

과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
중장기 Code	F	RIMS Code		2006B00110000070	
연구과제 및 세부과제		연구분야 (Code)	수행 기간	연구실	책임자
유기농 엽근채류 표준 생산 기술체계 확립		안전성 LS0902	'06~'08	국립농업과학원 유기농업과	이현경
1) 엽근채류 유기재배 병해충 제어기술 개발		안전성 LS0902	'06~'08	환경농업연구과	조병욱
색인용어	유기재배, 병해충, 엽채류, 상추, 배추, 파				

ABSTRACT

This study was conducted to establish agricultural practices to control diseases and insects for chemical pesticide-free leafy vegetable cultivation. Two diseases, gray mold (*Botrytis cinerea*) and soft rot(*Erwinia carotovora*), on lettuce were reduced by controlling temperature and humidity using air mixing apparatus. The aphidophagous lady beetle(*Harmonia axyridis*) and primary parasitoids(*Aphidius colemani*) showed activity to control aphids density on Chinese cabbage. Co-application of egg oil(mixture of egg yolk and oil) and BT(*Bacillus thuringiensis*) decreased diseases including soft rot(*Erwinia carotovora*), downy mildew(*Peronospora brassicae* Gaumann), and powdery mildew(*Erysiphe polygoni*), and insects such as diamondback moth(*Plutella xylostella*) and beet armyworm (*Spodoptera exigua* Hübner). Neem oil treatment reduced downy mildew (*Peronospora destructor*) on Welsh onion.

1. 연구목표

식량 사정이 좋지 않았던 과거에 제한된 농경지에서 높은 수량을 얻고자 농약과 비료를 다량 사용하는 고투입 집약농업을 추구하였으며, 그 결과 먹을거리가 풍부해져 식량 부족에 대한 염려는 줄게 되었다. 그러나 동시에 자연 환경에 대한 부정적 영향이 커지고 식품 안전성에 대한 우려가 높아진 것도 부정할 수 없다. 특히 합성농약의 오남용에 따른 자연 생태계의 파괴와 농업인들의 농약 중독 사고는 무시할 수 없는 수준에 이르렀으며, 농작물에 살포되는 농약의 30~60%에 해당하는 7,500~12,500 톤이 매년 자연 환경으로 유입(정 등, 1999)되고 있는 실정이다.

농업인들의 환경 보전에 대한 의지와 함께 소비자들의 안전 농식품에 대한 요구가 높아져 친환경 유기농업에 대한 관심도가 높아졌으며, 정부에서도 유기합성농약의 사용량을 대폭 줄이고자 정책적으로 친환경 유기재배 농가를 지원하고 있다. 강원도의 친환경농산물의 인증 면적은 2001년 339ha에서 2008년 6,623ha로 급격하게 증가하고 있다. 우리나라의 친

환경 농산물 2,188,311톤 가운데 채소류는 978,221톤으로 45%를 차지하고 있다(국립농산물품질관리원, 2009).

합성농약을 사용하지 않고 병해충을 방제하기 위하여 유기재배 농가들은 여러 종류의 천적 및 친환경 유기농자재를 과학적 검증이 없이 사용되고 있는 실정이므로, 병해충 방제용 친환경 유기 농자재들에 대한 검증되고 정립된 재배기술 개발이 요구된다. 따라서 본 연구는 엽채류 유기재배시 병해충 제어기술을 개발하고자 상추, 배추, 파를 대상으로 2006년부터 2008년까지 3년간 수행되었다.

2. 재료 및 방법

1) 상추 (2006)

상추 유기재배시 병충해 방제 기술을 개발하고자 2006년에 강원도농업기술원내 온실에서 상추를 표준재배법에 따라 재배하였다. 환경 조절에 의한 병해 제어는 환풍 장치를 써서 공기를 교반해 주어 온도와 습도를 조절함으로써(그림 1) 잿빛곰팡이병(*Botrytis cinerea*)과 무름병(*Erwinia carotovora*) 등에 대한 방제 효과를 조사하였다. 봄에 재배할 때에는 병 발생이 미미하여 환경 조절에 의한 엽채류 병해 제어 효과를 뚜렷하게 검정할 수 없었으나, 가을에는 병이 발생하여 병해 제어 효과를 조사할 수 있었다. 진딧물이 발생하지 않아 진딧물을 인위적으로 접종한 다음 천적인 무당벌레(*Harmonia axyridis*)를 10a당 300마리의 수준으로 투입하여 그 효과를 조사하였다(그림 2). 상추의 생육 및 수량의 조사는 농업과학기술 연구조사분석기준(농촌진흥청, 2003)에 준하였다.



그림 1. 환풍장치를 이용한 공기 교반



그림 2. 무당벌레 투입

2) 배추 (2007)

배추 유기재배시 작물 보호제, 천적 및 생물농약에 의한 병충해 방제 효과를 검정하고자 강원도농업기술원에서 배추를 표준재배법에 따라 재배하였다. 작물 보호제로는 난황유와 식물 추출물을 이용하였으며, 흰가루병(*Erysiphe polygoni*), 노균병(*Peronospora brassicae* Gaumann), 무름병(*Erwinia carotovora*) 등을 조사하였다. 진딧물에 대한 천적으로는 무당벌레(*Harmonia axyridis*)와 콜레마니진디벌(*Aphidius colemani*)을 이용하였고, 충해에 대한 생물농약으로는 배추좀나방(*Plutella xylostella*)에 대해서는 BT제(*Bacillus thuringiensis*)를, 거세미나방에 대해서는 핵다각체바이러스(nucleopolyhedrovirus; NPV)를 사용하여 그 효과를 검정하였다. 천적 및 생물농약은 대상 해충의 발생 초기에 처리하였다. 난황유와 BT제의 혼합 처리의 무름병(*Erwinia carotovora*), 노균병(*Peronospora brassicae* Gaumann), 흰가루병(*Erysiphe polygoni*), 흑반병(*Alternaria brassicae*) 등의 병해와 배추좀나방(*Plutella xylostella*)과 파밤나방(*Spodoptera exigua* Hübner)등의 해충에 대한 효과도 살펴보았다.

3) 파 (2008)

파 유기재배시 친환경 작물보호제와 천적의 병충해 방제 효과를 구명하고자 강원도농업기술원내 노지와 하우스에서 파를 4월 11일과 8월 22일에 80×3cm의 간격으로 정식하였다. 작물보호제인 난황유, Neem 오일(5.2ml/L), 고삼 추출물(30, 50, 100, 200배액)을 정식 10일 후 10일 간격으로 7회 처리한 다음, 노균병(*Peronospora destructor*), 녹병(*Puccinia allii*), 잎마름병(*Stemphylium vesicarium* Wallr.)의 발생율을 조사하였다. 파좀나방, 파굴파리, 파총채벌레의 천적인 잎굴파리고치벌과 미꿀애꽃노린재를 각각 10a당 300마리와 750마리의 수준으로 정식10일과 20일 후에 ½씩 방사하였다. 파의 생육 및 수량의 조사는 농업과학기술 연구조사분석기준(농촌진흥청, 2003)에 준하였다.

3. 결과 및 고찰

1) 상추 (2006)

공기 교반 장치를 이용하여 온실 안의 온도와 습도를 조절하였을 때 병해를 조사할 수 있었던 가을 재배에서 잿빛곰팡이병(*Botrytis cinerea*)과 무름병(*Erwinia carotovora*)이 감소되었으며(표 1), 수량도 30% 이상 증가하였다(표 2). 전남 지역에서 무농약이나 유기재배로 쌈채류를 재배하는 농가의 52%가 병해 관리를 온도와 습도 등 환경의 조절을 통해 병해 관리를 하는 것으로 나타났으며(임 등, 2007), 환풍 장치를 이용하면 합성 농약을 쓰지 않아도 병해를 효과적으로 관리할 수 있을 것으로 기대된다. 심 등(1992)은 온도는 22±0.4℃, 상대습도는 70±5% 등 재배 환경 요인을 제어해 주면 상추의 생육이 관행 온실 재배에 비해 5배 촉진된다고 하였으며, 류 등(1999)에 의하면 상추의 재배 온도를 15℃로 고정했을 때보다 15~20℃로 조절해 주면 214% 상승효과를 거두었고 재배 일수도 단축되었다. 따라서 온도, 습도 등 재배 환경을 조절해 주면 생육 촉진에 의한 병해 예방 효과도 있는 듯 하다.

표 1. 환풍 장치를 이용한 병해 제어 효과 (발병주율)

처 리	봄 재배		가을 재배	
	잣빛곰팡이병	무름병	잣빛곰팡이병	무름병
환풍장치	0	0	2.7	3.5
무 처 리	0	1.5	7.8	15.3

표 2. 환풍 장치의 수량 증가 효과

처 리	봄 재배		가을 재배	
	주중(g)	엽수(매)	주중(g)	엽수(매)
환풍장치	156	25.5	138	22.0
무 처 리	142	23.8	96	18.2

상추는 진딧물을 인위적으로 접종하여도 가해 밀도가 매우 낮아 무당벌레(*Harmonia axyridis*) 투입에 의한 진딧물의 방제 효과를 검정할 수 없으며, 이에 따라 수량에 미치는 영향도 미미하였다(표 3). 전남 지역에서 상추를 유기 재배할 때 주요 해충은 목화진딧물, 복숭아흑진딧물, 싸리수염진딧물의 순서로 발생이 많았는데(임 등, 2007), 지역에 따라 진딧물 종류와 기상 환경이 다르므로 해충 발생 양상에 차이가 있는 것으로 여겨진다.

표 3. 무당벌레 투입이 진딧물과 수량에 미치는 영향

처 리	진딧물 (마리/주)		수량	
	처리 전	처리 후	주중(g)	엽수(매)
무당벌레 투입	2.2	0.3	105	19.5
무처리	2.5	0.8	102	18.8

2) 배추 (2007)

배추 생육 중기인 결구 초기에 난황유를 7일 간격으로 3회 처리한 결과 무름병(*Erwinia carotovora*)은 45% 이상, 노균병(*Peronospora brassicae* Gaumann)과 흰가루병(*Erysiphe polygoni*)은 70% 이상 발생이 감소되었다(표 4, 그림 3). 식물 추출물인 Neem제를 처리했을 경우 무처리에 비해 병해 발생이 다소 억제되었으나, 그 효과는 뚜렷하지 않았다. 유기재배 농가에서 병해 방제를 목적으로 사용하고 있는 목초액, 현미식초, 과일효소, 아미노산, 멸치액젓, 유산균, 키토산, 미네랄의 250~1,000배 희석액의 사과 탄저병(*Glomerella cingulata*)과 곱무늬썩음병(*Botryosphaeria dothidea*)에 대한 생육 억제 효과는 없다는 보고(정, 2001)도 있으므로, 병해 방제 효과가 검증된 농자재를 사용해야 할 것으로 사료된다.

표 4. 난황유 및 식물 추출물(Neem제)의 처리에 따른 병 발생 억제 효과

처 리	대상 병해		
	무름병(발병주율)	노균병(병반면적율)	흰가루병(병반면적율)
난황유	12.8	2.8	1.4
Neem제	20.4	5.3	2.5
무처리	23.5	7.2	3.4



그림 3. 난황유의 무름병 방제효과(위: 무처리, 아래: 난황유)

진딧물의 발생 초기에 무당벌레(*Harmonia axyridis*)를 투입하여 진딧물의 밀도를 피해 수준 이하로 줄일 수 있었다(표 5, 그림 4). 무당벌레는 국내에 6아과 74종이 분포하고 있으며, 우리나라와 일본, 중국, 러시아로부터 기인한 아시아 무당벌레(*Harmonia axyridis*)는 성충이 복숭아혹진딧물과 목화진딧물을 각각 120마리와 257마리를 섭식하여 포식력이 뛰어난 것으로 알려져 있다(서와 윤, 2000). 무당벌레 성충은 4°C에서 5개월 정도까지 인위적인 생식적 휴면을 유지하여 먹이의 공급이 필요하지 않았으며(박과 김, 2004), 유충 1~2령기에 진딧물을 급여하고 3~4령기에 인공먹이를 급여하여 사육하면 진딧물만 급여했을 때와 대등한 결과를 얻는 등 무당벌레의 사육기술이 확립되어 가고 있다(정, 2007). 콜레마니진디벌(*Aphidius colemani*)의 방사에 의해서도 진딧물 밀도가 현저히 감소하였으며, 기생율도 82.5%로 매우 우수하였다(표 5, 그림 5). 한편, 쌍채류 유기재배 농가에서 해충을 방제하는 횟수는 작기당 10회 이상이 가장 많았고, 1~5회 살포, 6~9회 살포 순이었으며, 그 방법으로는 시중 판매 농자재를 구입하여 사용하는 경우가 가장 많았으며, 천연자원을 이용한 농자재, 천적 이용, 물리적인 방법 순이었다(임 등, 2007). 정(2001)에 의하면, 시중 판매 농자재 가운데 키토산과 현미식초는 고추의 진딧물에 대해 효과가 있었으나, 유산균과 목초액은 방제 효과를 보이지 않았다.

표 5. 무당벌레 및 콜레마니진디벌 방사에 의한 진딧물 방제 효과

처 리	진딧물(마리/주)		진디벌 기생율
	처리 전	처리 후	
무당벌레	10.6	2.7	-
콜레마니진디벌	12.8	4.2	82.5
무처리	11.5	166.5	-



그림 4. 무당벌레의 진딧물 섭식



그림 5. 진디벌에 의한 진딧물의 mummy 형성

생물농약인 BT제와 파밤나방 전용 핵다각체바이러스(Se-NPV)를 혼용 살포했을 경우 파밤나방의 방제 효과는 75.6%였다(표 6, 그림 6).

표 6. BT 및 NPV의 단용 또는 혼용 살포에 의한 나방류 방제 효과

처 리	해충별 방제효과(%)	
	배추좀나방	파밤나방
BT제	38.5	45.6
NPV	-	56.2
BT+NPV	36.8	75.6



그림 6. Se-NPV에 감염된 파밤나방 유충

난황유와 BT제를 혼합하여 살포하면 무름병(*Erwinia carotovora*), 노균병(*Peronospora brassicae* Gaumann), 흰가루병(*Erysiphe polygoni*)의 발생이 현저하게 감소하였으나, 흑반병(*Alternaria brassicae*)은 무처리와 큰 차이가 없었다(표 7). 이 등(2008)이 콩의 병해에 대한 난황유의 효과를 검정한 결과 들불병, 불마름병, 녹병, 탄저병에는 효과가 없었으나, 점무늬병은 무처리의 발병율을 53%에 비해 29%로 제어 효과가 있었다. 난황유의 병해 방제 효과는 대상 작물, 대상 병해에 따라 차이가 있는 것으로 보여진다. 배추좀나방(*Plutella xylostella*)과 파밤나방(*Spodoptera exigua* Hübner)도 난황유와 BT제의 혼합 처리에 의해 발생 밀도가 감소하였다(표 7).

표 7. 난황유 및 BT제의 혼용 처리에 의한 병해충 방제 효과

처 리	병해충					
	무름병 (발병주율)	노균병 (발병엽율)	흰가루병 (발병엽율)	흑반병 (발병엽율)	배추좀나방 (마리/주)	파밤나방 (마리/주)
난황유+BT	6.4	2.5	1.4	3.1	1.8	0.6
무처리	12.2	5.6	4.6	3.7	3.5	1.6

파를 봄에 재배할 때에는 병해의 발생이 경미하여, 무처리구에서 잎마름병(*Stemphylium vesicarium* Wallr.)과 녹병(*Puccinia allii*)의 발생율은 1~5%에 불과하였다(표 8). 가을에는 시설과 노지에서 잎마름병(*Stemphylium vesicarium* Wallr.)과 노균병(*Peronospora destructor*)이 봄에 비하여 발생율이 높았으며, Neem 오일을 처리하면 노균병(*Peronospora destructor*)의 발생이 무처리에 비해 60% 이상 낮아졌다.

표 8. 작물 보호제의 병해 발생 감소 효과

처 리	봄 재 배			가 을 재 배		
	노균병	잎마름병	녹병	노균병	잎마름병	녹병
난황유	노지			7	3	1
	시설	0	1	1	7	3
Neem 오일	노지			5	5	1
	시설	0	3	3	5	5
앞굴파리고치벌(시설)	0	3	3	9	5	1
미끌애꽃노린재(시설)				9	5	1
고삼 추출물 (노지)	30배액			9	5	1
	50배액			9	5	1
	100배액			9	5	1
	200배액			9	5	1
무처리	노지			9	5	1
	시설		3	3	9	5

※ 병해발생 : 0~9

총해는 주로 좀나방의 가해 피해가 컸다. 친환경자재에 의한 총해 발생의 경감 효과는 미미하였으나, 앞굴파리고치벌의 처리는 좀나방의 발생 밀도가 무처리에 비해 주당 1.8마리가 낮아져서 23%의 총해를 줄일 수 있었다(표 9, 그림 7). 이 등(2008)이 콩의 총해에 대한 *Bacillus* sp., 천연제충국제+님 오일 추출물 혼합제, 님 오일+pyrethrin 혼합제, azadirachtin, 작물 영양제 등 친환경 유기 농자재의 효과를 검정해 본 결과, 노린재류 피해률이 17~24%로 무처리의 22%와 통계적으로 유의성 있는 차이를 보이지 않았다. 따라서 시중에 유통되고 있는 다양한 친환경 농자재의 총해 방제 효과에 대한 철저한 검증 시험을 거친 후에 농가에 활용 추천하여 무분별한 사용을 미연에 막아줄 필요가 있을 것으로 사료된다. 미끌애꽃노린재의 파좀나방의 경감효과는 없었는데, 이는 미끌애꽃노린재가 총채벌레류에 대한 천적이므로 파좀나방에 대해서는 효과가 없는 듯하다. 천적을 이용한 해충의 생물적 방제는 유럽과 미국을 중심으로 발전하고 있는데, 유럽은 시설작물에 대한 여러 종류의 천적을 선발, 대량 증식하여 산업화에 성공하였으며, 미국에서는 노지 작물의 해충에 대한 천적을 생산 이용하고 있다(정, 2001). 국내에서는 1990년대 후반부터 칠레이리응애, 온실가루이좀벌, 콜레마니진디벌, 애꽃노린재, 무당벌레 등의 개발과 보급이 이루어지고 있다.

표 9. 파좀나방 발생 밀도 (마리수/주)

처 리	봄 재배	가을 재배
난황유	노지	7.4
	시설	7.7
Neem 오일	노지	7.1
	시설	7.9
앞굴파리고치벌(시설)	2.2	5.9
미끌애꽃노린재(시설)		7.1
고삼추출물 (노지)	30배액	7.6
	50배액	7.9
	100배액	8.0
	200배액	7.1
무처리	노지	7.2
	시설	2.4



그림 7. 앞굴파리고치벌의 파좀나방 섭식

파의 봄 재배는 시설 재배로 병해충의 발생이 적고 생육이 양호하였다(표 10). 가을 재배에서는 초장, 엽장, 엽폭 등 생육이 시설에서 왕성하고, 처리 간에는 차이가 없었다(표 11). 수량은 시설 재배에서 노지보다 20~21% 높았다.

표 10. 파의 생육 및 수량(봄 재배, 시설)

처 리	초장(cm)	엽장(cm)	엽폭(mm)	위경길이(cm)	위경넓이(mm)	수량(kg/10a)
난 황 유	81.8	61.5	12.7	46.3	11.2	4,009
Neem Oil	84.0	60.6	12.5	47.0	11.3	3,947
잎굴파리고치벌	82.3	60.8	12.8	47.1	11.6	3,951
무 처 리	81.9	61.1	12.7	47.0	11.7	3,988

표 11. 파의 가을 재배에서의 생육 및 수량

처 리	초장(cm)	엽장(cm)	엽폭(mm)	위경길이(cm)	위경넓이(mm)	수량(kg/10a)	
난황유	노지	61.5	48.1	12.3	36.7	11.7	2,960
	시설	88.0	57.9	12.8	44.6	11.4	3,765
Neem 오일	노지	63.8	49.2	12.5	39.3	11.9	2,952
	시설	84.5	57.1	12.8	43.6	11.2	3,749
잎굴파리고치벌(시설)	89.4	58.6	12.1	48.0	11.1	3,711	
미끌애꽃노린재(시설)	89.7	58.4	12.1	46.6	11.0	3,720	
고삼 추출물 (노지)	30배액	62.0	51.3	12.1	41.2	11.7	2,956
	50배액	62.5	50.9	12.0	41.0	11.3	2,964
	100배액	62.7	51.3	12.0	40.7	11.0	2,935
	200배액	62.2	51.1	12.1	41.1	11.3	2,952
무처리	노지	62.9	51.1	12.1	40.7	11.1	2,952
	시설	89.4	58.6	12.6	46.5	11.5	3,745

4. 적 요

상추의 가을재배에서 공기 교반 장치로 실내 온도와 습도를 조절해 주면 잣빛곰팡이병(*Botrytis cinerea*)과 무름병(*Erwinia carotovora*)이 감소되었으며, 수량도 30% 이상 증수되었다. 배추의 진딧물 밀도는 천적인 무당벌레(*Harmonia axyridis*)와 콜레마니진디벌(*Aphidius colemani*)을 방사하여 현저히 감소되었다. 난황유와 BT제를 혼합하여 살포하면 배추의 무름병(*Erwinia carotovora*), 노균병(*Peronospora brassicae* Gaumann), 흰가루병(*Erysiphe polygoni*)의 발생과 배추좀나방(*Plutella xylostella*)과 파밤나방(*Spodoptera exigua* Hübner)의 발생 밀도가 현저하게 감소하였다. 파의 노균병(*Peronospora destructor*) 발생은 Neem 오일을 처리하여 무처리 대비 60% 이상 낮출 수 있었다. 파좀나방의 총해는 잎굴파리고치벌에 의해 23% 감소되었다.

5. 인용문헌

- 국립농산물품질관리원. 2009. <http://www.enviagro.go.kr/info/report02.xls>
- 농촌진흥청. 2003. 농업과학기술 연구조사분석기준. 농촌진흥청.
- 류관희, 김기영, 김희구, 채희연. 1999. 작물생장모델을 이용한 상추의 온실 최적설정온도 탐색 알고리즘의 개발. 한국농업기계학회지. 24:445~452.
- 박용철, 김일섭. 2004. 생육환경 조절에 의한 진딧물 포식성 무당벌레(*Harmonia axyridis*)의 장기간 저장. Journal of Bio-Environment Control. 13: 56~60.
- 서미자, 윤영남. 2000. 생물적 방제인자로서의 무당벌레(*Harmonia axyridis*) I. 포식행동과 포식력. 한국응용곤충학회지. 39:59~71.
- 심규돈, 류관희, 노상하, 홍순호. 1992. 완전제어형 실험용 작물생육장치의 개발(II) 복합 환경제어 시스템. 한국농업기계학회지. 17:344~353.
- 이종형, 김성기, 이영수, 이은섭, 김대균. 2008. 호밀이용 콩 유기재배지의 병해충 발생 조사 및 방제시험. 경기도농업기술원 시험연구보고서. p. 913~930.
- 임경호, 김선국, 최경주, 김도익, 김선곤, 이용환. 2007. 전남지역 쌈채류 무농약 유기재배 농가의 잡초, 병해충 관리실태 분석. 한국유기농업학회지 15:109~121.
- 정무남. 2001. 유기농업을 위한 현대적 기술의 적용. 한국유기농업학회지 9:266~270.
- 정순재, 구우서, 박홍식, 오주성. 1999. 우리나라 유기농업의 현황, 문제점 및 개선방안. 동아대학교농업생명자원연구 8:17~27.
- 정태성. 2007. 시설고추 주요 해충의 생물적 방제기술 개발. 농업과학기술연구개발 2007 시험연구보고서. p. 249~268. 강원도농업기술원.

6. 연구결과 활용

연도 (연차)	활용구분	제 목
2006년도(1년차)	책자발간	상추 유기재배 매뉴얼
2007년도(2년차)	영농활용	시설배추 유기재배시 진딧벌 방사에 의한 진딧물 방제
2007년도(2년차)	영농활용	배추 유기재배시 병해충 방제용 난황유 및 BT제 혼용살포 효과

7. 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
					06	07	08
책임자	환경농업연구과	농업연구사	조병욱	과제 총괄			○
"	"	"	최준근	"	○	○	
공동연구자	"	"	서영호	연구 협조	○	○	○
"	"	농업연구관	강안석	연구방향 설정		○	○
"	"	"	김승경	"	○		
연구보조원	"	-	김장수	포장 관리	○	○	○