한 뚜껑을 닫았다. 시험은 3반복으로 실시하였고, 24시간 후 살충율을

조사하였다.

표 4-24. 식물 정유 기반 35종 복합제 및 4종 분제

NRS-1	Phenethyl benzoate Clove bud oil Rosemary oil	2.0% 1.0% 1.0%	NRS-18	Thyme white Clove bud Basil oil	1.0% 1.0% 1.0%
NRS-2	Peppermint oil Rosemary oil	1.5% 1.5%	NRS-19	Thyme white Clove bud Origanum oil	1.0% 1.0% 1.0%
NRS-3	Ravenda oil Lemon eucalyptus oil Cinnamon bark oil	1.0% 1.0% 0.5%	NRS-20	Sophora flavescens Clove bud	10.0% 1.0%
NRS-4	Ravenda oil Basil oil	1.0% 1.0%	NRS-21	Sophora flavescens Thyme white	5.0% 2.0%
NRS-5.1	Basil oil Origanum oil	2.0% 2.0%	NRS-22	Sophora flavescens Basil oil	5.0% 2.0%
NRS-6	Canola oil Basil oil Origanum oil	0.5% 2.0% 2.0%	NRS-23	Sophora flavescens Clove bud	5.0% 2.0%
NRS-7	Canola oil Basil oil	2.0% 2.0%	NRS-24	Basil oil Rosemary oil Cottonseed oil Potassium bicarbonate	1.0% 0.5% 1.0% 2.0%
NRS-8	Basil oil Cinnamon bark oil	2.0% 2.0%	NRS-25	Basil oil Origanum oil Peppermint oil Rosemary oil	1.0% 0.4% 0.3% 0.3%
NRS-9	Sophora flavescens Basil oil	10.0% 1.0%	NRS-26	Basil oil Rosemary oil Majoram oil	1.0% 2.0% 1.0%
NRS-10	Phenethyl propionate Clove bud Rosemary oil Peppermint oil Thyme white Potassium oleate	2.0% 1.0% 1.0% 1.0% 0.5% 1.5%	NRS-27	Sophora flavescens Rosemary oil Cottonseed oil	5.0% 0.5% 1.0%
NRS-11	Thyme white Clove bud	1.0% 1.0%	NRS-28	Lemon eucalyptus oil Rosemary oil Peppermint oil Thyme white	1.0% 0.5% 0.5% 0.5%

NRS-12	Thyme white Basil oil	2.0% 1.0%	NRS-29	Clove bud Ravenda oil Rosemary oil Basil oil	0.5% 1.0% 1.0% 0.5%
NRS-13	Thyme white Ravenda oil	2.0% 1.0%	NRS-30	Basil oil Thyme white Clove bud Ravenda oil	1.0% 0.5% 0.2% 0.3%
NRS-14	Clove bud Basil oil	2.0% 1.0%	NRS-31	Sophora flavescens Thyme white Basil oil Clove bud	4.0% 1.0% 0.5% 0.3%
NRS-15	Clove bud Ravenda oil	2.0% 1.0%	NRS-32	Clove bud Ravenda oil Basil oil Potassium oleate	1.0% 1.0% 1.0% 1.5%
NRS-16	Thyme white Basil oil Origanum oil	1.0% 1.0% 1.0%	NRS-33	Cottonseed oil Cinnamon bark oil Rosemary oil Oleic acid Canola oil Tween80 Sugar Potassium bicarbonate Water	1.5% 0.1% 0.1% 2.5% 0.5% 4.0% 2.0% 2.0% 87.3%
NRS-17	Clove bud Basil oil Origanum oil	1.0% 1.0% 1.0%	NRS-34	Phenethyl propionate Peppermint oil Rosemary oil Thyme white Potassium oleate Sorbic acid	3.5% 1.0% 1.0% 0.5% 1.5% 1.0%
NRS-35	<i>Ginkgo biloba</i> extract 0.5%, water 95%				
DS-21	Starch 15 g, Et-OH 5 ml, 고삼, 오일 1종	DS-24	Starch 15 g, Et-OH 10 ml, 오일 3 종		
DS-31	Starch 15 g, Et-OH 5 ml, 고삼, 오일 3종	DS-32	Starch 15 g, Et-OH 10 ml, 오일 3 종		

*DS-21, DS-24, DS-31, DS-32제는 문제.

(2) 무희석제 살충력 탐색 및 선발

(가) 무희석제(복합제)들의 살충력 탐색

○ 복숭아혹진딧물

복합제들의 복숭아혹진딧물에 대한 분무시험에서 NRS-3, 5, 14, 19, 20, 24, 25, 27, 28, 32, 34제가 80% 이상의 살충력을 보였고 NRS-24는 100% 활성을 보였지만, 나머지 제제들은 80% 미만의 활성을 보였다(표 4-25).

표 4-25. 식물체 정유를 유효성분으로 함유한 NRS제들의 복숭아혹진딧물 성충에 대한 살충활성, 24h

Material	Mortality (%), mean±SE	Material	Mortality (%), mean±SE
NRS-1	47±1.8	NRS-18	3±0.3
NRS-2	3±0.3	NRS-19	93±0.3
NRS-3	87±1.3	NRS-20	90±0.6
NRS-4	20±0.6	NRS-21	30±0.8
NRS-5	97±0.3	NRS-22	23±0.3
NRS-6	70±0.6	NRS-23	70±0.6
NRS-7	13±0.3	NRS-24	100±0
NRS-8	60±0	NRS-25	100±0
NRS-9	73±0.3	NRS-26	53±0.3
NRS-10	0±0	NRS-27	87±0.3
NRS-11	7±0.7	NRS-28	83±0.3
NRS-12	7±0.7	NRS-29	55±2.0
NRS-13	30±0	NRS-30	55±2.0
NRS-14	100±0	NRS-31	65±0.4
NRS-15	3±0.3	NRS-32	100±0
NRS-16	13±0.3	NRS-33	0±0
NRS-17	57±0.3	NRS-34	80±0
Control	0±0	NRS-35	0±0

○ 꽃노랑총채벌레

꽃노랑총채벌레 성충에 대한 분무법에서 NRS-24, 25, 30, 31, 32가 80% 이상의 높은 살충력을 나타냈고, 그 중 약해가 없는 복합제는 NRS-24, 31로 확인되었다. 그 외 오일들을 유효성분으로 함유한 제제들에서는 유의할만한 살충력을 나타내지 않았다(표 4-26).

표 4-26. 식물체 정유를 유효성분으로 함유한 NRS제들의 꽃노랑총채벌레 성충에 대한 살충활성, 24h

Material	Mortality (%), mean±SE	Material	Mortality (%), mean±SE
----------	------------------------	----------	------------------------

NRS-1	50±1	NRS-18	70±0
NRS-2	10±0	NRS-19	25±1.5
NRS-3	45±0.5	NRS-20	75±0.5
NRS-4	25±0.5	NRS-21	20±1.2
NRS-5	10±0	NRS-22	75±2.5
NRS-6	10±0	NRS-23	25±1.5
NRS-7	10±0	NRS-24	100±0
NRS-8	30±1	NRS-25	80±2.0
NRS-9	85±0.5	NRS-26	40±0
NRS-10	55±0.5	NRS-27	55±0.5
NRS-11	35±0.5	NRS-28	0±0
NRS-12	40±0.5	NRS-29	60±0.6
NRS-13	30±0	NRS-30	80±1.0
NRS-14	20±2	NRS-31	80±1.0
NRS-15	25±0.5	NRS-32	87±0.7
NRS-16	50±1	NRS-33	25±0.4
NRS-17	30±0	NRS-34	35±0.4
Control	0±0	NRS-35	0±0

○ 배추좀나방

복합제들의 배추좀나방 유충에 대한 분무시험에서 NRS-5, 6, 9, 10, 14, 15, 19, 21, 32, 34가 80% 이상의 강한 살충력을 나타냈고, NRS-21이 100% 활성을 나타낸 반면, 나머지 제제들은 80% 미만의 활성을 보였다(표 4-27).

표 4-27. 식물체 정유를 유효성분으로 함유한 NRS제들의 배추좀나방 유충에 대한 살충활성, 24h

Material	Mortality (%), mean±SE	Material	Mortality (%), mean±SE
NRS-1	0±0	NRS-18	55±1.2
NRS-2	0±0	NRS-19	97±0.3
NRS-3	0±0	NRS-20	77±0.3
NRS-4	0±0	NRS-21	100±0
NRS-5	93±0.3	NRS-22	0±0
NRS-6	80±0	NRS-23	60±0
NRS-7	0±0	NRS-24	40±0

NRS-8	23±0.3	NRS-25	7±0.7
NRS-9	97±0.3	NRS-26	40±0
NRS-10	90±0.6	NRS-27	63±0.3
NRS-11	23±0.9	NRS-28	20±0
NRS-12	33±0.3	NRS-29	23±0.3
NRS-13	0±0	NRS-30	23±0.3
NRS-14	80±0.6	NRS-31	73±0.7
NRS-15	93±0.3	NRS-32	93±0.7
NRS-16	57±0.3	NRS-33	40±0.6
NRS-17	40±0.6	NRS-34	93±0.3
Control	0±0	NRS-35	0±0

○ 파밤나방

본 연구에서 조제한 복합제들은 파밤나방 유충에 대한 분무시험에서 유의할만한 살충력을 보이지 못했다(표 4-28). 이는 파밤나방 유충이 상대적으로 배추좀나방에 비해 몸집이 커서 약제에 대한 감수성에 차이를 나타내기 때문으로 생각된다.

표 4-28. 식물체 정유를 유효성분으로 함유한 NRS제들의 파밤나방 유충에 대한 살충활성, 24h

Material	Mortality (%), mean±SE	Material	Mortality (%), mean±SE
NRS-1	0±0	NRS-18	3±0.3
NRS-2	0±0	NRS-19	3±0.3
NRS-3	0±0	NRS-20	0±0
NRS-4	0±0	NRS-21	0±0
NRS-5.1	3±0.3	NRS-22	13±0.3
NRS-6	5±0.4	NRS-23	10±0.6
NRS-7	0±0	NRS-24	0±0
NRS-8	0±0	NRS-25	0±0
NRS-9	0±0	NRS-26	0±0
NRS-10	0±0	NRS-27	0±0
NRS-11	0±0	NRS-28	0±0
NRS-12	3±0.3	NRS-29	0±0
NRS-13	0±0	NRS-30	0±0
NRS-14	0±0	NRS-31	0±0
NRS-15	7±0.7	NRS-32	0±0

NRS-16	3±0.3	NRS-33	0±0
NRS-17	0±0	NRS-34	0±0
Control	0±0	NRS-35	0±0

(나) 무희석제 후보군 도출

이상의 결과를 정리하면, 준비한 35종 제제들은 파밤나방 유충에 대한 활성을 보이지 못했고 복숭아흑진딧물 및 배추좀나방 그리고 꽃노랑총채벌레에 대해서는 우수한 살충력을 나타냈다(표 4-29). NRS-14, -24, -25 및 -32제는 복숭아흑진딧물에 대해 100% 살충력을 보였고, 꽃노랑총채벌레에 대해서는 NRS-24제만이 100% 활성을 보였다. 또한 배추좀나방 유충에 대해서는 NRS-21제가 100% 활성을 보였고 NRS-5, -9, -15, -19, -32 및 -34제가 90% 이상 살충력을 보였다.

표 4-29. 35종 무희석제(유제)들의 분무처리에 따른 3종 농업해충들에 대한 살충활성, 24h

Material	복숭아흑진딧물	꽃노랑총채벌레	배추좀나방
NRS-3	87±1.3	-	
NRS-5	97±0.3	-	93±0.3
NRS-6	70±0.6	-	80±0
NRS-9	73±0.3	85±0.5	97±0.3
NRS-10	-	-	90±0.6
NRS-14	100±0	-	80±0.6
NRS-15	-	-	93±0.3
NRS-19	93±0.3	-	97±0.3
NRS-20	90±0.6	75±0.5	77±0.3
NRS-21	-	-	100±0
NRS-24	100±0	100±0	40±0
NRS-25	100±0	80±2.0	7±0.7
NRS-27	87±0.3	-	-
NRS-28	83±0.3	-	-
NRS-30	-	80±1.0	-
NRS-31	-	80±1.0	73±0.7
NRS-32	100±0	87±0.7	93±0.7
NRS-34	80±0	-	93±0.3

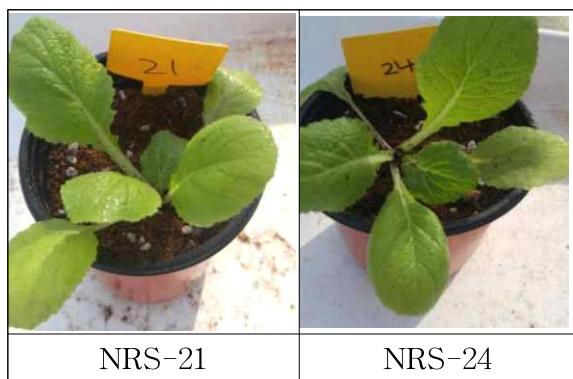
따라서 우리는 이러한 결과를 바탕으로 활성이 우수한 제제들에 대한 식물에 대한 약해평

가를 진행하였다.

다. 작물들에 대한 선발제들의 약해평가

NRS-3을 포함한 13종 복합제들(NRS-3, 5, 6, 9, 10, 14, 15, 19, 20, 25, 27, 28, 30)이 해당 해충 1종 이상에서 80% 이상의 강한 살충력을 보였다. 이들 우수한 살충력을 나타낸 제제들을 대상으로 농약관리법의 약재조사 기준에 맞춰 약해시험을 스크리닝 목적으로 배추 유묘를 대상으로 실시하였다(표 4-30).

그 결과, 이들 대부분의 제제들은 배추 유묘에 대해 심한 약해(3이상)를 나타냈다(결과 미제시).



그래서 배추 유묘에 대해 약해가 심한 복합제들 대부분을 제외시키고, 해당 해충들에 대해 살충력이 우수하면서 약해가 비교적 적은 복합제 4종을 대상으로 상추, 고추, 토마토 등의 작물들에 대해 포트검정을 실시하였다. 대상작물들인 고추는 평균 13엽기, 토마토는 28엽기, 꽃상추는 5엽기, 청상추는 7엽기 유묘들을 활용하였다. 물방울이 맷힐 정도로 약액을 충분히 분무 처리하여 3반복으로 실시하였다. 약해에 대한 조사는 처리 1일, 2일, 3일, 5일, 7일, 14일 후 살충제 약해조사 기준에 맞춰 달관 조사하였다(표 4-30).

표 4-30. 약해조사 기준(농약관리법, 농진청)

0	육안으로 약해가 인정되지 않음
1	아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨
2	처리된 잎이 적은 부분에 약해가 인정됨
3	처리된 잎의 50% 정도 약해가 인정됨
4	상당한 피해를 받고 있으나 아직 건전한 부분이 남아있음
5	심한 약해를 받고 고사상태임

○ 약해 결과 평가

물과 계면활성제 만을 분무한 대조구에서는 특이할만한 약해 증상을 확인할 수 없었다(그림 4-5).

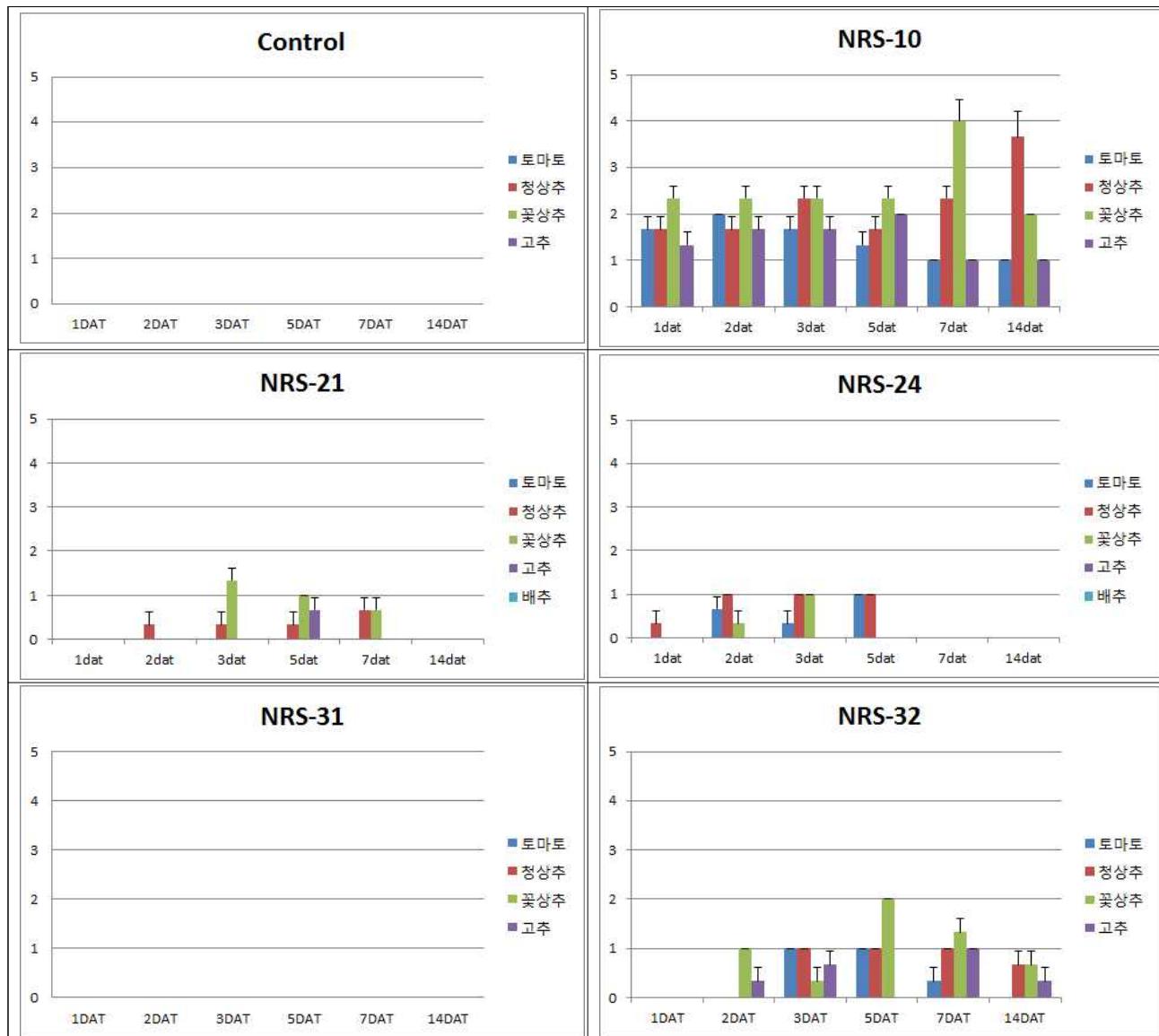
NRS-10제는 4종 작물들에 모두 심한 약해를 보였고, 청상추와 꽃상추는 시간이 지날수록 유묘 신초 및 선단부가 고사되는 심한 약해 증상을 나타냈다.

NRS-21에서는 꽃상추와 청상추에서 약해지수 “1(아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨)”에 해당하는 약해 특성을 보였고, 고추와 토마토, 배추에서는 특이할만한 약해증상을 나타내지 않았다.

NRS-24제는 고추와 배추에서는 약해가 나타나지 않았고, 토마토, 청상추, 꽃상추에서는 “1(아주 가벼운 약해로서 작은 약반이 약간 인정됨)”에 해당하는 약해 특성을 보였지만, 7일 후에는 회복되는 경향을 보였다. NRS-31제는 4종 작물들에서 특이할만한 약해증상을 보이지 않았고, 시간이 지나도 이러한 특성을 변화를 나타내지 않았다.

NRS-32제는 처리 2일 후부터 꽃상추에서 약해지수 “2(처리된 잎이 적은 부분에 약해가 인정됨)”의 약해특성을 보였고, 나머지 작물에서도 모두 “1” 정도의 약해를 보였다. 그런데 14일 이후에는 약간 회복되는 경향을 띠었으나, 완전한 회복을 관찰할 수는 없었다.

NRS-34제는 4종 작물들에서 약해지수 “2(처리된 잎이 적은 부분에 약해가 인정됨)”의 약해 증상을 나타냈다. 14일 후, 청상추와 꽃상추는 완전히 회복이 되었으나, 고추와 토마토는 영향을 받은 채로 그래도 유지되었다.



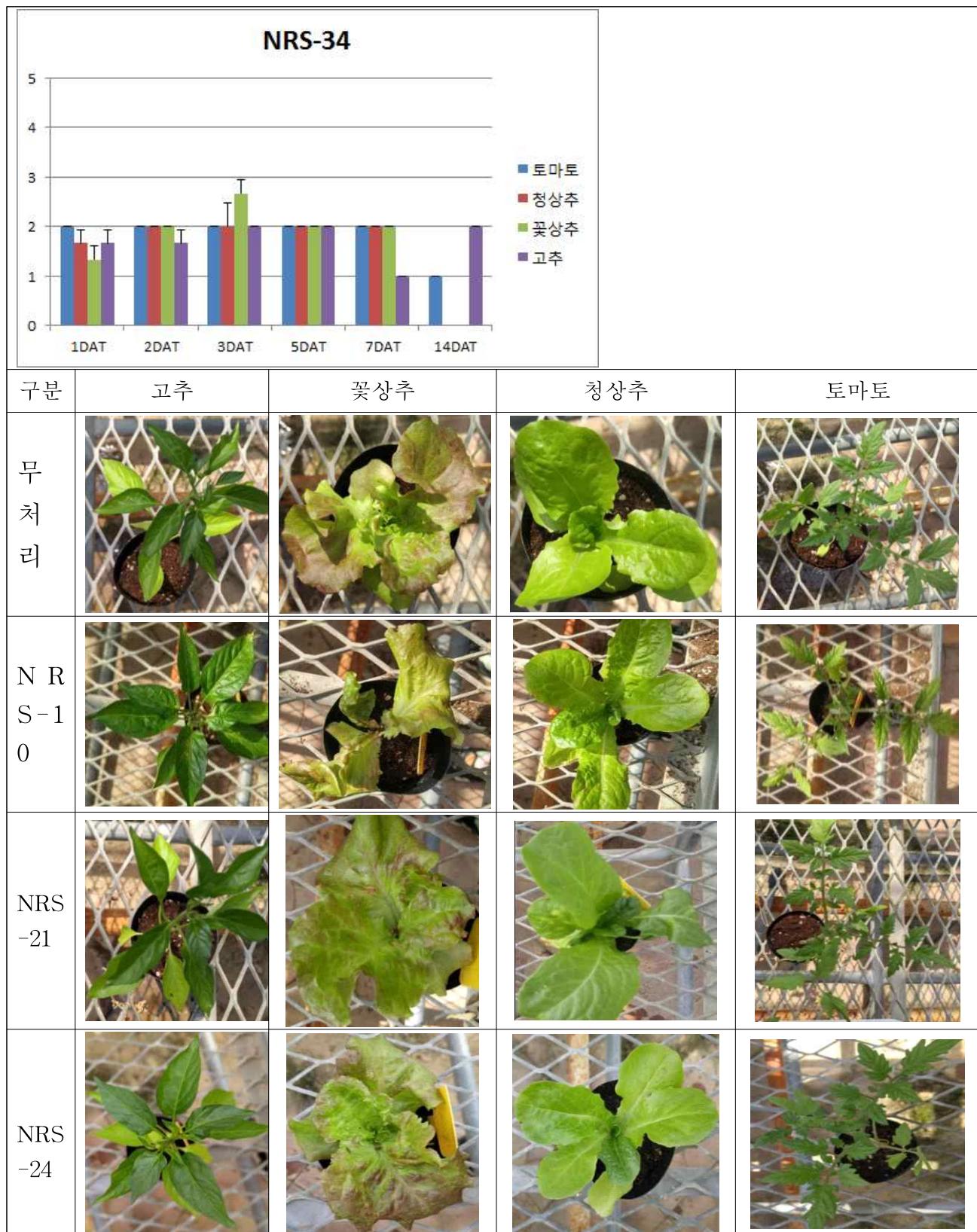




그림 4-5. 고추, 꽃상추, 청상추, 토마토 유묘의 생육 특성.

이상의 살충력과 약해시험 결과를 토대로, 작물들에 대한 약해를 보이지 않거나 적은 약해 특성을 보이는 4종 제제들(NRS 21, 24, 31, 32)의 살충력을 정리하면, NRS-21은 배추좀나방에 특이적으로 100% 살충력을 나타냈고 NRS-24는 복숭아혹진딧물과 꽃노랑총채벌레에 대해 100% 살충력, NRS-32는 파밤나방을 제외한 3종 해충들 모두에서 80% 이상의 살충력을 나타냈다. 반면 NRS-31에서는 꽃노랑총채벌레에서만 80%의 살충력을 보였다(표 4-29).

3. 무회석 선발제 함유 소재(식물정유)에 대한 성분 분석

가. 가스크로마토그래피 분석

살충력 및 약해 검정을 통해 선발된 NRS-21, -24, -31, -32제의 유효성분으로 함유된 thyme white, basil oil, rosemary oil, cottonseed oil, clove bud, lavender oil 등의 주성분 분석을 목적으로 가스크로마토그래피 분석을 실시하였다.

HP5 capillary column (30m*0.323mm*0.25um, J&W Scientific)이 장착된 HP6890N GC를 이용하여 식물체 정유 및 복합제제에 대한 조성을 분석하였다. 운반기체로 헬륨은 분당 1.0 ml 유속으로 하였고, 주입 시료량은 1.0 μ l (splitless mode)로 하였다. GC 오븐 온도는 50 °C에서 5분간 머무른 후 분당 5 °C씩 100 °C까지 승온하여 5분간 머무른 후 분당 10 °C씩 280 °C까지 승온하여 10분간 머무름 시간을 가졌다(표 4-31).

각 대상 오일들의 성분 분석을 위한 GC-MS 분석은 Agilent (Palo Alto, CA, USA)

6890GC-5973MS 장비를 이용했다. 질량분석기의 에너지는 70 eV였고 스캔모드는 35-700 amu로 하였다. 대상 오일들의 주성분들에 대해서는 질량분석기 라이브러리 및 표준품을 공동주입하여 확인하였다.

표 4-31. GC 분석 온도 프로그램

Oven Ramp	°C/min	Next °C	Hold min	Run Time
Initial		50	5.00	5.00
Ramp	4.00	280	10.00	72.50
Post Run		30	0.00	00

*HP GC-6890N (HP: Hewlett-Packard).

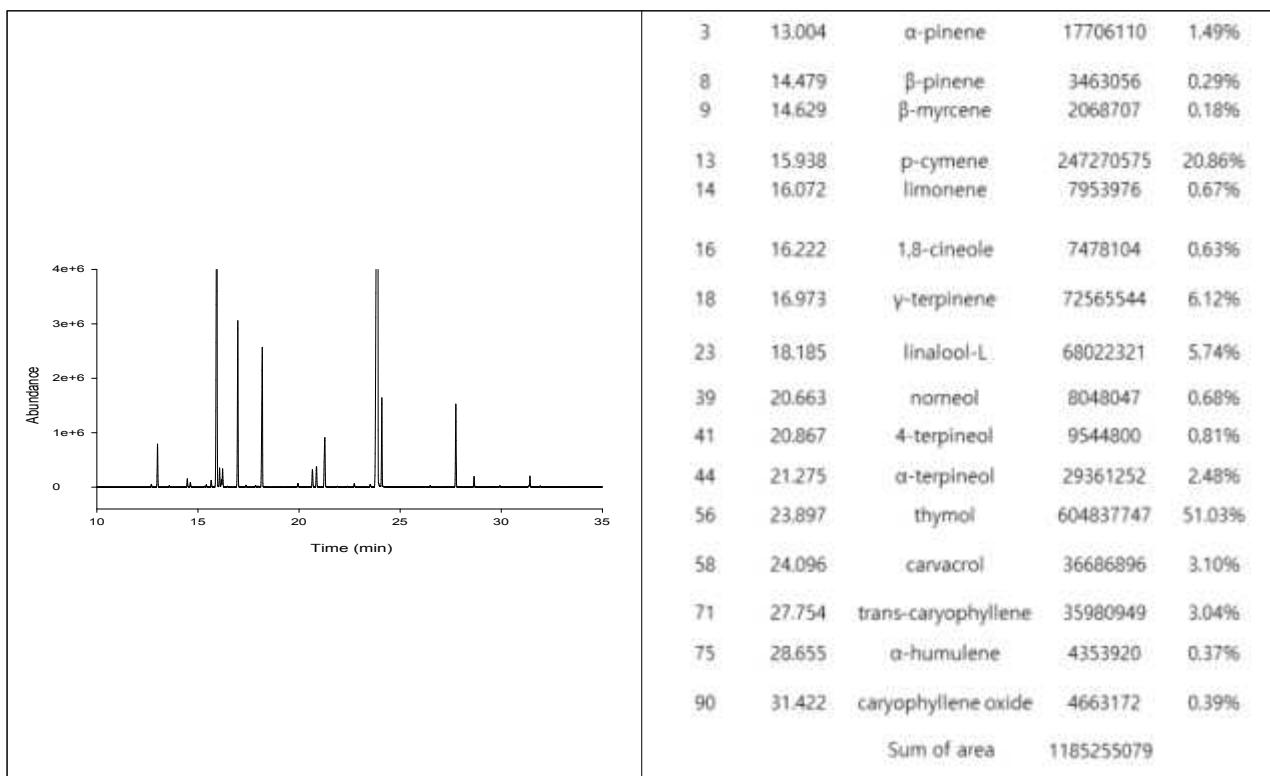
나. 함유 소재(식물정유)에 대한 성분 분석

5종 대상오일 각각을 헥산에 500 ppm의 농도로 녹여 분석에 사용하였다.

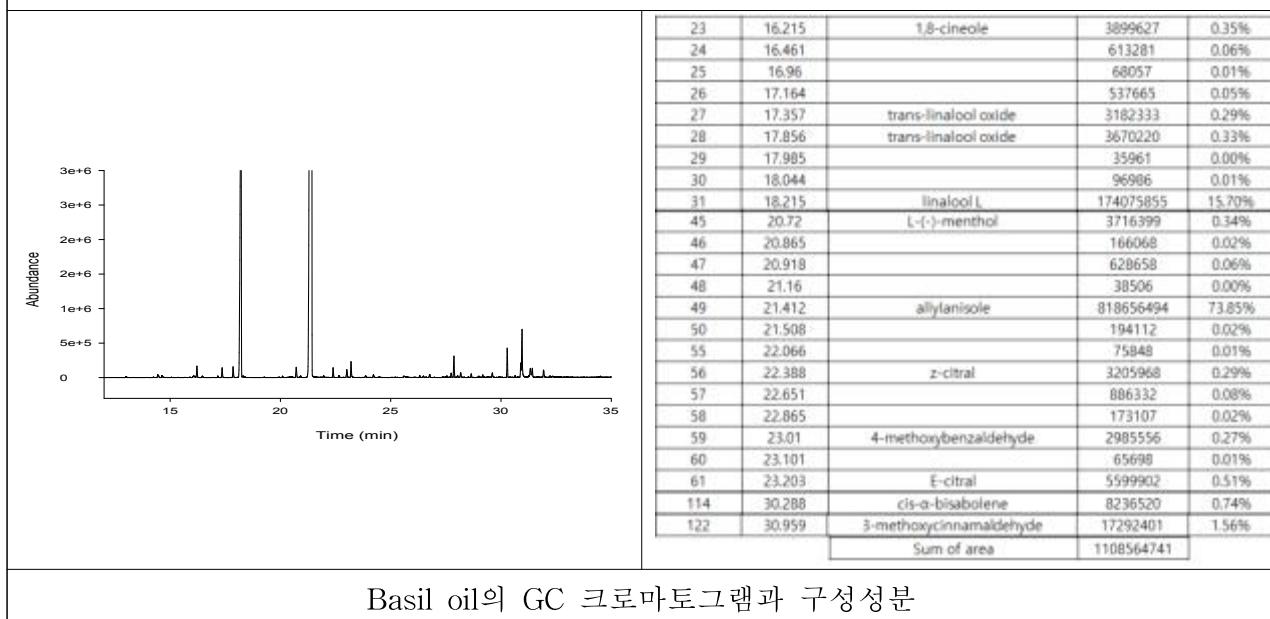
타임화이트 오일의 구성성분들은 thymol 51.03%, *p*-cymene 20.86%, *r*-terpinene 6.12%, 1-linalool 5.74%, carvacrol 3.1%, trans-caryophyllene 3.04% 등이었고, 바질오일은 4-allylanisole 73.85%, 1-linalool 15.7% 등 이들 2개 성분이 주 구성물질들이었다(그림 4-6). 또한 로즈마리오일의 구성성분들은 1,8-cineole 41.8%, α -pinene 15.01%, camphene 8.04%, β -pinene 5.42%, limonene 5.35%, camphor 5.34%, cymol 5.3%, 1-borneol 4.75% 등이었다. 그리고 클로브버드 오일은 1차년도 살충력을 나타내는 유효성분으로 분리된 바와 같이 eugenol 함량이 무려 85.52%로 대부분을 차지했고 3.94%의 trans-caryophyllene이 함유되어 있었다. 라벤더오일은 1-linalool 37.04%, linalyl acetate 36.35%, borneol 3.74%, 1,8-cineole 3.24% 등으로 구성되어 있었다.

그림 4-6. 선발제에 유효성분으로 함유된 소재(식물정유)들의 GC 크로마토그램과 구성성분.

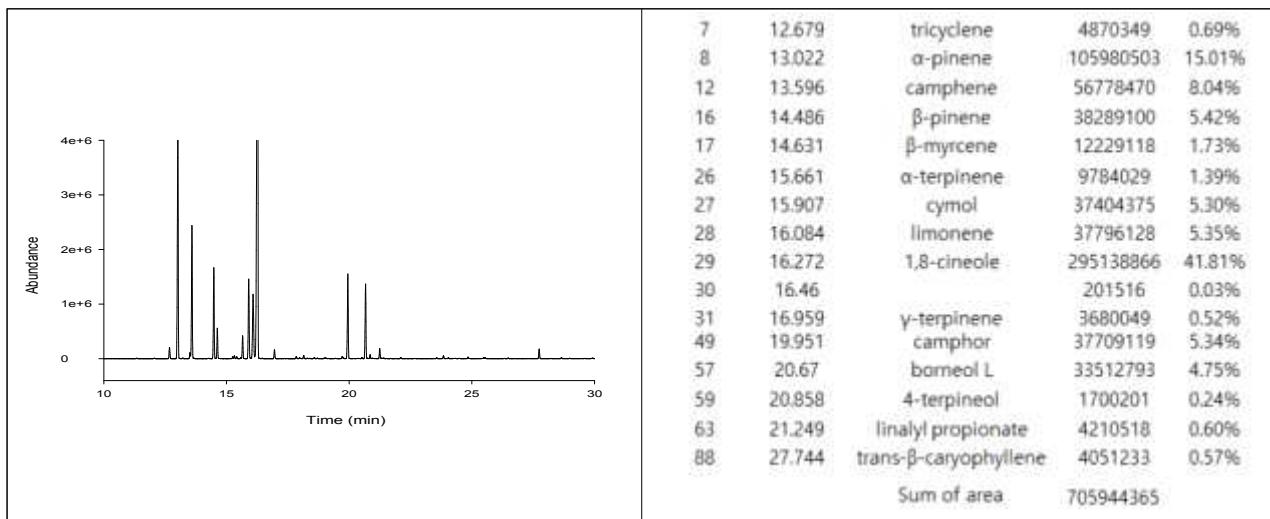
4. 무회석 선발제에 대한 정성분석 및 주성분 함량 분석



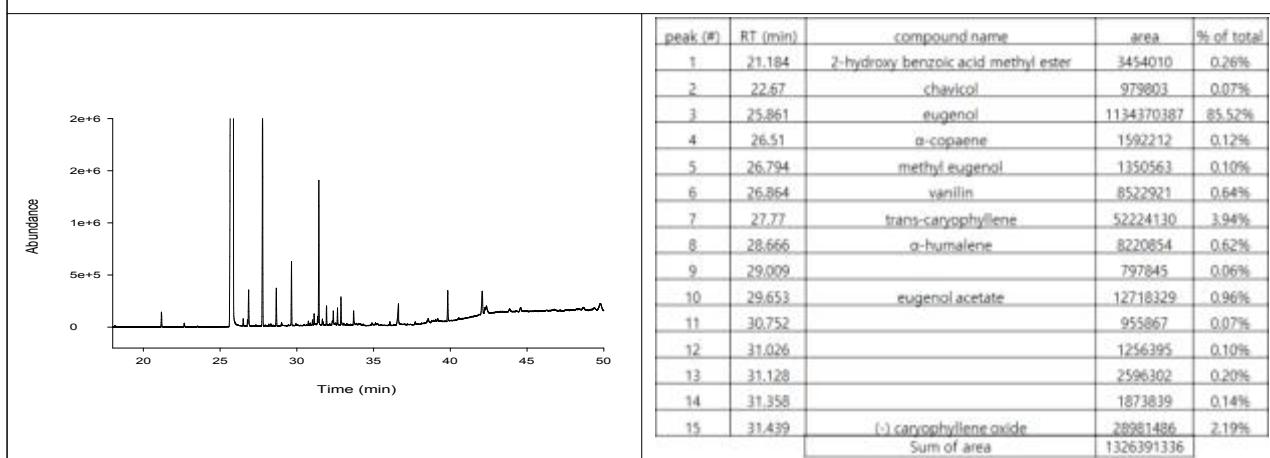
Thyme white oil의 GC 크로마토그램과 구성성분



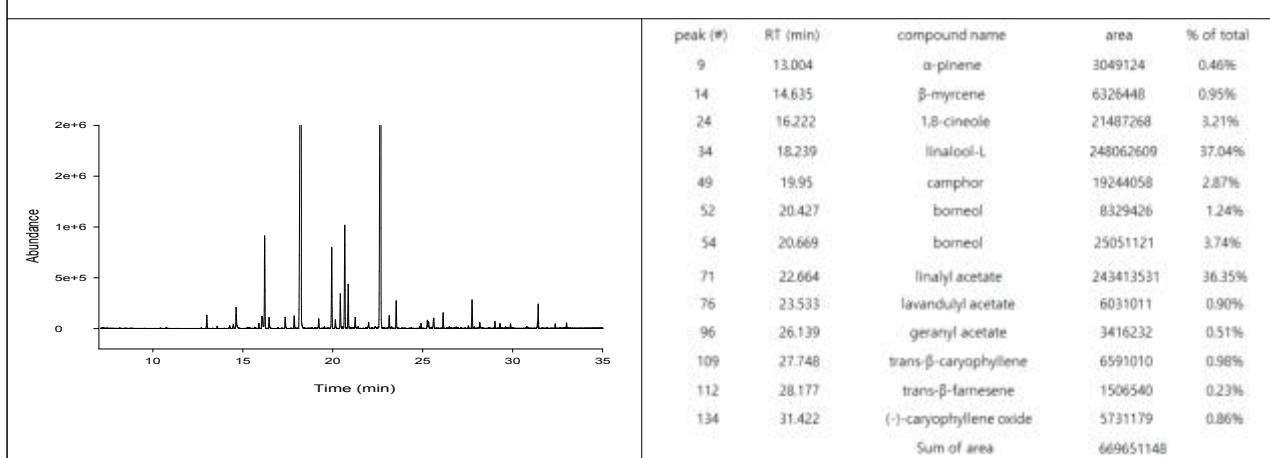
Basil oil의 GC 크로마토그램과 구성성분



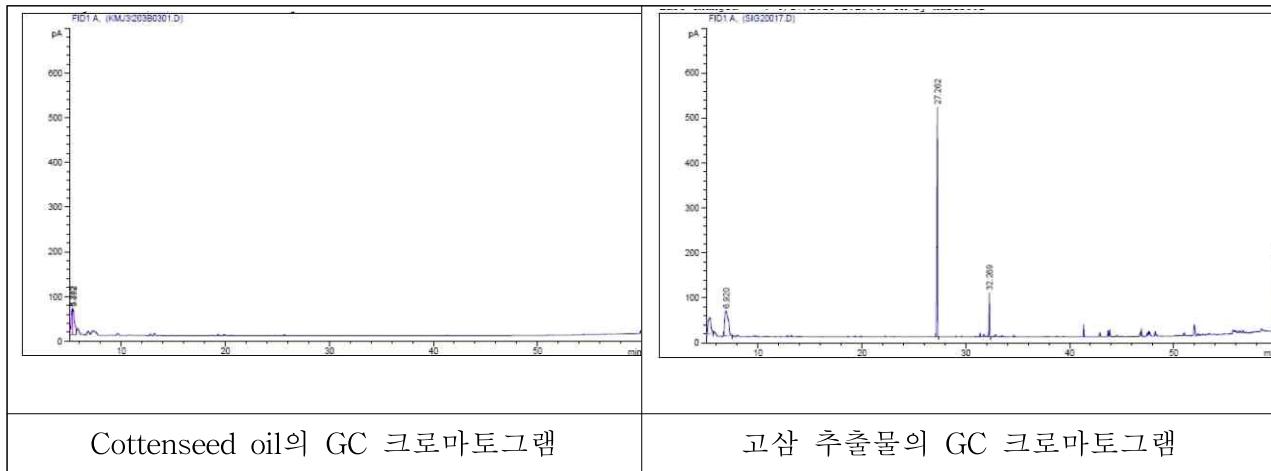
Rosemary oil의 GC 크로마토그램과 구성성분



Clove bud oil의 GC 크로마토그램과 구성성분



Lavender oil의 GC 크로마토그램과 구성성분



본 시험의 목적은 향후 제품 개발 시 제품 QC에 필요한 기준 및 시험법 설정을 위한 제제의 이화학적 특성을 도출하기 위해 실시하였다. 또한 공시신청에 필요한 이화학 분석에 관한 자료 준비에 기초 정보로 활용할 목적으로 행하였다.

분석 시 시료 준비는 다음과 같이 하였다. NRS-21제를 비롯한 4종 제제들의 구성 성분 분석을 위해 각 제제와 헥산을 5ml 씩 혼합하고 분획여두에 넣어 상층부만을 피펫으로 조심스럽게 1ml를 취했다. 여기에 다시 헥산 1ml를 추가로 첨가한 후 GC분석용 시료(총 2 ml)를 확보하였다.

가. 선발제 4종에 함유된 주성분들에 대한 정성 분석 및 주성분 선정

배추쫑나방 유충에게만 특이적으로 100% 활성을 나타낸 NRS-21제를 비롯한 나머지 3종들의 구성 성분들 및 주성분 함량에 대한 분석을 실시하였다. 제제의 구성 성분들에 대한 동정은 상기 3항의 분석자료를 활용하였다(그림 4-6). GC 분석 조건은 상기 3항의 분석조건과 동일하게 하였고 주성분 분석의 동정 시 시료 분취액과 표준품을 동시에 주입하여 피크의 일치성을 보고 최종 판단하였다.

NRS-21제 QC를 위한 주성분은 thymol 42.7%와 p-cymene 30.26%를 잠정적으로 선정하였다(그림 4-7). 그리고 NRS-24제의 주성분은 1,8-cineole (eucalyptol) 68.94%를 함유하고 있어 이 성분을 이화학 분석을 위한 주성분으로 설정하였다. 또한 NRS-31제는 p-allylanisole 24.55%, thymol 24.56%가 함유되어 이들 2개 성분을 주성분으로 잠정적으로 설정하였다. 마지막으로 NRS-32제의 구성 성분들 중 주성분 p-allylanisole 30.01%, eugenol 34.73%, l-linalool 23.46%를 잠정적으로 선정하였다.

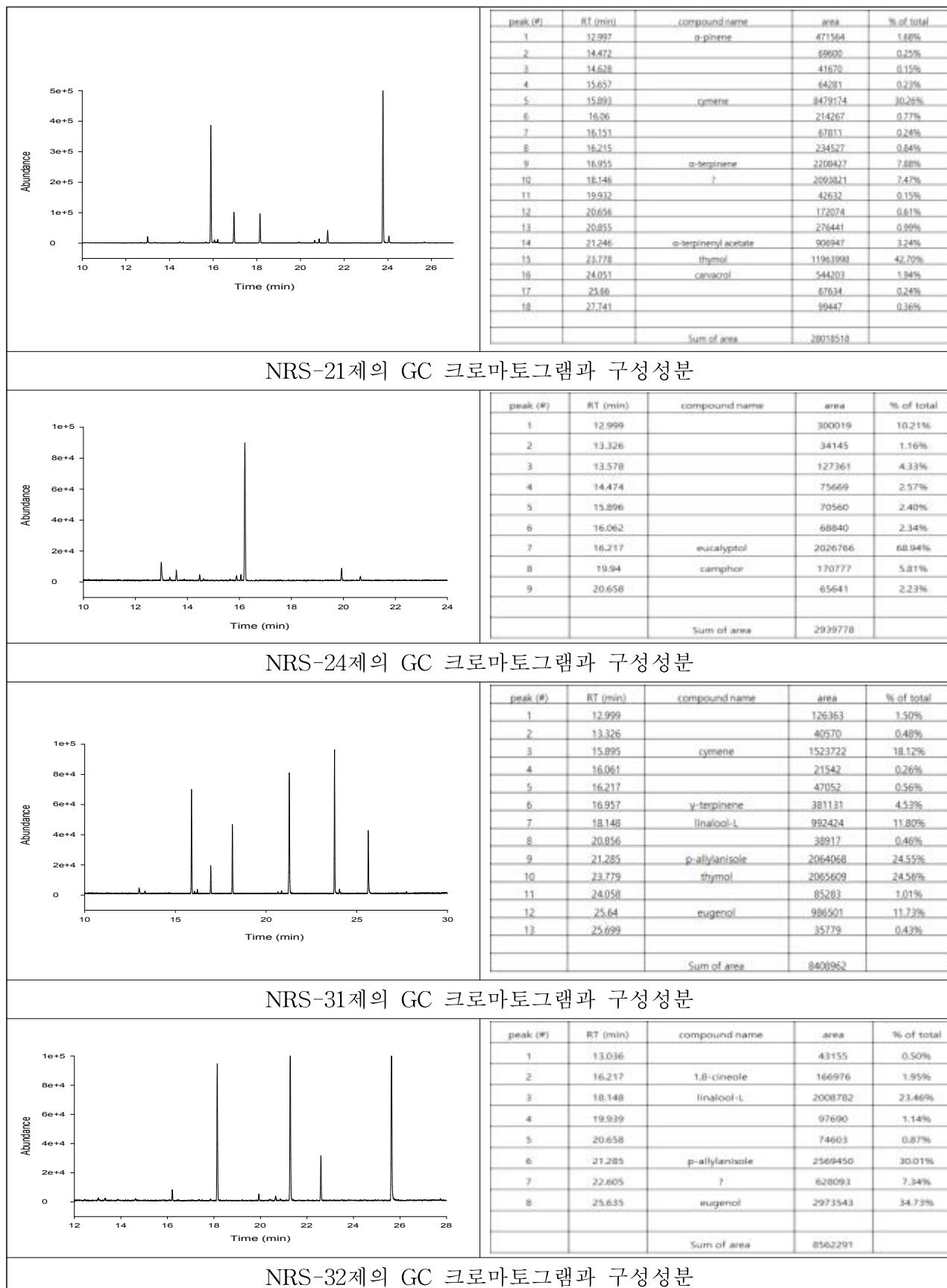


그림 4-7. NRS-21, -24, -31, -32제의 GC 크로마토그램과 주요 구성 성분.

이상의 이화학적 분석 결과 및 살충력 등의 유효성 결과를 바탕으로 최종적으로 2종 무희석제(NRS-21, NRS-24)를 제품 QC 및 목록공시신청을 위한 후보제로 선정하였다. 각 후보제들의 명칭을 NRS-21제는 배추좀나방에 특이적으로 활성을 보여줘서 배추세이퍼로 하였고, NRS-24제는 진딧물과 총채벌레에 대해 활성을 나타내어 진디아웃으로 명명하였다.

나. 최종 선발제 2종의 제품 분석을 위한 원료 및 제제 분석 기준 마련

(1) 자체 기준 마련을 위한 원료 및 주성분 분석

(가) 원료 QC를 위한 기준물질 분석 방법

분석조건은 3항에 기술된 가스크로마토그래피 조건과 동일하게 실시하였다. 모든 분석의 용매는 에탄올을 사용하였고, 상기 4.(1)항의 정성분석 자료를 참조하여 2종 복합제의 각 원료물질에서 주성분에 대한 동정을 실시하였다. 정성분석은 각 원료물질들의 기본정보를 기초로 진행하였고, 정성분석의 결과를 토대로 복합제의 주성분에 대하여 정량분석을 실시하였다. 정량분석은 각 피크의 높이를 고려하여 복합제 100,000ppm, 원료물질 400~600ppm, 주성분 200ppm의 농도로 결정하여 분석하였고, 내부표준물질은 cinnamyl acetate로 농도는 400ppm으로 통일하여 분석하였다.

ⓐ 내부표준물질액 준비 : 20,000ppm

먼저 내부표준물질(cinnamyl acetate)의 준비는 50 ml 용량플라스크에 1 g을 투입하고 에탄올을 첨가하여 최종 부피가 50 ml이 되도록 하였다.

ⓑ 시료(샘플)용액 준비 : 100,000 ppm

분석시료(제제)의 정량분석은 50 ml 용량플라스크에 5 g의 분석시료와 상기 준비한 Ⓛ의 내부표준물질액을 1 ml 첨가하여 최종 50ml 되도록 에탄올을 첨가하였다.

ⓒ 표준용액 준비[분석할 대상 물질(주성분이나 유효성분)]

50 ml 용량플라스크에 100 mg 주성분(또는 유효성분/관심 대상 성분)을 넣고 에탄올로 최종 50 ml가 되도록 첨가하였다. 이렇게 준비한 표준용액을 5 ml 취해(주성분 1/10로 희석되었음, 표준품 희석비) 50 ml 용량플라스크에 넣고, 동일하게 ①의 내부표준물질액도 1 ml 취해 넣어 준 후, 에탄올을 첨가해 최종 50 ml가 되도록 하였다.

$$\text{계산식 \% [주성분(유효성분) 함량 \%]} = \frac{\text{(표준용액 준비 시 첨가한 주성분 무게/시료용액}}{\text{(제품)에 첨가한 시료무게}} \times \frac{\text{(시료용액 주성분 피크면적비(주성분피크넓이)/내부표준물질피}}{\text{크넓이)}}{\text{표준용액 유효성분 피크비(주성분피크넓이/내부표준물질피크넓이)}} \times \frac{\text{(표준품 희석}}{\text{비/제품희석비)}} \times \text{표준품순도(\%)}$$

(나) 제품 분석을 위한 원료 및 제제 분석 기준 마련

○ 배추세이퍼(NRS-21)

배추세이퍼(NRS-21)의 주 원료물질인 thyme white oil의 주성분은 thymol로 내부표준물질과 충분히 분리되어 있어 QC를 위한 주성분으로서 적당함을 확인하였다(그림 4-8).

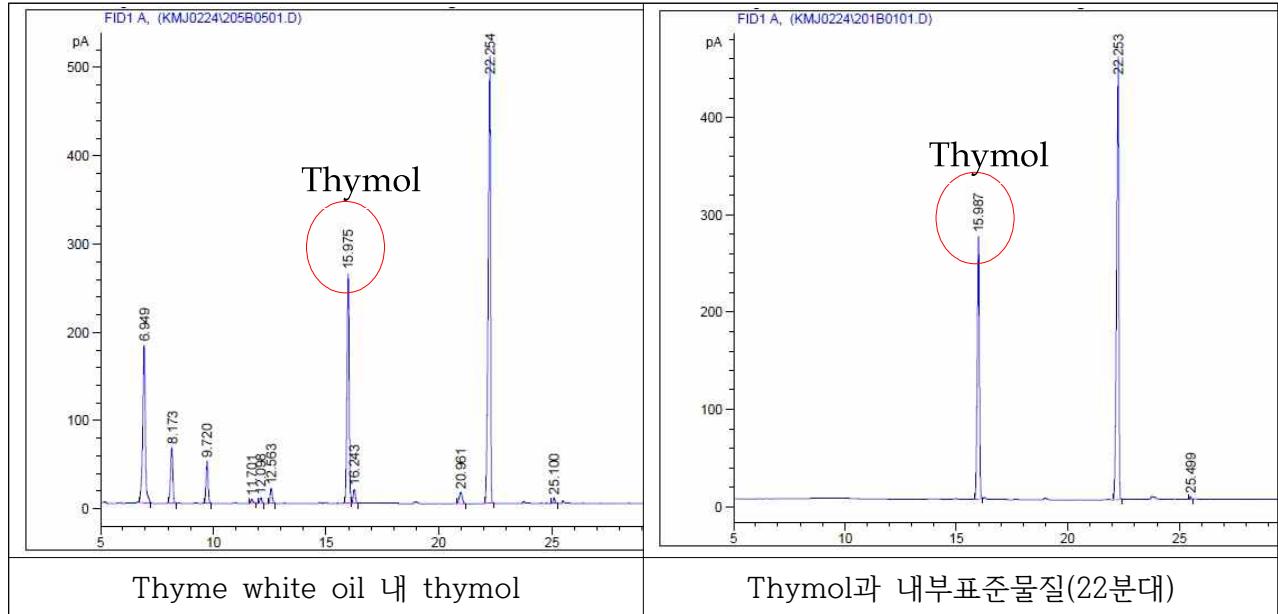


그림 4-8. 배추세이퍼(NRS-21)의 GC 크로마토그램.

○ 진디아웃(NRS-24)

진디아웃(NRS-24)의 주 원료물질인 basil oil의 주성분은 4-allylanisole과 linalool 및 또 다른 주 원료물질인 rosemary oil의 주성분 1,8-cineole은 내부표준물질과 충분히 분리되어 있어 QC를 위한 주성분으로서 적당함을 확인하였다(그림 4-9).

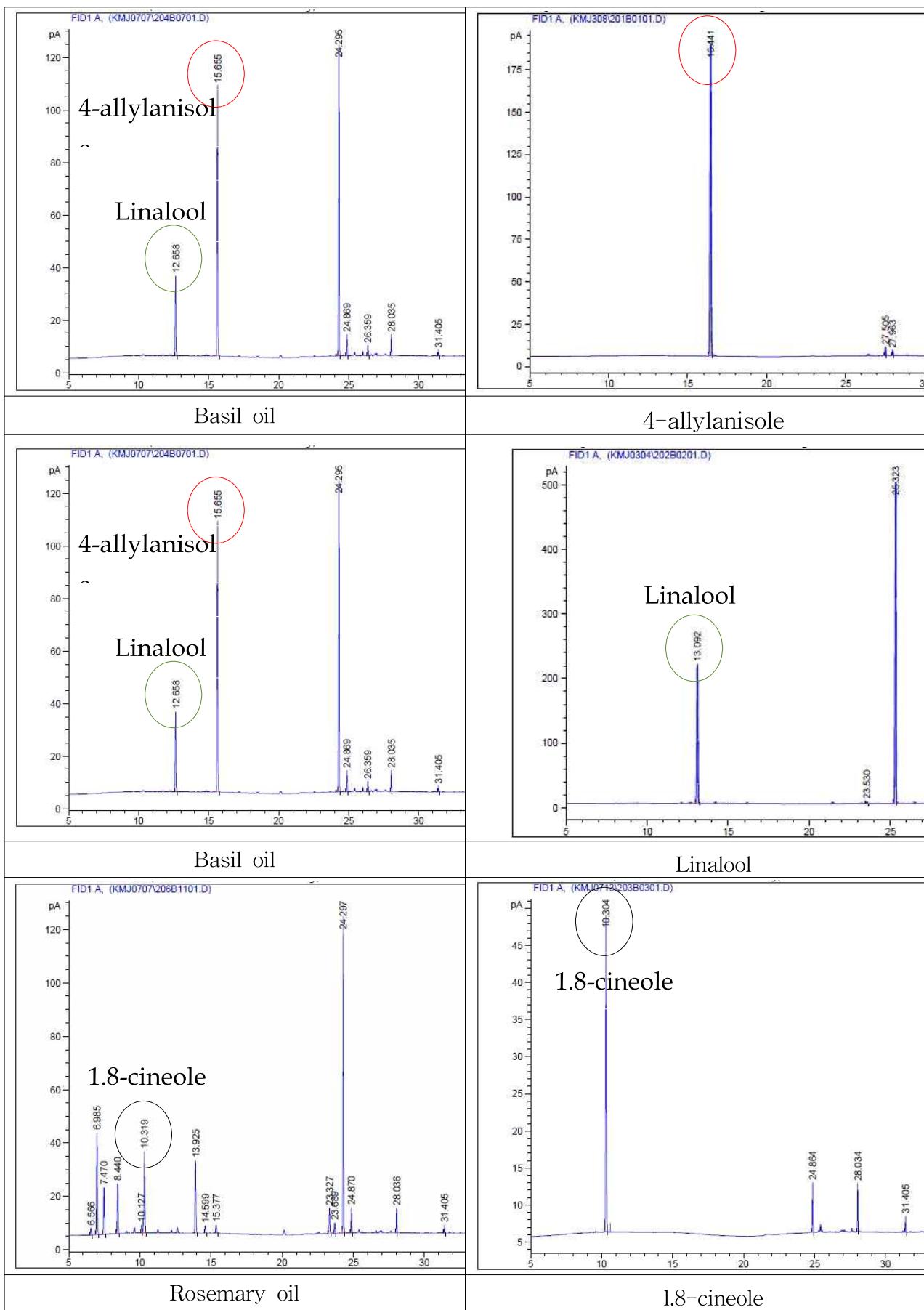


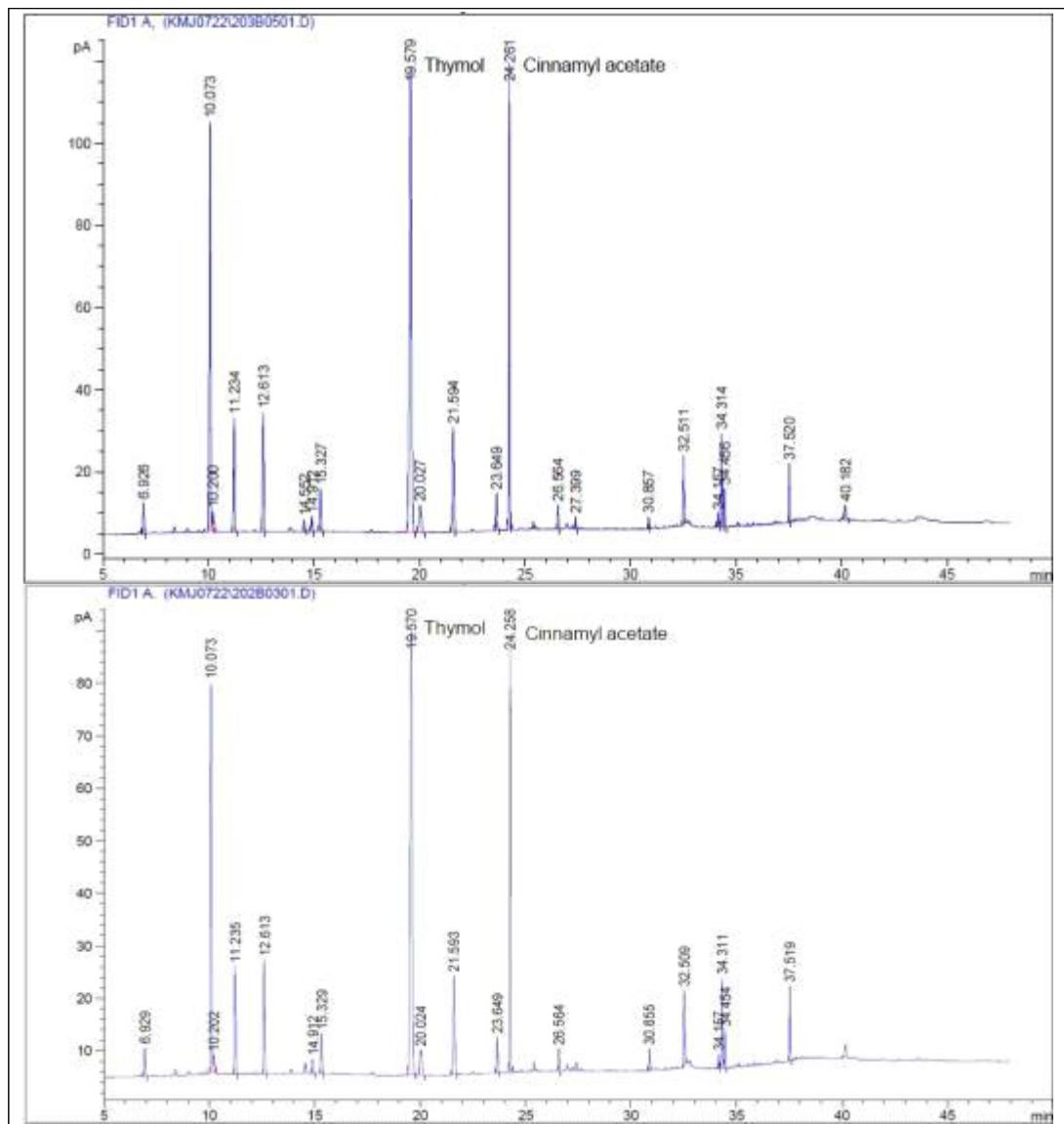
그림 4-9. 진디아웃(NRS-24제)의 주원료 basil oil과 주성분 4-allylanisole 및 linalool 그리고

또 다른 원료인 rosemary oil과 주성분 1.8-cineole의 GC 크로마토그램.

(2) 주성분 함량 분석

(가) 배추세이퍼(NRS-21)

배추세이퍼(NRS-21) 제제의 QC 목적으로 GC 분석한 3반복 분석결과 크로마토그램은 그림 10과 같다. 내부표준물질과 주성분인 thymol이 명확히 분리되어 정량분석이 용이함을 확인할 수 있다.



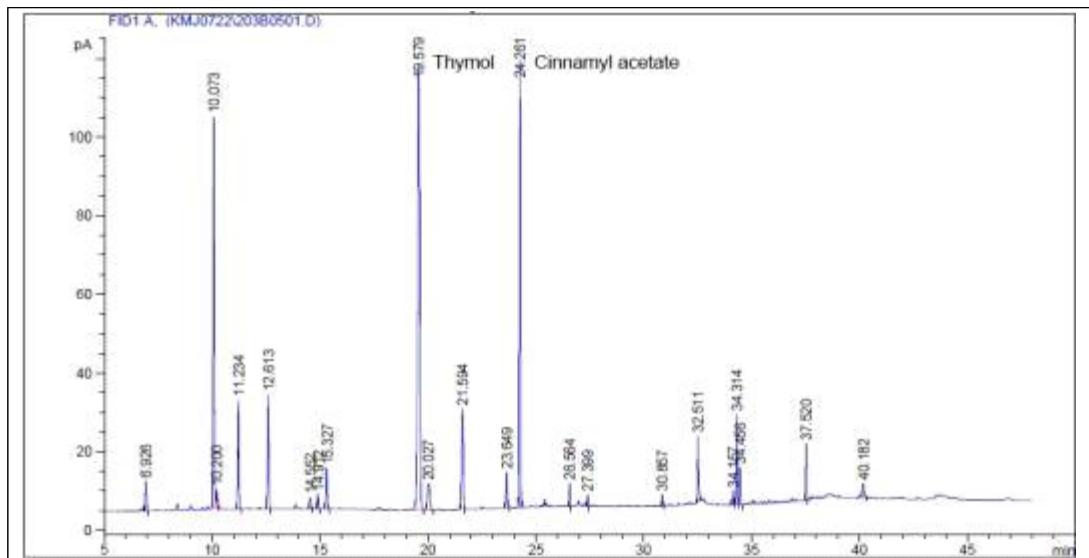


그림 4-10. 배추세이퍼(NRS-21)의 GC 크로마토그램.

배추세이퍼(NRS-21)의 유효성분인 thyme white oil의 주성분 즉, thymol은 내부표준물질법으로 정량한 결과 평균 0.77%가 함유되면 되는 것으로 나타났다(그림 4-11; 표 4-32).

표 4-32. 배추세이퍼(NRS-21)의 주성분 함량

시료명		시료			주성분			함량(%)
원료	주성분	주성분 피크넓이	내부표준물질 피크넓이	면적비	주성분 피크넓이	내부표준물질 피크넓이	면적비	
Thyme white	thymol	796.84	354.75	2.25	1126.93	1926.58	0.58	0.77
		589.28	254.01	2.32	2151.47	3665.24	0.59	0.78
		693.06	304.379	2.28	1849.85	3160.09	0.59	0.77

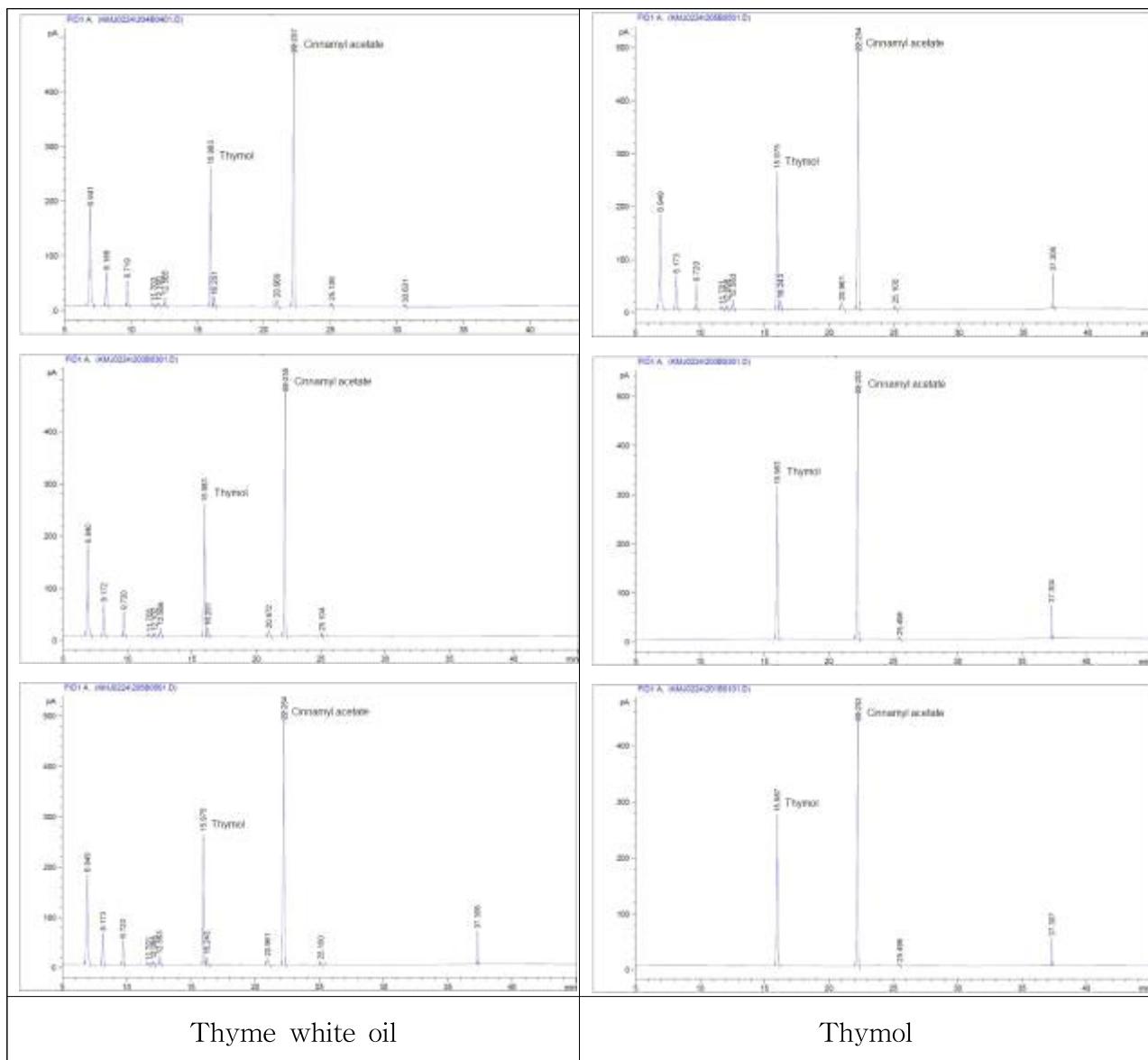


그림 4-11. Thyme white oil과 주성분 thymol의 GC 크로마토그램.

(나) 진디아웃(NRS-24)

진디아웃(NRS-24) 제제의 QC 목적으로 GC 분석한 3반복 분석결과 크로마토그램은 그림 4-10과 같다. 내부표준물질과 주원료인 basil oil의 주성분인 4-allylanisole과 linalool 그리고 또 다른 원료물질인 rosemary oil의 주성분인 1.8-cineole이 명확히 분리되어 정량분석이 용이함을 확인할 수 있다(그림 4-12).

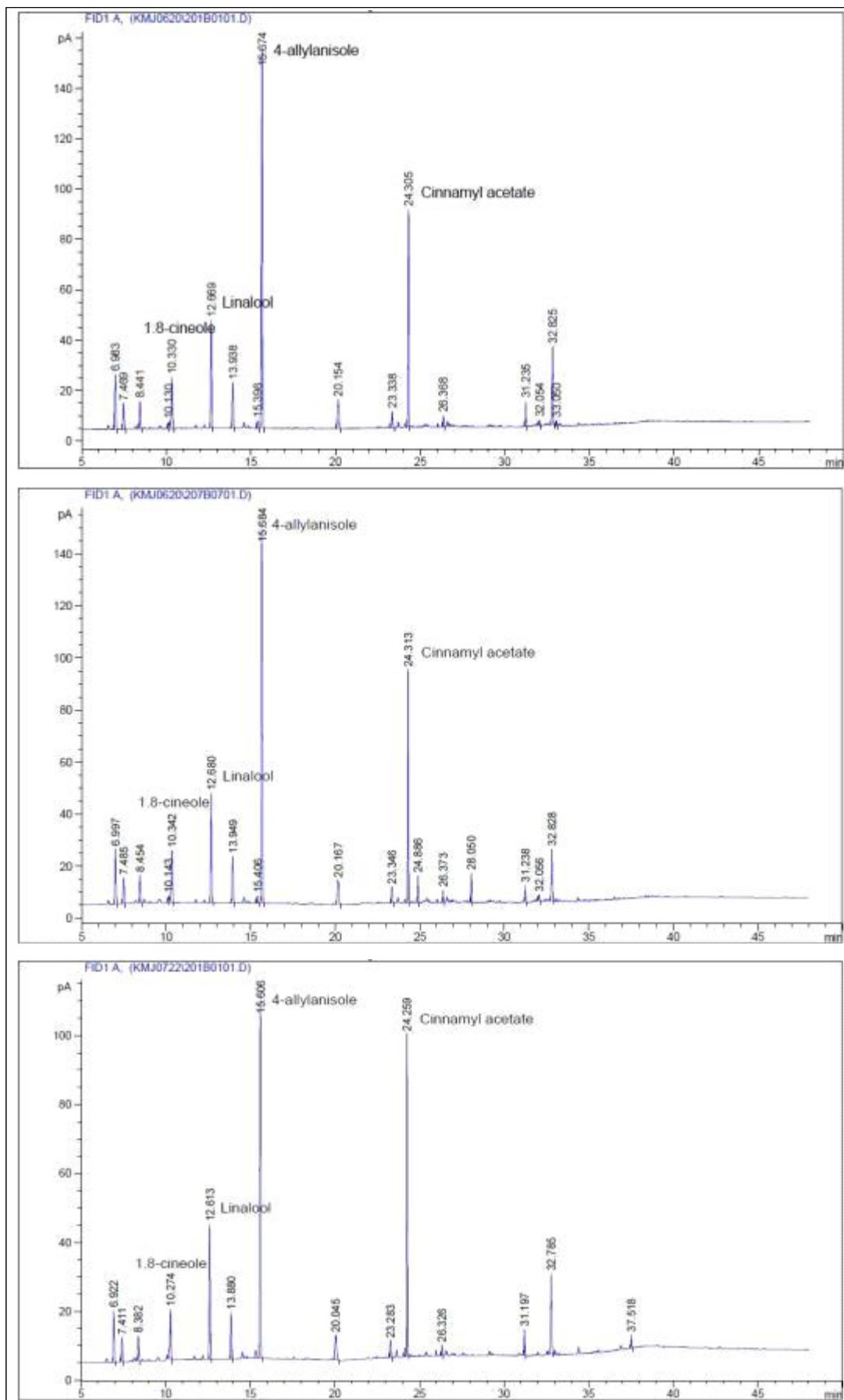


그림 4-12. 진디아웃(NRS-24)의 GC 크로마토그램.

진디아웃(NRS-24)의 주성분들의 함량은 원료물질인 basil oil의 주성분으로 4-allylanisole과 linalool이 각각 0.89%, 0.19%로 나타났고, 원료물질 rosemary oil의 주성분인 1.8-cineole의 함량은 0.058%로 나타났다(그림 4-13, 4-13-1, 4-13-2; 표 4-33).

표 4-33. NRS-24의 주성분 함량

시료명		시료			주성분			함량(%)
원료	주성분	주성분 피크넓 이	내부표 준물질 피크넓 이	면적비	주성분 피크넓 이	내부표 준물질 피크넓 이	면적비	
Basil oil	4-allylani sole	634.38	270.11	2.34	209.40	386.64	0.54	0.84
		614.96	293.86	2.17	214.67	381.39	0.56	0.75
		624.67	276.99	2.26	218.57	388.88	0.56	0.78
	Linalool	168.21	270.11	0.62	219.06	362.89	0.60	0.20
		164.25	283.86	0.58	203.32	312.11	0.65	0.17
		166.23	276.99	0.60	219.59	345.61	0.64	0.18
Rosema ry oil	1.8-Cineo le	98.91	270.11	0.37	233.44	289.47	0.81	0.09
		96.25	283.86	0.34	233.44	289.47	0.81	0.08
		97.58	276.99	0.35	233.44	289.47	0.81	0.08

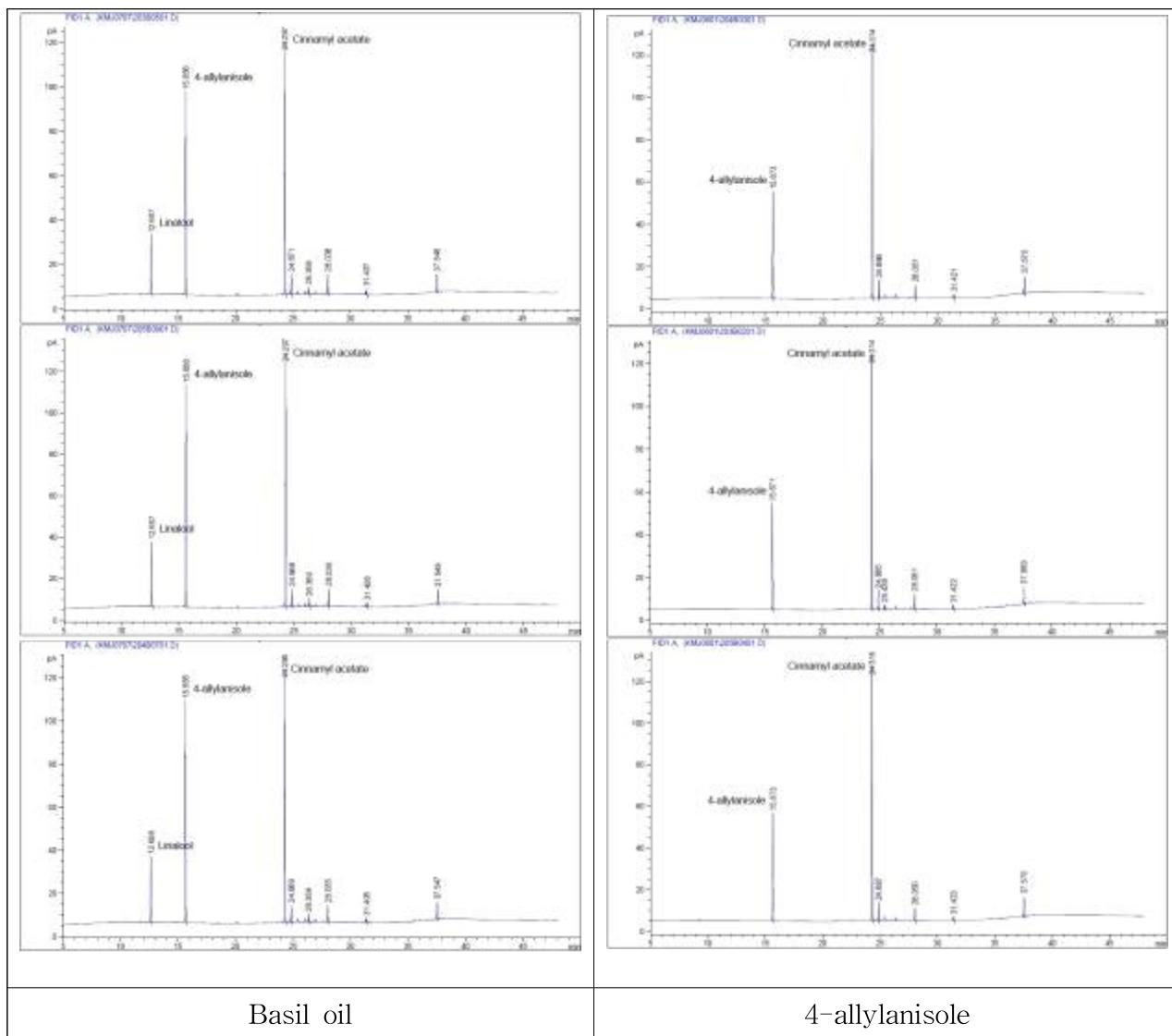


그림 4-13. Basil oil과 주성분 4-allylanisole의 GC 크로마토그램.

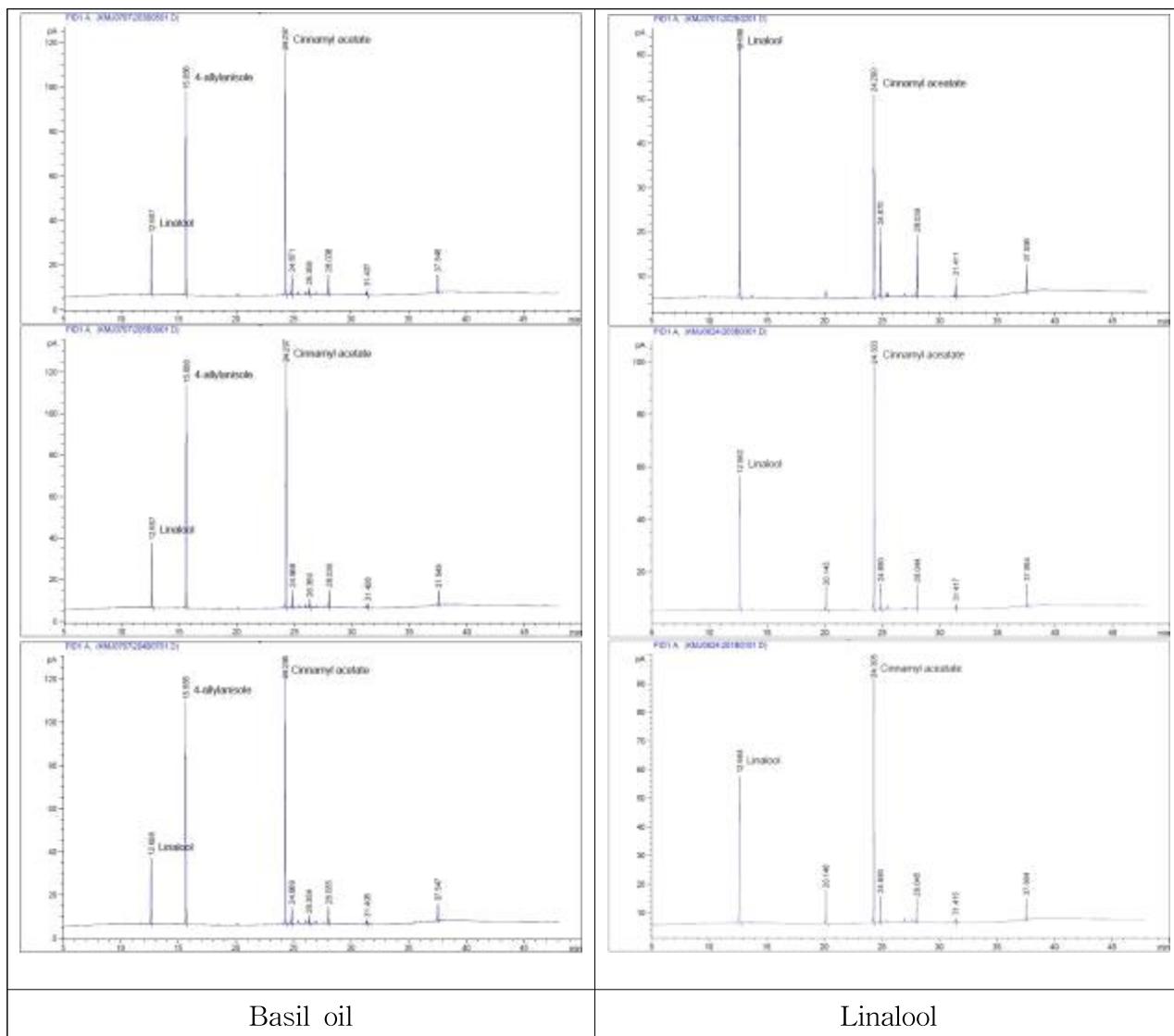


그림 4-13-1. Basil oil과 주성분 linalool의 GC 크로마토그램.

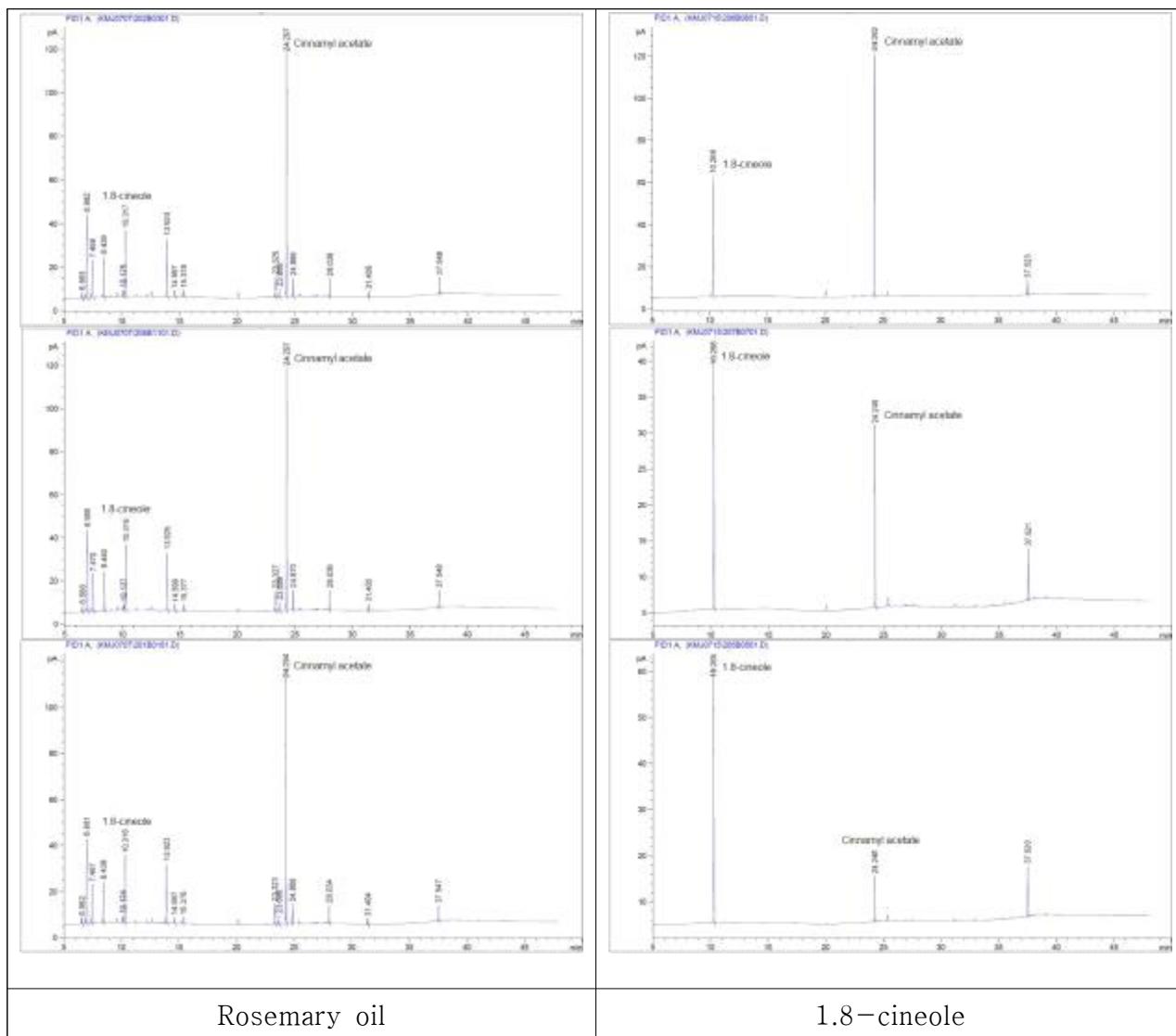


그림 4-13-2. Rosemary oil과 주성분 1.8-cineole의 GC 크로마토그램.

이상의 주성분 정량분석 결과를 정리하면, 배추세이퍼의 QC 물질인 thymol의 제제 내 함량은 0.77% (± 0.003)였고 진디아웃의 QC 물질들인 4-allylanisole, L-linalool, 1,8-cineole의 함량은 각 0.79%(± 0.026), 0.18%(± 0.009), 0.08%(± 0.003)임을 알 수 있었다.

Formulation	Active oil	M a i n component	The peak ratio of a main compounda(mean \pm SE)		Quantity (mean% \pm SE)
			Test solution	Standard solution	
배추세이퍼 (NRS-21)	Thyme white	Thymol	2.28 \pm 0.020	0.59 \pm 0.003	0.77 \pm 0.003
진디아웃 (NRS-24)	Basil oil Rosemary oil	4-Allylanisole	2.26 \pm 0.049	0.55 \pm 0.007	0.79 \pm 0.026
		L-Linalool	0.60 \pm 0.012	0.63 \pm 0.015	0.18 \pm 0.009
		1.8-Cineole	0.35 \pm 0.009	0.81 \pm 0.000	0.08 \pm 0.003

(3) 제품 디자인 및 제원 특성

(가) 라벨 디자인(시안)

구분	제품외양	디자인																						
배추세이퍼		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>사용 전에 라벨을 잘 읽을 것</p> <p>보관·사용 시 주의사항</p> <ul style="list-style-type: none"> 고온기·어린유모기·개화기 이상기후 등에는 희석액수를 늘려 사용하십시오. 어린이 손에 닿지 않는 곳에 식품사료와 구분하여 보관하십시오. 희석액수 또는 사용량을 반드시 저격 분무기를 이용하여 바람을 들이고 뿌리시되 작물에 충분히 물도록 뿌리십시오. 보관 중 침전이 생길 수 있으므로 사용 전 충분히 혼들어서 사용하십시오. 사용 후 남은 제품은 잘 밀봉한 뒤 빗방울을 피하여 건조하고 서늘한 곳에 보관하십시오. 포장지의 표기사항이 이해가 되지 않거나 의문사항이 있을 경우에는 반드시 판매처에 문의하십시오. 이 유기농농업업체는 최근기에 대한 폭넓이 강행나 주의하여 사용하고 일시에 광범위한 지역에 살포하지 마십시오. <p>기타사항 업체명: 나리소 본사 및 제조·판매: 경기도 수원시 권선구 서둔동89 제조일자: 제조일자로부터 2년 유통기한: 제조일자로부터 2년</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>라벨 표시사항 이외에는 사용하지 말 것</p> <p>BAECHOOSAFTER™ 유기농경작제 품질인증 (총액 관리용 자제) 등록번호: 나리소-1-003</p> <p>배추세이퍼</p> <p>용량: 300ML NARE O</p> <p>사용방법</p> <table border="1"> <tr> <td>적용작물</td> <td>작물명종</td> <td>희석배수</td> <td>1병당 물사용량</td> <td>사용시기</td> <td>차리방법</td> </tr> <tr> <td>배추</td> <td>진드기</td> <td>650배</td> <td>200L/300ML</td> <td>발생초기 과 고지 과 복 경엽처리</td> <td></td> </tr> </table> <p>-사용방법</p> <table border="1"> <tr> <td>적용작물</td> <td>희석배수</td> <td>1병당 물사용량</td> <td>사용시기</td> <td>차리방법</td> </tr> <tr> <td>배추</td> <td>650배</td> <td>200L/300ML</td> <td>발생초기 과 고지 과 복 경엽처리</td> <td></td> </tr> </table> <p>-제품특징</p> <p>1. 사용주총살미침출 및 식물에 대한 살충제 및 기타효과가 있습니다. 2. 사용으로부터 주출한 살충제를 사용으로 한 친환경제제입니다. 3. 이 제품은 친환경 농산물 생산에 사용 가능합니다.</p> <p>성분 -수경분식물주출물 ----- 10%</p> </div> </div>	적용작물	작물명종	희석배수	1병당 물사용량	사용시기	차리방법	배추	진드기	650배	200L/300ML	발생초기 과 고지 과 복 경엽처리		적용작물	희석배수	1병당 물사용량	사용시기	차리방법	배추	650배	200L/300ML	발생초기 과 고지 과 복 경엽처리	
적용작물	작물명종	희석배수	1병당 물사용량	사용시기	차리방법																			
배추	진드기	650배	200L/300ML	발생초기 과 고지 과 복 경엽처리																				
적용작물	희석배수	1병당 물사용량	사용시기	차리방법																				
배추	650배	200L/300ML	발생초기 과 고지 과 복 경엽처리																					
진디아웃		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>사용 전에 라벨을 잘 읽을 것</p> <p>보관·사용 시 주의사항</p> <ul style="list-style-type: none"> 고온기·어린유모기·개화기 이상기후 등에는 희석액수를 늘려 사용하십시오. 어린이 손에 닿지 않는 곳에 식품사료와 구분하여 보관하십시오. 희석액수 또는 사용량을 반드시 저격 분무기를 이용하여 바람을 들이고 뿌리시되 작물에 충분히 물도록 뿌리십시오. 보관 중 침전이 생길 수 있으므로 사용 전 충분히 혼들어서 사용하십시오. 사용 후 남은 제품은 잘 밀봉한 뒤 빗방울을 피하여 건조하고 서늘한 곳에 보관하십시오. 포장지의 표기사항이 이해가 되지 않거나 의문사항이 있을 경우에는 반드시 판매처에 문의하십시오. 이 유기농농업업체는 최근기에 대한 폭넓이 강행나 주의하여 사용하고 일시에 광범위한 지역에 살포하지 마십시오. <p>기타사항 업체명: 나리소 본사 및 제조·판매: 경기도 수원시 권선구 서둔동89 제조일자: 제조일자로부터 2년 유통기한: 제조일자로부터 2년</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>라벨 표시사항 이외에는 사용하지 말 것</p> <p>JINDIOUT™ 유기농경작제 품질인증 (총액 관리용 자제) 등록번호: 나리소-1-003</p> <p>진디아웃</p> <p>용량: 300ML NARE O</p> <p>사용방법</p> <table border="1"> <tr> <td>적용작물</td> <td>희석배수</td> <td>1병당 물사용량</td> <td>사용시기</td> <td>차리방법</td> </tr> <tr> <td>배추</td> <td>650배</td> <td>200L/300ML</td> <td>발생초기 과 고지 과 복 경엽처리</td> <td></td> </tr> </table> <p>-사용방법</p> <table border="1"> <tr> <td>적용작물</td> <td>희석배수</td> <td>1병당 물사용량</td> <td>사용시기</td> <td>차리방법</td> </tr> <tr> <td>배추</td> <td>650배</td> <td>200L/300ML</td> <td>발생초기 과 고지 과 복 경엽처리</td> <td></td> </tr> </table> <p>-제품특징</p> <p>1. 사용주총살미침출 및 식물에 대한 살충제 및 기타효과가 있습니다. 2. 사용으로부터 주출한 살충제를 사용으로 한 친환경제제입니다. 3. 이 제품은 친환경 농산물 생산에 사용 가능합니다.</p> <p>성분 -수경분식물주출물 ----- 10%</p> </div> </div>	적용작물	희석배수	1병당 물사용량	사용시기	차리방법	배추	650배	200L/300ML	발생초기 과 고지 과 복 경엽처리		적용작물	희석배수	1병당 물사용량	사용시기	차리방법	배추	650배	200L/300ML	발생초기 과 고지 과 복 경엽처리			
적용작물	희석배수	1병당 물사용량	사용시기	차리방법																				
배추	650배	200L/300ML	발생초기 과 고지 과 복 경엽처리																					
적용작물	희석배수	1병당 물사용량	사용시기	차리방법																				
배추	650배	200L/300ML	발생초기 과 고지 과 복 경엽처리																					

(나) 제품 제원

배추세이퍼(NRS-21)의 구성 성분은 Sophora extract, thyme white oil, tween80으로 그 비율은 각 5%, 2%, 2.5%이며, 나머지 90.5%가 물이다. 그리고 진디아웃(NRS-24)의 구성 성분은 basil oil, rosemary oil, cottenseed oil, potassium bicarbonate, tween80이며, 그 비율은 각 1%, 0.5%, 1%, 2%, 4%이고, 나머지 91.5%가 물이다(표 4-34). 본 제제들은 희석 없이 그대로 사용자가 적용하는 것을 특징으로 하여 조제하였다.

표 4-34. 무희석제 2종(NRS-21, NRS-24)의 구성 성분 및 구성비

제제	구성분	비율	원산지
배추세이퍼(NRS-21)	Sophora extract	5%	중국
	Thyme white oil	2%	호주
	Tween80	2.5%	한국
진디아웃(NRS-24)	Basil oil	1%	호주

Rosemary oil	0.5%	호주
Cottenseed oil	1%	호주
Potassium bicarbonate	2%	한국
Tween80	4%	한국

5. 무희석제 유효성 증진 시험

기존 살충력이 우수한 무희석제 배추세이퍼(NRS-21)와 진디아웃(NRS-24)을 기본으로 하여 보다 높은 살충력과 넓은 생물스펙트럼을 갖도록 할 목적으로 일부 식물 정유들을 조합하였다(표 4-35). 새로이 조제한 복합제의 살충력 검정은 본 연구의 대상 해충들인 배추 좀나방 유충 및 복숭아혹진딧물 성충들에 대해 이뤄졌다.

표 4-35. 무희석제 배추세이퍼(NRS-21)와 진디아웃(NRS-24) 유효성 증진을 위한 제제 조성

Material		total(%)	Material	total(%)	
DS-1	Cottenseed oil	2.0%	DS-13	Cottenseed oil	1.5%
	Rosemary oil	1.0%		Rosemary oil	1.0%
	Basil oil	0.5%		Majoram oil	1.0%
DS-2	Cottenseed oil	2.0%	DS-14	Cottenseed oil	1.5%
	Rasemary oil	2.0%		Rosemary oil	2.0%
DS-3	Cottenseed oil	2.0%	DS-15	Cottenseed oil	3.0%
	Basil oil	1.5%		Orange oil	1.0%
DS-4	Rosemary oil	3.0%		Rosemary oil	0.5%
	Cottenseed oil	1.0%	DS-16	Orange oil	3.0%
DS-5	Cottenseed oil	2.0%		Rosemary oil	1.0%
	Rosemary oil	3.0%		Orange oil	2.0%
DS-6	Basil oil	5.0%	DS-17	자몽추출물	2.0%
	KOH	1.0%		Orange oil	2.0%
DS-7	Cottenseed oil	3.0%	DS-18	Cottenseed oil	2.0%
	KOH	1.0%		Rosemary oil	2.0%
DS-8	Cottenseed oil	2.0%		Orange oil	1.0%
	Basil oil	2.0%		Basil oil	0.5%
	Cottenseed oil	2.0%	DS-19	Cottenseed oil	2.0%
DS-9	Basil oil	1.5%		Basil oil	1.0%
	Orange oil	1.0%		Orange oil	1.0%
DS-10	Orange oil	1.5%	DS-22	Basil oil	0.8%

	Basil oil	1.5%		Rosemary oil	0.7%
	Rosemary oil	0.5%		자몽추출물	1.0%
DS-11	Cottenseed oil	1.5%	DS-23	Cottenseed oil	1.5%
	Orange oil	1.0%		Basil oil	1.5%
	Thymewhite oil	1.0%		Rosemary oil	1.5%
DS-12	Cottenseed oil	1.5%	DS-24	Cottenseed oil	2.0%
	Rosemary oil	1.0%		Rosemary oil	1.5%
	Thymewhite oil	1.0%		Orange oil	1.0%

페트리디쉬(직경 5.5 cm) 바닥에 코르크보러(직경 5 cm)로 일정한 크기로 절단한 배추 잎을 넣고 시험곤충 10개체씩을 접종하였다. 준비한 시험액을 약 30 cm 이격하여 상기 페트리디쉬 내 절단 잎에 충분히 도포되도록 수동분무기를 이용하여 5회 분무(0.75 ± 0.061 g)하였다. 해충들의 탈출을 방지하기 위해 공기 유출입이 가능한 뚜껑으로 닫고, 24시간 후 살충율을 조사하였다.

신규 제조한 복합제들의 살충력 검정 결과 복숭아혹진딧물에서는 유의할만한 살충력이 나타나지 않았다(표 4-36). 그러나 배추 좀나방에서는 DS-6과 DS-23에서 90%, 80%의 높은 살충효과가 나타났고, 그 외에 제제들에서는 유의할만한 살충효과를 기대하기 어려웠다. DS-6은 오일 1종과 KOH가 함유된 복합제이고, DS-23은 3종 오일이 함유된 복합제로 DS-23과 같은 오일들이 들어간 복합제에서는 살충효과가 나타나지 않은 것으로 보아 각 오일들의 일정 농도 이상일 경우에서만 살충효과가 우수하게 나타나는 것으로 보인다.

이상의 결과, 배추세이퍼(NRS-21)와 진디아웃(NRS-24)의 유효성을 혁신적으로 증진시킬 수 있는 식물 조합을 찾아내지는 못했다. 향후 보다 세밀한 실험 디자인을 통해 관련 연구를 심도있게 진행하여 이상적인 조합(효과는 우수하고 생물스펙트럼은 넓은 조성)을 찾아야 할 것으로 사료된다.

표 4-36. 무희석제 배추세이퍼(NRS-21)와 진디아웃(NRS-24) 유효성 증진용 제제들의 복숭아혹진딧물 성충 및 배추 좀나방 유충에 대한 살충력, 24h

Material	Mortality (%)	
	복숭아혹진딧물	배추 좀나방
DS-1	10	0
DS-2	0	10
DS-3	0	10
DS-4	10	0
DS-5	10	0
DS-6	20	90

DS-7	0	10
DS-8	20	10
DS-9	10	20
DS-10	10	0
DS-11	0	20
DS-12	10	10
DS-13	0	0
DS-14	0	0
DS-15	0	10
DS-16	0	0
DS-17	10	0
DS-18	0	0
DS-19	0	0
DS-20	0	10
DS-21	0	10
DS-22	0	0
DS-23	0	80
DS-24	10	10

6. 후보제제(선발제)의 야외 유효성 평가

(1) 시험포 및 방법

○ 시험포 : 경기도 수원시 권선구 당수동 434 (시민농장, 텃밭), 약 99.9m²

37°17'13.4"N 126°56'31.6"E

37.287061, 126.942119

○ 시험 제제 : 배추세이퍼(NRS-21), 진디아웃(NRS-24)

○ 양성대조제 : 고삼 60%, 고삼외 3종 추출물

○ 시험방법

야외 포장에서 살충력 평가는 배추좀나방과 복숭아혹진딧물 2종 해충에 대하여 진행하였다. 본 실험은 실내에서 배추 유묘를 포트에 이식하고 이것을 시험 텃밭에 옮겨둔 후 각 포트의 배추 유묘가 평균 10엽기까지 생장하였을 때, 배추세이퍼(NRS-21)와 진디아웃(NRS-24) 2개 제제를 대상으로 3반복으로 검정하였다. 시험은 여름철과 가을철 2회 실시하였다.

배추좀나방은 자연발생이 일어나지 않아 실내에서 사육한 개체들을 각 30개체씩 배추 포트

에 방사하였다. 방사한 유충들의 살충수를 보다 쉽게 구분하기 위하여 배추 포트의 지상부에 흰 종이를 덮었다. 핸드 스프레이를 이용해 접종한 배추 포트에 배추세이퍼(NRS-21)를 5회 분사(유효성분 처리량, NRS-21 $0.392g \pm 0.014$; NRS-24 $0.140g \pm 0.004$)하였다. 시험 곤충들의 탈출 및 타 곤충들의 이출입을 방지하기 위해 스테인레스 틀에 4면은 투명한 플라스틱으로 고정하고 전면은 스크린 망(200메쉬)을 고정하여 사각틀에 씌운 후, 살충율을 24시간 후 조사하였다(그림 4-14). 양성대조구로 고삼60%를 함유한 시중제품을 동일하게 처리하였다.

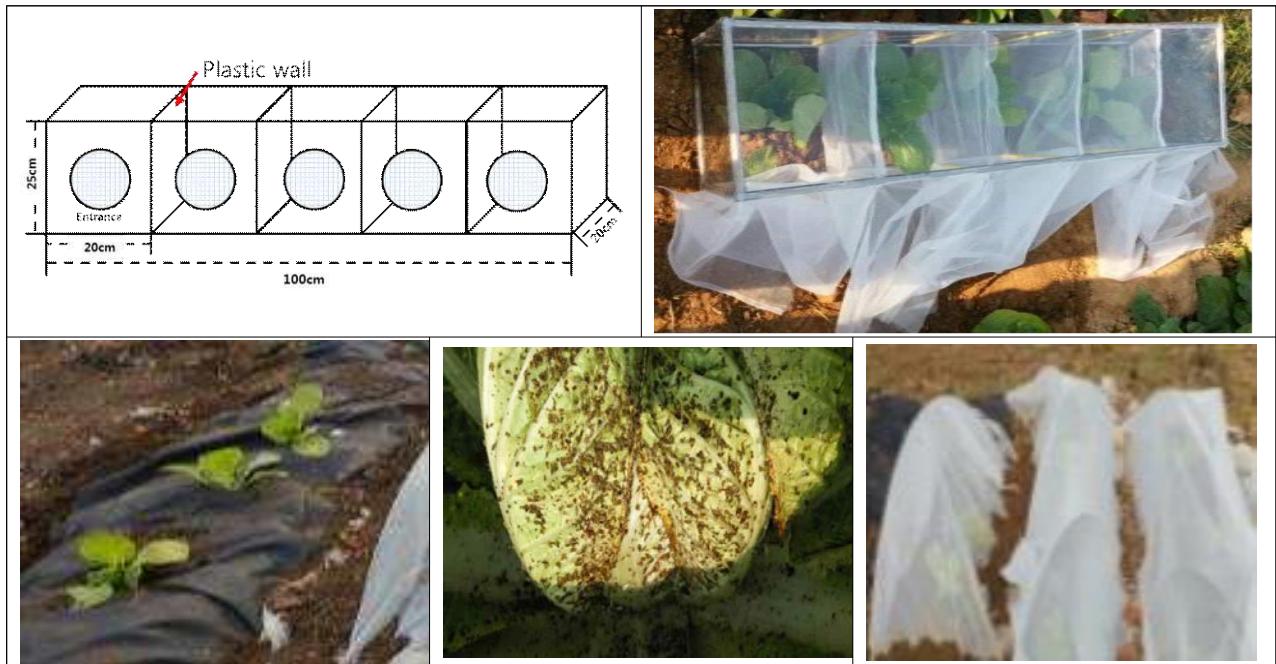


그림 4-14. 야외시험포장 검정틀(좌)과 모식도(우).

또한 진딧물은 시험포장에 배추를 정식하고 자연발생 한 진딧물류(목화진딧물 10%, 복숭아진딧물 90%)를 육안으로 사전 밀도조사한 후, 진디아웃(NRS-24)을 배추가 충분히 젖을 정도로 살포하고, 양성대조구로 고삼외 3종 식물추출물을 함유한 시중 제품을 살포하였다. 약제 살포 후 배추 주위로 방충망을 설치하여 시험 중 해충의 이탈을 방지하고, 처리 24시간 후 살충율을 조사하였다(그림 4-14). 시험은 3반복으로 실시하였다.



그림 4-14. 진딧물 배추시험포 및 시험 전경(수원 당수동 시민농장).

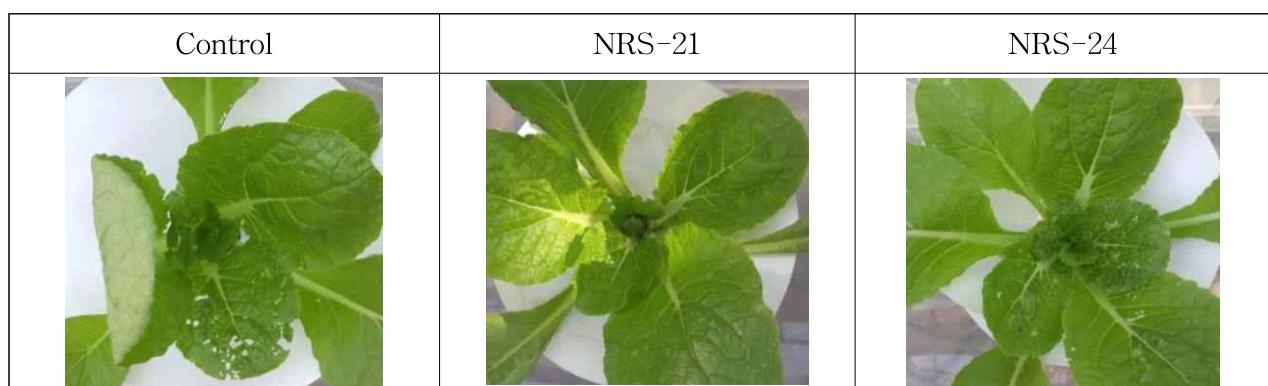
(2) 결과

24시간 후 살충력 조사 결과, 배추세이퍼(NRS-21)의 배추 좀나방 유충에 대한 살충력은 포트검정에서 83%로 나타났고 복숭아혹진딧물에 대해서는 23%로 낮은 방제력을 보였다(표 4-37). 반면 야외검정에서도 비슷한 양상을 보였는데 배추 좀나방 유충에 대해 90% 효력을 보였다. 또한 진디아웃(NRS-24)은 포트시험에서 배추 좀나방에 대해 43%로 절반 이하의 낮은 살충력을 보인 반면, 복숭아혹진딧물에 대해서는 77%의 살충력을 나타냈다. 야외검정에는 복숭아혹진딧물에 대해 93%의 높은 살충력을 보였다.

표 4-37. 선발제 배추세이퍼(NRS-21)와 진디아웃(NRS-24)의 야외 효력검정, 24h

Material	Mortality (%), mean±SE			
	Pot test		Field test	
	<i>P. xylostella</i>	<i>M. persicae</i>	<i>P. xylostella</i>	<i>M. persicae</i>
NRS-21(BaechooSafer TM)	83±8.8ab	23±3.3b	90±1.5a	31±1.8b
NRS-24(JindiOut TM)	43±8.8bc	77±3.3a	36±1.0b	93±3.9a
Positive control	93±3.3a	90±10.0a	91±0.9a	82±6.5a
Negative control	13±3.3c	7.0±3.3b	-	-

$F_{15,72}, P > 0.0001$ $F_{21,53}, P > 0.0003$ $F_{396,44}, P > 0.0001$ $F_{32,18}, P > 0.0006$



7. 생물스펙트럼(타해충) 탐색

상기 선발한 무희석제들(배추세이퍼, 진디아웃)의 보다 넓은 생물학적 적용 특성을 알아보기 위해 톱다리개미허리노린재, 점박이옹애, 미국선녀벌레, 좁은가슴잎벌레, 흰개미를 대상으로 살충력을 조사하였다.

(1) 톱다리개미허리노린재

톱다리개미허리노린재 2령 약충에 대한 살충력 검정은 선발한 배추세이퍼(NRS-21)와 진디아웃(NRS-24)을 이용하여 분무법과 충체침지법으로 실내에서 검정하였다. 분무법은 페트리디쉬(직경 9.5cm) 바닥에 대두종자 2개와 톱다리개미허리노린재 2령충을 10개체씩 접종 후 준비한 시험액을 약 15 cm 이격하여 페트리디쉬 내 충에 수동분무기로 5회 분무하였다. 충체침지

는 해당약제를 0.4 ml가 들어 있는 15 ml 튜브에 톱다리개미허리노린재 2령 약충 10개체를 넣고, 2-3초 후 꺼내 대두종자(2개)가 든 페트리디쉬에 접종하였다. 해충들의 탈출과 훈증에 의한 살충력 발생을 방지하기 위해 뚜껑없이 미세망주머니에 넣어 24시간 후 조사하였다.

그 결과, 직접 분무에 의한 배추세이퍼(NRS-21)와 진디아웃(NRS-24)은 노린재 약충에 대해 20-40%정도로 낮은 살충력을 나타냈고, 충체침지에서 배추세이퍼(NRS-21)는 97% 그리고 진디아웃(NRS-24)은 90%의 높은 살충률을 보였다(표 4-38).

표 4-38. 톱다리개미허리노린재 약충에 대한 분무처리와 충체침지에 따른 살충력, 24h

Material	Mortality (%), mean±SE	
	Spray method	Insect dipping method
Control	3±0.3	13±0.3
NRS-21	23±0.3	97±0.3
NRS-24	37±0.9	90±0.6

(2) 점박이옹애, 흰개미, 좁은가슴잎벌레, 미국선녀벌레

실험 대상 성충 및 약충 등을 이용하여 배추세이퍼(NRS-21), 진디아웃(NRS-24), NRS-31, -32제 등 본 연구에서 선발한 4종 제제들의 살충력을 검정하였다. (점박이옹애) 페트리디쉬(직경 5.5 cm) 바닥에 코르크보러(직경 5 cm)로 절단한 강낭콩 잎을 넣고 옹애 성충 10개체를 접종하였다. 시험액은 약 15 cm 이격하여 페트리디쉬 내 잎에 충분히 도포되도록 5회 분사 (0.75 ± 0.061 g)하였다. 해충의 탈출을 방지하기 위해 뚜껑을 닫고 파라필름으로 감싸주었다. (흰개미) 흰개미의 탈출과 훈증을 방지하기 위해 뚜껑이 열린 페트리디쉬를 미세망주머니에 넣었다. (좁은가슴잎벌레) 제1세부과제로부터 분양 받은 좁은가슴잎벌레 성충을 배추 유묘에서 절취한 배추잎(1장) 잎맥 기부를 수분을 머금은 탈지면으로 감싸고 호일로 덮어 10개체씩 방사 후 분무 시험을 실시하였다. (미국선녀벌레) 정원수로 심어둔 야외 피라칸사스 가지에 자연 발생한 개체들을 직접 활용하여 조사하였다. 즉, 가지에 붙어있는 약충을 10개체씩 미세망주머니로 나뭇가지와 함께 감싼 뒤, 약제를 5 cm 이격하여 5회 분사하였다.

모든 시험은 3반복으로 실시하였고, 24시간 후 살충율을 조사하였다.

그 결과, 점박이옹애 성충에 대해 배추세이퍼(NRS-21)는 53%의 살충률을 나타냈고, 진디아웃(NRS-24)은 13%의 낮은 살충률을 보였다(표 4-39). 흰개미에 대해 배추세이퍼(NRS-21)와 진디아웃(NRS-24) 모두 100% 살충률을 보였다. 하지만 좁은가슴잎벌레에 대해서는 낮은 살충력을 나타냈다. 그리고 야외에서 발생한 미국선녀벌레에 대해서는 배추세이퍼(NRS-21)가 100%, NRS-31제가 80% 등의 의미있는 결과를 보였다.

표 4-39. 점박이옹애 성충, 흰개미(일개미), 좁은가슴잎벌레 성충, 미국선녀벌레 약충 등에 대한 살충활성, 24h

Material	Mortality (%), mean±SE			
	점박이응애	흰개미	좁은가슴잎벌레	미국선녀벌레
Control	3±0.3	20±0	0±0	20±0
NRS-21	53±0.3	100±0	30±3.3	100±0
NRS-24	13±0.3	100±0	0±0	60±0
NRS-31	-	-	-	80±0
NRS-32	-	-	-	40±0

8. 희석제 개발 연구

(1) 희석제 구성 및 유효성 평가

본 시험의 목적은 소비자가 별도의 희석없이 그대로 사용할 수 있는 무희석제 뿐 만 아니라 대다수 유기농자재목록공시제품의 특성과 동일한 희석제를 개발하기 위해 시도하였다. 실제 도시농업 텃밭 등에서 활동하는 도시농업인들의 희석제에 대한 니즈가 존재하여 무희석제 뿐 만 아니라 친환경재배지에서도 활용 가능한 희석제를 개발하기 위한 별도 연구를 진행하였다. 그 대상은 딸기 등에서 주로 발견되는 응애류를 효과적으로 제어할 수 있는 제제 개발에 주력하였다. 본 연구팀의 NRSC 오일을 기반으로 한 희석제 제품을 제조하여 100-300배로 희석하고, 점박이응애에 대한 살충력을 검정하였다(표 4-40). 실험방법은 상기 7항에서 활용한 방법을 그대로 적용하였다.

표 4-40. NRSC oil을 유효성분으로 함유한 희석제

Name	Component	%	Name	Component	%
NRSC-1	NRSC oil	50%	NRSC-15	NRSC oil	37%
	PLE	50%		Thyme white oil	37%
NRSC-2	NRSC oil	67%	NRSC-16	PLE	26%
	PLE	33%		NRSC oil	40%
NRSC-3	NRSC oil	75%	NRSC-17	Thyme white oil	40%
	PLE	25%		PLE	20%
NRSC-4	NRSC oil	37%	NRSC-18	NRSC oil	50%
	Basil oil	37%		Thyme white oil	30%
	PLE	26%		PLE	20%
NRSC-5	NRSC oil	80%	NRSC-19	NRSC oil	30%

	PLE	20%		Thyme white oil	40%
	NRSC oil	44%		PLE	30%
NRSC-6	Basil oil	22%	NRSC-20	NRSC oil	30%
	PLE	34%		Thyme white oil	30%
				Basil oil	15%
				PLE	25%
				NRSC oil	30%
NRSC-7	NRSC oil	75%	NRSC-21	Thyme white oil	35%
	Tween80	25%		Cottenseed oil	10%
				PLE	25%
				NRSC oil	35%
NRSC-8	Basil oil	20%	NRSC-22	Thyme white oil	40%
	PLE	30%		PLE	25%
				NRSC oil	35%
NRSC-9	NRSC oil	70%	NRSC-23	Thyme white oil	20%
	동부카바	6%		Basil oil	20%
	PLE	24%		PLE	25%
				NRSC oil	65%
NRSC-10	NRSC oil	50%	NRSC-24	Thyme white oil	10%
	Basil oil	25%		PLE	25%
	PLE	25%		NRSC oil	30%
				Thyme white oil	25%
NRSC-11	NRSC oil	56%	NRSC-25	Basil oil	20%
	Rosemary oil	22%		PLE	25%
	PLE	22%		NRSC oil	50%
				Thyme white oil	10%
NRSC-12	NRSC oil	56%	NRSC-26	Basil oil	10%
	Thyme white oil	22%		PLE	30%
		22%		NRSC oil	70%
	PLE			PLE	30%
NRSC-13	NRSC oil	62%	NRSC-27		
	Basil oil	15%			
	PLE	23%			
	NRSC oil	42%			
NRSC-14	Basil oil	33%			
	PLE	25%			

NRSC 희석제를 각 농도에 맞게 희석하여 실내에서 분무한 결과, 주재료인 NRSC oil 30% 이상을 함유한 제제들에서는 100배 희석에서 모두 100% 살비성을 보였다(표 4-41). 또한 200 배 희석에서는 NRS-6, NRS-15, -16, -17, -18, -1, -20, -21에서 100% 살비력을 보였고 NRSC-3, -7, -8, -9 등은 80%였으며 NRSC-27제는 70% 살비력을 나타냈다. 300배 희석비에서는 NRSC-20, -6, -15, -17, -19, -21, -26제 등이 70% 이상의 살비력을 보였다.

표 4-41. NRSC 오일을 유효성분으로 한 희석제들의 점박이응애에 대한 살충력, 24h

Material	Mortality (% mean)			
	100×	200×	250×	300×
NRSC-1	100	40	0	0
NRSC-2	100	60	0	0
NRSC-3	100	80	60	0
NRSC-4	100	70	60	0
NRSC-5	100	60	50	0
NRSC-6	100	100	80	80
NRSC-7	100	80	50	0
NRSC-8	100	80	30	20
NRSC-9	100	80	20	20
NRSC-10	100	40	20	20
NRSC-11	100	90	70	40
NRSC-12	100	70	60	60
NRSC-13	100	90	20	0
NRSC-14	100	60	40	0
NRSC-15	100	100	90	87
NRSC-16	100	100	60	60
NRSC-17	100	100	60	70
NRSC-18	100	100	60	55
NRSC-19	100	100	80	70
NRSC-20	100	100	100	90
NRSC-21	100	100	90	70
NRSC-22	100	70	60	50
NRSC-23	100	90	60	65
NRSC-24	100	70	30	10
NRSC-25	100	70	60	40
NRSC-26	100	100	70	70
Control	10	10	0	0

(2) 제품 디자인 및 제원 특성

(가) 라벨 디자인(시안)

구분	제품외양	디자인																						
응애아웃		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>사용 전에 라벨을 잘 읽을 것</p> <p>교란 사용 시 주의사항</p> <ol style="list-style-type: none"> 고온기(어린이용모기 계획기 이상기) 후에는 희석액수를 늘려 사용하십시오. 어린이 손에 닿지 않는 곳에 식품으로와 구분하여 보관하십시오. 희석액수 또는 사용량을 반드시 지키 분무기류 이용하여 바늘을 통과하고 뿌리시되 작품에 충분히 물도로 뿌리십시오. 보관 중 침경이 생길 수 있으므로 사용 전 충분히 혼동이 사용 하십시오. 사용 후 남은 제품은 잘 밀봉한 뒤 냉장고에 피하여 건조하고 사용한 곳에 보관하십시오. 포장지의 표기사항이 이해가 되지 않거나 의문사항이 있을 경우에는 어린이소에 문의하십시오. 이 유기농업자재는 진드기예방한 농경이 강하니 주의하여 사용하고 일시에 광범위한 지역에 살로 하지 마십시오. <p>기타사항 업체명: (주)나리소 본사 및 제조원: 수원시 권선구 서문동89 제조일자: 2024년 01월 01일 유통기한: 제조일자로부터 2년</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>라벨 표시사항 이외에는 사용하지 말 것</p> <p>유기농업제품 유통기한 (총액 관리자 기록) 유통연도: 내리소 - 1-003</p> <p>MITEOUT™</p> <p style="text-align: center;">• 응애아웃 •</p> <p>용량: 300ML NAREO</p> <p>사용방법</p> <table border="1"> <tr> <td>작용작물</td> <td>작용방법</td> <td>희석배수</td> <td>1병당 사용량</td> <td>사용시기</td> <td>처理방법</td> </tr> <tr> <td>배추</td> <td>600매</td> <td>200L/300ML</td> <td></td> <td></td> <td>물도로 뿌리고 나비방지 경마리</td> </tr> </table> <p>- 사용방법</p> <table border="1"> <tr> <td>작용작물</td> <td>희석배수</td> <td>1병당 사용량</td> <td>사용시기</td> <td>처理방법</td> </tr> <tr> <td>배추</td> <td>600매</td> <td>200L/300ML</td> <td></td> <td>물도로 뿌리고 나비방지 경마리</td> </tr> </table> <p>- 제품특징</p> <p>1.세탁후 충분히 말초 및 세척에 비해 살균 및 기름흡수성이 있습니다. 2.세정수보다 주철한 살균율을 얻을 수 있습니다. 3.이 제품은 천연원료로 만든 제품입니다.</p> <p>설명 • 쓰레기통수율: -----70%</p> <p></p> </div> </div>	작용작물	작용방법	희석배수	1병당 사용량	사용시기	처理방법	배추	600매	200L/300ML			물도로 뿌리고 나비방지 경마리	작용작물	희석배수	1병당 사용량	사용시기	처理방법	배추	600매	200L/300ML		물도로 뿌리고 나비방지 경마리
작용작물	작용방법	희석배수	1병당 사용량	사용시기	처理방법																			
배추	600매	200L/300ML			물도로 뿌리고 나비방지 경마리																			
작용작물	희석배수	1병당 사용량	사용시기	처理방법																				
배추	600매	200L/300ML		물도로 뿌리고 나비방지 경마리																				

(나) 제품 제원

응애아웃의 구성성분은 NRSC oil, thyme white oil, basil oil, PLE 등으로 구성되었고 각 구성비율은 30%, 30%, 15%, 25% 등이다. 본 제제는 희석이 필요한 제제로 조제하였다.

표 4-42. 무희석제 2종(NRS-21, NRS-24)의 구성성분 및 구성비

제제	구성분	비율	원산지
응애아웃(Miteout)	NRSC oil	30%	중국
	Thyme white oil	30%	호주
	Basil oil	15%	호주
	PLE	25%	한국

9. 후보제품군(선발제)의 급성독성 평가

본 독성시험은 독성시험 평가기관인 에이비솔루션(주) 및 농업기술실용화재단의 컨설팅을 받아 기 확립된 시험법에 따라 배추세이퍼, 진디아웃, 응애아웃, 마이리펠러 등 4종에 대한 각 제품 특성에 맞게 미흡하거나 필요한 독성 자료 준비를 위해 급성경구, 경피, 안자극, 피부자극, 어독성(잉어), 꿀벌독성 등 6개 항목을 대상으로 실시하였다(표 4-42).

표 4-42. 무희석제 2종[배추세이퍼NRS-21과 NRS-24, 진디아웃]과 희석제 응애아웃의 급성독성시험

구분	품목명	유효성분	공급량
NRS-21	배추세이퍼(Baechoo Safer)	고삼추출물5%,	150ml 액상

		식물정유 2%	
NRS-24	진디아웃(Jindi Out)	식물정유 1.5%	150ml 액상
NRSC-27	응애아웃(Mite Out)	식물정유 70%	300ml 액상
NRSC-20	마이리펠러(Myrepeller)	식물정유 5%	200ml 액상
시험항목	시험기준		
급성경구독성	<p>“농약 및 원제의 등록기준, [별표 12] 인축 독성 시험기준과 방법”, 농촌진흥청고시 제 2013-21호 (2013년 06월 28일) 2) “유기농업자재 공시 및 품질인증 기준” 농촌진흥청고시 제2013-13호(2013년 06월 18일)</p>		
급성경피독성	<p>1) 농촌진흥청고시 제 2013-21 호(2013 년 06 월 28 일) “농약 및 원제의 등록기준” [별표 12] 인축 독성 시험기준과 방법 12-1-2, 급성경피독성시험 2) 농촌진흥청고시 제2013-13호(2013년 06월 18일) “유기농업자재 공시 및 품질인증 기준”</p>		
피부자극	<p>1) 농촌진흥청고시 제 2013-21 호(2013년 06월 28일) “농약 및 원제의 등록기준” [별표 12] 인축 독성 시험기준과 방법 12-1-4, 피부자극성시험 2) 농촌진흥청고시 제 2013-13 호(2013년 06월 18일) “유기농업자재 공시 및 품질인증 기준”</p>		
안점막	<p>1) 농촌진흥청고시 제 2013-21 호(2013 년 06 월 28 일) “농약 및 원제의 등록기준” [별표 12] 인축 독성 시험기준과 방법 12-1-5, 안점막자극성시험 2) 농촌진흥청고시 제 2013-13 호(2013 년 06 월 18 일) “유기농업자재 공시 및 품질인증 기준”</p>		
담수어	<p>1) 농약 및 원제의 등록기준(농촌진흥청 고시 제2013-19호, 2013년 6월 18 일), [별표 13] 환경생물 독성 시험기준과 방법 2) 1.2. 유기농업자재 공시 및 품질인증 기준(농촌진흥청 고시 제 2013-13 호, 2013년 6월 18일)</p>		
꿀벌	<p>1) 농약 및 원제의 등록기준(농촌진흥청 고시 제2013-19호, 2013년 6월 18 일), [별표 13] 환경생물 독성 시험기준과 방법 2) 1.2. 유기농업자재 공시 및 품질인증 기준(농촌진흥청 고시 제 2013-13 호, 2013년 6월 18일)</p>		

배추세이퍼(FRS-21), 진디아웃(NRS-24), 응애아웃의 급성경구 및 경피독성, 어독성, 안점막자극 및 피부자극 등에 대한 평가를 실시하였다. 그 결과, 이들 배추세이퍼와 진디아웃2개 품목들에 대해 ICR계 마우스를 이용한 급성경구 및 급성경피독성 시험에서 LD₅₀값들이 각각 5,000 및 4,000 mg/kg으로 별다른 독성을 보이지 않았다(표 4-43). 또한 피부자극성과 안점막자극성이 없는 것으로 평가되었다. 이는 72시간 관찰 경과 후에도 변화가 없어 무자극성으로 판단할 수 있었다. 참고로 본 연구에서 살충력이 우수한 제제에 함유되어 있는 유효성분인 고삼 추출물은 피부자극성은 없으나 안점막자극성이 있는 것으로 알려져 있다(오등, 2013). 한편 환경독성시험 목적으로 실시한 잉어 및 제브라파쉬 독성 평가 결과, 72시간 노출에서 이들 2개

품목 모두 10 ppm 이상의 반수치사농도를 보여 수서동물들에게도 비교적 안전함을 확인하였다(표 4-43). 응애아웃 역시 급성 경구, 급성 경피, 급성 어류 독성 모두 저독성으로 나타났고, 피부자극시험에서도 무자극으로 나타났다. 안점막 자극 지수에서 1차 자극지수가 1시간 4.0에서 24시간 2.7 그리고 48시간 이후 완전히 회복되는 양상을 보였고, 2차 자극지수도 4.0 수준으로 나타났다(표 4-43).

또한 응애아웃 및 진디아웃의 꿀벌에 대한 접촉독성은 24시간, 48시간 반수치사농도 (LD_{50})를 기준으로 하였을 때, 주원료 투입비율로 각 100 ug/bee와 15 ug/bee 이상이었다. 다른 2종 제제에 대해서는 꿀벌 독성시험을 수행하지 않았다.

표 4-43. 배추세이퍼 및 진디아웃의 급성독성, 어독성, 피부자극, 안점막자극 효과

Material	Acute oral	Acute dermal	Acute fish	Acute zebra	Skin irritatio n	Acute ocular irritation				AOI I
	LD50, mg/kg		LC50, mg/L	LC50, ppm	PII	MOII				
						1h	24h	48h	72h	
NRS-21 (BaechooSaf er TM)	>5,000	>4,000	>10(96h)	>10 (96h)	0.0	2.0	2.0	0.0	0.0	2.0
NRS-24 (JindiOut TM)	>5,000	>4,000	>10(96h)	>10 (96h)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
응애아웃	>4,000	2,000-5 ,000	2.412	-	0.0	4.0	2.7	0.0	0.0	4.0

Tested animals for acute oral, dermal, skin irritation, ocular (eye) irritation, fish, and zebra toxicity were ICR mice, SD rats, NewZealand White rabbits, *Cyprinus carpio*, and *Danio rerio*, respectively. PII, primary irritation index; MOII, mean ocular irritation index; AOII, acute ocular irritation index.

10. 나방류 및 총채벌레 동시 포획 트랩 개발 <위탁과제>

가. 연구수행 내용

(1) 대상 해충별 트랩 선발

(가) 배추줄나방 및 파밤나방

- 범용적으로 사용되는 나방류에 대한 폐로몬 트랩 검색
- 트랩의 종류 : 델타 트랩, 윙트랩
- 나방류에 대한 포획효율 비교한 후 윙트랩으로 결정

(나) 총채벌레류

- 총채벌레 방제 트랩 검색
- 트랩의 종류 : 평판트랩

- 미소해충인 총채벌레의 경우 평판트랩이 일반적으로 사용되어 결정

(2) 대상 해충별 유인물질 검색, 제작

(가) 배추좀나방, 파밤나방

- 나방류 해충에 대해 가장 유인력 및 분별력이 높은 성폐로몬으로 결정
- 배추좀나방 및 파밤나방 성폐로몬 뿐 구입

(나) 총채벌레류

- 색깔별 평판트랩 중 총채벌레에 대한 유인력이 가장 높은 청색으로 결정
- 청색 평판트랩 구입

(3) 나방, 총채벌레 동시 방제형 트랩 설계

- 나방 및 총채벌레 각각에 대한 포획효율이 좋은 트랩 선정하여 동시방제형 트랩 설계
- 동시방제형 트랩 설계(그림 참조) : 윙트랩(나방류) + 청색평판트랩(총채벌레류)

나. 결과

(1) 나방 및 총채벌레 동시 방제형 트랩 설계 및 초기 모델 제작

(가) 고려사항

- 각각의 해충에 대해 포획효율이 좋은 트랩 선정
- 나방류(윙트랩) + 총채벌레류(청색 평판트랩)
- 윙트랩의 아래에 평판트랩이 위치
- 윙트랩에는 성폐로몬 뿐만 아니라 위치하여 나방을 유인, 포획하며 평판트랩은 총채벌레가 가장 좋아하는 색깔(청색)으로 유인
- 평판트랩을 윙트랩에 부착하는 방법은 위의 그림 중 설치 및 사용의 편리함으로 원쪽의 방식으로 결정
- 반원 형태로 결합하는 방식이 설치가 간편하고 바람의 영향을 적게 받아 야외에서 사용이 용이함

이와 같은 고려사항을 모두 종합해 볼 때, 하기 그림 15와 같이 총채벌레 트랩용 접착판은 등근 형태를 띠고 윙트랩 하단부에 결착되는 것이 적합하다고 판단되었다.

(나) 동시 방제형 트랩 선정

나방 및 총채벌레류 동시 방제를 위한 트랩 개발을 위하여 나방류 대상으로 윙트랩, 총채벌레를 대상으로 평판트랩(파란색)을 선정하여 아래와 같이 동시방제형 트랩을 제작하였다(그림 4-15, 좌). 윙트랩과 평판트랩을 상하 한 몸으로 구성하여 포획 효율성과 경제성을 고려하여 선정하였다.

(다) 동시 방제 트랩의 재질 선정

윙트랩의 경우 경제성을 고려하여 가격을 절감할 목적으로 PE 재질을 이용하여 제작하였다. 가볍고 견고하여 야외에서 사용하기에 적합하였으나, 총채벌레류 동시방제를 위하여 평판 트랩을 장착한 경우, 평판트랩의 무게 때문에 윙트랩이 제 모양을 유지하지 못한 채 변형되는 특성을 보였다(그림 4-15, 중).

(라) 윙트랩 사출 제작

윙트랩의 변형을 방지하기 위해 윙트랩 재질을 플라스틱으로 교체하였다. 윙트랩을 플라스틱 사출하여 보다 견고하고 내구성이 우수한 제품으로 교체하였다. 이에 하부에 평판트랩을 고정하여도 야외에서 변형되지 않았다(그림 4-15, 우).

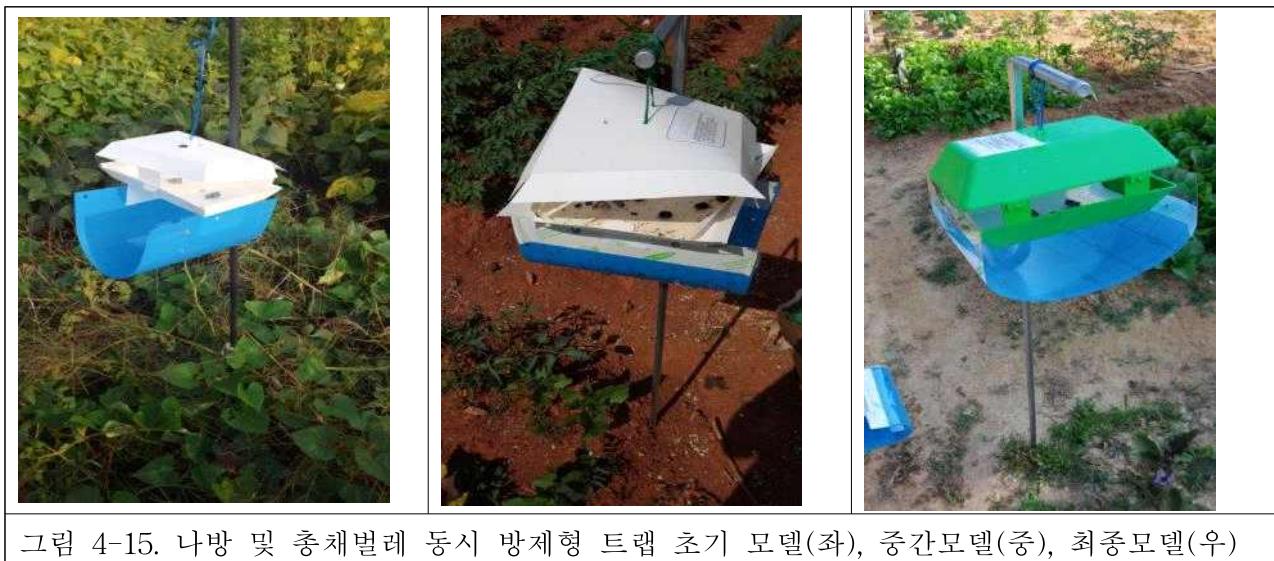


그림 4-15. 나방 및 총채벌레 동시 방제형 트랩 초기 모델(좌), 중간모델(중), 최종모델(우)

(2) 사용 편이성을 고려한 시작품 제작

이상의 구성을 통해 최종 선정한 동시 방제형 트랩은 야외 환경에서 뜻은 날씨와 바람에도 영향을 받지 않아 우수한 내구성을 보였지만, 윙트랩과 평판트랩의 연결이 어려워 사용자가 쉽게 평판트랩을 교체할 수 없는 단점이 나타났다. 이와 같은 단점을 극복하고 사용자가 윙트랩과 평판트랩의 손쉬운 교체할 수 있도록 윙트랩에 평판트랩의 연결부위를 추가함으로써 사용 편이성을 향상시켰다. 최종 선정한 나방 및 총채벌레 동시 방제형 트랩의 제원은 아래와 같다(표 4-44).

표 4-44. 나방 및 총채벌레 동시 방제형 트랩의 제원

구 성	특 징
윙트랩	규격(가로*세로*높이) - 펼쳐진상태 : 25 * 35 * 8cm - 결합 : 25 * 17 * 13cm 재질 : PP 색깔 : 연두색

끈끈이판(윙트랩)	규격(가로*세로) : 19 * 19.5cm 재질 : 종이 색깔 : 흰색
연결부	규격(가로*세로) : 15 * 7.5cm 재질 : PC 색깔 : 투명
평판트랩	규격(가로*세로) : 25 * 17.5cm 재질 : PP 색깔 : 파란색
	
	
윙트랩 연결부	최종 선정한 나방 및 총채벌레 동시 방제형 트랩

(3) 나방 및 총채벌레 동시 방제형 트랩 유효성(방제력) 검정

(가) 시험포장 및 방법

○ 시험 포장



- 연구방법 : 나방, 총채벌레 동시방제형 트랩과 대조구로 윙트랩, 평판트랩(파란색)을 각 3반복으로 설치한 후 10일 간격으로 트랩에 포획된 해충 수를 조사하였다.
- 주요 작물 : 트랩 설치 주변의 주요 작물은 2포장 모두 배추, 무, 토마토, 상추 등 주말농장에서 쉽게 재배가 가능한 작물들이었다.

(나) 결과

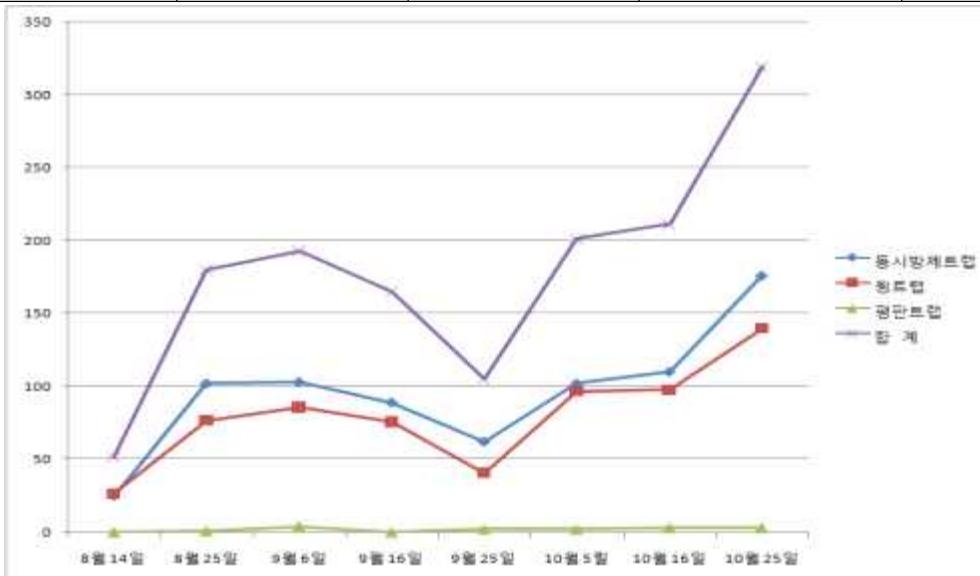
○ 파밤나방에 대한 포획수

파밤나방은 시험포 내에서 시험기간 내내 꾸준히 발생하였는데 10월 말 경에 성충의 발생이 늘어난 것은 주변 작물이 시민들이 김장에 대비하여 배추, 무 등을 많이 심은 결과로 판단된다. 동시방제형 트랩은 윙트랩 단독 사용보다 파밤나방에 대해 높은 포획수를 보였다. 이는 동시방제형 트랩이 단독 설치된 윙트랩과 평판트랩에 비해 트랩 효율이 높음을 의미한다.

동시방제형 트랩은 윙트랩 단독 보다 파밤나방에 대해 19.8% 많은 포획수를 보였다(표 4-45). 이러한 차이는 성폐로몬에 유인된 파밤나방 성충이 동시방제형 트랩의 윙트랩 부분을 배회할 때 하부에 장착된 평판트랩에 물리적으로 포획되어 포획효율이 상대적으로 향상된 결과로 보인다. 이러한 결과는 향후 동시방제형 트랩 구성물인 평판트랩의 크기 변화에 대한 면밀한 검토로 파밤나방에 대한 포획 효율을 높이기 위한 실험의 필요성을 강조한다.

표 4-45. 트랩별 파밤나방 포획 성충 수

조사일	파밤나방 포획수(마리)				윙트랩	
	동시방제트랩			합계		
	윙트랩	평판트랩				
08월 14일	24	1	25	27		
08월 25일	88	14	102	77		
09월 06일	93	10	103	86		
09월 16일	69	20	89	76		
09월 25일	54	8	62	41		
10월 05일	69	33	102	97		
10월 16일	79	31	110	98		
10월 25일	119	57	176	140		
합계	595	174	769	642		



○ 배추좀나방에 대한 포획 효율 검정

시험 포장에서의 배추좀나방의 발생이 적어 동시방제형 트랩의 배추좀나방에 대한 포획 효율성 검정은 확인하기 어려웠다(표 4-46).

표 4-46. 트랩별 배추좀나방 포획 성충 수

구분	8월14일	8월25일	9월 6일	9월16일	9월25일	10월5릴	10월16일	10월25일
동시방제 트랩	1	0	0	3	0	0	0	0
윙트랩	2	2	0	0	0	0	0	0
평판트랩	0	0	0	0	0	0	0	0
합 계	3	2	0	3	0	0	0	0

○ 총채벌레류에 대한 포획 효율 검정

동시방제형 트랩과 평판트랩간의 총채벌레에 대한 포획 수에는 차이가 없었다. 총채벌레류에 대해 윙트랩과 평판트랩은 상호 시너지를 높혀주는 역할을 하지 않았지만 그렇다고 각 트랩의 포획효율을 감소시키는 상쇄효과도 보이지 않았다(그림 4-16).

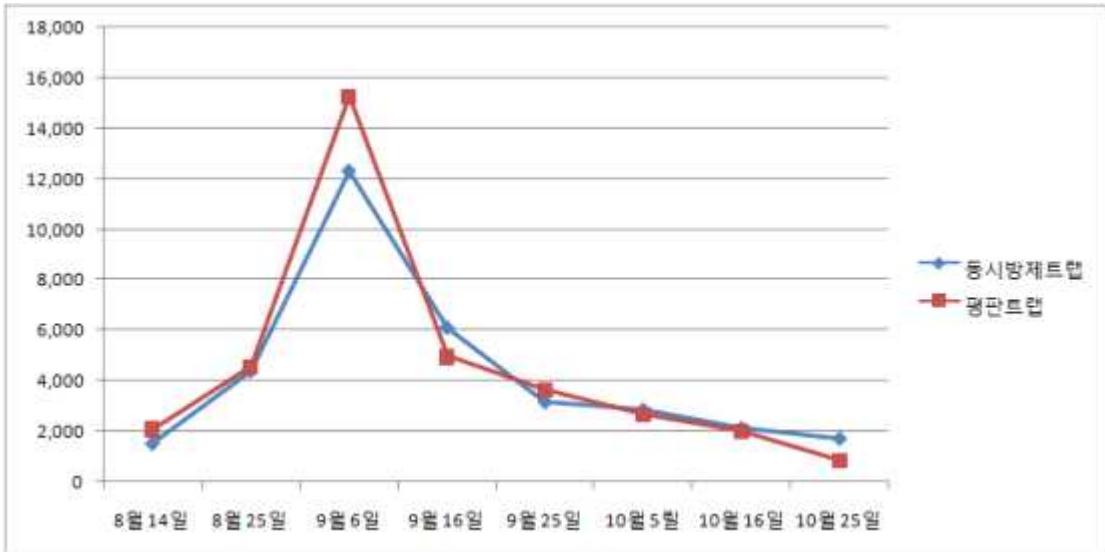


그림 4-16. 트랩별 총채벌레류 포획 수.

(4) 나방 및 총채벌레 동시 방제형 트랩의 특징

(가) 구성적 특징

- 윙트랩(상부) + 연결부 + 평판트랩(하부)로 구성
- 윙트랩 : 성폐로몬을 이용하여 나방류를 유인하며 끈끈이판으로 포획
- 연결부 : 윙트랩과 평판트랩 연결

- 평판트랩 : 색으로 총채벌레류 유인 포획

(나) 장점

- 도시농업 포장에서 활용 시 나방류와 총채벌레류를 동시에 방제할 수 있음
- 나방류에 대한 포획 효율 증가(단독 설치 보다 20%)로 사용자에게 경제적 이점 제공
- 사용자 편이성(끈끈이 트랩의 탈부착 용이)이 증가된 트랩

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도

1절 : 목표대비 달성도

당초 목표	가중치 (%)	개발 내용	달성도 (%)
작물에 발생하는 해충 종류, 시기, 양상 등 조사	80	- 작물별 육안조사, 성폐로몬 트랩조사, 황색끈끈이 트랩조사 - 작물별 해충의 발생종류, 발생시기, 발생량, 피해 등 조사 - 각 해충의 형태, 피해에 관한 사진 촬영	80
도시농업 재배작물별 해충발생에 따른 관리 현황 조사	10	주말농장 관리 도시민의 해충관련 설문조사	10
발생해충별 친환경 방제기술 개발	10	주요 발생해충 방제를 위한 유기농업 자재 선발	10
발생해충의 도감 작성	100	도시농업 재배작물 해충생태와 방제 도감 발간 및 배부	100
도시농업 주요 재배작물별 해충 발생상 조사	15	도시농업 주요 재배작물별 해충 발생상 조사	100
작물별 발생 해충에 대한 맞춤형 친환경 관리방안 제시	15	작물별 발생 해충에 대한 맞춤형 친환경 관리방안 제시	100
비벡터링(Bee-vectoring) 기법 적용 소재선발 및 현장 적용	20	비벡터링 소재의 뒤영벌, 천적에 미치는 영향, 병해충방제 효과 평가	100
도시농업 환경에서 발생하는 주요 해충 발생상 조사 및 비벡터링 적용 가능한 살충원제 선발을 통한 현장 적용화	40	안전한 살충 또는 행동제어용 천연 또는 안전 소재 선발	100
후보 소재군들의 최적 조성물 확립	30	선발소재들의 비벡터에 대한 독성 평가	100
활성분체 규명 및 작용기구 연구	30	살충 또는 행동제어 소재의 활성분체 규명 및 작용기구 연구	100
유기농자재목록공시 및 품질인증제 기반 제품들의 현황 조사	40	현황조사 완료	40
목적해충들에 대한 유효성 평가 기반 제품 탐색 및 선발	50	도시농업용 적용 자재 선발	50
동시방제 트랩 선정	10	나방 및 총채벌레 동시방제 트랩제작	10
우수소재의 선발	20	기존 소재 2종 및 신규 4종 소재선발	20
선발소재 무희석 제제 개발	40	무희석제 4종 개발	40
선발제제의 급성독성평가	20	선발제제들의 독성평가 실시	20
선발제제들의 대상해충에 대한 애외 약효검증	10	애외 유효성 검정 실시	10

트랩 제원 확립	5	동시방제 트랩 제원 설정	5
트랩의 유효성 평가	5	도시농업 포장에서 트랩 효과 검증	5
제품 원가 산출 및 규격화로 최종제품 선정	30	제품 규격화 실시	30
선정 제품의 약효약해시험	30	약해시험 실시	30

2절 : 정량적 성과(논문게재, 특허출원, 기타)

성과지표명	연도	당초목표 (전체)	실적	달성을 (%)	가중치 (%)
논문게재	SCI	3	3	100	15
	비SCI	2	1	50	15
산업재산권	출원	2	2	100	10
	등록				
학술발표	국제				
	국내	5	5	100	15
기술이전		1	1	100	5
자료발간		1	1	100	5
정책자료 기관제출		1	1	100	5
영농기술·정보 기관제출		2	2	100	10
홍보성과		3	10	100	10
기능성물질소재개발		2	2	100	10

이상의 정량적인 성과목표의 달성을 통해 본 과제의 결과물들은 향후 아래와 같은 분야에서의 활용성이 높아 그 기여도를 인정받을 수 있을 것으로 보인다.

관련분야	기여도, %
기능성 식물의 생리활성소재 연구	90
식물을 유효성분으로 함유한 제제의 관리에 필요한 QC 기술	95
식물자원의 향기성분 분석 기술	95
천연 유기농자재 개발 기술	90
페로몬 트랩 기반의 해충 방제 관리 기술	95
천연 소재의 산업화 기술	90

세부과제명	세부과 제책임 자	성과물지 표	성과물명	성과물 수당당 자	성과전 용년월	성과물승 인여부
도시농업 작물별 해충상 조사 및 맞춤형 관리기술 개발	최병렬	학술발표 (국내)	도시주변 주말농장 작물에 발생하는 해충의 종류와 발생소장	최병렬	2014년 10월	승인
비벡터링(Bee-vectoring) 적용 살충제 선발 및 현장적용 기술 개발	최병렬	학술발표 (국내)	몇가지 미생물농약의 뒤영벌 (<i>Bombus terrestris</i>)과 천적에 대한 독성 평가	최병렬	2014년 10월	승인
비벡터링(Bee-vectoring) 적용 살충제 선발 및 현장적용 기술 개발	최병렬	학술발표 (국내)	비벡터링(bee-vectoring) 기술 개발을 위한 자체 제작한 분배 장치에서 뒤영벌 (<i>Bombus terrestris</i>)의 출입 행동	지창우	2014년 10월	승인
비벡터링(Bee-vectoring) 적용 살충제 선발 및 현장적용 기술 개발	최병렬	농가기술 지도·컨설 팅·현장기 술지원	시설토마토 재배농가 현장기술지원	최병렬	2014년 11월	승인
Bee-vectoring 적용 가능한 천연 또는 안전 소재 선발	안용준	학술발표 (국제)	Toxicity of <i>Lavandula angustifolia</i> oil constituents to insecticide-susceptible and pyrethroid-resistant <i>Plutella xylostella</i> and its Endoparasitoid <i>Cotesia glomerata</i>	장명진	2014년 10월	반려
Bee-vectoring 적용 가능한 천연 또는 안전 소재 선발	안용준	학술발표 (국내)	Toxicity of <i>Lavandula angustifolia</i> oil constituents to insecticide-susceptible and pyrethroid-resistant <i>Plutella xylostella</i> and its Endoparasitoid <i>Cotesia glomerata</i>	장명진	2014년 11월	승인
도시농업용 우수한 유기농자재 선발 및 제품화	김순일	학술발표 (국제)	Insecticidal Activities of Plant Essential Oils against <i>Bemisia tabasi</i> Q type Adults and <i>Aedes aegypti</i> larvae	연성희	2014년 10월	승인
도시농업용 우수한 유기농자재 선발 및 제품화	김순일	학술발표 (국내)	친환경유기농자재의 농업해충에 대한 살충효과	김순일	2014년 10월	승인
도시농업 작물별 해충상 조사 및 맞춤형 관리기술 개발	최병렬	영농활용 기관제출	도시농업 주말농장 주요 작물의 해충발생 종류 및 발생시기	최병렬	2015년 11월	승인
도시농업 작물별 해충상 조사 및 맞춤형 관리기술 개발	최병렬	영농활용 채택	도시농업 주말농장 주요 작물의 해충발생 종류 및 발생시기	최병렬	2015년 12월	승인
도시농업 작물별 해충상 조사 및 맞춤형 관리기술 개발	최병렬	홍보성과	농진청, 천적 꽃매미벼룩좀 벌 농가 현장 투입	최병렬	2015년 10월	승인
비벡터링(Bee-vectoring) 적용 살충제 선발 및 현장적용	최병렬	농가기술 지도/컨설	시설토마토 재배농가 해충방제기술 현장지원 결과 보고	최병렬	2015년 08월	승인

용 기술 개발		팅/현장기술지원	-1		월	
비벡터링(Bee-vectoring) 적용 살충제 선발 및 현장적 용 기술 개발	최병렬	농가기술 지도/컨설 팅/현장기 술지원	의산시설 완숙토마토 재배농 가 현장기술지원	최병렬	2015 년 01 월	승인
비벡터링(Bee-vectoring) 적용 살충제 선발 및 현장적 용 기술 개발	최병렬	영농활용 기관제출	시설토마토 재배시 담배가루 이 천적 담배장님노린재의 밀도 조절을 위한 작물보호 제 이용방법	최병렬	2015 년 11 월	승인
비벡터링(Bee-vectoring) 적용 살충제 선발 및 현장적 용 기술 개발	최병렬	영농활용 채택	시설토마토 재배시 담배가루 이 천적 담배장님노린재의 밀도 조절을 위한 작물보호 제 이용방법	최병렬	2015 년 12 월	승인
비벡터링(Bee-vectoring) 적용 살충제 선발 및 현장적 용 기술 개발	최병렬	홍보성과	포도나무 말썽꾼 꽃매미, 천적(꽃매미벼룩좀벌)으로 잡는다.	최병렬	2015 년 10 월	승인
Bee-vectoring 적용 가능 한 천연 또는 안전 소재 선 발	안용준	기능성물 질·소재 개발	Diptera 유충에 대한 세신 전초 유래 페닐프로파노이 드들의 훈증활성	안용준	2015 년 11 월	승인
Bee-vectoring 적용 가능 한 천연 또는 안전 소재 선 발	안용준	논문게재 (SCI)	Fumigant Toxicity of Phenylpropanoids Identified in <i>Asarum sieboldii</i> Aerial Parts to <i>Lycoriella</i> <i>ingenua</i> (Diptera: Sciaridae) and <i>Coboldia</i> <i>fuscipes</i> (Diptera: Scatopsidae)	이지환	2015 년 07 월	승인
Bee-vectoring 적용 가능 한 천연 또는 안전 소재 선 발	안용준	학술발표 (국내)	식물체 정유의 복승아혹진딧 물과 목화진딧물에 대한 훈 증활성	하리발 란	2015 년 10 월	승인
도시농업용 우수한 유기농 자재 선발 및 제품화	김순일	논문게재 (SCI)	Acaricidal activity of commercialized insecticides against <i>Haemaphysalis</i> <i>longicornis</i> (Acari: Ixodidae) nymphs	이대원	2015 년 10 월	승인
도시농업용 우수한 유기농 자재 선발 및 제품화	김순일	논문게재 (비SCI)	농업해충에 대한 친환경유기 농자재들의 살충력 및 섭식 저해력 평가	김유화	2015 년 06 월	승인
도시농업용 우수한 유기농 자재 선발 및 제품화	김순일	산업재산 권 출원	식물 추출물을 유효성분으로 포함하는 살충제 조성물	김순일	2015 년 10 월	승인
도시농업용 우수한 유기농 자재 선발 및 제품화	김순일	학술발표 (국내)	식물 정유 기반 제제들의 농 업해충에 대한 살충활성	김순일	2015 년 10 월	승인
도시농업용 우수한 유기농 자재 선발 및 제품화	김순일	학술발표 (국내)	식물 정유 단제 및 복합제의 4종 농업해충에 대한 살충 활성	김유화	2015 년 06 월	승인
도시농업 작물별 해충상 조 사 및 맞춤형 관리기술 개발	최병렬	홍보성과	주말농장 골칫거리 해충 잡 는법 알려드려요	최병렬	2016 년 04	승인

					월	
비벡터링(Bee-vectoring) 적용 살충제 선발 및 현장적 용 기술 개발	최병렬	농가기술 지도/컨설 팅/현장기 술지원	토마토 재배농가 병해충방제 기술 현장지원	최병렬	2016 년 02 월	승인
비벡터링(Bee-vectoring) 적용 살충제 선발 및 현장적 용 기술 개발	최병렬	정책자료 기판제출	도시농업 병해충 관리 전문 서포터즈제 운영	최병렬	2016 년 11 월	승인요청
비벡터링(Bee-vectoring) 적용 살충제 선발 및 현장적 용 기술 개발	최병렬	학술발표 (국내)	뒤영벌(<i>Bombus terrestris</i>) 을 이용한 비벡터링 (bee-vectoring) 적용 살충 제 선발 및 포장효과 조사	신수정	2016 년 04 월	승인
비벡터링(Bee-vectoring) 적용 살충제 선발 및 현장적 용 기술 개발	최병렬	홍보성과	CBS 라디오 김현정 라디오 쇼(선녀벌레, 꽃매미...이름만 예쁜 외래충의 습격)	최병렬	2016 년 08 월	승인
Bee-vectoring 적용 가능 한 천연 또는 안전 소재 선 발	안용준	논문게재 (SCI)	Toxicity of <i>Lavandula angustifolia</i> oil constituents and spray formulations to insecticide-susceptible and pyrethroid-resistant <i>Plutella xylostella</i> and its endoparasitoid <i>Cotesia glomerata</i>	이창근	2016 년 02 월	승인
Bee-vectoring 적용 가능 한 천연 또는 안전 소재 선 발	안용준	산업재산 권 출원	식물 정유를 유효성분으로 포함하는 살충제 조성물	안용준	2016 년 11 월	승인
도시농업용 우수한 유기농 자재 선발 및 제품화	김순일	기능성물 질·소재 개발	친환경유기농자재 목록 공시 후보제들의 기시법 확립 및 독성평가	김순일	2016 년 07 월	승인
도시농업용 우수한 유기농 자재 선발 및 제품화	김순일	학술발표 (국내)	Insecticidal activity of plant oil-based formulations against four major agricultural insect pests and their phytotoxicity and acute toxicity	김순일	2016 년 11 월	승인

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제1절 연구개발결과의 효과 활용방안

- 도시농업 재배작물 해충 생태와 방제 도감을 발간하여 배부하였고, 친환경적 방제기술 등 추가로 생상되는 결과는 지속적으로 도시 농업인에게 정보를 제공할 계획임
- 도시농업에서 비벡터링 분배장치를 이용하여 병해충의 친환경 방제 기법으로 활용할 수 있을 것으로 판단
 - 선발된 약제를 이용하여 토마토 온실에서 잿빛곰팡이병 방제와 토마토, 딸기온실에서 가루이류 방제에 사용할 수 있을 것
- 도시농업용 텃밭 등에서 발생하는 주요 해충군의 관리를 위한 효율적인 방제 수단으로 활용
 - 현재 157종에 이르는 다양한 친환경유기농자재목록공시 또는 품질인증 제품들이 시중에 유통되고 있음
 - 각 해충군에 적합한 유효성에 관한 정보 제공은 미흡한 실정임
 - 본 연구에서 도출된 해충군별 유효성이 높은 식물 추출물에 관한 정보 활용으로 도시농업 환경에서 발생한 해충군에 대한 적절한 방제 품목 선정에 활용아 가능할 것임
- 도시농업 환경에서 해충 방제용으로 화학적인 수단이 아닌 물리적이면서 친환경적인 나방류 및 총채벌레 동시 방제 트랩 활용 가능
 - 본 연구를 통해 개발된 나방류 폐로몬 트랩과 총채벌레 유인 트랩(청색 끈끈이)이 결합된 사용이 편리하고 친환경적인 방제 수단으로 활용
 - 규모가 넓지 않은 개인 텃밭 보다는 도시 환경에서 텃밭 분양 및 임대 방식으로 운영되는 다소 규모화된 환경에서 적용 가능

제2절 타 연구에의 응용

- 살충활성을 보인 정유들의 제형화 연구 필요
- 식물의 이차대사물질들은 살충제 저항성 해충에 효과가 있다는 것이 보고되어 있어, 이들 물질들은 기존의 유기합성살충제와는 다른 특이한 작용점을 가지고 있을 것으로 추정됨으로 이를 구명한다면 새로운 살충제 개발에 기여
- 본 연구결과에서 살충력이 우수한 일부 식물 추출물 및 활성 성분들에 대한 작용기작 연구가 이뤄졌으나, 향후 보다 폭넓은 목표점(예, 시토크롬 P450 효소계, 니코틴계 수용체, 전이효소계 등)에 관한 작용기작 연구가 필요함
 - 이를 통해 식물 유래 신규 살충제 개발을 위한 신규 작용점 확립으로 보다 신속하고 정확한 후속연구들의 결과 도출에 활용 가능할 것으로 판단함
- 본 연구에서 조제한 약 10여 종의 주요 식물 추출물들을 유효성분으로 한 복합제제를 활용한 위생해충 방제 수단으로의 이용에 관한 연구

- 질병매개곤충들로 중요한 모기 및 진드기 등의 주요 위생해충들을 대상으로 한 천연 살충 및 기피제 연구 제제로 활용
- 효과가 확인된 제제들의 식물 유효성분들의 살충 작용기작 및 후각수용체에 대한 기능 연구에 활용 또는 전기신경생리학적 특성 연구에 활용

제3절 기업화 추진방안

- 제2협동과제팀이 자체 연구 결과 및 본 연구에서 도출된 연구성과를 활용하기 위한 친환경유기농자재목록공시 인허가 자료 준비에 돌입한 상태임
- 최종 소비자들이 희석없이 바로 사용 가능한 무희석제 등록 및 현재 시장에서 가장 널리 사용되고 있는 형태인 희석제 등록을 위한 약해자료, 이화학적특성자료, 안전성자료(독성) 등을 준비 중임
- 현재 ‘식물 정유를 유효성분으로 포함하는 살충제 조성물’로 특허출원하여 주식회사 “나리소”에 기술이전 하여 사업화를 추진 중에 있음

제4절 추가적인 논문게재 및 산업체산권 출원 사항

- 논문게재
 1. Chang-Geun Yi, Soon-Il Kim, Haribalan Perumalsamy, Byeoung-Ryeol Choi, and Young-Joon Ahn. Fumigant toxicity of essential oils and experimental sprays to *Myzus persicae* and *Aphis gossypii* and two pollinating bee species. *Journal of Economic Entomology*에 투고 예정.
 2. Soon-Il Kim, Chang-Geun Yi, Haribalan Perumalsamy, Byeoung-Ryeol Choi, and Young-Joon Ahn. Effects and possible mechanisms of action of bitter orange constituents on the toxicity of *Myzus persicæ*. *Pest Management Science*에 투고 예정.
 3. Soon-Il Kim, Byeoung-Ryeol Choi, and Young-Joon Ahn. Insecticidal Formulations Containing Basil, Rosemary, and Thyme White Essential Oils against Four Major Agricultural Insect Pests. *PLoS One*에 투고 예정.
- 학술대회 발표
 - 발표학회 : 한국농약과학회, 한국응용곤충학회

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외 과학기술정보

○ 저위해성 농약(minimum-risk pesticides, reduced risk pesticides)

- 미국은 ‘Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act’에 의거하여, 유럽연합은 ‘Commission Regulation (EC) No 1048/2005 of 13 June 2005 amending Regulation (EC) No 2032/2003 on the second phase of the 10-year work programme referred to in Article 16(2) of Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council concerning the placing of biocidal products on the market’에 의거하여 저위해성 농약 제도를 도입하고 있음
- 미국의 경우, 식물 추출물이나 정유 및 그들 조성화합물들이 FDA의 ‘Generally Recognized as Safe’ 리스트에 올라가 있으면, EPA는 많은 독성 자료를 면제해 주고 있어 많은 비용이 절감됨으로써, 기존 합성살충제의 대체제로서 많은 연구 개발이 이루어지고 있으며, 상용화 사례도 더러 있음. 이러한 점에서 국내에서도 이 제도를 도입한다면, 벤처기업에서 저독성 살충제 개발이 가능하리라 생각함

○ 식물 정유와 해충종합관리(integrated pest management, IPM)

- 식물 정유 조제물은 활성이 선택성을 가지며, 비독성 대사물로 생분해 되며, 비표적 생물들에 거의 해가 없으며, 환경 내에서 쉽게 분해되기 때문에, IPM에 적합한 제품으로 개발할 수 있음(Isman, 2006; Koul 등, 2008; Rattan과 Sharma, 2011)
- 대부분의 경우, 포식성 천적이나 기생성 천적들은 기존의 많은 합성살충제에 대하여 해충보다 더 감수성이기 때문에(Croft와 Brown, 1975), 이들 두 방제법이 양립하기가 쉽지 않다. 살충제와 천적 사용은 온실 및 야외에서 IPM의 기본 요소임. 식물 유래 조제물은 포식성 천적이나 기생성 천적들에 상대적으로 해가 적기 때문에, 생물적 방제와 연계하여 이용할 수 있음(Charleston 등, 2005; Isman, 2006; Miresmailli와 Isman, 2006)
- 예를 들면, 님(*Azadirachta indica*) 추출물 Neemix 4.5 제형은 배추 좀나방의 기생 천적인 *Cotesia plutellae* 및 *Diadromus collaris*의 수명에 영향을 미치지 않음(Charleston 등, 2005). 온실에서, 무처리 대조구보다 식물성 살충제로 처리한 식물에서 *C. plutellae* 기생율이 현저히 높으나, *Diadromus collaris*의 경우에는 현저한 차이가 없음(Charleston 등, 2005). 이런 점에서 생물적 방제와 같이 식물 정유 제품을 이용한 해충 방제법 개발이 가능함

○ 농산물 안전성에 대한 일반인들의 우려와 관심 증가로 관련 농산물들의 관리 중요성이 점차 더 중요시 되고 있음

- 최근 농산물 안전성에 대한 국민들의 관심이 증가하면서 친환경 농산물의 생산 비중도 전체 농산물 생산량 대비 2005년 4.4%에서 2009년 12.2%로 증가하였음(e-Narajipyo, 2014)
- 생산량이 2013년 7.0%로 감소하였는데, 이는 친환경 농산물 재배 농가에서 활용 가능한 효과적인 방제방법이 미흡하여 해충 발생에 대처하는데 농가들이 애로를 겪고 있기 때문으로 추정

- 일반적으로 친환경 유기 농산물에서 발생하는 해충은 관행농법에 비해 해충 종 및 발생량이 더 많아 피해가 큰 것으로 알려져 있음(Jeon and Kim, 2006).
 - 십자화과작물들에서 배추 좀나방(*Plutella xylostella*) 및 과채류에서 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae*)과 총채벌레류 등이 주요 경제 해충들임
 - 진딧물은 작물을 직접 흡즙해서 피해를 입히고 간접적으로는 그을음병과 바이러스병을 매개하여 2차적인 피해를 일으킴(Kim et al., 1986). 대표적인 농업해충인 복숭아혹진딧물은 기주 범위가 매우 넓어서 방제가 까다로운 해충이고, 배추 좀나방은 채소작물의 생장을 방해하고 상품 가치를 떨어뜨려 연간 10억 달러 이상의 피해를 야기함(Choi et al., 1984; Kim et al., 2006)
- 배추 좀나방은 고령지 재배지에서 토착화하여 극심한 피해를 일으키고 있는데(Kim and Lee, 1991), 가장 큰 문제는 이들이 기존 화학합성 살충제들에 대해 저항성을 보이고 있다는 사실임
 - 굴거리나무(*Daphniphyllum macropodum*) 껍질 유래 2종 알칼로이드들은 배추 좀나방 유충에 대해 살충력을 발휘했음(Li et al., 2009). 배추 좀나방을 포함한 나비목 해충에 대한 식물 추출물 및 유래 화합물들의 섭식저해활성이 밝혀졌음(Lü et al., 2013; Sivasubramanian et al., 2013)
 - 최근 한 연구에서 배추 좀나방 야외 개체군이 indoxacarb (25.3배), abamectin (61.7배), lufenuron (705.2배) 등에 높은 저항성을 갖고 있음이 밝혀졌음(Santos et al., 2011)
 - 전 세계적으로 배추 좀나방 저항성 문제를 해결하기 위한 심도 깊은 논의가 이뤄지기도 하였음(Furlong et al., 2013)
 - 저항성 문제는 비단 배추 좀나방에게만 해당되는 것이 아니라 총채벌레(Demirozer et al., 2012), 진딧물(Bass et al., 2014) 그리고 파밤나방에 대해서도 잘 알려졌다
 - 2009년부터 2012년 중국 7개 지역 16개 야외 파밤나방 개체군들의 살충제 저항성 연구에서 chlorfenapyr를 제외한 8종 살충제 특히 cypermethrin (79–1240배)과 chlorpyrifos (8–3080배) 등에서 높은 저항성 출현이 보고되었음(Che et al., 2013). 이와 같은 관행 농법에서의 문제점을 극복하기 위해 일부 연구자들은 식물체를 활용하여 기존 화학합성 살충제들의 단점을 보완하고자 노력이 이뤄지고 있음(Scott et al., 2003)
- 우리나라 친환경농가에서는 멀구슬나무 열매, 녹차나무 잎, 고추씨 오일, 은행나무 열매, 자리공나무 열매, 매실, 때죽나무 껍질, 여뀌, 어성초, 참나무 오일 그리고 각종 한약재에서 유래된 다양한 식물추출물이 농가에서 병해충 방제용 민간요법으로 활용되고 있음(Kim and Kim, 2009)
 - 민간요법으로 사용되고 있는 많은 식물 추출물들은 대상 해충에 대한 방제가나 희석배율이 불명확한 것이 사실임
 - 멀구슬나무와 고삼 식물추출물을 유효성분으로 한 KNI3126의 오이총채벌레 및 배추 좀나방에 대한 살충활성이 알려졌고(Hwang et al., 2009), 최근에 온실 포트시험에서 황련과 고추씨 추출물이 각각 배추 좀나방 유충에 대해 73%와 70%의 살충력을 나타냈음(Choi et al., 2013)

- 국내 고삼과 차이는 있으나 고삼속인 중국 *Sophora* 식물(*Sophora alopecuroids*)의 메탄 올 추출물이 배추 좀나방 유충에 생장 및 발육, 산란저해활성을 나타냈고(Yu et al., 2007), 멀구슬나무 추출물이 섭식 선호도 및 산란행동에 있어 기피력을 나타냄이 알려졌음(Charleston et al. 2005)
- 파밤나방 유충에 대한 식물 추출물들의 살충활성 보고
- 멀구슬나무(*Melia azedarach*) 잎 추출물의 잎 침지로 파밤나방 유충에 대해 carboxylesterase와 glutathione-S-transferase 효소의 저해를 통해 살충력을 발휘함이 밝혀졌고(Rachokarn et al., 2008), 개박하(*Nepeta cataria*) 정유의 *Spodoptera littoralis*에 대한 훈증활성도 보고되었음(Pavela, 2005)
- 파밤나방 유충에 대한 *Hymenoxyx robusta* 메탄올 추출물의 살충 및 섭식 저해활성 (Juárez et al., 2014), *Jatropha gossypifolia* 잎 에틸아세테이트 또는 에탄올 추출물의 살충(Khumrungsee et al., 2010) 및 섭식 저해활성(Panvongsa et al., 2012) 등이 알려졌음. 또한 파밤나방에 대한 일부 식물체들의 섭식 저해 활성도 밝혀짐(Panvongsa et al., 2012; Huang et al., 2013; Juárez et al., 2014)
- 꽃노랑총채벌레 성충에 대한 살충활성 보고
- 식물 추출물 중 canola, coriander, neem, eugenol, peppermint 그리고 citronella oil 등을 단독이 아닌 혼합제로 함유한 제품이 꽃노랑총채벌레에 대해 80% 이상의 우수한 살충력을 보였음(Cloyd et al., 2009)
- 식물체 추출물들, 특히 식물 오일들의 총채벌레류에 대한 살충활성은 접촉독작용 보다는 훈증력 작용으로 발휘됨이 알려짐(Janmaat et al., 2002)
- 진딧물류에 대한 살충활성 보고
- 고삼과 멀구슬나무 추출성분으로만 이루어진 EFAM-B 약제가 처리 7일후에 17%의 낮은 생충률을 보이며 또한 3일 후 7일 후에 각각 86%와 84%의 방제가를 보였음(Ryu et al., 2013)
- 고삼 추출물은 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae*)을 비롯한 목화진딧물(*Aphis gossypii*), 점박이옹애(*Tetranychus urticae*), 톱다리개미허리노린재(*Riptortus pedestris*) 성충에 대해 높은 살충력을 보임(Kim et al., 2005; Kim et al., 2009; Kwon et al., 2011)
- 식물 추출물들 중 neem, capsiacin 또는 양명아주(*Chenopodium ambrosioides*) 정유 기반 0.5% 유제의 복숭아혹진딧물에 대해 강한 살충활성을 나타냈고(Chiasson et al., 2004; Edelson et al., 2002), 백부근 뿌리와 잎에서 분리한 2종 성분들이 곤충 니코틴 아세틸콜린 수용체에 대한 전기생리학적 *in vitro* 시험에서 이 수용체 억제활성 및 복숭아혹진딧물에 대한 살충활성이 보고되었음(Tang et al., 2008)

제 7 장 기타 중요 변동사항

- 해당사항 없음

제 8 장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구장비 현황

- 해당사항 없음

제 9 장 참고문헌

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265–267.
- Ahn, S. B., Han, M. J., Choi, J. Y. and Choi, K. M. 1994. First record of *Thrips palmi* and its geographical distributions in Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 33: 127–128.
- Ahn, Y. J., Kim, S. I., Kim, H. K. and Tak, J. H. 2006. Naturally occurring house dust mites control agents: development and commercialization. In: Rai, M., Carpinella, M. C. (eds.) *Naturally Occurring Bioactive Compounds*. Elsevier, London, United Kingdom, pp. 269–289.
- Ahn, Y. J., Kwon, M., Park, H. M. and Han, C. G. 1997. Potent insecticidal activity of *Ginkgo biloba*-derived trilactone terpenes against *Nilaparvata lugens*. In: Hedin, P. A., Hollingworth, R. M., Masler, E. P., Miyamoto, J., Thompson, D. G. (eds.) *Phytochemicals for Pest Control*. ACS Symp. Ser. 658, American Chemical Society, Washington, DC, pp. 90–105.
- Akhtar, Y., Pages, E., Stevens, A., Bradbury, R., da Camara, C. A. G. and Isman, M. 2012. Effect of chemical complexity of essential oils on feeding deterrence in larvae of the cabbage looper. *Physiol. Entomol.* 37: 81–91.
- Al-mazra'awi, M., Shipp, J.L., Broadbent, B., P. Kevan, P., 2006a. Biological control of *Lygus lineolaris* (Hemiptera: Miridae) and *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) by *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apidae) vectored *Beauveria bassiana* in greenhouse sweet pepper. *Biol. Control* 37, 89–97.
- Al-mazra'awi, M.S., Kevan, P.G., Shipp, L., 2007. Development of *Beauveria bassiana* dry formulation for vectoring by honey bees *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) to the flowers of crops pest control. *Biocontrol Sci. Techn.* 17, 733–741.
- Al-mazra'awi, M.S., Shipp, L., Broadbent, B., Kevan, P., 2006b. Dissemination of *Beauveria bassiana* by honey bees (Hymenoptera: Apidae) for control of tarnished plant bug (Hemiptera: Miridae) on canola. *Environ. Entomol.* 35, 1569–1577.
- An, M., Haig, T. and Hatfield, P. 2001. On-site field sampling and analysis of fragrance from living lavender (*Lavandula angustifolia* L.) flowers by solid-phase microextraction coupled to gas chromatography and ion-trap mass spectrometry. *J. Chromatogr. A* 917: 245–250.
- Anonymous, 2015b. *Aphis gossypii* (cotton aphid). Invasive Species Compendium—Datasheets, maps, images, abstracts and full text on invasive species of the world. CAB International. 2015.
- Anonymous. 1994. Check List of Insects from Korea. Korean Society of Applied Entomology, Kon-Kuk University Press, Seoul, Republic of Korea.
- Anonymous. 2008. The NIST Mass Spectral Search Program for the NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library, Version 2.0f. FairCom Corporation, Columbia, MO.

- Anonymous. 2015a. Arthropod Pesticide Resistance Database. Insecticide Resistance Action Committee, Michigan State University. Available: <http://www.pesticideresistance.com/display.php?page=species&arid=571>.
- Bailkey, M. and Nasr, J. 2000. From Brownfields to Greenfields: Producing Food in North American Cities. Community Food Security News. Fall 1999/Winter 2000:6.
- Bass, C., Puinean, A. M., Zimmer, C. T., Denholm, I., Field, L. M., Foster, S. P., Gutbrod, O., Nauen, R., Slater, R. and Williamson, M. S. 2014. The evolution of insecticide resistance in the peach potato aphid, *Myzus persicae*. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 51: 41–51.
- Benevides, P. J. C., Sartorelli, P. and Kato, M. J. 1999. Phenylpropanoids and neolignans from *Piper regnellii*. *Phytochemistry* 52: 339–343.
- Berenbaum, M. 1985. Brementown revisited: allelochemical interactions in plants. *Rec. Adv. Phytochem.* 19: 139–169.
- Blackman, R. L. and Eastop, V. F. 2000. Aphids on the world's crops. An identification guide, 2nd edition. Wiley, Chichester, United Kingdom.
- Brewer, M. J., Trumble, J. T., Alvarado-Rodrigues, B. and Chaney, W. E. 1990. Beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) adult and larval susceptibility to three insecticide in managed habitats and relationship to laboratory selection for resistance. *J. Econ. Entomol.* 83: 2136–2146.
- Brodsigaard, H. F. 1994. Effect of photoperiod on the bionomics of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera, Thripidae). *J. Appl. Entomol.* 117: 418–507.
- Brown, J. K. and Czosnek, H. 2002. Whitefly transmission of plant viruses. *Adv. Bot. Res.* 36: 65–100.
- Brown, J. K., Frohlich, D. R. and Rosell, R. C. 1995. The sweetpotato or silverleaf whiteflies: biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex? *Annu. Rev. Entomol.* 40: 511–534.
- Cantelo, W. W. 1989. Advances in control of the sciarid fly, *Lycoriella mali* (Fitch). *Mushroom Sci.* 12: 843–850.
- Capinera, J. L. 2001. Handbook of Vegetable Pests. Academic Press, San Diego, CA.
- Chae, S. H., Kim, S. I., Yeon, S. H., Peru,malsamy, H. and Ahn, Y. J. 2014. Fumigant toxicity of summer savory and lemon balm oil constituents and efficacy of spray formulations containing the oils to B- and neonicotinoid-resistant Q-biotypes of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 107: 286–292.
- Chae, S. H., Kim, S. I., Yeon, S. H., Lee, S. W. and Ahn, Y. J. 2011. Adulticidal activity of phthalides identified in *Cnidium officinale* rhizome to B- and Q-biotypes of *Bemisia tabaci*. *J. Agric. Food Chem.* 59: 8193–8198.
- Charleston, D., Kfir, R., Dicke, M. and Vet, L. E. M. 2005. Impact of botanical pesticides derived from *Melia azedarach* and *Azadirachta indica* on the biology of two parasitoid species of the diamondback moth. *Biol. Control* 33: 131–142.
- Charleston, D.S., Kfir, R., Vet, L.E., Dicke, M., 2005. Behavioural responses of diamondback

- moth *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) to extracts derived from *Melia azedarach* and *Azadirachta indica*. Bull. Entomol. Res. 95(5), 457–465.
- Che, W., Shi, T., Wu, Y., Yang, Y., 2013. Insecticide resistance status of field populations of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) from China. J. Econ. Entomol. 106(4), 1855–1862.
- Cheema, H. K., Kang, B. K. and Singh, B. 2011. Biochemical and molecular basis of insecticide resistance in diamondback moth, *Plutella xylostella* (Linnaeus): a review. Pesticic. Res. J. 23: 123–134.
- Chiasson, H., Vincent, C., Bostanian, N.J., 2004. Insecticidal properties of a *Chenopodium*-based botanical. J. Econ. Entomol. 97(4), 1378–1383.
- Choi, H.K., So, I.Y., Park, K.H., 1984. Studies on the correlation between virus -iseases and aphid vectors in radish fields. Korean J. Appl. Entomol. 23, 28–36.
- Choi, I.J., Kwon, H.H., Lee, H.H., Son, H.G., Hong, S.K., Kang, J.W., Park, Y.S., 2013. Evaluation of insecticidal activity of plant extracts against the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) on Vegetable Plant. Korean J. Plant Res. 26(1), 19–25.
- Choi, W. I., Lee, E. H., Choi, B. R., Park, H. M. and Ahn, Y. J. 2003. Toxicity of plant essential oils to *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 96: 1479–1984.
- Chung, B. K., Kang, S. W. and Kwon, J. H. 2001. Chemical control system of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in greenhouse eggplant. J. Asia Pac. Entomol. 3: 1–9.
- Cloyd, R.A., Galle, C.L., Keith, S.R., Kalscheur, N.A., Kemp, K.E., 2009. Effect of commercially available plant-derived essential oil products on arthropod pests. J. Econ. Entomol. 102(4), 1567–1579.
- Croft, B. A. and Brown, A. W. A. 1975. Responses of arthropod natural enemies to insecticides. Annu. Rev. Entomol. 20: 285–335.
- Cutler, G. C., Ramanaidu, K., Astatkiec, T. and Isman, M. B. 2008. Green peach aphid, *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae), reproduction during exposure to sublethal concentrations of imidacloprid and azadirachtin. Pest Manag. Sci. 65: 205–209.
- De Martino, L., De Feo, V. and Nazzaro, F. 2009. Chemical composition and in vitro antimicrobial and mutagenic activities of seven Lamiaceae essential oils. Molecules 14: 4213–4230.
- Demirozer, O., Tyler-Julian, K., Funderburk, J., Leppla, N., Reitz, S., 2012. *Frankliniella occidentalis* (Pergande) integrated pest management programs for fruiting vegetables in Florida. Pest Manag. Sci. 68(12), 1537–1545.
- Digilio, M. C., Mancini, E., Voto, E. and de Feo, V. 2008. Insecticide activity of Mediterranean essential oils. J. Plant Interact. 3: 17–23.
- Edelson, J.V., Duthie, J., Roberts, W., 2002. Toxicity of biorational insecticides: activity against the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer). Pest Manag. Sci. 58(3), 255–260.
- Ellman, G. L., Courtney, K. D., Andres, V. and Feather-Stone, R. M. 1961. A new and

- rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochem. Pharmacol.* 7: 88–95.
- e-Narajipyo, 2014. The index of agricultural section: the trend of production of eco-friendly agricultural products. http://index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1292
- Erler, F., Polat, E., Demir, H., Catal, M. and Tuna, G. 2011. Control of mushroom sciarid fly *Lycoriella ingenua* populations with insect growth regulators applied by soil drench. *J. Econ. Entomol.* 104: 839–844.
- European Union. 2005. Commission Regulation (EC) No 1048/2005 of 13 June 2005 amending Regulation (EC) No 2032/2003 on the second phase of the 10-year work programme referred to in Article 16(2) of Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council concerning the placing of biocidal products on the market. *Official J. Eur. Union*, 9 July 2005.
- Fletcher, J. T. and Gaze, R. H. 2008. *Mushroom Pest and Disease Control: a Color Handbook*. Academic Press, San Diego, CA.
- Foster, S. P., Devine, G. and Devonshire, A. L. 2007. Insecticide resistance. In Van Emden, H. F., Harrington, R. (eds.) *Aphids as Crop Pests*. CAB International, Wallingford, Oxfordshire, United Kingdom, pp. 261–285.
- Furlong, M.J., Wright, D.J., Dosdall, L.M., 2013. Diamondback moth ecology and management: problems, progress, and prospects. *Annu. Rev. Entomol.* 58, 517–541.
- Gaurn, W. G., Giliomee, J. H. and Pringle, K. L. 1994. Life history and life tables of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), on English cucumbers. *Bull. Entomol. Res.* 84: 219–224.
- Graham-Bryce, I. J. 1987. Chemical methods. In: Burn, A. J., Coaker, T. H., Jepson, P. C. (eds.) *Integrated Pest Management*. Academic Press, London, United Kingdom, pp. 113–159.
- Grundy, D.L. and Still, C. C. 1985. Inhibition of acetylcholinesterase by pulegone-1,2-epoxide. *Pestic. Biochem. Physiol.* 23: 383–388.
- Grzywacz, D., Rossbach, A., Rauf, A., Russell, D.A., Srinivasan, R. and Shelton, A. M. 2011. Current control methods for diamondback moth and other brassica insect pests and the prospects for improved management with lepidopteran-resistant Bt vegetable brassicas in Asia and Africa. *Crop Prot.* 29: 68–79.
- Ha, T. K., Hwang, I. C., Kim, J. K., Song, Y. H., Kim, G. H. and Yu, Y. M. 2003. Toxicities and control effect of three insecticides to greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* and sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Korean J. Pestic. Sci.* 3: 29–36.
- Hamasaki, R. T. 1987. Impact of insecticides and a predatory mite on the melon thrips, *Thrips palmi* Karny. M.S. thesis, University of Hawaii, Honolulu, HI, 85 pp.
- Hampwaye, G., Nel, E. and Ingombe, L. 2013. The role of urban agriculture in addressing household poverty and food security: the case of Zambia. Gdnet.org.
- Han, J. B., Ahn, K. S., Lee, C. K. and Kim, G. H. 2006. Fumigant toxicity of pennyroyal

- and spearmint oils against western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. Korean J. Appl. Entomol. 45: 45–49.
- Han, J., Kim, S. I., Choi, B. R., Lee, S. G. and Ahn, Y. J. 2011. Fumigant toxicity of lemon eucalyptus oil constituents to acaricide-susceptible and acaricide-resistant *Tetranychus urticae*. Pest Manag. Sci. 67: 1583–1588.
- Hanson, G. R., Venturelli, P. J. and Fleckenstein, A. E. 2015. Hallucinogens (Psychedelics). In: Drugs and Society, 12th ed. Jones & Bartlett Learning, Burlington, MA, pp. 371–402.
- Hansson, D., M. J. Morra, V. Borek, and S. D. Eigenbrode. 2012. Green peach aphid [*Myzus persicae* (Silzer) (Hemiptera: Aphididae)] control using Brassicaceae ethyl ester oil sprays. J. Appl. Entomol. 137: 530–539.
- Hassiotis, C. N., Lazari, D. M. and Vlachonasios, K. E. 2010. The effects of habitat type and diurnal harvest on essential oil yield and composition of *Lavandula angustifolia* Mill. Fresen. Environ. Bull. 19: 1491–1498.
- Hill, T. A. and Foster, R. E. 2000. Effect of insecticides on the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) and its parasitoid *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae). J. Econ. Entomol. 93: 763–768.
- Hollingworth, R. M. 1976. The biochemical and physiological basis of selective toxicity. In: Wilkinson, C. F. (ed.) Insecticide Biochemistry and Physiology. Plenum Press, New York, pp. 431–506.
- Hong, K. J., Lee, M. L., Han, M. J., Ahn, S. B., Kim, I. S., Lee, G. H. 1998. Distribution and host plants of recently introduced palm thrips, *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) in Korea. RDA J. Crop Prot. 40: 89–95.
- Hori, M. 1999. Antifeeding, settling inhibitory and toxic activities of labiate essential oils against the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). Appl. Entomol. Zool. 34: 113–118.
- Horowitz, A. R., Kotsedalov, S., Khasdan, V. and Ishaaya, I. 2005. Biotypes B and Q of *Bemisia tabaci* and their relevance to neonicotinoid and pyriproxyfen resistance. Arch. Ins. Biochem. Physiol. 58: 216–225.
- Hummelbrunner, L. A. and Isman, M. B. 2001. Acute, sublethal, antifeedant, and synergistic effects of monoterpenoid essential oil compounds on the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Lep., Noctuidae). J. Agric. Food Chem. 49: 715–720.
- Hwang, I.C., Kim, J., Kim, H.M., Kim, D.I., Kim, S.G., Kim, S.S., Jang, C., 2009. Evaluation of toxicity of plant extract made by neem and matrine against main pests and natural enemies. Korean J. Appl. Entomol. 48(1), 87–94.
- Irnmaraju, J. A., Paine, T. D., Bethke, J. A., Robb, K. L. and Newman, J. P. 1992. Western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) resistance to insecticides in coastal Californian greenhouses. J. Econ. Entomol. 85: 9–14.
- Isman, M. B. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. Crop Prot. 19: 603–608.
- Isman, M. B. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture

- and increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.* 51: 45–66.
- Isman, M. B. 2008. Botanical insecticides: for richer, for poorer. *Pest Manag. Sci.* 64: 8–11.
- Janmaat, A.F., de Kogel, W.J., Woltering, E.J., 2002. Enhanced fumigant toxicity of p-cymene against *Frankliniella occidentalis* by simultaneous application of elevated levels of carbon dioxide. *Pest Manag. Sci.* 58(2), 167–173.
- Javier, E. Q. 1992. Foreword. In: Talekar, N. S. (ed.) *The Management of Diamondback Moth and Other Crucifer Pests*. Proceedings of the Second International Workshop, 10–14 December 1990, Tainan, Taiwan, Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Taiwan, p. 11.
- Jeon, H.Y., Kim, H.H., 2006. Damage and seasonal occurrence of major insect pests by cropping period in environmentally friendly lettuce greenhouse. *Korean J. Appl. Entomol.* 45, 275–282.
- Jones, D. R. 2003. Plant viruses transmitted by whiteflies. *Eur. J. Plant Pathol.* 109: 195–219.
- Juárez, Z.N., Fortuna, A.M., Sánchez-Arreola, E., López-Olguín, J.F., Bach, H., Hernández, L.R.. 2014. Antifeedant and phagostimulant activity of extracts and pure compounds from *Hymenoxys robusta* on *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Nat. Prod. Commun.* 9(7), 895–888.
- Kao, S. S. and Tzeng, C. C. 1992. Toxicity of insecticides to *Cotesia plutellae*, a parasitoid of diamondback moth. In: Talekar, N. S., Griggs, T. D. (eds.) *Diamondback Moth and Other Crucifer Pests*. Proceedings of the Second International Workshop, 10–14 December 1990, Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Taiwan, pp. 287–296.
- Kapongo, J.P., Shipp, L., Kevan, P., Broadbent, B., 2008a. Optimal concentration of *Beauveria bassiana* vectored by bumble bees in relation to pest and bee mortality in greenhouse tomato and sweet pepper. *BioControl* 53, 797–812.
- Kapongo, J.P., Shipp, L., Kevan, P., Sutton, J.C., 2008b. Co-vectoring of *Beauveria bassiana* and *Clonostachys rosea* by bumble bees (*Bombus impatiens*) for control of insect pests and suppression of grey mould in greenhouse tomato and sweet pepper. *Biol. Control* 46, 508–514.
- Katis, N. I., Tsitsipis, J. A., Stevens, M. and Powell, G. 2007. Transmission of plant viruses. In: Van Emden, H. F., Harrington, R. (eds.). *Aphids as Crop Pests*. CAB International, Wallingford, Oxfordshire, United Kingdom, pp. 353–390.
- Kevan, P.G., Cooper, E., Morse, A., Kapongo, J.P., Shipp, L., Kholsa, S., 2009. Measuring foraging activity in bumblebee nests: a simple nest-entrance trip recorder. *J. Appl. Entomol.* 133, 222–228.
- Kevan, P.G., Kapongo, J.P., Al-mazra'awi, M., Shipp, L., 2008. Honey bees, bumble bees, and biocontrol. In: James, R.R., Pitts-Singer, T.L. (Eds.), *Bee pollination in agricultural ecosystems*. Oxford university press. pp. 65–79.
- Kevan, P.G., Straver, W.A., Offer, M., and Laverty, T.M., 1991. Pollination of greenhouse tomatoes by bumble bees in Ontario. *Proc. Ent. Soc. Ontario* 122, 15–19.

- Khumrungsee, N., Pluempanupat, W., Kainoh, Y., Saguanpong, U., Bullangpotin, V., 2010. Toxicity of ethyl acetate extract from *Jatropha gossypifolia* senescent leaves against *Spodoptera exigua* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) and *Meteorus pulchricornis* (Hymenoptera: Braconidae). *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci.*, 75(3), 405–410.
- Kim, G. H., Yoo, J. S., Koo, C. D., Lee, S. G. and Park, J. D. 2001. Selection of insecticides for controlling *Lycoriella mali* in *Lentinula edodes* sawdust cultivation. *Korean J. Pestic. Sci.* 5: 62–66.
- Kim, H. K., Yun, Y. K. and Ahn, Y. J. 2007. Toxicity of atracylone and atracylenolide III identified in *Atractylodes ovata* rhizome to *Dermatophagoides farinae* and *Dermatophagoides pteronyssinus*. *J. Agric. Food Chem.* 55: 6027–6031.
- Kim, H.H., Cho, S.R., Lee, D.W., Jeon, H.Y., Park, C.G., Choo, H.Y., 2006. Biological control of diamondback moth, *Plutella xylostella* with Korean isolates of entomopathogenic nematodes (Steinernematid and Heterorhabditid) in greenhouse. *Korean J. Appl. Entomol.* 45, 201–209.
- Kim, I.S., Kim, I.S., 2009. Status and future prospects of pest control agents in environmentally-friendly agriculture, and importance of their commercialization. *Korean J. Environ. Agric.* 28(3), 301–309.
- Kim, M.H., Lee, S.C., 1991. Bionomics of diamond-back moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) in southern region of korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 30, 169–173.
- Kim, S. I., Ahn, Y. J. and Kwon, H. W. 2012a. Toxicity of aromatic plants and their constituents against coleopteran stored products insect pests. In: Bandani, A. R. (ed.) *New Perspective in Plant Protection*. InTech, Rijeka, Croatia, pp. 93–120.
- Kim, S. I., Chae, S. H., Youn, H. S., Yeon, S. H. and Ahn, Y. J. 2011. Contact and fumigant toxicity of plant essential oils and efficacy of spray formulations containing the oils against B- and Q-biotypes of *Bemisia tabaci*. *Pest Manag. Sci.* 67: 1093–1099.
- Kim, S.H., Lee, S.W. Kim, I.S., Lee, M.H., 1986. Colonizing aphid species and their seasonal fluctuations on some fruit trees in Suwon. *Korean J. Appl. Entomol.* 25, 209–213.
- Kim, S.K., Jin, J.H., Lim, C.K., Hur, J.H., Cho, S.Y.. 2009. Evaluation of insecticidal efficacy of plant extracts against major insect pests. *Kor. J. Pestic. Sci.* 13(3), 165–170.
- Kim, T.S., An, T.J., Jung, J.K., Bang, J.K., Chung, H.G., 2005. Research for the development of repellents and pesticidal materials originated by natural products. *Treat. Crop. Sci.* 6, 615–619.
- Kirk, D. J. and Terry, I. L. 2003. The spread of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Agr. Forest Entomol.* 5: 301–310.
- Kirk, W. D. J. 2002. The pest and vector from the West: *Frankliniella occidentalis*. In: Marullo, R., Mound, L. A. (eds.) *Thrips and Tospoviruses: Proceedings of the Seventh International Symposium on Thysanoptera*. Australian National Insect Collection, Canberra, Australia, pp. 33–44.
- Korea Crop Protection Association (KCPA), 2011. Agro-Pesticide user guide. SamJung

- Press. 1311pp.
- Korea Legislation Research Institute. 2007. Agrochemicals Control Act. (<http://elaw.klri.re.kr/>).
- Kostyukovsky, M., Rafaeli, A., Gileadi, C., Demchenko, N. and Shaaya, E. 2002. Activation of octopaminergic receptors by essential oil constituents isolated from aromatic plants: possible mode of action against insect pests. Pest Manag. Sci. 58: 1101–1106.
- Koul, O., Walia, S., and Dhaliwal, G. S. 2008. Essential oils as a green pesticides: potential and constraints. Biopestic. Int. 4: 63–84.
- Kwon, D. H., Choi, B. R., Park, H. M., Lee, D. H., Miyata, T., Clark, J. M. and Lee S.H. 2004. Knockdown resistance allele frequency in field populations of *Plutella xylostella* in Korea. Pestic. Biochem. Physiol. 80: 21–30.
- Kwon, H.R., Kim, S.H., Park, M.W., Jo, S.H., Shin, H.S., Cho, H.S., Seo, M.J., Yu, Y.M., Youn, Y.N., 2011. Environmentally-friendly control of *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Alydidae) by environmental friendly agricultural materials. Korean J. Pestic. Sci. 38(3), 413–419.
- Kwon, M. and Ryu, K. Y. 2003. Rearing of parasitoids attacking diamondback moth larvae and ecological characteristics, Annual Research Report of National Institute of Highland Agriculture, Rural Development Administration, Pyeongchang, Gangwon, Republic of Korea.
- Lawless, J. 2002. The Encyclopedia of Essential Oils: the Complete Guide to the Use of Aromatic Oils in Aromatherapy, Herbalism, Health & Well-Being. Thorsons, London, United Kingdom.
- Lee, D. C. and Ahn, Y. J. 2013. Laboratory and simulated field bioassays to evaluate larvicidal activity of *Pinus densiflora* hydrodistillate, its constituents and structurally related compounds against *Aedes albopictus*, *Aedes aegypti* and *Culex pipiens pallens* in relation to their inhibitory effects on acetylcholinesterase activity. Insects 4: 217–229.
- Lee, M. H., Kang, S. Y., Lee, S. Y., Lee, H. S., Choi, Y. J., Lee, G. S., Kim, W. Y., Lee, S. W., Kim, S. G. and Uhm, K. B. 2005. Occurrence of the B- and Q-biotypes of *Bemisia tabaci* in Korea. Korean J. Appl. Entomol. 44: 169–175.
- Lee, M. L., Ahn, S. B. and Cho, W. S. 2000. Morphological characteristics of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) and discrimination of their biotypes in Korea by DNA markers. Korean J. Appl. Entomol. 39: 5–12.
- Levin, M. D. 1983. Value of bee pollination to U. S. Agriculture. Bull. Ent. Soc. Am. 29: 50–51.
- Li, Z.Y., Gu, Y.C., Irwin, D., Sheridan, J., Clough, J., Chen, P., Peng, S.Y., Yang, Y.M., Guo, Y.W., 2009. Further *Daphniphyllum* alkaloids with insecticidal activity from the bark of *Daphniphyllum macropodum* M(IQ). Chem. Biodivers. 6(10), 1744–1750.
- Lim, G. S. 1992. Integrated pest management of diamondback moth: practical realities. In: Talekar, N. S. (ed.) Diamondback Moth and Other Crucifer Pests. Proceedings of the Second International Workshop, Tainan, Taiwan, 10–14 December 1990, Asian Vegetable

- Research and Development Center, Shanhua, Taiwan, pp. 565–576.
- Lindquist, R. K., Adams, A. J., Hall, F. R. and Adams, I. H. H. 1990. Laboratory and greenhouse valuations of Margosan-O against bifenthrin-resistant and -susceptible greenhouse whiteflies, *Trialeurodes vaporarium* (Homoptera: Aleyrodidae). In: Locke, J. C., Lawson, R. H. (eds.) Neem's Potential in Pest Management Programs. Proc. USDA Neem Workshop, USDA ARS-86, Beitsville, MD, pp. 91–99.
- López, M. D. and Pascual-Villalobos, M. J. 2010. Mode of inhibition of acetylcholinesterase by monoterpenoids and implications for pest control. *Ind. Crop Prod.* 31: 284–288.
- Lü, M., Wu, W., Liu, H., 2013. Insecticidal and feeding deterrent effects of fraxinellone from *Dictamnus dasycarpus* against four major pests. *Mol.* 18(3), 2754–2762.
- Margaritopoulos, J. T., Kaspruwicz, L., Malloch, G. L. and Fenton, B. 2009. Tracking the global dispersal of a cosmopolitan insect pest, the peach potato aphid. *BMC Ecology* 9:13. doi:10.1186/1472-6785-9-13.
- Miresmailli, S. and Isman, M. B. 2006. Efficacy and persistence of rosemary oil as an acaricide against twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) on greenhouse tomato. *J. Econ. Entomol.* 99: 2015–2023.
- Mitchell, S. H. and Kilpatrick, M. 2003. Occurrence of pesticide residues in mushrooms in Northern Ireland, July 1997–January 1999. *Food Addit. Contam.* 20: 716–719.
- Miyazawa, M. and Kohno, G. 2005. Suppression of chemical mutagen-induced SOS response by allylbenzen from *Asiasarum heterotropoides* in the *Salmonella typhimurium* TA1535/pSK1002 umu test. *Nat. Prod. Res.* 19: 29–36.
- Morallo-Rejesus, B. 1985. Botanical insecticides against the diamondback moth. <http://web.entomology.cornell.edu/shelton/diamondback-moth/pdf/85papers/1985DBM23.pdf>.
- Nauen, R. and Denholm, I. 2005. Resistance of insect pests to neonicotinoid insecticides: current status and future prospects. *Arch. Ins. Biochem. Physiol.* 58: 200–215.
- Nemoto, H. 1986. Factors inducing resurgence in the diamondback moth after application of methomyl. In: Talekar, N. S., Griggs, T. D. (eds.) Diamondback Moth Management. Proceedings of the First International Workshop, Tainan, Taiwan, 11–15 March 1985, Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Taiwan, pp. 387–394.
- Ng, J. C. K. and Perry, K. L. 2004. Transmission of plant viruses by aphid vectors. *Mol. Plant Pathol.* 5: 505–511.
- Oh, J.A., Choi, J.H., Choe, M.S., Kim, J.H., Paik, M.K., Park, K.H., Hong, S.S, Lee, J.B., Kim, D.H., 2013. Evaluation of Honeybee Acute Toxicity of Plant Extracts, Neem, Sophora and Derris (식물추출 유기농업자재 3종(님, 고삼, 테리스 추출물)의 꿀벌에 대한 독성평가). *한국농약과학회* 17(4):473–477.
- Oliveira, M. R. V., Henneberry, T. J. and Anderson, P. 2001. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. *Crop Prot.* 20: 709–723.
- Panvongsa, W., Preedawan, T., Boonsoong, B., Bullangpoti, V., 2012. Antifeedant effect of *Jatropha gossypifolia* senescent leaf extract on *Spodoptera exigua*. *Commun. Agric. Appl Biol Sci.* 77(4), 715–719.

- Park, C. G., Park, H. H., Kim, H. Y., Uhm, K. B. and Lee, J. H. 2003. Biological characteristics of *Thrips palmi* Karny and *Frankliniella occidentalis* (Pergande). Crop-Protection Research 2003, Rural Development Administration, Suwon, Republic of Korea, 184-211.
- Park, H. H., Kim, J. J., Kim, K. H., & Lee, S. G. 2013. Dissemination of *Bacillus Subtilis* by using Bee-vectoring Technology in Cherry Tomato Greenhouses. Korean journal of applied entomology, 52, 357-364.
- Park, H.H., Kim, J.J., Mustafa, G., Shipp, L., 2011. Crop protection using entomopathogenic microbials and bee-vectoring technology in Korea. Proceedings of Korean Applied Entomology for 2011 fall meeting. p 3.
- Park, I. K., Kim, J. N., Lee, Y. S., Lee, S. G., Ahn, Y. J. and Shin, S. C. 2008. Toxicity of plant essential oils and their components against *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae). J. Econ. Entomol. 101: 139-144.
- Park, I. K., Kim, L. S., Choi, I. H., Lee, Y. S. and Shin, S. C. 2006. Fumigant activity of plant essential oils and components from *Schizonepeta tenuifolia* against *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae). J. Econ. Entomol. 99: 1717-1721.
- Parrella, M. P. 1995. IPM – approaches and prospects. In: Parker, B.L., Skinner, M., Lewis, T. (eds.) Thrips Biology and Management. Plenum Press, New York and London, United Kingdom, pp. 357-363.
- Pavela, R., 2005. Insecticidal activity of some essential oils against larvae of *Spodoptera littoralis*. Fitoterapia. 76, 691-696.
- Peng, G., Sutton, J.C., Kevan, P.G., 1992. Effectiveness of honeybees for applying the biocontrol agent *Gliocladium rosea* to strawberry flowers to suppress *Botrytis cinerea*. Can. J. Plant Pathol. 14, 117-129.
- Perumalsamy, H., Jang, M. J., Kim, J. R., Kadarkarai, M. and Ahn, Y. J. 2015. Larvicidal activity and possible mode of action of four flavonoids and two fatty acids identified in *Millettia pinnata* seed toward three mosquito species. Parasites & Vectors 8:237.
- Perumalsamy, H., Jung, M. Y. and Ahn, Y. J. 2013. Growth-inhibiting and morphostructural effects of constituents identified in *Asarum heterotropoides* root on human intestinal bacteria. BMC Complement. Altern. Med. 13:245.
- Perumalsamy, H., Kim, J. R., Kim, S. I., Kwon, H. W. and Ahn, Y. J. 2012. Enhanced toxicity of binary mixtures of larvicidal constituents from *Asarum heterotropoides* root to insecticide-susceptible and -resistant *Culex pipiens pallens* (Diptera: Culicidae). J. Med. Entomol. 49: 107-111.
- Picollo, M. I., Toloza, A. C., Mougabure, G., Zygadlo, J. and Zerba, E. 2008. Anticholinesterase and pediculicidal activities of monoterpenoids. Fitoterapia 79: 271-278.
- Powell, W. and Pell, J. K. 2007. Biological control. In: Van Emden, H. F., Harrington, R. (eds.) Aphids as Crop Pests. CABI, Wallingford, Oxfordshire, United Kingdom, pp. 469-513.
- Pratt, S. and Pryor, S. C. 1986. Dopamine- and octopamine-sensitive adenylate cyclase in

- the brain of adult *Culex pipiens* mosquitoes. *Cell. Mol. Neurobiol.* 6: 325–329.
- Priestley, C. M., Williamson, E. M., Wafford, K. A. and Sattelle, D. B. 2003. Thymol, a constituent of thyme essential oil, is a positive allosteric modulator of human GABAA receptors and a homo-oligomeric GABA receptor from *Drosophila melanogaster*. *Br. J. Pharmacol.* 140: 1363–1372.
- Rachokarn, S., Piyasaengthong, N., Bullangpoti, V., 2008. Impact of botanical extracts derived from leaf extracts *Melia azedarach* L. (Meliaceae) and *Amaranthus viridis* L. (Amaranthaceae) on populations of *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) and detoxification enzyme activities. *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci.* 73(3), 451–457.
- Rattan, R. S. and Sharma, A. 2011. Plant secondary metabolites in the sustainable diamondback moth (*Plutella xylostella* L.) management. *Ind. J. Fund. Appl. Life Sci.* 1: 295–309.
- Rietjens, I. M. C. M., Martena, M. J., Boersma, M. G., Spiegelenberg, W. and Alink, G. M. 2005. Molecular mechanisms of toxicity of important food-borne phytotoxins. *Mol. Nutr. Food Res.* 49: 131–158.
- Robertson, J. L. and Preisler, H. K. 1992. *Pesticide Bioassays with Arthropods*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Roditakis, E., Roditakis, N. E. and Tsagkarakou, A. 2005. Insecticide resistance in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) populations from Crete. *Pest Manag. Sci.* 61: 577–582.
- Ryan, M. F. and Byrne, O. 1988. Plant-insect coevolution and inhibition of acetylcholinesterase. *J. Chem. Ecol.* 14: 1965–1975.
- Ryu, T.H., Park, S.E., Ko, N.Y., Kim, J.G., Shin, H.S., Kwon, H.R., Kim, Y.G., Lee, B.H., Seo, M.J., Yu, Y.M., Youn, Y.N., 2013. Seasonal occurrences of insect pests and control effects of eco-friendly agricultural materials (EFAMs) in the field of *Lycium chinense* under environment-friendly management. *Korean J. Pestic. Sci.* 17(4), 402–410.
- Santos, V.C., de Siqueira, H.A., da Silva, J.E., de Farias, M.J., 2011. Insecticide resistance in populations of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), from the state of Pernambuco, Brazil. *Neotrop. Entomol.* 40(2), 264–270.
- SAS Institute, 2004. SAS OnlineDoc1, Version 8.01. Statistical Analysis System Institute, Cary, North Carolina.
- SAS Institute. 2004. SAS OnlineDoc, version 8.01. SAS Institute, Cary, NC.
- Scott, I.M., Jensen, H., Scott, J.G., Isman, M.B., Arnason, J.T., Philogène, B.J., 2003. Botanical insecticides for controlling agricultural pests: piperamides and the Colorado Potato Beetle *Leptinotarsa decemlineata* say (Coleoptera: Chrysomelidae). *Arch. Insect Biochem. Physiol.*, 54(4), 212–225.
- Shaalaa, E., Canyon, D., Younes, M. W. F., Abdel-Wahab, H. and Mansour, A. 2005. A review of botanical phytochemicals with mosquitocidal potential. *Environ. Int.* 31: 1149–1166.
- Shamshad, A. 2010. The development of integrated pest management for the control of mushroom sciarid flies, *Lycoriella ingenua* (Dufour) and *Bradysia ocellaris* (Comstock), in

- cultivated mushrooms. Pest Manag. Sci. 66: 1063–1074.
- Shamshad, A., Clift, A. D. and Mansfield, S. 2008. Toxicity of six commercially formulated insecticides and biopesticides to third instar larvae of mushroom sciarid, *Lycoriella ingenua* Dufour (Diptera: Sciaridae), in New South Wales, Australia. Aust. J. Entomol. 47: 256–260.
- Singh, G. and Upadhyay, R. K. 1993. Essential oils: a potent source of natural pesticides. J. Sci. Ind. Res. 52: 676–683.
- Sivasubramanian, A., Gadepalli, N.KK, Rathnasamy, R., Campos, A.M., 2013. A new antifeedant clerodane diterpenoid from *Tinospora cordifolia*. Nat. Prod. Res. 27(16), 1431–1436.
- Slosser, J. E., Pinchak, W. E. and Rummel, D. R. 1989. A review of known and potential factors affecting the population dynamics of the cotton aphid. Southwest. Entomologist 14: 302–313.
- Soderlund, D. M. and Knipple, D. C. 2003. The molecular biology of knockdown resistance to pyrethroid insecticides. Insect Biochem. Mol. Biol. 33: 563–577.
- Suzuki, H., Tamaki, S. and Miyara, A. 1982. Physical control of Thrips palmi Karny. Proc. Assoc. Plant Prot. (Kyushu) 28: 134–137.
- Talekar, N. S. and Shelton, A. M. 1993. Biology, ecology, and management of the diamondback moth. Annu. Rev. Entomol. 38: 275–301.
- Tang, C.P., Chen, T., Velten, R., Jeschke, P., Ebbinghaus-Kintzcher, U., Geibel, S., Ye, Y., 2008. Alkaloids from stems and leaves of *Stemona japonica* and their insecticidal activities. J. Nat. Prod. 71(1), 112–116.
- Tang, E. and Eisenbrand, G. 1992. Chinese Drugs of Plant Origin. Springer, New York.
- Terriere, L. C. 1984. Induction of detoxication enzymes in insects. Annu. Rev. Entomol. 29: 71–88.
- Tomlin, C. [ed.] 2003. The pesticide manual, 13th edition. Crop Protection Publications, British Crop Protection Council, Farnham, Surrey, United Kingdom.
- Torrey, K., Fife, H., Leonard, B. R. and Hutchinson, R. L. 2000. Effects of conservation tillage systems on cotton aphid populations. In: Proceedings 2000 Beltwide Cotton Conf., National Cotton Council, Memphis, TN, pp. 1208–1209.
- Tripathi, A. K., Upadhyay, S., Bhuiyan, M. and Bhattacharya, P. R. 2009. A review on prospects of essential oils as biopesticide in insect-pest management. J. Pharmacognosy Phytother. 1: 52–63.
- Tunç, I. and Şahinkaya, Ş. 1998. Sensitivity of two greenhouse pests to vapours of essential oils. Entomol. Exp. Appl. 86: 183–197.
- USEPA. 2011. Pesticides reregistration performance measures and goals. US Environmental Protection Agency. (<https://www.federalregister.gov/articles/2011/03/02/2011-4649/pesticide-reregistration-performance-measures-and-goals>).
- USEPA. 2014. Minimum risk pesticides. US Environmental Protection Agency. (http://www.epa.gov/pesticides/biopesticides/regtools/25b_list.htm).

- Visser, J. H. 1986. Host odor perception in phytophagous insects. Annu. Rev. Entomol. 31: 121–144.
- Weber, G. 1985. Genetic variability in host plant adaptation of the green peach aphid, *Myzus persicae*. Entomol. Exp. Appl. 38: 49–56.
- Wieland, M., Hacker, K., Bauer, N., Schüle, E., Wauschkuhn, C., Roux, D., Scherbaum, E. and Anastassiades, M. 2010. Pesticide residues in fresh and dried mushrooms on the German market. Chemisches und Veterinaruntersuchungsamt, Stuttgart, Baden-Württemberg, Germany. (<http://cvusa.xn-untersuchungsmter-bw-nzb.de/pdf/MushroomPM036.pdf>).
- Wilson, J. W. 1932. Notes on the biology of *Laphrygma exigua* (Hübner). Florida Entomologist 16: 33–39.
- Yang, S. A., Jeon, S. K., Lee, E. J., Shim, C. H. and Lee, I. S. 2010. Comparative study of the chemical composition and antioxidant activity of six essential oils and their components. Nat. Prod. Res. 24: 140–151.
- Yeung, H. C. 1985. Handbook of Chinese Herbs and Formulas. Institute of Chinese Medicine, Los Angeles, CA.
- Yi, C. G., Choi, B. R., Park, H. M., Park, C. G. and Ahn, Y. J. 2006. Fumigant toxicity of plant essential oils to *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) and *Orius strigicollis* (Heteroptera: Anthocoridae). J. Econ. Entomol. 99: 1733–1738.
- Yi, C. G., Kwon, M., Hieu, T. T., Jang, Y. S. and Ahn, Y. J. 2007. Fumigant toxicity of plant essential oils to *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) and *Cotesia glomerata* (Hymenoptera: Braconidae). J. Asia Pac. Entomol. 10: 157–163.
- Yi, J. H., Park, I. K., Choi, K. S., Shin, S. C. and Ahn, Y. J. 2008. Toxicity of medicinal plant extracts to *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae) and *Coboldia fuscipes* (Diptera: Scatopsidae). J. Asia Pac. Entomol. 11: 221–222.
- Yoon, H.J., Kim, J.Y., Lee, K.Y., Lee, S.B., Park, I.G., Noh, S.K., 2008. Comparision of the colony development of the bumblebees, *Bombus terrestris* produced from domestic ad foreign bumblebees companies. Korean J. Appl. Entomol. 47, 95–100.
- Yoon, H.J., Kim, M.A., Lee, S.B., Han, S.M., Kim. W.T., 2007. Understanding bumblebees. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Rep. of Korea. 76pp.
- Yu, H., Sutton, J.C., 1997. Effectiveness of bumblebees and honeybees for delivering inoculum of *Gliocladium roseum* to raspberry flowers to control *Botrytis cinerea*. Biol. Control 10, 113–122.
- Yu, T.C., Luo, W.C., Ding, J., Yan, L., Xiao, T., Niu, H.T., 2007. Effects of applying *Sophora alopecuroids* extracts and emamectin on the growth, development, and fecundity of diamondback moth *Plutella xylostella*. Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. 18(12), 2791–2794.
- Yudin, L. S., Cho, U. and Mitchell, W. C. 1986. Host range of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), with special reference to *Leucaena glauca*. Environ. Entomol. 15: 1292–1295.

- Zhang, B., Liu, H., Hellen-Hull, S. and Wang, J. J. 2011. Effect of host plants on development, fecundity and enzyme activity of *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Agr. Sci. China*, 10: 1232–1240.
- 고현관, 최재승, 엄기백, 최귀문, 김정화. 1993. 파밤나방 성충 및 유충의 발생. *한용곤지* 32(4), 389–394.
- 고현관. 1998. 천적류를 복합이용한 시설채소 해충방제. 농업과학기술원, 농촌진흥청.
- 권민, 권혜진, 이승환. 2005. 도둑나방(*Mamestra brassicae* L.)의 온도발육 특성과 고랭지 배추 재배 포장에서의 발생소장. *한용곤지* 44(3), 225–230.
- 권민, 장동칠, 안용준. 2008. 감자수염진딧물(*Macrosiphum euphorbiae* Thomas)에 의한 감자 품종별 피해정도와 관련요인 분석. *한용곤지* 47(3), 193–199.
- 권민, 김주일, 윤영남, 최준열. 2008. 배추에 대한 배추흰나비(*Artogeia rapae* L.)의 요방제 수준. *한용곤지* 47(4), 401–405.
- 권민, 김주일, 김점순. 2010. 큰이십팔점박이무당벌레(*Henoseppilachna vigintiomaculata* (Motschulsky))의 생태적 특성 및 강릉지역 발생소장. *한용곤지* 49(3), 199–204.
- 김규진, 박종대, 최덕수. 1995. 합성 성폐로몬 대량유살 트랩을 이용한 파밤나방의 발생소장, 발생량 및 방제효과. *한용곤지* 34(2), 106–111.
- 김선곤, 김도익, 고숙주, 강범용, 김홍재, 최경주. 배추 파밤나방의 경제적 피해수준 및 요방제 수준 설정. *한용곤지* 48(1), 81–86.
- 김정환, 병영웅, 김황용. 2007. 굴파리좀벌(*Diglyphus isaea*)을 이용한 시설재배 토마토 작형별 아메리카잎굴파리(*Liriomyza trifolii*) 밀도억제 효과. *한용곤지* 46(1), 71–78.
- 김주, 이상구, 김정만, 김태홍, 임주락, 전형권, 신용규. 2008a. 시설 재배 가지에서 칼리 시비수준에 따른 점박이옹애의 생물적 특성. *한용곤지* 47(3), 217–226.
- 김주, 이상구, 김정만, 김태홍, 문형철, 최규환, 최동칠. 2008b. 시설 재배 가지에서 질소시비 수준에 따른 점박이옹애 생물적 특성. *한용곤지* 47(3), 237–248.
- 김주, 최선우, 김주희, 문형철, 이기권, 김대향, 류정, 이상구, 황창연. 2008. 시설가지에서 점박이옹애의 경제적 피해수준. *한용곤지* 47(4), 395–400.
- 김현주, 배순도, 이건희, 윤영남, 박성태, 최병렬, 박정규. 작은뾰족민달팽이(*Deroceras reticulatum*)의 발생과 수명에 미치는 온도효과. *한용곤지* 48(4), 541–546.
- 농촌진흥청. 2011. 취미적 도시농업 참여 실태와 활성화 방안.
- 문형철, 조인권, 임주락, 고복래, 김대향, 황창연. 2006. 전북지역 노지 고추에서 총채벌레 발생과 피해. *한용곤지* 45(1), 9–13.
- 오충현. 2013. 서울시 도시농업 마스터플랜 연구. 서울도시농업.
- 윤종철, 박종호, 심창기, 류경열, 지형진. 2007. 맥주와 담배 혼합액을 이용한 민달팽이 방제. *한용곤지* 46(2), 325–330.
- 이영수, 김진영, 홍순성, 박홍현. 2014. 시설배추에서 벼룩잎벌레의 경제적 피해수준 설정. *한용곤지* 53(2), 93–96.
- 임주락, 박성희, 문형철, 김주, 최동칠, 황창연, 이관석. 2012. 전북지역 시설 채소류 작물별 발생해충 발생양상 및 종 동정. *한용곤지* 51(3), 271–280.
- 전홍용, 김형환. 2006. 친환경 시설상추에서 작기별 주요 해충의 피해와 발생소장. *한용곤지*

45(3), 275-282.

전홍용, 강택준, 김형환, 양창열, 김동순. 2008. 배추의 생육초기에 복숭아혹진딧물의 경제적 피해수준 설정. 한응곤지 47(4), 407-411.

최광식, 부경생. 1989. 담배나방(*Heliothis assulta*) 유충의 먹이 유인성. 한응곤지 28(2), 88-92.

최덕수, 김도익, 김선곤, 고숙주, 김범용, 김상수. 배추에서 담배거세미나방(*Spodoptera litura*)의 요방제 수준 설정. 한응곤지 50(3), 215-220.

한만위, 이준호, 손준수. 1994. 고추와 담배포장에서의 담배나방 알의 공간분포 및 기주식물내 분포. 한응곤지 33(1), 6-11.

황창연, 전홍용, 조명래, 김동순, 임명순. 2004. 고추 포장에서 담배나방 성충 발생소장과 약제방제. 한응곤지 43(1), 49-54.

한국농촌경제연구원. 2010. 한국양봉협회(꿀벌 화분매개 시장규모).

한국작물보호협회. 2015. 농약사용지침서.

주 의

1. 이 보고서는 농촌진흥청에서 시행한 「농업공동연구_국책기술개발_도시농업기술개발사업」의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서의 내용을 인용·발표할 때는 반드시 농촌진흥청에서 시행한 「농업공동연구_국책기술개발_도시농업기술개발사업」의 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.