국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

완결과제 최종보고서

일반과제(○), 보안과제( )　　(과제번호 : PJ010043)

농약 살포기기·방법 표준화 및 농약제품 용기·제형 그룹화

Standardization of Spraying Equipments and Methods, and Grouping of Containers and Formulation in Using Pesticide

충남대학교 산학협력단

연구수행기간

2014. 02. - 2016. 12.

농촌진흥청

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

제 출 문

농촌진흥청장 귀하

본 보고서를 " 농약 살포기기·방법 표준화 및 농약제품 용기·제형 그룹화 에 관한 연구"(개발기간 : 2014.02.01. ~ 2016.12.31.) 과제의 최종보고서로 제출합니다.

제1세부연구과제 : 농작물 중 방제 대상(병·해충, 잡초)별 최적 약효발현 살포량 평가연구
제2세부연구과제 : 사용자의 농약 사용실태 및 안전을 고려한 농약제품의 용기·제형 그룹화
제1협동연구과제 : 살포기구조 및 노즐의 특징에 의한 작물체별 부착량 및 잔류량 평가

2017. 02.

주관연구기관명 : 충남대학교 산학협력단
주관연구책임자 : 유 용 만
제1세부연구기관명 : 충남대학교 산학협력단
제1세부연구책임자 : 유 용 만
참 여 연 구 원 : 유용만, 윤영남, 서미자, 진나영, 권혜리, 이유경, 류태희, 고나연, 전준학, 이보람, 강찬영, 조민규, 장현주, 민지현, 김희지, 김정희
제2세부연구기관명 : 충남대학교 산학협력단
제2세부연구책임자 : 임 치 환
참 여 연 구 원 : 임치환, 김영신, 강유진, 이호범, 김광수
제1협동연구기관명 : 국립농업과학원
제1협동연구책임자 : 권 혜 영
참 여 연 구 원 : 권혜영, 홍수명, 김택겸, 김상수, 손경애, 문성환, 김지원

주관연구책임자 : 유 용 만 (인)
주관연구기관장 : 충남대학교 산학협력단장 직인

농촌진흥청 농업과학기술 연구개발사업 운영규정 제51조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

보고서 요약서

과제번호	PJ010043		연구기간	2014. 02. 01. ~ 2016. 12. 31.
연구사업명	단위사업명	농자재관리 및 평가		
	세부사업명	농자재관리 및 평가(R&D)		
	내역사업명	농자재관리 및 평가		
연구과제명	주관과제명	농약 살포기기·방법 표준화 및 농약제품 용기·제형 그룹화		
	세부(협동) 과제명	(1세부) 농작물 중 방제 대상(병·해충, 잡초)별 최적 약효발현 살포량 평가연구 (2세부) 사용자의 농약 사용실태 및 안전을 고려한 농약제품의 용기·제형 그룹화 (1협동)살포기구조 및 노즐의 특징에 의한 작물체별 부착량 및 잔류량 평가		
연구책임자	구분	연구기관	소속	성명
	1세부	충남대학교 산학협력단	충남대학교 산학협력단	유용만
	1세부	충남대학교 산학협력단	충남대학교 산학협력단	임치환
	1협동	국립농업과학원	국립농업과학원	권혜영
총 연구기간 참여 연구원 수	총: 28 명 내부: 28 명 외부: 0 명		총 연구개발비	정부: 850,000 천원 민간: 0 천원 계: 850,000 천원
위탁연구기관명 및 연구책임자	해당 사항 없음		참여기업명	해당 사항 없음
국제공동연구	해당 사항 없음			해당 사항 없음
- 농약 살포자가 병·해충의 방제에 사용되는 약제처리방법을 대상작물과 병·해충의 발생위치 등 특성에 따라서 처리하므로 약제효과가 높아지며 방제시간과 방제횟수가 단축 - 노지의 자연환경에서 보다 시설재배지에서 대상병·해충과 관련된 단 일 농약에 대한 저항성 발전이 쉽게 발생하여 농약사용의 증가로 인한 오남용의 피해가 줄어듬 - 분무기의 사용방법과 노즐의 선택의 필요성을 인식하여 우리나라 전체에 농약사용을 효율적으로 할 수 있음				보고서 면수 269

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

〈 국 문 요 약 문 〉

연구의 목적 및 내용	- 희석액의 살포압력 및 살포 입자, 살포 속도 등 - 작물별 농약액 살포량, 살포기, 노즐, 살포압력, 입자크기, 속도 등 표준화 제도화 - 작물별 형태특성에 의한 병·충해 방제에 적절한 살포량 평가 - 국내 생산·판매되는 살포기기 및 영농현장의 살포방법 표준화 - 사용자의 농약 사용실태 및 안전을 고려한 농약제품의 용기·제형 그룹화				
연구개발성과	- 희석액의 살포압력 및 살포 입자, 살포 속도 등 - 살포 방법에 따른 병해충 및 방제 잡초의 최적 약효 평가 - 국내에서 생산되는 농약의 포장, 제형, 사용방법 등의 조사 - 농약의 유통 및 희석할 때에 직접적으로 노출의 피해정도 조사 및 최소화 - 농약 희석에 사용되는 용기, 물 잔유집기 등에 대한 노출 정도 조사				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	- 농약 살포자가 병·해충의 방제에 사용되는 약제처리방법을 대상작물과 병·해충의 발생위치 등 특성에 따라서 처리하므로 약제효과가 높아지며 방제시간과 방제횟수가 단축 - 노지의 자연환경에서 보다 시설재배지에서 대상병·해충과 관련된 단일 농약에 대한 저항성 발전이 쉽게 발생하여 농약사용의 증가로 인한 오남용의 피해가 줄어듬 - 분무기의 사용방법과 노즐의 선택의 필요성을 인식하여 우리나라 전체에 농약사용을 효율적으로 할 수 있음				
중심어 (5개 이내)	방제표준화	살포기기	살포방법	제품용기	제형

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

〈 Summary 〉

Purpose& Contents	- The spraying pressure of the diluting liquid, the spraying particles, the spraying speed, etc - Evaluation of Optimum Effectiveness of Pests and Control Weeds according to Spraying Methods - Estimation of application amount suitable for controlling disease - Standardization method of spraying equipment and agricultural field sold in Korea - Grouping containers of pesticide products considering users' use of pesticides and safety				
Results	- The spraying pressure of the diluting liquid, the spraying particles, the spraying speed, etc. - Evaluation of Optimum Drug Efficiency of Pests by Spraying Method - Investigation of packaging, formulation and usage of pesticides produced in Korea - Investigate and minimize exposure damage directly when distributing or diluting pesticides. - Investigate the degree of exposure to containers used for pesticide dilution				
Expected Contribution	- Resistance to single pesticides related to target disease and insect pests is easily developed in the plantation area than in the natural environment of the paddy field, and the damage of abuse caused by the increase of pesticide use is reduced - Recognizing the use of atomizer and the need for nozzle selection, it is possible to efficiently use pesticides throughout Korea				
Keywords	Standardization	Spraying equipment	Spraying methods	Pesticide container	Pesticide Formulation

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

〈 목 차 〉

제 1 장 연구개발과제의개요 ····· 1

제 2 장 국내외 기술개발 현황 ····· 6

제 3 장 연구수행 내용 및 결과 ····· 9

제 4 장 목표달성도 및 관련분야 기여도 ····· 248

제 5 장 연구결과의 활용 계획 ····· 253

제 6 장 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보 ····· 254

제 7 장 연구개발성과의 보안등급 ····· 255

제 8 장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설・장비현황 ·
····· 256

제 9 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적 ····
····· 257

제 10장 연구개발과제의 대표적 연구실적 ····· 258

제 11장 기타사항 ····· 259

제 12장 참고문헌 ····· 260

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

제 1 장 연구 개발 과제의 개요

제1절 연구 개발 목적

○ 우리나라 농업형태는 많은 농작물의 종류와 다양한 재배방법 등 1년 내내 재배 할 수 있는 유리온실의 증가와 재배양상의 다변화, 특히 신선하고 영양분이 풍부한 채소류나 과채류의 단지화는 난방제 해충인 새로운 미세곤충의 증가로 적합함

○ 담배가루이, 총채벌레, 진딧물 등의 미세곤충은 번성이 잘되는 해충으로 1회에 수 십, 수 백 개의 알을 낳고, 1년에 수십 차례 생활사를 만들어가면서 더더욱 약제 방제에 노출이 되지 않는 곳에 숨어 저항성의 발달을 증가시킴

○ 따라서 기존에 등록된 농약에 대한 저항성이 매우 빠르게 발달되어 농가에 어려움이 면하게 되면서, 이를 해결하기 위하여 사용농약의 농도를 높게 하거나 횟수를 증가시키고 유사 농약의 혼합 숫자를 많이 하여 오남용의 주범이 되고 있음

○ 이에 따라 농약의 살포방법을 개발하여 병·해충 방제의 최적화에 의한 표준화로 농약사용량을 절감하여 사용자인 농민에게 농약 노출을 최소화하여 건강 증진할 수 있는 표준화 개발이 중요함

제2절 연구 개발의 필요성

○ 최근에 우리나라 농업형태는 많은 농작물의 종류와 다양한 재배방법 등 1년 내내 재배할 수 있는 유리온실의 증가와 재배양상의 다변화, 특히 신선하고 영양분이 풍부한 채소류나 과채류의 단지화는 난방제 해충인 새로운 미세곤충의 증가에 최대 서식지로 적합함

○ 이러한 난방제로 문제가 되어가는 미세곤충은 담배가루이, 총채벌레, 진딧물 등 으로 번성이 잘되는 해충으로 1회에 수십, 수백 개의 알을 낳고, 1년에 수십 차례 생활사를 만들어가면서 더더욱 약제방제에 노출이 되지 않는 곳에 숨어 저항성의 발달을 증가시킴

○ 따라서 기존에 등록된 농약에 대한 저항성이 매우 빠르게 발달되어 농가에 어려움이 직면하게 되면서, 이를 해결하기 위하여 사용농약의 농도를 높게 하거나 횟수를 증가 시키고 유사 농약의 혼합 숫자를 많이 하여 오남용의 주범이 되고 있음

○ 이러한 현상은 이미 등록되어 있는 농약의 정보를 충분히 숙지하고 저항성 문제가 발달되지 않도록 연구 개발하여 대책을 강구하기 보다는 계속적으로 작용 기작이 다른 새로운 농약을 적용 확대하여 이제는 1,200여종의 많은 약제가 등록 되어 있는 상태임

○ 특히 농약의 내용물은 동일하나 제형에 의한 농약 증가는 저항성을 더욱 발달시키며 농약의 대표적인 제형으로서는 유제, 액제, 입제, 분제, 수화제, 수용제 등이 있고 이를 세

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

분화환 제형의 종류는 2,571로 표 1은 분류하고 있음

○ 일반적으로 농작물에 발생하는 병·해충 방제에서 농약을 사용하는 경우 충분한 방제 효과가 나타나지 않으면 대부분 농약의 효과가 떨어졌다고만 생각하기 때문에 사용량을 늘리거나 횟수만을 증가시킴

○ 그러나 작물보호의 효과에 영향을 미치는 것은 농약에 의한 약효만이 아니라 사용 되는 농자제의 영향도 큰데 이러한 농자제로서 농약 분무기의 종류는 SS분무기, 동력식분무기, 배부식 등 다수의 분무기를 사용하며 작물에 따라서도 재배방법이나 사용자의 특성에 따라서 각양각색으로 제조되나 최적 살포 사용방법에 대한 표준화가 이루어지지 않음

○ 사용자의 피부나 옷이 농약에 노출되어 농약에 대한 급성 혹은 만성 독성의 후유증을 유발할 가능성이 매우 높음

○ 농약의 독성분이 병이나 사용 용기, 살포기기 등에 남아 있어 세척과정에 하수구 등으로 유입되어 개울이나 지천, 혹은 지하수를 오염시킬 가능성이 있음

○ 유해 물질에 대한 노출은 주로 흡입, 섭취 또는 피부 노출을 통해 발생

○ 이렇게 많은 농약이 내용물은 동일한데 상표명이 다르거나 다른 형태의 제형 으로 만들어져 기존과 전혀 다른 개념의 제형으로서 사용자인 농민에게 많은 혼돈을 초래하게 되며 오남용으로 연결되고 농약잔류 부적합에 의한 소비자의 불안과 수출농산물의 질을 떨어뜨림

○ 농산물품질관리원은 농장부터 식탁까지 안전성을 확보하기 위한 일환으로 농산물의 농약잔류에 대한 부적합을 조사하여 발표하였으며 표 2와 같음

○ 또한 농약이 살포되는 분무기의 노즐의 종류나 압력에 따라서 그리고 작물의 재배방법에 따라서 방제효과의 차이가 발생하나 표준화가 이뤄지지 않음

○ 우리나라의 농산물은 세계적 수준으로 발전하였으나 농약으로 작물보호를 담당 하는 사용자에 대한 농약 노출은 고전적인 방법으로 유지되어오고 있는 실정으로 농약의 노출은 농부병 등으로 건강에 많은 어려움이 발생

○ 따라서 농약의 살포방법을 개발하여 병·해충 방제의 최적화의한 표준화로 농약 사용량을 절감하며 사용자인 농민에게 농약 노출을 최소화하여 건강 증진할 수 있는 표준화 개발이 필요

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

표 1. 농약의 제형분류(2013 농진청 자료)

제형목록	계	%	제형목록	계	%
가스훈증제	2	0	유상현탁제	4	0
고상제	4	0	유제	384	15
과립훈연제	9	0	유탁제	41	2
대립제	18	1	유현탁제	25	1
도포제	22	1	입상수용제	16	1
마이크로캡슐훈증제	2	0	입상수화제	163	6
미분제	3	0	입제	441	17
미탁제	36	1	전착제	1	0
발생제	1	0	정제	1	0
분산성액제	20	1	정제상수화제	4	0
분제	43	2	종자처리수화제	13	1
세립제	7	0	종자처리액상수화제	9	0
수면부상성입제	10	0	직접살포액제	3	0
수면전개제	4	0	직접살포정제	15	1
수용제	22	1	캡슐액상수화제	1	0
수화제	592	23	캡슐제	1	0
액상수화제	417	16	캡슐현탁제	9	0
액상제	2	0	판상줄제	3	0
액상현탁제	2	0	판상훈증제	2	0
액제	202	8	합제	1	0
연무제	1	0	혼합액제	1	0
유상수화제	2	0	훈연제	12	0
합 계			2,571(44개 제형)		

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

표 2. 농산물 생산단계 부적합 내용(자료 2012 국립농산물품질관리원)

분류	잔류농약			중금속			독소류	총 합계		
	조사 건수	부적합	부적합 비율	조사 건수	부적합	부적합 비율	조사 건수	조사 건수	부적합	부적합 비율
과실류	2,381	17	0.7	69		0		2,450	17	0.7
과일과채류	1,189	4	0.3	26		0		1,215	4	0.3
과채류	1,251	4	0.3	66		0		1,317	4	0.3
근채류	291	2	0.7	13		0		304	2	0.7
두류	109		0	27		0	42	178	0	0
맥류	58		0	4		0	17	79	0	0
미곡류	774	2	0.3	45		0	182	1,001	2	0.2
버섯류	565		0	1		0		566	0	0
산채류	129	4	3.1	12		0		141	4	2.8
서류	445		0	69		0		514	0	0
수실류	55		0	0		-		55	0	0
약용작물류	46		0	0		-		46	0	0
양채류	498	1	0.2	19		0		517	1	0.2
엽경채류	2,063	53	2.6	98		0		2,161	53	2.5
인삼류	80	10	12.5	0		-		80	10	12.5
잡곡류	99		0	6		0	13	118	0	0
조미채소류	1,244	8	0.6	76		0	2	1,322	8	0.6
특용작물류 등	442	0		1	0		2	445	0	0.0
총합계	11,719	105	0.9	532	0	0.0	258	12,509	105	0.8

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

제3절 연구 개발 범위

○ 국내에서 생산되는 농약의 포장, 제형, 사용방법 등의 조사, 분석 정보자료화

- 농약제품의 포장용기(크기, 재질, 내용물, 뚜껑, 알루미늄포장, 종이포장 등등)에 표준 화에 따른 안전사용 그룹으로 분류하여 제조회사에 권고자료 초안 작성, 수정
- 국내생산 농약제형분류에서 총 44종류에 대하여 사용자의 안전위주로 표준화하기 위하여 첫째, 형태적인 분류와 둘째, 사용방법 상으로 분류하여 안전사용 그룹으로 분석 자료화, 정보화

○ 농약의 유통 및 희석할 때에 직접적으로 노출의 피해정도 조사 및 최소화, 수정 보안

- 살포시 사용되는 물건(장갑, 마스크, 바가지, 휘젓는 봉 등등)과 희석용기(다라이, 드럼통 등등)에 대한 농약잔류를 분석하기 위한 자료 수집과 분석, 자료화

○ 작물이나 장갑, 마스크 등의 용품, 희석용기 등에 부착되어 환경오염이나 인축에 노출 되는 량을 최소화하기 위한 농약잔류 분석, 평가(작물에 따라서 차이가 발생 하므로 작물별 조사하고 분석함)

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제1절 국내 기술 수준 및 시장 현황

○ 국내에서는 수년 동안 친환경농산물의 생산에 주력하여 화학농약에 대한 연구 개발이 지속적이며 활발하게 이뤄지지 않아 뚜렷한 연구결과는 나타나지 않음

○ 사용자인 농민이 농약을 구입하여 살포하기까지의 과정에서 병·해충에 효과적이고 사람에게 안전하게 사용하는 방법을 연구 개발하여 표준화한 사례는 정식적인 기록물로 보고되지 않고 있음

○ 본 연구자는 파프리카시설재배지에서 저항성해충이 특이적으로 다르게 나타나서 등록된 약제별로 살충효과를 조사하여 본바 등록기준에 훨씬 밑돌았음

○ 농작물에서 병·해충방제에 영향을 미칠 수 있는 요소로서는 농약의 효과, 농약 살포자의 습관, 살포횟수, 분무기의 종류, 노즐, 분무압력, 병·해충발생위치, 농약의 제형에 적절한 처리방법 등 다양함

○ 농약으로부터의 안전성에서 지금까지는 주로 소비자에 초점을 맞추어져왔으나 농약 에 대한 실제적 노출은 사용자가 수십 배는 강하게 나타남을 알 수 있음

○ 사용자는 농약을 구입하여 보관에서부터 사용지로 이동하여 포장지를 열고 드럼통에 넣어 희석배수를 맞추고 살포하면서까지 농약에 노출되는데 그에 대한 연구보고는 없음

○ 농약의 상품은 2,571개로 나타나며 특히 담겨져 있는 포장용기도 각양각색으로 사용자의 안전과 건강보다는 제공자의 편리에 의한 경우에 의하여 제공되므로 안전에 필요한 연구개발로 표준화하여 기업에 요구할 필요가 있으나 보고 자료가 미비함

○ 또한 농장에 살포하기 위하여 준비되어지는 살포기, 노즐, 드럼통, 바가지 등이 농약에 어느 정도 노출되는지 이것이 생태계 및 사용자의 건강에 어떤 피해를 주는지 연구보고가 없음

○ 최근 몇 년 동안 농약의 피부 노출의 중요성에 대한 인식이 증가

○ Soutar *et al.* (2000)은 피부 노출을 평가하는데 패치를 이용하는 방법과 전신 샘플링에 대한 방법 등을 고찰하였음.

○ 패치 샘플링 및 전신 표본에 대한 광범위한 기술이 피부 노출을 측정하기 위해 사용

○ 유해 물질에 대한 노출은 주로 흡입, 섭취 또는 피부 노출을 통해 발생

○ Schneider *et al.* (1999)은 시료 채취에 관련된 서로 다른 메커니즘으로 인해서 다른 결과를 얻을 수 있다고 지적함에 따라 피부노출한계(dermal exposure limits, DOELs)를 설정하는 과정이 Bos *et al.* (1998)에 의해서 제안됨

○ Fenske (1993)는 피부 노출을 평가하는 방법을 3가지로 분류하였는데;

1) 패치와 전신 옷이 수집 매체로 사용되는 대리피부기술: 패치를 몸의 각 부분에 골고

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

루 붙인 다음 작업 후 이를 떼어내어 분석함

2) 세척하여 피부에 묻어 있는 물질을 제거하는 기술

3) 감지할 수 있는 이미징 시스템을 이용하여 피부 표면에 묻어 있는 물질을 자외선 형광으로 감지하는 형광추적기술 등임.

○ 패치 샘플링은 농약이나 산화구리, 다환 방향족 탄화수소(PAHs) 및 먼지 등과 같은 다양한 물질을 추정하는데 사용

○ 패치 샘플링의 목적은 옷이나 피부, 겉옷 층에 증착 특정 물질의 양을 추정하는 것

○ 패치 샘플링을 하고 이를 분석하여 전체 인체에 미치는 영향을 분석하기 위해서는 패치를 이용한 전체 표면적을 계산하는 방법을 사용하는데, 이때에는 OECD 프로토콜(OECD, 1997)을 이용함

○ 패치를 만드는데 사용되는 재료는 Worksafe 호주 보고서(1995)에서 볼 수 있으며, 예를 들어, 면, rayon/polyester, dracon/면, flannel, 여과지, lanolin함유 여과지, aluminium foil 및 polyurethane foam pad 등이 있음

○ 그러나 패치는 WHO(1982), EPA(EPA, 1986) 및 OECD 가이드라인(OECD, 1997)에서 모두 셀룰로오스 종이의 사용을 권장하고, OECD 가이드라인에서는 100% 면 또는 폴리에스테 면 소재를 추천하고 있으며, HSE 방법(HSE, 1999)에 서는 직물, 종이, 숯 천이나 복합 재료 등을 권장

○ 농약에 대한 노출을 측정하기 위해 사용되는 패치는 일반적으로 약 10x10cm의 크기

○ 패치의 부착 위치로는 가슴과 허리와 허벅지 위부분과 같은 노출이 잘 되는 부분에 부착

○ 패치에서 오염물질을 다시 회수하여 분석 하는데는 세밀한 방법이 필요

○ 패치에서 농약을 회수하기 위해서는 작업이 끝난 후 바로 시행하는 것이 중요함

○ 특히 사용자가 농약을 살포할 때 병·해충방제에 가장 효과가 나타나는 방법 등이 연구되어 보고되지 않고 있으며 특히 이러한 자료를 표준화 하여 농민에게 교육시킬 자료가 없음

제2절 국외 기술 수준 및 시장 현황

○ 농업구조나 방법, 특히 작물보호 방법에서 매우 유사한 일본의 경우 “60세부터 방제작업 편리 매뉴얼”(저자; 이노우에 마사데루외 2인, 출판사; 농문협, 1997), “농약 사용하는 방법”(저자; 이노우에 마사데루외 2인, 출판사; 농산문화협회, 1997), “농약살포기술”(저자; 편집위원회; 출판사;일본 식물방역협회, 1998) 등이 책으로 편집되어 판매되고 교육 자료로 활용되고 있음

○ 농약살포에 의한 최대의 효ㅊㄹㅇㄴㅁ과를 나타내는 방법에 대한 연구발표가 다수 발표되어 책으로 정리가 되어 있는 실정

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

○ 분무기의 종류나 작물의 재배방법, 병·해충의 발생위치에 따른 농약 살포방법 등이 보고되고 있으며 노즐의 휘젓는 방법까지 연구 보고되고 있음

○ 특히 사용자가 농약을 살포할 때 농약에 직접 노출되지 않도록 고글, 마스크, 옷 등에 대한 연구결과도 보고됨

제3절 국내외 연구현황 비교 및 필요 연구 분야

내 용		외 국	국 내	비고
살포방법	작물	작물의 종류나 경작방법에 따라서 살포방법연구	일부 현장 사용 표준화 없음	연구내용에 포함
	병·해충	병·해충의 종류에 따라서 살포방법 차별화 연구	일부 현장 사용 표준화 없음	연구내용에 포함
분무기	분무기	작물과 병·해충의 종류에 따라서 분무기의 차별화	일부 현장 사용 표준화 없음	연구내용에 포함
	노즐	분무패턴이나 입자경, 노즐의 종류, 노즐의 성능, 분무기대의 종류로 구분	외국 수입의존 일부 연구	연구내용에 포함
사용용기	희석용기	정보 없음	자료 없음	연구내용에 포함
포장구분	포장종류	농약의 내용물의 보호 및 안전위주의 포장	내용물 안정위주	연구내용에 포함
	포장열기	안전을 위한 장치 제시	연구보고 내용 없음	연구내용에 포함
보호장비		현장 사용 가능하도록 연구개발 상품화	현장사용 기피	연구내용에 포함

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

제 3 장 연구수행 내용 및 결과

제1절 1세부과제명 : 농작물 중 방제 대상(병·해충, 잡초)별 최적 약효 발현 살포량 평가연구

1. 연구 수행 내용

가. 작물별 형태특성에 의한 병충해 방제에 적절한 살포량 및 표면 부착량 평가

○ 시험장소 : 충남 공주시 신풍면 사과원, 경북 경주시 양남면 시설 파프리카
○ 시험기간 : 2014년 3월~2014년 9월
○ 품종 및 수령 : (사과)-후지, 18년생, 7년생; (파프리카)-루바토
○ 시험방법 : SS기를 이용한 살충제의 농약살포, U자형 고압분무기, 연무식분무기
○ 조사내용 :
- 사과 재배시기(4월, 6월, 7월, 8월)에 따른 살충제의 살포물량
- 감수지를 이용한 재배지내 농약불량살포 구역 확인
- 구역별 설치한 패치분석을 통한 단위면적당 유효성분량(표면 부착량)조사
- 살포물량에 따른 유효성분량 조사, 나방류 성페로몬트랩조사 및 육안조사를 통한 해충밀도 조사
- 살포물량 조절에 따른 파프리카 해충방제 효과

나. 작물 특성별 분무기술 및 적합 노즐기 개발과 국내 생산·판매되는 살포기기 및 영농현장의 살포방법 표준화

○ 시험장소 : 충남 공주시 신풍면 사과원, 경북 경주시 양남면 시설 파프리카
○ 시험기간 : 2014년 3월~2014년 9월
○ 품종 및 수령 : (사과) - 후지, 18년생, 7년생; (파프리카)- 루바토
○ 시험방법 :
(사과) - SS기(500L 용량, 노즐-(안) 1.2mm (밖) 1.4mm)
(파프리카) - 무인연무기, U자형 고압분무기
○ 조사내용 :
- 사과 재배시기(4월, 6월, 7월, 8월)및 살포물량에 따른 살포시간, 살포속도, 분무압 등
- 파프리카 시설 재배지내에서의 분무기에 따른 약제 살포 정도

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

다. 사용자의 농약 사용실태 및 안전을 고려한 농약제품의 용기·제형 그룹화

○ 조사내용 :

- 등록된 살균제와 살충제의 제형, 용기, 용량 조사
- 사용자의 농약 사용실태 및 안전을 고려한 농약제품의 용기 그룹화

라. 작물별 형태특성에 의한 병·충해 방제에 적절한 살포량 및 표면 부착량 평가

: 최근 FTA등으로 농산물의 수출입이 빈번하게 일어나면서 농약에 대한 안전사용이 더욱 강화되고 있다. 국내에서는 농약 안전사용기준을 마련하여 준수하여왔다. 그러나 단위면적당 농약사용 총량에 대한 정확한 연구결과가 없어 근거 자료가 필요 하게 되었다. 따라서 단위면적당 현재 사용하는 농약의 총량을 최적화 할 수 있는 연구를 수행하고 있다. 그러나 사용자인 농민들이 농약 저감화에 대한 효과성의 불안요소를 최소화하기 위하여 최적 사용용량에 대한 해충방제효과와 농약안전에 대한 잔류문제를 검토하였다. 이에 영향을 미치는 분무기의 제원, 사용자에 따라 발생하는 사각지대, 농약 부착량에 대한 잔류 및 생물효과 등을 검토하였다.

○ 시험장소 :

1) 사과원 - (포장1) 충남 공주시 신풍면 사과원,
(포장2) 충남 예산시 연리 사과원,
(포장3) 충남 예산시 대덕리 사과원

2) 파프리카 - 경북 경주시 양남면 시설 파프리카

○ 시험기간 : 2015년 3월~2015년 9월

○ 품종 및 수령 : (포장1) 후지, 18년생, 7년생,
(포장2) 홍로, 후지, 3년생
(포장3) 후지, 7년생
(파프리카) 루바토

○ 시험방법 : SS기를 이용한 살균제, 살충제의 농약살포, U자형 고압분무기, 연무식 분무기

○ 조사내용 :

1) 사과원

- 저감방법 검토: 1차 년도에 사과원에서의 살포물량 조절 저감 가능성을 확인하여, 2차 년도에는 SS분무기를 이용 하여 단위면적당 살포물량기준인 1ha당 4,500L보다 낮은 살포물량을 처리하여 해충 방제가능성을 검토하고자 함
- 대상 발생해충; 1차 년도에 공주사과원에는 주로 복숭아순나방, 사과굴나방, 진딧물, 응

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

애류 등의 발생하였으나 2차 년도에도 자연 발생해충을 선정

- 생물효과 평가: 약제 살포 후 농약등록관련 시험방법에 의하여 방제효과 평가
- 사각지대 검토: 감수지에 의한 살포방법에 대한 평가 수행
- 병발생 예찰 및 분석: 사과원에 발생한 병발생 예찰 및 병 방제 가능성을 검토하고자 함
- 농약잔효 및 잔류분석; 사과와 파프리카의 농약 잔류 분석은 구역별 잎을 수거하여 분석하거나 구역별로 설치한 셀룰로오스패치를 분석하여 부착량 평가 수행
- 농가현장 적용 검토; 1차 년도에 공주사과원의 살포물량 저감 가능성의 결과에 따라 2차 년도에는 현장 적용시험을 위하여 2곳의 농가에서 실용성 검토

2) 파프리카 시설재배지

- 방제대상 해충; 파프리카 시설재배지에서 주요하게 발생하는 해충으로 담배가루이, 목화진딧물, 총채벌레 등 미소해충의 방제를 위해 살포방법에 따른 최적의 해충방제방법 검토
- 최적의 살포방법 설정 후 약제 살포액량에 따른 방제가 확인
- 감수지, 셀룰로오스패치(농약 부착량시험) 실험을 통해 살포방법 즉 살포기에 따른 방제효과 확인

마. 작물 특성별 분무기술과 살포기기 및 영농현장의 살포방법 표준화

○ 시험장소 :

1) 사과원 - (포장1) 충남 공주시 신풍면 사과원,
(포장2) 충남 예산시 연리 사과원,
(포장3) 충남 예산시 대덕리 사과원

2) 파프리카 - 경북 경주시 양남면 시설 파프리카

○ 시험기간 : 2015년 3월~2015년 9월

○ 품종 및 수령 : (포장1) 후지, 18년생, 7년생,
(포장2) 홍로, 후지, 3년생,
(포장3) 후지, 7년생,
(파프리카) 루바토

○ 시험방법(분무기) :

(사과) - SS기(500L 용량, 노즐-(안) 1.2mm (밖) 1.4mm)

(파프리카) - 무인연무기, U자형 고압분무기

○ 조사내용 :

- 사과 재배시기(4월, 6월, 7월, 8월 등 4개), 살포물량에 따른 살포시간, 살포속도, 분무

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

압 등

- 파프리카 시설 재배지내에서의 분무기에 따른 최적의 약제 살포 액량 확인

바. 노지재배지인 사과원에서의 병충해 방제에 사용되는 단위면적당 농약의 최적 살포약량 표준화

- 1, 2차 년도에 확인한 사각지대가 발생되지 않도록 모든 구역에 균일하게 살포
- 사과원에서의 단위면적당 살포물량기준인 10a당 450L를 350L 정도로 낮추어 2차 년도와 동일한 살포물량과 SS기의 조건으로 살포하여 병해충 방제가능성을 검토하고자 함
- 감수지에 의한 사각지대 확인 평가 수행
- 최적 농약효과 부착량 확인(제 2부 세부과제)을 위한 구역별 셀룰로오스패치 분석
- 사과원에서 최적의 살포방법에 의한 최대의 방제효과

사. 시설재배지인 파프리카에서 병해충 방제에 사용되는 단위면적당 농약의 최적 살포약량

- 파프리카 시설재배지에서 발생하는 목화진딧물, 총채벌레, 담배가루이, 온실가루이 등 미소해충과 흰가루병, 탄저병 등 식물병의 방제를 위해 살포방법에 따른 최적의 해충방제 방법 확인
- 실내실험을 통해 목화진딧물에 활성이 높은 약제를 타워스프레이어로 분사량별로 감수지 및 해충방제효과 확인
- U자형 고압 분무기를 이용하여 약제 살포물량의 저감과 표준화를 위해 초장(plant height)별 살포량에 따른 해충방제효과 및 농약 부착량 평가
- 무인방제 시스템인 에어포그를 도입한 파프리카 시설재배지의 감수지에 의한 사각지대 확인 평가 수행

2. 연구 수행 결과

가. 작물별 형태특성에 의한 병충해 방제에 적절한 살포물량 및 표면 부착량 평가

1) 사과원에서 해충방제를 위한 SS분무기로의 농약 살포물량

충남 공주시 신풍면의 사과원은 4월부터 나방류 및 월동해충의 방제를 위한 살충제 살포를 시작으로 9월 초까지 12회 이상 농약을 살포하였다. 권 등(2001)의 연구 결과에 의하면 과수농가의 경우 연간 11회에서 많게는 15.8회까지 농약을 살포하는 것으로 조사되었는데, 사과의 경

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

우는 해를 거듭할수록 살포횟수가 감소한다고 보고하고 있다. 본 연구에서 시험한 농가 역시 해충 방제를 위한 약제 살포는 15일에서 20일 간격으로 해충 발생과 상관없이 관행적으로 이루어졌다. 하지만 살포물량 조절가능성을 검토하기 위한 실험을 위해, 나방류 예찰 페로몬트랩과 육안조사를 통해 해충의 발생을 확인한 이후 네 차례의 약제 살포 시험을 수행하였다. 본 실험에서 해충방제를 위한 약제선정과 살포물량 및 살포방법은 모두 사과원 농민의 관행적인 방법에 의한 것으로, 실제 사과농가에서의 농약사용 실태를 확인하기 위해 500L 탱크의 SS분무기로 처리한 횟수와 잔량을 모두 확인하여 면적당 살포물량을 계산하였다(그림 1, 2). 일반적으로 농약등록시험기준의 표준 농약살포 방법으로 제시되고 있는 작목별 살포물량은 사과의 경우 1ha당 4,500L로 재배시기나 해충발생시기와 상관없이 작목에 따른 기준으로 분류되어 있는 상황이다 (Hong et al., 2013). 이 등(2007)은 SS기를 사용하여 농약을 살포하는 사과농가의 약 60%가 10a당 300~400리터를 살포하며, 단위면적당 평균 살포물량이 약 360L/10a라고 보고하였다. **표 1에서 보는 바와 같이 4월 중순에 사과굴나방과 복숭아순나방이 트랩당 평균 17마리 정도 포획되어 나방류 방제를 위해 acetamiprid 8% 수화제를 10a당 372L를 처리하였다. 이 시기엔 개화가 이루어지기 전 시기로 잎과 과실이 없어 살포물량이 기준량보다 적었으나, 이 후 6월부터 8월 하순의 조팝나무진딧물과 나방류의 방제를 위해 세 차례 약제살포가 이루어졌을 때는 기준 살포물량 수준으로 10a당 약 449~452L의 살포물량이 처리되는 것이 확인되었다(그림 3,4,5,6).** 일반적으로 사과농가에서도 본 실험의 공주 사과원과 같이 재배시기에 따라 살포물량을 조절하여 사용하고 있으며, 작물의 상황에 따라 농약의 살포물량을 조절할 수 있는 가능성을 검토할 필요가 있을 것으로 보인다. 하지만 농약의 살포물량은 병해충의 방제효과 측면에서 중요한 요인이 될 수 있는데, 이 등(2007)은 살포물량의 부족으로 인해 병해충의 방제효과가 낮게 나타날 수 있는 경우가 약 48%로 가장 큰 원인으로 지목하였으며, 밀식이나 농약의 효과가 저조한 이유도 병해충의 방제효과를 떨어뜨리는 원인이 될 수 있다고 서술하고 있다. 따라서 해충방제효과가 살포물량만을 증가함으로써 해결될 문제가 아니라 살포기의 종류와 살포방법의 표준화를 통해 가능할 것으로 판단되었다 (Son et al., 2012).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

그림 1. 공주 사과원의 농약희석액 조제과정 및 SS기를 이용한 농약살포 과정.

그림 2. 사과원 재배시기별 상황(3~7월) 및 성페로몬트랩을 이용한 해충발생예찰

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

시험농약 및 해충발생상황

- 모스피란 수화제(acetamiprid 8%)
- 2014년 4월 15일 약제처리(굴나방과 순나방 발생예방목적)
- 사과굴나방만 트랩당 2마리 발생한 상태
- 기타 응애류 및 진딧물류 발생은 없었음
- 3월 말에 두 차례 석회유황합제 처리 하였음

농약사용

- 500L SS분무기로 5차 처리(총 2,500L , 처리 후 잔량 약 50L) = 약 2,450L
- 모스피란 수화제 5봉지, 총 1,250g 사용(1,250g/2,500L) = 10g/20L 기준준수
- 단위면적당 살포물량은 2,450L/2,000평, 10a(1,000㎡)=302.5평 = 370.56L
- 1평에 약 1.23L사용 (단위면적당 사용약량은 약액이 충분히 묻도록 골고루 ..로

그림 3. 4월 나방류 방제를 위한 농약살포 상황

시험농약 및 해충발생상황

- 팬텀 입상수화제(dinotefuran 20%)
- 2014년 7월 28일 약제처리(복숭아순나방 발생)

농약사용

- 500L SS분무기로 6차 처리(총 3,000L , 처리 후 잔량 약 30L) = 약 2,970L
- 팬텀 입상수화제 6병, 총 3,000g 사용(3,000g/3,000L) = 20g/20L 기준준수
- 단위면적당 살포물량은 2,990L/2,000평, 10a(1,000㎡)=302.5평 = 449.21L
- 1평에 약 1.50L사용
- SS분무기 분사속도는 2,500rpm

그림 4. 6월 조팝나무진딧물 방제를 위한 농약살포 상황

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

시험농약 및 해충발생상황	▪ 신기록 수화제(thiodicarb 40%) ▪ 2014년 8월 28일 약제처리(복숭아순나방 발생)
농약사용	▪ 500L SS분무기로 6차 처리(총 3,000L , 처리 후 잔량 약 3L) = 약 2,997L ▪ 팬텀 입상수화제 6봉지, 총 3,000g 사용(3,000g/3,000L) = 20g/20L 기준준수 ▪ 단위면적당 살포물량은 2,997L/2,000평, 10a(1,000㎡)=302.5평 = 452.54L ▪ 1평에 약 1.50L사용 ▪ SS분무기 분사속도는 2,500rpm

그림 5. 7월 나방류 방제를 위한 농약살포 상황

시험농약 및 해충발생상황	▪ 만장일치 수화제(acetamiprid 2.5%, etofenprox 8%) ▪ 2014년 6월 16일 약제처리(조팝나무진딧물 발생) ▪ 기타 응애류 발생으로 사전 응애류 방제 목적 살비제 살포하였음
농약사용	▪ 500L SS분무기로 6차 처리(총 3,000L , 처리 후 잔량 약 7L) = 약 2,993L ▪ 만장일치 수화제 6봉지, 총 3,000g 사용(3,000g/3,000L) = 20g/20L 기준준수 ▪ 단위면적당 살포물량은 2,993L/2,000평, 10a(1,000㎡)=302.5평 = 453.75L ▪ 1평에 약 1.50L사용 ▪ SS분무기 분사속도는 2,500rpm

그림 6. 8월 나방류 방제를 위한 농약살포 상황

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

표 1. 충남 공주 신풍 사과원의 해충방제를 위한 농약 사용 실태

	Mid-April	Mid-June	Late July	Late August
Test insecticide	acatamiprid 8% WP	acetamiprid 2.5% etofenprox 8% WP	dinotefuran 20% WG	thiodicarb 40% WP
Target pests	*P. ringoniella*	*Aphis citricola*	*Grapholita molesta* *P. ringoniella*	*G. molesta* *P. ringoniella*
spray water volume (L/10a) for pesticide spraying standard	450L/10a in apple by speed sprayer			
kg a.i /10a in 450L	0.018	0.011	0.090	0.180
Spray water volume(L) /kg a.i /10a for LC_{95}	400/0.016	400/0.010	400/0.080	400/0.160
actual spray water volume (L/10a)	**372**	**452**	**449**	**452**
actual amount of active ingredient (kg a.i /10a)	0.015	0.011	0.090	0.181
Standard of spraying time (min./10a) by SS	6hr. / 4ha/ 1 day (9min./10a)			
actual Spraying time(min./10a)	18	23	25	28
spraying speed(level) and pressure (rpm)	low speed level 2~3 ~2,000	low speed level 2~3 2,000~2,500	low speed level 2~3 2,500	low speed level 2~3 2,500

○ 사과원에서 재배시기별 살충제의 살포물량 및 단위면적당 유효성분량(표면부착량)

○ 재배시기에 따라 살포물량에 차이를 보임. 4월은 372L, 6월~8월까지는 449~452L

○ 농약등록시험기준의 표준 농약살포 방법 기준 살포물량 : 450L/10a

2) 감수지를 이용한 재배지내 농약불량살포 구역 확인

살포되는 농약이 병해충이나 농작물에 최적의 상태로 부착하여 최적의 효과를 나타내줘야 된다. 그렇지 못하면 사각지대에 숨어 잇던 미세해충은 세대기간이 짧으며 한 번에 많은 알을 생산하므로 쉽게 대량의 해충으로 나타난다. 따라서 사과원에 농약을 살포하였을 때 전체적으로 골고루 유효 농약 량이 부착되는지 여부를 확인해볼 필요가 있다. 왜냐하면 아무린 숙달된 농민이라 하여도 농약 살포시에 고정된 버릇으로 인하여 반듯이 사각지대를 만들기 때문이다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

농약살포정도를 확인하기 위해 감수지(water sensitive paper 52×76㎜, TeeJet Tech. Switzerland)를 이용하였다. 감수지는 농약의 균일한 살포정도를 확인하기 위해 재배지의 여러 지점의 가지와 잎에 부착하거나 고리로 걸어 설치하였으며, 농약살포 이후 감수지의 피복정도에 따라 농약이 적절하게 부착되었는지의 여부를 판단하는데 이용하였다. **사과원에서의 경우 일부 구역은 감수지가 완전히 피복되지 않은 것이 확인되었으며(해충이 죽지 않을 정도의 농약 부착량), 농약살포 시기마다 살포가 잘 되지 않는 사각지대가 발생하였다 (표 2, 3, 4; 그림 7 ,8, 9).**

한편 노지의 사과원과 다른 파프리카 시설재배지에서 무인연무기를 이용하여 농약을 살포할 때도 미살포구역으로 사각지대가 확인되었다. 시설내에서 해충의 발생분포를 보면 담배가루이가 주로 발생했던 입구의 반대편 쪽의 네 지역(A, B, C, D) 중에 D구간이 가장 많이 젖었고, B구간은 중간, A, C구간은 거의 젖지 않은 결과를 나타냈다. 또한 목화진딧물이 주로 발생했던 입구에서부터 중간지역은 E지역이 가장 많이 젖었고 G지역은 거의 젖지 않았다. **따라서 새로운 형태의 미립자 무인분무기의 분무형태의 시험에 있어서 유리온실의 어느 곳이나 동일한 형태와 동일한 물량으로 골고루 살포되는 분무기의 결과를 측정하고자 했으나 표 5와 그림 10에서도 보는바와 같이 균일하게 살포되지 못한 결과로 확인되었다. 따라서 앞으로 유리온실 안에서 사용되는 분무기는 동일한 입자의 약액을 골고루 분포하여 병해충에 필요한 부분에 도달하여 사망할 수 있는 약액이 부착되는 분무기 및 노즐의 개발이 시급한 실정이다.**

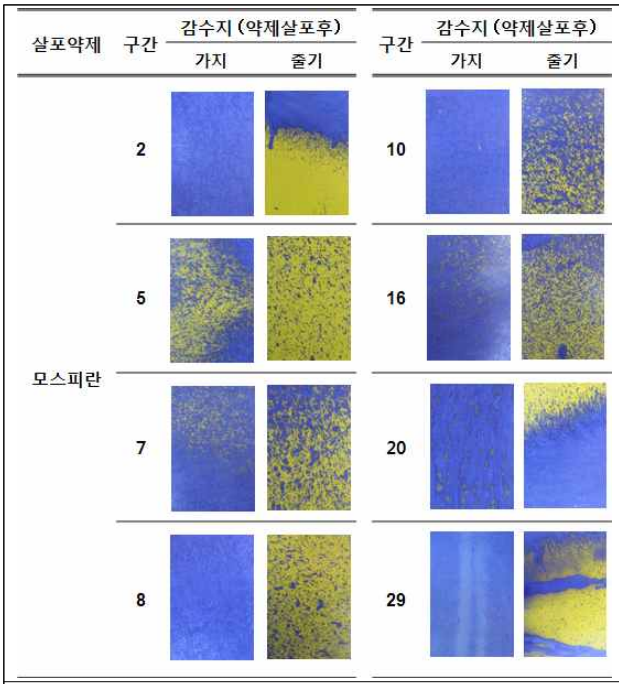


표 2. 농약살포 처리구역별 감수지 피복정도-사과원 4월 약제살포

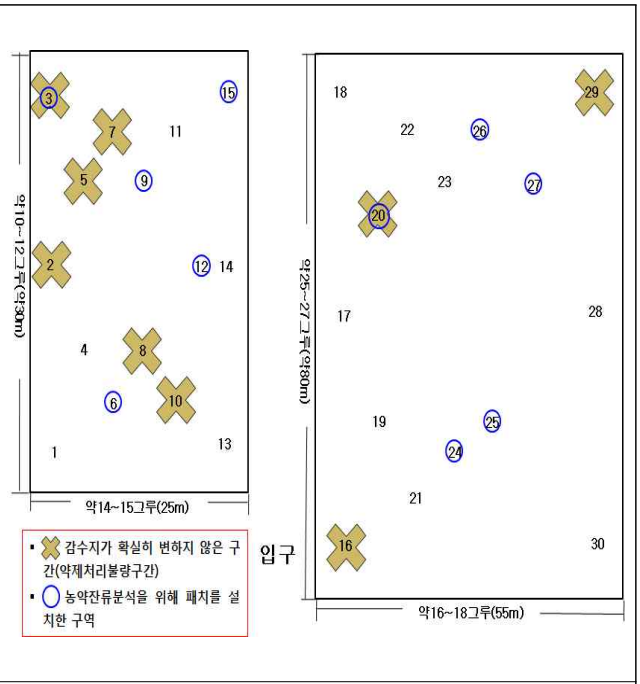


그림 7. 농약살포 처리구역별 약제처리 불량구간-사과원 4월 약제살포

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

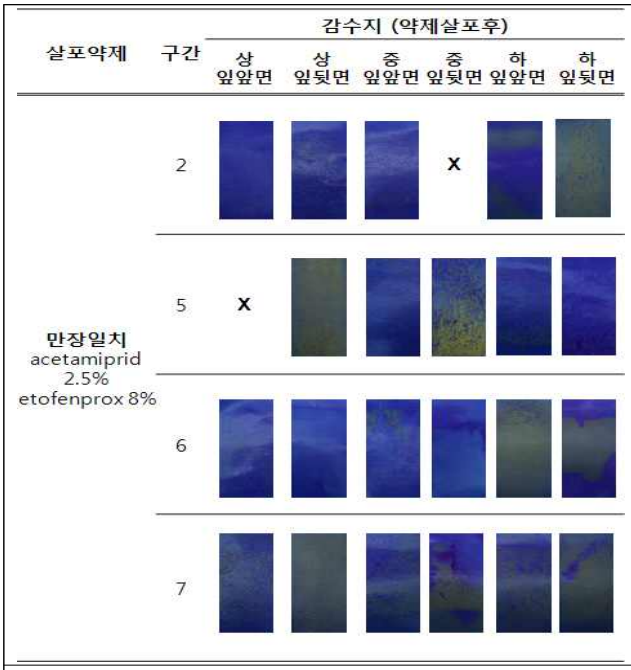


표 3. 농약살포 처리구역별 감수지 피복정도-사과원 6월 약제살포

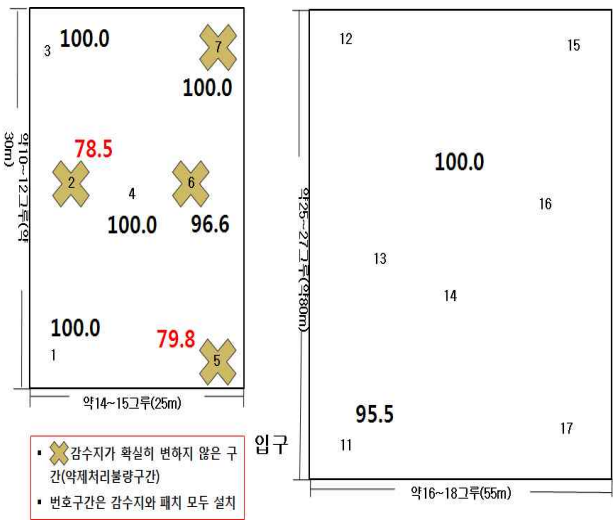


그림 8. 농약살포 처리구역별 약제처리 불량구간-사과원 6월 약제살포

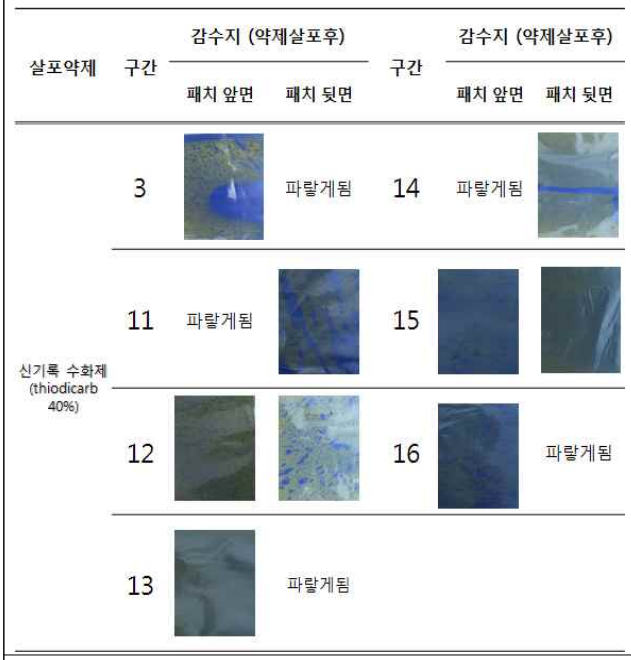


표 4. 농약살포 처리구역별 감수지 피복정도-사과원 8월 약제살포

그림 9. 농약살포 처리구역별 약제처리 구간-사과원 8월 약제살포

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Sprayers type	Change of WSP (good, fair and poor)	section	WSP (After the pesticide application)
Remote controlled sprayer	good	D, E	
	fair	B, F	
	poor	A, C, G	

표 5. 농약살포 처리구역별 감수지 피복정도- 시설 파프리카 약제살포

그림 10. 파프리카 시설재배지내 무인연무기 설치 및 감수지 처리 구역>

3) 재배시기별 살포물량에 따른 단위면적당 살충제 유효성분량

4월부터 8월까지의 네 차례의 농약살포를 통해 재배시기에 따라 단위면적당 살포물량에 차이를 보이는 것을 확인하였다. 실제 앞에서도 언급하였듯이 농약등록시험기준의 표준 안전농약살포 방법으로 제시되고 있는 작목별 살포물량은 사과의 경우 1ha당 4,500L로 재배시기나 해충발생시기와 상관없이 작목에 따른 기준으로 분류되어 있는 상황이다. 본 실험에서 복숭아순나방과 사과굴나방 방제를 위해 세 차례의 살충제를 살포하였을 때, 개화시기 이전의 4월 중순에는 10a당 약 372L의 살포물량이 처리되었지만, 잎과 과실이 있는 7월과 8월에는 각각 449L와 452L가 살포되어 살포물량에 있어 재배시기에 따른 차이를 보여주었다. 이러한 살포물량의 차이는 단위면적당 유효성분의 부착량에 영향을 미쳐 병해충 방제효과에도 영향을 미칠 수 있다. 조사구역의 패치분석을 통해 살포물량에 따른 유효성분량을 조사하였다.

표 6에서 보는 바와 같이, 잎과 과실이 없는 4월 중순에 10a당 372L의 살포물량이 처리되었을 때, 패치 면적당 평균 57.62~171.35㎍/50㎠로 처리된 유효성분량에 있어 통계적으로 구역에 따른 유의한 차이를 보여주었다. 이를 단위면적으로 환산하면 약 0.12~0.34kg a.i./10a로 나타나는데, 4월 중순에 처리한 acetamiprid 8% 수화제는 단위면적당 유효성분량이 0.018kg a.i./10a이면 95% 이상의 치사율을 보이는 것으로 알려져 있어 10a당 400L의 살포물량을 처리하면 해충에 대한 방제효과를 충분히 확인할 수 있는 것으로 알려져 있다. 하지만 본 실험에서는 살포물량을 줄여 약 370L를 살포했음에도 단위면적당 유효성분량은 95%이상을 치사시키기에 충분한 유효성분량이 처리되었음을 확인할 수 있었다.

다음은 7월 28일의 약제살포 시험에서는 dinotefuran 20% 입상수화제를 살포물량이 449L로 처리하였을 때, 구역별로 설치된 패치에 부착된 유효성분량은 4월 중순의 약제살포 시험결과보다 비교적 큰 차이를 보이지 않고 구역별로 균일하게 살포되어 평균 53.10~73.27㎍/50㎠으로 처리되었다. 이를 단위면적당 유효성분량으로 환산하면 0.11~ 0.15kg a.i./10a로, 모든 구역에서

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

LC_{95}를 위한 유효성분량인 0.080보다 많은 양이 처리되었다. 하지만 구역 내에서의 부착된 유효성분량의 차이가 커서 약효를 발현할 수 있는 유효성분량 이하로 처리되어 지는 지점이 세 구간 모두에서 확인되었다.

그리고 8월 하순의 약제살포 시험에서는 452L/10a로 살포물량이 처리되었으며 4월과 7월의 살포양상보다 구간별 차이가 통계적으로도 유의한 차이를 보일만큼 살포가 균일하게 이루어지지 않은 것을 확인하였다. 일부 구간은 유효성분량이 평균 0.06 kg a.i./10a로 LC_{95}를 위한 유효성분량인 0.160㎏보다 상당히 낮은 유효성분량이 처리되었을 뿐만 아니라 나머지 두 개 구역은 오히려 약 0.61~0.71kg a.i./10a의 유효성분이 많이 부착되어 필요 이상의 농약살포가 이루어진 구역이 발생하는 것도 알 수 있었다. 따라서 균일살포가 가능하다면 살포물량을 줄일 수 있는 가능성도 충분히 확인되었다 (표 6).

6월 중순의 조팝나무진딧물 방제를 위해 acetamiprid 2.5%와 etofenprox 8% 수화제를 살포물량 452L/10a로 처리한 결과에서는, 구역에 따라 0.00~0.20kg a.i./10a까지 부착량의 차이를 보였으나 통계적으로 유의하지 않았다 (p=0.089). 부착량의 분석 이전에도 감수지의 피복정도를 통해 농약의 살포정도를 확인할 수 있었는데, 살포된 농약에 의해 감수지의 피복정도가 불량한 3개의 조사구간은 유효성분량도 다른 구역에 비해 낮게 나타났다 (표 7, plot A, B, and D). 본 실험에서는 충분한 살포물량이 처리되었다 하더라도 두 개의 조사구역(B and C plot)에서는 LC_{95}를 나타낼 수 있는 유효성분량인 0.01kg a.i./10a로 처리되지 않고 거의 검출한계 이하로 부착된 것이 확인되어 살포물량의 증가만으로 유효성분량의 처리효율을 높일 수 없음을 확인할 수 있었다 (표 7). Ha et al.(2012)의 연구결과에서는 사과의 연간 단위면적당 농약사용량을 11.7 kg a.i./10a로 보고하고 있다. 본 실험의 결과에서 네 차례의 농약살포에 의한 유효성분량을 살펴보면 최대 약 1.41 kg a.i./10a로 처리된 것을 볼 수 있는데, 연중 12회에서 많게 15회까지 살충제를 살포한다고 가정하면 4.23~5.64kg a.i./10a로 처리된다고 볼 수 있다. Ihm et al.(2003)은 사과재배시 단위면적당 농약사용량은 약 22.1kg a.i./10a였으며, 이 중 살충제의 사용량은 약 6.9 kg a.i./10a라고 밝혔는데, 지금은 이보다 약 50%의 농약사용량 감소가 있었다면 살충제의 단위면적당 농약사용량 측면에서 봤을 때, 본 실험 사과원 농가의 단위면적당 농약사용량은 높은 것으로 판단되었다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

표 6. 재배시기에 따른 살포물량과 농약의 유효성분량에 따른 트랩당 포획된 나방의(복숭아순나방과 사과굴나방) 밀도 조사

Cultivation time	Spray water volume (L/10a)	plots	Amount of active ingredient			Mean moths captured per a trap after treatments		
			㎍/50㎠ patch	kg a.i./10a	kg a.i/10a for LC_{95}	Before	3day	15day
Apr. 15[1)] (-)*	372	A	171.35 (163.47-179.22)	0.34±0.02c (0.33~0.36)	0.018	17	2	3
		B	140.41 (135.58-145.24)	0.28±0.01b (0.27~0.29)		18	3	9
		C	57.62 (54.15-61.08)	0.12±0.01a (0.11~0.12)		15	5	7
			P[4)]	0.000				
Jul. 28[2)] (leaves and fruits)	449	A	73.27 (25.56-149.79)	0.15±0.08a (0.05~0.28)	0.080	30	2	26
		B	63.40 (6.15-164.86)	0.13±0.09a (0.01~0.33)		12	3	14
		C	53.10 (29.03-93.09)	0.11±0.04a (0.07~0.19)		4	3	20
			P[4)]	0.184				
Aug. 28[3)] (leaves and fruits)	452	A	434.73 (36.51-927.78)	0.87±0.63b (0.07~1.86)	0.160	31	6	9
		B	383.74 (83.39-698.43)	0.77±0.52b (0.17~1.59)		48	44	58
		C	28.67 (3.22-195.86)	0.06±0.11a (0.01~0.39)		46	12	92
			P[4)]	0.000				

* This periods have no leaves and fruits in apple trees.

1) acetamiprid 8% WP ; 2) dinotefuran 20% WG ; 3) thiodicarb 40% WP

4) One-way ANOVA, Post hoc tests by Duncan in SPSS version

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

표 7. acetamiprid 2.5% WP 처리 후 구역별 유효성분량에 따른 조팝나무진딧물 방제효과

Plots	No. of aphids per plot before treatment	Coverage grade of WSP[1)]	amount of acetamiprid (㎍/50㎠ patch)		Control value(%)	
			㎍/50㎠ patch	kg a.i./10a	3 DAY	7 DAY
A	92.3	P	2.63±2.07 (0.44~5.3)	0.01±0.00a (0.00~0.01)	100	100
B	153.6	P	>0.0005	0.00±0.00a	78.1	78.5
C	95.0	G	24.6±37.11 (5.59~100.04)	0.05±0.07b (0.01~0.20)	100	100
D	255.3	P	2.13 (>0.0005~5.18)	0.00±0.00a	77.6	79.8
E	54.3	G	18.40±14.02 (5.55~44.71)	0.04±0.03ab (0.01~0.09)	100	100
F	69.6	G	10.42±7.38 (4.22~24.93)	0.02±0.01ab (0.01~0.05)	88.5	100
G	273.0	G	13.6±12.8 (5.92~38.76)	0.03±0.03ab (0.01~0.08)	100	100
H	104.0	G	12.63±12.03 (2.64~28.68)	0.03±0.02ab (0.01~0.06)	100	100
			p[2)]	0.089		

[1)] WSP : Water Sensitive Paper, G: Good ; P: Poor

[2)] One-way ANOVA, Post hoc tests by Duncan in SPSS version

4) 사과원에서의 유효성분량에 따른 해충방제 효과

살포된 농약의 부착정도를 패치를 통해 구간별 살충제의 유효성분량을 조사하고 부착된 유효성분량에 따른 해충의 방제효과를 확인하고자 하였다. 사과에 발생하는 해충은 재배양식이나 농약사용 정도에 따라 다소 차이를 나타내는데, 1990년대 까지는 잎말이나방류가 주로 문제가 되었으나, 1990년대 후반부터 이전에는 거의 문제가 되지 않았던 사과굴나방이나 복숭아순나방과 같은 나방류 해충이 주요 해충으로 발생하고 있다 (Choi et al., 2004). 또한 복숭아순나방의 경우, 복숭아심식나방에 비해 방제요구도가 높지 않았지만 최근 사과 주산지에서의 심각한 과실피해를 일으키고 있다 (Choi et al., 2008). 본 연구에서 조사한 농가에서도 4월 초부터 복숭아순나방과 사과굴나방이 페로몬트랩에 포획되며 피해가 예상되었으며, 나방류 방제를 위한 살충제 살포와 관련하여 세 차례의 시험이 이루어졌다. 세 차례의 농약살포 후 방제효과 결과 모두 부착된 살충제의 유효성분량이 높을수록 페로몬 트랩당 포획된 복숭아순나방과 사과굴나방의 밀도가 농약살포 후 감소하는 경향이 나타났다. 4월과 7월 농약살포 후 패치 면적당 유효성

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

분량에 따른 트랩에 포획된 해충의 밀도는 평균 4마리에서 30마리로 포획될 때 농약을 살포하였지만, 살포 후 3일차에 트랩당 밀도는 모두 2~3마리로 감소하였으며, 농약살포 15일이 경과 후엔 포획밀도가 증가하는 양상을 동일하게 확인할 수 있었다 (그림 12. A and B). 패치에 부착된 유효성분량이 상대적으로 적은 구역에서는 농약살포 이후 밀도가 감소했다가 다시 증가하는 경향이 두드러지게 나타났으며 (그림 12. A and C), 유효성분량의 차이가 거의 없었던 7월 중순의 dinotefuran 20% 입상수화제 약제 살포 후 결과는 표 6에서 확인한 것과 같이 세 구역 모두 처리된 유효성분량에 있어 차이가 없었으며, 그에 따라 트랩에 포획되는 나방류의 밀도 변화도 큰 차이를 보이지 않았다. 반면, 8월 하순에 살포한 thiodicarb 40% 수화제는 처리구역에 따른 유효성분량의 차이를 확실히 나타내었는데, 농약살포 후 해충의 밀도감소 뿐만 아니라 처리 후 15일 이후의 급격한 해충밀도의 증가 또한 부착량이 높지 않은 구역에서 상대적으로 높게 나타났다 (그림 12 C).

이와 같은 유효성분량 부착정도에 따른 해충방제 효과는 나방류 방제에서 뿐만이 아니라 조팝나무진딧물 방제 결과에서도 동일하게 나타났다. 표 7은 6월 중순 조팝나무진딧물 방제를 위해 acetamiprid 2.5%와 etofenprox 8% 수화제를 처리한 후 3일차와 7일차의 방제효과를 처리된 구역별 유효성분량에 따른 결과와 함께 제시한 것이다. 시험에 이용한 살충제의 경우, 일반적으로 LC_{95}를 나타낼 수 있는 적정 유효성분량이 약 0.01kg a.i./10a으로, 조사구역 여덟 곳 중에서 B와 C 두 개 구역은 평균 0.00 kg a.i./10a로 거의 유효성분량이 확인되지 않았으며, 이 두 개 구역은 농약살포 후 7일차에도 각각의 방제가가 78.5와 79.8%로 방제가가 80.0%이하로 나타났다. F 구역도 다른 구역에 비해 유효성분량이 평균 0.02로 낮아서인지 처리 후 3일차에 88.5%의 방제가를 보였으나, 7일차에는 다른 구역들과 동일하게 100%의 방제가를 나타내었다 (표 7). 단위면적당 유효성분량과 조팝나무진딧물에 대한 방제효과 간의 상관관계를 확인한 결과, 유효성분량 부착량이 증가할수록 방제효과가 높아지는 경향을 확인하였다. 특히나 **유효성분량 0.01 kg a.i./10a이상일 때 사과에 발생한 조팝나무진딧물에 대해 90%이상의 방제가를 얻을 수 있었다 (그림 13).**

단위면적당 농약사용량이나 부착된 유효성분량에 따른 해충의 방제효과에 관한 연구결과는 거의 없었는데, 본 실험결과를 통해서도 살포물량이 충분하다 하더라도 처리된 구역에 따라 단위면적당 농약사용량에 있어 큰 차이를 보이는 농약의 불균일 살포가 가장 큰 문제가 되었다. 이번 조사 농가에서도 살포물량은 표준 농약살포 방법이 제시하고 있는 물량 안에서 약제를 살포하고 있었지만, 단위면적당 유효성분량에 있어서는 방제효과에 영향을 미칠 수 있는 유효성분량 이하로 처리된 구역이 발생하였다. 이러한 구역은 해충의 은신이나 잠복처 역할을 하며 방제 이후에 다시 밀도가 증가하는 이유가 되기도 한다. 또한 일부 살포구역 중에는 필요 이상의 유효성분량이 처리되어지는 양상도 확인되었다. 따라서 균일살포를 가능화할 수 있는 살포

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

방법의 표준화를 통해 재배시기에 따라서 살포물량을 조절할 수 있는 가능성이 충분히 확인되었다. 이러한 결과는 지금까지 농경지에서 농약을 살포하고 바로 해충이 나타날 경우 대부분 살포방법상으로 발생되는 문제라기보다 농약이 효과가 없는 것으로 알고 있었다. 따라서 본 실험은 해충방제에 발생되는 문제점을 농약의 낮은 효과도 있을 수 있지만 살포방법에도 많은 문제점이 내포되고 있다는 것을 보여주고 있다. 위의 시험결과는 한국농약과학회 추계학술대회에서 발표하였다(그림 14).

그림 11. 사과원 조팝나무진딧물 방제를 위한 농약살포 및 해충 방제효과 조사

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

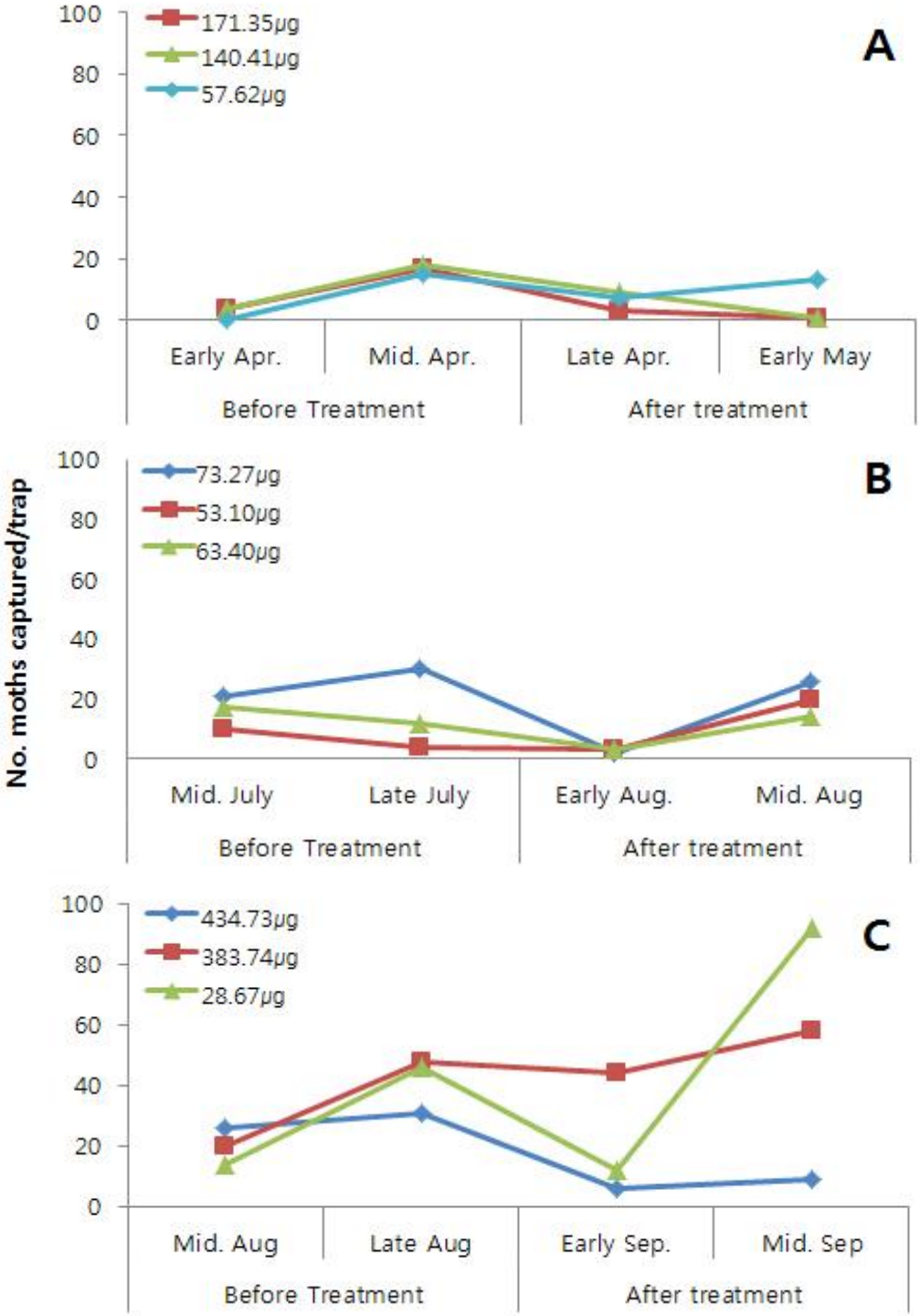


그림 12. Number of moths(*G. molesta and P. ringoniella*) per a trap according to the amount of active ingredient(㎍/50㎠) per patch after treatment of each insecticide (A: acetamiprid 8% WP, B: dinotefuran 20% WG, C: thiodicarb 40% WP)

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

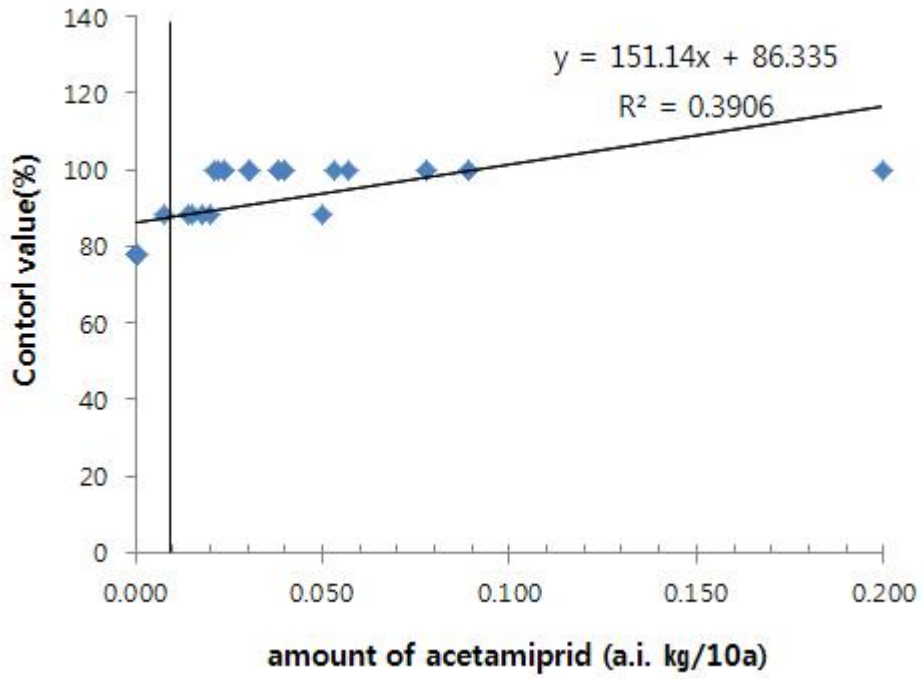


그림 13. acetamiprid 유효성분량(kg a.i./10a)과 조팝나무진딧물 방제효과간의 상관관계

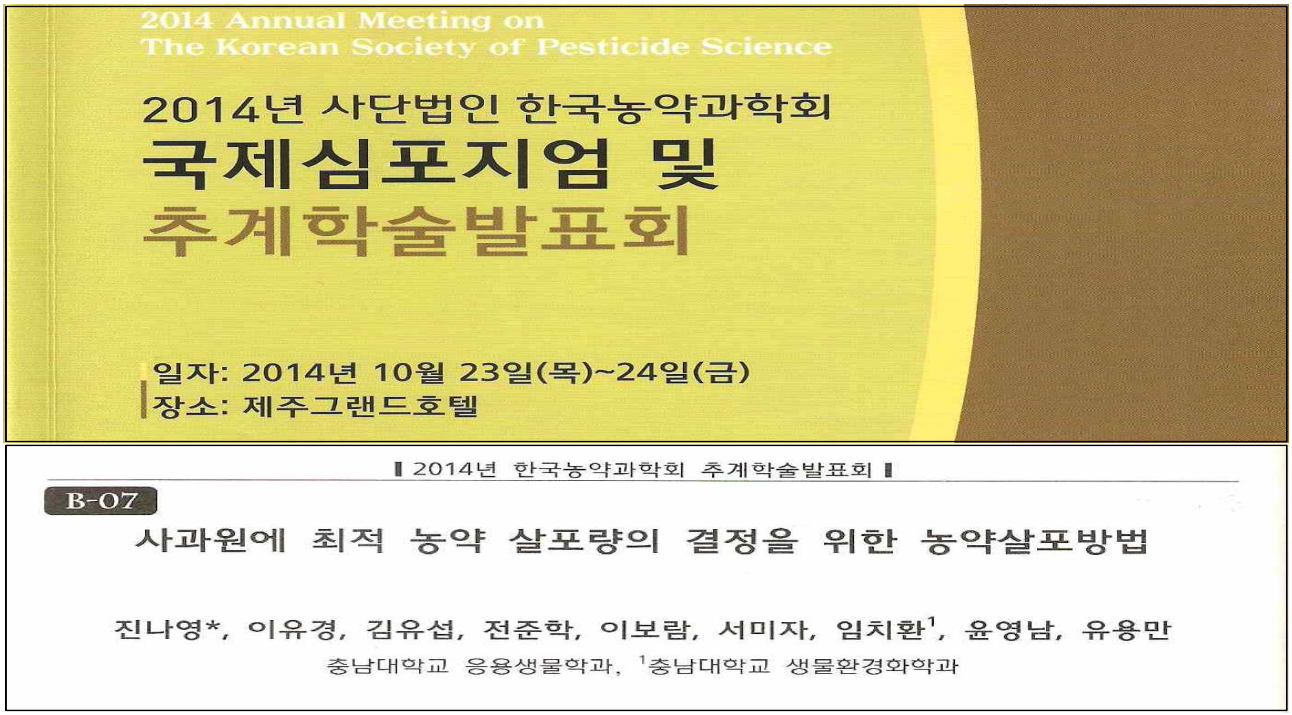


그림 14. 사과원 농약살포 시험결과 학술발표(국내)자료

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

5) 파프리카 시설재배지에서의 살포물량에 따른 해충방제 효과

국내에서 노지뿐만 아니라 시설재배지에서도 단위 면적당 약제 살포 함량에 대한 규정은 없다. 따라서 살포자에 의하여 약제의 총량을 다양하게 사용되고 있는 실정이다. 특히 최근에 등록약제에 대한 저항성이 발달하면서 농약의 혼합제 수나 살포횟수가 점점 증가하여 오남용에 의한 안전성에 문제로 나타날 수가 있다. 본 실험에서는 약제 살포 물량의 차이에 따른 해충 방제효과를 육안과 트랩을 사용하여 조사 하였다(그림 15). 시험약제로 사용한 pyridaben 20% WP 약제는 9그루당 약량이 충분히 부착되었다고 판단되는 5ℓ를 살포 했을 때 약 18.8%의 방제효과를 나타냈다. 반면에 pyriproxyfen 10% EC 약제는 동일조건에서 약 81.8%의 방제효과를 보였고, 2.5ℓ를 살포 했을 때는 약 84.4%를 나타냈다. 살포물량을 반으로 감소시켜도 약제효과는 계속해서 유지되는 것으로 나타났다. 반면에 9그루당 1,25ℓ를 살포 했을 때에는 약 58.3%의 저조한 방제효과를 나타냈다(표 8). 한편, 트랩조사를 통한 결과 역시 육안 조사와 비슷한 양상을 나타냈다(표 9). 시험 약제인 pyridaben 20% WP는 약 9.3%의 방제효과로 나타났으며 pyriproxyfen 10% EC약제는 9그루에 5ℓ를 살포 했을 때에는 약 67.7%, 2.5ℓ를 살포 했을 때에는 약 66.4%로 방제효과가 지속되었지만 1.25ℓ를 살포 했을 때에는 약 54.1%로 약제효과가 다소 떨어짐을 확인 하였다. 결론적으로 파프리카재배지의 약제 살포 기준은 분무기의 종류와 노즐에 따른 연구와 해충의 생태적 특성을 종합적으로 연구되어야 할 것이다.

그림 15. 파프리카 시설재배지에서의 농약살포에 의한 목화진딧물 및 담배가루이 방제효과 조사

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

표 8. 살포물량에 따른 담배가루이 방제효과(육안조사)

Target pest	Pesticide	Application dose(L/9tree)	24hr Mortality(%) (Mean ± SE)	72hr Mortality(%) (Mean ± SE)
Bemisia tabaci	Pyridaben 20% WP	5L	15.3 ± 5.3	18.8 ± 7.5
	Pyriproxyfen 10% EC	5L	80.1 ± 3.5	81.8 ± 5.2
		2.5L	76.2 ± 8.7	84.5 ± 9.2
		1.25L	38.7 ± 3.5	58.3 ± 3.7
	Con	-	0	0

표 9. 살포물량에 따른 담배가루이 방제효과(황색끈끈이트랩 조사)

Target pest	Pesticide	Application dose(L/9tree)	72hr Mortality(%) (Mean ± SE)
Bemisia tabaci	Pyridaben 20% WP	5L	9.3 ± 2.7
	Pyriproxyfen 10% EC	5L	67.7 ± 8.5
		2.5L	66.4 ± 3.2
		1.25L	54.1 ± 6.3
	Con	—	0

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

나. 작물 특성별 분무기술 및 적합 노즐기 개발과 국내 생산·판매되는 살포기기 및 영농 현장의 살포방법 표준화

1) 사과원 농약살포에 이용된 SS기의 노즐 및 살포방법

농약의 살포시간은 농작업자의 농약에 대한 노출량을 산정하는데 있어 가장 중요한 요인으로, 우리나라 과원에서 농작업자에 대한 농약 노출량 산정을 위한 모델로 이용하고 있는 UK-POEM에서는 1일 4ha까지 6시간이내로 작업할 것을 추천하고 있다 (Hong et al., 2007). 이것을 10a로 단위면적으로 환산하면 단위면적당 약 9분 정도의 살포시간으로 나타나는데, 공주 사과원에서의 농약살포는 단위면적당(10a) 18분에서 28분까지 살포하는 것으로 나타났으며, 살포물량이 적은 4월 중순에 10a당 372L를 살포하였을 때 가장 적은 시간으로 살포하는 것이 확인되었다(표 1). 살포시간은 살포물량 뿐만 아니라 재식밀도나 사과원의 지형, 작물의 생육상황이나 병해충의 발생정도에 따라서도 달라질 수 있다. 과실의 성숙과 비대시기이면서 복숭아순나방과 사과굴나방의 트랩당 포획밀도가 높게 나타나 발생량이 많았던 8월 하순에 다른 시기와 동일한 살포물량을 처리하면서도 단위면적당 살포시간이 가장 높게 나타났던 것도 이와 같은 요인에 의한 결과로 보인다. 이러한 문제는 살포기나 노즐의 기계적인 문제 해결을 통해 살포액의 입자 및 분무속도나 압력 조절로 가능할 것으로 판단되나, 본 연구에서는 농민이 사용하고 있는 안쪽은 1.2㎜ 바깥쪽은 1.4㎜ 두 종류 노즐이 장착된 SS분무기를 이용하여 분무속도와 분무압은 저속 2단에서 3단으로 분무압은 2,000~2,500rpm으로 농작업자가 자율적으로 조절하며 농약을 살포하였으며, 분무속도와 분무압을 표준화 시키기엔 어려움이 있을 것으로 보였다(그림 16). 따라서 추후 노즐의 종류에 따른 살포 방법 및 유효성분량에 대한 추가적인 조사를 할 계획이다.

그림 16. 사과원 농약살포에 이용한 500L SS분무기와 노즐

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

2) 파프리카 시설 재배지내에서의 살포기에 따른 해충방제 효과

2-1) 무인연무기의 살포에 대한 해충방제 효과

최근 연중 발생할 수 있는 시설재배지에서 절대적으로 필요한 새로운 형태의 미립자 무인분무기 사용에 대한 해충방제의 효과를 조사하기 위해 파프리카 시설재배지내에서 U자형고압식분무기와 비교하였다(그림 17). 파프리카 시설재배지내에는 담배가루이와 목화진딧물이 동시에 발생하여 이 두 해충을 방제할 수 있는 pyrifluquinazon 10% SC로 살포하여 방제가를 조사 하였다. 분무기의 종류에 따라 살포되는 농약의 부착정도를 확인하기 위하여 감수지의 변색정도와 해충의 발생관계를 조사하였다. 따라서 감수지가 가장 많이 젖은 D구간에서 82.5%의 높은 사충율을 나타내는 반면에 감수지가 중간 정도로 젖은 B구간은 42.6%를 나타냈고 젖지 않은 구간인 A, C 구간은 오히려 사전밀도보다 해충이 증가하는 결과를 초래하였다. 목화진딧물만이 발생한 지역에서도 감수지가 가장 많이 젖은 E구간에서 81.2%의 사충율을 나타냈고 감수지가 젖은 순서에 따라 각각 53%, 8%의 사충율을 나타냈다. 따라서 무인연무기의 살포로 농약이 잘 살포된 구역은 방제가가 높게 나왔지만 사각지대나 부착량이 낮은 지역에서는 방제가 잘 되지 않았음을 알 수 있었다(표 10).

그림 17. 파프리카 시설재배지에서 무인연무기(좌)와 U자형고압식분무기를 이용한 농약살포 모습

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

표 10. 무인연무기에 의한 구역별 살충제의 살포 정도 및 방제효과

Sprayers type	Peciticide	Target pest	Section	Change of WSP (good, fair and poor)	Mortality(%)
Remote controlled sprayer	Pyrifluquinazon 10% SC	*Bemisia tabaci*	A	poor	0
			B	fair	42.6
			C	poor	0
			D	good	82.5
			Con	-	0
		Aphis gossypii	E	good	81.2
			F	fair	53
			G	poor	8.2
			Con	-	0

2-2) U자형고압식분무기의 살포에 대한 해충방제 효과

U자형고압식분무기에 의하여 농약이 골고루 살포된 지역에서의 방제효과는 농약에 대한 해충이 저항성이 발달되지 않았다면 대부분의 사망할 것으로 기대되었다. 해충방제 효과에 대한 조사 결과는 담배가루이가 발생한 구간은 pyridaben 20% WP로, 목화진딧물이 발생한 구간은 clothianidin 8% SC로 살포하여 방제효과를 조사 하였다(표 11). 모든 지역이 해충이 충분히 사망할 정도로 감수지가 파랗게 변했지만 서로 다른 방제효과를 나타내었다(표 12). 담배가루이가 발생한 D구간에서 89.9%로 가장 높은 방제효과를 나타냈고 B구간은 63.7%, A, C구간은 약제처리전보다 해충밀도가 증가되었다. 한편 목화진딧물이 발생한 E구간은 91.6%로 가장 높은 방제효과를 보였고 F구간은 42.5%, G구간은 약제처리전보다 해충밀도가 증가되었다(표 11). 이와 같이 1차 무인연무기의 살포지역과 유사하게 나타난 결과는 pyrifluquinazon 10% SC 의 약효특성이 2주정도 유지되는 것으로 확인되었다. 결과적으로 2차에 살포한 pyridaben 20% WP과 clothianidin 8% SC의 약제는 이농가에서 수년 동안 반복하여 사용한 약제로 저항성이 강하게 발달된 것으로 판단하고 확인하기 위하여 시험농가의 해충과 실험실에서 사육중인 감수성 해충과 비교 시험을 수행하였으며, 시험결과는 한국농약과학회와 미국 곤충학회에서 구두와 포스터로 발표하였다 (그림 18과 19).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

표 11. 무인연무기와 U자형고압식분무기로의 농약살포에 의한 살포정도 및 해충방제효과 비교

Target pest	Sprayers type	Pesticide	Section	ChangeofWSP (good, fair and poor)	Mortality(%)
Bemisia tabaci	Remote controlled sprayer	Pyrifluquinazon 10% SC	A	poor	0
			B	**fair**	**42.6**
			D	good	82.5
	U-shaped sprayer	Pyridaben 20% WP	A	good	0
			B		**63.7**
			D		89.9
Aphis gossypii	Remote controlled sprayer	Pyrifluquinazon 10% SC	E	good	81.2
			F	fair	53
			G	poor	8.2
	U-shaped sprayer	Clothianidin 8% SG	E	good	91.6
			F		42.5
			G		0

표 12. U자형분무기로의 농약살포에 의한 구역별 살포정도

Target pest	Change of WSP (good, fair and poor)	section	WSP (After the pesticide application)
Bemisia tabaci	good	D	
		B	
		A, C	
Aphis gossypii		**E**	
		F	
		G	

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

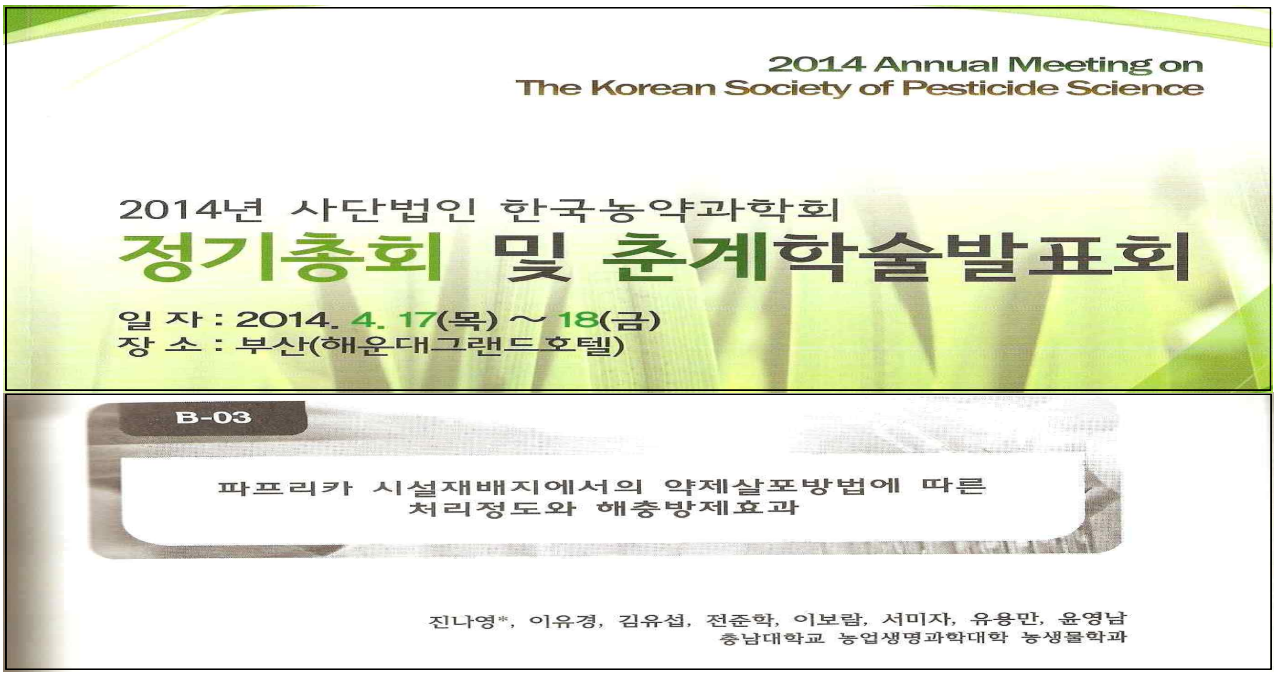


그림 18. 파프리카 시설재배지에서의 농약살포 실험 결과 학술발표(국내) 자료

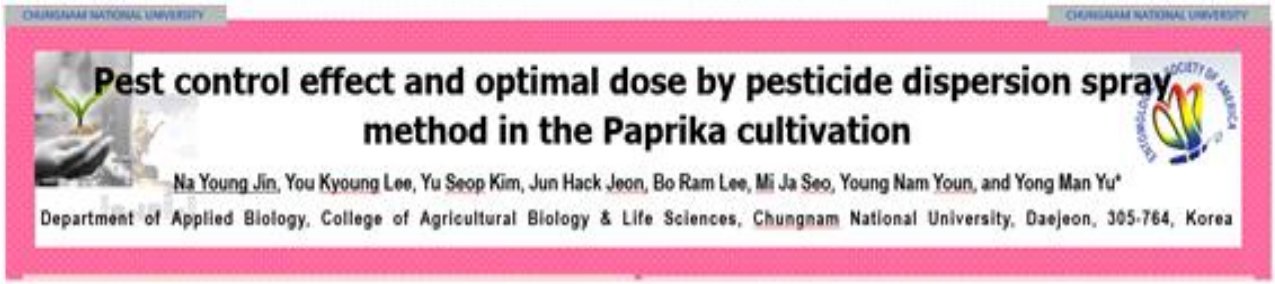


그림 19. 파프리카 시설재배지에서의 농약살포 방법에 따른 해충방제효과 실험 결과 학술발표(국제) 자료.

다. 사용자의 농약 사용실태 및 안전을 고려한 농약제품의 용기·제형 그룹화

1) 국내에서 생산되는 농약의 제형, 포장용기, 용량 조사

국내에서 생산되는 농약의 제형은 약 44종류로 나누어진다고 보고되어 있다. 이러한 다양한 제형을 사용자가 안전하게 사용할 수 있게 하기 위해서는 제형에 따른 표준화가 반드시 필요하다. 2014년 현재, 국내에 등록된 살균제와 살충제를 제형별로 분류한 결과, 살균제의 경우, 수화제가 약 36%, 액상수화제가 28%, 입상수화제가 10%, 유제가 약 9%, 입제가 5% 순으로 나타났으며, 그 외 액제와 유현탁제, 미탁제도 확인되었다(그림 20). 살균제는 55%정도가 플라스틱 용기에 포장되어 판매되고 있으며, 약 43%는 알루미늄비닐, 1%는 알루미늄캔 형태로 포장되어 있었다(그림 21). 제형은 매우 다양한 반면에 포장용기나 재질은 두 세 종류로 매우 제

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

한적이어서 안전한 포장용기 및 재질에 대한 연구 및 조사가 필요할 것으로 판단되었다.

수화제와 입제, 입상수화제의 경우, 포장용량은 10g부터 5kg까지 다양했는데, 200~500g미만의 용량이 전체의 62%를 차지해 가장 많았으며, 100g용량의 포장단위가 전체의 약 20%를 차지했다(그림 22). 유제나 액상수화제의 포장용량도 10㎖에서 18L까지 다양했는데, 200~500㎖미만의 용량이 전체 38%를 차지했으며, 500㎖용량 포장단위는 22%나 되었다(그림 23).

살충제의 경우, 유제가 26%로 가장 많았으며, 수화제가 약 20%, 액상수화제가 19%, 입제가 12% 순으로 나타났다(그림 24). 포장용기는 살균제와 마찬가지로 플라스틱이 약 66%로 가장 많았으며, 34%는 알루미늄비닐로 포장되어 있었다(그림 25). 이외에도 알루미늄캔이나 종이로 포장되어 있는 경우도 있었다. 일부 회사의 제품은 포장에 대한 정보를 확인할 수 없는 경우도 있어서 추후 직접 방문이나 문의를 통한 제품의 정보를 추가적으로 확인해야 할 것으로 나타났다. 포장용량 역시 살균제와 비슷한 경향을 보였는데, 100g용량이 전체 16%를 차지했으며, 200~500g미만의 용량이 57%를 차지했다. 유제나 액상수화제의 포장용량도 500㎖단위가 전체 29%였으며, 200~500㎖용량이 약 30%, 100~200㎖미만 용량이 31%를 차지했다(그림 26과 27). 이러한 용량은 주로 희석배수와 농약살포기의 용량에 의한 제품의 사용용량에 따른 것으로 판단되나, 추후 약제살포물량의 조절이나 유효성분량의 조절에 있어서 반드시 검토되어야 하는 사항으로 보인다.

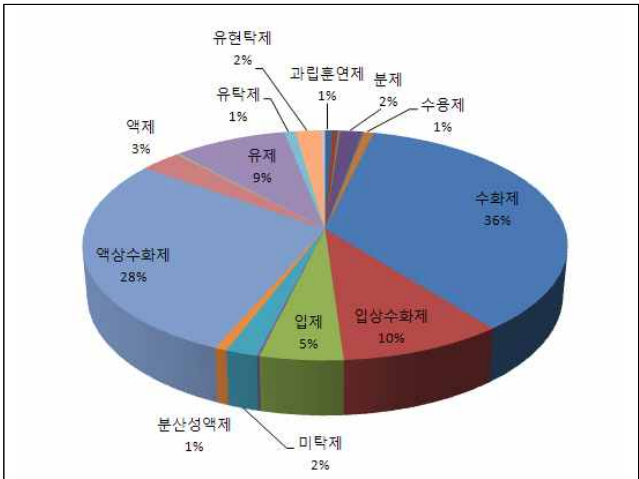


그림 20. 등록살균제의 제형

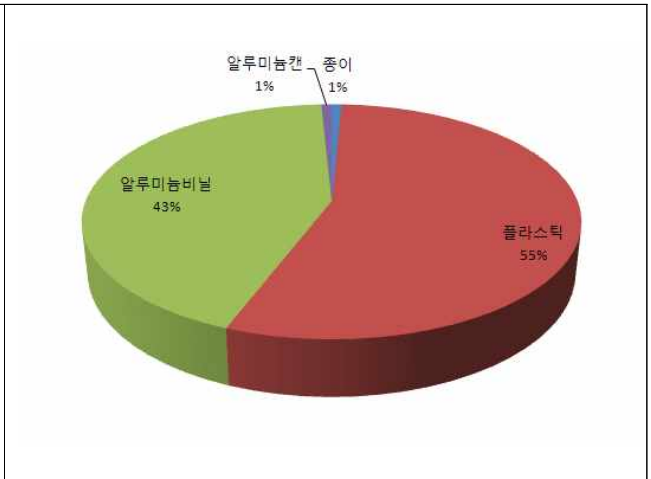


그림 21. 살균제의 포장용기

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

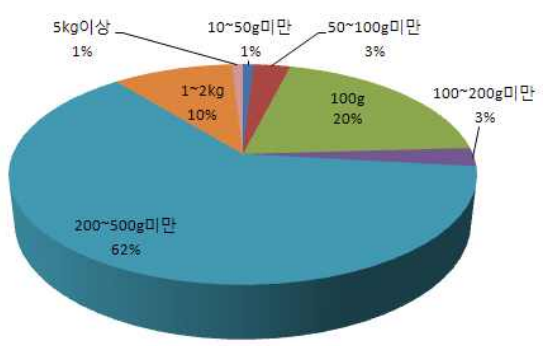


그림 22. 등록살균제의 포장용량
(수화제, 입제, 입상수화제)

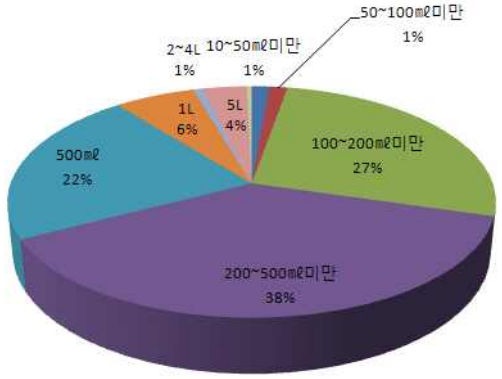


그림 23. 등록 살균제의 포장용량
(유제와 액상수화제)

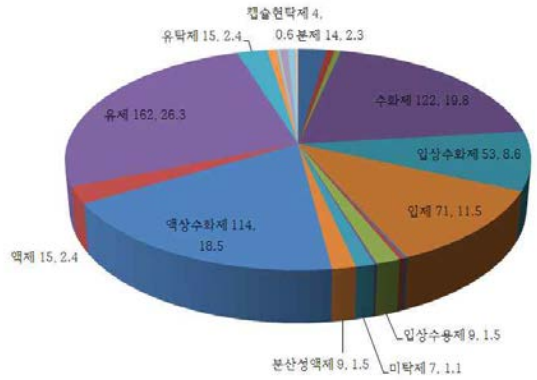


그림 24. 등록살충제의 제형

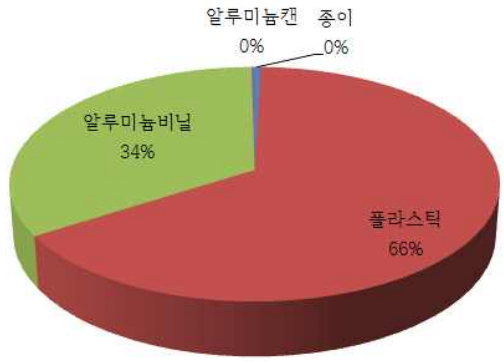


그림 25. 등록 살충제의 포장용기

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

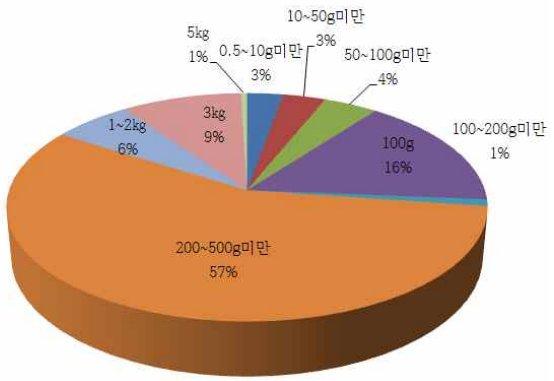


그림 26. 등록살충제의 포장용량

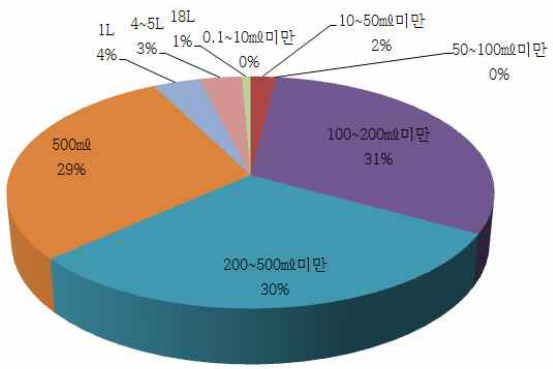


그림 27. 등록 살충제의 포장용량

2) 사용자의 농약 사용실태 및 안전을 고려한 농약제품의 용기 그룹화

농약제품의 용기의 재질은 알루미늄비닐과 플라스틱이 전체 등록제품의 98%이상을 차지하고 있었다. 하지만, 이 두 용기 재질 모두 농약사용자가 안전하게 사용하기에 적합하지 않은 여러 요인이 나타났다. 특히 알루미늄비닐 재질로 되어 있는 수화제의 경우, 용기 개봉시 발생하는 가루날림에 의해 호흡기를 통한 노출의 위험이 높게 나타났으며, 피부 노출 또한 피할 수 없었다 (그림 28과 29). 유제나 액상수화제는 대부분 플라스틱 용기 제품이었지만, 용기 개봉시 특히 안쪽 뚜껑을 개봉할 때 외부로 튀어 오염되거나 용기 자체가 미끄러져 바닥에 흘리는 경우도 발생했다(그림 30과 31). 따라서 알루미늄재질의 용기 개봉시 발생하는 이러한 문제점을 해결할 수 있는 용기의 개선방안이 검토되어야 하며, 플라스틱의 경우, 안쪽 뚜껑을 쉽게 개봉할 수 있는 재질의 개발 및 용기 외부의 미끄럼 방지용 요철을 넣어주는 것도 외부로의 오염을 줄일 수 있는 방법으로 생각되며 추후 용기 재질 및 안전사용가능한 용기 포장방법 등을 추가적으로 검토할 계획이다.

그림 28. 수화제의 용기 개봉시 가루날림에 의한 문제 1

그림 29. 수화제의 용기 개봉시 가루날림에 의한 문제 2

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

그림 30. 유제나 액상수화제의 용기 사용자의 노출문제 1	그림 31. 유제나 액상수화제의 용기 사용자의 노출문제 2

라. 작물별 형태특성에 의한 병·충해 방제에 적절한 살포량 및 표면 부착량 평가

1) 사과원에서의 SS기를 이용한 살포물량별 해충방제효과

농민들이 농약을 살포할 때 병·해충에 최적의 효과를 나타나는 살포방법 등의 연구결과가 없으며 특히 이러한 자료를 표준화 하여 농민에게 교육시킬 자료가 없다. 농약안전사용기준(수확 00일전 0회)등으로는 설정되어 있으나 살포 물량에 대한 기준은 없다. 작물보호지침서의 살포방법에도 “작물잎에 충분히 묻을 수 있도록 골고루 살포”로 표기되어 있다. 또한 표13에 따르면 농약 시험 담당자 교육 책자(177p)에 작목별 살포물량을 표시되어 있으나 최적의 해충방제효과를 나타내는 적정 살포물량은 규정화 되어 있지 않다. 따라서 농약살포시 살포방법에 대한 지침 마련을 위한 자료를 제공하고 약효약해시험, 농작업자 노출량 시험과 살포방법의 규격화를 위한 자료가 필요할 것으로 예상한다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

4-2-11-4-1-2-2. 1ha당 작목별 살포물량

작 물	살포물량
벼	1,600ℓ
사과, 배, 감귤, 복숭아, 감	4,500ℓ
포도	3,000ℓ
뽕나무	2,000ℓ
오이, 수박	1,800ℓ
콩, 고추, 담배, 땅콩, 마늘, 부추, 양파, 무, 토마토, 감자, 허브, 옥수수, 깨	1,500ℓ
딸기	1,200ℓ
이외 작물	농가관행에 따름

표13. 2011년도 농약 시험담당자 교육책자 중 작목별 살포물량

본 연구에서는 사과원에서 10a당 450L보다 낮은 살포물량으로 처리했을 때의 해충방제가능성을 검토하고자 하였다.

실험포장은 3곳으로 포장①은 1차 년도에 이어 살포물량을 줄였을 때의 해충방제가능성을 검토하였고 포장②와 포장③은 실용화를 위한 적용가능성을 검토하였다(그림 32, 33). 3곳의 사과원은 농가에서 계획한대로 행하였으며 4월부터 나방류 및 월동해충의 방제를 위한 살충제 살포를 시작으로 9월 초까지 12회 이상 농약을 살포하였다. 해충 방제를 위한 약제 살포는 15일에서 20일 간격으로 해충 발생과 상관없이 관행적으로 이루어졌다. 나방류 예찰 페로몬트랩과 육안조사를 통해 해충의 발생을 확인한 이후 네 차례의 약제 살포 시험을 수행하였다(그림 34). 일반적인 농민의 살포물량기준인 10a당 450L를 살포할 때와 1차 년도에서 얻은 결과로 낮은 살포물량으로 살포할 때 차이를 비교하기 위해 SS기의 살포시간, 분무속도, 살포물량등의 살포특성을 조사하였다. 또한 살포불량에 의한 사각지대를 조사하기 위해 감수지 실험을 진행하였다. 살포물량에 따른 해충방제효과도 진행하였다.

농약을 살포하기 전에 먼저 구역을 설정하고 농약살포불량구간으로 예견되는 구역을 조사하기 위해 감수지를 부착하고, 사전해충밀도 조사를 하였다(그림 35, 36). 또한 단위면적당 살충효과와 농약 잔류 유효성분량을 확인하기 위해 셀룰로오스 패치 실험(제2세부과제)을 실시하였다. 농약살포는 농가에서 관행적으로 이루어 졌으며 포장①은 1차 년도보다 낮은 살포물량을 처리하였고 포장②와 포장③은 농가에서 낮게 살포물량을 적용하여 처리하였다(그림 37). 각각의 살포자가 농약을 살포하는 동안 살포패턴을 조사하였다. 농약살포 후에는 감수지로 농약의 살포불량구간(사각지대)을 확인하였으며, 살포물량에 따른 해충방제가를 확인하였다(그림 38).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

그림 32. 사과원 농가 섭외 및 성페로몬트랩 설치

그림 33. 사과원 포장 및 성페로몬트랩을 이용한 해충발생예찰

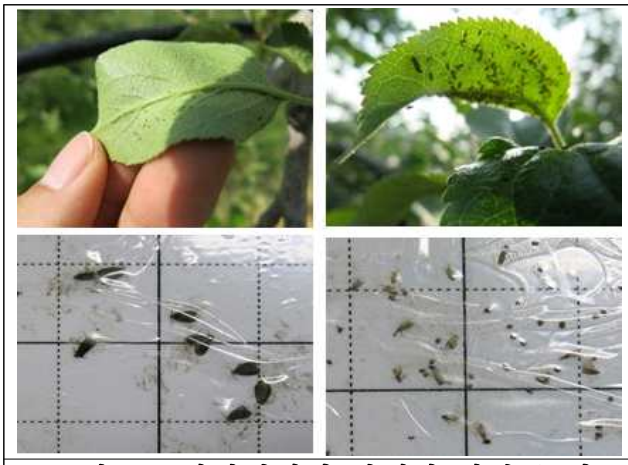


그림 34. 사과원에서 발생한 나방류 및 응애류, 진딧물류 해충

그림 35. 농약살포에서 발생하는 사각지대의 확인을 위한 감수지 부착

그림36. 농약살포에서 발생하는 사전 해충 밀도 조사

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

그림37. 농약살포를 위한 농약희석액 조제과정 및 SS기를 이용한 농약살포 과정

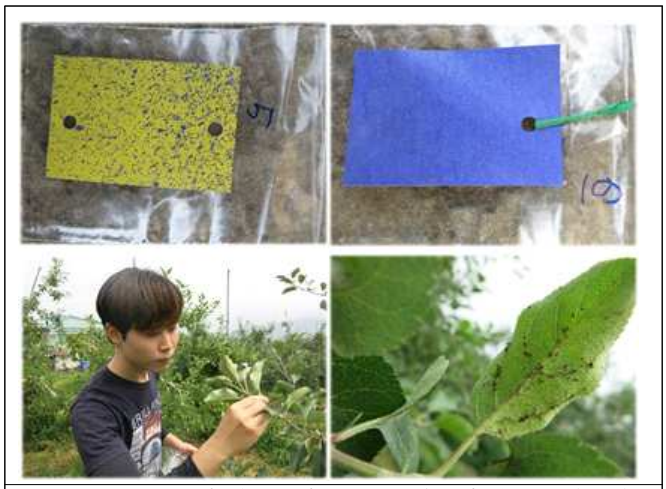


그림 38. 농약살포 후 감수지 색깔 변화 및 해충방제가 조사

살포되는 농약이 병해충이나 농작물에 최적의 상태로 부착하여 최적의 효과를 나타내줘야 된다. 그렇지 못하면 사각지대에 숨어 있던 미세해충은 세대기간이 짧으며 한 번에 많은 알을 생산하므로 쉽게 대량의 돌발해충이나 저항성해충으로 나타난다. 따라서 사과원에 농약을 살포하였을 때 전체적으로 골고루 유효 농약 량이 부착되는지 여부를 확인해볼 필요가 있다. 또한 농약을 살포하는 살포자에 따라 특정한 습관에 의해 살포불량구간이 발생할 수 있다. 살포자의 살포패턴을 파악하고 그에 따른 살포불량구간을 확인하는 일은 중요하다(그림. 39,40,41). 왜냐하면 아무리 숙달된 농민이라 하여도 농약 살포시에 습관이 된 버릇으로 인하여 반드시 사각지대를 만들기 때문이다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

그림39. 포장①의 형태 및 살포패턴

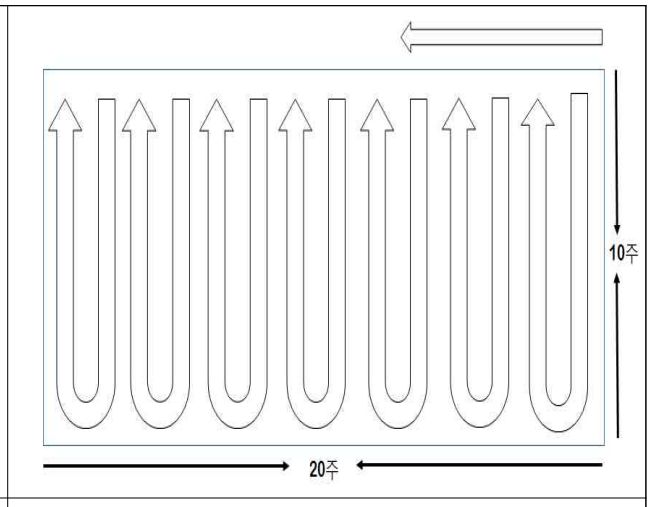


그림40. 포장②의 형태 및 살포패턴

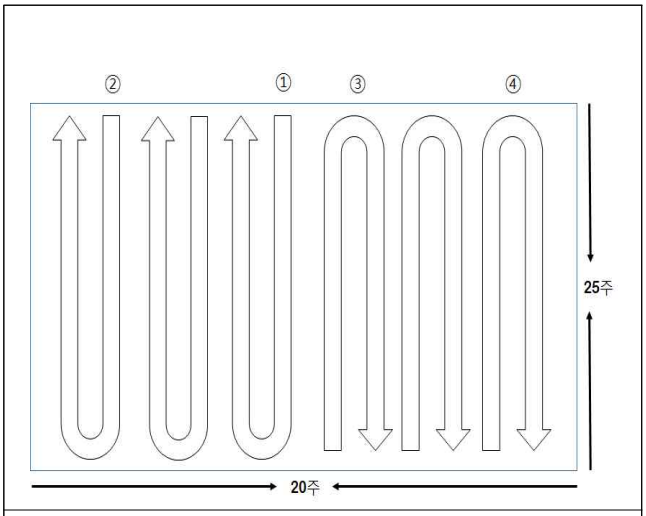


그림41. 포장③의 형태 및 살포패턴

농약살포정도에 따른 사각지대를 확인하기 위해 감수지(water sensitive paper 52×76㎜, TeeJet Tech. Switzerland)를 이용하였다. 감수지는 농약의 균일한 살포정도를 확인하기 위해 재배지의 여러 지점의 가지와 잎에 부착하거나 고리로 걸어 설치하였으며, 농약살포 이후 감수지의 피복정도에 따라 농약이 적절하게 부착되었는지의 여부를 판단하는데 이용하였다. 포장①에서는 작년도에 이어 살포물량을 줄였을 때의 해충방제효과를 알아보았다. 표14에서 실험날짜는 4월경이었고, 나무상태는 잎과 과실이 모두 없는 상태였다. 방제대상해충은 복숭아순나방과 사과굴나방이었고 살포농약은 acetamiprid 8% 이었다. 시험 1차년인 2014년도 SS기 조건은 저속 2~3단, 2,000rpm, 20bar이었으며 시험 2년차인 2015년도에는 저속2단, 1,800rpm, 20bar 이었다. 살포물량은 2014년도에는 10a당 372L를 살포 하였고 2015년도에는 2014년도보다 약 70L 낮춘 302L를 살포하였다. 그 결과 14년도에는 12 실험 구역 중 다섯 개 구역의 감수지가 완전히 피복되지 않은 것으로 확인되었으며 살포자의 살포 습관상 포장 내 코너 부분에서 살포물

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

량구간이 발생했음을 알 수 있었다. 반면 2015년도에는 12실험 구역 중 3구역의 감수지가 피복되지 않았고 그 중 2곳이 구석부분임을 알 수 있었다. 그러나 2014년도에 비해 살포물량을 낮췄음에도 불구하고 복숭아순나방과 사과굴나방의 해충방제효과에 있어서는 크게 문제가 없음을 알 수 있었고 살포불량구간도 줄어들었음을 알 수 있었다(그림 42, 43).

실험날짜	나무상태	방제대상해충	살포농약	SS기조건	살포물량(10a)	해충방제여부
14.04.15	잎X, 과실X	복숭아순나방 사과굴나방	acetamiprid 8%	저속2~3단 2000rpm 20bar	372L	100%
15.04.17				저속2단 1800rpm 20bar	302L	>95%

표14. 포장①에서의 acetamiprid 8% 약제의 살포액량에 따른 나방류 방제효과

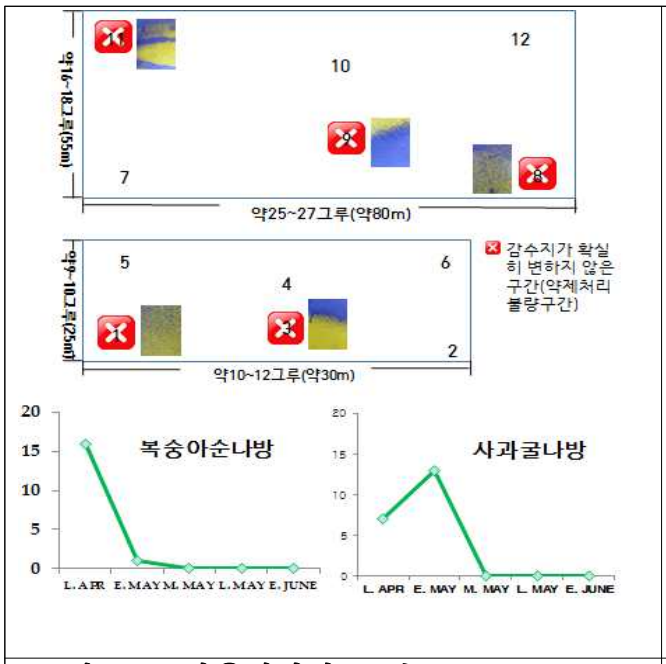


그림42. 포장①에서의 14년도 acetamiprid 8% 약제에 대한 감수지결과 및 나방류 방제효과

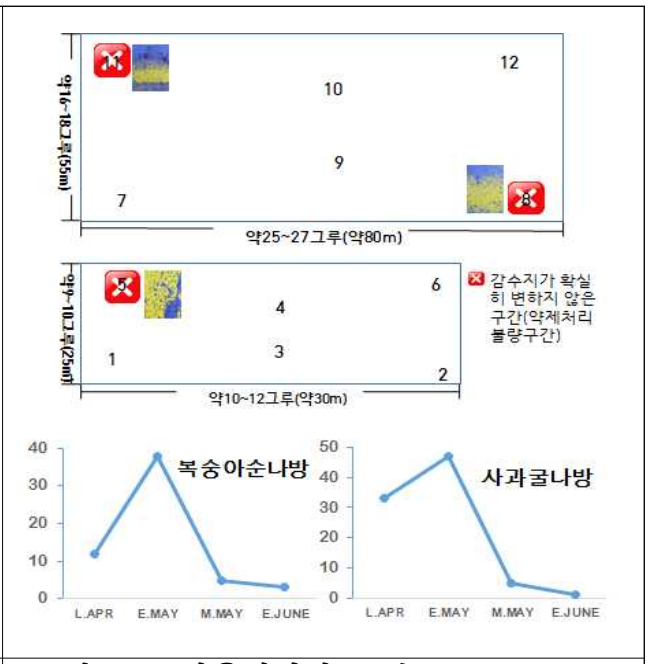


그림43. 포장①에서의 15년도acetamiprid 8% 약제에 대한 감수지결과 및 나방류 방제효과

포장①에서 나방류에 대한 실험 다음으로 진딧물류 실험을 진행 하였다. 표15에서 실험날짜는 6월경이었고, 나무상태는 잎과 과실 모두 존재했다. 방제대상해충은 조팝나무진딧물이었고 살포농약은 acetamiprid 2.5% 이었다. 2014년도 SS기 조건은 저속 2~3단, 2,500rpm, 20bar이었으며 2015년도에는 저속2단, 2,000rpm, 20bar 이었다. 살포물량은 2014년도에는 10a당 453L를 살포 하였고 2015년도에는 2014년도보다 약 70L 낮춘 378L를 살포하였다. 잎과 과실이 모두 없

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

는 4월경 실험보다는 높은 살포 물량이었지만 기준량인 10당 450L보다는 낮게 처리 하였다.

그 결과 2014년도에는 12 실험 구역 중 3 구역의 감수지가 완전히 피복되지 않은 것으로 확인되었으며 포장 내 코너 부분에서 살포불량구간이 발생했음을 알 수 있었다. 살포양호구간은 95% 이상의 해충방제효과를 나타냈으며 살포불량구간은 약 78%의 방제효과를 나타냈다. 2015년도에도 12실험 구역 중 3구역의 감수지가 피복되지 않았고 그 중 1곳이 코너 부분임을 알 수 있었다. 해충방제효과는 살포양호구간은 100%를 나타냈고 살포불량구간은 약 55%를 나타냈다(그림 44, 45). 포장①에서 작년도에 이어 기준량보다 약제 살포물량을 감소시켜 살포한 결과 살포자의 살포습관 중 살포불량구간을 파악하여 개선한다면 해충방제효과에는 문제가 없음을 예상 할 수 있었다.

실험날짜	나무상태	방제대상해충	살포농약	SS기조건	살포액량(10a)	해충방제여부
14.06.16	잎O, 과실(작게)	조팝나무진딧물	acetamiprid 2.5%	저속2~3단 2500rpm 20bar	453L	살포양호구간 100%
15.06.01				저속2단 2000rpm 20bar	378L	

표15. 포장①에서의 acetamiprid 2.5% 약제에 대한 살포액량에 따른 진딧물류 방제효과

그림44. 포장①에서의 14년도 acetamiprid 2.5% 약제에 대한 감수지 결과 및 진딧물류 방제효과

그림45. 포장①에서의 15년도 acetamiprid 2.5% 약제에 대한 감수지 결과 및 진딧물류 방제효과

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

포장②에서는 저살포물량으로 처리 했을 때의 적용 가능성을 검토하였다. 표15에서 실험날짜는 4월경이었고, 나무상태는 잎과 과실이 모두 없는 상태였다. 방제대상해충은 복숭아순나방이었고 살포농약은 acetamiprid 8% 이었다. 살포기인 SS분무기 조건은 저속2단, 2,500rpm, 25bar 이었다. 살포물량은 기준량보다 약 100L 낮은 349L를 살포하였다. 그 결과 9개 실험 구역 중 2개 구역의 감수지가 전혀 피복되지 않은 것으로 확인되었으며, 살포자의 살포 습관상 포장 내 코너 부분에서 살포불량구간이 발생했음을 알 수 있었다. 그러나 복숭아순나방 방제효과에 있어서는 95% 이상의 방제효과를 나타냈다(그림46). 나방류 방제 실험에 이어 진딧물류 방제실험을 진행하였다.

표16에서 실험날짜는 6월경이었고, 나무상태는 잎과 과실 모두 존재했다. 방제대상해충은 조팝나무진딧물이었고 살포농약은 imidacloprid 10% 이었다. SS기 조건은 저속2단, 2,500rpm, 25bar 이었다. 살포물량은 10a당 355L로 기준 량보다 약 100L 낮았다. 그 결과 9개 실험 구역 중 2개 구역의 감수지가 전혀 피복되지 않은 것으로 확인되었다. 살포양호구간은 100%의 해충 방제효과를 나타냈으며 살포불량구간은 약 77%의 방제효과를 나타냈다(그림47).

실험날짜	나무상태	방제대상해충	살포농약	SS기조건	살포액량 (10a)	해충방제여부
15.04.21	잎X, 과실X	복숭아순나방	acetamiprid 8%	저속2단 2500rpm 25bar	349L	>95%

표15. 포장②에서의 acetamiprid 8% 약제에 대한 살포액량에 따른 나방류 방제효과

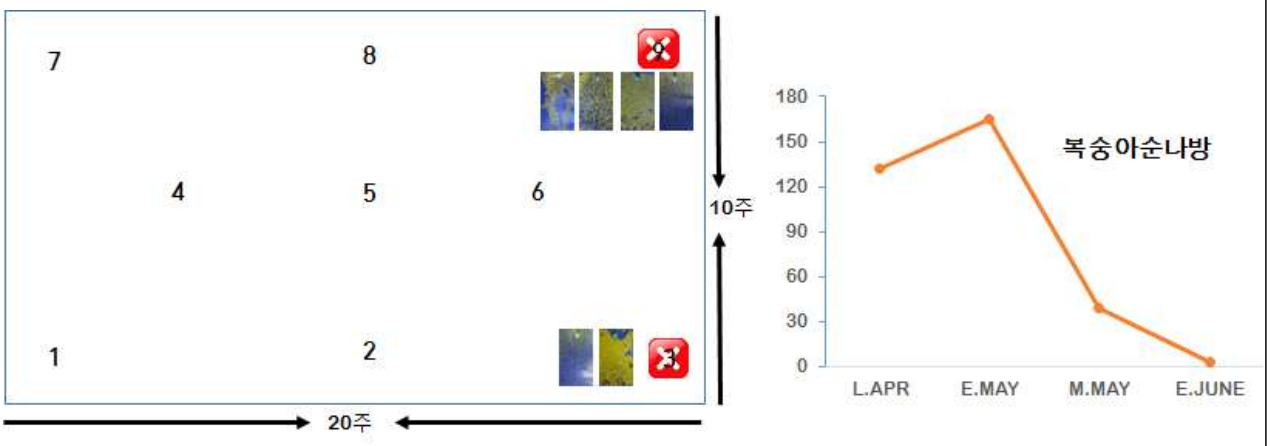


그림46. 포장②에서의 acetamiprid 8% 약제에 대한 감수지결과 및 나방류 방제효과

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

실험날짜	나무상태	방제대상해충	살포농약	SS기조건	살포액량(10a)	해충방제여부
15.05.29	잎O, 과실(작게)	조팝나무 진딧물	Imidacloprid 10%	저속2단 2500rpm 25bar	355L	살포양호구간은 95% 이상

표16. 포장②에서의 imidacloprid 10% 약제에 대한 살포액량에 따른 진딧물류 방제 효과

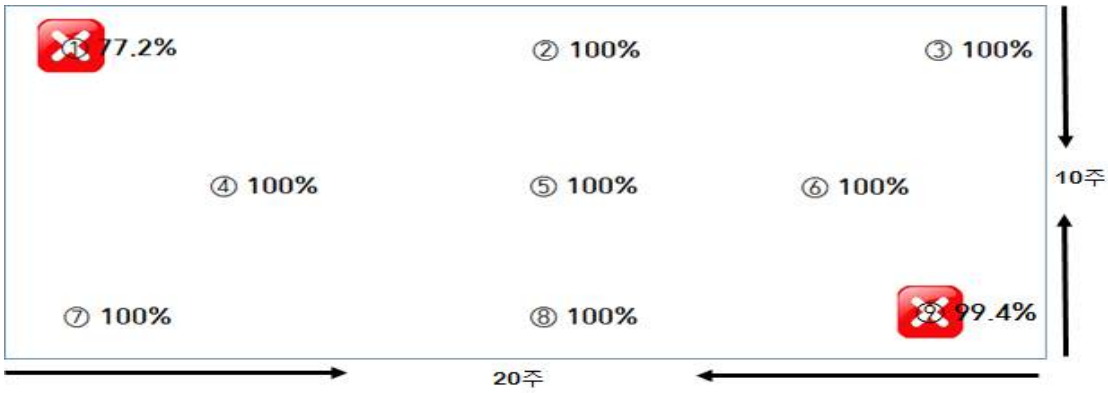


그림47. 포장②에서의 imidacloprid 10%약제에 대한 감수지결과 및 진딧물류 방제 효과

포장③에서는 포장②와 같이 저살포물량으로 처리 했을 때의 적용 가능성을 검토하였다. 표17에서 실험날짜는 4월경이었고, 나무상태는 잎과 과실이 모두 없는 상태였다. 방제대상해충은 복숭아순나방이었고 살포농약은 acetamiprid 8% 이었다. SS기 조건은 저속2단, 2,000rpm, 20bar 이었다. 살포물량은 기준량보다 약 70L 낮은 378L를 살포하였다. 그 결과 9개 실험 구역 중 1개 구역의 감수지가 완전히 피복되지 않은 것으로 확인되었으나 이 포장의 살포자는 대체로 균일하게 살포하는 습관을 나타냈다. 복숭아순나방 방제효과에 있어서도 95% 이상의 방제효과를 나타냈다(그림48). 나방류 방제 실험에 이어 진딧물류 방제실험을 진행하였다. 표18에서 실험날짜는 6월경이었고, 나무상태는 잎과 과실 모두 존재했다. 방제대상해충은 조팝나무 진딧물이었고 살포농약은 flonicamid 10% 였다. SS기 조건은 저속2단, 2,000rpm, 2b0ar 이었다. 살포물량은 10a당 380L로 기준량 보다 약 70L 낮았다. 그 결과 9개 실험 구역 중 2개 구역의 감수지가 완전히 피복되지 않았지만 전체적으로 80% 이상의 방제효과를 나타냈다(그림49). 3곳의 포장에서 발생하는 병은 탄저병과 과실의 부패가 많이 발생하였고, 갈변, 밀병, 과심곰팡이도 발생하였다. 살포주기는 3곳의 포장이 유사하였으며, 연간 살균제 살포횟수는 10회-15회로 농가마다 다소 다른 경향을 나타내었다. 살포물량은 포장①, 포장③에서는 기준량보다 약 70L 낮은 380L를 살포하였으며, 포장②에서는 기준량보다 100L 낮은 350L를 살포하였다(표19). 최종적으로, 단위면적당 살포물량기준인 10a당 450L보다 낮은 물량(350~450L)를 살포하더

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

라도 살포자에 의해 모든 구역에 균일하게 살포된다면 저 살포물량으로도 최적의 방제효과를 나타낼 수 있을 것으로 사료된다.

실험날짜	나무상태	방제대상해충	살포농약	SS기조건	살포액량(10a)	해충방제여부
15.04.21	잎X, 과실X	복숭아순나방	Acetamiprid 8%	저속2단 2000rpm 20bar	378L	>95%

표17. 포장③에서의 acetamiprid 8% 약제에 대한 살포액량에 따른 나방류 방제효과

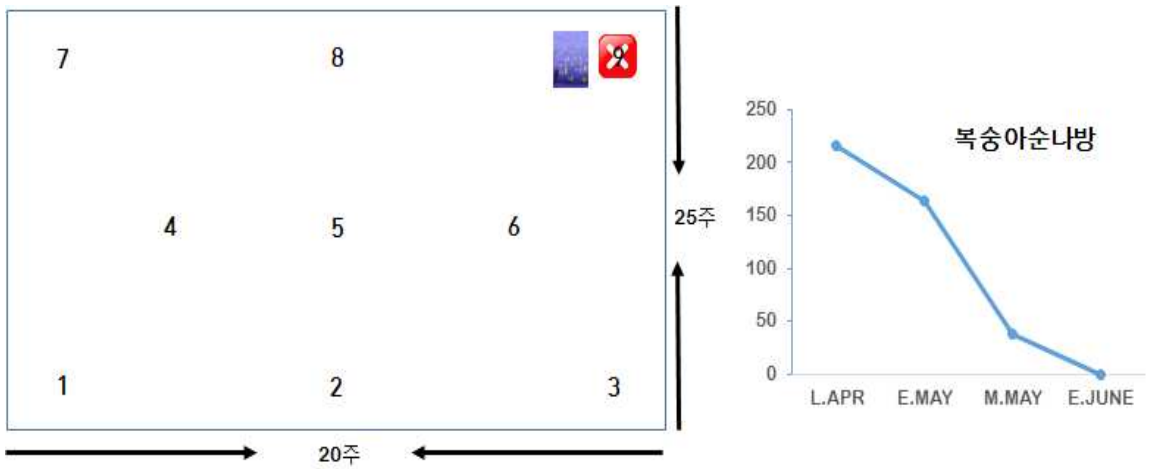


그림48. 포장③에서의 acetamiprid 8%약제에 대한 감수지결과 및 나방류 방제효과

실험날짜	나무상태	방제대상해충	살포농약	SS기조건	살포액량(10a)	해충방제여부
15.06.09	잎O, 과실(작게)	조팝나무 진딧물	Flonicamid 10%	저속2단 2,000rpm 20bar	380L	살포양호구간은 95%이상

표18. 포장③에서의 flonicarmid 10% 약제에 대한 살포액량에 따른 진딧물류 방제효과

	포장①	포장②	포장③
살균제 종류	• Fluxapyroxad(액)15.3 % (입)0.4%, • kresoxim-methyl 44.2% • propineb 70% • dithianon 75% • fluazinam 50% • trifloxystrobin 22%	• mancozeb 65% • myciobutanil 2% • metconazole 20% • fluazinam 50% • trifloxystrobin 22% • dithianon 75% • tebuconazole 25% • difenoconazole 3%	• mancozeb 65% myciobutanil 2% • kresoxim-methyl 44.2% • difenoconazole 5% • trifloxystrobin 50% • dithianon 75% • iminoctadine

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

	• prochloraz manganese complex 50% • tebuconazole 25%	• iminoctadine-tricetate 15% • chlorothalonil 53%	tris(albesilate) 30% • tebuconazole 25% • pyraclostrobin 20% • fenpyroximate 5% • tebuconazole 2% • difenoconazle 7% • fluazinam 40% • dithianon 12% pyraclostrobin 4% • metconazole 20%
병발생	부패, 탄저	탄저, 갈반, 밀병, 부패, 과심곰팡이	X
살포주기	10~15일 간격	10~15일 간격	10일간격
연간 살포횟수	10회	14회	15회
살포액량 (10a)	380L	350L	380L

표19. 3곳 포장에서의 병발생과 살균제에 대한 살포액량

그림49. 포장③에서의 flonicarmid 10% 약제에 대한 감수지결과 및 진딧물류 방제효과

2) 파프리카 시설재배지에서의 저살포물량에 따른 해충방제효과

파프리카는 1994년 국내에서 처음으로 재배된 이후 지속적으로 재배면적과 생산량이 증가하고 있다(Kim *et al.*, 2013, Cho et al.,2011). 2011년 기준으로 재배면적은 약 450ha이고 연간 생산량은 40만 톤 수준에 달하고 있다(Lee *et al.*, 2013). 파프리카 재배 시 가장 문제가 되는 점은 흡즙성 해충의 피해이다. 주요 발생해충은 총채벌레류, 잎응애류, 가루이류, 진딧물류, 나방류 등 많은 해충이 발생한다.(Kim *et al.*, 2008) 이러한 난방제로 문제되는 미소곤충은 1회에

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

수십, 수백 개의 알을 낳고, 1년에 수십 차례 생활사를 만들어가면서 약제방제에 노출이 되지 않는 곳에 숨어 개체수가 빠르게 증가하고 있다. 또한 기주범위가 넓고 세대기간이 짧아 살충제에 대한 저항성이 빠르게 발달할 수 있기 때문에 이들의 방제를 위한 노력이 지속적으로 요구되고 있다(Shim *et al.*, 1997). 현재 농가에서는 기존에 등록된 농약에 대한 저항성이 빠르게 발달되어 이를 해결하기 위해 농약사용을 고농도로 하거나 횟수를 증가시키고 유사농약의 혼합 숫자를 많이 하여 오남용의 주범이 되고 있는 실정이다(Jin *et al.*, 2014).

본 연구에서는 파프리카 시설재배지에서 최적의 방제효과를 나타낼 수 있는 최소한의 살포물량에 대하여 표준화 하고자 하였다. 파프리카에 발생하는 담배가루이 방제약제 로 등록된 약제중에서 피리플루퀴나존 입상수화제(Pyrifluquinazon 10% SC, 상표명 : 팡파레)와 꽃노랑총채벌레 방제 약제로 사이안트라닐리프롤 유제 (Cyantraniliprole 5% EC, 상표명 : 프로큐어), 아바멕틴 유제(Abamectin 1.8% EC, 상표명 : 올스타), 스피네 토람 입상수화제(Spinetoram 5% SC, 상표명 : 델리게이트)를 안전 사용배수로 희석해 사용하였다(표20, 그림50).

살포기기	약제	적용해충
무인연무기& U자형분무기	Pyrifluquinazon 10% SC	담배가루이 (*Bemisia tabaci*)
	Cyantraniliprole 5% EC	꽃노랑총채벌레 (*Frankliniella occidentalis*)
	Abamectin 1.8% EC	
	Spinetoram 5% SC	

표20. 대상해충에 따른 살포기기 및 농약명

그림50. 발생해충(담배가루이 & 꽃노랑총채벌레)

국내의 작물보호제 지침서에는 작물명, 적용해충, 사용적기 및 방법, 물 20L당 사용약량, 시기 및 횟수만 명시되어 있고 단위면적당 농약성분 총량에 대한 규정은 표준화되어 있지 않다. 사용방법에는 “약액이 작물에 충분히 묻도록 골고루 살포”만 명시되어 있는데 이렇기 때문에 등록약제에 대한 저항성이 발달하면서 농약의 혼합제 수나 살포횟수가 점점 증가하여 안전성에 문제로 대두되는 실정이다. 따라서 농약살포액량에 따른 정확한 해충방제효과가 조사되어야 한다.

위의 실험 결과에 따라 담배가루이에 대한 pyrifluquinazon 10% SC 약제를 살포했을 때 사

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

각지대를 발생하지 않도록 골고루 잘 살포된 고압식분무기의 결과에 따라, 살포물량의 차이를 만들어 해충 방제효과를 조사하였다. Pyrifluquinazon 10% SC 약제는 10그루당 약액이 충분히 부착되었다고 판단되는 5L를 살포 했을 때 24시간 후에는 약 97.5%를 나타냈고 72시간 후에는 100%의 방제효과를 나타냈다. 2.5L를 살포 했을 때 24시간 후에는 약 95.5%를 나타냈고 72시간 후에는 약 100%를 나타났다. 반면 1.25L를 살포 했을 때 방제가는 24시간 후에는 약 57.3%, 72시간 후에는 약 65.7%로 약제효과가 다소 떨어짐을 확인 하였다(표 21). 약액이 충분히 부착되며 흘러내리지 않아도 되는 5L의 반량인 2.5L를 살포하더라도 방제효과에는 문제가 없을 것으로 사료된다.

Sprayers type	Target pest	Pesticide	Application dose (L/10tree)	Mortality(%) (Mean ± SE)	
				24hr	72hr
U-shaped sprayer	*Bemisia tabaci*	Pyrifluquinazon 10%SC	5L	97.5 ± 3.5	100 ± 0
			2.5L	95.5 ± 8.7	100 ± 0
			1.25L	57.3 ± 3.5	65.7 ± 3.7
		Con	-	0	0

표21. U자형 고압식 분무기를 이용한 Pyrifluquinazon 10% SC 약제에 대한 살포물량별 담배가루이의 방제효과

꽃노랑총채벌레에 대한 spinetoram 5% SC, cyantraniliprole 5% EC, abamectin 1.8% EC를 살포했을 때 살포물량의 차이에 따른 해충 방제효과를 조사하였다. 세 약제는 시험 농가에서 반복하여 쓰이지 않은 농약을 선택하여 저항성 문제는 없을 것으로 예측 하여 실험을 진행 하였다.

Spinetoram 5% SC 약제는 10그루당 약액이 충분히 부착되었다고 판단되는 5L를 살포 했을 때 24시간 후에는 약 87.5%를 나타냈고 72시간 후에는 약 91.6%의 방제효과를 나타냈다. 2.5L를 살포 했을 때 24시간 후에는 약 90.3%를 나타냈고 72시간 후에는 약 95.6%를 나타났다. 반면 1.25L를 살포 했을 때 방제가는 24시간 후에는 약 43.5%, 72시간 후에는 약 55.2%로 약제효과가 다소 떨어짐을 확인 하였다(표 22).

Cyantraniliprole 5% EC 약제에 대한 해충방제효과는 5L를 살포 했을 때 24시간 후에는 약 75.5%를 나타냈고 72시간 후에는 약 83.2%의 높은 방제가 나타냈고 2.5L를 살포 했을 때에도 24시간 후에는 약 76.3%, 72시간 후에는 약 80.4%로 약액이 충분히 흘러내릴 정도의 살포액량과 비슷한 방제효과를 나타냈다. 그러나 1.25L로 살포했을 때에는 24시간 후에 약 53.5%, 72시간 후에 약 58.8%로 약제효과가 떨어짐을 확인 하였다(표 23).

Abamectin 1.8% EC 약제에 대한 해충방제효과는 위의 두 약제 결과와 비슷한 패턴을 나타냈다. 5L를 살포 했을 때 24시간 후에는 약 80.5%를 나타냈고, 72시간 후에는 82.8%로 높은

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

방제가를 확인하였다. 2.5L를 살포했을 때에도 마찬가지로 24시간 후에는 약 82.5%, 72시간 후에는 약 86.8%로 방제력에는 문제가 없음을 알 수 있었다. 그러나 1.25L에서는 24시간 후에 약 50.3%, 72시간 후에 약 59.3%로 약제효과가 낮아짐을 알 수 있었다(표 24). 세 약제에 대한 결과를 종합해보면 10그루당 약액이 충분히 부착되었다고 판단되는 5L를 살포 했을 때와 반량인 2.5L를 살포했을 때에도 동일하게 높은 방제효과의 결과를 알 수 있었다(그림 51). 파프리카 시설재배지에서 고압식분무기로 약제를 살포할 때 약제의 저항성이 발달되지 않았다면 살포액량을 2.5L로 줄여 살포하더라도 약제효과는 높게 나타남을 알 수 있었다. 결론적으로 유리온실 내의 약제 살포 기준은 살포자의 세심한 주의가 매우 중요하며 사각지대가 발생하지 않도록 최적의 분무기로 적절하게 처리하면 약액을 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

Sprayers type	Target pest	Pesticide	Application dose (L/10tree)	Mortality(%) (Mean ± SE)	
				24hr	72hr
U-shaped sprayer	*Frankliniella occidentalis*	Spinetoram 5% SC	5L	87.5 ± 2.5	91.6 ± 2.5
			2.5L	90.3 ± 1.5	95.6 ± 3.7
			1.25L	43.5 ± 2.5	55.2 ± 1.2
		Con	-	0	0

표22. U자형 고압식 분무기를 이용한 Spinetoram 5% SC 약제에 대한 살포물량별 꽃노랑총채벌레의 방제효과

Sprayers type	Target pest	Pesticide	Application dose (L/10tree)	Mortality(%) (Mean ± SE)	
				24hr	72hr
U-shaped sprayer	*Frankliniella occidentalis*	Cyantraniliprole 5% EC	5L	75.5 ± 3.0	83.2 ± 3.5
			2.5L	76.3 ± 2.5	80.4±2.7
			1.25L	53.5 ± 2.5	58.8 ± 1.5
		Con	-	0	0

표23. U자형 고압식 분무기를 이용한 Cyantraniliprole 5% EC 약제에 대한 살포물량별 꽃노랑총채벌레의 방제효과

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Sprayers type	Target pest	Pesticide	Application dose (L/10tree)	Mortality(%) (Mean ± SE)	
				24hr	72hr
U-shaped sprayer	*Frankliniella occidentalis*	Abamectin 1.8% EC	5L	80.5± 1.5	82.8 ± 2.5
			2.5L	82.5 ± 1.8	86.8 ± 1.8
			1.25L	50.3 ± 1.2	59.3 ± 2.5
		Con	-	0	0

표24. U자형 고압식 분무기를 이용한 Abamectin 1.8% EC 약제에 대한 살포물량별 꽃노랑총채벌레의 방제효과

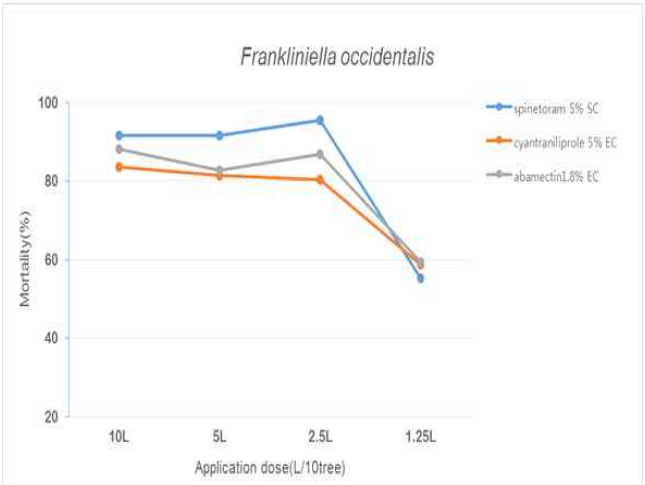


그림51. 농약의 살포물량에 따른 꽃노랑 총채벌레의 방제효과

마. 작물 특성별 분무기술과 살포기기 및 영농현장의 살포방법 표준화

1) 파프리카 시설재배지에서의 살포기기에 따른 해충방제 효과

현재 파프리카 시설재배지에서 해충을 방제하기 위해 무인연무기, 고압식분무기 등의 분무기를 이용해 농약을 살포하고 있다. 고압식 분무기의 경우 약이 식물 전체에 골고루 살포할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그러나 반면에 시간과 노동력이 많이 요구되고 특히 농민이 싫어하며 인체에 노출되기(Kim. 2012) 때문에 살포자에 따라 잎의 뒷면이나 내측 옆면 등에는 약제가 부착되지 않아 방제효과가 미비할 수 있다는 단점이 있다(Jin *et al.*, 2014). 또한 분무되는 입자의 크기와 시간당 분무량은 압력과 노즐에 따라 차이가 발생하며 회사의 상품마다 다

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

양하게 사용되고 있다(Son *et al.*, 2012).

한편, 무인연무기는 입자가 미립화 되어 있어 골고루 살포될 뿐만 아니라 작물에 따라 입자의 크기를 조절 할 수 있다는 이점(Min *et al.*, 2007)이 있지만 면적이 넓은 시설재배지에서는 전체 면적에 골고루 살포되기 어려운 단점이 있다. 따라서 농약살포방법을 개선하여 해충 방제의 최적화에 의한 표준화로 농약 사용량을 절감하고 사용자인 농민에게 농약 노출을 최소화 할 수 있는 표준화 개발이 시급한 실정이다. 본 연구에서는 파프리카 시설재배지에서의 무인연무기와 고압식분무기를 사용하여 약제를 살포 할 때 특성을 분석하고 분무기의 종류에 따라 포장 내에 균일하게 살포되는지를 감수지로 확인하였다(그림52, 53).

그림52. 담배가루이(A,B,C,D)와 꽃노랑총체벌레 (A,B,C,D,E,F,G)의 발생구역 및 실험구역

그림53. 농약살포기기에 따른 해충 방제효과 확인을 위한 실험 절차

담배가루이 방제를 위하여 살포기기에 2종류를 사용하고, 감수지 피복 정도 및 해충 방제효과를 조사 하였다. 무인연무기에 대한 감수지 결과는 4 지역(A, B, C, D)중에 D 구간이 가장 많이 변색되었고 B구간은 중간, A, C 구간은 거의 변색되지 않은 결과를 나타냈다. 감수지 결과와 더불어 pyrifluquinazon 10% SC 해충방제효과는 감수지가 가장 많이 변색된 D구간에서 82.5%의 높은 사충율을 나타낸 반면에 감수지가 중간 정도 로 변색된 B구간은 42.6%를 나타냈고 변색되지 않은 구간인 A, C구간은 오히려 사전 밀도보다 해충이 증가하는 결과를 초래했다(표 25). 무인연무기의 살포로 농약이 잘 살 포된 구역은 방제효과가 높게 나왔지만 사각지대나 부착량이 낮은 지역에서는 방제가 잘 되지 않았음을 알 수 있었다.

새로운 형태의 미립자 무인분무형태의 시험에 있어서 시설재배지내 어느 곳에나 동일한 형태의 살포물량이 골고루 살포되는 효과를 기대하였으나 Table 25에서 보는 것과 같이 불균일한 결과를 나타냈다. 한편, 고압식 U자형분무기는 현재 파프리카 농가에서 가장 일반적으로 사용하는 분무기종류이다. 고압분무기에 의한 감수지 결과는 모든 구역이 해충이 죽을 수 있는

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

파란색으로 변색되었다. 살포지역에 전체적으로 골고루 살포됐다는 것을 알 수 있었다. 또한 pyrifluquinazon 10% SC 해충방제효과는 100%의 사충효과를 나타냈다(표 25). 고압분무기는 살포자에 따라 잎의 뒷면이나 내측 옆면 등에는 약제가 부착되지 않아 방제효과가 미비할 수 있다는 단점이 있지만 균일하게 살포한다면 해충방제에 효과적이라는 것을 알 수 있었다.

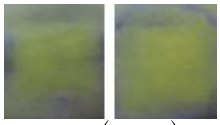
Target pest	Peciticide	Sprayers type	Section	※Change of WSP (good, fair and poor)	Mortality(%) (Mean ± SE)
Bemisia tabaci	Pyrifluquinazon 10%SC	Remote controlled sprayer	A	 (poor)	0
			B	(fair)	42.6
			C	(poor)	0
			D	(good)	82.5
			Con	-	0
		U-shaped sprayer	ALL	(good)	100±0
			Con		0

표25. 담배가루이의 살포기기에 따른 구역별 감수지 피복 정도 및 해충방제효과

꽃노랑총채벌레의 살포기기의 2종류를 사용하여 감수지 피복 정도 및 해충방제효과를 조사하였다. 무인연무기에 대한 감수지 결과는 7 지역(A, B, C, D, E, F, G) 모두 감수 지가 변색

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

되지 않았다. 감수지 결과와 더불어 spinetoram 5% SC에 대한 해충방제효과 는 나타나지 않았다(표 26). 담배가루이의 실험 결과와 마찬가지로 무인연무기의 새로운 형태의 미립자 무인분무형태의 시험에 있어서 표 26에서 보는 것과 같이 불균일한 결과 를 초래했다. 따라서 파프리카 시설재배지처럼 규모가 큰 온실에서 사용되는 미립자 분 무기는 동일한 입자와 약액이 골고루 살포되게 하여 해충이 서식하는 부분에 도달 하여 방제될 수 있도록 개발되어야 할 것이다. 고압분무기에 의한 감수지 결과는 모든 구역 이 파랗게 변색되었다. 살포지역에 전체적으로 골고루 살포됐다는 것을 알 수 있었다. 또한 spinetoram 5% SC 해충방제효과는 72시간 후에 약 91.6%로 높은 방제가를 나타 냈다. 담배가루이의 고압분무기 시험 결과와 동일하게 살포자에 따라 균일하게 살포 한다면 해충방제에 효과적이라는 것을 알 수 있었다.

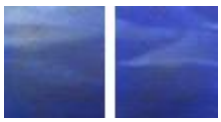
Target pest	Pesticide	Sprayers type	Section	※Change of WSP (good, fair and poor)	Mortality(%) (Mean ± SE)
Frankliniella occidentalis	Spinetoram 5%SC	Remote controlled sprayer	ALL	poor	0
			Con	-	0
		U-shaped sprayer	ALL	good 	91.6 ± 2.5
			Con	-	0

표26. 꽃노랑총채벌레의 살포기기에 따른 구역별 감수지 피복 정도 및 해충방제효과

2) 사과원에서의 영농현장에서의 살포방법 표준화

현재 국내의 농약 안전사용 지침에는 선진국에서 규정하고 있는 농작물 단위면적당 농약 총사용 유효함량에 대하여 제시하지 않고 있다. 우리나라에서는 사용적기 및 방법, 희석배수에 의한 사용약량, 사용 시기 및 처리횟수만 규정하고 있다. 따라서 사과 재배 농가의 농약의 최적 살포액량 규정화하기 위하여 시도되었다.

사과원의 농약 살포에는 단위면적당 살포물량은 10a당 450L로 사용되고 있다. 농약살포액량 감소를 시도하였으며, 사용자인 농민의 최대 불안 요소인 해충방제율을 유지시키면서 살포물량을 50~100L감소시켜 350~400L로 시험하여 결론을 얻었다(표27, 28). 살포자에 의해 모든

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

구역이 균일하게 살포된다면 살포물량을 줄여 살포하더라도 방제력에는 문제없을 것으로 사료되어 농가에 영농활용자료로 활용할 수 있을 것으로 예상된다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

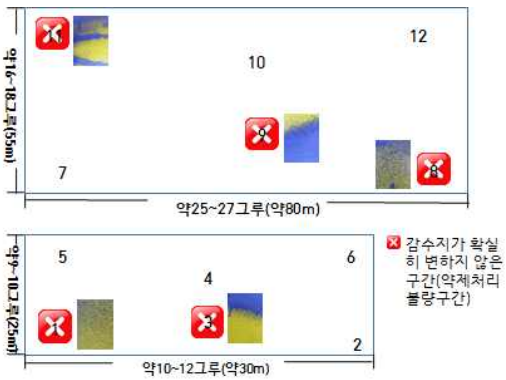
실험년도	2014			2015		
실험날짜	4월15일	5월14일	6월16일	4월17일	5월17일	6월1일
나무상태	잎X, 과실X	잎O, 과실X	잎O, 과실 (작게)	잎X, 과실X	잎O, 과실X	잎O, 과실 (작게)
방제대상해충	복숭아순나방 은무늬굴나방	조팝나무진딧물 (예방목적)	조팝나무진딧물	복숭아순나방 은무늬굴나방	조팝나무진딧물 (예방목적)	조팝나무진딧물
살포농약	모스피란 (acetamiprid 8%)	똑소리 (clothianidin 8%)	만장일치 (Acetamiprid 2.5%)	모스피란 (acetamiprid 8%)	빅카드 (clothianidin 8%)	만장일치 (acetamiprid 2.5%)
SS분무기 분무속도	저속2~3단	저속2~3단	저속2~3단	저속2단	저속2~3단	저속2단
분무압	2000rpm 20bar	2500rpm 20~25bar	2500rpm 20bar	1700~1800rpm 20bar	2000rpm 20bar	2000rpm 20bar
살포액량(10a)	372L	452L	453L	302L	378L	378L
살포시간(10a)	약18분	약23분	약25분	약18분	약18분	약20분
미살포구역 유무	SS기로 살포 시 코너 부분은 약제가 잘 살포되지 않음			작년도에 비해 살포불량구간은 감소됨		
해충방제여부	나방류는 성페로몬트랩 조사시 100%의 방제효과를 나타냈고, 진딧물류는 약제살포 양호구간은 100%의 방제효과를 나타냄			나방류는 성페로몬트랩 조사시 95%이상의 방제효과를 나타냈고, 진딧물류는 약제살포 양호구간은 100%의 방제효과를 나타냄		
약제처리불량 구간(평균)						
패치면적당 평균 부착량 (㎍/50㎠)	73.15	-	63.25	28.66	50.21	-

표27. 포장① 에서의 농약살포액량에 따른 조건 및 해충방제가 결과

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

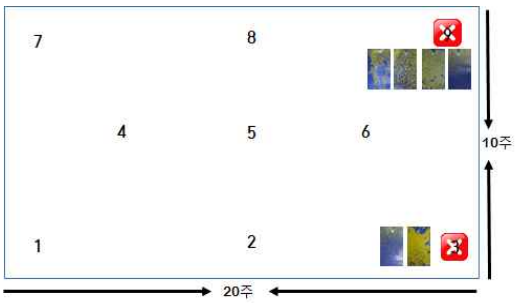
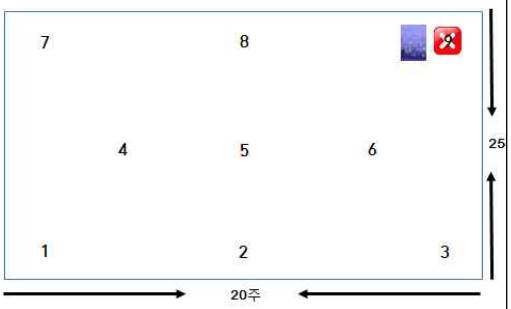
실험농가	포장2			포장3		
실험날짜	4월21일	5월17일	5월29일	4월21일	5월14일	6월9일
나무상태	잎X, 과실X	잎O, 과실X	잎O, 과실(작게)	잎X, 과실X	잎O, 과실X	잎O, 과실(작게)
방제대상해충	복숭아순나방	복숭아순나방	조팝나무진딧물	복숭아순나방	복숭아순나방	조팝나무진딧물
살포농약	모스피란 (acetamiprid 8%)	알타코아 (chlorantraniliprole 5%)	코니도 (imidacloprid 10%)	모스피란 (acetamiprid 8%)	비락탄 (flubendiamide 16%)	세티스 (flonicamid 10%)
SS분무기 분무속도	저속2단	저속2단	저속2단	저속3단	저속3단	저속2~3단
분무압	2,500~3,000 rpm 25bar	2,500~3,000 rpm 25bar	2,500~3,000 rpm 25bar	2,000rpm 20bar	2,000rpm 20bar	2,000rpm 20bar
살포액량(10a)	349L	352L	355L	378L	380L	380L
살포시간(10a)	약9분	약10분	약14분	약14분	약14분	약15분
미살포구역 유무	SS기로 살포 시 2곳의 코너부분이 약제가 잘 살포되지 않음			대체적으로 살포가 양호함		
해충방제여부	나방류는 성페로몬트랩 조사시 95%의 방제효과를 나타냈고, 진딧물류는 약제살포양호구간은 95%의 방제효과를 나타냄			나방류는 성페로몬트랩 조사시 95%의 방제효과를 나타냈고, 진딧물류는 약제살포양호구간은 95%의 방제효과를 나타냄		
약제처리불량 구간(평균)						
패치면적당 평균 부착량 (㎍/50㎠)	41.61	14.9	-	33.52	54.22	-

표28. 포장②와 포장③의 농약살포액량에 따른 조건 및 해충방제가 결과

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

바. 사용자와 농약 사용실태 및 안전을 고려한 농약제품의 용기·제형 그룹화

1) 국내에서 생산되는 농약의 제형, 포장용기 조사

국내에서 생산되는 농약의 제형은 약 44종류로 나누어진다고 보고되어 있으며, 이러한 다양한 제형을 사용자가 안전하게 사용할 수 있게 하기 위해서는 제형에 따른 표준화가 반드시 필요하다. 2014년 현재, 국내에 등록된 살균제와 살충제를 제형별로 분류한 결 과, 살균제의 경우, 수화제가 약 36%, 액상수화제가 28%, 입상수화제가 10%, 유제가 약 9%, 입제가 5% 순으로 나타났으며, 그 외 액제와 유현탁제, 미탁제도 확인되었다 (그림 54). 살균제는 55%정도가 플라스틱 용기에 포장되어 판매되고 있으며, 약 43%는 알루미 늄비닐, 1%는 알루미늄캔 형태로 포장되어 있었다(그림 55).

살충제의 경우, 유제가 26% 로 가장 많았으며, 수화제가 약 20%, 액상수화제가 19%, 입제가 12% 순으로 나타났다 (그림 56). 포장용기는 살균제와 마찬가지로 플라스틱이 약 66%로 가장 많았으며, 34% 는 알루미늄비닐로 포장되어 있었다(그림 57). 이외에도 알루미늄캔이나 종이로 포장되어 있는 경우도 있었다. 제형은 매우 다양한 반면에 포장용기나 재질은 두 세 종류로 매우 제한적이어서 안전한 포장용기 및 재질에 대한 연구 및 조사가 필요할 것으로 판단되었다.

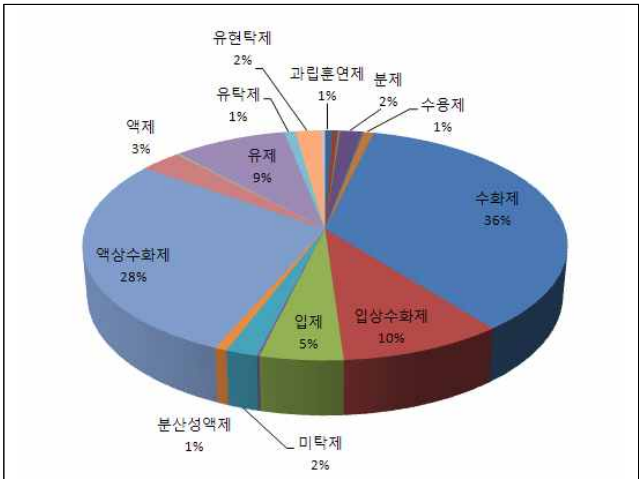


그림 54. 등록살균제의 제형

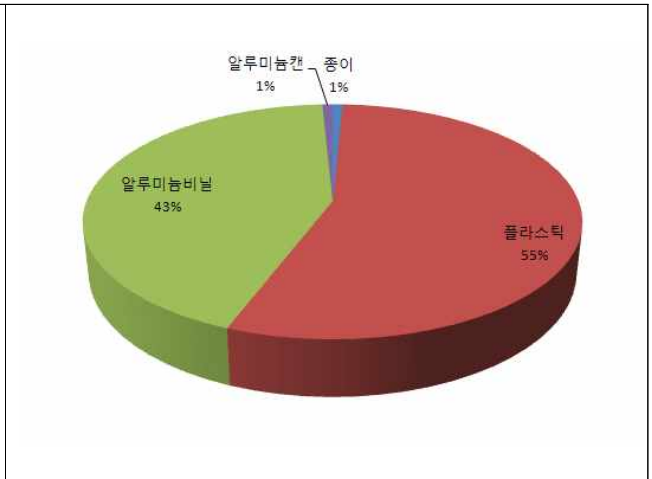


그림 55. 살균제의 포장용기

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

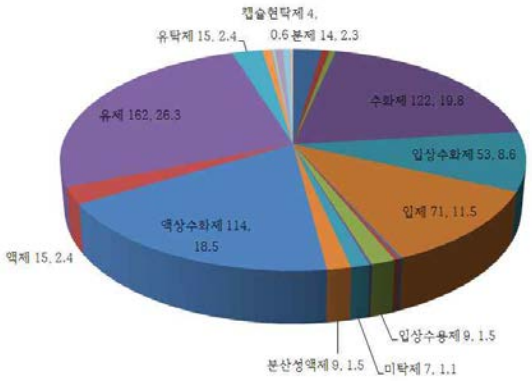


그림 56. 등록살충제의 제형

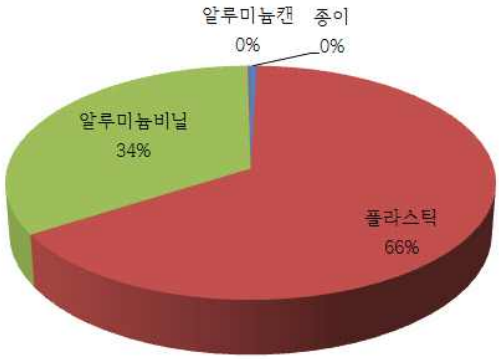


그림 57. 등록 살충제의 포장용기

2) 사용자의 농약 사용실태 및 안전을 고려한 농약제품의 용기 그룹화

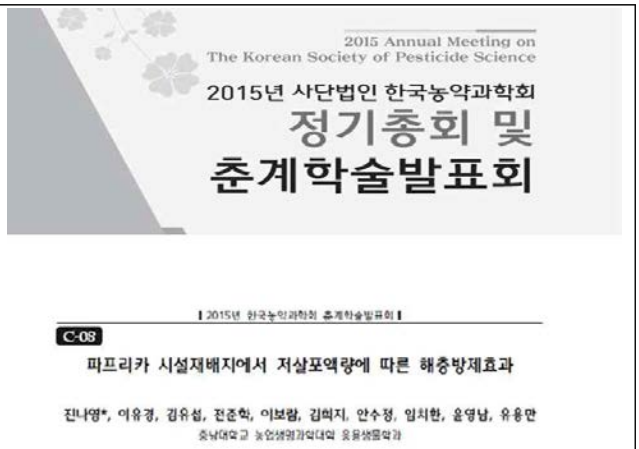
농약제품의 용기의 재질은 알루미늄비닐과 플라스틱이 전체 등록제품의 98%이상을 차지하고 있었다. 하지만, 이 두 용기 재질 모두 농약사용자가 안전하게 사용하기에 적합하지 않은 여러 요인이 나타났다. 특히 알루미늄비닐 재질로 되어 있는 수화제의 경우, 용기 개봉시 발생하는 가루날림에 의해 호흡기를 통한 노출의 위험이 높게 나타났으며, 피부 노출 또한 피할 수 없었다(그림 58).

유제나 액상수화제는 대부분 플라스틱 용기 제품이었지만, 용기 개봉시 특히 안쪽 뚜껑을 개봉할 때 외부로 튀어 오염 되거나 용기 자체가 미끄러져 바닥에 흘리는 경우도 발생했다(그림 59). 따라서 알루미늄재질의 용기 개봉시 발생하는 이러한 문제점을 해결할 수 있는 용기의 개선방안이 검토되어야 하며, 플라스틱의 경우, 안쪽 뚜껑을 쉽게 개봉할 수 있는 재질의 개발 및 용기 외부의 미끄럼 방지용 요철을 넣어주는 것도 외부로의 오염을 줄일 수 있는 방법으로 생각되며 추후 용기 재질 및 안전 사용가능한 용기 포장방법 등을 추가적으로 검토할 계획이다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

그림 58. 수화제의 용기 개봉시 가루날림에 의한 문제 1	그림 59. 유제나 액상수화제의 용기 사용자의 노출문제

○ 학술발표자료

 J. Fac. Agr., Kyushu Univ., 60 (2), 363–370 (2015) Optimal Use of Pesticides for Controlling Insect Pests in Apple Orchards Mi Ja SEO[1], Na Young JIN[1], You Kyoung LEE[1], Jun Hack JUN[1], Yu Seop KIM[1], Bo Ram LEE[1], Young Shin KIM[2], Chi Hwan LIM[2], Young Nam YOUN[1], Chisa YASUNAGA-AOKI* and Yong Man YU[1]* Laboratory of Insect Pathology and Microbial Control, Institute of Biological Control, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812–8581, Japan (Received May 7, 2015 and accepted May 19, 2015)	 2015 Annual Meeting on The Korean Society of Pesticide Science 2015년 사단법인 한국농약과학회 정기총회 및 춘계학술발표회 C-08 파프리카 시설재배지에서 저살포액량에 따른 해충방제효과 진나영*, 이유경, 김유섭, 전준학, 이보람, 김희지, 안수정, 임치한, 윤영남, 유용만 충남대학교 농업생명과학대학 응용생물학과
그림60. 사과원에서의 농약살포 실험 결과 SCI 투고 논문 자료	그림61. 파프리카 시설재배지에서의 저살포액량에 따른 해충방제효과 실험 결과 학술발표(국내) 자료

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

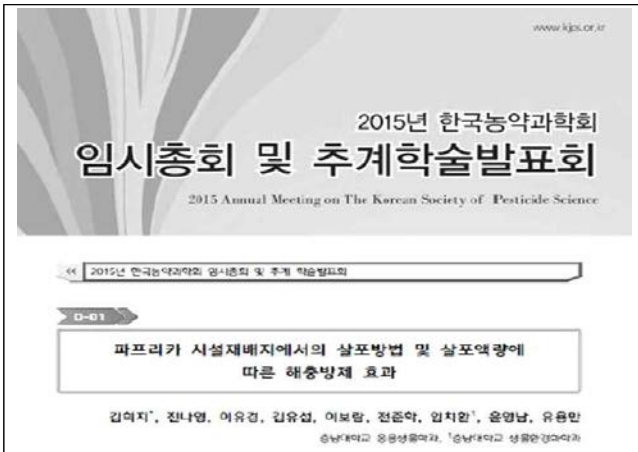


그림62. 파프리카 시설재배지에서의 살포방법에 따른 해충방제 효과 실험 결과 학술발표(국내) 자료

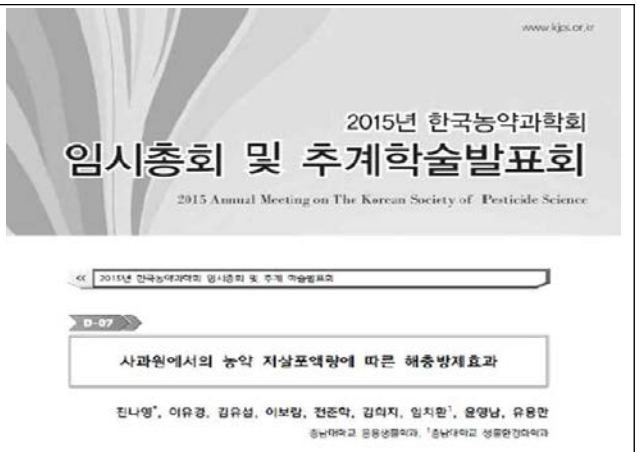


그림63. 사과원에서의 살포물량별 해충방제 효과 실험 결과 학술발표(국내) 자료

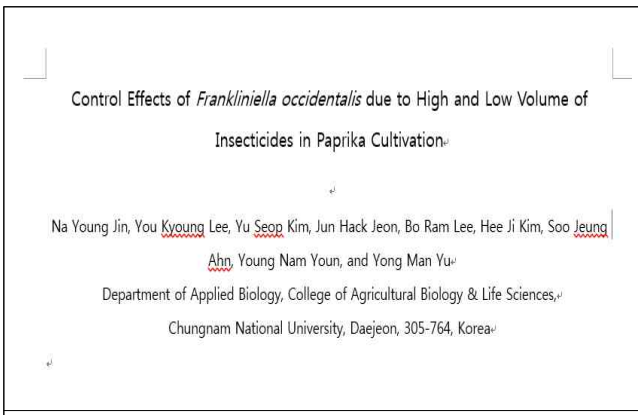
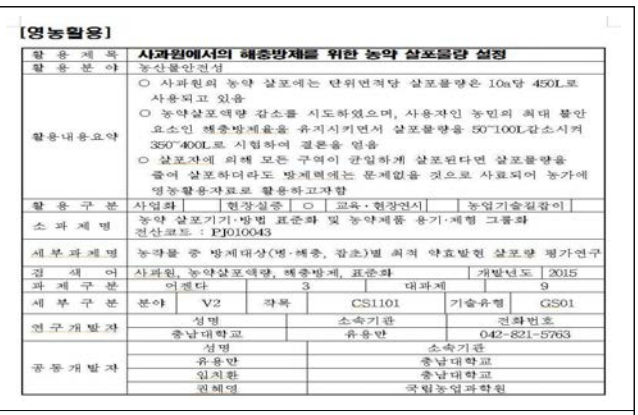


그림64. 파프리카 시설재배지에서의 살포물량별 실험 결과 학술발표(국제) 자료



[영농활용]

활용제목	사과원에서의 해충방제를 위한 농약 살포물량 설정						
활용분야	농산물안전성						
활용내용요약	○ 사과원의 농약 살포에는 단위면적당 살포물량은 10a당 450L로 사용되고 있음 ○ 농약살포액량 감소를 시도하였으며, 사용자인 농민의 최대 불안요소인 해충방제율을 유지시키면서 살포물량을 50~100L감소시켜 350~400L로 시험하여 결론을 얻음 ○ 살포자에 의해 모든 구역이 균일하게 살포된다면 살포물량을 줄여 살포하더라도 방제력에는 문제없을 것으로 사료되어 농가에 영농활용자료로 활용하고자함						
활용구분	사업화		현장실증	○	교육·현장연시		농업기술길잡이
소과제명	농약 살포기기·방법 표준화 및 농약제품 용기·제형 그룹화 전산코드 : PJ010043						
세부과제명	농작물 중 방제대상(병·해충, 잡초)별 최적 약효발현 살포량 평가연구						
검색어	사과원, 농약살포액량, 해충방제, 표준화					개발년도	2015
과제구분	어젠다		3		대과제		9
세부구분	분야	V2	작목	CS1101		기술유형	GS01
연구개발자	성명		소속기관			전화번호	
	충남대학교		유용만			042-821-5763	
공동개발자	성명		소속기관				
	유용만		충남대학교				
	임치환		충남대학교				
	권혜영		국립농업과학원				

그림65. 사과원에서의 살포물량별 해충방제가 영농활용자료

사. 노지재배인 사과농장에서의 병·해충 방제에 사용되는 단위면적당 농약의 최적 살포약량 표준화

1) 사과원에서의 단위면적당 농약의 최적 살포약량

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

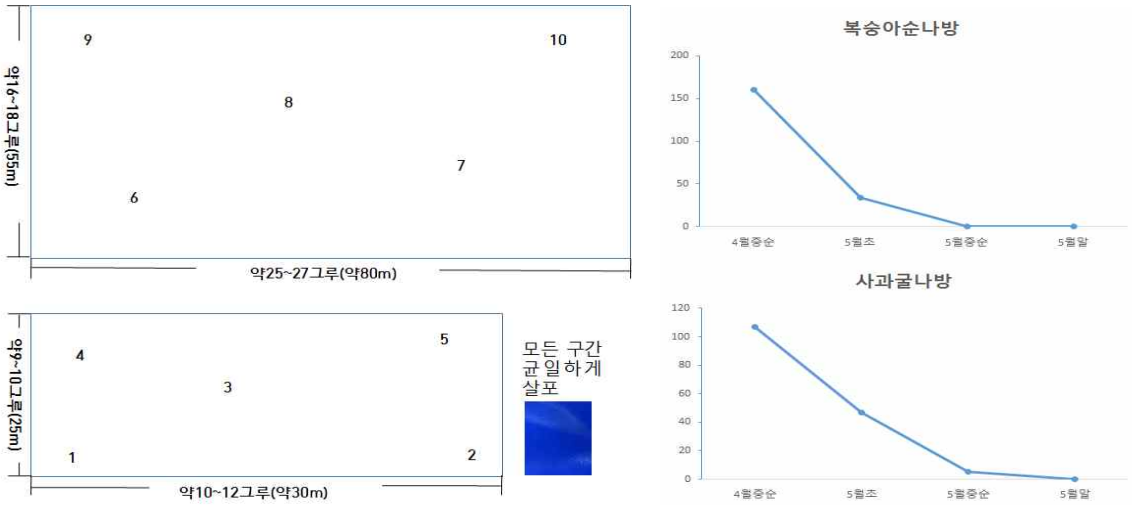


그림 66. 포장 ①에서의 Diflubenzuron 25% 약제에 대한 처리방법 및 방제효과

표 29. 포장 ①에서의 작년대비 **사각지대가 없을 때** Diflubenzuron 25% 약제에 대한 살포 액량 및 해충방제효과

실험날짜	방제대상해충	살포농약	SS기 조건	살포액량	해충방제여부
16.05.11	복숭아순나방 사과굴나방	Diflubenzuron 25%	저속2단 1800rpm 20bar	302L	100%

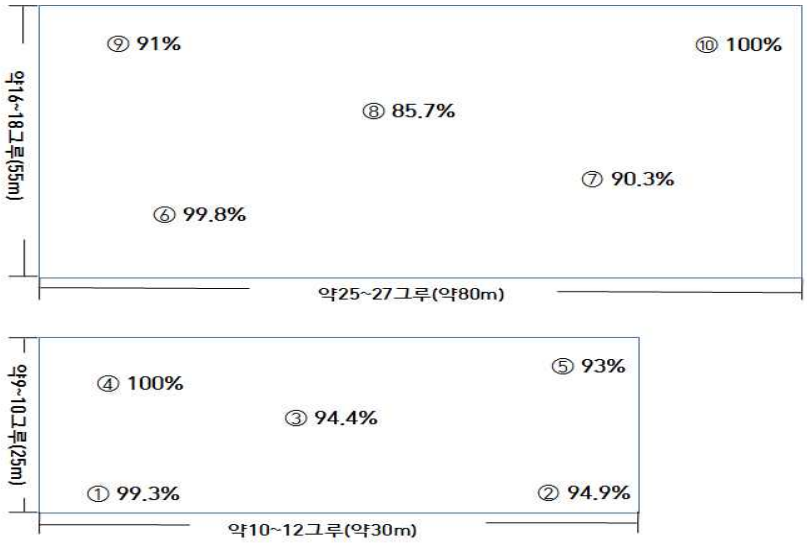


그림 67. 포장 ①에서의 acetamiprid 8% 약제에 대한 처리방법 및 방제효과

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

표 30. 포장 ①에서의 작년대비 **사각지대가 없을 때** acetamiprid 8% 약제에 대한 살포액량 및 해충방제효과

실험날짜	방제대상해충	살포농약	SS기 조건	살포액량	해충방제여부
16.06.07	조팝나무진딧물	Acetamiprid 8%	저속2단 2000rpm 20bar	378L	>95%

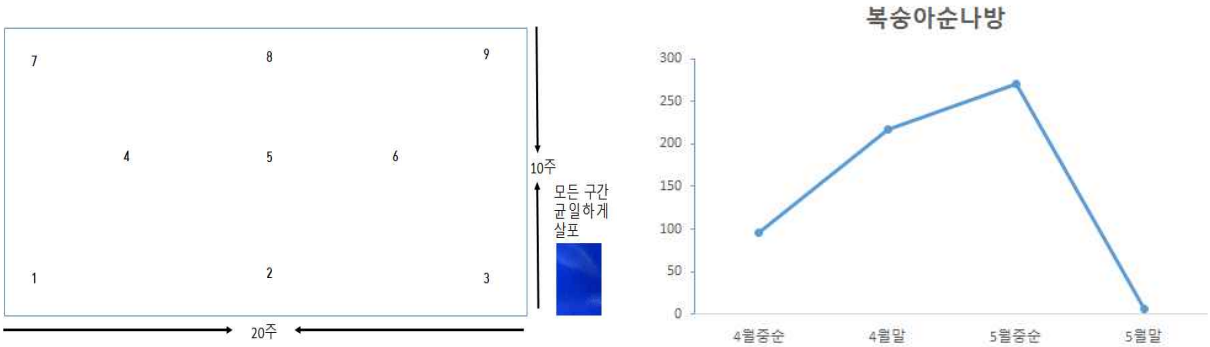


그림 68. 포장 ②에서의 chlorantraniliprole 5% 약제에 대한 처리방법 및 방제효과

표31. 포장 ②에서의 작년대비 사각지대가 없을 때 chlorantraniliprole 5% 약제에 대한 살포액량 및 해충방제효과

실험날짜	방제대상해충	살포농약	SS기 조건	살포액량	해충방제여부
16.05.19	복숭아순나방	Chlorantraniliprole 5%	저속2단 2500rpm 25bar	349L	>97%

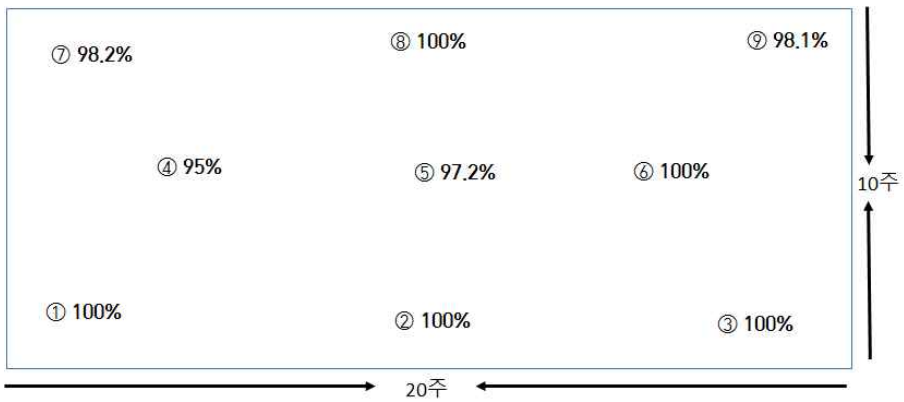


그림 69. 포장 ②에서의 spirotetramat 22% 약제에 대한 처리방법 및 방제효과

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

표 32. 포장 ②에서의 작년대비 **사각지대가 없을 때** spirotetramat 22% 약제에 대한 살포액량 및 해충방제효과

실험날짜	방제대상해충	살포농약	SS기 조건	살포액량	해충방제여부
16.05.30	조팝나무진딧물	Spirotetramat 22%	저속2단 2500rpm 25bar	355L	>99%

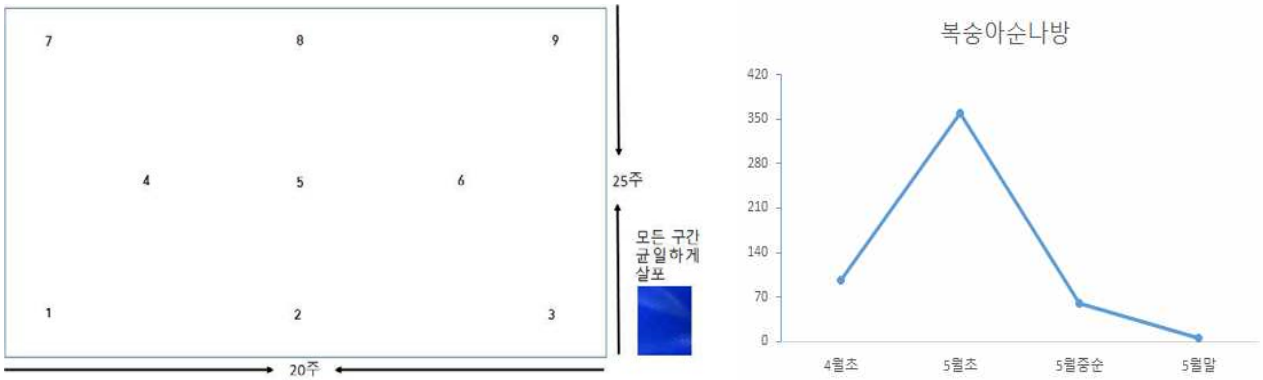


그림 70. 포장 ③에서의 lufenuron 2.5% 약제에 대한 처리방법 및 방제효과

표 33. 포장 ③에서의 작년대비 사각지대가 없을 때 lufenuron 2.5% 약제에 대한 살포액량 및 해충방제효과

실험날짜	방제대상해충	살포농약	SS기 조건	살포액량	해충방제여부
16.05.17	복숭아순나방	Lufenuron 2.5%	저속2단 2000rpm 20bar	378L	>98%

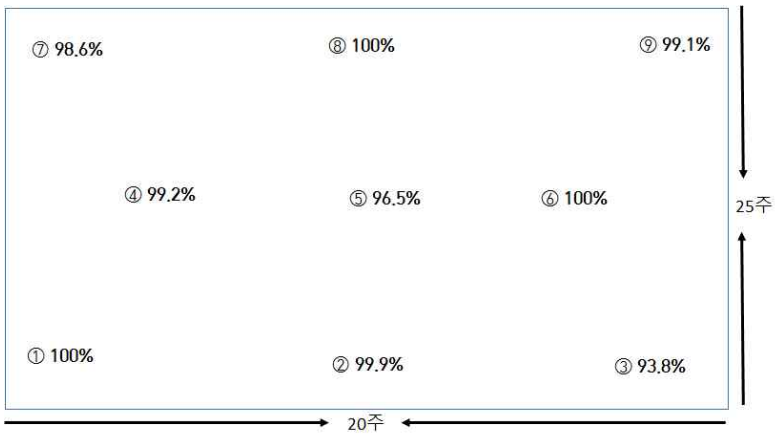


그림 71. 포장 ③에서의 acetamiprid 2.5% 약제에 대한 처리방법 및 방제효과

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

표 34. 포장 ③에서의 작년대비 사각지대가 없을 때 acetamiprid 2.5% 약제에 대한 살포액량 및 해충방제효과

실험날짜	방제대상해충	살포농약	SS기 조건	살포액량	해충방제여부
16.05.30	조팝나무진딧물	Acetamiprid 2.5%	저속2단 2000rpm 20bar	380L	>99%

아. 시설재배지인 파프리카농장에서의 병·충해 방제에 사용 되는 단위면적당 농약의 최적 살포약량

1) 파프리카 시설재배지에서의 최적 해충방제를 위한 농약 약량과 살포방법

살포약량에 따른 목화진딧물의(*Aphis gossypii*) 방제효과를 확인하기 위한 실험은 고추(품종: 신홍)잎을 사용하였다. 초장별에 따른 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis*)의 방제효과를 확인하기 위한 실험은 경주시 양남면 소재 유리온실 농자에서 재배하고 있는 파프리카 작물을 이용하였다. 1m~2m30cm 초장의 파프리카가 혼재되어 있었으며 면적은 약 6,600m^2으로 관행적인 방법에 의해 재배되고 있었다. 목화진딧물에 대하여 pyrifluquinazon 10% WG 약제를 추천배수로 희석하여 분사량(1-10ml)을 달리하여 분사한 후 1,3일차 방제가를 확인하였다. 초장에 따른 약제별 및 살포물량에 따른 방제효과를 조사하기 위하여 처리구를 10a로 설정하였다. 약제당 3반복으로 구간을 나누었고 살포시 약제의 혼용을 막기 위하여 한 구간을 띄워 설정 하였다. U자형 고압 분무기를 이용하여 시험 약제별로 농약사용안전기준의 명시에 따라 표준희석 살포 농약을 잎과 꽃 속에 충분히 묻도록 하여 살포하였다. 초장이 2m20cm(Long)인 파프리카는 농약 살포 시 약액이 작물에 충분히 묻는 살포량인 10a당 250L와 그보다 줄인 125L, 60L를 살포하였다. 1m20cm(Short)의 파프리카는 10a당 125L와 60L, 30L를 살포하였다. 해충방제가는 반복당 50마리 이상의 발생정도를 확인하였고 약제처리 전 및 처리 1,3일 후에 생충수를 조사하였다. 표35의 결과를 보면 살포약량별로 감수지의 변색정도가 다름을 확인할 수 있었다. 변색정도별로 목화진딧물의 살충효과를 확인한 결과는 표36에 명시되어 있다. 0-10ml을 살포 한 후 방제가를 확인한 결과 약 6ml정도의 살포량 이상부터 90%이상의 높은 방제가를 확인할 수 있었다. 식물 초장에 따른 살포물량별 꽃노랑총채벌레의 사충율은 표 40와 표41에서 확인 할 수 있다. 초장이 1m20cm일 때 spinetoram 5% 약제를 약 60L 정도 살포했을 때 약 90.1%의 방제가를 확인할 수 있었고 초장이 2m20cm일 때에는 약 125L정도 살포했을 때 94.9%의 높은 살충효과를 확인할 수 있었다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

표 35. 타워스프레이어를 이용한 Pyrifluquinazon 10%의 살포량에 따른 감수지 변색정도

Pesticide	Application dose (ml)	Discoloration degree of WSP*	Application dose (ml)	Discoloration degree of WSP*
Pyrifluquinazon 10% WG	0		6	
	1		7	
	2		8	
	3		9	
	4		10	
	5			

*WSP : 감수지

표 36. 실내실험을 통한 Pyrifluquinazon 10%의 살포량에 따른 목화진딧물의 사충률

Target pest	Pesticide	Application dose (ml)	Mortality(%) (Mean ± SD*)	
			24hr	72hr
Aphis gossypii	Pyrifluquinazon 10% SC	0	0 ± 0	0 ± 0
		1	23 ± 7	26.6 ± 3.4
		2	23 ± 7	30 ± 5.5
		3	27 ± 3	43.3 ± 6.7
		4	32 ± 8	60 ± 0
		5	60 ± 10	73.3 ± 6.7
		6	80 ± 5	95.3 ± 0.7
		7	72 ± 2	95.6 ± 4.4
		8	77 ± 8	96 ± 2
		9	71 ± 1	96 ± 2
		10	73 ± 7	100 ± 0

표 40. 식물 초장(1m 20cm)에 따른 spinetoram 5%와 spinosad 10%의 살포물량별 꽃노랑총채벌레의 사충률

Target pest	Plant height	Pesticide	Application dose (L/10a)	Mortality(%)	
				24hr	72hr
Frankliniella occidentalis	1m20cm	spinetoram 5% WG	125L	85.5	93.1
			60L	83.2	90.1
			30L	25.5	27.2
		spinosad10% WG	125L	28.5	30
			60L	40.5	45.4
			30L	35	35.8
		Con	-	0	0

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

표 41. 식물 초장(2m 20cm)에 따른 spinetoram 5%와 spinosad 10%의 살포물량별 꽃노랑총채벌레의 사충률

Target pest	Plant height	Pesticide	Application dose (L/10a)	Mortality(%)	
				24hr	72hr
Frankliniella occidentalis	2m20cm	spinetoram 5% WG	250L	89.5	93.5
			125L	93.5	94.9
			60L	65.5	67.5
		Spinosad 10% WG	250L	40.5	44.4
			125L	47.5	49.9
			60L	43.5	47.3
		Con	-	0	0

2) 파프리카 시설재배지에서의 최적의 병해충 방제를 위한 무인방제시스템의 효과

농작물의 병해충을 방제하기 위해 사용되는 농약은 품질 향상 및 수확물의 저장 등 광범위하게 사용되고 있다. 하지만 농약을 사용하더라도 병해충에 적당량이 접촉되지 못하면 생물효과를 기대하기 어렵다. 농약의 적절하지 못한 사용과 방제 방법은 병해충의 저항성 발현을 촉진시킨다. 최근 국내는 파프리카, 오이, 딸기, 토마토, 멜론 등 시설재배지에 농작물을 연작하며 일 년 내내 재배하는 환경 조건으로 되어 있다. 따라서 병해충의 발달이 나날이 증가하는 추세이다. 특히 해충의 경우 년 중 생활환을 이어갈 수 있으므로 해충 번식력이 왕성하여 피해가 심하게 나타나고 있는 것이 특징이다,. 이러한 병해충을 제거하기 위하여 시설재배 안에서 고압식 분무기나 이동식 연무기 등 다양한 종류의 분무기가 사용되고 있다. 또한 최근 아열대성 기후와 시설 재배 환경 때문에 다양한 미세해충의 수가 증가하고 있는 것도 주지의 사실이다. 이러한 미세해충의 서식지가 살포되는 농약이 도달하기 어려운 꽃 속이나 잎 뒷면에 숨어서 농약을 회피하고 살아남아 저항성 해충으로 발달하게 된다. 이러한 해충을 방제하기 위하여 해충의 서식지인 꽃 속이나 잎 뒷면 그리고 높은 농작물에 골고루 살포되어 한번에 완전하게 죽어야 저항성 해충으로 발달되지 않는다. 따라서 시설재배 안에 어느 곳이나 동일한 약량이 부착되도록 하는 연무기가 필요하기 때문에 필요 충족 조건을 만족시키기 위한 시험을 실시하였다. 시험내용은 무인방제기에 살포에 따른 대상 작물의 초장 및 위치에 따라 농약의 부착 여부와 그에 대한 농약 유효성분량 확인과 병해충의 방제효과에 대해 검토하였다.

① 무인방제기의 살포 및 감수지의 부착도

시설재배지에서 일반적으로 사용하는 고압식분무기는 입자가 커서 약제가 잎을 타고 흐르며 잎 끝에 고인 약제의 약흔이 발생되고 뒷면은 약제가 부착되지 않아 방제효과가 나타나지 않는 단점이 있다. 반면에 무인방제기는 초미립자 살포 방식으로 약제절감과 작물의 모든 부분에 약제의 부착율을 높여 지면 손실률을 낮추는 이점이 있다. 무인방제기의 농약 살포에 따른 부착도를 측정하기 위해 감수지를 파프리카 나무의 상, 중, 하를 나누어 잎의 앞, 뒷면에 부착한

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

결과 모든 구역의 감수지가 파랗게 변했다(표 45). 처리구의 감수지는 100%의 부착율을 나타내었으며, 무인방제기의 처리구에서 모두 약제들이 효율적으로 부착되었다.

② 농약 살포에 대한 해충 방제효과

무인방제기 사용에 대한 해충 방제의 효과는 담배가루이(*B. tabaci*)와 목화진딧물(*A. gossypii*)이 발생한 구간에 Pyrifluquinazon 6.5% SC를 살포하여 방제효과를 조사하였다. 모든 실험 구역에 100%의 약제 부착률을 나타내었을 때, 담배가루이(*B. tabaci*)의 방제효과는 24시간 후에 약 77.5%를 나타내었고 72시간 후에는 약 96.4%의 방제효과를 보였다(표 46). 목화진딧물(*A. gossypii*)은 24시간 후에는 약 77.6%를 나타내었고 72시간 후에는 약 97.3%의 방제효과를 보였다(표 47). 고압식 방제기를 사용하여 고농도로 약액이 충분히 흘러내릴 정도로 치지 않아도 무인방제기를 사용하여 충분히 작물에 부착된다면 높은 방제효과를 나타낼 수 있다.

③ 농약 살포에 대한 흰가루병의 방제효과

파프리카에 발생하는 흰가루병(*L. taurica*)은 시설재배지 작물에 가장 문제가 되는 병이며, 다른 흰가루병균과 달리 내부기생성이다. 이 흰가루병(*L. taurica*)은 발병 초기에 잎 뒷면에 발생하기 때문에 육안진단이 어려워 방제 적기를 놓치기 쉽고 약제가 잎 뒷면까지 도달해야 방제를 할 수 있는 어려움이 있다. 무인방제기 사용에 대한 흰가루병(*L. taurica*) 방제의 효과는 흰가루병(*L. taurica*)이 발생한 A-F 구간에 Fluopyram 40% SC를 약제를 살포한 최종약제처리 7일 후 구당 이병엽율을 조사하였다. 약제 방제 효과는 무처리구 이병엽율이 52.2%에 비하여 처리구의 이병엽율은 약 8.8%로 방제가는 83.2%이상으로 나타났다(표 48).

④ 무인방제기 살포에 따른 살충제 유효성분량

무인방제기를 사용하여 농약을 살포한 구역에서 어느 정도 농작물에 부착되는지에 따라 병해충의 방제에 많은 영향을 줄 수 있기 때문에 α-cellulose 종이로 제작한 패치를 이용해 유효성분량을 조사하였다. 그 결과 Fluopyram 40% SC 약제를 살포했을 때 잎의 앞면과 뒷면의 유효성분량이 평균값인 1.30($\mu g/50cm^2$), 1.05($\mu g/50cm^2$) 일 때에도 방제효과는 높게 나타났으며, Pyrifluquinazon 6.5% SC 약제를 살포했을 때 잎의 앞면과 뒷면의 유효성분량이 평균값인 0.62($\mu g/50cm^2$), 0.49($\mu g/50cm^2$) 일 때에도 약제효과는 지속됨을 알 수 있었으며, 전체적으로 잎의 앞면과 뒷면 부착량에는 큰 차이가 나타나지 않았다(표 49). 결론적으로 두 약제는 모든 실험 구역에서 잎의 앞뒷면에 골고루 살포 되었으며, 약제 효과가 지속됨으로 인해 병해충의 방제가도 높게 나타난 것을 알 수 있었다. 시설하우스에서 농약 사용의 안전과 효율적인 방제를 위한 무인방제기의 개발이 방제효율의 증가와 방제 횟수 및 농약 사용량, 잔류농약을 감소할 수 있기 때문에 표준화 개발을 위한 연구가 적극적으로 이루어져야 할 것 이다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

표42. 적용 식물병과 해충에 대한 분무기와 농약 종류

Sprayers type	Pesticide type	Target disease and pest	component
automatic control system (airfog)	Fungicide	*Leveillula taurica*	Fluopyram 40% SC
	Insecticide	*Bemisia tabaci* *Aphis gossypii*	Pyrifluquinazon 6.5% SC

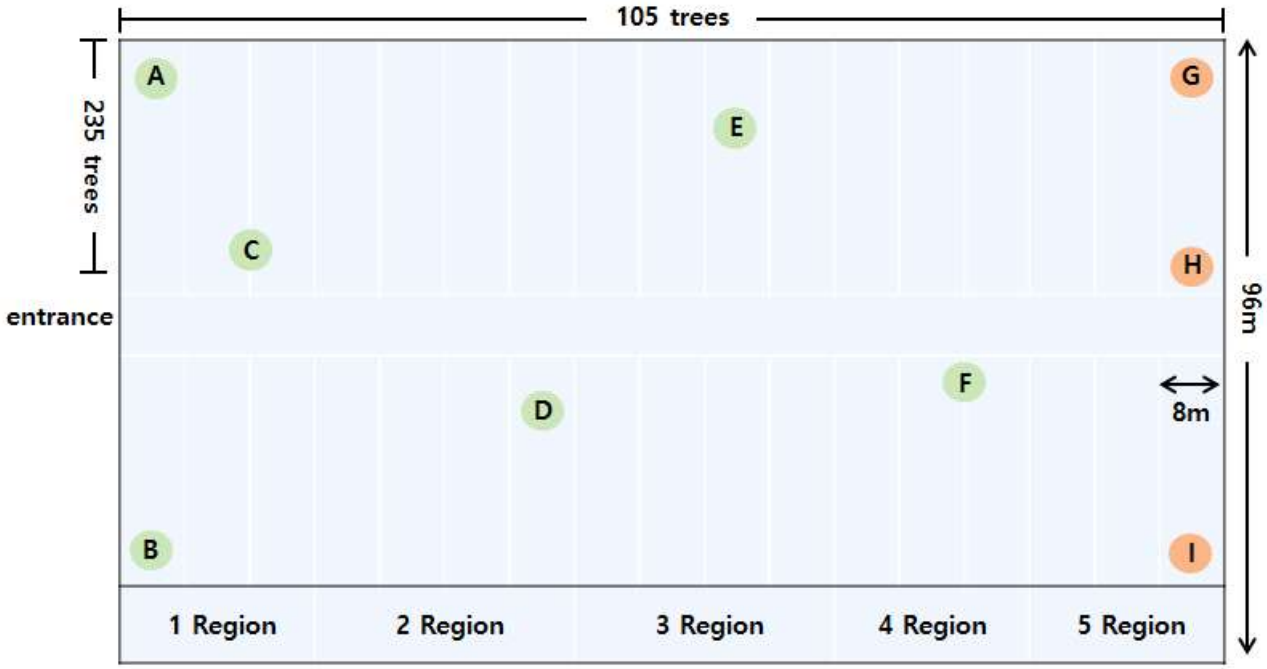


그림72. *Leveillula taurica*(A, B, C, D, E, F), *Bemisia tabaci* 와 *Aphis gossypii* (A-I)의 발생 및 시험 구역

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

표43. 파프리카 시설재배지에서의 에어포그(Airfog)와 시험 조건

Region	Block	Area (pyeong)	Nozzle No.	Application dose(ℓ/min)	Spraying time(min/10a)	Total application dose(ℓ/10a)	WSP※ No.	α - cellulose patch No.
1	3	720	240	32	15	480	54	54
2	4	960	320	43	15	640	18	18
3	4	960	320	43	15	640	18	18
4	3	720	240	32	15	480	18	18
5	3	720	240	32	15	480	54	54
Total	17	4,080	1,360	181	75	2,720	162	162

※ Water-Sensitive Paper(WSP) results were devided randomly into good, fair, poor according to wet the pesticide dose.

그림73. 파프리카 시설재배지에서 에어포그(Airfog)의 시험 방법

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

표44. Pyrifluquinazon 와 Fluopyram의 분석을 위한 HPLC와 LC/MS 조건

HPLC	Instrument	Hewlett Packard SeriesⅡ 1090(USA)
	Column	Phenomenex, Kinetex 2.6μm C18 100A, (100mm x 4.6mm)
	Oven Temp.	30℃
	Injection Volume	10μℓ
	Run time	5 min
	Flow rate	0.7mL/min
	Mobile phase	Acetonitrile with 0.1% formic acid : 0.1% formic acid Water/ 60:40(v/v)
MS	Instrument	Shimadzu LC/MS-2020, Japan
	Tuning Mode	Auto
	Acquisition Mode	SIM (Positive)
	MS-ESI	Ion Monitored; Pyrifluquinazon: 465m/z, Fluopyram: 397m/z Retention time; Pyrifluquinazon: 1.96min, Fluopyram : 3.48min Interface ESI Detector Voltage 1.30kv Interface Voltage 4.50kv DL temp. 250℃ Heat block Temp. 200℃ Nebulizing gas 1.5L/min Drying gas 15L/min

표45. 에어포그(Airfog)에 의한 감수지 변색 정도 확인

Pesticide type	Component	Section	※Change of WSP (good, fair and poor)
Fungicide	Fluopyram 40% SC	All	good
Insecticide	Pyrifluquinazon 6.5% SC		

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

표46. 에어포그(Airfog)의 시험 구역에 대한 *Bemisia tabaci*의 방제가 확인

Pesticide type	Component	Target pest	Section	Mortality(%)	
				24hr	72hr
Insecticide	Pyrifluquinazon 6.5% SC	*Bemisia tabaci*	A	79.1	95.3
			B	85.3	95.7
			C	75.3	94.6
			D	61.0	93.5
			E	63.7	96.7
			F	71.7	97.6
			G	81.2	97.4
			H	91.4	100
			I	88.4	96.3

표47. 에어포그(Airfog)의 시험 구역에 대한 *Aphis gossypii*의 방제가 확인

Pesticide type	Component	Target pest	Section	Mortality(%)	
				24hr	72hr
Insecticide	Pyrifluquinazon 6.5% SC	*Aphis gossypii*	A	80.6	100
			B	87.8	97.8
			C	62.9	96.1
			D	77.2	93.9
			E	73.8	95.2
			F	75.5	100
			G	80.1	97
			H	84.3	100
			I	75.8	95.8

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

표48. 에어포그(Airfog)의 시험구역별에 대한 *Leveillula taurica*의 발병율 및 방제가

Pesticide type	Component	Target disease	Section	Diseased leaf(%)	Control value(%)
Fungicide	Fluopyram 40% SC	*Leveillula taurica*	A	8.7	83.4
			B	12.7	75.7
			C	9.3	82.1
			D	7.3	86
			E	5.3	89.8
			F	9.3	82.1
			Con	52.2	0.0

표49. 살포물량에 따른 파프리카 시설재배지에서의 Fluopyram 40% SC 와Pyrifluquinazon 6.5% SC 의 농약부착량 확인

Compound	Position of leaf	Amount of compound (㎍/50㎠patch)			Average (㎍/50cm^2)
		High	Middle	Low	
Fluopyram 40% SC	Front	1.27	1.31	1.32	1.30
	Back	2.54	0.26	0.34	1.05
Pyrifluquinazon 6.5% SC	Front	0.57	0.65	0.65	0.62
	Back	1.30	0.07	0.11	0.49

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

○ 영농활용자료 선택확정

- 영농기술정보 작성양식

제목	사과원에서의 해충방제를 위한 최적농약 살포물량 설정
활 용 분 야	농산물안전성
활 용 내 용	○ 목적 현재 국내의 농약 안전사용 지침에는 선진국에서 규정하고 있는 농작물 단위면적당 농약 총사용 유효함량에 대하여 제시하지 않고 있다. 우리나라에서는 사용적기 및 방법, 희석배수에 의한 사용약량, 사용 시기 및 처리횟수만 규정하고 있다. 이는 빈번하게 발생하고 있는 농산물의 무역에 안전성에 대한 저해요인으로 대두되기 시작한다. 따라서 사과 재배 농가의 농약의 최적 살포액량 규정화하기 위하여 시도되었다. 노지 사과원 농약 살포시 단위면적당 살포물량은 10a당 450L가 일반적인 기준이지만 350-400L로 줄일 수 있는 결과가 도출되었다. 결론적으로 살포자가 사각지대가 발생되지 않도록 모든 구역에 균일하게 살포한다면 방제는 문제없을 것으로 사료되어 농가에 영농활용자료로 활용하고자 하였다. ○ 방법 노지의 사과밭에서 SS기분무기를 이용하여 현재 일반적 살포물량인 10a당 450L를 350L정도로 낮추어 농약을 살포하기 전에 살포자를 모르게 다른 사람이 감수지를 부착하여 사각지대를 확인하면서 전면적 골고루 살포하는 습관을 만든다. 현재 등록된 농약이 방제가 낮거나 해충의 저항성발달 등으로 방제가 낮은 경우보다도 본연구결에 의하면 대부분 처리방법의 미숙으로 발생되는 경우가 많다. 살포자는 특별히 사각지대가 발생하지 않도록 주의하면서 SS기의 살포시간, 분무속도, 분무압 등의 살포특성 조사하고, 감수지를 이용한 재배지내 농약불량살포 구역을 재확인하면서 살포한 다음 발생되는 해충을 관찰해보고 점차적으로 농약 살포물량을 감소시켜 나가면 농약 저감은 확실하다..

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

<table>
<tr><td></td><td colspan="8">○ 효과
현재 농가 사과원에서 사용되는 농약 총함량에 대한 규정이 없어서 불필요한 농약이 많이 사용되고 있다. 병해충에 방제효과에 최적의 농약을 사용하므로
첫째 수출용 및 내수의 사과에 대한 안전성에 대한 신뢰가 높아지는 것이다. 특히 사과의 안전성에 염려되어 최상의 높은 영양성분을 깎아서 버리는 우리나라의 풍습이 바뀌도록 하여 국민의 영양섭취에 도움이 된다.
둘째, 사용자인 농가에 농약사용을 10a당 50에서 100L정도 감소시키므로 농자제값의 절약으로 소득이 증가 된다.
셋째, 소비자의 안전성뿐만 아니라 사용자측면의 농약노출 감소로 농민건강 유지할 수 있다.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">활 용 구 분 *</td><td colspan="4">영농기술</td><td colspan="4">영농정보</td></tr>
<tr><td>신기술
보급
지원사업</td><td></td><td>현장실증
현장접목
과제</td><td>○</td><td>농업기술
길잡이</td><td>○</td><td>교육・현장
연시</td><td></td></tr>
<tr><td>연 구 개 발 자</td><td colspan="8">충남대학교 유용만 (042-821-5763, ymyu@cnu.ac.kr)
충남대학교 임치환 (042-821-7883, chlim@cnu.ac.kr)
국립농업과학원 권혜영(063-238-3225, kwonhy91@korea.kr)</td></tr>
</table>

<현장실증 또는 현장접목과제 대상 영농기술>

1. 현황 및 문제점

○ 현재 국내의 농약 안전사용 지침에는 선진국에서 규정하고 있는 농작물 단위면적당 농약 총사용 유효함량에 대하여 제시하지 않고 있다. 우리나라에서는 사용적기 및 방법, 희석배수에 의한 사용약량, 사용 시기 및 처리횟수만 규정하고 있다. 이는 빈번하게 발생하고 있는 농산물의 수출입 무역에 안전성에 대한 저해요인으로 대두되기 시작한다.

○ 국내에서 사용되는 농약에 대한 저항성발달이 외국에 비하여 빠르게 나타나는 원인중 하나는 농약 살포할 때에 발생하는 사각지대의 병해충이 적정량의 농약보다 낮게 노출되기 때문이다. 따라서 농약 살포에 영향을 미치는 분무기 및 노즐의 조건, 살포자의 습관, 작물재배방법 등의 개선을 위한 연구개발이 필요하다.

○ 국내에서 지금까지 소비자 중심의 안전성에 초점을 두고 연구개발 해왔기 때문에 사용자에 노출되

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

는 정도는 잘 파악되지 못하고 있다. 따라서 포장에서 최적의 살포방법이 개발되어 사용자의 안전을 고려해야 된다.

○ 따라서 농약을 살포하는 현장에서 안전규정을 지키는 살포방법에 대하여 연구하고 지침을 만들어서 농민의 교육 자료를 제공하여야 한다.

2. 과제 배경

○ 과제 발굴 · 심의

- 농약 안전성관련 전문가들과 관련부서의 요구로 가장 일반적이며 최적의 작물인 사과를 선택하여 농약의 최적 살포액량 규정화 자료

○ 중간진도관리, 결과활용평가, 지도기관 협의

- 유사과제 모든 연구자들이 모여서 전문가와 현장농업인, 농약회사 등의 관련자이 모여서 심도 있는 토의와 일반정보자료를 참고로 하여 진도관리를 수행하고 있다.

○ 농약의 살포과정은 다양한 환경조건, 병해충, 작물종류, 살포자의 습관, 농약종류, 살포기기의 종류에 따라서 결과의 차이가 발생하므로 최소 3장소, 3반복, 3년 정도의 조건을 완성해 놓고 결정하는 것이 민원 소지를 감소시킬 수 있다.

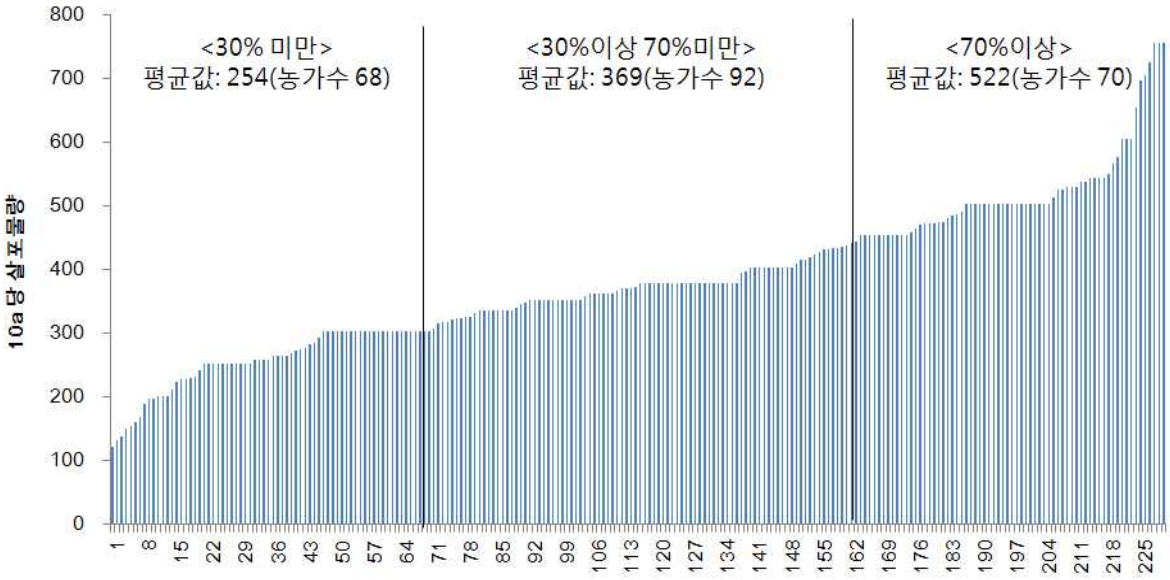
3. 현장실증 또는 현장접목 내용

○ 사과원 농약 살포시 살포자에 의해 모든 구역에 사각지대가 발생하지 않도록 균일하게 살포하면 현재 일반적으로 10a당 450L의 살포물량을 350-400L로 줄여도 방제력에는 문제없을 것으로 사료되어 농가에 영농활용자료로 활용하고자함

○ 조사내용 :

- 1차 년도(2014년)에 사과원의 살포물량 조절 가능성을 확인 ⇒ 2차 년도(2015년)에는 농가현장에서 SS기분무기를 이용하여 살포물량 기준인 10a당 450L보다 낮게 처리하여 해충 방제가능성을 검토(농가1, 2, 3)

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다



<국내 사과 농가별 스피드스프레이어의 살포물량 현황>

* 조사결과 중 100 L미만, 800 L 이상 살포물량의 응답은 제외함

☞ 스피드스프레이어 사용 농가중 10a당 살포물량이 하위 30%미만 농가의 평균 살포물량은 254L, 30%이상 70%미만 농가의 살포물량은 369L, 상위 30%이상 농가의 살포물량은 522L 였음.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

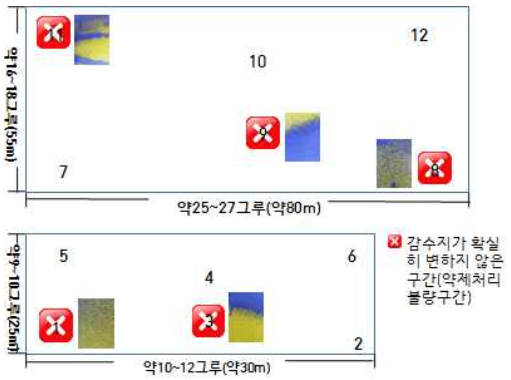
실험년도	2014			2015		
실험날짜	4월15일	5월14일	6월16일	4월17일	5월17일	6월1일
나무상태	잎X, 과실X	잎O, 과실X	잎O, 과실(작게)	잎X, 과실X	잎O, 과실X	잎O, 과실(작게)
방제대상해충	복숭아순나방 은무늬굴나방	조팝나무진딧물 (예방목적)	조팝나무진딧물	복숭아순나방 은무늬굴나방	조팝나무진딧물 (예방목적)	조팝나무진딧물
살포농약	모스피란 (acetamiprid 8%)	똑소리 (clothianidin 8%)	만장일치 (Acetamiprid 2.5%)	모스피란 (acetamiprid 8%)	빅카드 (clothianidin 8%)	만장일치 (acetamiprid 2.5%)
SS분무기 분무속도	저속2~3단	저속2~3단	저속2~3단	저속2단	저속2~3단	저속2단
분무압	2,000rpm 20bar	2,500rpm 20~25bar	2,500rpm 20bar	1,700~1,800rpm, 20bar	2,000rpm 20bar	2,000rpm 20bar
살포액량(10a)	372L	452L	453L	302L	378L	378L
살포시간(10a)	약18분	약23분	약25분	약18분	약18분	약20분
미살포구역 유무	SS기로 살포 시 코너 부분은 약제가 잘 살포되지 않음			작년도에 비해 살포불량구간은 감소됨		
해충방제여부	나방류는 성페로몬트랩 조사시 100%의 방제효과를 나타냈고, 진딧물류는 약제살포 양호구간은 100%의 방제효과를 나타냄			나방류는 성페로몬트랩 조사시 95%이상의 방제효과를 나타냈고, 진딧물류는 약제살포 양호구간은 100%의 방제효과를 나타냄		
약제처리불량 구간(평균)						
패치면적당 평균 부착량 (㎍/50㎠)	73.15	-	63.25	28.66	50.21	-

표1. 농가1의 농약살포액량에 따른 조건 및 해충방제가 결과

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

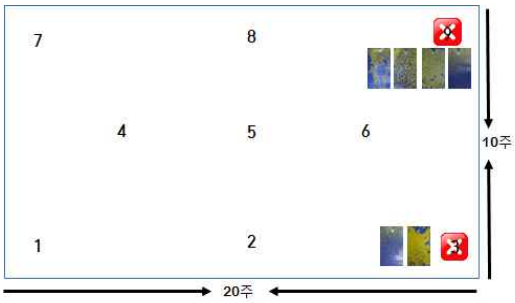
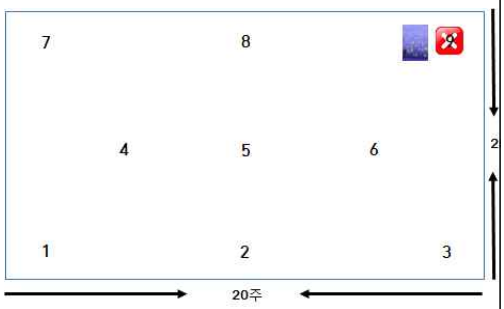
실험농가	포장2			포장3		
실험날짜	4월21일	5월17일	5월29일	4월21일	5월14일	6월9일
나무상태	잎X, 과실X	잎O, 과실X	잎O, 과실(작게)	잎X, 과실X	잎O, 과실X	잎O, 과실(작게)
방제대상해충	복숭아순나방	복숭아순나방	조팝나무진딧물	복숭아순나방	복숭아순나방	조팝나무진딧물
살포농약	모스피란 (acetamiprid 8%)	알타코아 (chlorantraniliprole 5%)	코니도 (imidacloprid 10%)	모스피란 (acetamiprid 8%)	비락탄 (flubendiamide 16%)	세티스 (flonicamid 10%)
SS분무기 분무속도	저속2단	저속2단	저속2단	저속3단	저속3단	저속2~3단
분무압	2,500~3,000 rpm 25bar	2,500~3,000 rpm 25bar	2,500~3,000 rpm 25bar	2,000rpm 20bar	2,000rpm 20bar	2,000rpm 20bar
살포액량(10a)	349L	352L	355L	378L	380L	380L
살포시간(10a)	약9분	약10분	약14분	약14분	약14분	약15분
미살포구역 유무	SS기로 살포 시 2곳의 코너 부분이 약제가 잘 살포되지 않음			대체적으로 살포가 양호함		
해충방제여부	나방류는 성페로몬트랩 조사시 95%의 방제효과를 나타냈고, 진딧물류는 약제살포양호구간은 95%의 방제효과를 나타냄			나방류는 성페로몬트랩 조사시 95%의 방제효과를 나타냈고, 진딧물류는 약제살포양호구간은 95%의 방제효과를 나타냄		
약제처리불량 구간(평균)						
패치면적당 평균 부착량 (㎍/50㎠)	41.61	14.9	-	33.52	54.22	-

표2. 포장2와 포장3의 농약살포액량에 따른 조건 및 해충방제가 결과

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

4. 기대효과

○ 사과원에서의 농약살포액량을 감소시킴으로서 농약 사용률을 10% 경감

○ 수출입용 농산물에 대한 안전성확보로 신뢰성 증가

○ 국내 모든 농작물에 대한 단위면적당 총 유효함량의 저감화 연구필요

○ 소비자의 안전성뿐만 아니라 사용자측면의 농약노출 감소로 농민건강 유지

○ 경제성 분석

손실적 요소(A)	이익적 요소(B)
o 증가되는 비용: 없음	o 증가되는 이익 - 연간 평균 사과원 단위면적당 농약사용량 = 27.1kg a.i./ha - 1ha당 농약절감액=(27.1kg a.i./ha × 5000)×0.1 = 13,550원/ha - 사과재배면적 (13년도기준)에 따른 농약절감액 = 30,000ha × 13,550 = 406.500천원 - 계(B) : 406,500천원
o 농약절감액(B) = 406,500천원	

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

<농업기술길잡이 대상 영농정보>

1. 필요성

- 국내 사과밭의 병해충의 방제를 위하여 사용되는 농약은 450L/10a로 알려져 있음. 그러나 앞으로는 사과의 수출입에서 단위면적당 살포되는 농약유효성분 총량을 제시하게 됨. 따라서 최저, 최적농약살포방법을 연구하여 350L정도로 저감할 필요성이 있음

참고 농업기술길잡이 - 사과재배, 제7장 병해충방제, 2013, 최경희, 도윤수

2. 개정 내용

개정전	개정후
- 사과에 발생하는 병해충에 대하여서는 구체적이고 과학적으로 기술 되어있나 이를 방제하는 농약이나 농약사용방법에 대한 기술이 미흡하므로 이를 종합적 방제기술과 더불어 농약안전사용에 대하여 기술이 필요하다 고 사료됨	- 농작물에 발생하는 병해충의 보호를 위하여 사용되는 농약은 지금까지 대부분 일반적으로 농약의 효과가 떨어진다고 생각하여서 농약이 땅에 떨어질 때까지 충분하게 처리하였음 - 그러나 농약문제보다 농약처리방법에서 처리자의 습관으로 분무기의 종류나 처리할 때 사각지대의 발생이 농약의 최저유효성분마저 도달하지 못하는 경우가 많음 - 이로 인하여 살아있는 해충이 저항성 돌발해충으로 발달하여 농약사용량을 증가시키는 주요 원인되고 있음 - 본 연구결과에 의하여 농약을 감소시키면 살포자가 가장 불안해하는 낮은 방제가를 해결하여주기 위하여 감수지에 의한 사각지대를 찾고 죽지 않은 해충 발견하여 원인을 제거하였음 - 따라서 방제가는 농약의 약효보다 사각지대가 문제라는 것을 확인하고 철저하게 완전처리하면 농약의 감소는 전혀 문제가 없다는 것을 확인하게 되었음
농업기술길잡이 책자명 : **사과재배**, 개정이 필요한 쪽 : 213-299	

3. 파급효과

- 현재 국내의 모든 작물(사과밭)의 병해충보호를 위하여 사용되는 농약은 작물에서 충분히 묻도 록하며 잎에서 농약이 흘러내리도록 하라고 권장하고 있음
- 그러나 살포자가 분무기의 제원을 조절하면서 사각지대가 발생하지 않도록 주의하며 농약을 처리하면 10-20%의 농약을 저감할 수가 있음
- 이것은 부적합 율을 낮추어 소비자의 신뢰성을 높이며 사용자에게도 농약의 노출을 감소시킴으로 안전 및 건강에 도움이 됨
- 또한 수출입에서도 농산물의 안전성 및 신뢰도를 확보하여 소득으로 이어짐

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

[붙임 8] 영농기술정보 작성양식

제목	**파프리카 시설재배지에서의 해충방제를 위한 농약의 최적 살포방법**
활용분야	농산물안전성
활용내용	○ **목적** - 최근 국내의 시설재배지가 급속하게 증가하면서 각각의 시설에 따른 저항성 병해충이 증가하는 추세이다. - 저항성해충의 발달원인을 조사한 결과 농약의 살포방법에서 사각지대가 발생하므로 이에 따른 문제해결을 제시한다. - 시설재배지의 농작물의 재배형태, 곤충의 생리생태 등 환경에 따른 농약살포 방법의 개선을 위하여 시설재배 안에서 모든 곳이 골고루 살포되는 무인방제 시스템인 에어포그(AirFog)를 도입하여 살충활성을 검토하였다. - 따라서 농작물에 피해를 주는 모든 해충에 적정량의 농약이 접촉되어야만 죽는 에어포그식의 사용을 적극 추천하게 되었다. ○ **방법** - 시험에 사용된 기기는 시설하우스에 설치된 에어포그로서 압축 공기가 분사되면서 물 입자를 미세하게 분무하는 저압식 초미립자 살포노즐을 이용하여 저압에서도 미세한 분무가 가능하다. - 기존의 고압문부 방식은 노즐의 막힘이 많고 노후에 의한 파열시 보수가 원활하지 못하며, 낙수문제 등의 단점이 있다. 에어포그는 이러한 단점을 보완하여 노즐 구경이 0.8mm로 고압식 대비 16배 정도 넓어 어떤 종류의 약제를 사용하여도 막힘이 거의 없고, 수압은 2-6kg f/㎠이며 입자크기는 20-60㎛로 미세 입자 형태로 저압분무하여 바닥이 거의 젖지 않고 손쉬운 교체 작업으로 농가 자체에서 수리가 가능한 이점이 있다. - 결과적으로 고농도의 약액이 충분히 흘러내릴 정도로 살포하지 않아도 에어포그를 사용하여 충분히 작물에 부착된다면 병해충에 대하여 높은 방제효과를 나타낼 수 있다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

<table>
<tr><td></td><td colspan="8">○ 효과
- 에어포그 사용에 대한 이점은 초미립자(ULV)살포로 방제 효과 증대, 저항성해충의 감소, 약제 살포 자동화로 농가 노동력 절감, 작업자의 농약중독 문제 해결, 약제사용량 절감으로 친환경적 방제가 가능할 것으로 사료된다.
- 최종적으로 사용자에게 농약의 노출을 감소시킴으로 안전 및 건강에 도움이 되고 수출입에서도 농산물의 안전성 및 신뢰도를 확보하여 소득으로 이어질 수 있을 것으로 예상된다.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">활 용 구 분 *</td><td colspan="4">영농기술</td><td colspan="4">영농정보</td></tr>
<tr><td>신기술
보급
지원사업</td><td></td><td>현장실증
현장접목
과제</td><td>○</td><td>농업기술
길잡이</td><td></td><td>교육・현장
연시</td><td></td></tr>
<tr><td>연 구 개 발 자</td><td colspan="8">충남대학교 유용만 (042-821-5763, ymyu@cnu.ac.kr)</td></tr>
</table>

<현장실증 또는 현장접목과제 대상 영농기술>

1. 현황 및 문제점

○ 최근 FTA등으로 농산물의 수출입이 빈번하게 일어나면서 농약에 대한 안전사용이 더욱 필요하게 되었다. 그러나 단위면적당 농약사용 총량에 대한 정확한 연구 결 과가없어 근거 자료가 필요하게 되었다. 따라서 단위면적당 현재 사용하는 농약 의 총량을 최적화 할 수 있는 살포물량 규정화를 위하여 시도되었다.

○ 국내에서 사용되는 농약에 대한 저항성발달이 외국에 비하여 빠르게 나타나는 원인은 일률 적인 농약선발 및 농약 살포할 때에 발생하는 사각지대의 병해충이 적정량의 농약보다 낮 게 노출되기 때문이다. 따라서 농약 살포에 영향을 미치는 분무기 및 노즐의 조건, 살포 자의 습관, 작물재배방법 등의 개선을 위한 연구개발이 필요하다.

○ 국내에서 지금까지 소비자 중심의 안전성에 초점을 두고 연구개발 해왔기 때문에 사용자에 노출되는 정도는 잘 파악되지 못하고 있다. 따라서 포장에서 최적의 살포방법이 개발되어 사용자의 안전을 고려해야 된다.

2. 과제 배경

○ 노지의 사과밭에서 SS기분무기를 이용하여 일반적 살포물량인 10a당 450L를 350L 정도로 낮추어 농약을 살포하여 실험 한 후 살포자가 사각지대가 발생되지 않도록 모든 구역에 균일하게 살포한다면 방제는 문제없을 것으로 사료되었다.

○ 따라서 시설재배지의 대표적인 작물인 파프리카에서도 살포물량에 따른 저감 방 법, 생물

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

효과 검정, 사각지대 검토, 농약잔효 및 잔류분석, 농가현장 적용 검토를 시도하였다.

○ 국내의 작물보호제 지침서에는 작물명, 적용해충, 사용적기 및 방법, 물 20L당 사 용 약량, 시기 및 횟수만 명시되어 있고 단위면적당 농약성분 총량에 대한 규정은 표준화되어 있지 않다. 사용방법에는 약액이 작물에 충분히 묻도록 골고루 살포"만 명시되어 있는데 이렇기 때문에 등록약제에 대한 저항성이 발달하면서 농약의 혼합제 수나 살포횟수가 점점 증가하여 안전성에 문제로 대두되는 실정이다.

○ 이전 보고에 의하면 파프리카는 생육정도에 따라 약량이 달라지는데 어릴 때에는 10a당 60-90L, 생육왕성기에는 10a당 180-270L정도 소요된다고 알려져 있다. 정확한 살포물량이 표준화 되어야 저항성 문제에 있어서도 농약사용량이 많아지는 원인을 줄일 수 있는 가능성을 검토할 수 있고 저항성 문제와 더불어 농약공급지, 살포방법 등을 개선한다면 농약사용량을 저감할 수 있을 것으로 사료된다.

3. 현장실증 또는 현장접목 내용

○ 작년도 과제 수행 시(2015)에 무인연무기 및 U자형분무기를 사용하여 살포물량에 따른 실험을 시도하였다.

○ U자형 분무기를 사용하여 살포물량별 해충 방제력을 확인하기 위해 10a당 500L, 10a당 250L, 10a당 125L의 농약을 살포하여 방제효과를 실험한 결과 10a당 125L로 살포했을 때 방제가가 다소 낮아짐을 확인하였다.

○ U자형 분무기 보다 최적의 살포방법을 찾고자 무인연무기를 사용하여 살포물량별 방제 력을 살펴본 결과 10a당 100L 이하를 살포하여 실험을 진행하였으나, 무인연무기 특성상 파프리카 시설재배지처럼 규모가 큰 온실에서는 식물체에 도달하는데 한계 가 있어서 골고루 살포되지 못하여 방제효과가 미비한 결과를 나타냈다

○ 따라서 농약살포방법을 개선하고자 무인방제 시스템인 에어포그(AirFog)를 도입하여 저 항성 해충 문제 해결 및 사각지대를 없애 최적의 살포물량으로 방제 가능성 검토 하고자 한다.

○ 에어포그의 특성

- 저압식 초미립자(ULV) 살포노즐 → 입자크기 50㎛ 이하
- 노즐직경 = 0.8mm → 막힘 예방 (일반 고압노즐 대비 16배)
- 살포거리 최대 = 8m → 살포거리 조정가능
- 적량의 약제로 방제 효과 증대 → 적정 살포물량, 부착 정도가 중요
- 효율적인 약제살포 방법 중요 →초미립자(ULV) 살포
- 약제 절감 → 바닥이 젖지 않음

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

그림 1. 에어포그(AirFog)

그림 2. 파프리카 시설재배지에서 새로운 분무형식인 에어포그 활용가능성 실험

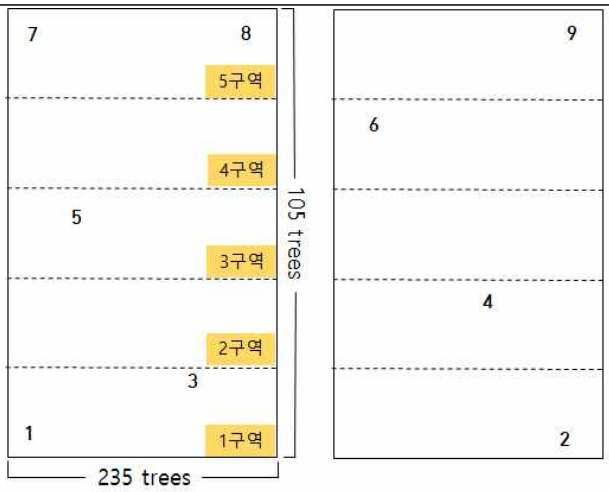


그림 3. 파프리카 시설재배지의 에어포그 설치 현황 및 실험구역

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

구 역	동(수)	면적(a)	노즐갯수	노즐 살포량 (ℓ/min)	살포 시간 (분)	살포량 (희석액) (ℓ/10a)	비고
1 구역	3	23	240	32	15	208	적용약제 : 팡파레에스(액상수화제), 250㎖/병 적용해충 : 가루이, 진딧물류 시험살포 : 현재 적용작물(파프리카)의 초장이 커서 표준사용량보다 많은량을 살포 [참고] → 초장에 따라 희석량 조정 권장 희석량 = 2000배 / 1,000배 권장 사용량 = 희석액 기준 300평 200ℓ
2 구역	4	31	320	43	15	208	
3 구역	4	31	320	43	15	208	
4 구역	3	23	240	32	15	208	
5 구역	3	23	240	32	15	208	
합계	17	131	1,360	181	75		

표 1. 파프리카 시설재배지의 에어포그 설치 현황 및 조건

농약명	살포기기	구역	감수지의 피복상태
Pyrifluquinazon 6.5% SC, Fluopyram 40% SC	Remote controlled sprayer (airfog)	모든 구역	좋음
		Con	-

표 2 . 파프리카 시설재배지의 에어포그에 따른 구역별 감수지(170개) 피복 상태

살포기기	농약명	적용해충	구역	감수지의 피복상태	방제가(%) (Mean ± SE)
automatic control system (airfog)	Pyrifluquinazon 6.5% SC	*Bemisia tabaci*	모든 구역	상	96.4±3.3
		Aphis gossypii			97.3±3.5

표 3. 파프리카 시설재배지의 에어포그에 따른 구역별 해충 방제가

4. 기대효과

- 현재 국내의 모든 작물(파프리카)의 병해충보호를 위하여 사용되는 농약은 작물서 충분히 묻도록하며 잎에서 농약이 흘러내리도록 하라고 권장하고 있다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

- 그러나 최적의 살포방법으로 사각지대가 발생하지 않도록 농약을 처리하면 20-30%의 농약을 저감할 수가 있다.
- 지속적으로 사용하는 농약에 대한 해충의 저항성 문제도 함께 해결해야 한다.
- 에어포그 사용에 대한 이점은 초미립자(ULV)살포로 방제 효과 증대, 약제살포 자동화로 농가 노동력 절감, 작업자의 농약중독 문제 해결, 약제사용량 절감으로 친환경적 방제가 가능할 것으로 사료된다.
- 최종적으로 사용자에게 농약의 노출을 감소시킴으로 안전 및 건강에 도움이 되고 수출입에서도 농산물의 안전성 및 신뢰도를 확보하여 소득으로 이어질 수 있을 것으로 예상된다.

○ 경제성 분석

손실적 요소(A)	이익적 요소(B)
o 증가되는 비용: 없음	o 증가되는 이익 - 연간 평균 파프리카 단위면적당 농약사용량 = 10.6kg a.i./ha - 1ha당 농약절감액=(10.6kg a.i./ha × 5000)×0.1 = 5,300원/ha - 파프리카재배면적 (14년도기준)에 따른 농약절감액 = 386ha × 5,300 = 2,045,800 - 계(B) : 2,045,800
o 농약절감액(B) = 2,045,800	

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

농약노출량산정시 파프리카 시설재배지에서의 살포물량 추가

1. 건의부서

○ 농촌진흥청 농자재산업과 담당자 : 김영림 (☎ 063-238-0825)

2. 현황 및 문제점

○ 우리나라에서는 농약사용 지침에서 사용적기 및 방법, 희석배수에 의한 사용약량, 사용시기 및 처리 횟수만 규정하고 있으며, 선진국에서 규정하고 있는 농작물 단위면적당 농약 사용 총 유효함량에 대한 규정이 없음.

○ 따라서 단위면적당 농약사용 총량에 대한 정확한 근거 자료가 필요하게 되어 경작하는 농작물의 단위면적에 사용하는 농약의 총량을 최적화 할 수 있는 규정화의 목적으로 시도됨

<현행제도·정책>

○ 국내의 작물보호제 지침서에는 작물명, 적용해충, 사용적기 및 방법, 희석배수, 시기 및 횟수만 명시되어 있고 단위면적당 농약성분 총량에 대한 규정이 명시되어 있지 않음

3. 제도개선 내용

○ 경작하는 농작물의 단위면적당 사용하는 농약 총량의 규정화

4. 제도개선 반영 기대효과

○ 수출입농산물의 안전성확보로 소비자의 신뢰 및 국제시장에서 국내 농산물의 인지도 향상

○ 농약사용의 저감화(10~20%)와 농민의 소득증대

5. 제안자

○ 유용만, 충남대학교 응용생물학과 (042-821- 5763, ymyu@cnu.ac.kr)

6. 근거과제(농촌진흥사업 종합관리시스템 과제코드 : PJ10043)

○ 농약 살포기기 · 방법 표준화 및 농약제품 용기 · 제형 그룹화

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

< 세부연구결과 >

제 목	농약노출량산정시 파프리카 시설재배지에서의 살포물량 추가					
건 의 부 서	농촌진흥청 농자재산업과 담당자 : 김영림 (☎ 063-238-0825)					
건 의 분 야	농산물안전성					
개 선 내 용 요 약	단위면적당 현재 사용하는 농약의 총량을 최적화 할 수 있는 살포물량 규정화					
소 과 제 명	농약 살포기기 · 방법 표준화 및 농약제품 용기 · 제형 그룹화 전산코드 : PJ10043					세부사업명
세부과제명	농작물중 방제 대상(병 · 해충, 잡초)별 최적 약효발현 살포량 평가연구					-
구 분	어젠다	1	대과제	3	중과제	9
구 분	분야	기타	작목	농산물안전성	기술유형	안전농산물/농자재
연구개발자	소속기관		성명	전화번호	E-mail	
	충남대학교		유용만	042-821-5763	ymyu@cnu.ac.kr	
공동개발자	충남대학교		임치환	042-821-7883	chlim@cnu.ac.kr	
	국립농업과학원		권혜영	063-238-3225	kwonhy91@korea.kr	

1. 현황 및 문제점

○ 최근 FTA등으로 농산물의 수출입이 빈번하게 일어나면서 농약에 대한 안전사용이 더욱 필요하게 되었다. 그러나 단위면적당 농약사용 총량에 대한 정확한 연구 결과가 없어 근거 자료가 필요하게 되었다. 따라서 단위면적당 현재 사용하는 농약의 총량을 최적화 할 수 있는 살포물량 규정화를 위하여 시도되었다.

○ 국내에서 사용되는 농약에 대한 저항성발달이 외국에 비하여 빠르게 나타나는 원인은 일률적인 농약선발 및 농약 살포할 때에 발생하는 사각지대의 병해충이 적정량의 농약보다 낮게 노출되기 때문이다. 따라서 농약 살포에 영향을 미치는 분무기 및 노즐의 조건, 살포자의 습관, 작물재배방법 등의 개선을 위한 연구개발이 필요하다.

○ 국내에서 지금까지 소비자 중심의 안전성에 초점을 두고 연구개발 해왔기 때문에 사용자에 노출되는 정도는 잘 파악되지 못하고 있다. 따라서 포장에서 최적의 살포방법이 개발되어 사용자의 안전을 고려해야 된다.

<농업제도 · 정책>

○ 국내의 작물보호제 지침서에는 작물명, 적용해충, 사용적기 및 방법, 물 20L당 사용약량,

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

시기 및 횟수만 명시되어 있고 단위면적당 농약성분 총량에 대한 규정은 표준화되어 있지 않다. 사용방법에는 “약액이 작물에 충분히 묻도록 골고루 살포”만 명시되어 있는데 이렇기 때문에 등록약제에 대한 저항성이 발달하면서 농약의 혼합제 수나 살포횟수가 점점 증가하여 안전성에 문제로 대두되는 실정이다.

○ 이전 보고에 의하면 파프리카는 생육정도에 따라 약량이 달라지는데 어릴 때에는 10a당 60-90L, 생육왕성기에는 10a당 180-350L정도 소요된다고 알려져 있다. 이러한 살포물량에 따른 정확한 해충방제가의 시험은 중요시 된다. 정확한 살포물량이 표준화 되어야 저항성 문제에 있어서도 농약사용량이 많아지는 원인을 줄일 수 있는 가능성을 검토할 수 있고 저항성 문제와 더불어 농약공급지, 살포방법 등을 개선한다면 농약사용량을 저감할 수 있을 것으로 사료된다.

2. 연구결과

○ 파프리카 시설재배지에서 고압식분무기로 농약 살포시 살포자에 의해 모든 구역에 사각지대가 발생하지 않도록 균일하게 살포하면 10a당 200L 살포 시 방제력에는 문제없을 것으로 사료되어진다.

○ 조사내용 :

파프리카 시설재배지에서 주요하게 발생하는 해충으로 담배가루이, 총채벌레 등 미소해충의 방제를 위해 살포방법에 따른 최적의 해충방제방법 검토하였다.

- 최적의 살포방법 설정 후 약제 살포물량에 따른 방제가 확인

살포기기	약제	적용해충
고압식 분무기	Pyrifluquinazon 10% WG Pyriproxyfen 10% EC	담배가루이 (*Bemisia tabaci*)
	Cyantraniliprole 5% EC Abamectin 1.8% EC Spinetoram 5% WG	꽃노랑총채벌레 (*Frankliniella occidentalis*)

표1. 대상해충에 따른 살포기기 및 농약명

그림1. 발생해충 (담배가루이 & 꽃노랑총채벌레)

○ 담배가루이에 대하여 pyrifluquinazon 10% WG와 Pyriproxyfen 10% EC 약제를 살포했을 때 사각지대를 발생하지 않도록 골고루 잘 살포된 고압식분무기의 결과 에 따라, 살

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

포물량의 차이를 만들어 해충 방제효과를 조사하였다.

Pyrifluquinazon 10% WG 약제는 10a당 약액이 충분히 부착되었다고 판단되는 400L를 살포 했을 때 24시간 후에는 약 97.5%를 나타냈고 72시간 후에는 100% 의 방제효과를 나타냈다. 200L를 살포 했을 때 24시간 후에는 약 95.5%를 나타냈고 72시간 후에는 약 100%를 나타났다. 반면 100L를 살포 했을 때 방제가는 24시간 후에는 약 57.3%, 72시간 후에는 약 65.7%로 약제효과가 다소 떨어짐을 확인 하였다. Pyriproxyfen 10% EC 약제 결과 역시 10a당 400L와 200L 살포 시 72시간 후에 80% 이상의 방제효과를 나타낸 반면 100L살포 했을 때에는 50%대로 방제효과가 낮아짐을 확인하였다.

대상해충	농약명	살포물량 (L/10a)	방제가(%) (Mean ± SE)	
			24hr	72hr
Bemisia tabaci	Pyrifluquinazon 10% WG	400L	97.5 ± 3.5	100 ± 0
		200L	95.5 ± 8.7	100 ± 0
		100L	57.3 ± 3.5	65.7 ± 3.7
	Con	-	0	0

표2. 고압식 분무기를 이용한 Pyrifluquinazon 10% WG 약제에 대한 살포물량별 담배가루 이의 방제효과

Target pest	Pesticide	Application dose (L/10a)	Mortality(%) (Mean ± SE)	
			24hr	72hr
Bemisia tabaci	Pyriproxyfen 10% EC	400L	80.1 ± 3.5	81.8 ± 5.2
		200L	76.2 ± 8.7	84.5 ± 9.2
		100L	38.7 ± 3.5	58.3 ± 3.7
	Con	-	0	0

표3. 고압식 분무기를 이용한 Pyriproxyfen 10% EC 약제에 대한 살포물량별 담배가루 이의 방제효과

○ 꽃노랑총채벌레에 대한 spinetoram 5% SC, cyantraniliprole 5% EC, abamectin 1.8% EC를 살포했을 때 살포물량의 차이에 따른 해충 방제효과를 조사하였다. 세 약제는 시

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

험 농가에서 반복하여 쓰이지 않은 농약을 선택하여 저항성 문제는 없을 것으로 예측하여 실험을 진행 하였다. Spinetoram 5% SC 약제는 10a당 약액이 충분히 부착되었다고 판단되는 400L를 살포 했을 때 24시간 후에는 약 87.5%를 나타냈고 72시간 후에는 약 91.6%의 방제효과를 나타냈다. 200L를 살포 했을 때 24시간 후에는 약 90.3%를 나타냈고 72시간 후에는 약 95.6%를 나타났다. 반면 100L를 살포 했을 때 방제가는 24시간 후에는 약 43.5%, 72시간 후에는 약 55.2%로 약제효과가 다소 떨어짐을 확인 하였다.

○ Cyantraniliprole 5% EC 약제에 대한 해충방제효과는 400L를 살포 했을 때 24시 간 후에는 약 75.5%를 나타냈고 72시간 후에는 약 83.2%의 높은 방제가를 나타냈고 200L를 살포 했을 때에도 24시간 후에는 약 76.3%, 72시간 후에는 약 80.4%로 약액이 충분히 흘러내릴 정도의 살포물량과 비슷한 방제효과를 나타냈다. 그러나 100L로 살포했을 때에는 24시간 후에 약 53.5%, 72시간 후에 약 58.8%로 약제효과가 떨어짐을 확인 하였다.

○ Abamectin 1.8% EC 약제에 대한 해충방제효과는 위의 두 약제 결과와 비슷한 패턴을 나타냈다. 400L를 살포 했을 때 24시간 후에는 약 80.5%를 나타냈고, 72시간 후에는 82.8%로 높은 방제가를 확인하였다. 200L를 살포했을 때에도 마찬가지로 24시간 후에는 약 82.5%, 72시간 후에는 약 86.8%로 방제력에는 문제가 없음을 알 수 있었다. 그러나 100L에서는 24시간 후에 약 50.3%, 72시간 후에 약 59.3%로 약제효과가 낮아짐을 알 수 있었다.

○ 세 약제에 대한 결과를 종합해보면 10a 당 약액이 충분히 부착되었다고 판단되는 400L를 살포 했을 때와 반량인 200L를 살포했을 때에도 동일하게 높은 방제효과의 결과를 알 수 있었다.

대상해충	농약명	살포물량 (L/10a)	방제가(%) (Mean ± SE)	
			24hr	72hr
Frankliniella occidentalis	Spinetoram 5% SC	400L	87.5 ± 2.5	91.6 ± 2.5
		200L	90.3 ± 1.5	95.6 ± 3.7
		100L	43.5 ± 2.5	55.2 ± 1.2
	Con	-	0	0

표4. 고압식 분무기를 이용한 Spinetoram 5% SC 약제에 대한 살포물량별 꽃노랑총채벌레의 방제효과

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

대상해충	농약명	살포물량 (L/10a)	방제가(%) (Mean ± SE)	
			24hr	72hr
Frankliniella occidentalis	Cyantraniliprole 5% EC	400L	75.5 ± 3.0	83.2 ± 3.5
		200L	76.3 ± 2.5	80.4 ± 2.7
		100L	53.5 ± 2.5	58.8 ± 1.5
	Con	-	0	0

표5. 고압식 분무기를 이용한 Cyantraniliprole 5% EC 약제에 대한 살포물량별 꽃노랑총채벌레의 방제효과

대상해충	농약명	살포물량 (L/10a)	방제가(%) (Mean ± SE)	
			24hr	72hr
Frankliniella occidentalis	Abamectin 1.8% EC	400L	80.5± 1.5	82.8 ± 2.5
		200L	82.5 ± 1.8	86.8 ± 1.8
		100L	50.3 ± 1.2	59.3 ± 2.5
	Con	-	0	0

표6. 고압식 분무기를 이용한 Abamectin 1.8% EC 약제에 대한 살포물량별 꽃노랑총체벌레의 방제효과

** 법령/지침/정책/제도 개정(개선)에 관한 제안일 경우 다음 양식 참조*

현행(기존)	개정(개선) (안)
없음	신설<농약 및 원제의 등록기준 별표 12 농약 살포자 노출량 측정시험> 12-3 파프리카 시설재배지에서의 살포물량 12-3-1 파프리카 시설재배지에서의 단위면적당 살포물량 설정

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

3. 제도개선 기대효과

○ 파프리카 시설재배지에서의 농약살포물량을 감소시킴으로서 농약 사용률을 10% 경감

○ 수출입용 농산물에 대한 안전성확보로 신뢰성 증가

○ 소비자의 안전성뿐만 아니라 사용자측면의 농약노출 감소로 농민건강 유지

○ 경제성 분석

손실적 요소(A)	이익적 요소(B)
o 증가되는 비용: 없음	o 증가되는 이익 - 연간 평균 파프리카 단위면적당 농약사용량 = 3.30kg a.i./ha - 1ha당 농약절감액=(3.30kg a.i./ha × 5000)×0.1 = 1,650원/ha - 파프리카재배면적 (13년도기준)에 따른 농약절감액 = 575ha × 1,650 = 948,750원 - 계(B) : 948,750원
o 농약절감액(B) = 948,750원	

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

제2절 2 세부과제명 : 사용자의 농약 사용실태 및 안전을 고려한 농약제품의 용기·제형 그룹화

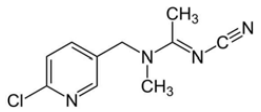
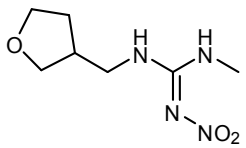
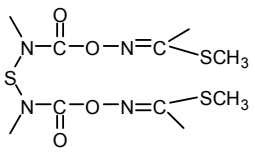
1. 연구 수행 내용

<시험1>

1) 시약 및 기구

Acetamiprid 표준품(98.0%)은 Waco(Japan)사의 제품, dinotefuran 표준품 (99.6%)과 thiodicarb 표준품(99.5%)은 Dr. Ehrenstorfer GmbH (Germany) 제품을 사용 하였다. HPLC용 acetonitrile과 formic acid(GR급)는 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)제품, syringe filter (PTFE 0.5um/25mm)는 Advantec(Japan)에서 구입하여 사용하였다. Shaker는 온도 조절이 가능한 Vision scientific(Korea)사의 기기를 사용하였다. 농약의 흡착양을 평가하기 위해 사용한 patch는 두께가 1mm인 α-cellulose를 가로 세로 10cm의 크기로 잘라 알루미늄 호일로 뒷면을 싸고 알루미늄 종이 패치 포켓에 싸서 노출 표면적이 50cm^{2}가 되도록 제작하였다. 본 연구에 사용한 acetamiprid, dinotefuran과 thiodicarb의 화학구조 및 이화학적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Uses and chemical properties of acetamiprid, dinotefuran and thiodicarb

Common name	Acetamiprid	Dinotefuran	Thiodicarb
Use	Aphis, Spodoptera, Trialeurodes, Myzus, etc.	Mealybugs, Coleoptera, Diptera, Lepidoptera, etc.	alfalfa looper and larvae, armyworm, etc.
Toxicology	LD_{50} for rats >146mg/kg	LD_{50} for rats >2000mg/kg	LD_{50} for rats >46.5mg/kg
MRLs	0.1~20 mg/kg	0.02~8 mg/kg	0.02~0.5 mg/kg
Structure			

2) 기기분석

약제의 잔류분석에 사용한 HPLC는 Hewlett Packard 1090(USA), LC/MS는 Shimadzu 2020(Japan) 모델을 사용하였으며 분석 조건은 Table 2와 Table 3에 나타내었다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 2. HPLC/UVD operating conditions for the analysis of acetamiprid, dinotefuran and thiodicarb

Compound	Acetamiprid 8%	Acetamiprid 2.5%	Dinotefuran	Thiodicarb
Instrument	Hewlett Packard SeriesⅡ 1090(USA)			
Column	Phenomenex, Kinetex 2.6μ C18 100A, (100mm x 4.6mm)			
Oven Temp.	40℃	40℃	40℃	40℃
Injection Volume	2μℓ	10μℓ	2μℓ	2μℓ
Run time	15 min	5 min	10 min	10 min
Flow rate	0.2 mL/min	0.5 mL/min	0.5 mL/min	0.5 mL/min
Mobile phase	Acetonitrile : water/ 40:60	Acetonitrile : water/ 35:65	Acetonitrile : water/ 60:40	Acetonitrile : water (0.1 % formic acid)/ 60:40

Table 3. LC/MS operating conditions for the analysis of acetamiprid, dinotefuran and thiodicarb

Compound	Acetamiprid 8%	Acetamiprid 2.5%	Dinotefuran	Thiodicarb
Instrument	Shimadzu LC/MS-2020			
Tuning Mode	Auto			
Acquisition Mode	SIM (Positive)			
Acquisition time	0-15 min	0-5 min	0-10 min	0-10 min
Event time	0.1 sec	0.3 sec	0.1 sec	0.1 sec
Ion Monitored	223 m/Z	223 m/Z	203 m/Z	355 m/Z
Retention time	6.10 min	3.40 min	1.97 min	2.60 min
Interface	ESI			
Detector Voltage	1.30 kv			
Interface Voltage	4.50 kv			

3) 시험포장 및 약제살포

시험살충제 살포와 해충발생 평가는 충남 공주군 신풍면에 위치한 1.5ha의 포장에 식재된 7년생과 18년생 사과농장에서 실시하였다. 포장 내 여러 장소에 실험 대상 과수를 정하고, 가지에 patch를 부착하여 살충제 살포 후에 patch를 수거하여 살충제의 부착양을 LC/MS를 이용하여 분석하였다. 실험에 이용한 각 농약의 제형 및 살포량, 살포방법 등은 Table 4에 표시하였다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 4. Spraying status of pesticides

Products name	Spray date	Spray amount	Use amount/ Water 20L	Sprayer	Spray speed (rpm)	Analysis compound
Mospiran WP (acetamiprid 8%)	2014/ 04/15	375.56L(0.015 kg a.i.)/10a	10g	SS	2000	Acetamiprid
Manjangilchi WP (acetamiprid 2.5% +etofenprox 8%)	2014/ 06/16	452.69L(0.011kg a.i.)/10a	20g	SS	2500	Acetamiprid
Pentom (dinotefuran 20%)	2014/ 07/28	449.21L(0.045kg a.i.)/10a	20g	SS	2500	Dinotefuran
Sinkirog WP (thiodicarb 40%)	2014/ 08/28	452.54L(0.181kg a.i.)/10a	20g	SS	2500	Thiodicarb

4) 잔류농약의 추출 및 정제

4-1) Patch에서 의 추출 및 정제

냉동실(-20℃)에 보관한 분석 sample (cellulose patch)은 꺼내 직사광선이 없는 실온에서 30분간 해동하고 patch를 싸고 있는 알루미늄 호일과 포켓을 제거한 후 무게를 측정하였다. 각각의 시료를 500ml 용량의 glass jar에 신속히 담아 acetonitrile을 첨가하고 teflon cover로 밀봉하여 3분간 초음파를 실시한 후, 10℃에서 1시간 shaking하여 시료를 추출하였다. 각각의 추출물을 0.5㎛의 syringe filter로 여과하여 분석 시료로 사용하였다.

4-2) 희석용기 및 분무기 탱크에서의 추출 및 정제

100ml의 시료와 동량의 포화식염수를 500ml의 분액여두에 넣고 dichloromethane 100ml를 첨가하여 recipro shaker(Eyela, Japan)로 5분간 진탕한 후 분배 추출하는 과정을 2회 반복 실시하였다. 추출액을 약 40g의 anhydrous sodium sulfate에 통과시켜 탈수하고 30℃ 수욕상에서 감압 농축하여 질소가스로 건고하였다. 건고물을 dichloromethane 10ml에 재용해시켜 syringe filter (PTFE 0.5um/25mm)로 여과하여 분석 시료로 사용하였다.

5) 검량선 작성

Acetamiprid 표준품(98.0%) 102.04mg, dinotefuran 표준품(99.6%) 100.40mg 그리고 thiodicarb 표준품(99.5%) 100.50mg을 취해 100ml volumetric flask에 넣고 acetonitrile로 정용하여 각각 1,000ppm stock solution을 조제하였다. 각각의 조제 농도로 acetamiprid는 0.05, 0.1, 0.3, 0.5, 1, 3, 5ppm, dinotefuran은 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1ppm 그리고 thiodicarb는 0.01, 0.03, 0.1, 0.3, 1ppm이었다. Matrix standard를 조제 후 acetamiprid는 2㎕와 10㎕씩, dinotefuran과

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

thiodicarb는 2㎕씩 HPLC에 auto injector로 주입하여, LC/MS chromatogram의 peak 면적을 기준으로 검량곡선을 작성하였다.

6) 회수율 시험

무처리의 cellulose patch 에 각 시험약제를 첨가하여, acetamiprid의 경우에는 0.5ppm, 1ppm, 5ppm, dinotefuran과 thiodicarb는 0.1ppm, 1ppm이 되게 처리하여 30분간 실온 방치하여 용매를 휘발 시킨 후, 상기의 분석법과 동일한 추출 및 정제과정을 거쳐 분석하였다.

7) 저장 안정성 시험

시료를 분석시까지 냉장 보관한 경우에도 저장 안정성 시험을 실시하여 약제의 안정성을 입증하였다. 무처리의 cellulose patch에 dinotefuran과 thiodicarb를 각각 0.1ppm이 되게 처리하고 분석시까지 sample과 함께 -20℃의 냉동실에 보관 후 상기의 분석법과 동일한 추출 및 정제과정을 거쳐 분석하였다.

<실험 2>

가) 시험포장 및 살포 농약

시험포장은 경북 경주시 양남면 소재 파프리카 시설 재배지에서 무인연무기와 U자형분무기에 따른 농약의 부착량을 분석하였다. 2~ 2.5m 크기의 루바토(Rubato) 품종을 실험 대상으로 하였으며, 약제 살포는 작물잎에 충분히 묻을 수 있도록 골고루 살포하였다. U자형 분무기의 경우 10그루를 한 group으로 정하고 group당 살포 액량을 10, 5, 2.5, 1.25 L 로 달리 살포하였다. 2대의 무인 연무기로 전체를 살포하였다(Table 5).

Insect pest	*Frankliniella occidentalis*		
Date of experiment	Mar. 17, 2015	Mar. 17 2015	May 13, 2015
Sprayers type	U-shaped sprayer	U-shaped sprayer	Remote controlled sprayer
Pesticide (a.i.)	Allstar (abamectin 1.8%)	Delicate (spinetoram 5%)	Delicate (spinetoram 5%)

Table 5. Spraying status of pesticides (abamectin 1.8%, spinetoram 5%)

나) 분석용 Patch 설치

셀룰로오스 patch는 한 그룹당 상하에 각각 3개씩 부착하였으며, 약제처리 후 패치를 즉시 수거하여 농약 부착량을 분석하였다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

다) 유효 성분의 부착량 분석

(1) Abamectin 부착량 분석

- 시약 및 기구

작물 부착량 농약분석에 사용한 약제는 abamectin 표준품(88.8%)으로 경농㈜에서 제공받아 사용하였다. HPLC 분석용 용매인 acetonitrile은 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)제품이었고 분석용 syringe filter (PTFE 0.45um/25mm)는 Advantec (Japan)에서 구입하여 사용하였다. Shaker는 Vision scientific(Korea)사의 기기를 사용하였다. 농약 부착량을 평가하기 위해 사용한 patch는 두께가 1mm인 α-cellulose를 가로 세로 10cm의 크기로 잘라 알루미늄 호일로 뒷면을 덮고 알루미늄 종이 patch 포켓에 싸서 노출 표면적이 50cm^{2}가 되도록 제작하여 사용하였다. 본 연구에 사용한 약제의 화학구조 및 이화학적 특성은 Table 6와 같다. 또한 분석기기는 Hewlett Packard SeriesⅡ1090 HPLC(USA)를 사용하였으며 상세한 분석 조건은 Table 7과 같다.

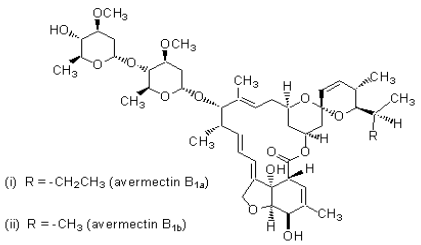
Common name	Abamectin
Use	Nematicide, Acaricide(miticide), Insecticide Controls mites, leafminers, pear psylla, cockroaches, and ants.
Toxicology	Oral LD_{50} for rat = 10mg/kg
MRLs	0.01~0.1mg/kg
M. W.	873.1 (avermectin B1a); 859.1 (avermectin B1b)
Structure	

Table 6. Use and chemical properties of abamectin

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Instrument	Hewlett Packard SeriesⅡ 1090(USA)
Column	Phenomenex, Kinetex 2.6㎛ C18 100A, (100mm × 4.6mm)
Oven Temp.	40℃
Injection Volume	15㎕
Run time	15 min
Flow rate	0.2 mL/min
Mobile phase	Acetonitrile : water/ 90:10(v/v)
Detection	UV 245nm

Table 7. HPLC operating conditions for the analysis of abamectin

- 분석 정량한계(LOQ) 측정

Abamectin 표준품(88.8%) 112.6 mg을 acetonitrile 100 mL에 녹여 1000 mgL^{-1}의 stock solution을 조제한 후, acetonitrile로 희석하여 0.05, 0.1, 0.5, 1, 3, 5 mgL^{-1}의 standard solution을 조제하였다. HPLC에 주입하여 chromatogram상 signal과 noise 비율(S/N)이 10 이상인 농도를 LOQ로 정하였다.

- 표준검량선 작성

Abamectin 용액 0.05, 0.1, 0.5, 1, 3, 5 mgL^{-1}을 15㎕씩 HPLC에 주입 분석하여 표준검량선을 작성하였다.

- Patch중의 abamectin 추출

Cellulose patch를 싸고 있는 알루미늄 호일과 포켓을 제거한 후 무게를 측정하고 각각의 patch를 500 mL용량의 glass jar에 신속히 담아 acetonitrile 50 mL를 첨가한 후 teflon cover로 밀봉하여 10℃에서 1시간 shaking하여 시료를 추출하였다. 각각의 추출물을 0.45㎛의 PTFE syringe filter로 여과하여 분석 시료로 사용하였다.

- 회수율 분석

Abamectin 표준용액을 10 LOQ, 100 LOQ가 되게 cellulose patch에 처리하고 30분간 실온에서 방치하여 용매를 휘발시킨 후, 상기의 분석법과 동일한 추출 및 정제과정을 거쳐 분석하였다.

(2) Spinetoram 부착량 분석

- 시약 및 기구

작물 부착량 농약분석에 사용한 약제는 spinetoram 표준품(90.0%)으로 경농㈜으로부터 제공

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

받아 사용하였다. 분석용 용매인 acetonitrile는 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)제품이었고, 분석용 syringe filter (PTFE 0.45um/25mm)는 Advantec(Japan)에서 구입하여 사용하였다. Shaker는 Vision scientific(Korea)사의 기기를 사용하였다. 농약 부착량을 평가하기 위해 사용한 patch는 두께가 1mm인 α-cellulose를 가로 세로 10cm의 크기로 잘라 알루미늄 호일로 뒷면을 덮고 알루미늄 종이 patch 포켓에 싸서 노출 표면적이 50cm²가 되도록 제작하여 사용하였다. 본 연구에 사용한 약제의 화학구조 및 이화학적 특성은 Table 8와 같다. 또한 분석기기는 Shimadzu LC/ MS- 2020 (Japan)를 사용하였으며 상세한 분석 조건은 Table 9와 같다.

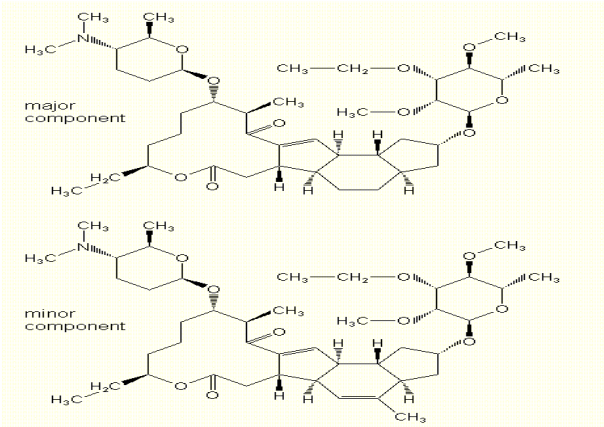
Common name	Spinetoram
Use	Insecticide, control Lepidopterous larvae, diptera, and leaf feeding beetles
Toxicology	Oral LD_{50} for rat > 5000mg/kg
MRLs	0.05~10mg/kg
Molecular weight	747.99
Structure	

Table 8. Use and chemical properties of spinetoram

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

HPLC	Instrument	Hewlett Packard SeriesⅡ 1090(USA)
	Column	Phenomenex, Kinetex 2.6μm C18 100A,(100mm × 4.6mm)
	Oven Temp.	40℃
	Injection Volume	5$\mu\ell$
	Run time	15 min
	Flow rate	0.3 mL/min
	Mobile phase	Acetonitrile : MeOH : 1% ammonium acetate/ 45 ; 45 ; 10 (v/v/v)
MS	Instrument	Shimadzu LC/MS-2020, Japan
	Tuning Mode	Auto
	Acquisition Mode	SIM (Positive)
	MS-ESI	Ion Monitored; spinosyn J : 749m/z, spinosyn L : 761m/z Retention time; spinosyn J : 11 min, spinosyn L : 12 min Interface; ESI Detector Voltage; 1.30 kv Interface Voltage; 4.50 kv DL temp.; 250 ℃ Heat block Temp.; 200 ℃ Nebulizing gas; 1.5L/min Drying gas; 15L/min

Table 9. LC/MS operating conditions for the analysis of spinetoram

- 분석 정량한계(LOQ) 측정

Spinetoram 표준품(90.0%) 111 mg을 acetonitrile 100 mL에 녹여 1000 mgL^{-1}의 stock solution을 조제한 후, 이를 단계적으로 acetonitrile로 희석하여 0.02, 0.1, 0.2, 1, 2 mgL^{-1}의 standard solution을 조제하였다. 농약이 처리되지 않은 patch 한 장을 25 mL의 acetonitrile로 추출하여 0.45um PTFE syringe filter로 여과하고, 위의 standard solution과 각각 1:1(v/v)로 혼합하여 matrix standard를 조제하였다. 각각의 농도가 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1 mgL^{-1}로 조제된 standard를 5$\mu\ell$씩 LC/MS에 주입하여 chromatogram상 signal과 noise 비율(S/N)이 10 이상인 농도를 LOQ로 정하였다.

- 표준검량선 작성

Spinetoram 용액 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1 mgL^{-1}을 5$\mu\ell$씩 LC/MS에 주입 분석하여 표준검량선

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

을 작성하였다.

- Patch중의 spinetoram 추출

Spinetoram은 화합물의 안정성이 떨어져 분석 중에 분해될 가능성이 높다. 특히 광분해성이 심하므로 실험실 조명과 직사광선이 없는 곳에서 실험을 실시하였다. Cellulose patch를 싸고 있는 알루미늄 호일과 포켓을 제거한 후 무게를 측정하고 각각의 patch를 500 mL용량의 glass jar에 신속히 담아 acetonitrile 50 mL를 첨가한 후 teflon cover로 밀봉하여 10℃에서 1시간 shaking하여 시료를 추출하였다. 각각의 추출물을 0.45μm의 PTFE syringe filter로 여과하여 분석 시료로 사용하였다.

- 회수율 분석

Spinetoram 표준용액을 10 LOQ 100 LOQ가 되게 cellulose patch에 처리하고 30분간 실온 암실에서 방치하여 용매를 휘발시킨 후, 상기의 분석법과 동일한 추출 및 정제과정을 거쳐 분석하였다.

<실험 3>

가) 시험포장 및 살포 농약

시험포장은 충청남도 공주군 신풍면에 위치한 사과원으로 본 실험에서 Kongju로 표기하였다. 면적은 약 2000평이며, 품종은 후지 18년생과 7년생이었다. 실험 기간 동안 살포한 농약은 Table 10과 같으며 SS분무기를 사용하였다.

Date of experiment	Apr. 17, 2015	May 17, 2015	June 1, 2015	July 31, 2015
Satus of apple tree	leaf(×), fruit(×)	leaf(O), fruit(×)	leaf(O), fruit(small size, O)	leaf(O), fruit(medium size, O)
Insect pests	*Grapholita molesta, Phyllonorycter ringoniella*	*spiraea aphid* (purpose of prevention)	*spiraea aphid*	*Panonychus ulmi*
Pesticide (a.i.)	Mospiran (acetamiprid 8%)	Bigcard (clothianidin 8%)	Manjangilchi (acetamiprid 2.5%, etofenprox 8%)	Pelopal (azocyclotin 25%)

Table 10. Spraying Pestisides

나) 분석용 패치 설치

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

사과원 전체에 일정거리를 두고 12곳의 장소를 골고루 분포되게 선정하여 실험대상 나무를 정하고 한 그루당 3~6장의 patch를 설치하여 농약살포 후 수거하여 유효성분의 부착량을 분석하고 분포도를 조사하였다.

다) 유효성분의 부착량 분석

(1) Acetamiprid 부착량 분석

- 시약 및 기구

작물에 부착된 농약분석에 사용한 약제는 acetamiprid 표준품(98.0%)으로 Waco chemical(Japan)사의 제품이었으며, 분석용 용매인 acetonitrile은 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)제품이었고 분석용 syringe filter (PTFE 0.45um/25mm)는 Advantec (Japan)에서 구입하여 사용하였다. Shaker는 Vision scientific(Korea)사의 기기를 사용하였다. 농약 부착량을 평가하기 위해 사용한 patch는 두께가 1mm인 α- cellulose를 가로 세로 10cm의 크기로 잘라 알루미늄 호일로 뒷면을 덮고 알루미늄 종이 patch 포켓에 싸서 노출 표면적이 50cm^{2}가 되도록 제작하여 사용하였다. 농약의 살포 방법은 Table 11에 기재되어 있으며, 분석 화합물인 acetamiprid의 화학구조 및 이화학적 특성은 Table 12과 같다. 또한 분석기기는 Shimadzu LC/MS-2020(Japan)를 사용하였으며 상세한 분석 조건은 Table 13와 같다.

Location of apple orchard	Kongju in Korea
SS sprayer	Low 2nd level
Spraying pressure	1700-1800rpm, 20bar
Application amount per 10a/spraying time per 10a	302L/18min

Table 11. Spraying status of pesticede (acetamiprid 8%)

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

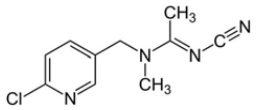
Common name	Acetamiprid
Use	*Aphis, Spodoptera, Trialeurodes, Myzus, etc.*
Toxicology	LD_{50} for rats >146mg/kg
MRLs	0.1~20 mg/kg
Molecular weight	223
Chemical structure	

Table 12. Use and chemical properties of acetamiprid

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

HPLC	Instrument	Hewlett Packard SeriesⅡ 1090(USA)
	Column	Phenomenex, Kinetex 2.6μm C18 100A, (100mm×4.6mm)
	Oven Temp.	40℃
	Injection Volume	2$\mu\ell$
	Run time	25 min
	Flow rate	0.2 mL/min
	Mobile phase	Acetonitrile : water/ 40:60(v/v)
MS	Instrument	Shimadzu LC/MS-2020, Japan
	Tuning Mode	Auto
	Acquisition Mode	SIM (Positive)
	MS-ESI	Ion Monitored 223 m/z Retention time 7.3 min Interface ESI Detector Voltage 1.30 kv Interface Voltage 4.50 kv DL temp. 250 ℃ Heat block Temp. 200 ℃ Nebulizing gas 1.5L/min Drying gas 15L/min

Table 13. LC/MS operating conditions for the analysis of acetamiprid

- 분석 정량한계(LOQ) 측정과 재현성 검정

Acetamiprid (98%) 표준품 102mg을 acetonitrile 100mL에 녹여 1000 mgL^{-1}의 stock solution을 조제한 후 단계적으로 acetonitrile로 희석하여 0.01, 0.02, 0.04, 0.2, 0.4, 2.0, 4.0mgL^{-1}의 standard solution을 조제하였다. 농약이 처리되지 않은 patch 한 장을 25mL의 acetonitrile로 추출하여 0.45um PTFE syringe filter로 여과하고, 위의 standard solution과 각각 1:1(v/v)로 혼합하여 matrix standard를 조제하였다. 각각의 농도가 0.005, 0.01, 0.02, 0.1, 0.2, 1.0, 2.0 mgL^{-1}로 조제된 standard를 2$\mu\ell$씩 LC/MS에 주입하여 chromatogram상 signal과 noise 비율(S/N)이 10 이상인 농도를 LOQ로 정하였으며, LOQ와 10 LOQ를 각각 6회 반복 주입하여 분석한 다음, chromatogram상 머무름 시간, peak의 면적과 높이 값의 변이를 계산 검토하여 기기의 분석 재현성 및 안정성을 검정하였다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

- 표준검량선 작성

Acetamiprid의 matched standard용액 0.005, 0.01, 0.02, 0.1, 0.2, 1.0, 2.0mgL^{-1}을 2㎕씩 LC/MS에 주입 분석하여 표준검량선을 작성하였다.

- Patch중의 acetamiprid 추출

Cellulose patch를 싸고 있는 알루미늄 호일과 포켓을 제거한 후 무게를 측정하고 각각의 patch를 500mL용량의 glass jar에 신속히 담아 acetonitrile 50mL를 첨가한 후 teflon cover로 밀봉하여 10℃에서 1시간 shaking하여 시료를 추출하였다. 각각의 추출물을 0.45㎛의 PTFE syringe filter로 여과하여 분석 시료로 사용하였다.

- 회수율 분석

Acetamiprid 표준용액을 LOQ, 10 LOQ, 100 LOQ가 되게 cellulose patch에 처리하고 30분간 실온에서 방치하여 용매를 휘발시킨 후, 상기의 분석법과 동일한 추출 및 정제과정을 거쳐 분석하였다.

(2) Clothianidin 부착량 분석

- 시약 및 기구

작물에 부착된 농약분석에 사용한 약제는 clothianidin 표준품(99.0%)으로 Dr. Ehrenstorfer GmbH(Germany))사의 제품이고, 분석용 용매인 acetonitrile는 Sigma- Aldrich(St. Louis, MO, USA)제품이었고 분석용 syringe filter (PTFE 0.45um /25mm)는 Advantec(Japan)에서 구입하여 사용하였다. Shaker는 Vision scientific (Korea)사의 기기를 사용하였다. 농약 부착량을 평가하기 위해 사용한 patch는 두께가 1mm인 α-cellulose를 가로 세로 10cm의 크기로 잘라 알루미늄 호일로 뒷면을 덮고 알루미늄 종이 patch 포켓에 싸서 노출 표면적이 50cm^{2}가 되도록 제작하여 사용하였다. 본 연구에 사용한 clothianidin의 살포방법는 Table 14에 자세히 기술하였으며, 화학구조 및 이화학적 특성은 Table 15과 같다. 또한 분석기기는 Hewlett Packard SeriesⅡ 1090 HPLC(USA)를 사용하였으며 상세한 분석 조건은 Table 16과 같다.

Location of apple orchard	Kongju in Korea
SS sprayer	Low 2nd~3rd level
Spraying pressure	2000rpm, 20bar
Application amount per 10a/spraying time per 10a	378L/18min

Table 14. Spraying status of pesticide (clothianidin 8%)

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

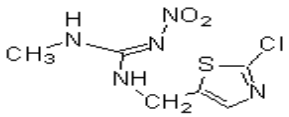
Common name	Clothianidin
Use	insecticide
Toxicology	Oral LD_{50} for rat > 5000mg/kg , mouse = 425mg/kg
MRLs	0.05~7.0mg/kg
Molecular weight	249.7
Structure	

Table 15. Use and chemical properties of clothianidin

Instrument	Hewlett Packard SeriesⅡ 1090(USA)
Column	Phenomenex, Kinetex 2.6μm C18 100A, (100mm x 4.6mm)
Oven Temp.	40℃
Injection Volume	5$\mu\ell$
Run time	6 min
Flow rate	0.3 mL/min
Mobile phase	Acetonitrile : water/ 45:55(v/v)
Detection	UV 269nm

Table 16. HPLC operating conditions for the analysis of clothianidin

- 분석 정량한계(LOQ) 측정과 재현성 검정

Clothianidin (99%) 표준품 101mg을 acetonitrile 100mL에 녹여 1000mgL^{-1}의 stock solution을 조제한 후 단계적으로 acetonitrile로 희석하여 0.03, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10mgL^{-1}의 standard solution을 조제하였다. Chromatogram상 signal과 noise 비율(S/N)이 10 이상인 농도를 LOQ로 정하였으며, LOQ와 10 LOQ를 각각 6회 반복 주입하여 분석한 다음, chromatogram상 머무름 시간, peak의 면적과 높이 값의 변이를 계산 검토하여 기기의 분석 재현성 및 안정성을 검정하였다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

- 표준검량선 작성

Clothianidin의 standard용액 0,03, 0,05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10 mgL^{-1}을 5㎕씩 HPLC에 주입 분석하여 표준검량선을 작성하였다.

- Patch중의 clothianidin 추출

Cellulose patch를 싸고 있는 알루미늄 호일과 포켓을 제거한 후 무게를 측정하고 각각의 patch를 500mL용량의 glass jar에 신속히 담아 acetonitrile 50mL를 첨가한 후 teflon cover로 밀봉하여 10℃에서 1시간 shaking하여 시료를 추출하였다. 각각의 추출물을 0.45㎛의 PTFE syringe filter로 여과하여 분석 시료로 사용하였다.

- 회수율 분석

Clothianidin 표준용액을 LOQ, 10 LOQ 100 LOQ가 되게 cellulose patch에 처리하고 30분간 실온에서 방치하여 용매를 휘발시킨 후, 상기의 분석법과 동일한 추출 및 정제과정을 거쳐 분석하였다.

3) Acetamiprid 2.5% 부착량 분석

- 시약 및 기구

시약 및 기구는 상기의 (1) acetamiprid 부착량 분석에 기재된 내용과 동일하며, 화학구조 및 이화학적 특성 또한 같다. 본 연구에 사용한 aceatamiprid 2.5%의 살포 방법는 Table 17에 자세히 기술하였다. 분석기기는 Hewlett Packard SeriesⅡ 1090 HPLC (USA)를 사용하였으며 상세한 분석 조건은 Table 18와 같다.

Location of apple orchard	Kongju in Korea
SS sprayer	Low 2nd level
Spraying pressure	2000rpm, 20bar
Application amount per 10a/spraying time per 10a	378L/20min

Table 17. Spraying status of pesticied (acetamiprid 2.5%)

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

HPLC	Instrument	Hewlett Packard SeriesⅡ 1090(USA)
	Column	Phenomenex, Luna 3μm C18 100A, (150mm × 4.6mm)
	Oven Temp.	40℃
	Injection Volume	10$\mu\ell$
	Run time	15 min
	Flow rate	0.5 mL/min
	Mobile phase	Acetonitrile : water/ 45:55(v/v)
	Detection	UV 258nm

Table 18. HPLC operating conditions for the analysis of acetamiprid 2.5%

- 분석 정량한계(LOQ) 측정과 재현성 검정

Acetamiprid (98%) 표준품 102mg을 acetonitrile 100mL에 녹여 1,000mgL^{-1}의 stock solution을 조제한 후 단계적으로 acetonitrile로 희석하여 0.03, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10mgL^{-1}의 standard solution을 조제하였다. Chromatogram상 signal과 noise 비율(S/N)이 10 이상인 농도를 LOQ로 정하였으며, LOQ와 10 LOQ를 각각 6회 반복 주입하여 분석한 다음, chromatogram상 머무름 시간, peak의 면적과 높이 값의 변이를 계산 검토하여 기기의 분석 재현성 및 안정성을 검정하였다.

- 표준검량선 작성

Acetamiprid의 standard용액 0,03, 0,05, 0.1, 0.5, 1.0, 5.0, 10.0 mgL^{-1}을 10$\mu\ell$씩 HPLC에 주입 분석하여 표준검량선을 작성하였다.

- Patch중의 acetamiprid 추출

상기의 (1). acetamiprid 부착량 분석에 기재된 내용과 동일한 acetamiprid 추출법을 사용하였다.

- 회수율 분석

상기의 (1). acetamiprid 부착량 분석에 기재된 내용과 동일한 방법을 시행하였다.

(4) Azocyclotin 분석

- 패치 설치

Azocyclotin(25%)은 응애 방제를 위해 살포하였다. 위의 세 가지 약제와는 다르게 사과원내

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

4곳의 장소에 실험대상 나무를 선정하였다. 그리고 한 나무 당 응애가 발생된 잎을 중심으로 하여 가장 가까운 주위로 실험 잎을 여러 개 정하고, 그 앞·뒤로 준비한 패치를 잎에 직접 부착하였다. 이는 약제 부착량과 방제가의 상관관계에 대해 좀 더 정확한 Data를 얻기 위함이었다. 농약 살포 후 즉시 수거하여 과수의 잎에 부착되는 유효성분의 양을 분석· 비교하였다

- 시약 및 기구

작물에 부착된 농약분석에 사용한 약제는 azocyclotin(99.0%)과 cyhexatin(97%) 표준품으로 Dr. Ehrenstorfer GmbH(Germany))사의 제품이고, 분석용 약품으로 acetonitrile, acetic acid(glacial), HCl(ACS reagent 37%) 그리고 NaCl(buffer sault, ≥98%)은 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)제품이었고 분석용 syringe filter (PTFE 0.45um/25mm)는 Advantec(Japan)에서 구입하여 사용하였다. Shaker는 Vision scientific(Korea)사의 기기를 사용하였다. 농약 부착량을 평가하기 위해 사용한 patch는 두께가 1mm인 α-cellulose를 가로 세로 3cm의 크기로 잘라 알루미늄 호일로 뒷면을 덮고 노출 표면적이 9cm^{2}가 되도록 제작하여 사용하였다. 본 연구에 사용한 azocyclotin의 살포 방법는 Table 19에 자세히 기술하였으며, 화학구조 및 이화학적 특성은 Table 20과 같다. 또한 분석기기는 Hewlett Packard SeriesⅡ 1090 HPLC(USA)를 사용하였으며 상세한 분석 조건은 Table 21과 같다. Azocyclotin은 생체 및 환경에서 cyhexatin으로 쉽게 분해되며, 수용액 중에서 10분 이내에 90%이상 cyhexatin으로 변환되는 것으로 알려져 있다. 따라서 실제 분석 성분은 cyhexatin이다.

Location of apple orchard	Kongju in Korea
SS sprayer	Low 2nd~3rd level
Spraying pressure	2000rpm, 20~25bar
Application amount per 10a/spraying time per 10a	350L/18min

Table 19. Spraying status of pesticide (azocyclotin 25%)

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

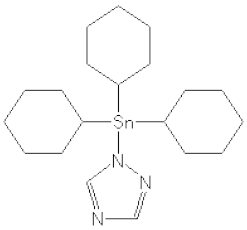
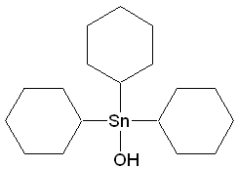
Common name	Azocyclotin	Cyhexatin
Use	Acaricide(miticide)	
Toxicology	ADI = 0.003 mg/kg b.w./day Oral LD_{50} for female rat = 363mg/kg b.w.	Oral LD_{50} for female rat = 654mg/kg b.w.
MRLs	0.05~0.3mg/kg	0.2~5.0mg/kg
Molecular weight	436.2	385.2
Structure		

Table 20. Use and chemical properties of azocyclotin and cyhexatin

Instrument	Hewlett Packard SeriesⅡ 1090(USA)
Column	Phenomenex(USA), Kinetex 2.6μm C18 100A, (100mm x 4.6mm)
Oven temp.	40℃
Injection volume	15$\mu\ell$
Run time	15 min
Flow rate	0.5 mL/min
Mobile phase	Acetonitrile / 1 mM HCl (90/10, V/V) containing 5 mM NaCl, isocratic
Detection	UV 214 nm

Table 21. HPLC operating conditions for the analysis of cyhexatin

- 분석 정량한계(LOQ) 측정과 재현성 검정

Cyhexatin (97%) 표준품 103mg을 acetonitrile 100mL에 녹여 1,000mgL^{-1}의 stock solution을 조제한 후 단계적으로 acetonitrile로 희석하여 0.5, 1, 5, 1, 50 mgL^{-1}의 standard solution을 조제하였다. Chromatogram상 signal과 noise 비율(S/N)이 10 이상인 농도를 LOQ로 정하였으며, LOQ와 10 LOQ를 각각 6회 반복 주입하여 분석한 다음, chromatogram상 머무름 시간, peak의 면적과 높이 값의 변이를 계산 검토하여 기기의 분석 재현성 및 안정성을 검정하였다.

- 표준검량선 작성

Cyhexatin의 standard용액 0.5, 1, 5, 10, 50mgL^{-1}을 15$\mu\ell$씩 HPLC에 주입 분석하여 표준검량

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

선을 작성하였다.

- Patch중의 시료 추출 방법

9cm^2 cellulose patch를 싸고 있는 알루미늄 호일을 제거한 후 무게를 측정하고 각각의 patch를 100mL용량의 glass jar에 신속히 담아 1ml의 증류수로 patch를 습윤시켜 밀봉후 실온의 암실에 10분간 유지하였다. 다음, 산을 포함한 acetonitrile(acetonitrile/ AcOH, 99/1, v/v) 19mL를 첨가한 후 teflon cover로 밀봉하여 20℃에서 30분간 shaking하여 시료를 추출하였다. 각각의 추출물을 0.45μm의 PTFE syringe filter로 여과하여 HPLC로 분석하였다. Azocyclotin 및 cyhexatin을 비롯한 유기주석계 농약의 잔류분 추출은 산이 첨가된 유기용매를 사용하는 것이 일반적이다. Azocyclotin은 생체 및 환경에서 cyhexatin으로 쉽게 분해되며, 수용액 중에서 10분이내에 90%이상 cyhexatin으로 변환되는 것으로 알려져 있다. 따라서, 실제 분석 성분은 cyhexatin이며, azocyclotin의 잔류량은 cyhexatin잔류량에 azocyclotin과 cyhexatin의 분자량 비인 (436.22/385.17=1.13) 환산계수 1.13을 곱하여 산출 하였다.

- 회수율 분석

Cyhexatin 과 azocyclotin 표준용액을 10 LOQ, 50 LOQ가 되게 cellulose patch에 처리하고 30분간 실온에서 방치하여 용매를 휘발시킨 후, 상기의 분석법과 동일한 추출 및 정제과정을 거쳐 분석하였다.

<실험 4>

가) 시험포장 및 살포 농약

시험포장은 충청남도 예산군 신양면 연리 40-1번지에 위치한 사과원으로 본 실험에서 Yesan-1로 표기하였다. 면적은 약 1300평이며, 품종은 홍로와 후지 3년생 이었으며 SS 분무기를 사용하여 농약을 살포하였다(Table 22).

Date of experiment	Apr. 21, 2015	May 17, 2015	May 29, 2015
Satus of apple tree	leaf(×), fruit(×)	leaf(O), fruit(×)	leaf(O), fruit(small,O)
Insect pests	*Grapholita molesta*	*Grapholita molesta*	*spiraea aphid*
Pesticide (a.i.)	Mospiran (acetamiprid 8%)	Altacoa (chlorantraniliprole5%)	Conido (imidacloprid10%)

Table 22. Spraying Pestisides

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

나) 분석용 patch 설치

사과원 전체에 일정거리를 두고 9곳의 장소를 골고루 분포되게 선정하여 실험대상 나무를 정하고 한 그루당 3~6장의 patch를 설치하여 농약살포 후 수거하여 유효성분의 부착량을 분석하고 분포도를 조사하였다.

다) 유효 성분의 부착량 분석

(1) Acetamiprid 분석

Acetamiprid 분석은 <실험 2>의 acetamiprid 부착량 분석시 동시에 실시하였으므로 시약 및 기구, 분석 정량한계(LOQ) 측정과 재현성 검정, 표준검량선 작성, Patch중의 acetamiprid 추출 그리고 회수율 분석 방법은 상기의 <실험 2>에 기술된 내용과 동일하다.

(2) Chlorantraniliprole 분석

- 시약 및 기구

작물 부착량 농약분석에 사용한 약제는 chlorantraniliprole 표준품(99.5%)으로 Dr. Ehrenstorfer GmbH(Germany))사의 제품이었으며, 분석용 용매인 acetonitrile는 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)제품이었고 분석용 syringe filter (PTFE 0.45um /25mm)는 Advantec(Japan)에서 구입하여 사용하였다. Shaker는 Vision scientific (Korea)사의 기기를 사용하였다. 농약 부착량을 평가하기 위해 사용한 patch는 두께가 1mm인 α-cellulose를 가로 세로 10cm의 크기로 잘라 알루미늄 호일로 뒷면을 덮고 알루미늄 종이 patch 포켓에 싸서 노출 표면적이 50cm^{2}가 되도록 제작하여 사용하였다. 본 연구에 사용한 clorantraniliprole의 살포 상태는 Table 23에 자세히 기술하였으며, 화학구조 및 이화학적 특성은 Table 24과 같다. 또한 분석기기는 Hewlett Packard SeriesⅡ 1090 HPLC(USA)를 사용하였으며 상세한 분석 조건은 Table 25와 같다.

Location of apple orchard	Yesan-1 in Korea
SS sprayer	Low 2nd level
Spraying pressure	2,500-3000rpm, 25bar
Application amount per 10a/spraying time per 10a	352L/10min

Table 23. Spraying status of pesticide (Chlorantraniliprole 5%)

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

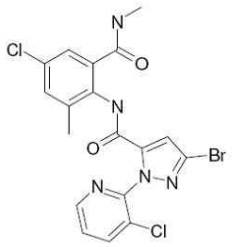
Common name	Chlorantraniliprole
Use	insecticide, moths, beetles, caterpillars, etc.
Toxicology	Oral LD_{50} for rat = 5000mg/kg
MRLs	0.05~50mg/kg
Molecular weight	483.15
Structure	

Table 24. Use and chemical properties of chlorantraniliprole

Instrument	Hewlett Packard SeriesⅡ 1090(USA)
Column	Phenomenex, Luna 3μm C18 100A, (150mm × 4.6mm)
Oven Temp.	40℃
Injection Volume	25$\mu\ell$
Run time	8 min
Flow rate	1 mL/min
Mobile phase	Acetonitrile : water/ 75:25(v/v)
Detection	UV 254nm

Table 25. HPLC operating conditions for the analysis of chlorantrniliprole

- 분석 정량한계(LOQ) 측정과 재현성 검정

Chlorantraniliprole 표준품(99.5.0%) 100mg을 acetonitrile 100mL에 녹여 1,000 mgL^{-1}의 stock solution을 조제한 후, 이를 acetonitrile로 희석하여 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10mgL^{-1}의 standard solution을 조제하였다. HPLC에 주입하여 chromatogram상 signal과 noise 비율(S/N)이 10 이상인 농도를 LOQ로 정하였으며, LOQ와 10 LOQ를 각각 6회 반복 주입하여 분석한 다음, chromatogram상 머무름 시간, peak의 면적과 높이 값의 변이를 계산 검토하여 기기의 분석 재현성 및 안정성을 검정하였다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

- 표준검량선 작성

Chlorantraniliprole용액 0.1, 0.5, 1, 5, 10 mgL^{-1}을 25㎕씩 HPLC에 주입 분석하여 표준 검량선을 작성하였다.

- Patch중의 clorantraniliprole 추출

Cellulose patch를 싸고 있는 알루미늄 호일과 포켓을 제거한 후 무게를 측정하고 각각의 patch를 500mL용량의 glass jar에 신속히 담아 acetonitrile 50mL를 첨가한 후 teflon cover로 밀봉하여 10℃에서 1시간 shaking하여 시료를 추출하였다. 각각의 추출물을 0.45㎛의 PTFE syringe filter로 여과하여 분석 시료로 사용하였다.

- 회수율 분석

Chlorantraniliprole 표준용액을 LOQ, 10 LOQ, 100 LOQ가 되게 cellulose patch에 처리하고 30분간 실온에서 방치하여 용매를 휘발시킨 후, 상기의 분석법과 동일한 추출 및 정제과정을 거쳐 분석하였다.

(3) Imidacloprid 분석

- 시약 및 기구

작물 부착량 농약분석에 사용한 약제는 imidacloprid 표준품(99%)으로 Dr. Ehrenstorfer GmbH(Germany))사의 제품이었으며, 분석용 용매인 acetonitrile는 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)제품이었고 분석용 syringe filter (PTFE 0.45um /25mm)는 Advantec(Japan)에서 구입하여 사용하였다. Shaker는 Vision scientific (Korea)사의 기기를 사용하였다. 농약 부착량을 평가하기 위해 사용한 patch는 두께가 1mm인 α-cellulose를 가로 세로 10cm의 크기로 잘라 알루미늄 호일로 뒷면을 덮고 알루미늄 종이 patch 포켓에 싸서 노출 표면적이 $50cm^2$가 되도록 제작하여 사용하였다. 본 연구에 사용한 imidacloprid의 살포상태는 Table 26에 자세히 기술하였으며, 화학구조 및 이화학적 특성은 Table 27과 같다. 또한 분석기기는 Hewlett Packard SeriesⅡ 1090 HPLC(USA)를 사용하였으며 상세한 분석 조건은 Table 28과 같다.

Location of apple orchard	Yesan-1 in Korea
SS sprayer	Low 2nd level
Spraying pressure	2,500-3000rpm, 25bar
Application amount per 10a/spraying time per 10a	355L/14min

Table 26. Spraying status of pesticide (Imidacloprid 10%)

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

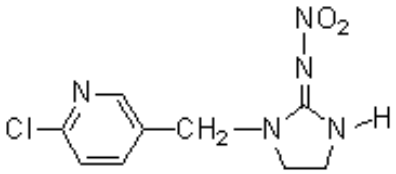
Common name	Imidacloprid
Use	Insecticide,
Toxicology	Oral LD_{50} for rat > 42 mg/kg bw/day
MRLs	0.02~30mg/kg
Molecular weight	255.7
Structure	

Table 27. Use and chemical properties of imidacloprid

HPLC	Instrument	Hewlett Packard SeriesⅡ 1090(USA)
	Column	Phenomenex, Kinetex 2.6μm C18 100A, (100mm×4.6mm)
	Oven Temp.	40℃
	Injection Volume	5$\mu\ell$
	Run time	6 min
	Flow rate	0.3 mL/min
	Mobile phase	Acetonitrile : water/ 50:50(v/v)
	Detection	UV 270nm

Table 28. HPLC operating conditions for the analysis of imidacloprid

- 분석 정량한계(LOQ) 측정과 재현성 검정

Imidacloprid 표준품(99%) 101mg을 acetonitrile 100mL에 녹여 1,000mgL^{-1}의 stock solution을 조제한 후, acetonitrile로 희석하여 100 mgL^{-1}로 만들고 이를, acetonitrile로 희석하여 0.03, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10mgL^{-1}의 standard solution을 조제하였다. HPLC에 주입하여 chromatogram상 signal과 noise 비율(S/N)이 10 이상인 농도를 LOQ로 정하였으며, LOQ와 10 LOQ를 각각 6회 반복 주입하여 분석한 다음, chromatogram상 머무름 시간, peak의 면적과 높이 값의 변이를 계산 검토하여 기기의 분석 재현성 및 안정성을 검정하였다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

- 표준검량선 작성

Imidacloprid 용액 0.03, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10mgL^{-1}을 5㎕씩 HPLC에 주입 분석하여 표준검량선을 작성하였다.

- Patch중의 imiacloprid 추출

Cellulose patch를 싸고 있는 알루미늄 호일과 포켓을 제거한 후 무게를 측정하고 각각의 patch를 500mL용량의 glass jar에 신속히 담아 acetonitrile 50mL를 첨가한 후 teflon cover로 밀봉하여 10℃에서 1시간 shaking하여 시료를 추출하였다. 각각의 추출물을 0.45㎛의 PTFE syringe filter로 여과하여 분석 시료로 사용하였다.

- 회수율 분석

Imidacloprid 표준용액을 LOQ, 10 LOQ, 100 LOQ가 되게 cellulose patch에 처리하고 30분간 실온에서 방치하여 용매를 휘발시킨 후, 상기의 분석법과 동일한 추출 및 정제과정을 거쳐 분석하였다.

<실험 5>

가) 시험포장 및 살포 농약

시험포장은 충청남도 예산군 신양면 대동리 648-1번지에 위치한 사과원으로 본 실험에서 Yesan-2로 표기하였다. 면적은 약 2000평이며, 품종은 후지 7년생이었다. 실험 기간 동안 살포한 농약은 Table 29과 같으며 SS분무기를 사용하였다.

Date of experiment	Apr. 21, 2015	May 14, 2015	May 22, 2015	June 9, 2015
Satus of apple tree	leaf(×), fruit(×)	leaf(O), fruit(×)	leaf(O), fruit(small size, O)	leaf(O), fruit(medium size, O)
Insect pests	*Grapholita molesta,*	*Grapholita molesta,*	*Grapholita molesta,*	*spiraea aphid*
Pesticide (a.i.)	Mospiran (acetamiprid 8%)	Biraktan (Flubendiamide16%, Flufenoxuron 4%)	Gaideunce (Emamectin benzoate 0.7%, Lufenuron 2.5%)	Setice (Flonicamid 10%)

Table 29. Spraying Pestisides

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

나) 분석용 patch 설치

사과원 전체에 일정거리를 두고 9곳의 장소를 골고루 분포되게 선정하여 실험대상 나무를 정하고 한 그루당 3~6장의 patch를 설치하여 농약살포 후 수거하여 유효성분의 부착량을 분석하고 분포도를 조사하였다.

다) 유효성분의 부착량 분석

(1) Acetamiprid 분석

Acetamiprid 분석은 <실험 2>의 acetamiprid 부착량 분석시 동시에 실시하였으므로 시약 및 기구, 분석 정량한계(LOQ) 측정과 재현성 검정, 표준검량선 작성, patch중의 acetamiprid 추출 방법, 그리고 회수율 분석 방법은 상기의 <실험 2>와 동일하다.

(2) Flubendiamide 부착량 분석

- 시약 및 기구

작물에 부착된 농약분석에 사용한 약제는 Flubendiamide 표준품(98.0%)으로 Dr. Ehrenstorfer GmbH(Germany))사의 제품이고, 분석용 용매인 acetonitrile은 Sigma -Aldrich(St. Louis, MO, USA)제품이었고 분석용 syringe filter (PTFE 0.45um/ 25mm)는 Advantec(Japan)에서 구입하여 사용하였다. Shaker는 Vision scientific (Korea) 사의 기기를 사용하였다. 농약 부착량을 평가하기 위해 사용한 patch는 두께가 1mm인 α-cellulose를 가로 세로 10cm의 크기로 잘라 알루미늄 호일로 뒷면을 덮고 알루미늄 종이 patch 포켓에 싸서 노출 표면적이 50cm^{2}가 되도록 제작하여 사용하였다. 본 연구에 사용한 flubendiamide의 살포 방법은 Table 30에 자세히 기술하였으며, 화학구조 및 이화학적 특성은 Table 31과 같다. 또한 분석기기는 Shimadzu LC/MS- 2020 (Japan)를 사용하였으며 상세한 분석 조건은 Table 32와 같다.

Location of apple orchard	Yesan-2 in Korea
SS sprayer	Low 3rd level
Spraying pressure	2000rpm, 20bar
Application amount per 10a/spraying time per 10a	380L/14min

Table 30. Spraying status of pesticide (flubendimide 16%)

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

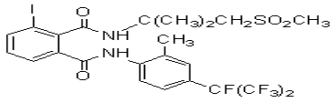
Common name	Flubendiamide
Use	insecticide
Toxicology	Oral LD_{50} for rat = 2000mg/kg
MRLs	Apple = 1.0mg/kg
Molecular weight	682.4
Structure	

Table 31. Use and chemical properties of flubendiamide

HPLC	Instrument	Hewlett Packard SeriesⅡ 1090(USA)
	Column	Phenomenex, Kinetex 2.6μm C18 100A, (100mm×4.6mm)
	Oven Temp.	30℃
	Injection Volume	2$\mu\ell$
	Run time	10 min
	Flow rate	0.3 mL/min
	Mobile phase	Acetonitrile : water/ 75:25(v/v)
MS	Instrument	Shimadzu LC/MS-2020, Japan
	Tuning Mode	Auto
	Acquisition Mode	SIM (Negative-ion mode)
	MS-ESI	Ion Monitored 681 m/z, Retention time 5.4 min, Interface ESI, Detector Voltage 1.30 kv, Interface Voltage 4.50 kv, DL temp. 250 ℃, Heat block Temp. 200 ℃, Nebulizing gas 1.5L/min, Drying gas 15L/min

Table 32. LC/MS operating conditions for the analysis of flubendiamide

- 분석 정량한계(LOQ) 측정과 재현성 검정

Flubendiamide (98%) 표준품 102mg을 acetonitrile 100mL에 녹여 1,000mgL^{-1}의 stock solution을 조제한 후 단계적으로 acetonitrile로 희석하여 0.002, 0.01, 0.02, 0.1, 0.2, 1mgL^{-1}의 standard solution을 조제하였다. 농약이 처리되지 않은 patch 한 장을 25mL의 acetonitrile로 추출하여 0.45um PTFE syringe filter로 여과하고, 위의 standard solution과 각각 1:1(v/v)로 혼합하여 matrix standard를 조제하였다. 각각의 농도가 0.001, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5mgL^{-1}로 조제된 matched standard를 2$\mu\ell$씩 LC/MS에 주입하여 chromatogram상 signal과 noise 비율(S/N)이 10 이상인 농도를 LOQ로 정하였으며, LOQ와 10 LOQ를 각각 6회 반복 주입하여 분석한 다음, chromatogram상 머무름 시간, peak의 면적과 높이 값의 변이를 계산 검토하여

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

기기의 분석 재현성 및 안정성을 검정하였다.

- 표준검량선 작성

Flubendiamide의 matched standard용액 0.001, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5 mgL^{-1}을 2㎕씩 LC/MS에 주입 분석하여 표준검량선을 작성하였다.

- Patch중의 Flubendiamide 추출

Cellulose patch를 싸고 있는 알루미늄 호일과 포켓을 제거한 후 무게를 측정하고 각각의 patch를 500mL용량의 glass jar에 신속히 담아 acetonitrile 50mL를 첨가한 후 teflon cover로 밀봉하여 10℃에서 1시간 shaking하여 시료를 추출하였다. 각각의 추출물을 0.45㎛의 PTFE syringe filter로 여과하여 분석 시료로 사용하였다.

- 회수율 분석

Flubendiamide 표준용액을 LOQ, 10 LOQ 100 LOQ가 되게 cellulose patch에 처리하고 30분간 실온에서 방치하여 용매를 휘발시킨 후, 상기의 분석법과 동일한 추출 및 정제과정을 거쳐 분석하였다.

(3) Lufenuron 2.5% 부착량 분석

- 시약 및 기구

작물에 부착된 농약분석에 사용한 약제는 Lufenuron 표준품(99.0%)으로 Dr. Ehrenstorfer GmbH(Germany))사의 제품이고, 분석용 용매인 acetone는 Sigma- Aldrich(St. Louis, MO, USA)제품이었고 분석용 syringe filter (PTFE 0.45um/25mm)는 Advantec(Japan)에서 구입하여 사용하였다. Shaker는 Vision scientific(Korea)사의 기기를 사용하였다. 농약 부착량을 평가하기 위해 사용한 patch는 두께가 1mm인 α- cellulose를 가로 세로 10cm의 크기로 잘라 알루미늄 호일로 뒷면을 덮고 알루미늄 종이 patch 포켓에 싸서 노출 표면적이 $50cm^2$가 되도록 제작하여 사용하였다. 본 연구에 사용한 lufenuron의 살포 방법는 Table 33에 자세히 기술하였으며, 화학구조 및 이화학적 특성은 Table 34과 같다. 또한 분석기기는 Agilent technologies 6890N GC system (USA)를 사용하였으며 상세한 분석 조건은 Table 35과 같다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Location of apple orchard	Yesan-2 in Korea
SS sprayer	Low 3rd level
Spraying pressure	2000rpm, 20bar
Application amount per 10a/spraying time per 10a	378L/14min

Table 33. Spraying status of pesticide (lufenuron 2.5%)

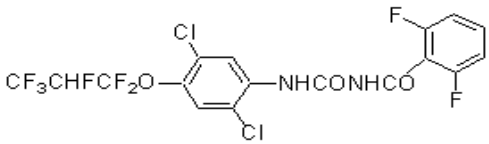
Common name	Lufenuron
Use	Acaricide(miticide), Insecticide control Lepidoptera, Coleoptera, some Thysanoptera, some Diptera (leaf miners & fruit flies), some Homoptera (Psyllids & flocculent whitefly), and rust mites of the family Eriophiidae
Toxicology	Oral LD_{50} for rat > 2000mg/kg
MRLs	0.05~7.0mg/kg
Molecular weight	511.2
Structure	

Table 34. Use and chemical properties of flubendiamide

Instrument	Agilent technologies 6890 GC/ ECD system (USA)
Column	DB 5, length 30m, ID 0.25mm, film 0.25 um
Oven Temp.	100℃,2min →10℃/min →280℃, 5min
Injection Volume	2㎕
Retention time	9.1 min, 10.3min
Career flow (split ratio)	N_2, 1 mL/min (1:5)
Makeup Gas	N_2, 60 ml/min
Detector	300℃
Injector	250℃

Table 35. GC operating conditions for the analysis of lufenuron 2.5%

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

- 분석 정량한계(LOQ) 측정과 재현성 검정

Lufenuron (99%) 표준품 101mg을 acetone 100mL에 녹여 1,000mgL^{-1}의 stock solution을 조제한 후 단계적으로 acetone으로 희석하여 0.002, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1 mgL^{-1}의 standard solution을 조제하였다. Chromatogram상 signal과 noise 비율(S/N)이 10 이상인 농도를 LOQ로 정하였으며, LOQ와 10 LOQ를 각각 6회 반복 주입하여 분석한 다음, chromatogram상 머무름 시간, peak의 면적과 높이 값의 변이를 계산 검토하여 기기의 분석 재현성 및 안정성을 검정하였다.

- 표준검량선 작성

Lufenuron의 standard용액 0.002, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1mgL^{-1}을 2㎕씩 GC/ECD에 주입 분석하여 표준검량선을 작성하였다.

- Patch중의 시료 추출

Cellulose patch를 싸고 있는 알루미늄 호일과 포켓을 제거한 후 무게를 측정하고 각각의 patch를 500mL용량의 glass jar에 신속히 담아 acetone 50mL를 첨가한 후 teflon cover로 밀봉하여 10℃에서 1시간 shaking하여 시료를 추출하였다. 각각의 추출물을 0.45㎛의 PTFE syringe filter로 여과하여 분석 시료로 사용하였다.

- 회수율 분석

Lufenuron 표준용액을 LOQ, 10 LOQ 100 LOQ가 되게 cellulose patch에 처리하고 30분간 실온에서 방치하여 용매를 휘발시킨 후, 상기의 분석법과 동일한 추출 및 정제과정을 거쳐 분석하였다.

(4) Flonicamid 분석

- 시약 및 기구

작물에 부착된 농약분석에 사용한 약제는 Flonicamid(99.0%) 표준품으로 Dr. Ehrenstorfer GmbH(Germany))사의 제품이고, 분석용 약품으로 acetonitrile은 Sigma -Aldrich(St. Louis, MO, USA)제품이었고 분석용 syringe filter (PTFE 0.45um /25mm)는 Advantec(Japan)에서 구입하여 사용하였다. Shaker는 Vision scientific (Korea)사의 기기를 사용하였다. 농약 부착량을 평가하기 위해 사용한 patch는 두께가 1mm인 α-cellulose를 가로 세로 3cm의 크기로 잘라 알루미늄 호일로 뒷면을 덮고 노출 표면적이 9cm^{2}가 되도록 제작하여 사용하였다. 본 연구에 사용한 Flonicamid의 살포 방법는 Table 36에 자세히 기술하였으며, 화학구조 및 이화학적 특성은 Table 37과 같다. 또한 분석기기는 Shimadzu LC/MS-2020(Japan)를 사용하였으며 상세한 분석 조건은 Table 38과 같다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Location of apple orchard	Yesan-2 in Korea
SS sprayer	Low 2nd~3rd level
Spraying pressure	2000rpm, 20bar
Application amount per 10a/spraying time per 10a	380L/15min

Table 36. Spraying status of pesticide (Flonicamid 25%)

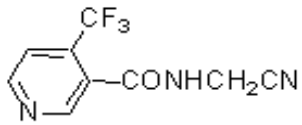
Common name	Flonicamid
Use	Insecticide, control thrips, whiteflies, planthoppers, plant bugs, or mealy bugs
Toxicology	Oral LD_{50} for female rat > 1768mg/kg
MRLs	0.05~3.0mg/kg
Molecular weight	229.2
Structure	

Table 37. Use and chemical properties of Flonicamid

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

HPLC	Instrument	Hewlett Packard SeriesⅡ 1090(USA)		
	Column	Phenomenex, Kinetex 2.6μm C18 100A, (100mm×4.6mm)		
	Oven Temp.	28℃		
	Injection Volume	5$\mu\ell$		
	Run time	25 min		
	Post time	2 min		
	Flow rate	0.2 mL/min		
	Mobile phase	Total time(%)	A: 0.01% Formic acid in Acetonitrile(%)	B: 0.01% Formic acid in Water(%)
		0	35	65
		6	35	65
		10	95	5
		15	95	5
		16	35	65
		25	35	65
MS	Instrument	Shimadzu LC/MS-2020, Japan		
	Tuning Mode	Auto		
	Acquisition Mode	SIM (Positive-ion mode)		
	MS-ESI	Ion Monitored 230 m/z		
		Retention time 4.0min		
		Interface ESI		
		Detector Voltage 1.30 kv		
		Interface Voltage 4.50 kv		
		DL temp. 250 ℃		
		Heat block Temp. 200 ℃		
		Nebulizing gas 1.5L/min		
		Drying gas 15L/min		

Table 38. LC/MS operating conditions for the analysis of flonicamid

- 분석 정량한계(LOQ) 측정과 재현성 검정

Flonicamid (99%) 표준품 101mg을 acetonitrile 100mL에 녹여 1,000mgL^{-1}의 stock solution을 조제한 후 단계적으로 acetonitrile로 희석하여 0.02, 0.1, 0.2, 1, 2, 10 mgL^{-1}의 standard solution을 조제하였다. 농약이 처리되지 않은 patch 한 장을 25 mL의 acetonitrile로 추출하여 0.45um PTFE syringe filter로 여과하고, 위의 standard solution과 각각 1:1(v/v)로 혼합하여 matrix standard를 조제하였다. 각각의 농도가 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5mgL^{-1}로 조제된 matched standard를 5$\mu\ell$씩 LC/MS에 주입하여 chromatogram상 signal과 noise 비율(S/N)이 10 이상인 농도를 LOQ로 정하였으며, LOQ와 10 LOQ를 각각 6회 반복 주입하여 분석한 다음, chromatogram상 머무름 시간, peak의 면적과 높이 값의 변이를 계산 검토하여 기기의 분

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

석 재현성 및 안정성을 검정하였다.

- 표준검량선 작성

Flonicamid의 matched standard용액 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5mgL^{-1}을 5㎕씩 LC/MS에 주입 분석하여 표준검량선을 작성하였다.

- Patch중의 시료 추출 방법

Cellulose patch를 싸고 있는 알루미늄 호일과 포켓을 제거한 후 무게를 측정하고 각각의 patch를 500mL용량의 glass jar에 신속히 담아 acetonitrile 50mL를 첨가한 후 teflon cover로 밀봉하여 10℃에서 1시간 shaking하여 시료를 추출하였다. 각각의 추출물을 0.45㎛의 PTFE syringe filter로 여과하여 분석 시료로 사용하였다.

- 회수율 분석

Flonicamid 표준용액을 LOQ, 10 LOQ, 100 LOQ가 되게 cellulose patch에 처리하고 30분간 실온에서 방치하여 용매를 휘발시킨 후, 상기의 분석법과 동일한 추출 및 정제과정을 거쳐 분석하였다. 또한 1mgL^{-1}을 cellulose patch에 처리하고 시료 분석시까지 냉동 보관 후 상기의 추출 방법으로 추출하여 안정성을 점검하였다.

1) 파프리카에 살포된 농약사용 실태에 따른 부착양 분포도 분석

가) Spinetoram 과 spinosad의 부착양 분석

본 실험에서 사용한 스피네토람 입상수화제(Spinetoram 5% WG)와 스피노사드 입상수화제(spinosad 10% WG)는 시설재배지 내 파프리카에 발생한 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella Occidentalis*)의 방제를 목적으로 살포되었다. 살포량에 따른 농약의 부착도를 분석하여 적정 살포량을 도출하고자 실시하였다.

(1) 농약 살포 현황

스피네토람 입상수화제(Spinetoram 5% WG)와 스피노사드 입상수화제(spinosad 10% WG)를 농약안전사용기준에 따라 희석하여 사용하였다. 시험 작물인 파프리카(품종: 루바토, 초장: 2.20m)는 경주시 양남면 소재 유리온실 농가에서 재배하고 있는 작물을 이용하였다. 처리구를 10a로 설정하고 약제 당 3반복으로 구간을 나누었고 살포시 약제의 비산에 의한 혼입을 막기 위해 한 구간을 띠워 설정하였다. U자형 고압 분무기를 이용하여 시험약제별로 농약안전사용기준에 따라 표준희석 살포용액을 잎과 꽃에 충분히 묻도록 10a당 250ℓ, 125ℓ와 60ℓ를 살포하였다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

(2) 시료 채취

농약을 살포하기 전에 실험구간마다 작물수고의 중간 정도 높이에서 크기가 비슷한 파프리카 잎을 채취하여 무처리 시료로 사용하였다. 또한 살포 후 농약이 건조된 후 (살포 후 약 7시간 경과) 살포 전 채취한 장소에 근접한 지점에서 같은 조건으로 채취하였다. 모두 플라스틱 지퍼백에 밀봉하고 검은 봉지로 싸서 아이스박스로 넣어 실험실로 옮겨 -20℃에 냉동하였다. 분쇄기(한일믹서, Korea)에 얼린 시료와 드라이아이스를 같이 넣어 최대한 가는 입자가 되도록 마쇄하여 밀봉한 후 -20℃에서 분석시까지 보관 하였다.

(3) 유효성분의 부착양 분석

- 시약 및 기구

HPLC-grade MeCN는 J.T.Baker(USA)사 제품, glacial acetic acid(HOAc), ammonium formate(NH_4O_2CH), ammonium acetate (NH_4OAc) 그리고 formic acid는 Sigma-Aldrich(USA)사로 부터 구매하여 사용하였다. 무수 $MgSO_4$, 무수 NaOAc는 Junsei(Japan)사 제품을 사용하였다. Dispersive solid-phase extraction(d-SPE) cleanup에 사용한 primary secondary amine (PSA), octadecyl silica (C18) 그리고 graphaitized carbon black (GCB)은 Agilent(USA)사 제품을 사용하였다. spinetoram 과 spinosad 표준품은 한국 농촌진흥청 국립농업과학원으로 부터 제공 받아 사용하였다. HPLC는 Hewlet Packard 1090(USA), LC/MS는 Shimadzu 2020 (Japan)모델을 사용하였다.

- 시료 추출 및 d-cleanup

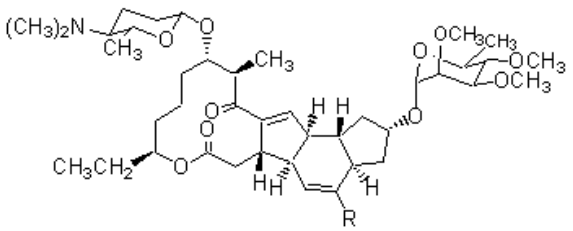
분쇄된 샘플 중 5g을 정량하여 50ml의 팔콘 튜브에 담아 10ml 의 1% acetic acid를 포함한 acetonitrile을 첨가하고 약제와 시료가 잘 섞일 수 있게 직경 5mm glass 구슬 20개 추가한 후 30분(15-20℃ 유지) 강하게 흔들어 시료를 추출하였다 (shaking machine, vision sci., Korea). 자세한 시료 추출 및 정제 방법은 Fig. 1에 기술 하였다. 물과 유기용매의 층 분리를 위하여 세 가지 QuEChERS법에 따라 ammonium formate (NH_4O_2CH), ammonium acetate (NH_4OAc) 그리고 무수 Sodium acetate (NaOAc)를 각각 첨가하였다. 또한 PSA, C18 그리고 GCB의 조성을 달리하여 d- cleanup를 실시하였다 (Fig. 1). clean up 후에는 centrifuge(micro-12, 한일 co., Korea)로 4000 rpm에서 1분간 원심분리하고 상등액 0.6 ml을 취하여 1 ml의 vail에 담아 5ul씩 주입하여 LC-MS로 분석하였다.

- 기기 분석 및 조건

Spinosad의 유효성분은 spinosyn A와 D의 혼합물로 구성되어 있고, spinetoram은 spinosyn J와 spinosyn L의 혼합물로 구성되어 있다. Table 39과 40에 화학구조 및 이화학적 특성, 분석조건은 Table 41에 자세히 기술하였다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 39. Use and chemical properties of spinosad

Common name	Spinosad
Use	Insecticide, control Lepidoptera, Diptera, Thysanoptera, Coleoptera, Orthoptera, and Hymenoptera, and many others
Toxicology	Oral LD_{50}forfemalerat>5000mg/kg
MRLs	0.01~10mg/kg
M.W	732.0 (spinosyn A); 746.0 (spinosyn D)
Structure	 spinosyn A, R = H- spinosyn D, R = CH_3-

- 표준 시약 제조 및 검량선 작성

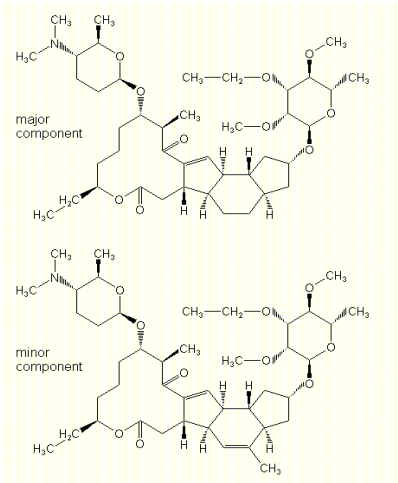
표준시약 spinosad와 spinetoram 각각 100ppm의 stock standard solution을 국립농업과학원으로부터 제공받아 acetonitrile로 희석하여 사용하였다. 0.02, 0.1, 0.2, 1, 2, 10 ppm으로 희석하고 blank sample extract와 같은 비율로(1/1)로 섞어 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5 ppm의 matrix-matched standard solution을 제조하여 LC-MS로 측정하여 calibration curve를 작성하였다.

- 회수율 측정

Table 3에 기술한 분석 조건으로 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5 ppm의 농도별 matrix -matched standard solution을 주입하여 LOQ를 측정하였다. 무처리 시료에 10 LOQ 그리고 100LOQ 가 되도록 각각의 standard 용액을 추가한 후 실온 암실에 30 분간 방치하였다. 그 다음 상기에 기술한 순서대로 시료 추출 및 d-cleanup을 실시하고 Table 1의 분석 조건으로 LC-MS로 분석하여 회수율을 계산하였다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 40. Use and chemical properties of spinetoram

Common name	Spinetoram
Use	Insecticide, control Lepidopterous larvae, diptera, and leaf feeding beetles
Toxicology	Oral LD_{50}forrat>5000mg/kg
MRLs	0.05~10mg/kg
Molecular weight	747.99
Structure	

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 41. LC/MS operating conditions for the analysis of spinosad and spinetoram

HPLC	Instrument	Hewlett Packard SeriesⅡ 1090(USA)
	Column	Phenomenex, Kinetex 2.6μm C18 100A, (100mm x 4.6mm)
	Oven Temp.	40℃
	Injection Volume	5$\mu\ell$
	Run time	20 min
	Flow rate	0.3 mL/min
	Mobile phase	MeOH : 0.5mM ammonium acetate/ 90 ; 10 (v/v)
MS	Instrument	Shimadzu LC/MS-2020, Japan
	Tuning Mode	Auto
	Acquisition Mode	SIM (Positive)
	MS-ESI	Ion Monitored; spinosad (spinosyn A : 733 m/z, spinosyn D : 747m/z), spinetoram(spinosyn J : 749m/z, spinosyn L : 761m/z) Retention time; spinosyn A : 9.2, spinosyn D : 10.5 , spinosyn J : 10.4 min, spinosyn L : 12.1 min Interface; ESI

나) 무인 살포기에 의한 pyrifluquinazon 과 fluopyram 부착양 분포도 분석

Pyrifluquinazon과 Fluopyram을 동시에 살포한 후 패치에 부착된 잔류 농약을 추출 분석하여 부착양을 구역별로 비교하여 분포도를 조사하였다.

(1) 농약 살포 현황

2016년 7월 14일 전남 화순에 위치한 파프리카 시설 재배지에서 실험을 실시하였으며, 에어포그형 무인 살포기를 사용하였다. 파프리카의 초장을 상, 중, 하로 나뉘어 각각 cellulose patch를 잎의 앞뒷면에 부착하였다 (3반복). 10cm의 정사각형 cellulose patch를 알루미늄 포켓으로 감싸서 약액의 부착 면적이 50cm^{2}되게 하였다.

(2) 유효성분의 부착양 분석

- 시약 및 기구

99%의 시약 표준품을 구입하여 사용하였고 분석용 용매인 acetonitrile은 Sigma- Aldrich (St. Louis, MO, USA)제품, 분석용 syringe filter (PTFE 0.45um/25mm)는 Advantec(Japan)에서 구입하여 사용하였다. Shaker는 Vision scientific(Korea)사의 제품을 사용하였다. 분석기기는 Hewlett Packard SeriesⅡ 1090 HPLC(USA)와 Shimadzu LC/MS-2020(Japan)를 사용하였다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

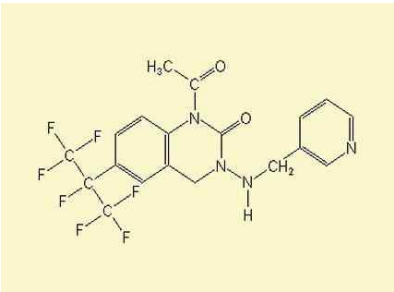
- 시료 추출

Pyrifluquinazon은 시료를 산성화 한 후 추출하면 용해도가 높은 것으로 식품공전 잔류농약 분석법에 기재되어 있다. pyrifluquinazon의 경우 1%의 formic acid(pH 1-2)를 사용하나, 그 경우 pH 1에서 fluopyram의 해리가 있음이 식품공전 잔류 농약 분석법에 명시되어 있으므로 두 화합물의 동시 분석시 pH에 특히 유의해야 한다. 또한 위의 두 화합물 모두 QuEChERS 법으로 전 처리하여 동시분석법이 정립되어 있다(2013년 4월 국립농산물품질관리원 시험연구소). 이에 근거하여 본 실험에서는 산성화의 pH 정도는 QuEChERS 법에 근거하여 약 pH 3-4가 되는 0.1%의 formic acid를 사용해 실험 패치의 산성화를 먼저 실시하였다. 이는 두 화합물에 영향을 끼치지 않으면서 동시에 추출 효율을 높이기 위함이다. 냉동된 patch를 30분간 실온 암실에서 해동하고 cellulose patch 이외의 알루미늄 포켓과 같은 부자재를 조심히 제거한 후 무게를 측정하였다. 500ml의 glass jar 에 담아 10ml의 0.1%의 formic acid로 patch를 충분히 적신다. 40ml 의 formic acid를 0.1% 포함한 acetonitrile을 추가하여 테프론 뚜껑으로 밀봉한 후 3분간 초음파를 실시하여 추출의 효율성을 높이고자 하였다. Auto shaker로 30분간 shaking 후 0.45um PTFE filter로 여과 후 분석시료로 사용하였다.

- 기기 분석 및 조건

Pyrifluquinazon과 fluopyram 의 화학구조 및 이화학적 특성이 Table 42와 43에 자세히 기술하였다. 동시 분석 조건은 Table 44에 기술하였다.

Table 42. Use and chemical properties of pyrifluquinazon

Common name	Pyrifluquinazon
Use	Insecticide
Toxicology	ADI 0.005 mg/kg b.w. /day (2010)
MRLs	0.05~0.5mg/kg
M.W	464.34
Structure	

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 43. Use and chemical properties of fluopyram

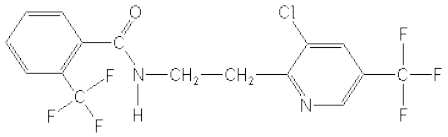
Common name	Fluopyram
Use	Fungicide
Toxicology	ADI 0.01 mg/kg b.w. /day (2011)
MRLs	0.01~5mg/kg
Molecular weight	396.76
Structure	

Table 44. LC/MS operating conditions for the analysis of pyrifluquinazon and fluopyram

HP LC	Instrument	Hewlett Packard SeriesⅡ 1090(USA)
	Column	Phenomenex, Kinetex 2.6㎛ C18 100A, (100mm x 4.6mm)
	Oven Temp.	30℃
	Injection Volume	10㎕
	Run time	5 min
	Flow rate	0.7mL/min
	Mobile phase	Acetonitrile with 0.1% formic acid : 0.1 % formic acid Water/ 60 ; 40 (v/v)
MS	Instrument	Shimadzu LC/MS-2020, Japan
	Tuning Mode	Auto
	Acquisition Mode	SIM (Positive)
	MS-ESI	Ion Monitored; pyrifluquinazon : 465 m/z fluopyram : 397m/z Retention time; pyrifluquinazon: 1.96 min fluopyram : 3.48 min Interface; ESI Detector Voltage; 1.30 kv Interface Voltage; 4.50 kv DL temp.; 250 ℃ Heat block Temp.; 200 ℃ Nebulizing gas; 1.5L/min Drying gas; 15L/min

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

- 표준 시약 제조 및 검량선 작성

각각의 표준품을 acetonitrile에 녹여 1000 mgL^{-1}의 stock solution을 조제한 후 단계적으로 acetonitrile로 희석하여 0.0006, 0.002, 0.01, 0.02, 0.1, 0.2 mgL-1의 standard solution을 조제하였다. 농약이 처리되지 않은 동일 사이즈의 cellulose patch 한 장을 동일한 방법으로 추출, 여과하여 위의 standard solution과 각각 1:1 (v/v)로 혼합하여 matrix standard를 조제하였다. 각각의 농도가 0.0003, 0.001, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1 mgL-1로 조제된 standard 10㎕를 LC/MS에 주입하여 chromatogram상 signal과 noise 비율(S/N)이 10 이상인 농도를 LOQ로 정하고 검량선을 작성하였다. 또한 LOQ와 10 LOQ를 각각 6회 반복 주입하여 분석한 다음, chromatogram상 머무름 시간, peak의 면적과 높이 값의 변이를 계산 검토하여 기기의 분석 재현성 및 안정성을 검정하였다.

- 회수율 측정

각각의 matched standard용액을 10 LOQ, 100 LOQ가 되게 cellulose patch에 처리하고 30분간 실온에서 방치하여 용매를 휘발시킨 후, 상기의 분석법과 동일한 추출 및 정제과정을 거쳐 분석하였다

2) 사과원에서의 살포 농약의 표면 부착 양 분포도 분석

2014년에서 2016년까지 사과 과수원에서 농약 살포량 감소와 살포방법에 따른 해충 방제효과를 지속적으로 모니터 함으로써 농약 적정 살포량의 기준 설정을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다. 2014년에는 관행적으로 사용되어온 평균 450L/10a를 살포하였고, 2015년에는 평균 350L/10a의 감소된 양으로 좀 더 균일한 살포가 되도록 작업자에게 개선된 살포 방법을 제시하였다. 그 방제효과는 2014년과 동일하게 우수하였다(2015년 보고서 참고). 농약의 살포량의 증가보다 균일한 살포방법 개선이 방제에 보다 효과적임을 알 수 있었다. 또한 수분에 민감한 감수지(water sensitive paper) 결과만 보면 전체적 살포가 가시적으로 균일해 보이지만, 부착양의 기기분석 결과를 보면 살포자의 습관에 따라 지속적으로 부착양이 현저히 낮은 부분을 발견할 수 있었다. 이는 해충의 저항성을 유발 시킬 잠재성을 지니는 것이므로 부착양이 저조한 사각지대가 생기지 않게 하는 살포방법이 중요하다고 판단된다. 따라서, 2016년에는 2015년의 분석결과를 기초로 하여 같은 과수원내에서도 농약의 부착양이 낮게 나타났던 부분을 작업자에게 미리 알리고 그 사각지대를 줄이고자 하였다. 이는 적정 양의 농약으로 효율적 방제와 더불어 해충 저항성 발달 지연에 도움이 될 것으로 보여 진다. 또한 과수의 상 하부와 잎의 앞뒷면으로 나누어 부착양의 분포도를 조사하였다. 본 연구는 지금까지 사용양의 명확한 기준이 없어 과량 살포되었던 농약의 절감을 유도하여 장기적으로 환경오염을 저감시키는 효과를 가져 올 수 있을 것으로 사료 된다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

가) 2016년 농약 살포현황

2016년도 농약 살포는 2015년과 동일한 사과원에서 실시하였다. 첫 번째는 충청남도 공주군 신풍면에 위치한 사과원으로 본 실험에서 Kongju로 표기하였다. 면적은 약 2000평이며, 품종은 후지 18년생과 7년생이었다. 두 번째는 충청남도 예산군 신양면 연리 40-1번지에 위치한 사과원으로 본 실험에서 Yesan-1로 표기하였다. 면적은 약 1300평이며 품종은 홍로와 후지 3년생이었다. 세 번째 시험포장은 충청남도 예산군 신양면 대동리 648-1번지에 위치한 사과원으로 본 실험에서 Yesan-2로 표기하였으며 면적은 약 2000평, 품종은 후지 7년생이었다. 실험 기간 동안 살포한 농약은 Table 45에 표기하였으며 모두 SS분무기를 사용하여 살포하였다.

Table 45. status of spraying pesticide on the 2016 year

Location of apple orchard	Target pests	Date of spraying (Average 350L/10a)	Name of pesticide	Active ingredient
Kongju region in Korea	*G. molesta*	May 11th	Dimillin(wp)	Diflubenzuron 25%
	Aphis citricola	June 7th	Sparta(WG)	Acetamiprid 8%
Yesan 1 region in Korea	*G. molesta*	April 28th	Stonet(WG)	Thiamethoxam 6.7% + lambda-cyhalothrin 1.4%
	G. molesta	May 19th	Altacoa (WG)	Chlorantraniliprole 5%
	Aphis citricola	May 30th	Mobento (SC)	Spirotetramat 22%
Yesan 2 region in Korea	*G. molesta*	May 4th	Birakta (SC)	Flubendiamide 16% + Flufenoxuron 4%
	G. molesta	May 17th	Gaiduns (WG)	lufenuron 2.5% + emamectin benzoate 0.7%
	Aphis citricola	May 30th	Manjangilchi(WP)	Acetamiprid 2.5% + etofenprox 8%

나) 분석용 패치 설치

사과원 전체에 일정거리를 두고 골고루 분포되게 8~10곳의 장소에 실험대상 나무를 선정하여 한 그루당 12장의 cellulose patch를 설치하여 농약 부착 정도를 분석하였다. 두께 1mm인 α-cellulose path로 약제 부착 면적이 9cm^{2}가 되게 절단하였으며 그 뒷면은 알루미늄 호일로 덮었다.

설치 방법은 나무를 상하로 나누어 위쪽에 6장, 아래쪽에 6장 부착하였으며 잎의 앞뒷면에 각각 3장씩 구분하여 설치하였다. 농약살포 후 즉시 수거하여 분석시까지 -20℃에서 보관하였다. 또한 50 cm^{2}의 cellulose patch를 농장 지면에 12장 부착하여 과수원 바닥에 떨어지는 농약의 양도 분석하였다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

다) 유효성분의 부착양 분석

(1) 시약 및 기구

설치한 patch에 부착된 유효성분 분석에 사용한 각각의 약제는 순도 97% 이상의 표준품을 구입하여 사용하였고 분석용 용매인 acetonitrile은 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)제품, 분석용 syringe filter (PTFE 0.45um/25mm)는 Advantec(Japan)에서 구입하여 사용하였다. Shaker는 Vision scientific(Korea)사의 기기, 분석기기는 Hewlett Packard SeriesⅡ 1090 HPLC(USA)와 Shimadzu LC/MS-2020(Japan)를 사용하였다.

(2) Cellulose patch로부터 유효성분 추출

Cellulose patch를 냉동실에서 꺼내 직사광성이 없는 실온에 30분간 해동하고 patch를 싸고 있는 알루미늄 호일을 제거한 후 무게를 측정하였다. 각각glass jar에 넣어 각 유효성분 추출에 알맞은 유기용매를 첨가하였다. Patch가 추출 용매에 잘 잠길 수 있게 9 cm^2 면적의 cellulose patch는 100 ml의 glass jar에 20 ml를, 50 cm^2 면적의 patch는 500 ml의 glass jar에 추출 용매 50 ml를 첨가하였다. Teflon cover로 밀봉하여 3분간 초음파를 가하여 용매가 patch에 잘 스며들게 하였다. 그 후 20℃의 shaker 안에서 30분 동안 진탕 추출하고 0.45μm의 PTFE syringe filter로 여과하여 분석 시료로 사용하였다.

(3) Diflubenzuron 부착양 분석

Diflubenzuron의 화학구조 및 이화학적 특성은 Table 46과 같다. 또한 patch로 부터 추출용매는 acetonitrile을 사용하였으며, 상세한 분석조건은 Table 47와 같다.

- 분석 정량한계(LOQ) 측정과 재현성 검정

Diflubenzuron 표준품을 acetonitrile에 녹여 1000 mgL-1의 stock solution을 조제한 후 단계적으로 acetonitrile로 희석하여 0.01, 0.02, 0.1, 0.2, 1.0, 2.0 mgL^{-1}의 standard solution을 조제하였다. 농약이 처리되지 않은 동일 사이즈의cellulose patch 한 장을 20 mL의 acetonitrile로 추출, 여과하여 위의 standard solution과 각각 1:1(v/v)로 혼합하여 matrix standard를 조제하였다. 각각의 농도가 0.005, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 mgL^{-1}로 조제된 standard를 5$\mu\ell$씩 LC/MS에 주입하여 chromatogram상 signal과 noise 비율(S/N)이 10 이상인 농도를 LOQ로 정하였으며, LOQ와 10 LOQ를 각각 6회 반복 주입하여 분석한 다음, chromatogram상 머무름 시간, peak의 면적과 높이 값의 변이를 계산 검토하여 기기의 분석 재현성 및 안정성을 검정하였다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 46. Use and chemical properties of Diflubenzuron

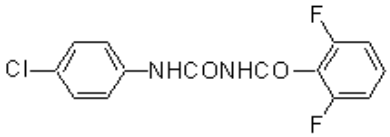
Common name	Diflubenzuron
Use	Insecticide, control insect pests, particularly forest tent caterpillar moths, boll weevils, gypsy moths, and other types of moths.
Toxicology	Oral LD_{50}forrat>4600 mg/kg
MRLs	0.05~40mg/kg
Molecular weight	310.7
Structure	

Table 47. LC/MS operating conditions for the analysis of Diflubenzuron

HPLC	Instrument	Hewlett Packard SeriesⅡ 1090(USA)
	Column	Phenomenex, Kinetex 2.6㎛ C18 100A, (100mm x 4.6mm)
	Oven Temp.	40℃
	Injection Volume	5㎕
	Run time	8 min
	Flow rate	0.3 mL/min
	Mobile phase	Acetonitrile : water/ 80:20(v/v)
MS	Instrument	Shimadzu LC/MS-2020, Japan
	Tuning Mode	Auto
	Acquisition Mode	SIM (Negative)
	MS-ESI	Ion Monitored 309 m/z Retention time 4.4 min Interface ESI Detector Voltage 1.30 kv Interface Voltage 4.50 kv DL temp. 250 ℃ Heat block Temp. 200 ℃ Nebulizing gas 1.5L/min Drying gas 15L/min

- 표준검량선 작성

Diflubenzuron의 matched standard용액 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 mgL^{-1}을 5㎕씩 LC/MS에 주입 분석하여 표준검량선을 작성하였다.

-회수율 분석

Diflubenzuron matched standard용액을 10 LOQ, 100 LOQ가 되게 cellulose patch에 처리하고 30분간 실온에서 방치하여 용매를 휘발시킨 후, 상기의 분석법과 동일한 추출 및 정제과정

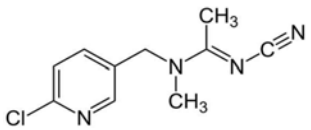
국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

을 거쳐 분석하였다.

(4) Acetamiprid의 부착 양 분석

Acetamiprid의 화학구조 및 이화학적 특성은 Table 48과 같다. 또한 patch로부터 추출용매는 acetonitrile을 사용하였으며, 상세한 분석 조건은 Table 49과 같다.

Table 48. Use and chemical properties of acetamiprid

Common name	Acetamiprid
Use	*Aphis, Spodoptera, Trialeurodes, Myzus, etc.*
Toxicology	LD_{50}forrats>146mg/kg
MRLs	0.1~20 mg/kg
Molecular weight	222.7
Chemical structure	

- 분석 정량한계(LOQ) 측정과 재현성 검정

Acetamiprid 표준품을 이용하여 상기의 matrix standard 조제법에 따라 각각의 농도가 0.003, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 mgL^{-1}로 조제된 matched standard를 5㎕씩 LC/ MS에 주입하여 chromatogram상 signal과 noise 비율(S/N)이 10 이상인 농도를 LOQ로 정하였으며, LOQ와 10 LOQ를 각각 6회 반복 주입하여 분석한 다음, chromatogram상 머무름 시간, peak의 면적과 높이 값의 변이를 계산 검토하여 기기의 분석 재현성 및 안정성을 검정하였다.

- 표준검량선 작성

Acetamiprid의 matched standard용액 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 mgL^{-1}을 5 ㎕씩 LC/MS에 주입 분석하여 표준검량선을 작성하였다.

-회수율 분석

Acetamiprid matched standard용액을 10 LOQ, 100 LOQ가 되게 cellulose patch에 처리하고 30분간 실온에서 방치하여 용매를 휘발시킨 후, 상기의 분석법과 동일한 추출 및 정제과정을 거쳐 분석하였다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 49. LC/MS operating conditions for the analysis of acetamiprid

HP LC	Instrument	Hewlett Packard SeriesⅡ 1090(USA)
	Column	Phenomenex, Kinetex 2.6㎛ C18 100A, (100mm x 4.6mm)
	Oven Temp.	40℃
	Injection Volume	5㎕
	Run time	15 min
	Flow rate	0.3 mL/min
	Mobile phase	Acetonitrile : water/ 50:50(v/v)
MS	Instrument	Shimadzu LC/MS-2020, Japan
	Tuning Mode	Auto
	Acquisition Mode	SIM (Positive)
	MS-ESI	Ion Monitored 223 m/z Retention time 4.2 min Interface ESI Detector Voltage 1.30 kv Interface Voltage 4.50 kv DL temp. 250 ℃ Heat block Temp. 200 ℃ Nebulizing gas 1.5L/min Drying gas 15L/min

(5) Thiametoxam의 부착양 분석

Thiamethoxam의 화학구조 및 이화학적 특성은 Table 50와 같다. 또한 patch로부터 추출 용매는 acetonitrile과 증류수 (8:2) 혼합물을 사용하였으며, 상세한 분석 조건은 Table 51과 같다.

- 분석 정량한계(LOQ) 측정과 재현성 검정

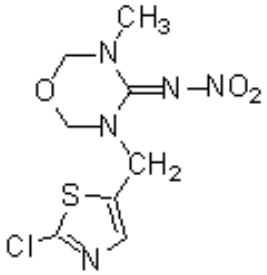
Thiametoxam 표준품을 이용하여 상기의 matrix standard 조제법에 따라 각각의 농도가 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0, 5.0 mgL^{-1}로 조제된 matched standard를 5㎕씩 LC/ MS에 주입하여 chromatogram상 signal과 noise 비율(S/N)이 10 이상인 농도를 LOQ로 정하였으며, LOQ와 10 LOQ를 각각 6회 반복 주입하여 분석한 다음, chromatogram상 머무름 시간, peak의 면적과 높이 값의 변이를 계산 검토하여 기기의 분석 재현성 및 안정성을 검정하였다.

- 표준검량선 작성

Thiametoxam의 matched standard용액 0.05, 0.1, 0.5, 1.0, 5.0 mgL^{-1}을 5㎕씩 LC/MS에 주입 분석하여 표준검량선을 작성하였다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 50. Use and chemical properties of Thiametoxam

Common name	Thiamethoxam
Use	insecticide
Toxicology	Acute RfD = 0.35 mg/kg b.w.
MRLs	0.01~1mg/kg
Molecular weight	291.7
Structure	

-회수율 분석

Thiametoxam matched standard용액을 10 LOQ, 100 LOQ가 되게 cellulose patch에 처리하고 30분간 실온에서 방치하여 용매를 휘발시킨 후, 상기의 분석법과 동일한 추출 및 정제과정을 거쳐 분석하였다.

Table 51. LC/MS operating conditions for the analysis of Thiametoxam

HP LC	Instrument	Hewlett Packard SeriesⅡ 1090(USA)
	Column	Phenomenex, Kinetex 2.6μm C18 100A, (100mm x 4.6mm)
	Oven Temp.	40℃
	Injection Volume	5$\mu\ell$
	Run time	10 min
	Flow rate	0.3 mL/min
	Mobile phase	Acetonitrile : water/ 35:65(v/v)
MS	Instrument	Shimadzu LC/MS-2020, Japan
	Tuning Mode	Auto
	Acquisition Mode	SIM (Positive)
	MS-ESI	Ion Monitored 292m/z Retention time 4.3 min Interface ESI Detector Voltage 1.30 kv Interface Voltage 4.50 kv DL temp. 250 ℃ Heat block Temp. 200 ℃ Nebulizing gas 1.5L/min Drying gas 15L/min

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

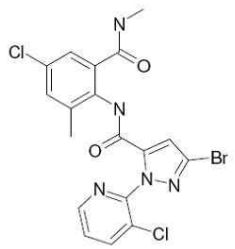
(6) Chlorantraniliprole의 부착양 분석

Chlorantraniliprole의 화학구조 및 이화학적 특성은 Table 52와 같다. 또한 patch로부터 추출용매는 acetonitrile를 사용하였으며, 상세한 분석 조건은 Table 53에 표기하였다.

- 분석 정량한계(LOQ) 측정과 재현성 검정

Chlorantraniliprole 표준품을 acetonitrile에 녹여 1000 mgL-1의 stock solution을 조제한 후 단계적으로 acetonitrile로 희석하여 각각의 농도가 0.05, 0.1, 0.5, 1.0, 5.0, 10 mgL^{-1}로 조제된 standard를 25㎕씩 HPLC에 주입하여 chromatogram상 signal과 noise 비율(S/N)이 10 이상인 농도를 LOQ로 정하였으며, LOQ와 10 LOQ를 각각 6회 반복 주입하여 분석한 다음, chromatogram상 머무름 시간, peak의 면적과 높이 값의 변이를 계산 검토하여 기기의 분석 재현성 및 안정성을 검정하였다.

Table 52. Use and chemical properties of chlorantraniliprole

Common name	Chlorantraniliprole
Use	insecticide, moths, beetles, caterpillars, etc.
Toxicology	Oral LD_{50}forrat=5000mg/kg
MRLs	0.05~50mg/kg
Molecular weight	483.15
Structure	

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 53. HPLC operating conditions for the analysis of chlorantraniliprole

Instrument	Hewlett Packard SeriesⅡ 1090(USA)
Column	Phenomenex, Luna 3㎛ C18 100A, (150mm x 4.6mm)
Oven Temp.	40℃
Injection Volume	25㎕
Run time	5 min
Flow rate	1 mL/min
Mobile phase	Acetonitrile : water/ 75:25(v/v)
Detection	UV 254nm

- 표준검량선 작성

Chlorantraniliprole 의 standard용액 0.1, 0.5, 1.0, 5.0, 10 mgL^{-1}을 25㎕씩 HPLC에 주입 분석하여 표준검량선을 작성하였다.

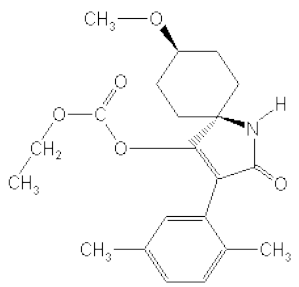
- 회수율 분석

Chlorantraniliprole 표준용액을 10 LOQ, 100 LOQ가 되게 cellulose patch에 처리하고 30분간 실온에서 방치하여 용매를 휘발시킨 후, 상기의 분석법과 동일한 추출 및 정제과정을 거쳐 분석하였다.

(7) Spirotetramat의 부착양 분석

Spirotetramat의 화학구조 및 이화학적 특성은 Table 54과 같다. 또한 patch로부터 추출 용매는 1%의 formic acid 를 함유한 acetonitrile를 사용하였으며, 상세한 분석 조건은 Table 55과 같다.

Table 54. Use and chemical properties of Spirotetramat

Common name	Spirotetramat
Use	Insecticide
Toxicology	Oral LD_{50}forrat>2000mg/kg
MRLs	0.02~15mg/kg
Molecular weight	373.44
Structure	

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

- 분석 정량한계(LOQ) 측정과 재현성 검정

Spirotetramat 표준품을 이용하여 상기의 matrix standard 조제법에 따라 각각의 농도가 0.001, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5 mgL^{-1}로 조제된 matched standard를 5㎕씩 HPLC에 주입하여 LOQ를 정하였다, LOQ와 10 LOQ를 각각 6회 반복 주입하여 분석한 다음, chromatogram상 머무름 시간, peak의 면적과 높이 값의 변이를 계산 검토하여 기기의 분석 재현성 및 안정성을 검정하였다.

- 표준검량선 작성

Spirotetramat 의 matched standard용액 0.001, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5 mgL^{-1}을 5㎕씩 LC/MS에 주입 분석하여 표준검량선을 작성하였다.

- 회수율 분석

Spirotetramat 의 matched standard용액을 10 LOQ, 100 LOQ가 되게 cellulose patch에 처리하고 30분간 실온에서 방치하여 용매를 휘발시킨 후, 상기의 분석법과 동일한 추출 및 정제과정을 거쳐 분석하였다.

Table 55. LC/MS operating conditions for the analysis of Spirotetramat

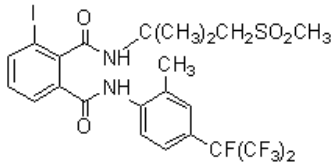
HPLC	Instrument	Hewlett Packard SeriesⅡ 1090(USA)
	Column	Phenomenex, Kinetex 2.6㎛ C18 100A, (100mm x 4.6mm)
	Oven Temp.	40℃
	Injection Volume	5㎕
	Run time	7 min
	Flow rate	0.5 mL/min
	Mobile phase	Acetonitrile : water with 0.1% formic acid/ 60:40(v/v)
MS	Instrument	Shimadzu LC/MS-2020, Japan
	Tuning Mode	Auto
	Acquisition Mode	SIM (Positive)
	MS-ESI	Ion Monitored 374m/z Retention time 3.7 min Interface ESI Detector Voltage 1.30 kv Interface Voltage 4.50 kv DL temp. 250 ℃ Heat block Temp. 200 ℃ Nebulizing gas 1.5L/min Drying gas 15L/min

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

(8) Flubendiamide의 부착 양 분석

Flubendiamide의 화학구조 및 이화학적 특성은 Table 56과 같다. 또한 patch로부터 추출 용매는acetonitrile를 사용하였으며, 상세한 분석 조건은 Table 57와 같다.

Table 56. Use and chemical properties of Flubendiamide

Common name	Flubendiamide
Use	insecticide
Toxicology	Oral LD_{50}forrat=5000mg/kg
MRLs	Apple = 1.0mg/kg
Molecular weight	682.4
Structure	

- 분석 정량한계(LOQ) 측정과 재현성 검정

Flubendiamide 표준품을 이용하여 상기의 matrix standard 조제법에 따라 각각의 농도가 0.001, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5mgL^{-1}로 조제된 matched standard를 5㎕씩 HPLC에 주입하여 LOQ를 정하였다, LOQ와 10 LOQ를 각각 6회 반복 주입하여 분석한 다음, chromatogram상 머무름 시간, peak의 면적과 높이 값의 변이를 계산 검토하여 기기의 분석 재현성 및 안정성을 검정하였다.

- 표준검량선 작성

Flubendiamide 의 matched standard용액 0.005, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5mgL^{-1}을 5㎕씩 LC/MS에 주입 분석하여 표준검량선을 작성하였다.

- 회수율 분석

Flubendiamide 의 matched standard용액을 10 LOQ, 100 LOQ가 되게 cellulose patch에 처리하고 30분간 실온에서 방치하여 용매를 휘발시킨 후, 상기의 분석법과 동일한 추출 및 정제 과정을 거쳐 분석하였다.

(9) Lufenuron의 부착양 분석

Lufenuron의 화학구조 및 이화학적 특성은 Table 58과 같다. 또한 patch로부터 추출 용매는 acetonitrile를 사용하였으며, 상세한 분석 조건은 Table 59과 같다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

- 분석 정량한계(LOQ) 측정과 재현성 검정

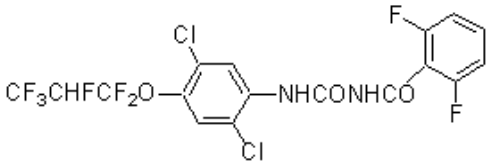
Lufenuron 표준품을 이용하여 상기의 matrix standard 조제법에 따라 각각의 농도가 0.005, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1 mgL^{-1}로 조제된 matched standard를 5㎕씩 HPLC에 주입하여 LOQ를 정하였다, LOQ와 10 LOQ를 각각 6회 반복 주입하여 분석한 다음, chromatogram상 머무름 시간, peak의 면적과 높이 값의 변이를 계산 검토하여 기기의 분석 재현성 및 안정성을 검정하였다.

Table 57. LC/MS operating conditions for the analysis of Flubendiamide

HP LC	Instrument	Hewlett Packard SeriesⅡ 1090(USA)
	Column	Phenomenex, Kinetex 2.6㎛ C18 100A, (100mm x 4.6mm)
	Oven Temp.	40℃
	Injection Volume	5㎕
	Run time	10 min
	Flow rate	0.3mL/min
	Mobile phase	Acetonitrile : water / 70:30(v/v)
MS	Instrument	Shimadzu LC/MS-2020, Japan
	Tuning Mode	Auto
	Acquisition Mode	SIM (Negative)
	MS-ESI	Ion Monitored 681m/z Retention time 6.1 min Interface ESI Detector Voltage 1.30 kv Interface Voltage 4.50 kv DL temp. 250 ℃ Heat block Temp. 200 ℃ Nebulizing gas 1.5L/min Drying gas 15L/min

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 58. Use and chemical properties of Lufenuron

Common name	Lufenuron
Use	Acaricide(miticide), Insecticide control Lepidoptera, Coleoptera, some Thysanoptera, some Diptera (leaf miners & fruit flies), some Homoptera (Psyllids & flocculent whitefly), and rust mites of the family Eriophiidae
Toxicology	Oral LD_{50}forrat>2000mg/kg
MRLs	0.05~7.0mg/kg
Molecular weight	511.2
Structure	

- 표준검량선 작성

Lufenuron의 matched standard용액 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1mgL^{-1}을 5㎕씩 LC/MS에 주입 분석하여 표준검량선을 작성하였다.

- 회수율 분석

Lufenuron의 matched standard용액을 10 LOQ, 100 LOQ가 되게 cellulose patch에 처리하고 30분간 실온에서 방치하여 용매를 휘발시킨 후, 상기의 분석법과 동일한 추출 및 정제과정을 거쳐 분석하였다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 59. LC/MS operating conditions for the analysis of Lufenuron

HP LC	Instrument	Hewlett Packard SeriesⅡ 1090(USA)
	Column	Phenomenex, Kinetex 2.6μm C18 100A, (100mm x 4.6mm)
	Oven Temp.	30℃
	Injection Volume	5μℓ
	Run time	20 min
	Flow rate	0.3mL/min
	Mobile phase	Acetonitrile : water / 75:25(v/v)
MS	Instrument	Shimadzu LC/MS-2020, Japan
	Tuning Mode	Auto
	Acquisition Mode	SIM (Negative)
	MS-ESI	Ion Monitored 509m/z Retention time 8.8 min Interface ESI Detector Voltage 1.30 kv Interface Voltage 4.50 kv DL temp. 250 ℃ Heat block Temp. 200 ℃ Nebulizing gas 1.5L/min Drying gas 15L/min

2. 연구 수행 결과

(1) 정량한계 측정 및 재현성

Acetamiprid, dinotefuran 그리고 thiodicarb의 정량 한계(LOQ)로 S/N>10 되는 표준용액 농도를 측정한 결과, acetamiprid 8%와 2.5% 함유하는 시료 분석시에 각각 acetamiprid 0.1ng과 0.5ng, 그리고 dinotefuran 과 thiodicarb 두 약제는 모두 0.02ng의 농도가 정량 측정 시험을 수행하기에 충분한 감도로 측정되었다(Fig. 1). 또한 분석의 재현성 시험으로 본 실험에서 측정된 LOQ를 연속으로 3번 이상 분석한 결과 머무름 시간(tR), 피크면적(area), 피크높이(height)의 반복 분석간 변이 계수가 6% 이하로 작아 기기가 재현성 있는 분석을 수행 할 수 기준에 적합하였다(Table 60).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

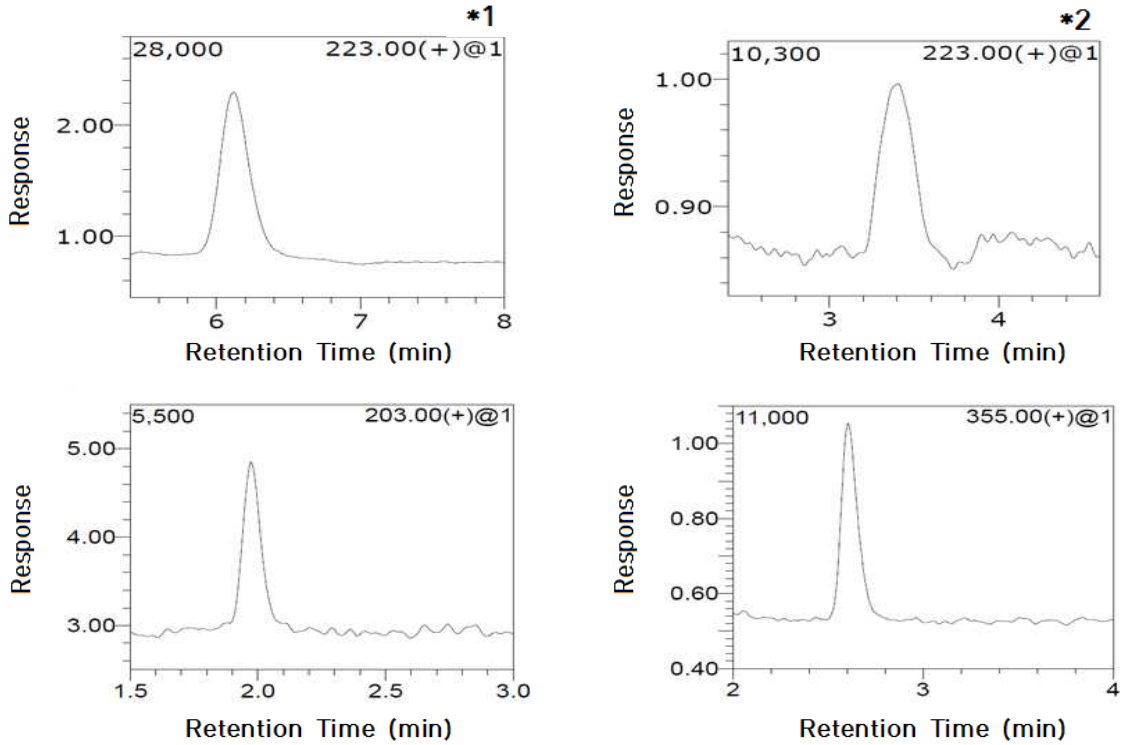


Fig 1. LC/MS Chromatograms of LOQ of acetamiprid, dinotefuran and thiodicarb.
*1: 223*m/z* : Aceatmiprid 8%, *2: 223*m/z* : Aceatmiprid 2.5%, 203*m/z* : Dinotefuran, 355*m/z* : Thiodicarb

Table 60. Reproducibility of analysis

LOQ		Reproducibility	
		Average	C.V.[a)]
Acetamiprid 8% 0.1ng	tR	6.12	0.05
	Area	204488.00	1.53
	Height	14674.00	1.79
Acetamiprid 2.5% 0.5ng	tR	3.40	0.07
	Area	19570	3.11
	Height	1441	5.42
Dinotefuran 0.02ng	tR	1.97	0.11
	Area	8861.50	2.18
	Height	1665.50	2.31
Thiodicarb 0.02ng	tR	2.61	0.06
	Area	30877.67	1.51
	Height	5172.50	0.99

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

(2) 검량선의 직선성

정량분석의 근본이 되는 표준 검량선의 직선성을 측정한 결과는 Table 6에 나타낸 바와 같이 R^2=0.995 이상으로 모두 직선성이 매우 우수하고 안정적이었다(Fig. 61).

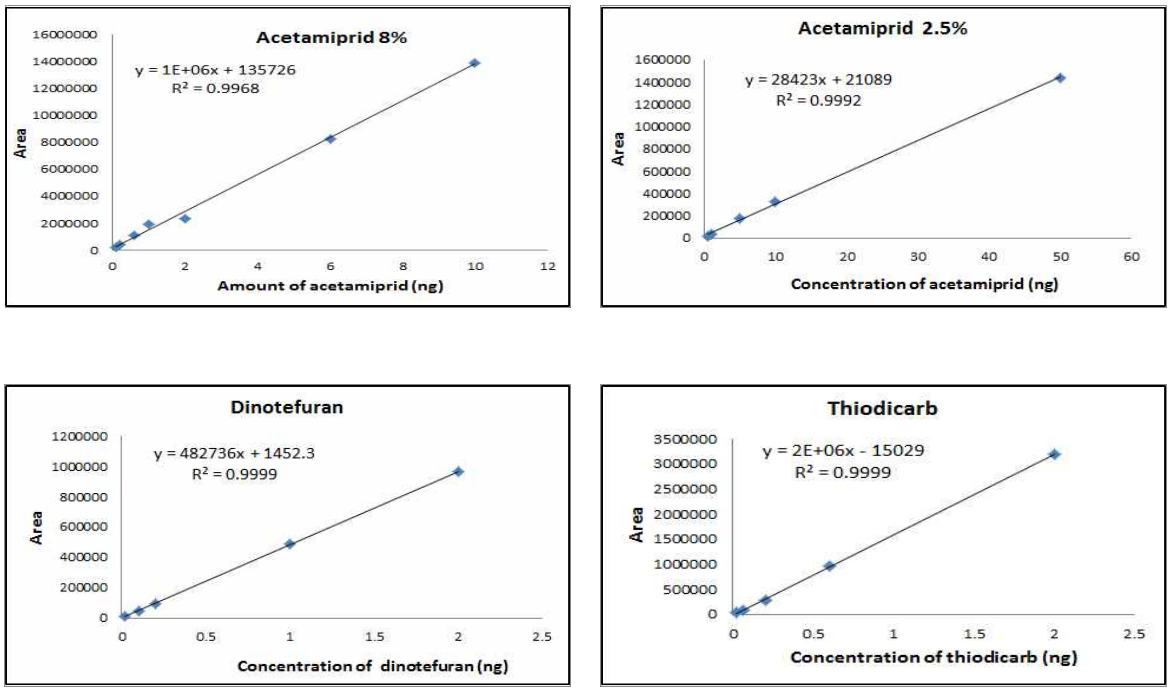


Fig 2. Calibration curves of acetamiprid, dinotefuran and thiodicarb.

Table 61. Equations of standard calibration curves

Compound	Equation of calibration curve	R^2
Acetamiprid 8%	y=1E+06x-135726	0.9968
Acetamiprid 2.5%	y=28423x+21089	0.9992
Dinotefuran 20%	y=482736x+1452.3	0.9999
Thiodicarb 40%	y=2E+06x-15029	0.9999

(3) 회수율 및 저장 안정성 시험

회수율 시험은 무처리 시료에 일정량의 시험 약제를 처리하고 동일한 추출과 정제과정을 거친 후 그 약제의 회수가 얼마나 되는지 측정하여 분석법을 검정하는 것으로 acetamiprid 8% 분석 시료는 acetamiprid 표준품을 1ppm(20 LOQ), acetamiprid 2.5% 분석시료는 0.5ppm(10 LOQ), 5ppm(100 LOQ), dinotefuran 과 thiodicarb은 각각 0.1ppm(10 LOQ), 1ppm(100 LOQ)의 농도가 되게 무처리 패치에 처리하고 동일한 분석법으로 회수율을 측정한 결과 잔류성 시험 기준에(70~120%) 적합하였으며, 변이계수 또한 10% 미만으로 국내외 잔류농약분석 및 검사

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

기준을 충족시켰다(Table 62). 또한 dinotefuran 과 thiodicarb는 분석 시까지 시료를 냉동 보관하였으므로 약제의 저장 안정성을 평가하기 위해 시료 채취 직후, 무처리 패치에 두 약제를 각각 0.1ppm이 되게 처리하여 분석시까지 시료와 동일한 조건으로 보관한 후, 시료와 동일한 추출·정제 과정을 거쳐 측정한 결과, 약제가 안정적이었다(Table 63).

Table 62. Recovery rate of Acetamiprid, dinotefuran and thiodicarb

Compound	Fortified Conc. (ppm)	Recovery rate(%)			Average±SD	C.V.[a)]
		Replicate 1	Replicate 2	Replicate 3		
Acetamiprid 8%	1	107.88	103.67	103.00	104.85+2.65	2.53
Acetamiprid 2.5%	0.5	82.28	85.41	81.91	83.20±1.92	2.31
	5	83.28	82.24	84.77	83.43±1.27	1.52
Dinotefuran	0.1	97.03	96.01	94.93	95.99±1.05	1.09
	1	97.29	96.39	93.00	95.56±2.26	2.37
Thiodicarb	0.1	78.68	79.56	80.15	79.46±0.74	0.93
	1	75.66	75.88	76.07	75.87±0.20	0.27

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 63. Storage stability of dinotefuran and thiodicarb

Compound	Fortified Conc. (ppm)	Storage stability(%)			Average±SD
		Replicate 1	Replicate 2	Replicate 3	
Dinotefuran	0.1	96.04	96.09	94.49	95.54±0.91
Thiodicarb	0.1	77.22	77.84	75.09	76.72±1.44

(4) 살포 농약의 분포도 분석

우리나라에 보고된 사과나무의 병해는 진균병 32종, 세균병 4종, 바이러스 4종, 바이로이드 1종, 해충은 312종으로 특히 진딧물과 사과굴나방은 발생양이 많아 경제적 피해를 초래하는 주요 해충에 속한다. 특히 6월부터는 기온이 높아지고 장마가 시작되는 시기로 병충해 관리에 주의를 기울여야 한다. 본 연구에서는 4월 21일, 6월 16일, 7월 28일과 8월 28일에 농민들이 관행적으로 사용하는 일반적 살포방법으로 약제를 살포하여 부착실태를 정밀 분석하였고, 농약 부착양과 해충 방제 효과와의 상관성을 알아보고자 하였다. 약제 살포에 따른 농약의 부착 분포도를 분석하기 위해 포장내 10~14개의 장소에 실험 대상 과수를 정하였다. 실험대상 수목

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

은 각 장소 당 한 개의 수목을 정하고, 가지 당 패치를 여러 개 부착하여 농약 살포 직후 패치를 수거 하여 부착된 농약을 추출하여 분석함으로써 포장내 농약의 부착양의 불균일성을 측정하였다. 살포 즉시 패치를 수거 하였으므로 분석시 각 약제에 따른 대사산물은 고려하지 않았다. 4월 21일 살포 시에는 10개 장소에 실험 수목을 정하고 각 수목의 가지와 줄기에 각각 1개씩 패치를 설치하여 합계 20개의 패치를 분석하였으며, 6월 16일, 7월 28일과 8월 28일 약제 살포 시에는 14개 장소를 정하고 각 실험 수목에 6개의 패치를 설치하여 총 84의 패치를 분석하였다. 방제 효과를 분석하기 위하여 약제에 따라 진딧물과 사과굴나방의 포획개체수를 조사하였다.

(5) 모스피란(Acetamiprid 8%) 살포 후 부착량 분석

모스피란 수화제(Acetamiprid 8%)의 살포 후 부착양을 측정하기 위하여 과수원내에 일정 거리를 두어 10그루의 실험수목을 정하고, 대상 수목의 가지와 줄기에 각각 1개씩 총 20개의 패치를 부착하였다. 약제 살포 완료 후 패치를 수거하여 패치에 부착된 acetamiprid의 부착정도를 분석한 결과, 최저치 <1.14㎍/50cm^2, 최고치 252㎍/50cm^{2}로 나타났으며, 그 변이계수가 82.68%로 부착양의 균일도 차이가 매우 큰 것으로 분석되었다. 본 약제의 살포농도는 74㎍/50cm^2(Table 4)로 계산되었으며, 부착양이 계산 살포량의 10%(7㎍/50cm^2) 이하로 분석된 처리구의 비율도 14%나 되었다. 그와 반대로 100㎍/50cm^{2}이상 과하게 부착된 경우도 전체 패치의 30%를 차지하였다(Table 64). 이처럼 같은 양의 약제를 살포하여도 약제 부착양이 심하게 차이를 보이며, 불량 살포구역에 해충이 회피하여 방제를 피할 수 있을 것으로 판단되었다. 이와 같은 판단을 뒷받침하듯 약제부착이 불량한 구역에서는 사과굴나방의 방제 효과도 낮은 것으로 조사되었다.

Table 64. Attached amounts of acetamiprid(8%) on the apple trees depending on the location

Patch number	Patch position on the tree	Amount of acetamiprid (㎍/50cm^2)
3	Branch	<1.14
	Trunk	19.09
6	Branch	50.08
	Trunk	1.60
9	Branch	179.22
	Trunk	92.28
12	Branch	54.15
	Trunk	226.86
15	Branch	105.20
	Trunk	16.02
20	Branch	163.47

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

	Trunk	60.33
24	Branch	135.58
	Trunk	81.13
25	Branch	145.24
	Trunk	35.3
26	Branch	61.08
	Trunk	20.26
27	Branch	252.88
	Trunk	81.20

(6) 만장일치(Acetamiprid 2.5%) 살포 후 부착량 분석

만장일치(acetamiprid 2.5% + etofenprox 8%)수화제를 살포한 후, 패치에 부착된 acetamiprid의 부착정도를 분석하였다. 부착양은 최소값 <0.0005μg/50cm^2, 최고값 100.04μg/50cm^2, 변이계수 132%로 매우 큰 차이를 보였다(Table 65). 본 약제의 살포농도는 57μg/50cm^{2}로 계산되었으며, 14개소 84개의 패치를 분석하여 평균 부착양을 비교한 결과, 약 36%가 5μg/50cm^2 이하로 부착양이 매우 낮은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 진딧물 방제효과와도 유사한 결과를 보였다. 진딧물 조사 대상 수목은 패치 부착 수목과 같았으며, 약제처리 전 진딧물의 밀도가 1500이상 이었던 곳이 4곳으로 조사되었다. 그 중 두 곳은 방제가 잘 되었고 나머지 두 장소는 70%의 방제 효과만 나타났다. 그 방제효과가 미비한 곳 모두 약제 부착양이 1.5μg/50cm^{2}이하로 불량한 것으로 분석 되었다(Table 66).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 65. Attached amounts of acetamiprid(8%) on the apple trees depending on the location

Tree number	Patch number	μg/50cm²	Average	Tree number	Patch number	μg/50cm²	Average
1	49	5.30	2.63	11	25	60.27	60.00
	50	2.94			26	78.08	
	51	4.74			27	25.74	
	52	0.61			28	60.06	
	53	0.44			29	96.99	
	54	1.74			30	38.88	
2	55	<0.0005	<0.0005	12	31	50.67	25.44
	56	<0.0005			32	19.99	
	57	<0.0005			33	12.24	
	58	<0.0005			34	42.91	
	59	<0.0005			35	10.56	
	60	<0.0005			36	16.26	
3	61	10.50	24.60	13	37	9.17	18.40
	62	15.28			38	44.71	
	63	100.04			39	5.55	
	64	6.78			40	12.23	
	65	9.41			41	18.94	
	66	5.59			42	19.83	
4	67	0.53	0.44	14	7	6.83	10.42
	68	0.01			8	7.51	
	69	<0.0005			9	4.22	
	70	1.95			10	9.01	
	71	0.18			11	24.93	
	72	<0.0005			12	10.03	
5	79	0.10	1.42	15	1	38.76	13.60
	80	<0.0005			2	5.53	
	81	2.71			3	8.00	
	82	<0.0005			4	8.62	
	83	0.51			5	5.92	
	84	5.18			6	14.77	
6	43	19.23	11.50	16	13	10.89	12.63
	44	9.73			14	2.64	
	45	2.62			15	3.60	
	46	23.22			16	28.68	
	47	6.64			17	26.61	
	48	7.57			18	3.38	
7	73	<0.0005	0.03	17	19	28.10	10.16
	74	<0.0005			20	14.67	
	75	<0.0005			21	0.71	
	76	0.10			22	10.40	
	77	0.03			23	6.29	
	78	0.03			24	0.79	

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 66. Pesticide control effects of acetamiprid on the apple trees

experimental tree No.	Pesticide control effect (%)	Average amount of Acetamiprid (㎍/50cm^2)
17	100	10.16
6	96.6	11.50
2	78.5	<0.0005
5	79.8	1.42

(7) 펜텀 입상수화제(Dinotefuran 20% 함유) 살포 후 부착량 분석

펜텀 입상수화제의 살포 후 부착양을 분석하기 위하여 14개소의 시험수목에 각 6개, 총 84개의 패치를 부착하였다. 시험수목 위치별로 약제 부착양이 최저치 6.15㎍/50cm^2, 최고치가 364.08㎍/50cm^{2}이었으며, 부착양의 변이계수가 80%로 부착양의 차이가 매우 심한 것으로 분석되었다. 본 약제는 살포농도는 449㎍/50cm^{2}로 계산되었으며, 그 중 10% 이하의 부착양을 보인 처리구가 약 14%로 나타났으며(Table 67) 이 부근은 사과 굴나방의 방제효과도 저조한 것으로 조사 되었다.

(8) 신기록 수화제(Thiodicarb 40% 함유) 살포 후 부착량 분석

신기록 수화제(Thiodicarb 40%)를 살포 한 시점은 수확기에 가까워져 작물 보호제 지침서에 따라, 수확을 앞둔 사과 과실은 피하여 살포를 실시하였으므로 그 부분은 비교 대상에서 제외하였다. 따라서 Table 68에 나타난 결과 중에서 1-1, 1-2, 1-3, 2-1, 2-2, 2-3, 3-1, 그리고 5-3지역의 부착양만 비교 분석하였다. Thiodicarb는 최저값 11㎍/50cm^2, 최고값 927.78㎍/50cm^{2}로 측정되었으며, 변이계수는 88%로 부착 균일성의 차는 앞의 두 약제의 분석결과와 마찬가지로 매우 큰 것으로 분석 되었다. 본 약제의 살포농도는 905㎍/50cm^{2}로 계산되었고, 75㎍/50cm^2 이하의 평균 부착양이 나타난 곳이 25% 이었다. 이 부근의 사과굴나방 방제효과 또한 저조한 것으로 조사되었다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 67. Attached amounts of dinotefuran(20%) on the apple trees depending on the location

Tree number	Patch number	μg/50cm²	Average	Tree number	Patch number	μg/50cm²	Average
1-1	183	40.18	43.50	3-2	85	65.89	42.00
	184	43.07			86	34.69	
	185	40.77			87	19.08	
	186	84.00			88	60.86	
	187	27.39			89	45.37	
	188	25.56			90	26.12	
1-2	171	166.15	142.93	4-1	91	364.08	252.14
	172	130.93			92	306.47	
	173	167.42			93	187.92	
	174	133.80			94	328.12	
	175	128.31			95	196.91	
	176	130.99			96	129.34	
1-3	103	93.09	74.20	4-2	121	97.39	68.51
	104	89.05			122	62.28	
	105	71.72			123	66.69	
	106	72.28			124	37.89	
	107	60.35			125	32.74	
	108	58.70			126	114.07	
2-1	213	119.41	117.89	4-3	133	39.08	58.17
	214	137.54			134	60.27	
	215	149.79			135	53.53	
	216	107.51			136	42.35	
	217	94.06			137	59.91	
	218	99.01			138	93.88	
2-2	207	33.77	47.35	5-1	127	106.46	109.71
	208	53.82			128	164.86	
	209	71.79			129	76.57	
	210	38.04			130	135.43	
	211	39.83			131	98.89	
	212	46.85			132	76.04	
2-3	201	34.06	64.76	5-2	109	74.61	57.89
	202	79.23			110	51.25	
	203	91.34			111	34.76	
	204	45.85			112	101.57	
	205	59.64			113	53.33	
	206	78.42			114	31.83	
3-1	189	29.03	37.73	5-3	115	28.26	22.64
	190	35.21			116	6.15	
	191	49.23			117	13.27	
	192	43.38			118	19.17	
	193	32.24			119	52.12	
	194	37.31			120	16.89	

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 68. Attached amounts of thiodicarb(40%) on the apple trees depending on the location

Tree number	Patch number	μg/50cm^2	Average	Tree number	Patch number	μg/50cm^2	Average
1-1	267	562.60	472.21	3-2	219	0.05	0.07
	268	345.11			220	0.10	
	269	411.94			221	0.12	
	270	603.44			222	0.06	
	271	575.74			223	0.02	
	272	334.41			224	0.07	
1-2	261	61.82	73.92	4-1	303	6.14	6.08
	262	60.51			304	5.43	
	263	72.68			305	8.05	
	264	90.50			306	4.69	
	265	70.04			307	6.54	
	266	87.99			308	5.63	
1-3	297	517.01	218.13	4-2	147	14.56	28.86
	298	138.68			148	21.44	
	299	83.39			149	59.31	
	300	259.34			150	12.55	
	301	161.75			151	22.75	
	302	148.63			152	42.56	
2-1	255	615.81	754.58	4-3	291	12.38	9.23
	256	869.22			292	10.11	
	257	892.69			293	9.38	
	258	430.18			294	11.06	
	259	791.78			295	7.31	
	260	927.78			296	5.16	
2-2	249	771.94	690.70	5-1	153	5.15	5.08
	250	698.43			154	3.22	
	251	695.26			155	4.08	
	252	796.54			156	8.12	
	253	777.68			157	5.88	
	254	404.37			158	4.03	
2-3	237	112.60	75.92	5-2	165	8.47	9.66
	238	36.52			166	6.82	
	239	38.92			167	7.06	
	240	101.41			168	5.87	
	241	89.22			169	16.85	
	242	76.82			170	12.91	
3-1	231	294.62	242.40	5-3	159	25.26	71.27
					160	23.84	
	232	215.82			161	11.03	
	233	171.09			162	29.70	
	234	428.05			163	141.93	
	235	214.04			164	195.86	
	236	130.79					

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

(9) 약제 살포시 과수 이외의 장소에 부착되어지는 약량의 조사

약제를 물로 희석하여 살포할 경우 약 30%가 비산되거나 지면에 살포되어 지는 것으로 알려져 있다. 이러한 사실을 고려하여 분무기에 부착되는 약제의 양을 분석 추정해 보았다. 동력살포기에 묻는 약량을 조사하기 위하여 살포기의 의자를 중심으로 앞과 뒤, 옆 부분에 패치를 부착하고 살포 후에 패치에 부착된 모스피란 수화제(Acetamiprid 8%)의 잔류량을 분석하였다. 그 결과 의자의 앞부분 330.80㎍/50cm^2, 옆부분 122.14㎍/50cm^2 그리고 뒷부분은 39.92㎍/50cm^{2}로 분석되었다. 의자의 앞부분은 살포자와 가장 근접한 곳으로 농약 살포시 살포자의 농약 노출 가능성이 과수에
부착된 약량인 평균 89㎍/50cm^{2}의 약 4배 정도 많은 것으로 조사되었다.

또한 thiodicarb(40%) 살포시에 지면에 부착되는 살포량을 조사한 결과, 평균 706㎍/50cm^{2}로 나타났다(Table 69). 이는 Table 13에 나타난 결과 중에서 약제가 과수에 살포된 1-1, 1-2, 1-3, 2-1, 2-2, 2-3, 3-1, 5-3지역 과수에 붙은 평균 부착양인 약 325㎍/50cm^{2}보다 2배 이상 많은 결과였다. 이와 같은 결과는 농약 살포시 농작업자가 농약에 많이 노출될 수 있어 이를 피할 수 있는 대책과 연구가 필요할 것으로 판단된다.

Table 69. Attached amounts of thiodicarb(40%) on the ground of apple orchard.

Ground number	Patch number	㎍/50cm^2	Average
ground-1	243	427.11	397.73
	244	256.71	
	245	373.55	
	246	368.78	
	247	379.34	
	248	580.86	
ground-2	273	1756.03	1148.77
	274	746.61	
	275	1037.93	
	276	1628.31	
	277	1245.11	
	278	478.63	
ground-3	225	652.42	571.20
	226	307.25	
	227	319.73	
	228	154.76	
	229	1736.66	
	230	256.35	

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

(10) 살포종료 후 용기 및 남은 약량의 처리현황

농작업자가 농약 살포종료 후 처리 현황을 조사하여 환경 안전성을 점검하고자 하였다. 동력살포기를 이용하여 살포한 경우 약 탱크 안에 희석된 농약이 일정량 남게 되나 그대로 배수처리 되어졌으며, 또한 농약희석에 사용한 용기에도 고농도 농약이 묻어 있는 상태에서 방치되고 있었다. 따라서 그대로 환경에 버려지는 농약의 양을 다음과 같이 3가지 경우로 구분(Table 70)하여 조사하였다. 첫째, 농약살포 후 남아 그대로 버려지는 농약의 양, 둘째, 남은 희석액을 버린 후에 동력살포기 약탱크에 묻어있는 양, 셋째, 농약을 희석하기 위해 사용한 용기에 묻어 남아있는 농약의 양까지 농약 살포종료 후 버려지는 약량을 전반적으로 조사 · 분석하였다. 약탱크와 사용 용기의 경우에는 잔류가 남지 않게 충분히 여러 번 씻어낸 물을 모아서 잔류분석 시료로 사용하였다.

그 결과, 세 차례 걸친 농약 살포 후에는 총 41g의 농약이 그대로 환경중으로 버려지고 있었다. 이 결과가 6, 7, 8월에 걸친 살포량의 일부인 것을 감안하면 한해의 폐기량은 이보다 월등히 많으며, 매년 폐기되는 양을 고려한다면 비용뿐 만 아니라 만성적으로 환경오염을 심화시킬 수 있다고 사료되므로 이를 예방하기 위해서는 효과적 병해충 방제를 위한 면적당 적정 살포액량을 농약의 포장지에 기록하여 희석액 조제 초기부터 잉여가 줄어들 수 있게 유도해야 할 것으로 사료된다.

Table 70. Amount of Remained Pesticides after Spray

Compound	Amount of Remained Pesticides after Spray(mg)				
	Tank	Tank after discard	Basket	Total	Convert to Pesticide
Acetamiprid	200.61	32.25	0.50	233.36	Manjangilchi WP 9,000
Dinotefuran	5544.26	159.73	0.88	5704.87	Pentom WP 29,000
Thiodicarb	1077.89	145.81	7.36	1231.06	Sinkirog WP 3,000

(11) 요　약

한 포장내 위치에 따른 수목별 농약 부착양을 조사 분석하기 위해 먼저 분석기기의 안정성과 정량한계 및 재현성을 조사한 결과 모두 만족하는 수준이었다. 시험약제 표준검량선의 직선성(R^2)은 acetamiprid 8% 0.9968, acetamiprid 2.5% 0.9992, dinotefuran과 thiodicarb은 각각 0.9999로 분석하기에 매우 우수한 결과를 나타내었으며, 또한 세 약제의 회수율은 모두 70~120% 사이로 잔류농약분석 기준을 만족시켰다.

포장에서 4차례에 걸쳐 약제를 살포하고 약제 부착양을 조사 분석하였다. 그 결과 4차례 모

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

두 부착양의 변이계수가 80%에서 130%로 매우 큰 차를 나타내었으며, 또한 평균 부착양이 불량한 수목도 14%에서 36%까지 조사되었다. 이러한 결과는 낮은 해충 방제구역과도 일치하는 것으로 조사되었다.

살포자의 작업부근의 농약 부착양을 분석한 결과, 수목에 부착된 양보다 약 4배 정도 많은 것으로 조사되었으며, 과수원 지면에 살포되어지는 농약의 양도 수목에 부착된 농약의 양보다 2배 이상인 것으로 나타났다.

농약살포 완료 후 살포되지 않고 버려지는 희석액, 희석용기 및 약제 탱크에 남아 환경중으로 버려지는 약제의 양도 적지 않아, 경제적 손실뿐만 아니라 환경오염에 미치는 영향이 클 것으로 판단된다.

본 실험의 데이터는 현재 살포방법에 대한 개선책 마련이 필요하다는 것을 나타내고 있었다. 부착양의 변이계수를 줄일 수 있는 개선된 살포 방법의 기준이 마련된다면, 농약사용 약량은 줄이고 방제 효과는 높일 수 있을 것으로 판단되며, 부수적으로 약제의 사용 감소에 따른 환경부하 저감 및 사용자가 약제로부터 받을 수 있는 피해를 감소시키는 효과를 가져 올 것으로 판단된다. 이를 위해 앞으로 지속적인 더 많은 연구가 이루어 져야 할 것이다.

가. 파프리카에 살포된 농약의 부착량 분포도 분석 결과

<실험 1>

(1) Abamectin 부착량 결과

- 정량한계 측정 및 표준검량선의 직선성

Cellulose patch에 부착된 abamectin의 부착량 분석을 위한 chromatogram상 S/N이 10 이상인 abamectin을 신뢰성 있게 정량할 수 있는 최소량인 정량 한계(LOQ)는 0.75ng이었다. abamectin의 검량선의 직선성은 R^2=0.9999로 우수하여 정량분석을 수행할 수 있었다(Fig 3).

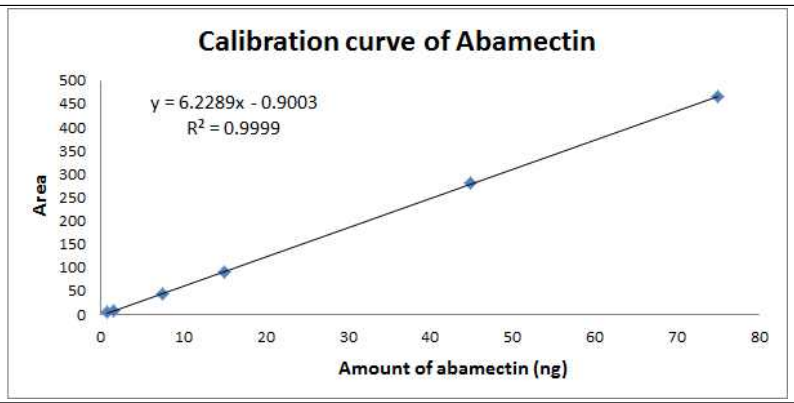


Fig. 3. Calibration curve of abamectin

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

- 회수율

Patch에 흡착된 농약이 제대로 추출되어 회수되는지 검정하기 위해서 10 LOQ (0.5mgL^{-1}), 100 LOQ(5mgL^{-1})가 되도록 abamectin 표준용액을 patch에 처리하고 회수율을 측정하였다. 그 결과 추출효율은 모두 96~104%, 변이계수가 2%이하로 식품의약품안전처의 기준을 만족하여 재현성 있는 분석을 수행할 수 있는 분석방법으로 판단하였다(Table 71).

Fortified Conc. (ppm)	Recovery rate(%)			Average±S.D.	C.V.[a)](%)
	Replicate 1	Replicate 2	Replicate 3		
0.5	100.97	103.82	101.87	102.22±1.46	1.42
5	96.58	96.41	97.08	96.69±0.35	0.36

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 71. Recovery of abamectin from cellulose patch

- 살포 농약의 부착량 분포도

농약의 살포량을 달리하여 살포 후, 그 부착량을 분석한 결과는 다음 Table 72와 같다. 살포량이 10주당 1.25L 이하일 경우 부착량도 현저히 낮게 나타날 뿐만 아니라 꽃노랑총채벌레의 사충율도 59.3%로 낮았다. 그러나 2.5L이상 살포한 경우에는 살포량에 관계없이 사충율이 모두 83~88% 로 비슷한 방제가를 나타내었다.

Application dose (L/10 tree)	Adhesion amount of Abamectin±S.D. (μg/50cm^2)		Mortality(%) of *Frankliniella occidentalis*
	High position	Low position	
10	22.46±15.7	22.14±13.4	88.1
5	8.09±5.62	17.47±13.3	82.8
2.5	5.19±4.62	5.52±2.56	86.8
1.25	6.03±2.82	3.80±1.96	59.3

Table 72. Adhesion amount of abamectin on the paprica depending on application dose and position

(2) Spinetoram 부착량 결과

- 정량한계 측정 및 표준검량선의 직선성

Cellulose patch에 부착된 spinetoram의 부착량을 분석하기 위한 chromatogram상 S/N이 10 이상인 spinetoram을 신뢰성 있게 정량할 수 있는 최소량인 정량 한계(LOQ)는 0.05ng이었다. spinetoram의 검량선의 직선성은 R^2=0.9995로 우수하여 정량분석을 수행할 수 있음을 확인하

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

였다(Fig 4).

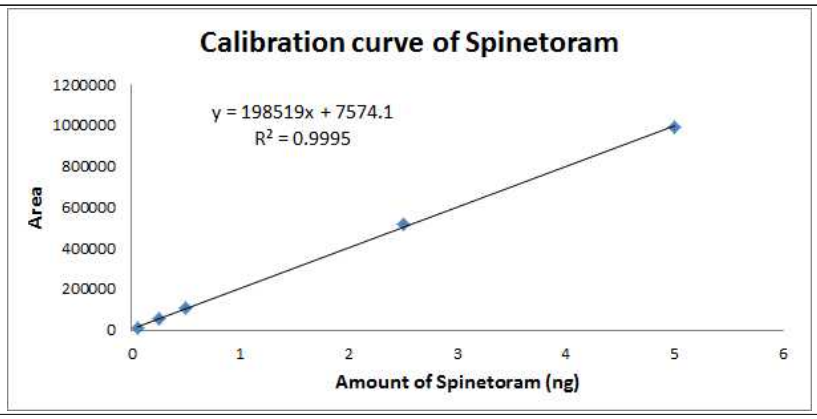


Fig. 4. Calibration curve of spinetoram

- 회수율

Patch에 흡착된 농약이 제대로 추출되어 회수되는지 검정하기 위해서 10 LOQ (0.5mgL^{-1}), 100 LOQ(5mgL^{-1})가 되도록 spinetoram 표준용액을 patch에 처리하고 회수율을 측정하였다. 그 결과 추출효율은 모두 79~84%, 변이계수가 2%이하로 식품의약품안전처의 기준을 만족하여 재현성 있는 분석을 수행할 수 있는 분석방법으로 판단하였다(Table 73). Spinetoram 표준용액을 patch에 1mgL^{-1} 흡착시켜 분석시까지 보관한 후 그 회수율을 확인 한 결과 모두 82% 이상으로 분석 약제의 저장안정성을 검증하였다(Table 74).

Fortified Conc. (ppm)	Recovery rate(%)			Average±S.D.	C.V.[a)](%)
	Replicate 1	Replicate 2	Replicate 3		
0.5	80.76	79.07	79.55	79.79±0.87	1.09
5	82.50	84.24	84.18	83.64±0.99	1.18

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 73. Recovery of spinetoram from cellulose patch

Fortified Conc. (ppm)	Recovery rate(%)				C.V.[a)](%)
	Replicate 1	Replicate 2	Replicate 3	Average±S.D.	
1	84.41	84.46	82.28	83.72±1.24	1.49

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 74. Storage stability of spinetoram on cellulose patch

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

- 살포 농약의 부착량 분포도

농약의 살포량을 달리하여 살포 후, 그 부착량을 분석한 결과는 다음 Table 75와 같다. 살포량이 10주당 1.25L 이하 살포량일 경우 부착량도 현저히 낮게 나타날 뿐만 아니라 꽃노랑총채벌레의 사충율도 55.2%로 낮았다. 그러나 2.5 L이상 살포한 경우에는 살포량에 관계없이 사충율이 모두 92~96% 로 비슷한 방제가를 나타내었다. 또한 U자형 분무기와 무인 연무기로 살포한 경우 서로 다른 결과를 나타내었다. 무인 연무기의 경우 부착량은 0.58 $\mu g/50cm^2$ 이하로 나타났으며 방제도 전혀 되지 않았다.

Sprayer	Application dose (L/10 tree)	Adhesion amount of spinetoram±S.D. ($\mu g/50cm^2$)		Mortality(%) of *Frankliniella occidentalis*
		High position	Low position	
U-shaped sprayer	10	64.65±26.28	46.02±10.68	91.5
	5	18.36±5.95	41.54±25.74	91.6
	2.5	21.81±11.58	35.78±16.62	95.6
	1.25	8.4±4.19	13.57±8.32	55.2
Remote controlled sprayer	5	< 0.58		0

Table 75. Adhesion amount of spinetoram on paprica depending on sprayer type

나. 사과원에서의 살포 농약의 표면 부착량 분포도 분석 결과

<실험 2>

(1) Acetamiprid 부착량 결과

- 정량한계 측정 및 재현성 검정

Cellulose patch에 부착된 acetamiprid의 검출한계(LOD)는 0.01ng이었으며, 정량 한계(LOQ)는 0.04ng이었다. 또한 분석의 재현성 검정시험으로 본 실험에서 측정된 LOQ와 10 LOQ를 연속으로 6회씩 분석한 결과, 머무름 시간(Rt), 피크면적(area), 피크높이(height)의 반복 분석간 변이 계수가 3%이하로 식품의약품안전처의 기준을 만족하여 재현성 있는 분석을 수행할 수 있는 분석방법으로 판단하였다(Table 76).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Level		Reproducibility	
		Average±S.D.	C.V.[a)](%)
LOQ (0.04ng)	Rt	7.383±0.01	0.16
	Area	82552±1684.05	2.04
	Height	5276±52.56	1.00
10 LOQ	Rt	7.39±0.005	0.07
	Area	761684±7629.81	1.00
	Height	49580±380.60	0.77

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 76. Reproducibility of analysis of acetamiprid

- 표준검량선의 직선성

Acetamiprid matched standard의 검량선의 직선성은 R^2=0.9994로 우수하여 정량분석을 수행할 수 있음을 확인하였다(Fig 5). Acetamiprid의 matched standard 검량선의 직선성을 72시간 동안 관찰한 결과 모두 R^2=0.9993으로 안정적이었다(Table 77).

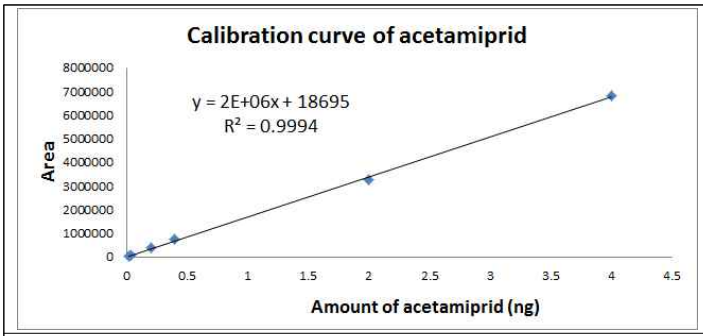


Fig. 5. Calibration curve of acetamiprid

Compound		Shortly after preparation	After 24 hours	After 72 hours
Acetamiprid	Equation	y=2E+06x+23955	y=2E+06x+24933	y=2E+06x+23572
	R^2	0.9993	0.9993	0.9993

Table 77. Standard calibration curve linearity through 72 hours of acetamiprid

- 회수율

Patch에 흡착된 농약이 제대로 추출되어 회수되는지 검정하기 위해서 LOQ (0.02mgL^{-1}), 10 LOQ(0.2mgL^{-1}), 100 LOQ(2mgL^{-1})가 되도록 acetamiprid 표준용액을 patch에 처리하고 회수율을 측정하였다. 그 결과 추출효율은 모두 71~93%, 변이계수가 6%이하로 patch에 흡착된 잔류농약 분석에 적합함을 확인하였다(Table 78). Acetamiprid 표준용액을 패치상에 1mgL^{-1} 흡착시켜 분석시까지 보관한 후 그 회수율을 확인 한 결과 모두 85% 이상으로 분석 약제의 저장

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

안정성을 검증하였다(Table 79.

Fortified Conc. (ppm)	Recovery rate(%)				C.V.[a)](%)
	Replicate 1	Replicate 2	Replicate 3	Average±S.D.	
0.02	71.35	77.94	78.31	75.86±3.92	5.16
0.2	93.01	91.95	90.79	91.92±1.11	1.21
2	88.27	86.77	85.96	87.00±1.17	1.35

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 78. Recovery of acetamiprid from cellulose patch

Fortified Conc. (ppm)	Recovery rate(%)				C.V.[a)](%)
	Replicate 1	Replicate 2	Replicate 3	Average±S.D.	
1	85.23	89.53	88.52	87.76±2.25	2.57

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 79. Storage stability of acetamiprid on cellulose patch

- 살포 농약의 부착량 분포도

사과 과수에 부착되는 유효 약제의 부착량은 나무의 위치에 따라 최소치3.98μg/ 50cm^{2}에서 최고치 59.84 μg/50cm^{2}까지 조사되어 졌으며 상관계수는 68.66% 이었다(Table 80). 또한 과원 지면에 떨어지는 약제는 평균 64.26μg/50cm^{2}로 과수에 부착되는 양보다 높은 수치를 나타내었다(Table 81).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Location of experiment	Adhesion amount±S.D.(μg/50cm^2)	C.V.[a)](%)
1	47.13±12.05	25.56
2	31.34±15.80	50.40
3	17.48±3.84	21.99
4	11.46±2.80	24.42
5	3.98±1.07	26.98
6	43.25±8.60	19.88
7	59.84±6.23	10.41
8	33.93±17.44	51.41
9	54.52±3.00	5.50
10	28.47±2.22	7.79
11	6.83±12.66	185.24
12	5.73±2.36	41.14
Total average	**28.66±19.68**	**68.66**
Lowest amount	**3.98**	-
Highest amount	**59.84**	-

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 80. Adhesion amount of acetamiprid on apple trees in apple orchard of Kongju area, Korea

Field	Adhesion amount (μg/50cm^2)	Average±S.D. (μg/50cm^2)	C.V.[a)](%)
1	66.10±2.48		
2	67.41±10.03	64.26±4.36	6.79
3	59.28±9.23		

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 81. Adhesion amount of acetamiprid on field in apple orchard of Kongju area, Korea

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

(2) Clothianidin 부착량 결과

- 정량한계 측정 및 재현성 검정

Cellulose patch에 부착된 clothianidin의 부착량을 분석하기 위한 chromatogram상 S/N이 3 이상인 검출한계(LOD)는 0.15ng이었으며, 정량 한계(LOQ)는 0.5ng이었다. 또한 분석의 재현성 검정시험으로 본 실험에서 측정된 LOQ와 10 LOQ를 연속으로 6회씩 분석한 결과, 머무름 시간(Rt), 피크면적(area), 피크높이(height)의 반복 분석간 변이 계수가 6%이하로 식품의약품안전처의 기준을 만족하여 재현성 있는 분석을 수행할 수 있는 분석방법으로 판단하였다(Table 82).

Level		Reproducibility	
		Average±S.D.	C.V.[a)](%)
LOQ (0.5ng)	Rt	3.90±0.00	0.08
	Area	3.63±0.19	5.12
	Height	0.50±0.02	3.56
10 LOQ	Rt	3.90±0.00	0.03
	Area	39.72±1.49	1.49
	Height	5.10±0.00	0.00

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 82. Reproducibility of analysis of clothianidin

- 표준검량선의 직선성

Clothianidin standard의 검량선의 직선성은 R^2=1로 우수하여 정량분석을 수행할 수 있음을 확인하였다(Fig 6). Clothianidin standard 검량선의 직선성을 72시간 동안 측정한 결과 모두 R^2=0.9998 이상으로 안정적이었다(Table 83).

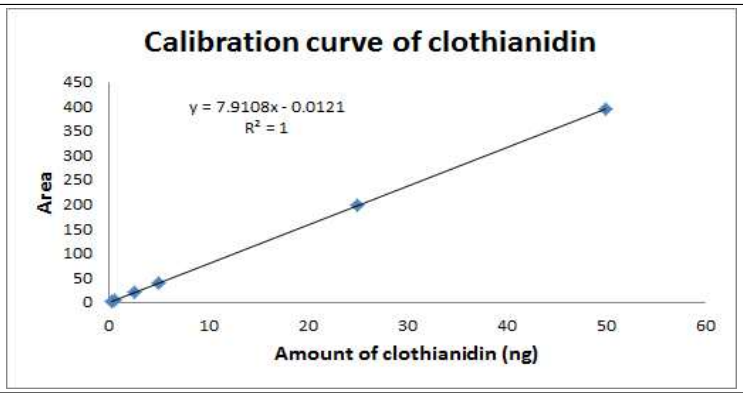


Fig. 6. Calibration curve of clothianidin

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Compound		Shortly after preparation	After 24 hours	After 72 hours
Acetamiprid	Equation	y=7.9206x-0.0484	y=7.8718x+0.7291	y=8.0109x+0.2323
	R^2	1	0.9998	0.9999

Table 83. Standard calibration curve linearity through 72 hours of clothianidin

- 회수율

Patch에 흡착된 농약이 제대로 추출되어 회수되는지 검정하기 위해서 LOQ(0.1mgL^{-1}), 10 LOQ(1mgL^{-1}), 100 LOQ(10mgL^{-1})가 되도록 clothianidin 표준용액을 patch에 처리하고 회수율을 측정하였다. 그 결과 추출효율은 모두 76~101%, 변이계수가 10% 이하로 patch에 흡착된 잔류농약 분석에 적합함을 확인하였다(Table 84). Clothianidin 표준용액을 패치상에 1mgL^{-1} 흡착시켜 분석시까지 보관한 후 그 회수율을 확인 한 결과 모두 96% 이상으로 분석 약제의 저장안정성을 검증하였다(Table 85).

Fortified Conc. (ppm)	Recovery rate(%)				C.V.[a)](%)
	Replicate 1	Replicate 2	Replicate 3	Average±S.D.	
0.1	91.32	88.79	76.15	85.42±8.13	9.51
1	98.38	99.64	98.88	98.97±0.64	0.64
10	101.13	99.18	99.51	99.94±1.04	1.04

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 84. Recovery of clothianidin from cellulose patch

Fortified Conc. (ppm)	Recovery rate(%)				C.V.[a)](%)
	Replicate 1	Replicate 2	Replicate 3	Average±S.D.	
1	98.12	96.35	95.85	96.78±1.19	1.23

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 85. Storage stability of clothianidin on cellulose patch

- 살포 농약의 부착량 분포도

사과 과수에 부착되는 유효 약제의 부착량은 나무의 위치에 따라 최소치 2.12μg/ 50cm^{2}에서 최고치 105.25μg/50cm^{2}까지 조사 되어졌으며 그 상관계수는 68.09% 이었다(Table 86). 또한 과원 지면에 떨어지는 약제는 평균 52.17μg/50cm^2 으로 과수에 부착되는 양에 비해 약간 높은

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

수치를 나타내었다(Table 87).

Location of experiment	Adhesion amount ±S.D.(μg/50cm^2)	C.V.[a)](%)
1-1	72.36±5.28	7.30
1-2	95.31±84.64	88.81
1-3	55.40±12.62	22.78
2-1	75.40±5.32	7.06
2-2	3.35±0.90	26.82
2-3	21.55±5.39	25.02
3-1	2.12±0.48	22.56
3-2	67.41±8.51	12.63
3-3	105.25±26.87	25.53
4-1	20.45±3.18	15.55
4-2	41.90±10.41	24.84
4-3	42.08±1.96	4.67
Total average	**50.21±34.19**	**68.09**
Lowest amount	**2.12**	**-**
Highest amount	**105.25**	**-**

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 86. Adhesion amount of clothianidin on apple trees in apple orchard of Kongju area, Korea

Field	Adhesion amount (μg/50cm^2)	Average±S.D. (μg/50cm^2)	C.V.[a)](%)
1	10.61±2.44		
2	39.36±1.99	52.17±45.27	94.37
3	106.55±30.25		

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 87. Adhesion amount of clothianidin on field in apple orchard of Kongju area, Korea

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

(3) Acetamiprid 2.5% 부착량 결과

- 정량한계 측정 및 재현성 검정

Cellulose patch에 부착된 acetamiprid의 검출한계(LOD)는 0.3ng이었으며, 정량 한계(LOQ)는 1ng이었다. 또한 분석의 재현성 검정시험으로 본 실험에서 측정된 LOQ와 10 LOQ를 연속으로 6회씩 분석한 결과, 머무름 시간(Rt), 피크면적(area), 피크높이(height)의 반복 분석간 변이 계수가 7%이하로 식품의약품안전처의 기준을 만족하여 재현성 있는 분석을 수행할 수 있는 분석방법으로 판단하였다(Table 88).

Level		Reproducibility	
		Average±S.D.	C.V.[a)](%)
LOQ (1ng)	Rt	5.02±0.00	0.09
	Area	4.53±0.21	4.56
	Height	0.56±0.04	6.42
10 LOQ	Rt	5.02±0.00	0.02
	Area	47.68±0.62	1.30
	Height	5.57±0.08	1.47

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 88. Reproducibility of analysis of acetamiprid

- 표준검량선의 직선성

Acetamiprid standard의 검량선의 직선성은 R^2=1로 우수하였다(Fig 7). Acetamiprid standard 검량선의 직선성을 72시간 동안 측정한 결과 모두 R^2=0.9997 이상으로 안정적이었다(Table 89).

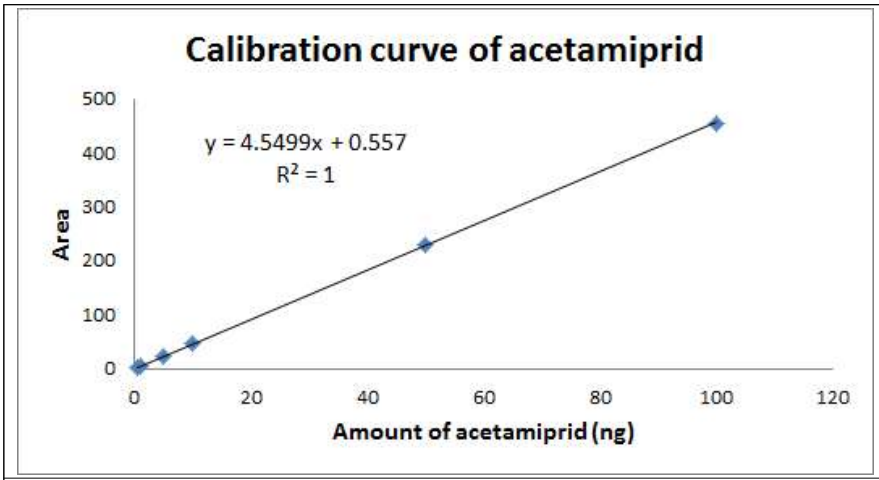


Fig. 7. Calibration curve of acetamiprid

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Compound		Shortly after preparation	After 24 hours	After 72 hours
Acetamiprid	Equation	y=4.5796x+0.2505	y=4.4689x+1.6725	y=4.5478x+1.1977
	R^2	0.9999	0.9997	0.9997

Table 89. Standard calibration curve linearity through 72 hours of acetamiprid

- 회수율

Patch에 흡착된 농약이 제대로 추출되어 회수되는지 검정하기 위해서 LOQ(0.1mgL^{-1}), 10 LOQ(1mgL^{-1}), 100 LOQ(10mgL^{-1})가 되도록 aceatmiprid 표준용액을 patch에 처리하고 회수율을 측정하였다. 그 결과 추출효율은 모두 76~101%, 변이계수가 10% 이하로 patch에 흡착된 잔류농약 분석에 적합함을 확인하였다(Table 90).

Fortified Conc. (ppm)	Recovery rate(%)				C.V.[a)](%)
	Replicate 1	Replicate 2	Replicate 3	Average±S.D.	
0.1	75.67	88.86	88.86	84.46±7.61	9.01
1	97.02	101.42	98.78	99.07±2.21	2.23
10	98.14	97.02	97.37	97.51±0.57	0.59

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 90. Recovery of acetamiprid from cellulose patch

- 살포 농약의 부착량 분포도

사과 과수에 부착되는 유효 약제의 부착량은 나무의 위치에 따라 최소치2.18 μg/50cm^{2}에서 최고치 113.30 μg/50cm^{2}까지 조사되어 졌으며, 상관계수는 99.73% 이었다(Table 91). 또한 과원 지면에 떨어지는 약제는 평균 54.79 μg/50cm^{2}으로 과수에 부착되는 양에 1.5배 높은 수치를 나타내었다(Table 92).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Location of experiment	Adhesion amount±S.D.(μg/50cm^2)	C.V.[a)](%)
1	46.19±7.15	15.48
2	46.70±17.08	36.58
3	2.83±1.41	49.87
4	51.38±4.09	7.97
5	10.38±3.99	38.39
6	2.18±0.60	27.70
7	8.28±2.10	25.40
8	4.18±1.55	37.12
9	70.84±10.56	14.91
10	25.12±2.19	8.71
11	113.30±39.19	34.59
12	24.52±4.83	19.69
Total average	30.10±25.35	84.24
Lowest amount	2.18	-
Highest amount	113.30	-

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 91. Adhesion amount of acetamiprid 2.5% on apple trees in apple orchard of Kongju area, Korea

Field	Adhesion amount±S.D. (μg/50cm^2)	Total average±S.D. (μg/50cm^2)	C.V.[a)](%)
1	71.79±20.70	54.79±24.05	43.90
2	37.78±8.27		

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 92. Adhesion amount of acetamiprid 2.5% on field in apple orchard of Kongju area, Korea

(4) Azocyclotin 부착량 결과

- 정량한계 측정 및 재현성 검정

Cyhexatin의 부착량을 분석하기 위한 정량 한계(LOQ)는 7.5ng이었다. 또한 분석의 재현성 검정시험으로 본 실험에서 측정된 LOQ와 10LOQ를 연속으로 6회씩 분석한 결과, 머무름 시간(Rt), 피크면적(area), 피크높이(height)의 반복 분석간 변이 계수가 4%이하로 식품의약품안전처의 기준을 만족하여 재현성 있는 분석을 수행할 수 있는 분석방법으로 판단하였다(Table 93).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Level		Reproducibility	
		Average±S.D.	C.V.[a)]
LOQ (7.5ng)	Rt	10.54±0.02	0.17
	Area	11.40±0.39	3.46
	Height	0.89±0.03	3.62
10 LOQ	Rt	10.55±0.00	0.03
	Area	115.07±0.96	0.83
	Height	8.95±0.05	0.61

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 93. Reproducibility of analysis of cyhexatin

- 표준검량선의 직선성

Cyhexatin standard의 검량선의 직선성은 R^2=1로 우수하여 정량분석을 수행할 수 있음을 확인하였다(Fig 8). Cyhexatin standard 검량선의 직선성을 72시간 동안 측정한 결과 모두 R^2=0.9999 이상으로 안정적이었다(Table 94)

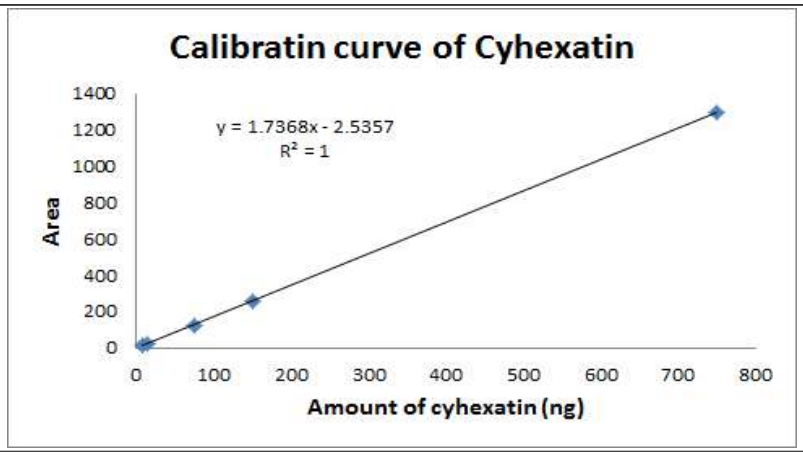


Fig. 8. Calibration curve of cyhexatin

Compound		Shortly after preparation	After 24 hours	After 72 hours
Cyhexatin	Equation	y=1.7136x -7.366	y=1.7062x -6.4084	y=1.7058x -6.3446
	R^2	0.9999	0.9999	0.9999

Table 94. Standard calibration curve linearity through 72 hours fo cyhexatin

- 회수율

Patch에 흡착된 농약이 제대로 추출되어 회수되는지 검정하기 위해서 10 LOQ (5mgL^{-1}), 50 LOQ(25mgL^{-1})가 되도록 cyhexatin과 azocyclotin 표준용액을 patch에 처리하고 회수율을 측정

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

하였다. 그 결과 추출효율은 모두 90~104%, 변이계수가 2%이하로 patch에 흡착된 잔류농약 분석에 적합함을 확인하였다(Table 95). Cyhexatin 표준용액을 패치상에 1mgL^{-1} 흡착시켜 분석시까지 보관한 후 그 회수율을 확인 한 결과 모두 100% 이상으로 분석 약제의 저장안정성을 검증하였다(Table 96).

Compound	Fortified Conc. (ppm)	Recovery rate(%)				C.V.[a)]
		Replicate 1	Replicate 2	Replicate 3	Average±SD	
Azocyclotin	5	101.61	105.61	104.39	**103.87±2.05**	1.97
	25	91.70	93.19	92.69	**92.53±0.76**	0.82
Cyhexatin	5	88.77	90.08	91.38	**90.08±1.31**	1.45
	25	100.10	99.68	99.19	**99.66±0.45**	0.46

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 95. Recovery rate of azocyclotin and cyhexatin

Compound	Fortified Conc.(ppm)	Storage stability(%)			**Average±SD**
		Replicate 1	Replicate 2	Replicate 3	
Azocyclotin	1	111.19	107.72	114.66	**111.19±2.45**
Cyhexatin	1	98.79	103.39	102.62	**101.60±2.47**

Table 96. Storage stability of azocyclotin and cyhexatin

- 살포 농약의 부착량 분포도

농약의 부착량 분포도는 과수의 위치에 따라 차이를 나타내었으며 그 상관계수는 54.78% 이었다. 방제가는 부착량의 정도에 따라 평균 55.69 μg/9cm^2 이하의 부착량에서 60% 이하의 낮은 방제 효과를 나타내었으며, 평균 63.66 μg/9cm^2 이상에서는 90% 이상의 방제가를 나타내었다(Table 97). 효율적 방제가를 얻기 위한 적절한 부착량이 중요하며, 골고루 유효 약제가 부착될 수 있게 살포방법의 개선이 필요하다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Location of apple tree	Adhesion amount of azocyclotin on leaf of apple tree (ug/9cm^2, average±SD)		C.V.[a)](%)		Effect of pest control(%)
	Front side	Back side	Front side	Back side	
1	20.40±2.15	10.34±0.00	10.55	0.00	38.1
2	49.55±22.77	61.83±43.86	45.95	70.94	58.2
3	103.26±30.00	92.18±18.30	29.05	19.85	90.3
4	59.10±40.61	68.22±24.39	68.72	35.76	97.5

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 97. Adhesion amount of azocyclotin on leaves of apple tree

<실험 3>

(1) Acetamiprid 부착량 결과

Acetamiprid 분석은 <실험 2>의 acetamiprid 분석시 동시에 실시하였으므로 정량한계 측정 및 재현성 검정, 표준검량선의 직선성, 그리고 회수율검정 결과는 상기의 <실험 2>의 acetamiprid의 분석 결과와 동일하다.

살포 농약의 부착량 분포도는 다음 Table 98과 같으며, 과수원 지면에 떨어지는 유효 약량은 Table 99에 기재하였다. 사과 과수에 부착되는 유효 약제의 부착량은 나무의 위치에 따라 최소치 2.56 μg/50cm^{2}에서 최고치 76.25 μg/50cm^{2}까지 조사되어 졌으며 그 상관계수는 46.04%이었다(Table 98. 또한 과원 지면에 떨어지는 약제는 평균 76.25 μg/50cm^{2}으로 과수에 부착되는 양에 비해 1.83배 높은 수치를 나타내었다(Table 99).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Location of experiment	Adhesion amount ±S.D.(μg/50cm^2)	C.V.[a)](%)
1	49.41±13.30	26.92
2	66.61±6.99	10.50
3	15.41±18.25	118.39
4	59.96±6.26	10.43
5	37.19±13.50	36.30
6	64.00±9.44	14.75
7	21.58±3.51	16.28
8	25.56±2.46	9.64
9	34.77±6.62	19.05
Total average	41.61±19.16	46.04
Lowest amount	2.56	-
Highest amount	76.25	-

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 98. Adhesion amount of acetamiprid on apple trees in apple orchard of Yesan-1 area, Korea

Field	Adhesion amount (μg/50cm^2)	Average±S.D. (μg/50cm^2)	C.V.[a)](%)
1	22.98±4.42		
2	103.65±29.88	56.93±41.82	73.47
3	44.17±19.18		

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 99. Adhesion amount of acetamiprid on field in apple orchard of Yesan-1 area, Korea

(2) Chlorantraniliprole 부착량 결과

- 정량한계 측정 및 재현성 검정

Chlorantraniliprole의 부착량을 분석하기 위한 정량 한계(LOQ)는 2.5ng이었다. 또한 분석의 재현성 검정시험으로 본 실험에서 측정된 LOQ와 10LOQ를 연속으로 6회씩 분석한 결과, 머무름 시간(Rt), 피크면적(area), 피크높이(height)의 반복 분석간 변이 계수가 5%이하로 식품의약품안전처의 기준을 만족하여 재현성 있는 분석을 수행할 수 있는 분석방법으로 판단하였다

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

(Table 100).

Level		Reproducibility	
		Average±S.D.(μg/50cm^2)	C.V.[a)](%)
LOQ (2.5ng)	Rt	2.35±0.00	0.08
	Area	2.73±0.08	2.99
	Height	0.58±0.02	4.22
10 LOQ	Rt	2.35±0.00	2.24
	Area	25.92±0.58	0.02
	Height	5.93±0.10	1.74

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 100. Reproducibility of analysis of chlorantraniliprole

- 표준검량선의 직선성

Chlorantraniliprole standard의 검량선의 직선성은 R^2=1로 우수하여 정량분석을 수행할 수 있음을 확인하였다(Fig 9). Chlorantraniliprole standard 검량선의 직선성을 72시간 동안 측정한 결과 모두 R^2=0.9998 이상으로 안정적이었다(Table 101).

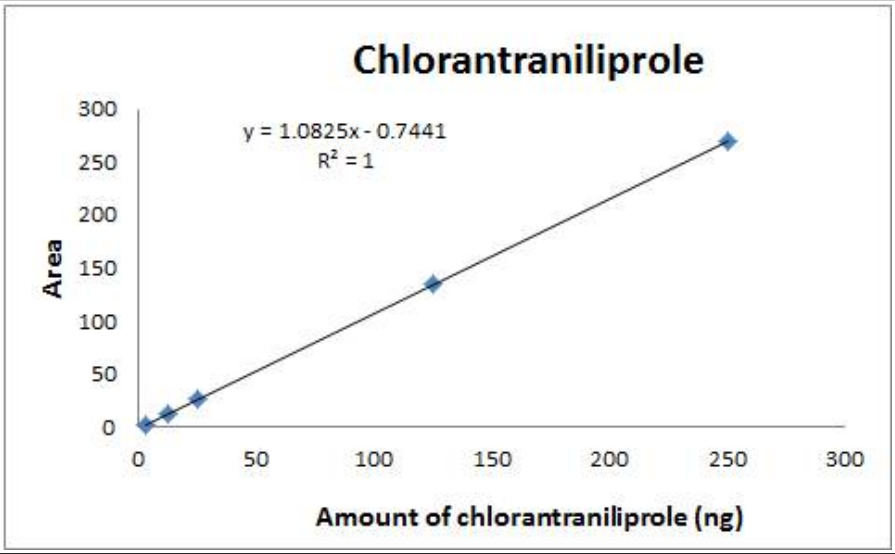


Fig. 9. Calibration curve of chlorantraniliprole

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Compound		Shortly after preparation	After 24 hours	After 72 hours
Chlorantr-aniliprole	Equation	y=1.0993x +0.278	y=1.0953x -1.7865	y=1.083x -1.1856
	R^2	1	0.9998	0.9999

Table 101. Standard calibration curve linearity through 72 hours of chlorantraniliprole.

- 회수율

Patch에 흡착된 농약이 제대로 추출되어 회수되는지 검정하기 위해서 LOQ(0.1mgL^{-1}), 10 LOQ(1mgL^{-1}), 1000 LOQ(10mgL^{-1})가 되도록 Chlorantraniliprole 표준용액을 patch에 처리하고 회수율을 측정하였다. 그 결과 추출효율은 모두 90~105%, 변이계수가 6%이하로 patch에 흡착된 잔류농약 분석에 적합함을 확인하였다(Table 102).

Fortified Conc. (ppm)	Recovery rate(%)			Average±S.D.	C.V.[a)](%)
	Replicate 1	Replicate 2	Replicate 3		
0.1	97.70	90.31	101.40	96.47±5.64	5.85
1	101.41	105.47	104.74	103.87±2.17	2.08
10	98.75	98.64	98.31	98.57±0.23	0.23

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 102. Recovery of chlorantraniliprole from cellulose patch

- 살포 농약의 부착량 분포도

사과 과수에 부착되는 유효 약제의 부착량은 나무의 위치에 따라 최소치 7.11μg/ 50cm^{2}에서 최고치 30.73 μg/50cm^{2}까지 조사되어 졌으며 상관계수는 53.00%이었다(Table 103). 또한 과원 지면에 떨어지는 약제는 평균 15.72μg/50cm^{2}로 과수에 부착되는 양과 비슷한 수치를 나타내었다(Table 104).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Location of experiment	Adhesion amount ±S.D.(μg/50cm^2)	C.V.[a)](%)
1	12.52±1.49	11.93
2	11.67±1.45	12.42
3	30.73±10.53	34.25
4	8.97±3.37	37.53
5	9.34±0.85	9.05
6	7.11±3.39	47.70
7	16.85±1.31	7.75
8	12.63±2.78	22.05
9	24.97±2.90	11.62
Total average	14.98±7.94	53.00
Lowest amount	7.11	-
Highest amount	30.73	-

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 103. Adhesion amount of chlorantraniliprole on apple trees in apple orchard of Yesan-1 area, Korea

Field	Adhesion amount(μg/50cm^2)	Average±S.D.(μg/50cm^2)	C.V.[a)](%)
1	15.49±1.93		
2	12.20±1.03	15.72±3.64	23.13
3	19.47±5.95		

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 104. Adhesion amount of chlorantraniliprole on field in apple orchard of Yesan-1 area, Korea

(3) Imidacloprid 부착량 결과

- 정량한계 측정 및 재현성 검정

Imidacloprid의 부착량을 분석하기 위한 정량 한계(LOQ)는 0.5ng이었다. 또한 분석의 재현성 검정시험으로 본 실험에서 측정된 LOQ와 10LOQ를 연속으로 6회씩 분석한 결과, 머무름 시간(Rt), 피크면적(area), 피크높이(height)의 반복 분석간 변이 계수가 4%이하로 식품의약품안전처의 기준을 만족하여 재현성 있는 분석을 수행할 수 있는 분석방법으로 판단하였다(Table 105).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Level		Reproducibility	
		Average±S.D.	C.V.[a)](%)
LOQ (0.5ng)	Rt	3.90±0.01	0.33
	Area	4.4±0.17	3.80
	Height	0.67±0.02	3.20
10 LOQ	Rt	3.94±0.00	0.12
	Area	48.58±0.85	1.75
	Height	7.08±0.04	0.58

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 105. Reproducibility of analysis of imidacloprid

- 표준검량선의 직선성

Imidacloprid standard의 검량선의 직선성은 R^2=0.9999로 우수하여 정량분석을 수행할 수 있음을 확인하였다(Fig 10). Imidacloprid standard 검량선의 직선성을 72시간 동안 측정한 결과 모두 R^2=0.9999 이상으로 안정적이었다(Table 106).

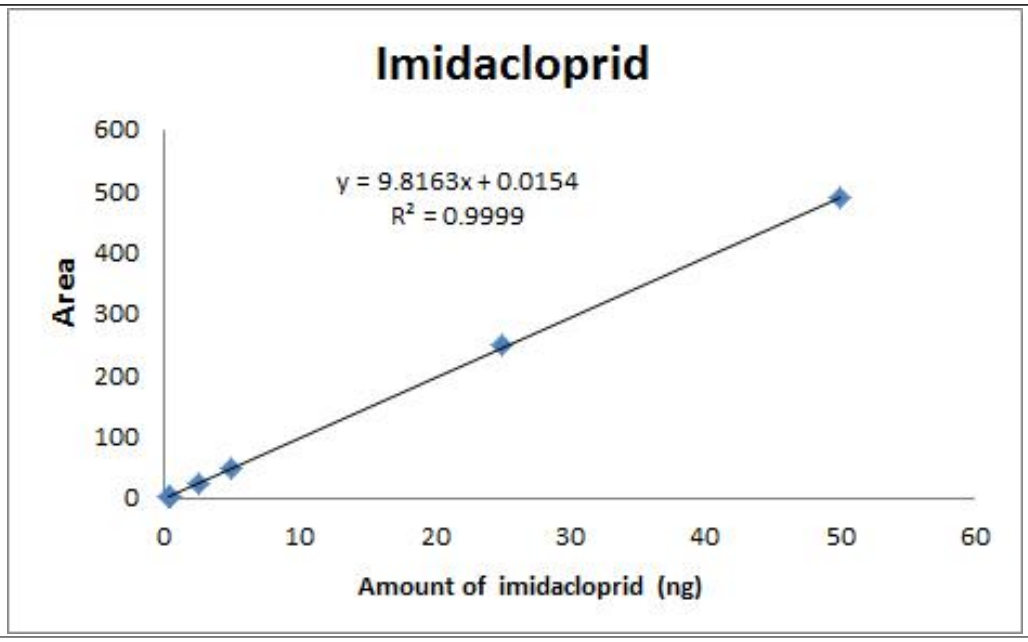


Fig. 10. Calibration curve of imidacloprid

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Compound		Shortly after preparation	After 24 hours	After 72 hours
Imidacloprid	Equation	y=9.9634x -0.5924	y=9.7093x -0.1505	y=9.7944x -0.4976
	R^2	1	1	0.9999

Table 106. Standard calibration curve linearity through 72 hours of imidacloprid

- 회수율

Patch에 흡착된 농약이 제대로 추출되어 회수되는지 검정하기 위해서 LOQ(0.1mgL^{-1}), 10 LOQ(1mgL^{-1}), 1000 LOQ(10mgL^{-1})가 되도록 imidacloprid 표준용액을 patch에 처리하고 회수율을 측정하였다. 그 결과 추출효율은 모두 93~101%, 변이계수가 3%이하로 patch에 흡착된 잔류농약 분석에 적합함을 확인하였다(Table 107).

Fortified Conc. (ppm)	Recovery rate(%)			Average±S.D.	C.V.[a)](%)
	Replicate 1	Replicate 2	Replicate 3		
0.1	93.41	93.41	97.48	94.77±2.35	2.48
1	97.36	95.12	96.95	96.47±1.19	1.24
10	100.69	97.55	97.63	98.62±1.79	1.81

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 107. Recovery of imidacloprid from cellulose patch

- 살포 농약의 부착량 분포도

사과 과수에 부착되는 유효 약제의 부착량은 나무의 위치에 따라 최소치 9.11μg/ 50cm^{2}에서 최고치 28.93 μg/50cm^{2}까지 조사되어 졌으며 상관계수는 43.36% 이었다(Table 108) 또한 과원 지면에 떨어지는 약제는 평균 31.71μg/50cm^{2}으로 과수에 부착되는 양에 1.5배수치를 나타내었다(Table 109).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Location of experiment	Adhesion amount±S.D.(μg/50cm^2)	C.V.[a)](%)
1	10.86±0.92	8.47
2	25.14±5.53	22.01
3	23.59±5.48	23.22
4	9.11±0.35	3.81
5	28.83±3.77	13.06
6	25.02±7.69	30.72
7	6.84±0.64	9.29
8	28.93±7.64	26.40
9	25.92±3.55	13.68
Total average	**20.47±8.88**	**43.36**
Lowest amount	**9.11**	-
Highest amount	**28.93**	-

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 108. Adhesion amount of imidacloprid on apple trees in apple orchard of Yesan-1 area, Korea

Field	Adhesion amount (μg/50cm^2)	Average±S.D.(μg/50cm^2)	C.V.[a)](%)
1	29.94±5.40	31.71±2.52	7.93
2	33.49±3.30		

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 109. Adhesion amount of imidacloprid on field in apple orchard of Yesan-1 area, Korea

<실험 4>

(1) Acetamiprid 부착량 결과

Acetamiprid 분석은 <실험 2>의 acetamiprid 분석시 동시에 실시하였으므로 정량한계 측정 및 재현성 검정, 표준검량선의 직선성, 그리고 회수율검정 결과는 상기의 <실험 2>의 acetamiprid의 분석 결과와 동일하였다. 살포 농약의 부착량 분포도는 다음 Table 74과 같으며, 과수원 지면에 떨어지는 유효 약량은 Table 75에 상세히 기재하였다. **사과 과수에 부착되는 유효 약제의 부착량은 나무의 위치에 따라 최소치 16.86** μg/50cm^{2}에서 최고치 73.81 μg/50cm^{2}까지 조사되어 졌으며 상관계수는 54.68% 이었다(Table 110). 또한 과원 지면에 떨어지는 약제는 평균 75.75μg/50cm^{2}으로 과수에 부착되는 양에 2.2배수치를 나타내었다(Table 111).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Location of experiment	Adhesion amount±S.D.(μg/50cm^2)	C.V.[a)](%)
1	20.33±3.32	16.34
2	16.86±2.50	14.84
3	26.92±6.91	25.67
4	73.81±12.10	16.40
5	21.79±2.54	11.65
6	44.66±8.60	19.26
7	40.83±7.80	19.10
8	18.30±2.17	11.86
9	38.18±8.98	23.53
Total average	33.52±18.33	54.68
Lowest amount	16.86	-
Highest amount	73.81	-

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 110. Adhesion amount of acetamiprid on apple trees in apple orchard of Yesan-2 area, Korea

Field	Adhesion amount (μg/50cm^2)	Average±S.D.(μg/50cm^2)	C.V.[a)](%)
1	140.17±36.46		
2	50.65±4.23	75.75±56.23	74.23
3	36.45±2.84		

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 111. Adhesion amount of acetamiprid on field in apple orchard of Yesan-2 area, Korea

(2) Flubendiamide 부착량 결과

- 정량한계 측정 및 재현성 검정

Cellulose patch에 부착된 Flubendiamide의 부착량을 분석하기 위한 검출한계(LOD)는 0.002ng이었으며, 정량 한계(LOQ)는 0.01ng이었다. 또한 머무름 시간(Rt), 피크면적(area), 피크 높이(height)의 반복 분석간 변이 계수가 3%이하로 식품의약품안전처의 기준을 만족하여 재현성 있는 분석을 수행할 수 있는 분석방법으로 판단하였다(Table 112).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Level		Reproducibility	
		Average±S.D.	C.V.[a)](%)
LOQ (0.01ng)	Rt	5.49±0.00	0.01
	Area	17055.50±491.92	2.88
	Height	1707.67±49.81	2.92
10 LOQ	Rt	5.48±0.01	0.11
	Area	177771±1533.22	0.86
	Height	17284.20±186.35	1.08

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 112. Reproducibility of analysis of Flubendiamide

- 표준검량선의 직선성

Flubendiamide standard의 검량선의 직선성은 R^2=0.9995로 우수하여 정량분석을 수행할 수 있음을 확인하였다(Fig 11). Flubendiamide standard 검량선의 직선성을 72시간 동안 측정한 결과 모두 R^2=0.9997 이상으로 안정적이었다(Table 113).

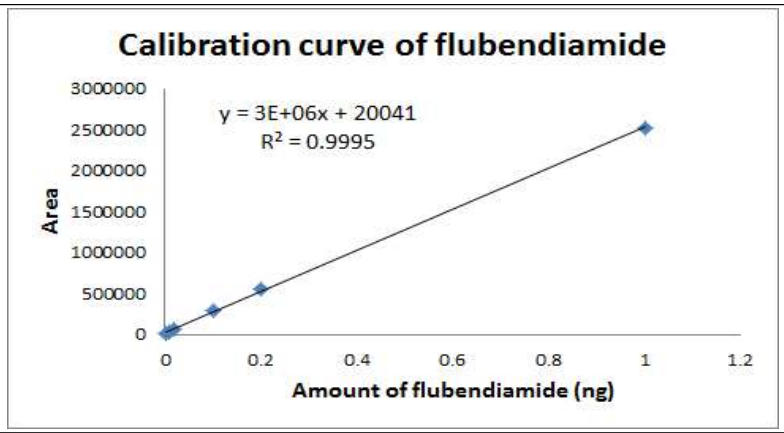


Fig. 11. Calibration curve of Flubendiamide

Compound		Shortly after preparation	After 24 hours	After 72 hours
Acetamiprid	Equation	y=2E+06x+5872.7	y=2E+06x+9301.8	y=2E+06x+6892.6
	R^2	0.9999	0.9997	0.9998

Table 113. Standard calibration curve linearity through 72 hours of Flubendiamide

- 회수율

추출효율은 모두 85~91%, 변이계수가 2%이하로 patch에 흡착된 잔류농약 분석에 적합하였다(Table 114).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Fortified Conc. (ppm)	Recovery rate(%)				C.V.[a)](%)
	Replicate 1	Replicate 2	Replicate 3	Average±S.D.	
0.05	89.08	91.48	91.13	90.56±1.30	1.43
0.5	85.23	86.03	85.86	85.70±0.42	0.49

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 114. Recovery of Flubendiamide from cellulose patch

- 살포 농약의 부착량 분포도

사과 과수에 부착되는 유효 약제의 부착량은 나무의 위치에 따라 최소치 9 μg/50cm^{2}에서 최고치 98.94 μg/50cm^{2}까지 조사되어 졌으며 상관계수는 61.70% 이었다(Table 115). 또한 과원 지면에 떨어지는 약제는 평균 51.21μg/50cm^{2}으로 과수에 부착되는 양과 비슷한 수치를 나타내었다(Table 116).

Location of experiment	Adhesion amount±S.D.(μg/50cm^2)	C.V.[a)](%)
1	13.42±1.87	13.96
2	9±0.41	4.52
3	88.11±8.43	9.57
4	24.50±1.23	5.04
5	60.02±17.75	29.57
6	51.00±5.73	11.23
7	88.39±18.61	21.05
8	54.60±6.95	12.73
9	98.94±22.31	22.55
Total average	54.22±33.45	61.70
Lowest amount	9	-
Highest amount	98.94	-

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 115. Adhesion amount of Flubendiamide on apple trees in apple orchard of Yesan-2 area, Korea

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Field	Adhesion amount±S.D.(μg/50cm^2)	Average±S.D.(μg/50cm^2)	C.V.[a)](%)
1	30.16±2.24	51.21±29.76	58.12
2	72.25±21.76		

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 116. Adhesion amount of Flubendiamide on field in apple orchard of Yesan-2 area, Korea

(3) Lufenuron 2.5% 부착량 결과

- 정량한계 측정 및 재현성 검정

Cellulose patch에 부착된 lufenuron의 부착량을 분석하기 위한 검출한계(LOD)는 0.004ng이었으며, 정량 한계(LOQ)는 0.02ng이었다. 또한 반복 분석간 변이 계수가 3%이하로 식품의약품안전처의 기준을 만족하여 재현성 있는 분석을 수행할 수 있는 분석방법으로 판단하였다(Table 117).

Level		Reproducibility	
		Average±S.D.	C.V.[a)](%)
LOQ (0.02ng)	Rt	9.19±0.00	0.01
		10.34±0.00	0.01
	Area	337.12±6.69	1.98
	Height	160.87±3.31	2.06
10 LOQ	Rt	9.19±0.00	0.01
		10.34±0.00	0.01
	Area	2464.20±32.09	1.30
	Height	1215.63±12.88	1.06

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 117. Reproducibility of analysis of lufenuron

- 표준검량선의 직선성

Lufenuron standard의 검량선의 직선성은 R^2=0.9999로 우수하여 정량분석을 수행할 수 있음을 확인하였다(Fig 12). lufenuron standard 검량선의 직선성을 72시간 동안 측정한 결과 모두 R^2=0.9984 이상으로 안정적이었다(Table 118).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

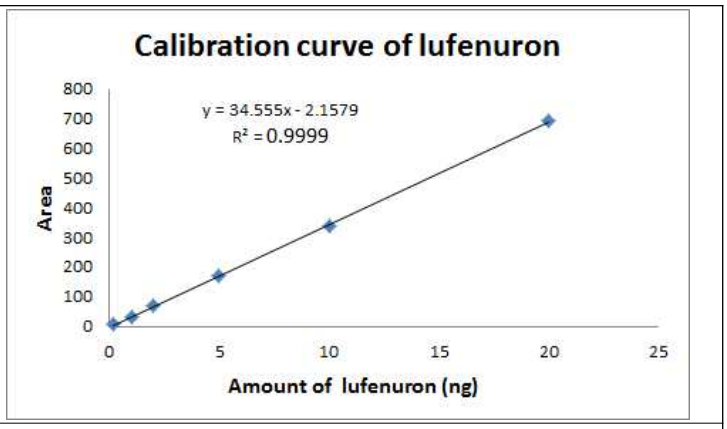


Fig. 12. Calibration curve of lufenuron

Compound		Shortly after preparation	After 24 hours	After 72 hours
lufenuron	Equation	y=12378x+179.72	y=12311x+157.91	y=12242x+149.99
	R^2	0.9984	0.9989	0.9991

Table 118. Standard calibration curve linearity through 72 hours of lufenuron

- 회수율

추출효율은 모두 87-117%, 변이계수가 7%이하로 patch에 흡착된 잔류농약 분석에 적합함을 확인하였다(Table 119).

Fortified Conc. (ppm)	Recovery rate(%)				C.V.[a)](%)
	Replicate 1	Replicate 2	Replicate 3	Average±S.D.	
0.01	94.67	92.28	86.95	91.30±3.95	4.33
0.1	116.96	103.91	104.07	108.31±7.48	6.91
1	102.83	102.26	103.94	103.01±0.85	0.83

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 119. Recovery rate of lufenuron from cellulose patch

- 살포 농약의 부착량 분포도

사과 과수에 부착되는 유효 약제의 부착량은 나무의 위치에 따라 최소치4.53 μg/50cm^{2}에서 최고치 19.99 μg/50cm^{2}까지 조사 되어졌으며 상관계수는 46.50% 이었다(Table 120). 또한 과원 지면에 떨어지는 약제는 평균 8.73μg/50cm^{2}으로 과수에 부착되는 양과 비슷한 수치를 나타내었다(Table 121).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Location of experiment	Adhesion amount±S.D.(μg/50cm^2)	C.V.[a)](%)
1	11.26±1.64	14.60
2	7.48±1.87	24.96
3	19.99±3.19	15.94
4	4.53±0.72	15.99
5	5.32±1.23	23.15
6	8.86±2.80	31.59
7	8.97±3.12	34.75
8	14.10±3.12	22.13
9	13.31±1.07	8.02
Total average	**10.43±4.85**	**46.50**
Lowest amount	**4.53**	**-**
Highest amount	**19.99**	**-**

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 120. Adhesion amount of lufenuron 2.5% on apple trees in apple orchard of Yesan-2 area, Korea

Field	Adhesion amount±S.D. (μg/50cm^2)	Total average±S.D. (μg/50cm^2)	C.V.[a)](%)
1	8.77±6.36	8.73±0.06	0.73
2	8.68±0.83		

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 121. Adhesion amount of lufenuron 2.5% on field in apple orchard of Yesan-2 area, Korea

(4) Flonicamid 부착량 결과

- 정량한계 측정 및 재현성 검정

Flonicamid의 부착량을 분석하기 위한 정량 한계(LOQ)는 0.25ng이었다. 반복 분석간 변이계수가 4%이하로 식품의약품안전처의 기준을 만족하여 재현성 있는 분석을 수행할 수 있는 분석방법으로 판단하였다(Table 122).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Level		Reproducibility	
		Average±S.D.	C.V.[a)]
LOQ (0.25ng)	Rt	4.07±0.01	0.14
	Area	135049.50±5331.08	3.95
	Height	7580.17±240.98	3.18
10 LOQ	Rt	4.08±0.01	0.23
	Area	1417325.50±11854.91	0.84
	Height	78673±278.85	0.35

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 122. Reproducibility of analysis of Flonicamid

- 표준검량선의 직선성

Flonicamid standard의 검량선의 직선성은 R^2=1로 우수하여 정량분석을 수행할 수 있음을 확인하였다(Fig 13). Flonicamid standard 검량선의 직선성을 72시간 동안 측정한 결과 모두 R^2=0.9999 이상으로 안정적이었다(Table 123)

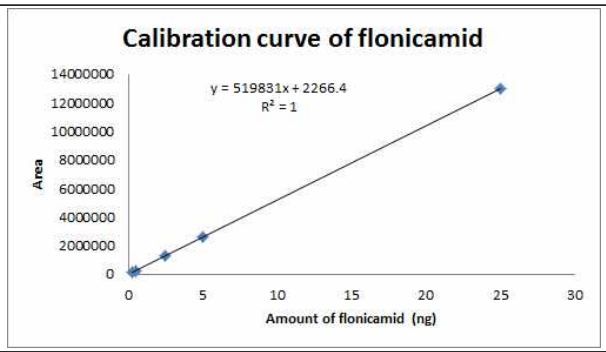


Fig. 13. Calibration curve of Flonicamid

Compound		Shortly after preparation	After 24 hours	After 72 hours
Flonicamid	Equation	y=475255x-263.18	y=481570x+6363.6	y=393594x-36120
	R^2	1	0.9999	1

Table 123. Standard calibration curve linearity through 72 hours of Flonicamid

- 회수율

Flonicamid 표준용액을 patch에 처리하고 회수율을 측정하였다. 그 결과 추출효율은 모두 87~110%, 변이계수가 9%이하로 patch에 흡착된 잔류농약 분석에 적합함을 확인하였다(Table

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

124). Flonicamid 표준용액을 패치상에 1mgL^{-1} 흡착시켜 분석 시까지 보관한 후 그 회수율을 확인 한 결과 모두 100% 이상으로 분석 약제의 저장안정성을 검증하였다(Table 125).

Compound	Fortified Conc. (ppm)	Recovery rate(%)				C.V.[a)](%)
		Replicate 1	Replicate 2	Replicate 3	Average±SD	
Flonicamid	0.05	90.48	83.90	88.06	87.48±3.33	3.80
	0.5	93.93	93.24	93.32	93.49±0.38	0.40
	5	96.10	95.40	110.65	100.72±8.61	8.55

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 124. Recovery rate of Flonicamid

Compound	Fortified Conc. (ppm)	Storage stability(%)			Average±SD
		Replicate 1	Replicate 2	Replicate 3	
Flonicamid	1	99.88	99.33	101.57	101.26±1.17

Table 125. Storage stability of Flonicamid

- 살포 농약의 부착량 분포도

사과 과수에 부착되는 유효 약제의 부착량은 나무의 위치에 따라 최소치 2.83μg/ 50cm^{2}에서 최고치 237.46μg/50cm^{2}까지 조사되어 졌으며 상관계수는 153.90% 이었다(Table 126). 또한 과원 지면에 떨어지는 약제는 평균 12.39μg/50cm^{2}으로 과수에 부착되는 양의 약 26%를 나타내었다(Table 127).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Location of experiment	Adhesion amount ±S.D.(μg/50cm^2)	C.V.[a)](%)
1	6.21±0.62	9.97
2	14.42±4.18	28.96
3	237.46±21.40	9.01
4	40.28±12.98	32.23
5	8.20±3.67	44.71
6	15.15±1.91	12.63
7	49.30±3.43	6.95
8	2.83±0.76	26.97
9	58.05±10.01	17.24
Total average	47.99±73.85	153.90
Lowest amount	2.83	-
Highest amount	237.46	-

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 126. Adhesion amount of flonicamid on apple trees in apple orchard of Yesan-2 area, Korea

Field	Adhesion amount±S.D. (μg/50cm^2)	Total average±S.D.(μg/50cm^2)	C.V.[a)](%)
1	12.02±3.08		
2	9.98±4.93	12.39±2.62	21.15
3	15.18±3.03		

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

Table 127. Adhesion amount of flonicamid on field in apple orchard of Yesan-2 area, Korea

다. 결론

(1) 파프리카에 살포된 농약의 부착량 분포도 분석 결과 고찰

파프리카 시설 재배지에서 농약의 다양한 살포량에 따른 부착량을 분석하였으며, 그에 따른 방제가를 조사하였다. 결과는 Table 128에 정리하였다. 실험 대상 약제 모두 2.5 L /10tree 이상 살포량일 경우 꽃노랑총채벌레에 대해 양호한 방제가를 나타내었으며, 효과적인 방제가를 얻기 위한 유효약제의 적정 부착량은 abamectin 1.8%의 경우 5.36ug /50cm^2 이상이 되어야 하며, spinetoram 5%의 경우에는 28.80ug/50cm^2 이상 부착될 경우 효과적인 방제를 할 수 있음을 알 수 있었다. 또한 살포기의 종류에 따라서도 다른 결과를 나타내었다. 무인 살포기의 경

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

우 실제 작물에 부착되는 양이 현저히 적었으며 방제 또한 전혀 이루어지지 않은 것으로 조사되었다. 따라서 시설 재배지의 파프리카의 경우 U자형 분무기 사용이 유리하며, 최소 2.5L/10 trees 살포량으로 고루 살포하는 것이 방제에 효율적이며 그 이상 살포량이 증가하여도 방제가에는 영향을 미치지 못하였다.

	compound	Sprayer type	Application dose (L/10tree)	Adhesion amount of pesticide (ug/50cm^2)	Mortality of *Frankliniella occidentalis* (%)
Experiment 1	Abamectin 1.8%	U-shaped sprayer	≥2.50	≥5.36	≥83%
			1.25	4.92	59.3%
	Spinetoram 5%	U-shaped sprayer	≥2.50	≥28.80	≥92%
			1.25	6.30	55.2%
		Remote controlled sprayer	5	≤0.58	0%

Table 128. Adhesion amount of pesticides and Mortalities of *Frankliniella occidentalis* to spray volume of pesticides

(2) 사과원에서의 살포 농약의 표면 부착량 분포도 분석 결과 고찰

본 실험은 연구용 포장이 아니라 실제농가의 과수원에서 실시되었다.

2014년에 농약의 과수 부착량에 따라 해충의 방제가가 다르게 나타나고 있음을 분석 보고하였다. 살포량 보다는 적정 부착량의 고른 분포가 해충 방제에 효율적임을 증명 하므로써 과다 농약 살포 방지를 위한 적정 살포량 기준 마련의 중요성을 보고하였다. 작년에 이어서 2015년에는 살포량을 줄여 그 부착량과 방제가를 조사하였다.

<실험 2>을 실시한 공주의 사과원에서는 4월 중순 약 300L/10a을 살포 하였다. 이는 2014년도 같은 시기 동과수원에서 실시한 실험에 비해 70L/10a 경감시킨 살포량이다(2014년 과제 보고서 참조). 또한 2015년도 새로 추가된 <실험 3>과 <실험 4>의 실험 대상 사과원 두 곳의 4월 중순의 평균 살포량 364L/10a에 비해서도 적은 양을 살포한 것이다. Table 129에 2015년 4월부터 5월 말까지 농약을 살포하고 그 부착량과 분포도 그리고 나방류 해충의 방제가를 조사한 결과를 정리하였다. 그 결과를 살펴보면, 농약 살포 후 약제 부착량에 있어 4월 경우 과수의 잎이 자라지 않은 가지만 있는 상태에서 농약을 살포 하였고 그 결과 과수원 바닥에 떨어지는 약제 양이 과수에 부착되는 양의 약 2배에 달하였다. 5월 중순이 되자 잎이 무성해 지면서 살포 되는 농약이 과수에 좀 더 부착될 수 있는 상태로 변했으며, 분석 결과 바닥과 과수의 약제 부착량이 거의 비슷한 양으로 분석되었다. 이처럼 시기별로 과수 발육상태에 따라 과수에 부착되지 못하고 바닥에 떨어져 낭비 되는 농약의 양이 다르게 분석되었다. 그러나 본 실험을

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

실시한 세 곳의 과수원 중 두 곳은 과수의 시기별 상태에 관계없이 살포시마다 살포량이 일정하게 살포 되고 있었다. 이는 해충 방제와는 무관하게 바닥에 떨어져 환경오염을 심화 시키는 원인으로 보여 진다. 따라서 시기별 살포량 조절이 필요하며, 그럼으로써 농약의 낭비를 줄일 수 있음을 본 실험 결과를 통하여 조사되어졌다. 과수의 시기별 발육상태에 따른 농약 적정 살포량의 조절 기준이 본 실험을 기초로 마련되어진다면 현저하게 농약 사용의 절감이 이루어져 생산 단가도 낮아지며 무엇보다 환경오염을 현저히 경감 시킬 수 있을 것으로 보여 진다.

	Spray pestcide	Spray Date	Application amount L /10a	Adhesion amount (μg/50cm^2)	
				Tree	Field
Experiment 2	Acetamiprid 8%	Apr. 17. 2015	302 L	28.66	64.26
	Clothianidin 8%	May. 17. 2015	378 L	50.21	52.17
Experiment 3	Acetamiprid 8%	Apr. 21. 2015	349 L	41.61	56.93
	Chlorotraniliprole 5%	May. 17. 2015	352 L	14.98	15.72
Experiment 4	Acetamiprid 8%	Apr. 21. 2015	378 L	33.52	75.75
	Flubendiamide 16%	May. 14. 2015	380 L	54.22	51.21
	Lufenuron 2.5%	May. 22. 2015	378 L	10.43	8.73
Effect of pest control	≥ 95%				

Table 129. Situation of pesticide s sprayed to control moth pest in apple orchards

Table 130은 조팝나무진딧물 방제를 위해 6월 초순 전후로 농약을 살포한 결과를 정리한 것이다. 진딧물은 발생 부위에 정확히 유효 약제가 적절히 잘 묻어야 그 약효를 좀 더 효과적으로 나타낼 수 있다. 따라서 약제 살포전 과수원 내 지역별 발생부위와 발생 정도를 조사 후 살포 한다면 좀 더 효과적인 방제가를 얻을 수 있을 것이다. 실험이 실시된 시기의 세 곳 과수원의 과수 상태는 잎이 무성하고 과실이 작게 열리고 있는 상태였으며, 세 곳의 살포량은 355~380 L/10a로 큰 차이가 없었다. 그러나 해충 방제가에 있어서는 <실험 2>의 경우 <실험 3,4>에 비해 약 9% 정도 낮은 방제가를 나타내었다. 과수와 바닥에 부착된 양을 비교해 보면 <실험 2>의 경우 과수에 부착되는 양에 비해 1.8 배 정도 많은 양이 바닥에 떨어진 것으로 분석되었다. 결국 비슷한 양을 살포하였더라도 바닥에 낭비되는 양이 많았음이 분석과정에서 조사되어 졌으며 이는 방제가가 낮게 나타난 원인으로 보여 진다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

	Spray pestcide	Spray Date	Application amount L /10a	Adhesion amount (μg/50cm^2)		Effect of pest control
				Tree	Field	
Experiment 2	Acetamiprid 2.5%	June.1. 2015	378 L	30.10	54.79	≥ 85%
Experiment 3	Imidacloprid 10%	May. 29. 2015	355 L	20.47	31.71	≥ 97%
Experiment 4	Flonicamid 10%	June. 9. 2015	380L	47.99	12.39	≥ 92%

Table 130. Situation of pesticides sprayed to control *spiraea aphid* in apple orchards

본 실험을 통한 지속적인 유효 약제 부착량 분석 결과, 과수의 시기별 발육 상태에 따른 살포량 기준 설정이 필요한 것으로 보이며, 지면보다는 과수에 농약이 골고루 묻을 수 있게 노즐 및 살포 압력 조절 등의 살포 방법 개선이 필요하며 그럼으로써 현재 보다 적은 살포량으로 농약의 낭비를 줄이고 효율적 해충 방제가를 유지할 수 있을 것으로 사료 된다.

2) 파프리카에 살포된 농약의 부착양 분포도 분석 결과

- Spinetoram 과 spinosad의 부착양 분석 결과 및 고찰

(1) 개선된 QuEChERS법 고찰

세계적으로 food safety를 위한 food testing이 과거 5년간 약 50%나 증가 되었으며, 이에 단시간에 다성분의 잔류농약을 분석하는 Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe(QuEChERS)법이 더욱 각광받고 있다. 이는 유기 용매의 사용양이 매우 적고, 시험 단계가 비교적 간편하여, 비용면에서도 경제적일 뿐 아니라, 유기용매에 실험자가 노출되는 부분도 적어 실험자에게 비교적 안전하며, 환경적으로도 유리한 방법이기 때문이다. 이 방법은 미국 농업연구청(Agricultural research service)에 의해 개발된 것으로 2003년 AOAC(Association of official agricultural chemists) 저널에 발표되었다. 대부분 LC-MS나 GC-MS를 이용한 분석이 이루어진다. 2014년 미국의 농업연구청에서는 QuEChERS법에서 사용되는 $MgSO_4$, NaCl 또는 NaOAc의 salt는 비휘발성 (e.g. NaCl boiling point >1400℃)이기 때문에 divert valve가 장착되지 않은 LC-MS의 ion source나 GC-MS의 inlet liner에 침착 가능성이 높으므로 이를 ammonium salt로 대체 했을 때 안정적이고 효과적인 회수율을 얻을 수 있었음을 발표하였다. Nanita등은 acetonitrile과 water를 10 ml씩 첨가한 혼합물에 5 g씩 NH_4O_2CH와 NH_4OAC (meltingpoint; 110~117℃, boiling point; 165-180℃)를 따로 투입 후 각 acetonitrile 층에 남아

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

있는 수분을 측정한 결과, 약 8% 이하로 수분의 잔존율을 낮추므로 효과적인 층분리가 이루어진다고 보고하였다. 이처럼 QuEChERS법이 점차 개선되고 있다. 이에 본 실험에서는 기존의 AOAC 2007.01법과 ammonium 염을 이용한 개선된 QuEChERS법으로 시료를 추출하여 비교하였다. QuEChERS법으로 추출할 경우 sample의 균질성이 세심하게 요구되므로 엽채류의 경우 드라이아이스를 첨가하여 최대한 곱게 마쇄할 필요가 있다. Nanita등이 2013년에 발표한 ammonium 염의 첨가 양에 따른 층 분리의 효과에 따르면 물 5 ml에 NH_4O_2CH 또는 NH_4OAc을 2.5 g 비율로 첨가했을 때 acetonitrile층에 남아 있는 수분이 8% 이하로 층 분리가 효과적이라고 하였다. 이에 본 실험에서도 같은 비율을 사용하여 층 분리를 실시하였다. 또한 기존의 AOAC 2007.01 법에서는 수분제거를 위하여 $MgSO_4$(anhydrous)를 사용하였다. 그 경우 $MgSO_4$첨가 후 sample을 골고루 섞기 위해 흔들어 줄 때 발열 반응에 의해 용기 밖으로 흘러넘치는 경우가 흔히 발생하여 sample의 손실을 가져왔다. Nguyen등에 의하면 발열시 온도가 45℃까지 급격히 올라가므로 captan과 같은 열에 민감한 농약의 분해에 영향을 미친다고 하였다. 또한 ESI(electrospray ionization), APCI(atmospheric pressure chemical ionization)와 같은 atmospheric pressure ionization source를 이용할 경우 $MgSO_4$로 시료의 수분을 민감하게 제거하지 않아도 된다. Ammonium salt만으로도 충분히 수분이 분리되고 회수율에 큰 영향을 까치지 않는다고 하였다.

본 실험에서도 ammonium salt 만으로 효과적 층 분리 후에 $MgSO_4$를 첨가 하지 않아 실험과정이 좀 더 간편하고 실험자에게 안전하였다.

(2) Dispersive-SPE cleanup 효과

Dispersive-SPE cleanup에 사용된 PSA는 polar matrix compound와 강하게 흡착하고 C18은 non-polar compound를 흡착한다. 또한 GCB는 matrix내의 chlorophyll과 sterol을 흡착 제거하는 것으로 알려져 있다. AOAC 2007.01 QuEChERS 법 그리고 NH_4O_2CH와 NH_4OAc를 이용한 개선된 QuEChERS 법으로 sample을 추출한 후, PSA 50 mg 과 C18 50 mg을 첨가한 d-SPE cleanup 전후의 약제의 회수율을 비교하였다. Fig. 14에 나타난 바와 같이 clean up 전에는 세 방법 모두 80% 이상의 회수율을 나타냈으나 cleanup 후에는 ammonium formate(NH_4O_2CH) buffer를 사용한 샘플의 회수율을 제외하고 나머지 두 가지 방법에서는 70% 미만의 회수율을 나타내었다. Miguel 등도 엽채류에 속하는 lettuce로 부터 cleanup 후에는 spinosyn A는 평균 66%, spinosyn D의 경우에는 평균 70%로 회수율이 낮다고 보고하였다. 이를 자세히 알아보기 위하여 dispersive-SPE sorbent의 조성을 달리하여 회수율을 측정하여 그 영향력을 평가 하였다. 각각의 조성을 4가지로 정하였으며 그 조성은 다음과 같다. (a) PSA 50 mg+C18 50 mg, (b) PSA 50 mg+C18 50 mg+$MgSO_4$ 150 mg, (C) PSA 50 mg+C18 50 mg+GCB 7.5 mg+$MgSO_4$ 150 mg (d) PSA 50 mg+GCB 7.5 mg+$MgSO_4$ 150 mg. 각각의 조성을 달리 하여 spinosyn J와 L의 회수율을 측정한 결과 C18을 제거한 (d)의 경우에서 세 가지 방법 모두에서 80% 이상의 만족한 회수율을 얻었다(Fig. 15). 또한 NH_4O_2CH를 첨가한 추출법에서는

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

dispersive-SPE sorbent의 조성에 관계없이 모든 경우에 90% 이상의 높은 회수율을 나타내었다. 이를 좀 더 자세히 알아보기 위하여 추출 과정 중의 하나인 acetonitrile과 물층을 분리한 단계에서 물층의 pH를 측정하였다. NaOAc, NH_4O_2CH그리고 NH_4OAc를 각각 첨가 한 후 분리된 각 물층의 pH를 측정하였다. 그 결과는 Fig. 16에 나타난 바와 같이 ammonium formate로 층 분리를 한 경우에는 pH 4.5~5를 나타내었으며, 다른 두 경우의 pH 6.5~7에 비해 현저히 낮음을 알 수 있었다. Spinosad와 spinetoram은 산도에 따라 극성이 변하는 특징을 지니고 있어(식품공전 잔류 농약 분석법 실무 해설서 4.1.4.66, 4.1.4.126) pH가 증가 함에 따라 극성의 변화에 의해 C18을 첨가한 경우에 영향을 받는 것으로 추측된다. 따라서 ammonium formate를 사용한 경우 약산성으로 C18의 영향을 받지 않아 높은 회수율이 얻어진 것으로 보여진다. 회수율이 유독 낮게 나왔음을 보고한 Kwon등과 Miguel등 보고에 의하면, 기존의 AOAC 2007.01 QuEChERS법을 사용한 다성분 분석에서 두 실험 모두 15 ml의 시료에 1.5 g의 NaOAc을 첨가하였고 clean up 과정에서는 PSA와 C18을 둘 다 사용하였다. 위에서 언급한 두 실험에서는 물층의 pH 측정 결과를 제시하지 않았지만 위와 흡사한 조건으로, Steven J. 등은 1% acetic acid를 포함한 MeCN 15 ml, 15 g 의 orange juice 그리고 1.5 g의 NaOAc를 혼합한 후 물층 pH 측정 결과, pH 6으로 보고하였다. 따라서 pH에 따라 극성이 변하는 특징을 가지는 spinosad와 spinetoram의 QuEChERS법을 사용한 잔류 분석시에는 matrix의 pH에 따라 d-SPE의 조성 조절이 필요한 것으로 사료된다.

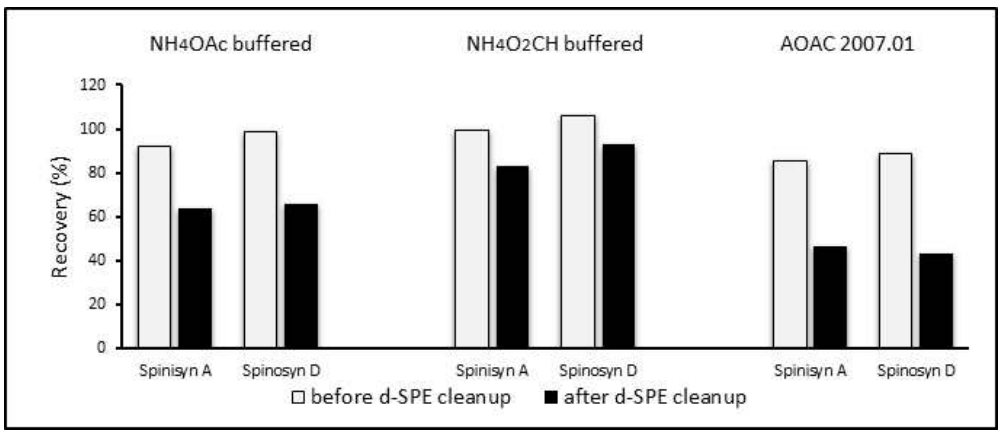


Fig.14. Recovery comparison of spinosyn A and spinosyn D before and after d-SPE cleanup(PSA 50mg+C18 50mg) in various QuEChERS methods.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

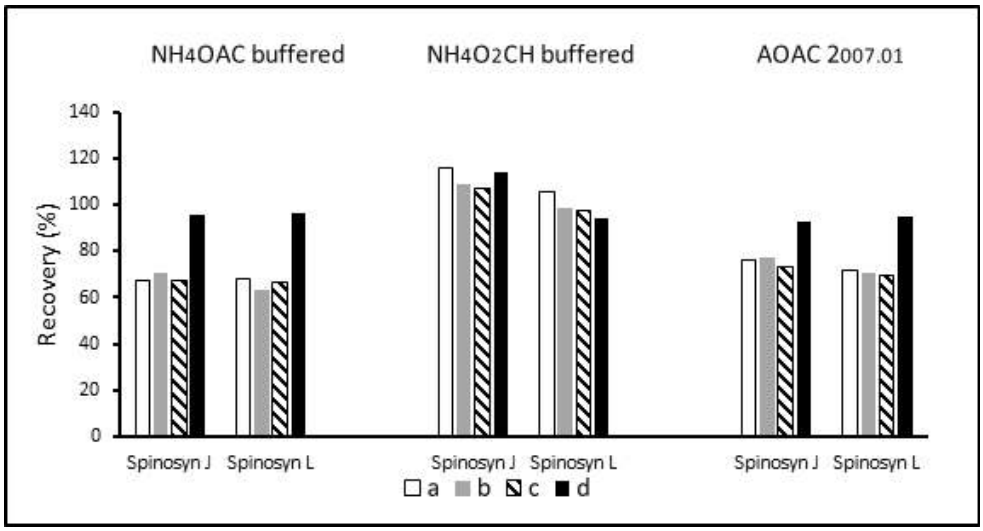


Fig. 15. Recovery comparison of spinosyn J and spinosyn L according to the various composition for d-SPE cleanup.
(a) PSA 50 mg+C18 50 mg, (b) PSA 50 mg+C18 50 mg+$MgSO_4$ 150 mg,(C) PSA 50 mg+C18 50 mg+GCB 7.5 mg+$MgSO_4$ 150 mg (d) PSA 50 mg+GCB 7.5 mg+$MgSO_4$ 150 mg

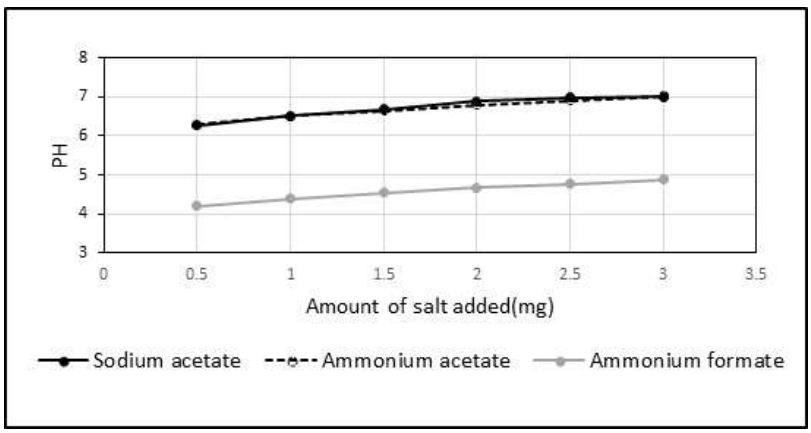


Fig. 16. pH of water layers formed during extraction containing different concentrations of sodium acetate, ammonium acetate and ammonium formate.

(3) 개선된 QuEChERS법에 따른 파프리카 잎으로부터 약제 분석 결과

본 실험에 적용한 시료 전처리법은 ammonium acetate를 사용한 개선된 QuEChERS법을 사용하였다. Fig.15에 나타난 바와 같이 d-SPE 조성 조절 후에 90%의 우수한 회수율을 얻었기 때문이다. ammonium formate의 경우에도 d-SPE의 조성에 영향을 받지 않아 더욱 안정적으로

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

높은 회수율을 얻을 수 있는 장점이 있다. 그러나 formic acid가 acetic acid에 비해 강산으로 실험시 비교적 각별한 주의가 필요하다. spinosad와 spinetoram의 경우 회수율에 차이가 없어 안정성 면에서 유리한 ammonium acetate을 첨가하는 개선된 QuEChERS법을 선택하였다.

- 검량선 및 회수율 결과

무처리 시료로 ammonium acetate을 이용한 개선된 QuEChERS법으로 시료 전처리를 실시하여 무처리 matrix를 준비하였다. spinosad 와 spinetoram의 standard slolution과 무처리 matrix를 5/5 비율로 조성하여 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5 ppm의 농도별 matrix-matched standard solution을 조제 하여 HPLC에 5ul씩 주입하여 LC-MS로 측정하였다. 검출한계는 각각 0.05 ng이었고, 정량한계는 0.25 ng이었다. 또한 검량선을 측정한 모두 R^2=0.999로 우수하였다. 또한 무처리에 10 LOQ 그리고 100LOQ 가 되게 약제를 처리하여 회수율을 조사하였으며 그 결과는 Table 131 와 같다.

Table 131. Recovery results of analytical method for spinetoram and spinosad.

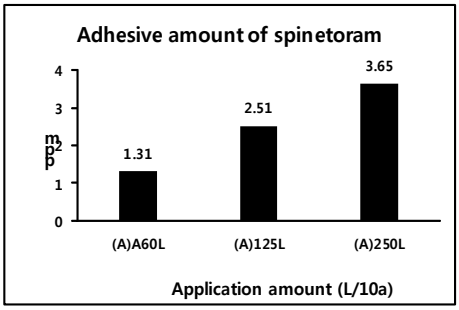
Compound	R^2	LOD (mg/kg)	LOQ (mg/kg)	Fortified conc. (mg/kg)	Recovery(%) Average±SD	
Spinetoram	0.9997	0.01	0.05	0.5	88.75	± 2.14
				5	94.16	± 1,32
Spinosad	0.9995	0.01	0.05	0.5	95.75	± 3.74
				5	102.26	± 1.86

- Spinosad 및 spinetoram의 잔류 실태

본 실험에서는 시설재배지 내 파프리카에 발생한 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella Occidentalis*)의 방제를 목적으로 살포되어진 spinetoram 입상수화제(spinetoram 5% WG)와 spinosad 입상수화제(spinosad 10% WG)의 살포량에 따른 작물의 부착 정도를 분석하여 적정 살포량을 도출하고자 실시하였다. spinetoram 과 spinosad는 접촉 식독제로 작물에 부착되는 양에 따라 방제가에 차이를 가져 올 수 있다. 따라서 부착양과 방제가를 조사함으로써 효과적 살포량을 도출 할 수 있다.

채취한 잎으로부터 잔류 약제의 추출은 위에서 서술한 대로 ammonium acetate을 첨가하는 개선된 QuEChERS법을 사용하여 그 부착 양을 조사하였으며 그 결과는 Fig. 17에 표기한 바와 같다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다



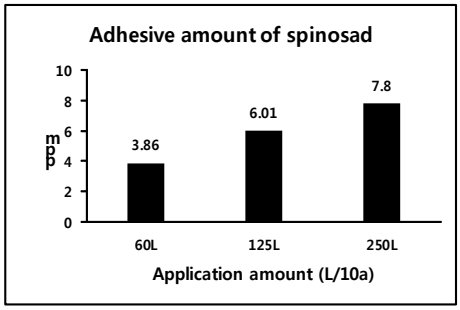


Fig 17. Concentration of residue pesticide depending on the various application amount of pesticide

농약의 살포 물 양을 2배수씩 늘려가며 4배수까지 늘려 살포하였다. 최소치에서 4배의 살포 물량을 늘였을 때 부착양의 증가는 평균 2~2.7배 수준으로 증가하는 것으로 분석되었다(Fig 4). 농약의 살포량에 따라 작물에 부착양이 정비례하지 않으며, 이는 살포량이 늘어난 만큼의 방제 효과의 효율성이 정비례로 높아지지 않음을 제시하고 있다. 처음 60L에서 125L로 2배수로 살포물량을 늘였을 때는 부착양이 약 70% 증가한 것으로 분석되었으나 125L에서 250L로 늘였을 경우에는 약 37%로 증가치가 둔화됨을 나타내었다. spinetoram의 방제가를 조사한 결과, 125L/10a 이상 살포시 꽃노랑총채벌레를 90% 이상 방제하는 것으로 조사되었다(Table 132). 파프리카 시설재배지에서는 약 125 L/10a 정도면 해충 방제가 효과적으로 이루어지는 것으로 분석되었으며, 200%의 약제를 살포하여도 약제 부착양은 평균 37% 증가만 나타내었다.

Table 132. Mortalities of Frankliniella Occidentalis according to the application dose(L/10a) of spinetoram 5% WG.

Target pest	Pesticide	Plant height	Application dose (L/10a)	Mortality(%)	
				24hr	72hr
Frankliniella occidentalis	spinetoram 5% WG	2m20cm	250L	89.5	93.5
			125L	93.5	94.9
			60L	65.5	67.5
		Con	-	0	0

- 무인 살포기에 의한 pyrifluquinazon 과 fluopyram 부착양 분포도 분석 결과

(1) 정량한계 측정 및 회수율 결과

본 실험에 사용한 농약 유효성분의 검출한계(LOD)와 정량 한계(LOQ) 그리고 회수율을 Table 133에 자세히 표기하였다. LOD는 두 약제 모두 0.003 ng이며, LOQ는 0.01 ng이었다. 또한 분석의 재현성 검정시험으로 본 실험에서 측정된 LOQ와 10 LOQ를 연속으로 6회씩 분석한 결과, 머무름 시간(Rt),피크면적(area), 피크높이(height)의 반복 분석간 변이 계수가 5% 미

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

만으로 재현성 있는 분석을 수행할 수 있는 방법으로 판단하였다. 검량선의 R^2=0.9998로 우수하였으며 (Fig. 18) 회수율 또한 두 약제 모두 81.63~95.18 (Table 24) 범위로 분석 기준을 충족하였다.

Table 133. Recovery results of analytical method for pyrifluquinazon and fluopyram.

Compound	R^2	LOD (mg/kg)	LOQ (mg/kg)	Fortified conc. (mg/kg)	Recovery(%) Average±SD
Pyrifluquinazon	0.9998	0.0003	0.001	0.01	95.18 ± 1.89
				0.1	89.87 ± 1.12
Fluopyram	0.9998	0.0003	0.001	0.01	90.94 ± 2.66
				0.1	81.63 ± 1.20

.

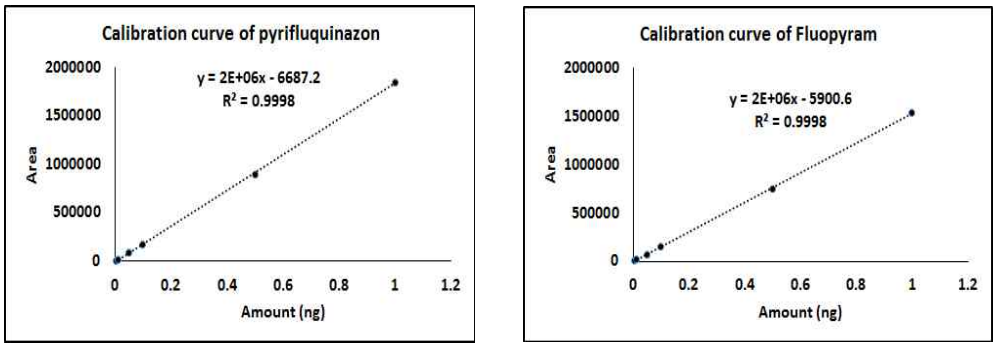
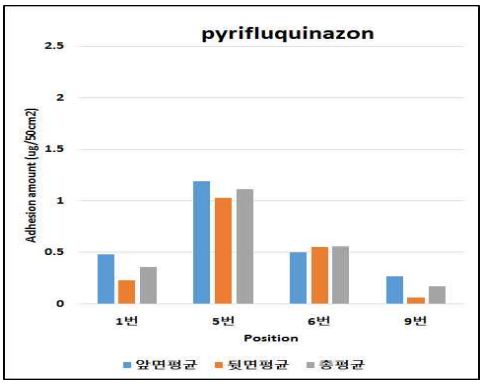


Fig. 18. Calibration curves of pyrifluquinazon and fluopyram.

(2) Pyrifluquinazon과 fluopyram의 잔류 실태

Fig. 19의 부착량 결과를 보면 위치에 따라 부착양의 차이가 나는 것을 알 수 있다. 두 약제 모두 1번과 9번의 위치에서 부착양이 저조함을 알 수 있었다. 이 두 곳은 5번과 6번의 위치와 비교해 평균 30% 정도 밖에 부착되지 않은 것으로 조사 되었다. 같은 방식의 살포가 지속적으로 이루어진다면 해충의 저항성을 가속화 시킬 수 있는 위험성이 있다. 동시에 실시한 감수지 결과로 보면 균일한 살포가 된 것으로 조사되었다. 가시적으로는 균일한 살포가 이루어진 것으로 오인 되었으나 본 실험을 통하여 실제로는 시설 재배지 내의 코너 쪽으로 약제가 충분히 도달 할 수 있게 무인 에어포그의 살포 방향 조절과 압력 교정이 필요함을 알 수 있었다. 이러한 정보를 작업자에게 제공함으로써 병해충 방제 효과를 극대화할 수 있을 뿐 아니라 해충의 저항성을 좀 더 지연 시킬 수 있을 것으로 기대된다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다



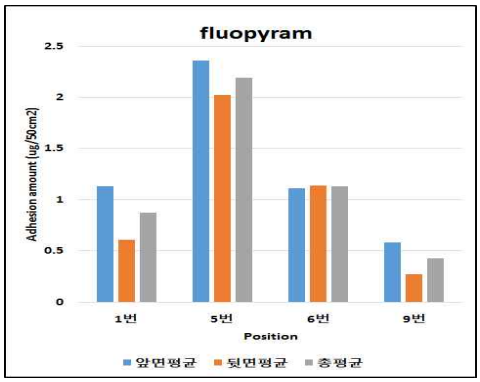


Fig. 19. Adhesion amount of pyrifluquinazon and fluopyram on the paprika leaves

3) 사과원에서의 살포 농약의 표면 부착 양 분포도 분석 결과

- 잔류 농약 분석법 검정 결과

(1) 정량한계 측정 및 회수율 결과

농약 유효성분의 검출한계(LOD)와 정량 한계(LOQ)는 Table 134에 자세히 표기하였다. LOD는 각 화합물에 따라 0.005~0.75ng이며, LOQ는 0.025~2.5ng이었다. 또한 분석의 재현성 검정시험으로 본 실험에서 측정된 LOQ와 10 LOQ를 연속으로 6회씩 분석한 결과, 머무름 시간(Rt),피크면적(area), 피크높이(height)의 반복 분석간 변이 계수가 0.02~7.2%범위로 재현성 있는 분석을 수행할 수 있는 방법으로 판단하였다(Table 135).

Table 134. LOD, LOQ and Determination Coefficient(R2) obtained by pesticide residueanalysis.

Compound	Determination Coefficient (R^2)	Limit of Detection (LOD, ng)	Limit of Quantification (LOQ, ng)
Diflubenzuron	0.9994	0.005	0.05
Acetamiprid	0.9997	0.015	0.05
Thiamethoxam	0.9999	0.05	0.25
Chlorantraniliprole	0.9999	0.75	2.5
Spirotetramat	1	0.005	0.025
Flubendiamide	0.9987	0.005	0.025
Lufenuron	0.9983	0.015	0.05

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 135. Reproducibility of analysis for active ingredients.

Compound	LOQ	Coefficient of variation [a] (%)		
		Retention Time	Area	Height
Diflubenzuron	LOQ	0.06	0.70	0.97
	10LOQ	0.03	0.21	0.30
Acetamiprid	LOQ	0.24	2.16	1.71
	10LOQ	0.16	1.93	1.39
Thiamethoxam	LOQ	0.19	2.08	3.35
	10LOQ	0.10	1.07	1.49
Chlorantraniliprole	LOQ	0.26	4.52	7.21
	10LOQ	0.19	0.72	0.70
Spirotetramat	LOQ	0.08	2.47	1.98
	10LOQ	0.03	1.02	1.41
Flubendiamide	LOQ	0.06	0.43	1.11
	10LOQ	0.02	0.29	0.58
Lufenuron	LOQ	0.17	2.54	3.20
	10LOQ	0.05	0.93	0.98

[a]Coefficient of variation (%) = Standard deviation / Average × 100

(1) 표준검량선의 직선성 결과

각각 standard의 검량선의 직선성은 R^2=0.9983이상으로 우수하여 정량분석을 수행할 수 있음을 확인하였다(Fig. 20). 각 화합물 분석에 적합하게 제조된 standard 검량선의 직선성을 72시간 동안 관찰한 결과 모두 R^2=0.9979이상으로 안정적이었다(Table 136).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

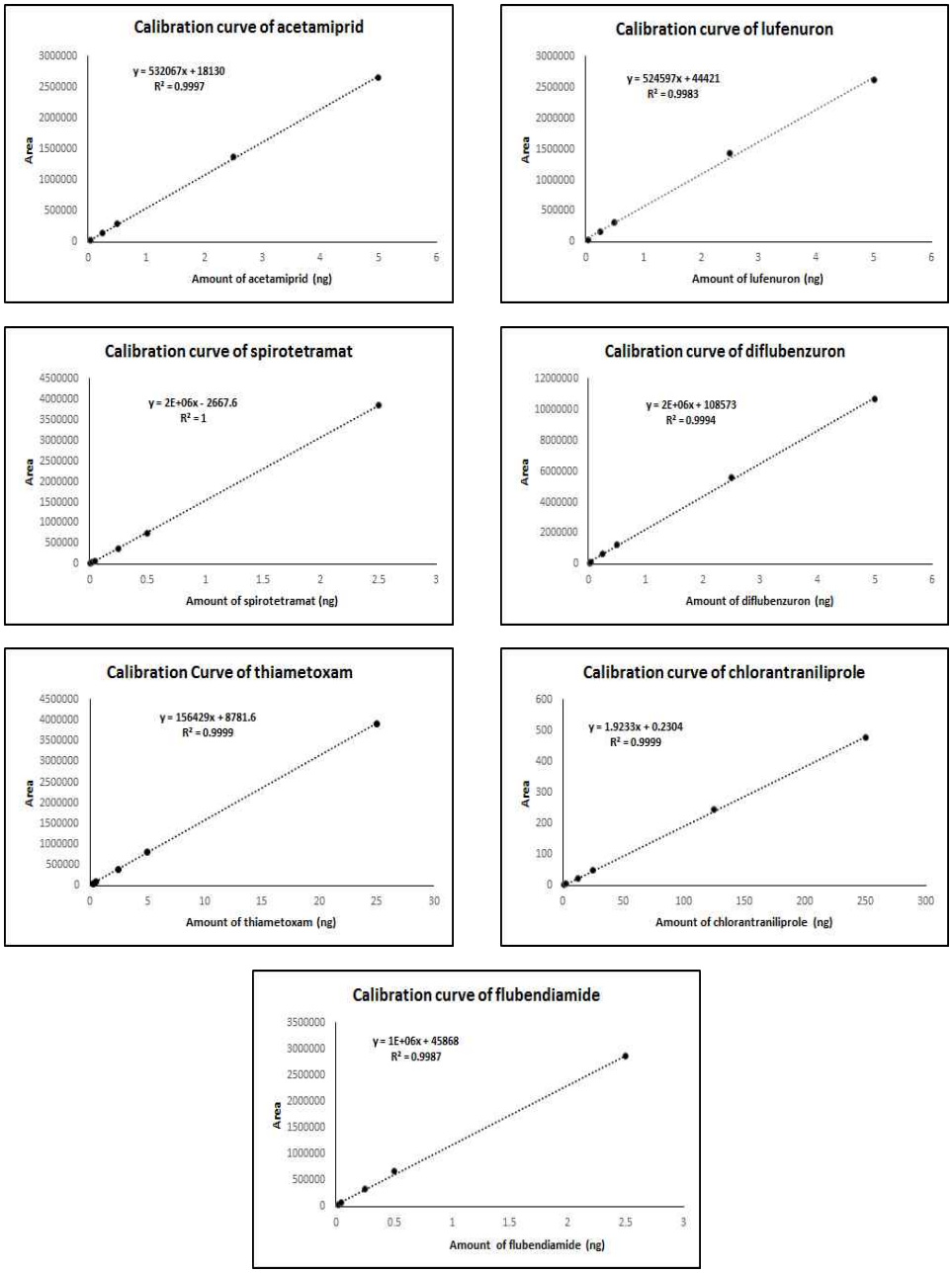


Fig. 20. Calibration curves of active ingredients

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 136. Standard calibration curve linearity through 72 hours

Compound		Shortly after preparation	After 24 hours	After 72 hours
Diflubenzuron	Equation	y=2E+06x +88484	y=2E+06x +90621	y=2E+06x +91898
	R^2	0.999	0.999	0.9988
Acetamiprid	Equation	y=615898x +25040	y=616020x +18827	y=631345x +17339
	R^2	0.9993	0.9997	0.9996
Thiamethoxam	Equation	y=155212x +45590	y=160108x +35388	y=155800x +40656
	R^2	0.9985	0.9992	0.9991
Chlorantraniliprole	Equation	y=1.6767x -3.1049	Y=1.692x -4.3032	y=1.6966x -4.5903
	R^2	0.9997	0.9997	0.9996
Spirotetramat	Equation	y=1E+06x +14537	y=2E+06x +8086.1	y=2E+06x +13617
	R^2	0.9998	1	0.9999
Flubendiamide	Equation	y=1E+06x +60488	y=1E+06x +57814	y=1E+06x +63755
	R^2	0.9982	0.9985	0.9979
Lufenuron	Equation	y=507503x +42406	y=515158x +27437	y=520028x +42282
	R^2	0.9986	0.9997	0.9987

(2) 회수율 결과

Patch에 흡착된 농약이 제대로 추출되어 회수되는지 검정하기 위해서 10 LOQ, 100 LOQ가 되도록 표준용액을 patch에 처리하고 회수율을 측정하였다. 그 결과 추출효율은 모두 75~118%, 변이계수가 5.10%이하로 식품의약품안전처의 잔류 농약 분석 기준을 만족하여 patch에 흡착된 잔류농약 분석에 적합함을 확인하였다(Table 137).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 137. Recovery rate of active ingredients from cellulose patch obtained by pesticide residue analysis.

Compound	Fortified conc. (mg/kg)	Recovery (%) Average±S.D.	C.V.[a)] (%)
Diflubenzuron	0.1	102.50±0.46	0.45
	1	84.78±0.79	0.93
Acetamiprid	0.1	111.91±2.00	1.78
	1	109.37±0.39	0.36
Thiamethoxam	0.5	102.82±5.25	5.10
	5	104.86±0.69	0.66
Chlorantraniliprole	1	82.31±0.65	0.79
	10	85.88±0.25	0.30
Spirotetramat	0.05	75.10±2.01	2.68
	0.5	75.34±1.80	2.39
Flubendiamide	0.05	117.51±1.32	1.12
	0.5	116.61±1.16	1.00
Lufenuron	0.1	91.04±0.93	1.02
	1	89.48±0.98	1.09

- 사과 농장의 살포 농약 부착 양 분포도

(1) 공주 지역 사과원

복숭아순나방 방제를 위해 살포된(5월 11일) diflubenzuron 유효성분의 부착양 결과는 Table 138에 상세히 표기하였다. 나무의 상층부와 하층부의 잎의 앞면과 뒷면에 cellulose patch를 설치하여 부착양 분포도를 조사하였다. 사과나무의 상부는 52.85 μg/50cm^2, 하부는 44.96 μg/50cm^{2}의 부착된 것으로 분석되어 부착양의 차이가 크지 않으며, 잎의 앞뒷면의 부착양 또한 큰 차이를 보이지 않았다. 또한 과수원 지면에 떨어지는 약제는 평균 45.63μg/50cm^{2}으로 과수에 부착되는 양과 비슷하게 나타내었다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 138. Adhesion amount of diflubenzuron on apple trees in apple orchard of Kongju region, Korea

Active ingredient	Adhesion part	Adhesion amount ±S.D.(μg/50cm^2)	C.V.[a)](%)
Diflubenzuron	Front side of leaf	49.92±27.81	55.71
	Back side of leaf	47.88±24.37	50.90
	Upper part of tree	52.85±21.60	40.88
	Lower part of tree	44.96±20.59	45.80
	Total average	48.90±14.02	28.67
	Field	45.63±16.00	35.06

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

조팝진딧물 방제를 위해 살포된(6월 7일) acetamiprid 유효성분의 부착양 결과를 Table 139에 나타내었다. 진딧물이 발생한 부분의 나뭇잎 앞면과 뒷면에 cellulose patch를 설치하여 부착양 분포도를 조사하였다. 사과 잎의 앞면 평균 부착양은 71.77 μg/50cm^2, 뒷면 평균 부착양은 38.50 μg/50cm^{2}으로 전체 평균부착양은 55.13 μg/50cm^{2}이었다. 또한 과수원 지면에 떨어지는 약제는 평균 40.30 μg/50cm^{2}으로 과수에 부착되는 양에 비해 약 25% 낮게 나타났다. Diflubenzuron을 살포했을 때 수목과 지면에 부착양이 비슷하게 나타난 것에 비해 acetamiprid 유효성분의 부착양이 지면의 경우 낮게 나타난 원인은 두 약제의 살포시기가 약 한달 차이가 나므로 살포시기에 따른 수목 잎의 성장과 관계가 있는 것으로 판단된다. 2015년도와의 살포량은 동일하나 수목에 부착된 유효성분의 분포를 나타내는 변이계수가 2015년에는 68.09~84.24%인 것에 비해 2016년에는 28.67~70.65%로 낮게 나타났다. 이는 좀 더 균일한 살포가 이루어 졌음을 나타내며 보다 효과적인 방제와 더불어 해충의 저항성 방생 지연에 유리할 것으로 보여진다.

Table 139. Adhesion amount of acetamiprid (8%) on apple trees in apple orchard of Kongju region, Korea

Active ingredient	Adhesion part	Adhesion amount ±S.D.(μg/50cm^2)	C.V.[a)](%)
Acetamiprid	Front side of leaf	71.77±45.41	63.28
	Back side of leaf	38.50±22.93	59.56
	Total average	55.13±38.95	70.65
	Field	40.30±8.02	19.90

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

(2) 예산 1지역 사과원

복숭아순나방 방제용으로 thiametoxam과 chlorantraniliprole 유효성분을 4월 28일과 5월 19일에 순차적으로 살포하였다. 두 약제의 부착양의 결과를 살펴보면 나무의 상층부가 하층부에 비해 약 2배까지 높게 나타났으며, 상하층의 부착양에 큰 차이를 보이지 않은 공주지역의 결과와는 다른 양상을 보였다(Table 140). 이는 작업자의 살포 습관 영향으로 보여 진다.

Table 140. Adhesion amount of thiametoxam and chlorantraniliprole on apple trees in apple orchard of Yesan-1 region, Korea

Active ingredient	Adhesion part	Adhesion amount ±S.D.(μg/50cm^2)	C.V.[a)](%)
Thiametoxam	Front side of leaf	43.38±34.72	80.03
	Back side of leaf	26.19±17.71	67.64
	Upper part of tree	48.14±28.00	58.16
	Lower part of tree	21.43±10.86	50.66
	Total average	34.86±17.08	49.00
	Field	46.32±29.69	64.09
Chlorantraniliprole	Front side of leaf	5.27±4.01	76.05
	Back side of leavf	4.61±4.27	92.57
	Upper part of tree	7.15±3.09	43.21
	Lower part of tree	2.73±2.02	73.97
	Total average	4.94±2.27	45.91
	Field	4.65±1.41	30.41

[a)]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

조팝진딧물 방제를 위해 살포된(5월 30일) spirotetramat의 부착양 분석결과를 Table 141에 나타내었다. 잎의 앞면 평균 부착양은 25.29 μg/50cm^2, 뒷면이 34.00 μg/50cm^{2}으로 그 차가 크지 않아 잎 앞뒷면에 잘 균일하게 부착된 것으로 보여진다. 해충 방제 약제 살포가 4월 28일, 5월 19일과 30일 순으로 실시되었으며, 수목에 비해 과수원 바닥의 유효약제 부착 양이 1.3배에서 0.9배로 줄어들고 있음을 알 수 있다. 이는 공주지역 결과와 동일한 경향으로 수목 잎이 우거짐에 따라 지면에 낙하되는 농약의 양이 줄어 들었음을 나타낸다. 따라서 수목 잎 성장에 따른 살포량 조절이 필요해 보였다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 141. Adhesion amount of spirotetramat on apple trees in apple orchard of Yesan-1 region, Korea

Active ingredient	Adhesion part	Adhesion amount ±S.D.(μg/50cm^2)	C.V.[a] (%)
spirotetramat	Front side of leaf	25.29±13.61	53.80
	Back side of leaf	34.00±11.97	35.22
	Total average	29.56±13.44	45.48
	Field	27.10±16.23	59.87

[a]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

(3) 예산 2지역 사과원

복숭아순나방 방제용으로 flubendiamide와 lufenuron을 5월 4일과 5월 17일에 순차적으로 살포하였다. 두 약제 모두 수목 하층부의 부착양이 약 1.2배 정도 높게 나타났으나 그 차가 크지 않아 균일하게 살포된 것으로 판단된다. 잎의 앞뒷면 부착양을 비교해 보면 flubendiamide는 뒷면이 1.3배, lufenuron의 경우는 앞면이 1.7배 높게 나타났다(Table 142).

Table 142. Adhesion amount of flubendiamide and lufenuron on apple trees in apple orchard of Yesan-1 region, Korea

Active ingredient	Adhesion part	Adhesion amount ±S.D.(μg/50cm^2)	C.V.[a](%)
Flubendiamide	Front side of leaf	21.22±10.65	50.19
	Back side of leaf	27.95±13.60	48.66
	Upper part of tree	22.71±10.15	44.70
	Lower part of tree	26.87±12.52	46.60
	Total average	24.79±9.15	36.92
	Field	23.18±8.82	38.03
Lufenuron	Front side of leaf	5.39±4.57	84.87
	Back side of leaf	3.25±1.78	54.86
	Upper part of tree	4.07±2.47	60.69
	Lower part of tree	4.57±3.18	69.50
	Total average	4.32±2.59	59.97
	Field	3.27±0.84	25.57

[a]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

조팝진딧물 방제를 위해 살포된(5월 30일) acetamiprid의 부착양 결과를 Table 143에 나타내었다. 잎의 앞면 평균 22.51 μg/50cm^2, 뒷면 평균이 19.64 μg/50cm^{2}로 차이가 크지 않아 잎의 앞뒷면에 균일하게 부착된 것으로 보여 진다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

예산-2지역의 과수원 바닥의 부착양도 시간이 지남에 따라 감소되는 동일 결과를 나타냈다. 수목과 과수원 바닥의 부착양 비교에서 세 곳의 다른 장소와 다른 작업자의 살포임에도 불구하고 같은 경향의 결과를 보임으로써 수목 잎의 성장이 이루어지지 않은 봄철에는 살포량을 줄여야 할 것으로 보여 진다. 이는 바닥에 버려지는 약제에 의한 생태계에 미치는 영향을 최소화 할 수 있을 것이다.

Table 143. Adhesion amount of acetamiprid (2.5%) on apple trees in apple orchard of Yesan-1 region, Korea

Active ingredient	Adhesion part	Adhesion amount ±S.D.(μg/50cm^2)	C.V.[a] (%)
Acetamiprid	Front side of leaf	22.51±12.59	55.92
	Back side of leaf	19.64±8.87	45.18
	Total average	21.07±10.67	50.62
	Field	11.95±8.72	72.98

[a]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

3) 결론

- 파프리카에 살포된 농약의 부착 양 분포도 분석 결과 고찰

(1) Spinetoram 과 spinosad의 부착양 분포

Spinosad와 spinetoram은 자외선에 의한 광분해가 심하여 잔류성 측면에서 유리한 농약이다. 광분해가 심한 spinosad와 spinetoram의 잔류 분석으로 QuEChERS법은 전처리가 신속히 이루어지므로 기존의 액액 분배법에 비해 유리하다. 본 실험에서는 기존의 AOAC 2007.01 QuEChERS법과는 달리 ammonium염을 사용하였다. 이는 LC-MS나 GC-MS의 ion source temperature (>280℃)에서 휘발성을 가지므로 MS분석시 유리한 면이 있다. 또한 기존의 AOAC 2007.01 법에서는 수분 제거를 위하여 $MgSO_4$ 첨가 후, sample을 골고루 섞기 위해 흔들어 줄 때 발열반응에 의해 용기 밖으로 흘러넘치는 경우가 흔히 발생하여 sample의 손실을 가져 왔다. 본 실험에서는 $MgSO_4$의 사용 없이 ammonium acetate와 시료의 비율을 2.5g/5g으로 사용하고 d-cleanup의 조성 조절로 90% 이상의 만족한 회수율을 얻었다. pH에 따라 극성이 변하는 spinosad와 spinetoram은 d-cleanup과정에서 matrix의 pH에 따라 C18의 가감이 필요하다.

본 실험에서 ammonium acetate를 첨가한 개선된 QuEChERS법으로 파프리카 잎에 잔류된 spinosad와 spinetoram의 살포 물량에 따른 작물 부착양의 정도를 분석하였다. LOD 0.05 ng,

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

LOQ 0.25 ng 그리고 R^2 값은 0.999이상 이었으며 회수율은 88-102%로 분석 기준에 적합하였다. 분석 결과 10a당 살포량이 60L에서 125L로 증가 할 때는 평균 70% 정도 약제 부착량 이 증가하였으나 125L에서 250L로 증가 시켰을 때는 평균 37%로 부착량 증가치가 둔화 되었다. 또한 spinetoram의 방제가 에서도 125L/10a 이상에서 90% 이상의 효과적인 꽃노랑총채벌레의 사충율이 조사되었다. 살포 물량이 증가 할수록 부착양의 증가치는 둔화되고 살충효과 또한 일정 살포 물량에서 90% 이상으로 그 이상의 살포량은 필요하지 않았다. 따라서 각 작물에 따른 적정 살포 물량 기준 설정이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

Table 144. Adhesion amount of spinetoram on paplika leaf according to the application dose(L/10a) of spinetoram 5% WG .

Target pest	Active ingredient	Adhesion amount (ppm)	Application dose(L/10a)	Mortality(%) After 72hr
Frankliniella occidentalis	Spinetoram	1.31	250L	93.5
		2.51	125L	94.9
		3.65	60L	67.5
		Con.	-	0

(2) 무인 에어포그 살포에 의한 pyrifluquinazon과 fluopyram의 부착양 분포

무인 에어포그 살포방법으로 살충제와 살균제를 혼합하여 파프리카 시설재배지에 살포 후 그 부착량을 감수지 실험과 병행하여 비교하였다. 감수지 결과로는 가시적으로 균일한 살포가 이루어진 것으로 보였으나 실제로는 코너 쪽 위치에는 중간지역에 비해 30%정도만 부착된 것으로 분석되었다. 본 실험을 통하여 코너에도 약제가 충분히 살포될 수 있도록 무인 에어포그의 살포 방향 조절과 압력 교정이 필요함을 알 수 있었다. 작업자에게 이러한 정보를 제공하여 약제 부착이 미비한 사각지대를 줄임으로써 병해충 방제효과 의 상승을 기대할 수 있다.

- 사과원에서의 살포 농약의 표면 부착 양 분포도 분석 결과 고찰

본 실험은 실제농가의 과수원에서 실시함으로써 현장 적용성을 높이고자 하였다. 2014년에서 2015년까지 유효성분의 고른 부착이 해충 방제에 효율성을 증가시킨다는 것을 증명함으로써 과다 농약살포 방지를 위한 적정 살포량 기준 마련의 중요성을 보고하였다. 2015년 공주의 사과원에서는 평균 350L/10a을 살포 하였다. 이는 2014년도 동일 과수원에서 실시한 실험에 비해 평균 20% 줄여 살포한 것이었다(2014년 과제 보고서 참조). 또한 예산-1과 예산-2사과원 평균 살포량은 360L/10a이었다. 본 실험을 실시한 세 곳의 과수원 중 두 곳은 과수의 시기별 상태에 관계없이 살포시 마다 부착이 일정하게 살포되고 있었다. 4월 과수의 잎이 자라지 않은 상태에서 농약을 살포하였고 과수원 지면에 떨어지는 약제량이 과수에 부착되는 양의 약 2배에 달하였다. 과수 잎의 생장상태에 따라 과수에 부착되지 못하고 바닥에 떨어져 낭비 되는 농약의 양에 차이가 있음을 보고하였다(2015년 과제 보고서 참조). 수목 잎의 생장시기에 따른 농약의

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

살포량 설정 기준이 필요함을 강조 하였다. 2016년에는 농약의 과수 부착 상태를 면밀히 조사하기 위해 잎의 앞뒷면과 과수의 상하부의 부착정도의 차이를 분석하였다. 과수 상하부의 부착양 차이는 약제 살포 때 마다 다른 결과를 나타내었다. 다섯 번의 조사에서 세 번은 상하부의 부착양 차이가 크지 않았으며, 두 번은 상부가 하부에 비해 2배 정도 많이 부착된 것으로 조사되었다. 이는 살포시점의 작업자 환경과 연관성이 있어 보인다. 그러나 결론적으로 과수의 최상부까지 약제가 잘 살포되고 있는지에 대한 의구심을 해소시키는 결과였다.

잎의 앞뒷면 부착양 분석은 8차례 실시하였고, 그 중 여섯 번이 잎의 앞면에 부착 양이 많았다(Table 145). 전체적으로 현재 보편화된 SS분무기 살포는 잎의 앞면이 뒷면보다 부착이 유리한 것으로 보여 진다. 그러나 진딧물의 경우는 뒷면에 주로 발생 하므로 뒷면 부착이 해충 방제에 보다 효과적일 수 있다. 이점에 관해서는 좀 더 다양한 연구가 진행 되어야 할 것으로 보여 진다. 수목에 부착되는 양과 과수원 지면에 낙하되는 양을 비교한 결과 잎의 생장이 진행될수록 바닥에 낭비되는 양이 감소하였으며(Table 146) 이는 2015년도의 결과와 일치하였다. 또한 2016년도 실험에서는 농약의 부착이 미비한 사각 지대를 줄이고자 노력하였다. 그 결과 Table 147에 표기한 바와 같이 약제 부착양의 변이계수가 작년 대비 감소하는 것으로 조사되었다. 이는 해충 저항성의 지연효과를 가져 올 것으로 판단된다. 한국농촌진흥청의 2014년 조사에 따르면 조사대상 사과 농가의 30%는 평균 522L/10a의 과량의 약제 살포를 하고 있다고 보고하였다. 따라서 본 연구를 통하여 과수의 시기별 생장상태에 따른 살포량 기준 설정이 이루어진다면 현재보다 살포량을 감소시켜 농약의 낭비를 줄이고 효율적 해충 방제가 유지와 더불어 장기적으로 환경오염도 감소시킬 것으로 기대된다.

Table 145. Comparison of adhesion amount of active ingredient on the apple leaf

Location	Date of spraying	Compound	Average of adhesion amount(μg/50cm^2)	
			Front side of leaf	Back side of leaf
Kongju region	May. 11.	Diflubenzuron	49.92	47.88
	June. 7.	Acetamiprid 8%	71.77	38.50
Yesan-1 region	Apr. 28.	Thiamethoxam	43.38	26.19
	May. 19	Chlorantraniliprole	5.27	4.61
	May. 30.	Spirotetramat	25.29	34.00
Yesan-2 region	May. 4.	Flubendiamide	21.22	27.95
	May. 17.	Lufenuron	5.39	3.25
	May. 30.	Acetamiprid 2.5%	22.51	19.64

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 146. Comparison of adhesion amount of active ingredient on leaf and field in apple orchard

Location	Date of spraying	Compound	Adhesion amount±S.D.(μg/50cm^2)		B/A*100 (%)
			Leaf(A)	Field(B)	
Kongju region	May. 11.	Diflubenzuron	48.90±14.02	45.63±16.00	93
	June. 7.	Acetamiprid 8%	55.13±38.95	40.30±8.02	73
Yesan-1 region	Apr. 28.	Thiamethoxam	34.86±17.08	46.32±29.69	133
	May. 19	Chlorantraniliprole	4.94±2.27	4.65±1.41	94
	May. 30.	Spirotetramat	29.56±13.44	27.10±16.23	92
Yesan-2 region	May. 4.	Flubendiamide	24.79±9.15	23.18±8.82	94
	May. 17.	Lufenuron	4.32±2.59	3.27±0.84	76
	May. 30.	Acetamiprid 2.5%	21.07±10.67	11.95±8.72	57

Table 147. A comparison of variation coefficient of adhesion amount

Location	Variation coefficient of adhesion amount of active ingredient					
	2014 year		2015 year		2016 year	
	Compound	C.V.[a] (%)	Compound	C.V.[a] (%)	Compound	C.V.[a] (%)
Kongju region	Acetamiprid	82.68	Acetamiprid	68.66	Diflubenzuron	28.67
	Dinotefuran	79.93	Clothianidin	68.09		
Yesan-1 region	-	-	Acetamiprid	46.04	Thiamethoxam	49.00
	-	-	Chlorantraniliprole	53.00	Chlorantraniliprole	45.91
Yesan-2 region	-	-	Acetamiprid	54.68	Flubendiamide	36.92
	-	-	Flubendiamide	61.70	Lufenuron	59.97

[a]C.V. (Coefficient of variation, %) = Standard deviation / Average × 100

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

제3절 1협동과제명 : 살포기구조 및 노즐의 특징에 의한 작물체별 부착량 및 잔류량 평가

1. 연구 수행 내용

가. 농약 살포방법 현황 조사

1) 사과과원에 대한 농약 살포방법 설문조사

가) 설문대상 선정 및 설문방법

우리나라 과수 중 재배면적이 18.9%로 가장 많은 사과 농가를 설문 대상으로 선정하였으며, 설문지역은 시·군별로 사과 재배면적을 조사하여 상위 7위 안에 드는 지역인 경북 안동, 경북 영주, 경북 의성, 경북 청송, 경남 거창, 경북 문경, 경북 봉화를 포함하고 나머지 지역은 사과를 많이 재배하는 지역 중에서 전국에 골고루 분포될 수 있도록 선정하였다(Table 1). 전체 사과 재배 면적과 비교했을 때 조사지역은 64%에 해당되었고 농가는 371농가였다. 설문은 2014년 5월에서 8월 사이에 실시하였는데 농민 1인씩 면담하는 방식, 시·군 농업기술 센터 집합교육 시간 활용을 통한 설문지 작성 방식을 사용하였다.

Table l. 사과 설문조사 지역 및 농가수

번호	지역	수확면적비율(%)	조사 농가수
1	경북 안동	9	39
2	경북 영주	9	20
3	경북 의성	9	34
4	경북 청송	8	52
5	경남 거창	5	26
6	경북 문경	5	25
7	경북 봉화	4	11
8	충남 예산	3	12
9	경북 포항	3	22
10	경북 예천	2	22
11	전북 장수	2	21
12	경남 함양	2	19
13	충북 영동	1	12
14	전북 무주	1	18
15	전북 정읍	0.4	11
16	충북 청원	0.3	13
17	전북 남원	0.2	14
	합계	63.9	371

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

나) 설문내용 구성

설문은 시작하기 전에 적합한 설문항을 작성하기 위하여 3차례 예비 설문을 실시하였으며, 나이, 학력 등 인구학적인 질문이 포함될 경우 질문을 꺼려하는 경향이 있어 이를 제외하고, 사과원의 재배형태와 농약살포 현황 질문에 집중하였다.

설문의 주요 질문 항목으로는 사과의 품종, 재배형태, 사용하는 농약 살포기의 종류를 조사하기 위해 스피드스프레이어, 동력분무기, 배부식 동력분무기, 기타의 문항을 두었다. 단위면적당 농약 살포물량을 구하기 위하여 농약 살포 면적, 사용 약통의 수 및 용량을 요구하여 단위면적당 살포물량 계산시 오차를 줄이고 보다 정확한 살포물량 도출을 유도하였다. 동력분무기를 사용하는 농가의 경우 사용하는 노즐의 종류를 알기 위해 농자재 판매상 등에 사전 문답을 토대로 대포노즐, 회전곡자노즐, 권총노즐, 2-3구 금속노즐, 2구 플라스틱 노즐, 기타 문항을 두고 조사대상자의 이해를 돕기 위해 노즐그림을 설문서에 함께 나타내어 조사하였다(Figure 1).

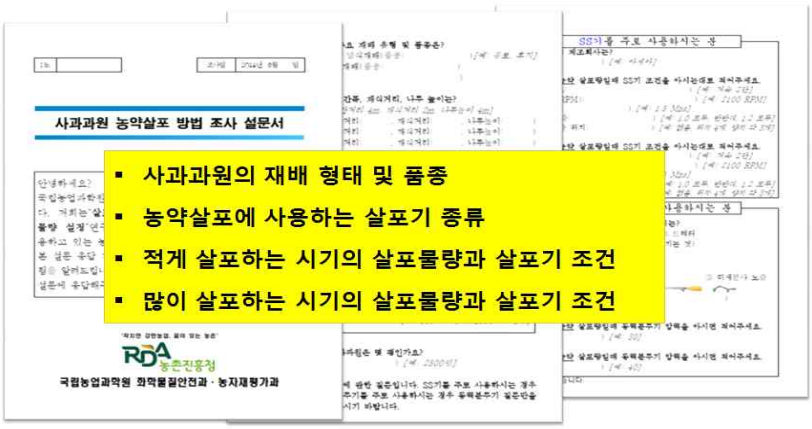


Figure 1. 설문조사지 예시

다) 통계분석

사과원의 품종 분포, 농약 살포물량이 많은 시기와 적은 시기의 설문 결과를 분석하기위해 다중 응답분석의 빈도분석을 수행하였고 재배양식별 물량차이는 T 검정을 통하여 비교하였다. 지역과 물량과의 관계 분석은 $p<0.05$ 수준에서 Tukey 검정을 통해 평균에 대한 사후검정을 실시하였으며, 통계소프트웨어는 IBM SPSS Statistics 23을 이용하였다. 또한 열간거리, 재식거리, 수관높이 및 살포물량의 도수분포표는 SigmaPlot 12.5(Systat Software, Inc)을 사용하여 구간별 빈도를 분석하였다.

2) 포도과원에 대한 농약 살포방법 조사

가) 설문대상 선정 및 설문방법

우리나라 과수 중 재배면적이 10.5%로 4위를 차지하고 사과와는 수형이 다른 작물로 동력분무기를 많이 이용할 것으로 예측되는 포도 농가를 설문 대상으로 선정하였으며, 설문지역은 시·군별로 포도 재배면적을 조사하여 상위 6위 안에 드는 지역인 경북 영천, 경북 김천, 충북 영동, 경북 경산, 경북 상주, 충남 천안지역을 선정하였다(Table 2). 전체 포도 재배 면적과 비

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

교했을 때 조사지역은 60%에 해당되었고 농가는 79농가였다. 설문은 2015년 4월에서 6월 사이에 실시하였는데 시·군 농업기술 센터 집합교육 시간 활용을 통한 설문지 작성 방식을 사용하였다.

Table 2. 포도 설문조사 지역 및 농가수

번호	지역	면적비율 (%)	설문조사 농가수	조사방법
1	경북 영천	11.4	21	단체면담
2	경북 김천	11.3	16	단체면담
3	충북 영동	10.7	20	시군센터의뢰
4	경북 경산	8.1	30	단체면담
5	경북 상주	7.8	30	단체면담
6	충남 천안	6.6	22	단체면담
	종합	55.9	79	

나) 설문내용 구성

설문의 주요 질문 항목으로는 포도의 품종, 사용하는 농약 살포기의 종류를 조사하기 위해 스피드스프레이어, 동력분무기, 배부식 동력분무기, 기타의 문항을 두었다. 단위면적당 농약 살포물량을 구하기 위하여 농약 살포 면적, 사용 약통의 수 및 용량을 요구하여 단위면적당 살포물량 계산시 오차를 줄이고 보다 정확한 살포물량 도출을 유도하였다. 동력분무기를 사용하는 농가의 경우 사용하는 노즐의 종류를 알기 위해 농자재 판매상 등에 사전 문답을 토대로 대포노즐, 회전곡자노즐, 권총노즐, 2-3구 금속노즐, 2구 플라스틱 노즐, 기타 문항을 두고 조사대상자의 이해를 돕기 위해 노즐그림을 설문서에 함께 나타내어 조사하였다.

3) 시설재배지 토마토에 대한 농약 살포방법 조사

노지재비와 다른 양상을 보일수 있는 시설재배지에서의 농약 부착량을 조사하기 위해 우리나라 과채류 중 시설재배지에서의 생산량이 2위를 차지하는 과채류인 토마토에 대하여 주요 시설재배단지인 충남 부여군과 부산 강서구의 농자재 판매상과 농가를 대상으로 농약 살포현황을 조사하였다.

나. 살포기별 노즐별 농약 부착량 비교

1) 과수의 살포기별 농약 부착량 조사(사과)

시험포장

약제 살포를 위한 시험포장은 전라북도 장수군에 위치한 농업기술센터 내에 있는 사과원을 이용 하였으며 2014년 10월 14일부터 2014년 10월 15일 이틀간 포장시험을 진행하였으며 10월

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

14일은 포장 구획 설정 및 살포기별, 살포물량별 살포 테스트를 하였고, 10월 15일에 살포기별 및 살포물량별 시험을 실시하였다. 사과 품종은 후지를 사용하였고 사과원의 재배 형태는 저수고 밀식재배였으며 처리구는 재식거리 2 m, 열간거리 4 m 였다. 처리구 사이는 최소 12 m 이상의 완충구를 두었으며 사과나무 canopy width는 2.3±0.2 m, canopy height는 3.5±0.3 m 였다.

농약 살포물량

사과농가를 대상으로 설문조사된 내용을 근거로 하여 살포물량을 선정하였다(Table 3). 살포물량별 농약 부착량을 비교하기위해 사과원에서 가장 많이 사용되는 살포기인 스피드스프레이어를 이용하여 살포물량을 고, 중, 저 세단계로 나누어 살포하였으며 동력분무기와 배부식 동력분무기의 살포물량은 스피드스프레이어의 중간물량 수준으로 선정하여 살포기별 농약 잔류량 비교에 이용하였다.

Table 3. 사과과원의 살포기별 농약 살포물량

살포기	모델	처리구	살포물량* (L/10a)	속도 또는 노즐 (km/h)
스피드스프레이어	한성티엔아이 ATOMII-1000	고물량	560	1.1(저속1단)
		중물량	336	1.9(저속 2단)
		저물량	230	2.9(저속 3단)
동력분무기	범양 80A	중물량	360	YAMAHO Powerful sprayer
배부식동력분무기	Maruyama MS073H-20-A	중물량	359	YAMAHO Compact nozzle - 2노즐형

* 농가설문조사 결과와 비슷한 수준의 살포물량이 되도록 속도, 압력, 살포시간을 조절하여 살포물량을 맞춤

살포기별 농약 살포 방법

농약은 플루퀸코나졸·플루실라졸 액상수화제(fluquinconazole 7%, flusilazole 1.5%, SC)을 사용하였다. 살포액은 안전사용기준에 따라 1000배 희석용액이 되도록 조제하였으며 모든 살포기에서 동일한 희석용액을 살포물량만 달리하여 살포하였다. 살포물량은 고물량부터 저물량까지 10a 당 560 L, 336 L, 230 L로 설정하여 시험하였다. 살포기별 농약 잔류량 비교를 위해 사용된 살포기는 스피드스프레이어(한성티엔아이, ATOMII-1000), 동력분무기(범양, 80A), 배부식 동력분무기(Maruyama, MS073H-20-A)였으며, 스피드스프레이어의 경우 직경 1.0 mm와 1.2 mm 노즐 각각 12개씩 사용하였고, 동력분무기는 설문조사에서 가장 많이 사용되는 노즐로 조

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

사된 노즐인 대포노즐 중에서 시험기간동안 내구성이 유지될수 있는 Yamaho 대포 노즐을 사용하였으며, 배부식 동력분무기는 농가에서도 사용되고 농약의 등록시험을 위해서도 사용되는 플라스틱 2구 노즐로써 농자재판매상에서 쉽게 구매가 가능한 Yamaho C-35 분판이 부착된 노즐을 사용하여 살포하였다(Figure 2). 각각의 시험구는 3반복 시험을 실시하였다. 살포기의 경우 최대한 동일 물량을 살포 할 수 있도록 압력을 맞추어 약제를 살포하였다. 스피드스프레이어의 물량은 이동속도 변화를 통해 조절 하였으며 고물량부터 저물량까지 저속1단(1.1 km/h), 저속2단 (1.9 km/h), 저속3단(2.9 km/h) 세 단계 조건으로 살포하였다.

(A) (B) (C)

Figure 2. 농약살포 전경: (A)스피드스프레이어 (B)동력분무기 (C)배부식동력분무기

시료채취 및 전처리

약제 살포 후 3-4시간 뒤 약제가 다 마른 다음 나무를 종방향 상, 중, 하로 나누어 사과의 경우는 각 1 kg, 사과잎의 경우는 각 500 g씩 채취하였다. 사과시료는 꼭지 부분 제거 후 4등분을 하여 씨를 제거한 뒤 한 조각만 사용하여 균질화하였으며, 사과잎의 경우는 냉동 후 드라이아이스를 처리하여 균질화한 후 잔류분석에 사용하였다.

잔류농약 분석

Fluquinconazol(98.5%) 및 flusilazole(98%)을 acetonitrile 20 mL에 각각 20.3 mg, 20.41 mg씩 녹여 1000 mg/L stock solution를 만든 후, 이를 순차적으로 희석하여 0.01, 0.025, 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2.5 mg/L 표준 검량선을 위한 matrix matched standard를 조제하였다. 사과의 경우 균질화한 15 g시료에 acetonitrile 15 mL을 가했으며 사과잎의 경우 7.5 g의 시료에 7.5 mL의 물을 첨가 한 후 15 mL의 acetonitrile를 넣어주었다. 그 후 진탕기를 사용하여 250 rpm에서 30분 진탕하였고 QuEChERS extraction kit (4 g magnesium sulfate, 1 g sodium chloride, 1 g sodium citrate, 0.5 gdisodium citrate sesquihydrate)를 넣어 1분간 손으로 흔들어 주었다. 원심분리기를 이용하여 3500 rpm에서 3분 동안 층 분리를 한 뒤 상징액 1 mL를 취해 QuEChERS dispersive kit (150 mg MgSO4, 50 mg PSA, 50 mg C18)에 옮겨 30초 간 vortexing를 한 후 12000 rpm에서 3분동안 원심분리를 하였다. QuEChERS dispersive kit에서 상징액을 취한 후 LC/MS/MS를 이용하여 분석하였다. 기기분석은 AB SCIEX사의 3200 Q

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

TRAP (Applied Biosystems, USA) LC/MS/MS를 사용하였다. 이동상은 0.1% formic acid가 포함되어있는 acetonitile과 distilled water를 이용하였으며 positive mode에서 분석하였다. 분석의 선택성을 높이기 위하여 MRM mode를 사용하였고 데이터 처리는 Analyst 1.6.2 프로그램을 사용하였다(Table 4).

Table 4. LC-MS/MS 기기분석 조건(사과 fuquinconazole, flusilazole)

Instrument	Agilent 1200 HPLC with AB Sciex 3200 Q TRAP		
Column	Phenomenex prodigy 100 × 2㎜ I.d. 3㎛		
Mobile phase	0.1% Formic acid in water: 0.1% Formic acid in acetonitrile(4/6, v/v)		
MRM Pair	Pesticide	Q1	Q3
	Fluquinconazole	376.03	307.2, 287.1
	Flusilazole	316.10	247.3, 165.2
Flow rate	0.25 ㎖/min	Ionspray votage	5,500V
comlumn temp.	25℃	nebulizer gas pressure	60 psi
Injection volume	5 ㎕	dying gas pressure	55 psi
Ionization mode	ESI Positive	dying gas temp	550℃
Scan type	MRM	Run time	15 min

2) 과원의 노즐별 농약 부착량 조사(사과, 포도)

<시험 1> 사과원의 살포기 노즐별 농약 부착량 조사

시험포장

약제 살포를 위한 시험포장은 2014년에 살포기별 농약 부착량 조사에 이용되었던 포장과 동일한 포장으로 전라북도 장수군에 위치한 농업기술센터 내에 있는 사과원을 이용 하였으며 2015년 10월 14일부터 2015년 10월 15일 포장시험을 진행하였다. 사과 품종은 후지를 사용하였고 사과원의 재배 형태는 저수고 밀식재배였으며 처리구는 재식거리 2 m, 열간거리 4 m 였다. 처리구 사이는 최소 12 m 이상의 완충구를 두었으며 사과나무 canopy width는 2.3±0.2 m, canopy height는 3.5±0.3 m 였다. 약제살포 및 시료채취시의 평균온도는 21.6℃, 습도는 38%였다.

살포기별 농약 살포 방법

농약은 2014년에 살포기별 농약 부착량 조사에 이용되었던 플루퀸코나졸·플루실라졸 액상수화제(fluquinconazole 7%, flusilazole 1.5%, SC)을 동일하게 사용하였으며 살포기도 동일하게 스피드스프레이어(한성티엔아이, ATOMII-1000), 동력분무기(범양, 80A), 배부식 동력분무기

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

(Maruyama, MS073H-20-A)를 사용하였다. 살포물량은 스피드스프레이어의 경우 고, 중, 저물량의 처리구를 두고 각각 10a 당 553, 356, 225 L를 살포하였다. 2014년과 다르게 동력분무기의 경우 노즐간의 부착량 차이를 보기 위하여 대포노즐(좁은분무), 대포노즐(넓은분무), 곡자노즐, 권총노즐을 사용하였는데 살포물량은 10a당 340-356 L로 스피드스프레이어의 중물량과 비슷한 수준이 되도록 살포하였다. 배부식동력분무기의 경우에도 2구형 플라스틱 노즐을 사용하였는데 다양한 노즐분판이 사용되도록 Yamaho D-5, Asaba S-7, Yamaho C-35를 선택하여 10a당 333-339 L로 스피드스프레어의 중물량 수준과 비슷하게 살포되도록 하였다. 또한 추가적으로 배부식동력분무기 노즐 사용시의 살포물량에 따른 차이를 보기위해 Yamaho C-35노즐의 경우 10a당 559 L로써 스피드스프레이어의 고물량 수준과 비슷한 물량이 살포되도록 처리구를 더 두었다(Table 5).

Table 5. 사과시험 농약 살포기 및 살포물량

살포기 (모델)	처리구	살포물량 (L/10a)	속도 또는 노즐 (km/h)	노즐분판	토출량 (L/min)	입자크기 (um)
스피드스프레이어 (한성티엔아이 ATOMII-1000)	저물량	225	2.9(저속 3단)	ϕ1.0과 1.2 mm 각 12개 (ceramic)	42.4	93~104
	중물량	356	1.9(저속 2단)			
	고물량	553	1.1(저속1단)			
동력분무기 (범양 80A)	중물량	356	Yamaho powerful sprayer-strait	ϕ2.4 mm (ceramic)	9.5	
		344	Yamaho powerful sprayer-wide		5.9	119
		340	Yamaho aluminium zoom boom sprayer #-a700	ZV-20	5.1	114
		344	Yamaho light zoom sprayer gun #-20DX	ZV-20	7.5	146
배부식동력분무기 (Maruyama MS073H-20-A)	중물량	333	Yamaho compact nozzle-2구형	D-5	1.9	55
		335	Asaba resin vertical-2구형	S-7	3.5	82
		339	Yamaho compact nozzle-2구형	C-35	2.2	70
	고물량	559				

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

시료채취 및 전처리

약제 살포 후 3-4시간 뒤 약제가 다 마른 다음 나무를 종방향 상, 중, 하로 나누어 사과의 경우는 각 1 kg, 사과잎의 경우는 각 500 g 이상씩 채취하였다. 사과시료는 꼭지 부분 제거 후 4등분을 하여 씨를 제거한 뒤 한 조각만 사용하여 균질화하였으며, 사과잎의 경우는 냉동 후 드라이아이스를 처리하여 균질화한 후 이용하였다. 사과, 사과잎 모두 polyethylenebag에 밀봉하여 -20℃에서 보관하여 잔류분석에 사용하였다.

잔류농약 분석

앞서의 과수의 살포기별 농약 부착량 시험(사과)에서 사용한 방법과 동일한 방법으로 잔류농약 분석을 수행하였다.

<시험 2> 포도원의 살포기 노즐별 농약 부착량 조사

시험포장

약제 살포를 위한 시험포장은 전라북도 김제시에 위치한 농가의 포도원을 이용하였으며 2015년 9월 9일부터 2016년 9월 10일 이틀간 약제살포 및 시료채취를 진행하였으며 약제살포당시의 평균기온 및 습도는 25.7℃와 37%였다. 포도의 품종은 캠벨얼리였으며포도원의 재배 형태는 재식거리 2m, 열간거리 2.4 m 였다.

농약 살포 방법

농약은 디메토모르프.피라클로스트로빈 액상수화제 (dimethomorph 16%, pyraclostrobin 9.5%)를 사용하였다. 살포액은 안전사용기준에 따라 1000배 희석용액이 되도록 조제하였으며 모든 살포기에서 동일한 희석용액을 살포물량만 달리하여 살포하였다. 살포기는 동력분무기(범양, 80A)와 배부식 동력분무기(Maruyama, MS073H-20-A)를 사용하였다. 동력분무기의 경우 노즐간의 부착량 차이를 보기 위하여 곡자노즐, 권총노즐, 금속 3구 노즐을 사용하였다. 살포물량은 곡자노즐의 경우 물량을 달리하여 10a당 71(저), 106(중), 142(고) L를 살포하였고 권총노즐과 금속 3구 노즐은 곡자노즐의 고물량과 비슷한 수준인 156, 169 L의 물량을 살포하였다. 배부식 동력분무기의 경우 2구 플라스틱 노즐을 사용하였는데 노즐 분판은 Yamaho D-5, Asaba S-7, Yamaho C-35를 사용하였으며 Yamaho D-5 노즐의 경우 살폼물량을 달리하여 10a당 92(저), 116(중), 145(고) L를 살포하였고 Asaba S-7과 Yamaho C-35는 중물량과 비슷한 수준인 122 L의 물량을 살포하였다(Table 6).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 6. 포도과원 농약 살포기 및 살포물량

살포기 (모델)	처리구	살포 물량 (L/10a)	속도 또는 노즐 (km/h)	노즐분판	토출량 (L/min)	입자크기 (um)
동력분무기 (범양 80A)	저물량	71	Yamaho aluminium zoom boom sprayer #-a700	ZV-20	5.1	114
	중물량	106				
	고물량	142				
	중물량	156	Yamaho light zoom sprayer gun #-20DX	ZV-20	7.5	146
	중물량	169	Yamaho new sector spray nozzle-3 nozzle(Length wise, with C-6S)	C-6	81	71
배부식동력분무기 (Maruyama MS073H-20-A)	저물량	92	Yamaho compact nozzle-2 nozzle	D-5	1.9	55
	중물량	119				
	고물량	145				
	중물량	122	Asaba resin vertical-2 nozzle	S-7	3.5	82
	중물량	122	Yamaho compact nozzle-2 nozzle	C-35	2.2	70

시료채취 및 전처리

약제 살포 후 3-4시간 뒤 약제가 다 마른 다음 나무의 모든 위치로부터 약 1 kg이상의 잎을 채취하였다. 잎은 2-3cm가 되도록 절단후 -20℃에 냉동하여 드라이아이스를 처리하여 균질화하고 잔류분석에 사용하였다.

잔류농약 분석

포도잎의 잔류농약 분석을 위해 pyraclostrobin (99%)을 acetonitrile에 녹여 1000 mg/L stock solution를 만든 후, 이를 순차적으로 희석하여 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 1 mg/L를 조제하였다. 포도잎의 경우 균질화한 시료 7.5 g에 7.5 mL의 물을 첨가 한 후 15 mL의 acetonitrile를 넣어주었다. 그 후 진탕기를 사용하여 250 rpm에서 30분 진탕하였고 QuEChERS extraction kit (6 g magnesium sulfate, 1.5 g sodium chloride)를 넣어 1분간 손으로 흔들어 주었다. 원심분리기를 이용하여 3500 rpm에서 3분 동안 층 분리를 한 뒤 상징액 1 mL를 취해 QuEChERS dispersive kit (150 mg MgSO4, 50 mg PSA, 50 mg C18)에 옮겨 30초 간

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

vortexing를 한 후 12000 rpm에서 3분 동안 원심분리를 하여 10배 희석한 후 기기분석에 이용하였다. 기기분석은 UPLC(Waters, USA)를 사용하였으며 이동상은 acetonitrile과 water를 사용하였다(Table 7).

Table 7. UPLC 기기분석 조건(포도 pyraclostrobin)

Instrument	Waters ACQUITY (UPLC - PDA)		
Column	ACQUITY UPLC® BEH C18 100 × 2.1㎜ I.d. 1.7㎛		
Mobile phase	Time(min)	Water(%)	Acetonitrile(%)
	0	70	30
	5	30	70
	9	70	30
	10	70	30
Flow rate	0.25 ㎖/min		
comlumn temp.	25℃		
Injection volume	2 ㎕		
Wavelenth	246 nm		
Run time	10 min		

3) 시설재배지 살포기 노즐별 농약 부착량 조사(토마토)

시험포장

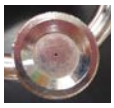
약제 살포를 위한 시험포장은 충남 부여군에 위치한 비닐하우스 농가의 포장을 이용 하였으며 2016년 6월 15일 약제살포시험을 진행하였다. 토마토는 완숙토마토를 사용하였고 토마토의 재배형태는 재식거리 120 cm, 열간거리 90cm 였다. 약제살포 및 시료채취시의 평균온도는 25℃, 습도는 70%였다.

살포기별 농약 살포 방법

농약은 아세타미프리드·노발루론 유제(a.i.%: acetamiprid 7%, novaluron 9% EC)을 사용하였다. 살포액은 안전사용기준에 따라 1000배 희석용액이 되도록 조제하였으며 모든 살포기에서 동일한 희석용액을 살포물량만 달리하여 살포하였다. 살포기는 동력분무기(범양, 80A)를 사용하였으며 노즐은 사전조사 결과에 의거하여 농가에서 주로 사용하는 노즐인 회전곡자, 권총, 금속 선형 2구, 금속 원형 5구 노즐을 동력분무기용 노즐로써 선택하였고 농가에서도 사용되고 농약의 등록시험을 위해서도 사용되는 플라스틱 2구 노즐로써 농자재판매상에서 쉽게 구매가 가능한 Yamaho C-35, Asaba S-7 분판이 부착된 노즐을 배부식동력분무기용 노즐로써 선택하여 시험하였다. 살포물량은 사전조사에 근거하여 10a당 100L가 살포되도록 조절하였고 회전곡자노즐의 경우 고, 중, 저물량의 처리구를 두고 각각 10a 당 150, 100, 50L를 살포하였다(Table 8).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 8. 토마토과원 농약 살포기 및 살포물량

처리구	살포 물량 (L/10a)	속도 또는 노즐 (km/h)	분판	노즐	토출량 (L/min)	입자크기 (um)
저물량 중물량 고물량	50 100 150	Yamaho aluminium zoom boom sprayer #-a700 **(회전곡자)**	ZV-20 		5.1	114
중물량	100	Yamaho light zoom sprayer gun #-20DX **(권총)**	ZV-20 		7.5	146
중물량	100	Yamaho new sector spray nozzle-3 nozzle(Lengthwise, with C-6S) **(금속선형 3구)**	C-6 		8.1	71
중물량	100	**금속원형 5구**			1.1	-
중물량	100	Asaba resin vertical-2 nozzle **(플라스틱 2구)**	S-7 		3.5	82
중물량	100	Yamaho compact nozzle-2 nozzle **(플라스틱 2구)**	C-35 		2.2	70

시료채취 및 전처리

약제 살포 후 3-4시간 뒤 약제가 다 마른 다음 고른 위치로부터 토마토잎을 반복당 각 2 kg 이상씩 채취하여 2-3cm씩 잘라 냉동 후 드라이아이스를 처리하여 균질화한 후 분석에 이용하였다.

잔류농약 분석

토마토잎의 잔류농약분석을 위해 acetamiprid (99%)을 acetonitrile에 녹여 1000 mg/L stock solution를 만든 후, 이를 순차적으로 희석하여 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 1 mg/L를 조제하였다. 균질화한 시료 7.5 g에 7.5 mL의 물을 첨가 한 후 15 mL의 acetonitrile를 넣어주었다. 그 후 진탕기를 사용하여 250 rpm에서 30분 진탕하였고 QuEChERS extraction kit (6 g magnesium sulfate, 1.5 g sodium chloride)를 넣어 1분간 손으로 흔들어 주었다. 원심분리기를 이용하여 3500 rpm에서 3분 동안 층 분리를 한 뒤 상징액 1 mL를 취해 QuEChERS dispersive kit (150 mg MgSO4, 50 mg PSA, 50 mg C18)에 옮겨 30초 간 vortexing를 한 후 12000 rpm에서 3분 동안 원심분리를 하여 10배 희석한 후 기기분석에 이용하였다. 기기분석은 UPLC(Waters,

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

USA)를 사용하였으며 이동상은 acetonitrile과 water를 사용하였다(Table 9).

Table 9. UPLC 기기분석 조건(토마토 acetamiprid)

Instrument	Waters ACQUITY (UPLC - PDA)
Column	ACQUITY UPLC® BEH C18 100 × 2.1㎜ I.d. 1.7㎛
Mobile phase	Acetonitrile/Water(6/4, v/v)
Flow rate	0.25 ㎖/min
comlumn temp.	25℃
Injection volume	2 ㎕
Wavelenth	254 nm
Run time	10 min

다. 농약 살포기 노즐별 특성 조사

국내에서 유통되는 노즐들에 대한 분사 특성을 파악하여 잔류량 예측의 기초자료로 활용하고자 국내에서 판매되고 있는 동력분무기 노즐 13종, 배부식 동력분무기 노즐 9종을 구매하여 입자측정기(Malvern Mastersizer-S사)를 사용하여 입자크기를 측정하고(Figure 3) 분당 토출량을 조사하였다. 입자크기와 분당 토출량 측정시의 노즐대 압력은 2.0 MPa이었으며 측정거리는 노즐구가 2개 이상인 노즐에서 분사되는 입자가 서로 부딪히지 않는 거리인 분사구로부터 20 cm 되는 거리에서 측정하였다. 분당 토출량은 각 노즐별로 2-3분간 분사하고 분사된 물을 받아 무게를 측정하여 분당 토출량으로 환산하였다.

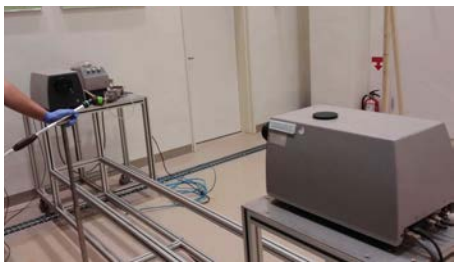


Figure 3. 노즐 토출액의 입자크기 측정 방법

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

2. 연구 수행 결과

가. 농약 살포방법 현황

1) 사과

사과의 품종 분포

재배되고 있는 사과 품종의 분포를 응답 자료를 토대로 분석한 결과 한 농가에서 2~3가지의 품종을 재배하는 경우도 많았다. 응답자 중 79.2%는 Fuji, 50.9%는 Hongro를 재배하고 있어 우리나라 사과농가의 대부분은 Fuji와 Hongro를 재배하고 있는 것으로 파악되었으며(Table 10), 이는 국내 사과원의 재배 품종이 다양화되어 있지 않음을 보여주고 있다. 국내 사과의 주요품종은 1970년대 Rolls Ganet, Jonathan 및 Indo Golden Del., 1980년대 Fuji, Rolls Janet, Jonathan 및 Golden Del, 1990년대 Fuji, Tsugaru, Jonathan 및 Jonagold로 변화하였으며, Fuji 70%와 Tsugaru 10%의 점유율을 보인 2000년대와 비교해볼 때 (Rural Development Administration 2013)이 Tsugaru의 점유율이 큰 폭으로 하락하고, Hongro의 점유율이 상승한 것을 알 수 있다.

Table 10. 사과 품종별 재배 현황 분포

품종	Count(*n*)	Percent	Percent of Cases
Fuji	308	39.9	79.2
Hongro	198	25.6	50.9
Misc	35	4.5	9.0
Miyama Fuji	33	4.3	8.5
Mishima Fuji	29	3.8	7.5
Tsugaru	26	3.4	6.7
Gamhong	19	2.5	4.9
Sinano Sweet	18	2.3	4.6
Jahong	17	2.2	4.4
Yangwang	15	1.9	3.9
FujiRoyal	14	1.8	3.6
Yoka	11	1.4	2.8
M26	9	1.2	2.3
Hongok	8	1.0	2.1
New Hirosaki	6	0.8	1.5
Summer Champion	6	0.8	1.5
Sunhong	5	0.6	1.3
Miyami	4	0.5	1.0
FIDEX	4	0.5	1.0
Honoka	2	0.3	0.5
M9T337	1	0.1	0.3
Sansa	1	0.1	0.3
Scilate	1	0.1	0.3
Fuji Fubrax	1	0.1	0.3
Redgold	1	0.1	0.3
합계	772	100	198.5

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

사과원의 재배형태

농약의 살포방법과 사과원의 재배형태간의 연관성을 조사하기위해 사과나무의 열간거리, 재식거리 및 수관높이를 조사하여 Table 11에 나타내었다. 나무의 열간거리는 4.0~4.5 m 구간이 73.1%로 대부분을 차지했으며 재식거리는 1.5~3.5 m가 88.6%로 주요 재식거리 구간이라 할 수 있으며, 수관 높이는 3.0~4.5 m가 88.2%로 나타났다. 이는 수고 3.5 m, 열간거리 3.0~3.5 m 및 재식거리 1.0~1.5 m 내외의 형태를 보이는 세장방추형 밀식재배와 유사한 한 것으로 국내 사과원의 관리가 왜성대목을 위주로 한 합리적 재배관리로 변화고 있음을 보여주며, 2000년대 이후 전체 사과원의 80% 이상이 왜성대목임을 발표한 이전 연구결과와 비슷하였다.

Table 11. 사과의 열간거리, 재식거리, 수고

Bin Star	Bin Center	Bin End	Count(*n*)	Percent	Cumulative Count
		Distance between rows			
1.0	1.25	1.5	0	0.0	0
1.5	1.75	2.0	2	0.5	2
2.0	2.25	2.5	6	1.4	8
2.5	2.75	3.0	3	0.7	11
3.0	3.25	3.5	18	4.3	29
3.5	3.75	4.0	34	8.1	63
4.0	4.25	4.5	307	73.1	370
4.5	4.75	5.0	17	4.0	387
5.0	5.25	5.5	22	5.2	409
5.5	5.75	6.0	0	0.0	409
6.0	6.25	6.5	11	2.6	420
		Planting distance			
0.5	0.75	1.0	1	0.2	1
1.0	1.25	1.5	6	1.4	7
1.5	1.75	2.0	76	17.3	83
2.0	2.25	2.5	197	44.9	280
2.5	2.75	3.0	52	11.8	332
3.0	3.25	3.5	64	14.6	396
3.5	3.75	4.0	5	1.1	401
4.0	4.25	4.5	28	6.4	429
4.5	4.75	5.0	0	0.0	429
5.0	5.25	5.5	6	1.4	435
5.5	5.75	6.0	0	0.0	435
6.0	6.25	6.5	3	0.7	438
6.5	6.75	7.0	0	0.0	438
7.0	7.25	7.5	0	0.0	438
7.5	7.75	8.0	0	0.0	438
8.0	8.25	8.5	1	0.2	439
		Canopy height			
1.0	1.25	1.5	1	0.2	1

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Bin Star	Bin Center	Bin End	Count(*n*)	Percent	Cumulative Count
1.5	1.75	2.0	1	0.2	2
2.0	2.25	2.5	14	3.4	16
2.5	2.75	3.0	8	2.0	24
3.0	3.25	3.5	86	21.1	110
3.5	3.75	4.0	125	30.7	235
4.0	4.25	4.5	148	36.4	383
4.5	4.75	5.0	12	2.9	395
5.0	5.25	5.5	12	2.9	407

수관 높이 대비 열간 거리

농약이 살포되는 곳은 잎이 달려있는 수관에 해당하므로 이 높이를 열간거리로 나누어 주면 실제 농약이 살포되는 면적을 예측할 수 있으므로 수관높이를 열간거리로 나눈 결과(Figure 4) 우리나라 농가는 0.8~1.1 범위에서 분포하여 사과원 포장조성 및 관리에 따른 농약 살포대상 면적의 차이는 크지 않을 것으로 판단되었다.

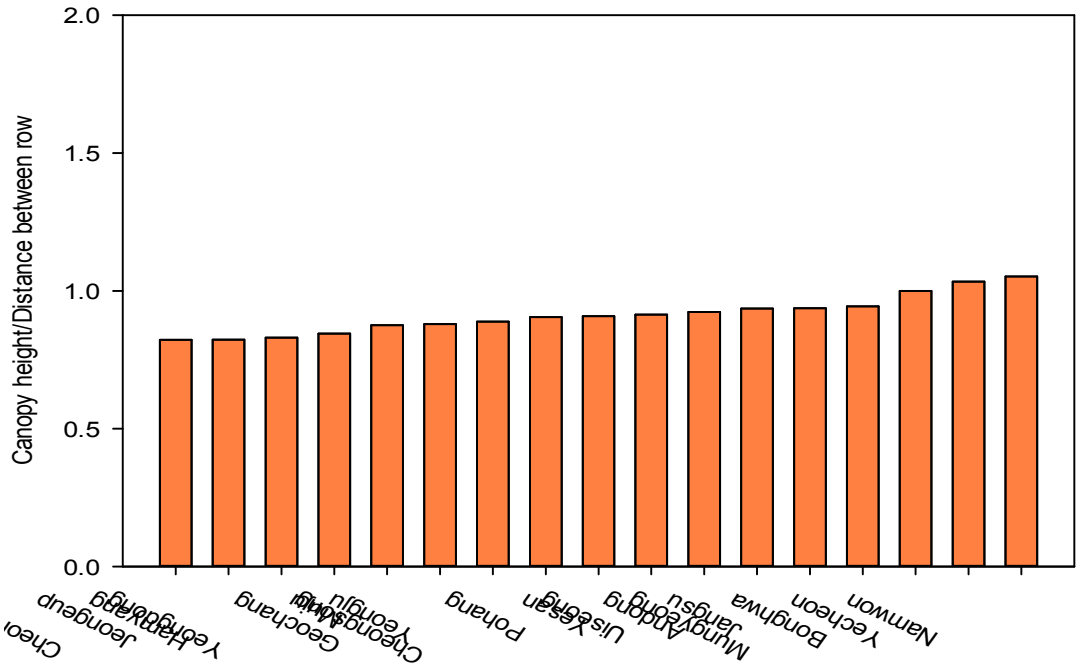


Figure 4. 사과 과원 수폭과 열간거리의 비율

사용되는 농약살포기 종류

사과재배 농가에서 농약을 살포할 때 주로 사용하는 살포기를 조사한 결과를 Table 12에 나타내었다. 조사대상 농가의 살포기 사용은 스피드스프레이어가 77.6%, 동력분무기가 22.1%를

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

차지하여 대부분의 사과 농가에서 주로 스피드스프레이어가 사용되고 있었다. 이 등 (2007)은 2004년 1월에 사과 재배농가 179농가를 대상으로 설문을 실시한 결과, 스피드스프레이어만 사용하는 농가는 66.9%, 동력분무기와 스피드스프레어를 둘 다 사용하는 농가는 5.8%였다고 보고하였다. 본 조사에서는 동력분무기와 스피드스프레이어 중 주로 사용하는 살포기를 응답해 줄 것을 요청하였으므로 이 등 (2007)의 조사방법과 달랐지만 70% 이상의 농가에서 스피드스프레이어를 사용함을 알 수 있었다.

Table 12. 사과과원에 사용되는 농약 살포기 종류

살포기 종류	응답자(n)	비율(%)
스피드스프레이어	288	77.6
동력분무기	82	22.1
배부식동력분무기	4	1.1
기타	1	0.3
합계	371	100

농약 살포물량

사과 재배 농가를 대상으로 농약의 단위면적(10a)당 살포물량을 조사한 결과(Table 13), 시기에 따라 농약의 물량을 다르게 살포하였는데, 농약을 적게 살포하는 시기에는 250~300 L를 주로 살포하고 농약을 많이 살포하는 시기에는 300~400 L를 주로 살포하는 것으로 조사되었다. 전체 조사 대상자의 50% 이상이 250~400 L의 범위에서 농약을 살포하는 것으로 조사되었다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 13. 사과과원에 사용되는 농약 살포물량의 분포

살포물량 (L/10a)			숫자(*n*)		비율		누적비율	
Bin star	Bin Center	Bin End	저물량 살포시기	고물량 살포시기	저물량 살포시기	고물량 살포시기	저물량 살포시기	고물량 살포시기
50	75	100	14	6	4.8	2.1	14	6
100	125	150	25	8	8.7	2.8	39	14
150	175	200	34	16	11.8	5.5	73	30
200	**225**	**250**	**46**	**22**	**15.9**	**7.6**	**119**	**52**
250	275	300	50	35	17.3	**12.1**	169	87
300	**325**	**350**	**49**	**55**	**17.0**	**19.0**	**218**	**142**
350	**375**	**400**	**26**	**59**	**9.0**	**20.3**	**244**	**201**
400	425	450	16	24	5.5	8.3	260	225
450	475	500	12	25	4.2	8.6	272	250
500	525	550	10	26	3.5	9.0	282	276
550	575	600	1	3	0.3	1.0	283	279
600	625	650	4	2	1.4	0.7	287	281
650	675	700	0	4	0.0	1.4	287	285
700	725	750	1	2	0.3	0.7	288	287
750	775	800	1	3	0.3	1.0	289	290

<60 L 와 >1000 L 의 극단적인 결과는 조사결과에서 제외됨

장 등 (2015)은 거창지역 사과원 50농가의 스피드스프레이어 사용시의 10a당 농약 살포물량이 344.7±34.5라 보고하였고 이 등 (2007)은 스피드스프레이어 사용자의 60%가 200 L~400 L 범위에서 살포하고 200 L 미만이 16%, 400 L~500 L가 24%라고 보고하였는데 이는 본 연구 결과와 유사한 것으로 약 10년 동안 농약 사용량의 패턴이 변화하지 않았음을 보여 주고 있다. 우리나라의 농약 살포물량은 유럽 등의 국가에 비하여 높은 수치로 여겨지고 있다. 재배유형 및 지역간의 차이를 분석한 결과 관행재배와 저수고 고밀식재배 유형에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았으나(Table 14), 지역간에는 유의적인 차이를 나타냈다(Table 15-16). 일반적으로 관행재배의 경우 571~1,250 주/ha의 밀도로 재식되며 저수고 고밀식 재배의 경우 2,800~3,300 주/ha의 밀도로 재식되어 실제 살포면적은 저수고 고밀식 재배양식에서 보다 많은 농약 살포량을 나타내어야 하나, 지역간 차이만 통계적으로 유의한 결과를 나타낸 것은 우리나라 대부분의 농약의 살포기준이 희석배수로만 설정되어 있고, 농약의 살포물량은 농가 자신의 관행적인 경험에 의하여 살포하는 것에 기인하는 것으로 판단된다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 14. 사과원에서 다른 재배형태에서의 살포물량

재배형태	살포물량 (L/10a)±SD	t	p-value
	저물량 살포 시기		
일반재배	284.5±123.2	0.990	Not significant
고밀식 재배	266.6±131.9		
	고물량 살포 시기		
일반재배	349.6±120.0	-0.417	Not significant
고밀식 재배	357.8±151.8		

Table 15. 사과과원에서 저물량 살포 시기의 지역적인 물량 차이

지역	살포물량 (L/10a)	Tukey HSD
장수	166.5	e
청송	218.0	de
남원	224.9	cde
함양	235.1	cde
영동	244.5	cde
청원	245.4	cde
포함	265.6	bcde
거창	266.1	bcde
안동	278.4	bcde
예천	287.2	bcde
정읍	314.2	abcde
문경	330.2	abcde
무주	330.3	abcde
의성	339.5	abcd
봉화	391.5	abc
영주	428.0	ab
예산	459.3	a

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 16. 사과과원에서 고물량 살포 시기의 지역적인 물량 차이

지역	살포물량(L/10a)	Tukey HSD
장수	247.33	c
영동	294.25	bc
청송	297.19	bc
함양	316.13	bc
거창	321.81	bc
안동	324.18	bc
청원	335.80	bc
남원	347.07	bc
무주	358.76	bc
포항	358.87	bc
정읍	376.30	bc
예천	396.60	abc
의성	411.59	ab
문경	420.00	ab
영주	449.86	ab
예산	541.26	a

병충해 방제용 약제를 살포하는 기간 중 농약을 가장 적게 살포하는 시기와 가장 많이 살포하는 시기를 조사한 결과를 Table 17에 나타내었다. 농약을 가장 적게 살포하는 시기는 4~5월이 87%로 조사되었으며 가장 많이 살포하는 시기는 6~8월이 88%로 조사되어 작물의 생육이 왕성하여 하계전정이 실시되고 웃자람가지 제거가 이루어지며 겹무늬 썩음병, 갈색 무늬병 응애류 및 심식 나방류의 방제가 이루어지는 시기와 일치하였다.

Table 17. 사과과원의 농약살포물량의 시기적인 분포

월	Count(*n*)		Percent		Percent of Cases	
	저물량 살포시기	고물량 살포시기	저물량 살포시기	고물량 살포시기	저물량 살포시기	고물량 살포시기
3	25	-	6.0	-	8.4	
4	249	3	59.9	0.3	83.8	0.9
5	114	56	27.4	6.2	38.4	17.7
6	7	251	1.7	27.9	2.4	79.2
7	3	291	3.0	32.4	1.0	91.8
8	4	250	4.0	27.8	1.3	78.9
9	9	31	9.0	3.4	3.0	9.8
10	5	17	5.0	1.9	1.7	5.4

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

사과원 사용 동력살포기 노즐

사과원에 동력분무기를 사용할 때 사용하는 노즐에 대해 조사한 결과 대포노즐 45%, 회전곡자노즐 26%, 2~3구 플라스틱·금속노즐이 25%로 나타났다(Figure 5). 사과나무의 높이가 3~4 m에 이르는 점을 고려할 때 나무의 꼭대기까지 약액의 도달이 가능한 대포노즐의 사용 비율이 가장 높은 것으로 보였다. 최근에 보급이 확대되었을 것으로 예상했던 권총노즐의 경우 사과원에서는 사용자가 많지 않았다.

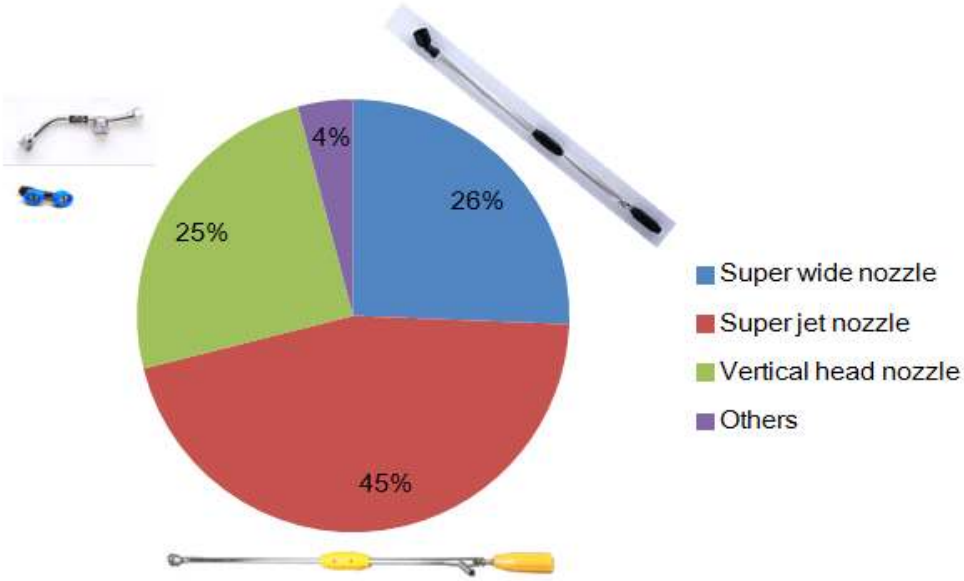


Figure 5. 사과원에서 주로 사용되는 동력분무기용 노즐

2) 포도

포도의 재배형태는 노지 및 간이 비가림 재배가 82%로 대다수를 차지하며 동력분무기 사용비율이 62%였으며 SS기 사용농가의 대부분은 거봉재배농가였다. 동력분무기에 주로 사용되는 노즐은 회전 곡자 노즐 41%, 금속노즐 19 %, 대포 노즐 17%로 조사되었다(Figure 6).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

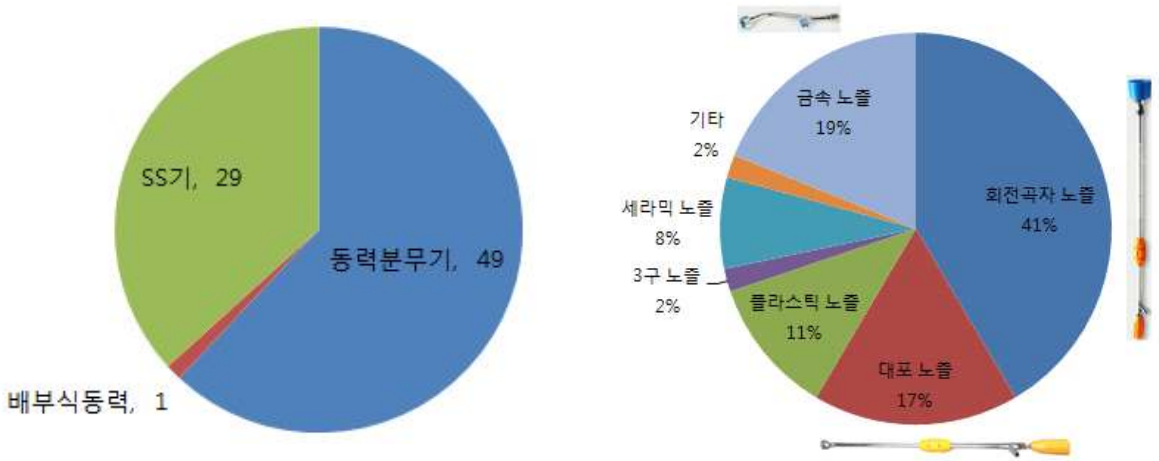


Figure 6. 포도원에서 주로 사용되는 살포기(좌) 및 동력분무기용 노즐(우)

농약살포물량은 살포물량이 적은 시기인 발아시기에는 10a 당 92L, 살포물량이 많은 시기인 과립비대기에는 118 L였다(Figure 7).

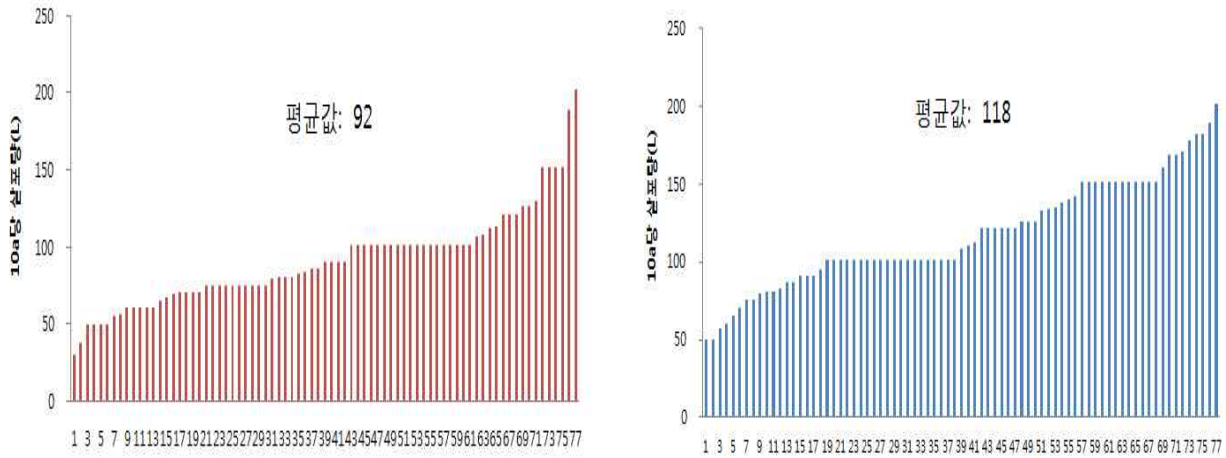


Figure 7. 포도원 농약살포물량: 살포물량이 적은시기(좌)와 살포물량이 많은 시기(우)

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

나. 살포기별 노즐별 농약 부착량

1) 과수의 살포기별 농약 부착량(사과)

잔류농약 분석 시험법 검증

시험 농약의 잔류분석을 위해 LC/MS/MS를 이용하여 fluquinconazole과 flusilazole 각각의 matrix matched standard 표준 검량선을 확인 한 결과 사과와 사과잎 모두에서 상관계수는 (R2)가 0.999 이상의 양호한 직선성을 보였다. 잔류분석 시험법 검증을 위하여 실제 포장시험 시료의 분석치와 비슷한 수준이 되도록 사과잎의 경우 1, 5 mg/kg, 사과의 경우 0.1, 0.025 mg/kg의 첨가농도 수준이 되도록 농약을 처리하여 분석법 검증을 실시한 바, 사과의 회수율은 90.1~102.9%였고, 사과잎은 94.4~99.4%였으며 RSD값은 7.7%이하로 분석법의 적합성이 검증되었다(Table 18-19).

Table 18. 사과잎의 fluquinconazole과 flusilazole의 회수율

농약명	첨가농도 (mg/kg)	회수율(%) ± SD	RSD (%)
Fluquinconazole	1.0	99.4±0.7	2.7
	5.0	94.4±1.0	
Flusilazole	1.0	99.3±1.6	1.3
	5.0	98.3±0.3	

Table 19. 사과의 fluquinconazole과 flusilazole의 회수율

농약명	첨가농도 (mg/kg)	회수율(%) ± SD	RSD (%)
Fluquinconazole	0.1	102.9±1.5	7.7
	0.025	90.1±5.1	
Flusilazole	0.1	101.0±1.9	3.2
	0.025	96.9±2.7	

살포기별 농약 잔류량 비교

살포기별 부착효율을 확인하기 위한 시험이므로 살포 후 약액이 마른 즉시 채취하여 잔류량을 분석한 결과(Table 20), 사과잎의 경우 fluquinconazole은 스피드스프레이어에서 8.33 mg/kg 배부식 동력분무기와 동력분무기에서 각각 4.56 mg/kg, 4.55 mg/kg 이고, flusilazole의 경우 스피드스프레이어 2.15 mg/kg, 배부식 동력분무기 1.12 mg/kg, 동력분무기 1.10 mg/kg 로 나타났다. Fluquinconazole의 잔류량이 flusilazole의 잔류량보다 4배 정도 높은 것을 볼 수 있는

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

데 이는 약제의 fluquinconazole의 함량이 flusilazole의 함량보다 4배 정도 높기 때문인 것으로 판단된다. HSD 검정을 통하여 살포기별 유의성을 살펴본 결과 fluquinconazole, flusilazole 모두에서 동력분무기와 배부식 동력분무기 두 살포기의 경우 유의적 차이가 없었으나 두 살포기와 스피드스프레이어를 비교해 보았을 때 스피드스프레이의 잔류량이 유의적으로 큰 것을 볼 수 있었다. 이는 스피드스프레이의 부착량이 나머지 살포기에 비해 상대적으로 높은 것으로 판단된다. 사과의 경우에는 fluquinconazole 잔류량은 스피드스프레이어 0.06 mg/kg, 동력분무기 0.04 mg/kg, 배부식 동력분무기 0.05 mg/kg 이고, flusilazole은 스피드스프레이어 0.02 mg/kg, 동력분무기 0.01 mg/kg, 배부식 동력분무기 0.01 mg/kg 로 보여졌다(Table 21). 사과 또한 HSD 검정을 통하여 유의성을 살펴본 결과 fluquinconazole, flusilazole 모두에서 스피드스프레이어와 동력분무기의 경우 유의적 차이를 보였지만 배부식 동력분무기의 경우에는 두 살포기와 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다. 스피드스프레이어의 경우 후면에 air-fan이 존재하여 노즐에서 약액 살포시 입자들을 비산시켜 이동, 부착시키는 air-assisted spray 방식이다. Hislop 등(1995)은 air-fan의 영향을 알아보기 위하여 air-assistance의 정도를 아예 사용하지 않은 상태, 중간 그리고 최고로 사용한 상태 이렇게 세가지로 나누어 부착량을 살펴본 결과 air-assistance의 영향이 커지면 커질수록 부착량이 많아진다고 나타났다. 이는 air-assistance가 클수록 더 많은 입자들이 부착 된다고 판단 할 수 있고 이는 바람에 의해 잎의 뒷면까지 부착되어 부착량이 늘어나는 것으로 예상해 볼 수 있다. 따라서 스피드스프레이어의 부착량이 다른 살포기에 비해 높은 것은 스피드스프레이어의 air-fan에 의해서 부착효율이 높아진다고 판단된다. 사과의 경우에는 스피드스프레이어가 나머지 살포기에 비해서 유의적으로 부착량이 많으나 농도가 너무 낮아 특이적으로 스피드스프레이어가 더 효율적으로 부착되었다고 볼 수 없다.

Table 20. 살포기 종류별 농약 부착량(사과잎)

	살포기	농약부착량 (mg/kg) ± SD		CV (%)
Fluquinconazole	스피드스프레이어	8.33±1.02	a	12.2
	동력분무기	4.55±0.78	b	17.1
	배부식동력분무기	4.56±0.36	b	7.9
Flusilazole	스피드스프레이어	2.15±0.27	a	12.5
	동력분무기	1.10±0.20	b	18.2
	배부식동력분무기	1.12±0.03	b	2.7

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 21. 살포기 종류별 농약 부착량(사과)

	살포기	농약부착량 (mg/kg) ± SD		CV (%)
Fluquinconazole	스피드스프레이어	0.06±0.006	a	10
	동력분무기	0.04±0.005	b	12.5
	배부식동력분무기	0.05±0.004	ab	8
Flusilazole	스피드스프레이어	0.02±0.003	a	15
	동력분무기	0.01±0.002	ab	20
	배부식동력분무기	0.01±0.001	b	10

스피드스프레이어 살포물량별 농약 잔류량 비교

스피드스프레이어를 이용한 살포물량별 잔류량 비교 결과, 사과잎의 경우 fluquinconazole은 고물량에서 10.76 mg/kg, 중물량 8.32 mg/kg, 저물량 6.04 mg/kg 이고, flusilazole의 경우에는 고물량 3.04 mg/kg, 중물량 2.14 mg/kg, 저물량 1.47 mg/kg 로 나타났다. HSD 검정을 통하여 살포물량별 유의성을 살펴본 결과 fluquinconazole, flusilazole 모두에서 각각의 물량 별로 유의적 차이를 볼 수 있었으며, 물량이 클수록 부착량이 많아지는 것을 확인 할 수 있었다(Table 22). 사과에서는 fluquinconazole의 고물량은 0.07 mg/kg, 중물량 0.06 mg/kg, 저물량 0.05 mg/kg 이고, flusilazole의 경우 고물량은 0.02 mg/kg, 중물량 0.02 mg/kg, 저물량 0.01 mg/kg 로 나타났다(Table 23). 사과 역시 fluquinconazole과 flusilazole의 고물량과 중물량은 유의적 차이를 보이지 않았지만 저물량은 나머지 두 가지 물량과 유의적인 차이를 볼 수 있었다. Son 등(2012)은 약제 살포량과 부착량과의 관계는 살포액의 성질, 농도, 살포방법, 작물의 종류 등에 따라 상이하여지나 일반적으로 어느 한계 이하에서는 살포량과 부착량은 비례하나 그 이상에서는 살포량이 증가하여도 부착량은 증가하지 않는다고 하였다. 살포물량별 부착량이 사과잎의 경우는 살포물량이 증가 할수록 비례하는 경향을 보였으나 사과의 경우는 살포물량이 증가할수록 부착량의 증가폭이 점점 줄어드는 것을 볼 수 있었다. 이는 많은 약액을 살포하여도 소실되거나 비산되는 물량이 있어 적정수준의 살포물량 설정이 필요한 것으로 판단된다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 22. 살포물량별 농약 부착량(사과잎)

	살포물량 (L/10a)	농약부착량 (mg/kg) ± SD		CV (%)
Fluquinconazole	560	10.76±0.77	a	7.1
	336	8.32±1.01	b	12.1
	230	6.04±0.16	c	2.6
Flusilazole	560	3.04±0.15	a	4.9
	336	2.14±0.27	b	12.6
	230	1.47±0.06	c	4.1

Table 23. 살포물량별 농약 부착량(사과)

	살포물량 (L/10a)	농약 부착량 (mg/kg) ± SD		CV (%)
Fluquinconazole	560	0.07±0.000	a	-
	336	0.06±0.003	a	5
	230	0.05±0.006	b	12
Flusilazole	560	0.02±0.002	a	10
	336	0.02±0.001	a	5
	230	0.01±0.003	b	30

2) 과수의 농약 살포기 노즐별 부착량(사과, 포도)

잔류농약 분석 시험법 검증

사과잎의 경우 앞의 살포기별 부착량 비교 시험과 동일한 방법으로 분석하였으며, 포도의 경우 포도잎 중 pyraclostrobin의 잔류분석을 위해 UPLC를 이용하여 분석한 결과 표준 검량선의 상관계수는(R2)가 0.9999이상의 양호한 직선성을 보였다. 잔류분석 시험법 검증을 위하여 실제 포장시험 시료의 분석치와 비슷한 수준이 되도록 포도잎에 0.1, 0.5, 1.0, 5.0 mg/kg의 첨가농도

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

수준이 되도록 농약을 처리하여 분석법 검증을 실시한 바, 회수율은 97.5~99.3이었고 RSD값은 4.1%이하로 분석법의 적합성이 검증되었다(Table 24).

Table 24. 포도잎의 pyraclostrobin의 회수율

농약명	첨가농도 (mg/kg)	회수율(%) ± SD	RSD (%)
Pyraclostrobin	0.1	97.5±1.1	4.1
	0.5	98.4±1.7	
	1.0	99.3±1.6	
	5.0	98.3±0.3	

살포기 노즐별 부착량 비교

포도과원의 농약 살포기 노즐별 부착량을 조사한 결과 배부식분무기 노즐의 살포물량간에는 고물량처리구만 유의적으로 컸으며 동력분무기 노즐의 경우 물량이 많아질수록 부착량이 높아지는 경향이었으나 유의적인 차이가 없었다.(Figure 8)

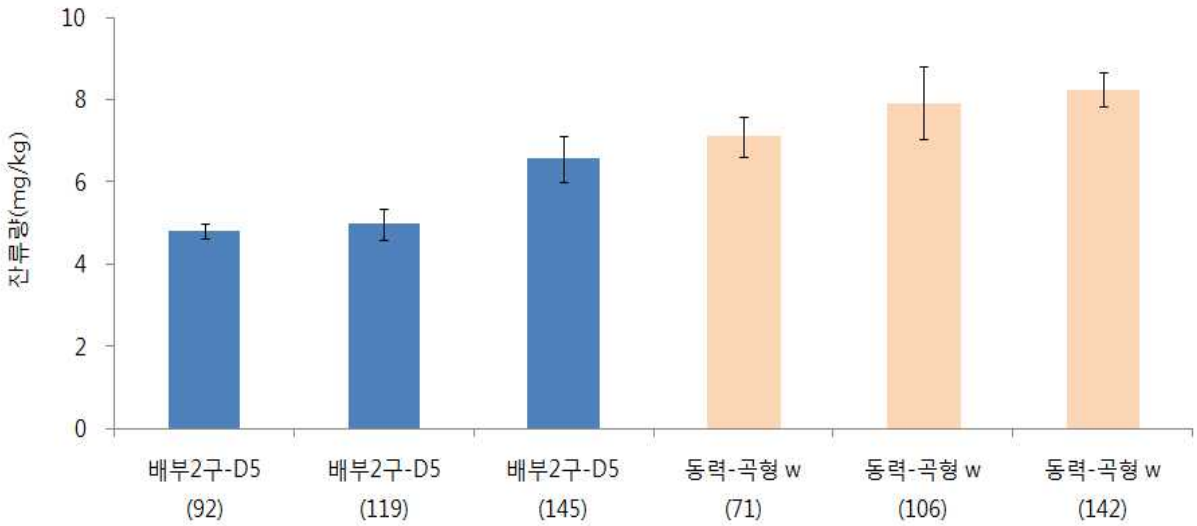


Figure 8. 살포물량별 pyraclostrobin의 농약 부착량(포도잎)

배부식분무기 노즐별로는 Asaba S-7>Yamaho C-35>Yamaho D-5 순으로 농약 부착량이 컸으며 Asaba S-7과 Yamaho D-5노즐은 유의적인 차이가 없었다. 동력분무기 노즐인 곡형노즐, 권총노즐, 금속 3구 노즐은 유의적인 부착량 차이가 없었다.(Figure 9)

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

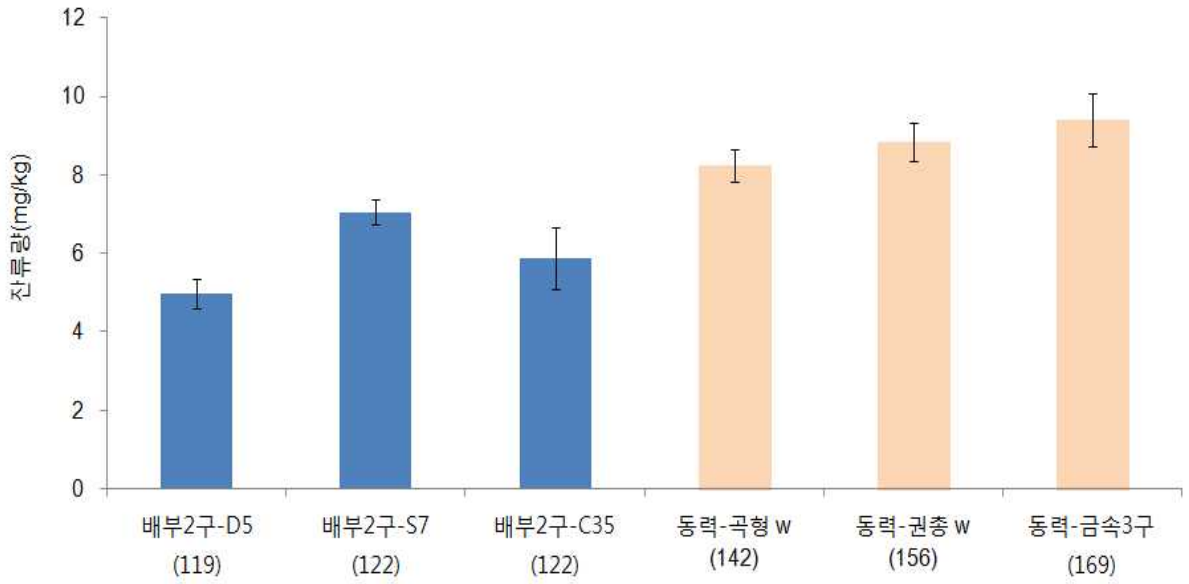


Figure 9. 노즐별 pyraclostrobin의 부착량(포도잎)

비슷한 물량이 살포된 경우 동력분무기용 노즐이 배부식분무기 노즐에 비해 잔류량이 높은 경향을 보였다.(Figure 10)

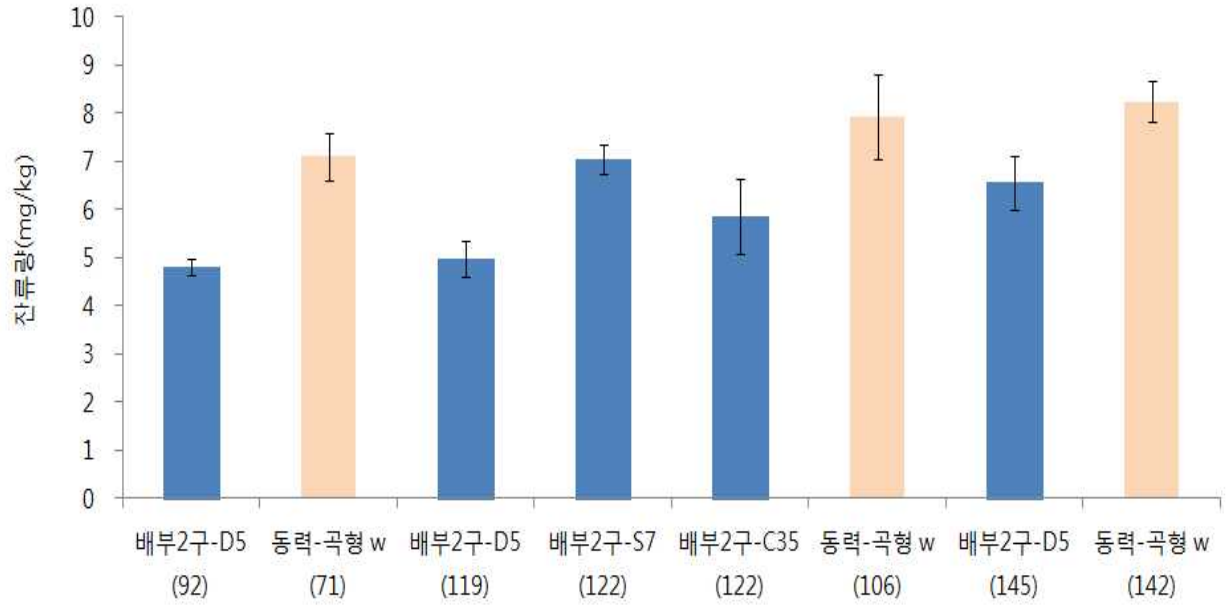


Figure 10. 살포기별 노즐별 pyraclostrobin의 부착량(포도잎)

사과원에서 농약 살포기별 노즐별 농약 부착량을 추가적으로 조사하기위해 스피드스프레이어, 동력분무기 노즐 4종과 배부식분무기 노즐 3종에 대하여 비슷한 물량으로 살포하여 농약 부착량을 조사한 결과를 나타내었다. 비슷한 물량이 살포될 경우 스피드스프레이어> 동력분무기> 배부식동력분무기 순으로 농약의 부착량이 높았으며 분무기 종류와 사용방법에 따라 차이가 컸다. 동력분무기 노즐간에는 권총노즐>대포노즐>곡형노즐 순으로 잔류량이 높았으며 배부식

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

동력분무기 노즐의 경우 Asaba S-7> Yamaho D-5> Yamaho C-35 순으로 잔류량이 높았으며 Yamaho C-35 노즐의 경우 농약 부착량이 유의적으로 작았다(Figure 11).

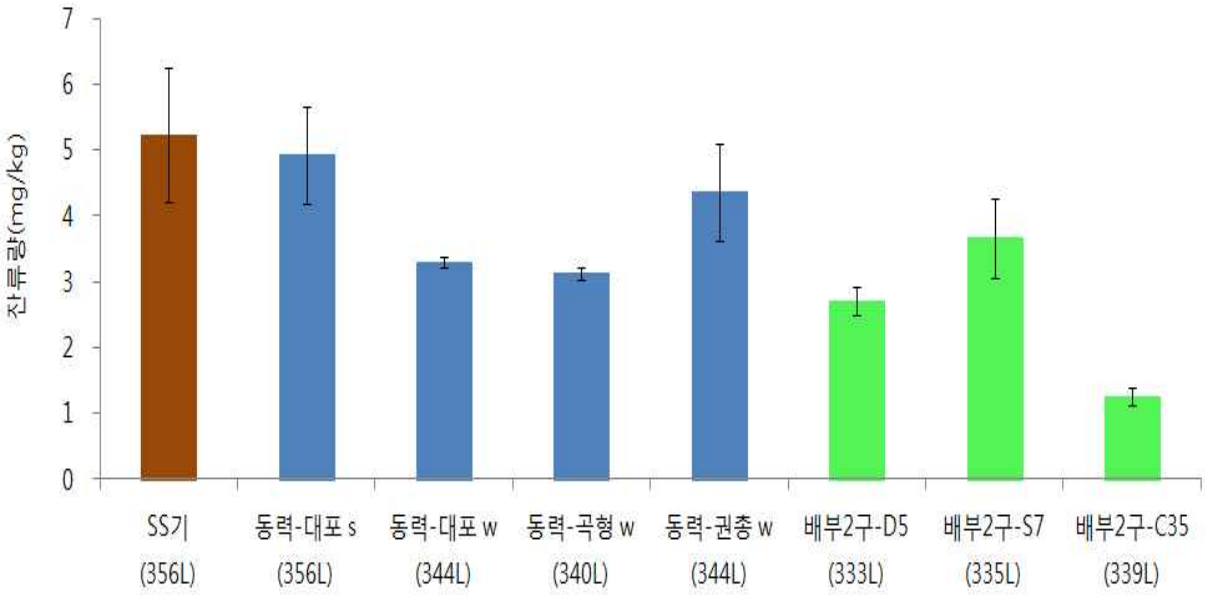
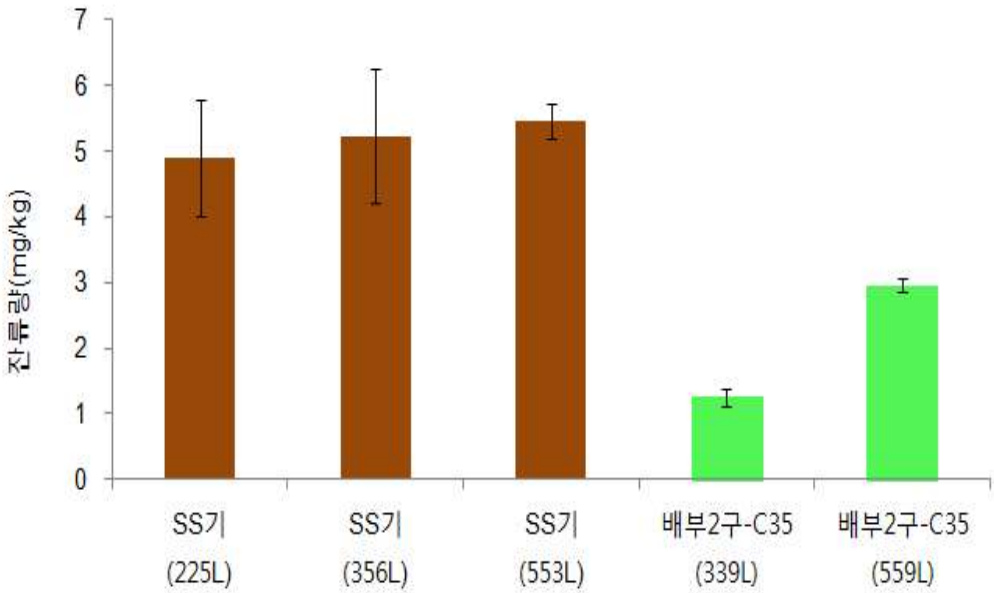


Figure 11. 노즐별 fluquinconazole 부착량(사과잎)

스피드스프레이어의 살포물량이 증가할수록 농약부착량은 증가했으나 유의적인 차이가 없었고 배부식동력분무기 처리구에서 Yamaho C-35노즐을 사용할 경우 고물량 처리구에서도 스피드스프레이어의 저물량 처리구의 농약 부착량보다 낮아 농약등록시험용 잔류시험에 배부식동력분무기를 사용할 경우 잔류량이 적은 노즐은 사용하지 말아야 될 것으로 판단되었다(Figure 12).



국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

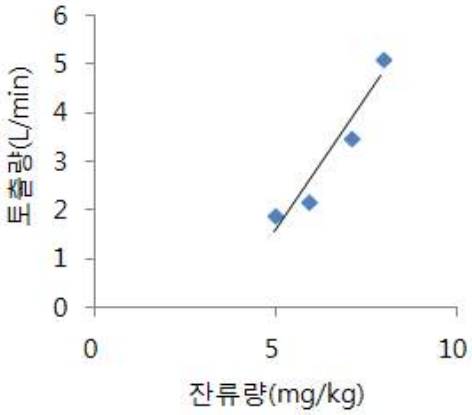
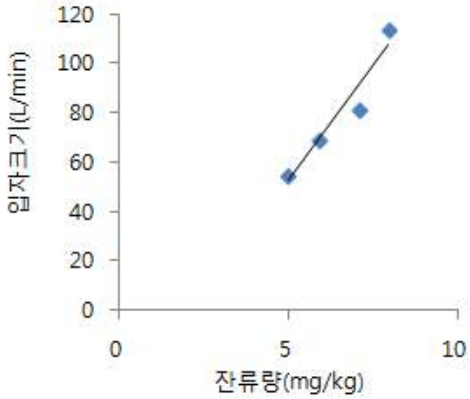
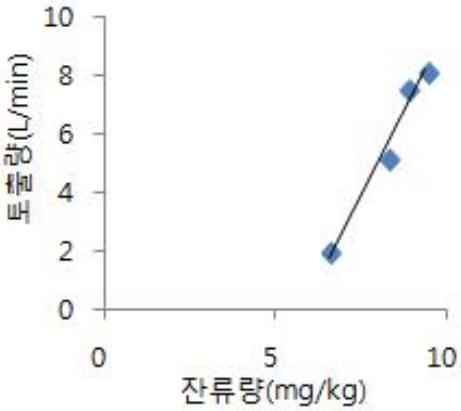
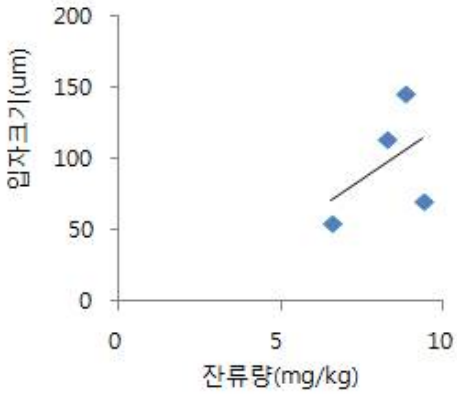
Figure 12. 스피드스프레이어와 배부식동력분무기 살포물량별 fluquinconazole 부착량(사과잎)

농약의 부착에 관여하는 노즐의 특징을 알기위해 농약의 부착량과 노즐의 입자크기, 토출량과의 상관성을 조사하였다. 포도잎의 농약 부착량은 노즐의 분당 토출량과의 상관분석결과 상관계수가 0.96 이상으로 강한 양의 상관관계를 보였으나 입자크기와는 상관계수가 0.46으로 상관성이 없는 것으로 나타났다. 사과잎의 경우 농약 부착량은 노즐의 분당 토출량과의 상관분석결과 상관계수가 0.85로써 강한 양의 상관관계를 보였고 입자크기와는 0.69로써 상관성이 낮았다(Table 25-26).

Table 25. 포도잎의 잔류량과 노즐특성

구분	노즐	살포물량(L/10a)	잔류량(mg/kg)	토출량(L/min)	입자크기(um)
중물량	배부2구-D5	119	5.0	1.9	55
	배부2구-S7	122	7.1	3.5	82
	배부2구-C35	122	5.9	2.2	70
	동력-곡형 w	106	7.9	5.1	114
고물량	배부2구-D5	145	6.6	1.9	55
	동력-곡형 w	142	8.2	5.1	114
	동력-권총 w	156	8.8	7.5	146
	동력-금속3구	169	9.4	8.1	71

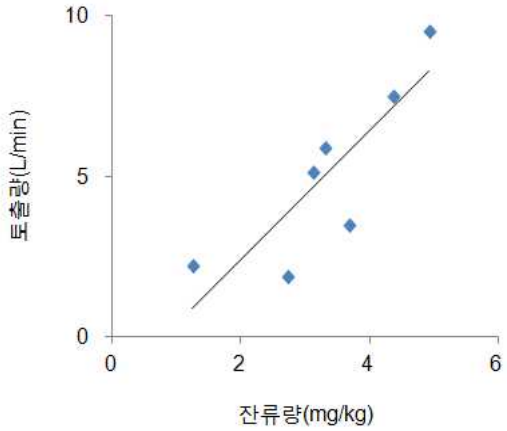
국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

중물량	 상관계수(r)=0.96568	 상관계수(r)=0.9640
고물량	 상관계수(r)=0.9880	 상관계수(r)=0.4624

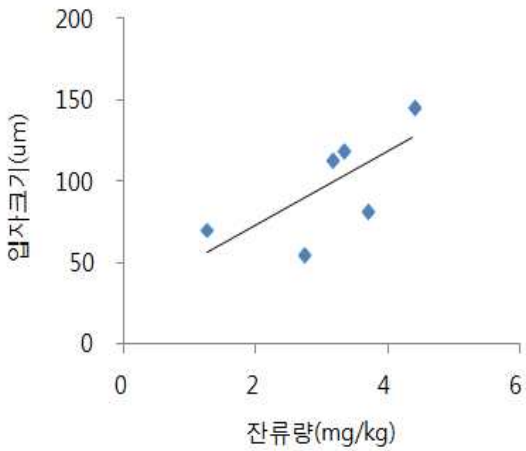
국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 26. 사과잎의 잔류량과 노즐특성

노즐종류	살포물량 (L/10a)	잔류량 (mg/kg)	토출량 (L/min)	입자크기 (um)
동력-대포 s	356	4.93	9.5	
동력-대포 w	344	3.30	5.9	119
동력-곡형 w	340	3.13	5.1	114
동력-권총 w	344	4.37	7.5	146
배부2구-D5	333	2.71	1.9	55
배부2구-C35	339	1.25	2.2	70
배부2구-S7	335	3.67	3.5	82



상관계수(r)=0.849524



상관계수(r)=0.691079

2) 시설재배지 과채류의 농약 살포기 노즐별 부착량(토마토)

잔류농약 분석 시험법 검증

토마토잎 중 acetamiprid의 잔류분석을 위해 UPLC를 이용하여 분석한 결과 표준 검량선의 상관계수는(R2)가 1.0000이상의 양호한 직선성을 보였다. 잔류분석 시험법 검증을 위하여 실제 포장시험 시료의 분석치와 비슷한 수준이 되도록 사과잎에 1.0, 5.0 mg/kg의 첨가농도 수준이 되도록 농약을 처리하여 분석법 검증을 실시한 바, 회수율은 98.8~104.1%이었고 RSD값은 3.1%이하로 분석법의 적합성이 검증되었다(Table 27).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Table 27. 토마토잎의 acetamiprid 회수율 및 상대표준편차

농약명	첨가농도 (mg/kg)	회수율(%) ± SD	RSD (%)
Acetamiprid	5	104.1±1.5	3.1
	1	98.8±1.8	

살포기 노즐별 부착량 비교

시설재배 환경에서의 노즐별 잔류농약 부착량을 비교하기 위해 토마토를 대상으로 농가에서 주로 사용되는 노즐을 선택하여 10a당 100L가 되게 동일한 양의 농약을 살포한 후 농약 부착량을 조사한 결과와 노즐특성을 나타내었다(Figure 13, Table 28). 시설재배 토마토에서는 입자크기가 작고 분당 토출량이 가장 작았던 금속 원형 5구 노즐의 농약 부착량이 가장 높았다. 이는 시설재배지의 경우 바람의 영향이 없는 밀폐된 환경에서 농약이 살포되므로 입자크기가 작은 경우에도 바람의 영향을 받지 않으므로 작물체에 잘 부착될 수 있었던 것으로 보였다. 한편 토출량이 가장 큰 금속선형 3구 노즐의 경우 농약 부착량이 높지 않아 과수와 다른 양상을 보였는데, 분당 토출량이 크고 약대의 길이가 긴 경우(금속선형 3구, 회전곡자) 적은 살포물량(과수의 1/3 이하)을 빠르게 살포해야하고 열간 거리가 짧은 토마토의 재배형태로 인한 약제 살포 작업의 어려움 등으로 인해 작물체를 벗어난 농약입자로 인하여 농약 부착량이 줄어든 것으로 추측되었다. 회전곡자 노즐을 이용해 살포물량을 달리하여 10a 당 50L, 100L, 150L를 살포한 결과 농약 부착량은 살포물량이 많을수록 높았으나 살포물량별로 유의적인 차이는 나타나지 않았다(Figure 14).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

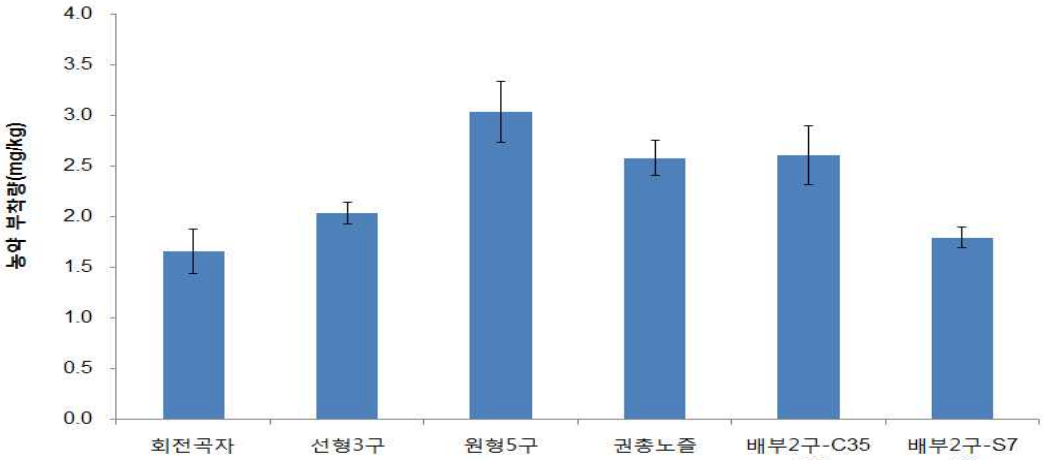


Figure 13. 시설재배 토마토 노즐별 acetamiprid 부착량(100L/10a)

Table 28. 시설재배 토마토 농약 잔류량 및 노즐 특성

	Acetamiprid(mg/kg)± SD	분당토출량	입자크기
금속선형 3구	2.0±0.1	8.1	71
금속원형 5구	3.0±0.3	1.1	<60
권총노즐	2.6±0.2	7.5	146
회전곡자	1.7±0.2	5.1	114
배부2구-C35	2.6±0.3	2.2	70
배부2구-S7	1.8±0.1	3.5	82

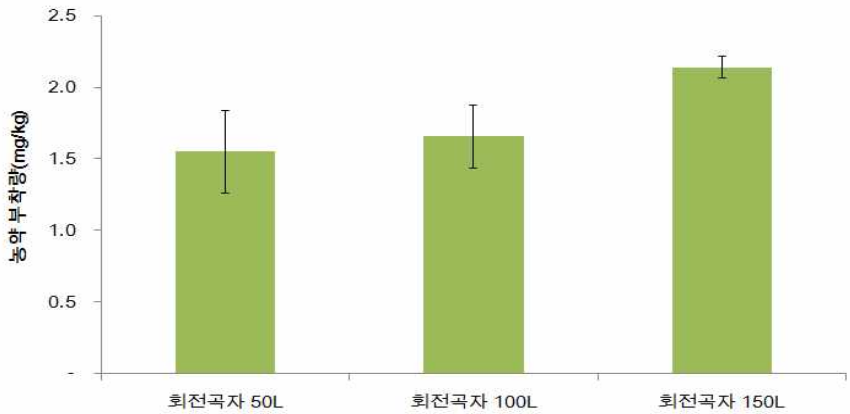


Figure 14. 시설재배 토마토 10a 당 살포물량별 acetamiprid 부착량(회전곡자)

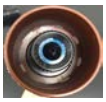
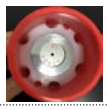
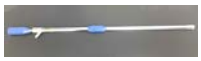
국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

다. 농약 살포기 노즐별 특성 조사

시중에서 판매중인 동력분무기 노즐 13종에 대해 동일한 압력인 2.0 MPa 조건에서 토출량 및 입자크기를 측정한 결과 분사구가 하나인 곡형노즐, 대포노즐, 권총노즐은 토출량이 3.3-7.9L, 입자크기가 94-201 um로 다양하게 분포하였으며, 분사구가 2-3개인 세라믹과 금속노즐의 경우 분당 토출량은 5.8-8.1 L로 컸으나 입자크기는 67-71 um로 작았다(Table 29).

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

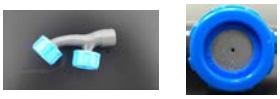
Table 29. 동력분무기 노즐에 대한 토출량 및 입자크기

형태	모델명	모양		토출량 (L/분)	입자크기 (um)
곡형 노즐	Yamaho aluminum zoom boom sprayer #-a700			5.1±0.03	114±0.3
	Asaba hat nozzle			4.6±0.03	94±0.8
대포 노즐	Yamaho green beam boom sprayer #-1, ϕ2.0			3.3±0.13	127±4.8
	Yammaho powerful sprayer #-2 (G3/8), ϕ2.4			5.9±0.02	119±1.1
	삼성대포노즐			7.9±0.04	201±1.2
권총 노즐	Yamaho light zoom sprayer gun #-20DX			7.5±0.16	146±1.3
	Asaba ultra beam bozzle 300H			4.7±0.05	94±1.5
	금성 권총노즐			3.6±0.03	97±0.5
	세라믹007노즐(小) DJK-400			6.5±0.06	128±1.0
금속 노즐	Yamaho new sector spray nozzle for grapevines, 3 nozzle			7.8±0.06	67±3.7
	Yamaho new sector spray nozzle, 3 nozzle(Lengthwise)			8.1±0.04	71±0.6
	Yamaho new sector spray nozzle, 2 nozzle(Lengthwise)			7.9±0.04	94±1.7
세라믹 노즐	Asaba powerful ceramic tip 2 heads sunrise type nozzle			5.8±0.04	70±5.4

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

시중에서 판매중인 배부식동력분무기 노즐 9종에 대해 토출량 및 입자크기를 측정한 결과 분당 토출량은 1.9-3.5 L, 입자크기는 55-82 um로 비슷한 범위 안에 분포하였다. 동일한 분사압력하에서 분당 토출량(L)은 동력분무기 노즐(3.6-8.1)> 배부식 분무기 노즐(1.9-3.5)> SS기 노즐(1.6-2.3)의 순으로 컸으며, 입자크기(um)는 동력분무기 노즐(67-201)> SS기 노즐(93-104)> 배부식 분무기 노즐(55-82)의 순으로 컸다(Table 30).

Table 30. 배부식동력분무기 노즐에 대한 토출량 및 입자크기

노즐형태	모델명	모양	토출량 (L/분)	입자크기 (um)
플라스틱 노즐	Asaba resin vertical 2 head nozzle WP-2D-3		3.2±0.03	69±3.7
	Asaba resin vertical 2 head nozzle CPW-21.0		2.1±0.02	82±0.5
	Asaba resin vertical 2 head nozzle WP-2D-4		3.3±0.01	67±1.2
	Asaba resin vertical 2 head nozzle S-5		2.1±0.02	64±2.3
	Asaba resin vertical 2 head nozzle S-7		3.5±0.02	82±0.5
	Yamaho ace nozzle multi-purpose compact nozzle, 2 nozzle, NN-D-6S		2.3±0.02	62±1.4
	Yamaho ace nozzle multi-purpose compact nozzle, 2 nozzle, NN-D-8S		3.4±0.02	70±1.2
	Yamaho ace nozzle multi-purpose compact nozzle, 2 nozzle, NN-C-35S		2.2±0.02	70±0.8
	Yamaho ace nozzle multi-purpose compact nozzle, 2 nozzle, NN-D-5S		1.9±0.03	55±1.8

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

제 4 장 목표달성도 및 관련분야 기여도

제1절 목표대비 달성도

당초 목표	가중치(%)	개발 내용	달성도(%)
1)작물별 형태특성에 의한 병충해 방제에 적절한 살포량 및 표면 부착량 평가	20%	- 사과원에서 일반적 살포물량 보다 낮은 살포물량으로 처리 했을 때의 해충방제효과 분석 - 사과는 재배시기별(4-9월) 총 5 -6회 살포시험, 파프리카는 2 회 이상 살포시험. - 다음과 같은 연구내용으로 학술 발표 및 논문게재 1) 파프리카 시설재배지에서의 저살포 액량에 따른 해충 방제 효과 2) 파프리카 시설재배지에서의 살포방법 및 살포액량에 따른 해충방제 효과 3) 사과원에서의 살포물량별 해충 방제 효과 4) 파프리카 시설재배지에서의 살포물량별 방제 효과 - 작물별 형태특성에 의한 병·충해 방제에 적절한 살포량 및 표면 부착량 평가후 살포기에 따른 부착량 분석후 효율적 살포기 제시 및 적정 살포량 도출	100%
2)국내 생산·판매되는 살포기기 및 영농현장의 살포방법 표준화 완결, 수정	20%	- 영농활용 자료: 사과원에서의 해충방제를 위한 최적농약 살포 물량 설정	100%
3)사용자의 농약 사용실태 및 안전을 고려한 농약제품의 용기·제형 그룹화	10%	- 국내에서 생산되는 농약의 포장, 제형, 사용방법 등을 조사 분석	100%
4) 작물 특성별 분무기술 및 적합	15%	- 사과원에서의 SS기(노즐의 종	100%

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

노즐기 개발		류, 분무압, 속도에 따라서 구분)로 농약살포방법 조사 - 파프리카 시설재배지에서의 무인 연무기와 U자형 고압식 분무기 에 의한 농약살포 및 해충 방제 효과 분석	
5) 잔류시험용 살포기 지침 마련을 위한 자료 제공	15%	-살포기별(SS기, 동력분무기, 배부식동력분무기), 노즐별 농약 부착량 자료 도출 -작물의 농약 부착량에 따른 방제 효과 분석치 도출 -사용자가 농약의 구입에서살포할 때까지 노출 위험성 물질의 농약 잔류의 농장 전체 분포도 분석치 제시	100%
6) 농작업자 위해성 평가를 위한 살포방법 제시	20%	- 농작업자가 농약살포 시 노출 위험성이 없는 살포방법 제시	100%
	100%		

제2절 정량적 성과

성과지표명 \ 연도		당초 목표 (전체)	실적	달성도 (%)	가중치 (%)
논문게재	SCI	4	3	75%	10
	비SCI	6	5	83%	20
학술발표	국제	2	4	200%	20
	국내	11	15	136%	30
영농기술·정보 기관 제출		3	3	100%	10
제도개선		4	2	50%	10
계		30	32		

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

세부과제명	세부 과제 책임자	성과물 유형	성과물명	성과물 주담당자	성과적용년월	성과물 승인여부
농작물 중 방제 대상(병·해충, 잡초)별 최적 약효발현 살포량 평가연구	유용만	학술발표 (국내)	파프리카 시설재배지에서의 약제 살포방법에 따른 처리정도와 해충방제효과	진나영	14년 04월	승인
	유용만	학술발표 (국내)	사과원에 최적 농약 살포량의 결정을 위한 농약살포방법	진나영	14년 10월	승인
	유용만	학술발표 (국제)	Degree of Treatment and Pest Control Effect according to Chemical Spraying Methods in Areas of Paprika Cultivation	진나영	14년 11월	승인
	유용만	논문게재 (비SCI)	파프리카 시설재배지에서의 약제 살포방법에 의한 해충방제 효과와 최적 살포함량	진나영	14년 12월	승인
	유용만	논문게재 (SCI)	Optimal Use of Pesticides for Controlling Insect Pests in Apple Orchards	서미자	15년 9월	승인
	유용만	학술발표 (국내)	파프리카 시설재배지에서 저살포액량에 따른 해충방제 효과	진나영	15년 4월	승인
	유용만	학술발표 (국내)	사과원에서의 농약 저살포액량에 따른 해충방제효과	진나영	15년 10월	승인
	유용만	학술발표 (국내)	파프리카 시설재배지에서의 살포방법 및 살포액량에 따른 해충방제효과	김희지	15년 10월	승인
	유용만	학술발표 (국외)	Control Effects of *Frankliniella occidentalis* due to High and Low Volume of Insecticides in Paprika Cultivation	진나영	15년 11월	승인
	유용만	영농활용	사과원에서의 해충방제를 위한 최적농약 살포물량 설정	유용만	15년 11월	승인
	유용만	논문게재 (SCI)	Optimum Spray Method for Paprika Cultivation Sites under Structure and	진나영	16년 02월	승인

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

			Pest Control Effects According to Spray Water Volumes			
	유용만	학술발표 (국내)	파프리카시설재배지의 최적 해충방제를 위한 농약 약량과 살포방법	진나영	16년 11월	승인
	유용만	학술발표 (국내)	사과원의 최적 해충방제효과를 위한 화학농약살포 약량과 방법	진나영	16년 11월	승인
	유용만	학술발표 (국내)	파프리카 시설재배지에서의 최적의 병해충 방제를 위한 무인방제시스템의 효과	이유경	16년 11월	승인
	유용만	학술발표 (국제)	Pest Control Effects according to Low Spray Volume of Pesticide in Apple Orchard	진나영	16년 11월	승인
	유용만	영농기술 ·정보 기관제출	파프리카 시설재배지에서의 해충방제를 위한 농약의 최적 살포방법	유용만	16년 11월	승인
	유용만	제도개선	농약노출량산정시 파프리카 시설재배지에서의 살포물량 추가	유용만	16년 11월	승인
사용자의 농약 사용실태 및 안전을 고려한 농약제품의 용기·제형 그룹화	임치환	학술발표(국내)	살충제(Dinotefuran, Thiodicarb)의 작물 부착량과 해충(복숭아순나방) 발생정도의 상관성 분석	김영신	14년 10월	승인
	임치환	논문게재 (비SCI)	살포량 감소에 의한 살충제 Acetamipride의 작물 부착량과 나방류 방제효과	김영신	15년 9월	승인
	임치환	학술발표 (국내)	살포량 감소에 따른 살충제 Acetamipride의 나방류 방제효과	김영신	15년 10월	승인
	임치환	학술발표 (국내)	살비제 Azocyclotin의 작물 부착량에 따른 사과응애 (*Panonychus ulmi*) 방제효과	김영신	15년 10월	승인
	임치환	논문게재 (비SCI)	살충제 Dinotefuran과 Thiodicarb의 부착량에 따른 사과굴나방 방제효과	김영신	16년 11월	승인
	임치환	학술발표 (국내)	Influence of plant surface spray adhesion of	김영신	16년 11월	승인

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

			dinotefuran and thiodicarb on control of apple leafminer			
	임치환	학술발표 (국내)	개선된 QuEChERS 전처리법에 의한 파프리카 잎의 Spinosad 와 Spinetoram 분석	김영신	16년 11월	승인
살포기구조 및 노즐의 특징에 의한 작물체별 부착량 및 잔류량 평가	권혜영	논문게재 (비SCI)	얼갈이 배추와 열무에 엽면 살포된 농약의 김치 제조 및 김치 냉장고 저장에 의한 변화	권혜영	14년 12월	승인
	권혜영	학술발표(국제)	Analysis of 236 pesticides in apple for validation of multiresidue method using QuEChERS sample preparation and PTV-GC/TOFMS analysis	권혜영	14년 8월	승인
	권혜영	논문게재 (SCI)	Effect of household processing on pesticide residues in field-sprayed tomatoes	권혜영	15년 2월	승인
	권혜영	학술발표 (국내)	Comparison of spray characteristics on nozzles of power sprayer and motorized knapsack sprayer	권혜영	15년 11월	승인
	권혜영	논문게재 (비SCI)	살포기 종류별 살포물량별 사과 중 농약 잔류량의 비교	권혜영	16년 10월	승인
	권혜영	학술발표 (국내)	Comparison of pesticide residue amount in apple trees applied by different sprayers and spray volumes	권혜영	16년 10월	승인
	권혜영	홍보성과	국내 사과원의 농약 살포현황 설문조사 결과	권혜영	16년 04월	승인
	권혜영	영농기술·정보 기관제출	과수(사과, 포도)의 농약 살포시 살포기별 노즐별 농약 부착량	권혜영	16년 11월	승인
	권혜영	제도개선	농약 잔류성시험(과수)에서 사용하는 살포기와 살포물량	권혜영	16년 11월	승인

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

제 5 장 연구결과의 활용 계획

○ 작물의 분류학적으로 대표적 작물과 재배방법을 선택하여 발생되는 병·해충에 최적의 방제 가를 나타낼 수 있는 분무기, 노즐을 선발하고 표준화여 교육 자료로 활용

○ 농업 현장에서 농약을 희석하고 사용할 때 발생되는 농약노출의 사례를 발표하고 가장안전한 표준화 방법을 만들어 제공

○ 농약의 다양한 용기와 크기 종류 등을 분석하여 안전성이 요구되는 농약들은 그룹화 하고 회사에 수정보완 자료 제시

○ 농약의 살포를 위하여 사용할 때에 약제의 종류에 따른 분산의 주위자료 제작하여 교육 및 선전

○ 결과에 대한 홍보자료, 교육 자료를 제작하여 목적에 따라서 사용

○ (농약등록관리) 농약 등록을 위한 시험기준에서 살포방법에 대한 지침 제시로 고품질의 농약등록을 위한 시험 기준 제공

○ (영농 및 정책 제안) 부착량의 평가를 통해 살포량은 줄이고 부착량은 높이는 효율적 살포방법 제시로 농민의 농자재(농약) 사용량 절감유도 및 환경오염 방지

○ 추가적으로 “국내 사과원의 재배양식과 농약 살포 현황 조사(비SCI)”와 “The optimal dose and spraying method of chemical pesticides for pest control effects in apple orchards(SCI)”의 논문이 투고중입니다.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

제 6 장 연구 과정에서 수집한 해외 과학 기술 정보

○ 병해충을 방제하고 토양으로의 손실과 비산을 줄이는 살포방법의 개발을 목표로 살포기 유형, 살포량, 노즐 타입과 노즐위치 등에 따른 부착량 변화 연구들이 진행('13, Sanchez-Hermosilla외 다수)

○ 유효성분량 개념을 적용하여 단위면적당 농약살포량 기준 제시(미국, 일본, EU)

○ 농약 등록을 위한 자료 제출시 살포기에 대한 조사(calibration, 부착량 등)를 수행하여 제출하고 살포방법에 대한 상세한 사항(노즐, 살포량 등)을 기록 제출하도록 규정하고 있음(미국 IR 4 Field data book)

○ 최근 선진국에서는 살포자와 목표물 주변으로 비산량이 적은 비산저감 살포방법에 대한 연구가 활발히 진행 중임

- 일본식물방역협회에서는 살포자에게 노출량이 적고 비산이 적은 살포를 위한 노즐의 선택, 스피드 스프레이의 비산대책을 소개하고 있음
- 미국 EPA는 농약 등록 시험 가이드라인에서 사람, 동식물에 대한 잠재적 위험성을 평가하기 위해 Spray Drift Test Guidline을 두고 있음

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

제 7 장 연구 개발 결과의 보안 등급

보안 등급 분류	보안	일반
		√
결정 사유	「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제24조의 4에 해당하지 않음	

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

제 8 장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

○ 해당 사항 없음

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

제 9 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

○ 기술적 위험요소 분석

- 실험실 일상 점검
  - · 연구활동 시작 전 실험실 책임자가 육안으로 장비 및 시설을 매일 점검

○ 안전관리대책

- 실험실 정기 점검
  - · 일반안전, 산업위생, 전기안전, 소방안전, 화공안전, 가스안전, 기계안전, 생물안전 등의 전문 분야를 점검
  - · 매월 주기적으로 점검

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

제 10 장 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분(논문/특허/기타)	논문명/특허명/기타	소속기관명	역할	논문게재지/특허등록국가	Impact Factor	논문게재일/특허등록일	사사여부(단독사사 또는 중복사사)	특기사항(SCI여부/인용횟수 등)
1	논문	파프리카 시설재배지에서의 약제 살포방법에 의한 해충방제 효과와 최적 살포함량	진나영(충남대학교)	연구원	한국농약과학회지	0.51	2014.12	단독사사	
2	논문	얼갈이 배추와 열무에 엽면 살포된 농약의 김치 제조 및 김치냉장고 저장에 의한 변화	권혜영(농업과학원)	연구원	한국농약과학회지	0.51	2014.12	단독사사	
3	논문	Optimal Use of Pesticides for Controlling Insect Pests in Apple Orchards	서미자(충남대학교)	연구원	J. Fac. Agr., Kyushu Univ	0.255	2015.09	단독사사	
4	논문	살포량 감소에 의한 살충제 Acetamipride의 작물 부착량과 나방류 방제효과	김영신(충남대학교)	연구원	한국농약과학회지	0.51	2015.09	단독사사	
5	논문	Effect of household processing on pesticide residues in field-sprayed tomatoes	권혜영(농업과학원)	연구원	Food Science and Biotechnology	0.653	2015.02	단독사사	
6	논문	Optimum Spray Method for Paprika Cultivation Sites under Structure and Pest Control Effects According to Spray Water Volumes	진나영(충남대학교)	연구원	J. Fac. Agr., Kyushu Univ	0.255	2016.02	단독사사	

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

제 11 장 기타사항

○ 해당 사항 없음

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

제 12 장 참고문헌

Chung, C. J., K. G. Lee, J. Y. Rhee, S. I. Cho, Y. S. Choi, J. S. Choe (1997) A Experimental Study on Coverage Characteristic of a Self-Propelled Boom Sprayer for Paddy Field. Korean J. Society for Agricultural Machinery. 22(2):137-150.

Cho, K. S., S. J. Jung., D. Y. Lee., Y. J. Kim., K. Y. Kim., B. K. Chung and K. Y. Kang (2011) Persistence of Chlorfenapyr in Paprika leaf and Its Residual Biological Activity to Two Spotted Spider Mite, Tetranychus urticae. Korean J. Pestic. Sci. 15(3) : 317-322.

Choi, B. R, S. W. Lee, Y. H. Song and J. K. Yu (2005) Effect of sublethal doses of imidacloprid on the green peach aphid, *Myzus persicae*. Korean J. Pesti. Sci. 9(4) : 374-379.

Choi, K. H., S. W. Lee, D. H. Lee, D. A. Kim and S. J. Suh (2004) Recent increase of apple leafminer, *Lyonetia prunifoliella*(Hubner) on apple orchards in Gyeongbuk Province. Kor. J. Appl. Entomol. 43(1): 15-20.

FAO (Food and Agriculture Organization) (2013) FAO Statistical Yearbook 2013 World Food and Agriculture. Rome, Italy.

Garthwaite, D. G., S. Hudson, I. Barker, G. Parrish, L. Smith and S. Pietravalle (2013) Pesticide usage report, Orchards in the United Kingdom 2012. Department for Environment, Food & Rural Affairs, York, UK.

Jang I., H. M. Kim, S. W. Lee, K. H. Choi and S. J. Suh (2015) Analysis of Pesticide Applications on Apple Orchards in Geochang, Korea. Kor. J. Pestic. Sci. 19(2): 93-100.

Jeong, Y. H., J. E. Kim, J. H. Kim, Y. D. Lee, C. H. Lim and J. H. Hur (2004) Pesticide use, The latest pesticide studies, 2nded., Sigmapress, Seoul.

Jung, H. S., H. B. Lee, K. Kim and E. Y. Lee (2006) Selection of Lecanicillium Strains for Aphids(Myzus persicae) Control. Korean J. Myclogy. 34(2) : 112-118.

Jin N. Y., Y. K. Lee, B. R. Lee, J. H. Jun, Y. S. Kim, M. J. Seo, C. H. Lim, Y. N. Youn and Y. M. Yu (2014) Pest Control Effect and Optimal dose by Pesticide Dispersion Spray Method in the Paprika Cultivation. Korean J. Pestic. Sci. 18(4) : 350-357

Kim, E., H. Lee, H. H. Choi, J. K. Moon, S. Hong, M. Jeong, K. H. Park, H. Lee, A. X. Hua and J. H. Kim. 2011 Methods validation for monitoring of agricultural worker exposure to insecticide fenthion. Kor. J. Pest. Sci. 15(4): 357-365.

Kim, J. H., H. Y. Kim, Y. H. Kim, Y. H. Lee and M. S. Lee (2008) Field application program for the biological control of the pests on sweet pepper (Summerculturetype). Ann.Res.NIAST (Agricul.Biol.Res.): 1827-1839.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Kim, S. G., Y. C. Kim, S. Lee, J. C. Kim, M. Y. Yun and I. S. Kim (2011) Insecticidal activity of rhamnolipid isolated from Pseudomonas sp. EP-3 against green peach aphid (*Myzus persicae*). J. Agric. Food Chem. 59, 934-938.

Kim, K. D., S. W. Lee, E. H. Kang, Y. G. Shin, J. Y. Jeon, N. Y. Heo, H. S. Lee (2013) The pests survey of paprika export complexes and packing house in Korea. CNU. J. Agricul. Sci. 40(2):93-99.

Kim Y. J (2012) Residual Characteristics and Efficacy of Neonicotinoid Insecticides for Early Pest Control on Paprika by Different Application Methods. Master's thesis. Gyeongsang National University graduate school.

Kim, Y. S., J. W. Jang, N. Y. Jin, Y. M. Yu, Y. N. Youn and C. H. Lim (2015) Adhesion Amount of Acetamipride on Plant and the Pest Control Effect According to the Reduced Application Amount. Kor. J. Pest. Sci. 19(3): 317-322

Koo, Y. M (2007) Spray Deposit Distribution of a Small Orchard Sprayer. J. of Biosystems Eng. 32(3) : 145-152.

Kwon, O. K., S. M. Hong, D. S. Choi, C. W. Park, B. H. Song, G. H. Ryu and B. Y. Oh (2001) Survey of Pesticide Usage on Fruit Crops for the development of pesticide use indicator. Kor. J. pest. Sci. 5(4): 40-44.

Korea Rural Economic Institute (2008) Current Status and Issues of paprika industry. pp. 60

Korea Institute of Planning and Evaluation Technology in Food (2014) The final report of Fruit vegetables common export research business. pp. 491-498

Lee, D. Y., Y. J. Kim, S. G. Kim and K. Y. Kang (2013) Residual Characteristics of Insecticides Used for Oriental Tobacco Budworm Control of Paprika. Korean J. Environ. Agric. 32(1) : 84-93.

Lee, M. K., J. M. Hwang., S. R. Lee (2005) The Usage Status of Pesticides for Vegetables under Greenhouse Cultivation in the Southern Area of Korea. Korean J. Pestic. Sci. 9(4) : 391-400.

Lee, S. W., D. H. Lee, K. H. Choi and D. A. Kim (2007) A report on current management of major apple pests based on census data from farmers. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 25(3): 196-203.

Lee, S. W., K. H. Kim, C. G. Park, H. H. Park, K. S. Lee, B. R. Choi and S. G. Lee (2010) Comparison and analysis of insecticide resistance of two spottede spider mite(*Tetranychus urticae*) among apple ogchards. Kor. J. Pest. Sci. 14(3): 266-271.

Min, Y. B., J. C. Park., M. R. Huh., S. W. Jeong (2007) Effect of Spraying the Ultra-fine Droplets of Insecticide on Control of the Imported Insects Subsist on Peppers in Greenhouse.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

Korean J. Agriculture & Life Science. 41(3):89-94

Park, K. t., K. Y. Choe, J. C. Park and S. C. Han (1977) Lepidopterous insect pests on apple tree. Kor. J. Plant Prot. 16: 33-39.

Rural Development Administration (2011) pesticide test personnel training booklet. 177p.

Seo, M. J., N. Y. Jin, Y. K. Lee, J. H. Jun, Y. S. Kim, B. R. Lee, Y. S. Kim, C. H. Lim, Y. N. Youn, C. Y. Aoki and Y. M. Yu (2015) Optimal use of pesticides for controlling insect pests in apple orchards. J. Fac. Agr., Kyushu Univ. 60(2): 363-370

Shim, J. Y., J. S Park, W. H, Park and Y. B. Lee (1997) Studies on the life history of green peach aphid,*MyzusPersicae* (Homoptera). Kor. J. Pl. Prot. 16(3): 139-144.

Son, K. A., T. K. Kang, B. J. Park, Y. D. Jin, G. H. Gil, C. S. Kim, J. B. Kim, G. J. Im and K. W. Lee (2012) Effect of Pesticide Residues on Perilla Leaf by Nozzle Types of Knapsack Sprayers. Korean J. Pestic. Sci. 16(4):282-287.

Statistics Korea (2013) Barley and spring potato, apple, pear cultivation area survey. 5p.

Yang, Y. R., S. H. Kim, M. R. Park, I. Kim and I. S. Kim (2010) Control of green peach aphid (*Myzus persicae*) by combination of plant oil formulations and low-dosed imidacloprid. Korean J. Environ. Agric. 29:239-246.

국가연구개발 보고서원문 성과물 전담기관인 한국과학기술정보연구원에서 가공·서비스 하는 연구보고서는 동의 없이 상업적 및 기타 영리목적으로 사용할 수 없습니다

주 의

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